

2.4.2 : Διευθύνσεις Ελέγχου πρόσβασης στο Μέσο (MAC) - Δομή πλαισίου Ethernet

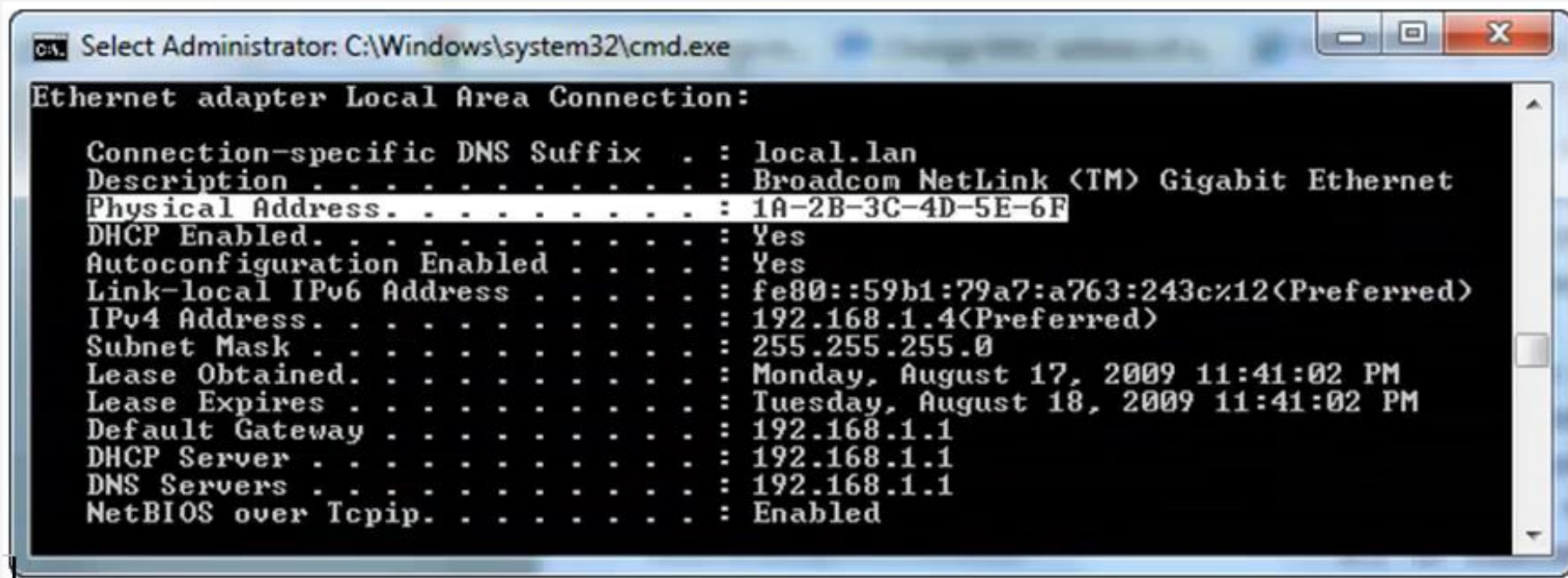
Κάθε κόμβος σε ένα δίκτυο Ethernet έχει μια **φυσική διεύθυνση** ή **διεύθυνση υλικού** (Hardware Address), ώστε να αναγνωρίζεται μοναδικά σε όλο το δίκτυο. Αναφέρεται και ως **διεύθυνση ελέγχου προσπέλασης στο μέσο** (**MAC Address**, Media Access Control). Είναι ένας δυαδικός αριθμός των **48 bit** (MAC-48, EUI-48) ή έξι οκτάδων και γράφεται στο δεκαεξαδικό αριθμητικό σύστημα ως **έξι διψήφιοι δεκαεξαδικοί αριθμοί** χωρισμένοι με παύλες (στα windows) ή με άνω-κάτω τελείες (στο unix/linux).

- Σε υπολογιστή εξοπλισμένο με προσαρμογέα/κάρτα δικτύου, η διεύθυνση MAC είναι χαρακτηριστικό της κάρτας δικτύου και πολλές φορές αναγράφεται πάνω σε αυτήν από τον κατασκευαστή της.



→ Η διεύθυνση MAC μπορεί να αναγνωσθεί ηλεκτρονικά με την κατάλληλη εντολή του λειτουργικού συστήματος (ipconfig/all, ifconfig κλπ).

π.χ.



The image shows a Windows command prompt window titled "Select Administrator: C:\Windows\system32\cmd.exe". The window displays the output of the command "ipconfig /all" for the "Ethernet adapter Local Area Connection:". The output lists various network settings, including the physical address (MAC address) which is highlighted in the original image.

```
Select Administrator: C:\Windows\system32\cmd.exe

Ethernet adapter Local Area Connection:

    Connection-specific DNS Suffix  . : local.lan
    Description . . . . . : Broadcom NetLink (TM) Gigabit Ethernet
    Physical Address. . . . . : 1A-2B-3C-4D-5E-6F
    DHCP Enabled. . . . . : Yes
    Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::59b1:79a7:a763:243c%12(Preferred)
    IPv4 Address. . . . . : 192.168.1.4(Preferred)
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Lease Obtained. . . . . : Monday, August 17, 2009 11:41:02 PM
    Lease Expires . . . . . : Tuesday, August 18, 2009 11:41:02 PM
    Default Gateway . . . . . : 192.168.1.1
    DHCP Server . . . . . : 192.168.1.1
    DNS Servers . . . . . : 192.168.1.1
    NetBIOS over Tcpip. . . . . : Enabled
```

Σημείωση: στους Η/Υ που μπορούν να συνδεθούν και ενσύρματα και ασύρματα σε δίκτυο, υπάρχουν ουσιαστικά εγκατεστημένες δύο διαφορετικές κάρτες, μία Ethernet και μία Wireless. Κάθε μία από αυτές τις κάρτες έχει τη δική της φυσική διεύθυνση.

π.χ.

```
C:\Users\andri>ipconfig /all
```

```
Windows IP Configuration
```

```
Host Name . . . . . : Pc-laptop
Primary Dns Suffix . . . . . :
Node Type . . . . . : Hybrid
IP Routing Enabled. . . . . : No
WINS Proxy Enabled. . . . . : No
```

```
Ethernet adapter Ethernet:
```

```
Media State . . . . . : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix . : home
Description . . . . . : Realtek PCIe FE Family Controller
Physical Address. . . . . : 54-48-10-A8-4F-7E
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
```

```
Wireless LAN adapter Τοπική σύνδεση* 1:
```

```
Media State . . . . . : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix . :
Description . . . . . : Microsoft Wi-Fi Direct Virtual Adapter
Physical Address. . . . . : FE-01-7C-52-AE-BB
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
```

→ Η διεύθυνση MAC γράφεται ως δεκαεξαδικός αριθμός χωρισμένος ανά οκτάδα με παύλες (όταν τον βλέπουμε στα Windows) ή με άνω-κάτω τελείες σε συστήματα Unix/Linux.

⇒ Π.χ. η διεύθυνση: 74:ea:3a:cd:06:40 σε linux σύστημα, η οποία σε windows σύστημα γράφεται ως 74-ea-3a-cd-06-40.

Άλλα παραδείγματα:

00-17-4F-08-5D-69

1A-2B-3C-4D-5E-6F

54-48-10-A8-4F-7E

FE-01-7C-52-AE-BB

50-46-5D-A3-A7-50

(Σημείωση: τα γράμματα μπορεί να είναι μικρά ή κεφαλαία – δεν υπάρχει διαφορά)

- Οι διευθύνσεις MAC απαρτίζονται από δύο μέρη των 24ων δυαδικών ψηφίων.
- Το πρώτο μέρος το οποίο ονομάζεται (μοναδική) Ταυτότητα του Οργανισμού (**OUI** - Organizational Unique Identifier), χορηγείται από το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών και διατίθεται αποκλειστικά στον κατασκευαστή υλικού.
- Π.χ. στο εργαστήριο του σχολείου μας καταγράψαμε τις διευθύνσεις:

50-46-5D-A3-A7-50

50-46-5D-A3-A6-92

50-46-5D-A3-9B-69

⇒ ο κατασκευαστής των 3 συγκεκριμένων καρτών, ο οποίος είναι η *Realtek*, διαθέτει τον OUI 50-46-5D.

- Το δεύτερο μέρος της MAC διεύθυνσης το προσδιορίζει ο κατασκευαστής υλικού με δική του ευθύνη.

- Δύο ψηφία του πρώτου μέρους της MAC διεύθυνσης έχουν ειδική σημασία.
- Πρόκειται για τα δύο λιγότερο σημαντικά bit του πρώτου byte της διεύθυνσης, δηλαδή του πρώτου διψήφιου δεκαεξαδικού της διεύθυνσης.
- Το λιγότερο σημαντικό bit, δηλαδή το b0, είναι το λεγόμενο M bit, ή I/G bit (Individual/Group).

a) Αν το M bit είναι 1 σημαίνει ότι η διεύθυνση αφορά πολλούς αποδέκτες, δηλαδή είναι πολυδιανομής (Multicast), ($1 \Rightarrow G \Rightarrow \text{Group}$)

αλλιώς,

b) Αν είναι 0, αφορά συγκεκριμένο αποδέκτη, δηλαδή είναι unicast.

($0 \Rightarrow I \Rightarrow \text{Individual}$)

- Το 2ο λιγότερο σημαντικό bit, δηλαδή το b1, είναι το λεγόμενο X bit, ή U/L (Universal/Local).

a) Όταν είναι 1 σημαίνει ότι η διεύθυνση είναι τοπικά διαχειριζόμενη, ($1 \Rightarrow L \Rightarrow \text{Local}$)

αλλιώς,

b) Είναι, αν είναι 0, είναι καθολικά μοναδική για όλα τα δίκτυα ($0 \Rightarrow U \Rightarrow \text{Universal}$).

⇒ Π.χ.

1) 74-ea-3a-cd-06-40

Το 1ο byte είναι το 74 δεκαεξαδικό, το οποίο στο δυαδικό είναι ίσο με 011101**00**

⇒ **M** bit = 0 ⇒ το μήνυμα αφορά συγκεκριμένο αποδέκτη (individual-unicast)

⇒ **X** bit = 0 ⇒ η διεύθυνση είναι καθολικά μοναδική (universal)

2) 1A-2B-3C-4D-5E-6F

Το 1ο byte είναι το 1A δεκαεξαδικό, το οποίο στο δυαδικό είναι ίσο με 000110**10**

⇒ **M** bit = 0 ⇒ το μήνυμα αφορά συγκεκριμένο αποδέκτη (individual-unicast)

⇒ **X** bit = 1 ⇒ η διεύθυνση είναι τοπικά διαχειριζόμενη (local)

3) FE-01-7C-52-AE-BB

Το 1ο byte είναι το FE δεκαεξαδικό, το οποίο στο δυαδικό είναι ίσο με 111111**10**

⇒ **M** bit = 0 ⇒ το μήνυμα αφορά συγκεκριμένο αποδέκτη (individual-unicast)

⇒ **X** bit = 1 ⇒ η διεύθυνση είναι τοπικά διαχειριζόμενη (local)

4) 50-46-5D-A3-A7-50

Το 1ο byte είναι το 50 δεκαεξαδικό, το οποίο στο δυαδικό είναι ίσο με 010100**00**

⇒ **M** bit = 0 ⇒ το μήνυμα αφορά συγκεκριμένο αποδέκτη (individual-unicast)

⇒ **X** bit = 0 ⇒ η διεύθυνση είναι καθολικά μοναδική (universal)

→ Ειδική περίπτωση είναι η ff-ff-ff-ff-ff-ff, η οποία είναι διεύθυνση εκπομπής

⇒ οποιοδήποτε πλαίσιο έχει διεύθυνση προορισμού την ff-ff-ff-ff-ff-ff αφορά όλους τους κόμβους και παραλαμβάνεται από όλους όσους μοιράζονται το κοινό διαμοιραζόμενο μέσο, ανήκουν δηλαδή στο ίδιο τοπικό δίκτυο.

⇒ Αν στο δίκτυο υπάρχει μεταγωγέας (switch), το πλαίσιο αυτό εκπέμπεται σε όλες τις θύρες του.

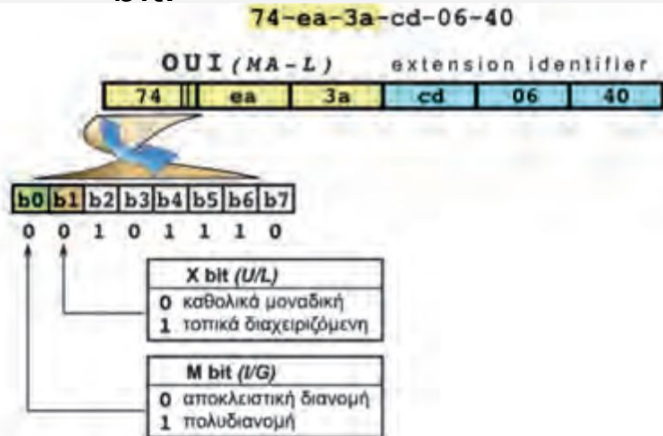
Ποια είναι μια βασική διαφορά του Switch από το Hub;

Το hub πάντοτε αναπαράγει όλα τα πλαίσια που λαμβάνει σε όλες τις θύρες του. Το switch γνωρίζει ποια κάρτα δικτύου είναι συνδεδεμένη σε ποια θύρα (από τη φυσική της διεύθυνση) και έτσι μεταδίδει τα αντίστοιχα πλαίσια μόνο στη συγκεκριμένη πόρτα.

⇒ έτσι το hub ουσιαστικά λειτουργεί αποκλειστικά στο φυσικό επίπεδο, ενώ το switch στο ζεύξης δικτύου.

- Στο Ethernet αποστέλλεται το πιο σημαντικό byte (**MSB**) πρώτα αλλά για κάθε byte, πρώτα το λιγότερο σημαντικό bit (**LSB**).
- Ο τρόπος αποστολής, αυτός, χαρακτηρίζεται **Little Endian σε επίπεδο bit**.
- Έτσι κατά την εκπομπή των ψηφίων μιας διεύθυνσης Ethernet θα αποσταλούν, σε επίπεδο byte, πρώτα το MSB, του οποίου τα bit όμως θα σταλούν με την αντίστροφη σειρά, πρώτα το b0 , μετά το b1 κ.ο.κ.

⇒ όταν αποστέλλεται μία MAC διεύθυνση 1ο θα σταλεί το M bit και 2ο το το X bit.

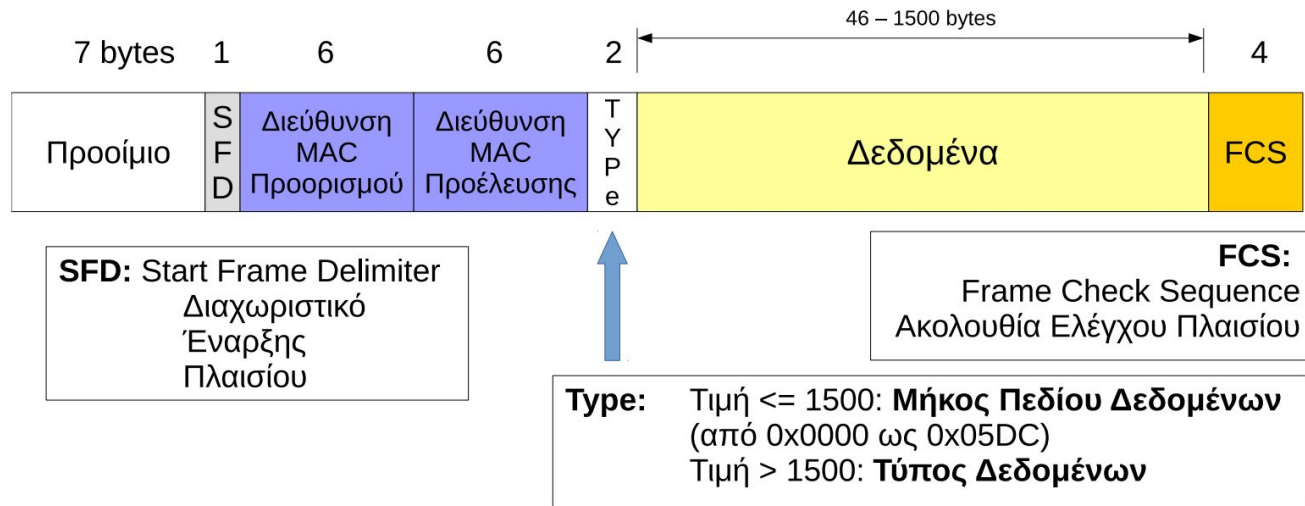


Π.χ. από τα byte της διεύθυνσης
74:ea:3a:cd:06:40

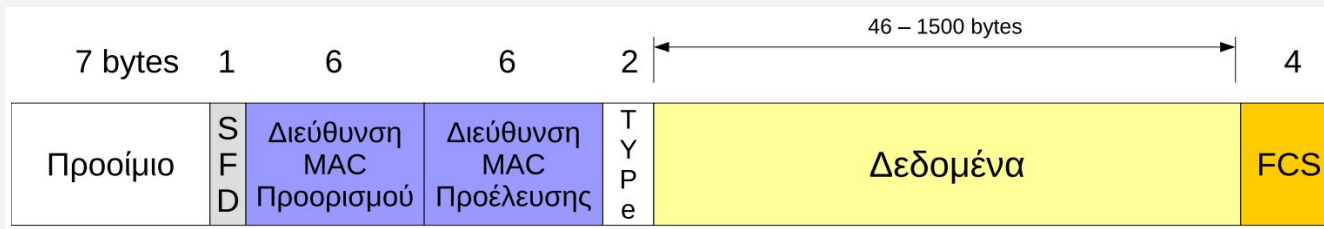
πρώτο θα σταλεί το MSB, δηλαδή το 74 (011101**00**), αλλά τα bit του θα σταλούν με την αντίστροφη σειρά (**00**10 1110), πρώτα το **b0** (**0**), μετά το **b1** (**1**) , μετά το b2 (1) κ.ο.κ.

Πλαίσιο Ethernet

- Οι κόμβοι ενός δικτύου Ethernet ανταλλάσσουν δεδομένα-πληροφορίες τις οποίες ενθυλακώνουν σε πακέτα τα οποία ονομάζονται **πλαίσια**.
- Στην **επικεφαλίδα** του πλαισίου τοποθετούνται διαχειριστικές πληροφορίες από τις οποίες οι σημαντικότερες είναι οι διευθύνσεις αποστολέα (προέλευσης) και παραλήπτη (προορισμού).



Σχήμα 2.5: Δομή Πλαισίου Ethernet

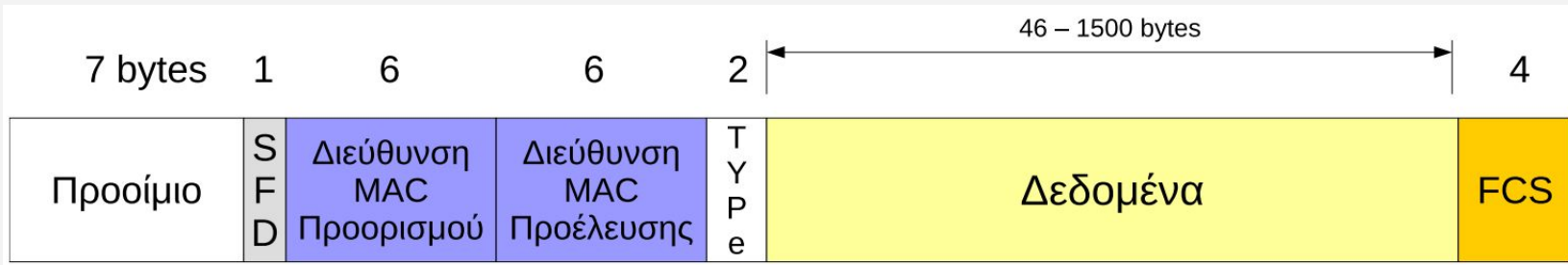


1) Προοίμιο (Preamble)

- Για να συγχρονιστεί ο δέκτης με τον πομπό στέλνεται μια εναλλαγή ψηφίων 0 και 1 (δηλ. 1010101 το οποίο αντιστοιχεί στον δεκαεξαδικό αριθμό 0x55).
- Στέλνονται επτά (7) τέτοιες οκτάδες.

2) SFD

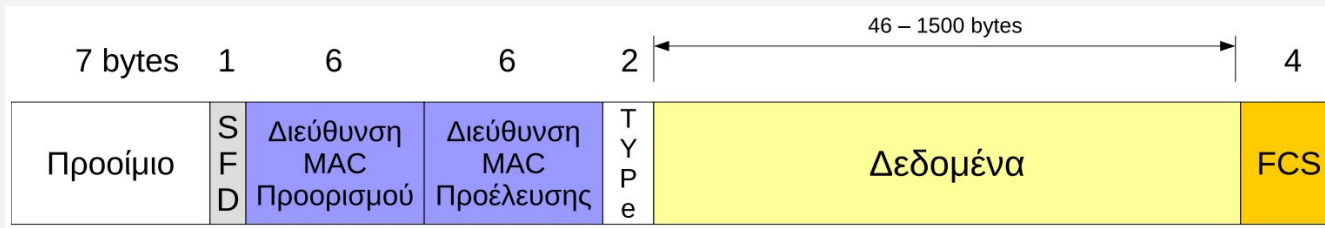
- Στο τέλος του προοιμίου στέλνεται μια οκτάδα 0xD5 (δηλ. το 11010101), το οποίο αποτελεί το σήμα για την έναρξη του πλαισίου και ονομάζεται **SFD** (Start Frame Delimiter).



3) Διευθύνσεις MAC Προορισμού και Προέλευσης

- Όπως είδαμε νωρίτερα, κάθε μία από τις διευθύνσεις καταλαμβάνει χώρο 6 bytes.
- Πρώτα μεταδίδεται η διεύθυνση προορισμού ώστε να ειδοποιηθεί έγκαιρα ο παραλήπτης και έπειτα μεταδίδεται η διεύθυνση του αποστολέα.

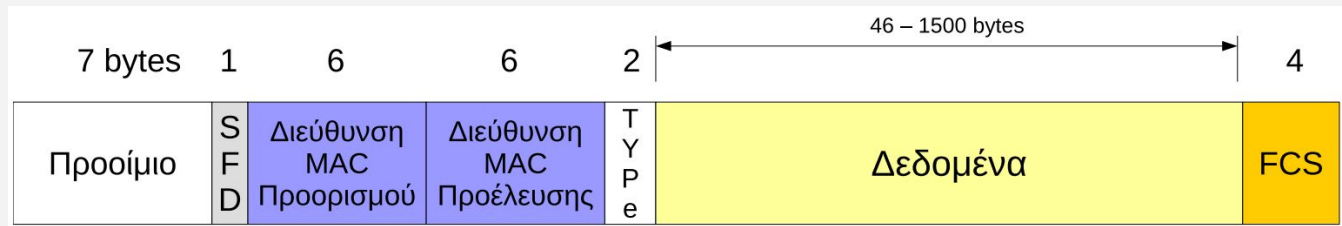




4) Πεδίο Τύπος/Μήκος Δεδομένων

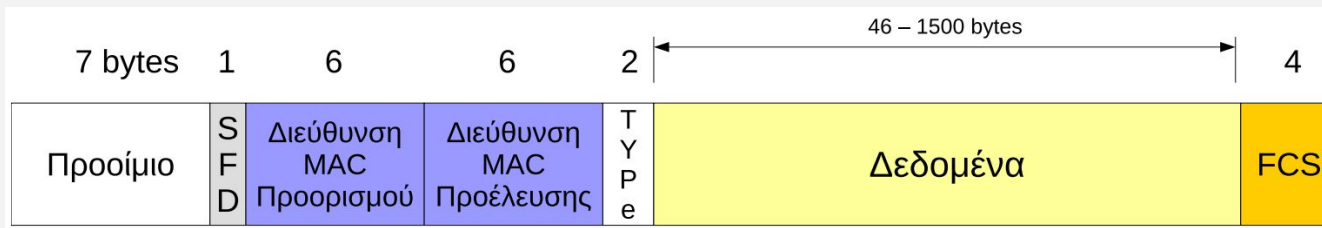
→ Έχει μήκος 2 bytes.

- ◆ Αν η τιμή του είναι μεγαλύτερη από 1500 (0x5DC), προσδιορίζει
 - το **είδος των δεδομένων** που μεταφέρει το πλαίσιο,
 - ή
 - **ποιο πρωτόκολλο ανώτερου επιπέδου** τα έχει δημιουργήσει.
- ◆ Αν η τιμή του είναι μικρότερη ή ίση με 1500 (0x5DC) τότε δηλώνει το **μήκος των δεδομένων** που μεταφέρει.



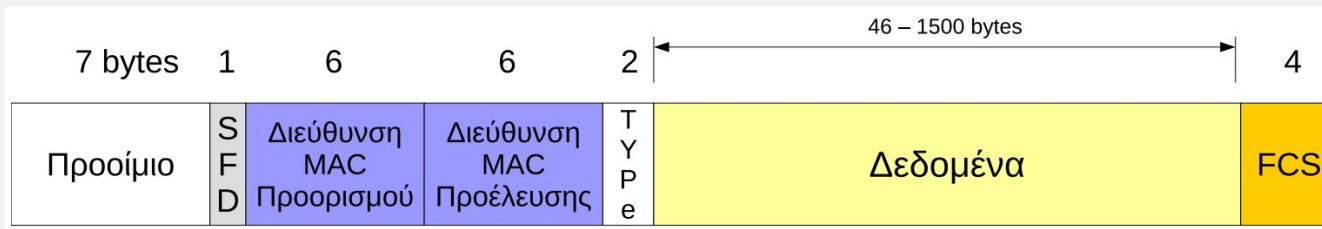
5) Δεδομένα

- ➔ Το μέγιστο μήκος ωφέλιμων δεδομένων είναι 1500 bytes και ονομάζεται Μέγιστη Μονάδα Εκπομπής ή **MTU** (Maximum Transfer Unit).
- ➔ Η ελάχιστη ποσότητα δεδομένων που μπορεί να μεταφερθεί είναι 46 bytes.
 - ⇒ Μαζί με την επικεφαλίδα, το ελάχιστο επιτρεπτό μέγεθος πλαισίου είναι 64 οκτάδες (46 bytes δεδομένα και 18 επικεφαλίδα).
 - Η επικεφαλίδα περιέχει τις δύο φυσικές διευθύνσεις (12 bytes), το πεδίο τύπος / μήκος δεδομένων (2 bytes) και το FCS (4 bytes).*
- ➔ Αν θέλουμε να στείλουμε μικρότερο πλαίσιο, τότε συμπληρώνουμε με μηδενικά (**zero padding**) ώστε να φτάσουμε το ελάχιστο μήκος.



6) FCS

- Το πλαίσιο τελειώνει με το **πεδίο Ακολουθίας Ελέγχου Πλαισίου ή FCS** (Frame Check Sequence).
- Έχει μέγεθος **4 bytes**.
- Περιέχει πληροφορίες σύμφωνα με τις οποίες ο παραλήπτης μπορεί να ελέγξει αν το πλαίσιο **έχει μεταδοθεί σωστά ή περιέχει σφάλματα**.
- Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ο **αλγόριθμος CRC32**.



7) IPG

- Με το τέλος του πλαισίου ακολουθεί μια **παύση** μεγέθους **96 bit** που ονομάζεται **IPG** ή InterPacket Gap.
- Είναι απαραίτητη προκειμένου τα κυκλώματα του δέκτη να επεξεργαστούν το προηγούμενο πλαίσιο και να ετοιμαστούν για τη λήψη του επόμενου.

