



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ
ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου
Content Delivery Networks – CDN**

Σιλεβίστας Δημήτρης

Επιβλέπουσα: Μαργαρίτη Σπυριδούλα

Άρτα 2018



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ
ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Content Delivery Networks – CDN

Σιλεβίστας Δημήτρης

Επιβλέπουσα: Μαργαρίτη Σπυριδούλα

Άρτα 2018

Content Delivery Networks – CDN

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή
Τόπος, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής
Όνομα Επίθετο,
τίτλος, βαθμίδα
2. Μέλος επιτροπής
Όνομα Επίθετο,
τίτλος, βαθμίδα
3. Μέλος επιτροπής
Όνομα Επίθετο,
τίτλος, βαθμίδα

Ο/Η Προϊστάμενος/η του Τμήματος
Όνομα Επίθετο,
τίτλος, βαθμίδα
Υπογραφή

© Σιλεβίστας Δημήτρης, 2018.
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Σιλεβίστας Δημήτρης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την διεκπεραίωση της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπων καθηγήτρια Σπυριδούλα Μαργαρίτη για την συνεργασία και την πολύτιμη συμβολή της στην ολοκλήρωση της.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό να μελετήσει τα δίκτυα διανομής περιεχομένου, να εξετάσει την αρχιτεκτονική τους και να παρουσιάσει τα χαρακτηριστικά τους. Για την βελτίωση της απόδοσης αυτών των δικτύων εξετάζεται η γεωγραφική θέση όπου θα τοποθετηθούν οι εξυπηρετητές καθώς και ο τρόπος επικοινωνίας τους ώστε να διαμορφωθούν τα καταναμημένα δίκτυα διανομής περιεχομένου. Εδώ, γίνεται μία συνοπτική αναφορά σε ελεύθερα λογισμικά για τη δημιουργία δικτύων διανομής περιεχομένων από τους χρήστες. Η εργασία αποτελείται από οχτώ κεφάλαια, όπου το καθένα εστιάζεται σε συγκεκριμένη θεματολογία των δικτύων διανομής περιεχομένων. Στο τελευταίο κεφάλαιο, γίνεται μία συνοπτική αναφορά σε ελεύθερα λογισμικά που υπάρχουν στην αγορά, καθώς και σε εταιρείες για την παροχή Δικτύων Διανομής Περιεχομένων.

Λέξεις-κλειδιά: δίκτυα διανομής περιεχομένων, αρχιτεκτονική, δίκτυα, λογισμικά.

ABSTRACT

This work aims to study the content distribution networks, to examine their architecture and to explain their general attributes. The performance of these networks is dependent of the geographic location of the servers and how they communicate and form distributed distribution networks. Here, we briefly describe CDN software that are used to provide CDN services. The paper consists of eight chapters, each focusing on a specific issue of content distribution networks. The final chapter summarizes free software on the market as well as content distribution companies.

Key- words: Content Distribution Networks, architecture , networks, software.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT	9
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	11
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	12
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	13
1. Εισαγωγή	
1.1 Γενικά	14
1.2 Σκοπός πτυχιακής εργασίας.....	14
1.3 Δομή πτυχιακής εργασίας	14
2. Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου	
2.1 Βασικές έννοιες	16
2.2 Γενική Θεώρηση των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου	18
2.2.1 Τα επιμέρους τμήματα των CDNs	18
2.2.2 Συστατικά στοιχεία	18
2.3 Η εξέλιξη των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου	19
2.4 Η λειτουργία των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου.....	20
2.5 Η Ανάγκη για Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου.....	21
2.5.1 Πλεονεκτήματα χρήσης των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου.....	22
2.5.2 Μειονεκτήματα χρήσης των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου.....	23
3.Κατηγορίες Δικτύων Διανομής	
3.1 Εμπορικά Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου (Commercial CDN)	25
3.2 Ακαδημαϊκά Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου (Academic CDN)	27
3.3 Συνοπτικοί Πίνακες των CDNs στην αγορά	27
3.4 Σύγκριση: Εμπορικά – Ακαδημαϊκά Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου ...	29
4. Αρχιτεκτονική Δικτύων Διανομής Περιεχομένου	
4.1 Η αρχιτεκτονική των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου	30
4.2 Τα επίπεδα αρχιτεκτονικής των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου	32
4.3 Παράγοντες ταξινόμησης των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου	34
5. Η τοποθεσία των εξυπηρετητών	36
6. Επικοινωνία εξυπηρετητών	37
6.1 Σύγκριση πολιτικών επικοινωνίας εξυπηρετητών	39
7. Κατανεμημένα Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου	
7.1 Υποσυστήματα	40
7.2 Τρόπος διανομής περιεχομένου	41
7.3 Μεσιτικά Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου	42
8. Δημιουργία CDN δικτύων	
8.1 Ελεύθερα λογισμικά δημιουργίας CDN δικτύων	44
8.2 Σύγκριση ελεύθερων λογισμικών	46
8.3 Εταιρείες παροχής υπηρεσιών Δικτύων Διανομής Περιεχομένου.....	46
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	48
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 [Συνοπτικός πίνακας των εμπορικών CDN]	27
Πίνακας 2 [Συνοπτικός πίνακας των ακαδημαϊκών CDN]	28
Πίνακας 6 [Σύγκριση πολιτικών επικοινωνίας εξυπηρετητών]	39

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 [Δεδομένα - Πληροφορία – Περιεχόμενο]	16
Εικόνα 2.2 [Δίκτυο Διανομής Περιεχομένου]	17
Εικόνα 2.3 [Η τοπολογία ενός CDN]	19
Εικόνα 4.1 [Η βασική δομή ενός CDN]	31
Εικόνα 4.2 [Τα επίπεδα αρχιτεκτονικής των CDN]	32
Εικόνα 4.3 [Διακομιστής αρχείων (SMP)]	33
Εικόνα 4.4 [Διακομιστής ευρετηρίου]	33
Εικόνα 6.1 [Uncooperative pull-based Αρχιτεκτονική]	37
Εικόνα 6.2 [Cooperative push-based Αρχιτεκτονική]	38
Εικόνα 7.1 [Υποσύστημα κατανεμημένων δικτύων διανομής περιεχομένου]	41
Εικόνα 7.2 [Διαδικτυωμένη διανομή περιεχομένου]	43
Εικόνα 7.1 [Ανακατεύθυνση IDNS]	43

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

Content Delivery Networks – CDN

Points Presence –POPs

Distributed Content Delivery Networks - DCDN

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η σύγχρονη εποχή, συνδέει τις ζωές των ανθρώπων με το διαδίκτυο και τις υπηρεσίες του. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ανθρώπων, συνδέεται καθημερινά στο διαδίκτυο είτε για επαγγελματικούς λόγους είτε για προσωπικούς. Όλος αυτός ο όγκος δεδομένων που μεταφέρεται στους χρήστες του διαδικτύου και ο φόρτος που μεταφέρουν καθημερινά οι διακομιστές, πραγματοποιούνται με επιτυχία εξαιτίας των δικτύων διανομής περιεχομένων. Τα δίκτυα αυτά, είναι αρμόδια να διανέμουν το περιεχόμενο των χρηστών με ταχύτητα, ασφάλεια και ακρίβεια. Η εμφάνιση των δικτύων διανομής περιεχομένου, χρησίμευσε στο διαμοιρασμό των περιεχομένων με στόχο τη μείωση του φόρτου και της κίνησης του δικτύου.

1.2 Σκοπός πτυχιακής εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η μελέτη και ανάλυση των δικτύων διανομής περιεχομένου. Επιχειρούμε να κατανοήσουμε τις υπηρεσίες που παρέχουν και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούν τα δίκτυα διανομής περιεχομένων, τη λειτουργία τους και την αρχιτεκτονική τους. Παράλληλα, παρουσιάζονται ορισμένα ελεύθερα λογισμικά για τη δημιουργία δικτύων διανομής περιεχομένων από τους χρήστες και ορισμένες εταιρείες παροχής υπηρεσιών των CDNs.

1.3 Δομή πτυχιακής εργασίας

Η εργασία αυτή αποτελείται συνολικά από οχτώ κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ιστορική εξέλιξη των δικτύων, στον σκοπό συγγραφής της παρούσας εργασίας και στη δομή της εργασίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναφέρονται κάποιες βασικές έννοιες των δικτύων διανομής περιεχομένου, τα συστατικά τους στοιχεία, ο τρόπος λειτουργίας τους καθώς και η εξέλιξή τους. Παράλληλα, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των δικτύων διανομής περιεχομένου. Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύονται οι δύο κατηγορίες των δικτύων διανομής περιεχομένων και πραγματοποιείται μία μεταξύ τους σύγκριση. Στο

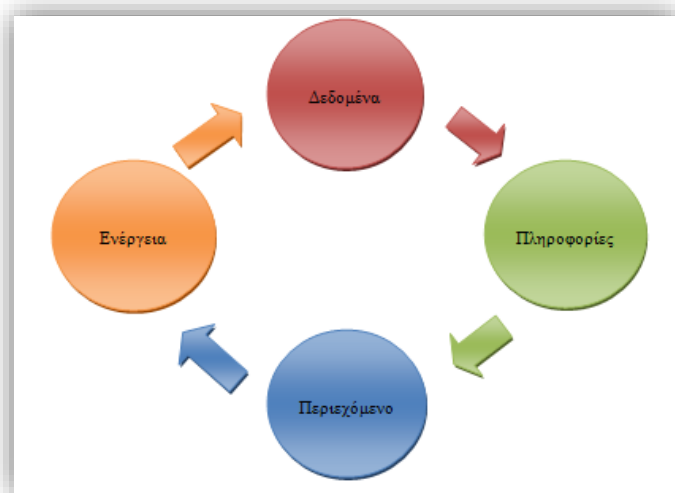
επόμενο κεφάλαιο, αναλύεται η αρχιτεκτονική τους, τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής τους, καθώς και οι παράγοντες ταξινόμησής τους. Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η τοποθέτηση των εξυπηρετητών και στο έκτο κεφάλαιο η μεταξύ τους επικοινωνία. Επίσης, στο έβδομο κεφάλαιο περιγράφονται τα κατανεμημένα δίκτυα διανομής περιεχομένου και ο τρόπος διανομής του περιεχομένου. Τέλος, στο όγδοο κεφάλαιο γίνεται μία συνοπτική αναφορά σε ελεύθερα λογισμικά που υπάρχουν στην αγορά, καθώς και σε εταιρείες, για την παροχή υπηρεσιών των Δικτύων Διανομής Περιεχομένων.

2. Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου

2.1 Βασικές έννοιες

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές έχουν κατασκευαστεί για να επεξεργάζονται δεδομένα και συγκεκριμένα δυαδικές ακολουθίες από bits. Τα δεδομένα, αποτελούν τμήματα πληροφορίας τα οποία είναι απαραίτητα για την παροχή πληροφοριών. Οι πληροφορίες που προκύπτουν μετά την επεξεργασία των δεδομένων, είναι μορφές επικοινωνίας που έχουν αποτυπωθεί (είτε πρόκειται για είδος εικόνας, είτε για αρχείο, είτε για κείμενο). Ως δεδομένα λοιπόν, ορίζονται τα στοιχεία που λαμβάνονται προς επεξεργασία, ενώ τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των δεδομένων που μεταδίδουν γνώση, χαρακτηρίζονται ως πληροφορία [1]. Το άθροισμα που προκύπτει από τα δεδομένα και τις πληροφορίες χαρακτηρίζονται ως περιεχόμενο [2].

Οι έννοιες που προαναφέρθηκαν μπορούν να παρουσιαστούν και να ερμηνευτούν ως εξής (βλ: Εικόνα 2.1: Δεδομένα- Πληροφορία- Περιεχόμενο):



Εικόνα 2.1: Δεδομένα - Πληροφορία - Περιεχόμενο

Οι πληροφορίες λαμβάνονται έπειτα από τη συγκέντρωση και επεξεργασία των δεδομένων, όπου το νόημα που προκύπτει από τις πληροφορίες που συσσωρεύονται, δημιουργούν το περιεχόμενο των δεδομένων. Τα περιεχόμενα που δημιουργούνται θα

πρέπει να είναι κατανοητά από τους χρήστες, ώστε να έχουν τη δυνατότητα να ενεργούν σε αυτά. Οι ενέργειες αυτές, αφορούν την επεξεργασία, την ανάλυση, την αντιγραφή και την εκτύπωση των πληροφοριών. Αυτές οι ενέργειες των χρηστών, δημιουργούν περισσότερα δεδομένα προς μελέτη και έτσι η διαδικασία αυτή ξεκινά εκ νέου για την δημιουργία νέων πληροφοριών και περιεχομένων [2].

Προκειμένου να διανεμηθούν τα περιεχόμενα των δεδομένων, χρησιμοποιούνται τα δίκτυα διανομής περιεχομένων (Content Delivery Networks - CDN). Τα CDNs είναι κατακεντρωμένα συστήματα από εξυπηρετητές που έχουν ως σκοπό να διαδώσουν το περιεχόμενο των δεδομένων σε υψηλή ποιότητα [2]. Συγκεκριμένα, τα CDNs είναι κατακεντρωμένα δίκτυα από εξυπηρετητές που επεκτείνονται γεωγραφικά και έχουν πολλούς κόμβους ή αλλιώς σημεία δικτυακής παρουσίας (POints Presence -POPs) (βλ: Εικόνα 2.2: Δίκτυο Διανομής Περιεχομένου). Στα POPs τοποθετούνται όλα τα αρχεία και με αυτό το τρόπο ο χρήστης έχει πρόσβαση από οποιοδήποτε σημείο, εξασφαλίζοντας ταχύτερη παράδοση των δεδομένων. Τα αρχεία που αποθηκεύονται στα POPs έχουν διάφορα περιεχόμενα όπως για παράδειγμα αρχεία πολυμέσων, έγγραφα, λογισμικά, ζωντανές μεταδόσεις κ.ά. [3].



Εικόνα 2.2: Δίκτυο Διανομής Περιεχομένου

2.2 Γενική Θεώρηση των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου

2.2.1 Τα επιμέρους τμήματα των CDNs

Οι κόμβοι των CDNs, αναπτύσσονται σε πολλές τοποθεσίες, ενώ ο αριθμός των κόμβων και των εξυπηρετητών που απαρτίζουν ένα CDN εξαρτάται από την αρχιτεκτονική του. Συγκεκριμένα, είτε δημιουργείται ένα παγκόσμιο δίκτυο με περιορισμένες γεωγραφικές θέσεις, είτε υπάρχει μεγάλος αριθμός κόμβων και εξυπηρετητές σε πολλά POPs. Στους κόμβους των CDNs, καταφθάνουν αιτήματα από τους χρήστες για την προβολή περιεχομένων. Οι κόμβοι που επιλέγονται για την προβολή των περιεχομένων είναι οι βέλτιστοι και αυτό πραγματοποιείται με δύο τρόπους: είτε επιλέγοντας γεωγραφικές θέσεις με τις λιγότερες ενδιάμεσες συσκευές μεταξύ πηγών και προορισμών, είτε καταμετρώντας τον αριθμό των δευτερολέπτων του δικτύου μακριά από τον αιτούντα χρήστη. Προκειμένου να αποφευχθεί το υψηλό κόστος, επιλέγονται συνήθως τοποθεσίες που είναι λιγότερο δαπανηρές. Βέβαια, η βελτιστοποίηση του κόστους, πραγματοποιείται όταν επιλέγονται σε συνδυασμό οι δύο παραπάνω τρόποι [4].

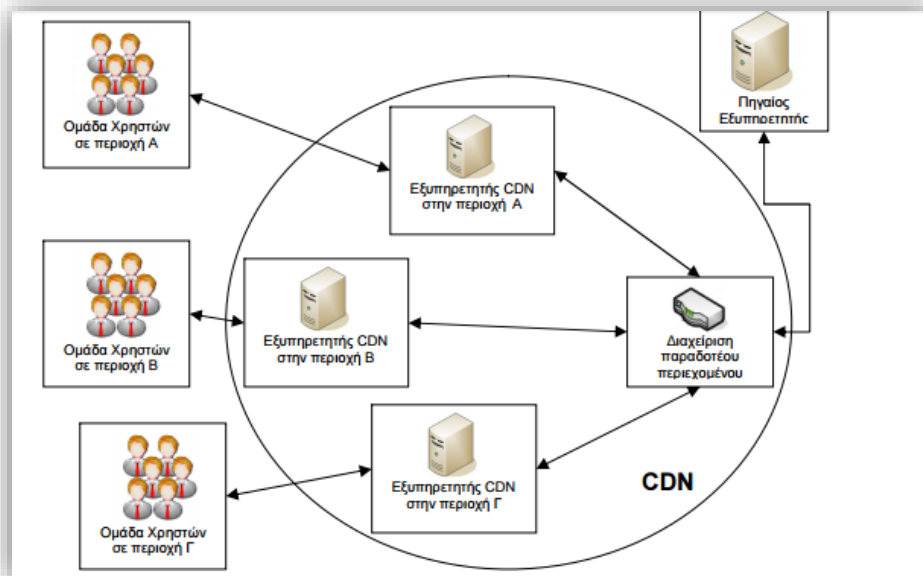
2.2.2 Συστατικά στοιχεία

Τα CDNs αποτελούν δίκτυα από εξυπηρετητές που βρίσκονται διασκορπισμένα σε γεωγραφικά μέρη, με σκοπό να αποθηκεύουν αντίγραφα των παραδοτέων από εξυπηρετητές του παγκόσμιου ιστού. Είναι συνδεδεμένα με πηγαίους εξυπηρετητές, που περιέχουν το πρωτότυπο περιεχόμενο προς μετάδοση, για να μπορούν να συγχρονίζουν τα αποθηκευμένα αντίγραφα.

Τα συστατικά στοιχεία που απαρτίζουν ένα CDN είναι τα ακόλουθα:

- Εξυπηρετητές: οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε μεγάλες αποστάσεις και διατηρούν αντίγραφα των αντικειμένων των εξυπηρετητών
- Δρομολογητές: οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την άμεση δρομολόγηση των αιτήσεων στον εξυπηρετητή CDN. Ένα αίτημα για να εξυπηρετηθεί το συντομότερο δυνατό, εξαρτάται από τη γεωγραφική απόσταση μεταξύ των εξυπηρετητών καθώς και από την ταχύτητα αναμετάδοσης των πληροφοριών από τον εξυπηρετητή.

- Υπολογιστές: είναι ένα δίκτυο υπολογιστών που αναλαμβάνει την ενημέρωση και τον συγχρονισμό του περιεχομένου στους εξυπηρετητές CDN.
- Μηχανισμό καταγραφής: είναι ένας μηχανισμός που παρέχει πληροφορίες για τη μεταφορά των αντικειμένων στο δίκτυο [5].



Εικόνα 2.3: Η τοπολογία ενός CDN

Όπως απεικονίζεται παραπάνω (βλ: Εικόνα 2.3: Η τοπολογία ενός CDN), οι χρήστες στέλνουν αιτήματα για να εξυπηρετηθούν από εξυπηρετητές CDN. Μόλις ο κοντινότερος σε περιοχή από το χρήστη εξυπηρετητή, λάβει το αίτημα, επικοινωνεί με τον πηγαίο εξυπηρετητή που διαθέτει τα αντίγραφα των περιεχομένων και στη συνέχεια τα μεταφέρει στον εξυπηρετητή CDN ώστε να τα διαχειριστεί και να τα μεταφέρει στους χρήστες.

2.3 Η εξέλιξη των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου

Με το πέρασμα των χρόνων και με την εξέλιξη του διαδικτύου οι χρήστες αυξάνονταν απότομα, με αποτέλεσμα το σύστημα μετάδοσης δεδομένων να μην εξυπηρετούσε. Έτσι, οι χρήστες του δικτύου προσπάθησαν να έχουν πρόσβαση στα

δεδομένα τους με νέους τρόπους. Για το λόγο αυτό διάφορες εταιρείες, θεώρησαν ευκαιρία κέρδους το ζήτημα αυτό και προσπάθησαν να βελτιώσουν την υπάρχουσα κατάσταση στο δίκτυο μετάδοσης των δεδομένων, βελτιώνοντας την ποιότητά τους [6]. Η βελτίωση των υπηρεσιών μετάδοσης των περιεχομένων επανήλθε σύντομα, χωρίς βέβαια να σταματήσει η προσπάθεια μετάδοσης των δεδομένων σε υψηλότερη ποιότητα. Η λύση που δόθηκε για την καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών στη μετάδοση των δεδομένων ήταν η τροποποίηση της αρχιτεκτονικής τους. Είτε άλλαξαν τον υπάρχοντα επεξεργαστή με κάποιον με μεγαλύτερη ταχύτητα, είτε πρόσθεσαν μεγαλύτερη μνήμη στο δίσκο. Βέβαια, αυτή η λύση ήταν αρκετά δαπανηρή, οπότε δόθηκε στην πορεία μία βέλτιστη λύση. Δημιουργήθηκαν συμπλέγματα διακομιστών, όπου λάμβαναν και διαμοίραζαν τα αιτήματα των χρηστών, προσκόμιζαν τα δεδομένα και στη συνέχεια παρέδιδαν τα δεδομένα στον χρήστη.

Η λύση αυτή, έφερε μία νέα ιδέα στους προμηθευτές, δημιουργώντας ένα άλλο τύπου δικτύου: «Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου». Το δίκτυο αυτό πρωτοεμφανίστηκε το 1990, εξαλείφοντας το πρόβλημα του χρόνου φόρτωσης των δεδομένων. Πολύ σύντομα διαπιστώθηκε πως τα δίκτυα διανομής περιεχομένου πρόσφεραν μεγάλη αξιοπιστία και γι' αυτό το λόγο, πολλοί άρχισαν να βάζουν τις ιστοσελίδες τους σε τέτοιου είδους δίκτυα. Οι εταιρείες κατάλαβαν σύντομα ότι τα δίκτυα αυτά έφεραν μεγάλα έσοδα και πολύ σύντομα έγιναν πάροχοι δικτύων διανομής περιεχομένου. Μετά την πρώτη γενιά των CDN που ασχολήθηκε κυρίως με τα στατικά και δυναμικά έγγραφα, εμφανίστηκε και η δεύτερη γενιά CDN όπου έστρεψε το ενδιαφέρον της στα video on-demand, στον ήχο και στα video streaming [6].

2.4 Η λειτουργία των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου

Τα CDN's χειρίζονται το στατικό περιεχόμενο ενός ιστοχώρου. Με τον όρο στατικό, δηλαδή αμετάβλητο, γίνεται αναφορά σ' ένα περιεχόμενο το οποίο δεν τροποποιείται από κάποιο εργαλείο διαχείρισης. Με τον όρο στατικό δεν νοείται πως δεν αλλάζει το περιεχόμενο μιας ιστοσελίδας για παράδειγμα, αλλά ότι δεν αλλάζει εύκολα χωρίς εξειδικευμένες γνώσεις. Το στατικό περιεχόμενο επομένως,

περιλαμβάνει αρχεία που δεν αλλάζουν συχνά, όπως είναι τα αρχεία css, javascript, html, αρχεία εικόνας, κ.ά.

Τα αρχεία αυτά λόγω της μη μεταβολής τους, μπορούν να εναποθηκευτούν και να αναπαραχθούν στους cdn servers. Η διαδικασία λειτουργίας τους είναι αρκετά απλή και γρήγορη. Κάθε φορά που ένας χρήστης ζητά ένα αρχείο αποστέλλοντας ένα αίτημα, ο αλγόριθμος CDN βρίσκει τον πλησιέστερο γεωγραφικά στο χρήστη διακομιστή, επιλέγει το αρχείο που ζητήθηκε και το εναποθηκεύει. Όταν το περιεχόμενο αποθηκευτεί σ' ένα CDN, διανέμεται σε διακομιστές του δικτύου και στη συνέχεια το περιεχόμενο παραδίδεται στο χρήστη. Προκειμένου να εντοπιστεί ο πλησιέστερος διακομιστής του κάθε χρήστη, το CDN χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο [3].

Στο σημείο αυτό είναι αρκετά χρήσιμο η ανάλυση της λειτουργίας ενός CDN, η οποία παρουσιάζεται παρακάτω. Αρχικά πραγματοποιείται ένα αίτημα από τον χρήστη, για την αναζήτηση μιας IP διεύθυνσης. Στη συνέχεια, το σύστημα ονομασίας περιοχών (Domain Name System -DNS) διεξάγει έλεγχο βασιζόμενος στην IP διεύθυνση του DNS αναλυτή. Το DNS, είναι μία κατανεμημένη βάση δεδομένων στο διαδίκτυο που επιτρέπει την αντιστοίχιση ανάμεσα σε ονόματα και διευθύνσεις IP [7]. Αφού πραγματοποιηθεί ο έλεγχος, επιστρέφεται η κοντινότερη διεύθυνση στον τελικό διακομιστή και στη συνέχεια, ελέγχεται η κρυφή του μνήμη, για να εντοπιστεί το περιεχόμενο. Στην περίπτωση που δεν εντοπιστεί το περιεχόμενο, τότε ο τελικός διακομιστής πραγματοποιεί νέο αίτημα στο βασικό διακομιστή για την ανάκτηση του περιεχομένου. Εάν όμως το περιεχόμενο εντοπιστεί, τότε ο τελικός διακομιστής αφού λάβει την απάντηση από τον διακομιστή προέλευσης, αποθηκεύει το περιεχόμενο στην κρυφή μνήμη [7].

2.5 Η Ανάγκη για Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου

Τα CDN πρωτοεμφανίστηκαν όταν ο παγκόσμιος ιστός δεν ήταν προετοιμασμένος για τη μεταφορά μεγάλων δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις με υψηλή ταχύτητα. Τα CDN αποτελούν δίκτυα από εξυπηρετητές που βρίσκονται σε

διάφορα σημεία του κόσμου και κρατούν αντίγραφα από δεδομένα εξυπηρετητών του παγκόσμιου ιστού.

2.5.1 Πλεονεκτήματα χρήσης των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου

Η ενσωμάτωση των CDN σ' έναν ιστότοπο προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα. Τα πλεονεκτήματα αυτά παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:

Ταχύτητα: Με τη χρήση του CDN πραγματοποιούνται περισσότερες εργασίες, σε μικρότερο χρονικό διάστημα [8].

Οικονομία: Επιτυγχάνεται οικονομία στο κόστος, αφού τα αιτήματα των χρηστών δεν επιβαρύνουν έναν server αλλά υπάρχει επιμερισμός του φόρτου σε διασκορπισμένα μηχανήματα στον ιστό.

Χωρητικότητα: Απελευθερώνεται η χωρητικότητα στους server, αφού το CDN αλλάζει τη ροή της διαδικασίας, κάνοντας χρήση διαφορετικών διακομιστών. Μ' αυτό το τρόπο μειώνεται ο αριθμός των χρηστών που ζητούν το ίδιο περιεχόμενο από κάθε server και αυτό έχει ως αποτέλεσμα περισσότεροι χρήστες να έχουν πρόσβαση στο περιεχόμενο [2].

Εύκολη πρόσβαση: Το CDN χρησιμοποιεί τοπικά τοποθετημένους διακομιστές για να χειρίζεται το περιεχόμενο. Αυτό επιτρέπει στο χρήστη που αιτείται κάποιο αρχείο από το εξωτερικό ενώ βρίσκεται στην Ευρώπη, να το λάβει ταχύτερα [9].

Στατιστική ανάλυση: Στο CDN εντοπίζονται τα στοιχεία του περιεχομένου που είναι περισσότερο δημοφιλή και μ' αυτό το τρόπο συλλέγονται στατιστικά στοιχεία των προτιμήσεων των χρηστών [10]. Αυτό αποτελεί ένα μεγάλο όφελος για τους παρόχους δικτύου, αφού μπορούν να προωθήσουν υπηρεσίες.

Μείωση χρόνου απόκρισης και πακέτων: Εξ' αιτίας του γεγονότος ότι οι servers του CDN είναι διασκορπισμένοι στο δίκτυο, ο χρήστης βρίσκεται κοντά σ' αυτόν από τον οποίο θα λάβει το περιεχόμενο που ζητάει. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι χρόνοι απόκρισης να είναι πάντα καλύτεροι και οι καθυστερήσεις να εκμηδενίζονται. Έτσι οι πληροφορίες δεν χάνονται και η απόσταση που τα δεδομένα πρέπει να μεταφερθούν, είναι η μικρότερη δυνατή [11].

Αντίγραφα ασφαλείας: Στα CDN υπάρχει η δυνατότητα να διατηρήσης των δεδομένων, κρατώντας αντίγραφα ασφαλείας σε πολλούς διαφορετικούς server αυξάνοντας την ασφάλεια των αρχείων.

Προστασία: Ενσωματώνοντας το CDN σ' έναν ιστότοπο υπάρχει προστασία ώστε να μην κλαπεί το περιεχόμενο και να δημοσιευτεί σε διαφορετικά domain, προκαλώντας διπλές εγγραφές περιεχομένου [10].

Ασφάλεια: Τα CDNs έχουν τη δυνατότητα να απορροφήσουν λιγότερες επιθέσεις DDoS απλά με το εύρος ζώνης που διαθέτουν για τη μεταφορά των δεδομένων. Οι DDoS επιθέσεις, είναι από τις μεγαλύτερες απειλές για την ασφάλεια στο διαδίκτυο. Τα πακέτα πληροφορίας που κάνουν την επίθεση δεν έρχονται από μια συγκεκριμένη πηγή και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην σταματάει η επίθεση μπλοκάροντας κάποια συγκεκριμένη IP διεύθυνση. Τα CDNs προσφέρουν σημαντικές σχετικές υπηρεσίες αφού χρησιμοποιούν πολλαπλούς διαύλους για τη μεταφορά των δεδομένων επιτυγχάνοντας σε σημαντικό βαθμό την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων [11].

2.5.2 Μειονεκτήματα χρήσης των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου

Εκτός από τα πλεονεκτήματα που διαθέτουν τα CDNs, χαρακτηρίζονται και από ορισμένα μειονεκτήματα τα οποία παρουσιάζονται ακολούθως:

Ασφάλεια: Οι επιχειρήσεις διστάζουν να διαθέσουν τα ευαίσθητα δεδομένα τους στους CDNs και για το λόγο αυτό, η παγκόσμια κοινότητα των παροχών διανομής περιεχομένου (CDSP-Content Delivery Service Providers) μελετά και ερευνά μηχανισμούς που θα εξασφαλίσουν επιπλέον ασφάλεια στα δίκτυα διανομής.

Ποιότητα Υπηρεσίας: Παρόλο που οι πάροχοι υπηρεσιών έχουν όρους που προδιαγράφουν την ποιότητα των υπηρεσιών που παρέχουν, οι απαιτήσεις των χρηστών συνεχώς αυξάνονται.

Συχνότητα Ανανέωσης: Πολλές φορές οι πελάτες χρεώνονται με επιπλέον κόστη στο δίκτυο, εξαιτίας της άσκοπης ανανέωσης του δικτύου.

Έλλειψη προτύπων: Η έλλειψη προτύπων που περιγράφουν την λειτουργία και την αρχιτεκτονική των CDNs, δυσκολεύει την μελέτη και την βελτίωσή τους.

Διαχείριση των Δικτύων Διανομής: Με τον γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης του διαδικτύου είναι δύσκολη η διαχείριση των δικτύων διανομής.

Τοποθέτηση των εξυπηρετητών: Το πρόβλημα της σωστής τοποθέτησης των εξυπηρετητών σε γεωγραφικά σημεία, αποτελεί ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα των CDNs.

Αλγόριθμοι κατανομής φόρτου εργασίας: Η σωστή κατανομή του φόρτου εργασίας με αποδοτικό και οικονομικό τρόπο αποτελεί ένα πολύ σημαντικό ζήτημα που θα πρέπει να επιλύεται άμεσα κάθε φορά, ώστε να μην υπάρχουν επιπτώσεις στο δίκτυο [2].

3. Κατηγορίες Δικτύων Διανομής Περιεχομένου

Υπάρχουν δύο κατηγορίες CDN οι οποίες είναι: τα Εμπορικά Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου (Commercial CDN) και τα Ακαδημαϊκά Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου (Academic CDN) [2]. Η διαφορά τους έγκειται στην αρχιτεκτονική που χρησιμοποιούν για να διανείμουν το περιεχόμενο. Τα εμπορικά δίκτυα χρησιμοποιούν αρχιτεκτονική πελάτη – εξυπηρετητή, δηλαδή κάθε φορά που υπάρχει επικοινωνία στο δίκτυο, ο πελάτης αιτείται μία υπηρεσία από το δίκτυο και ο εξυπηρετητής παρέχει την υπηρεσία αυτή στο χρήστη [12]. Αντίθετα, τα ακαδημαϊκά δίκτυα, χρησιμοποιούν αρχιτεκτονική Peer-to-Peer (P2P). Η αρχιτεκτονική αυτή, αποτελείται από διασυνδεδεμένους κόμβους οι οποίοι επικοινωνούν και ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους [13]. Με αυτό το τρόπο, παρέχουν κοινούς πόρους (δεδομένα) σε όλους τους χρήστες του δικτύου.

3.1 Εμπορικά Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου (Commercial CDN)

Τα περισσότερα δίκτυα διανομής περιεχομένου που λειτουργούν αυτή τη στιγμή, έχουν αναπτυχθεί από επιχειρήσεις. Ο σχεδιασμός αυτών των δικτύων βασίζεται στην αρχιτεκτονική πελάτη – εξυπηρετητή. Οι πιο επιτυχημένες επιχειρήσεις που προσφέρουν υπηρεσίες CDN είναι:

- *Accellion*: η εταιρεία αυτή εξυπηρετεί πελάτες της βιομηχανίας, καθώς οι υπηρεσίες που παρέχει βασίζονται σε μια τεχνολογία που είναι αρμόδια για αποθήκευση και μετάδοση δεδομένων σε επιχειρησιακές εφαρμογές. Διαχειρίζονται μεγάλο όγκο δεδομένων και πολλούς τύπους δεδομένων, ενώ χρησιμοποιεί πολλά πρωτόκολλα μεταφοράς [6].
- *Akamai Technologies*: κατέχει το 85% της αγοράς και διαχειρίζεται το 20% της συνολικής κίνησης του διαδικτύου. Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι cdn και live streaming [14, 15]. Λόγω της υποδομής της, τα αιτήματα που εξυπηρετεί κατευθύνονται στο πλησιέστερο διακομιστή, ενώ παρέχει αυτόματο έλεγχο του δικτύου. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η τεχνολογία Akamai παρακολουθεί ολόκληρο το σύστημα και ανιχνεύει «προβληματικά» δεδομένα [6].

- AppStream: η εταιρεία αυτή παρέχει λύσεις σε προβλήματα που αφορούν την διανομή λογισμικού, την άδεια για τη διαχείριση του λογισμικού, την απομακρυσμένη πρόσβαση του λογισμικού και τέλος, την «εικονική» διανομή εικόνας [6].
- *Edge Stream*: προσφέρει υπηρεσίες όπως video streaming, δικτυακή τηλεόραση, εφαρμογές και video on demand [15, 16]. Παρέχει τη δυνατότητα μέτρησης της ποιότητας σύνδεσης του δικτύου και την επίδειξη της απόδοσής του στους πελάτες της [6].
- Globix: παρέχει υπηρεσίες υποδομής και υπηρεσιών δικτύου στο Διαδίκτυο καθώς και μια ολοκληρωμένη «σουίτα» υπηρεσιών για τη διαχείριση εφαρμογών Web, βάσεων δεδομένων, ασφάλειας και streaming πολυμέσων [6].
- *Limelight Networks*: Διαθέτει διακομιστές σε 72 χώρες, ενώ προσφέρει στους χρήστες του video on demand, ζωντανή μετάδοση video, μουσικής, παιχνιδιών και λήψης [15, 16]. Επίσης, η παράδοση, η απόδοση και η ροή των περιεχομένων των δεδομένων είναι υψηλή και γρήγορη [6].
- *Mirror Image*: Διαθέτει διακομιστές σε 22 χώρες και προσφέρει υπηρεσίες προβολής περιεχομένων, υπηρεσίες πληροφορικής, μετάδοση δεδομένων και υπηρεσίες αναφοράς [15, 17]. Τέλος, παρέχει σε πραγματικό χρόνο παρακολούθηση και αναφοράς στους χρήστες, με τη βοήθεια μιας κονσόλας [6].
- *Nelti*: διαθέτει διακομιστές σε 13 πόλεις σε όλο το κόσμο και παρέχει βελτιστοποίηση στην παροχή εφαρμογών και περιεχομένου web. Εξασφαλίζει σύντομο χρόνο απόκρισης, βελτιωμένη ορατότητα και έλεγχο των εφαρμογών μέσω του Διαδικτύου [6].
- SyncCast: προσφέρει στους χρήστες λύσεις που αφορούν την ανάπτυξη εφαρμογών, την φιλοξενία ιστοσελίδων και τη συνδεσιμότητα στο Διαδίκτυο. Επίσης, παρέχει λύσεις για την παροχή ψηφιακού περιεχομένου και σχετικών δεδομένων μέσω του Διαδικτύου [6].

3.2 Ακαδημαϊκά Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου (Academic CDN)

Τα ακαδημαϊκά CDN, είναι αποτελεσματικά κυρίως για στατικό περιεχόμενο και όχι για δυναμικό περιεχόμενο. Και αυτό γιατί δεν μπορούν να αποθηκεύονται συνεχώς καινούρια δεδομένα σε προσωρινές μνήμες, όπως είναι τα δυναμικά περιεχόμενα. Τα τρία πιο αντιπροσωπευτικά ακαδημαϊκά CDN είναι τα ακόλουθα:

- *CoDeeN*: διανέμει μεγάλα αρχεία δεδομένων, πραγματοποιεί γρήγορη αναζήτηση, ενώ αποτελεί μία γρήγορη υπηρεσία παροχής δεδομένων [15, 18].
- *COMODIN*: παρέχει υπηρεσίες πολυμέσων μέσω streaming [6]
- *Coral*: παρέχει αντιγραφή των δεδομένων, λαμβάνοντας υπόψη την δημοτικότητα του περιεχομένου [19].
- *Globule*: παρέχει αντιγραφή περιεχομένου, παρακολούθηση των servers και ανακατεύθυνση των αιτημάτων σε διαθέσιμα αντίγραφα [15, 20].

3.3 Συνοπτικοί Πίνακες των CDNs στην αγορά

Προκειμένου να υπάρχει μία ευκολία εύρεσης των CDNs που υπάρχουν αυτή τη χρονική στιγμή στην αγορά, παρουσιάζονται παρακάτω δύο συνοπτικοί πίνακες με τις δύο κατηγορίες των CDNs. Στους πίνακες εμφανίζονται τα ονόματα των CDNs, οι υπηρεσίες που προσφέρουν καθώς και την κάλυψη που παρέχουν [6, 15].

Όνομα cdn	Τύπου υπηρεσία	Κάλυψη
Accellion	Παρέχει μεγάλα αρχεία προς παράδοση	Βιομηχανίες, Εταιρείες, Νοσοκομεία, Υπηρεσίες
Akamai	Παρέχει υπηρεσίες cdn και streaming	Καλύπτει το 20% του διαδικτύου και το 85% της αγοράς
AppStream	Παρέχει ενεργοποίηση λογισμικών και άδεια χρήσης εργαλείων διαχείρισης για επιχειρήσεις	Μικρές επιχειρήσεις, κυβέρνηση

EdgeStream	Παρέχει video streaming εφαρμογές	Σε όλο το κόσμο με συνδέσεις ADSL
Globix	Παρέχει ίντερνετ και υπηρεσίες δικτύου	Έχει περισσότερους από 1200 πελάτες
Limelight Networks	Παρέχει κατόπιν ζήτησης μουσική, βίντεο και παιχνίδια προς κατέβασμα	Διακομιστές σε 72 τοποθεσίες σε όλο το κόσμο
Mirror Image	Παρέχει streaming media, web computing , διανομή περιεχομένων και υπηρεσίες αναφοράς	Διακομιστές σε 22 τοποθεσίες σε όλο το κόσμο
Netli	Παρέχει επιχειρηματικές δραστηριότητες	Συγκρότημα υπολογιστών σε 13 πόλεις σε όλο το κόσμο
SyncCast	Παρέχει λύσεις για την παράδοση ψηφιακού περιεχομένου και μέσων του διαδικτύου	Καλύπτει κινηματογραφικές εταιρείες, μουσικές βιομηχανίες και λιανοπωλητές

Πίνακας 1: Συνοπτικός πίνακας των εμπορικών δικτύων διανομής περιεχομένου

Όνομα cdn	Τύπου υπηρεσία	Κάλυψη
CoDeeN	Παρέχει προσωρινή αποθήκευση των δεδομένων και ανακατεύθυνση των αιτημάτων HTTP	Ακαδημαϊκή παροχή υπηρεσιών
COMODIN	Παρέχει υπηρεσίες αναπαραγωγής πολυμέσων	Ακαδημαϊκή υπηρεσία αναπαραγωγής πολυμέσων
Coral	Παρέχει αναπαράσταση των δημοφιλέστερων δεδομένων	Δωρεάν δίκτυο με μεγάλη κλίμακα εξυπηρετητών και μεγάλο πλήθος διακομιστών
Globule	Παρέχει αναπαραγωγή των περιεχομένων, παρακολούθηση των διακομιστών και ανακατεύθυνση στα αντίγραφα του χρήστη	Συνεργατικό cdn – ανοιχτό δίκτυο

Πίνακας 2: Συνοπτικός πίνακας των ακαδημαϊκών δικτύων διανομής περιεχομένου

3.4 Σύγκριση: Εμπορικά – Ακαδημαϊκά Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου

Τα εμπορικά CDN δαπανούν μεγάλα κόστη στις υποδομές δικτύου προσπαθώντας να πετύχουν καλύτερη απόδοση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να υπάρχει μεγάλο κόστος στην παροχή υπηρεσιών προς τους χρήστες και μόνο οι επιχειρησιακοί πελάτες έχουν τη δυνατότητα χρήσης των υπηρεσιών. Αντίθετα, τα ακαδημαϊκά CDN δεν διαθέτουν δίκτυο σε όλο το κόσμο και γι' αυτό το λόγο η απόδοση του δικτύου εξαρτάται από τους συμμετέχοντες [2].

Οι δύο κατηγορίες δικτύων διανομής προσφέρουν διάφορα οφέλη και γι' αυτό το λόγο, έγινε προσπάθεια να συνδυαστούν οι δύο τύποι αρχιτεκτονικής. Η ενοποίηση των δύο αυτών δικτύων, πήρε την ονομασία: Κατανεμημένα Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου (Distributed Content Delivery Networks - DCDN). Ο λόγος που υλοποιήθηκε αυτή η συνένωση ήταν το υψηλό κόστος στις υποδομές του δικτύου και των εξυπηρετητών, και κατά συνέπεια επέφερε μεγάλο κόστος και στις υπηρεσίες προς τους χρήστες. Το νέο αυτό δίκτυο, μειώνει το κόστος και αυξάνει την επεκτασιμότητα, κάνοντας κοινή χρήση πόρων από τους χρήστες.

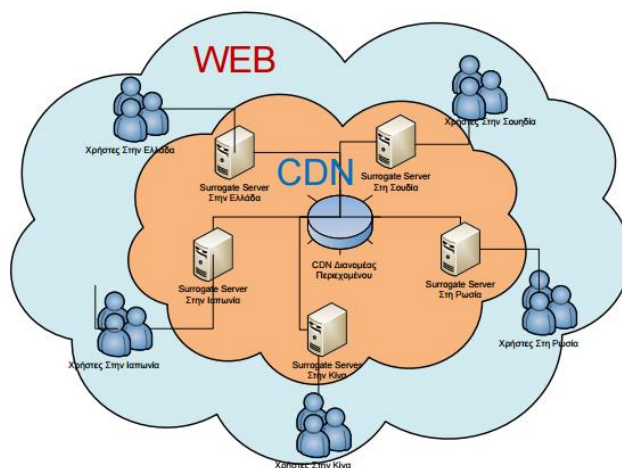
4. Αρχιτεκτονική Δικτύων Διανομής Περιεχομένου

4.1 Η αρχιτεκτονική των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου

Τα CDNs είναι ιδιωτικά δίκτυα τα οποία αποτελούνται από ένα σύνολο συνεργαζόμενων γεωγραφικά κατανεμημένων κόμβων. Σύμφωνα με διάφορες μελέτες, το συνολικό κέρδος από τα CDNs υπολογίζεται σε αρκετές δεκάδες δισεκατομμύρια δολάρια και ο αριθμός των εταιριών που χρησιμοποιούν CDN σε αρκετές χιλιάδες [21].

Η βασική δομή ενός CDN, παρουσιάζεται παρακάτω (βλ: Εικόνα 4.1: Η βασική δομή ενός CDN):

- **Βοηθός εξυπηρετητής:** Σ' ένα CDN περιλαμβάνονται πολλοί εξυπηρετητές, οι οποίοι κατανέμονται σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Σκοπός των εξυπηρετητών, είναι να συνεργαστούν με άλλους εξυπηρετητές ή κόμβους, ώστε να ενημερώνουν το περιεχόμενό τους και να ικανοποιούν τα αιτήματα των χρηστών.
- **Κόμβοι ανακατεύθυνσης αιτήσεων των χρηστών:** Οι χρήστες όταν ζητούν περιεχόμενο από μία ιστοσελίδα ανακατευθύνονται στον πιο κατάλληλο βοηθό εξυπηρετητή με βάση κάποια κριτήρια (π.χ. απόσταση μεταξύ χρήστη και βοηθό εξυπηρετητή).
- **Μηχανισμός καταγραφής:** αποτελεί έναν μηχανισμό που είναι αρμόδιος για την αποθήκευση στατιστικών, όσο αναφορά την κίνηση των χρηστών και την απόδοση του συστήματος. Τα δεδομένα αυτά, αξιοποιούνται για την βελτίωση του CDN και της ποιότητας υπηρεσιών που παρέχεται στους χρήστες [21].



Εικόνα 4.1: Η βασική δομή ενός CDN

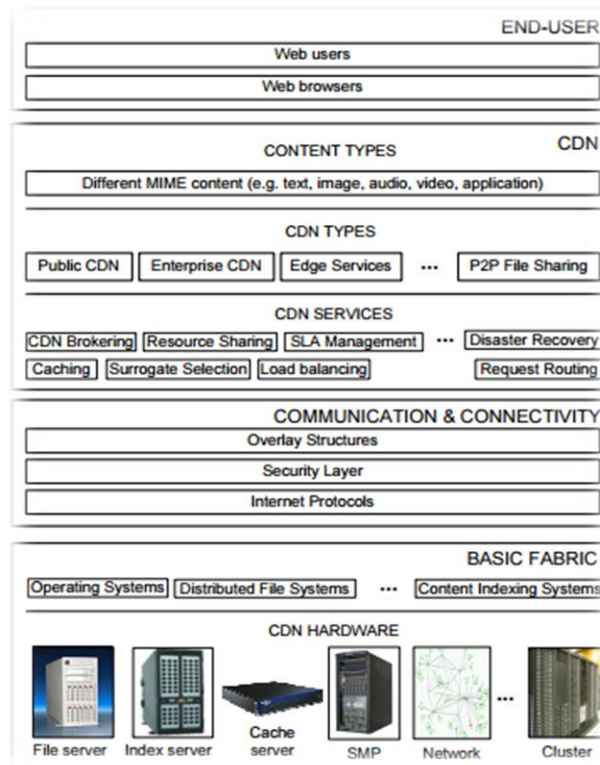
Η βασική λειτουργία της αρχιτεκτονικής των CDNς ξεκινάει με το αίτημα του διακομιστή προέλευσης για την κατανομή και τον διαμοιρασμό των δεδομένων, προς το σύστημα δρομολόγησης. Στη συνέχεια ο διακομιστής προέλευσης, γνωστοποιεί στο σύστημα διανομής το περιεχόμενο που θα πρέπει να μεταφερθεί και εφόσον λάβει το περιεχόμενο, επικοινωνεί με το σύστημα δρομολόγησης. Στο σημείο αυτό επιλέγεται ο κατάλληλος εξυπηρετητής ώστε να ικανοποιηθεί το αίτημα και να μεταφερθεί στον αντιγραφέα εξυπηρετητή. Μόλις ο πελάτης ζητήσει κάποιο αρχείο από τον διακομιστή προέλευσης, τότε το σύστημα δρομολόγησης στέλνει το αίτημα στον κατάλληλο εξυπηρετητή που διαθέτει το αντίγραφο και στέλνει πληροφορίες στο λογιστικό σύστημα. Η λειτουργία του λογιστικού συστήματος, είναι η επεξεργασία των πληροφοριών που λαμβάνει από το σύστημα δρομολόγησης και η αντιγραφή του περιεχομένου των δεδομένων, ώστε να είναι προς χρήση στο σύστημα δρομολόγησης.

4.2 Τα επίπεδα αρχιτεκτονικής των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου

Η αρχιτεκτονική των CDN δομείται με βάση τα ακόλουθα τέσσερα επίπεδα (βλ. Εικόνα 4.2: Τα επίπεδα αρχιτεκτονικής των CDN)

- Επίπεδο Βασικής Υποδομής (Basic Fabric)
- Επίπεδο Επικοινωνίας και Σύνδεσης (Communication and Connectivity)

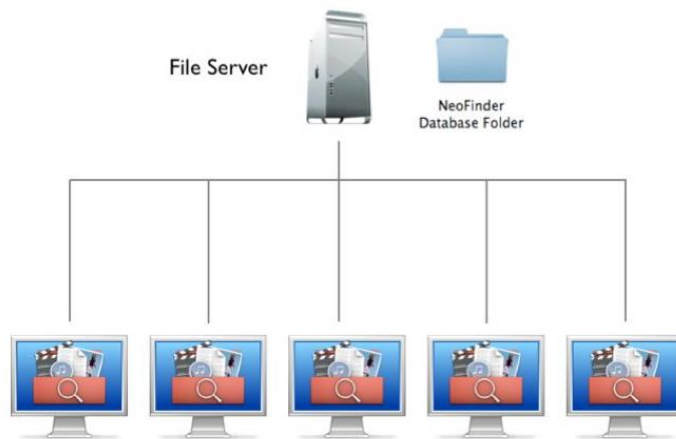
- Επίπεδο Δικτύου Διανομής Περιεχομένου (CDN)
- Επίπεδο Τελικού Χρήστη (End-User)



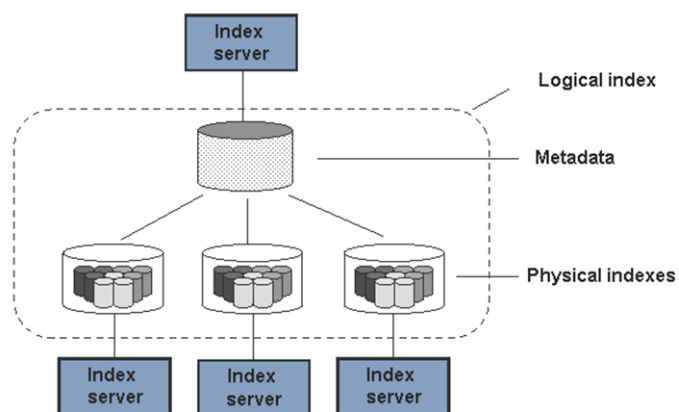
Εικόνα 4.2: Τα επίπεδα αρχιτεκτονικής των CDN

Πιο αναλυτικά:

- **Επίπεδο Βασικής Υποδομής (Basic Fabric):** Είναι το χαμηλότερο επίπεδο των CDN και αποτελείται από υπολογιστικούς πόρους που εξασφαλίζουν την λειτουργία του CDN. Περιλαμβάνει όλο το υλικό μέρος όπως είναι: ο διακομιστής αρχείου (βλ: Εικόνα 4.3: Διακομιστής αρχείων (SMP)), τα συμπλέγματα, οι διακομιστές ευρετηρίου (βλ: Εικόνα 4.4: Διακομιστής ευρετηρίου) και τη βασική υποδομή σε επίπεδο δικτύου, συνδεδεμένο με υψηλό εύρος ζώνης. Οι πόροι αυτοί, θέτουν το λογισμικό σύστημα σε λειτουργία το οποίο περιλαμβάνει: τα λειτουργικά συστήματα, καθώς και κατανομημένα συστήματα διαχείρισης [2].



Εικόνα 4.3: Διακομιστής αρχείων (SMP)



Εικόνα 4.4: Διακομιστής ευρετηρίου

- **Επίπεδο Επικοινωνίας και Σύνδεσης (Communication and Connectivity):** Το επίπεδο αυτό αναλαμβάνει την επικοινωνία και τη σύνδεση μεταξύ των υπολογιστικών πόρων, χρησιμοποιώντας τα πρωτόκολλα διαδικτύου: TCP/UDP, FTP [2].

- **Επίπεδο Δικτύου Διανομής Περιεχομένου (CDN):** Το επίπεδο αυτό περιλαμβάνει όλες τις βασικές λειτουργίες ενός CDN και κατηγοριοποιείται σε τρία επιμέρους υπό-επίπεδα:

- στις υπηρεσίες: όπως είναι η ανταλλαγή πόρων, η προσωρινή αποθήκευση, τα αιτήματα και η δρομολόγηση, υπηρεσίες διαχείρισης

- στους τύπους: που μπορεί να είναι σε επιχειρησιακό επίπεδο ή σε δημόσιο επίπεδο
- στους τύπους του μεταδιδόμενου περιεχομένου: όπως είναι το κείμενο, ο ήχος, η εικόνα, το βίντεο [2].

• **Επίπεδο Τελικού Χρήστη (End-User):** Στο τελευταίο επίπεδο βρίσκονται οι τελικοί χρήστες που απολαμβάνουν την ποιότητα της υπηρεσίας που παρέχουν τα CDN μέσω του φυλλομετρητή τους [6].

4.3 Παράγοντες ταξινόμησης των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου

Τα δίκτυα διανομής περιεχομένου, ταξινομούνται με βάση τέσσερις παράγοντες:

- τη σύνθεση του CDN: δηλαδή τους διάφορους μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται για την ανακατεύθυνση των αιτημάτων των πελατών στους διακομιστές. Η σύνθεσή του εξαρτάται από πέντε κυρίως χαρακτηριστικά: την οργάνωση, τους διακομιστές, τις σχέσεις επικοινωνίας, τα πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης και τον τύπο του περιεχομένου [6].
- τη διαχείριση και διανομή του περιεχομένου: δηλαδή στην κατάλληλη τοποθέτηση των διακομιστών, στην παράδοση του περιεχομένου, στην ανάθεση του περιεχομένου και στην οργάνωση της κρυφής μνήμης.
- τη δρομολόγηση των αιτήσεων: όπου είναι υπεύθυνη για να κατευθύνει τα αιτήματα των πελατών στον κοντινότερο δυνατόν διακομιστή. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η δρομολόγηση των αιτήσεων εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την επιλογή του περιεχομένου και τις τεχνικές διανομής.
- τον υπολογισμό των επιδόσεων: είναι υπεύθυνος για να μελετά την απόδοση του δικτύου και την ικανότητά του να εξυπηρετεί το χρήστη με το επιθυμητό περιεχόμενο [6].

5. Η τοποθεσία των εξυπηρετητών

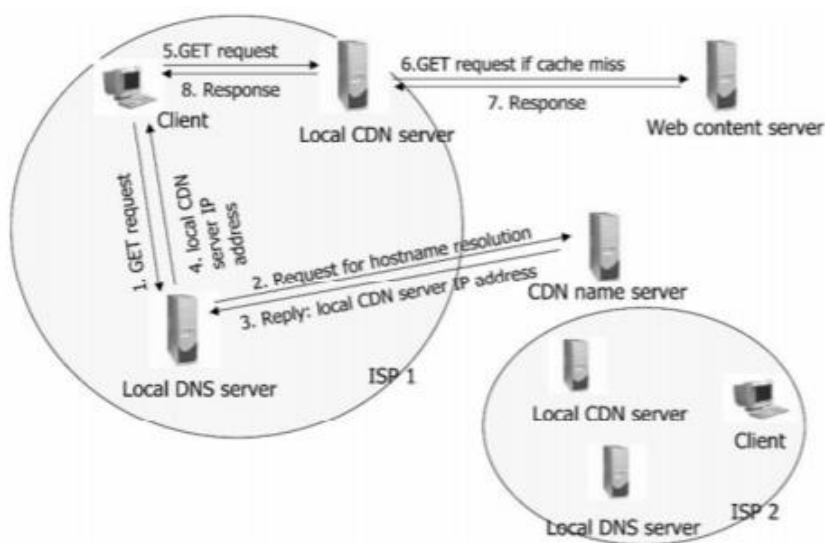
Η σωστή τοποθέτηση των εξυπηρετητών σε διάφορα γεωγραφικά σημεία βελτιώνει σε μεγάλο ποσοστό την απόδοση ενός CDN. Όσους περισσότερους τοπικούς εξυπηρετητές διαθέτει ο διανομέας περιεχομένου, τόσο αυξάνονται και οι πιθανότητες να εντοπιστεί κάποιος τοπικός εξυπηρετητής που να περιέχει το περιεχόμενο που ζητάει ο χρήστης. Αυτό αποτελεί ένα στοιχείο που βοηθά την απόδοση, όμως δεν είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί. Για το λόγο αυτό, η σωστή θέση των εξυπηρετητών αποτελεί σημαντικό στοιχείο για να αντικαταστήσει το μεγάλο πλήθος τοπικών εξυπηρετητών.

Το πρόβλημα της σωστής τοποθέτησης των εξυπηρετητών, έχει περιγραφεί με τον ακόλουθο τρόπο. Έστω N θέσεις σε ένα δίκτυο για την τοποθέτηση εξυπηρετητών ενός CDN. Από αυτές τις θέσεις, θα πρέπει να επιλεγθούν K θέσεις ώστε το K να είναι κατά πολύ μικρότερο του N . Το πρόβλημα αυτό χαρακτηρίζεται ως “NP Complete”, δηλαδή ως πρόβλημα απόφασης του οποίου η λύση «ναι» εξακριβώνεται πολυωνυμικά. Επειδή όμως δεν έχει βρεθεί κάποιος αποτελεσματικός πολυωνυμικός αλγόριθμος, χρησιμοποιούνται εμπειρικές ευριστικές προσεγγίσεις [2].

6. Επικοινωνία εξυπηρετητών

Οι επικοινωνίες μεταξύ των εξυπηρετητών σε ένα CDN χωρίζονται στις κατηγορίες: Uncooperative pull-based, Cooperative pull-based, Uncooperative push-based και Cooperative push-based. Πιο αναλυτικά:

Uncooperative pull-based: Στην κατηγορία αυτή οι αιτήσεις των χρηστών κατευθύνονται στο πιο κοντινό εξυπηρετητή από πλευράς γεωγραφικής απόστασης ή ποσότητας φορτίου. Με αυτό το τρόπο δεν επιλέγεται σε όλες τις περιπτώσεις ο βέλτιστος εξυπηρετητής για την αποστολή του περιεχομένου και γίνεται αντιληπτό ότι το περιεχόμενο αντιγράφεται πολλές φορές σε διαφορετικούς εξυπηρετητές. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από τους πιο δημοφιλείς παρόχους όπως είναι η Akamai [2] (βλ: Εικόνα 6.1: Uncooperative pull-based Αρχιτεκτονική).



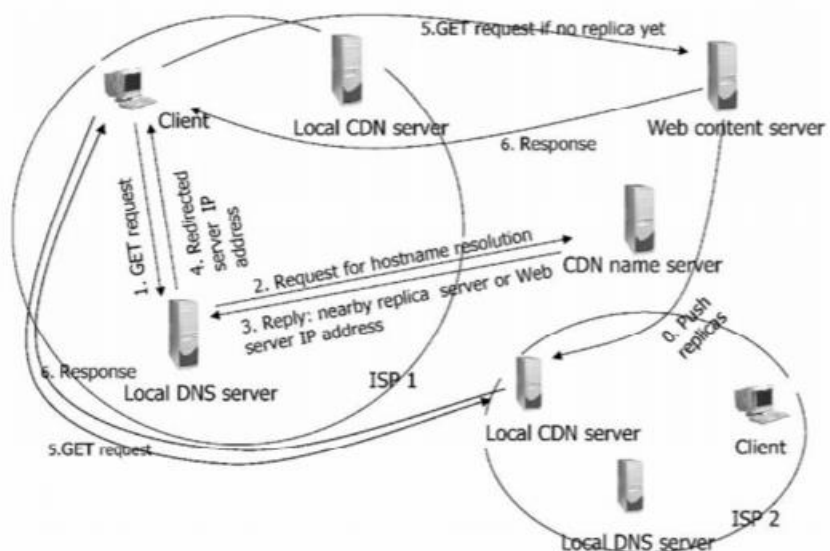
Εικόνα 6.1: Uncooperative pull-based Αρχιτεκτονική

Cooperative pull-based: Σε αυτή την κατηγορία οι αιτήσεις των χρηστών κατευθύνονται μέσω ανακατεύθυνσης DNS στον πιο κοντινό αντιπρόσωπο εξυπηρετητή. Κύριο χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι ότι η συνεργασία

των εξυπηρετητών σε περίπτωση αστοχίας. Με τη χρήση των καταναμημένων ευρετηρίων, οι εξυπηρετητές εντοπίζουν κοντινά αντίγραφα [2].

Uncooperative push-based: Η κατηγορία αυτή κινείται από τον πηγαίο εξυπηρετητή προς τους εξυπηρετητές του CDN. Οι αιτήσεις εξυπηρετούνται είτε από τον τοπικό εξυπηρετητή του CDN, είτε από τον πηγαίο εξυπηρετητή. Όμως ποτέ δεν εξυπηρετούνται από κοντινό εξυπηρετητή του CDN, διότι δεν γνωρίζει το περιεχόμενο των υπόλοιπων εξυπηρετητών και για το λόγο αυτό η κατηγορία αυτή δεν έχει μεγάλη προσαρμοστικότητα [2].

Cooperative push-based: Στην κατηγορία αυτή το περιεχόμενο κινείται από τον πηγαίο εξυπηρετητή στους εξυπηρετητές του CDN. Όταν σταλεί αίτημα για κάποιο περιεχόμενο, εάν ο εξυπηρετητής το έχει αποθηκευμένο στην μνήμη το αποστέλλει, διαφορετικά το διαβιβάζει στον αμέσως επόμενο εξυπηρετητή. Στην περίπτωση όμως που το περιεχόμενο δεν έχει αποθηκευτεί, τότε το αίτημα εξυπηρετείται από τον πηγαίο εξυπηρετητή [2] (βλ: Εικόνα 6.2: Cooperative push-based Αρχιτεκτονική).



Εικόνα 6.2: Cooperative push-based Αρχιτεκτονική

6.1 Σύγκριση πολιτικών επικοινωνίας εξυπηρετητών

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται ορισμένα χαρακτηριστικά των πολιτικών επικοινωνίας των εξυπηρετητών. Τα χαρακτηριστικά που καταγράφονται είναι: η αποκοπή αναπαραγωγής, το κόστος επικοινωνίας, το κόστος ενημέρωσης και η χρονική συνοχή. Παρατηρείται ότι και οι δύο πολιτικές uncooperative έχουν υψηλή αποκοπή αναπαραγωγής σε αντίθεση με τις uncooperative πολιτικές. Επίσης, υψηλό κόστος επικοινωνίας έχουν οι πολιτικές uncooperative pull και cooperative pull, ενώ μέτριο κόστος έχει η cooperative push πολιτική και χαμηλό κόστος η uncooperative push πολιτική. Επιπλέον, το κόστος ενημέρωσης παρατηρείται υψηλό μόνο στην uncooperative pull πολιτική, χαμηλό στην cooperative push και μέτριο στις υπόλοιπες δύο πολιτικές επικοινωνίας. Τέλος, η χρονική συνοχή είναι μέτρια στις cooperative pull και uncooperative push, χαμηλή στη uncooperative pull και υψηλή στην cooperative push πολιτική επικοινωνίας (βλ: Πίνακας 6: Σύγκριση πολιτικών επικοινωνίας εξυπηρετητών) [2].

Content outsourcing policies	Replication redundancy	Communication cost	Update cost	Temporal coherency
Uncooperative pull	High	High	High	Low
Cooperative pull	Low	High	Medium	Medium
Uncooperative push	High	Low	Medium	Medium
Cooperative push	Low	Medium	Low	High

Πίνακας 6: Σύγκριση πολιτικών επικοινωνίας εξυπηρετητών

Σε αντίθεση με τις pull based πολιτικές επικοινωνίας οι οποίες περιμένουν οι πελάτες να ζητήσουν το περιεχόμενο, στις push based πολιτικές επικοινωνίας, το περιεχόμενο προωθείται στις βοηθητικές μνήμες των αντιπρόσωπων εξυπηρετητών, αναμένοντας για μείωση της καθυστέρησης. Συνήθως οι pull based αρχιτεκτονικές

χρησιμοποιούνται για δυναμικό περιεχόμενο, ενώ οι push based για στατικό περιεχόμενο [2].

7. Κατανεμημένα Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου

Τα Κατανεμημένα Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου (DCDN-Distributed Content Delivery Networks) βασίζεται στις αρχιτεκτονικές που χρησιμοποιούνται από μεγάλους παρόχους περιεχομένου, ενσωματώνοντας και τους τελικούς χρήστες στον διαμερισμό των πόρων. Το DCDN έχει ως σκοπό την μείωση του κόστους και την αύξηση της επεκτασιμότητάς του χρησιμοποιώντας πόρους όπως: την χωρητικότητα αποθήκευσης, την ισχύ επεξεργασίας, το εύρος ζώνης.

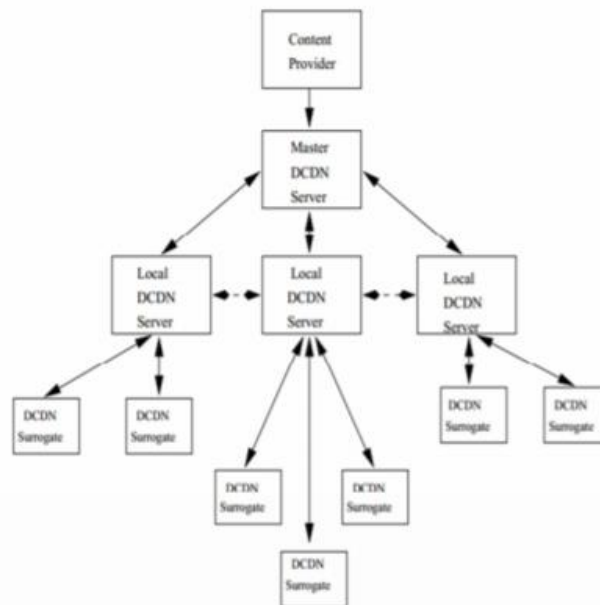
7.1 Υποσυστήματα

Τα βασικά υποσυστήματα που συνθέτουν ένα DCDN είναι:

- Ο πάροχος περιεχομένου: είναι το υποσύστημα που παρέχει το περιεχόμενο και παράλληλα αποτελεί και τον κάτοχό του.
- Ο διανομέας περιεχομένου: Στο υποσύστημα αυτό, εξυπηρετούνται όλα τα αιτήματα για την διανομή του περιεχομένου. Ο πάροχος περιεχομένου διαθέτει ένα κέντρο διαχείρισης λειτουργίας, το οποίο είναι υπεύθυνο για την τήρηση των Συμφωνιών Παροχής Υπηρεσιών που έχουν συναφθεί με τους πελάτες, ενώ παράλληλα παράγει και διαμοιράζει στατιστικές αναφορές προς τους πελάτες.
- Οι εξυπηρετητές DCDN: Αυτοί οι εξυπηρετητές αποτελούν τα σημεία ανακατεύθυνσης και έχουν γνώση μόνο για την θέση του περιεχομένου. Δεν αποθηκεύεται περιεχόμενο και λειτουργούν σαν ένα ρυθμιστικό σύστημα που βοηθά να προωθηθεί το περιεχόμενο από τους προμηθευτές περιεχομένου στους αντιπρόσωπους εξυπηρετητές. Οι DCDN εξυπηρετητές διακρίνονται σε master και local. Συγκεκριμένα, οι master DCDN εξυπηρετητές αποτελούν το πρώτο σημείο επαφής με τον πάροχο περιεχομένου, ενώ οι local DCDN εξυπηρετητές τοποθετούνται πιο κοντά στους τελικούς χρήστες έχοντας καλύτερη πληροφόρηση για τα περιεχόμενα [2].
- Οι εξυπηρετητές αντιπρόσωποι: είναι ένα μεγάλο πλήθος από web users που βρίσκονται στα άκρα του δικτύου. Κάθε user διαθέτει μία εσωτερική μνήμη, στην οποία αποθηκεύεται το περιεχόμενο που λαμβάνει από τον εξυπηρετητή περιεχομένου ή από κάποιον άλλον αντιπρόσωπο. Οι χρήστες αυτοί παρέχουν

πόρους όπως είναι το εύρος ζώνης, ισχύς επεξεργασίας και χωρητικότητα αποθήκευσης, με σκοπό την αποθήκευση του περιεχομένου ώστε να είναι διαθέσιμο. Στην περίπτωση που το περιεχόμενο που ζητάει ο πελάτης είναι στατικό και υπάρχει στον συγκεκριμένο αντιπρόσωπο θα εξυπηρετηθεί από την εσωτερική του μνήμη, διαφορετικά από κάποιον εξυπηρετητή περιεχομένου [2]

- Οι χρήστες DCDN: είναι ο τελικός χρήστης του περιεχομένου που μπορεί ταυτόχρονα να είναι και εξυπηρετητής αντιπρόσωπος (βλ: Εικόνα 7.1: Υποσύστημα καταναμημένων δικτύων διανομής περιεχομένου).



Εικόνα 7.1: Υποσύστημα καταναμημένων δικτύων διανομής περιεχομένου

7.2 Τρόπος διανομής περιεχομένου

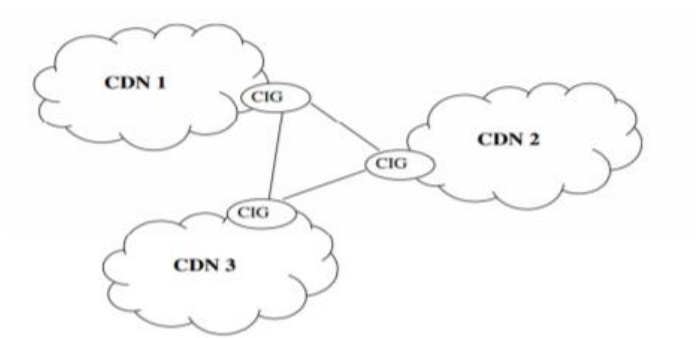
Ο βασικός στόχος του συστήματος είναι να τοποθετηθεί το περιεχόμενο όσο γίνεται πιο κοντά στους τελικούς χρήστες. Η λειτουργία και ο τρόπος διανομής του περιεχομένου στο καταναμημένο δίκτυο διανομής περιεχομένου αναλύονται παρακάτω:

- Αρχικά η διαδικασία ξεκινά με την υπογραφή του συμβολαίου μεταξύ του παρόχου περιεχομένου και του πελάτη.

- ii. Ο DNS εξυπηρετητής του πελάτη, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με τον εξυπηρετητή προέλευσης που διαθέτει το περιεχόμενο, αναθέτει τον URI χώρο του για τα αντικείμενα που θέλει να κατανεμηθούν στο δίκτυο διανομής.
- iii. Στη συνέχεια γίνεται φόρτωση το περιεχόμενο του πελάτη στο DCDN δίκτυο του παρόχου περιεχομένου. Αυτό μπορεί να γίνει είτε μέσω των master εξυπηρετητές είτε μέσω των local εξυπηρετητές.
- iv. Έπειτα το σύστημα διανομής μεταφέρει το περιεχόμενο στους αντιπρόσωπους εξυπηρετητές, ενώ παράλληλα ενημερώνεται το κέντρο διαχείρισης λειτουργίας
- v. Στη συνέχεια ο πελάτης ζητά αρχεία, όμως εξαιτίας της ανάθεσης του URI χώρου ονομάτων, η αίτηση κατευθύνεται στο σύστημα δρομολόγησης αιτήσεων.
- vi. Έπειτα το σύστημα δρομολόγησης αιτήσεων, κατευθύνει την αίτηση στον κατάλληλο αντιπρόσωπο που περιέχει το αντίγραφο στο δίκτυο διανομής.
- vii. Ο αντιπρόσωπος μεταφέρει το περιεχόμενο στον πελάτη, ενώ παράλληλα στέλνονται λογιστικές πληροφορίες για το περιεχόμενο στο λογιστικό σύστημα.
- viii. Τέλος, το λογιστικό σύστημα επεξεργάζεται και μετατρέπει τις λογιστικές πληροφορίες σε στατιστικά δεδομένα προς χρήση από τους πελάτες. Τα στατιστικά δεδομένα χρησιμοποιούνται επίσης ως ανατροφοδότηση και στο σύστημα δρομολόγησης αιτήσεων [2].

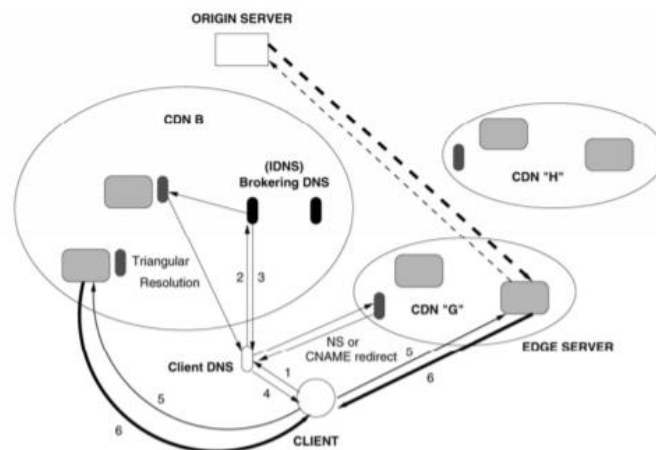
7.3 Μεσιτικά Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου

Θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο να αναφερθεί ότι πλέον για την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών δικτύων διανομής χρησιμοποιούνται τα μεσιτικά δίκτυα διανομής περιεχομένου (CDN Brokering). Η δυνατότητα των χρηστών ενός δικτύου διανομής να λαμβάνουν τις υπηρεσίες ενός άλλου δικτύου διανομής αυξάνει αποτελεσματικά την απόδοση και την επεκτασιμότητα των δικτύων διανομής. Ο διεθνής οργανισμός IETF το αναφέρει ως Διαδικτυωμένη Διανομή Περιεχομένου (CDI-Content Distribution Internetworking) και έχει την δυνατότητα να διασυνδέει διαφορετικά δίκτυα διανομής μέσω των CGI-Content Internetworking Gateways [2] (βλ: Εικόνα 7.2: Διαδικτυωμένη Διανομή Περιεχομένου).



Εικόνα 7.2: Διαδικτυωμένη διανομή περιεχομένου

Η επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών δικτύων διανομής βασίζεται στο διαδομένο πρωτόκολλο DNS και ονομάζεται Intelligent-DNS (βλ: Εικόνα 7.3: Ανακατεύθυνση IDNS).



Εικόνα 7.4: Ανακατεύθυνση IDNS

8. Δημιουργία CDN δικτύων

Το CDN είναι αρμόδιο για την φιλοξενία των περιεχομένων (πχ: εικόνες, πολυμέσα, στατικό περιεχόμενο κτλ.), αναπαράγοντας ένα αντίγραφο δεδομένων σε διάφορους κόμβους [22]. Προκειμένου να μπορεί ο οποιοσδήποτε χρήστης να φιλοξενεί περιεχόμενα-δεδομένα «προσωπικής χρήσης» σε ένα δίκτυο, δημιουργήθηκαν ελεύθερα λογισμικά με σκοπό την δημιουργία και τη χρήση CDNς από οποιοδήποτε χρήστη επιθυμεί την παροχή ενός δικτύου.

8.1 Ελεύθερα λογισμικά δημιουργίας CDN δικτύων

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν ορισμένα ελεύθερα λογισμικά που υπάρχουν στην αγορά για την δημιουργία CDN δικτύων. Η λίστα αυτών των δικτύων περιλαμβάνει τα ακόλουθα ελεύθερα λογισμικά:

- CoralICDN
- MirrorBrain
- CoDeeN
- Mediaport.net
- Firestarter Content Delivery System [22]

Πιο αναλυτικά, το λογισμικό CoralICDN λειτουργεί από το 2004 και είναι εξαπλωμένο παγκοσμίως. Σχεδιάστηκε από τον Michael Freedman και από το 2011 έχει 25-50 εκατομμύρια χρήστες [23]. Το CoralICDN αποφεύγει τα υψηλά φορτία σε μεμονωμένους κόμβους με τη χρήση ενός κατανεμημένου πίνακα κατακερματισμού (Distributed Hash Tables - DHT). Οι πίνακες αυτοί έχουν επίπεδη μη ιεραρχική δομή, για να εξασφαλίζεται μία ομοιόμορφη κατανομή της λειτουργικότητας και του φόρτου εργασίας των χρηστών. Χαρακτηριστικό των DHT είναι ότι ο κάθε κόμβος αντιστοιχεί σε ένα αναγνωριστικό το οποίο ονομάζεται «κλειδί» και το περιεχόμενο χαρακτηρίζεται από την «τιμή». Κατ' αυτό το τρόπο κάθε περιεχόμενο ξεχωρίζει από το συνδυασμό (κλειδί, τιμή). Η βασική ιδέα των DHT, είναι η αποθήκευση των περιεχομένων στους κόμβους με το ίδιο ή το πλησιέστερο αριθμητικά αναγνωριστικό της τιμής [2].

Οι DHTs, δημιουργούν συμπλέγματα από κόμβους που αντλούν πληροφορίες από τον άλλον για να αποφεύγουν την απομακρυσμένη επικοινωνία ή την επικοινωνία με φορτωμένους διακομιστές. Πιο αναλυτικά, οι κόμβοι του συμπλέγματος οι οποίοι απέχουν μεταξύ τους μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου, τοποθετούνται σε μία «λανθάνουσα κατάσταση» και κάθε φορά ο κόμβος με τον μικρότερο όγκο δεδομένων ανακτά και μεταδίδει το περιεχόμενο. Μόλις ο κόμβος αυτός υπερφορτωθεί, τότε σταματάει η πορεία του και αναλαμβάνει ο μικρότερος κόμβος (σε όγκο δεδομένων) την μεταφορά των περιεχομένων. Με αυτό το τρόπο ελαχιστοποιούνται τα υψηλά φορτία, αλλά μειώνεται η γνώση του συστήματος. Το CoralCDN χρησιμοποιεί peer-to-peer δίκτυο ώστε να διαμοιράζονται τα περιεχόμενα ισοδύναμα και να εντοπίζονται άμεσα σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου [23].

Το MirrorBrain είναι και αυτό ένα ελεύθερο λογισμικό για την εκτέλεση δικτύου παροχής περιεχομένου. Χρησιμοποιεί mirror server (διακομιστές «καθρέφτη»), δηλαδή διακομιστές που έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται και να επικοινωνούν μεταξύ τους, με κύριο χαρακτηριστικό την ομοιότητά τους, ενώ δέχεται πληθώρα αιτήματα για τη λήψη περιεχομένων από τους χρήστες. Τέλος, προκειμένου να υπάρξει σωστή επιλογή των διακομιστών και εξισορρόπηση στο δίκτυο, το MirrorBrain χρησιμοποιεί ως δεδομένα την τοπογραφία του δικτύου και τη γεωγραφική απόσταση των διακομιστών [24].

Επίσης, το CoDeeN κατατάσσεται στην κορυφή του PlanetLab από την ομάδα συστημάτων δικτύου του πανεπιστήμιο Princeton της Νιου Τζέρσεϋ. Παρέχει γρήγορη υπηρεσία παροχής περιεχομένου στους χρήστες και διαθέτει αρκετά εργαλεία παροχής υπηρεσιών. Προκειμένου να επωφεληθεί ο χρήστης από τις υπηρεσίες του, θα πρέπει να κάνει ορισμένες αλλαγές στη διαμόρφωση του διακομιστή. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η διαδικασία εγκατάστασης περιλαμβάνει αρκετά βήματα [18].

Ένα άλλο λογισμικό το οποίο δημιουργήθηκε για την παροχή δεδομένων στους χρήστες είναι το mediaport.net. Είναι ένα συνεργατικό δίκτυο CDN και χρησιμοποιεί ομότιμη σύνδεση (Peer-2-Peer) για την φιλοξενία ιστοσελίδων και διαφόρων ευρωπαϊκών πολιτιστικών οντοτήτων [25]. Τέλος, το Firestarter Content Delivery System, αποτελεί ένα λογισμικό με πολλαπλές πλατφόρμες για την παράδοση των περιεχομένων. Διανέμει κατά κύριο λόγο παιχνίδια, αλλά και οτιδήποτε φιλοξενεί ο διακομιστής όπως είναι το βίντεο, τα αρχεία πολυμέσων, τα ηχητικά αρχεία κτλ.

8.2 Σύγκριση ελεύθερων λογισμικών

Στην προηγούμενη υποενότητα, παρουσιάστηκαν ορισμένα ελεύθερα λογισμικά για τη δημιουργία CDN δικτύων. Το CoraICDN, είναι ένα λογισμικό που διαμοιράζεται ισοδύναμα τα περιεχόμενα του δικτύου, ενώ προσπαθεί να αποφύγει την απομακρυσμένη επικοινωνία με υπερφορτωμένους διακομιστές. Αντίθετα, το λογισμικό MirrorBrain προκειμένου να εξισορροπεί τα περιεχόμενα του δικτύου χρησιμοποιεί τη γεωγραφική απόσταση των διακομιστών ως κριτήριο επικοινωνίας. Ως πρώτη προτεραιότητα στην επικοινωνία, επιλέγει πάντα τον κοντινότερο διακομιστή. Το CoDeeN λογισμικό, έχει ως κύριο χαρακτηριστικό την γρήγορη παροχή περιεχομένων στους χρήστες και πληθώρα εργαλεία προς χρήση. Κύριο μειονέκτημα του λογισμικού αυτού, είναι ότι ο χρήστης θα πρέπει να διαμορφώσει τον διακομιστή και να ακολουθήσει αρκετά βήματα για την εγκατάσταση του λογισμικού. Από την άλλη μεριά, το λογισμικό mediaport.net φιλοξενεί ιστοσελίδες και προβάλλει ευρωπαϊκά πολιτιστικά περιεχόμενα. Τέλος, το Firestarter Content Delivery System, είναι ένα λογισμικό που διανέμει κατά κύριο λόγο παιχνίδια και ορισμένες φορές οποιοδήποτε αρχείο εμπεριέχεται στο διακομιστή προς αποστολή στο χρήστη.

Τα πέντε λογισμικά που παρουσιάστηκαν, σχεδιάστηκαν για τη δημιουργία δικτύων CDNs από τους χρήστες. Το καθένα, έχει τα δικά του χαρακτηριστικά και τη δική του χρησιμότητα και για το λόγο αυτό ο χρήστης θα πρέπει να γνωρίζει το λόγο για τον οποίο επιθυμεί τη δημιουργία του δικού του δικτύου CDN και τι περιεχόμενο επιθυμεί να μεταφέρει.

8.3 Εταιρείες παροχής υπηρεσιών Δικτύων Διανομής Περιεχομένων

Μία από τις εταιρείες που παρέχουν τις υπηρεσίες των CDN είναι η Cisco με το πακέτο «Cisco Content Delivery Network». Αυτό το πακέτο περιλαμβάνει μία συλλογή από συσκευές και ένα λογισμικό, προκειμένου να διανέμει τα περιεχόμενα. Το Cisco CDN διανέμει τα δεδομένα με μεγάλη ταχύτητα, κάνοντας χρήση μνημών ταχείας λειτουργίας, ώστε να εξασφαλίσει καλύτερη πρόσβαση στα περιεχόμενα και μικρότερο φόρτο στο web server. Το πακέτο αυτό περιλαμβάνει τις ακόλουθες συσκευές Cisco: τον διαχειριστή διανομής περιεχομένου, τον δρομολογητή

περιεχομένου, τις μηχανές περιεχομένου, τον μεταγωγέα υπηρεσιών περιεχομένου και ένα switch [26].

Επίσης η Nortel, προσφέρει μια σειρά προϊόντων για τη διαχείριση και διανομή περιεχομένων, την παροχή υψηλής απόδοσης live and on-demand streaming media. Συγκεκριμένα, η Nortel Networks Alton Content Cache είναι μια streaming πλατφόρμα, που είναι διαθέσιμη σε πέντε μοντέλα, παρέχοντας μια σειρά εφαρμογών στους χρήστες. Χαρακτηριστικό της πλατφόρμας, είναι ότι βελτιώνει την απόδοση της εφαρμογής καταχωρίζοντας το πιο συχνό περιεχόμενο προς ζήτηση, το οποίο όμως βρίσκεται πιο κοντά στο χρήστη [26].

Επιπλέον, η Internap προσφέρει υπηρεσίες διανομής περιεχομένου για στατικό και δυναμικό περιεχόμενο από streaming media και κρυπτογραφημένα στοιχεία. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας το παγκόσμιο δίκτυο των caching servers για την μεταφορά περιεχομένου από τις περιοχές προέλευσης προς τους caching servers του διαδικτύου προκειμένου να υπάρξει ταχύτερη πρόσβαση [26].

Μία άλλη εταιρεία είναι η NaviSite, η οποία παρέχει το NaviSite's HotRoute Digital Content Delivery Network κάνοντας χρήση της νοημοσύνης. Συγκεκριμένα, παίρνει έξυπνες αποφάσεις σχετικά με την διαδρομή που θα ακολουθήσει το περιεχόμενο επιλέγοντας τη «βέλτιστη διαδρομή», ώστε να φθάσει στον τελικό χρήστη. Η υπηρεσία αυτή, χρησιμοποιεί την τεχνολογία caching για να παραδίδει το περιεχόμενο στους πελάτες γρήγορα και αποτελεσματικά, ενώ παραδίδει streaming audio και video.

Τέλος, η INTRACOM παρέχει την πλατφόρμα «FS-CDN» (Full Service Content Delivery Network), μια ολοκληρωμένη λύση παροχής υπηρεσιών. Η πλατφόρμα FS-CDN απευθύνεται κατά κύριο λόγο σε Τηλεπικοινωνιακούς Οργανισμούς. Παράλληλα, εξασφαλίζει την ασφαλή διανομή περιεχομένου (Video/TV, Internet και Τηλεφωνία). Μέσω της FS-CDN, ο χρήστης παρακολουθεί ζωντανή και μαγνητοσκοπημένη μετάδοση προγραμμάτων, διαχειρίζεται και ελέγχει τα στοιχεία του δικτύου, των συνδρομητών και των πακέτων των υπηρεσιών [26].

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, επιχειρεί να παρουσιάσει και να επεξηγήσει τα δίκτυα διανομής περιεχομένου, τον τρόπο λειτουργίας, τα χαρακτηριστικά, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, τις κατηγορίες και την αρχιτεκτονική τους. Μέσα από αυτό, δίνεται η ευκαιρία αναφοράς και στα καταναμημένα δίκτυα διανομής περιεχομένου. Ένα υποσύστημα που παρουσιάζεται στην εποχή μας. Τέλος, πολύ σημαντικό στοιχείο της εργασίας είναι η αναφορά στη δημιουργία δικτύων διανομής περιεχομένου μέσω ελεύθερων λογισμικών.

Η ποιότητα της υπηρεσίας διανομής περιεχομένου για να είναι αποτελεσματική, εξαρτάται από το μέγεθος του δικτύου διανομής. Δηλαδή, από τον αριθμό των τοποθεσιών όπου έχει εγκαταστήσει αντιπροσώπους εξυπηρετητές ο προμηθευτής της υπηρεσίας αυτής. Βέβαια, υπάρχουν ορισμένα ζητήματα που θα πρέπει η ερευνητική κοινότητα να μελετήσει, ώστε τα cdns να έχουν πλήρη «έλεγχο» των περιεχομένων. Τέτοια ζητήματα αφορούν:

- την ασφάλεια: θα πρέπει να βρεθούν μηχανισμοί που θα εξασφαλίσουν την ασφάλεια των ευαίσθητων δεδομένων στα δίκτυα διανομής.
- την ποιότητα υπηρεσίας: οι απαιτήσεις των χρηστών όλο και αυξάνονται, οπότε θα πρέπει να ικανοποιούνται άμεσα όλες οι ανάγκες υπηρεσιών των χρηστών με ποιότητα.
- τη διαχείριση των δικτύων διανομής: εξαιτίας της γρήγορης ανάπτυξης του διαδικτύου, γίνεται αντιληπτή η δυσκολία διαχείρισης των δικτύων διανομής.
- την τοποθέτηση των εξυπηρετητών: η σωστή τοποθέτηση των εξυπηρετητών σε γεωγραφικά σημεία αποτελεί σημαντικό ζήτημα για τη μεταφορά περιεχομένων.
- το φόρτο εργασίας: η κατανομή του φόρτου εργασίας με αποδοτικό τρόπο.

Όλα αυτά τα ζητήματα, θα πρέπει να μελετηθούν ώστε τα δίκτυα διανομής περιεχομένου να είναι πιο αποδοτικά, ασφαλή και ποιοτικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Αράπογλου, Α., Μαβόγλου, Χ., Οικονομάκος, Η., Φύτρος, Κ. (2006). *Πληροφορική*. Υπουργείο Εθνικής Παιδείας & Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Α' Γυμνασίου. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://ebooks.edu.gr>
- [2] Μακρινός, Μ. (2012). *Κατανεμημένα Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου* [διπλωματική εργασία]. Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Πληροφορικής. Αθήνα, 2012. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: http://www.pyxida.aueb.gr/index.php?op=view_object&object_id=5065
- [3] EnterCDN, (χ.η.). *CDN*. Ανακτήθηκε 5 Μαΐου, 2017, από <http://entercdn.com/el>
- [4] Βικιπαίδεια (2017β). *Δίκτυο Εμφάνισης Περιεχομένου*. Ανακτήθηκε στις 8 Μαΐου, 2017, από: https://wikipedia/Content_delivery_network
- [5] Χαρίλαος, Θ. (2007). *Πολιτικές Διαχείρισης Δεδομένων Παγκόσμιου Ιστού σε Δίκτυο Παράδοσης Περιεχομένου*. [Πτυχιακή Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης]. Θεσσαλονίκη. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://oswinds.csd.auth.gr/completed-theses/undergraduate-theses>
- [6] Al-Mukaddim, K. P., Rajkumar, B. (2007). *A Taxonomy and Survey of Content Delivery Networks*. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://www.cloudbus.org/reports/CDN-Taxonomy.pdf>
- [7] Βικιπαίδεια (2017α). *Domain Name System*. Ανακτήθηκε στις 6 Μαΐου, 2017, από: <https://el.wikipedia.org>
- [8] IpHost Blog (2016). *Πως να κάνετε την ιστοσελίδα σας ταχύτερη με ένα CDN*. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://blog.iphost.net/>
- [9] Τζαμούση, Λ. (2017). *Νέα υπηρεσία CDN: Αύξησε την ταχύτητα του site σε μερικά λεπτά*. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <https://top.host/blog/cdn>
- [10] Content Marketing (2015α). *CDN και SEO*. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://www.contentmarketing.gr/cdn-seo/>
- [11] Content Marketing, (2015β). *CDN και ασφάλεια*. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://www.contentmarketing.gr/cdn-ασφάλεια>
- [12] Τσικουράκη, Κ. (2013). *A guide for peer to peer networking. To peer or not to peer*. [Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας]. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metaptyxiaka/technologies_diktywn/ergasies/2013/peer%20to%20peer.pdf
- [13] Μαργαρίτη, Σ. (2005). *Topics in Database Systems: Data Management in Peer-to-Peer Systems* [εργασία, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Πληροφορικής].

Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο:
<http://www.cs.uoi.gr/~pitoura/courses/p2p/surveys/smargarit.pdf>

[14] Akamai (2017). *Web Performance*. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο:
<https://www.akamai.com/>

[15] Buyya, R., Pathan, M. & Vakali, A. (2008). *Content Delivery Networks*.
Published: Springer.

[16] Limelight (2017). *Limelight Networks*. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο:
<https://www.limelight.com/>

[17] Mirror Image (2017). *Mirror Image Takes Cloud Services To the Edge*. Διαθέσιμο
στο διαδικτυακό τόπο: <http://www.mirror-image.com/>

[18] CoDeeN (χ.χ). *A Content Distribution Network for PlanetLab*. Διαθέσιμο στο
διαδικτυακό τόπο: <http://codeen.cs.princeton.edu/>

[19] Coral (χ.χ). *The Coral Content Distribution Network*. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό
τόπο: <http://www.coralcdn.org/>

[20] Globule (2017). *Globule. Scalable Web application hosting*. Διαθέσιμο στο
διαδικτυακό τόπο: <http://www.globule.org/>

[21] Στάμος, Κ. (2007). *Ανάπτυξη μεθόδων αποδοτικής αποθήκευσης δεδομένων του
παγκόσμιου ιστού σε δίκτυα παράδοσης περιεχομένου*. [Μεταπτυχιακή εργασία,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης - Τμήμα Πληροφορικής]. Διαθέσιμο στο
διαδικτυακό τόπο: <https://ikee.lib.auth.gr>

[22] FromDev, S. (2011). *10 Excellent Free Open Source Projects To Create Your
Own CDN- Content Delivery Network*. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο:
<http://www.fromdev.com/2011/06/create-cdn-content-delivery-network.html>

[23] CORAL, The Coral Content Distribution Network (χ.χ). *What is CoralCDN?*
Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://www.coralcdn.org/>

[24] MirrorBrain (2008). *MirrorBrain is a Download Redirector and generates
cryptohashes, Metalinks, and even Torrents*. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο:
<http://mirrorbrain.org/>

[25] Mediaport.net (2015). *Bienvenue au MediaPart*. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό
τόπο: <http://www.mediaport.net/>.

[26] Βαλογιάννης, Θ. (2006). *Δίκτυα Διανομής Υπηρεσιών Περιεχομένου*. [Πτυχιακή
εργασία, Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας, Τμήμα Τηλεπληροφορικής και
Διοίκησης]. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο:
http://apothesis.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/62/tlp_000329.pdf?sequence=1