

## Συνοπτική Μεθοδολογία Ασκήσεων IP Fragmentation

Οι σημειώσεις που ακολουθούν περιγράφουν τις ασκήσεις IP Fragmentation που θα συναντήσετε στο κεφάλαιο 3. Η πιο συνηθισμένη και βασική άσκηση αναφέρεται στη διάσπαση των πακέτων IP σε κομμάτια ώστε να χωρέσουν σε ένα δίκτυο με μέγιστο μήκος μεταφοράς (MTU) μικρότερο των αρχικών πακέτων. Ωστόσο δεν είναι οι μοναδικές ασκήσεις.

### Ασκήσεις στο IP Fragmentation

Δεδομένα: Συνήθως δίνονται:

1. Το μέγιστο μέγεθος πακέτου που μπορεί να μεταδοθεί.
2. Το μήκος του πακέτου IP που θέλουμε να μεταδώσουμε.
3. Κάποια flags όπως το DF και ενδεχομένως το πεδίο “Αναγνώριση”.
4. Το μήκος της επικεφαλίδας με κάποιο τρόπο.

Ζητούνται:

1. Το πλήθος των fragments που θα δημιουργηθούν
2. Το συνολικό μέγεθος ή και χωριστά το μήκος δεδομένων / επικεφαλίδας ανά fragment.
3. Το πεδίο “Σχετική Θέση Τμήματος” ή ή “Offset” ή “Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος” (DET) για κάθε fragment. Σημειώστε ότι όλες αυτές οι ονομασίες είναι ισοδύναμες.
4. Τα πεδία DF/MF για κάθε fragment.
5. Αν έχει δοθεί το πεδίο “Αναγνώριση” στα δεδομένα, μπορεί να ζητείται ξανά για κάθε fragment.

Μεθοδολογία:

Αρχικά, διαβάζουμε **προσεκτικά** τα δεδομένα του προβλήματος. Πρέπει από την εκφώνηση να ξεκαθαρίσουμε αν το μέγεθος που μας δίνεται περιλαμβάνει την επικεφαλίδα ή όχι. Παραδείγματα εκφωνήσεων:

“Δίνεται πακέτο IP συνολικού μήκους 2400 bytes...”

Το συγκεκριμένο περιέχει και επικεφαλίδα. Συνήθως θα δίνεται παρακάτω ως εξής:

“... με μόνο το σταθερό τμήμα της επικεφαλίδας του...”

Διαφορετικά θα δίνεται ως εξής:

“Πακέτο IP με μήκος δεδομένων 2400 bytes...”

Στο παραπάνω δεν περιέχεται η επικεφαλίδα, θα πρέπει να την προσθέσετε ανάλογα με τα δεδομένα που δίνονται παρακάτω. Προσέξτε ότι το μέγεθος της επικεφαλίδας μπορεί να δίνεται με διάφορους τρόπους:

- “Μόνο το σταθερό τμήμα της επικεφαλίδας” => 20 bytes
- “... και επικεφαλίδα 20 bytes” => 20 bytes ;)
- “Το πεδίο “μήκος επικεφαλίδας” έχει την τιμή 5” => 20 bytes

Θυμηθείτε ότι αν σας δίνουν τιμή για το πεδίο “Μήκος Επικεφαλίδας” (IHL, Internet Header Length), την πολλαπλασιάζετε με το 4 για να βρείτε το μέγεθος της επικεφαλίδας σε bytes. (Η αν προτιμάτε την πολλαπλασιάζετε με το 32 για να βρείτε το μήκος σε bits, και διαιρείτε με το 8 για να τη βρείτε σε bytes.  $5 \times 32 = 160 \text{ bits} / 8 = 20 \text{ bytes}$ )

Οι ασκήσεις λύνονται φυσικά με τον ίδιο τρόπο ακόμα και αν το μήκος επικεφαλίδας δεν είναι 20 bytes!

**Τι γίνεται αν στον υπολογισμό της “Σχετικής Θέσης Τμήματος” (ΔΕΤ) έχουμε δεκαδικά ψηφία;**

Το νέο βιβλίο δίνει ένα τύπο για να υπολογίσουμε το ΔΕΤ και σε αυτή την περίπτωση **αλλά δεν χρειάζεται να τον παπαγαλίσετε.**

Ο ΔΕΤ προκύπτει διαιρώντας τα καθαρά δεδομένα (χωρίς επικεφαλίδα) που έχουν μεταδοθεί μέχρι στιγμής με το 8.

Πρέπει απλά να κατανοήσετε τα παρακάτω:

- Το μήκος δεδομένων ενός fragment είναι **πάντοτε πολλαπλάσιο του 8 (εκτός ίσως από το τελευταίο)**. Διαφορετικά δεν θα μπορούσε να λειτουργήσει το πεδίο ΔΕΤ. Το πεδίο ΔΕΤ είναι πάντοτε **ακέραιος αριθμός!**
- Αν βρούμε δεκαδικά ψηφία στη διαίρεση, τα αποκόπτουμε και κρατάμε μόνο το ακέραιο μέρος. Αυτό κάνει και η συνάρτηση “INT” που γράφει στον τύπο το βιβλίο.
- Ο αριθμός που θα προκύψει είναι το ΔΕΤ του δεύτερου τμήματος. **Από αυτόν θα πρέπει να υπολογίσουμε το πραγματικό μήκος δεδομένων του fragment.**
- Μετά τον πρώτο υπολογισμό, τα επόμενα ΔΕΤ προκύπτουν εύκολα πολλαπλασιάζοντας το με το 2, 3, 4... κ.ο.κ.

**Παράδειγμα** βασισμένο στο σχολικό βιβλίο (σελ 89):

Ένα αυτοδύναμο πακέτο συνολικού μεγέθους 2400 bytes (μαζί με την επικεφαλίδα 20 bytes) με DF=0 θα διέλθει μέσα από δίκτυο με MTU=1000 bytes. Να υπολογίσετε το πλήθος των τμημάτων, το μήκος δεδομένων και το συνολικό μήκος των τμημάτων καθώς και τα πεδία DF, MF, και σχετική θέση τμήματος (ΔΕΤ ή offset).

**Απάντηση:**

Προφανώς θα γίνει κατάτμηση του πακέτου. Το δίκτυο προορισμού υποστηρίζει πακέτα συνολικού μήκους 1000 bytes.

Από αυτά τα 980 θα έπρεπε να είναι τα καθαρά δεδομένα, αφού τα 20 είναι φυσικά η επικεφαλίδα.

$$\text{Όμως } \Delta\text{ET} = 980 / 8 = 122.5$$

Τα τμήματα μας **δεν θα περιέχουν 980 bytes δεδομένων! Το μήκος δεδομένων του κάθε τμήματος (εκτός ενδεχομένως του τελευταίου) είναι πάντα πολλαπλάσιο του 8.**

Για να συνεχίσουμε αποκόπτουμε τα δεκαδικά από το ΔΕΤ που υπολογίσαμε:

$$\Delta\text{ET} = \text{INT}(980/8) = 122$$

Σημειώστε ότι δεν είναι στρογγύλευση: απλά κόβουμε τα δεκαδικά!

Από αυτό το ΔΕΤ μπορούμε πλέον **αντίστροφα** να υπολογίσουμε πόσα είναι **πραγματικά** τα δεδομένα του κάθε fragment (εκτός από το τελευταίο που ενδεχομένως να είναι μικρότερο):

$$\text{Μήκος Δεδομένων Fragment} = 122 \times 8 = 976$$

Μπορούμε πλέον να συμπληρώσουμε τον πίνακα:

	1ο Τμήμα	2ο Τμήμα	3ο Τμήμα
<b>Μήκος Δεδομένων</b>	976	976	428
<b>Συνολικό Μήκος</b>	996	996	448
<b>ΔΕΤ (Offset)</b>	0	122	244
<b>DF</b>	0	0	0
<b>MF</b>	1	1	0

Τα συνολικό μήκος δεδομένων του αρχικού πακέτου είναι 2380 bytes. Από τα τρία fragments, τα δύο πρώτα έχουν μήκος δεδομένων 976 bytes (που υπολογίσαμε πριν) ενώ το τελευταίο έχει τα 428 bytes δεδομένων που περισσεύουν. Αν και από το δίκτυο θα μπορούσαμε κανονικά να μεταδώσουμε 980 bytes δεδομένων σε κάθε fragment, τελικά μεταδίδουμε 976 **καθώς το 980 δεν διαιρείται με το 8** και δεν μπορεί να γραφεί η τιμή 122.5 στο πεδίο “Σχετική θέση τμήματος” (ΔΕΤ). Το ΔΕΤ για το 3ο τμήμα προκύπτει ως  $2 \times 122 = 244$ . Αν είχαμε και άλλα τμήματα θα ήταν  $3 \times 122$ ,  $4 \times 122$  κ.ο.κ. Στο τελευταίο τμήμα (που είναι μικρότερο) δεν χρειάζεται το μήκος δεδομένων να είναι πολλαπλάσιο του 8, καθώς **δεν υπάρχει** επόμενος ΔΕΤ.

Παρατηρήστε ότι χρησιμοποιήσαμε ουσιαστικά τον τύπο του βιβλίου χωρίς στα αλήθεια να χρειαστεί να τον μάθουμε απέξω ή να τον γράψουμε.

### **Θέματα των Πανελλαδικών για το IP Fragmentation και λύσεις τους:**

**Θέμα 2009:** Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο 2000 bytes δεδομένων και 20 bytes επικεφαλίδας μεταδίδεται μέσω φυσικού δικτύου που υποστηρίζει πακέτα συνολικού μήκους 820 bytes (800 bytes δεδομένα και 20 bytes επικεφαλίδα). Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα, αιτιολογώντας την τιμή κάθε κελιού.

	1ο κομμάτι	2ο κομμάτι	3ο κομμάτι
DF			
Συνολικό Μήκος			
MF			
Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος (ΔΕΤ)			

**Παρατηρήσεις στο θέμα:** α) Μας δίνει το πλήθος των κομματιών β) Είναι αρκετά ξεκάθαρο το συνολικό μήκος, η επικεφαλίδα και το μήκος δεδομένων στην εκφώνηση. γ) Οι πράξεις είναι υπερβολικά εύκολες :)

Σε κάθε περίπτωση, σε μια τέτοια άσκηση **πάντοτε** θα βάζετε και μια δική σας γραμμή όπου θα αθροίζετε το **μήκος δεδομένων** που έχει μεταδοθεί κάθε στιγμή. Μη ξεχνάτε ότι ο ΔΕΤ προκύπτει διαιρώντας τα **καθαρά δεδομένα** (χωρίς επικεφαλίδα) που έχουν μεταδοθεί μέχρι το κομμάτι που εξετάζουμε, διαιρώντας με 8. Έτσι, η παραπάνω άσκηση λύνεται ως εξής:

	1ο κομμάτι	2ο κομμάτι	3ο κομμάτι
DF	0 (αν ήταν 1 δεν γίνεται η άσκηση :)	0	0
Συνολικό Μήκος	820	820	420
MF	1 (αυτό γίνεται μηδέν στο τελευταίο κομμάτι)	1	0
Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος (ΔΕΤ)	0	100 (= 800/8)	200 (=1600/8)

Μήκος Δεδομένων που έχει μεταδοθεί

800	1600	2000
-----	------	------

Θυμηθείτε ότι μπορείτε να υπολογίσετε τον ΔΕΤ, χρησιμοποιώντας τον πρώτο που βρήκατε με διαίρεση (εδώ το 100) και πολλαπλασιάζοντας με το 2, μετά με το 3 κ.ο.κ. **Προσέξτε:** Τον πρώτο που υπολογίσατε, **όχι** τον προηγούμενο.

Το μήκος δεδομένων που γράφετε σας βοηθάει να υπολογίσετε και το μήκος του τελευταίου κομματιού:

Μήκος Τελευταίου Κομματιού = Συνολικό Μήκος Δεδομένων – Μήκος δεδομένων που έχει μεταδοθεί μέχρι στιγμής + Επικεφαλίδα

Στο παράδειγμα μας, Μήκος Τελευταίου Κομματιού = 2000 – 1600 + 20 = 420

**Θέμα 2010:** Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο 2.400 bytes δεδομένων και 20 bytes επικεφαλίδας μεταδίδεται μέσω φυσικού δικτύου που υποστηρίζει πακέτα συνολικού μήκους 620 bytes. Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα, αφού πρώτα εντοπίσετε σε πόσα κομμάτια διασπάται το αρχικό IP αυτοδύναμο πακέτο.

	1ο κομμάτι	...	...	...
Πεδίο αναγνώρισης	80			
Πεδίο μήκος επικεφαλίδας				
DF				
Συνολικό μήκος				
MF				
Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος				

Να θεωρήσετε ότι η επικεφαλίδα όλων των νέων αυτοδύναμων πακέτων (κομματιών), που προέκυψαν από τη διάσπαση του αρχικού IP αυτοδύναμου πακέτου, αποτελείται μόνο από το σταθερό της τμήμα των 20 bytes.

### Απάντηση:

Και εδώ είναι αρκετά ξεκάθαρο το μήκος δεδομένων, επικεφαλίδας και το συνολικό. Προσέξτε ότι ο πίνακας ζητάει το “Πεδίο Μήκος Επικεφαλίδας” **και όχι** το Μήκος Επικεφαλίδας. Άρα εδώ η σωστή απάντηση είναι **το 5 και όχι το 20!**

Η ιδέα “αφού πρώτα εντοπίσετε σε πόσα κομμάτια διασπάται” είναι παραπλανητική. Καθώς κάνετε την άσκηση θα προκύψει από μόνο του!

Το πεδίο αναγνώριση καθώς θυμάστε (;) χρησιμοποιείται για να ξεχωρίζουμε ποια fragments ανήκουν σε ποιο αρχικό αυτοδύναμο IP πακέτο. Γιατί είναι πιθανόν σε ένα κόμβο (π.χ. δρομολογητή) να υπάρχουν fragments από πολλά διαφορετικά αυτοδύναμα πακέτα και μάλιστα να προέρχονται από τον ίδιο αποστολέα και να κατευθύνονται προς τον ίδιο παραλήπτη.

Όταν λοιπόν σας δίνεται “πεδίο αναγνώρισης” σε μια τέτοια άσκηση, η τιμή του παραμένει ίδια σε όλα τα κομμάτια. Η λύση είναι η παρακάτω:

	1ο κομμάτι	2ο κομμάτι	3ο κομμάτι	4ο κομμάτι
Πεδίο αναγνώρισης	80	80	80	80
Πεδίο μήκος επικεφαλίδας	5	5	5	5
DF	0	0	0	0
Συνολικό μήκος	620	620	620	620
MF	1	1	1	0
Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος	0	75	150	225

Μήκος δεδομένων που έχει μεταδοθεί      600                                      1200                                      1800                                      2400

Το 2011 δεν υπήρχε άσκηση IP fragmentation.

**Θέμα 2012:** Το 2012 δεν υπήρχε τέτοια άσκηση fragmentation, υπήρχε όμως η παρακάτω:

Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο έχει διασπαστεί σε τέσσερα (4) κομμάτια Α, Β, Γ, Δ, τα οποία φτάνουν στον προορισμό, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

	A	B	Γ	Δ
Αναγνώριση	100	100	100	100
MF	1	1	0	1
ΔΕΤ	150	0	225	75

Κατά την επανασύνθεση του αυτοδύναμου πακέτου:

- α) Ποιο θα είναι το πρώτο κομμάτι;
- β) Ποιο θα είναι το τελευταίο κομμάτι;

Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

**Απάντηση:** Πρόκειται για πολύ απλή άσκηση, που όμως μπορεί να γίνει και πιο σύνθετη (δείτε παρακάτω), αν δίνονται και άλλα δεδομένα.

- α) Το πρώτο κομμάτι οπωσδήποτε θα έχει ΔΕΤ μηδέν, άρα είναι το Β.
- β) Το τελευταίο κομμάτι θα έχει MF 0 άρα θα είναι το Γ. (Μη βιαστείτε να πείτε ότι προκύπτει επίσης και από το γεγονός ότι έχει το μεγαλύτερο ΔΕΤ από όλα, γιατί μέχρι να δούμε το MF δεν είμαστε σίγουροι ότι είναι πράγματι το τελευταίο κομμάτι. Ίσως ακολουθούν και άλλα που απλά δεν έχουμε λάβει ακόμα!)

**Θέμα 2013:** Το 2013 μπήκε μια ακόμα άσκηση που βασίζεται στην κατανόηση του IP Fragmentation.

Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο μεταδίδεται μέσω ενός φυσικού δικτύου, που υποστηρίζει πακέτα συνολικού μήκους 620 bytes. Το πακέτο διασπάται σε πέντε (5) κομμάτια (fragments) και ένα από τα κομμάτια αυτά έχει στην επικεφαλίδα του τις εξής τιμές:

$$MF = 0$$

$$\text{Μήκος Επικεφαλίδας} = 5$$

Να απαντήσετε στα παρακάτω ερωτήματα:

- α. Τι δηλώνει για το συγκεκριμένο κομμάτι η τιμή MF = 0; (Μονάδες 3)
- β. Από πόσα bytes αποτελείται η επικεφαλίδα του παραπάνω κομματιού; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας. (Μονάδες 4)
- γ. Ποιος είναι ο Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος του πρώτου και του δεύτερου κομματιού; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας. (Μονάδες 4)

**Απάντηση:** Η άσκηση είναι πολύ απλή αν καταλαβαίνουμε τη διαδικασία του IP fragmentation.

- α. Για το συγκεκριμένο κομμάτι ισχύει More Fragments = 0. Άρα δεν ακολουθούν άλλα fragments

του συγκεκριμένου IP πακέτου μετά από αυτό. Είναι το τελευταίο fragment.

β. Το πεδίο μήκος επικεφαλίδας έχει τιμή 5. Το πεδίο αυτό εκφράζει το μήκος της επικεφαλίδας σε λέξεις των 32 bit (4 byte). Άρα η επικεφαλίδα έχει μήκος  $5 \times 4 = 20$  bytes (ή  $32 \times 5 = 160$  bit, και  $160 \text{ bit} / 8 = 20 \text{ bytes}$ ).

γ. Ο δείκτης εντοπισμού τμήματος είναι πάντοτε μηδέν για το πρώτο κομμάτι. Για το δεύτερο κομμάτι: γνωρίζουμε ότι έχουμε κομμάτια των 620 bytes. Στο πρώτο κομμάτι θα μεταδώσουμε 600 bytes δεδομένων (τα άλλα 20 είναι η επικεφαλίδα). Άρα ο ΔΕΤ του δεύτερου κομματιού είναι:  $600 / 8 = 75$ .

**Θέμα 2014:** Το 2014 δεν υπήρχε άσκηση IP fragmentation. Υπήρχε όμως ερώτηση θεωρίας (θέμα Δ3) για το οποίο απαιτείται κατανόηση των εννοιών του fragmentation.

### Θέμα 2015:

Γ2. Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο έχει διασπαστεί σε τέσσερα (4) κομμάτια Α, Β, Γ, Δ ίδιου μήκους, τα οποία έχουν φτάσει με τυχαία σειρά στον προορισμό τους, όπως απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα:

	A	B	Γ	Δ
Αναγνώριση	100	100	100	100
MF				
ΔΕΤ	80	160	240	0

α) Αφού μεταφέρετε τον πίνακα στο τετράδιό σας, να συμπληρώσετε τα κενά. (Μονάδες 8)

β) Ποιο από τα τέσσερα (4) κομμάτια θα φτάσει τελευταίο στον προορισμό του; (Μονάδες 4)

γ) Ποιο είναι το μέγεθος του συνολικού αυτοδύναμου πακέτου σε bytes, αν η επικεφαλίδα του έχει μέγεθος 20 bytes; (Μονάδες 5)

### Απάντηση:

Η άσκηση μας καθορίζει ότι το πακέτο έχει γίνει 4 fragments. Οπότε αν και δεν μας δίνεται το MF, είμαστε σίγουροι ότι το τελευταίο fragment είναι αυτό με το μεγαλύτερο ΔΕΤ. Το πρώτο fragment έχει προφανώς ΔΕΤ μηδέν, και τα υπόλοιπα απλά διατάσσονται σε σειρά με αύξοντα ΔΕΤ. Το MF έχει τιμή ένα εκτός από το τελευταίο fragment.

	A	B	Γ	Δ
Αναγνώριση	100	100	100	100
MF	1	1	0	1
ΔΕΤ	80	160	240	0

Η άσκηση ήδη δίνει ότι έχουν φτάσει με τυχαία σειρά στον προορισμό τους :D Δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε άλλωστε με ποια σειρά θα φτάσουν καθώς τα πακέτα IP είναι αυτοδύναμα και καθένα μπορεί να ακολουθήσει διαφορετική διαδρομή! Αν η ερώτηση διατυπωθεί “ποιο είναι το τελευταίο κομμάτι” η απάντηση είναι το Γ.

Όσο αφορά το συνολικό μήκος, ξέρουμε από τα δεδομένα της άσκησης ότι τα κομμάτια είναι ίδιου μεγέθους. Από τον ΔΕΤ του δεύτερου κομματιού, βρίσκουμε:

$$80 \times 8 = 640 \text{ bytes}$$

Αυτά είναι τα καθαρά δεδομένα του πρώτου κομματιού. Άρα συνολικά:

$$4 \times 640 = 2560 \text{ bytes δεδομένων}$$

Προσθέτουμε και την επικεφαλίδα:  $2560 + 20 = 2580 \text{ bytes}$ .

### Θέμα 2016:

Σε έναν υπολογιστή φτάνουν, με τη σειρά που φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, πέντε (5) κομμάτια τα οποία προήλθαν από διάσπαση IP αυτοδύναμων πακέτων.

Όνομα Κομματιού	A	B	Γ	Δ	E
Πεδίο Αναγνώριση	100	80	80	100	80
Πεδίο Μήκος Επικεφαλίδας	5	5	5	5	5
Πεδίο Συνολικό Μήκος	580	220	620	320	620
Πεδίο MF	1	0	1	0	1
Πεδίο ΔΕΤ	0	150	0	70	75

Δ1. Από πόσα IP αυτοδύναμα πακέτα προήλθαν αυτά τα κομμάτια. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. (Μονάδες 6)

Δ2. Ποιο είναι το μέγεθος της επικεφαλίδας κάθε κομματιού σε bytes. (Μονάδες 3)

Δ3. Από πόσα bytes δεδομένων αποτελούνταν τα αρχικά IP αυτοδύναμα πακέτα. (Μονάδες 4)

Δ4. Ποιο είναι το πρώτο κομμάτι κάθε αυτοδύναμου πακέτου (μον. 2). Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μον. 4). (Μονάδες 6)

Δ5. Ποιο είναι το τελευταίο κομμάτι κάθε αυτοδύναμου πακέτου (μον. 2). Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μον. 4). (Μονάδες 6)

### Απάντηση:

Δ1. Τα κομμάτια προέρχονται από δυο πακέτα, καθώς βλέπουμε δύο διαφορετικές τιμές στο πεδίο “Αναγνώριση”.

Δ2. Αφού το πεδίο “Μήκος Επικεφαλίδας” έχει τιμή 5, η επικεφαλίδα έχει μήκος  $5 \times 4 = 20 \text{ bytes}$ .

Δ3. Το πακέτο με αναγνώριση 80, αποτελείται από τα κομμάτια Γ, E και B. Από το πεδίο “Συνολικό Μήκος”, αφού αφαιρέσουμε για κάθε κομμάτι την επικεφαλίδα των 20 bytes, θα έχουμε  $600 + 600 + 200 = 1400 \text{ bytes}$  δεδομένων.



Το πακέτο με αναγνώριση 100, αποτελείται από τα κομμάτια Α και Δ. Από το πεδίο “Συνολικό Μήκος”, αφού αφαιρέσουμε για κάθε κομμάτι την επικεφαλίδα των 20 bytes, θα έχουμε  $560 + 300 = 860$  bytes δεδομένων.

Δ4. Το τελευταίο κομμάτι του πακέτου με αναγνώριση 80 είναι το Β. Το τελευταίο κομμάτι του πακέτου με αναγνώριση 100 είναι το Δ. Αυτό προκύπτει γιατί το πεδίο MF έχει τιμή μηδέν στα δύο αυτά κομμάτια.

Άλλες καλές ασκήσεις είναι οι παρακάτω (έχουν πλέον μπει οι περισσότερες ή παραλλαγές τους):

---

**Σημείωση:** Αντίστοιχη άσκηση με την παρακάτω μήκε τελικά στα θέματα 2013

Ένα πακέτο γίνεται τρία κομμάτια, καθένα με επικεφαλίδα 20 bytes. Το τελευταίο κομμάτι έχει συνολικό μήκος 300 bytes και ο Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος του είναι 150.

1. Ποιο είναι το μέγιστο μέγεθος πακέτου που υποστηρίζεται από το δίκτυο;

Αν το τελευταίο κομμάτι έχει ΔΕΤ=150, μέχρι εκείνη τη στιγμή έχουν μεταδοθεί  $150 \cdot 8 = 1200$  bytes. Αυτά τα 1200 bytes έχουν μεταδοθεί σε δύο κομμάτια, άρα το καθένα μεταδίδει 600 bytes δεδομένων. Μαζί με την επικεφαλίδα, 620 bytes που είναι και το MTU του δικτύου!

2. Πόσο είναι το μήκος δεδομένων του τελευταίου κομματιού;

Αφού το συνολικό μήκος είναι 300 και η επικεφαλίδα 20 bytes, το μήκος δεδομένων του τελευταίου κομματιού είναι  $300 - 20 = 280$  bytes.

3. Πόσο είναι το συνδυασμένο μήκος δεδομένων των κομματιών εκτός του τελευταίου;

1200 bytes όπως υπολογίσαμε στο ερώτημα 1.

4. Ποιες είναι οι τιμές των δεικτών εντοπισμού των κομματιών;

Αφού το MTU είναι 620, το μήκος δεδομένων των πακέτων (εκτός του τελευταίου) είναι 600 bytes. Άρα οι ΔΕΤ είναι με τη σειρά, 0, 75 ( $=600/8$ ), 150 ( $=1200/8$ )

5. Ποιο είναι το συνολικό μέγεθος και το μέγεθος δεδομένων του αρχικού πακέτου;

Το συνολικό μέγεθος δεδομένων είναι 1200 bytes από τα πρώτα δύο κομμάτια + 280 από το τελευταίο = 1480 bytes. Και με την επικεφαλίδα, το συνολικό μήκος είναι  $1480 + 20 = 1500$  bytes.

---

**Σημείωση:** Αντίστοιχη άσκηση με την παρακάτω μήκε τελικά στα θέματα του 2016.

1. Στο IP επίπεδο μιας σύνδεσης, έρχονται τα παρακάτω IP fragments:

Κομμάτι	Δείκτης Εντοπισμού	MF	Συνολικό Μήκος	Αναγνώριση
A	0	1	620	150
B	0	1	620	200
Γ	100	1	820	200
Δ	300	0	420	200
E	150	0	420	150
Z	75	1	620	150
H	200	1	820	200

- Σε πόσα αυτοδύναμα πακέτα αντιστοιχούν τα κομμάτια που έχουν έρθει; Αιτιολογήστε.

Μετράμε τους διαφορετικούς αριθμούς αναγνώρισης. Βρίσκουμε το 150 και το 200, άρα έχουν έρθει κομμάτια που ανήκουν σε δύο αυτοδύναμα πακέτα.

- Ποια κομμάτια ανήκουν σε κάθε πακέτο και με ποια σειρά πρέπει να τοποθετηθούν ώστε να ολοκληρωθούν τα αυτοδύναμα πακέτα; Αιτιολογήστε.

Στο πακέτο με αναγνώριση 150, ανήκουν τα κομμάτια A, E και Z. Πρέπει να μπου με την εξής σειρά:

- Το A είναι το πρώτο γιατί έχει ΔΕΤ μηδέν.
- Το Z είναι δεύτερο, έχει MF 1 και ΔΕΤ διαφορετικό του μηδέν.
- Το E είναι τελευταίο, έχει MF 0.

Στο πακέτο με αναγνώριση 200, ανήκουν τα κομμάτια B, Γ, Δ και Η. Πρέπει να μπου με την εξής σειρά:

- Το B είναι πρώτο γιατί έχει ΔΕΤ μηδέν.
  - Το Γ είναι δεύτερο, έχει ΔΕΤ 100 και MF 1
  - Το Η είναι τρίτο, έχει ΔΕΤ 200 και MF 1
  - Το Δ είναι τελευταίο, έχει MF μηδέν.
- Πόσα bytes είναι συνολικά το κάθε αυτοδύναμο πακέτο; (Θεωρείστε επικεφαλίδα 20 bytes). Αιτιολογήστε.

Στο αυτοδύναμο πακέτο με αναγνώριση 150 έχουμε δύο fragments με συνολικό μήκος 620 bytes και ένα με 420 bytes. Σε κάθε fragment όμως έχουμε επικεφαλίδα 20 bytes. Άρα το μήκος δεδομένων είναι  $600 + 600 + 400 = 1600$  bytes και μαζί με την επικεφαλίδα, 1620 bytes.

Στο αυτοδύναμο πακέτο με αναγνώριση 200 έχουμε δύο fragments με μήκος 820 bytes, ένα με 620 bytes και ένα με 420 bytes. Αθροίζοντας ξανά τα bytes δεδομένων, έχουμε  $800 + 800 + 600 + 400 = 2600$  bytes. Μαζί με την επικεφαλίδα, 2620 bytes.