



ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

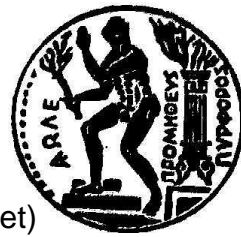
Στρώμα δικτύου στο
Internet



Παράδοση πακέτων IP

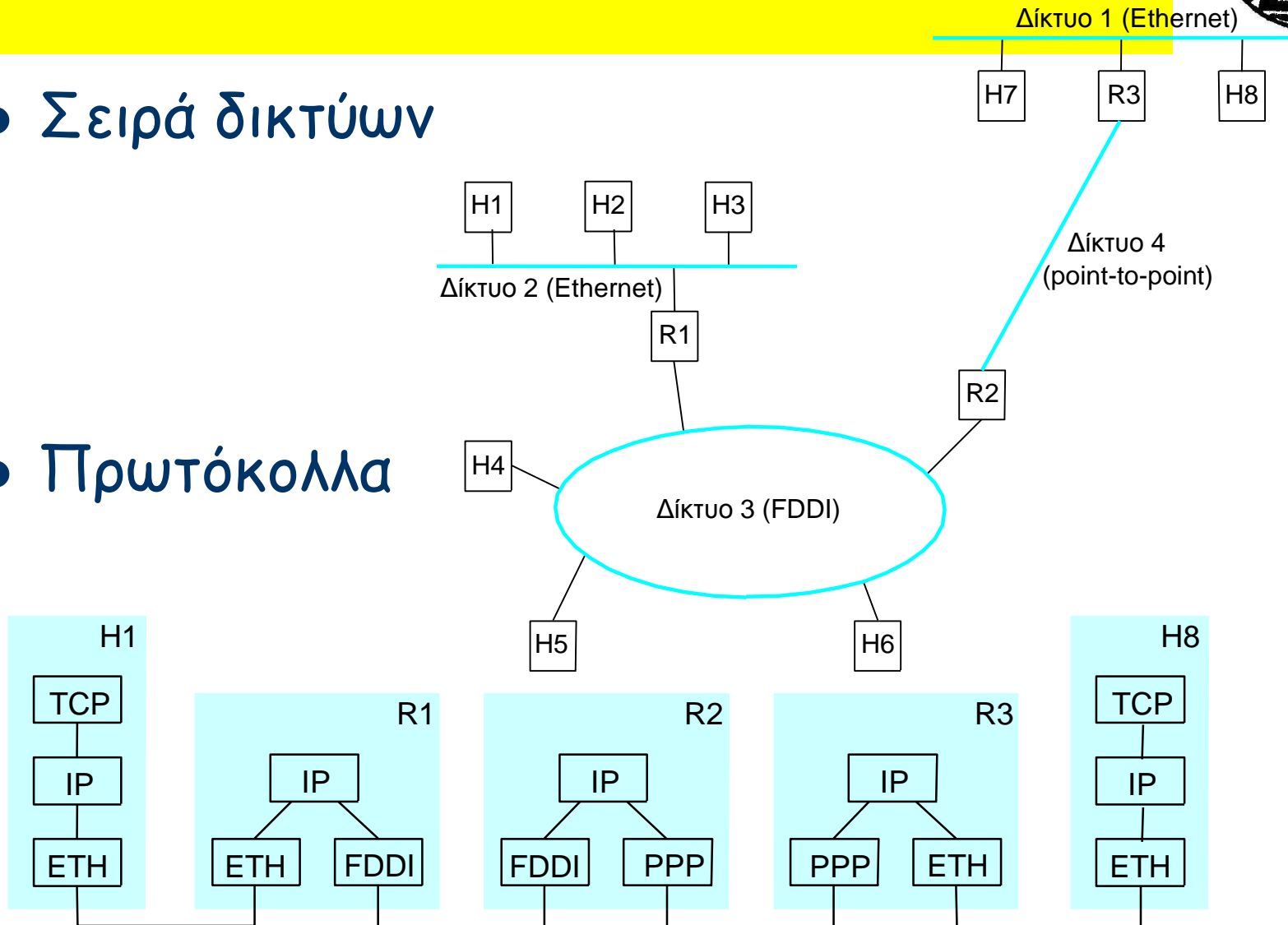
- Για να παραδοθεί ένα πακέτο IP εμπλέκονται δύο διαφορετικές διεργασίες:
 1. **Πρώθηση:** Πώς θα μεταφερθεί το πακέτο από τη διεπαφή εισόδου στη διεπαφή εξόδου;
 2. **Δρομολόγηση:** Πώς θα βρεθούν και εγκατασταθούν οι πίνακες δρομολόγησης;
- Η πρώθηση πρέπει να γίνει όσο το δυνατό γρηγορότερα:
 - Στους δρομολογητές, η λειτουργία υποστηρίζεται από το υλικό
 - Στους υπολογιστές, αποτελεί μέρος του λειτουργικού συστήματος
- Η δρομολόγηση είναι χρονικά λιγότερο κρίσιμη

IP Internet



- Σειρά δικτύων

- Πρωτόκολλα





Αναλογία με μεταφορές

- *προώθηση*: μετακίνηση πακέτων από την είσοδο στην κατάλληλη έξοδο του δρομολογητή
- *δρομολόγηση*: προσδιορισμός της διαδρομής που θα ακολουθήσουν τα πακέτα από την πηγή στον προορισμό
 - Αλγόριθμοι δρομολόγησης

αναλογία:

- *δρομολόγηση*: η διαδικασία σχεδιασμού του ταξιδιού από την αρχή στον προορισμό
- *προώθηση*: η διαδικασία διέλευσης από μια διασταύρωση



Πρωτόκολλο ΙΡ

Εισαγωγή



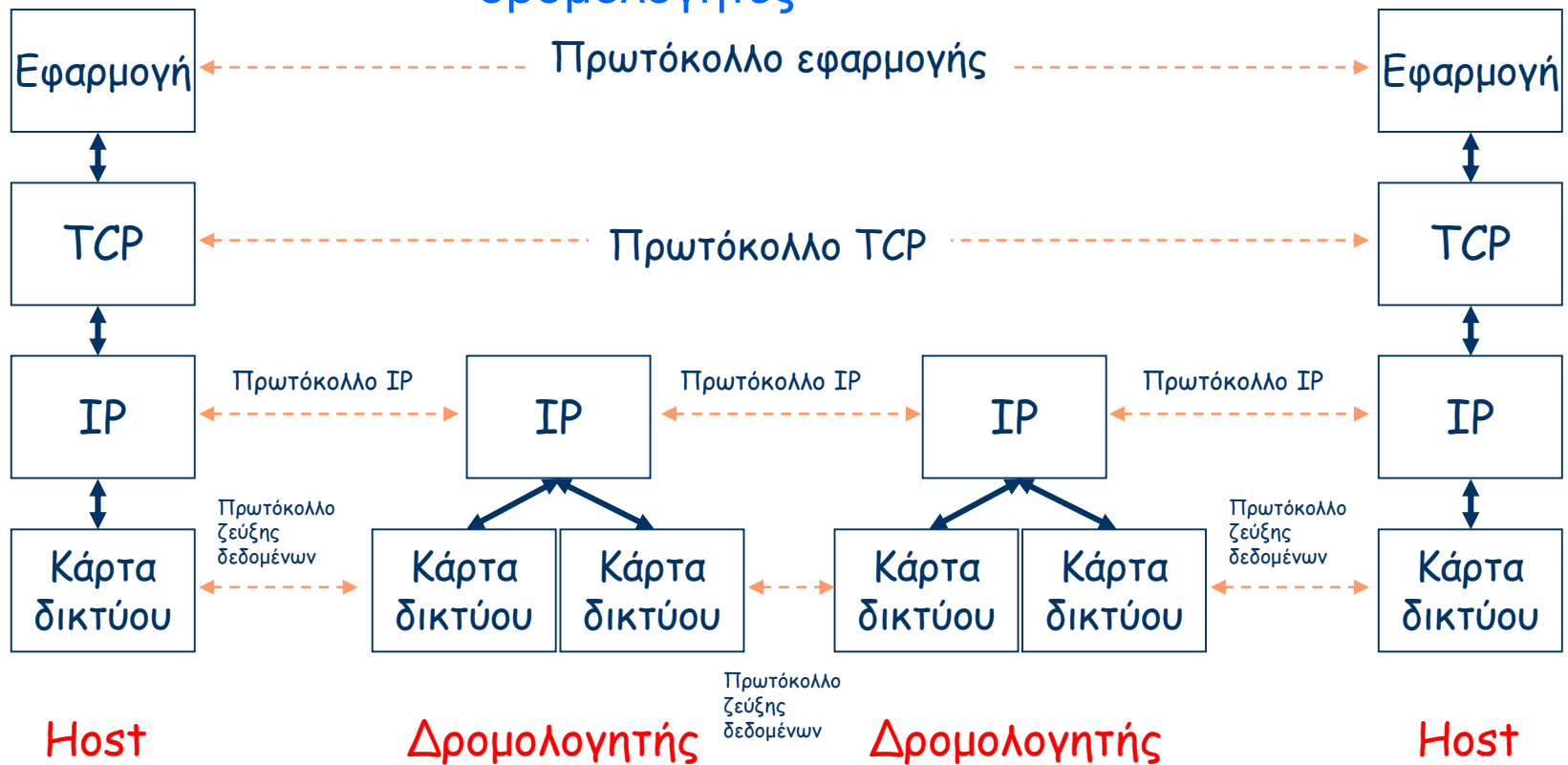
- Το IP (Internet Protocol) είναι το πρωτόκολλο του στρώματος δικτύου στο διαδίκτυο
- Η τρέχουσα έκδοση είναι η 4 (IPv4)
 - Ορίζεται στο RFC 791 (1981)
- Η νεώτερη έκδοση είναι η 6 (IPv6)
 - Ορίζεται στο RFC2460 (1998)
 - Την 6/6/2012 έγινε η παγκόσμια έναρξη
 - World IPv6 Launch
- Τι έγινε η έκδοση 5;
 - Πειραματικό πρωτόκολλο Internet Stream Protocol (ST, ST-II, ST2+) της δεκαετίας '90 για εγγυημένη υπηρεσία από άκρο σε άκρο
 - Τα πακέτα του χρησιμοποιούσαν τον αριθμό 5 στην επικεφαλίδα IP



Στρώμα δικτύου

Γενικό πλαίσιο

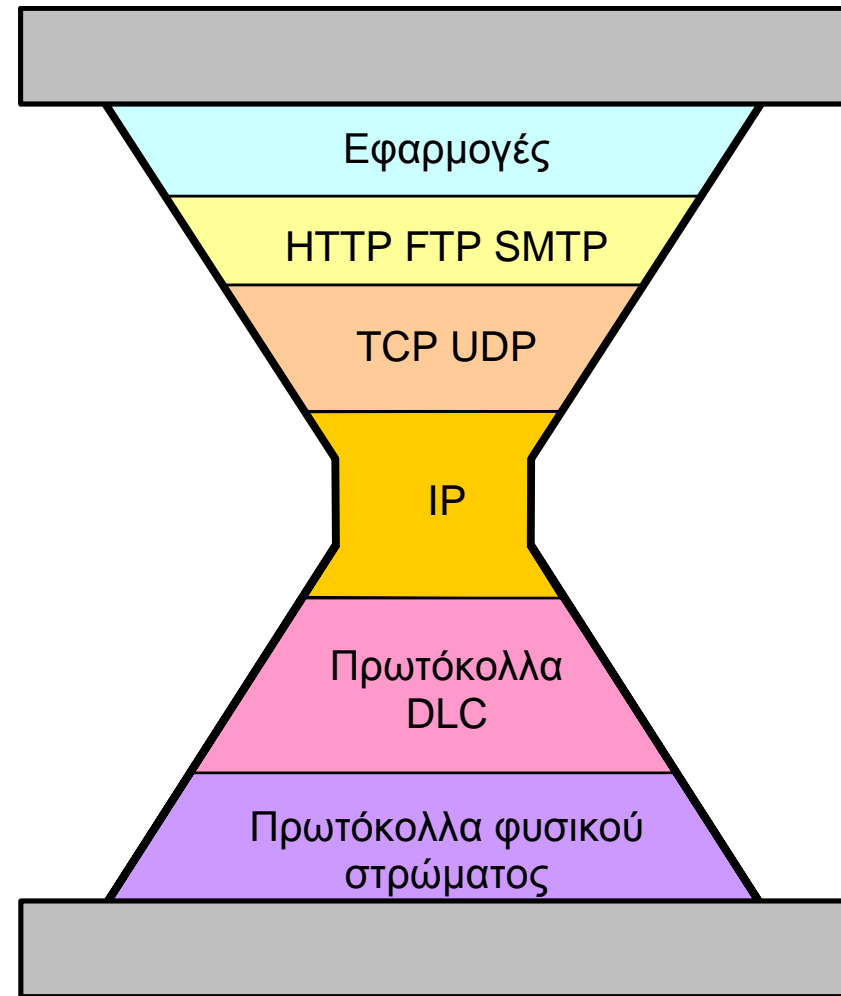
Το IP είναι το ανώτερο στρώμα πρωτοκόλλου που υλοποιείται τόσο στους υπολογιστές όσο και στους δρομολογητές





IP: Η στενωπός της κλεψύδρας

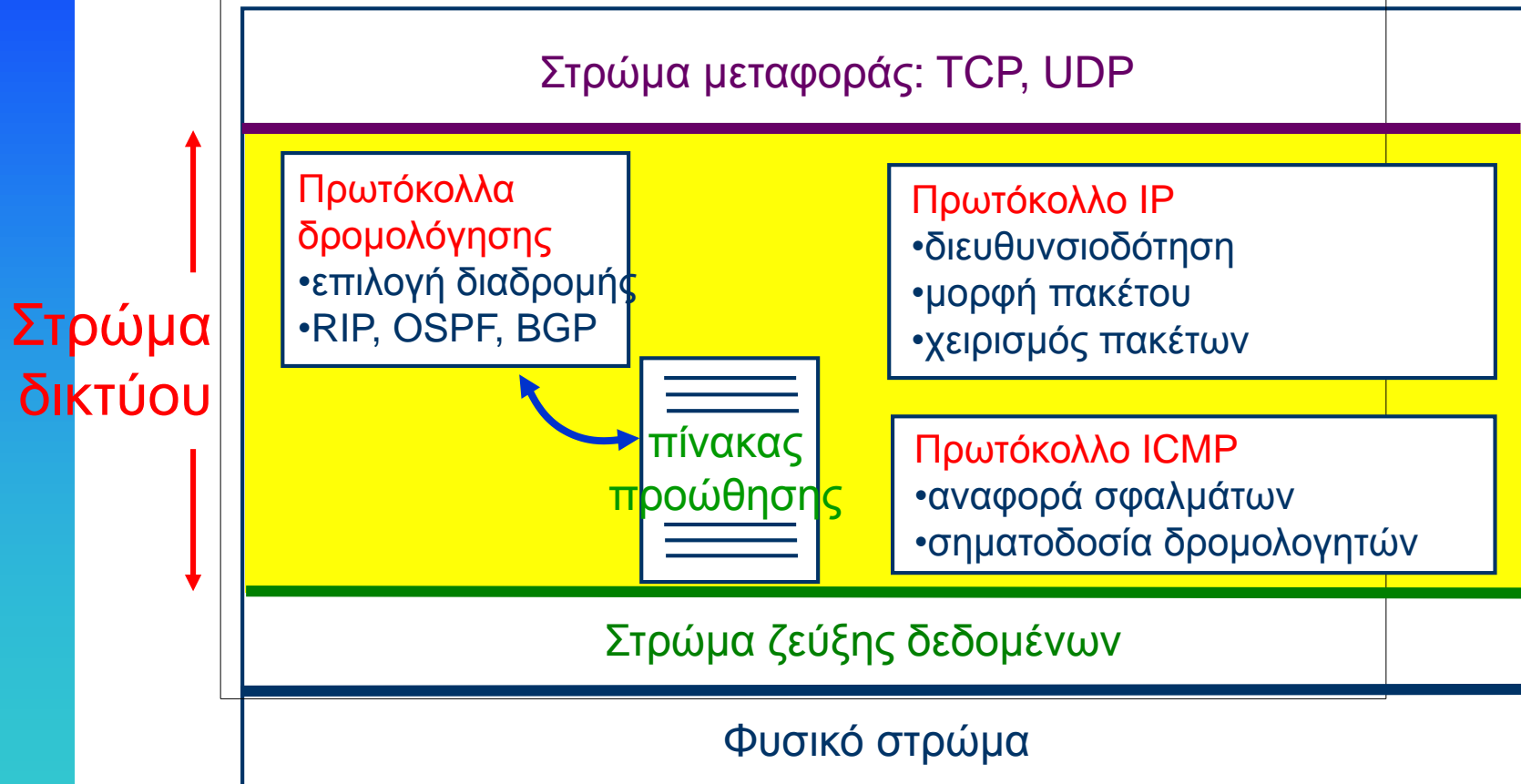
- Το IP βρίσκεται στη μέση της αρχιτεκτονικής των πρωτοκόλλων του Διαδικτύου
 - Πολλά πρωτόκολλα ανωτέρων επιπέδων
 - Πολλά πρωτόκολλα κατωτέρων επιπέδων
 - Μόνο ένα πρωτόκολλο στο στρώμα δικτύου



Το στρώμα δικτύου στο Internet



Λειτουργίες των host και των δρομολογητών στο στρώμα δικτύου:

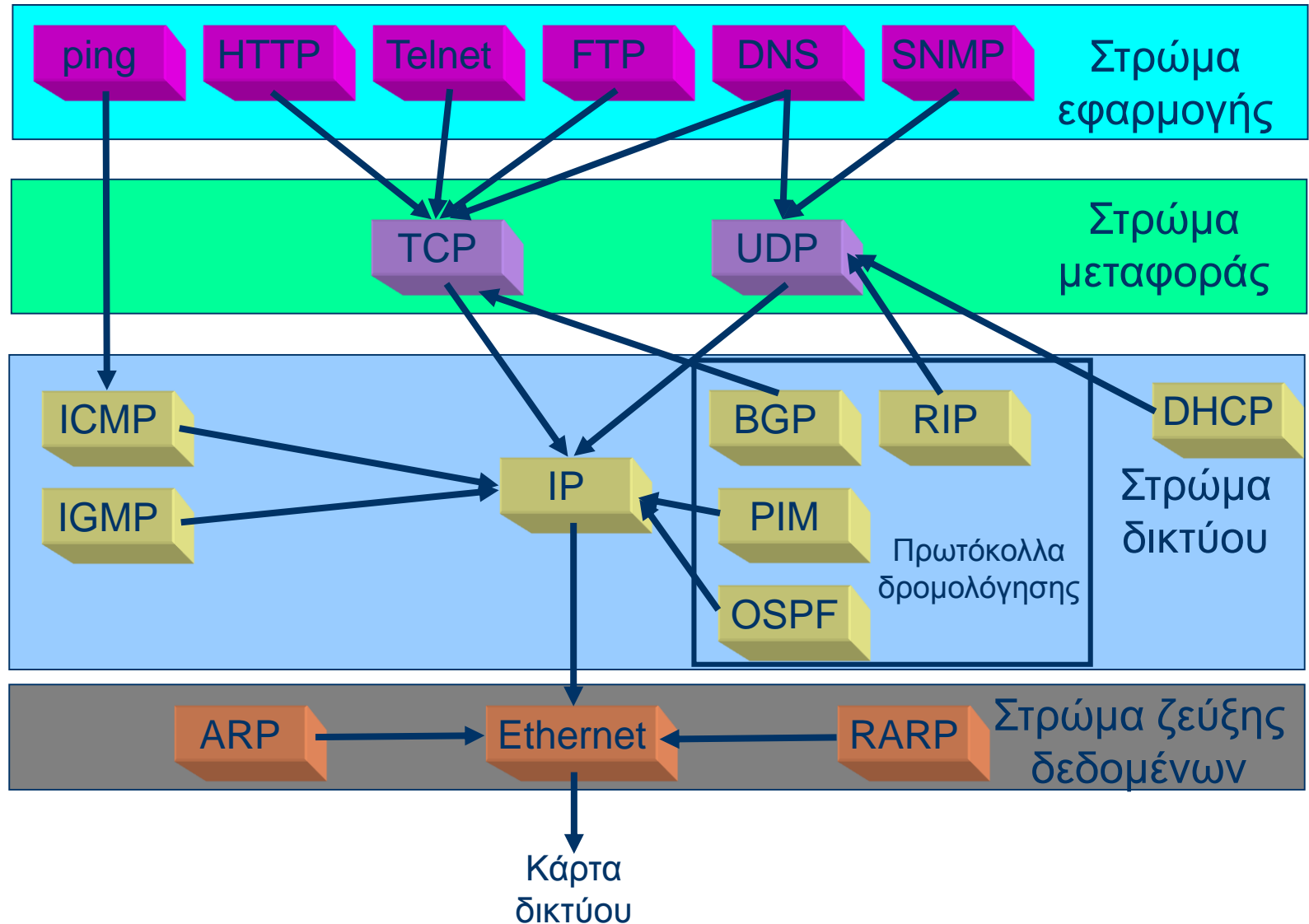


Πρωτόκολλα στρώματος δικτύου στο Internet



- Το IP χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων
- Το Internet έχει αρκετά πρωτόκολλα ελέγχου στο στρώμα δικτύου
 - ICMP, IGMP, DHCP
- Η δρομολόγηση ακολουθεί πρωτόκολλα όπως:
 - RIP, OSPF, BGP (Για την επίλυση διευθύνσεων)
 - ARP, RARP (λογικά τοποθετούνται στο στρώμα ζεύξης δεδομένων)

Αντιστοιχία στρωμάτων OSI και πρωτοκόλλων σουίτας TCP/IP





Υπηρεσίες που
προσφέρει το ΙΡ

Υπηρεσία IP



- Η παρεχόμενη υπηρεσία είναι **ελάχιστη**
- Το πρωτόκολλο IP παρέχει **αναξιόπιστη (unreliable)** και **χωρίς σύνδεση (connectionless)** υπηρεσία **"δεδομενογραμμάτων" (datagram)**
- Το IP **δεν** εγγυάται ότι το προς μετάδοση πακέτο θα παραδοθεί, αλλά ότι θα **προσπαθήσει για το καλύτερο (best effort)**



Μοντέλο υπηρεσίας IP

- **Αναξιόπιστη:**
 - δεν προσπαθεί να επανακτήσει τα χαμένα πακέτα
- **Χωρίς σύνδεση:**
 - κάθε δεδομένογραμμα έχει την τύχη του
 - δρομολογείται ανεξάρτητα (περιέχει διεύθυνση παράδοσης)
 - το IP δεν αντιλαμβάνεται τη λογική σειρά αποστολής
- **Προσπάθεια για το καλύτερο:**
 - το IP δεν εγγυάται τίποτα για την υπηρεσία (καμία εγγύηση για διέλευση, καθυστέρηση, ...)



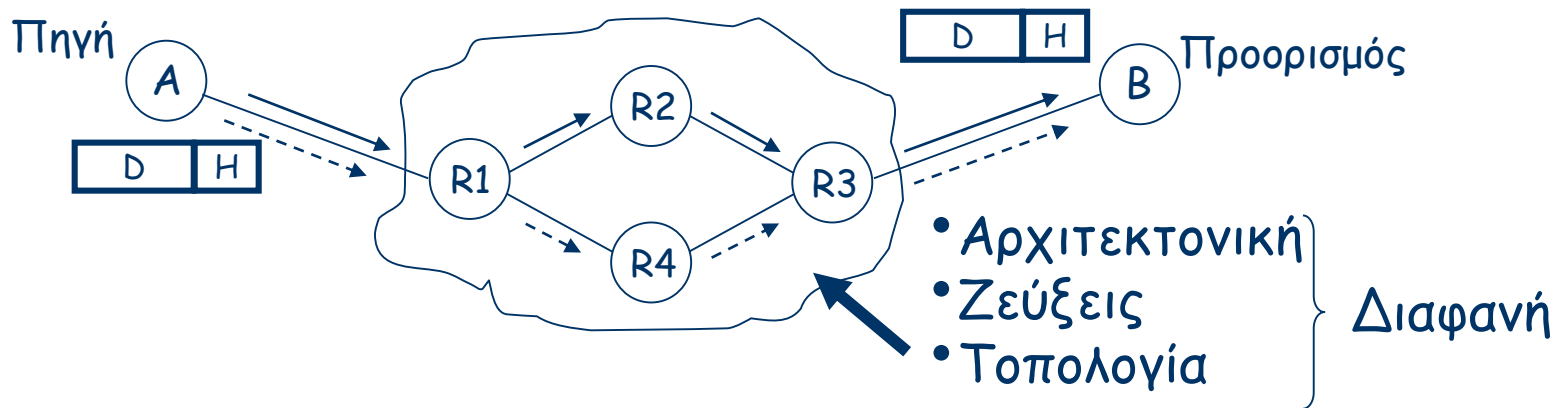
Μοντέλο υπηρεσίας IP

- ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ:
 - Απώλειες πακέτων
 - Παράδοση εκτός σειράς
 - Αντίγραφα πακέτων
 - Καθυστερημένη παράδοση
- Τα πρωτόκολλα ανωτέρων στρωμάτων θα ασχοληθούν με αυτά

Internet Protocol (IP)



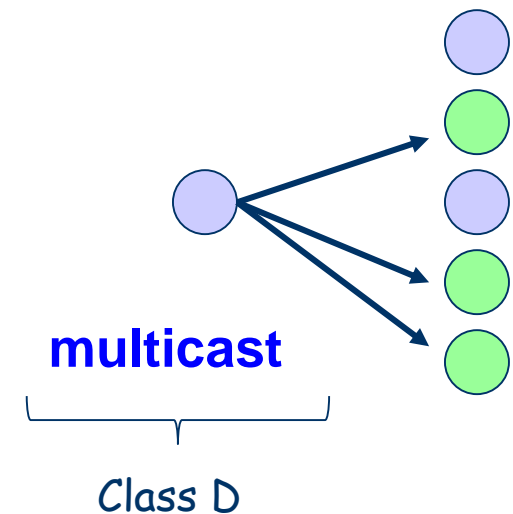
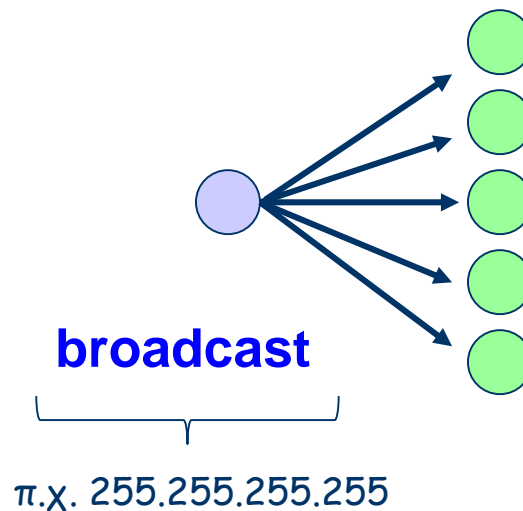
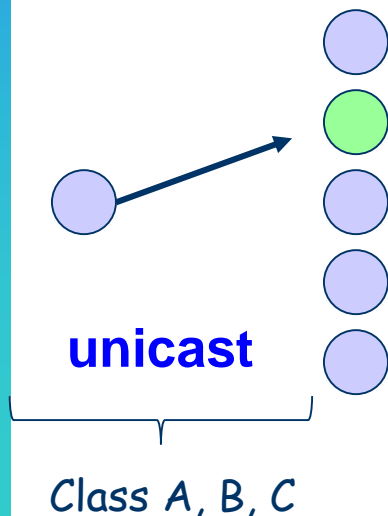
- Χαρακτηριστικά
 - **connectionless**: παράδοση εκτός σειράς
 - **unreliable**: μπορεί να χάσει πακέτα ...
 - **best effort**: ... μόνο εάν είναι ανάγκη
 - **datagram**: τα καθένα δρομολογείται ξεχωριστά



Υπηρεσία IP



- Το IP υποστηρίζει υπηρεσίες:
 - ένας-προς-ένα (unicast)
 - ένας-προς-όλους (εκπομπή, broadcast)
 - ένας-προς-πολλούς (πολλαπλή διανομή, multicast)
- Η πολλαπλή διανομή IP υποστηρίζει και υπηρεσία πολλοί-προς-πολλούς
- Η πολλαπλή διανομή IP απαιτεί και άλλα πρωτόκολλα (IGMP, δρομολόγηση πολλαπλής διανομής)





Η επικεφαλίδα IP

Η επικεφαλίδα του IP version 4



0	4	8	16	19	24	31
Version	IHL	DS/ECN	Total Length			
Identification			Flags	Fragment Offset		
Time to Live		Protocol	Header Checksum			
Source IP Address						
Destination IP Address						
Options					Padding	



Μορφή πακέτου IPv4





Πεδία πακέτου IP (1)

- Έκδοση
 - Η τρέχουσα 4, ήταν 5 για το ST II, για το IP v6 είναι 6
- Internet header length (IHL)
 - Μήκος της επικεφαλίδας σε λέξεις των 32 bit
 - Περιλαμβανομένων των προαιρετικών επιλογών (το πολύ 60 bytes)
 - Συνήθως 5 (20 bytes) όταν δεν υπάρχουν επιλογές
- DS/ECN (Differentiated Services/Explicit Congestion Notification)
 - Καθορίζει τον τρόπο χειρισμού των πακέτων κατά τη διάβασή τους μέσω του δικτύου. Παλαιότερα αποκαλούνταν TOS (Type of Service). Ο ρόλος του άλλαξε, αλλά υπάρχει συμβατότητα προς τα πίσω
- Συνολικό μήκος (Total length)
 - του πακέτου σε byte (συμπεριλαμβανομένης και της επικεφαλίδας) (min 20, max 65.535)

Τύπος υπηρεσίας (TOS)



- Προτεραιότητα (Precedence)
 - 8 επίπεδα (3 bit)
- Καθυστέρηση (Delay)
 - Κανονική ή χαμηλή (1 bit)
- Διέλευση (Throughput)
 - Κανονική ή υψηλή (1 bit)
- Αξιοπιστία (Reliability)
 - Κανονική ή υψηλή (1 bit)
- Αχρησιμοποίητο (2 bit)
- Οι δρομολογητές συνήθως τα αγνοούσαν

Διαφοροποιημένες υπηρεσίες (Differentiated Services - DS)



- Κωδικό σημείο (Codepoint ή DSCP)
 - 64 κωδικοί (6 bit): τα bit από μόνα τους δεν σημαίνουν τίποτα
 - προσδιορίζει το επίπεδο υπηρεσίας
 - 'xxx000' συμβατότητα με τα παλιά (προτεραιότητα 5 ή 6 για μηνύματα δρομολόγησης)
 - 'xxxxx0' τυποποιημένες χρήσεις από IETF
 - 'xxxx11' προς πειραματισμό
 - 'xxxx01' προσωρινά προς πειραματισμό
- Ένδειξη συμφόρησης (Explicit Congestion Notification - ECN)
 - 2 bit (codepoints) στην επικεφαλίδα IP (ECT, CE) + 2 bit στην επικεφαλίδα TCP:
 - νέος μηχανισμός ανάδρασης για το TCP
 - '00' not-ECT (ECN Capable Transport)
 - '11' CE (Congestion Experienced)
 - '01' ECT (1)
 - '10' ECT (0)



Πεδία πακέτου IP (2)

- Ταυτότητα (Identification)
 - Μοναδική ταυτότητα πακέτου ανά host
 - Αυξάνει κάθε φορά που μεταδίδεται ένα πακέτο
 - Τίθεται από τον αποστολέα
 - Αντιγράφεται σε κάθε θραύσμα (όταν γίνεται θρυμματισμός)
 - Απαιτείται για τη συναρμολόγηση και αναφορά λαθών
- Σημαίες (Flags)
 - Το πρώτο bit είναι πάντα 0
 - Don't fragment bit (εάν τεθεί, τα δεδομένα δεν μπορούν να θρυμματισθούν)
 - More fragments bit (εάν τεθεί, ακολουθούν και άλλα, αλλιώς είναι το τελευταίο)
- Θέση θραύσματος (Fragment offset)
 - Θέση του θραύσματος εντός του αρχικού πακέτου (0 εάν δεν έχει θρυμματισθεί) σε **οκτάδες** byte

Θα επανέλθουμε → Θρυμματισμός, συναρμολόγηση

Πεδία πακέτου IP (3)



- Χρόνος ζωής (Time to live)
 - Μέγιστος αριθμός βημάτων μέχρι τον προορισμό
 - Η αρχική τίθεται από τον αποστολέα
 - Μειώνεται κατά ένα σε κάθε δρομολογητή
 - Εάν φτάσει το μηδέν το πακέτο απορρίπτεται
 - Μειώνεται κατά ένα, εάν το πακέτο καθυστερήσει στο δρομολογητή περισσότερο από 1 sec

Χρόνος ζωής πακέτων IP



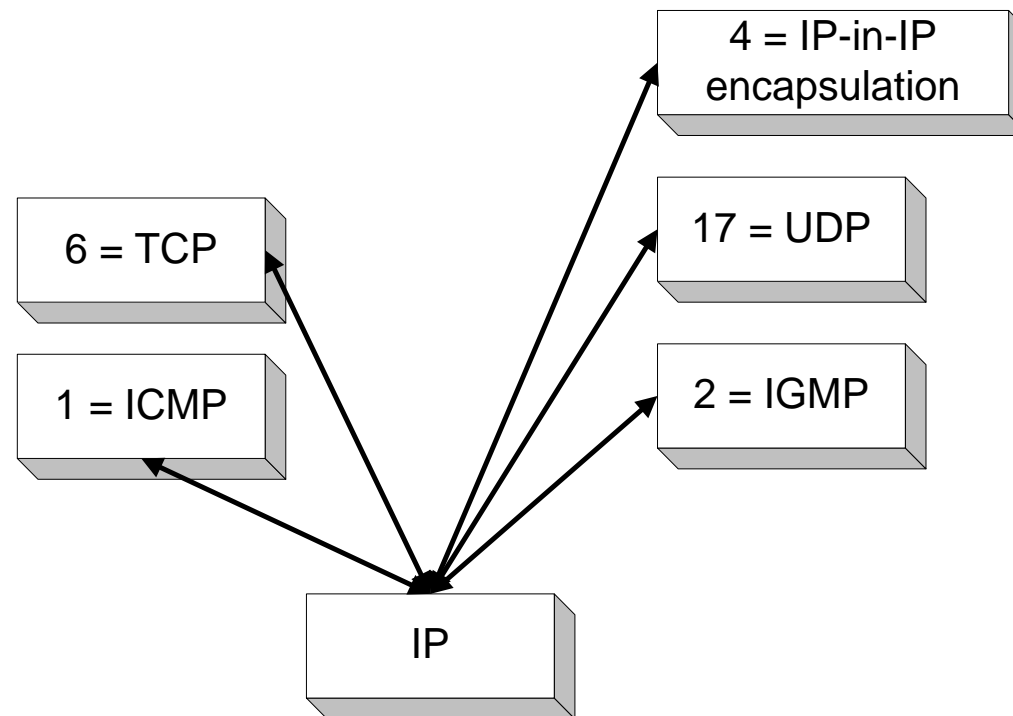
- Τα πακέτα μπορεί να περιφέρονται αενάως
 - Καταναλώνονται πόροι
 - Το πρωτόκολλο μεταφοράς δεν μπορεί να περιμένει αιωνίως
- Τα πακέτα IP έχουν πεπερασμένο χρόνο ζωής
 - Πεδίο TTL προλαμβάνει τα "αθάνατα" πακέτα, που τριγυρνούν αενάως
 - Μόλις λήξει το πακέτο απορρίπτεται (δεν προωθείται)



Πεδία πακέτου IP (4)

- Πρωτόκολλο (Protocol)

- Υποδεικνύει τον τύπο πρωτοκόλλου που περιλαμβάνεται στο πακέτο



Πεδία πακέτου IP (5)



- Άθροισμα ελέγχου επικεφαλίδας (Header checksum)
 - Προστατεύει την επικεφαλίδα, δεν καλύπτει τα δεδομένα
 - **Αλλάζει καθώς το πακέτο προχωρά, επειδή το TTL μειώνεται**
 - Επανελέγχεται και επανυπολογίζεται σε κάθε δρομολογητή
 - Άθροισμα συμπληρώματος ως προς ένα (16 bit) όλων των λέξεων 16 bit της επικεφαλίδας
 - Ο υπολογισμός ξεκινά με την τιμή 0

Πεδία πακέτου IP (6)



- Διεύθυνση πηγής (Source address)
 - Δεν αλλάζει κατά τη δρομολόγηση
 - Δεν γίνεται έλεγχος αυθεντικότητας
- Διεύθυνση προορισμού (Destination address)
 - Συνήθως δεν αλλάζει κατά τη δρομολόγηση
 - Αλλάζει σε περίπτωση δρομολόγησης πηγής



Πεδία πακέτου IP (7)

- Προαιρετικές επιλογές (Option data)
 - π.χ. route specifications
 - Χρησιμοποιούνται σπανίως
 - Αντιγράφονται εν γένει κατά τον θρυμματισμό
- Παραγέμισμα (Padding)
 - των επιλογών για να συμπληρωθούν πολλαπλάσια του 4 bytes (so that the IP header ends on a 32 bit boundary)
- Δεδομένα (User data)
 - για το πρωτόκολλο ανωτέρου στρώματος
 - ακέραιος αριθμός byte
 - Μαx μήκος πακέτου (περιλαμβανομένης της επικεφαλίδας)
65.535 byte



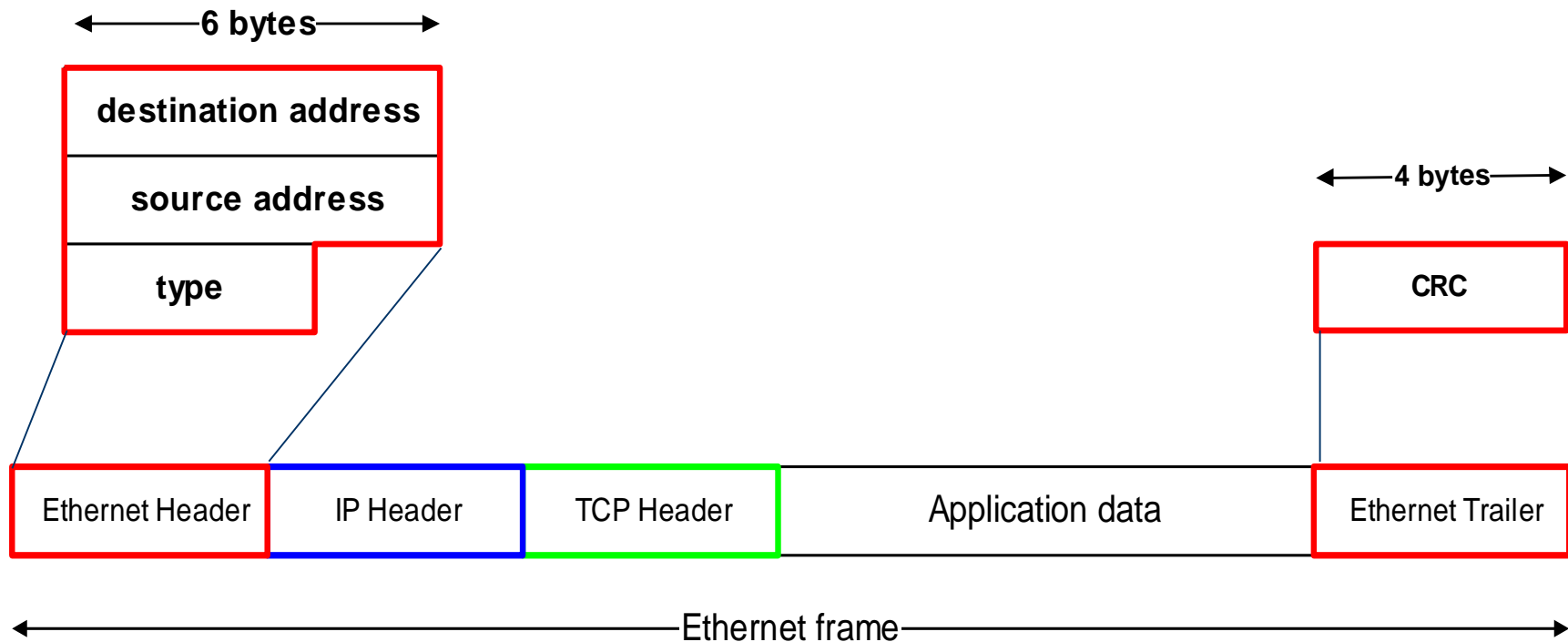
Μορφή πακέτου IPv4



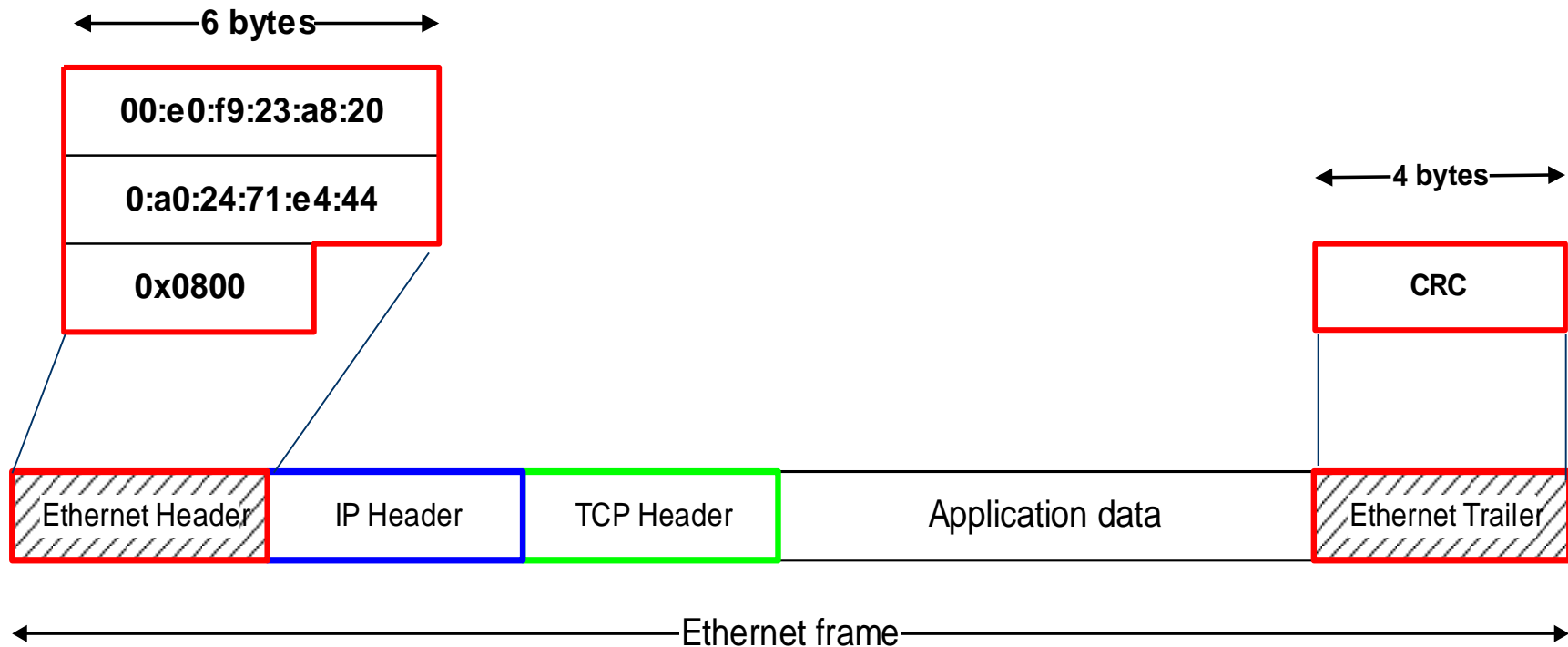


Ενθουλάκωση

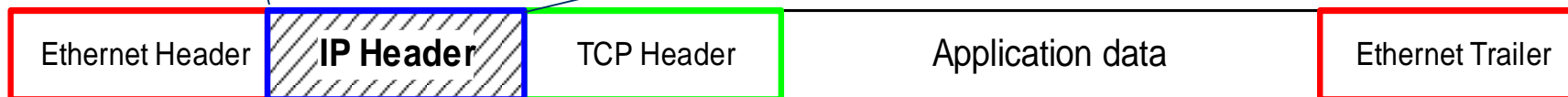
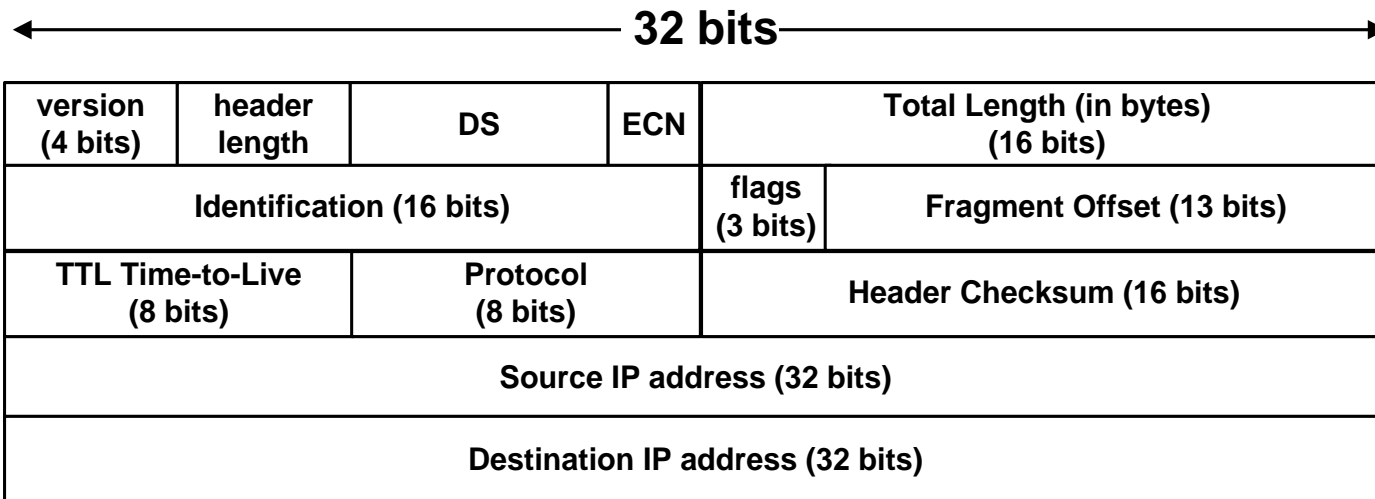
Παράδειγμα ενθυλάκωσης (1)



Επικεφαλίδα Ethernet για πακέτο IP

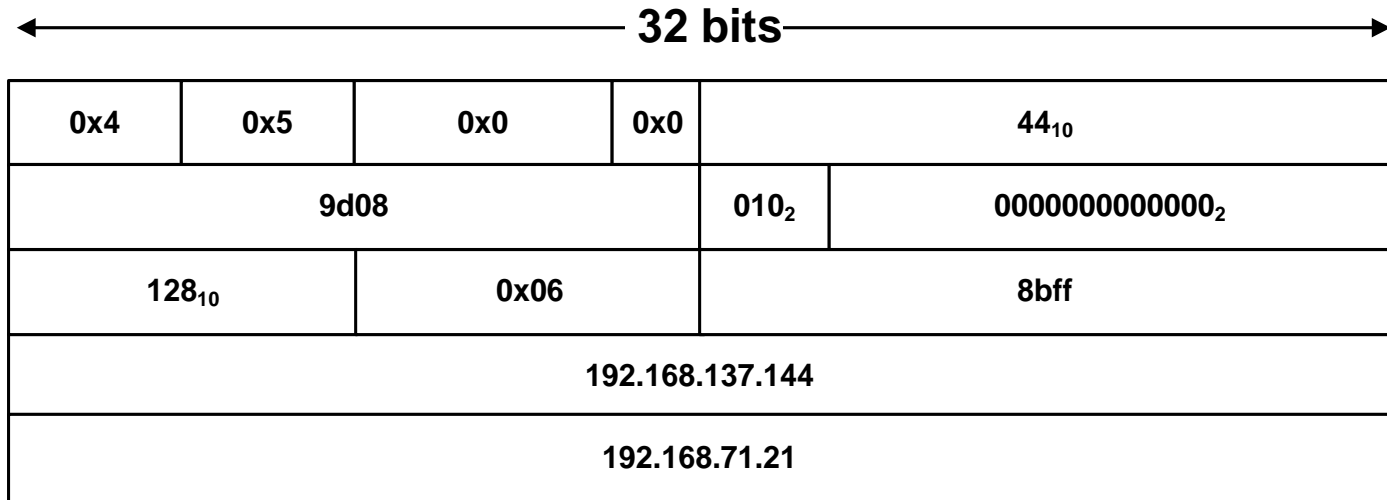


Παράδειγμα ενθυλάκωσης (2)



← Ethernet frame →

Επικεφαλίδα IP



Ethernet frame



Προαιρετικά πεδία επικεφαλίδας IP



Προαιρετικές επιλογές

- IHL: min 5 (20 byte), max 15 (60 byte), επομένως το πολύ 40 byte για προαιρετικές επιλογές
- Μήκος επιλογής (ανάλογα με τον κωδικό επιλογής)
 - Σταθερό ('0' End of List, '1' No operation για ευθυγράμμιση)
 - Μεταβλητό
- Το πεδίο κωδικού επιλογής περιέχει 3 υπο-πεδία
 - κωδικός επιλογής (1 byte)
 - Copy (1 bit): εάν τεθεί η επιλογή αντιγράφεται σε κάθε θραύσμα
 - Option class (2 bit): '00' έλεγχος, '10' μέτρηση, '01', '11' αχρησιμοποίητο
 - Option number (5 bit) αριθμός

Copy	Option Class	Option Number
------	-----------------	------------------



Προαιρετικές επιλογές

- Ασφάλεια (Security)
 - Καθορίζει το πόσο απόρρητο είναι το πακέτο (στρατιωτικές εφαρμογές)
- Δρομολόγηση πηγής (Source routing)
 - Δείχνει τη διαδρομή που θα ακολουθηθεί
- Καταγραφή διαδρομής (Record Route)
 - κάθε δρομολογητής επισυνάπτει την IP διεύθυνσή του
- Χρονική σφραγίδα (Time stamp)
 - κάθε δρομολογητής επισυνάπτει μαζί με την διεύθυνσή του και μια χρονική σφραγίδα

Δρομολόγηση πηγής (Source routing)



- Αυστηρή: δείχνει την ακριβή διαδρομή
- Χαλαρή: δείχνει ενδιάμεσους κόμβους
- Η επικεφαλίδα περιέχει ένα δείκτη και μια λίστα διευθύνσεων IP που δείχνουν τους ενδιάμεσους δρομολογητές
- Η IP διεύθυνση προορισμού αντικαθίσταται από τη διεύθυνση IP της λίστας
- Ο δείκτης ενημερώνεται για την επόμενη διεύθυνση
- Το μέγεθος της επικεφαλίδας δεν αλλάζει

Code=131/137	Length	Pointer	IP addr of 1 st hop
IP address of 1 st hop			IP addr of 2 nd hop
IP address of 2 nd hop			...
...			EOL

Καταγραφή διαδρομής (Record route)



- Ο αποστολέας καθορίζει το μήκος της επικεφαλίδας IP και βάζει τον δείκτη να δείχνει την πρώτη άδεια θέση 4 byte
- Κάθε ενδιάμεσος θέτει την IP διεύθυνσή του στην άδεια θέση και αυξάνει τον δείκτη
- Εάν ο χώρος της επιλογής στην επικεφαλίδα γεμίσει, τα πακέτα απλώς προωθούνται
- Μόνο 40 byte διαθέσιμα, άρα καταγράφονται το πολύ 9 βήματα

Code=7	Length	Pointer	1 st IP address
1 st IP address			2 nd IP address
2 nd IP address			...
...			EOL



Θρυμματισμός και συναρμολόγηση



Θρυμματισμός και συναρμολόγηση στο IP

- Το μέγιστο μήκος πακέτου IP είναι 65.535 byte, αλλά συνήθως το πρωτόκολλο στρώματος ζεύξης δεδομένων επιβάλλει ένα κατά πολύ μικρότερο όριο
- Για παράδειγμα:
 - τα πλαίσια Ethernet έχουν μέγιστο μήκος δεδομένων 1500 byte
→ πακέτα IP που ενθυλακώνονται σε πλαίσια Ethernet δε μπορεί να είναι μεγαλύτερα των 1500 byte
- Το όριο μέγιστου μεγέθους πακέτου IP, που επιβάλλει το πρωτόκολλο ζεύξης δεδομένων αποκαλείται **μέγιστη μονάδα μεταφοράς (MTU - maximum transmission unit)** - (link layer headers and trailers are not counted)
- διαφορετικοί τύποι ζεύξης δεδομένων, διαφορετικές MTU

- Ethernet: 1500	802.3: 1492	802.5: 4464
- FDDI: 4352	ATM AAL5: 9180	PPP: 296
- WiFi: 2304		

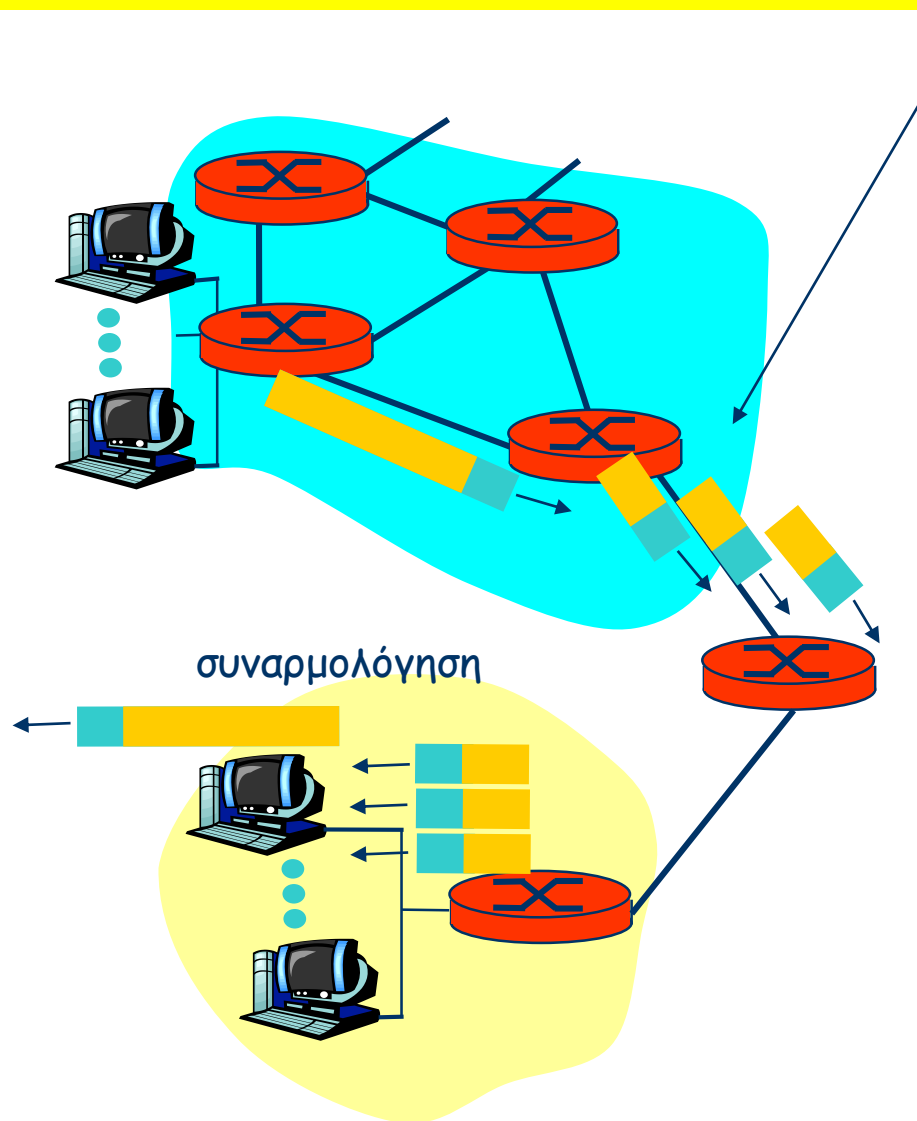


Θρυμματισμός και συναρμολόγηση στο IP

- Τι συμβαίνει εάν το μέγεθος του πακέτου IP υπερβαίνει την MTU;
 - το πακέτο IP θρυμματίζεται σε μικρότερα κομμάτια
 - από ένα πακέτο προκύπτουν αρκετά κομμάτια
 - τα src, dest, id προσδιορίζουν το πακέτο
 - offset, length, more bit προσδιορίζουν τη σειρά των κομματιών
- Τι συμβαίνει εάν η διαδρομή περιλαμβάνει δίκτυα με διαφορετικές MTU;
 - ο θρυμματισμός μπορεί να γίνει στον είτε αποστολέα είτε στους ενδιάμεσους δρομολογητές
 - ένα πακέτο μπορεί να θρυμματισθεί πολλές φορές
 - η "συναρμολόγηση" του αρχικού πακέτου γίνεται μόνο στον τελικό προορισμό!!



Θρυμματισμός και συναρμολόγηση στο IP

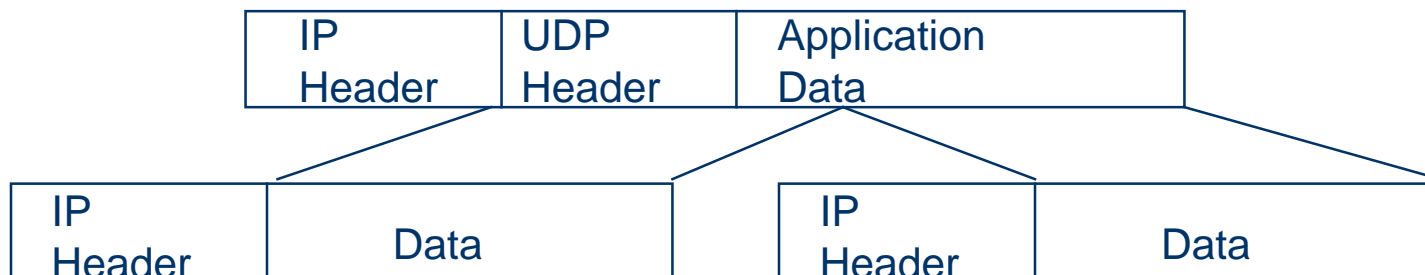


Θρυμματισμός:
in: ένα μεγάλο πακέτο
out: 3 θραύσματα



Η επικεφαλίδα του IP version 4 και Θρυμματισμός

0	4	8	16	19	24	31
Version	IHL	DS/ECN	Total Length			
Identification			Flags	Fragment Offset		
Time to Live		Protocol	Header Checksum			
Source IP Address						
Destination IP Address						
Options					Padding	



Ποια πεδία εμπλέκονται στον Θρυμματισμό;



Identification

- όταν το πακέτο θρυμματίζεται η τιμή της παραμένει η ίδια για όλα τα κομμάτια

Flags

- DF = 1: το πακέτο δεν μπορεί να θρυμματισθεί και πρέπει να απορριφθεί εάν η MTU δεν επαρκεί
- MF = 1: αυτό το πακέτο είναι κομμάτι (θραύσμα) και ακολουθεί άλλο ένα κομμάτι (MF=0 τελευταίο κομμάτι)

Fragment offset (13 bits)

- θέση του πεδίου δεδομένων του τρέχοντος θραύσματος στο αρχικό πακέτο (measured in 8-octet units)

Total length

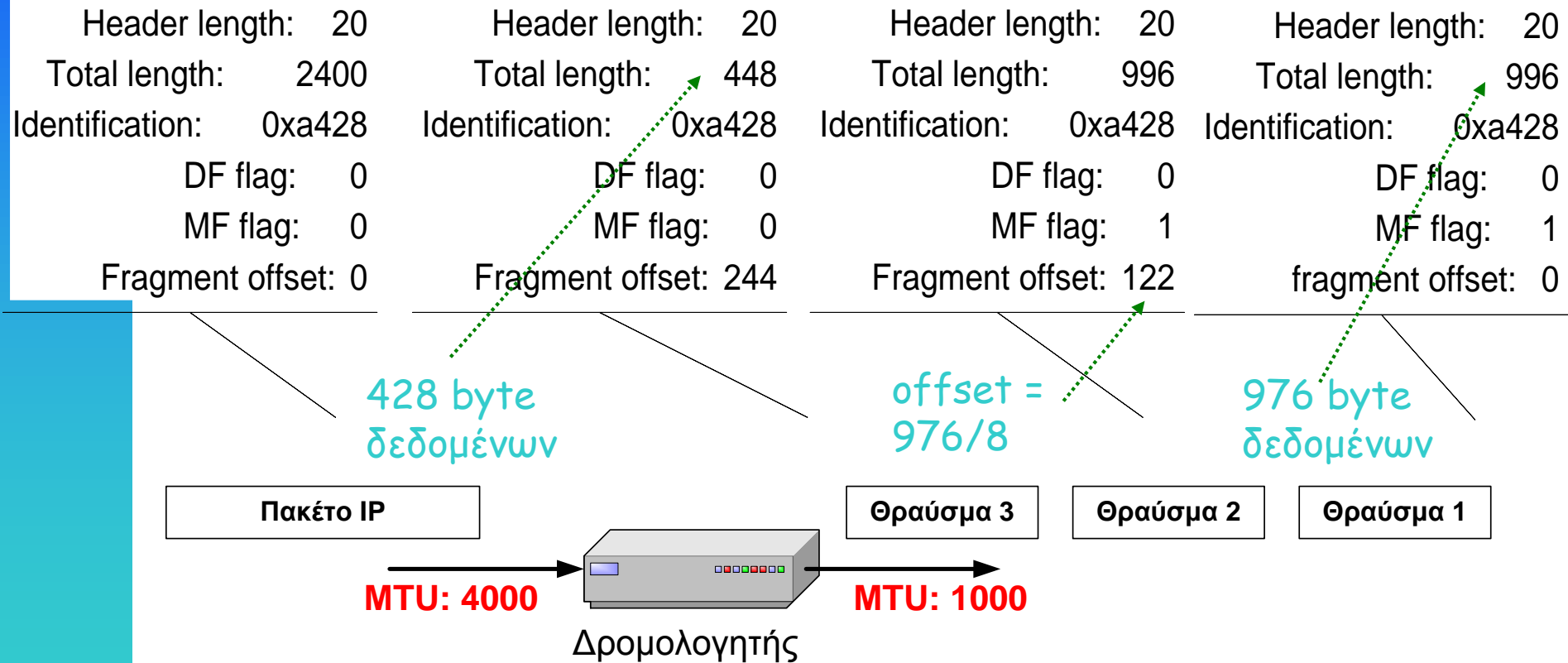
- Συνολικό μήκος του τρέχοντος θραύσματος

Fragmentation requires that the data portion of the generated fragments (i.e. everything excluding IP header) be a multiple of 8-bytes for all fragments other than the final one



Παράδειγμα Θρυμματισμού

- Πακέτο μήκους συνολικού 2400 byte πρέπει να θρυμματισθεί για να διέλθει από δίκτυο με MTU των 1000 byte





Προσδιορισμός μήκους Θραύσματος

- Θυμηθείτε ότι για το offset διατίθενται 13 bit και η θέση του θραύσματος μετριέται σε οκτάδες byte
- Επειδή στο παράδειγμα η επικεφαλίδα είναι 20 byte, απομένουν 980 byte για δεδομένα
- Ο μεγαλύτερος διαιρέσιμος με 8 αριθμός που είναι μικρότερος του 980 είναι ο 976. Άρα
 - το offset του πρώτου θραύσματος είναι 0 και το μήκος του πακέτου $976+20=996$
 - το offset του δεύτερου θραύσματος είναι $976/8=122$ και το μήκος του πακέτου 996, τέλος
 - το offset του τρίτου θραύσματος είναι $122+122=244$ και το μήκος του πακέτου είναι $428+20=448$
 - $2400-20-976-976=428$ τα δεδομένα που απομένουν από το αρχικό πακέτο μήκους 2400



Θρυμματισμός και συναρμολόγηση στο IP

- Θρυμματισμός μόνο εάν είναι αναγκαίο (MTU < πακέτο)
- Τα θραύσματα είναι αυθύπαρκτα πακέτα IP
- Τα θραύσματα μπορεί να (ξανα)θρυμματισθούν
- Η συναρμολόγηση γίνεται στον προορισμό, όχι στους ενδιάμεσους δρομολογητές
 - Ανεξάρτητη δρομολόγηση
 - Μειωμένες ανάγκες μνήμης



Θρυμματισμός και συναρμολόγηση στο IP

- Χαμένα θραύσματα δεν αναζητούνται
 - Εάν χαθεί ένα, χάνεται και το πακέτο IP
 - Εκπνοή χρόνου αναμένοντας θραύσμα
- Ο χρόνος για συναρμολόγηση
 - καθορίζεται όταν ληφθεί το πρώτο κομμάτι
 - εάν λήξει προτού ληφθούν όλα, το πακέτο απορρίπτεται και στέλνεται μήνυμα ICMP στον αποστολέα
- Θρυμματισμός μπορεί να συμβεί οπουδήποτε το πακέτο είναι μεγαλύτερο από την MTU (ακόμα και για τοπική παράδοση)



Αποφυγή Θρυμματισμού

- Για να αποφευχθεί ο θρυμματισμός, οι host ανακαλύπτουν την μικρότερη MTU (path MTU discovery)
- Path MTU είναι η ελάχιστη των MTU κατά μήκος της διαδρομής
- Εάν μήκος πακέτου < Path MTU, δεν έχουμε θρυμματισμό!
- Πώς γίνεται?
 - Στέλνοντας πακέτα διαφορετικών μεγεθών ώσπου να μην χρειάζεται θρυμματισμός κατά τη διαδρομή (DF=1 στην επικεφαλίδα IP)
 - Εάν είναι δυνατό, το λέει το δίκτυο (ICMP)!



Πακέτο IPv6



Κύρια χαρακτηριστικά IPv6

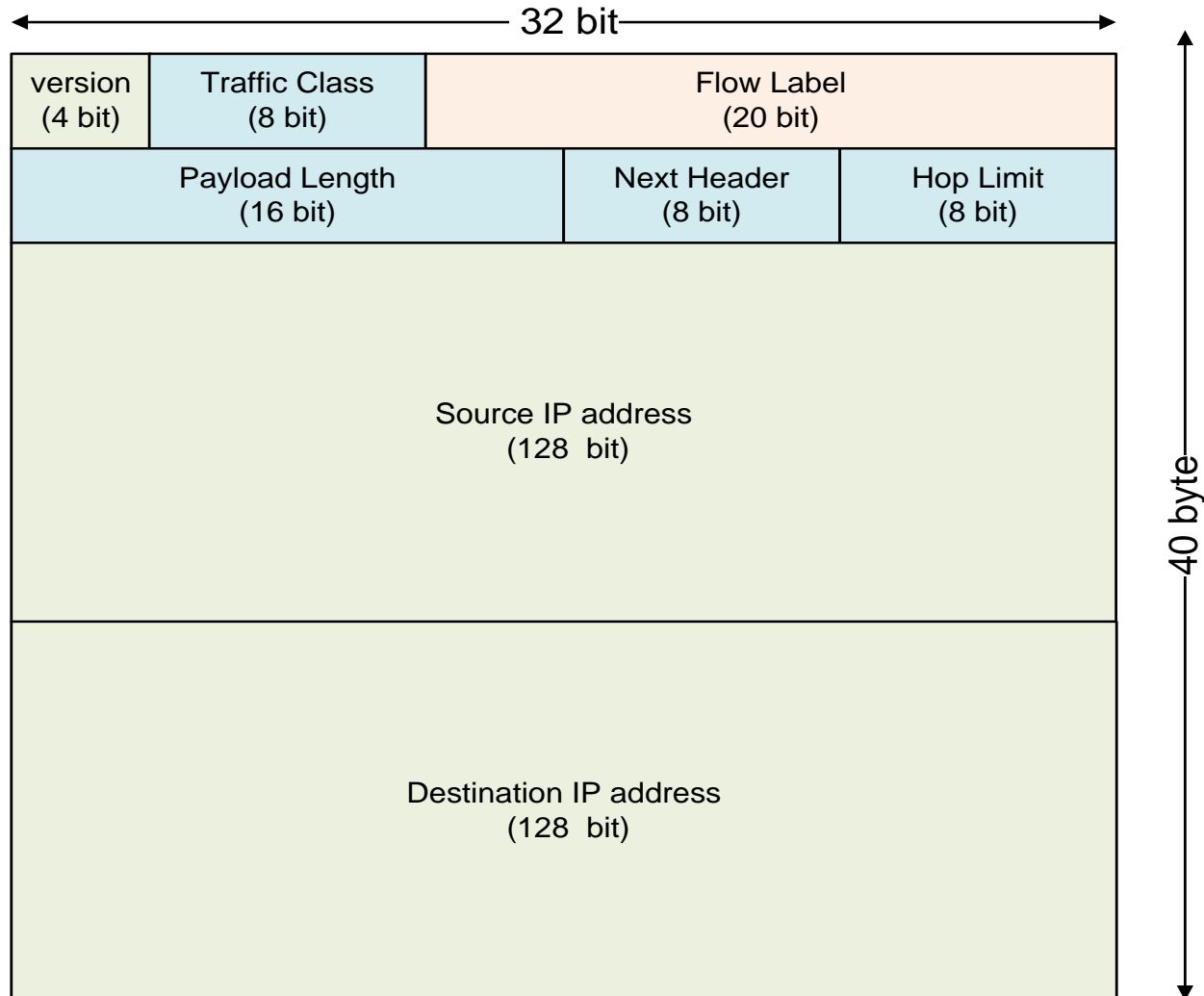
- Διευθύνσεις 128 bit
- Απλοποιημένη μορφή επικεφαλίδας
- Επικεφαλίδες επέκτασης
- Δεν υπάρχουν εκπομπές
- Διευθύνσεις Anycast
- Δεν υπάρχει ανάγκη για NAT
- Ελάχιστη MTU = 1280 byte
- Υποστήριξη Jumbogram (μέχρι $2^{32}-1$ byte)
- Κινητικότητα κόμβων
- Τύπος πλαισίων Ethernet με πακέτα IPv6 =
86DD



Μορφή πακέτου IPv6

- Απλοποιημένη δομή επικεφαλίδων:
 - Η επικεφαλίδα έχει σταθερό μήκος
 - Δεν υπάρχουν τα πεδία για θρυμματισμό
 - Χωρίς πεδίο έλεγχου
 - Βελτιστοποιημένη για γρήγορη επεξεργασία

Μορφή πακέτου IPv6





Μορφή πακέτου IPv6

- Αρκετά πεδία έχουν παρόμοιο ρόλο:

IPv6
Version
Traffic class
Payload length
Next Header
Hop Limit

... παρόμοια με ...

IPv4
Version
DiffServ
Total length
Protocol
TTL

- Ορίζεται και ένα νέο
 - Flow label

Σύγκριση επικεφαλίδων IPv4 και IPv6



Version	IHL	TOS	Length	
Identification			Flags	Fragment offset
TTL		Protocol	Checksum	
Source IP address				
Destination IP address				
Options				

version	Traffic Class	Flow Label		
Payload Length			Next Header	Hop Limit
Source IP address				
Destination IP address				



Πεδία που
παραμένουν



Πεδία που
αφαιρούνται



Πεδία που αλλάζουν
όνομα και θέση



Νέο πεδίο



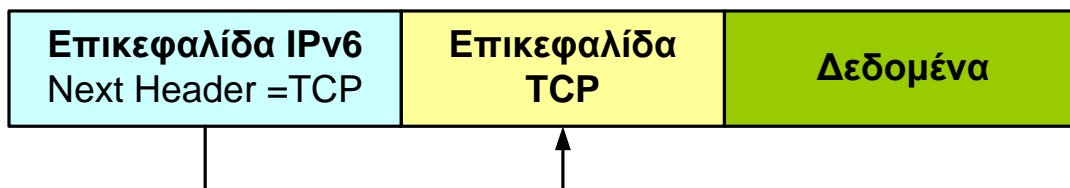
Αλλαγές σε σχέση με το IPv4

- **IHL:** δεν χρειάζεται πλέον
- **Checksum:** αφαιρέθηκε ώστε να μειωθεί ο χρόνος επεξεργασίας σε κάθε βήμα
- **Options:** επιτρέπονται, αλλά βρίσκονται έξω από την επικεφαλίδα IPv6, προσδιοριζόμενες από το πεδίο "Next Header"
 - Επικεφαλίδες επέκτασης (Extension headers)
- **Identification, flags, fragmentation offset:** αφαιρέθηκαν
 - Ο τεμαχισμός γίνεται με διαφορετικό τρόπο
 - Επικεφαλίδα επέκτασης **IPv6 fragment**



Αλλαγές σε σχέση με το IPv4

- **Payload Length:** Νέο όνομα και αλλαγή θέσης για το μήκος του πακέτου
- **Next Header:** δείχνει το είδος των δεδομένων που έπονται της βασικής επικεφαλίδας
 - Π.χ. πρωτόκολλο στρώματος μεταφοράς (TCP, UDP)Ρόλος περίπου ανάλογος του πεδίου Protocol στο IPv4

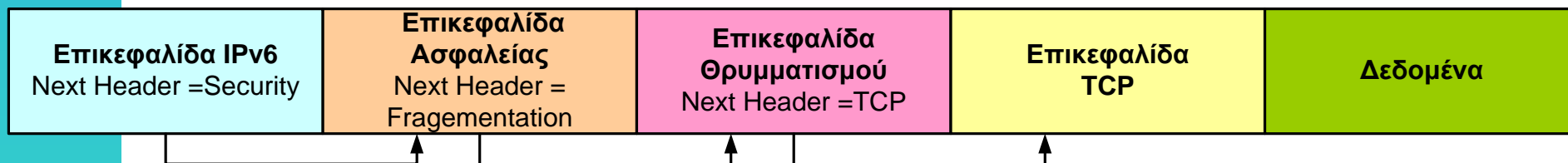


ή επικεφαλίδα επέκτασης



Επικεφαλίδες επέκτασης

- Το IPv6 αντί προαιρετικών πεδίων προβλέπει προαιρετικές επικεφαλίδες μετά την κύρια επικεφαλίδα
 - Ασφάλεια: Έλεγχος αυθεντικότητας
 - Θρυμματισμός
 - Δρομολόγηση
- Επιτρέπεται ο σχηματισμός αλυσίδας επικεφαλίδων επέκτασης
- Ο αριθμός τους δεν είναι σταθερός
 - Κάποιες από τις επόμενες επικεφαλίδες έχουν νόημα από άκρη-σε-άκρη, ενώ άλλες από βήμα-σε-βήμα





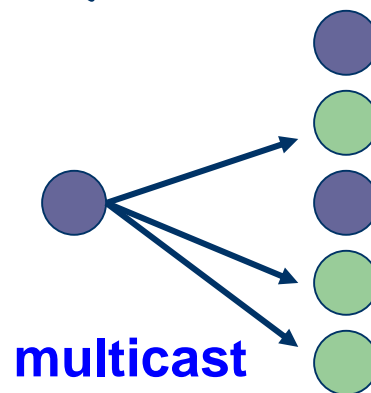
Αλλαγές σε σχέση με το IPv4

- **Traffic class:** Πεδίο 8 bit παρόμοιο με το ToS του IPv4
 - Νέο όνομα και αλλαγή θέσης, ίδια λειτουργικότητα
- **Hop limit:** το μέγιστο βημάτων
 - Οι δρομολογητές το μειώνουν κατά ένα σε κάθε βήμα
 - Παρόμοιο με το πεδίο TTL
- **Flow Label:** προσδιορίζει πακέτα που ανήκουν στην ίδια ροή
 - Διαχωρισμός ροών από την πηγή
 - Η έννοια της "ροής" δεν ορίζεται καλώς

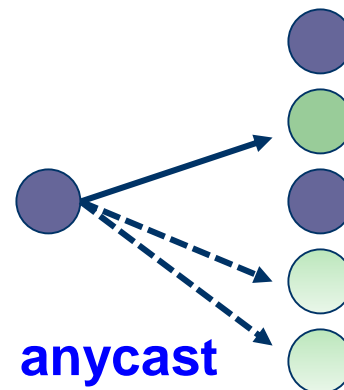


Αλλαγές σε σχέση με το IPv4

- Το IPv6 υποστηρίζει μόνο την πολλαπλή διανομή (multicast), όχι την εκπομπή (broadcast)



- Υποστηρίζει και Anycast





Μετάβαση από το IPv4 στο IPv6

- Το IPv6 υπάρχει εδώ και πολλά χρόνια
 - Όλα τα μοντέρνα λειτουργικά συστήματα το υποστηρίζουν
- Όμως το IPv6 δεν έχει ακόμη διαδοθεί ευρέως
 - Δεν είναι δυνατόν να αλλάξουν όλοι οι δρομολογητές συγχρόνως
- Επί μακρόν θα έχουμε δίκτυα με παράλληλη λειτουργία δρομολογητών IPv4 και IPv6
 - Η εξάπλωση του IPv6 θα είναι βαθμιαία
 - Για το προσεχές μέλλον τα IPv4 και IPv6 θα συνυπάρχουν



Μετάβαση από το IPv4 στο IPv6

- Πρωτόκολλα που δεν επηρεάζονται
 - Εφαρμογές (http-εξυπηρετητές ιστού, smtp - ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, κλπ)
 - Μεταφοράς (TCP, UDP)
 - Στρώματος ζεύξης δεδομένων (Ethernet)
- Πρωτόκολλα που επηρεάζονται
 - Δρομολόγησης
 - RIPng, OSPFv3, MP-BGP
 - DNS
 - DHCPv6
 - ICMPv6
 - Εκτελεί και τη λειτουργία του ARP



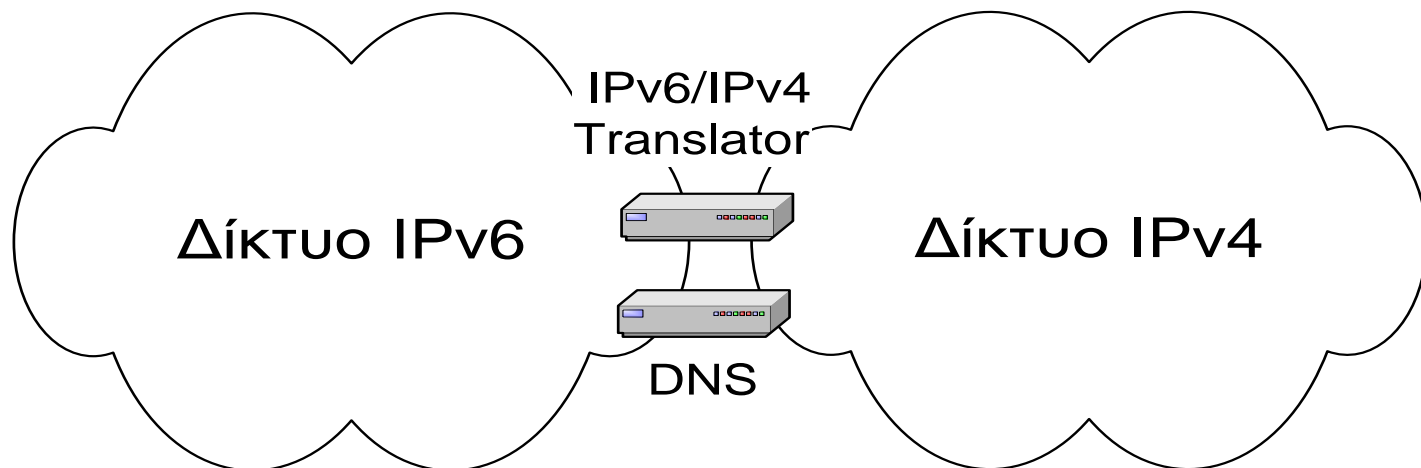
Μηχανισμοί μετάβασης

- Οι μηχανισμοί μετάβασης προσβλέπουν στη διευκόλυνση της μετάβασης προς το IPv6 και την εξασφάλιση της συνύπαρξης IPv4 και IPv6 στο ίδιο δίκτυο
 - IP/ICMP Translation
 - Dual Stack
 - Tunneling
 - και πολλοί άλλοι



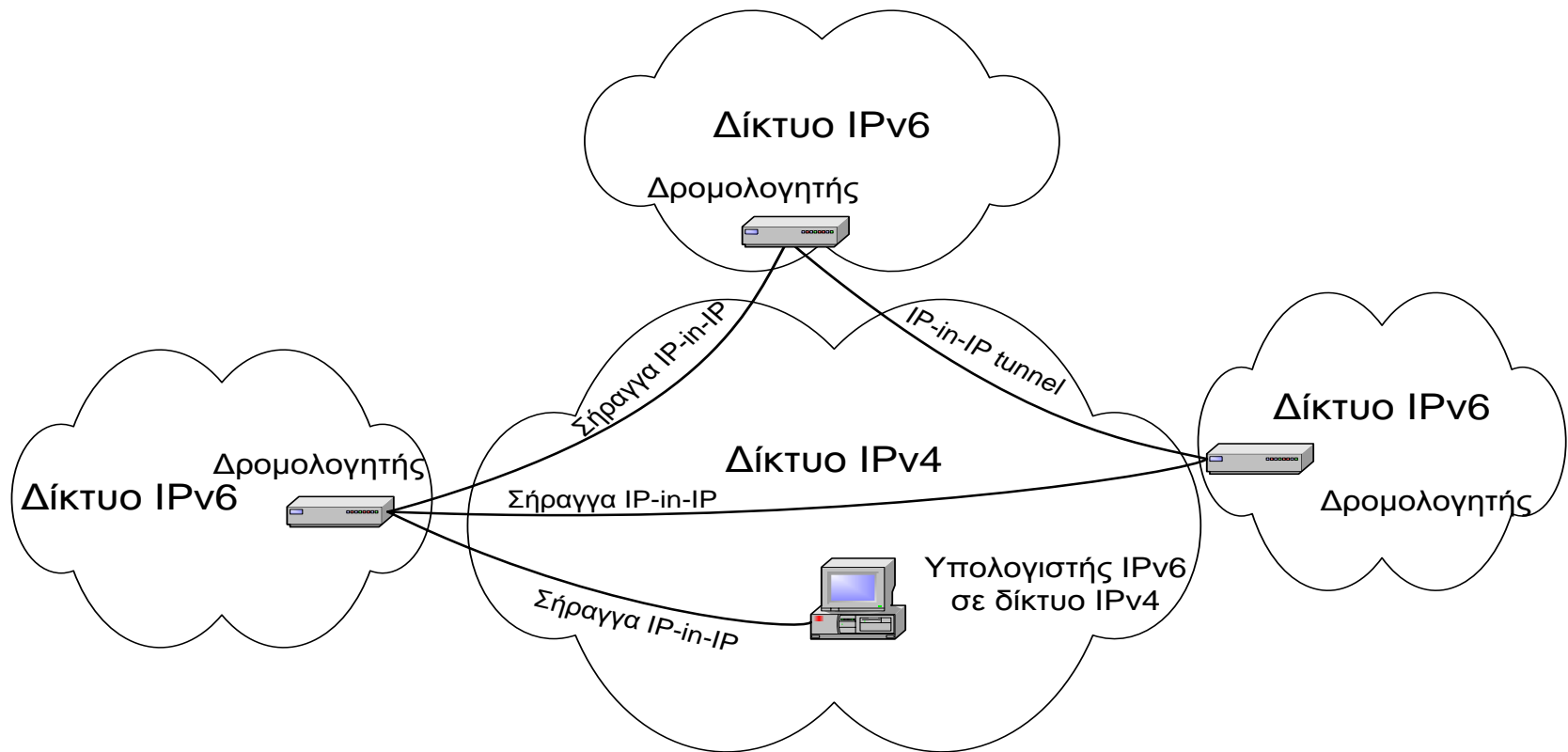
Μετάφραση IP/ICMP

- **translation:** μετάφραση επικεφαλίδων των πακέτων ICMP και IP από την έκδοση v4 στην v6 και αντίστροφα
- Λειτουργεί παρόμοια με το NAT
- Χρησιμοποιεί διευθύνσεις IPv6 που παράγονται από αντίστοιχες IPv4 (**IPv4-converted IPv6 addresses**)





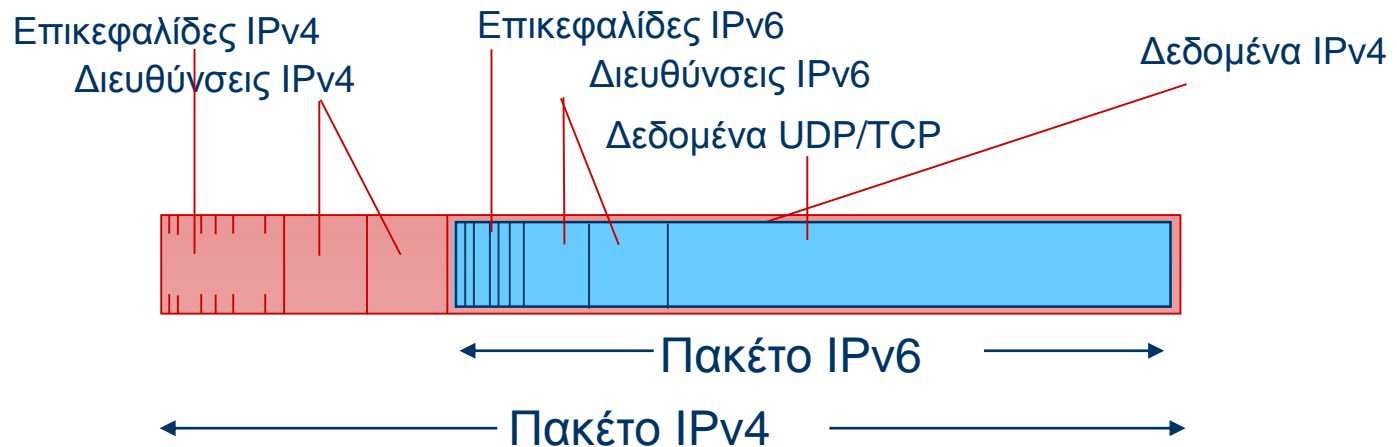
- Νησίδες IPv6 συνδέονται πάνω από δίκτυα IPv4 ενθυλακώνοντας πακέτα IPv6 σε πακέτα IPv4



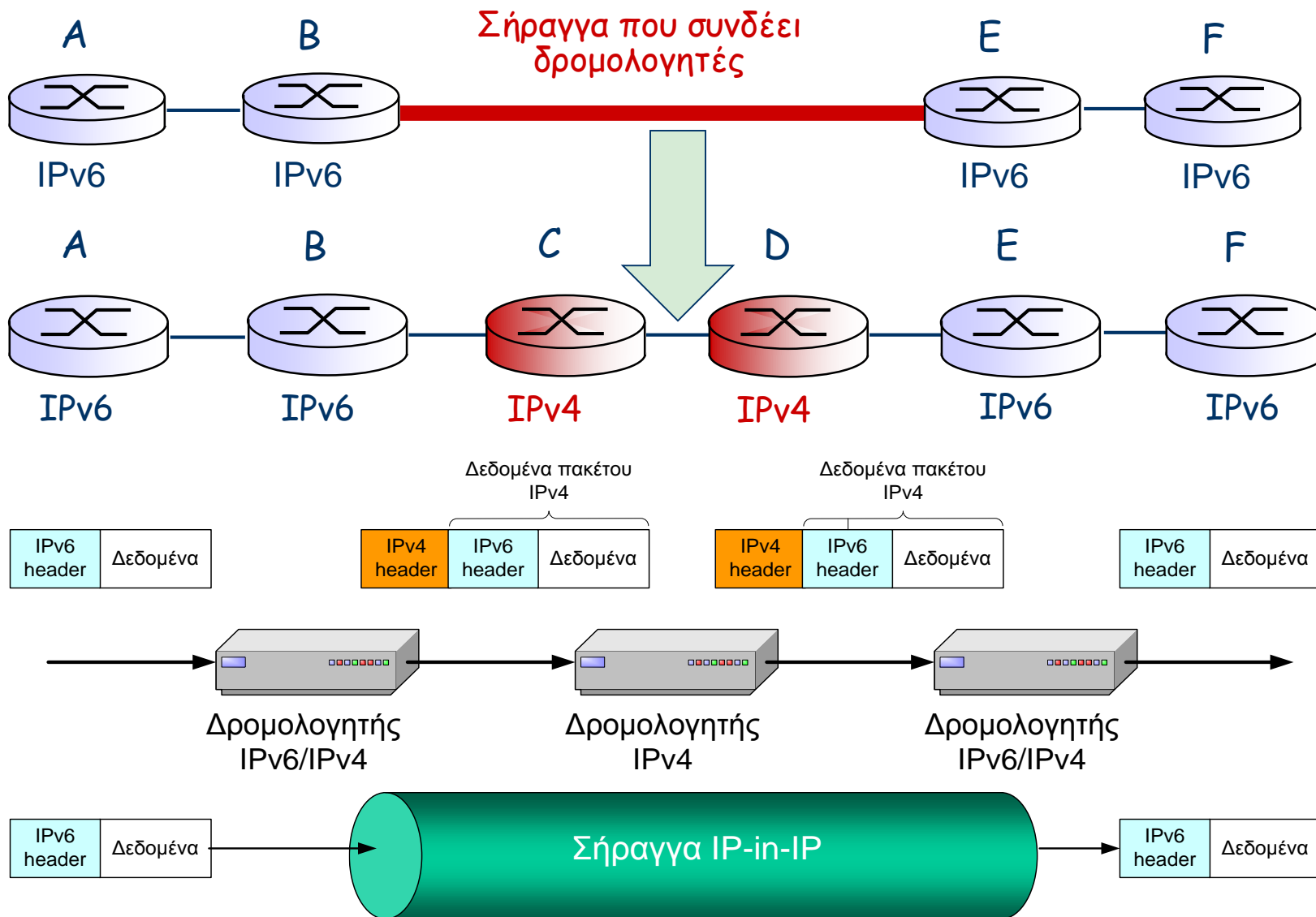
Σήραγγες



- **tunneling:** Τα πακέτα IPv6 μεταφέρονται ως δεδομένα πακέτων IPv4 μεταξύ δρομολογητών IPv4



Σήραγγες





Διπλή στοίβα

- Dual Stack σημαίνει ότι υπολογιστές και δρομολογητές υποστηρίζουν IPv4 και IPv6 παράλληλα
- Επιτρέπει τη συνύπαρξη συσκευών IPv4 και IPv6 στο ίδιο δίκτυο

