



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών:
Σχεδίαση Διαδραστικών και Βιομηχανικών Προϊόντων και Συστημάτων

Διπλωματική Εργασία

Λειτουργικά ενδύματα, υποδήματα και κοσμήματα



Ευαγγελία Παραστατίδου

Τριμελής Επιτροπή:

Φίλιππος Αζαριάδης (Επιβλέπων)

Παναγιώτης Κουτσαμπάσης

Σέργιος Φωτιάδης

Σύρος, 2008

Αφιερώνεται στους γονείς μου

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Φίλιππο Αζαριάδη, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων, που με την επίβλεψη και την καθοδήγησή του, συνέβαλε καθοριστικά στην εκπόνηση και ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιγραφή	Σελ.
<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	10
<i>Πρόλογος</i>	10
<i>Στόχος της εργασίας</i>	10
<i>Δομή της εργασίας</i>	10
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο</u>	12
<i>Ανάλυση των συνθηκών από τις οποίες προήλθε η ανάγκη για εξερεύνηση προς την κατεύθυνση των έξυπνων ενδυμάτων και ο ορισμός κάποιων βασικών όρων</i>	12
1.1 Εισαγωγικά	12
1.1.1 Γενικά	12
1.1.2 Η εξέλιξη της τεχνολογίας	12
1.1.3 Περιβαλλοντική νοημοσύνη (Ambient intelligence)	13
1.1.4 Η Πολυϊνική Συμφωνία και οι επιπτώσεις της	13
1.1.5 Μαζική προσαρμογή	14
1.1.6 Οι ερευνητικές τάσεις	14
1.1.7 Οι ανάγκες και οι απαιτήσεις των καταναλωτών	14
1.1.8 Συμπέρασμα	16
1.2 Βασικές έννοιες και ορολογία	17
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο</u>	20
<i>To wearable computing και οι εφαρμογές του</i>	20
2.1 Η φορέσιμη υπολογιστική δυνατότητα / ισχύς	20
2.1.1 Προσδιορισμός του στόχου	20
2.1.2 Ανασκόπηση – ιστορία	21
2.1.3 Eudaemonic Computing και “underwearables”	22
2.1.4 Steve Mann	23
2.1.5 Χαρακτηριστικά των φορέσιμων υπολογιστών	24
2.1.6 Κατευθυντήριες γραμμές για τη «Φορεσιμότητα» (“Wearability”)	25
2.1.7 Προβλήματα	28
2.2 Εφαρμογές	30
2.2.1 Ιατρικές εφαρμογές	30
2.2.2 Στρατιωτικές εφαρμογές	33
2.2.3 Εφαρμογές στον αθλητισμό	34
2.2.4 Εφαρμογές στη βιομηχανία	35
2.2.5 Άλλες εφαρμογές	35
2.3 Συμπεράσματα ενότητας	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	
<i>Εφαρμογές έξυπνων ενδυμάτων, υποδημάτων και κοσμημάτων</i>	42
3.1 Διαχωρισμός της έξυπνης ένδυσης από τη φορέσιμη υπολογιστική δυνατότητα	42
3.2 Χαρακτηριστικά των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων	43
3.3 Εφαρμογές	44
3.3.1 Εφαρμογές έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων (smart textiles)	44
3.3.2 Εφαρμογές έξυπνων ενδυμάτων (smart clothes)	48
3.3.2.1 Ιατρικά ενδύματα	48
3.3.2.2 Αθλητικά ενδύματα	56
3.3.2.3 Άλλες εφαρμογές - Gadgets	57
3.3.3 Εφαρμογές έξυπνων στολών	60
3.3.3.1 Στρατιωτικές στολές	61
3.3.3.2 Στολές επιβίωσης	62
3.3.4 Εφαρμογές έξυπνων υποδημάτων (smart shoes)	64
3.3.5 Εφαρμογές έξυπνων κοσμημάτων - αξεσουάρ (smart jewellery - accessories)	67
3.4 Συμπεράσματα ενότητας	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο	
<i>Ανάλυση των τεχνολογιών και των τρόπων ενσωμάτωσης που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων</i>	73
4.1 Εισαγωγικά	73
4.2 Υλικά και τεχνολογίες για τη δημιουργία ευφυών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων	75
4.2.1 Αγώγιμες τεχνολογίες	75
4.2.2 Υλικά αλλαγής φάσης (phase change materials)	78
4.2.3 Υλικά μνήμης σχήματος (shape memory materials)	78
4.2.4 Χρωμικά υλικά (chromic materials)	79
4.2.5 Άλλα υλικά	79
4.3 Συστατικά, συσκευές και συστήματα για έξυπνα ενδύματα	81
4.3.1 Αισθητήρες	81
4.3.2 Ενεργοποιητές	83
4.3.3 Επεξεργασία δεδομένων / Επεξεργαστές	84
4.3.4 Αποθήκευση δεδομένων / Μέσα αποθήκευσης	84
4.3.5 Επικοινωνία / Μέσα επικοινωνίας και δίκτυα	84
4.3.6 Ενέργεια / Πηγές ενέργειας	87
4.3.7 Αλληλεπίδραση και διεπαφές	88
4.4 Τεχνικές ενσωμάτωσης στοιχείων	91
4.5 Συμπεράσματα ενότητας	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°	94
<i>Ανοιχτά Προβλήματα</i>	
5.1 Διαχωρισμός προβλημάτων	94
5.2 Θέματα προσαρμογής και κοινωνικής αποδοχής	95
5.2.1 Σχεδιασμός και προώθηση	95
5.2.2 Εργονομία και διακριτικότητα στο σχεδιασμό	95
5.2.3 Δυσκολία χρήσης των νέων τεχνολογιών	96
5.2.4 Ασφάλεια και ιδιωτικότητα	97
5.2.5 Προστασία της υγείας	98
5.3 Θέματα υλικών, συστατικών και τεχνολογιών ενσωμάτωσης	99
5.3.1 Εύρεση κατάλληλων υλικών και συστατικών	99
5.3.2 Ενέργεια – πηγές και διαχείριση ενέργειας	100
5.4 Συμπεράσματα ενότητας	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°	102
<i>Γενικά συμπεράσματα και μελλοντικές εφαρμογές</i>	
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	108
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</u>	115

Λίστα Εικόνων

Αρίθμηση	Περιγραφή	Σελ.
Εικόνα 1.1	Νέες έννοιες	17
Εικόνα 2.1	Το πρώτο ρολόι χειρός που ήταν και κομπιουτεράκι κατασκευασμένο από την HP το 1978	22
Εικόνα 2.2	Ο Steve Mann, το 1981 φορώντας τη συσκευή wearable computing που κατασκεύασε (αριστερά) και στις αρχές του 1990 φορώντας ένα πιο εξελιγμένο μοντέλο (δεξιά)	23
Εικόνα 2.3	Ο Steve Mann με τον εξοπλισμό του wearable computing από τη δεκαετία του '80 μέχρι τα τέλη του '90	24
Εικόνα 2.4	Οι γενικές περιοχές που είναι οι πιο διακριτικές για φορέσιμα αντικείμενα: (a) η περιοχή γύρω από το κολάρο, (b) το πίσω μέρος του πάνω χεριού, (c) ο βραχίονας, (d) το πίσω, το πλαϊνό και το εμπρόσθιο μέρος του θώρακα, (e) η μέση και οι γοφοί, (f) οι μηροί, (g) οι κνήμες, και (h) το πάνω μέρος του ποδιού	26
Εικόνα 2.5	Ογκώδη πρωτότυπα συσκευών φορέσιμης υπολογιστικής δυνατότητας	28
Εικόνα 2.6	Το σύστημα <i>Vivago WristCare</i> με τη φορέσιμη συσκευή χειρός, το σταθμό <i>MultiLink</i> που συλλέγει τα δεδομένα και μπορεί να συνδεθεί με ένα κεντρικό σύστημα	31
Εικόνα 2.7	Η συσκευή χειρός <i>WMD (Wrist Monitoring Device)</i> του φορέσιμου συστήματος <i>AMON</i>	31
Εικόνα 2.8	Το <i>SenseWear PRO armband</i> της <i>BodyMedia</i>	32
Εικόνα 2.9	Η συσκευή <i>Microraq</i> της <i>WelchAllyn</i> (αριστερά), το <i>R TEST Evolution 3</i> της <i>Novacor</i> (δεξιά)	32
Εικόνα 2.10	Το <i>Nomad Display System</i> προσφέρει σημαντική βοήθεια σε κρίσιμες εφαρμογές ιατρικής φύσης	33
Εικόνα 2.11	Στοιχεία του συστήματος <i>Land Warrior</i> , φορεμένα από μέλος του στρατού των Ηνωμένων Πολιτειών	33
Εικόνα 2.12	Το σύστημα <i>Nomad</i> της <i>Microvision</i> για στρατιωτικές εφαρμογές	34
Εικόνα 2.13	Το σύστημα <i>Nomad</i> της <i>Microvision</i> για αεροπορικές εφαρμογές	34
Εικόνα 2.14	Το <i>Nomad Display System</i> για εφαρμογές στη βιομηχανία και στο έλεγχο διαδικασιών	35
Εικόνα 2.15	Συστήματα φορέσιμων υπολογιστών σχεδιασμένα και κατασκευασμένα από τον Steve Mann για πειράματα στην προσωπική αναπαράσταση (<i>personal imaging</i>)	36
Εικόνα 2.16	Ο Steve Mann με τον «υπαρξιακό» υπολογιστή που είναι προσαρμοσμένος σε ένα απλό ζευγάρι γυαλιών	36
Εικόνα 2.17	Ο Alex Pentland φορώντας τις συσκευές ενός υπολογιστή	37
Εικόνα 2.18	Ο φορέσιμος σύμβουλος μπιλιάρδου	38
Εικόνα 2.19	Ο μεταφραστής της νοηματικής γλώσσας	38
Εικόνα 2.20 α, β, γ	Οι φορέσιμοι υπολογιστές <i>VuMan 1</i> , <i>VuMan 2</i> , <i>VuMan 3</i> που κατασκευάστηκαν από ομάδα φοιτητών	39
Εικόνα 2.21 α, β	Οι φορέσιμοι υπολογιστές <i>Navigator 1</i> , <i>Navigator 2</i>	39

Αρίθμηση	Περιγραφή	Σελ.
Εικόνα 2.22	Εφαρμοστή φόρμα με αισθητήρες (sensorised leotard) και γάντι με αισθητήρες (sensorised glove)	40
Εικόνα 2.23	Γάντι με αισθητήρες (sensorised glove)	40
Εικόνα 3.1	Εξώρουχα που προστατεύουν από τη ζέστη ή το κρύο είναι μια πιθανή εφαρμογή του έξυπνου υφάσματος που δημιουργήθηκε στο University of Bath	45
Εικόνα 3.2	Η Respibelt διαθέτει αισθητήρες από ίνες ανοξειδωτου ατσαλιού μέσα στην ύφανση και ενδείκνυται ακόμα για μακροπρόθεσμη παρακολούθηση της αναπνοής χωρίς να προκαλεί ερεθισμούς	46
Εικόνα 3.3	Υφασμάτινο τηλεχειριστήριο σε μαξιλάρι καναπέ, διακόπτης φωτός σε κουρτίνα και χειριστήριο για την αναπαραγωγή μουσικής σε спор ένδυμα κατασκευασμένα από τη SOFTswitch (2001)	46
Εικόνα 3.4	Υφασμάτινο πληκτρολόγιο qwerty από τη SOFTswitch	46
Εικόνα 3.5 α, β	Τσάντα United Colors of Benetton και καλύμματα για καρέκλες από Luminex	47
Εικόνα 3.6	Εύκαμπτη οθόνη σε κασκόλ της France Telecom	47
Εικόνα 3.7	Το MARSIAN είναι ένα αρθρωτό αυτόνομη καταγραφής σύστημα για τη μέτρηση της δραστηριότητας του ΑΝΣ που αποτελείται από έξυπνα ενδύματα, γάντια και μια συσκευή για τον καρπό	50
Εικόνα 3.8	Το πρωτότυπο του VTAMN	50
Εικόνα 3.9	Το σύστημα <i>Wealthy</i> υλοποιήθηκε με την ενσωμάτωση υπολογιστικών τεχνικών, έξυπνων αισθητήρων, φορητών συσκευών και τηλεπικοινωνιών για την παρακολούθηση ασθενών με καρδιοπάθειες σε ανάρρωση ή ατόμων που εργάζονται σε έντονες περιβαλλοντικές συνθήκες	51
Εικόνα 3.10 α, β	Οι ερευνητές στη Philips περιγράφουν τη συσκευή νέας τεχνολογίας για την απευθείας καταγραφή ζωτικών σημείων, η οποία φαίνεται δεξιά	51
Εικόνα 3.11	Το σχεδιάγραμμα του ενδύματος, το T-shirt από την ανάποδη πλευρά και το υφασμάτινο ηλεκτρόδιο	52
Εικόνα 3.12	Οι αγώγιμες πλάκες του συστήματος μέτρησης της βιοαντίστασης στη ζώνη του παντελονιού	52
Εικόνα 3.13	Το Georgia Tech Wearable Motherboard περιλαμβάνει ηλεκτρικά αγώγιμες ίνες και πλαστικές οπτικές ίνες για τη μεταφορά πληροφοριών από αισθητήρες σε μονάδες επεξεργασίας	53
Εικόνα 3.14	Σύγκριση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος με τα παραδοσιακά μέσα και με το GTWM	53
Εικόνα 3.15	Το LifeShirt της VivoMetrics είναι ένα σύστημα το οποίο χρησιμοποιείται σε πάνω από 1000 νοσοκομεία παγκοσμίως για την παρακολούθηση ασθενών	54
Εικόνα 3.16 α, β	Το LifeShirt Clinical χρησιμοποιεί καινοτόμες τεχνολογίες για να προσφέρει καλύτερη ποιότητα και πιο αποτελεσματικά δεδομένα μέσω διακριτικής παρακολούθησης	55
Εικόνα 3.17	Ηλεκτρονικό ένδυμα sportswear της Philips (2001)	57
Εικόνα 3.18	Παιδικά ενδύματα με ενσωματωμένο Global Positioning System (GPS)	57
Εικόνα 3.19	Συσκευή επικοινωνίας ενσωματωμένη σε μανίκι από τη Philips (2001)	57
Εικόνα 3.20	Το μπουφάν της συνεργασίας της Levi Strauss με τη Philips και το ενσωματωμένο σύστημα επικοινωνιών της Izarek	58

Αρίθμηση	Περιγραφή	Σελ.
Εικόνα 3.21	Με τη χρήση αγώγιμων ινών, το MIT Media Lab δημιούργησε το Musical Jacket που προώθησε η Levi	58
Εικόνα 3.22 α, β, γ	Το Levi's Musical Jean Jacket, το υφασμένο από αγώγιμα νήματα πληκτρολόγιο και το MIDI συνθεσάιζερ	58
Εικόνα 3.23	Το BLU jacket της Lunar	59
Εικόνα 3.24	Το φωτοηλεκτρικό φόρεμα Day-for-Night του STUDIO 5050	60
Εικόνα 3.25 α, β	Τα loveJackets και hugJackets	60
Εικόνα 3.26	Η στολή του Future Force Warrior με τις προηγμένες ηλεκτρονικές της ικανότητες	62
Εικόνα 3.27	Η ηλεκτρονική στολή του σκι της Philips (2001)	62
Εικόνα 3.28	Το πρωτότυπο έξυπνου ενδύματος για το αρκτικό περιβάλλον	63
Εικόνα 3.29	Το heating vest και το fishing vest	64
Εικόνα 3.30	Ένα από τα έξυπνα υποδήματα που δίνουν τη δυνατότητα σε δρομείς να κρατούν τον ίδιο ρυθμό με έναν απομακρυσμένο δρομέα, με τον οποίο συνδέονται μέσω ασύρματων επικοινωνιών	65
Εικόνα 3.31	Το Nike+iPod Sport Kit	65
Εικόνα 3.32	Το Adidas 1 περιλαμβάνει ένα μικροσίπ για να προσαρμόζει το βαθμό σκληρότητας του πάτου ανάλογα με τις συνθήκες της επιφάνειας στην οποία τρέχει ο δρομέας	66
Εικόνα 3.33	Τα υποδήματα για την περιήγηση των ατόμων με αδυναμία όρασης αποτελούν πρωτότυπο του R. Castle	66
Εικόνα 3.34	Τα ClickSneaks αναπαράγουν τον ήχο τακουινιών σε πλακόστρωτο δρόμο	67
Εικόνα 3.35	Η εγκατάσταση των οργάνων του υποδήματος για χορευτικές επιδόσεις	67
Εικόνα 3.36	Το OPTIMIZE της Lunar δεν είναι ένα μοντέρνο ζευγάρι γυαλιών, αλλά χειρουργικά γυαλιά που ενσωματώνουν μικρόφωνο, ηχεία και ασύρματη συνδεσιμότητα για πολυάσχολους θεράποντες	68
Εικόνα 3.37	Τα ρολόγια TRIAX C6 και TRIAX CV10 της Nike διαθέτουν επιπλέον χαρακτηριστικά για αθλητές	68
Εικόνα 3.38	Το Mbracelet επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων μέσω μιας απλής χειραψίας	69
Εικόνα 3.39	Το εύκαμπτο κινητό τηλέφωνο Elektex / IDEO	69
Εικόνα 3.40	Το ψηφιακό ρολόι/ βραχιόλι της IBM εξοπλισμένο με οθόνη VGA	70
Εικόνα 3.41	Το κινητό τηλέφωνο, υπό τη μορφή κοσμημάτων, και το δαχτυλίδι της IBM, που αναβοσβήνει υποδεικνύοντας τις εισερχόμενες κλήσεις ή τη λήψη νέου e-mail, έχουν σκοπό να αλλάξουν τον τρόπο αλληλεπίδρασης των χρηστών με τους υπολογιστές και τις ηλεκτρονικές συσκευές	70
Εικόνα 3.42	Το δαχτυλίδι λειτουργεί σαν κλειδί σε πόρτες και συσκευές και προγραμματίζεται σε γλώσσα Java	70
Εικόνα 3.43	Οθόνη σε ρολόι	71
Εικόνα 3.44	Το ηλεκτρονικό κόσμημα "svava" που λειτουργεί σαν βοήθημα ακοής	71
Εικόνα 4.1	Τα δύο είδη έξυπνων ενδυμάτων	74
Εικόνα 4.2	Νήμα από ανοξειδωτο ασάλι και πολυεστέρα	76
Εικόνα 4.3	Τα μέρη μιας οπτικής ίνας	76

Αρίθμηση	Περιγραφή	Σελ.
Εικόνα 4.4	Μικρογραφία της μεταξωτής οργάντζας (silk organza)	77
Εικόνα 4.5	Η σχηματική αναπαράσταση των στοιχείων που απαρτίζουν το GTWM	83
Εικόνα 4.6	Πλεκτή κεραία για κλωστοϋφαντουργικό σύστημα εκπομπής	86
Εικόνα 4.7	Τσιπ θερμοηλεκτρικής γεννήτριας με βάση το πυρίτιο	88
Εικόνα 4.8	Το σύστημα αναπαραγωγής MP3 που βρίσκεται ενσωματωμένο στο μπουφάν ελέγχεται με την ομιλία	88
Εικόνα 4.9	Το υφασμάτινο πληκτρολόγιο αποτελείται από κομμάτια αγωγίμου και μη αγωγίμου υφάσματος ραμμένα μεταξύ τους	89
Εικόνα 4.10 α, β	Πρωτότυπο με μικροδιακόπτες, κατασκευασμένο από τον Steve Mann για τον έλεγχο με το ένα χέρι, του υπολογιστή και της κάμερας που βρίσκονται ενσωματωμένα στα ενδύματά του, και συνδυασμός ποντικιού - πληκτρολογίου κατασκευασμένου από την Handykey Corporation	89
Εικόνα 4.11	Η διεπαφή χρήστη της στολής για επιβίωση στο αρκτικό περιβάλλον	90
Εικόνα 4.12 α, β	Οι δύο προσεγγίσεις για τη διασύνδεση: η μονάδα συνδέεται με καλώδια στο στενό ύφασμα πολυεστέρα, ή εναλλακτικά, με ένα λεπτό ευέλικτο πλαστικό έλασμα με σχεδιασμένες διασυνδέσεις	92
Εικόνα 4.13 α, β	Μικροφωτογραφίες των πειραμάτων διασύνδεσης: η επικάλυψη των καλωδίων (μπλε) αφαιρείται με επεξεργασία λέιζερ και έπειτα τα υφασμένα καλώδια υπόκεινται σε συγκόλληση με ένα μικρό μεταλλικό έλασμα	92
Εικόνα 5.1	Φωτογραφίες των νέων τεχνολογιών και διεπαφών που απαιτούν ειδικές ικανότητες από την πλευρά των χρηστών για την αξιοποίησή τους	96
Εικόνα 6.1	Σκίτσα από το Media Lab για μελλοντικές εφαρμογές έξυπνων ενδυμάτων	104

Λίστα Πινάκων

Αρίθμηση	Περιγραφή	Σελ.
Πίνακας 1.1	Εργαλεία για εξ αποστάσεως διαπρωσωπική επικοινωνία	16
Πίνακας 1.2	Εργαλεία για κοινωνική αλληλεπίδραση και κοινωνικά παιχνίδια	16
Πίνακας 2.1	Κάποια από τα πιο σημαντικά βήματα στην ιστορία των φορέσιμων υπολογιστών	22
Πίνακας 2.2	Κατευθυντήριες γραμμές / οδηγίες για τη «Φορεσιμότητα»	25
Πίνακας 3.1	Εφαρμογές του Wearable Computing και του Smart Clothing από τη δεκαετία του '80 έως σήμερα	42
Πίνακας 3.2	Πιθανές εφαρμογές του Smart Shirt	54
Πίνακας 6.1	Συστατικά για την κατασκευή έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων	103 104

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πρόλογος

Καθώς στα ηλεκτρονικά στοιχεία μειώνεται το μέγεθος, το κόστος και οι ενεργειακές απαιτήσεις, οι φορητές συσκευές προσωπικών δεδομένων και επικοινωνίας, όπως κινητά τηλέφωνα και προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί (PDA's), συνεχώς αυξάνονται και εξελίσσονται. Στο επερχόμενο «ηλεκτρονικό» μέλλον, πολλές από τις προαναφερθείσες συσκευές θα βρίσκονται ενσωματωμένες σε προϊόντα ένδυσης. Η ανάπτυξη προϊόντων υπολογιστών που μπορούν να φορεθούν αναδύεται ως ένας σημαντικός ερευνητικός και τεχνολογικός τομέας. Πολλοί διαφορετικοί όροι χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό αυτού του νέου τομέα, όπως Φορέσιμοι Υπολογιστές (Wearable Computers), Έξυπνα Ενδύματα (Smart Clothes), Ευφυή Κλωστοϋφαντουργικά Προϊόντα (Intelligent Textiles). Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δύσκολος ο προσδιορισμός της κατηγορίας στην οποία ανήκουν διάφορες εφαρμογές.

Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία, η συνένωση των ηλεκτρονικών και των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, που προέρχεται από την ανάγκη για ελαφριά μεταφερόμενα ηλεκτρονικά, θα προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες και στις δύο βιομηχανίες. Η ενσωμάτωση συσκευών σε ενδύματα, υποδήματα και αξεσουάρ θα ενισχύσει την ευκινησία και την άνεση του χρήστη. Οι διαθέσιμες τεχνολογίες και ο τρόπος με τον οποίο θα χρησιμοποιηθούν είναι άλλο ένα βασικό θέμα στην αλυσίδα της ανάπτυξης διαδραστικών ηλεκτρονικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Κύριους τομείς εφαρμογής αποτελούν η επικοινωνία, η διασκέδαση, η υγεία και η ασφάλεια, με ενδιαφέρουσες προεκτάσεις.

Στόχος της εργασίας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση του ευρύτερου επιστημονικού τομέα των φορέσιμων συστημάτων και ειδικότερα της έξυπνης ένδυσης. Για αυτό το λόγο, ερευνάται κατά πόσο οι τρέχουσες τεχνολογίες πληροφορικής έχουν εισχωρήσει στην κατασκευή ενδυμάτων, υποδημάτων και κοσμημάτων, τα οποία φέρουν επιπλέον «λειτουργικά» χαρακτηριστικά, όπως η συλλογή πληροφοριών, η επεξεργασία δεδομένων και η επικοινωνία με άλλες συσκευές. Η εργασία βασίζεται στη συγκέντρωση, στη μελέτη και την οργάνωση πληροφοριών από εργασίες ερευνητών που έχουν διεξαχθεί και δημοσιευθεί έως πρόσφατα και ενισχύεται μέσω της παρουσίασης πρωτοτύπων και εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί από ακαδημαϊκά ιδρύματα, εταιρείες υψηλής τεχνολογίας και πρωτοβουλίες κυβερνητικών οργανισμών σε διεθνές επίπεδο. Στην εργασία συμπεριλαμβάνεται η λεπτομερής καταγραφή και επεξήγηση των αναδυόμενων τεχνολογιών και των μεθόδων ενσωμάτωσής τους στα ενδύματα και τα συναφή καταναλωτικά προϊόντα.

Δομή της εργασίας

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αποτελεί μια εμπειριστατωμένη μελέτη, βασισμένη στην επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας. Αποτελείται από έξι κεφάλαια. Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται ανάλυση των συνθηκών που συνέβαλλαν στην ανάπτυξη του τομέα της έξυπνης ένδυσης. Ειδικότερα, προσεγγίζονται όλα τα σημαντικά θέματα που σχετίζονται με την ένδυση και την τεχνολογία. Στη συνέχεια, δίνονται ορισμοί για την κατανόηση των βασικών όρων με τους οποίους θα ασχοληθεί η εργασία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο η μελέτη επικεντρώνεται γύρω από τους φορέσιμους υπολογιστές. Στα πλαίσια της έρευνας, παρουσιάζεται το ιστορικό τους υπόβαθρο, οι ιδιότητες και τα κύρια χαρακτηριστικά τους, η μορφή που μπορεί να έχουν και τα ενδεχόμενα προβλήματα. Ακολούθως, παρουσιάζονται κάποιες σημαντικές εφαρμογές τους, που σχετίζονται με την ιατρική, το στρατό, τη βιομηχανία, τον αθλητισμό, την επικοινωνία και την ψυχαγωγία για την καλύτερη κατανόηση του πεδίου.

Το τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την περιγραφή χαρακτηριστικών των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων, το διαχωρισμό τους από τους φορέσιμους υπολογιστές και ολοκληρώνεται με την παρουσίαση ενδεικτικών εφαρμογών έξυπνων ενδυμάτων, υποδημάτων και κοσμημάτων-αξεσουάρ.

Η ανάλυση των τεχνολογιών και των τρόπων ενσωμάτωσης των στοιχείων που πλαισιώνουν την κατασκευή έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων είναι το αντικείμενο του τέταρτου κεφαλαίου.

Παρόλα τα πλεονεκτήματα των έξυπνων ενδυμάτων, σε κάθε τομέα, ειδικά στην αρχή, δε λείπουν τα προβλήματα και οι προκλήσεις. Για την επίτευξη της δημιουργίας πραγματικά έξυπνων ενδυμάτων, οι νέες εφαρμογές δε θα πρέπει να υστερούν ως προς τις λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά που διαθέτει ο κοινός ιματισμός. Μια επιπλοκή τεχνικής φύσης αποτελεί η διαδικασία του πλυσίματος, η οποία περιορίζεται από τη χρήση ηλεκτρονικών στοιχείων. Άλλα προβλήματα μπορεί να είναι κοινωνικά, να αφορούν στην αποδοχή, στη δυσκολία χειρισμού, ή σε θέματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας. Συνεπώς, στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται όλα αυτά τα ζητήματα.

Τέλος, η εργασία κλείνει με το έκτο κεφάλαιο, το οποίο περιλαμβάνει τα γενικά συμπεράσματα όσων αναφέρθηκαν, καθώς και προτάσεις για μελλοντική έρευνα και εφαρμογές των έξυπνων συστημάτων που σχετίζονται με την ένδυση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Ανάλυση των συνθηκών από τις οποίες προήλθε η ανάγκη για εξερεύνηση προς την κατεύθυνση των έξυπνων ενδυμάτων και ο ορισμός κάποιων βασικών όρων

1.1 Εισαγωγικά

1.1.1 Γενικά

Τα έξυπνα ενδύματα και γενικότερα τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αποτελούν νέα κεφάλαια στην ιστορία των προϊόντων. Οι πολυλειτουργικές ηλεκτροενεργές ίνες και τα υφάσματα θα δώσουν στην παραδοσιακή βιομηχανία κλωστοϋφαντουργίας μια νέα πρόσθετη αξία [DCLMPST'03]. Η πρόοδος στην υφαντική τεχνολογία, η εφαρμοσμένη μηχανική μέσω υπολογιστών και η επιστήμη των υλικών προάγουν μια νέα γενιά λειτουργικών υφασμάτων. Η ανάπτυξη πραγματικά διαδραστικών ηλεκτρονικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων είναι τεχνικά δυνατή. Θα υπάρξει η δυνατότητα να γίνει η καθημερινή ζωή περισσότερο άνετη και ασφαλής, με τη μεταφορά των τεχνολογικών επιτευγμάτων πιο κοντά στο κοινό, απλά με την εισαγωγή εύχρηστων διεπαφών. Η επεξεργασία πολυσύνθετων διαδραστικών υφασμάτων θα είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την πρόοδο, την ανάπτυξη και την ανταγωνιστικότητα σε διάφορους τομείς, όπως στον έλεγχο της υγείας και στην ιατρική γενικότερα, στον αθλητισμό, στην εργονομία, στο στρατό, ακόμα και στην εξερεύνηση του διαστήματος. Οι παράγοντες και οι συνθήκες που έδωσαν την ώθηση προς αυτή την κατεύθυνση της διερεύνησης των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων εξετάζονται παρακάτω.

1.1.2 Η εξέλιξη της τεχνολογίας

Η συνεχής ελάττωση του μεγέθους των ηλεκτρονικών στοιχείων έχει καταστήσει δυνατή τη δημιουργία όλο και μικρότερων ηλεκτρονικών συσκευών. Συσκευές οι οποίες είναι πιο εύκολο να μεταφερθούν ή ακόμα και να φορεθούν, όπως οι εφαρμογές του wearable computing (φορέσιμη υπολογιστική δυνατότητα), έχουν αρχίσει να εμφανίζονται και να εξαπλώνονται με ταχύτατους ρυθμούς. Το όραμα της φορέσιμης τεχνολογίας είναι να μπορεί να ελέγξει, να προειδοποιήσει, να ενημερώσει, να χαλαρώσει, ή και να διασκεδάσει αυτόν που τη φοράει.

Οι φορητοί υπολογιστές και τα PDAs μπορεί να κυκλοφορούν ήδη εδώ και χρόνια στο εμπόριο, αποτυγχάνουν όμως να γίνουν πραγματικά μέρος της καθημερινής ζωής. Αυτό οφείλεται καταρχήν στο γεγονός ότι κάποιος πρέπει να καταβάλλει συνειδητή προσπάθεια για να τα χρησιμοποιήσει και δεν είναι δυνατό να εκτελεί ταυτόχρονα και κάποια άλλη εργασία. Έπειτα, οι φορητοί υπολογιστές, τα PDAs και οι παρόμοιες συσκευές δε διαθέτουν τη δυνατότητα αντίληψης της κατάστασης του περιβάλλοντος (situational awareness), ώστε να διευκολύνουν το χρήστη. Με άλλα λόγια, δεν υπάρχει μια σταθερότητα ως προς τη λειτουργία και ως προς τη διάδραση. Απέχουν, κατά συνέπεια, πολύ από την παροχή αόρατης διάδρασης [M'96b].

Η μείωση του μεγέθους (miniaturization) των ηλεκτρονικών στοιχείων, δίνει τη δυνατότητα ενσωμάτωσής τους. Τα έξυπνα ενδύματα, με τις ενσωματωμένες τεχνολογίες, μπορούν να συνδυάσουν τη φορέσιμη υπολογιστική ισχύ πολυμέσων (wearable multimedia computing), την προσωπική αναπαράσταση /απεικόνιση (personal imaging), που γίνεται μέσω της χρήσης μιας βιντεοκάμερας ή και περισσοτέρων και τις ασύρματες επικοινωνίες, σε ένα σύνολο που μπορεί να φορεθεί άνετα και όχι απλά να κουβαληθεί μέσα σε ένα χαρτοφύλακα. Αυτό δίνει τη δυνατότητα ο νέος εξοπλισμός να βρίσκεται πάντα σε επιφυλακή, σε μια ενεργή κατάσταση (mode) ενώ φοριέται, ενδεχομένως να πέφτει σε κατάσταση αδράνειας (sleep mode), αλλά να έχει και την ικανότητα να ενεργοποιείται όταν δέχεται ερεθίσματα από το περιβάλλον και να πλεονεκτεί σαφώς σε σχέση με τους φορητούς υπολογιστές πολυμέσων και τους υπολογιστές παλάμης. Δηλαδή, το αποτέλεσμα θα είναι ο μηχανισμός που ελέγχεται από το χρήστη να συμπεριφέρεται περισσότερο σαν προέκταση του σώματός του. Οι λειτουργίες που προσφέρει το έξυπνο ένδυμα θα πρέπει να είναι γνωστές στο χρήστη, χωρίς όμως να απαιτείται να κατανοούνται πλήρως όλες οι εσωτερικές επεξεργασίες του μηχανισμού [M'97a]. Επιπλέον, θα

πρέπει να παρέχεται στο χρήστη η επιθυμητή ιδιωτικότητα και ασφάλεια. Επίσης, μπορεί να θεωρηθεί και σαν μια εναλλακτική πρόταση απέναντι στις τεχνολογίες περιβάλλοντος (environmental technologies), όπως οι πανταχού παρόντες υπολογιστές (ubiquitous computing) και τα κλειστά κυκλώματα παρακολούθησης που έχουν αρχίσει να εξαπλώνονται.

1.1.3 Περιβαλλοντική νοημοσύνη (Ambient intelligence)

Στο κοντινό μέλλον, τα γραφεία, τα αυτοκίνητα και τα σπίτια θα έχουν διανεμημένο δίκτυο έξυπνων συσκευών που θα παρέχει πληροφορίες, επικοινωνία, και ψυχαγωγία. Αυτά τα συστήματα θα προσαρμόζονται στο χρήστη και θα διαφέρουν ουσιαστικά από το σύγχρονο εξοπλισμό στην εμφάνισή τους και στον τρόπο που οι χρήστες αλληλεπιδρούν μαζί τους. Η περιβαλλοντική νοημοσύνη αναφέρεται στην παρουσία ενός περιβάλλοντος που είναι ευαίσθητο, προσαρμοστικό, και ανταποκρίνεται στην παρουσία ανθρώπων ή αντικειμένων. Σε ένα περιβάλλον αυτοκινήτου, για παράδειγμα, η περιβαλλοντική νοημοσύνη μπορεί να εξυπηρετήσει το σκοπό των βελτιώσεων ασφάλειας, της έξυπνης πλοήγησης και τον εμπλουτισμό της άνεσης. Σε ένα περιβάλλον γραφείου, η περιβαλλοντική νοημοσύνη θα εξυπηρετήσει κυρίως την αύξηση της παραγωγικότητας, υποστηρίζοντας τον εργαζόμενο γραφείου. Σε ένα περιβάλλον σπιτιού, η περιβαλλοντική νοημοσύνη θα βελτιώσει την ποιότητα ζωής με τη δημιουργία της επιθυμητής ατμόσφαιρας και τη λειτουργικότητα μέσω έξυπνων, εξατομικευμένων διασυνδεδεμένων συστημάτων και υπηρεσιών [BF'02].

Η έξυπνη ένδυση μπορεί να ενισχύσει ακόμα περισσότερο τα επιθυμητά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, αν κάποιος επιστρέψει στο σπίτι του και ο χώρος δεν έχει την κατάλληλη θερμοκρασία, τα έξυπνα ενδύματά του, που θα αισθανθούν τις συνεπακόλουθες αλλαγές στη θερμοκρασία του σώματος του κομιστή, μπορούν να βοηθήσουν να ανοίξει ή να χαμηλώσει η θέρμανση και να διατηρηθούν οι συνθήκες άνεσης. Η ενσωματωμένη τεχνολογία των έξυπνων ενδυμάτων μπορεί να συνεργάζεται με το δίκτυο των έξυπνων συσκευών που βρίσκονται στο περιβάλλον του χρήστη και να έχει ως αποτέλεσμα εμπλουτισμένες δημιουργικές δυνατότητες.

1.1.4 Η Πολυϊνική Συμφωνία και οι επιπτώσεις της

Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι παρόντα παντού, σε κάθε χώρο και όλες τις ώρες. Η συνεχής συρρίκνωση της βιομηχανίας των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και της βιομηχανίας των ενδυμάτων στο δυτικό κόσμο είναι όμως ένα γεγονός αναμφισβήτητο. Η επιβίωση των εναπομεινάντων δυτικών επιχειρήσεων βασίζεται πλέον στη διαφοροποίηση και στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, με οποιοδήποτε τρόπο αυτή μπορεί να επιτευχθεί. Η στροφή από την ποσότητα, την οποία παρέχουν πλέον κάποιες αναπτυσσόμενες χώρες, στην ποιότητα, που βασίζεται στην τεχνογνωσία (know-how), είναι ένας τρόπος που προσεγγίζουν οι περισσότερες επιχειρήσεις. Οι κλωστοϋφαντουργικές βιομηχανίες των Η.Π.Α. και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, πριν ακόμα το τέλος της Πολυϊνικής συμφωνίας [MFA'07], η οποία αναλύεται παρακάτω, είχαν ήδη επικεντρωθεί στα τεχνικά υφάσματα για την παραγωγή προϊόντων υψηλών προδιαγραφών.

Η Πολυϊνική Συμφωνία (Multi Fibre Arrangement ή MFA) είχε τεθεί σε ισχύ το 1974 στο πλαίσιο της διεθνούς συμφωνίας για τους δασμούς και το εμπόριο (GATT), με βασικό στόχο την επέκταση του εμπορίου, την άρση των εμποδίων στην ελεύθερη κίνηση των προϊόντων και τη φιλελευθεροποίηση του παγκόσμιου εμπορίου στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Για την τριακονταετία που μεσολάβησε έως την πλήρη απελευθέρωση του εμπορίου, είχαν οριστεί κάποιες ποσοτώσεις για τις εξαγωγές από τις χώρες όπως η Κίνα, η Ινδία, το Μπαγκλαντές, η Ταϊλάνδη, το Πακιστάν κ.α. ώστε η προσαρμογή να γίνει σταδιακά χωρίς δυνατούς κραδασμούς. Αυτό έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην προστασία των παραγωγών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των Ηνωμένων Πολιτειών. Στο διάστημα αυτό, είτε μεταφέροντας τις μονάδες τους στις χώρες χαμηλού κόστους, είτε κάνοντας επενδύσεις σε αυτές, κάποιες δυτικές επιχειρήσεις ενίσχυσαν τις θέσεις τους. Η κατάργηση των ποσοτώσεων την 31^η Δεκεμβρίου του 2004, είχε ως αποτέλεσμα τον κατακλυσμό της αγοράς από κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα των αναπτυσσόμενων χωρών, όπου το κόστος εργασίας είναι πολύ χαμηλότερο, με αποτέλεσμα την πώληση των προϊόντων τους σε πολύ φθηνότερες τιμές.

Αρκετά πριν τη λήξη της Πολυϊνικής συμφωνίας είχαν προβλεφθεί οι συνέπειες για τις βιομηχανίες των ανεπτυγμένων χωρών της Ευρώπης και της Αμερικής. Η κρίση παρ' όλα αυτά

συνεχίζεται. Απαιτείται εκμετάλλευση των νέων τεχνολογιών και ευελιξία για τη γρήγορη ανταπόκριση στις αλλαγές της αγοράς. Η εμφάνιση των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων μπορεί να βοηθήσει να οδηγηθεί ο παραδοσιακός κλωστοϋφαντουργικός τομέας σε ένα επίπεδο βιομηχανίας υψηλής τεχνολογίας, κάτι που μπορεί να βγάλει κάποιες δυτικές επιχειρήσεις από το αδιέξοδο. Η ουσιαστική αλλαγή δηλαδή στον τομέα της βιομηχανίας των κλωστοϋφαντουργικών μπορεί να επέλθει μέσω των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων.

1.1.5 Μαζική προσαρμογή

Ο όρος της μαζικής προσαρμογής ή της μαζικής εξατομίκευσης (mass customization) προέρχεται από το χώρο της παραγωγής και αφορά τη δυνατότητα κατασκευής εξατομικευμένων προϊόντων από μία γραμμή παραγωγής [MC'07]. Αφορά την κατασκευή δηλαδή μιας μεγάλης ποικιλίας προϊόντων που να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του κάθε πελάτη ξεχωριστά. Η μαζική προσαρμογή /εξατομίκευση είναι η χρήση ευέλικτων βιομηχανικών συστημάτων, τα οποία με την υποστήριξη υπολογιστών παράγουν διαφοροποιημένα προϊόντα, στον ίδιο χρόνο ανταπόκρισης, την ίδια αποδοτικότητα και ποιότητα και με χαμηλό κόστος χρησιμοποιώντας τις μεθόδους μαζικής παραγωγής.

Ένας απώτερος στόχος της βιομηχανίας είναι ο μετασχηματισμός από προϊόντα μαζικής παραγωγής μόνο μιας χρηστικότητας, σε εξατομικευμένα προϊόντα πολλαπλής χρηστικότητας που διαθέτουν επιπλέον τη δυνατότητα αναβάθμισης [VH'04]. Ένα ένδυμα δε θα είναι απλώς ένα προϊόν που θα εξυπηρετεί τις αυτονόητες μέχρι τώρα ανάγκες, αλλά θα προσφέρει επιπλέον δυνατότητες σε αυτόν που το φοράει. Τα χαρακτηριστικά που θα διαθέτει θα προσαρμόζονται στις απαιτήσεις του κάθε χρήστη, διευκολύνοντάς τον σε διάφορες περιστάσεις της καθημερινής του ζωής. Η ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων που θα προσφέρουν τα εξατομικευμένα προϊόντα, θα αυξηθεί ακόμα περισσότερο, ανάλογα με τις ενσωματωμένες λειτουργίες που αυτά θα διαθέτουν. Ένα ένδυμα στα ακριβή μέτρα του πελάτη που θα του παρέχει ταυτόχρονα το ενδεχόμενο προσαρμογής επιθυμητών τεχνολογικών χαρακτηριστικών, θα είναι ένα προϊόν που θα βρίσκει μεγαλύτερη ανταπόκριση από το αγοραστικό κοινό.

1.1.6 Οι ερευνητικές τάσεις

Όσο το περιβάλλον της καθημερινής ζωής περικυκλώνεται από κλωστοϋφαντουργικά υλικά, αυτά θα αποτελούν στόχο έρευνας. Το μέλλον θα διαγραφεί μέσω της στενής συνεργασίας ερευνητών που προέρχονται από διαφορετικές ειδικότητες και με τη σύγκληση διαφόρων επιστημών. Τομείς όπως η βιοτεχνολογία, η πληροφορική, η μικροηλεκτρονική, η επιστήμη των υλικών, η χημεία πολυμερών κ.α. εξετάζουν τις δυνατότητες των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Έτσι θα εξελιχθούν τα ηλεκτρονικά πολυμερή σε ίνες και υφάσματα. Ένα μέρος των νέων υλικών και δομών έχει ήδη προχωρήσει στο στάδιο της υλοποίησης και της εμπορευματοποίησης. Ένα πολύ μεγαλύτερο μέρος εντούτοις βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της έρευνας και της ανάπτυξης. Αυτό ισχύει ειδικά για τα πολύ προηγμένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, ένα στάδιο που αναμένεται ότι χρειάζεται ακόμα αρκετό χρόνο για να ολοκληρωθεί.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η υψηλή τεχνολογία δε θα πρέπει να κάνει τα προϊόντα πιο περίπλοκα στη χρήση τους, αλλά να ενσωματώνεται χωρίς να φαίνεται σε αντικείμενα καθημερινής χρήσης, εμπλουτίζοντας τη λειτουργικότητά τους, δίχως την τροποποίηση του χαρακτήρα τους. Τα τελευταία χρόνια στην αγορά των ενδυμάτων έχουν έρθει στο προσκήνιο νέες ίνες, νέα υφάσματα και καινοτόμες τεχνολογίες επεξεργασίας. Αυτή η τάση μελλοντικά πρόκειται να συνεχιστεί μέχρι το σημείο που οι τεχνικές καινοτομίες στα υφαντικά προϊόντα θα γίνουν πιο σημαντικές από το ίδιο το περιεχόμενο της μόδας. Τα προϊόντα που θα υπερισχύσουν θα είναι αυτά που με κάποιο τρόπο θα βελτιώνουν το επίπεδο της ποιότητας ζωής, αλλά και αυτά που δεν θα έχουν χάσει το χαρακτήρα τους, θα εξυπηρετούν το χρήστη με τον πιο απλό και κατανοητό τρόπο.

1.1.7 Οι ανάγκες και οι απαιτήσεις των καταναλωτών

Σύμφωνα και με την ιεραρχία των αναγκών του Maslow [MHN'07], υπάρχουν πέντε βασικά επίπεδα αναγκών. Στο χαμηλότερο επίπεδο βρίσκονται οι φυσιολογικές ανάγκες, ακολουθούν οι ανάγκες ασφάλειας, οι κοινωνικές ανάγκες, οι ανάγκες του εγώ και στο υψηλότερο επίπεδο είναι

οι ανάγκες της αυτοεκπλήρωσης. Εφόσον στον ανεπτυγμένο κόσμο οι βασικές ανάγκες που σχετίζονται με την επιβίωση έχουν ικανοποιηθεί, γίνεται μια προσπάθεια να ικανοποιηθούν και οι ψυχολογικές ανάγκες των ανώτερων επιπέδων. Αυτές περιλαμβάνουν τις γνωστικές, τις αισθητικές και τις ανάγκες αυτοπραγμάτωσης.

Τα έξυπνα υλικά θα παρέχουν μια διαφορετικού είδους αισθητική ποιότητα με εμφανή επίδραση στον τρόπο που οι άνθρωποι βιώνουν το περιβάλλον και αλληλεπιδρούν με αυτό. Οι αλληλεπιδράσεις με τα προϊόντα θα πρέπει να γίνονται όλο και περισσότερο διαισθητικές και αυθόρμητες. Το περιβάλλον του μέλλοντος θα αποτελείται από αόρατα διαδραστικά συστήματα που θα είναι ενσωματωμένα όχι μόνο στους χώρους αλλά και στα ενδύματα και όλα αυτά θα αποτελούν φυσικό μέρος της ζωής.

Θα υπάρξουν κάποιοι νέοι κώδικες επικοινωνίας, καθώς η γλώσσα των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων θα επεκταθεί, όταν αυτά θα περάσουν από την ανενεργή σε μια ενεργή, έξυπνη κατάσταση. Στο [B'04] ο στόχος της έρευνας είναι η ορθολογική οργάνωση της λειτουργίας της τεχνολογίας πληροφορίας και επικοινωνίας (information and communication technology ή ICT) και της συμβατικής αλληλεπίδρασης σε συνδυασμό με την καθημερινή ένδυση, με επιθυμητό αποτέλεσμα την ταξινόμηση όλων για την εξακρίβωση των νέων αλληλεπιδράσεων και εμπειριών που θα ξεπροβάλλουν. Στην εφαρμογή που παρουσιάζεται στο συγκεκριμένο επιστημονικό άρθρο, εξετάζεται μια διεπαφή έξυπνης τεχνολογίας - που αποτελείται από υπάρχουσες τεχνολογίες, όπως ασύρματες επικοινωνίες, κεραίες, διακόπτες, κυκλώματα, κ.α. - ενσωματωμένης σε ιματισμό. Το ένδυμα παίζει το ρόλο *εργαλειοθήκης (tool box)*, που θα επιτρέπει στο χρήστη να βιώσει την αίσθηση της δημιουργικότητας και της επικοινωνίας με την αποστολή περισσότερο εκφραστικών και συναισθηματικών μηνυμάτων. Επίσης, ο χρήστης θα εμπλακεί με κοινωνικές αλληλεπιδράσεις και παιχνίδια. Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στα άτομα δε γίνεται μέσω προφορικών καναλιών, αλλά με τη χρήση της γλώσσας του σώματος, χειρονομιών και αγγιγμάτων από τον αποστολέα, που μεταφέρονται με τη βοήθεια μιας διαδραστικής μεμβράνης, που αναπτύχθηκε σε εργαστήριο του MIT, και μέσω συσκευών που αναλύονται στη συνέχεια, στον παραλήπτη. Στους πίνακες που παρουσιάζονται παρακάτω, απεικονίζονται διαφορετικά σενάρια που δείχνουν τη σύγκληση του ιματισμού με την τεχνολογία πληροφορίας και επικοινωνίας (ICT).

Η ένδυση εκτός από την κάλυψη μιας βασικής ανάγκης του ανθρώπου, της προστασίας δηλαδή από τις καιρικές συνθήκες, μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελεί και ένα εκφραστικό μέσο. Στο πρώτο σενάριο, ο στόχος είναι η αποστολή εκφραστικών μηνυμάτων σε φίλους ή συνεργάτες μέσω της ενδυμασίας που χαρακτηρίζεται σαν μέσο έκφρασης συναισθήματος ή διάθεσης. Ο ιματισμός θεωρείται παράγοντας επίγνωσης του ατόμου για το σώμα του, αφού λειτουργεί κατά κάποιο τρόπο ως προέκτασή του και μαθαίνει να ζει μ' αυτόν. Το άτομο αισθάνεται άνετα μέσα στα ενδύματα που τον περιτυλίγουν, νοιώθει «σαν στο σπίτι του». Η ένδυση αποτελεί σημαντική «εμπειρία» σε σχέση με το σώμα. Στον **Πίνακα 1.1** αποτυπώνεται το βασικό πλαίσιο εργασίας.

Η αποστολή του μηνύματος περιλαμβάνει χειρονομίες και αγγίγματα που συνήθως συνοδεύουν την προφορική επικοινωνία. Το μήνυμα βασίζεται στη σχέση του αποστολέα με τον αποδέκτη. Οι κινήσεις, οι χειρονομίες, οι πιέσεις ή ακόμη και τα χτυπήματα μεταφέρονται μέσω των ενσωματωμένων στην ύφανση συσκευών και κυκλωμάτων στο ένδυμα του αποδέκτη. Η διάρθρωση του συστήματος ανίχνευσης και αποστολής συνίσταται σε έναν αισθητήρα πίεσης, σε έναν αισθητήρα κίνησης, στο κύκλωμα μεταφοράς των σημάτων στο ολοκληρωμένο κύκλωμα με το μικροεπεξεργαστή και στην κεραία μετάδοσης του επεξεργασμένου μηνύματος. Κάθε μορφή πίεσης και κάθε χειρονομία έχει προσδιορισθεί με διαφορετικό κώδικα. Στο ένδυμα του παραλήπτη η αλλαγή που παρουσιάζεται, βασίζεται στην ερμηνεία του μηνύματος και πραγματοποιείται σε μια επιφάνεια χρωματικής μεταβολής. Ο κώδικας παραλαμβάνεται από την κεραία του αποδέκτη, μεταφέρεται μέσω αντίστοιχων κυκλωμάτων στο ολοκληρωμένο κύκλωμα, αποκωδικοποιείται σε συγκεκριμένο σήμα που η επιφάνεια χρωματικής μεταβολής εκφράζει με την παραγωγή συγκεκριμένου χρώματος. Το συναίσθημα μεταφράζεται σε κάποιο χρώμα σύμφωνα με τη γνωστή ψυχολογία και τις πολιτιστικές αξίες των χρωμάτων. Το ένδυμα του παραλήπτη μπορεί να διαθέτει εκτός από επιφάνεια χρωματικής μεταβολής και ενεργοποιητές. Έτσι οι πιέσεις και οι χειρονομίες μπορούν να μεταφράζονται επιπλέον σε συσπάσεις τμήματος του ενδύματος που υποδηλώνουν το αντίστοιχο συναίσθημα. Δηλαδή για παράδειγμα, το

συναίσθημα της ζεστασιάς από τον αποστολέα μπορεί να προκαλεί μέσω του ενεργοποιητή, σύσπαση του υφάσματος, την οποία ο αποδέκτης αντιλαμβάνεται σαν πίεση του βραχίονα.

Έκφραση συναισθήματος ή διάθεσης	Αποστολή μηνύματος /πράξη ενεργοποίησης	Λήψη μηνύματος /αλλαγή που πραγματοποιείται (στον ιματισμό του παραλήπτη)	
		Οθόνη	Ενεργοποιητής
Ζεστασιά	Απαλή πίεση του βραχίονα	Κίτρινο	Αίσθηση πίεσης
Αγάπη	Χαϊδεμα του βραχίονα	Κόκκινο	Απαλή αίσθηση
Στοργή	Αγκάλιασμα /τα χέρια τυλίγονται γύρω από το χρήστη	Κίτρινο	Αίσθηση αγκαλιάσματος

Πίνακας 1.1 Εργαλεία για εξ αποστάσεως διαπροσωπική επικοινωνία

Το δεύτερο σενάριο βασίζεται στις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις που αποτελούν το επίκεντρο της ύπαρξης των ανθρώπων. Αυτό το σενάριο έχει κατασκευαστεί και εξαιτίας του αναδυόμενου τομέα της προσωπικής ανταλλαγής ηλεκτρονικών δεδομένων. Όμοια με προηγουμένως, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανθρώπων στηρίζονται σε χειρονομίες και πράξεις που επικοινωνούν συναισθήματα.

Έκφραση συναισθήματος ή διάθεσης	Αποστολή μηνύματος /πράξη ενεργοποίησης	Λήψη μηνύματος /αλλαγή που πραγματοποιείται	
		Οθόνη	Ενεργοποιητής
Παιχνιδιάρικη διάθεση /προσέλευση της προσοχής	Πίεση ή ελαφρό χτύπημα του βραχίονα, του ώμου	Στον ιματισμό του παραλήπτη: πορτοκαλί	Στον ιματισμό του παραλήπτη: αίσθηση απαλής πίεσης
Αποστολή προσωπικού μηνύματος	Θετική γλώσσα σώματος	Στον ιματισμό του παραλήπτη: κίτρινο	Στον ιματισμό του παραλήπτη: αίσθηση πίεσης
Παιχνίδι κοινωνικών/ πολιτιστικών ομάδων	Ενέργειες παιχνιδιού	Στον ιματισμό του παραλήπτη: σημεία χτυπήματος	Στον ιματισμό του παραλήπτη: αίσθηση χτυπήματος

Πίνακας 1.2 Εργαλεία για κοινωνική αλληλεπίδραση και κοινωνικά παιχνίδια

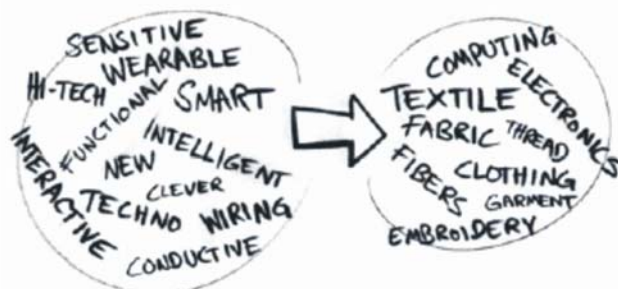
Η ενσωμάτωση έξυπνων λειτουργιών στα ενδύματα και σε άλλα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αναμένεται να αλλάξει την κουλτούρα που υπάρχει γύρω από αυτά τα προϊόντα, τροποποιώντας ουσιαστικά τη σχέση των ανθρώπων με αυτά και τη χρήση τους. Η έξυπνη λειτουργικότητα θα επιδράσει επίσης στον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται τα προϊόντα και αναπτύσσονται τα υλικά. Τα αντικείμενα και η τεχνολογία των υλικών θα διαχυθούν στο υλικό περιβάλλον. Αλλά και οι απαιτήσεις των καταναλωτών από τα προϊόντα θα αλλάξουν, ελκυσμένες από ανάγκες υψηλότερης τάξης που διεγείρουν τη διάνοηση, όπως η εμπειρία και η αισθητική και η συναισθηματική πλήρωση.

1.1.8 Συμπέρασμα

Συνοψίζοντας, παράγοντες όπως: η ραγδαία ανάπτυξη κάποιων τεχνολογικών εφαρμογών, η εκσυγχρονιστική διάθεση της δυτικής βιομηχανίας, η τάση προς μαζική εξατομίκευση, η συνεχής ερευνητική διάθεση των επιστημόνων, και οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις από την πλευρά των καταναλωτών, έχουν συμβάλει καθοριστικά στην ανάγκη εξερεύνησης και προς άλλες κατευθύνσεις, όπως είναι αυτή των έξυπνων ενδυμάτων, που σκοπό έχουν να προσφέρουν στο χρήστη βοήθεια σε καθημερινές περιστάσεις με το διακριτικότερο δυνατό τρόπο.

1.2 Βασικές έννοιες και ορολογία

Καταρχήν είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ο τρόπος με τον οποίο ερμηνεύονται κάποιοι βασικοί όροι. Οι όροι που περιλαμβάνονται ανάμεσα σε άλλους είναι: *smart clothing* (έξυπνη ένδυση ή έξυπνος ιματισμός), *smart clothes* (έξυπνα ενδύματα), *functional clothes* (λειτουργικά ενδύματα), *smart fabrics* (έξυπνα υφάσματα), *smart textiles* (έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα), *intelligent textiles* (ευφυή κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα), *wearable computing* (φορέσιμη υπολογιστική δυνατότητα), *wearable computer* (φορέσιμος υπολογιστής).



Εικόνα 1.1 Νέες έννοιες

Συχνά παρατηρείται μια σύγχυση ως προς την ορολογία που χρησιμοποιείται. Κάποιοι όροι χρησιμοποιούνται υπερβολικά, εξαιτίας του marketing και πολλές φορές λανθασμένα. Τα *ευφυή κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα* (*intelligent textiles*) είναι ευρέως γνωστά σαν *έξυπνα υφάσματα* (*smart fabrics*) ή *ηλεκτρονικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα* (*electronic textiles*). Αυτό οφείλεται βέβαια και στο γεγονός ότι μερικοί όροι δεν είναι ακριβώς καθορισμένοι. Για παράδειγμα δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος κανόνας για το τι θεωρείται ευφυές. Το μόνο που είναι σίγουρο είναι ότι υπάρχουν διαφορετικοί βαθμοί ευφυΐας.

Οι όροι *smart textiles* (έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα) και *smart clothing* (έξυπνα ενδύματα) προέρχονται από τον όρο και τη γενικότερη αντίληψη που επικρατεί για τα *έξυπνα υλικά*. Ως *έξυπνα υλικά* (*smart materials*) [SMW'07] μπορούν να χαρακτηριστούν αυτά που ανταποκρίνονται σε κάποια εξωτερικά ερεθίσματα. Τα *έξυπνα υλικά*, που αποτελούν νέα υλικά για τη σχεδίαση και την ανάπτυξη προϊόντων, δεν είναι ακριβώς προσδιορισμένα, αλλά μπορούν να χωριστούν σε κάποιες μεγάλες κατηγορίες: στα *παθητικά*, τα οποία δεν εκτελούν κάποια λειτουργία και στα *ενεργητικά*, τα οποία εκτελούν κάποια λειτουργία σαν ανταπόκριση στο ερέθισμα που δέχονται από το περιβάλλον. Υπάρχουν επιπλέον και τα *πολύ έξυπνα υλικά* (*very smart materials*) που μπορούν να αισθανθούν, να αντιδράσουν και να προσαρμοστούν ανάλογα. Τέλος, αναφέρονται τα *ευφυή υλικά* (*intelligent materials*) που είναι ικανά να ανταποκριθούν ή να ενεργοποιηθούν, ώστε να εκτελέσουν μια λειτουργία με ένα χειροκίνητο ή προγραμματισμένο από πριν τρόπο.

Κατ' αναλογία με τα *έξυπνα υλικά*, τα *έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα* μπορούν να θεωρηθούν αυτά που δέχονται ερεθίσματα από το περιβάλλον, αντιδρούν σε αυτά και προσαρμόζονται χάρις στα ενσωματωμένα στη δομή τους χαρακτηριστικά. Το ενδεχόμενο ερέθισμα και η ανάλογη αντίδραση μπορούν να προέρχονται από ηλεκτρική, θερμική, χημική, μαγνητική ή άλλη πηγή.

Το *έξυπνα υφάσματα* / *κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα* μπορούν να χωριστούν σε τρεις υποκατηγορίες [VH'04]:

- 1) τα *παθητικά* *έξυπνα υφάσματα* που μπορούν μόνο να αισθανθούν το περιβάλλον, είναι δηλαδή *αισθητήρες* ή *δέκτες*,
- 2) τα *ενεργά* *έξυπνα υφάσματα* που μπορούν να δεχθούν ερεθίσματα από το περιβάλλον και να αντιδράσουν σε αυτά, εκτός από *αισθητήρες* ή *δέκτες*, διαθέτουν επιπλέον και τη λειτουργία του μηχανισμού κίνησης (*actuator function*),
- 3) τα *πολύ* *έξυπνα υφάσματα* που πηγαίνουν ένα βήμα παραπέρα, έχοντας την ικανότητα να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους ανάλογα με τις συνθήκες.

Τα προηγμένα υλικά, όπως τα ανθεκτικά στη φωτιά ή τα υπερ-ενισχυμένα υφάσματα, είναι δυνατό σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό να χαρακτηριστούν ως έξυπνα, ασχέτως με το αν διαθέτουν προηγμένη τεχνολογία ή όχι.

Το πρώτο υφαντικό προϊόν που χαρακτηρίστηκε ως *έξυπνο ύφασμα (smart fabric)* ήταν μετάξι το οποίο είχε μνήμη σχήματος, κατ' αναλογία με τα ευρύτερα γνωστά πολυμερή μνήμης σχήματος, τα οποία έχουν την ικανότητα να επανέρχονται στην πρότερη μορφή τους μετασχηματίζοντας τη θερμική ενέργεια σε κίνηση.

Τα έξυπνα υφάσματα και τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, εκτός από τον τομέα των ενδυμάτων βρίσκουν εφαρμογή και σε άλλους τομείς, όπως π.χ. στην επίπλωση ή στη μόνωση (insulation). Τα ενδύματα αν ερμηνευτούν με μια ευρεία έννοια, περιλαμβάνουν εκτός από την καθημερινή ένδυση, ένα πιθανό τομέα που μπορεί να συνδυάζει τη λειτουργικότητα με τη μόδα, τα αθλητικά ρούχα καθώς και τα *wearable smart textiles* που προορίζονται για ιατρικές εφαρμογές. Το βέβαιο είναι ότι οι πρώτες εφαρμογές των έξυπνων ενδυμάτων θα είναι γύρω από τους τομείς που έχουν μεγαλύτερες ανάγκες και είναι ζωτικής σημασίας αυτού του είδους οι εξελίξεις, όπως στην ιατρική και στις ευάλωτες και ευπαθείς ομάδες ανθρώπων, στο στρατό, στις εφαρμογές γύρω από τα ταξίδια και την εξερεύνηση του διαστήματος. Έπειτα, τα όρια της χρήσης και το εύρος των χρηστών μπορεί να εξαπλωθεί στον αθλητισμό, στο εργασιακό περιβάλλον και στην καθημερινή ζωή.

Ο όρος *smart textiles (έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα)* είναι νεότερος από τους όρους *technical textiles (τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα)* και *functional textiles (λειτουργικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα)* και καλύπτει ένα ευρύτερο φάσμα εφαρμογών, οι οποίες στην πραγματικότητα μπορούν να περιοριστούν μόνο από τη φαντασία και τη δημιουργικότητα των σχεδιαστών και των ερευνητών [VH'04].

Ο όρος *functional textiles (λειτουργικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα)* αναφέρεται σε ίνες που ανταποκρίνονται με έναν «έξυπνο» τρόπο στα εξωτερικά ερεθίσματα, όπως τις αλλαγές θερμοκρασίας, την υγρασία, τις χημικές ουσίες και τα βακτήρια, το φως και την ακτινοβολία, τη φωτιά, την ηλεκτρική εκκένωση ή τη μηχανική χρήση.

Ένας περισσότερο προχωρημένος τομέας της τεχνολογικής προόδου αφορά τα «ευφυή κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα» (*intelligent textiles*) που έχουν τη δυνατότητα να φέρουν ηλεκτρικό ρεύμα ή φως, να συσσωρεύουν ενέργεια, να αποθηκεύουν δεδομένα, ή να λαμβάνουν και να μεταφέρουν ραδιοκύματα. Αυτά έχουν τη δυνατότητα να ανοίξουν μια νέα αγορά για τα ευφυή ενδύματα που θα περιέχουν αισθητήρες (*sensors*) και ενεργοποιητές (*actuators*).

Σαν αισθητήρες και ενεργοποιητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν φωτοευαίσθητα υλικά, οπτικές ίνες, αγώγιμα πολυμερή, υλικά μνήμης σχήματος, μικρο-υλικά ή νανο-υλικά κ.α. Για τη μετάδοση των σημάτων, την επεξεργασία και τον έλεγχο μπορούν να εφαρμοστούν νευρωνικά δίκτυα και συστήματα ελέγχου και για τις ολοκληρωμένες διαδικασίες και προϊόντα μελετούνται τα φορέσιμα ηλεκτρονικά (*wearable electronics*), οι προσαρμοστικές δομές, η εφαρμοσμένη μηχανική ιστών.

Για τα *ευφυή κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα (intelligent textiles)* έχουν δοθεί οι εξής ορισμοί:

- 1 Είναι υλικά τα οποία αντιδρούν σε ωθήσεις χωρίς να ελέγχονται από κάποιον.
- 2 Είναι ικανά να ανταποκριθούν στο περιβάλλον.
- 3 Στα ενδύματα αντιδρούν είτε σε εξωτερική είτε σε εσωτερική ώθηση.
- 4 Αντιδρούν αυτόματα σε κάποιο ερέθισμα.

Ένας πιο πλήρης ορισμός θα μπορούσε να περιγράφει τα ευφυή κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα (*intelligent textiles*) ως ίνες και υφάσματα με σημαντικές και αυτόματες αλλαγές των ιδιοτήτων τους που μπορούν να αναπαραχθούν, οι οποίες προέρχονται από καθορισμένες περιβαλλοντικές επιρροές [N'03].

Το *wearable computing (φορέσιμη υπολογιστική δυνατότητα/ ισχύς)* εμφανίστηκε γύρω στο 1993, αν και ήδη από τη δεκαετία του '70 οι ερευνητές πειραματίζονται και πολλά πανεπιστημιακά ιδρύματα, συμπεριλαμβανομένου του MIT, το έχουν μελετήσει. Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στο *wearable computing* και τον έξυπνο ιματισμό. Ο τομέας των διαδραστικών ηλεκτρονικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων αναδύθηκε από το *wearable*

computing. Η φορέσιμη υπολογιστική ισχύς μπορεί να θεωρηθεί κατά κάποιο τρόπο πρόδρομος των έξυπνων ενδυμάτων.

Οι φορέσιμοι υπολογιστές (wearable computers) έχουν τη δυνατότητα να ακολουθούν τις κινήσεις του χρήστη, παρέχοντάς του πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, που μπορούν να επεκτείνουν τη γνώση του και την αντίληψή του για το περιβάλλον. Η δημιουργία τέτοιων εφαρμογών προήλθε από την ανάγκη να δημιουργηθεί ένας υπολογιστής που να λειτουργεί περισσότερο σαν επέκταση του χρήστη. Οπότε η στενή αλληλεπίδραση μεταξύ του χρήστη και του υπολογιστή είναι το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των φορέσιμων υπολογιστών. Η κατασκευή των φορέσιμων υπολογιστών όμως παρουσιάζει πολλές προκλήσεις. Οι λόγοι είναι η απαίτηση για υψηλή λειτουργία σε μια μικρή σύνθετη μορφή συσκευασίας, που να προσφέρεται σε προσιτή τιμή και να έχει είτε σύντομο κύκλο ζωής, είτε τη δυνατότητα αναβάθμισης. Οι φορέσιμοι υπολογιστές σε συνδυασμό με την ασύρματη επικοινωνία και τον ιματισμό διαμορφώνουν μια νέα προσέγγιση στη φορέσιμη υπολογιστική δυνατότητα.

Οι υλικές ιδιότητες και η αίσθηση της αφής είναι πολύ σημαντικά στοιχεία για την επιλογή ενός αντικειμένου, ειδικά όταν αυτό πρόκειται να φορεθεί. Οι άνθρωποι έχουν συνηθίσει να έχουν πλεκτό ή υφαντό ύφασμα πάνω στο σώμα τους και μάλλον είναι απρόθυμοι να υιοθετήσουν τους φορέσιμους υπολογιστές, όταν αυτοί αποτελούνται από καλώδια και σκληρές πλαστικές θήκες [PO'97a]. Πολλές από τις εφαρμογές του wearable computing ήταν δυσκίνητες και άβολες. Η ενσωματωμένη καλωδίωση και οι επιπλέον συσκευές προσθέτουν βάρος και όγκο καθιστώντας τα φορέσιμα στοιχεία μη πρακτικά. Γι αυτό το λόγο, έχει γίνει η προσπάθεια να κατασκευαστούν ηλεκτρονικά κυκλώματα εξ ολοκλήρου από κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, που να διανέμουν επιτυχώς τα δεδομένα και την ενέργεια και παράλληλα να ικανοποιούν και την αίσθηση της αφής. Αυτά τα κυκλώματα χρησιμοποιούν παθητικά στοιχεία ραμμένα από αγώγιμα νήματα καθώς και συμβατικά στοιχεία, για να δημιουργήσουν διαδραστικές ηλεκτρονικές συσκευές, όπως μουσικά πληκτρολόγια. Οι πιο σύγχρονες εκδοχές έχουν στόχο να επιτρέπουν τη διαδραστική αφή, τη διαδραστική ομιλία και προσεγγίζουν περισσότερο τα έξυπνα ενδύματα. Αν ολοκληρωθούν οι υπολογιστές μπορούν να κατασκευαστούν από υλικά με τα οποία οι άνθρωποι είναι ήδη εξοικειωμένοι να φορούν, τότε μπορεί να τους αποδεχθούν ευκολότερα σαν μέρος της κοινής καθημερινής ζωής.

Ανάλογα με την περίπτωση, η ένδυση ποικίλει και εξυπηρετεί διαφορετικούς σκοπούς. Για παράδειγμα, στα αθλητικά ενδύματα ο παράγοντας της άνεσης είναι πολύ σημαντικός, γι' αυτό και απαιτείται η ανάλογη σχεδιαστική προσέγγιση. Επίσης, οι διάφορες εφαρμογές του wearable computing που έχουν να κάνουν με το χώρο εργασίας ή οι στρατιωτικές εφαρμογές περιγράφονται καλύτερα ως έξυπνες στολές και όχι ως έξυπνα ενδύματα, από τη στιγμή που έχουν καθορισμένο χρόνο εφαρμογής [M'96a]. Ο εργαζόμενος φοράει τη στολή εργασίας του για όσο διαρκεί η βάρδιά του. Ο στρατιωτικός εξίσου αποχωρίζεται τη στολή του μετά το πέρας της αποστολής του.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθούν κάποια αξεσουάρ, τα οποία δεν ανήκουν ακριβώς στην κατηγορία των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, πλησιάζουν περισσότερο προς το wearable computing, αλλά μαζί με αυτά, μπορεί να πραγματοποιηθεί ένα πιο ολοκληρωμένο σύστημα. Για παράδειγμα, τα γυαλιά με ενσωματωμένη κάμερα σε συνδυασμό με ένα λογισμικό αναγνώρισης προσώπων, μπορούν να βοηθήσουν στην ενθύμηση του ονόματος των ανθρώπων που βρίσκονται μέσα στο οπτικό πεδίο του χρήστη και να εμπλουτίσουν την έξυπνη ενδυμασία του χρήστη με κάποια επιπρόσθετα χαρακτηριστικά [P'00].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

To wearable computing και οι εφαρμογές του

2.1 Η φορέσιμη υπολογιστική δυνατότητα / ισχύς

2.1.1 Προσδιορισμός του στόχου

Παραδοσιακά οι υπολογιστές και οι περιφερειακές τους συσκευές βρίσκονται τοποθετημένοι/ τοποθετημένες σε ένα περιβάλλον γραφείου και συνδεδεμένοι/ συνδεδεμένες σε μια έξοδο εναλλασσόμενου ρεύματος. Μέχρι και σήμερα οι προσωπικοί υπολογιστές δεν έχουν κατορθώσει να φτάσουν αυτό που δηλώνει η ονομασία τους. Η αλληλεπίδραση με τους ιδιοκτήτες τους διαρκεί μόνο για ένα μικρό ποσοστό της ημέρας. Ακόμα και οι φορητοί υπολογιστές δεν προσφέρονται για αλληλεπίδραση πάνω σε κίνηση ή κατά τη διάρκεια μιας παράλληλης εργασίας. Εξασφαλίζουν μόνο τη δυνατότητα πιο εύκολης μεταφοράς από ένα περιβάλλον γραφείου σε ένα άλλο περιβάλλον γραφείου. Η λειτουργία τους σε διαφορετικά μέρη μπορεί να επιτευχθεί μόνο κάτω από ορισμένες συνθήκες, όπως για παράδειγμα την εύρεση σημείου στήριξης, την παροχή ενέργειας μετά από συγκεκριμένο χρόνο κτλ. Τα προβλήματα που προκύπτουν είναι προφανή σε όποιον έχει προσπαθήσει να γράψει κάτι σε ένα laptop ενώ στέκεται όρθιος, που έχει αντιμετωπίσει πολλές φορές δυσκολία σύνδεσης με το internet και δεν έχει προλάβει να ολοκληρώσει την εργασία του μέσα στο χρόνο που του δίνεται μέχρι την εξάντληση των μπαταριών.

Ο πολλαπλασιασμός των έξυπνων συσκευών υποδηλώνει ένα διαφορετικό τρόπο αλληλεπίδρασης που εξαπλώνεται. Ο όρος «έξυπνη συσκευή» αντιπροσωπεύει και σε αυτή την περίπτωση συσκευές με κάποιο βαθμό ευφυΐας που, στο πρώτο στάδιο, μπορούν να δεχθούν ερεθίσματα και σε επόμενα στάδια να αντιδράσουν σε αυτά. Οι έξυπνες συσκευές περιλαμβάνουν υπολογιστικά συστήματα, συστήματα επικοινωνίας, συστήματα πλοήγησης, οικιακές συσκευές με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, συσκευές εξοικονόμησης ενέργειας, συστήματα παρακολούθησης κ.α. Συχνά όμως οι έξυπνες συσκευές υπερβαίνουν τον έλεγχο του χρήστη και δε βρίσκονται πάντα διαθέσιμες στο περιβάλλον της επιλογής του. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως στα συστήματα παρακολούθησης, προκύπτουν θέματα που έχουν να κάνουν με την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα.

Οπότε με βάση την κατεύθυνση που προσδιορίζεται από το συνδυασμό των έξυπνων συσκευών και των φορητών υπολογιστικών συστημάτων, προκύπτει η ανάγκη για την εύρεση έξυπνων φορητών ή καλύτερα έξυπνων «φορέσιμων» συστημάτων. Αρκετά ιδρύματα έχουν παρουσιάσει έρευνες σε φορέσιμα ηλεκτρονικά (wearable electronics), που βασίζονται σε ήδη υπάρχουσες συσκευές, όπως τα κινητά τηλέφωνα και τα MP3 players. Η σμίκρυνση των ηλεκτρονικών στοιχείων έχει επιτρέψει τη δημιουργία συστημάτων που μπορούν να φορεθούν, έτσι ώστε τα άτομα να έχουν τη δυνατότητα να τριγυρίσουν και να αλληλεπιδράσουν ελεύθερα. Αυτό που πραγματικά χρειάζεται είναι η αλλαγή στην κατεύθυνση του wearable computing από εξειδικευμένες εφαρμογές, που έχουν ένα μόνο στόχο, σε έναν υπολογιστή που να παρέχει αφανή διάδραση και να είναι αποδεκτός στην κοινή καθημερινή ζωή. Ο μηχανισμός θα πρέπει να λειτουργεί σαν ένα τρίτο ημισφαίριο του εγκεφάλου, το οποίο θα εκτελεί τα καθήκοντα τα οποία τα άλλα δυο ημισφαίρια δυσκολεύονται ή αδυνατούν να εκτελέσουν.

Η ιδέα της διεκπεραίωσης μιας διαδικασίας χωρίς πολύ συνειδητή σκέψη ή μεγάλη προσπάθεια και κατά τη διάρκεια μιας άλλης εργασίας, συνιστά ένα νέο πλαίσιο για τους υπολογιστές [M'96c]. Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες. Ο καλύτερος τρόπος όμως για να βοηθούν οι υπολογιστές τους ανθρώπους, είναι να γίνουν περισσότερο κομμάτι του φυσικού ανθρώπινου κόσμου. Είναι ίσως και στη φύση των ανθρώπων να δημιουργούν πράγματα έχοντας στο μυαλό τους μια εικόνα του εαυτού τους. Η αποδοχή πραγμάτων που ξεφεύγουν από τα καθιερωμένα είναι δύσκολη. Τα ενδύματα λόγω της χρηστικότητάς τους αποτελούν τον πιο φυσικό τρόπο για τη μεταφορά των υπολογιστικών συσκευών. Φοριούνται σχεδόν συνέχεια, οπότε ακολουθούν το χρήστη περίπου όλες τις ώρες της ημέρας σε όλους

τους χώρους που επιθυμεί να πάει. Το υπολογιστικό σύστημα θα μοιράζεται την πρώτου προσώπου προοπτική του χρήστη και θα παίζει το ρόλο ενός ανεξάρτητου επεξεργαστή ή το ρόλο ενός φορητού βοηθού και θα μπορεί επιπλέον να μαθαίνει από το χρήστη και να αναβαθμίζεται.

Η χρησιμότητα ενός υπολογιστή που μπορεί να φορεθεί είναι προφανής τόσο για τις επαγγελματικές συναντήσεις, όσο και για κοινωνικές περιστάσεις. Η φορέσιμη υπολογιστική δυνατότητα μπορεί επιπλέον να καταρρίψει το μύθο για τον τρόπο που πρέπει να χρησιμοποιούνται οι υπολογιστές. Για παράδειγμα, θα είναι δυνατή η αυθόρμητη συνομιλία με άλλα άτομα και ταυτόχρονα η λήψη σημειώσεων. Οι σημειώσεις θα μπορούν να κρατούνται, χωρίς τη διακοπή της οπτικής επαφής με το άλλο άτομο, με τη συμβολή των διακριτικών συσκευών που θα φοράει ο χρήστης. Έτσι, με μη εμφανείς συσκευές εισαγωγής δεδομένων, με προσωπικά ασύρματα δίκτυα τοπικής εμβέλειας και με ένα πλήθος από άλλα αισθητήρια περιβάλλοντα και εργαλεία επικοινωνίας, ο φορέσιμος υπολογιστής θα αποτελεί έναν ευφυή βοηθό.

Οι φορέσιμοι υπολογιστές μπορούν να ενοποιηθούν με το καθημερινό ντύσιμο, με τη χρήση αισθητήριων κυκλωμάτων ενσωματωμένων σε αγγύγια υφαντικά. Γι αυτό και η έξυπνη ένδυση είναι κατά μία έννοια η εξέλιξη του wearable computing. Σε πολλές εφαρμογές μάλιστα είναι δύσκολη η διάκριση. Το μόνο σίγουρο, είτε πρόκειται για wearable computing, για computer clothing ή για smart clothing, είναι ότι η φιλοσοφία που κρύβεται από πίσω είναι κοινή. Τα νέα συστήματα θα έχουν σκοπό να εξυπηρετούν όσο γίνεται περισσότερες ανάγκες ταυτόχρονα, με διακριτικό τρόπο και να διευκολύνουν το χρήστη στις καθημερινές του δραστηριότητες.

2.1.2 Ανασκόπηση – ιστορία

Ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του '70 οι ερευνητές πειραματίζονταν σε τομείς σχετικούς με τη φορέσιμη υπολογιστική δυνατότητα. Η τεχνολογική πρόοδος και ιδιαίτερα η μείωση του μεγέθους (miniaturization) βοήθησαν στη βελτίωση του εξοπλισμού κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Οι υπολογιστές εμφανίστηκαν αρχικά για να εξυπηρετήσουν ως εργαλεία υπολογισμού. Στη συνέχεια, αξιοποιήθηκαν και ως οργανωτικές και προσωπικές αποθήκες πληροφοριών. Το ρόλο αυτό έρχονται να συνεχίσουν τα υπολογιστικά ενδύματα (computer clothing), λειτουργώντας ως «μια προσθετική οπτική μνήμη» και ενισχύοντας την αντίληψη. Υπάρχει όμως μια βασική διαφοροποίηση. Ο σχεδιασμός των υπολογιστών από την αρχή μέχρι και πριν από κάποια χρόνια δε γινόταν με έμφαση στην ευχρηστία. Έτσι οι χρήστες είναι αυτοί που πρέπει ακόμα και σήμερα σε πολλές περιπτώσεις να προσαρμόζονται στο περιβάλλον των υπολογιστών. Μελλοντικά, η συμπεριφορά των υπολογιστών θα είναι αυτή που θα τροποποιείται ανάλογα με τις ανάγκες των ανθρώπων.

Μια σύντομη αναδρομή στο παρελθόν [HWC'97] μπορεί να αποκαλύψει την ιστορία των φορέσιμων υπολογιστών. Το 1462 υπάρχει σε ένα γράμμα η πρώτη αναφορά σε ρολόι τσέπης κατασκευασμένο από τον Ιταλό ωρολογοποιό Bartholomew Manfredi. Ο δεξιότηχνης κλειδαράς Peter Henlein στην Νυρεμβέργη κατασκευάζει ρολόγια τσέπης από το 1510. Το 1904 αεροπόρος Alberto Santos-Dumont ζητά από τον Louis Cartier να σχεδιάσει ένα ρολόι που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια της πτήσης. Το ρολόι χειρός Santos βγαίνει στην κυκλοφορία το 1911. Το 1960 ο Manfred Clynes και ο Nathan Cline αναφέρουν σε ένα άρθρο για τα διαστημικά ταξίδια τον όρο "Cyborg" (cybernetic organism), ο οποίος υποδηλώνει έναν οργανισμό που διαθέτει ταυτόχρονα φυσικά και τεχνητά συστήματα. Η HP το 1978 εισάγει στην αγορά το πρώτο ρολόι χειρός που είναι και υπολογιστής αλγεβρικών πράξεων. Την ίδια χρονιά η Eudamonic Enterprises επινοεί έναν ψηφιακό φορέσιμο υπολογιστή που προβλέπει τα αποτελέσματα της ρουλέτας. Το 1981 ο Steve Mann σχεδιάζει έναν φορέσιμο υπολογιστή για να ελέγχει φωτογραφικό εξοπλισμό. Το 1987 βγαίνει στις αίθουσες η ταινία "Terminator", από την οποία αξίζει να σημειωθούν οι σκηνές από την οπτική γωνία του cyborg εξολοθρευτή που βλέπει, πάνω από την εικόνα του πραγματικού κόσμου, κείμενο και γραφικές πληροφορίες στην οθόνη όρασής του. Το 1991 ο Mark Weiser προτείνει την ιδέα των Πανταχού Παρόντων Υπολογιστών στο Scientific American. Το 1993 η BBN τελειώνει το σύστημα Pathfinder, ένα φορέσιμο υπολογιστή με GPS και σύστημα ανίχνευσης ακτινοβολίας. Το Δεκέμβριο του 1994 ο Steve Mann ανέπτυξε το "Wearable Wireless Webcam" [WC'07]. Το Webcam μπορούσε να μεταδίδει εικόνες, από μια αναλογική κάμερα προσαρμοσμένη στο κεφάλι, μέσω συχνοτήτων της

ερασιτεχνικής τηλεόρασης, στο διαδίκτυο. Οι εικόνες επεξεργάζονταν από το σταθμό και αναμεταδίδονταν σε μια ιστοσελίδα σε σχεδόν πραγματικό χρόνο.

Στον **Πίνακα 2.1** που ακολουθεί φαίνονται χρονολογικά οι πιο σημαντικές εξελίξεις που περιγράφηκαν παραπάνω. Κάποια επιπλέον στοιχεία για τις πιο ενδιαφέρουσες εξελίξεις, όπως του υπολογιστή που προέβλεπε τα αποτελέσματα της ρουλέτας και των φορέσιμων υπολογιστών που ανέπτυξε ο Steve Mann, δίνονται και στις ενότητες που ακολουθούν.

Ιστορία του wearable computing	
1510	Ρολόι τσέπης από τον Peter Henlein στην Νυρεμβέργη
1907	Ο Louis Cartier κατασκευάζει το πρώτο ρολόι χειρός
1960	Ο Manfred Clynes επινοεί τον όρο "Cyborg"
1978	Η HP εισάγει το πρώτο ρολόι χειρός που είναι και υπολογιστής αλγεβρικών πράξεων
1978	Η Eudamonic Enterprises επινοεί ένα φορέσιμο υπολογιστή που προβλέπει τα αποτελέσματα της ρουλέτας
1979	Η Sony εισάγει το Walkman
1981	Ο Steve Mann σχεδιάζει ένα φορέσιμο υπολογιστή για να ελέγχει φωτογραφικό εξοπλισμό
1987	Βγαίνει στις αίθουσες η ταινία "Terminator"
1991	Ο Mark Weiser προτείνει την ιδέα των πανταχού παρόντων υπολογιστών στο Scientific American
1993	Η BBN τελειώνει το σύστημα Pathfinder, ένα φορέσιμο υπολογιστή με GPS και σύστημα ανίχνευσης ακτινοβολίας
1994	Ο Steve Mann αρχίζει να μεταδίδει εικόνες, από μια κάμερα προσαρμοσμένη στο κεφάλι, στο διαδίκτυο

Πίνακας 2.1 Κάποια από τα πιο σημαντικά βήματα στην ιστορία των φορέσιμων υπολογιστών



Εικόνα 2.1 Το πρώτο ρολόι χειρός που ήταν και κομπιουτεράκι κατασκευασμένο από την HP το 1978

2.1.3 Eudaemonic Computing και “underwearables”

Στα τέλη της δεκαετίας του '70 και στις αρχές του '80 μια ομάδα φυσικών επιστημόνων, γνωστοί ως Eudaemons, κατασκεύασαν μια κατηγορία φορέσιμων υπολογιστών. Ο σκοπός τους ήταν να επινοήσουν ένα τρόπο για να κερδίσουν τη ρουλέτα στα καζίνο του Λας Βέγκας και να χρηματοδοτήσουν με τα κέρδη μια επιστημονική κοινότητα. Μετά από προσπάθειες που διάρκεσαν δύο χρόνια, κατάφεραν να κατασκευάσουν έναν υπολογιστή τόσο μικρό που να χωράει μέσα σε ένα παπούτσι. Η κατηγορία των φορέσιμων αυτών υπολογιστών, εξοπλισμένων με vibrotactile οθόνες και ασύρματες επικοινωνίες κατάφερε να περάσει απαρατήρητη και από τα πιο «εκπαιδευμένα» μάτια, αυτά των κρουπιέρηδων των τυχερών παιχνιδιών, σε ένα περιβάλλον καζίνο. Ο όρος Eudaemonic Computing [M'97c], από τότε, αναφέρεται στη φιλοσοφία σχεδιασμού που έχει σαν αρχή το wearable computing να είναι διακριτικό και ενσωματωμένο μέσα σε συνηθισμένα ενδύματα.

Μια νεότερη ιδέα ήταν τα “underwearables”. Το “underwearable” είναι ένα υπολογιστικό σύστημα που προορίζεται να φορεθεί μέσα ή κάτω από τα κοινά ενδύματα. Τα πρώτα “underwearables” κατασκευάστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '80 και εξελίχθηκαν σε μια μορφή που έμοιαζε με αμάνικη φανέλα (tank-top). Οι λόγοι της μορφής αυτής ήταν κυρίως τρεις:

- η ομοιόμορφη και άνετη κατανομή του βάρους των επιμέρους συσκευών του υπολογιστικού συστήματος πάνω στο σώμα και η διακριτικότερη δυνατή κατανομή του μεγέθους τους,
- η προστασία της ιδιωτικότητας με την τοποθέτηση της συσκευής μέσα στα σωματικά όρια, που θεωρούνται ο προσωπικός χώρος κάθε ανθρώπου, και
- η εγγύτητα στο σώμα που δίνει τη δυνατότητα της αίσθησης των ζωτικών στοιχείων (αναπνοή, καρδιακοί παλμοί) από το σύστημα και της διακριτικής αίσθησης των αποτελεσμάτων των στοιχείων από το χρήστη.

2.1.4 Steve Mann

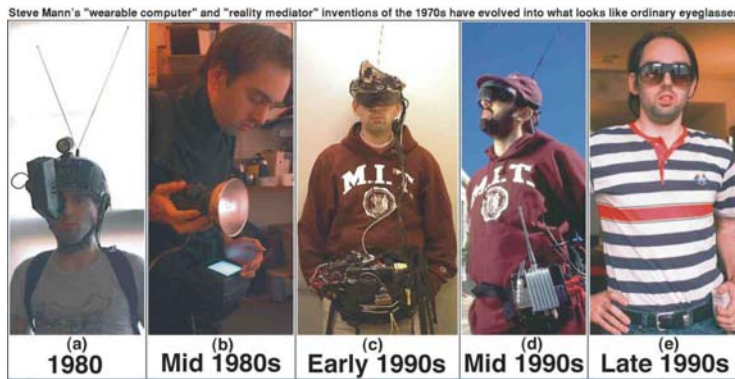
Σύμφωνα με τον Steve Mann, καθηγητή του Πανεπιστημίου του Τορόντο, ο φορέσιμος υπολογιστής είναι ένας υπολογιστής που εντάσσεται στον προσωπικό χώρο του χρήστη, ελέγχεται από το χρήστη και διαθέτει εξίσου λειτουργική και αλληλεπιδραστική σταθερότητα. Είναι πάντα ανοιχτός και πάντα προσβάσιμος. Είναι μια συσκευή που ακολουθεί συνεχώς το χρήστη, στην οποία μπορούν να εισάγονται και να εκτελούνται εντολές τις οποίες ο χρήστης είναι δυνατό να δίνει καθώς περπατάει ή ασχολείται με άλλες δραστηριότητες [M'98].

Ο Steve Mann, τη δεκαετία του '80 σχεδίασε έναν υπολογιστή που μπορούσε να φορεθεί και έπειτα με την πάροδο των ετών τον εξέλιξε (**Εικόνα 2.2**). Έχει κάνει πολλά πειράματα, επισυνάπτοντας πάνω του υπολογιστές με κάμερες, οθόνες (displays), ραδιοφωνικό εξοπλισμό και αφού τριγύριζε στους δρόμους της πόλης, κατέγραφε τα αποτελέσματα. Μπορούσε να λαμβάνει e-mail και να απολαμβάνει διάφορα άλλα χαρακτηριστικά, που να είναι ίδια ή ακόμα και να ξεπερνούν τα διαθέσιμα χαρακτηριστικά ενός συνηθισμένου υπολογιστή γραφείου. Για παράδειγμα, τα μέλη της οικογένειάς του είχαν τη δυνατότητα να τον παρακολουθούν από απόσταση, μέσω των συσκευών που φορούσε, να βλέπουν αυτά που βλέπει από την ενσωματωμένη κάμερα και να του υπενθυμίζουν πράγματα, όπως να βγάλει λεφτά από την τράπεζα, μια λίστα με ψώνια ή να του στέλνουν σχόλια μέσω e-mail, που θα διάβαζε στην ενσωματωμένη στα γυαλιά του οθόνη. Μπορούσε επίσης να ξεκινήσει μια συνομιλία π.χ. ενώ πηγαίνει στην αγορά, με τη χρήση RTTY (Radioteletype) [R'07] για να ρωτήσει τι να πάρει πριν την επιστροφή του στο σπίτι [M'97b].



Εικόνα 2.2 Ο Steve Mann, το 1981 φορώντας τη συσκευή wearable computing που κατασκεύασε (αριστερά) και στις αρχές του 1990 φορώντας ένα πιο εξελιγμένο μοντέλο (δεξιά)

Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι οι συμπεριφορές των ανθρώπων με την πάροδο των χρόνων άλλαξαν. Πριν από κάποια χρόνια θα ήταν αδιανόητο για κάποιον να κυκλοφορεί φορώντας αυτού του είδους τις συσκευές σε καθημερινές περιστάσεις. Η αλλαγή οφείλεται εν μέρει στην αλλαγή των συσκευών, που χάρη στη βελτίωση της τεχνολογίας έχουν μειώσει το μέγεθός τους κατά πολύ, και εν μέρει στην αλλαγή της κοινωνίας, που έχει αυξήσει την αποδοχή της προς την τεχνολογία. Στην **Εικόνα 2.3** φαίνεται η εξέλιξη των συσκευών με την πάροδο των ετών. Αυτό που το 1981 ήταν προσαρμοσμένο σε ένα ογκώδες κράνος (head-mounted display) και σε μια βαριά συσκευή στην πλάτη, στα τέλη της δεκαετίας του '90, μπόρεσε να περιοριστεί σε απλό ζευγάρι γυαλιών ηλίου, ένα μικρό χειριστήριο χεριού και μια διακριτική συσκευή προσαρμοσμένη στη ζώνη. Με την εμφάνιση των κινητών τηλεφώνων, τέτοιου είδους συσκευές θα μπορούσαν να θεωρηθούν ακόμα και «της μόδας». Τα συστήματα που πραγματοποίησε ο Steve Mann περιγράφονται αναλυτικότερα στην ενότητα των εφαρμογών.



Εικόνα 2.3 Ο Steve Mann με τον εξοπλισμό του wearable computing από τη δεκαετία του '80 μέχρι τα τέλη του '90

2.1.5 Χαρακτηριστικά των φορέσιμων υπολογιστών

Σκοπός των φορέσιμων υπολογιστών όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα είναι να εξυπηρετούν το χρήστη με τον πιο απλό και διακριτικό τρόπο, κάνοντας τις καθημερινές του δραστηριότητες ευκολότερες. Για αυτό το λόγο, πρέπει να έχουν κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που θα τους καθιστούν κατάλληλους να επιτελέσουν το έργο για το οποίο προορίζονται. Οι σχεδιαστές των φορέσιμων υπολογιστών έρχονται αντιμέτωποι με πολλούς περιοριστικούς παράγοντες, όπως για παράδειγμα το μέγεθος και το βάρος του εξοπλισμού, που δεν μπορεί να ξεπερνάει κάποια όρια. Εξαιτίας της φύσης των ανθρώπων, το αισθητικό αποτέλεσμα είναι εξίσου πολύ σημαντικό. Πέρα από τη μεταφορά που είναι απαραίτητο να είναι εύκολη, η αλληλεπίδραση είναι άλλο ένα βασικό θέμα που πρέπει να εξεταστεί. Ο χρήστης πρέπει να θεωρεί τη συσκευή σαν προέκταση του εαυτού του και όχι σαν κάτι ξένο. Ο φορέσιμος υπολογιστής δε θα πρέπει να απαιτεί συνειδητή προσπάθεια από την πλευρά του χρήστη για τον έλεγχό του. Οι εσωτερικές λειτουργίες του μηχανισμού για την επεξεργασία δεδομένων δεν είναι αναγκαίο να γίνονται γνωστές στο χρήστη, ούτε να κατανοούνται πλήρως από αυτόν. Η συσκευή θα πρέπει να είναι ενήμερη για το περιβάλλον, να μπορεί να βρίσκεται σε «κατάσταση αδράνοποίησης» (sleep mode), αλλά με τη δυνατότητα να ενεργοποιηθεί ανά πάσα στιγμή μόλις δεχθεί κάποιο ερέθισμα. Δε θα πρέπει να διακόπτει το χρήστη ενδιάμεσου μιας άλλης εργασίας, παρά μόνο όταν κρίνεται απαραίτητο. Όλες αυτές οι ιδιότητες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν. Ο Steve Mann έχει μελετήσει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των φορέσιμων υπολογιστών τα οποία αναφέρονται παρακάτω.

Υπάρχουν έξι διαδρομές ροής πληροφοριών που σχετίζονται με τη συνεργία ανθρώπου-μηχανής. Αυτές οι διαδρομές ροής σημάτων αποτελούν στην πραγματικότητα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των φορέσιμων υπολογιστών και περιγράφονται από την ανθρώπινη οπτική γωνία [M'98].

1. Δεν μονοπωλεί την προσοχή του χρήστη (Unmonopolizing of the user's attention): δεν αποκόβει το χρήστη από τον έξω κόσμο, όπως ένα παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας ή κάτι αντίστοιχο. Ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί άλλα ζητήματα παράλληλα με τη χρήση του μηχανισμού. Είναι κατασκευασμένος με την προϋπόθεση ότι η υπολογιστική δυνατότητα αποτελεί μια δευτερεύουσα διεργασία και όχι ένα πρωταρχικό σκοπό. Το ιδανικό θα είναι να εξασφαλίζει ενισχυμένες αισθητήριες ικανότητες/ ικανότητες αντίληψης.
2. Δεν περιορίζει το χρήστη (Unrestrictive to the user): κινητός, φορητός, ο χρήστης μπορεί να κάνει άλλα πράγματα καθώς το χρησιμοποιεί.
3. Γίνεται αισθητός από το χρήστη (Observable by the user): μπορεί να κεντρίζει συνεχώς την προσοχή του χρήστη εάν αυτό είναι επιθυμητό. Είναι σχεδόν πάντα αισθητός με λογικούς περιορισμούς (π.χ. μπορεί ο χρήστης να μη βλέπει την οθόνη καθώς ανοιγοκλείνει τα μάτια του ή κοιτάζει φευγαλέα αλλού), η συσκευή εξόδου γίνεται συνεχώς αντιληπτή.
4. Ελέγχεται από το χρήστη (Controllable by the user): Ανταποκρινόμενος. Ο χρήστης μπορεί να έχει τον έλεγχο όποια ώρα το επιθυμεί. Ακόμα και σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες μπορεί να επέμβει χειροκίνητα και να αποκτήσει τον έλεγχο.

5. Παρακολουθεί το περιβάλλον (Attentive to the environment): Περιβαλλοντικά ενήμερος, με πολλές καταστάσεις (multimodal), πολλούς αισθητήρες (multisensory). Σαν αποτέλεσμα αυτό δίνει στο χρήστη αυξημένη αντίληψη (situational awareness).
6. Επικοινωνεί με άλλους (Communicative to others): Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μέσο επικοινωνίας όταν είναι επιθυμητό. Επιτρέπει στο χρήστη να εκφράζεται, είτε το χρησιμοποιεί ως απευθείας μέσο επικοινωνίας με τους άλλους, είτε σαν βοηθητικό μέσο για την παραγωγή εκφραστικών τρόπων (καλλιτεχνικών ή άλλων).

Από τις παραπάνω ιδιότητες συνεπάγεται ότι ένας φορέσιμος υπολογιστής επιπλέον πρέπει να είναι:

- Σταθερός (Constant): Πάντα σε ετοιμότητα. Μπορεί να έχει καταστάσεις αδρανοποίησης (sleep modes), αλλά δεν «πεθαίνει». Αντίθετα με ένα laptop που πρέπει να ανοιχθεί και να τεθεί σε λειτουργία πριν χρησιμοποιηθεί, είναι πάντα ανοιχτός και πάντα σε λειτουργία.
- Προσωπικός (Personal): Ο άνθρωπος και ο υπολογιστής πλέκονται με αδιευκρίνιστο τρόπο. Μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να δρα σαν μια πραγματική προέκταση του μυαλού και του σώματος, έτσι ώστε να παραβλέπεται το γεγονός ότι φοριέται (Prosthetic). Ωστόσο υπάρχει ένα όριο όσον αφορά την απαγόρευση ή την απαίτηση για την αφαίρεσή του, μια πολιτική που ακολουθείται από πολλά καταστήματα, βιβλιοθήκες και παρόμοια ιδρύματα, όπου κατά την είσοδο ζητείται η αφαίρεση διαφόρων ηλεκτρονικών συσκευών (Assertive). Η δυνατότητα παρατήρησης ή ελέγχου από άλλους, γίνεται μόνο με την άδεια του χρήστη (Private).

2.1.6 Κατευθυντήριες γραμμές για τη «Φορεσιμότητα» (“Wearability”)

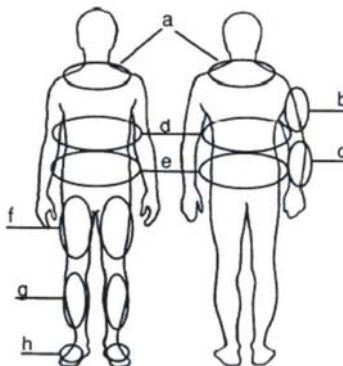
Ένα άλλο θέμα, που σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά των φορέσιμων υπολογιστών και συγκεκριμένα με τη μορφή τους, είναι οι φορέσιμες φόρμες (wearable forms). Σε σχέση με τη δυνατότητα ενός υπολογιστή ή ενός συστήματος «να φορεθεί», μπορεί να θεωρηθεί ότι υπάρχουν κάποιες κατευθυντήριες γραμμές που το καθιστούν «φορέσιμο». Η δημιουργία κάποιων φορμών, σε σχέση με το ανθρώπινο σώμα, που σκιαγραφούν το ιδανικό και δυναμικό φορέσιμο σύστημα, έχει βασιστεί σε μια επαναληπτική διαδικασία στηριγμένη στην εργαστηριακή εμπειρία των ερευνητών του CMU (Carnegie Mellon University). Στη συνέχεια αναφέρονται δεκατρείς οδηγίες, οι οποίες και επεξηγούνται [BMBGKS BMC'01, GKSBM'98]. Σε αυτό το σημείο να σημειωθεί ότι όλες οι παρακάτω σχεδιαστικές οδηγίες είναι σημαντικές για τη δημιουργία ενός χρηστικού συστήματος, αλλά οι τελευταίες επτά (7-13) δεν γενικεύονται εύκολα, καθώς εξαρτώνται πολύ περισσότερο από το περιεχόμενο και τους περιορισμούς του εκάστοτε σχεδιαστικού προβλήματος.

Guidelines for Wearability
1. Placement (where on the body it should go)
2. Form Language (defining the shape)
3. Human Movement (consider the dynamic structure)
4. Proxemics (human perception of space)
5. Sizing (for body size diversity)
6. Attachment (fixing forms to the body)
7. Containment (considering what's inside the form)
8. Weight (as its spread across the human body)
9. Accessibility (physical access to the forms)
10. Sensory Interaction (for passive or active input)
11. Thermal (issues of heat next to the body)
12. Aesthetics (perceptual appropriateness)
13. Long-Term Use (effects on the body and mind)

Πίνακας 2.2 Κατευθυντήριες γραμμές / οδηγίες για τη «Φορεσιμότητα»

1. Τοποθέτηση (που πρέπει να πάει επάνω στο σώμα)

Η πρώτη οδηγία αναφέρει την τοποθέτηση του φορέσιμου υπολογιστή στο ανθρώπινο σώμα με την απαραίτητη διακριτικότητα. Η ύπαρξη του φορέσιμου υπολογιστή θα πρέπει να είναι εξίσου μη εμφανής για τους παρατηρητές και ανεπαίσθητη για το χρήστη. Τα κριτήρια για την τοποθέτηση ποικίλλουν ανάλογα με τις ανάγκες της χρηστικότητας και της προσβασιμότητας. Παρόλα αυτά, υπάρχουν κάποιες περιοχές στο ανθρώπινο σώμα που θεωρούνται πιο κατάλληλες, όπως περιοχές που έχουν περίπου το ίδιο μέγεθος σε όλους τους ενήλικες, μικρότερη κινητικότητα όταν ο άνθρωπος βρίσκεται σε κίνηση και μεγαλύτερη επιφάνεια. Εφαρμόζοντας αυτά τα κριτήρια προκύπτουν οι περιοχές που φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2.4 Οι γενικές περιοχές που είναι οι πιο διακριτικές για φορέσιμα αντικείμενα: (a) η περιοχή γύρω από το κολάρο, (b) το πίσω μέρος του πάνω χεριού, (c) ο βραχίονας, (d) το πίσω, το πλαϊνό και το εμπρόσθιο μέρος του θώρακα, (e) η μέση και οι γοφοί, (f) οι μηροί, (g) οι κνήμες, και (h) το πάνω μέρος του ποδιού

2. Γλώσσα της Φόρμας (καθορίζοντας το σχήμα)

Η δεύτερη οδηγία σχετίζεται με την ανθρωπιστική γλώσσα του σώματος. Δίνεται έμφαση στη δυναμική ανθρώπινη φόρμα για να διασφαλιστεί μια άνετη και σταθερή εφαρμογή. Ακολουθώντας τις καμπύλες του ανθρώπινου σώματος και διαμορφώνοντας ανάλογα τα φορέσιμα αντικείμενα, καμπυλώνοντας τις άκρες και τις γωνίες τους, προκύπτει μια πιο ασφαλής, μαλακή και φορέσιμη φόρμα.

3. Ανθρώπινη Κίνηση (μελέτη της δυναμικής δομής)

Η ανθρώπινη κίνηση εφοδιάζει με μέσα και με περιορισμούς το σχεδιασμό των δυναμικών φορέσιμων φορμών. Μια μόνο απλή φαινομενικά κίνηση κρύβει από πίσω της έναν περίπλοκο μηχανισμό που περιλαμβάνει τη μηχανική των κλειδώσεων, τη μετατόπιση της σάρκας, την κάμψη και την έκταση των μυών και των τενόντων κάτω από το δέρμα. Η τρίτη οδηγία παραπέμπει στην ελευθερία των κινήσεων που μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους. Ο ένας είναι η σχεδίαση γύρω από τις πιο ενεργές περιοχές των ενώσεων και ο άλλος, η δημιουργία χώρων στην φορέσιμη φόρμα για να επιτρέπεται μέσα σε αυτούς η κίνηση του σώματος. Για παράδειγμα, ο κορμός είναι ένα καλό μέρος για την τοποθέτηση φορέσιμου αντικειμένου, αλλά τα χέρια είναι απαραίτητο να έχουν πλήρη ελευθερία περιστροφής γύρω από το πλάι και εμπρός από τον κορμό. Επιπροσθέτως, ο κορμός χρειάζεται να μη χάσει την ικανότητα να στρέφεται και να λυγίζει. Αυτού του είδους οι κινήσεις μπορούν να βοηθήσουν στη διαμόρφωση της επιφάνειας της φορέσιμης φόρμας.

4. Μελέτη Ανθρώπου-Περιβάλλοντος / Proxemics (ανθρώπινη αντίληψη του χώρου)

Η τέταρτη οδηγία αναφέρεται στην ανθρώπινη αντίληψη του μεγέθους. Ο εγκέφαλος αντιλαμβάνεται μια ατμόσφαιρα γύρω από το σώμα, η οποία θα πρέπει να υπολογίζεται όταν καθορίζεται η απόσταση που εξέχει η φορέσιμη φόρμα από το σώμα. Η μελέτη ανθρώπου-περιβάλλοντος (proxemics) συνιστά να παραμένουν οι φόρμες μέσα στον πολύ στενό και οικείο χώρο του κομιστή, για να γίνονται αντιληπτές από τον χρήστη ως μέρος του σώματός του. Έτσι θα πρέπει να ελαχιστοποιείται το πάχος και είναι καλό να μην ξεπερνιούνται οι 5 ίντσες απόστασης από το σώμα για την αύξηση της ασφάλειας και της άνεσης.

5. Διαστασιολόγηση (για την ποικιλία των μεγεθών του σώματος)

Η πέμπτη κατευθυντήρια γραμμή αφορά στη διαστασιολόγηση. Η ποικιλία των μεγεθών αποτελεί μια ενδιαφέρουσα πρόκληση στο σχεδιασμό των φορμών. Η κατασκευή του σώματος και η κατανομή του βάρους όταν προστίθενται και αφαιρούνται κιλά και μύες είναι σημαντικά στοιχεία. Ο στόχος είναι να καλύπτονται όσο το δυνατόν περισσότεροι χρήστες με διαφορετικούς σωματότυπους. Ένας τρόπος για τη μεταβολή των μεγεθών είναι η χρήση των ανθρωπομετρικών δεδομένων, που δίνουν λεπτομερώς τις αποστάσεις σε σώματα διαφορετικών μεγεθών. Ένας δεύτερος τρόπος είναι η θεώρηση της ανάπτυξης των ανθρώπινων μυών και του πάχους σε τρεις διαστάσεις.

6. Προσαρμογή (προσαρμόζοντας τις φόρμες στο σώμα)

Η άνετη προσαρμογή των φορμών μπορεί να δημιουργηθεί με το τύλιγμα της φόρμας γύρω από το σώμα, αντί για τη χρήση συνδετικών συστημάτων, όπως οι συνδετήρες. Όπως και στην προηγούμενη, έτσι και στην έκτη οδηγία είναι βασική η χρήση συστημάτων προσάρτησης που να εξυπηρετούν διάφορα φυσικά μεγέθη.

7. Περιεχόμενο (λαμβάνοντας υπόψη τι είναι μέσα στη φόρμα)

Στη σχεδίαση φορέσιμων αντικειμένων, το αντικείμενο περιέχει διάφορα υλικά, από τα οποία, κάποια έχουν εύπλαστη μορφή και κάποια όχι. Συνεπώς, προκύπτουν πολλοί περιορισμοί από τα περιεχόμενα για το εξωτερικό περίβλημα των φορέσιμων συσκευών και αυτό είναι το ζήτημα αυτής της οδηγίας.

8. Βάρος (το πώς κατανέμεται πάνω στο ανθρώπινο σώμα)

Η όγδοη οδηγία αντιμετωπίζει το βάρος το οποίο δεν θα πρέπει να παρεμποδίζει το σώμα στις κινήσεις ή την ισορροπία. Το φορτίο είναι καλό να μπαίνει κοντά στο κέντρο βάρους του σώματος, δηλαδή γύρω από το στομάχι, τη μέση και την περιοχή των γοφών για τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση.

9. Προσβασιμότητα (φυσική πρόσβαση στις φόρμες)

Σε κάθε περίπτωση φορέσιμου εξοπλισμού κρίνεται σκόπιμο να λαμβάνεται υπόψη η προσβασιμότητα, η οποία τον καθιστά και περισσότερο χρηστικό. Εκτεταμένη έρευνα έχει διεξαχθεί στους τομείς της οπτικής, απτικής, ακουστικής και κιναισθητικής πρόσβασης στο ανθρώπινο σώμα. Για την περίπτωση συγκεκριμένων φορέσιμων συσκευών αρκεί ένα απλό τεστ για τη διαπίστωση της προσβασιμότητάς τους.

10. Αισθητήρια Αλληλεπίδραση (για παθητική ή ενεργητική εισαγωγή δεδομένων)

Η αισθητήρια αλληλεπίδραση, είτε είναι ενεργητική, είτε παθητική, είναι πολύτιμη για κάθε προϊόν. Είναι βασικό να κρατιέται η αλληλεπίδραση σε ένα επίπεδο που να παραμένει όσο γίνεται πιο απλή και διαισθητική για το χρήστη.

11. Θερμότητα (θέματα της θερμότητας γύρω από το σώμα)

Όσον αφορά τη θερμότητα, υπάρχουν τρεις απόψεις για το σχεδιασμό αντικειμένων σε σχέση με το σώμα: η λειτουργική, η βιολογική και η αντιληπτική. Το σώμα έχει την ανάγκη να αναπνέει και παρουσιάζεται ιδιαίτερα ευαίσθητο σε προϊόντα που δημιουργούν, συγκεντρώνουν ή παγιδεύουν τη θερμότητα.

12. Αισθητική (αντιληπτική καταλληλότητα / perceptual appropriateness)

Η αισθητική διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη φόρμα και τη λειτουργικότητα οπουδήποτε φορέσιμου αντικειμένου. Η κουλτούρα και το περιεχόμενο υπαγορεύουν τα σχήματα, τα υλικά, τις υφές και τα χρώματα που ταιριάζουν καλύτερα στο χρήστη και το περιβάλλον του.

13. Χρήση Μακράς Διάρκειας (συνέπειες στο σώμα και το μυαλό)

Οι συνέπειες που θα έχει η μακρόχρονη χρήση των φορέσιμων υπολογιστών στο ανθρώπινο σώμα είναι προς το παρόν άγνωστη. Γι αυτό το λόγο, με την εξάπλωση των φορέσιμων υπολογιστικών συστημάτων και τη χρήση τους για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα κρίνεται απαραίτητο να γίνονται παράλληλα και κάποια τεστ που θα δείχνουν την επίδρασή τους πάνω στο σώμα του χρήστη.

2.1.7 Προβλήματα

Όπως σε κάθε νέο τομέα, έτσι και στους φορέσιμους υπολογιστές, που αποτελούν ένα νέο κεφάλαιο για την υπολογιστική δυνατότητα, τα προβλήματα και η αναζήτηση τρόπων αντιμετώπισής τους είναι ένα συχνό φαινόμενο. Πολλά από τα απαιτούμενα συστήματα βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της ανάπτυξης, οπότε είναι λογικό να υπάρχουν ελλείψεις που να καθιστούν τα πρωτότυπα που κατασκευάζονται μη χρηστικά και άρα μη αποτελεσματικά. Πολλά από τα προβλήματα που θα προκύψουν μπορεί ακόμα να μην τα έχουν φανταστεί ούτε οι ίδιοι οι ερευνητές, όπως θέματα που έχουν να κάνουν με την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα. Για παράδειγμα, ένας εξοπλισμός που περιλαμβάνει κεραίες για τη λήψη ή την αποστολή δεδομένων, δεν μπορεί να προβλεφθεί αν και τι είδους συνέπειες μπορεί να έχει στον ανθρώπινο οργανισμό. Παρόμοια ερωτήματα έχει φέρει στο προσκήνιο η χρήση των κινητών τηλεφώνων. Πέρα από τα υποθετικά και μελλοντικά προβλήματα όμως, υπάρχουν και πιο κοντινά και χειροπιαστά ζητήματα που παραθέτονται παρακάτω.

- *Κατασκευαστικά και τεχνικά προβλήματα*

Καταρχήν περιοριστικός παράγοντας για την εξάπλωση των φορέσιμων υπολογιστών είναι το μέγεθος και ο όγκος. Τουλάχιστον για τα χρόνια που μεσολάβησαν από την δεκαετία του '70 μέχρι και τη δεκαετία του '90 η μεταφορά των εφαρμογών που δημιουργήθηκαν ήταν στις περισσότερες περιπτώσεις κάθε άλλο παρά εύκολη και διακριτική (**Εικόνα 2.5**). Αυτό ερχόταν σε αντιπαράθεση με τον ορισμό της φορέσιμης υπολογιστικής δυνατότητας, που σημαίνει στην ιδανική της μορφή «αόρατη» διάδραση με ένα σύστημα που θεωρείται από το χρήστη ως προέκταση του σώματός του. Το μέγεθος, ο όγκος και το βάρος όμως, είναι κάτι που αντιμετωπίζεται σήμερα με τη συρρίκνωση του μεγέθους των ηλεκτρονικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία των συσκευών. Οπότε η μεταφορά τους στο άμεσο μέλλον θα είναι πιο απλή και πιο άνετη.



Εικόνα 2.5 Ογκώδη πρωτότυπα συσκευών φορέσιμης υπολογιστικής δυνατότητας

Γενικότερα η σχεδίαση της συσκευής ή των συσκευών που θα αποτελούν το σύνολο του φορέσιμου υπολογιστή είναι πολύ σημαντική. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην εργονομία, έτσι ώστε να μην περιορίζονται οι κινήσεις του χρήστη. Επιπλέον είναι βασική η λειτουργικότητα του όλου συστήματος. Για παράδειγμα η τοποθέτηση μιας διεπαφής πρέπει να είναι σε σημείο εύκολα προσβάσιμο. Σε όλες τις εφαρμογές, είτε πρόκειται για εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί στο στρατό, είτε στη βιομηχανία ή σε άλλο εργασιακό χώρο, είτε ο αποδέκτης είναι ο απλός καταναλωτής, το αποτέλεσμα δε θα πρέπει να διαφέρει από τα φορέσιμα στοιχεία που χρησιμοποιούνται και σήμερα στο ανάλογο περιβάλλον. Αν μια οθόνη ενσωματωθεί σε ένα ζευγάρι γυαλιών, οι διαστάσεις και το σχήμα τους δε θα πρέπει να ξεφεύγουν από τα «συνηθισμένα» για λόγους εργονομίας, διακριτικότητας και αισθητικής.

Δεσμευτικός παράγοντας είναι επίσης ο σχεδιασμός του γραφικού περιβάλλοντος. Εδώ τίθεται το ζήτημα της ευχρηστίας και της ευκολίας εκμάθησης. Η δυσχρηστία μπορεί να αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα για την υιοθέτηση των φορέσιμων υπολογιστών. Ο χρήστης δε θα πρέπει να καταβάλλει μεγάλη προσπάθεια για την εκμάθηση π.χ. της χρήσης μιας διεπαφής. Οι λειτουργίες του συστήματος θα πρέπει να είναι γνωστές και κατανοητές από το χρήστη για να μπορεί να εκμεταλλεύεται όλες τις δυνατότητες του. Η αλληλεπίδραση θα πρέπει να είναι τόσο απλή και φυσική διαδικασία, όσο η συνομιλία με ένα άλλο άτομο. Επιπλέον, δε θα πρέπει να αποσπάται η προσοχή του χρήστη καθώς αυτός εκτελεί παράλληλες εργασίες. Γι αυτό ο φορέσιμος υπολογιστής θα πρέπει να διαθέτει κάποια φίλτρα, να ενημερώνει το χρήστη διακριτικά για τα απαραίτητα δεδομένα και να αποκρύπτει οποιαδήποτε εσωτερική διεργασία του που δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζει ο άνθρωπος.

Άλλον ένα ανασταλτικό παράγοντα για την αποδοχή των φορέσιμων υπολογιστών αποτελεί το θέμα της ενέργειας. Οι πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σήμερα στα φορητά συστήματα (laptop, PDA's, κτλ.) είναι αναλώσιμες. Ως επί το πλείστον χρησιμοποιούνται οι μπαταρίες λιθίου. Το βασικό μειονέκτημα των μπαταριών είναι ότι χρειάζονται φόρτιση. Επιπλέον, μετά από μερικούς κύκλους φόρτισης-αποφόρτισης, πέφτει η απόδοσή τους και απαιτείται αντικατάσταση. Στην περίπτωση των φορέσιμων υπολογιστών είναι προφανές ότι η φόρτιση κατά τη διάρκεια της ημέρας ή κατά τη διάρκεια της χρήσης, μπορεί να είναι από δύσκολη έως ανέφικτη. Μια λύση για εξοικονόμηση ενέργειας είναι η κατάσταση αδράνειας (sleep mode) στην οποία μπορεί να «πέφτει» το σύστημα, όταν δε λαμβάνει ερεθίσματα, αλλά ίσως και πάλι να μην είναι επαρκής. Το ιδανικό θα είναι να αξιοποιηθούν καλύτερα οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας, ή και ο τρόπος να μπορεί το σύστημα να αποθηκεύει ενέργεια από το χρήστη και τις δραστηριότητές του, π.χ. από το περπάτημα (τεχνολογίες kinetic).

Ένα άλλο θέμα είναι οι τρόποι ενσωμάτωσης των φορέσιμων υπολογιστών στα ενδύματα ή στα αξεσουάρ, έτσι ώστε να μην τους στερούν τις αρχικές τους δυνατότητες. Η δυνατότητα πλυσίματος στα ενδύματα θεωρείται δεδομένη. Οπότε τα κυκλώματα που ενδεχομένως να είναι μέσα στην ύφανση πρέπει να είναι απαραίτητως ανθεκτικά στο πλύσιμο. Βέβαια αυτό είναι ένα πρόβλημα που αφορά περισσότερο τα έξυπνα ενδύματα, καθώς εκεί υπεισέρχεται σε μεγαλύτερο βαθμό το θέμα της ενσωμάτωσης των στοιχείων στο ύφασμα. Στην πλειοψηφία των εφαρμογών του wearable computing, ο εξοπλισμός μπορεί να φορεθεί και να αφαιρεθεί με την ίδια ευχέρεια.

- *Κοινωνικά προβλήματα*

Για τη γενικότερη αποδοχή των φορέσιμων υπολογιστών η κοινωνία θα πρέπει να περάσει από τα ίδια στάδια που περνά κάθε φορά που εμφανίζεται κάτι καινούργιο και πρωτοποριακό. Στην αρχή τα περισσότερα επιτεύγματα της τεχνολογίας αντιμετωπίζονται ειδικά από τους μεγαλύτερους σε ηλικία με δυσπιστία. Η υιοθέτησή τους είναι αργή και σταθερή. Βέβαια ορισμένα προϊόντα αν και ξεκίνησαν από καλές ιδέες και με καλές προοπτικές, έχουν απορριφθεί ή δεν συνάντησαν την αναμενόμενη υποδοχή από το αγοραστικό κοινό. Ίσως γιατί ξεφεύγουν αρκετά από τη φύση των ανθρώπων. Η αισθητική παίζει σημαίνοντα ρόλο. Το θέμα του μεγέθους και του όγκου είναι κρίσιμο και για την κοινωνική αποδοχή των φορέσιμων υπολογιστών. Τα καλώδια και οι ακαλαίσθητες συσκευές από την εμφάνιση των πρώτων εφαρμογών αποτελούσαν σοβαρό μειονέκτημα.

Κύριο χαρακτηριστικό των υπολογιστών που φοριούνται είναι ότι ακολουθούν το χρήστη σχεδόν παντού και όλες τις ώρες. Αυτό είναι ένα στοιχείο που όσο θεωρείται θετικό, άλλο τόσο μπορεί να θεωρηθεί και αρνητικό. Το να δεχθούν οι άνθρωποι ένα υπολογιστικό σύστημα σαν προέκταση του σώματος τους είναι ένα δύσκολο βήμα. Η συνύπαρξή τους με τους υπολογιστές εδώ και καιρό έχει γίνει αποδεκτή, αλλά όχι κατά τη διάρκεια ολόκληρης της ημέρας. Οι υπολογιστές γραφείου και τα laptop θεωρούνται περισσότερο ένα εργαλείο δουλειάς. Οι φορέσιμοι υπολογιστές έχουν στόχο να μπουν στη ζωή των ανθρώπων για τη βελτίωση της σε άλλο επίπεδο, να προσφέρουν βοήθεια σε καθημερινές περιστάσεις. Και έτσι θα πρέπει να αντιμετωπιστούν από την αρχή, σαν ένας προσωπικός βοηθός (personal assistant).

Στις μέρες μας γενικότερα υπάρχει μια ανησυχία για το ποιες κινήσεις μπορεί να καταγράφονται από κρυφές κάμερες που βρίσκονται σε διάφορα σημεία, ποια προσωπικά στοιχεία μπορεί εύκολα να γίνουν γνωστά σε τρίτους κτλ. Τα ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα γίνεται όλο και πιο δύσκολο να προστατευθούν, όσο οι τεχνολογίες πληροφορικής εισέρχονται σε περισσότερους τομείς της καθημερινής ζωής. Είναι φυσιολογικό οι άνθρωποι να ανησυχούν ότι μπορεί να αποτελέσουν αντικείμενα παρακολούθησης ή ελέγχου από κάποιους. Δε θα πρέπει ένα άτομο για παράδειγμα να βρει μια φωτογραφία του στο διαδίκτυο για την οποία δε γνωρίζει ούτε την ύπαρξή της. Με τους φορέσιμους υπολογιστές το θέμα αυτό θα μπορούσε να πάρει ακόμα μεγαλύτερες διαστάσεις. Βέβαια οι φορέσιμοι υπολογιστές μπορεί να είναι η απάντηση στα κυκλώματα παρακολούθησης που είναι εγκατεστημένα ήδη σε διάφορους χώρους. Γι αυτό θα ήταν σκόπιμο να θεσπιστεί εξ αρχής ένα νομοθετικό πλαίσιο που να προστατεύει τα ατομικά δικαιώματα για αυτές τις περιπτώσεις.

2.2 Εφαρμογές

Οι περισσότερες εφαρμογές των υπολογιστών που μπορούν να φορεθούν είναι σε ερευνητικό επίπεδο. Πολλά ακαδημαϊκά ιδρύματα, συμπεριλαμβανομένων των MIT, Carnegie Mellon University (CMU), Georgia Tech και Tampere University of Technology, έχουν μελετήσει ενεργά τη φορέσιμη υπολογιστική δυνατότητα. Υπάρχουν βέβαια και κάποιες εφαρμογές που αφορούν προϊόντα που έχουν βγει στην αγορά. Μερικοί εμπορικοί φορέσιμοι υπολογιστές είναι διαθέσιμοι από την Via Inc. και την Xybernat.

Η έρευνα έχει κυρίως επικεντρωθεί στην τεχνολογία των φορέσιμων υπολογιστών και τις εφαρμογές τους που προσεγγίζουν τις εφαρμογές των υπολογιστών γραφείου, αξιοποιώντας την κινητή επικοινωνία και τη δυνατότητα εντοπισμού θέσης. Οι τομείς στους οποίους μπορούν να κατηγοριοποιηθούν αφορούν κυρίως την ιατρική, το στρατό, τον αθλητισμό και τη βιομηχανία. Παρακάτω περιγράφονται κάποια από τα πρωτότυπα που έχουν κατασκευαστεί σε πανεπιστήμια και σε ερευνητικά κέντρα, καθώς και οι φορέσιμοι υπολογιστές που έχουν κυκλοφορήσει στο εμπόριο.

2.2.1 Ιατρικές εφαρμογές

Όσο ο πληθυσμός προοδευτικά γίνεται γηραιότερος, η ανάγκη για υψηλότερη ποιότητα και καλύτερη αποτελεσματικότητα στην υγεία και στην ιατρική, είτε στο σπίτι, είτε σε ιατρικά κέντρα (νοσοκομεία κτλ.), αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα. Σε πρώτο επίπεδο αυτό οφείλεται σε απαίτηση των ασθενών, που επιθυμούν μεγαλύτερη ασφάλεια και άνεση, αλλά σε δεύτερο επίπεδο είναι χρήσιμο για την κοινωνία γενικότερα, αφού συνεπάγεται την αύξηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος υγείας και την παροχή φθηνότερων υπηρεσιών υγείας.

Μια αναδυόμενη ιδέα για την παρακολούθηση της υγείας είναι η συνεχής καταγραφή των ζωτικών σημείων που βοηθάει τους ασθενείς και κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερη αποδοχή. Φορέσιμα διακριτικά συστήματα με αισθητήρες μπορούν να επιτρέψουν στο χρήστη να εκτελεί τις καθημερινές του δραστηριότητες με μεγαλύτερη αίσθηση ασφάλειας, χωρίς να επηρεάζεται ιδιαίτερα η άνεσή του. Το φορέσιμο σύστημα θα παρέχει στοιχεία για την κατάσταση υγείας του ασθενούς, καταγράφοντας αδιάκοπα τα ζωτικά του σημεία, όπως τους καρδιακούς παλμούς, την αναπνοή, και θα συνεισφέρει στη γενικότερη παρακολούθηση με την παροχή συνοπτικών πινάκων του ασθενή. Σε ειδικές περιπτώσεις το σύστημα θα μπορεί να προειδοποιεί το χρήστη με μηνύματα συναγερμού, όταν κάποιες μετρήσεις δείχνουν να ξεπερνούν τα αποδεκτά όρια. Είναι προφανές ότι σε κάποιες περιπτώσεις ασθενών που κρατούνται εντός χώρων ιατρικής περίθαλψης για προληπτικούς μόνο λόγους, ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε να επιτρέψει την πιο σύντομη και ομαλή μετάβασή τους, πίσω, στους ρυθμούς της φυσιολογικής τους ζωής.

Διακριτικοί αισθητήρες μπορούν να δώσουν μια τεράστια δυναμική στην πρόληψη αφ' ενός, και στη διάγνωση αφ' ετέρου, διαφόρων ασθενειών. Για την υποστήριξη των αισθητήρων, χρειάζεται ένα σύστημα που να καταγράφει δεδομένα, να τα επεξεργάζεται και να τα μεταδίδει, κατά προτίμηση σε μικρό, ελαφρύ και εύκολο να φορεθεί, πακέτο. Ένα από τα πιο αποτελεσματικά μέρη για να φορεθεί μια κινητή συσκευή (ambulatory device) είναι ο καρπός του χεριού, γιατί η κινητικότητά του επιτρέπει την καλή εργονομία. Οι συσκευές που φοριούνται στον καρπό είναι καλά αποδεχόμενες από τους περισσότερους ανθρώπους. Το πιο γνωστό παράδειγμα αποτελούν τα ρολόγια, αλλά και εφαρμογές που προορίζονται για αθλήματα. Επιπλέον, καθώς το δέρμα στο ανθρώπινο χέρι έχει τη μεγαλύτερη πυκνότητα βιολογικών αισθητήρων και ενεργοποιητών από ολόκληρο το σώμα, το χέρι και ο καρπός είναι τα καλύτερα σημεία για φυσιολογικές μετρήσεις, όπως της θερμοκρασίας, των καρδιακών σφυγμών, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του δέρματος κ.α. Υπάρχουν βέβαια κάποιες προϋποθέσεις και κάποιιοι περιορισμοί που αφορούν στο μέγεθος και στο βάρος των συσκευών, στη διαχείριση της ενέργειας, στον κατάλληλο σχεδιασμό τους, ώστε οι αισθητήρες να βρίσκονται σε συγκεκριμένα σημεία, στη φιλικότητα προς το χρήστη και στην ασφάλεια.

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, καθώς ένας ασθενής δε διαθέτει ειδικές γνώσεις ιατρικής, οι λύσεις των φορέσιμων αυτών συστημάτων πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένες ώστε να είναι φιλικές προς το χρήστη, και αρκετά ευφυείς ώστε να εντοπίζουν αν ο ασθενής τις χρησιμοποιεί σωστά. Επιπροσθέτως, τα συστήματα θα πρέπει να είναι επαρκώς

διακριτικά για να μην διαταράσσουν το συνηθισμένο τρόπο ζωής του ασθενή και να επιτρέπουν την επικοινωνία με έναν ειδικό, όποτε αυτή κρίνεται απαραίτητη. Το βελτιωμένο επίπεδο ζωής είναι κάτι που προσδοκούν ακόμα και ασθενείς που πάσχουν από διάφορα χρόνια νοσήματα. Οι ασθενείς γενικά θέλουν να ακολουθούν, εφόσον είναι δυνατόν, θεραπεία στο σπίτι, με το λιγότερο δυνατό πόνο και τη μικρότερη δυνατή ενόχληση. Πολλές ιατρικές συσκευές, εξοπλισμένες με ασύρματη επικοινωνία και με φιλικές γραφικές διεπαφές χρήστη, μπορούν να συμβάλλουν στην παροχή τέτοιου είδους θεραπείας. Στη συνέχεια ακολουθούν μερικά παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών.

Μια εφαρμογή είναι το *Vivago WristCare* [ASGDMD'05] που είναι μια συσκευή για την αυτόματη καταγραφή της ευεξίας ενός ατόμου όλο το εικοσιτετράωρο και την αποστολή των δεδομένων σε ένα κέντρο που ονομάζεται *MultiLink* και απέχει μέχρι 20 μέτρα. Από τις παραμέτρους που μετρούνται, μετά από κάποιες μέρες, μπορεί να προκύψουν στοιχεία για τη φυσική κατάσταση του ατόμου και να ληφθούν τα ανάλογα μέτρα. Η βασική μονάδα λαμβάνει δεδομένα από τη συσκευή του χεριού και μπορεί να μεταδώσει ειδοποιήσεις και προειδοποιήσεις κινδύνου στους κατάλληλους παραλήπτες, μέσω του τηλεφωνικού δικτύου. Σε ειδικές περιπτώσεις, ανάλογα με το είδος της προστασίας που απαιτείται για το χρήστη, η συσκευή του χεριού μπορεί να ρυθμιστεί, ώστε να εκπέμψει σήμα συναγερμού σε περίπτωση αφάιρεσής της.



Εικόνα 2.6 Το σύστημα *Vivago WristCare* με τη φορέσιμη συσκευή χεριός, το σταθμό *MultiLink* που συλλέγει τα δεδομένα και μπορεί να συνδεθεί με ένα κεντρικό σύστημα

Το *AMON (Advanced Care Alert Portable Telemedical MONitor)* [ASGDMD'05] είναι ένα ακόμα παράδειγμα φορέσιμου συστήματος παρακολούθησης της υγείας. Είναι σχεδιασμένο για να καταγράφει και να αξιολογεί τα ζωικά σημεία με τη χρήση προηγμένων βιοαισθητήρων. Το *WMD (Wrist Monitoring Device)* αποτελεί το φορέσιμο στοιχείο του *AMON*, που συλλέγει τις ζωτικές πληροφορίες από τους αισθητήρες, όπως τους καρδιακούς παλμούς, την αρτηριακή πίεση, τη θερμοκρασία, και τις αναλύει χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο σύστημα. Τα δεδομένα στη συνέχεια στέλνονται σε απομακρυσμένο κέντρο τηλεϊατρικής, για περαιτέρω ανάλυση και φροντίδα σε περίπτωση ανάγκης. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημά του είναι ότι οι χρήστες του θα λαμβάνουν ιατρική παρακολούθηση εικοσιτέσσερις ώρες την ημέρα, επτά ημέρες την εβδομάδα, ενώ παράλληλα έχουν μια φυσιολογική ζωή στο σπίτι, στη δουλειά και στη διασκέδαση.



Εικόνα 2.7 Η συσκευή χεριός *WMD (Wrist Monitoring Device)* του φορέσιμου συστήματος *AMON*

Το *SenseWear PRO* armband [SPA'01] της BodyMedia, είναι ένας πολυ-αισθητήρας που παρακολουθεί το σώμα και επιτρέπει τη συνεχή καταγραφή των ζωτικών σημείων και των δεδομένων της φυσικής δραστηριότητας. Η τεχνολογία του *SenseWear PRO* συνδυάζει έξι αισθητήρες. Διαθέτει διαξονικό επιταχυνσιόμετρο, αισθητήρα ροής της θερμότητας, αισθητήρα νευρικής αντίδρασης του δέρματος, αισθητήρα θερμοκρασίας του δέρματος και αισθητήρα θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, σε μια φορέσιμη ασύρματη συσκευή που προσδένεται στο χέρι. Επιπλέον, περιέχει ένα πομπό και ένα δέκτη που της επιτρέπει να λειτουργεί σαν έμμεσος συλλέκτης δεδομένων. Ο αισθητήρας νευρικής αντίδρασης του δέρματος δείχνει την αναλογία του νερού στο δέρμα και τη διαστολή των αγγείων, τη ροή της θερμότητας και το ρυθμό με τον οποίο αυτή αποβάλλεται από το σώμα. Οι μετρήσεις αυτές έπειτα συνδυάζονται με τα αποτελέσματα του διαξονικού επιταχυνσιόμετρου, που υπολογίζει το ρυθμό του τρεξιματος, και προκύπτει ο υπολογισμός της ενέργειας που καταναλώθηκε. Το σύστημα έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύει δεδομένα για διάστημα έως και 12 ημερών. Το *SenseWear PRO* μπορεί να βοηθήσει στη θεραπεία του διαβήτη, της παχυσαρκίας, των διαταραχών του μεταβολισμού και του ύπνου. Επίσης, μπορεί να φανεί χρήσιμο σε προπονητές, διατροφολόγους και απλούς καταναλωτές, σαν εργαλείο παρακολούθησης απώλειας βάρους.



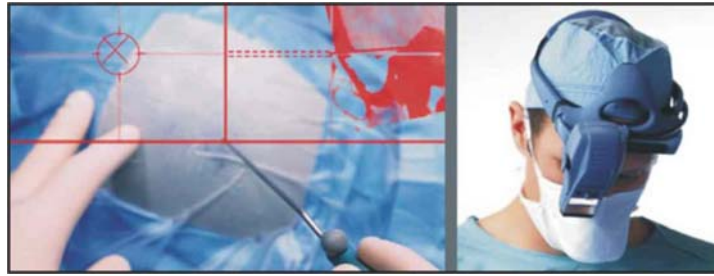
Εικόνα 2.8 Το *SenseWear PRO* armband της BodyMedia

Η *Micropaq* [MWA'04, MFH'04] από την WelchAllyn είναι ένα παράδειγμα μικρής, ελαφριάς, φορέσιμης από τον ασθενή, συσκευής, με χαρακτηριστικά φορητού μόνιτορ, όπως η κυματοειδής απεικόνιση στην οθόνη, πολλαπλές παραμέτρους και ικανότητες προειδοποίησης κινδύνου. Διαθέτει επαναφορτιζόμενες μπαταρίες και προσφέρει παρακολούθηση των παλμών της καρδιάς (heart rate), λήψη ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ECG) κ.α. Το *R TEST Evolution 3* [RTE'04] από την Novacor αποτελεί μια ακόμα εφαρμογή που δίνει τη δυνατότητα συνεχούς αυτόματης παρακολούθησης της καρδιάς. Μια σειρά από παρόμοιες εφαρμογές έχουν κατασκευαστεί από τις εταιρείες Baxter, CardGuard και Reynolds Medical.



Εικόνα 2.9 Η συσκευή *Micropaq* της WelchAllyn (αριστερά), το *R TEST Evolution 3* της Novacor (δεξιά)

Σε περιπτώσεις όπου η αναισθησία του ασθενή εμπεριέχει μεγάλο ρίσκο ή σε τραύματα επειγόντων περιστατικών, οι θεράποντες ιατροί πρέπει να προβούν σε διαδικασίες που απαιτούν μεγάλη ακρίβεια και ταχύτητα, για να σώσουν τη ζωή ασταθών ασθενών. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να είναι απόλυτα συγκεντρωμένοι και κάποιες πληροφορίες που δίνονται σε οθόνες και αφορούν βασικά στοιχεία για την έκβαση της επέμβασης, όπως τα ζωτικά σημεία του ασθενή, είναι δύσκολο να διαβαστούν. Το *Nomad Display System* [NM'02] της Microvision, παρέχει τη δυνατότητα μετάδοσης όλων των κρίσιμων πληροφοριών, όπως των καρδιακών παλμών, των επιπέδων του οξυγόνου και του ρυθμού της αναπνοής, μέσα στο φυσικό οπτικό πεδίο του ιατρού, χωρίς την απόσπαση της προσοχής του από το καθήκον. Όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 2.10**, ο χειρουργός έχει μια «ενισχυμένη όραση» καθώς επικεντρώνεται στην αποστολή του. Έτσι βελτιώνεται η ταχύτητα, αλλά και η ακρίβεια των αποφάσεων και των κινήσεων, με συνέπεια την αύξηση της αποτελεσματικότητας και την ενίσχυση της ασφάλειας του ασθενή.



Εικόνα 2.10 Το *Nomad Display System* προσφέρει σημαντική βοήθεια σε κρίσιμες εφαρμογές ιατρικής φύσης

2.2.2 Στρατιωτικές εφαρμογές

Η τάση που επικρατούσε και εξακολουθεί να επικρατεί είναι οι καινοτομίες να εμφανίζονται στις ένοπλες δυνάμεις ή στην αεροδιαστημική βιομηχανία [N'03]. Ο λόγος είναι ότι οικονομικά γίνονται πολλές επενδύσεις σε αυτούς τους τομείς και ότι θεωρούνται οι πιο σημαντικές περιοχές της έρευνας και της ανάπτυξης. Ο ανταγωνισμός μεταξύ κάποιων προηγμένων χωρών τροφοδοτεί περαιτέρω την ανάγκη εξερεύνησης και δημιουργίας πρωτοποριακών εφαρμογών. Οι πρώτοι φορέσιμοι υπολογιστές δημιουργήθηκαν κυρίως για καθήκοντα πλοήγησης και συντήρησης. Υπήρξαν και πολλές στρατιωτικές εφαρμογές υπολογιστικών συστημάτων σχεδιασμένων να φορεθούν στο σώμα στρατιωτών, για να τους προστατέψουν από τις δύσκολες συνθήκες. Κάποιες στολές από έξυπνα κλωστούφαντουργικά προϊόντα είχαν στόχο την προστασία από ακραίες καιρικές συνθήκες, διαθέτοντας την ικανότητα να καταγράφουν συνεχώς τη φυσική κατάσταση του στρατιώτη. Κάποιες άλλες σχεδιάστηκαν για την αυτόματη επούλωση των τραυμάτων. Έχουν αναφερθεί ειδικά εξοπλισμένες φόρμες με τη δυνατότητα να προσαρμόζουν το χρώμα τους σε αυτό του περιβάλλοντος για λόγους συγκαλύψης (camouflage). Αναλυτικότερα αυτές θα εξεταστούν σε επόμενο κεφάλαιο. Οι εφαρμογές που προσεγγίζουν περισσότερο τους φορέσιμους υπολογιστές, παρά τα έξυπνα ενδύματα, αναφέρονται στη συνέχεια.

Το *Land Warrior* [LD'07] ήταν ένα πρόγραμμα του στρατού των Ηνωμένων Πολιτειών, με εξοπλισμό σχεδιασμένο, ώστε να ενσωματώνει μικρά όπλα υψηλής τεχνολογίας, να εξασφαλίζει τις επικοινωνίες, τη διοίκηση και τον έλεγχο και να αντιμετωπίζει τον κάθε στρατιώτη σαν ολοκληρωμένη μονάδα και όχι σαν μέρος ενός μεγαλύτερου συνόλου. Το πρόγραμμα ματαιώθηκε το 2007, αλλά τα συστήματα και η τεχνολογία του θα μεταφερθούν σε ένα άλλο πρόγραμμα, τον *Future Land Warrior*. Οι τρεις βασικοί στόχοι ήταν να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα κάθε στρατιώτη, να αυξηθεί η ικανότητα επιβίωσής του και να εξασφαλιστεί η διοίκηση, ο έλεγχος και οι επικοινωνίες μεταξύ των στρατιωτών. Τα επτά υποσυστήματα που είχε ο *Land Warrior* ήταν το οπλικό, το ενσωματωμένο στο κράνος, ο προστατευτικός εξοπλισμός, το υπολογιστικό, το σύστημα πλοήγησης, της ραδιοεπικοινωνίας και το σύστημα λογισμικού.



Εικόνα 2.11 Στοιχεία του συστήματος *Land Warrior*, φορεμένα από μέλος του στρατού των Ηνωμένων Πολιτειών

Η Microvision κατασκεύασε το *Nomad Display System* [NMS'02], ένα οπτικό σύστημα για στρατιωτικό εξοπλισμό. Ένας προσοφθάλμιος φακός που βρίσκεται προσαρτημένος στο κράνος, έχει τη δυνατότητα να δίνει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας την ενημερότητα στην κατάσταση μάχης, την αποτελεσματικότητα των αποστολών και τη λήψη γρήγορων αποφάσεων. Η οθόνη είναι υψηλής ανάλυσης και τα στοιχεία που δίνονται είναι ευανάγνωστα σε οποιοδήποτε φωτισμό. Το σύστημα εκτός από την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, μπορεί να δώσει τη δυνατότητα εύκολης συντήρησης του εξοπλισμού, από οχήματα εδάφους μέχρι και αεροσκαφών, παρέχοντας τις απαραίτητες πληροφορίες σε τεχνικούς που δεν απαιτείται να είναι απόλυτα εξειδικευμένοι. Η χρήση του αρχικά προοριζόταν για δυνάμεις εδάφους και ειδικές αποστολές, με τη διασφάλιση της παροχής εξαιρετικής ενημερότητας για το πεδίο μάχης και την ακριβή εκτέλεση των αποστολών (**Εικόνα 2.12**).



Εικόνα 2.12 Το σύστημα *Nomad* της Microvision για στρατιωτικές εφαρμογές

Η εφαρμογή επεκτάθηκε ως προς τη χρήση της και σε άλλους τομείς, όπως στην οδήγηση αεροσκαφών, είτε της πολεμικής, είτε της πολιτικής αεροπορίας [NAS'02]. Η ασφάλεια της πτήσης αυξάνεται με την ενημερότητα (situational awareness) έξω από το πιλοτήριο, όπως για την κατάσταση της εναέριας κυκλοφορίας, για τις καιρικές συνθήκες κ.α. Επιπλέον, ο πιλότος δεν αποσπάται από την οδήγηση του αεροσκάφους, αφού μπορεί να έχει πρόσβαση σε σημαντικά δεδομένα για την πτήση, χωρίς να χρειάζεται να κοιτάξει πέρα από το οπτικό πεδίο της πτήσης ή να χρησιμοποιήσει τα χέρια του. Τα δεδομένα είναι ευδιάκριτα σε όλα τα είδη φωτός του περιβάλλοντος, από την πιο φωτεινή ημέρα μέχρι και το σκοτάδι, διατηρώντας τη νυχτερινή όραση. Τέλος, σε περίπτωση βλάβης οργάνων το *Nomad* μπορεί να αποτελέσει ένα ανεξάρτητο εφεδρικό σύστημα ασφάλειας (**Εικόνα 2.13**).



Εικόνα 2.13 Το σύστημα *Nomad* της Microvision για αεροπορικές εφαρμογές

2.2.3 Εφαρμογές στον αθλητισμό

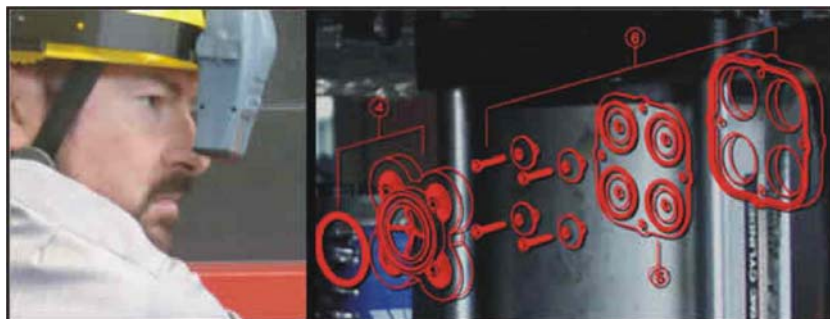
Πολλές φορέσιμες συσκευές που δίνουν τη δυνατότητα λήψης ιατρικών μετρήσεων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν, πέρα από ασθενείς, και από αθλητές που ακολουθούν προγράμματα εκγύμνασης για την καταγραφή της φυσικής τους κατάστασης και των επιδόσεών τους. Οι αθλητές καλούνται να παρουσιάσουν τη βέλτιστη φυσική επίδοση στο άθλημά τους με τη χρήση τεχνολογιών και τεχνικών προπόνησης. Η προπόνηση ορίζεται ως ένα δομημένο πρόγραμμα προοδευτικής δραστηριότητας, για τη βελτίωση της ικανότητας ενός ατόμου να εκτελεί φυσική εργασία [OD'05] και έχει κάποιες βασικές αρχές που σχετίζονται με φυσιολογικές αντιδράσεις. Υπάρχουν μέθοδοι ανάπτυξης και παρακολούθησης ενός προγράμματος εκγύμνασης και σε αυτό οι νέες τεχνολογίες, όπως οι φορέσιμοι υπολογιστές, μπορούν να συμβάλλουν θετικά.

Η μέτρηση και ο έλεγχος βιολογικών στοιχείων, όπως είναι ο ρυθμός της καρδιάς, ο ρυθμός της αναπνοής η θερμοκρασία του σώματος και η απώλεια της ενέργειας, δηλαδή η καύση των θερμίδων κατά τη διάρκεια της φυσικής άσκησης, μπορεί να γίνει με τη βοήθεια μικρών φορέσιμων ασύρματων συστημάτων, που διαθέτουν επιπλέον και τη δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων για την καλύτερη προσαρμογή του προγράμματος εκγύμνασης. Ένα πρόγραμμα εκγύμνασης, για παράδειγμα το ετήσιο πρόγραμμα, καθορίζει την εξέλιξη της προπόνησης, η οποία έχει σκοπό να φέρει τον αθλητή στη βέλτιστη αποδοτική ικανότητα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Οι επαγγελματίες αθλητές με τη χρήση συσκευών, όπως το *SenseWear PRO*, που περιγράφηκε στις ιατρικές εφαρμογές, μπορούν να βελτιστοποιήσουν την απόδοσή τους στον επιθυμητό χρόνο, χωρίς να επηρεάζεται η άνεσή τους και με μειωμένους τους κινδύνους της υπερβολικής εκγύμνασης.

2.2.4 Εφαρμογές στη βιομηχανία

Με τις διαδικασίες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση κάποιων εργασιών, είναι απόλυτα λογικό οι φορέσιμοι υπολογιστές να μπορούν να φανούν χρήσιμοι και στον τομέα της βιομηχανίας. Το πιο απλό παράδειγμα είναι ότι μπορούν να μεταφερθούν εύκολα σε οποιοδήποτε σημείο απαιτεί η εργασία και να συμβάλλουν στη γρηγορότερη διεκπεραίωση της. Οι φορέσιμοι υπολογιστές μπορούν να διευκολύνουν τη ροή των πληροφοριών, την επικοινωνία ανάμεσα στους συνεργάτες, την επίβλεψη και την περάτωση των εργασιών.

Το *Nomad Display System* [NI'02], που περιγράφηκε στις στρατιωτικές εφαρμογές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στη βιομηχανία. Το εύρος της χρήσης του μπορεί να περιλαμβάνει διάφορες συχνές διαδικασίες της βιομηχανίας, όπως το χειρισμό και τον έλεγχο των μηχανών, την έρευνα, τη συναρμολόγηση, την επιθεώρηση, την απογραφή, την αποθήκευση εμπορευμάτων, όπου διευκολύνει παρέχοντας στην εκάστοτε περίπτωση τις κατάλληλες πληροφορίες. Στην **Εικόνα 2.14** που ακολουθεί, φαίνεται πως μπορεί να βοηθήσει στη διαδικασία της συναρμολόγησης (assembly). Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει είναι πολλά. Ανάμεσά τους η αύξηση της παραγωγικότητας, η μείωση του χρόνου ολοκλήρωσης μιας εργασίας, η βελτιωμένη ποιότητα, η ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων, η ενίσχυση της ασφάλειας.



Εικόνα 2.14 Το *Nomad Display System* για εφαρμογές στη βιομηχανία και στο έλεγχο διαδικασιών

2.2.5 Άλλες εφαρμογές

Μια σειρά από εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί, αλλά δεν μπορούν να καταταχθούν σε κάποια συγκεκριμένη κατηγορία, αναφέρονται παρακάτω.

- Ο «υπαρξιακός» υπολογιστής (“*existential*” computer) και το *WearCam*

Ο Steve Mann έχει διεξάγει εκτεταμένη έρευνα στα συστήματα υπολογιστών που μπορούν να φορεθούν [SM'07]. Έχει δημιουργήσει μια σειρά πρωτοτύπων από τις αρχές της δεκαετίας του '80, γύρω από την προσωπική αναπαράσταση / απεικόνιση (personal imaging). Κατασκεύασε συστήματα που μπορούσαν να φορεθούν, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στις κοινωνικές τους προεκτάσεις. Οι πρώτες εφαρμογές ήταν ογκώδεις, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (**Εικόνα 2.15**), αλλά σε αυτό συντελούσε και το μέγεθος των ηλεκτρονικών στοιχείων το οποίο σταδιακά μειώθηκε. Η συσκευή που κατασκεύασε το 1980 ήταν δυσκίνητη. Πριν την εμφάνιση του TNC (Trusted Network Connect) το 1981, οι επικοινωνίες χειρίζονταν με δυο χωριστούς ραδιοπομπούς σε κάθε άκρη. Η ογκώδης 1.5 ίντσας οθόνη καθοδικού σωλήνα (CRT)

χρειάστηκε ένα κράνος ποδηλάτου για να υποστηριχθεί και μπορούσε να δείχνει μόνο 40 χαρακτήρες ανά σειρά κειμένου. Αργότερα, μια τηλεόραση προσαρμοσμένη στη μέση ήταν λιγότερο δυσκίνητη, αλλά απέτυχε να παρέχει την πιστότητα μιας διεπαφής χρήστη. Με την εμφάνιση μιας μικροσκοπικής οθόνης καθοδικού σωλήνα στα τέλη της δεκαετίας του '80, ο Mann μπόρεσε να κατασκευάσει ένα πιο άνετο σύστημα βασισμένο σε ένα ζευγάρι γυαλιών (1990). Στη συνέχεια η οθόνη καθοδικού σωλήνα αντικαταστάθηκε με οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD). Μια μονή κεραία προσαρμοσμένη σε καπέλο παρείχε επικοινωνία σε ραδιοσυχνότητες. Το 1995, με την εμφάνιση της κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιήθηκε η νέα τεχνολογία και το σύστημα βελτιώθηκε ακόμα περισσότερο [M'96b].



Εικόνα 2.15 Συστήματα φορέσιμων υπολογιστών σχεδιασμένα και κατασκευασμένα από τον Steve Mann για πειράματα στην προσωπική αναπαράσταση (personal imaging)

Πιο πρόσφατα, ο συγγραφέας έχει αναπτύξει έναν «υπαρξιακό υπολογιστή» (existential computer) [M'97a], ο οποίος είναι ένας ολοκληρωμένος υπολογιστής πολυμέσων με κάμερες, μικρόφωνα και ακουστικά, όλα προσαρμοσμένα σε ένα απλό ζευγάρι γυαλιών, εκτός από κάποια ηλεκτρονικά αντικείμενα, τα οποία χωρούν σε ένα μικρό κουτί μέσα στην τσέπη του πουκαμίσου, το οποίο σύντομα θα «εξαφανιστεί». (Εικόνα 2.16) Το λειτουργικό σύστημα που έτρεχε όταν κατασκευάστηκε ήταν το Linux 2.0.



Εικόνα 2.16 Ο Steve Mann με τον «υπαρξιακό» υπολογιστή που είναι προσαρμοσμένος σε ένα απλό ζευγάρι γυαλιών

Το Wearable Wireless Webcam, ή χάριν συντομίας WearCam, το οποίο δημιούργησε, είναι ένα σύστημα φορέσιμου υπολογιστή. Στην ουσία πρόκειται για έναν απλό μηχανισμό για τη σύλληψη, έκθεση, επεξεργασία και μετάδοση οπτικού υλικού χωρίς να απαιτείται μεγάλη προσπάθεια. Ο αρχικός σκοπός ήταν να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί μια «πρόσθετη οπτική μνήμη». Το WearCam κατέληξε τελικά να είναι μια παραλλαγή του υπαρξιακού υπολογιστή που αποτελείται από μια ή περισσότερες κάμερες προσαρτημένες στο σώμα με τέτοιο τρόπο που επιτρέπει και στα δυο χέρια να βρίσκονται ελεύθερα. Διαθέτει, επιπλέον, μέσα καταγραφής, επεξεργασίας και μετάδοσης εικόνων, και τέλος, μια οθόνη, επίσης προσαρτημένη με τρόπο που να αφήνει τα χέρια ελεύθερα, η οποία έχει την ικανότητα να παρουσιάζει εικόνες, είτε από την κάμερα, είτε από άλλες πηγές, όπως από τον επεξεργαστή ή που να έχει παραληφθεί από εξωτερικό σήμα. Έτσι, ίσως είναι ο πρώτος φορέσιμος υπολογιστής που συνδέεται με το internet και έχει τόσα πολλά κοινά χαρακτηριστικά με έναν υπολογιστή πολυμέσων γραφείου.

Το WearCam μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή προσωπικών δεδομένων και να λειτουργεί ως προσωπικός βοηθός. Για παράδειγμα, με τη βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού μπορεί να αναγνωρίζει πρόσωπα διευκολύνοντας το χρήστη. Μπορεί επίσης να κρατάει μηνύματα ή υπενθυμίσεις για λογαριασμό του χρήστη, καταργώντας τη χρήση σημειώσεων σε χαρτάκια τύπου post it. Η κάμερα που διαθέτει ο μηχανισμός εκτός από φωτογραφικό αρχείο, μπορεί να δώσει τη δυνατότητα στο χρήστη να ανατρέξει σε μια παλαιότερη σκηνή που

ενδεχομένως να είναι σημαντική για κάποιο λόγο. Αν π.χ. ο χρήστης έχει βρεθεί σε ένα κατάσταση κατά τη διάρκεια που εξελίσσεται μια κλοπή, το συμβάν θα έχει καταγραφεί από την κάμερα και το υλικό ίσως να φανεί χρήσιμο για την αναγνώριση και τη σύλληψη των δραστών. Το πρόβλημα με το WearCam είναι ότι αναδύονται θέματα που αφορούν στην ιδιωτικότητα. Η καταγραφή των γεγονότων είναι πιθανό να γίνεται χωρίς τη συγκατάθεση ή τη θέληση των πρωταγωνιστών. Ίσως όμως αυτό να είναι και ένας τρόπος να αποκαθίστανται οι ισορροπίες, αφού ούτως ή άλλως υπάρχουν σε διάφορα σημεία και καταστάσεις εγκατεστημένες κάμερες.

Το WearCam, πέρα από καθημερινές περιστάσεις, θα μπορούσε να βρει εφαρμογή σε περιπτώσεις ανθρώπων με προβλήματα υγείας, σαν προσωπικός βοηθός και για την ενίσχυση της οπτικής τους μνήμης, αφού δίνει τη δυνατότητα επίτευξης βελτιωμένης ενημερότητας (improved awareness) των οπτικών εμπειριών. Για παράδειγμα, με τη χρήση του μπορεί να κερδισθεί μια εμπλουτισμένη αντίληψη του φωτός και των αποχρώσεων. Μπορεί να διευκολύνει τα άτομα να ξεπεράσουν την οπτική αμνησία. Έχει αποδειχθεί ότι οι αισθήσεις συνδέονται με τη μνήμη. Μπορεί μια εικόνα που ξαναβλέπει το άτομο με τη βοήθεια του συστήματος να του επαναφέρει στη μνήμη μια σειρά γεγονότων με τα οποία είναι συνδεδεμένη η συγκεκριμένη εικόνα.

Οι δύο εφαρμογές της συσκευής WearCam που έχουν παρουσιαστεί και αναμένεται να χρησιμοποιηθούν κάποια μέρα από άτομα με ειδικές ανάγκες είναι ο προσωπικός οπτικός βοηθός (*personal visual assistant*) και ο ενισχυτής οπτικής μνήμης (*visual memory prosthetic*) [M'96d]. Ο *personal visual assistant* συμπεριλαμβάνει ένα χωρικό οπτικό φίλτρο (*spatial visual filter*) που επαναβεβαιώνει το ανθρώπινο οπτικό σύστημα, παρέχοντας μια επαναχαρτογράφηση, δηλαδή μετατροπή/ μετασχηματισμό των συντεταγμένων. Ο *visual memory prosthetic* συμπεριλαμβάνει ένα προσωρινό οπτικό φίλτρο που παρέχει προκαλούμενες από τον υπολογιστή αναδρομές (*flashbacks*) μαζί με σχόλια που μπορούν να εξυπηρετήσουν στα προβλήματα μνήμης, όπως στην ενθύμηση ή στην αναγνώριση προσώπων.

Η αναγνώριση προσώπων είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι των φορέσιμων συστημάτων που αποτελούν βοηθήματα μνήμης και είναι ενήμερα για το περιβάλλον. Με μια κάμερα ενσωματωμένη στα γυαλιά, το λογισμικό αναγνώρισης προσώπων μπορεί να βοηθήσει στην ενθύμηση του ονόματος ενός προσώπου που εισέρχεται στο οπτικό πεδίο του χρήστη, ψιθυρίζοντάς το στο ακουστικό που φορά στο αυτί του. Πρώτος ο Αμερικάνικος στρατός άρχισε να ερευνά τέτοιες συσκευές για χρήση από τους συνοριακούς φρουρούς στη Βοσνία. Ερευνητές στο Κέντρο για Μελλοντική Υγεία (Center for Future Health) του πανεπιστημίου του Rochester, μελετούν τέτοιου είδους συστήματα για ασθενείς προσβεβλημένους από τη νόσο του Αλτσχάιμερ [PC'00].

- **Φορέσιμος υπολογιστής του MIT**

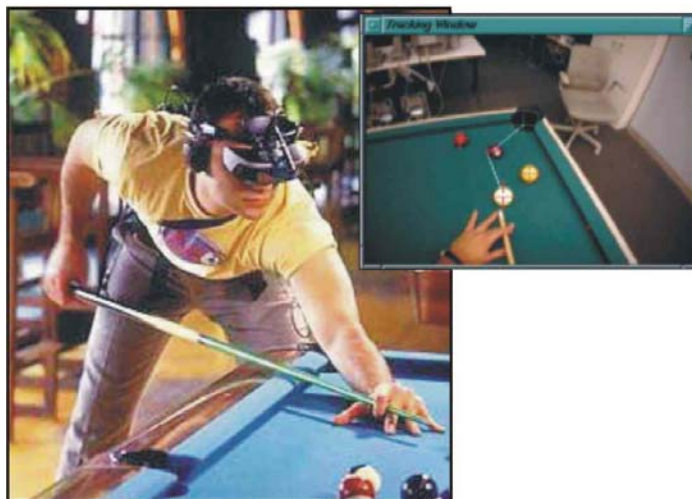
Ο συγγραφέας Alex Pentland (Academic Head, M.I.T. Media Laboratory) που φαίνεται στην **Εικόνα 2.17** φοράει μια σειρά από νέες συσκευές. Τα γυαλιά της εταιρείας MicroOptical (Boston) περιέχουν οθόνη υπολογιστή σχεδόν αόρατη για τους άλλους, με ανάλυση VGA (Video Graphics Array), δηλαδή 640x480 και 16 χρώματα. Το μπουφάν περιλαμβάνει ένα κεντημένο με αγωγή νήματα πάνω στο ύφασμα πλήρως λειτουργικό πληκτρολόγιο και αισθητήρα με βιντεοκάμερα και μικρόφωνο στο πέτο που κράτα τον υπολογιστή που φοριέται στη ζώνη (δε φαίνεται στη φωτογραφία) ενήμερα για το περιβάλλον. Το ρολόι είναι ένας αισθητήρας που αποτελεί το κλειδί για ένα σύστημα παρακολούθησης της υγείας σε «έξυπνο» στίπτι [P'00].



Εικόνα 2.17 Ο Alex Pentland φοράει τις συσκευές ενός υπολογιστή

- Φορέσιμοι *head-mounted υπολογιστές*

Ένα ακόμα παράδειγμα είναι ο φορέσιμος υπολογιστής που εξυπηρετεί το χρήστη προτείνοντάς του πιθανά χτυπήματα σε ένα παιχνίδι μπιλιάρδου (*Stochasticks wearable billiards advisor*). Το σύστημα ενισχυμένης πραγματικότητας (*augmented reality system*) που βοηθά το χρήστη να παίξει μπιλιάρδο περιλαμβάνει μια κάμερα τοποθετημένη στο κεφάλι του χρήστη, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 2.18**, που εντοπίζει το τραπέζι και τις μπάλες, υπολογίζει τον τρισδιάστατο σχηματισμό του τραπέζιου, των μπαλών και του χρήστη και λαμβάνοντας υπόψη όλα τα δεδομένα, δημιουργεί ένα γραφικό επίστρωμα, δείχνοντας στο χρήστη το καλύτερο χτύπημα.



Εικόνα 2.18 Ο φορέσιμος σύμβουλος μπιλιάρδου

Στην **Εικόνα 2.19** μια κάμερα προσαρμοσμένη σε ένα καπέλο baseball επιτρέπει την παρατήρηση των χεριών και των ποδιών του χρήστη. Αυτό το οπτικό πεδίο δίνει τη δυνατότητα στο φορέσιμο υπολογιστή να ακολουθεί τις χειρονομίες και τις κινήσεις του χρήστη. Αν η κάμερα χρησιμοποιηθεί για να καταγράψει το χέρι του χρήστη μπορεί να λειτουργήσει ως μέσο για την αναγνώριση της αμερικάνικης ή κάποιας άλλης νοηματικής γλώσσας. Η πιο πρόσφατη εφαρμογή αναγνωρίζει και μεταφράζει στα αγγλικά την αμερικάνικη νοηματική γλώσσα επιπέδου προτάσεων σε πραγματικό χρόνο με 97% ακρίβεια στις λέξεις σε ένα λεξιλόγιο 40 λέξεων.



Εικόνα 2.19 Ο μεταφραστής της νοηματικής γλώσσας

- *Wearable computer design class* στο *CMU (Carnegie Mellon University)*

Σχεδιαστικές ομάδες αποτελούμενες από περίπου 20 φοιτητές η καθεμία, σχεδίασαν και κατασκεύασαν έξι γενιές φορέσιμων υπολογιστών, τους: *VuMan 1*, *VuMan 2*, *VuMan 2R*, *VuMan 3*, *Navigator 1* και *Navigator 2* [FTSKPSSSW'96]. Ο χρόνος ανάπτυξης για κάθε νέα πιο προηγμένη γενιά ήταν από τέσσερις έως έξι μήνες. Η σχεδιαστική διαδικασία είχε σαν πρώτο βήμα τη διερεύνηση των αναγκών του πελάτη. Στο δεύτερο βήμα ακολούθησε η σύλληψη της

πρώτης ιδέας του συνολικού συστήματος, παρουσιασμένη με «πίνακες ιστοριών» (story boards). Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης έγινε ο προσδιορισμός των αλληλεπιδράσεων και των διεπαφών μεταξύ των υποσυστημάτων. Στην επόμενη φάση, που ήταν αυτή με τη μεγαλύτερη χρονική διάρκεια, η ίδια η κατασκευή των ικανοτήτων του συστήματος παρείχε ανάδραση για τη σχεδίαση, μέσω της αξιολόγησης των στοιχείων. Διαφορετικά πρωτότυπα από διάφορα υλικά κατασκευάστηκαν για να τεθούν υπό αξιολόγηση από τον πελάτη. Έπειτα ακολούθησε η κατασκευή του πραγματικού φορέσιμου υπολογιστή, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες που ερευνήθηκαν, με περαιτέρω αναλύσεις και δίνοντας προσοχή στην κάθε λεπτομέρεια.

Οι υπολογιστές αυτοί είχαν σαν στόχο να εξαλείψουν την ανάγκη του σχεδιασμού προγράμματος δράσης ή τη χρήση τόμων εγχειριδίων σαν αναφορές για την κατασκευή και τη συντήρηση. Για παράδειγμα, ένας εργαζόμενος συντήρησης θα μπορούσε να δει τι κρύβεται πίσω από ένα τοίχο αναπαράγοντας στην οθόνη του το κατάλληλο σχέδιο και να πραγματοποιήσει τις ενέργειες της συντήρησης με την ταυτόχρονη καταγραφή τους σε βίντεο. Ο *VuMan 3* (Εικόνα 2.20 γ) κατασκευάστηκε για την επιθεώρηση αεροσκαφών. Όλα τα στοιχεία που εμφανίζονται στην οθόνη που φοριέται στο κεφάλι βρίσκονται σε μια λίστα και ο χρήστης μπορεί να επιλέξει εύκολα πιέζοντας τα τοποθετημένα σε ένα περιστροφικό καντράν κουμπιά. Πολλές προκλήσεις έπρεπε να αντιμετωπιστούν στη γρήγορη σχεδίαση και κατασκευή φορέσιμων υπολογιστών, όπως η υψηλή λειτουργικότητα σε ένα μικρό σύνθετο πακέτο, η απαίτηση για προσιτές τιμές και ο μικρότερος κύκλος ζωής του προϊόντος. Στην ουσία, αυτό το είδος των φορέσιμων υπολογιστών αντιπροσωπεύει την πρώτη γενιά φορέσιμων ηλεκτρονικών στο σώμα, τα οποία δεν είναι ενσωματωμένα στα ενδύματα του χρήστη [WBJS'02].



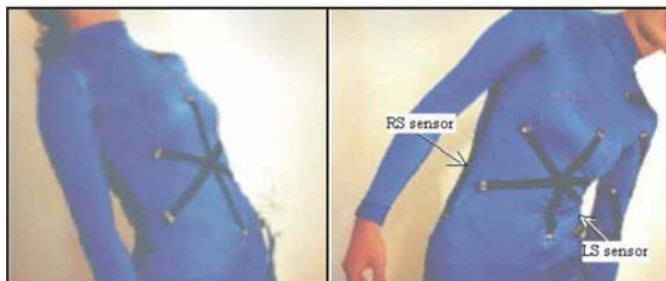
Εικόνα 2.20 α, β, γ Οι φορέσιμοι υπολογιστές *VuMan 1*, *VuMan 2*, *VuMan 3* που κατασκευάστηκαν από ομάδα φοιτητών



Εικόνα 2.21 α, β Οι φορέσιμοι υπολογιστές *Navigator 1*, *Navigator 2*

- Πρωτότυπα εφαρμοστής φόρμας και γαντιού με αισθητήρες για τη σύλληψη της κίνησης (*motion capture*)

Στο τμήμα μηχανικής του πανεπιστημίου της Πίζας έχουν αναπτυχθεί δυο φορέσιμα πρωτότυπα, τα οποία έχουν την ικανότητα να εντοπίζουν και να καταγράφουν τη θέση τμημάτων του σώματος διαβάζοντας τις κοινές γωνίες ανάμεσα στα οστά [MDLSP'02, DCLMPST'03, DCLPST'05]. Το ένα είναι μια εφαρμοστή φόρμα με αισθητήρες (*sensorised leotard*) και το άλλο ένα γάντι με αισθητήρες (*sensorised glove*). Σε αυτά τα πρωτότυπα, οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν σε έναν αριθμό αντίστοιχο με τους βαθμούς ελευθερίας που δόθηκαν σε κάθε ένωση, π.χ. στον ώμο έχουν δοθεί τρεις βαθμοί ελευθερίας, οπότε έχουν τοποθετηθεί τρεις αισθητήρες, στον αγκώνα έχουν δοθεί δύο βαθμοί ελευθερίας που αναλογούν σε δύο αισθητήρες κλπ. Ο απώτερος στόχος αυτών των προσπαθειών είναι να κατασκευαστούν πραγματικά, εφοδιασμένα με φορέσιμα όργανα, ενδύματα που να μπορούν να καταγράφουν κινηματικούς χάρτες του σώματος, καλύπτοντας τις απαιτήσεις άνεσης και ακρίβειας, με εφαρμογή σε πολλούς τομείς. Οι τομείς εκτείνονται από την αποκατάσταση, π.χ. κάποιου σπασμένου οστού, στα σπορ και από την εικονική πραγματικότητα στα πολυμέσα. Για παράδειγμα, το πρωτότυπο γάντι χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο υπολογιστή στην περίπτωση διεπαφής και βιντεοπαιχνιδιού, παίζοντας το ρόλο του ποντικιού ή του joystick αντίστοιχα.



Εικόνα 2.22 Εφαρμοστή φόρμα με αισθητήρες (*sensorised leotard*)



Εικόνα 2.23 Γάντι με αισθητήρες (*sensorised glove*)

2.3 Συμπεράσματα ενότητας

Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύχθηκαν κάποια βασικά θέματα σε σχέση με τη φορέσιμη υπολογιστική δυνατότητα, όπως η ιστορία της, τα χαρακτηριστικά των φορέσιμων υπολογιστών και ενδεχόμενα προβλήματα που ανακύπτουν από την κατασκευή τους και τις κοινωνικές τους προεκτάσεις. Στη συνέχεια, παρουσιάστηκαν κάποιες εφαρμογές, για το σχηματισμό μιας πιο ολοκληρωμένης εικόνας γύρω από το αντικείμενο. Από τα στοιχεία και κυρίως από τις εφαρμογές έγινε εμφανής η σύνδεση της φορέσιμης υπολογιστικής δυνατότητας με την έξυπνη ένδυση, η οποία θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο. Το wearable computing και το smart clothing αποτελούν δύο συναφείς τομείς που ερευνούν το φορέσιμο λειτουργικό εξοπλισμό.

Οι φορέσιμοι υπολογιστές αναπτύχθηκαν για να βρίσκονται μέσα στον προσωπικό χώρο του χρήστη, όπως το κινητό τηλέφωνο και η ηλεκτρονική ατζέντα, ανήκουν, χειρίζονται και ελέγχονται από τον ιδιοκτήτη. Ο απώτερος στόχος είναι η όσο το δυνατόν περισσότερο οικεία μορφή αλληλεπίδρασης με τις αναδυόμενες τεχνολογίες, την οποία μπορούν να προσφέρουν, σε μεγαλύτερο βαθμό από τους φορέσιμους υπολογιστές, τα έξυπνα ενδύματα. Με άλλα λόγια, όταν οι συσκευές με εξελιγμένες δυνατότητες απαιτείται να βρίσκονται σε ένα διακριτικό «πακέτο», τότε οι φορέσιμοι υπολογιστές μπορούν να ενοποιηθούν με τον ιματισμό και το καθημερινό ντύσιμο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Εφαρμογές έξυπνων ενδυμάτων, υποδημάτων και κοσμημάτων

3.1 Διαχωρισμός της έξυπνης ένδυσης από τη φορέσιμη υπολογιστική δυνατότητα

Στο διεθνές συμπόσιο των Wearable Computers το 1997, το οποίο διεξήχθη στο MIT, έγινε μια επίδειξη, στην οποία έλαβαν μέρος αρκετοί σχεδιαστές μόδας και παρουσίασαν τα οράματά τους για τη φορέσιμη τεχνολογία του μέλλοντος. Η πλειοψηφία των δημιουργιών που εκτέθηκαν, προσέγγιζε περισσότερο τον έξυπνο ιματισμό, παρά τους φορέσιμους υπολογιστές [RIKMRTV'02]. Η ενσωμάτωση πολλαπλών ηλεκτρονικών συσκευών σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και προϊόντα ενδυμασίας, ενισχύει τη φορητότητα, την άνεση και την ευκολία χρήσης τέτοιου είδους συσκευών. Για αυτό το λόγο, η νεότερη τάση στο wearable computing είναι η ενσωμάτωση των ηλεκτρονικών στοιχείων απευθείας στο ύφασμα.

Η φορέσιμη υπολογιστική δυνατότητα (wearable computing) και η έξυπνη ένδυση (smart clothing) είναι δυο τομείς που έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά και παρόμοιους στόχους. Είναι σύνηθες το φαινόμενο οι ίδιες ερευνητικές ομάδες να μελετούν το πεδίο της φορέσιμης τεχνολογίας σαν σύνολο. Παρόλα αυτά, υπάρχουν κάποιες διαφοροποιήσεις. Αν και τα δύο σχετικά πεδία μελετούν την ικανότητα των χρηστών να φορούν έξυπνα συστήματα, υπάρχουν διαφορές στην τεχνολογία, αλλά και στον τρόπο που χρησιμοποιείται ο φορέσιμος εξοπλισμός. Στον **Πίνακα 3.1** που ακολουθεί φαίνονται κάποιες εφαρμογές και των δύο τομέων σε συνάρτηση με το χρόνο.



Πίνακας 3.1 Εφαρμογές του Wearable Computing και του Smart Clothing από τη δεκαετία του '80 έως σήμερα

3.2 Χαρακτηριστικά των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων

Βασικά, πέντε χαρακτηριστικά μπορούν να ξεχωρίσουν σε ένα έξυπνο κλωστοϋφαντουργικό προϊόν ή ένδυμα: οι αισθητήρες, η επεξεργασία δεδομένων, ο μηχανισμός αντίδρασης, η αποθήκευση δεδομένων και η επικοινωνία. Όλα έχουν ένα σαφή ρόλο, αν και δεν είναι απαραίτητο να περιλαμβάνονται όλες οι λειτουργίες σε ένα έξυπνο ένδυμα ή κλωστοϋφαντουργικό προϊόν. Απαιτούνται τα κατάλληλα υλικά, οι κατάλληλες δομές και η συμβατότητα με τη παραδοσιακή τους λειτουργία. Η άνεση και η ανθεκτικότητα στη χρήση και στις διαδικασίες συντήρησης, όπως το πλύσιμο, αποτελούν σημαντικές προϋποθέσεις.

Οι περιπτώσεις από τις οποίες μπορεί να προκύψει ένα έξυπνο ένδυμα είναι οι εξής: τη βάση να αποτελεί κοινός ιματισμός, ο οποίος ενισχύεται με ηλεκτρονικά ή άλλης μορφής στοιχεία ή τη βάση να αποτελούν «ευφυή» υφάσματα. Δηλαδή με άλλα λόγια, τα πιο απλά από αυτά που ονομάζονται «έξυπνα ενδύματα», προκύπτουν από την προσθήκη αισθητήρων, κυκλωμάτων, ηλεκτρονικών συσκευών και πηγών ενέργειας σε ενδύματα τυποποιημένων υφασμάτων. Οι μπαταρίες μπορούν να ραφτούν σε τσέπες, τα καλώδια να μπουν σε ραφές, και οι ασύρματες κεραίες να προσκολληθούν σε περιλαίμια και μανσέτες. Οι πιο προχωρημένες εφαρμογές, γίνονται με τη συμβολή των αναπτυσσόμενων τεχνολογιών ινών και κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Και με τους δύο τρόπους έχει επιτραπεί η δημιουργία αληθινά εύχρηστων έξυπνων εφαρμογών.

Κατά γενική ομολογία, τα έξυπνα ενδύματα πρέπει να περιλαμβάνουν ευφυείς λειτουργίες και σχεδιασμό που να ακολουθεί τη μόδα [AH'03]. Οι απλοί κατασκευαστές ενδυμάτων επικεντρώνονται περισσότερο στις λειτουργικές ιδιότητες, παρά στην αισθητική πλευρά. Η σωστή διαδικασία του σχεδιασμού έξυπνων ενδυμάτων όμως, είναι ένας συνδυασμός της λειτουργικότητας και της αισθητικής, περιλαμβάνει πολλά πεδία και είναι πολύ απαιτητική. Χρειάζονται εντελώς διαφορετικές ικανότητες σε σύγκριση με το σχεδιασμό απλών ηλεκτρονικών ή απλών ενδυμάτων. Για την απόκτηση ικανοποιητικών αποτελεσμάτων ερευνητές από διαφορετικούς τομείς, όπως σχεδιαστές ρούχων, σχεδιαστές ηλεκτρονικών, σχεδιαστές υφασμάτων και ινών, επιστήμονες υπολογιστών και βιομηχανικοί σχεδιαστές, πρέπει να συνεργαστούν μέσα σε ένα καλό κλίμα για το ίδιο project. Έτσι θα προκύψει ένα ένδυμα που θα εκπληρώνει τον αρχικό του στόχο του σαν ιματισμός και θα είναι εμπλουτισμένο με τα επιθυμητά επιπρόσθετα γνωρίσματα.

3.3 Εφαρμογές

Ένας αριθμός από ερευνητικές μελέτες, που αφορούν τα έξυπνα ενδύματα, έχουν διεξαχθεί από πολλά ακαδημαϊκά ιδρύματα, όπως το MIT Media Lab, το Tampere University of Technology, το University of Bristol, το Brunel University, το Royal College of Art και το Central Saint Martins College of Art and Design. Οι πρωτοβουλίες κυβερνητικών οργανισμών, κυρίως του στρατιωτικού τομέα, όπως η NASA στις Η.Π.Α. και το Υπουργείο Αμύνης στο Ηνωμένο Βασίλειο, θεωρούνται ως οι κύριοι παράγοντες για τη ραγδαία ανάπτυξη των ευφυών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Επιπλέον, κάποιες εταιρείες υψηλής τεχνολογίας διεξάγουν τη δική τους έρευνα, ή συνεργάζονται με πανεπιστημιακά ιδρύματα, ή υποστηρίζουν εξωτερικά εργαστήρια. Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλοί από αυτούς τους οργανισμούς είναι πολυεθνικές εταιρείες της βιομηχανίας ηλεκτρονικών, όπως η Nokia, η Philips, η Ericsson, η Motorola, η Pioneer Corporation και η Infineon Technologies AG. Οι κυρίαρχες αυτές εταιρείες αντιλαμβάνονται τα έξυπνα ενδύματα ως την επόμενη γενιά των ηλεκτρονικών συσκευών [AH'03].

Ίσως το πιο γνωστό παράδειγμα έξυπνου ενδύματος να είναι ένα υφασμάτινο πληκτρολόγιο και ένα synthesizer ενσωματωμένα σε ένα τζιν μπουφάν από το MIT. Η ευφυΐα με τη μορφή ηλεκτρονικών στοιχείων έχει εισχωρήσει και σε άλλα είδη ενδυμάτων, όπως γάντια, εσώρουχα. Τα αξεσουάρ και τα υποδήματα δε λείπουν από τις εφαρμογές. Στη συνέχεια γίνεται μια εκτεταμένη αναφορά σε κάποιες σημαντικές εφαρμογές. Για λόγους οργάνωσης και καλύτερης κατανόησης των στόχων τους, οι εφαρμογές αυτές χωρίζονται σε πέντε βασικές ενότητες και κάποιες από αυτές σε υποενότητες. Τις πέντε αρχικές κατηγορίες αποτελούν οι εφαρμογές έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, οι εφαρμογές έξυπνων ενδυμάτων, οι εφαρμογές έξυπνων στολών, οι εφαρμογές έξυπνων υποδημάτων και τέλος οι εφαρμογές έξυπνων κοσμημάτων και αξεσουάρ.

3.3.1 Εφαρμογές έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων (smart textiles)

Πολλές είναι οι εφαρμογές των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Πρόκειται για τεχνολογίες που ενσωματώνονται μέσα στην ύφανση ή για υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ίνες που θα παράγουν ένα ύφασμα με συγκεκριμένες ιδιότητες ώστε να μπορεί να χαρακτηριστεί «έξυπνο». Μελλοντικά, ηλεκτρονικές συσκευές, όπως χειριστήρια και διακόπτες, θα βρίσκονται ενσωματωμένα σε σημεία που μπορούν να περιοριστούν μόνο από τη φαντασία και τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα θα βοηθήσουν στην υλοποίηση τέτοιων εγχειρημάτων. Κάποια κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αποτελούν άλλωστε την πρώτη ύλη για την κατασκευή των υφασμάτων επίπλωσης και των ενδυμάτων. Στη συνέχεια της ενότητας αυτής παρουσιάζονται εφαρμογές έξυπνων υφασμάτων που δεν προορίζονται απαραίτητα μόνο για προϊόντα ιματισμού.

- *Έξυπνο ύφασμα με σκοπό την προσαρμογή στις αλλαγές θερμοκρασίας*

Ο δανεισμός στοιχείων από τη φύση είναι σύνθηρες φαινόμενο. Πρώτες ύλες για τα ενδύματα αποτελούσαν και εξακολουθούν να αποτελούν το μαλλί και το βαμβάκι. Στο Κέντρο Βιομιμητικής (Biomimetics) του Πανεπιστημίου του Bath, ερευνητές εμπνεόμενοι από τα αειθαλή δέντρα, και συγκεκριμένα από τα κουκουνάρια (pincones), δημιούργησαν ένα νέο ύφασμα που προσαρμόζεται αυτόματα στις αλλαγές θερμοκρασίας του σώματος για να κρατάει τον κομιστή σε θερμοκρασία άνεσης [PISC'04]. Τα κουκουνάρια παραμένουν κλειστά όσο βρίσκονται πάνω στο δέντρο, αλλά όταν πέσουν ανοίγουν σταδιακά, επιτρέποντας την απελευθέρωση των σπόρων. Μια παρόμοια ιδέα εφαρμόστηκε και στο νέο ύφασμα, το οποίο καλύπτεται από μικροσκοπικά πτερύγια (flaps), το κάθε ένα από τα οποία είναι περίπου 1/200 του χιλιοστού σε πλάτος. Όταν το άτομο ζεσταθεί, τα πτερύγια ανοίγουν αυτόματα, έτσι ώστε να μπορεί να περάσει μέσα ο εξωτερικός αέρας και μόλις η θερμοκρασία πέσει, τα πτερύγια ξανακλείνουν. Το υλικό είναι αυτό που ανταποκρίνεται, οπότε η διαδικασία αυτή μπορεί να συμβαίνει σε μεμονωμένες περιοχές. Επιπλέον, ένα αδιάβροχο στρώμα εμποδίζει τη βροχή ή την υγρασία να εισχωρήσουν μέσα. Είναι αναμενόμενο ένα τέτοιο έξυπνο ύφασμα να έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.



Εικόνα 3.1 Εξώρουχα που προστατεύουν από τη ζέση ή το κρύο είναι μια πιθανή εφαρμογή του έξυπνου υφάσματος που δημιουργήθηκε στο University of Bath

- *Έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα για ιατρικούς σκοπούς*

Η χρήση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων στην ιατρική έχει μεγάλη ιστορία. Ένας σημαντικός τομέας είναι η φροντίδα των τραυμάτων και η πρόληψη των χρόνιων πληγών, ειδικά των ελκών που προκαλούνται από πίεση (pressure sores). Ανάμεσα στη λίστα των κλωστοϋφαντουργικών υλικών που χρησιμοποιούνται για ιατρικούς σκοπούς τα πιο γνωστά είναι οι επίδεσμοι και τα επιθέματα πληγών. Η χρήση των κλωστοϋφαντουργικών υλικών εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα, τις τιμές και την επαναχρησιμοποίηση. Παρά το γεγονός ότι τα παραδοσιακά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα ικανοποιούν βασικά χαρακτηριστικά, όπως βιοσυμβατότητα, ευκαμψία, αντοχή, υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη για συγκεκριμένες λειτουργίες. Παράλληλα με την τεχνολογική ανάπτυξη των λειτουργικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, η χρήση τους στη θεραπεία τραυμάτων και στην πρόληψη χρόνιων πληγών, έχει φέρει νέες προεκτάσεις αλληλεπίδρασης ανάμεσα στους βιολογικούς ιστούς και τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα [WHMLOA'03].

Στο Πανεπιστήμιο Ghent [VH'04] η έρευνα που σχετίζεται με τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα επικεντρώνεται στην ανάπτυξη υφαντικών αισθητήρων για ιατρικούς σκοπούς. Οι αισθητήρες αυτοί προορίζονται για την παρακολούθηση των καρδιακών παλμών και της αναπνοής παιδιών σε νοσοκομειακό περιβάλλον και έχουν στόχο να καταπολεμήσουν διάφορα προβλήματα που προκαλούν οι συμβατικοί αισθητήρες, όπως ερεθισμό του δέρματος, κυρίως όταν χρησιμοποιούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι αισθητήρες, οι συσκευές για το χειρισμό και τη μετάδοση των δεδομένων, καθώς και μια λειτουργία προειδοποίησης σε περίπτωση κινδύνου, θα ενσωματωθούν στο *IntelliTex*, για αυτό το λόγο απαιτείται τα ηλεκτρονικά στοιχεία να έχουν μικρές διαστάσεις, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και να είναι ανθεκτικά στο πλύσιμο.

Για τη μέτρηση των καρδιακών παλμών και του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, αναπτύχθηκαν τα *Textrodes*, τα οποία είναι κατασκευασμένα από ίνες ανοξειδωτού ατσάλιου και χρησιμοποιούνται σε άμεση επαφή με το δέρμα. Το ανοξειδωτό ατσάλι επιλέχθηκε γιατί είναι πολύ καλός αγωγός, οι ίνες του έχουν καλή υφή, έχει μικρή τοξικότητα, υπάρχει ελάχιστος κίνδυνος για αλλεργίες και πλένεται χωρίς να χάνει τις ιδιότητές του. Με τα συμβατικά ηλεκτρόδια χρησιμοποιείται ένα electrogel, το οποίο εξασφαλίζει την καλή αγωγή επαφή μεταξύ του δέρματος και του ηλεκτροδίου, αλλά στην παρατεταμένη επαφή με το δέρμα μπορεί να δημιουργήσει ερεθισμούς. Οι περιορισμοί των απλών ηλεκτροδίων για μακράς διάρκειας παρακολούθηση μπορούν να ξεπεραστούν με τη χρήση των *Textrodes*. Επιπλέον, η πλεκτή δομή τους δίνει το πλεονέκτημα της ελαστικότητας για την καλύτερη εφαρμογή γύρω από το θώρακα. Η άνεση του ασθενή είναι μια σημαντική παράμετρος, οπότε η δομή των ηλεκτροδίων δε θα πρέπει να προκαλεί ενοχλητική αίσθηση ή ερεθισμό στο δέρμα. Για την αξιολόγηση της απόδοσης των *Textrodes*, έγιναν πειράματα ταυτόχρονης καταγραφής με συμβατικά ηλεκτρόδια και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα. Αρχικά αποδείχθηκε η ακρίβεια του σήματος των *Textrodes*,

θα πρέπει όμως να ακολουθήσουν περαιτέρω κλινικές δοκιμές για να συγκριθούν η ποιότητα και η αξιοπιστία του σήματος με αυτή των τυποποιημένων ηλεκτροδίων.

Για τη μέτρηση της αναπνοής αναπτύχθηκε ένας ακόμα αισθητήρας από κλωστοϋφαντουργικά υλικά. Η ζώνη *Respibelt* είναι επίσης κατασκευασμένη από νήμα ανοξειδωτού ατσάλιου. Για να καταστήσουν τη ζώνη παρακολούθησης πιο ελκυστική σε παιδιά, οι αισθητήρες για την καταγραφή των καρδιακών παλμών ενσωματώθηκαν στα αυτιά γνωστού ήρωα κινουμένων σχεδίων, όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 3.2**.



Εικόνα 3.2 Η *Respibelt* διαθέτει αισθητήρες από ίνες ανοξειδωτού ατσάλιου μέσα στην ύφανση και ενδείκνυται ακόμα για μακροπρόθεσμη παρακολούθηση της αναπνοής χωρίς να προκαλεί ερεθισμούς

- *Έξυπνα υφάσματα για τη δημιουργία διεπαφών, όπως διακόπτες, πληκτρολόγια και οθόνες*

Η SOFTswitch [SAA'02] είναι μια εταιρεία που παρέχει στους πελάτες της τεχνολογικές λύσεις, που συνενώνουν τη λειτουργικότητα των ηλεκτρονικών με την αισθητική και τα πλεονεκτήματα των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Υφάσματα ευαίσθητα στην αφή (touch sensitive fabrics) και συνδετικά συστήματα (connectivity systems) χρησιμοποιούνται για να ενσωματώσουν τα ηλεκτρονικά στον ιματισμό και στα παρεμφερή. Η SOFTswitch παραδίδει εμπορικές ηλεκτρονικές υφασμάτινες λύσεις σε ένα μεγάλο εύρος πρωτοπόρων πελατών. Υφασμάτινοι διακόπτες, πληκτρολόγια και αισθητήρες πίεσης ενσωματώνονται σε ενδύματα, τσάντες και αξεσουάρ. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται μερικές εφαρμογές.

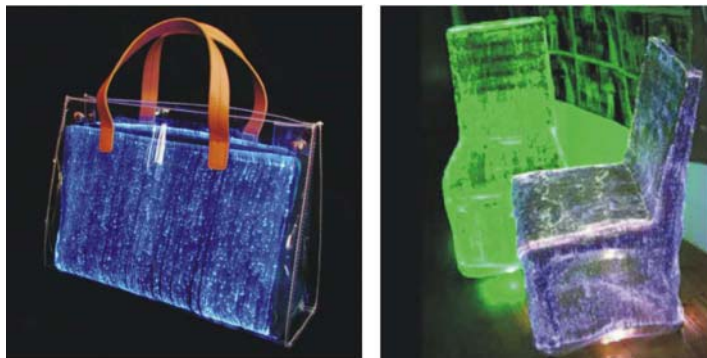


Εικόνα 3.3 Υφασμάτινο τηλεχειριστήριο σε μαξιλάρι καναπέ, διακόπτης φωτός σε κουρτίνα και χειριστήριο για την αναπαραγωγή μουσικής σε σπορ ένδυμα κατασκευασμένα από τη SOFTswitch (2001)



Εικόνα 3.4 Υφασμάτινο πληκτρολόγιο qwerty από τη SOFTswitch

Μετά από πολλές προσπάθειες και πειράματα, επιτεύχθηκε η ενσωμάτωση «φωτεινής» ίνας σε ύφασμα. Το *Luminex* [E'05, G'03] είναι ένα νέο ύφασμα, κατασκευασμένο στην Ιταλία, που εκπέμπει το δικό του φως με τη χρήση LEDs (light-emitting diodes), δηλαδή διόδων που εκπέμπουν φως. Στο *Luminex*, οι «φωτεινές» ίνες μπορούν να συνδυαστούν είτε με φυσικές, είτε με συνθετικές οποιοδήποτε χρώματος. Η πρώτη εφαρμογή ήταν κατάλληλη για κουρτίνες και σταθερές δομές, ενώ η δεύτερη για ιματισμό και φορητά αντικείμενα. Η μπαταρία, που μπορεί να είναι μικρή και επαναφορτιζόμενη, τοποθετείται στο πιο πρακτικό σημείο, ανάλογα με την εφαρμογή και ανάβει από έναν κρυμμένο διακόπτη. Για παράδειγμα, σε ένα τζιν παντελόνι, μπορεί να μπει στη μικρή τσέπη στη δεξιά πλευρά του παντελονιού. Ανάμεσα στα αντικείμενα που έχουν ήδη κατασκευαστεί βρίσκονται μαξιλάρια, μπλουζές και τσάντες.



Εικόνα 3.5 α, β Τσάντα United Colors of Benetton και καλύμματα για καρέκλες από *Luminex*

Η France Telecom, προχώρησε ένα βήμα παραπέρα και ανακοίνωσε το Μάιο του 2002 το σχεδιασμό ενός πρωτοτύπου εύκαμπτης οθόνης, κατασκευασμένης από οπτικές ίνες πλεγμένες σε ύφασμα [E'05, G'03]. Κάθε νήμα πλαστικής οπτικής ίνας φωτίζεται από μικροσκοπικά LEDs, που ελέγχονται από μικροσίπ. Η εύκαμπτη οθόνη έχει τη δυνατότητα φόρτωσης και αναπαραγωγής στατικών και κινούμενων γραφικών. Ο αριθμός των pixel είναι μόλις 64 και η διάμετρος της ίνας μισό χιλιοστό, εξαιτίας των μηχανικών περιορισμών των οπτικών ινών. Με αυτή την καινοτομία γίνεται κατανοητό ότι τα ενδύματα θα μπορούν να λειτουργούν ως γραφική διεπαφή επικοινωνίας, που εκθέτουν οπτικές πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και παρέχουν πρόσβαση σε όλες τις υπηρεσίες των τηλεπικοινωνιών (ίντερνετ, βίντεο, ηλεκτρονικό εμπόριο κινητά τρίτης γενιάς). Ένας άλλος τρόπος να δημιουργηθούν υφασμάτινες οθόνες είναι με αγωγίμες ίνες επικαλυμμένες με ένα λεπτό στρώμα ηλεκτροφωτεινού υλικού (electroluminescent material).



Εικόνα 3.6 Εύκαμπτη οθόνη σε κασκόλ της France Telecom

Άλλα παραδείγματα κλωστοϋφαντουργικών εφαρμογών είναι το Zapper cushion, ένα μαξιλάρι κατασκευασμένο από ύφασμα ευαίσθητο στη αφή που αντικαθιστά τα παραδοσιακά τηλεχειριστήρια, καθώς και τα νοσοκομειακά κρεβάτια που έχουν τη δυνατότητα να ανιχνεύουν τη θέση του σώματος. Κλωστοϋφαντουργικά υλικά με αισθητήρες χρησιμοποιούνται σε

αεροπλάνα, σε δρόμους, σε γέφυρες και σε κτίρια για λόγους ασφαλείας. Αισθητήρες οπτικών ινών σε υφασμάτινες δομές χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση μηχανικών, ακουστικών, ηλεκτρικών, μαγνητικών και θερμικών διαταραχών.

3.3.2 Εφαρμογές έξυπνων ενδυμάτων (smart clothing)

Οι άνθρωποι κουβαλούν όλο και περισσότερο σε καθημερινή βάση ηλεκτρονικά προϊόντα. Η ενσωμάτωση τέτοιων προϊόντων στον ιματισμό είναι το επόμενο λογικό βήμα. Η ανάγκη για έξυπνα ενδύματα είναι υπαρκτή και το κοινό στο οποίο απευθύνονται συνεχώς διευρύνεται. Τα παραδείγματα των πρωτοτύπων που έχουν κατασκευαστεί, αλλά και κάποιων εφαρμογών που έχουν φτάσει στην αγορά, είναι ήδη αρκετά.

Το έξυπνο ένδυμα έχει γίνει μια πιθανή εναλλακτική λύση για ένα ευρύ φάσμα προσωπικών εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων της επικοινωνίας, της ψυχαγωγίας, της ασφάλειας, καθώς επίσης και εφαρμογών που απαιτούν μυστικότητα. Έξυπνα ενδύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως επαγγελματικά εργαλεία π.χ. για στρατιωτικούς ή για πυροσβέστες ή να παρέχουν βοήθεια σε ειδικές ομάδες ατόμων, όπως ηλικιωμένοι, άτομα με ειδικές ανάγκες και παιδιά. Οι λύσεις σε διάφορα ιατρικά θέματα, όπως την παρακολούθηση ασθενών από το σπίτι, είναι δυνατό να δοθούν μέσω των εφαρμογών έξυπνων ενδυμάτων. Εκτός από δίχτυ ασφαλείας της υγείας, τα έξυπνα ενδύματα μπορεί να αποτελούν και ένα μέσο προστασίας κατά του εγκλήματος. Η κατάσταση κινδύνου μπορεί να υποδεικνύεται από την παρακολούθηση των καρδιακών παλμών σε συνδυασμό με την ένταση της σωματικής δραστηριότητας και σε ορισμένες περιπτώσεις να ενεργοποιείται αυτόματα συναγερμός. Αν για παράδειγμα, οι χτύποι της καρδιάς αυξηθούν ασυνήθιστα, ενώ οι αισθητήρες στα υποδήματα υποδηλώνουν ότι δεν υπάρχει κίνηση, είναι πολύ πιθανό η αύξηση των καρδιακών παλμών να προκαλείται από άλλο παράγοντα, όπως ο χρήστης να βρίσκεται υπό την απειλή όπλου. Ακόμα και μετά την αφαίρεση των έξυπνων ενδυμάτων το βράδυ, μια λύση, π.χ. για τον έλεγχο της θέρμανσης σε ένα δωμάτιο, μπορεί να αποτελούν τα έξυπνα εσώρουχα. Κατά τη διάρκεια της νύχτας τα εσώρουχα με τους ενσωματωμένους αισθητήρες μπορούν να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ανοίγοντας ή κλείνοντας τη θέρμανση, ανάλογα με τις αλλαγές που συμβαίνουν στο μεταβολισμό του σώματος. Βέβαια, σε όλες τις εφαρμογές προκύπτουν ενδιαφέροντα προβλήματα, όπως για παράδειγμα αν η θέρμανση σε ένα χώρο ρυθμίζεται από περισσότερα από ένα άτομα, με ποιο τρόπο θα επιτευχθούν οι συνθήκες άνεσης για όλους τους χρήστες.

Ανάλογα με την περίπτωση και τις ανάγκες που προορίζονται να καλύψουν, τα έξυπνα ενδύματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια, έχουν διαχωριστεί σε κάποιες υποκατηγορίες. Τον πρώτο βασικό τομέα έξυπνων ενδυμάτων αποτελούν τα ιατρικά ενδύματα. Πρόκειται για τις εφαρμογές που έχουν δημιουργηθεί για να εξυπηρετήσουν ιατρικούς σκοπούς και κυρίως για να ενισχύσουν την παρακολούθηση της υγείας ασθενών ή ομάδων υψηλού κινδύνου εξ αποστάσεως. Ο δεύτερος τομέας έξυπνων ενδυμάτων που αναφέρεται είναι αυτός των αθλητικών ενδυμάτων. Τα επιπρόσθετα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτουν τα αθλητικά ενδύματα είναι παρόμοια με αυτά των ιατρικών, καθώς οι απαιτήσεις της ασφαλούς προπόνησης, υπαγορεύουν την παρακολούθηση της φυσικής κατάστασης και των ζωτικών παραμέτρων των αθλητών. Έτσι κάποιες από τις εφαρμογές ιατρικών και αθλητικών ενδυμάτων είναι κοινές. Τέλος, ακολουθεί η παρουσίαση εφαρμογών που σχετίζονται με την επικοινωνία και τη διασκέδαση. Τα ενδύματα αυτής της ομάδας διαθέτουν ενσωματωμένα συστήματα επικοινωνίας, αναπαραγωγής ήχου, καταγραφής εικόνας και βίντεο, εντοπισμού θέσης και άλλα πρωτότυπα χαρακτηριστικά.

3.3.2.1 Ιατρικά ενδύματα

Η βελτίωση της ποιότητας και της αποτελεσματικότητας της παρακολούθησης της υγείας, στους χώρους που σχετίζονται άμεσα με την ιατρική, όπως στο νοσοκομείο, αλλά και από το σπίτι, λαμβάνει όλο και μεγαλύτερες διαστάσεις, τόσο για τους ασθενείς, όσο και για την κοινωνία γενικότερα. Η κοινωνία απαιτεί τη μείωση του κόστους των φαρμάκων, ενώ παράλληλα επιθυμεί την αναβάθμιση της ιατρικής περίθαλψης. Αυτό συνεπάγεται την ανάπτυξη εναλλακτικών προτάσεων στις παραδοσιακές μεθόδους για την πρόληψη των ασθενειών και τη συνεχή παρακολούθηση της υγείας. Καθώς νέες τεχνολογίες, όπως οι μικροτεχνολογίες και οι ευέλικτοι αισθητήρες, είναι διαθέσιμες, νέες φιλικές προς το χρήστη συσκευές μπορούν να αναπτυχθούν

για να ενισχύσουν την άνεση και την ασφάλεια των ασθενών. Ο μέσος όρος της ηλικίας, ο οποίος συνεχώς αυξάνεται στον πληθυσμό των ανθρώπων του δυτικού πολιτισμού, έχει σαν αποτέλεσμα μια νέα πολύ μεγάλη αγορά στις αναπτυσσόμενες χώρες, που μπορεί να δώσει το έναυσμα στους αρμόδιους φορείς να ασχοληθούν περισσότερο και σοβαρότερα με το θέμα της εξυγίανσης του τομέα της υγείας.

Καθώς τα ενδύματα και τα υφάσματα έρχονται σε άμεση επαφή με το 90% της επιφάνειας του σώματος, οι έξυπνοι αισθητήρες και τα έξυπνα ενδύματα με διακριτικούς αισθητήρες είναι μια ελκυστική λύση για την παρακολούθηση της υγείας σε όλους τους χώρους. Η ενσωμάτωση τέτοιων αισθητήρων στον ιματισμό, μπορεί να επιτρέψει την παρακολούθηση της υγείας από τον ίδιο τον ασθενή, σε οποιοδήποτε μέρος βρίσκεται, και να ενισχύσει την άνεση, την αποτελεσματικότητα και την πρόληψη των ασθενειών. Το σύστημα, εκτός από τη βοήθεια που θα παρέχει στο χρήστη για να υιοθετήσει έναν πιο υγιεινό τρόπο ζωής και να βελτιώσει τη φυσική του κατάσταση, θα προσφέρει ταυτόχρονα έναν πιο αποτελεσματικό τρόπο για την αντιμετώπιση του άγχους. Για ασθενείς που βρίσκονται στο στάδιο της ανάρρωσης, το σύστημα μπορεί να βοηθήσει στη διαδικασία της αποκατάστασης και να εντοπίσει τυχόν επιπλοκές σε πρώιμο στάδιο. Σε περιπτώσεις χρόνιων ασθενειών, τα έξυπνα βιοϊατρικά ενδύματα μπορούν να διευκολύνουν το χρήστη στην καλύτερη κατανόηση και διαχείριση της κατάστασής του. Η έγκαιρη διάγνωση μπορεί να περιορίσει την εμφάνιση κρίσιμων περιστατικών και επιπλοκών, που ενδεχομένως να οδηγούσαν στην ανάγκη εκτεταμένης νοσοκομειακής περίθαλψης.

Τα έξυπνα βιοϊατρικά ενδύματα μπορούν να λειτουργήσουν ως κλειδί για την προληπτική φροντίδα όλων των ανθρώπων. Δεν είναι απαραίτητο να υιοθετούνται μόνο από ασθενείς. Μπορεί να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα και σε άλλες ομάδες, όπως π.χ. σε αθλητές, που ούτως ή άλλως πρέπει να προσέχουν τη φυσική τους κατάσταση, αλλά και σε οποιοδήποτε άτομο ενδιαφέρεται να υιοθετήσει έναν υγιεινότερο τρόπο ζωής, όπου η πρόληψη παίζει βασικό ρόλο. Επιπροσθέτως, σε συνδυασμό με τα έξυπνα ενδύματα, οι φορέσιμες συσκευές και τα έξυπνα σπίνια με εξωτερικούς αισθητήρες μπορούν να παρέχουν συνολικά, ένα ακόμα πιο ασφαλές περιβάλλον για την πιο ολοκληρωμένη παρακολούθηση της υγείας. Παρακάτω παρουσιάζονται διάφορες ιατρικές εφαρμογές, κατανεμημένες ανάλογα με τους στόχους που εξυπηρετούν και για τους οποίους δημιουργήθηκαν.

- *Τεχνολογία για την παρακολούθηση του αυτόνομου νευρικού συστήματος*

Το *MARSIAN (Modular Autonomous Recorder System for Measurement of ANS Activity)* [ASGDMD'05, ADD'03, AGDCRD'04] είναι όπως υπονοείται και από την ονομασία του μια συσκευή, σε πειραματικό στάδιο, για τη μέτρηση των δραστηριοτήτων του αυτόνομου νευρικού συστήματος (ΑΝΣ). Το ΑΝΣ είναι το μη συνειδητό νευρικό σύστημα που ελέγχει και ανατροφοδοτεί όλα τα όργανα, για την προσαρμογή στο περιβάλλον και την επίτευξη της ομοιόστασης. Η ασυνείδητη δραστηριότητα του αυτόνομου νευρικού συστήματος επομένως συνδέεται με τις συναισθηματικές, αισθητήριες και γνωστικές αντιδράσεις. Το *MARSIAN* είναι μια υβριδική συσκευή, που μετρά τις ζωτικές παραμέτρους και το αυτόνομο νευρικό σύστημα, συνδυάζοντας τα πλεονεκτήματα της έξυπνης ένδυσης με των συσκευών που φοριούνται στον καρπό.

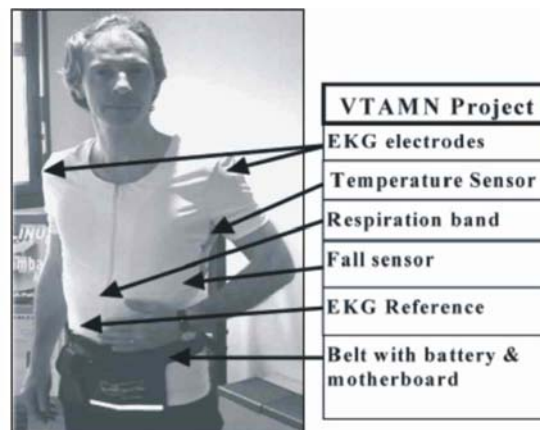
Το *MARSIAN* αποτελείται από τέσσερα στοιχεία, ένα «έξυπνο T-shirt», ένα «έξυπνο γάντι», μια συσκευή που τοποθετείται στον καρπό για την ασύρματη μετάδοση δεδομένων και μια εξωτερική συσκευή ή υπολογιστή για τη συνεχή καταγραφή των δεδομένων και την παραγωγή αναλυτικών αλγορίθμων. Το έξυπνο γάντι του *MARSIAN* είναι ειδικά σχεδιασμένο, ώστε να εξασφαλίζει την καλή επαφή μεταξύ των ηλεκτροδίων και του δέρματος, παρά τις κινήσεις του χεριού. Το γάντι περιλαμβάνει ενσωματωμένους αισθητήρες για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του δέρματος, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του δέρματος και της μικρο-κυκλοφορίας. Το έξυπνο T-shirt (*VTAMN*) διαθέτει ενσωματωμένα ηλεκτρόδια για το ηλεκτροκαρδιογράφημα (EKG) και αισθητήρες για τη μέτρηση του ρυθμού της αναπνοής και της ροής της θερμότητας του σώματος. Η συσκευή που τοποθετείται στον καρπό διασφαλίζει την απόκτηση φυσιολογικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και την ασύρματη μετάδοσή τους. Το *MARSIAN* είναι εξοπλισμένο να αναλύει, είτε άμεσες συναισθηματικές αντιδράσεις, που προκύπτουν σχεδόν αμέσως σαν ακολουθία κάποιου ερεθίσματος, όπως τη διέγερση από μια μυρωδιά, είτε μεγαλύτερες χρονικά αντιδράσεις, που χαρακτηρίζουν την αλλαγή της κατάστασης, π.χ. έξαψη.



Εικόνα 3.7 Το *MARSIAN* είναι ένα αρθρωτό αυτόνομο καταγραφής σύστημα για τη μέτρηση της δραστηριότητας του ΑΝΣ που αποτελείται από έξυπνα ενδύματα, γάντια και μια συσκευή για τον καρπό

- Σύστημα για την παρακολούθηση της υγείας ασθενών με αλτσχάιμερ

Το *VTAMN* project [ASGDMD'05] ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 2001 και δημιουργήθηκε για την παρακολούθηση των ασθενών με αλτσχάιμερ. Γι' αυτό το λόγο διαθέτει ενσωματωμένο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS). Ο σκοπός του προγράμματος ήταν η ενίσχυση της αυτονομίας των ασθενών (έξω από κέντρα υγείας), χάρις στον εξοπλισμό ιατρικής παρακολούθησης που βρίσκεται ενσωματωμένος στα ενδύματα του ασθενή. Επιπλέον, ένας ακόμα στόχος, ήταν η συνεισφορά στην βελτιστοποίηση των ιατρικών διαδικασιών, όπως της τηλεπαρακολούθησης, μέσω άνετων και υγιεινών (που έχουν τη δυνατότητα να πλένονται) ενδυμάτων. Τα πρωτότυπα του *VTAM* (clothes for teleassistance in medicine) έχουν ενσωματωμένους στην πλέξη αισθητήρες λήψης θερμοκρασίας, ηλεκτροκαρδιογραφήματος (EKG), πνευμονογραφήματος (RBI), δεδομένα λογικής θεραπείας, επεξεργαστές και πηγές ενέργειας.

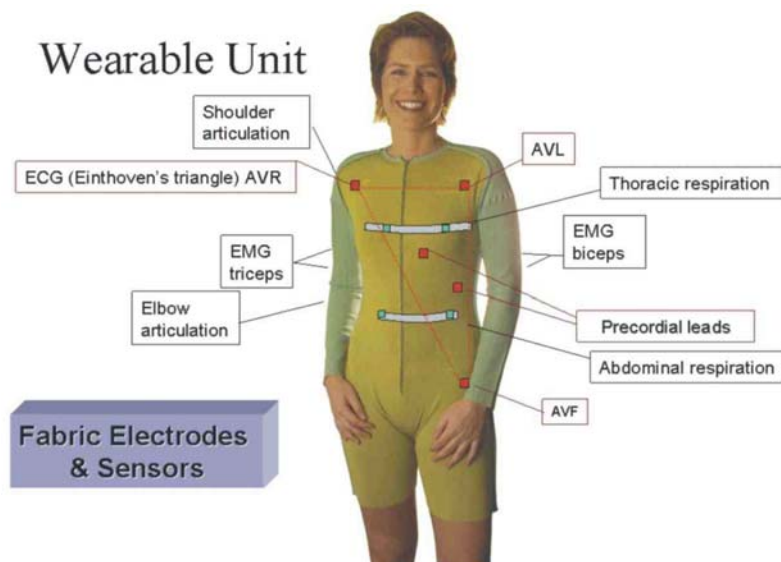


Εικόνα 3.8 Το πρωτότυπο του *VTAMN*

- Εφαρμογές για την παρακολούθηση της υγείας ομάδων υψηλού κινδύνου

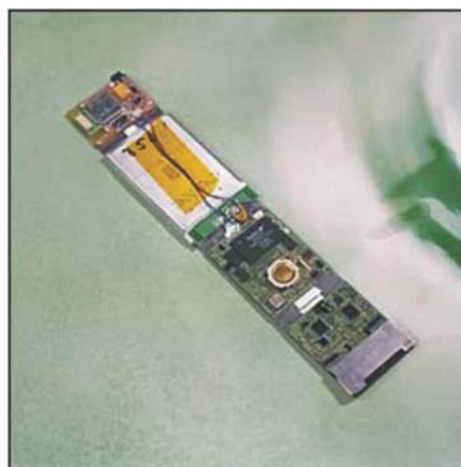
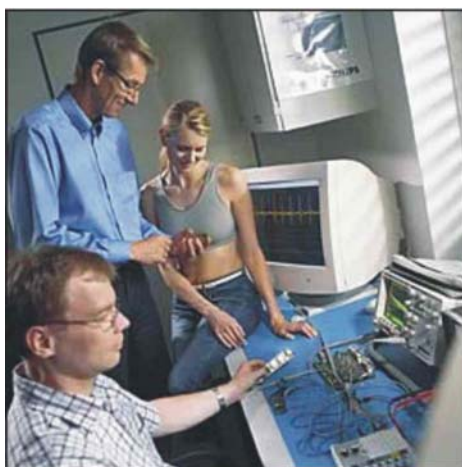
Το *Wealthy* (Wearable Health Care System) [ASGDMD'05, P'04a, P'04b] είναι ένα καινοτόμο σύστημα για την παρακολούθηση της υγείας, το οποίο επιδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Έξυπνες ίνες και νήματα εμπλουτίζονται με ένα εύρος ηλεκτροφυσικών (electrophysical) ιδιοτήτων, για να χρησιμοποιηθούν ως βασικά συστατικά για την παραγωγή υφάσματος. Το σύστημα βασίζεται σε μια υφασμάτινη φιλική διεπαφή χρήστη, υλοποιημένη από ενσωματωμένους αισθητήρες, ηλεκτρόδια, συνδέσεις, προηγμένες τεχνικές επεξεργασίας σήματος και μοντέρνα συστήματα τηλεπικοινωνιών. Οι αισθητήρες, τα ηλεκτρόδια, και οι συνδέσεις πραγματοποιούνται μέσω πιεζοηλεκτρικών νημάτων. Η άμεση καταγραφή των ζωτικών σημείων μπορεί να επιτρέψει την άμεση διεξαγωγή συμπερασμάτων για τη φυσική κατάσταση. Έτσι είναι δυνατόν να διασφαλιστεί η παρακολούθηση των χρηστών στα καθημερινά τους καθήκοντα ή κατά τη διάρκεια φυσικής άσκησης και να υπάρξει προειδοποίηση σε περίπτωση κινδύνου. Το σύστημα προτείνεται σε ασθενείς που πάσχουν από καρδιαγγειακά προβλήματα, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της ανάρρωσης. Το σύστημα μπορεί επίσης να φανεί

χρήσιμο σε επαγγελματίες ή εργάτες που είναι εκτεθειμένοι σε σωματική ή ψυχολογική πίεση ή/ και σε περιβάλλοντα εργασίας υψηλού κινδύνου για την υγεία.



Εικόνα 3.9 Το σύστημα *Wealthy* υλοποιήθηκε με την ενσωμάτωση υπολογιστικών τεχνικών, έξυπνων αισθητήρων, φορητών συσκευών και τηλεπικοινωνιών για την παρακολούθηση ασθενών με καρδιοπάθειες σε ανάρρωση ή ατόμων που εργάζονται σε έντονες περιβαλλοντικές συνθήκες

Στο ερευνητικό τμήμα της Philips [PRPR'03] στο Άαχεν της Γερμανίας, αναπτύχθηκε ένα φορέσιμο ασύρματο σύστημα παρακολούθησης απευθυνόμενο σε ασθενείς με προβλήματα υγείας. Το σύστημα αυτό μπορεί να διευκολύνει τους νοσοκομειακούς γιατρούς στη διάγνωση και την παρακολούθηση ασθενών που ανήκουν σε ομάδες υψηλού κινδύνου και στην περίπτωση επείγοντος περιστατικού να ειδοποιήσει αυτόματα τις υπηρεσίες πρώτων βοηθειών. Βασίζεται στην τεχνολογία στεγνών ηλεκτροδίων (dry-electrodes) τα οποία μπορούν να ενσωματωθούν σε κοινά ενδύματα, όπως εσώρουχα και ζώνες, και να καταγράψουν τα ζωτικά σημεία του κομιστή, όπως τους καρδιακούς παλμούς. Το σύστημα, που φοριέται συνεχώς από το χρήστη, έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων για διάστημα έως και τριών μηνών στην εσωτερική του μνήμη μεγέθους 64 Mb. Το ιστορικό για ένα τόσο εκτεταμένο χρονικό διάστημα βοηθάει τους ιατρούς στη διεξαγωγή έγκυρης διάγνωσης. Η εκτεταμένη ανάλυση αλγορίθμων γίνεται στον χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης Επεξεργαστή Ψηφιακού Σήματος (Digital Signal Processor ή DSP) του συστήματος. Όλα τα ηλεκτρονικά στοιχεία είναι ενσωματωμένα σε μια πολύ λεπτή μονάδα, η οποία χωρά σε μια τσέπη του ενδύματος. Όταν αφαιρεθεί αυτή η μονάδα, το ένδυμα με τα ενσωματωμένα ηλεκτρόδια μπορεί να πλυθεί.



Εικόνα 3.10 α, β Οι ερευνητές στη Philips περιγράφουν τη συσκευή νέας τεχνολογίας για την απευθείας καταγραφή ζωτικών σημείων, η οποία φαίνεται δεξιά

- *Σύστημα για την παρακολούθηση ασθενών από το σπίτι*

Στο Πανεπιστήμιο του Karlsruhe, στο τμήμα της Τεχνολογίας Επεξεργασίας Πληροφορίας, κατασκευάστηκε ένα πρωτότυπο σύστημα [ORKGS'04], στα πλαίσια του ερευνητικού έργου Personal Health Monitoring System [PHMS'02]. Σκοπός του project είναι η κατασκευή του πρώτου παγκόσμιου συστήματος προσωπικής παρακολούθησης της υγείας, το οποίο θα επιτρέπει τη μέτρηση των ζωτικών παραμέτρων των ασθενών, διευκολύνοντας την εξέταση, τη θεραπεία ή την ανάρρωση μέσα στο περιβάλλον του σπιτιού. Μεταξύ άλλων, το σύστημα περιλαμβάνει ένα, ενσωματωμένο σε T-Shirt, Σύστημα Ηλεκτροκαρδιογραφήματος που βασίζεται στην τεχνολογία Bluetooth. Κάποια από τα στοιχεία, όπως τα ηλεκτρόδια (textiles electrodes) ενσωματώνονται στο ένδυμα, ενώ κάποια άλλα, όπως τα ευέλικτα ηλεκτρονικά στοιχεία, μπορούν να αφαιρεθούν για τη διαδικασία του πλυσίματος. Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τις μετρήσεις μεταφέρονται, μέσω του Bluetooth, στη βάση δεδομένων του ασθενή. Στο σχεδιάγραμμα της **Εικόνας 3.11** που ακολουθεί φαίνεται το T-Shirt το οποίο αποτελείται από τέσσερα υφασμάτινα ηλεκτρόδια (1), από έναν υφασμάτινο διακόπτη (2), από τη συσκευή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και τη σύνδεση του με το ένδυμα (3), το βασικό ύφασμα (4), την καλωδίωση (5). Το ένδυμα (6) είναι κατασκευασμένο από ελαστικό ύφασμα για να διασφαλίσει την καλή επαφή των ηλεκτροδίων με το δέρμα του κομιστή.



Εικόνα 3.11 Το σχεδιάγραμμα του ενδύματος, το T-shirt από την ανάποδη πλευρά και το υφασμάτινο ηλεκτρόδιο

- *Σύστημα για τη μέτρηση της βιοαντίστασης*

Στο τμήμα Ηλεκτρονικής του Tampere University of Technology υλοποιήθηκε ένα φορέσιμο σύστημα μέτρησης της βιοαντίστασης (bioimpedance), το οποίο ενσωματώθηκε σε ένδυμα (shell suit), αποτελούμενο από μπουφάν και παντελόνι. Ο σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας [VKRJV'03] ήταν, κατά πρώτον, η ενσωμάτωση ενός τέτοιου συστήματος σε ιματισμό και, κατά δεύτερον, να βρεθεί αν μπορούν να γίνουν αξιόπιστες μετρήσεις της βιοαντίστασης σε χρήστες εν κινήσει. Η βιοαντίσταση του ανθρώπινου σώματος παράγει μεγάλο αριθμό πληροφοριών για τις αλλαγές του σώματος κατά τη διάρκεια διαφόρων δραστηριοτήτων. Για παράδειγμα, από τη μέτρηση της αντίστασης μπορεί να διεξαχθεί η συνολική ποσότητα του νερού στο σώμα (Total Body Water ή TBW), και η ισορροπία ανάμεσα στο εξωκυτταρικό και ενδοκυτταρικό νερό (Extracellular and Intracellular Water). Μια τέτοια πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποκαλύψει πιθανή αφυδάτωση, και ενδέχεται να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη στην περίπτωση αθλητών. Ηλεκτρόδια από αγώγιμα νήματα, στοιχεία για τη διεπαφή χρήστη, τα οποία είναι ανθεκτικά στο πλύσιμο, μπαταρίες και άλλα στοιχεία ενσωματωμένα στο ένδυμα, συνέθεσαν ένα σύστημα για τη διεξαγωγή αρκετών πειραμάτων από τους ερευνητές. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν, ήταν ότι ένα τέτοιο σύστημα αξίζει να ερευνηθεί περαιτέρω, αλλά θα πρέπει να περάσει από αρκετά στάδια, γιατί προς το παρόν, είναι αρκετά περίπλοκο και δεν υπάρχει βεβαιότητα για τα αποτελέσματα των μετρήσεων.



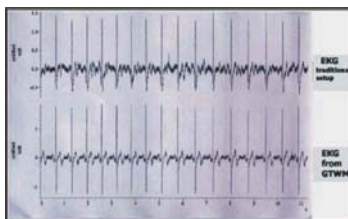
Εικόνα 3.12 Οι αγώγιμες πλάκες του συστήματος μέτρησης της βιοαντίστασης στη ζώνη του παντελονιού

- *Τεχνολογία για τον εντοπισμό πληγών από βλήματα και την παρακολούθηση ζωτικών σημείων*

Στο Georgia Institute of Technology έγινε η σχεδίαση, η ανάπτυξη και η πραγματοποίηση μιας καινοτόμας τεχνολογίας γνωστής ως *Georgia Tech Wearable Motherboard* ή χάριν συντομίας *GTWM* [GPRJ'99, PMJ'02]. Το *GTWM* ή *Smart Shirt* αρχικά χρηματοδοτήθηκε από το Ναυτικό των Η.Π.Α. τον Οκτώβριο του 1996 [GIT'00]. Το *Wearable Motherboard* χρησιμοποιεί ηλεκτρικά αγώγιμες ίνες και πλαστικές οπτικές ίνες για τον εντοπισμό πληγών από βλήματα και ειδικούς αισθητήρες για την παρακολούθηση των ζωτικών σημείων. Οι οπτικές ίνες εντοπίζουν βλάβη, δηλαδή τις σπασμένες διαδρομές (broken paths) στο ύφασμα και δίνουν πληροφορίες για την τοποθεσία, π.χ. της διαπέρασης μιας σφαίρας [EDEF'05]. Τα ζωτικά σημεία που μετρούνται είναι η θερμοκρασία, οι καρδιακοί παλμοί και ο ρυθμός της αναπνοής. Το βασικό πλεονέκτημα του *GTWM* αποτελεί ότι παρέχει ένα συστηματικό τρόπο καταγραφής πληροφοριών με διακριτικότητα, αφού είναι ελαφρύ και άνετο και μπορεί να φορεθεί από οποιοδήποτε χωρίς να γίνει αισθητό. Επίσης, παρέχει ένα εξαιρετικά ευέλικτο πλαίσιο για την περαιτέρω ενσωμάτωση αισθητήριων συσκευών, συσκευών καταγραφής και επεξεργασίας πληροφοριών. Για παράδειγμα, είναι εύκολο να ενσωματωθεί στη δομή, ένας αισθητήρας ανίχνευσης του επιπέδου του οξυγόνου, καθώς και η δυνατότητα καταγραφής της φωνής του χρήστη, στην περίπτωση που προορίζεται για πυροσβέστες.



Εικόνα 3.13 Το *Georgia Tech Wearable Motherboard* περιλαμβάνει ηλεκτρικά αγώγιμες ίνες και πλαστικές οπτικές ίνες για τη μεταφορά πληροφοριών από αισθητήρες σε μονάδες επεξεργασίας



Εικόνα 3.14 Σύγκριση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος με τα παραδοσιακά μέσα και με το *GTWM*

Το *Smart Shirt*, εκτός από ευέλικτο όσον αφορά τις τεχνολογίες, επιπλέον είναι ανθεκτικό και κατάλληλο για μαζική παραγωγή, αφού μπορεί να κατασκευαστεί από οποιοδήποτε είδος ίνας και μπορεί να πλυθεί. Η SensaTex [SSS' 07], αναμένοντας την έγκριση του FDA (Food and Drug Administration), προχώρησε στη διεξαγωγή μιας σειράς πειραμάτων σε κλινικό περιβάλλον. Οι δοκιμές που θα οδηγήσουν το *Smart Shirt* από την έρευνα στην αγορά και στο ευρύτερο καταναλωτικό κοινό συνεχίζονται. Το κόστος του προβλέπεται ότι θα είναι χαμηλότερο από τα ήδη υπάρχοντα συστήματα παρακολούθησης. Το περιοδικό *Time* το κατέταξε ανάμεσα στις καλύτερες εφευρέσεις το 2001. Λόγω των χαρακτηριστικών του *GTWM* προκύπτει ένα πλήθος εφαρμογών. Για παράδειγμα, εξαιτίας της ικανότητάς του να παρακολουθεί τα ζωτικά σημεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο για την καταπολέμηση του Συνδρόμου του Αιφνίδιου Βρεφικού Θανάτου (Sudden Infant Death Syndrome ή SIDS). Μπορεί ακόμη να φανεί χρήσιμο σε αθλητές ως μέσο παρακολούθησης της επίδοσης του σώματός τους κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Στον **Πίνακα 3.2** που ακολουθεί, φαίνονται οι πιθανές εφαρμογές του *Smart Shirt*.

Τμήμα	Είδος εφαρμογής	Βάση απευθυνόμενου κοινού
Στρατός	Φροντίδα των απωλειών μάχης	Στρατιώτες και βοηθητικό προσωπικό στο πεδίο μάχης
Ιδιώτες	Ιατρική παρακολούθηση	Ασθενείς: χειρουργική ανάρρωση, ψυχιατρική φροντίδα Γηραιότεροι πολίτες: γηριατρική φροντίδα, γηροκομία Βρέφη: πρόληψη από SIDS Πανεπιστημιακά νοσοκομεία και κέντρα ιατρικών ερευνών
	Παρακολούθηση αθλημάτων / επίδοσης	Αθλητές, αυτοδύτες, ορειβάτες, πεζοπόροι
Διάστημα	Πειράματα στο διάστημα	Αστροναύτες
Ειδικευμένα	Εφαρμογές κρίσιμων αποστολών	Μετάλλευση, Μαζική μεταφορά
Δημόσια ασφάλεια	Πυρόσβεση / επιβολή της τάξης	Πυροσβέστες, αστυνομικοί
Παγκόσμια	Υποδομή φορέσιμων κινητών πληροφοριών	Όλες οι εφαρμογές επεξεργασίας πληροφοριών

Πίνακας 3.2 Πιθανές εφαρμογές του *Smart Shirt*

- *Σύστημα καταγραφής των ζωτικών σημείων*

Ένα σύστημα ανάλογο με το πρωτότυπο *Smart Shirt* της SensaTex, είναι το *LifeShirt* της VivoMetrics [V'07]. Η VivoMetrics μια εταιρεία που έχει τη βάση της στη Ventoura της νότιας Καλιφόρνια, κατασκεύασε μια φορέσιμη συσκευή που μπορεί να καταγράφει τα ζωτικά σημεία όλο το εικοσιτετράωρο. Το *LifeShirt*, όπως και το *Smart Shirt*, υπόσχεται τη διεξαγωγή ιατρικών εξετάσεων εξ αποστάσεως [T'01]. Το Internet μπορεί να παρέχει ένα αποτελεσματικό δίκτυο οπουδήποτε για να συνδέσει τις φορητές συσκευές σε ένα εξειδικευμένο κέντρο. Αυτή τη στρατηγική χρησιμοποιεί και η VivoMetrics για να παρέχει υπηρεσίες στους πελάτες της. Όλα τα Lifeshirts συνδέονται με ένα σταθμό παρακολούθησης από ειδικούς, όπου τα δεδομένα για τις ζωτικές παραμέτρους αναλύονται και προκύπτει η διάγνωση. Το *LifeShirt* μπορεί να καταγράψει τους καρδιακούς παλμούς και την αναπνοή, χωρίς να διακόπτει την καθημερινή ρουτίνα.



Εικόνα 3.15 Το *LifeShirt* της VivoMetrics είναι ένα σύστημα το οποίο χρησιμοποιείται σε πάνω από 1000 νοσοκομεία παγκοσμίως για την παρακολούθηση ασθενών

Το *LifeShirt* είναι ένα ελαφρύ αμάνικο φανελάκι από Lycra και Spandex [D'07] με ενσωματωμένους αισθητήρες, το οποίο μπορεί να πλυθεί, που καταγράφει φυσικές παραμέτρους, όπως τους καρδιακούς παλμούς με ηλεκτροκαρδιογράφημα, την αναπνοή της θωρακικής κοιλότητας και της κοιλίας, τη συγκέντρωση του οξυγόνου στο αίμα και τη στάση του

σώματος. Περιλαμβάνει ενσωματωμένους υφασμάτινους αισθητήρες για την παρακολούθηση της αναπνοής και παρέχει τσέπες για τη σύνδεση με τους επιπλέον αισθητήρες, δηλαδή για τα ηλεκτρόδια του ECG, τους εμπορικούς αισθητήρες που μετρούν τη συγκέντρωση του οξυγόνου στο αίμα και το επιταχυνσιόμετρο, με τη βοήθεια του οποίου προκύπτει η στάση του κομιστή και του επιπέδου της δραστηριότητάς του, δηλαδή φαίνεται αν ο χρήστης κάθεται, στέκεται όρθιος, περπατάει ή τρέχει. Παράγεται από το 2002, οπότε και πήρε την έγκριση του FDA, και από τότε έχει αποδειχτεί ένα χρήσιμο εργαλείο για πολλές περιπτώσεις, από τη διερεύνηση ενός απλού βήχα σε ασθενείς με χρόνια πνευμονικά νοσήματα, μέχρι αποτίμηση του στρες σε άτομα με αυτισμό υπό εξέταση. Το κύριο πλεονέκτημά του είναι ότι μπορεί να παρέχει στους ερευνητές μια συνεχή ροή πληροφοριών που αφορούν την υγεία ενός ασθενή. Αντί να βασίζονται σε ασυνεχείς εξετάσεις, που διεξάγονται κατά την επίσκεψη σε ιατρείο, οι θεράποντες μπορούν να αναλύσουν τους ρυθμούς της καρδιάς και της αναπνοής με βάση μια σειρά αξιόπιστων μετρήσεων από το LifeShirt. Ακόμα, υπάρχει η δυνατότητα εξοπλισμού με επιπλέον εργαλεία παρακολούθησης, όπως για παράδειγμα, ένα ειδικό μικρόφωνο που καθορίζει τη συχνότητα του βήχα [A'05].



Εικόνα 3.16 α, β Το *LifeShirt Clinical* χρησιμοποιεί καινοτόμες τεχνολογίες για να προσφέρει καλύτερη ποιότητα και πιο αποτελεσματικά δεδομένα μέσω διακριτικής παρακολούθησης

Έχουν γίνει πολλές ιατρικές μελέτες και κλινικές δοκιμές. Μια κλινική στο Denver χρησιμοποιεί το *LifeShirt* για να παρακολουθεί προβλήματα στον ύπνο που έχουν παιδιά. Με την εξέταση των δεδομένων που συλλέγονται από τη συσκευή, οι θεραπευτές μπορούν να διαγνώσουν αν ένα παιδί έχει άπνοια, ή αν χρειάζεται χειρουργική παρέμβαση, όπως αφαίρεση των αμυγδαλών. Επίσης, πυροσβεστικοί σταθμοί στο Connecticut και στη Minnesota, έχουν δοκιμάσει το *LifeShirt* σε εκπαιδευτικές ασκήσεις, όπου το φορούσαν πυροσβέστες κάτω από τις στολές τους και οι ενσωματωμένες συσκευές μετέδιδαν ασύρματα δεδομένα για τους καρδιακούς παλμούς, την αναπνοή, το επίπεδο του οξυγόνου στο αίμα και τη θερμοκρασία του σώματος, σε συναδέλφους που βρίσκονταν σε κοντινά σταθμευμένο όχημα [A'05].

Ένας περιορισμός του *LifeShirt* σε ερευνητικό επίπεδο είναι ότι στην παρούσα υλοποίησή του, τα ακατέργαστα δεδομένα επεξεργάζονται σε ένα κεντρικό Κέντρο Δεδομένων (Data Center) με πολύπλοκο λογισμικό, στοιχείο που περιορίζει τις δυνατότητες για λεπτομερή εξέταση των πληροφοριών από τους ερευνητές. Μακροπρόθεσμα, εφόσον η χρήση της συσκευής επεκταθεί, το Κέντρο Δεδομένων θα πρέπει να αποδείξει ότι μπορεί να συνεχίσει αποτελεσματικά, παρά τον όγκο των πληροφοριών. Ένας ακόμα περιορισμός της τεχνολογίας στο στάδιο αυτό είναι ότι κάποιες παράμετροι έχουν αξιολογηθεί μόνο σε κλινικό περιβάλλον και η χρησιμότητά τους έξω από αυτό δεν έχει αποδειχθεί. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν πολλά θέματα που περιμένουν επίλυση, όπως, παραδείγματος χάριν, οι ανεπαρκείς πληροφορίες που υπάρχουν γύρω από τη σύνδεση του στρες με την κατάσταση της υγείας. Το *LifeShirt* και παρόμοιες εφαρμογές μπορεί να βοηθήσουν, ώστε να εμπλουτιστούν οι γνώσεις γύρω από διάφορα ιατρικά θέματα [WRS'03].

Η βιομηχανία γύρω από τον κλάδο της υγείας έρχεται αντιμέτωπη με πολλές προκλήσεις. Βασικό στόχο αποτελεί η μείωση του κόστους ιατρικής φροντίδας υψηλής ποιότητας και η παροχή υπηρεσιών υγείας σε όσο το δυνατόν περισσότερους ανθρώπους. Έπειτα, επιδιώκεται η εύκολη πρόσβαση σε εξειδικευμένους επαγγελματίες οπουδήποτε και οποτεδήποτε. Σημαντική είναι η εστίαση της προσοχής από τη θεραπεία σε προγράμματα πρόληψης. Ένας ακόμα παράγοντας είναι ο έλεγχος της διάρκειας της νοσηλείας. Τέλος, η βιομηχανία της υγείας πρέπει να αντιμετωπίσει την αύξηση των ορίων ηλικίας του πληθυσμού και τη φροντίδα των

ασθενών με χρόνια νοσήματα. Γι' όλα αυτά τα θέματα που αναφέρθηκαν, η συμβολή των έξυπνων ιατρικών ενδυμάτων σίγουρα θα είναι ουσιαστικής σημασίας.

3.3.2.2 Αθλητικά ενδύματα

Η φυσική ικανότητα αποτελεί τον πιο σημαντικό και καθοριστικό παράγοντα για τον αθλητισμό και τα σπορ. Η μεγιστοποίηση της φυσικής επίδοσης απαιτεί ένα πρόγραμμα και σε αυτό μπορούν να βοηθήσουν, εκτός από τις τεχνικές προπόνησης, και νέα συστήματα παρακολούθησης. Παρόλα αυτά, μέχρι και σήμερα προπονητές και αθλητές διαθέτουν περιορισμένα μέσα για την παρακολούθηση της άσκησης, καθώς υπάρχει έλλειψη στις αποτελεσματικές φορητές τεχνολογίες μέτρησης διαφόρων παραμέτρων. Οι άμεσες συνέπειες της προπόνησης είναι οι αλλαγές που πραγματοποιούνται στα συστήματα του σώματος, όπως στο μεταβολικό και στο καρδιαγγειακό σύστημα. Τα πιο σύγχρονα μέσα φορητής παρακολούθησης περιορίζονται στη μέτρηση των καρδιακών παλμών, σε βηματόμετρα και, πιο πρόσφατα, στην ανάλυση της συγκέντρωσης του εστέρα γαλακτικού οξέος (lactate) στο αίμα. Ο ρυθμός της καρδιάς δεν μπορεί να προσφέρει αρκετές πληροφορίες, π.χ. για το αν ο αθλητής κινδυνεύει από αφυδάτωση, ενώ περισσότερες φυσιολογικές παράμετροι σε συνδυασμό με δεδομένα από επιταχυνσιόμετρο, παρέχουν μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των δραστηριοτήτων της προπόνησης και της αντίδρασης του αθλητή σε αυτές.

Η προπόνηση έχει κάποιες αρχές, οι οποίες θα πρέπει να ακολουθούνται για την επίτευξη των στόχων και τη φυσική και συναισθηματική προετοιμασία του αθλητή. Επίσης, η προπόνηση περνάει από διάφορες φάσεις (base period, build period, peak period), στις οποίες η ξεκούραση και η ανάκαμψη (rest and recovery) είναι απαραίτητα στάδια, διότι κατά τη διάρκειά τους επιδιορθώνονται οι βλάβες στους μύες και στους συνδετικούς ιστούς. Στο τέλος της εξάσκησης, ο αθλητής νιώθει κόπωση από φυσιολογικούς και ψυχολογικούς παράγοντες που σχετίζονται με τη φυσική εργασία της προπόνησης. Η κόπωση έχει ως συνέπεια τη μείωση της λειτουργικής ικανότητας του αθλητή και το σώμα του χρειάζεται ένα χρονικό διάστημα για να επανέλθει. Η διαδικασία της πλήρους επαναφοράς είναι πολύ πιθανό να μην έχει ολοκληρωθεί μέχρι τη στιγμή που ο αθλητής ξεκινά εκ νέου την άσκηση. Η ένταση της προπόνησης μπορεί να προγραμματιστεί ανάλογα με τις αλλαγές σε έναν αθλητή, έτσι ώστε να μειωθούν οι πιθανότητες τραυματισμών και του Συνδρόμου της Υπερβολικής Εκγύμνασης (Overtraining Syndrome). Με βάση αυτά τα δεδομένα, διεξάγεται εύκολα το συμπέρασμα ότι ένα έξυπνο φορέσιμο σύστημα παρακολούθησης σίγουρα θα αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τον προπονητή και τον αθλητή.

Το *LifeShirt*, το οποίο αναφέρθηκε στα ιατρικά ενδύματα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από αθλητές κατά τη διάρκεια της προπόνησης, ως μέσο παρακολούθησης της πίεσης λόγω της θερμότητας (heat stress), της αφυδάτωσης (dehydration), και των τραυματισμών εξαιτίας της θερμότητας (heat injury). Το καρδιαγγειακό σύστημα είναι κυρίως υπεύθυνο για τη διατήρηση της θερμότητας του σώματος. Κατά τη διάρκεια της φυσικής άσκησης παράγεται ιδρώτας από τους απεκκριτικούς αδένες (eccrine glands), ως αντίδραση στην αυξανόμενη θερμοκρασία του δέρματος. Σε έντονη άσκηση, η ποσότητα του ιδρώτα μπορεί να φτάσει μέχρι και τα τρία λίτρα ανά ώρα. Όπως γίνεται αντιληπτό η απώλεια υγρών, δηλαδή νερού και ηλεκτρολυτών, με αυτό το ρυθμό μπορεί να δημιουργήσει σοβαρό πρόβλημα στο άτομο, αν η αναπλήρωσή τους δεν είναι επαρκής. Το *LifeShirt* παρέχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους παρακολούθησης, οι οποίες βασίζονται μόνο στις μετρήσεις των καρδιακών παλμών και του σωματικού βάρους. Με τη λήψη περισσότερων φυσιολογικών παραμέτρων διεξάγονται πιο ασφαλή αποτελέσματα και το άτομο αντιμετωπίζει λιγότερους κινδύνους [DOL'04].

Κάποιες ακόμα ιατρικές εφαρμογές εκτός από το *LifeShirt*, από αυτές που παρουσιάστηκαν παραπάνω, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από αθλητές. Τα υψηλής τεχνολογίας ηλεκτρονικά αθλητικά ενδύματα, μπορούν να προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα στην προπόνηση και γενικότερα στις αθλητικές δραστηριότητες. Ένα ακόμα παράδειγμα είναι το ηλεκτρονικό σπορ ένδυμα της Philips [MM'02], το οποίο φαίνεται στην **Εικόνα 3.17**, που κατασκευάστηκε το 2001. Χαρακτηρίζεται από ενσωματωμένους υφασμάτινους αισθητήρες που καταγράφουν και εκθέτουν το σφυγμό, την πίεση του αίματος, το χρόνο, την απόσταση και τις θερμίδες. Τέτοιου είδους αισθητήρες μπορούν να καταγράψουν την κίνηση του χεριού, για τη βελτίωση της επίδοσης σε κάποια αθλήματα, όπως το τένις και το γκολφ, τη θερμοκρασία του σώματος και να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη συστήματος προπόνησης.



Εικόνα 3.17 Ηλεκτρονικό ένδυμα sportswear της Philips (2001)

3.3.2.3 Άλλες εφαρμογές – Gadgets

Πολλές εφαρμογές έχουν στόχο να κάνουν τα ενδύματα πιο σύγχρονα, ενισχύοντας την επικοινωνία και τη διασκέδαση, με την ενσωμάτωση φορητών συσκευών. Ήδη αναπτύσσονται ενδύματα με ενσωματωμένα CD players, MP3 players, ηλεκτρονικά παιχνίδια, ψηφιακές μηχανές και συσκευές καταγραφής βίντεο, διαδραστικά ενδύματα που αλλάζουν χρώμα με το ρυθμό της μουσικής. Υφασμάτινα πληκτρολόγια σε μανίκια μπορεί να χρησιμοποιούνται για την πληκτρολόγηση αριθμών τηλεφώνου, μηνυμάτων και την αναπαραγωγή μουσικής. Υφάσματα εσωτερικού χώρου για το σπίτι ή το γραφείο θα ελέγχουν το φωτισμό, τη θερμοκρασία και άλλες ηλεκτρονικές συσκευές. Οι γονείς θα μπορούν εύκολα να ελέγχουν τη θέση των παιδιών τους με ενδύματα που θα διαθέτουν ενσωματωμένο GPS.



Εικόνα 3.18 Παιδικά ενδύματα με ενσωματωμένο Global Positioning System (GPS)

- *Έξυπνα ενδύματα με ενσωματωμένα συστήματα επικοινωνίας*

Στη Philips έχουν πειραματιστεί με αρκετές εφαρμογές. Εκτός από το φορέσιμο ασύρματο σύστημα παρακολούθησης για ασθενείς, το οποίο αναφέρθηκε στα ιατρικά ενδύματα, έχει αναπτυχθεί ένα φορέσιμο αισθητήριο σακάκι (wearable sensor jacket), μια συσκευή επικοινωνίας ενσωματωμένη σε μανίκι μπλουζας (**Εικόνα 3.19**) και σε συνεργασία και με άλλες εταιρείες, όπως η Levi, μια σειρά από μερικές ακόμα εφαρμογές. Ένα σημείο στο οποίο δίνουν ιδιαίτερη σημασία είναι στις ιδιότητες που καθιστούν ένα ένδυμα φορέσιμο. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του σακακιού, αν και υπάρχουν αρκετοί αισθητήρες, η εμφάνιση του παραπέμπει σε ένα συνηθισμένο ένδυμα. Η καλωδίωση, η σύνδεση δηλαδή των στοιχείων, υλοποιείται με αγώγιμες ίνες, οι οποίες παράγουν ύφασμα. Οι ερευνητές οραματίζονται πρωτοποριακές εφαρμογές, όπως π.χ. ότι το σακάκι χρησιμοποιείται για να εφοδιάζει με χρήσιμες πληροφορίες άλλες συσκευές επεξεργασίας ή φορητούς υπολογιστές.



Εικόνα 3.19 Συσκευή επικοινωνίας ενσωματωμένη σε μανίκι από τη Philips (2001)

Το ερευνητικό τμήμα της Philips μαζί με τη Levi Strauss οδήγησαν το 2000, στο *Industrial Clothing Design (ICD+)* concept [M'00]. Η συνεργασία τους κατέληξε σε ένα σπορ μπουφάν το οποίο διαθέτει πλήρως ενσωματωμένα, ένα MP3 player, κινητό τηλέφωνο με έλεγχο ομιλίας, σετ ακουστικών, μικρόφωνο και δίκτυο προσωπικής περιοχής (personal area network). Το ενσωματωμένο σύστημα επικοινωνίας, που φαίνεται στην **Εικόνα 3.20** είναι κατασκευασμένο από την Izarek. Οι συσκευές και το τμήμα ελέγχου μπορούν να αφαιρεθούν για το πλύσιμο του ενδύματος, όμως τα εσωτερικά καλώδια και οι συνδέσεις παραμένουν επάνω, περιορίζοντας τις επιλογές συντήρησης. Επίσης, περιορισμένες είναι η συμβατότητα με άλλες συσκευές και οι δυνατότητες αναβάθμισης. Άλλα πρωτοποριακά ενδύματα που εισήγαγε στην αγορά η Levi Strauss [H'02] ήταν το *Mobile Pants*, το φθινόπωρο του 2001, με μια κρυφή θήκη κινητού τηλεφώνου και τη γραμμή *Go Dockers pants*, το 2002. Το *Go Dockers* είναι κατασκευασμένο από Nano-Tex ύφασμα και έχει την ιδιότητα απομάκρυνσης του ιδρώτα και διατήρησης της θερμοκρασίας. Το Nano-Tex επιπλέον, αντιστέκεται στους λεκέδες. Η τεχνολογία αυτή αντέχει για περίπου τριάντα οικιακές πλύσεις.



Εικόνα 3.20 Το μπουφάν της συνεργασίας της Levi Strauss με τη Philips και το ενσωματωμένο σύστημα επικοινωνιών της Izarek

- *Έξυπνα ενδύματα με ενσωματωμένα συστήματα αναπαραγωγής μουσικής*

Το *Levi's Musical Jacket* [HSCW'01, MJP'97], αναπτύχθηκε στο MIT Media Lab και αποτελεί ένα μπουφάν - μουσικό όργανο, με πλήκτρα, συνθεσάιζερ και ηχεία. Εξωτερικά μοιάζει με ένα απλό τζιν μπουφάν, που διαθέτει ένα πρόσθετο διακοσμητικό στοιχείο πάνω από την αριστερή τσέπη. Στην πραγματικότητα πρόκειται για πληκτρολόγιο το οποίο συνδέεται με έναν επεξεργαστή, ο οποίος με τη σειρά του τρέχει ένα MIDI συνθεσάιζερ. Το εύκαμπτο και ανθεκτικό πληκτρολόγιο έχει κατασκευαστεί με τις συνηθισμένες τεχνικές κεντήματος και αγώγιμο νήμα, ειδικότερα, μεταλλικές ίνες ή μεταξωτές ίνες καλυμμένες με λεπτό έλασμα χαλκού. Ο ήχος αναπαράγεται από μίνι ηχεία στις τσέπες του μπουφάν. Όλο το σύστημα είναι πολύ ελαφρύ και μπορεί να πλυθεί μετά την αφαίρεση των ηχείων, των μπαταριών και του συνθεσάιζερ.



Εικόνα 3.21 Με τη χρήση αγώγιμων ινών, το MIT Media Lab δημιούργησε το *Musical Jacket* που προώθησε η Levi



Εικόνα 3.22 α, β, γ Το *Levi's Musical Jean Jacket*, το υφασμένο από αγώγιμα νήματα πληκτρολόγιο και το MIDI συνθεσάιζερ

Ένα ψηφιακό σύστημα αναπαραγωγής μουσικής (digital music player) [JLW'02] για έξυπνα ενδύματα αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας της Infineon Technologies AG. Για την ενσωμάτωση ηλεκτρονικών στοιχείων στον καθημερινό ιματισμό, ο σχεδιασμός τους θα πρέπει να γίνεται με λειτουργικό, διακριτικό, ανθεκτικό και με σχετικά ανέξοδο τρόπο. Η μείωση του μεγέθους των ηλεκτρονικών στοιχείων είναι ένα βήμα το οποίο διευκολύνει την ενσωμάτωση. Το MP3 είναι μια μορφή ψηφιακών δεδομένων, που επιτρέπει τη συμπιεσμένη αποθήκευση μουσικής υψηλής ποιότητας και δεδομένων ήχου. Οι επεξεργαστές ήχου για μουσική MP3 έχουν φτάσει πλέον να διαθέτουν μέγεθος, το οποίο δεν είναι απαγορευτικό για την ενσωμάτωσή τους σε ενδύματα. Ο στόχος είναι να λυθούν άλλα προβλήματα, όπως να καταδειχθούν τεχνολογικές λύσεις για τη διασύνδεση μεταξύ υφαντικών δομών και ηλεκτρονικών, η εύρεση συσκευασίας, που δε θα είναι σε βάρος της άνεσης και η ευκολία χρήσης. Για παράδειγμα, οι περισσότερες γνωστές εφαρμογές μέχρι σήμερα, απαιτούν την αφαίρεση των σύνθετων ηλεκτρονικών στοιχείων για τη διαδικασία καθαρισμού. Το ψηφιακό σύστημα αναπαραγωγής μουσικής που κατασκευάστηκε, αποτελείται από την κεντρική μονάδα ήχου, μια αποσπώσιμη επαναφορτιζόμενη μπαταρία λιθίου, μια μονάδα αποθήκευσης δεδομένων (Multimediacard ή MMC), ακουστικό, μικρόφωνο και εύκαμπτο πληκτρολόγιο. Οι μονάδες συνδέονται μεταξύ τους με αγωγίμα νήματα και το σύστημα ελέγχεται και με την ομιλία.

Τον Ιανουάριο του 2003, η Burton Snowboards και η Apple αποκάλυψαν την περιορισμένη έκδοση του *Burton Amp*, του πρώτου φορέσιμου ηλεκτρονικού μπουφάν με ενσωματωμένο iPod [BAJ'03]. Πρόκειται για ένα ανθεκτικό, αδιάβροχο σπορ μπουφάν σε συνδυασμό με το πιο γνωστό σύστημα ψηφιακής αναπαραγωγής μουσικής της Apple. Είναι διαθέσιμο σε εκδόσεις με λειτουργικό σύστημα Mac ή Windows, χωράει μέχρι 4000 τραγούδια και η μπαταρία του μπορεί να διαρκέσει έως και δέκα ώρες. Η αναπαραγωγή της μουσικής ελέγχεται μέσω εύκαμπτων κουμπιών ελέγχου στο μανίκι του μπουφάν (SOFTswitch - **Εικόνα 3.3**), χωρίς να απαιτείται μεγάλη προσπάθεια. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το απευθυνόμενο κοινό μπορεί να ήταν περιορισμένο, δηλαδή μόνο snowboarders, αλλά τέτοιες εφαρμογές δίνουν το έναυσμα, κυρίως σε ανταγωνιστικές εταιρείες, να προχωρήσουν σε ανάλογα εγχειρήματα.

- *Έξυπνο ένδυμα με ενσωματωμένες ασύρματες τεχνολογίες και εύκαμπτες οθόνες*

Η Lunar Design [CLD'06] έχει προβλέψει τι θα φοριέται στο κοντινό μέλλον με τη δημιουργία του *BLU jacket*. Το *BLU jacket* concept διερευνά την ενσωμάτωση ασύρματων τεχνολογιών και λεπτών, οικονομικών και εύκαμπτων ψηφιακών οθόνων για τη δημιουργία ενός αξεσουάρ μόδας. Το αποτέλεσμα είναι ένα υψηλής τεχνολογίας και πρωτοποριακού σχεδιασμού ένδυμα που έχει κερδίσει βραβεία το 2001 και έχει φιλοξενηθεί σε μουσεία.



Εικόνα 3.23 Το *BLU jacket* της Lunar

- *Έξυπνο ένδυμα που σιδερώνεται μέσω θέρμανσης*

Η Ιταλική εταιρεία Corpro Nove, σε συνεργασία με την d'Arrolonia, ανέπτυξαν το *Oricalco Smart Shirt*, ένα έξυπνο πουκάμισο με κράμα τιτανίου. Το κράμα μνήμης σχήματος είναι πλεγμένο με παραδοσιακό κλωστοϋφαντουργικό υλικό, συγκεκριμένα με νάιλον, και το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι ένα ύφασμα με καθαρά κλωστοϋφαντουργική όψη που δεν διακρίνεται από τα συνηθισμένα. Η μνήμη σχήματος στην οποία έχει την ικανότητα να επανέρχεται το υλικό είναι αυτή του ίδιου νήματος. Με τη θέρμανση, όλες οι πτυχές του υφάσματος εξαφανίζονται. Αυτό πρακτικά σημαίνει σιδέρωμα με στεγνωτήρα μαλλιών ή ακόμα και σιδέρωμα ενώσω το πουκάμισο φοριέται.

- Έξυπνο ένδυμα με ενσωματωμένο ηλεκτρονικό δίκτυο

Η 5050 Ltd [SP'07] είναι μια εταιρεία σχεδιασμού και ανάπτυξης, που έχει τη βάση της στη Νέα Υόρκη και ειδικεύεται σε εφαρμογές προσωπικών φορέσιμων υπολογιστών. Το τελευταίο πρωτότυπο που ανέπτυξε είναι το *Day-for-Night*, ένα φωτοηλεκτρικό φόρεμα, που διερευνά τις δυνατότητες ενσωμάτωσης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Το φόρεμα αποτελείται από τετρακόσιες σαράντα οχτώ λευκές πλαστικές πλακέτες ηλεκτρονικών κυκλωμάτων (circuit board tiles), οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους και συνθέτουν ένα πλήρες ηλεκτρονικό δίκτυο. Η κάθε πλακέτα είναι φτιαγμένη με τέτοιο τρόπο, ώστε να «φιλοξενεί» ένα συλλέκτη ηλιακού φωτός (solar cell), ένα LED (light-emitting diode), ή ένα φωτοκύτταρο και αντιστάσεις. Ένας πίνακας ελέγχου παρέχει ενέργεια, επικοινωνεί με τις πλακέτες και συνδέεται με υπολογιστή μέσω ραδιοσυχνότητας (RF). Το σύστημα μπορεί να προγραμματιστεί μέσω θύρας USB. Προς το παρόν χρησιμοποιείται ένα πρόγραμμα το οποίο έχει αναπτυχθεί ειδικά για να παρέχει γραφική διεπαφή χρήστη για τον προγραμματισμό των πλακετών, αλλά σύντομα ο προγραμματισμός θα γίνεται με προγράμματα Flash και Java. Μελλοντικά, θα ερευνηθούν και συνδέσεις, υλικά και σχήματα και η προσθήκη επιπλέον στοιχείων όπως GPS, επιταχυντών, μικροφώνου, ηχείων και αισθητήρα θερμοκρασίας.



Εικόνα 3.24 Το φωτοηλεκτρικό φόρεμα *Day-for-Night* του STUDIO 5050

- Έξυπνα ενδύματα με δυνατότητες εκπομπής φωτεινών και ηχητικών σημάτων

Άλλη εφαρμογή του STUDIO 5050 είναι το *loveJackets*, ενός ζεύγους πανωφοριών που εκπέμπουν και λαμβάνουν ειδικό σήμα, όταν βρεθούν κάτω από συγκεκριμένη απόσταση. Το κάθε πανωφόρι ανταποκρίνεται μόνο στο ζεύγος του και όταν η απόσταση μεταξύ τους το επιτρέπει, τα ενδύματα εκπέμπουν έναν ήχο, παρόμοιο με γρύλου, και αναβοσβήνει μια σειρά από ενσωματωμένα επάνω τους LEDs. Το *hugJackets* προχωράει ένα βήμα παραπέρα. Πρόκειται για εξώρουχα τα οποία λειτουργούν και πάλι σε ζεύγος και παράγουν φωτεινά σχέδια και ήχο, όταν οι κομιστές τους αγκαλιάζονται.



Εικόνα 3.25 α, β Τα *loveJackets* και *hugJackets*

3.3.3 Εφαρμογές έξυπνων στολών

Υπάρχουν κάποιες εφαρμογές έξυπνων ενδυμάτων που θα μπορούσαν να περιγραφούν καλύτερα ως έξυπνες στολές. Παραδείγματα αποτελούν οι στρατιωτικές εφαρμογές ή εφαρμογές που σχετίζονται περισσότερο με το εργασιακό περιβάλλον, παρά με την καθημερινή ζωή. Μια

έξυπνη στολή φοριέται στην αρχή μιας εργασίας και αφαιρείται με την ολοκλήρωσή της. Υπάρχει μια βασική διαφορά ως προς την αντιμετώπιση των προσωπικών ενδυμάτων και των στολών από τους χρήστες. Αν και οι καταστάσεις στις οποίες χρησιμοποιείται στολή είναι αρκετές, δεν επιτυγχάνεται ο ίδιος βαθμός οικειότητας, όπως με τα προσωπικά ενδύματα. Η πλήρης εκμετάλλευση των δυνατοτήτων μιας έξυπνης στολής μπορεί να επιτευχθεί μόνο όταν ο χρήστης αισθάνεται ότι ο εξοπλισμός του ανήκει, χειρίζεται και ελέγχεται από αυτόν. Για αυτό το λόγο, θα πρέπει να υπάρχουν κάποια περιθώρια προσωπικής έκφρασης και παρέμβασης στις έξυπνες στολές.

3.3.3.1 Στρατιωτικές στολές

Όσον αφορά τις στρατιωτικές στολές και το πεδίο μάχης, οι αρμόδιοι φορείς έχουν να αντιμετωπίσουν πολλές προκλήσεις. Δυστυχώς, οι απώλειες που σχετίζονται με τη μάχη είναι κάποιες φορές αναπόφευκτες. Καθώς οι ιατρικοί πόροι είναι περιορισμένοι σε ένα σενάριο μάχης, υπάρχει μια βασική ανάγκη να αξιοποιηθούν τα υπάρχοντα μέσα για την ελαχιστοποίηση της ζημίας από τους τραυματισμούς στο πεδίο της μάχης. Ειδικά στην περίπτωση που θα προσφερθεί ιατρική βοήθεια σε έναν τραυματισμένο στρατιώτη μέσα στην πρώτη ώρα, η θνησιμότητα μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Η Defence Clothing and Textile Agency (DCTA) [DCTA'07] έχει διεξάγει έρευνα γύρω από την ανάπτυξη υλικών για έξυπνα ενδύματα. Έχουν μελετήσει υλικά μνήμης σχήματος, υλικά που αναπνέουν, τη μετάδοση θερμότητας μέσω των ενδυμάτων και αδιάβροχα υλικά.

Οι ερευνητές του Virginia Tech εργάζονται για τη δημιουργία μιας φορέσιμης έκδοσης ενός γιγαντιαίου κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος, του «*sensornet*», που έχει σχεδιαστεί για να ανιχνεύει το θόρυβο. Το ύφασμα, που αναπτύσσεται με την υποστήριξη του στρατού των ΗΠΑ, έχει εγκατεστημένο ένα ακουστικό beamformer, ικανό για την ανίχνευση και την επισήμανση της θέσης ενός οχήματος που πλησιάζει. Οι ηλεκτρικές συνδέσεις γίνονται με καλώδια μέσα στην ύφανση και διακριτικά μικρόφωνα επισυνάπτονται σε κατάλληλα σημεία, αν και στο μέλλον θα μπορούσαν να αντικατασταθούν με πιεζοηλεκτρικούς αισθητήρες [G'03].

- *Τεχνολογία για τον εντοπισμό πληγών από βλήματα και την παρακολούθηση ζωτικών σημείων*

Ο αρχικός στόχος πίσω από την έρευνα που οδήγησε στην ανάπτυξη του *GTWM*, το οποίο αναφέρθηκε νωρίτερα στις ιατρικές εφαρμογές, ήταν ο εντοπισμός της διαπέρασης βλήματος και η καταγραφή των σημείων ένδειξης ζωής των στρατιωτών. Χρηματοδοτημένο από το Ναυτικό των Η.Π.Α., προοριζόταν για την παρακολούθηση των στρατιωτών και για την ειδοποίηση της ιατρικής μονάδας κοντά στο πεδίο της μάχης σε περίπτωση ανάγκης. Όταν ένας στρατιώτης δεχόταν βλήμα, το *Smart Shirt* θα ήταν σε θέση να παρέχει πληροφορίες για την κατάστασή του, δηλαδή για την έκταση του τραυματισμού και τα ζωτικά σημεία του ατόμου και συνεπώς για τη σοβαρότητα της κατάστασης [GPRJ'99].

- *Σύστημα μάχης ενσωματωμένο στην έξυπνη στολή*

Το *Future Force Warrior (FFW)* [FFW'07] αποτελεί ένα μέρος του προγράμματος *Future Combat Systems* του Αμερικάνικου στρατού. Το *FFW* project είχε ως σκοπό τη δημιουργία ενός πλήρως ενσωματωμένου συστήματος μάχης για πεζικάριους. Επιμέρους στόχοι του project περιλάμβαναν την ανάπτυξη τεχνολογιών ικανών να βοηθήσουν να μειωθεί το βάρος και οι ενεργειακές απαιτήσεις, τη βελτίωση της προστασίας των στρατιωτών και τη μείωση της θνησιμότητας. Το *FFW* εξασφαλίζει την προστασία από σφαίρες και θραύσματα για όλο το σώμα. Το υποσύστημα της στολής μάχης χωρίζεται σε τρία στρώματα, το εξωτερικό στρώμα προστασίας (Protective Outer Layer), το κεντρικό στρώμα ενέργειας (Power Centric Layer) και το βασικό στρώμα επιβίωσης (Life Critical Layer). Το υποσύστημα *Warfighter Physiological Status Monitor* παρακολουθεί τα ζωτικά σημεία, όπως τη θερμοκρασία του σώματος, τους καρδιακούς παλμούς, την πίεση του αίματος, το επίπεδο του στρες, την κατάσταση ύπνου και τη θέση του σώματος του στρατιώτη. Το υποσύστημα κατάστασης μικρο-κλίματος είναι ενσωματωμένο στο βασικό στρώμα επιβίωσης και μπορεί να παρέχει 100 watts θέρμανσης ή ψύξης στο στρατιώτη. Το ζητούμενο για το υποσύστημα ενέργειας που βρίσκεται στο κεντρικό στρώμα ενέργειας, είναι να τροφοδοτεί το σύνολο των ηλεκτρονικών για έξι ημέρες.



Εικόνα 3.26 Η στολή του *Future Force Warrior* με τις προηγμένες ηλεκτρονικές της ικανότητες

3.3.3.2 Στολές επιβίωσης

Υφάσματα με ενσωματωμένες αισθητήριες συσκευές που οδηγούνται από GPS μπορούν να εντοπίσουν την ακριβή τοποθεσία του χρήστη ανά πάσα στιγμή κάτω από οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες. Διαδραστικά υφάσματα με ενσωματωμένο GPS, όπως η στολή του σκι της Philips, η οποία φαίνεται στην **Εικόνα 3.27**, ενισχύουν την ασφάλεια με το γρήγορο εντοπισμό του κομιστή ενώ παράλληλα προσφέρουν τη δυνατότητα θέρμανσης της στολής.



Εικόνα 3.27 Η ηλεκτρονική στολή του σκι της Philips (2001)

Η Gore έχει αναπτύξει πολλά νέα υλικά βασισμένα σε πολυτετραφθοροαιθελένιο (PTFE) και έχει επικεντρωθεί σε αδιάβροχα, αντανεμικά και υφάσματα που αναπνέουν. Έχει επίσης εισάγει προϊόντα έξυπνης ένδυσης όπως το *S-Key glow* για σκιέρ.

- *Σύστημα επικοινωνίας για έξυπνη στολή χιονοδρόμων*

Η Φινλανδική εταιρεία ενδυμάτων Reima είναι πρωτοπόρος στην έρευνα που σχετίζεται με την έξυπνη ένδυση από το 1998. Η πρώτη εμπορική εφαρμογή έξυπνου ενδύματος που λάνσαρε τον Αύγουστο του 2001 ήταν το *Reima Smart Shout (RSS)* [IP'01, VI'01, MVRI'01], ένα φορέσιμο αξεσουάρ κινητής τηλεφωνίας, το οποίο διευκόλυνε τη χρήση τηλεφώνου εν κινήσει και επιπλέον παρείχε μια νέα μέθοδο για ομαδική επικοινωνία. Αρχικά σχεδιάστηκε για χιονοδρόμους, αλλά γρήγορα αποδείχθηκε ότι θα μπορούσε να βρει εφαρμογή και σε άλλα πεδία. Το ένδυμα είναι ένα είδος ζώνης, πλάτους περίπου πέντε εκατοστών, που φοριέται πάνω από τον ένα ώμο, σταυρωτά στο στήθος. Η ζώνη διαθέτει μια τσέπη για συνηθισμένο κινητό τηλέφωνο. Το τηλέφωνο συνδέεται με τα υπόλοιπα ηλεκτρονικά στοιχεία της ζώνης. Οι ενσωματωμένες τεχνολογίες περιλαμβάνουν ένα μικροεπεξεργαστή, ηχείο και μικρόφωνο, που επιτρέπουν γρήγορη επικοινωνία μέσω της τεχνολογίας GSM. Η διεπαφή χρήστη έχει την αίσθηση υφάσματος και αποτελείται από τρία λουράκια, ουσιαστικά, διακόπτες που μπορούν να τραβηχτούν. Η πληκτρολόγηση αριθμών δεν είναι απαραίτητη και τα χέρια παραμένουν ελεύθερα. Ο εντοπισμός των συσκευών μιας ομάδας ατόμων γίνεται με απλό τρόπο και όταν ένα μέλος της ομάδας θέλει να στείλει ένα φωνητικό μήνυμα, τραβάει το ένα λουράκι και μιλά στο μικρόφωνο. Μερικά δευτερόλεπτα αργότερα τα μέλη της ομάδας λαμβάνουν το μήνυμα, το οποίο μπορεί να έχει μέγιστη διάρκεια σαράντα δευτερολέπτων.

- *Πρωτότυπο έξυπνου ενδύματος για την επιβίωση στο αρκτικό περιβάλλον*

Στο Tampere University of Technology, το οποίο βρίσκεται στη Φιλανδία, γίνεται έρευνα για τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που αναπτύσσονται γενικά σε διάφορες χώρες και για τους τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε έξυπνα ενδύματα [FMS'03]. Επικεντρώνονται ιδιαίτερα σε υλικά που αλλάζουν χρώμα, που δημιουργούν και μεταφέρουν θερμότητα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αισθητήρες που αντιδρούν στις θερμοκρασίες του σώματος και του περιβάλλοντος ή που διαθέτουν άλλου είδους «έξυπνες» ιδιότητες. Για παράδειγμα, ένα κατάλληλο ένδυμα μπορεί να βοηθήσει ενεργά στη διαδικασία του στεγνώματος, αν διαθέτει αισθητήρες υγρασίας, που καταλαβαίνουν την αύξησή της και ενεργοποιούν το ενσωματωμένο σύστημα θέρμανσης. Με βάση αυτά, το Μάρτιο του 2000 ολοκληρώθηκε ένα project [IT'02], με αποτέλεσμα την κατασκευή ενός πρωτοτύπου έξυπνου ενδύματος για την επιβίωση στο αρκτικό περιβάλλον.

Το πρωτότυπο έξυπνου ενδύματος [RIKMRTV'02] ξεκίνησε το 1998, σαν συνεργασία της Reima-Tutta, του University of Lapland και του Tampere University of Technology. Αργότερα η DuPont, η Nokia, η Polar Electro και η Suunto συμμετείχαν στο πρόγραμμα. Το *Cyberia* σχεδιάστηκε ειδικά για έμπειρους χρήστες οχημάτων χιονιού (snowmobile users), για την αποφυγή ατυχημάτων και για την προσφορά βοήθειας επιβίωσης σε περίπτωση ατυχήματος. Η στολή αποτελείται από ένα σετ δύο τεμαχίων εσωρούχων, ένα υποστηρικτικό γιλέκο, το μπουφάν και το παντελόνι χιονοδρόμου. Το ένδυμα είναι ικανό να παρέχει πληροφορίες για την κατάσταση της υγείας, την τοποθεσία και τις κινήσεις του χρήστη με τη συμβολή αρκετών ενσωματωμένων αισθητήρων. Σε περίπτωση ατυχήματος ή ασυνήθιστης κατάστασης, η στολή δύναται να ενημερώσει την όποια αρμόδια υπηρεσία, αποστέλλοντας μήνυμα με τις συντεταγμένες της θέσης του χρήστη και δεδομένα για την κατάσταση της υγείας του. Τα μηνύματα έκτακτης ανάγκης χωρίζονται σε κάποιες κατηγορίες. Ο χρήστης είναι σε θέση να αποτρέψει την αυτόματη αποστολή μηνύματος από τη διεπαφή, μέσα στη διάρκεια ενός λεπτού, αν ο συναγερμός είναι λανθασμένος. Η πρόκληση βρίσκεται στο σχεδιασμό και οφείλεται στις ειδικές απαιτήσεις του περιβάλλοντος λειτουργίας.

Αναλυτικότερα, μια στολή χιονοδρόμου της Reima-Tutta επιλέχθηκε για να αποτελέσει τη βάση του έξυπνου ενδύματος. Οι ηλεκτρονικές λειτουργίες της στολής μπορούν να χωριστούν σε τέσσερα τμήματα, συγκεκριμένα, στην επικοινωνία, στην πλοήγηση και τον προσδιορισμό της τοποθεσίας, στην παρακολούθηση του χρήστη και του περιβάλλοντος και στη θέρμανση. Η τεχνολογία GSM χρησιμοποιείται για τις επικοινωνίες και το Global Positioning System (GPS) για την πλοήγηση και τον εντοπισμό της γεωγραφικής θέσης. Η θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί μέσω αγωγίμων ινών. Το σύστημα των αισθητήρων περιλαμβάνει έναν αισθητήρα καρδιακών παλμών, τρεις αισθητήρες θέσης και κίνησης, δέκα αισθητήρες θερμοκρασίας, έναν αισθητήρα ηλεκτρικής αγωγιμότητας και δύο αισθητήρες ανίχνευσης σύγκρουσης ή εντοπισμού ζημίας. Η υλοποίηση περιλαμβάνει τη διεπαφή χρήστη (UI), την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) και μια πηγή ενέργειας. Εκτός από τους αισθητήρες και τη διεπαφή, όλες οι άλλες μονάδες έχουν τοποθετηθεί στο γιλέκο. Επιπρόσθετα μη ηλεκτρονικά στοιχεία, όπως μια αφαιρούμενη τσέπη για λιώσιμο του χιονιού, μια διαφανής τσέπη χάρτη, μια αδιάβροχη θήκη για τη φύλαξη σπירתων, ένας αδιάβροχος σάκος υποθερμίας και μια τσέπη ειδικά σχεδιασμένη για κινητό τηλέφωνο, προστέθηκαν στη στολή για να ενισχύσουν ακόμα περισσότερο τη λειτουργικότητά της.



Εικόνα 3.28 Το πρωτότυπο έξυπνου ενδύματος για το αρκτικό περιβάλλον

- *Θερμαινόμενο έξυπνο γιλέκο και γιλέκο με ενσωματωμένο σύστημα εντοπισμού θέσης και πλοήγησης*

Το καλοκαίρι του 2000, στο Tampere University of Technology ξεκίνησε ένα νέο project [IT'02] το οποίο διήρκεσε τρία χρόνια και ο σκοπός του ήταν η έρευνα βασικών λύσεων και των σημείων που χρειάζονται προσοχή στο σχεδιασμό ενός έξυπνου ενδύματος. Το αποτέλεσμα του πρώτου χρόνου ήταν ένα ηλεκτρικά θερμαινόμενο έξυπνο γιλέκο (the heated vest). Τα φυσικά του εξαρτήματα ήταν το θερμαινόμενο ένδυμα, η μονάδα μετρήσεων, ο έλεγχος της ενέργειας και η πηγή ενέργειας. Το θερμαινόμενο ένδυμα αποτελεί ένα γιλέκο με μακριά μανίκια και με ψηφιακούς αισθητήρες που μετρούν τη θερμοκρασία του σώματος του χρήστη, τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και την υγρασία. Η μονάδα ελέγχου της ενέργειας χρησιμοποιεί τις προαναφερθείσες μετρήσεις για να ελέγχει την ενέργεια των στοιχείων θερμότητας. Μέσω της διεπαφής ο χρήστης μπορεί να θέσει τις παραμέτρους, να ανοίξει ή να κλείσει τη θερμότητα και να παρακολουθεί τις μετρήσεις. Την ηλεκτρική ενέργεια στο σύστημα εξασφαλίζουν υψηλής απόδοσης μπαταρίες νικελίου. Το ένδυμα μαζί με τους αισθητήρες μπορεί να πλυθεί στο πλυντήριο, αφού αφαιρεθούν τα ευαίσθητα στοιχεία και η επανατοποθέτησή τους μπορεί να γίνει μετά το στέγνωμα προς αποφυγή βραχυκυκλωμάτων.

Το δεύτερο χρόνο προέκυψε το γιλέκο ψαρέματος (the fishing vest) που μπορεί να προσδιορίσει τη θέση του και να βοηθήσει στην πλοήγηση. Η βασική λειτουργία του συστήματος είναι η καταγραφή των καλών σημείων ψαρέματος και η υπόδειξη της διαδρομής επιθυμητών προορισμών που έχουν σωθεί νωρίτερα στη μνήμη. Το αμάνικο γιλέκο υλοποιήθηκε και εξετάστηκε σε πραγματικές συνθήκες την άνοιξη του 2002 και αποδείχθηκε εύκολο στη χρήση. Τον τρίτο χρόνο αναπτύχθηκε το σύστημα μέτρησης της βιοαντίστασης, που αναφέρθηκε στις ιατρικές εφαρμογές αυτού του κεφαλαίου.



Εικόνα 3.29 Το heating vest και το fishing vest

3.3.4 Εφαρμογές έξυπνων υποδημάτων (smart shoes)

Αν μέσα στα αθλητικά υποδήματα μπορούσε να υπάρχει μια σειρά από μετατροπείς που να συλλέγουν τη δύναμη σύγκρουσης με το έδαφος και να παράγουν ενέργεια, αυτά τα υποδήματα θα ήταν σίγουρα «έξυπνα». Από ενσωματωμένους αισθητήρες σε υποδήματα, μπορούν να προκύψουν χρήσιμες πληροφορίες που σε συνδυασμό με άλλες να δώσουν ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Το πηλίκο που εξάγεται από τη μέτρηση της καρδιακής δραστηριότητας προς τη μέτρηση της δραστηριότητας των ποδιών, θα ανέβαινε σημαντικά αν κάποιος σημάδευε με όπλο τον κομιστή, γιατί τα βήματα θα σταματούσαν και η καρδιά θα χτυπούσε πολύ γρηγορότερα από το φυσιολογικό ρυθμό [MSS'96]. Τα πιο απλά παραδείγματα έξυπνων υποδημάτων σχετίζονται με τον αθλητισμό για λόγους οι οποίοι είναι προφανείς. Καθώς κάποιος τρέχει, τα υποδήματα του μπορούν να του παρέχουν, μέσω ενός συστήματος, δεδομένα για το ρυθμό των βημάτων του, έτσι ώστε να μην ξεφεύγει από το πρόγραμμα. Επιπλέον, η μουσική που συνοδεύει ένα δρομέα μπορεί να προσαρμόζεται με το ρυθμό του, ή να καθυστερούνται οι εισερχόμενες κλήσεις όταν απαιτείται μέγιστη συγκέντρωση. Θα μπορούσαν όμως να αναπτυχθούν και περισσότερες εξειδικευμένες εφαρμογές. Κάποιες ενδεικτικές παρουσιάζονται στη συνέχεια.

- *Έξυπνα υποδήματα που συνδέουν απομακρυσμένους δρομείς μέσω ασύρματης επικοινωνίας*

Ένα παράδειγμα είναι τα internet-connected shoes του Steve Mann [M'97a], τα οποία επιτρέπουν το τρέξιμο με συντροφιά από διαφορετική τοποθεσία. Τα αθλητικά υποδήματα είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες που μετρούν τη σύγκρουση διαφόρων σημείων τους με το έδαφος,

δίνοντας στο χρήστη, μέσω ενός συστήματος, την αίσθηση του ρυθμού. Οι δρομείς μπορεί να βρίσκονται σε μακρινή απόσταση ο ένας από τον άλλο, αλλά συνδέονται μέσω του διαδικτύου, έχοντας τη δυνατότητα να συντονίσουν το ρυθμό τους. Επιπλέον, με τη χρήση “eye-to-eye” γυαλιών, θα έχουν τη δυνατότητα να βλέπουν σε ένα σημείο του δικού τους οπτικού πεδίου, αυτό που αντικρίζει ο άλλος δρομέας. Τέτοιες τεχνολογίες ενισχύουν τις ικανότητες της αυτοέκφρασης.



Εικόνα 3.30 Ένα από τα έξυπνα υποδήματα που δίνουν τη δυνατότητα σε δρομείς να κρατούν τον ίδιο ρυθμό με έναν απομακρυσμένο δρομέα, με τον οποίο συνδέονται μέσω ασύρματων επικοινωνιών

- Έξυπνα υποδήματα που συνεργάζονται με σύστημα αναπαραγωγής μουσικής και συλλογής δεδομένων για την άσκηση

Το Μάιο του 2006, η Nike και η Apple Computer ανακοίνωσαν τη συνεργασία τους για τη νέα σειρά υποδημάτων Nike+ [OCNA'06, FD'06]. Οι δυο εταιρείες ανέπτυξαν από κοινού ένα ασύρματο σύστημα, έτσι ώστε κάποια υποδήματα της Nike να έχουν έναν αισθητήρα, που να μπορεί να επικοινωνεί με το σύστημα αναπαραγωγής μουσικής iPod Nano της Apple. Η συσκευασία με τον αισθητήρα μπορεί να προσαρτηθεί σε συμβατά αθλητικά υποδήματα της Nike, ενώ ο ασύρματος δέκτης επισυνάπτεται στο iPod. Το Nike+iPod Sport Kit δημιουργήθηκε με σκοπό να γίνει ο καλύτερος φίλος του δρομέα, κρατώντας δεδομένα για τις επιδόσεις του και διευκολύνοντας την άσκηση με τη συμβολή της μουσικής. Οι πληροφορίες για το χρόνο εξάσκησης, την απόσταση, το βηματισμό και τις θερμίδες, αποθηκεύονται στο iPod και μπορούν να αναπαραχθούν είτε στην οθόνη του, είτε προφορικά μέσω των ακουστικών. Επίσης, αποστέλλονται αυτόματα στον προσωπικό λογαριασμό του χρήστη στην ιστοσελίδα nikeplus.com, όταν γίνει συγχρονισμός του music player με το πρόγραμμα iTunes της Apple.



Εικόνα 3.31 Το Nike+iPod Sport Kit

- Έξυπνα υποδήματα με σύστημα αυτόματης προσαρμογής της σόλας

Το Adidas 1 [MCA'05], προηγήθηκε της σειράς Nike+, βγήκε στα καταστήματα το Δεκέμβριο του 2004, αποτελώντας ίσως το πρώτο έξυπνο υπόδημα στον κόσμο, που προσαρμόζεται αυτόματα και συνεχώς στο μέγεθος του κομιστή, το βήμα, το έδαφος και το επίπεδο της κόπωσης. Το Adidas 1 χρησιμοποιεί έναν αισθητήρα, ένα μικροεπεξεργαστή και ένα σύστημα καλωδίωσης για την αυτόματη προσαρμογή του πάτου/ της σόλας του υποδήματος. Ο αισθητήρας κάτω από το τακούνι μετρά τη συμπίεση και αποφασίζει αν το υπόδημα είναι περισσότερο μαλακό ή σκληρό από όσο θα έπρεπε. Η πληροφορία στέλνεται στο μικροεπεξεργαστή και κατά τη διάρκεια που το υπόδημα βρίσκεται στον αέρα, τα καλώδια προσαρμόζουν τον πάτο. Είναι ικανό να πραγματοποιεί πέντε εκατομμύρια υπολογισμούς ανά δευτερόλεπτο, οπότε αποτελεί το πρώτο προϊόν υπόδησης που δύναται να αλλάζει τα χαρακτηριστικά του σε πραγματικό χρόνο. Ολόκληρο το σύστημα ζυγίζει λιγότερο από σαράντα γραμμάρια και λειτουργεί με μπαταρίες λιθίου, οι οποίες μπορούν να αντέξουν για τουλάχιστον εκατό ώρες τρεξίματος. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να απενεργοποιούν όποτε επιθυμούν

τον εγκέφαλο, για να παρατείνουν τη ζωή της μπαταρίας, οπότε τα *Adidas 1* λειτουργούν σαν απλά αθλητικά υποδήματα. Η απενεργοποίηση γίνεται και αυτόματα, αν ο δρομέας δεν τρέχει, απλά περπατά για περισσότερο από δέκα λεπτά.



Εικόνα 3.32 Το *Adidas 1* περιλαμβάνει ένα μικροτσίπ για να προσαρμόζει το βαθμό σκληρότητας του πάτου ανάλογα με τις συνθήκες της επιφάνειας στην οποία τρέχει ο δρομέας

Οι περισσότεροι συμπεραίνουν ότι οι μεγάλες εταιρείες αθλητικών, όπως η Nike και η Adidas, θα καθοδηγήσουν το σχεδιασμό και την ανάπτυξη στα υποδήματα της επόμενης γενιάς. Η αλήθεια όμως είναι ότι υπάρχουν αρκετά θέματα που μπορούν να διευθετηθούν και από άλλους τομείς, όπως της μηχανικής. Το πρόβλημα της καλύτερης εφαρμογής και της άνεσης, παρά τα βελτιωμένα σχήματα και τη χρήση των προηγμένων τεχνολογιών και υλικών, παραμένει. Είναι δύσκολο ένα εργοστάσιο μαζικής παραγωγής να σταθμίσει τις διαφορές ανάμεσα στις ανάγκες του κάθε αγοραστή. Ακόμα και τα ακριβότερα υποδήματα, είναι πιθανό να δημιουργήσουν σημεία πίεσης, υπερθέρμανσης και ενόχλησης, όταν ο κομιστής τους διανύει μεγάλες αποστάσεις [FSS'97].

Η λύση γύρω από αυτό επικεντρώνεται στην τεχνολογία gel πολυμερών. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί μια ελάχιστη τάση για τη διαστολή ή τη συστολή ενός ειδικά σχηματισμένου gel. Αν, για παράδειγμα, η σόλα του υποδήματος είναι φτιαγμένη από εκατοντάδες κύτταρα gel (gel-cells), κάθε ένα από τα οποία συνδέεται με έναν αισθητήρα πίεσης, το έξυπνο υποδήμα μέσω ενός ειδικού ενσωματωμένου μικροεπεξεργαστή, θα διαστέλλει ή θα συστέλλει αυτόματα τα gel-cells για τη διατήρηση ομοιόμορφης πίεσης στην επιφάνεια επαφής του ποδιού. Έτσι το βάρος θα κατανέμεται ομοιόμορφα, εξαλείφοντας τα μεμονωμένα σημεία πίεσης που προκαλούν δυσφορία στο περπάτημα [FSS'97].

Ένα ακόμα κοινό πρόβλημα με τα υποδήματα είναι η σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας. Τα περισσότερα υποδήματα δεν έχουν τη δυνατότητα να αναπνέουν στον κατάλληλο τόπο και χρόνο. Και σε αυτή την περίπτωση η τεχνολογία gel πολυμερών μπορεί να προσφέρει τη λύση με το άνοιγμα και κλείσιμο των πόρων στην επιφάνεια του υποδήματος. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας μέσα στα υποδήματα, θα στέλνουν σήμα στον μικροεπεξεργαστή να ανοίγει ή να κλείνει τους πόρους. Επιπλέον, μικρο-ανεμιστήρες θα μπορούσαν χρησιμοποιηθούν για την περαιτέρω αποβολή θερμότητας [FSS'97].

- *Έξυπνα υποδήματα για την καθοδήγηση ατόμων με αδυναμία όρασης*

Ιατρικά χαρακτηριστικά, όπως αισθητήρες για το σφυγμό, την αναπνοή και την πίεση του αίματος, μπορούν να προστεθούν και στα υποδήματα. Ο Richard Castle απόφοιτος του Πανεπιστημίου της Μασαχουσέτης σχεδίασε και κατασκεύασε ένα πρωτότυπο υποδημάτων για τυφλούς [LSB'03]. Τα υποδήματα είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας που εντοπίζουν τα αντικείμενα μέχρι αποστάσεως ενός μέτρου και προκαλούν δονήσεις καθώς ο κομιστής πλησιάζει σε εμπόδια. Η ένταση της δόνησης είναι ανάλογη με την απόσταση και το μέγεθος των αντικειμένων. Τα υποδήματα αυτά μπορούν να αντικαταστήσουν το μπαστούνι ή το σκύλο οδηγό. Το πρωτότυπο επιδέχεται βελτιώσεις, όπως για παράδειγμα την ενσωμάτωση των κυκλωμάτων μέσα στις σόλες. Η κατασκευή τους ήταν σχετικά απλή και ανέξοδη.



Εικόνα 3.33 Τα υποδήματα για την περιήγηση των ατόμων με αδυναμία όρασης αποτελούν πρωτότυπο του R. Castle

- Έξυπνα υποδήματα με ενσωματωμένο σύστημα αναπαραγωγής ήχου

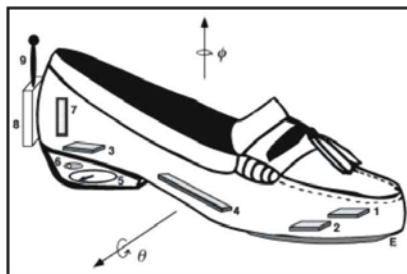
Τα *ClickSneaks*, που δημιουργήθηκαν από το STUDIO 5050, είναι αθλητικά υποδήματα που έχουν τη δυνατότητα να αναπαράγουν τον ήχο τακουριών σε πλακόστρωτο δρόμο. Ο ήχος των τακουριών έχει ηχογραφηθεί και έχει ενσωματωθεί σε κύκλωμα στο εσωτερικό τους. Σε κάθε βήμα ενεργοποιείται ένας ήχος, ο οποίος ακούγεται από ηχείο. Τα απαραίτητα στοιχεία είναι το τσιπ φωνής στο οποίο είναι ηχογραφημένος ο αυθεντικός ήχος των τακουριών, καθώς και ένα ηχείο, ένας ενισχυτής και ένας επιταχυντής που ενεργούν σαν διακόπτης και μετασχηματίζουν τα φαινομενικά απλά αθλητικά υποδήματα σε κάτι ιδιαίτερο. Εν μέρει φαντασία, εν μέρει ειρωνεία, τα *ClickSneaks* προσφέρουν τα παραδοσιακά χαρακτηριστικά γνωρίσματα ενός ζεύγους υποδημάτων και εκθέτουν την πολύπλοκη σχέση που συνδέει τα ενδύματα και τα αξεσουάρ με τους κομιστές τους [SP'07].



Εικόνα 3.34 Τα *ClickSneaks* αναπαράγουν τον ήχο τακουριών σε πλακόστρωτο δρόμο

- Έξυπνα υποδήματα για χορευτικές παραστάσεις

Στο MIT Media Laboratory υλοποιήθηκε ένα ζεύγος υποδημάτων για χορό με ενσωματωμένους αισθητήρες [PH'97]. Το σύστημα αισθητήρων προστέθηκε στα χορευτικά υποδήματα με σκοπό τη σύλληψη πολλών βαθμών ελευθερίας και της χρήσης τους ως μέσο καθοδήγησης των συνθεσάιζερ μουσικής και των γραφικών υπολογιστών σε μια παράσταση πραγματικού χρόνου. Τα ηλεκτρονικά τα οποία ενσωματώθηκαν μέσα στα υποδήματα για τη μέτρηση των βαθμών έκφρασης, περιλάμβαναν μια απλή συλλογή εμπορικά διαθέσιμων αισθητήρων, μαζί με ένα μικροεπεξεργαστή και έναν ασύρματο πομπό. Το σύστημα προορίζεται να χρησιμοποιηθεί σε μια σειρά εμπλουτισμένων με τη βοήθεια υπολογιστή (computer-augmented) χορευτικών παραστάσεων.



Εικόνα 3.35 Η εγκατάσταση των οργάνων του υποδήματος για χορευτικές παραστάσεις

3.3.5 Εφαρμογές έξυπνων κοσμημάτων - αξεσουάρ (smart jewellery - accessories)

Εκτός από τα καθημερινά ενδύματα, υπάρχουν πολλών ειδών αξεσουάρ και κοσμήματα που ολοκληρώνουν το σύνολο του εξοπλισμού που φέρει ένα άτομο, όπως ρολόγια, βραχιόλια, ζώνες, γάντια, καπέλα, γυαλιά. Η νεότερη τάση στα αξεσουάρ και τα κοσμήματα είναι να εξυπηρετούν ένα συγκεκριμένο σκοπό και όχι απλώς να σχεδιάζονται για να συμπληρώνουν την εξωτερική εικόνα κάποιου. Αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ότι ο Steve Mann προσάρμοσε σε ένα απλό ζευγάρι γυαλιών, έναν υπαρξιακό υπολογιστή, ενσωματώνοντας κάμερα, μικρόφωνο και ακουστικά. Επίσης, οι ερευνητές της IBM ανέπτυξαν μια κάμερα μεγέθους κύβου ζάχαρης, η οποία μπορεί να τοποθετηθεί σε γυαλιά και να παίρνει ψηφιακές φωτογραφίες οπουδήποτε και οποτεδήποτε. Τα γυαλιά σαν έξυπνο αντικείμενο έχουν βρει αρκετές εφαρμογές, ακόμα και για ιατρικούς σκοπούς. Μία από αυτές φαίνεται στην **Εικόνα 3.36**. Πρόκειται για τα χειρουργικά γυαλιά της Lunar, με επιπρόσθετα στοιχεία ένα μικρόφωνο, ηχεία και ασύρματη σύνδεση. Αυτά αποτελούν ελάχιστα μόνο παραδείγματα.



Εικόνα 3.36 Το *OPTIMIZE* της Lunar δεν είναι ένα μοντέρνο ζευγάρι γυαλιών, αλλά χειρουργικά γυαλιά που ενσωματώνουν μικρόφωνο, ηχεία και ασύρματη συνδεσιμότητα για πολυάσχολους θεράποντες

- *Εφαρμογές έξυπνων ρολογιών*

Τα ρολόγια χειρός αποτελούν το πιο κοινό αξεσουάρ για άντρες και γυναίκες. Υπάρχουν εδώ και δεκαετίες και αρχικά ήταν απλές μηχανικές συσκευές που έδειχναν την ώρα. Πολλά σύγχρονα ψηφιακά ρολόγια χειρός, πέρα από την πληροφόρηση της ώρας, προσφέρουν στους χρήστες τους μια σειρά από επιπλέον χαρακτηριστικά. Ένα από τα πρώτα στοιχεία που προστέθηκε ήταν η ημερομηνία, έπειτα το ξυπνητήρι και το χρονόμετρο, η πυξίδα, και αργότερα η ένδειξη της θερμοκρασίας, του υψόμετρου και του βυθόμετρου σε κάποια πιο σπορ σχέδια. Τα ρολόγια τελευταίας τεχνολογίας περιλαμβάνουν GPS ή είναι συγχρόνως PDA ή ακόμα και κινητά τηλέφωνα.

Η Seiko ανέπτυξε το ψηφιακό ρολόι *Ruputer Pro*, που εκτός των συνηθισμένων χαρακτηριστικών των ψηφιακών ρολογιών, δηλαδή ώρα, ημερομηνία, χρονόμετρο, ξυπνητήρι, περιείχε PDA και παιχνίδια. Με 2 Mb μνήμη, δυνατότητα σύνδεσης με υπολογιστή, συμβατότητα με Windows, θύρα υπέρυθρων, διαθέτει όλες τις οργανωτικές δυνατότητες ενός Palm Pilot. Άλλος ένας πολύ γνωστός κατασκευαστής ρολογιών, η Swatch, από νωρίς είχε στα σχέδιά της, την ανάπτυξη ενός ψηφιακού ρολογιού που περιέχει ασύρματο τηλέφωνο, και αργότερα ένα ρολόι που να λειτουργεί και ως κινητό τηλέφωνο. Η Timex και η Motorola ανέπτυξαν το *Beerwear*, ένα ψηφιακό ρολόι που περιλαμβάνει ένα πλήρως εξοπλισμένο pager. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να λαμβάνουν γραπτά μηνύματα από σελίδες και φωνητική αλληλογραφία (pages and voice mail). Το ρολόι ειδοποιεί το χρήστη για νέα μηνύματα με την αναπαραγωγή ήχου ή φωτός. Ένα από τα πιο προηγμένα ψηφιακά ρολόγια είναι το *Data Bank* της Casio, το οποίο βγαίνει σε ποικιλία στυλ και χρησιμοποιείται μέσω της διεπαφής του, που αποτελεί μια οθόνη αφής. Η οθόνη αφής δείχνει την ώρα και την ημερομηνία και διαθέτει εικονίδια που μπορούν να επιλεγθούν για να ενεργοποιήσουν επιπλέον χαρακτηριστικά, όπως την ατζέντα και το ημερολόγιο. Διαθέτει ακόμα μνήμη, με τη δυνατότητα αποθήκευσης μέχρι και 200 ονομάτων, τηλεφωνικών αριθμών, διευθύνσεων, ραντεβού και σημειώσεων [BMBGKSBMC'01].

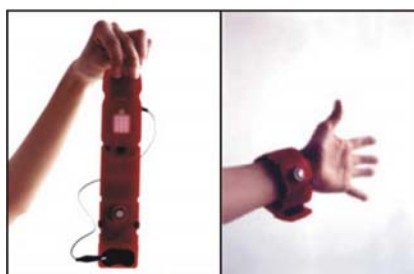
Η Nike με τη σειρά *TRIAX* [NT'07] έχει προσδώσει επιπλέον λειτουργίες σε ρολόγια, σχεδιασμένα έτσι ώστε να βοηθούν στην αποτελεσματικότερη προπόνηση. Η σειρά διαθέτει μια ευρεία ποικιλία μοντέλων με ενσωματωμένα χαρακτηριστικά, που μπορούν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες ακόμα και των πιο απαιτητικών αθλητών. Εκτός από την ώρα και την ημερομηνία, ο αθλητής μπορεί να ενημερωθεί άμεσα για τους χρόνους των γύρων του, το συνολικό χρόνο άσκησης, τις θερμίδες και τους καρδιακούς του σφυγμούς. Η παρακολούθηση των καρδιακών παλμών, με τη συμβολή ενός ανατομικά σχεδιασμένου πομπού στο στήθος, επιτρέπει τον έλεγχο της έντασης και της διάρκειας της εξάσκησης.



Εικόνα 3.37 Τα ρολόγια *TRIAX C6* και *TRIAX CV10* της Nike διαθέτουν επιπλέον χαρακτηριστικά για αθλητές

- Εφαρμογές έξυπνων αξεσουάρ για συλλογή, αποθήκευση, ανταλλαγή πληροφοριών και διαπροσωπική επικοινωνία

Το *Mbracelet* [CP'01] αναπτύχθηκε για τη διερεύνηση των φορέσιμων εφαρμογών στις οικονομικές συναλλαγές και συγκεκριμένα στη χρήση των μηχανημάτων ATM. Το project είχε επιπλέον σκοπό να προσεγγίσει τους έφηβους χρήστες και να διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να έρθουν οι οικονομικές συναλλαγές πιο κοντά στις καθημερινές τους εμπειρίες. Το *Mbracelet* έχει την ικανότητα να αποθηκεύσει, να μοιραστεί και να συλλέξει πληροφορίες, ενώ η εικόνα του παραπέμπει σε ένα απλό αξεσουάρ μόδας. Διαθέτει τρεις θέσεις που μπορούν να δεχθούν iButtons, διεπαφή και δώδεκα τρίχρωμες λυχνίες LEDs. Ο μηχανισμός του κατασκευάστηκε σε ένα εύκαμπτο κύκλωμα για να του δώσει το πλεονέκτημα της ευλυγισίας και τα υλικά από τα οποία είναι φτιαγμένο, εξασφαλίζουν την ανθεκτικότητά του και την αισθητικά ευχάριστη όψη του. Η οθόνη LED χρησιμεύει για την επαλήθευση μιας επιτυχημένης σύνδεσης του *Mbracelet* και για να συνοδεύει την κίνηση του χεριού με την αλλαγή χρωμάτων. Η διεπαφή που «κουμπώνει» επιτρέπει στους χρήστες την ανταλλαγή μηνυμάτων με μια χειραψία. Το *Mbracelet* δεν έχει μπει ακόμα στη διαδικασία της παραγωγής, αλλά έχουν κατασκευαστεί εκατό βελτιωμένα πρωτότυπα για να συνεχιστούν οι έρευνες και να προκύψει η τελική του εκδοχή.



Εικόνα 3.38 Το *Mbracelet* επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων μέσω μιας απλής χειραψίας

Χρηστικά αντικείμενα όπως τηλέφωνα, πληκτρολόγια, τηλεχειριστήρια έχουν πάρει από κάποιες πρωτοπόρες εταιρείες έναν επαναστατικό δρόμο εξέλιξης. Μια άλλη κατηγορία αξεσουάρ αποτελούν οι συσκευές που προορίζονται για διαπροσωπική επικοινωνία, όπως τα κινητά τηλέφωνα. Αν και πρόκειται για σχετικά νέες συσκευές η δημοτικότητα τους παγκοσμίως έχει ανέβει γρήγορα και εξακολουθεί να ανεβαίνει εξαιτίας του κόστους που φθίνει και της λειτουργικότητας που αυξάνεται. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι κάποια άτομα φορούν τα κινητά τους γύρω από το λαιμό ή τα προσαρτούν στη ζώνη. Το ευέλικτο κινητό τηλέφωνο *Elektex / IDEO* αποτελεί ένα ακόμα παράδειγμα για τη μορφή που θα έχουν τα αξεσουάρ που συνοδεύουν την ένδυση στο μέλλον. Το *Elektex* είναι ένα ύφασμα που μπορεί να αισθανθεί τη θέση και την πίεση ενός ανθρώπινου αγγίγματος. Λειτουργεί σαν το δέρμα, το οποίο είναι ευφυές, έχει την ιδιότητα να είναι απαλό και εύκαμπτο. Είναι ένα ενεργό δέρμα που μεταφράζει τις ηλεκτρονικές ωθήσεις σε ψηφιακά δεδομένα.



Εικόνα 3.39 Το εύκαμπτο κινητό τηλέφωνο *Elektex / IDEO*

- Εφαρμογές έξυπνων κοσμημάτων

Τα κοσμήματα φοριούνται για πολλούς λόγους, για αισθητικούς λόγους, για λόγους εντυπωσιασμού, σαν σύμβολο δεσμού ή αφοσίωσης. Βασικά όμως στολίζουν το σώμα, έχοντας μικρή πρακτική σημασία. Τα νέα ψηφιακά κοσμήματα θα προωθήσουν ακόμα περισσότερο την πανταχού παρούσα υπολογιστική δυνατότητα και την επικοινωνία.



Εικόνα 3.40 Το ψηφιακό ρολόι/ βραχιόλι της IBM εξοπλισμένο με οθόνη VGA

Σε μια επίδειξη μόδας υψηλής τεχνολογίας, η IBM παρουσίασε ένα σετ ασημένιων σκουλαρικών, περιδέριου, ρολογιού/ βραχιολιού και δαχτυλιδιού, τα οποία με την πρώτη ματιά μοιάζουν με συνηθισμένα κοσμήματα, αλλά στην πραγματικότητα αποτελούν ένα κινητό τηλέφωνο [HDJW'01, S'07]. Τα ψηφιακά κοσμήματα επικοινωνούν μεταξύ τους ασύρματα. Η εισερχόμενη κλήση υποδηλώνεται από ένα μικρό φωτάκι που αναβοσβήνει στο δαχτυλίδι. Ίσως το πιο ενδιαφέρον στοιχείο του τηλεφώνου είναι ο εξοπλισμός του δαχτυλιδιού με LEDs και ο προγραμματισμός που μπορεί να γίνει, έτσι ώστε να εκπέμπει διαφορετικά χρώματα ανάλογα π.χ. με τη σημασία της κλήσης. Ο αριθμός του τηλεφώνου και το όνομα του προσώπου που καλεί εμφανίζεται στο ρολόι/ βραχιόλι, το οποίο είναι εξοπλισμένο με οθόνη VGA (video graphics array). Η απάντηση στην κλήση γίνεται μέσω ενός κουμπιού στο ρολόι/ βραχιόλι. Τέλος, τα σκουλαρίκια έχουν ενσωματωμένα μικροσκοπικά ηχεία και λειτουργούν σαν ακουστικά και το περιδέριο διαθέτει ένα μικρόφωνο ανάλογων διαστάσεων.



Εικόνα 3.41 Το κινητό τηλέφωνο, υπό τη μορφή κοσμημάτων, και το δαχτυλίδι της IBM, που αναβοσβήνει υποδεικνύοντας τις εισερχόμενες κλήσεις ή τη λήψη νέου e-mail, έχουν σκοπό να αλλάξουν τον τρόπο αλληλεπίδρασης των χρηστών με τους υπολογιστές και τις ηλεκτρονικές συσκευές.

Το *Java Ring* [HDJW'01], της Dallas Semiconductor, είναι άλλο ένα έξυπνο κόσμημα πολλαπλών χρήσεων. Το δαχτυλίδι που προγραμματίζεται σε γλώσσα java δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες του να έχουν άμεση πρόσβαση σε συσκευές που απαιτούν κωδικούς και συνθήματα, χωρίς να είναι απαραίτητη η ενθύμησή τους. Το *Java Ring* είναι ένα δαχτυλίδι από ανοξείδωτο ασάλι, με δεκαέξι χιλιοστά διάμετρο, που «φιλοξενεί» ένα iButton. Έχει 134 KB RAM, 32 KB ROM, ρολόι και εικονική μηχανή Java, δηλαδή ένα τμήμα λογισμικού που αναγνωρίζει τη γλώσσα Java. Τα δαχτυλίδια μπορούν να προγραμματιστούν π.χ. για τους μαθητές ενός σχολείου, έτσι ώστε να παίρνουν παρουσίες, να κρατούν ιατρικές πληροφορίες, να αποθηκεύουν ηλεκτρονικό χρήμα για να πληρώνουν τα γεύματα, να ξεκλειδώνουν αυτόματα πόρτες και να δανείζονται βιβλία.



Εικόνα 3.42 Το δαχτυλίδι λειτουργεί σαν κλειδί σε πόρτες και συσκευές και προγραμματίζεται σε γλώσσα Java

Το κινητό τηλέφωνο σε κοσμήματα ήταν το δεύτερο πρωτότυπο κόσμημα της IBM. Το πρώτο αποτέλεσε ένα ρολόι/ βραχιόλι, το 1999, το οποίο μπορούσε να λειτουργήσει σαν διαχειριστής προσωπικών πληροφοριών [S'07]. Η ευχρηστία των ψηφιακών κοσμημάτων είναι ένα θέμα στο οποίο θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή. Οι μικρές οθόνες και τα μικροσκοπικά μέσα εισαγωγής δεδομένων δυσχεραίνουν την κατάσταση. Η αναγνωσιμότητα των πληροφοριών από τόσο μικρές συσκευές αποτελεί ένα εμπόδιο. Θα πρέπει λοιπόν να βρεθούν λύσεις σε τέτοιου είδους θέματα.



Εικόνα 3.43 Οθόνη σε ρολόι

Ακόμα και τα βοηθήματα ακοής θα μπορούν να γίνουν τόσο συνηθισμένα, όσο και τα γυαλιά. Ένα στα επτά άτομα του πληθυσμού έχει κάποιο ποσοστό απώλειας ακοής και προβλέπεται ότι στο μέλλον, εξαιτίας των συνθηκών διαβίωσης, της ηχορύπανσης και του αυξανόμενου μέσου όρου ζωής, το πρόβλημα αυτό αναμένεται να εξελιχθεί σε ένα από τα σημαντικότερα κοινωνικά θέματα, που αφορούν συγχρόνως και την υγεία. Γι' αυτό το λόγο, απαιτείται μια διαφορετική προσέγγιση προς τα προϊόντα που βοηθούν την ακοή. Ένα παράδειγμα αποτελεί το ηλεκτρονικό κόσμημα "svara", σχεδιασμένο από την Brewery, το οποίο απευθύνεται ειδικά σε γυναίκες και προορίζεται για περιστασιακή χρήση. Πρόκειται για μια ενισχυτική συσκευή που ελέγχεται με διακριτικές χειρονομίες, όπως η κίνηση για την τοποθέτηση των μαλλιών πίσω από το αυτί. Τα ακουστικά μπορούν να κρέμονται στην πλάτη ως μέρος του κοσμήματος, όταν δε χρησιμοποιούνται [H'05].



Εικόνα 3.44 Το ηλεκτρονικό κόσμημα "svara" που λειτουργεί σαν βοήθημα ακοής

Τα αξεσουάρ και τα κοσμήματα με ενσωματωμένες τεχνολογίες δε διευρύνουν μόνο τη λειτουργικότητα, αλλά μπορούν να ενισχύσουν την αίσθηση της προσωπικής έκφρασης, μέσω του στυλ που μπορούν να προσδώσουν στο άτομο. Τα μελλοντικά υπολογιστικά αξεσουάρ θα μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τη λειτουργικότητα. Οι προσωπικές επικοινωνίες, η προσωπική οργάνωση και η προσωπική διασκέδαση περιλαμβάνουν κάποια ενδεικτικά πεδία με τα οποία θα ασχοληθούν οι ερευνητές για να υλοποιήσουν αξεσουάρ με ενσωματωμένες συσκευές.

3.4 Συμπεράσματα ενότητας

Η δημιουργία υποδομής φορέσιμων ενσωματωμένων πληροφοριών άνοιξε νέα σύνορα στους τομείς της εξατομικευμένης επεξεργασίας πληροφοριών, της φροντίδας της υγείας, της τηλεϊατρικής, του αθλητισμού, της επικοινωνίας, της ψυχαγωγίας, της άμυνας, της ασφάλειας, ακόμα και της εξερεύνησης του διαστήματος. Τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ενδύματα μπορούν να αποτελέσουν το μέσο μεταφοράς χρήσιμων δεδομένων και εργαλεία για την εκτέλεση διαφόρων ενεργειών και συναλλαγών, αντικαθιστώντας τις ηλεκτρονικές συσκευές.

Με άλλα λόγια, τα έξυπνα ενδύματα αποτελούν ευφυή προϊόντα που παρέχουν πλατφόρμες για την ανάπτυξη νέων καινοτόμων εφαρμογών. Ο μελλοντικός ιματισμός μπορεί να ενεργήσει ως ένα μέσο επικοινωνίας, ως μια πλατφόρμα πληροφοριών, ή ως μια διεπαφή για μελλοντικές πανταχού παρούσες συσκευές υπολογιστών. Η έξυπνη ένδυση έχει τη δύναμη να προωθήσει την ασφάλεια με τη βοήθεια διαφορετικών ειδοποιήσεων, συστημάτων προσδιορισμού θέσης και αισθητήρων. Επίσης, θα δώσει τη δυνατότητα αλλαγών στην εργασία, για παράδειγμα μέσω της χρήσης έξυπνων στολών που θα μπορούν να εκτελέσουν μετρήσεις. Επιπλέον, η έξυπνη ένδυση σίγουρα θα διευκολύνει στη συλλογή δεδομένων για ιατρικούς ή άλλους σκοπούς. Οι αναφερθείσες εφαρμογές απαρτίζουν μόνο ένα μέρος των μελλοντικών προκλήσεων.

Οι σχεδιαστές ενδυμάτων, υποδημάτων, κοσμημάτων και αξεσουάρ αναζητούν τρόπους να ενσωματώσουν νέες καινοτόμες τεχνολογίες στα σχέδιά τους. Οι περιορισμοί και το κόστος υλοποίησης, σταδιακά μειώνονται και νέες ιδεολογικές προσεγγίσεις στο σχεδιασμό και την κατασκευή είναι εφικτές. Οι σχέσεις μεταξύ των καταναλωτών και των προσωπικών τους αντικειμένων αλλάζουν. Ένα δείγμα είναι η υιοθέτηση των κινητών τηλεφώνων από ένα μεγάλο μέρος του συνολικού πληθυσμού, σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Η αλληλεπίδραση που μπορεί να παρατηρηθεί με τα κινητά τώρα, αντικατοπτρίζει την αλληλεπίδραση που θα υπάρξει με τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ενδύματα σε μερικά χρόνια.

Οι τεχνολογίες και τα υλικά που είναι προς το παρόν διαθέσιμα, δεν είναι ακόμα κατάλληλα για μια πραγματική διαδικασία παραγωγής. Περαιτέρω καινοτομίες στο χώρο των έξυπνων υλικών θα τροφοδοτήσουν με νέες δυνατότητες τον τομέα της ένδυσης και της υπόδησης. Ο στόχος είναι πραγματικά ευφυή φορέσιμα αντικείμενα που διατηρούν τα χαρακτηριστικά των μη ψηφιακών ενδυμάτων, αξεσουάρ και υποδημάτων και παράλληλα διαθέτουν ξεχωριστές ιδιότητες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Ανάλυση των τεχνολογιών και των τρόπων ενσωμάτωσης που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων

4.1 Εισαγωγικά

Το αντικείμενο του παρόντος κεφαλαίου αποτελεί η ανάλυση των αναδυόμενων τεχνολογιών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων και η περιγραφή των τρόπων με τους οποίους οι τεχνολογίες αυτές ενσωματώνονται στα υφάσματα και κατ' επέκταση στα ενδύματα. Ανάμεσα στις αναδυόμενες τεχνολογίες που αναφέρονται, βρίσκονται και οι επίκαιρες τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών, όπως είναι το Bluetooth και το GPS. Ο ένας από τους στόχους του κεφαλαίου είναι ο προσδιορισμός των συστατικών, υλικών ή μικροσυσκευών, τα οποία με την ενσωμάτωσή τους στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα ή ενδύματα, παρέχουν ένα αποτέλεσμα με κάποιο βαθμό ευφυΐας. Ο δεύτερος στόχος είναι η επεξήγηση των τεχνικών και των μεθόδων για την ενσωμάτωση των διαφόρων στοιχείων στον ιματισμό.

Προκειμένου να αναπτυχθούν τα μέσα με τα οποία ένα κλωστοϋφαντουργικό προϊόν ή ένδυμα καθίσταται έξυπνο, θα πρέπει για άλλη μια φορά να προσδιοριστεί η διαβάθμιση της ευφυΐας. Ο βαθμός ευφυΐας μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις υποομάδες [VH'04]:

1. τα *παθητικά έξυπνα ενδύματα*, τα οποία μπορούν μόνο να αισθάνονται το περιβάλλον με τη βοήθεια των αισθητήρων,
2. τα *ενεργά έξυπνα ενδύματα*, τα οποία διεγείρονται (αισθάνονται) από το περιβάλλον και αντιδρούν στις διεγέρσεις, δηλαδή εκτός της λειτουργίας της αίσθησης, εκφράζουν μέσω ενεργοποιητών μία, ή περισσότερες προγραμματισμένες εργασίες αντίδρασης, και
3. τα *πολύ έξυπνα ενδύματα*, τα οποία προχωρούν ακόμα ένα βήμα, έχοντας τη δυνατότητα να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους ανάλογα με τις περιστάσεις.

Στην πράξη, ο χαρακτηρισμός έξυπνο κλωστοϋφαντουργικό προϊόν ή έξυπνο ένδυμα απαιτεί τη συμμετοχή δύο τουλάχιστον συστατικών, ενός αισθητήρα και ενός ενεργοποιητή, πιθανόν συμπληρωμένα με την ενσωμάτωση μονάδας επεξεργασίας, που επεξεργάζεται τα δεδομένα που λαμβάνονται από τον αισθητήρα και ρυθμίζει τη δράση του ενεργοποιητή.

Οι εξελίξεις γύρω από το «miniaturization», το οποίο δε σημαίνει μόνο τη μείωση του μεγέθους των στοιχείων, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις και την εξάλειψή τους, οι νέοι αισθητήρες, η επιστήμη των υπολογιστών και οι συναφείς τεχνολογίες έχουν οδηγήσει στην ενσωμάτωση των ηλεκτρονικών συστημάτων σε μικρές, ελαφριές και διακριτικές συσκευές διαφόρων σχημάτων. Τα ενσωματωμένα κυκλώματα, οι μικροεπεξεργαστές και οι επεξεργαστές ψηφιακού σήματος είναι εξίσου βασικές τεχνολογίες, οι οποίες έχουν επιτρέψει την ανάπτυξη μεταφερόμενων συστημάτων.

Η διαχείριση της ενέργειας και η ικανότητα της μπαταρίας αποτελούν βασικές παραμέτρους για τις φορητές συσκευές και τα έξυπνα ενδύματα. Επιπλέον, λόγω της ελάττωσης του μεγέθους, έχει βελτιωθεί η ταχύτητα των ενσωματωμένων κυκλωμάτων και έχει μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας, το μέγεθος και η τιμή. Πολλές μέθοδοι για παραγωγή και μετατροπή ενέργειας βρίσκονται υπό εξέταση. Η ανάκτηση ενέργειας, για παράδειγμα, μέσω συστημάτων μετατροπής της κίνησης ή της παραγωγής θερμότητας του σώματος, είναι ένας τρόπος μείωσης του μεγέθους της μπαταρίας. Δυστυχώς, η αποτελεσματικότητα τέτοιων συστημάτων δεν είναι επαρκής. Εύκαμπτα ηλιακά κύτταρα, κλωστοϋφαντουργικές κεραίες (ετικέτες RFID), ή εξωτερικές πηγές αποτελούν εναλλακτικές λύσεις ενέργειας.

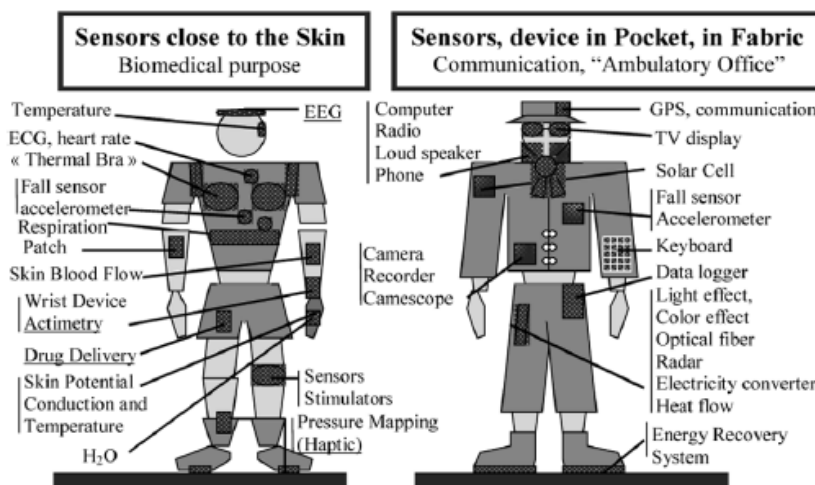
Οι τεχνολογίες και τα συστήματα πληροφορίας είναι ακόμα ένας σημαντικός παράγοντας. Το Internet μπορεί να παρέχει ένα αποτελεσματικό δίκτυο για τη σύνδεση των μεταφερόμενων συσκευών ή των έξυπνων ενδυμάτων με κάποιο κέντρο. Σε μικρότερη κλίμακα, τα τοπικά δίκτυα μπορούν να διευκολύνουν τη σύνδεση συστατικών του έξυπνου ενδύματος μεταξύ τους. Η ιδέα

αυτή υλοποιείται με τη βοήθεια δικτύων, όπως το δίκτυο PAN (personal area network), τα οποίο έχει σκοπό να συνδέει τα ευφυή στοιχεία, έτσι ώστε να λειτουργούν σαν εννοποιημένο σύνολο στο έξυπνο ένδυμα.

Μια βασική ομάδα τεχνολογιών είναι οι ίνες και τα νήματα, τα οποία μπορούν να διαθέτουν ενδιαφέρουσες ιδιότητες, όπως ηλεκτρικές, μηχανικές ή ηλεκτροχημικές. Ο στόχος είναι η δημιουργία αρκετά αγωγίμων νημάτων, με όλες τις μηχανικές ιδιότητες των πραγματικών κλωστοϋφαντουργικών νημάτων, όπως η επιμήκυνση, η κάμψη, η συνάφεια και η συστροφή [KKDDV'04]. Αυτές οι ιδιότητες είναι πολύ σημαντικές, καθώς οι αγωγιμες ίνες θα μετασχηματιστούν σε κλωστοϋφαντουργικές δομές με τις συνηθισμένες κατασκευαστικές διαδικασίες, δηλαδή θα ραφτούν, θα κεντηθούν, θα υφανθούν ή θα πλεχτούν, με τη χρήση των τυποποιημένων μηχανών, που υπάρχουν στη βιομηχανία κλωστοϋφαντουργίας. Συνεπώς, τα αγωγή νήματα θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακριβώς όπως τα παραδοσιακά και να παράγουν υφάσματα με συγκεκριμένες ιδιότητες και άλλα επιμέρους στοιχεία των έξυπνων ενδυμάτων. Ακόμη και μπαταρίες μπορούν να υφανθούν με τη χρήση ηλεκτροχημικών νημάτων. Οι συνδέσεις μπορούν να αναπτυχθούν χρησιμοποιώντας αγωγιμες ίνες για ετικέτες RFID, κλωστοϋφαντουργικές κεραίες και ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα έχουν τη δυνατότητα να συνδέσουν ευέλικτα ενσωματωμένα κυκλώματα ή ευέλικτους αισθητήρες.

Υπάρχουν δύο είδη έξυπνου ιματισμού [ASGDM'D'05]. Η μία ομάδα περιλαμβάνει έξυπνα ενδύματα με αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι κοντά στο δέρμα και προορίζονται για βιοϊατρικές εφαρμογές. Οι αισθητήρες μπορεί να βρίσκονται ενδιάμεσα στα στρώματα του υφάσματος ή στην επιφάνειά του. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το ίδιο το ύφασμα λειτουργεί ως αισθητήρας. Τα νήματα που εμφανίζουν πιεζο-αντίσταση, οι οπτικές ίνες και άλλα στοιχεία που θα αναλυθούν στη συνέχεια, χρησιμοποιούνται ως αισθητήρες. Η ομάδα των βιοϊατρικών ενδυμάτων παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως ότι οι αισθητήρες τοποθετούνται αυτόματα στη σωστή θέση, βρίσκονται σε μη εμφανή σημεία, προστατεύονται καλύτερα, καθιστώντας τα ενδύματα διακριτικά και φιλικά προς το χρήστη. Απευθύνονται σε ασθενείς, για την παρακολούθηση χρόνιων νόσων, σε άτομα με ειδικές ανάγκες, ηλικιωμένους, επαγγελματίες αθλητές και στρατιωτικούς για κάποιες δραστηριότητες.

Η δεύτερη ομάδα έξυπνων ενδυμάτων περιλαμβάνει τη χρήση αισθητήρων και συσκευών που «φιλοξενούνται» απλά σε τσέπες και δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το δέρμα. Μια ποικιλία από συναρπαστικές νέες λειτουργίες μπορεί να προστεθεί στα ενδύματα, όπως συσκευές για επικοινωνία, για αποθήκευση και επεξεργασία χρήσιμων δεδομένων, για διασκέδαση, για πλοήγηση. Στην **Εικόνα 4.1**, που φαίνεται παρακάτω, απεικονίζονται οι δυο ομάδες με τις πιθανές τους δυνατότητες. Τα δύο είδη έξυπνου ιματισμού είναι συμβατά και συμπληρώνουν το ένα το άλλο.



Εικόνα 4.1 Τα δύο είδη έξυπνων ενδυμάτων

4.2 Υλικά και τεχνολογίες για τη δημιουργία ευφυών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων

Το υλικό, δηλαδή η ύλη από την οποία συνίσταται ή κατασκευάζεται κάτι, αποτελεί πλέον ένα αφηρημένο μοντέλο, το οποίο χαρακτηρίζεται από παραμέτρους και τις μεταξύ τους σχέσεις. Με άλλα λόγια, τα υλικά έχουν ξεφύγει από συγκεκριμένα κομμάτια ενός τεχνίτη, σε ένα σύνολο ελεγχόμενων ιδιοτήτων που διαμορφώνεται από ένα μηχάνημα ή ένα σχεδιαστή. Κατά την επιλογή ενός υλικού, δεν υπάρχει μια μοναδική προφανής λύση. Στο απώτερο μέλλον, θα είναι δυνατό να γίνεται ειδική παραγγελία του κατάλληλου υλικού, το οποίο θα διαμορφώνεται με βάση τις απαιτήσεις της εφαρμογής.

Κλωστοϋφαντουργικά υλικά θεωρούνται αυτά που έχουν «κυματοειδής» (drapable) δομές και μπορούν να επεξεργαστούν σε κλωστοϋφαντουργικά μηχανήματα. Συνήθως, είναι φτιαγμένα από εύκαμπτες ίνες και νήματα, τα οποία έχουν μεγάλο μήκος σε αναλογία με τη διάμετρο. Στην ιεραρχική δομή κατασκευάζονται από δέσμες ινών, οι οποίες συστρέφονται για να δημιουργήσουν νήματα, τα οποία με τη σειρά τους πλέκονται ή υφαίνονται σε υφάσματα. Παρόλα αυτά, στα κλωστοϋφαντουργικά υλικά μπορεί να περιέχονται και μη πλεκτές δομές, όπως μεμβράνες. Τα έτοιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα περιλαμβάνουν σχοινιά, υφάσματα και στην τρισδιάστατη μορφή τους, ενδύματα [N'03].

Τα ευφυή κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα μπορούν να χωριστούν σε κάποιες κατηγορίες:

- Ηλεκτρονικά / Αγώγιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα
- Υλικά αλλαγής φάσης (phase change materials)
- Υλικά μνήμης σχήματος (shape memory materials)
- Χρωμικά υλικά (chromic materials)
- Άλλα υλικά

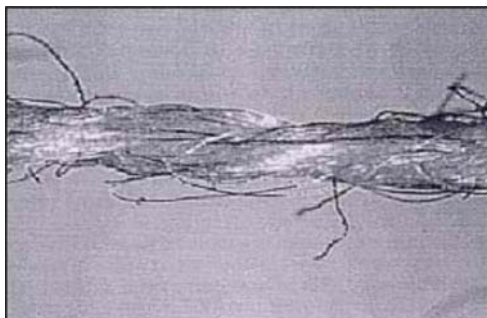
Παρακάτω γίνεται μια γενικότερη αναφορά στα υλικά και στις τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων.

4.2.1 Αγώγιμες τεχνολογίες

Ένας ορισμός για τα ηλεκτρονικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι ότι αποτελούν υλικά με ηλεκτρονικές λειτουργίες και κλωστοϋφαντουργικά χαρακτηριστικά. Αυτό συνιστά έναν πολύπλευρο συνδυασμό φυσικών και ηλεκτρικών ιδιοτήτων. Ένας τρόπος δημιουργίας διαδραστικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων είναι με τη χρήση πολύ μικρών ηλεκτρικά αγώγιμων ινών. Τέτοιου είδους ίνες έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικές εφαρμογές για να ελέγχουν το στατικό ηλεκτρισμό και να παρέχουν ασπίδα ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής. Μπορούν να παραχθούν σε διάφορα μεγέθη και αν υφανθούν μαζί με παραδοσιακές μη αγώγιμες κλωστοϋφαντουργικές ίνες δίνουν τη δυνατότητα για τη δημιουργία νημάτων με διαφορετικούς βαθμούς αγωγιμότητας. Τα υφάσματα που θα αναπτυχθούν από αυτά τα νήματα έχουν την αίσθηση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως τα συνηθισμένα υφάσματα, να φορεθούν, να πλυθούν και γενικά να αντέξουν σε καταπονήσεις.

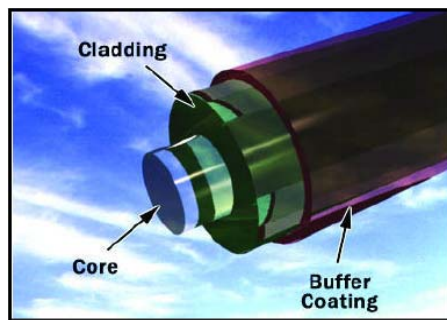
Οι αγώγιμες ίνες μπορούν να χωριστούν σε δυο γενικές κατηγορίες [MM'02], σε αυτές που είναι αγώγιμες από τη φύση τους και σε αυτές που είναι ειδικά επεξεργασμένες για να καταστούν αγώγιμες. Οι φυσικά αγώγιμες ίνες ή οι μεταλλικές ίνες αναπτύσσονται από ηλεκτρικά αγώγιμα μέταλλα, όπως τα σιδηρούχα κράματα, το νικέλιο, το ανοξείδωτο ατσάλι, το τιτάνιο, το αλουμίνιο, το χαλκό και τον άνθρακα. Αν και πολύ αγώγιμες, τα μειονεκτήματά τους είναι ότι κοστίζουν, ότι μπορούν να προκαλέσουν ζημίες στα κλωστικά μηχανήματα και είναι βαρύτερες από τις περισσότερες κλωστοϋφαντουργικές ίνες, καθιστώντας την παραγωγή ομοιογενών μειγμάτων δύσκολη. Οι ηλεκτρικά αγώγιμες ίνες μπορούν επίσης να παραχθούν από την επικάλυψη ινών με μέταλλα, γαλβανικές ουσίες ή μεταλλικά άλατα, όπως το σουλφίδιο του χαλκού και τον ιωδιούχο χαλκό. Οι επικαλύψεις μεταλλικών ινών παράγουν υψηλά αγώγιμες ίνες, παρόλα αυτά, η συγκόλληση και η αντίσταση στη διάβρωση μπορεί να παρουσιάσουν προβλήματα. Οι γαλβανικές επικαλύψεις παρέχουν σχετικά υψηλή αγωγιμότητα, αλλά προκύπτουν περιορισμοί εξαιτίας της ικανότητας εφαρμογής τους μόνο σε αγώγιμα υποστρώματα, όπως οι ίνες γραφίτη

και άνθρακα. Επιπροσθέτως, λόγω της κατασκευαστικής τους πολυπλοκότητας δε συνίστανται για χρήση σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Μια ποικιλία ινών μπορούν να επικαλυφθούν με μεταλλικά άλατα εύκολα, με τη χρήση κλωστοϋφαντουργικών μηχανημάτων. Το μειονέκτημα σε αυτήν την περίπτωση είναι οι χαμηλές αγωγιμότητες, οι οποίες μειώνονται ακόμη περισσότερο με το πλύσιμο και τη διάβρωση. Οπότε εξακολουθούν να αναζητούνται εναλλακτικές διαδικασίες επικαλύψεων που να μπορούν να εξαλείψουν τέτοιου είδους περιορισμούς.



Εικόνα 4.2 Νήμα από ανοξειδωτο ασάλι και πολυεστέρα

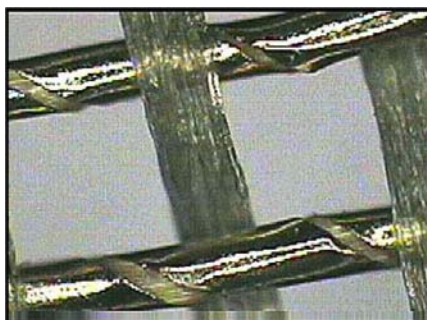
Οι οπτικές ίνες [E'05] ή οι ίνες γυαλιού, που είναι πολύ λεπτά, μακριά νήματα πολύ καθαρού γυαλιού περίπου στη διάμετρο μιας ανθρώπινης τρίχας, αποτελούν μια ακόμα λύση στη δημιουργία έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Διευθετούνται σε δέσμες και χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση φωτεινών σημάτων σε μεγάλες αποστάσεις. Αποτελούνται από τον πυρήνα (core), δηλαδή το λεπτό γυάλινο κέντρο από όπου ταξιδεύει το φως, την επικάλυψη (cladding), το εξωτερικό οπτικό υλικό που περιβάλλει τον πυρήνα και αντανακλά το φως σε αυτόν, και το επικαλυπτικό στρώμα (buffer coating), το πλαστικό επικαλυπτικό στρώμα που προστατεύει την ίνα από τη φθορά και την υγρασία. Υπάρχουν δύο τύποι οπτικών ινών: οι single-mode και οι multi-mode. Οι single-mode έχουν μικρούς πυρήνες και μεταδίδουν υπέρυθρο λέιζερ φως. Οι multi-mode ίνες διαθέτουν μεγαλύτερους πυρήνες και μεταδίδουν υπέρυθρο φως μέσω LEDs. Κάποιες οπτικές ίνες μπορεί να είναι κατασκευασμένες από πλαστικό. Αυτές έχουν μεγάλο πυρήνα και μεταδίδουν ορατό κόκκινο φως μέσω LEDs. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες, στα τοπικά δίκτυα, στην καλωδιακή τηλεόραση και σε αισθητήρες για τη μεταφορά σημάτων με τη μορφή παλμών ή φωτός. Διαθέτουν το πλεονέκτημα της ανθεκτικότητας, αλλά ταυτόχρονα είναι φτωχές σε ευκαμψία και αντοχή στο γρατζούνισμα. Επίσης, το κόστος τους είναι σχετικά υψηλό. Ένα παράδειγμα χρήσης οπτικών ινών σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι η εύκαμπτη οθόνη, που ανέπτυξε η France Telecom, σε μερικά πρωτότυπα είδη ιματισμού.



Εικόνα 4.3 Τα μέρη μιας οπτικής ίνας

Τα μεταλλικά νήματα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικά αγωγίμων υφασμάτων. Για πολλά χρόνια, η βιομηχανία κλωστοϋφαντουργίας ύφαινε μεταλλικά νήματα, όπως από φύλλο χρυσού και από ασήμι, για καθαρά διακοσμητικούς λόγους. Ένα παράδειγμα αποτελεί η μεταξωτή οργάντζα (silk organza), η οποία περιέχει δυο τύπους ινών, στη μία κατεύθυνση (στημόνι) αποτελείται από απλό νήμα μεταξιού και στην άλλη κατεύθυνση (υφάδι) από νήμα μεταξιού περιβεβλημένο από λεπτό φύλλο χαλκού (copper foil). Το νήμα με το χάλκινο περιτύλιγμα, είναι ιδιαίτερα αγωγίμο, ελαστικό και επιπλέον διαθέτει αντοχή σε υψηλές

θερμοκρασίες, επιτρέποντας την επεξεργασία, π.χ. κέντημα, με βιομηχανικά μηχανήματα παραγωγής ενδυμάτων. Τα κυκλώματα που κατασκευάζονται από οργάντζα, πρέπει μόνο να προστατευτούν από την επαφή με τον εαυτό τους, για την αποφυγή βραχυκυκλώματος. Η προστασία επιτυγχάνεται εύκολα με την επικάλυψη ή την υποστήριξη του υφάσματος με ένα μονωτικό στρώμα, το οποίο μπορεί να είναι ακόμα και κάποιο άλλο ύφασμα [PO'97a, PO97b].



Εικόνα 4.4 Μικρογραφία της μεταξωτής οργάντζας (silk organza)

Οι αγώγιμες κλωστές (conductive threads) είναι πιο λεπτές και περισσότερο ανθεκτικές από τα αγώγιμα νήματα (conductive yarns) και μπορούν να ραφτούν σε μηχανήματα για την ανάπτυξη διαδραστικών ηλεκτρονικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Η αγωγιμότητα μπορεί να ελεγχθεί με την τοποθέτηση ραφών. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα που προσφέρει το κέντημα με αγώγιμες κλωστές είναι η δυνατότητα ραφής πολλαπλών στρωμάτων υφάσματος σε ένα βήμα. Επίσης, ο ακριβής προσδιορισμός της διάταξης των κυκλωμάτων μπορεί να γίνει εύκολα με τη χρήση CAD. Το πληκτρολόγιο του Levi's Musical Jean Jacket είναι κεντημένο με νήματα ανοξειδωτού ατσαλιού και σύνθετου πολυεστέρα.

Οι αγώγιμες επικαλύψεις μπορούν να μετασχηματίσουν τα υποστρώματα σε ηλεκτρικά αγώγιμα υλικά, χωρίς να τροποποιούνται σημαντικά οι ιδιότητές τους. Κάποιες από τις μεθόδους ή επεξεργασίες, με τις οποίες μπορούν να εφαρμοστούν στην επιφάνεια των ινών, περιλαμβάνουν τη μη ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση (electroless plating), την απόθεση με εξάτμιση (evaporative deposition), την επιμετάλλωση (sputtering), την επικάλυψη με αγώγιμο πολυμερές (coating with a conductive polymer), την πλήρωση των ινών (filling or loading fibers) και την ανθρακοποίηση (carbonizing).

Η μη ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση περιλαμβάνει εμπύθιση του κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος σε διάλυμα, όπου μέσω χημικών αντιδράσεων, σχηματίζεται η επικάλυψη, συνήθως από νικέλιο ή χαλκό. Το μειονέκτημα είναι ότι πρόκειται για ακριβή μέθοδο. Στην απόθεση με εξάτμιση, το κλωστοϋφαντουργικό υπόστρωμα εκθέτεται σε αεριοποιημένο μέταλλο, τυπικά αλουμίνιο, το οποίο συμπυκνώνεται στην επιφάνεια και σχηματίζει την επικάλυψη. Με αυτή τη διαδικασία, ανάλογα με το πάχος της επικάλυψης, μπορούν να ρυθμιστούν διαφορετικά επίπεδα αγωγιμότητας. Στη διεργασία της επιμετάλλωσης το υλικό της επικάλυψης εκτοξεύεται με τη μορφή ατόμων πάνω στην επιφάνεια του κλωστοϋφαντουργικού υποστρώματος. Το μειονέκτημα είναι ότι για τη δημιουργία αυτής της λεπτής επικάλυψης, απαιτείται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σχέση με άλλες μεθόδους και αυτό συνεπώς την καθιστά ακριβή διαδικασία. Τα κλωστοϋφαντουργικά υποστρώματα, για την επίτευξη υψηλής αγωγιμότητας, μπορούν επίσης να επικαλυφθούν με αγώγιμα πολυμερή, όπως το polygyrrole (PPy) και το polyaniline (PANI) [KKDDV'04], το οποίο διαθέτει εξαιρετική περιβαλλοντική, θερμική και χημική σταθερότητα. Αν και έχουν πλεονεκτήματα, όπως ιδιότητες μη διάβρωσης και εξαιρετικής συγκόλλησης, δεν είναι εύκολο να επεξεργαστούν μέσω συμβατικών μεθόδων. Η πλήρωση των κλωστοϋφαντουργικών ινών με άλατα, όπως το σουλφίδιο του χαλκού, μπορεί να δημιουργήσει, μια αγώγιμη επικάλυψη. Τέλος, η ανθρακοποίηση περιλαμβάνει την επεξεργασία του κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος σε ειδική κάμινο ανθρακοποίησης στους 1000 °C. Η μέθοδος αυτή συνίσταται για τη δημιουργία ενδυμάτων που αντιδρούν στις αλλαγές θερμοκρασίας.

Η τεχνολογία της αγώγιμης μελάνης (conductive ink technologies) προσφέρει μια ακόμα εναλλακτική για την ανάπτυξη των διαδραστικών ηλεκτρονικών κλωστοϋφαντουργικών

προϊόντων. Προσθέτοντας μέταλλα, όπως ο χαλκός, ο χρυσός, ο άργυρος σε παραδοσιακές μελάνες εκτύπωσης, δημιουργούνται αγώγιμες μελάνες που μπορούν να εκτυπωθούν πάνω σε διάφορα υποστρώματα για να δημιουργήσουν ηλεκτρικά ενεργά σχέδια. Η τεχνολογία αυτή αρχικά είχε αναπτυχθεί για έξυπνες κάρτες ή πίνακες κυκλωμάτων, με εφαρμογές σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των υπολογιστών και των επικοινωνιών. Στην περίπτωση των ενδυμάτων, τα πλεονεκτήματα που μπορούν να προσφέρουν είναι η ανθεκτικότητα στο λύγισμα και στο πλύσιμο. Η ψηφιακή εκτύπωση αγώγιμων μελανών σε κλωστοϋφαντουργικά υποστρώματα δύναται να εξαλείψει τα ενδιάμεσα στάδια που σχετίζονται με τις παραδοσιακές μεθόδους εκτύπωσης, προσφέροντας μεγαλύτερη ευελιξία στο σχεδιασμό και την παραγωγή. Προκύπτουν όμως και αρκετές προκλήσεις που αφορούν την επεξεργασία πριν και μετά την εκτύπωση, καθώς και τις κατάλληλες ποσότητες μελάνης και το σωστό στέγνωμα.

4.2.2 Υλικά αλλαγής φάσης (phase change materials)

Κατά τη θέρμανση, ένα υλικό απορροφά θερμότητα, καθώς η θερμοκρασία συνεχώς αυξάνεται. Κατά την ψύξη, η θερμότητα που είναι αποθηκευμένη μέσα στο υλικό, απελευθερώνεται στο περιβάλλον, μέσω μιας αντίστροφης διαδικασίας ψύξης, όπου μειώνεται σταδιακά η θερμοκρασία. Ένα συνηθισμένο κλωστοϋφαντουργικό υλικό απορροφά 1kJ/kg με άνοδο στη θερμοκρασία 1 °C. Η θερμοκρασία των υλικών αλλαγής φάσης (phase change materials ή PCM) [N'03] και αυτών που τα περιβάλλουν, παραμένει σταθερή όλη την ώρα. Αυτό οφείλεται σε μια διαδικασία τήξης, κατά την απορρόφηση θερμότητας και σε μια διαδικασία κρυσταλλοποίησης, κατά την απελευθέρωση θερμότητας. Γι' αυτό το λόγο, ένα PCM μπορεί να απορροφήσει πολύ μεγαλύτερη ποσότητα και να λειτουργήσει ως μέσο αποθήκευσης θερμότητας και αυτό αποτελεί τη χαρακτηριστική του ιδιότητα.

Τα PCM στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα βρίσκονται εγκλεισμένα σε μικρές πλαστικές σφαίρες της τάξης μm, οι οποίες ονομάζονται PCM-μικροκάψουλες. Η ιδιότητά τους μπορεί να φανεί χρήσιμη σε διάφορες εφαρμογές, για παράδειγμα, σε αθλητικά ενδύματα, για να κρατείται ισορροπία στη θερμοκρασία, ανάλογα με την ένταση της δραστηριότητας. Όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλή, τα στρώματα αέρα ανάμεσα στα κοινά ενδύματα «φυλακίζουν» τη θερμότητα μέσα, με αποτέλεσμα κάποια στιγμή, όταν η δραστηριότητα αυξηθεί, να υπάρχει υπερβολική ζέστη. Το ένδυμα «αναπνέει» και έτσι ένα ποσό της θερμότητας απελευθερώνεται. Όταν το σώμα παράγει μεγαλύτερη ποσότητα από αυτή που μπορεί να απελευθερωθεί, η επιπλέον θερμότητα απορροφάται και αποθηκεύεται στο PCM. Στην περίπτωση της ελαφριάς δραστηριότητας, το PCM εκπέμπει την αποθηκευμένη θερμότητα, διατηρώντας την ισορροπία. Δηλαδή το PCM συνεχώς επαναφορτίζει και απελευθερώνει ενέργεια κατά τη διάρκεια μεταβαλλόμενης δραστηριότητας.

Για το σχεδιασμό ενός κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος με αυτό το χαρακτηριστικό, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες, όπως η θερμότητα που μπορεί να παραχθεί από το ανθρώπινο σώμα, η διακύμανση της θερμότητας, τα επίπεδα της δραστηριότητας, ο τρόπος χρήσης, η διάρκεια, η ποσότητα του PCM και οι μεταξύ τους συσχετισμοί. Ειδικότερα για το PCM, παίζουν ρόλο η ικανότητα και η ποσότητα αποθήκευσης θερμότητας, το πάχος και η πυκνότητα από τις μικροκάψουλες, καθώς και η κατάλληλη τοποθεσία στο ένδυμα. Επίσης, κατά την κατασκευή του υποστρώματος θα πρέπει να διατηρείται η ευκαμψία και η ικανότητα του υφάσματος να «αναπνέει». Οι εφαρμογές βρίσκονται ακόμα σε ερευνητικό επίπεδο, αλλά υπάρχει μια αισιόδοξη προοπτική για το μέλλον τους.

4.2.3 Υλικά μνήμης σχήματος (shape memory materials)

Τα υλικά μνήμης σχήματος (shape memory materials ή SMM) [N'03] έχουν την ικανότητα να μεταβάλλουν το σχήμα τους, σε ένα προκαθορισμένο σχήμα, συνήθως μέσω της επίδρασης της θερμότητας. Η μεταβολή του σχήματος σε κάποιες εφαρμογές είναι περισσότερο εμφανής, ενώ στα ενδύματα συμβαίνει σε μικρότερη κλίμακα. Όταν τα SMM ενεργοποιούνται, σε μια ορισμένη θερμοκρασία ενεργοποίησης, αυξάνονται τα κενά αέρος μεταξύ των κοντινών στρωμάτων, για να έχουν καλύτερη μόνωση και προστασία από τις ακραίες μεταβολές ζέστης ή κρύου. Στα ενδύματα, η θερμοκρασία ενεργοποίησης θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στη θερμοκρασία του σώματος.

Τα πολυμερή μνήμης σχήματος είναι περισσότερο εύκαμπτα από τα κράματα μνήμης σχήματος. Για παράδειγμα, μεμβράνες θερμοπλαστικής πολυουρεθάνης μπορούν να τοποθετηθούν ανάμεσα στα στρώματα του ενδύματος. Όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού στρώματος έχει πέσει σημαντικά, η μεμβράνη ανταποκρίνεται, έτσι ώστε να διευρυνθούν τα κενά αέρος ανάμεσα στα στρώματα. Όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού στρώματος ανεβαίνει, η διαδικασία πραγματοποιείται αντίστροφα. Κάποια κράματα έχουν την ικανότητα αμφίδρομης ενεργοποίησης, η οποία προκαλείται είτε από τις αλλαγές του καιρού, είτε από τις κυμάνσεις στη φυσική δραστηριότητα. Τα κράματα μνήμης σχήματος, όπως και κάποια άλλα ευφυή υλικά, μπορούν να συνεισφέρουν στη μείωση του μεγέθους εξοπλισμού και συστημάτων, μειώνοντας τον αριθμό των εξαρτημάτων που απαιτούνται και παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής.

Τα SMM, όπως και τα PCM, βασίζονται στη φυσική δραστηριότητα και στις συνθήκες του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία). Το σώμα μπορεί να παράγει ένα εύρος θερμικής ενέργειας, από 100 W σε ανάπαυση, μέχρι και 1000 W σε μέγιστη φυσική προσπάθεια. Η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται με την παραγωγή θερμότητας και το κλωστοϋφαντουργικό προϊόν αντιδρά για την ανάκληση της ενέργειας. Η μειωμένη θερμική μόνωση στα ενδύματα επιτρέπει τη διαφυγή ενός μέρους της θερμότητας. Όσο πιο χοντρό είναι το ύφασμα, τόσο καλύτερη μόνωση διαθέτει, αλλά παράγοντες άνεσης, όπως το βάρος και η ελευθερία κινήσεων θα πρέπει να συυπολογίζονται για την ικανοποίηση όλων των απαιτήσεων.

4.2.4 Χρωμικά υλικά (chromic materials)

Τα χρωμικά υλικά (chromic materials) [N'03] έχουν την ιδιότητα να αλλάζουν το χρώμα τους, ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες. Οι διαφορετικοί τύποι των χρωμικών υλικών, τα οποία συνεχώς βελτιώνονται, μπορούν να ταξινομηθούν, ανάλογα με τα ερεθίσματα από τα οποία επηρεάζονται. Ανάλογα δηλαδή αν επηρεάζονται από το φως, τη θερμότητα, τον ηλεκτρισμό, την πίεση ή τα υγρά, ονομάζονται αντίστοιχα φωτο-χρωμικά (photo-chromic), θερμο-χρωμικά (thermo-chromic), ηλεκτρο-χρωμικά (electro-chromic), πιεζο-χρωμικά (piezoro-chromic) και διαλυτο-χρωμικά (solvate-chromic).

Τα φωτοχρωμικά υλικά δε χρησιμοποιούνται πολύ στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Τα χαρακτηριστικά τους εξαρτώνται κατά ένα μεγάλο βαθμό από ένα υγρό το οποίο πρέπει να μπει σε λιωμένη κατάσταση στο ύφασμα. Τα νήματα τροφοδοτούνται με ένα μείγμα υγρού με φθορίζουσα βαφή. Το αποτέλεσμα είναι ότι όταν εκτίθενται σε υπέρυθρο φως, κάποιες ίνες εκπέμπουν φθορίζων χρώμα στο σκοτάδι. Το μήκος κύματος του φωτός το οποίο ανακλάται, εξαρτάται από τη διάταξη των μορίων ή των υγρών κρυστάλλων και διαφοροποιείται με τη θερμοκρασία. Ο χρωμισμός που επηρεάζεται από υγρά, χρησιμοποιείται κυρίως σε μαγιό. Άλλα υλικά έχουν βαφή που μπορεί να αποθηκεύσει φως. Ένα παράδειγμα εφαρμογής χρωμικού υλικού αποτελεί το *Chameleon cloth*, μια κουρτίνα με χρωστικές στις ίνες που φωτοβολούν. Το φως αποθηκεύεται και η εκπομπή του έχει σαν αποτέλεσμα φωτεινά σχέδια.

4.2.5 Άλλα υλικά

Ένα εύρος από νέα υλικά, κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν σε έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ενδύματα, αναπτύσσεται και το μέλλον, με γνώμονα τις ήδη υπάρχουσες εξελίξεις, διαφαίνεται λαμπρό. Αυτό προκύπτει και από τον αριθμό των νέων εταιρειών, οι οποίες προωθούν τα καινοτόμα προϊόντα τους στην αγορά. Οι έρευνες συνεχίζονται και έχουν σαν αποτέλεσμα υλικά, όπως οι φωτονιακοί κρύσταλλοι (photonic crystals).

Υλικά που περιέχουν ένα φωτονιακό διάκενο (photonic band gap) έχουν τη δυναμική να διαχειρίζονται το φως με αξιοσημείωτη ακρίβεια. Η επιτυχής κατασκευή τέτοιων δομών, που είναι γνωστές σαν φωτονιακοί κρύσταλλοι (photonic crystals), έχει αναζωπυρώσει το ενδιαφέρον για εφαρμογές σε διάφορους τομείς, ανάμεσα τους και στον τομέα των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Τα οφέλη της κατασκευής ενός υλικού που μπορεί να «φυλακίσει» το φως στην κρυσταλλική του δομή και να το ελέγξει είναι προφανή. Στο MIT αναπτύχθηκαν οι αποκαλούμενες ίνες-καθρέφτες (mirror fibers). Εκατοντάδες μέτρα πολύ λεπτών ινών μπορούν να εξαχθούν με μια μέθοδο παρόμοια με αυτή της παραγωγής οπτικών ινών. Στη συνέχεια, μπορούν να παραχθούν νήματα-καθρέφτες, που έχουν τη δυνατότητα να αντανακλούν το φως από όλες τις γωνίες με μικρές απώλειες από την απορρόφηση.

Τροποποιώντας το πάχος της ίνας και τα υλικά που χρησιμοποιούνται σαν στρώματα, επιτρέπεται στο νήμα να συντονιστεί σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Πιθανές εφαρμογές περιλαμβάνουν υφάσματα με οπτικά bar codes που μπορούν να αναγνωρίζουν το χρήστη και ελαφριά ενδύματα που αντανakλούν την ακτινοβολία, παρέχοντας προστασία από υπερβολική θερμότητα [G'02].

4.3 Συστατικά, συσκευές και συστήματα για έξυπνα ενδύματα

Για να καταστεί δυνατή η ανάλυση των μέσων με τα οποία προσδιορίζεται το έξυπνο κλωστοϋφαντουργικό προϊόν και ένδυμα, πρέπει να αναφερθεί για ακόμα μια φορά ότι το έξυπνο ύφασμα είναι αυτό που έχει την ικανότητα να αισθάνεται, να διεγείρεται, να αντιδρά και να προσαρμόζεται στα ερεθίσματα και τις μεταβολές του περιβάλλοντος. Τα ερεθίσματα και η ανάδραση μπορεί να είναι ηλεκτρικά, μαγνητικά, θερμικά, χημικά, μηχανικά ή άλλης προέλευσης και εφαρμογής αντίστοιχα [STST'03]. Έτσι είναι προφανές, ότι η εξεύρεση των συστατικών, συσκευών και συστημάτων πρέπει να κατευθύνεται στη διερεύνηση αισθητήρων (sensors), ενεργοποιητών (actuators), επεξεργαστών πληροφοριών (data acquisition and processing components), πηγών αποθήκευσης των πληροφοριών και της ενέργειας (sources), μέσων επικοινωνίας (communication) και αλληλεπίδρασης (user interfaces).

4.3.1 Αισθητήρες

Οι αισθητήρες (sensors) είναι τα όργανα που αντιλαμβάνονται και διαβάζουν μια φυσική μεταβλητή και τη μετατρέπουν σε βαθμονομημένο και μετρήσιμο μέγεθος που μπορεί να αναγνωσθεί από ένα μικροεπεξεργαστή ή να γίνει αντιληπτό με μία από τις ανθρώπινες αισθήσεις. Οι ανθρώπινες αισθήσεις είναι οι γνωστές: αφή, όραση, όσφρηση, ακοή και γεύση. Συνεπώς, το μετρούμενο από τον αισθητήρα μέγεθος πρέπει να μετατραπεί σε σήμα που είναι αντιληπτό από μία ή περισσότερες από τις αισθήσεις αυτές. Συνήθως όμως, η μέτρηση του αισθητήρα είναι δεδομένο που υπόκειται σε επεξεργασία και διαβάζεται από κάποια συσκευή, άρα η μετατροπή του σήματος σε ηλεκτρικό κρίνεται ως απαραίτητη.

Τα υλικά που συνθέτουν τους αισθητήρες είναι συνήθως αγώγιμα (electroconductive) ή ημιαγώγιμα, ώστε η μεταβολή του μετρούμενου μεγέθους να παράγει αντίστοιχη μεταβολή του ηλεκτρικού ρεύματος. Η μεταβολή, μικρή ή μεγάλη, αναλύεται από τον επεξεργαστή και μεταφράζεται σε αναγνώσιμο ηλεκτρικό σήμα. Η εξεύρεση των κατάλληλων υλικών κατασκευής αισθητήρων, στην περίπτωση των ενδυμάτων, δεν περιορίζεται στα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν και αποτελούν βέβαια την ουσιώδη προϋπόθεση, αλλά περιλαμβάνει κριτήρια όπως η ευκαμψία, η αδιαβροχοποίηση, η αντοχή στην παραμόρφωση, και στην ακτινοβολία. Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή αισθητήρων και έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν τα σήματα σε ηλεκτρικά.

Τα θερμοζεύγη (thermocouple) [T'08, TTR'07, TTS'08], τα οποία έχουν τη δυνατότητα να μετατρέπουν τη θερμική ενέργεια σε ηλεκτρική, είναι ένα πρώτο παράδειγμα αισθητήρων. Στη βιομηχανία χρησιμοποιούνται ευρέως ως αισθητήρες θερμοκρασίας. Ένα θερμοζεύγος αποτελείται από δύο διαφορετικά μεταλλικά καλώδια, δηλαδή δύο αγωγούς, οι οποίοι ενώνονται τουλάχιστον στη μία άκρη. Τα θερμοζεύγη βασίζονται στην αρχή ότι όταν δυο ανόμοια μέταλλα έρθουν σε επαφή, αναπτύσσεται μεταξύ τους μια αναμενόμενη διαφορά δυναμικού (Seebeck effect), η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία και το είδος των μετάλλων. Η επιλογή του βέλτιστου τύπου θερμοζεύγους σχετίζεται με τη θερμοκρασία της εφαρμογής, την ατμόσφαιρα, το απαιτούμενο μήκος, την ακρίβεια και το κόστος.

Οι πιεσοστατικές πολυμερείς μεμβράνες, που μεταφράζουν την πίεση, δηλαδή τη μηχανική ενέργεια, σε ηλεκτρική είναι μια δεύτερη περίπτωση υλικού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή αισθητήρων. Η τεχνολογία που ανέπτυξε η SOFTswitch χρησιμοποιεί το "quantum tunnelling composite (QTC)", το οποίο είναι ένα συστατικό με ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό, να λειτουργεί σαν μονωτής στην κανονική του κατάσταση και να μετατρέπεται σε αγώγος, παρόμοιος με τα μέταλλα, όταν ασκείται επάνω του πίεση. Ανάλογα με την εφαρμογή, μπορεί να προσαρμοστεί η ευαισθησία του υλικού στην άσκηση πίεσης. Η επίστρωση του πολυμερούς μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε δομή υφαντού ή πλεκτού υφάσματος [VH'04].

Γενικότερα, ελαστικά υφάσματα επικαλυμμένα με κάποιο αγώγιμο πολυμερές, όπως το PPy (polyrryrole), αποκτούν πιεζοηλεκτρικές ιδιότητες, που τους δίνουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν στη δημιουργία αισθητήρων πίεσης για πολλές χρήσιμες εφαρμογές. Η εφαρμοστέ φόρμα με αισθητήρες (sensorised leotard) και το γάντι με αισθητήρες (sensorised glove), τα οποία αναφέρθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο, ανήκουν σε αυτές τις εφαρμογές, που

έχουν την ικανότητα να παρακολουθούν το σχήμα του σώματος, τη στάση και τις χειρονομίες [MDLSP'02, DCLMST'03].

Οι αισθητήρες οπτικών ινών (FOS), που είναι σε θέση να μετρήσουν τη θερμοκρασία, την πίεση, τα αέρια, αποτελούν χαρακτηριστικές έξυπνες ίνες που μπορούν να εφαρμοστούν στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Είναι ελαφριοί, μικροί και εύκαμπτοι και μπορούν να επιτρέψουν στις συσκευές να αντιλαμβάνονται πολυάριθμες φυσικές διαταραχές μηχανικής, ακουστικής, ηλεκτρικής, μαγνητικής και θερμικής φύσης. Ένας αριθμός από αισθητήρες μπορεί να τοποθετηθεί κατά μήκος μιας μόνο οπτικής ίνας, που να χρησιμοποιεί το μήκος κύματος, τη συχνότητα, το χρόνο και την πόλωση ως μέρος τεχνικών για τη διαμόρφωση μονοδιάστατων, δισδιάστατων ή τρισδιάστατων κατανεμημένων αισθητήριων συστημάτων. Κάποια από τα πλεονεκτήματά τους είναι ότι δεν παράγουν πρόσθετη θερμότητα που θα μπορούσε ενδεχομένως να βλάψει τη δομή, ούτε παράγουν ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, οπότε δεν απαιτούν ηλεκτρική απομόνωση [T'02].

Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα με ενσωματωμένους αισθητήρες οπτικών ινών έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές, όπως για τον έλεγχο σε γέφυρες και κτίρια ή ακόμα και σε αλεξίπτωτα. Η πρώτη γενιά των wearable motherboards με ενσωματωμένους εσωτερικά στα ενδύματα οπτικούς αισθητήρες ήταν σε θέση να εντοπίσει τον πιθανό τραυματισμό και την κατάσταση της υγείας και να διαβιβάσει αυτές τις πληροφορίες. Οι αισθητήρες οπτικών ινών μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ευρείες κατηγορίες, σε αυτούς που μετρούν την ένταση (intensiometric), σε αυτούς που μετρούν την παρεμβολή (interferometric) και στους αισθητήρες "fibre bragg grating". Οι αισθητήρες που μετρούν την ένταση βασίζονται στο ποσό του φωτός που ανιχνεύεται μέσα στην ίνα. Η διακοπή της μετάδοσης, που μπορεί να οφείλεται στη θραύση μιας ή περισσότερων ινών, υποδηλώνει κάποια ζημία στη δομή του κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος. Οι αισθητήρες που μετρούν την παρεμβολή έχουν αναπτυχθεί για μια σειρά εφαρμογών υψηλής ευαισθησίας, όπως οι ακουστικοί αισθητήρες και οι αισθητήρες μαγνητικών πεδίων [T'02].

Οι αισθητήρες "fibre bragg grating (FBG)" [VH'04, TTDC'00] μετατρέπουν τα σήματα από μηχανικά, μέσω οπτικών, σε ηλεκτρικά. Οι αισθητήρες αυτοί μοιάζουν με κανονικές οπτικές ίνες, αλλά εσωτερικά περιέχουν ένα πλέγμα διάθλασης (diffraction grid), που αντανακλά το προσπίπτων φως ενός ορισμένου μήκους κύματος (αρχή της διάθλασης Bragg) στην κατεύθυνση από την οποία προέρχεται το φως. Η τιμή αυτού του μήκους κύματος συνδέεται γραμμικά με την πιθανή επιμήκυνση ή συστολή της ίνας. Έτσι ο αισθητήρας FBG μπορεί να λειτουργήσει σαν αισθητήρας για την παραμόρφωση. Οι αισθητήρες FBGs διαθέτουν τα ενυπάρχοντα πλεονεκτήματα των οπτικών ινών, όπως μικρό μέγεθος, ευκαμψία, χαμηλή πυκνότητα, ευκολία εμπέδωσης μέσα σε μια δομή και δεν επηρεάζονται από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Επιπροσθέτως, είναι ικανοί για περιορισμένες, κατανεμημένες και απόλυτες μετρήσεις με καλή γραμμικότητα και προσφέρονται για μαζική παραγωγή περισσότερο σε σύγκριση με άλλα είδη οπτικών ινών.

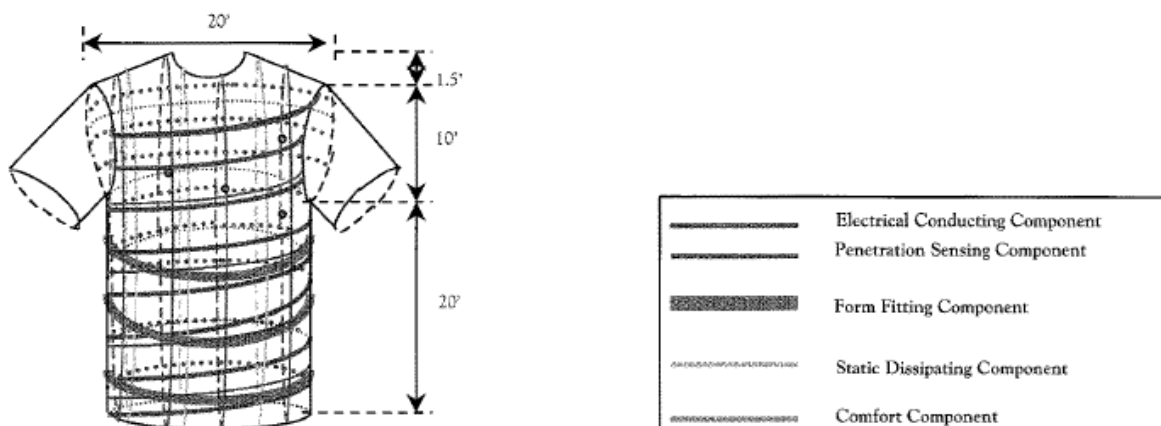
Διαφορετικές στρατηγικές αισθητήρων βασισμένες σε υλικά που παρουσιάζουν πιεζοαντίσταση (piezoresistive materials), βρίσκονται υπό μελέτη και ανάπτυξη για την πραγματοποίηση αισθητήρων που μπορούν να ενσωματωθούν σε ελαστικά υφάσματα. Μια πλήρης λίστα αισθητήρων παραθέτεται στο παράρτημα.

Στην περίπτωση των ιατρικών εφαρμογών, που είναι αρκετές σε αριθμό, οι βιοϊατρικοί αισθητήρες είναι ζωτικής σημασίας. Πολλές φυσιολογικές παράμετροι, όπως θερμικές, ηλεκτρικές, γεωμετρικές, μηχανικές, μπορούν να μετρηθούν από το δέρμα, με τη χρήση διακριτικών αισθητήρων. Οι θερμικές παράμετροι που έχουν ενδιαφέρον, είναι, η θερμοκρασία του σώματος, η θερμοκρασία του δέρματος και η ροή της θερμότητας στο σώμα. Από αυτές μπορούν να εξαχθούν πολλά φυσιολογικά φαινόμενα, όπως ο μεταβολισμός, η θερμική άνεση, η ενυδάτωση του δέρματος, η θερμική αγωγιμότητα του δέρματος, η μόλυνση του δέρματος, ο πυρετός, η δραστηριότητα των μυών, η δραστηριότητα του αυτόνομου νευρικού συστήματος (ANS) και ο ρυθμός της αναπνοής. Οι ηλεκτρικές παράμετροι περιλαμβάνουν ηλεκτρικής δυναμικής μετρήσεις και μετρήσεις αγωγιμότητας. Από αυτές τις παραμέτρους προκύπτει η μελέτη του ηλεκτροκαρδιογραφήματος (EKG ή ECG), των παλμών της καρδιάς, της δραστηριότητας του αυτόνομου νευρικού συστήματος (ANS), της ηλεκτροτομογραφίας, του επιπέδου του στρες. Οι γεωμετρικοί και οι μηχανικοί αισθητήρες περιλαμβάνουν τον

πληθυσμογράφο, τον επιταχυντή, το γωνιόμετρο, τον αισθητήρα πίεσης της διεπαφής. Από τις γεωμετρικές παραμέτρους προκύπτουν ο ρυθμός της αναπνοής, ο ρυθμός της καρδιάς, η αρτηριακή πίεση, η θέση, η ανίχνευση πτώσεων, η παρακολούθηση διαφόρων καθημερινών δραστηριοτήτων, η κινητικότητα κ.α. Οι μηχανικές παράμετροι, τέλος, περιλαμβάνουν τη μέτρηση της πίεσης της διεπαφής στους ζωντανούς ιστούς, η οποία δεν μπορεί να γίνει με τους παραδοσιακούς αισθητήρες, αλλά με τριών ειδών αισθητήρες (Electronic, Pneumatic and Electropneumatic transducers) [ASGDMD'05].

Το *GTWM* ή *Smart Shirt* [GPRJ'99] είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής για τη χρήση των αισθητήρων. Καταρχήν, διάφοροι αισθητήρες, όπως της παρακολούθησης της αναπνοής, έχουν ενσωματωθεί στη δομή, αποδεικνύοντας τη δυνατότητα της ενσωμάτωσης αισθητήρων σε ένδυμα. Η διαδικασία του καθαρισμού, δηλαδή του πλυσίματος, μπορεί να γίνει χωρίς να υπάρχει ανησυχία για την πρόκληση βλαβών στους αισθητήρες. Έπειτα, το *Smart Shirt* διαθέτει κάποιους αποσπώσιμους αισθητήρες, οι οποίοι το εμπλουτίζουν και συγχρόνως του δίνουν τη δυνατότητα να εξατομικευτεί πλήρως, αφού μπορούν να προσαρμοστούν στα κατάλληλα σημεία για τον κάθε χρήστη. Έχουν παραχθεί συνολικά τρεις γενιές πλεκτού *GTWM* και μια υφαντή έκδοση. Τα στοιχεία που το απαρτίζουν είναι της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, της αίσθησης της διαπέρασης, της καλύτερης εφαρμογής, της απώλειας του στατικού ηλεκτρισμού και της άνεσης. Πιο συγκεκριμένα, μερικά από τα υλικά που επιλέχθηκαν, ανάμεσα σε άλλα, για την κατασκευή των στοιχείων του ήταν:

- Πλαστικές οπτικές ίνες (POF) για το στοιχείο του εντοπισμού της διαπέρασης βλημάτων
- Πυρήνας χαλκού με περίβλημα πολυαιθυλενίου για το στοιχείο της ηλεκτρικής αγωγιμότητας
- *Meraklon* (ίνες πολυπροπυλενίου) για το στοιχείο της άνεσης
- *Spandex* για το στοιχείο της καλύτερης εφαρμογής
- *Nega-Stat* για το στοιχείο της απώλειας στατικού ηλεκτρισμού



Εικόνα 4.5 Η σχηματική αναπαράσταση των στοιχείων που απαρτίζουν το *GTWM*

4.3.2 Ενεργοποιητές

Αν θεωρηθεί ότι οι αισθητήρες μετασχηματίζουν τα φυσικά φαινόμενα σε επεξεργάσιμα ηλεκτρικά σήματα, τότε οι ενεργοποιητές (actuators) εκτελούν την αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή μετασχηματίζουν τα ηλεκτρικά σήματα σε φυσικά φαινόμενα. Οι ενεργοποιητές ανταποκρίνονται στα ερεθίσματα, που είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας των αισθητήρων, ενδεχομένως μετά από την επεξεργασία των δεδομένων. Οι αντιδράσεις των ενεργοποιητών ποικίλλουν. Μπορούν να προκαλέσουν κίνηση στοιχείων, απελευθέρωση ουσιών, ηχητική αντίδραση κ.α. Δηλαδή οι ενεργοποιητές προσαρμόζονται σε μια κατάσταση, επηρεάζοντας το ανθρώπινο σώμα, ή χρησιμεύοντας σαν displays.

Οι ενεργοποιητές ηλεκτροενεργών πολυμερών μελετούνται και αναπτύσσονται έτσι ώστε να μπορούν να ενσωματωθούν στα υφάσματα και να τα προικίσουν με κινητήριες λειτουργίες. Υπάρχουν τριών ειδών ηλεκτροενεργά υλικά υπό διερεύνηση, τα αγωγιμα πολυμερή, τα διηλεκτρικά ελαστομερή και οι νανοσωλήνες άνθρακα. Τα αγωγιμα πολυμερή παρουσιάζουν δραστική αλλαγή στην ηλεκτρική τους αγωγιμότητα και διαθέτουν μερικά ακόμα χαρακτηριστικά, που τα καθιστούν χρήσιμα σε αρκετούς τομείς εφαρμογών [EDEF'05].

Τα υλικά μνήμης σχήματος (κράματα και πολυμερή) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ενεργοποιητές, λόγω της ικανότητάς τους να μετασχηματίζουν τη θερμική ενέργεια σε κίνηση. Η νηματοειδής μορφή είναι μια δυνατότητα που διαθέτουν τα κράματα μνήμης σχήματος (shape memory alloys) και τα καθιστά συμβατά με τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Τα πολυμερή μνήμης σχήματος (shape memory polymers), αν και φθηνότερα, εξαιτίας κάποιων περιορισμών, χρησιμοποιούνται λιγότερο. Ένα παράδειγμα ενεργοποιητή από κράμα μνήμης σχήματος είναι το *Oricalco Smart Shirt*, το οποίο αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Οι ίνες νανοσωλήνων άνθρακα (carbon nanotubes fibres) μπορούν να χαρακτηριστούν ως ενεργοποιητές. Οι νανοσωλήνες άνθρακα είναι φύλλα ατόμων άνθρακα τυλιγμένων σε σωλήνες με διαμέτρους της τάξης nm και ανήκουν στα πιο πρόσφατα ηλεκτροενεργά υλικά κατάλληλα για ενεργοποιητές. Οι μηχανικές και ηλεκτρικές τους ιδιότητες υποδηλώνουν ότι μπορούν να έχουν καλές επιδόσεις και στο μέλλον αναμένεται να αυξηθούν οι δυνατότητές τους.

Μια πραγματική πρόκληση σε αυτόν τον τομέα είναι η ανάπτυξη πολύ ισχυρών μηχανικών ενεργοποιητών, που μπορούν να λειτουργήσουν ως τεχνητοί μύες. Τέτοιου είδους υλικά όμως, δεν είναι ακόμα διαθέσιμα. Τα υλικά που απελευθερώνουν ουσίες έχουν βρει ήδη διάφορες εμπορικές εφαρμογές. Εντούτοις, η ενεργά ελεγχόμενη απελευθέρωση δεν είναι προφανής. Η ελεγχόμενη απελευθέρωση θα ανοίξει ένα νέο κεφάλαιο στις εφαρμογές, όπως στα συστήματα παροχής φαρμάκων στις έξυπνες ιατρικές στολές.

4.3.3 Επεξεργασία δεδομένων / Επεξεργαστές

Η επεξεργασία των δεδομένων (data processing) είναι μια παράμετρος που απαιτείται στις περισσότερες εφαρμογές. Παρόλα αυτά, μέχρι και σήμερα δεν είναι διαθέσιμο κανένα κλωστοϋφαντουργικό υλικό που να μπορεί να εκτελέσει αυτό το σκοπό. Για τη συγκεκριμένη διεργασία είναι ακόμα απαραίτητα τα ηλεκτρονικά στοιχεία. Για την καλύτερη προσαρμογή τους προτιμώνται αυτά που διαθέτουν μικρό μέγεθος και, αν είναι εφικτό, εύκαμπτη μορφή. Στις περισσότερες εφαρμογές από αυτές που παρουσιάστηκαν, αναφέρεται μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU), ή ένας μικροεπεξεργαστής. Ένα βασικό μειονέκτημα των ηλεκτρονικών στοιχείων είναι η ευαισθησία τους. Για τη συνηθισμένη διαδικασία καθαρισμού των ενδυμάτων, στην πλειοψηφία των γνωστών εφαρμογών, προϋπόθεση για τη συντήρηση των ηλεκτρονικών στοιχείων, είναι η αφαίρεσή τους. Στον τομέα αυτό της επεξεργασίας πληροφοριών, πολλά προβλήματα θα πρέπει να υπερνικηθούν στο μέλλον.

4.3.4 Αποθήκευση δεδομένων / Μέσα αποθήκευσης

Για την αποθήκευση των δεδομένων, που μπορεί να προέρχονται είτε από τους αισθητήρες, είτε από την επεξεργασία πληροφοριών και τη διεξαγωγή αποτελεσμάτων, είτε από στοιχεία που εισάγει ο χρήστης, απαιτούνται κάποια μέσα μνήμης. Σε κάποιες περιπτώσεις εφαρμογών, τη μονάδα αποθήκευσης δεδομένων αποτελούν τυποποιημένες κάρτες μνήμης, που χρησιμοποιούνται και σε φωτογραφικές μηχανές, PDA's, ή κινητά τηλέφωνα. Για παράδειγμα, στο ψηφιακό σύστημα αναπαραγωγής μουσικής (digital music player) [JLW'02], έχει χρησιμοποιηθεί μια κάρτα μνήμης MMC (Multimediacard) για την αποθήκευση ψηφιακής μουσικής και ηχητικών δεδομένων. Η χωρητικότητά της είναι 64 Mb, μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα και η μεταφορά των αρχείων μουσικής μπορεί να γίνει απλά με τη σύνδεσή της με προσωπικό υπολογιστή.

4.3.5 Επικοινωνία / Μέσα επικοινωνίας και δίκτυα

Στην περίπτωση των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων η έννοια της επικοινωνίας έχει πολλές πλευρές. Αρχικά, μπορεί να αναφέρεται στη μετάδοση δεδομένων, που χρειάζεται μεταξύ των ενσωματωμένων μικροσυσκευών ενός έξυπνου ενδύματος, αλλά και

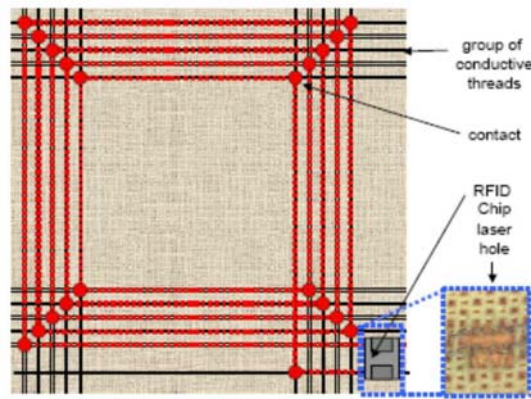
μεταξύ των στοιχείων της κάθε συσκευής. Οι πληροφορίες που μεταδίδονται από κλωστοϋφαντουργικό υλικό ευαίσθητο στην πίεση και μεταφράζονται από μια μονάδα επεξεργασίας, είναι ένα παράδειγμα μορφής επικοινωνίας ενδοσυσκευών. Επίσης, η επικοινωνία μπορεί να αναφέρεται στον τρόπο που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση των πληροφοριών που μεταφέρει η έξυπνη εφαρμογή προς τον κομιστή και προς το περιβάλλον.

Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα προβλήματα είναι η διασύνδεση των μικροσυσκευών, χωρίς όμως να επηρεάζονται ή να αλλοιώνονται οι φυσικές ιδιότητες των υφασμάτων, και κατ' επέκταση των ενδυμάτων. Τα υλικά που ενσωματώνονται στο ύφασμα πρέπει να είναι ικανά να μεταφέρουν την πληροφορία από τους αισθητήρες στη μονάδα επεξεργασίας και στη συνέχεια, ανάλογα με την εφαρμογή, σε κάποιο ενεργοποιητή, ή σε κάποια διεπαφή χρήστη, με τρόπο αποτελεσματικό και ταυτόχρονα διακριτικό. Για το λόγο αυτό, στις πρόσφατες εφαρμογές, η επικοινωνία πραγματοποιείται είτε μέσω οπτικών ινών, είτε μέσω αγωγίμων νημάτων, π.χ. μεταλλικών νημάτων. Για την ενσωμάτωση στο κλωστοϋφαντουργικό προϊόν και με τους δύο τρόπους, δεν απαιτείται ραφή.

Η επικοινωνία με το ευρύτερο περιβάλλον δε μπορεί να γίνει μέσω ενσύρματων δικτύων, οπότε γίνεται κατανοητό ότι είναι απαραίτητες οι ασύρματες συνδέσεις. Οι ασύρματες επικοινωνίες, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο εύρος, παίζουν καθοριστικό ρόλο στα φορέσιμα συστήματα, καθιστώντας τις κεραίες και κάποια βασικά υποσυστήματα, επιπλέον στοιχεία προς ενσωμάτωση. Οι κεραίες παίζουν σημαντικό ρόλο και για το βέλτιστο σχεδιασμό των φορέσιμων μονάδων, θα πρέπει να συνυπολογίζονται παράγοντες, όπως η ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση ανάμεσα στην κεραία, τη μονάδα και το χειριστή [SKS'01, SKRS'01, SH'03]. Τα έξυπνα ενδύματα αποτελούν απαιτητικό τομέα εφαρμογής για το σχεδιασμό κεραιών, για το λόγο ότι το μέγεθος της κεραίας περιορίζεται από το διαθέσιμο χώρο εγκατάστασης. Σε ορισμένες προχωρημένες περιπτώσεις, η κεραία έχει κατασκευαστεί από κλωστοϋφαντουργικά υλικά, σε σημείο που να μη γίνεται αντιληπτή ούτε από τον ίδιο το χρήστη.

Η δικτύωση με εξωτερικά δίκτυα μπορεί να γίνεται σε πραγματικό χρόνο ή με «μαζική επεξεργασία» ("batch processing"), εντός και εκτός σύνδεσης. Η εκτός σύνδεσης μαζική επεξεργασία μπορεί να γίνεται, για παράδειγμα, μέσω στοιχείων αποθήκευσης δεδομένων, όπως καρτών μνήμης. Η εντός σύνδεσης εξωτερική δικτύωση μπορεί να γίνεται μέσω τεχνολογιών τηλεπικοινωνιακών δικτύων, όπως το GSM (Global System for Mobile), το UMTS (Universal Mobile Telecommunications Service), το DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications), ή μέσω τεχνολογιών ασύρματης μεταφοράς δεδομένων, όπως το Bluetooth και το RFID. Απαιτούνται οι κατάλληλες κεραίες εκπομπής και λήψης ραδιοσυχνότητας (TWRX RF), καθώς και ένας επεξεργαστής (base-band processor) που να χειρίζεται τα απαραίτητα πρωτόκολλα [BJ'01].

Ένα σύστημα εκπομπής που χρησιμοποιεί ένα τσιπ RFID [MG'04, JLSW'03, WGJLSS'03] και μια δομή πλεκτού πηνίου κεραίας (woven antenna coil structure) αποτελεί μια ακόμα πρόταση επικοινωνίας. Η τεχνολογία αναγνώρισης μέσω ραδιοσυχνοτήτων (RFID) βασίζεται στην απλή ιδέα ότι υπάρχει ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα σε μια ετικέτα (tag). Λειτουργεί σαν ένας ασύρματος πομπός, που μπορεί να τροφοδοτείται από μπαταρία, ή περιστασιακά εξ αποστάσεως από μια συσκευή ανάγνωσης, μέσω εκπομπής ενέργειας προς αυτό. Η ετικέτα ανταλλάσσει πληροφορίες με τη συσκευή ανάγνωσης. Δηλαδή, με την επισύναψη σε ένα αντικείμενο, μπορεί να αποστείλει πληροφορίες συγκεκριμένα για το αντικείμενο σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Οι ετικέτες RFID είναι αυτόνομα συστήματα που αποτελούνται από ένα απλό πηνίο κεραίας, μέσα σε μια θήκη από γυαλί ή πλαστικό, συγκολλημένο σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (silicon chip). Έτσι, μπορεί να πραγματοποιηθεί μια ερμητικά κλειστή συσκευασία, ανθεκτική σε υψηλές θερμοκρασίες, πιέσεις, χημικά και μηχανική πίεση. Η συσκευή ανάγνωσης εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα συγκεκριμένης συχνότητας, τα οποία λαμβάνονται και προσαρμόζονται από την ετικέτα. Οι υπάρχουσες δομές κεραιών RFID, δεν είναι κατάλληλες για το σκληρό περιβάλλον των κλωστοϋφαντουργικών εφαρμογών. Μια αγωγή σπείρα μπορεί να πραγματοποιηθεί με την ορθογώνια σύνδεση προσανατολισμένων αγωγίμων νημάτων στημονιού και υφιδιού σε ένα ύφασμα, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 4.6**. Κατ' αυτόν τον τρόπο η δομή της κεραίας ενσωματώνεται πλήρως στο ύφασμα με σταθερό και ταυτόχρονα διακριτικό τρόπο.



Εικόνα 4.6 Πλεκτή κεραία για κλωστοϋφαντουργικό σύστημα εκπομπής

Ένα σχετικά νέο πρότυπο ραδιοσυχνότητας επιτρέπει στον ηλεκτρονικό εξοπλισμό να σχηματίζει δίκτυο ασύρματης αυτόματης επικοινωνίας. Το Bluetooth [HBW'00, SKS'01] είναι μια τεχνολογία ασύρματης εκπομπής και λήψης δεδομένων. Αναπτύχθηκε για να αντικαταστήσει τα καλώδια σύνδεσης μεταξύ όλων των ειδών συσκευών, που βρίσκονται σε κοντινές αποστάσεις, μέχρι και δέκα μέτρων. Αυτές οι συσκευές μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές ομάδες, στις συσκευές που βρίσκονται συνδεδεμένες σε ενσύρματο δίκτυο και έχουν σταθερή τροφοδότηση ενέργειας και στις κινητές συσκευές που τροφοδοτούνται από μπαταρία. Ειδικά για τη δεύτερη περίπτωση, έχει το πλεονέκτημα ότι κρατάει την ενέργεια της εκπομπής σε χαμηλό επίπεδο, εξοικονομώντας ενέργεια για τη μπαταρία. Εκτός από τα θετικά στοιχεία όμως υπάρχουν και κάποιοι περιορισμοί. Βασικό περιορισμό αποτελεί ότι σε μια μονάδα (pico cell) μπορούν να συνδεθούν μέχρι οχτώ συσκευές, όπου μία είναι κύρια και οι υπόλοιπες επτά είναι εξαρτημένες από αυτήν. Στο μέλλον βέβαια αυτό το πρόβλημα θα αντιμετωπιστεί. Ένας ακόμη περιορισμός σχετίζεται με τη «ζωή» της μπαταρίας των φορητών συσκευών. Αν η διάρκεια της μπαταρίας είναι μικρή, οι χρήστες δε νιώθουν άνετα να χρησιμοποιούν τη συσκευή. Τέλος, η τεχνολογία Bluetooth, έχει προξενήσει κάποια ανησυχία γύρω από θέματα ασφάλειας της υγείας, γιατί τα πεδία ραδιοσυχνότητας (RF LAN) που χρησιμοποιεί, εκπέμπουν προς όλες τις κατευθύνσεις, κατά συνέπεια και μέσω του σώματος.

Διαδεδομένες ασύρματες συσκευές, όπως κινητά τηλέφωνα, χρησιμοποιούν τοπικά δίκτυα ραδιοσυχνότητας (RF LAN's). Τα δίκτυα PAN's (Personal Area Networks), παρέχουν μια εναλλακτική, για την ανταλλαγή ψηφιακών πληροφοριών, ενέργειας και σημάτων ελέγχου μέσα στον προσωπικό χώρο του χρήστη. Τα PAN's λειτουργούν με τη χρήση της φυσικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του ανθρώπινου σώματος. Η ποσότητα του ρεύματος που περνά το σώμα είναι απίστευτα μικρή, περίπου 1 nanoamp, δηλαδή 1000 φορές μικρότερη από το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργεί μια χτένα όταν περνάει μέσα από τα μαλλιά. Επιπλέον, τα δεδομένα μεταδίδονται με μεγάλες ταχύτητες, της τάξης των 400.000 bits το δευτερόλεπτο. Το δίκτυο BAN (Body Area Network) μπορεί να επιτρέψει την επικοινωνία μεταξύ των ενσωματωμένων στα ενδύματα συσκευών. Εναλλακτικές λύσεις διερευνώνται, όπως το FAN (Fabric Area Network), για τον περιορισμό των πεδίων ραδιοσυχνότητας στην επιφάνεια του υφάσματος, εξαλείφοντας την εκπομπή μέσα από το σώμα.

Το FAN [H'01] αποτελεί μια νέα υποδομή στις ασύρματες επικοινωνίες, που μπορεί να επιτρέψει την πανταχού παρούσα δικτύωση (ubiquitous networking) των έξυπνων ενδυμάτων. Τμήματα των ενδυμάτων και των αξεσουάρ μπορούν να επικοινωνήσουν ασύρματα μεταξύ τους, με στόχο τη διαμόρφωση ενός δικτύου που θα εξυπηρετεί το χρήστη, ενώ αυτός βρίσκεται «εν κινήσει». Ο σημαντικότερος παράγοντας είναι ότι η ισχύς των επαγωγικών πεδίων ραδιοσυχνότητας, τα οποία χρησιμοποιούνται, εξασθενεί ανάλογα με τον κύβο της απόστασης. Επομένως, η ακτίνα των πεδίων μπορεί να περιοριστεί στην επιφάνεια του ιματισμού και να μη φτάσει στο σώμα. Τα πλεονεκτήματα είναι ότι η τεχνολογία του FAN είναι ασφαλής από την άποψη εκπομπής ακτινοβολίας, έχει χαμηλές απαιτήσεις σε ενέργεια, μικρό κόστος και εύκολη συντήρηση. Επιπλέον, εξαιτίας του περιορισμού του εύρους των ραδιοσυχνοτήτων επικοινωνίας στην επιφάνεια του υφάσματος, μπορεί να ελεγχθεί εύκολα η ασφάλεια των δεδομένων.

Στο πρωτότυπο έξυπνου ενδύματος για το αρκτικό περιβάλλον [RIKMRTV'02] είναι δυνατή η χρήση της τεχνολογίας κωδικοποίησης δεδομένων SMS (Short Message Service) του τηλεπικοινωνιακού δικτύου GSM (Global System for Mobile). Η μονάδα του συστήματος GSM που χρησιμοποιείται είναι η *Siemens MT02*. Το GSM modem περιλαμβάνει διεπαφές για την παροχή τάσης, μια κεραία, ένα σειριακό καλώδιο επικοινωνίας και μια κάρτα SIM (Subscriber Identity Module). Τα μηνύματα έκτακτης ανάγκης περιέχουν τις γεωγραφικές συντεταγμένες του χρήστη, οι οποίες αποκτώνται με τη χρήση της τεχνολογίας εύρεσης τοποθεσίας GPS (Global Positioning System). Για το GPS μια κεραία τοποθετείται στον ώμο της στολής, εξασφαλίζοντας ότι το σήμα του δορυφόρου μπορεί να φτάσει στην κεραία για περισσότερη ώρα σε σχέση με κάποιο άλλο σημείο του σώματος, διευκολύνοντας θέματα εντοπισμού θέσης και πλοήγησης.

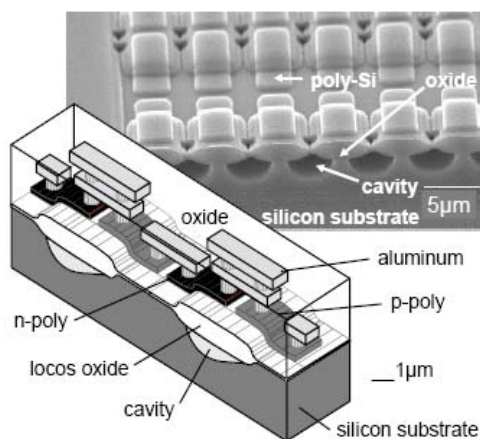
4.3.6 Ενέργεια / Πηγές ενέργειας

Για τα έξυπνα ενδύματα, εκτός από κάποια ικανότητα αποθήκευσης δεδομένων, απαιτείται οπωσδήποτε η ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας. Όλα τα ενσωματωμένα συστήματα, δηλαδή τα συστήματα των αισθητήρων, των ενεργοποιητών, της επεξεργασίας πληροφοριών και της επικοινωνίας χρειάζονται ενέργεια, κυρίως ηλεκτρική. Η διαχείριση της ενέργειας θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να συνδυάζει αποτελεσματικά τον ανεφοδιασμό και την ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας. Η τροφοδότηση της ενέργειας είναι το βαρύτερο κομμάτι και το μεγαλύτερο πρόβλημα. Δύο από τις πιο γνωστές προσεγγίσεις για την ανάπτυξη πηγών ενέργειας αποτελούν το πολυμερές μπαταρίας λιθίου (lithium polymer battery) και τα κύτταρα μικρο καυσίμων (micro fuel cells).

Τα μέσα αποθήκευσης της ενέργειας εδώ και χρόνια αποτελούν οι μπαταρίες, οι οποίες όσο πάει μειώνονται σε μέγεθος και βάρος. Είναι διαθέσιμες ακόμα και σε εύκαμπτες μορφές, αν και σε αυτή την περίπτωση είναι λιγότερο αποδοτικές. Οι περισσότερες μπαταρίες, που έχουν χρησιμοποιηθεί στις πρώτες εφαρμογές έξυπνων ενδυμάτων που κατασκευάστηκαν, είναι λιθίου (lithium-ion). Το βάρος τους είναι μικρό και η ικανότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας είναι αποτελεσματική για χρόνο λειτουργίας αρκετών ωρών. Άλλωστε, οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου προτιμώνται για τις φορητές συσκευές (π.χ. κινητά τηλέφωνα) που κυκλοφορούν στο εμπόριο.

Σε ένα ένδυμα μπορούν να υπάρξουν διάφορες εναλλακτικές λύσεις για τον ανεφοδιασμό ενέργειας. Με τους κατάλληλους τρόπους, είναι πιθανό να γίνει εκμετάλλευση της θερμότητας που παράγεται από το σώμα, της κινητικής ενέργειας που παράγεται από το περπάτημα ή και γενικά από την κίνηση του σώματος, για τη μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια, την οποία χρειάζονται τα ενσωματωμένα συστήματα για τη λειτουργία τους. Για παράδειγμα, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντος μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια, μέσω θερμογεννητριών (thermogenerators).

Ένας αριθμός συσκευών από αυτές που ενσωματώνονται στα ενδύματα, όπως π.χ. οι αισθητήρες για ιατρικές εφαρμογές, καταναλώνουν μικρή ποσότητα ενέργειας. Όπως προαναφέρθηκε, το ανθρώπινο σώμα μπορεί να παράγει κάποια watt ενέργειας. Μικρογραφημένες θερμοηλεκτρικές γεννήτριες (miniaturized thermoelectric generators) μπορούν να εκμεταλλευτούν μέρος αυτής ενέργειας και να τη μετατρέψουν σε ηλεκτρική. Αυτές οι γεννήτριες αποτελούνται από μεγάλο αριθμό θερμοζευγών (thermocouples), συνδεδεμένων σε σειρά και τοποθετημένων, έτσι ώστε να γίνεται η καλύτερη δυνατή χρήση της δοσμένης περιοχής. Αποτελούνται από ράβδους από διαφορετικά υλικά, ενωμένους στη μία άκρη. Λόγω του φαινομένου Seebeck, η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα άκρα παράγει τάση και ηλεκτρικό ρεύμα όταν συνδεθούν σε ένα φορτίο. Οι περισσότερες διαθέσιμες θερμογεννήτριες πραγματοποιούνται με τη χρήση σύνθετων ημιαγωγών (compound semiconductors). Παρόλα αυτά, η παραγωγή τους είναι δύσκολη, δεν είναι συμβατές με τις συνήθεις διαδικασίες κατασκευής τσιπ πυριτίου και μη ανακυκλώσιμες. Αυτό τις καθιστά ακατάλληλες για χαμηλού κόστους εφαρμογές. Το πυρίτιο εμφανίζεται ως η καλύτερη λύση. Στο **Εικόνα 4.7** φαίνεται μια τομή της τεχνολογίας αυτής κατασκευασμένη από την Infineon [JLSW'03, WGJLSS'03, BH'02].



Εικόνα 4.7 Τσιπ θερμοηλεκτρικής γεννήτριας με βάση το πυρίτιο

Για μερικές εφαρμογές όπου παρουσιάζονται μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας, μπορεί να φανεί χρήσιμη η αποθήκευση της θερμικής ενέργειας. Τα υλικά αλλαγής φάσης (phase change materials ή PCMs) έχουν την ικανότητα αυτής της αποθήκευσης και γι' αυτό το λόγο έχουν αρχίσει να εισάγονται στην κλωστοϋφαντουργική βιομηχανία.

Η χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας ως πηγής ενέργειας είναι άλλη μια περίπτωση υπό εξέταση. Το φόρεμα *Day-for-Night* είναι μια πειραματική εφαρμογή, από αυτές που αναφέρθηκαν, που χρησιμοποιεί το ηλιακό φως σαν μέσο ανεφοδιασμού ενέργειας. Επίσης, στο Πανεπιστήμιο της California, αναπτύχθηκε το *Berkley*, ένα εύκαμπτο ηλιακό κύτταρο, που μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε επιφάνεια.

4.3.7 Αλληλεπίδραση και διεπαφές

Αν και οι άνθρωποι γίνονται όλο και λιγότερο μέρος της λειτουργικής τεχνολογίας και ο ρόλος της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης, κατά μια έννοια, ελαττώνεται, εξακολουθεί να εμφανίζεται η ανάγκη για την παρουσία κάποιων στοιχείων. Πρόσθετα στοιχεία στον έξυπνο ιματισμό αποτελούν οι συσκευές εισαγωγής δεδομένων, οι συσκευές εξόδου των αποτελεσμάτων και οι συσκευές ελέγχου του εξοπλισμού από το χρήστη. Οι συσκευές εισαγωγής δεδομένων μπορεί να είναι πληκτρολόγια, ποντίκια (**Εικόνα 68**), λειτουργικά κουμπιά, συστήματα αναγνώρισης της γραφής με το χέρι και συστήματα αναγνώρισης της ομιλίας. Οι τεχνολογίες εξόδου περιλαμβάνουν οθόνες καθοδικών σωλήνων (CRT's), οθόνες υγρών κρυστάλλων (LCD's), οθόνες LEDs. Οι προαναφερθείσες τεχνολογίες, έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές εκτός των ενδυμάτων και αναζητούνται οι πιο αποτελεσματικοί τρόποι προσαρμογής τους στα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.



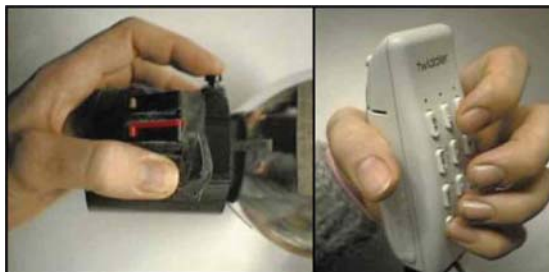
Εικόνα 4.8 Το σύστημα αναπαραγωγής MP3 που βρίσκεται ενσωματωμένο στο μπουφάν ελέγχεται με την ομιλία

Ένα είδος υφασμάτινου ηλεκτρολογίου, το οποίο φαίνεται στην **Εικόνα 4.9**, χρησιμοποιεί κομμάτια αγωγίμου και μη αγωγίμου υφάσματος ραμμένα μεταξύ τους έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια δομή με κατευθύνσεις σειρών και στηλών. Οι αγωγίμες στήλες απομονώνονται από τις αγωγίμες σειρές με ένα μαλακό χοντρό ύφασμα, όπως βελούδο. Τρύπες στο μονωτικό στρώμα υφάσματος επιτρέπουν στους αγωγούς των σειρών και των στηλών να έρχονται σε επαφή όταν πιέζονται οι «διακόπτες» (gripper snaps). Ο κάθε διακόπτης είναι συγκολλημένος με ένα καλώδιο που οδηγεί στο κύκλωμα κωδικοποίησης του ηλεκτρολογίου. Το ηλεκτρολόγιο αυτό είναι ανθεκτικό και μπορεί ακόμα και να πλυθεί [PO'97b].



Εικόνα 4.9 Το υφασμάτινο ηλεκτρολόγιο αποτελείται από κομμάτια αγωγίμου και μη αγωγίμου υφάσματος ραμμένα μεταξύ τους

Η δυνατότητα πραγματοποίησης αισθητήριων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, μέσω της επικάλυψης παραδοσιακών υφασμάτων με έξυπνα υλικά, όπως τα αγωγίμα πολυμερή, ανοίγει ένα νέο δρόμο στην υλοποίηση νέας τεχνολογίας για τις διεπαφές ανθρώπου-μηχανής (man-machine interfaces). Οι «διεπαφές» [BJ'01] επιτρέπουν την αλληλεπίδραση του χρήστη με τα ηλεκτρονικά στοιχεία των έξυπνων ενδυμάτων του ή με τα εξωτερικά δίκτυα και θερματικά. Μπορεί να ελέγχονται μέσω ήχου, χειρονομιών ή θερμοκρασίας. Στοιχεία κατάλληλα για διεπαφές αποτελούν τα μικρόφωνα, τα ακουστικά, ηλεκτρολόγια κατασκευασμένα από κλωστοϋφαντουργικά υλικά, εύκαμπτες οθόνες και πιο σύνθετες συσκευές, που βρίσκονται υπό διερεύνηση και διαφοροποιούνται ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής.



Εικόνα 4.10 α, β Πρωτότυπο με μικροδιακόπτες, κατασκευασμένο από τον Steve Mann για τον έλεγχο με το ένα χέρι, του υπολογιστή και της κάμερας που βρίσκονται ενσωματωμένα στα ενδύματά του, και συνδυασμός ποντικιού - ηλεκτρολογίου κατασκευασμένου από την Handykey Corporation

Ένα παράδειγμα διεπαφής χρήστη βρίσκεται στο πρωτότυπο έξυπνου ενδύματος για το αρκτικό περιβάλλον. Το σύστημα διαθέτει μια διεπαφή χρήση (UI), για τον έλεγχο των ηλεκτρονικών λειτουργιών. Η διεπαφή, η οποία φαίνεται στην **Εικόνα 4.11**, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποστολή μηνυμάτων έκτακτης ανάγκης, για την πλοήγηση με τη βοήθεια του GPS και της ενσωματωμένης πυξίδας και εξαιτίας των απαιτήσεων των συνθηκών κάτω από τις οποίες θα χρησιμοποιείται, είναι κατασκευασμένη να αντέχει σε χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή υγρασία. Επίσης, είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε για τη λειτουργία της να χρειάζεται μόνο ένα χέρι και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε από δεξιόχειρες, είτε από αριστερόχειρες, με χοντρά γάντια, σε οποιαδήποτε στάση σώματος. Η επίδειξη των στοιχείων γίνεται σε μια οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD) με ενσωματωμένο φως από LED στο βάθος. Η διεπαφή, όπως και τα άλλα στοιχεία του έξυπνου ενδύματος, αξιολογήθηκε σε πειράματα.



Εικόνα 4.11 Η διεπαφή χρήστη της στολής για επιβίωση στο αρκτικό περιβάλλον

Τα πρόσφατα τεχνολογικά επιτεύγματα έχουν επιτρέψει τη δημιουργία νέας γενιάς καμερών [WOL'02]. Ενώ οι ψηφιακές κάμερες συλλαμβάνουν εικόνες, οι έξυπνες κάμερες συλλαμβάνουν περιγραφές υψηλού επιπέδου της σκηνής και αναλύουν αυτό που βλέπουν. Η επεξεργασία του βίντεο απαιτείται να γίνεται σε πραγματικό χρόνο, με χαμηλό κόστος και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Τέτοιου είδους κάμερες μπορούν να υποστηρίξουν μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων της παρακολούθησης, της ανάλυσης της κίνησης και της αναγνώρισης προσώπων. Σίγουρα μπορούν να εξυπηρετήσουν και σε περιπτώσεις εφαρμογών έξυπνων ενδυμάτων.

Ολοκληρώνοντας, όσον αφορά τους αισθητήρες, τους ενεργοποιητές και τις λοιπές συσκευές και συστήματα, η αξιοπιστία, η σταθερότητα και η ανθεκτικότητα αποτελούν βασικά θέματα σε σχέση με την υλοποίηση. Θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη από τους κατασκευαστές, το περιβάλλον, οι συνθήκες λειτουργίας και η ευκολία συντήρησης, καθώς οι χρήστες δεν είναι ειδικοί, ούτε υποχρεωτικά ενημερωμένοι για τους τεχνικούς περιορισμούς της χρήσης.

4.4 Τεχνικές ενσωμάτωσης στοιχείων

Η πρώτη γενιά των έξυπνων ενδυμάτων χρησιμοποιεί συμβατικά υλικά και συστατικά και προσπαθεί να προσαρμόσει το σχέδιο των υφασμάτων έτσι ώστε να ταιριάζει με τα εξωτερικά στοιχεία. Τα ηλεκτρονικά στοιχεία προστίθενται στο ύφασμα. Ένα πρώτο επιτυχημένο βήμα ήταν αποτέλεσμα της συνεργασίας της Levi's και της Philips. Το *ICD + line*, στη δεκαετία του '90 ήταν το πρώτο πανωφόρι του οποίου η γραμμή προσαρμόστηκε έτσι ώστε να υπάρχουν σ' αυτό ένα μικρόφωνο, ένα ακουστικό, ένα τηλεχειριστήριο, ένα κινητό τηλέφωνο και ένα MP3 player. Το σύστημα με τα καλώδια έπρεπε να αφαιρεθεί προσεκτικά πριν μπει το πανωφόρι στο πλυντήριο. Ο περιορισμός αυτός για τη συντήρηση προκάλεσε την ανάγκη για περαιτέρω εξέλιξη.

Το πιο προφανές επόμενο βήμα ήταν η ενσωμάτωση των καλωδίων σύνδεσης από τα διάφορα στοιχεία μέσα στο ύφασμα. Έτσι αναπτύχθηκε και το πρώτο μικροσκοπικό MP3 player που ενσωματώθηκε σε ένδυμα. Η ολοκληρωμένη ιδέα αποτελείται από ένα κεντρικό μικροσίπ, ένα ακουστικό, μια μπαταρία, μια κάρτα για το κατέβασμα της μουσικής και υπερσύνδεση όλων αυτών των συστατικών/ στοιχείων μέσω μάλλινων αγώγιμων ινών. Μια καλή και αδιάβροχη συσκευασία προστατεύει τα διάφορα στοιχεία κατά τη διαδικασία του πλυσίματος.

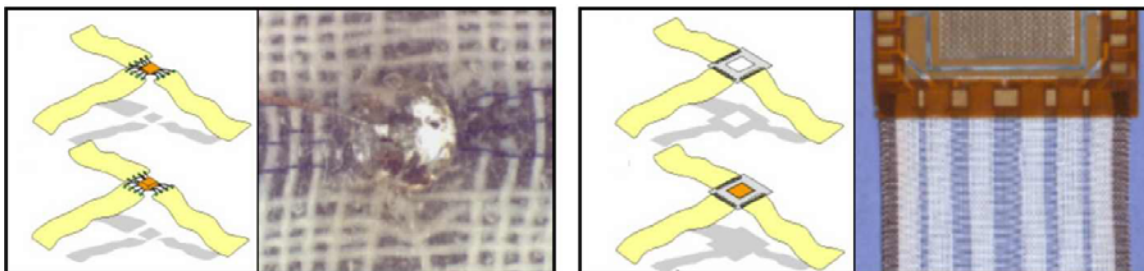
Βέβαια όσο καλά και να ενοποιούνται τα λειτουργικά συστατικά που δεν αποτελούν στοιχεία των ινών του υφάσματος, τόσο η συντήρηση, όσο και η διάρκεια, συνεχίζουν να είναι σημαντικά προβλήματα. Στη δεύτερη γενιά, ο στόχος είναι τα ίδια τα συστατικά να μεταμορφωθούν σε πλήρως κλωστοϋφαντουργικά υλικά. Κάτι τέτοιο όμως απαιτεί πολλές έρευνες και πειράματα πριν μπορέσει να υλοποιηθεί στην πράξη.

Ενώ μερικά στοιχεία, όπως οι αντιστάσεις, οι πυκνωτές και τα πηνία, μπορούν να δημιουργηθούν από ύφασμα, εξακολουθεί να υπάρχει η ανάγκη για σύνδεση και άλλων συστατικών, κυρίως ηλεκτρονικών. Ένας τρόπος είναι η απευθείας συγκόλληση επάνω στο μεταλλικό νήμα. Μετά την επισύναψη των στοιχείων, μηχανική ενίσχυση των συνδέσεων στο μεταλλικό νήμα μπορεί να επιτευχθεί μέσω ακρυλικής ή άλλης εύκαμπτης επικάλυψης. Επίσης, οι διακόπτες «με κλικ» (grippe snaps) αποτελούν άριστους συνδετήρες μεταξύ του υφάσματος και των ηλεκτρονικών στοιχείων. Δεδομένου ότι ο διακόπτης διαπερνά το νήμα, δημιουργεί μια εκπληκτικά γερή ηλεκτρική επαφή. Παρέχει επιπλέον μια καλή επιφάνεια για συγκόλληση. Με αυτόν τον τρόπο τα υποσυστήματα μπορούν να συνδεθούν, όσο και να αφαιρεθούν εύκολα από τον ιματισμό.

Ειδικότερα, η συγκόλληση (soldering), το δέσιμο (bonding), η στερέωση (stapling), και η ένωση (joining) είναι μερικές από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη της ενσωμάτωσης των ηλεκτρονικών στοιχείων και της πηγής ενέργειας. Με τη συγκόλληση (soldering) γίνεται στήριξη των στοιχείων απευθείας επάνω στην επιφάνεια του υφάσματος. Με τη συγκόλληση επιτυγχάνονται καλές ηλεκτρικές επαφές, αλλά η απώλεια της ευκαμψίας που προκαλείται στο ύφασμα και η τοξικότητα των συγκολλημένων συστατικών τα καθιστά ακατάλληλα για εφαρμογές που έρχονται σε άμεση επαφή με το σώμα του χρήστη. Το δέσιμο (bonding) περιλαμβάνει τη χρήση υψηλά αγώγιμων, ανθεκτικών και μη τοξικών συγκολλητικών για την εμπέδωση ακόμα και άκαμπτων στοιχείων επάνω σε ευέλικτα κλωστοϋφαντουργικά υποστρώματα. Η στερέωση (stapling) των στοιχείων σε ραμμένα αγώγιμα κυκλώματα δημιουργεί ηλεκτρονικά κλωστοϋφαντουργικά κυκλώματα, τα οποία όμως με τις κάμψεις κατά τη χρήση, επιταχύνουν τη φθορά του υφάσματος. Τέλος, στην ένωση (joining) τα ηλεκτρονικά στοιχεία βρίσκονται σε πλαίσια από νήματα τα οποία επισυνάπτονται σε ραμμένα αγώγιμα κυκλώματα, περιορίζοντας τα στοιχεία σε συγκεκριμένες θέσεις [MM'02].

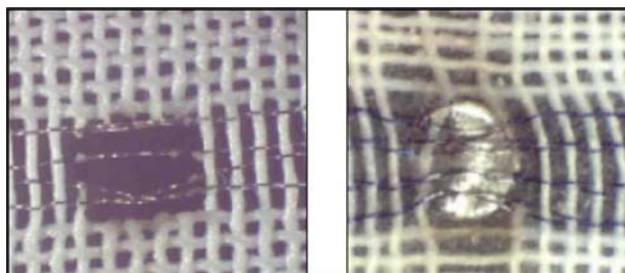
Οι πρόσφατες εξελίξεις στη μικροηλεκτρονική, επιτρέπουν την κατασκευή ολοκληρωμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων με πλήθος ενσωματωμένων στοιχείων ανά τετραγωνικό χιλιοστό. Οι διαστάσεις αυτών των συσκευών βρίσκονται σε πολύ μικρότερη κλίμακα σε σχέση με τις τυπικές διαστάσεις των τεχνολογιών των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων, οπότε απαιτούνται καινοτόμες τεχνικές για τις διασυνδέσεις των ηλεκτρονικών. Το κενό που δημιουργείται εξαιτίας των διαστάσεων μπορεί να υπερνικηθεί με δυο μεθόδους που περιγράφονται στη συνέχεια. Για λόγους δοκιμής, χρησιμοποιήθηκε ένα στενό ύφασμα πολυεστέρα με αρκετές ομάδες παράλληλων αγώγιμων νημάτων στημονιού. Στην πρώτη

προσέγγιση (**Εικόνα 4.12 α**), οι άκρες του αγώγιμου υφάσματος προετοιμάζονται με τη συγκόλληση μικροσκοπικών μεταλλικών πλακών επαφής (contact plates). Έπειτα, η ενότητα συνδέεται με μονωμένα συνδετικά καλώδια και στο τελευταίο βήμα οι πλάκες επαφής και τα καλώδια καλύπτονται από ένα ευέλικτο και μονωτικό στρώμα για μηχανική προστασία. Στη δεύτερη προσέγγιση (**Εικόνα 4.12 β**), χρησιμοποιείται ένας λεπτός ευέλικτος πίνακας κυκλωμάτων με δομημένα ηλεκτρόδια, ο οποίος στερεώνεται με συγκόλληση στην κλωστοϋφαντουργική δομή [JLW'02].



Εικόνα 4.12 α, β Οι δύο προσεγγίσεις για τη διασύνδεση: η μονάδα συνδέεται με καλώδια στο στενό ύφασμα πολυεστέρα, ή εναλλακτικά, με ένα λεπτό ευέλικτο πλαστικό έλασμα με σχεδιασμένες διασυνδέσεις

Για τα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν καλώδια χαλκού επικαλυμμένα με άργυρο και πολυεστέρα. Στην **Εικόνα 4.13** φαίνονται κάποιες μικροφωτογραφίες των διασυνδεδμένων περιοχών. Η ηλεκτρική απομόνωση των καλωδίων αφαιρείται με επεξεργασία λέιζερ (**Εικόνα 4.13 α**). Οι σπές που δημιουργούνται στο ύφασμα γεμίζονται στη συνέχεια με μεταλλικές πλάκες του ίδιου μεγέθους και συνδέουν τα υφασμένα καλώδια με συγκόλληση. Μηχανική σύνδεση μεταξύ του μετάλλου και του υφάσματος επιτυγχάνεται με λιώσιμο και επαναστερεοποίηση των συνθετικών ινών πολυεστέρα κατά τη διάρκεια ενός σύντομου βήματος συγκόλλησης σε υψηλή θερμοκρασία. Η επιφάνεια επαφής μπορεί να απομονωθεί ξανά με την κάλυψη ενός στρώματος λιωμένου συγκολλητικού (**Εικόνα 4.13 β**) [JLW'02].



Εικόνα 4.13 α, β Μικροφωτογραφίες των πειραμάτων διασύνδεσης: η επικάλυψη των καλωδίων (μπλε) αφαιρείται με επεξεργασία λέιζερ και έπειτα τα υφασμένα καλώδια υπόκεινται σε συγκόλληση με ένα μικρό μεταλλικό έλασμα

Η απόδοση ιδιοτήτων πιεζοαντίστασης στα ενδύματα μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους. Η πρώτη προσέγγιση περιλαμβάνει την επικάλυψη συμβατικών υφασμάτων, όπως cotton-lycra, με ένα λεπτό στρώμα polypyrrole (PPy), ενός αγώγιμου πολυμερούς που συνδυάζει καλές ιδιότητες ελαστικότητας με μηχανικές και θερμικές μετατροπές και λειτουργεί σαν αισθητήρας πίεσης. Μια άλλη τεχνική βασίζεται στην επικάλυψη των νημάτων ή υφασμάτων με ένα μείγμα ελαστικού υλικού (rubber) και άνθρακα. Η διαδικασία επεξεργασίας πραγματοποιείται με την εμβύθιση του υφάσματος σε ένα διάλυμα ελαστικού υλικού και μικροδιασκορπισμένων φάσεων άνθρακα και με την ακινητοποίηση των αγώγιμων στοιχείων στη δομή μέσω θέρμανσης, στη θερμοκρασία των 130 °C. Οι μηχανικές ιδιότητες των τελικών προϊόντων επηρεάζονται από την ταχύτητα της διαδικασίας επικάλυψης, το συντελεστή ιξώδους του διαλύματος και την αμοιβαία διαπερατότητα των υλικών. Οι αισθητήρες που βασίζονται σε carbon loaded rubbers (CLR) λειτουργούν σαν αισθητήρες πίεσης [DCLPST'05].

4.5 Συμπεράσματα ενότητας

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν τα υλικά και οι τεχνολογίες για τη δημιουργία έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Συγκεκριμένα αναφέρθηκαν τεχνολογίες για τη δημιουργία αγώγιμων υφασμάτων, δηλαδή ότι ηλεκτρικά αγώγιμες ίνες μπορούν να κατασκευαστούν από το γέμισμα συνθετικών ινών με στοιχεία άνθρακα ή μετάλλων, με την επικάλυψη των ινών με αγώγιμα πολυμερή ή μέταλλα, ή με τη χρήση ινών που είναι αποκλειστικά φτιαγμένες από αγώγιμα υλικά. Αυτές οι ίνες στη συνέχεια μπορούν να υφανθούν να πλεχτούν ή να κεντηθούν σε υφάσματα. Αναφέρθηκαν τα υλικά αλλαγής φάσης, τα υλικά μνήμης σχήματος και τα χρωμικά υλικά, τα οποία ήδη αποτελούν κλειδιά για τη δημιουργία διαφόρων έξυπνων εφαρμογών. Τα υλικά θα πρέπει να επιλέγονται με βάση τη μέγιστη άνεση και τη συμμόρφωση προς το περιβάλλον και τις συνθήκες χρήσης της εκάστοτε εφαρμογής.

Έπειτα, παρουσιάστηκαν τα συστατικά, οι συσκευές και τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία αισθητήρων, ενεργοποιητών, επεξεργαστών, μέσων αποθήκευσης, επικοινωνίας, αλληλεπίδρασης και ενέργειας. Σε γενικές γραμμές, στις περισσότερες εφαρμογές, η ενότητα που περιέχουν τα έξυπνα ενδύματα είναι στην ουσία ένα απλό μικρογραφημένο ηλεκτρονικό σύστημα, καθώς συνήθως περιέχει αισθητήρες, ενεργοποιητές, μέσα επεξεργασίας, μέσα αποθήκευσης, πληκτρολόγιο, οθόνη, ακουστικό, μικρόφωνο και μπαταρία. Η λειτουργία του καθορίζεται από λογισμικό. Οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση βιομετρικών ή περιβαλλοντολογικών δεδομένων ή να λειτουργήσουν ως διεπαφή για την εισαγωγή πληροφοριών. Οι ενεργοποιητές μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα με την κατάσταση, επηρεάζοντας το ανθρώπινο σώμα ή να εξυπηρετήσουν σαν μέσο προβολής αποτελεσμάτων. Εξετάστηκαν τα μέσα αποθήκευσης δεδομένων ή ενέργειας, καθώς και οι τρόποι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενδοεπικοινωνία των συστημάτων και τη σύνδεσή τους με εξωτερικά συστήματα.

Τέλος, αναφέρθηκαν οι τεχνικές ενσωμάτωσης στοιχείων στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και τα ενδύματα. Κατά την ενσωμάτωση συστημάτων στα υφάσματα και τα ενδύματα απαιτείται ειδική φροντίδα στο σχεδιασμό τους. Η κάθε εφαρμογή απαιτεί ξεχωριστή μελέτη ανάλογα με τις ανάγκες που προορίζεται να καλύψει. Η επιτυχής υλοποίηση και η βέλτιστη λειτουργία της εξαρτάται άμεσα από τις τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν για την ενοποίηση των στοιχείων που την αποτελούν.

Κλείνοντας, οι ερευνητές θα πρέπει να συνεχίσουν την προσπάθεια να υπερνικήσουν τις προκλήσεις στα τεχνολογικά θέματα. Η λειτουργία που καλούνται να διαδραματίσουν τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ενδύματα αποτελεί την κινητήρια δύναμη της αξιοποίησής τους στην παροχή επαναστατικών λύσεων κάλυψης πολύτιμων ανθρωπίνων αναγκών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

Ανοιχτά Προβλήματα

5.1 Διαχωρισμός Προβλημάτων

Οι τομείς τους οποίους αφορούν τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ενδύματα είναι πολλοί. Η χρηματοδότηση για έρευνες γύρω από την ανάπτυξη έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και σχετικών εφαρμογών προέρχεται από γνωστές εταιρείες, βιομηχανίες, ακόμα και από κυβερνήσεις. Η παρακολούθηση της υγείας, η προσφορά βοήθειας σε εξειδικευμένες ομάδες ατόμων, η επικοινωνία και η διασκέδαση είναι μερικά μόνο από τα θέματα που πρόκειται να αντιμετωπίσουν οι έξυπνες τεχνολογίες στο μέλλον, με διαφορετικούς τρόπους από αυτούς που έχουμε συνηθίσει έως σήμερα. Σε κάθε καινοτομία όμως, δε λείπουν και τα προβλήματα.

Σε κάθε νέο τομέα, τα πρώτα πρωτότυπα που αναπτύσσονται στα στάδια των πειραμάτων, συνήθως επιδέχονται πολλές βελτιώσεις. Για να θεωρηθεί μια εφαρμογή επιτυχημένη, θα πρέπει να ικανοποιούνται οι στόχοι οι οποίοι είχαν τεθεί κατά το σχεδιασμό της. Μετά την υλοποίησή της θα πρέπει να διεξάγονται κάποια τεστ για την αξιολόγησή της και να ακολουθούν συμπεράσματα για το αν και πόσο εξυπηρετεί τις ανάγκες τις οποίες είχε προοριστεί να καλύψει. Θα πρέπει να σημειώνονται τα προβλήματα και στη συνέχεια να γίνονται οι απαραίτητες διορθώσεις. Τα πιθανά προβλήματα μπορούν να διαχωριστούν σε κάποιες κατηγορίες.

Μια σημαντική κατηγορία προβλημάτων σχετίζεται με κατασκευαστικά θέματα. Τα υλικά και οι συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν, καθώς επίσης και ο τρόπος με τον οποίο θα ενσωματωθούν τα επιπρόσθετα στοιχεία στον ιματισμό είναι θέματα που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή και μπορεί να παρουσιάσουν επιπλοκές. Μια εξίσου βασική κατηγορία προβλημάτων σχετίζεται με την προσαρμογή σε κάθε χρήστη και με τα γενικότερα κοινωνικά δεδομένα. Στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού αναπτύσσονται οι δύο αυτές κατηγορίες προβλημάτων με τις υποκατηγορίες τους, ενώ παράλληλα προτείνονται πιθανές λύσεις.

5.2 Θέματα προσαρμογής και κοινωνικής αποδοχής

Η προσαρμογή των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων είναι ένα πολύ βασικό ζήτημα. Ο απώτερος στόχος της εκάστοτε εφαρμογής είναι να καλύπτονται οι αρχικές της αξιώσεις. Για αυτό και ο σχεδιασμός της θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή. Το εύρος των πιθανών χρηστών με τα διαφορετικά χαρακτηριστικά και τις διαφορετικές απαιτήσεις αποτελεί ένα ζήτημα που δυσκολεύει την κατάσταση. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να πληρούνται κάποιες βασικές προϋποθέσεις που να ικανοποιούν, εφόσον δεν είναι δυνατόν το σύνολο, έστω τη συντριπτική πλειοψηφία των χρηστών. Η κοινωνική αποδοχή επομένως εξαρτάται από παράγοντες, όπως η εργονομία, η διακριτικότητα, η ευκολία εκμάθησης, η ευχρηστία, η ασφάλεια και η προστασία των προσωπικών δεδομένων, αλλά σίγουρα και από τον τρόπο πρόωθησης στην αγορά.

5.2.1 Σχεδιασμός και πρόωθηση

Αν και κάποιες εφαρμογές έξυπνου ιματισμού αποδείχθηκαν υλοποιήσιμες και σε επίπεδο παραγωγής και βρίσκονται ήδη διαθέσιμες στο εμπόριο, όπως το *ICD+ Jacket* της Levi, το *MD Jacket* της Burton Snowboards και τα έξυπνα ενδύματα της Reima, τα προϊόντα αυτά προσφέρονται σε περιορισμένες ποσότητες και σε συγκεκριμένες αγορές. Αυτό οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι, προς το παρόν, η έρευνα και η ανάπτυξη έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων επικεντρώνεται σε τομείς όπως της υγείας, του αθλητισμού, της διασκέδασης και της επικοινωνίας. Ειδικά τα προϊόντα επικοινωνίας και διασκέδασης είναι πολύ περισσότερα από όλα τα άλλα. Ο απώτερος στόχος όμως είναι η δημιουργία φορέσιμων συστημάτων που να εμπλουτίζουν γενικά τις καθημερινές δραστηριότητες.

Το εύρος του απευθυνόμενου κοινού (target groups) θα πρέπει να διευρυνθεί και για να καλύψει το κόστος ανάπτυξης του τομέα έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων. Οι εφαρμογές θα πρέπει να γίνουν περισσότερο εμπορικές για να εξαλειφθεί η διαφορά μεταξύ των επενδύσεων και των ωφελειών. Έρευνες αποκαλύπτουν ότι ακόμα δεν έχει αναπτυχθεί ο στρατηγικός σχεδιασμός που θα βοηθήσει στον καθορισμό των πραγματικών πλεονεκτημάτων και αξιών και θα οδηγήσει σε καλύτερα αποτελέσματα. Η στρατηγική σκέψη (strategic thinking), οι προστιθέμενες αξίες και τα οφέλη από τη συγχώνευση ηλεκτρονικών και ενδυμάτων παραμελούνται. Χωρίς την προστιθέμενη αξία είναι δύσκολος ο προσδιορισμός και η διαφοροποίηση των εφαρμογών από τη συμβατική ένδυση και τις υπάρχουσες ηλεκτρονικές συσκευές. Αυτό εξηγεί και το ότι οι τρέχουσες εφαρμογές αδυνατούν να ελκίσουν την πλειοψηφία του αγοραστικού κοινού [ΑΗ'03].

Κατά γενική ομολογία, τα έξυπνα ενδύματα θα πρέπει να περιλαμβάνουν ευφυείς λειτουργίες (intelligent functions) και σχεδιασμό που να ακολουθεί τη μόδα (fashionable design). Για το λόγο αυτό, οι εμπλεκόμενοι φορείς, όπως η κλωστοϋφαντουργική και η ηλεκτρονική βιομηχανία, θα πρέπει να συνεργαστούν και να συμβάλλουν ισότιμα στη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης νέων προϊόντων, που να ενοποιοούν την τεχνολογία και τη μόδα. Επιπλέον, απαιτείται μια νέα προσέγγιση μάρκετινγκ για το νέο τύπο επιχείρησης και το εύρος προϊόντων που προκύπτουν.

5.2.2 Εργονομία και διακριτικότητα

Ξεκινώντας την ανάλυση της εργονομίας, βασική προϋπόθεση των έξυπνων ενδυμάτων αποτελεί η φορητότητα (portability), η οποία σημαίνει σίγουρα κανονικό μέγεθος, μικρό βάρος και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Το μέγεθος εξαρτάται από τις επιπλέον συσκευές που δε θα πρέπει να εξέχουν, αλλά να συγχωνεύονται στα ενδύματα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι κεραίες, οι οποίες στις πρώτες εφαρμογές, εξείχαν κατά πολύ από τον ιματισμό. Οι κεραίες που είναι κατασκευασμένες από κλωστοϋφαντουργικά υλικά και αποτελούν τμήμα του ενδύματος είναι μια λύση σε αυτό το πρόβλημα. Επιπλέον, τα επιπρόσθετα στοιχεία και οι συσκευές δε θα πρέπει να παρεμποδίζουν τις κινήσεις του χρήστη, αλλά να επιτρέπουν οι κινήσεις να γίνονται με την ίδια ευκολία, όπως ακριβώς στα κοινά ενδύματα. Δε θα πρέπει σε καμία περίπτωση να θυσιάζεται η άνεση του χρήστη για χάρη των πρόσθετων χαρακτηριστικών.

Η εξατομίκευση των ενδυμάτων παίζει σημαντικό ρόλο και στα λειτουργικά ενδύματα και επηρεάζει την αποτελεσματικότητά τους. Για παράδειγμα, κάποιοι αισθητήρες, όπως αυτοί που χρησιμοποιούνται για ιατρικές μετρήσεις, θα πρέπει να βρίσκονται στα κατάλληλα σημεία, τα οποία είναι διαφορετικά για κάθε χρήστη. Σε τέτοιου είδους περιπτώσεις είναι απαραίτητο να υπάρχει η δυνατότητα προσαρμογής σε κάθε άτομο. Οπότε τα σωματομετρικά δεδομένα του πληθυσμού στον οποίο απευθύνεται μια εφαρμογή, είναι ένα βασικό ζήτημα που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό της.

Ο σχεδιασμός των ενδυμάτων θα πρέπει να γίνεται έτσι ώστε τα ενσωματωμένα λειτουργικά στοιχεία και συστήματα να μην είναι ορατά από τρίτα πρόσωπα. Η εμφάνιση δεν είναι το μόνο κριτήριο επιλογής ενός ενδύματος, αποτελεί όμως σημαντική λειτουργική ανάγκη. Οι άνθρωποι δεν έχουν συνηθίσει να έχουν καλώδια γύρω από το σώμα τους, ογκώδεις συσκευές στη ζώνη ή στις τσέπες του ιματισμού τους, πέρα από το θέμα της άνεσης, και για λόγους αισθητικής. Το πρόβλημα αυτό έπρεπε να αντιμετωπιστεί ήδη από την ανάπτυξη των φορέσιμων υπολογιστών. Η μείωση του μεγέθους των ηλεκτρονικών στοιχείων έχει συμβάλει στη μείωση των συσκευών και έχει βοηθήσει στη διακριτικότητα. Τα έξυπνα ενδύματα δε θα πρέπει να ξεχωρίζουν από το συνηθισμένο ιματισμό, παρά μόνο στη λειτουργία. Αυτό αυτόματα σημαίνει ότι θα πρέπει να ακολουθούνται ως ένα βαθμό και οι τάσεις της μόδας.

Η διακριτικότητα μπορεί επίσης να αναφέρεται, εκτός από την εμφάνιση, και στον τρόπο με τον οποίο τα έξυπνα ενδύματα αλληλεπιδρούν με το χρήστη. Οι λειτουργίες που γίνονται παράλληλα με τις εργασίες που εκτελεί ο χρήστης, δε θα πρέπει να του αποσπούν την προσοχή. Η ενημέρωση του χρήστη για τη λήψη δεδομένων, π.χ. για τη λήψη ενός e-mail, η πληροφόρησή του για τα αποτελέσματα μιας εσωτερικής διεργασίας του συστήματος, είναι σημαντικό να γίνεται με διακριτικό τρόπο. Το έξυπνο ένδυμα θα πρέπει να εκτελεί τις ιδιαίτερες λειτουργίες του ανεξάρτητα από το χρήστη και η διαφορετικότητά του από ένα συνηθισμένο ένδυμα να γίνεται αισθητή μόνο όταν το επιθυμεί ο χρήστης.

5.2.3 Δυσκολία χρήσης των νέων τεχνολογιών

Σήμερα, η αλληλεπίδραση μεταξύ των ανθρώπων και των ηλεκτρονικών συσκευών απαιτεί ειδικά προσόντα από την πλευρά των χρηστών. Επειδή τα διαδραστικά ηλεκτρονικά υφάσματα θα έχουν ενσωματωμένα πολλά είδη ηλεκτρονικών συσκευών στη δομή τους, θα απαιτείται κάποιο επίπεδο ικανοτήτων και γνώσεων για τη λειτουργία και το χειρισμό τους. Η ευκολία της χρήσης είναι ένα σημαντικό κριτήριο για την ανάπτυξη των προϊόντων και μπορεί να επηρεάσει την επιτυχία τους στην αγορά. Η βιομηχανία θα πρέπει να βρει τρόπους να εκπαιδεύσει τους καταναλωτές στη χρήση των νέων προϊόντων για να τα κάνει ελκυστικά. Με την εισαγωγή των έξυπνων ενδυμάτων, υποδημάτων, αξεσουάρ και κοσμημάτων στην αγορά, τα πουκάμισα, τα παπούτσια, τα γυαλιά θα μετατραπούν από στατικά άψυχα αντικείμενα σε προσαρμοζόμενα (adaptive), αναδραστικά (reactive) συστήματα με μεγαλύτερη χρηστικότητα [P'00]. Φυσικά, τα νέα συστήματα θα είναι πιο δύσκολα από τα υπάρχοντα. Αυτό εξαρτάται κατά ένα μεγάλο βαθμό από τη σχεδίαση της διεπαφής μεταξύ των ανθρώπων και της νέας γενιάς έξυπνων προϊόντων.

Στο κοντινό μέλλον, βελτιωμένες διεπαφές χρηστών θα μπορούν να βοηθήσουν στον περιορισμό του προβλήματος αλληλεπίδρασης και να συμβάλλουν στην εκμετάλλευση των μικροηλεκτρονικών που θα εμπλουτίζουν τα ενδύματα και τα συναφή προϊόντα. Ο σχεδιασμός της διεπαφής χρήστη αποτελεί μια πρόκληση. Οι διεπαφές θα πρέπει να βρίσκονται σε εύκολα προσβάσιμα σημεία και να είναι ευανάγνωστες. Διεπαφές, όπως π.χ. σε ρολόγια, αν εμφανίζουν πολλά στοιχεία μπορεί να καταλήξουν να είναι δύσχρηστες εξαιτίας του μικρού μεγέθους τους. Επίσης, θα πρέπει να είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένες, ώστε να μπορούν να εξυπηρετούν το ίδιο εύκολα διαφορετικές ομάδες ανθρώπων, π.χ. δεξιόχειρες και αριστερόχειρες. Βασικό παράγοντα που χρήζει προσοχής αποτελεί ο σχεδιασμός του γραφικού περιβάλλοντος, όπου προκύπτουν τα θέματα της ευχρηστίας και της ευκολίας εκμάθησης. Οι λειτουργίες θα πρέπει να είναι ευδιάκριτες, έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται όσο το δυνατόν περισσότερο και να εξυπηρετούν το χρήστη στη διεκπεραίωση των εργασιών του.

Με αυτά τα δεδομένα, το όραμα των έξυπνων ενδυμάτων περιλαμβάνει μεγάλη φιλικότητα προς το χρήστη, ενδυνάμωση του χρήστη και πιο αποτελεσματική υποστήριξη των προσφερόμενων υπηρεσιών [JLSW'03]. Η ενσωμάτωση στοιχείων όπως μικροϋπολογιστές, κάμερες, μικρόφωνα και άλλοι αισθητήρες στα ενδύματα ενός ατόμου, σημαίνει ότι ο

υπολογιστής δε θα βλέπει τις κινήσεις σαν παθητικό τρίτο πρόσωπο, αλλά από το στρατηγικό σημείο του ενεργητικού πρώτου προσώπου. Οι φορέσιμες συσκευές θα μπορούν να προσαρμοστούν σε ένα συγκεκριμένο χρήστη και να είναι πιο στενά και πιο ενεργά συνδεδεμένες με τις δραστηριότητές του. Η ανθρωποκεντρική σχεδίαση είναι ένα βασικό ζήτημα, δηλαδή οι νέες συσκευές θα πρέπει να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους, έτσι ώστε να ταιριάζουν με τους ανθρώπους και όχι το αντίθετο, όπως συμβαίνει μέχρι τώρα.



Εικόνα 5.1 Φωτογραφίες των νέων τεχνολογιών και διεπαφών που απαιτούν ειδικές ικανότητες από την πλευρά των χρηστών για την αξιοποίησή τους

5.2.4 Ασφάλεια και ιδιωτικότητα

Τα διαδραστικά ηλεκτρονικά προϊόντα υποστηρίζουν μια κοινωνία που το σπίτι, το γραφείο, τα μεταφορικά μέσα και ο ιματισμός θα είναι αφανώς συνδεδεμένα με ασύρματα δίκτυα, θέτοντας ανησυχίες για την προσωπική ασφάλεια και την παραβίαση της ιδιωτικότητας. Η προηγμένη τεχνολογία και η χωρίς περιορισμούς ανταλλαγή ηλεκτρονικών πληροφοριών δικαιολογεί την αυξημένη ανησυχία. Καθώς οι νέες τεχνολογίες που περιλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες προσωπικών πληροφοριών γίνονται επικρατέστερες, οι χρήστες δίχως αμφιβολία θα θέλουν να προστατέψουν τα προσωπικά τους δεδομένα. Σύντομα θα γίνεται με μεγαλύτερη ευχέρεια η παρακολούθηση ή ο έλεγχος ατόμων εν αγνοία τους, θα αναπτυχθούν πιο ειδηχθή οπτικά συστήματα και θα εξαλειφθεί η ανάγκη για ανθρώπινη επαφή σε πολλές δραστηριότητες [MM'02].

Η απανταχού παρούσα χρήση των έξυπνων ενδυμάτων σαν προσωπική συσκευή ασφαλείας μπορεί να μετατρέψει τον κόσμο σε ένα παγκόσμιο χωριό, καθώς θα καταργήσει τα σύνορα του χώρου και του χρόνου [M'96a]. Ένα πολύ βασικό ζήτημα όμως που θα πρέπει να μελετηθεί είναι η διευθέτηση κάποιων ορίων, τα οποία θα εξασφαλίζουν την προστασία των προσωπικών δεδομένων. Ήδη υπάρχει μια τάση που ακολουθείται από τις κυβερνήσεις διαφόρων κρατών, να εγκαθίστανται κυκλώματα παρακολούθησης σε δημόσιους χώρους για την ασφάλεια των πολιτών. Το μέτρο αυτό εξυπηρετεί διάφορους σκοπούς, ανάμεσα στους οποίους βρίσκεται η μείωση της εγκληματικότητας. Ειδικά σε κάποιες χώρες λειτουργεί και ως μέσο για την εξάλειψη του κινδύνου κατά τρομοκρατικών χτυπημάτων. Μελλοντικά οι κάμερες που θα βρίσκονται ενσωματωμένες στον ιματισμό, μπορεί να λειτουργήσουν ως αντιστάθμισμα στην εγκατάσταση αυτών των κυκλωμάτων σε διάφορα σημεία των πόλεων.

Όποια και να είναι τα τεχνικά εμπόδια, οι ερευνητές που συμμετέχουν στην ανάπτυξη των διαδραστικών ηλεκτρονικών ενδυμάτων εμφανίζονται βέβαιοι ότι είναι θέμα χρόνου η εξάπλωσή τους. Η πρόκληση για τη βιομηχανία είναι να εξασφαλίσει θέματα, όπως η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα, στη νέα τους διάσταση, πριν από την επέκταση της τεχνολογίας στους

καταναλωτές, έτσι ώστε ο χρήστης να μην ανησυχεί π.χ. για επίθεση από κάποιο χάκερ. Θα πρέπει να υπάρξουν νέα πρωτόκολλα για την ιδιωτικότητα και νομοθεσία που να προστατεύει τα ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα και τα ατομικά δικαιώματα ειδικά για τέτοιες περιπτώσεις. Σημειώνεται εδώ, ότι το επίπεδο ασφάλειας θα είναι διαφορετικό ανάλογα με την εφαρμογή. Οι στρατιωτικές στολές, οι ιατρικές στολές και τα ενδύματα μόδας, παραδείγματος χάριν, θα έχουν λογισμικό διαφορετικού επιπέδου προστασίας δεδομένων [G'03].

5.2.5 Προστασία της υγείας

Με την ανάπτυξη των διαδραστικών ηλεκτρονικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων μπορεί να αυξηθούν κάποιες από τις απειλές για την υγεία και την ασφάλεια. Ένα πρώτο παράδειγμα, το οποίο αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, αποτελεί η εκπομπή ακτινοβολίας μέσα από το σώμα με άγνωστες επιδράσεις, από τη χρήση τεχνολογιών όπως το Bluetooth, στις νέες εφαρμογές. Για αυτό το λόγο βέβαια συνεχίζονται και οι έρευνες γύρω από τον περιορισμό της ακτινοβολίας στην επιφάνεια των ενδυμάτων, όπως με τα δίκτυα FAN. Ένας άλλος κίνδυνος που ελλοχεύει, λόγω της προσάρτησης πολλών ηλεκτρονικών στοιχείων στα ενδύματα, είναι η ηλεκτροπληξία. Τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά όπως η βροχή, η υγρασία μπορεί να δημιουργήσουν ατυχήματα ασφάλειας. Τα διαδραστικά ηλεκτρονικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που θα φοριούνται από παιδιά απαιτούν γερές δομές και λίγα αφαιρούμενα τμήματα για ευνότητος λόγους. Τέλος, σε μια ειδική κατηγορία, αυτή των ιατρικών ενδυμάτων, προκύπτει ανησυχία σε σχέση με την αποτελεσματικότητα, δηλαδή κατά πόσο οι μετρήσεις θα είναι αξιόπιστες για να μπορούν οι ασθενείς να βασίζονται σε αυτές. Οι μελέτες από την πλευρά των ερευνητών συνεχίζονται για την αντιμετώπιση των προβλημάτων και σε αυτόν τον τομέα.

5.3 Θέματα υλικών, συστατικών και τεχνολογιών ενσωμάτωσης

Οι νέες τεχνολογίες απαιτούν καινοτόμες μεθόδους συναρμολόγησης και κατασκευής. Η χρήση των ηλεκτρονικών στοιχείων που ενσωματώνονται στα διάφορα ενδύματα υψηλής τεχνολογίας διαφέρει σημαντικά από αυτή των συμβατικών καταναλωτικών προϊόντων. Έτσι αναδύονται διάφορα ζητήματα στα οποία θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, όπως για παράδειγμα, η εύρεση τρόπων για την αποφυγή βλαβών στα συστατικά από την καθημερινή χρήση και τη διαδικασία πλυσίματος. Διαφορετικά τα ευαίσθητα ηλεκτρονικά στοιχεία μπορεί να αντιμετωπίσουν μηχανικά, χημικά ή θερμικά προβλήματα. Συνήθη μηχανικά προβλήματα αποτελούν το λύγισμα και το σπάσιμο των κυκλωμάτων. Πιθανά χημικά προβλήματα που ενδεχομένως να προκύψουν είναι η διάβρωση από το πλύσιμο, το βρέξιμο ή τον ιδρώτα. Τέλος, η θέρμανση από τον ήλιο, τα στεγνωτήρια ή το σιδέρωμα μπορεί να έχει δυσάρεστες επιπτώσεις στα ηλεκτρονικά στοιχεία [BJ'01].

Οι προδιαγραφές των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων είναι πολύ αυστηρές και γι αυτό δεν είναι παράλογο ότι δεν υπάρχει κάποιος φθηνός τρόπος ώστε να υλοποιηθούν μέχρι σήμερα. Μια κύρια δυσκολία για την κάλυψη των απαιτήσεων των φορέσιμων ηλεκτρονικών και την ανάπτυξη εφαρμογών είναι ότι δεν έχουν ακόμα οριστικοποιηθεί τα απαραίτητα χαμηλού κόστους τμήματα συναρμολόγησης και η συσκευασία. Η αγορά έχει μόλις αρχίσει να αναπτύσσεται. Γι αυτό το λόγο υπάρχουν σημαντικές αβεβαιότητες όσον αφορά την ανάπτυξη προϊόντων. Επίσης, προς το παρόν δεν έχουν καθιερωθεί τα μοντέλα επιχειρήσεων που να υποστηρίζουν τη συντήρηση των προϊόντων αυτών. Η ραγδαία εξέλιξη των τεχνολογιών θέτει και το ζήτημα της αναβάθμισης. Το συγκέρασμα της μόδας και της τεχνολογίας προϋποθέτει ολοκληρωμένες νέες φιλοσοφίες για τον χειρισμό αυτών των αγορών.

5.3.1 Εύρεση κατάλληλων υλικών και συστατικών

Η εύρεση των κατάλληλων υλικών και συστατικών που θα απαρτίζουν ένα έξυπνο ένδυμα είναι ένα βασικό θέμα για την ανάπτυξη αποτελεσματικών εφαρμογών. Φυσικά η επιλογή των υλικών και των λοιπών στοιχείων εξαρτάται από το είδος και τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής. Οι τεχνολογίες ενσωμάτωσης των συστατικών παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο. Βέβαια όσο καλά και να ενοποιούνται τα λειτουργικά συστατικά που δεν αποτελούν στοιχεία των ινών του υφάσματος, τόσο η συντήρηση, όσο και η διάρκεια εξακολουθούν να αποτελούν σημαντικά προβλήματα. Στη δεύτερη γενιά έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων, κάποια από τα συστατικά μεταμορφώνονται σε πλήρως κλωστοϋφαντουργικά υλικά, αλλά και πάλι ορισμένα θέματα, όπως η ανθεκτικότητα και η ευκαμψία, παραμένουν.

Όσον αφορά τη συντήρηση και τη διάρκεια, στην πλειοψηφία των εφαρμογών η συχνότερη λύση για την πρόληψη ζημιών αποτελεί η αφαίρεση των σύνθετων ηλεκτρονικών, δηλαδή των διεπαφών χρηστών, των μικροεπεξεργαστών και άλλων ευαίσθητων στοιχείων, πριν την έναρξη διεργασιών που είναι διαπιστωμένο ότι καταπονοούν τον ιματισμό, όπως είναι η διαδικασία του καθαρισμού. Για την επιτυχία των διαδραστικών ηλεκτρονικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων στην καταναλωτική αγορά απαιτείται να έχουν χαρακτηριστικά εύκολης φροντίδας και να διατηρούν την αγωγιμότητα κατά την επανάληψη των κύκλων φροντίδας. Τα φορέσιμα διαδραστικά ηλεκτρονικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα δε θα πρέπει να φθείρονται από τις συνεχείς δραστηριότητες και πιέσεις από τις κινήσεις του σώματος, τον ιδρώτα και τη θερμότητα του σώματος. Οι μελέτες για την καταπολέμηση αυτών των προβλημάτων συνεχίζονται.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η δυνατότητα πλυσίματος είναι καθοριστική για την εμπορική επιτυχία του ευφυούς ιματισμού. Οι ερευνητές στο εργαστήριο ETE της Ελβετίας έχουν αναπτύξει ένα πρωτότυπο κλωστοϋφαντουργικό δίκτυο, χρησιμοποιώντας ίνες χαλκού (Cu) μέσα στην ύφανση σαν γραμμές μετάδοσης δεδομένων. Οι αγωγιμες ίνες είναι επικαλυμμένες με πολυμερές που τις προστατεύει από τη φθορά της καθημερινής χρήσης. Οι ίνες συνδέονται με εξωτερικά στοιχεία, όπως μπαταρίες ή αισθητήρες με συμβατικές τεχνικές συγκόλλησης. Οι ίνες από μόνες τους είναι αρκετά γερές και μπορούν να μπουν σε πλυντήριο χωρίς να πάθουν ζημία, αλλά οι συνδέσεις μεταξύ των ινών και τα σιπς τείνουν να σπάνε, οπότε απαιτείται να γίνουν περισσότερο ανθεκτικά από μηχανικής πλευράς [G'03].

Ένα άλλο θέμα πέρα από τη μηχανική, χημική και θερμική ανθεκτικότητα, αποτελεί η ευκαμψία. Τα μη κλωστοϋφαντουργικά υλικά που χρησιμοποιούνται και συνδέσεις των ηλεκτρονικών στοιχείων με τις καθιερωμένες τεχνικές ενσωμάτωσης δημιουργούν τέτοιου είδους προβλήματα. Σε ορισμένες περιπτώσεις δεν υπάρχουν ακόμα μέθοδοι για την εξάλειψη των δύσκαμπτων συστατικών. Θα πρέπει τουλάχιστον να διασφαλίζεται ότι τα στοιχεία αυτά τοποθετούνται σε σημεία, έτσι ώστε να επιβαρύνουν όσο το δυνατόν λιγότερο το χρήστη. Ένα παράδειγμα τοποθέτησης είναι οι κεραίες που επιτρέπουν τη σύνδεση με διάφορα δίκτυα.

Τα φορέσιμα συστήματα είναι ένας απαιτητικός τομέας εφαρμογής για τους σχεδιαστές κεραιών, γιατί το μέγεθος της κεραίας περιορίζεται από το χώρο εγκατάστασης. Οι επίπεδες κεραίες είναι οι περισσότερο κατάλληλες για τις φορέσιμες εφαρμογές. Νέα εύκαμπτα υλικά υποστρωμάτων γίνονται πιο διαδεδομένα στο σχεδιασμό κεραιών. Αυτά θα επιτρέψουν πιο σύνθετα και διακριτικά σχέδια κεραιών για ποικιλία εφαρμογών. Αυτές οι κεραίες μακροπρόθεσμα θα αντικαταστήσουν τα άκαμπτα υλικά υποστρώματος ειδικά στις εφαρμογές έξυπνων ενδυμάτων. Τα αποτελέσματα του σχεδιασμού ακατάλληλης κεραίας μπορεί να σημαίνουν δραματική αύξηση της ισχύος εκπομπής ή μικρότερη εμβέλεια εκπομπής. Τα δεδομένα που λαμβάνονται σε τέτοιου είδους περιπτώσεις, μπορεί να μη γίνονται κατανοητά από το χρήστη [SKRS'01, SKS'01].

5.3.2 Ενέργεια – πηγές και διαχείριση ενέργειας

Το πρόβλημα της ενέργειας είναι ένα από τα μεγαλύτερα στην περίπτωση των φορητών και των φορέσιμων συστημάτων. Οι μπαταρίες ως επί το πλείστον είναι το μέσο που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση ενέργειας στις φορέσιμες εφαρμογές, το μέγεθος και το βάρος των οποίων ποικίλει ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής. Στο πρωτότυπο έξυπνου ενδύματος για το αρκτικό περιβάλλον, η κατανάλωση ενέργειας όσον αφορά κυρίως την ηλεκτρική θέρμανση, μπορεί να διαρκέσει μόνο 30 λεπτά περίπου. Το διάστημα αυτό είναι πολύ μικρό για στολή επιβίωσης, αλλά η αύξηση του χρόνου θα επηρέαζε σημαντικά το μέγεθος και το βάρος της μπαταρίας και θα την καθιστούσε ακατάλληλη για φορέσιμη εφαρμογή.

Το ηλιακό φως, η θερμοκρασία του σώματος και η κίνηση του σώματος αποτελούν εναλλακτικές πηγές ενέργειας, οι οποίες μπορούν να μετατραπούν σε ηλεκτρική. Ένας αριθμός από φορητές συσκευές, όπως μικροί εξ αποστάσεως ασύρματοι αισθητήρες για ιατρικές εφαρμογές καταναλώνουν μόνο ένα μικρό ποσό ενέργειας. Το ανθρώπινο σώμα παράγει αρκετές δεκάδες watt θερμότητας. Μικροσκοπικοί θερμοηλεκτρικοί κινητήρες μπορούν να εκμεταλλευτούν μέρος αυτής της ενέργειας και να τη μετατρέψουν σε ηλεκτρική [JLSW'03]. Η Infineon Technologies, που έχει την έδρα της στο Μόναχο, χρησιμοποιεί τη διαφορά θερμοκρασίας εξωτερικά και εσωτερικά του ιματισμού για να παράγει ενέργεια μερικών microwatt ανά cm² [N'03]. Λεπτή μεμβράνη ηλιακών κυττάρων μπορεί να κατασκευαστεί σε εύκαμπτες επιφάνειες όπως πλαστικές. Η τεχνολογία των εύκαμπτων ηλιακών κυττάρων μπορεί να εφαρμοστεί και σε ίνες. Η αποτελεσματικότητα τέτοιου είδους εναλλακτικών πηγών ενέργειας θα πρέπει όμως να βελτιωθεί αν πρόκειται να γίνει χρήση τους σε εφαρμογές που θα βγουν στην αγορά και όχι απλά σε πρωτότυπα.

5.4 Συμπεράσματα ενότητας

Κατά τη διάρκεια σχεδιασμού, ανάπτυξης και υλοποίησης των εφαρμογών συλλέγεται μια σειρά από χρήσιμα δεδομένα για την πραγματική χρήση, τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα και τα προβλήματα. Με την αξιολόγηση διαπιστώνεται αν οι απαιτήσεις που τέθηκαν πριν τη διαδικασία της κατασκευής έχουν ικανοποιηθεί και σε τι ποσοστό. Βέβαια κάποια στοιχεία γίνονται με διαφορετικό τρόπο όταν πρόκειται για ένα πρωτότυπο και αλλιώς όταν πρόκειται για μια εφαρμογή που προορίζεται να βγει στην αγορά. Στη δεύτερη περίπτωση κάποιες διαδικασίες αυτοματοποιούνται. Σε κάθε περίπτωση πάντως, τα προβλήματα που ανακύπτουν θα πρέπει να μπαίνουν σε σειρά προτεραιότητας, ανάλογα με την κρισιμότητά τους, για την εξεύρεση λύσεων.

Ανασταλτικούς παράγοντες στη γενική αποδοχή των έξυπνων εφαρμογών αποτελούν η αδυναμία ικανοποίησης των εξατομικευμένων εργονομικών απαιτήσεων των χρηστών, η έλλειψη διακριτικότητας και η δυσχρηστία. Η προστασία των ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων και της υγείας είναι ζητήματα τα οποία θα πρέπει να ερευνηθούν. Επιπλέον, η χρήση των κατάλληλων υλικών, συστατικών και συσκευών που θα εξασφαλίζουν την εύκολη κατασκευή, την ανθεκτικότητα, την ικανότητα συντήρησης και τη δυνατότητα αναβάθμισης είναι θέματα στα οποία θα πρέπει να δίνεται προσοχή ήδη από το στάδιο του σχεδιασμού. Τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ενδύματα έχουν δρόμο μπροστά τους, αλλά σίγουρα θα γίνουν κομμάτι του μέλλοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°

Γενικά συμπεράσματα και μελλοντικές εφαρμογές

Γενικά συμπεράσματα

Οι πολυσύνθετες ηλεκτροενεργές ίνες και τα υφάσματα θα δώσουν στην παραδοσιακή βιομηχανία κλωστοϋφαντουργίας μια νέα προστιθέμενη αξία, μέσω της δυνατότητας να προσφέρουν μια υγιέστερη, ασφαλέστερη και πιο άνετη καθημερινή ζωή [DCLPST'05]. Η τεχνολογική πρόοδος θα έρθει πιο κοντά στο κοινό με την πραγματοποίηση εύχρηστων διεπαφών μεταξύ των ανθρώπων και των συσκευών. Αυτό θα επιτευχθεί με το συνδυασμό των προηγμένων τεχνολογιών κατασκευής, της επιστήμης των υλικών, της κλωστοϋφαντουργίας και της ηλεκτρονικής εφαρμοσμένης μηχανικής στην παραγωγή έξυπνου ιματισμού. Καινοτόμα και υψηλής τεχνολογίας κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα με ενσωματωμένες λειτουργίες θα έρθουν στο προσκήνιο. Πολυσύνθετα διαδραστικά υφάσματα θα σηματοδοτήσουν την πρόοδο, την ανάπτυξη και την ανταγωνιστικότητα σε διάφορους τομείς.

Η εξέλιξη των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων αναμένεται να φέρει καινοτομίες σε πολλούς τομείς. Στον τομέα της ιατρικής, θα επέλθουν αλλαγές στην παρακολούθηση της υγείας, στην ανίχνευση και στην πρόληψη ασθενειών, στην αποκατάσταση των ασθενών, στην αντιστάθμιση προβλημάτων για καλύτερη ποιότητα ζωής, στην υποστήριξη των επαγγελματιών της ιατρικής και στην τηλεϊατρική. Επίσης, θα ωφεληθούν ιδιαίτερα κάποιες ομάδες ατόμων με ειδικές ανάγκες, όπως άτομα με προβλήματα στην όραση ή την ακοή. Στις εφαρμογές που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα περιλαμβάνονται συστήματα για την παρακολούθηση των ζωτικών σημείων, του αυτόνομου νευρικού συστήματος και της βιοαντίστασης. Εξειδικευμένες εφαρμογές απευθύνονται σε ασθενείς που διαμένουν στο σπίτι, ασθενείς με αλτσχάιμερ και ασθενείς με καρδιαγγειακά προβλήματα.

Στον τομέα του αθλητισμού, θα γίνεται με μεγαλύτερη ευκολία η παρακολούθηση των αθλητών, η αξιολόγηση της απόδοσής τους και η καταγραφή των επιδόσεών τους. Θα βελτιωθούν οι τεχνικές προπόνησης και θα μειωθούν οι κίνδυνοι ατυχημάτων και τραυματισμών. Πολλές από τις εφαρμογές ιατρικών ενδυμάτων που έχουν υλοποιηθεί προσφέρονται και για χρήση κατά τη διάρκεια της εκγύμνασης, παρέχοντας περισσότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους παρακολούθησης, οι οποίες συχνά περιορίζονταν μόνο στις μετρήσεις των καρδιακών παλμών και του σωματικού βάρους. Τα νέα έξυπνα φορέσιμα συστήματα των αθλητών/ αθλούμενων καταγράφουν μεγαλύτερο αριθμό φυσιολογικών παραμέτρων και βοηθούν στον καλύτερο προγραμματισμό της άσκησης.

Στον τομέα της εργασίας, θα διευκολυνθεί η έρευνα, η συναρμολόγηση, η επιθεώρηση, η απογραφή, η αποθήκευση πληροφοριών, ο χειρισμός και ο έλεγχος μηχανημάτων, η ροή επικοινωνίας ανάμεσα στους συνεργάτες και η επίβλεψη έργων. Η περάτωση εργασιών θα γίνεται με πιο σύγχρονο τρόπο. Τα αποτελέσματα θα είναι αύξηση της παραγωγικότητας, μείωση του χρόνου ολοκλήρωσης μιας εργασίας, βελτιωμένη ποιότητα, ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων και ενίσχυση της ασφάλειας.

Η πρόοδος της ηλεκτρονικής σε συνδυασμό με την κλωστοϋφαντουργική βιομηχανία θα σηματοδοτήσουν αλλαγές και στην καθημερινή ζωή και την ευημερία. Το συγκέρασμα της τεχνολογίας και της μόδας θα φέρει νέο κύμα στη διασκέδαση και την ψυχαγωγία. Θα αναπτυχθούν νέα μέσα και εργαλεία επικοινωνίας. Θα τροποποιηθούν οι γνωστές μέθοδοι συλλογής, αποθήκευσης και ανταλλαγής δεδομένων. Οι εφαρμογές ενδυμάτων με εύκαμπτες οθόνες και ηλεκτρονικά δίκτυα, τα ενδύματα, τα υποδήματα και τα κοσμήματα με ενσωματωμένα συστήματα επικοινωνίας και αναπαραγωγής μουσικής, που έχουν κατασκευαστεί και ήδη κυκλοφορούν σε διάφορες αγορές, απευθύνονται σε ένα ευρύτερο καταναλωτικό κοινό.

Τα πολυσύνθετα διαδραστικά υφάσματα θα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό ανθρώπων, για την ασφάλεια και την επιβίωση κάτω από δύσκολες συνθήκες. Στο στρατιωτικό τομέα, έχουν αναπτυχθεί φορέσιμα συστήματα μάχης που συμπεριλαμβάνουν τεχνολογίες για τον εντοπισμό τραυμάτων από βλήματα και την παρακολούθηση της κατάστασης της υγείας των στρατιωτών. Επίσης, έχουν δημιουργηθεί εφαρμογές έξυπνων

στολών που σχεδιάστηκαν ειδικά για το αρκτικό περιβάλλον και απευθύνονται σε χιονοδρόμους. Τα επιπλέον χαρακτηριστικά που θα προσφέρουν τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ενδύματα θα διαθέτουν τη δυνατότητα να καλύψουν τις ανάγκες και των πιο απαιτητικών ομάδων ατόμων (στον **Πίνακα Α** του παραρτήματος παρουσιάζονται συγκεντρωμένα τα παραδείγματα των εφαρμογών).

Για τη δημιουργία έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων χρησιμοποιούνται αγωγίμες τεχνολογίες, υλικά αλλαγής φάσης, υλικά μνήμης σχήματος, χρωμικά υλικά, κ.α. Το πρώτο βασικό στοιχείο για τη δημιουργία ενός έξυπνου κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος ή ενδύματος είναι η ύπαρξη κάποιας μορφής αισθητήρων για την αντίληψη του περιβάλλοντος. Η ύπαρξη ενεργοποιητών για τις προγραμματισμένες εργασίες αντίδρασης, κατατάσσει ένα έξυπνο ένδυμα από την κατηγορία των παθητικών στην κατηγορία των ενεργών. Η μονάδα επεξεργασίας, η δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων και η επικοινωνία είναι επιπλέον χαρακτηριστικά. Η διαχείριση της ενέργειας αποτελεί μια βασική παράμετρο για τις φορέσιμες συσκευές. Τα βιοϊατρικά ενδύματα έχουν τους αισθητήρες τοποθετημένους κοντά στο δέρμα, ενώ σε εφαρμογές επικοινωνίας ή ψυχαγωγίας οι αισθητήρες και οι συσκευές δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το δέρμα. Στον **Πίνακα** φαίνονται κατηγοριοποιημένα τα συστατικά των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων.

Συστατικά	Περιγραφή	Παραδείγματα
αισθητήρες (sensors)	το μέσο με το οποίο γίνονται αντιληπτά τα ερεθίσματα από το περιβάλλον / τα όργανα που διαβάζουν μια φυσική μεταβλητή και τη μετατρέπουν σε μετρήσιμο μέγεθος που μπορεί να αναγνωσθεί από ένα μικροεπεξεργαστή ή να γίνει αντιληπτό με μία από τις ανθρώπινες αισθήσεις	βιοϊατρικοί αισθητήρες αισθητήρες οπτικών ινών (FOS) πιεσοστατικές πολυμερείς μεμβράνες (SOFTswitch) θερμοζεύγη (thermocouple) ...
ενεργοποιητές (actuators)	τα όργανα που ανταποκρίνονται στα ερεθίσματα, που είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας των αισθητήρων, ενδεχομένως μετά από επεξεργασία των δεδομένων το είδος της αντίδρασης ποικίλλει π.χ. κίνηση στοιχείων, απελευθέρωση ουσιών	αγωγή πολυμερή διηλεκτρικά ελαστομερή ίνες νανοσωλήνων άνθρακα (carbon nanotube fibres) υλικά μνήμης σχήματος ...
επεξεργασία δεδομένων	απαιτείται για την εξαγωγή αποτελεσμάτων ή τη λειτουργία των ενεργοποιητών	ηλεκτρονικά στοιχεία
αποθήκευση δεδομένων	απαιτείται για τα δεδομένα που προέρχονται είτε από τους αισθητήρες, είτε από την επεξεργασία πληροφοριών και τη διεξαγωγή αποτελεσμάτων, είτε από στοιχεία που εισάγει ο χρήστης	τυποποιημένα μέσα, όπως κάρτες μνήμης
επικοινωνία και δίκτυα	μετάδοση δεδομένων μεταξύ των μικροσυσκευών ενός έξυπνου ενδύματος, μέσω ενσύρματων δικτύων μετάδοση πληροφοριών προς το χρήστη και το περιβάλλον, μέσω ασύρματων συνδέσεων	αγωγή νήματα οπτικές ίνες τεχνολογίες τηλεπικοινωνιακών δικτύων, όπως GSM, UMTS και DECT τεχνολογίες ασύρματης μεταφοράς δεδομένων, όπως Bluetooth και RFID

Συστατικά	Περιγραφή	Παραδείγματα
ενέργεια	απαιτείται για τους αισθητήρες, τους ενεργοποιητές, την επεξεργασία πληροφοριών, την επικοινωνία (κυρίως ηλεκτρική ενέργεια)	μπαταρίες λιθίου (lithium-ion battery) κύτταρα μικροκαυσίμων (micro fuel cells) εναλλακτικές πηγές, όπως ηλιακή ενέργεια
αλληλεπίδραση και διεπαφές	συσσκευές εισαγωγής δεδομένων συσσκευές εξόδου των αποτελεσμάτων συσσκευές ελέγχου του εξοπλισμού από το χρήστη / διεπαφές	πληκτρολόγια, λειτουργικά κουμπιά, συστήματα αναγνώρισης της ομιλίας οθόνες CRT's, οθόνες LCD's, οθόνες LEDs μικρόφωνα, ακουστικά, πληκτρολόγια κατασκευασμένα από κλωστοϋφαντουργικά υλικά, εύκαμπτες οθόνες

Πίνακας 6.1 Συστατικά για την κατασκευή έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων

Η πραγματοποίηση του οράματος των πρώτων έξυπνων ενδυμάτων πραγματοποιείται με την εμφάνιση των φορέσιμων συστημάτων, στα οποία γίνεται ενσωμάτωση των ηλεκτρονικών στοιχείων στο ύφασμα με διάφορους τρόπους. Σε περιπλοκότερα πρωτότυπα έξυπνου ιματισμού χρησιμοποιούνται αγώγιμα νήματα για την ύφανση διακοπών, κυκλωμάτων και αισθητήρων μέσα στο ίδιο το ύφασμα. Αυτά τα νήματα μπορούν να γίνουν είτε από πολύ λεπτά αγώγιμα μέταλλα, είτε από επικαλυμμένα με μέταλλα νήματα, είτε από αγώγιμα πολυμερή. Οι ιδέες που έχουν υλοποιηθεί μέχρι σήμερα περιλαμβάνουν πληκτρολόγια σε μανίκια μπουφάν που ελέγχουν τηλέφωνα ή την αναπαραγωγή μουσικής (MP3 players). Επίσης, έχουν αναπτυχθεί ιατρικά και αθλητικά ενδύματα (sportswear) με αισθητήρες υφάσματος και display panels, ιδανικά για την παρακολούθηση των καρδιακών παλμών και της πίεσης του αίματος κατά τη διάρκεια της εκγύμνασης. Άλλες εφαρμογές, κατάλληλες για σκιέρ, ορειβάτες ή για τη φύλαξη μικρών παιδιών, είναι ενδύματα με εγκατεστημένη την τεχνολογία για τον προσδιορισμό θέσης (GPS).

Βέβαια υπάρχουν ακόμα κάποια ανοιχτά θέματα και προβλήματα προς διερεύνηση και λύση. Τα έξυπνα ενδύματα θα πρέπει καταρχήν να ενοποιούν αποτελεσματικά την τεχνολογία και τη μόδα και γι αυτό το λόγο απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός. Επιπλέον, απαιτείται η σωστή προώθηση των προϊόντων στην αγορά, ανάλογα με τις ανάγκες που προορίζονται να καλύψουν και το καταναλωτικό κοινό στο οποίο απευθύνονται. Σημαντικό ρόλο στην κοινωνική αποδοχή παίζουν η εργονομία και η διακριτικότητα. Η εμφάνιση και η άνεση του χρήστη αποτελούν λειτουργικές ανάγκες που δε μπορούν να θυσιαστούν για χάρη των επιπρόσθετων χαρακτηριστικών. Ο σχεδιασμός των διεπαφών για την αλληλεπίδραση με τα νέα συστήματα που θα βρίσκονται ενσωματωμένα στα έξυπνα ενδύματα, θα πρέπει να γίνεται με έμφαση στην ευχρηστία και στη φιλικότητα προς το χρήστη. Επίσης, θα πρέπει να διασφαλιστεί η προστασία των προσωπικών δεδομένων. Τέλος, θα πρέπει να ερευνηθούν θέματα που αφορούν την αξιοπιστία των συσκευών σε σχέση με την προστασία της υγείας. Για παράδειγμα, είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα των ιατρικών μετρήσεων πριν την κυκλοφορία ενός έξυπνου ιατρικού ενδύματος στην αγορά.

Ειδικά σε ότι σχετίζεται με το τεχνολογικό κομμάτι των έξυπνων προϊόντων, βασικά στοιχεία που πρέπει να ερευνηθούν για να οδηγήσουν σε μια πραγματικά σημαντική ανακάλυψη και καινοτομία είναι μηχανισμοί μετασχηματισμού και μετατροπής, νέα υλικά και νέες δομές που να μπορούν να προσφέρουν τις ζητούμενες λειτουργίες. Τα αγώγιμα υλικά, μέταλλα καθώς και αγώγιμα πολυμερή, ήδη χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, όπως σε προστατευτικά καλύμματα ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής EMI (electromagnetic interference), για τη θέρμανση, για τη μετάδοση ηλεκτρικών σημάτων, κ.λπ. Τα εγγενή αγώγιμα πολυμερή (ICPs) είναι κατάλληλα για εφαρμογές σε πολλούς τομείς του ευφυούς ιματισμού, όπως για πολυμερείς

μπαταρίες, για μετατροπή ηλιακής ενέργειας, για βιομηχανικούς αισθητήρες, κ.λπ. Μερικά υλικά βρίσκονται διαθέσιμα ή σε εργαστηριακό επίπεδο. Ένα ουσιαστικό μειονέκτημα, που πρέπει να υπερνικηθεί, είναι η δύσκολη επεξεργασία. Μια άλλη κατηγορία υλικών που θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο χωρίς αμφιβολία σε πολλά έξυπνα ενδύματα, είναι οι οπτικές ίνες. Είναι καλά γνωστές από εφαρμογές στην ηλεκτρονική, αλλά επίσης πρέπει να αντιμετωπιστούν προβλήματα που περιορίζουν τον αριθμό των εφαρμογών αυτή τη στιγμή.

Τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ενδύματα έχουν να περάσουν από κάποια στάδια δύσκολα και χρονοβόρα. Η ικανότητα ραφής της ηλεκτρονικής δικτύωσης είναι το πρώτο στάδιο. Πραγματικά ευφυής ιματισμός θα μπορούσε να υφανθεί από μια επιλογή νηματοειδών ηλεκτρονικών αισθητήρων και ινών μπαταριών, καθώς επίσης και από εύκαμπτες, αγωγίμες ίνες. Η απαίτηση για ηλεκτρικά αγωγίμες ίνες και κλωστοϋφαντουργικές δομές συνεχώς αυξάνεται. Τα ενδύματα αυτά θα ήταν σε θέση έπειτα να λειτουργήσουν σαν αυτόνομοι υπολογιστές, που παρέχουν στους κομιστές πληροφορίες για το περιβάλλον τους. Ένα απλό παράδειγμα θα μπορούσε να είναι ένα ένδυμα που μεταφέρει δεδομένα. Ένα μπουφάν κατάλληλο για άτομα με αδυναμία όρασης, θα μπορούσε να υφανθεί με μικροσκοπικά στοιχεία με δυνατότητα δόνησης, τα οποία να παρέχουν ειδοποιήσεις για την προσέγγιση των αντικειμένων. Οι εργαζόμενοι στη χημική βιομηχανία θα μπορούσαν να φορούν φόρμες ικανές να εντοπίζουν πιθανή διαρροή. Στολές με καμουφλάζ να προορίζονται για στρατιωτικές εφαρμογές. Τα πεδία των εφαρμογών μπορούν να περιοριστούν μόνο από τη φαντασία των σχεδιαστών.

Για το επόμενο βήμα των ηλεκτρονικών ενδυμάτων (από ηλεκτρονικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα) η έρευνα θα πρέπει να συνεχιστεί σε ζητήματα, όπως η αξιολόγηση κάτω από συνθήκες χρήσης και διαδικασίες καθαρισμού. Η δυνατότητα αναβάθμισης και η συμβατότητα, η τιμή, οι απαιτήσεις φροντίδας και συντήρησης είναι όλα εξίσου σημαντικά για την αποδοχή από το καταναλωτικό κοινό. Τα διαδραστικά ηλεκτρονικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ενδύματα δε θα πρέπει να έχουν δύσκολη φροντίδα και συντήρηση. Επιπλέον, θα πρέπει να είναι συμβατά με διάφορους τύπους και μάρκες ηλεκτρονικών και να επιδέχονται αναβάθμιση. Κατά την εισαγωγή τους στην αγορά αναμένεται να είναι ακριβά, με την πρόοδο όμως της τεχνολογίας και την τελειοποίηση των διαδικασιών παραγωγής, οι τιμές προβλέπεται να πέσουν. Το κόστος κατασκευής τόσο περίπλοκων υφασμάτων και ενδυμάτων είναι πιθανό να τα κρατήσει σε απόσταση από τη βιομηχανία μόδας, προς το παρόν. Ειδικά στην αρχή, όπως διαφαίνεται και από τα υπάρχοντα πρωτότυπα, οι εφαρμογές πρόκειται να είναι ιατρικές, στρατιωτικές, και βιομηχανικές, γιατί οι τομείς αυτοί μπορούν να επιβαρυνθούν το συμπληρωματικό κόστος του ιματισμού. Αυτές οι εφαρμογές θα πυροδοτήσουν την ανάπτυξη και για πολλές περισσότερες.

Μελλοντικές εφαρμογές

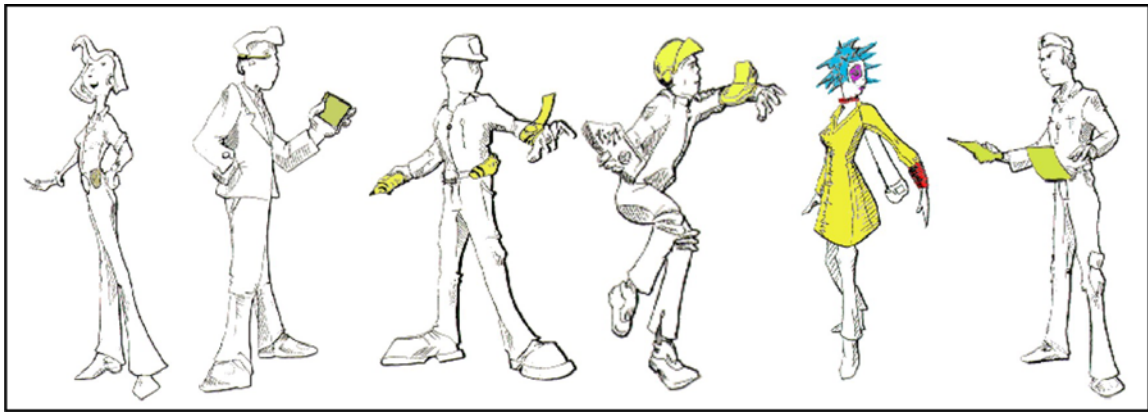
Τα μπλουζάκια που λάμπουν στο σκοτάδι μπορούν να χαρακτηριστούν ως “smart” (έξυπνα). Η περίπτωση όμως ενός πουκαμίσου που «γνωρίζει» αν αυτός που το φοράει είναι σε θέση να δεχτεί μια κλήση από το κινητό του τηλέφωνο ή μπορεί να ανακτήσει πληροφορίες από ένα εγχειρίδιο ασφαλείας 1000 σελίδων, ανήκει σε διαφορετική κατηγορία. Τέτοια στοιχεία έχουν οριστεί ως “intelligent” (ευφυή) για να διαχωριστούν από τα χαμηλότερης τεχνολογίας αντίστοιχά τους και έχει αποδειχθεί ότι είναι δυσκολότερο να μπουν ανεπαίσθητα στην καθημερινή ενδυμασία. Το πρώτο πρωτότυπο φορεμένου υπολογιστή στις αρχές του 1990 απαιτούσε από το χρήστη το δέσιμο head mounted visor και το κουβάλημα συσκευασίας βαριών μπαταριών στις τσέπες, θέτοντας ένα ερώτημα στον όρο «wearable». Οι μπαταρίες είναι τώρα μικρότερες και ελαφρύτερες, και τα υπόλοιπα στοιχεία περισσότερο διακριτικά. Τα ηλεκτρονικά στοιχεία έχουν αρχίσει να ενσωματώνονται στο ίδιο στο ύφασμα και θα ακολουθήσουν πολλές ακόμα καινοτομίες.

Άλλοτε οι άνθρωποι είχαν μια παραδοσιακή σχέση με τα υλικά, αλλά τα νέα υλικά δε διαθέτουν αναγνωρίσιμη εικόνα. Έτσι, έχει επέλθει μια αλλαγή στις αξίες των καταναλωτών. Αντί για την προτίμηση στα καλύτερα φυσικά υλικά, οι άνθρωποι έχουν αρχίσει να κοιτάζουν την κατασκευασμένη ομορφιά, τον καινοτόμο σχεδιασμό και τις έξυπνες οπτικές πλευρές των προϊόντων. Απέχουμε πολύ από την πλήρη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων που προσφέρουν οι υπηρεσίες τεχνολογίας της πληροφορίας, αλλά το μέλλον προβλέπεται πολύ ελκυστικό και απαιτεί διαφορετική, αλλά ενδιαφέρουσα σχεδιαστική προσέγγιση. Οι γεωμετρικές και μηχανικές ιδιότητες των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων (μεγάλες εύκαμπτες επιφάνειες) διαφέρουν σημαντικά από τα συμβατικά ηλεκτρονικά και μπορούν να δημιουργήσουν νέα σχέδια και δομές υπολογιστών. Η κατασκευή ηλεκτρονικών συστημάτων σε υποστρώματα που δεν είναι μόνο εύκαμπτα αλλά και ευπροσάρμοστα στο ανθρώπινο σώμα, θα πυροδοτήσει ένα ξέσπασμα σε πολλούς τομείς εφαρμογών, όπως η εικονική πραγματικότητα, η τηλεϊατρική, η βιοτεχνολογία και η μηχανική αποκατάστασης [DCLMST’03]. Οι εταιρείες θα βρουν τρόπους να συγχωνεύσουν τις ανερχόμενες τεχνολογίες στις στρατηγικές νέων προϊόντων θα καθιερωθούν και θα αποκομίσουν οικονομικά και ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα.

Η δημιουργία των πλαστικών ήταν μια επανάσταση και η νανο-τεχνολογία θα σημάνει την επόμενη μεγάλη αλλαγή. Υπάρχουν πολλές σκέψεις σχετικά με τις δυνατότητες που θα προκύψουν, αν μπορεί να γίνει χειρισμός, αναδιοργάνωση και κατασκευή από μόρια και άτομα. Στο απώτερο μέλλον θα είναι αρκετά δύσκολος ο διαχωρισμός των ηλεκτρονικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων από τα συμβατικά, καθώς ενδέχεται οι υπολογιστές να φτάσουν σε μέγεθος κλίμακας μορίου. Βέβαια, αν αυτή η τεχνολογία των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων πρόκειται να εκπληρώσει τον αρχικό στόχο της, δηλαδή να γίνει μέρος της καθημερινής ζωής εμπλουτίζοντάς την, αυτό μπορεί να γίνει μόνο αν τα λειτουργικά ενδύματα δε διαφέρουν σε όψη από τα συνηθισμένα.

Από το συνδυασμό του έξυπνου ιματισμού με τη δυνατότητα να εξάγεται η συναισθηματική κατάσταση των χρηστών, ίσως στο μέλλον, η αλληλεπίδραση με άλλες διαδικασίες και με άλλους ανθρώπους, να γίνεται με πολλούς νέους και ενδιαφέροντες τρόπους. Οι ερευνητικές εργασίες και τα πειράματα οδήγησαν σε εφαρμογές που υπόσχονται ένα διερευνητικό και απροσδιόριστο παρόν, αλλά ταυτόχρονα, μετά την τεχνολογική αφομοίωση και τη συνειδησιακή αποδοχή, ένα απέραντο και εκπληκτικό μέλλον.

Τα σκίτσα των αυριανών έξυπνων ενδυμάτων, που φαίνονται στην **Εικόνα 6.1**, δημιουργήθηκαν από φοιτητές του Media Laboratory του Creapôle Ecole de Création et de Management στο Παρίσι, σε συνεργασία με τον καθηγητή Alex Pentland, επικεφαλής του ακαδημαϊκού προγράμματος του Media Lab. Με τη σειρά απεικονίζουν ένα σύστημα αποθήκευσης ψηφιακών δεδομένων, μια ηλεκτρονική ατζέντα για επαγγελματίες, μια έξυπνη στολή δασονόμου, μια έξυπνη στολή και κράνος διανομέα, έξυπνα ενδύματα, κοσμήματα, μαλλιά και make up που αλλάζουν ανάλογα με τη διάθεση, έξυπνους αισθητήρες και εύκαμπτη οθόνη εργαζομένου ιατρικής ασφάλειας.



Εικόνα 6.1 Σκίτσα από το Media Lab για μελλοντικές εφαρμογές έξυπνων ενδυμάτων

Κλείνοντας, όσο η αλληλεπίδραση μεταξύ της σχεδίασης, της τεχνολογίας και της κατασκευής αναπτύσσεται σταδιακά από την επιθυμία για design, που είναι ο σημαντικότερος παράγοντας ο οποίος ωθεί την τεχνολογία μπροστά, μπορούμε να είμαστε βέβαιοι ότι θα υπάρχουν τέτοιου είδους επαναστατικές αλλαγές, που δε θα διευκολύνουν μόνο τη ζωή μας, αλλά θα παίξουν και καθοριστικό ρόλο στην ύπαρξη μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αναφορές επιστημονικών άρθρων

- [M'96a] Mann S., 1996, *Smart Clothing: The Shift to Wearable Computing*, Communications of the ACM, Vol. 39, No. 8, pp. 23-24.
- [P'00] Pentland A., 2000, *Perceptual intelligence*, Communications of the ACM, Vol. 43, No. 3, pp. 35-44.
- [VH'04] Van Langenhove L., Hertleer C., 2004, *Smart clothing: a new life*, International Journal of Clothing Science and Technology, Vol. 16, No. 1/2, pp. 63-72.
- [JLSW'03] Jung S., Lauterbach C., Strasser M., Weber W., 2003, *Enabling Technologies for Disappearing Electronics in Smart Textiles*, IEEE International Solid-State Circuits Conference, Vol. 1, pp. 386-387.
- [EDEF'05] Engin M., Demirel A., Engin E. Z., Fedakar M., 2005, *Recent developments and trends in biomedical sensors*, Measurement, Vol. 37, No. 2, pp. 173-188.
- [G'03] Gould P., 2003, *Textiles gain intelligence*, Materials Today, Vol.6, No. 10, pp. 38-43.
- [G'02] Gould P., 2002, *Photonics: practically there?* Materials Today, Vol.5, No. 9, pp. 32-37.
- [TTDC'00] Tao X., Tanga L., Du W., Choy C., 2000, *Internal strain measurement by fiber Bragg grating sensors in textile composites*, Composites Science and Technology, Vol. 60, No. 5, pp. 657-669.
- [KKDDV'04] Kima B., Koncara V., Devauxa E., Dufourb C., Viallierc P., 2004, *Electrical and morphological properties of PP and PET conductive polymer fibers*, Synthetic Metals, Vol. 146, No. 2, pp. 167-174.
- [M'97a] Mann S., 1997, *Smart Clothing: The Wearable Computer and WearCam*, Personal and Ubiquitous Computing, Vol.1, No. 1, pp. 21-27.
- [GPRJ'99] Gopalsamy C., Park S., Rajamanickam R., Jayaraman S., 1999, *The Wearable Motherboard: The First Generation Adaptive and Responsive Textile Structures (ARTS) for Medical Applications*, Virtual Reality, Vol.4, No. 3, pp. 152-168.
- [FTSKPSSSW'96] Finger S., Terk M., Subrahmanian E., Kasabach C., Prinz F., Siewiorek D. P., Smailagic A., Stivoric J., Weiss L., 1996, *Rapid Design and Manufacture of Wearable Computers*, Communications of the ACM, Vol. 39, No. 2, pp. 63-70.
- [T'02] Tao X., 2002, *Nerves for smart clothing - optical fibre sensors and their responses*, Science and Technology, Vol.14, No. 3-4, pp. 157-168.
- [M'96b] Mann S., 1996, *'Smart Clothing': Wearable Multimedia Computing and 'Personal Imaging' to Restore the Technological Balance Between People and Their Environments*, Proceedings of the fourth ACM international conference on Multimedia, pp. 163 - 174.
- [RIKMRTV'02] Rantanen J., Impio J., Karinsalo T., Malmivaara M., Reho A., Tasanen M. and Vanhala J., 2002, *Smart Clothing Prototype for the Arctic Environment*, Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 6, No. 1, pp. 3-16.
- [BJ'01] Burchard B., Jung S., 2001, *Devices, Software, their Applications and Requirements for Wearable Electronics*, International Conference on Consumer Electronics, pp. 224-225.

- [BF'02] Boekhorst F., 2002, *Ambient Intelligence, the Next Paradigm for Consumer Electronics: How will it Affect Silicon*, IEEE International Solid-State Circuits Conference, Vol. 1, pp. 28-31.
- [BH'02] Bottner H., 2002, *Thermoelectric Micro Devices: Current State, Recent Developments and Future Aspects for Technological Progress and Applications*, Twenty-First International Conference on Thermoelectrics, pp.511-518.
- [B'04] Baurley S., 2004, *Interactive and experiential design in smart textile products and applications*, Personal and Ubiquitous Computing, Vol.8, No. 3-4, pp. 21-27.
- [MDLSP'02] Mazzoldi A., 2002, De Rossi D., Lorussi F., Scilingo E. P., Paradiso R., *Smart textiles for wearable motion capture systems*, AUTEX Research Journal, Vol. 2, No. 4, pp. 199-203.
- [DCLMPST'03] De Rossi D., Carpi F., Lorussi F., Mazzoldi A., Paradiso R., Scilingo E. P., Tognetti A., 2003, *Electroactive fabrics and wearable biomonitors devices*, AUTEX Research Journal, Vol. 3, No. 4, pp. 180-185.
- [PO'97a] Post E. R., Orth M., 1997, *Smart Fabric, or "Wearable Clothing"*, First International Symposium on Wearable Computers, pp. 167-168.
- [MM'02] Meoli D., May-Plumlee T., 2002, *Interactive electronic textile development: A Review of technologies*, Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, Vol. 2, No. 2, pp. 1-12.
- [M'97b] Mann S., 1997, *Wearable Computing A first step towards personal imaging*, Cybersquare, Computer, Vol. 30, No. 2, pp. 25-32.
- [M'97c] Mann S., 1997, *Eudaemonic Computing ("underwearables")*, First International Symposium on Wearable Computers, pp. 177-178.
- [M'96c] Mann S., 1996, *Smart Clothing*, Retrieved from the Internet: <URL: http://www.wearcam.org/smart_clothing/>.
- [M'96d] Mann S., 1996, *Wearable, Tetherless, Computer-Mediated Reality (with possible future applications to the disabled)*, Retrieved from the Internet: <URL: <http://www.wearcam.org/tetherless/>>.
- [M'98] Mann S., 1998, *Definition of "Wearable Computer"*, International Conference on Wearable Computing.
- [JLW'02] Jung S., Lauterbach C., Weber W., 2002, *A Digital Music Player Tailored for Smart Textiles: First Results*, Avantex Symposium.
- [SKS'01] Salonen P., Keskilammi M., Sydanheimo L., 2001, *Antenna design for wearable applications*, World Multiconference on Systemics, Cybernetics, and Informatics.
- [AH'03] Ariyatun B., Holland R., 2003, *A Strategic Approach to New Product Development in Smart Clothing*, Journal of the Asian Design International Conference, Asian Society for the Science of Design.
- [BMBGKSBMC'01] Barfield W., Mann S., Baird K., Gemperle F., Kasabach C., Stivoric J., Bauer M., Martin R., Cho G., 2001, *Computational Clothing and Accessories*, Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality, pp. 471-509.
- [H'02] Howard T., 2002, *Smart clothes raise stain shield*, USA TODAY.
- [ORKGS'04] Ottenbacher J., Römer S., Kunze C., Großmann U., Stork W., 2004, *Integration of a Bluetooth based ECG system into clothing*, Eighth International Symposium on Wearable Computers, Vol.1, pp. 186-187.

- [VKRJV'03] Vuorela T., Kukkonen K., Rantanen J., Järvinen T., Vanhala J., 2003, *Bioimpedance measurement system for smart clothing*, Seventh IEEE International Symposium on Wearable Computers, pp. 98-107.
- [PC'00] Pentland A., Choudhury T., 2000, *Face recognition for smart environments*, Computer, Vol. 33, No. 2, pp. 50-55.
- [ASGDMD'05] Axisa F., Schmitt P. M., Gehin C., Delhomme G., McAdams E., Dittmar A., 2005, *Flexible technologies and smart clothing for Citizen Medicine, Home Healthcare, and Disease Prevention*, IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, Vol. 9, No. 3.
- [WOL'02] Wolf W., Ozer B., Lv T., 2002, *Smart cameras as embedded systems*, Computer, Vol. 35, No. 9, pp. 48-53.
- [ADD'03] Axisa F., Dittmar A., Delhomme G., 2003, *Smart clothes for the monitoring in real time and conditions of physiological, emotional and sensorial reactions of human*, Engineering in Medicine and Biology Society, Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE, Engineering in Medicine and Biology Society, Vol.4, pp. 3744-3747.
- [AGDCRD'04] Axisa F., Gehin C., Delhomme G., Collet C., Robin O., Dittmar A., 2004, *Wrist Ambulatory Monitoring System and Smart Glove for Real Time Emotional, Sensorial and Physiological Analysis*, 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Vol. 1, pp. 2161- 2164.
- [SKRS'01] Salonen P., Keskilammi M., Rantanen J., Sydanheimo L., 2001, *A novel Bluetooth antenna on flexible substrate for smart clothing*, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 2, pp. 789-794.
- [SH'03] Salonen P., Hurme H., 2003, *A novel fabric WLAN antenna for wearable applications*, IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Vol. 2, pp. 700-703.
- [WGJLSS'03] Weber W., Glaser R., Jung S., Lauterbach C., Stromberg G., Sturm T., 2003, *Electronics in Textiles The Next Stage in Man Machine Interaction*, 2nd CREST Workshop on Advanced Computing and Communicating Techniques for Wearable Information Playing.
- [DCLMST'03] De Rossi D., Carpi F., Lorussi F., Mazzoldi A., Scilingo E. P., Tognetti A., 2003, *Electroactive fabric for distributed, conformable and interactive systems*, AUTEX Research Journal, pp. 1608-1613.
- [D'07] Donovan J., 2007, *Wearable Computers Morph from Geek to Chic*, Portable Design, pp. 24-25.
- [OD'05] Ostertag K. L., Derchak P. A., 2005, *Continuous Physiologic Monitoring for Athletes in Training*, Retrieved from the Internet: <URL: <http://www.lifeshirt.com/> >.
- [DOL'04] Derchak P. A., Ostertag K. L., Coyle M. A., 2004, *LifeShirt ® System as a Monitor of Heat Stress and Dehydration*, Retrieved from the Internet: <URL: <http://www.vivometrics.com/docs/Ab%20and%20posters/2004%20White%20Paper%20LifeShirt%20System%20as%20a%20Monitor%20of%20Heat%20Stress%20and%20Dehydration%20Derchak%20Ostertag%20Coyle.pdf> >.
- [T'01] Tollen R., 2001, *LifeShirt and Smart Shirt*, Retrieved from the Internet: <URL: http://www.vivometrics.com/docs/press/techtv_20020129.pdf >.
- [A'05] Alpert M., 2005, *Every Breath You Take Now a High-Tech Shirt Can Record Your Vital Signs All Day and Night*, Retrieved from the Internet <URL: <http://www.vivometrics.com/docs/Ab%20and%20posters/2005%20Scientific%20American%20Article%20LifeShirt%20in%20Research%20Alpert.pdf> >.

- [WRS'03] Wilhelm F. H., Roth W. T., Sackner M. A., 2003, *The LifeShirt® an advanced system for ambulatory measurement of respiratory and cardiac function*, Retrieved from the Internet: <URL: <http://www.vivometrics.com/docs/Ab%20and%20posters/2002%20White%20Paper%20The%20LifeShirt%20an%20advanced%20system%20for%20ambulatory%20measurement%20of%20respiratory%20and%20cardiac%20function%20Wilhelm,%20.pdf> >.
- [H'01] Hum A.P.J., 2001, *Fabric area network - a new wireless communications infrastructure to enable ubiquitous networking and sensing on intelligent clothing*, Computer Networks, Vol. 35, No. 4, pp. 391-399.
- [GKSBM'98] Gemperle F., Kasabach C., Stivoric J., Bauer M., Martin R., 1998, *Design for Wearability*, Second International Symposium on Wearable Computers, pp. 116-122.
- [WBJS'02] Wagner S., Bonderover E., Jordan W.B., Sturm J. C., 2002, *Electrot textiles: Concepts and Challenges*, International Journal of High Speed Electronics and Systems, Vol. 12, No. 2, pp. 391-399.
- [PH'97] Paradiso J. A., Hu E., 1997, *Expressive Footwear for Computer-Augmented Dance Performance*, Proceedings of the First International Symposium on Wearable Computers, pp. 165-166.
- [N'03] Norstebo C. A., 2003, *Intelligent Textiles, Soft Products*, Department of Product Design, NTNU-Norwegian University of Science and Technology, pp. 1-14.
- [WHMLOA'03] Wollina U., Heide M., Müller-Litz W., Obenauf D., Ash J., 2003, *Functional Textiles in Prevention of Chronic Wounds, Wound Healing and Tissue Engineering*, Textiles and the Skin, Vol.31, pp.82-97.
- [DCLPST'05] De Rossi D., Carpi F., Lorussi F., Paradiso R., Scilingo E. P., Tognetti A., 2005, *Chapter 5 Electroactive fabrics and wearable man-machine interfaces*, In wearable electronics and photonics, pp. 59-80.
- [PMJ'02] Park S., Mackenzie K., Jayaraman S., 2002, *The Wearable Motherboard: A Framework for Personalized Mobile Information Processing*, Proceedings of the 39th Design Automation Conference, pp.170.
- [PO'97b] Post E. R., Orth M., 1997, *Smart Fabric, or Washable Computing*, Proceedings International Symposium on Wearable Computers, Retrieved from the Internet <URL: <http://web.media.mit.edu/~rehmi/fabric/> >.
- [MVRI'01] Mikkonen J., Vanhala J., Reho A., Impiö J., 2001, *Reima Smart Shout concept and prototype*, Proceedings of the 5th IEEE International Symposium on Wearable Computers, Retrieved from the Internet <URL: <http://www1.cs.columbia.edu/graphics/courses/mobwear/resources/mikkonen-iswc01.pdf> >.
- [E'05] Emirhan K., 2005, *Fiber optics in textile*, 3rd International Symposium of Interactive Media Design, Retrieved from the Internet <URL: http://newmedia.yeditepe.edu.tr/pdfs/isimd_05/14.pdf >.
- [CP'01] Conostas I., Papadopoulou D., 2001, *Interface-Me: Pursuing Sociability Through Personal Devices*, Retrieved from the Internet <URL: http://www.5050ltd.com/articles/InterfaceMe_paper.pdf >.
- [MG'04] McGinity M., 2004, *Staying Connected, RFID: Is This Game of Tag Fair Play?*, Communications of the ACM, Vol. 47, No. 1, pp. 15-18.

Πηγές από το διαδίκτυο

- [WC'07] Wearable computer, 2007, from Wikipedia, the free encyclopedia, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Wearable_computer >.
- [SM'07] Steve Mann, 2007, from Wikipedia, the free encyclopedia, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Steve_Mann >.
- [LD'07] Land Warrior, 2007, from Wikipedia, the free encyclopedia, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Land_Warrior >.
- [FFW'07] Future Force Warrior, 2007, from Wikipedia, the free encyclopedia, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Future_Force_Warrior >.
- [HSCW'01] Bonsor K., How Smart Clothes Work, 2001, Howstuffworks, Retrieved June 2007 from the Internet <URL: <http://www.howstuffworks.com/computer-clothing> >.
- [HBW'00] Layton J., Franklin C., How Bluetooth Works, 2000, Howstuffworks, Retrieved June 2007 from the Internet <URL: <http://electronics.howstuffworks.com/bluetooth> >.
- [FMS'03] Fibre Materials Science Research, Survey of intelligent textiles, 2003, Tampere University of Technology, Retrieved August 2007 from the Internet <URL: <http://www.tut.fi/kmt/en> >.
- [IT'02] Intelligent Textiles, Smart Clothing, 2002, Tampere University of Technology, Retrieved August 2007 from the Internet <URL: <http://www.tut.fi/units/ms/teva/projects/intelligenttextiles/index8.htm> >.
- [MJP'97] Musical Jacket Project, 1997, Retrieved September 2007 from the Internet <URL: <http://www.media.mit.edu/hyperins/levis/> >.
- [PRPR'03] Philips Research Press Release on intelligent biomedical clothing for personal healthcare, 2003, Retrieved September 2007 from the Internet <URL: <http://www.research.philips.com/newscenter/archive/2003/pershealth.html> >.
- [GIT'00] Georgia Institute of Technology, 2000, Smart Shirt Moves from Research to Market, Retrieved September 2007 from the Internet <URL: http://www.gatech.edu/news-room/archive/news_releases/sensatex.html >.
- [SAA'02] Softswitch apparel applications, 2002, Retrieved September 2007 from the Internet <URL: <http://www.softswitch.co.uk/applications/apparel.html> >.
- [STST'03] Smart Textiles Smart Technology, 2003, Retrieved September 2007 from the Internet <URL: http://www.ualberta.ca/~jag3/smart_textiles/Page_5.html >.
- [PISC'04] Pinecone-Inspired Smart Clothes Expand, Contract, 2004, Retrieved June 2007 from the Internet <URL: http://news.nationalgeographic.com/news/2004/10/1013_041013_smart_clothing.html >.
- [V'07] Vivometrics, 2007, Better results through non-invasive monitoring, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://www.lifeshirt.com/> >.
- [SP'07] Studio5050, 2007, Retrieved February 2007 from the Internet <URL: <http://www.5050ltd.com/> >.
- [FSS'97] Frey T., Smart Shoes, 1997, The DaVinci Institute, Retrieved January 2007 from the Internet <URL: <http://www.davinciinstitute.com/page.php?ID=29> >.
- [OCNA'06] Orange Cone Nike-Apple Smart Shoes, 2006, Retrieved January 2007 from the Internet <URL: http://www.orangecone.com/archives/2006/05/nikeapple_smart.html >.

- [FD'06] iPod shoes could be a runaway success – Gadgets, Fairfax Digital, 2006, Retrieved January 2007 from the Internet <URL: <http://www.theage.com.au/news/digital-music/get-smart-shoes-will-link-to-ipod/2006/05/24/1148150293838.html> >.
- [MSS'96] Mann S., Smart shoes, 1996, Retrieved January 2007 from the Internet <URL: http://wearingcam.org/smart_clothing/node6.html >.
- [MCA'05] McCarthy M., Adidas puts computer on new footing, 2005, USA TODAY, Retrieved January 2007 from the Internet <URL: http://www.usatoday.com/money/industries/2005-03-02-smart-usat_x.htm >.
- [LSB'03] Lowell M., These 'smart shoes' for the blind were made for walking, 2003, USA TODAY, Retrieved January 2007 from the Internet <URL: http://www.usatoday.com/tech/news/techinnovations/2003-03-31-smart-shoes_x.htm >.
- [MC'07] Mass customization, 2007, from Wikipedia, the free encyclopedia, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Mass_customization >.
- [MFA'07] Multi Fibre Arrangement, 2007, from Wikipedia, the free encyclopedia, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Multi_Fibre_Arrangement >.
- [SMW'07] Smart materials, 2007, from Wikipedia, the free encyclopedia, Retrieved September 2007 from the Internet <URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_materials >.
- [MWA'04] Micropaq, Welch Allyn Medical Products, 2004, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://www.medcompare.com/details/40355/MicropaqAndreg.html> >.
- [RTE'04] R Test Evolution 3, 2004, Novacor Products, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://www.novacor.com/english/produits/rtest/rtepre.htm> >.
- [SPA'01] Sensewear Pro Armband, 2001, Bodymedia, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://www.bodymedia.com/press/releases/20010724.asp> >.
- [BAJ'03] Burton and Apple Deliver the Burton Amp Jacket, 2003, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://www.apple.com/pr/library/2003/jan/07burtonipod.html> >.
- [CLD'06] Catwalk 2019, Lunar Design, 2006, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://www.lunar.com/portfolio/fashion/index.html> >.
- [NM'02] Nomad in Medicine, 2002, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://www.c1au.com/nomad/nomadmedical.htm> >.
- [NMS'02] Nomad in Military Systems, 2002, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://www.c1au.com/nomad/nomadmilitary.htm> >.
- [NAS'02] Nomad Aviation Systems, 2002, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://www.c1au.com/nomad/nomadga.htm> >.
- [NI'02] Nomad in Industry, 2002, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://www.c1au.com/nomad/nomadindustrial.htm> >.
- [HWC'97] A brief history of wearable computing, 1997, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://www.media.mit.edu/wearables/lizzy/timeline.html> >.
- [R'07] Radioteletype, 2007, from Wikipedia, the free encyclopedia, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Radioteletype> >.
- [MFH'04] Micropaq, Welch Allyn, Future Health, 2004, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://www.futurehealth.rochester.edu> >.

- [MHN'07] Maslow hierarchy of needs, 2007, from Wikipedia, the free encyclopedia, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Maslow's_hierarchy_of_needs >.
- [IP'01] Impiö J., Piiainen P., 1998-2001, Reima and the Clothing+ centre for research into wearable technology, Retrieved December 2007 from the Internet <URL: <http://www2.io.tudelft.nl/research/ergonomics/genie/map/reference/cases/page62.html> >.
- [VI'01] Van Impe M., 2001, Reima Smart Shout wearable technology at CeBIT, Retrieved December 2007 from the Internet <URL: <http://www.mobilemonday.net/news/reima-smart-shout-wearable-technology-at-cebit> >.
- [P'04a] Paradiso R., 2004, *Wearable Health Care System*, Retrieved December 2007 from the Internet <URL: http://www.medetel.lu/download/2004/parallel_sessions/abstract/0421/wearable_health_care_system.doc?PHPSESSID=a43a3925185690cb97e75bbb0773d7c3 >.
- [P'04b] Paradiso R., 2004, *Wealthy Wearable Health Care System*, Retrieved December 2007 from the Internet <URL: http://ec.europa.eu/information_society/istevent/2004/cf/document.cfm?doc_id=1237 >.
- [PHMS'02] Personal Health Monitoring System, 2002, Retrieved December 2007 from the Internet <URL: <http://www.phmon.de/englisch/index.html> >.
- [SSS'07] Sensatex SmartShirt System, 2007, Retrieved September 2007 from the Internet <URL: <http://www.sensatex.com/smartshirt.html> >.
- [M'00] Medina E., 2000, Technology & Innovation Fast Forward; Levi's Skips us for Gadget Jackets, The Boston Globe, Retrieved December 2007 from the Internet <URL: <http://www.dfm.com.tw/member/news/texwatch/001220/05.htm> >.
- [DCTA'07] Defence Clothing and Textile Agency, 2007, Retrieved October 2007 from the Internet <URL: <http://www.archive.official-documents.co.uk/document/cm42/4273/mod10.htm> >.
- [T'08] Thermocouple, 2008, from Wikipedia, the free encyclopedia, Retrieved February 2008 from the Internet <URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Thermocouple> >.
- [TTR'07] Thermocouple Technical Reference, 2007, Retrieved February 2008 from the Internet <URL: <http://instserv.com/rmocoupl.htm> >.
- [TTS'08] Thermocouples Temperature Sensors, 2008, Retrieved February 2008 from the Internet <URL: <http://www.temperatures.com/tcs.html> >.
- [HDJW'01] Bonsor K., How Digital Jewelry Will Work, 2001, Howstuffworks, Retrieved February 2008 from the Internet <URL: <http://electronics.howstuffworks.com/digital-jewelry.htm> >.
- [S'07] Spring T., 2007, IBM Gets Fashionable With Wearable Cell Phone, Retrieved February 2008 from the Internet <URL: <http://pcworld.about.com/news/Nov032000id33322.htm> >.
- [NT'07] Nike Triax, 2007, Retrieved February 2008 from the Internet <URL: <http://www.nike.com/timing/?ref=emealanding&sitesrc=emealanding> >.
- [H'05] hearwear – the future of hearing, 2005, Retrieved February 2008 from the Internet <URL: <http://www.designboom.com/contemporary/hearwear.html> >.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ο Πίνακας Α περιλαμβάνει συνοπτικά τις διάφορες έξυπνες εφαρμογές έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, ενδυμάτων, υποδημάτων, κοσμημάτων και αξεσουάρ που έχουν υλοποιηθεί μέχρι πρόσφατα.

Πεδίο	Φορέας	Εφαρμογή	Τομέας/ Βάση απευθυνόμενου κοινού
Έξυπνα Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα / υφάσματα	Πανεπιστήμιο Bath	Έξυπνο ύφασμα που προσαρμόζεται στις αλλαγές θερμοκρασίας	Ευρύ φάσμα εφαρμογών
	Πανεπιστήμιο Ghent	Textrodes : μέτρηση καρδιακών παλμών, ηλεκτροκαρδιογράφημα Respibelt : μέτρηση της αναπνοής	Ασθενείς : για ιατρική παρακολούθηση Βρέφη : ιατρική παρακολούθηση
	SOFTswitch	Υφασμάτινοι αισθητήρες πίεσης, διακόπτες, χειριστήρια, ηλεκτρολογία	Ευρύ φάσμα εφαρμογών : ενδύματα, αξεσουάρ, επίπλωση
		Luminex : ύφασμα με «φωτεινές» ίνες LEDs	Ευρύ φάσμα εφαρμογών : ενδύματα, αξεσουάρ, επίπλωση
	France Telecom	Εύκαμπτη οθόνη οπτικών ίνών	Ενδύματα
Έξυπνα ενδύματα		MARSIAN : μέτρηση των δραστηριοτήτων του ΑΝΣ	Ασθενείς, Γηραιότεροι πολίτες
		VTAMN : μέτρηση θερμοκρασίας, EKG, RBI και σύστημα GPS	Ασθενείς με αλτσχάιμερ
		Wealthy : καταγραφή ζωτικών σημείων	Ασθενείς με καρδιαγγειακά προβλήματα, Επαγγελματίες εκτεθειμένοι σε σωματική ή ψυχολογική πίεση
	Philips	Φορέσιμο ασύρματο σύστημα παρακολούθησης	Ασθενείς με προβλήματα υγείας, ομάδες υψηλού κινδύνου
	Πανεπιστήμιο Karlsruhe	Personal Health Monitoring System : μέτρηση ζωτικών παραμέτρων, EKG	Ασθενείς : για παρακολούθηση από το σπίτι
	Tampere University of Technology	Φορέσιμο σύστημα για τη μέτρηση της βιοαντίστασης (πειραματικό στάδιο)	Χρήστες εν κινήσει
	Georgia Institute of Technology	GTWM ή Smart Shirt : εντοπισμός πληγών από	Στρατιώτες, Αστυνομικοί, Πυροσβέστες, Αστροναύτες,

Πεδίο	Φορέας	Εφαρμογή	Τομέας/ Βάση απευθυνόμενου κοινού
		βλήματα, μέτρηση ζωτικών σημείων	Ασθενείς, Γηραιότεροι πολίτες, Παιδιά, Βρέφη για πρόληψη SIDS
	VivoMetrics	LifeShirt : καταγραφή των ζωτικών σημείων, ECG, δυνατότητα προσθήκης επιπλέον εργαλείων παρακολούθησης, όπως μικρόφωνο	Ασθενείς με χρόνια νοσήματα, Γηραιότεροι πολίτες, Παιδιά με προβλήματα στον ύπνο, Πυροσβέστες, Αθλητές
	Philips	Wearable sensor jacket : με ενσωματωμένη συσκευή επικοινωνίας Ηλεκτρονικό σπορ ένδυμα : μέτρηση σφυγμού, πίεσης του αίματος, χρόνου, απόστασης, θερμίδων	Μεγάλο εύρος χρηστών : για ανταλλαγή πληροφοριών με συσκευές επεξεργασίας ή laptop Αθλητές
		Industrial Clothing Design (ICD+) concept : σπορ μπουφάν με MP3 player, κινητό τηλέφωνο, PAN	Μεγάλο εύρος χρηστών σε νεαρές ηλικίες
	Levi Strauss	Go Dockers pants : από ύφασμα NanoTex, απομάκρυνση του ιδρώτα	Μεγάλο εύρος χρηστών σε νεαρές ηλικίες
	MIT - Levi Strauss	Levi's Musical Jacket : μπουφάν - μουσικό όργανο με MIDI συνθεσάιζερ	Περιορισμένο εύρος χρηστών
	Infineon Technologies AG	Digital music player για έξυπνα ενδύματα	Μεγάλο εύρος χρηστών σε νεαρές ηλικίες
	Burton Snowboards - Apple	Burton Amp : μπουφάν με iPod για αναπαραγωγή μουσικής	Μεγάλο εύρος χρηστών σε νεαρές ηλικίες
	Lunar Design	BLU jacket : ασύρματες τεχνολογίες και εύκαμπτες οθόνες	
	Corpo Nove - D'Appolonia	Oricalco Smart Shirt : σιδερώνεται μέσω θέρμανσης	Μεγάλο εύρος απευθυνόμενου κοινού
	5050 Ltd	Day-for-Night : φωτοηλεκτρικό φόρεμα με ηλεκτρονικό δίκτυο loveJackets hugJackets	Πειραματικό στάδιο
		Παιδικά μπουφάν με GPS	Εντοπισμός της θέσης των παιδιών

Πεδίο	Φορέας	Εφαρμογή	Τομέας/ Βάση απευθυνόμενου κοινού
Έξυπνες στολές	Future Combat Systems (USA Army)	Future Force Warrior (FFW) : με σύστημα μάχης για πεζικάριους	Στρατιώτες και βοηθητικό προσωπικό
	Philips	Έξυπνη στολή με GPS και με σύστημα θέρμανσης	Χιονοδρόμοι, Ορειβάτες
	Reima	Reima Smart Shout : με έξυπνο σύστημα επικοινωνίας για ομάδα	Χιονοδρόμοι
	Gore	S-Key glow	Σκιέρ
	Tampere University of Technology, University of Lapland, Reima-Tutta	Cyberia : πρωτότυπο έξυπνου ενδύματος για επιβίωση στο αρκτικό περιβάλλον με GPS, τεχνολογία GSM για επικοινωνίες, αισθητήρες για παρακολούθηση ζωτικών σημείων και κινήσεων	Χιονοδρόμοι
	Tampere University of Technology	The heated vest : θερμαινόμενο γιλέκο The fishing vest : γιλέκο για ψάρεμα με σύστημα για πλοήγηση	Ευρύ απευθυνόμενο κοινό Εξειδικευμένο καταναλωτικό κοινό
Έξυπνα υποδήματα	Adidas	Adidas 1 : υποδήματα με σύστημα αυτόματης προσαρμογής της σόλας	Δρομείς, αθλητές
	Nike - Apple Computer	Nike+iPod Sport Kit : τα υποδήματα επικοινωνούν με το σύστημα αναπαραγωγής μουσικής iPod Nano της Apple	Δρομείς, αθλητές
	Steve Mann	Υποδήματα που συνδέουν απομακρυσμένους δρομείς μέσω ασύρματης επικοινωνίας	Δρομείς, αθλητές
	Richard Castle	Υποδήματα για καθοδήγηση ατόμων με αδυναμία όρασης (πειραματικό στάδιο)	Άτομα με προβλήματα όρασης
	STUDIO 5050	ClickSneaks : υποδήματα με σύστημα αναπαραγωγής ήχου	
	MIT Media Laboratory	Υποδήματα για χορευτικές παραστάσεις	Χορευτές, Χορογράφοι
Έξυπνα κοσμήματα / αξεσουάρ	Lunar	OPTIMIZE : γυαλιά με ενσωματωμένο μικρόφωνο, ηχεία και ασύρματη σύνδεση	Επαγγελματίες

Πεδίο	Φορέας	Εφαρμογή	Τομέας/ Βάση απευθυνόμενου κοινού
	Seiko	Ruruter Pro : ρολόι με PDA	Επαγγελματίες, απλοί χρήστες
	Swatch	Ρολόι-κινητό τηλέφωνο	Επαγγελματίες, απλοί χρήστες
	Timex-Motorola	Beerwear : ρολόι με pager	Επαγγελματίες, απλοί χρήστες
	Casio	Data Bank : ρολόι με οθόνη αφής, ατζέντα και ημερολόγιο	Επαγγελματίες, απλοί χρήστες
	Nike	TRIAx : σειρά ρολογιών για προπόνηση	Αθλητές
	STUDIO 5050	Mbracelet : περικάρπιο για συλλογή, αποθήκευση, ανταλλαγή δεδομένων και επικοινωνία	Χρήστες νεαρής ηλικίας
	IBM	Σετ κοσμημάτων (σκουλαρίκια, περιδέραιο, βραχιόλι, δαχτυλίδι) – κινητό τηλέφωνο Βραχιόλι με οθόνη VGA	Γυναίκες επαγγελματίες και μη
	Dallas Semiconductor	Java Ring : δαχτυλίδι με iButton που προγραμματίζεται σε γλώσσα java και δίνει πρόσβαση σε συσκευές που απαιτούν κωδικούς	Ευρύ απευθυνόμενο κοινό
	Brewery	Svara : ηλεκτρονικό κόσμημα για την ενίσχυση της ακοής	Γυναίκες με προβλήματα ακοής

Πίνακας Α

Ο **Πίνακας Β** παρουσιάζει μια ανεξάντλητη λίστα από διαφορετικά πολυμερή που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αισθητήριες εφαρμογές. Η λίστα διαχωρίζεται στους παθητικούς αισθητήρες, δηλαδή σε αυτούς που μετατρέπουν ή ενισχύουν απευθείας τα εισερχόμενα δεδομένα (*input*) χωρίς πηγή ενέργειας, και στους ενεργητικούς αισθητήρες, δηλαδή σε αυτούς που χρειάζονται μια εξωτερική πηγή ενέργειας για τη μετατροπή ή την ενίσχυση του *input* σε χρήσιμο *output*.

Πολυμερή για το σχεδιασμό αισθητήρων και συμβατικών ανόργανων ισοδύναμων		
Φυσική επίδραση	Πολυμερή	Υλικά Ανόργανα
<i>Παθητικοί αισθητήρες:</i>		
Piezoelectricity	Polyvinylidene fluoride Polyvinylidene fluoride trifluoroethylene Polyhydroxybutyrate Liquid crystalline polymers (flexoelectricity)	Piezoelectric zirconate titanate Zinc oxide Quartz
Pyroelectricity	Polyvinylidene fluoride Ferroelectric superlattices	Triglycine sulfate Lead-based lanthanum-doped Zirconate titanate Lithium tantalate
Thermoelectricity (Seebeck effect)	Nitrile-based polymers Polyphthalocyanines	Cu ₁₀₀ /Cu ₅₇ Ni ₄₃ Lead telluride Bismuth selenide
Photoelectricity	Polyacetylene/n-zinc sulfide Poly(N-vinyl carbazole)+merocyanine dyes Polyaniline Poly(p-phenylenevinylene) Polythiophene	Silicon Gallium arsenide Indium antimonide
Electrokinetic	Polyelectrolyte gel Porous ionic polymers	Sintered ionic glasses
Magnetostriction	Molecular ferromagnets	Nickel Nickel-iron alloys
<i>Ενεργητικοί αισθητήρες:</i>		
Piezoresistivity	Polyacetylene Pyrolized polyacrylonitrile Polyacequinones Polyaniline Polypyrrole Polythiophene	Metals Semiconductors
Thermoresistivity	Poly(p-phenylene vinylene)	Metals Metal oxides Titanate ceramics Semiconductors
Magneto-resistivity	Polyacetylene Pyrolized polyvinylacetate	Nickel-iron alloys Nickel-cobalt alloys
Chemio-resistivity	Polypyrrole Polythiophene Ionic conducting polymers Charge transfer complexes	Palladium Metal oxides Titanates Zirconia
Photoconductivity	Copper phthalocyanines Polythiophene complexes	Intrinsic and extrinsic (doped) semiconductors

Πίνακας Β

Ο Πίνακας Γ στη συνέχεια αναφέρει διάφορα πολυμερή υπό διερεύνηση για εφαρμογές ενεργοποιητών.

Πολυμερή για το σχεδιασμό ενεργοποιητών και συμβατικών ανόργανων ισοδύναμων		
Φυσική επίδραση	Πολυμερή	Υλικά Ανόργανα
<i>Ηλεκτρονική ενεργοποίηση:</i>		
Piezoelectricity	Polyvinylidene fluoride Polyvinylidene fluoride trifluoroethylene Polyhydroxybutyrate Liquid crystalline polymers (flexoelectricity)	Piezoelectric zirconate titanate Zinc oxide Quartz
Electrostriction	Dielectric elastomers (acrylic or silicone rubbers) Polyvinylidene fluoride Polyvinylidene fluoride trifluoroethylene copolymers Polyvinylidene fluoride hexafluoropropylene Copolymers	Barium and lead titanate single crystals Polycrystalline BaTiO ₃
Electrostatics	Dielectric elastomers	Silicon
<i>Ιοντική ενεργοποίηση:</i>		
Electromechanochemical	Polypyrrole Polyaniline Polyelectrolyte gels Polymer-metal composites (IPMC) Carbon nanotubes	--

Πίνακας Γ