

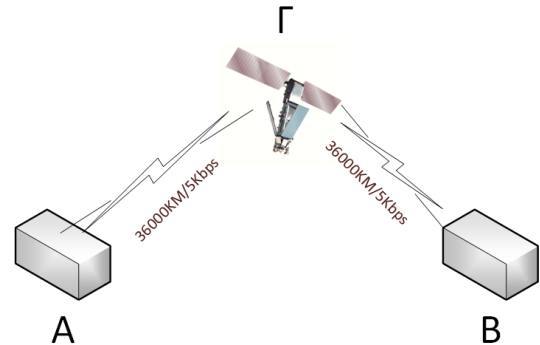
ΘΕΜΑ 4, εργασία 1, 2021-2022

Πρωτόκολλα επανεκπομπής δεδομένων

Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με τα βασικά πρωτόκολλα ABP, GBN, SRP και της έννοιας της απόδοσης αυτών των πρωτοκόλλων.

Σχετικές ασκήσεις: ΓΕ3/1112/04, ΓΕ1/1415/02, ΓΕ3/1011/04, ΓΕ1/1718/02, ΓΕ1/1819/01

Στα πλαίσια παρακολούθησης της κλιματικής αλλαγής έχει τοποθετεί στην έρημο Σαχάρα ένας μετεωρολογικός σταθμός (σταθμός A) ο οποίος επικοινωνεί με το κέντρο ελέγχου (σταθμός B) μέσω γεωστατικού δορυφόρου, έστω Γ. Οι αποστάσεις μεταξύ των επίγειων σταθμών και του δορυφόρου, δηλαδή οι αποστάσεις A-Γ και B-Γ, είναι 36000km. Κάθε πλαίσιο δεδομένων μεταδίδεται από τον σταθμό A στον δορυφόρο Γ και ο δορυφόρος Γ το προωθεί στον σταθμό B. Αντίστοιχα, ο σταθμός B στέλνει επιβεβαίωση λήψης του πλαισίου δεδομένων στον δορυφόρο Γ και ο δορυφόρος Γ την προωθεί στον σταθμό A (δείτε την σχετική τοπολογία του Σχήματος 2). Ο ρυθμός μετάδοσης των δορυφορικών ζεύξεων είναι 5Kbps. Τα πλαίσια έχουν μέγεθος 1000bit, και οι επιβεβαιώσεις (ACK) έχουν μέγεθος 100bit. Ο χρόνος επεξεργασίας πλαισίου δεδομένων και επιβεβαιώσεων σε κάθε κόμβο είναι αμελητέος. Υποθέτουμε ότι τόσο στη ζεύξη A-Γ όσο και στη ζεύξη Γ-B η πιθανότητα σφάλματος είναι $0,98 \times 10^{-3}$. Η ταχύτητα διάδοσης είναι ίση με 300.000 km/sec.



Σχήμα 1: Επικοινωνία σταθμών A και B μέσω γεωστατικού δορυφόρου Γ

(α) Υποθέτουμε ότι η μετάδοση των δεδομένων από τον έναν σταθμό στον άλλο γίνεται με το πρωτόκολλο ABP και ο χρόνος προθεσμίας του πρωτοκόλλου ABP ισούται με τον αντίστοιχο χρόνο μετάβασης μετ' επιστροφής (RTT). Ποια είναι η απόδοση του πρωτοκόλλου ABP; Την αποτιμάτε ως ψηλή ή χαμηλή για τα δεδομένα λειτουργίας του πρωτοκόλλου ABP; Δικαιολογήστε σύντομα την απάντησή σας.

(β) Υποθέτουμε ότι η μετάδοση των δεδομένων από τον έναν σταθμό στον άλλο γίνεται με το πρωτόκολλο SRP. Αν το μέγεθος παραθύρου W του πρωτοκόλλου SRP είναι ίσο με το μέγεθος παραθύρου το οποίο εξασφαλίζει απόδοση 100% σε συνθήκες μετάδοσης χωρίς σφάλματα, ποια είναι η απόδοση του πρωτοκόλλου SRP παρουσία των σφαλμάτων;

(γ) Υποθέτουμε ότι η μετάδοση των δεδομένων από τον έναν σταθμό στον άλλο γίνεται με το πρωτόκολλο GBN και σε αντίθεση με ερώτημα (α) δεν γνωρίζουμε την τιμή του χρόνου προθεσμίας του πρωτοκόλλου. Αν η απόδοση του πρωτοκόλλου GBN είναι 0,98168, ποια είναι η τιμή του χρόνου προθεσμίας του πρωτοκόλλου GBN;

Διευκρίνιση: Για τους υπολογισμούς θεωρήστε ότι 1K=1000

Ενδεικτική Μεθοδολογία: Να εφαρμόσετε τις βασικές αρχές υπολογισμού της απόδοσης ενός πρωτοκόλλου (ABP, GBN, SRP) από άκρο-σε-άκρο, τόσο απουσία όσο και παρουσία σφαλμάτων, όπως δίνονται στον Τόμο Γ'.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

$$TRANSP_A = TRANSP_\Gamma = L/R = 1000\text{bits}/5\text{Kbps} = 1000/5000 \text{ sec} = 0.2\text{sec}$$

$$TRANSA_B = TRANSA_\Gamma = L_A/R = 100\text{bits}/5\text{Kbps} = 100/5000 \text{ sec} = 0.02\text{sec}$$

$$PROP_{A\Gamma B} = (D_{A\Gamma} + D_{\Gamma B})/V = (36000\text{km} + 36000\text{km})/(300000\text{km}/\text{sec}) = 0.24\text{sec}$$

$$S = TRANSP_A + TRANSP_\Gamma + TRANSA_B + TRANSA_\Gamma + 2PROP_{A\Gamma B} = 0.2 + 0.2 + 0.02 + 0.02 + 2 \cdot 0.24\text{sec} = 0.92\text{sec}$$

$P_{\text{σφάλματος-}A\Gamma A} = 0.98 \cdot 10^{-3} = 0.00098$. Η εκφώνηση δεν λέει για σφάλμα μονόδρομης κατεύθυνσης, άρα υποθέτω ότι είναι η πιθανότητα σφάλματος αφορά σε ολόκληρη την ζεύξη AΓA.

Ομοίως: $P_{\text{σφάλματος-}\Gamma B\Gamma} = 0.98 \cdot 10^{-3} = 0.00098$. Η εκφώνηση δεν λέει για σφάλμα μονόδρομης κατεύθυνσης, άρα υποθέτω ότι είναι η πιθανότητα σφάλματος αφορά σε ολόκληρη την ζεύξη ΓBΓ.

$$\text{Άρα συνολικά: } P_{\text{ορθής}} = (1 - 0.00098)^2 = 0.998$$

A. Επειδή $T=S$, η απόδοση του ABP με σφάλματα είναι: $n = p \cdot TRANSP_A / S = 0.998 \cdot 0.2 / 0.92 = 0.217 = 21.7\%$

Η απόδοση αυτή γενικά θεωρείται χαμηλή, αλλά, για τα δεδομένα του ABP, δεν είναι τόσο χαμηλή, καθώς στο ABP είναι αναμενόμενο ο αποστολέας να παραμένει πολλή ώρα ανενεργός περιμένοντας την επιβεβαίωση.

B. Για να είχαμε απόδοση 100% στο SRP, αν δεν είχαμε σφάλματα, θα έπρεπε

$$S \leq W \cdot TRANSP_A \Leftrightarrow W \geq S / TRANSP_A = 0.92 / 0.2 = 4.6 \text{ δηλαδή } W = 5. \text{ Άρα, παρουσία σφαλμάτων, η απόδοση του}$$

$$\text{SRP είναι: } n = (2 + (1-p)(W-1)) / (2 + (1-p)(3W-1)) = (2 + (1-0.998)(5-1)) / (2 + (1-0.998)(3 \cdot 5 - 1)) = 0.99 = 99\%$$

$$\text{Γ. } n = TRANSP_A / [TRANSP_A + (1-p)T/p] \Leftrightarrow 0.98168 = 0.2 / [0.2 + (1-0.998)T/0.998] \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 0.2 + (1-0.998)T/0.998 = 0.2 / 0.98168 \Leftrightarrow T = [(0.2 / 0.98168) - 0.2] \cdot 0.998 / (1-0.998) \Leftrightarrow T = 1.8624\text{sec}$$

ΘΕΜΑ 5, εργασία 1, 2021-2022	Τοπικά δίκτυα και πρωτόκολλο CSMA/CD
<p>Στόχος της άσκησης είναι η εξοικείωση με τα τοπικά δίκτυα και την απόδοσή τους κατά τη χρήση του πρωτοκόλλου CSMA/CD κατά την ανίχνευση συγκρούσεων.</p>	
<p>Σχετικές ασκήσεις: Παράδειγμα 5.1, σελ. 146, Τόμου Γ', ΓΕ1/1920/Θ5</p>	
<p>(1) Δύο υπολογιστές A και B συνδέονται με κανάλι επικοινωνίας, στο οποίο χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο CSMA/CD. Το πρωτόκολλο χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο δυαδικής εκθετικής οπισθοχώρησης (binary exponential back-off) για την αποφυγή πολλαπλών συγκρούσεων μεταξύ υπό εκπομπή πλαισίων.</p>	
<p>(α) Να υπολογιστεί η πιθανότητα, σε περίπτωση σύγκρουσης δύο πλαισίων, να χρειαστούν 3 επανεκπομπές των πλαισίων, δλδ. να εκτελεστούν 3 γύροι του μηχανισμού δυαδικής εκθετικής οπισθοχώρησης προκειμένου να επιλυθεί η σύγκρουση των δύο πλαισίων.</p>	
<p>(β) Γενικεύστε τη μεθοδολογία που ακολουθήσατε στο (β) προκειμένου να υπολογίσετε την πιθανότητα να χρειαστούν k επανεκπομπές των πλαισίων, δλδ. να εκτελεστούν k γύροι του μηχανισμού δυαδικής εκθετικής οπισθοχώρησης.</p>	
<p>(2) Ένα τοπικό δίκτυο LAN τοπολογίας διαύλου (bus) έχει μήκος 1000 m, η χωρητικότητά του είναι 100 Mbps, η ταχύτητα διάδοσης των πακέτων είναι $2 \cdot 10^8$ m/s και χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο Ethernet με πακέτα μήκους 1500 bytes.</p>	
<p>(α) Να υπολογιστεί η χωρητικότητα του διαύλου λόγω της χρήσης του πρωτοκόλλου Ethernet.</p>	
<p>(β) Να υπολογιστεί ο ρυθμός διέλευσης των ωφέλιμων bits, αν στα πακέτα των 1500 bytes τα ωφέλιμα bytes είναι 1460 (λάβετε υπόψη το σύνολο των σταθμών).</p>	
<p>(γ) Ποιο είναι το ελάχιστο επιτρεπτό μήκος των πακέτων Ethernet;</p>	
<p>Ενδεικτική Μεθοδολογία: Για το (1), θυμίζουμε ότι στον αλγόριθμο δυαδικής εκθετικής οπισθοχώρησης, κάθε σταθμός μετά την n-οστή σύγκρουση θα επιλέξει τυχαία έναν ακέραιο αριθμό K, μεταξύ των ισοπίθανων αριθμών $\{0, 1, 2, \dots, 2^m - 1\}$, όπου $m = \min\{n, 10\}$, και θα αναμένει ένα χρονικό διάστημα $K \cdot \tau$, πριν επαναλάβει την αποστολή του πακέτου, όπου τ είναι η βασική μονάδα χρόνου στο πρωτόκολλο (slottime), που περιλαμβάνει το χρόνο που απαιτείται για την εκπομπή ενός πλαισίου και την εξαγωγή συμπεράσματος για τη σωστή ή λανθασμένη λήψη του. Σε σχέση με τις ζητούμενες πιθανότητες στα 1α και 1β, (i) σημειώστε ότι είναι δεσμευμένες, θεωρούμε δλδ. δεδομένο ότι υπήρξε σύγκρουση πλαισίων στην 1^η προσπάθεια μετάδοσης, (β) αναζητήστε να εκφράσετε την πιθανότητα να χρειαστούν k γύρους δυαδικής εκθετικής οπισθοχώρησης ως συνάρτηση της πιθανότητας να είναι ανεπιτυχείς και οι προηγούμενοι $k-1$ γύροι και επιτυχής ο γύρος k. Για το (2) στηριχτείτε στις συνθήκες λειτουργίας και στον προσεγγιστικό ορισμό της απόδοσης του πρωτοκόλλου CSMA/CD.</p>	

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

1A. Στην $n=1^{\text{η}}$ σύγκρουση, $m=\min(1,10)=1$ και $K \in \{0,1\}$ (2 τιμές), θα συμβεί η 1^η επανεκπομπή. Τα διαθέσιμα σενάρια είναι $2^2=4$ (ο A να επιλέξει $K=0$ και ο B να επιλέξει $K=0$, ο A να επιλέξει $K=0$ και ο B να επιλέξει $K=1$, ο A να επιλέξει $K=1$ και ο B να επιλέξει $K=0$, ο A να επιλέξει $K=1$ και ο B να επιλέξει $K=1$) και σύγκρουση ξανά θα υπάρξει σε 2 από τα $2^2=4$ σενάρια, δηλαδή πιθανότητα $2/2^2=1/2=0.5$.

Ομοίως, στην $n=2^{\text{η}}$ σύγκρουση, $m=\min(2,10)=2$ και $K \in \{0,1,2,3\}$ (4 τιμές), θα συμβεί η 2^η επανεκπομπή. Τα διαθέσιμα σενάρια είναι $4^2=16$ (με το ίδιο σκεπτικό με πριν) και σύγκρουση ξανά θα υπάρξει σε 4 από τα $4^2=16$ σενάρια, δηλαδή πιθανότητα $4/4^2=1/4=0.25$.

Ομοίως, στην $n=3^{\text{η}}$ σύγκρουση, $m=\min(3,10)=3$ και $K \in \{0,1,2,3,4,5,6,7\}$ (8 τιμές), θα συμβεί η 3^η επανεκπομπή. Τα διαθέσιμα σενάρια είναι $8^2=64$ (με το ίδιο σκεπτικό με πριν) και σύγκρουση ξανά θα υπάρξει σε 8 από τα 64 σενάρια, δηλαδή πιθανότητα $8/8^2=1/8=0.125$. Εμείς εδώ θέλουμε να μην συμβεί άλλη σύγκρουση, ώστε να μην χρειαστεί 4^η επαναμετάδοση, άρα η ζητούμενη πιθανότητα εδώ είναι να μην συμβεί ξανά σύγκρουση, δηλαδή πιθανότητα $1-1/8=1-0.125=0.875$.

Άρα συνολικά, όλα αυτά τα σενάρια μαζί, έχουμε συνολική πιθανότητα: $0.5 \cdot 0.25 \cdot 0.875 = 0.1094 = 10.94\%$

1B. Γενικεύοντας, θα έχουμε:

Πιθανότητα να εκτελεστούν k γύροι του μηχανισμού δυαδικής εκθετικής οπισθοχώρησης προκειμένου να επιλυθεί η σύγκρουση των δύο πλαισίων $= (1/2) \cdot (1/4) \cdot (1/8) \cdot \dots \cdot [1/(2^{k-1})] \cdot [1 - (1/2^k)]$

2A. $TRANSP = L/R = 1500 \text{ bytes} / 100 \text{ Mbps} = 12000 \text{ bits} / (100 \cdot 10^6 \text{ bits/sec}) = 120 \cdot 10^{-6} \text{ sec}$

$PROP = D/V = 1000 \text{ m} / (2 \cdot 10^8 \text{ m/sec}) = 500 \cdot 10^{-8} \text{ sec} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ sec}$

$n = 1 / [1 + 5PROP/TRANSP] = 1 / [1 + 5 \cdot 5 \cdot 10^{-6} / (120 \cdot 10^{-6})] = 1 / [1 + 25/120] = 0.8276 = 82.76\%$

Άρα η χωρητικότητα του διαύλου λόγω της χρήσης του πρωτοκόλλου Ethernet είναι:

$Throughput = n \cdot R = 0.8276 \cdot 100 \text{ Mbps} = 82.76 \text{ Mbps}$

2B. Ο ρυθμός διέλευσης των ωφέλιμων bits είναι:

$Goodput = [L/(L+h)] \text{ throughput} = 1460 / 1500 \cdot 82.76 \text{ Mbps} = 80.55 \text{ Mbps}$

2Γ. Πρέπει να ισχύει $TRANSP > 2PROP \Leftrightarrow L/R > 2PROP \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow L > 2PROP \cdot R = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ sec} \cdot 100 \text{ Mbps} = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ sec} \cdot 100 \cdot 10^6 \text{ bits/sec} = 1000 \text{ bits}$.

Άρα το ελάχιστο μήκος πακέτου είναι 1000 bits.