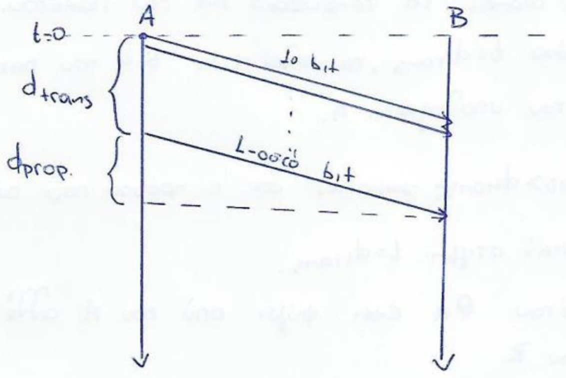
Άσκηση 1



Ρυθμός μετάδοσης: R bps

Απόσταση μεταξύ των υπολογιστών m meters

Ταχύτητα διάδοσης: s m/s

Μέγεθος πακέτου: L bits

a) Ισχύει για την ταχύτητα διάδοσης

$$s = \frac{m}{d_{prop}} \quad (1)$$

όπου d_{prop} η καθυστέρηση διάδοσης. Από την (1) προκύπτει ότι

$$d_{prop} = \frac{m}{s} \text{ seconds.}$$

b) Ισχύει $R = \frac{L}{d_{trans}}$ (2) όπου d_{trans} η καθυστέρηση διάδοσης.

Από την (2) προκύπτει ότι $d_{trans} = \frac{L}{R}$ seconds.

δ) Η end to end καθυστέρηση ισούται με το άθροισμα $d_{trans} + d_{prop}$

Άρα από τα ερωτήματα (a) και (b) προκύπτει

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

δ) Με βάση το σχήμα αλλά και τη θεωρία, d_{trans} είναι ο χρόνος που απαιτείται για να σταλεί το τελευταίο bit του πακέτου. Συνεπώς μετά από χρόνο $t = d_{trans}$, το τελευταίο bit του πακέτου έχει μόλις φύγει από τον υπολογιστή A.

ε). Αν υποθέσουμε $d_{prop} > d_{trans}$:

Την χρονική στιγμή $t = d_{trans}$:

Το πρώτο bit του πακέτου θα έχει φύγει από τον A αλλά δεν θα έχει φτάσει στον B.

στ). Αν ισχύει $d_{prop} < d_{trans}$ την χρονική στιγμή $t = d_{trans}$ το πρώτο bit του πακέτου θα έχει φτάσει στον B.

ζ). Αν $s = 2.5 \cdot 10^8$ m/s

$L = 120$ bits

$R = 56$ Kbps $= 56 \cdot 10^3$ bps τότε για να ισχύει

$$d_{prop} = d_{trans} \overset{(a),(b)}{\Longrightarrow} \frac{m}{s} = \frac{L}{R} \Rightarrow m = \frac{L \cdot S}{R}$$

Με αντικατάσταση προκύπτει

$$m = \frac{120 \cdot 2{,}5 \cdot 10^8}{56 \cdot 10^3} \text{ meters.}$$

Άσκηση 2.

Ρυθμός ζεύξης : 1 Mbps

Κάθε χρήστης χρειάζεται 100 Kbps και μεταδίδει μόνο κατά το 10% του χρόνου.

α) Το πλήθος των χρηστών είναι: $\dfrac{10^6 \text{ bps}}{100 \cdot 10^3 \text{ bps/χρήστη}} = 10$ χρήστες

β) εφόσον κάθε χρήστης μεταδίδει μόνο κατά το 10% του χρόνου, η πιθανότητα να μεταδίδει ένας συγκεκριμένος χρήστης είναι $p = 0.1$.

γ) Αν υποθέσουμε ότι υπάρχουν 40 χρήστες και εφαρμόζοντας την θεωρία για διωνυμική κατανομή έχουμε:

n: το πλήθος των χρηστών που μεταδίδουν ταυτόχρονα.

τότε $\binom{40}{n} p^n (1-p)^{40-n}$ με $p = 0.1$

δ) Για τη λύση του προβλήματος θα υπολογίσουμε την πιθανότητα 20 ή λιγότεροι χρήστες να είναι ενεργοί και θα την αφαιρέσουμε από το 100% (δηλ. το 1) για να βρούμε το ζητούμενο.
Η πιθανότητα αυτή ισούται με το άθροισμα των πιθανοτήτων να είναι 0 χρήστες ενεργοί, 1, 2.... έως 20 χρήστες ενεργοί, χρησιμοποιώντας τον παραπάνω τύπο δηλαδή, $\sum_{n=0}^{20} \binom{40}{n} p^n (1-p)^{40-n}$.

Άρα η πιθανότητα 21 ή παραπάνω χρήστες να μεταδίδουν ταυτόχρονα:

$$1 - \sum_{n=0}^{20} \binom{40}{n} p^n (1-p)^{40-n}$$

Άσκηση 3

Θα χρειαστεί να υπολογίσουμε αφ ενός την καθυστέρηση από το A στον μεταγωγέα και αφετέρου την καθυστέρηση από τον μεταγωγέα στο B. Όπως έχουμε δει, η end to end καθυστέρηση ισούται με $d_{trans} + d_{prop}$. Στο πρόβλημά μας λοιπόν το $d_{end\text{-}to\text{-}end(A\to B)} = d_{end\text{-}to\text{-}end(A\to μεταγωγέα)} + d_{end\text{-}to\text{-}end}(μεταγωγέα \to B)$. Αναφέρεται όμως ότι και ο μεταγωγέας καθυστερεί το πακέτο (λόγω επεξεργασίας, λόγω ύπαρξη ουράς κτλ) κατά d_{proc}. Συνολικά θα έχουμε:

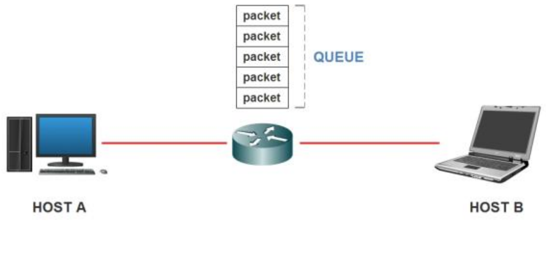
$$d_{A\to B} = d_{A\to μετ.} + d_{μετ.\to B} + d_{proc}$$

$$\Rightarrow d_{A\to B} = d^{trans}_{A\to μετ} + d_{prop_{A\to μετ}} + d_{trans_{μετ\to B}} + d_{prop_{μετ\to B}} + d_{proc}.$$

Αντικαθιστώντας με τις δοθείσες τιμές έχουμε:

$$d_{A\to B} = \frac{1000\cdot 8}{1\cdot 10^6}^{*} + \frac{4000}{2.5\cdot 10^8} + \frac{1000\cdot 8}{1\cdot 10^6} + \frac{1000\cdot 1000}{2.5\cdot 10^8}^{*} = \ldots$$

*Προσοχή στη μετατροπή των μονάδων. Χρησιμοποιείτε bits αντί για bytes (γι'αυτό και 1000·8), μέτρα αντί για km κτλ.



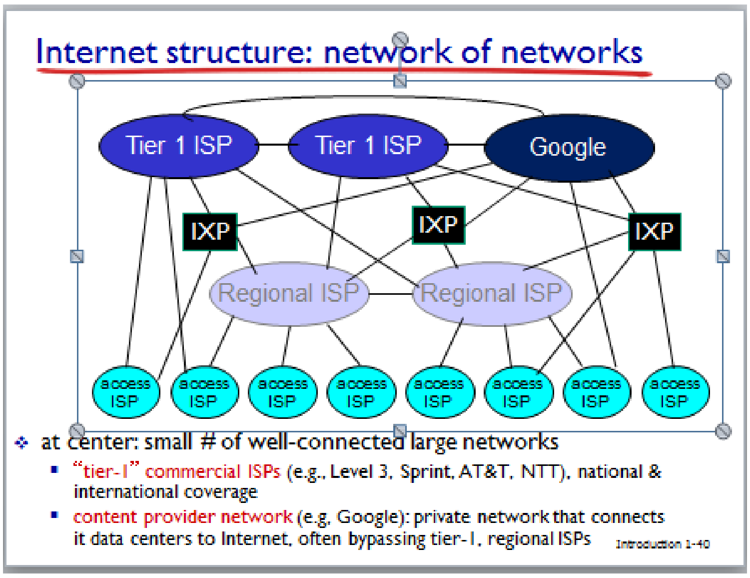
Ασκ 4

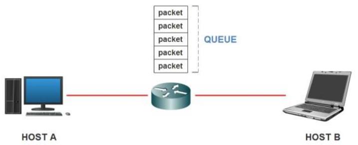
2 users can be supported because each user requires half of the link bandwidth.

b) Since each user requires 1Mbps when transmitting, if two or fewer users transmit simultaneously, a maximum of 2Mbps will be required. Since the available bandwidth of the shared link is 2Mbps, there will be no queuing delay before the link. Whereas, if three users transmit simultaneously, the bandwidth required will be 3Mbps which is more than the available bandwidth of the shared link. In this case, there will be queuing delay before the link.

Ασκ 5

Google's private network connects together all its data centers, big and small. Traffic between the Google data centers passes over its private network rather than over the public Internet. Many of these data centers are located in, or close to, lower tier ISPs. Therefore, when Google delivers content to a user, it often can bypass higher tier ISPs. What motivates content providers to create these networks? First, the content provider has more control over the user experience, since it has to use few intermediary ISPs. Second, it can save money by sending less traffic into provider networks. Third, if ISPs decide to charge more money to highly profitable content providers (in countries where net neutrality doesn't apply), the content providers can avoid these extra payments.





Άσκηση 7

Ας δούμε τι γίνεται με το πρώτο πακέτο που φεύγει από την πηγή. Μας ενδιαφέρει μόνο η καθυστέρηση μεταφοράς. Το μέγεθός του είναι 40 + S bits. Η καθυστέρησή από τον A στον B θα είναι $d = d_{A \to μετ} + d_{μετ \to B}$, δηλαδή $\left(\frac{40+S}{R}\right) \cdot 2$

Το δεύτερο πακέτο θα ξεκινήσει να μεταδίδεται όταν ολόκληρο το πρώτο βρίσκεται στο μεταγωγέα, άρα η χρονική διαφορά των δύο πακέτων θα ισούται με d_{trans}: το $2^ο$ πακέτο θα φτάσει στον B, d_{trans} χρόνο μετά την άφιξη του $1^{ου}$ πακέτου. Το ίδιο θα συμβεί με κάθε επόμενο πακέτο. Η συνολική καθυστέρηση λοιπόν θα ισούται με την καθυστέρηση του $1^{ου}$ πακέτου συν την καθυστέρηση όλων των υπόλοιπων. Στο παράδειγμά μας θα έχουμε συνολικά $\frac{F}{S}$ πακέτα.

Άρα:

$$d_{end\text{-}to\text{-}end} = \underbrace{\left(\frac{40+S}{R}\right) \cdot 2}_{1^ο \text{ πακέτο}} + \underbrace{\left(\frac{F}{S} - 1\right)}_{\text{όλα τα πακέτα εκτός του πρώτου}} \left(\frac{40+S}{R}\right)$$

Παραγωγίζοντας την παραπάνω συνάρτηση, μπορούμε να βρούμε την τιμή του S που ελαχιστοποιεί το $d_{end\text{-}to\text{-}end}$