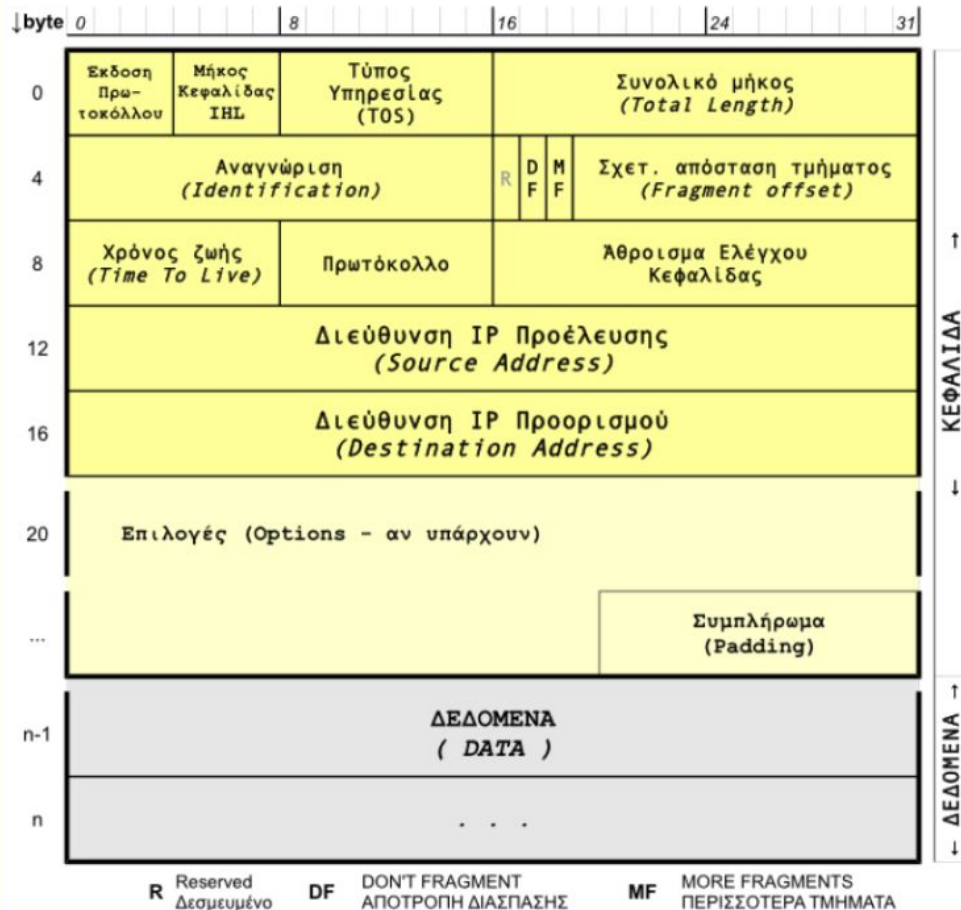


3.2 : Το αυτοδύναμο πακέτο IP (datagram) – Δομή πακέτου

- Το επίπεδο Μεταφοράς προωθεί τα δικά του τμήματα/πακέτα προς το επίπεδο Διαδικτύου.
- Στο επίπεδο αυτό το πρωτόκολλο Διαδικτύου (Internet Protocol -IP) ενθυλακώνει τα πακέτα δεδομένων σε **αυτοδύναμα πακέτα** (datagrams).
- Στην επικεφαλίδα των πακέτων αυτών, σε αντίστοιχα πεδία, προσθέτει όλες τις απαραίτητες **διαχειριστικές πληροφορίες** ώστε να γίνει εφικτή η **εύρεση του προορισμού** και η επιτυχής **δρομολόγηση** από τα πρωτόκολλα δρομολόγησης.

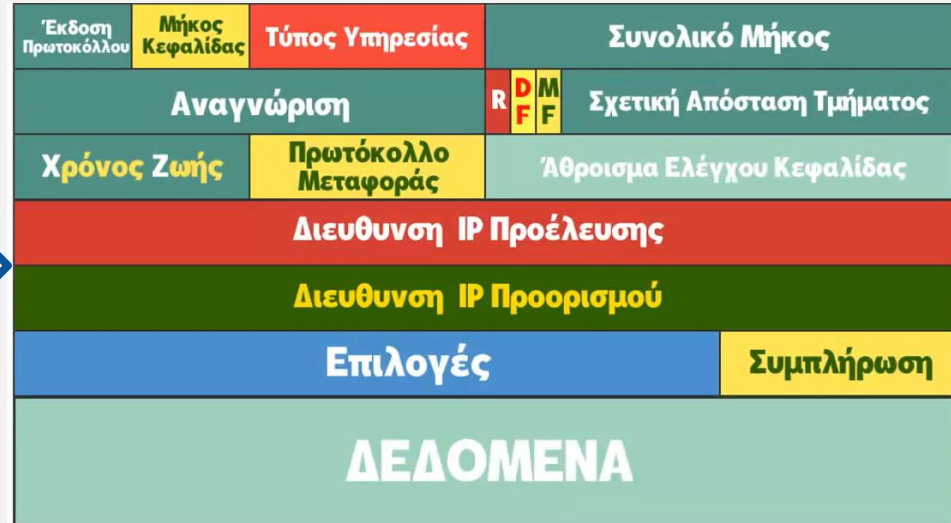
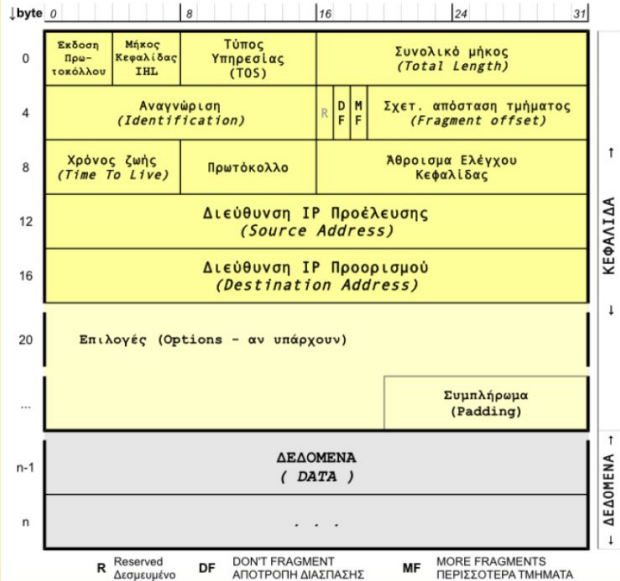
Μορφή αυτοδύναμου πακέτου IP (IP datagram)

← bit →



Μορφή αυτοδύναμου πακέτου IP (IP datagram)

← bit →



► Διαχειριστικές πληροφορίες που περιλαμβάνονται στο
Αυτοδύναμο Πακέτο

Έκδοση Πρωτοκόλλου	Μήκος Κεφαλίδας	Τύπος Υπηρεσίας	Συνολικό Μήκος			
Αναγνώριση			R	D F	M F	Σχετική Απόσταση Τμήματος
Χρόνος Ζωής	Πρωτόκολλο Μεταφοράς		Άθροισμα Ελέγχου Κεφαλίδας			
Διευθυνση IP Προέλευσης						
Διευθυνση IP Προορισμού						
Επιλογές					Συμπλήρωση	
ΔΕΔΟΜΕΝΑ						

Το ελάχιστο μήκος επικεφαλίδας είναι 5 λέξεις των 32 bit ή 20 bytes και το μέγιστο 15 λέξεις ή 60 bytes (4X15)



Διαχειριστικές πληροφορίες που περιλαμβάνονται στο Αυτοδύναμο Πακέτο

Οι σημαντικότερες από
αυτές είναι η

διεύθυνση IP προέλευσης →

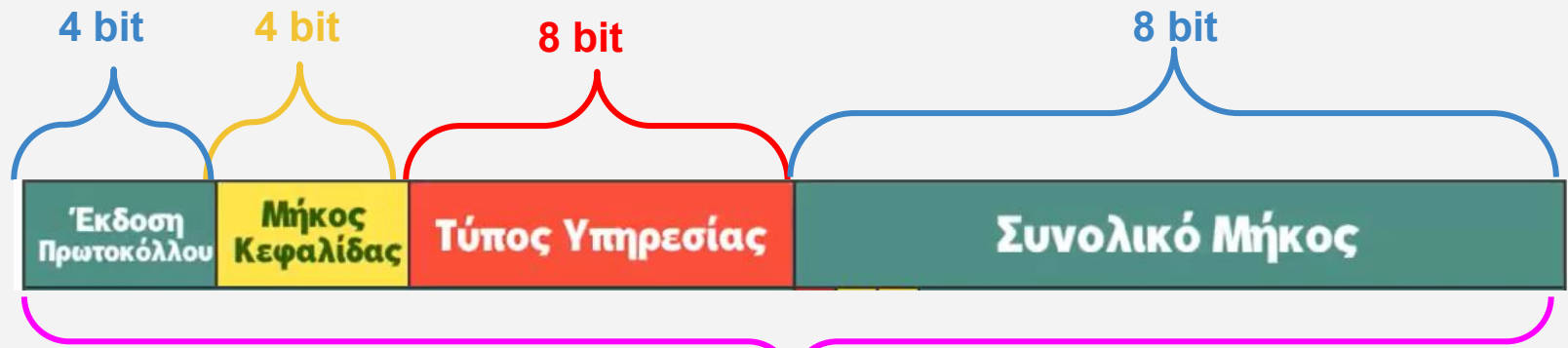
(source IP) και η

διεύθυνση IP προορισμού ↗

(destination IP),

μήκους 32bit η καθεμιά.





1η λέξη : 32 bit



Πεδία:

1. Έκδοση Πρωτοκόλλου
2. Μήκος Κεφαλίδας (IHL)
3. Τύπος Υπηρεσίας
4. Συνολικό Μήκος

▶ Το πεδίο **Έκδοση πρωτοκόλλου** (version) :

→ έχει μήκος 4 bit,

→ δηλώνει την έκδοση του χρησιμοποιούμενου πρωτοκόλλου Διαδικτύου.

→ Η τιμή του είναι:

➤ 4 για πρωτόκολλο IPv4

➤ 6 για πρωτόκολλο IPv6

→ Στην περίπτωση του IPv6 ολόκληρη η επικεφαλίδα διαφοροποιείται και έχει ελάχιστο μήκος 40 bytes.

- ▶ Το πεδίο **Μήκος επικεφαλίδας** (Internet Header Length - **IHL**):
 - έχει μήκος 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).

► Το πεδίο **Συνολικό μήκος** (Total length)

→ μήκους 16 bit,

→ δίνει σε byte το συνολικό μήκος του αυτοδύναμου πακέτου :

επικεφαλίδα + δεδομένα

→ Μπορεί να πάρει τιμές από:

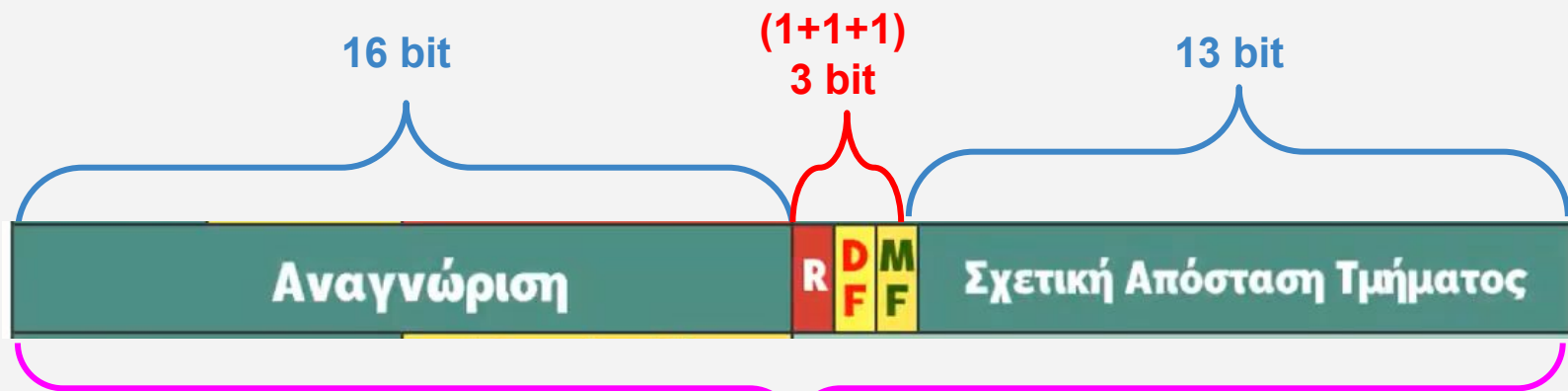
➤ 20 που είναι το ελάχιστο μήκος της επικεφαλίδας χωρίς δεδομένα
μέχρι

➤ $65535 = (1111111111111111)_2$ (δηλ. 16 bits άσοι)

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

► Ο Τύπος της Υπηρεσίας (Type of Service) :

- έχει μήκος 8 bit,
- περιγράφει πώς πρέπει να χειριστεί το πακέτο κάθε κόμβος:
 - αν πρέπει να του δοθεί προτεραιότητα στην ταχύτητα ή όχι, και την απαίτηση του πακέτου σε αξιοπιστία ή σε ρυθμό διακίνησης (throughput).
 - Η νεότερη αναθεώρηση, διαφοροποιεί το μήκος του πεδίου σε 6 bit + 2 bit για ειδοποίηση συμφόρησης, στοχεύοντας να υποστηριχθούν υπηρεσίες με ιδιαίτερες απαιτήσεις όπως μεταφορά φωνής σε πραγματικό χρόνο (VoIP).



2η λέξη : 32 bit



Πεδία:

1. Αναγνώριση
2. Σχετική Απόσταση Τμήματος
3. Σημαίες:
 - a. MF
 - b. DF

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.

- ➔ Σε περίπτωση μετάβασης ενός αυτοδύναμου πακέτου σε δίκτυο το οποίο υποστηρίζει πλαίσια μικρότερου μεγέθους από το αυτοδύναμο πακέτο, τότε πρέπει:
 - 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**.

▶ Το πεδίο **Αναγνώριση** (Identification):

- έχει μήκος 16 bit,
- αποτελεί τη ταυτότητα του πακέτου,
- χρησιμοποιείται για να μπορεί το πρωτόκολλο IP να γνωρίζει σε ποιο αρχικό πακέτο ανήκουν.
 - Το πεδίο αυτό είναι διαφορετικό για κάθε πακέτο

εκτός

- από τα πακέτα που είναι τμήματα του ίδιου αρχικού πακέτου για τα οποία είναι ίσο.

Πεδίο Αναγνώριση



Διάσπαση σε 3 πακέτα



► Το πεδίο **Σχετική Θέση Τμήματος** (Fragment Offset),

ή **Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος** (ΔΕΤ):

→ έχει μήκος 13 bit,

→ δείχνει τη σχετική απόσταση του τμήματος από την αρχή του αρχικού πακέτου σε οκτάδες (8x) byte,

→ χρησιμοποιείται για να μπορέσει ο υπολογιστής προορισμού να τα βάλει με τη σωστή σειρά,

→ είναι ένας αριθμός:

➤ για το πρώτο τμήμα η σχετική απόσταση τμήματος είναι πάντα μηδέν (0)

➤ για τα υπόλοιπα υπολογίζεται ως εξής: ↴

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

όπου **INT()**: η συνάρτηση ... το ακέραιο μέρος του () ...,

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

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.

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

Αναλυτικότερη επεξήγηση και παραδείγματα εφαρμογής θα δοθούν στο επόμενο μάθημα.

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

→ Οι σημαίες είναι μεμονωμένα bit των οποίων η κατάσταση είναι ή 1 (ενεργοποιημένη) ή 0 (απενεργοποιημένη) και έχουν να δηλώσουν κάτι.

▶ Η σημαία **MF** (More Fragments → ύπαρξη περισσότερων τμημάτων):

→ όταν είναι ενεργοποιημένη (τιμή 1) δηλώνει ότι ακολουθούν και άλλα τμήματα,

ενώ,

→ όταν είναι απενεργοποιημένη (τιμή 0) δηλώνει:

◆ ότι είναι το τελευταίο τμήμα διασπασμένου πακέτου

ή

◆ μεμονωμένο πακέτο.



▶ Η σημαία **DF** (Don't Fragment → απαγόρευση διάσπασης):

→ Είναι απενεργοποιημένη (τιμή 0), όταν δεν υπάρχει απαγόρευση διάσπασης,

διαφορετικά

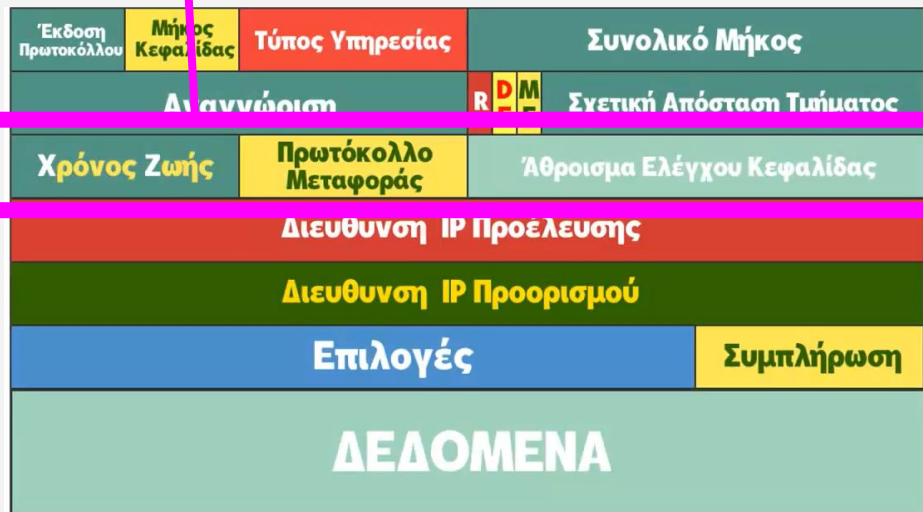
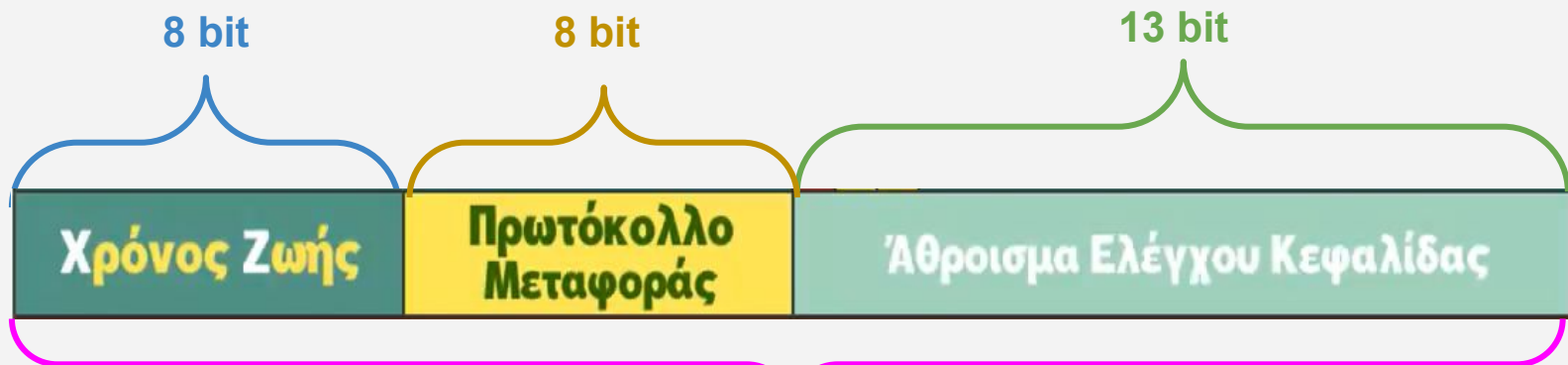
→ είναι ενεργοποιημένη (τιμή 1) αν για οποιοδήποτε λόγο το αυτοδύναμο πακέτο δεν πρέπει να διασπαστεί. Τότε:

➤ κατά τη δρομολόγηση του πακέτου θα επιλεγθεί διαδρομή με MTU τέτοιο ώστε να μη χρειάζεται διάσπαση,

ή,

➤ αν αυτό είναι αδύνατο, το πακέτο θα απορριφθεί (και ενδεχομένως να ειδοποιηθεί ο αποστολέας για αυτό το γεγονός).

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.



3η λέξη : 32 bit

Πεδία:

1. Χρόνος ζωής (TTL)
2. Πρωτόκολλο (Μεταφοράς)
3. Άθροισμα Ελέγχου Κεφαλίδας

- ▶ Το πεδίο **Χρόνος Ζωής** (Time To Live - **TTL**)
 - έχει μήκος 8 bit,
 - ξεκινά από τον αποστολέα με μια αρχική τιμή, συνήθως 64,
 - 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 πεδίο **TTL** 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.



Χωρίς το πεδίο TTL, σύντομα το Internet θα πλημμύριζε από προβληματικά πακέτα που δεν θα μπορούσαν να παραδοθούν και θα σταματούσε να λειτουργεί!



Το πεδίο TTL χρησιμοποιεί η **εντολή traceroute 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. 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.

- ▶ Το πεδίο πρωτόκολλο,
 - Έχει μήκος 8 bit,
 - περιέχει μια αριθμητική τιμή η οποία δηλώνει το πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς στο οποίο ανήκουν τα δεδομένα που περιέχει το πακέτο IP:
 - TCP (τιμή 6),
 - UDP (τιμή 17)
 - ή άλλο.
- ⇒ πληροφορεί το πρωτόκολλο IP του παραλήπτη σε ποιο πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς να παραδώσει τα δεδομένα.

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.`

► Το Άθροισμα Ελέγχου της Επικεφαλίδας (Header Checksum):

→ έχει μήκος 16 bit,

→ διασφαλίζει την ακεραιότητα των τιμών των πεδίων της επικεφαλίδας,

→ εφαρμόζεται μόνο στην επικεφαλίδα του πακέτου IP,

→ 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.

► Το **πεδίο Επιλογές** (Options):

- είναι προαιρετικό,
- χρησιμοποιείται για ειδικές λειτουργίες,
- δεν υπάρχει συχνά.
- Όταν υπάρχει



επειδή η επικεφαλίδα συνολικά να είναι ακέραιος αριθμός λέξεων των 32 bit:



► το **πεδίο Συμπλήρωμα** (Padding):

- συμπληρώνει το πεδίο Επιλογές με μηδενικά.