سوال 1: یک سیستم کامپیوتری را در نظر بگیرید که در آن میانگین زمانی بین رسیدن درخواست­ها 3 دقیقه است.

الف) توزیع نمایی مربوط به زمان بین ورودی­ها در لحظه­ی را محاسبه کنید .

ب) درخواستی را در نظر بگیرید که هم­اکنون وارد سیستم شده است، احتمال اینکه درخواست بعدی بعد از 10 دقیقه برسد را محاسبه کنید.

ج) احتمال اینکه 5 درخواست­ در بازه­ی زمانی 1 ساعته برسند را محاسبه کنید.

**پاسخ**:

الف)

چون فاصله بین ورود درخواست‌ها 3 دقیقه است پس متوسط نرخ ورود برابر است با :

با جایگذاری مقدار در توزیع نمایی، داریم:

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

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

ج) برای حل این بخش از توزیع پواسون استفاده می­کنیم:

هم‌چنین چون در این بخش بازه زمانی برحسب ساعت بیان شده است پس نیز باید برحسب ساعت نوشته شود، بنابراین .

سوال 2: یک صف تک سروری را با اندازه­ی صف نامحدود در نظر بگیرید.

الف) اگر زمان بین ورودها ثابت و برابر با 1 ثانیه و زمان سرویس مورد نیاز برای هر مشتری ثابت و برابر با 0.5 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 1 ثانیه است. زمان سرویس مورد نیاز برای هر مشتری توزیع نمایی با میانگین 0.5 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 0 است.

ب) میانگین نرخ ورود برابر با یک مشتری در هر ثانیه است . متوسط نرخ سرویس برابر با مشتری در هر ثانیه است . با توجه به فرمول میانگین زمان پاسخ در صف داریم:

بنابراین میانگین زمان انتظار برابر خواهد بود با:

ج) نتیجه­گیری نهایی به صورت زیر خواهد بود:

* صف­بندی نتیجه­ی تصادفی بودن الگوهای ورودی و سرویس­دهی است. در (*b*) میانگین نرخ ورود برابر با 1مشتری در هر ثانیه است که به این معنی است که نرخ ورود لحظه­ای در برخی اوقات می­تواند بیشتر از 1 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 3: آیا یک سرویس انتقال پیغام Connection Oriented و Reliable می‌تواند بر روی یک شبکه سوئیچینگ بسته‌ای بسته که سرویس Connection Less ارائه می‌دهد 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 می‌تواند یک connection را با استفاده از اطلاعات حالت (که شامل شماره توالی بسته‌ها یا Sequence Number است) در سیستم‌های انتهایی ایجاد کند. در این Connection ایجاد شده، هر پیغام به بسته‌های مجزا شکسته می‌شود و به هرکدام از آن‌ها یک شماره توالی اختصاص داده می‌شود.

با استفاده از این شماره توالی موجودیت لایه انتقال در سیستم نهایی می‌تواند بسته‌های دریافت شده را تصدیق کند، بسته‌های گم‌شده را تشخیص و مجددا 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 اتصال گرا بر روی IP که یک سرویس انتقال بسته بدون اتصال است را می‌توان نام برد.

سوال 4: بسته با طول میانگین ۲ کیلوبایت با نرخ میانگین ۸ مگابایت در ثانیه به یک مسیریاب وارد می‌شوند. نرخ ارسال لینک خروجی مسیریاب ۱۳ مگابایت در ثانیه است. میانگین تاخیر صف و زمان پاسخ‌گویی هر بسته را با در نظر گرفتن مسیریاب به عنوان یک صف M/M/1 ‌محاسبه کنید.

**پاسخ:**

نرخ میانگین ورود بسته ها

میانگین نرخ سرویس دهی

میانگین تاخیر به ازای هر بسته (زمان پاسخ)

سوال 5: لایه­ی شبکه در حالتی که لایه­ پیوند داده یک سرویس اتصال­گرا (connection-oriented) را ارائه می­دهد، نسبت به حالتی که سرویس بدون‌اتصال (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) تاثیری در وظیفه لایه شبکه ندارد اما اگر سرویس لایه پیوند داده اتصال‌گرا 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. درصورتی‌که این سرویس مطمئن (reliable) باشد بسته حتما 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 6: توضیح دهید که چگونه مفهوم multiplexing را می‌توان در لایه‌هاي داده، شبکه و لایه‌هاي انتقال اعمال کرد.

**پاسخ:**

به‌صورت کلی، درصورتی‌که 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.

به‌صورت 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 لایه­ی کاربرد مورد استفاده قرار می­گیرد. همچنین فرآیندهای لایه­ی کاربرد، سرویس ارائه‌شده توسط TCP را به اشتراک می­گذارند. در این مورد، هنگامی‌که قطعه مربوط به TCP می­رسد، شناسه اتصال TCP، که عبارت است از )شماره­ی پورت مبدأ، آدرس IP مبدأ، شماره­ی 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 لایه­ی 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) به‌صورت اشتراکی استفاده کنند. جزییات نحوه اشتراک‌گذاری خارج از محدوده این درس است ولی به‌عنوان‌مثال در اترنت این کار با استفاده از SSAP(Source Service Access Point) وDSAP(Destination Service Access Point) انجام می‌شود. برای جزییات بیشتر می‌توانید به

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

مراجعه کنید.

سوال 7: موجودیتی را در لایه­ی کاربرد در نظر بگیرید که می­خواهد پیامی به طول L بایت را با استفاده از یک سرویس UDP به فرآیند متناظر خود ارسال کند. سگمنت UDP شامل پیام و 8 بایت سرآیند (Header) است. این سگمنت درون بسته­ IP قرار می­گیرد که 20 بایت دیگر به‌عنوان سرآیند به آن اضافه می­شود. بسته­ی IP درون یک فریم Ethernet قرار می­گیرد که 18 بایت سربار (سرآیند و پی‌آیند(Trailer)) دارد. درصورتی‌که L=50 bytes, 100 bytes, 500 bytes باشد چه نسبتی از بیت­های منتقل‌شده در لایه­ فیزیکی مربوط به اطلاعات پیام است؟

**پاسخ:**

سرآیند لایه‌های مختلف در پیام به‌صورت زیر است:

* UDP: 8 بایت سرآیند
* IP: 20 بایت سرآیند
* Ethernet: 18 بایت از سرآیند و پی آیند را به خود اختصاص می­دهد.

بنابراین:

مشاهده می‌شود که هرچقدر طول پیغام بزرگ‌تر باشد، بهره‌وری بیشتر می‌شود.

سوال 8: الف)‌ فرض کنید *N* بسته به طور هم‌زمان به یک لینکی که در آن هیچ بسته‌ای در صف قرار نگرفته است و در حال ارسال نیست وارد می‌شود. 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 *LN/R* ثانیه به لینک وارد می‌شوند. 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 ، برای سومین بسته به همین ترتیب تا Nامین بسته که تاخیرش برابر می‌شود، بنابراین میانگین تاخیر صف از رابطه زیر بدست می‌آید:*

*توجه:از فرمول زیر استفاده شده است:*

*ب.*

*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:*

سوال 9: 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 پیام­ها، مرز بین پیام­ها برای شبکه مهم است، اما در جریان بایت‌ها چنین نیست. برای مثال فرآیندی را در نظر بگیرید که در یک ارتباط 1024 بایت را می­نویسد و پس از مدتی 1024 بایت بعدی نوشته می­شود. فرایند گیرنده 2048 بایت را به‌صورت یکجا می­خواند. یعنی گیرنده با بایت سروکار دارد نه پیغام و پیغام مفهومی برای گیرنده ندارد. اما در جریان مربوط به پیام­ها، دو پیغام 1024 بایتی خوانده خواهد شد. در جریان بایت­ها، مرز بین پیام‌ها مشخص نبوده و گیرنده همه­ی 2048 بایت را یکجا دریافت می‌کند و این واقعیت که دو پیام مجزا وجود داشت از بین خواهد رفت. در حالتی که جریان بایت‌ها داشته باشیم محدودیتی در اندازه پیام‌ها وجود ندارد اما در لایه اپلیکیشن باید تمهیداتی اندیشیده شود تا بتوان مرز بین پیام‌ها را از هم تشخیص داد. اما در حالتی که جریان پیام داشته باشیم در اندازه پیام‌های ارسالی با محدودیت روبرو هستیم اما دیگر در لایه اپیکیشن نیازی به جداسازی پیام‌ها در این لایه نیست و لایه اپلیکیشن ساده‌تر از حالت قبل پیاده می‌شود. در حال حاضر نیز از هردو شبکه بسته به نیاز استفاده می‌شود.

سوال 10: یک شبکه همه‌پخشی (Broadcast)، شبکه‌ای است که پیام‌های 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 11: 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.

**در صورت هرگونه مشکل یا سوال درخصوص پاسخ تمرین­ سری سوم درس "شبکه­های کامپیوتری 1" می­توانید**

**با آقای محمد مشایخ (m.mashayekh@aut.ac.ir) تماس بگیرید.**