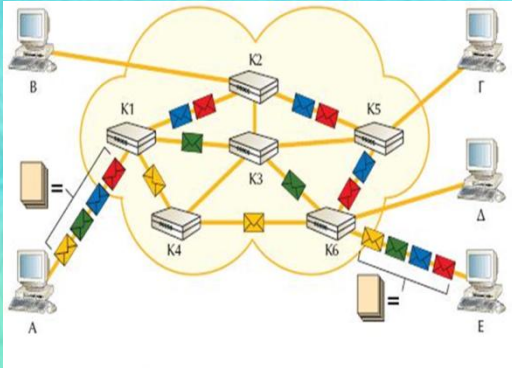
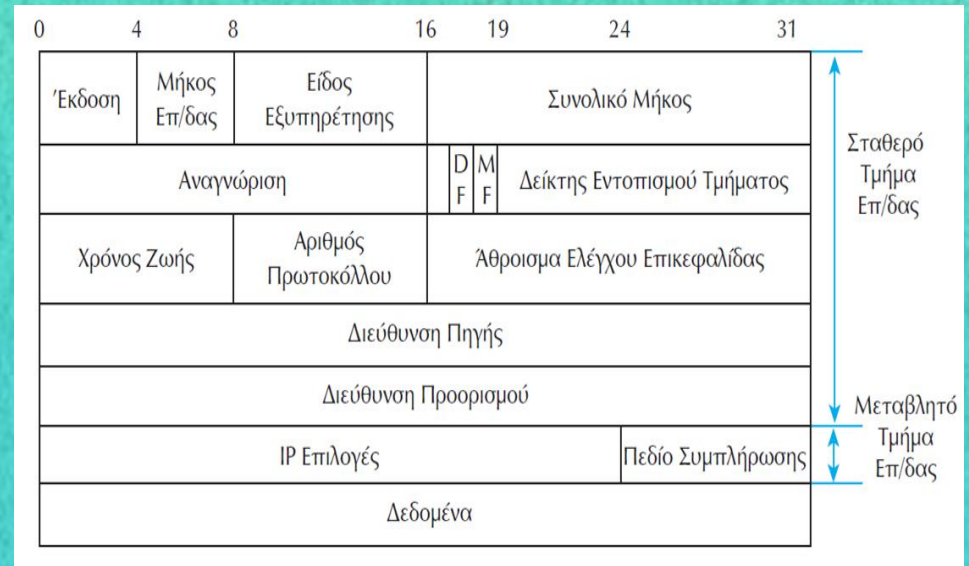




ΚΕΦ. 3.2

Το Αυτοδύναμο Πακέτο *IP-Datagram*

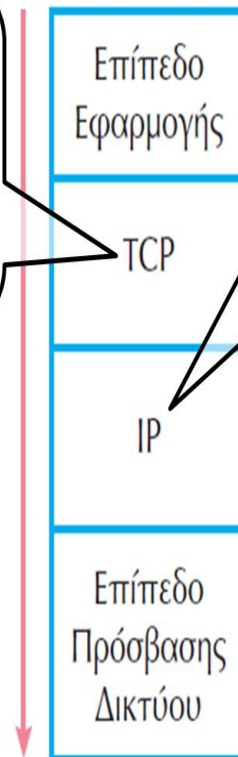


Το αυτοδύναμο πακέτο και η λειτουργία του

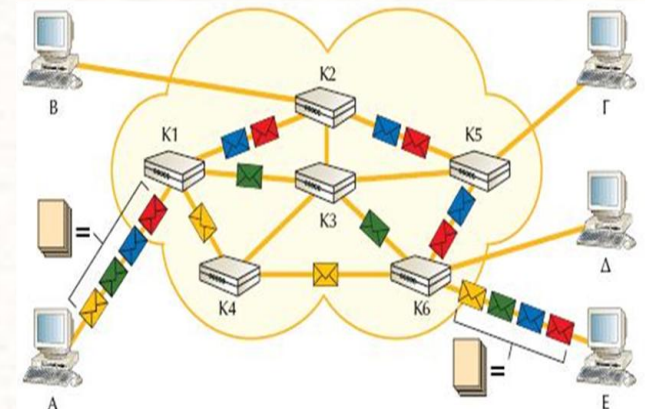


- Το **πρωτόκολλο Διαδικτύου** (Internet Protocol -**IP**) ενθυλακώνει τα πακέτα δεδομένων που του προωθούνται από το ανώτερο επίπεδο (μεταφοράς) σε **αυτοδύναμα πακέτα** (datagrams)
- Κάθε αυτοδύναμο πακέτο ακολουθεί το δικό του αυτόνομο δρόμο προς τον προορισμό περνώντας από τους ενδιάμεσους δρομολογητές του Διαδικτύου
- Σε κάθε δρομολογητή το πακέτο ανεβαίνει μέχρι το επίπεδο διαδικτύου για να ελεγχθεί η IP διεύθυνση του προορισμού.

Υπεύθυνο για την αξιόπιστη μεταφορά είναι το TCP

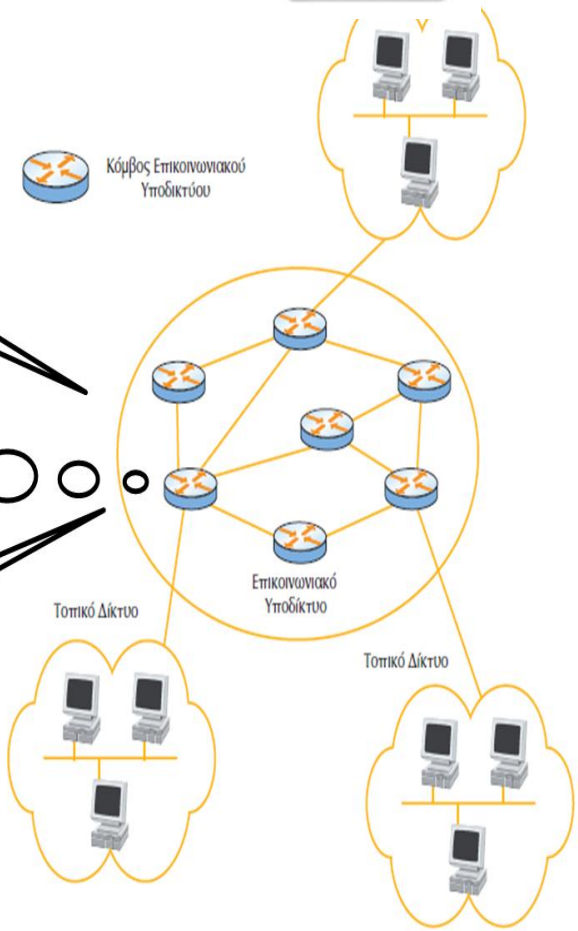
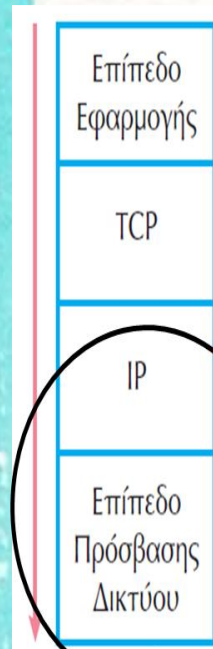
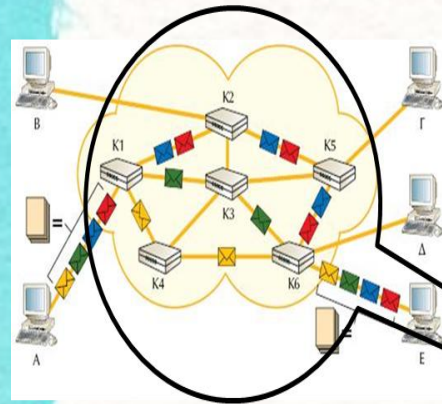


Το πρωτόκολλο Διαδικτύου (Internet Protocol: IP) βασίζεται στην ιδέα των αυτοδύναμων πακέτων (datagrams) τα οποία μεταφέρονται χωρίς αξιοπιστία από την πηγή στο προορισμό.



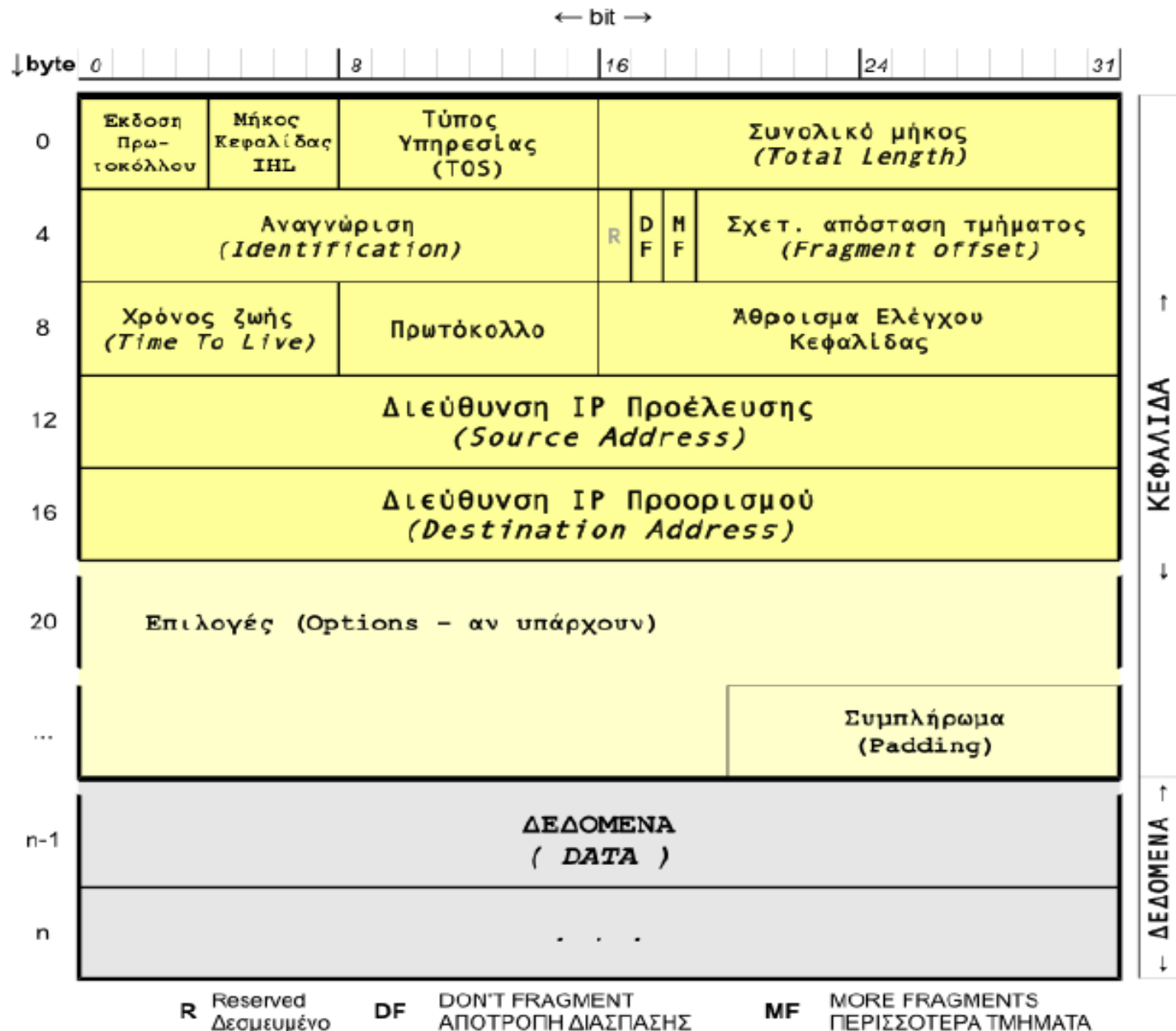
Το αυτοδύναμο πακέτο και η λειτουργία του

- Στην επικεφαλίδα των πακέτων το πρωτόκολλο **IP** προσθέτει, σε αντίστοιχα πεδία, όλες τις απαραίτητες διαχειριστικές πληροφορίες ώστε να γίνει εφικτή η εύρεση του προορισμού και η επιτυχής δρομολόγηση από τα πρωτόκολλα δρομολόγησης που τρέχουν στους δρομολογητές
- Οι σημαντικότερες από αυτές είναι η **διεύθυνση IP προέλευσης** (source IP) και η **διεύθυνση IP προορισμού** (destination IP), μήκους 32bit η καθεμία.



Σχήμα 7-2 Γενική εικόνα δικτύου υπολογιστών

Δομή Αυτοδύναμου Πακέτου



IP DATAGRAM

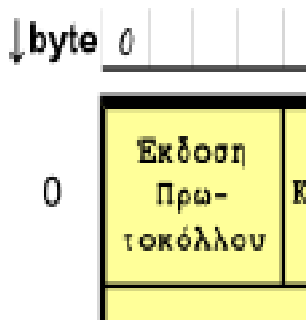
32 bits

1^η λέξη

B
Y
T
E
S



Πεδία 1^{ης} Λέξης



Έκδοση πρωτοκόλλου (version) μήκους 4 bit, δηλώνει την έκδοση του χρησιμοποιούμενου πρωτοκόλλου Διαδικτύου (4: IPv4, 6: IPv6).
(Στην περίπτωση του IPv6 η επικεφαλίδα διαφοροποιείται κι έχει ελάχιστο μήκος 40 bytes κι όχι 20 bytes...)

0100

IP DATAGRAM



IP v4

0110

IP DATAGRAM



IP v6



Μήκος επικεφαλίδας (Internet Header Length - **IHL**) μήκους 4 bit, εκφράζει το μήκος της επικεφαλίδας σε λέξεις των 32 bit (4άδες byte). Το ελάχιστο μήκος είναι 5 λέξεις ή 20 byte και το μέγιστο 15 λέξεις ή 60 byte (=15x4)

(Στην περίπτωση του IPv6 η επικεφαλίδα διαφοροποιείται και έχει ελάχιστο μήκος 40 bytes)

IP DATAGRAM

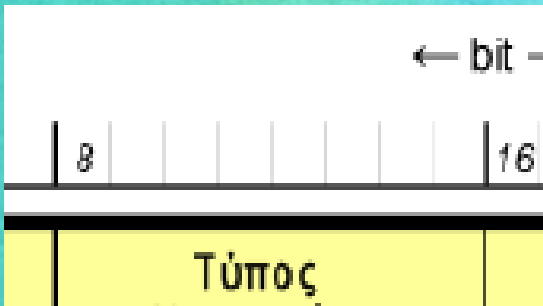


IP DATAGRAM

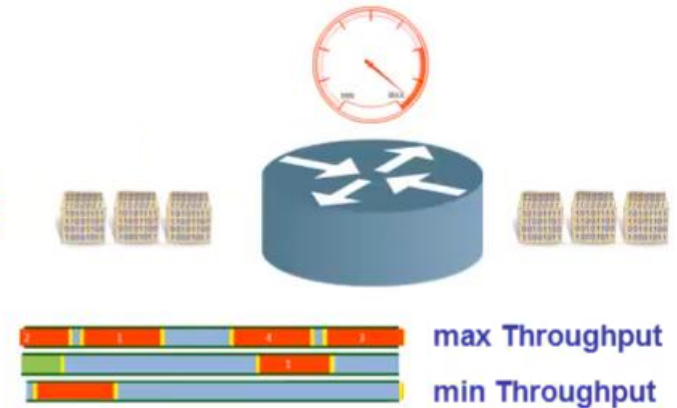


- **Τύπος της Υπηρεσίας** (Type of Service)

μήκους 8 bit, περιγράφει

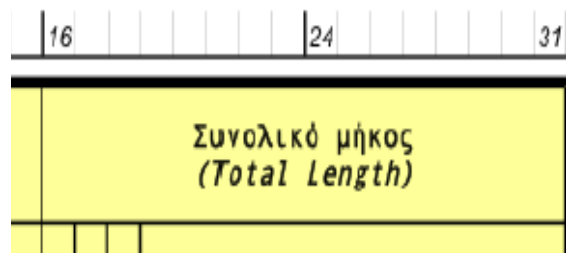


Πώς πρέπει **να χειριστεί** το πακέτο **κάθε κόμβος** δίνοντας **προτεραιότητα** στην ταχύτητα, εάν επιτρέπεται δηλαδή **να καθυστερήσει ή όχι**, στην **αξιοπιστία** ή στο **ρυθμό διακίνησης** (throughput).



Σε νεότερη αναθεώρηση, το **RFC2474** αλλάζει τη σημασία του συγκεκριμένου πεδίου ώστε να υποστηρίζει ένα σύνολο διαφοροποιημένων υπηρεσιών και το ονομάζει Differentiated Services Code Point - **DSCP** (6 bit). Το RFC3168 χαρακτηρίζει τα υπόλοιπα 2 bit ως ρητή ειδοποίηση συμφόρησης, Explicit Congestion Notification - **ECN** (2 bit). Οι αλλαγές σκοπό έχουν να υποστηρίξουν υπηρεσίες με ιδιαίτερες απαιτήσεις όπως μεταφορά φωνής σε πραγματικό χρόνο (VoIP)

- bit →



Συνολικό μήκος (Total length) είναι πεδίο μήκους 16 bit και δίνει το συνολικό μήκος του αυτοδύναμου πακέτου (επικεφαλίδα+ δεδομένα) σε byte.

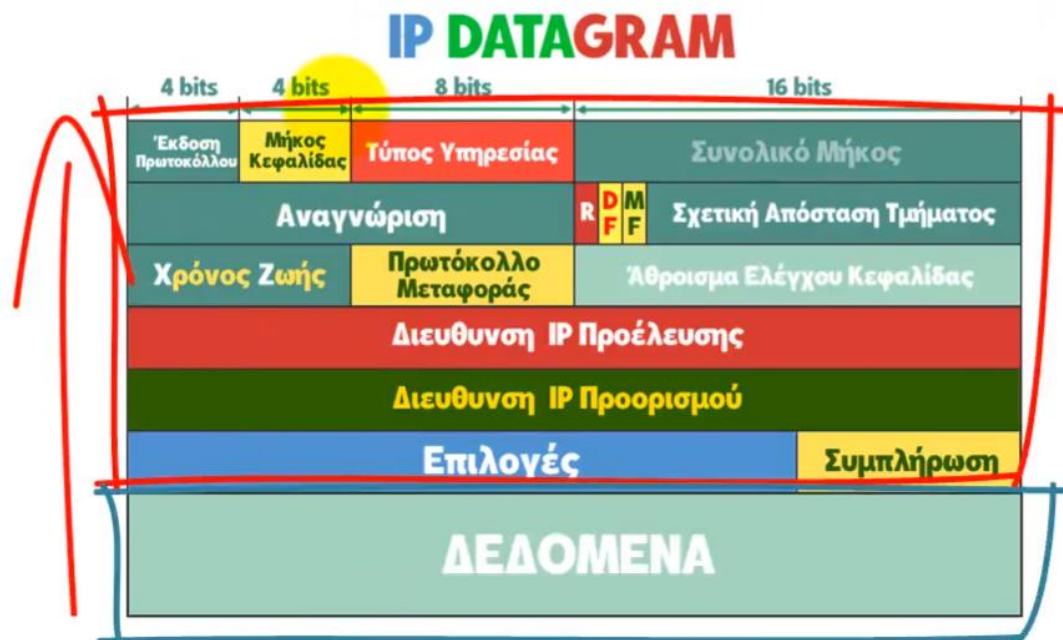
Μπορεί να πάρει τιμές από 20 που είναι το ελάχιστο μήκος της επικεφαλίδας χωρίς δεδομένα μέχρι 65535 (=16 άσοι).

Αυτό σημαίνει ότι το **μέγιστο μέγεθος** αυτοδύναμου πακέτου IP που υποστηρίζει το **πρωτόκολλο IPv4** είναι **65535 bytes**.



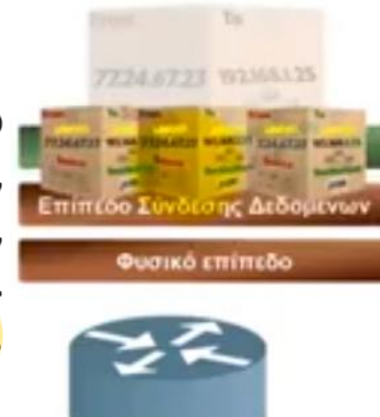
Το πεδίο **Συνολικό μήκος** (Total length) μήκους 16 bit(1111111111111111),

δίνει το συνολικό μήκος του αυτοδύναμου **ΠΑΚΕΤΟΥ** (επικεφαλίδα + δεδομένα) **σε byte**.

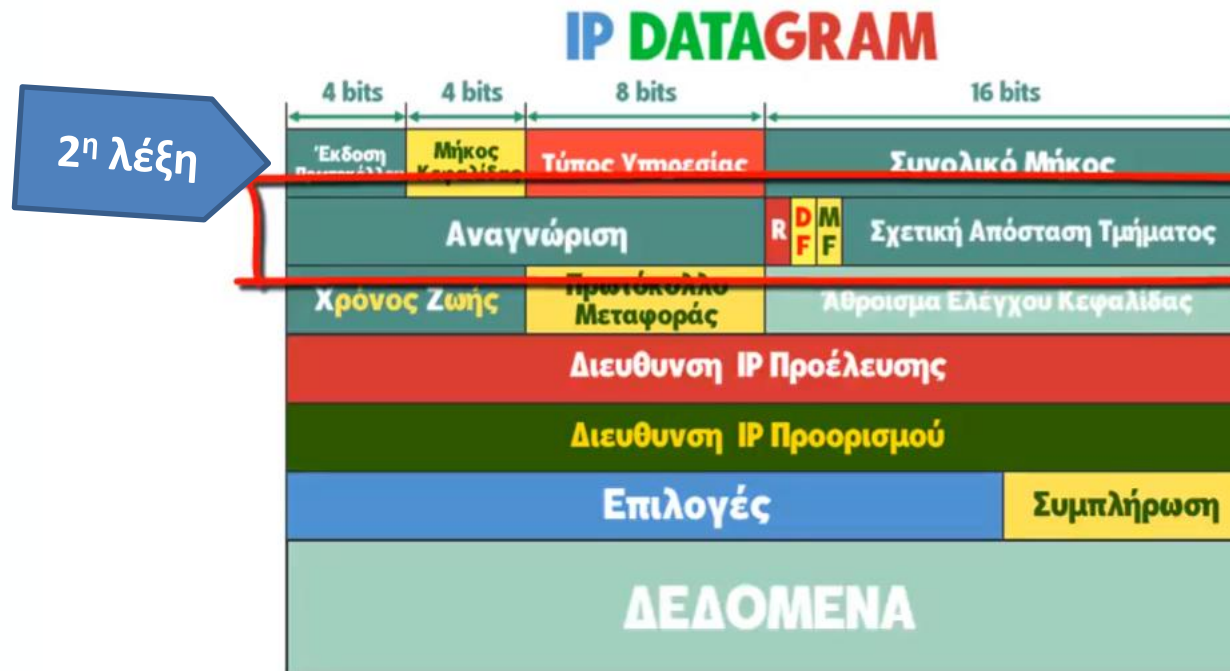


Πεδία 2^{ης} Λέξης

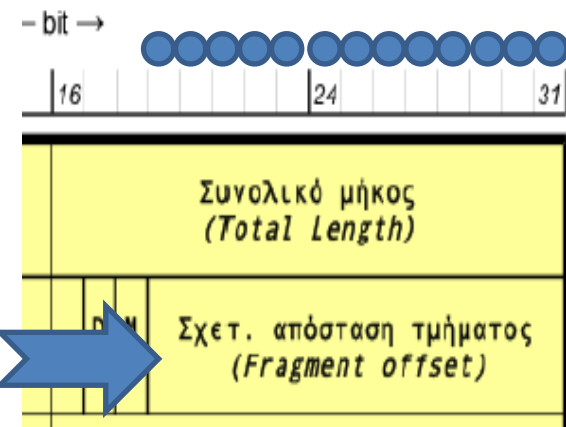
Όταν το πακέτο πρόκειται να διέλθει από δίκτυο το οποίο στο δεύτερο επίπεδο (ζεύξης δεδομένων) υποστηρίζει πλαίσια μικρότερου μεγέθους από το αυτοδύναμο πακέτο, τότε μοναδικός τρόπος για να εξυπηρετηθεί είναι να διασπαστεί σε μικρότερα **τμήματα**, να περάσουν από το δίκτυο και στον προορισμό να επανασυνδεθούν στο αρχικό πακέτο IP. Τα κομμάτια αυτά του αρχικού πακέτου, τα τμήματα, αποτελούν **νέα αυτοδύναμα πακέτα**.



Τα **πεδία** της **επόμενης, δεύτερης λέξης** των **32 bit** του αυτοδύναμου πακέτου, χρησιμοποιούνται για την περίπτωση που απαιτείται **διάσπαση ή κατάτμηση (fragmentation)** του πακέτου IP.



Αναγνώριση (Identification), μήκους 16 bit, το οποίο είναι η ταυτότητα του πακέτου. Το πεδίο αυτό είναι διαφορετικό σε κάθε πακέτο αλλά ίδιο στα πακέτα που είναι τμήματα του ίδιου αρχικού πακέτου.



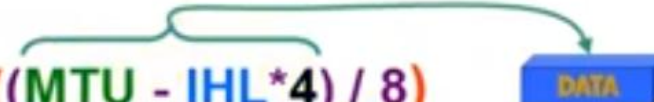
Σχετική απόσταση τμήματος (Fragment Offset)

Για να μπορέσει ο υπολογιστής προορισμού να τα βάλει με τη **σωστή σειρά** χρησιμοποιείται το πεδίο **Σχετική Θέση Τμήματος (Fragment Offset)**, μήκους **13 bit**, η οποία δείχνει τη **σχετική απόσταση** του τμήματος **από την αρχή** του αρχικού πακέτου **σε οκτάδες (8x) byte**.

IP DATAGRAM



Η **Σχετική Θέση Τμήματος** η οποία αναφέρεται και ως **Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος (ΔΕΤ)**, είναι ένας **αριθμός** ο οποίος υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Fragment_offset} = n \cdot \text{INT}((\text{MTU} - \text{IHL} \cdot 4) / 8)$$


όπου **INT()**: η συνάρτηση ... το **ακέραιο μέρος** του ()..., π.χ. **INT(5.8)=5**

MTU: Maximum Transmission Unit δηλ. το **μέγιστο μήκος δεδομένων** του πλαισίου στο δίκτυο **2ου επιπέδου**



242 Διευθυντές Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο(MAC) -δομή πλαισίου Ethernet- Πλαίσια Ethernet μεγάλου μεγέθους(Lumbo frames)
 Το μήκος των δεδομένων του **ωφέλιμου φορτίου** του πλαισίου μπορεί να φτάσει από 46 μέχρι 1500 οκτάδες και ονομάζεται **Μέγιστη μονάδα εκπομπής MTU (Maximum Transmission Unit)**.



Στην ουσία **Δεδομένα+Επικεφαλίδες**

IHL: Internet Header Length δηλαδή το **μήκος της επικεφαλίδας** του πακέτου IP.

Θυμηθείτε ότι **εκφράζεται σε λέξεις** των 32bit ή **4άδες** byte.
 Η τιμή που **μας ενδιαφέρει** είναι **σε byte**.

IHL*4 Αφού κάθε IHL έχει 4 bytes , άρα πολλαπλασιάζουμε με 4.

η: 0 για το **πρώτο τμήμα**, **1** για το **δεύτερο** κ.ο.κ.



Για το **πρώτο τμήμα** η σχετική απόσταση τμήματος είναι **πάντα μηδέν (0)**.

Στη διαδικασία της κατάτμησης σημαντικό ρόλο παίζουν και οι σημαίες MF και DF.

Οι σημαίες είναι μεμονωμένα bit των οποίων η κατάσταση είναι 1 ή 0 και έχουν να δηλώσουν κάτι.

R	D	M
	F	F

- Σημαία **MF** (More Fragments), δηλώνει την ύπαρξη ή όχι περισσότερων τμημάτων

Όταν είναι ενεργοποιημένη (1) δηλώνει ότι ακολουθούν και άλλα τμήματα ενώ όταν είναι απενεργοποιημένη (0) δηλώνει ότι είναι το τελευταίο τμήμα διασπασμένου πακέτου ή μεμονωμένο πακέτο.

- Σημαία **Αποτροπή Διάσπασης (DF-Don't Fragment)** καταδεικνύει αν το πακέτο μπορεί να διασπαστεί περεταίρω ή όχι.

Εάν για οποιοδήποτε λόγο το πακέτο δεν πρέπει να διασπαστεί τότε το DF=1. Έτσι στη δρομολόγηση του πακέτου θα ακολουθηθεί διαδρομή που δεν απαιτεί διάσπαση ή αν αυτό δεν είναι δυνατό, το πακέτο θα απορριφθεί και ενδεχομένως να ειδοποιηθεί ο αποστολέας για την ενέργεια αυτή του δικτύου.

Στο πρωτόκολλο IPv6 η διάσπαση των πακέτων διενεργείται μόνο από τον υπολογιστή προέλευσης με βάση το μικρότερο MTU της διαδρομής (Path MTU - PMTU) και όχι από τους ενδιάμεσους δρομολογητές.

Πεδία 3^{ης} Λέξης

3^η λέξη

Χρόνος ζωής
(Time To Live)

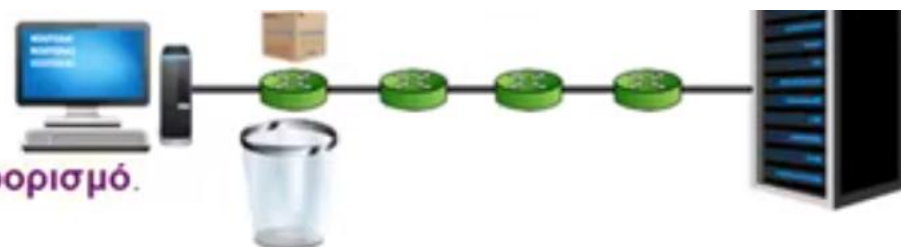
Χρόνος Ζωής (Time To Live - TTL) είναι πεδίο μήκους 8 bit, ξεκινά από τον αποστολέα με μια αρχική τιμή, **συνήθως 64**, και κάθε δρομολογητής, από τον οποίο διέρχεται το πακέτο, μειώνει την τιμή κατά ένα. Όταν η τιμή **μηδενιστεί** το πακέτο **απορρίπτεται** και επιστρέφεται στον αποστολέα διαγνωστικό μήνυμα σφάλματος υπέρβασης χρόνου (time exceeded).



- Κάθε διέλευση του πακέτου από κόμβο χαρακτηρίζεται αναπήδηση (hop). Έτσι το συγκεκριμένο πεδίο μπορεί να χαρακτηριστεί και **αντίστροφος μετρητής αναπηδήσεων** (hops).
- Πρακτικά λειτουργεί ως **όριο απόρριψης του πακέτου** όταν αυτό έχει καθυστερήσει, έχει χαθεί στη διαδρομή ή έχει συμβεί κάποιο σφάλμα με τη διεύθυνση προορισμού και περιφέρεται άσκοπα στο δίκτυο. (tracert ή tracerout του ICMP)

Το πεδίο αυτό χρησιμοποιεί η εντολή **tracert** ή **tracert** για να **ιχνηλατήσει** τη **διαδρομή**, να **καταγράψει** δηλαδή τους **ενδιάμεσους κόμβους** από τους οποίους **διέρχονται** τα **πακέτα** προς ένα **προορισμό**.

Στέλνει διαδοχικά **πακέτα** με **TTL** αρχικά **1** και στη συνέχεια το **αυξάνει** κατά **ένα**.



```
Γραμμή εντολών - tracert www.videolearner.com

C:\Users\Spyros Zygoiris>tracert www.videolearner.com

Tracing route to videolearner.com [192.185.52.171]
over a maximum of 30 hops:

  0  4 ms  3 ms  3 ms  speedport-entry-21.ote.gr [192.168.1.1]
  1 10 ms  9 ms  8 ms  10.106.100.67 [10.106.100.67]
  2 10 ms  9 ms  7 ms  77.120.240.217
  3 10 ms  8 ms  8 ms
```

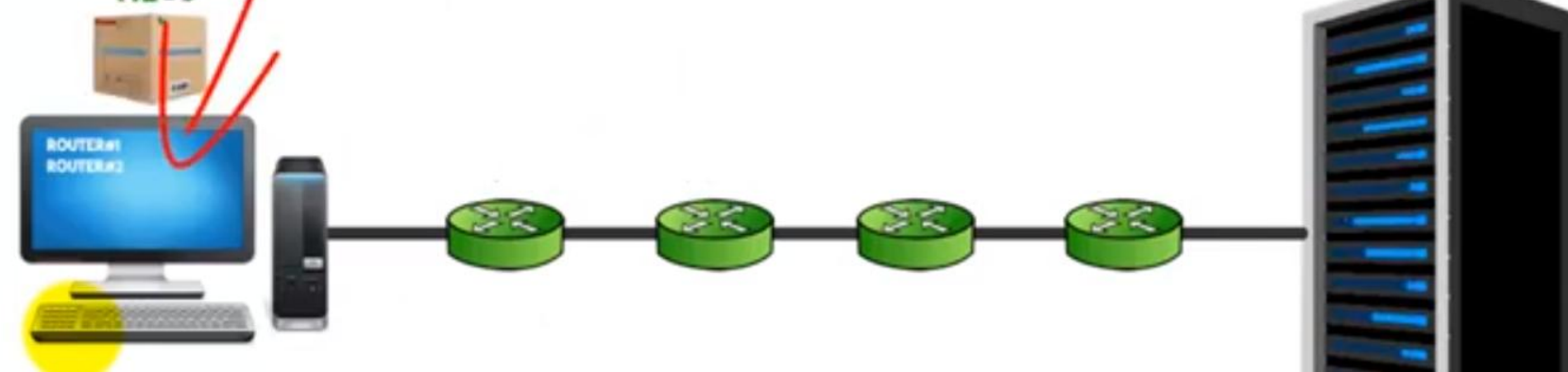
Έτσι στο **πρώτο πακέτο** το πεδίο **TTL** με τιμή **1** αφού **μειωθεί** κατά **1** στον **πρώτο κόμβο** μηδενίζεται, ο **κόμβος** το **απορρίπτει** (**drop**), το **αναφέρει** και **καταγράφεται** ποιος είναι.

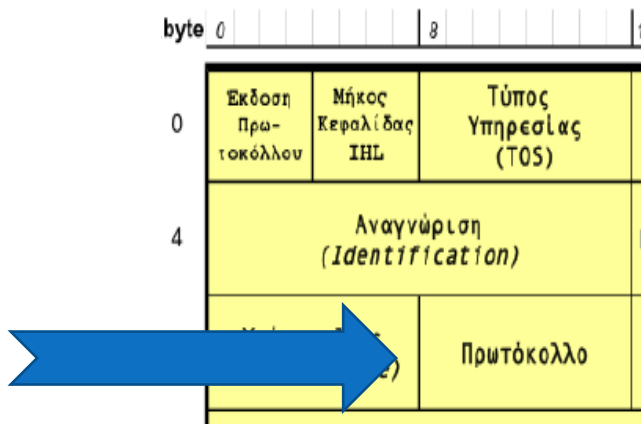
Στο **δεύτερο πακέτο** το πεδίο **TTL=2** μηδενίζεται στον **δεύτερο κόμβο** κ.ο.κ. μέχρι για κάποια τιμή **TTL** να **καταφέρει** να **φτάσει** στον **προορισμό**.

Εν τω μεταξύ **έχουν καταγραφεί** όλοι οι **ενδιάμεσοι κόμβοι** στη **διαδρομή** προς τον **προορισμό**.

tracert www.videolearner.com

TTL = 3





- Το πεδίο **πρωτόκολλο**, είναι μήκους 8 bit, περιέχει μια αριθμητική τιμή η οποία δηλώνει το πρωτόκολλο του **επιπέδου μεταφοράς** στο οποίο ανήκουν τα δεδομένα που περιέχει το πακέτο IP.

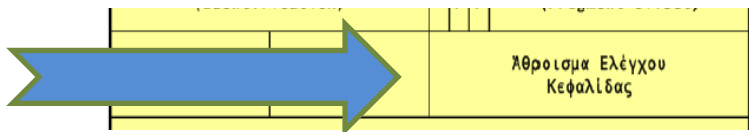
Έτσι πληροφορείται το πρωτόκολλο IP στο απέναντι άκρο σε ποιο πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς να παραδώσει τα δεδομένα, στο TCP (6), στο UDP (17) ή αλλού.

Αν υπάρχει πρόσβαση σε υπολογιστή με **unix/linux**, στο αρχείο **/etc/protocols** μπορείτε να δείτε την αντιστοιχία αριθμών και πρωτοκόλλων για το πεδίο αυτό. Το ίδιο σε υπολογιστή με windows στο

%SystemRoot%\System32\drivers\etc\protocols.

```

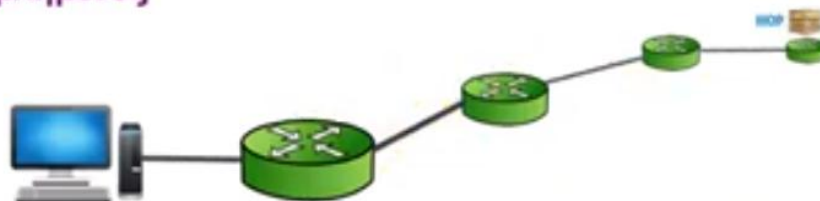
protocol - Σημειωματάριο
Αρχείο  Επεξεργασία  Μορφή  Προβολή  Βοήθεια
# Copyright (c) 1993-2006 Microsoft Corp.
#
# This file contains the Internet protocols as defined by various
# RFCs.  See http://www.iana.org/assignments/protocol-numbers
#
# Format:
#
# <protocol name> <assigned number> [aliases...] [#<comment>]
ip      0      IP      # Internet protocol
icmp    1      ICMP    # Internet control message protocol
ggp      3      GGP      # Gateway-gateway protocol
tcp      6      TCP      # Transmission control protocol
egp      8      EGP      # Exterior gateway protocol
pup     12     PUP      # PARC universal packet protocol
udp     17     UDP      # User datagram protocol
hmp     20     HMP      # Host monitoring protocol
xns-idp 22     XNS-IDP   # Xerox NS IDP
rdp     27     RDP      # "reliable datagram" protocol
ipv6    41     IPv6     # Internet protocol IPv6
ipv6-route 43     IPv6-Route # Routing header for IPv6
ipv6-frag 44     IPv6-Frag  # Fragment header for IPv6
esp     50     ESP      # Encapsulating security payload
ah      51     AH      # Authentication header
ipv6-icmp 58     IPv6-ICMP  # ICMP for IPv6
ipv6-nonxt 59     IPv6-NoIxt  # No next header for IPv6
ipv6-opts 60     IPv6-Opts  # Destination options for IPv6
rpd     66     RPD      # MIT remote virtual disk
  
```



- **Άθροισμα Ελέγχου της Επικεφαλίδας** (Header Checksum), είναι μήκους 16 bit και διασφαλίζει την ακεραιότητα των τιμών των πεδίων της επικεφαλίδας.

*Εφαρμόζεται **μόνο στην επικεφαλίδα** του πακέτου IP ενώ το ίδιο το πεδίο δεν συμμετέχει στον υπολογισμό θεωρώντας ότι περιέχει την τιμή 0.*

Ο έλεγχος ακεραιότητας της επικεφαλίδας θεωρείται **επιβεβλημένος** καθώς **κατά τη διέλευση** του πακέτου από διάφορους **δρομολογητές** αυτοί **τροποποιούν πεδία** της επικεφαλίδας με αυξημένη **πιθανότητα να συμβούν σφάλματα**.

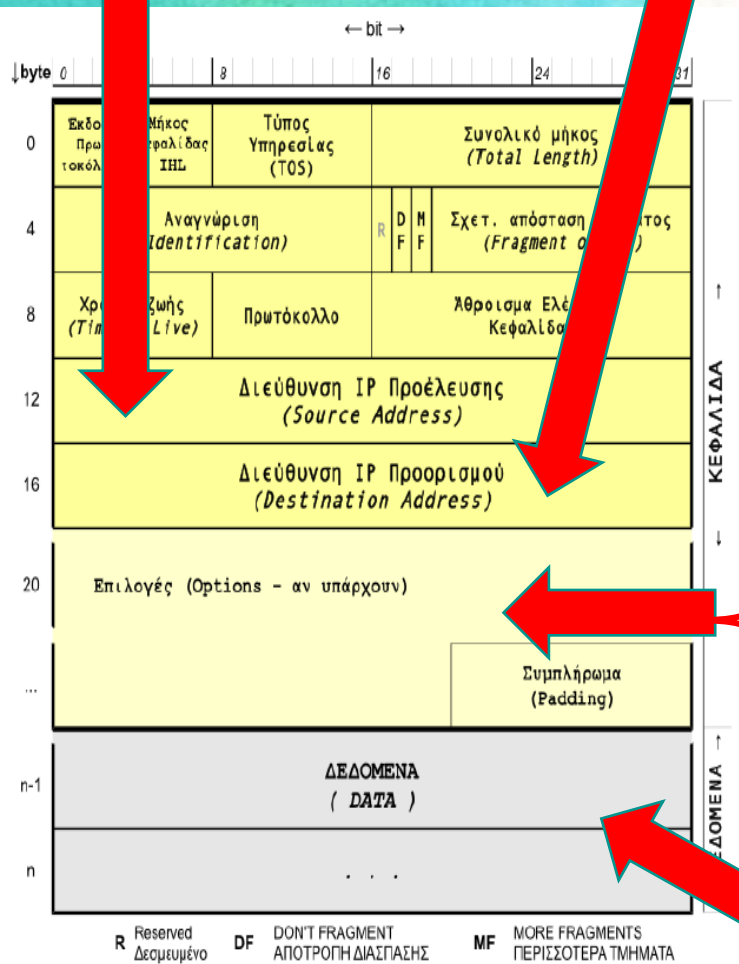


IP DATAGRAM



Πεδία 4^{ης} Λέξης

Πεδία 5^{ης} Λέξης



- **Διεύθυνση IP Προέλευσης** : Η διεύθυνση IP του υπολογιστή που στέλνει το αυτοδύναμο πακέτο.

- **Διεύθυνση IP Προορισμού** : Η διεύθυνση IP του υπολογιστή για τον οποίο απευθύνεται το αυτοδύναμο πακέτο.

Προαιρετικά Πεδία

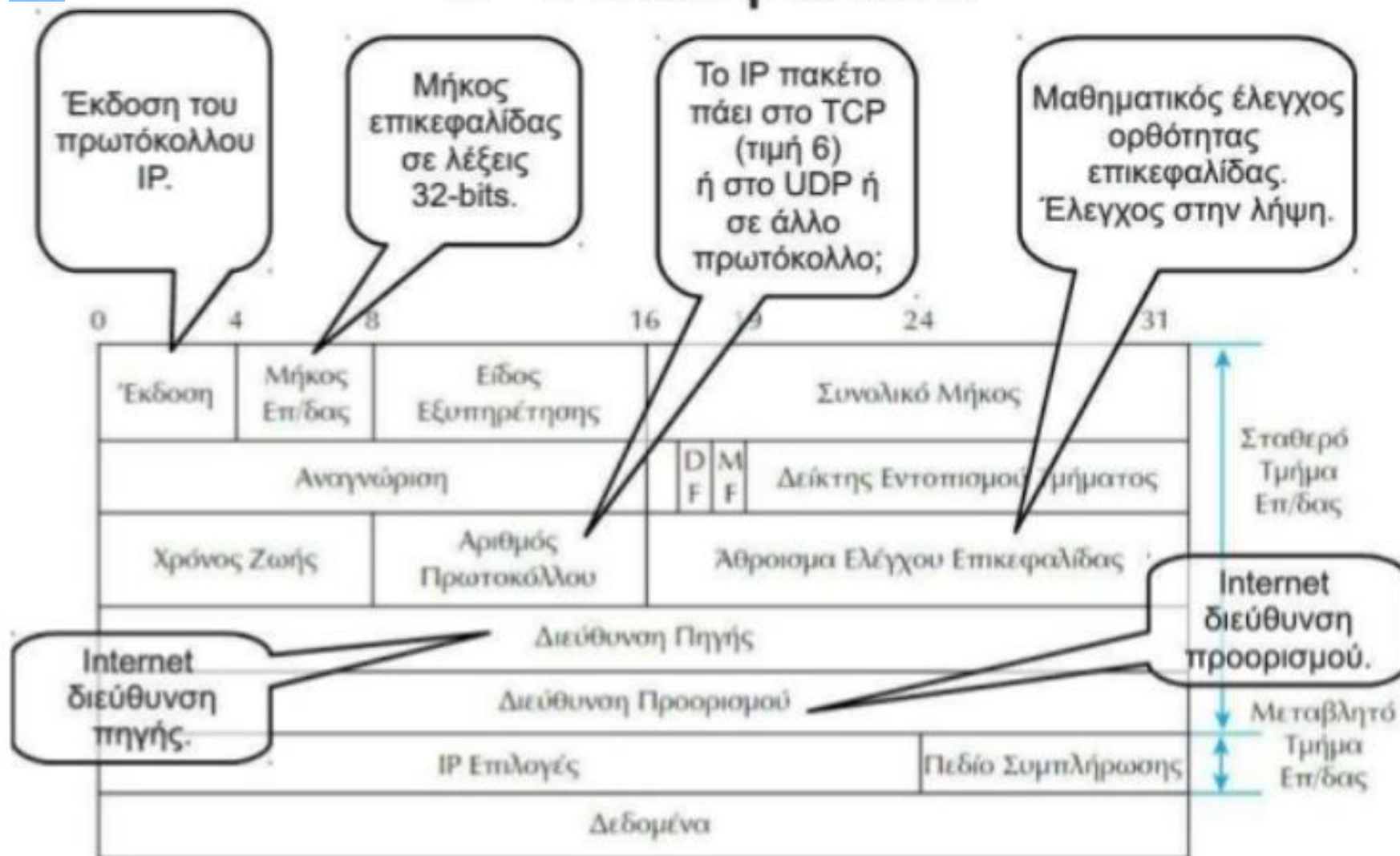
(Υπάρχουν σε περίπτωση που η επικεφαλίδα **δεν** έχει το **σταθερό** της μόνο τμήμα, δηλαδή είναι **πάνω από 5 λέξεις ή πάνω από 20 bytes**)

- **Επιλογές (Options)** είναι προαιρετικό και χρησιμοποιείται για ειδικές λειτουργίες όμως όχι συχνά.
- **Συμπλήρωμα (Padding)** όταν υπάρχει συμπληρώνει το πεδίο Επιλογές με μηδενικά ώστε η επικεφαλίδα συνολικά να είναι **ακέραιος αριθμός λέξεων των 32 bit**.
- **Δεδομένα** : όλα τα byte της πληροφορίας που λαμβάνει το IP πρωτόκολλο από το ανώτερο του επίπεδο μεταφοράς.



ΣΥΝΟΨΙΖΟΝΤΑΣ...

IP επικεφαλίδα





IP επικεφαλίδα

Για να αναγνωρίζει σε ποιο αυτοδύναμο πακέτο ανήκει το συγκεκριμένο κομμάτι - fragment.

More fragments? 0 ή 1 (ένδειξη ύπαρξης Περισσότερων κομματιών – fragments. Όταν το πακέτο έχει τεμαχιστεί όλα έχουν την τιμή 1 εκτός του τελευταίου που έχει 0.

0	4	8	16	19	24	31
Έκδοση	Μήκος Επ/δας	Είδος Εξυπηρέτησης		Συνολικό Μήκος		
Αναγνώριση				D F	M F	Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος
Χρόνος Ζωής		Αριθμός Πρωτοκόλλου		Αθροισμα Ελέγχου Επικεφαλίδας		
Διεύθυνση Πηγής						
Διεύθυνση Προορισμού						
IP Επιλογές					Πεδίο Συμπλήρωσης	
Δεδομένα						

↑

Σταθερό
Τμήμα
Επ/δας

↓

Μεταβλητό
Τμήμα
Επ/δας

↑

↓



IP επικεφαλίδα

Don't Fragment. 0 ή 1 - ένδειξη απαγόρευσης διάσπασης αυτοδύναμου πακέτου. Αν δεν μπορείς να το διασπάσεις τότε βρες άλλο δρόμο να ταξιδέψει ή αλλιώς απόρριψέ το.

Σε ποια θέση πρέπει να τοποθετηθεί το συγκεκριμένο κομμάτι - fragment κατά την διάρκεια συναρμολόγησης του IP πακέτου.

0	4	8	16	19	24	31
Έκδοση	Μήκος Επ/δας	Είδος Εξυπηρέτησης	Συνολικό Μήκος			
Αναγνώριση			D F	M F	Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος	
Χρόνος Ζωής		Αριθμός Πρωτοκόλλου	Αθροισμα Ελέγχου Επικεφαλίδας			
Διεύθυνση Πηγής						
Διεύθυνση Προορισμού						
IP Επιλογές				Πεδίο Συμπλήρωσης		
Δεδομένα						

Σταθερό Τμήμα
Επ/δας

Μεταβλητό
Τμήμα
Επ/δας



ΣΥΝΟΨΙΖΟΝΤΑΣ...

IP επικεφαλίδα

Είδος εξυπηρέτησης που ζητείται από το επικοινωνιακό υποδίκτυο:
ρυθμοαπόδοση (γρήγορο ρυθμό;),
αξιοπιστία (καλύτερη αξιοπιστία;),
καθυστέρηση (μικρότερη καθυστέρηση;).

Μετρητής ο οποίος μειώνεται κατά 1 κάθε φορά που το πακέτο διέρχεται από δρομολογητή. Όταν φτάσει στο 0 απορρίπτεται το πακέτο. π.χ. Πακέτο που "κάνει κύκλους" στο δίκτυο ή έχει απλά χαθεί.



Συμπλήρωση με bits ώστε το μέγεθος επικεφαλίδας να είναι πολλαπλάσιο των 32bits.

Μεταβλητό Τμήμα Επι/δας

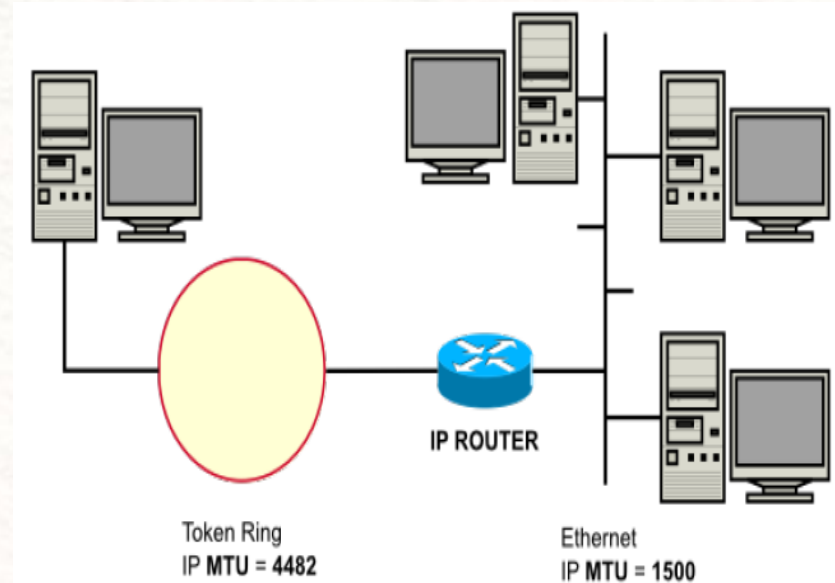
Ειδικές λειτουργίες πρωτοκόλλου.

Δεδομένα TCP ή UDP που μεταφέρει.

Κατάτμηση αυτοδύναμου πακέτου IP

*Παράδειγμα Βιβλίου
3.2.1*

- Ένα αυτοδύναμο πακέτο IP προερχόμενο από ένα δίκτυο Token Ring πρόκειται να προωθηθεί στον υπολογιστή προορισμού ο οποίος βρίσκεται σε δίκτυο Ethernet.
- Τα δυο δίκτυα συνδέονται με έναν δρομολογητή IP.
- Στο δίκτυο Token Ring (2ο επίπεδο) το **MTU = 4482 bytes**, δηλαδή το πλαίσιο μπορεί να μεταφέρει δεδομένα μέγιστου μεγέθους 4482 byte.
- Από την άλλη μεριά το δίκτυο **Ethernet** έχει **MTU = 1500 bytes**, δηλαδή το πλαίσιό του μπορεί να μεταφέρει το πολύ **1500 bytes**.
- Τα δεδομένα ενός πλαισίου Token Ring τα οποία είναι ένα πακέτο IP δεν “χωρούν” σε ένα πλαίσιο Ethernet.
- Συνεπώς το πακέτο IP πρέπει να διασπαστεί. Αυτό **επιτρέπεται εφόσον το DF=0**.



Λύση με τον Αλγόριθμο....

Ναι το πακέτο θα κατατμηθεί γιατί: α) $4482 > 1500$ & β) το $DF=0$

Data πακέτου = $4482 - 20 = 4462$

Data Fragment = $8 * \text{INT} (\text{MTU}_2 - \text{IHL}) / 8 = 8 * (\text{int}(1500 - 20) / 8) = 1480$

4462	1480
	3
22	

Δηλαδή θα σχηματιστούν 4 Fragments. Τα 3 πρώτα θα έχουν Data 1480 Bytes το καθένα, ενώ το 4^ο θα έχει 22 Bytes Data

Υπολογίζω το ΔΕΤ 1ο θα έχει 0

2^ο θα έχει: $1 * 1480 / 8 = 185$

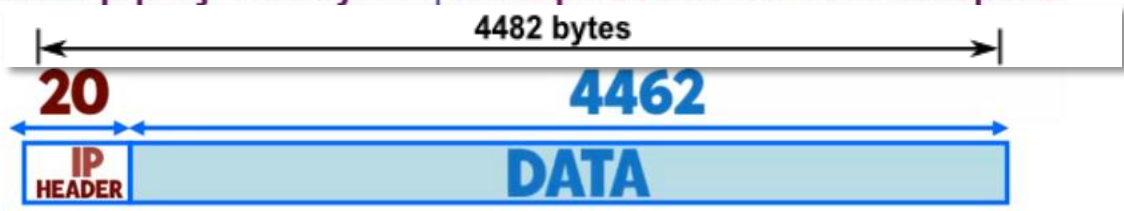
3^ο θα έχει: $2 * 185 = 370$

4^ο θα έχει: $3 * 185 = 555$

Άρα προκύπτει ο Πίνακας:

Αποτελέσματα διάσπασης του Datagram					
Τίτλος Πεδίου	(Μονάδες)	Τμήμα1	Τμήμα2	Τμήμα3	Τμήμα4
Επικεφαλίδα	(words)	5	5	5	5
Συνολικό Μήκος	(bytes)	1500	1500	1500	42
Μήκος Δεδομένων	(bytes)	1480	1480	1480	22
Αναγνώριση	(hex)	0xc92	0xc92	0xc92	0xc92
DF	(flag)	0	0	0	0
MF	(flag)	1	1	1	0
Σχετ.ΘέσηΤμήμ.	(8xbytes)	0	185	370	555

Το **αρχικό πακέτο** έχει συνολικό μήκος 4482 bytes ή επικεφαλίδα 20 και 4462 δεδομένα.



Κάθε τμήμα θα πρέπει να έχει συνολικό μήκος **μαζί** με την επικεφαλίδα **Total_Length < 1500 bytes**

και το μήκος των **δεδομένων** να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του 8 για να βγαίνει ακέραια η τιμή της σχετικής θέσης του τμήματος (Offset).

$$\begin{aligned} \text{DATA\#1} &= k * 8 \\ \text{DATA\#2} &= k * 8 \end{aligned}$$

Πρέπει να είναι δηλαδή:

$$\text{Payload_Length} = \text{INT}((\text{MTU} - \text{IHL} * 4) / 8) =$$

Ωφέλιμο φορτίο

Payload_Length → **Δεδομένα χωρίς την επικεφαλίδα**



Σχετική Θέση Τμήματος

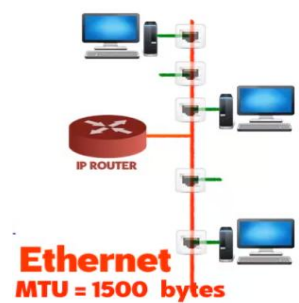
$$\text{Fragment_offset} = n * \text{INT}((\text{MTU} - \text{IHL} * 4) / 8)$$



Πρέπει να είναι δηλαδή:

$$\begin{aligned} \text{Payload_Length} &= \text{INT}((\text{MTU} - \text{IHL} * 4) / 8) = \\ &= \text{INT}((1500 - 20) / 8) = \text{INT}(1480 / 8) = 185 \text{ οκτάδες byte} \\ &\text{ή } 185 * 8 = 1480 \text{ bytes.} \end{aligned}$$

Στην περίπτωση μας συμβαίνει να είναι το 1480 και ακέραιο πολλαπλάσιο του 8



Διαδικασία Κατάτμησης

Το **αρχικό πακέτο** των **4462 bytes** δεδομένων

θα χωριστεί σε

$\text{INT}(\frac{4462}{1480}) + 1$ **πακέτα** δηλαδή

$\text{INT}(\frac{3,01486}{1}) + 1 = 4$ **πακέτα**,

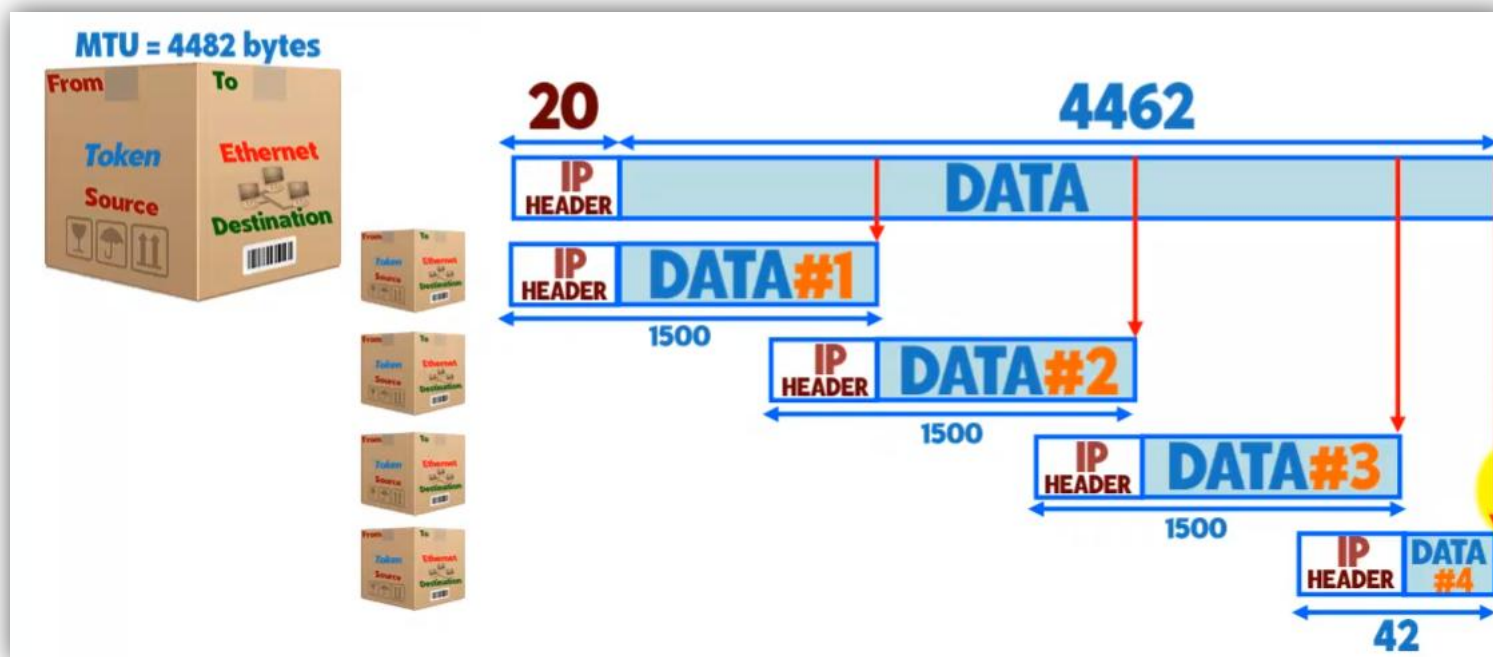
3 πακέτα των **1480**

και **ένα** με τα **δεδομένα** που **περισσεύουν** δηλαδή $4462 - (3 \times 1480) = 22$



MTU = 4482 bytes

Token Ring



Η **σχετική θέση** του **τμήματος** (σε **οκτάδες byte**) υπολογίζεται ως εξής

$$\text{Fragment_offset} = n * \text{INT}((\text{MTU} - \text{IHL} * 4) / 8)$$

$$= n * \text{INT}(1480/8) = \mathbf{n * 185} \quad \text{για } n = 0, 1, 2, 3 \text{ και είναι}$$

για το πρώτο τμήμα 0 με **MF=1**,

για το δεύτερο τμήμα $1 * 185 = 185$ με **MF=1**,

για το τρίτο τμήμα $2 * 185 = 370$ με **MF=1** και

για το τέταρτο τμήμα $3 * 185 = 555$ με **MF=0** γιατί είναι το τελευταίο τμήμα και δεν υπάρχει άλλο.

Από το μικρότερο στο μεγαλύτερο

Η **σχετική θέση τμήματος** **επιτρέπει** στον υπολογιστή **προορισμού**

να τοποθετήσει τα τμήματα με τη **σωστή σειρά** για τη **συναρμολόγηση** του αρχικού πακέτου ακόμη κι αν αυτά έχουν φτάσει στον προορισμό με διαφορετική σειρά.

Όλα τα τμήματα του ίδιου αρχικού πακέτου έχουν την **ίδια τιμή στο πεδίο Αναγνώριση**.

Όταν τα τμήματα φτάσουν στον υπολογιστή προορισμού συναρμολογούνται στο αρχικό διασπασθέν πακέτο IP.

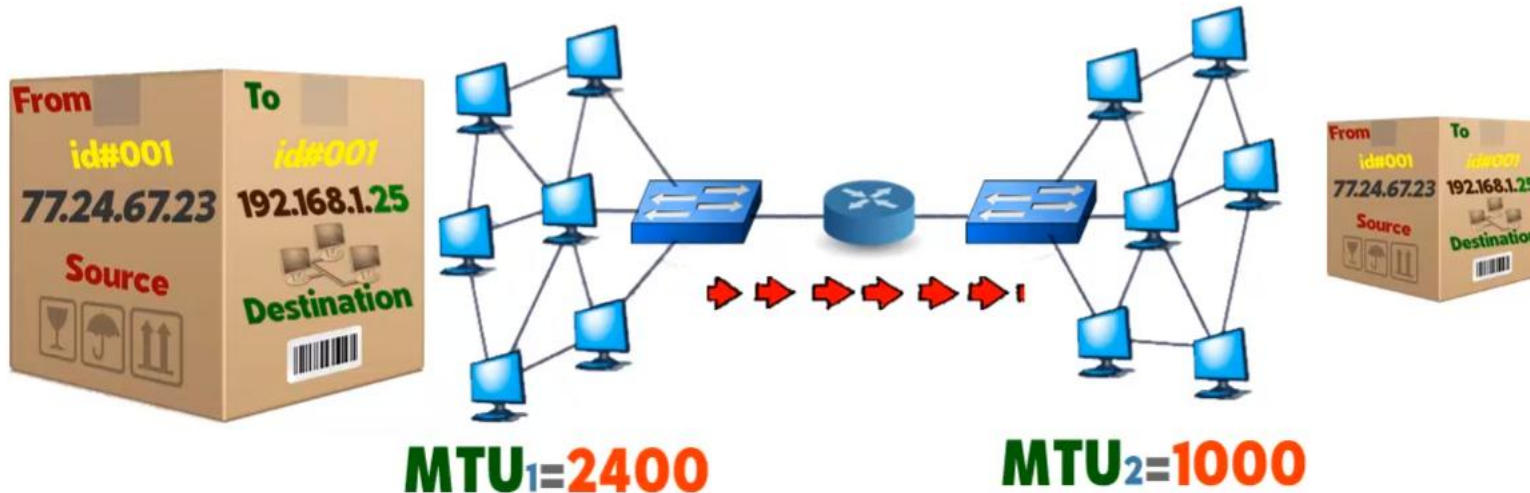
Οι τιμές στα πεδία της Επικεφαλίδας των τμημάτων του κατατετμημένου πακέτου IPv4

	1ο ΤΜΗΜΑ	2ο ΤΜΗΜΑ	3ο ΤΜΗΜΑ	4ο ΤΜΗΜΑ
Μήκος Επικεφαλίδας	5	5	5	5
Συνολικό Μήκος (bytes)	1500	1500	1500	42
Μήκος Δεδομένων	1480	1480	1480	22
Αναγνώριση	0x2b41	0x2b41	0x2b41	0x2b41
DF σημαία	0	0	0	0
MF σημαία	1	1	1	0
Σχετική Θέση Τμήματος Οκτάδες byte	0	185	370	555

Κατάτμηση αυτοδύναμου πακέτου IP

*Παράδειγμα Βιβλίου
3.2.2*

Ένα αυτοδύναμο πακέτο IP (datagram) μεγέθους 2400 bytes με DF=0 και Αναγνώριση: 0x4a28 πρόκειται να διέλθει από δίκτυο το οποίο υποστηρίζει μέγιστο μήκος δεδομένων πλαισίου (MTU) 1000 bytes. Το πακέτο θα κατατμηθεί;
Σε περίπτωση κατάτμησης, υπολογίστε τον αριθμό των τμημάτων, το μήκος δεδομένων των τμημάτων και δώστε για κάθε τμήμα τα πεδία Μήκος επικεφαλίδας, Συνολικό μήκος, Αναγνώριση, DF, MF και Σχετ. θέση τμήματος (Offset).



Λύση με τον Αλγόριθμο....

Ναι το πακέτο θα κατατμηθεί γιατί: α) $2400 > 1000$ & β) το $DF=0$

Data πακέτου = $2400 - 20 = 2380$

Data Fragment = $8 * \text{INT}((1000 - 20) / 8) = 8 * \text{int}(980 / 8) = 8 * 122 = 976$

2380	976
	2
428	

Δηλαδή θα σχηματιστούν 3 Fragments. Τα 2 πρώτα θα έχουν Data 976 Bytes το καθένα, ενώ το 3^ο θα έχει 428 Bytes Data

Υπολογίζω το ΔΕΤ 1ο θα έχει 0

2^ο θα έχει: $1 * 980 / 8 = 122$

3^ο θα έχει: $2 * 980 / 8 = 2 * 122 = 244$

Άρα προκύπτει ο Πίνακας:

Αποτελέσματα διάσπασης του Datagram				
Τίτλος Πεδίου (Μονάδες)	Τμήμα1	Τμήμα2	Τμήμα3	
Επικεφαλίδα (words)	5	5	5	
Συνολικό Μήκος (bytes)	996	996	448	
Μήκος Δεδομένων(bytes)	976	976	428	
Αναγνώριση (hex)	0x754d	0x754d	0x754d	
DF (flag)	0	0	0	
MF (flag)	1	1	0	
Σχετ.ΘέσηΤμήμ. (8xbytes)	0	122	244	

Λύση

Επειδή $MTU1=2400 > MTU2=1000$ το πακέτο θα κατατμηθεί.
Ξεκινάμε αρχικά με το **μήκος δεδομένων** των τμημάτων το οποίο είναι

$$\begin{aligned} \text{Payload_Length} &= \text{INT}((\text{MTU} - \text{IHL} * 4) / 8) = \\ &= \text{INT}((1000 - 20) / 8) = \text{INT}(980/8) = 122 \text{ λέξεις} \\ &\text{ή σε byte } 122 * 8 = \mathbf{976 \text{ bytes}} \end{aligned}$$

και μαζί με **επικεφαλίδα 20 bytes**
το **συνολικό μήκος** είναι **996 bytes**

Ο **αριθμός των τμημάτων** είναι $(2400-20) / 976 = 2,439$ δηλαδή τρία (3),
δύο ολόκληρα **τμήματα** των **976 bytes**

και **ένα τρίτο** με τα υπόλοιπα δεδομένα, $2380 - 2 * 976 = 428 \text{ bytes}$.

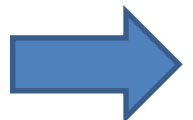
Κάθε τμήμα θα έχει το **ίδιο πεδίο αναγνώρισης** με το αρχικό πακέτο (**0x4a28**) και το **DF=0**.
Επίσης το **MF=1** εκτός από το τελευταίο τμήμα στο οποίο θα είναι **MF=0**

Η **Σχετική θέση τμήματος** θα είναι

$$n * \text{INT}((\text{MTU} - \text{IHL} * 4) / 8) = n * \text{INT}(980/8) = n * 122$$

Για $n=0, 1, 2$ δηλ. 0 για το 1^ο τμήμα, 122 για το 2^ο και 244 για το 3^ο

Λέξεις



	1ο ΤΜΗΜΑ	2ο ΤΜΗΜΑ	3ο ΤΜΗΜΑ
Μήκος Επικεφαλίδας	5	5	5
Συνολικό Μήκος (bytes)	996	996	448
Μήκος Δεδομένων	976	976	428
Αναγνώριση	0x2a28	0x2a28	0x2a28
DF σημαία	0	0	0
MF σημαία	1	1	0
Σχετική Θέση Τμήματος Οκτάδες byte	0	122	244

Πεδία επικεφαλίδων τμημάτων κατατμημένου πακέτου IPv4

Μεθοδολογία υπολογισμού κατάτμησης αυτοδύναμου πακέτου

Βήμα 1: ΥΠΟΛΟΓΙΖΩ ΤΗΝ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (MTU) ΤΟΥ ΑΡΧΙΚΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ

Data πακέτου = Συνολικό Μήκος - Επικεφαλίδα (σε bytes) .

(Αν στην άσκηση δεν αναφέρεται ακριβώς πόση είναι εννοείται ότι είναι η λιγότερη 20 bytes.)

Βήμα 2: ΥΠΟΛΟΓΙΖΩ ΤΗΝ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΥ ΧΩΡΟΥΝ ΝΑ ΠΕΡΑΣΟΥΝ ΑΠΟ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Data Fragment= $\text{INT} (\text{MTU}_2 - \text{IHL}) / 8$ (είναι σε Λέξεις)

Data Fragment= $8 * \text{INT} (\text{MTU}_2 - \text{IHL}) / 8$ (είναι σε Bytes)

Βήμα 3: ΥΠΟΛΟΓΙΖΩ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΜΗΜΑΤΩΝ, ΔΗΛ. ΠΛΗΘΟΣ FRAGMENTS

data πακέτου	data fragment
αν υπόλοιπο <>0 τότε ο αριθμός fragments αυξάνεται κατά 1	αριθμός fragments

Βήμα 4: ΥΠΟΛΟΓΙΖΩ ΑΛΛΑ ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ ΠΕΔΙΑ

DF = 0 (δηλ. επιτρέπεται η διάσπαση, αλλιώς αν απαγορεύονταν θα ήταν 1)

MF (more fragments) = 1 για όλα τα τμήματα εκτός του τελευταίου που είναι 0

ΔΕΤ (Fragment Offset):

το πρώτο πακέτο έχει 0

κάθε επόμενο υπολογίζεται από τον τύπο

$$\Delta \text{ΕΤ} = (\text{αριθμός fragment} - 1) * \text{data fragment} / 8$$

Συνολικό Μήκος κάθε Fragment (εκτός τελευταίου) = Συνολικό Μήκος υποστηριζόμενου Πακέτου από το φυσικό δίκτυο

Συνολικό Μήκος τελευταίου Fragment = Υπόλοιπο διαίρεσης 3^{ου} βήματος + Επικεφαλίδα

Μήκος Επικεφαλίδας κάθε Fragment = Μήκος Επικεφαλίδας αρχικού Πακέτου , σε λέξεις των 32bits (4*8 bits)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ...

Τεμαχισμός IP αυτοδύναμου πακέτου και πμές πεδίων επικεφαλίδας των fragments.

Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο συνολικού μήκους 1640 bytes και επικεφαλίδας 28 bytes, πρέπει να μεταδοθεί μέσω φυσικού δικτύου που υποστηρίζει πακέτα συνολικού μήκους 420 bytes.

Ποια θα πρέπει να είναι η πμή του πεδίου DF ώστε τελικά να τεμαχιστεί και να μπορέσει να μεταδοθεί;

Για κάθε πακέτο που θα προκύψει μετά τον τεμαχισμό, να υπολογίσετε τα πεδία συνολικό μήκος, ΔΕΤ, μήκος επικεφαλίδας, και MF.

ΛΥΣΗ...

- Data Πακέτου = $1640 - 28 = 1612$
- Data Fragment = $8 * \text{int}(\text{MTU}_2 - \text{IHL}) / 8 = 8 * (\text{int}(420 - 28) / 8) = 8 * (\text{int}(392 / 8)) = 8 * 49 = 392$
- Πλήθος Fragments = Data Πακέτου / Data Fragment

$$\begin{array}{r|l} 1612 & 392 \\ 44 & 4 \end{array}$$

Άρα θα έχω 5 Fragments.

- Τα 4 πρώτα θα έχουν το καθένα Data=392 και το 5^ο=44
- Συνολικό Μήκος το καθένα 392+28 και το τελευταίο: 44+28

πακέτο	MF	μήκος επικεφαλίδας	ΔΕΤ	συνολικό μήκος
1ο	1	7	0	420
2ο	1	7	$392/8 = 49$	420
3ο	1	7	$2 \times 392/8 = 98$	420
4ο	1	7	$3 \times 392/8 = 147$	420
5ο	0	7	$4 \times 392/8 = 196$	$44 + 28 = 72$



Μήκος επικεφαλίδας , σταθερό και μεταβλητό τμήμα.

Το σταθερό τμήμα της επικεφαλίδας είναι πάντα μήκους 5 (σε λέξεις των 32 bit) ή 20 bytes. Τόσο προφανώς είναι και το μικρότερο μήκος που μπορούμε να έχουμε.

Αρα αν έχουμε επικεφαλίδα 28 bytes ξέρουμε ότι τα 20 ανήκουν στο σταθερό τμήμα, ενώ τα οκτώ ανήκουν στο μεταβλητό τμήμα.

Από λέξεις των 32 bit σε bytes

bytes = μήκος επικεφαλίδας * 32 / 8 = μήκος επικεφαλίδας X 4

Από bytes σε λέξεις των 32 bit

μήκος επικεφαλίδας = bytes * 8 / 32 = bytes / 4



Γνωστό ΔΕΤ τμήματος και το μέγεθος του τελευταίου πακέτου

Το 4^ο τμήμα ενός διασπασμένου αυτοδύναμου πακέτου έχει ΔΕΤ=600 και το 7^ο που είναι και το τελευταίο έχει συνολικό μήκος 68. Αν η επικεφαλίδα του αρχικού πακέτου είχε μήκος 7, να βρείτε

- i) το συνολικό μήκος του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου
- ii) το συνολικό μήκος πακέτου που υποστηρίζει το φυσικό δίκτυο

Αν το X fragment έχει γνωστό ΔΕΤ και το τελευταίο από αυτά είναι το Y του οποίου γνωρίζουμε το μέγεθος του, τότε

μήκος πακέτου που υποστηρίζει το φυσικό δίκτυο = επικεφαλίδα σε bytes + $\Delta\text{ΕΤ} * 8 / (X-1)$

μήκος αρχικού πακέτου = επικεφαλίδα σε bytes + $(\Delta\text{ΕΤ} * 8 / (X-1)) * (Y - 1) + \text{μέγεθος } Y$

Για το συγκεκριμένο πρόβλημα έχουμε

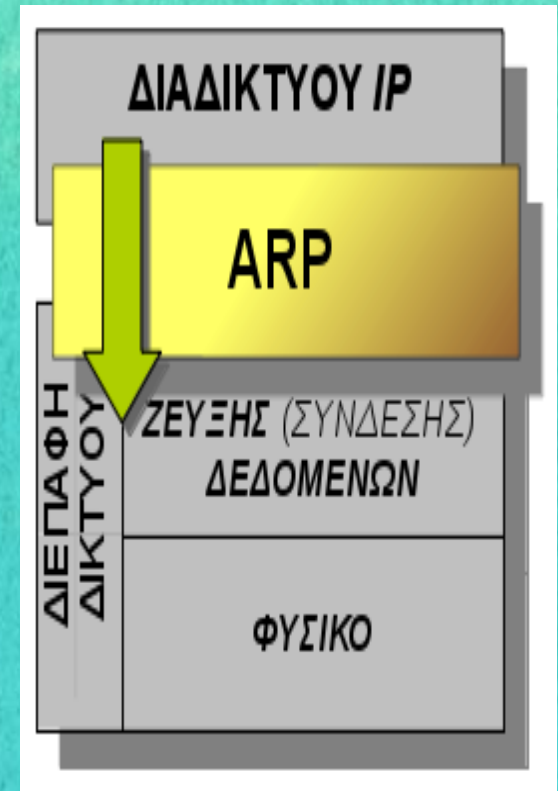
Επικεφαλίδα σε bytes = $7 * 32 / 8 = 7 * 4 = 28$

Μήκος υποστηριζόμενου πακέτου από το φυσικό δίκτυο = $28 + 600 * 8 / 3 = 28 + 1600 = 1628$

Μήκος αρχικού πακέτου = $28 + 1600 * 6 + (68 - 28) = 9668$

Πρωτόκολλο ανεύρεσης και απόδοσης διευθύνσεων *ARP*

ΚΕΦ. 3.3

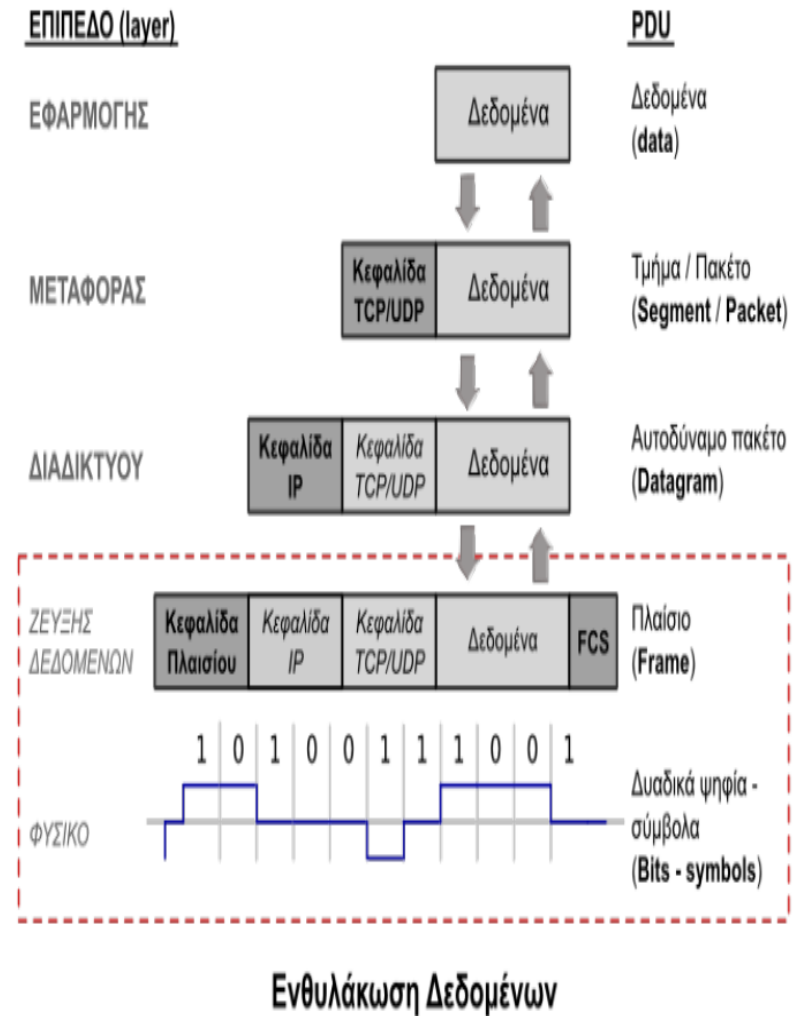


Σε έναν κόμβο, ο οποίος επιθυμεί να αποστείλει δεδομένα σε κάποιον άλλο, το **επίπεδο εφαρμογής** ξεκινά τη διαδικασία **ενθυλάκωσης** και κάθε επίπεδο είναι υπεύθυνο να προσθέσει τις δικές του διαχειριστικές πληροφορίες στο πακέτο (PDU - Protocol Data Unit).

Το επίπεδο διαδικτύου (3ο OSI):

- δημιουργεί ένα αυτοδύναμο πακέτο IP ενθυλακώνοντας τα δεδομένα που του παραδόθηκαν από το παραπάνω επίπεδο μεταφοράς και
- τοποθετεί στα αντίστοιχα πεδία της επικεφαλίδας τις **διευθύνσεις IP** προέλευσης και προορισμού - καθώς και ό,τι άλλο απαιτείται.
- Στη συνέχεια το παραδίδει στο αμέσως κατώτερο επίπεδο.

Ενθυλάκωση



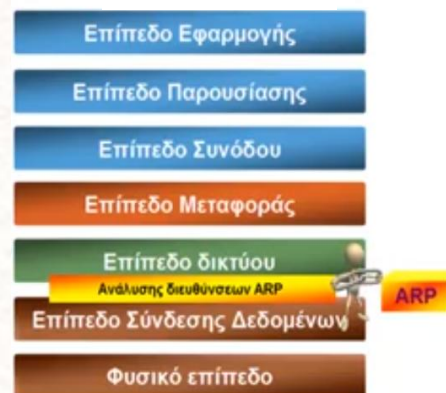
Πρωτόκολλο Ανάλυσης Διευθύνσεων ARP (Address Resolution Protocol).

- Το επίπεδο πρόσβασης δικτύου ή ζεύξης δεδομένων του OSI όμως δε γνωρίζει τίποτα από διευθύνσεις IP παρά μόνο για **διευθύνσεις υλικού ή φυσικές ή διευθύνσεις MAC** (Media Access Control) όπως αλλιώς λέγονται.

Για να το παραδώσει στον παραλήπτη
θα πρέπει να γνωρίζει
σε **ποια φυσική διεύθυνση**
βρίσκεται ο κόμβος
με **τη διεύθυνση IP**
που υπάρχει στο αντίστοιχο πεδίο
του αυτοδύναμου πακέτου.



OSI



Τον **συνδετικό κρίκο** ανάμεσα στα **δύο επίπεδα**, απαντώντας στο **ερώτημα**

"ποια είναι η **φυσική διεύθυνση (MAC)** του **κόμβου** με τη συγκεκριμένη **διεύθυνση IP**;" αναλαμβάνει το πρωτόκολλο **ανάλυσης διευθύνσεων ARP**

Το **ερώτημα ARP (ARP request)** απευθύνεται στο **τοπικό δίκτυο Ethernet** με ένα **πλαίσιο εκπομπής (broadcast)** με **διεύθυνση Ethernet προορισμού FF-FF-FF-FF-FF-FF (48 άσοι)**.

Αυτό σημαίνει ότι το **ερώτημα** φτάνει σε **όλους τους κόμβους**. Οι **κόμβοι** οι οποίοι **δεν έχουν την διεύθυνση IP** η οποία περιλαμβάνεται στο **ερώτημα**, απλά το **αγνοούν**.

ARP



Ο κόμβος ο οποίος

αναγνωρίζει την δική του διεύθυνση IP

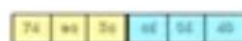
αποστέλλει μια απάντηση ARP (ARP Reply)



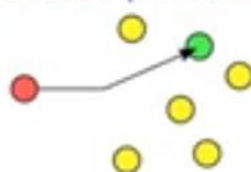
με ένα πλαίσιο με προορισμό



την διεύθυνση Ethernet του ερωτούντος



απευθυνόμενος μόνο σε αυτόν (unicast).



Έτσι, τώρα πια

είναι γνωστή η φυσική διεύθυνση του παραλήπτη και μπορεί να ολοκληρωθεί το πλαίσιο Ethernet και να αποσταλεί στον παραλήπτη.



Για να αποφευχθούν τα συχνά ερωτήματα προς το τοπικό δίκτυο με πλαίσια εκπομπής (αυξημένη δικτυακή κίνηση), οι σταθμοί διατηρούν προσωρινά τις απαντήσεις που έλαβαν σε έναν πίνακα αντιστοιχίας



διευθύνσεων IP σε διευθύνσεις Ethernet στην τοπική μνήμη (arp cache).



ARP	
IP	
192.168.1.1	00-80-41-ae-fd-7e
192.168.1.3	00-80-53-03-1A-34
192.168.1.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff
224.0.0.22	01-00-5e-00-00-16
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-fc
255.255.255.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff

Έτσι **πριν υποβάλλουν** νέο ερώτημα **ελέγχουν** τον προσωρινό πίνακα (cache) arp και υποβάλλουν ερώτημα μόνο όταν **δεν υπάρχει** κατάλληλη καταχώριση σε αυτόν. Υπάρχει ένας **πίνακας ARP** για κάθε δικτυακή διασύνδεση (κάρτα δικτύου) ενός υπολογιστή.

ARP	
IP	
192.168.1.1	00-80-41-ae-fd-7e
192.168.1.3	?
192.168.1.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff
224.0.0.22	01-00-5e-00-00-16
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-fc
255.255.255.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff

Πίνακας ARP

Διασύνδεση: 192.168.1.200 --- 0xb		
Διεύθυνση Internet	Φυσική διεύθυνση	Τύπος
192.168.1.1	74-ea-3a-cd-06-40	δυναμικό
192.168.1.65	00-04-00-ed-f9-68	δυναμικό
192.168.1.110	00-19-d1-60-cb-f8	δυναμικό
192.168.1.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	στατικό
224.0.0.22	01-00-5e-00-00-16	στατικό
224.0.0.251	01-00-5e-00-00-fb	στατικό
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-fc	στατικό
239.255.255.250	01-00-5e-7f-ff-fa	στατικό
255.255.255.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	στατικό

Πίνακας 3.3.α: ARP cache υπολογιστή με Λ.Σ. Windows

- Υπάρχει ένας πίνακας ARP για κάθε δικτυακή διασύνδεση (κάρτα δικτύου) ενός υπολογιστή.
- Για να δείτε τον πίνακα arp στο command prompt δώστε την εντολή `arp -a`

Πίνακας ARP

Διασύνδεση: 192.168.1.200 --- 0xb

Διεύθυνση Internet	Φυσική διεύθυνση	Τύπος
192.168.1.1	74-ea-3a-cd-06-40	δυναμικό
192.168.1.65	00-04-00-ed-f9-68	δυναμικό
192.168.1.110	00-19-d1-60-cb-f8	δυναμικό
192.168.1.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	στατικό
224.0.0.22	01-00-5e-00-00-16	στατικό
224.0.0.251	01-00-5e-00-00-fb	στατικό
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-fc	στατικό
239.255.255.250	01-00-5e-7f-ff-fa	στατικό
255.255.255.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	στατικό

Οι δυναμικές καταχωρήσεις προέρχονται από ερωτήματα arp ενώ οι στατικές είναι προκαθορισμένα ρυθμισμένες.

Πίνακας 3.3.α: ARP cache υπολογιστή με Λ.Σ. Windows

Προσέξτε ότι η **διεύθυνση IP** εκπομπής αντιστοιχεί σε **διεύθυνση Ethernet** εκπομπής.

Οι **δυναμικές καταχωρίσεις** του πίνακα arp μετά την παρέλευση ορισμένου χρόνου **χωρίς** να χρησιμοποιηθούν, **διαγράφονται**.

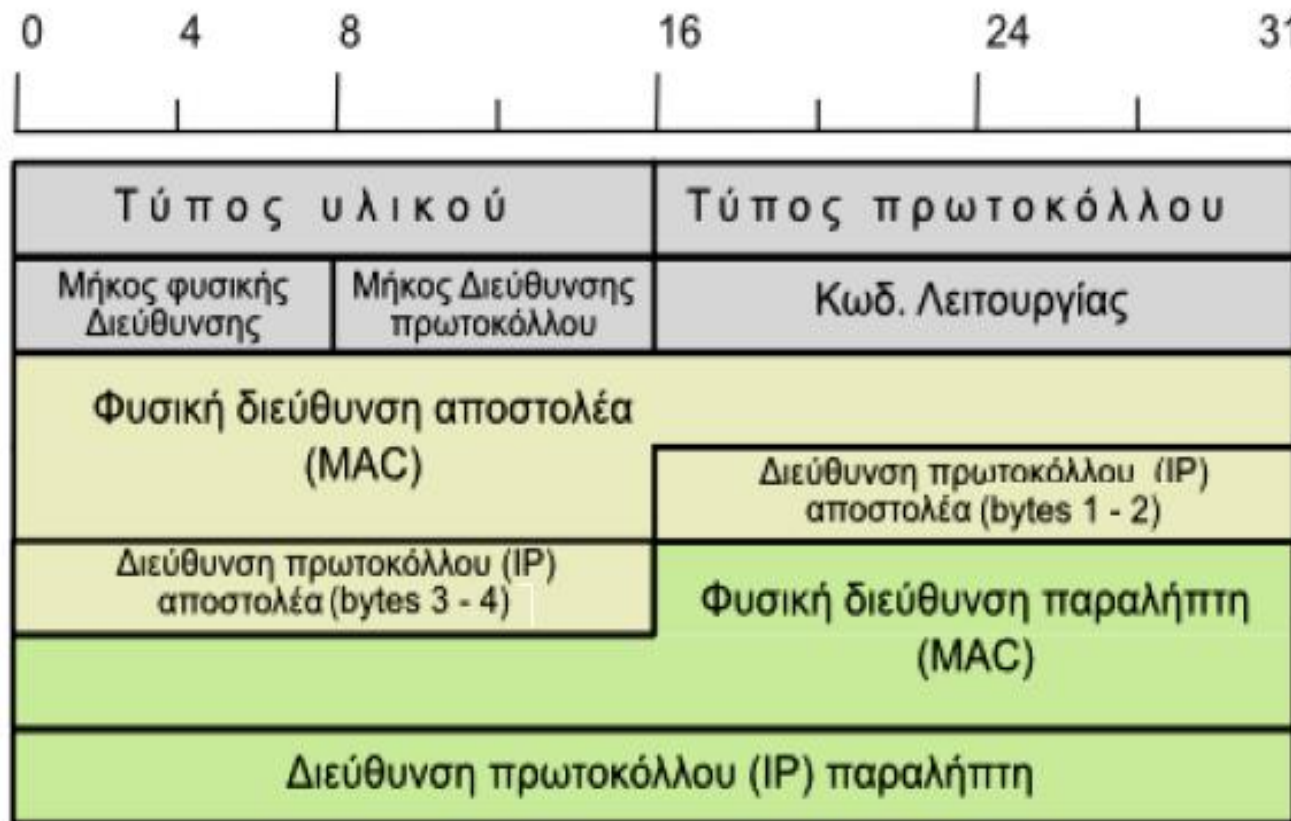
Ο **χρόνος ποικίλει** από **μερικά δευτερόλεπτα** μέχρι **μερικά λεπτά** (συνήθως **1-5 λεπτά**) και μπορεί να **ρυθμιστεί** από τον **διαχειριστή** του συστήματος.



Δομή Πακέτου ARP

(είναι ενθυλακωμένο σε πλαίσιο Ethernet)

Το ερώτημα **ARP** απευθύνεται στο τοπικό δίκτυο Ethernet με πλαίσιο εκπομπής με διεύθυνση Ethernet προορισμού **FF-FF-FF-FF-FF-FF**



Εικόνα 3.3.β: Δομή πακέτου ARP

3.3 Πρωτόκολλα ανεύρεσης και απόδοσης διευθύνσεων, Address Resolution Protocol (ARP) και Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)

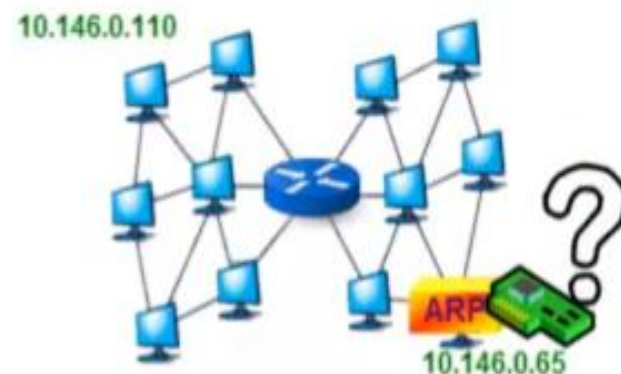
Στην επόμενη εικόνα 3.3.γ φαίνεται ένα **ερώτημα ARP** (ARP request, Opcode: 1) όπως **υποβλήθηκε** από τον υπολογιστή με **διεύθυνση IP 10.146.0.110** ο οποίος ερωτά **ποια είναι η διεύθυνση Ethernet** του υπολογιστή με **διεύθυνση IP 10.146.0.65**. Συγκρίνετέ το με την **δομή του πακέτου ARP** και **αναγνωρίστε** τα διάφορα **πεδία του** και τις **τιμές** που περιέχουν. (Η καταγραφή έγινε με τον αναλυτή πρωτοκόλλου Wireshark)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
28	21.095383000	IntelCor_60:cb:f8	Broadcast	ARP	42	who has 10.146.0.65?
29	21.096007000	LexmarkI_ed:f9:68	IntelCor_60:cb:f8	ARP	60	60 10.146.0.65 is at 00

▶ Frame 28: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface 0
▶ Ethernet II, Src: IntelCor_60:cb:f8 (00:19:d1:60:cb:f8), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
▼ Address Resolution Protocol (request)
Hardware type: Ethernet (1)
Protocol type: IP (0x0800)
Hardware size: 6
Protocol size: 4
Opcode: request (1)
Sender MAC address: IntelCor_60:cb:f8 (00:19:d1:60:cb:f8)
Sender IP address: 10.146.0.110 (10.146.0.110)
Target MAC address: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
Target IP address: 10.146.0.65 (10.146.0.65)

0000	ff ff ff ff ff ff 00 19 d1 60 cb f8 08 06 00 01	
0010	08 00 06 04 00 01 00 19 d1 60 cb f8 0a 92 00 6e	h
0020	00 00 00 00 00 00 0a 92 00 41	 A

Εικόνα 3.3.γ: Ερώτημα ARP (ARP request, opcode 1)



3.3 Πρωτόκολλα ανεύρεσης και απόδοσης διευθύνσεων, Address Resolution Protocol (ARP) και Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)

Και η απάντηση **ARP (ARP reply, Opcode: 2)** στο ερώτημα η οποία φαίνεται στο πεδίο Sender MAC address: και είναι 00:04:00:ed:f9:68



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
28	21.095383000	IntelCor_60:cb:f8	Broadcast	ARP	42	Who has 10.146.0.65?
29	21.096007000	LexmarkI_ed:f9:68	IntelCor_60:cb:f8	ARP	60	10.146.0.65 is at 00

▶Frame 29: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0
▶Ethernet II, Src: LexmarkI_ed:f9:68 (00:04:00:ed:f9:68), Dst: IntelCor_60:cb:f8 (00:19:d1:60:cb:f8)
▼Address Resolution Protocol (reply)
Hardware type: Ethernet (1)
Protocol type: IP (0x0800)
Hardware size: 6
Protocol size: 4
Opcode: reply (2)
Sender MAC address: LexmarkI_ed:f9:68 (00:04:00:ed:f9:68)
Sender IP address: 10.146.0.65 (10.146.0.65)
Target MAC address: IntelCor_60:cb:f8 (00:19:d1:60:cb:f8)
Target IP address: 10.146.0.110 (10.146.0.110)

0000	00 19 d1 60 cb f8 00 04 00 ed f9 68 08 06 00 01	...`.... ..h....
0010	08 00 06 04 00 02 00 04 00 ed f9 68 0a 92 00 41	h...A
0020	00 19 d1 60 cb f8 0a 92 00 6e 00 00 00 00 00 00	...`.... .n.....
0030	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	

Εικόνα 3.3.δ: Απάντηση ARP (ARP reply, opcode 2)

Απάντηση ARP Opcode:2

Σε ποιο πεδίο φαίνεται;;;

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
28	21.095383000	IntelCor_60:cb:f8	Broadcast	ARP	42	Who has 10.146.0.65?
29	21.096007000	LexmarkI_ed:f9:68	IntelCor_60:cb:f8	ARP	60	10.146.0.65 is at 00

► Frame 29: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0
► Ethernet II, Src: LexmarkI_ed:f9:68 (00:04:00:ed:f9:68), Dst: IntelCor_60:cb:f8 (00:19:d1:60:cb:f8)
▼ Address Resolution Protocol (reply)

Hardware type: Ethernet (1)
Protocol type: IP (0x0800)
Hardware size: 6
Protocol size: 4
Opcode: reply (2)
Sender MAC address: LexmarkI_ed:f9:68 (00:04:00:ed:f9:68)
Sender IP address: 10.146.0.65 (10.146.0.65)
Target MAC address: IntelCor_60:cb:f8 (00:19:d1:60:cb:f8)
Target IP address: 10.146.0.110 (10.146.0.110)

```
0000  00 19 d1 60 cb f8 00 04 00 ed f9 68 08 06 00 01  ...`.... ...h....
0010  08 00 06 04 00 02 00 04 00 ed f9 68 0a 92 00 41  .... ...h...A
0020  00 19 d1 60 cb f8 0a 92 00 6e 00 00 00 00 00 00  ...`.... .n.....
0030  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  .... .....
```

Ανύπαρκτη IP...

Εάν δεν βρεθεί καταχώρηση στον πίνακα ARP και ούτε απαντηθεί το ερώτημα ARP (γιατί ίσως απλώς ο υπολογιστής με τη συγκεκριμένη IP να είναι κλειστός ή να μην υπάρχει τότε επιστρέφεται στην εφαρμογή διαγνωστικό μήνυμα ότι ο υπολογιστής προορισμού δε μπορεί να προσεγγιστεί.

Παράδειγμα εκτέλεσης ping σε ανύπαρκτο υπολογιστή:

```
C:\Documents and Settings\Administrator>ping 9.83.0.1

Pinging 9.83.0.1 with 32 bytes of data:

Destination host unreachable.
Destination host unreachable.
Destination host unreachable.
Destination host unreachable.

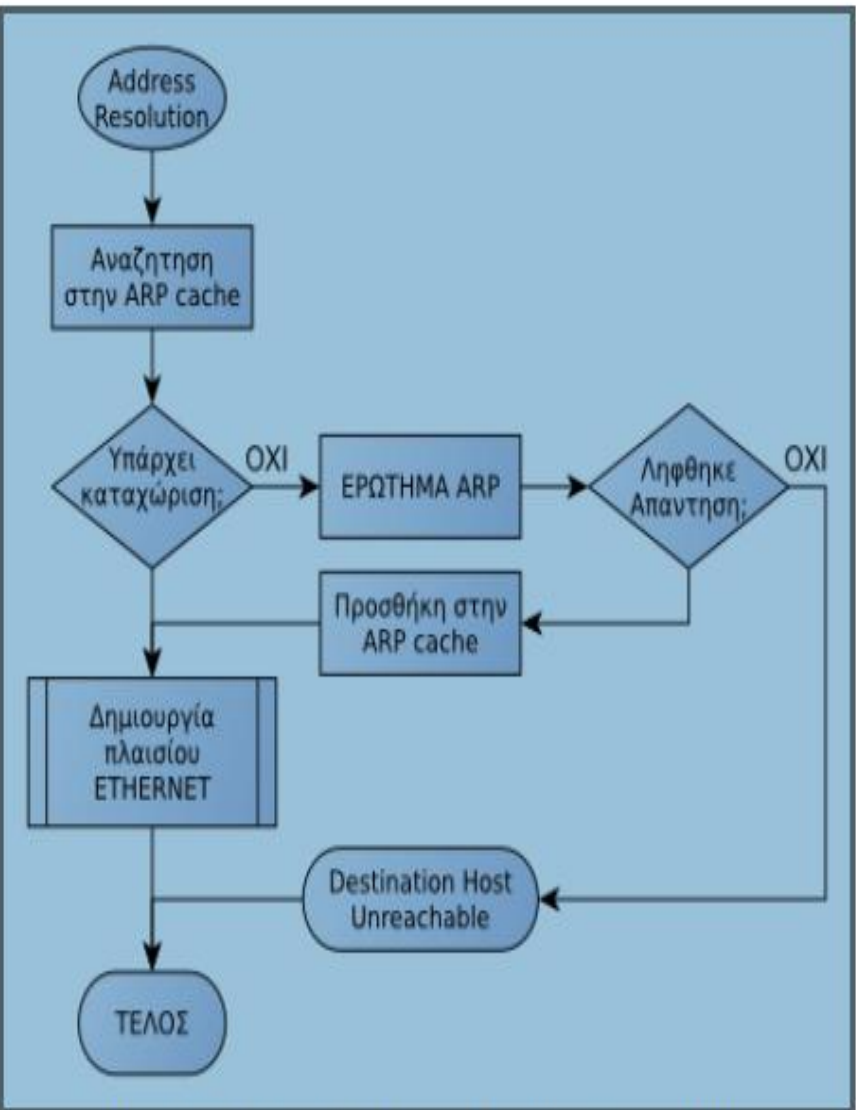
Ping statistics for 9.83.0.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),
```



ARP	
192.168.1.1	08-00-06-5e-f6-7e
192.168.1.2	08-00-06-5e-f6-7e
192.168.1.3	08-00-06-5e-f6-7e
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-00
255.255.255.255	01-00-5e-00-00-00

From 10.146.0.110 icmp_seq=3 Destination Host Unreachable

Συνοψίζοντας, το **πακέτο IP** κρατείται σε αναμονή και εκτελείται η διεργασία αντιστοίχησης **διεύθυνσης IP** προορισμού σε **φυσική διεύθυνση Ethernet** από το **πρωτόκολλο ARP** όπως φαίνεται στο **διάγραμμα ροής**.



Εικόνα 3.3.ε: Ανάλυση διευθύνσεων ARP

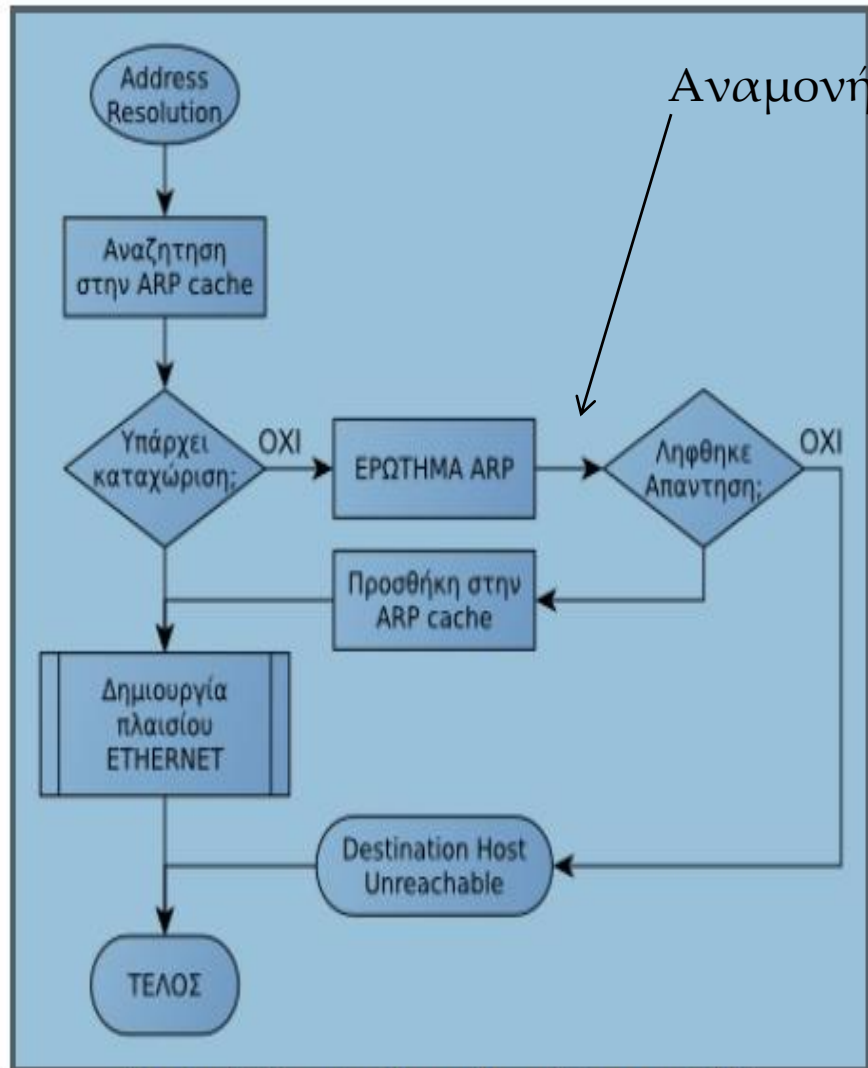


ARP	
192.168.1.1	00-80-41-ae-fd-7e
192.168.1.3	00-80-53-03-1A-34
192.168.1.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff
224.0.0.22	01-00-5e-00-00-16
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-fc
255.255.255.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff

Μόλις αποκτηθεί η φυσική διεύθυνση προορισμού, δημιουργείται το πλαίσιο (frame) και αποστέλλεται στον υπολογιστή προορισμού.

Το πρωτόκολλο ARP έχει τυποποιηθεί στο RFC826.

Ανάλυση Διευθύνσεων ARP



Εικόνα 3.3.ε: Ανάλυση διευθύνσεων ARP

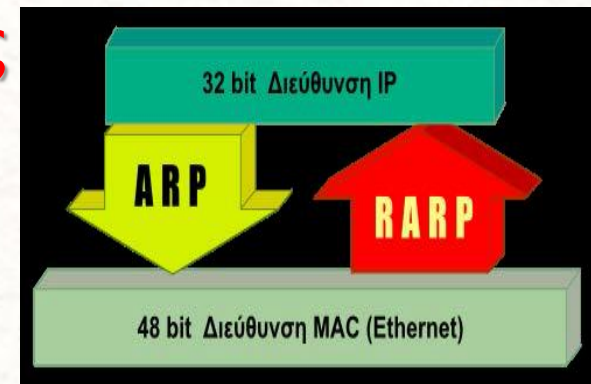
Το πακέτο IP κρατείται σε **αναμονή** και εκτελείται η διεργασία αντιστοίχησης **διεύθυνσης IP προορισμού σε φυσική διεύθυνση Ethernet** από το πρωτόκολλο **ARP** όπως φαίνεται στο διάγραμμα ροής.

Μόλις αποκτηθεί η φυσική διεύθυνση προορισμού, **δημιουργείται το πλαίσιο (frame)** και αποστέλλεται στον υπολογιστή προορισμού.

Το πρωτόκολλο ARP έχει τυποποιηθεί στο RFC826.

RARP - Πρωτόκολλο Αντίστροφης Ανάλυσης Διευθύνσεων (Reverse Address Resolution Protocol)

Εάν ένας υπολογιστής **δεν γνωρίζει** την δική του διεύθυνση IP, επειδή **ίσως να μην του έχει οριστεί**, τότε μπορεί να ζητήσει να του αποδοθεί μια. Τη διαδικασία αυτή μπορεί να την αναλάβει το πρωτόκολλο αντίστροφης ανάλυσης διευθύνσεων (Reverse Address Resolution Protocol - RARP) σε συνεργασία με έναν εξυπηρετητή RARP, ο οποίος είναι **επιφορτισμένος** με την **απόδοση διευθύνσεων IP** στους αιτούντες σταθμούς.



- Το πρωτόκολλο RARP **αναλαμβάνει να πληροφορήσει τον ερωτώντα υπολογιστή για το ποια είναι η δική του διεύθυνση IP, ποια διεύθυνση IP πρέπει να πάρει.**

Επειδή όμως **περιορίζεται μόνο στην διεύθυνση IP** και ένας **υπολογιστής** χρειάζεται επιπλέον ρυθμίσεις όπως

- μάσκα δικτύου,
- προεπιλεγμένη πύλη,
- διακομιστές DNS κ.ά.

το **RARP** χρησιμοποιείται από σπάνια έως καθόλου.

- Περιγράφεται στο **RFC903**.

Πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για απόδοση διευθύνσεων IP σε υπολογιστές

- **RARP** χρησιμοποιείται από σπάνια έως καθόλου
- Αντί αυτού χρησιμοποιείται το **πρωτόκολλο εκκίνησης BOOTP** (BOOTstrap Protocol)
- και το νεώτερο **πρωτόκολλο δυναμικής απόδοσης ρυθμίσεων υπολογιστή DHCP** (Dynamic Host Configuration Protocol)

BOOTP

VS

DHCP

Το **BOOTP** είναι προσανατολισμένο για χρήση από δικτυακούς υπολογιστές **χωρίς δίσκο**.

Αυτοί οι υπολογιστές **ΕΚΚΙΝΟΥΝ(BOOT)**

παίρνοντας όλες τις **ρυθμίσεις** τους

και **φορτώνουν** το **λειτουργικό** τους **σύστημα**

από κάποιον **διακομιστή** του δικτύου.



Το **DHCP** είναι πιο **ευέλικτο** και έχει επικρατήσει καθώς **προσφέρει** συμβατότητα προς τα πίσω **μπορώντας να εξυπηρετήσει ΚΑΙ ΠΕΛΑΤΕΣ BOOTP**.

Θα πρέπει να σημειωθεί πως **αντίθετα** με τα πρωτόκολλα ARP/RARP τα οποία λειτουργούν ως **ενδιάμεσα** των **επιπέδων 2 και 3** του OSI,

τα πρωτόκολλα **BOOTP** και **DHCP** καλύπτουν και το **επίπεδο εφαρμογής** του TCP/IP.



Επίπεδο OSI / TCP IP

- Τα πρωτόκολλα BOOTP και DHCP καλύπτουν και το επίπεδο εφαρμογής του TCP/IP.

Είναι **εφαρμογές** που ακολουθούν

το **μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή (client-server)**.



Παρόλα αυτά, επειδή **ο ρόλος** τους για τις ρυθμίσεις του **πρωτοκόλλου IP** είναι σημαντικός θα περιγραφούν μαζί του.

Τα **ARP/RARP** λειτουργούν ως ενδιάμεσα των επιπέδων 2 και 3 του OSI.

Δηλαδή ενδιάμεσα των επιπέδων **Ζεύξης**
Δεδομένων και **Διαδικτύου**



Πρωτόκολλο Δυναμικής
Διευθέτησης Υπολογιστή
DHCP
Dynamic Host Configuration
Protocol

ΚΕΦ. 3.3.2

Λογισμικά εκκίνησης σταθμών εργασίας δικτύων

Το **RARP** χρησιμοποιείται σπάνια γιατί αποδίδει μόνο IP και καμία άλλη ρύθμιση (πχ IP router, DNS server κλπ)

Το **BOOTP** είναι προσανατολισμένο για χρήση από δικτυακούς υπολογιστές χωρίς δίσκο.

Αυτοί οι υπολογιστές εκκινούν παίρνοντας όλες τις ρυθμίσεις τους και φορτώνουν το λειτουργικό τους σύστημα από κάποιον διακομιστή του δικτύου.

Είναι πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής

Το **DHCP** είναι πιο ευέλικτο και έχει επικρατήσει καθώς προσφέρει συμβατότητα προς τα πίσω μπορώντας να εξυπηρετήσει και πελάτες BOOTP.

Είναι πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής

3.3.2 Το πρωτόκολλο δυναμικής διευθέτησης υπολογιστή DHCP

Το **πρωτόκολλο δυναμικής διευθέτησης (απόδοσης ρυθμίσεων) υπολογιστή DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)**

λειτουργεί όπως το **BOOTP** το οποίο και **επεκτείνει**.



Εξακολουθεί να λειτουργεί ως **εφαρμογή πελάτη-εξυπηρετητή** χρησιμοποιώντας **πακέτα UDP**



με **αριθμό θύρας προορισμού 67** για τον εξυπηρετητή και **68** για τον πελάτη.



3.3.2 Το πρωτόκολλο δυναμικής διεύθυνσης υπολογιστή DHCP

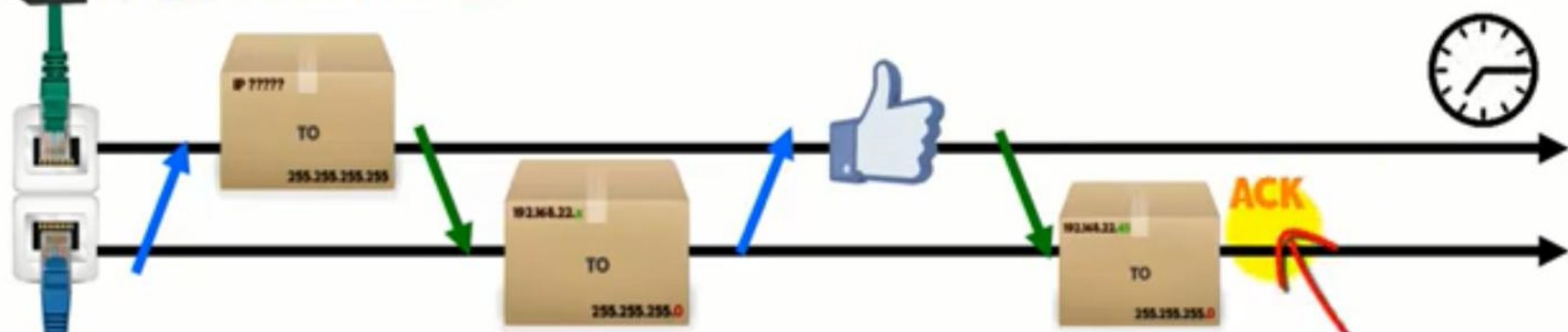
Επιτρέπει σε έναν υπολογιστή να αποκτή τις ρυθμίσεις που χρειάζεται σε ένα μόνο μήνυμα

και να λαμβάνει μια διεύθυνση γρήγορα και δυναμικά.



SERVER

IP 192.168.22.12
MAC 0e.d3.55.7e.b2.34
MASK 255.255.255.0



CLIENT

IP 192.168.22.45
MAC d3.45.90.a2.f1.78
MASK 255.255.255.0

DHCP

Τύποι Εκχώρησης Ρυθμίσεων

Καθορίζει τρεις τύπους εκχώρησης διευθύνσεων:

- 1. Μη αυτόματη ρύθμιση (manual configuration),** στην οποία ο διαχειριστής ορίζει συγκεκριμένες διευθύνσεις που θα πάρουν συγκεκριμένοι υπολογιστές.
- 2. Αυτόματη ρύθμιση (automatic configuration),** κατά την οποία ο διακομιστής DHCP εκχωρεί μια μόνιμη διεύθυνση σε έναν υπολογιστή ο οποίος συνδέεται πρώτη φορά, και
- 3. Δυναμική ρύθμιση (dynamic configuration)** κατά την οποία ο διακομιστής δανείζει ή μισθώνει μια διεύθυνση σε έναν υπολογιστή για περιορισμένο χρόνο.
Η δυναμική ρύθμιση είναι και η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη.

Τα πλεονεκτήματα του DHCP



- Είναι ευέλικτο
- Προσφέρει συμβατότητα προς τα πίσω μπορώντας να εξυπηρετήσει πελάτες BOOTP



- Στους **χρήστες** που δεν αντιλαμβάνονται τις τεχνικές λεπτομέρειες της δικτύωσης και οι ρυθμίσεις του TCP/IP για να συνδεθούν σε δίκτυο, τους φαίνονται πολύπλοκες, το DHCP δίνει τη δυνατότητα, να συνδεθούν εύκολα στο δίκτυο.



- Στο **διαχειριστή** του συστήματος
 - το πλεονέκτημα της κεντρικής διαχείρισης των ρυθμίσεων
 - και την ευκολία υποστήριξης των χρηστών
 - και συντήρησης του δικτύου.

Τι ρυθμίσεις παρέχει το DHCP

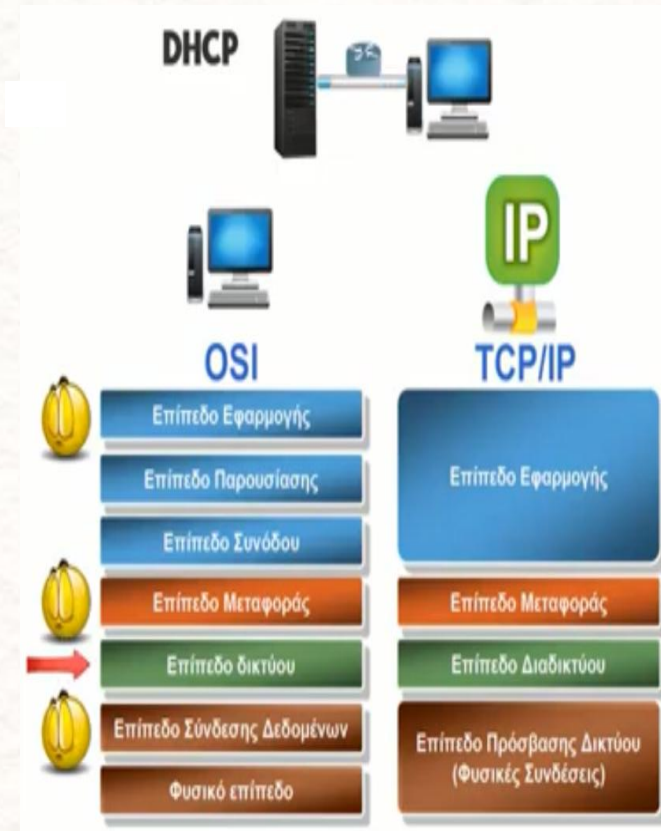
- Διεύθυνση IP
- Μάσκα δικτύου
- Προεπιλεγμένη πύλη*
- Διακομιστές DNS



**Προεπιλεγμένη πύλη* : *Default Gateway* η διεύθυνση IP του δρομολογητή στο τοπικό δίκτυο εκεί στέλνονται όλα τα πακέτα που θα φύγουν εκτός δικτύου.

Οι **ρυθμίσεις** DHCP για το επίπεδο Διαδικτύου είναι **ανεξάρτητες** από τις :

- ρυθμίσεις για το επίπεδο ζεύξης δεδομένων,
- ρυθμίσεις για το πρωτόκολλο TCP (μεταφοράς) και
- ρυθμίσεις για υπηρεσίες (εφαρμογής) όπως διακομιστές χρόνου (NTP*), διακομιστές αλληλογραφίας κ.λπ.



* *Network Time Protocol*: Συγχρονισμός ρολογιών υπολογιστών

Όλες αυτές οι επιλογές φαίνονται στο **RFC2132** και στα συμπληρωματικά του.

Εκκίνηση ΗΥ με DHCP

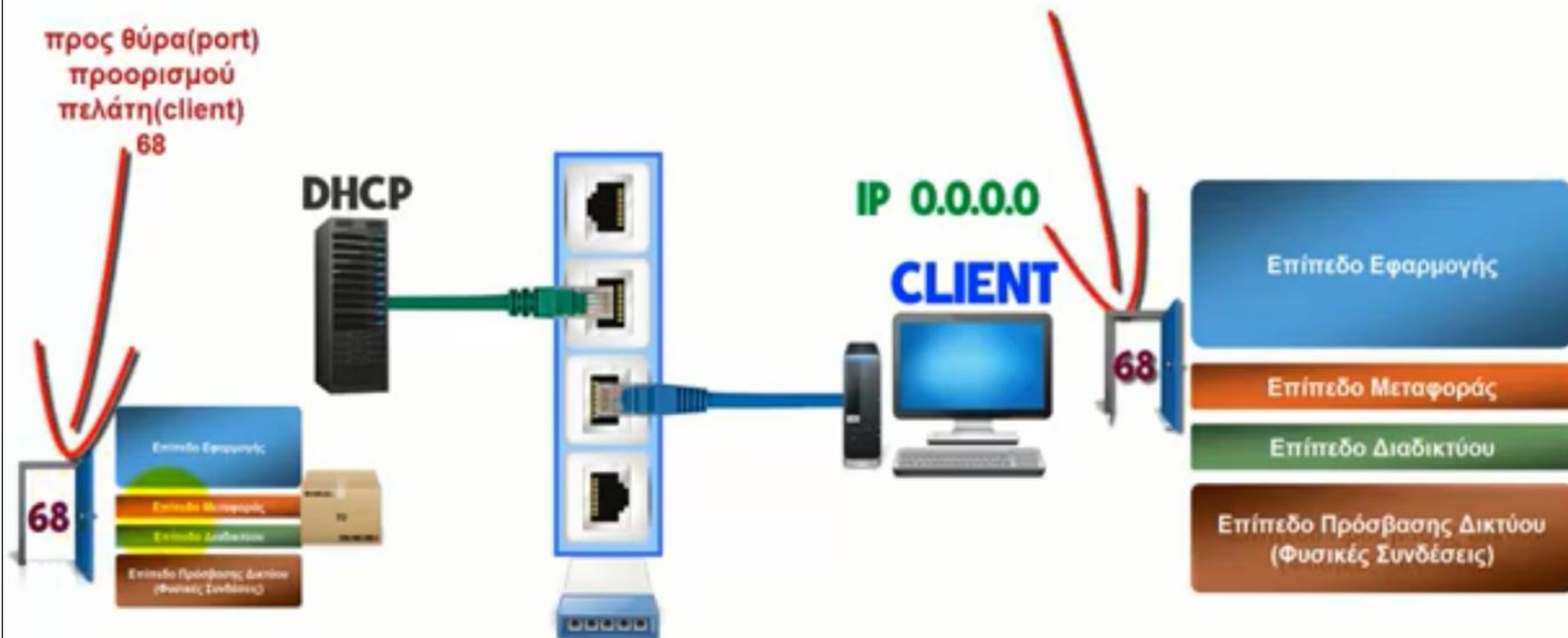
Ένας υπολογιστής, **ρυθμισμένος** να χρησιμοποιεί την υπηρεσία DHCP, **αμέσως μετά** την **εκκίνησή** του:

- ✓ Δημιουργεί ένα πακέτο UDP DHCPDISCOVER στη **θύρα προορισμού 67**.
- ✓ το ενθυλακώνει σε πακέτο IP με **διεύθυνση προέλευσης 0.0.0.0** και **διεύθυνση προορισμού** τη **διεύθυνση εκπομπής 255.255.255.255**
- ✓ στη συνέχεια το ενθυλακώνει σε ένα πλαίσιο με **διεύθυνση προέλευσης** τη **δική του φυσική διεύθυνση** και **διεύθυνση προορισμού** τη **διεύθυνση εκπομπής FF-FF-FF-FF-FF-FF** και **στέλνεται στο τοπικό δίκτυο**.



Εκκίνηση ΗΥ με DHCP

- ✓ Εάν υπάρχουν εξυπηρετητές DHCP ανταποκρίνονται ο καθένας με ένα πακέτο DHCP OFFER στη θύρα 68, και πλαίσιο εκπομπής (διευθύνσεις προορισμού 255.255.255.255, FF-FF-FF-FF-FF-FF). Όταν είναι εφικτό, αποφεύγουν να απαντούν με πλαίσια εκπομπής.



Εκκίνηση ΗΥ με DHCP

- ✓ Ο πελάτης υπολογιστής επιλέγει τις ρυθμίσεις που προσφέρονται από έναν από τους εξυπηρετητές και το δηλώνει αποστέλλοντας ένα πακέτο εκπομπής DHCPREQUEST στο οποίο ζητά τις προσφερόμενες ρυθμίσεις.
- ✓ Ο εξυπηρετητής DHCP που προσέφερε τις ρυθμίσεις επιβεβαιώνει την προσφορά του με ένα πακέτο DHCPACK.

Λειτουργία DHCP

- Από τη λήψη της επιβεβαίωσης **DHCPACK** και στη συνέχεια ο υπολογιστής λειτουργεί με τις δικτυακές ρυθμίσεις που πήρε (κατάσταση **Δεσμευμένος - BOUND**).
- Η διεύθυνση IP παραχωρείται στον υπολογιστή για **συγκεκριμένο χρονικό διάστημα** και χαρακτηρίζεται ως μίσθωση (lease).



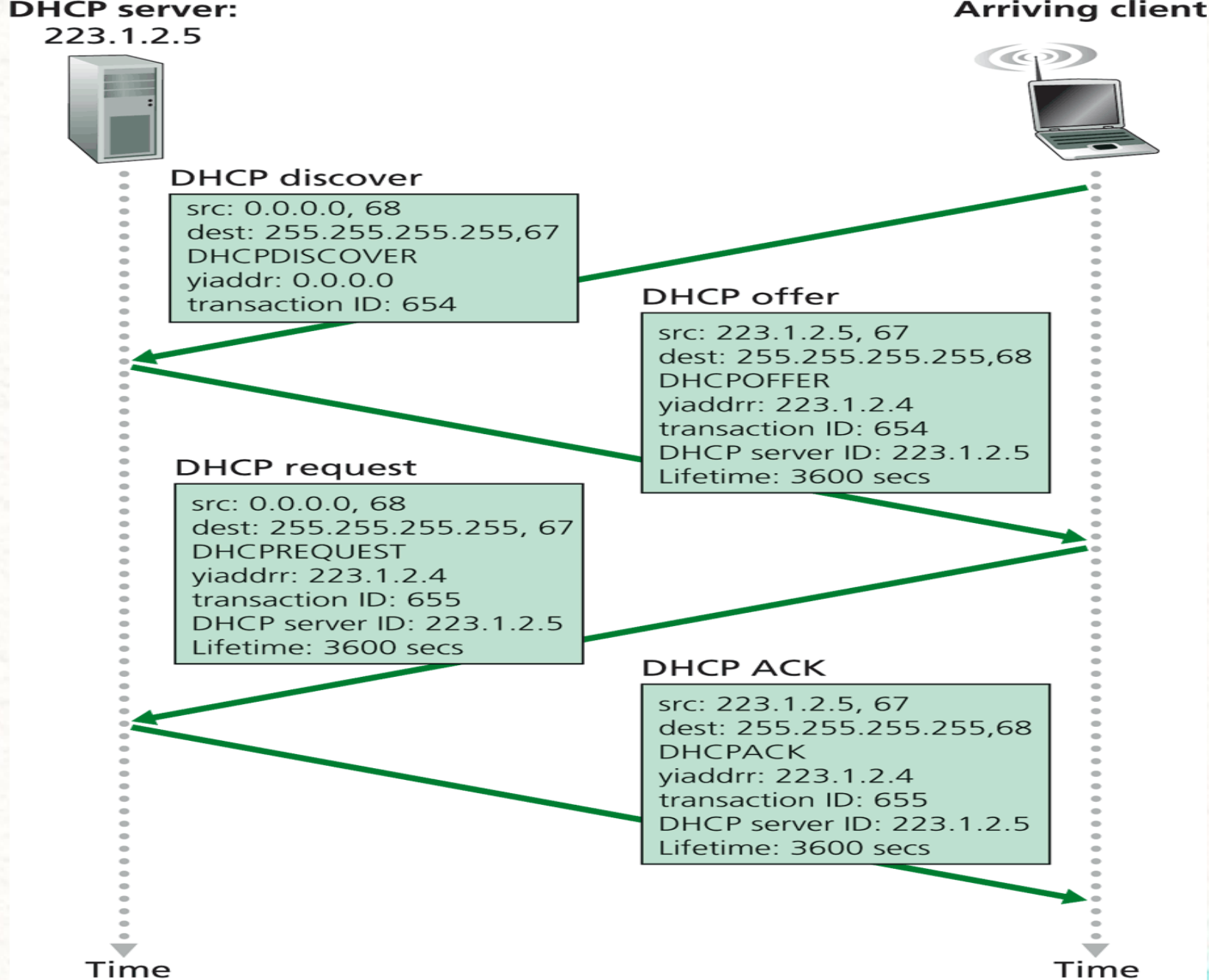
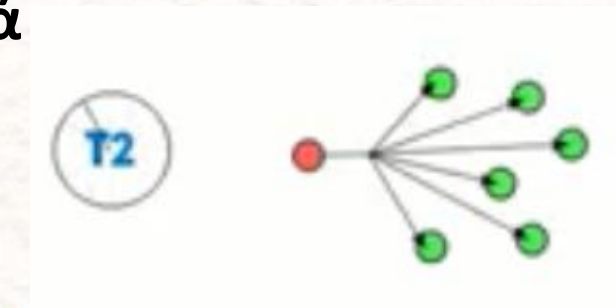
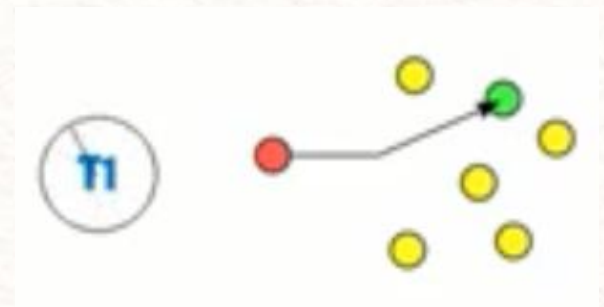


Figure 5.21 ♦ DHCP client-server interaction

Λειτουργία DHCP

Από τη στιγμή αυτή, ο υπολογιστής αρχίζει τη σχετική μέτρηση χρόνου ώστε να προβεί στις κατάλληλες ενέργειες **παράτασης της μίσθωσης της διεύθυνσης πριν τη λήξη της**. Κρατά δύο χρόνους:

- T1, μετά την παρέλευση του οποίου **προσπαθεί να ανανεώσει** τη μίσθωση :
(DHCPREQUEST - unicast) από τον διακομιστή ο οποίος έδωσε **αρχικά τη διεύθυνση**, περνά δηλαδή σε κατάσταση **RENEWING**.
- T2, μετά την παρέλευση του οποίου **αναζητά ανανέωση ή νέα διεύθυνση** :
(DHCPREQUEST - broadcast) από οποιονδήποτε διακομιστή DHCP περνά δηλαδή σε κατάσταση **REBINDING**.



Ο χρόνος **T1** είναι περίπου $(0,5 * \text{χρόνος_μίσθωσης})$ και



ο **T2** περίπου $(0,875 * \text{χρόνος_μίσθωσης})$.



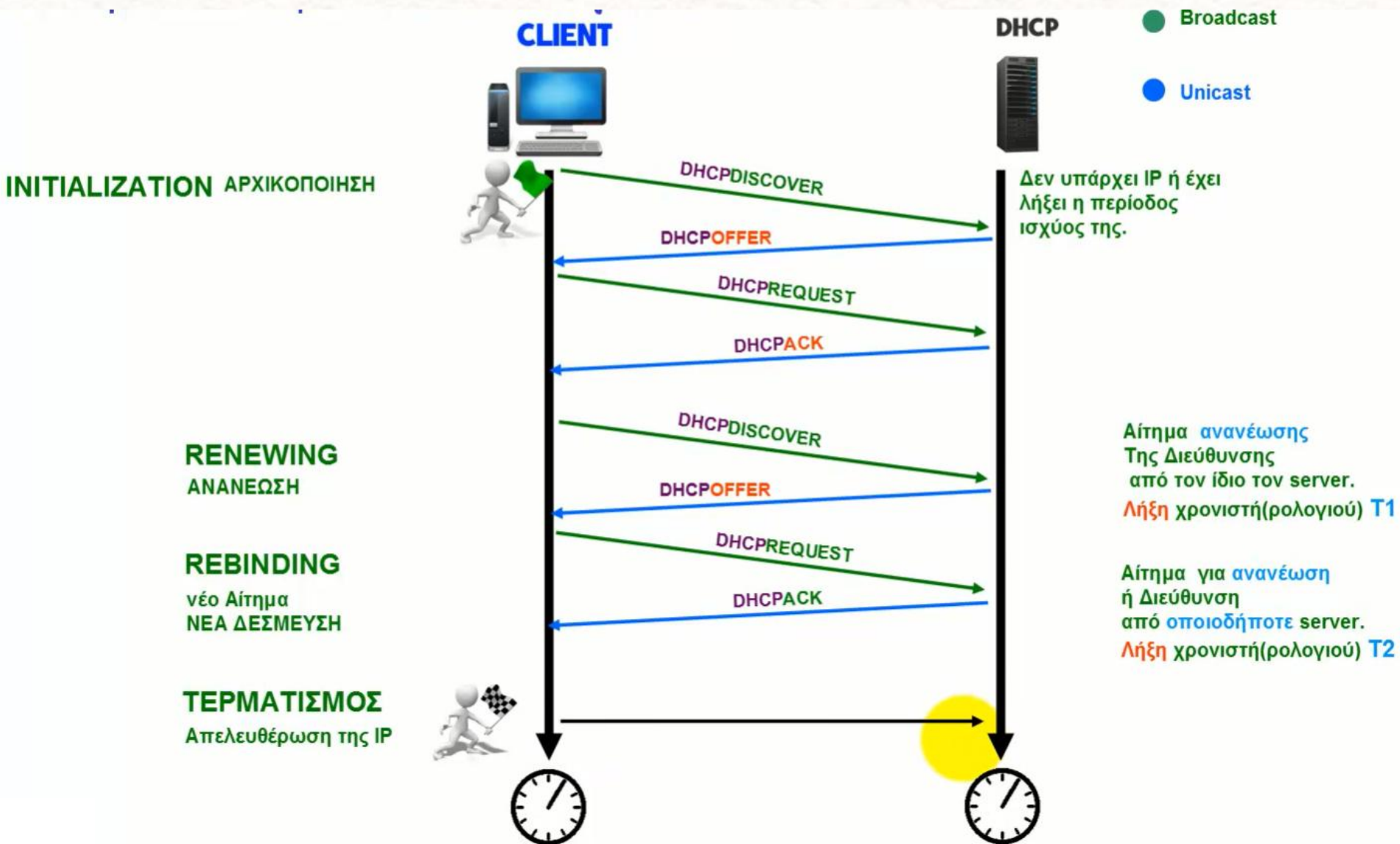
Είναι δηλαδή **T1 < T2**.

Περίπτωση ομαλού τερματισμού υπολογιστή

Όταν ο υπολογιστής τερματίζει τη λειτουργία του ομαλά (shutdown) πριν λήξει η μίσθωση της διεύθυνσης, τότε **απελευθερώνει την διεύθυνσή του** στέλνοντας πριν τον τερματισμό, στον διακομιστή **DHCP**, ένα πακέτο **DHCPRELEASE**.



Λειτουργία DHCP

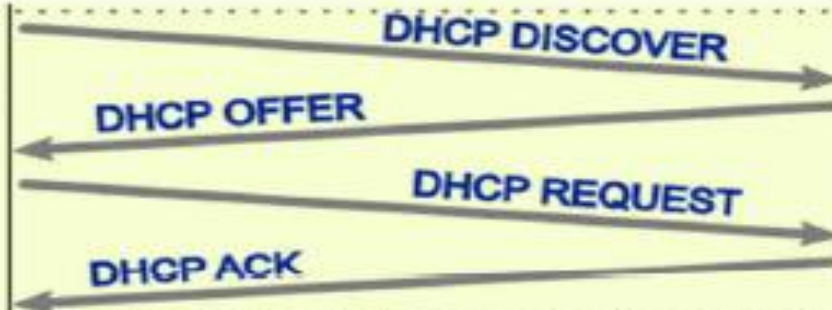




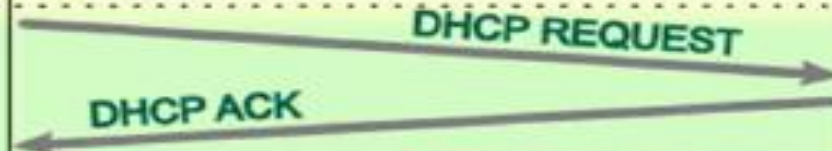
STATE - ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

INITIALIZATION - ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

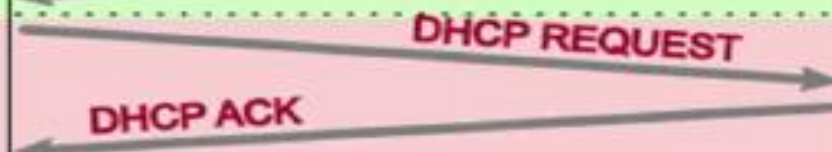
(Δεν υπάρχει Διεύθυνση IP
ή έχει λήξει η ισχύς της)

**RENEWING - ΑΝΑΝΕΩΣΗ**

(Αίτημα ανανέωσης της Δ/νσης
από τον ίδιο server
Λήξη Χρονιστή T1)

**REBINDING - ΝΕΟ ΑΙΤΗΜΑ**

(Αίτημα για ανανέωση ή νέα Δ/νση
από οποιονδήποτε server
Λήξη Χρονιστή T2)



ΟΜΑΛΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ Η/Υ
(Απελευθέρωση της διεύθυνσης IP)



Εικόνα 3.2.2.α: Λειτουργία DHCP

Επιπλέον μηνύματα που προβλέπονται από DHCP

DHCPNAK (από τον διακομιστή προς τον πελάτη). Εάν μετά από ένα αίτημα **DHCPREQUEST** ο διακομιστής δεν επαληθεύσει ως σωστές τις ζητηθείσες ρυθμίσεις απαντά αρνητικά με το μήνυμα **DHCPNAK**

DHCPDECLINE (από τον πελάτη προς τον διακομιστή). Εάν μετά από μια προσφορά **DHCPOFFER**, ο πελάτης διαπιστώσει ότι οι ρυθμίσεις που του δόθηκαν είναι σε σύγκρουση με αυτές άλλου υπολογιστή, τις απορρίπτει με **DHCPDECLINE** και ξεκινά τη διαδικασία από την αρχή με **DHCPDISCOVER**

DHCPINFORM (από τον πελάτη προς τον διακομιστή). Από τη στιγμή που ο πελάτης έχει λάβει διεύθυνση IP και θέλει πρόσθετες πληροφορίες ρυθμίσεων, δε μπορεί να στείλει νέο αίτημα **DHCPREQUEST**. Στην περίπτωση αυτή τις ζητά με ένα αίτημα **DHCPINFORM**.

DHCP Relay Agents – Πράκτορες Αναμετάδοσης

Η λειτουργία του πρωτοκόλλου DHCP υποστηρίζεται

και από πράκτορες αναμετάδοσης (DHCP Relay Agents) για την εξυπηρέτηση πελατών

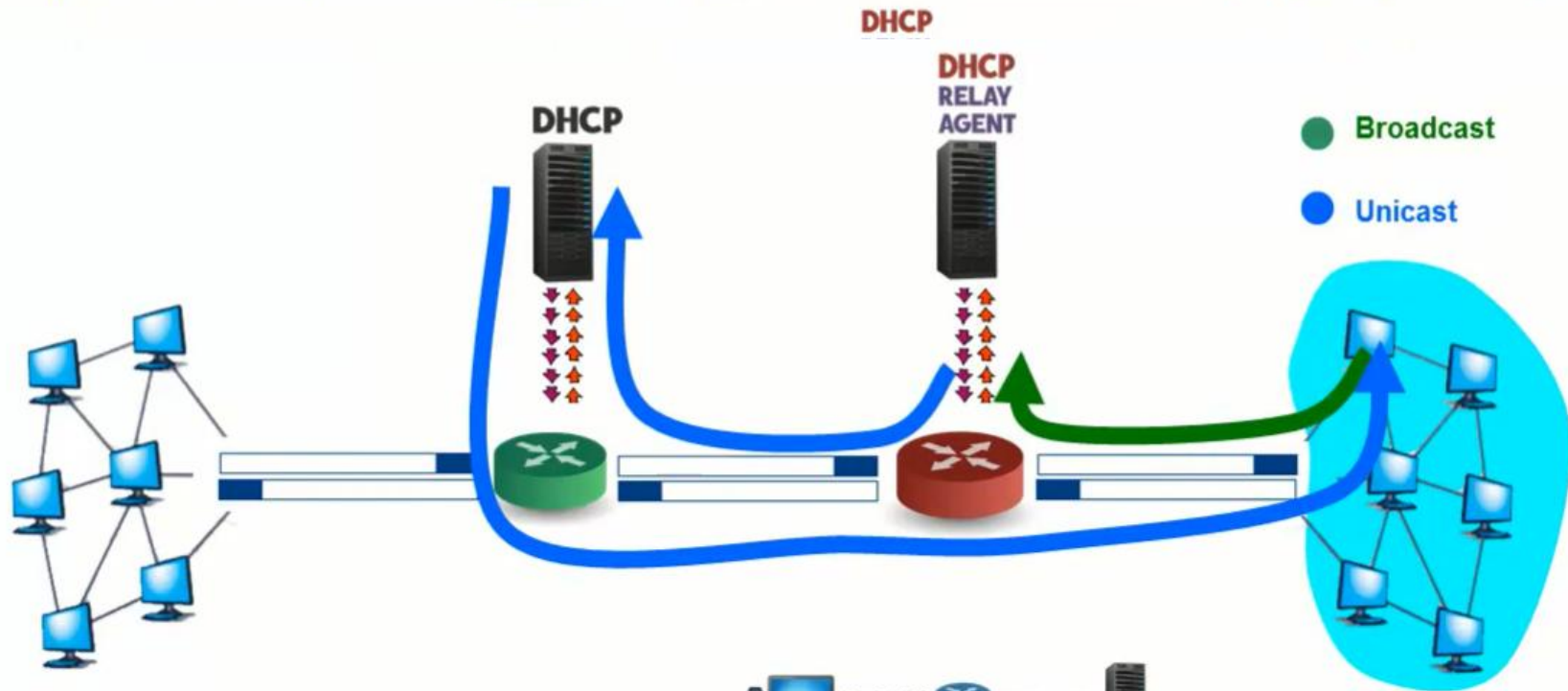
οι οποίοι **δε βρίσκονται** στο ίδιο φυσικό δίκτυο με τον διακομιστή.

Ο πελάτης εφόσον **δεν έχει** δικτυακές ρυθμίσεις σε επίπεδο IP

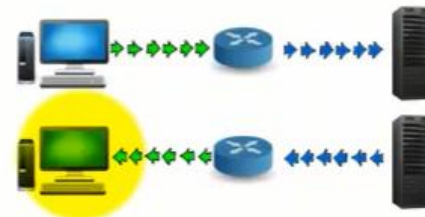
δεν μπορεί να **επικοινωνήσει** με υπολογιστές σε άλλα δίκτυα.

Ένας υπολογιστής που βρίσκεται στο ίδιο φυσικό δίκτυο με τον πελάτη,

προωθεί το αίτημά του πελάτη στο διακομιστή DHCP στο άλλο δίκτυο και του επιστρέφει την απάντηση



Τα routers δεν μπορούν να περάσουν broadcast μηνύματα !!



Έγγραφα Request For Comments

Το πρωτόκολλο **DHCP** προτάθηκε ως επέκταση του **BOOTP**,



αρχικά στα RFC1531, 1541 τα οποία έχουν αντικατασταθεί από το **RFC2131**.

Όλες οι πληροφορίες σχετικά με αυτό βρίσκονται στο RFC2131 και στα συμπληρωματικά του.



Διευθύνσεις IP & Ονοματολογία

Κεφ 3.4

ΔΕΚΑΔΙΚΗ ΣΗΜΕΙΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΤΕΛΕΙΕΣ (FOUR-PART DOTTED DECIMAL NOTATION)

Η δεκαδική σημειογραφία με τελείες (four-part dotted decimal notation) είναι ένας σχετικά εύκολος τρόπος γραφής διευθύνσεων IP οι οποίες είναι δυαδικοί αριθμοί των 32 bit.

192 . 168 . 1 . 11
11000000 10101000 00000001 00010010

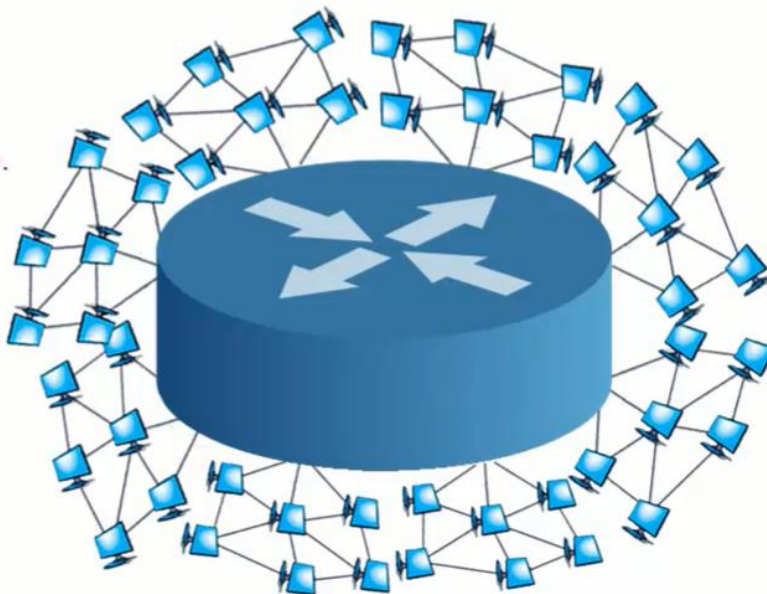
Έτσι το να θυμάται ένας χρήστης έναν αριθμό όπως ο 192.168.1.11 είναι σχετικά εύκολο,



192 . 168 . 1 . 11



όμως το να θυμάται έναν τέτοιο αριθμό
για **κάθε υπολογιστή**
στον οποίο θέλει να συνδεθεί είναι δύσκολο.



! Είναι σαν να προσπαθεί να θυμάται τους αριθμούς τηλεφώνου όλων των φίλων και γνωστών.

Δηλ. Θυμάται τα ονόματά τους μα όχι και τους αριθμούς τηλεφώνων τους. Όταν πρόκειται να τηλεφωνήσει σε κάποιον χρησιμοποιεί έναν τηλεφωνικό κατάλογο.

ΑΠΛΑ ΜΟΝΟΛΕΚΤΙΚΑ ΟΝΟΜΑΤΑ



- Η διαδικασία της ενθυλάκωσης απαιτεί διευθύνσεις.
- Για τους ανθρώπους είναι πιο βολικά τα **ονόματα**.



- Από την αρχή του Διαδικτύου και της ανάπτυξης της ομάδας πρωτοκόλλων του TCP/IP χρησιμοποιήθηκαν **απλά μονολεκτικά ονόματα** με τα οποία αναφέρονταν στους διασυνδεδεμένους υπολογιστές.

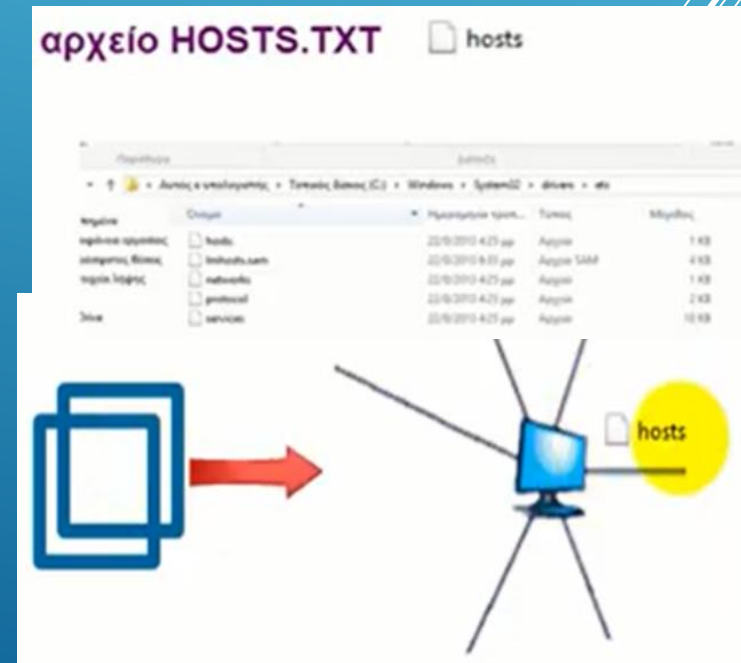


➤ Έπρεπε να υπάρχει μια λίστα αντιστοιχίας ή μετάφρασης ονομάτων σε διευθύνσεις IP την οποία θα συμβουλευόνταν τα πρωτόκολλα ώστε να χρησιμοποιούν την αντίστοιχη αριθμητική διεύθυνση.



ΛΙΣΤΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑΣ Ή ΜΕΤΑΦΡΑΣΗΣ ΟΝΟΜΑΤΩΝ

- Το ρόλο της λίστας αυτής ανέλαβε το **αρχείο HOSTS.TXT** αντίγραφο του οποίου είχε στη διάθεσή του κάθε υπολογιστής του δικτύου.
- Το πρωτότυπο ενημερωνόταν **κεντρικά** από έναν διαχειριστικό κόμβο και διανεμόνταν ένα **αντίγραφο** του σε όλους τους άλλους.
- Το αρχείο αυτό υπάρχει και στους σημερινούς υπολογιστές παρότι **δεν ενημερώνεται** και **δεν χρησιμοποιείται** συνήθως.
- Σε υπολογιστή με windows είναι το **%SystemRoot%\System32\drivers\etc\hosts** ενώ σε υπολογιστή με unix/linux το **/etc/hosts**.
- Για το αρχείο HOSTS.TXT και τη δομή του δείτε το [RFC952](#).



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ HOSTS ΑΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ ΜΕ Λ.Σ. WINDOWS

```
# Copyright (c) 1993-2009 Microsoft Corp.
#
# This is a sample HOSTS file used by Microsoft TCP/IP for Windows.
#
# This file contains the mappings of IP addresses to host names. Each
# entry should be kept on an individual line. The IP address should
# be placed in the first column followed by the corresponding host
# name.
# The IP address and the host name should be separated by at least
# one
# space.
#
# Additionally, comments (such as these) may be inserted on
# individual
# lines or following the machine name denoted by a '#' symbol.
#
# For example:
#
#       102.54.94.97       rhino.acme.com          # source server
#       38.25.63.10       x.acme.com              # x client host
# localhost name resolution is handled within DNS itself.
#       127.0.0.1         localhost
#       ::1               localhost
```

IP – ΟΝΟΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

IP διεύθυνση	Όνομα υπολογιστή
128.174.5.1	atlas
128.174.5.2	kronos
128.174.5.3	aris

Σε κάθε IP – Host αντιστοιχεί ένα Όνομα Υπολογιστή

ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΟΝΟΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ (DOMAIN NAME SYSTEM - DNS).

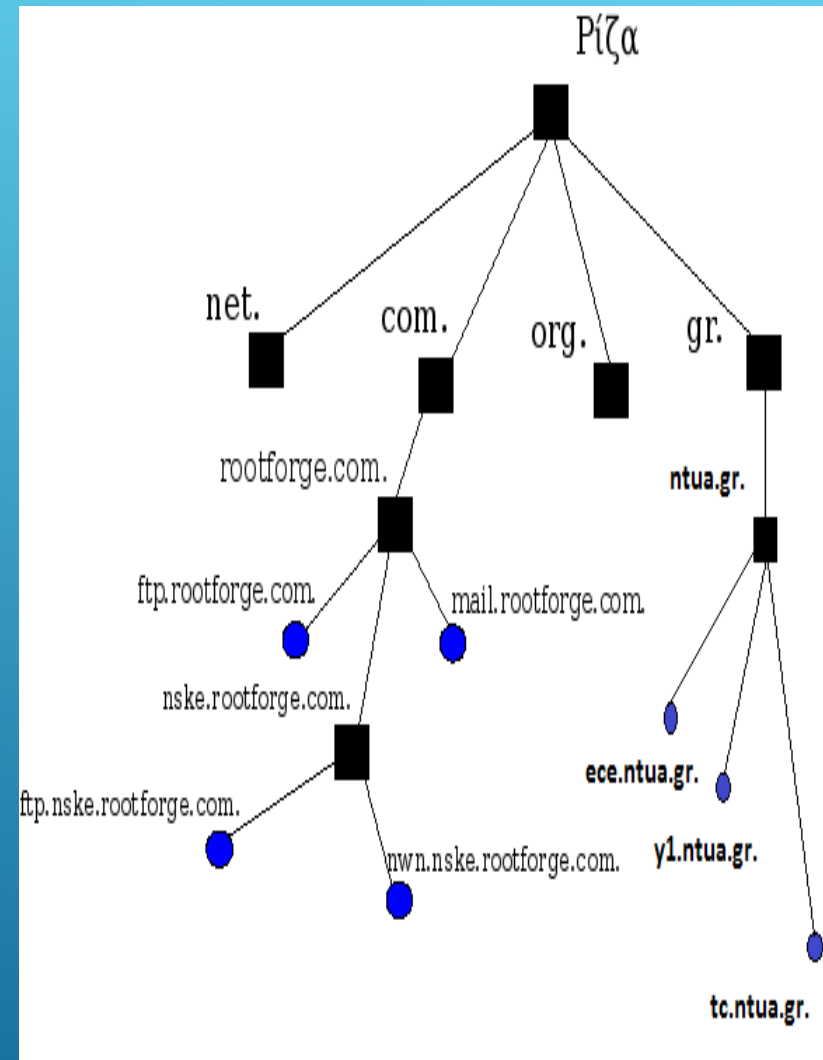
- Λόγω της μεγάλης αύξησης του αριθμού των κόμβων του Διαδικτύου, και
- τη δυναμική σύνδεση αλλά και αποσύνδεση των κόμβων, ο επίπεδος χώρος ονομάτων και το αρχείο HOSTS.TXT δεν επαρκούσαν για να δώσουν μια σαφή και προπάντων επικαιροποιημένη εικόνα των υπολογιστών του δικτύου.



- ▶ Έτσι, νωρίς ακόμη (1983, RFC882,883), προτάθηκε και υλοποιήθηκε η **Υπηρεσία Ονομάτων Περιοχών (Domain Name System - DNS)**.
- ▶ Ένα **σύστημα ονομάτων** το οποίο δεν είναι επίπεδο αλλά ιεραρχικά δομημένο, οργανωμένο σε περιοχές και υποπεριοχές σε διάφορα επίπεδα.
- ▶ Στο κατώτερο επίπεδο, στο αριστερό μέρος, βρίσκεται το όνομα του υπολογιστή. Η διαδικασία αντιστοίχισης-μετάφρασης ονομάτων σε διευθύνσεις IP ονομάζεται **ανάλυση ονομάτων** (name resolve) και το κομμάτι του λογισμικού που είναι επιφορτισμένο με αυτή **name resolver**.

ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΧΩΡΟΥ ΟΝΟΜΑΤΩΝ DNS

- Κάτω από κάθε περιοχή **1^{ου} επιπέδου**, υπάρχει δεύτερο επίπεδο περιοχών, που προσδιορίζει συνήθως τον οργανισμό ή την εταιρεία στην οποία ανήκει το δίκτυο.
- Οι περιοχές αυτές (**domains**) ονομάζονται **περιοχές 2^{ου} επιπέδου** και κάθε μία είναι μοναδική.
- Η διαχείριση του χώρου ονομάτων κάτω από τις περιοχές ανωτάτου επιπέδου έχει εκχωρηθεί σε οργανισμούς, που μπορούν να εκχωρήσουν περαιτέρω τη διαχείριση υποπεριοχών τους (**subdomains**).



ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΧΩΡΟΥ ΟΝΟΜΑΤΩΝ DNS

Η διαδικασία αντιστοίχισης-μετάφρασης ονομάτων σε διευθύνσεις IP

ονομάζεται **ανάλυση ονομάτων (name resolve)** και το κομμάτι του λογισμικού που είναι επιφορτισμένο με αυτή **name resolver**.



υπολογιστής.υποπεριοχή_n.....

υποπεριοχή1. περιοχή. περιοχή_TLD

(TLD = Top Level Domain - περιοχή ανώτατου επιπέδου)

Το πλήρες όνομα του διακομιστή του 2ου ΕΠΑ.Λ. Κατερίνης είναι:

2epal-kater.pie.sch.gr

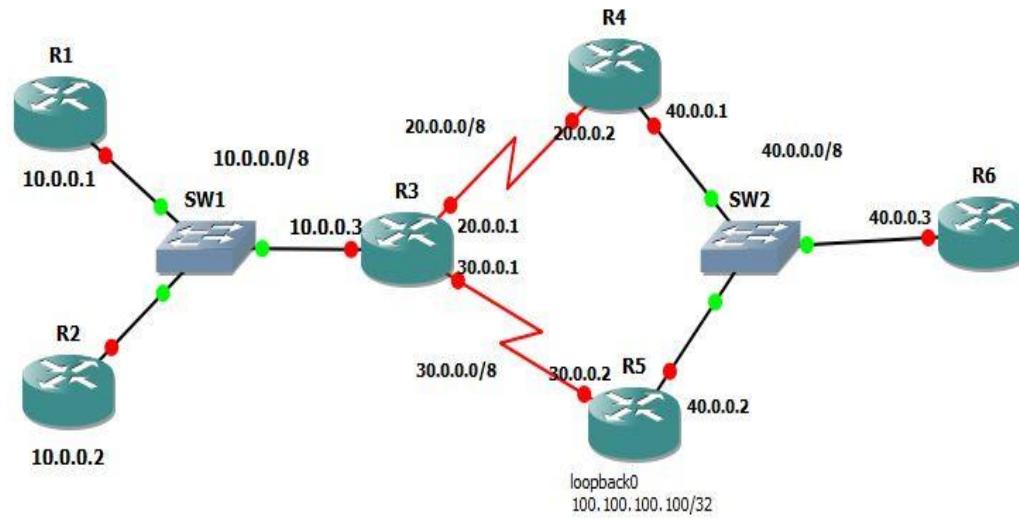
Από δεξιά προς αριστερά και από ανώτατο προς το κατώτερο επίπεδο η σημασία είναι η εξής:

.gr	Όνομα περιοχής ανώτατου επιπέδου (TLD), Ελλάδα.
.sch.gr	όνομα περιοχής, το σχολικό δίκτυο (.sch.)
.pie.	όνομα υποπεριοχής, Πιερία
2epal-kater.	το όνομα ή ψευδώνυμο (alias) του υπολογιστή



Η διαχείριση του συστήματος DNS είναι και αυτή ιεραρχική και κατανεμημένη σε διάφορους διακομιστές της υπηρεσίας για διαφορετικές περιοχές και υποπεριοχές. Περισσότερες πληροφορίες μπορούν να βρεθούν στα RFC1034, 1035.





ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ

ΚΕΦ. 3.6

Επίπεδο Διαδικτύου

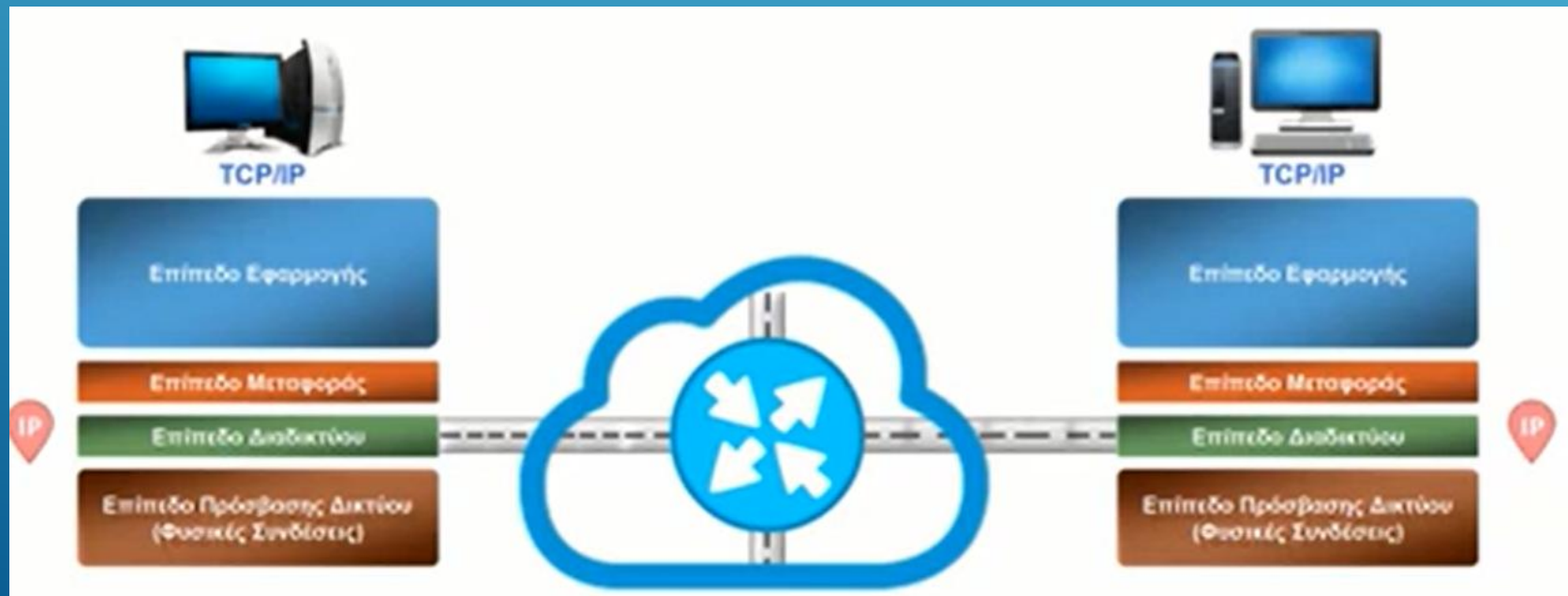
Βασικές Λειτουργίες :

- Διευθυνσιοδότηση
- Δρομολόγηση
Αυτοδύναμων πακέτων
(datagrams)



ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΑΥΤΟΔΥΝΑΜΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ

- Η **δρομολόγηση** των αυτοδύναμων πακέτων (datagrams) εξασφαλίζει την επικοινωνία μεταξύ των δυο ακραίων υπολογιστών του δικτύου (host to host). Παρέχει, δηλαδή, το απαιτούμενο επικοινωνιακό υποδίκτυο. Η δρομολόγηση έχει έννοια όταν μεταξύ των ακραίων υπολογιστών μεσολαβεί τουλάχιστον ένας δρομολογητής.



➤ Σε αντίθετη περίπτωση είναι διαθέσιμες και άλλες τεχνικές (μεταγωγή - switching, γεφύρωση - bridging) οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν από το 2ο επίπεδο του OSI και αναφέρονται στο ίδιο φυσικό δίκτυο.



ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΟΡΙΣΜΟΣ

Δρομολόγηση είναι το έργο της μετακίνησης (προώθησης, διεκπεραίωσης) της πληροφορίας από την αφετηρία μέσω ενός διαδικτύου και παράδοσης στον προορισμό της.



Η δρομολόγηση περιλαμβάνει δυο διακριτές δραστηριότητες:

- τον προσδιορισμό της καλύτερης διαδρομής από την αφετηρία έως τον προορισμό και
- την μεταφορά (προώθηση - IP forwarding) της ομαδοποιημένης, σε πακέτα, πληροφορίας στον προορισμό της, διαμέσου του Διαδικτύου.

Η δεύτερη δραστηριότητα, η μεταφορά-προώθηση των πακέτων δεν είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και η υλοποίησή της είναι σχετικά εύκολη.

Ο προσδιορισμός της διαδρομής, μπορεί να καταλήξει σε ιδιαίτερα **σύνθετο πρόβλημα** το οποίο καλούνται να αντιμετωπίσουν τα **πρωτόκολλα δρομολόγησης**.

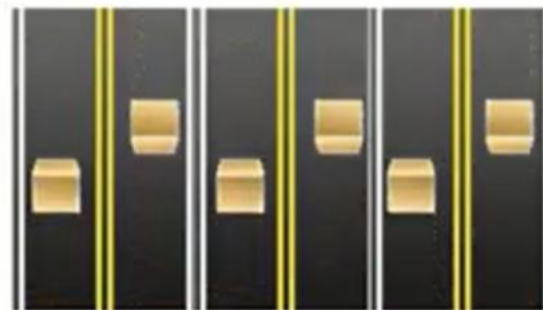
Τα **πρωτόκολλα δρομολόγησης**

χρησιμοποιούν **μετρήσιμα χαρακτηριστικά**

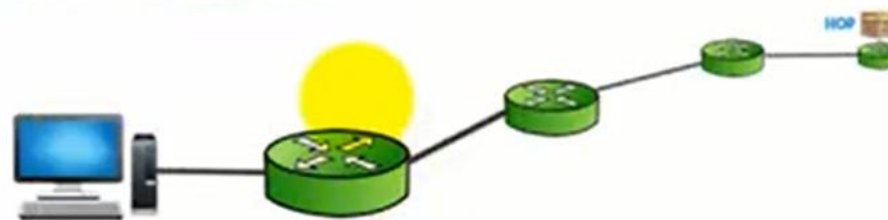
για να **εκτιμήσουν ποια διαδρομή είναι καλύτερη για ένα πακέτο**.

Τέτοια είναι

το **εύρος ζώνης (ταχύτητα) των γραμμών της διαδρομής**,



η **σχετική απόσταση (αριθμός των αλμάτων ή κόμβων) έως τον προορισμό κ.ά.**



ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Η εκτίμηση της βέλτιστης διαδρομής προς τον προορισμό γίνεται από τους **αλγόριθμους** που χρησιμοποιούνται από τα πρωτόκολλα δρομολόγησης.

Με τη βοήθεια των αλγορίθμων συντάσσονται οι **πίνακες δρομολόγησης** οι οποίοι περιέχουν πληροφορίες δρομολογίων.

Οι πληροφορίες δρομολογίων ποικίλουν ανάλογα με τον χρησιμοποιούμενο αλγόριθμο.



3.6 Δρομολόγηση

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης ενημερώνουν στους πίνακες δρομολόγησης μια ποικιλία πληροφοριών.

Οι βασικότερες είναι

οι αντιστοιχίσεις προορισμού

και επόμενου άλματος (next hop)

οι οποίες λένε στο δρομολογητή σε ποια δικτυακή διασύνδεση να προωθήσει ένα εισερχόμενο πακέτο.



```
C:\Windows\System32\drivers\etc>route -4 print
```

...

IPv4 Πίνακας Διαδρομών

Ενεργές Διαδρομές:

Διεύθυνση Δικτύου	Μάσκα Δικτύου	Πύλη	Διασύνδεση	Μέτρο
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.1.1	192.168.1.11	30
127.0.0.0	255.0.0.0	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
127.0.0.1	255.255.255.255	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
127.255.255.255	255.255.255.255	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
192.168.1.0	255.255.255.0	Με σύνδεση	192.168.1.11	286
192.168.1.11	255.255.255.255	Με σύνδεση	192.168.1.11	286
192.168.1.255	255.255.255.255	Με σύνδεση	192.168.1.11	286
224.0.0.0	240.0.0.0	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
224.0.0.0	240.0.0.0	Με σύνδεση	192.168.1.11	286
255.255.255.255	255.255.255.255	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
255.255.255.255	255.255.255.255	Με σύνδεση	192.168.1.11	286

Πίνακας 3.6.2: Πίνακας δρομολόγησης IPv4 σε υπολογιστή με Λ.Σ Windows

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Όταν ένας δρομολογητής παραλαμβάνει ένα εισερχόμενο πακέτο **εξετάζει** την διεύθυνση **προορισμού** και **προσπαθεί** να την **ταιριάξει** με μια **εγγραφή** επόμενου **άλματος** στον **πίνακα δρομολόγησης**.

Στη συνέχεια **προωθεί** το **πακέτο** από την αντίστοιχη δικτυακή διασύνδεση.

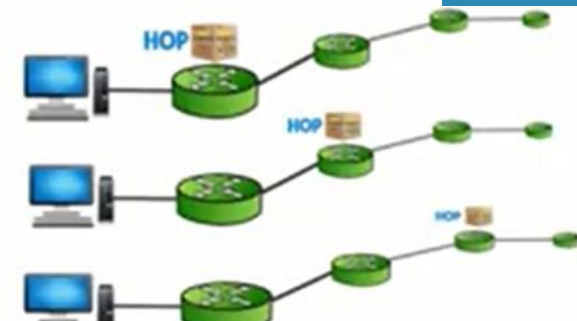


Συνεπώς το κάθε πακέτο δρομολογείται ανεξάρτητα και υπάρχει το ενδεχόμενο πακέτα για τον ίδιο προορισμό να ακολουθήσουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές διαφορετικές διαδρομές.

Routing			
			TTL=##
			TTL=##
			TTL=##

Οι πίνακες δρομολόγησης περιέχουν και πληροφορίες οι οποίες **εκφράζουν** το **βαθμό προτίμησης** μιας **διαδρομής** (του επόμενου άλματος).

Routing	





ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Δηλαδή, Συνοψίζοντας.....

- μια διεύθυνση δικτύου προορισμού ή υπολογιστή προορισμού (σπανιότερα) συνοδευόμενη από τη μάσκα δικτύου. Είναι το κλειδί αναζήτησης στον πίνακα
- τη διεύθυνση του επόμενου δρομολογητή (επόμενο άλμα - next hop) προς αυτόν τον προορισμό και
- τη δικτυακή διεπαφή (interface) μέσω της οποίας είναι προσβάσιμος ο επόμενος δρομολογητής.
- Βαθμός προτίμησης μιας διαδρομής (επόμενου άλματος)



ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Οι δρομολογητές επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας μηνύματα και ενημερώνουν τους πίνακες δρομολόγησής τους.

Τα μηνύματα ενημέρωσης μπορεί να είναι μέρος του πίνακα δρομολόγησης ή ολόκληρος.

Ένας δρομολογητής αναλύοντας τα μηνύματα ενημέρωσης άλλων δρομολογητών μπορεί να σχηματίσει μια λεπτομερή εικόνα της τοπολογίας και της τρέχουσας κατάστασης των συνδέσεων του Διαδικτύου.



Έτσι είναι σε θέση να προσδιορίζει τις βέλτιστες διαδρομές προς διάφορους προορισμούς του Διαδικτύου.

Το πρωτόκολλο IP
λειτουργεί σε όλους
τους τύπους υλικού
δικτύου

Κάνει την βέλτιστη
προσπάθεια για να
επιδώσει το κάθε
αυτοδύναμο πακέτο

Όμως το υποκείμενο
υλικό δικτύου μπορεί
να λειτουργήσει
λανθασμένα

ΠΙΘΑΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΙ ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ IP

► Επανάληψη Αυτοδύναμου πακέτου



► Επίδοση με καθυστέρηση ή εκτός σειράς



► Αλλοίωση Δεδομένων



► Απώλεια αυτοδύναμου πακέτου



★ Για την αντιμετώπιση τέτοιων
σφαλμάτων υπεύθυνα είναι
τα **ανώτερα στρώματα**
δικτύωσης.



3.6.1 Άμεση/ Έμμεση Δρομολόγηση

3.6.1 Άμεση/ Έμμεση

Στη βασική της αρχή, η **δρομολόγηση** είναι πολύ **απλή**.

Ο **αρχικός υπολογιστής**, ο **αποστολέας**, ο οποίος **δημιουργεί** τα **αυτοδύναμα πακέτα (datagrams)**, **εξετάζει** την **διεύθυνση IP προορισμού**.



Εάν **ΔΕΝ** είναι **τοπική**

(**ΔΕΝ** έχει ως **προορισμό** υπολογιστή ο οποίος **βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο**)

τότε ο **αποστολέας** **αναζητά** έναν **δρομολογητή**

ο οποίος (ελπίζει να) **βρίσκεται στη σωστή κατεύθυνση** προς τον **προορισμό**

και στέλνει τα πακέτα σε αυτόν.

3.6.1 Άμεση/ Έμμεση Δρομολόγηση

Ο δρομολογητής ουσιαστικά εκτελεί την ίδια διαδικασία. Κάθε δρομολογητής κατά μήκος της διαδρομής επαναλαμβάνει τη διαδικασία μέχρι το πακέτο να φτάσει σε έναν δρομολογητή ο οποίος βρίσκεται στο ίδιο φυσικό δίκτυο με τον υπολογιστή στον οποίο ανήκει η διεύθυνση προορισμού. Εκεί παραδίδεται το πακέτο.



Τα πράγματα φαίνονται απλά, ωστόσο πολύ γρήγορα περιπλέκονται καθώς τα δίκτυα μεγαλώνουν σε έκταση μαζί με τις ανάγκες χωρητικότητας των γραμμών επικοινωνίας.

ΒΗΜΑΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ (1)

- Ο αποστολέας εξετάζει την IP διεύθυνση προορισμού
- 1^ο: **Ελέγχει αν είναι τοπική..?..** → εκτελεί **λογικό ΚΑΙ (AND)** της διεύθυνσης IP προορισμού με τη μάσκα δικτύου για να βρει τη διεύθυνση του **δικτύου προορισμού** και την συγκρίνει με τη δική του διεύθυνση δικτύου.
- Αν **είναι τοπική** τότε καλεί το πρωτόκολλο **ARP** για να μάθει τη φυσική διεύθυνση που αντιστοιχεί στη διεύθυνση IP προορισμού, ενθυλακώνει το πακέτο σε ένα πλαίσιο και το στέλνει στον προορισμό του.

Στην περίπτωση αυτή, οι υπολογιστές **προέλευσης και προορισμού** βρίσκονται στο ίδιο δίκτυο, δεν μεσολαβεί δρομολογητής και η διαδικασία χαρακτηρίζεται **άμεση δρομολόγηση**.

ΒΗΜΑΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ (2)

2^{ον}: Αν δεν είναι τοπική τότε

- Αναζητά στον πίνακα δρομολόγησης μια καταχώρηση που να αναφέρεται είτε στην διεύθυνση 'προορισμού' είτε στην διεύθυνση δικτύου προορισμού.
- Εντοπίζει τον αντίστοιχο δρομολογητή, καλεί το πρωτόκολλο ARP για να μάθει τη φυσική διεύθυνση που αντιστοιχεί στον **δρομολογητή**, ενθυλακώνει το πακέτο σε ένα πλαίσιο με προορισμό τη φυσική διεύθυνση του δρομολογητή και του το στέλνει για να συνεχίσει την προσπάθεια παράδοσης του πακέτου προς τον τελικό του προορισμό.
- Κάθε δρομολογητής κατά μήκος της διαδρομής επαναλαμβάνει τη διαδικασία μέχρι το πακέτο να φτάσει σε έναν δρομολογητή ο οποίος βρίσκεται στο ίδιο φυσικό δίκτυο με τον υπολογιστή στον οποίο ανήκει η διεύθυνση προορισμού. Εκεί παραδίδεται το πακέτο.

Όταν οι υπολογιστές προέλευσης και προορισμού δεν βρίσκονται στο ίδιο δίκτυο και μεσολαβούν ανάμεσά τους ένας ή περισσότεροι δρομολογητές τότε η διαδικασία χαρακτηρίζεται **έμμεση δρομολόγηση**

ΒΗΜΑΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ (3)

3^ο: Συνήθως υπάρχει ένας **προεπιλεγμένος δρομολογητής** (default router, default gateway) ώστε εάν δεν ταιριάζει κάποια από όλες τις άλλες καταχωρίσεις του πίνακα δρομολόγησης με το δίκτυο ή τη διεύθυνση IP προορισμού να παραδίδεται το πακέτο για διεκπεραίωση σε αυτόν.



4^ο: Εάν η διεύθυνση προορισμού:

δεν ανήκει στο ίδιο δίκτυο με τον αποστολέα,

δεν υπάρχει καταχώριση γι αυτήν και το δίκτυό της στον πίνακα **ICMP** δρομολόγησης και

δεν έχει οριστεί προεπιλεγμένος δρομολογητής

τότε το δίκτυο αδυνατεί να προχωρήσει τη διαδικασία δρομολόγησης

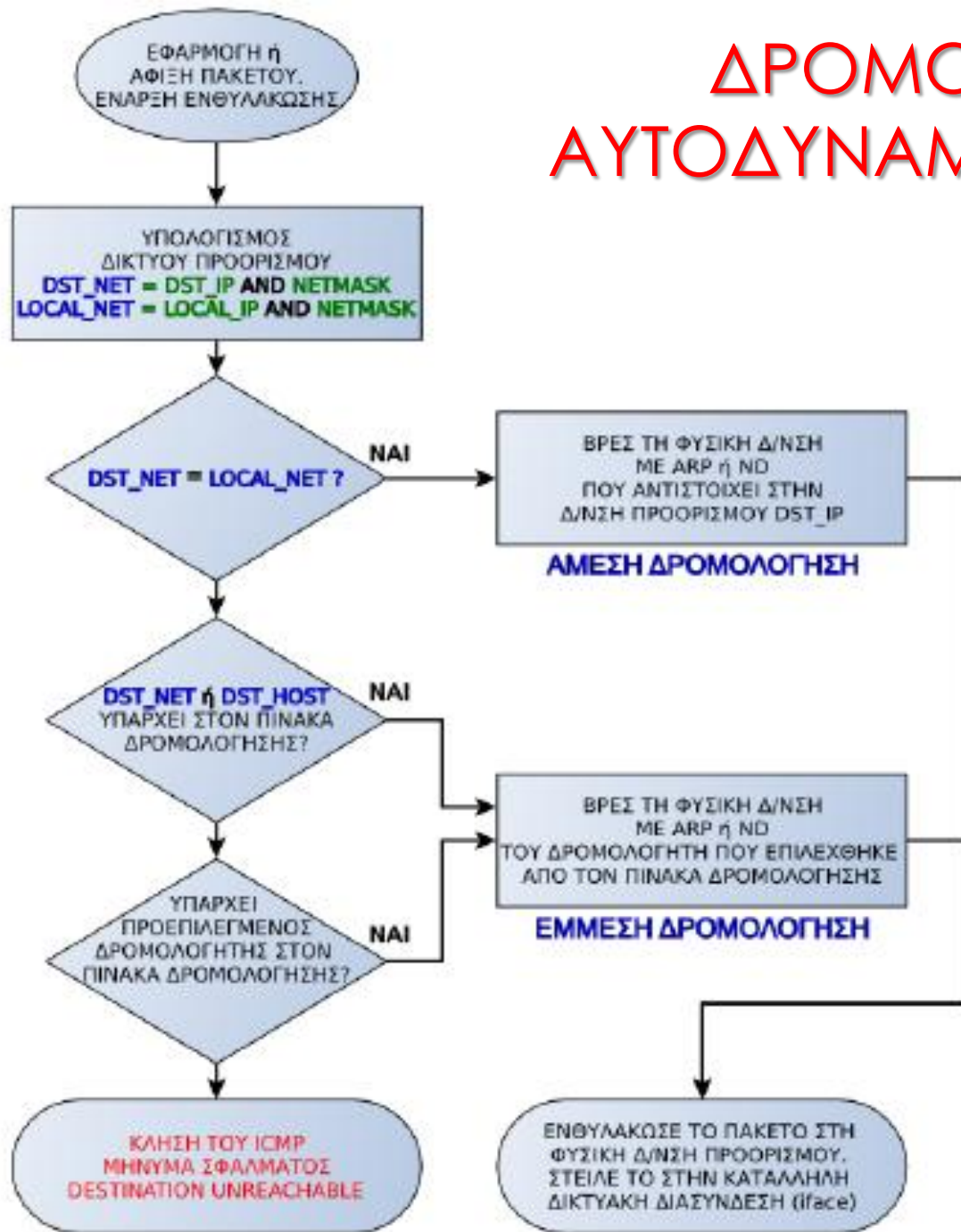
και πληροφορεί τον αποστολέα, κάνοντας χρήση του πρωτοκόλλου

ICMP, ότι ο προορισμός δεν είναι προσβάσιμος.



Routing	
X	
X	
X	

ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΑΥΤΟΔΥΝΑΜΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ



ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Διεύθυνση Προορισμού: **192.168.1.65** :

• Φτιάχνεται αυτοδύναμο πακέτο IP με διεύθυνση προέλευσης την **192.168.1.11** και διεύθυνση προορισμού την **192.168.1.65**

• IP: **192.168.1.65** AND **255.255.255.0** → ΔΔ: **192.168.1.0**

• Είναι τοπική και η πέμπτη γραμμή του πίνακα δείχνει στη στήλη “Πύλη” ότι δεν απαιτείται χρήση δρομολογητή, είναι “Με σύνδεση”

• το πακέτο θα προωθηθεί για **άμεση δρομολόγηση** από τη Διασύνδεση με διεύθυνση IP **192.168.1.11**

• Θα κληθεί το πρωτόκολλο **ARP** να πληροφορήσει για τη φυσική διεύθυνση του υπολογιστή με IP **192.168.1.65**

• Θα φτιαχτεί ένα πλαίσιο με διεύθυνση προέλευσης τη φυσική διεύθυνση της διασύνδεσης **192.168.1.11** και διεύθυνση προορισμού τη φυσική διεύθυνση του **192.168.1.65**

C:\Windows\System32\drivers\etc>route -4 print

...

IPv4 Πίνακας Διαδρομών

Πίνακας Δρομολόγησης Η/Υ 192.168.1.11

=====

Ενεργές Διαδρομές:

Διεύθυνση δικτύου	Μάσκα δικτύου	Πύλη	Διασύνδεση	Μέτρο
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.1.1	192.168.1.11	30
127.0.0.0	255.0.0.0	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
127.0.0.1	255.255.255.255	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
127.255.255.255	255.255.255.255	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
192.168.1.0	255.255.255.0	Με σύνδεση	192.168.1.11	286
192.168.1.11	255.255.255.255	Με σύνδεση	192.168.1.11	286
192.168.1.255	255.255.255.255	Με σύνδεση	192.168.1.11	286
224.0.0.0	240.0.0.0	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
224.0.0.0	240.0.0.0	Με σύνδεση	192.168.1.11	286
255.255.255.255	255.255.255.255	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
255.255.255.255	255.255.255.255	Με σύνδεση	192.168.1.11	286

=====

Πίνακας 3.6.2.α: Πίνακας δρομολόγησης IPv4 σε υπολογιστή με Λ.Σ Windows

• Το πλαίσιο στέλνεται στο τοπικό δίκτυο

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

```
C:\Windows\System32\drivers\etc>route -4 print
```

...

IPv4 Πίνακας διαδρομών

=====

Ενεργές διαδρομές:

Διεύθυνση δικτύου	Μάσκα δικτύου	Πύλη	Διασύνδεση	Μέτρο
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.1.1	192.168.1.11	30
127.0.0.0	255.0.0.0	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
127.0.0.1	255.255.255.255	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
127.255.255.255	255.255.255.255	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
192.168.1.0	255.255.255.0	Με σύνδεση	192.168.1.11	286
192.168.1.11	255.255.255.255	Με σύνδεση	192.168.1.11	286
192.168.1.255	255.255.255.255	Με σύνδεση	192.168.1.11	286
224.0.0.0	240.0.0.0	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
224.0.0.0	240.0.0.0	Με σύνδεση	192.168.1.11	286
255.255.255.255	255.255.255.255	Με σύνδεση	127.0.0.1	306
255.255.255.255	255.255.255.255	Με σύνδεση	192.168.1.11	286

=====

Πίνακας 3.6.2.α: Πίνακας δρομολόγησης IPv4 σε υπολογιστή με Λ.Σ Windows

Διεύθυνση Προορισμού: **147.102.222.211**:

- Φτιάχνεται αυτοδύναμο πακέτο IP με διεύθυνση προέλευσης την **192.168.1.11** και διεύθυνση προορισμού την **147.102.222.211**
- IP: 147.102.222.211 AND 255.255.255.0 → ΔΔ: **147.102.222.0** ≠ **192.168.1.0** → ΟΧΙ ΤΟΠΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ.
- για το δίκτυο **147.102.222.0** δεν υπάρχει καταχώριση στον πίνακα δρομολόγησης
- υπάρχει όμως προεπιλεγμένη “Πύλη” (0.0.0.0) και είναι η **192.168.1.1** η οποία βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο
- Καλείται το πρωτόκολλο ARP για να βρει τη MAC διεύθυνση της προεπιλεγμένης πύλης με IP 192.168.1.1
- Φτιάχνεται πλαίσιο με διεύθυνση προέλευσης τη φυσική διεύθυνση της διασύνδεσης **192.168.1.11** και διεύθυνση προορισμού τη φυσική διεύθυνση του **192.168.1.1**
- Το πλαίσιο στέλνεται στο τοπικό δίκτυο



IP vs MAC

IP διεύθυνση

- Προσδιορίζει την θέση μιας συσκευής στο δίκτυο, αλλά και το ίδιο το δίκτυο.
- Μήκος 32 bit.
- Η IP αλλάζει όταν η συσκευή μετακινείται από δίκτυο σε δίκτυο.
- Τις διαχειρίζεται το NIC.
- Παρέχει πληροφορίες για το δίκτυο.

MAC διεύθυνση

- Προσδιορίζει την ίδια την συσκευή.
- Μήκος ανάλογα με το είδος της κάρτας. Στις Ethernet 48 bit.
- Μια συσκευή δεν αλλάζει MAC διεύθυνση.
- Τις διαχειρίζεται ο IEEE.
- Παρέχει πληροφορίες για την κατασκευάστρια εταιρεία