

Άσκηση 1

Υπολογίστε τον συνολικό χρόνο που απαιτείται για την μετάδοση ενός αρχείου 1500KB πάνω από μια ζεύξη (Link), στις παρακάτω περιπτώσεις, θεωρώντας πως η καθυστέρηση μιας κατεύθυνσης (one way delay) προς κάθε κατεύθυνση είναι 40ms και ένας αρχικός χρόνος RTT απαιτείται για χειραψία (handshaking) πριν από την αποστολή των δεδομένων.

(σημειώστε πως $1\text{KB} = 2^{10}$ bytes, $1\text{Mbps} = 10^6$ bits/sec).

- (a) Το εύρος ζώνης (Bandwidth) είναι 1Mbps, το μέγεθος πακέτου συμπεριλαμβανομένης της επικεφαλίδας (header) είναι 1 KB εκ των οποίων τα 40 bytes είναι επικεφαλίδα, τα πακέτα στέλνονται συνεχόμενα και διαδοχικά(back to back) και δεν χάνονται.
- (b) Το ίδιο όπως στο α, αλλά μετά από την ολοκλήρωση της μετάδοσης ενός πακέτου πρέπει να περιμένουμε για χρόνο RTT πριν την μετάδοση του επόμενου πακέτου.

Απάντηση

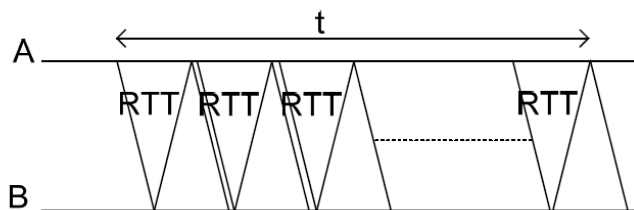
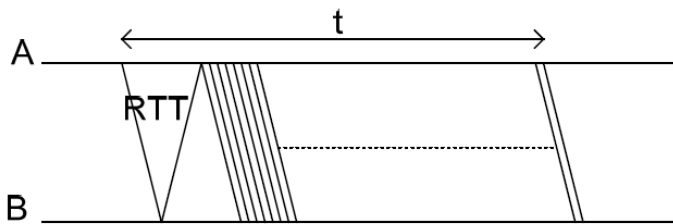
Εφόσον το κάθε πακέτο έχει μέγεθος $1\text{KB} = 1024$ bytes συμπεριλαμβάνοντας την επικεφαλίδα των 40 bytes, μπορεί να φέρει 984bytes δεδομένων. Συνεπώς για να σταλούν 1500KB απαιτούνται

$$N_{\text{packets}} = \frac{1500 \cdot 1024}{984} = 1561 \text{ packets}$$

a) $\text{Total time} = \text{RTT} + N_{\text{packets}} \cdot (\text{Transmission time}) =$
 $= 80\text{msec} + 1561 \cdot (1024 \cdot 8 \text{ bits}) / (10^6 \text{ bps}) = 12,86\text{sec}$

b) $\text{Total time} = N_{\text{packets}} \cdot (\text{RTT} + (\text{Transmission time})) =$
 $= 1561 \cdot (80\text{msec} + (1024 \cdot 8 \text{ bits}) / (10^6 \text{ bps})) = 252,88\text{sec}$

[Σημείωση: στους παραπάνω υπολογισμούς θεωρήσαμε την καθυστέρηση διάδοσης(propagation delay) αμελητέα, ή αλλιώς, απλά θεωρούμε ότι ο χρόνος της μετάδοσης ολοκληρώνεται όταν από την συσκευή A φύγει και το τελευταίο bit του αρχείου.]



ΑΣΚΗΣΗ 2 Θεωρήσετε δυο τερματικά συστήματα A και B που είναι συνδεδεμένα με μια ζεύξη μετάδοσης των 1200000 bits/second. Το μήκος ενός πακέτου είναι 1200bits. Το μήκος της ζεύξης είναι 10Km. Ποια είναι η ταχύτητα διάδοσης σε αυτήν την ζεύξη, εάν η συνολική καθυστέρηση αποστολής ενός πακέτου είναι 0.002seconds;

Απάντηση

Εστω ότι με v παριστάνομε την ταχύτητα-διάδοσης.

Ξέρουμε ότι $v = s/d_{prop}$ (1), όπου s το μήκος της ζεύξης και d_{prop} η καθυστέρηση διάδοσης. Επίσης, εάν d_{trans} η καθυστέρηση μετάδοσης τότε, $d_{trans} = \text{μεγεθος πακέτου}/\text{rate} = 1200/1200000 = 0.001$.

Η συνολική καθυστέρηση του πακέτου εάν αγνοήσουμε την καθυστέρηση λόγω επεξεργασίας και την καθυστέρηση στην ουρά είναι $T = d_{trans} + d_{prop}$

Επομένως, $d_{prop} = T - d_{trans} = 0.002 - 0.001 = 0.001\text{seconds}$ και από την (1) θα πάρουμε ότι $v = 10\text{Km}/0.001\text{seconds} = 10 \cdot 10^3 \text{Km/seconds} = 10^7 \text{m/s}$.

ΑΣΚΗΣΗ 3 Εστω ότι στέλνουμε ένα μεγάλο αρχείο μεγέθους f bits από το τερματικό σύστημα A προς το B. Υπάρχουν δύο ζεύξεις και ένας μεταγωγέας (switch) μεταξύ A και B. Δεν υπάρχει συμφώρηση στις ζεύξεις αυτές (δηλαδή το queuing delay είναι 0). Επίσης θεωρήσετε την καθυστέρηση λόγω επεξεργασίας του κάθε πακέτου αμελητέα. Ο A τεμαχίζει το αρχείο και το στέλνει σε πακέτα, το ένα αμέσως μετά το άλλο. Ο μεταγωγέας είναι store-and-forward: όταν λάβει όλα τα bits ενός πακέτου θα προωθήσει το πακέτο στο B. Το κάθε πακέτο έχει μέγεθος p bits, εκ των οποίων τα e bits αποτελούν την επικεφαλίδα. Κάθε ζεύξη έχει ρυθμό μετάδοσης (transmission rate) r bits/second. Θεωρήσετε ότι η ταχύτητα διάδοσης του μέσου της κάθε ζεύξης είναι v και το μήκος της l . Εάν θεωρήσουμε τα f , e , r , και p , γνωστά, ποιά είναι η σχέση μεταξύ του l και v , ώστε η συνολική καθυστέρηση αποστολής του αρχείου από το A στο B να είναι το πολύ 1 second;

Θα χρειαστεί να στείλομε $N=f/(p-e)$ πακέτα.

Σε ένα second μπορούν να μεταδοθούν r bits, επομένως για την μετάδοση ενός πακέτου στο switch θα χρειαστεί χρόνος $d_{trans}=p/r$ seconds.

Η καθυστέρηση διάδοσης ενός bit είναι $d_{prop}=l/v$.

Το πρώτο πακέτο θα φτάσει στο switch τον χρόνο $\delta=d_{prop}+d_{trans}$. Μόλις φτάσουν όλα τα bits του πακέτου στο switch (store-and-forward), θα ξεκινήσει η προώθηση στην δεύτερη ζεύξη προς το B.

Το πρώτο πακέτο θα φτάσει στον προορισμό (B) σε χρόνο $2*d_{prop}+2*d_{trans}$.

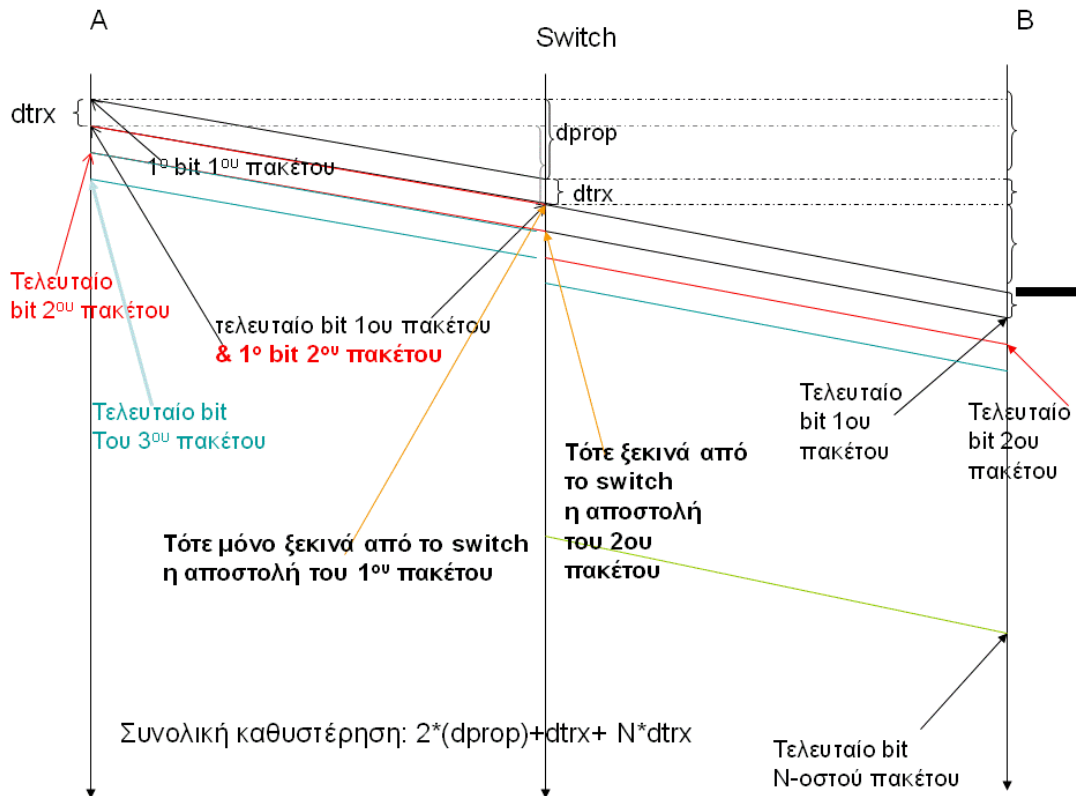
Το δεύτερο πακέτο θα φτάσει στον προορισμό (B) όπως φαίνεται και από το επόμενο σχήμα σε χρόνο:

$$2*d_{prop}+2*d_{trans}+d_{trans}= 2d_{prop}+3d_{trans}$$

Γενικότερα το N-στο πακέτο θα φτάσει στον προορισμό (B) την χρονική στιγμή:

$$2*d_{prop}+d_{trans}+ N*d_{trans}$$

Επομένως θα πρέπει $2*d_{prop}+(N+1)*d_{trans} \leq 1$ δηλαδή $d_{prop} \leq (1-(N+1)*d_{trans})/2$



Άσκηση 4

Έστω ένα μικρό δίκτυο που συνδέει τους δύο υπολογιστές A και B, με τρεις δρομολογητές, P1, P2, και P3. Ένα πακέτο που στέλνει ο υπολογιστής A, θα περάσει πρώτα από τον P1, ο P1 θα το προωθήσει στον P2, κι ο P2 στον P3, κι αυτός μετά στον B. Γράψτε τον γενικό τύπο που να υπολογίζει την συνολική καθυστέρηση των πακέτων που στέλνονται από τον A μέχρι να τα λάβει ο B.

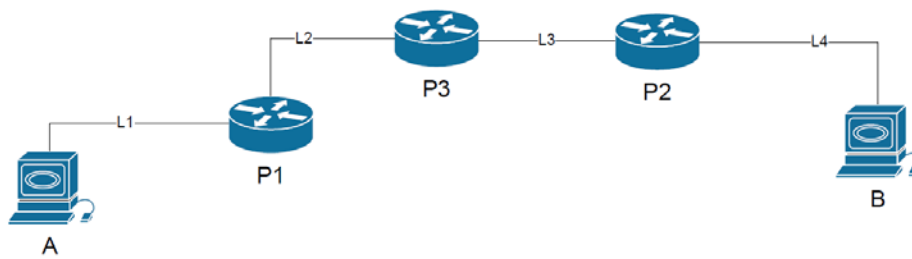
- θεωρήσετε ότι η κάθε ζεύξη είναι της ίδιας τεχνολογίας
- θεωρήσετε ότι οι ζεύξεις είναι διαφορετικής τεχνολογίας.

Εισαγάγετε όσα σύμβολα χρειάζεστε.

- Έστω ότι το ζεύξη από το A στον P1 τα πακέτα χάνονται με πιθανότητα p_1 , από τον P1 στον P2 με πιθανότητα p_2 , από το P2 στον P3, με πιθανότητα p_3 , και από τον P3 στον B με πιθανότητα p_4 . Έστω ότι οι απώλειες που συμβαίνουν στην κάθε ζεύξη είναι ανεξάρτητες

μεταξύ τους. Με ποιά πιθανότητα θα φτάσουν τα πακέτα από τον A στον B ? Εάν ο A στείλει N πακέτα, πόσα από αυτά θα ληφθούν από τον B?

Απάντηση



Οι τύποι των καθυστερήσεων που υφίστανται στο παραπάνω δίκτυο είναι:

D_{prop} : καθυστέρηση διάδοσης – propagation delay

D_{proc} : καθυστέρηση επεξεργασίας – processing delay

D_{trans} : καθυστέρηση μετάδοσης – transmission delay

D_{queue} : καθυστέρηση αναμονής – queuing delay

[Σημείωση 1^η: ως καθυστέρηση αναμονής ορίζουμε την καθυστέρηση που υφίσταται ένα πακέτο σε κάποια ουρά/μνήμη ενός δρομολογητή. Η καθυστέρηση αυτή δεν είναι ίδια για όλα τα πακέτα, κάθε πακέτο υπόκειται σε διαφορετική καθυστέρηση. Όταν στέλνουμε ένα πακέτο το D_{queue} αναφέρεται στην καθυστέρηση του πακέτου, όταν όμως στέλνουμε πολλά πακέτα το D_{queue} εκφράζει την **μέση καθυστέρηση** των πακέτων. Το τότε η καθυστέρηση αυτή θεωρείται μεγάλη η αμελητέα εξαρτάται παρά πολύ από τον ρυθμό με τον οποίο φτάνουν τα πακέτα, τον ρυθμό της ζεύξης από την οποία εξέρχονται καθώς και την φύση της κίνησης (αν είναι σποραδική, περιοδική η συνεχόμενη).]

[Σημείωση 2^η: Καθυστέρηση επεξεργασίας ορίζουμε μόνο για τους δρομολογητές, οι οποίοι πρέπει να επεξεργαστούν τις επικεφαλίδες των πακέτων και να αποφασίσουν σε ποία ουρά/σε ποία ζεύξη πρέπει να στείλουν το πακέτο. Παρόλα αυτά, καθυστέρηση επεξεργασίας υπάρχει και στην συσκευή αποστολέα καθώς πρέπει να μεταφερθούν τα προς αποστολή δεδομένα από την εφαρμογή στην μνήμη της κάρτας δικτύου και να αποσταλούν. Αυτό περιορίζεται και ποικίλει ανάλογα του αριθμού των άλλων εφαρμογών που τρέχουν, τις δυνατότητες μεταφοράς από την μια μνήμη στην άλλη καθώς και άλλους παράγοντες. Στο ερώτημα αυτό θεωρούμε αμελητέα την καθυστέρηση επεξεργασίας στην συσκευή.]

- (i) Εφόσον κάθε ζεύξη είναι της ίδιας τεχνολογίας, τα D_{prop} και D_{trans} είναι ίδια για όλες τις ζεύξεις. Τα D_{proc} και D_{queue} θεωρούμε ότι είναι επίσης ίδια. Τότε:

$$Total\ Delay = 4 \cdot (D_{prop} + D_{trans}) + 3 \cdot (D_{proc} + D_{queue})$$

- (ii) Στην περίπτωση αυτή έχουμε διαφορετικά για κάθε ζεύξη, D_{prop} και D_{trans} όπως και διαφορετικά D_{queue} στους δρομολογητές (ο ρυθμός άφιξης θα είναι διαφορετικός από τον ρυθμό αναχώρησης σε κάθε δρομολογητή)

$$Total Delay = (D_{propL1} + D_{transL1}) + (D_{propL2} + D_{transL2}) + (D_{propL3} + D_{transL3}) \\ + (D_{propL4} + D_{transL4}) + (D_{procP1} + D_{queueP1}) + (D_{procP2} + D_{queueP2}) + (D_{procP3} \\ + D_{queueP3})$$

- (iii) Η Πιθανότητα να μεταδοθεί σωστά ένα πακέτο στη ζεύξη L1 είναι $(1-\pi_1)$, ομοίως για τις ζεύξεις L2,L3,L4 είναι $(1-\pi_2),(1-\pi_3),(1-\pi_4)$ αντίστοιχα. Η πιθανότητα να σταλεί σωστά ένα πακέτο από τον A στον B είναι:

$$(1 - \pi_1) \cdot (1 - \pi_2) \cdot (1 - \pi_3) \cdot (1 - \pi_4)$$

Συνεπώς ο αριθμός N' των πακέτων που θα ληφθούν σωστά από τον B αν ο A στείλει N πακέτα είναι:

$$N' = (1 - \pi_1) \cdot (1 - \pi_2) \cdot (1 - \pi_3) \cdot (1 - \pi_4) \cdot N$$

Άσκηση 5

Υποθέστε ότι δυο συσκευές συνδέονται με μια ζεύξη με ρυθμό μετάδοσης R (link), m μέτρα και ότι η ταχύτητα διάδοσης(propagation speed) στη ζεύξη είναι s meters/second. Η συσκευή Α πρόκειται να στείλει L bits στην συσκευή Β.

- Εκφράστε την καθυστέρηση μετάδοσης (Propagation Delay), D_{prop} συναρτήσει των m και s .
- Προσδιορίστε τον χρόνο διάδοσης ενός πακέτου, D_{trans} συναρτήσει των L και R
- Αγνοώντας την καθυστέρηση της ουράς (queuing delay) και την καθυστέρηση επεξεργασίας (processing delay), βρείτε τον τύπο που εκφράζει την καθυστέρηση από άκρο σε άκρο (end-to-end delay) $D_{end-to-end}$.
- Υποθέστε πως η συσκευή Α ξεκινά την μετάδοση ενός πακέτου στον χρόνο $t=0$. Υπολογίστε που βρίσκεται το τελευταίο bit του πακέτου την χρονική στιγμή $t = D_{trans}$.
- Υποθέστε ότι $D_{prop} > D_{trans}$. Υπολογίστε που βρίσκεται το πρώτο bit του πακέτου την χρονική στιγμή $t = D_{trans}$.
- Υποθέστε ότι $D_{prop} \leq D_{trans}$. Υπολογίστε που βρίσκεται το πρώτο bit του πακέτου την χρονική στιγμή $t = D_{trans}$.
- Εάν $s=2.5 \cdot 10^8$, $L = 100$ bits και $R = 28$ kbps. Υπολογίστε την απόσταση m ώστε $D_{prop} = D_{trans}$.

Απάντηση

$$(a) D_{prop} = \frac{\text{μήκος ζεύξης}}{\text{ταχύτητα διάδοσης μέσου}} = \frac{m}{s} \text{ seconds}$$

$$(b) D_{trans} = \frac{\text{μέγεθος πακέτου}}{\text{Ρυθμός ζεύξης}} = \frac{L}{R} \text{ seconds}$$

$$(c) D_{end-to-end} = D_{trans} + D_{prop} = \frac{m}{s} + \frac{L}{R} \text{ seconds}$$

(d) Εφόσον ο χρόνος μετάδοσης είναι

D_{trans} , το τελευταίο bit μόλις που φεύγει από την συσκευή A

(e) το πρώτο bit βρίσκεται επάνω στην ζεύξη και δεν έχει φτάσει ακόμα στην συσκευή B

(f) το πρώτο έχει φτάσει στην συσκευή B

(g) Θέλουμε $\frac{m}{s} = \frac{L}{R} \Leftrightarrow m = s \cdot \frac{L}{R} = 100 \cdot 2,5 \cdot \frac{10^8}{28 \cdot 10^3} = 892857$