



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

### Ασκήσεις στα 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)  $0.918k \times 0.082$ , (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 200 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 1250 byte και η ταχύτητα διάδοσης στις γραμμές είναι  $2 \times 10^8$  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 διάυλος 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 διάυλο 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 rolling για να παρέχει επικοινωνία μεταξύ  $M$  υπολογιστών και ενός κεντρικού σταθμού βάσης. Το σύστημα χρησιμοποιεί διάυλο 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  $u = 200 \text{ m}/\mu\text{sec}$ .

- (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. Σε ρυθμό μετάδοσης των 5 Mbps και με ταχύτητα διάδοσης  $200 \text{ m}/\mu\text{sec}$ , με πόσα μέτρα καλωδίου είναι ισοδύναμη η καθυστέρηση του 1 bit στην διεπαφή ενός δακτυλίου με σκυτάλη;

**[Απάντηση: 40 m]**

15. Ένας βαρέως φορτωμένος δακτύλιος με σκυτάλη, μήκους 1 km και ρυθμού 10 Mbps, έχει ταχύτητα διάδοσης  $200 \text{ m}/\mu\text{sec}$ . Πενήντα σταθμοί έχουν τοποθετηθεί ομοιόμορφα γύρω στο δακτύλιο. Τα πλαίσια δεδομένων είναι 32 byte, συμπεριλαμβανομένων 4 byte επιβάρυνσης. Οι επαληθεύσεις τοποθετούνται εμβόλιμα στα πλαίσια δεδομένων και συμπεριλαμβάνονται έτσι ως εφεδρικά bit στα πλαίσια δεδομένων και παρέχονται ουσιαστικά δωρεάν. Η σκυτάλη είναι 3 byte. Είναι ο καθαρός ρυθμός δεδομένων υψηλότερος ή χαμηλότερος από τον καθαρό ρυθμό δεδομένων ενός δικτύου CSMA/CD των 10 Mbps;

**[Απάντηση: 7.97 Mbps, μεγαλύτερος του ρυθμού του CSMA/CD (5.06 Mbps)]**

16. Ένας δακτύλιος οπτικής ίνας με σκυτάλη που χρησιμοποιείται σε MAN έχει μήκος 200 km και λειτουργεί στα 100 Mbps. Ο δακτύλιος χρησιμοποιεί πρωτόκολλο RAR, η ταχύτητα διάδοσης του σήματος στην ίνα είναι  $200.000 \text{ km}/\text{sec}$  και το μέγιστο μήκος πλαισίου είναι 1 KB. Ποια είναι η μέγιστη απόδοση του δακτυλίου;

**[Απάντηση: 7.58 Mbps]**

17. 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  $d = 250 \text{ m}$ , η ταχύτητα των γραμμών μετάδοσης είναι  $R = 25 \text{ Mbps}$  και το σήμα διαδίδεται στη γραμμή με ταχύτητα  $u = 2.5 \times 10^8 \text{ m}/\text{sec}$ . Όλα τα πλαίσια έχουν μήκος  $F = 1250 \text{ byte}$  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]**

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

- (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)  $N \leq 3$  ]**

19. 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/μsec 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)  $N = 363$  ]**

20. 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)  $\eta = 0.429$ ]**