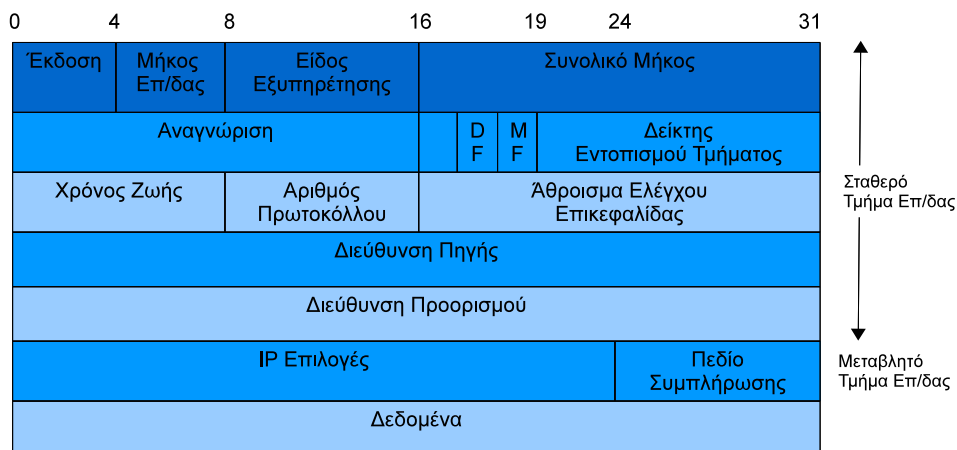


## 7.5 Πρωτόκολλο IP

Στο επίπεδο δικτύου της τεχνολογίας TCP/IP, συναντάμε το πρωτόκολλο *IP, Internet Protocol*. Η λειτουργία του IP βασίζεται αποκλειστικά στην ιδέα του αυτοδύναμου πακέτου ή datagram, το οποίο σημαίνει ότι τα πακέτα μεταφέρονται από την πηγή στον προορισμό χωρίς να ακολουθούν συγκεκριμένη διαδρομή (το κάθε ένα μπορεί να ακολουθήσει διαφορετική). Οι έλεγχοι για αξιόπιστη μετάδοση γίνονται από το επίπεδο μεταφοράς, εφόσον χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο TCP.

Κάθε φορά που το TCP ή το UDP πρωτόκολλο από το επίπεδο μεταφοράς θέλει να μεταδώσει κάποιο τμήμα (θυμηθείτε ότι το TCP και το UDP παράγουν segments), το παραδίδει στο πρωτόκολλο IP. Η μόνη άλλη πληροφορία που χρειάζεται το IP (και η οποία του παρέχεται από το επίπεδο μεταφοράς) είναι η *διεύθυνση του υπολογιστή προορισμού*. Αυτό είναι και το μόνο στοιχείο που ενδιαφέρει το πρωτόκολλο IP. Το IP δεν ενδιαφέρεται καθόλου για το περιεχόμενο του τμήματος ή για το πως (και αν) σχετίζεται με το προηγούμενο ή επόμενο τμήμα που λαμβάνει. Απλώς τα προωθεί στον προορισμό τους.



Σχήμα 7.18: IP Αυτοδύναμο Πακέτο

Για να γίνει αυτό βέβαια, θα πρέπει το IP αφού παραλάβει το τμήμα από το επίπεδο μεταφοράς να προσθέσει τη δική του επικεφαλίδα (Σχήμα 7.18) με τα απαραίτητα στοιχεία, σχηματίζοντας έτσι ένα αυτοδύναμο IP πακέτο. Το μέγιστο μήκος του πακέτου αυτού έχει ορισθεί στα 64 Kbytes. Μετά το σχηματισμό του πακέτου, αποστολή του IP είναι να βρει την κατάλληλη διαδρομή που θα το οδηγήσει στον προορισμό του.

Μετά τον προσδιορισμό της διαδρομής του πακέτου, γίνεται η μετάδοση του μέσω των φυσικών δικτύων (που αντιστοιχούν στο *επίπεδο πρόσβασης δικτύου της τεχνο-*

λογίας *TCP/IP* – ή στα επίπεδα σύνδεσης δεδομένων και φυσικό του OSI – και περιγράφονται από τα αντίστοιχα πρωτόκολλα π.χ. Ethernet και τα φυσικά μέσα και συσκευές – καλώδια, κάρτες δικτύου – τα οποία χρησιμοποιούνται).

Ένα φυσικό δίκτυο μπορεί ωστόσο να χρησιμοποιεί διαφορετικό μέγιστο μήκος μονάδας μεταφοράς σε σχέση με τα 64 Kbyte που χρησιμοποιεί το IP.

---

**Σημείωση:** Το μέγιστο μήκος μονάδας μεταφοράς ονομάζεται και *MTU, Maximum Transfer Unit*. Εξαρτάται συνήθως από το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου (το οποίο προφανώς έχει φτιαχτεί για συγκεκριμένα φυσικά μέσα, δικτυακές συσκευές κλπ). Για παράδειγμα στο Ethernet το MTU είναι 1500 bytes.

---

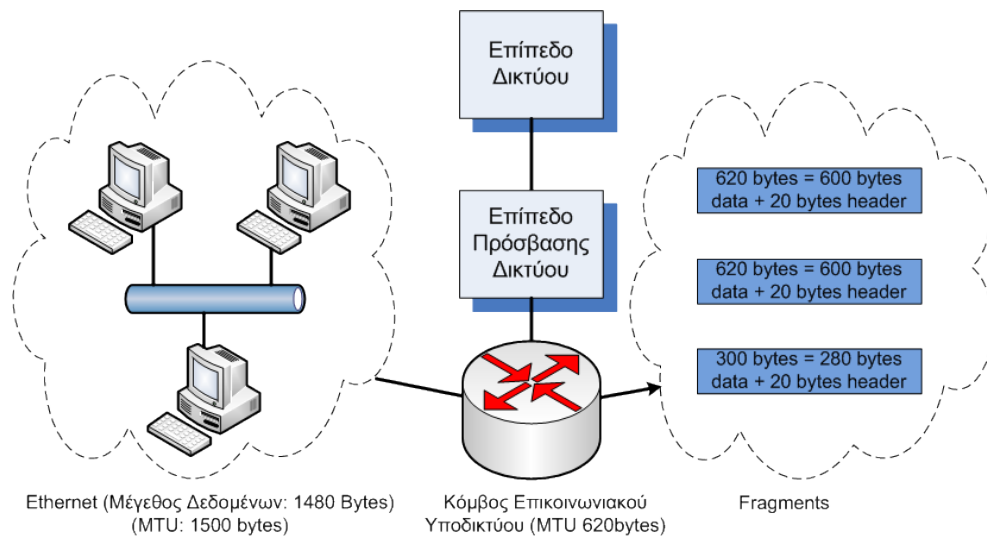
Αυτό προφανώς είναι πρόβλημα αν το μέγεθος είναι μικρότερο, καθώς αυτό σημαίνει ότι κυριολεκτικά το IP πακέτο “δεν χωράει να περάσει” μέσα από το συγκεκριμένο φυσικό δίκτυο. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, το πρωτόκολλο IP έχει τη δυνατότητα να διασπάσει τα αυτοδύναμα πακέτα σε μικρότερα τμήματα που ονομάζονται *κομμάτια ή fragments*. Το IP αναλαμβάνει να επανασυνθέσει αυτά τα κομμάτια στον προορισμό τους και να σχηματίσει ξανά το αρχικό αυτοδύναμο IP πακέτο.

Η διάσπαση των πακέτων σε fragments γίνεται όταν το πακέτο φτάσει στον πρώτο δρομολογητή του δικτύου (Σχήμα 7.19). Ο δρομολογητής αντιλαμβάνεται ότι το φυσικό δίκτυο που συνδέεται σε αυτόν δεν μπορεί να μεταδώσει ολόκληρο το πακέτο που έλαβε και το διασπά σε κομμάτια. Μη ξεχνάμε ότι ο δρομολογητής είναι μια συσκευή που λειτουργεί στο επίπεδο δικτύου και άρα αντιλαμβάνεται τις πληροφορίες της επικεφαλίδας IP. Τα κομμάτια που δημιουργούνται είναι και αυτά εντελώς αυτοδύναμα και ανεξάρτητα μεταξύ τους και μπορεί πάλι το καθένα να ακολουθήσει διαφορετική διαδρομή μέχρι τον προορισμό.

Το πεδίο *Αναγνώριση* στην επικεφαλίδα του πακέτου IP χρησιμοποιείται ώστε το IP να αναγνωρίζει σε ποιο αυτοδύναμο IP πακέτο ανήκει το fragment που λαμβάνει τη δεδομένη στιγμή. Όλα τα κομμάτια που έχουν την ίδια τιμή σε αυτό το πεδίο, ανήκουν στο ίδιο αυτοδύναμο πακέτο.

Το πεδίο *Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος* στην επικεφαλίδα του πακέτου IP χρησιμοποιείται ώστε το IP να αναγνωρίζει σε ποια θέση πρέπει να τοποθετηθεί το συγκεκριμένο fragment που λαμβάνεται για να δημιουργηθεί ξανά το αυτοδύναμο IP πακέτο. Η τιμή του δίνεται σε blocks των 8 bytes (οκτάδες οκτάδων γράφει το βιβλίο σας, γιατί δεν κατάφερε να μεταφράσει σωστά τη wikipedia).

Προφανώς το IP χρειάζεται και ένα τρόπο να γνωρίζει αν το πακέτο που λαμβάνει τη δεδομένη στιγμή είναι ένα κανονικό ξεχωριστό αυτοδύναμο πακέτο ή αν αποτε-



Σχήμα 7.19: Διάσπαση σε Fragments

λεί τμήμα (fragment) κάποιου πακέτου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το πεδίο *More Fragments (MF)* ή *Ένδειξη Ύπαρξης Περισσότερων Κομματιών*. Αν αυτό το πεδίο έχει την τιμή 1, σημαίνει ότι τη δεδομένη στιγμή λαμβάνουμε ένα fragment ενός μεγαλύτερου πακέτου. Αν έχει την τιμή 0 σημαίνει είτε ότι λαμβάνουμε το τελευταίο fragment ή ότι το πακέτο είναι αυτοδύναμο. Σε κάθε πακέτο που έχει κομματιαστεί, όλα τα κομμάτια έχουν MF=1 εκτός από το τελευταίο. (Σημείωση: στην πραγματικότητα τα πεδία που χρησιμοποιούνται με αυτό τον τρόπο ονομάζονται flags ή σημαίες)

Είναι πιθανόν ο υπολογιστής προορισμού να μην μπορεί για οποιοδήποτε λόγο να δεχθεί δεδομένα τα οποία έχουν κομματιαστεί. Αν συμβαίνει αυτό, θέτει την τιμή του πεδίου *Don't Fragment, (DF), Ένδειξης Απαγόρευσης Διάσπασης Αυτοδύναμου Πακέτου* στην τιμή 1. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να βρεθεί διαδρομή μέσα από το φυσικό δίκτυο η οποία να είναι ικανή να περάσει τα αυτοδύναμα IP πακέτα χωρίς να τα κομματιάσει. Αν δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα το αυτοδύναμο πακέτο απορρίπτεται.

Τα υπόλοιπα πεδία που υπάρχουν στην επικεφαλίδα είναι τα εξής:

- **Έκδοση:** Προσδιορίζει την έκδοση του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται. Για να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ πηγής και προορισμού πρέπει οπωσδήποτε να χρησιμοποιείται η ίδια έκδοση πρωτοκόλλου (Σημείωση: Οι διαθέσιμες εκδόσεις είναι το IPv4 και το IPv6. Μελλοντικά αναμένεται να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο το IPv6).
- **Μήκος Επικεφαλίδας:** Δηλώνει το μήκος της επικεφαλίδας του πακέτου σε

λέξεις των 32 bits. Η μικρότερη τιμή που μπορεί να έχει το πεδίο αυτό είναι 5. Η μικρότερη δυνατή επικεφαλίδα έχει μήκος  $5 \cdot 32 = 160$  bits, και αν διαιρέσουμε με το 8,  $160/8 = 20$  bytes.

- **Είδος Εξυπηρέτησης:** Με το πεδίο αυτό δηλώνει ο υπολογιστής το είδος της υπηρεσίας που ζητάει από το επικοινωνιακό υποδίκτυο. Τα χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν την υπηρεσία που προσφέρει το υποδίκτυο και που χρησιμοποιούνται από το IP για να περιγράψουν τις απαιτήσεις του είναι: Η ρυθμοαπόδοση, η αξιοπιστία και η καθυστέρηση.

---

**Τι θέλει να πει εδώ ο ποιητής;** Το πεδίο αυτό ονομάζεται TOS, Type of Service και μπορούμε σε αυτό να ορίσουμε τι προτιμάμε κατά την επικοινωνία: Μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης, όσο το δυνατόν καλύτερη αξιοπιστία ή τη μικρότερη δυνατή καθυστέρηση

---

- **Συνολικό Μήκος:** Δίνει το συνολικό μήκος του συγκεκριμένου IP πακέτου, στο οποίο περιλαμβάνεται τόσο η επικεφαλίδα όσο και τα δεδομένα. Έχουμε ήδη πει ότι το μέγιστο μέγεθος είναι 64 Kbytes =  $64 \cdot 1024 = 65536$  bytes. Ξέρουμε επίσης ότι η μικρότερη δυνατή επικεφαλίδα είναι 20 bytes. Άρα το μέγιστο μέγεθος για τα δεδομένα μας είναι  $65536 - 20 = 65516$  bytes.
- **Χρόνος Ζωής:** Πρόκειται για ένα μετρητή που μειώνεται κατά 1 κάθε φορά που το πακέτο διέρχεται από ένα δρομολογητή. Όταν φτάσει την τιμή μηδέν, το πακέτο απορρίπτεται (το καταστρέφει ο δρομολογητής στον οποίο βρίσκεται εκείνη τη στιγμή). Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται να περιφέρονται στο δίκτυο “χαμένα” πακέτα που έχουν χάσει τον προορισμό τους και κάνουν κύκλους ή απλά έχουν καθυστερήσει πάρα πολύ να φτάσουν στον προορισμό τους λόγω λανθασμένης διαδρομής ή διεύθυνσης.
- **Αριθμός Πρωτοκόλλου:** Πρόκειται για ένα αριθμό που χαρακτηρίζει το πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς στο οποίο θα πρέπει το IP να παραδώσει το εισερχόμενο αυτοδύναμο πακέτο. Για παράδειγμα, αν αυτό το πεδίο έχει την τιμή 6, το πακέτο θα παραδοθεί στο πρωτόκολλο TCP. Η τιμή αυτή προφανώς έχει τεθεί κατά την αποστολή (από το επίπεδο μεταφοράς του αποστολέα, όταν παρέδωσε το τμήμα στο IP)
- **Άθροισμα Ελέγχου:** Επιτρέπει στο πρωτόκολλο IP στην απέναντι πλευρά (προορισμός) να ελέγξει την ορθότητα των δεδομένων της επικεφαλίδας. Αυτό είναι σημαντικό, καθώς η επικεφαλίδα τροποποιείται κάθε φορά που περνάει από κάποιο δρομολογητή αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα να συμβεί κάποιο σφάλμα.
- **Διεύθυνση Πηγής:** Πρόκειται για τη διεύθυνση IP του υπολογιστή πηγής. Θα

μιλήσουμε αναλυτικά για τις διευθύνσεις σε επόμενη ενότητα.

- **Διεύθυνση Προορισμού:** Πρόκειται για τη διεύθυνση IP του υπολογιστή προορισμού. Η διεύθυνση αυτή διαβάζεται από τους ενδιάμεσους δρομολογητές (ή τον αντίστοιχο δικτυακό εξοπλισμό) προκειμένου να προωθήσουν το πακέτο στον προορισμό του.
- **IP Επιλογές:** Χρησιμοποιείται για ειδικές λειτουργίες του πρωτοκόλλου.
- **Συμπλήρωση:** Χρησιμοποιείται ώστε το μέγεθος της επικεφαλίδας να είναι πάντα πολλαπλάσιο των 32 bits. (Στην πραγματικότητα ανήκει στις “IP Επιλογές”)