



دانشگاه مهندسی کامپیوتر
و فناوری اطلاعات



بسته‌تعالی

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



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۱۳۹۷-۱۳۹۷



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال اول سال تحصیلی ۹۸-۹۷
تمرین سری دوم (موعد تحویل: ۱۳۹۷/۰۷/۲۲)

مسئله	نمره
۱	
۲	
۳	
۴	
۵	
۶	

توجه: پاسخ تمرین‌ها باید به صورت دست‌نویس تحویل داده شود.

نام و نام خانوادگی:

شماره دانشجویی:

نمره:

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

سؤال ۱: برنامه‌ای را در نظر بگیرید که داده‌های خود را با نرخ ثابت (مثلاً N بیت داده در هر k واحد زمان، که k مقداری کوچک و ثابت است) ارسال می‌کند. همچنین، وقتی چنین برنامه‌ای شروع می‌شود، برای مدتی نسبتاً طولانی ادامه پیدا می‌کند. به پرسش‌های زیر با ذکر دلیل پاسخ دهید:

الف) برای این برنامه یک شبکه سوئیچینگ بسته‌ای مناسب‌تر است یا یک شبکه سوئیچینگ مداری؟ چرا؟

ب) فرض کنید شبکه از نوع سوئیچینگ بسته‌ای و تنها ترافیک موجود روی آن، ترافیک تولید شده توسط برنامه‌هایی مشابه آن چه توصیف کردیم است. همچنین، فرض کنید مجموع نرخ ارسال همه برنامه‌ها از ظرفیت هر یک از لینک‌های مسیر کمتر است. آیا این شبکه به ساز و کاری برای کنترل ازدحام نیاز دارد؟ چرا؟

پاسخ:

الف) برای چنین برنامه‌ای شبکه‌ی سوئیچینگ مداری بهتر می‌باشد، زیرا برنامه دارای یک session طولانی با نیازمندی پهنای باند قابل پیش بینی است. از آن جایی که نرخ ارسال مشخص است و ترافیک burst (ترافیکی که داده‌ی زیادی را در یک مدت زمان کم منتقل کند) برای این برنامه وجود ندارد پهنای باند می‌تواند بدون اتلاف زیادی رزرو شود. از طرف دیگر به خاطر اینکه مدت زمان session این برنامه زیاد است هزینه ساخت و از بین بردن رزرو برای این ارتباط بر روی زمان آن سرشکن خواهد شد.

ب) در بدترین حالت این برنامه‌ها می‌توانند به صورت همزمان بر روی یک یا چند لینک انتقال داده را انجام دهند. از آن جایی که هر لینک می‌تواند نرخ ارسال همه‌ی برنامه‌ها را تحمل کند (زیرا فرض کرده‌ایم مجموع نرخ ارسال همه برنامه‌ها از ظرفیت هر یک از لینک‌های مسیر کمتر است) طول صف‌های تشکیل شده کوچک خواهد بود و بنابراین ازدحام رخ نخواهد داد. در چنین شرایطی که لینک‌ها ظرفیت بالایی دارند نیازی به مکانیزم‌های کنترل ازدحام نیست.



سؤال ۲: تأخیر انتها به انتها (کل تأخیر از زمان ارسال بیت اول در فرستنده و دریافت آخرین بیت در گیرنده) را برای دو حالت زیر محاسبه کنید:

الف) فرستنده و گیرنده با دو لینک یک گیگابیتی (سرعت 1 Gbit/s) و یک سویچ به هم متصل هستند. طول بسته‌ی ارسالی را ۵۰۰۰ بیت فرض کنید. تأخیر انتشار در طول هر یک از لینک‌ها ۱۰ میکروثانیه است. فرض کنید سویچ بلافاصله پس از دریافت آخرین بیت بسته شروع به جلورانی آن می‌کند و صف‌ها در ابتدا خالی هستند.

ب) مشابه قسمت الف، مسئله را با فرض سه سویچ و چهار لینک حل کنید.

پاسخ:

الف: تأخیر کل ارسال بسته از فرستنده تا گیرنده برابر با مجموع مدت زمان ارسال بسته از فرستنده تا گیرنده (از فرستنده تا سویچ و از سویچ تا گیرنده) و تأخیر انتشار از فرستنده تا گیرنده (از فرستنده تا سویچ و از سویچ تا گیرنده) است. بنابراین خواهیم داشت:

$$d_{total} = d_{transmission} + d_{propagation} = \left(\frac{5 \times 10^3}{10^9} + \frac{5 \times 10^3}{10^9} \right) + (10 \times 10^{-6} + 10 \times 10^{-6}) = 30 \mu s$$

ب: مشابه قسمت قبل داریم:

$$d_{total} = d_{transmission} + d_{propagation} = 4 \times \left(\frac{5 \times 10^3}{10^9} \right) + 4 \times (10 \times 10^{-6}) = 60 \mu s$$



سؤال ۳:

- پارامترهای زیر را در شبکه سوئیچینگ در نظر بگیرید.
- N: تعداد hop بین دو سیستم پایانی مفروض
 - L: طول پیام بر حسب بیت
 - B: نرخ ارسال داده‌ها در تمامی خطوط بر حسب bps
 - P: اندازه ثابت بسته بر حسب بیت
 - H: تعداد بیت‌های سربرار در بسته
 - S: زمان برپاسازی تماس در مدار مجازی یا سوئیچینگ مداری بر حسب ثانیه
 - D: تاخیر انتشار در هر hop بر حسب ثانیه
- الف) با فرض $N=3$ و بدون در نظر گرفتن خطا، دیاگرام زمانی انتقال پیغام از سیستم اول به سیستم آخر را ترسیم کنید.
- ب) با فرض $N=3, L=3200, B=9600, P=1024, H=16, S=0.2, D=0.001$ تاخیر انتها به انتها را برای سوئیچینگ مداری و سوئیچینگ داده نگار حساب کنید.

ج) در یک شبکه سوئیچینگ داده نگار، ثابت کنید که مقدار p برای مینیمم ساختن تاخیر انتها به انتها عبارتست از:

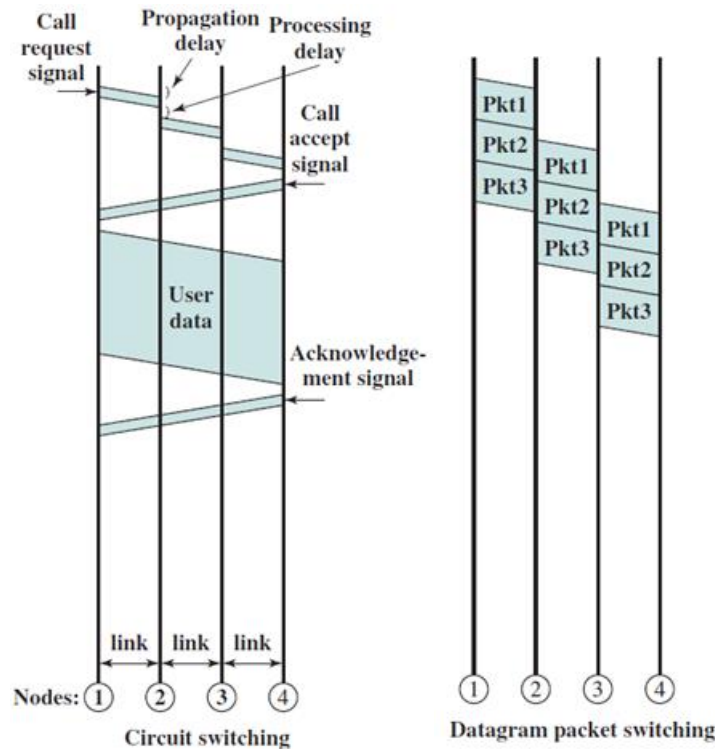
$$P = H + \sqrt{\frac{LH}{N-1}}$$

$$L \gg P, D \approx 0$$



پاسخ:

(الف)



(ب)

سوئیچینگ مداری:

تاخیر انتها به انتها = زمان برپاسازی مسیر + زمان تحویل فایل

زمان تحویل فایل = زمان انتقال + زمان انتشار

$$N \times D + \frac{L}{B} = 3 \times 0.001 + \frac{3200}{9600} = 0.336$$

تاخیر انتها به انتها:

$$0.2 + 0.336 = 0.536 \text{ sec}$$

سوئیچینگ داده:

$$T = D_1 + D_2 + D_3$$

زمان ارسال و تحویل همه بسته ها به اولین گام

زمان تحویل آخرین بسته به دومین گام

زمان تحویل آخرین بسته به سومین گام (مقصد)

در هر بسته $P-H = 1008$ بیت داده می تواند قرار بگیرد پس یک پیام با 3200 بیت به چهار بسته شکسته می شود ($\lceil \frac{3200}{1008} \rceil$). برای راحتی بسته آخر را هم اندازه با سایر بسته ها در نظر می گیریم.

$$D_1 = 4 \times t + p$$

تاخیر انتشار برای یک گام = p



زمان انتقال یک بسته t

$$D_1 = 4 \times \frac{P}{B} + D = 4 \times \frac{1024}{9600} + 0.001 = 0.428$$

$$D_2 = D_3 = t + p = 0.108$$

$$T = 0.428 + 2 \times 0.108 = 0.644 \text{ sec}$$

(ج)

تاخیر انتها به انتها در سوئیچینگ داده از رابطه زیر بدست می آید:

$$T_d = \left(\frac{L}{P-H} + N - 1 \right) \left(\frac{P}{B} \right) + N \times D$$

که در این رابطه $\frac{L}{P-H}$ تعداد بسته ها است، $N \times D$ تاخیر انتشار N گامه و $\frac{P}{B}$ زمان انتقال یک بسته است. برای کمینه شدن تاخیر انتها به انتها از رابطه بالا برحسب P مشتق گرفته و برابر صفر قرار می دهیم:

$$\left(\frac{1}{B} \right) \left(\frac{L}{P-H} + N - 1 \right) - \frac{\frac{PL}{B}}{(P-H)^2} = 0$$

$$(P-H)^2 = \frac{LH}{N-1}$$

$$P = H + \sqrt{\frac{LH}{N-1}}$$



سؤال ۴: یک فرستنده (A) و یک گیرنده (B) را در نظر بگیرید که با دو لینک و یک مسیر یاب به هم متصل هستند. فرض کنید دو بسته پشت سر هم از A به B ارسال می‌شود و ترافیک دیگری روی این مسیر وجود ندارد. هر بسته از L بیت تشکیل شده است. هر دو لینک تاخیر انتشار یکسان دارند که با d_{prop} نشان داده می‌شود.

الف) اگر لینک اول در مسیر A به B، لینک گلوگاه با نرخ $R_A \text{ bit/s}$ باشد، زمان بین رسیدن بسته‌ها (منظور فاصله زمانی بین رسیدن آخرین بیت از بسته اول و آخرین بیت از بسته دوم است) به مقصد چقدر است؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

ب) در صورتی که لینک دوم گلوگاه باشد (یعنی $R_B < R_A$) آیا ممکن است بسته دوم قبل از ورود به لینک دوم در صف ورودی منتظر بماند؟
ج) اگر همچنان لینک دوم گلوگاه مسیر A تا B باشد و فرستنده A بسته دوم را T ثانیه بعد از بسته اول ارسال کند، حداقل مقدار T باید چقدر باشد تا بسته دوم در صف منتظر نماند؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

پاسخ:

الف) اگر لینک اول گلوگاه باشد، بسته‌ی دوم در ورودی لینک اول وارد صف می‌شود تا بسته‌ی اول به طور کامل منتقل شود. یعنی به اندازه‌ی زمان انتقال بسته‌ی اول در صف منتظر می‌ماند. یعنی فاصله‌ی بین رسیدن بسته‌ها L/R_A خواهد بود.

ب) اگر لینک دوم گلوگاه باشد و بسته‌ها پشت سر هم فرستاده شوند، بسته‌ی دوم، قبل از ارسال بسته‌ی اول روی لینک دوم به ورودی لینک دوم می‌رسد و وارد صف می‌شود. به عبارت دیگر داریم:

$$L/R_A + L/R_A + d_{prop} < L/R_A + d_{prop} + L/R_B$$

سمت چپ رابطه‌ی بالا نشان‌دهنده‌ی زمان رسیدن بسته‌ی دوم به لینک دوم است که شامل زمان ارسال بسته‌ی اول، زمان ارسال بسته‌ی دوم و تأخیر انتشار است. دقت شود که به دلیل اینکه بسته‌ها پشت سر هم ارسال می‌شوند، تأخیر انتشار صرفاً یک بار در رابطه ظاهر شده است. سمت راست رابطه‌ی بالا مدت زمان لازم برای رسیدن بسته‌ی اول به لینک دوم است (کل زمان لازم برای انتقال روی لینک اول + تأخیر انتشار لینک اول + زمان لازم برای تزریق بسته به لینک دوم).

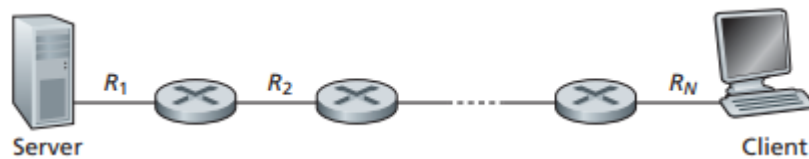
ج) این تأخیر باید از کل مدت زمان لازم برای رسیدن بسته‌ی اول به لینک دوم (سمت راست رابطه‌ی بالا) بیشتر یا مساوی باشد. یعنی:

$$L/R_A + L/R_A + d_{prop} + T \geq L/R_A + d_{prop} + L/R_B$$

پس حداقل مقدار T باید $L/R_B - L/R_A$ باشد.



سؤال ۵: شکل زیر را در نظر بگیرید. فرض کنید احتمال از دست رفتن بسته در هر لینک p می‌باشد؛ احتمال از دست رفتن بسته بین هر لینک نیز مستقل از دیگری باشد. احتمال آن که بسته‌ای که توسط سرور ارسال می‌شود به صورت موفقیت آمیز توسط گیرنده دریافت شود چقدر است؟ اگر بسته در بین راه از بین برود مجدداً توسط سرور ارسال می‌گردد. به طور میانگین، چندبار بایستی باز ارسال شود تا به صورت موفقیت آمیز در سمت گیرنده دریافت شود؟



پاسخ:

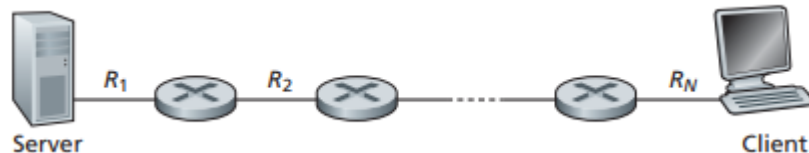
برای اینکه بسته به دست کلاینت برسد باید در لینک اول، دوم و... N ام بسته از دست نرود احتمال از دست رفتن در هر لینک برابر $1 - p$ می‌باشد بنابراین احتمال دریافت موفق توسط کلاینت برابر:

$$p_s = (1 - p)^N$$

تعداد ارسال های لازم برای اینکه بسته به دست کلاینت برسد یک متغیر تصادفی هندسی با احتمال موفقیت p_s است. بنابراین تعداد متوسط دفعات ارسال برابر میانگین متغیر تصادفی هندسی یعنی $\frac{1}{p_s}$ است. در نتیجه میانگین تعداد دفعات باز ارسال (ارسال مجدد) $1 - \frac{1}{p_s}$ است.



سؤال ۶: شکل زیر را در نظر بگیرید. فرض کنید که M مسیر بین سرور و کلاینت وجود دارد. هیچ دو مسیری لینک مشترکی ندارند. مسیر k شامل N لینک می‌باشد که نرخ ارسال هر لینک به ترتیب $R_1^k, R_2^k, \dots, R_N^k$ می‌باشد. اگر سرور می‌تواند تنها از یک مسیر برای ارسال داده به کلاینت استفاده کند؛ حداکثر نرخ گزردهی که سرور می‌تواند به آن دست یابد چقدر است؟ فرض کنید سرور می‌تواند از تمامی M مسیر برای ارسال داده استفاده کند؛ حداکثر نرخ گزردهی که سرور می‌تواند به آن دست یابد چقدر است؟



پاسخ:

اگر یک مسیر بین سرور و کلاینت ها وجود داشته باشد حداکثر گزردهی از رابطه زیر بدست می آید:

$$\max\{\min(R_1^1, R_2^1, \dots, R_N^1), \min(R_1^2, R_2^2, \dots, R_N^2), \dots, \min(R_1^k, R_2^k, \dots, R_N^k)\}$$

یعنی گزردهی در هر مسیر برابر کمترین نرخ ارسال در لینک های آن مسیر است و سرور حداکثر گزردهی بین همه مسیرها را انتخاب میکند. اگر سرور بتواند از تمامی M مسیر استفاده کند آنگاه حداکثر گزردهی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\sum_{k=0}^M \min\{R_1^k, R_2^k, \dots, R_N^k\}$$

سرور می تواند ترافیک خود را به چندین بخش تقسیم کرده و هر بخش را بر روی یک مسیر ارسال کند.