

Building Blocks towards Energy Efficient Internet

Δομικά Στοιχεία για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης στο Διαδίκτυο

Η Διπλωματική Εργασία
παρουσιάστηκε ενώπιον
του Διδακτικού Προσωπικού του
Πανεπιστημίου Αιγαίου

Σε Μερική Εκπλήρωση
των Απαιτήσεων για το Δίπλωμα του
Μηχανικού Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

του

Μπέστα Δημητρίου
ΕΑΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2009



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΩΝ ΕΓΚΡΙΝΕΙ
ΤΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ Μπέστα Δημητρίου:

Σκιάνης Χαράλαμπος, Επιβλέπων.

Επίκουρος Καθηγητής του τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και
Επικοινωνιακών Συστημάτων

Αναγνωστόπουλος Ιωάννης, Μέλος

Λέκτορας του τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και
Επικοινωνιακών Συστημάτων

Κορμέντζας Γεώργιος, Μέλος

Επίκουρος Καθηγητής του τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και
Επικοινωνιακών Συστημάτων

Ημερομηνία: 27/06/2009

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΕΑΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2009

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του σύγχρονου διαδικτύου (internet) με τις εφαρμογές του, υπό το πρίσμα της ενεργειακής αποδοτικότητας. Για το σκοπό αυτό αρχικά θα αναλύσουμε τις βασικές αρχές του internet, τα πρωτόκολλα που το χαρακτηρίζουν, καθώς και τις σύγχρονες εφαρμογές και υπηρεσίες που προσφέρει. Το δεύτερο βήμα θα είναι να εξετάσουμε την φυσική υποδομή η οποία μας παρέχει αυτές τις δυνατότητες. Θα συγκρίνουμε τα μοντέλα client server και peer to peer και θα δείξουμε γιατί το μοντέλο p2p αποτελεί την πιο πολλά υποσχόμενη λύση.

Το δεύτερο κομμάτι της εργασίας θα είναι η μελέτη των τεχνικών που έχουν αναπτυχθεί ώστε να πετύχουμε ενεργειακά οφέλη κατά την μετάδοση της πληροφορίας μας μέσω του internet. Θα αναπτυχθούν τρία paper που αναλύουν το πρόβλημα της ενεργειακής κατανάλωσης και προτείνουν λύση σε διαφορετικά επίπεδα το καθένα.

Τέλος το τρίτο κομμάτι της εργασίας θα είναι ένας «οδηγός» με απλές – αλλά συνάμα αποδοτικές – συμβουλές που μπορούν να επιφέρουν το επιθυμητό αποτέλεσμα : ένα πιο «πράσινο» διαδίκτυο.

Μπέστας Δημήτριος

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

© 2009

ABSTRACT

The purpose of this project is the study of today's internet, along with its applications, under the view of energy efficiency. To achieve this goal we shall first analyze the basic principles of the internet, its protocols and its modern applications. Our second step will be the examination of the physical infrastructure that provides those applications. We will compare the client-server and peer to peer models, and show why the later is the most suitable for our needs.

The second and most important part of the project is the study of the developed techniques that enable us to save energy while using the internet to transmit our information. We will focus on three papers which analyze the energy efficiency problem and propose solutions on three different levels.

The last part of this project is a simple – but important – advice guide that will help us in our goal: the pursuit of a greener internet.

Mpeostas Dimitrios

Department of Information and Communication Systems Engineering

UNIVERSITY OF THE AEGEAN

© 2009

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ - ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας κ. Σκιάνη Χαράλαμπο, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου για την υποστήριξη, την καθοδήγηση και τη συνεχή συνεργασία του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την καθοδήγηση, την υπομονή και τη συμπαράστασή τους, καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου. Το μεγαλύτερο μερίδιο της επιτυχούς ολοκλήρωσης της φοίτησής μου οφείλεται σε εκείνους.

Ευχαριστώ τη Μαρία (μεταξύ άλλων και) για το συντακτικό και ποιοτικό έλεγχο του κειμένου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου και να τους ευχηθώ καλή σταδιοδρομία!

Αφιερώνεται στη Μαρία!

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ - ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	9
Μέρος 1 ^ο	10
Α) Μια σύντομη αναφορά στο internet:	10
Β) Το TCP/IP	11
Γ) Εφαρμογές που τρέχουν πάνω από το TCP/IP	12
VoIP:	13
Videoconferencing:	14
File Sharing:	15
Δ) Client-Server σε αντιπαράθεση με το p2p:	15
Μοντέλο Client-Server	16
Πλεονεκτήματα του client-server μοντέλου:	17
Μειονεκτήματα του client-server μοντέλου:	17
Μοντέλο peer-to-peer:	17
Το πρωτόκολλο bit torrent:	18
Εφαρμογές των δικτύων p2p εκτός του file sharing:	19
Μέρος 2 ^ο :	20
Α) Η πρόταση της Ethernet Alliance για Adaptive Link Rate:	20
Υπάρχουσες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας για μη Ethernet τεχνολογίες:	21
Υπάρχουσες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας για το Ethernet:	21
Το Adaptive Link Rate για το Ethernet:	22
Ο μηχανισμός του ALR:	22
Πολιτική Ελέγχου του ALR:	23
Ανοικτές Προκλήσεις:	24
Β) Ένα proxy για την αδρανοποίηση των Η/Υ ώστε να εξοικονομούν ενέργεια	25
Το πρόβλημα της δικτυακής παρουσίας:	26
Επιτρέποντας την αδρανοποίηση των Η/Υ με την χρήση του NCP:	27
Απαιτήσεις για τη λειτουργία του NCP:	28
Αρχιτεκτονική του NCP:	28

Αρχιτεκτονική του NCP:.....	29
Το NCP εξεταζόμενο σε υψηλό επίπεδο:.....	30
Το «πράσινο» SOCKS συστατικό του NCP:.....	32
Ανάπτυξη ενός προτύπου gSOCKS:.....	34
Αξιολόγηση του προτύπου gSOCKS:.....	36
Αποτελέσματα του πειράματος:.....	36
Γ) SNMP Power State MIB:.....	37
Σχεδίαση της power state MIB:.....	39
Υλοποίηση και αξιολόγηση:.....	41
Εφαρμογή της power state MIB:.....	41
Μέρος 3 ^ο :.....	42
Α) Το blackle (http://www.blackle.com):.....	42
Β) Τεχνολογίες Cool'n'Quiet και Speedstep:.....	44
Γ) Ρυθμίσεις διαχείρισης ενέργειας του λειτουργικού:.....	47
Επίλογος – Συμπεράσματα:.....	49
Βιβλιογραφία:.....	50

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Τα πρωτόκολλα του TCP/IP ανά επίπεδο.....	12
Πίνακας 2: Αναμενόμενα ενεργειακά οφέλη με τη χρήση του ALR.	21
Πίνακας 3: Τα αντικείμενα της power state MIB για το σύστημα και τα συστατικά του.....	40
Πίνακας 4: Αντικείμενα της power state MIB που αφορούν μόνο το σύστημα.....	40

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Το internet.....	12
Εικόνα 2: Η στοίβα πρωτοκόλλων του TCP/IP.....	13
Εικόνα 3: Client-Server μοντέλο.....	14
Εικόνα 4: p2p δίκτυο.....	18
Εικόνα 5: Το λογότυπο του bit torrent..	19
Εικόνα 6: ALR MAC πλαίσιο.....	23
Εικόνα 7: ALR MAC frame χειραψία.....	23
Εικόνα 8: Πειραματικά Αποτελέσματα του ALR.....	24
Εικόνα 9: Το πρόβλημα του NCP.....	27
Εικόνα 10: NCP σε λειτουργία.....	29
Εικόνα 11: Επεξεργασία πακέτων από το NCP.....	31
Εικόνα 12: Αρχιτεκτονική του NCP.....	32
Εικόνα 13: Αρχιτεκτονική του συστήματος σηματοδότησης της ενεργειακής κατάστασης.....	35
Εικόνα 14: Το Linksys WRT54G.....	36
Εικόνα 15: Αποτελέσματα του IM πειράματος.....	38
Εικόνα 16: Επισκόπηση του SNMP.....	39
Εικόνα 17: Η δομή του δέντρου της power state MIB.....	40
Εικόνα 18: Η κεντρική σελίδα του blackle.....	43
Εικόνα 19: Τα αποτελέσματα της αναζήτησης του blackle για τον εαυτό του.....	43
Εικόνα 20: Ένα «οικονομικό» desktop.....	44
Εικόνα 21: : Για τους υπερβολικούς!.....	44
Εικόνα 22: Το Cool'n'Quiet εν δράσει.....	46
Εικόνες 23-24: Η διαφορά στην κατανάλωση των επεξεργαστών με και χωρίς Cool'n'Quiet... ..	47

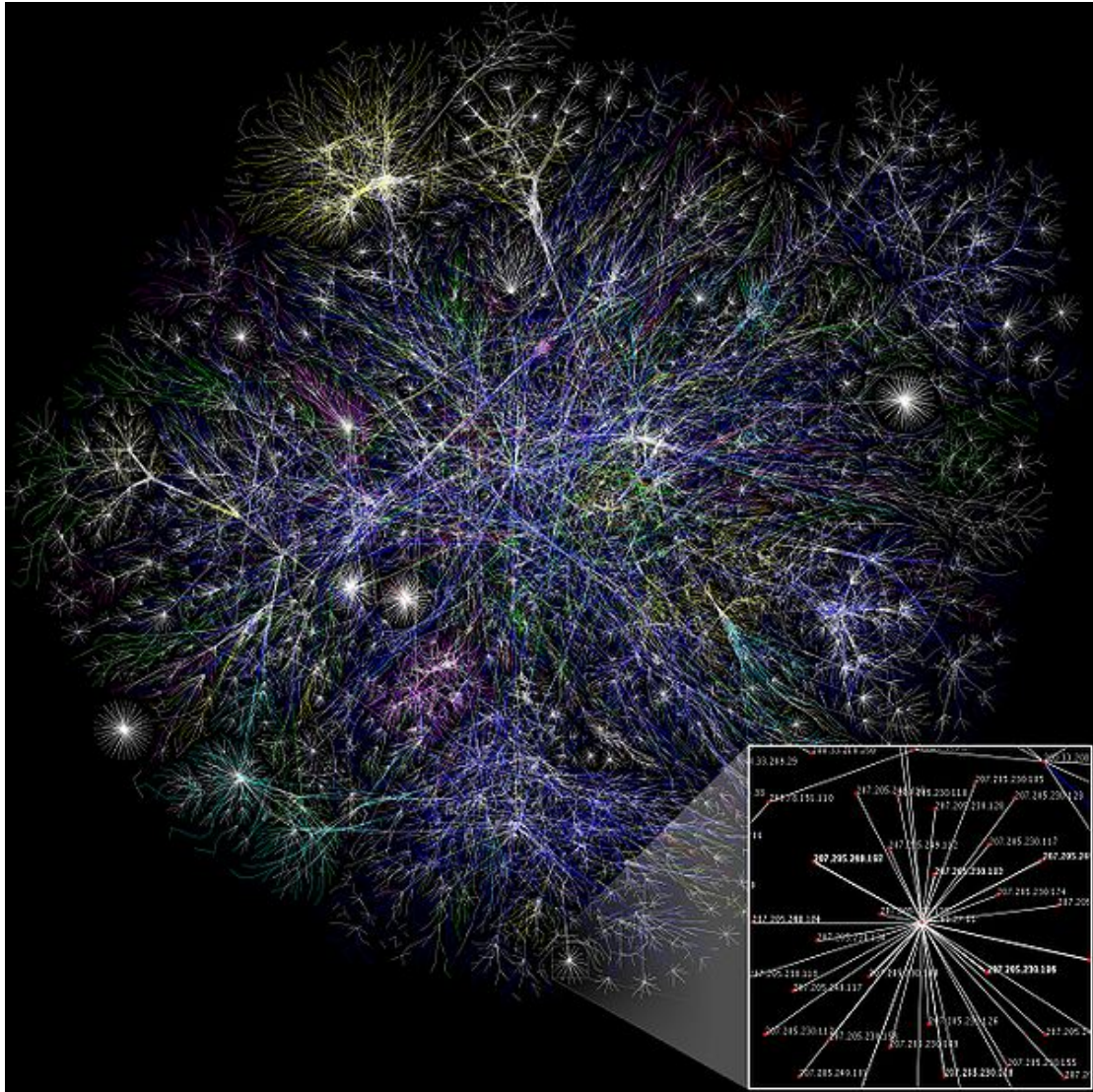
Μέρος 1^ο

A) Μια σύντομη αναφορά στο internet:

Το διαδίκτυο (internet) είναι ένα παγκόσμιο σύστημα διασυνδεδεμένων δικτύων τα οποία ανταλλάσσουν δεδομένα με τη μορφή των πακέτων χρησιμοποιώντας την σουίτα πρωτοκόλλων του internet, γνωστή ως TCP/IP. Είναι ένα «δίκτυο δικτύων» που αποτελείται από εκατομμύρια ιδιωτικά, δημόσια, ακαδημαϊκά, επιχειρηματικά και κυβερνητικά δίκτυα, ανεξαρτήτως της κλίμακάς τους, τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους μέσω κάποιας τεχνολογίας (καλώδια χαλκού, οπτικές ίνες, ασύρματες ζεύξεις κτλ). Στο internet μπορεί κανείς να βρει πληθώρα πληροφοριών, πόρων και υπηρεσιών, όπως τα e-mail, on-line chat, η μεταφορά δεδομένων (file transfer), ο διαμοιρασμός αρχείων (file sharing), το on-line gaming και προφανώς τα αρχεία υπερκειμένου του World Wide Web.

Αξιοσημείωτο είναι ότι υπάρχει σύγχυση μεταξύ των όρων του διαδικτύου και του παγκόσμιου ιστού. Πρόκειται για διαφορετικά πράγματα όπως είπαμε. Το διαδίκτυο είναι η υποδομή που καθιστά δυνατή την επικοινωνία μεταξύ των δικτύων, ενώ ο ιστός είναι μια από τις υπηρεσίες που εξυπηρετούνται από το διαδίκτυο και αποτελείται από διασυνδεδεμένα αρχεία κειμένου (καθώς και άλλων πόρων) μέσω των λεγόμενων hyperlinks και URL's.

Κάνοντας μια μικρή ιστορική αναδρομή θα λέγαμε πως το διαδίκτυο δημιουργήθηκε στις ΗΠΑ στην προσπάθειά τους να ανακτήσουν το τεχνολογικό προβάδισμα από την Σοβιετική Ένωση τη δεκαετία του '50. Η αρχή έγινε με την Advanced Research Projects Agency, γνωστή ως ARPA το 1958. Αυτή η υπηρεσία δημιούργησε το Information Processing Technology Office (IPTO) του οποίου σκοπός ήταν η περεταίρω μελέτη του προγράμματος SAGE, το οποίο είχε καταφέρει να δικτυώσει όλα τα συστήματα radar της χώρας μεταξύ τους. Η ιδέα που εμφανίστηκε εκείνη την εποχή ήταν ότι η μεταγωγή πακέτων (packet switching) θα πρόσφερε πολύ πιο αξιόπιστα δίκτυα (ανθεκτικά σε επίθεση δηλαδή) σε σχέση με τα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος. Μετά από αρκετή προσπάθεια, οι δύο πρώτοι κόμβοι του γνωστού μας ARPANET λειτούργησαν το 1969. Από την πειραματική δουλειά που έγινε στα DARPA και ARPANET καθώς και σε άλλα δίκτυα της εποχής, εμφανίστηκαν τα πρωτόκολλα TCP/IP. Ο όρος internet εμφανίστηκε το 1974 για να περιγράψει ένα μοναδικό παγκόσμιο δίκτυο TCP/IP. Τα επόμενα εννέα χρόνια έγινε προσπάθεια καθιέρωσης αυτών των πρωτοκόλλων και υλοποίησής τους σε μια σειρά λειτουργικών συστημάτων. Το πρώτο δίκτυο ευρείας περιοχής βασισμένο στα πρωτόκολλα του TCP/IP λειτούργησε το 1983, όταν το ARPANET κατήργησε τα παλαιότερα πρωτόκολλα NCP. Η εμπορική λειτουργία του internet ξεκίνησε το 1988 και από τότε έχει αναπτυχθεί με ταχύτατους ρυθμούς. Σταθμό αποτέλεσε η δημιουργία του παγκόσμιου ιστού το 1991, με εφευρέτη τον Άγγλο Tim Berners-Lee. Σήμερα κοντά στο 1,5 δις κόσμος χρησιμοποιεί το διαδίκτυο. (1,463δισ στις 30/6/2008)



Εικόνα 1: Το internet.

B) Το TCP/IP

Η σουίτα πρωτοκόλλων Internet (κοινώς γνωστή ως TCP), είναι μια συλλογή πρωτοκόλλων επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται στο διαδίκτυο αλλά και σε άλλα παρεμφερή δίκτυα. Έχει πάρει το όνομά της από τα δύο πιο σημαντικά πρωτόκολλα που την απαρτίζουν : το Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης (Transmission Control Protocol , TCP) και το πρωτόκολλο διαδικτύου (Internet Protocol). Αυτά τα δύο πρωτόκολλα ήταν και τα πρώτα που καθιερώθηκαν σε αυτό το standard. Όπως και κάθε άλλη σουίτα πρωτοκόλλων, έτσι και το TCP/IP μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύνολο επιπέδων. Το κάθε επίπεδο έχει να αντιμετωπίσει συγκεκριμένα ζητήματα που αφορούν την δικτύωση, όπως η φυσική μεταφορά των δεδομένων, ενώ παρέχει μια καλώς καθορισμένη υπηρεσία στα ανώτερα επίπεδα του πρωτοκόλλου, βασιζόμενο στις υπηρεσίες που του παρέχονται από τα χαμηλότερα επίπεδα. Τα ανώτερα επίπεδα βρίσκονται πιο κοντά στο χρήστη και ασχολούνται με πιο αφηρημένα

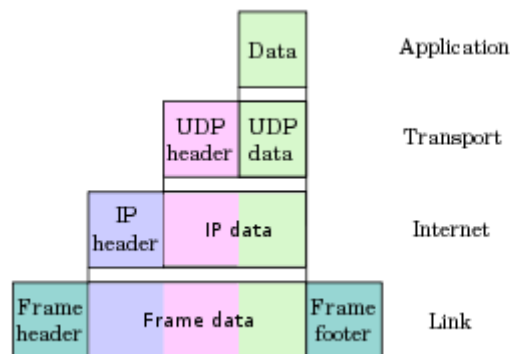
δεδομένα. Βασίζονται στα κατώτερα επίπεδα για τη μετάφραση των δεδομένων σε μορφή κατάλληλη για φυσική μεταφορά.

Το TCP/IP απαρτίζεται από τέσσερα επίπεδα. Από κάτω προς τα πάνω, τα επίπεδα αυτά είναι: το επίπεδο Διασύνδεσης, το επίπεδο Διαδικτύου, το επίπεδο Μεταφοράς και το επίπεδο Εφαρμογών. Το καθένα από αυτά τα επίπεδα έχει και μια σειρά σχετικών πρωτοκόλλων που εξυπηρετούν τις διάφορες ανάγκες του επιπέδου.

Επίπεδο	Πρωτόκολλα
Εφαρμογών	DNS, TFTP, TLS/SSL, FTP, Gopher, HTTP, IMAP, IRC, NNTP, POP3, SIP, SMTP, SMPP, SNMP, SSH, Telnet, Echo, RTP, PNRP, rlogin, ENRP Τα πρωτόκολλα routing BGP και RIP, τα οποία τρέχουν πάνω στο TCP/UDP, μπορούν επίσης να θεωρηθούν μέρος του επιπέδου διαδικτύου.
Μεταφοράς	TCP, UDP, DCCP, SCTP, IL, RUDP, RSVP
Διαδικτύου	IP (IPv4, IPv6) ICMP, IGMP, και ICMPv6 Το OSPF για το IPv4 αρχικά θεωρείτο πρωτόκολλο του επιπέδου διαδικτύου αλλά έχει τοποθετηθεί στο επίπεδο διασύνδεσης (λόγω RFC 2740).
Διασύνδεσης	ARP, RARP, OSPF (IPv4/IPv6), IS-IS, NDP

Πίνακας 1: Τα πρωτόκολλα του TCP/IP ανά επίπεδο.

Η ροή δεδομένων μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων πραγματοποιείται με την τεχνική της ενθυλάκωσης (encapsulation). Όσο κατεβαίνουμε τα επίπεδα, τα δεδομένα της εκάστοτε εφαρμογής, χωρίζονται σε πακέτα στα οποία προστίθενται κάποιες επικεφαλίδες και καταλήξεις. Ακολουθεί η μετάδοση αυτών των πακέτων και η αντίστροφη διαδικασία στο τερματικό του παραλήπτη. Σχηματικά :



Εικόνα 2: Η στοίβα πρωτοκόλλων του TCP/IP.

Γ) Εφαρμογές που τρέχουν πάνω από το TCP/IP

Το ανώτερο επίπεδο της στοίβας πρωτοκόλλων του TCP/IP όπως είπαμε είναι το επίπεδο εφαρμογών. Σχετίζεται άμεσα με τις εφαρμογές που τρέχουμε ως χρήστες, παρέχοντάς τες με ορισμένες απλές υπηρεσίες. Για παράδειγμα όταν πλοηγούμαστε στο διαδίκτυο χρησιμοποιούμε κάποιον browser, έστω τον Mozilla Firefox. Αυτός είναι η

εφαρμογή που τρέχουμε σαν χρήστες. Η υπηρεσία που μας παρέχει το επίπεδο εφαρμογών του TCP/IP είναι το Hypertext Transfer Protocol (HTTP).

Αυτό το τονίζουμε καθώς όχι όλες οι εφαρμογές που τρέχουμε σαν χρήστες, χρησιμοποιούν το επίπεδο εφαρμογών του TCP/IP. Για παράδειγμα, έστω ότι ανοίγουμε ένα αρχείο κειμένου που βρίσκεται στο τοπικό μας δίκτυο προς επεξεργασία. Ο επεξεργαστής κειμένου που χρησιμοποιούμε, δεν κάνει χρήση του επιπέδου εφαρμογών. Δεν έχει καν γνώση ότι το αρχείο που έχει ανοίξει βρίσκεται στο δίκτυο. Το λειτουργικό σύστημα είναι υπεύθυνο για την προώθηση των αλλαγών στο διαδίκτυο που γίνονται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Παρόμοια, το επίπεδο εφαρμογών δεν χρησιμοποιείται αποκλειστικά από εφαρμογές που τρέχει ο χρήστης. Το λειτουργικό σύστημα, για παράδειγμα, μπορεί και χρησιμοποιεί υπηρεσίες απευθείας από το επίπεδο εφαρμογών.

Όπως το ανώτερο επίπεδο της στοίβας πρωτοκόλλων του TCP/IP, το επίπεδο εφαρμογών είναι το μόνο επίπεδο που δεν παρέχει υπηρεσίες στα ανώτερα του επίπεδα (δεν υπάρχει ανώτερο επίπεδο!). Αντίθετα, παρέχει υπηρεσίες στις εφαρμογές που θέλουν να χρησιμοποιήσουν το δίκτυο και σε μας, τους χρήστες. Συνεπώς, οι ευθύνες του συγκεκριμένου επιπέδου είναι να υλοποιήσουν τις λειτουργίες που χρειάζονται οι χρήστες του δικτύου. (Καθώς βέβαια και να μπορεί μέσω κατάλληλων εντολών να κάνει χρήση των παρεχόμενων υπηρεσιών από τα κατώτερα επίπεδα της στοίβας πρωτοκόλλων).

Όπως είπαμε, το επίπεδο εφαρμογών παρέχει κάποιες υπηρεσίες στις εφαρμογές που τις χρειάζονται. Για το σκοπό αυτό, έχει φτιαχτεί μια σειρά πρωτοκόλλων. Ορισμένα παραδείγματα τέτοιων πρωτοκόλλων είναι τα εξής: BitTorrent, DNS, FTP, HTTP, IMAP, MIME, NFS, NTP, POP, SNMP, SSH, VoIP και πολλά άλλα. Θα αναφερθούμε σε αυτό το σημείο σε ορισμένες εφαρμογές που έχουν γνωρίσει ευρεία διάδοση τον τελευταίο καιρό.

VoIP: Ο όρος VoIP είναι ένας γενικός όρος που περιγράφει μια σειρά τεχνολογιών μετάδοσης υπευθύνων για την μετάδοση φωνητικών συνομιλιών πάνω από IP δίκτυα. Τα συστήματα VoIP συνήθως διασυνδέονται με το παραδοσιακό τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN), ώστε να παρέχουν απροβλημάτιστη τηλεφωνία παγκοσμίως. Τα συστήματα VoIP χρησιμοποιούν πρωτόκολλα ελέγχου σύνδεσης (session control protocols) για την εγκαθίδρυση και τον τερματισμό των κλήσεων, καθώς και codec ήχου οι οποίοι κωδικοποιούν την ομιλία μας ώστε αυτή να μεταφερθεί σε ένα δίκτυο IP σε ψηφιακή πλέον μορφή. Ανάλογα με το τι codec θα χρησιμοποιήσει η κάθε υλοποίηση μπορούμε να έχουμε υψηλή συμπίεση στα δεδομένα μας (με ότι αυτό συνεπάγεται στην ποιότητα) μέχρι και υψηλής ευκρίνειας στερεοφωνικό ήχο.

Η μεταφορά φωνής μέσω του πρωτοκόλλου IP κέντρισε το ενδιαφέρον των ερευνητών λίγο μετά την εμφάνιση του πρώτου δικτύου υπολογιστών. Μέχρι το 1973 είχε επιτευχθεί ο στόχος, και οι πρώτες συνομιλίες μεταδίδονταν μέσω του τότε διαδικτύου. Στους χρήστες η τεχνολογία έγινε προσιτή από τις αρχές της δεκαετίας του '80. Το 1996 εμφανίστηκε το λογισμικό VocalTec, το οποίο προσέφερε τηλεφωνία μέσω του διαδικτύου, παράλληλα με άλλες υπηρεσίες, όπως την αναγνώριση κλήσης (caller ID) και τα φωνητικά μηνύματα τηλεφωνητή (voice mail). Παρόλα αυτά δεν παρείχε μια πύλη (gateway) προς το δίκτυο PSTN, οπότε οι συνομιλίες περιορίζονταν μόνο σε όσους χρήστες είχαν εγκατεστημένο και «έτρεχαν» το πρόγραμμα. Το 1997 η Level 3 άρχισε την ανάπτυξη του πρώτου softswitch (μια ονομασία που η ίδια η εταιρία εφηύρε). Τα softswitches σχεδιάστηκαν για να αντικαταστήσουν τους παραδοσιακούς μεταγωγούς του τηλεφωνικού δικτύου δουλεύοντας ως πύλες μεταξύ των τηλεφωνικών δικτύων. Η προτυποποίηση του VoIP ξεκίνησε με τις προσπάθειες της ITU-T, αρχικά με το standard H.323, που δημοσιεύτηκε το 1996. Μέχρι το τέλος της δεκαετίας το '90 είχε εμφανιστεί μια αναδυόμενη αγορά για gateways και τηλέφωνα, παρόλο που εκείνη την εποχή η μόνη ευρυζωνική υπηρεσία διαθέσιμη στην πλειοψηφία των καταναλωτών ήταν το βασικό ISDN. Εκείνη την

εποχή περίπου δημιουργήθηκε και το Session Initiation Protocol από ακαδημαϊκούς. Το SIP απέκτησε σημαντική φήμη ως μία απλή εναλλακτική του H.323 τεχνολογία. Επίσης, το λογισμικό ανοιχτού κώδικα έπαιξε καταλυτικό ρόλο στην ανάπτυξη του VoIP. Project όπως το OpenH323 έκανε το VoIP ιδιαίτερα δημοφιλές καθώς επέτρεπε στα τερματικά των χρηστών να μετατραπούν σε πλατφόρμες τηλεφωνίας.

Θα αναφερθούμε τώρα στα πλεονεκτήματα που προσφέρει το VoIP. Καταρχάς, μας δίνει τη δυνατότητα προώθησης των τηλεφωνικών κλήσεων μέσω των δικτύων δεδομένων. Έτσι δεν χρειαζόμαστε δύο ξεχωριστά δίκτυα για τη φωνή και για τα δεδομένα. Υπηρεσίες όπως η αναγνώριση κλήσης, η αναμονή και η προώθηση κλήσεων συνήθως χρεώνονται επιπλέον από τους παρόχους τηλεφωνίας, ενώ στο VoIP υπάρχουν έτοιμες υλοποιήσεις αυτών των υπηρεσιών σε open source. Επιπλέον, μέσω μιας και μόνο σύνδεσης δικτύου μπορούμε να μεταδώσουμε πολλά τηλεφωνήματα μαζί (μην ξεχνάμε ότι μιλάμε για πακέτα δεδομένων). Ακόμη, η ασφάλεια είναι αυξημένη σε σχέση με το απλό τηλεφωνικό δίκτυο αφού υπάρχουν τα κατάλληλα πρωτόκολλα ασφαλείας. Τέλος, οι χρήστες είναι ελεύθεροι να μετακινούνται, απ' τη στιγμή που χρειάζονται μόνο μια σύνδεση internet για να συνδεθούν στον VoIP provider τους.

Περνώντας και στον αντίποδα, θα λέγαμε πως το VoIP έχει και κάποια μειονεκτήματα. Αρχικά, αντιμετωπίζει προβλήματα καθυστερήσεων όταν κάνουμε κλήσεις σε μεγάλες αποστάσεις. (Προκύπτει από την φυσική απόσταση που πρέπει να διανύσουν τα πακέτα). Επιπλέον, η ποιότητα της υπηρεσίας μπορεί να μην είναι η επιθυμητή - ως θυμηθούμε πως η φωνή ταξιδεύει ως αυτοδύναμα πακέτα τα οποία μπορεί να φτάσουν με λάθος σειρά στον συνομιλητή μας ή να μην φτάσουν καθόλου.

Videoconferencing: Η τηλεδιάσκεψη είναι μια επίσης δημοφιλής τεχνολογία, η οποία εξυπηρετείται από τα δίκτυα επικοινωνιών. Πρόκειται για μια συλλογή διαδραστικών τεχνολογιών τηλεπικοινωνίας που επιτρέπει σε δύο ή περισσότερους χρήστες να επικοινωνούν μεταδίδοντας εικόνα και φωνή ταυτόχρονα προς όλες τις κατευθύνσεις (όλους τους χρήστες δηλαδή). Διαφέρει από το εικονοτηλέφωνο στο ότι έχει σχεδιαστεί για να εξυπηρετεί μια διάσκεψη αντί για δύο μεμονωμένους χρήστες.

Η τηλεδιάσκεψη ως ιδέα δεν είναι και τόσο νέα... Απλές αναλογικές υλοποιήσεις της τεχνολογίας εμφανίστηκαν με την εφεύρεση της πρώτης τηλεόρασης. Εκείνα τα συστήματα αποτελούνταν από δύο κλειστά κυκλώματα τηλεόρασης συνδεδεμένα μεταξύ τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι το Γερμανικό δίκτυο που φτιάχτηκε μεταξύ 1938-40 και το Βρετανικό GPO. Επίσης, η NASA κατά τη διάρκεια των πρώτων επανδρωμένων αποστολών χρησιμοποίησε δύο link ραδιοσυχνότητας για την επικοινωνία με τις κάψουλες. Αυτές οι τεχνικές όμως ήταν υπερβολικά ακριβές για να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές όπως η τηλεϊατρική και η τηλεμάθηση, ιδιαίτερα όταν εφαρμοζόταν σε μεγάλες αποστάσεις. Οι προσπάθειες που έγιναν στη χρησιμοποίηση του τηλεφωνικού δικτύου για τη μεταφορά βίντεο χαμηλής σάρωσης απέτυχαν κυρίως λόγω της χαμηλής ποιότητας και της έλλειψης αποδοτικών τεχνικών συμπίεσης. Το εύρος ζώνης του 1MHz μαζί με την ταχύτητα των 6Mbps του Picturephone της δεκαετίας του '70 δεν βοήθησαν στην ανάπτυξη της τεχνολογίας. Χρειάστηκε να φτάσουμε στην δεκαετία του '80 και τα δίκτυα ψηφιακής τηλεφωνίας όπως το ISDN, για να διασφαλιστεί ένα μίνιμουμ bit rate για την συμπίεση εικόνα και φωνή. Τέλος, στην δεκαετία του '90 έγινε εφικτή η τηλεδιάσκεψη βασισμένη στο πρωτόκολλο IP και με την εμφάνιση νέων τεχνικών συμπίεσης δόθηκε η ευκαιρία στους προσωπικούς H/Y να αποτελέσουν μια απλή υλοποίηση της τεχνολογίας.

Αναλύοντας λίγο την τεχνολογία της τηλεδιάσκεψης, θα λέγαμε πως βασίζεται στην ψηφιακή συμπίεση εικόνας και ήχου σε πραγματικό χρόνο. Το υλικό και λογισμικό που

πραγματοποιεί αυτή την συμπίεση ονομάζεται codec (coder/decoder). Μπορούν να επιτευχθούν λόγοι συμπίεσης 1:500. Η ακολουθία των bit που παράγεται χωρίζεται σε πακέτα και μεταδίδεται μέσω του δικτύου. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά που υποστηρίζουν τα (επαγγελματικά συνήθως) συστήματα τηλεδιάσκεψης είναι η ακύρωση της ηχώ (acoustic echo cancellation). Η ηχώ μπορεί να περιγραφεί ως η συνιστώσα εκείνη του ακουστικού σήματος του πομπού που εμπλέκεται στο ακουστικό σήμα που στέλνει με τη σειρά του ο δέκτης. Ο αλγόριθμος AEC αντιλαμβάνεται ποιοι ήχοι από αυτούς που φτάνουν στον codec προέρχονται από την έξοδο ήχου του συστήματος στο οποίο τρέχει, με κάποια χρονική καθυστέρηση. Στη συνέχεια, αποκόπτει αυτή την πληροφορία με στόχο να αποφευχθούν φαινόμενα έντονου reverb και γενικότερα αλλοίωσης της φωνής. Δεύτερο σημαντικό χαρακτηριστικό που υποστηρίζουν τα συστήματα αυτά είναι η ταυτόχρονη τηλεδιάσκεψη μεταξύ τριών ή και περισσότερων μερών ταυτόχρονα. Αυτή η δυνατότητα διασφαλίζεται από την μονάδα MCU (Multipoint Control Unit). Η MCU στην ουσία είναι μια γέφυρα που διασυνδέει τις κλήσεις από διάφορες πηγές. Όλοι οι εμπλεκόμενοι σε μία τηλεδιάσκεψη καλούν την MCU, η οποία με την σειρά της μπορεί να καλέσει όλους όσους πρόκειται να συμμετάσχουν στην συζήτηση. Τα βασικά χαρακτηριστικά μιας MCU είναι το πόσες κλήσεις μπορεί να διαχειριστεί ταυτόχρονα, η δυνατότητα υποστήριξης διαφορετικών ρυθμών δεδομένων και πρωτοκόλλων καθώς και η συνεχής παρουσία κατά την οποία πολλαπλοί χρήστες μπορούν και φαίνονται στην οθόνη μας ταυτόχρονα.

Τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας, που κατά ορισμένους την καθιστούν ανίκανη να αποτελέσει μια de facto μορφή επικοινωνίας, είναι τα εξής: α) Η οπτική επαφή. Είναι γνωστό ότι η οπτική επαφή παίζει σημαντικό ρόλο στην συνομιλία μεταξύ ανθρώπων. Ενώ το τηλέφωνο δεν παρέχει την δυνατότητα της οπτικής επαφής, η τηλεδιάσκεψη είναι χειρότερη στον συγκεκριμένο τομέα. Δίνει πολλές φορές εσφαλμένη εντύπωση για τις προθέσεις του συνομιλητή μας, π.χ. ότι αυτός αποφεύγει την οπτική επαφή. β) Το γεγονός ότι η χρήση καμερών είναι αναγκαία για την πραγματοποίηση μιας τηλεδιάσκεψης, καθιστά ορισμένους ανθρώπους διστακτικούς στον τρόπο έκφρασής τους. Πολλές φορές η όλη συζήτηση καταγράφεται αντί απλώς να πραγματοποιείται μετάδοση, κάτι που τους κάνει ακόμη πιο προσεκτικούς και συνεσταλμένους σε αυτά που θα πούνε. Στην αντιμετώπιση του πρώτου προβλήματος έχουμε την τεχνολογία με κάμερες υψηλής ευκρίνειας, ενώ για το δεύτερο εικάζεται πως θα λυθεί μόνο του εν καιρώ, καθώς οι χρήστες εξοικειώνονται με τις νέες τεχνολογίες γενικότερα.

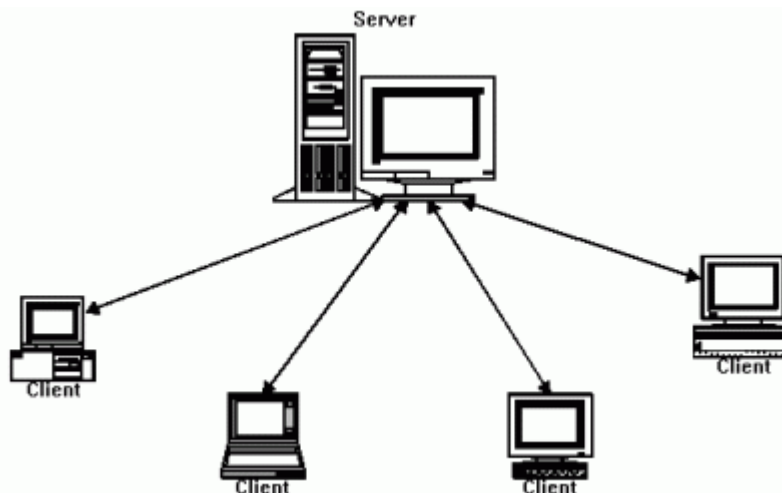
File sharing: Η ανταλλαγή αρχείων μέσω των δικτύων επικοινωνιών και ειδικότερα των δικτύων p2p αποτελεί μια από τις πιο δημοφιλείς χρήσεις του διαδικτύου. Μουσική, ταινίες, λογισμικό και πολλά άλλα ανταλλάσσονται μέσω του internet με ολοένα και αυξανόμενους ρυθμούς. Αυτό δεν είναι πάντα νόμιμο και έχει οδηγήσει σε πολλές αγωγές εκ μέρους εταιριών-κολοσσών, όπως η Sony, η Virgin αλλά και πολλές άλλες του χώρου του κινηματογράφου εναντίων των δικτύων file sharing.

Το file sharing ως ανάγκη υπήρχε πριν την εμφάνιση του διαδικτύου. Ο μόνος τρόπος για την μεταφορά αρχείων τότε ήταν η φυσική μεταφορά τους από τον ένα υπολογιστή στον άλλο μέσω αφαιρούμενων μέσων (π.χ. δισκέττα). Ο τρόπος αυτός είναι γνωστός και ως sneaker net. Με την εμφάνιση του διαδικτύου το file sharing βασίστηκε αρχικά στο μοντέλο client-server. Με το πέρασμα του καιρού έμφαση δόθηκε στα δίκτυα p2p, ειδικότερα και με την εμφάνιση του πρωτοκόλλου torrent (στο οποίο θα αναφερθούμε αργότερα).

Δ) Client-Server σε αντιπαράθεση με το p2p

Μοντέλο Client-Server

Στην αρχιτεκτονική τύπου Client-Server γίνεται διαχωρισμός μεταξύ των υπολογιστών του δικτύου σε δύο κατηγορίες: Από τη μια έχουμε τους εξυπηρετητές (server) και από την άλλη τα τερματικά των χρηστών (clients). Οι εφαρμογές που βασίζονται στο μοντέλο Client-Server αποτελούν ένα καταναμημένο σύστημα που αποτελείται από λογισμικό τόσο στη μεριά του εξυπηρετητή όσο και στα τερματικά. (Αξίζει να τονίσουμε πως η ιδέα του client-server μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από προγράμματα τα οποία τρέχουν σε έναν και μόνο Η/Υ: η μία εφαρμογή δηλαδή εξυπηρετεί κάποια άλλη. Η δικτυακή εφαρμογή της ιδέας όμως είναι η πιο σημαντική)



Εικόνα 3: Client-Server μοντέλο.

Μιλώντας πιο συγκεκριμένα, θα λέγαμε πως το μοντέλο Client-Server περιγράφει τη σχέση μεταξύ δύο προγραμμάτων κατά την οποία το ένα πρόγραμμα (Client) κάνει μία αίτηση εξυπηρέτησης στο δεύτερο (Server). Οι βασικές δικτυακές λειτουργίες όπως η ανταλλαγή email, η πρόσβαση στον παγκόσμιο ιστό, η αναζήτηση σε βάσεις δεδομένων κτλ βασίζονται στο μοντέλο Client-Server. Για παράδειγμα, ένας web browser είναι ένα πρόγραμμα client στον υπολογιστή του χρήστη το οποίο μπορεί να προσπελάσει τις πληροφορίες οποιουδήποτε web server στον κόσμο. Για να ελέγξει π.χ. κάποιος τον τραπεζικό του λογαριασμό από τον υπολογιστή του, ο browser του που λειτουργεί ως client όπως είπαμε, προωθεί την σχετική αίτηση στην εφαρμογή τύπου web server της τράπεζας. Το πρόγραμμα αυτό δέχεται την αίτησή μας, την επεξεργάζεται και επιστρέφει το αποτέλεσμα στην εφαρμογή μας, η οποία και μας το εμφανίζει.

Το μοντέλο client-server έχει εξελιχθεί σε μια από τις πιο κεντρικές ιδέες των δικτυακών υπολογιστικών συστημάτων (network computing). Οι περισσότερες εμπορικές εφαρμογές που γράφονται σήμερα βασίζονται σε αυτό. Το ίδιο και τα βασικά πρωτόκολλα του επιπέδου εφαρμογών του internet (TCP/IP) όπως τα HTTP,SMTP,Telnet,DNS κτλ.

Η πιο βασική μορφή της εν λόγω αρχιτεκτονικής αποτελείται από δυο μόνο τύπους host: τους clients και τους servers. Πολλές φορές τέτοιου είδους υλοποιήσεις καλούνται και two-tier. Επιτρέπουν μεταξύ άλλων την κοινή χρήση αρχείων και πόρων στο δίκτυο. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των υπολογιστών περιγράφεται συνήθως με τα διαγράμματα ακολουθίας (sequence diagrams), τα οποία είναι τυποποιημένα στη γλώσσα UML. Σε περιπτώσεις όπου και το λογισμικό του client όσο και του server «τρέχουν» στον ίδιο υπολογιστή καλούμε την συγκεκριμένη διάταξη ως single seat.

Μια εναλλακτική προσέγγιση της αρχιτεκτονικής client-server είναι η αρχιτεκτονική client-queue-client. Ενώ το παραδοσιακό μοντέλο client-server απαιτεί μία από τις

εμπλεκόμενες πλευρές να δρα ως εξυπηρετητής (κάτι το οποίο είναι σχετικά απαιτητικό στον προγραμματισμό του), το μοντέλο client-queue-client επιτρέπει σε όλους τους εμπλεκόμενους να δρουν ως clients. Τον ρόλο του εξυπηρετητή σε αυτή την περίπτωση τον αναλαμβάνει κάποιο εξωτερικό λογισμικό. Αυτή η αρχιτεκτονική επιφέρει σημαντική απλοποίηση στην υλοποίηση του σχετικού λογισμικού. Πάνω σε αυτή βασίστηκε αρχικά το μοντέλο peer to peer.

Πλεονεκτήματα του client-server μοντέλου :

- Στις περισσότερες περιπτώσεις το μοντέλο client-server επιτρέπει τον διαμοιρασμό των ρόλων και ευθυνών ενός υπολογιστικού συστήματος, ανάμεσα σε ξεχωριστούς υπολογιστές οι οποίοι «γνωρίζονται» μεταξύ τους μόνο μέσω του δικτύου στο οποίο ανήκουν. Επιπλέον, λόγω αυτής της ιδιότητας η συντήρηση του συστήματος γίνεται ευκολότερα.
- Όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται στους servers, οι οποίοι κατά κύριο λόγο έχουν σημαντικά αυξημένο επίπεδο ασφάλειας σε σχέση με τα περισσότερα τερματικά. Επίσης οι servers μπορούν να ελέγχουν καλύτερα ποιιο χρήστες μπορούν να προσπελαύνουν τους πόρους του συστήματος διασφαλίζοντας έτσι ότι μόνο οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες θα έχουν πρόσβαση σε ευαίσθητα δεδομένα.
- Δεδομένου ότι η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται κεντρικά, η ενημέρωσή τους είναι μια εύκολη διαδικασία σε σχέση με την περίπτωση των peer to peer δικτύων. Αρκεί να σκεφτούμε ότι ένα peer to peer δίκτυο μπορεί να αποτελείται από χιλιάδες χρήστες, σε κάθε έναν από τους οποίους θα πρέπει να πραγματοποιηθεί η σχετική αλλαγή στα δεδομένα.
- Σήμερα υπάρχουν διαθέσιμες πολλές ώριμες υλοποιήσεις του μοντέλου client-server, οι οποίες παρέχουν ασφάλεια και μεγάλη ευκολία χρήσης.
 - Μπορεί και λειτουργεί με μεγάλο εύρος client, όσον αφορά τις δυνατότητές τους.
 - Μειώνει το συνολικό κόστος απόκτησης.
 - Αυξάνει την αποδοτικότητα

Μειονεκτήματα του client-server μοντέλου :

- Καθώς ο αριθμός των client αυξάνει, ο φόρτος του δικτύου συνεχώς αυξάνει. Κατά συνέπεια από ένα σημείο και μετά ο server αδυνατεί να ανταποκριθεί σε εύλογο χρονικό διάστημα στις εισερχόμενες αιτήσεις είτε τις απορρίπτει. Αντίθετα σε ένα peer to peer δίκτυο το συνολικό bandwidth αυξάνει όσο προστίθενται χρήστες σε αυτό.
- Το μοντέλο client-server δεν είναι «στιβαρό» (robust). Εάν ένας κρίσιμος server αποτύχει τότε ενδεχομένως παύει η λειτουργία όλου του δικτύου. Στα peer to peer δίκτυα δεν υπάρχει τέτοιο πρόβλημα – τα δεδομένα βρίσκονται διαμοιρασμένα σε πολλούς κόμβους οπότε και αν κάποιος αποτύχει μπορούμε πάντα να τα ανακτήσουμε από κάποιον άλλο χρήστη.

Μοντέλο peer-to-peer

Το μοντέλο peer-to-peer είναι όπως είπαμε μια εναλλακτική προσέγγιση του μοντέλου client-server. Αντί να χρησιμοποιεί κάποιους server για την παροχή υπηρεσιών σε εφαρμογές και χρήστες, αξιοποιεί όλους τους χρήστες (που πλέον θα αποκαλούμε peers) και το συνολικό bandwidth με το οποίο αυτοί συνδέονται στο δίκτυο. Η κεντρική ιδέα είναι πως ο κάθε χρήστης μπορεί να δρα ως client αλλά και ως server ταυτόχρονα εξυπηρετώντας έτσι τους άλλους (ομότιμους) χρήστες του δικτύου.



Εικόνα 4: p2p δίκτυο.

Για να κατατάξουμε τα p2p δίκτυα σε κατηγορίες κριτήριο αποτελεί η κύρια λειτουργία που επιτελεί το καθένα. Έτσι, έχουμε δίκτυα p2p που σχετίζονται με το file sharing, άλλα με την τηλεφωνία, άλλα με την παροχή streaming video/audio κτλ. Εναλλακτικά μπορούμε να τα κατατάξουμε με βάση το βαθμό αποκέντρωσης (decentralization) που τα χαρακτηρίζει. Στα λεγόμενα «καθαρά» p2p δίκτυα, οι peers είναι ομότιμοι, συγχωνεύοντας τον ρόλο των client και server. Επίσης δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός server που να διαχειρίζεται το δίκτυο, ούτε κάποιος κεντρικός router. Παραδείγματα «καθαρών» p2p δικτύων είναι το Gnutella και το Freenet. Εναλλακτικά συναντάμε τα υβριδικά p2p δίκτυα. Σε αυτά υπάρχει κάποιος κεντρικός server, ο οποίος κρατάει πληροφορίες για τους peer που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο και αποκρίνεται σε σχετικές αιτήσεις. Οι peers είναι οι υπεύθυνοι για τον διαμοιρασμό των αρχείων και των πόρων, αλλά πρέπει να ενημερώνουν τον κεντρικό server ώστε αυτός να γνωρίζει το σύνολο των διαθέσιμων πόρων του δικτύου και με τη σειρά του να απαντά στα ερωτήματα άλλων peer που ψάχνουν κάτι (δηλαδή απαντάει το ποιος κάνει share αυτό τον πόρο, ώστε να συνδεθούμε μαζί του). Centralized p2p δίκτυο αποτελούσε το πασίγνωστο Napster, (και εκεί ακριβώς βρέθηκε το νομικό «πάτημα» που οδήγησε στην απαγόρευσή του) ενώ αποκεντρωμένο είναι το KaZaA.

Το πρωτόκολλο bit torrent:

Ένα από τα πιο βασικά πρωτόκολλα που «τρέχουν» πάνω σε δίκτυα p2p είναι το bit torrent. Ο σκοπός του είναι η μεταφορά μεγάλων αρχείων μέσω του internet. Με βάση ορισμένες εκτιμήσεις το 35% της κίνησης του internet σήμερα προέρχεται από αυτό. Η λειτουργία του έχει ως εξής: Αρχικά, κάποιος αποφασίζει να διαμοιράσει ένα αρχείο του στο διαδίκτυο. Αυτός ονομάζεται γόνος (seed) και επιτρέπει σε άλλους χρήστες, τους επονομαζόμενους peers, να συνδεθούν μαζί του και να «κατεβάσουν» το αρχείο. Καθένας από τους peers που κατεβάζει το αρχείο (σε τμήματα – parts), ταυτόχρονα το κάνει διαθέσιμο και για τους άλλους peers. Με την περάτωση της μεταφοράς ο χρήστης που μόλις απέκτησε το αρχείο μπορεί να συνεχίσει να το διαμοιράζει έχοντας πλέον γίνει και αυτός γόνος. Αυτή η κατανεμημένη φύση του πρωτοκόλλου οδηγεί στην ταχύτερη διάδοση των αρχείων ανάμεσα στους peers. Όσο περισσότεροι συνδέονται στο σμήνος (swarm), τόσο αυξάνει η πιθανότητα να ολοκληρωθεί επιτυχώς η μεταφορά. Σε αντιπαράθεση με το κλασικό internet hosting η χρήση του bit torrent πρωτοκόλλου προσφέρει σημαντική μείωση στην καταπόνηση του hardware και του bandwidth του αρχικού χρήστη που διέθεσε το αρχείο. Παράλληλα μειώνει την ανεκτικότητα σε σφάλματα υλικού, σφάλματα μεταφοράς και μειώνει την εξάρτηση από

τον αρχικό χρήστη. Ο Bram Cohen σχεδίασε το πρωτόκολλο τον Απρίλιο του 2001 ενώ εξέδωσε μια πρώτη υλοποίηση τον Ιούλιο του ίδιου έτους. Σήμερα υπάρχουν αναρίθμητες εφαρμογές που υλοποιούν το πρωτόκολλο (bit torrent clients) για όλες τις υπολογιστικές πλατφόρμες. Σύμφωνα με το isoHunt, αυτή την στιγμή το συνολικό μέγεθος των διαμοιραζόμενων δεδομένων αγγίζει το 1,1 petabytes.



Εικόνα 5: Το λογότυπο του bit torrent.

Πλεονεκτήματα των p2p δικτύων: Η σημαντικότερη ιδέα πίσω από τα δίκτυα p2p είναι ότι όλοι οι peer προσφέρουν πόρους στο δίκτυο, δηλαδή bandwidth, αποθηκευτικό χώρο και υπολογιστική ισχύ. Το αποτέλεσμα της κοινής χρήσης πόρων είναι ότι καθώς το δίκτυο επεκτείνεται με νέους χρήστες, η συνολική του αποτελεσματικότητα αυξάνει (σε αντιπαράθεση με τα client-server δίκτυα στα οποία όσο αυξάνει ο αριθμός των χρηστών μειώνεται η ταχύτητα που αντιστοιχεί στον καθένα). Επιπλέον, λόγω της κατανομημένης φύσης τα δίκτυα p2p χαρακτηρίζονται από αυξημένη στιβαρότητα. Εάν ένας ή κάποιοι peer παρουσιάσουν σφάλμα, αυτό συνήθως δεν γίνεται αντιληπτό καθώς οι πόροι που διαμοίραζαν μπορούν να ανακτηθούν από άλλους κόμβους.

Εφαρμογές των δικτύων p2p εκτός του file sharing:

- **Βιοπληροφορική:** Τα δίκτυα p2p εδώ και καιρό αποτελούν το επίκεντρο του ενδιαφέροντος στην βιοπληροφορική. Η ανάλυση του ανθρώπινου DNA, η αναζήτηση για νέα φάρμακα μέσω εξομοιώσεων κτλ είναι εργασίες που απαιτούν τεράστια υπολογιστική ισχύ. Τα δίκτυα p2p προσφέρουν την απαιτούμενη ισχύ για να έχουμε αποτελέσματα σε εύλογα χρονικά διαστήματα. Οι ενδιαφερόμενοι εγκαθιστούν ένα πρόγραμμα στον H/Y τους το οποίο τους εντάσσει στο εν λόγω δίκτυο και αξιοποιεί τους idle κύκλους του επεξεργαστή τους για την ανάλυση των δεδομένων.

- **Φυσική-μαθηματικά:** Σε αντίστοιχο μοτίβο κινούνται ορισμένα προγράμματα όπως το prime95 (<http://www.mersenne.org/freesoft/>). Ασχολείται με την αναζήτηση του μεγαλύτερου γνωστού πρώτου αριθμού (Mersenne prime), ένα ρεκόρ που σπάει κάθε χρόνο κατά μ.ο. ($2^{43,112,609}-1$, νούμερο με 12,978,189 ψηφία αυτή την στιγμή!). Η διαδικασία είναι τρομερά επίπονη για να την εκπονήσει κάποιος με έναν και μόνο H/Y. Εάν ενταχθούμε στο συγκεκριμένο δίκτυο συμβάλλουμε στην ανάλυση ενός τμήματος κάποιου υποψήφιου αριθμού. (Εδώ μπορεί κάποιος να ισχυριστεί πως η όλη διαδικασία είναι χαμένος κόπος-χαμένη ενέργεια, ειδικά εάν σκεφτούμε το θέμα της εργασίας!)

- **Στρατός:** Λόγω της στιβαρότητας που χαρακτηρίζει τα δίκτυα p2p η υιοθέτησή τους από τον στρατό ήταν λογική συνέπεια. Σε ένα σενάριο πολέμου ο πιο αποδοτικός τρόπος να παρεμποδίσει κανείς τις επικοινωνίες του αντιπάλου είναι να εξουδετερώσει τα κεντρικά του αρχηγεία. Εάν σε αυτά βρίσκονται οι πιο κεντρικοί server που συντονίζουν τον στρατό του, θα προκαλέσουμε μεγάλη σύγχυση. Με την τεχνολογία p2p, όλοι οι κόμβοι του στρατιωτικού δικτύου είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους. Έτσι, μπορεί να χάσουμε αρκετούς αλλά το δίκτυο να συνεχίσει να δουλεύει, περνώντας κρίσιμες πληροφορίες σε αυτούς που τις χρειάζονται.

- **Τηλεόραση:** Αρκετοί πάροχοι τηλεόρασης έχουν στραφεί στα δίκτυα p2p για την εξυπηρέτηση των πελατών τους. (p2pTV)

- **Τηλεπικοινωνίες:** Οι ανάγκες για επικοινωνία εξελίσσονται συνεχώς. Πλέον για πολλούς το να μιλάνε με κάποιον στην άλλη άκρη της γης δεν είναι αρκετό. Οι απαιτήσεις για υψηλής ευκρίνειας φωνή σε πραγματικό χρόνο αυξάνονται συνεχώς. Πολλές εταιρίες λοιπόν στράφηκαν στο internet και πιο συγκεκριμένα στα δίκτυα p2p για να παρέχουν σχετικές υπηρεσίες. Το Skype ,για παράδειγμα, είναι η πιο γνωστή εφαρμογή δικτυακής

τηλεφωνίας που βασίζεται σε p2p δίκτυα. Τέλος, πολλοί ερευνητικοί οργανισμοί προσπαθούν να εφαρμόσουν την τεχνολογία των p2p δικτύων στις κυψελωτές επικοινωνίες.

Μέρος 2^ο

A) Η πρόταση της Ethernet Alliance για Adaptive Link Rate

Με την ταχύτερη εξέλιξη της τεχνολογίας των Η/Υ και κυρίως με την εμφάνιση του Internet, παρατηρήθηκε μια αλματώδη αύξηση στα δίκτυα. Υπολογίζεται ότι σήμερα υπάρχουν κοντά στο 1 δισεκατομμύριο συνδέσεις Ethernet παγκοσμίως. Μόνο στις ΗΠΑ ανέρχονται στα 400 εκατομμύρια, πολλές από τις οποίες σύντομα θα λειτουργούν στην ταχύτητα του 1Gb/s. Η πλειοψηφία των καρτών Ethernet που πωλείται σήμερα υποστηρίζει την ταχύτητα του 1Gb/s. Καθώς οι ανάγκες για bandwidth συνεχίζουν να αυξάνουν κάθε μέρα, η πιθανότητα τα 10Gb/s να γίνουν η de facto ταχύτητα, όλο και μεγαλώνει. Το πρόβλημα είναι πως με την αύξηση της ταχύτητας διαμεταγωγής αυξάνει και η κατανάλωση ενέργειας. Σε ένα τυπικό Η/Υ του οποίου η κάρτα Ethernet δουλεύει στο 1Gb/s υπάρχει μετρήσιμη διαφορά της τάξης των 2W(AC) σε σχέση με το να δουλεύει στα 100Mb/s. Αυτή η διαφορά των 2W παρατηρείται και στην άλλη άκρη της σύνδεσης, δηλαδή στο LAN switch. Αυτή η κατανάλωση ενέργειας είναι ανεξάρτητη από την ποσότητα πληροφορίας που μεταδίδεται πάνω από την σύνδεση.

Τον περισσότερο χρόνο οι συνδέσεις Ethernet μεταξύ Η/Υ και switch παραμένουν ανενεργές (idle) ή σχεδόν ανενεργές. Σύμφωνα με μετρήσεις βλέπουμε πως όντως το ποσοστό χρησιμοποίησης της σύνδεσης (utilization) παραμένει ανάμεσα στο 1% και 5%. Οι υψηλές ταχύτητες σύνδεσης, όπως το 1Gb/s είναι επιθυμητές για τη μεταφορά μεγάλων αρχείων. Κατά συνέπεια, οι εν λόγω συνδέσεις υποστηρίζουν μεγάλο burst bandwidth. Τι γίνεται όμως την περισσότερη ώρα που μόλις ένα μικρό ποσοστό της σύνδεσης χρησιμοποιείται; Εάν η ταχύτητα σύνδεσης μειωνόταν αυτόματα από το 1Gb/s στα 100Mb/s, ο χρήστης δε θα καταλάβαινε τη διαφορά εάν η σύνδεση μπορεί να επανέρθει αυτόματα στο 1Gb/s όταν χρειαστεί να γίνει κάποια μεγάλη μεταφορά δεδομένων.

Αναρωτιέται κανείς για τα πιθανά οφέλη σε εξοικονόμηση ενέργειας εάν οι υπάρχουσες (αλλά και μελλοντικές) συνδέσεις Ethernet μπορούσαν αυτόματα να μεταβάλλουν την ταχύτητά τους από το 1Gb/s όταν χρειάζεται στα 100Mb/s όταν είναι ανενεργές. Με άλλα λόγια εάν η ταχύτητα της σύνδεσης Ethernet είναι προσαρμοστική (adaptive) συναρτήσει του ποσοστού χρησιμοποίησης της.

Για να μιλήσουμε και με νούμερα, έστω οι εξής παραδοχές :

- 2/3 των Η/Υ που απευθύνονται στον εμπορικό τομέα λειτουργούν συνεχόμενα (24/7) μαζί με πολλούς Η/Υ που βρίσκονται στα σπίτια μας.
- Η ταχύτητα του 1Gb/s δεν απαιτείται παρά μόνο μία ώρα την ημέρα ενώ την υπόλοιπη ώρα η επικοινωνία μπορεί να πραγματοποιηθεί στα 100Mb/s χωρίς καμία διαφορά για τον χρήστη.

- Η ενεργειακή διαφορά μιας σύνδεσης H/Y με το switch στο 1Gb/s σε σχέση με τα 100Mb/s είναι 4W.
- Μέχρι το 2012 θα υπάρχουν 80 εκατομμύρια H/Y συνδεδεμένοι σε δίκτυα Ethernet (μόνο στις ΗΠΑ) με ταχύτητα 1Gb/s ενώ παράλληλα οι μισοί από αυτούς θα υποστηρίζουν το ALR (Adaptive Link Rate) και τέλος:
 - Το πρωτόκολλο ALR μπορεί να εφαρμοστεί στους H/Y που βρίσκονται σπίτι μας, σε laptop αλλά και άλλες συσκευές.

Parameter	Value
Power savings per Ethernet link	4 W
1 Gb/s traffic time per day	1hr
ALR low-traffic time per day	18 hr 75 %
ALR low-traffic time per year	70 %
Energy savings per PC per year	24.5 kWh/yr
Energy savings for 40 million PCs per year	0.98 TWh/yr
Savings at US\$ 0.08 per kW/h per year	\$78 million/yr

Πίνακας 2: Αναμενόμενα ενεργειακά οφέλη με τη χρήση του ALR.

Με τέτοιο ποσοστό χρησιμοποίησης του ALR (50%) στους H/Y, μπορούν να εξοικονομηθούν 80εκ\$ ενέργειας στις ΗΠΑ μόνο (!). Το περιθώριο για ενεργειακά οφέλη είναι τόσο μεγάλο που στην αναθεωρημένη έκδοση EPA (Energy Star Program Requirements for computers) συναντάμε τα εξής: «Όλοι οι H/Y θα πρέπει να μειώνουν την ταχύτητα των συνδέσεων δικτύου τους σε περιόδους χαμηλής χρησιμοποίησης σε συμμόρφωση με τα standard της τεχνολογίας που επιτρέπουν την γρήγορη εναλλαγή των ταχυτήτων αυτών».

Υπάρχουσες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας για μη Ethernet τεχνολογίες:

Οι συνδέσεις ADSL με τα τελευταία standard και τις υλοποιήσεις παρέχουν πλέον την δυνατότητα της ενεργειακής διαχείρισης (ADSL2, ADSL2+ - ITU G.9923/4/5). Οι συνδέσεις ADSL2+ υποστηρίζουν ταχύτητες μέχρι 24Mbps με κατανάλωση ενέργειας στα 2W σε πλήρες φόρτο. Μπορούν και λειτουργούν σε τρεις ενεργειακές καταστάσεις, ανάλογα με τον φόρτο της εκάστοτε στιγμής. Πιο συγκεκριμένα έχουμε τις καταστάσεις L0(full on), L2(low power) και L3(off). Μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας πετυχαίνουμε άλλο ένα πλεονέκτημα: μειώνεται η εκλυόμενη θερμότητα στα τηλεφωνικά κέντρα που καταλήγουν οι γραμμές μας. Η εναλλαγή μεταξύ των καταστάσεων L0 και L2 είναι σχεδόν στιγμιαίες, χωρίς δηλαδή να τις αντιλαμβάνεται ο χρήστης. Οι μεταβάσεις από την L3 κατάσταση παίρνουν μέχρι και 3 δευτερόλεπτα. Ο στόχος είναι να έχουμε κατανάλωση ενέργειας 0,75W στην κατάσταση L2 και 0,3W στην L3. Η αρμόδια επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των ηλεκτρικών συσκευών πρότεινε την καθιέρωση του DSL2, DSL2+ για την παροχή broadband internet, ακριβώς λόγω της ενεργειακής διαχείρισης που προσφέρουν.

Υπάρχουσες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας για το Ethernet:

Η νέα γενιά των ελεγκτών Ethernet έχει αρχίσει να υποστηρίζει βελτιωμένες δυνατότητες διαχείρισης ενέργειας ώστε να πετύχουμε χαμηλότερη κατανάλωση. Για παράδειγμα πολλοί φορητοί (και μη) H/Y θα ρίξουν την ταχύτητα της κάρτας δικτύου στα 100 ή 10Mbps εάν το σύστημα μπει σε κατάσταση εξοικονόμησης ενέργειας (sleep). Οι ελεγκτές Ethernet μπορούν επίσης να μειώσουν την εσωτερική ταχύτητά τους, ή ακόμη και

να απενεργοποιήσουν τελείως το φυσικό τους κύκλωμα όταν δεν ανιχνεύουν σήμα πάνω στη γραμμή (πχ εάν στο άλλο άκρο της σύνδεσης ο H/Y, router έχει απενεργοποιηθεί - αποσυνδεθεί).

Αυτή η υπάρχουσα ενεργειακή διαχείριση χρησιμοποιεί την δυνατότητα auto-negotiation του Ethernet ώστε να επιβάλλει μια κατάσταση χαμηλής ταχύτητας (όταν για παράδειγμα ο υπολογιστής μπει σε κατάσταση sleep), είτε μια κατάσταση υψηλής ταχύτητας (όταν πχ ο υπολογιστής βγει από την κατάσταση sleep ώστε να συνεχίσει σε κανονική λειτουργία). Η υπάρχουσα εκδοχή του auto-negotiation απαιτεί αρκετές 100άδες millisecond ώστε να επιτύχει την εναλλαγή της ταχύτητας. Κατά συνέπεια λειτουργεί αποτελεσματικά κατά την έξοδο του H/Y από την κατάσταση sleep, όπου ο απαιτούμενος χρόνος είναι αρκούντως μεγάλος ώστε να επικαλύψει τον χρόνο για την αλλαγή της ταχύτητας. Δεν μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια λειτουργίας του H/Y καθώς ο χρήστης θα αντιλαμβανόταν την καθυστέρηση (lag), ενώ ακόμη χειρότερα θα μπορούσε να οδηγήσει σε απώλεια δεδομένων από πακέτα που θα υπερχειλίσουν την προσωρινή μνήμη (buffer) του switch προερχόμενα από μια σύνδεση υψηλής ταχύτητας.

Για να είναι αδιαφανής η όλη διαδικασία για τον χρήστη, η εναλλαγή χρειάζεται να πραγματοποιείται σε χρόνο πολύ μικρότερο της τάξης των 100άδων millisecond. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται ένας νέος μηχανισμός. Επίσης απαιτείται και μια πολιτική που θα αποφασίζει πότε πρέπει να γίνει η αλλαγή από την χαμηλή ταχύτητα στην υψηλή και το ανάποδο. Το θέμα διευθετείται στο προτεινόμενο Adaptive Link Rate για το Ethernet.

Το Adaptive Link Rate για το Ethernet:

Η πρόταση του νέου ALR παρέχεται στην κοινότητα του Ethernet και αυτή του 802.3, ως ένα μέσο που θα βοηθήσει τον διάλογο και θα παροτρύνει την έναρξη της έρευνας για τον ζητούμενο νέο μηχανισμό γρήγορης εναλλαγής μεταξύ των υπάρχουσών ταχυτήτων. Η πρόταση του ALR χρησιμοποιεί μια διπλής κατεύθυνσης MAC χειραψία (2-way MAC frame handshake), η οποία θα είναι πιο γρήγορη από το auto negotiation. Αυτή η MAC χειραψία μπορεί να υλοποιηθεί είτε από τον οδηγό της κάρτας Ethernet, είτε πάνω στον ίδιο τον ελεγκτή. Η πρόταση επίσης εμπεριέχει μια πολιτική βασισμένη στα όρια των buffer και τα ποσοστά χρησιμοποίησης της σύνδεσης.

Οι μηχανισμοί καθώς και οι πολιτικές του ALR πρέπει να υλοποιηθούν τόσο στον ελεγκτή Ethernet από την μεριά του χρήστη, όσο και στην μεριά του switch. Συνεπώς το ALR είναι ένα πρωτόκολλο δύο κατευθύνσεων στο οποίο η κάθε εμπλεκόμενη μεριά μπορεί να ξεκινήσει την διαδικασία αλλαγής ταχύτητας της σύνδεσης. Η ύπαρξη της ALR δυνατότητας θα πρέπει να έχει γίνει γνωστή από την εγκαθίδρυση της σύνδεσης μέσω του μηχανισμού auto negotiation. Το ALR θα τρέχει μόνο σε συνδέσεις που δηλώνουν ότι το υποστηρίζουν και στα δύο άκρα τους. Για παράδειγμα η αίτηση ενός H/Y για αύξηση της ταχύτητας από χαμηλή σε υψηλή θα γίνεται μόνο εάν γνωρίζουμε ότι ο κόμβος στην άλλη μεριά της σύνδεσης (πχ switch) υποστηρίζει αυτό τον υψηλότερο ρυθμό.

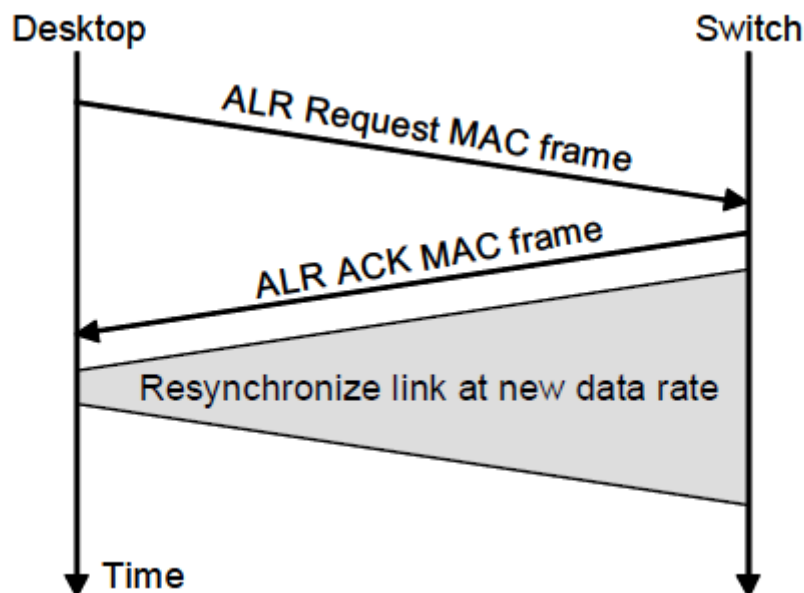
Ο μηχανισμός του ALR:

Για να πετύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα, την αμεσότητα δηλαδή της εναλλαγής που θα την καθιστά ανεπαίσθητη προς τον χρήστη, χρειαζόμαστε ένα μηχανισμό ταχέων σημάτων (fast signaling). Ένας τέτοιος πιθανός μηχανισμός είναι το 2-way MAC frame handshake. Στο ακόλουθο διάγραμμα βλέπουμε τον πιθανό ορισμό του MAC πλαισίου:

DA	SA	Type	Opcode	Data rate	Padding	FCS
TBD	Source MAC addr	Control (88-08)	TBD	TBD	Reserved (sent as zeroes)	CRC32
6 octets	6 octets	2 octets	2 octets	2 octets	42 octets	4 octets

Εικόνα 6: ALR MAC πλαίσιο.

Το πεδίο opcode χρησιμοποιείται για να υποδείξει την επιθυμητή ενέργεια. Το πεδίο ελέγχου (control), είναι ο ζητούμενος ρυθμός διαμεταγωγής (ο οποίος μπορεί να οριστεί με τρόπο παρεμφερή με το πεδίο Technology Ability που συναντάμε στην κωδική λέξη του auto negotiation). Τρεις νέοι opcode είναι απαραίτητοι, ένας για κάθε ένα από τα: αιτήσεις μετάβασης του ALR, ACK και NACK MAC πλαίσια. Οι τιμές αυτών των opcode παραμένει να οριστούν. Μία ACK απάντηση θα υποδεικνύει ότι η αλλαγή ταχύτητας έχει γίνει δεκτή στην άλλη άκρη της σύνδεσης και θα ακολουθηθεί από τον επανασυγχρονισμό της σύνδεσης στην νέα ταχύτητα. Μια απάντηση NACK αντιθέτως θα υποδεικνύει την άρνηση της άλλης άκρης στην αποδοχή της νέας ταχύτητας.



Εικόνα 7: ALR MAC frame χειραψία.

Στην εικόνα 7 βλέπουμε πώς πραγματοποιείται μια διπλής κατεύθυνσης MAC frame χειραψία, με τον επανασυγχρονισμό της σύνδεσης να ακολουθεί το πακέτο ALR ACK.

Πολιτική Ελέγχου του ALR:

Πότε πρέπει μια ένας χαμηλός ρυθμός δεδομένων να αλλάξει σε υψηλό; Πότε αντίστοιχα πρέπει ο υψηλός να αλλάξει σε χαμηλό; Η πολιτική ελέγχου του ALR καθορίζει το πότε πρέπει να γίνουν αυτές οι αλλαγές. Σημασία έχει το να είναι σχετικά απλή ώστε να μπορεί να υλοποιηθεί από έναν ελεγκτή Ethernet. Μια αποδοτική πολιτική είναι αυτή που θα αφήνει τον ελεγκτή να λειτουργεί σε κατάσταση χαμηλής ταχύτητας διαμεταγωγής για όσο το δυνατόν περισσότερο γίνεται, χωρίς παράλληλα να επηρεάζει αισθητά την απόδοση – απόκριση των εφαρμογών, από την σκοπιά του χρήστη. Σημαντική αύξηση στην καθυστέρηση των πακέτων θα επέφερε και αυξημένο χρόνο απόκρισης των εφαρμογών.

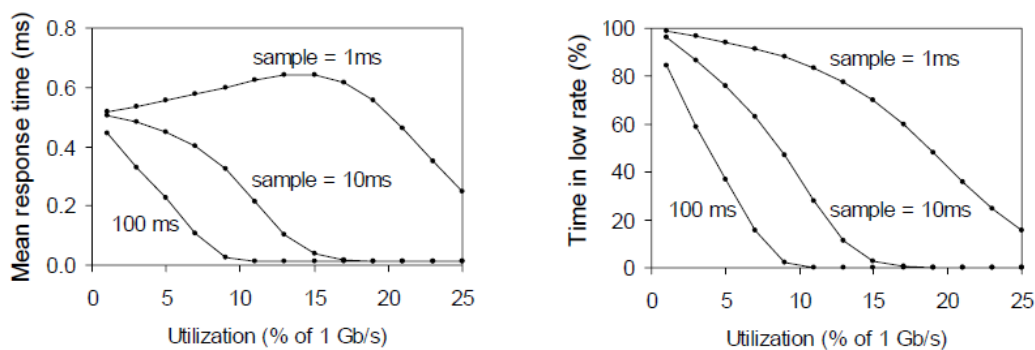
Τα όρια των προσωρινών μνημών (buffer) καθώς και η παρακολούθηση της

χρησιμοποίησης της σύνδεσης είναι τα δύο βασικά συστατικά για μια αποδοτική ALR πολιτική.

Μετάβαση από την χαμηλή στην υψηλή ταχύτητα: Προτείνεται το high queue threshold ως η παράμετρος που θα πυροδοτεί την αλλαγή από την χαμηλή στην υψηλή ταχύτητα. Αυτό συμβαίνει όταν το buffer μετάδοσης του router έχει πάνω από κάποιο μεγάλο αριθμό πλαισίων να μεταδώσει, οπότε και στέλνεται ένα πακέτο MAC το οποίο ζητάει την αλλαγή σε υψηλότερη ταχύτητα στην άλλη άκρη της σύνδεσης. Μία τέτοια αίτηση δεν θα πρέπει ποτέ να απορρίπτεται από την συσκευή που βρίσκεται στην άλλη άκρη της γραμμής και κατά συνέπεια θα απαντάται με ένα πακέτο MAC ACK.

Μετάβαση από την υψηλή στην χαμηλή ταχύτητα: Προτείνεται η παρακολούθηση του ποσοστού χρησιμοποίησης της σύνδεσης (utilization), και όταν πέσει κάτω από κάποιο όριο (threshold) θα στέλνεται ένα πακέτο MAC που θα ζητάει την αλλαγή στην κατάσταση χαμηλής ταχύτητας. Εάν η συσκευή που βρίσκεται στην άλλη μεριά της σύνδεσης δεν μπορεί να κάνει δεκτό το αίτημα (λόγω πχ buffer που βρίσκονται πάνω από το όριο) θα πρέπει να απαντήσει αρνητικά με ένα πακέτο MAC NACK. Συνεπώς η λειτουργία σε κατάσταση υψηλής ταχύτητας έχει πάντα προτεραιότητα σε σχέση με την χαμηλή.

Η παρακολούθηση του ποσοστού χρησιμοποίησης όπως είπαμε πρέπει να χρησιμοποιείται για να πυροδοτεί τις εναλλαγές από την κατάσταση υψηλής ταχύτητας στην κατάσταση χαμηλής ταχύτητας, ώστε να αποφύγουμε την άσκοπη εναλλαγή της ταχύτητας της σύνδεσής μας. Μπορούμε να την υλοποιήσουμε μετρώντας τα bytes που έχουν σταλεί σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Πειράματα εξομοίωσης έχουν δείξει πως το 5% για όριο της υψηλής ταχύτητας μαζί με 10millisecond ως μεσοδιαστήματα μέτρησης του ποσοστού χρησιμοποίησης, είναι αποδοτικές τιμές. Στα επόμενα διαγράμματα φαίνονται τα πειραματικά αποτελέσματα. Θεωρήσαμε ως υψηλή ταχύτητα διαμεταγωγής το 1Gbps, χαμηλή τα 100Mbps καθώς και χρόνο 1ms καθυστέρηση για το handshake και τον επανασυγχρονισμό της σύνδεσης. Ως όριο του ποσοστού χρησιμοποίησης ορίσαμε το 5% (για την εφαρμογή της πολιτικής). Στο πρώτο διάγραμμα συναντάμε την μέση καθυστέρηση των πακέτων, ενώ στο δεύτερο το ποσοστό του χρόνου που παραμένει η σύνδεση στην κατάσταση της χαμηλής ταχύτητας.



Εικόνα 8 : Πειραματικά Αποτελέσματα του ALR.

Τα τρία ίχνη είναι για τις 3 διαφορετικές τιμές των ενδιαμέσων χρόνων μέτρησης του ποσοστού χρησιμοποίησης. Παρατηρούμε ότι για χαμηλά ποσοστά χρησιμοποίησης (κάτι κοινό όπως είπαμε για τους ελεγκτές Ethernet), μπορούμε να παραμείνουμε τον περισσότερο χρόνο στην κατάσταση χαμηλής ταχύτητας με κόστος την ανεπαίσθητη, από την μεριά του χρήστη, αύξηση της καθυστέρησης.

Ανοικτές Προκλήσεις:

Παρόλη την μελέτη που αναπτύξαμε παραπάνω, αρκετές προκλήσεις παραμένουν αναπάντητες. Για το λόγο αυτό πρέπει να συσταθεί μια επιτροπή μελέτης του IEEE 802.3 που θα μελετήσει αυτές τις προκλήσεις. Πιο συγκεκριμένα

- Πρέπει να επαναμελετηθεί ο μηχανισμός συγχρονισμού ώστε να μπορεί να γίνει η εφαρμογή του και σε συνδέσεις Ethernet των 10Gbps.
- Οι αρχικές συνθήκες και απαιτήσεις έπρεπε να ληφθούν υπόψιν (πχ στα πρωτόκολλα υψηλότερων επιπέδων για την διαδικασία της ενεργοποίησης – wake up).
- Οι ρόλοι του master και slave μεταξύ των δυο μερών της σύνδεσης πρέπει να διευθετηθούν και τέλος:
- Πιθανές εμπλοκές με την τεχνολογία ισχύος πάνω από το Ethernet (Power Over Ethernet) πρέπει να εξερευνηθούν.

B) Ένα proxy για την αδρανοποίηση των H/Y ώστε να εξοικονομούν ενέργεια.

Μια άλλη πλευρά του ζητήματος είναι η σπατάλη ενέργειας που γίνεται αφήνοντας ορισμένους H/Y συνεχώς ανοιχτούς, ώστε να είναι ανά πάσα στιγμή παρόντες στο δίκτυο στο οποίο ανήκουν. Θα μελετήσουμε πώς ένα Network Connectivity Proxy θα επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, επιτρέποντας στους ανενεργούς Host να μπαίνουν σε κατάσταση αδράνειας (sleep mode), ενώ παράλληλα να διατηρούν πλήρη δικτυακή παρουσία.

Ένα τέτοιο NCP θα πρέπει να χειρίζεται τα ARP, ICMP, DHCP μηνύματα καθώς και άλλες χαμηλού επιπέδου διεργασίες που υποδηλώνουν την διαθεσιμότητα του συγκεκριμένου host. Επίσης το NCP θα πρέπει να διατηρεί τις συνδέσεις TCP καθώς και τις ροές δεδομένων UDP, όπως και να απαντά σε μηνύματα εφαρμογών.

Θα εστιάσουμε στο πώς μπορούν οι συνδέσεις TCP να κρατηθούν ζωντανές σε περιόδους αδράνειας του host, χρησιμοποιώντας μία SOCKS προσέγγιση η οποία καλείται green SOCKS (gSOCKS), ως μέρος του NCP. Το gSOCKS αντιλαμβάνεται την κατάσταση λειτουργίας (on ή sleep) του εκάστοτε host.

Σύμφωνα με έρευνες το 60% των H/Y γραφείων (εταιριών δηλαδή κτλ) μένουν ανοιχτοί όλο το 24ωρο. Η ανάγκη για συνεχή παρουσία τους στο δίκτυο συμβάλλει στην απενεργοποίηση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας από τους χρήστες τους. Για να εξοικονομήσουμε αυτή την χαμένη ενέργεια μπορούμε 1) να επανασχεδιάσουμε τα δικτυακά πρωτόκολλα μαζί με τις εφαρμογές τους, ή 2) ενθυλακώνοντας την ευφυΐα για την διατήρηση της δικτυακής παρουσίας σε μια οντότητα διαφορετική από τον πυρήνα των δικτυωμένων συσκευών. Θα καλούμε την δεύτερη επιλογή Network Connectivity Proxy, όπου ένα NCP είναι μια οντότητα η οποία διατηρεί πλήρη δικτυακή παρουσία για έναν αδρανοποιημένο network host.

Η έννοια του NCP έχει καθοριστεί παλαιότερα από αρκετούς ερευνητές (Christensen, Jimeno, Guleedge κ.α) και έχει προτυποποιηθεί από την Microsoft. Αυτό που δεν έχει απαντηθεί πλήρως μέχρι σήμερα είναι το πώς να διατηρούνται οι υπάρχοντες συνδέσεις TCP όταν ένας host μπαίνει σε κατάσταση αδράνειας. Η συνεισφορά του συγκεκριμένου άρθρου είναι 1) Ένας επίσημος ορισμός των απαιτήσεων για ένα Network Connectivity Proxy και 2) Μια σχεδίαση, υλοποίηση και εκτίμηση της SOCKS-βασισμένης αντιμετώπισης για την διατήρηση των TCP συνδέσεων καθώς και των ροών UDP για τους αδρανοποιημένους hosts.

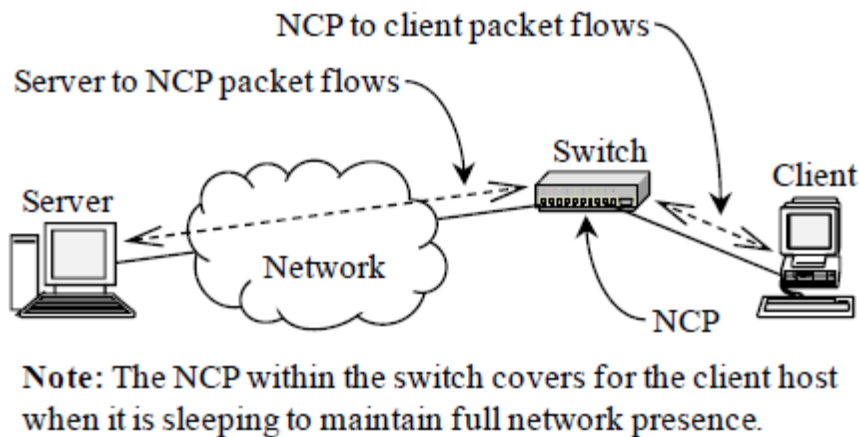
Το πρόβλημα της δικτυακής παρουσίας:

Γιατί άραγε η πλειοψηφία των Η/Υ γραφείων και σπιτιού μένουν ανοιχτοί σε περιόδους που δεν χρησιμοποιούνται, όπως το βράδυ ή τα Σαββατοκύριακα; Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για το φαινόμενο αυτό, με τους πιο σημαντικούς να είναι : 1) Η ενόχληση για τον χρήστη στο να περιμένει ο Η/Υ του να βγει από την κατάσταση sleep 2) η ανάγκη για την διατήρηση της δικτυακής παρουσίας όλη την ώρα ώστε να επιτρέπεται η απομακρυσμένη πρόσβαση στον Η/Υ μας αλλά και για την ομαλή λειτουργία των δικτυακών εφαρμογών. Ο πρώτος λόγος εξασθενεί με τον καιρό καθώς οι σύγχρονοι Η/Υ μπορούν να «ξυπνήσουν» σε όλο και λιγότερο χρόνο. Αντίθετα ο δεύτερος λόγος γίνεται όλο και πιο σημαντικός καθώς όλο και περισσότερες εφαρμογές και πρωτόκολλα βασίζονται στην συνεχή διαθεσιμότητα της σύνδεσής μας με το internet.

Για την διατήρηση της ζητούμενης δικτυακής παρουσίας, ένας host θα πρέπει να υποστηρίζει μια σειρά από βασικές λειτουργίες ακόμη και στην κατάσταση αδράνειας. Αυτές συνοπτικά είναι οι παρακάτω:

- Η δυνατότητα απάντησης στα ARP μηνύματα ώστε να μην βγει από την μνήμη cache του router στο οποίο και συνδέεται ο Η/Υ μας.
- Η διατήρηση της IP διεύθυνσης δημιουργώντας περιοδικά DHCP lease αιτήσεις. (εάν βέβαια παίρνουμε την IP μας μέσω DHCP.
- Η διατήρηση της διαχειρισσιμότητας απαντώντας στα μηνύματα ICMP, όπως το ping.
- Υποστήριξη του NetBIOS name resolution, απαντώντας στα σχετικά NetBIOS μηνύματα.
- Η διατήρηση της πρόσβασης σε επίπεδο εφαρμογής, απαντώντας σε μηνύματα TCP SYN τα οποία στέλνονται στις ανοιχτές πόρτες του υπολογιστή μας.
- Η διατήρηση της κατάστασης των εφαρμογών που έτρεχαν πριν την αδρανοποίηση, τουλάχιστον για εκείνες που βασίζονται στην TCP σύνδεση.
- Η διατήρηση της κατάστασης των εφαρμογών απαντώντας σε οποιαδήποτε μηνύματα που προέρχονται από το επίπεδο εφαρμογής.

Συμπληρώνοντας την ανωτέρω λίστα, θα έλεγε κανείς πως είναι επιθυμητό να μην χάνεται κανένα πακέτο το οποίο στέλνεται σε έναν host ο οποίος «κοιμάται». Μιας και η λίστα δεν είναι πλήρης, είναι μελλοντικό καθήκον να κατανοήσουμε καλύτερα το τι είδους μηνύματα ακριβώς δέχεται ένας host που βρίσκεται σε κατάσταση sleep και να τα διαχωρίσουμε ανάλογα με το εάν χρήζουν άμεσης απάντησης, εάν μπορούν να αγνοηθούν ή τέλος εάν πρέπει να μπουν σε κάποιο buffer για μελλοντική επεξεργασία. Πολύ σημαντική όπως είπαμε είναι η δυνατότητα απάντησης σε μηνύματα ARP. Οι κάρτες Ethernet που υποστηρίζουν το DMTF Alert Standard Format (ASF), στην έκδοσή του 2.0, μπορούν και απαντούν στα μηνύματα ARP ακόμη και από την κατάσταση sleep. Αυτό επιτυγχάνεται κρατώντας την κάρτα σε κανονική λειτουργία όταν ο Η/Υ έχει μπει σε κατάσταση sleep. Εάν ληφθούν ορισμένα κατάλληλα μηνύματα (που έχουν προσυμφωνηθεί), η κάρτα μπορεί να βγάλει τον Η/Υ από την κατάσταση sleep και να τον επαναφέρει σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας.



Εικόνα 9: Το πρόβλημα του NCP.

Εάν ένας host παραμείνει προσπελάσιμος κατά τη διάρκεια της αδρανοποίησης και κρατήσει την κάρτα Ethernet ενεργοποιημένη, τότε μπορεί να «ξυπνήσει» εάν λάβει το σχετικό μήνυμα. Το «μαγικό» πακέτο για αυτό τον σκοπό εφευρέθηκε στα μέσα της δεκαετίας του '90. Οι περισσότερες κάρτες Ethernet σήμερα υποστηρίζουν τόσο το «μαγικό» πακέτο, όσο και την δυνατότητα αναζήτησης κάποιου προτύπου στα μηνύματα τα οποία λαμβάνουν (πχ την αναζήτηση μηνυμάτων TCP SYN), ώστε να «ξυπνήσουν» τον H/Y.

Επιτρέποντας την αδρανοποίηση των H/Y με την χρήση του NCP:

Οι H/Y που είναι συνδεδεμένοι σε ένα δίκτυο διατηρούν την δικτυακή τους παρουσία προς τους άλλους H/Y δημιουργώντας και απαντώντας στα μηνύματα που χρειάζονται τόσο για τα δικτυακά πρωτόκολλα, όσο και για τις εφαρμογές. Ένα Network Connectivity Proxy (σύμφωνα με τους συγγραφείς του άρθρου) είναι μια οντότητα η οποία επιτελεί τις βασικές δικτυακές λειτουργίες ενός H/Y όταν αυτός είναι σε κατάσταση αδράνειας, ώστε να εμφανίζεται ως πλήρως λειτουργικός και παρών στο δίκτυο. Συνεπώς το NCP μπορεί να επιτρέψει σε έναν H/Y να αδρανοποιηθεί ώστε να εξοικονομήσει ενέργεια, την στιγμή που η απουσία του θα σήμαινε την αδυναμία εισόδου σε αυτή την κατάσταση.

Στην εικόνα 9 βλέπουμε ένα δίκτυο με δύο H/Y, έναν server και έναν client. Επίσης στο δίκτυο υπάρχει και ένα NCP μέσα στο switch για την υποστήριξη του client. Το NCP θα μπορούσε επίσης να βρίσκεται σε κάποιον άλλο H/Y του δικτύου, μέσα σε ένα ασύρματο Access point, η ακόμη και μέσα στην ίδια την κάρτα Ethernet του host.

Οι ακόλουθες παραδοχές πρέπει να ισχύουν για τον host που καλύπτεται από ένα NCP:

- Η ύπαρξη κατάστασης sleep στην οποία ο H/Y μπορεί να εισέλθει/εξέλθει ανάλογα με την εντολή που θα λάβει από την εφαρμογή ή/και από το λειτουργικό σύστημα.
- Να είναι σε θέση να εξέλθει από την κατάσταση sleep μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα ή και λιγότερο.
- Η κατάσταση sleep να διατηρεί στην κατάσταση στην οποία βρίσκονται όλα τα τοπικά πρωτόκολλα και οι εφαρμογές.
- Να υποστηρίζει απομακρυσμένο wake-up όπως με τα «μαγικά» πακέτα ή/και το pattern matching που αναφέραμε παραπάνω. (εάν το NCP δεν βρίσκεται πάνω στην κάρτα Ethernet).

- Να υποστηρίζεται η δυνατότητα των εφαρμογών να μπλοκάρουν την αδρανοποίηση εάν αυτές τρέχουν και χρησιμοποιούν εκείνη τη στιγμή πόρους του συστήματος.

Οι ακόλουθοι είναι οι στόχοι που πρέπει το σύστημα το οποίο εξυπηρετείται από ένα NCP να επιτύχει:

- Ένας host πρέπει να μπορεί να αδρανοποιηθεί και να μην χάσει την δικτυακή του παρουσία:
 - Πρέπει να διατηρεί την IP του διεύθυνση καθώς και να είναι προσπελάσιμος από τα switch και router του δικτύου.
 - Έγκυρες εισερχόμενες αιτήσεις για τη δημιουργία TCP συνδέσεων προς τον H/Y μας πρέπει να εξυπηρετούνται.
 - Οι υπάρχουσες συνδέσεις TCP προς κάποιον άλλο H/Y πρέπει να διατηρούνται και δεν επιτρέπεται να χάνονται δεδομένα.
 - Τα πακέτα UDP που στέλνονται προς κάποιον H/Y δεν πρέπει να χάνονται.
- Κατά τη διάρκεια που ένας H/Y είναι σε κατάσταση sleep, η απομακρυσμένη κατάστασή του (πχ η κατάσταση μιας εφαρμογής εάν ο συγκεκριμένος host παίζει το ρόλο του server) πρέπει να διατηρείται σε κάθε περίπτωση.
 - Τα μηνύματα που σχετίζονται με την διατήρηση μιας εφαρμογής σε ενεργή κατάσταση, καθώς και άλλα σχετικά μηνύματα που αφορούν γενικά την κατάσταση της εφαρμογής, πρέπει να διαχειρίζονται και να απαντώνται κατάλληλα.
- Δεν μπορούμε να επιτρέψουμε να απαιτηθούν αλλαγές στις δικτυακές εφαρμογές, ούτε στα πρωτόκολλά τους, για να επιτύχουμε τη σωστή λειτουργία του NCP.

Απαιτήσεις για τη λειτουργία του NCP:

Για τη λειτουργία του NCP που περιγράφουμε υπάρχουν ορισμένες απαιτήσεις και παραδοχές, οι οποίες παρατίθενται παρακάτω.

Οι παραδοχές είναι οι εξής:

- Πρέπει να είναι συνεχώς ενεργοποιημένο και συνδεδεμένο στο δίκτυο.
- Βρίσκεται μέσα στο ίδιο MAC-level domain (και συνεπώς στο ίδιο IP subnet) με τον host τον οποίο και εξυπηρετεί.
- Έχει ισοδύναμα μέτρα ασφαλείας με τον host τον οποίο και εξυπηρετεί.

Οι απαιτήσεις για το NCP είναι ανήκουν σε τέσσερις κατηγορίες: IP συνδεσιμότητα, συνδέσεις TCP, ροές UDP και τέλος δικτυακές εφαρμογές μαζί με τα πρωτόκολλα υψηλότερων επιπέδων.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις για την υποστήριξη της IP συνδεσιμότητας είναι:

- Να έχει σημαντικά χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τον host (πχ 10 φορές χαμηλότερη)
 - Να γνωρίζει την ενεργειακή κατάσταση του host ανά πάσα στιγμή (εάν δηλαδή είναι σε κατάσταση sleep η σε κατάσταση πλήρους λειτουργίας)
 - Θα πρέπει να χρησιμοποιεί την διεύθυνση IP του H/Y τον οποίο και εξυπηρετεί.
 - Θα πρέπει να υποστηρίζει τα ARP, DHCP, και ICMP πρωτόκολλα για τον host ο οποίος βρίσκεται σε κατάσταση sleep, ώστε να διατηρείται η προσβασιμότητά του, η διεύθυνσή του καθώς και η διαχειρισσιμότητά του.
 - Να μπορεί να λειτουργεί πίσω από πιθανό firewall.

Επιπλέον, οι απαιτήσεις για την υποστήριξη των TCP συνδέσεων είναι:

- Να είναι σε θέση να «ακούει» για έγκυρες αιτήσεις δημιουργίας TCP συνδέσεων καθώς και άλλων αιτήσεων που προέρχονται από τους H/Y του δικτύου προς κάποιον host που βρίσκεται σε κατάσταση sleep.
 - ο Να είναι σε θέση να «ξυπνάει» κάποιον host ο οποίος δέχτηκε μια έγκυρη TCP αίτηση και να επιτρέπει την εγκαθίδρυση αυτής.
- Να είναι σε θέση να διατηρεί μόνιμα τις TCP συνδέσεις για κάποιον host που βρίσκεται σε κατάσταση sleep καθώς και να αποθηκεύει στην προσωρινή μνήμη τα εισερχόμενα δεδομένα.
 - ο Να είναι σε θέση να επαναφέρει άμεσα την ροή δεδομένων TCP σε έναν host ο οποίος μόλις έχει βγει από την κατάσταση sleep.
 - ο Να είναι σε θέση να παραδώσει άμεσα τα δεδομένα που έχουν αποθηκευτεί στην προσωρινή μνήμη στον host ο οποίος μόλις έχει βγει από την κατάσταση sleep.
 - ο Να είναι σε θέση να κλείνει συνδέσεις TCP όταν έχει διαπιστωθεί ότι ένας host έχει απομακρυνθεί και δεν είναι πλέον παρών.
- Να είναι σε θέση να «ξυπνάει» έναν host που «κοιμάται» όταν οι προσωρινή μνήμη του NCP κοντεύει να γεμίσει, ώστε να αποφύγουμε την υπερχειλίσιή τους η οποία θα οδηγούσε σε απώλεια πακέτων και κατά συνέπεια απώλεια δεδομένων.

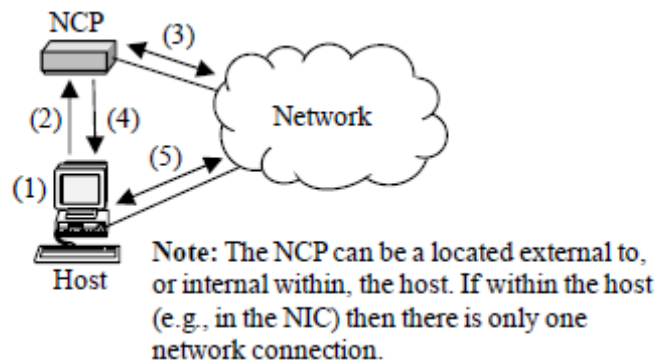
Επιπλέον απαιτήσεις για την υποστήριξη των ροών UDP:

- Να είναι σε θέση να αποθηκεύει στην προσωρινή μνήμη τις ροές πακέτων UDP που προορίζονται για host που «κοιμούνται».
- Να είναι σε θέση να παραδώσει άμεσα αυτές τις αποθηκευμένες ροές στους κατάλληλους host, όταν αυτού «ξυπνήσουν».

Τέλος οι απαιτήσεις για την υποστήριξη των εφαρμογών και των πρωτοκόλλων υψηλότερων επιπέδων είναι:

- Να είναι σε θέση να επιτρέπει στις δικτυακές εφαρμογές να τρέχουν σαν ο host να ήταν σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας.
 - ο Να είναι σε θέση να απαντά σε μηνύματα «ρουτίνας», όπως απαιτείται από την εκάστοτε εφαρμογή.
 - ο Να είναι σε θέση να δημιουργεί μηνύματα «ρουτίνας», όταν αυτό απαιτείται από κάποια εφαρμογή.

Αρχιτεκτονική του NCP:



Εικόνα 10: NCP σε λειτουργία.

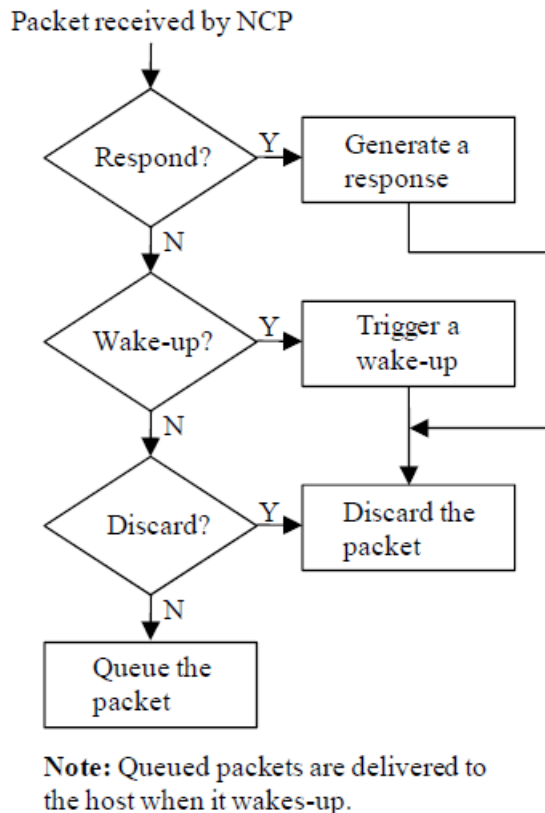
Επισκόπηση της έκδοσης 5 του SOCKS:

Το standard του SOCKS περιγράφει πώς οι συνδέσεις TCP καθώς και οι ροές δεδομένων UDP μπορούν να αναμεταδοθούν μέσω κάποιου ενδιάμεσου host ο οποίος και τρέχει ένα SOCKS δαίμονα (daemon). Το SOCKS είναι μια υπηρεσία του Internet που αποτελείται από μία βιβλιοθήκη client και έναν δαίμονα. Ο δαίμονας του SOCKS συνήθως εκτελείται μέσα σε κάποιο firewall, ώστε να επιτρέπει (όπως είπαμε αναμεταδιδόμενη μέσω κάποιου ασφαλούς host) TCP και UDP πρόσβαση των client στο δίκτυο. Υποστηρίζει τόσο εξερχόμενες όσο και εισερχόμενες αιτήσεις συνδέσεων TCP και ροών UDP. Για να είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει το SOCKS, μια εφαρμογή πρέπει να είναι κατάλληλα διαμορφωμένη (socksified - κατά τους συγγραφείς), ώστε να υποστηρίζει ενθυλάκωση για τις βασικές λειτουργίες socket, βασιζόμενη στην βιβλιοθήκη SOCKS client. Το αποτέλεσμα αυτής της ενθυλάκωσης είναι ότι μία εφαρμογή client μπορεί να συνδεθεί με διαφάνεια μέσω του SOCKS daemon σε κάποιον server, ή ένας server μπορεί να συνδεθεί με διαφάνεια σε μία εφαρμογή client που εκείνη την στιγμή «ακούει». Οι περισσότεροι φυλλομετρητές (web browsers) μαζί με τις FTP, SSH και telnet client εφαρμογές, ήδη υποστηρίζουν το SOCKS καθώς είναι μια δημοφιλής υπηρεσία που χρησιμοποιείται στα firewall. Το SOCKS standard υποστηρίζει διευθύνσεις IPv6, επιτρέποντας έτσι την μελλοντική μετάβαση στο IPv6.

Το NCP εξεταζόμενο σε υψηλό επίπεδο:

Όπως είπαμε το NCP καλύπτει κάποιον host ο οποίος είναι σε κατάσταση sleep. Αυτό απαιτεί την γνώση, εκ μέρους του NCP, της ενεργειακής κατάστασης του host, καθώς και την δυνατότητα μετάβασης της κατάστασης μεταξύ του host και του NCP. Στην εικόνα 11 βλέπουμε τα βασικά λειτουργικά βήματα του NCP τα οποία είναι:

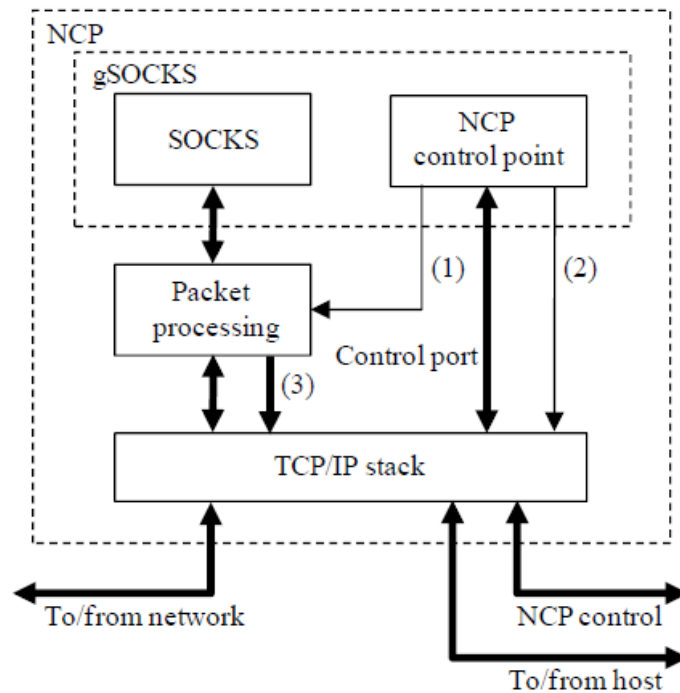
1. Ο host αποφασίζει εάν είναι ώρα να μπει σε κατάσταση sleep (βασιζόμενος για παράδειγμα στον χρόνο που έχει παραμείνει ανενεργός ή σε ενέργεια του χρήστη).
2. Μια ειδοποίηση μαζί με την κατάσταση περνάει στο NCP και εν συνεχεία ο host μπαίνει σε κατάσταση sleep.
3. Το NCP διατηρεί πλήρη δικτυακή παρουσία, απαντώντας ή και δημιουργώντας πακέτα πρωτοκόλλων ή εφαρμογών, όπως αυτό απαιτείται.
4. Το NCP καθορίζει πότε έχει φτάσει ένα πακέτο το οποίο απαιτεί την πλήρη λειτουργία του συστήματος και στέλνει την αντίστοιχη εντολή wake-up. Ο host μπορεί να ενεργοποιηθεί τόσο από δραστηριότητα του χρήστη όσο και από κάποιο εσωτερικό χρονόμετρο.
5. Όταν ο host έχει «ξυπνήσει» πλήρως, η κατάσταση περνάει πίσω από το NCP στον host, ο οποίος και επιστρέφει σε κατάσταση λειτουργίας fully powered up.



Εικόνα 11: Επεξεργασία πακέτων από το NCP.

Όταν το NCP καλύπτει κάποιον host που βρίσκεται σε κατάσταση sleep λαμβάνει τα πακέτα τα οποία προορίζονται για αυτόν. Το κάθε λαμβανόμενο πακέτο έχει ως αποτέλεσμα μία από τις παρακάτω ενέργειες: άμεση απάντηση, ξύπνημα του host, αγνόηση του πακέτου ή αποθήκευσή του στη μνήμη buffer για επεξεργασία του όταν ο host «ξυπνήσει». Στην εικόνα 11 βλέπουμε το διάγραμμα ροής των ενεργειών για κάθε λαμβανόμενο πακέτο. Τα πακέτα χαμηλού επιπέδου όπως τα ARP και ICMP μπορούν να απαντηθούν αμέσως. Άλλα πακέτα όπως τα SNMP GET, μπορεί να απαιτήσουν το «ξύπνημα» του host, εάν αυτός τρέχει κάποια υπηρεσία που αντιστοιχεί στο λαμβανόμενο πακέτο. Ένα πακέτο SNMP GET έχει περιορισμένο χρόνο ζωής, κατά συνέπεια δεν μπορεί να μπει στην ουρά για μετέπειτα επεξεργασία. Μερικά πακέτα εφαρμογών μπορούν να αποθηκευτούν για επεξεργασία όταν ο host «ξυπνήσει». Θα εξετάσουμε δυο είδη εφαρμογών για τις οποίες η αποθήκευση των πακέτων έχει νόημα. Οι εφαρμογές αυτές είναι οι SSH και IM.

Το SSH χρησιμοποιείται ως μια ασφαλής μέθοδος αντικατάστασης του telnet για απομακρυσμένη πρόσβαση σε κονσόλες τερματικών. Χρησιμοποιεί σύνδεση TCP. Εάν αυτή η σύνδεση TCP πέσει τότε η κατάσταση της εφαρμογής χάνεται στον απομακρυσμένο H/Y. Επιπλέον απαιτείται μια χρονοβόρα διαδικασία επανασύνδεσης. Κατά συνέπεια οι χρήστες με SSH συνδέσεις συνήθως απενεργοποιούν τα χαρακτηριστικά εξοικονόμησης ενέργειας του H/Y τους. Κατά τη διάρκεια που είναι ενεργή μια περίοδος (session) SSH, τα μηνύματα μπορούν και ρέουν από τον απομακρυσμένο H/Y στην κονσόλα. Για να μπορεί ο client host να «κοιμηθεί», η σύνδεση TCP πρέπει να διατηρηθεί και τα όποια μηνύματα να αποθηκευτούν για μετέπειτα εμφάνιση στην κονσόλα του συγκεκριμένου host.



Note: Control (1) communicates host sleep state to NCP packet processing. Control (2) is used to change the TCP retransmission time-out. Data path (3) is used to send response and wake-up packets to the host.

Εικόνα 12: Αρχιτεκτονική του NCP.

Το IM συνήθως χρησιμοποιείται σε συζητήσεις (chat) πολλών εμπλεκομένων (multi-way). Χρησιμοποιεί μια σύνδεση TCP από τον IM client προς τον IM server. Εάν μια client TCP σύνδεση πέσει, ο συγκεκριμένος host απομακρύνεται από την συζήτηση και όποια μηνύματα IM στάλθηκαν κατά το διάστημα εκείνο εν τέλει δεν παραδίδονται. Για να μπορεί ένας IM client να μπει σε κατάσταση sleep και να μην χάσει κάποιο από τα εισερχόμενα μηνύματα, πρέπει η σύνδεση TCP να διατηρείται και τα μηνύματα να αποθηκεύονται για μετέπειτα εμφάνιση στην εφαρμογή του IM client, όμοια με την περίπτωση του SSH που περιγράψαμε νωρίτερα.

Πέρα από τα SSH και IM υπάρχει μία ευρεία γκάμα μελλοντικών εφαρμογών που κατατάσσονται στο RIA (Rich Internet Applications). Οι RIAs είναι web βασισμένες εφαρμογές όπου ο web client εκτελεί την διεπαφή χρήστη ενώ ο server εφαρμογών εκτελεί την εφαρμογή. Οι RIAs υποστηρίζουν την αποστολή και λήψη δεδομένων μέσω σύνδεσης TCP και ενδεχομένως χωρίζουν την κατάσταση μεταξύ client και server. Υπάρχει η δυνατότητα οι RIAs να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ενεργειακή διαχείριση των προσωπικών Η/Υ. Ένα NCP μπορεί να υποστηρίζει ενεργειακά αποδοτική λειτουργία των RIAs διατηρώντας ζωντανές τις συνδέσεις ενώ παράλληλα αποθηκεύει τα δεδομένα στις μνήμες buffer, ώστε να επιτρέπει στον host να μπαίνει σε κατάσταση sleep άφοβα.

Το «πράσινο» SOCKS συστατικό του NCP:

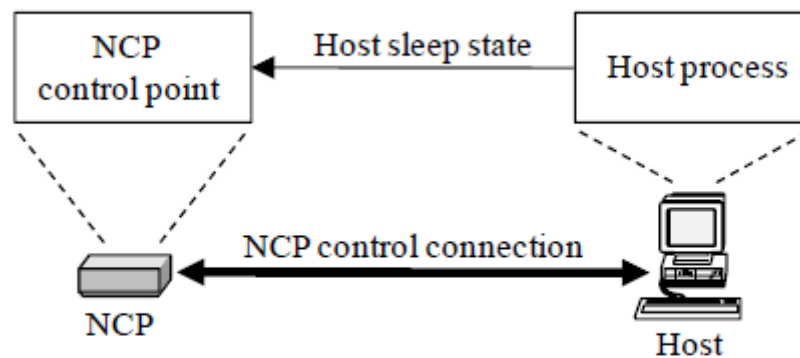
Στις απαιτήσεις που περιγράψαμε για το NCP είδαμε πως πρέπει να υποστηρίζει τη δημιουργία νέων συνδέσεων TCP ενώ παράλληλα να διατηρεί τις ήδη υπάρχουσες. Για να ικανοποιηθούν αυτές οι απαιτήσεις χρησιμοποιείται η υπηρεσία του SOCKS. Στην εικόνα 12 φαίνεται η αρχιτεκτονική NCP μαζί με το green SOCKS ή αλλιώς gSOCKS συστατικό. Το συστατικό με την ονομασία packet processing αναλαμβάνει την απόρριψη των πακέτων είτε

την απάντησή τους, είτε το «ξύπνημα» του υπολογιστή όπως περιγράψαμε προηγουμένως. Το συστατικό gSOCKS αποτελείται από έναν μη τροποποιημένο δαίμονα τύπου SOCKS καθώς και έναν νέο δαίμονα ελέγχου του NCP. Η υπηρεσία SOCKS αναμεταδίδει τα δεδομένα των συνδέσεων TCP, λαμβάνοντας ταυτόχρονα μέριμνα για το buffering των πακέτων. Για να χρησιμοποιήσουμε το gSOCKS χρειάζεται το NCP να είναι συνεχώς ενεργό, (δηλαδή σε κατάσταση power on) έτσι ώστε όλες οι συνδέσεις TCP, οι οποίες διατηρούνται ενεργές κατά τη διάρκεια που ο host είναι σε κατάσταση sleep, να προωθούνται σε κάθε περίπτωση. Συνδέσεις TCP βραχείας διάρκειας (όπως πχ συνδέσεις HTTP οι οποίες χρειάζονται μόνο όταν ο host είναι ενεργός και ο χρήστης δουλεύει με αυτόν), οι οποίες δεν είναι ανάγκη να διατηρηθούν κατά τη διάρκεια αδράνειας του host, δεν προωθούνται μέσω του NCP gSOCKS συστατικού.

Για να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί η υπηρεσία SOCKS για την διατήρηση των υπάρχουσών TCP συνδέσεων ενός sleeping host, χρειάζεται να γίνει μια αλλαγή στο TCP ώστε να αποφύγουμε τα time out και τα disconnect. Όταν ένας host πέφτει σε κατάσταση sleep, όποια από τις συνδέσεις TCP (προερχόμενη από το NCP προς τον host) προσπαθήσει να παραδώσει ένα πακέτο, ο host θα μπει σε μια περίοδο εκθετικής υπαναχώρησης (exponential back off), λόγω των time out που θα δημιουργούνται από τις αποτυχημένες παραδόσεις. Εάν ο host ξυπνήσει κατά τη διάρκεια της περιόδου εκθετικής υπαναχώρησης, μπορεί να χρειαστεί δεκάδες δευτερόλεπτα μέχρις ότου αυτή ολοκληρωθεί και το πακέτο retry ξανασταλεί και ληφθεί επιτυχημένα. Κατά τη χρονική στιγμή εκείνη όποια πακέτα είχαν αποθηκευτεί στις μνήμες buffer μπορούν να μεταδοθούν μέσω της σύνδεσης (σαν συνέπεια του ACK που έχει ληφθεί για το πακέτο retry). Επιπρόσθετα μετά από ένα συγκεκριμένο αριθμό backoffs (που διαφέρει ανάλογα με την εκάστοτε υλοποίηση του TCP), μια σύνδεση TCP θα «παραδώσει τα όπλα» και θα κλείσει. Για να εναρμονιστούμε με τις απαιτήσεις που θέσαμε για το NCP, αυτό το backoff όλων των συνδέσεων από το NCP προς τον host θα πρέπει να «παγώσει» εάν το NCP αντιληφθεί ότι ο host έχει μπει σε κατάσταση sleep. Εν συνεχεία όταν το NCP διαπιστώσει ότι ο host έχει ξυπνήσει ξανά, μηδενίζονται όλοι οι μετρητές backoff για κάθε μία από τις συνδέσεις του NCP προς τον host. Αυτό με την σειρά του θα προκαλέσει την άμεση αναμετάδοση όσων πακέτων δεν έχουν λάβει το ACK, ενώ τέλος θα συνεχιστούν και οι ροές δεδομένων.

Ενημέρωση για την κατάσταση sleep του host προς το NCP:

Μια από τις απαιτήσεις του NCP είναι η γνώση της ενεργειακής κατάστασης του host για τον οποίο και καλύπτει. Το πώς αυτό επιτυγχάνεται εξαρτάται από την θέση του NCP. Εάν για παράδειγμα βρίσκεται έξω από τον host (πχ σε κάποιο switch του δικτύου), τότε η ειδοποίηση για την κατάσταση sleep μπορεί να επιτευχθεί μέσω ενός νέου δαίμονα ή μιας νέας διαδικασίας, ο οποίος/α θα τρέχει στον host και θα λαμβάνει τα interrupts για το sleep και το wake up του λειτουργικού συστήματος (για παράδειγμα μέσω του ACPI των Windows και Linux), και θα επικοινωνεί με το NCP (για να παραδώσει αυτά τα interrupts) μέσω κάποιου πρωτοκόλλου βασισμένο στην αποστολή πακέτων.



Note: Host process catches wake-up and sleep interrupts and communicates them to the NCP.

Εικόνα 13: Αρχιτεκτονική του συστήματος σηματοδότησης της ενεργειακής κατάστασης.

Στην εικόνα 13 βλέπουμε την αρχιτεκτονική του συστήματος σηματοδότησης της ενεργειακής κατάστασης, όπου μια σύνδεση TCP εγκαθιδρύεται μεταξύ της διαδικασίας του host και του σημείου ελέγχου του NCP. Το σημείο ελέγχου του NCP «ακούει» για τέτοιες συνδέσεις σε μία προκαθορισμένη πόρτα. Τα πακέτα ειδοποίησης που ανταλλάσσονται περιέχουν ένα συγκεκριμένο πεδίο (που παίρνει δύο τιμές) και το οποίο καθορίζει 1)εάν ο host εισέρχεται τώρα στην κατάσταση sleep 2)εάν ο host είναι πλέον «ζύπνιος» μετά από μία περίοδο «ύπνου». Εάν το NCP βρίσκεται μέσα στην κάρτα Ethernet του host, τότε αυτή η σηματοδότηση δεν είναι απαραίτητη.

Είναι σημαντικό επίσης να μπορεί το NCP να διαπιστώνει πότε ένας host έχει αποσυνδεθεί τελείως από το δίκτυο (πχ εάν έχει απενεργοποιηθεί ή έχει μεταφερθεί σε κάποιο άλλο δίκτυο). Σε μια τέτοια περίπτωση το NCP θα πρέπει να σταματήσει να καλύπτει τον συγκεκριμένο host καθώς και να απελευθερώσει ότι πόρους χρησιμοποιούσε για αυτόν. Ένας τρόπος να καθορίσουμε εάν ο host έχει αποσυνδεθεί είναι να απαιτούμε περιοδικά wake ups έτσι ώστε να ανταλλάσσονται μηνύματα wake up και sleep με την μονάδα ελέγχου του NCP. Η διαδικασία που τρέχει στον host μπορεί να υλοποιησει αυτά τα περιοδικά wake ups χρησιμοποιώντας έναν χρονομετρητή (υλικού) ο οποίος θα τρέχει συνεχώς, ακόμη και όταν το σύστημα «κοιμάται». Η δυνατότητα για έναν τέτοιο timer υπάρχει στους H/Y με CPU Intel. Εάν κάποιος host αποτύχει να «ζυπνήσει» και κατά συνέπεια να επικοινωνήσει με το NCP την προκαθορισμένη χρονική στιγμή (time out), τότε το NCP μπορεί να θεωρήσει ότι ο host είναι αποσυνδεδεμένος. Στην υλοποίηση των συγγραφέων του άρθρου χρησιμοποιήθηκε περιοδικό wake up ανά 10 λεπτά.

Ανάπτυξη ενός προτύπου gSOCKS:

Οι συγγραφείς για τις ανάγκες του άρθρου προτυποποίησαν το gSOCKS συστατικό του NCP χρησιμοποιώντας ένα απλό (low end) router. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποίησαν το Linksys WRT54G έκδοση 2.2 SOHO router, ενώ αντικατέστησαν το αρχικό firmware με την έκδοση WhiteRussian του OpenWrt. Το συγκεκριμένο router έχει επεξεργαστή στα 216 Mhz και 16Mbytes RAM. Έχει επίσης υπηρεσία NAT οπότε οι εφαρμογές που τρέχουν σε απομακρυσμένους servers που είναι συνδεδεμένοι σε κάποιον host πίσω από το router βλέπουν μόνο την IP διεύθυνση αυτού. Η κατανάλωση ενέργειάς του είναι 8W όταν λειτουργούν και οι 4 θύρες του. Συνήθως τέτοιες δικτυακές συσκευές μένουν μονίμως ανοιχτές. Η προσθήκη του συστατικού gSOCKS δεν αύξησε την κατανάλωση ενέργειας, άρα ικανοποιήθηκε και ο σχετικός περιορισμός.



Εικόνα 14: Το Linksys WRT54G.

Το WRT54G δεν έχει ενσωματωμένο δαίμονα SOCKS, παρά ταύτα έχει αναπτυχθεί το πακέτο sRelay για το OpenWrt. Αυτό λοιπόν χρησιμοποιήθηκε στην υλοποίηση που εξετάζουμε. Επίσης υλοποιήθηκε ένας δαίμονας ελέγχου του NCP για το router καθώς και μια εφαρμογή ειδοποίησης (signaling) της ενεργειακής κατάστασης (όπως περιγράψαμε παραπάνω), η οποία και τρέχει σε hosts με λειτουργικό windows. Το σημείο ελέγχου του NCP είναι μια εφαρμογή socket που εκτελείται μέσα στο router. Η εφαρμογή ελέγχου «ακούει» σε μια προκαθορισμένη πόρτα για μια νέα σύνδεση ή ένα μήνυμα από τον client host. Τα μόνα δύο μηνύματα που υποστηρίζονται είναι : 1) ο host πέφτει σε κατάσταση sleep 2) ο host είναι τώρα «ξυπνιος». Η εφαρμογή του client δημιουργεί αυτά τα μηνύματα σε απάντηση των interrupts του λειτουργικού συστήματος, οι οποίες και σηματοδοτούν την αλλαγή της ενεργειακής κατάστασης στον host. Οι εφαρμογές για τον client αναπτύχθηκαν βασισμένες στο API των windows. Μια σύνδεση TCP εγκαθιδρύεται και κλείνει μόνο και μόνο για να σταλεί το ένα μήνυμα ελέγχου. Το μήνυμα που αποστέλλεται περιέχει την διεύθυνση IP του host. Το πρόγραμμα ελέγχου στον client συνεχίζει την εκτέλεσή του όταν αυτός έχει «ξυπνήσει» και ανιχνεύει ένα ακόμη μήνυμα, προερχόμενο από το λειτουργικό σύστημα και το οποίο ειδοποιεί πως ο host έχει μόλις «ξυπνήσει». Αυτό με την σειρά του προκαλεί την δημιουργία και αποστολή ενός μηνύματος «ο host έχει πλέον ξυπνήσει» προς την μονάδα ελέγχου του NCP.

Δεν ήταν δυνατή η υλοποίηση του freezing και back-off στο NCP, όπως είχε περιγραφεί στην προηγούμενη ενότητα. Αντ' αυτού οι συγγραφείς βρήκαν ένα τρόπο για να αλλάξουν τις παραμέτρους TCP_MAX_RTO σε ένα δευτερόλεπτο και την TCP_MAX_RETRIES2 σε κάτι πολύ μεγάλο (10.000). Κατά συνέπεια όταν ένας host πέφτει σε κατάσταση sleep, το gSOCKS θα δοκιμάζει να ξαναστείλει όσα πακέτα δεν έχουν παραδοθεί κάθε ένα δευτερόλεπτο, ενώ δεν θα εγκαταλείψει την προσπάθεια, κλείνοντας παράλληλα την σύνδεση TCP. Για την υλοποίηση αυτής της μεθόδου έπρεπε να τροποποιηθεί η υλοποίηση του TCP στον πυρήνα του Linux ώστε να επιτραπεί η πρόσβαση στις παραμέτρους που αναφέραμε. Αυτή η μέθοδος προκάλεσε την αποστολή πολλών μηνυμάτων – αύξησε την κίνηση στην σύνδεση, αλλά εν τέλει πέτυχε τον στόχο μας. Γενικότερα αυτή η προσέγγιση δουλεύει καλά για έναν και μόνο client υποστηριζόμενο από το gSOCKS. Για να μπορέσει το gSOCKS να στηρίξει πολλαπλούς client θα χρειαστεί μια πιο αποδοτική

προσέγγιση. Η υλοποίηση του back-off freeze αποτελεί μελλοντική δουλειά. Όπως είπαμε χρησιμοποιήθηκε ένας χρονομετρητής για να καθορίζει τον μέγιστο χρόνο «ύπνου» του host. Εάν ο client δεν έχει «ξυπνήσει» πριν το τέλος του χρόνου όλες οι συνδέσεις TCP κλείνουν και οι μεταβλητές TCP_MAX_RTO και TCP_MAX_RETRIES2 επιστρέφουν στις αρχικές τους τιμές.

Αξιολόγηση του προτύπου gSOCKS:

Στο κομμάτι αυτό γίνεται η αξιολόγηση της πρότυπης αυτής υλοποίησης. Ιδιαίτερο βάρος δίνεται στην απαίτηση για διατήρηση των δεδομένων όταν ο host «κοιμάται». Επίσης θα γίνει αναφορά στην απαίτηση περί διατήρηση των ροών δεδομένων UDP και γιατί (λόγω περιορισμών του router) δεν έγινε δυνατή η ικανοποίησή της.

Ορισμός του πειράματος:

Πραγματοποιήθηκαν 2 πειράματα για να γίνει εμφανές ότι οι συνδέσεις TCP μπορούν να διατηρηθούν για πραγματικές εφαρμογές – SSH και IM – ενώ ο client «κοιμάται». *Πείραμα SSH:* Η εφαρμογή που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο SSH client στην γνωστή εφαρμογή putty. Το putty έχει ενσωματωμένη δυνατότητα SOCKS. Για τις ανάγκες του πειράματος αναπτύχθηκε μια εφαρμογή η οποία προωθεί μηνύματα στην κονσόλα κάθε λίγα δευτερόλεπτα (τα μηνύματα είχαν την μορφή Text String #1, Text String #2 κτλ). Αυτή η εφαρμογή έτρεχε στον απομακρυσμένο server (host B) ενώ τα μηνύματα αποστέλλονταν στον host A μέσω της σύνδεσης SSH, για να εμφανιστούν στην κονσόλα του A. Το πείραμα εκτελέστηκε με και χωρίς την υποστήριξη του SOCKS στο putty. Όταν ο host A επέστρεψε σε κατάσταση πλήρους λειτουργίας, τα δεδομένα του παραθύρου της κονσόλας εξετάστηκαν για τυχόν χαμένα μηνύματα. *Πείραμα IM:* Για το πείραμα αυτό χρησιμοποιήθηκε ο client του Yahoo! IM. Και αυτός ο client έχει ενσωματωμένη την δυνατότητα SOCKS. Για το πείραμα αυτό χρησιμοποιήθηκαν 3 client για να συμμετάσχουν σε μια τριμερή επικοινωνία. Μόνο ο host A είχε την σύνδεσή του με τον Yahoo! Server να αναμεταδίδεται μέσω του gSOCKS. Ο host A μπήκε σε κατάσταση sleep κατά τη διάρκεια της συνομιλίας για 30 λεπτά. Όταν επανήλθε εξετάστηκε τυχόν απώλεια πακέτων.

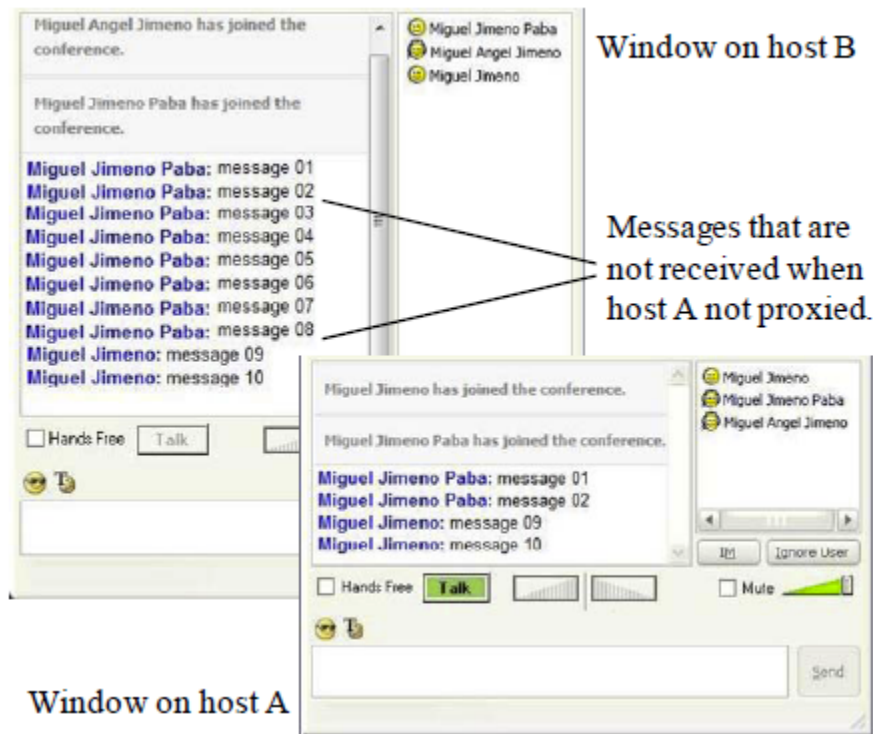
Αποτελέσματα του πειράματος:

Τα αποτελέσματα και από τα δύο πειράματα έδειξαν πως δεν χάθηκε κανένα μήνυμα όταν η σύνδεση του host A αναμεταδίδονταν μέσω του gSOCKS. Τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης ότι η εφαρμογή – το παράθυρο της κονσόλας του SSH και το IM client παράθυρο – ανανεώθηκαν αμέσως με το «ξύπνημα» του host. Τα μηνύματα που θα χανότανε εάν ο host A δεν καλύπτονταν από το NCP έχουν επισημανθεί.

Άλλες αξιολογήσεις και συζήτηση:

Μετρήθηκε επίσης η διαμεταγωγή μιας αναμεταδιδόμενης TCP σύνδεσης μέσω του router. Η αναμεταδιδόμενη σύνδεση ελέγχεται από τον επεξεργαστή του router. Η διαμεταγωγή ήταν περίπου 12Mb/s, πολύ χαμηλότερη δηλαδή από αυτήν μιας μη αναμεταδιδόμενης σύνδεσης. Αυτό υποδεικνύει πως η απόδοση πρέπει να αποτελείσει μελλοντικό στόχο, ειδικά για εφαρμογές που έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε bandwidth. Οι περισσότερες συνδέσεις SSH προορίζονται για την ανταλλαγή μηνυμάτων κονσόλας (δηλαδή χαμηλού ρυθμού). Παρατηρήθηκε επίσης ότι μερικές εφαρμογές client μπορούν να διακρίνουν τότε ο host μπαίνει σε κατάσταση sleep και να ειδοποιήσουν τον server μέσω ενός μηνύματος εφαρμογής. Αυτό θα προκαλούσε την αποσύνδεση του client από τον server, κάτι που είναι ανεπιθύμητο (ο όλος σκοπός του proxying είναι να αποφευχθεί αυτό το logoff – να γίνει η διαδικασία sleep αόρατη για τον server) και χρήζει περαιτέρω μελέτης και αντιμετώπισης. Τέλος η αξιολόγηση έδειξε πως η δυνατότητα NAT στο router της Linksys προκάλεσε συγκρούσεις με την SOCKS υποστήριξη των ροών δεδομένων UDP. Πιο συγκεκριμένα οι ροές UDP παρέκαμπταν το SOCKS και έφταναν κατευθείαν στον host A.

Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί εάν γίνει δυνατή η απενεργοποίηση της σχετικής δυνατότητας στο router.



Εικόνα 15: Αποτελέσματα του IM πειράματος.

Γ) Διαχείριση της ενεργειακής κατανάλωσης των δικτύων μέσω μιας νέας SNMP Power State MIB.

Περίληψη: Η ενεργειακή κατανάλωση έχει εξελιχθεί σε πολύ σημαντικό παράγοντα όσον αφορά το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας IT εξοπλισμού. Η ενεργειακή κατάσταση του IT εξοπλισμού παραμένει ουσιαστικά «αόρατη» στο δίκτυο κάνοντας δύσκολη την μέτρηση και την ρύθμιση της ενεργειακής κατανάλωσης. Σε αυτό το μέρος προτείνεται, προτυποποιείται και αξιολογείται μια νέα SNMP Power State MIB μαζί με τον πράκτορά της (agent) ο οποίος και θα «δημοσιεύει» την ενεργειακή κατάσταση του δικτυακού εξοπλισμού στο δίκτυο. Αυτή η power state περιέχει όλες τις υποστηριζόμενες δυνατότητες ενεργειακής διαχείρισης, συνολικό, ενεργό, ανενεργό και sleep χρόνο καθώς και στατιστικά για τα γεγονότα wake-up και sleep. Έχοντας γνώση της ενεργειακής κατάστασης των δικτυακών συσκευών, ο διαχειριστής του δικτύου μπορεί απομακρυσμένα να επαληθεύσει την ενεργειακή κατανάλωση του δικτυακού εξοπλισμού και να κάνει αλλαγές στις ρυθμίσεις power management. Οι συγγραφείς υλοποίησαν ένα υποσύνολο της Power State MIB για το λειτουργικό σύστημα των Windows Vista (desktop και server H/Y).

Εισαγωγή: Το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας (TCO) του IT εξοπλισμού είναι το άθροισμα του: υλικού, λογισμικού, προσωπικού, και της καταναλωμένης ενέργειας. Τα ενεργειακά κόστη εξελίσσονται σε σημαντικό παράγοντα για το TCO τόσο για data centers όσο και για το enterprise computing. Η ενεργειακή κατανάλωση του IT εξοπλισμού έχει μεταξύ των άλλων και περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Οργανισμοί όπως ο Climate Savers Computing Initiative αποτελούν απόδειξη του μεγάλου ενδιαφέροντος για την μείωση του

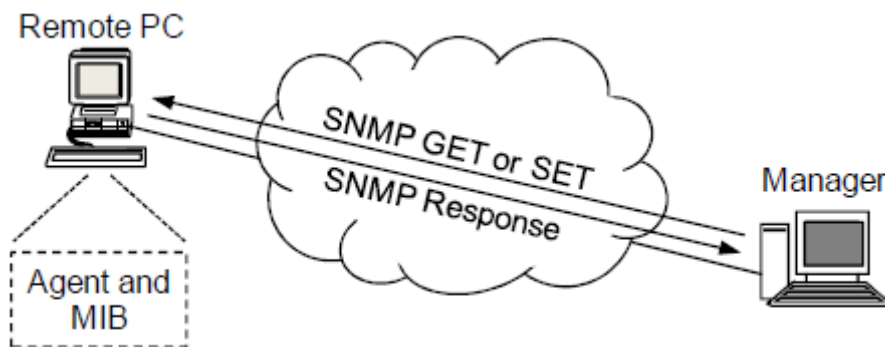
CO₂ footprint του IT εξοπλισμού. Οι υπολογιστές γραφείου αποτελούν πολύ σημαντική παράμετρο της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας του IT εξοπλισμού. Η EPA υπολογίζει ότι οι Η/Υ καταναλίσκουν τουλάχιστον το 2% της ηλεκτρικής ενέργειας των ΗΠΑ.

Για να πετύχουμε μείωση σε αυτή την ενεργειακή κατανάλωση του IT εξοπλισμού πρέπει να βρεθεί ένας τρόπος για την παρακολούθησή της και τον έλεγχό της. Μέχρι σήμερα υπήρχαν μόνο ειδικευμένες υλοποιήσεις από συγκεκριμένες εταιρίες για την παρακολούθηση και έλεγχο του χρόνου τον οποίο οι Η/Υ είναι ενεργοί, ενεργοί αλλά idle, σε κατάσταση sleep, ή απενεργοποιημένοι. Κατά συνέπεια το ανοιχτό πρόβλημα που πρέπει να απαντηθεί είναι το πώς η ενεργειακή κατάσταση του IT εξοπλισμού μπορεί να «δημοσιοποιηθεί» με έναν τρόπο ο οποίος θα είναι συμβατός με τα υπάρχοντα πρωτόκολλα ενεργειακής διαχείρισης και εφαρμογές.

Background: Η πλειοψηφία του IT εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένων και των Η/Υ, διατηρούν εσωτερική ενεργειακή κατάσταση, υποστηρίζουν διαχείριση ενέργειας και έχουν δυνατότητα δικτυακής διαχείρισης. Παρόλα αυτά, οι τρεις αυτές δυνατότητες δεν έχουν δεθεί ποτέ μεταξύ τους.

Το ACPI (Advanced Configuration and Power Interface) είναι ένα βιομηχανικό standard το οποίο καθορίζει common interfaces για την αναγνώριση του hardware, την διαχείριση συσκευών, και την ενεργειακή διαχείριση. Το ACPI καθορίζει επτά καταστάσεις για τους Η/Υ: Εν λειτουργία G0 (S0), «κοιμάται» G1 (S1, S2, S3, S4), και απενεργοποιημένος G3. Οι καταστάσεις των συσκευών είναι: Πλήρως ενεργή D0, ενδιάμεση D1 και D2, και απενεργοποιημένη D3. Οι καταστάσεις του επεξεργαστή είναι: εν λειτουργία C0, Halt C1, Stop-Clock C2, και sleep C3. Το DMTF καθορίζει μεθόδους για την αλλαγή της ενεργειακής κατάστασης του Η/Υ μέσω ενός standard interface διαχείρισης.

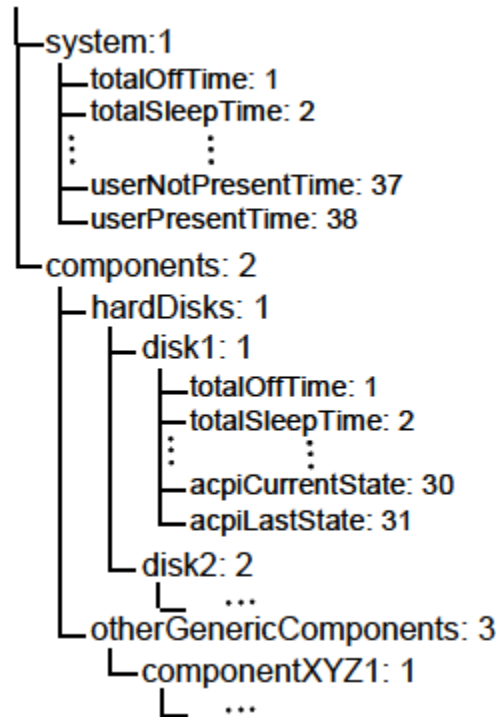
Οι δυνατότητες του PM συμπεριλαμβάνουν την απενεργοποίηση ή την αδρανοποίηση συστατικών του συστήματος (πχ σκληροί δίσκοι και οθόνη) ή και ολόκληρου του υπολογιστή μετά από μια συγκεκριμένη περίοδο που θα παραμείνει ανενεργός. Η ρύθμιση των timer που μετράνε αυτή την περίοδο, παίζει σημαντικό ρόλο στο πόσο καλή εξοικονόμηση ενέργειας θα πετύχουμε.



Εικόνα 16: Επισκόπηση του SNMP.

Το Simple Network Management Protocol (SNMP) είναι ένα πρωτόκολλο που ανήκει στο επίπεδο εφαρμογών του TCP και το οποίο επιτρέπει στον διαχειριστή του δικτύου να «παιρνει» (GET) και να ορίζει (SET) αντικείμενα (παραμέτρους δηλαδή) δικτυακής διαχείρισης των απομακρυσμένων συσκευών. Οι απομακρυσμένες συσκευές που

υποστηρίζουν το SNMP εμπεριέχουν έναν πράκτορα (agent) ο οποίος μπορεί να προσπελάσει τα στατιστικά και τις ρυθμίσεις που σχετίζονται με την δικτυακή διαχείριση καθώς και την Management Information Base (MIB), η οποία και αποθηκεύει αυτά τα στοιχεία. Στην εικόνα 16 φαίνεται η βασική λειτουργία του SNMP manager. Οι MIBs καθορίζονται για ειδικές συσκευές και δυνατότητες. Δύο επεκτάσεις των MIBs που σχετίζονται με την με την ενεργειακή κατανάλωση είναι οι: Power Over Ethernet MIB και η Uninterruptible Power Supply MIB. Σε αυτό το paper δόθηκε έμφαση σε αυτές τις δύο MIB.



Εικόνα 17: Η δομή του δέντρου της power state MIB.

Σχεδίαση της power state MIB: Το πρώτο βήμα για τον σχεδιασμό της νέας MIB για την ενεργειακή κατάσταση ήταν να καθοριστεί το ποια αντικείμενα χρειάζεται να «εκτεθούν» προς παρακολούθηση καθώς και ποιες από τις παραμέτρους ενεργειακής διαχείρισης χρειάζεται να ελεγχθούν. Ο IT εξοπλισμός έχει τρεις καλά καθορισμένες καταστάσεις οι οποίες είναι:

- Ενεργή κατάσταση (ON) – Η ενεργειακή κατάσταση στην οποία η συσκευή έχει την μεγαλύτερη (ή παρεμφερή) ενεργειακή κατανάλωση, τις μέγιστες δυνατότητες και τέλος την μεγαλύτερη αποκρισιμότητα σε σχέση με τις καταστάσεις sleep η off.
- Κατάσταση ύπνου (Sleep) – Η ενεργειακή κατανάλωση, οι δυνατότητες και η αποκρισιμότητα είναι μεγαλύτερες από ότι στην κατάσταση sleep, αλλά συνάμα μικρότερες σε σχέση με την κατάσταση On.
- Ανενεργή κατάσταση (Off) – Η ενεργειακή κατανάλωση, οι δυνατότητες και η αποκρισιμότητα είναι μικρότερες σε σχέση με τις δύο προηγούμενες καταστάσεις.

Η κατάσταση sleep μπορεί να υποδιαιρεθεί σε πολλαπλές υποκαταστάσεις. Όταν ο IT εξοπλισμός είναι ενεργός (On), μπορεί να είναι είτε active είτε idle. Όταν είναι idle θα μπορούσε να μπει σε κατάσταση sleep για την εξοικονόμηση ενέργειας. Ένας από τους στόχους κλειδιά για τον έλεγχο της ενεργειακής κατανάλωσης είναι η ελαχιστοποίηση του

χρόνου *on-inactive* σε όφελος του χρόνου *sleep*. Κατά συνέπεια χρειάζεται να μπορούμε να ελέγχουμε τους χρόνους συνολικής ενεργής λειτουργίας, συνολικής ανενεργής λειτουργίας, *sleep* και *off*. Επίσης χρειάζεται να μπορούμε να προσπελάσουμε τις ρυθμίσεις ενεργειακής διαχείρισης (πιο συγκεκριμένα τις τιμές *inactivity time out* για το *sleep* και την απενεργοποίηση του H/Y).

NAME	SYNTAX	ACCESS	DESCRIPTOR	UNITS
totalOffTime:1	Integer	Read-Only	Total time in off state	seconds
totalSleepTime:2	Integer	Read-Only	Total time in sleep state	seconds
totalOnTime:3	Integer	Read-Only	Total time in on state	seconds
totalInactiveTime:4	Integer	Read-Only	Total time in inactive state	seconds
totalActiveTime:5	Integer	Read-Only	Total time in active state	seconds
lastOffTime:6	Integer	Read-Only	Duration of last off time period	seconds
lastSleepTime:7	Integer	Read-Only	Duration of last sleep time period	seconds
lastOnTime:8	Integer	Read-Only	Duration of last on time period	seconds
lastInactiveTime:9	Integer	Read-Only	Duration of last inactive time period	seconds
lastActiveTime:10	Integer	Read-Only	Duration of last active time period	seconds
goToSleepCount:11	Counter	Read-Only	Counts number of transitions to sleep state	number
lastGoToSleepType:12	String	Read-Only	Describes what caused last transition to sleep	System/User
goToOffCount:13	Counter	Read-Only	Counts number of transitions to off state	number
lastGoToOffType:14	String	Read-Only	Describes what caused last transition to off	System/User
currentPowerState:15	String	Read-Write	Current state the system is in	Off/Sleep/On
powerSource:16	String	Read-Only	Current power source	AC/Battery
totalTimeACSource:17	Integer	Read-Only	Total time on AC power	seconds
totalTimeBattSource:18	Integer	Read-Only	Total time on battery power	seconds
lastACTime:19	Integer	Read-Only	Duration of last time period on AC power	seconds
lastBattTime:20	Integer	Read-Only	Duration of last time period on battery power	seconds
powerLevel:21	Gauge32	Read-Only	Current power consumption level	Watts
energyConsumption:22	Gauge32	Read-Only	Total energy used	Watt-hours
energyLeft:23	Gauge32	Read-Only	Energy left (if on battery)	Hours
utilization:24	Gauge32	Read-Only	Current utilization	percentage
inactivityOffTimer:25	Integer	Read-Write	Inactivity time-out to go to Off state	seconds
inactivitySleepTimer:26	Integer	Read-Write	Inactivity time-out to go to Sleep state	seconds
currentInactivityValue:27	Integer	Read-Only	Current inactivity timer value	seconds
acpiSupportedStates:28	String	Read-Only	ACPI supported states	ACPI defined states
acpiEnabledStates:29	String	Read-Only	ACPI enabled states	ACPI defined states
acpiCurrentState:30	String	Read-Only	ACPI current state	ACPI defined states
acpiLastState:31	String	Read-Only	ACPI last state	ACPI defined states

Πίνακας 3: Τα αντικείμενα της power state MIB για το σύστημα και τα συστατικά του.

Ο IT εξοπλισμός συνήθως περιέχει συστατικά μέρη (όπως σκληροί δίσκοι, οθόνες κτλ) που μπορούν να διαχειριστούν (σε επίπεδο ενεργειακής κατανάλωσης) ανεξάρτητα. Κατά συνέπεια είναι εξίσου σημαντικό να παρακολουθούμε τα συστατικά μέρη του IT εξοπλισμού και να ελέγχουμε τις ρυθμίσεις τους περί ενεργειακής διαχείρισης. Τα συστατικά των υπολογιστών γραφείου, καθώς και του εξοπλισμού IT άλλων ειδών, υποστηρίζουν τις καταστάσεις ACPI. Αυτές οι καταστάσεις – που υποστηρίζονται και ενεργοποιούνται, καθώς και το ποιες είναι η τρέχουσα και ποια η τελευταία κατάσταση – θα πρέπει να είναι σε θέση να παρακολουθούνται. Η νέα power state MIB θα πρέπει να είναι αρκετά γενική ώστε να υποστηρίζει και νέα components που ακόμη δεν υπάρχουν.

Η νέα power state MIB αποτελείται από δύο γκρουπ και 38 αντικείμενα. Στην εικόνα 17 φαίνονται αυτά τα γκρουπ, ενώ στους πίνακες 3 και 4 περιγράφονται τα αντικείμενα της MIB.

NAME	SYNTAX	ACCESS	DESCRIPTOR	UNITS
wolSupportedTypes:32	String	Read-Only	WOL supported types	Magic/Directed Packet
wolEnabledType:33	String	Read-Write	WOL enabled type	Magic/Directed Packet
wakeUpCount:34	Counter	Read-Only	Counts times the system woke-up b/c WOL	number
lastWakeUpType:35	String	Read-Only	Describes last type of WOL packet received	Magic/Directed Packet
userPresence:36	Boolean	Read-Only	Determination if user is present	true/false
userNotPresentTime:37	Integer	Read-Only	Time the user has been gone	seconds
userPresentTime:38	Integer	Read-Only	Time the user has been present	seconds

Πίνακας 4: Αντικείμενα της power state MIB που αφορούν μόνο το σύστημα.

Τα 38 αντικείμενα που ενθυλακώνονται από την power state MIB μπορούν να χωριστούν ως εξής: Αντικείμενα μόνο συστήματος και αντικείμενα συστήματος και συστατικών. Εδώ λοιπόν μια συσκευή γίνεται αντιληπτή ως εξτρά συστατικό του συστήματος. Στην εικόνα 17 φαίνεται μια πιθανή διάταξη των αντικειμένων μέσα σε μια συσκευή (όπως πχ π H/Y), σε δένδρική δομή. Τα αντικείμενα 1-38 απαρτίζουν τα αντικείμενα του συστήματος, ενώ τα αντικείμενα 1-31 ισχύουν μόνο για τα συστατικά μέρη της συσκευής. Στους πίνακες 3 και 4 παρέχεται λεπτομερής περιγραφή όλων των αντικειμένων της νέας power state MIB.

Τα αντικείμενα 1-14 παρέχουν πληροφορίες για το πώς χρησιμοποιείται η συσκευή μέσα στο χρόνο (δηλαδή τους χρόνους που αναφέραμε παραπάνω). Τα αντικείμενα 15-24 περιέχουν πληροφορίες σχετικές με τον τύπο της πηγής παροχής ενέργειας της συσκευής. Τα αντικείμενα 25-27 παρουσιάζουν power management πληροφορίες, αντίστοιχες με εκείνες που συναντάμε σε ένα desktop pc. Τα αντικείμενα 28-31 εκθέτουν τις πληροφορίες ACPI. Τα αντικείμενα 32-35 παρέχουν πληροφορίες για τις δυνατότητες WOL της συσκευής ενώ τέλος τα αντικείμενα 36 έως 38 παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τους χρήστες.

Υλοποίηση και αξιολόγηση:

Ένας SNMP extension πράκτορας σχεδιάστηκε για το λειτουργικό σύστημα Windows, χρησιμοποιώντας το SNMP API της Microsoft. Αυτός ο πράκτορας παρέχει πληροφορίες για τα ακόλουθα αντικείμενα: totalSleepTime, totalInactiveTime, totalActiveTime, lastInactiveTime και lastActiveTime. Ο πράκτορας αποτελείται από δύο τμήματα και αποτελεί μια προέκταση της εγγενούς υπηρεσίας SNMP των Windows. Το πρώτο τμήμα βασίζεται σε μία διαδικασία tracking η οποία ανιχνεύει για τυχόν δραστηριότητα του συστήματος (πχ είσοδος από το ποντίκι ή πληκτρολόγιο), κάθε λεπτό. Το δεύτερο μέρος του πράκτορα αποθηκεύει και ανακτά τις πληροφορίες από και προς την νέα SNMP power state MIB. Ο πράκτορας – επέκταση μας (extension agent), εγκαταστάθηκε σε ένα desktop pc που έτρεχε Windows Vista. Χρησιμοποιώντας την νέα μας power MIB καταφέραμε να καθορίσουμε ποιοι H/Y έμεναν ανοιχτοί όλο το βράδυ και να δούμε εάν είναι idle. Μπορούσαμε επίσης να διαπιστώσουμε εάν οι δυνατότητες PM ήταν ενεργές ή όχι.

Εφαρμογή της power state MIB:

Οραματιζόμαστε δύο κύριες εφαρμογές της power state MIB. Η πρώτη είναι για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης του IT εξοπλισμού σε μεγάλες επιχειρήσεις. Έτσι θα μπορούσε να «ανακαλυφθεί» τι ακριβώς εξοπλισμός υπάρχει στην επιχείρηση, το μοτίβο χρήσης του, το κατά πόσο έχει ενεργοποιημένες ή απενεργοποιημένες τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας ακόμη και την ακριβή ενεργειακή κατανάλωση (εάν το αντικείμενο energyConsumption υλοποιηθεί με έναν εσωτερικό μετρητή ενέργειας). Η δεύτερη εφαρμογή είναι ο real-time έλεγχος και ρύθμιση των ρυθμίσεων power management, σε απόκριση της μετρούμενης δραστηριότητας του IT εξοπλισμού. Θα μπορούσαν να καθοριστούν όρια για τα οποία ένα SNMP TRAP μήνυμα θα στέλνεται στον διαχειριστή του συστήματος και θα τον ειδοποιεί για την ενεργειακή σπατάλη (για παράδειγμα για τον IT εξοπλισμό που είναι idle ενώ έχει γίνει ορατός εδώ και ώρα στην κατάσταση on).

Περίληψη και μελλοντική δουλειά:

Μια νέα power state SNMP MIB που εκθέτει την ενεργειακή κατάσταση των υπαρχόντων συσκευών του δικτύου αναπτύχθηκε και υλοποιήθηκε εν μέρει. Το να εκτεθεί η ενεργειακή κατάσταση είναι το πρώτο βήμα στην προσπάθεια παρακολούθησης και ελέγχου της ενεργειακής κατανάλωσης του IT εξοπλισμού. Η διαχείριση αυτής της ενεργειακής κατανάλωσης γίνεται ολοένα και πιο σημαντική στην προσπάθεια μείωσης του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας IT εξοπλισμού.

Η μελλοντική εργασία είναι η ολοκλήρωση της power state MIB για τα Windows Vista. Θα θέλαμε επίσης να εξερευνήσουμε το πώς η πρόσβαση SNMP μπορεί να διατηρηθεί για συσκευές που «κοιμούνται» - για παράδειγμα χρησιμοποιώντας ένα outboard SNMP proxy. Τέλος, θα θέλαμε πετύχουμε την θέσπιση ως standard αυτής της νέας power state MIB, ή να πετύχουμε την ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών για παρακολούθηση και έλεγχο της ενεργειακής κατάστασης στις υπάρχουσες MIBs ή τα άλλα standards δικτυακής διαχείρισης καθώς θα εξελίσσονται στο μέλλον.

Μέρος 3^ο

Στο 2^ο μέρος της εργασίας αναλύσαμε 3 paper που εστίασαν στην αντιμετώπιση του προβλήματος της ενεργειακής σπατάλης. Μπορούμε να πούμε πως τα χαρακτηρίζει κάτι το κοινό, όσον αφορά τους λόγους του προβλήματος. Η κοινή συνιστώσα λοιπόν είναι η αμέλεια των χρηστών όσον αφορά την ενεργοποίηση των χαρακτηριστικών εξοικονόμησης ενέργειας του Η/Υ τους. Ας σκεφτούμε λίγο: Εάν μπορούμε να εξοικονομήσουμε \$80 εκατομμύρια σε ηλεκτρική ενέργεια στις ΗΠΑ μόνο και μόνο μέσω του ALR, τι θα μπορούσαμε να πετύχουμε εάν όλοι αυτοί οι Η/Υ είχαν ενεργοποιημένα τα χαρακτηριστικά εξοικονόμησης ενέργειας;

Το πρόβλημα εδώ είναι το κατά πόσο είναι συνειδητοποιημένος ο χρήστης... Αυτό το μέρος της εργασίας δεν αποτελεί κάποια τεχνολογία προς την κατεύθυνση που θέλουμε. Είναι απλώς μερικές συμβουλές, που αν ακολουθηθούν μπορούν ενδεχομένως να φέρουν σημαντικότερα αποτελέσματα από τις τεχνολογίες που περιγράψαμε στο 2^ο μέρος.

A) Το blackle (<http://www.blackle.com>):

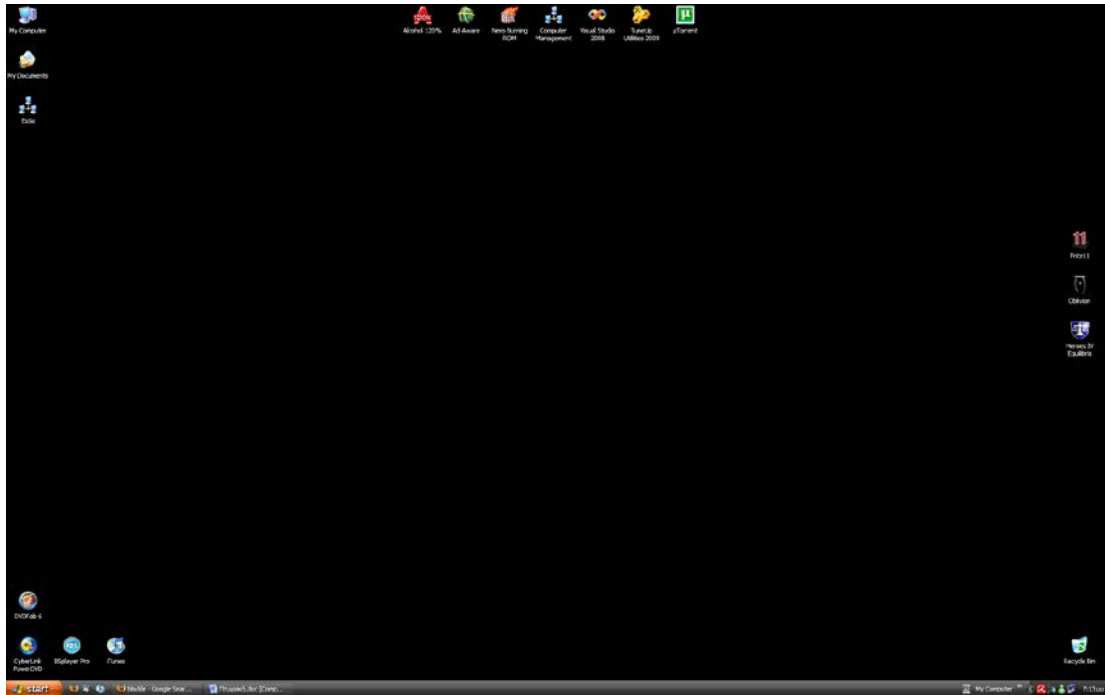
Όλοι μας γνωρίζουμε την μηχανή αναζήτησης του Google. Τα τελευταία χρόνια με την έκρηξη του ενδιαφέροντος της κοινής γνώμης για πράσινες τεχνολογίες (μιας και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι πιο εμφανείς από ποτέ), εμφανίστηκε το blackle. Πρόκειται για μια μη κερδοσκοπική ιστοσελίδα, που υποστηρίζεται από το Google Custom Search, και έχει ως σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 18, το blackle είναι στην ουσία μια παραλλαγή του Google, με αντεστραμμένα (inverted) χρώματα. Αντί να εμφανίζεται μαύρο κείμενο σε άσπρο φόντο γίνεται ακριβώς το αντίθετο. Αυτό έχει το πλεονέκτημα του να μένει η οθόνη του χρήστη ανενεργή κατά το μεγαλύτερο μέρος της (ανάβουν μόνο εκείνα τα pixel που θα εμφανίσουν το κείμενο). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται κάποια (ανεπαίσθητη σε επίπεδο ενός χρήστη, αλλά σημαντική σε παγκόσμιο επίπεδο) εξοικονόμηση ενέργειας.

Στις 14/6/2009 που γράφονταν αυτές οι γραμμές, λόγω του blackle είχαν εξοικονομηθεί 1,288,257.053 Watt ώρες ενέργειας.

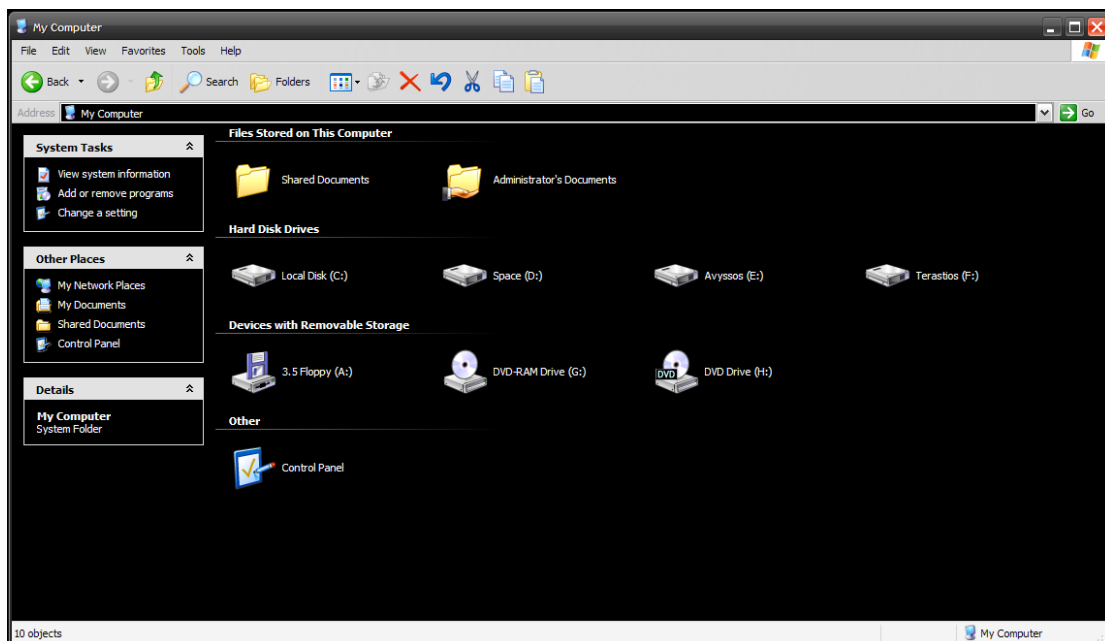
Στην εικόνα 19 θα παρατηρήσουμε τα αποτελέσματα της αναζήτησης του blackle για τον εαυτό του. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα αποτελέσματα της αναζήτησης δεν είναι τα ίδια με αυτά του Google. Υπάρχει όμως η επιλογή “web search” κάτω από την φόρμα αναζήτησης. Εάν την επιλέξουμε τότε θα πάρουμε τα αποτελέσματα μέσω Google και θα εμφανιστούν με τον γνώριμο «σκοτεινό» τρόπο.

Windows. Το ίδιο μπορεί να εφαρμοστεί και για το desktop. Αντί να διαλέξουμε την φανταχτερή εικόνα, ένα σκέτο μαύρο background πετυχαίνει τον στόχο μας!



Εικόνα 10: Ένα «οικονομικό» desktop.

Τέλος για τους υπερβολικούς υπάρχουν ουσιαστικά αστείρευτες δυνατότητες: Όλα τα παράθυρα του Η/Υ μας μπορούν να έχουν σαν κύριο το μαύρο χρώμα.



Εικόνα 11: Για τους υπερβολικούς!

B) Τεχνολογίες Cool'n'Quiet και Speed step.

Η τρελή κούρσα ανάπτυξης των Η/Υ έχει φτάσει σήμερα να κάνει προσιτούς επεξεργαστές τεσσάρων πυρήνων με συχνότητες πολλές φορές άνω των 3GHz. Αυτό ακούγεται ιδανικό για τους απαιτητικούς χρήστες, αλλά έχει και ένα σοβαρό μειονέκτημα: Η

κατανάλωση ενέργειας αυτών των επεξεργαστών ξεπερνά (σε συνθήκες full load) τα 100W. Αλλά και ακόμη όταν είναι idle οι επεξεργαστές καταναλώνουν ένα σημαντικό ποσό ενέργειας. Για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου, οι δύο κυρίαρχες εταιρίες κατασκευής επεξεργαστών (Intel και AMD) έχουν αναπτύξει τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας.

Η κεντρική ιδέα είναι η εξής: Γιατί ένας επεξεργαστής 4 πυρήνων να τους διατηρεί όλους ενεργούς όταν το σύστημα είναι idle; Και ακόμη γιατί να συνεχίσουν να λειτουργούν στα 3+ GHz; Είναι η αλήθεια πως θα μπορούσε να μειωθεί η ταχύτητα κατά το διάστημα αυτό χωρίς να υπάρξει η παραμικρή διαφορά για το σύστημα. Συγκεκριμένα πολλές από τις εργασίες που εκτελούμε με τον H/Y, όπως το να «σερφάρουμε», να ακούμε μουσική ή να βλέπουμε μια ταινία μπορούν να εκτελεστούν με τον επεξεργαστή σε αυτή την χαμηλή συχνότητα λειτουργίας.

Αξίζει εδώ να τονιστεί το εξής: Κάποιος θα μπορούσε εύλογα να αναρωτηθεί το γιατί να μην έχουμε την απενεργοποίηση του H/Y όταν αυτός είναι idle για κάποιο χρονικό διάστημα (μέσω του sleep των ενεργειακών δυνατοτήτων του λειτουργικού) και να μιλάμε για τον επεξεργαστή; Η απάντηση είναι ότι πολλές φορές ο H/Y χρειάζεται να παραμείνει εν λειτουργία, αλλά συνάμα με ελάχιστο φόρτο εργασίας. Παραδείγματος χάριν, εάν κατεβάζουμε μέσω torrent από το διαδίκτυο δεν μπορούμε να επιτρέψουμε την απενεργοποίηση του H/Y μας. Επίσης οι servers δεν είναι δυνατόν να μουν σε κατάσταση sleep. Άρα, οι εν λόγω τεχνολογίες είναι ιδιαίζουσας βαρύτητας.

Θα μελετήσουμε λοιπόν το Cool'n'Quiet της AMD για να δούμε το τι και πώς ακριβώς το καταφέρνει (Η τεχνολογία speed step είναι η απάντηση της Intel στο Cool'n'Quiet και στην ουσία πετυχαίνει ακριβώς τον ίδιο στόχο).

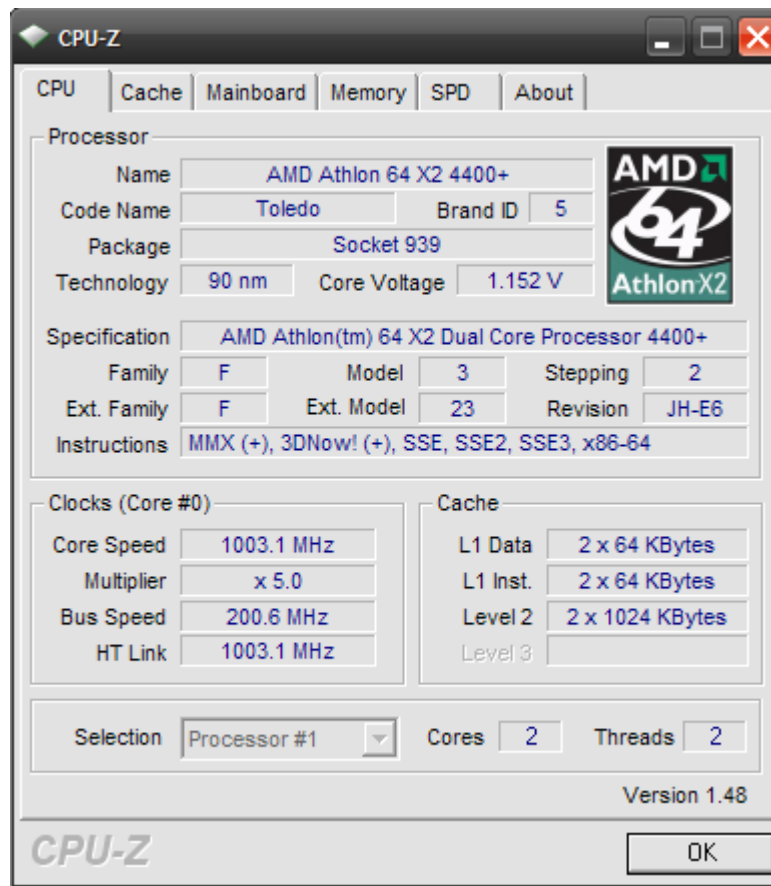
Το Cool'n'Quiet εμφανίστηκε με την σειρά επεξεργαστών της AMD Athlon64. Λειτουργεί ελαττώνοντας την τάση και την συχνότητα του επεξεργαστή όταν ο υπολογιστής είναι idle. Ο στόχος είναι η χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση του επεξεργαστή, με άμεση συνέπεια της μείωσης της ανάγκης για ψύξη του. Ελαττώνεται λοιπόν και ο θόρυβος που παράγεται από τον ανεμιστήρα του επεξεργαστή (εξ' ου και το όνομα της τεχνολογίας).

Για να λειτουργήσει το Cool'n'Quiet απαιτείται να ενεργοποιήσουμε την σχετική ρύθμιση στο bios του H/Y μας. Εάν χρησιμοποιούμε Windows XP θα χρειαστούμε και τον σχετικό driver από την σελίδα της AMD (για παλαιότερα λειτουργικά η τεχνολογία υποστηρίζεται με την εγκατάσταση σχετικής εφαρμογής). Τέλος, από τις ρυθμίσεις ενέργειας του λειτουργικού μας πρέπει να διαλέξουμε το προφίλ μέγιστης εξοικονόμησης ενέργειας.

Αυτή την στιγμή με το λανσάρισμα των επεξεργαστών Phenom II, η τεχνολογία έχει περάσει στην 3^η γενιά της. Τα νέα χαρακτηριστικά είναι η απενεργοποίηση πυρήνων και η δυνατότητα να λειτουργούν σε ανεξάρτητη συχνότητα ο ένας με τον άλλο.

Στην εικόνα 22 φαίνεται το πώς ακριβώς έχει επηρεάσει την λειτουργία του επεξεργαστή του συστήματος του συγγραφέα. Ο επεξεργαστής είναι διπύρηνος με κανονική τάση λειτουργίας 1,4V και συχνότητα 2,2GHz. Το Cool'n'Quiet έριξε την τάση στο 1,15V και την συχνότητα στο 1GHz.

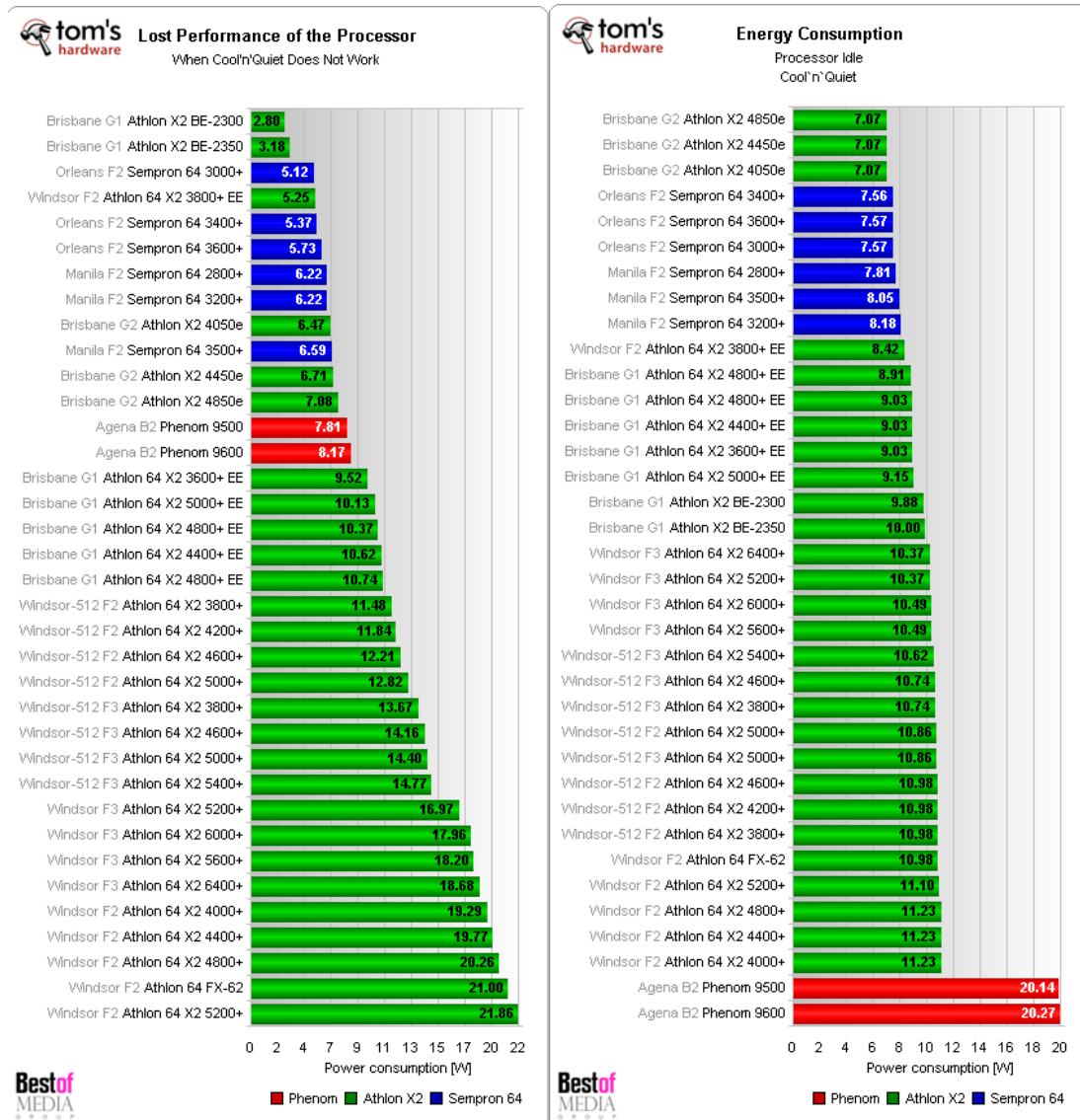
Για να πάρουμε και μια γεύση του αντίκτυπου που επιφέρει η τεχνολογία στην ενεργειακή κατανάλωση θα παραθέσουμε ορισμένα screenshots από την ιστοσελίδα <http://www.tomshardware.com>.



Εικόνα 12: Το Cool'n'Quiet εν δράσει.

Στο ζευγάρι εικόνων 23-24 βλέπουμε την μετρήσιμη διαφορά στην ενεργειακή κατανάλωση με τη χρήση του Cool'n'Quiet. Για να μην υπάρξει σύγχυση, στην αριστερή εικόνα φαίνεται η σπατάλη της ενέργειας, το πόσο παραπάνω δηλαδή καταναλώνει ο εκάστοτε επεξεργαστής εάν δεν λειτουργεί το Cool'n'Quiet (κατά συνέπεια η συνολική του κατανάλωση όταν το Cool'n'Quiet δεν δουλεύει είναι το άθροισμα των δύο τιμών).

Παρατηρούμε ότι το κέρδος ενέργειας αγγίζει τα 20W σε ορισμένες περιπτώσεις. Δυστυχώς δεν υπήρχε αντίστοιχο διάγραμμα για τους επεξεργαστές Phenom II οι οποίοι όπως είπαμε υποστηρίζουν και την δυνατότητα απενεργοποίησης πυρήνων, κάτι που θα μεγαλώνει το ενεργειακό κέρδος (Οι Phenom των διαγραμμάτων είναι οι «οικονομικές» εκδόσεις και ανήκουν στην πρώτη γενιά των τσιπ – όχι στην δεύτερη, γι' αυτό και τα νούμερα είναι μικρά παρόλο που μιλάμε για τετραπύρηνο επεξεργαστή).



Εικόνες 23-24: Η διαφορά στην κατανάλωση των επεξεργαστών με και χωρίς Cool'n'Quiet.

Γ) Ρυθμίσεις διαχείρισης ενέργειας του λειτουργικού:

Όπως αναφέραμε και στο 2^ο κομμάτι της εργασίας, όταν ένας Η/Υ μείνει για αρκετή ώρα ανενεργός (idle) μπορεί να απενεργοποιηθεί για την εξοικονόμηση ενέργειας. Λέμε ότι ο υπολογιστής έχει μπει σε κατάσταση sleep, από την οποία και εξέρχεται μόλις ανιχνευθεί εκ νέου δραστηριότητα του χρήστη (πληκτρορισμός ή είσοδος από το ποντίκι). Τα ανοιχτά προγράμματα του χρήστη μένουν ανέπαφα από τον κύκλο sleep/wake up, κατά συνέπεια δεν υπάρχει φόβος απώλειας δεδομένων.

Στο λειτουργικό σύστημα Windows (ανεξαρτήτου έκδοσης) θα βρούμε στις ρυθμίσεις του υπολογιστή μας (πίνακα ελέγχου) την κατηγορία: επιλογές ενέργειας (power options). Εκεί μπορούμε να ρυθμίσουμε το χρονικό διάστημα μετά την πάροδο του οποίου θα απενεργοποιείται αυτόματα ο υπολογιστής μας.

Αντίστοιχη δυνατότητα θα βρούμε και στα Linux, αλλά και σε κάθε άλλο σύγχρονο λειτουργικό σύστημα. Η ενεργοποίησή των δυνατοτήτων αυτών είναι τεράστιας σημασίας για την εξοικονόμηση ενέργειας – γιατί να μένει ένας Η/Υ ενεργός εάν δεν επιτελεί καμία εργασία;

Τα προβλήματα που προκύπτουν (σε δικτυακό επίπεδο) από την απενεργοποίηση του Η/Υ μας ήδη αναλύσαμε το πώς μπορούν να αντιμετωπιστούν. Παροτρύνουμε λοιπόν τους αναγνώστες να ενεργοποιήσουν τις σχετικές επιλογές στους Η/Υ τους, γιατί με αυτό τον τρόπο συμβάλλουν ουσιαστικά στη λύση του ζητήματος: ένα πιο φιλικό προς το περιβάλλον διαδίκτυο.

Επίλογος – Συμπεράσματα:

Με την εμφάνιση των δικτύων υπολογιστών και του διαδικτύου, η έμφαση δόθηκε στην εξάπλωσή τους. Μην ξεχνάμε πως μιλάμε για την δεκαετία του '80 κατά την οποία ένας μέσος Η/Υ γραφείου κατανάλωνε ελάχιστη ενέργεια, αλλά το σημαντικότερο, ο Η/Υ θεωρούνταν είδος πολυτελείας με μικρές πωλήσεις παγκοσμίως.

Η κατάσταση άλλαξε δραματικά από τότε. Οι υπολογιστές αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητάς μας (σε τομείς όπως ψυχαγωγία, εργασία, επικοινωνία κτλ). Ταυτόχρονα με την έκρηξη των πωλήσεων των Η/Υ, αυξήθηκαν και οι ανάγκες τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό γιατί γίνονταν όλο και πιο γρήγοροι, ενσωματώνοντας ολοένα και περισσότερα συστατικά (και κατά συνέπεια παρείχαν και αυξημένες δυνατότητες).

Με την έκρηξη του παγκόσμιου ενδιαφέροντος για τις κλιματικές αλλαγές (τις συνέπειες δηλαδή του CO₂ που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα), όλοι οι κλάδοι της βιομηχανίας προσανατολίστηκαν σε πιο φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες. Στον τομέα της πληροφορικής αυτό δεν ήταν τόσο απλό να γίνει. Τι εννοούμε: είναι γνωστό πως για χάρη της συμβατότητας, η αρχιτεκτονική και η φιλοσοφία πίσω από τους Η/Υ παραμένει αναλλοίωτη εδώ και χρόνια ουσιαστικά. Έτσι συνεχίζουμε πχ να χρησιμοποιούμε την στοίβα πρωτοκόλλων του TCP/IP για το διαδίκτυο, η οποία όμως δεν λάμβανε μέριμνα για ενεργειακή εξοικονόμηση (καθώς όταν δημιουργήθηκε δεν υπήρχε η σχετική ανάγκη).

Το ζήτημα λοιπόν και η ανοιχτή πρόκληση που μπαίνει είναι το πώς μπορούμε να πετύχουμε ενεργειακά οφέλη χωρίς να καταφύγουμε σε έναν εκ νέου σχεδιασμό των Η/Υ μας. Σε αυτή την εργασία είχαμε την ευκαιρία να παρουσιάσουμε τρεις διαφορετικές μεθόδους που θα επιφέρουν ενεργειακά οφέλη από την εφαρμογή τους στα δίκτυα των υπολογιστών. Το σίγουρο είναι πως υπάρχουν ακόμη μεγάλα περιθώρια βελτίωσης – μην ξεχνάμε ότι ο Η/Υ όπως τον ξέρουμε δεν σχεδιάστηκε για να είναι ενεργειακά οικονομικός, απλά απέκτησε και θα συνεχίσει να αποκτά αυτή την δυνατότητα.

Βιβλιογραφία:

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Internet>
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/TCP_IP
- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/Voip>
- [4] <http://en.wikipedia.org/wiki/Videoconference>
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/File_sharing
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Client_server
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/Peer_to_peer
- [8] [http://en.wikipedia.org/wiki/BitTorrent_\(protocol\)](http://en.wikipedia.org/wiki/BitTorrent_(protocol))
- [9] <http://www.csee.usf.edu/~christen/energy/main.html>
- [10] <http://www.green-communications.net/icc09/home.html>
- [11] Mike Benett, Ken Christensen, Bruce Nordman “Improving the Energy Efficiency of Ethernet: Adaptive Link Rate Proposal”
- [12] Ken Christensen, Bruce Nordman “Improving the Energy Efficiency of Ethernet-Connected Devices: A Proposal for Proxying”
- [13] Miguel Jimeno, Ken Christensen “A Network Connectivity Proxy to Enable Hosts to Sleep and Save Energy”
- [14] Francisco Blanquicet, Ken Christensen “Managing Energy Use in a Network with a New SNMP Power State MIB”
- [15] <http://www.blackle.com/>
- [16] <http://en.wikipedia.org/wiki/Blackle.com>
- [17] http://en.wikipedia.org/wiki/Cool_n_quiet
- [18] <http://www.tomshardware.com/reviews/amd-power-cpu,1925.html>