



دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)  
دانشکده مهندسی کامپیوتر

درس شبکه های کامپیوتری، نیم سال دوم سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲  
پایخ ترین سری اول



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
( پلی تکنیک تهران )

## پاسخ سوال ۱:

### (الف)

شبکه لبه (Edge Network) بخشی از شبکه اینترنت است که شامل سیستم های انتهایی (End Systems) است. شبکه های دسترسی (Access Network) شبکه ای است که سیستم های انتهایی را به اولین مسیریاب (که به آن مسیریاب لبه نیز گفته می شود) متصل می کند. شبکه هسته (Core Network) بخشی از شبکه اینترنت است که شبکه های دسترسی را به هم متصل می کنند و شبکه جهانی اینترنت از بوجود می آورد.

### (ب)

هسته شبکه هستند و شبکه سرویس دهنده های اینترنت رده ۳ شامل شبکه لبه است. تعریف ISP های رده ۱ تا ۳ به شرح زیر است:  
رده ۱: سرویس دهنده هایی هستند که در سطح قاره ای و بین چند کشور فعالیت می کنند. این سرویس دهنده ها مالک شبکه هستند و به سرویس دهنده های رده ۲ سرویس عمده اجاره پهنای باند را ارائه می دهند.  
رده ۲: سرویس دهنده هایی هستند که در سطح یک کشور یا یک منطقه وسیع سرویس ارائه می دهند. این سرویس دهنده پهنای باند خود را از ISP های رده ۱ اجاره می کنند و به ISP های رده ۳ سرویس ارائه می دهند.  
رده ۳: سرویس دهنده هایی هستند که محدود یک ناحیه سرویس اینترنت را از طریق شبکه های دسترسی به کاربران انتهایی ارائه می دهند.

### (ج)

در روش Dial-Up انتقال داده از طریق شبکه تلفن انجام می شود، در نتیجه محدوده فرکانسی قابل استفاده برای انتقال داده، همان فرکانس های صوتی است. از آنجایی که پهنای باند مورد نیاز برای انتقال صوت در شبکه تلفن کم (۴ کیلوهرتز) است، نرخ انتقال داده نیز پایین است و همچنین چون سیگنال های داده از طریق شبکه تلفن (مراکز تلفن و لینک های ارتباطی) منتقل می شوند، نویزپذیری این روش بیشتر از روش DSL است. در روش DSL، فقط از زوج سیم مسی بین کاربر (مشترک تلفن) و مرکز تلفن برای انتقال داده استفاده می شود. در روش DSL محدوده فرکانسی انتقال داده از محدوده فرکانسی انتقال صوت مجزا است و پهنای باند زیادی برای آن در نظر گرفته می شود، در نتیجه نرخ ارسال و دریافت داده در این روش افزایش می یابد. همچنین بدلیل این که در روش DSL فقط از زوج سیم مسی تا مرکز تلفن برای انتقال داده استفاده می شود، این روش نویز کمتری نسبت به روش Dial-Up دارد. توجه داشته باشید، طبق رابطه شانون  $(C = W \log_2 (1 + \frac{S}{N}))$  افزایش پهنای باند و کاهش نویز، موجب افزایش ظرفیت ارسال داده می شود.

## پاسخ سوال ۲:

### (الف)

سوئیچینگ بستی ای	سوئیچینگ مداری	
✓	×	(a)
×	✓	(b)
تاخیر متغیر است	تاخیر ثابت و کم است	(c)
اگر ترافیک زیاد شود تعداد بسته های داخل بافر افزایش و بسته های قبلی حذف می شوند	×	(d)
×	✓	(e)
کم	زیاد	(f)
مناسب برای کاربردهای با نرخ ارسال ثابت و یا با نیازمندی کیفیت سرویس تأخیر کم و ثابت ارسال (زمان بندی)	مناسب برای کاربردهای با نرخ متغیر و تحمل تغییرات تأخیر ارسال	(g)
وجود اطلاعات کنترلی در سرآیند باعث ایجاد سرپار می شود	چون به صورت رشته بیت ارسال می شود سرپار ندارد	(h)



(ب)

در زیر ساخت‌های امروزی به منظور استفاده بهینه از پهنای باند و کاهش هزینه‌های پیاده‌سازی از روش سوئیچینگ بسته‌ای استفاده می‌شود.

پاسخ سوال ۳:

(الف)

$$\frac{3 \text{ Mbps}}{150 \text{ kbps}} = 20 \text{ users}$$

(ب)

احتمال ارسال هر کاربر در هر لحظه  $0.15$  (۱۵ درصد) است.

(ج)

احتمال این که دقیقاً  $k$  کاربر به طور همزمان در حال ارسال باشند، از توزیع برنولی به دست می‌آید:

$$\Pr[K = k] = \binom{200}{k} 0.15^k \times 0.85^{(200-k)}$$

احتمال این که بیش از ۳۰ کاربر به صورت همزمان در حال ارسال داده باشند نیز برابر است با:

$$\Pr[K > 30] = \sum_{i=31}^{200} \binom{200}{i} 0.15^i \times 0.85^{(200-i)}$$

یا

$$\Pr[K > 30] = 1 - \Pr[K \leq 30] = 1 - \sum_{i=0}^{30} \binom{200}{i} 0.15^i \times 0.85^{(200-i)}$$

(د)

$$\Pr[K > 20] = \sum_{i=21}^{200} \binom{200}{i} 0.15^i \times 0.85^{(200-i)} = 1 - \sum_{i=0}^{20} \binom{200}{i} 0.15^i \times 0.85^{(200-i)}$$

پاسخ سوال ۴:

با توجه به این که مکانیزم ارسال بسته‌ها ذخیره و ارسال است. بنابر این بسته‌ها در بافر مسیریاب ذخیره شده و سپس به سمت گره مقصد ارسال می‌شوند. در نتیجه این بافر با نرخ ارسال گره مبدأ به مسیریاب ( $R_1$ ) پر می‌شود و با نرخ مسیریاب به گره مقصد ( $R_2$ ) خالی می‌شود. اگر ( $R_2$ ) بزرگتر از ( $R_1$ ) باشد، داده‌ها در بافر باقی نمی‌ماند و Packet Loss اتفاق نمی‌افتد.

ولی اگر  $R_2$  از  $R_1$  کوچک‌تر باشد، نرخ پر شدن بافر از نرخ خالی شدن آن بیشتر است و انباشتگی داده در بافر رخ می‌دهد.

نرخ انباشتگی داده در بافر برابر است با: ( $R_1 - R_2$ )

بنابراین امکان پر شدن بافر و Packet Loss وجود دارد. در صورتی بسته‌ای در بافر حذف نمی‌شود که مجموع داده انباشته شده در بافر در زمان ورود اولین بسته به بافر تا زمان ورود آخرین بسته به بافر از ظرفیت بافر کمتر باشد. در نتیجه:

$$\text{Number of Packets} = k = \frac{\text{Message Length}}{\text{Packet Length} - \text{Header Length}} = \frac{210 \times 2^{20}}{1000 - 80} \approx 239$$

$$\text{Transmission time on link 1} = t_{t1} = \frac{L}{R_1} = \frac{1000 \times 8}{100 \times 10^6} = 8 \times 10^{-5} \text{ sec}$$

$$\text{Buffer size} = 16 \times 2^{20} \times 8 = 128 \times 2^{20} \text{ bits}$$

$$(R_1 - R_2) \times t_{t1} \times K \leq \text{Buffer size} \Rightarrow (100 \times 2^6 - R_2) \times 8 \times 10^{-5} \times 239 \leq 128 \times 2^{20}$$

$$R_2 \geq 100 \times 10^6 - \frac{128 \times 2^{20}}{8 \times 10^{-5} \times 239} \Rightarrow R_2 \geq 99.29 \times 10^6 \text{ bps}$$

$$R_2 \geq 99.29 \text{ Mbps}$$



## پاسخ سوال ۵:

(الف)

$$d_{prop} = \frac{\text{Distance}}{\text{Propagation Speed}} = \frac{m}{S}$$

(ب)

اگر  $d_{prop} > d_{trans}$  باشد در زمان  $t = d_{trans}$  میزبان A کل بسته را ارسال کرده است ولی به دلیل تأخیر انتشار بیشتر از زمان ارسال میزبان B هیچ بیتی از بسته ارسالی را هنوز دریافت نکرده است.

(ج)

اگر  $d_{prop} < d_{trans}$  باشد در زمان  $t = d_{trans}$  میزبان A کل بسته را ارسال کرده است و به دلیل تأخیر انتشار کمتر از زمان ارسال میزبان B بخشی از بسته را دریافت کرده است.

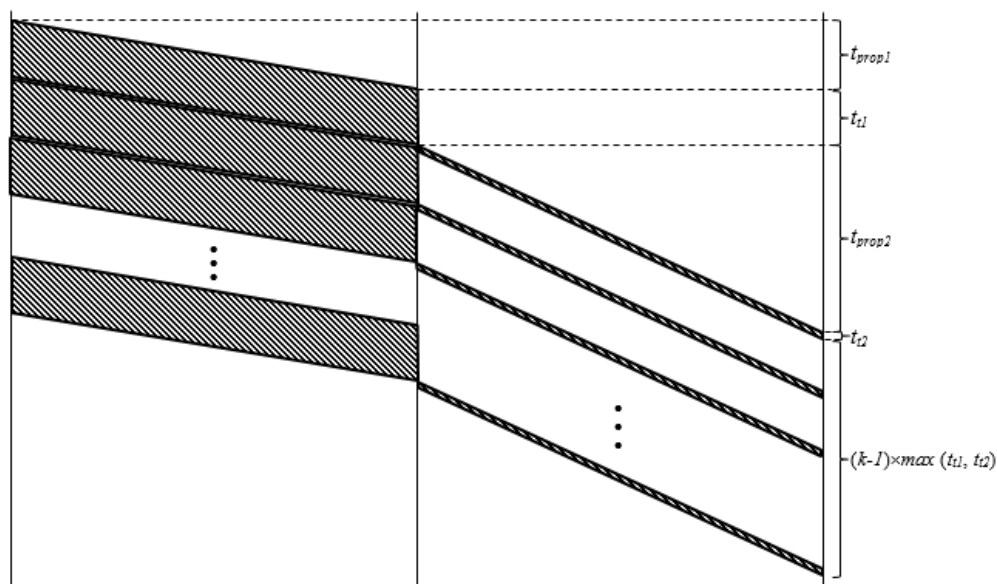
(د)

$$d_{prop} = d_{trans}$$

$$\frac{m}{S} = \frac{L}{R}$$

$$m = \frac{L \times S}{R} = \frac{1500 \times 8 \times 2.5 \times 10^8}{10 \times 10^6} = 300 \text{ Km}$$

## پاسخ سوال ۶:



$$\text{Number of Packets } (k) = \frac{\text{Message Length}}{\text{Packet Length} - \text{Header Length}} = \frac{36000}{1000 - 40} = 38$$

$$\text{Propagation delay on link 1 } (t_{prop1}) = \frac{d_1}{V_1} = \frac{1000}{2 \times 10^8} = 0.005 \text{ msec}$$

$$\text{Transmission delay on link 1 } (t_{t1}) = \frac{L}{R_1} = \frac{8000}{50 \times 10^6} = 160 \times 10^{-6} = 0.16 \text{ msec}$$

$$\text{Propagation delay on link 2 } (t_{prop2}) = \frac{d_2}{V_2} = \frac{100 \times 10^3}{1 \times 10^8} = 1 \text{ msec}$$

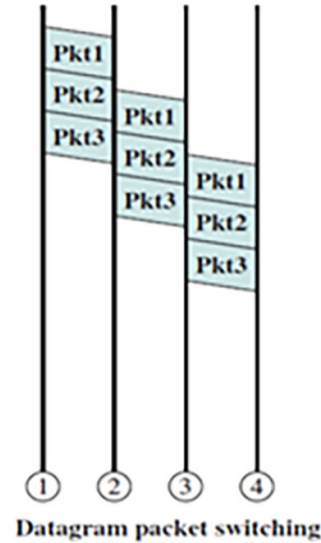
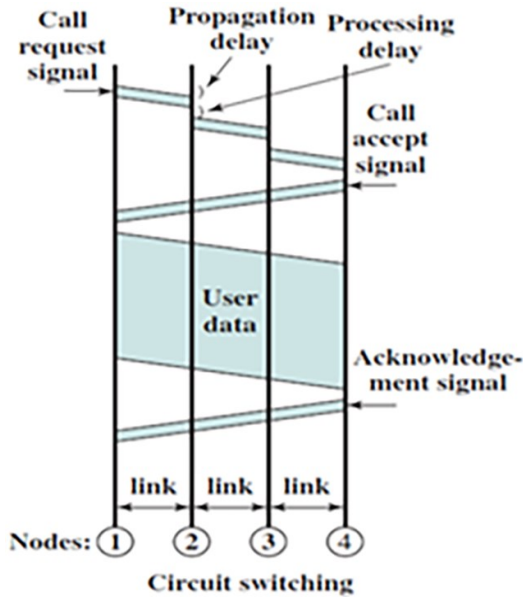


$$\text{Transmission delay on link 2 } (t_{t2}) = \frac{L}{R_1} = \frac{8000}{1 \times 10^9} = 8 \times 10^{-6} = 0.008 \text{ msec}$$

$$\begin{aligned} \text{Message Transfer Time (MTT)} &= t_{prop1} + t_{t1} + t_{prop2} + t_{t2} + (k - 1) \times \max(t_{t1}, t_{t2}) \\ &= 0.005 + 0.16 + 1 + 0.008 + 37 \times 0.16 = 7.093 \text{ msec} \end{aligned}$$

پاسخ سوال ۷:

(الف)



(ب)

#### Circuit Switching:

$$\text{Delay}_{CS} = t_{\text{ConnectionSetup}} + t_{\text{FileTransfer}}$$

$$t_{\text{ConnectionSetup}} = S$$

$$t_{\text{FileTransfer}} = t_{\text{Propagation}} + t_{\text{Transmission}} = N \times D + \frac{L}{B}$$

$$\text{Delay}_{CS} = S + N \times D + \frac{L}{B}$$

$$\text{Delay}_{CS} = 0.2 + 5 \times 0.001 + \frac{3072}{9600} = 0.525$$

#### Packet Switching:

$$\text{Delay}_{PS} = t_{\text{FirstPacket}} + (K - 1) t_{\text{Transmission}}$$

$$t_{\text{FirstPacket}} = N \times \left( D + \frac{P}{B} \right)$$

$$t_{\text{Transmission}} = \frac{P}{B}$$

$$K = \left\lceil \frac{L}{P - H} \right\rceil$$

$$\text{Delay}_{PS} = N \times \left( D + \frac{P}{B} \right) + \left( \left\lceil \frac{L}{P - H} \right\rceil - 1 \right) \frac{P}{B}$$

$$\text{Delay}_{PS} = 5 \times \left( 0.001 + \frac{1024}{9600} \right) + \left( \left\lceil \frac{3072}{1024 - 16} \right\rceil - 1 \right) \frac{1024}{9600} = 0.8583$$



## پاسخ سوال ۸:

 $K$ : Number of Packets

$$K = \left\lceil \frac{L}{P-H} \right\rceil \approx \frac{L}{P-H}$$

$$\begin{aligned} \text{Delay} &= N \left( D + \frac{P}{B} \right) + (K-1) \frac{P}{B} \\ &= N \left( D + \frac{P}{B} \right) + \left( \frac{L}{P-H} - 1 \right) \frac{P}{B} \\ &= ND + \left( N + \frac{L}{P-H} - 1 \right) \frac{P}{B} \end{aligned}$$

$$\frac{d}{dP} \text{Delay} = 0 \Rightarrow \left( \frac{-L}{(P-H)^2} \right) \frac{P}{B} + \frac{1}{B} \left( N + \frac{L}{P-H} - 1 \right) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{-LP}{B(P-H)^2} + \frac{(N-1)(P-H) + L}{B(P-H)} = 0$$

$$\Rightarrow -LP + (N-1)(P-H)^2 + L(P-H) = 0$$

$$\Rightarrow (P-H)^2 = \frac{LH}{N-1}$$

$$\Rightarrow P = H + \sqrt{\frac{LH}{N-1}}$$

## پاسخ سوال ۹:

(الف)

زمانی که طول می کشد تا گره Y کل بسته را دریافت کند:

$$T_1 = \frac{3 \times 10^8 \times 8}{8 \times 10^6} + 20 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-3} + 20 \times 10^{-3} = 23 \text{ ms}$$

زمانی که طول می کشد تا گره Z بسته را از گره Y دریافت کند:

$$T_2 = \frac{3 \times 10^3 \times 8}{3 \times 10^6} + 30 \times 10^{-3} = 38 \text{ ms}$$

بنابراین داریم:

$$\text{Total\_Time} = T_1 + T_2 = 23 + 38 = 61 \text{ ms}$$

(ب)

نرخ داده انباشته شده در بافر برابر است با:

$$8 - 3 = 5 \text{ Mbps}$$

اولین بیتی که از X به Y می‌رسد، 20 ms تأخیر انتشار دارد و پس از پر شدن بافر با نرخ انباشت ۵ مگا بیت بر ثانیه، drop شدن بسته‌ها شروع

می‌شود. بنابراین زمان اولین drop برابر است با:

$$t_{\text{FirstDrop}} = 20 \times 10^3 + \frac{90 \times 8 \times 2^{10}}{5 \times 10^6} = 167 \text{ msec}$$

از زمان پر شدن بافر بسته با نسبت  $\frac{5}{8}$  حذف می‌شوند و نرخ حذف شدن بسته ۵ مگابیت در ثانیه یا تقریباً برابر ۲۰۸ بسته در ثانیه است.