



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΗΠΕΙΡΟΥ

Τμήμα Μηχανικών πληροφορικής

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου(CDN)



Πουλερέ Ευαγγελία ΑΜ. 10666

Κουτούμπα Όλγα ΑΜ. 10047

Επιβλέπουσα : Μαργαρίτη Σ.

- ΑΡΤΑ 2015 -

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αισθανόμαστε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε τους γονείς μας για τη στήριξη και την προσφορά που μας παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια και την επιβλέπουσα καθηγήτριά μας κ. Μαργαρίτη Σπυριδούλα για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε και την αμέριστη βοήθεια της ώστε να ολοκληρωθεί η εργασία αυτή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία μελετά τα δίκτυα διανομής περιεχομένου (CDN) και αναλύει την λειτουργία τους. Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια προσπάθεια προσδιορισμού της έννοιας των δικτύων διανομής περιεχομένου και της λειτουργίας τους. Στο δεύτερο κεφάλαιο επιχειρείται μια εκτενής ανασκόπηση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων της χρήσης αυτών των δικτύων. Στο τρίτο κεφάλαιο επιχειρείται μια εκτενής παρουσίαση των βασικών τεχνικών που χρησιμοποιεί ένα τέτοιου είδους δίκτυο. Στο τέταρτο κεφάλαιο εξηγείται πιο

αναλυτικά η λειτουργία και η αρχιτεκτονική του δικτύου. Το πέμπτο κεφάλαιο ερευνά κάποιους από τους παρόχους των δικτύων διανομής περιεχομένου. Και τέλος, στο έκτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά των επιπέδων από τα οποία αποτελείται η αρχιτεκτονική του δικτύου αυτού και λεπτομερή ανάλυση των παραγόντων ταξινόμησης σε αυτά τα επίπεδα.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	4
Κεφάλαιο 1⁰ : Γνωριμία με τα δίκτυα διανομής περιεχομένου(CDN).....	6
1.1) Τι είναι τα δίκτυα διανομής περιεχομένου;.....	6
1.2) Ποια είναι η εξέλιξη των δικτύων διανομής περιεχομένου;.....	8
1.3) Πως λειτουργούν τα δίκτυα διανομής περιεχομένου;.....	10
Κεφάλαιο 2⁰ : Γιατί να χρησιμοποιήσουμε τα δίκτυα διανομής περιεχομένου.....	14
2.1) Πλεονεκτήματα της χρήσης των δικτύων.....	14
2.1.1) Διαφορετικά domain.....	14
2.1.2) Παράγοντας δημιουργίας περισσότερων εσόδων.....	14
2.1.3) Χαμηλότερα έξοδα αποστολής.....	15
2.1.4) Αποδέσμευση χωρητικότητας.....	15
2.1.5) Προ-εναποθήκευση αρχείων.....	15
2.1.6) Κατανεμημένα κέντρα δεδομένων.....	16
2.1.7) Στατιστική ανάλυση σε πραγματικό χρόνο.....	16
2.1.8) Λιγότερη λανθάνουσα κατάσταση του δικτύου και χαμηλότερη απώλεια πακέτων.....	16
2.1.9) Βελτίωση SEO	16
2.1.10) Ασφαλέστεροι ιστόχωροι.....	17
2.1.11) Η ιστοσελίδα σας είναι 100% online.....	17
2.1.12) Εύκολη εγκατάσταση χωρίς χρόνο διακοπής.....	17
2.1.13) Φόρτωση ιστοχώρου με βαριά αρχεία.....	17
2.1.14) Mirroring αρχείου.....	18
2.1.15) Επεκτασιμότητα.....	18
2.2) Μειονεκτήματα της χρήσης των δικτύων.....	18
2.2.1) Μοιραζόμενοι Πόροι.....	18
2.2.2) Εξέταση γεωγραφικής επιλογής.....	19
2.2.3) Προβλήματα διαχείρισης περιεχομένου.....	19

2.2.4) Έλλειψη άμεσου ελέγχου.....	19
2.2.5) Κόστος.....	19
2.2.6) Υποστήριξη.....	20
2.2.7) Συντήρηση.....	20
Κεφάλαιο 3⁰ : Τεχνικές δικτύων διανομής περιεχομένου.....	22
3.1) Ενδιάμεσοι εξυπηρετητές(Proxy-servers).....	22
3.2) Μηχανισμός ενδιάμεσης μνήμης(caching).....	23
3.3) Εξισορρόπηση φόρτου (load balancing).....	25
3.4) Αντιγραφή πληροφορίας (replication).....	26
3.5) Anycasting.....	26
3.6) Συμπίεση (compression).....	28
Κεφάλαιο 4⁰ : Αρχιτεκτονική δικτύων διανομής περιεχομένου.....	31
Κεφάλαιο 5⁰ : Πάροχοι δικτύων διανομής περιεχομένου.....	38
5.1) Akamai technologies.....	38
5.2) Mirror image.....	41
5.3) Limelight networks.....	42
5.4) EdgeCast networks.....	43
Κεφάλαιο 6⁰ : Πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική.....	46
6.1) Τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής του δικτύου διανομής περιεχομένου.....	46
6.2) Παράγοντες ταξινόμησης δικτύου διανομής περιεχομένου.....	49
6.2.1) CDN Σύνθεση.....	50
6.2.1.1) Οργάνωση των δικτύων διανομής περιεχομένου.....	50
6.2.1.2) Διακομιστές.....	51

6.2.1.3) Σχέσεις επικοινωνίας.....	52
6.2.1.4) Πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης.....	53
6.2.1.5) Τύπος περιεχομένου/υπηρεσιών.....	56
6.2.2) Διαχείριση και διανομή περιεχομένου.....	58
6.2.2.1) Τοποθέτηση αναπληρωτών (υποκατάστατων) διακομιστών.....	58
6.2.2.2) Επιλογή και παράδοση περιεχομένου.....	59
6.2.2.3) Εξωτερική ανάθεση περιεχομένου.....	61
6.2.2.4) Οργάνωση της κρυφής μνήμης.....	62
6.2.2.4.1) Τεχνικές αποθήκευσης στην κρυφή μνήμη.....	62
6.2.2.4.2) Ενημέρωση της κρυφής μνήμης.....	65
6.2.3) Δρομολόγηση αιτήσεων.....	67
6.2.3.1) Αλγόριθμοι δρομολόγησης αιτήσεων.....	68
6.2.3.2) Μηχανισμοί δρομολόγησης αιτήσεων.....	70
6.2.4) Υπολογισμός επίδοσης.....	77
6.2.4.1) Απόκτηση στατιστικών των δικτύων.....	79
6.2.4.2) Υπολογισμός επίδοσης μέσω προσομοίωσης.....	81
Σύνοψη.....	82
Βιβλιογραφία.....	83

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την διάδοση του διαδικτύου, οι παρεχόμενες υπηρεσίες του αντιμετωπίζουν πολλά ζητήματα, όπως συμφόρηση, συνωστισμό, καθυστερήσεις εξαιτίας των πολλών ταυτόχρονων αιτημάτων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε απρόβλεπτα αποτελέσματα, σε απώλεια αιτημάτων και γενικότερα σε κακή απόδοση. Η δημιουργία αντιγράφων σε στρατηγικά επιλεγμένες θέσεις μπορεί να ανταπεξέλθει στα παραπάνω προβλήματα και να δώσει λύσεις σε θέματα απόδοσης και κλιμάκωσης. Έτσι το αίτημα του χρήστη για μια υπηρεσία, ανακατευθύνεται στην κοντινότερη θέση *διανομής περιεχομένου* σε σχέση με αυτόν.

Ένα Δίκτυο Διανομής Περιεχομένου αποτελείται από ομάδες ενδιάμεσων εξυπηρετών (proxy-servers) τοποθετημένες σε κατάλληλες θέσεις στο διαδίκτυο, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται πως μια αίτηση για ανάκτηση περιεχομένου (περιεχομένου ιστοσελίδων) διανέμεται αποτελεσματικά στους χρήστες.

Τα Δίκτυα αυτά, είναι ουσιαστικά ένα ενδιάμεσο επίπεδο ανάμεσα στους εξυπηρετητές και στους πελάτες και χρησιμοποιούν τεχνικές ενδιάμεσης αποθήκευσης (caching), εξισορρόπησης φόρτου (load balancing) και διατήρησης αντιγράφων της πληροφορίας (replication).

Παρατηρείται συνεχώς όλο και μεγαλύτερη ζήτηση στις υπηρεσίες που παρέχουν τα δίκτυα αυτά, πράγμα που ωθεί τις εταιρίες σε περεταίρω ανάλυση και έρευνα ζητημάτων που χρειάζονται βελτιστοποίηση.

Κεφάλαιο 10

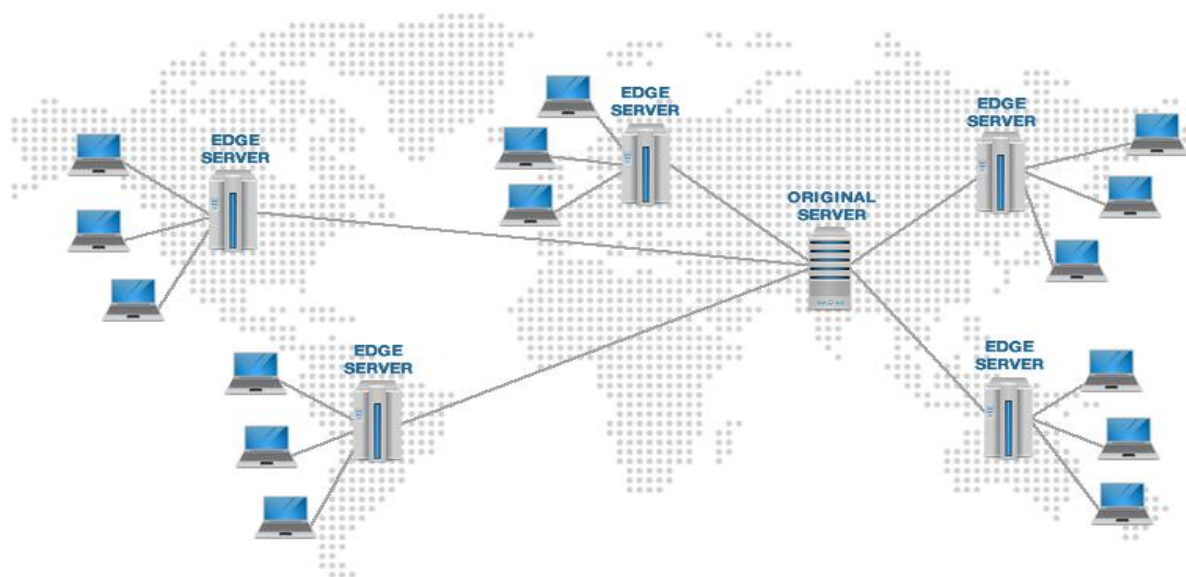
Γνωριμία με τα δίκτυα διανομής περιεχομένου(CDN)

1^ο : Γνωριμία με τα δίκτυα διανομής περιεχομένου(CDN)

Οι υπηρεσίες που παρέχονται από τα δίκτυα διανομής περιεχομένου (Content Delivery Network) αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη λύση για να αντιμετωπιστεί η μεγάλη και διαρκώς αυξανόμενη κίνηση του διαδικτύου.

1.1) Τι είναι τα δίκτυα διανομής περιεχομένου;

Τα δίκτυα διανομής περιεχομένου (CDN (Content Delivery Network)) είναι ομάδες από διακομιστές (servers) που βρίσκονται διασκορπισμένοι σε διάφορα γεωγραφικά μέρη του πλανήτη και είναι υπεύθυνοι να διανείμουν το περιεχόμενο (περιεχόμενο ιστοσελίδων) σε όλο τον κόσμο. Έτσι εξασφαλίζεται πως μια αίτηση για ανάκτηση περιεχομένου θα εξυπηρετείται πάντα από τον πιο «κοντινό» διακομιστή. όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα.^{[1][2][5][7]}



Εικόνα 1. Ένα δίκτυο διανομής περιεχομένου με διακομιστές σε όλο τον κόσμο.^[31]

Εξυπηρετούν ένα μεγάλο μέρος περιεχομένου του διαδικτύου σήμερα, συμπεριλαμβανομένων των αντικείμενα web (πχ. αρχεία πολυμέσων, λογισμικό, έγγραφα), εφαρμογές (πχ. e-

commerce, portals), ζωντανή μετάδοση πολυμέσων, on-demand μετάδοση πολυμέσων, και κοινωνικά δίκτυα.^[2]

Πιο συγκεκριμένα, το περιεχόμενο που διαχειρίζονται αυτά τα δίκτυα είναι :

- **Στατικό:** Περιεχόμενο που δεν αλλάζει συχνά, όπως σελίδες html, εικόνες, έγγραφα, αρχεία βίντεο και ήχου.
- **Δυναμικό:** Περιεχόμενο το οποίο μπορεί να αλλάζει συνεχώς, όπως πολυμέσα συνεχούς ροής (αρχεία βίντεο, ήχου, ταινιών και μουσικής).

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. Η ιδανική αυτή θέση είναι ^{[3][7]} :

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 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.

1.2) Ποια είναι η εξέλιξη των δικτύων διανομής περιεχομένου

Η εξέλιξη του διαδικτύου με τα χρόνια ήταν αλματώδης. Αυτό φυσικά επέφερε αλλαγές σε πολλά μέτωπα. Συνεπώς, οι χρήστες θα πολλαπλασιάζονταν, κάτι που σήμαινε ότι τα περιεχόμενα θα έπρεπε να είναι πιο ενημερωμένα, ότι θα υπήρχαν νέοι τρόποι με τους οποίους οι χρήστες θα είχαν πρόσβαση στο υλικό αλλά και ότι το σύστημα θα ήταν πιο πολύπλοκο. Για παράδειγμα υπήρχαν web υπηρεσίες που αντιμετώπιζαν πρόβλημα από την μεγάλη κίνηση και χρήση της υπηρεσίας τους από τους χρήστες που μπορεί να είχε ως αποτέλεσμα την κατάρρευση του website και την μη προσωρινή διαθεσιμότητα του υλικού ^[10].

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).^[17] 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.^[17]

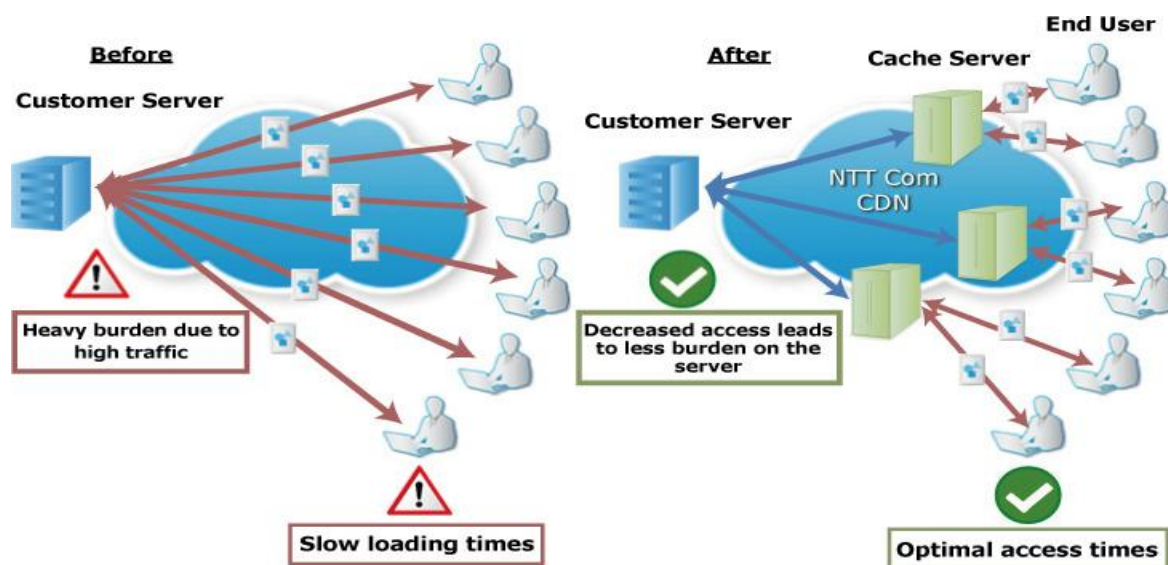
Ένας καλός τρόπος για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα της επίδοσης και του εύρους ζώνης είναι οι μεσολαβητές προσωρινής αποθήκευσης, διαθέτουν τεχνολογίες που μπορούν να πιάσουν την μέγιστη απόδοση από την χρήση των πόρων τους. Οι χρήστες διαθέτουν ένα ακόμη πλεονέκτημα από την χρήση των μεσολαβητών προσωρινής αποθήκευσης. Ρυθμίζοντας τις αιτήσεις τους από το πρόγραμμα περιήγησης να περνάει μέσω κρυφών μηνυμάτων, 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 μηνύμες τους σε επίπεδα σε όλα τα γεωγραφικά μέρη.^[17]

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.^[17]

Οι δυο αυτές λύσεις (σύμπλεγμα διακομιστών και μεσολαβητές προσωρινής αποθήκευσης) έχουν και κάποιους περιορισμούς. Οι διακομιστές δεν κατάφεραν πολλά στη βελτίωση της επίδοσης του δικτύου της συμφόρησης, κάτι που θα μπορούσαν να αντιμετωπίσουν οι μεσολαβητές προσωρινής αποθήκευσης οι οποίοι όμως έχουν το μειονέκτημα ότι κρύβουν αντικείμενα ανάλογα με την ζήτηση των χρηστών.

Οι προμηθευτές μέσα από αυτή την κατάσταση οδηγήθηκαν στη δημιουργία ενός άλλου τύπου δικτύου το οποίο διέθετε σύμπλεγμα διακομιστών εξισορρόπησης φόρτου, και υψηλές συνδέσεις εύρους ζώνης.^[17] Δημιουργήθηκαν το 1990 και ονομάστηκαν δίκτυα διανομής περιεχομένου, είναι ένα σύστημα από υπολογιστές που δικτυώνονται μεταξύ τους σε όλο το διαδίκτυο για να συνεργαστούν για την παράδοση περιεχομένου στους τελικούς χρήστες.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ότι πριν την εμφάνιση των CDN, ο κεντρικός διακομιστής υπέφερε από μεγάλο φόρτο εργασίας αφού ήταν ο μόνος που εξυπηρετούσε όλους τους χρήστες και όλα περνούσαν από αυτόν. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα και οι χρήστες να αντιμετωπίζουν αργούς χρόνους φόρτωσης. Ενώ αντιθέτως μετά την εμφάνιση των CDN αυτά τα δύο μειονεκτήματα εξαλείφονται αφού υπάρχουν και άλλοι διακομιστές οι οποίοι εξυπηρετούν τους χρήστες και εξισορροπούν τον φόρτο του κεντρικού.



Εικόνα 2. Κατάσταση πριν και μετά την χρήση των CDN δικτύων.^[32]

Οι προμηθευτές θεώρησαν καλή και κερδοφόρα επιχείρηση τα δίκτυα διανομής περιεχομένου αφού πρόσφεραν μεγάλη αξιοπιστία και επεκτασιμότητα χωρίς την υποχρέωση συγκεκριμένης υποδομής. Έτσι άρχισαν να βάζουν τις ιστοσελίδες τους σε τέτοια δίκτυα.

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.^[17]

1.3) Πώς λειτουργούν τα δίκτυα διανομής περιεχομένου;

Τα cdn δεν είναι κάτι πολύπλοκο όπως πολλοί πιστεύουν αντιθέτως λειτουργούν με έναν αρκετά απλό και ομαλό τρόπο.

Όπως αναφέραμε και πιο πάνω τα δίκτυα διανομής περιεχομένου (CDNs) χειρίζονται το στατικό περιεχόμενο μιας ιστοσελίδας. Αυτό το στατικό περιεχόμενο περιλαμβάνει αρχεία, όπως τα αρχεία css, javascript αρχεία, αρχεία εικόνας κλπ, τα οποία δεν αλλάζουν συχνά. Για το λόγο αυτό έχει τη δυνατότητα να τα αποθηκεύει

και να τα αναπαράγει στους cdn edge servers (διακομιστές), που βρίσκονται διασκορπισμένοι σε κάθε μέρος του πλανήτη.

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.

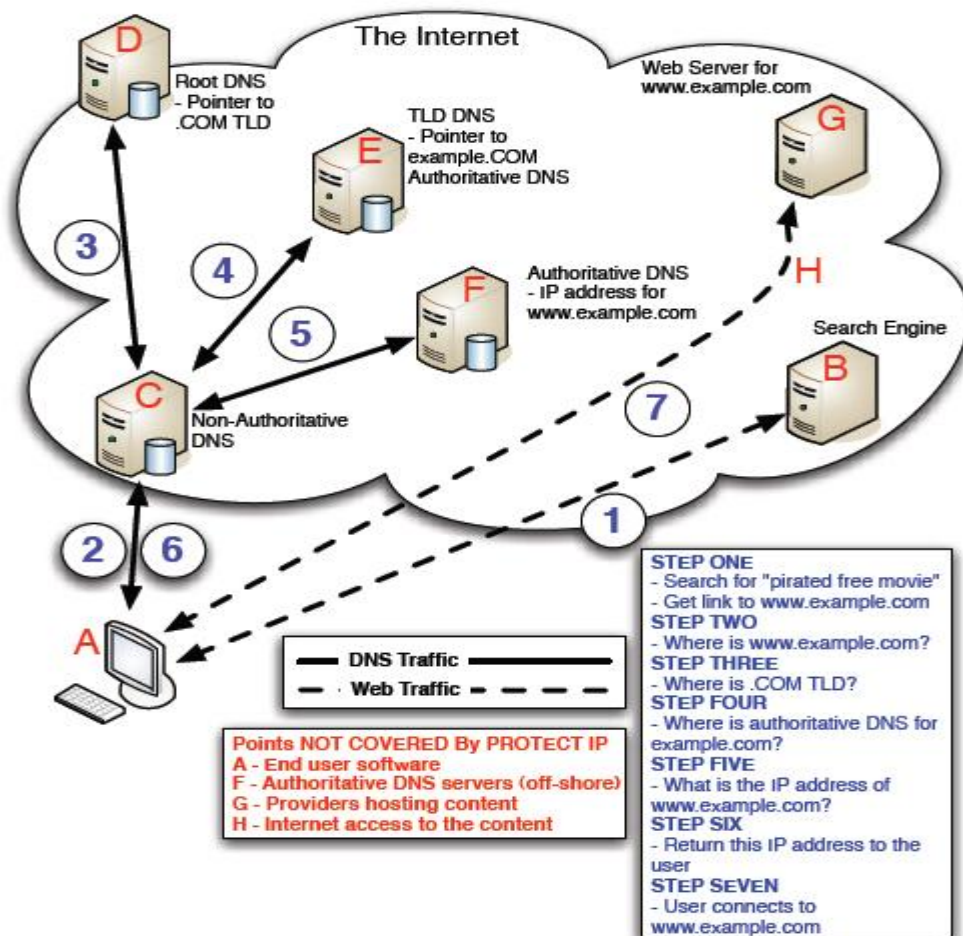
Η λειτουργία του δικτύου διανομής περιεχομένου αναλύεται πιο συγκεκριμένα στα δυο επόμενα βήματα:

Πρώτο βήμα: Δίνεται η αίτηση στον κοντινότερο δυνατόν διακομιστή

Όταν πραγματοποιηθεί μια αίτηση για την αναζήτηση μιας IP διεύθυνσης τότε ο DNS διεξάγει έναν πλήρη έλεγχο βασισμένο 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^[9].

Δεύτερο βήμα: 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 βασισμένο στις HTTP κεφαλίδες της απάντησης^{[9][18]}.



Εικόνα 3. Η λειτουργία του DNS^[33]

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε τα εξής βήματα:

- 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

Κεφάλαιο 20

Γιατί να χρησιμοποιήσουμε τα δίκτυα διανομής περιεχομένου;

2^ο : Γιατί να χρησιμοποιήσουμε τα δίκτυα διανομής περιεχομένου;

2.1) Πλεονεκτήματα της χρήσης των δικτύων

Όπως είπαμε και παραπάνω με τα δίκτυα διανομής περιεχομένου υπήρχαν προβλήματα με την απόδοση και την εξυπηρέτηση των υπηρεσιών. Όμως σήμερα με το μεγάλο αριθμό των προϊόντων που διατίθενται στο διαδίκτυο και την ποσότητα των χρημάτων που ξοδεύονται για την αγορά αυτών των προϊόντων είναι απαραίτητο να έχουμε ένα σύστημα που παρέχει απόδοση και αξιοπιστία. Τα δίκτυα διανομής περιεχομένου έχουν αυτά τα χαρακτηριστικά και θεωρούνται μια από τις καλύτερες διαθέσιμες επιλογές χρήσης του υπολογιστή στο διαδίκτυο. Για τους παρακάτω λόγους ^{[4][8][14][15]}:

2.1.1) Διαφορετικά domain:

Αρχικά από τη μια πλευρά έχουμε μια σύγχρονη σελίδα που πλέον διαθέτει πολλές εικόνες, αρχεία javascript, συνδέσμους κτλ. Από την άλλη έχουμε φυλλομετρητές που περιορίζονται στο να ανοίγουν λίγες συνδέσεις προς ένα domain. Αυτά τα δυο μαζί έχουν ως αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη καθυστέρηση. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει κάποιος να περιμένει μια σύνδεση μέχρι να ολοκληρωθεί η λήψη και έπειτα να μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση σε μια άλλη σύνδεση. Ειδικά στην προσπάθεια λήψης μεγάλων αρχείων. Εδώ βοηθά η χρήση των δικτύων διανομής περιεχομένου αφού αντιμετωπίζει το πρόβλημα χρησιμοποιώντας διαφορετικά domain. Όπως είπαμε και πριν ένας φυλλομετρητής μπορεί να ανοίγει 2-4 συνδέσεις σε ένα domain. Ενώ ένα δίκτυο διανομής περιεχομένου έχοντας μερικά subdomain επιτρέπουν στον φυλλομετρητή να κατεβάζει παράλληλα τα στατικά αρχεία από την ιστοσελίδα με πολλαπλάσιες συνδέσεις αντί για 2-4 αφού τα θεωρεί διαφορετικά domain.

2.1.2) Παράγοντας δημιουργίας περισσότερων εσόδων:

Ανάμεσα σε όλες αυτές τις γεμάτες ιστοσελίδες που υπάρχουν σήμερα στο διαδίκτυο, μια ιστοσελίδα με κακή απόδοση είναι πολύ εύκολο να απωθήσει κάποιον

χρήστη, και να τον παρακινήσει να ψάξει κάπου αλλού σε μια ιστοσελίδα με καλύτερη ποιότητα. Αυτό σημαίνει ότι ο ιδιοκτήτης της σελίδας θα έχει απώλεια εσόδων. Χρησιμοποιώντας όμως τα δίκτυα διανομής περιεχομένου πετυχαίνει σίγουρα καλύτερη απόδοση στην ιστοσελίδα του, για παράδειγμα όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω μεγαλύτερες ταχύτητες. Αυτό τον βοηθάει όχι μόνο να διατηρήσει το επίπεδο των εσόδων του αλλά και να το πολλαπλασιάσει.

2.1.3) Χαμηλότερα έξοδα αποστολής:

Βέβαια καλό θα ήταν εκτός από την αύξηση των εσόδων να υπήρχε μείωση και στα έξοδα. Αυτό συμβαίνει γιατί με τη χρήση των δικτύων διανομής περιεχομένου, δεν πέφτει όλη η φόρτωση της συνολικής κυκλοφορίας του δικτύου σε ένα διακομιστή. Απεναντίας διανέμεται στους διακομιστές (edge servers) για να κατανεμηθεί ομοιόμορφα το φορτίο με συνέπεια χαμηλότερα έξοδα αποστολής.

2.1.4) Αποδέσμευση χωρητικότητας:

Λόγω του ότι τα δίκτυα διανομής περιεχομένου διανέμουν τον φόρτο εργασίας στους διακομιστές (edge servers) μειώνεται ο αριθμός των θεατών του περιεχομένου σε κάθε διακομιστή και έτσι αυξάνεται η διαθέσιμη χωρητικότητα του καθενός.

2.1.5) Ικανότητα προ-εναποθήκευσης αρχείων:

Όταν κάποιος επισκέπτεται μια περιοχή μιας ιστοσελίδας χρησιμοποιώντας το google cdn. Το αρχείο αυτό εναποθηκεύεται από τη μηχανή αναζήτησης στη βιβλιοθήκη jquery. Η jquery είναι ένα αρχείο javascript που μπορεί να συμπεριληφθεί σε μια ιστοσελίδα παρέχοντας το αρχείο:

```
<script type="text/javascript" src="jquery.js"></script>
```

ή έχοντας ένα σύνδεσμο σε έναν από τους πολλούς διακομιστές που τη φιλοξενούν

```
<script  
src=http://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.9.1/jquery.min.js></script>
```

Έτσι όταν θελήσει πάλι να επισκεφτεί αυτή την ιστοσελίδα δεν θα χρειάζεται αυτό το αρχείο να μεταφορτωθεί ξανά.

2.1.6) Κατανεμημένα κέντρα δεδομένων:

Είναι γεγονός ότι τα cdn διαμοιράζουν το περιεχόμενο σε πολλά κέντρα δεδομένων ή διακομιστές. Για παράδειγμα δίνει την δυνατότητα σε έναν χρήστη στην Ευρώπη που επιθυμεί να έχει πρόσβαση σε ένα αρχείο στην Αμερική να το πάρει πιο γρήγορα, αφού στην Αμερική θα υπάρχει μια σειρά τοπικών κέντρων δεδομένων και όχι μόνο ένας διακομιστής.

2.1.7) Στατιστική ανάλυση σε πραγματικό χρόνο:

Λέγοντας ότι τα δίκτυα διανομής περιεχομένου παρέχουν το φορτίο και τα στατιστικά στοιχεία σε πραγματικό χρόνο εννοούμε ότι μπορούν να επεξεργαστούν και να αναλύσουν τα δεδομένα εκείνη τη στιγμή. Όπως και να παρουσιάζουν κάθε στιγμή τις περιοχές που είναι ενεργές εκείνη τη στιγμή. Μπορούν να δείξουν επίσης ποια περιεχόμενα είχαν μεγαλύτερη επισκεψιμότητα και τέλος διαθέτουν προβολή πληροφοριών ανάλογα με τον κάθε πελάτη.

2.1.8) Λιγότερη λανθάνουσα κατάσταση του δικτύου και χαμηλότερη απώλεια πακέτων:

Λόγω της αρχιτεκτονικής των cdn να διανέμουν το περιεχόμενο σε διακομιστές σε όλο τον κόσμο ο οποιοσδήποτε χρήστης είναι σχεδόν πάντα κοντά σε έναν από αυτούς του διακομιστές. Συνεπώς η πιθανότητα λάθους είναι πολύ μικρή. Για τον ίδιο λόγο τα πακέτα που στέλνονται θα φτάσουν πιο γρήγορα και σε μικρότερη απόσταση. Άρα καταλήγουμε πάλι στο συμπέρασμα ότι και η πιθανότητα αποτυχίας των σταλμένων πακέτων θα είναι και αυτή αρκετά μικρότερη.

2.1.9) Βελτίωση SEO:

Αρκετές εταιρείες σήμερα βασίζονται ένα μέρος της επιτυχίας τους στην προβολή τους στο διαδίκτυο μέσω της ιστοσελίδας τους. Μια τέτοια προβολή θεωρείται επιτυχημένη όταν βελτιώνεται η φήμη της εταιρείας, υπάρχει αύξηση στις πωλήσεις και είναι επένδυση η οποία έχει αποφέρει κέρδος. Έχοντας αυτά τα χαρακτηριστικά η κατάταξη SEO της ιστοσελίδας μας θα είναι σε καλή θέση. Τα cdn βοηθούν πολύ

στην επίτευξη μιας καλής θέσης, αφού παρέχουν στην ιστοσελίδα καλύτερη ταχύτητα και βελτίωση της δυο χαρακτηριστικά που βοηθούν για μια καλή θέση.

2.1.10) Ασφαλέστεροι ιστόχωροι:

Τα cdn χρησιμοποιούν ένα δίκτυο διακομιστών που περιέχουν πολλές διαφορετικές ιστοσελίδες, και οι οποίες δέχονται συνεχώς επιθέσεις. Λόγω λοιπόν αυτού του μεγάλου εύρους διακομιστών και ότι το φορτίο που ελέγχει ο καθένας είναι μικρότερο είναι πιο εύκολο τα συστήματα ασφαλείας cdn να αντιδράσουν αμέσως σε μια πιθανή επίθεση σε μια ιστοσελίδα και ν την εμποδίσουν.

2.1.11) Η ιστοσελίδα σας είναι 100% online:

Επειδή όπως είπαμε και πιο πάνω ένα cdn περιέχει πολλά κέντρα δεδομένων σε όλο τον κόσμο δεν υπάρχει πιθανότητα να γίνει διακοπή χρόνου σε κάποιο ιστοσελίδα. Αποτέλεσμα του ότι εάν ένα κέντρο δεδομένων “πέσει” τότε ένα άλλο μπαίνει στη θέση του. Έτσι η ιστοσελίδα και κάθε άλλη είναι διαθέσιμη 24 ώρες το 24ωρο και όλο το χρόνο.

2.1.12) Εύκολη εγκατάσταση χωρίς χρόνο διακοπής:

Πολλοί ανησυχούν ότι για να κάνουν την εγκατάσταση της ιστοσελίδας τους σε ένα cdn τους πάρει πολύ χρόνο και θα χάσουν κάποια ώρα από την προβολή της ιστοσελίδας τους. Αυτό όμως είναι λάθος διότι η εγκατάσταση αυτή δεν κατεβάζει την ιστοσελίδα ούτε για ένα λεπτό. Άρα η πιθανότητα να είναι μη διαθέσιμη είναι πολύ μικρή αλλά και αν συμβεί θα είναι για μερικά δευτερόλεπτα και δεν θα φανεί πουθενά.

2.1.13) Φορτώστε τον ιστοχώρο σας με βαριά αρχεία:

Τα cdn έχουν την δυνατότητα να κάνουν υπερσυμπίεση μιας ιστοσελίδας για τα βαριά αρχεία. Έτσι με αυτόν τον τρόπο αν κάποιος χρησιμοποιήσει μεγάλα αρχεία στις ιστοσελίδες όπως εικόνες υψηλής ποιότητας, μεγάλα scripts και κώδικες, δεν θα υπάρχει πρόβλημα με την ταχύτητα της σελίδας του.

2.1.14) Mirroring αρχείου:

Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα, από μια λάθος κίνηση ή από κάποια φυσική καταστροφή, κάποια σημαντικά αρχεία να χαθούν. Για να αποφύγουμε μια τέτοια κατάσταση μπορούμε να στραφούμε στο κατοπτρισμό αρχείων. Διαδικασία κατά την οποία ένα σύνολο αρχείων ενός διακομιστή αντιγράφεται σε έναν άλλον ώστε τα αρχεία να είναι διαθέσιμα σε περισσότερα μέρη. Ακόμη βοηθά στα αρχεία που κατεβαίνουν πιο συχνά αφού προσφέρει μείωση της κίνησης του δικτύου και εξασφαλίζει μεγαλύτερη διαθεσιμότητα και καλύτερη ταχύτητα.

2.1.15) Επεκτασιμότητα:

Οι νέες τεχνολογίες και οι εξελιγμένες εφαρμογές κινητών έχουν μεγάλες απαιτήσεις από τους διακομιστές του δικτύου. Αλλά ένα μεγάλο cdn δίκτυο μπορεί να χειριστεί αυτό το νέο υλικό, αφού οι εταιρείες επεκτείνουν τη διαδικτυακή τους παρουσία.

2.2) Μειονεκτήματα της χρήσης των δικτύων

Αν και υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα χρήσης ενός cdn, υπάρχουν και μερικά μειονεκτήματα τα οποία δυσκολεύουν κάπως τα πράγματα αλλά δεν αποτρέπουν τις εταιρείες από την χρήση των δικτύων. Και είναι τα παρακάτω ^{[8][14][15]}:

2.2.1) Μοιραζόμενοι πόροι:

Λόγω των πολλαπλών πλεονεκτημάτων τους, τα cdn έχουν γίνει πολύ δημοφιλή και είναι η πρώτη επιλογή για τους περισσότερους ιδιοκτήτες ιστοσελίδων. Αυτό συνεπάγεται ότι συνεχώς οι χρήστες θα αυξάνονται και εξαιτίας του όγκου

κυκλοφορίας της ιστοσελίδας, άρα δεν αποκρίνονται πάντα στον ίδιο χρόνο αφού μπορεί το δίκτυο να είναι υπερφορτωμένο.

2.2.2) Εξέταση γεωγραφικής επιλογής:

Οι ιδιοκτήτες των ιστοσελίδων το πρώτο πράγμα που πρέπει να κάνουν πριν επιλέξουν ένα δίκτυο είναι να κάνουν έναν έλεγχο των πελατών τους ώστε να επιλέξουν το δίκτυο με τους διακομιστές που είναι τοποθετημένοι σε θέσεις που εξυπηρετούν το μεγαλύτερο αριθμό χρηστών τους. Για παράδειγμα εάν μια ιστοσελίδα έχει περισσότερους πελάτες στη Βόρεια Αμερική τότε οι διακομιστές που βρίσκονται σε Ευρώπη και Ασία θα προσφέρουν λιγότερα οφέλη. Με άλλα λόγια είναι ανώφελο να χρησιμοποιούν ένα cdn που είναι σε μεγάλη απόσταση από τους χρήστες τους, διότι αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πιθανές διακοπές παροχής υπηρεσιών, όπως τρεμούλιασμα ροής του βίντεο, και χαμηλές επιδόσεις.

2.2.3) Προβλήματα διαχείρισης περιεχομένου:

Θα ήταν ωφέλιμο για τις εταιρείες να υπάρχουν κάποια συστήματα τα οποία διαχειρίζονται και ανανεώνουν το περιεχόμενο ολόκληρου του δικτύου με βάση και το τι θέλουν οι χρήστες της κάθε περιοχής. Για παράδειγμα κάποιοι πελάτες μπορεί να χρειάζονται ειδικά widgets(μικροεφαρμογές) ή κάποιες συγκεκριμένες εφαρμογές.

2.2.4) Έλλειψη άμεσου ελέγχου:

Ένα άλλο στοιχείο που θεωρείται ίσως πρόβλημα κυρίως για τους δημιουργούς μιας ιστοσελίδας(εκδότες, προγραμματιστές) είναι ότι η κάθε αλλαγή στο περιεχόμενο πρέπει να γίνεται μέσω των εταιρειών παροχής δικτύων διανομής περιεχομένου και όχι από τους ίδιους.

2.2.5) Κόστος:

Ένα επίσης σημαντικό μειονέκτημα των δικτύων διανομής περιεχομένου είναι το κόστος, καθώς δίνονται πολλά χρήματα για την εγκατάσταση και τη συντήρησή τους, αλλά και σε κρυφές χρεώσεις. Πραγματικότητα η οποία κάνει τα δίκτυα αυτά προσίτα μόνο σε μεγάλες εταιρείες και απωθεί τους μικρότερους πελάτες. Πολλές φορές οι

χρεώσεις δεν είναι ξεκάθαρες, έτσι ώστε για την σύναψη μιας σύμβασης είναι σημαντικό να υπάρχει πρώτα πλήρη γνώση των όρων και των προϋποθέσεων.

2.2.6) Υποστήριξη:

Επειδή οι περισσότεροι οργανισμοί χρησιμοποιούν τρίτους προμηθευτές για να διατηρήσουν ένα cdn δίκτυο, υπάρχει πάντα το ερώτημα εάν σε ένα θέμα που μπορεί να προκύψει θα υπάρχει διαθέσιμη υποστήριξη. Δηλαδή αν ο χειριστής θα μπορέσει να διορθώσει εγκαίρως το πρόβλημα και να το αντιμετωπίσει ώστε να μην ξαναεμφανιστεί.

2.2.7) Συντήρηση:

Ο χρήστης του δικτύου διανομής περιεχομένου είναι υποχρεωμένος να αναβαθμίζει και να ενημερώνει τους διακομιστές χωρίς να διαταράξει την ομαλή λειτουργία του δικτύου εκείνη τη στιγμή. Το θέμα εδώ είναι ότι ένα ολόκληρο εταιρικό δίκτυο βρίσκεται στα χέρια ενός μόνο χειριστή. Κάτι το οποίο είναι παρακινδυνευμένο αφού μπορεί να μην είναι εύκολη η έγκαιρη συντήρηση ή η ενημέρωση κάποιου αρχείου. Για αυτό το λόγο πριν από κάθε εγκατάσταση και χρήση θα πρέπει να δημιουργούνται αντίγραφα ασφαλείας.

Κεφάλαιο 30

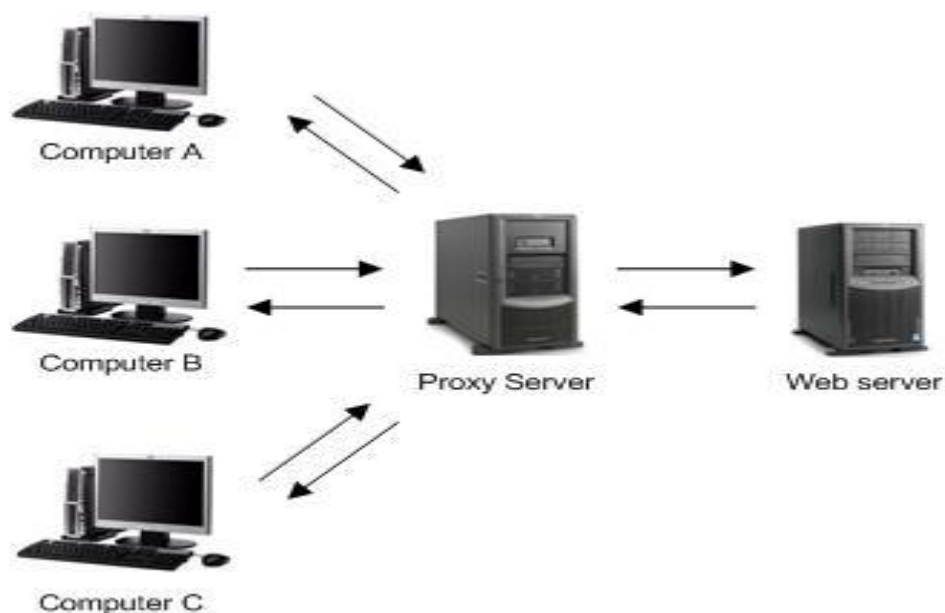
Τεχνικές δικτύων διανομής περιεχομένου

3^ο : Τεχνικές δικτύων διανομής περιεχομένου

Τα δίκτυα διανομής περιεχομένου για να καταφέρουν να πραγματοποιήσουν κάποιες διαδικασίες βασίζονται στις παρακάτω τεχνικές.

3.1) Ενδιάμεσοι εξυπηρετητές:

Όταν μιλάμε για ενδιάμεσους εξυπηρετητές αναφερόμαστε σε ένα είδος μνήμης ενδιάμεσης αποθήκευσης, το οποίο βρίσκεται ενδιάμεσα στον πελάτη και τον πραγματικό εξυπηρετητή. Μιλάμε επίσης για έναν εξυπηρετητή ο οποίος ανάλογα με ποιόν επικοινωνεί κάποιες φορές έχει τον ρόλο του πελάτη προς τον πραγματικό εξυπηρετητή και άλλες του εξυπηρετητή προς τον πελάτη,^[18] όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 4. Η λειτουργία του ενδιάμεσου εξυπηρετητή^[34]

Ακόμη, περιέχει τα πιο δημοφιλή αρχεία του διαδικτύου σύμφωνα με τους χρήστες, στην ειδική βάση δεδομένων που ονομάζεται cache, και αποτελεί μια ενδιάμεση αποθηκευτική μνήμη. Παρεμβαίνει σε όλες τις αιτήσεις του δικτύου, από πελάτες προς τον πραγματικό εξυπηρετητή, αφού υπάρχει περίπτωση να έχει αυτός το αρχείο στην ενδιάμεση μνήμη, και να έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετήσει τον χρήστη άμεσα.^[18] Από αυτό καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι ενδιάμεσοι εξυπηρετητές έχουν την ικανότητα να αυξήσουν την ταχύτητα της σύνδεσης ενός χρήστη στο διαδίκτυο. Από την άλλη τώρα αν ο ενδιάμεσος εξυπηρετητής δεν έχει το αρχείο καταλήγει στον πραγματικό εξυπηρετητή.

Οι ενδιάμεσοι εξυπηρετητές μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για έλεγχο πρόσβασης. Με λίγα λόγια μπορούν να βάλουν κάποια όρια σε χρήστες από συγκεκριμένες γεωγραφικές τοποθεσίες ή χώρες.

Τέλος υπάρχουν και οι ανώνυμοι ενδιάμεσοι εξυπηρετητές που δουλειά τους είναι να κρύβουν την ip διεύθυνση του διαδικτύου του χρήστη, έτσι ώστε να τον προστατεύουν από πιθανά προβλήματα όπως για παράδειγμα το να εισβάλει κάποιος στον υπολογιστή μέσω του διαδικτύου.

Οι βασικοί λόγοι που χρησιμοποιούνται οι ενδιάμεσοι εξυπηρετητές είναι δύο:

1) **Αύξηση της απόδοσης:**

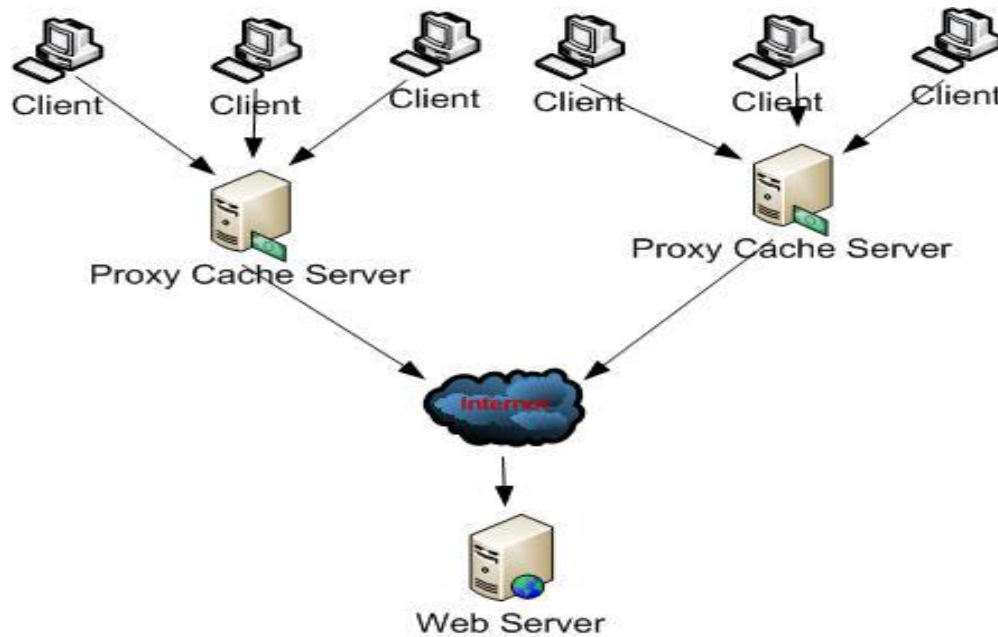
Μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση αφού κρατάει τα αρχεία αποθηκευμένα και επίσης δεν χρειάζεται να στέλνει κάθε φορά την αίτηση ενός χρήστη στον πραγματικό εξυπηρετητή, αφού μπορεί το αρχείο που θα του ζητηθεί να το έχει ο ίδιος.

2) **Φιλτράρισμα αιτήσεων:**

Χρησιμοποιούνται συχνά οι ενδιάμεσοι εξυπηρετητές για φιλτράρισμα αιτήσεων το οποίο θεωρείται μέρος μιας πολιτικής προστασίας. Για παράδειγμα τους χρησιμοποιούν σε μια εταιρεία για να εμποδίσουν τους υπαλλήλους να επισκεφτούν κάποιες ιστοσελίδες.

3.2) Μηχανισμός ενδιάμεσης μνήμης:

Ο μηχανισμός της ενδιάμεσης μνήμης λειτουργεί αποθηκεύοντας σε ένα σημείο του διαδικτύου, εύκολα προσβάσιμο από τους χρήστες, τις ιστοσελίδες και τα αρχεία για να χρησιμοποιηθούν ξανά. Σε αυτή την τεχνική βασίζονται και οι ενδιάμεσοι εξυπηρετητές. Επίσης είναι σε θέση, κάνοντας έναν έλεγχο, να βρει το αποθηκευμένο αντίγραφο ενός αρχείου και να το στείλει στον χρήστη που το ζήτησε^[35].



Εικόνα 5. Η λειτουργία του ενδιάμεσου εξυπηρετητή επιτελώντας τη λειτουργία του μηχανισμού ενδιάμεσης μνήμης.^[35]

Τι γίνεται όμως στην περίπτωση που το αρχείο αυτό δεν είναι το πιο πρόσφατο;

Ο μηχανισμός ενδιάμεσης μνήμης έχει λύση και για αυτό. Κάνοντας έναν σύντομο έλεγχο συγκρίνει τις ημερομηνίες των παρόμοιων αρχείων και παρέχει στον χρήστη το πιο πρόσφατο αντίγραφο.

Γενικώς σκοπός αυτού του μηχανισμού είναι να γίνει αποτελεσματική και αποδοτική η χρήση των πόρων και να αυξηθεί η ταχύτητα μεταφοράς του περιεχομένου στον τελικό χρήστη.

Τέλος, είναι μια τεχνική την οποία έχουν υιοθετήσει και οι φυλλομετρητές ιστού για να είναι πιο εύκολο να ανακτούν σελίδες σε περίπτωση που υπάρχει πάλι αίτηση για αυτές.

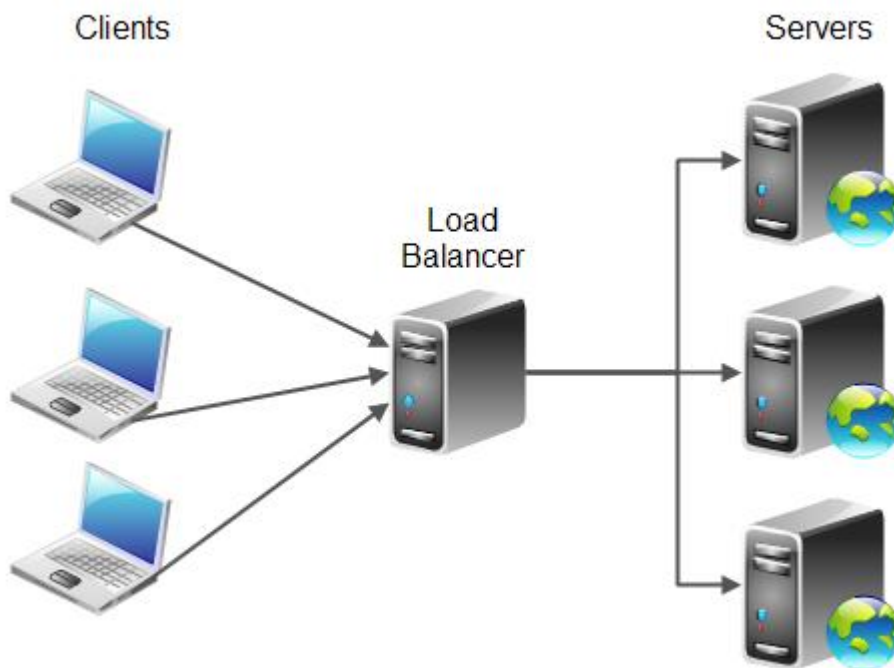
Υπάρχει όμως περίπτωση ο μηχανισμός ενδιάμεσης μνήμης να μην μπορεί να εξυπηρετήσει την αίτηση. Τότε η αίτηση θα προωθηθεί στον εξυπηρετητή της μνήμης αυτής. Αν δεν υπάρχει κάποιο αποτέλεσμα και εκεί τότε η αίτηση θα καταλήξει στον εξυπηρετητή που περιέχει τις αυθεντικές πληροφορίες.

3.3) Εξισορρόπηση φόρτου:

Στην εποχή μας το διαδίκτυο γίνεται όλο και πιο πολύ η σπουδαιότερη πηγή μικρών και μεγάλων, που τους παρέχει οτιδήποτε θέλουν να μάθουν ή να ενημερωθούν. Για το λόγο αυτό ο αριθμός των επισκεπτών του διαδικτύου συνεχώς αυξάνεται και οι εξυπηρετητές αντιμετωπίζουν δυσκολία στο να ικανοποιήσουν αυτό το μεγάλο αριθμό επισκεπτών που επισκέπτονται την ίδια χρονική στιγμή μια ιστοσελίδα.

Στην περίπτωση αυτή η τεχνική εξισορρόπησης φόρτου αντιμετωπίζει το πρόβλημα, διαμοιράζοντας την ποσότητα της εργασίας σε περισσότερους υπολογιστές αντί να τα κάνει όλα ένας μόνος του.^[18] Το θετικό εδώ είναι ότι κάνει το σύστημα πιο αποδοτικό αφού παίρνει τον ίδιο χρόνο στις περισσότερες εργασίες μέχρι να ολοκληρωθούν, άρα ολοκληρώνεται πιο γρήγορα και η όλη διαδικασία.

Γενικά όταν οι χρήστες κάνουν κάποιες αιτήσεις, αυτές πηγαίνουν αρχικά στον κεντρικό εξυπηρετητή εξισοροπιστή φόρτου και αυτός με τη σειρά του διαμοιράζει τις αιτήσεις στους διάφορους εξυπηρετητές ανάλογα με τον φόρτο εργασίας, που έχει ο καθένας εκείνη τη στιγμή^[18], όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 6. Τεχνική εξισορρόπησης φόρτου^[36]

Τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι:

- 1) Ο χρόνος απόκρισης:

Η σελίδα φορτώνεται με μεγαλύτερη ταχύτητα αφού οι πελάτες ικανοποιούνται από πολλούς υπολογιστές και δεν περνάνε όλες οι εργασίες από έναν.

2) Σταθερότητα:

Σε περίπτωση που σταματήσει να λειτουργεί ένας υπολογιστής από τους πολλούς δεν θα δημιουργήσει κανένα πρόβλημα στους χρήστες, αφού οι υπόλοιποι θα συνεχίσουν να λειτουργούν κανονικά.

3) Υψηλή αποδοτικότητα

4) Μεγάλη διαθεσιμότητα

5) Ανάκαμψη προβλημάτων

Σε περίπτωση που ένας εξυπηρετητής σταματήσει να λειτουργεί η εξισορρόπηση φόρτου ανακατευθύνει τις αιτήσεις.

Η τεχνική αυτή εξισορρόπησης φόρτου έχει δώσει λύσεις σε δίκτυα που είναι δύσκολο να υπολογιστεί ο αριθμός των αιτήσεων που μπορεί να γίνονται.

3.4) Αντιγραφή πληροφορίας:

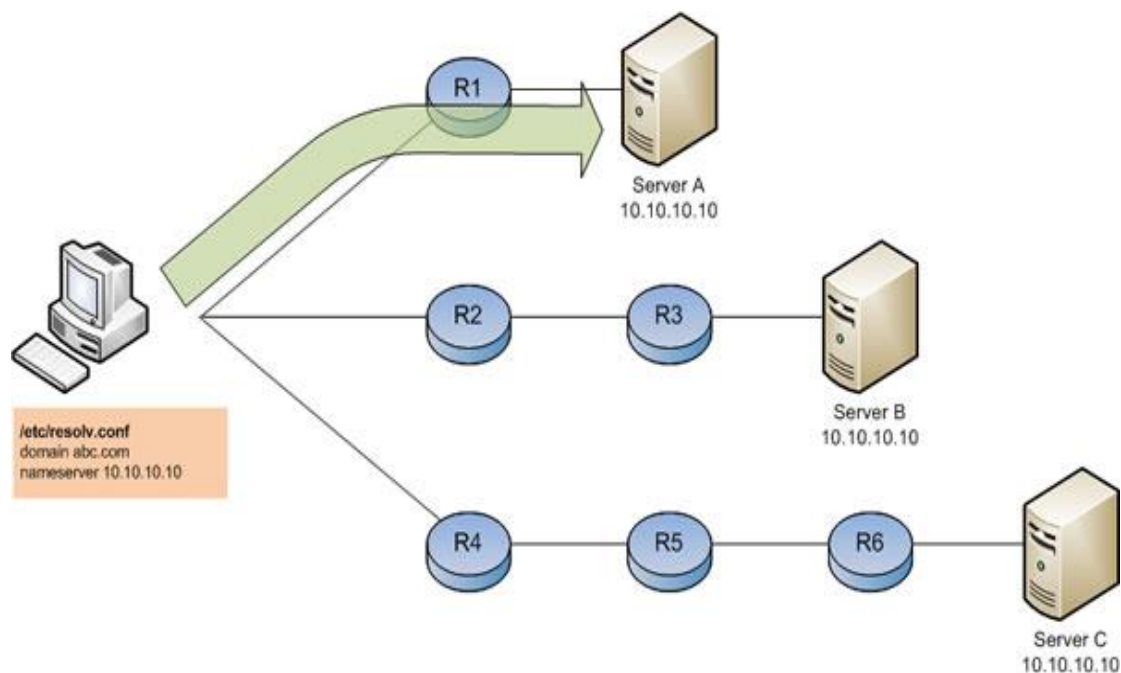
Αυτή η τεχνική στα δίκτυα διανομής περιεχομένου έχει ως στόχο να δημιουργεί πολλά αντίγραφα της ίδιας πληροφορίας με σκοπό να βελτιώσει την ταχύτητα πρόσβασης στις ιστοσελίδες, να μειώσει τις καθυστερήσεις και άρα να αυξήσει τη διαθεσιμότητα αυτής^[18].

Χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνική αντιγράφονται τα περιεχόμενα των πελατών στους εξυπηρετητές του δικτύου. Έτσι λοιπόν αν ένας πελάτης αλλάξει το περιεχόμενο του τότε ενημερώνεται και το περιεχόμενο των εξυπηρετητών.

Όπως αναφέραμε και πριν αυξάνεται γενικότερα η αποδοτικότητα του δικτύου, αφού οι αιτήσεις δεν πάνε στον εξυπηρετητή με το γνήσιο περιεχόμενο, αλλά στον εξυπηρετητή αντιγραφέα.

3.5) Anycasting:

Anycast είναι μια μεθοδολογία διευθυνσιοδότησης και δρομολόγησης δικτύου, με την οποία τα datagrams που στέλνονται οδηγούνται σε διαφορετικούς edge διακομιστές, ανάλογα με τον τοπολογικά πλησιέστερο στον χρήστη που θα τα παραλάβει. Αν και σε αυτή τη διαδικασία μπορούν να συμβάλουν πολλοί edge διακομιστές όλοι λειτουργούν με την ίδια διεύθυνση προορισμού, όπως βλέπουμε στην εικόνα που ακολουθεί^[19].



Εικόνα 7. Η μέθοδος Anycasting^[37]

Χρησιμοποιώντας το border gateway protocol στο διαδίκτυο πολλές διαφορετικές θέσεις στο διαδίκτυο, ανακοινώνουν ταυτόχρονα τον ίδιο προορισμό της ip διεύθυνσης. Με αυτό τον τρόπο τα πακέτα, που απευθύνονται σε αυτό τον προορισμό δρομολογούνται στο κοντινότερο σημείο του διαδικτύου, ανακοινώνοντας την συγκεκριμένη ip διεύθυνση του διαδικτύου.

Γενικά το anycast χρησιμοποιείται ως ένας τρόπος να παρέχει υψηλή διαθεσιμότητα και ισορροπία φόρτου για αρκετές υπηρεσίες.

Τα cdn χρησιμοποιούν anycast για πραγματικές http συνδέσεις στα δικά τους κέντρα διανομής. Οι συνδέσεις αυτές είναι βραχυπρόθεσμες, επειδή σε τέτοια δίκτυα ζητούνται κυρίως για στατικό περιεχόμενο, όπως οι εικόνες. Έτσι λοιπόν το anycast είναι κατάλληλο για αυτή την εφαρμογή αφού υπάρχει γενική σταθερότητα των διαδρομών και των διαφορετικών συνδέσεων.

Πολλοί πιστεύουν ότι το anycast είναι μη ασφαλές αφού επιτρέπει σε κάθε φορέα του οποίου η δρομολόγηση πληροφοριών γίνεται δεκτή από ένα ενδιάμεσο δρομολογητή να επέμβει σε οποιοδήποτε πακέτο προορίζεται για την anycast διεύθυνση. Αυτό δεν ισχύει όμως αφού δεν διαφέρει σε τίποτα από την απλή δρομολόγηση των συνηθισμένων ip πακέτων.

Το anycast θεωρείται αρκετά αξιόπιστο αφού περιέχει αυτόματη δυνατότητα ανακατεύθυνσης σε διακομιστές. Οι εφαρμογές του anycast συνήθως διαθέτουν έναν εξωτερικό “παλμό” που παρακολουθεί τη λειτουργία του διακομιστή, και σε περίπτωση που αυτός αποτύχει αποσύρει την ανακοίνωση της διαδρομής. Η

λειτουργία αυτού του παλμού είναι πολύ σημαντική, διότι εάν η ανακοίνωση της διαδρομής συνεχίζεται για έναν διακομιστή που είναι εκτός λειτουργίας θα δημιουργήσει πρόβλημα στους κοντινούς πελάτες^[19].

Το anycast σαν μέθοδος μπορεί να βοηθήσει στο διαδίκτυο στην αντιμετώπιση επιθέσεων όπως οι DoS(Denial of Service). Αφού η κίνηση στην anycast γίνεται στους κοντινότερους κόμβους θα επηρεαστούν μόνο αυτοί και όχι οι υπόλοιποι.

Οι DoS (Denial of Service) επιθέσεις άρνησης εξυπηρέτησης ονομάζονται γενικά οι επιθέσεις εναντίον ενός υπολογιστή ή μιας υπηρεσίας που παρέχεται, οι οποίες έχουν ως σκοπό να καταστήσουν τον υπολογιστή ή την υπηρεσία ανίκανη να δεχτεί άλλες συνδέσεις και έτσι να μην μπορεί να εξυπηρετήσει άλλους πιθανούς πελάτες.^[20]

3.6) Συμπίεση:

Η συμπίεση είναι μια ικανότητα που μπορούν να έχουν οι διακομιστές ιστού και οι πελάτες διαδικτύου, με σκοπό να βελτιώσουν την ταχύτητα μεταφοράς και να αξιοποιήσουν το εύρος ζώνης^[19].

Ο πελάτης ιστού διαφημίζει ποια συστήματα συμπίεσης υποστηρίζει περιλαμβάνοντας μια λίστα με τα σύμβολα της αίτησης http. Για παράδειγμα για κωδικοποίηση περιεχομένου ο κατάλογος σε ένα πεδίο ονομάζεται αποδοχή κωδικοποίηση(accept encoding),όπως παρακάτω:

```
GET / κρυπτογραφημένα περιοχής HTTP / 1.1
Διοργανωτής: www.example.com Αποδοχή-Κωδικοποίηση: gzip, o
αποπληθωρισμός
```

Ο διακομιστής ιστού δεν υποχρεούνται να χρησιμοποιήσει κάποια μέθοδο συμπίεσης, Αν όμως υποστηρίζει ένα ή περισσότερα συστήματα συμπίεσης τα εξερχόμενα δεδομένα μπορούν να συμπιεστούν με μία ή και περισσότερες μεθόδους. Σε αυτή την περίπτωση ο διακομιστής θα προσθέσει ένα πεδίο “κωδικοποίηση περιεχομένου” ή “μεταφορά κωδικοποίηση”(transfer encoding) στην http response (απόκριση) με τα συστήματα που χρησιμοποιούνται χωρισμένα με κόμμα όπως παρακάτω:

```
HTTP / 1.1 200 OK
Ημερομηνία: Δευτ 2 Δεκεμβρίου, 2014 22:38:34 GMT
```

διακομιστή: Apache / 1.3.3.7 (Unix) (το Red Hat / Linux)
τελευταίας τροποποίησης: Τετ 8 Ιανουαρίου, 2003 23:11:55 GMT
Αποδοχή-Σειρές: bytes
Content-Length: 438
Σύνδεση: κοντά
Content-Type: text / html? charset = UTF-8 **Content-Encoding: gzip**

Με τον όρο συμπίεση δεδομένων (data compression) εννοούμε τη μετατροπή ενός ψηφιακού αρχείου, που είναι σε θέση να αποσταλεί ή να αποθηκευτεί σε μικρότερα αρχεία. Αυτό πρέπει να γίνεται με τρόπο ώστε να μπορεί το συμπιεσμένο αρχείο να αποσυμπεστεί και να επανέλθει πάλι στο αρχικό.

Η διαδικασία αυτή γίνεται είτε με την φύλαξη ενός μόνο από κάποια σημεία που μπορεί να επαναλαμβάνονται μέσα σε ένα αρχείο είτε με την απώλεια κάποιων δεδομένων τα οποία θεωρούνται ασήμαντα και δεν προκαλούν σοβαρή μεταβολή του περιεχομένου.

Με λίγα λόγια μπορούμε να πούμε ότι η συμπίεση μειώνει τον όγκο των δεδομένων που στέλνονται ή αποθηκεύονται απλά και μόνο με την αφαίρεση του πλεονασμού. Η διαδικασία της συμπίεσης κάνει τη μεταφορά και την αποθήκευση πιο αποδοτικές, ενώ παράλληλα διατηρεί την ακεραιότητα των δεδομένων.

Κεφάλαιο 40

Αρχιτεκτονική δικτύων διανομής περιεχομένου

4^ο : Αρχιτεκτονική δικτύων διανομής περιεχομένου

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε πιο συγκεκριμένα στην αρχιτεκτονική ενός δικτύου διανομής περιεχομένου (cdn) και στο πως αυτή λειτουργεί βήμα προς βήμα.

Όπως έχουμε προαναφέρει τα δίκτυα αυτά συμβάλλουν αποδοτικά στην βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών που προσφέρει το διαδίκτυο.

Ο τρόπος που είναι οργανωμένο αυτό το δίκτυο με πολλούς εξυπηρετητές παραταγμένους σε διάφορα γεωγραφικά μέρη μέσα στο διαδίκτυο το καθιστά σε πλεονεκτική θέση, αφού κάνει πιο δυνατή, γρήγορη, αξιόπιστη αλλά και αποτελεσματική τη διανομή του περιεχομένου στους χρήστες.

Αυτό ωφελεί κυρίως τους ιδιοκτήτες διαδικτυακού υλικού, όπως ιδιοκτήτες ιστοσελίδων, αφού μπορούν να διανείμουν το περιεχόμενο τους στους χρήστες χωρίς προβλήματα π.χ. ταχύτητας και άλλα. Με τη σειρά του αυτό κάνει τους χρήστες να ωφελούνται επίσης άρα και να πληθαίνουν.

Ο αριθμός των εξυπηρετητών αλλά και των κόμβων που υπάρχουν μέσα σε ένα τέτοιο δίκτυο, μπορεί να είναι πολύ μεγάλος και εξαρτάται από την αρχιτεκτονική του δικτύου αυτού. Μπορεί δηλαδή να φτάσει να αποτελείται από χιλιάδες κόμβους και δεκάδες χιλιάδες εξυπηρετητές.^[17]

Οι κόμβοι αυτοί ενός τέτοιου δικτύου τοποθετούνται σε διάφορες θέσεις, και συνεργάζονται μεταξύ τους για να ικανοποιήσουν τις αιτήσεις χρηστών για περιεχόμενο βελτιώνοντας έτσι τη διαδικασία μεταφοράς

Πιο συγκεκριμένα μέσα στο δίκτυο αυτό υπάρχουν πολλοί αντιγραφείς – εξυπηρετητές διασκορπισμένοι σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές δουλειά των οποίων είναι να αντιγράφουν το περιεχόμενο από την γνήσια προέλευση και όταν γίνει μια αίτηση από κάποιον χρήστη, για αυτό το περιεχόμενο ο αντιγραφέας εξυπηρετητής που θα εξυπηρετήσει αυτή την αίτηση είναι αυτός που βρίσκεται πιο κοντά στον χρήστη αυτόν.^[17]

Υπάρχουν επίσης και οι τεχνολογίες υποδομής όπως ο μηχανισμός ενδιάμεσης μνήμης(caching), όπου και αυτοί βοηθούν σημαντικά σε αυτή τη διαδικασία. Ωθούν τα αντιγραμμένα περιεχόμενα κοντά στους τελικούς χρήστες.^[17] Με μια ακόμη τεχνολογία υποδομής, την εξισορρόπηση φόρτου, δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες να λαμβάνουν την καλύτερη πηγή περιεχομένου που ζητούν.

Ανάλογα με το στόχο που επιζητά για την καθοδήγηση των αιτήσεων κάθε φορά, επιλέγονται και διαφορετικές θέσεις εξυπηρετητών που θα εξυπηρετήσουν.

- Όταν επιζητά βέλτιστη απόδοση τότε επιλέγονται οι θέσεις εξυπηρετητή που θα εξυπηρετήσουν τον χρήστη αρκετά γρήγορα και άμεσα ως προς τις αιτήσεις του. Δηλαδή επιλέγονται οι θέσεις εξυπηρετητή που βρίσκονται σε απόσταση με τον μικρότερο αριθμό δικτυακών δευτερολέπτων από το χρήστη.
- Όταν επιζητά ελάχιστο κόστος τότε θα εξυπηρετήσουν θέσεις εξυπηρετητών που είναι λιγότερο ακριβές.

Θα λέγαμε βέβαια ότι οι δύο παραπάνω στόχοι πάνε μαζί, αφού οι εξυπηρετητές που είναι πιο κοντά στο τελικό χρήστη, συχνά έχουν και το μικρότερο κόστος, και αυτό ίσως γιατί βρίσκονται στο ίδιο δίκτυο.

Παρακάτω θα αναλύσουμε λεπτομερώς ένα προς ένα τα βήματα της λειτουργίας των εξυπηρετητών αλλά και των συστημάτων εξυπηρέτησης που εμπλέκονται σε αυτή τη διαδικασία, όπως είναι ο διακομιστής προέλευσης(origin server), ο εξυπηρετητής αντιγραφείας(replica server), το σύστημα δρομολόγησης αιτήσεων(request routing system), το σύστημα διανομής(distribution system), το λογιστικό σύστημα(accounting system) και το σύστημα λογαριασμών(billing organization).

Τα συστήματα θα αναλυθούν περισσότερο σε παρακάτω κεφάλαιο. Οπότε τώρα πριν μιλήσουμε για τα βήματα θα δώσουμε κάποιες ερμηνείες για τους εξυπηρετητές:

Γενικά ο εξυπηρετητής ή διακομιστής(server):

Είναι υλικό ή λογισμικό που φέρνει εις πέρας αιτήσεις διαφόρων πελατών ή χρηστών, παρέχοντας διάφορες υπηρεσίες. Όταν ένας υπολογιστής εκτελεί τέτοια προγράμματα εξυπηρετητές, τότε και ο υπολογιστής αυτός θεωρείται εξυπηρετητής.

Εξυπηρετητής προέλευσης(origin server):

Είναι ο αρχικός εξυπηρετητής, αυτός που περιέχει το γνήσιο περιεχόμενο, όπως μια αυθεντική ιστοσελίδα, και συντηρείται και ενημερώνεται από την επιχείρηση.

Εξυπηρετητής αντιγραφείας(replica server):

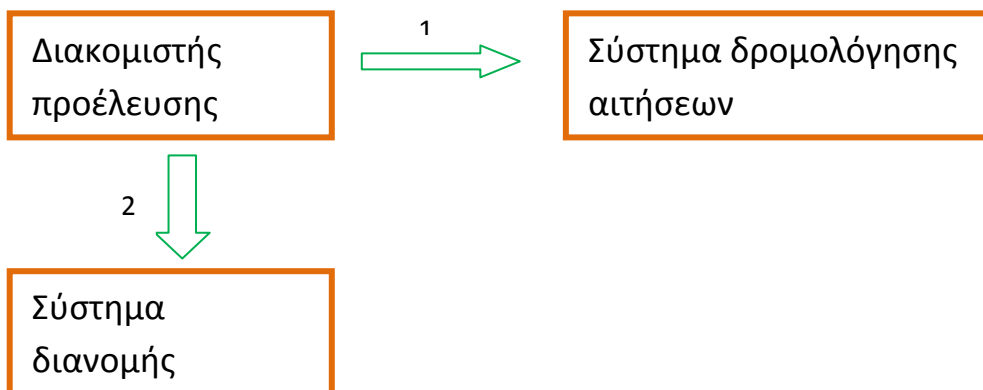
Είναι αυτός που περιέχει αντιγραφές από γνήσια περιεχόμενα και εξυπηρετεί μια αίτηση αν βρίσκεται κοντινότερα στην προέλευση της αίτησης από τους υπόλοιπους εξυπηρετητές αντιγραφείς.

Τα βήματα λειτουργίας της αρχιτεκτονικής των δικτύων διανομής περιεχομένου είναι τα εξής:

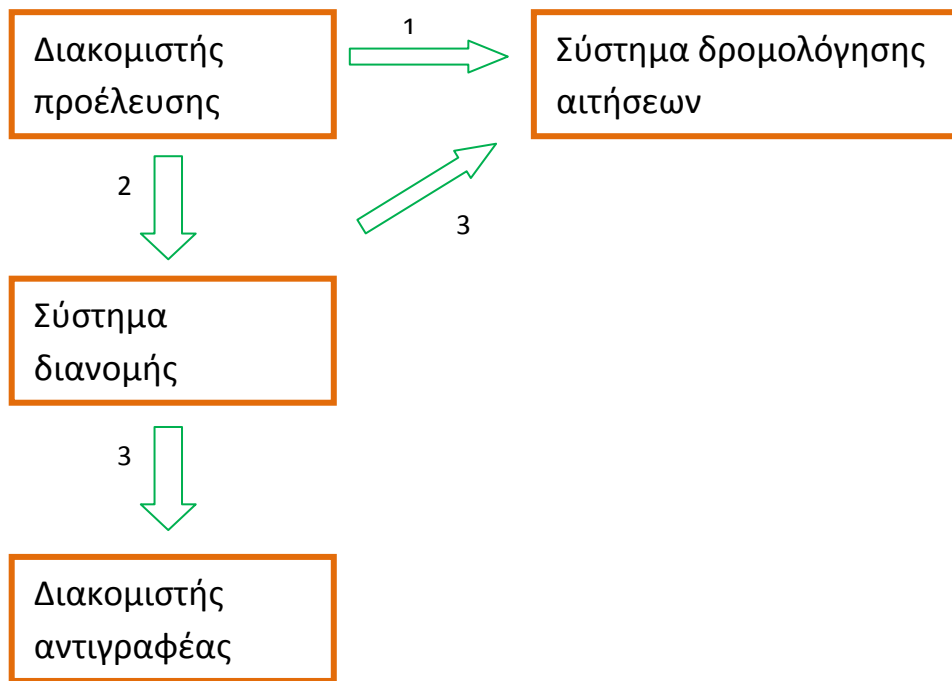
Βήμα 1: Ο διακομιστής προέλευσης αναθέτει τον υψί χώρο ονομάτων του στο σύστημα δρομολόγησης αιτήσεων για τα αντικείμενα που πρόκειται να κατανεμηθούν και να διαμοιραστούν από τα δίκτυα διανομής.



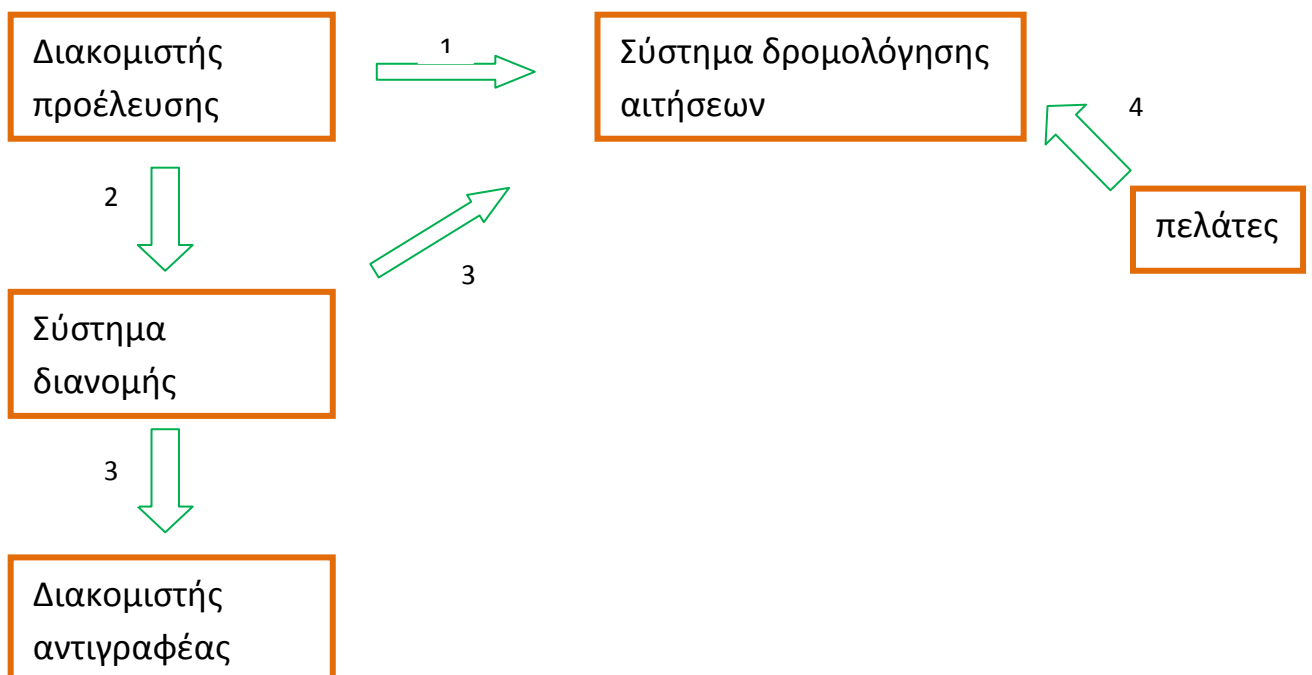
Βήμα 2: Ο διακομιστής προέλευσης κάνει γνωστό στο σύστημα διανομής το περιεχόμενο που πρόκειται να διανεμηθεί και να μεταφερθεί.



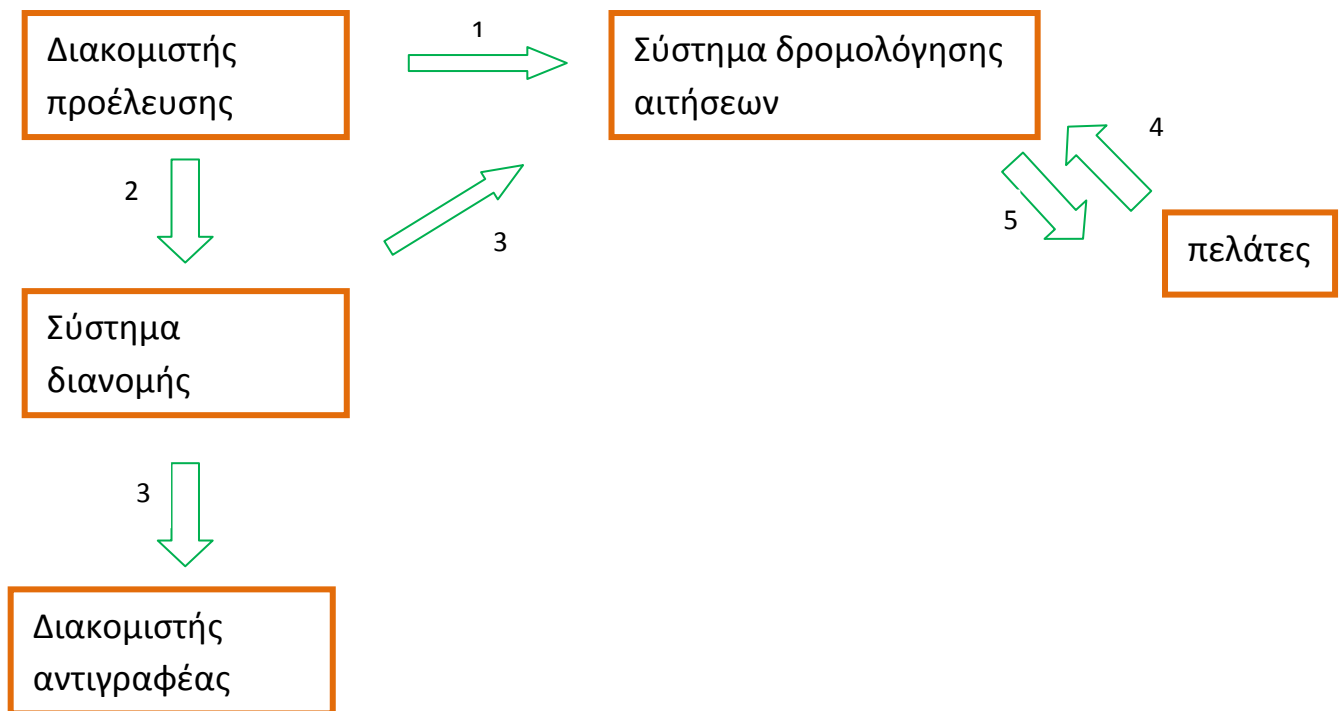
Βήμα 3: Το σύστημα διανομής αφού έχει λάβει το περιεχόμενο επικοινωνεί με το σύστημα δρομολόγησης αιτήσεων για να βοηθήσει να επιλεγεί ο κατάλληλος εξυπηρετητής αντιγραφείας για την ικανοποίηση της αίτησης ενός πελάτη. Στη συνέχεια μεταφέρει το περιεχόμενο σε αυτόν τον εξυπηρετητή αντιγραφείας.



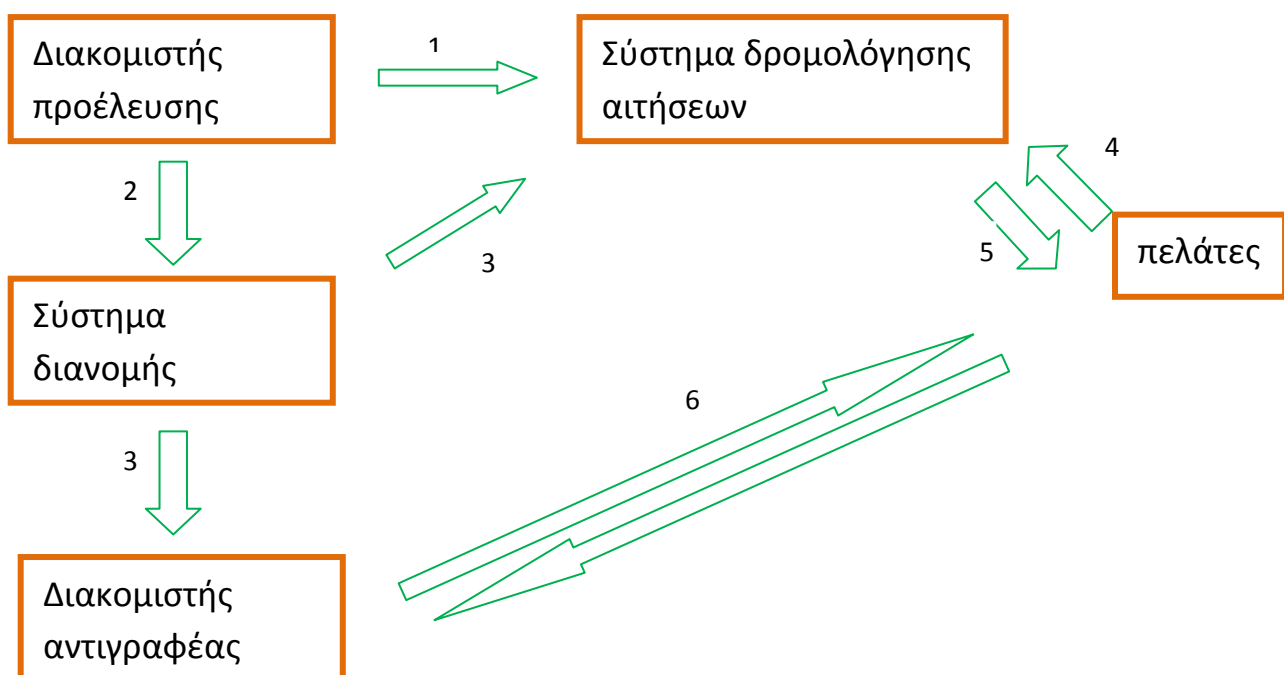
Βήμα 4: Ο πελάτης ζητάει αρχεία από τον διακομιστή προέλευσης. Επειδή όμως ο διακομιστής προέλευσης, όπως είπαμε στο βήμα 1, τον url χώρο ονομάτων του τον έχει αναθέσει στο σύστημα δρομολόγησης αιτήσεων, η αίτηση αυτού του πελάτη στην ουσία θα πάει στο σύστημα αυτό.



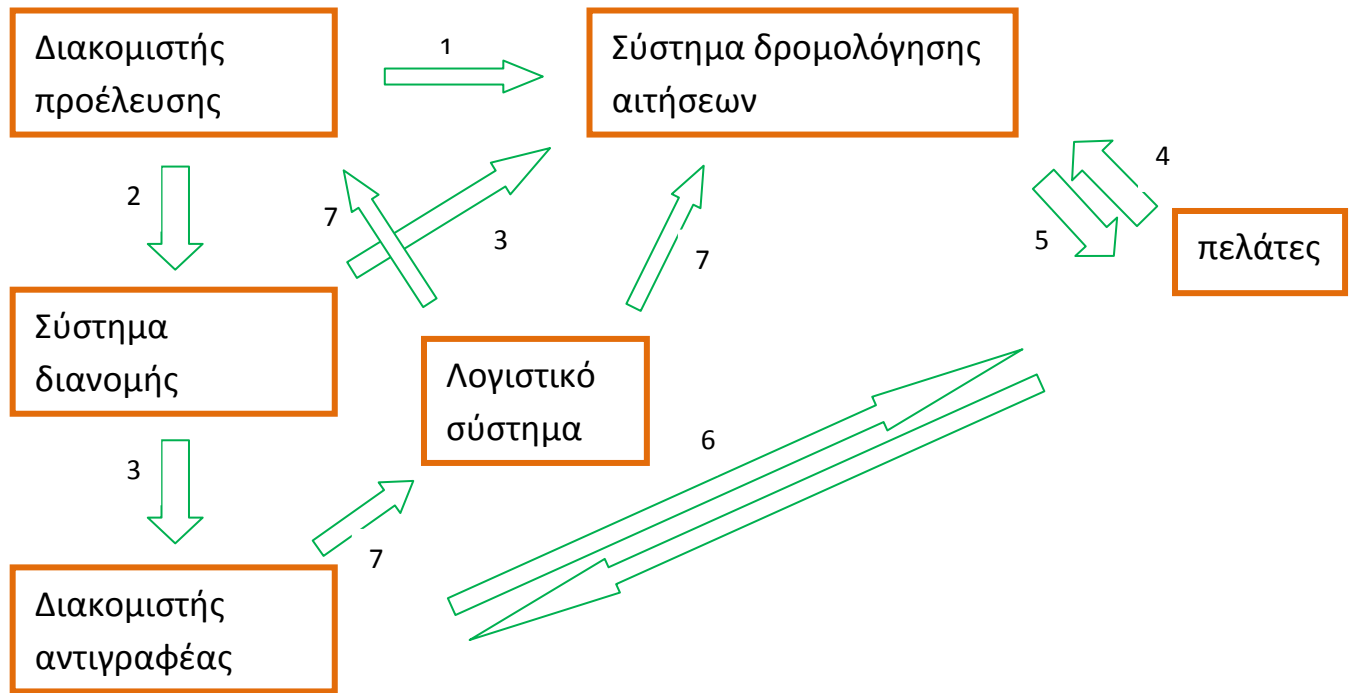
Βήμα 5: Το σύστημα δρομολόγησης αιτήσεων στέλνει την αίτηση στον κατάλληλο εξυπηρετητή αντιγραφέα. Αυτόν δηλαδή που περιέχει το αντίγραφο.



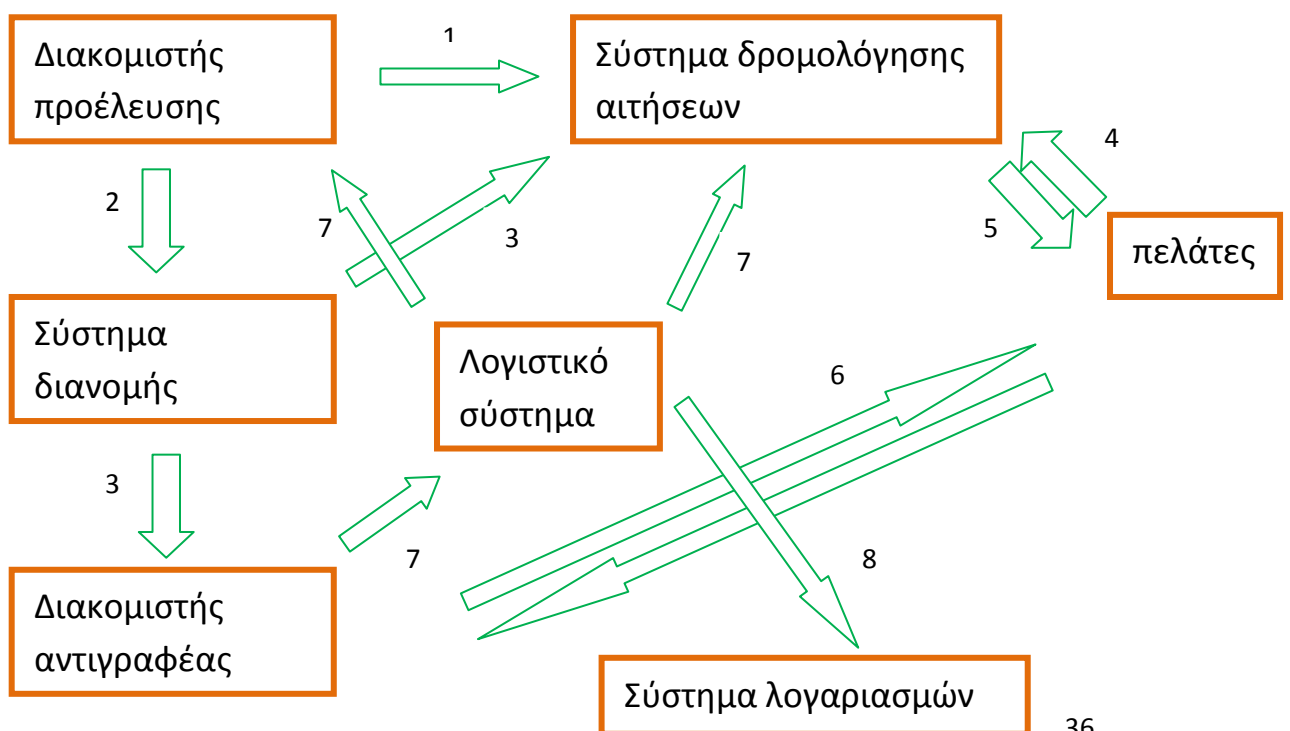
Βήμα 6: Ο εξυπηρετητής αντιγραφέας που θα επιλεγεί μεταφέρει στον πελάτη το περιεχόμενο που ζήτησε και στέλνει λογιστικές πληροφορίες στο λογιστικό σύστημα για το περιεχόμενο αυτό που μετέφερε.



Βήμα 7: Το λογιστικό σύστημα γενικά επεξεργάζεται αυτές τις λογιστικές πληροφορίες που έλαβε και τις μετατρέπει σε στατιστικά δεδομένα και λεπτομερείς αντιγραφές περιεχομένου τα οποία στέλνονται και είναι έτοιμα προς χρήση από το διακομιστή προέλευσης, το σύστημα λογαριασμών και επίσης ως ανατροφοδότηση από το σύστημα δρομολόγησης αιτήσεων.



Βήμα 8: Τέλος το σύστημα λογαριασμού χρησιμοποιεί τις λεπτομερείς εγγραφές περιεχομένου για να οργανώσει τα μέρη που έλαβαν μέρος στην διανομή του περιεχομένου και στη διαδικασία της μεταφοράς.



Κεφάλαιο 50

Πάροχοι δικτύων διανομής περιεχομένου

5^ο : Παρόχοι δικτύων διανομής περιεχομένου

Όλα ή τα περισσότερα επιχειρησιακά δίκτυα διανομής περιεχομένου είναι ανεπτυγμένα από εμπορικές εταιρείες οι οποίες έχουν σαν αντικείμενο με τον καιρό να ενοποιηθούν. Εμείς εδώ θα επικεντρωθούμε στη μελέτη δικτύων διανομής περιεχομένου, τα οποία είναι σε σταθερή λειτουργία για μια ορισμένη χρονική περίοδο.

Η αρχιτεκτονική που προσφέρουν είναι να αντιγράφουν το περιεχόμενο του γνήσιου εξυπηρετητή σε δικούς τους εξυπηρετητές ενδιάμεσης μνήμης που είναι διαμοιρασμένοι σε όλο το διαδίκτυο, με αυτό τον τρόπο φέρνουν το περιεχόμενο πιο κοντά στο χρήστη και κάνουν ταχύτερη τη μεταφορά δεδομένων.

Κάποιοι από τους παρόχους δικτύων διανομής περιεχομένου που προσφέρουν αυτή την αρχιτεκτονική είναι η Akamai, η Mirror image, η Limelight Networks και η Edgecast Networks στις οποίες θα αναφερθούμε λεπτομερώς παρακάτω.^[1]

5.1) Akamai

Η Akamai technologies εξελίχθηκε σαν εταιρεία μετά από έρευνα. Πλέον έχει φτάσει να κυριαρχεί στην αγορά στα δίκτυα διανομής περιεχομένου και να έχει πάνω από 20.000 δρομολογητές και 1.000 δίκτυα σε 71 χώρες. Οι εξυπηρετητές βρίσκονται τοπολογικά σε πάνω από 900 διαφορετικά δίκτυα ^{[6][17][18][22]}.

Θα λέγαμε γενικά ότι είναι μια εταιρεία που έχει πολλούς διακομιστές καταναμημένους στο διαδίκτυο για να διανέμει παγκόσμια το διαδικτυακό περιεχόμενο και να κάνει εύκολη τη μεταφορά του. Με λίγα λόγια διαχειρίζεται την κίνηση μέσα στο δίκτυο και λειτουργεί σαν εξυπηρετητής περιεχομένου στο διαδίκτυο.

Κάποιοι πελάτες της είναι η Yahoo, Google, Microsoft, Apple, Amazon, McAfee, Adobe, IBM, BBC News, American Express και άλλοι.

Η Akamai έχει φροντίσει ώστε το περιεχόμενό της να μην παρέχεται μόνο από έναν διακομιστή αλλά από πολλούς διαφορετικούς ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα με την επεκτασιμότητα, την αξιοπιστία και την απόδοση του δικτύου. Έτσι λόγω συνωστισμού καταλήξαμε οι αιτήσεις να διεκπεραιώνονται από πολλούς διακομιστές και η Akamai να παρέχει ακόμα και βίντεο και ήχο συνεχούς ροής χωρίς κανένα πρόβλημα^[12].

Το δίκτυο της Akamai είναι έτσι κατασκευασμένο ώστε να μην δυσκολεύεται όταν υπάρχει μεγάλη κίνηση στο δίκτυο. Αυτό το αντιμετωπίζει στέλνοντας τις αιτήσεις σε πολλούς διακομιστές και έπειτα ο πελάτης λαμβάνει το περιεχόμενο από τον κοντινότερο διακομιστή σε αυτόν^[12].

Η Akamai διαθέτει ένα δυναμικό DNS σύστημα στηριζόμενο στην τεχνική της χαρτογράφησης, δηλαδή την κατεύθυνση της αίτησης σε διακομιστή περιεχομένου.^[17] Επιλύει το όνομα του κεντρικού υπολογιστή βασιζόμενο στην κατάσταση του δικτύου, στη θέση του χρήστη και στην υπηρεσία που ζητήθηκε.

Ενώ οι αντιπροσωπείες Akamai επικοινωνούν με απομακρυσμένους διακομιστές, το σύστημα χαρτογράφησης χρησιμοποιεί πληροφορίες του πρωτοκόλλου BGP για να καθορίσει την τοπολογία του δικτύου.^[17]

Η Akamai παρέχει μια πλήρη και λεπτομερή εικόνα του δικτύου χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες από την τοπολογία και τα απευθείας στατιστικά στοιχεία.

Η Akamai αντιγράφει το περιεχόμενο που βρίσκεται αποθηκευμένο στους εξυπηρετητές των πελατών της και παρόλο που το όνομα περιοχής(domain name) είναι το ίδιο, είναι έτσι φτιαγμένο ώστε οι ip διευθύνσεις να δείχνουν πάντα στο εξυπηρετητή της Akamai και όχι στο πελάτη τους.

Είναι σημαντικό εδώ να πούμε ότι εάν ένας πελάτης έχει την ιστοσελίδα του στην Akamai, το περιεχόμενο μέσα σε αυτήν δεν δείχνει στους εξυπηρετητές που ανήκουν στον πελάτη αλλά σε αυτούς που ανήκουν στο δίκτυο της Akamai.^[17] Με άλλα λόγια αν ένας χρήστης του διαδικτύου στείλει μια αίτηση περιεχομένου σε έναν πελάτη της Akamai, η αίτηση αυτή δεν θα εξυπηρετηθεί από τους εξυπηρετητές του πελάτη με το γνήσιο περιεχόμενο αλλά από τους εξυπηρετητές της Akamai, οι οποίοι έχουν το αντιγραμμένο περιεχόμενο από τον πελάτη της.

Ακόμα ελέγχει σε τακτά χρονικά διαστήματα την κατάσταση του δικτύου μέσω της τεχνικής της εξισορρόπησης φόρτου. Κάνει συχνά τεστ για την ακεραιότητα του δικτύου προσομοιώνοντας τη συμπεριφορά των τελικών χρηστών.^[17] Μέσω αυτής της διαδικασίας η Akamai βλέπει την εικόνα του συστήματος και παίρνει σημαντικές πληροφορίες από τους τελικούς χρήστες, όπως το να μετράει τα ποσοστά αποτυχίας τους και τις φορές που έκαναν λήψη. Αυτές οι πληροφορίες είναι πολύ χρήσιμες για την Akamai αφού της δίνουν τη δυνατότητα να ανιχνεύσει και να αντιμετωπίσει προβλήματα σε κέντρα δεδομένων και διακομιστές.

Η Akamai επίσης παρέχει μια εφαρμογή παρακολούθησης. Κάθε δρομολογητής περιεχομένου αναφέρει το φορτίο του στην εφαρμογή αυτή. Στη συνέχεια η εφαρμογή δημοσιεύει αυτές τις αναφορές φορτίου στον τοπικό διακομιστή DNS. Τέλος αυτός με τη σειρά του αποφασίζει ποιες IP διευθύνσεις, συνήθως 2 ή περισσότερες, θα επιστρέψουν μετά την διαδικασία.^[17]

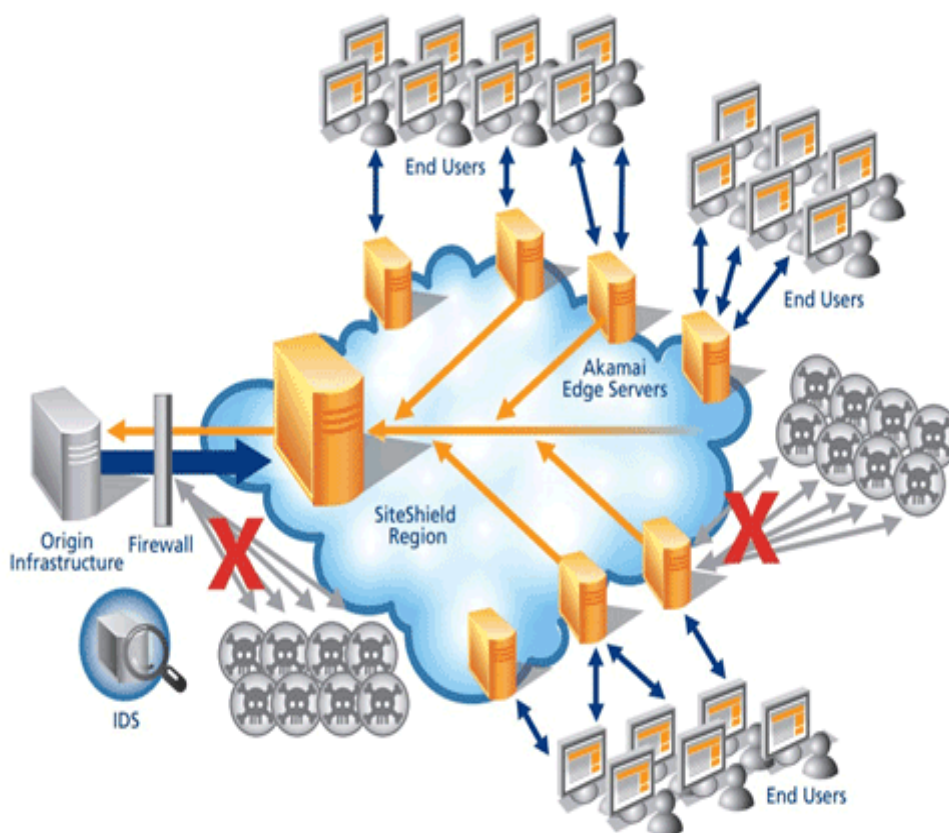
Λόγω της αυξημένης ζήτησης η Akamai χρησιμοποιεί την τεχνική εξισορρόπησης. Με αυτή κανονίζει να υπάρχει χώρος για περιεχόμενο σε εξυπηρετητές όπου η ζήτηση είναι μεγαλύτερη.

Αν το φορτίο ενός διακομιστή υπερβαίνει κάποια όρια, τότε ο DNS διακομιστής πρέπει γρήγορα να πάρει ένα μέρος του περιεχομένου, αυτού του διακομιστή και να το διαμοιράσει σε άλλους με λιγότερο φορτίο. Αυτό διότι, αν ένα φορτίο ενός διακομιστή υπερβεί ακόμη ένα όριο η IP διεύθυνση του διακομιστή αυτού θα πάψει πλέον να είναι διαθέσιμη στους πελάτες. Άρα συμπεραίνουμε ότι το φορτίο ενός διακομιστή πρέπει να εξισορροπιστεί πριν γίνει πολύ υψηλό.

Το ίδιο γίνεται και στα υπερφορτωμένα κέντρα δεδομένων απομακρύνοντας τη μεγάλη κυκλοφορία μέσω του ίδιου συστήματος παρακολούθησης.

Τέλος, ένα ακόμη πλεονέκτημα της Akamai είναι ότι παρέχει ολοκληρωμένη αναφορά για κάθε πελάτη και διακομιστή περιεχομένου στην υπηρεσία περιεχομένου.^[17] Πράγμα που είναι πολύ χρήσιμο για τους επιχειρησιακούς και διαγνωστικούς σκοπούς του δικτύου.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ένα δίκτυο Akamai το οποίο έχει πολλούς κατανεμημένους διακομιστές που μεταφέρουν το περιεχόμενο στους τελικούς χρήστες.



Εικόνα 9. Ένα δίκτυο Akamai^[38]

5.2) Mirror image

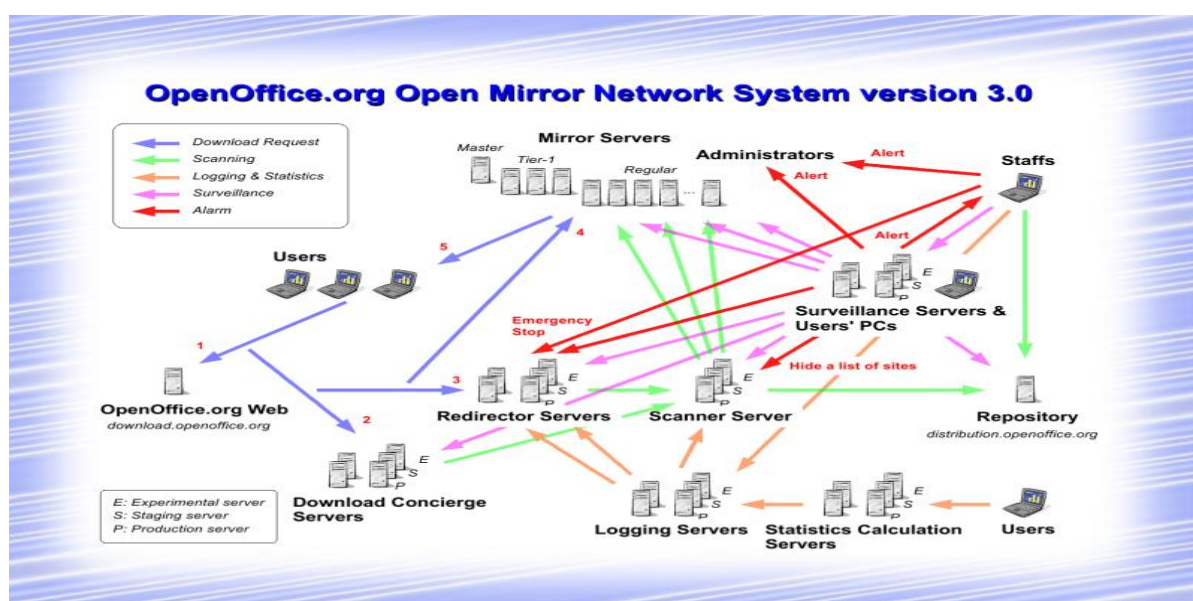
Η Mirror image είναι άλλη μια εταιρεία, συγκεκριμένα της Xcelera Inc που διαθέτει παγκόσμιο δίκτυο και παρέχει στους χρήστες αρχεία, εφαρμογές και συναλλαγές σε απευθείας σύνδεση, από το 1999. Επίσης διαθέτει διακομιστές σε 22 χώρες με πολλούς χρήστες και κίνηση. Χώρες που βρίσκονται σε Ευρώπη, Αμερική και Ασία.^{[17][18]}

Η Mirror image χρησιμοποιεί την παγκόσμια υποδομή cap (content access point – σημείου πρόσβασης περιεχομένου), ώστε να εφοδιάσει τους προμηθευτές περιεχομένου και υπηρεσιών και τις επιχειρήσεις με μια πλατφόρμα και από εκεί να διανεμηθεί το περιεχόμενο στους τελικούς χρήστες. Η cap είναι χρήσιμη για να εξισορροπεί το φόρτο στους διακομιστές προέλευσης και τα δίκτυα και να τοποθετεί το περιεχόμενο κοντά στους χρήστες.^[17] Αυτό προσφέρει ασφάλεια και ταχύτητα στο διαδίκτυο.

Εγγύαται ακόμη, διαθεσιμότητα και υψηλή απόδοση ακόμη και κατά τη διάρκεια περιόδων υψηλού φόρτου.^[17] Αυτό γιατί έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύει περιεχόμενο σε πολλούς εξυπηρετητές παγκοσμίως έτσι ώστε να ξεφορτώνει κατά κάποιο τρόπο τον γνήσιο εξυπηρετητή, να αποφεύγεται ο συνωστισμός και εντέλει να ευημερεί τους χρήστες μεταφέροντάς τους το περιεχόμενο από τον γνήσιο εξυπηρετητή, με χαμηλότερο κόστος. Αυτό βοηθάει τις επιχειρήσεις και να εξυπηρετούν τους χρήστες αλλά και ταυτόχρονα να μην έχουν μεγάλες λειτουργικές δαπάνες.

Περιέχει επιπλέον διανομή περιεχομένου, ροή πολυμέσων (media streaming), web computing και υπηρεσίες αναφοράς.^[17]

Τέλος, η Mirror image δίνει τη δυνατότητα ζωντανής παρακολούθησης μέσω κονσόλας που έχει ως κέντρο τον πελάτη.^[17]



Εικόνα 10. Ένα δίκτυο Mirror Image^[39]

5.3) Limelight Networks

Η limelight είναι μια ακόμη εταιρεία που παρέχει ζωντανή διανομή βίντεο και μουσικής, παιχνιδιών και λήψεων μέσω του δικτύου διανομής περιεχομένου ^[6].

Η εταιρεία διαχειρίζεται ένα παγκόσμιο δίκτυο οπτικών ινών που βοηθά τους εκδότες περιεχομένου να αποφεύγουν την αποστολή αρχείων μέσω του διαδικτύου, που υπάρχει πλέον μεγάλη κίνηση και συμφόρηση, αλλά να εξακολουθεί να παραδίδει το περιεχόμενο απευθείας στους τελικούς χρήστες ^[6].

Διαθέτει διακομιστές σε 72 χώρες περιλαμβάνοντας περιοχές όπως η Νέα Υόρκη, Λος Άντζελες, Άμσטרνταμ, Λονδίνο και Τόκιο. ^{[17][18]}

Οι πελάτες της χρησιμοποιούν το διαδίκτυο για την διανομή του περιεχομένου τους σε μεγάλο κοινό.

Επίσης έχει μια πλατφόρμα δικτύου διανομής περιεχομένου η οποία βοηθά στο να γνωρίζει τις ανάγκες που έχει ο κάθε προμηθευτής περιεχομένου.

Η Limelight διαθέτει προϊόντα όπως είναι: ^[17]

- Limelight content edge : για κατανεμημένη διανομή περιεχομένου μέσω http
- Limelight custom cdn : για κατανεμημένη διανομή λύσεων
- Limelight media edge streaming : το οποίο είναι μια πλατφόρμα με υψηλή απόδοση που παρέχει βίντεο και μουσική συνεχούς ροής(audio video streaming) σε όλο τον κόσμο.

Ακόμη μπορεί να βοηθήσει στην πρόσβαση και στη βελτίωση της στρατηγικής των πολυμέσων ροής (media streaming) μέσω της υπηρεσίας ροής Limelight. Συγκεκριμένα την Limelight user exchange η οποία είναι σε θέση να ξέρει τι κάνει ο τελικός χρήστης κάθε στιγμή.



Εικόνα 11. Ένα limelight δίκτυο ^[40]

5.4) EdgeCast Networks

Η EdgeCast Networks είναι και αυτός ένας πάροχος δικτύων διανοής περιεχομένου που έχει τη βάση του στη Νότια Καλιφόρνια και προσφέρει εφαρμογές βίντεο συνεχούς ροής (video streaming) από το 2006. Δίνει τη δυνατότητα για υψηλής ευκρίνειας βίντεο μέσω των εφαρμογών video on demand και iptv streaming^[41].

Επίσης ανέπτυξε τις εφαρμογές CROS (Continuous Route Optimization) και ICTT (Congestion Tunnel Through) για να αντιμετωπίσει την καθυστέρηση, την απώλεια πακέτων και την μεγάλη συμφόρηση.

Ο διακομιστής της EdgeCast διαθέτει λογισμικό που αποτελείται από διαχείριση περιεχομένου και αναφορές σε ζωντανή σύνδεση CMOR. Το λογισμικό αυτό μπορεί να ενσωματωθεί σε εφαρμογές σε ηλεκτρονικές συσκευές όπως η ψηφιακή τηλεόραση και σε ασύρματες φορήτες συσκευές^[41].

Η CMOR (αναφορά σε ζωντανή σύνδεση) διαχειρίζεται το περιεχόμενο και όλους τους δρομολογητές του συστήματος.

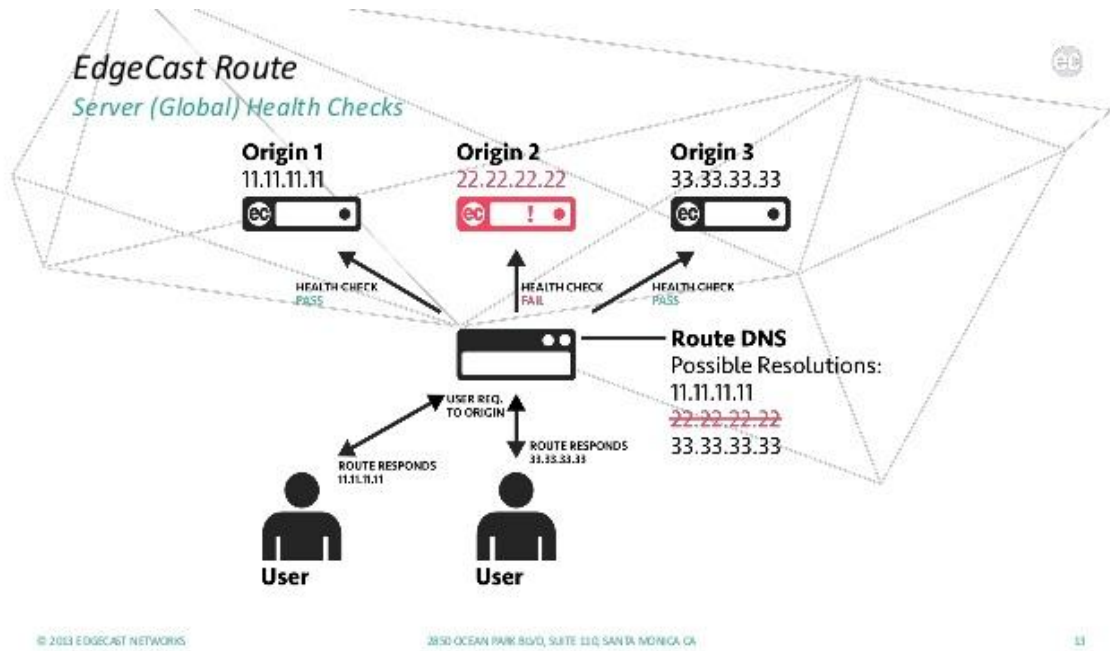
Ακόμη, μέσω μιας βάσης δεδομένων sql δημιουργεί αναφορές πραγματικού χρόνου στο δίκτυο για να παρακολουθεί τις στατιστικές και τις συναλλαγές και να διατηρεί καταγραφές για λογιστικούς σκοπούς και σκοπούς τιμολόγησης.

Επίσης η ενότητα ελέγχου μπορεί να μαζεύει πληροφορίες για το που βρίσκεται το περιεχόμενο, να διαχειρίζεται τη διανομή συνεχούς ροής και να καταγράφει τις λειτουργίες.

Ο διακομιστής συνεχούς ροής εξισορροπεί το φόρτο και “τρέχει“ πλατφόρμες δρομολογητών χαμηλού κόστους.

Το λογισμικό πελάτη μετράει την ποιότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο.

Τέλος, η EdgeCast επιδύκνυει την αποδοσή της στους υποψήφιους πελάτες διατηρώντας ένα δίκτυο δρομολογητών συνεχούς ροής ώστε να κάνει το άνοιγμα σε εφαρμογές βίντεο πιο αποδοτικό και γρήγορο, αφού προσφέρει υπηρεσίες φιλοξενούμενων βίντεο.^[41]



Εικόνα 12. Ένα δίκτυο EdgeCast^[41]

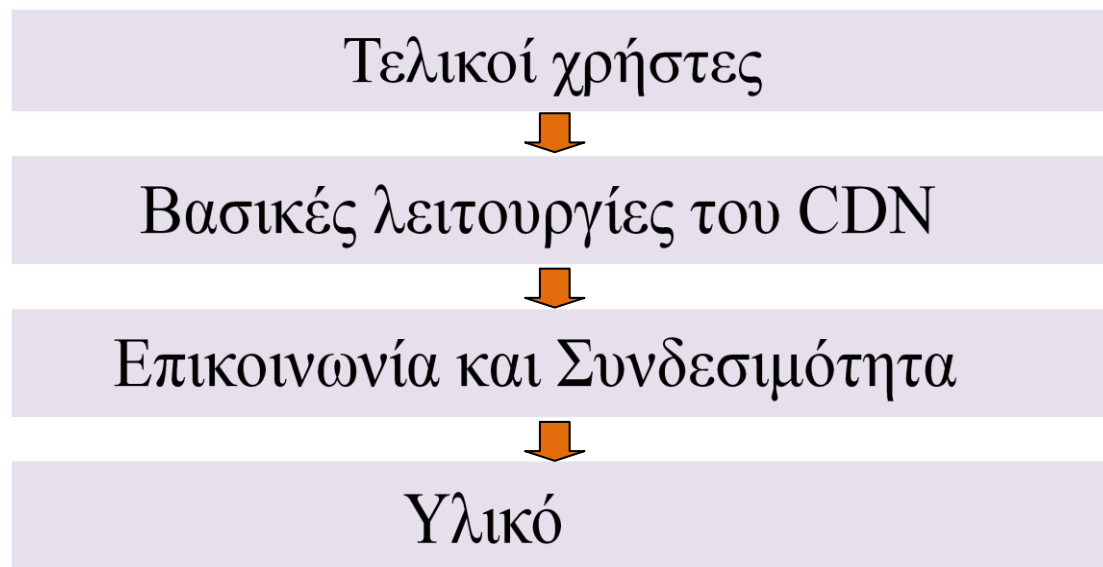
Κεφάλαιο 60

Πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική

6^ο : Πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική

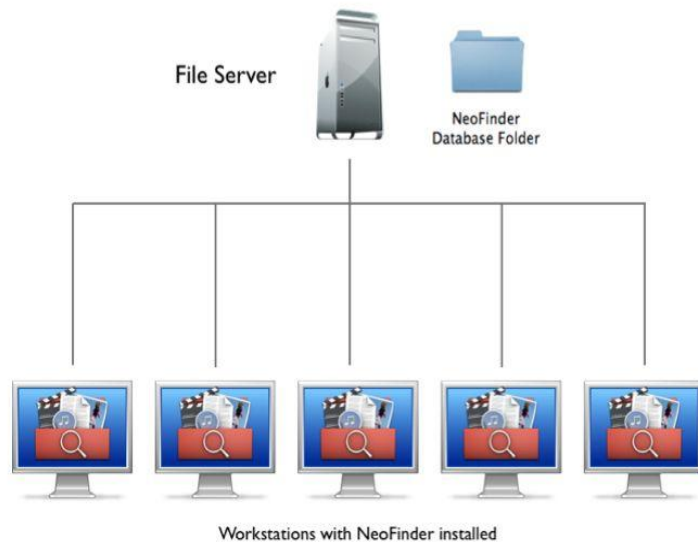
6.1) Τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής του δικτύου διανομής περιεχομένου

Στο πρώτο μέρος αυτού του κεφαλαίου θα ασχοληθούμε με την πολύ-επίπεδη αρχιτεκτονική του CDN. Υπάρχει διαχωρισμός σε τέσσερα επίπεδα γιατί έτσι είναι πιο εύκολη η διαχείριση καταστάσεων. Τα επίπεδα τα οποία συμπληρώνουν την αρχιτεκτονική του cdn είναι τα ακόλουθα:1)basic fabric,2)επικοινωνία και συνδεσιμότητα,3)cdn και 4)ο τελικός χρήστης.^[17] Παρακάτω αναλύουμε τα επίπεδα ένα προς ένα.

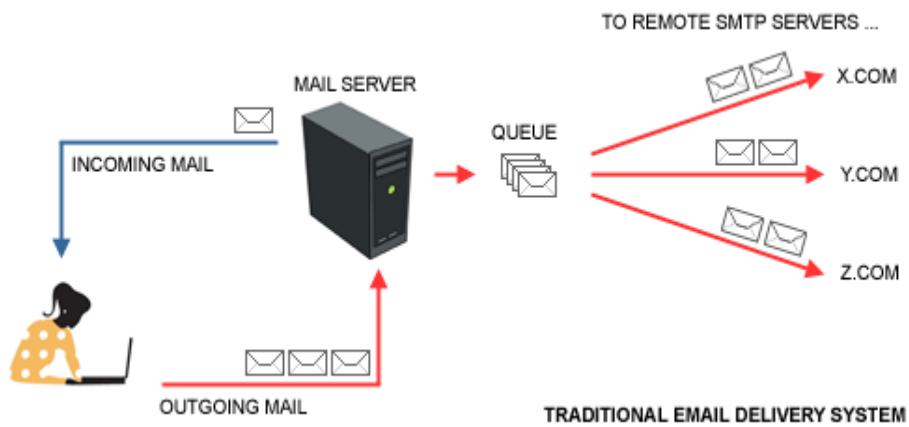


1. **Basic Fabric:** είναι το χαμηλότερο επίπεδο ενός cdn αυτό στο οποίο βασίζεται το cdn αφού εδώ υπάρχουν οι υποδομές για να δημιουργηθεί. Οι υπολογιστικοί πόροι που εξασφαλίζουν τη λειτουργία του cdn και βρίσκονται σε αυτό το επίπεδο είναι όλο το υλικό (hardware) όπως οι SMTP (διακομιστές εξερχόμενης αλληλογραφίας για την αποστολή των mail), οι διακομιστές αρχείου, οι διακομιστές κρυφής μνήμης, αλλά και οι διακομιστές ευρετηρίου^[17].

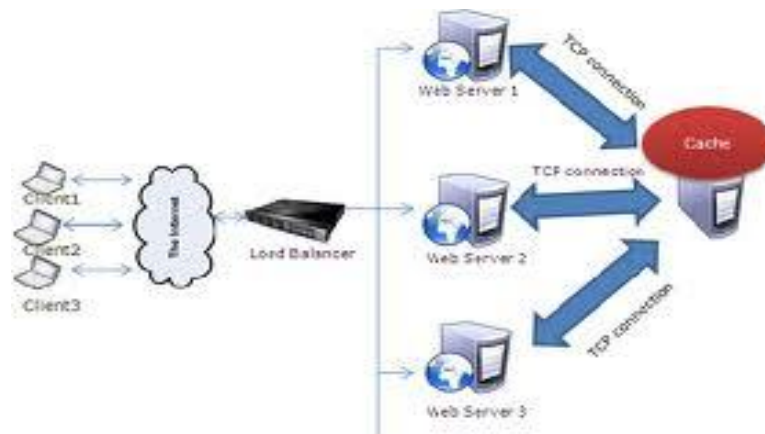
α)

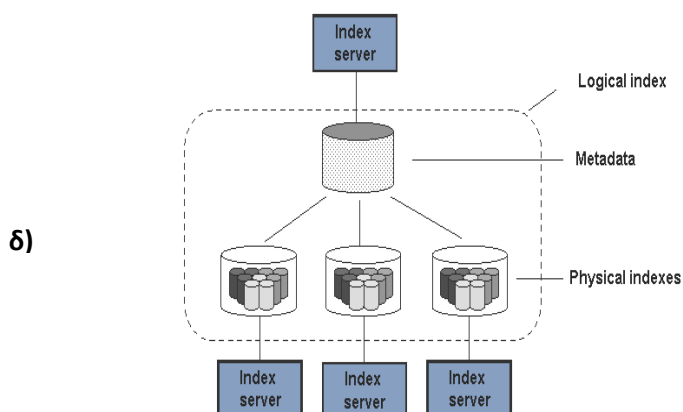


β)



γ)





Εικόνα 13. α)διακομιστής αρχείων^[42], β)SMTP διακομιστής αποστολής mail^[43], γ)διακομιστής κρυφής μνήμης^[44], δ)διακομιστής ευρετηρίου^[45]

Πέρα από αυτά υπάρχουν οι βασικές υποδομές για τη σύνδεση με το δίκτυο υψηλού εύρους ζώνης. Φυσικά για να γίνονται οι διαδικασίες που απαιτούνται αυτοί οι υπολογιστικοί πόροι πρέπει να τρέχουν το υπολογιστικό τους σύστημα. Τα συστήματα που χρειάζονται εδώ είναι το λειτουργικό σύστημα, το κατανεμημένο σύστημα διαχείρισης αρχείων και το περιεχόμενο ευρετηρίου και διαχείρισης συστημάτων.

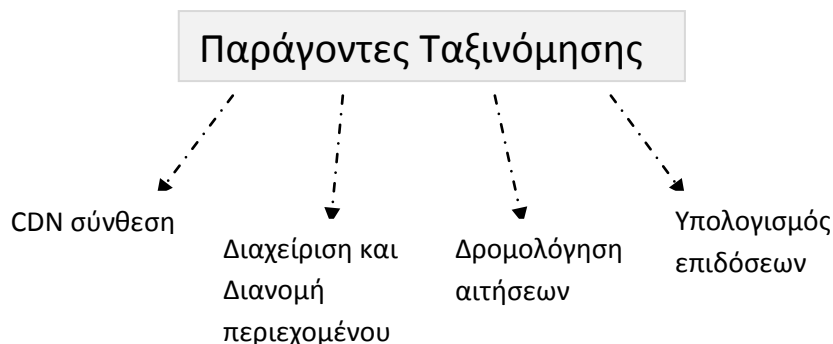
2. **Επικοινωνία και Συνδεσιμότητα:** Είναι το αμέσως επόμενο επίπεδο το οποίο θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε ως επίπεδο των πρωτοκόλλων. Αφού σε αυτό το επίπεδο βρίσκονται τα βασικά πρωτόκολλα για σύνδεση στο δίκτυο TCP/UDP, FTP. Όπως και τα ειδικά πρωτόκολλα διαδικτύου του CDN ICP(Internet Cache Protocol), HTCP(Hypertext Caching Protocol) και το CARP(Cache Array Routing Protocol). Σε αυτό το επίπεδο βρίσκονται και τα πρωτόκολλα όπως το PKI(Public Key Infrastructures) και το SSL(Secure Sockets Layer) τα οποία είναι πιστοποιημένα για επικοινωνία και για αποθήκευση στην προσωρινή κρυφή μνήμη, και για διανομή του περιεχομένου και υπηρεσιών.^[17] Επίσης παρέχει αποτελεσματική αναζήτηση και τη δυνατότητα για αναπαραγωγή του περιεχομένου μέσω της εφαρμογής της ειδικής επικάλυψης των δομών.
3. **CDN:** Το επόμενο επίπεδο αποτελείται από τις βασικές λειτουργίες του cdn. Ξεκινώντας με τις βασικές λειτουργίες του CDN αυτό το επίπεδο μπορεί να

χωριστεί σε τρία υπό-επίπεδα: 1)CDN υπηρεσίες, 2)CDN τύποι και 3) τύποι περιεχομένων.^[17] Το CDN παρέχει υπηρεσίες που εξυπηρετούν και τους πελάτες αλλά και το δίκτυο. Κεντρικές υπηρεσίες είναι η επιλογή υποκατάστατων διακομιστών, η δρομολόγηση αιτήσεων. Ακόμη μια υπηρεσία είναι η αποθήκευση προσωρινής μνήμης και γεωγραφική εξισορρόπηση φόρτου. Όσον αφορά το υπό-επίπεδο με τους CDN τύπους αναφέρουμε ότι υπάρχουν δυο τύποι ακαδημαϊκό και δημόσιο. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διακομιστής περιεχομένου και υπηρεσιών. Ακόμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια peer to peer αρχιτεκτονική για διαμοιρασμό αρχείων.^[17] Και φτάνοντας στο τέλος του τρίτου υπό-επίπεδου να αναφέρουμε ότι το CDN προσφέρει στους χρήστες ότι τύπο περιεχομένου μπορεί να θέλουν κείμενο , εικόνα αλλά και ήχο.

4. **Τελικοί χρήστες:** Και τέλος φτάνουμε στη κορυφή της πολύ-επίπεδης αρχιτεκτονικής του cdn που βρίσκονται οι τελικοί χρήστες. Οι τελικοί χρήστες συνδέονται στο CDN βάζοντας το URL της ιστοσελίδας του προμηθευτή σε έναν ιστό αναζήτησης.^[17]

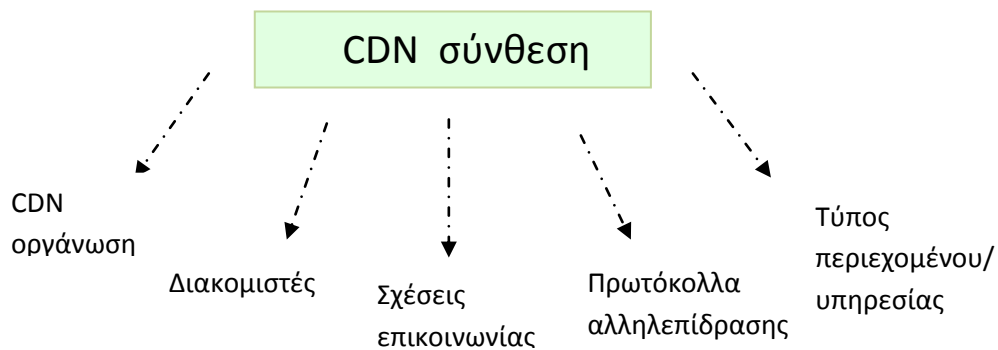
6.2) Παράγοντες ταξινόμησης δικτύου διανομής περιεχομένου

Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα μιλήσουμε για την ταξινόμηση των CDN με βάση τέσσερις παράγοντες: Ο πρώτος παράγοντας είναι η σύνθεση του CDN όπου αναλύεται η οργάνωση και ο σχηματισμός του. Ο δεύτερος παράγοντας είναι η διαχείριση και διανομή του περιεχομένου όπου περιγράφονται προσεγγίσεις για τη διανομή και τη διαχείριση περιεχομένου. Ο τρίτος παράγοντας είναι η δρομολόγηση των αιτήσεων και η μεθοδολογία τους και ο τέταρτος παράγοντας ασχολείται με τον υπολογισμό των επιδόσεων και εξετάζει τις μετρήσεις απόδοσης και τις τεχνικές στατιστικές.



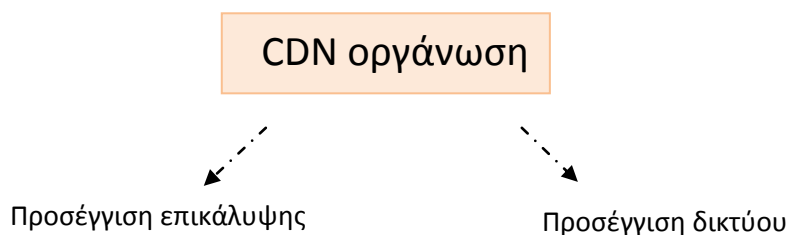
6.2.1) CDN σύνθεση:

Σε ένα δίκτυο CDN οι συνιστώσες υποδομής του που αναφέραμε πιο πάνω συνδέονται στενά μεταξύ τους. Γενικά ένα τέτοιο δίκτυο χρησιμοποιεί ένα σύνολο από υποκατάστατους διακομιστές που είναι υπεύθυνοι για την παράδοση του περιεχομένου. Μιλώντας λοιπόν για CDN σύνθεση εννοούμε τους διάφορους συνδυασμούς των σχέσεων και των μηχανισμών που χρησιμοποιούνται για να ανακατευθύνουν τα αιτήματα των πελατών στους υποκατάστατους διακομιστές και να ισορροπήσουν το φόρτο μεταξύ αυτών.^[17] Η δομή ενός CDN ποικίλει ανάλογα με τα περιεχόμενα/υπηρεσίες που παρέχει στους χρήστες του. Η σύνθεση αυτή αποτελείται κυρίως από τον συνδυασμό 5 βασικών χαρακτηριστικών:



6.2.1.1) Οργάνωση των δικτύων διανομής περιεχομένου :

Για την CDN οργάνωση υπάρχουν δυο προσεγγίσεις η προσέγγιση επικάλυψης και η προσέγγιση δικτύου.



- **Προσέγγιση επικάλυψης:** Σε αυτή την προσέγγιση για τη διανομή ειδικών τύπων περιεχομένου χρησιμοποιούνται ειδικοί διακομιστές και κρυφή μνήμη που βρίσκονται σε διάφορα μέρη του δικτύου.

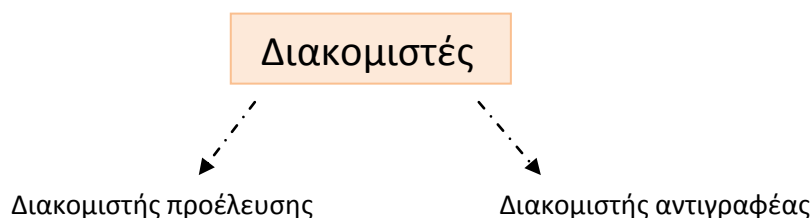
Πάροχοι όπως η Akamai, η Limelight Networks που διαμοιράζουν το περιεχόμενο τους σε διακομιστές σε όλο τον κόσμο ακολουθούν αυτή την προσέγγιση γιατί προσφέρει εγγύηση στην ποιότητα των υπηρεσιών και βελτίωση του χρόνου απόκρισης της ιστοσελίδας για τα αιτήματα των τελικών χρηστών. Ακόμη διαχείριση της προσέγγισης επικάλυψης είναι απλή και παρέχει δυνατότητες για νέες υπηρεσίες. Και όλα αυτά γιατί αντιγράφει το περιεχόμενο σε εκατομμύρια διακομιστές κρυφών μνημών σε όλο τον κόσμο έτσι ώστε όταν οι τελικοί χρήστες κάνουν αιτήσεις περιεχομένου να κατευθύνονται στον κοντινότερο διακομιστή για εξυπηρέτηση^[17].

- **Προσέγγιση δικτύου:** Σε αυτή την προσέγγιση στοιχεία όπως οι δρομολογητές και οι διακόπτες που χρησιμοποιούνται για την ανακατεύθυνση μιας αίτησης περιεχομένου σε τοπική κρυφή μνήμη ή για την εξυπηρέτηση ειδικών τύπων περιεχομένου, έχουν κωδικούς ώστε να αναγνωρίζουν τον κάθε ειδικό τύπο της εφαρμογής και να τον κατευθύνουν ανάλογα με συγκεκριμένες πολιτικές^[17].

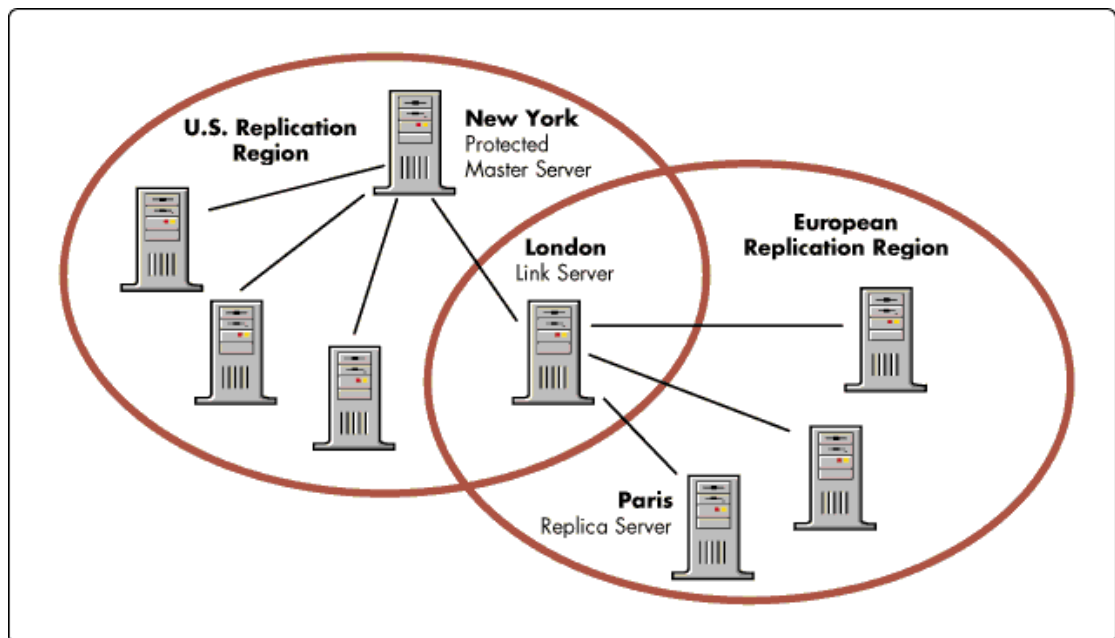
Υπάρχουν περιπτώσεις όπου πάροχοι χρησιμοποιούν και τις δυο προσεγγίσεις μαζί. Σε αυτή την περίπτωση ένα σύνολο δρομολογητών μπορεί να ενεργεί στο μπροστινό μέρος ενός συνόλου διακομιστών και να ανακατευθύνει ένα αίτημα περιεχομένου σε κοντινό υποκατάστατο διακομιστή.

6.2.1.2) Διακομιστές:

Οι διακομιστές που χρησιμοποιούνται σε ένα CDN είναι δύο τύπων ο διακομιστής προέλευσης και ο διακομιστής αντιγραφείας.



- **Ο διακομιστής προέλευσης:** είναι αυτός που κρατάει το αυθεντικό περιεχόμενο και ενημερώνεται πάντα από τον προμηθευτή περιεχομένου. Αυτός με τη σειρά του επικοινωνεί με τους διανεμημένους διακομιστές αντιγραφείς και ενημερώνει το περιεχόμενο που βρίσκεται μέσα σε αυτούς.
- **Ο διακομιστής αντιγραφέας:** τώρα οφείλει να κρατήσει το ενημερωμένο αντίγραφο από το διακομιστή προέλευσης ώστε να απαντάει σε αιτήσεις πελατών. Πέρα από αυτό όμως ο διακομιστής αντιγραφέας μπορεί να λειτουργήσει και ως διακομιστής πολυμέσων ανταποκρινόμενος στον πελάτη στέλνοντας του ψηφιακό περιεχόμενο^[17]. Ακόμη μπορεί να ενεργεί ως διακομιστής ιστού παρέχοντας web-based περιεχόμενο και πολυμέσα ροής. Τέλος μπορεί να λειτουργεί και ως διακομιστής κρυφής μνήμης κάνοντας αντίγραφα περιεχομένου ώστε να εξυπηρετήσει τις αιτήσεις χωρίς να απασχολεί τον διακομιστή προέλευσης.



Εικόνα 14. Η επικοινωνία μεταξύ διακομιστή προέλευσης στη Νέα Υόρκη και διακομιστή αντιγραφέα στην Ευρώπη.^[46]

6.2.1.3) Σχέσεις επικοινωνίας:

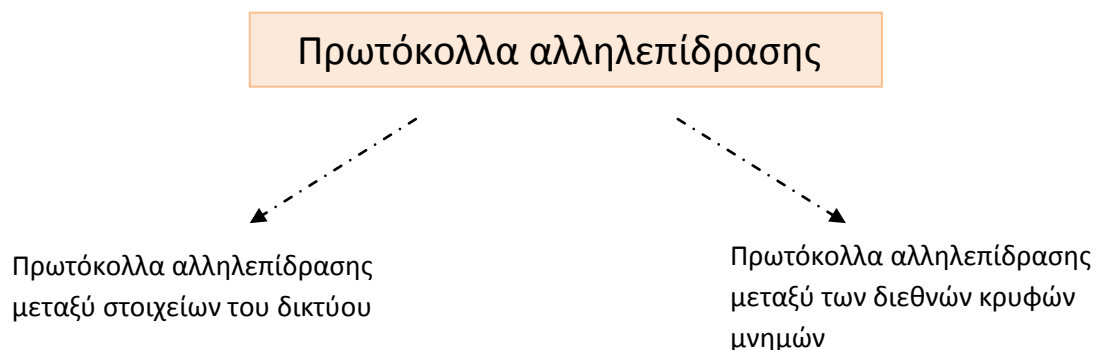
Σε ένα CDN υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των πελατών, των υποκατάστατων διακομιστών, του διακομιστή προέλευσης, του διακομιστή αντιγραφέα και των διαμεσολαβητών κρυφής μνήμης.

Στόχος όλων των μεταξύ τους επικοινωνιών είναι η αντιγραφή του περιεχομένου της κρυφής μνήμης στα CDN.^[17] Η αντιγραφή αυτή είναι η δημιουργία και διατήρηση αντιγραφών ασφαλείας του περιεχομένου σε διάφορα υπολογιστικά συστήματα. Αυτό σημαίνει και ώθηση του περιεχομένου από τον διακομιστή προέλευσης στον διακομιστή αντιγραφέα. Όσον αφορά την κρυφή μνήμη βοηθά στη μείωση του χρόνου απόκρισης και της κατανάλωσης εύρους ζώνης στο δίκτυο.

Η κύρια επικοινωνία που υπάρχει σε ένα CDN είναι μεταξύ των πελατών, των υποκατάστατων διακομιστών και των διακομιστών προέλευσης. Ο πελάτης μπορεί να επικοινωνήσει απευθείας με το διακομιστή προέλευσης ή να επικοινωνήσει μαζί του με αίτηση μέσω του υποκατάστατου διακομιστή. Ένας υποκατάστατος διακομιστής μπορεί να λειτουργήσει ως εξυπηρετητής αιτήσεων μέσω της τοπικής κρυφής μνήμης ή ως πύλη για τον διακομιστή προέλευσης. Μια άλλη σχέση στο CDN, είναι αυτή μεταξύ των διαμεσολαβητών προσωρινής αποθήκευσης ο οποίος διαμεσολαβητής είναι μια υπηρεσία δικτύου η οποία μπορεί να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα πολλούς χρήστες. Εξυπηρετεί όμως συγκεκριμένους παρόχους CDN αντίθετα με την ISP που διαθέτει περιεχόμενο για κάθε ιστοσελίδα.^[17]

6.2.1.4) Πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης:

Ακόμη ένα στοιχείο της σύνθεσης του CDN είναι τα πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης τα οποία χρησιμοποιούνται για αλληλεπίδραση μεταξύ των στοιχείων και βασίζονται στις σχέσεις επικοινωνίας που αναφέραμε και νωρίτερα. Έχουμε δυο κατηγορίες αλληλεπίδρασης 1)αλληλεπίδραση μεταξύ στοιχείων του δικτύου και 2) αλληλεπίδραση μεταξύ των κρυφών μνημών^[17].



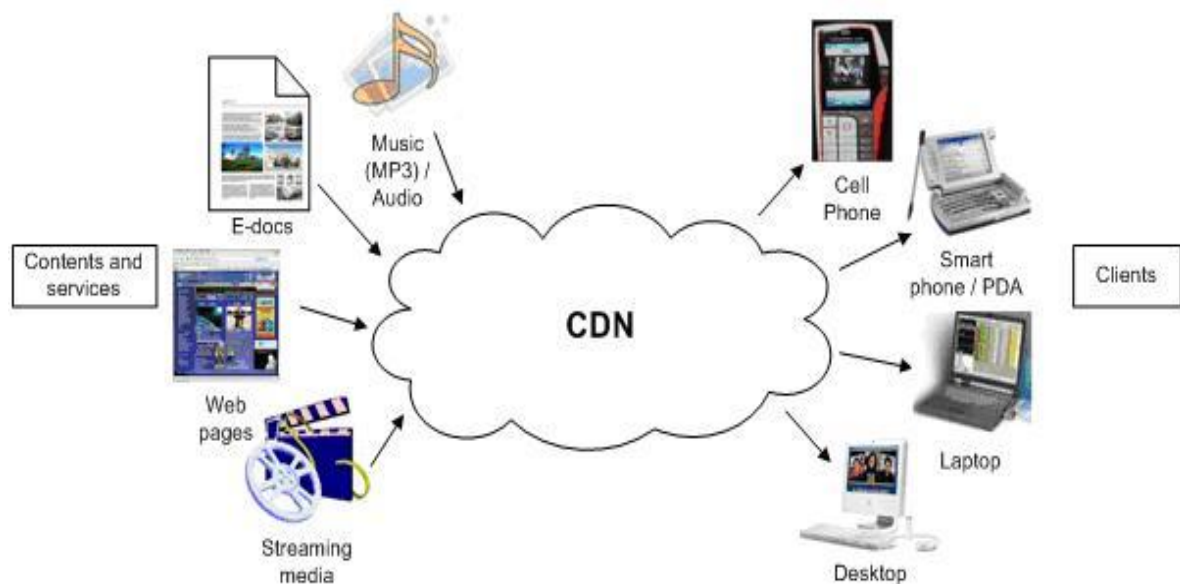
1) Πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης μεταξύ στοιχείων του δικτύου:

- **NECP:** Το πρωτόκολλο στοιχείων ελέγχου του διαδικτύου είναι ένα ελαφρύ πρωτόκολλο το οποίο ορίζει την επικοινωνία ανάμεσα στα στοιχεία του δικτύου. Ακόμη μαθαίνοντας τα στοιχεία του δικτύου παρέχει μεθόδους και υποδείξεις για το ποιες ροές μπορούν ή δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν, έτσι δίνει τη δυνατότητα στα στοιχεία να πάρουν την απόφαση για εξισορρόπηση φόρτου την οποία επιτρέπει. Χρησιμοποιεί το TCP ως πρωτόκολλο μεταφοράς και δημιουργεί τη σύνδεση για να μπορέσουν να στείλουν μηνύματα και να επικοινωνήσουν ο διακομιστής και τα στοιχεία του δικτύου. Τα μηνύματα του αποτελούνται από την επικεφαλίδα και από το σταθερό και το μεταβλητό μήκος δεδομένων και περιέχει μια αίτηση και απάντηση ή αναγνώριση. Επιπλέον στο επίπεδο εφαρμογής χρησιμοποιεί τα μηνύματα keep alive για να ανιχνεύσει έναν ομότιμο που έχει βγει εκτός λειτουργίας. Η ανίχνευσή ενός τέτοιου ομότιμου σημαίνει ότι πρέπει να επανεγκατασταθούν όλες οι καταστάσεις όταν λειτουργήσει ξανά.^{[17][23]}
- **WCCP:** Το πρωτόκολλο συντονισμού web cache αλληλεπιδρά μεταξύ δρομολογητή και web cache, έτσι παρέχει μεθόδους ανακατεύθυνσης κίνησης ανάμεσα τους με σκοπό να καθιερώσει και να διατηρήσει αυτή την ανακατεύθυνση της κίνησης. Μέσω αυτής της μεθόδου στη web cache αυξάνει την τη χρήση των πόρων και μειώνει τον χρόνο απόκρισης. Στην κίνηση περιλαμβάνονται όλα τα αιτήματα των χρηστών για σελίδες και γραφικά στους δρομολογητές του παγκόσμιου ιστού. Ακόμη δίνει την δυνατότητα στο διαμεσολαβητή να υπαγορεύσει στον δρομολογητή ότι η κίνηση διανέμεται σε όλη την caching proxy σειρά.^{[17][24][25]}
- **SOCKS:** Αυτό το πρωτόκολλο είναι ένα λεπτό στρώμα ανάμεσα στα επίπεδα εφαρμογής και μεταφοράς, δημιουργήθηκε για να βοηθήσει στην εφαρμογή πελάτη διακομιστή και επιπλέον παρέχει ασφάλεια χρησιμοποιώντας το τείχος προστασίας τόσο σε TCP όσο και σε UDP τομείς. Ένας πελάτης προσπαθεί να ξεκινήσει σύνδεση σε περιεχόμενο που μπορεί να αποθηκευτεί στην κρυφή μνήμη μέσω μιας θύρας SOCKS βασισμένο στο TCP. Όταν ο πελάτης δημιουργήσει τη σύνδεση βασισμένη σε TCP μπορεί να διαπραγματευτεί τη μέθοδο ελέγχου ταυτότητας και να στείλει ένα αίτημα επανάληψης στο οποίο απαντά ο διακομιστής SOCKS θετικά ή αρνητικά όταν αξιολογήσει την αίτηση. Επίσης οι εφαρμογές του πελάτη πρέπει να είναι κατάλληλα διαμορφωμένες ώστε να μπορέσουν να χρησιμοποιήσουν τις SOCKS βιβλιοθήκες.^{[17][26]}

- 2) **Πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης μεταξύ των διεθνών κρυφών μνημών:**
- **CARP:** Το Cache Array πρωτόκολλο δρομολόγησης είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο βασίζεται στους συνδεδεμένους διαμεσολαβητές και στη συνάρτηση κατακερματισμού, χρησιμοποιείται για να χωρίσει τον URL χώρο στους διαμεσολαβητές. Σε ένα απλό αρχείο κειμένου υπάρχει ο πίνακας που περιέχει όλους τους διαμεσολαβητές. Η συνάρτηση κατακερματισμού και ο αλγόριθμος δρομολόγησης μέσω αυτού του πίνακα διαλέγουν τον διαμεσολαβητή που είναι κατάλληλος για την προσωρινή αποθήκευση της έκδοσης ενός πόρου. Οι διαμεσολαβητές επίσης ταξινομούν τις αιτήσεις έτσι δεν χρειάζεται η επανάληψη του περιεχομένου της προσωρινής μνήμης αποθήκευσης και μέσω αυτού βελτιώνονται τα παγκόσμια ποσοστά της προσωρινής μνήμης^{[17][27]}.
 - **ICP:** Είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο υλοποιείται στην κορυφή του UDP, βοηθά στην ανεύρεση web αντικειμένων και χρησιμοποιείται ανάμεσα στις κρυφές μνήμες στέλνοντας μηνύματα στους γείτονες και περιμένοντας απάντηση, μέσα από την απάντηση των γειτόνων αν είναι θετική θα συλλέξει πληροφορίες για το αντικείμενο^{[17][23][28]}. Σε περίπτωση που περιμένει αρκετή ώρα και δεν λάβει απάντηση θα καταλάβει ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα όπως συμφόρηση ή σύγκρουση και ότι το ερώτημα δεν έχει φτάσει.
 - **HTCP:** Το Hypertext Caching Protocol είναι το πρωτόκολλο που διαχειρίζεται την παρακολούθηση την προσθήκη και την διαγραφή της κρυφής μνήμης. Ακόμη στέλνει μηνύματα ερώτησης/απόκρισης με επικεφαλίδα για συμβουλές για web αντικείμενα και λειτουργεί πάνω από το TCP και το UDP. Επίσης διαθέτει τους HTCP πράκτορες οι οποίοι είναι έτοιμοι να αναλάβουν καταστάσεις όπως η απουσία απόκρισης ή η απώλεια αλλά δεν πρέπει να απομονωθούν από την αποτυχία του δικτύου.^[17]
 - **Cached Digest:** Είναι ένα πρωτόκολλο αντιγραφής το οποίο είναι προσδιορισμένο να μοιράζει περιλήψεις που οι URL διευθύνσεις τους είναι προσωρινά αποθηκευμένες σε έναν δεδομένο διακομιστή, ακόμη αντιμετωπίζει τα προβλήματα του χρόνου απόκρισης και της κυκλοφορίας συμφόρησης με τη βοήθεια άλλων inter-cache πρωτοκόλλων όπως είναι το ICP και το HTCP.^[17] Με τη χρήση του υπάρχει η δυνατότητα ανταλλαγής κίνησης ανάμεσα στους διακομιστές κρυφής μνήμης χωρίς να συμβαίνει η ανταλλαγή απάντηση αιτήματος και η δυνατότητα να προσδιοριστεί σε ποιόν διακομιστή κρυφής μνήμης είναι αποθηκευμένη συγκεκριμένη URL διεύθυνση. Η αιτούσα κρυφή μνήμη μετά από αίτημα στον digest στο οποίο απαντά ένας ομότιμος digest καθορίζοντας την ώρα λήξης ξέρει τότε πρέπει να ζητήσει το αντίγραφο από αυτόν τον ομότιμο του digest^[17].

6.2.1.5) Τύπος περιεχομένου/υπηρεσιών:

Αυτό το κομμάτι της σύνθεσης αναλύει κάτι βασικό για το cdn. Το περιεχόμενο και της υπηρεσίες που παρέχουν στους χρήστες μεγάλες επιχειρήσεις, εταιρείες διαδικτύου, και τα μέσα μαζικής ενημέρωσης μέσω του cdn. Το ψηφιακό περιεχόμενο που παρέχεται είναι είτε στατικό περιεχόμενο είτε δυναμικό και οι υπηρεσίες που προσφέρονται είναι σχετικές με υπηρεσίες καταλόγου, ηλεκτρονικό εμπόριο και μεταφορά αρχείων.



Εικόνα 15. Το βασικό περιεχόμενο και υπηρεσίες που παρέχεται από ένα δίκτυο διανομής περιεχομένου.^[17]

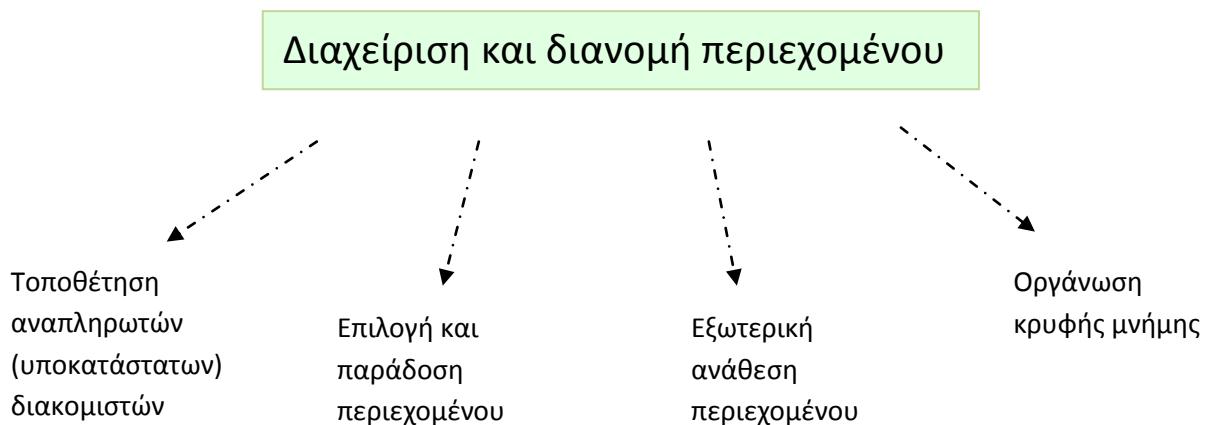
- ❖ Περιεχόμενο
 - **Στατικό περιεχόμενο:** Μιλώντας για στατικό περιεχόμενο εννοούμε στατικές σελίδες HTML, εικόνες, έγγραφα, αρχεία βίντεο και ήχου τα οποία δεν αλλάζουν συχνά.^[17] Σε αυτόν τον τύπο περιεχομένου η αποθήκευση τους στην κρυφή μνήμη είναι εύκολη, υποστηρίζεται από όλους τους παρόχους του CDN και μπορεί να διατηρηθεί το πιο πρόσφατο περιεχόμενο χρησιμοποιώντας τις παραδοσιακές τεχνολογίες αποθήκευσης στη μνήμη.^[21]
 - **Δυναμικό περιεχόμενο:** Μπορεί να είναι πολυμέσα συνεχούς ροής (αρχεία βίντεο, ήχου, ταινιών και μουσικής). Περιεχόμενο το οποίο μπορεί να αλλάζει

συνεχώς ανάλογα με τον χρήστη.^{[17][21]} Η παράδοση πολυμέσων ροής μπορεί να είναι είτε ζωντανή είτε on-demand παράδοση.

- **Ζωντανή παράδοση:** Η παράδοση αυτή χρησιμοποιείται για ζωντανά γεγονότα όπως αθλήματα ,ειδήσεις κτλ. Το περιεχόμενο παραδίδεται άμεσα από τον κωδικοποιητή στο δρομολογητή των μέσων ενημέρωσης και από εκεί στον πελάτη. Χρησιμοποιείται για κάλυψη ζωντανών γεγονότων όπως ένας αγώνας, μια συναυλία ^{[11][17]}.
 - **On-demand(κατά απαίτηση)παράδοση:** Σε αυτή την παράδοση το αρχείο κωδικοποιείται και αποθηκεύεται στον διακομιστή πολυμέσων σαν αρχείο πολυμέσων ροής ώστε από εκεί είναι διαθέσιμο για τον πελάτη αφού κάνει αίτηση. Το περιεχόμενο αυτό περιλαμβάνει ήχο και βίντεο on-demand, αρχεία ταινιών και μουσική^{[11][17]}.
- ❖ Υπηρεσίες
- **Υπηρεσίες καταλόγου:** Προσφέρει στους προμηθευτές τη δυνατότητα να υπάρχει πρόσβαση στις βάσεις δεδομένων του διακομιστή.^[17] Τα αποτελέσματα των ερωτήσεων που γίνονται συχνά αποθηκεύονται στους edge διακομιστές.
 - **Υπηρεσίες αποθήκευσης ιστού:** Αυτή η υπηρεσία δίνει τη δυνατότητα στους προμηθευτές αποθήκευσης του περιεχομένου τους στους edge διακομιστές.^[17] Χρησιμοποιεί τις ίδιες τακτικές με την παράδοση στατικού περιεχομένου.
 - **Υπηρεσίες μεταφοράς αρχείων:** Αυτή η υπηρεσία βοηθά στη διανομή του στατικού περιεχομένου σε όλο τον κόσμο, αφού μέσω αυτής μπορούν να μεταφέρονται αρχεία όπως λογισμικό, ταινίες και λεπτομερείς εικόνες με εύκολο τρόπο.^[17]
 - **Ηλεκτρονικό εμπόριο:** Σήμερα βλέπουμε ότι συχνά οι πελάτες χρησιμοποιούν το δίκτυο για να πραγματοποιήσουν τις αγορές τους, έτσι πολλές επιχειρήσεις έχουν μπει στο ηλεκτρονικό εμπόριο. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι ο πελάτης να χρησιμοποιεί το shopping cart το οποίο αποθηκεύεται αυτόματα στους edge διακομιστές για να γίνει στη συνέχεια η συναλλαγή.^[17] Για να λειτουργήσει σωστά η υπηρεσία ο edge διακομιστής πρέπει να ενεργοποιήσει την δυναμική αποθήκευση περιεχομένου για τις ιστοσελίδες .

6.2.2) Διανομή και διαχείριση περιεχομένου

Πολύ σημαντικό για ένα CDN είναι η καλή λειτουργία και εξυπηρέτηση της διανομής και διαχείριση του περιεχομένου. Η σωστή διανομή του περιεχομένου και η σύντομη εξυπηρέτηση των αιτημάτων των χρηστών βασίζεται στα 4 παρακάτω βασικά στοιχεία. Αρχικά πρέπει να είναι στις κατάλληλες θέσεις οι υποκατάστατοι διακομιστές ,δηλαδή κοντά στους πελάτες. Η επιλογή και η παράδοση περιεχομένου βασίζεται στον τύπο και την συχνότητα των ειδικών αιτημάτων. Η εξωτερική ανάθεση περιεχομένου για την απόφαση ποιός μεθόδου εξωτερικής ανάθεσης θα χρησιμοποιηθεί. Και τέλος, η οργάνωση της κρυφής μνήμης από την οποία εξαρτάται κατά πολύ η διαχείριση του περιεχομένου^[17].



6.2.2.1) Τοποθέτηση αναπληρωτών(υποκατάστατων) διακομιστών:

Σημαντικό θέμα θεωρείται η βέλτιστη τοποθέτηση των υποκατάστατων διακομιστών γιατί πέρα από την καλύτερη παράδοση περιεχομένου που θέλουν να πετύχουν, έχουν ως στόχο να μειωθεί η συνολική κατανάλωση εύρους ζώνης που χρησιμοποιείται για την παράδοση και επίσης να μειωθεί και ο χρόνος απόκρισης που λαμβάνει ο χρήστης.^[17] Ακόμα, βελτιώνοντας αυτές τις καταστάσεις δίνεται η

δυνατότητα στους παρόχους να προσφέρουν καλές και ποιοτικές υπηρεσίες με χαμηλό κόστος.

Πέρα από την σωστή τοποθέτηση των υποκατάστατων διακομιστών το CDN πρέπει να βρει και πόσους θα τοποθετήσει. Βρίσκει το κατάλληλο αριθμό με τη χρήση ή της single-ISP ή multi-ISP προσέγγισης.

- **Single-ISP:** Σε αυτή την προσέγγιση τοποθετούνται ένας ή δύο υποκατάστατοι διακομιστές σε κάθε μεγάλη πόλη και 40 διακομιστές γύρω από την άκρη του δικτύου, πράγμα το οποίο παρέχει εκτεταμένη γεωγραφική κάλυψη. Οι διακομιστές αυτοί είναι εξοπλισμένοι με μεγάλες κρυφές μνήμες. Το μειονέκτημα εδώ είναι όμως ότι υπάρχει περίπτωση ο υποκατάστατος διακομιστής να τοποθετηθεί μακριά από τον πελάτη.^{[17][30]}
- **Multi-ISP:** Σε αυτή την προσέγγιση τοποθετούνται πολλοί υποκατάστατοι διακομιστές σε όσο περισσότερα σημεία γίνεται, πράγμα το οποίο παρέχει αξιόπιστη και γρήγορη παράδοση του περιεχομένου στον πελάτη αφού οι υποκατάστατοι διακομιστές τοποθετούνται κοντά στον πελάτη σε αντίθεση με την Single-ISP προσέγγιση. Αυτό βέβαια έχει και την αρνητική του πλευρά γιατί κάποιιοι διακομιστές λαμβάνουν λιγότερα ή δεν λαμβάνουν ποτέ αιτήματα και έτσι οδηγείται σε κακή απόδοση του CDN.^{[17][30]}

Το συμπέρασμα λοιπόν είναι ότι σε τοποθεσίες με χαμηλό ή μεσαίο όγκο κίνησης συμφέρει η Single-ISP ενώ σε τοποθεσίες με μεγάλο όγκο κίνησης συμφέρει η Multi-ISP.

6.2.2.2) Επιλογή και παράδοση περιεχομένου:

Για την αποτελεσματικότητα της διανομής του περιεχομένου παίζει σημαντικό ρόλο το περιεχόμενο που θα επιλεγεί για να παραδοθεί στους τελικούς χρήστες να είναι το κατάλληλο. Η επιλογή του κατάλληλου περιεχομένου βοηθάει στην μείωση του χρόνου λήψης του πελάτη και του φόρτου του διακομιστή. Το περιεχόμενο που καταλήγει στους πελάτες κάποιες φορές είναι πλήρες και κάποιες μερικό ανάλογα αν η προσέγγιση που έχει επιλεγεί είναι η full-site ή η partial-site.

- **Full-site:** Σε αυτή την προσέγγιση η λειτουργία είναι πολύ απλή αφού όλο το περιεχόμενο του διακομιστή προέλευσης έχει ανατεθεί στους υποκατάστατους διακομιστές οι οποίοι έχουν αναλάβει όλη την αντιγραφή του περιεχομένου της ιστοσελίδας για την ολόκληρη

παράδοσή της στους πελάτες. Αυτή η προσέγγιση όμως δεν είναι εύκολο να εφαρμοστεί γιατί το μέγεθος των web αντικειμένων αυξάνεται και ο edge διακομιστής δεν μπορεί να εγγραφεί την αποθήκευση όλου του περιεχομένου από τους προμηθευτές . Επίσης υπάρχει πρόβλημα και με την ενημέρωση η οποία είναι δύσκολη για μια τόσο μεγάλη συλλογή περιεχομένου^[29].

- **Partial-site:** Σε αυτή την προσέγγιση οι υποκατάστατοι διακομιστές πραγματοποιούν μόνο μερική αντιγραφή ώστε παραδίδουν μόνο τα ενσωματωμένα αντικείμενα της σελίδας όπως οι εικόνες, ενώ η βασική σελίδα ανακτάται από τον διακομιστή προέλευσης^[29].

Συμπέρασμα: Έτσι η partial-site παρουσιάζει καλύτερη απόδοση από την full-site γιατί το περιεχόμενο ενσωματωμένων αντικειμένων δεν χρειάζεται συχνή αλλαγή και μειώνει το φόρτο του διακομιστή προέλευσης.

Στην partial-site η αντιγραφή μπορεί να διαιρεθεί στην popularity-based , την object-based, την empirical-based και την cluster-based.

- **Popularity-based (βασισμένη στην δημοτικότητα):** Στην popularity-based προσέγγιση τα πιο δημοφιλή αντικείμενα είναι αντιγραμμένα στους υποκατάστατους διακομιστές^[17]. Σαν προσέγγιση όμως είναι χρονοβόρα και χωρίς εγγύηση για την δημοτικότητα των αντικειμένων.
- **Object-based (βασισμένη μόνο στο αντικείμενο):** Στην object-based προσέγγιση υπάρχει το θετικό ότι όλα τα αντικείμενα είναι αντιγραμμένα στους υποκατάστατους διακομιστές σε ενότητες και το καθένα προσπαθεί να δίνει την καλύτερη δυνατή απόδοση.^[17] Αλλά δυστυχώς αυτό οδηγεί σε πολυπλοκότητα για να εφαρμοστεί σε πραγματικές εφαρμογές.
- **Empirical-based (βασισμένη στην εμπειρία):** Σε αυτή την προσέγγιση διαλέγει ο διαχειριστής το περιεχόμενο που θα αντιγραφεί στους διακομιστές.^[17]
- **Cluster-based (βασισμένο σε σύμπλεγμα):** Σε αυτή την προσέγγιση το περιεχόμενο ομαδοποιείται με βάση είτε την συχνότητα πρόσβασης είτε την συχνότητα συσχέτισης και αντιγράφεται σε ενότητες συμπλεγμάτων.^[17]

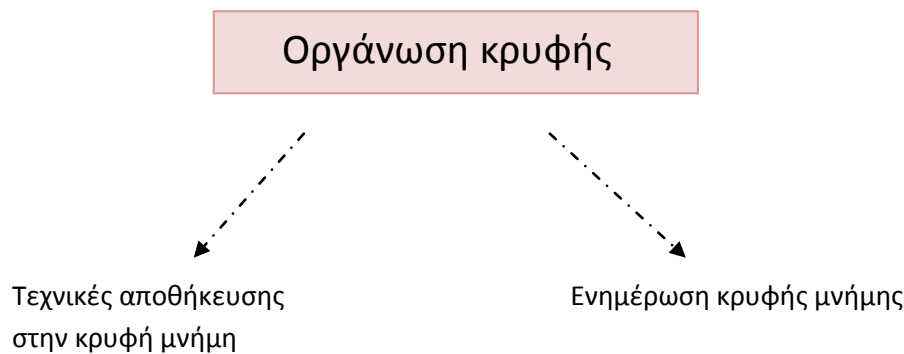
6.2.2.3) Εξωτερική ανάθεση περιεχομένου:

Αφού πρώτα είχαμε τους υποκατάστατους διακομιστές σωστά τοποθετημένους στο δίκτυο CDN και υπάρχει ένα περιεχόμενο επιλεγμένο για διανομή το επόμενο βήμα είναι να επιλέξουμε μια αποτελεσματική πρακτική εξωτερικής ανάθεσης περιεχομένου. Δηλαδή είναι σημαντικό να αποφασίσουμε σε ποιους υποκατάστατους διακομιστές πρέπει να αντιγραφεί αυτό το περιεχόμενο. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας είτε συνεργασία βασιζόμενη στην ώθηση, είτε μη-συνεργασία βασιζόμενη στην ώθηση, είτε συνεργασία βασιζόμενη στην έλξη.

- **Συνεργασία βασιζόμενη στην ώθηση:** Αυτή η προσέγγιση βασίζεται στην προ-αναζήτηση περιεχομένου στους υποκατάστατους διακομιστές. Εκτός του ότι ο διακομιστής προέλευσης ωθεί το περιεχόμενο στους υποκατάστατους διακομιστές, διατηρείτε και μια χαρτογράφηση μεταξύ του περιεχομένου και των διακομιστών αυτών ώστε κάθε αίτηση να πηγαίνει είτε στον κοντινότερο υποκατάστατο διακομιστή, είτε στον διακομιστή προέλευσης^{[17][18][29]}.
- **Μη-συνεργασία βασιζόμενη στην ώθηση:** Σε αυτήν την προσέγγιση οι αιτήσεις των πελατών κατευθύνονται στους κοντινότερους υποκατάστατους διακομιστές και μόνο αν υπάρξει κάποια άλλη έλλειψη από τη μνήμη οι διακομιστές αυτοί καταφεύγουν στον διακομιστή προέλευσης για να του αποσπάσουν περιεχόμενο.^[18] Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιείται από τους περισσότερους προμηθευτές CDN όπως η Akamai και η Mirror image.^[17] Το μειονέκτημα της είναι ότι δεν επιλέγεται πάντα ο καλύτερος διακομιστής για την εξυπηρέτησης της αίτησης περιεχομένου.
- **Συνεργασία βασιζόμενη στην έλξη:** Στην προσέγγιση αυτή οι αιτήσεις των πελατών κατευθύνονται στους κοντινότερους υποκατάστατους διακομιστές με τη διαφορά εδώ ότι αν υπάρξει έλλειψη από τη μνήμη οι διακομιστές αυτοί συνεργάζονται μεταξύ τους για να συμπληρώσουν το περιεχόμενο που λείπει. Αυτό γίνεται με τη χρήση ενός ευρετηρίου όπου οι διακομιστές αυτοί βρίσκουν τα κοντινότερα αντίγραφα περιεχομένου και τα αποθηκεύουν στη μνήμη^{[17][18]}.

6.2.2.4) Οργάνωση κρυφής μνήμης(Cache organization):

Για να έχουνε καλή απόδοση τα CDN χρειάζεται σωστή διαχείριση του περιεχομένου, η οποία με τη σειρά της βασίζεται στην οργάνωση της κρυφής μνήμης.^[17] Η κρυφή μνήμη αποτελείται από τεχνικές προσωρινής αποθήκευσης που είναι χρήσιμες για την αποτελεσματικότερη διαχείριση του περιεχομένου και είναι απαραίτητο να ενημερώνεται συχνά ώστε να εξασφαλίζει το πιο πρόσφατο διαθέσιμο και αξιόπιστο περιεχόμενο.



6.2.2.4.1) Τεχνικές αποθήκευσης στην κρυφή μνήμη:

Σε ένα τόσο μεγάλο περιβάλλον διανομής όπως είναι ένα CDN, το περιεχόμενο για να υπάρξει απόδοση και αξιοπιστία, αποθηκεύεται σε πολλές τοποθεσίες. Αυτό κάνει την αντιγραφή περιεχομένου να θεωρείται ένα κοινό και πολύ σημαντικό φαινόμενο. Βέβαια κάθε εφαρμογή έχει διαφορετικές στρατηγικές αντιγραφής. Για παράδειγμα στα εμπορικά CDN η αντιγραφή πραγματοποιείται μέσω περιεχομένου προσωρινής μνήμης για πελάτες που χρειάζονται να στείλουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων εγκαίρως.

Το περιεχόμενο προσωρινής μνήμης στο CDN μπορεί να είναι intra-cluster ή inter-cluster.

- ❖ **Intra-cluster (ενδο-σύμπλεγμα):** Για την intra-cluster δρομολόγηση περιεχομένου για αποθήκευση στη μνήμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί

ένα από τα επόμενα 4 συστήματα το query-based, το digest-based, το directory-based και το hashing-based.^[17]

➤ **Query-based (βασισμένο στις ερωτήσεις):** Στο σύστημα αυτό αν υπάρξει κάποια έλλειψη στη μνήμη, απλά ο διακομιστής στέλνει ένα ερώτημα στους άλλους διακομιστές μήπως έχουν το περιεχόμενο που χρειάζεται.

Μειονέκτημα^[17]:

- ◆ Μεγάλη κίνηση ερωτήσεων
- ◆ Άρα και μεγάλη καθυστέρηση ,αφού ο διακομιστής που έστειλε το ερώτημα θα πρέπει να περιμένει μέχρι όλοι οι υποκατάστατοι διακομιστές που συνεργάζονταν μεταξύ τους να απαντήσουν, που μπορεί ακόμη και μετά από αυτό κανένας να μην έχει το επιθυμητό περιεχόμενο.
- ◆ Μεγάλα έξοδα εκτέλεσης

➤ **Digest-based (βασισμένο στη σύνοψη):**

- Πλεονέκτημα^[17]: Το σύστημα αυτό από τη μια πλευρά ξεπερνά το πρόβλημα με την κίνηση των ερωτήσεων του προηγούμενου συστήματος, αφού κάθε διακομιστής σε αυτό το σύστημα διατηρεί μια σύνοψη του περιεχομένου όλων των άλλων συνεργαζόμενων υποκατάστατων διακομιστών. Έτσι στέλνει μια αίτηση περιεχομένου μόνο στο συγκεκριμένο υποκατάστατο διακομιστή που έλεγξε ότι στη σύνοψη του περιεχομένου του έχει αυτό το περιεχόμενο που χρειάζεται. Οι διακομιστές αυτοί είναι πάντα ενημερωμένοι με κάθε νέα ενημέρωση
- Μειονέκτημα^[17] : Το κύριο μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι υποφέρει από μεγάλη κίνηση ενημερώσεων, αφού πρέπει να σιγουρεύεται πάντα ότι οι συνεργαζόμενοι υποκατάστατοι διακομιστές έχουν τις σωστές πληροφορίες ο ένας με τον άλλον.

➤ **Directory-based (βασισμένο σε έναν κεντρικό κατάλογο):**
Στο σύστημα αυτό της πληροφορίες του περιεχομένου από όλους τους συνεργαζόμενους υποκατάστατους διακομιστές τις κρατάει ένας κεντρικός διακομιστής ή διακομιστής καταλόγου μέσα σε ένα σύμπλεγμα.^[17] Κάθε διακομιστής απλά είτε ειδοποιεί τον διακομιστή καταλόγου όταν συμβούν τοπικές

ενημερώσεις, είτε του στέλνει μήνυμα αν υπάρχει μια τοπική έλλειψη στη μνήμη.

- Μειονέκτημα^[17]: Λόγω του ότι ο διακομιστής καταλόγου λαμβάνει ενημερώσεις και κίνηση ερωτήσεων από όλους τους συνεργαζόμενους υποκατάστατους διακομιστές, αυτό το σύστημα βιώνει σημεία συμφόρησης και αποτυχίας.

➤ **Hashing-based (βασισμένο στη λειτουργία του κατακερματισμού):** Αυτό το σύστημα είναι πιο αποτελεσματικό από τα υπόλοιπα αφού έχει χαμηλότερα έξοδα εκτέλεσης, και υψηλότερη αποτελεσματικότητα διαμοίρασης του περιεχομένου. Ένας ορισμένος διακομιστής CDN κρατάει ένα περιεχόμενο βασισμένο στο URL του και στις IP διευθύνσεις του διακομιστή και όλοι οι συνεργαζόμενοι υποκατάστατοι διακομιστές διατηρούν την ίδια λειτουργία κατακερματισμού^[17].

- Μειονέκτημα: Το θέμα του είναι ότι δεν λειτουργεί καλά με τις τοπικές αιτήσεις και τη διανομή περιεχομένου πολυμέσων αφού κατευθύνονται και διανέμονται από άλλους διακομιστές CDN^[17].

Για την αντιμετώπιση αυτού του θέματος ακολούθησε το semi-hashing-based.^[17] Σε αυτό το σύστημα ο τοπικός διακομιστής χωρίζει το δίσκο του σε 2 τμήματα: ένα τμήμα για να αποθηκεύει προσωρινά το πιο δημοφιλές περιεχόμενο από τους τοπικούς χρήστες του και ένα δεύτερο τμήμα για να συνεργάζεται με τους υπόλοιπους διακομιστές μέσω της λειτουργίας του κατακερματισμού.

Πλεονεκτήματα^[17]:

- Μικρά έξοδα εκτέλεσης
- Μεγάλη αποτελεσματικότητα στη διανομή του περιεχομένου
- Αύξηση επιτυχίας τοπικού ποσοστού των CDN.

❖ **Inter-cluster (διεθνές σύμπλεγμα):** Η inter-cluster δρομολόγηση περιεχομένου είναι σαν επακόλουθο όταν η intra-cluster δρομολόγηση περιεχομένου αποτυγχάνει.^[17] Σε αυτή όμως δεν είναι κατάλληλα όλα τα συστήματα που χρησιμοποιεί η intra-cluster. Όπως το σύστημα hashing-based διότι αντιπροσωπευτικοί διακομιστές CDN από διαφορετικά συμπλέγματα διανέμονται γεωγραφικά. Επίσης το σύστημα digest-based και το directory-based επειδή οι αντιπροσωπευτικοί διακομιστές CDN έχουν να

διατηρήσουν μια τεράστια σύνοψη περιεχομένου ακόμη και των διακομιστών CDN από αλλά συμπλέγματα.

Ενώ αντιθέτως το σύστημα query-based μπορεί να χρησιμοποιηθεί για inter-cluster αποθήκευση στη μνήμη.

Στην inter-cluster δρομολόγηση περιεχομένου λοιπόν, όταν ένα σύμπλεγμα αποτυγχάνει να εξυπηρετήσει μια αίτηση περιεχομένου, ρωτάει άλλα γειτονικά συμπλέγματα. Αν κάποιο από αυτά έχει το περιεχόμενο αυτό που ζητάτε τότε εξυπηρετεί εκείνο την αίτηση, αν όχι την προωθεί σε άλλα συμπλέγματα πάλι.

Όλοι οι διακομιστές CDN μέσα σε ένα σύμπλεγμα χρησιμοποιούν το σύστημα hashing-based για να εξυπηρετήσουν τις αιτήσεις περιεχομένου αφού ρωτήσουν πρώτα τον καθορισμένο διακομιστή του συμπλέγματος. Έτσι χρησιμοποιείται το σύστημα hashing-based για intra-cluster δρομολόγηση περιεχομένου και το σύστημα query-based για την inter-cluster δρομολόγηση περιεχομένου^[17].

Πλεονεκτήματα inter-cluster^[17]:

- Βελτιώνει την απόδοση, αφού μειώνει την κίνηση των ερωτήσεων
- Ξεπερνά το πρόβλημα των καθυστερήσεων όταν παίρνει περιεχόμενο από απομακρυσμένους διακομιστές. Και αυτό το κάνει με τη χρήση μιας τιμής χρονικού ορίου για κάθε μήνυμα ερώτησης.

6.2.2.4.2) Ενημέρωση της κρυφής μνήμης:

Κάθε αντικείμενο στην κρυφή μνήμη των υποκατάστατων διακομιστών ενός δικτύου CDN έχει χρόνο λήξης και θεωρείται παλαιωμένο μετά από αυτόν.^[17] Ένας προμηθευτής CDN όμως αν υπάρχει καθυστέρηση στη διάδοση του περιεχομένου καταλαβαίνει ότι το περιεχόμενο μπορεί να είναι ασυνεπείς ή να έχει λήξει. Έτσι λοιπόν τα περιεχόμενα είναι απαραίτητο να ενημερώνονται ώστε να εξυπηρετούνται οι πελάτες με τις πιο με τις πιο πρόσφατες πληροφορίες.

Για να διαχειριστεί τη συνοχή και το πιο πρόσφατο περιεχόμενο το CDN αναπτύσσει διάφορες τεχνικές ενημέρωσης της κρυφής μνήμης.

Μέθοδοι:

- Περιοδική ενημέρωση(periodic update)^[17]: Είναι η πιο κοινή μέθοδος. Σε αυτή την προσέγγιση οι προμηθευτές περιεχομένου διαμορφώνουν τους διακομιστές προέλευσης ιστού έτσι ώστε να παρέχουν οδηγίες στις κρυφές

μνήμες, σχετικά με το τι περιεχόμενο μπορεί να αποθηκευτεί σε αυτές και πόσο διαφορετικό περιεχόμενο είναι για να θεωρηθεί καινούργιο. Με αυτόν τον τρόπο οι κρυφές μνήμες είναι τακτικά ενημερωμένες και εξασφαλίζουν συνοχή και το πιο πρόσφατο περιεχόμενο στους πελάτες.

Μειονέκτημα: υποφέρει από μεγάλη κίνηση ενημερώσεων

- Ενημέρωση διάδοσης: Αυτός ο μηχανισμός διάδοσης ενεργοποιείται με μια αλλαγή στο περιεχόμενο.^[17] Όταν γίνεται μια αλλαγή στο έγγραφο στο διακομιστή προέλευσης τότε διανέμεται μια ενημερωμένη έκδοση αυτού του εγγράφου σε όλες τις κρυφές μνήμες.

Μειονέκτημα: Μεγάλη κίνηση ενημερώσεων κυρίως για ένα συχνά εναλλασσόμενο περιεχόμενο.

- On-demand ενημέρωση: Με αυτό τον μηχανισμό, η πιο πρόσφατη αντιγραφή ενός εγγράφου διαδίδεται στον διακομιστή κρυφής μνήμης, βασιζόμενο στην προηγούμενη αίτηση περιεχομένου^[17].

Μειονέκτημα: Αυτό σημαίνει ότι το περιεχόμενο δεν ενημερώνεται αν δεν γίνεται κάποια αίτηση.^[17] Επίσης μετακινείται συνέχεια μπρος πίσω μεταξύ της κρυφής μνήμης και του διακομιστή προέλευσης ώστε να εξασφαλίσει ότι το περιεχόμενο που πρόκειται να διανεμηθεί είναι το πιο πρόσφατο.

- Ακύρωση (Invalidation): Μηχανισμός στον οποίο ένα ακυρωμένο μήνυμα στέλνεται σε όλες τις υποκατάστατες κρυφές μνήμες όταν αλλάζει ένα έγγραφο στο διακομιστή προέλευσης, και οι οποίες δεν έχουν πρόσβαση στο έγγραφο που αλλάζει αν δεν έχουν μια ενημερωμένη έκδοση του εγγράφου μεμονωμένα^[17].

Μειονέκτημα: Μπορεί να οδηγήσει σε αναποτελεσματικότητα στη διαχείριση της συνοχής μεταξύ των περιεχομένων που είναι αποθηκευμένα στις κρυφές μνήμες λόγω του ότι δεν κάνει ολοκληρωμένη χρήση του δικτύου διανομής για τη διανομή του περιεχομένου και καθυστερεί το περιεχόμενο από τις κρυφές μνήμες^[17].

Γενικά τα CDN εξασφαλίζουν στο προμηθευτή περιεχομένου ότι το περιεχόμενο είναι το πιο πρόσφατο και ότι τα site του CDN είναι συνεκτικά. Ωστόσο οι προμηθευτές περιεχομένου μπορούν αν θέλουν να φτιάξουν από μόνοι τους κάποιες πολιτικές για την οργάνωση της κρυφής μνήμης.

Σαν πρώτο παράδειγμα θα μπορούσαν να προσδιορίσουν τις πολιτικές κρυφής μνήμης σε ένα format μοναδικό για κάθε προμηθευτή CDN και το οποίο θα αποτελούνταν από κάποιους κανόνες που θα διαδίδονταν σε όλες τις κρυφές μνήμες και οι οποίοι θα τις έδιναν οδηγίες για το πως θα διατηρήσουν τα πιο πρόσφατα περιεχόμενα εξασφαλίζοντας βέβαια τη συνοχή.

Σαν δεύτερο παράδειγμα θα μπορούσαν να εφαρμόσουν κάποιους άλλους τρόπους πιο απλούς ώστε οι διακομιστές της κρυφής μνήμης να μαθαίνουν με τον καιρό για την συχνότητα με την οποία αλλάζει το περιεχόμενο στον διακομιστή προέλευσης και να συντονίζουν την συμπεριφορά τους ανάλογα.

6.2.3) Δρομολόγηση αιτήσεων (request routing)

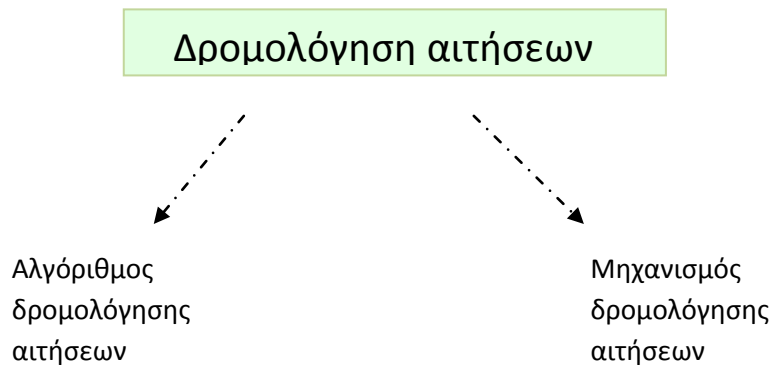
Ένα τέτοιο σύστημα είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση αιτήσεων-πελάτη σε ένα κατάλληλο υποκατάστατο διακομιστή για τη διανομή του περιεχομένου.

Πιο συγκεκριμένα κατευθύνει τις αιτήσεις πελάτη στον κοντινότερο διακομιστή-αντιγραφέα προς τον πελάτη. Ωστόσο, δεν σημαίνει πάντα πως ο κοντινότερος διακομιστής είναι και ο καλύτερος για την εξυπηρέτηση της συγκεκριμένης αίτησης-πελάτη. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιεί ένα σύνολο μετρήσεων ώστε να δρομολογήσει την αίτηση-πελάτη όχι μόνο στον κοντινότερο αλλά στον κοντινότερο καλύτερο διακομιστή για την εξυπηρέτηση αυτής της αίτησης. Κάποιες από αυτές τις μετρήσεις είναι η εγγύτητα του δικτύου, η λανθάνουσα κατάσταση του πελάτη, η απόσταση και ο φόρτος του διακομιστή αντιγραφέα.^[17]

Το σύστημα αυτό επηρεάζεται κυρίως από την επιλογή του περιεχομένου και από τις τεχνικές διανομής όπως είναι η full-site και η partial-site.

- ◆ **Full-site:** Αν ένα CDN χρησιμοποιεί τη full-site τότε το σύστημα δρομολόγησης αιτήσεων κατευθύνει τις αιτήσεις- πελάτη στους υποκατάστατους αφού όμως πρώτα κρατάνε όλο το περιεχόμενο από εξωτερικούς συνεργάτες ^[29].
- ◆ **Partial-site:** Από την άλλη πλευρά, αν χρησιμοποιεί την partial-site, όταν λαμβάνεται μια αίτηση-πελάτη, ο διακομιστής προέλευσης είναι αυτός που διανέμει το βασικό περιεχόμενο, ενώ οι υποκατάστατοι διακομιστές διανέμουν τα ενσωματωμένα αντικείμενα.^[29]

Το σύστημα δρομολόγησης αιτήσεων σε ένα CDN χωρίζεται σε 2 μέρη τον αλγόριθμο δρομολόγησης αιτήσεων και τον μηχανισμό δρομολόγησης αιτήσεων.



6.2.3.1) Αλγόριθμος δρομολόγησης αιτήσεων

Ο αλγόριθμος αυτός όταν λάβει μια αίτηση πελάτη απλά επιλέγει ποιος διακομιστής θα εξυπηρετήσει την αίτηση αυτή.^[17] Από εκεί και πέρα είναι δουλεία του μηχανισμού δρομολόγησης αιτήσεων να πληροφορήσει τον πελάτη για το αποτέλεσμα της επιλογής αυτής.

Οι αλγόριθμοι αυτοί μπορεί να είναι προσαρμοσμένοι, δηλαδή να εξετάζουν την τρέχουσα κατάσταση του συστήματος βάση κάποιων μετρήσεων, όπως ο φόρτος στους διακομιστές αντιγραφείς και η συμφόρηση των επιλεγμένων συνδέσεων δικτύου, για να καταλήξουν στην επιλογή ενός διακομιστή. Η να είναι μη προσαρμοσμένοι, δηλαδή να χρησιμοποιούν κάποιους άλλους πιο απλούς τρόπους για την επιλογή του διακομιστή.^[17]

❖ **Μη προσαρμοσμένοι αλγόριθμοι δρομολόγησης αιτήσεων:** Ένας κοινός και απλός αλγόριθμος τέτοιου είδους είναι ο round-robin, ο οποίος διανέμει όλες τις αιτήσεις στους διακομιστές CDN και προσπαθεί να εξισορροπήσει το φόρτο μεταξύ αυτών.^[17] Θεωρώντας ότι όλοι έχουν την ίδια ικανότητα επεξεργασίας και εξυπηρέτησης των αιτήσεων-πελάτη.

Μειονέκτημα: Τέτοιοι απλοί αλγόριθμοι είναι αποτελεσματικοί μόνο για τα συμπλέγματα όπου όλοι οι διακομιστές είναι τοποθετημένοι στον ίδιο χώρο.^[17]

Αντιθέτως είναι αναποτελεσματικοί στην περίπτωση συστημάτων διανομής ευρείας περιοχής όπου όλοι οι διακομιστές βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις και εντέλει προκαλούν φτωγή επίδοση, μεγάλα υπολογιστικά κόστη και δεν εξισορροπούν τον φόρτο.

Σε έναν άλλο αλγόριθμο τέτοιου είδους όλοι οι διακομιστές κατατάσσονται σύμφωνα με τον προβλεπόμενο φόρτο τους, δηλαδή τον αριθμό των αιτήσεων που έχει εξυπηρετήσει ο καθένας μέχρι εκείνη τη στιγμή.^[17] Με άλλα λόγια, ο αλγόριθμος λαμβάνει υπόψη του την απόσταση πελάτη διακομιστή και οι αιτήσεις πελάτη κατευθύνονται στους διακομιστές με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει ισορροπία φόρτου μεταξύ τους.

Μειονέκτημα: Το θέμα με αυτόν τον αλγόριθμο είναι ότι ο πελάτης λαμβάνει φτωγή επίδοση αφού ο φόρτος του διακομιστή και η απόσταση πελάτη-διακομιστή είναι παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα επεξεργασίας της αίτησης.^[17]

Άλλος ένας πάλι αλγόριθμος τέτοιου είδους υπολογίζει το ποσοστό των αιτήσεων πελάτη που λαμβάνει κάθε διακομιστής.^[17] Ο διακομιστής με τις περισσότερες αιτήσεις θεωρείται ο πιο δυνατός και άρα σε αυτόν κατευθύνονται οι αιτήσεις για την επίτευξη καλύτερης αξιοποίησης των πόρων.

Άλλοι πάλι δείχνουν προτίμηση σε ένα συγκεκριμένο διακομιστή να εξυπηρετεί τις αιτήσεις.

Τέλος, άλλοι αλγόριθμοι υποστηρίζουν τυχαία διανομή αιτήσεων στους διακομιστές.

Μερικοί ακόμη δίνουν σημασία στην γεωγραφική τοποθεσία του πελάτη και ανακατευθύνουν τις αιτήσεις στους κοντινότερους διακομιστές.

Μειονέκτημα: Σε αυτή την περίπτωση όμως μπορεί η αίτηση να ανατεθεί σε υπερφορτωμένο διακομιστή, ο οποίος να υποβαθμίσει την επίδοση.

❖ Προσαρμοσμένοι αλγόριθμοι δρομολόγησης αιτήσεων

Ένας αλγόριθμος τέτοιου είδους λειτουργεί βάση μετρήσεων της απόστασης που ενημερώνεται τακτικά.^[17] Επιλέγει δηλαδή τους διακομιστές που είναι πιο κοντά στους πελάτες, όσον αφορά την εγγύτητα του δικτύου.

Μειονέκτημα: Η διαδικασία μέτρησης της απόστασης μπορεί να μην είναι ακριβής^[17].

Άλλοι τέτοιοι αλγόριθμοι λειτουργούν βάση μετρήσεων των λαθών μεταξύ πελάτη διακομιστή. Οι αιτήσεις στέλνονται στον διακομιστή ο οποίος έχει πρόσφατα αναφερθεί με την μικρότερη λανθάνουσα κατάσταση προς τον πελάτη.

Πλεονέκτημα: αποτελεσματικοί αλγόριθμοι

Μειονέκτημα: Απαιτούν την ύπαρξη μιας βάσης δεδομένων με αυτές τις μετρήσεις, η οποία όμως περιορίζει την επεκτασιμότητα των συστημάτων στα οποία έχουν αναπτυχθεί αυτοί οι αλγόριθμοι.

Ακόμη υπάρχει ένας αλγόριθμος που δίνει βάση σε ένα συνδυασμό τριών μετρήσεων. Δύο μετρήσεων απόστασης και μια μέτρηση λανθασμένων καταστάσεων.

Πλεονέκτημα: Είναι ευέλικτος αφού χρησιμοποιεί τρεις μετρήσεις.

Μειονεκτήματα:

- Η ανάπτυξη ενός συντελεστή σε κάθε δρομολογητή για τις μετρήσεις τον κάνει πολύπλοκο και ακριβό
- Η μέτρηση λανθασμένων καταστάσεων δημιουργεί κίνηση στο δίκτυο.

Τέλος, η Akamai χρησιμοποιεί έναν πολύπλοκο αλγόριθμο τέτοιου είδους όπου είναι ιδιοκτησία της και δεν έχουν φανερωθεί λεπτομέρειες της τεχνολογίας του. Το μόνο που γνωρίζουμε είναι ότι λειτουργεί βάση ενός αριθμού μετρήσεων όπως είναι ο φόρτος του διακομιστή, η αξιοπιστία των φόρτων μεταξύ πελάτη-διακομιστή και το εύρος ζώνης που είναι πρόσφατα διαθέσιμο σε έναν διακομιστή.^[17]

- ✓ Σύγκριση προσαρμοσμένων - μη προσαρμοσμένων

Προσαρμοσμένοι:

- Πιο απλός και εύκολος
- Επιδεικνύει μεγάλη δύναμη συστήματος σε περίπτωση αντιμετώπισης καταστάσεων όπως η συμφόρηση

Μη προσαρμοσμένοι:

- Πιο πολύπλοκος (λόγω συχνής αλλαγής συμπεριφοράς για να τα βγάλουν πέρα σε μια δύσκολη κατάσταση)
- Δουλεύει αποτελεσματικά μόνο όταν πληρούνται οι προϋποθέσεις.

6.2.3.2) Μηχανισμός δρομολόγησης αιτήσεων

Ο μηχανισμός αυτός όπως είπαμε και πιο πάνω πληροφορεί τον πελάτη σχετικά με την επιλογή του διακομιστή που έχει κάνει ο αλγόριθμος. Οι μηχανισμοί αυτοί κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με διάφορα κριτήρια όπως η ποικιλία επεξεργασίας της αίτησης. Σύμφωνα με αυτό το κριτήριο κατηγοριοποιούνται σε: 1)παγκόσμια εξισορρόπηση φόρτου του διακομιστή,

2)στην δρομολόγηση αιτήσεων που βασίζεται στον DNS, 3)την ανακατεύθυνση HTTP, 4)την επανεγγραφή του URL, 5)το Anycasting και 6)το CDN peering.^[17]

1) Παγκόσμια εξισορρόπηση φόρτου του διακομιστή: Σε αυτή την προσέγγιση οι κόμβοι υπηρεσίας, δηλαδή αυτοί που διανέμουν το περιεχόμενο στους τελικούς χρήστες, αποτελούνται από έναν διακόπτη και όλοι οι διακομιστές ιστού είναι διανεμημένοι σε τοποθεσίες σε όλο τον κόσμο. Η παγκόσμια εξισορρόπηση φόρτου του διακομιστή προκαλείται χάρη σε δύο δυνατότητες των κόμβων εξυπηρέτησης. Την παγκόσμια αναγνωρισιμότητα και την αυθεντικότητα (smart-authoritative)^[17].

Σε μια εξισορρόπηση φόρτου τοπικού διακομιστή κάθε κόμβος υπηρεσίας γνωρίζει πληροφορίες για την καλή κατάσταση και την απόδοση των διακομιστών ιστού, ενώ οι κόμβοι υπηρεσίας που αποτελούνται από τους διακόπτες γνωρίζουν τις πληροφορίες των άλλων κόμβων υπηρεσίας, περιλαμβάνουν τις εικονικές ip διευθύνσεις στις λίστες των διακομιστών τους και μπορούν να ανταλλάσσουν πληροφορίες απόδοσης μεταξύ των διακοπτών τους^[17].

Σε αυτή την περίπτωση ο καθένας μπορεί να γνωρίζει τις διευθύνσεις από όλους τους άλλους κόμβους υπηρεσίας αφού οι διακόπτες είναι ευρέως γνωστοί.

Πλεονέκτημα:

- Το θετικό εδώ είναι ότι αφού οι διακόπτες είναι ευρέως γνωστοί κάθε τέτοιου είδους κόμβος μπορεί να επιλέξει τον καλύτερο υποκατάστατο διακομιστή για κάθε αίτηση, έτσι ώστε να διευκολύνεται η επιλογή του διακομιστή, όχι μόνο από τους τοπικά συνδεδεμένους διακομιστές αλλά και από τους απομακρυσμένους κόμβους υπηρεσίας.
- Επίσης, ο διαχειριστής του δικτύου έχει τη δυνατότητα να προσθέσει επιπλέον συσκευές δικτύου προσθέτοντας αυτή τη μέθοδο με τους διακόπτες στο δίκτυο.

2) Δρομολόγηση αιτήσεων βασισμένη στο DNS: Σε αυτή την προσέγγιση για να κάνουν χαρτογράφηση μεταξύ ενός συμβολικού ονόματος του υποκατάστατου διακομιστή και της ip διεύθυνσης του, οι υπηρεσίες διανομής περιεχομένου βασίζονται στους τροποποιημένους διακομιστές DNS^[17].

Πιο συγκεκριμένα, όταν έρχεται μια αίτηση περιεχομένου ενός τελικού χρήστη, ο διακομιστής DNS επιστρέφει τις ip διευθύνσεις των διακομιστών αφού κρατήσει πρώτα ένα αντίγραφο από το αντικείμενο της αίτησης(ένα όνομα τομέα έχει πολλές ip διευθύνσεις που σχετίζονται με

αυτό). Στη συνέχεια, ο αναλυτής DNS του πελάτη επιλέγει έναν διακομιστή μεταξύ αυτών εκδίδοντας τους ανιχνευτές ώστε να επιλέξει σχετικά με τους χρόνους απάντησης αυτών των ανιχνευτών, ή συλλέγοντας ιστορικές πληροφορίες από τους πελάτες που είχαν κάποτε πρόσβαση σε αυτούς τους διακομιστές^[17].

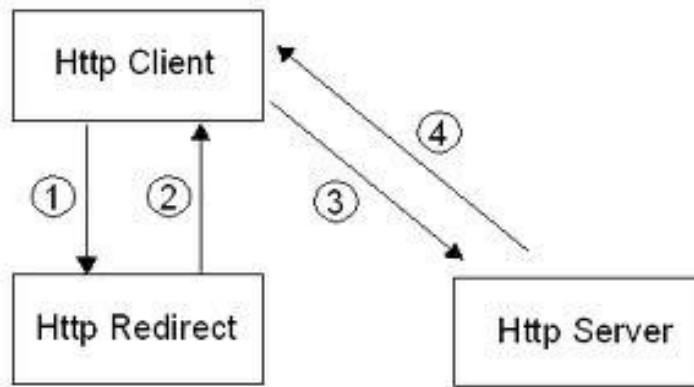
Πλεονεκτήματα^[17]:

- Αποδοτική και αποτελεσματική
- Έχει διαφάνεια αφού οι υπηρεσίες αναφέρονται με τα ονόματα DNS τους και όχι με τις IP διευθύνσεις τους
- Χαρακτηρίζεται από απλότητα και ανεξαρτησία από κάθε πραγματική υπηρεσία-αντιγραφή
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κάθε εφαρμογή δικτύου
- Αποδοτική κατά τη διάρκεια δρομολόγησης αιτήσεων αφού το DNS εμφανίζεται παντού σαν υπηρεσία καταλόγου

Μειονεκτήματα^[17]:

- Αύξηση περίπτωσης λάθους στο δίκτυο λόγω αύξησης των χρόνων αναζήτησης DNS (αν και οι διαχειριστές CDN λύνουν αυτό το πρόβλημα διαιρώντας το DNS σε 2 επίπεδα για διανομή φόρτου, το χαμηλό επίπεδο DNS και το υψηλό επίπεδο DNS)
- Δεν λαμβάνει υπόψη την ip διεύθυνση των πελατών
- Δεν μπορεί να καθορίσει την εγγύτητα του πελάτη στον υποκατάστατο διακομιστή αφού ο πελάτης DNS γνωρίζει την τοποθεσία του διαδικτύου.
- Δεν είναι επεκτάσιμη και δεν αναγνωρίζει τον πελάτη αφού δεν μεταφέρονται οι ip διευθύνσεις του απλά με μια ερώτηση
- Δεν μπορεί να ελέγξει όλες τις αιτήσεις λόγω της αποθήκευσης των δεδομένων DNS στην κρυφή μνήμη (έλεγχος μόνο για το 5% των αιτήσεων)
- Έλλειψη ενός εναλλακτικού διακομιστή ώστε να ολοκληρώσει τις αιτήσεις-πελάτη σε περίπτωση που αποτύχει ο υποκατάστατος διακομιστής(και αυτό γίνεται διότι οι πελάτες δεν εισάγουν τα ονόματα τομέα που εξυπηρετούν τις αιτήσεις τους)

- 3) Ανακατεύθυνση HTTP: Σε αυτή την προσέγγιση διαδίδονται πληροφορίες στις επικεφαλίδες HTTP σχετικά με τα σύνολα των διακομιστών-αντιγραφών. Τα πρωτόκολλα HTTP επιτρέπουν σε ένα διακομιστή ιστού να απαντήσει σε μια αίτηση-πελάτη με ένα μήνυμα που του λέει να υποβάλει ξανά την αίτηση του σε άλλο διακομιστή. Αυτός ο μηχανισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει έναν ειδικό διακομιστή ιστού που να δέχεται τις αιτήσεις των πελατών, να επιλέγει τους διακομιστές-αντιγραφείς και να ανακατευθύνει τους πελάτες σε αυτούς τους διακομιστές.^[17]



Εικόνα 16. Βήματα μηχανισμού δρομολόγησης αιτήσεων^[47]

Πλεονεκτήματα:

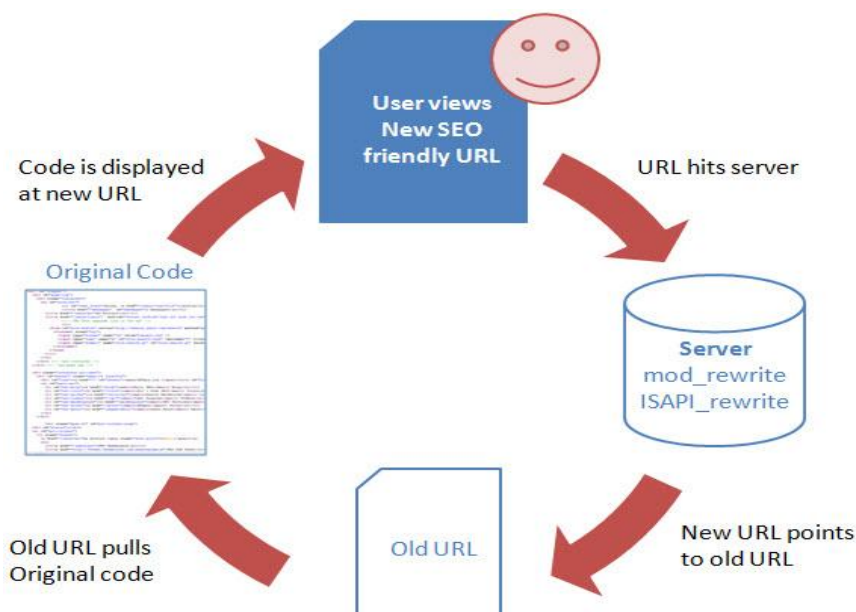
- Ευελιξία και απλότητα
- Η αντιγραφή μπορεί να γίνει με διακριτικότητα αφού κάθε ιστοσελίδα θεωρείται ξεχωριστή

Μειονεκτήματα:

- Έλλειψη διαφάνειας
- Μεγάλα έξοδα

- 4) Επανεγγραφή του URL: Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιείται κυρίως για Partial-site επιλογή και διανομή περιεχομένου, στέλνοντας σαν απάντηση στις αιτήσεις του πελάτη, ενσωματωμένα αντικείμενα. Ο δρομολογητής προέλευσης ανακατευθύνει τους πελάτες σε διαφορετικούς υποκατάστατους δρομολογητές ξαναγράφοντας το link των URL σελίδων που δημιουργήθηκαν^[17].

Για παράδειγμα, με μια ιστοσελίδα που περιέχει ένα αρχείο HTML αλλά και ενσωματωμένα αντικείμενα, ο διακομιστής ιστού θα τροποποιούσε τις αναφορές σε αυτά τα αντικείμενα, έτσι ώστε ο πελάτης να μπορεί να τα φέρει από τον καλύτερο υποκατάστατο διακομιστή. Αυτό γίνεται αναλύοντας το περιεχόμενο των ιστοσελίδων και αντικαθιστώντας τα ενσωματωμένα URL.



Εικόνα 17. Η διαδικασία URL επανεγγραφής^[48]

Όπως βλέπουμε στην πιο πάνω εικόνα αρχικά ο χρήστης εισάγει ένα URL το οποίο πάει στον διακομιστή και το οποίο δεν περιέχει πολύ πληροφορία σχετικά με το περιεχόμενο της σελίδας. Ο διακομιστής κάνει επανεγγραφή του URL αυτού με ένα καινούριο εξάγοντας λέξεις κλειδιά ώστε να μπορεί πάλι το URL να επιστρέψει σε σχετικές αναζητήσεις.

Η επανεγγραφή του URL μπορεί να είναι pro-active ή reactive^[17]

1. Pro-active: Το URL για τα ενσωματωμένα αντικείμενα της κύριας σελίδας είναι σχηματισμένα πριν το περιεχόμενο φορτωθεί στο διακομιστή προέλευσης
2. Re-active: Η επανεγγραφή των ενσωματωμένων URL μιας σελίδας HTML γίνεται αφού η αίτηση-πελάτη φτάσει στον διακομιστή προέλευσης.

Πλεονεκτήματα^[17]:

- Οι πελάτες μπορούν να απευθυνθούν σε πολλούς υποκατάστατους διακομιστές και όχι μόνο σε έναν, αφού τα URL που έχουν επανεγγραφεί περιέχουν ονόματα DNS που στοχεύουν σε σύνολο διακομιστών.
- Μεγαλύτερη λεπτομέρεια αφού τα αντικείμενα θεωρούνται ξεχωριστά

Μειονεκτήματα^[17]:

- Καθυστέρηση ανάλυσης των URL

- Συμφόρηση από ένα πιθανό στοιχείο που μπήκε σε αυτή τη διαδικασία
- Το περιεχόμενο με την τροποποιημένη αναφορά στον κοντινό υποκατάστατο διακομιστή δεν μπορεί να αποθηκευτεί στην κρυφή μνήμη

5) Anycasting: Η προσέγγιση αυτή διαιρείται σε δύο, την ip Anycasting και την application level Anycasting.^[17]

- i. IP-Anycasting: Σε πολλούς υπολογιστές μπορεί να εκχωρηθεί η ίδια IP διεύθυνση οπότε κάθε IP δρομολογητής κρατάει το μονοπάτι προς τον υπολογιστή που είναι πιο κοντά σε αυτόν. Έτσι διαφορετικοί IP δρομολογητές μπορούν να έχουν μονοπάτια σε διάφορους υπολογιστές με την ίδια IP διεύθυνση. Στόχος της προσέγγισης αυτής είναι η παγκόσμια αντιγραφή στο δίκτυο των διακομιστών πάνω σε κάποιες πλατφόρμες.
- ii. Application- level Anycasting: Οι υπηρεσίες εδώ αποτελούνται από ένα σύνολο αναλυτών anycast οι οποίοι εκτελούν τα anycast ονόματα τομέα στην χαρτογράφηση ip διεύθυνσης. Ο πελάτης κάνει μια anycast ερώτηση και ο αναλυτής επεξεργάζεται την ερώτηση και κάνει μια anycast απάντηση. Κάθε αναλυτής έχει μια βάση δεδομένων που περιέχει δεδομένα απόδοσης για τους διακομιστές-αντιγραφείς. Η απόδοση αυτή μετριέται βάση του φόρτου και της ικανότητας των διακομιστών να επεξεργαστούν την αίτηση. Τα έξοδα της είναι σε καλό επίπεδο.

Πλεονέκτημα:

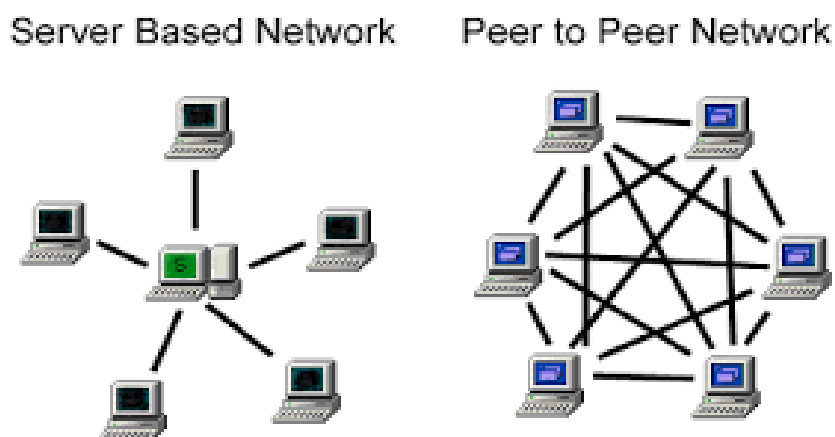
- Καλύτερη ευελιξία

Έτσι χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα απόδοσης μπορεί να καταλήξει στην επιλογή του καλύτερου διακομιστή

Μειονέκτημα:

- Απαιτεί αλλαγές στους διακομιστές καθώς και στους πελάτες
- Άρα μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλα κόστη
- Το οποίο με τη σειρά του να οδηγήσει σε μεγάλο αριθμό διακομιστών και πελατών.

6) CDN peering: Το δίκτυο περιεχομένου peer-to-peer είναι σχεδιασμένο από συμμετρικές συνδέσεις μεταξύ υπολογιστών. Ένα CDN μπορεί να επεκτείνει την πρόσβαση του σε μεγάλο πληθυσμό πελατών χρησιμοποιώντας συνεταιρικούς διακομιστές CDN αφού μπορούν τα συνεταιρικά δίκτυα CDN να διανέμουν το περιεχόμενο ο ένας για λογαριασμό του άλλου^{[17][18][29]}.



Εικόνα 18. Διαφορά δικτύου βασισμένο στον διακομιστή και του δικτύου peer-to-peer^[49]

Μειονέκτημα: Δεν είναι ανθεκτικά όπως τα παραδοσιακά CDN βασισμένα σε μια ειδική υποδομή, αφού σε αυτά η απαραίτητη πληροφορία που ανακτάται από το δίκτυο μπορεί να έχει αναπτυχθεί από άλλο συνεταιριστικό μέλος^[17].

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την τοποθέτηση του περιεχομένου μέσα σε ένα τέτοιο δίκτυο όπως είναι: 1)το μοντέλο κεντρικού καταλόγου, 2)ένα μίγμα διανεμημένων πινάκων, 3)το μοντέλο πλημμύρας αιτήσεων και 4)το μοντέλο δρομολόγησης εγγράφου^[17].

- 1) Στο πρώτο μοντέλο υπάρχει ένας κεντρικός κατάλογος όπου όλοι οι συνέταιροι δημοσιεύουν το περιεχόμενο που θέλουν να μοιραστούν με τους άλλους και επικοινωνούν μέσω αυτού του καταλόγου. Όταν ο κατάλογος λάβει μια αίτηση απαντάει με το περιεχόμενο από τον συνέταιρο που το έχει. Αν υπάρχουν περισσότεροι από ένας συνέταιροι που επεξεργάζονται την αίτηση επιλέγεται ο καλύτερος. Ο καλύτερος βασίζεται σε κάποιες μετρήσεις όπως είναι: η εγγύτητα του δικτύου, το μεγαλύτερο εύρος ζώνης, η μικρότερη συμφόρηση και η μεγαλύτερη χωρητικότητα.

Μειονεκτήματα:

- Ο κεντρικός κατάλογος μπορεί να έχει αποτυχία
- Η επεκτασιμότητα του συστήματος που βασίζεται σε έναν κεντρικό κατάλογο περιορίζει την χωρητικότητα του καταλόγου.

- 2) Στο δεύτερο μοντέλο οι συνέταιροι επικοινωνούν μέσα στο σύστημα σε ευρετήρια μέσω κλειδιών κατακερματισμού. Τότε εφαρμόζοντας κάποιες ερωτήσεις βρίσκεται ο συνétairos που έχει το επιθυμητό περιεχόμενο.

Πλεονέκτημα:

Έχει ικανότητα να εκτελεί εξισορρόπηση φόρτου, δηλαδή να αφαιρεί φορτίο από υπερφορτωμένους συνεταίρους και να το αναθέτει σε λιγότερο φορτωμένους.

- 3) Στο τρίτο μοντέλο μια αίτηση από ένα συνétairo μεταδίδεται απευθείας στους υπόλοιπους συνεταίρους που συνδέονται με αυτόν, και αυτοί οι συνétairoi με τη σειρά τους στέλνουν την αίτηση στους συνεταίρους που αυτοί συνδέονται. Αυτό γίνεται μέχρι να δοθεί μια απάντηση.

Μειονέκτημα:

- Περιττή κίνηση στο δίκτυο
- Άρα απαιτεί και τεράστιο εύρος ζώνης
- Πρόβλημα επεκτασιμότητας (άρα περιορίζει το μέγεθος του δικτύου).

- 4) Στο τέταρτο μοντέλο όλοι οι συνétairoi μαζί συμπληρώνουν την πληροφορία αφού πρώτα ρωτάτε ο καθένας για να λάβει το περιεχόμενο που αιτήθηκε.

Πλεονέκτημα: αποδοτικό και επεκτάσιμο

6.2.4) Υπολογισμός επίδοσης

Ο υπολογισμός απόδοσης ενός CDN γίνεται για να μετρηθεί η ικανότητα του να εξυπηρετήσει τους πελάτες με το επιθυμητό περιεχόμενο ή υπηρεσία και προσφέρει ικανότητα να προβλέπεται, να παρακολουθείται και να εξασφαλίζεται η απόδοση του. Η μέτρηση αυτή επιτυγχάνεται με ένα συνδυασμό ανιχνευτών βασισμένους είτε στο υλικό(hardware) είτε στο λογισμικό(software) που είναι καταναμημένα γύρω από το CDN^[17].

Συγκεκριμένα πέντε είναι οι βασικές μετρήσεις που χρησιμοποιούνται από τους προμηθευτές περιεχομένου ώστε να αξιολογήσουν την απόδοση ενός CDN^[17].

- a. Αναλογία επιτυχίας της κρυφής μνήμης^[17]: Είναι ο λόγος του αριθμού των προσωρινά αποθηκευμένων εγγράφων προς το συνολικό αριθμό των εγγράφων που έχουν ζητηθεί. Το ότι ένα CDN χρησιμοποιεί μια αποτελεσματική πολιτική κρυφής μνήμης για να διαχειριστεί τις κρυφές μνήμες του φαίνεται από το υψηλό ποσοστό επιτυχίας.
- b. Απόθεμα εύρους ζώνης^[17]: Είναι η μέτρηση του εύρους ζώνης που χρησιμοποιεί και ανακτά ο διακομιστής προέλευσης και η οποία μετριέται σε bytes.
- c. Αφάνεια^[17]: Είναι ο χρόνος απάντησης που αντιλαμβάνεται ο χρήστης. Όσο πιο μειωμένη είναι η αφάνεια τόσο πιο μειωμένο είναι και το εύρος ζώνης του διακομιστή προέλευσης.
- d. Χρήση του υποκατάστατου διακομιστή^[17]: Είναι ο χρόνος που παραμένουν απασχολημένοι οι υποκατάστατοι διακομιστές. Αυτή τη μέτρηση τη χρησιμοποιούν οι διαχειριστές για να υπολογίσουν τον φόρτο της CPU, τον αριθμό των αιτήσεων που εξυπηρετήθηκαν και την χρήση της αποθήκευσης εισόδου/εξόδου(I/O).
- e. Αξιοπιστία^[17]: Την αξιοπιστία ενός CDN την καθορίζουν οι μετρήσεις απώλειας πακέτων. Δηλαδή όταν ένα CDN έχει μικρή απώλεια πακέτων και είναι πάντα διαθέσιμο στους πελάτες, τότε έχει μεγάλη αξιοπιστία.

Ο υπολογισμός της απόδοσης μπορεί να γίνει είτε με εσωτερικές μετρήσεις απόδοσης με χρήση τεχνολογιών εσωτερικών μετρήσεων, είτε από την οπτική γωνία του πελάτη με χρήση τεχνολογιών εξωτερικών υπηρεσιών.

Ο έλεγχος απόδοσης από τον ίδιο τον προμηθευτή του CDN μπορεί να είναι παραπλανητικός αφού μπορεί να αποδίδει καλά για ένα web site ενώ να μην αποδίδει καλά για άλλα. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να χρησιμοποιηθεί από ανεξάρτητους τρίτους όπως το σύστημα keynote και το Giga Information Group για να γίνουν οι μετρήσεις αξιόπιστες και αποτελεσματικές.

- Εσωτερικές μετρήσεις^[17]: Είναι οι μετρήσεις απόδοσης των υπηρεσιών διανομής περιεχομένου μέσα στο δίκτυο. Αυτές μπορούν να γίνουν συλλέγοντας και αναλύοντας τα logs των κρυφών μνήμων και των διακομιστών πολυμέσων ροής. Επίσης οι διακομιστές συλλέγοντας στατιστικές. Ακόμη αναπτύσσοντας ανιχνευτές(υλικού και λογισμικού) μέσα στο δίκτυο και στη συνέχεια συσχετίζοντας τις πληροφορίες που συλλέχτηκαν από αυτούς τους ανιχνευτές. Και τέλος,

χρησιμοποιώντας τρίτο εργαλείο που μπορεί να παράγει γραφική παράσταση των δεδομένων απόδοσης.

- Εξωτερικές μετρήσεις^[17]: Είναι οι μετρήσεις απόδοσης που γίνονται από ένα ανεξάρτητο τρίτο μέρος, το οποίο στη συνέχεια πληροφορεί τους πελάτες του CDN για τη επαληθευμένη και εγγυημένη απόδοση.

Οι ανεξάρτητες εταιρείες μετρήσεων απόδοσης χρησιμοποιώντας δίκτυα βαθμολόγησης επιδόσεων, όπου οι υπολογιστές είναι στρατηγικά τοποθετημένοι και συνδεδεμένοι σε διάφορες περιοχές μέσω ραχοκοκαλιάς του διαδικτύου, κάνουν την διαδικασία αυτή πολύ αποτελεσματική, αφού οι υπολογιστές αυτοί μετρούν πως αποδίδει ένα web site από την οπτική γωνία του τελικού χρήστη.

Για παράδειγμα, το σύστημα Giga Information Group που αναφέραμε και πιο πάνω μετράει την απόδοση αναλύοντας ένα CDN από άποψη επεκτασιμότητας, διαθεσιμότητας, διαχειρισσιμότητας, υποστήριξης περιεχομένου, ευκολίας στη χρήση, κόστους, κάλυψης, αναφορών και βιωσιμότητας^[17].

6.2.4.1) Απόκτηση στατικών του δικτύου

Για τον εσωτερικό και τον εξωτερικό υπολογισμό της απόδοσης του δικτύου έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές όπως είναι: η διερεύνηση δικτύου, η παρακολούθηση της κυκλοφορίας και η ανατροφοδότηση από τους υποκατάστατους διακομιστές. Αυτές οι τεχνικές βασίζονται σε διάφορες παραμέτρους όπως η γεωγραφική εγγύτητα, ο μέσος όρος εύρους ζώνης, ο φόρτος διακομιστή, η ώρα εκκίνησης, ο ρυθμός σχηματισμού, ο χρόνος απάντησης και η απώλεια πακέτων^[17].

Αναλυτικά οι τεχνικές:

- ❖ **Διερεύνηση δικτύου**^[17]: Σε αυτή την τεχνική διερευνούνται οι πιθανές αιτούσες οντότητες με σκοπό να καθορίσουν μια ή περισσότερες μετρήσεις από κάθε υποκατάστατο διακομιστή ή από ένα σύνολο διακομιστών.

Μειονεκτήματα^[17]: Οι τεχνικές αυτές διερεύνησης είναι μερικές φορές ακατάλληλες και περιορισμένες διότι:

- Εισάγει επιπλέον αφάνεια στο δίκτυο η οποία μπορεί να είναι σοβαρή για μικρές αιτήσεις ιστού
- Ενεργοποιεί ειδοποιήσεις ανίχνευσης εισβολής, καταλήγοντας σε καταγγελίες κακοποίησης.
- Οδηγεί μερικές φορές σε ανακριβή μέτρηση, αφού η κυκλοφοριακή κίνηση που υπάρχει μπορεί να αγνοηθεί λόγω ανησυχίας των επιθέσεων DDoS (Distributed Denial of Service) καταναμεμημένη άρνηση εξυπηρέτησης.

❖ **Παρακολούθηση της κυκλοφορίας:** Σε αυτή την τεχνική για να γίνονται γνωστές οι πραγματικές μετρήσεις απόδοσης, παρακολουθείτε η κυκλοφορία μεταξύ του πελάτη όταν συνδέεται και του υποκατάστατου διακομιστή^[17].

Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας παρακολούθησης κυκλοφορίας είναι η παρακολούθηση της απώλειας πακέτων από τον πελάτη σε έναν υποκατάστατο διακομιστή και ο χρόνος απάντησης που λαμβάνει ο πελάτης. Αυτή είναι η απλούστερη και κυρίως χρησιμοποιεί τη μέτρηση της απόστασης.

Ένα σύστημα εκτίμησης μετρήσεων υπολογίζει και διαδίδει πληροφορίες απόστασης στο διαδίκτυο από άποψη χρόνου, απάντησης και εύρους ζώνης και μελετά δύο τύπους πληροφοριών απόστασης. Την ευαισθησία φόρτωσης και “ακατέργαστη” (όπου αποκτάται μελετώντας το φόρτο του δικτύου) και με μία συχνή ενημέρωση ανά μέρες και αν είναι απαραίτητο και ανά ώρες^[17].

❖ **Ανατροφοδότηση από τους υποκατάστατους διακομιστές:** Σε αυτή την τεχνική οι ανατροφοδοτημένες πληροφορίες αποκτούνται διερευνώντας περιοδικά έναν υποκατάστατο διακομιστή, εκδίδοντας ειδικές αιτήσεις εφαρμογής όπως HTTP, παίρνοντας σχετικές μετρήσεις και από την ανάπτυξη συντελεστών μέσα στους υποκατάστατους διακομιστές οι οποίοι μπορούν να μεταδίδουν μια σειρά από μετρήσεις για τους κόμβους τους^[17].

Οι μέθοδοι για απόκτηση ανατροφοδοτούμενων πληροφοριών μπορεί να είναι στατικοί ή δυναμικοί^[17].

- **Οι στατικοί** επιλέγουν μια διαδρομή για να μειώσουν τον αριθμό πηδήσεων ή να βελτιώσουν άλλες στατικές παραμέτρους.
- **Οι δυναμικοί** υπολογίζουν το χρόνο μετ' επιστροφής.

Αναλυτικά οι παράμετροι^{[17][18]}:

- Γεωγραφική εγγύτητα: είναι μια μέτρηση αναγνώρισης της τοποθεσίας ενός χρήστη μέσα σε μια συγκεκριμένη περιοχή ή ανακατεύθυνση ενός χρήστη μέσα σε μια συγκεκριμένη περιοχή.
- Χρόνος απάντησης: είναι μια χρήσιμη μέτρηση για να επιλεγεί ο κατάλληλος υποκατάστατος διακομιστής για τον χρήστη.

- Πληροφορία απώλειας πακέτου: είναι μια μέτρηση η οποία χρησιμοποιείται για να επιλεγεί το μονοπάτι του δικτύου με το χαμηλότερο ποσοστό σφάλματος.
- Ο μέσος όρος εύρους ζώνης, η ώρα εκκίνησης και ο ρυθμός σχεδιασμού: είναι μετρήσεις που χρησιμοποιούνται για να επιλεγεί το καλύτερο μονοπάτι για τη διανομή πολυμέσων ροής.
- Φόρτος του διακομιστή: είναι μια μέτρηση η οποία χρησιμοποιείται για να επιλεγεί ο διακομιστής με τον συνολικά λιγότερο φόρτο και υπολογίζεται βάση κάποιων άλλων μετρήσεων όπως είναι ο φόρτος της CPU, ο φόρτος διεπαφής του δικτύου, η ενεργή σύνδεση και ο φόρτος αποθήκευσης εισόδου/εξόδου(I/O).

6.2.4.2) Υπολογισμός επιδόσεων μέσω προσομοίωσης

Εκτός από τη χρήση εσωτερικών και εξωτερικών μετρήσεων απόδοσης, ερευνητές χρησιμοποιούν και εργαλεία προσομοίωσης εφαρμοσμένα στο λογισμικό για να μετρήσουν, να αναπτύξουν και να ελέγξουν την απόδοση ενός CDN^[17].

Πλεονεκτήματα^[17]:

- Οικονομική, λόγω του ότι δεν χρειάζεται το (υλικό) hardware για την εκτέλεση των πειραμάτων
- Ευέλικτη, διότι δεν μπορεί να προσομοιώσει ένα link με οποιοδήποτε εύρος ζώνης και καθυστέρηση διάδοσης, και ένα δρομολογητή με οποιοδήποτε μέγεθος σειράς
- Ένα τέτοιο περιβάλλον είναι απαλλαγμένο από τυχόν ανεξέλεγκτους παράγοντες όπως η ανεπιθύμητη εξωτερική κίνηση που μπορεί να βιώσουν οι ερευνητές ενώ κάνουν πειράματα σε ένα δίκτυο
- Άρα τα αποτελέσματα είναι εύκολο να αναπαραχθούν και να αναλυθούν
Ωστόσο μπορεί να είναι και παραπλανητικά αν ένα σύστημα προσομοίωσης CDN δεν λάβει υπόψη του κάποιους κρίσιμους παράγοντες όπως η συμφόρηση που είναι πιθανό να συμβεί σε ένα δίκτυο, ο αριθμός των συνεδριών που μπορούν να εξυπηρετήσουν κάθε στοιχείο δικτύου (πχ. δρομολογητής, υποκατάστατος διακομιστής) και ο αριθμός των κόμβων που διασχίζονται.

Σύνοψη

Όπως προκύπτει από την έρευνα που κάναμε πάνω στα δίκτυα διανομής περιεχομένου, μας δόθηκε η ευκαιρία να μάθουμε αρκετά πράγματα για αυτά και το τι προσφέρουν και να αναλύσουμε την λειτουργία τους. Είναι δίκτυα που ενισχύουν τη διαθεσιμότητα, είναι αποτελεσματικά και εξαλείφουν το κύριο πρόβλημα του διαδικτύου, την αναμονή των χρηστών σε μια αίτηση τους για περιεχόμενο(περιεχόμενο ιστοσελίδας). Αντί να υπάρχουν εκατομμύρια χρήστες που περιμένουν αιωνίως για την ανάκτηση του περιεχομένου που ζήτησαν, τα δίκτυα διανομής περιεχομένου χρησιμοποιούν την δημιουργία αντιγράφων και κατανέμουν το φορτίο σε πολλούς διακομιστές.

Κάναμε τη διαπίστωση βέβαια ότι η διατήρηση χιλιάδων αναπληρωτών διακομιστών στο διαδίκτυο είναι υπερβολικά δαπανηρή για οποιονδήποτε δικτυακό τύπο ο οποίος θέλει να παρέχει καλύτερη πρόσβαση στο περιεχόμενο των ιστοσελίδων του. Τα δίκτυα CDN δίνουν λύση και σε αυτό το πρόβλημα αφού παρέχουν τις υπηρεσίες τους για πολλούς δικτυακούς τύπους μαζί, μοιράζοντας έτσι το κόστος μεταξύ πολλών πελατών.

Κατά την εκπόνηση της εργασίας μας συμπεράναμε ότι η ύπαρξη ενός μεγάλου συνόλου από γεωγραφικά κατανεμημένους διακομιστές δεν λύνει εντελώς το πρόβλημα. Τα δίκτυα CDN πρέπει επίσης να παρέχουν ένα σύνολο από ανακατευθυντήρες (redirection), οι οποίοι προωθούν τις αιτήσεις των πελατών στον πιο κατάλληλο διακομιστή. Η επιλογή αυτή του διακομιστή γίνεται με βάση τον καλύτερο χρόνο απόκρισης για τον πελάτη. Κύριος στόχος των ανακατευθυντήρων είναι να κάνουν το σύστημα ικανό να επεξεργαστεί συνολικά όσο το δυνατόν περισσότερες αιτήσεις ανά δευτερόλεπτο, πράγμα που αποτελεί σημαντικό ζήτημα κυρίως όταν το σύστημα έχει μεγάλο φορτίο.

Τέλος, εξετάζοντας τα δίκτυα CDN διαπιστώσαμε ότι χρησιμοποιούν πολλούς παράγοντες για να αποφασίσουν με ποιόν τρόπο θα κατανείμουν τις αιτήσεις πελατών. Αν βασιστούν στην εγγύτητα δικτύου ενός διακομιστή θα ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος απόκρισης, ενώ για να βελτιωθεί η συνολική ικανότητα του συστήματος χρειάζεται να γίνει ομαλή εξισορρόπηση του φορτίου σε ένα σύνολο διακομιστών. Ο συνδυασμός των παραγόντων που θα χρησιμοποιηθούν από τα δίκτυα CDN είναι ένα ζήτημα που χρειάζεται περαιτέρω ανάλυση.

Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι τα CDN είναι παγκοσμίως αναγνωρισμένα δίκτυα και τα χρησιμοποιούν όλο και περισσότερες εταιρείες για να προσφέρουν στους πελάτες τους την καλύτερη εξυπηρέτηση. Βέβαια αντιμετωπίζουν κάποιες δυσκολίες αλλά γίνονται συνεχώς πειράματα και projects ώστε να υπάρχει διαρκής βελτίωση και άρα να εξασφαλίζουν στους πελάτες καλύτερες συνθήκες και να τους προσφέρονται συνεχώς καινούργιες και πιο εξελιγμένες υπηρεσίες.

Βιβλιογραφία

- [1] wdf. *Χρησιμοποιείτε δίκτυα διανομής περιεχομένου (CDN).*
<http://www.wdf.gr/articles/general/xrisimopoiiste-diktia-dianomis-periexomenou-cdn.html>
- [2] Enter CDN. *Τι είναι CDN.* <http://entercdn.com/el/cdn/what-is-cdn>
- [3] Enter CDN. *Πώς λειτουργούν τα CDNs.* <http://entercdn.com/el/cdn/how-cdn-works>
- [4] Enter CDN. *Οφέλη των CDNs.* <http://entercdn.com/el/cdn/cdn-benefits>
- [5] Wikipedia. *Content delivery network*
[.http://en.wikipedia.org/wiki/Content_delivery_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Content_delivery_network)
- [6] Computer, ηλεκτρονικός υπολογιστής. *CDN.*
<http://el.wingwit.com/Networking/internet-networking/67421.html#.VEOdRPmsXCk>
- [7] Margaret Rouse. *CONTENT DELIVERY NETWORK (CDN).*
<http://searchaws.techtarget.com/definition/content-delivery-network-CDN>
- [8] What is my ip address. *How you connect to the world.*
<http://whatismyipaddress.com/cdn>
- [9] NCZOnline. *How Content Delivery Networks (CDNs) works.*
<http://www.nczonline.net/blog/2011/11/29/how-content-delivery-networks-cdns-work/>
- [10] GlobalDots. *The history of content delivery networks (CDNs).*
<http://www.globaldots.com/the-history-of-content-delivery-networks-cdn/>
- [11] Streaming media. *What is a content delivery network (CDN).*
<http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-a-Content-Delivery-Network-%28CDN%29-74458.aspx>
- [12] Akamai. *Secure content delivery.*
http://www.akamai.com/dl/feature_sheets/fs_edgesuite_securecontentdelivery.pdf
- [13] Jet stream. *CDN technologies that work. CDN request routing technologies.*
<http://www.jet-stream.com/request-routing/>
- [14] CDN Reviews. *Advantages and disadvantages of using a content delivery network.*
<http://www.cdnreviews.com/cdn-advantages-disadvantages/>

- [15] DOMs. *Advantages and Disadvantages of a CDN (Content Delivery Network)*
<http://www.domstechblog.com/advantages-and-disadvantages-of-a-cdn-content-delivery-network/>
- [16] Al-Mukaddim Khan Pathan and Rajkumar Buyya . *A Taxonomy and Survey of Content Delivery Networks*. <http://www.cloudbus.org/reports/CDN-Taxonomy.pdf>
- [17] Al-Mukaddim Khan Pathan and Rajkumar Buyya . *A Taxonomy and Survey of Content Delivery Networks* <http://www.cloudbus.org/reports/CDN-Taxonomy.pdf>
- [18] Jaison Paul Mulerikkal (2007). *An Architecture for Distributed Content Delivery Network*.
<http://goanna.cs.rmit.edu.au/~xiaodong/mbc/Theses/jaison-minorThesis.pdf>
- [19] Linux inside (2013). *CDNs: Τι είναι, πως δουλεύουν και ποιες είναι οι τεχνικές τους*.
<http://www.linuxinsider.gr/forum/8872/cdns-ti-einai-pos-douleoun-kai-ποιες-είναι-οι-τεχνικές-τους>
- [20] Βικιπαίδεια. *Επιθέσεις άρνησης υπηρεσιών*.
http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%80%CE%B9%CE%B8%CE%AD%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82_%CE%AC%CF%81%CE%BD%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82_%CF%85%CF%80%CE%B7%CF%81%CE%B5%CF%83%CE%B9%CF%8E%CE%BD
- [21] Wp engine. *How does a CDN work?* <http://wpengine.com/support/how-does-a-cdn-work/>
- [22] Wikipedia. *Akamai technologies*. http://en.wikipedia.org/wiki/Akamai_Technologies
- [23] *Network Element Control Protocol (NECP)* <https://tools.ietf.org/html/draft-cerpa-necp-01#section-5.4>
- [24] CISCO. *Configuring Web Cache Services Using WCCP*.
http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12_2/configfun/configuration/guide/ffun_c/fcf018.html
- [25] *What is WCCP?*
https://bto.bluecoat.com/webguides/proxysg/63/acceleration/Content/01Concepts/wccp_co.htm
- [26] WhatIs. *Socks*. <http://whatis.techtarget.com/definition/socks>
- [27] techopedi. *Common Address Redundancy Protocol (CARP)*
<http://www.techopedia.com/definition/25696/common-address-redundancy-protocol-carp>
- [28] Wikipedia. *Internet Cache Protocol (ICP)*
http://en.wikipedia.org/wiki/Internet_Cache_Protocol
- [29] TechlineInfo. *Content Delivery Network (CDN)- Distribute your site across the web*
<http://www.techlineinfo.com/content-delivery-network-cdn-distribute-your-site-across-the-web/>

- [30] Al-Mukaddim Khan Pathan and Rajkumar Buyya . *A Taxonomy and Survey of Content Delivery Networks*
<https://books.google.gr/books?id=p2C2cZkTrmsC&pg=PA47&lpg=PA47&dq=cdn+single+isp&source=bl&ots=gcwf0vgp7u&sig=6NF4JuCtr1ZdV4bXy1MyZFAZSc8&hl=el&sa=X&ei=i4XgVPvoOYvxUtWSghA&ved=0CEsQ6AEwBA#v=onepage&q=cdn%20single%20isp&f=false>
- [31] CDN Review. *Best Content Delivery Networks Reviewed*. <http://www.cdnreviews.com/>
- [32] NTT Communications. *Content Delivery Network*. http://www.ntt.com/cdn_e/
- [33] Work, Wine and Wheels (2011). *Should Uncle Sam Mess with the DNS?*
<https://cparente.wordpress.com/2011/07/>
- [34] Home-network-help. *Question: How does proxy server work?*
<http://www.home-network-help.com/proxy-server.html>
- [35] Code Project. *Exploring Caching in ASP.NET*
<http://www.codeproject.com/Articles/29899/Exploring-Caching-in-ASP-NET>
- [36] Jenkov. *Load Balancing*. <http://tutorials.jenkov.com/software-architecture/load-balancing.html>
- [37] ISP India. *Anycast DNS-Overview*. <http://ispindia.in/2011/02/11/anycast-dns-overview/>
- [38] <http://muycloud.com/2013/02/26/kona-site-defender/>
- [39] Apache open office . *Rough ideas for the OpenOffice.org Open Mirror Network System*
https://wiki.openoffice.org/wiki/Rough_ideas_for_the_OpenOffice.org_Open_Mirror_Network_System_version_3.0
- [40] Seeking alpha. *Limelight Networks: A \$2 Technology Turnaround Play*
<http://seekingalpha.com/article/1631532-limelight-networks-a-2-technology-turnaround-play>
- [41] slideshare. *DNS: EdgeCast Route - Basic DNS Service Overview*
<http://www.slideshare.net/EdgeCast/edgecast-route-introduction>
- [42] NeoFinder. *Multiple User Installation with a File Server*
http://www.cdfinder.de/guide/2/2.2/neofinder_server.html
- [43] L - shoft. *About SMTP Servers: Getting Your Messages Out*
http://www.lsoft.com/products/about_smtpservers.asp
- [44] Code Project. *State management and ways to handle Cache in a Web Farm/Web Garden scenario*. <http://www.codeproject.com/Articles/180726/State-management-and-ways-to-handle-Cache-in-a-Web>

[45] SAP. *Index server*.

http://help.sap.com/saphelp_nwes73/helpdata/en/48/5574ad75e43552e10000000a42189b/content.htm

[46] Novell. *Overview of Novell Replication Services*

<http://support.novell.com/techcenter/articles/dnd19970803.html>

[47] *Apache's features to manipulate URL's*.

http://www.akadia.com/services/apache_redirect.html

[48] The MOZ blog. *URL Rewrites and 301 Redirects - How Does It All Work?*

<http://moz.com/blog/url-rewrites-and-301-redirects-how-does-it-all-work>

[49] P2P network. http://shareaza.sourceforge.net/mediawiki/index.php/P2P_network