



دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی کامپیوتر

درس شبکه های کامپیوتری، نیمسال دوم سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴

پایخ تمرین سری دوم



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

سوال ۱:

در نظر بگیرید که یک بسته از یک میزبان مبدأ به یک میزبان مقصد از طریق یک مسیر ثابت ارسال می شود:

- (الف) انواع تأخیر در محاسبه تأخیر انتها به انتها را نام ببرید و مفهوم هریک را به طور مختصر توضیح دهید. همچنین، توضیح دهید کدام یک از این تأخیرها ثابت و کدام متغیر هستند؟
- (ب) تعریف نرخ ورود و نرخ سرویس چیست؟
- (ج) فرمول محاسبه بار چیست؟ هنگامی که بار بیش از یک شود چه اتفاقی رخ می دهد؟
- (د) ارتباط بین بار و تأخیر صف بندی چگونه است؟ نمودار آن را رسم کنید و توضیح مختصری ارائه دهید.

پاسخ:

(الف) تأخیر انتها به انتها یک بسته از زمان ارسال توسط گره مبدأ تا زمان دریافت توسط گره مقصد تحمل می کند. تأخیر انتها به انتها برابر است با مجموع تأخیرهایی که هر گره در ارسال بسته به سمت مقصد ایجاد می کند. تأخیر هر گره عبارتست از تأخیر ایجاد شده از زمان دریافت یک بسته توسط یک گره تا زمانی که بسته به طور توسط گره بعدی مسیر دریافت می شود. انواع تأخیر ایجاد شده در هر گره عبارتند از: تأخیر پردازش، تأخیر صف بندی، تأخیر انتشار و تأخیر ارسال که شرح آن ها در جدول زیر آمده است:

| ردیف | نوع تأخیر | میزان تأخیر | شرح |
|------|---------------|-------------|--|
| ۱ | تأخیر پردازش | ثابت | زمان پردازش برای بررسی سرآیند بسته و اطمینان از درست بودن فیلدهای سرآیند برای جلورانی و تعیین شماره پورت خروجی برای جلورانی بسته به گره بعدی روی مسیر. با توجه به اینکه تقریباً پردازش روی سرآیند بسته ها یکسان است، تأخیر پردازش بسته ها در یک گره نیز تقریباً ثابت است. |
| ۲ | تأخیر صف بندی | متغیر | پس از تعیین شماره پورت خروجی، بسته در صف بسته های خروجی پورت تعیین شده قرار می گیرد تا نوبت ارسال آن فرا رسد. تأخیر صف بندی، مدت زمان انتظار در صف برای ارسال بر روی لینک خروجی است. با توجه به اینکه وضعیت صف (تعداد بسته های داخل صف)، به صورت لحظه ای تغییر می کند، بنابراین تأخیر صف بندی نیز متغیر است و بستگی به میزان ترافیک لحظه ای آن پورت خروجی دارد. |
| ۳ | تأخیر انتشار | ثابت | تأخیر انتشار، مدت زمان انتشار موج ارسال شده از یک گره تا گره بعدی است. اگر فاصله دو گره d متر و سرعت انتشار V متر بر ثانیه باشد، مدت زمان رسیدن موج اگر یک گره به گره بعدی برابر است با: $\text{Propagation Delay} = \frac{d}{V}$ اگر فاصله بین دو گره d ثابت باشد و سرعت انتشار امواج (V) نیز تغییر نکند، آنگاه تأخیر انتشار نیز ثابت است. |
| ۴ | تأخیر ارسال | ثابت | تأخیر ارسال، مدت زمان ارسال همه بیت های یک بسته بر روی لینک خروجی به گره بعدی روی مسیر است. اگر نرخ ارسال آن لینک خروجی R بیت بر ثانیه باشد، مدت زمان ارسال هر بیت $1/R$ است. بنابر این برای ارسال بسته ای با اندازه L بیت تأخیر ارسال برابر است با: $\text{Transmission Delay} = L \times \frac{1}{R} = \frac{L}{R}$ اگر اندازه بسته (L) ثابت باشد و نرخ ارسال (R) نیز ثابت باشد، تأخیر ارسال نیز ثابت خواهد بود. |

(ب) نرخ ورود (λ) تعداد بیت ها یا بسته هایی است که در هر ثانیه وارد صف خروجی می شوند.

نرخ سرویس (μ) تعداد بیت ها یا بسته هایی است که در هر ثانیه ارسال می شوند.

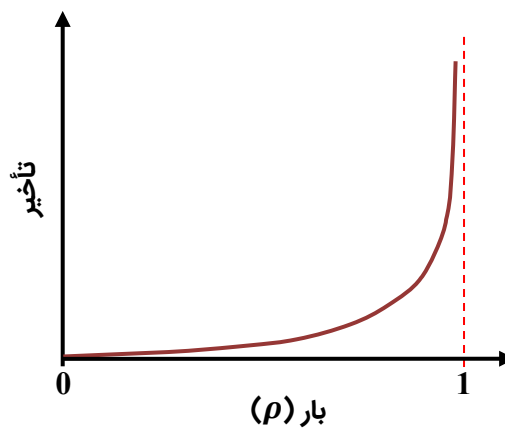


ج) فرمول بار عبارتست از:

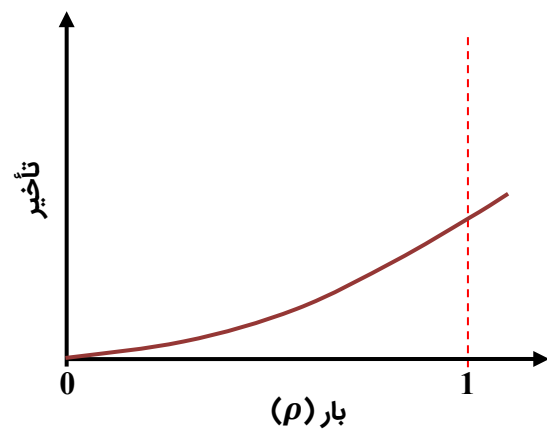
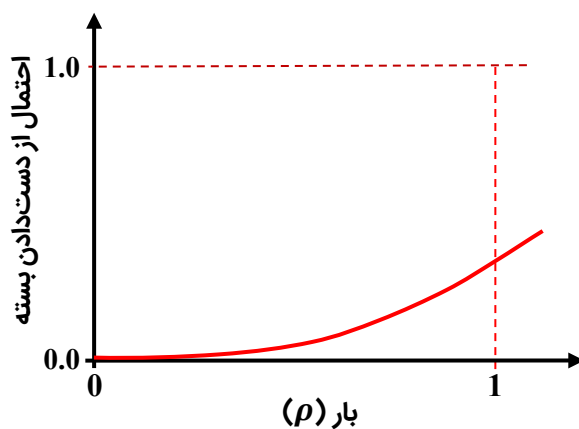
$$\text{load: } \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

اگر بار بزرگتر از یک باشد ($\rho > 1$)، نرخ ورود (λ) از نرخ سرویس (μ) بیشتر است. یعنی حجم داده (بیت یا بسته) وارد شده به صف از حجم داده (بیت یا بسته) خارج شده از صف در واحد زمان بیشتر و انباشتگی داده در صف بوجود می‌آید و با گذشت زمان این انباشتگی داده بیشتر شده و اگر ظرفیت صف نامحدود باشد، طول صف به سمت بی‌نهایت میل می‌کند و در نتیجه تأخیر انتظار در صف (تأخیر صف‌بندی) نیز به سمت بی‌نهایت میل می‌کند. اگر ظرفیت صف محدود باشد، پس از پر شدن صف بسته‌های ورودی از دست خواهند رفت (Packet Loss).

د) در یک صف، با افزایش بار (ρ) طول صف و (به تبع آن) تأخیر انتظار در صف افزایش می‌یابند. اگر ظرفیت صف نامحدود (infinite) باشد، زمانی که بار به سمت یک میل ($\rho \rightarrow 1$) می‌کند، طول صف و تأخیر صف‌بندی به سمت بی‌نهایت میل می‌کنند (شکل ۱) و اگر ظرفیت صف محدود باشد، زمانی که بار به سمت یک میل ($\rho \rightarrow 1$) می‌کند، احتمال از دست رفتن بسته‌ها افزایش می‌یابد ولی تأخیر بسته‌هایی که توانسته‌اند وارد صف به شوند محدود است (شکل ۲).



شکل ۱- تأخیر صف‌بندی در صف با ظرفیت نامحدود



شکل ۲- تأخیر صف‌بندی و احتمال از دست دادن بسته در صف با ظرفیت محدود

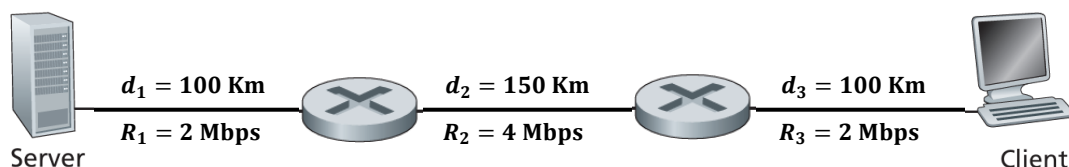


سوال ۲:

می‌خواهیم پیامی به حجم ۶/۴ مگابایت را در بسته‌های ۶۴ کیلوبایتی از سرویس دهنده به سرویس گیرنده با استفاده از پروتکل UDP مطابق با شکل زیر ارسال کنیم، اگر سرعت انتشار $V = 2 \times 10^8$ m/s و اندازه سرآیند (سربار) پروتکل لایه‌های مطابق با جدول زیر باشد، مطلوب است:

الف) تأخیر انتها به انتهای ارسال پیام را بدست آورید.

ب) اگر بجای UDP از TCP (با اندازه سرآیند ۲۰ بایت) استفاده کنیم، مدت زمان ارسال پیام چقدر است؟



| Protocol | Overhead (Byte) |
|-------------------|-----------------|
| Application | 20 |
| UDP | 8 |
| IP | 20 |
| Network Interface | 24 |

پاسخ:

الف)

$$d_{prop1} = \frac{100 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 0.5 \text{ ms} \quad d_{prop2} = \frac{150 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 0.75 \text{ ms} \quad d_{prop3} = \frac{100 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 0.5 \text{ ms}$$

$$\text{size of packets} = 64 \text{ KiloBytes} = 64 \times 2^{10} = 65536 \text{ Bytes} = 524288 \text{ bits}$$

$$\text{UDP mode headers overhead} = 20 + 8 + 20 + 24 = 72 \text{ Bytes}$$

$$K'_{UDP} = \text{Number of 64 Kbytes Packets (UDP)} = \left\lfloor \frac{\text{Message length}}{\text{packet size} - \text{header size}} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{6.4 \times 2^{20}}{64 \times 2^{10} - 72} \right\rfloor = 102 \text{ Packets}$$

$$\text{LastPacketSize}_{UDP} = 6.4 \times 2^{20} - 102 \times (64 \times 2^{10} - 72) + 72 = 33630 \text{ Bytes} = 269040 \text{ bits}$$

با استفاده از پروتکل UDP این پیام به ۱۰۲ بسته ۶۴ کیلوبایتی و یک بسته ۳۳۶۳۰ بایتی تقسیم می‌شود، بنابر این تأخیر انتهای به انتهای با استفاده از پروتکل UDP برابر است با:

$$d_{trans_1}^{64K} = \frac{524288}{2 \times 10^6} = 262.144 \text{ ms}$$

$$d_{trans_1}^{\text{LastPacket}} = \frac{269040}{2 \times 10^6} = 134.22 \text{ ms}$$

$$d_{trans_2}^{64K} = \frac{524288}{4 \times 10^6} = 131.072 \text{ ms}$$

$$d_{trans_2}^{\text{LastPacket}} = \frac{269040}{4 \times 10^6} = 67.26 \text{ ms}$$

$$d_{trans_3}^{64K} = \frac{524288}{2 \times 10^6} = 262.144 \text{ ms}$$

$$d_{trans_3}^{\text{LastPacket}} = \frac{269040}{2 \times 10^6} = 134.22 \text{ ms}$$

UDP End-to-End delay

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^3 (d_{prop_i} + d_{trans_i}) + (K'_{UDP} - 1) \times \max(d_{trans_i}^{64K}) + \max(d_{trans_i}^{\text{LastPacket}}) \\
 &= (0.5 + 262.144) + (0.75 + 131.072) + (0.5 + 262.144) + (102 - 1) \times 262.144 + 134.22 \\
 &= 27268 \text{ ms} = 27.268 \text{ s}
 \end{aligned}$$



(ب)

$$TCP \text{ mode headers overhead} = 20 + 20 + 20 + 24 = 84 \text{ Bytes}$$

$$K'_{TCP} = \text{Number of 64 KBytes Packets (TCP)} = \left\lceil \frac{\text{Message length}}{\text{packet size} - \text{header size}} \right\rceil = \left\lceil \frac{6.4 \times 2^{20} \times 8}{64 \times 2^{10} - 84} \right\rceil = 102 \text{ Packets}$$

$$LastPacketSize_{TCP} = 6.4 \times 2^{20} - 102 \times (64 \times 2^{10} - 84) + 84 = 34866 \text{ Bytes} = 278928 \text{ bits}$$

با استفاده از پروتکل TCP این پیام به ۱۰۲ بسته ۶۴ کیلوبایتی و یک بسته ۳۴۸۶۶ بایتی تقسیم می‌شود، بنابر این تأخیر انتهایی به انتهای با استفاده از پروتکل TCP برابر است با:

$$d_{trans_1}^{64K} = \frac{524288}{2 \times 10^6} = 262.144 \text{ ms}$$

$$d_{trans_1}^{LastPacket} = \frac{278928}{2 \times 10^6} = 139.464 \text{ ms}$$

$$d_{trans_2}^{64K} = \frac{524288}{4 \times 10^6} = 131.072 \text{ ms}$$

$$d_{trans_2}^{LastPacket} = \frac{278928}{4 \times 10^6} = 69.732 \text{ ms}$$

$$d_{trans_3}^{64K} = \frac{524288}{2 \times 10^6} = 262.144 \text{ ms}$$

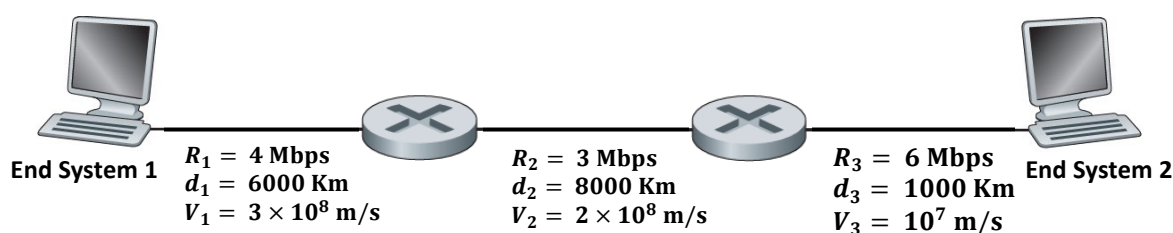
$$d_{trans_3}^{LastPacket} = \frac{278928}{2 \times 10^6} = 139.464 \text{ ms}$$

TCP End-to-End delay

$$\begin{aligned} &= \sum_{i=1}^3 (d_{prop_i} + d_{trans_i}) + (K'_{TCP} - 1) \times \max(d_{trans_i}^{64K}) + \max(d_{trans_i}^{LastPacket}) \\ &= (0.5 + 262.144) + (0.75 + 131.072) + (0.5 + 262.144) + (102 - 1) \times 262.144 + 139.464 \\ &= 27273 \text{ ms} = 27.73 \text{ s} \end{aligned}$$

سوال ۳:

مدت زمان انتقال یک پیام که با ۴۰۰ بسته با اندازه ۱۲۰۰ بایت از سیستم انتهایی ۱ به سیستم انتهایی ۲ ارسال شده است، چقدر است؟



پاسخ:

$$d_{prop1} = \frac{6000 \times 10^3}{3 \times 10^8} = 2 \times 10^{-2} \text{ s} = 20 \text{ ms}$$

$$d_{trans1} = \frac{1200 \times 8}{4 \times 10^6} = 24 \times 10^{-4} \text{ s} = 2.4 \text{ ms}$$

$$d_{prop2} = \frac{8000 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 4 \times 10^{-2} \text{ s} = 40 \text{ ms}$$

$$d_{trans2} = \frac{1200 \times 8}{3 \times 10^6} = 32 \times 10^{-4} \text{ s} = 3.2 \text{ ms}$$

$$d_{prop3} = \frac{1000 \times 10^3}{10^7} = 10^{-1} \text{ s} = 100 \text{ ms}$$

$$d_{trans3} = \frac{1200 \times 8}{6 \times 10^6} = 16 \times 10^{-4} \text{ s} = 1.6 \text{ ms}$$

$$\begin{aligned} \text{Delay End-to-End} &= \sum_{i=1}^N (d_{prop_i} + d_{trans_i}) + (K - 1) \times \max(d_{trans_i}) \\ &= (20 + 2.4) + (40 + 3.2) + (100 + 1.6) + (400 - 1) \times 3.2 = 1444 \text{ ms} = 1.444 \text{ s} \end{aligned}$$



سوال ۴:

می‌خواهیم یک پیام به اندازه ۹۶۰۰۰ بایت را از طریق سه گام از گره مبدأ به گره مقصد ارسال کنیم. احتمال از بین رفتن بسته در هر لینک به ترتیب $p_{L1} = 0.02$ ، $p_{L2} = 0.01$ و $p_{L3} = 0.03$ است. اگر اندازه هر بسته عبوری ۱۶۲۰ بایت (شامل داده و سربار) و سربار هر بسته ۲۰ بایت باشد، به سوالات زیر پاسخ دهید:

(الف) احتمال ارسال موفقیت‌آمیز یک بسته چقدر است؟

(ب) احتمال ارسال موفقیت‌آمیز یک پیام چقدر است؟

(ج) فرض کنید هر بسته‌ای که از بین می‌رود، همان بسته باید مجدداً توسط گره مبدأ ارسال شود. بطور متوسط هر بسته باید چند بار ارسال شود که توسط گیرنده دریافت شود.

(د) با فرض بند (ج) گره مبدأ برای ارسال این پیام و دریافت موفقیت‌آمیز آن در گره مقصد، به طور متوسط در مجموع چند بسته باید ارسال کند؟

پاسخ:

(الف)

$$P_{\text{success}} = (1 - P_{L1})(1 - P_{L2})(1 - P_{L3}) = (1 - 0.02)(1 - 0.01)(1 - 0.03) = 0.98 \times 0.99 \times 0.97 = 0.941$$

(ب)

$$K \text{ (number of packets)} = \frac{\text{message length}}{\text{packet length} - \text{header length}} = \frac{96000}{1620 - 20} = 60$$

احتمال ارسال موفقیت‌آمیز پیام :

$$P_{\text{success}} = \text{Probability of successful transmission of all packets} = 0.941^{60} = 0.026$$

(ج)

$$\text{Average times a packet is sent} = \frac{1}{P_{\text{success}}} = \frac{1}{0.941} = 1.06$$

(د)

$$\text{Average packets sent} = \text{number of packets} \times \text{Average send time} = 60 \times 1.06 = 63.76$$

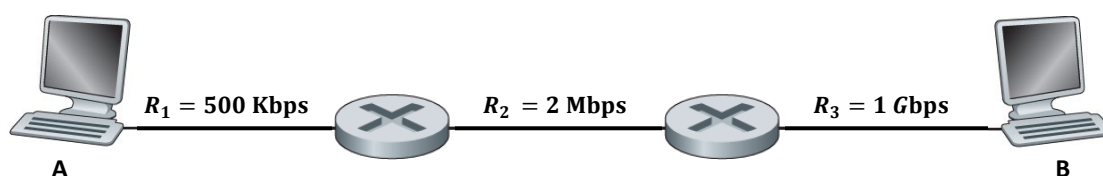
سوال ۵:

(الف) تفاوت گذردهی لحظه‌ای و گذردهی متوسط چیست؟

فرض کنید میزبان A می‌خواهد یک فایل با حجم ۴,۰۰۰,۰۰۰ بایت را به میزبان B ارسال کند. مسیر بین میزبان A و B دارای سه لینک با نرخ‌های ارسال $R_1 = 500 \text{ Kbps}$ ، $R_2 = 2 \text{ Mbps}$ و $R_3 = 1 \text{ Gbps}$ است.

(ب) در صورت نبود هیچ ترافیک دیگری در شبکه، گذردهی برای انتقال فایل چقدر خواهد بود؟

(ج) در صورتی که ظرفیت ارسال لینک دوم (R_2)، علاوه بر A، به ۵ کاربر فعال اختصاص داده شود، میزان گذردهی چقدر خواهد شد؟





پاسخ:

الف) گذردهی لحظه‌ای: نرخ ارسال در یک نقطه از زمان

گذردهی متوسط: تعداد بیت‌های ارسالی در یک دوره زمانی

(ب)

$$\text{Throughput} = \text{Throughput of bottleneck} = \min(R_1, R_2, R_3) = 500 \text{ Kbps}$$

(ج)

$$\text{New Throughput} = \text{Throughput of bottleneck} = \min\left(R_1, \frac{R_2}{6}, R_3\right) = \frac{R_2}{6} = \frac{2 \times 10^6}{6} = 330 \text{ Kbps}$$

سوال ۶:

الف) آیا می‌توانیم یک سرویس انتقال پیام اتصال‌گرا و قابل اطمینان (بدون خطا) را بر روی یک شبکه بدون اتصال (Connectionless) داشته باشیم؟ توضیح دهید.

ب) آیا می‌توانیم یک سرویس انتقال دیتاگرام (Datagram) بدون اتصال (Connectionless) بر روی یک شبکه اتصال‌گرا داشته باشیم؟ توضیح دهید.

پاسخ:

الف) بله، سرویس ارائه شده توسط هر لایه مستقل از سرویس دریافت شده توسط آن لایه است. برای ایجاد یک سرویس اتصال‌گرا، لایه انتقال می‌تواند یک Connection را با استفاده از اطلاعات حالت (که شامل شماره ترتیب ارسال بسته‌ها یا Sequence Number است) در سیستم‌های انتهایی ایجاد کند. در این Connection ایجاد شده، هر پیغام به بسته‌های مجزا شکسته می‌شود و به هر کدام از آن‌ها یک شماره ترتیب اختصاص داده می‌شود.

با استفاده از این شماره ترتیب موجودیت لایه انتقال در سیستم نهایی می‌تواند بسته‌های دریافت شده را تصدیق کند، بسته‌های گم‌شده را تشخیص و مجدداً ارسال کند، بسته‌های تکراری را حذف کند و بسته‌هایی که خارج از نوبت رسیده‌اند را مرتب کند سپس بسته‌هایی که در سیستم انتهایی رسیده‌اند را به هم می‌چسباند (Reassemble می‌کند) تا پیام اصلی ساخته شود.

به عنوان مثال از TCP که یک سرویس انتقال اتصال‌گرا بر روی IP که یک سرویس انتقال بسته بدون اتصال است را می‌توان نام برد.

ب) بله، یک شبکه اتصال‌گرا (مانند شبکه‌های مبتنی بر مدارهای مجازی) قبل از ارسال داده، نیازمند ایجاد یک مسیر ارتباطی ثابت بین فرستنده و گیرنده است. در مقابل، یک سرویس بدون اتصال به ارسال بسته‌های مستقل و بدون نیاز به برقراری ارتباط اولیه متکی است (مانند UDP در لایه انتقال). یکی از روش‌های ایجاد دیتاگرام روی شبکه اتصاگرا، ایجاد یک اتصال کوتاه‌مدت برای هر دیتاگرام است: هر بسته داده یک ارتباط مجازی موقتی ایجاد کرده و پس از ارسال، این ارتباط بلافاصله بسته می‌شود. این روش به نوعی شبکه را مجبور می‌کند مانند یک شبکه بدون اتصال عمل کند، اما ممکن است باعث افزایش تأخیر و سربار شود.

سوال ۷:

معماری لایه‌ای به شبکه‌ها اجازه می‌دهد تا به راحتی تغییرات در پیاده‌سازی سرویس هر لایه را بدون تأثیر بر لایه‌های دیگر انجام دهند.

الف) این مزیت معماری لایه‌ای را با ذکر مثال‌های عملی توضیح دهید.

ب) توضیح دهید که چگونه این ویژگی در شبکه‌های پیچیده کاربرد دارد.



پاسخ:

الف) تفکیک مسئله کلی ارتباطات به مجموعه‌ای از لایه‌ها، اولین گام برای ساده‌سازی طراحی کلی شبکه است. علاوه بر این، تعامل بین لایه‌ها باید به‌طور دقیق تعریف شود. یک سرویس و رابط به‌وضوح تعریف‌شده، به هر لایه این امکان را می‌دهد که بدون توجه به نحوه اجرای سرویس در لایه‌های پایین‌تر، از خدمات لایه زیرین استفاده کند.

مثال ۱: تغییر در لایه فیزیکی بدون تأثیر بر لایه‌های بالاتر

اگر یک سازمان تصمیم بگیرد فناوری کابل‌کشی شبکه خود را از کابل مسی به فیبر نوری تغییر دهد، این تغییر فقط در لایه فیزیکی اتفاق می‌افتد و لایه‌های بالاتر (مانند پروتکل‌های مسیریابی و برنامه‌های کاربردی) بدون تغییر به کار خود ادامه می‌دهند.

مثال ۲: تغییر در پروتکل مسیریابی بدون تأثیر بر برنامه‌های کاربردی

فرض کنید در لایه شبکه، یک شرکت ارائه‌دهنده اینترنت تصمیم بگیرد پروتکل مسیریابی را از RIP به OSPF ارتقا دهد. این تغییر باعث بهبود کارایی شبکه می‌شود، اما برنامه‌هایی مانند مرورگر وب یا سرویس‌های استریم ویدئو بدون نیاز به تغییر به کار خود ادامه می‌دهند.

مثال ۳: به‌روزرسانی پروتکل‌های انتقال بدون نیاز به تغییر در برنامه‌ها

اگر در لایه انتقال پروتکل TCP با پروتکل جدیدی مانند QUIC جایگزین شود، برنامه‌های کاربردی مانند مرورگرهای وب همچنان کار خواهند کرد، زیرا آن‌ها فقط از خدمات مشخص‌شده توسط لایه انتقال استفاده می‌کنند و نیازی به دانستن جزئیات پیاده‌سازی ندارند.

ب) شبکه‌بندی اینترنتی امکان همکاری بسیاری از شبکه‌های جزئی را که هرکدام دارای فناوری و عملیات زیربنایی متفاوتی هستند، فراهم می‌کند و آن‌ها را به یک شبکه بزرگ واحد تبدیل می‌کند. هنگامی که فناوری‌های جدید شبکه معرفی می‌شوند، می‌توانند به‌راحتی در اینترنت ادغام شوند. مفهوم لایه‌بندی، فناوری خاص شبکه زیربنایی را از لایه‌های بالایی پنهان کرده و یک بستر شبکه مشترک ارائه می‌دهد. با استفاده از خدمات ارتباطی ارائه‌شده توسط لایه‌های پایین‌تر، می‌توان برنامه‌های جدید را به‌طور مستقل و با سرعت بالا معرفی کرد. در شبکه‌های بزرگ و پیچیده، معماری لایه‌ای باعث مدیریت آسان، توسعه‌پذیری و بهبود عملکرد شبکه می‌شود.

سوال ۸:

الف) وظیفه هر یک از لایه‌های مدل OSI را توضیح دهید.

ب) مشخص کنید هر یک از عملیات‌های زیر در کدام لایه از مدل OSI و کدام لایه از مدل TCP/IP انجام می‌شود.

- فشرده‌سازی
- مسیریابی و هدایت بسته‌ها
- مدیریت نشست‌ها
- شکستن پیام‌های بزرگ به قطعات کوچک‌تر دارای هویت
- انتقال داده بین دو گره
- کنترل جریان
- پیش‌گیری از ازدحام

پاسخ:

الف)

لایه کاربرد: در اختیار کاربر برای ارائه هر نوع سرویس دلخواه

لایه ارائه: نمایش صحیح اطلاعات (تغییر کدگذاری یا فرمت و رمزنگاری و موارد مرتبط با ارائه اطلاعات)

لایه نشست: مدیریت نشست یا جلسه

لایه انتقال: انتقال انتها به انتها پیام کاربر (کنترل خطا انتها به انتها، قطعه سازی پیام‌ها و موارد مرتبط دیگر)

لایه شبکه: انتقال بسته از کامپیوتر میزبان مبدأ و کامپیوتر میزبان مقصد از طریق شبکه (مسیریابی و جلورانی)

لایه پیوند داده: انتقال یک بسته از یک گره به گره مجاور (کنترل خطا گام به گام، قاب بندی و موارد مرتبط دیگر)

لایه فیزیکی: انتقال رشته بیت بر روی رسانه فیزیکی بین دو گره مجاور (مدولاسیون، کدگذاری خط و موارد مرتبط دیگر)



(ب)

| TCP/IP | OSI | فعالیت |
|--------------------|--------------|---|
| Application | Presentation | فشرده سازی |
| Network (Internet) | Network | مسیریابی و هدایت بسته‌ها |
| Application | Session | مدیریت نشست‌ها |
| Transport | Transport | شکستن پیام‌های بزرگ به قطعات کوچک‌تر دارای هویت |
| Network Interface | Datalink | انتقال داده بین دو گره |
| Transport | Transport | کنترل جریان |
| Transport | Transport | پیشگیری از ازدحام |

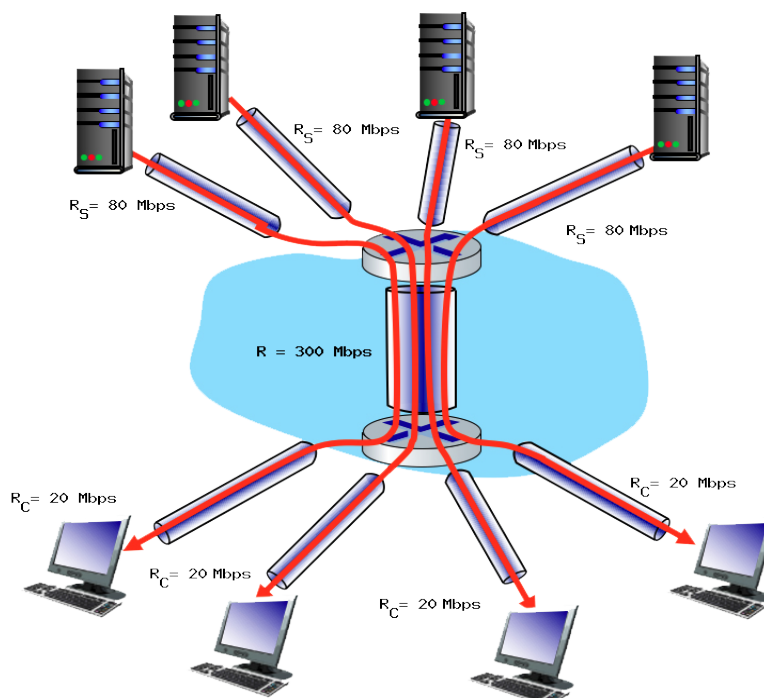
سوال ۹:

چهار سرویس‌دهنده و چهار سرویس‌گیرنده به هم در یک شبکه سه لینکی متصل شده‌اند. این چهار جفت اتصال یک لینک میانی مشترک دارند. ظرفیت لینک‌ها در شکل زیر نشان داده شده است.

الف) حداکثر گذردهی انتها به انتها را با فرض اینکه ظرفیت لینک میانی به طور عادلانه تقسیم شده است، چقدر است؟

ب) کدام لینک گلوگاه است؟

ج) با فرض اینکه سرورها با حداکثر نرخ ممکن اطلاعات را ارسال می‌کنند، میزان بهره‌بری لینک‌های R_S ، R_C و R را محاسبه کنید.



پاسخ:

(الف)

$$\text{Throughput} = \text{Throughput of bottleneck} = \min\left(R_C, \frac{R}{4}, R_S\right) = R_C = 20 \text{ Mbps}$$

(ب)

$$R_C < \frac{R}{4} < R_S \rightarrow R_C \text{ is the bottleneck link}$$



(ج)

maximum throughput = 20 Mbps

$$R_c \text{ utility} = \frac{20}{20} = 100\%$$

$$R \text{ utility} = \frac{4 \times 20}{300} = 26.67\%$$

$$R_s \text{ utility} = \frac{20}{80} = 25\%$$

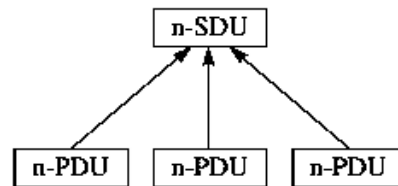
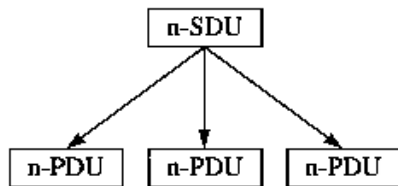
سوال ۱۰:

الف) هر کدام از مفاهیم SDU، PDU و ICI را تعریف کنید.

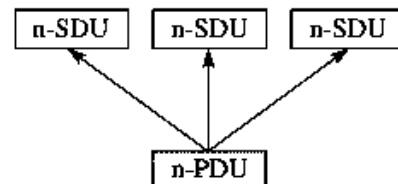
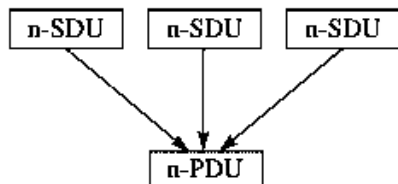
ب) هر کدام از دو موقعیت زیر، یک طرفند برای استفاده بهینه از لایه‌های شبکه را وصف می‌کنند. برای هر فرآیند، نام‌گذاری، نحوه انجام و کاربرد آن را ذکر کنید.

ج) زمانی که همزمان دو مرورگر به یک سرور دسترسی پیدا می‌کنند، بسته‌های مربوط به هر مرورگر، به همان مرورگر تحویل داده می‌شود و سرور توانایی تمایز این دو مرورگر را از یکدیگر دارد. این قابلیت به وسیله کدام یک از مفاهیم بالا صورت می‌گیرد؟ توضیح دهید.

(a)



(b)

**پاسخ:**

الف) SDU (Service Data Unit) واحد داده سرویس:

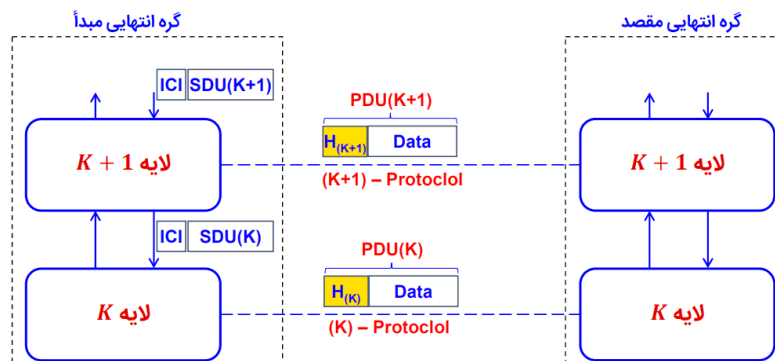
SDU یک واحد داده است که توسط یک لایه از لایه بالاتر دریافت می‌شود. این داده‌ها شامل اطلاعاتی هستند که باید پردازش و انتقال داده شوند. در واقع، SDU همان PDU لایه بالاتر است که هنوز برای ارسال در لایه جاری آماده نشده است.

PDU (Protocol Data Unit) واحد داده پروتکل:

PDU یک بسته داده است که شامل SDU به همراه یک سرآیند کنترلی است که توسط لایه مربوطه به آن اضافه شده است. این سرآیند اطلاعاتی مانند آدرس مقصد، شماره توالی و دیگر جزئیات کنترلی را شامل می‌شود.

ICI (Interface Control Information) اطلاعات کنترلی واسط:

ICI اطلاعات کنترلی است که هنگام انتقال SDU از یک لایه به لایه پایین‌تر، همراه آن ارسال می‌شود. این اطلاعات به لایه پایین‌تر کمک می‌کند تا بر اساس پروتکل تعریف شده، پردازش بسته و یا مقداردهی فیلدهای سرآیند را انجام دهد. به عنوان نمونه تصمیمات لازم برای مسیریابی در لایه شبکه، کنترل خطا در لایه پیوند داده و موارد مشابه دیگر را می‌توان نام برد.



(ب)

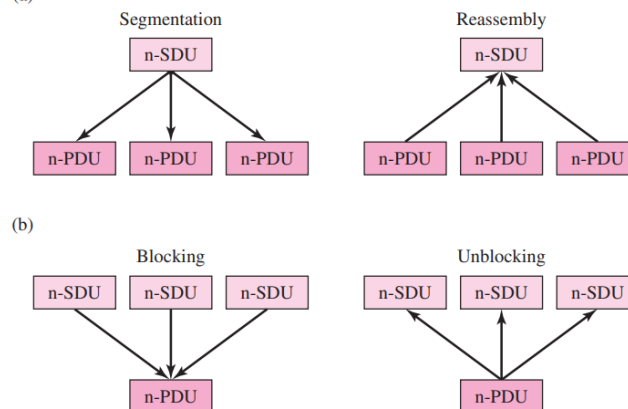
Segmentation & Reassembly (a)

زمانی که یک SDU لایه n بیش از حد بزرگ باشد و لایه $n-1$ نتواند آن را پردازش کند، نیاز به تقسیم آن به چندین PDU لایه n وجود دارد. این فرایند segmentation نامیده می‌شود. هر PDU شامل بخشی از SDU اصلی به همراه اطلاعات کنترلی است. پس از ارسال و دریافت PDUها در مقصد، لایه n در سمت گیرنده، این بسته‌ها را بازسازی مجدد (reassembly) کرده و SDU اصلی را تشکیل می‌دهد. Segmentation/Reassembly در زمانی استفاده می‌شود که واحد داده خیلی بزرگ باشد و نیاز به شکستن آن به بخش‌های کوچک‌تر باشد.

Blocking & Unblocking (b)

در برخی موارد، SDUهای لایه n بسیار کوچک هستند و ارسال آن‌ها به صورت جداگانه باعث کاهش بهره‌وری در استفاده از سرویس لایه $n-1$ می‌شود. برای حل این مشکل، چندین SDU لایه n در یک PDU لایه n ترکیب می‌شوند. این فرایند بسته‌بندی (blocking) نام دارد. در سمت گیرنده، لایه n باید این PDU را دریافت کرده و دوباره SDUهای جداگانه را از هم جدا کند که این فرایند بازگشایی بسته‌ها (unblocking) نامیده می‌شود. Blocking/Unblocking در زمانی استفاده می‌شود که واحد داده بسیار کوچک باشد و ترکیب آن با دیگر داده‌ها کارایی را افزایش دهد.

(a)



(b)

(ج) هنگامی که دو مرورگر (یا هر دو کاربر متفاوت) همزمان به یک سرور متصل می‌شوند، هر کدام بسته‌های داده خود را ارسال و دریافت می‌کنند. برای اینکه سرور بتواند تشخیص دهد که کدام بسته به کدام مرورگر تعلق دارد، از مفهوم Multiplexing و Demultiplexing استفاده می‌شود.

Multiplexing

در سمت سرویس‌گیرنده (مرورگرها)، هر مرورگر یک اتصال جداگانه به سرور برقرار می‌کند. هر بسته‌ای که از مرورگر به سرور ارسال می‌شود، دارای یک شناسه منحصر به فرد (مانند شماره پورت یا برچسب شناسایی در هدر بسته) است. این شناسه کمک می‌کند که داده‌های چندین مرورگر مختلف از طریق یک سرور واحد ارسال شوند، بدون اینکه تداخل ایجاد شود.

Demultiplexing

در سمت سرور، بسته‌ها دریافت می‌شوند و سرور براساس شناسه هر بسته (مثلاً شماره پورت) تعیین می‌کند که این بسته به کدام مرورگر تعلق دارد. سپس بسته را به پردازشگر مناسب (یعنی به همان مرورگر یا نشست کاربری مربوطه) ارسال می‌کند.