



ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Ασκήσεις για το φυσικό στρώμα

1. Μήνυμα μήκους L bits πρόκειται να μεταδοθεί μεταξύ δύο υπολογιστών μεταξύ των οποίων μεσολαβούν N ζεύξεις, στις οποίες ρυθμός μετάδοσης είναι R bps. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί είτε τεχνική μεταγωγής κυκλώματος είτε τεχνική αυτοδύναμου πακέτου (datagram). Υποθέστε στην τελευταία περίπτωση ότι το μήκος του μηνύματος είναι πολύ μεγαλύτερο από το μήκος του πακέτου και ότι το μήνυμα διασπάται σε ακέραιο αριθμό πακέτων. Το μήκος των πακέτων είναι P bits, από τα οποία η επικεφαλίδα καταλαμβάνει H bits. Ο χρόνος εγκατάστασης κλήσης για τη μεταγωγή κυκλώματος είναι S sec και η καθυστέρηση διάδοσης σε κάθε ζεύξη είναι D sec.

- α) Κάτω από ποιες συνθήκες οι ολικές καθυστερήσεις της μετάδοσης του μηνύματος με τις δύο τεχνικές είναι ίσες;
β) Ποια τιμή μήκους του πακέτου δίνει την ελάχιστη καθυστέρηση μετάδοσης με αυτοδύναμα πακέτα;

[Απάντηση: (α) $S + \frac{L}{R} = (\frac{L}{P-H} + N-1) \cdot \frac{P}{R}$, (β) $P = H + \sqrt{\frac{L \cdot H}{N-1}}$]

2. Αρχείο n byte πρόκειται να μεταφερθεί μέσω διαδρομής αποτελούμενης από το τερματικό αποστολής, το τερματικό προορισμού, 6 ζεύξεις σημείου προς σημείο χωρητικότητας 4 Mbps και 5 κόμβους μεταγωγής. Η καθυστέρηση διάδοσης σε κάθε ζεύξη είναι 2 ms. Οι κόμβοι μεταγωγής υποστηρίζουν και μεταγωγή κυκλώματος και μεταγωγή πακέτου, οπότε το αρχείο μπορεί να μεταφερθεί είτε ως συρμός από bit, αφού προηγουμένως εγκατασταθεί κύκλωμα μέσω των κόμβων μεταγωγής, ή να διαιρεθεί σε πακέτα ίσου μήκους τα οποία αποστέλλονται το ένα μετά το άλλο. Τα πακέτα έχουν επικεφαλίδα 24 byte και ωφέλιμο φορτίο 1000 byte, η αποθήκευση και προώθηση σε κάθε κόμβο μεταγωγής εισάγει καθυστέρηση 1-ms σε κάθε πακέτο. Η εγκατάσταση κυκλώματος απαιτεί να σταλεί μήνυμα μήκους 1024 byte, να διατρέξει όλη τη διαδρομή με επιστροφή και σε κάθε κόμβο μεταγωγής να εισάγεται καθυστέρηση 1 ms στο μήνυμα. Οι κόμβοι μεταγωγής δεν εισάγουν καθυστερήσεις στα δεδομένα μετά την εγκατάσταση του κυκλώματος. Θεωρούμε, επίσης, ότι το μέγεθος του αρχείου είναι πολλαπλάσιο των 1000 byte.

- α) Για ποια τιμή του n είναι ο συνολικός αριθμός των byte που στέλνονται μέσω του δικτύου μικρότερος για την αποστολή του αρχείου με μεταγωγή κυκλώματος από εκείνον με μεταγωγή πακέτου;
β) Για ποια τιμή του n είναι η συνολική καθυστέρηση για την αποστολή του αρχείου με μεταγωγή κυκλώματος μικρότερη από εκείνη για μεταγωγή πακέτου;

[Απάντηση: (α) $n > 85.33$ kbyte, (β) $n > 902.92$ kbyte]

3. Μήνυμα του στρώματος δικτύου χωρίζεται σε 10 πλαίσια για να μεταδοθεί από το στρώμα σύνδεσης δεδομένων. Κάθε πλαίσιο έχει πιθανότητα p να μεταδοθεί σωστά. Δεν γίνεται έλεγχος σφαλμάτων μετάδοσης από το πρωτόκολλο του στρώματος σύνδεσης δεδομένων. Το στρώμα δικτύου επιβεβαιώνει αμέσως την ορθή ή λανθασμένη λήψη του μηνύματος με την αποστολή πλαισίου ACK/NAK. Πόσες φορές, κατά μέσο όρο, πρέπει να αναμεταδοθεί το μήνυμα για να ληφθεί σωστά στο στρώμα δικτύου του προορισμού, εάν μεταξύ πηγής και προορισμού παρεμβάλλονται (α) μία ζεύξη, (β) δύο ζεύξεις; Ποιος είναι ο μέσος χρόνος μετάδοσης ενός επιτυχούς μηνύματος, εάν η μετάδοση ενός πλαισίου διαρκεί T sec και οι χρόνοι διάδοσης και επεξεργασίας αγνοούνται;

[Απάντηση: (α) p^{-11} , $10 \cdot T \cdot p^{-11}$, (β) p^{-22} , $11 \cdot T \cdot p^{-22}$]

4. Θεωρήστε δύο υπολογιστές που επικοινωνούν μέσω δικτύου. Κάθε υπολογιστής συνδέεται με ένα κόμβο μεταγωγής. Οι δύο κόμβοι μεταγωγής συνδέονται μέσω ενός τρίτου με επικοινωνια-

κές γραμμές που δεν εμφανίζουν λάθη μετάδοσης. Οι κόμβοι μεταγωγής, λόγω υπερφόρτισης, μπορεί να απορρίπτουν πακέτα όποτε αυτό είναι αναγκαίο. Η πιθανότητα απόρριψης ενός πακέτου από ένα κόμβο μεταγωγής είναι p . Οι κόμβοι δεν παράγουν πακέτα επιβεβαίωσης. Η ορθή λήψη των πακέτων επιβεβαιώνεται από τον παραλήπτη υπολογιστή με αποστολή αντίστοιχου μηνύματος. Ο υπολογιστής που στέλνει περιμένει T sec για να λάβει επαλήθευση. Ο μέσος χρόνος μετάδοσης πακέτου από άκρη σε άκρη είναι $X < T/2$. Αν οι ζεύξεις υπολογιστή-κόμβου και κόμβο-υ-κόμβου υπολογίζονται ως βήματα, να βρεθεί:

- α) το μέσο μήκος διαδρομής, σε βήματα, που αναμένεται να διανύσει ένα πακέτο
- β) ο μέσος αριθμός (ανα)μεταδόσεων ανά επιτυχημένη μετάδοση
- γ) ο μέσος ρυθμός διέλευσης πακέτων

[Απάντηση: (α) $\bar{L} = 4 - 6p + 4p^2 - p^3$, (β) $1/(1-p)^6 = 1/\alpha$, (γ) $1/E\{T\}$, όπου

$$E\{T\} = X + \frac{(1-\alpha)T}{\alpha}]$$

5. Πολλοί χρήστες χρησιμοποιούν από κοινού ζεύξη 10 Mbps. Κάθε χρήστης μεταδίδει με ρυθμό 500 kbps, αλλά μόνο για 10% της συνολικής διάρκειας των μεταδόσεων.

- α) Πόσοι χρήστες μπορεί να εξυπηρετηθούν όταν χρησιμοποιείται μεταγωγή κυκλώματος;
- β) Για το υπόλοιπο της άσκησης θεωρούμε ότι χρησιμοποιείται μεταγωγή πακέτου. Μέχρι πόσοι χρήστες μπορεί να μεταδίδουν ταυτόχρονα ώστε να μην υπάρχει καθυστέρηση αναμονής;
- γ) Υποθέστε ότι οι χρήστες είναι 30. Βρήτε την πιθανότητα να μεταδίδουν ταυτόχρονα οποιαδήποτε στιγμή 25 χρήστες.
- δ) Με 30 χρήστες, ποιο είναι το ποσοστό του χρόνου κατά τη διάρκεια του οποίου μεγαλώνει η ουρά αναμονής;

[Απάντηση: (α) 20 χρήστες, (β) μέχρι 20 χρήστες, (γ) 8.41×10^{-21} , (δ)

$$\sum_{n=21}^{30} \binom{30}{n} (0.1)^n (0.9)^{30-n}]$$

6. Μεταδίδεται συρμός bit από τον κόμβο Α στον κόμβο Β που απέχει από τον Α 5120 km. Η μεταξύ των κόμβων ζεύξη είναι οπτική ίνα χωρητικότητας 1.8 Gbps. Αν η ταχύτητα διάδοσης στην οπτική ίνα είναι 2×10^5 km/sec, πόσα bit έχουν μεταδοθεί και οδεύουν επάνω στη ζεύξη, όταν το πρώτο bit φθάνει στον κόμβο Β;

[Απάντηση: 46.08 Mbit]

7. Δίαυλος βασικής ζώνης 10 kHz χρησιμοποιείται για ψηφιακή μετάδοση. Ιδανικοί παλμοί στέλνονται με ρυθμό Nyquist και οι παλμοί μπορεί να λάβουν 16 στάθμες. Ποιος είναι ο ρυθμός μετάδοσης στον δίαυλο;

[Απάντηση: 80 kbps]

8. Σήμα μετάδοσης βασικής ζώνης χρησιμοποιεί μέγιστες στάθμες ± 1 V και ο θόρυβος που εμφανίζεται στον δέκτη είναι ομοιόμορφα κατανεμημένος στο διάστημα $[-1/16V, 1/16V]$. Πόσες στάθμες παλμών μπορεί να χρησιμοποιήσει το σύστημα πριν ο θόρυβος αρχίσει να εισάγει σφάλματα;

[Απάντηση: 16 στάθμες]

9. Επιθυμούμε να μεταδώσουμε 64 kbps μέσω τηλεφωνικής γραμμής εύρους ζώνης 3 kHz. Ποιος είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος SNR;

[Απάντηση: 64.2 dB]

10. Μήνυμα 1.46×10^6 byte μπορεί να μεταδοθεί, με τη μέγιστη χωρητικότητα μέσω δορυφορικής ζεύξης εύρους ζώνης 50 kHz και σηματοθορυβικής σχέσης 25 dB ή μέσω δέκα διαδοχικών ενσύρματων ζεύξεων που η κάθε μία έχει μήκος 60 km και σηματοθορυβική σχέση 35 dB. Το μήνυμα χωρίζεται σε πλαίσια των 1500 byte εκ των οποίων τα 40 byte αποτελούν επικεφαλίδα.

α) Να βρεθεί το ελάχιστο εύρος ζώνης των ενσύρματων ζεύξεων που καθιστά συντομότερη την ενσύρματη μετάδοση.

β) Ποια είναι η απάντηση στο ερώτημα (α), όταν το μήνυμα μεταδίδεται ολόκληρο;.

[Απάντηση: (α) ≥ 36.06 kHz, (β) ≥ 354.35 kHz]

11. Δύο τερματικά A και B επικοινωνούν μέσω δικτύου μεταγωγής πακέτου και χρησιμοποιούν υπηρεσία με σύνδεση. Μεταξύ των σταθμών υπάρχουν τρεις ζεύξεις. Ο σταθμός A στέλνει μήνυμα 10-kilobyte στον B χωρισμένο σε πακέτα μήκους 1000 byte (αμελούνται οι επικεφαλίδες). Υποθέστε ότι κάθε πακέτο χωράει σε ένα πλαίσιο του στρώματος ζεύξης δεδομένων. Η πιθανότητα να μεταδοθεί εσφαλμένο πλαίσιο είναι p .

α) Υποθέστε ότι ο έλεγχος σφαλμάτων γίνεται απ' άκρη σ' άκρη και ότι αν εμφανισθούν λάθη επαναμεταδίδεται όλο το μήνυμα. Πόσες φορές πρέπει να μεταδοθεί το μήνυμα κατά μέσον όρο;

β) Υποθέστε ότι ο έλεγχος σφαλμάτων γίνεται απ' άκρη σ' άκρη για κάθε πακέτο. Ποιος είναι ο αριθμός των αναμεταδιδόμενων πακέτων μέχρι να μεταδοθεί όλο το μήνυμα;

[Απάντηση: (α) e^{30p} , (β) $10 \times (1-p)^{-3}$]

12. Θεωρήστε δύο υπολογιστές A και B επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω δικτύου. Η διαδρομή από τον A προς τον B έχει χωρητικότητα 40 kbps και καθυστέρηση διάδοσης 120 msec, ενώ η διαδρομή από τον B προς τον A, έχει χωρητικότητα 80 kbps και καθυστέρηση διάδοσης 80 msec. Τα μεταδιδόμενα πακέτα έχουν μήκος 500 byte από τα οποία 20 byte είναι επικεφαλίδα, οι δε επαληθεύσεις έχουν μήκος 100 byte.

α) Ο A μεταδίδει πακέτα στον B περιμένοντας για κάθε επόμενη αποστολή επαλήθευση για την προηγούμενη. Ποιος είναι ο ρυθμός μετάδοσης ωφέλιμης πληροφορίας από τον A στον B;

β) Πόσα πακέτα στη σειρά μπορεί να στείλει ο A στον B χωρίς να περιμένει επαλήθευση, ώστε να μεταφέρει δεδομένα όσο το δυνατόν ταχύτερα;

γ) Ποιος είναι ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης ωφέλιμης πληροφορίας που μπορεί να πετύχει ο A;

δ) Αν η χωρητικότητα της διαδρομής από τον B προς τον A πέσει στα 800 bps, πόσα πακέτα πρέπει να στέλνει ο A στη σειρά πριν πάρει την πρώτη επαλήθευση και ποιος είναι ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης ωφέλιμης πληροφορίας που μπορεί να πετύχει ο A σ' αυτήν την περίπτωση;

[Απάντηση: (α) 12.39 kbps, (β) 4 πακέτα, (γ) 38.4 kbps, (δ) 13 πακέτα, 3.84 kbps]

13. Στο σύστημα μετάδοσης πακέτων που απαικονίζεται παρακάτω, τα πακέτα και οι επαληθεύσεις έχουν μήκος 2 kbit. Κάθε ασύρματη ζεύξη είναι ημιαμφίδρομη και η ταχύτητα διάδοσης σε όλες τις ζεύξεις είναι 200000 km/sec.

(α) Θεωρώντας αμελητέα τα σφάλματα μετάδοσης πακέτων, υπολογίστε τη μέση διέλευση από το A στο B, όταν σε κάθε ασύρματη ζεύξη χρησιμοποιείται πρωτόκολλο παύσης και αναμονής.

(β) Επαναλάβετε τον υπολογισμό, υποθέτοντας τώρα ότι το πρωτόκολλο παύσης και αναμονής χρησιμοποιείται απ' άκρη σ' άκρη μεταξύ των A και B.



[Απάντηση: (α) 5 kbps, (β) 3.33 kbps]

14. Σε δίκτυο αποθήκευσης και προώθησης ο σταθμός A μεταδίδει πακέτα στον σταθμό B μέσω διαδρομής που διέρχεται από 7 κόμβους μεταγωγής. Τα πακέτα έχουν μήκος 300 byte από τα οποία τα 20 είναι επικεφαλίδα, η ταχύτητα σε όλες τις ζεύξεις είναι 600 kbps και η καθυστέρηση σε κάθε ζεύξη είναι 250 μ s. Ο χρόνος επεξεργασίας σε κάθε κόμβο μεταγωγής είναι αμελητέος.

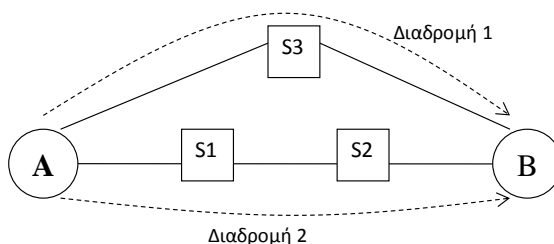
Να βρεθεί ο χρόνος που απαιτείται για τη μετάδοση μηνύματος 16800 byte, όταν

- α) Κάθε πακέτο που φθάνει σε κάθε κόμβο μεταγωγής βρίσκει τον καταχωρητή του κόμβου κενό.
- β) Κάθε πακέτο που φθάνει σε κάθε κόμβο μεταγωγής βρίσκει 7 πακέτα να είναι ήδη στον καταχωρητή. Υποθέστε ότι ο κόμβος μεταγωγής μεταδίδει τα πακέτα από τον καταχωρητή του κατ' απόλυτη προτεραιότητα.

[Απάντηση: (α) 270 ms, (β) 466 ms]

15. Στη διάταξη του σχήματος, η ταχύτητα μετάδοσης σε κάθε ζεύξη είναι 2 Mbps και η καθυστέρηση διάδοσης 1 ms. Τα μεταδιδόμενα πακέτα από τον Α στον Β έχουν μήκος 250 byte και ο Α στέλνει από τη διαδρομή 1 με πιθανότητα $p = 0.7$ και από την 2 με πιθανότητα $1-p$. Ο σταθμός Α στέλνει το επόμενο πακέτο αφού λάβει την επαλήθευση από τον Β για το προηγούμενο πακέτο που έστειλε και οι επαληθεύσεις έχουν αμελητέο χρόνο μετάδοσης.

- (α) Ποια είναι η μέση ταχύτητα μετάδοσης από τον Α στον Β;
- (β) Σε πόσο χρόνο κατά μέσο όρο θα μεταδοθεί μήνυμα μήκους 4.6 Mbyte, αν το μήκος της επικεφαλίδας σε κάθε πακέτο είναι 20 byte;



[Απάντηση: (α) 289 kbps, (β) 138 s]

16. Οι υπολογιστές Α και Β συνδέονται μεταξύ τους μέσω κόμβου μεταγωγής Γ, ο οποίος αποθηκεύει και προωθεί τα πακέτα. Η χωρητικότητα της ζεύξης Α-Γ είναι 10Mbps και της ζεύξης Γ-Β 5Mbps. Η καθυστέρηση διάδοσης σε κάθε ζεύξη είναι 22ms. Υποθέστε ότι ο Α στέλνει ένα αρχείο 30000 byte στον Β.

- α) Το αρχείο χωρίζεται σε δύο πακέτα p1 και p2, όπου το p1 έχει μήκος 10000 byte, και τα πακέτα στέλνονται το ένα πίσω από το άλλο. Ποια είναι η διέλευση που επιτυγχάνεται μεταξύ Α και Β;
- β) Ποια είναι η διαφορά μεταξύ των χρόνων άφιξης του πρώτου και του δεύτερου πακέτου στον κόμβο Β;
- γ) Αυξάνει ή μειώνεται η διέλευση αν χωρίσουμε το αρχείο σε μικρότερα πακέτα; Γιατί;
- δ) Υποθέστε στη συνέχεια ότι το αρχείο διαιρείται σε 6 πακέτα ίδιου μήκους. Πόσος χρόνος θα χρειαστεί για την αποστολή όλου του αρχείου, αν ο Α δεν μπορεί να στείλει νέο πακέτο πριν να επαληθευτεί το προηγούμενο από τον Β; Αγνοήστε τον χρόνο μετάδοσης των επαληθεύσεων.

[Απάντηση: (α) 2.4 Mbps, (β) 32 ms, (γ) αυξάνει, (δ) 600 ms]

17. Ο υπολογιστής Α στέλνει πακέτα στον υπολογιστή Β μέσω ζεύξης ταχύτητας 1 Mbps, η οποία εξυπηρετεί και άλλες μεταδόσεις. Στην ουρά αναμονής της ζεύξης καταφθάνουν τρία πακέτα μήκους 1000 bit από τον Α, τις χρονικές στιγμές 0 ms, 2 ms και 4 ms, αντίστοιχα, ενώ από άλλες μεταδόσεις έρχεται ένα πακέτο μήκους 3000 bit την χρονική στιγμή 0.5 ms και ένα άλλο μήκους 2000 bit τη χρονική στιγμή 3 ms. Τα πακέτα στη ζεύξη μετεδίδονται σύμφωνα με τη σειρά άφιξής τους και η καθυστέρηση διάδοσης στη ζεύξη είναι 1 ms.

- α) Πότε φθάνει το κάθε πακέτο του Α στον Β;
- β) Το περιεχόμενο των πακέτων που φθάνουν στον Β πρέπει να απεικονιστεί από την αντίστοιχη εφαρμογή, το ταχύτερο δυνατόν, με τον ρυθμό που αυτό εστάλη (δηλαδή κάθε 2

ms). Ποια χρονική στιγμή μπορεί η εφαρμογή στον Β να αρχίσει την απεικόνιση των πακέτων, ώστε να είναι σύμφωνη με τον ρυθμό αποστολής τους;

[Απάντηση: (α) $t_1 = 2 \text{ ms}$, $t_2 = 6 \text{ ms}$, $t_3 = 9 \text{ ms}$, (β) $t_1 + 3 \text{ ms}$]

18. Τρεις υπολογιστές Χ, Υ και Ζ χρησιμοποιούν από κοινού ζεύξη χωρητικότητας 1Mbps για να συνδεθούν στο Internet. Μόνο ένας υπολογιστής μπορεί κάθε στιγμή να χρησιμοποιεί τη ζεύξη. Υπάρχουν δύο δυνατές στρατηγικές πρόσβασης των υπολογιστών στη ζεύξη:

- Χρονικός επιμερισμός της ζεύξης (TDMA), όπου χορηγείται με κυκλική εναλλαγή σε κάθε υπολογιστή μια χρονοσχιμή 100 ms για αποκλειστική χρήση.
- Εκχώρηση σειράς (polling), όπου εκχωρείται η ζεύξη σε κάθε υπολογιστή όταν έχει δεδομένα να μεταδώσει, γεγονός που εισάγει επιπρόσθετη καθυστέρηση 50 ms σε κάθε μετάδοση. Κάθε υπολογιστής μπορεί να χρησιμοποιήσει τη ζεύξη, όταν έχει να δεδομένα να στείλει.

Για κάθε μια από τις παρακάτω δύο περιπτώσεις, ποια στρατηγική θα επιλεγεί και γιατί;

α) Οι Χ, Υ και Ζ στέλνουν ένα αρχείο των 40000 byte κάθε 1sec.

β) Ο Χ στέλνει ένα αρχείο των 80000 byte κάθε 1sec, ενώ οι Υ και Ζ στέλνουν από ένα αρχείο των 10000 byte κάθε 1sec.

[Απάντηση: (α) TDMA, (β) Polling]

19. Θεωρήστε σύστημα ασύγχρονης μετάδοσης που μεταδίδει μια ακολουθία από N bit μεταξύ ενός start bit και ενός stop bit. Ποια είναι η μέγιστη τιμή του N, αν το ρολόϊ του δέκτη είναι κατά 1% ταχύτερο από το ρολόϊ του πομπού;

[Απάντηση: $N < 49$]

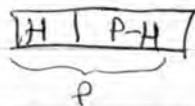
Παρασκευή
30/5/14

ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

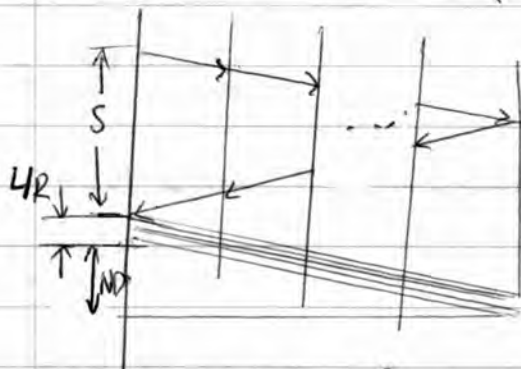
Ασκύσεις στο Φυσικό Στρώμα

Άσκηση 1

L bit, R bps

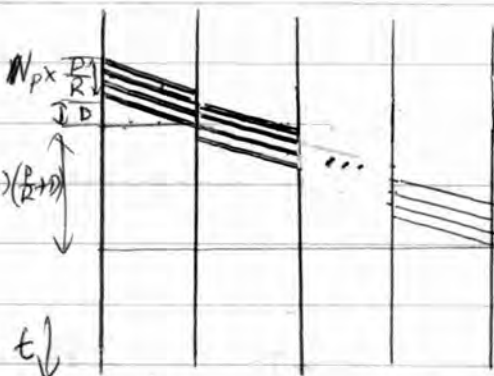


D sec



Μεταγωγή κυκλώματος

$$T_c = S + \frac{L}{R} + ND$$



Μεταγωγή πακέτων

$$N_p = \frac{L}{R \cdot H}$$

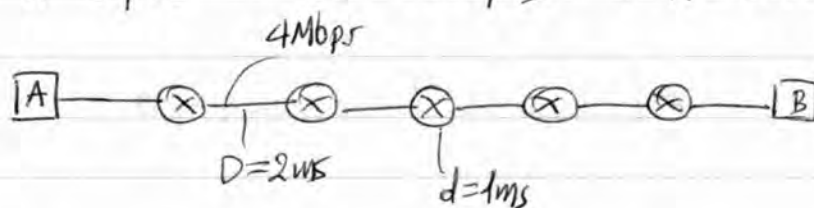
$$T_d = N_p \frac{L}{R} + D + (N-1) \left(\frac{L}{R} + D \right)$$

a) ίσες καθυστερήσεις $\Leftrightarrow T_c = T_d \Leftrightarrow S = N_p \frac{L}{R} + (N-1) \frac{L}{R}$

β) Ελάχιστη καθυστέρηση με αυθαίρετα πακέτα:

$$\frac{dT_d}{dP} = 0 \Rightarrow P = H + \sqrt{\frac{LH}{N-1}}$$

Ασκήσ. 2 n byte $H = 24 \text{ bytes}$ $P-H = 1000 \text{ bytes}$



α) Με μεταγωγή πακέτων μεταφέρονται $n + \frac{n}{1000} \cdot 24 \text{ bytes}$
 $\# \text{ πακέτων} \quad \text{bytes H}$

Με μεταγωγή κυκλώματος μεταφέρονται $n + 2 \cdot 1024$
 $\text{για την εγκατάσταση του κυκλώματος}$

$$n + \frac{n}{1000} \cdot 24 > n + 2 \cdot 1024 \Leftrightarrow n > 85,33 \cdot 10^3 \text{ byte}$$

β) $T_c = T_{\text{setup}} + T_{\text{trans}} + \text{PROP}$
 $\downarrow \quad \downarrow$
 $\text{μεταφορά μηνύματος} \quad \text{στάση}$

όπου $T_{\text{setup}} = 2 \cdot \left(6 \cdot \frac{1024 \cdot 8}{4 \cdot 10^3} + 6 \cdot 2 + 5 \cdot 1 \right) \text{ ms} = 58,58 \text{ ms}$
 $\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$
 $\text{προς πίσω} \quad \text{όχι 10, ώστε να βγουν msec} \quad \text{λειτουργία} \quad \text{λειτουργία}$

$$T_{\text{trans}} = \frac{n \cdot 8}{4 \cdot 10^3} = 2n \cdot 10^{-3} \text{ ms}$$

$$\text{PROP} = 6 \cdot 2 = 12 \text{ ms}$$

Για μεταγωγή πακέτων: $\text{TRANSP} = \frac{P}{R} = \frac{1024 \cdot 8}{4 \cdot 10^3} = 2,048 \text{ ms}$

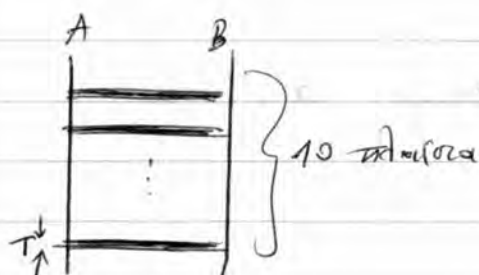
$$T_p = \frac{n}{1000} \cdot \text{TRANSP} + 2 \text{ ms} + 5 \cdot (\text{TRANSP} + 2 \text{ ms} + 1 \text{ ms})$$

$$= \left(\frac{n}{1000} + 5 \right) \cdot \text{TRANSP} + 17 \text{ ms}$$

$$T_c < T_p \Leftrightarrow n > 902,92 \text{ Kbyte}$$

\downarrow
10³

Άσκηση 3



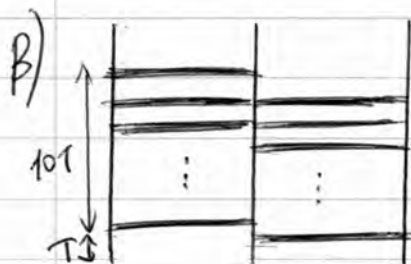
πιθανότητα p για κάθε πλαίσιο

$$a) q = p^{11} \text{ (10 για τα πλαίσια, 1 για το ACK)}$$

$$\bar{N} = q \cdot 1 + (1-q)(1+\bar{N})$$

$$\Rightarrow \bar{N} = \frac{1}{q} = p^{-11}$$

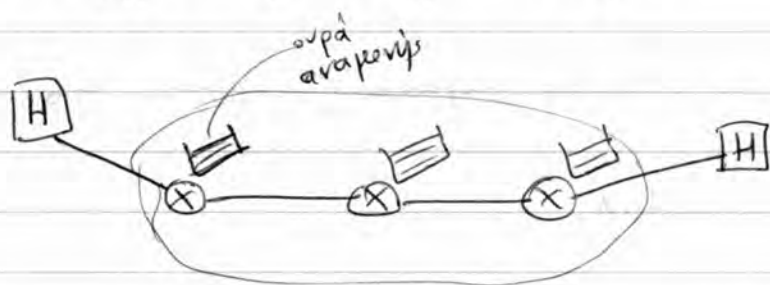
$$\text{Μέσος χρόνος μετάδοσης} = 10T\bar{N} = 10Tp^{-11}$$



$$q' = p^{22}$$

$$\text{Μέσος χρόνος μετάδοσης} = 11Tp^{-22}$$

Άσκηση 4



$$x < \frac{1}{2}$$

$$a) \bar{L} = p \cdot 1 + (1-p)p \cdot 2 + (1-p)^2 p \cdot 3 + (1-p)^3 \cdot 4$$

↓
βήματα

$$\Rightarrow \bar{L} = 4 - 6p + 4p^2 - p^3$$

$p=1 \rightarrow 1$
 $p=0 \rightarrow 4$

β) Πιθανότητα επιτυχούς μετάδοσης: $a = (1-p)^6$

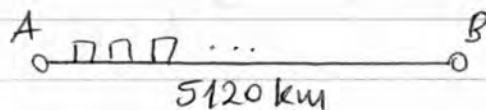
$$\bar{N} = \frac{1}{a} = \frac{1}{(1-p)^6}$$

γ) Μέσος χρόνος μετάδοσης πακέτου: $\bar{T} = aX + (1-a)(T + \bar{T})$

$$\Rightarrow \bar{T} = X + \frac{1-a}{a} T$$

$$\Delta\epsilon\lambda\epsilon\upsilon\sigma\eta = \frac{1}{\bar{T}}$$

Άσκηση 6



$R = 1,8 \text{ Gbps}$
Ταχύτητα φωτός $2 \cdot 10^8 \text{ km/sec}$

$$T_b = \frac{1}{R} = \frac{1}{1,8} \text{ ns}$$

bit

$$PROP = \frac{l}{v} = \frac{5120 \text{ km}}{200000 \text{ km/sec}} = 25,6 \text{ msec} \gg T_b$$

Άρα πάνω στη γραμμή χωράνε $\frac{PROP}{T_b} = 46,08 \text{ Mbit}$

$$l_{bit} = T_b \cdot v = 0,11 \text{ m}$$

Άσκηση 8

$$\pm 1V \text{ ήμα} \\ \left(-\frac{1}{16}V, \frac{1}{16}V\right) \text{ όρ. β. β. β.}$$

$$\frac{2V}{\frac{2}{16}V} = 16 \text{ στάθμες}$$

Άσκηση 10

$$L = 1,46 \cdot 10^6 \text{ byte}$$

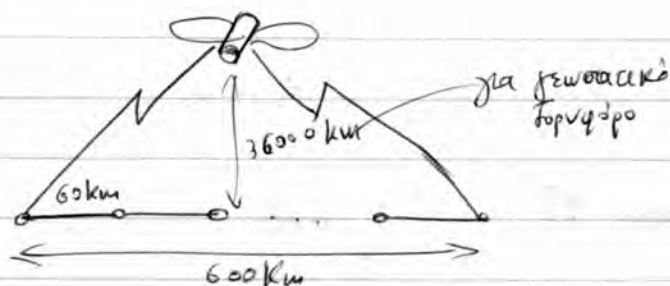
$$W_s = 50 \text{ KHz}$$

$$SNR_s = 25 \text{ dB}$$

$$l = 60 \text{ Km}$$

$$SNR_w = 35 \text{ dB}$$

$$P = 1500 \text{ byte (μέγεθος πακέτου)}, H = 40 \text{ byte}$$



$$a) N_p = \frac{L}{P+H} = \frac{1,46 \cdot 10^6}{1460} = 1000 \text{ πακέτα}$$

$$R_s = 50 \log_2(1 + 10^{2,5}) \text{ kbps} \Rightarrow R_s = 415,47 \text{ kbps}$$

$$T_s = 1000 \cdot \frac{1500 \cdot 8}{415,47 \cdot 10^3} + 0,24 \text{ sec} = 20,883 \text{ sec}$$

$$\downarrow \\ \frac{2 \cdot 36000 \text{ km}}{300000 \text{ km/sec}} \sim \text{υποκατάσταση} \\ \downarrow (\sqrt{36000^2 + 300^2})$$

$$T_w = 1000 \cdot \frac{1500 \cdot 8}{R_w} + 9 \cdot \frac{1500 \cdot 8}{R_w} + \frac{600 \text{ km}}{200000 \text{ km/sec}}$$

επειδή έχουμε ανάρτηση γέφυρα

$$T_w \leq T_s \Leftrightarrow R_w \geq 419,25 \text{ kbps}$$

$$\text{Από τον τύπο του Shannon: } W_w \geq \frac{419,25}{\log_2(1 + 10^{3,5})} \Rightarrow W_w \geq 36,06 \text{ KHz}$$

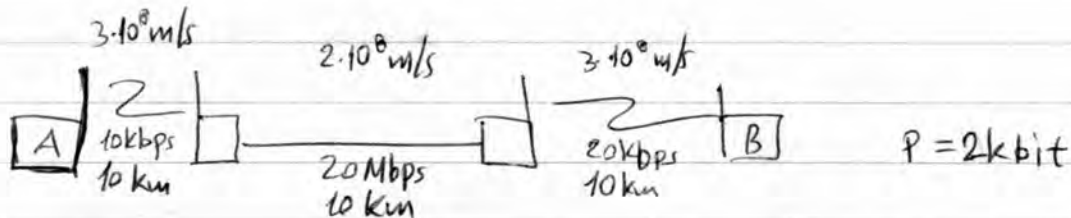
b) $T_s = \frac{L}{R_s} + \text{PROP}$

$$T_w = 10 \cdot \frac{L}{R_w} + \text{PROP}_w = 0.003 \text{ sec}$$

$$T_w \leq T_s \Leftrightarrow R_w \geq 4,12 \text{ Mbps}$$

$$\Leftrightarrow W_w \geq 354,35 \text{ KHz}$$

Август 13



$$a) TP_1 = TA_1 = \frac{2000}{10000} = 200 \text{ ms}$$

$$PROP = \frac{10}{300000} = 33,3 \mu s : \text{αγνοήσιμος σε σχέση με τον } TP_1$$

Στην 1^η περίπτωση, η ταχύτητα ανώδικα καθορίζεται από την
πρώτη αρχή. βλ. βλ.

$$\text{Mean File Delay} = 10 \cdot \frac{200}{200+200} = 5 \text{ kbps}$$

B) $TP_2 = TA_2 = \frac{2 \cdot 10^3}{20 \cdot 10^6} = 100 \mu s = 0,1 ms$

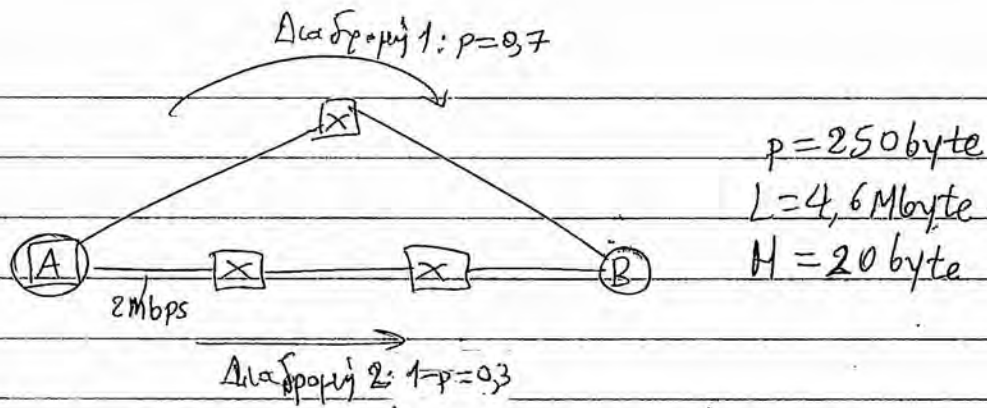
$PROP_2 = 50 \mu s \rightarrow \tau_0$ again

$$TP_3 = TA_3 = 100\text{ms}$$

$PROP_3 = 333 \mu s \rightarrow 20 \text{ approx}$

$$\Delta t_{\text{every}} = \frac{2000 \text{ bits}}{(2 \cdot 200 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 100) \text{ ms}} = 3,33 \text{ kbps}$$

Άσκηση 15



$$a) \bar{T} = p \cdot 2 \left(\frac{P}{R} + 2PROP \right) + (1-p) \cdot 3 \cdot \left(\frac{P}{R} + 2PROP \right)$$

$$\Rightarrow \bar{T} = 6,9 \text{ msec}$$

$$\bar{R} = \frac{250 \cdot 8}{6,9 \cdot 10^{-3}} = 28985 \text{ kbps}$$

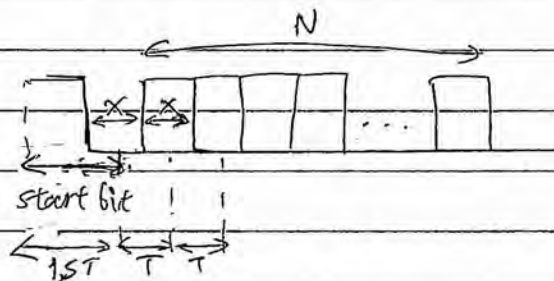
$$b) N_p = \frac{4,6 \cdot 10^6}{230 \cdot 2_{PH}} = 20000 \text{ πακέτα}$$

$$T_{ολ} = N_p \cdot \bar{T} = 138 \text{ sec}$$

Άσκηση 19

$$T = 0,99 X$$

↓ ↓
θέκος πομπός



$$1,5T + NT > (N+1)X$$

$$\Leftrightarrow N < 49 \text{ bit}$$

Άσκηση 1 Ένας σταθμός A στέλνει πλαίσια σε ένα σταθμό B χρησιμοποιώντας πρωτόκολλο επαναμετάδοσης και επαναλαμβάνοντας το ίδιο πλαίσιο όσες φορές χρειάζονται μέχρι να γίνει η πρώτη σωστή μετάδοση. Η πιθανότητα να ανιχνευτεί από τον B μη διορθώσιμο σφάλμα σε ένα πλαίσιο, άρα να ζητηθεί επαναμετάδοση, είναι e . Το γεγονός να συμβεί τέτοιο σφάλμα σε μια μετάδοση είναι ανεξάρτητο από κάθε άλλο παρόμοιο γεγονός.

(α) Έστω N μια τυχαία μεταβλητή που παριστάνει τον αριθμό των εσφαλμένων μεταδόσεων ενός πλαισίου πριν επιτευχθεί μια σωστή. Ποια είναι η πιθανότητα $\Pr\{N = k\}$ ($k = 0, 1, 2, \dots$);

(β) Ποιος είναι ο μέσος αριθμός $\bar{N} = E\{N\}$ των εσφαλμένων μεταδόσεων ενός πλαισίου; Ποιος είναι ο συνολικός αριθμός μεταδόσεων, στις οποίες περιλαμβάνεται και η σωστή;

(γ) Αν το πρωτόκολλο επαναμετάδοσης είναι Stop-and-Wait, κι αν ο χρόνος μετάδοσης ενός πλαισίου είναι p , ενώ από την αρχή μιας μετάδοσης, ως τη στιγμή που έχει έρθει θετική ή αρνητική απάντηση και μπορεί να αρχίσει η επόμενη, μεσολαβεί χρόνος S , ποια είναι η διαπερατότητα (throughput) του πρωτοκόλλου; \square

Άσκηση 2 Το πλήθος των θέσεων bit στα οποία διαφέρουν δύο κωδικολέξεις λέγεται απόσταση Hamming. Η σημασία της είναι ότι αν δυο κωδικολέξεις έχουν απόσταση d , απαιτούνται d σφάλματα του ενός bit για να μετατραπεί η μια στην άλλη.

(α) Ποια είναι η απόσταση Hamming του κώδικα που χρησιμοποιεί bit ισοτιμίας;

(β) Για να παρέχεται περισσότερη αξιοπιστία από αυτήν που μπορεί να δώσει ένα bit ισοτιμίας, κάποιο σύστημα κώδικα για την ανίχνευση σφαλμάτων χρησιμοποιεί ένα bit ισοτιμίας για τον έλεγχο όλων των περιττών θέσεων bit και ένα άλλο bit ισοτιμίας για τον έλεγχο όλων των άρτιων θέσεων bit. Ποια είναι η απόσταση Hamming αυτού του κώδικα; \square

Άσκηση 3 Δύο σταθμοί A, B επικοινωνούν με πρωτόκολλο επαναμετάδοσης Stop-and-Wait. Συνδέονται με καλωδιακή ζεύξη φυσικού μήκους 100 km και με ταχύτητα μετάδοσης 100 kbps και προς τις δύο κατευθύνσεις. Το μήκος του πλαισίου είναι 1000 bits και της απάντησης ACK, NAK είναι 100 bits.

(α) Ποια είναι η διαπερατότητα (throughput) του πρωτοκόλλου όταν δεν γίνονται σφάλματα μετάδοσης; Υποθέστε ότι η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος στο μέσο είναι 200000 km/sec.

(β) Να ξαναλύσετε την ίδια άσκηση, υποθέτοντας όμως ότι η ταχύτητα μετάδοσης είναι 100 Mbps. \square

Άσκηση 4 Δύο σταθμοί A και B χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο επαναμετάδοσης Stop-and-Wait με θετικές και αρνητικές γνωστοποιήσεις (ACK, NAK). Ο χρόνος να φτάσει ένα bit από τον ένα σταθμό στον άλλο είναι και προς τις δύο κατευθύνσεις ίσος με μ . Ο χρόνος μετάδοσης ενός πλαισίου είναι ίσος με p , ενώ ο χρόνος μετάδοσης μιας απάντησης (θετικής ή αρνητικής) είναι ίσος με p' . Η πιθανότητα ένα πλαίσιο να παραμορφωθεί σε βαθμό που να χρειάζεται επαναμετάδοση είναι α , ενώ η πιθανότητα να παραμορφωθεί το πλαίσιο επιβεβαίωσης είναι β .

(α) Να υπολογίσετε τη διαπερατότητα (throughput) του πρωτοκόλλου.

(β) Να υπολογίσετε τον συνολικό χρόνο μετάδοσης Ψ ενός πλαισίου από τη στιγμή που θα ξεκινήσει η μετάδοσή του μέχρι τη στιγμή που θα φτάσει σωστά στον B . \square

Άσκηση 5 Γίνεται μετάδοση με το πρωτόκολλο Stop-and-Wait μέσα από ένα ομοαξονικό καλώδιο μήκους 5 km ταυτοχρόνως και προς τις δύο κατευθύνσεις (full duplex) με ρυθμό μετάδοσης 100 Mbps. Τα πλαίσια και οι επιβεβαιώσεις είναι μήκους 100 bits. Ο πομπός και ο δέκτης χρησιμοποιούν ένα ταχύ κύκλωμα κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης και ο αντίστοιχος χρόνος είναι αμελητέος. Ποιος είναι ο ρυθμός μετάδοσης πακέτων ανά sec όταν δεν

γίνονται σφάλματα μετάδοσης; Υποθέστε ότι η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος στο μέσο είναι 200000 km/sec. □

Άσκηση 6 Σε σύστημα που χρησιμοποιεί πρωτόκολλο επαναμετάδοσης Stop-and-Wait υπάρχει δυνατότητα μετάδοσης ενός πλαισίου κάθε 10 ms (μέσα στα οποία συνυπολογίζεται ο χρόνος μέχρι να ληφθεί και να αναγνωσθεί η γνωστοποίηση), δηλαδή μπορεί πρακτικά να στείλει 100 πλαίσια ανά sec. Μια τυχούσα μετάδοση όμως είναι ανεπιτυχής με πιθανότητα ϵ . Το εν λόγω σύστημα σε μια μεγάλη χρονική περίοδο δέχεται κατά μέσο όρο 50 πλαίσια ανά sec. Ποια είναι η μέγιστη τιμή του ϵ που αφήνει το σύστημα σε σταθερή κατάσταση (δηλαδή διατηρεί το ρυθμό εισόδου μικρότερο από τον εφικτό ρυθμό μετάδοσης); □

Άσκηση 7 Τρεις κόμβοι A , B , C συνδέονται με δύο διαδοχικές ζεύξεις $A - B$ και $B - C$. Η ζεύξη $A - B$ έχει μήκος 4000 km και η ζεύξη $B - C$ έχει μήκος 1000 km. Δίνονται επίσης τα εξής στοιχεία:

- Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων από A προς B είναι 100 kbps.
- Η καθυστέρηση διάδοσης είναι ίδια στις δύο γραμμές και ίση με 5 μ s/km.
- Οι ζεύξεις είναι πλήρως αμφίδρομες (full duplex).
- Τα πλαίσια δεδομένων αποτελούνται από 1000 bits, ενώ οι απαντήσεις ACK αποτελούν πλαίσια με αμελητέο μήκος.
- Στο τμήμα $A - B$ χρησιμοποιείται πρωτόκολλο ολισθαίνοντος παραθύρου μεγέθους 3.
- Στο τμήμα $B - C$ χρησιμοποιείται Stop-and-Wait.
- Και στις δύο ζεύξεις δεν υπάρχουν σφάλματα.

Να προσδιορίσετε τον ελάχιστο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που απαιτείται στη ζεύξη $B - C$ προκειμένου να μην πλημμυρίσει η μνήμη του κόμβου B . □

Άσκηση 8 Σε σύστημα που χρησιμοποιεί πρωτόκολλο επαναμετάδοσης Selective-Repeat (SR) η ζεύξη έχει φυσικό μήκος 72000 km, ταχύτητα μετάδοσης ίση με 150 Mbps, ενώ τα πακέτα έχουν μήκος 1000 bytes. Τα αντίστοιχα πακέτα επιβεβαίωσης έχουν μήκος 10 bytes. Με συχνότητα που είναι περίπου ίση με μια φορά την ώρα εμφανίζεται ισχυρός θόρυβος διάρκειας 3 sec, ο οποίος καταστρέφει όλα τα πακέτα που στέλνονται κατά την παρουσία του. Να υπολογίσετε

- (α) την απαιτούμενη χωρητικότητα καταχωρητή των δύο πλευρών για να μπορεί να αντεπεξέλθει το πρωτόκολλο στο πρόβλημα,
- (β) το απαιτούμενο μήκος σε bits του πεδίου αρίθμησης των πακέτων,
- (γ) το μέγιστο χρόνο καθυστέρησης που υφίσταται πακέτο για να μεταδοθεί από τη μια πλευρά στην άλλη. □

Άσκηση 9 Ανάμεσα σε δύο υπολογιστές A και B παρεμβάλλονται δέκα κόμβοι N_1, N_2, \dots, N_{10} , από τους οποίους περνούν τα πακέτα που οδεύουν από τον A στον B . Για τη διασφάλιση της ποιότητας μετάδοσης από τον A ως B χρησιμοποιείται επαναμετάδοση μόνο μεταξύ των A, B (π.χ. στο επίπεδο μεταφοράς). Η συνολική καθυστέρηση κάθε πακέτου σε κάθε κόμβο είναι περί τα 100 ms. Όμως ένα κατά μέσο όρο στα δέκα πακέτα που φτάνουν B έχει σοβαρά σφάλματα και χρειάζεται επαναμετάδοση. Ο B τότε στέλνει αμέσως μια αρνητική απάντηση στον A που φτάνει μετά από 300 ms και το ίδιο ακριβώς πακέτο επαναμεταδίδεται (χωρίς να αλλάξει η χρονοσφραγίδα του). Ωστόσο για να μη κυκλοφορούν στο δίκτυο παλιά αντίγραφα πακέτων οι κόμβοι υλοποιούν μια πολιτική καταστροφής των παλιών πακέτων, που έχουν ηλικία μεγαλύτερη από T . Η παράμετρος T επιλέγεται ίση με το διπλάσιο του μέσου χρόνου που χρειάζεται ένα πακέτο για να φτάσει από τον A στον B .

- (α) Να υπολογίσετε την τιμή του T και
- (β) το ποσοστό των πακέτων που καταστρέφονται πριν προλάβουν να φτάσουν στον B . □

Παρασκευή
6/6/14

Ασκήσεις στο Σφάλμα Συνθήσεων Δεδομένων

Άσκηση 1

ϵ = πιθανότητα ένα πλαίσιο να είναι εσφαλμένο
 N = αριθμός επαναμεταδόσεων

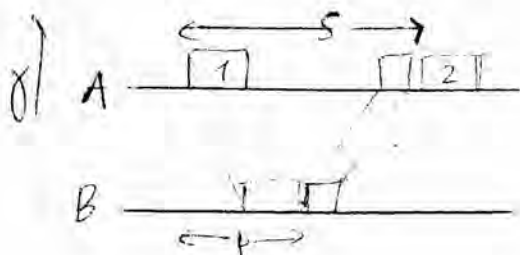
α) $\Pr\{N=k\} = \epsilon^k (1-\epsilon)$, $k=0, 1, 2, \dots$ (Αν έλεγα ϵ^k , αρα είναι $\Pr\{N \geq k\}$)

β) $E\{N\} = \sum_{k=0}^{+\infty} k \Pr\{N=k\}$
 $= \sum_{k=0}^{+\infty} k \epsilon^k (1-\epsilon)$

Μπορούμε να υπολογίσουμε το άθροισμα με γεννήτρια συνάρτηση ή ως εξής:

$$\begin{aligned} &= \sum_{k=1}^{+\infty} k \epsilon^k (1-\epsilon) \\ &= \left(\sum_{k=1}^{+\infty} k \epsilon^{k-1} \right) \epsilon (1-\epsilon) \\ &= \epsilon (1-\epsilon) \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{\partial \epsilon^k}{\partial \epsilon} \\ &= \epsilon (1-\epsilon) \frac{\partial}{\partial \epsilon} \left(\sum_{k=1}^{+\infty} \epsilon^k \right) \\ &= \epsilon (1-\epsilon) \frac{\partial}{\partial \epsilon} \left(\frac{\epsilon}{1-\epsilon} \right) \\ &= \frac{\epsilon}{1-\epsilon} \end{aligned}$$

Συνολικός αριθμός μεταδόσεων $= 1 + E\{N\}$



$$\eta = \frac{P}{S(1+E\{N\})} = \frac{P}{S(1+\frac{\epsilon}{1-\epsilon})} = \frac{P(1-\epsilon)}{S}$$

Άσκηση 2 α) b_1, \dots, b_k : τα πρώτα k bits

Προσθέτουμε το parity bit b_{k+1} , έτσι ώστε
 $b_1 + b_2 + \dots + b_k + b_{k+1} = 0$ (ή $b_1 + \dots + b_k = b_{k+1}$)

Θεωρούμε τις λέξεις $(a_1, \dots, a_{k+1}), (b_1, \dots, b_{k+1})$.

$$\text{Απόσταση Hamming} = \sum_{i=1}^{k+1} (b_i + a_i)$$

$$\text{Έστω } \sum_{i=1}^{k+1} (b_i + a_i) = 1 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^{k+1} a_i + \sum_{i=1}^{k+1} b_i = 1$$

$$\Leftrightarrow 0 + 0 = 1 \text{ Άτοπο}$$

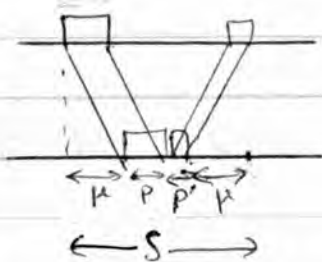
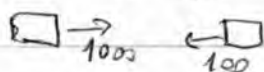
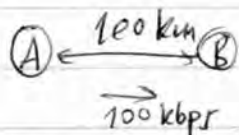
Άρα απόσταση Hamming ≥ 2 .

β) Έστω η λέξη $(\underbrace{a_1, \dots, a_r}_{\oplus a_{2r+1}}, \underbrace{a_{r+1}, \dots, a_{2r}}_{\oplus a_{2r+2}}, a_{2r+1}, a_{2r+2})$.

Αν συμβούν 2 λάθη στο ίδιο μισό (πχ. από a_1 ως a_r), αυτά δεν είναι ανιχνεύσιμα. Ανιχνεύσιμα είναι μόνο αν πέσουν ένα στο πρώτο μισό, ένα στο δεύτερο.

Έτσι βελτιώνω την πιθανότητα, δε βελτιώνω όμως την απόσταση Hamming.

Άσκηση 3



$$\mu = \frac{10^5 \text{ m}}{2 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}} = 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,5 \text{ msec}$$

$$p = \frac{100 \text{ bits}}{10^5 \text{ bps}} = 10^{-2} = 10 \text{ msec}$$

$$p' = \frac{100}{10^5} = 1 \text{ msec}$$

$$S = 2\mu + p + p' = 12 \text{ msec}$$

$$\eta = \frac{p}{S} = \frac{10}{12} = 0,83$$

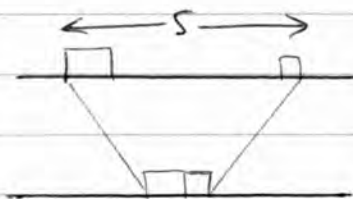
β) $\mu = 10$
 $p = \frac{10^3}{10^8} = 10^{-5} \text{ sec} = 0,01 \text{ msec}$

$$p' = \frac{100}{10^8} = 10^{-6} \text{ sec} = 0,001 \text{ msec}$$

$$S = 2\mu + p + p' = 1 + 0,01 + 0,001 = 1,011 \text{ msec}$$

$$\eta = \frac{p}{S} \approx 10^{-2} = 1\% \rightarrow \text{Άρα, για μεγάλες ταχύτητες, μάλλον δε συμφέρει το Stop-and-Wait}$$

Άσκηση 6



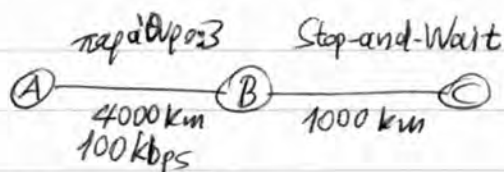
$$S = 10 \text{ msec} \rightarrow 100 \text{ πλαίσια/sec χωρίς λάθη}$$

Μαζί με τα λάθη μεταδίδουμε κατά μέσο όρο ανά δευτερόλεπτο:

$$50 \cdot \frac{1}{1-\varepsilon} \rightarrow \text{Κάθε πλαίσιο μεταδίδεται 1+ε φορές} = 1 + \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} = \frac{1}{1-\varepsilon} \text{ φορές}$$

$$\text{Πρέπει } 50 \cdot \frac{1}{1-\varepsilon} < 100 \Leftrightarrow \varepsilon < \frac{1}{2}$$

Άσκηση 7



□: 1000 bits πληροφορία

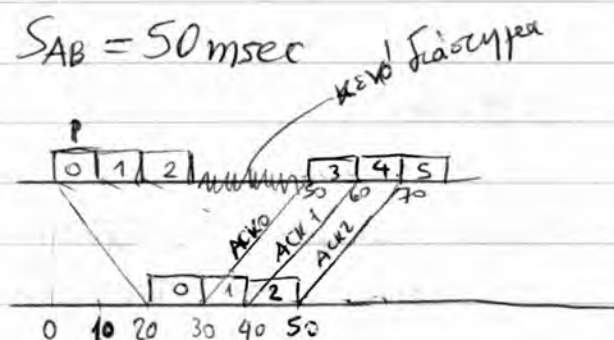
$$\mu_{AB} = \frac{4000 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ sec}}{\text{km}} = 20 \text{ msec}$$

$$\mu_{BC} = \frac{1000 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ sec}}{\text{km}} = 5 \text{ msec}$$

$$p = \frac{1000 \text{ bits}}{10^5 \text{ bps}} = 10 \text{ msec}$$

$$S = 2\mu + p + p' \rightarrow$$

$$S_{AB} = 50 \text{ msec}$$



Ρ_{AB}: αρχικός ποσοστό

$$r_{AB} = \frac{3}{5} \cdot 100 \text{ kbps} = 60 \text{ kbps}$$

$$S_{BC} = \mu_{BC} + 2\mu_{BC} + p'_{BC} = \frac{1000 \text{ bits}}{R_{BC}} + 10 \text{ msec} + 0$$

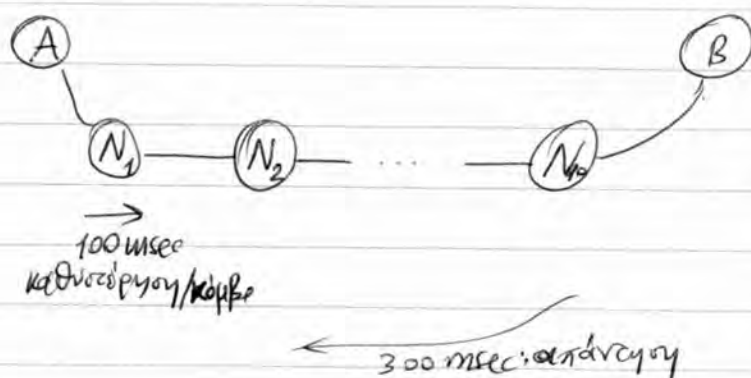
→ αρχικός ποσοστό

$$r_{BC} = \frac{1000}{S_{BC}} = \frac{1000}{\frac{1000}{R_{BC}} + 10^{-2}}$$

Απαιτούμε $r_{BC} \geq r_{AB} \Leftrightarrow \frac{1000}{\frac{1000}{R_{BC}} + 10^{-2}} \geq 60 \cdot 10^3$

$$\Leftrightarrow R_{BC} \geq 1,5 \cdot 10^5 \text{ bps} = 150 \text{ kbps}$$

Άσκηση 9



$\epsilon = \text{πιθανότητα λάθους} = 0,1$

$$\begin{aligned} \alpha) \quad E\{D\} &= 1 + E\{N\} \cdot 1,3 \\ &= 1 + \frac{0,1}{1-0,1} \cdot 1,3 = 1,144 \text{ sec} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow T = 2 E\{D\} = 2,288 \text{ sec}$$

$\beta)$ Αν γίνει ένα λάθος, στον κόμβο N_k ο χρόνος είναι 22 sec, οπότε φτάνει στον προορισμό.
Άρα πακέτα χάνονται αν γίνει τουλάχιστον 2 φορές λάθος.

$$\Pr\{N=k\} = (1-\epsilon)\epsilon^k$$

$$\Pr\{N \geq k\} = \epsilon^k$$

$$\Pr\{N \geq 2\} = \epsilon^2 = 0,01 = 1\%$$

$$\text{ή } 1 - \Pr\{N=0\} - \Pr\{N=1\} = 1 - (1-\epsilon) - (1-\epsilon)\epsilon = \epsilon^2 = 0,01$$



ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Ασκήσεις για τα Τοπικά Δίκτυα

1. N σταθμοί επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω κοινού μέσου μετάδοσης χωρητικότητας 64 kbps χρησιμοποιώντας πρωτόκολλο ALOHA. Κάθε σταθμός παράγει προς αποστολή ένα πλαίσιο των 2000 bit κατά μέσον όρο κάθε 100 sec, ακόμη και αν το προηγούμενο δεν έχει ακόμη σταλεί (δηλαδή, οι έξοδοι των σταθμών αποθηκεύονται προσωρινά). Ποιο είναι το μέγιστο πλήθος N των σταθμών;

[Απάντηση: $N = 589$ σταθμοί]

2. Το σύστημα κράτησης θέσεων αεροπορικής εταιρίας αποτελείται από 7200 τερματικούς σταθμούς, οι οποίοι ανταγωνίζονται για τη χρήση ενός διαύλου ALOHA με σχισμές χωρητικότητας 4 Mbps. Κάθε σταθμός κάνει κατά μέσο όρο 25 αιτήσεις μετάδοσης την ώρα και η κάθε αίτηση έχει μήκος 80 byte. Ποιο είναι κατά προσέγγιση το συνολικό φορτίο του διαύλου;

[Απάντηση: $G = 0.008$]

3. Σε δίκτυο ALOHA με σχισμές, στο οποίο είναι συνδεδεμένα πολλά τερματικά, γίνονται 50 αιτήσεις μετάδοσης ανά sec, που αφορούν και αρχικές μεταδόσεις και επαναμεταδόσεις. Η διάρκεια των μεταδιδόμενων πλαισίων είναι 50 msec.

(α) Ποια είναι η πιθανότητα επιτυχίας της πρώτης προσπάθειας;

(β) Ποια είναι η πιθανότητα ακριβώς k συγκρούσεων και μετά μίας επιτυχίας;

(γ) Ποιος είναι ο αναμενόμενος αριθμός προσπαθειών μετάδοσης που απαιτούνται για τη μετάδοση ενός πακέτου;

[Απάντηση: (α) $p = 0.082$, (β) $0.918^k \times 0.082$, (γ) 12.18 προσπάθειες]

4. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε δίκτυο ALOHA με σχισμές με άπειρο αριθμό χρηστών έδειξαν ότι 9% των σχισμών είναι άδειες.

(α) Ποια είναι η προσφερόμενη κίνηση G στο δίκτυο;

(β) Ποια είναι η διέλευση;

(γ) Το δίκτυο είναι υποφορτωμένο ή υπερφορτωμένο;

[Απάντηση: (α) $G = 2.4$, (β) $S = 0.216$, (γ) υπερφορτωμένο]

5. Σε κοινή κοινή αρτηρία μήκους 2 km είναι συνδεδεμένοι 800 σταθμοί που μεταδίδουν πλαίσια σταθερού μήκους 250 byte και κάθε σταθμός χρειάζεται να στείλει 40 πλαίσια/sec. Ο ρυθμός μετάδοσης στην αρτηρία είναι 100 Mbps και η ταχύτητα διάδοσης του σήματος είναι 200.000 km/sec. Ποιο από τα παρακάτω πρωτόκολλα MAC συμφέρει να χρησιμοποιηθεί: γνήσιο ALOHA, ALOHA με σχισμές ή CSMA/CD;

[Απάντηση: ALOHA με σχισμές]

6. Δίκτυο CSMA/CD στο οποίο συνδέονται 200 σταθμοί λειτουργεί σε ομοαξονικό καλώδιο στο οποίο η ταχύτητα μετάδοσης είναι 100 Mbps. Οι σταθμοί μεταδίδουν πλαίσια μήκους 250 byte από τα οποία τα 20 byte χρησιμοποιούνται για επικεφαλίδα και διόρθωση λαθών μετάδοσης. Το μήκος του καλωδίου είναι 2 km και η ταχύτητα διάδοσης του σήματος στο ομοαξονικό καλώδιο είναι 200.000 km/sec.

(α) Ποια είναι η διέλευση του δικτύου και ποια η διέλευση ωφέλιμης πληροφορίας;

(β) Πόσα πλαίσια ανά sec κατά μέσο όρο μπορεί να στείλει κάθε σταθμός;

[Απάντηση: (α) 28.6 Mbps και 26.31 Mbps, (β) 65.77 πλαίσια/sec]

7. 50 τερματικά συνδέονται με διπλαγωγούς σε hub με τοπολογία αστέρα. Η απόσταση κάθε σταθμού από το hub είναι $d = 150$ m, η ταχύτητα μετάδοσης στις γραμμές είναι $R = 10$ Mbps, όλα τα πακέτα έχουν μήκος 125 byte και η ταχύτητα διάδοσης στις γραμμές είναι 2×10^8 m/sec. Αν κάθε τερματικό χρειάζεται να στείλει 100 πλαίσια ανά sec, συγκρίνετε τη μέγιστη επιτυγχανόμενη διέλευση δικτύου, όταν στο hub χρησιμοποιείται (α) Slotted ALOHA και (β) CSMA/CD.

[Απάντηση: (α) 3.03 Mbps, (β) 9.3 Mbps]

8. Σε μια δορυφορική μετάδοση χρησιμοποιούνται δύο ζεύξεις ALOHA με σχισμές στην άνοδο και μία στην κάθοδο. Να δειχθεί ότι, αν ο χώρος προσωρινής αποθήκευσης στον δορυφόρο είναι απεριόριστος, μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποίηση 0.736 στη ζεύξη καθόδου.
9. Δίκτυο CSMA/CD με ταχύτητα μετάδοσης 1 Gbps έχει μήκος καλωδίου 1 km. Η ταχύτητα διάδοσης στο καλώδιο είναι 200000 km/sec.

(α) Ποιο είναι το ελάχιστο μήκος πλαισίου;

(β) Στο δίκτυο συνδέονται 100 σταθμοί. Πόσα πλαίσια ελάχιστου μήκους μπορεί να στείλει κατά μέσο όρο κάθε σταθμός το δευτερόλεπτο;

[Απάντηση: (α) $F_{\min} = 10$ kbit, (β) 286 πλαίσια/sec]

10. Ο υπολογιστής A αποστέλλει αρχείο στον υπολογιστή B, που είναι συνδεδεμένος στο ίδιο δίκτυο Ethernet, χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο ολισθαίνοντος παραθύρου. Εξηγήστε γιατί μπορεί να υπάρχει σύγκρουση σχεδόν σε κάθε πακέτο.
11. Σε ασύρματο δίκτυο μεταγωγής πακέτου χρησιμοποιείται παραλλαγή του πρωτοκόλλου ALOHA με σχισμές και επιτρέπεται στους σταθμούς να μεταδώσουν σε περισσότερες από μία συνεχόμενες χρονοσχισμές. Προς τούτο χρησιμοποιείται δίαυλος ελέγχου και, όταν κάποιος σταθμός μεταδίδει κατά τη διάρκεια μιας σχισμής, δηλώνει μέσω του διαύλου ελέγχου ότι θέλει να μεταδώσει την επόμενη σχισμή και ο σταθμός βάσης χρησιμοποιεί δίαυλο ελέγχου για να αναστείλει μεταδόσεις των υπολοίπων. Στην περίπτωση αυτή, ο σταθμός βάσης στέλνει απαγορευτικό σήμα και οι υπόλοιποι σταθμοί δεν μεταδίδουν στην επόμενη σχισμή. Σε αντίθετη περίπτωση, οι άλλοι σταθμοί ανταγωνίζονται για την επόμενη σχισμή. Αν A είναι ο μέσος αριθμός πακέτων που στέλνει διαδοχικά κάθε σταθμός να βρεθεί η διέλευση του πρωτοκόλλου αυτού.

[Απάντηση: $\eta = \frac{A}{e + A - 1}$]

12. Ένα ασύρματο LAN χρησιμοποιεί polling για να παρέχει επικοινωνία μεταξύ M υπολογιστών και ενός κεντρικού σταθμού βάσης. Το σύστημα χρησιμοποιεί δίαυλο χωρητικότητας 25 Mbps. Υποθέστε ότι όλοι οι υπολογιστές απέχουν 100 m από τον σταθμό βάσης και ότι τα μηνύματα βολιδοσκόπησης έχουν μήκος 64 byte. Τα μεταδιδόμενα πλαίσια έχουν σταθερό μήκος 1250 byte και οι σταθμοί που δεν έχουν πλαίσιο να μεταδώσουν το δηλώνουν με μήνυμα μήκους 64 byte.
- α. Ποιος είναι ο μέγιστος ρυθμός μεταδόσεων που μπορεί να υποστηριχτεί, αν οι σταθμοί επιτρέπεται να μεταδίδουν απεριόριστο αριθμό πακέτων ανά βολιδοσκόπηση;
- β. Ποιος είναι ο μέγιστος ρυθμός μεταδόσεων που μπορεί να υποστηριχτεί, αν οι σταθμοί επιτρέπεται να μεταδίδουν N πλαίσια ανά βολιδοσκόπηση;

[Απάντηση: (α) 2500 πλαίσια/sec, (β) για $N=10$, 2475 πλαίσια/sec]

13. Σε τοπικό δίκτυο Ethernet 100BaseT, που αποτελείται από ένα μόνο hub, μεταδίδονται πλαίσια ελαχίστου μήκους. Η ταχύτητα διάδοσης του σήματος στους διπλαγωγούς είναι $u = 200$ m/msec.

- (α) Ποια πρέπει να είναι η μέγιστη απόσταση μεταξύ ενός σταθμού και του hub για να έχουμε απόδοση 0.5;
- (β) Δικαιολογήστε κατά πόσο η απόσταση αυτή εξασφαλίζει ή όχι, ότι ένας σταθμός που μεταδίδει θα μπορεί να ανιχνεύει ότι κατά τη διάρκεια της μετάδοσης έχει μεταδώσει και άλλος σταθμός; Δικαιολογήστε την απάντηση. Πώς συγκρίνεται η εν λόγω μέγιστη απόσταση με την προτεινόμενη από το πρότυπο 100 Mbps;
- (γ) Για ποιο μήκος μεταδιδόμενων πλαισίων η απόδοση του εν λόγω δικτύου γίνεται μεγαλύτερη του 0.8;

[Απάντηση: (α) 102.4 m, (β) $2\tau < \text{TRANSF}$, (γ) 2048 bit]

14. Τοπικό δίκτυο δακτυλίου με σκυτάλη συνδέει 125 σταθμούς. Η φυσική τοπολογία του δακτυλίου είναι μορφής αστέρα και οι γραμμές εισόδου και εξόδου των σταθμών οδηγούνται σε κοινό κέντρο καλωδίωσης. Η απόσταση κάθε σταθμού από το κέντρο είναι $d = 250$ m, η ταχύτητα των γραμμών μετάδοσης είναι $R = 25$ Mbps και το σήμα διαδίδεται στη γραμμή με ταχύτητα $u = 2.5 \times 10^8$ m/sec. Όλα τα πλαίσια έχουν μήκος $F = 1250$ byte από τα οποία τα 8 byte είναι επιβάρυνση. Υποθέστε ότι κάθε σταθμός μεταδίδει ένα πλαίσιο κάθε φορά και εισάγει καθυστέρηση 8 bit. Η σκυτάλη έχει μήκος τρία byte και η λειτουργία του δακτυλίου εφαρμόζεται στο πρωτόκολλο RAR. Αν ο δακτύλιος είναι βαρέως φορτωμένος:

- (α) Ποιος είναι ο καθαρός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων.
- (β) Υποθέστε ότι κάθε σταθμός μεταδίδει μέχρι 25 πλαίσια κάθε φορά που παίρνει τη σκυτάλη. Ποιος είναι ο καθαρός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων ανά σταθμό;

[Απάντηση: (α) 14.4 Mbps, (β) 193.16 kbps]

15. Σε τοπικό δίκτυο δακτυλίου με σκυτάλη ταχύτητας 100 Mbps, ο χρόνος διάδοσης είναι 200 μ s και οι συνδεδεμένοι σταθμοί πρέπει οπωσδήποτε να μεταδίδουν ένα πλαίσιο μήκους 500 byte κάθε 1 ms. Υπάρχει ευαισθησία ως προς την καθυστέρηση μετάδοσης των πλαισίων, οπότε δεν αρκεί η αποστολή δύο πλαισίων κάθε 2 ms.

- (α) Πόσοι σταθμοί μπορεί να εξυπηρετηθούν από το δίκτυο, όταν εφαρμόζεται το πρωτόκολλο RAT;
- (β) Ποια θα είναι η απάντηση στο ερώτημα (α) στην περίπτωση που εφαρμόζεται το πρωτόκολλο RAR;

[Απάντηση: (α) $N \leq 20$, (β) $N \leq 3$]

16. Σε τοπικό δίκτυο δακτυλίου με σκυτάλη με ταχύτητα μετάδοσης 20 Mbps, συνδέονται 100 σταθμοί μέσω κέντρου καλωδίωσης, από το οποίο κάθε σταθμός απέχει 100 m. Το μήκος της σκυτάλης είναι 3 byte και χρησιμοποιείται πρωτόκολλο RAR. Η ταχύτητα διάδοσης στο καλώδιο είναι 200 m/ μ sec και η καθυστέρηση που εισάγει κάθε σταθμός είναι 2 bit. Αν όλοι οι συνδεδεμένοι σταθμοί έχουν πλαίσια να στέλνουν:

- (α) Για ποιο μήκος πλαισίου η απόδοση είναι 50%;
- (β) Πόσα συνεχόμενα πλαίσια με μήκος αυτό που υπολογίστηκε στο ερώτημα (α) πρέπει να στέλνει κάθε σταθμός, όταν έχει σειρά, για να βελτιωθεί η απόδοση στο 90%;
- (γ) Για πλαίσια μήκους 1000 byte, πόσοι σταθμοί πρέπει να είναι συνδεδεμένοι ώστε η απόδοση του δακτυλίου να είναι 50%;

[Απάντηση: (α) 2200 bit, (β) 9 πλαίσια, (γ) $N = 363$]

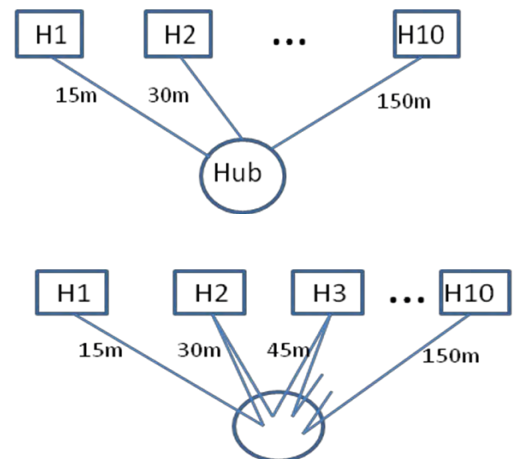
17. Σε τοπικό δίκτυο δακτυλίου με σκυτάλη με ταχύτητα μετάδοσης 4 Mbps, συνδέονται 100 σταθμοί μέσω κέντρου καλωδίωσης, από το οποίο κάθε σταθμός απέχει 100 m. Το μήκος της σκυτάλης είναι 3 byte και χρησιμοποιείται πρωτόκολλο RAR. Η ταχύτητα διάδοσης στο καλώδιο είναι 200000 km/sec και η καθυστέρηση που εισάγει κάθε σταθμός είναι 2 bit. Αν όλοι οι συνδεδεμένοι σταθμοί έχουν πλαίσια να στέλνουν:

- (α) Πόσοι σταθμοί πρέπει να είναι τουλάχιστον συνδεδεμένοι στον δακτύλιο, ώστε να είναι εφικτή η απρόσκοπτη κυκλοφορία της σκυτάλης;
- (β) Για ποιο μήκος πλαισίου και μισούς συνδεδεμένους σταθμούς η απόδοση του δακτυλίου είναι 60%;
- (γ) Ποια θα είναι η απόδοση, αν συνδεθούν όλοι οι σταθμοί και στέλνουν πλαίσια με μήκος αυτό που υπολογίστηκε στο ερώτημα (β);

[Απάντηση: (α) $N \geq 4$, (β) 450 bit, (γ) $\eta = 0.429$]

18. Στο σχήμα φαίνεται ένα δίκτυο CSMA/CD ταχύτητας 100 Mbps που συνδέει 10 υπολογιστές. Η ταχύτητα διάδοσης του σήματος στα καλώδια είναι $2 \times 10^8 \text{ m/s}$. Κάθε υπολογιστής συνδέεται στο hub με διαφορετικού μήκους καλώδιο. Ο H1 με καλώδιο 15m, ο H2 με καλώδιο 30m κ.ο.κ. μέχρι τον H10, που συνδέεται με καλώδιο 150m.

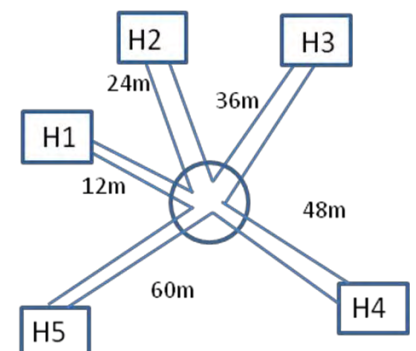
- α) Υπολογίστε το ελάχιστο μήκος πλαισίου F_{\min} αυτού του δικτύου σε ακέραιο αριθμό byte, ώστε το πρωτόκολλο CSMA/CD να λειτουργεί σωστά.
- β) Αν το δίκτυο μεταφέρει πλαίσια μήκους 100 byte, από τα οποία τα 20 byte είναι επικεφαλίδα, ποια είναι η μέση διέλευση ωφέλιμης πληροφορίας;
- γ) Το hub αντικαθίσταται από ένα κέντρο καλωδίωσης, ενώ οι υπολογιστές παραμένουν στις ίδιες θέσεις και συνδέονται πλέον σειριακά, όπως στο σχήμα. Ποιο είναι το F_{\min} γι' αυτό το δίκτυο των 100Mbps;
- δ) Για το δίκτυο του ερωτήματος (γ), ποια είναι η μέση διέλευση ωφέλιμης πληροφορίας, αν η πληροφορία χρήστη σε κάθε πλαίσιο είναι 80 byte;



[Απάντηση: (α) 36 byte, (β) 42.32 Mbps, (γ) 186 byte, (δ) 12.3 Mbps]

19. Στο δίκτυο του σχήματος φαίνεται δακτύλιος με σκυτάλη ρυθμού μετάδοσης 8 Mbps που συνδέει 5 υπολογιστές. Το μήκος της σκυτάλης είναι 3 byte και η ταχύτητα διάδοσης του σήματος στα καλώδια είναι $2 \times 10^8 \text{ m/s}$. Κάθε υπολογιστής απέχει από το κέντρο καλωδίωσης διαφορετική απόσταση, όπως φαίνεται στο σχήμα.

- (α) Αν η καθυστέρηση σε υπολογιστή είναι 1 bit, να βρεθεί η επιπλέον καθυστέρηση (σε διάρκειες bit) που εισάγει ο σταθμός επόπτης, ώστε να γίνεται απρόσκοπτα η κυκλοφορία της σκυτάλης.
- (β) Ο δακτύλιος χρησιμοποιεί πρωτόκολλο RAR και είναι βαρέως φορτισμένος. Όλα τα αποσπελλόμενα πλαίσια έχουν μήκος $F = 90 \text{ byte}$ από τα οποία τα 8 byte είναι επιβάρυνση. Ποιος είναι ο μέσος καθαρός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων ανά σταθμό;



[Απάντηση: (α) 5 bit, (β) 1.41 Mbps]

20. Πρόκειται να συνδεθούν 48 υπολογιστές, που ο καθένας τους μεταδίδει κατά μέσο όρο 312 πακέτα μήκους 1500 byte το δευτερόλεπτο, με ισομήκη τηλεφωνικά ζεύγη σε hub ταχύτητας 200 Mbps. Ποιο είναι το μέγιστο μήκος καλωδίου που εξασφαλίζει αυτές τις μεταδόσεις, αν η ταχύτητα διάδοσης του σήματος στα καλώδια είναι $2 \times 10^8 \text{ m/s}$;

[Απάντηση: 135.6 m]

Παρασκευή
25/7/14

Ασκήσεις στα Τοπικά Δίκτυα

Άσκηση 1

N σταθμοί

64 kbps

$F = 2000 \text{ bit}$

1 πλαίσιο / 100 sec

$$\frac{1}{2e} = 0,184 \frac{\text{πλαίσια}}{\text{slot}}$$

$$\frac{64000 \text{ bps}}{2000 \frac{\text{bits}}{\text{πλαίσιο}}} = 32 \frac{\text{slot}}{\text{sec}}$$

$$\text{Μέγιστη Διέλευση} = 0,184 \cdot 32 = 5,89 \text{ πλ/sec}$$

$$N = \frac{5,89 \text{ πλ/sec}}{\frac{1 \text{ πλ}}{100 \text{ sec}}} = 589 \text{ σταθμοί}$$

Β' τρόπος $\frac{1}{2e} \cdot R = 0,184 \cdot 64 = 11,78 \text{ kbps}$

$$\text{Ταχύτητα κάθε σταθμού} = \frac{2000 \text{ bit}}{100 \text{ sec}} = 20 \text{ bps}$$

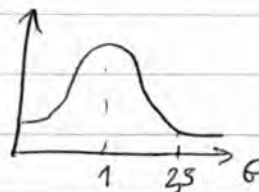
$$N = \frac{11780}{20} = 589$$

Άσκηση 3

$TF = 50 \text{ msec}$

$$\frac{1}{TF} = \frac{1}{50 \cdot 10^{-3}} = 20 \text{ slots/sec}$$

Φορτίο: $G = \frac{50}{20} = 2,5 \frac{\text{απτήσεις}}{\text{slot}}$

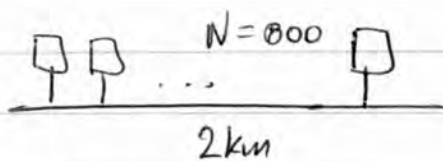


$$\alpha) p = e^{-G} = e^{-2,5} = 0,082$$

$$\beta) p_1 = (1 - e^{-G})^K e^{-G} = (0,918)^K \cdot 0,082$$

$$\gamma) \bar{N} = p \cdot 1 + (1-p)(1+\bar{N}) \Rightarrow \bar{N} = \frac{1}{p} = e^G = e^{2,5} = 12,18 \text{ προσπάθειες}$$

Άσκηση 5



$$F = 250 \text{ byte}$$

$$40 \text{ } \mu\text{s}/\text{sec}/\text{σταθμό}$$

$$R = 100 \text{ Mbps}$$

$$V = 2 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$$

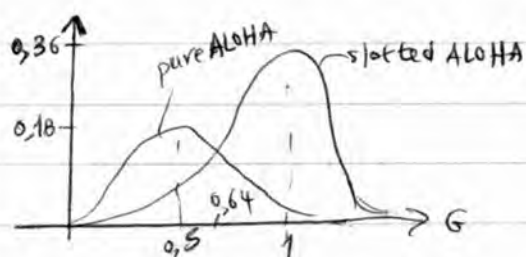
$$\text{PROP} = \frac{2 \text{ km}}{200000 \text{ km/sec}} = 10 \mu\text{sec} \quad \approx \rightarrow \text{δεν έχω κακή απόδοση}$$

$$\text{TF} = \frac{2000 \text{ bit}}{100 \cdot 10^6 \text{ bps}} = 20 \mu\text{sec} = T_{\text{slot}}$$

$$\frac{1}{T_{\text{slot}}} = \frac{1}{20 \mu\text{sec}} = 5 \cdot 10^4 \text{ slots/sec}$$

$$\frac{40 \text{ } \mu\text{s}}{\text{sec. σταθμοί}} \cdot 800 \text{ σταθμοί} = 32000 \text{ } \mu\text{s}/\text{sec}$$

$$\text{Φορτίο } G = \frac{32000}{5 \cdot 10^4} = 0,64 \text{ } \mu\text{s}/\text{slot}$$



$$\text{Pure ALOHA: } \eta_{PA} = G e^{-2G} = 0,64 e^{-1,28} = 0,178 < 0,18$$

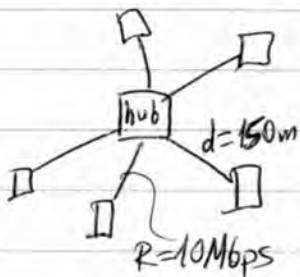
$$\text{Slotted ALOHA: } \eta_{SA} = G e^{-G} = 0,64 \cdot e^{-0,64} = 0,337$$

$$\text{CSMA/CD: } \alpha = \frac{\text{PROP}}{\text{TF}} = 0,5$$

$$\eta_{\text{CSMA/CD}} = \frac{1}{1+5\alpha} = \frac{1}{1+5 \cdot 0,5} = \frac{1}{3,5} = 0,286$$

Άρα συμφέρει το slotted ALOHA, που έχει μεγαλύτερη απόδοση

Άσκηση 7



$$F = 125 \text{ byte}$$

$$N = 50 \text{ τερματικά}$$

$$v = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$100 \text{ πλ/sec/τερματικό}$$

$$F = 125 \cdot 8 = 1000 \text{ bit}$$

$$\text{PROP} = \frac{2d}{v} = \frac{300}{2 \cdot 10^8} = 1,5 \mu\text{sec}$$

↑ θα έχω καλή απόδοση

$$\text{TF} = \frac{F}{R} = \frac{1000}{10^7} = 100 \mu\text{sec}$$

$$\text{Προσφερόμενη κίνηση} = 50 \text{ τερμ.} \frac{100 \text{ πλ}}{\text{sec τερμ}} = 5000 \text{ πλ/sec}$$

$$\alpha) \text{ Slotted ALOHA: } G = \frac{5000}{10000} = 0,5 \text{ πλ/slot}$$

$$S = G e^{-G} = 0,5 e^{-0,5} = 0,303 \text{ πλ/slot}$$

$$\text{Άρα Διεξέλευση} = 3,03 \text{ Mbps}$$

$$\beta) \text{ CSMA/CD: } \alpha = \frac{1,5}{100}$$

$$\eta = \frac{1}{1+5\alpha} = 0,93$$

$$\text{Διεξέλευση} = \eta R = 9,3 \text{ Mbps}$$

Άσκηση 11 e χρονολογίες μεταδόσ., A μεταδόσεις $\Rightarrow e+A-1$ χρονολογίες
κατά μέσο όρο για A μεταδόσεις

$$\eta = \frac{A}{e+A-1}$$

βλ. βλ. $\eta = \frac{A}{A+B}$, όπου B τα πακέτα που αναδίδονται για τις A μεταδόσεις

Για $A=1$ ισχύει ότι $\eta = \frac{1}{e} \Rightarrow B = e-1$

Άσκηση 12 LAN με M υπολογιστές

$$R = 25 \text{ Mbps}$$

$$d = 100 \text{ m}$$

$$E = P = 64 \text{ byte}$$

$$F = 1250 \text{ byte}$$

$$PROP = \frac{100}{3 \cdot 10^8} = 0,33 \mu\text{sec}$$

για απρόσκοπτες μεταδόσεις

$$TF = \frac{1250 \cdot 8}{25 \cdot 10^6} = 400 \mu\text{sec}$$

$$TP = \frac{64 \cdot 8}{25 \cdot 10^6} = 20 \mu\text{sec}$$

$$a) \frac{1}{TF} = \frac{1}{400 \mu\text{sec}} = 2500 \text{ πα/sec}$$

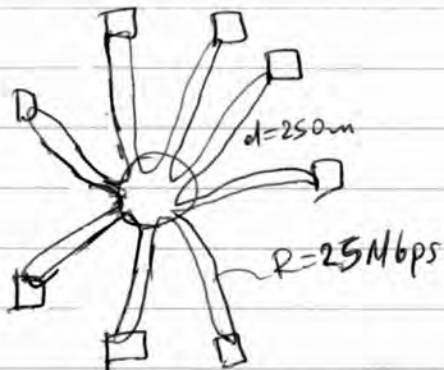
$$b) \text{ Φορτίο } \rho = \frac{M \cdot N \cdot TF}{M \cdot (N \cdot TF + TP + TE + 2PROP)} \rightarrow \text{ υψηλότερος χρόνος για μεταδόσ.}$$

Για $N \rightarrow \infty : \rho \rightarrow 1$

Για $N=10$: $\rho = 0,99$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\lambda}{2500 \pi / \text{sec}} \Rightarrow \lambda = 2475 \pi / \text{sec}$$

Άσκηση 14 $N = 125$ σταθμοί



$$v = 2,5 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$F = 1250 \text{ byte}$$

$$H = 8 \text{ byte}$$

RAR: Release After Reception

α)

$$TF = \frac{1250 \cdot 8}{2,5 \cdot 10^8} = 400 \mu\text{sec}$$

$$PROP = \frac{N \cdot 2d}{v} + \frac{N \cdot 8}{R} = 290 \mu\text{sec}$$

\downarrow διάδοση στο ενσύρματο κομμάτι \rightarrow καθυστέρηση στον σταθμό

$$\alpha = \frac{PROP}{TF} = 0,725$$

$$\eta = \frac{1}{1+\alpha} = 0,58$$

$$\Delta \epsilon \lambda \epsilon \upsilon \sigma \eta = \eta \cdot R = 0,58 \cdot 25 = 14,5 \text{ Mbps (μαζί με τις επικεφαλίδες)}$$

$$\Delta \epsilon \lambda \epsilon \upsilon \sigma \eta \text{ υφ' ελευθέρης πληροφορίας} = \Delta \epsilon \lambda \epsilon \upsilon \sigma \eta \cdot \frac{F-H}{F} = 14,4 \text{ Mbps}$$

β)

$$THT = 25 TF = 25 \cdot 400 \mu\text{sec} = 10 \text{ msec}$$

$$\alpha' = \frac{PROP}{THT} = 0,029$$

$$\eta' = \frac{1}{1+\alpha'} = 0,972$$

$$\Delta\epsilon\lambda\upsilon\sigma\eta = \eta \cdot R = 24,3 \text{ Mbps}$$

$$\begin{aligned} \Delta\epsilon\lambda\upsilon\sigma\eta \text{ \u00e1}\rho\epsilon\lambda\epsilon\mu\epsilon\tau\eta\varsigma \text{ \u00c0}\lambda\eta\theta\omicron\rho\omicron\rho\eta\varsigma / \sigma\alpha\theta\mu\acute{o}\varsigma &= \eta \cdot R \cdot \frac{F-H}{F} \cdot \frac{1}{N} \\ &= 24,3 \cdot \frac{1242}{1250} \cdot \frac{1}{125} = 193,16 \text{ kbps} \end{aligned}$$

Άσκηση 15

$$\begin{aligned} R &= 100 \text{ Mbps} \\ \text{PROP} &= 200 \text{ } \mu\text{sec} \\ F &= 500 \text{ byte} / 1 \text{ msec} \end{aligned}$$

— | RAT : Release After Transmission

$$T_{\text{bit}} = \frac{1}{R} = 10 \text{ nsec} \ll \text{PROP}$$

$$TF = \frac{500 \cdot 8}{10^6} = 40 \text{ } \mu\text{sec}$$

α) Μετά από ένα κύκλο $N \cdot TF + \text{PROP} \leq 1 \text{ msec}$ (1 κύκλο η σκόνη)
 $\Leftrightarrow N \leq 20 \text{ \u00c0}\alpha\theta\mu\acute{o}\iota$

β) $\text{PROP} + N \cdot (\text{PROP} + TF) \leq 1 \text{ msec} \Leftrightarrow N \leq 3 \text{ \u00c0}\alpha\theta\mu\acute{o}\iota$

PROP
 1 κύκλος
 σκόνης

$N \cdot \text{PROP}$
 1 κύκλος
 κάθε μετάδοση

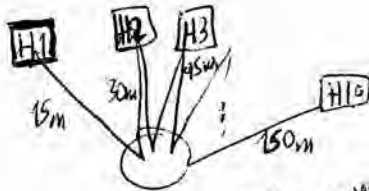
$N \cdot TF$
 1 μετάδοση
 για κάθε πακέτο

Άσκηση 18



$$R = 100 \text{ Mbps}$$

$$v = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$



απόσταση μεταξύ στέλες και προέκτασης
10⁸ bps

$$a) F_{min} = 2 \frac{135 + 150}{2 \cdot 10^8} \cdot R = 285 \text{ bit} \sim 288 \text{ bit} = 36 \text{ byte}$$

(236 = 72 < 100 μέγεθος πλαίσιο)

$$b) \eta = \frac{1}{1 + 5\alpha} = \frac{1}{1 + 5 \frac{285/2 \cdot 10^8}{\frac{100 \cdot 8}{10^9}}} = 0,529$$

$$\Delta \epsilon \lambda \epsilon \upsilon \sigma \eta = \eta \cdot R \cdot \frac{80}{100} = 0,529 \cdot 100 \cdot \frac{80}{100} = 42,32 \text{ Mbps}$$

$$g) \ell = 15 + 30 + 90 + \dots + 150 = 1485 \text{ m}$$

$$F_{min} = 2 \frac{\ell}{v} \cdot R = \frac{2 \cdot 1485}{2 \cdot 10^8} \cdot 10^8 = 1485 \text{ bit} \sim 1488 \text{ bit} = 186 \text{ byte}$$

$$d) \eta' = \frac{1}{1 + 5\alpha'}$$

$$\alpha' = \frac{PROP}{TF} = 0,5 \text{ (αχύνει όταν χρησιμοποιώ πλαίσιο ελάχιστης μήκους και } 186 \text{ byte} > 100 \text{ byte μέγεθος πλαισίου)}$$

$$\eta' = \frac{1}{3,5} = 0,286$$

$$\Delta \epsilon \lambda \epsilon \upsilon \sigma \eta = \eta' \cdot R \cdot \frac{80}{100} = 12,3 \text{ Mbps}$$

Διαγνώσκει: Μεταγωγή πακέτων — Αναγνώσων
Πρωτόκολλα
Data link — Θεωτόγος
Σεφύρα Δικτύου

12 Ιουλίου 2014

Άσκηση 1 [*Tanenbaum 4th ed., ex. 4-21*] Να θεωρήσετε ένα δίκτυο CSMA/CD που τρέχει με 1 Gbps σε καλώδιο μήκους ενός χιλιομέτρου χωρίς επαναλήπτες. Η ταχύτητα διάδοσης του σήματος στο καλώδιο είναι 2×10^8 km/sec. Ποιο είναι το ελάχιστο μήκος πακέτου; \square

Λύση: Το ελάχιστο μήκος πακέτου προσδιορίζεται από το ότι το τελευταίο του bit δεν πρέπει να έχει φύγει πριν φτάσει πίσω ο θόρυβος από ενδεχόμενη σύγκρουση με το πρώτο του bit, δηλαδή πρέπει να έχει διάρκεια μετάδοσης 2τ , όπου τ είναι ο χρόνος να διανύσει ένα σήμα το μήκος του καλωδίου, δηλαδή

$$2\tau = \frac{2 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 10^{-5} \text{ sec} = 10 \mu\text{sec}$$

Το ελάχιστο μήκος πακέτου είναι επομένως

$$10^{-5} \times 10^9 = 10^4 \text{ bits} = 1250 \text{ bytes}$$

Άσκηση 2 [*Tanenbaum 4th ed., modified ex. 4-20*] Δύο σταθμοί Ethernet (κλασσικού ή πλήμνης, όχι switched) προσπαθούν να μεταδώσουν μεγάλα αρχεία που αποτελούνται από πολλά πλαίσια. Μετά από τη μετάδοση κάθε πλαισίου μπαίνουν σε ανταγωνισμό χρήσης του καναλιού με τη χρήση του αλγόριθμου εκθετικής υποχώρησης, όπως αυτή προβλέπεται στο 802.3. Ποια είναι (α) η πιθανότητα να τελειώσει ο ανταγωνισμός στο γύρο k , (β) ποιος είναι ο μέσος αριθμός γύρων και (γ) ποια είναι η πιθανότητα να τελειώσει η περίοδος ανταγωνισμού χωρίς τελικά να επιτευχθεί αποστολή του πλαισίου. Να υποθέσετε ότι σε όλο αυτό το χρονικό διάστημα κανένας άλλος σταθμός δεν προσπαθεί να κάνει μεταδόσεις. \square

Λύση: Το φαινόμενο εξελίσσεται ως εξής:

- Στην πρώτη σχισμή (slot) έχουν και οι δύο σταθμοί από ένα πλαίσιο, το οποίο μεταδίδουν με επιμονή 1, οπότε η πιθανότητα επιτυχίας είναι μηδενική.
- Μετά την πρώτη σύγκρουση ακολουθεί περίοδος 2 σχισμών, η οποία θα είναι επιτυχής μόνο αν ο πρώτος σταθμός μεταδώσει στην πρώτη σχισμή και δεύτερος στη δεύτερη ή αντίστροφα, άρα με πιθανότητα

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

- Γενικά μετά την k -οστή ($1 \leq k \leq 10$) σύγκρουση διατίθεται διάστημα μήκους 2^k . Στο διάστημα αυτό η πιθανότητα να πέσει ένας σταθμός σε μια συγκεκριμένη σχισμή είναι 2^{-k} , η πιθανότητα να πέσουν και οι δύο στην ίδια συγκεκριμένη σχισμή είναι $(2^{-k})^2 = 2^{-2k}$, και η πιθανότητα να πέσουν και οι δύο μαζί σε μια οποιαδήποτε από τις 2^k σχισμές είναι $2^k \times 2^{-2k} = 2^{-k}$. Άρα η πιθανότητα να γίνει επιτυχής μετάδοση μετά από k γύρους, στους οποίους έχουν γίνει συγκρούσεις, και να λήξει ο ανταγωνισμός είναι

$$1 - 2^{-k}$$

Στην περίπτωση βέβαια αυτή ο ανταγωνισμός θα διαρκέσει $k + 1$ γύρους τουλάχιστον και η παραπάνω πιθανότητα δίνει την πιθανότητα να γίνει αυτό το γεγονός δεδομένου ότι ήδη έχει διαρκέσει k περιόδους.

Επομένως αν N είναι ο αριθμός των γύρων, γνωρίζουμε ως τώρα ότι

$$\Pr\{N = k + 1/N \geq k + 1\} = 1 - 2^{-k}$$

Επειδή όμως

$$\Pr\{N = k\} = \Pr\{N = k/N \geq k\} \Pr\{N \geq k\}$$

για τον υπολογισμό της $\Pr\{N = k\}$ απαιτείται προφανώς η $\Pr\{N \geq k\}$, η οποία υπολογίζεται ως εξής: Το γεγονός $\{N \geq k\}$ θα συμβεί όταν και μόνον όταν συμβούν συγκρούσεις στους πρώτους $k - 1$ γύρους. Για τους πρώτους 11 γύρους, όπου διπλασιάζεται κάθε φορά το πλήθος των διαθέσιμων σχισμών, ισχύει ότι η πιθανότητα σύγκρουσης (βλ. και παραπάνω) μέσα σε n σχισμές είναι $n \times (1/n)^2 = 1/n$, όπου $n = 2^0, 2^1, \dots, 2^{k-2}$ στον πρώτο, στον δεύτερο, ..., στον $k - 1$ γύρο, άρα

$$\Pr\{N \geq k\} = \frac{1}{2^0} \times \frac{1}{2^1} \times \dots \times \frac{1}{2^{k-2}} = \frac{1}{2^{\sum_{i=0}^{k-2} i}} = \frac{1}{2^{\frac{(k-1)(k-2)}{2}}}$$

Άρα

$$\begin{aligned} \Pr\{N = k\} &= \Pr\{N = k/N \geq k\} \Pr\{N \geq k\} \\ &= (1 - 2^{-(k-1)}) \frac{1}{2^{\frac{(k-1)(k-2)}{2}}} \end{aligned} \quad (1)$$

και αυτό ισχύει μέχρι και $k = 11$, επειδή ως τότε διπλασιάζεται κανονικά κάθε φορά το διάστημα ανταγωνισμού. Εναλλακτικά η ίδια πιθανότητα θα μπορούσε να υπολογισθεί ως

$$\Pr\{N = k\} = \Pr\{N \geq k\} - \Pr\{N \geq k + 1\}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{2^{\frac{(k-1)(k-2)}{2}}} - \frac{1}{2^{\frac{k(k-1)}{2}}} \\
&= \frac{1}{2^{\frac{(k-1)(k-2)}{2}}} - \frac{1}{2^{\frac{(k-1)(k-2)}{2} + k - 1}} \\
&= \frac{1}{2^{\frac{(k-1)(k-2)}{2}}} \left(1 - \frac{1}{2^{k-1}} \right)
\end{aligned}$$

Ο ενδέκατος γύρος έχει γίνει με επιλογή ανάμεσα σε 2^{10} σχισμές, το ίδιο όμως περαιτέρω θα συμβεί με τους γύρους 12 ως και 16. Δηλαδή για τον γύρο $11 + k$ (με $k = 0, 1, 2, \dots, 6$) ισχύει

$$\Pr\{N \geq 11 + k\} = \frac{1}{2^0} \times \frac{1}{2^1} \times \dots \times \frac{1}{2^9} \times \dots \times \left(\frac{1}{2^{10}}\right)^k = \frac{1}{2^{45+10k}}$$

Βέβαια επειδή 17ος γύρος δεν υπάρχει, η πιθανότητα

$$\Pr\{N \geq 17\} = \frac{1}{2^{45+10 \times 6}} = 2^{-105} \approx 10^{-32}$$

εκφράζει την πιθανότητα αποτυχίας αποστολής ενός πλαισίου (ενν. στις δεδομένες συνθήκες της άσκησης). Η αντίστοιχη πιθανότητα για 11 ως 16 γύρους (με $k = 0, 1, 2, \dots, 6$) είναι

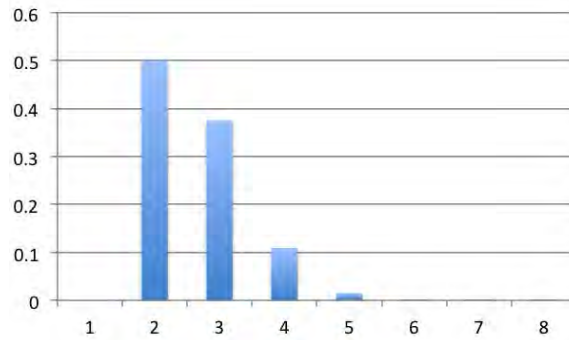
$$\Pr\{N = 11 + k\} = \Pr\{N \geq 11 + k\}(1 - 2^{-10}) = \frac{1 - 2^{-10}}{2^{45+10k}}$$

k	Pr[T=k]	Pr[T>=k]
1	0	1
2	0.5	1
3	0.375	0.5
4	0.109375	0.125
5	0.014648438	0.015625
6	0.000946045	0.000976563
7	3.00407E-05	3.05176E-05
8	4.73112E-07	4.76837E-07
9	3.71074E-09	3.72529E-09
10	1.45235E-11	1.45519E-11
11	2.8394E-14	2.84217E-14
12	2.77285E-17	2.77556E-17
13	2.70786E-20	2.71051E-20
14	2.64439E-23	2.64698E-23
15	2.58242E-26	2.58494E-26
16	2.52189E-29	2.52435E-29
17	0	2.46519E-32

Σχήμα 1: Αριθμητικά αποτελέσματα για την $\Pr\{N = k\}$ της Άσκησης 2.

Το μέσο πλήθος γύρων είναι

$$E\{N\} = \sum_{i=1}^{16} i \Pr\{N = i\} = 2.64$$



Σχήμα 2: Διάγραμμα για την $\Pr\{N = k\}$ της Άσκησης 2.

και η μέση καθυστέρηση ενός πλαισίου μετρημένη σε σχισμές είναι:

$$E\{D\} = \sum_{i=2}^{11} \left(\sum_{k=0}^{i-2} 2^k + 2^{i-1}/2 \right) \Pr\{N = i\} + \sum_{i=12}^{16} \left(\sum_{k=0}^{10} 2^k + (i-12)2^{10} + 2^9 \right) \Pr\{N = i\}$$

όπου λαμβάνεται υπόψη ότι αν συμβούν ακριβώς i γύροι, θα έχουν αποτύχει $i-1$ ολόκληροι γύροι με συνολικό μήκος $\sum_{k=0}^{i-2} 2^k$ σχισμών και ο επόμενος επιτυχημένος γύρος μήκους 2^{i-1} θα φιλοξενήσει κατά μέσο όρο στη μέση του το πλαίσιο, άρα θα χαθούν ακόμη κατά μέσο όρο $2^{i-2}/2 = 2^{i-2}$ σχισμές. Αυτά όμως ισχύουν για τους γύρους 2 ως 11, ενώ για τον 12ο ως 16ο προστίθενται κάθε φορά 2^{10} σχισμές από τον προηγούμενο γύρο και οι μισές δικές του, ήτοι ακόμη 2^9 . Για το εσωτερικό άθροισμα ισχύει

$$\sum_{k=0}^{i-2} 2^k + 2^{i-1}/2 = 2^{i-1} - 1 + 2^{i-2} = 3 \times 2^{i-2} - 1$$

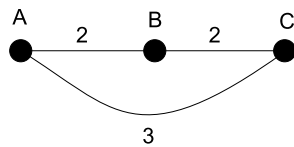
Από πλευράς προσέγγισης οι γύροι 11 ως 16 έχουν αμελητέα συμβολή και θα μπορούσε κανείς με μεγάλη ακρίβεια να χρησιμοποιήσει μόνο τους πρώτους δέκα γύρους για τον υπολογισμό. Εν πάση περιπτώσει το άθροισμα είναι περίπου 4.462.

Άσκηση 3 Δίνεται ο γράφος του Σχ. 3.

(α) Να υπολογίσετε το ελάχιστο διατρέχον δέντρο (minimum spanning tree).

(β) Να υπολογίσετε το δέντρο ελάχιστων μονοπατιών (minimum path tree) που ξεκινούν από τον κόμβο A.

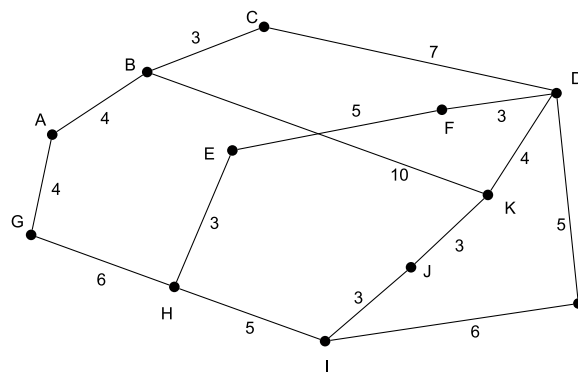
Η άσκηση αυτή έχει σκοπό να σας δείξει ότι το δέντρο που αποτελείται από τα ελάχιστα μονοπάτια που ξεκινούν από ένα κόμβο είναι διαφορετικό από το ελάχιστο διατρέχον δέντρο. □



Σχήμα 3: Το δίκτυο της Άσκησης 3

Λύση: (α) Είναι εύκολο χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο του Prim να δείτε ότι το minimum spanning tree είναι A-B-C με συνολικό μήκος 4.
 (β) Χρησιμοποιώντας π.χ. τον αλγόριθμο του Dijkstra μπορείτε να βρείτε ότι το ελάχιστο μονοπάτι προς τον B προφανώς είναι το A-B με μήκος 2, ενώ το ελάχιστο μονοπάτι προς τον C είναι το A-C με μήκος 3. Άρα συνολικά το minimum path tree είναι ο γράφος B-A-C με συνολικό μήκος 5.

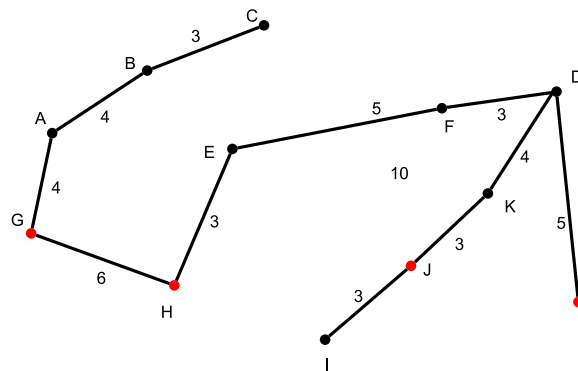
Άσκηση 4 Να υπολογίσετε ένα διατρέχον δέντρο πολυεκπομπής (multicast spanning tree) για τον δρομολογητή C στο υποδίκτυο του σχήματος για τους κόμβους A, B, C, D, E, F, I, K. □



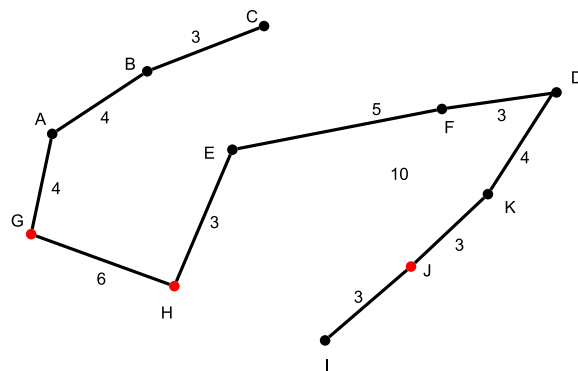
Σχήμα 4: Το δίκτυο της Άσκησης 4

Λύση: Ο υπολογισμός θα γίνει με τον προσεγγιστικό τρόπο που αναφέρεται στο βιβλίο του Tanenbaum, δηλαδή αρχίζοντας από το ελάχιστο δέντρο και κόβοντας τα άσχετα φύλλα.

Αρχικά φτιάχνουμε ένα ελάχιστου μήκους δέντρο:

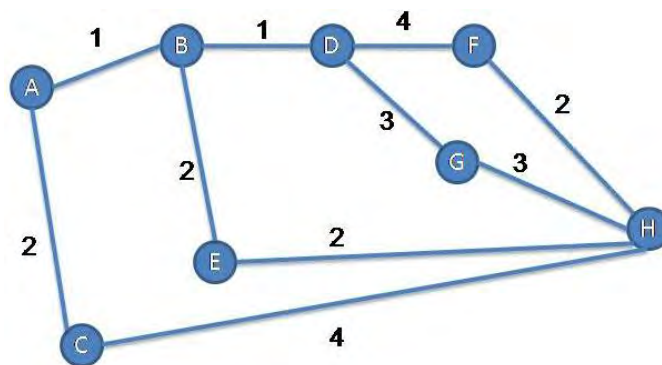


Στη συνέχεια κόβουμε τα φύλλα που δεν είναι επιθυμητοί κόμβοι (κόκκινοι κόμβοι):



Άσκηση 5 Στον αλγόριθμο Bellman-Ford οι αρχικές τιμές των αποστάσεων των κόμβων από τον κόμβο αναφοράς συνήθως τοποθετούνται ίσες με $+\infty$. Να δείξετε όμως εσείς στο παράδειγμα του σχήματος ότι (i) ο αλγόριθμος συγκλίνει και με αρχικές τιμές ίσες με 0 ή και (ii) με αρχικές τιμές ίσες με τυχόντα μη αρνητικό ακέραιο. Ως κόμβος από τον οποίο πρέπει να υπολογισθούν οι αποστάσεις να θεωρηθεί ο κόμβος H . \square

Λύση: (i) Ξεκινώντας με μηδενικές αρχικές τιμές ο παρακάτω πίνακας σε κάθε σειρά του δείχνει ένα βήμα ανανέωσης των αποστάσεων των κόμβων από τον κόμβο H . Αν ο πίνακας συνεχιστεί προς τα κάτω προκύπτει συνεχώς το ίδιο αποτέλεσμα, γεγονός που δείχνει τη σύγκλιση στις σωστές τιμές.



Σχήμα 5: Η τοπολογία του δικτύου της Άσκησης 5

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
0	0	0	0	0	0	0
1	1	2	1	2	2	3
2	2	3	2	2	2	3
3	3	4	3	2	2	3
4	4	4	4	2	2	3
5	4	4	5	2	2	3
5	4	4	5	2	2	3

Στη συνέχεια καταρτίζουμε παρόμοιο πίνακα ξεκινώντας με άλλες αρχικές τιμές, π.χ. 1,2,3,4,5,6,7.

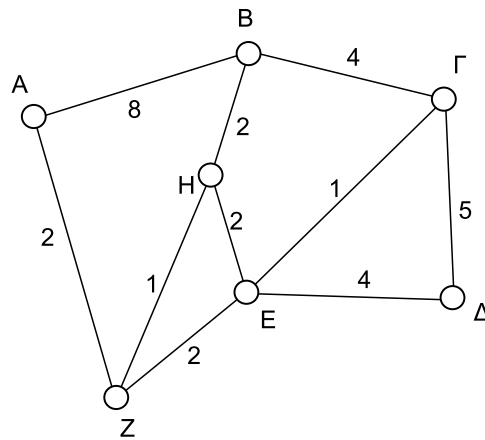
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
1	2	3	4	5	6	7
3	2	4	3	2	2	3
3	2	4	3	2	2	3
3	4	4	3	2	2	3
5	4	4	5	2	2	3

Δοκιμάστε στη συνέχεια να δείξετε ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει και πάλι αν γίνει μεταβολή στην τοπολογία του δικτύου. Π.χ. μπορείτε να προσπαθήσετε να καταρτίσετε τον ίδιο πίνακα όταν αφαιρεθεί η γραμμή *EH* αρχίζοντας από τις τιμές της τελευταίας γραμμής του παραπάνω πίνακα.

Άσκηση 6 Στο δίκτυο του σχήματος 6 ακολουθείται αλγόριθμος πλημύρας.

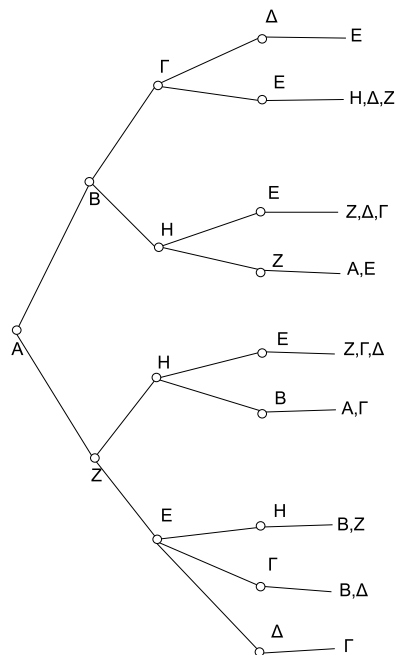
(α) Πόσα πακέτα θα έχουν παραχθεί μέχρι να φτάσει για πρώτη φορά στον προορισμό του ένα πακέτο που πρέπει να πάει από τον *A* στον *E*;

(β) Πόσα πακέτα θα έχουν παραχθεί σε τέσσερα βήματα;



Σχήμα 6: Η τοπολογία του δικτύου της Άσκησης ;;

Λύση: Στο Σχ. 7 φαίνονται τα πακέτα που έχουν γεννηθεί στα 4 πρώτα βήματα. Άρα η απάντηση στο ερώτημα (α) είναι 6, διότι αρκούν τα δυο πρώτα βήματα, ενώ για το ερώτημα (β) μέχρι το 4ο βήμα έχουν δημιουργηθεί 34 πακέτα.



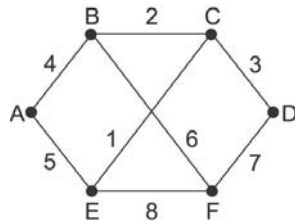
Σχήμα 7: Η λύση της Άσκησης 6

Άσκηση 7 [Tanenbaum, ασκ. 5.6] Στο Σχήμα 8 φαίνεται ένα δίκτυο με έξι κόμβους A, \dots, F . Χρησιμοποιείται δρομολόγηση διανύσματος α-

πόστασης και τα εξής διανύσματα έχουν μόλις φτάσει στον δρομολογητή C :

- Από τον B : $(5, 0, 8, 12, 6, 2)$,
- από τον D : $(16, 12, 6, 0, 9, 10)$
- από τον E : $(7, 6, 3, 9, 0, 4)$.

Το κόστος των συνδέσμων από τον C στους B, D, E είναι 6, 3 και 5 αντίστοιχα. Ποιος είναι ο νέος πίνακας δρομολόγησης; Να δώσετε την εξερχόμενη γραμμή και το κόστος. \square



Σχήμα 8: Το δίκτυο της Άσκησης 7

Λύση: Άρα ο C υπολογίζει την νέα απόστασή του από τον τυχόντα κόμβο X ως εξής:

$$d'_{CX} = \min\{d_{CB} + d_{BX}, d_{CD} + d_{DX}, d_{CE} + d_{EX}\}$$

έχοντας παραλάβει από τον κόμβο Y ($Y = B, D, E$) το διάνυσμα

$$\delta_Y = (d_{YA}, d_{YB}, d_{YC}, d_{YD}, d_{YE}, d_{YF})$$

όπου $\delta_B = (5, 0, 8, 12, 6, 2)$, $\delta_D = (16, 12, 6, 0, 9, 10)$ και $\delta_E = (7, 6, 3, 9, 0, 4)$.

- Από τον A :

$$d'_{CA} = \min\{6 + 5, 3 + 16, 5 + 7\} = 11$$

- Από τον B :

$$d'_{CB} = \min\{6 + 0, 3 + 12, 5 + 6\} = 6$$

- Από τον D :

$$d'_{CD} = \min\{6 + 12, 3 + 0, 5 + 9\} = 3$$

- Από τον E :

$$d'_{CE} = \min\{6 + 6, 3 + 9, 5 + 0\} = 5$$

- Από τον F :

$$d'_{CF} = \min\{6 + 2, 3 + 10, 5 + 4\} = 8$$

Ο πίνακας δρομολόγησης έχει ως εξής:

A	B	11
B	B	6
D	D	3
E	E	5
F	B	8

Άσκηση 8 [Tanenbaum, ασκ. 5.7] (α) Αν τα κόστη καταγράφονται ως αριθμοί μήκους 8-bit σε ένα δίκτυο με 50 δρομολογητές και τα διανύσματα απόστασης ανταλλάσσονται δυο φορές το δευτερόλεπτο, πόσο εύρος ζώνης ανά γραμμή (full-duplex) καταναλώνεται από τον αλγόριθμο κατανεμημένης δρομολόγησης; Να υποθέσετε ότι κάθε δρομολογητής συνδέεται με τρεις γραμμές με άλλους δρομολογητές. (β) Ποιο είναι το συνολικό εύρος ζώνης που καταναλώνεται σε όλο το δίκτυο; \square

Λύση: (α) Κάθε δρομολογητής σε κάθε εξερχόμενη γραμμή στέλνει ανά μισό sec $8 \times 50 = 400$ bits άρα για τη διπλής κατεύθυνσης γραμμή 800 bps.

(β) Επειδή κάθε δρομολογητής στέλνει σε 3 γραμμές, το σύνολο σε όλο το δίκτυο είναι $3 \times 50 \times 800 = 0.12$ Mbps.

Άσκηση 9 [Tanenbaum, ασκ. 5.8] Στον πίνακα του Σχ. 5.13 του βιβλίου, Σχ. 9 εδώ, το λογικό OR των δύο στηλών των ACF bits είναι 111 σε κάθε σειρά. Είναι τυχαίο; \square

Λύση: Στην δεξιά στήλη είναι οι κόμβοι από τους οποίους έχει έρθει το πακέτο ενημέρωσης, άρα πρέπει να φύγει ACK. Στην αριστερή στήλη αντίθετα φαίνονται οι κόμβοι προς τους οποίους πρέπει να πάει το πακέτο. Οι γείτονες πέφτουν ή στη μια ή στην άλλη κατηγορία, δηλαδή ή χρειάζονται ACK ή SEND, επομένως όλες οι γραμμές πρέπει να έχουν συμπληρωματικά bits για τον ίδιο κόμβο αριστερά και δεξιά.

Άσκηση 10 [Tanenbaum, ασκ. 5.9] (α) Χρησιμοποιείται ιεραρχική δρομολόγηση δύο επιπέδων σε δίκτυο με 4800 δρομολογητές. Ποιο θα είναι το μέγεθος κάθε επιπέδου ώστε να ελαχιστοποιείται το μέγεθος του πίνακα δρομολόγησης;

(β) Να λύσετε το ίδιο πρόβλημα για τρία επίπεδα. \square

Προέλευση	Ακολουθία	Ηλικία	Σημείες αποστολής			Σημείες επιβεβαίωσης			Δεδομένα
			A	C	F	A	C	F	
A	21	60	0	1	1	1	0	0	
F	21	60	1	1	0	0	0	1	
E	21	59	0	1	0	1	0	1	
C	20	60	1	0	1	0	1	0	
D	21	59	1	0	0	0	1	1	

Σχήμα 9: Ο πίνακας της Άσκησης 10

Λύση: (α) Αν το δίκτυο αποτελείται από y ομάδες με x κόμβους σε κάθε ομάδα, ο πίνακας δρομολόγησης είναι μήκους $x + y - 2$, αλλά οποιαδήποτε από τις $x + y - c$ κι αν ελαχιστοποιηθεί, το αποτέλεσμα είναι το ίδιο. Επομένως το πρόβλημα έχει ως εξής: Να ελαχιστοποιηθεί η

$$f(x, y) = x + y$$

με τον περιορισμό

$$xy = K$$

Θέτοντας $y = K/x$ έχουμε

$$f = x + \frac{K}{x}$$

και παραγωγίζουμε:

$$\frac{df}{dx} = 1 - \frac{K}{x^2}$$

Τέλος

$$\frac{df}{dx} = 0 \Leftrightarrow x = \sqrt{K}$$

Ωστόσο οι λύσεις πρέπει να είναι ακέραιες, ενώ $\sqrt{4800} = 69.3$. Δοκιμάζουμε τις κοντινές ακέραιες λύσεις: $69^2 < 4800$, $70 \times 69 = 4830$, $68 \times 70 = 4760$. Διαλέγουμε άρα $x = 70$, $y = 69$ ή αντίστροφα. Ο πίνακας έχει μήκος $70 + 69 - 2 = 137$.

(β) Για τρία επίπεδα θα έχουμε το πρόβλημα Να ελαχιστοποιηθεί η

$$f(x, y, z) = x + y + z$$

με τον περιορισμό

$$xyz = K$$

Για οποιοδήποτε z , άρα και για το βέλτιστο, αρκεί να ελαχιστοποιείται η συνάρτηση των δύο άλλων μεταβλητών, δηλαδή $f(x, y, z) - z$ με τον

περιορισμό $xy = K/z$. Αυτή προφανώς ελαχιστοποιείται, όπως προηγουμένως, για

$$x = y = \sqrt{\frac{K}{z}}$$

οπότε αρκεί πλέον να ελαχιστοποιηθεί η

$$g(z) = z + 2\sqrt{\frac{K}{z}}$$

της οποίας η παράγωγος είναι

$$\frac{dg}{dz} = 1 + 2\sqrt{K} \left(-\frac{1}{2z\sqrt{z}} \right)$$

Η τελευταία μηδενίζεται για $z = K^{-\frac{1}{3}}$. Στην περίπτωση που $K = 4800$, $K^{-\frac{1}{3}} = 16.87$, άρα ψάχνουμε x, y, z περί το 17. Αν θέσουμε $x = y = z = 17$, τότε προφανώς το 4800 υπερκαλύπτεται, αλλά όχι με $16 \times 17 \times 17 = 4624$. Μπορούμε να κάνουμε κι άλλες δοκιμές, π.χ. $(15, 16, 20)$, που δίνει γινόμενο 4800, όμως δεν είναι καλύτερο από το $(17, 17, 17)$ δεδομένου ότι και τα δύο έχουν ίδιο άθροισμα 51, δηλαδή ο πίνακας έχει μήκος 48. Σε τελευταία ανάλυση ο συνδυασμός $(17, 17, 17)$ αφήνει και μια προοπτική επέκτασης ως το $17^3 = 4913$.