

پاسخ تمرین‌های سری اول

پاسخ سوال ۱:

همانطور که می‌دانیم، شبکه‌های دسترسی شبکه‌هایی هستند که یک سیستم انتهایی (End-system) را به اولین مسیریاب شبکه اینترنت متصل می‌کنند. شبکه‌های دسترسی گوناگونی وجود دارند که برای کاربردهای مختلفی استفاده می‌شوند. برخی از پرکاربردترین آن‌ها عبارتند از:

- دسترسی منازل: شامل DSL، اتصالات کابلی، FTTH (fiber to the home) و Dial-up
- دسترسی در سطح Enterprise: شامل Ethernet و Wifi
- Wide Area wireless access: شامل 3G، 4G (LTE) و 5G

پاسخ سوال ۲:

شبکه‌های هسته (Core)، شبکه‌هایی هستند که اتصال بین شبکه‌های دیگر را ایجاد می‌کنند، در صورتی که شبکه‌های دسترسی (Access) شبکه‌هایی هستند که اتصال سیستم‌های انتهایی (کاربران) را به شبکه اینترنت فراهم می‌کنند. یک نمونه از زمانی که نیاز به شبکه هسته وجود ندارد، زمانی است که سیستم‌های انتهایی ارائه‌دهنده سرویس (Server) و استفاده کننده از سرویس (Client) در یک شبکه محلی قرار داشته باشند، در این حالت، ارتباط بین سیستم‌های انتهایی و ارائه سرویس، بدون نیاز به شبکه هسته انجام می‌شود.

پاسخ سوال ۳:

یک شبکه اینترنت شامل سیستم‌های انتهایی یا کامپیوترهای میزبان، شبکه‌های دسترسی، شبکه‌های هسته، تجهیزات استفاده شده در هر شبکه نظیر مسیریاب، سوئیچ، مودم، لینک‌های ارتباطی و سایر موارد مشابه است. وجود برنامه‌های کاربردی برای ارائه و دریافت سرویس و شبکه ارتباطی برای اتصال کامپیوترهای میزبان الزامی است. وجود سایر موارد و تجهیزات شبکه با توجه به نوع فناوری شبکه‌سازی و واسط ارتباطی کامپیوترهای میزبان به شبکه لازم است.

پاسخ سوال ۴:

$$\text{الف) } \frac{6 \text{ Mbps}}{150 \text{ kbps}} = 40 \text{ کاربر.}$$

ب) احتمال ارسال هر کاربر در هر لحظه ۱۵ درصد است.

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 طور 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

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

پاسخ سوال ۵:

با توجه به اینکه مکانیزم ارسال بسته‌ها ذخیره و ارسال است. بنابراین 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، بسته داده‌ای 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 بیشتر است و انباشتگی داده در بافر رخ می‌دهد. نرخ انباشتگی داده در بافر برابر است با $(R_1 - R_2)$ ، بنابر این، 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:

$$(R_1 - R_2) \times t_{t1} \times k \leq \text{Buffer size}$$

که در این رابطه t_{t1} مدت زمان ورود یک بسته به بافر و k تعداد بسته‌های پیغام هستند.

$$\text{Number of Packets} = k = \frac{\text{Message Length}}{\text{Packet Length} - \text{Header Length}} = \frac{190 \times 2^{20}}{1000 - 50} \approx 210$$

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

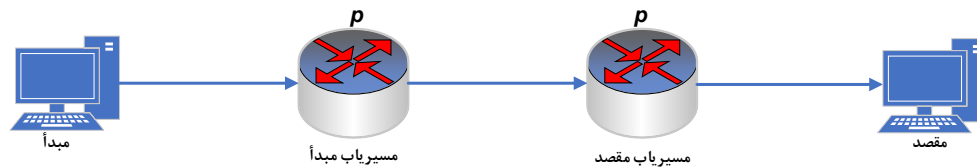
$$\text{Buffer size} = 16 \times 2^{20} \times 8 = 128 \times 2^{20} \text{ bits}$$

$$(R_1 - R_2) \times t_{t1} \times K \leq \text{Buffer size} \Rightarrow (100 \times 10^6 - R_2) \times 8 \times 10^{-5} \times 210 \leq 128 \times 2^{20}$$

$$R_2 \geq 100 \times 10^6 - \frac{128 \times 2^{20}}{8 \times 10^{-5} \times 210} \Rightarrow R_2 \geq 99.20 \times 10^6 \text{ bps}$$

$$R_2 \geq 99.20 \text{ Mbps}$$

پاسخ سوال ۶:



(الف)

یک بسته ارسالی اگر در مسیریاب مبدأ حذف شود فقط یک گام طی کرده است، اگر در مسیریاب مقصد حذف شود ۲ گام و اگر به مقصد برسد ۳ گام طی کرده است. بنابراین:

$$\text{Average hop count of a sent packet} = \bar{H} = 1 \times p + 2 \times p(1-p) + 3 \times (1-p)^2 = p^2 - 3p + 3$$

(ب)

$$p_{\text{success}} = (1-p)^2$$

$$\text{Average times for send a packet} = \bar{K} = \frac{1}{p_{\text{success}}} = \frac{1}{(1-p)^2}$$

(ج)

$$\text{Average hop count of a received packet} = \bar{H} \times \bar{K} = \frac{p^2 - 3p + 3}{(1-p)^2}$$

پاسخ سوال ۷:

$$\text{Total_delay} = \text{Transmission_delay} + \text{Propagation_delay} + \text{Packetizing_delay}$$

$$\text{Transmission_delay} = \frac{56 \times 8}{2 \times 10^6} = 224 \times 10^6 \text{ Sec}$$

$$\text{Propagation_delay} = 10 \times 10^{-3} \text{ Sec}$$

$$\text{Packetizing_delay} = \frac{56 \times 8}{64 \times 10^3} = 7 \times 10^{-3} \text{ Sec}$$

$$\text{Total_delay} = 17.244 \times 10^{-3} \text{ Sec}$$

پاسخ سوال ۸:

(الف)

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

$$T1 = (3 \times 10^8) / (8 \times 10^6) + 20\text{ms} = 3 \times 10^{-3} + 20\text{ms} = 23\text{ms}$$

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

$$T2 = (3 \times 10^3 \times 8) / (3 \times 10^6) + 30\text{ms} = 38\text{ms}$$

بنابر این داریم:

$$\text{Total time} = T1 + T2 = 23\text{ms} + 38\text{ms} = 61\text{ms}$$

(ب)

نرخ داده انباشته شده در بافر برابر است با:

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

زمان پر شدن بافر برابر است با:

$$t = \frac{90 \times 8 \times 2^{10}}{5 \times 10^6} = 0.131072 \text{ sec}$$

از زمان پر شدن بافر بسته با نسبت $\frac{5}{8}$ حذف می شوند و نرخ حذف شدن بسته ۵ مگا بیت در ثانیه یا تقریباً برابر ۱.۶۳ کیلو بسته در ثانیه است.

پاسخ سوال ۹:

(الف)

سوئیچینگ مدار (Circuit Switching):

در تکنیک سوئیچینگ مدار، ظرفیت ارسال هر لینک ارتباطی در شبکه به تعدادی کانال با ظرفیت ثابت تقسیم می شود و برای هر انتقال اطلاعات بین گره فرستنده و گره گیرنده یک کانال بر روی لینک های مسیر در نظر گرفته می شود. هر گره میانی در مسیر کانال ورودی را به کانال خروجی متصل (سوئیچ) می کند، در نتیجه یک ظرفیت ارسال ثابت و اختصاصی بین فرستنده و گیرنده (مدار) ایجاد می شود و فرستنده می تواند اطلاعات به صورت جریان بیت ها (bit stream) منتقل کند. سوئیچینگ مدار دارای سه فاز (۱) ایجاد مدار (ارتباط)، (۲) انتقال داده ها و (۳) خاتمه ارتباط و رهاسازی منابع است.

سوئیچینگ بسته ای (Packet Switching):

در تکنیک سوئیچینگ بسته ای، ظرفیت ارسال هر لینک به طور اشتراکی برای انتقال داده های همه کاربران استفاده می شود. هر گره فرستنده باید داده های خود را قالب بسته های با اندازه محدود در آورده و ارسال کند. هر گره شبکه با دریافت یک بسته آن را برای ارسال به سمت گره مقصد به پورت خروجی متصل به گره بعدی روی مسیر می دهد. بسته ها در پورت خروجی در بافر ذخیره شده و به نوبت ارسال می شوند. گره میانی هر بسته را به صورت مجزا و مستقل سرویس می دهد و تا زمانی که بسته ای وجود داشته باشد لینک خروجی اشغال است. به طور کلی، تکنیک سوئیچینگ بسته ای نیازی به فاز برقراری و خاتمه ارتباط ندارد.

(ب)

	Packet switching	Circuit switching	
(a)	✓	✗	استفاده بهینه از منابع
(b)	✗	✓	نرخ انتقال تضمین شده
(c)	تاخیر متغیر است	تاخیر ثابت و کم است	تاخیر ابتدا به انتها

(d)	احتمال از دست رفت به دلیل ازدحام	×	اگر ترافیک زیاد شود تعداد بسته های داخل بافر افزایش و بسته های قبلی حذف می شوند
(e)	سربار برقراری ارتباط و تاخیر اولیه	✓	×
(f)	هزینه پیاده سازی	زیاد	کم
(g)	سربار اطلاعات	چون به صورت رشته بیت ارسال می شود سربار ندارد	وجود اطلاعات کنترلی در header باعث ایجاد سربار می شود
(h)	مناسب برای کاربردهای	جایی که اطلاعات به صورت ثابت ارسال می شود/نرخ ارسال ثابت/زمان دارای اهمیت	نرخ متغیر باشد و زمان برای آن فرقی نداشته باشد

پاسخ سوال ۱۰:

Number of packet (k) = message length / (packet length - header length) = $49000 / (1000 - 20) = 50$

Propagation delay on link 1 (t_{prop1}) = $d_1 / V_1 = 1 \times 10^3 / 2 \times 10^8 = 0.5 \times 10^{-5} = 0.005 \text{ msec}$

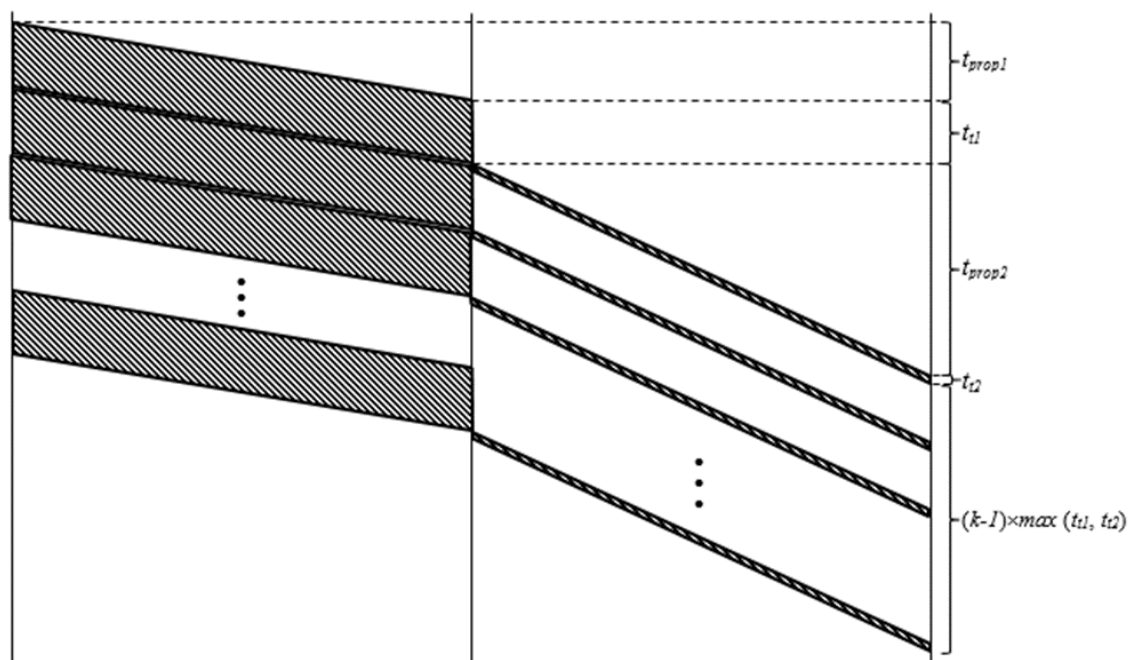
Transmission delay on link 1 (t_{t1}) = $L/R_1 = 8 \times 1000 / 50 \times 10^{-6} = 160 \times 10^{-6} = 0.16 \text{ msec}$

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

Transmission delay on link 2 (t_{t2}) = $L/R_2 = 8 \times 1000 / 1 \times 10^9 = 8 \times 10^{-6} = 0.008 \text{ msec}$

Message Transfer Time (MTT) = $t_{prop1} + t_{t1} + t_{prop2} + t_{t2} + (k-1) \times \max(t_{t1}, t_{t2})$

Message Transfer Time (MTT) = $0.005 + 0.16 + 1 + 0.008 + 49 \times 0.16 = 9.013 \text{ msec}$



پاسخ سوال ۱۱:

(الف)

- ۱- سادگی طراحی
- ۲- سادگی پیاده‌سازی
- ۳- سادگی تغییر متناسب با پیشرفت تکنولوژی
- ۴- سادگی نگهداری، عیب‌یابی و رفع مشکلات

(ب)

یکی از معایب معماری لایه‌ای، سربار است که باعث کاهش بهره‌وری منابع شبکه می‌شود. در معماری لایه‌ای هر چه تعداد لایه‌ها بیشتر باشد صرفه‌جویی هزینه بدلیل مزایای ذکر شده در بند (الف) بیشتر است اما در عین حال سربار نیز بیشتر شده و با کاهش بهره‌وری هزینه شبکه افزایش می‌یابد. تعداد لایه‌ها بر اساس موازنه (trade off) بین هزینه صرفه‌جویی شده بدلیل مزایا و هزینه تحمیل شده بدلیل سربار تعیین می‌شود.

(ج)

طبق مدل لایه‌ای سرویسی که یک لایه به لایه بالاتر خود ارائه می‌دهد مستقل از سرویسی است که از لایه پائین‌تر دریافت می‌کند. بنابر این یک لایه می‌تواند سرویس اتصال‌گرا به لایه بالاتر ارائه دهد در حالی که خود سرویس بدون اتصال از لایه پائین‌تر دریافت می‌کند. عکس آن و هر حالت دیگر نیز امکان‌پذیر است.

(د)

وظیفه لایه ارائه (Presentation) نمایش یا ارائه صحیح (محتوای) پیام به لایه کاربرد است. وظیفه لایه حمل (Transport) کنترل انتقال پیام لایه کاربرد از یک گره انتهایی به گره انتهایی دیگر است.

پاسخ سوال ۱۲:

- (a) پروتکل توافقی بین دو سمت ارتباط است که با تعریف فرمت و مفهوم فیلدهای یک بسته و قوانینی (rules) که باید یک لایه برای انجام وظایف خود انجام دهد تا سرویس مورد نظر را به لایه بالاتر خود ارائه دهد.
- (b) Protocol Data Unit واحد اطلاعاتی تولید شده توسط پروتکل یک لایه است، نظیر پیام HTTP، سگمنت TCP، بسته IP، فریم لایه ۲.
- (c) مالتی‌پلکسینگ یعنی به اشتراک گذاری یک سرویس برای تعدادی موجودیت لایه بالاتر. به عنوان مثال پروتکل TCP یا UDP امکان استفاده همزمان سرویس خود را به چند لایه بالاتر می‌دهند و یا در لایه فیزیکی تقسیم پهنای باند ارسال بین چند فرستنده و گیرنده.
- (d) در صورتی که لایه پایینی محدودیت اندازه برای ارسال داده داشته باشد و داده دریافتی از لایه بالاتر بزرگتر از آن باشد. یک لایه می‌تواند این محدودیت را به لایه بالاتر اعمال کند یا اینکه با شکستن یک بسته به تعدادی بسته کوچکتر (Segmentation) که قابل ارسال توسط لایه پایینی است در فرستنده و بازسازی بسته‌های دریافتی و ساختن بسته اصلی (Reassembly) در گیرنده، امکان ارسال داده‌های با اندازه بزرگتر را فراهم کند. به شکستن بسته‌های در فرستنده و بازسازی بسته اصلی در گیرنده Segmentation and Reassembly گفته می‌شود.
- (e) لایه کاربرد برای ارسال و دریافت پیام باید ابتدا درخواست ایجاد این سرویس را از طریق API‌ای که سیستم عامل در اختیار آن گذاشته است انجام دهد. به اتصال برنامه کاربردی به سرویس لایه انتقال سوکت می‌گویند. در سوکت، بافر ارسال و دریافت و متغیرهای نگهدارنده وضعیت سوکت نگهداری می‌شود.

پاسخ سوال ۱۳:

مدل لایه‌ای TCP/IP

لایه کاربرد
لایه انتقال
لایه اینترنت
لایه واسط شبکه

شرح مختصر وظایف لایه‌ها

لایه کاربرد وظیفه ارائه و یا دریافت سرویس را دارد. نوع و مشخصات سرویس در اختیار کاربر است. نمایش صحیح اطلاعات و مدیریت جلسات نیز در لایه کاربرد با توجه به نوع سرویس تعریف می‌شود.

وظیفه لایه انتقال، انتقال ابتدا به انتهای پیغام کاربر بین برنامه‌های کاربردی مبدأ و مقصد است. در مدل TCP/IP، لایه انتقال دو نوع سرویس انتقال پیغام مطمئن (توسط پروتکل TCP) و سرویس بیشترین تلاش (توسط پروتکل UDP) به لایه کاربرد ارائه می‌دهد.

وظیفه لایه اینترنت یا لایه شبکه مسیریابی (Routing) و جلورانی (Forwarding) بسته‌ها است. سرویس لایه اینترنت به لایه بالاتر یک سرویس بدون اتصال بیشترین تلاش است. این سرویس توسط پروتکل IP ارائه می‌شود.

وظیفه این لایه اتصال بین گره‌ها شبکه از طریق یک شبکه فیزیکی است. این لایه یک بسته را از لایه اینترنت دریافت کرده و به گره مجاور تعیین شده توسط لایه اینترنت تحویل می‌دهد. وظایف این لایه توسط دو لایه پیوند داده و فیزیکی انجام می‌شود.

پاسخ سوال ۱۴:

(الف)

برای رسیدن به اولین سویچ نیاز است که پیام به صورت کامل از مبدا ارسال شود:

$$(8 * 10^6) / (2 * 10^6) = 4s$$

در نهایت برای رسیدن به مقصد نیاز است که بسته از دو سویچ عبور کند:

$$4s * 3 = 12s$$

(ب)

برای رسیدن اولین بسته:

$$10^4 / (2 * 10^6) = 5ms$$

زمانی که اولین بسته به سویچ اول می‌رسد این سویچ شروع به ارسال بسته به سویچ دوم کرده و مبدا در حال ارسال بسته دوم به سویچ اول می‌باشد. در این صورت داریم:

$$3 * 5ms + (800 - 1) * 5ms = 10ms + 4s$$

(ج)

در شرایطی که نیاز به ارسال مجدد پیام باشد. در صورتی که پیام قطعه قطعه نشده باشد مجبور هستیم به جای ارسال مجدد قطعه‌ی خراب تمام پیام را دوباره ارسال نماییم.

(د)

در شرایط واقعی بسته‌ها دارای سربار می‌باشند و در صورتی که پیام به صورت چند بسته ارسال شود این سربارها بیشتر می‌شوند.