

30 Μαρτίου 2022

**Άσκηση 1** Εξάρτηση του *throughput* του *Stop-and-Wait* από το ρυθμό μετάδοσης της ζεύξης.

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.

- (a) 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.
- (b) Να ξαναλύσετε την ίδια άσκηση, υποθέτοντας όμως ότι η ταχύτητα μετάδοσης είναι 100 Mbps.
- (γ) Να δώσετε ένα απλοποιημένο τύπο για διάφορες τιμές της ταχύτητας μετάδοσης και το αντίστοιχο διάγραμμα.
- (δ) Ποια είναι η τιμή της ταχύτητας μετάδοσης για την οποία η διαπερατότητα γίνεται μικρότερη από 50%; ☐

**Άσκηση 2** Εξάρτηση του *throughput* του *Stop-and-Wait* από το μέγεθος πλαισίου.

Έστω ότι ισχύουν τα δεδομένα της Άσκησης ??, εκτός από το ρυθμό μετάδοσης που τώρα είναι ίσος με 10 Mbps.

- (a) Ποια είναι η διαπερατότητα (*throughput*) του πρωτοκόλλου όταν δεν γίνονται σφάλματα μετάδοσης;
- (b) Να υποθέσετε ότι το μήκος πλαισίου μεταβάλλεται από 100 bits ως 100000 bits (ενώ το μήκος της απάντησης μένει σταθερό και ίσο με 100 bits) και να δώσετε ένα διάγραμμα της αντίστοιχης μεταβολής της διαπερατότητας.
- (γ) Για ποιο μήκος πλαισίου γίνεται η διαπερατότητα μεγαλύτερη από 50%; ☐

### Άσκηση 3 Υπολογισμός του πλήθους εσφαλμένων μεταδόσεων.

Ένας σταθμός  $A$  στέλνει πλαίσια σε ένα σταθμό  $B$  χρησιμοποιώντας πρωτόκολλο επαναμετάδοσης και επαναλαμβάνει το ίδιο πλαίσιο όσες φορές χρειάζονται μέχρι να επιτευχθεί σωστή μετάδοση. Κάθε μεταδιδόμενο πλαίσιο  $p$  ελέγχεται κατά τη λήψη του από τον  $B$ . Έστω  $E(t, p)$  το γεγονός να ανιχνευθεί μη διορθώσιμο πλήθος σφαλμάτων στο πλαίσιο  $p$  που έχει μεταδοθεί τη στιγμή  $t$ . Οποιαδήποτε γεγονότα  $E(t, p)$ ,  $E(t', p')$  είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, ακόμη κι αν πρόκειται για το ίδιο πλαίσιο  $p = p'$  που μεταδίδεται σε δυο διαφορετικές χρονικές στιγμές. Θεωρώντας ότι τα πλαίσια είναι ίδιου μήκους και οι στοχαστική ανέλιξη των σφαλμάτων είναι στατική καταλήγουμε στην υπόθεση ότι η πιθανότητα  $\Pr\{E(t, p)\}$  είναι σταθερή για οποιαδήποτε  $p, t$  και ίση με  $e$ .

(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 4 Go-Back-N με κυλιόμενο παράθυρο.

Σε πρωτόκολλο Go-Back-3 (με χρόνο απάντησης ACK/NAK εντός τριών μεταδόσεων πλαισίων) υπάρχουν συνεχώς νέα πλαίσια προς μετάδοση. Η αρίθμηση των πλαισίων γίνεται με 3 bits και χρησιμοποιούνται όλοι οι αριθμοί  $0, 1, \dots, 7$ . Το μήκος του παραθύρου αποστολής είναι 2 (και το μήκος του παραθύρου λήψης 1 λόγω του Go-Back-N). Το πρώτο πλαίσιο έχει τον αριθμό 0. Γίνονται σφάλματα στην 3η και 9η μετάδοση. Να δώσετε το παράθυρο αποστολής και το παράθυρο λήψης για τα πρώτα 18 πλαίσια, καθώς και την αρίθμηση των πλαισίων.  $\square$

### Άσκηση 5 Τελικός ρυθμός μετάδοσης

Γίνεται μετάδοση με το πρωτόκολλο Stop-and-Wait μέσα από ένα ομοαξονικό καλώδιο μήκους 5 km ταυτοχρόνως και προς τις δύο κα-

τευθύνσεις (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** Μέγιστος ρυθμός λαθών που μπορεί να αντιμετωπίσει το πρωτόκολλο

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  $\epsilon$ . Το εν λόγω σύστημα σε μια μεγάλη χρονική περίοδο δέχεται κατά μέσο όρο 50 πλαίσια ανά sec. Ποια είναι η μέγιστη τιμή του  $\epsilon$  που αφήνει το σύστημα σε σταθερή κατάσταση (δηλαδή διατηρεί το ρυθμό εισόδου μικρότερο από τον εφικτό ρυθμό μετάδοσης); □

**Άσκηση 7** Λειτουργία πρωτοκόλλων επαναμετάδοσης σε δυο διαδοχικές ζεύξεις

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  $\mu$ 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  $B$ .  $\square$