	شبکه‌های کامپیوتری Fall 2025	
مهلت: ۲۰ مهر		تمرین اول

دانشجویانی که رقم آخر شماره دانشجویی آن‌ها زوج است، باید به سوالات با شماره‌های فرد (1, 3, 5, 7, 8) پاسخ دهند. دانشجویانی که رقم آخر شماره دانشجویی آن‌ها فرد است، باید به سوالات با شماره‌های زوج (2, 4, 6, 7, 8) پاسخ دهند. توجه داشته باشید که سوالات شماره 7 و 8 برای همه دانشجویان الزامی است.

۱) به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) شبکه circuit-switched چه مزیتی نسبت به شبکه packet-switched دارد؟

ب) TDM چه مزایایی نسبت به FDM در یک شبکه circuit-switched دارد؟

پاسخ :

الف) یک شبکه circuit-switched می‌تواند مقدار معینی از پهنای باند انتها به انتها را برای مدت زمان تماس تضمین کند.

ب) TDM به سخت‌افزار آنالوگ پیچیده برای جابجایی سیگنال‌ها به باندهای فرکانسی مناسب نیاز ندارد.

۲) فرض کنید کاربران یک لینک 2 Mbps را به اشتراک می‌گذارند. همچنین فرض کنید هر کاربر هنگام انتقال، به‌صورت مداوم با سرعت 1 Mbps انتقال می‌دهد، اما هر کاربر تنها ۲۰ درصد از زمان را انتقال می‌دهد.

الف) هنگامی که از circuit switching استفاده می‌شود، چه تعداد کاربر می‌توانند پشتیبانی شوند؟

ب) برای ادامه این مسئله، فرض کنید از packet switching استفاده می‌شود. چرا اگر دو یا کمتر کاربر به‌طور همزمان انتقال دهند، عملاً هیچ queuing delay قبل از لینک وجود ندارد؟ چرا اگر سه کاربر به‌طور همزمان انتقال دهند، queuing delay وجود خواهد داشت؟

ج) احتمال اینکه یک کاربر مشخص در حال انتقال باشد را محاسبه کنید.

د) فرض کنید اکنون سه کاربر وجود دارند. احتمال اینکه در هر زمان معین، هر سه کاربر به‌طور همزمان در حال انتقال باشند را محاسبه کنید. کسری از زمان را بیابید که در آن صف در حال افزایش است.

پاسخ :

الف) هنگام استفاده از circuit switching، تعداد کاربرانی که می‌توانند پشتیبانی شوند برابر با 2 است، زیرا هر کاربر به نصف پهنای باند لینک (1 Mbps) نیاز دارد و پهنای باند کل 2 Mbps است.

ب) اگر دو یا کمتر کاربر به‌طور همزمان انتقال دهند، چون پهنای باند کل 2 Mbps کافی است، هیچ queuing delay وجود ندارد. اما اگر سه کاربر همزمان انتقال دهند، نیاز به 3 Mbps است که از پهنای باند در دسترس (2 Mbps) بیشتر است، بنابراین queuing delay ایجاد می‌شود.

ج) احتمال اینکه یک کاربر مشخص در حال انتقال باشد برابر با 0.2 است.

د) احتمال اینکه هر سه کاربر به‌طور همزمان در حال انتقال باشند برابر با $(0.2)^3 = 0.008$ است. کسری از زمان که صف در حال افزایش است نیز 0.008 است، زیرا صف زمانی رشد می‌کند که هر سه کاربر همزمان انتقال دهند.

۳) چه مدت طول می‌کشد تا یک بسته با طول 1,000 bytes روی یک لینک با فاصله 2,500 km، سرعت انتشار 2.5×10^8 m/s، و نرخ انتقال 2 Mbps منتشر شود؟ به طور کلی، چه مدت طول می‌کشد تا یک بسته با طول L روی یک لینک با فاصله d، سرعت انتشار s، و نرخ انتقال R bps منتشر شود؟ آیا این تأخیر به طول بسته بستگی دارد؟ آیا این تأخیر به نرخ انتقال بستگی دارد؟

پاسخ :
تأخیر کل 10 میلی‌ثانیه است. به طور کلی، تأخیر انتشار برابر با d / s است. این تأخیر به طول بسته بستگی ندارد، زیرا فقط به فاصله و سرعت انتشار وابسته است. همچنین به نرخ انتقال بستگی ندارد، زیرا نرخ انتقال فقط روی زمان انتقال تأثیر دارد، نه انتشار.

۴) فرض کنید Host A می‌خواهد یک فایل بزرگ به Host B ارسال کند. مسیر از Host A به Host B شامل سه لینک با نرخ‌های R1 = 500 kbps، R2 = 2 Mbps و R3 = 1 Mbps است.

الف) با فرض اینکه هیچ ترافیک دیگری در شبکه وجود ندارد، throughput برای انتقال فایل چیست؟

ب) فرض کنید فایل 4 million bytes باشد. با تقسیم اندازه فایل بر throughput، تقریباً چه مدت طول می‌کشد تا فایل به Host B منتقل شود؟

ج) سوالات (الف) و (ب) را تکرار کنید، اما این بار با R2 کاهش‌یافته به 100 kbps.

پاسخ :

الف) throughput برای انتقال فایل 500 kbps است، زیرا این کمترین نرخ در میان لینک‌ها ($R1 = 500$ kbps) است و گلوگاه مسیر را تعیین می‌کند.

ب) زمان انتقال فایل با اندازه 4 million bytes تقریباً 64 seconds است. این محاسبه با تقسیم اندازه فایل (4×10^6 bytes $\times$ 8 bits/byte $= 32 \times 10^6$ bits) بر throughput (500 kbps $= 500 \times 10^3$ bps) به دست می‌آید: $32 \times 10^6 / 500 \times 10^3 = 64$ seconds.

ج) با کاهش R2 به 100 kbps، throughput جدید 100 kbps می‌شود، زیرا اینک R2 گلوگاه جدید است. زمان انتقال فایل در این حالت 320 seconds است، که با تقسیم 32×10^6 bits بر 100×10^3 bps محاسبه می‌شود: $32 \times 10^6 / 100 \times 10^3 = 320$ seconds.

۵) فرض کنید می‌خواهید به‌صورت فوری 50 terabytes داده از San Francisco به New York با استفاده از یک لینک اختصاصی با نرخ 500 Mbps ارسال کنید.

الف) bandwidth-delay product را محاسبه کنید، $R \times dprop$.

ب) ارسال یک فایل با 800,000 bits از Host A به Host B را در نظر بگیرید. فرض کنید فایل به‌صورت مداوم به‌عنوان یک پیام بزرگ ارسال می‌شود. حداکثر تعداد bits که در هر زمان معین در لینک وجود خواهد داشت، چیست؟

ج) عرض (به متر) یک bit در لینک چیست؟

پاسخ :

الف) bandwidth-delay product برای مسیر San Francisco به New York با نرخ 500 Mbps و تأخیر انتشار تقریبی 80 ms (بر اساس فاصله حدود 4000 km و سرعت انتشار 2.5×10^8 m/s) برابر با 500×10^6 bps $\times 80 \times 10^{-3}$ s $= 40{,}000{,}000$ bits است.

ب) حداکثر تعداد bits که در هر زمان معین در لینک وجود خواهد داشت 400,000 bits است. این مقدار از حداقل bandwidth-delay product و اندازه بسته ($\min(40{,}000{,}000$ bits, $800{,}000$ bits$) = 400{,}000$ bits) به دست می‌آید، زیرا فایل به‌صورت مداوم ارسال می‌شود و لینک فقط تا ظرفیت خود را پر می‌کند.

ج) عرض یک bit در لینک 0.5 meters است، که با تقسیم طول لینک (4000 km $\times 1000$ m/km) بر تعداد bits در bandwidth-delay product (40,000,000 bits) به دست می‌آید.

۶) فرض کنید دو میزبان Host A و Host B با فاصله 20,000 kilometers از هم جدا شده‌اند و توسط یک لینک مستقیم با نرخ $R = 5$ Mbps به هم متصل هستند. فرض کنید سرعت انتشار در لینک 2.5×10^8 m/s است.

الف) bandwidth-delay product را محاسبه کنید، $R \times dprop$.

ب) ارسال یک فایل با 800,000 bits از Host A به Host B را در نظر بگیرید. فرض کنید فایل به‌صورت مداوم به‌عنوان یک پیام بزرگ ارسال می‌شود. حداکثر تعداد bits که در هر زمان معین در لینک وجود خواهد داشت، چیست؟

ج) تفسیری از bandwidth-delay product ارائه دهید.

د) عرض (به متر) یک bit در لینک چیست؟

ه) یک عبارت کلی برای عرض یک bit بر حسب سرعت انتشار s، نرخ انتقال R، و طول لینک m استخراج کنید.

پاسخ :

الف) bandwidth-delay product برابر با 400,000 bits است، که با ضرب نرخ انتقال $5 \text{ Mbps} = 5 \times 10^6$ bps در تأخیر انتشار $80 \text{ ms} = 80 \times 10^{-3}$ s (بر اساس فاصله 20,000 km و سرعت انتشار 2.5×10^8 m/s) محاسبه می‌شود: $5 \times 10^6 \times 80 \times 10^{-3} = 400{,}000$ bits.

ب) حداکثر تعداد bits که در هر زمان معین در لینک وجود خواهد داشت 400,000 bits است، زیرا فایل 800,000 bits به‌صورت مداوم ارسال می‌شود و لینک فقط تا ظرفیت bandwidth-delay product خود (400,000 bits) پر می‌شود.

ج) bandwidth-delay product یک لینک حداکثر تعداد bits است که می‌تواند در لینک وجود داشته باشد.

۷) این مسئله به بررسی propagation delay و transmission delay، دو مفهوم اصلی در شبکه‌های داده‌ای، می‌پردازد. فرض کنید دو میزبان Host A و Host B توسط یک لینک با نرخ R bps به هم متصل هستند. فرض کنید این دو میزبان با فاصله m meters از هم جدا شده‌اند و سرعت انتشار در لینک s meters/sec است. Host A قصد دارد یک بسته با اندازه L bits به Host B ارسال کند.

الف) propagation delay، dprop، را بر حسب m و s بیان کنید.

ب) زمان انتقال بسته، dtrans، را بر حسب L و R تعیین کنید.

ج) با نادیده گرفتن تأخیرهای پردازش و queuing delays، یک عبارت برای end-to-end delay به دست آورید.

د) فرض کنید Host A انتقال بسته را در زمان $t = 0$ آغاز کند. در زمان $t = dtrans$، آخرین bit بسته کجاست؟

ه) فرض کنید dprop بزرگ‌تر از dtrans باشد. در زمان $t = dtrans$، اولین bit بسته کجاست؟

و) فرض کنید dprop کوچک‌تر از dtrans باشد. در زمان $t = dtrans$، اولین bit بسته کجاست؟

ز) فرض کنید $s = 2.5 \times 10^8$، $L = 1500$ bytes و $R = 10$ Mbps. فاصله m را پیدا کنید به‌گونه‌ای که dprop برابر با dtrans باشد.

پاسخ :

الف) propagation delay، dprop، برابر با m / s ثانیه است.

ب) زمان انتقال بسته، dtrans، برابر با L / R ثانیه است.

ج) عبارت end-to-end delay با نادیده گرفتن تأخیرهای پردازش و queuing delays برابر با $(m / s) + (L / R)$ ثانیه است.

د) در زمان $t = dtrans$، آخرین bit بسته هنوز در Host A است و تازه شروع به خروج کرده است.

ه) اگر dprop بزرگ‌تر از dtrans باشد، در زمان $t = dtrans$ اولین bit هنوز در لینک است و به Host B نرسیده است.

و) اگر dprop کوچک‌تر از dtrans باشد، در زمان $t = dtrans$ اولین bit به Host B رسیده است.

ز) با فرض $s = 2.5 \times 10^8$ m/s، $L = 1500 \text{ bytes} = 1500 \times 8 = 12000$ bits و $R = 10$ Mbps $= 10 \times 10^6$ bps، داریم: $dprop = dtrans$، بنابراین $m / s = L / R$. پس $m = (L / R) \times s = (12000 / 10 \times 10^6) \times 2.5 \times 10^8 = 300$ km.

۸) در این بخش نیاز است تا مطابق فایل پیوست، نرم‌افزار Wireshark را نصب نموده و مطابق دستورالعمل موجود در فایل، به تست Wireshark بپردازید. برای دریافت نمره این بخش، اسکرین‌شات از مراحل انجام کار در محیط نرم‌افزار الزامی است.

نکاتی که باید توجه داشته باشید:

الف) مهلت ارسال در سربرگ تمرین همچنین در ایلرن درج شده است.

ب) کلیه تمرینات (غیر از تمرینات سرکلاسی) از طریق ایلرن دریافت می شوند و دیگر شیوه های ارسال تمرین پذیرفته نیست.

ج) در صورتی که تمرینات در قالب LaTeX و تنها در Template تمرینات ارسال شوند، ۵٪ نمره‌ی اضافی به عنوان امتیاز در نظر گرفته خواهد شد. (Template در ایلرن در دسترس است.)

د) فایل تمرینات ارسالی باید شامل فایل‌های مورد نیاز باشد. در صورتی که تمرینات در قالب LaTeX تهیه شده باشند، لازم است فایل‌های مورد نیاز جهت اجرای فایل LaTeX به همراه فایل PDF نیز ارسال شوند. نام فایل را به صورت زیر انتخاب کنید:

`CN#_StudentNumber#_StudentName`

ه) ارسال با تأخیر تمرین‌ها و پروژه‌های درس صرفاً بر اساس قوانین ذکرشده در فصل صفر امکان‌پذیر خواهد بود.