



# Εισαγωγή στην Πληροφορική και τον Προγραμματισμό Η/Υ

## 12<sup>ο</sup> Μάθημα: Επικοινωνίες και δίκτυα

Λεωνίδας Αλεξόπουλος

Παναγιώτης Παύλου

Αν. Καθηγητής ΕΜΠ

ΕΤΕΠ

E-mail: [leo@mail.ntua.gr](mailto:leo@mail.ntua.gr)

E-mail: [allos@mail.ntua.gr](mailto:allos@mail.ntua.gr)

Τηλ: 210 772-1666

Τηλ: 210 772-4194

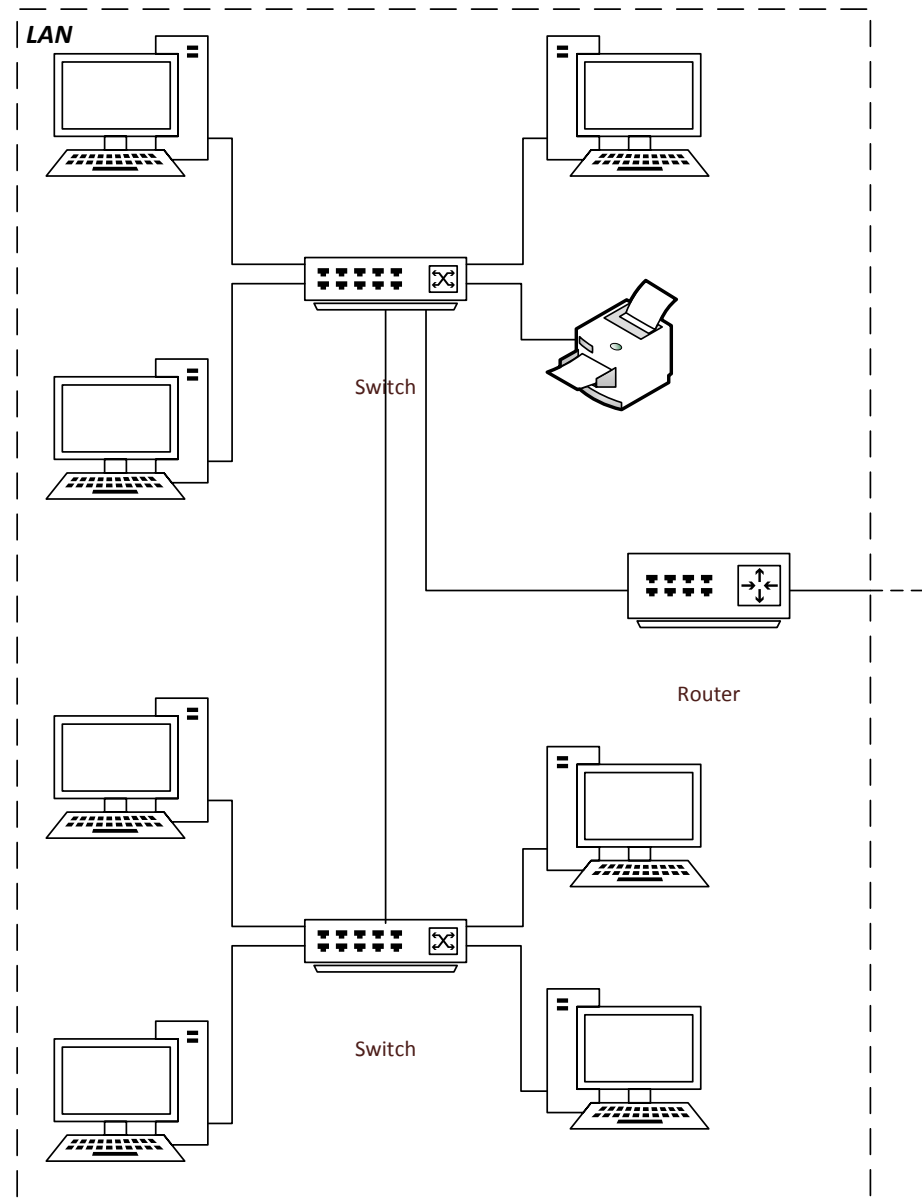
# Τοπικά δίκτυα & διαδίκτυα 1/3

Ένα **δίκτυο** είναι η διασύνδεση ενός συνόλου συσκευών που έχουν τη δυνατότητα **ηλεκτρονικής επικοινωνίας**, ώστε να είναι εφικτή η **αποστολή δεδομένων** από μια θέση σε μια άλλη.

Περιλαμβάνει υλικό **εξοπλισμό** (Η/Υ, μεταγωγείς, κλπ) και **λογισμικό** που υλοποιεί την επικοινωνία βάσει των εμπλεκόμενων πρωτοκόλλων.

Οι συσκευές μπορεί να είναι **τελικοί «χρήστες» του δικτύου** (Η/Υ, tablet, κινητό, smart TV, αποκωδικοποιητές τηλεόρασης, εκτυπωτές, κτλ) ή **συσκευές σύνδεσης/υποδομής** όπως μεταγωγείς (switch), δρομολογητές (router), modems (διαμορφωτές/αποδιαμορφωτές).

Τα δίκτυα διακρίνονται σε **τοπικά** (LAN – Local Area Network) και σε **ευρείας περιοχής** (WAN - Wide Area Network).

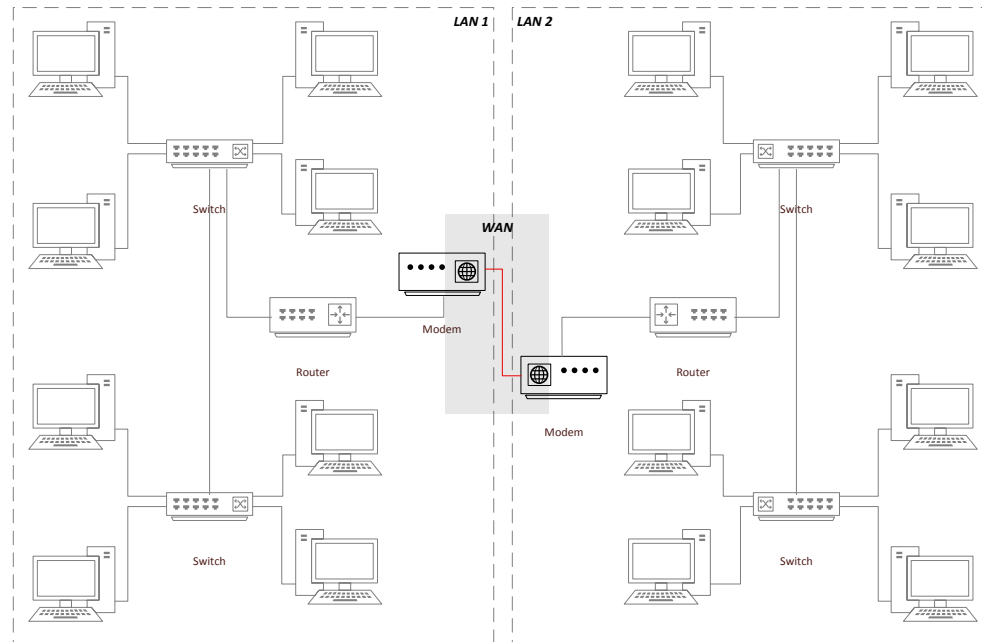


# Τοπικά δίκτυα & διαδίκτυα 2/3

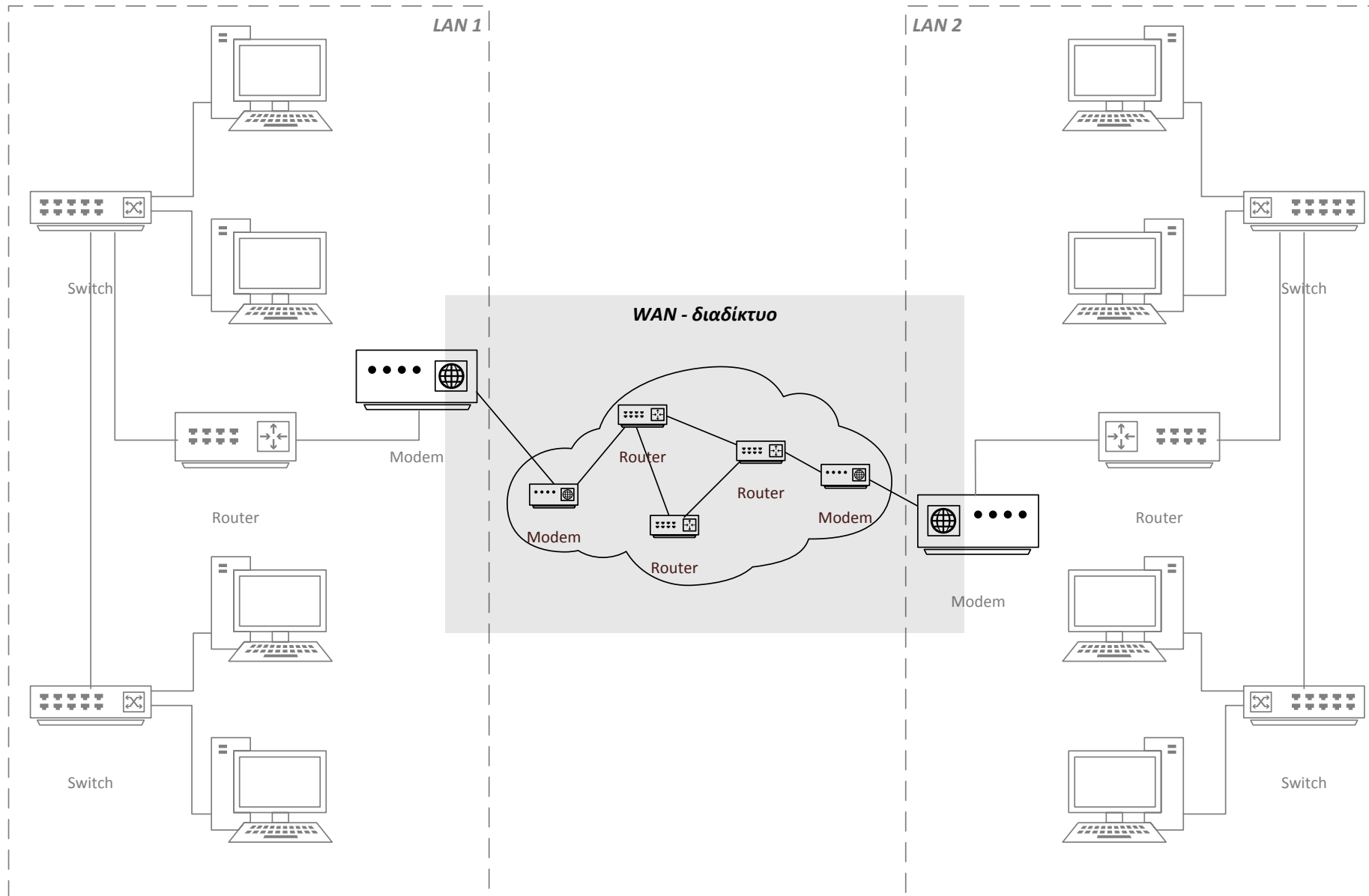
Τα **LAN** είναι συνήθως **ιδιόκτητα** και περιορίζονται σε σχετικά μικρή περιοχή (πχ ένα σπίτι, ένα κτίριο, την πολυτεχνειούπολη...). Υλοποιούνται κατά κύριο λόγο με switches, περιλαμβάνουν συνήθως και ένα τουλάχιστον router & modem. Σκοπός τους είναι η διασύνδεση των υπολογιστών.

Τα **WAN** είναι δίκτυα που καλύπτουν **μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές**. Υλοποιούνται με switches, routers και modems και ο σκοπός τους είναι η διασύνδεση συσκευών υποδομής.

Ουσιαστικά χρησιμοποιούνται για να συνδέουν LAN & άλλα WAN μεταξύ τους. Τέτοια διασυνδεδεμένα δίκτυα ονομάζονται και **διαδίκτυα** (προσοχή πεζό δ).



# Τοπικά δίκτυα & διαδίκτυα 3/3



# Το Διαδίκτυο / Internet

---

- Πρακτικά είναι το «**άθροισμα**» από **διαδίκτυα** (που ονομάζονται και **domains**) τα οποία διαχειρίζονται αυτόνομα κάποια πανεπιστήμια, κρατικοί οργανισμοί ή εταιρείες.

Αυτό που καθορίζει τη «μοναδικότητα» στο Διαδίκτυο/Internet είναι η μοναδικότητα και η παγκοσμιότητα των διευθύνσεων.

- Τα **domains** αυτά αφού καταχωρηθούν στο **ICANN** αποκτούν κατάλληλες «διευθύνσεις» επιτρέπεται να συνδεθούν στο **Internet**.
- Η σύνδεση επιτυγχάνεται συνδέοντας ένα από τα δίκτυα του **domain**, μέσω ενός **router**, με κάποιο από τα υπάρχοντα δίκτυα που είναι ήδη συνδεδεμένα στο **Internet**.
- Το συγκεκριμένο αυτό **router** ονομάζεται και **gateway** (του domain) καθώς αποτελεί την «**πύλη**» του διαδικτύου προς το **Internet**.

# Οικιακή Σύνδεση στο Internet

---

- Υλοποιείται από την πλευρά του «πελάτη» με τη δημιουργία ενός μικρού **domain** (ενίοτε και με έναν μόνο Η/Υ) με τον εξοπλισμό του **παρόχου** (ISP = εταιρεία που μας παρέχει την πρόσβαση στο Internet).
- Η φυσική σύνδεση ανάμεσα στον πελάτη και τον ISP επιτυγχάνεται είτε μέσω υπαρχουσών καλωδιώσεων, είτε με ασύρματο τρόπο.
  - Για χρήση των καλωδιώσεων του **τηλεφώνου** υπάρχουν:
    - Dialup : Σύνδεση με μετατροπή των ψηφιακών δεδομένων σε ήχο (PSTN/ISDN) και με ταχύτητες από 33 ως 128kbps.
    - A/S/V DSL (Asymmetric/Symmetric/Very-high-bit-rate Digital Subscriber Loop/Line) : Σύνδεση σε διαφορετικό εύρος συχνοτήτων από αυτό του ήχου. Ταχύτητες από 256kbps ως 200Mbps.
  - **Οπτικές ίνες** για ταχύτητες σύνδεσης 100/1000/10000 Mbps
  - Για χρήση των καλωδιώσεων της **καλωδιακής τηλεόρασης**:
    - Cable : Όπου στα δεδομένα της ψηφιακής τηλεόρασης παρεμβάλλονται και δεδομένα δικτύου. 10-30Mbps
  - **Ασύρματη σύνδεση** μέσω παρόχων κινητής ή ασύρματης σταθερής τηλεφωνίας
    - Διάφορες εμπορικές ονομασίες και αρκετά υψηλές ταχύτητες, όμως υπάρχει ογκοχρέωση.
  - Διάφορες άλλες ειδικές τεχνολογίες π.χ. **Laser-Link**, κτλ

# Πολυεπίπεδη προσέγγιση λογισμικού 1/4



Σε κάθε δικτυακή επικοινωνία υπάρχει ένας αποστολέας και (τουλάχιστον) ένας παραλήπτης. Αυτό που διακινείται είναι ένα πακέτο πληροφορίας (πχ κείμενο/εικόνα). Αν και προφανές είναι πολύ σημαντικό να αντιληφθούμε ότι αν και μιλάμε για κάτι που μοιάζει με μετακίνηση, ουσιαστικά πρόκειται για αντιγραφή της πληροφορίας.

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η επικοινωνία μέσω δικτύου απαιτούνται κάποια βήματα, τα οποία ξεκινούν από την ψηφιακή αναπαράσταση της πληροφορίας, την ανάλυσή της και προετοιμασία για την επικοινωνία μέχρι και τη μετατροπή σε ηλεκτρικό σήμα. Το κάθε βήμα από αυτά υλοποιείται ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα ορίζοντας ένα επίπεδο (layer) επικοινωνίας δημιουργώντας έτσι ένα πολυεπίπεδο σύστημα.

Η βασική επικοινωνία μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη ουσιαστικά αποτελεί ένα επίπεδο αυτής της δομής.

# Πολυεπίπεδη προσέγγιση λογισμικού 2/4

---

- Το λογισμικό που χρησιμοποιεί συνδέσεις μέσω δικτύου ακολουθεί μια πιο απλοποιημένη μορφή του πρότυπου OSI (Open Systems Interconnect reference model), η οποία διαχωρίζει τις λειτουργίες σε 4 επίπεδα (layers). Τα επίπεδα αυτά είναι, από πάνω (χρήστης) προς τα κάτω (μηχανή/φυσικό επίπεδο):
  - ✓ Εφαρμογής / Application .
  - ✓ Μεταφοράς / Transport .
  - ✓ Δικτύου / Network .
  - ✓ Σύνδεσης / Link .
- Η επικοινωνία ανάμεσα στον αποστολέα κάθε μηνύματος και στον παραλήπτη περνά αυτή τη διαδικασία. Από πάνω προς τα κάτω για τον αποστολέα, και αντίστροφα για τον παραλήπτη.
- Το πλεονέκτημα αυτής της διαστρωμάτωσης είναι η διαίρεση της διαδικασίας σε διακριτά και αυτόνομα στάδια και κάθε επίπεδο χρησιμοποιεί ως υπόβαθρο τα πιο «κάτω» επίπεδα, «αδιαφορώντας» για τις λεπτομέρειές τους. Έτσι τα ομότιμα επίπεδα «φαίνεται» σαν να επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους, τουλάχιστον σε ότι αφορά τις εισόδους και τις εξόδους τους.



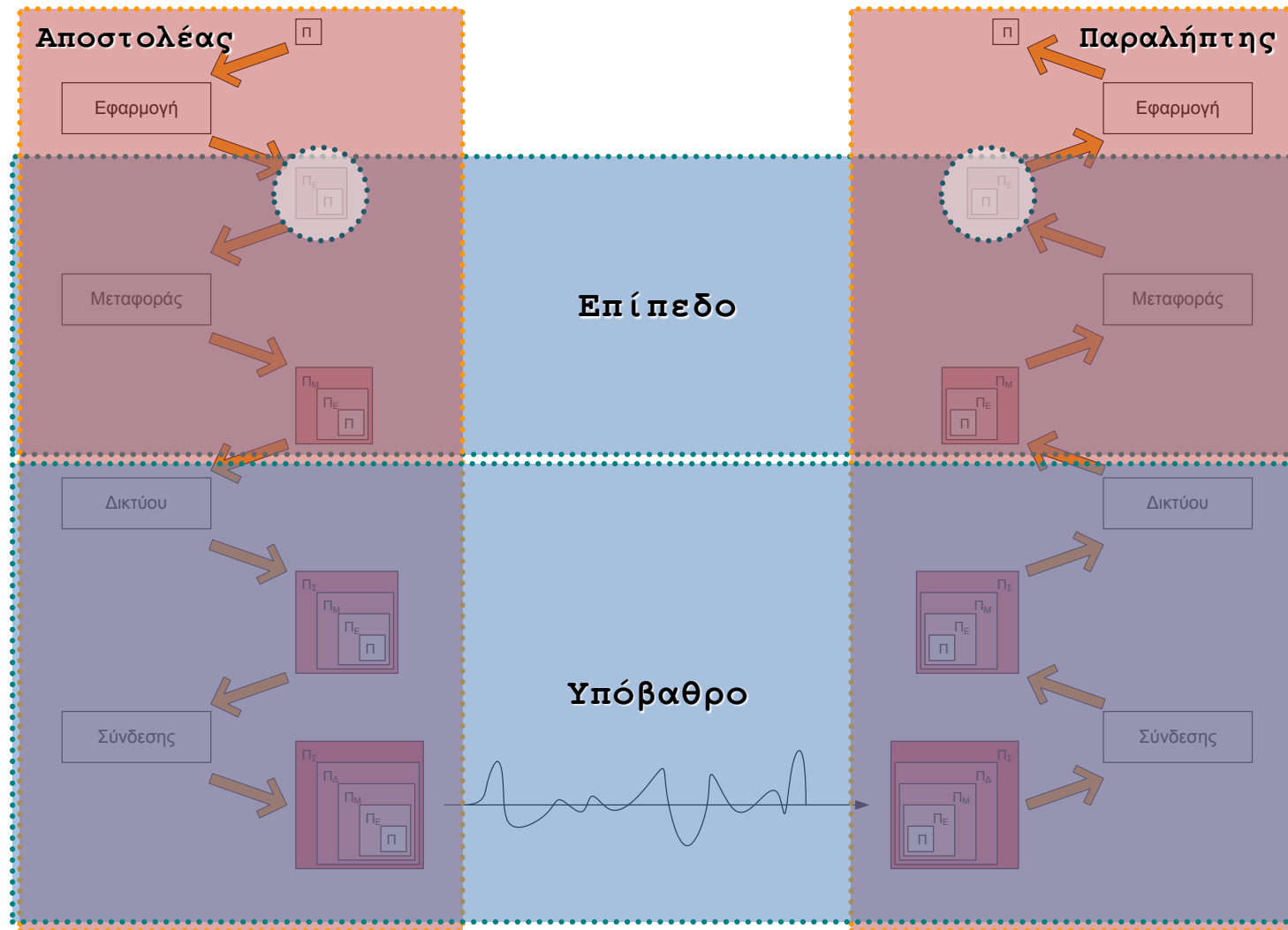
# Πολυεπίπεδη προσέγγιση λογισμικού 3/4

---

- Η λειτουργία των επιπέδων αναλύεται ως ακολούθως:
  - ✓ **Εφαρμογής / Application** : Αφορά την επίδραση με τον χρήστη, την αρχική πληροφορία, την κωδικοποίηση της για να είναι κατανοητή στον παραλήπτη, καθώς και τη διαχείριση σε επίπεδο συνεδρίας (session).
  - ✓ **Μεταφοράς / Transport** : Εξασφαλίζει ότι τα δεδομένα αποστέλλονται και παραλαμβάνονται χωρίς σφάλματα και με την επιθυμητή αξιοπιστία. Υλοποιείται συνήθως από τα πρωτόκολλα TCP ή UDP που παρουσιάζονται στη συνέχεια.
  - ✓ **Δικτύου / Network** : Αυτή τη λειτουργία την χειρίζεται συνήθως το IP πρωτόκολλο που παρουσιάζεται στη συνέχεια. Στην πράξη αυτό το επίπεδο απομονώνει τα ανώτερα επίπεδα από τις λεπτομέρειες του χρησιμοποιούμενου δικτύου.
  - ✓ **Σύνδεσης / Link** : Υλοποιεί την αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων σε φυσικό επίπεδο δικτύου και συνήθως χρησιμοποιούνται ξεχωριστά πρωτόκολλα ειδικά για αυτό το επίπεδο.

Κάθε επίπεδο λογισμικού μετασχηματίζει την πληροφορία από ένα πακέτο σε ένα άλλο που περιέχει το αρχικό, προσθέτοντας μία μικρή κεφαλίδα, μεγέθους μερικών bytes.

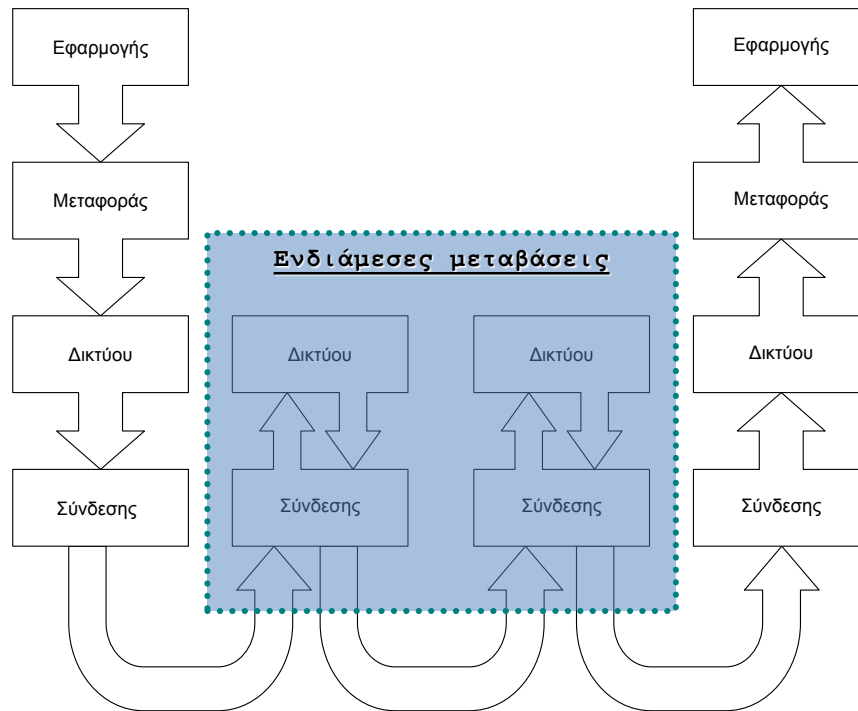
# Πολυεπίπεδη προσέγγιση λογισμικού 4/4



# Πρωτόκολλα Επιπέδου Σύνδεσης

- Αφορούν το χαμηλότερο επίπεδο, αυτή της σύνδεσης (link). Διευθετούν τον ρόλο και τις λειτουργίες του κάθε εμπλεκόμενου μέρους. Από τα πρωτόκολλα που καθορίζουν ποιος Η/Υ έχει το δικαίωμα να «μιλήσει» στο δίκτυο τα πιο γνωστά για καλωδιακή σύνδεση είναι τα:
  - **Token Ring** : Οι υπολογιστές είναι ενωμένοι σε **κυκλική αλυσίδα** (δακτύλιο) αποστέλλουν μηνύματα με **συγκεκριμένη φορά**. Κάθε υπολογιστής είναι υποχρεωμένος να **προωθεί** τα μηνύματα που δέχεται στον επόμενο Η/Υ (αν αφορούν και τον ίδιο δικαιούται να τα «διαβάσει»). Το ποιός Η/Υ επιτρέπεται «να μιλήσει» ορίζεται από ένα ειδικό μήνυμα το οποίο ονομάζεται **κουπόνι** (token). Όποιος Η/Υ το κατέχει, δικαιούται να **μιλήσει** στέλνοντας **ένα και μόνο μήνυμα**. Όταν το μήνυμα ολοκληρώσει τη διαδρομή του και **επιστρέψει** σε αυτόν, τότε προωθεί το κουπόνι στον επόμενο Η/Υ. Με αυτό τον τρόπο **ισοκατανέμεται η δυνατότητα στην επικοινωνία ανάμεσα στους Η/Υ** του δακτυλίου. Χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα σε ειδικές εφαρμογές.
  - **Ethernet** : Οι Η/Υ που χρησιμοποιούν την οικογένεια πρωτοκόλλων Ethernet, είναι συνδεδεμένοι σε έναν **κοινό δίαυλο** (bus) και τα μηνύματα που στέλνει ο καθένας **τα «ακούν» όλοι** αγνοώντας όσα δεν τους αφορούν. Για να επιλεγεί το ποιός Η/Υ πρέπει να «μιλήσει» χρησιμοποιείται η ακόλουθη τεχνική. Όλοι οι Η/Υ είναι εφοδιασμένοι με ένα σύστημα το οποίο ονομάζεται **CSMA/CD**, και επιτρέπει στον κάθε Η/Υ να μετρά («ακούει») τα ηλεκτρικά σήματα του διαύλου καθώς μεταδίδει ένα σήμα. Έτσι όταν υπάρχει κάποιο μήνυμα προς μετάδοση, ο Η/Υ **περιμένει να ολοκληρωθούν** οι υπάρχουσες μεταδόσεις, **και μετά ξεκινά** να το μεταδίδει. Εάν τύχει και αρχίσουν **ταυτόχρονα** μετάδοση **περισσότεροι του ενός** Η/Υ το αντιλαμβάνονται και σταματούν. Κατόπιν περιμένουν για ένα **τυχαίο μικρό** χρονικό διάστημα ξαναδοκιμάζουν.
- Άλλα πρωτόκολλα σύνδεσης για άλλες εφαρμογές είναι τα x-DSL, το ασύρματο Ethernet, το Bluetooth, κλπ

# Το Επίπεδο Δικτύου σε λειτουργία



Τα πακέτα σε επίπεδο δικτύου κινούνται **ανεξάρτητα** από τα υπόλοιπα.

Όταν ένα πακέτο φτάνει σε ένα **router**, τότε αυτός κοιτά το κατά πόσο το πακέτο αφορά κάποιον Η/Υ **στο δικό του δίκτυο**.

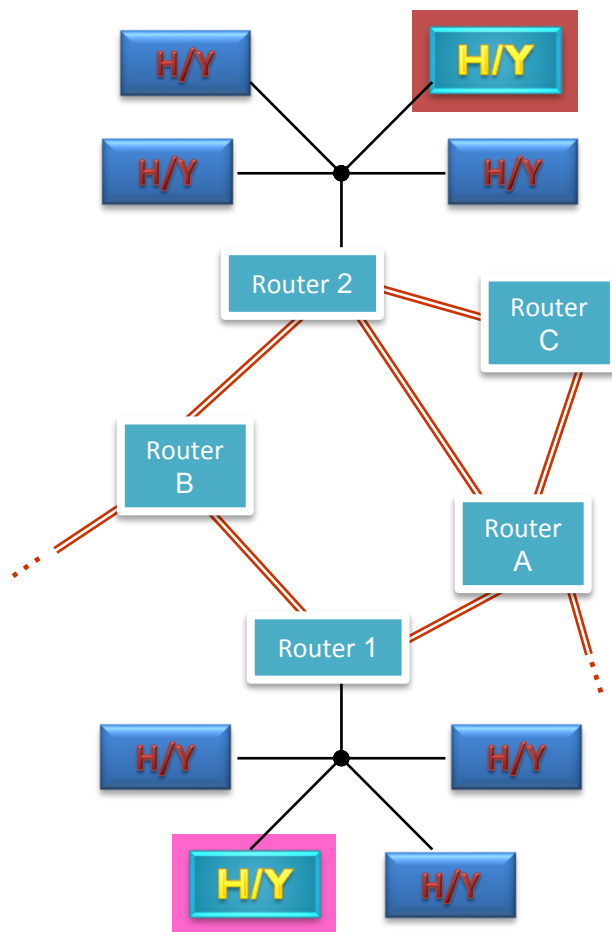
Εάν συμβαίνει αυτό τότε **έχει βρεθεί ο παραλήπτης** και το πακέτο, αφού του παραδοθεί, διέρχεται (αντίστροφα) όλα τα επίπεδα για να φτάσει στον «χρήστη».

Εάν όμως το πακέτο αυτό πρέπει να **προωθηθεί σε άλλο δίκτυο** προκειμένου να φτάσει στον προορισμό του, επιλέγεται και αποστέλλεται στον επόμενο router. Η επιλογή του κατάλληλου router είναι εργασία του επιπέδου δικτύου.

Έτσι σε κάθε router όπου μεταπηδά ένα πακέτο (είτε προς έναν Η/Υ σε αυτό το δίκτυο, είτε προς τον επόμενο router) η πληροφορία που φτάνει **ξεπακετάρεται μέχρι το επίπεδο του δικτύου** ώστε να είναι δυνατόν να ληφθούν οι σχετικές αποφάσεις και στη συνέχεια προωθείται το πακέτο στον επόμενο παραλήπτη.

Συχνά υπάρχουν **περισσότερες από μία διαδρομές** που οδηγούν το πακέτο προς τον επιθυμητό παραλήπτη. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν διαδικασίες που **επιλέγουν** μια διαδρομή με βάση **διάφορα κριτήρια**, όπως η διαθεσιμότητα των γραμμών και η «κίνηση» που υπάρχει σε κάθε μία ώστε να μην επιβαρύνεται μία γραμμή περισσότερο από κάποια άλλη.

# Πρωτόκολλα του επιπέδου δικτύου



Το πρωτόκολλο IP (Internet Protocol) είναι το πιο βασικό και γνωστό πρωτόκολλο του επιπέδου δικτύου του Internet. Οι βασικοί ρόλοι του είναι:

- Η **δρομολόγηση** (routing) των πακέτων
- Αποφυγή **ανακυκλοφορίας** πακέτων
- Καθορισμός του **σχήματος** διευθυνσιοδότησης

Η **δρομολόγηση** των πακέτων έχει σαν συνέπεια τα πακέτα (ακόμα και όταν έχουν **κοινό** προορισμό) να ακολουθούν **διαφορετικές** διαδρομές. Π.χ. για να σταλεί ένα μήνυμα **από** τον H/Y **κάτω αριστερά** (ροζ) **προς** τον **πάνω δεξιά** (καφέ) είναι πιθανό να ακολουθηθούν – για τα πακέτα του ίδιου μηνύματος – διάφορες διαδρομές όπως:

- Router 1 → Router B → Router 2
- Router 1 → Router A → Router 2
- Router 1 → Router A → Router C → Router 2

Η αποφυγή της **ανακυκλοφορίας** πακέτων κατά τη δρομολόγησή τους χρειάζεται καθώς οι ενδιάμεσοι routers είναι δυνατόν να οδηγήσουν ένα πακέτο να κάνει συνεχώς **κύκλους** ή να παίρνει κατευθύνσεις εντελώς λανθασμένες που οδηγούν σε **ατέρμονες πορείες** στο Internet. Η λύση που έχει δοθεί είναι κάθε πακέτο να ξεκινά με έναν **προκαθορισμένο αριθμό μεταπηδήσεων** (hop count) ή **TTL** (time-to-live), ο οποίος σε κάθε μεταπήδηση που πραγματοποιείται σε έναν router **μειώνεται κατά ένα**. Έτσι εάν κατά τη διαδρομή ενός πακέτου **μηδενιστεί** αυτός ο μετρητής το πακέτο **απορρίπτεται** από το σύστημα.



# Διευθύνσεις IP 1/4

Τα σχήματα της διευθυνσιοδότησης που χρησιμοποιείται σήμερα στο Internet είναι το IPv4 και το IPv6. Το δεύτερο είναι νεότερο και θα αντικαταστήσει πλήρως το πρώτο. Το βασικό πρόβλημα που καλείται να λύσει είναι η εξάντληση των διαθέσιμων διευθύνσεων στο Internet. Εδώ θα εξηγήσουμε τη διευθυνσιοδότηση IPv4.

- Κάθε Η/Υ που ανήκει στο Internet έχει τουλάχιστον μία «διεύθυνση IP». Η οποία όμως είναι μοναδική σε όλο το Internet και δεν είναι δυνατόν να ανήκει σε κανέναν άλλο Η/Υ δικτυωμένο στο Internet. Παράδειγμα συσκευής στο Internet με περισσότερες από μία IP διευθύνσεις είναι όλοι οι routers, μια και ανήκουν σε δύο διαφορετικά δίκτυα, άρα έχουν άλλη διεύθυνση στα πλαίσια του κάθε δικτύου.
- Η διεύθυνση IP είναι ένας αριθμός με 32bits = 4bytes, τα οποία γράφονται ως 4 αριθμοί στο δεκαδικό σύστημα χωρισμένα με τελείες. Για παράδειγμα 192.168.0.5 :

IP	192	168	0	5
	1100 0000	1010 1000	0000 0000	0000 0101

- Κάθε διεύθυνση ανάλογα με το δίκτυο στο οποίο ανήκει χωρίζεται σε δύο μέρη. Το αριστερό τμήμα του αριθμού ονομάζεται τμήμα δικτύου (network part) και το δεξιό, τμήμα υπολογιστή (host part). Το σημείο στο οποίο γίνεται αυτός ο διαχωρισμός διαφέρει κατά περίπτωση και ορίζεται από την μάσκα υποδικτύου (subnet mask).
- Η μάσκα υποδικτύου επίσης μπορεί να παρασταθεί ως μία σειρά από bits με τιμή 1 (για το τμήμα δικτύου) που ακολουθείται από μία σειρά με μηδενικά bits (για το host part). Π.χ.

Mask	255	255	255	0
	1111 1111	1111 1111	1111 1111	0000 0000

# Διευθύνσεις IP 2/4

- Όταν θέλουμε να παραστήσουμε το δίκτυο (και όχι έναν συγκεκριμένο Η/Υ) τότε γράφουμε την IP διεύθυνση με το host part να έχει όλα τα bits μηδενικά. Δίπλα γράφουμε μία κάθετο (/) και ακολουθεί το πλήθος των bits του network part. Π.χ. 192.168.0.0/24
- Όταν δύο Η/Υ έχουν διευθύνσεις με το ίδιο τμήμα δικτύου, τότε λέμε ότι ανήκουν στο ίδιο υποδίκτυο (subnet) και αυτό (πρέπει να) δηλώνει ότι οι υπολογιστές αυτοί μπορούν να επικοινωνήσουν απ'ευθείας χωρίς τη μεσολάβηση κανενός δρομολογητή (router ή gateway).
- Εάν, αντιθέτως, ένας Η/Υ θέλει να επικοινωνήσει με κάποιον άλλο που οι διευθύνσεις τους έχουν διαφορετικό τμήμα δικτύου, τότε το σχετικό πρωτόκολλο θα πρέπει να «απευθύνει» το αίτημα αυτό στον δρομολογητή (router ή gateway) του συγκεκριμένου υποδικτύου.
- Για τις IP διευθύνσεις απαγορεύεται το host part να έχει όλα τους τα bits 0 ή όλα του τα bits 1, ενώ για το δίκτυο θα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 2 αποδεκτές IPs.

Ακολουθία χαρακτήρων				Μάσκα	Είναι αποδεκτή IP?	Είναι αποδεκτή μάσκα?
192	168	0	5	24	Ναι	Όχι
1100 0000	1010 1000	0000 0000	0000 0101			
255	0	0	255	23	Ναι	Όχι
1111 1111	0000 0000	0000 0000	1111 1111			
255	0	0	255	24	Όχι	Όχι
1111 1111	0000 0000	0000 0000	1111 1111			
255	255	255	0	24	Όχι	Ναι
1111 1111	1111 1111	1111 1111	0000 0000			
127	0	0	1	8	Ναι	Όχι
0111 1111	0000 0000	0000 0000	0000 0001			
255	255	255	254	31	Όχι	Όχι
1111 1111	1111 1111	1111 1111	1111 1110			



Εφαρμογής

Μεταφοράς

Δικτύου

Σύνδεσης

# Ασκήσεις αυτοαξιολόγησης

Ακολουθία χαρακτήρων				Μάσκα	Είναι αποδεκτή ως IP?	Αν ΔΕΝ είναι IP ποια είναι η μεγαλύτερη μάσκα ώστε να γίνει?	Είναι αποδεκτή ως μάσκα?
192	168	100	128	24			
10	0	0	1	8			
10	0	10	255	24			
10	10	0	127	24			
127	0	0	1	8			
127	127	127	127	8			
255	255	255	252	30			
255	255	255	252	31			
255	255	0	0	16			
127	127	127	127	28			
10	10	15	255	26			

# Διευθύνσεις IP 3/4

- Εφόσον το υποδίκτυο είναι συνδεδεμένο με άλλα υποδίκτυα, θα πρέπει να υπάρχει και κάποιος **δρομολογητής** (router), ο οποίος θα έχει και αυτός μία **IP διεύθυνση μέσα στο υποδίκτυο** ώστε να επικοινωνούν απευθείας με αυτόν όλοι οι Η/Υ του υποδικτύου.
- Στο Internet όμως **δεν χρησιμοποιούνται όλες οι IP διευθύνσεις** που μπορούν να προκύψουν για τα 32 διαθέσιμα bits. Ενδεικτικά ακολουθούν κάποια απαγορευμένα υποδίκτυα και ο σκοπός ύπαρξής τους:
  - Όλες οι διευθύνσεις του υποδικτύου **127.0.0.0/8** αντιστοιχούν πάντα στον Η/Υ από τον οποίο τις επικαλούμαστε, δηλαδή κάθε πακέτο που αποστέλλεται από έναν Η/Υ προς μια τέτοια διεύθυνση καταλήγει στον ίδιο τον υπολογιστή.
  - Όλες οι διευθύνσεις των υποδικτύων **10.0.0.0/8** , **172.16.0.0/12** και **192.168.0.0/16** χρησιμοποιούνται για ιδιωτικά δίκτυα τα οποία δεν είναι συνδεδεμένα στο Internet, ή τουλάχιστον δεν είναι συνδεδεμένα απευθείας στο Internet.
  - Όλες οι διευθύνσεις του υποδικτύου **224.0.0.0/8** χρησιμοποιούνται σε ειδικού τύπου περιπτώσεις και αυτές του υποδικτύου **240.0.0.0/8** δεν χρησιμοποιούνται καν.
  - Οι διευθύνσεις **169.254.0.0/16** που αποδίδονται στις περιπτώσεις αποτυχίας αυτόματης διευθυνσιοδότησης (DHCP).

Εφαρμογής

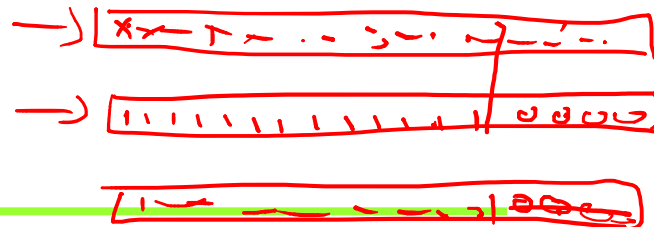
Μεταφοράς

Δικτύου

Σύνδεσης

$a \cdot \beta \rightarrow \begin{matrix} 00 & 0 \\ 01 & 0 \\ 10 & 0 \\ 11 & 1 \end{matrix}$   
 $a \cdot 1 \rightarrow \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{matrix}$   
 $a \cdot 0 \rightarrow 0$

# Διευθύνσεις IP 4/4



Τέσσερις υποδειγματικές ασκήσεις είναι οι ακόλουθες.

**1** Βρίσκονται οι παρακάτω διευθύνσεις IP στο ίδιο υποδίκτυο για μάσκα μήκους 24?

IP1	192	168	0	5
	1100 0000	1010 1000	0000 0000	0000 0101
IP2	192	168	0	12
	1100 0000	1010 1000	0000 0000	0000 1100
Mask	255	255	255	0
	1111 1111	1111 1111	1111 1111	0000 0000

Ναι, επειδή τα 24bits (με κόκκινο) του καθενός είναι ίδια.

**4** Πόσοι υπολογιστές «χωράνε» σε ένα υποδίκτυο συνδεδεμένο στο Internet με μάσκα μήκους 28?

Mask	255	255	255	240
	1111 1111	1111 1111	1111 1111	1111 0000

Βλέπουμε ότι απομένουν 4 bits για το host part, άρα υπάρχουν  $2^4$  διαφορετικές τιμές, όμως η περίπτωση των  $4^{ωv} 0$  και των  $4^{ωv} 1$  δεν επιτρέπονται. Επιπλέον για τη σύνδεση στο Internet πρέπει να προβλέψουμε και ένα IP για τον router, οπότε απομένουν  $2^4 - 3 \times 1 = 13$  IPs = 13 H/Y.

**2** Μπορεί ο router του παρακάτω υποδικτύου να έχει το παρακάτω IP για μάσκα μήκους 20?

Subnet	147	102	208	0
	1001 0011	0110 0110	1101 0000	0000 0000
Router	147	102	222	12
	1001 0011	0110 0110	1101 0000	0000 1100
Mask	255	255	240	0
	1111 1111	1111 1111	1111 0000	0000 0000

Ναι, επειδή τα 20bits (με κόκκινο) του υποδικτύου και του IP είναι ίδια, άρα ανήκουν στο ίδιο υποδίκτυο όπως πρέπει.

**3** Ποιά είναι η μεγαλύτερη μάσκα υποδικτύου για την οποία τα δύο ακόλουθα IPs ανήκουν στο ίδιο υποδίκτυο;

IP1	10	10	10	5
	0000 1010	0000 1010	0000 1010	0000 0101
IP2	10	10	10	21
	0000 1010	0000 1010	0000 1010	0001 1100
Mask	255	255	255	224
	1111 1111	1111 1111	1111 1111	1110 0000

Το 1<sup>ο</sup> ψηφίο (στο δυαδικό σύστημα) στο οποίο διαφέρουν οι δύο διευθύνσεις είναι το 28<sup>ο</sup> άρα για να ανήκουν στο ίδιο υποδίκτυο η μάσκα μπορεί να έχει μήκος μέχρι και 27 ψηφία. Στο δεκαδικό παριστάνεται όπως φαίνεται.

# Το Επίπεδο Μεταφοράς 1/2

Από τη μία πλευρά συχνά η πληροφορία που πρέπει να μετακινηθεί είναι αρκετά μεγάλη (πχ ένα αρχείο έστω και μερικών MB). Από την άλλη τα πακέτα που διακινούνται μέσω δικτύου δεν πρέπει να είναι μεγάλα καθώς κάτι τέτοιο θα δημιουργούσε σοβαρά προβλήματα απόδοσης. Δείτε δύο τέτοιες τυπικές περιπτώσεις:

- Η αποστολή κάθε πακέτου επιτυγχάνει ή αποτυγχάνει εξολοκλήρου, αυτό σημαίνει ότι ένα μικρό σφάλμα (έστω και σε 1 bit) οδηγεί στην επανάληψη της αποστολής, επιβαρύνοντας ξανά το δίκτυο με όλα τα δεδομένα του αρχείου.
- Η επεξεργασία κάθε πακέτου από τον δικτυακό εξοπλισμό απασχολεί τον εξοπλισμό αποκλειστικά με αποτέλεσμα όσο διαρκεί να μην μπορεί καμία άλλη πληροφορία να διακινηθεί από το δίκτυο (τουλάχιστον από το ίδιο κύκλωμα). Άρα ένα μεγάλο αρχείο θα μπορούσε να μπλοκάρει το δίκτυο για αρκετή ώρα.

Προκειμένου να αποφευχθούν τέτοια προβλήματα το επίπεδο μεταφοράς **τεμαχίζει** και «επανασυγκολλά» το αρχικό μήνυμα/αρχείο που δέχεται από το επίπεδο της εφαρμογής σε πακέτα (packets) μικρού μεγέθους. Όπως βλέπουμε στο **επίπεδο δικτύου** κάθε πακέτο έχει την ξεχωριστή δική του τύχη και πορεία. Έτσι εάν παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα επαναλαμβάνεται η αποστολή μόνο αυτού του μικρού πακέτου.

Το μέγεθος επιλέγεται από το σύστημα και αποτελεί έναν συμβιβασμό ανάμεσα στην καθυστέρηση που πιθανώς προκύπτει όταν το μέγεθος είναι μεγάλο και στην αύξηση της πρόσθετης πληροφορίας που εισάγουν τα πολλά μικρά πακέτα.

# Το Επίπεδο Μεταφοράς 2/2

Το επίπεδο μεταφοράς υλοποιείται είτε από το πρωτόκολλο **TCP (Transfer Control Protocol)**, είτε από το **UDP (User Datagram Protocol)**. Η επιλογή ανάμεσα τους βασίζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που έχει το καθένα. Οι δύο βασικές τους διαφορές είναι οι εξής:

- Ο **έλεγχος συνδεσιμότητας**, ο οποίος γίνεται στο πρωτόκολλο TCP, ενώ λείπει στο UDP. Η λειτουργία του συνίσταται στο ότι **πριν** την αποστολή στον κάθε πακέτου πληροφορίας προς τον παραλήπτη, αποστέλλεται **πρώτα** ένα **άλλο πακέτο** που τον ενημερώνει για το επερχόμενο μήνυμα, και του οποίου ο **παραλήπτης βεβαιώνει τη λήψη**. Μόνο τότε αποστέλλεται η ίδια η πληροφορία από το TCP. Αντίθετα το UDP πρωτόκολλο απλά αποστέλλει το μήνυμα και δεν ασχολείται περαιτέρω, **ούτε** καν **ελέγχεται** εάν ο **παραλήπτης** είναι **διαθέσιμος**.
- Η **αξιοπιστία** της μετάδοσης. Στο TCP, ο αποστολέας και ο παραλήπτης συνεργάζονται ώστε να εξασφαλίσουν ότι το αρχικό μήνυμα έχει φτάσει ολόκληρο στον προορισμό του, με ένα σύστημα που χρησιμοποιεί βεβαιώσεις (acknowledgements) και **επαναλήψεις των αποτυχημένων αποστολών**, εξ ου και αποκαλείται **αξιόπιστο** πρωτόκολλο. Τα πακέτα αυτά αριθμούνται από το επίπεδο μεταφοράς του αποστολέα προκειμένου να είναι δυνατή η **επανασυγκόλληση** τους στον παραλήπτη με τη **σωστή σειρά**. Αντίθετα το UDP που αποκαλείται **αναξιόπιστο**, έχει όφελος σε **ταχύτητα** αποστολής των μηνυμάτων, αφού δεν «κουβαλά» αυτόν τον νωθρό μηχανισμό αξιοπιστίας. Έτσι, σε εφαρμογές που έχουν απαιτήσεις **πραγματικού χρόνου** και στις οποίες η αξιοπιστία δεν απαιτείται να είναι 100%, το UDP είναι το ενδεικνυόμενο πρωτόκολλο. Π.χ. στην τηλεφωνία μέσω Internet (VoIP).

Εφαρμογής

Μεταφοράς

Δικτύου

Σύνδεσης

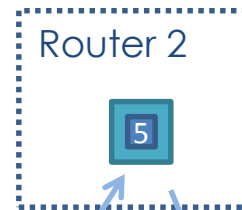
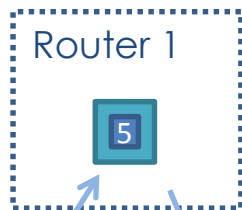
# «Μεταφορά» πληροφορίας

Επίπεδο εφαρμογής



Επίπεδο μεταφοράς

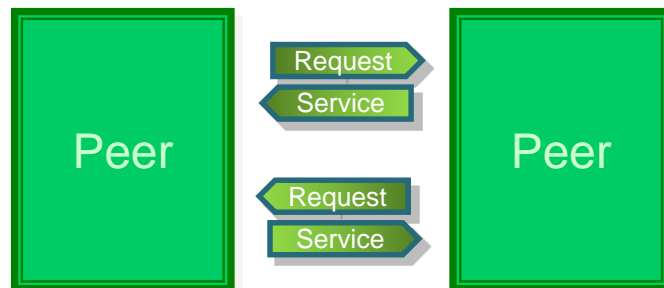
Επίπεδο δικτύου



1 2 3

# Το Επίπεδο Εφαρμογής <sup>1/8</sup>

## Επικοινωνία Ένας-προς-Έναν / Peer-to-peer (P2P)



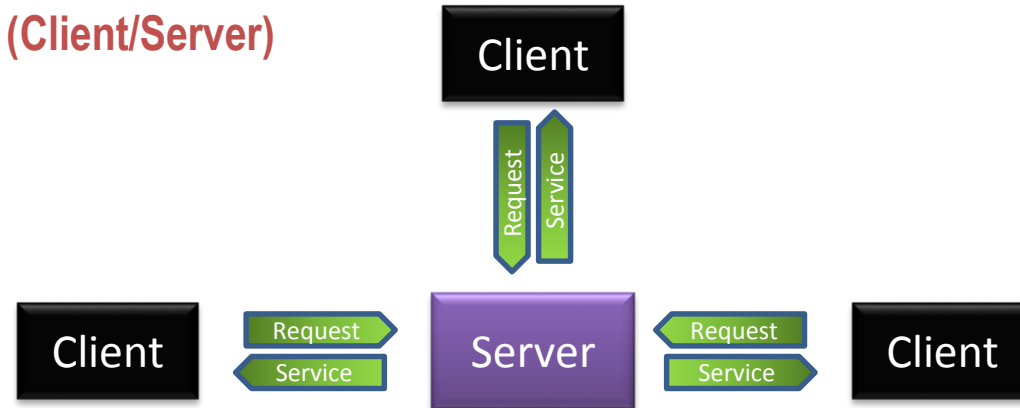
Αυτό το μοντέλο επικοινωνίας είναι ιστορικά **μεταγενέστερο** από το Client/Server που θα δούμε στη συνέχεια. Ονομάζεται επικοινωνία **ένας-προς-έναν** ή **peer-to-peer** (με μνημονική ονομασία P2P), όπου η επικοινωνία μεταξύ των δύο υπολογιστών είναι **ισότιμη**.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της είναι:

- Οι δύο Η/Υ επικοινωνούν σε **ισότιμη** βάση (και οι δύο μπορούν να κάνουν αιτήματα αλλά και να εξυπηρετούν αιτήματα).
- Η επικοινωνία είναι **πρόσκαιρη** και δεν απαιτείται από κάποιον Η/Υ (όπως ήταν ο εξυπηρετητής) να βρίσκεται **διαρκώς** σε **ετοιμότητα** για να ικανοποιήσει τα αιτήματα του άλλου.
- Όπως δηλώνει και το όνομα **οι εμπλεκόμενοι Η/Υ είναι μόνο δύο** και όχι πολλοί (που επικοινωνούν βέβαια ως ζευγάρια) όπως στο μοντέλο Πελάτη/Εξυπηρετητή.

# Το Επίπεδο Εφαρμογής 2/8

## Το Μοντέλο Πελάτη/Εξυπηρετητή (Client/Server)

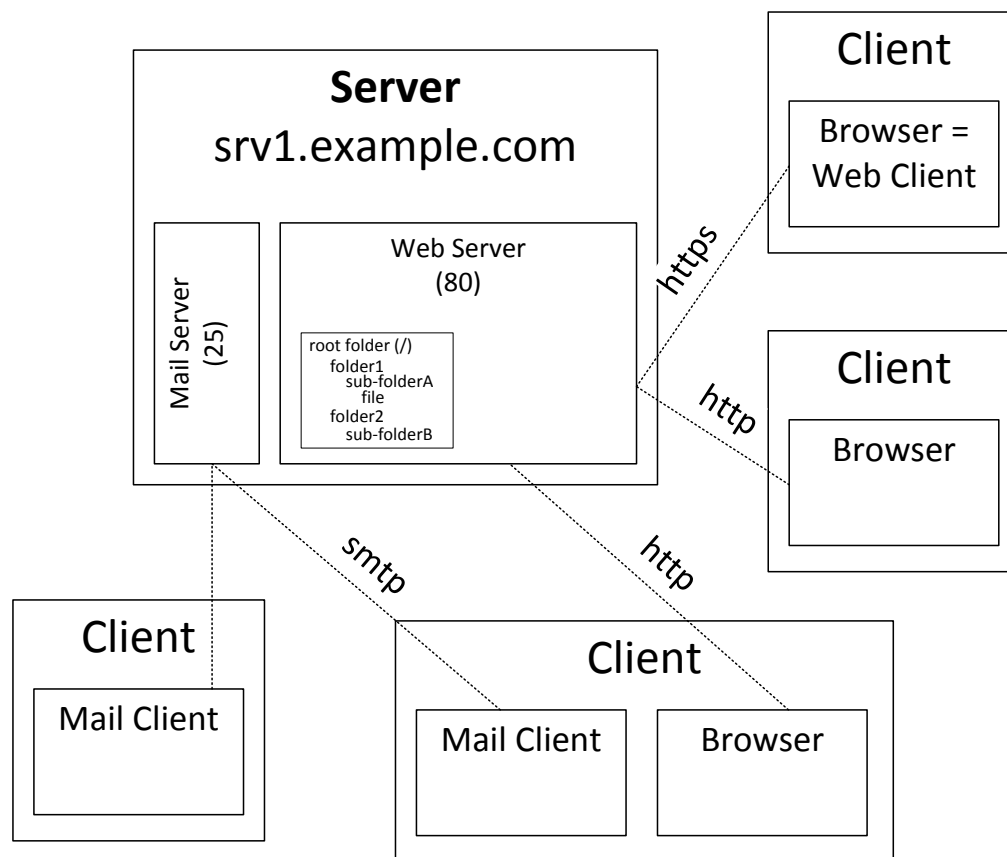


Είναι το πιο γνωστό μοντέλο **επικοινωνίας** των **εφαρμογών**. Τα βασικά σημεία του μοντέλου είναι:

- Ο εξυπηρετητής έχει έναν συγκεκριμένο σκοπό ύπαρξης. Να παρέχει κάποια **υπηρεσία**, π.χ. δυνατότητα εκτύπωσης μέσω δικτύου ή παροχή ιστοσελίδων και γι'αυτό το σκοπό θα πρέπει να είναι συνεχώς διαθέσιμος και **η διεύθυνσή του να είναι γνωστή εκ των προτέρων**.
- Την επικοινωνία μεταξύ των δύο μερών την **ξεκινά** ο εκάστοτε **πελάτης** στέλνοντας ένα «**αίτημα**» (**Request**) π.χ. σχετικά με την εκτύπωση που θέλει να κάνει ή με τη ιστοσελίδα που θέλει να δει.
- Ο **εξυπηρετητής απαντά στο** συγκεκριμένο **πελάτη** με την **παροχή** της **υπηρεσίας** (**Service**) π.χ. αποδοχή ή άρνηση της εκτύπωσης ή αποστολή της σελίδας που ζητήθηκε. Κάποιες φορές σε αυτό το σημείο ολοκληρώνεται και η επικοινωνία (κλείνει η σύνδεση) μεταξύ των δύο λογισμικών.



# Το Επίπεδο Εφαρμογής 3/8



Στο διπλανό σχήμα βλέπουμε έναν υπολογιστή που παρέχει δύο υπηρεσίες μέσω δύο λογισμικών Mail Server & Web Server.

Με τον Mail Server μπορούν/ξέρουν να μιλήσουν μόνο οι Mail Clients (που εκτελούνται σε διάφορους άλλους υπολογιστές). Η επικοινωνία – για την αποστολή μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου – γίνεται με τη χρήση του πρωτοκόλλου SMTP.

Αντίστοιχα με τον Web Server μιλάνε οι Browsers (=web clients). Χρησιμοποιείται είτε το πρωτόκολλο HTTP, είτε το HTTPS.

Όταν έρχεται ένα πακέτο πληροφορίας όμως προς αυτό τον υπολογιστή “server” πως γνωρίζει το σύστημα σε ποιό από τα δύο λογισμικά να παραδώσει το πακέτο;

Αυτό γίνεται επειδή ο κάθε client γνωρίζει για το πρωτόκολλό που εξυπηρετεί, έναν αριθμό που λέγεται θύρα (port) και την οποία έχουν δηλώσει αντίστοιχα ότι την εξυπηρετούν τα κατάλληλα/αντίστοιχα Server λογισμικά.

# Το Επίπεδο Εφαρμογής 4/8

## Συνήθεις Υπηρεσίες

Υπηρεσία	Πρωτόκολλο	Port	Γνωστά προγράμματα “Πελάτες”	Γνωστά προγράμματα “Εξυπηρετητές”
Σελίδες Web ή Ιστοσελίδες	HTTP HTTPS	80 443	Internet Explorer, Firefox, Opera, Safari, Chrome	Apache, nginx, IIS, lighttpd
Μεταφορά αρχείων	FTP	21	FileZilla, SmartFTP, ftp	ftpd, drftpd, glftpd
Telnet	Telnet	23	putty, telnet	-
Secure Shell	SSH	22	putty, ssh	-
Αποστολή E-Mail	SMTP	25	Outlook, Thunderbird, διάφοροι Web clients	postfix , sendmail (αποστολή)
Λήψη E-Mail	POP3 IMAP	110 143		dovecot , IBM Lotus Domino (λήψη) Exchange Server

# Το Επίπεδο Εφαρμογής 5/8

Η υπηρεσία **File Transfer Protocol (FTP)** χρησιμοποιείται για τη **μεταφορά** και **διαχείριση** αρχείων σε **απομακρυσμένο** υπολογιστή.

Όταν κάποιος χρήστης συνδέεται σε έναν FTP server, ανάλογα με τη ρύθμιση του server, μπορεί να απαιτείται ένα όνομα χρήστη και συνθηματικό, αλλιώς μπορεί να δοθεί για όνομα χρήστη η λέξη anonymous και για συνθηματικό το e-mail του χρήστη.

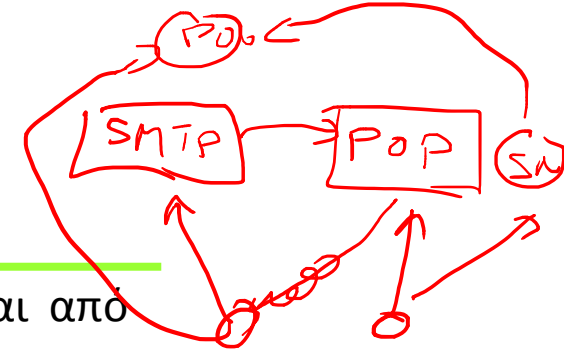
Η ανώνυμη σύνδεση επιτρέπει συνήθως μόνο την **λήψη** αρχείων από τον server.

Η διακίνηση των αρχείων γενικά γίνεται και προς τις **δύο κατευθύνσεις** (αποστολή και λήψη) με βάση τα **δικαιώματα** που έχει δώσει ο διαχειριστής του FTP server στον κάθε **χρήστη**. Ένα βασικό χαρακτηριστικό του FTP είναι ότι η διακίνηση των αρχείων γίνεται με έναν από δύο τρόπους:

- Ως **δυναδικά** δεδομένα (binary ή image)
- Ως δεδομένα **κειμένου** (text)

Προσοχή! Κρίσιμο σημείο είναι ο χαρακτηρισμός ενός αρχείου ως αρχείο κειμένου. Ως τέτοιο νοείται μόνο αρχείο που περιέχει χαρακτήρες μέσα του και όχι αρχεία από κειμενογράφους με μορφοποιημένο κείμενο (π.χ. Wordpad, OpenOffice, Word, κλπ) μια και η αποθήκευση σε αυτά τα προγράμματα γίνεται με δυαδική μορφή.

# Το Επίπεδο Εφαρμογής 6/8



Η υπηρεσία **ηλεκτρονικής αλληλογραφίας** ή ταχυδρομείο (**e-mail**) αποτελείται από δύο υπηρεσίες. Η πρώτη αφορά την **αποστολή** των **μηνυμάτων** προς κάποιον server ο οποίος αποθηκεύει τα μηνύματα στις θυρίδες των χρηστών. Το πρωτόκολλο αυτό ονομάζεται **SMTP** (**Simple Mail Transfer Protocol**). Η δεύτερη αφορά την **λήψη** και **διαχείριση** των **μηνυμάτων** από τους **παραλήπτες** και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε το **POP3** (**Post Office Protocol**) είτε το **IMAP** (**Internet Mail Access Protocol**).

Για την αποστολή και λήψη μηνυμάτων είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας **θυρίδας**, δηλαδή μίας «**διεύθυνσης e-mail**» όπως συνηθίζουμε να λέμε. Στη διεύθυνση διακρίνονται δύο μέρη: Το όνομα του **χρήστη** και το όνομα του **domain** (το οποίο συνεπάγεται τη διεύθυνση του **server**), τα οποία ενώνονται με το σύμβολο **@**.

Ο χώρος κάθε θυρίδας είναι πεπερασμένος και ο χρήστης πρέπει να φροντίζει να έχει πάντα αρκετό χώρο ώστε να λαμβάνει νέα μηνύματα.

Στο e-mail υπάρχουν δύο τυπικές **κακόβουλες** περιπτώσεις:

- Τα **διαφημιστικά** «απρόσκλητα» e-mail (που ονομάζονται **spam**) και
- Μετάδοση **ιών** επειδή σε κάθε μήνυμα είναι δυνατή η **επισύναψη** αρχείων

Για τους λόγους αυτούς πλέον το σύστημα των e-mails έχει γίνει αρκετά περίπλοκο και δύσκολο να συντηρηθεί από τους παρόχους που προσπαθούν με διάφορες μεθόδους να λύνουν αυτά τα προβλήματα.

# Το Επίπεδο Εφαρμογής 7/8

Η υπηρεσία **HyperText Transfer Protocol (HTTP)** χρησιμοποιείται για τη μεταφορά παρουσίαση σελίδων Web (**ιστοσελίδων**) στον **φυλλομετρητή** (browser) ενός χρήστη.

Οι ιστοσελίδες είναι αποτελούνται από ένα βασικό αρχείο σε μορφή **HTML (HyperText Markup Language)** και διάφορα άλλα βοηθητικά αρχεία σχετικά με την εμφάνιση της σελίδας (π.χ. εικόνες).

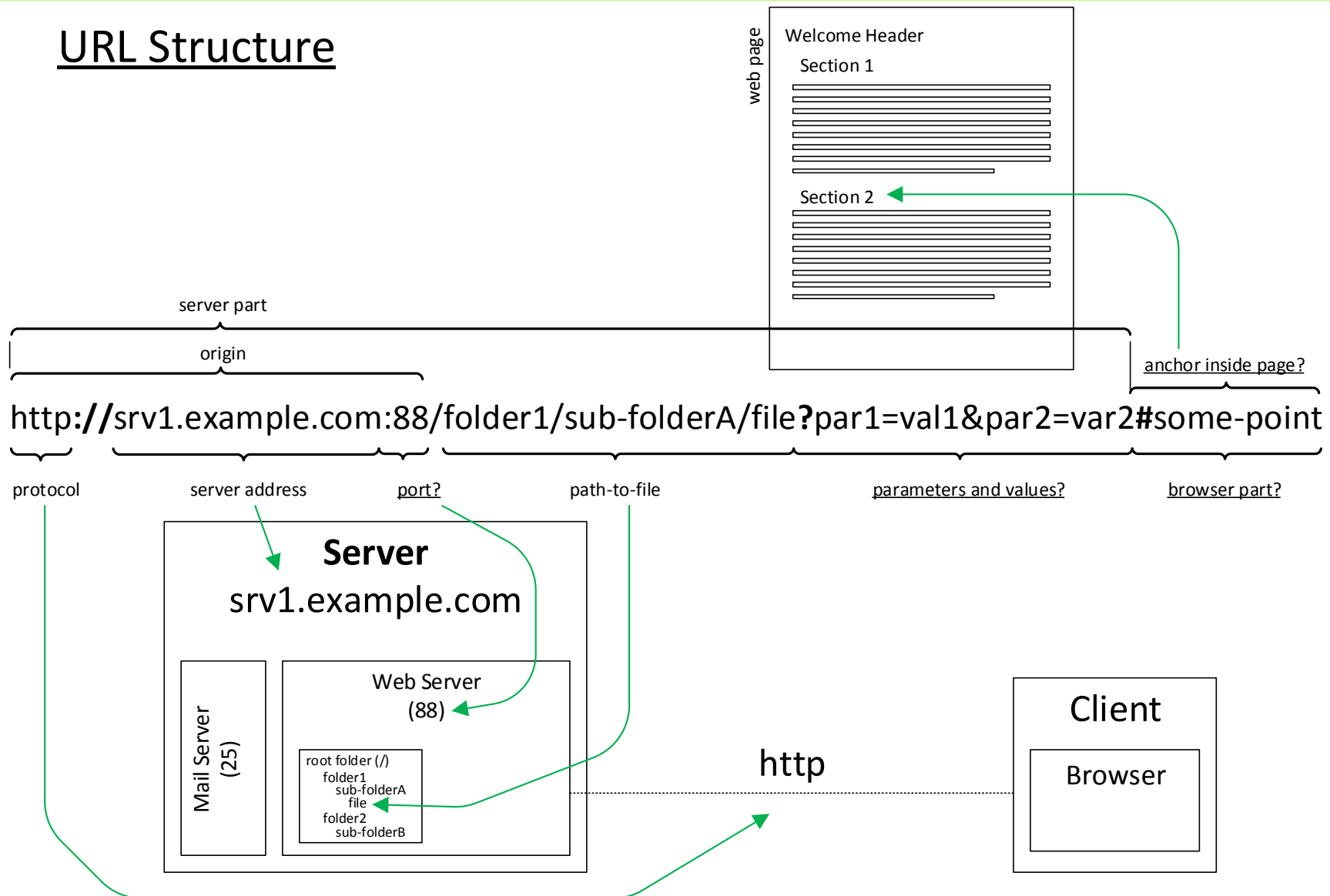
Όταν κάποιος χρήστης δώσει μία διεύθυνση στον φυλλομετρητή του, τότε αυτός στέλνει ένα **αίτημα** προς τον “Web Server” ο οποίος αποστέλλει το **αρχείο HTML**. **Μέσα** στο αρχείο αυτό αναφέρονται οι διευθύνσεις όλων των βοηθητικών αρχείων που απαιτούνται για τη σωστή παρουσίαση αυτής της σελίδας. Αφού ο φυλλομετρητής κάνει τα αντίστοιχα **αιτήματα** και λάβει όλα τα απαραίτητα αρχεία, παρουσιάζει τη σελίδα στον χρήστη.

Το σύνολο των Web Servers αποτελεί τον **Παγκόσμιο Ιστό** (World Wide Web ή WWW). Σε αυτό το σημείο είναι ευκαιρία για να δούμε τις δύο παρακάτω έννοιες οι οποίες δεν περιορίζονται στον Παγκόσμιο Ιστό, όμως είναι το κατεξοχήν σημείο που τις συναντάμε.

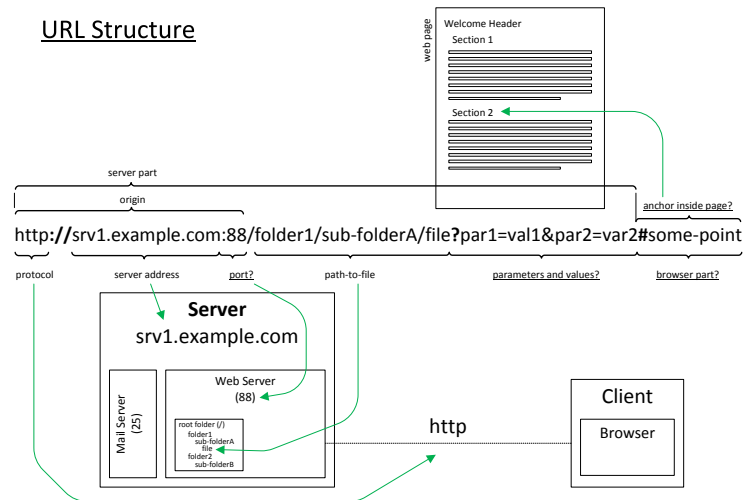
- Ο **Universal Resource Locator** ή **URL** που είναι αυτό που λέμε η **διεύθυνση** ενός αρχείου στον παγκόσμιο ιστό
- Η υπηρεσία **ονοματοδοσίας** (**Domain Name System** ή **DNS**)

# Διευθύνσεις URL 1/2

## URL Structure



# Διευθύνσεις URL 2/2



Σε αυτή την εικόνα μπορούμε να δούμε όλα τα τμήματα μίας **διεύθυνσης** (URL) στην πιο γενική της περίπτωση. Όταν δίπλα η περιγραφή ενός τμήματος είναι υπογραμμισμένη και ακολουθείται από το `?`, τότε αυτό το τμήμα μπορεί να παραληφθεί (πχ port?)

Αρχικά βλέπουμε ότι το URL χωρίζεται σε τμήμα που αφορά τον **server** και σε τμήμα που αφορά τον **client**. Αυτά διαχωρίζονται μεταξύ τους με το σύμβολο `#`.

Το τμήμα του server ξεχωρίζουμε αρχικά το **πρωτόκολλο επικοινωνίας** (το οποίο καθορίζει και το **τυπικό port** στο οποίο επικοινωνεί ο client με τον server π.χ. Για το web το port 80). Ακολουθεί το `://` και μετά το **όνομα του server** (που αντιστοιχεί στη διεύθυνση του μηχανήματος που φιλοξενεί το λογισμικό web server). Εάν αυτός ο server δεν λειτουργεί στο προκαθορισμένο port για την υπηρεσία, τότε μπορούμε να το ορίσουμε με το `:` και τον αριθμό του **πραγματικού port** (εδώ 88).

Ακολουθεί η **διαδρομή** στον **δίσκο του server**, στην οποία θα βρεθεί το ζητούμενο **αρχείο**. Εάν το αρχείο αυτό **δεν είναι εκτελέσιμο αποστέλλεται** στον client. **Εάν είναι** τότε **εκτελείται** και **αποστέλλεται** το **αποτέλεσμά**. Στην περίπτωση της εκτέλεσης μπορούν να δοθούν **παράμετροι με τιμές** όπως η παράμετρος `par1` με τιμή `val1`, κτλ

# Το Επίπεδο Εφαρμογής 8/8

Η υπηρεσία **ονοματοδοσίας** (**Domain Name System** ή **DNS**) χρησιμοποιείται για την αντιστοίχιση των ονομάτων των domains (τομέων) σε διευθύνσεις IP (IPv4 αλλά και IPv6).

Αυτή η υπηρεσία είναι πολύ βασική για τη λειτουργία του Διαδικτύου και φυσικά του Παγκόσμιου Ιστού.

Αποτελεί άλλη μία περίπτωση **πρωτοκόλλου εφαρμογής**. Συνήθως ο **client** για αυτή την υπηρεσία είναι **ενσωματωμένος** στο **λειτουργικό σύστημα** (όπως και όλα τα επίπεδα εκτός του επιπέδου εφαρμογής). Γι'αυτό τον λόγο η **ρύθμιση** ενός υπολογιστή για πρόσβαση στο Διαδίκτυο προϋποθέτει τον **καθορισμό έστω ενός DNS Server**.

Κάθε φορά που θέλουμε να αναφερθούμε σε κάποιο υπολογιστή με το **όνομα** του π.χ. `www.mech.ntua.gr` ο υπολογιστής μας (ο οποίος **χρειάζεται την IP διεύθυνσή** για να επικοινωνήσει):

1. Ρωτάει τον **δηλωμένο DNS server** ποιά είναι η IP διεύθυνση που του αντιστοιχεί. Εάν αυτός δεν το «γνωρίζει (ήδη)» (πολύ πιθανό)...
2. Ρωτάει τους **αρχικούς DNS servers** οι οποίοι γνωρίζουν πως να καθοδηγήσουν για να βρεθεί το ζητούμενο. Αυτοί με τη σειρά τους **γνωρίζουν τις διευθύνσεις των DNS servers** που μπορούν να καθοδηγήσουν για την εύρεση του ζητούμενου, **βάσει του δεξιότερου κομματιού της διεύθυνσης** (εδώ `.gr`, αλλά γενικότερα `.com`, `.edu`, `.it`, κτλ). Αυτό ονομάζεται **top level domain** (ή TLD).
3. Κατόπιν ζητά από τον κατάλληλο DNS server (που γνωρίζει για το `.gr`) που θα βρεί το `ntua.gr`
4. Και πάλι ρωτά τον DNS που γνωρίζει για το `ntua.gr` που θα βρει τον DNS που γνωρίζει για το `mech.ntua.gr`,  
ΚΟΚ

Όταν σε **οποιοδήποτε** σημείο της παραπάνω διαδικασίας βρεθεί η απάντηση, τότε αυτή επιστρέφεται στον client διαμέσου του DNS server του client, αυτού που ρωτήθηκε αρχικά δηλαδή.

Σε όλα αυτά τα συστήματα οι απαντήσεις (ενδιάμεσες και τελικές) **αποθηκεύονται** για καθορισμένο χρονικό διάστημα ώστε να **αποφεύγονται** οι άσκοπες **συνεχείς κλήσεις** προς τους **DNS Servers**. Για κάθε απάντηση ο **χρόνος αποθήκευσης** διαφέρει και ονομάζεται **TTL (time-to-live)**. Τα TTL δίνονται από τους DNS Server ως **μέρος των απαντήσεων**.



# Επίλογος

---

Σε αυτή την παρουσίαση καλύφθηκε το 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο του του Forouzan, 3<sup>η</sup> έκδοση. Έχουν παραληφθεί οι παράγραφοι (με \* σημειώνονται παράγραφοι χρήσιμες για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών):

- 6,1,4 \*
- 6.2.1 \*
- 6,2,6
- 6,2,7
- 6,6
- 6,7

Καθώς και μικρά τμήματα των παραγράφων

- 6,2,9
- 6,5,2

Χρήσιμες ασκήσεις είναι οι:

- Γ6-6
- Γ6-8
- Γ6-10 – Γ6-12
- Π6-10
- Π6-11

Όσοι θέλετε να εμβαθύνετε μπορείτε να βρείτε αρκετά καλό υλικό στο Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_protocol\\_suite](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_protocol_suite)