

Προγραμματισμός και Συστήματα στον Παγκόσμιο Ιστό

Μέρος II: Πλεονασμός στον Ιστό (web replication)

Πλεονασμός στον Ιστό (web replication)

- Μέχρι τώρα μελετούσαμε **web caching**:
 - Πελάτες/αντιπρόσωποι οι πρωταγωνιστές
 - Αποφασίζουν τι θα αποθηκεύσουν στις ΚΜ τους
 - Προσφέρουν γρήγορη πρόσβαση **σε οποιαδήποτε σελίδα σε συγκεκριμένους χρήστες**
 - Οι παροχείς περιεχομένου δεν έχουν πλήρη έλεγχο
- Τώρα στρέφουμε την προσοχή μας σε **web replication** :
 - Παροχείς περιεχομένου οι πρωταγωνιστές
 - Προσφέρουν γρήγορη πρόσβαση **σε οποιαδήποτε πελάτη σε συγκεκριμένες σελίδες**
 - Το κύριο θέμα:
 - Διανομή αιτήσεων στους εξυπηρετές αντίγραφα

Προγραμματισμός και
Συστήματα στον Παγκόσμιο Ιστό

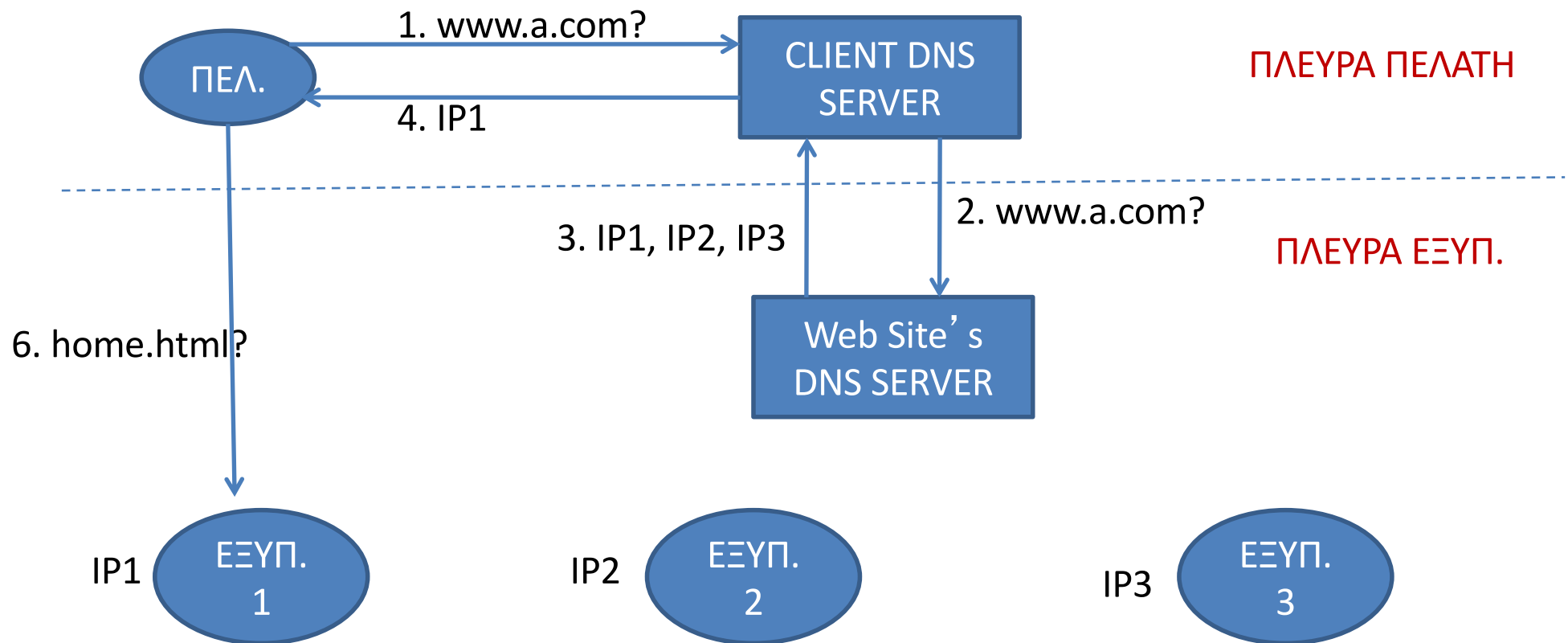
Κεφάλαιο 6: Διανομή Αιτήσεων

Διανομή Αιτήσεων

- Πρόβλημα: πώς να διανείμουμε τις αιτήσεις πελατών για περιεχόμενο ανάμεσα στους **εξυπηρέτες-αντίγραφα**.
- Διαφορά μεταξύ **μηχανισμού** και **πολιτικής**:
 - Μηχανισμός: πώς μπορούν να προωθούνται οι αιτήσεις σε κάποιον από τους εξυπηρέτες (εστιάζουμε κυρίως σε αυτό)
 - Πολιτική: με ποιό τρόπο επιλέγουμε τον κατάλληλο εξυπηρέτη, κάθε φορά.
- Κατηγοριοποίηση αλγορίθμων:
 - **Αγνότητα-περιεχομένου** (content-blind)
 - Με μερικό πλεονασμό (Partial replication)
 - Με πλήρη πλεονασμό (Full replication)
 - **Εν γνώσει περιεχομένου** (content-aware)

Διανομή Αιτήσεων: Αγνότητα περιεχομένου – Πλήρης πλεονασμός

1. Διανομή αιτήσεων από τον πελάτη



Διανομή Αιτήσεων: Αγνόηση περιεχομένου – Πλήρης πλεονασμός

- Μια εναλλακτική είναι ο **client DNS server να μεταφέρει στον πελάτη ολόκληρη τη λίστα** και να επιλέξει τελικά ο πελάτης με βάση κάποια δικά του κριτήρια τον καταλληλο εξυπηρέτη
 - Πχ έχοντας πληροφορίες πόσα 'κοντά' είναι οι εξυπηρέτες.
- Μη επιθυμητή λύση κυρίως γιατί
 - μεταφέρεται η ευθύνη επιλογής στον πελάτη – που μπορεί να επιλέξει με μη-βέλτιστα κριτήρια
 - προυποθέτει αλλαγές στο client DNS server ή στο server

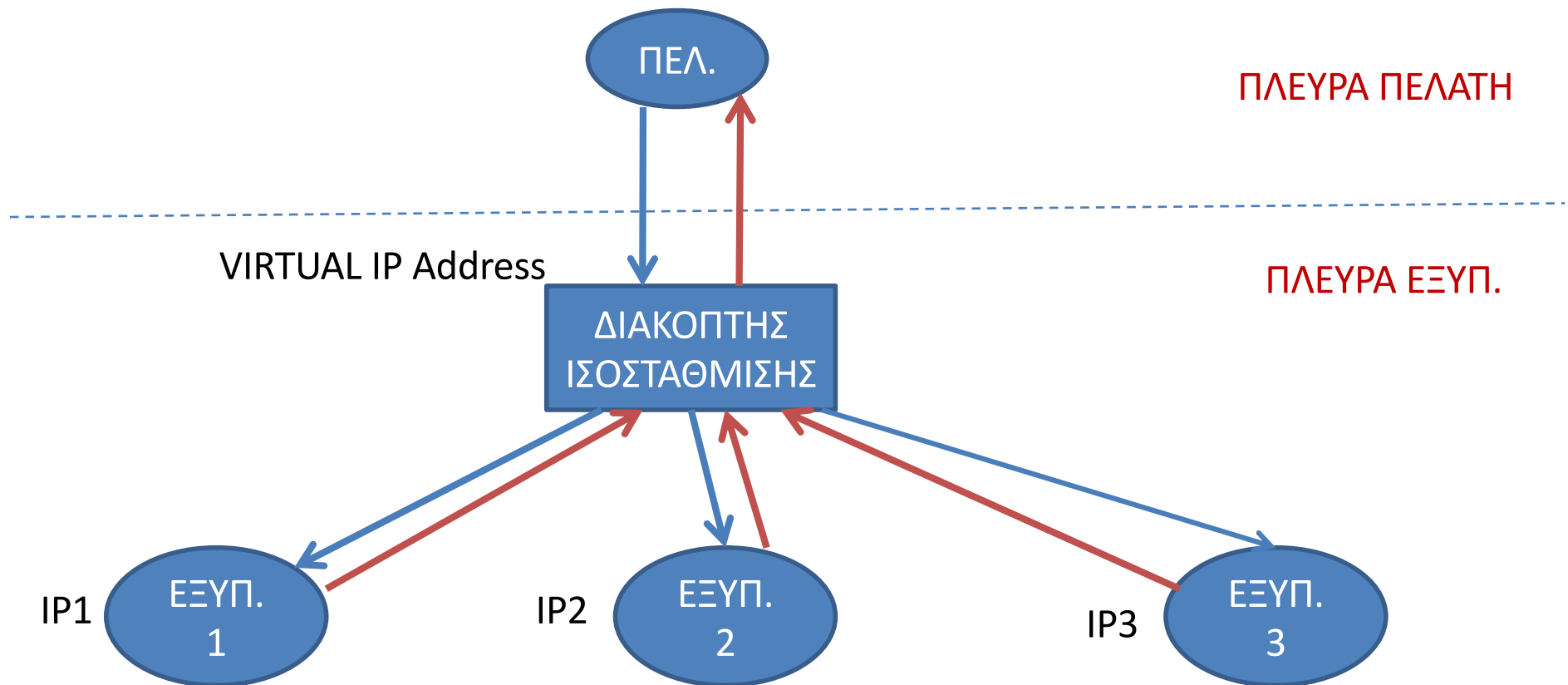
Διανομή Αιτήσεων:

Αγνόηση περιεχομένου – Πλήρης πλεονασμός

2. Διανομή αιτήσεων από διακόπτη ισοστάθμισης (**balancing switch**) – **IP Balancing**
 - Ο ισοσταθμιστής τοποθετείται μπρος από μια ομάδα εξυπηρετητών (**server farm**).
 - Το domain name της ιστοσελίδας συνδέεται με την **IP διεύθυνση του ισοσταθμιστή** (επίσης καλείται και **dispatcher**).
 - → πελάτες στέλνουν τις αιτήσεις τους στον ισοσταθμιστή.
 - Όταν το 1^ο πακέτο της αίτησης φτάσει, ο **ισοσταθμιστής επιλέγει έναν εξυπηρετή** και στέλνει όλα τα πακέτα της ίδιας αίτησης στον ίδιο (Sessions: δεν λαμβάνει νέες αιτήσεις για πακέτα για >Χ δευτερόλεπτα ή κλείνει η TCP σύνδεση)
 - Στις αποκρίσεις που στέλνουν οι εξυπηρετές προς τον πελάτη, ο ισοσταθμιστής αλλάζει τις κεφαλίδες ώστε να φαίνεται ότι οι αποκρίσεις προέρχονται από αυτόν.
 - → όλοι οι πελάτες νομίζουν ότι επικοινωνούν με ένα εξυπηρετή στην IP του ισοσταθμιστή!
 - → **virtual IP address** του ιστότοπου

Διανομή Αιτήσεων: Αγνότητα περιεχομένου – Πλήρης πλεονασμός

2. Διανομή αιτήσεων από διακόπτη ισοστάθμισης (**balancing switch**) – **IP Balancing**



Διανομή Αιτήσεων: Αγνόηση περιεχομένου – Πλήρης πλεονασμός

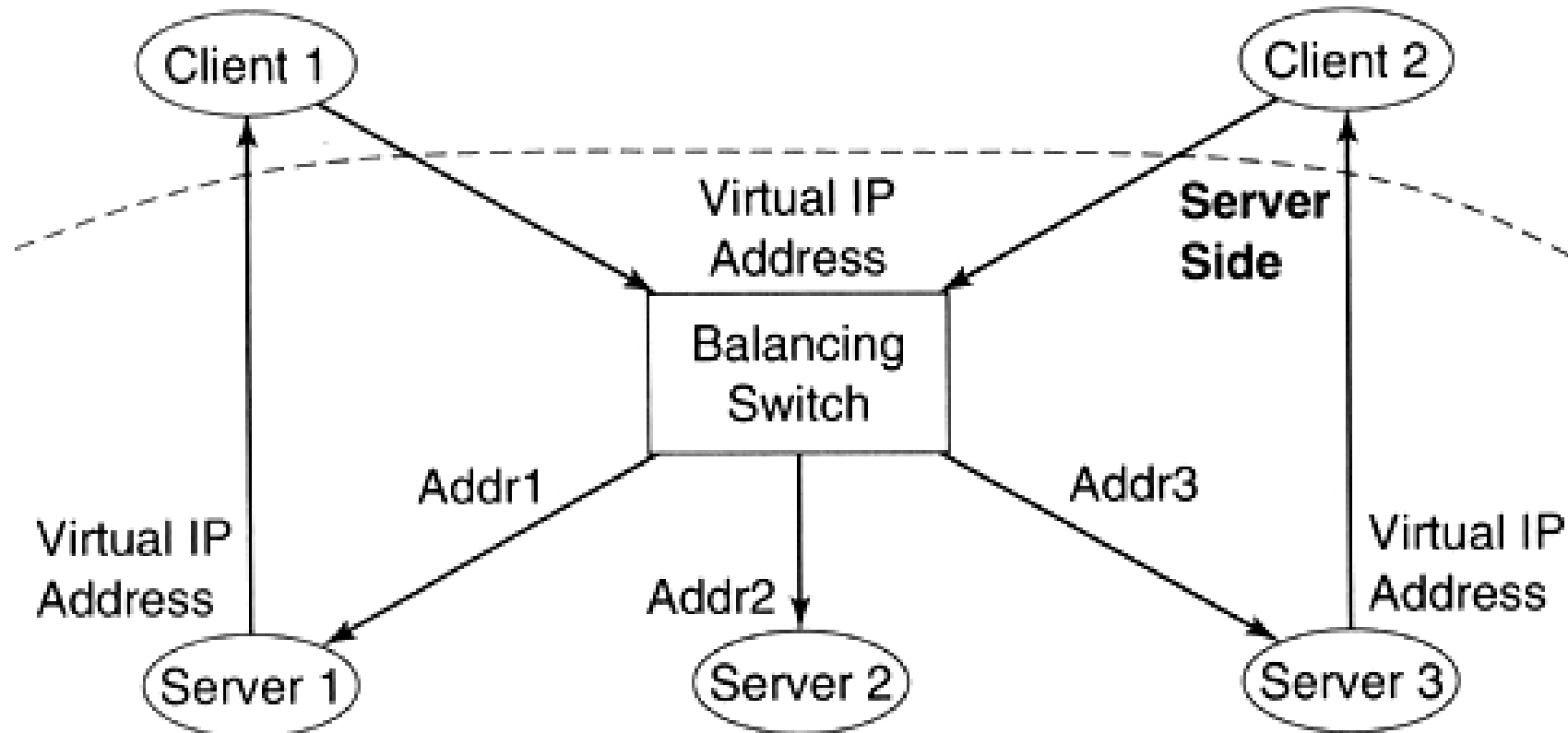
2. Διανομή αιτήσεων από διακόπτη ισοστάθμισης (**balancing switch**) – **IP Balancing**
 - Μειονέκτημα:
 - Ο ισοσταθμιστής μπορεί να προκαλέσει προβλήματα (απόδοσης / αξιοπιστίας)
 - → δεν παρέχει κλιμακωσιμότητα αυτή η λύση!
 - → χρησιμοποιείται κυρίως για ισοστάθμιση φορτίου των εξυπηρετητών μιας server farm σε LAN.

Διανομή Αιτήσεων:

Αγνόηση περιεχομένου – Πλήρης πλεονασμός

2. Διανομή αιτήσεων από διακόπτη ισοστάθμισης (**balancing switch**) – **IP Balancing**
 - IP Balancing με **τριγωνική επικοινωνία**:
 - Μερικά προϊόντα ισοσταθμιστών (IBM network dispatcher / Radware, κλπ) έχουν τους εξυπηρέτες να απαντούν στους πελάτες (αντί των ισοσταθμιστών).
 - πελάτης → ισοσταθμιστής → εξυπηρέτης → πελάτης.
 - → αντικείμενα πάνε κατευθείαν από εξυπηρέτες → πελάτες →
 - Βελτιώνεται το διαθέσιμο εύρος ζώνης του ιστότοπου
 - → Βελτιώνεται η κλιμακωσιμότητα

IP Balancing με τριγωνική ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

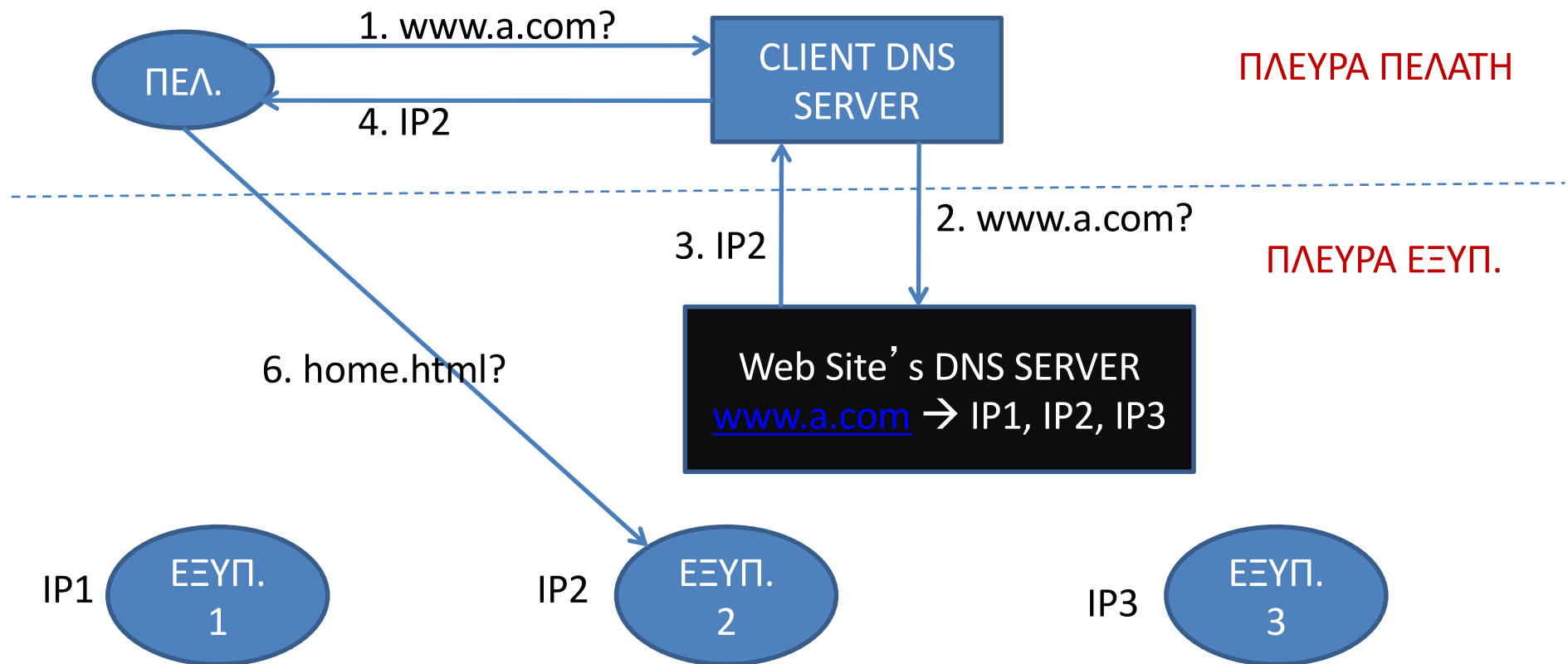


Διανομή Αιτήσεων: Αγνόηση περιεχομένου – Πλήρης πλεονασμός

3. Διανομή αιτήσεων από το **DNS του Ιστότοπου**
 - Πολλά προϊόντα DNS server (Cisco Distr. Director, Alteon's GSLB, F5 Networks 3DNS, κλπ) επιτρέπουν σε DNS servers ιστότοπων
 - να συνδέουν με ένα domain host name ένα σύνολο από IP διευθύνσεις
 - Να επιλέγουν μια από αυτές για κάθε αίτηση πελάτη
 - Πολυ-χρησιμοποιημένη
 - Η επιλογή του εξυπηρέτη βασίζεται στη θέση του πελάτη και στο φορτίο των εξυπηρετητών.

Διανομή Αιτήσεων: Αγνότητα περιεχομένου – Πλήρης πλεονασμός

3. Διανομή αιτήσεων από το DNS του Ιστότοπου



Διανομή Αιτήσεων:

Αγνόηση περιεχομένου – Πλήρης πλεονασμός

4. Διανομή αιτήσεων με **Anycast**
 - Βασική ιδέα:
 - Πολλοί εξυπηρέτες μοιράζονται μια συγκεκριμένη IP διεύθυνση (**anycast IP** address).
 - Κάθε εξυπηρέτης 'διαφημίζει' τη δική του IP αλλά και την anycast IP διεύθυνση στους δρομολογητές του δικτύου (**routers**).
 - → κάθε δρομολογητής χτίζει για κάθε anycast IP διεύθυνση, ένα μονοπάτι που οδηγεί στον εξυπηρέτη που είναι πιο κοντά του.
 - → κάθε δρομολογητής χτίζει για κάθε anycast IP διεύθυνση, διαφορετικά μονοπάτια που οδηγούν στους διαφορετικούς εξυπηρέτες που συνδέονται με την anycast IP.
 - οι routers κάνουν επαναπροώθηση/διανομή των αιτήσεων των πελατών, χωρίς να το γνωρίζουν...!
 - Χρησιμοποιώντας router μετρικές...
 - Δεν υπάρχει επιπλέον κόστος για την προώθηση μιας αίτησης σε ένα εξυπηρέτη-αντίγραφο!
 - Τα πακέτα του μηνύματος της αίτησης πηγαίνουν στον κοντινότερο εξυπηρέτη, αυτόματα!

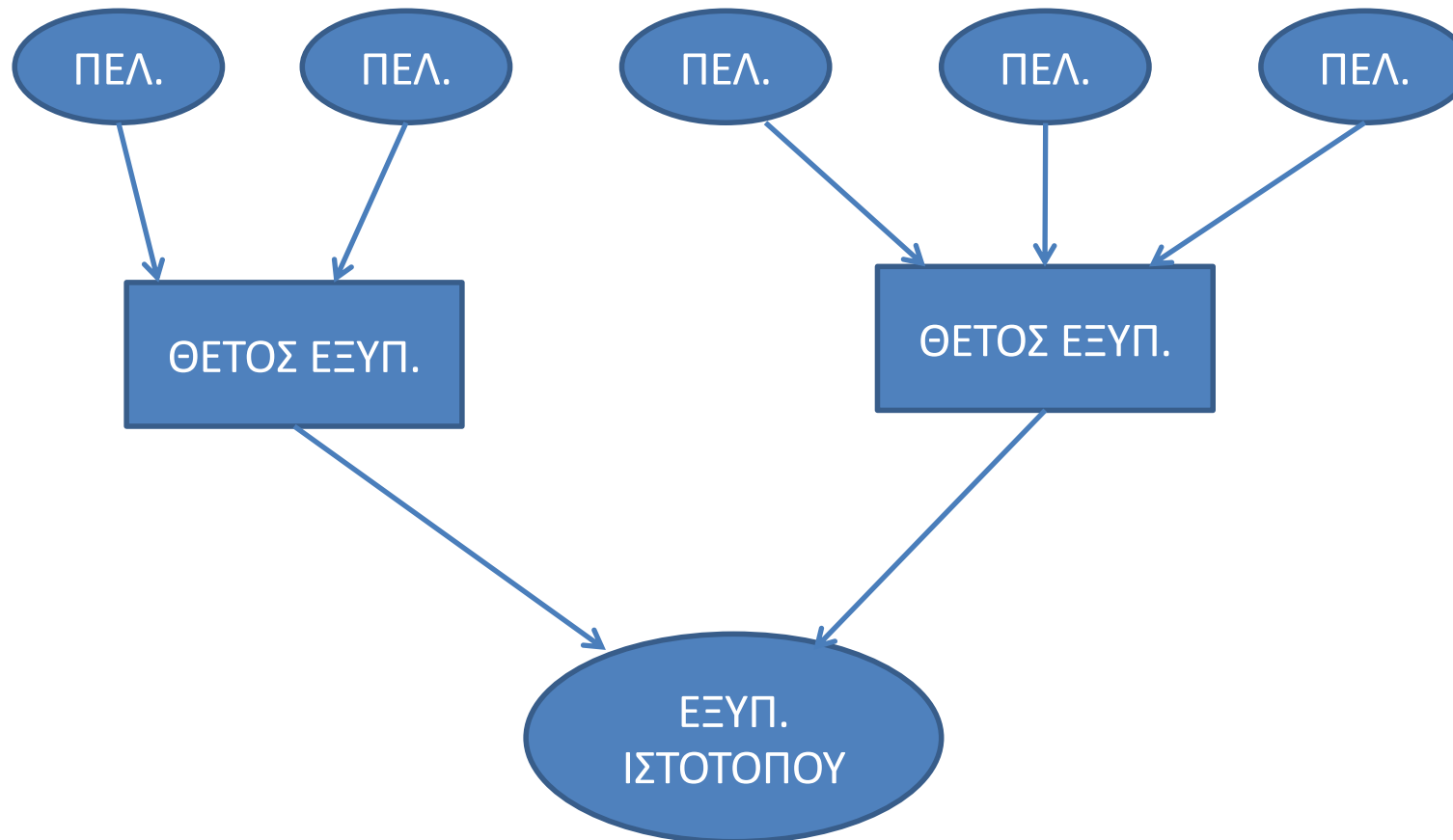
Διανομή Αιτήσεων:

Αγνόηση περιεχομένου – Μερικός πλεονασμός

- Οι μηχανισμοί μέχρι τώρα προυπέθεταν ότι όλοι οι εξυπηρέτες είχαν πλήρη αντίγραφα του ιστότοπου, για να μπορούν να ικανοποιούν οποιαδήποτε αίτηση για αντικείμενα του ιστότοπου.
- Αν και πολυχρησιμοποιημένος, ο πλήρης πλεονασμός κατασπαταλεί πόρους.
 - ... Μόνο ένα μικρό ποσοστό των αντικειμένων είναι υπεύθυνο για το μεγαλύτερο μέρος της κίνησης!
- Επιπλέον, πλήρη αντίγραφα ΔΕΝ είναι απαραίτητα.
- Θυμηθείτε πως λειτουργούν οι **θετοί εξυπηρέτες** (= **ανάστροφοι αντιπρόσωποι**) – surrogate servers (= reverse proxies):
 - Έχουν μια ΚΜ και λαμβάνουν μια οποιαδήποτε αίτηση
 - Αν το ζητούμενο αντικείμενο είναι στην ΚΜ τους, τότε εξυπηρετούν την αίτηση.
 - Άλλως, στέλνουν την αίτηση στην πηγή, λαμβάνουν το αντικείμενο, το τοποθετούν στην ΚΜ τους και το στέλνουν στον πελάτη.
 - Όλοι οι προηγούμενοι μηχανισμοί διανομής αιτήσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διανείμουν την αίτηση σε κάποιο θετό εξυπηρέτη.

Διανομή Αιτήσεων: Αγνόηση περιεχομένου – Μερικός πλεονασμός

- Απλό, αλλά μόνο για cacheable περιεχόμενο



Διανομή Αιτήσεων: Εν Γνώσει περιεχομένου

- **Content-aware** distribution:
 - δε στέλνει ‘τυφλά’ μια αίτηση σε κάποιον εξυπηρέτη-αντίγραφο!
 - Αλλά, πρώτα εξετάζει το περιεχόμενο της αίτησης
- Υποστηρίζει μερικό πλεονασμό (στείλε αίτηση σε εξυπηρέτη που έχει στην ΚΜ του το αντικ.)
- Επιτρέπει την ύπαρξη αφοσιωμένων εξυπηρετών (για συγκεκριμένα αντικείμενα ή τύπους αντικ.)

Διανομή Αιτήσεων: Εν Γνώσει περιεχομένου

1. Επαναπροώθηση αίτησης με **Java Applets**
 - Βασική ιδέα:
 - Ο ιστότοπος περιτυλίγει (**wrap**) τη σελίδα με ένα Java Applet
 - Το URL ενός αντικειμένου δε δείχνει στο αντικείμενο, αλλά σε μια μικρή σελίδα HTML wrapper.
 - Η σελίδα HTML wrapper περιέχει την κλήση του Applet και μια λίστα με τα URL των αντιγράφων-εξυπηρετητών.
 - Όταν κλικάρεται, πχ το www.a.com/home.html ο πελάτης κατεβάζει και τρέχει το applet που κάνει την επαναπροώθηση.
 - Το applet επιλέγει ένα URL από αυτά των αντιγράφων-εξυπηρετητών, κατεβάζει το αντικείμενο απο αυτόν, και το εμφανίζει στο χρήστη μέσω του περιηγητή.
 - Ο αρχικός εξυπηρετής www.a.com/home.html δηλ. λειτουργεί μόνο αποθηκεύοντας και επιστρέφοντας τη σελίδα HTML wrapper

Διανομή Αιτήσεων: Εν Γνώσει περιεχομένου

1. Επαναπροώθηση αίτησης με **Java Applets**
 - Η σελίδα HTML wrapper είναι η ίδια για πολλά αντικείμενα (του ίδιου ή άλλων ιστότοπων) →
 - → Είναι πιθανό να αποθηκευτεί στην ΚΜ του περιηγητή, από προηγούμενες αιτήσεις
 - → μεγάλο μέρος του κόστους επαναπροώθησης διαγράφεται.
- Η επιλογή του αντιγράφου-εξυπηρέτη για την αίτηση γίνεται από τον πελάτη, με βάση τη γνώση που έχει ο πελάτης από προηγούμενες αιτήσεις σε διάφορους εξυπηρέτες-αντίγραφα.
- Το πλεονέκτημα είναι ότι δεν απαιτείται καμιά αλλαγή σε κανένα σύστημα στον πελάτη (όπως απαιτούν οι άλλες πολιτικές διανομής από τον πελάτη που είδαμε πριν).
- Το μειονέκτημα αφορά στο ότι
 - Πολλοί περιηγητές δεν επιτρέπουν τη χρήση Java Applet, για λόγους ασφάλειας
 - Επίσης, η Java απαιτεί πολλούς πόρους και άρα καθυστερεί τον περιηγητή

Διανομή Αιτήσεων: Εν Γνώσει περιεχομένου

2. Επαναπροώθηση HTTP

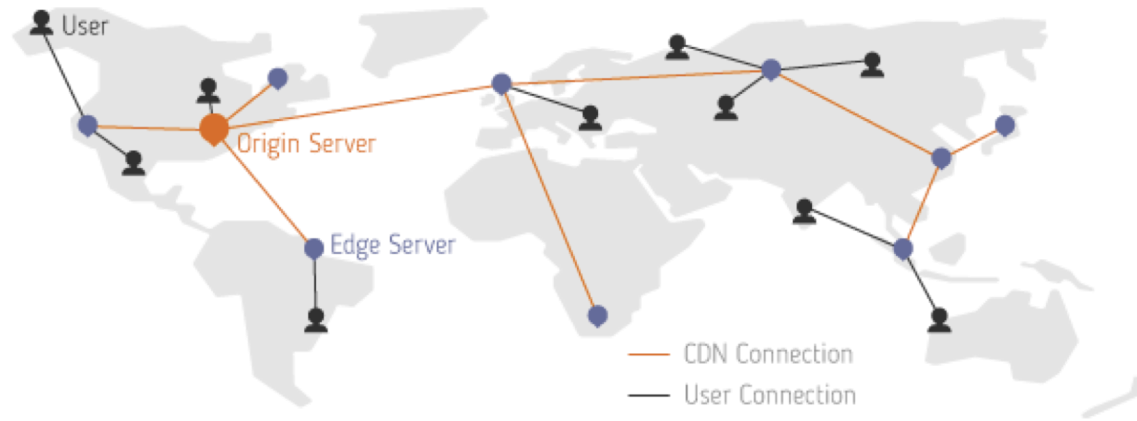
- Το HTTP επιτρέπει σε ένα εξυπηρέτη να απαντήσει σε έναν πελάτη δίνοντάς του τη διεύθυνση ενός εξυπηρέτη-αντίγραφο (resubmit).
- Έτσι, ένας ειδικός εξυπηρέτης μπορεί να δέχεται αιτήσεις πελατών, να επιλέγει έναν εξυπηρέτη-αντίγραφο και να λέει στους πελάτες να τον χρησιμοποιήσουν.
- Κόστος σημαντικό:
 - Χτίσιμο 2 TCP συνδέσεων (μια για τον ειδικό εξυπηρέτη και μια για να κατεβάσει τη σελίδα)
 - Γι' αυτό το λόγο δεν πολυ-χρησιμοποιείται
- Το καλό είναι ότι το έξτρα κόστος επικοινωνίας με τον ειδικό εξυπηρέτη πληρώνεται άπαξ για κάθε 'σύνθετη' σελίδα – όλα τα ενσωματωμένα αντικείμενα θα κατέβουν χωρίς το έξτρα κόστος.

Διανομή Αιτήσεων: Εν Γνώσει περιεχομένου

3. Επαναπροώθηση με L7 Switch

- L7 Switch: διακόπτης που προωθεί δικτυακή κίνηση (πακέτα) με βάση πληροφορία που είναι διαθέσιμη μόνο στο επίπεδο (εφαρμογών) 7 του OSI μοντέλου για το δίκτυο:
 - Χρησιμοποιείται κυρίως για ιστο-εφαρμογές
 - Πακέτα δρομολογούνται με βάση το αιτούμενο URL, πχ
 - Και όχι με βάση προορισμός/πηγή, όπως κάνουν οι L4 switches .
- Είναι κυρίως χρήσιμοι όταν οι εξυπηρέτες δεν έχουν πλήρη αντίγραφα (πχ μερικές σελίδες ιστότοπων)
 - → αυτοί πρέπει να λαμβάνουν αιτήσεις μόνο για τα αντίγραφα που έχουν.
 - L7 Switches επιτρέπουν στους διαχειριστές συστημάτων να ορίσουν κανόνες που περιγράφουν ποιό εξυπηρετητές είναι κατάλληλοι για ποιά αντικείμενα.
 - Κανόνες στους L7 Switches μπορεί να καθορίζουν εξυπηρέτες για συγκεκριμένα αντικείμενα ή/και συγκεκριμένους τύπους αντικειμένων.
 - → αιτήσεις για συγκεκριμένους ιστότοπους ή/και συγκεκριμένα αντικείμενα στους ιστότοπους αυτούς μπορούν να έχουν ειδική μεταχείριση, πχ να στέλνονται σε πιο ισχυρούς εξυπηρέτες ή εξυπηρέτες με μικρότερο φορτίο, κλπ. (κάτι που δεν μπορεί να κάνει ένας L4 switch).

Πλεονασμός και Δίκτυα Διανομής (CDN)



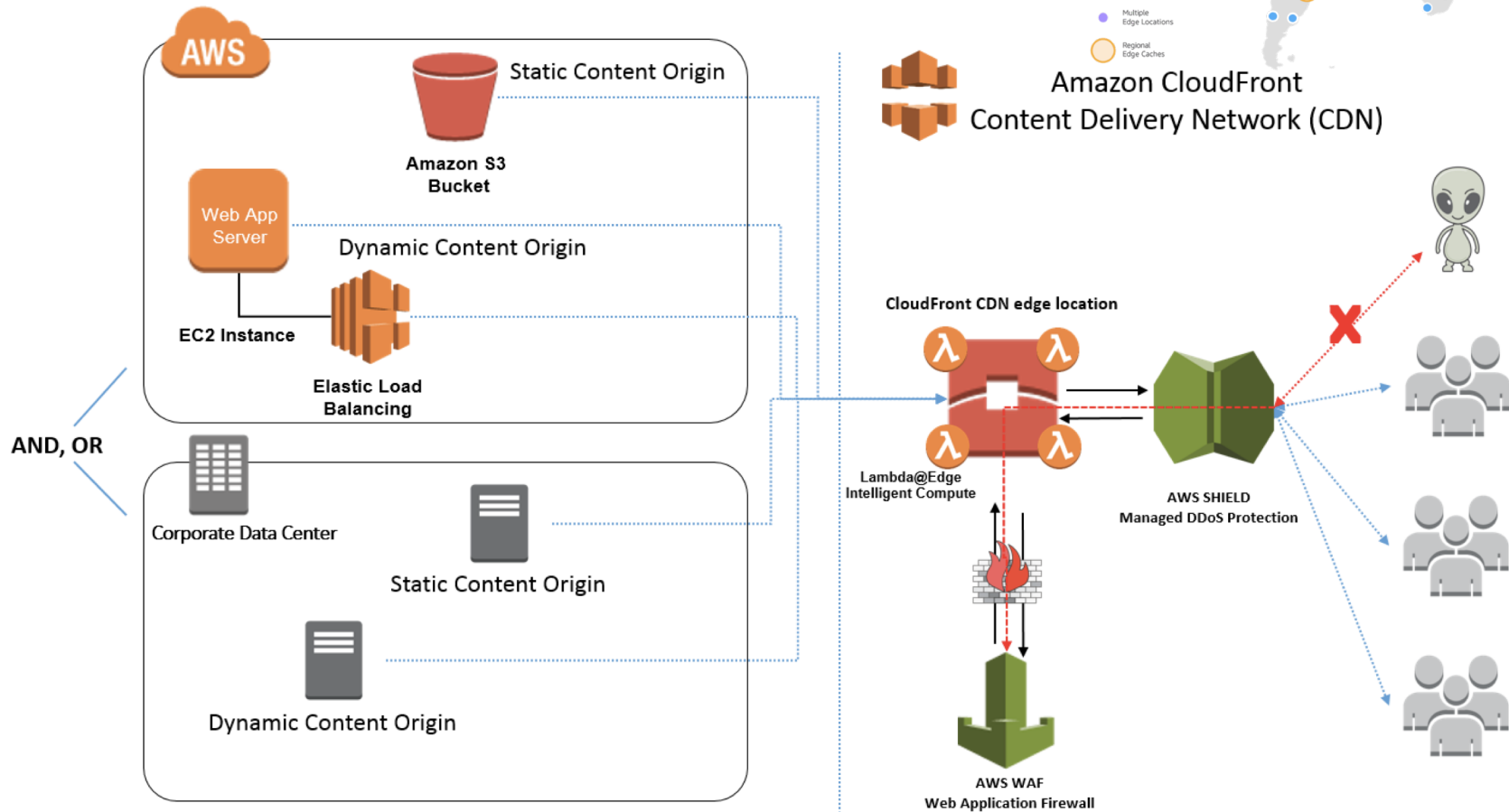
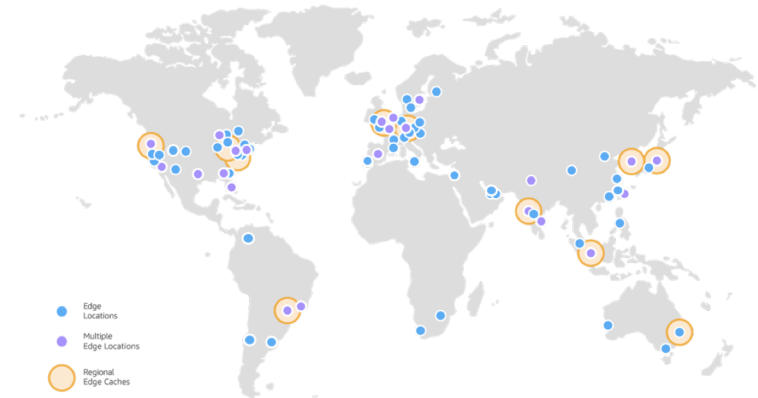
- Διανομή περιεχομένου και φόρτου εργασίας σε πολλαπλούς εξυπηρέτες (αιχμές) που ανήκουν σε ένα γεωγραφικά διάσπαρτο δίκτυο
 - Εταιρικά (ιδιόκτητα)
 - Κοινόχρηστα
- Διαμοιρασμός στατικών ιστοαντικειμένων και streaming data
 - Εύρος ζώνης, αποθηκευτικός χώρος
- Διαμοιρασμός δυναμικού περιεχομένου
 - Όλα τα προηγούμενα + υπολογιστικός φόρτος

Είδη CDN

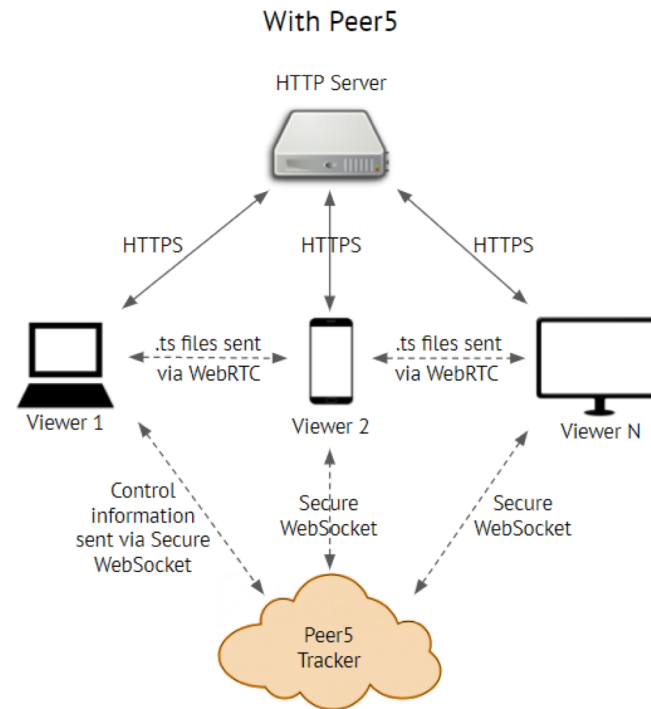
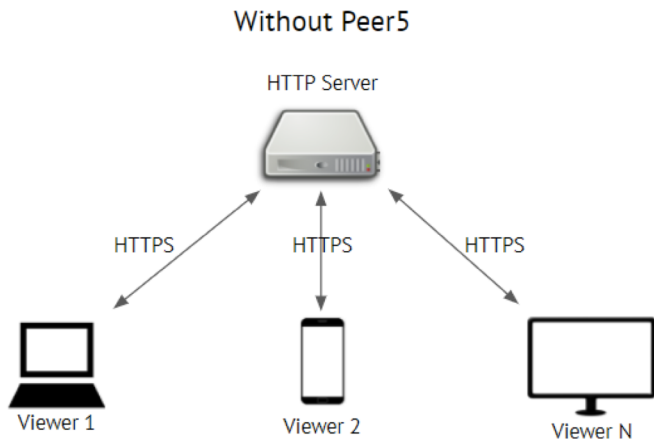
- Push CDN
 - Τα ιστοαντικείμενα προωθούνται στις αιχμές από την πηγή. Κυρίως χρησιμοποιείται για στατικό περιεχόμενο.
- Pull CDN
 - Οι αιχμές «τραβούν» περιεχόμενο από την πηγή και το τοποθετούν στην ΚΜ τους. Καλό για συχνά ανανεούμενα ιστοαντικείμενα.
 - Μπορεί να υλοποιεί πλήρη ή μερικό πλεονασμό.
- P2P CDN
 - Χωρίς εξυπηρέτες! Οι χρήστες επικοινωνούν μεταξύ τους και ανταλλάσσουν ιστοαντικείμενα μέσω του WebRTC (πρωτόκολλο για επικοινωνία μεταξύ browsers). Ιδιαίτερα χρήσιμο για μεγάλα ιστοαντικείμενα (π.χ. video).
 - Αν δεν υπάρχει κάποιος peer, η αίτηση πάει στην πηγή.
 - Μπορεί να συνδυαστεί με κλασσικό CDN (π.χ. Alibaba PCDN)

Οι περισσότεροι providers υποστηρίζουν και τα 2 deployment modes στο ίδιο CDN

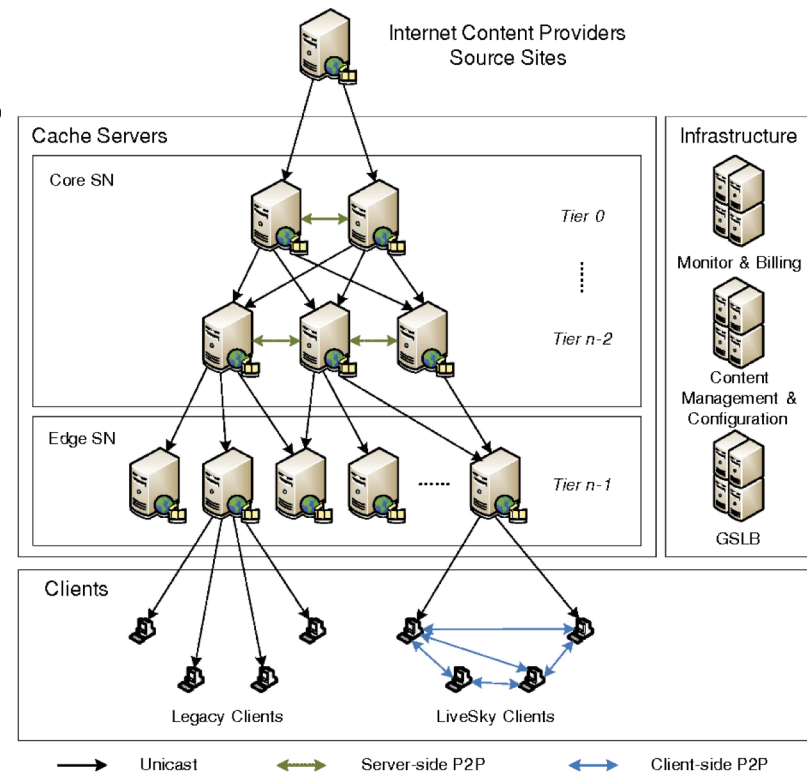
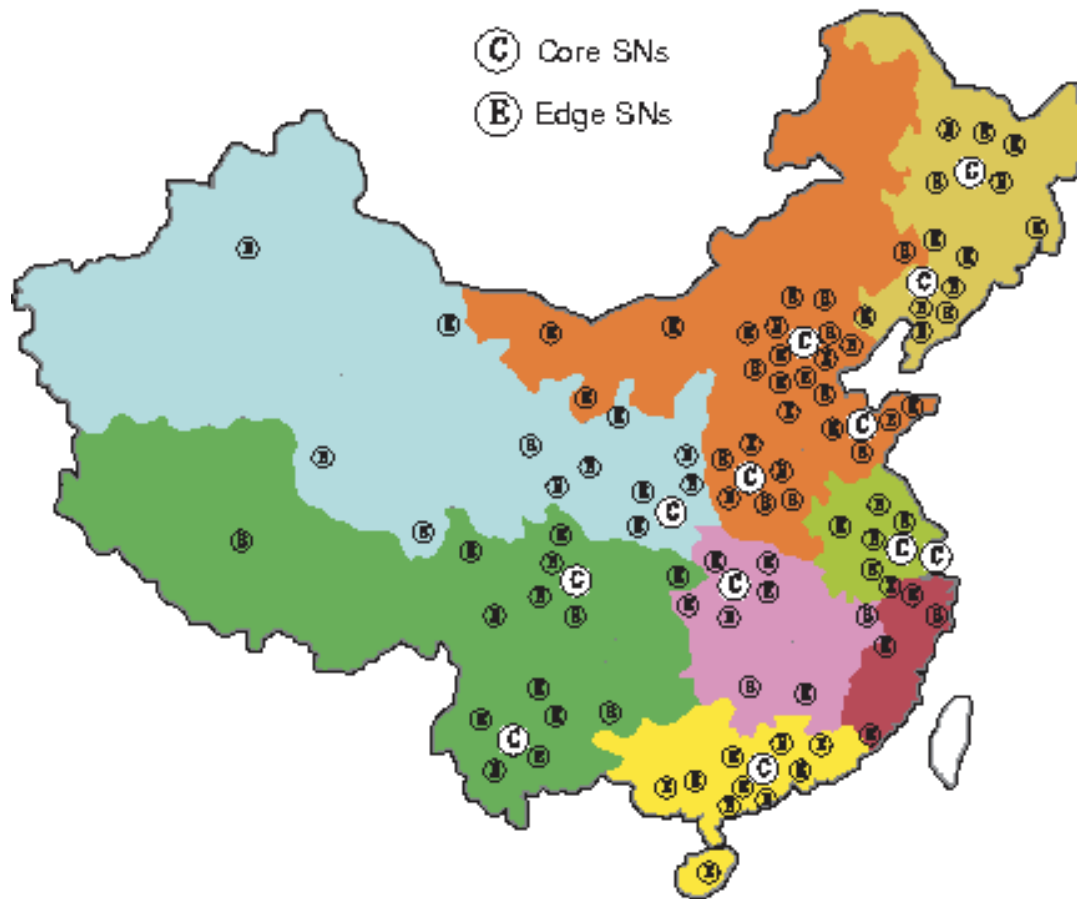
Amazon Cloudfront



P2P CDN



Hybrid P2P CDN



Yin, H., Liu, X., Zhan, T., Sekar, V., Qiu, F., Lin, C., ... & Li, B. (2010). *Livesky: Enhancing cdn with p2p*. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM), 6(3), 16.