



دانشکده مهندسی کامپیوتر
و فناوری اطلاعات



بسم تعالی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

درس شبکه های کامپیوتری، نیم سال اول سال تحصیلی ۹۷-۹۸
پانخ تمرین سری سوم (موعد تحویل: ۱۳۹۷/۰۷/۲۹)



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۱۳۹۷-۱۳۶۷



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

مسئله	نمره
۹	
۱۰	
۱۱	

توجه: برای صرفه جویی در کاغذ تکالیف را یا دو رو پرینت بگیرید و یا از کاغذهای باطله یک رو سفید استفاده کنید.

نمره:

نام و نام خانوادگی:

شماره دانشجویی:

توجه: پاسخ تمرین ها باید به صورت دستنویس تحویل داده شود.

سوال ۱: یک سیستم کامپیوتری را در نظر بگیرید که در آن میانگین زمانی بین رسیدن درخواست ها ۳ دقیقه است.

- (الف) توزیع نمایی مربوط به زمان بین ورودی ها در لحظه ی t را محاسبه کنید ($t \geq 0$).
- (ب) درخواستی را در نظر بگیرید که هم اکنون وارد سیستم شده است، احتمال اینکه درخواست بعدی بعد از ۱۰ دقیقه برسد را محاسبه کنید.
- (ج) احتمال اینکه ۵ درخواست در بازه ی زمانی ۱ ساعته برسند را محاسبه کنید.

پاسخ:

(الف)

چون فاصله بین ورود درخواست ها ۳ دقیقه است پس متوسط نرخ ورود برابر است با : $\lambda = \frac{1}{3} = 0.333 \text{ arrival/min}$
با جایگذاری مقدار λ در توزیع نمایی، داریم:

$$f(t) = 0.333 \times e^{-0.333t}, \quad t \geq 0$$

(ب) ابتدا احتمال اینکه درخواست بعدی در طول ده دقیقه بعدی باشد، با استفاده از تابع توزیع تجمعی محاسبه می شود:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-0.333t}, \quad t \geq 0$$

$$F(10) = 1 - e^{-0.333 \times 10}$$

حال احتمال اینکه مشتری بعدی بعد از ده دقیقه برسد، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$1 - F(10) = 1 - (1 - e^{-0.333 \times 10}) = e^{-0.333 \times 10}$$

(ج) برای حل این بخش از توزیع پواسون استفاده می کنیم:

هم چنین چون در این بخش بازه زمانی برحسب ساعت بیان شده است پس λ نیز باید برحسب ساعت نوشته شود، بنابراین $\lambda = 20$

$$f(k) = \frac{\lambda^k \times e^{-\lambda}}{k!}$$

$$f(5) = \frac{20^5 \times e^{-20}}{5!} = 5.49 \times 10^{-5}$$



سوال ۲: یک صف تک سروری را با اندازه‌ی صف نامحدود در نظر بگیرید.

- (الف) اگر زمان بین ورودها ثابت و برابر با ۱ ثانیه و زمان سرویس مورد نیاز برای هر مشتری ثابت و برابر با ۰.۵ ثانیه باشد. میانگین زمان انتظار برای هر مشتری چه قدر است؟
- (ب) اگر زمان بین ورودها توزیع نمایی بوده و به طور میانگین برابر با ۱ ثانیه است. زمان سرویس مورد نیاز برای هر مشتری توزیع نمایی با میانگین ۰.۵ ثانیه است. متوسط زمان انتظار برای هر مشتری را محاسبه کنید.
- (ج) جواب‌های بخش الف و ب را مقایسه کرده و نتیجه‌گیری خود را بیان کنید.

پاسخ:

(الف) در این حالت هیچ صفی وجود ندارد و میانگین زمان انتظار برابر با ۰ است.

(ب) میانگین نرخ ورود برابر با یک مشتری در هر ثانیه است ($\lambda = 1$). متوسط نرخ سرویس برابر با ۲ مشتری در هر ثانیه است ($\mu = 2$). با توجه به فرمول میانگین زمان پاسخ در صف $M/M/1$ داریم:

$$T = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{2 - 1} = 1 \text{ sec}$$

بنابراین میانگین زمان انتظار برابر خواهد بود با:

$$W = T - \frac{1}{\mu} = 1 - 0.5 = 0.5 \text{ sec}$$

(ج) نتیجه‌گیری نهایی به صورت زیر خواهد بود:

- صف‌بندی نتیجه‌ی تصادفی بودن الگوهای ورودی و سرویس‌دهی است. در (b) میانگین نرخ ورود برابر با ۱ مشتری در هر ثانیه است که به این معنی است که نرخ ورود لحظه‌ای در برخی اوقات می‌تواند بیشتر از ۱ مشتری در هر ثانیه باشد. نرخ بالای ورود لحظه‌ای می‌تواند یک صف را در سیستم ایجاد کند.
- زمان انتظار فقط به میانگین نرخ ورود و سرویس‌دهی وابسته نیست و به توزیع زمان بین ورودی‌ها و زمان سرویس وابسته است.



سوال ۳: آیا یک سرویس انتقال پیغام Connection Oriented و Reliable می تواند بر روی یک شبکه سوئیچینگ بسته ای بسته که سرویس Connection Less ارائه می دهد ارائه شود؟ توضیح دهید.

پاسخ:

بله، سرویس ارائه شده توسط هر لایه مستقل از سرویس دریافت شده توسط آن لایه است. برای ایجاد یک سرویس اتصال گرا، لایه انتقال می تواند یک connection را با استفاده از اطلاعات حالت (که شامل شماره توالی بسته ها یا Sequence Number است) در سیستم های انتهایی ایجاد کند. در این Connection ایجاد شده، هر پیغام به بسته های مجزا شکسته می شود و به هر کدام از آن ها یک شماره توالی اختصاص داده می شود.

با استفاده از این شماره توالی موجودیت لایه انتقال در سیستم نهایی می تواند بسته های دریافت شده را تصدیق کند، بسته های گم شده را تشخیص و مجددا ارسال کند، بسته های تکراری را حذف کند و بسته هایی که خارج از نوبت رسیده اند را مرتب کند سپس بسته هایی که در سیستم انتهایی رسیده اند را به هم می چسباند (reassemble می کند) تا پیام اصلی ساخته شود. به عنوان مثال از TCP که یک سرویس انتقال اتصال گرا بر روی IP که یک سرویس انتقال بسته بدون اتصال است را می توان نام برد.

سوال ۴: بسته با طول میانگین ۲ کیلوبایت با نرخ میانگین ۸ مگابایت در ثانیه به یک مسیریاب وارد می شوند. نرخ ارسال لینک خروجی مسیریاب ۱۳ مگابایت در ثانیه است. میانگین تاخیر صف و زمان پاسخ گویی هر بسته را با در نظر گرفتن مسیریاب به عنوان یک صف M/M/1 محاسبه کنید.

پاسخ:

$$\lambda = \text{نرخ میانگین ورود بسته ها} = \frac{8 \times (8 \times 10^6) \text{ bps}}{8 \times (2 \times 10^3) \text{ bit}} = 4000 \frac{\text{packets}}{\text{sec}}$$

$$\mu = \text{میانگین نرخ سرویس دهی} = \frac{8 \times (13 \times 10^6) \text{ bps}}{8 \times 2 \times 10^3 \text{ bit}} = 6500 \frac{\text{packets}}{\text{sec}}$$

$$T = \text{میانگین تاخیر به ازای هر بسته (زمان پاسخ)} = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{6500 - 4000} = 0.4 \text{ ms}$$

$$d_{\text{queuing}} = d_{\text{response-time}} - d_{\text{service}}$$

$$W = T - \frac{1}{\mu} = 0.4 - \frac{1}{6500} = 0.4 - 0.153 = 0.247 \text{ ms}$$



سوال ۵: لایه‌ی شبکه در حالتی که لایه پیوند داده یک سرویس اتصال گرا (connection-oriented) را ارائه می‌دهد، نسبت به حالتی که سرویس بدون اتصال (connectionless) ارائه می‌شود، چه تفاوتی می‌کند؟

پاسخ:

وظیفه اصلی لایه شبکه مسیریابی و هدایت بسته‌ها بر روی مسیر است. بنابراین نوع سرویس لایه پیوند داده (لایه پایین‌تر) تأثیری در وظیفه لایه شبکه ندارد اما اگر سرویس لایه پیوند داده اتصال گرا باشد لایه شبکه قبل از ارسال بسته باید درخواست برقراری ارتباط را به لایه پیوند داده بدهد و پس از برقراری ارتباط می‌تواند بسته خود را از طریق لایه پیوند داده به گره مجاور منتقل کند. در صورتی که این سرویس مطمئن (reliable) باشد بسته حتماً به گره مجاور منتقل می‌شود. در حالت سرویس بدون اتصال لایه پیوند داده، لایه شبکه در هر زمان می‌تواند بسته خود را از طریق لایه پیوند داده به گره مجاور منتقل نماید.

سوال ۶: توضیح دهید که چگونه مفهوم multiplexing را می‌توان در لایه‌های داده، شبکه و لایه‌های انتقال اعمال کرد.

پاسخ:

به صورت کلی، در صورتی که سرویس Multiplexing در لایه N ارائه شود، آنگاه هر موجودیت در لایه $N+1$ را می‌توان با یک Multiplexing ID مشخص کرد. این ID در PDU لایه N قرار می‌گیرد و مشخص می‌کند که بسته‌های دریافتی باید به چه موجودیتی در لایه $N+1$ تحویل داده شوند. به صورت دقیق‌تر پاسخ این سؤال به این شرح است:

لایه انتقال: فرآیندهای مربوط به لایه‌های کاربرد می‌توانند سرویس‌های ارائه‌شده توسط UDP را به اشتراک بگذارند. زمانی که یک قطعه (Segment) UDP از لایه شبکه فرامی‌رسد، شماره پورت مقصد در PDU برای تحویل SDU به فرآیند مربوطه در لایه کاربرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین فرآیندهای لایه کاربرد، سرویس ارائه‌شده توسط TCP را به اشتراک می‌گذارند. در این مورد، هنگامی که قطعه مربوط به TCP می‌رسد، شناسه اتصال TCP، که عبارت است از (شماره پورت مبدأ، آدرس IP مبدأ، شماره پورت مقصد و آدرس IP مقصد)، برای تعیین فرآیندی که SDU باید به آن تحویل داده شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

لایه شبکه: در این لایه، هر موجودیت لایه انتقال با استفاده از فیلد مربوط به پروتکل در سرآیند PDU مربوط به پروتکل IP مشخص می‌شود. گیرنده پس از دریافت یک بسته‌ی IP، فیلد مربوط به پروتکل را بررسی کرده و تعیین می‌کند که بسته باید به کدام موجودیت لایه انتقال تحویل داده شود.

لایه پیوند داده: بسته‌های لایه‌ی شبکه از پروتکل‌های مختلف (IP، IPX، Appletalk و غیره)، می‌توانند از سرویس یک موجودیت لایه لینک (مانند PPP یا اترنت) به صورت اشتراکی استفاده کنند. جزئیات نحوه اشتراک‌گذاری خارج از محدوده این درس است ولی به عنوان مثال در اترنت این کار با استفاده از SSAP (Source Service Access Point) و DSAP (Destination Service Access Point) انجام می‌شود. برای جزئیات بیشتر می‌توانید به

https://www.cse.wustl.edu/~jain/cis677-98/ftp/e_7brdg.pdf

مراجعه کنید.



سوال ۷: موجودیتی را در لایه ی کاربرد در نظر بگیرید که می خواهد پیامی به طول L بایت را با استفاده از یک سرویس UDP به فرآیند متناظر خود ارسال کند. سگمنت UDP شامل پیام و ۸ بایت سرآیند (Header) است. این سگمنت درون بسته IP قرار می گیرد که ۲۰ بایت دیگر به عنوان سرآیند به آن اضافه می شود. بسته ی IP درون یک فریم Ethernet قرار می گیرد که ۱۸ بایت سربار (سرآیند و پی آیند (Trailer)) دارد. در صورتی که $L=50 \text{ bytes}$, 100 bytes , 500 bytes باشد چه نسبتی از بیت های منتقل شده در لایه فیزیکی مربوط به اطلاعات پیام است؟

پاسخ:

سرآیند لایه های مختلف در پیام به صورت زیر است:

- UDP: ۸ بایت سرآیند
- IP: ۲۰ بایت سرآیند
- Ethernet: ۱۸ بایت از سرآیند و پی آیند را به خود اختصاص می دهد.

بنابراین:

$$L = 50 \text{ bytes, بهره‌وری: } \frac{50}{96} = 52\%$$

$$L = 100 \text{ bytes, بهره‌وری: } \frac{100}{146} = 68\%$$

$$L = 500 \text{ bytes, بهره‌وری: } \frac{500}{546} = 91\%$$

مشاهده می شود که هر چقدر طول پیغام بزرگ تر باشد، بهره‌وری بیشتر می شود.

سوال ۸: الف) فرض کنید N بسته به طور هم زمان به یک لینکی که در آن هیچ بسته ای در صف قرار نگرفته است و در حال ارسال نیست وارد می شود. طول هر بسته L و نرخ ارسال R است. میانگین تاخیر صف برای N بسته چقدر است.

ب) اکنون فرض کنید که مشابه شرایط گفته شده، N بسته در هر L/R ثانیه به لینک وارد می شوند. میانگین تاخیر صف برای یک بسته چقدر است.

پاسخ :

الف. اگر N بسته داخل صف داشته باشیم، تاخیر صف برای اولین بسته برابر صفر است برای دومین بسته برابر $\frac{L}{R}$ ، برای سومین بسته $2 \frac{L}{R}$ به همین ترتیب تا N امین بسته که تاخیرش برابر $(N-1) \frac{L}{R}$ می شود، بنابراین میانگین تاخیر صف از رابطه زیر بدست می آید:

$$\frac{\left(\frac{L}{R}\right) + 2\left(\frac{L}{R}\right) + \dots + (N-1)\left(\frac{L}{R}\right)}{N} = \frac{(N-1)L}{2R}$$

توجه: از فرمول زیر استفاده شده است:

$$1 + 2 + 3 + \dots + N = \frac{N(N+1)}{2}$$



ب.

$\frac{NL}{R}$ ثانیه طول می‌کشد تا N بسته ارسال شود بنابراین وقتی هر دسته N تایی از بسته‌ها وارد می‌شوند صف خالی است پس میانگین تاخیر یک بسته در بین تمام دسته‌های N تایی برابر است با متوسط تاخیر در یک دسته یعنی:

$$\frac{(N-1)L}{2R}$$

سوال ۹: دو شبکه را در نظر بگیرید که سرویس اتصال‌گرای (connection-oriented) قابل اعتمادی را ارائه می‌دهند. یکی از این شبکه‌ها این سرویس را برای جریانی از بایت‌ها (reliable byte stream) و دیگری برای جریانی از پیغام‌ها (reliable message stream) ارائه می‌کند. آیا این شبکه‌ها یکسان هستند؟ اگر یکسان هستند، چرا دو شبکه‌ی مجزا به این صورت ساخته شده است؟ اگر متفاوت هستند، مثالی از تفاوت این دو شبکه ارائه دهید.

پاسخ:

جریان بایت‌ها و پیغام‌ها باهم متفاوت هستند. در جریان مربوط به پیغام‌ها، مرز بین پیغام‌ها برای شبکه مهم است، اما در جریان بایت‌ها چنین نیست. برای مثال فرآیندی را در نظر بگیرید که در یک ارتباط ۱۰۲۴ بایت را می‌نویسد و پس از مدتی ۱۰۲۴ بایت بعدی نوشته می‌شود. فرایند گیرنده ۲۰۴۸ بایت را به صورت یکجا می‌خواند. یعنی گیرنده با بایت سروکار دارد نه پیغام و پیغام مفهومی برای گیرنده ندارد. اما در جریان مربوط به پیغام‌ها، دو پیغام ۱۰۲۴ بایتی خوانده خواهد شد. در جریان بایت‌ها، مرز بین پیغام‌ها مشخص نبوده و گیرنده همه‌ی ۲۰۴۸ بایت را یکجا دریافت می‌کند و این واقعیت که دو پیغام مجزا وجود داشت از بین خواهد رفت. در حالتی که جریان بایت‌ها داشته باشیم محدودیتی در اندازه پیغام‌ها وجود ندارد اما در لایه اپلیکیشن باید تمهیداتی اندیشیده شود تا بتوان مرز بین پیغام‌ها را از هم تشخیص داد. اما در حالتی که جریان پیغام داشته باشیم در اندازه پیغام‌های ارسالی با محدودیت روبرو هستیم اما دیگر در لایه اپلیکیشن نیازی به جداسازی پیغام‌ها در این لایه نیست و لایه اپلیکیشن ساده‌تر از حالت قبل پیاده می‌شود. در حال حاضر نیز از هر دو شبکه بسته به نیاز استفاده می‌شود.

سوال ۱۰: یک شبکه همه‌پخشی (Broadcast)، شبکه‌ای است که پیغام‌های ارسالی در شبکه توسط تمامی اعضای درون شبکه دریافت می‌شود، به عنوان مثال شبکه محلی با توپولوژی Bus. آیا در این شبکه‌ها نیاز به لایه سوم از مدل OSI وجود دارد یا خیر؟ توضیح دهید.

پاسخ:

خیر. در این شبکه‌ها برای مسیریابی و جلورانی بسته‌ها نیازی به لایه شبکه وجود ندارد زیرا زمانی که یک بسته از طریق لایه پیوند داده ارسال می‌شود همه گره‌های شبکه آن بسته را دریافت می‌کنند و فقط گره‌ای که بسته متعلق به آن است بسته را استفاده می‌کند و



بقیه گره‌ها آن بسته را دور می‌ریزند. بنابراین شبکه‌های همه‌پخشی از نظر وظیفه‌ی مسیریابی و جلورانی بسته‌ها نیازی به لایه شبکه ندارند.

سوال ۱۱: معمولا هزینه‌های ایجاد یک شبکه ارتباطی و ارائه سرویس به مشتریان را به دو بخش CapEx و OpEx تقسیم می‌کنند. با جستجو در اینترنت، این هزینه‌ها را شرح دهید.

پاسخ:

CapEx : هزینه سرمایه‌گذاری و ساخت یک شبکه است. این هزینه شامل خرید تجهیزات اکتیو و پسیو شبکه، ساخت ساختمان، تجهیزات برق و سیستم‌های خنک‌کننده و موارد مشابه دیگر است.

OpEx : هزینه نگهداری و پشتیبانی از سرویس‌های شبکه است.

هر سرمایه‌گذاری برای ایجاد یک شبکه ارتباطی باید در یک بازه زمانی منطقی بازگشت سرمایه داشته باشد. بنابراین مجموع هزینه‌ی CapEx و OpEx در این بازه‌ی زمانی در انتخاب و خرید تجهیزات تأثیرگذار است.