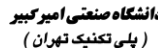


دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات



مسئله	نمره
۹	

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

درس شبکه های کامپیوتری، نیم سال اول سال تحصیلی ۹۸-۹۷
 تمرین سری بهضم (موعد تحویل: ۰۱/۰۹/۱۳۹۷)

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

نام و نام خانوادگی:

شماره دانشجویی:

نمبر ۵:

سوال ۱: ارتباط مطمئن داده‌ای را در نظر بگیرید که تنها از negative acknowledgement استفاده می‌کند. در این ارتباط اگر بسته‌ای در شبکه از بین برود، گیرنده پس از دریافت بسته بعدی، برای فرستنده NACK بسته‌ای از بین رفته را ارسال می‌کند. در صورتی که گیرنده بسته‌ای بعد از بسته از بین رفته دریافت نکند، از گم شدن بسته مطلع نخواهد شد. حال فرض کنید فرستنده به ندرت داده‌ای ارسال می‌کند در این صورت آیا استفاده از روش NACK-only به صرفه است؟ در صورتی که فرستنده در یک کانال با نرخ از دست رفتن پایین داده‌ی زیادی را ارسال نماید چطور؟

اگر ارسال داده‌ها به ندرت صورت بگیرد روش NACK-only روش خوبی نخواهد بود زیرا با از دست رفتن پیام NACK فرستنده در هنگام ارسال داده‌ی جدید که می‌تواند در زمان دیگری باشد متوجه از دست رفتن بسته قبلی خواهد شد، اما در یک کانال مطمئن روش NACK-only بهتر خواهد بود زیرا کارایی بیشتری برای کانال به همراه می‌آورد.

سوال ۲: در روش کنترل خطای ایست و انتظار (Stop & Wait) بهره‌وری کانال (Line Utilization) چه اندازه است؟ فرض کنید طول فریم هزار بیت، سرعت ارسال ده هزار بیت بر ثانیه و تاخیر انتشار ۲۰۰ میلی‌ثانیه است (از احتمال خطا صرف نظر کنید).

$$t_{frame} = \frac{1000}{10000} = 0.1s$$

$$U = \frac{1}{1 + 2a} = \frac{1}{1 + 2 * \frac{200}{100}} = 20\%$$



سوال ۳: فرض کنید یک خط بدون خطا در اختیار داریم. اگر فرض کنیم زمان ارسال یک بسته در این خط برابر با t_{frame} بوده و تاخیر انتشار آن t_{prop} باشد، در صورتی که از روش Stop & Wait برای ارسال استفاده نماییم نشان دهید کارایی برابر خواهد بود با:

$$U = \frac{1}{1 + 2a}$$

که در آن a برابر با $\frac{t_{prop}}{t_{frame}}$ است. حال اگر این خط دارای خطای p باشد، به این معنی که هر بسته ممکن است با احتمال p از بین برود، رابطه فوق به چه شکل در خواهد آمد؟

اثبات فرمول

$$U = \frac{1}{1 + 2a}$$

در کلاس درس انجام شده است.

تعداد ارسال‌ها تا موفقیت یک متغیر تصادفی (k) می‌باشد، احتمال اینکه بعد از K بار موفق شویم:

$$P_r[k = K] = p^{K-1}(1 - p)$$

$$N_r = E[k] = \sum_{i=1}^{\infty} (ip^{i-1}(1 - p)) = \frac{1}{1 - p}$$

در حالت بدون خطا برای ارسال یک بسته در حقیقت از زمان ارسال $2a + 1$ بسته را صرف می‌کنیم. اگر خطا داشته باشیم این زمان شامل متوسط دفعات ارسال نیز می‌گردد، بنابراین داریم:

$$U = \frac{1 - p}{1 + 2a}$$



سوال ۴: یک کانال بدون خطا با نرخ ارسال ۶۴ کیلوبیت در ثانیه را در نظر بگیرید. اگر فرض کنیم اندازه فریم‌های داده ۱۶۰ بایت، سربرار هر بسته ۱۶ بایت، اندازه بسته‌های ACK، ۱۶ بایت و شماره ترتیب ارسال یک عدد ۳ بیتی باشد. با فرض این که تاخیر انتشار در این کانال ۲۴۱ میلی ثانیه باشد و گیرنده به محض دریافت بسته داده، پیام ACK را ارسال کند بهره‌وری پروتکل Go Back N و Selective Repeat برای این کانال چقدر است؟

زمان ارسال بسته:

$$T_P = \frac{8 \times 160}{64 \times 10^3} = 20 \times 10^{-3}$$

زمان ارسال بسته ACK

$$T_A = \frac{16 \times 8}{64 \times 10^3} = 2 \times 10^{-3}$$

تاخیر انتشار

$$T_{prop} = 241 \times 10^{-3}$$

اندازه‌ی سربرار بسته

$$H=16$$

اندازه‌ی بسته

$$L=160$$

حداکثر اندازه پنجره ارسال مطابق روابط زیر محاسبه می شوند:

$$Sequence\ Number = 8 \geq W_{GBN} + 1 \rightarrow W_{GBN} = 7$$

$$Sequence\ Number = 8 = 2 \times W_{SR} \rightarrow W_{SR} = 4$$

اندازه پنجره ارسال برای اینکه ارسال قطع نشود برابر است با:

$$W_{min} = \left\lceil \frac{T_o}{T_P} \right\rceil = \left\lceil \frac{2T_{prop} + T_P + T_A}{T_P} \right\rceil = \left\lceil \frac{504 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-3}} \right\rceil = 26$$

بنابراین پنجره ارسال بسیار کوچک است و ارسال به صورت پیوسته انجام نمی شود. در این حالت، بدون در نظر گرفتن خطا کارایی هر دو Go-Back N و Selective Repeat مطابق رابطه زیر است:

$$U_{sliding\ window} = \frac{W}{T_o} \left(1 - \frac{H}{L}\right) = W \times \frac{T_P}{T_o} \left(1 - \frac{H}{L}\right) = \frac{W \times T_P \times \left(1 - \frac{H}{L}\right)}{2T_{prop} + T_P + T_A} = \frac{W \times 18 \times 10^{-3}}{504 \times 10^{-3}} = \frac{W}{28}$$

در حقیقت همان $\left(1 - \frac{H}{L}\right)$ است که عبارت $\frac{W}{T_o}$ به خاطر پیوسته نبودن ارسال در آن ضرب شده است.

حال حداکثر کارایی ها عبارتند از:

$$U_{GBN} = \frac{7}{28} = 25\%$$

$$U_{SR} = \frac{4}{28} = 14.3\%$$



سوال ۵: در یک سیستم انتقال اطلاعات مبتنی بر بسته، بسته‌هایی با اندازه ۵۱۲ بایت بر روی یک لینک ارتباطی با نرخ ارسال ۵۱۲ کیلوبیت بر ثانیه و تاخیر انتشار ۲۰ میلی‌ثانیه ارسال می‌شوند. اگر برای کنترل خطا در چنین سیستمی از مکانیسم پنجره لغزان استفاده شود، حداقل اندازه پنجره مورد نیاز برای دستیابی به بهره‌وری بهینه چقدر است؟

$$T_P = \frac{L}{R} = \frac{512 \times 8}{512 \times 1000} = 8ms$$

$$W_{min} = \left\lceil \frac{T_o}{T_P} \right\rceil = \left\lceil \frac{8 + 40}{8} \right\rceil = 6$$

سوال ۶: دو میزبان A و B با یک لینک 100 Mbps مستقیماً به یکدیگر متصل شده‌اند. صرفاً یک اتصال TCP بین این دو میزبان وجود دارد و میزبان A در حال ارسال یک فایل خیلی بزرگ روی این اتصال به میزبان B است. میزبان A می‌تواند داده‌های لایه‌ی کاربرد خود را با نرخ 120 Mbps وارد این سوکت TCP کند، ولی میزبان B می‌تواند فقط با حداکثر نرخ 50 Mbps بافر دریافت خود را بخواند. تأثیر کنترل جریان TCP را تشریح کنید.

از آنجایی که ظرفیت لینک 100Mbps هست پس نرخ ارسال میزبان A حداکثر 100Mbps است. میزبان A ارسال داده به بافر گیرنده را سریع‌تر از خالی کردن بافر توسط میزبان B انجام می‌دهد. بافر گیرنده با نرخ لحظه‌ای 100Mbps پر می‌شود. زمانی که بافر پر می‌شود، میزبان B به A علامت می‌دهد تا ارسال داده را متوقف کند این کار را با تنظیم کردن مقدار $RcvWindow = 0$ انجام می‌دهد. میزبان A ارسال را متوقف می‌کند تا زمانی که یک سگمنت TCP با $RcvWindow > 0$ دریافت کند. بنابراین میزبان A دائماً ارسال را متوقف می‌کند و از سر می‌گیرد. این کار بر مبنای $RcvWindow$ ای که از سمت میزبان B دریافت می‌کند صورت می‌گیرد. به‌طور میانگین نرخ بلندمدت ارسال داده از میزبان A به سمت میزبان B حداکثر 50Mbps است.



سوال ۷: روال TCP برای تخمین RTT را در نظر بگیرید. فرض کنید که $\alpha = 0.1$ است. $SampleRTT_1$ را به عنوان جدیدترین نمونه RTT در نظر بگیرید و فرض کنید که $SampleRTT_2$ جدیدترین نمونه RTT بعدی باشد و به همین ترتیب این فرضیات را ادامه دهید.

الف) در اتصال TCP مذکور، فرض کنید چهار پیام تصدیق متناظر با نمونه‌های RTT، یعنی $SampleRTT_1$ ، $SampleRTT_2$ ، $SampleRTT_3$ و $SampleRTT_4$ برگشته‌اند، مقدار EstimatedRTT را بدست آورید.

ب) فرمول خود را برای n نمونه RTT تعمیم دهید.

از $EstimatedRTT^{(n)}$ برای نمایش تخمین nام استفاده می‌کنیم.

الف)

$$EstimatedRTT^{(4)} = xSampleRTT_1 + (1-x)[xSampleRTT_2 + (1-x)[xSampleRTT_3 + (1-x)SampleRTT_4]]$$

$$= xSampleRTT_1 + x(1-x)SampleRTT_2 + x(1-x)^2SampleRTT_3 + (1-x)^3SampleRTT_4$$

ب)

$$EstimatedRTT^{(n)} = x \sum_{j=1}^{n-1} (1-x)^{j-1} SampleRTT_j + (1-x)^{n-1} SampleRTT_n$$



سوال ۸: فرض کنید پنج مقدار اندازه‌گیری شده برای SampleRTT به ترتیب برابرند با: 115 ms، 90 ms، 140 ms، 120 ms، 106 ms. با استفاده از مقدار $\alpha = 0.125$ و با فرض اینکه مقدار EstimatedRTT درست قبل از این پنج اندازه‌گیری 100 ms بوده است، مقدار EstimatedRTT بعد از هر یک از این مقادیر SampleRTT را محاسبه کنید. همچنین با استفاده از مقدار $\beta = 0.25$ و با فرض این که مقدار DevRTT درست قبل از این پنج اندازه‌گیری 5 ms بوده است، مقدار DevRTT بعد از هر یک از این مقادیر SampleRTT محاسبه کنید. در آخر مقدار TimeoutInterval را بعد از هر یک از این مقادیر SampleRTT محاسبه کنید.

$$DevRTT = \beta |SampleRTT - EstimatedRTT| + (1 - \beta)DevRTT$$

$$EstimatedRTT = \alpha SampleRTT + (1 - \alpha)EstimatedRTT$$

$$TimeoutInterval = EstimatedRTT + 4 \times DevRTT$$

از استالینگز:

$$\begin{aligned} SRTT(K+1) &= (1-g) \times SRTT(K) + g \times RTT(K+1) \\ SERR(K+1) &= RTT(K+1) - SRTT(K) \\ SDEV(K+1) &= (1-h) \times SDEV(K) + h \times |SERR(K+1)| \\ RTO(K+1) &= SRTT(K+1) + f \times SDEV(K+1) \end{aligned} \quad (20.5)$$

بعد از بدست آوردن اولین $SampleRTT = 106ms$

$$DevRTT = 0.25 \times |106 - 100| + 0.75 \times 5 = 5.25ms$$

$$EstimatedRTT = 0.125 \times 106 + 0.875 \times 100 = 100.75ms$$

$$TimeoutInterval = 100.75 + 4 \times 5.25 = 121.75ms$$

بعد از بدست آوردن دومین $SampleRTT = 120ms$

$$DevRTT = 0.25 \times |120 - 100.75| + 0.75 \times 5.25 = 8.75ms$$

$$EstimatedRTT = 0.125 \times 120 + 0.875 \times 100.75 = 103.15ms$$

$$TimeoutInterval = 103.15 + 4 \times 8.75 = 138.15ms$$

بعد از بدست آوردن سومین $SampleRTT = 140ms$

$$DevRTT = 0.25 \times |140 - 103.15| + 0.75 \times 8.75 = 15.77ms$$

$$EstimatedRTT = 0.125 \times 140 + 0.875 \times 103.15 = 107.76ms$$

$$TimeoutInterval = 107.76 + 4 \times 15.77 = 170.84ms$$

بعد از بدست آوردن چهارمین $SampleRTT = 90ms$

$$DevRTT = 0.25 \times |90 - 107.76| + 0.75 \times 15.77 = 16.27ms$$



$$EstimatedRTT = 0.125 \times 90 + 0.875 \times 107.76 = 105.54ms$$

$$TimeoutInterval = 105.54 + 4 \times 16.27 = 170.62ms$$

بعد از بدست آوردن پنجمین $SampleRTT = 115ms$

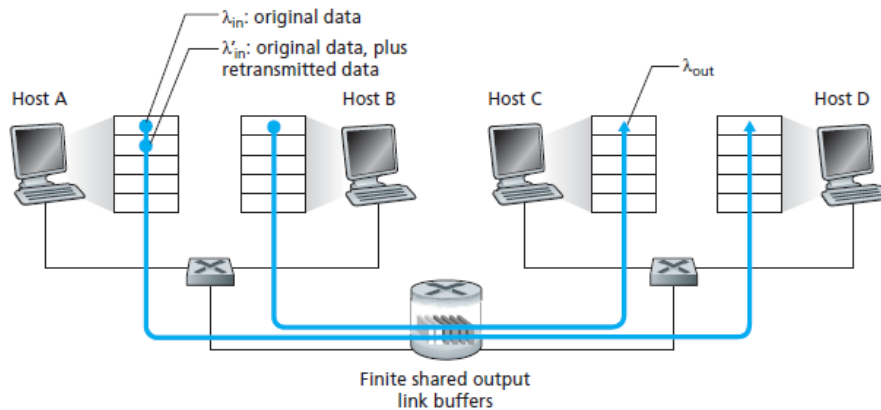
$$DevRTT = 0.25 \times |115 - 105.54| + 0.75 \times 16.27 = 14.57ms$$

$$EstimatedRTT = 0.125 \times 115 + 0.875 \times 105.54 = 106.71ms$$

$$TimeoutInterval = 106.71 + 4 \times 14.57 = 165ms$$



سوال ۹: شکل زیر را در نظر بگیرید. فرض کنید میزبان‌های A و B هر دو زمان Time out مشخص و ثابتی دارند.



الف) توضیح دهید چرا افزایش اندازه بافر محدود مسیریاب احتمالاً می‌تواند باعث کاهش گذردهی (λ_{out}) شود.

ب) اکنون فرض کنید هر دو میزبان زمان‌های انقضای خود را به صورت پویا (مانند آنچه TCP می‌دهد) بر اساس تأخیر بافر در مسیریاب تنظیم می‌کنند. آیا افزایش اندازه‌ی بافر مسیریاب می‌تواند به افزایش گذردهی کمک کند؟ چرا؟

الف. اگر زمان انقضا را ثابت در نظر بگیریم فرستنده ممکن است دچار انقضای زودتر از موعد شود بنابراین برخی از بسته‌ها دوباره ارسال خواهند شد درحالی‌که گم نشده‌اند.

ب. اگر زمان انقضا تخمینی (estimated) باشد (مشابه آنچه در TCP وجود دارد) پس افزایش اندازه بافر مطمئناً باعث افزایش گذردهی مسیریاب می‌شود. اما امکان بروز یک مشکل بالقوه وجود دارد اینکه ممکن است تأخیر صف خیلی زیاد شود.

در صورت هرگونه مشکل یا سوال درخصوص تمرین‌ها و پروژه‌های درس شبکه‌های کامپیوتری می‌توانید با آقای پرهام الوانی (parham.alvani@gmail.com) تماس بگیرید.