

ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ

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

ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ ΖΥΜΒΡΑΚΑΚΗ
ΕΑΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2018

Η ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΩΝ ΕΠΙΚΥΡΩΝΕΙ
ΤΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ ΖΥΜΒΡΑΚΑΚΗ:

[**Σκιάνης Χαράλαμπος**], Επιβλέπων
24 Αυγούστου 2018

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και
Επικοινωνιακών Συστημάτων

[**Κορμέντζας Γεώργιος**], Μέλος
Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και
Επικοινωνιακών Συστημάτων

[**Πάλλης Ευάγγελος**], Καθηγητής στο
Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών του Τ.Ε.Ι. Κρήτης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΕΑΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2018

ABSTRACT

ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ

Σε αυτή την εργασία θα γίνει μελέτη των δικτύων διανομής περιεχομένου (CDN) και θα γίνει μια προσέγγιση της λειτουργία τους. Στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει μια εισαγωγή και προσδιορισμού της έννοιας των δικτύων διανομής περιεχομένου. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα δούμε λίγο γενικές έννοιες του διαδικτύου και μια γενική περιγραφή της έννοιας του περιεχομένου. Στο τρίτο κεφάλαιο θα γίνει μια εκτενής παρουσίαση των βασικών τεχνικών καθώς και της λειτουργίας τους, ενώ θα γίνει και μια επισκόπηση των πιο σημαντικών δικτύων. Στο τέταρτο κεφάλαιο εξηγείται πιο αναλυτικά η λειτουργία και η αρχιτεκτονική του δικτύου της AKAMAI. Το πέμπτο κεφάλαιο ερευνά την περίπτωση NETFLIX που είναι από τους πιο γνωστούς παρόχους. Και τέλος, στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποια συμπεράσματα.

Λέξεις κλειδιά:

Δίκτυα διανομής περιεχομένου, κατανεμημένοι διακομιστές, amazon services, Netflix, Akamai.

© 2018

του

ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ ΖΥΜΒΡΑΚΑΚΗ

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ABSTRACT

Content distribution networks

In this thesis, content distribution networks (CDN) will be studied and their function will be approximated. The first chapter will introduce and define the concept of content distribution networks. In the second chapter we will look at some general concepts of the internet and a general description of the concept of content. In the third chapter there will be an extensive presentation of the basic techniques and their operation, as well as an overview of the most important networks. The fourth chapter explains in more detail the operation and the architecture of AKAMAI's network. The fifth chapter explores the NETFLIX case that is one of the most well-known providers. Finally, the sixth chapter presents some conclusions.

Keywords:

Content distribution networks, distributed servers, amazon services, Netflix, Akamai.

© 2018

APOSTOLOS ZYMVRAKAKIS

Department of Information and Communication Systems Engineering

UNIVERSITY OF THE AEGEAN

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ - ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ

Αφιερώνεται στους καθηγητές μου

και την οικογένειά μου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο: 2 Διαδίκτυο και Παγκόσμιος Ιστός	3
2.1 Η έννοια του περιεχομένου	3
Κεφάλαιο: 3 Γνωριμία με τα δίκτυα διανομής περιεχομένου (CDN)	5
3.1 Τι είναι τα δίκτυα διανομής περιεχομένου	5
3.2 Ποια είναι η εξέλιξη των δικτύων διανομής περιεχομένου.....	11
3.3 Πως λειτουργούν τα δίκτυα διανομής περιεχομένου	14
3.4 Κατηγορίες Δικτύων Διανομής.....	16
3.4.1 Akamai	16
3.4.2 MaxCDN.....	16
3.4.3 Incapsula.....	17
3.4.4 Rackspace.....	17
3.4.5 Cloudflare.....	17
3.4.6 Amazon’s AWS.....	17
3.4.7 EdgeCast/Verizon	18
3.4.8 Fastly	18
3.4.9 Hibernia.....	18
3.4.10 Limelight.....	18
3.5 Τάσεις Δικτύων Διανομής.....	18
3.6 Ασφάλεια Δικτύων Διανομής.....	20
Κεφάλαιο: 4 Περίπτωση Χρήσης Akamai.....	22
4.1 Εισαγωγή	22
4.2 Οι Υπάρχουσες Προσεγγίσεις.....	22
4.3 Η Υποδομή Δικτύου Του Akamai	23
4.4 Αυτόματος Έλεγχος Δικτύου	23
4.5 Παρακολούθηση Δικτύου	24
4.6 Υπηρεσίες δικτύου	25
4.6.1 Στατικό Περιεχόμενο.....	25
4.6.2 Δυναμικό περιεχόμενο.....	25
4.6.3 Streaming Media	26
4.7 Τεχνικές προκλήσεις και Εξοικονόμηση πόρων συστήματος.....	26
4.8 Αξιοπιστία του Συστήματος	27
4.10 Έλεγχος διάρκειας ζωής ταυτότητας και εξουσιοδότηση.....	29
4.11 Έλεγχος ακεραιότητας και Ορατότητα στα πρότυπα πρόσβασης.....	29
Κεφάλαιο : 5 Περίπτωση NETFLIX	31
5.1 Εισαγωγή	31
5.2 Υποστήριξη πολλών συσκευών.....	31
5.3 Netflix Open Connect CDN	32
5.4 Αλγόριθμοι κλιμάκωσης.....	32
Κεφάλαιο: 6 Συμπεράσματα και τάσεις.....	33

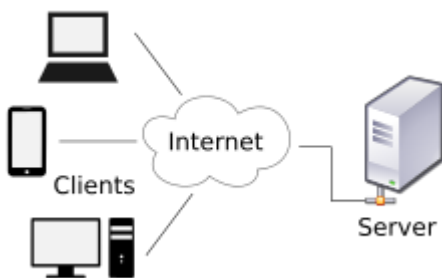
Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1-1: Μοντέλο πελάτη εξυπηρετητή [2].....	1
Εικόνα 2-1: Σχέση μεταξύ δεδομένων, πληροφορίας και περιεχομένου [4].....	4
Εικόνα 3-1: Πληροφορία που αποθηκεύεται σε και διακινείται μέσω ενός CDN [7].	6
Εικόνα 3-2: Δομή ενός δικτύου CDN [4].....	7
Εικόνα 3-3: Ποσοστό των ιστοσελίδων που χρησιμοποιούν CDN [10].....	11
Εικόνα 3-4 Πορεία εξέλιξης Δικτύων	13
Εικόνα 3-5 Λειτουργία Δικτύου	15
Εικόνα 4-1 Αρχιτεκτονική NETFLIX[16]	31

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Όταν ο Tim Berners-Lee συνέλαβε την ιδέα του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web – WWW) στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ως έναν τρόπο ανταλλαγής αρχείων – αλλά και περιεχομένου γενικότερα – μεταξύ υπολογιστών του ερευνητικού κέντρου CERN [1], δεν μπορούσε να φανταστεί την επιτυχία του: σήμερα, δισεκατομμύρια χρήστες αποκτούν πρόσβαση σε απομακρυσμένο περιεχόμενο χρησιμοποιώντας υπηρεσίες του WWW. Η εξάπλωση των δικτύων υπολογιστών και η αναβάθμιση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών, σε συνδυασμό με την εξέλιξη των δικτύων κινητών επικοινωνιών έχουν ως αποτέλεσμα την πρόσβαση στις υπηρεσίες WWW από όλο και περισσότερους χρήστες, ενώ τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αλλά της πρόσβασης αυτής είναι αναβαθμισμένα. Αυτή η αναβάθμιση, όμως, τροφοδοτεί – με τη σειρά της – ολοένα και μεγαλύτερες απαιτήσεις, οι οποίες δεν είναι πάντοτε δυνατό να εξυπηρετηθούν από την υπάρχουσα δομή.

Ο WWW είναι δομημένος με βάση την ιεραρχική δομή του μοντέλου πελάτη-εξυπηρετητή (client-server model), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1 [2]. Σύμφωνα με αυτό, το περιεχόμενο είναι αποθηκευμένο σε ειδικές υπολογιστικές διατάξεις που ονομάζονται εξυπηρετητές (servers). Κάθε φορά που ένας χρήστης-πελάτης (client) θέλει να αποκτήσει πρόσβαση σε κάποιο τμήμα του περιεχομένου, ένα αίτημα στέλνεται στον εξυπηρετητή που διατηρεί το τμήμα αυτό, το οποίο και αποστέλλεται από τον εξυπηρετητή στον πελάτη. Το μοντέλο αυτό επέτρεψε την ταχύτατη εξάπλωση του WWW, επιτρέποντας το ανέβασμα και τη διατήρηση περιεχομένου στον Ιστό από ανεξάρτητους φορείς.



Εικόνα 1-0-1: Μοντέλο πελάτη εξυπηρετητή [2].

Με την σημερινή εξάπλωση του Ιστού, άρχισε να φαίνεται ένα εγγενές μειονέκτημα του προαναφερθέντος μοντέλου, που έχει να κάνει με το ότι το περιεχόμενο –συνήθως– είναι αποθηκευμένο μακριά από τους χρήστες, υπάρχει μια χωρική απόσταση μεταξύ του χρήστη και του εξυπηρετητή, η οποία μπορεί να είναι της τάξης των χιλιάδων χιλιομέτρων. Όπως γνωρίζουμε από την Φυσική, η απόσταση εισάγει καθυστέρηση. Επιπρόσθετα, η ίδια η δομή του διαδικτύου, με την πληροφορία να ταξιδεύει προς τον προορισμό της περνώντας από ενδιάμεσους «σταθμούς» (κόμβους), εισάγει επιπλέον

καθυστέρηση. Η καθυστέρηση αυτή είναι αμελητέα για την πλειοψηφία των εφαρμογών του Ιστού. Υπάρχουν, όμως, συγκεκριμένες περιπτώσεις εφαρμογών πραγματικού χρόνου (πχ video streaming, online gaming), όπου η καθυστέρηση στην άφιξη της πληροφορίας επηρεάζει κατά πολύ την εμπειρία του χρήστη και μπορεί να οδηγήσει σε δυσλειτουργία.

Η κατάσταση επιβαρύνεται από την απουσία εγγενών μηχανισμών Ποιότητας Υπηρεσίας (Quality of Service) στο διαδίκτυο. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι δεν γίνεται διάκριση μεταξύ της πληροφορίας που ταξιδεύει σε αυτό, είτε πρόκειται για πληροφορία φυλλομέτρησης (browsing) είτε πρόκειται για πληροφορία εφαρμογής πραγματικού χρόνου. Αυτό μπορεί να φαίνεται δίκαιο εκ πρώτης όψεως, λειτουργεί επιβαρυντικά όμως για τη συνολική εμπειρία του χρήστη.

Μια λύση στο παραπάνω πρόβλημα είναι τα Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου (CDN), τα οποία γνωρίζουν αυξανόμενη δημοφιλία με την πάροδο του χρόνου. Αυτά αναλαμβάνουν να φέρουν το περιεχόμενο και να το αποθηκεύσουν πιο κοντά στον χρήστη, με σκοπό να κάνουν ταχύτερη την πρόσβαση του χρήστη σε αυτό και να βελτιώσουν την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας.

Σε αυτή την εργασία θα γίνει μελέτη των δικτύων διανομής περιεχομένου (CDN) και θα γίνει μια προσέγγιση της λειτουργία τους. Στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει μια εισαγωγή και προσδιορισμού της έννοιας των δικτύων διανομής περιεχομένου. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα δούμε λίγο γενικές έννοιες του διαδικτύου και μια γενική περιγραφή της έννοιας του περιεχομένου. Στο τρίτο κεφάλαιο θα γίνει μια εκτενής παρουσίαση των βασικών τεχνικών καθώς και της λειτουργίας τους , ενώ θα γίνει και μια επισκόπηση των πιο σημαντικών δικτύων. Στο τέταρτο κεφάλαιο εξηγείται πιο αναλυτικά η λειτουργία και η αρχιτεκτονική του δικτύου της AKAMAI. Το πέμπτο κεφάλαιο ερευνά την περίπτωση NETFLIX που είναι απο τους πιο γνωστούς παρόχους . Και τέλος, στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποια συμπεράσματα.

Κεφάλαιο: 2 Διαδίκτυο και Παγκόσμιος Ιστός

Πριν προχωρήσουμε στο καθαυτό αντικείμενο της παρούσας εργασίας, κρίνεται σκόπιμο να παραθέσουμε μια σύντομη εισαγωγή σε έννοιες που θα χρησιμοποιηθούν κατά κόρον στη συνέχεια, όπως είναι το «περιεχόμενο», αλλά και να θυμηθούμε κάποια βασικά στοιχεία της δομής του Διαδικτύου και του Παγκόσμιου Ιστού, έτσι ώστε να κατανοήσουμε καλύτερα το περιβάλλον πάνω στο οποίο εδράζονται τα CDN.

2.1 Η έννοια του περιεχομένου

Πολλές φορές, διακριτές έννοιες όπως είναι τα «δεδομένα», η «πληροφορία» και το «περιεχόμενο» τείνουν να συγχέονται από τους ανθρώπους, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές παρανοήσεις σχετικά με την ίδια τη λειτουργία των υπολογιστικών συστημάτων αλλά και των δικτύων υπολογιστών. Για αυτό, είναι χρήσιμο να προβούμε στον ορισμό και στη διάκρισή τους.

Αρχίζοντας από τα δεδομένα, αυτά αποτελούν ακολουθίες από δυαδικά ψηφία (0 & 1). Οι ακολουθίες αυτές αποτελούν θραύσματα πληροφορίας, δεν είναι καταληπτά από τον άνθρωπο [4]. Συνολικά, θα μπορούσαμε να ονομάσουμε δεδομένα οποιαδήποτε ακολουθία δυαδικών ψηφίων παράγει ή επεξεργάζεται ένα υπολογιστικό σύστημα. Τα δεδομένα αυτά προορίζονται να γίνουν αντικείμενο επεξεργασίας, έτσι ώστε να προκύψει η πληροφορία [11]. Συνεπώς, η πληροφορία είναι το αποτέλεσμα της επεξεργασίας των δεδομένων και παρουσιάζεται σε μορφή η οποία είναι καταληπτή για τον άνθρωπο (κείμενο, ήχος, εικόνα, video). Η πληροφορία, δηλαδή, είναι κάτι που προκύπτει από τα δεδομένα (που τα «καταλαβαίνει» μόνο η υπολογιστική συσκευή) και είναι καταληπτή από τον χρήστη της υπολογιστικής συσκευής, δηλαδή τον άνθρωπο [4].

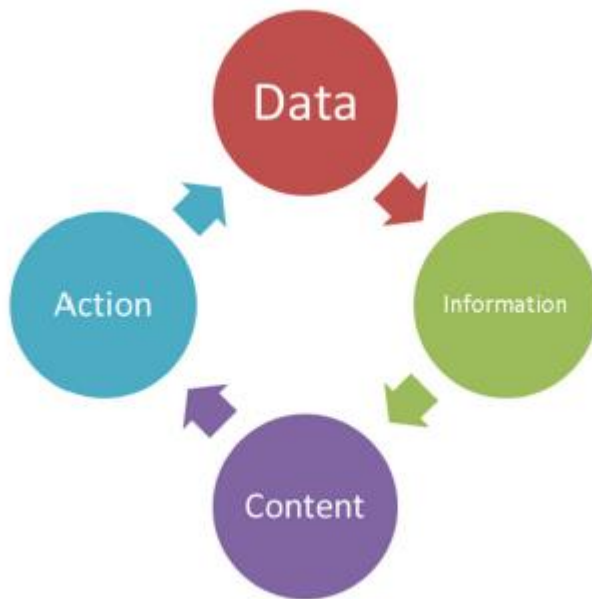
Η πληροφορία δεν είναι στατική, μπορεί να τύχει επεξεργασίας, νέα πληροφορία μπορεί να παραχθεί από ήδη υπάρχουσα πληροφορία. Επιπλέον, η πληροφορία μπορεί να θεωρηθεί ως μια βασική μονάδα οργάνωσης: πολλές πληροφορίες μπορούν να συνδυαστούν για να προκύψουν ανώτερες μορφές οργάνωσης. Η ανώτερη μορφή οργάνωσης που θα μας απασχολήσει εδώ είναι το περιεχόμενο.

Βασική έννοια για την κατανόηση του περιεχομένου είναι το εννοιολογικό πλαίσιο (context) [4]. Το εννοιολογικό πλαίσιο – έννοια που γίνεται εύκολα αντιληπτή με τη διαίσθηση αλλά που είναι δύσκολο να οριστεί – είναι αυτό που δίνει συνοχή στα διάφορα κομμάτια της πληροφορίας, που οδηγεί στο να χρησιμοποιηθούν μαζί τμήματα της πληροφορίας και να δημιουργήσουν το περιεχόμενο (content) [4]. Με άλλα λόγια, το περιεχόμενο είναι ομαδοποιημένα δεδομένα με βάση το εννοιολογικό πλαίσιο. Για τη δημιουργία του περιεχομένου, η υπολογιστική συσκευή χρησιμοποιεί μεταδεδομένα (metadata) [4]. Τα μεταδεδομένα δεν είναι αυθύπαρκτα, είναι δεδομένα που αναφέρονται σε άλλα δεδομένα και βοηθούν στην οργάνωση των δεδομένων έτσι ώστε να προκύψει το περιεχόμενο.

Ένα καλό παράδειγμα που μας βοηθά να κατανοήσουμε τα παραπάνω και τις διαφορές μεταξύ τους είναι η – ελληνική αλλά και οποιαδήποτε άλλη – γλώσσα. Τα δεδομένα είναι τα γράμματα, είναι οι βασικές

μονάδες οργάνωσης, που δεν έχουν νόημα από μόνα τους, αλλά αποκτούν νόημα όταν συνδυαστούν για να σχηματίσουν λέξεις. Οι λέξεις αυτές αποτελούν την πληροφορία. Με τη σειρά τους, οι λέξεις οργανώνονται σε προτάσεις, σε παραγράφους, σε κείμενα, που χαρακτηρίζονται από την εννοιολογική συνάφεια της πληροφορίας (λέξεων που περιλαμβάνουν). Συνεπώς, το περιεχόμενο είναι ακριβώς αυτό, οι προτάσεις, οι παράγραφοι, τα κείμενα της γλώσσας.

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται σχηματικά η συσχέτιση μεταξύ των 3 αυτών εννοιών. Όπως παρατηρούμε, σκοπός του περιεχομένου είναι να δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να προβούν σε δράσεις (actions) σχετικές με αυτό, όπως είναι επεξεργασία, εκτύπωση κτλ [4].



Εικόνα 2-0-1: Σχέση μεταξύ δεδομένων, πληροφορίας και περιεχομένου [4].

Κεφάλαιο: 3 Γνωριμία με τα δίκτυα διανομής περιεχομένου (CDN)

3.1 Τι είναι τα δίκτυα διανομής περιεχομένου

Τα Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου (στο εξής θα αναφέρονται με το αρκτικόλεξο CDN) είναι καταναμημένα συστήματα εξυπηρετητών γεωγραφικά διασκορπισμένων σε όλο τον κόσμο και τοποθετημένων στα όρια του διαδικτύου, στην πλευρά των χρηστών. Τα δίκτυα αυτά αναλαμβάνουν την διανομή του περιεχομένου στους τελικούς χρήστες [3, 4, 5, 6]. Πρόκειται, δηλαδή, για μια ενδιάμεση βαθμίδα εξυπηρετητών μεταξύ των αρχικών εξυπηρετητών και των πελατών, η οποία αναλαμβάνει να παίξει τον ρόλο των πρώτων στην επικοινωνία με τους πελάτες αλλά και τον ρόλο των πελατών στην επικοινωνία με τους αρχικούς εξυπηρετητές (όταν αυτή είναι απαραίτητη).

Οι βασικοί στόχοι που επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας αυτή την ενδιάμεση βαθμίδα είναι οι εξής [4]:

- Η ταχύτερη πρόσβαση των χρηστών στην πληροφορία. Όταν η πληροφορία είναι τοποθετημένη πιο κοντά στον χρήστη, αυτός μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση σε αυτή σε λιγότερο χρόνο. Έτσι, μειώνονται οι καθυστερήσεις και υπάρχει σαφής βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη.¹
- Η εξοικονόμηση πόρων του δικτύου. Για να το καταλάβουμε αυτό, ας θεωρήσουμε τη ακόλουθη περίπτωση.

Έστω ότι 10 χρήστες ζητούν να δουν μια ταινία στη συσκευή τους με χρήση της υπηρεσίας video streaming. Έστω ότι οι χρήστες είναι στο Μαρόκο και ότι η ταινία είναι αποθηκευμένη σε έναν εξυπηρετητή στην Ταϊλάνδη. Χωρίς την ύπαρξη CDN, κάθε χρήστης θα λάβει το περιεχόμενο από την Ταϊλάνδη. Με την ύπαρξη CDN, όμως, η ταινία αποθηκεύεται σε έναν ενδιάμεσο εξυπηρετητή στο Μαρόκο και οι χρήστες θα λάβουν το περιεχόμενο από τον εξυπηρετητή αυτόν. Έτσι, οι πόροι του δικτύου που αποτελούν τη διαδρομή Μαρόκο – Ταϊλάνδη χρησιμοποιούνται μόνο 1 φορά (για να μεταφερθεί το περιεχόμενο από τον αρχικό εξυπηρετητή στον ενδιάμεσο) αντί για 10, κάτι που σημαίνει πως επιτεύχθηκε αξιοσημείωτη εξοικονόμηση πόρων. Με βάση αυτή τη λογική, τα CDN είναι δίκτυα που προσπαθούν να αποσυμφορήσουν τον πυρήνα του δικτύου (core network) μεταφέροντας κίνηση στα άκρα του δικτύου (edge network).

- Η δυνατότητα κλιμάκωσης (scalability), που σημαίνει πως οι πόροι του δικτύου μπορούν εύκολα να κλιμακωθούν (προσθήκη εξυπηρετητών) και να αποκλιμακωθούν (αφαίρεση εξυπηρετητών) ανάλογα με τις ανάγκες και τη ζήτηση. Όμως, η έννοια της κλιμάκωσης έχει και μία επιπλέον σημασία: ένα CDN μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολλούς διαφορετικούς παρόχους περιεχομένου² για την διανομή πολλών διαφορετικών τύπων περιεχομένου, οδηγώντας έτσι σε

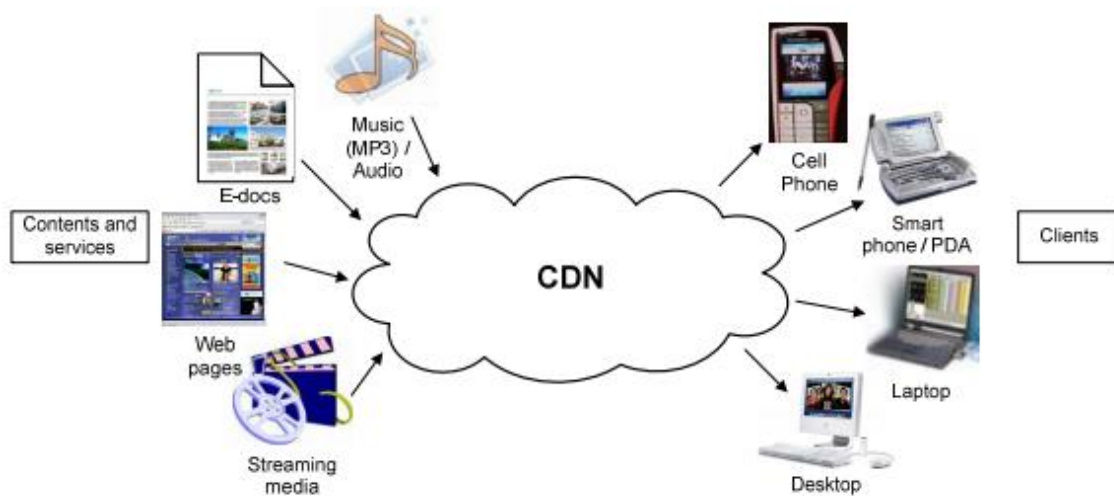
¹ Ένας πολύ καλός τρόπος να αξιολογηθεί η εμπειρία που απολαμβάνει ο χρήστης κατά τη διάρκεια χρήσης της υπηρεσίας είναι – πέραν από το QoS, στο οποίο έχουμε αναφερθεί ήδη – και ο δείκτης Ποιότητας Εμπειρίας (Quality of Experience – QoE).

² Όπως θα δούμε και στη συνέχεια, ο πάροχος του CDN και ο πάροχος του περιεχομένου που διανέμεται μέσω του

εξοικονόμηση των πόρων των παρόχων.

Το περιεχόμενο που διακινείται μέσω των CDN μπορεί να πάρει τις ακόλουθες μορφές, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3:

- Στατική ιστοσελίδα
- Δυναμική Ιστοσελίδα
- Υπηρεσίες Ηλεκτρονικού Εμπορίου
- Έγγραφα
- Ήχος
- Εικόνα
- Πολυμέσα
- Audio Streaming
- Video Streaming³



Εικόνα 3-0-1: Πληροφορία που αποθηκεύεται σε και διακινείται μέσω ενός CDN [7].

Οι ενδιαμέσοι εξυπηρετητές ενός CDN αναφέρονται συχνά και ως εξυπηρετητές ρέπλικες [6], μιας και δεν αποθηκεύουν μοναδικό περιεχόμενο, αλλά αντίγραφα περιεχομένου που είναι ήδη αποθηκευμένο σε κάποιον άλλο εξυπηρετητή. Όπως είναι κατανοητό, η επιτυχία του CDN εξαρτάται εν πολλοίς από το ποιο περιεχόμενο θα μεταφερθεί σε ποιόν ενδιαμέσο εξυπηρετητή. Το περιεχόμενο που μεταφέρεται

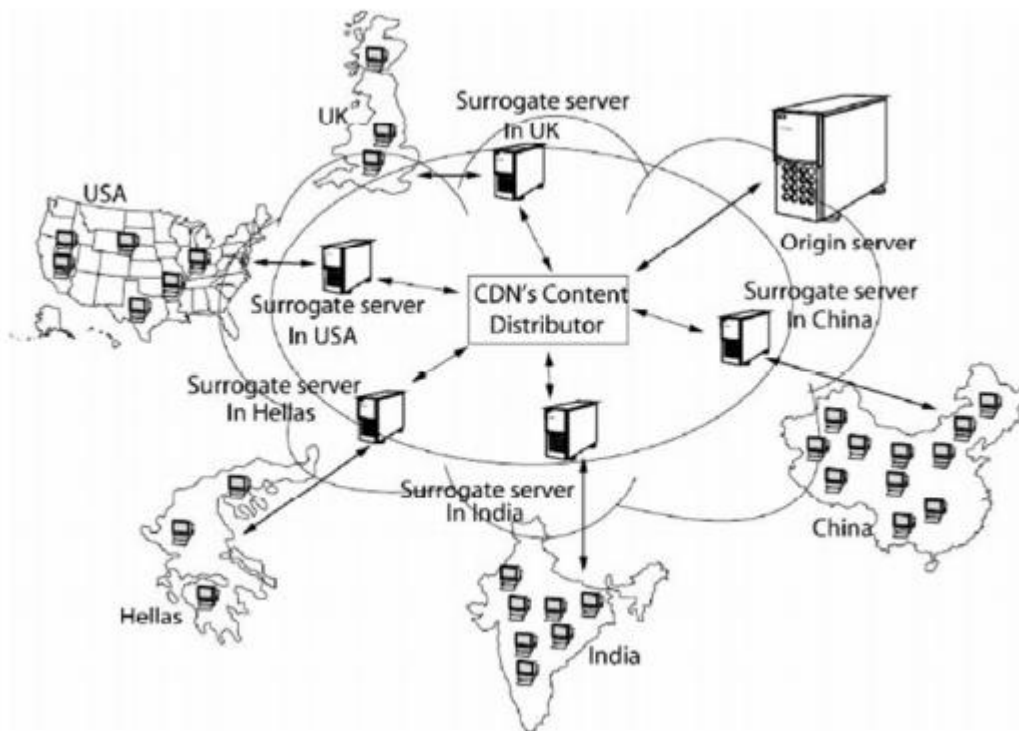
CDN δεν είναι απαραίτητο να ταυτίζονται.

³ Ο όρος streaming αναφέρεται στην μεταφορά περιεχομένου από τον εξυπηρετητή και στην απευθείας αναπαραγωγή του στην πλευρά του χρήστη χωρίς αποθήκευση, όπως ακριβώς λειτουργεί και το ραδιόφωνο ή η τηλεόραση [8]. Διαφοροποιείται – συνεπώς – από το κατέβασμα αρχείων βίντεο, μιας και εκεί πρέπει πρώτα να

πρέπει να είναι αυτό που ζητείται περισσότερο από τους χρήστες μιας συγκεκριμένης περιοχής και σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, έτσι ώστε το ποσοστό επιτυχίας (hit ratio) να αγγίζει το 100% [6]. Το ποσοστό αυτό αναφέρεται στο ποσοστό του περιεχομένου που ζητείται από τους χρήστες και που είναι αποθηκευμένο σε έναν ενδιάμεσο εξυπηρετητή.

Συνήθως, οι εξυπηρετητές του CDN βασίζονται στη λογική των εξυπηρετητών μεσολάβησης (proxy server). Οι εξυπηρετητές μεσολάβησης παρεμβάλλονται μεταξύ ενός χρήστη και του διαδικτύου και – εκτός των άλλων – αναλαμβάνουν να αποθηκεύουν αντίγραφα των σελίδων τις οποίες προσπέλασε ο χρήστης, μέσα από μια λογική προσωρινής αποθήκευσης (caching). Όταν ο χρήστης ζητήσει να προσπελάσει ξανά μια σελίδα που ήδη προσπέλασε προηγουμένως (και οι στατιστικές λένε πως αυτή είναι η συνηθέστερη περίπτωση), τότε ο εξυπηρετητής διαμεσολάβησης επικοινωνεί με τον αρχικό εξυπηρετητή για να μάθει αν το περιεχόμενο της σελίδας έχει διαφοροποιηθεί σε σχέση με την τελευταία προσπέλαση. Αν έχουν συμβεί διαφοροποιήσεις, τότε μόνο το αλλαγμένο περιεχόμενο διακινείται από τον εξυπηρετητή στον εξυπηρετητή μεσολάβησης και ο τελευταίος αναλαμβάνει να προωθήσει το συνολικό περιεχόμενο στον χρήστη. Αν δεν έχουν συμβεί διαφοροποιήσεις στο περιεχόμενο, τότε η σελίδα φορτώνεται από τον εξυπηρετητή μεσολάβησης αυτούσια [4].

Η γενική δομή ενός CDN φαίνεται στην Εικόνα 4. Εκεί, οι ενδιάμεσοι εξυπηρετητές αποκαλούνται αντιπρόσωποι (surrogate servers), μιας και τα αιτήματα προσπέλασης περιεχομένου εκ μέρους ενός χρήστη παραπέμπονται για εξυπηρέτηση στον κοντινότερο αντιπρόσωπο.



Εικόνα 3-0-2: Δομή ενός δικτύου CDN [4].

αποθηκευτεί το συνολικό αρχείο σε τοπική συσκευή αποθήκευσης και στη συνέχεια να αναπαραχθεί.

Το δίκτυο αυτό είναι σε θέση να μπορεί να εξακριβώσει ποια είναι η βέλτιστη θέση από την οποία πρέπει να παραδοθεί το περιεχόμενο στον τελικό χρήστη.

- 1) ο διακομιστής που απέχει τη μικρότερη απόσταση από το χρήστη που έκανε την αίτηση για περιεχόμενο
- 2) ο διακομιστής που απέχει τα λιγότερα δευτερόλεπτα από τον τελικό χρήστη ή
- 3) ο διακομιστής με την υψηλότερη διαθεσιμότητα όσον αφορά τις επιδόσεις του διακομιστή.

Για παράδειγμα, ο διακομιστής με τις λιγότερες αναπηδήσεις δικτύου ή ο διακομιστής με την ταχύτερη ανταπόκριση επιλέγεται για να μεταδώσει το περιεχόμενο.

Στόχος του CDN είναι η παροχή του περιεχομένου στους τελικούς χρήστες με υψηλές επιδόσεις, διαθεσιμότητα και βέλτιστη απόδοση. Επίσης χάρη στο ότι το περιεχόμενο διαμοιράζεται στους χρήστες από διαφορετικούς servers, δεν περνάει όλη η κίνηση από τον κεντρικό server της ιστοσελίδας και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται offloading (εκφόρτωση), που πρακτικά σημαίνει εξοικονόμηση πόρων, άρα και χρημάτων.

Πρέπει επίσης να επισημάνουμε ότι με το CDN δεν εξασφαλίζεται μόνο η γρήγορη πρόσβαση σε μια κατάφερνε να επηρεάσει τη σωστή και ομαλή λειτουργία ενός υπολογιστικού συστήματος.

Στη σημερινή τελική μορφή τους κατά την οποία διαμοιράζει τα περιεχόμενα μέσω διακομιστών σε ολόκληρο τον πλανήτη κατέληξαν αφού αρχικά πέρασαν από κάποια άλλα στάδια. Πρώτα με τη χρήση των dedicated servers των παρόχων δικτύων διανομής περιεχομένου και αργότερα με χρήση ενός υβριδικού μοντέλου όπου τα δεδομένα μεταφέρονταν μέχρι τον τελικό χρήστη μέσω των διακομιστών του CDN αλλά και μέσω peer-user-owned υπολογιστές. ιστοσελίδα ή ηλεκτρονική υπηρεσία αλλά και κατά κάποιον τρόπο παρέχεται ασφάλεια απέναντι στις διαδικτυακές επιθέσεις, οι λεγόμενες επιθέσεις άρνησης υπηρεσιών (DoS). Αυτές στοχεύουν στην υπερφόρτωση του διακομιστή με σκοπό την κατάρρευση του, καθώς θα αδυνατεί να ανταποκριθεί ορθά σε πληθώρα αιτημάτων (requests). Στην περίπτωση αυτή με χρήση του CDN και χάρη στην εύστοχη λειτουργία του ο φόρτος εργασιών που θα προκληθεί από την επίθεση δεν θα βγάλει εκτός λειτουργίας τον κεντρικό διακομιστή, αφού θα κατανεμηθεί στους διακομιστές του CDN. Έτσι μια τέτοιου είδους επίθεση δεν θα κατάφερνε να επηρεάσει τη σωστή και ομαλή λειτουργία ενός υπολογιστικού συστήματος.

Στη σημερινή τελική μορφή τους κατά την οποία διαμοιράζει τα περιεχόμενα μέσω διακομιστών σε ολόκληρο τον πλανήτη κατέληξαν αφού αρχικά πέρασαν από κάποια άλλα στάδια. Πρώτα με τη χρήση των dedicated servers των παρόχων δικτύων διανομής περιεχομένου και αργότερα με χρήση ενός υβριδικού μοντέλου όπου τα δεδομένα μεταφέρονταν μέχρι τον τελικό χρήστη μέσω των διακομιστών του CDN αλλά και μέσω peer-user-owned υπολογιστές.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των CDN είναι τα ακόλουθα [3, 9, 10]:

- Μικρότερη καθυστέρηση. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η αποθήκευση δεδομένων σε ενδιάμεσο εξυπηρετητή σημαίνει πως τα δεδομένα είναι προσβάσιμα από τον χρήστη σε λιγότερο χρόνο.
- Αποδοτικότερη χρήση των πόρων του δικτύου, κάτι που εξηγήθηκε προηγουμένως.
- Μεγαλύτερη ταχύτητα. Εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε τη διαφορά μεταξύ ταχύτητας και καθυστέρησης. Η καθυστέρηση αναφέρεται στο πόσο γρήγορα φτάνει μια πληροφορία – ορθότερα, αρχίζει να φτάνει – στον χρήστη από τη στιγμή που αυτός τη ζήτησε. Η ταχύτητα αναφέρεται στο πόσο γρήγορα ολοκληρώνεται από τον χρήστη η λήψη της αιτηθείσας πληροφορίας. Η ύπαρξη CDN βελτιώνει και την ταχύτητα, επειδή η διαδρομή εξυπηρετητή – χρήστη περιλαμβάνει λιγότερα ενδιάμεσα βήματα, άρα και λιγότερες διαφορετικές συνδέσεις, άρα και μικρότερη πιθανότητα μια από τις συνδέσεις αυτές να είναι χαμηλής ταχύτητας. Για τον λόγο αυτό, σε πολλές δυναμικές ιστοσελίδες, το περιεχόμενο που είναι μεγαλύτερο σε μέγεθος (εικόνα, πολυμέσα) αποθηκεύεται σε CDN.
- Αξιοπιστία. Σε κάθε περίπτωση, ένα περιεχόμενο που είναι αποθηκευμένο και σε έναν ενδιάμεσο εξυπηρετητή μένει ανεπηρέαστο από πιθανή βλάβη ή αστοχία στον βασικό εξυπηρετητή. Με αυτό τον τρόπο, μειώνεται δραστικά η πιθανότητα απώλειας περιεχομένου καθώς και η πιθανότητα να μην είναι το περιεχόμενο διαθέσιμο στους χρήστες.
- Μικρότερη εξάρτηση από την κίνηση. Όπως αναφέρθηκε και στην περίπτωση της ταχύτητας, όσο μικρότερη είναι η διαδρομή που πρέπει να διανύσουν τα δεδομένα στο δίκτυο, τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα η διαδρομή να επηρεαστεί από καταστάσεις συμφόρησης. Επιπλέον, όπως είναι λογικό, είναι πολύ μικρότερη η κίνηση που πρέπει να διεκπεραιώσει ένας ενδιάμεσος εξυπηρετητής (από τους πολλούς του είδους του) από την κίνηση που θα είχε να διεκπεραιώσει ο βασικός εξυπηρετητής, σε περίπτωση που θα είχε να κάνει με όλη την κίνηση.
- Δυνατότητα φόρτωσης πολλαπλών domains. Συνήθως, όταν μια σύγχρονη δυναμική ιστοσελίδα φορτώνεται από έναν φυλλομετρητή, τραβά δεδομένα από αρκετά διαφορετικά domains. Όμως, οι σύγχρονοι φυλλομετρητές έχουν πολύ συγκεκριμένους περιορισμούς σχετικά με το από πόσα domains μπορούν να φορτώνουν δεδομένα ταυτόχρονα. Όταν ο μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός ξεπεραστεί, ο φυλλομετρητής βάζει στη αναμονή το φόρτωμα από τα επιπλέον domains μέχρι να τελειώσει να φόρτωμα που είναι ήδη σε εξέλιξη. Όπως είναι κατανοητό, αυτό επιβραδύνει το συνολικό φόρτωμα της σελίδας. Με την χρήση ενός CDN, το πρόβλημα αυτό παρακάμπτεται, μιας και το περιεχόμενο που φορτώνεται από το CDN αντιμετωπίζεται σαν ένα εντελώς καινούριο αίτημα, συνεπώς και για αυτό ισχύει το όριο των (συνήθως 4) domains που ισχύει και για τα υπόλοιπα αιτήματα. Με άλλα λόγια, μια ιστοσελίδα που φορτώνει και από τον εξυπηρετητή (ένα μέρος της) και από το CDN (ένα άλλο μέρος της) αντιμετωπίζεται σα 2

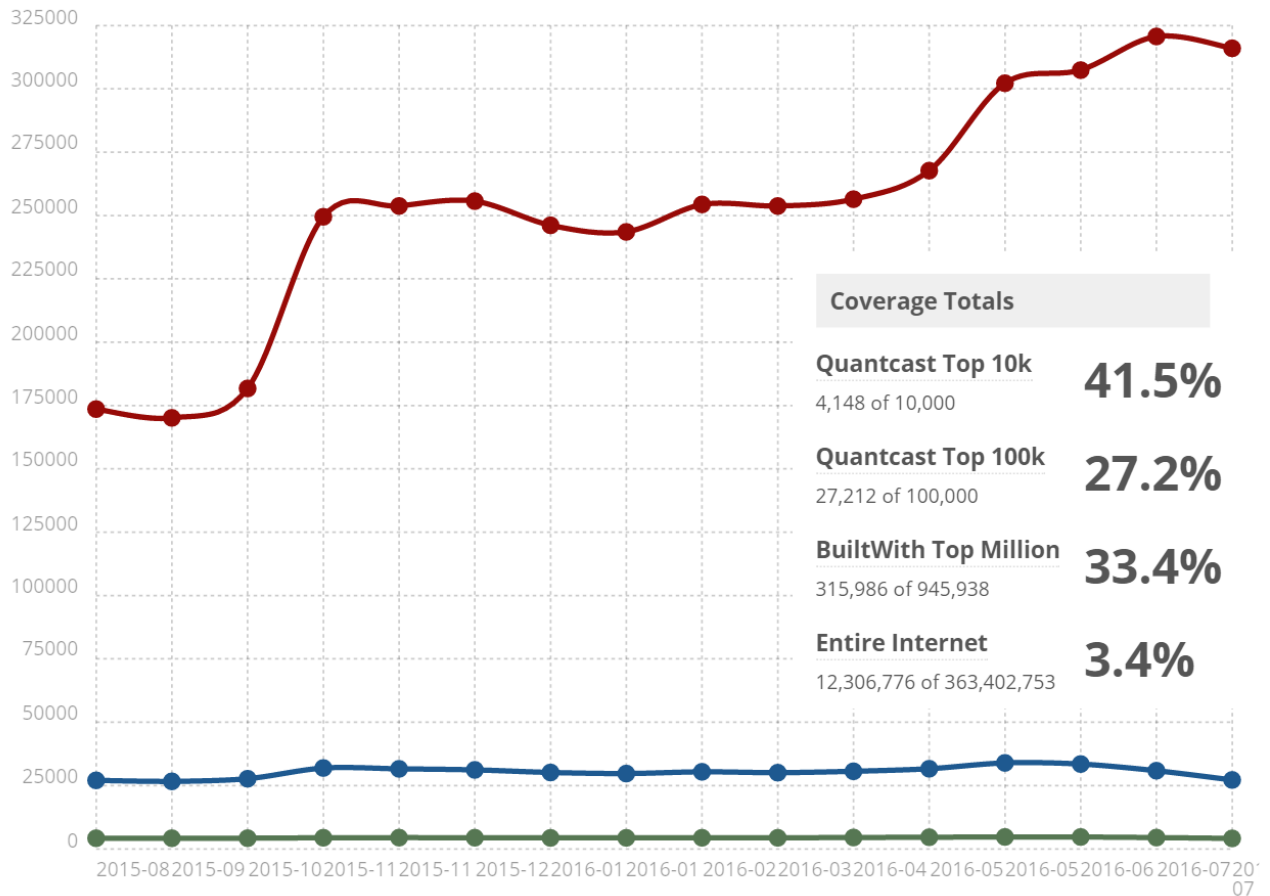
ξεχωριστές, συνεπώς ισχύει το διπλάσιο όριο ταυτόχρονου φορτώματος από διαφορετικά domains.

- SEO (Search Engine Optimization). Το SEO είναι πολύ σημαντικό για όλες τις ιστοσελίδες, μιας και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη σειρά εμφάνισής τους στις μηχανές αναζήτησης, όταν γίνεται αναζήτηση με ένα λήμμα (λέξη-κλειδί) που άπτεται του περιεχομένου τους. Το SEO επηρεάζεται από την ταχύτητα φόρτωσης της σελίδας. Αυτό σημαίνει ότι, μιας και το CDN μπορεί να εξασφαλίζει γρηγορότερο φόρτωμα της σελίδας, μπορεί επιπλέον να διασφαλίσει και μια υψηλότερη θέση της σελίδας στις μηχανές αναζήτησης.
- Ασφάλεια. Το CDN μπορεί να προστατεύσει τον βασικό εξυπηρετητή από διάφορους τύπους επιθέσεων οι οποίες κατευθύνονται πλέον προς το CDN, αντί να πλήξουν τον εξυπηρετητή.

Από την άλλη πλευρά, η χρήση του CDN ενέχει και κάποιους κινδύνους και χαρακτηρίζεται από μειονεκτήματα, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι τα ακόλουθα [3, 9, 10]:

- Κόστος. Η χρήση ενός CDN δεν είναι δωρεάν, οι πάροχοι τέτοιων υπηρεσιών χρεώνουν όσους θέλουν να τις χρησιμοποιήσουν. Όσο και αν αυτό το κόστος μπορεί να θεωρηθεί μικρό ή λογικό, δεν παύει να είναι ένας αποτρεπτικός παράγοντας για την περαιτέρω χρήση των CDN.
- Έλλειψη άμεσου ελέγχου. Ο κάτοχος του περιεχομένου δεν μπορεί να το αναβαθμίσει/αλλάξει άμεσα, πρέπει πρώτα να επικοινωνήσει με τον πάροχο του CDN και να αιτηθεί σε αυτόν την αλλαγή του περιεχομένου.
- Συνοχή. Αυτός ο κίνδυνος είναι άμεσα συνδεδεμένος με το προηγούμενο μειονέκτημα και αναφέρεται στην περίπτωση που το περιεχόμενο στον βασικό εξυπηρετητή έχει τροποποιηθεί, χωρίς να έχουν γίνει οι αντίστοιχες τροποποιήσεις και στο αντίστοιχο περιεχόμενο των CDN (όπως προαναφέραμε, οι ενημερώσεις αυτές δεν γίνονται αυτόματα, πρέπει να ειδοποιηθεί ο πάροχος του δικτύου για να τις πραγματοποιήσει). Συνεπώς, είναι πιθανό ο χρήστης που λαμβάνει περιεχόμενο μέσω κάποιου CDN να μη λαμβάνει την ενημερωμένη εκδοχή αυτού.
- Διαμοιραζόμενοι πόροι. Στις περισσότερες περιπτώσεις (εξαιρούνται αυτές όπου ο πάροχος του CDN ταυτίζεται με τον πάροχο του περιεχομένου και χρησιμοποιεί το δίκτυο για διανομή του δικού του περιεχομένου και μόνο) οι πόροι του CDN είναι διαμοιραζόμενοι. Συνεπώς, είναι πιθανό να εμφανιστούν τα ίδια φαινόμενα που εμφανίζονται και στο διαδίκτυο, λόγω λανθασμένου σχεδιασμού και απαιτήσεων για διακίνηση περιεχομένου που είναι μεγαλύτερες από αυτές που λήφθησαν υπόψη κατά τον σχεδιασμό του συστήματος).

Websites using Content Delivery Network



Εικόνα 3-0-3: Ποσοστό των ιστοσελίδων που χρησιμοποιούν CDN [10].

Η Εικόνα 5 παρέχει πολύ ενδιαφέρουσα πληροφόρηση σχετικά με την εξάπλωση αλλά και την χρησιμότητα των CDN. Όσο μεγαλύτερη επισκεψιμότητα έχει μια ιστοσελίδα, τόσο πιθανότερο είναι να χρησιμοποιεί CDN, αλλά και τόσο πιο χρήσιμο είναι να χρησιμοποιεί CDN. Αντίθετα, οι ιστοσελίδες με μικρότερη επισκεψιμότητα δεν χρησιμοποιούν CDN και δεν το χρειάζονται. Αυτός είναι και ο λόγος που μόλις το 3.4% του συνόλου των ιστοσελίδων βασίζεται σε CDN.

3.2 Ποια είναι η εξέλιξη των δικτύων διανομής περιεχομένου

Παρόλο που, όπως αναφέρθηκε στην Εισαγωγή, ο Παγκόσμιος Ιστός είναι μια σύγχρονη εφεύρεση που δεν έχει συμπληρώσει ακόμα ούτε 30 χρόνια ζωής, γρήγορα φάνηκαν οι περιορισμοί του, περιορισμοί που δεν είχαν να κάνουν με λανθασμένο σχεδιασμό· αντιθέτως, οφείλονταν στον σωστό σχεδιασμό, ο οποίος οδήγησε και στη ραγδαία εξάπλωσή του. Τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν συνοψίζονται στα παρακάτω [3, 4, 6, 10]:

- Αύξηση και χωρική εξάπλωση των χρηστών. Πλέον, υπάρχουν δισεκατομμύρια χρήστες, οι οποίοι είναι κυριολεκτικά διασκορπισμένοι σε όλο τον κόσμο. Αν και μπορούμε να υποθέσουμε

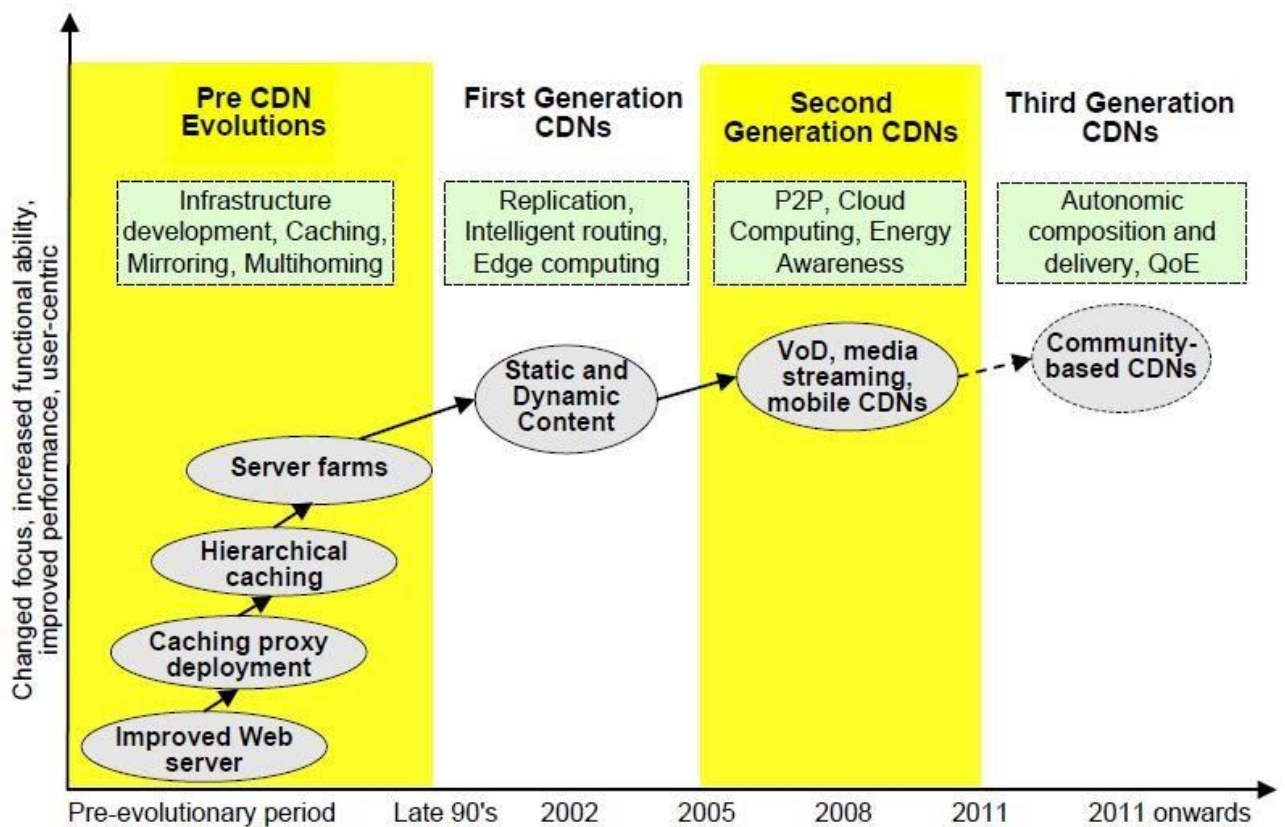
με ασφάλεια ότι για περισσότερες από τις σελίδες του Ιστού (αλλά και στις υπηρεσίες του Ιστού, γενικότερα) οι επισκέπτες-χρήστες είναι χωρικά περιορισμένοι, εντούτοις το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας κίνησης κατευθύνεται προς συγκεκριμένες σελίδες, κάτι που δημιουργεί τεράστια συμφόρηση σε συγκεκριμένα σημεία του δικτύου, αλλά και αναγκάζει την πληροφορία να διανύει τεράστιες αποστάσεις ώστε να φτάσει στον χρήστη.

- Αύξηση των απαιτήσεων των χρηστών. Όσοι προλάβαμε το Διαδίκτυο τις εποχές των συνδέσεων dialup, θυμόμαστε πως η μοναδική μας απαίτηση ήταν να καταφέρουμε να συνδεθούμε, έτσι ώστε να καταφέρουμε να κατεβάσουμε – αν ήμασταν τυχεροί – ένα αρχείο κειμένου σε μερικά λεπτά. Με την εξάπλωση των ευρυζωνικών συνδέσεων, όμως και με την αναβάθμιση των δικτύων κινητής τηλεφωνίας έτσι ώστε να υποστηρίζουν τη σύνδεση στο Διαδίκτυο, οι χρήστες άρχισαν να γίνονται όλο και πιο απαιτητικοί ως προς τις επιδόσεις. Πλέον, οι καθυστερήσεις θεωρούνται ασυγχώρητες και η ανάπτυξη εφαρμογών πραγματικού χρόνου και υψηλού ρυθμού μετάδοσης δημιουργεί τεράστιες απαιτήσεις για το Διαδίκτυο, μιας και ο χρήστης περιμένει από αυτές να λειτουργούν με την αμεσότητα που λειτουργεί η τηλεόραση, με το επιπλέον πλεονέκτημα της δυνατότητας ελέγχου της ροής.
- Μεγέθυνση των δεδομένων που διακινούνται. Πλέον, τα αρχεία που διακινούνται είναι συνηθισμένο να έχουν μέγεθος αρκετών Gb, ενώ το μέσο μέγεθος των αρχείων αυξάνεται συνεχώς.
- Εκθετική αύξηση του ρυθμού δημιουργίας δεδομένων. Σύμφωνα με το κλασσικό μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή, ο εξυπηρετητής είναι αυτός που παράγει και αποθηκεύει τα δεδομένα, ο πελάτης μπορεί μόνο να αιτηθεί τη λήψη κάποιων δεδομένων. Στην πορεία, όμως, δόθηκε και στον χρήστη η δυνατότητα να παράγει δεδομένα ή να πυροδοτεί την παραγωγή δεδομένων, με αποτέλεσμα την εκθετική αύξηση των δεδομένων που παράγονται. Επιπλέον, τα ίδια τα υπολογιστικά συστήματα παράγουν δεδομένα τα οποία διακινούνται μέσω του διαδικτύου.

Όλα τα παραπάνω επηρεάζουν και καταπονούν το Διαδίκτυο και μπορούν να οδηγήσουν σε ένα φαινόμενο που ονομάζεται συμφόρηση (congestion). Η συμφόρηση είναι μια κατάσταση αντίστοιχη της κυκλοφοριακής συμφόρησης στους δρόμους. Συμβαίνει όταν τα δεδομένα που συσσωρεύονται σε ένα κόμβο του δικτύου είναι περισσότερα από όσα ο κόμβος μπορεί να διαχειριστεί – με άλλα λόγια, ο ρυθμός άφιξης δεδομένων είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό εξυπηρέτησης των δεδομένων. Όταν αυτό το φαινόμενο παρατηρηθεί, υπάρχει μεγάλη καθυστέρηση στην προώθηση της πληροφορίας προς τους χρήστες, ενώ μπορεί να υπάρξει ακόμα και απώλεια πληροφορίας.

Η συμφόρηση συμβαίνει όταν μεγάλος όγκος δεδομένων ταξιδεύει στο διαδίκτυο μέσα από την ίδια διαδρομή ή μέσα από διαδρομές που έχουν κοινά τμήματα. Αυτός είναι ο κανόνας όταν μεγάλος όγκος κίνησης πρέπει να εξυπηρετηθεί από έναν συγκεκριμένο εξυπηρετητή ή όταν μεγάλος όγκος δεδομένων κατευθύνεται προς συγκεκριμένες περιοχές. Η συμφόρηση δείχνει την απουσία εναλλακτικών

διαδρομών, αλλά και την κακή χωρική κατανομή της κίνησης.



Εικόνα 3-0-4 Πορεία εξέλιξης Δικτύων

Οι προμηθευτές περιεχομένου θεωρούσαν τον ιστό μια καλή ευκαιρία για την δημιουργία καινούργιου υλικού για τους χρήστες τους. Μερικές φορές όμως υπήρχε απογοήτευση στους χρήστες λόγω της χαμηλής ποιότητας υπηρεσιών και μεγάλων καθυστερήσεων εξαιτίας μεγάλων διαστημάτων λήψεων.

Οι εταιρείες έριξαν το βάρος τους στο να βελτιώσουν την ποιότητα για τους χρήστες τους γιατί θεωρούσαν σημαντικό οικονομικό όφελος τις web-based e-business (επιχειρήσεις διαδικτύου).[12] Λίγα χρόνια μετά υπήρξε βελτίωση στην τεχνολογία για την παράδοση του περιεχομένου και στην παροχή υπηρεσιών σε όλο τον παγκόσμιο ιστό.

Τα δίκτυα περιεχομένου θεωρούν σημαντικό στοιχείο την ποιότητα των υπηρεσιών (QoS) και προσπαθούν συνεχώς με διάφορους τρόπους να την βελτιώσουν. Μια λύση θα μπορούσε να είναι η τροποποίηση της κλασσικής αρχιτεκτονικής αυτό θα μπορούσε να συμβεί βελτιώνοντας το υλικό του διακομιστή ιστού αλλάζοντας τον τωρινό επεξεργαστή με κάποιον με μεγαλύτερη ταχύτητα και με την προσθήκη περισσότερη μνήμης και χώρου στο δίσκο ή ίσως ακόμη και ενός συστήματος πολλαπλών επεξεργαστών, δεν είναι όμως τόσο εύκολο να πραγματοποιηθεί.[12]

Ένας καλός τρόπος για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα της επίδοσης και του εύρους ζώνης είναι οι μεσολαβητές προσωρινής αποθήκευσης που διαθέτουν τεχνολογίες για την κατάλληλη χρήση πόρων . Επίσης ρυθμίζοντας τις αιτήσεις τους να περνάνε μέσω κρυφών μηνμών, έχουν την τύχη να τους είναι

διαθέσιμο το πλούσιο περιεχόμενο των εξουσιοδοτημένων κρυφών μηνυμάτων. Πλεονέκτημα βέβαια έχουν και οι προμηθευτές χρησιμοποιώντας τον κανονισμό της Ιεραρχικής προσωρινής αποθήκευσης για να διαμορφώσουν τις κρυφές μηνύμα τους σε επίπεδα σε όλα τα γεωγραφικά μέρη.[12]

Ακόμη ένας τρόπος βελτίωσης της επίδοσης και του εύρους ζώνης που έχει ήδη δοκιμαστεί είναι η δημιουργία συμπλέγματος διακομιστών. Η δραστηριότητα τους είναι να μοιραστούν τις αιτήσεις που περιμένουν απάντηση για το ίδιο website.[12] Σύντομα υπήρξαν κάποιες προσπάθειες για την ανάπτυξη υποδομής και έρευνας για την επίλυση του προβλήματος της συμφόρησης του δικτύου. Πολλές εταιρείες είδαν τα δίκτυα διανομής περιεχομένου ως μια καλή ευκαιρία για μεγάλα έσοδα έτσι πολύ γρήγορα έγιναν πάροχοι δικτύων διανομής περιεχομένου. Οι προμηθευτές άρχισαν να ψάχνουν νέους τρόπους ανάπτυξης της υποδομής μετά από κάποια προβλήματα που δημιουργήθηκαν

Η πρώτη γενιά των δικτύων διανομής περιεχομένου ασχολήθηκε κυρίως με τα στατικά και δυναμικά έγγραφα web, ενώ η δεύτερη γενιά δεν περιορίστηκε εκεί αλλά έστρεψε το ενδιαφέρον της στα video on-demand, στον ήχο και στα video streaming.[12]

3.3 Πως λειτουργούν τα δίκτυα διανομής περιεχομένου

Τα CDNs δεν είναι κάτι πολύπλοκο σε αντίθεση είναι απλά. Τα δίκτυα διανομής περιεχομένου (CDNs) χειρίζονται στατικό περιεχόμενο. Αυτό το στατικό περιεχόμενο περιλαμβάνει αρχεία όπως css, javascript κ.λ.π και να τα αναπαράγει στους servers (διακομιστές).

Όταν ένα πρόγραμμα περιήγησης κάνει μια αίτηση για έναν πόρο το πρώτο βήμα που κάνει είναι να κάνει μια DNS αίτηση, δηλαδή στέλνει ένα ερώτημα στον DNS διακομιστή και περιμένει μια απάντηση. Κάνοντας μια τέτοια αίτηση είναι σαν να ψάχνει έναν αριθμό τηλεφώνου σε έναν τηλεφωνικό κατάλογο. Με λίγα λόγια το πρόγραμμα περιήγησης δίνει το όνομα τομέα και περιμένει να λάβει πίσω μια IP διεύθυνση. Με αυτή την IP διεύθυνση το πρόγραμμα περιήγησης μπορεί τότε να έρθει άμεσα σε επαφή με τον διακομιστή για τις επόμενες αιτήσεις. Για ένα απλό μπλοκ ή μια μικρή εμπορική ιστοσελίδα το όνομα τομέα μπορεί να έχει μια μοναδική IP διεύθυνση. Για μεγάλες web εφαρμογές ένα μοναδικό όνομα τομέα μπορεί να έχει πολλαπλές IP διευθύνσεις. Η λειτουργία του δικτύου διανομής περιεχομένου αναλύεται πιο συγκεκριμένα στα δυο επόμενα βήματα:

Δίνεται η αίτηση στον κοντινότερο δυνατόν διακομιστή

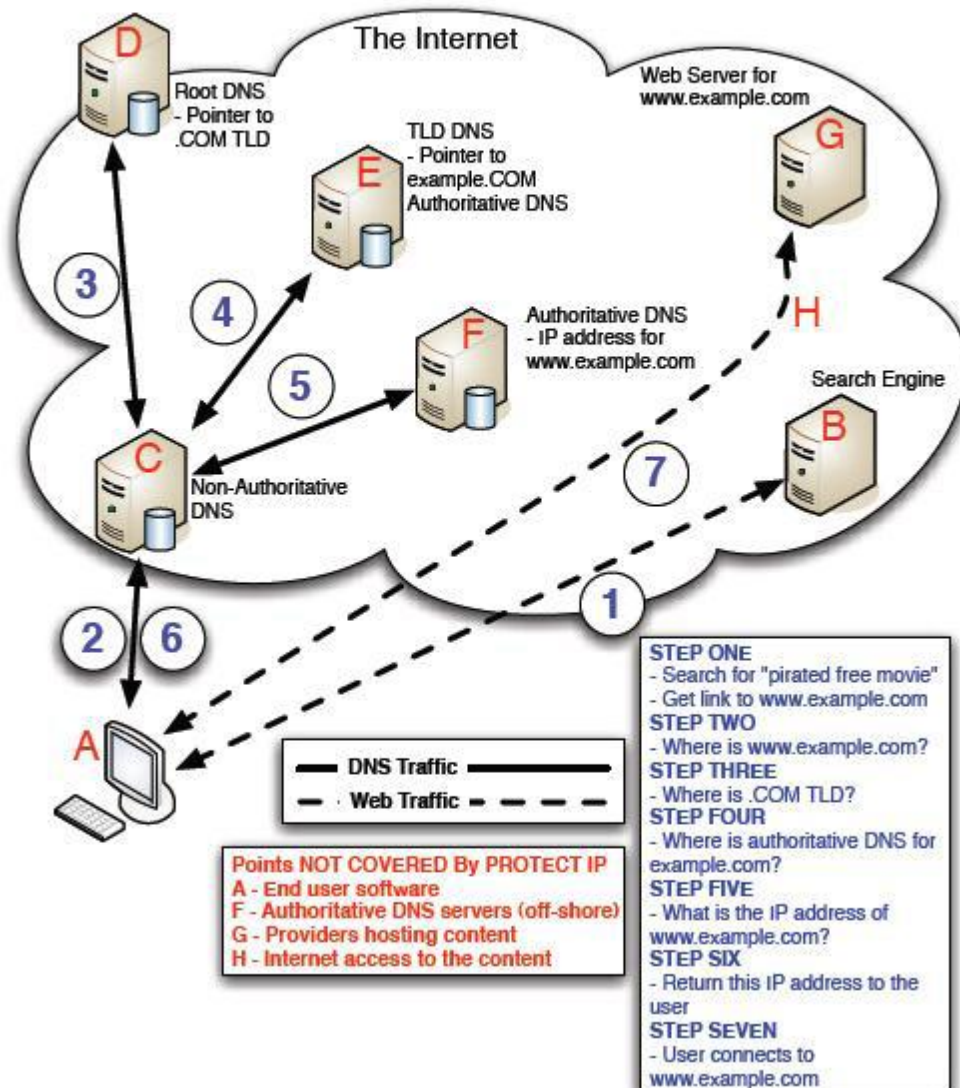
Όταν πραγματοποιηθεί μια αίτηση για την αναζήτηση μιας IP διεύθυνσης τότε ο DNS διεξάγει έναν πλήρη έλεγχο βασίζόμενο στην IP διεύθυνση του DNS αναλυτή και επιστρέφει μια IP διεύθυνση για τον τελικό διακομιστή ο οποίος είναι πιο κοντά σε αυτή την περιοχή. Για παράδειγμα εάν εγώ κάνω μια αίτηση μέσω ενός DNS αναλυτή στην Καλιφόρνια θα μου δοθεί μια IP διεύθυνση για έναν διακομιστή στην δυτική ακτή[13].

Η πρόσβαση στο περιεχόμενο

Όταν η αίτηση φτάσει στον τελικό διακομιστή τότε αυτός ελέγχει την κρυφή του μνήμη να δει αν υπάρχει το περιεχόμενο. Με την προϋπόθεση ότι το περιεχόμενο βρίσκεται μέσα στην κρυφή μνήμη και η είσοδος σε αυτή τη δεν έχει λήξει τότε το περιεχόμενο δίνεται κατευθείαν από τον τελικό διακομιστή, αν όμως το περιεχόμενο δεν βρίσκεται μέσα στην κρυφή μνήμη ή η είσοδος σε αυτή τη μνήμη έχει λήξει τότε ο τελικός διακομιστής κάνει μια αίτηση στον βασικό διακομιστή προέλευσης για να ανακτήσει την πληροφορία. Ο διακομιστής προέλευσης είναι ικανός να εξυπηρετήσει όλο το περιεχόμενο που είναι διαθέσιμο μέσα στο δίκτυο διανομής περιεχομένου. Όταν ο τελικός διακομιστής λαμβάνει την απάντηση από τον διακομιστή προέλευσης αποθηκεύει το περιεχόμενο στην κρυφή μνήμη βασιζόμενο στις HTTP κεφαλίδες της απάντησης[13][14].

APPENDIX A

The figure below may be helpful in understanding the DNS filtering method specified in PROTECT IP



Εικόνα 3-0-5 Λειτουργία Δικτύου

Στην παραπάνω εικόνα 7 βλέπουμε τα εξής βήματα [3]:

- 1) Ένας χρήστης ψάχνει για μία ταινία και μπαίνει στο link `www.example.com` οπότε ενεργοποιείται η μηχανή αναζήτησης.
- 2) Το ερώτημα αυτό στέλνεται σε έναν non-authoritative DNS ο οποίος ψάχνει να βρει που βρίσκεται αυτό το link στέλνοντας ερώτημα σε έναν άλλον root DNS ο οποίος είναι υπεύθυνος να βρει τι είναι το TLD (το τελευταίο κομμάτι ενός ονόματος τομέα) .COM.
- 3) Αυτός ο root DNS στέλνει πάλι πίσω στον non-authoritative DNS την πληροφορία για το TLD .COM.
- 4) Στη συνέχεια ψάχνει που είναι ο authoritative DNS για το `example.com`
- 5) Και στέλνει σε αυτόν τον authoritative DNS και τον ρωτάει ποια είναι η IP διεύθυνση του `www.example.com`
- 6) Μόλις πάρει την πληροφορία της διεύθυνσης τη στέλνει πίσω στον χρήστη
- 7) Και τέλος, ο χρήστης συνδέεται στο `www.example.com`

3.4 Κατηγορίες Δικτύων Διανομής

Σαν κατηγορίες δικτύων διανομής συναντάμε δύο βασικές κατηγορίες

- Τα Εμπορικά Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου (Commercial CDN) και
- τα Ακαδημαϊκά Δίκτυα

Η βασική τους διαφορά είναι όπως πολύ εύκολα γίνεται αντιληπτό στο περιεχόμενό τους. Τα εμπορικά χρησιμοποιούν αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή, ενώ τα ακαδημαϊκά χρησιμοποιούν ομότιμη αρχιτεκτονική.

Τα περισσότερα δίκτυα έχουν αναπτυχθεί από εμπορικές επιχειρήσεις

Ο σχεδιασμός τους έχει βασιστεί στην αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή και

διαθέτουν χιλιάδες εξυπηρετητές ανά τον κόσμο. Ενδεικτικά παρακάτω αναφέρονται κάποιες μεγάλες εταιρείες στο χώρο[15]

3.4.1 Akamai

Η Akamai είναι παγκοσμίως γνωστή για την επιτάχυνση των δικτύων και των συνδέσεων. Έχουν μια ισχυρή υποδομή για να επιταχύνουν τους ιστότοπους και να κάνουν τα πράγματα καλύτερα για τους χρήστες στο διαδίκτυο. Δεν χρησιμοποιείται συνήθως από τους bloggers, αλλά από πελάτες με τεράστια επισκεψιμότητα σελίδων και πολύ καλά εδραιωμένα εμπορικά σήματα.

3.4.2 MaxCDN

Η MaxCDN ιδρύθηκε το 2009 και εδρεύει στο Λος Άντζελες της Καλιφόρνια. Η MaxCDN έχει γρήγορους διακομιστές και μια μεγάλη κοινότητα χρηστών, αλλά και webmasters από όλο τον κόσμο. Έχουν έναν από τους ταχύτερους χρόνους απόκρισης και ευέλικτα πρότυπα τιμολόγησης διαθέσιμα. Το

CDN χρησιμοποιείται σχεδόν πάντοτε για τα WordPress, Joomla, Drupal, OpenCart, PrestaShop και όλες τις άλλες εφαρμογές και χρησιμοποιεί δρομολόγηση Anycast για απλή μετάδοση περιεχομένου μέσω πολλαπλών συνδέσεων 10 Gbit / s. Χρησιμοποιείται κυρίως για ιστοσελίδες, blogs και πλατφόρμες παιχνιδιών.

3.4.3 Incapsula

Η Incapsula Inc. είναι μια πλατφόρμα παράδοσης εφαρμογών που βασίζεται σε Cloud. Χρησιμοποιεί ένα παγκόσμιο δίκτυο παροχής περιεχομένου για την παροχή ασφάλειας ιστότοπου, προστασίας από DDoS, εξισορρόπησης φορτίου και υπηρεσιών αποτυχίας σε πελάτες. Εδρεύει στο Redwood Shores, CA. Προσφέρουν CDN που συνδυάζονται με τεχνολογία Web Security σε συνδυασμό με την τεχνολογία smart balancer που χειρίζονται την κίνηση μεταξύ διακομιστών. Η εταιρεία συνεργάζεται με δημοφιλή sites όπως Moz, Wix, SIEMENS και άλλα.

3.4.4 Rackspace

Ιδρύθηκε το 1998, η Rackspace Inc. είναι μια εταιρεία υπολογιστών cloudbased με έδρα το Windcrest, Texas. Το Rackspace είναι μοναδικό για την αποθήκευση αρχείων στο cloud με το επιχειρηματικό τους μοντέλο "pay as you go". Είναι ένα ασφαλές περιβάλλον για τη φιλοξενία μεγάλου αρχείου και στατικών ιστοτόπων. Είναι μια καλά προστατευμένη υποδομή, με σχεδόν δύο δεκαετίες εμπειρίας, εμπιστοσύνης πελατών και αναγνωρισιμότητας της επωνυμίας.

3.4.5 Cloudflare

Το Cloudflare είναι ένας από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους παροχείς SaaS στον χώρο ασφάλειας και απόδοσης που περιλαμβάνει DNS, CDN, WAF και DDOS. Το Cloudflare λειτουργεί με την πιο αποτελεσματική υπηρεσία DNS στον κόσμο και παρέχει απόδοση, ασφάλεια και πρόσβαση στο δίκτυο της Κίνας σε +6 εκατομμύρια ιστότοπους, εφαρμογές και API. Η Cloudflare διαθέτει γραφεία στο Σαν Φρανσίσκο, Λονδίνο και Σιγκαπούρη και υποστηρίζεται από χρηματοδότηση ύψους 180 εκατομμυρίων δολαρίων ΗΠΑ, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας προέρχεται από την Google, το Baidu, τη Microsoft και το Qualcomm. Το Cloudflare προσφέρει πλάνα που ταιριάζουν σε μικρούς, μεσαίους και πολύ μεγάλους πελάτες.

3.4.6 Amazon's AWS

Η υπηρεσία Amazon Web Services (AWS), είναι μια συλλογή υπηρεσιών cloud computing, που ονομάζονται επίσης υπηρεσίες web και αποτελούν μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους που προσφέρεται από την Amazon.com. Οι υπηρεσίες αυτές λειτουργούν από 12 γεωγραφικές περιοχές σε όλο τον κόσμο. Προσφέρουν μια μεγάλη κλίμακα υπηρεσιών cloud, όπως προστασία DDoS, CDN, αποθήκευση, ανάλυση και υπηρεσίες βάσεων δεδομένων online.

3.4.7 EdgeCast/Verizon

Το δίκτυο παράδοσης περιεχομένου Edgecast από τις υπηρεσίες Verizon Digital Media Services είναι ένα CDN βελτιστοποιημένο από τα μέσα ενημέρωσης που είναι σχεδιασμένο για να καλύπτει τις απαιτήσεις του σύγχρονου Internet. Με την κεντρική αρχιτεκτονική SuperPop, τη δρομολόγηση βασισμένη σε Anycast και τις ιδιόκτητες τεχνολογίες προσωρινής αποθήκευσης, το Edgecast CDN είναι ένα από τα υψηλότερης απόδοσης και πιο αξιόπιστα CDN στον κόσμο. Κορυφαίες εταιρείες όπως η Quora, η Lenovo, η Novica και η CafePress βασίζονται στις υπηρεσίες Verizon Digital Media Services για να προσφέρουν βέλτιστες εμπειρίες προβολής σε κάθε οθόνη παγκοσμίως.

Οι συγκεκριμένες υπηρεσίες περιλαμβάνουν: τη δυναμική επιτάχυνση συμβατή με PCI, την παράδοση εφαρμογών, την προσωρινή αποθήκευση HTTP / HTTPS, streaming, αποθήκευση, DNS, τείχος προστασίας εφαρμογών Web και μετριάσμο του DDoS.

3.4.8 Fastly

Είναι ένας πάροχος δικτύου παροχής περιεχομένου, που ιδρύθηκε το 2011 στο Σαν Φρανσίσκο. Το παγκόσμιο δίκτυο Fast's είναι χτισμένο με 10Gb Ethernet, επεξεργαστές πολλαπλών πυρήνων με Solid State Drives (SSD). Προσφέρουν επίσης πρόσβαση σε αναλυτικά στοιχεία απόδοσης σε πραγματικό χρόνο και τη δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης του περιεχομένου που αλλάζει συχνά.

3.4.9 Hibernia

Η Hibernia Networks είναι ιδιωτικός πάροχος τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών παγκόσμιας ισχύος. Η Hibernia Networks διαθέτει και λειτουργεί ένα παγκόσμιο δίκτυο που συνδέει τη Βόρεια Αμερική, την Ευρώπη και την Ασία. Η Hibernia προσφέρει πάνω από 120 σημεία παρουσίας δικτύου (PoPs) σε πάνω από 24.000 χιλιόμετρα ίνας. Το δίκτυο Hibernia παρέχει υπηρεσίες, από 2,5 Gbit / s έως 100 Gbit / s και Ethernet από 10 Mbit / s έως 100 Gbit / s. Σήμερα εδρεύουν στο Δουβλίνο της Ιρλανδίας.

3.4.10 Limelight

Η Limelight Networks διαθέτει και διαχειρίζεται ένα παγκόσμιο, ιδιωτικό δίκτυο παροχής περιεχομένου, το οποίο επιτρέπει στους εκδότες να παραδίδουν το ψηφιακό τους περιεχόμενο (βίντεο, ενημερώσεις λειτουργικού συστήματος, online παιχνίδια κλπ.) σε οποιαδήποτε συσκευή, οπουδήποτε στον κόσμο. Από τον Δεκέμβριο του 2014, το δίκτυο της εταιρείας έχει πάνω από 80 σημεία παρουσίας και 11 Terabits ανά δευτερόλεπτο χωρητικότητας εξόδου ανά τον κόσμο. Η εταιρεία εδρεύει στο Tempe, Arizona, ΗΠΑ, με γραφεία σε όλο τον κόσμο.

3.5 Τάσεις Δικτύων Διανομής

Η επέκταση των υπηρεσιών στο Διαδίκτυο, όπως online βίντεο, streaming media, μουσική, online παιχνίδια, έχουν αυξήσει την ανάγκη για επέκταση του ιστού καθώς και για καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών (QoS). Τα CDNs έχουν αναδειχθεί ως η ιδανική λύση για την αντιμετώπιση όλων αυτών των

προβλημάτων και για την ικανοποίηση της ζήτησης παροχής περιεχομένου στους χρήστες. Η αγορά CDN οδηγεί στην αύξηση του υψηλού ποσοστού εκτέλεσης λύσεων CDN στις περιοχές των Η.Π.Α., της Ευρώπης (EE) και της Ασίας-Ειρηνικού (APAC)[15].

Υπάρχουν αρκετές νέες τάσεις που βοήθησαν στην αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης και του ποσοστού υιοθέτησης των CDN όπως[15]:

- **Διευρυμένη χρήση και πρόσβαση στο Internet**

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, ο αριθμός των χρηστών του διαδικτύου παγκοσμίως έχει τριπλασιαστεί από 1 δισεκατομμύριο το 2005 σε 3 δισεκατομμύρια το 2015. Τα έξυπνα τηλέφωνα βοήθησαν επίσης, καθώς 2 στους 3 ενήλικες στις ΗΠΑ κατέχουν ένα smartphone. Σε όλο τον κόσμο, τα smartphones θα αποτελέσουν το 50% περίπου των χρηστών κινητών τηλεφώνων μέχρι το 2017. Οι παραδοσιακές λύσεις, όπως ένα επιταχυνόμενο WAN, δεν μπορούν να συμβαδίσουν με το ρυθμό αλλαγής και το δυναμικό περιεχόμενο και τα διαφορετικά σημεία πρόσβασης.

- **Κινητό**

Καθώς οι χρήστες γίνονται πιο εξειδικευμένοι - και τα δίκτυα 3G και 4G πιο διαδεδομένα - οι προσδοκίες για την ταχύτητα και την απόδοση του ιστότοπου, ανεξάρτητα από τη συσκευή, είναι υψηλότερες, καθώς οι χρήστες κινητής τηλεφωνίας αναμένουν παρόμοια εμπειρία ιστού με τον υπολογιστή γραφείου. Η Google ξεκίνησε την πρωτοβουλία φιλικής αναζήτησης κινητής τηλεφωνίας, η οποία, με άλλα λόγια, σημαίνει ότι ο ιστότοπος βελτιστοποιημένου για κινητά (σχεδιασμός, απόδοση και ταχύτητα) θα μπορούσε να προσφέρει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στα αποτελέσματα αναζήτησης. Αυτό έγινε τρόπος για δυναμικά βελτιστοποιημένα CDNs για κινητά.

- **Παγκόσμιο ηλεκτρονικό εμπόριο**

Οι παγκόσμιες πωλήσεις ηλεκτρονικού εμπορίου B2C αναμένεται να φθάσουν τα 1,92 τρισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ το 2016. Το πρώτο τρίμηνο του 2015, οι λιανικές περιοχές ηλεκτρονικού εμπορίου είχαν πωλήσεις άνω των 80 δισεκατομμυρίων δολαρίων έναντι 26,5 δισεκατομμυρίων δολαρίων το πρώτο τρίμηνο του 2006. Τα CDN έγιναν επιτακτικά για την ομαλή λειτουργία ιστοσελίδων ηλεκτρονικού εμπορίου.

- **Βίντεο ροής**

Περισσότερα από 6 δισεκατομμύρια βίντεο προβάλλονται καθημερινά στην πλατφόρμα του YouTube. Το Facebook ανέφερε ότι οι χρήστες του παρακολουθούν περίπου 4 δισεκατομμύρια βίντεο κάθε μέρα, το 75 τοις εκατό σε κινητό τηλέφωνο. Ένα CDN μειώνει την καθυστέρηση για περιεχόμενο με υψηλό εύρος ζώνης όπως βίντεο συνεχούς ροής.

- **Διαδικτυακή ασφάλεια**

Κάθε φορά που οι πελάτες πληκτρολογούν τους αριθμούς των πιστωτικών καρτών τους για να πραγματοποιήσουν online αγορές, εμπιστεύονται την επιχείρηση. Οι επιθέσεις DDoS είναι σε εξέλιξη και αναπτύσσονται νέοι τρόποι ασφάλειας του Διαδικτύου. όλα τα οποία βοήθησαν στην αύξηση της

ανάπτυξης των CDNs, καθώς η ασφάλεια του cloud προσθέτει ένα ακόμα επίπεδο ασφάλειας. Τα CDN μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ασφάλεια ενός ιστότοπου.

Καθώς οι θεατές παρακολουθούν περισσότερα βίντεο, συχνότερα, για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους, σε υψηλότερη ποιότητα και σε περισσότερες συσκευές, η αγορά προβολής περιεχομένου είναι τόσο αναγκαία όσο ποτέ. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι τα δύο σημαντικά πράγματα που σημάδεψαν την εξέλιξη του διαδικτύου είναι η κινητή τεχνολογία και τα κοινωνικά μέσα. Επιπλέον, η αυξανόμενη κυκλοφορία βίντεο IP αναμένεται να ενισχύσει την αγορά CDN. Σήμερα, η κατανάλωση βίντεο μέσω κινητών συσκευών και διαδικτύου αυξάνεται με ασύγκριτο ρυθμό. Καθώς οι φορείς εκμετάλλευσης δικτύων γνωρίζουν τα πλεονεκτήματα του CDN, πολλοί καλωδιακοί φορείς και τηλεπικοινωνίες στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική έχουν ξεκινήσει πρωτοβουλίες CDN.

Πολλές βιομηχανικές περιοχές που χρησιμοποιούν το CDN περιλαμβάνουν, τη διαφημιστική βιομηχανία, τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και ψυχαγωγίας, τα τυχερά παιχνίδια, την κυβέρνηση, την εκπαίδευση και την υγειονομική περίθαλψη, τους διαδικτυακούς πωλητές μουσικής, τις καταναλωτικές ηλεκτρονικές συσκευές, τους φορείς κινητής τηλεφωνίας και τους παρόχους υπηρεσιών Διαδικτύου.

3.6 Ασφάλεια Δικτύων Διανομής

Ο αντίκτυπος των επιθέσεων DDoS είναι πολύ σοβαρός. Οι επιθέσεις αυτές όχι μόνο προκαλούν τεράστιες οικονομικές απώλειες, αλλά μπορούν επίσης να έχουν σοβαρό αντίκτυπο στη φήμη και την εικόνα της εταιρείας ή του οργανισμού. Το μέσο κόστος μιας επίθεσης είναι 100.000 δολάρια ανά ώρα, πράγμα που σημαίνει ότι μια επίθεση DDoS μπορεί να κοστίσει 1 εκατομμύριο δολάρια πριν μια επιχείρηση που εξαρτάται από το Ίντερνετ ακόμη και αν έγκαιρα αρχίσει να μετριάξει την επίθεση.

Προκειμένου να προστατευτεί μια εταιρεία, χρειάζεστε προστασία από ειδικούς για να διατηρήσει τόσο τη φήμη του εμπορικού σήματος όσο και την υποδομή πληροφορικής από την κακομεταχείριση. Οποιαδήποτε λύση ιστού πρέπει να ανταποκρίνεται στις επιχειρηματικές απαιτήσεις. Η υπεράσπιση των επιθέσεων DoS που εμφανίζονται στο επίπεδο δικτύου απαιτεί μια αρχιτεκτονική δικτύου που μπορεί να απορροφήσει μεγάλες εκρήξεις κυκλοφορίας και να φιλτράρει όλη την κυκλοφορία έτσι ώστε στο δίκτυο να επιτρέπεται μόνο η διαδικτυακή κυκλοφορία. Κάθε επιχείρηση είναι διαφορετική και απαιτεί διαφορετική προσέγγιση[15].

Αυτά είναι τα βασικά ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν όταν πρόκειται για την επιλογή μιας λύσης μετριασμού DDoS[15]:

1. Προσφέρει θετική προστασία;

Πολλές επιθέσεις DDoS σε επίπεδο δικτύου μπορούν να σταματήσουν επιτρέποντας μόνο τη νόμιμη κίνηση HTTP στο δίκτυο. Η λύση θα πρέπει να αποβάλλει όλες τις άλλες μη κυκλοφοριακές εφαρμογές ή τα πακέτα UDP χωρίς ωφέλιμα φορτία εφαρμογών.

Η λύση απορροφά όλη την κίνηση επίθεσης;

Όλες οι επιθέσεις δεν αφορούν μόνο σε εφαρμογές ή υπηρεσίες ιστού. Οι επιθέσεις προσπαθούν μερικές φορές να εισέλθουν μέσα από FTP ή μη διαδικτυακές πόρτες του web, οπότε πρέπει να αναζητήσουμε

μια λύση που να μπορεί να αξιολογήσει όλη την επισκεψιμότητα, προκειμένου να προστατεύσει αποτελεσματικότερα τον ιστότοπο.

2. Η λύση σταματάει τις επιθέσεις πριν φτάσουν στο κέντρο δεδομένων σας;

Οι λύσεις Cloud έχουν σχεδιαστεί για να σταματήσουν μια επίθεση πριν φτάσουν στο κέντρο δεδομένων σας. Αυτό σημαίνει ότι δεν χρειάζεται να ανησυχείτε για επιθέσεις DDoS που αποβλέπουν το κέντρο δεδομένων σας.

3. Μήπως η λύση επηρεάζει την απόδοση;

Οι εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου και streaming media απαιτούν εξαιρετική απόδοση. Όσο περισσότερη κυκλοφορία, τόσο περισσότεροι τύποι επίθεσης υπάρχουν, τόσοι περισσότερους κανόνες χρειαζόμαστε και περισσότερο υλικό είναι απαραίτητο. Η λύση πρέπει να είναι αποδοτική και ασφαλής.

4. Ποιο είναι το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας;

Πολλοί διαχειριστές ασφαλείας εξετάζουν την τιμή μιας λύσης αλλά όχι το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το κόστος των απαιτούμενων συστημάτων και το κόστος της παραβίασης των δεδομένων σε σύγκριση με την αποτελεσματικότητα της λύσης. Παραδοσιακές λύσεις στις οποίες βασίστηκαν πολλές εταιρείες, υπερμεγέθισαν το εύρος ζώνης και υιοθέτησαν σύνθετο υλικό όπως firewalls και balancers φορτίου. Αυτή η προσέγγιση θεωρείται από πολλούς εμπειρογνώμονες δαπανηρή και σε πολλές περιπτώσεις αναποτελεσματική. Τα bots εξακολουθούν να ξεπερνούν τους ανθρώπους στο διαδίκτυο, αντιπροσωπεύοντας το 56% της κίνησης στο Διαδίκτυο έναντι των ανθρώπων στο 44%. Και τα κακόβουλα bots καταλαμβάνουν περισσότερη κίνηση από τα καλά bots, με το 29% της κυκλοφορίας ενός ιστοτόπου. Τα καλά bots αντιπροσωπεύουν το 27% των επισκέψεων στον ιστότοπο.

Οι υπηρεσίες που βασίζονται σε σύννεφο ζουν εκτός του κέντρου δεδομένων μιας εταιρείας για να εξασφαλίσουν την κυκλοφορία πριν φθάσουν στην υποδομή της εταιρείας. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι υπηρεσιών αντι-DoS / DDoS που βασίζονται σε σύννεφο: αυτές που κατευθύνουν ύποπτη επισκεψιμότητα σε μια συγκεντρωτική τοποθεσία όπου φιλτραρίστηκε κακόβουλη επισκεψιμότητα και υπηρεσίες προστασίας ιστοτόπων που χρησιμοποιούν το CDN για να απορροφήσουν και να επιθεωρήσουν κακόβουλη επισκεψιμότητα σε ένα καταμεμημένο δίκτυο διακομιστές για την προστασία των δικτυακών τόπων και των εφαρμογών της εταιρείας.

Ένα άλλο πλεονέκτημα αυτής της επιλογής είναι η λογική μείωση των επενδύσεων σε εξοπλισμό και υποδομή και, φυσικά, η μείωση του κόστους διαχείρισης που είναι χαρακτηριστικό των λύσεων υλικού.

5. Αντιμετωπίζει προβλήματα ασφαλείας;

Δεδομένου ότι τα CDN χρησιμοποιούν υποκατάστατους διακομιστές που βρίσκονται σε διαφορετικά κέντρα δεδομένων σε διάφορες περιοχές σε όλο τον κόσμο, αυτή η διασκορπισμένη υποδομή παρέχει ένα πιο ασφαλές δίκτυο. Τα CDN είναι γνωστό ότι δέχονται λιγότερο επιθέσεις DDoS, αλλά με εύρος ζώνης. Με τα CDN, κερδίζετε το πλεονέκτημα - μέγεθος. Η υπερφόρτωση που προκαλείται από την επίθεση DDoS επεξεργάζεται σε διαφορετικά PoPs ανάλογα με την προέλευσή τους, πράγμα που βοηθά στην αποφυγή κορεσμού του διακομιστή. Πολλοί πάροχοι υπηρεσιών CDN θα μπλοκάρουν επίσης τις απειλές

και θα περιορίσουν τα καταχρηστικά bots και τα προγράμματα ανίχνευσης από την απώλεια του εύρους ζώνης και των πόρων διακομιστή. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των ανεπιθύμητων μηνυμάτων και των επιθέσεων με hack. Και πάλι, αυτό εξαρτάται από μια υπηρεσία που ο πάροχος του CDN προσφέρει.

Κεφάλαιο: 4 Περίπτωση Χρήσης Akamai

4.1 Εισαγωγή

Η εταιρεία , **Akamai Technologies**, δημιουργήθηκε από μια ερευνητική προσπάθεια. Η προσέγγισή της βασίζεται στην παρατήρηση ότι η παροχή περιεχομένου ιστού από μία και μόνη τοποθεσία μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα για την επεκτασιμότητα, την αξιοπιστία και την απόδοση του ιστότοπου. Δημιούργησε έτσι ένα σύστημα για την εξυπηρέτηση αιτημάτων από πολλούς διακομιστές δικτύου. Μέσω της προσωρινής αποθήκευσης, μειώνεται η ζήτηση στην υποδομή του ιστότοπου και παρέχεται έτσι ταχύτερη εξυπηρέτηση στους χρήστες, των οποίων το περιεχόμενο προέρχεται από κοντινούς σε αυτούς διακομιστές[17].

Όταν ξεκίνησε η Akamai στις αρχές του 1999, αρχικά παρείχε μόνο Αντικείμενα Web (εικόνες και έγγραφα). Από τότε εξελίχθηκε και διανείμει δυναμικές σελίδες και εφαρμογές, παρέχοντας στους πελάτες εύρος ζώνης και χωρητικότητα αναλόγως ζήτησης. Αυτό μειώνει τις απαιτήσεις υποδομής του παρόχου περιεχομένου και τους επιτρέπει να αναπτύσσουν ή να επεκτείνουν υπηρεσίες πιο γρήγορα και εύκολα. Το σημερινό σύστημα διαθέτει περισσότερους από 12.000 εξυπηρετητές σε πάνω από 1.000 δίκτυα. Οι διακομιστές που λειτουργούν σε πολλές τοποθεσίες δημιουργούν πολλές τεχνικές προκλήσεις, όπως το πώς να κατευθύνονται τα αιτήματα των χρηστών σε κατάλληλους διακομιστές, πώς να χειρίζονται βλάβες, πώς να παρακολουθούνται και να ελέγχονται οι διακομιστές και πώς να ενημερώνετε το λογισμικό σε όλο το σύστημα. Παρακάτω, περιγράφεται το σύστημά και πώς αντιμετωπίζει αυτές τις προκλήσεις[17].

4.2 Οι Υπάρχουσες Προσεγγίσεις

Οι ερευνητές έχουν διερευνήσει διάφορες προσεγγίσεις προσφέροντας περιεχόμενο με κλιμακωτό και αξιόπιστο τρόπο. Το Clustering μπορεί να βελτιώσει την αντοχή σφάλματος και την επεκτασιμότητα. Εάν το κέντρο δεδομένων ή ο ISP που παρέχει τη σύνδεση αποτύχει, ολόκληρο το δίκτυο είναι μη προσβάσιμο από τους χρήστες. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, οι τοποθεσίες μπορούν να λειτουργούν με Mirroring και Multihoming. Clustering, Mirroring και Multihoming είναι κοινές προσεγγίσεις για τοποθεσίες με αυστηρές απαιτήσεις αξιοπιστίας και κλιμάκωσης. Αυτές οι μέθοδοι δεν επιλύουν όλα τα προβλήματα συνδεσιμότητας, εν αντιθέση δημιουργούν και νέα όπως [17]:

- Είναι δύσκολο η δημιουργία (Clusters) σε χιλιάδες διακομιστές.
- Με multihoming, τα υποκείμενα πρωτόκολλα δικτύων - ειδικότερα το Border gateway protocol (BGP) - δεν συγκλίνει γρήγορα προς νέες δρομολογήσεις όταν οι συνδέσεις αποτυγχάνουν.

- Το Mirroring απαιτεί συγχρονισμό του ιστότοπου και των διακομιστών, που μπορεί να είναι δύσκολο στη πράξη.

Και στις τρεις περιπτώσεις, απαιτείται πλεονάζουσα χωρητικότητα:

Η Akamai συνεργάζεται στενά με τους παρόχους περιεχομένου για την ανάπτυξη λειτουργιών που βελτιώνουν την εξυπηρέτηση των ιστοτόπων τους και για να προσφέρουν περισσότερο περιεχόμενο. Για παράδειγμα, χαρακτηριστικά όπως η εξουσιοδότηση και ο έλεγχος περιεχομένου επιτρέπουν την παράδοση περιεχομένου που διαφορετικά δεν θα μπορούσε να διανεμηθεί. Η Akamai ελέγχει τόσο το δίκτυό του όσο και το λογισμικό και έτσι μπορεί να αναπτύξει γρήγορα λειτουργίες εξυπηρέτησης.[17]

4.3 Η Υποδομή Δικτύου Του Akamai

Η υποδομή του Akamai διαθέτει αρκετούς διακομιστές σε ιστότοπους για χειρισμό υψηλού φορτίου, εξυπηρετώντας όλους τους πελάτες από κοντινούς διακομιστές. Το σύστημα κατευθύνει τις αιτήσεις πελατών στον πλησιέστερο διαθέσιμο εξυπηρετητή που ενδέχεται να έχει το απαιτούμενο περιεχόμενο. Η λειτουργία καθορίζεται ως εξής:[17]

- Το πλησιέστερο σε μια τοπολογία δικτύου καθορίζεται με βάση το χαμηλότερο χρόνο. Ομοίως, ένας διακομιστής με χαμηλή απώλεια πακέτων είναι πλησιέστερος από έναν με υψηλή απώλεια πακέτων.
- Διαθεσιμότητα: Ένας διακομιστής που μεταφέρει υπερβολικό φορτίο ή ένα κέντρο δεδομένων που βρίσκεται κοντά στα όρια, αυτόματα καθίσταται μη διαθέσιμο.
- Πιθανότητα είναι μια συνάρτηση για το ποιοί διακομιστές μεταφέρουν το περιεχόμενο για κάθε πελάτη σε ένα κέντρο δεδομένων: Εάν όλοι οι εξυπηρετητές εξυπηρετούσαν όλο το περιεχόμενο τότε οι πόροι των δίσκων και των μνήμης των εξυπηρετητών θα καταναλώνονταν. Η Akamai μπορεί να διαθέσει περισσότερους διακομιστές σε οποιοδήποτε κέντρο δεδομένων με αποτέλεσμα το σύστημα να διανέμει περιεχόμενο καταναλώνοντας τους λιγότερους δυνατούς πόρους.

4.4 Αυτόματος Έλεγχος Δικτύου

Η κατεύθυνση των αιτημάτων στους διακομιστές περιεχομένου είναι αυτό που αναφέρεται ως χαρτογράφηση. Η τεχνολογία χαρτογράφησης της Akamai χρησιμοποιεί ένα δυναμικό, ανεκτικό σε σφάλματα σύστημα DNS. Το σύστημα χαρτογράφησης επιλύει ένα όνομα υπολογιστή βασιζόμενο στην αιτούμενη υπηρεσία, τη θέση χρήστη και τη κατάσταση δικτύου. Επιπλέον χρησιμοποιεί DNS και για εξισορρόπηση του φορτίου του δικτύου.

Οι διακομιστές ονομάτων Akamai επιλύουν τα ονόματα των κεντρικών υπολογιστών σε IP διευθύνσεις με τη χαρτογράφηση των αιτημάτων σε ένα διακομιστή που χρησιμοποιεί ορισμένα ή όλα τα ακόλουθα κριτήρια.[17]

- Υπηρεσία που ζητήθηκε. Ο διακομιστής πρέπει να είναι σε θέση να ικανοποιήσει το αίτημα. Ο διακομιστής ονομάτων δεν πρέπει κατευθύνει ένα αίτημα για ροή μέσω QuickTime media σε ένα διακομιστή που χειρίζεται μόνο HTTP.
- Υγεία διακομιστή. Ο διακομιστής περιεχομένου πρέπει να είναι πάνω και να λειτουργεί χωρίς σφάλματα.
- Φόρτος διακομιστή. Ο διακομιστής πρέπει να λειτουργεί κάτω από ένα όριο φόρτου και συνεπώς να είναι διαθέσιμος για πρόσθετα αιτήματα.
- Κατάσταση δικτύου. Ο πελάτης πρέπει να είναι σε θέση να φτάσει στο διακομιστή με ελάχιστη απώλεια πακέτων και το κέντρο δεδομένων του διακομιστή πρέπει να έχει επαρκές εύρος ζώνης για τη διαχείριση πρόσθετων αιτήσεων.
- Τοποθεσία πελάτη. Ο διακομιστής πρέπει να βρίσκεται κοντά στο πελάτη
- Το περιεχόμενο που ζητήθηκε. Ο διακομιστής πρέπει να έχει το περιεχόμενο, σύμφωνα με τον χρησιμοποιούμενο από την Akamai αλγόριθμο κατακερματισμού.

Οι δρομολογητές διαδικτύου χρησιμοποιούν μηνύματα BGP για την ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με την προσβασιμότητα των συστημάτων BGP και για να υπολογίσουν την καλύτερη διαδρομή δρομολόγησης μεταξύ του Διαδικτύου αυτόνομων συστημάτων. Το σύστημα χαρτογράφησης χρησιμοποιεί τις πληροφορίες BGP που προκύπτουν για τον προσδιορισμό της τοπολογίας του δικτύου. Το σύστημα χαρτογράφησης συνδυάζει αυτές τις πληροφορίες με στατιστικά στοιχεία ζωντανών δικτύων – όπως δεδομένα traceroute - για την παροχή μιας λεπτομερής και δυναμικής διάρθρωσης του δικτύου.

4.5 Παρακολούθηση Δικτύου

Το σύστημα εξισορρόπησης φορτίου που βασίζεται στο DNS συνεχώς παρακολουθεί την κατάσταση των υπηρεσιών, τους διακομιστές τους και τα δίκτυα. Κάθε ένας από τους διακομιστές περιεχομένου - για το HTTP, HTTPS και τα πρωτόκολλα συνεχούς ροής – συχνά αναφέρει το φορτίο του σε μια εφαρμογή παρακολούθησης, η οποία συγκεντρώνει και δημοσιεύει αναφορές φορτίου στο τοπικό διακομιστή DNS. Εάν το φορτίο ενός διακομιστή υπερβαίνει ένα ορισμένο όριο, ο διακομιστής DNS ταυτόχρονα εκχωρεί ορισμένα από τα περιεχόμενα του διακομιστή σε πρόσθετους διακομιστές. Εάν το φορτίο υπερβαίνει ένα άλλο όριο, η διεύθυνση IP του διακομιστή δεν είναι πλέον διαθέσιμη σε πελάτες. Το σύστημα παρακολούθησης μεταδίδει επίσης δεδομένα στον DNS ανώτατου επιπέδου για να απομακρυνθεί η κίνηση από τα υπερφορτωμένα κέντρα δεδομένων[17].

Για ολόκληρη την υγεία του συστήματος από άκρο σε άκρο, η Akamai χρησιμοποιεί παράγοντες που προσομοιώνουν τη συμπεριφορά των τελικών χρηστών με λήψη αντικειμένων Web και μέτρησή των ποσοστών αποτυχίας και χρόνων λήψης. Η Akamai χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για την παρακολούθηση της συνολικής απόδοσης του συστήματος, να ανιχνεύει και να επιλύει αυτόματα προβλήματα στα κέντρα δεδομένων ή τους διακομιστές. Εκτός από τις μετρήσεις εξισορρόπησης φορτίου, η Akamai μέσω του συστήματος παρακολούθησης, παρέχει συγκεντρωτική αναφορά στην

υπηρεσία περιεχομένου για κάθε πελάτη και κάθε περιεχόμενο.

Οι πληροφορίες είναι χρήσιμες για τη λειτουργία του δικτύου αλλά και για διαγνωστικούς σκοπούς, ενώ παρέχει σε πραγματικό χρόνο πρόσβαση σε μια σειρά παραμέτρων που οργανώνονται ως βάση δεδομένων. Η διασύνδεση μέσω SQL υποστηρίζει ερωτήσεις ad-hoc σε πραγματικά και ιστορικά δεδομένα, τα οποία επιτρέπουν στο προσωπικό της επιχείρησης να εντοπίσει τον πιο απασχολημένο πελάτη, ποιός διακομιστής χρησιμοποιεί τη μεγαλύτερη μνήμη ή χώρο στο δίσκο, ποιο είναι το πλησιέστερο κέντρο και ποιο κέντρο δεδομένων βρίσκεται στο όριο χρησιμοποίησης εύρους ζώνης[17].

4.6 Υπηρεσίες δικτύου

Η Akamai παρέχει διάφορους τύπους περιεχομένου: στατικό και δυναμικό με χρήση HTTP και HTTPS. Το περιεχόμενο που διατίθεται περιγράφεται παρακάτω[17].

4.6.1 Στατικό Περιεχόμενο

Αποτελείται από σελίδες HTML, εικόνες, εκτελέσιμα αρχεία, έγγραφα PDF και διάφορα άλλα. Οι διακομιστές της προσαρμόζουν το χρόνο ζωής και την προσωρινή μνήμη που θα διαθέσουν ανάλογα με το περιεχόμενο και άλλες ειδικές απαιτήσεις της υπηρεσίας. Ο χρόνος ζωής ποικίλει από 0 δευτερόλεπτα έως άπειρο αναλόγως με το αν ο διακομιστής επικυρώνει το περιεχόμενο με το διακομιστή προέλευσης για κάθε αίτημα. Ειδικά χαρακτηριστικά μπορεί να περιλαμβάνουν τη δυνατότητα εξυπηρέτησης ασφαλούς περιεχομένου μέσω HTTPS, υποστήριξη εναλλακτικού περιεχομένου και κωδικοποιήσεις μεταφοράς καθώς επίσης και να χειρίζονται cookies κ.λ.π. Η Akamai ελέγχει τα χαρακτηριστικά κάθε πελάτη που χρησιμοποιεί μεταδεδομένα και περιγράφει αναλυτικά τις λειτουργίες που εφαρμόζονται ανά πελάτη σύμφωνα με τον τύπο περιεχομένου και άλλα κριτήρια[17].

4.6.2 Δυναμικό περιεχόμενο

Οι σημερινές τοποθεσίες Web ως επί των πλείστο διαθέτουν δυναμικό περιεχόμενο με σκοπό να προσφέρει στους χρήστες πλούσιο και ποικιλόμορφο υλικό. Όμως οι προσωρινές μνήμες δεν μπορούν να αποθηκεύσουν προσωρινά το δυναμικό περιεχόμενο. Η μνήμη cache του proxy δεν θα μπορούσε, για παράδειγμα, να χειριστεί σελίδες όπου το περιεχόμενο θα άλλαζε ανάλογα με το προφίλ κάθε χρήστη[17].

Για το λόγο αυτό, η AKAMAI χρησιμοποιεί την τεχνολογία Edge Side Includes (www.esi.org), η οποία διανέμει δυναμικό περιεχόμενο από edge servers. Το ESI διαθέτει ανοχή σφάλματος και ενσωματώνει (XSLT) για την επεξεργασία δεδομένων XML. Η χρήση του ESI επιτρέπει ένα στο πάροχο να κατακερματίσει το περιεχόμενο σε μια δυναμική σελίδα με ξεχωριστές ιδιότητες

Τα τμήματα αυτά διατηρούνται ως ξεχωριστά αντικείμενα στο διακομιστή και είναι δυναμικά ενοποιημένα σε ιστοσελίδες. Η δυνατότητα δημιουργίας δυναμικών σελίδων από μεμονωμένα τμήματα σημαίνει ότι ο διακομιστής συγκεντρώνει μόνο τμήματα που δεν μπορούν να αποθηκευτούν στην τοποθεσία προέλευσης της. Αυτό μειώνει το φορτίο στην υποδομή του ιστότοπου και τον όγκο

δεδομένων που ο διακομιστής πρέπει να ανακτήσει από το κεντρικό διακομιστή. Η Esi κατάφερε να μειώσει τις απαιτήσεις για δυναμικό περιεχόμενο κατά 95% έως 99%.[17]

4.6.3 Streaming Media

Το δίκτυο συνεχούς ροής της υποστηρίζει live και on demand περιεχόμενο. Προσφέρει περιεχόμενο σε όλες τις βασικές μορφές όπως Microsoft Windows Media, Real και Apple QuickTime. Κατά την ροή του περιεχομένου στο δίκτυο παρουσιάζει ορισμένα τεχνικά που είναι παρόμοια με εκείνα ενός δικτύου διανομής στο Web όπως αναφέρει και η εταιρεία και φαίνονται παρακάτω[17].

Πρώτον, ο πάροχος περιεχομένου λαμβάνει και κωδικοποιεί μια ζωντανή ροή και την στέλνει σε ένα σημείο εισόδου στο δίκτυο Akamai. Δεδομένης της αρχής για την αφαίρεση όλων των αποτυχιών διασύνδεσης, υπάρχουν μηχανισμοί που θα αντιδράσουν άμεσα σε μια αποτυχημένη σύνδεση ώστε να παρέχουν το περιεχόμενο αδιάκοπα. Αποτέλεσμα αυτού του μηχανισμού είναι ο χρήστης να μην αντιλαμβάνεται αυτή τη διακοπή ροής περιεχομένου. Η ροή λαμβάνεται από ένα διακομιστή και άμεσα δίνεται σε άλλους multi edge servers, οι οποίοι με τη σειρά τους εξυπηρετούν το περιεχόμενο στους τελικούς χρήστες. Οι διακομιστές αυτοί πρέπει να είναι ανεκτικοί στις αποτυχίες δικτύου και την απώλεια πακέτων ώστε κάθε διακομιστής να μπορεί να δρομολογήσει νέες ροές πακέτων αποφεύγοντας τη συμφόρηση και να φτάσει στον κεντρικό διακομιστή.

Τα πακέτα πρέπει να παραδίδονται χωρίς σημαντική καθυστέρηση ή jitter γιατί αλλιώς θα ήταν άχρηστη η αναπαραγωγή του περιεχομένου. Όταν είναι απαραίτητο, η Akamai χρησιμοποιεί τεχνικές διασποράς πληροφοριών που επιτρέπουν στον διακομιστή να στείλει δεδομένα σε πολλαπλές διαδρομές και επιτρέπει στο διακομιστή να κατασκευάσει ένα καθαρό αντίγραφο της ροής ακόμη και όταν υπάρχουν απώλειες.

Η αποθήκευση του περιεχομένου γίνεται σε πολλά κέντρα δεδομένων και πραγματοποιείται αυτόματη αναπαραγωγή μέσα από ένα υποσύνολο κέντρων διανομής περιεχομένου. Ένας διακομιστής που λαμβάνει λήψη αιτήματος ροής περιεχομένου επιλέγει τη βέλτιστη θέση αποθήκευσης και το αποθηκεύει τοπικά ενώ εξυπηρετεί το αίτημα.

4.7 Τεχνικές προκλήσεις και Εξοικονόμηση πόρων συστήματος

Η κατασκευή και ανάπτυξη όμως ενός παγκόσμιου δικτύου προϋποθέτει[17]:

- αγορά κατάλληλου εξοπλισμού και υλικών διακομιστή,
- συνεχής παροχή δικτύου,
- έλεγχο των λειτουργικών εξόδων κι
- συνεχή υποστήριξη πελατών.

Το δίκτυο της Akamai κλιμακώνεται γεωγραφικά σε πολλούς κατανεμημένους διακομιστές και για πολλούς πελάτες με διαφορετικές ανάγκες. Αυτό παρουσιάζει τις ακόλουθες προκλήσεις[17]:

- Παρακολούθηση και έλεγχος δεκάδων χιλιάδων ατόμων διατηρώντας παράλληλα το εύρος χρήσης της ζώνης στο ελάχιστο και
- Παρακολούθηση των συνθηκών δικτύου σε ολόκληρο το κόσμο και σε χιλιάδες τοποθεσίες,

Η επιτυχία εξαρτάται από την ελαχιστοποίηση του χρόνου αναζήτησης στο DNS με αποτέλεσμα να είναι δυνατόν να εκτελεστούν γρήγορα οι υπολογισμοί που απαιτούνται για τον προσδιορισμό του βέλτιστου διακομιστή, αποτρέποντας το χρήστη να περιμένει. Αυτό απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και επαναληπτικό συντονισμό του αλγορίθμου. Γρήγορη αντίδραση στις μεταβαλλόμενες συνθήκες δικτύου και την αλλαγή του φόρτου εργασίας με συνεχείς μετρήσεις των επιδόσεων στους χρήστες.

Η Διαχείριση, πρόβλεψη και επίλυση προβλημάτων για πολλούς χρήστες με διαφορετικές ανάγκες, διαφορετικό φόρτο εργασίας και ποικίλες ποσότητες περιεχομένου απαιτούν υψηλό συντονισμό και άμεση απομόνωση των χρηστών που δύναται να επηρεάσουν το δίκτυο.

Η AKAMAI εξασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων με αποθήκευση σε όλο το δίκτυο. Προκειμένου να εξασφαλίσει τη ποιότητα του περιεχομένου που διανέμει, η εταιρεία πραγματοποιεί ελέγχους μέχρι και το επίπεδο χρήστη και λογισμικού. Πραγματοποιείται συλλογή αρχείων καταγραφής με πληροφορίες σχετικά με το χρήστη, τις αιτήσεις του και γίνεται επεξεργασία αυτών των αρχείων καταγραφής προκειμένου να δοθούν ακριβείς και έγκαιρες πληροφορίες χρέωσης στους πελάτες.

Για την αντιμετώπιση των προκλήσεων της παρακολούθησης και του ελέγχου όλων των διακομιστών περιεχομένου, η Akamai ανέπτυξε ένα διανεμημένο δίκτυο παρακολούθησης που ανθεκτικό στις προσωρινές απώλεια πληροφοριών. Για την επίλυση προβλημάτων του πελάτη, η Akamai έχει ομάδες που εστιάζουν στους πελάτες που εντοπίζουν τα προβλήματα και παρέχουν υπηρεσίες χρέωσης.

4.8 Αξιοπιστία του Συστήματος

Ένα κατανεμημένο σύστημα προσφέρει ανοχή σφάλματος, αλλά εισάγει επίσης και άλλους παραμέτρους που ενδεχομένως να το καθιστούσε προβληματικό. Σε ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να ανιχνευθούν και να διορθωθούν οι βλάβες του συστήματος σε πολλές πλατφόρμες λογισμικού.

Είναι επίσης αναπόφευκτο ότι το υλικό του υπολογιστή θα παλιώσει, ιδιαίτερα οι δίσκοι και άλλα περιφερειακά. Σε ένα μεγάλο δίκτυο υπολογιστών είναι πολύ συχνό το φαινόμενο απωλειών υλικού. Το προσωπικό του δικτύου πρέπει να εντοπίσει άμεσα το πρόβλημα και να αντικαταστήσει το υλικό αφαιρώντας τις βεβλημένες μονάδες από την υπηρεσία ώστε να μπορούν να αποσταλούν για επισκευή.

Το λογισμικό παρακολούθησης και χαρτογράφησης της Akamai διασφαλίζει ότι οι αποτυχίες διακομιστή ή δικτύου δεν επηρεάζουν του τελικούς χρήστες και το σύστημα DNS ανιχνεύει αποτυχίες γρήγορα και αμέσως δίνει νέες διευθύνσεις IP[17].

Για την αποφυγή άρνησης εξυπηρέτησης υπάρχουν μηχανισμοί που βοηθούν σε αυτό[17]:

- Η ανάλυση DNS μπορεί να επιστρέψει πολλές διευθύνσεις IP, έτσι ο πελάτης μπορεί να δοκιμάσει άλλη διεύθυνση. ή άλλος server στο χώρο μπορεί να αναλάβει την αποτυχημένη

διεύθυνση IP του διακομιστή. Αποτρέποντας έτσι προβλήματα που καθιστούν τους ιστότοπους μη προσβάσιμους (λόγω του δρομολογητή και του για παράδειγμα). Το DNS θα εντοπίσει τους τοπικούς διακομιστές DNS σε διαφορετικούς ιστότοπους για να διασφαλιστεί ότι οι πελάτες μπορούν να φτάσουν σε ένα λειτουργικό διακομιστή DNS.

- Οι διακομιστές ακμής μας παρέχουν μαζική αναπαραγωγή και παράδοση περιεχομένου και πλήρη επεξεργασία των αιτημάτων DNS. Επίσης αποφεύγουμε αποτυχίες με την αναπαραγωγή, παρακολούθηση και έλεγχο και μπορούμε να εντοπίσουμε και να επιδιορθώσουμε προβλήματα με το λογισμικό.

Μια βασική πρόκληση στην υπηρεσία περιεχομένου είναι ότι οι αιτήσεις πελάτη και οι απαντήσεις του διακομιστή δεν είναι στατικές. Βελτιώσεις πραγματοποιούνται συνέχεια ανά πάσα στιγμή, και είναι ανέφικτες οι συνεχείς δοκιμές σε όλα τα προγράμματα περιηγήσεις. Οι διαμορφώσεις αυτές από μόνες τους δημιουργούν ένα πολύ περίπλοκο σύστημα που δυσχεραίνει τις τακτικές δοκιμές. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η πρόκληση, δημιουργήθηκε ένα εργαλείο δοκιμής που κατευθύνει την κυκλοφορία ενός ζωντανού διακομιστή σε μια δοκιμαστική έκδοση του λογισμικού χωρίς να επηρεάσει την πραγματική υπηρεσία περιεχομένου. Αυτός ο τρόπος επιτρέπει δοκιμές και επίλυση προβλημάτων πριν το λογισμικό αναπτυχθεί στο ζωντανό δίκτυο.

4.9 Ανάπτυξη λογισμικού και Διαχείριση πλατφόρμας

Εκτός από την επέκταση του δικτύου και του πεδίο εφαρμογής, το λογισμικό πρέπει να εξελιχθεί με νέα χαρακτηριστικά, βελτιωμένες επιδόσεις και καλύτερες δυνατότητες παρακολούθησης. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η πρόκληση, έχει αναπτυχθεί λογισμικό υψηλής ποιότητας σε διακομιστές σε πολλά δίκτυα. Επειδή δεν γίνεται να αναβαθμιστεί το λογισμικό σε ολόκληρο το δίκτυο μεμονωμένα το δίκτυο αναπτύσσεται σταδιακά και έτσι επιτυγχάνεται η άμεση επίλυση προβλημάτων και η σταθερότητα των υπηρεσιών. Επίσης, είναι απίθανο ότι όλοι οι servers (ή ακόμα και όλα τα δίκτυα) θα είναι διαθέσιμα την ίδια ώρα. Αναπόφευκτα, μερικοί διακομιστές θα βρίσκονται εκτός και θα πρέπει να ενημερωθούν αργότερα.

Οι διακομιστές στο δίκτυο Akamai λειτουργούν σε Linux και λειτουργικά συστήματα Windows. Οι πολλαπλές πλατφόρμες και οι υπηρεσίες OS απαιτούν η πλατφόρμα παρακολούθησης και τα εργαλεία που συναντιούνται σε αυτές να έχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες των διακομιστών. Αυτές οι πληροφορίες είναι απαραίτητες για την εξισορρόπηση φορτίου καθώς και για υποστήριξη διάγνωσης προβλημάτων για επιχειρήσεις και πελάτες.[17]

Τρέχοντας πολλαπλές πλατφόρμες και εφαρμογές απαιτούν τεχνογνωσία σε όλες τις υποστηριζόμενες πλατφόρμες και διακομιστές. Το δίκτυο της Akamai διανέμει και εξυπηρετεί περιεχόμενο στους παρόχους, οι οποίοι διατηρούν τον έλεγχο του περιεχομένου έχοντας εικόνα του δικτύου σε πραγματικό χρόνο. Η παροχή αυτής της ορατότητας και περιεχομένου απαιτεί διαθεσιμότητα κρυφής μνήμης, διάρκεια ζωής και έλεγχο της ακεραιότητας, σε πολλούς τομείς.

Για να αντιμετωπιστεί η συνεκτικότητα του περιεχομένου που είναι αποθηκευμένη στο αρχείο, οι πάροχοι χρησιμοποιούν συχνά καθιερωμένες τεχνικές, όπως π.χ. εφαρμόζουν ένα "χρόνο ζωής" (TTL) σε αντικείμενα[17]. Τα αντικείμενα αυτά μπορεί να είναι αποθηκευμένα για πάντα, ή τουλάχιστον μέχρι αυτά να αφαιρεθούν από ένα βοηθητικό πρόγραμμα ελέγχου κρυφής μνήμης. Μια άλλη προσέγγιση είναι να χρησιμοποιηθεί μια διαφορετική διεύθυνση URL για κάθε αντικείμενο και να γίνει χρήση ερωτήσεων για αυτό το σκοπό. Τα αντικείμενα έκδοσης έχουν συνήθως άπειρα TTL.

Για να βελτιωθεί η απόδοση των μη αποθηκευμένων αντικειμένων, εισάγεται ένας διακομιστής ακμής μεταξύ του πελάτη και της προέλευσης για να χωρίσει τη σύνδεση TCP του πελάτη σε δύο ξεχωριστές συνδέσεις - μία από τον πελάτη προς το server και μία από το διακομιστή προς τη προέλευση. Η διάσπαση αυτή της σύνδεσης μπορεί να προσφέρει ταχύτερες απαντήσεις επειδή ο διακομιστής άκρων μπορεί να αντιδράσει στην απώλεια πακέτων πιο γρήγορα από τον διακομιστή προέλευσης, βελτιώνοντας το προϊόν[17].

Επίσης με τη χαρτογράφηση αυτή των πελατών σε διακομιστές άκρης επιτυγχάνεται χαμηλή συμφόρηση και μικρότερη απώλεια πακέτων. Επιπλέον, ο διακομιστής άκρης μπορεί να δεχτεί την απάντηση του διακομιστή προέλευσης ταχύτερα από ότι ο πελάτης. Αυτό απελευθερώνει στον διακομιστή προέλευσης πόρους για την εξυπηρέτηση των επόμενων αιτημάτων, μειώνοντας την ζήτηση του ιστότοπου ακόμα και για περιεχόμενο χωρίς δυνατότητα αποθήκευσης.

Τέλος, ο διακομιστής άκρων μπορεί να διατηρήσει πολύ περισσότερο χρόνο τις συνεχιζόμενες συνδέσεις με τον πελάτη από ό, τι μπορεί ο διακομιστής προέλευσης.

4.10 Έλεγχος διάρκειας ζωής ταυτότητας και εξουσιοδότηση.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο διακομιστής άκρης πρέπει να καταργήσει ορισμένα αντικείμενα από όλους τους διακομιστές. Τα περισσότερα όμως αντικείμενα του Web αλλάζουν σπάνια, οπότε οι εξουσιοδοτημένοι πελάτες συνήθως κρατούν αντίγραφα για μελλοντικές αλλαγές. Οι διακομιστές ακμής της Akamai υποστηρίζουν την κατ'απαίτηση διαγραφή για μη έγκυρα περιεχόμενα[17].

Κατά την προβολή προστατευμένου περιεχομένου, οι διακομιστές άκρων πρέπει είτε να περιέχουν χαρακτηριστικά εξουσιοδότησης ή έλεγχο ταυτότητας αναμετάδοσης για την εξουσιοδότηση. Η Akamai επιτρέπει στους παρόχους περιεχομένου να εξουσιοδοτούν αυτόνομα κάθε αίτηση χρήστη από τον δικό τους ιστότοπο με τη διαβίβαση κεφαλίδων του αιτήματος από τους κεντρικούς διακομιστές μας προς τους διακομιστές περιεχομένου πριν από την εξυπηρέτηση κάθε αίτησης για κάθε πελάτη.

4.11 Έλεγχος ακεραιότητας και Ορατότητα στα πρότυπα πρόσβασης.

Ένας διακομιστής πρέπει να εξασφαλίσει ότι ο κάθε πελάτης λαμβάνει τη σωστή απάντηση στο αίτημα του και επίσης πρέπει να εντοπίζει πότε οι διακομιστές προέλευσης δίνουν λανθασμένες απαντήσεις. Οι διακομιστές ακμής μπορεί να περιέχουν περιεχόμενο που προέρχεται από πολλούς servers και είναι επιτακτική ανάγκη να μην εξυπηρετούν περιεχόμενο σε λάθος πελάτη - ανεξάρτητα από το περιεχόμενο, όνομα ή τον τρόπο πρόσβασης των πελατών[17].

Στο σύστημα της Akamai, έχει δημιουργηθεί μια δυνατότητα ελέγχου της ακεραιότητας περιεχομένου στο λογισμικό. Πριν από την εξυπηρέτηση κάθε απάντησης, ο διακομιστής ελέγχει διπλά ότι το περιεχόμενο σχετίζεται με το αίτημα. Αυτό προστατεύει το διακομιστή άκρη από περιεχόμενο που ενδέχεται να είναι κατεστραμμένο στο δίσκο ή συγκεχυμένο στη μνήμη λόγω σφάλματος λογισμικού.

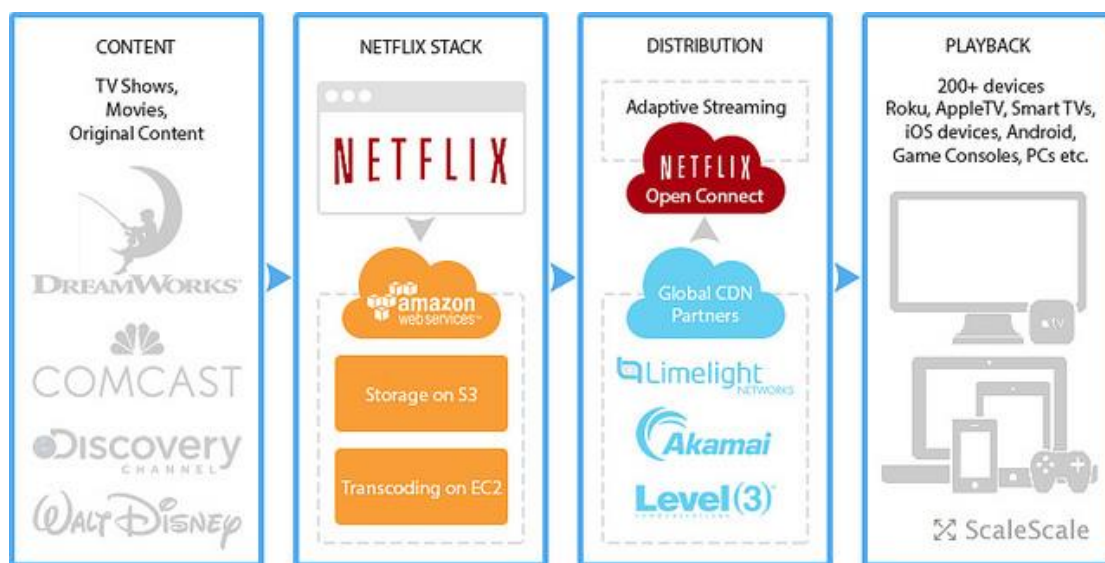
Οι πελάτες θέλουν να μπορούν να ανατρέχουν στα λεπτομερή αρχεία καταγραφής περιεχομένου. Για να είναι διαθέσιμο κάτι τέτοιο, τα συγκεντρωτικά αρχεία καταγραφής καταχωρούνται για κάθε πελάτη. Ορισμένοι πάροχοι περιεχομένου θέλουν επίσης την παράδοση σε πραγματικό χρόνο πληροφοριών σχετικά με τον ιστότοπό τους. Σε αυτή την περίπτωση, η προσοχή έχει επικεντρωθεί στην παροχή ποσοτών παράδοσης περιεχομένου πελατών και στις τοποθεσίες πελατών, αντί για πλήρεις πληροφορίες καταγραφής.

Κεφάλαιο : 5 Περίπτωση NETFLIX

5.1 Εισαγωγή

Η Netflix ιδρύθηκε το 1997 από τον Marc Randolph και τον Reed Hastings στην Scotts Valley της Καλιφόρνιας και ξεκίνησε με 30 υπαλλήλους προσφέροντας υπηρεσία pay-per-rent. Η Netflix, αποτελεί πλέον το κορυφαίο τηλεοπτικό δίκτυο στο Διαδίκτυο, έχει πάνω από 69 εκατομμύρια συνδρομητές σε 50 χώρες απολαμβάνοντας τηλεοπτικές εκπομπές και ταινίες. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Netflix κάνει χρήση κορυφαίων τεχνολογιών που αναπτύχθηκαν και από άλλους παρόχους όπως περιγράφηκαν παραπάνω[16]:

Η υποδομή του Netflix είναι στο Amazon EC2 με πρωτότυπα αντίγραφα ψηφιακών ταινιών από κινηματογραφικά στούντιο που είναι αποθηκευμένα στο Amazon S3. Κάθε ταινία κωδικοποιείται σε πάνω από 50 διαφορετικές εκδόσεις βασισμένες σε ανάλυση βίντεο και ποιότητα ήχου χρησιμοποιώντας μηχανές στο σύννεφο. Πάνω από 1 petabyte δεδομένων αποθηκεύονται στο Amazon. Αυτά τα δεδομένα αποστέλλονται στα δίκτυα παροχής περιεχομένου για να τροφοδοτούν το περιεχόμενο σε τοπικούς ISP[16].



Εικόνα 4-1 Αρχιτεκτονική NETFLIX[16]

5.2 Υποστήριξη πολλών συσκευών

Ο τεράστιος συνδυασμός κωδικοποιητών και συνδυασμών bitrate στο Netflix σημαίνει ότι "πρέπει να κωδικοποιήσει τον ίδιο τίτλο 120 διαφορετικές φορές πριν να μπορέσει να παραδοθεί σε όλες τις πλατφόρμες streaming".[16]

Παρόλο που η Netflix χρησιμοποιεί τεχνολογία ροής δεδομένων bitrate για να ρυθμίσει την ποιότητα βίντεο και ήχου ώστε να ταιριάζει με την ταχύτητα λήψης του πελάτη, παρέχει επίσης στους χρήστες τη δυνατότητα να επιλέγουν την ποιότητα του βίντεο στην ιστοσελίδα του[16].

Κάθε χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει άμεσα το περιεχόμενο από οποιαδήποτε συσκευή

συνδεδεμένη στο Διαδίκτυο μέσω της εφαρμογής Netflix, όπως έναν υπολογιστή, κονσόλα παιχνιδιών, συσκευή αναπαραγωγής DVD ή Blu-ray, HDTV, set-top box, σύστημα οικιακού κινηματογράφου, τηλέφωνο ή tablet[16].

Υποστηρίζουν κάθε τίτλο στους ακόλουθους κωδικοποιητές με διαφορετικούς ρυθμούς δυαδικών ψηφίων ώστε να λειτουργούν στη συσκευή και τη σύνδεση[16].

Βίντεο

- VC-1,
- H.264 (AVC),
- VC-1,
- H.263,
- H.265 (HEOO)

Audio

- WMA,
- Dolby Digital,
- Dolby Digital Plus,
- AAC και
- Ogg Vorbis

5.3 Netflix Open Connect CDN

Το Netflix Open Connect CDN παρέχεται για μεγαλύτερους ISP που έχουν περισσότερους από 100.000 συνδρομητές. Μια ειδικά κατασκευασμένη συσκευή χαμηλής ισχύος αλλά υψηλής πυκνότητας αποθήκευσης αποθηκεύει περιεχόμενο Netflix εντός των κέντρων δεδομένων των παρόχων υπηρεσιών διαδικτύου για τη μείωση του κόστους διαμοιρασμού μέσω διαδικτύου. Αυτή η συσκευή τρέχει το λειτουργικό σύστημα FreeBSD, nginx και το δρομολογητή Bird Internet[16].

5.4 Αλγόριθμοι κλιμάκωσης

Το σύστημα Netflix αποτελείται από πολλούς αλγόριθμους. Οι δύο βασικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται στο σύστημα παραγωγής τους είναι οι περιορισμένες μηχανές Boltzmann (RBM) και μια μορφή Matrix Factorization που ονομάζεται SVD ++. Αυτοί οι δύο αλγόριθμοι συνδυάζονται χρησιμοποιώντας ένα γραμμικό μίγμα για να παράγουν μια μοναδική εκτίμηση υψηλότερης ακρίβειας [16].

Οι περιορισμένες μηχανές Boltzmann είναι νευρωνικά δίκτυα που έχουν τροποποιηθεί για να εργαστούν στο συνεργατικό φιλτράρισμα. Κάθε χρήστης διαθέτει ένα RBM με τον κόμβο εισόδου για κάθε ένα που αντιπροσωπεύει μια ταινία που έχει αξιολογήσει ο χρήστης[16].

Το SVD ++ είναι μια ασύμμετρη μορφή SVD (Singular Value Decomposition) που χρησιμοποιεί έμμεσες πληροφορίες όπως οι ΜΜΔ [16].

Κεφάλαιο: 6 Συμπεράσματα και τάσεις

Το Akamai (ΗΠΑ) και το Google (Η.Π.Α.) είναι οι σημαντικότεροι πάροχοι τέτοιου δικτύου παροχής περιεχομένου.

Η αγορά αυξάνεται σημαντικά και παράλληλα αυξάνεται και η ζήτηση πιο αποτελεσματικής ανταπόκρισης στην παράδοση περιεχομένου και την ασφάλεια του περιεχομένου. Το μέγεθος της παγκόσμιας αγοράς CDN εκτιμάται ότι θα ανέλθει στα 7,47 δισεκατομμύρια δολάρια το 2017 και προβλέπεται να φτάσει τα 30,89 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2022, με ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης (CAGR) 32,8% κατά την περίοδο πρόβλεψης.

Οι κορυφαίοι στην αγορά CDN είναι οι Akamai (ΗΠΑ), η Google (ΗΠΑ, τα δίκτυα Limelight (ΗΠΑ), οι υπηρεσίες Amazon Web Services (ΗΠΑ), η Internap (ΗΠΑ), η Verizon Κορέα), η Tata Communications (Ινδία και Σιγκαπούρη) και η StackPath (ΗΠΑ). Οι βασικοί καινοτόμοι είναι η Cedexis (ΗΠΑ), η Incapsula (ΗΠΑ), η CacheFly (ΗΠΑ) και η Cloudflare (ΗΠΑ).

Οι εταιρείες στην αγορά CDN έχουν υιοθετήσει διάφορες στρατηγικές για να επεκτείνουν την παγκόσμια παρουσία τους και να ενισχύσουν τα μερίδιά τους στην αγορά. Οι βασικοί συντελεστές, όπως η Akamai (ΗΠΑ), οι υπηρεσίες Amazon Web Services (ΗΠΑ) και η StackPath (ΗΠΑ) έχουν υιοθετήσει συνεργασίες, νέα προϊόντα και στρατηγικές εξαγορών για να επεκτείνουν την παρουσία τους στην αγορά CDN.

Η αγορά γνώρισε επίσης πολλές εξαγορές. Για παράδειγμα, η Highwinds, ένας από τους βασικούς συντελεστές στην παγκόσμια αγορά CDN, αποκτήθηκε από τη StackPath το 2017. Μέσω αυτής της εξαγοράς, η StackPath ενίσχυσε τη θέση της για να εξυπηρετήσει μεγάλες επιχειρήσεις και έχει εμπλουτίσει το χαρτοφυλάκιο προϊόντων CDN. Η StackPath είχε επίσης αποκτήσει το MaxCDN, άλλο βασικό παράγοντα στην αγορά CDN, για να εξυπηρετήσει τόσο τους μικρούς όσο και τους μεγάλους πελάτες της επιχείρησης.

Η Akamai υποστηρίζει στρατηγικές διανομής, όπως λήψεις και προσαρμοστικές λύσεις παράδοσης για ροή περιεχομένου σε διάφορες μορφές streaming. Η εταιρεία προσφέρει επίσης λύσεις cloud performance για την ενίσχυση της παροχής εφαρμογών, λύσεων cloud security και cloud-based services που χρησιμοποιούνται από τις επιχειρήσεις για την παροχή περιεχομένου και εφαρμογών μέσω του διαδικτύου στους ενδιαφερόμενους. Τον Οκτώβριο του 2017, η Akamai ανακοίνωσε τα σχέδιά της να αποκτήσει το Nominum. Ο Nominum είναι γνωστός για τις λύσεις DNS και επιχειρησιακής ασφάλειας και αυτή η εξαγορά έχει ως στόχο να ενισχύσει την Akamai στο τομέα της ασφάλειας.

Επιπλέον θα μπορούσαν τα δίκτυα διανομής να επικεντρωθούν μελλοντικά και στη μέτρηση για τη σύνδεση της προσωρινής αποθήκευσης με τα μεταδεδομένα βίντεο, μουσική κλιπ . Αυτή η μέτρηση θα βασίζεται στο περιβάλλον δικτύου και θα μπορεί να ρυθμίζεται εύκολα και φυσικά θα είναι επαναχρησιμοποίηση σε μελλοντικές έρευνες. Οι παράμετροι μπορούν να διαμορφωθούν για τη δημιουργία και νέων υπηρεσιών. Θα δύναται να συνδεθούν και σε άλλες υπηρεσίες διαδικτυακών μέσων, χωρίς κόπο και θα είναι πολύ εύκολα επεκτάσιμο. Τα πρότυπα περιεχομένου και οι νόμοι που τα διέπουν πρέπει να αναλυθούν και να δώσουν αποτελέσματα που θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικές εργασίες.

Τέλος προτείνεται να εξετάζονται και τα πρότυπα περιεχομένου και ως προς το YouTube που έχει τη δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης βίντεο και να εξετάσουμε τη μνήμη cache του διακομιστή μεσολάβησης και η προσωρινή μνήμη του τερματικού του. Ωστόσο, ένας μηχανισμός προσωρινής αποθήκευσης πρέπει να μπορεί να προσδιορίσει τις ανοχές του και να περιορίσει βίντεο που έχουν τεράστιο μέγεθος. Θα πρέπει μελλοντικά να δούμε πότε ένα περιεχόμενο αποθηκεύεται στην κρυφή μνήμη.

Ο κύκλος ζωής της κρυφής μνήμης είναι στο άπειρο αλλά αυτό είναι εφικτό για ένα δίκτυο και τί κόστος έχει. Στο μέλλον μπορούμε να προτείνουμε ένα νέο μοντέλο για να εξετάσουμε τον κύκλο ζωής της μνήμης cache. Οι έρευνες μπορούν να εστιάσουν στη παρακολούθηση των πρόσφατων παρακολουθούμενων βίντεο και να εξετάσουν την δημοτικότητα. Μετά τη συγκέντρωση όλων των αποτελεσμάτων καθώς και συσχέτιση με τις διάρκειες αυτών των βίντεο, θα είναι δυνατόν ένα καλύτερος προγραμματισμός της μνήμης cache. Επιπλέον, όταν η μνήμη cache γεμίσει, πρέπει να ληφθούν μέτρα κατάλληλα για αδειάσει μέρος της μνήμης cache για το νέο περιεχόμενο . Έτσι θα δύναται να δημιουργηθούν ακόμα πιο ευέλικτα συστήματα διανομής περιεχομένου , με μεγαλύτερες ταχύτητες και καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών , ακόμα και σε δίκτυα χαμηλών ταχυτήτων και με περιορισμένους πόρους.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] “History of the Web”, Internet: <https://webfoundation.org/about/vision/history-of-the-web/>. [Φεβ. 20, 2018].
- [2] Monica Johns, “What is client server model?”. Internet: <https://www.quora.com/What-is-client-server-model>. Μαΐ. 1, 2016 [Φεβ. 20, 2018].
- [3] Πουλερέ Ευαγγελία, Κουτούμπα Όλγα, «Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου(CDN)». Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπείρου, Άρτα, 2015.
- [4] Μακρινός Μιχάλης, «Κατανεμημένα Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 2012.
- [5] Χειμαργιώτη Χρυσούλα. «Μελέτη Τεχνολογιών Δικτύων Διανομής Περιεχομένου (Content Delivery Network – CDN)». Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα, 2016.
- [6] Gang Peng. “CDN: Content Distribution Network”. New York State, 2008.
- [7] Al-Mukaddim Khan Pathan and Rajkumar Buyya. “A Taxonomy and Survey of Content Delivery Networks”. University of Melbourne, Australia.
- [8] “Τί είναι streaming”. Internet: <https://www.ip.gr/el/dictionary/186-Streaming>. [Φεβ. 20, 2018].
- [9] Craig Buckler. “7 Reasons to use a Content Delivery Network”. Internet: <https://www.sitepoint.com/7-reasons-to-use-a-cdn/>. Σεπτ 22, 2011 [Φεβ. 20, 2018].
- [10] Brian Jackson. “Why Use a CDN? Here are 10 Data-Driven Reasons”. Internet: <https://www.keycdn.com/blog/why-use-a-cdn/>. Φεβ. 6, 2018 [Φεβ. 20, 2018].
- [11] Αριστέιδης Αράπογλου, Χρίστος Μαβόγλου, Ηλίας Οικονομάκος, Κωνσταντίνος Φύτρος. *Πληροφορική Α΄ Γυμνασίου*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, 2006.
- [12] Al-Mukaddim Khan Pathan and Rajkumar Buyya . *A Taxonomy and Survey of Content Delivery Networks* <http://www.cloudbus.org/reports/CDN-Taxonomy.pdf>
- [13] NCZOnline, *How Content Delivery Networks (CDNs) works*. <http://www.nczonline.net/blog/2011/11/29/how-content-delivery-networks-cdns-work/>
- [14] Jaison Paul Mulerikkal (2007), *An Architecture for Distributed Content Delivery Network*. <http://goanna.cs.rmit.edu.au/~xiaodong/mbc/Theses/jaison-minorThesis.pdf>
- [15] Content Delivery Network Explained <https://www.globaldots.com/content-delivery-network-explained-2018>
- [16] <http://highscalability.com/blog/2015/11/9/a-360-degree-view-of-the-entire-netflix-stack.html>, 2015
- [17] <https://www.akamai.com/us/en>, 2018
- [18] <https://www.marketsandmarkets.com/ResearchInsight/content-delivery-networks-cdn-market.asp>,2017