

# Προγραμματισμός και Συστήματα στον Παγκόσμιο Ιστό

## Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Καθ. Ι. Γαροφαλάκης

Δρ. Ανδρέας Κομνηνός

[akomninos@ceid.upatras.gr](mailto:akomninos@ceid.upatras.gr)

# Περιεχόμενα

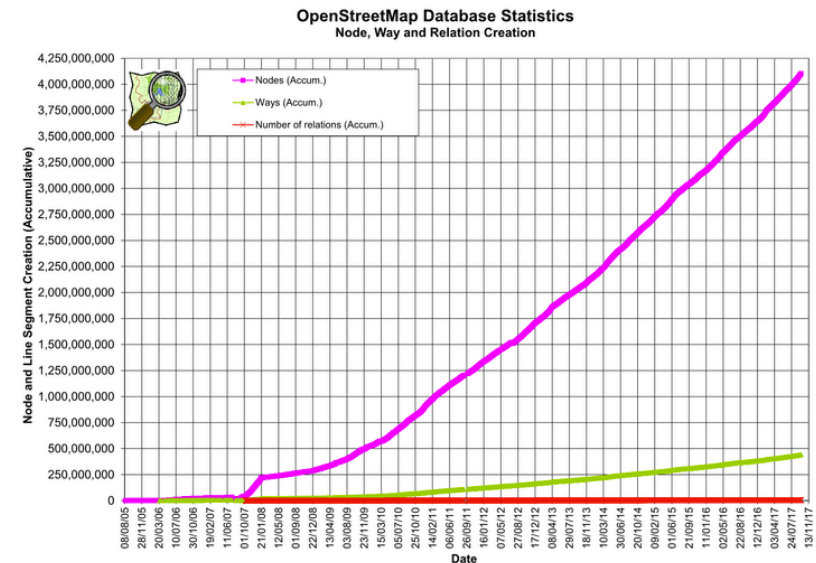
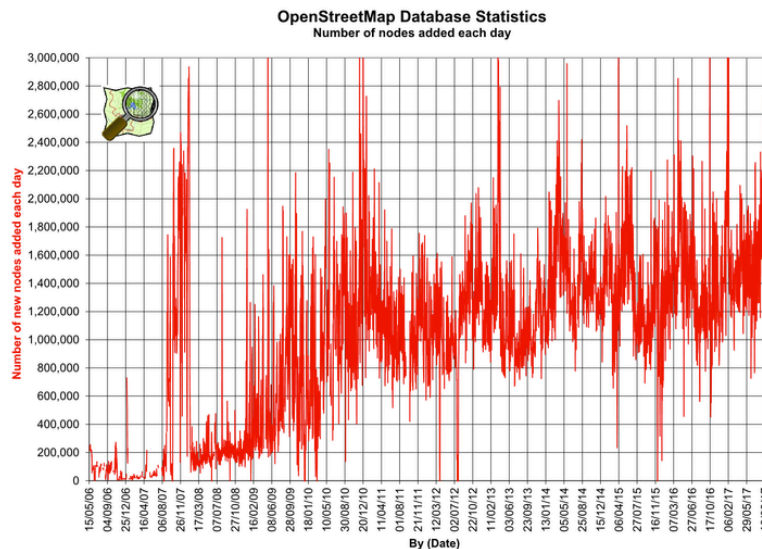
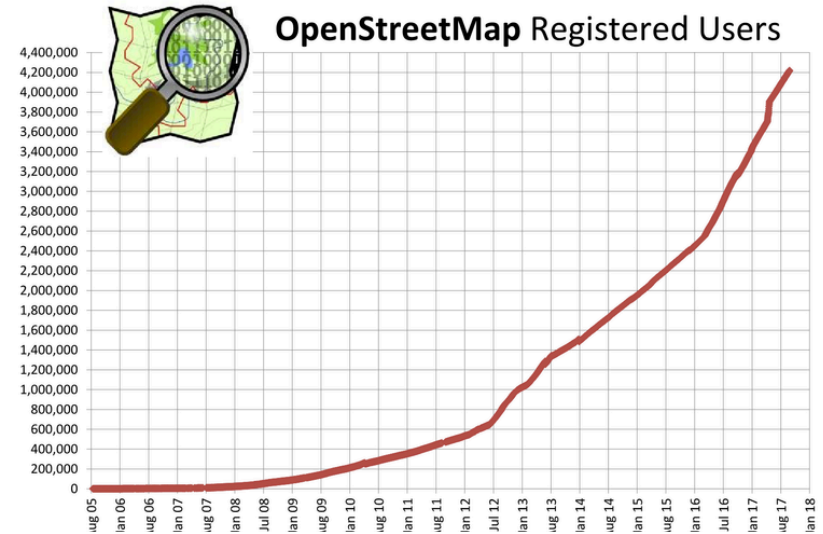
- Δυο μέρη:
  - Κεντροποιημένο σύστημα
    - Προγραμματισμός και σχεδιασμός κεντρικού εξυπηρέτη / ιστοσελίδας (web server / site)
  - Κατανεμημένο σύστημα
    - Πώς το περιεχόμενο διανέμεται με ανοχή σε σφάλματα και υψηλή απόδοση σε χρήστες γεωγραφικά κατανεμημένους

# Για παράδειγμα...

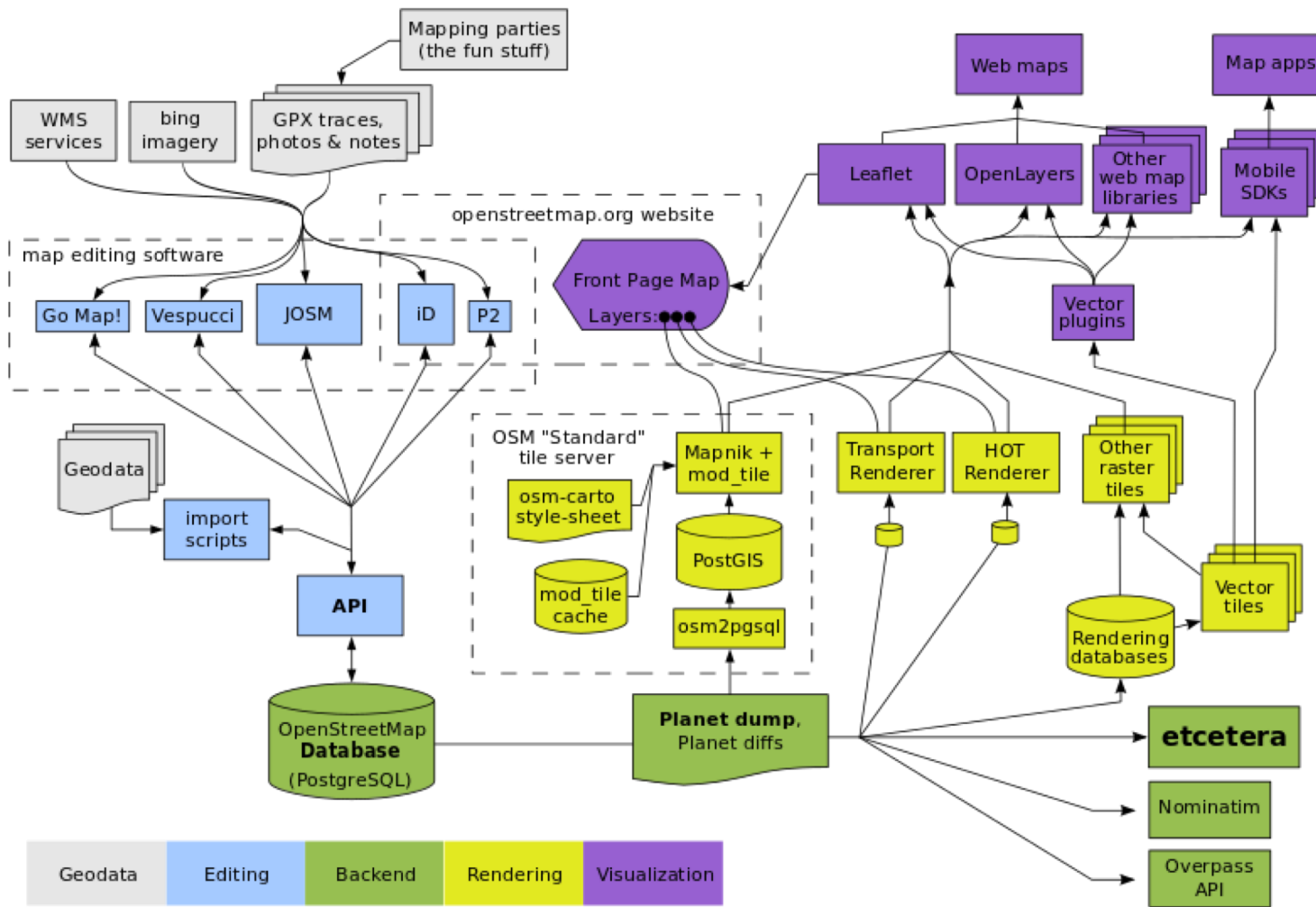
- Υπηρεσίες χαρτών online
  - Google Maps
  - **OpenStreetMaps**
  - Bing Maps
  - Here Maps
  - ...
- Εφαρμογή multimedia
- Εκατομμύρια χρήστες, γεωγραφικά διάσπαρτοι
- Ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο

# Στατιστικά χρήσης OSM

- 4.3 εκ. χρήστες (11/2017)
- 4.1 δις. Κόμβοι (11/2017)
- 3 εκ. αλλαγές / ημέρα (11/2017)
- 1 εκ. συνεισφέροντες χρήστες (3/2018)



# OSM server architecture



# Περιεχόμενα

## 1. Εισαγωγή

- Κρυφές μνήμες στον Ιστό (web caching)
- Πλεονασμός περιεχομένου στον Ιστό (web replication).

## 2. Πρωτόκολλα εφαρμογών στον Ιστό

- URLs, DNS (TCP/IP)
- HTTP και υποστήριξη κρυφών μνημών

# Περιεχόμενα

## 3. Κρυφές Μνήμες στον Ιστό (web caching)

- Αντιπρόσωποι (proxies) με κρυφές μνήμες
- Επιπτώσεις σε χρόνους πρόσβασης, εύρος ζώνης δικτύου, κλπ
- Ανάπτυξη αντιπροσώπων στον Ιστό
- Συνεργατικότητα αντιπροσώπων
- Συνέπεια κρυφών μνημών και πολιτικές αντικατάστασης περιεχομένου
- Προανάκτηση (prefetching)

# Περιεχόμενα

4. Πλεονασμός περιεχομένου στον Ιστό (web replication)
  - Κατανομή αιτήσεων
  - Δίκτυα διανομής περιεχομένου (Content delivery networks)
  - Επιλογή εξυπηρέτη / αντιπροσώπου
    - Μετρικές
    - Αλγόριθμοι

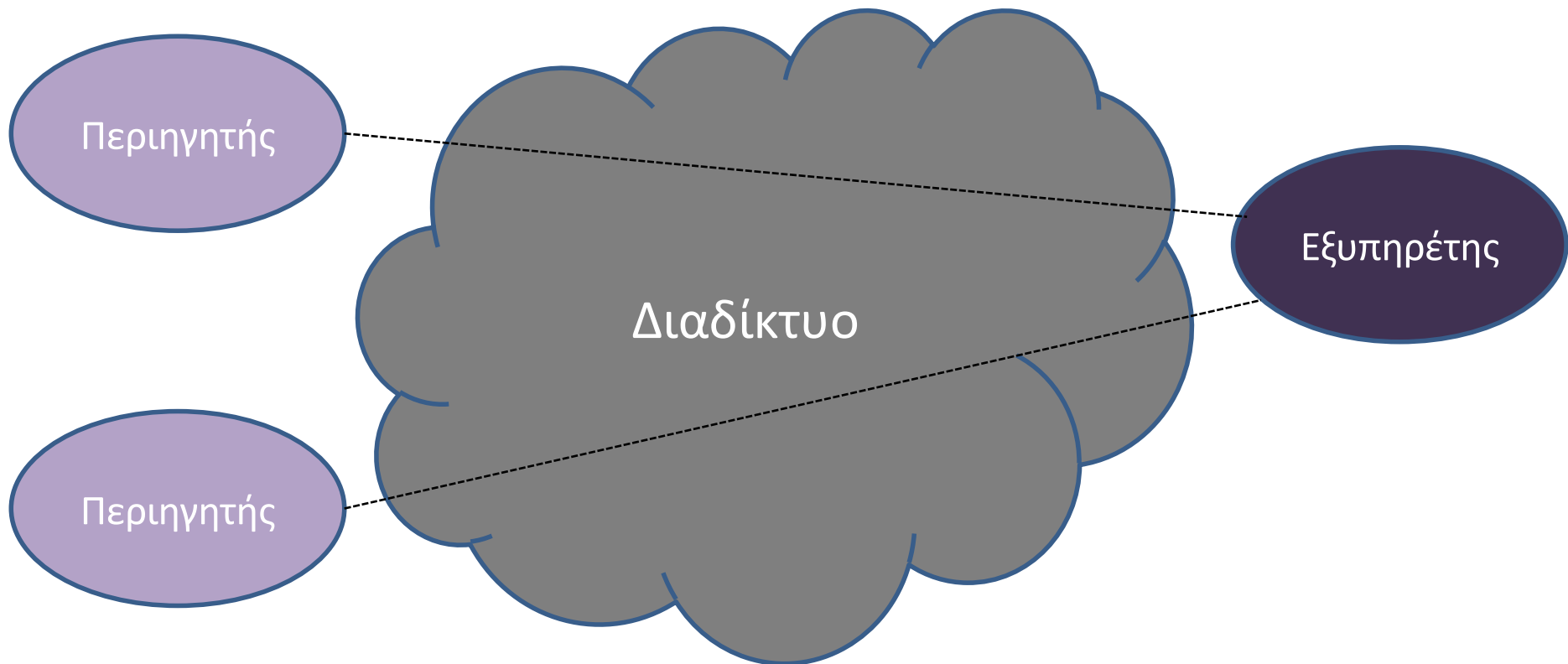


# Εισαγωγή

- Εξυπηρέτες και πελάτες (Web servers, web clients)
  - HTTP: γλώσσα επικοινωνίας μεταξύ πελατών/εξυπηρετητών
- Web objects
  - Web site (ιστότοπος): σύνολο αντικειμένων
  - URLs: τα ονόματα των αντικειμένων
  - URLs: περιέχουν το όνομα του εξυπηρέτη
  - Content providers – παροχείς περιεχομένου
- Ιστότοπος ≠ εξυπηρέτης !!!

# Εισαγωγή

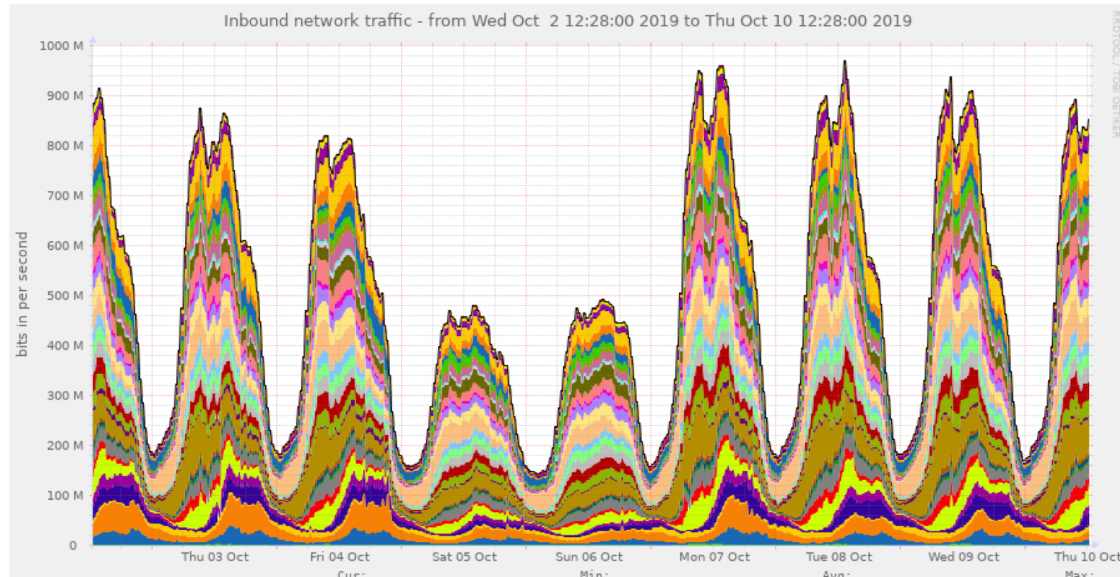
Μια απλή αρχιτεκτονική για τον Ιστό:



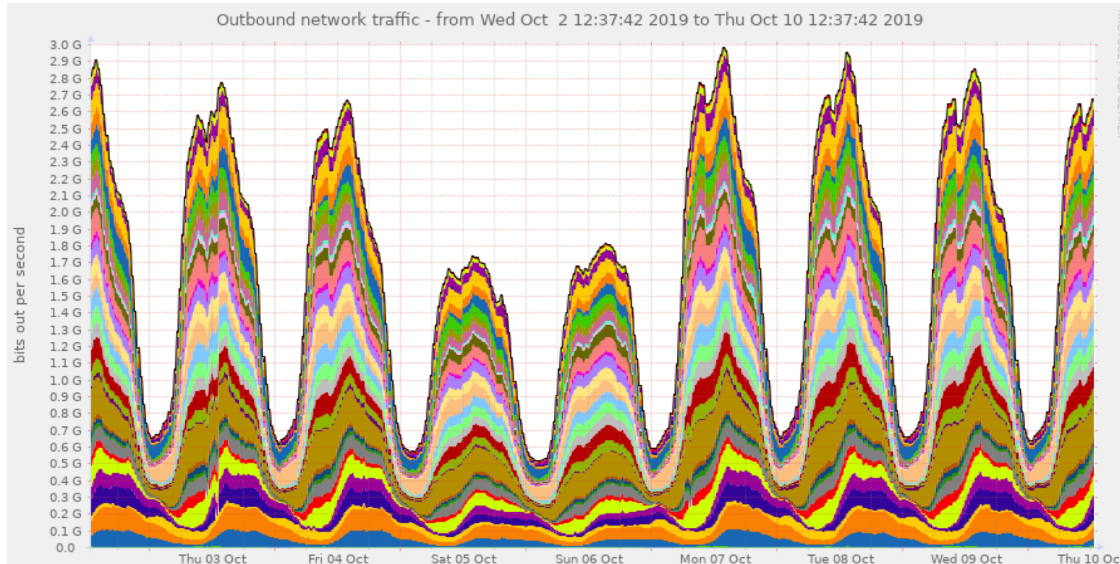
# Εισαγωγή

- Το πρόβλημα: Κλιμάκωση (web scalability)  
= **καλή απόδοση και αξιοπιστία** με
  - περιορισμένο εύρος ζώνης του δικτύου και
  - Περιορισμένες δυνατότητες του εξυπηρέτη
- Μια λύση: Χρήμα (“throw money at the problem”)
  - ISPs αυξάνουν χωρητικότητα δικτύου
  - Πολλοί εξυπηρέτες έχουν αυξημένη χωρητικότητα
  - Αλλά: ποτέ δεν επαρκούν
    - Νεές εφαρμογές
    - Μεγαλύτερη κλίμακα ...

# OSM traffic



Total Inbound  
Min: 127.33Mbps  
Max: 1.09Gbps  
Avg: 505.63Mbps



Total Outbound  
Min: 480.43Mbps  
Max: 3.15Gbps  
Avg: 1.68Gbps

*Typical optical  
fiber bandwidth:  
100Mbps!!!*

- Van Jacobson: “*with 25 years of internet experience, we’ve learned **exactly one way** to deal with exponential growth: caching*”

# Εισαγωγή:

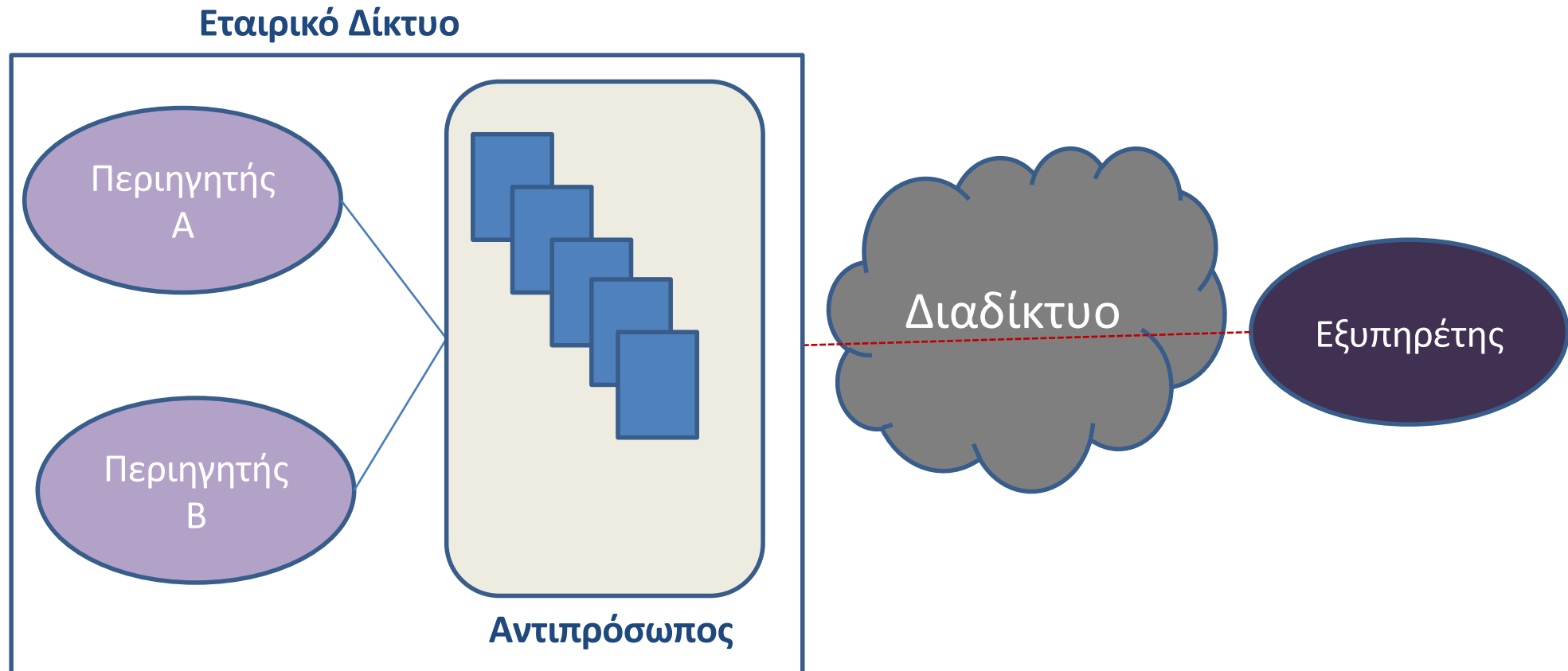
## Βασικά για κρυφές μνήμες στον Ιστό

- Γεγονός: Περιηγητές αποθηκεύουν στον τοπικό δίσκο πρόσφατες ιστοσελίδες αυτόματα.

Ορολογία:

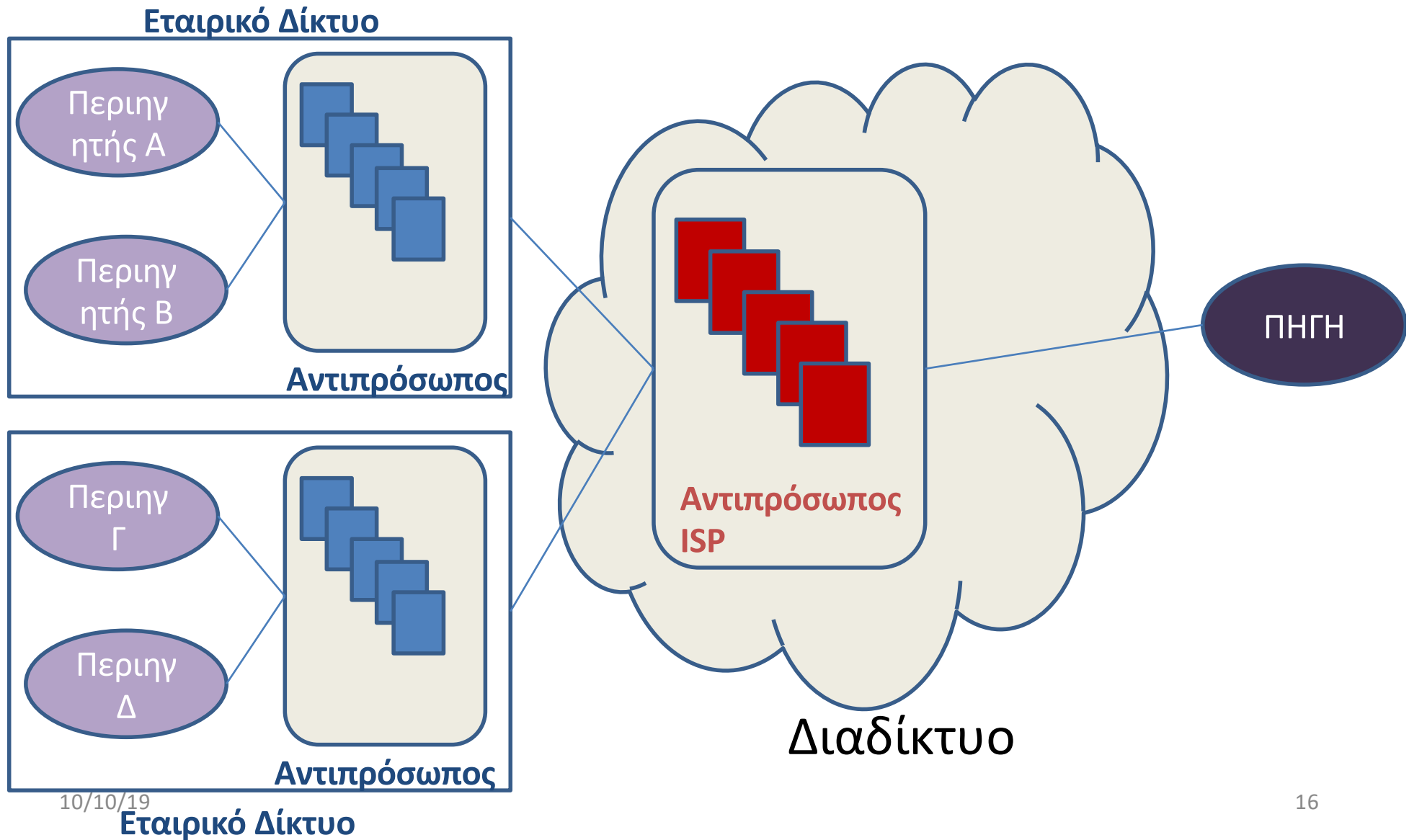
- **Αντιπρόσωπος** κρυφής μνήμης (**web caching proxy**)
  - Προσφέρει μια **διαμοιραζόμενη κρυφή μνήμη** σε πολλούς περιηγητές.
  - Παρεμβάλλεται μεταξύ του **εξυπηρέτη πηγής (web origin server)** και του περιηγητή.
  - Έχει διπλό ρόλο:
    - πελάτη: προωθεί αιτήσεις που δεν μπορούν να απαντηθούν από την κρυφή μνήμη στην πηγή,
    - Εξυπηρέτη: ικανοποιεί αιτήσεις περιηγητών χρησιμοποιώντας την κρυφή μνήμη του.
- **Cache hit / miss** (επιτυχία / αποτυχία).

# Εισαγωγή: Βασικά για κρυφές μνήμες στον Ιστό



Είναι επίσης δυνατόν να σχηματιστούν ‘αλυσίδες αντιπροσώπων’.

# Εισαγωγή: Βασικά για κρυφές μνήμες στον Ιστό





# Τυπική υλοποίηση

- Apache
  - Apache Traffic Server
  - Nginx
  - Squid
  - IIS
- 
- Σχετικά «φθηνό» hardware

# Εισαγωγή:

## Βασικά για κρυφές μνήμες στον Ιστό

- Ωφέλη για:
  - Χρήστες
  - ISPs
  - Εξυπηρέτες / παροχείς περιεχομένου
  - Διαδίκτυο
- Χρήστες:
  - Πιθανά, πιο γρήγορη ανταπόκριση σε αιτήσεις
    - ISPs
  - Λιγότερη κίνηση εκτός δικτύου τους, μικρότερες απαιτήσεις για εύρος ζώνης από άλλους ISPs → εξοικονόμηση χρημάτων.
- Εξυπηρέτες / παροχείς περιεχομένου
  - Μικρότερος φόρτος εργασίας στους εξυπηρέτες
- Διαδίκτυο
  - Λιγότερη κίνηση συνολικά στο διαδίκτυο.

# Εισαγωγή:

## Βασικά για κρυφές μνήμες στον Ιστό

- Μπορούν οι αντιπρόσωποι με κρυφές μνήμες (**web caching proxies**) να λύσουν το πρόβλημα (web scalability);
- Όχι μόνοι τους!
- Πάροχοι περιεχομένου: Χάνουν τον έλεγχο
  - copyrights,...
  - ‘φρεσκάδα’ περιεχομένου (αλγόριθμοι συνέπειας από ποιόν;...)
- Στατιστικές καταγραφής επισκεψιμότητας σελίδων → χρήμα (διαφημίσεις, κλπ)
- Περιεχόμενο
  - που δημιουργείται δυναμικά ή
  - Είναι προσωποποιημένο
- Εν τέλει, όλο και κάποιες αιτήσεις καταφτάνουν στην πηγή!
- ➔ απαιτείται πλεονασμός περιεχομένου των πηγών (αντίγραφα) – **web replication**.

# Εισαγωγή:

## Αντίγραφα στον Ιστό

- Δεν είναι αποδεκτή όμως ως λύση για Υπηρεσίες φιλοξενίας στον Ιστό (web hosting).
  - Φιλοξενούνται εκατοντάδες ή χιλιάδες παροχείς περιεχομένου, εκατομμύρια σελίδες, χιλιάδες εξυπηρετές-πηγές...
  - Τεράστια σπατάλη από την υπερ-δέσμευση πόρων.
- Έτσι προέκυψε η λύση **‘διαφανής, δυναμική αντιγραφή’ (transparent dynamic replication)**.
  - Αντίγραφα δημιουργούνται και διαγράφονται ή/και μετακινούνται δυναμικά και αυτόματα
  - Η απόφαση λαμβάνεται με βάση στατιστικά στοιχεία δημοφιλίας κλπ για αντικείμενα, σελίδες, τόπους, κλπ.
  - Δηλ. καθρέπτες μπορεί να περιέχουν είτε ολόκληρο τόπο, είτε μέρος του → «μερικός καθρέπτης».

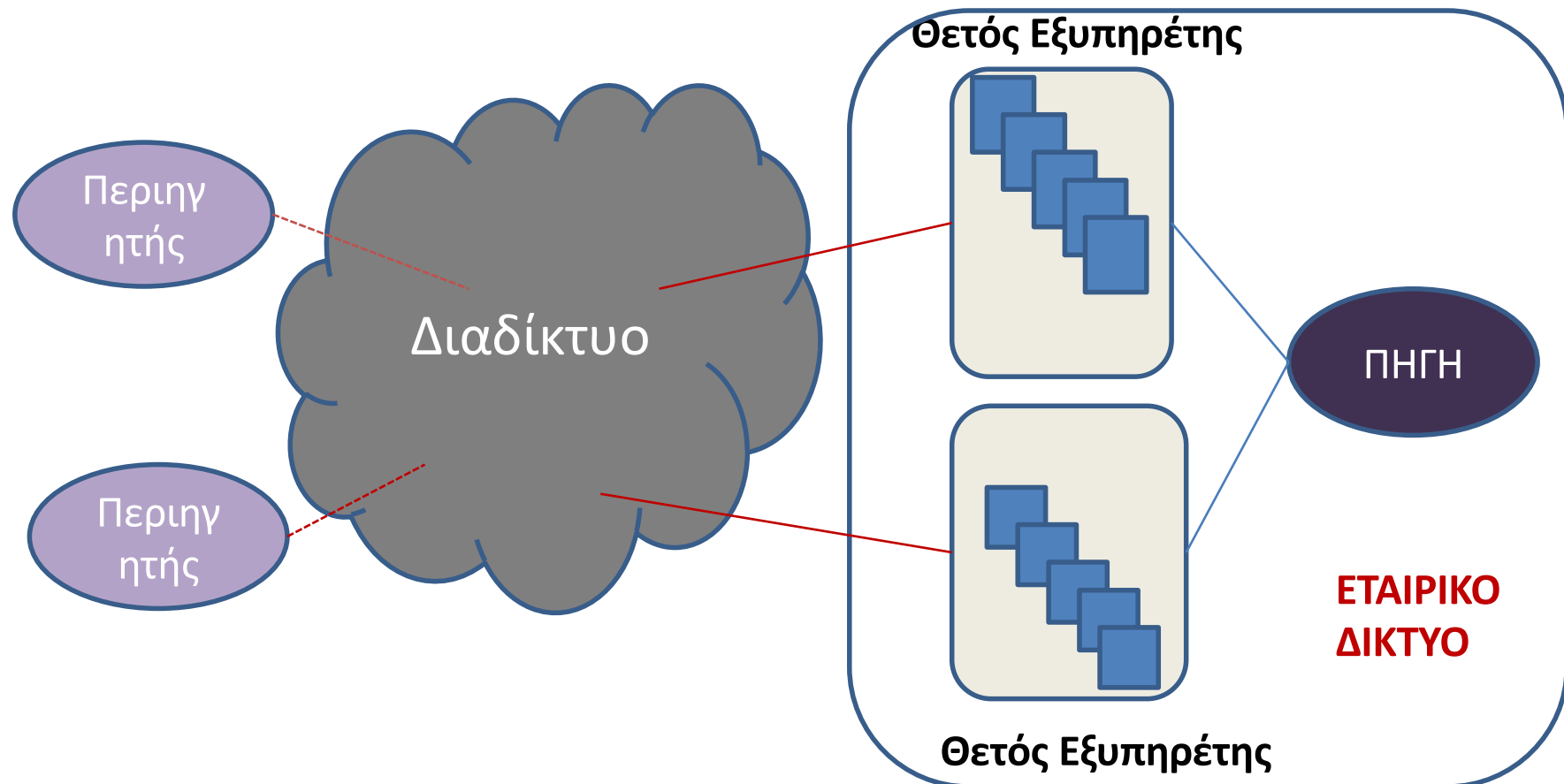
# Εισαγωγή:

## Αντίγραφα στον Ιστό

- Παράδειγμα
  - ΥΦΙ φιλοξενεί 2 εταιρείες παροχής περιεχομένου
    - Μια για το ΧΑ: απαιτεί κατά μέσο όρο 2 εξυπηρέτες με 100Mbps καθένας και κατά μέγιστη χρήση (μεταξύ 12-5μμ) 4 εξυπηρέτες με 100Mbps καθένας.
    - Μια για βιντεοταινίες: απαιτεί κατά μέσο όρο 2 εξυπηρέτες με 100Mbps καθένας και κατά μέγιστη χρήση (μεταξύ 8μμ-11μμ) 4 εξυπηρέτες με 100Mbps καθένας.
  - Με «διαφανή δυναμική αντιγραφή» συνολικά 4 εξυπηρέτες αρκούν.
  - Με «στατικό καθρεπτισμό», απαιτούνται 8 εξυπηρέτες.

# Εισαγωγή: Αντίγραφα στον Ιστό

- Διαφανής δυναμική αντιγραφή με **θετούς εξυπηρέτες (surrogate servers)**.



# Εισαγωγή: Αντίγραφα στον Ιστό

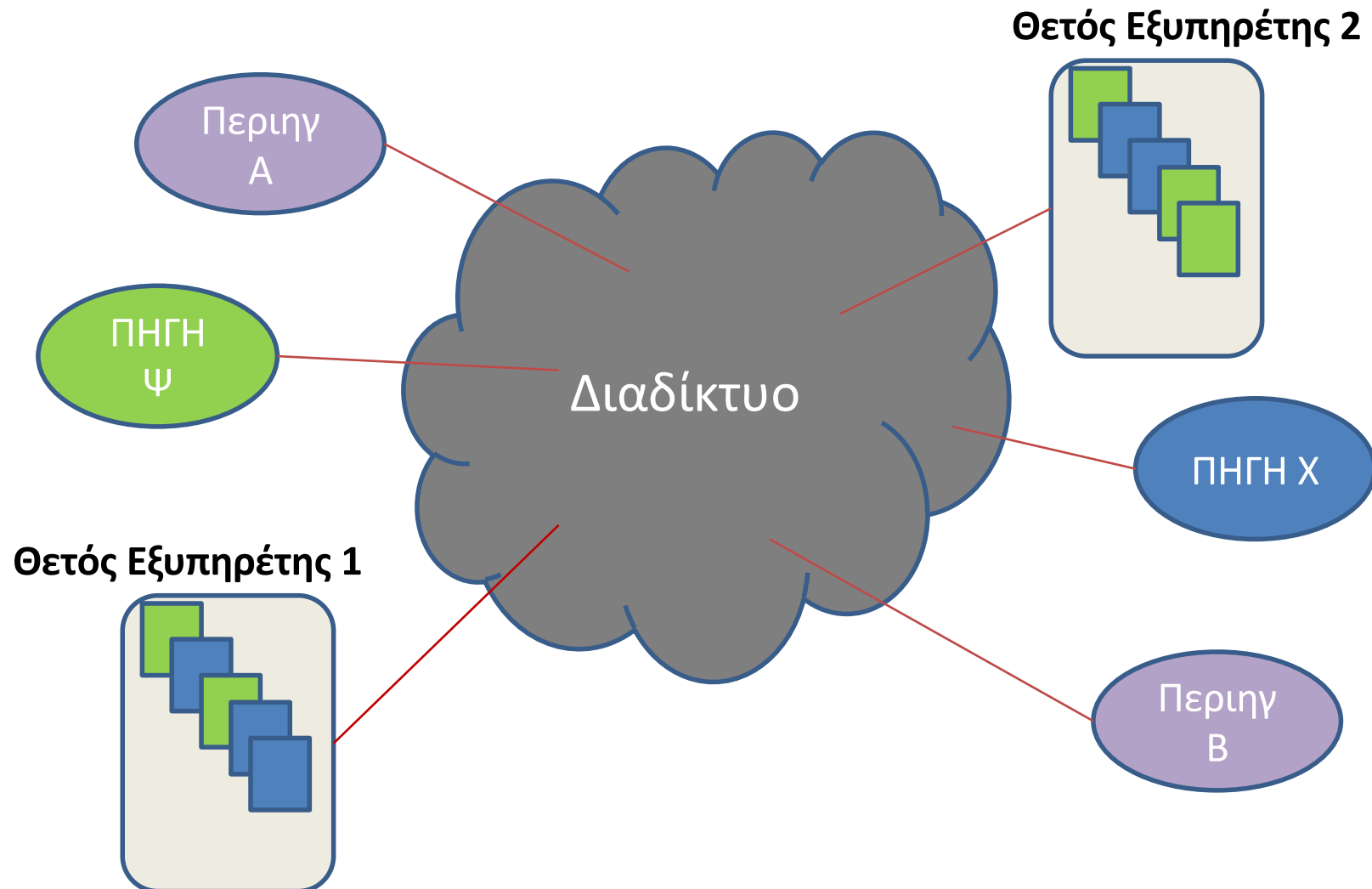
- Οι θετοί εξυπηρέτες λέγονται και **ανάστροφοι αντιπρόσωποι (reverse proxies)**
- Ο θετός εξυπηρέτης
  - Ικανοποιεί την αίτηση από την κρυφή του μνήμη, αν μπορεί,
  - Άλλως
    - προωθεί την αίτηση στην πηγή
    - Λαμβάνει το αντικείμενο
    - Το αποθηκεύει στην κρυφή του μνήμη (για μελλοντική χρήση) και
    - Το επιστρέφει στον πελάτη.
- Προσέξτε: ο θετός λειτουργεί σαν μερικός καθρέπτης με δυναμικά μεταβαλλόμενο περιεχόμενο.

# Εισαγωγή: Αντίγραφα στον Ιστό

- Συχνά, ένας **θετός εξυπηρέτης διαμοιράζεται** ανάμεσα σε πολλούς ιστότοπους, έτσι χρησιμοποιείται από πολλούς πάροχους περιεχομένου – βλέπε επόμενο σχήμα.
- Ένας διαμοιραζόμενος θετός εξυπηρέτης αποθηκεύει στην κρυφή του μνήμη αντικείμενα από όλους τους ιστότοπους.
- Σε αποτυχία (miss) επικοινωνεί με την κατάλληλη πηγή-εξυπηρέτη για τον ιστότοπο.
- Τα Δίκτυα Διανομής Περιεχομένου (content delivery networks – **CDNs**) βασίζονται σε διαμοιραζόμενους θετούς εξυπηρέτες.



# Εισαγωγή: Αντίγραφα στον Ιστό

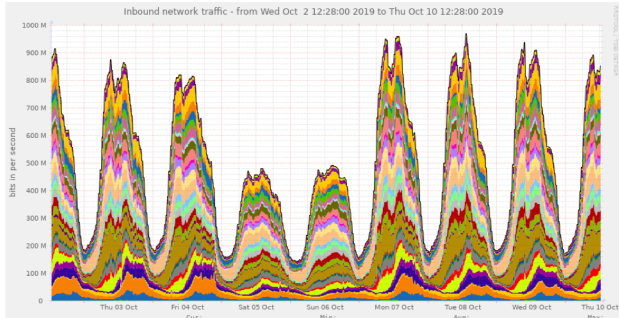


# Εισαγωγή: Αντίγραφα στον Ιστό

- Τα CDNs αποτελούν ήδη μια επιτυχημένη βιομηχανία με πολλές μεγάλες εταιρείες (Akamai, Digital Ocean, ...)
- Βασικά, πωλούν υπηρεσίες θετών εξυπηρέτων σε παροχείς περιεχομένου.
- Το κλειδί της επιτυχίας τους έγκειται στην **ανάπτυξη θετών εξυπηρέτων σε σημεία κλειδιά** του Διαδικτύου.

# OSM tile CDN





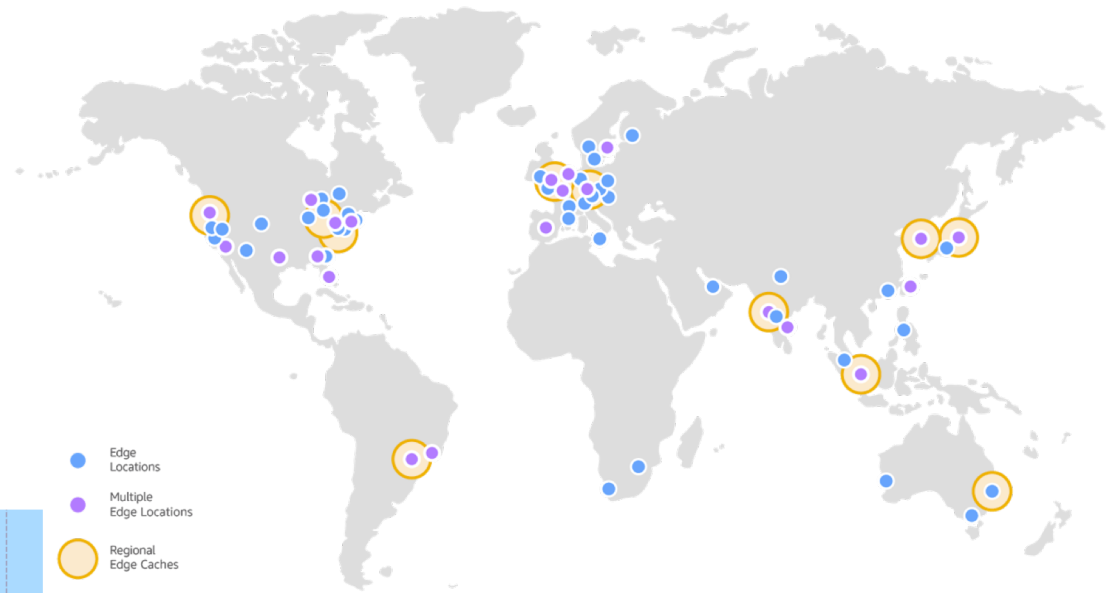
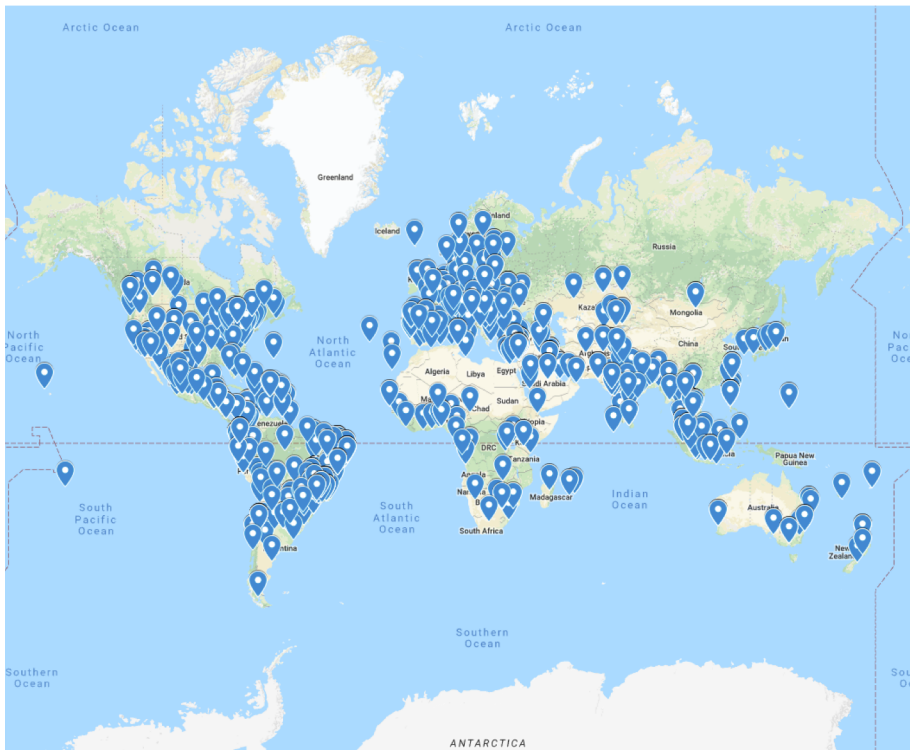
# OSM traffic

Total Inbound  
 Min: 127.33Mbps  
 Max: 1.09Gbps  
 Avg: 505.63Mbps

|              | Cur:    | Min:    | Avg:    | Max:    |
|--------------|---------|---------|---------|---------|
| angor        | 2.31M   | 138.23k | 1.39M   | 6.94M   |
| ascalon      | 10.99M  | 1.94M   | 12.66M  | 41.89M  |
| azure        | 19.34M  | 6.27M   | 23.21M  | 161.87M |
| balerion     | 8.32M   | 1.81M   | 7.22M   | 15.50M  |
| boitata      | 27.10M  | 1.37M   | 14.83M  | 56.29M  |
| cherufe      | 15.08M  | 1.14M   | 10.04M  | 30.52M  |
| chrysothylax | 42.41M  | 820.27k | 21.31M  | 83.79M  |
| cmok         | 21.30M  | 404.75k | 9.16M   | 41.07M  |
| culebre      | 27.03M  | 1.99M   | 17.78M  | 49.01M  |
| drogon       | 6.24M   | 356.50k | 3.04M   | 10.51M  |
| fafnir       | 5.80M   | 321.93k | 4.24M   | 18.18M  |
| fume         | 9.61M   | 205.36k | 4.48M   | 14.51M  |
| gorynych     | 63.41M  | 6.85M   | 39.73M  | 118.12M |
| jakelong     | 5.07M   | 1.38M   | 4.86M   | 16.85M  |
| kalessin     | 31.19M  | 1.30M   | 15.83M  | 49.53M  |
| katie        | 36.25M  | 1.78M   | 18.43M  | 56.61M  |
| keizer       | 32.14M  | 1.46M   | 15.81M  | 47.08M  |
| konqi        | 26.39M  | 1.54M   | 14.58M  | 54.57M  |
| ladon        | 24.67M  | 1.19M   | 12.58M  | 32.27M  |
| longma       | 52.44M  | 6.72M   | 36.74M  | 78.54M  |
| necrosan     | 43.76M  | 1.31M   | 20.01M  | 56.91M  |
| nepomuk      | 27.02M  | 1.32M   | 15.54M  | 49.89M  |
| nidhogg      | 8.92M   | 371.20k | 5.97M   | 29.32M  |
| noomoahk     | 47.37M  | 1.47M   | 22.26M  | 70.06M  |
| norbert      | 30.20M  | 865.43k | 19.73M  | 54.55M  |
| ridgeback    | 6.91M   | 192.24k | 3.76M   | 18.71M  |
| rinfaxe      | 7.02M   | 488.53k | 3.40M   | 19.73M  |
| saphira      | 28.54M  | 1.40M   | 16.89M  | 50.70M  |
| sarkany      | 16.43M  | 613.45k | 8.04M   | 21.03M  |
| simurgh      | 16.03M  | 1.83M   | 12.35M  | 33.50M  |
| stormfly-02  | 19.39M  | 5.02M   | 20.37M  | 63.79M  |
| toothless    | 30.79M  | 1.39M   | 16.57M  | 52.51M  |
| trogdor      | 55.47M  | 1.15M   | 28.76M  | 98.50M  |
| tuatara      | 6.20M   | 971.45k | 3.61M   | 9.20M   |
| vipertooth   | 27.84M  | 1.14M   | 12.55M  | 42.16M  |
| viserion     | 10.84M  | 413.40k | 5.46M   | 17.04M  |
| waima        | 3.90M   | 543.79k | 2.68M   | 6.54M   |
| total        | 853.71M | 127.33M | 505.63M | 1.09G   |

Last update: Thu Oct 10 12:30:00 2019

Munin 2.0.37-lubuntu0.1



Amazon CloudFront

<https://aws.amazon.com/cloudfront/details/>

Facebook FNA nodes

<https://anuragbhatia.com/2018/03/networking/isp-column/mapping-facebooks-fna-cdn-nodes-across-the-world/>

# Εισαγωγή: Αντίγραφα στον Ιστό

- Τα ωφέλη από την αντιγραφή ιστοτόπων είναι αντίστοιχα αυτών από τις κρυφές μνήμες των αντιπροσώπων.
- Ωφέλη για:
  - Χρήστες
  - Εξυπηρέτες / παροχείς περιεχομένου
  - Διαδίκτυο
- Χρήστες:
  - Πιθανά, πιο γρήγορη ανταπόκριση σε αιτήσεις από γειτνιάζοντες θετούς εξυπηρέτες
- Εξυπηρέτες / πάροχοι περιεχομένου
  - Μικρότερος φόρτος εργασίας στους εξυπηρέτες-πηγές
- Διαδίκτυο
  - Λιγότερη κίνηση συνολικά στο διαδίκτυο, εξ αιτίας της γειτνίασης θετών εξυπηρέτων με πελάτες (**localized traffic**).

# Εισαγωγή: Αντίγραφα στον Ιστό

- Η αντιγραφή ιστότοπων όμως δεν είναι πανάκεια.
  - Είναι ακριβή και δεν μπορούν όλοι οι πάροχοι περιεχομένου να επωφεληθούν
  - Επίσης, οι ανάστροφοι αντιπρόσωποι ενός CDN, όσο καλά τοποθετημένοι και αν είναι, δεν μπορούν να βρίσκονται τόσο κοντά στους πελάτες, όσο οι αντιπρόσωποι μιας ISP.
- ➔ και οι 2 τεχνολογίες είναι συμπληρωματικές και απαιτούνται για την επίλυση του προβλήματος της κλιμάκωσης στον Ιστό.

# Εισαγωγή: Αντίγραφα και Κρυφές Μνήμες στον Ιστό

- Θεμελιώδεις διαφορές:
  - Με κρυφές μνήμες (αντιπρόσωποι)
    - Οι πελάτες έχουν τον έλεγχο
    - Βελτιώνεται η πρόσβαση συγκεκριμένων πελατών σε οποιαδήποτε σελίδα
  - Με αντίγραφα (ανάστροφοι αντιπρόσωποι)
    - Οι πάροχοι έχουν τον έλεγχο
    - Βελτιώνεται η πρόσβαση σε συγκεκριμένες σελίδες από οποιουδήποτε πελάτες.