



دانشگاه مهندسی کامپیوتر  
و فناوری اطلاعات



بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)

مسئله	نمره	مسئله	نمره
۱		۱۱	
۲		۱۲	
۳		۱۳	
۴		۱۴	
۵		۱۵	
۶		۱۶	
۷		۱۷	
۸		۱۸	
۹			
۱۰			

درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال دوم سال تحصیلی ۹۸-۹۹  
تمرین سری چهارم (تاریخ ۱۳۹۹/۰۴/۰۵، موعد تحویل: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷)

نام و نام خانوادگی:

شماره دانشجویی:

نمره:

سوال ۱: 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. به طور میانگین نرخ بلند مدت ارسال داده از میزبان A به سمت میزبان B حداکثر 50Mbps است.

سوال ۲: روال TCP برای تخمین RTT را در نظر بگیرید. فرض کنید که  $\alpha = 0.1$  است.  $SampleRTT_n$  را به عنوان جدیدترین نمونه RTT در نظر بگیرید و فرض کنید که  $SampleRTT_{n-1}$  جدیدترین نمونه RTT قبلی باشد و به همین ترتیب این فرضیات را ادامه دهید. فرض کنید مقدار تخمین اولیه RTT برابر با  $EstimatedRTT^{(0)}$  می‌باشد.

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 و توضیح دهید که چرا به این روش exponential weighted moving average گفته می‌شود.

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

الف)

$EstimatedRTT^{(4)}$

$$\begin{aligned}
 &= \alpha SampleRTT_4 \\
 &+ (1 - \alpha) [\alpha SampleRTT_3 \\
 &+ (1 - \alpha) [\alpha SampleRTT_2 + (1 - \alpha) [\alpha SampleRTT_1 + (1 - \alpha) EstimatedRTT^{(0)}]]] \\
 &= \alpha SampleRTT_4 + \alpha(1 - \alpha) SampleRTT_3 + \alpha(1 - \alpha)^2 SampleRTT_2 + \alpha(1 - \alpha)^3 SampleRTT_1 \\
 &+ (1 - \alpha)^4 EstimatedRTT^{(0)}
 \end{aligned}$$

ب)



# درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال دوم تحصیلی ۹۸-۹۹

## تمرین سری چهارم (موعد تحویل: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷)

صفحه: 2 از 11

$$EstimatedRTT^{(n)} = \alpha \sum_{j=1}^n (1 - \alpha)^{n-j} SampleRTT_j + (1 - \alpha)^n EstimatedRTT^{(0)}$$

در این روش میانگین وزن به داده‌های گذشته به صورت نمایی وزن کمتری می‌دهد و اینگونه به نظر می‌رسد که میانگین در واقع به صورت یک پنجره در حال حرکت است که تاثیر داده‌های قدیمی را از بین می‌برد.

سوال ۳: در روش کنترل خطای توقف و انتظار (Stop & Wait) بهره‌وری کانال (Line Utilization) چه اندازه است؟ فرض کنید طول فریم هزار بیت، نرخ ارسال ده هزار بیت بر ثانیه و تاخیر انتشار یک طرفه ۲۰۰ میلی ثانیه 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 ۴: فرض کنید بین کامپیوتر A و کامپیوتر B یک اتصال TCP برقرار شده است. اگر کامپیوتر A در حال ارسال داده برای کامپیوتر B باشد و کامپیوتر B داده‌ای برای ارسال به A نداشته باشد، آیا موافقت که پیام‌های ACK از طرف کامپیوتر B به A ارسال نمی‌شوند چرا که داده‌ای برای Piggybacking وجود ندارد؟ توضیح دهید.

پاسخ: خیر. Piggybacking برای افزایش کارایی و در صورتی که هر دو طرف داده‌ای برای ارسال دارند انجام می‌شود و اگر یک طرف داده‌ای نداشت پیام ACK به تنهایی ارسال می‌شود.

سوال ۵: اگر L اندازه‌ی بسته و H اندازه‌ی سرآیند بسته باشد، با فرض اینکه

$$t_{prop} = 1s$$

$$t_{transmission} = 0.5s$$

$$H = 10 \text{ Byte}$$

$$L = 100 \text{ Byte}$$

و احتمال خطای ۵ درصد، بهره‌وری پروتکل Go-Back-N را با پنجره با اندازه ۳ حساب کنید. زمان تاخیر پردازش و ارسال پیام ACK را ناچیز فرض کنید.

حداقل اندازه پنجره برای این که همیشه در حال ارسال باشیم به این شکل محاسبه می‌شود:

$$w_s^* = 1 + 2a = 1 + 2 * 2 = 5$$

با توجه به این که اندازه پنجره فعلی از اندازه پنجره ایده‌آل کمتر است لذا فقط به اندازه‌ای که پنجره جا دارد قادر به ارسال هستیم و بقیه زمان را باید منتظر دریافت پیام‌های ACK بمانیم تا بتوانیم پنجره را حرکت دهیم. اگر اندازه‌ی پنجره فعلی را با  $w_s$  و احتمال خطا را با  $p_f$  نمایش دهیم، با توجه این توضیحات بهره‌وری به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$UGBN = (1 - p_f) \left( \frac{w_s}{w_s^*} \right) (1 - H/L) / (1 + (w_s - 1)p_f)$$



$$0.95 * 0.6 * 0.9 * (1/1.1) = 46.6\%$$

سوال ۶: فرض کنید پنج مقدار اندازه‌گیری شده برای SampleRTT به ترتیب برابرند با: 106 ms, 120 ms, 140 ms, 90 ms و 115 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.

میدانیم:

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

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

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

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  $SampleRTT = 90ms$ :

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

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



# درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال دوم تحصیلی ۹۸-۹۹

تمرین سری چهارم (موعد تحویل: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷)

صفحه: 4 از 11

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

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 ۷: 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 میلی ثانیه 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؟

$$T_{trans} = \frac{L}{R} = \frac{(512 \times 8)}{(512 \times 1000)} = 8ms$$

$$W_{min} = \left\lceil \frac{2T_{prop} + T_{trans}}{T_{trans}} \right\rceil = \left\lceil \frac{8 + 40}{8} \right\rceil = 6$$

سوال ۸: روش SYN Cookies را در نظر بگیرید.

الف) چرا لازم است سرور از یک شماره دنباله آغازین ویژه در SYNACK استفاده کند؟

ب) فرض کنید حمله‌کننده می‌داند که میزبان هدف از SYN Cookies استفاده می‌کند. آیا حمله‌کننده می‌تواند یک ارتباط نیمه‌باز یا باز را تنها با ارسال ACK به میزبان تشکیل دهد؟ توضیح دهید.

ج) فرض کنید حمله‌کننده تعداد زیادی شماره دنباله آغازین این میزبان را ذخیره کرده است. آیا امکان دارد حمله‌کننده بتواند یک ارتباط را با ارسال این پیام‌های ACK ایجاد کند؟ توضیح دهید.

الف) سرور نمی‌خواهد اطلاعاتی در رابطه با کلاینت نگهداری کند بنابراین با تولید یک شماره دنباله آغازین ویژه در SYNACK این اطلاعات را در این شماره دنباله آغازی قرار می‌دهد و با دریافت دوباره آن این اطلاعات را بازیابی می‌کند.

ب) از آنجایی که شماره دنباله آغازین میزبان به صورت مشخصی تولید می‌شود ارسال پیام‌های ACK تصادفی با احتمال بسیار کمی موفق به ایجاد ارتباط خواهد شد.

ج) از آنجایی که شماره دنباله آغازین تولید شده توسط سرور اطلاعاتی از کلاینت را هم در بر دارد این شماره آغازین‌های جمع شده برای حمله‌کننده کاربردی نخواهند داشت.

سوال ۹: ارسال یک فایل L بایتی از میزبان A به میزبان B را در نظر بگیرید. فرض کنید MSS برابر با ۵۳۶ بایت است. فرض کنید برنامه کاربردی فایل به صورت یکجا در بافر TCP قرار می‌دهد.



# درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال دوم تحصیلی ۹۸-۹۹

## تمرین سری چهارم (موعد تحویل: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷)

صفحه: 5 از 11

الف) با توجه به اینکه اندازه‌ی فیلد Sequence Number در TCP برابر با ۴ بایت است، حداکثر مقدار  $L$  را بیابید.

می‌دانیم:

$$W_S + W_R \leq 2^{32} = 4GB$$

در صورتی که فرض کنیم اندازه پنجره ارسال و دریافت با یکدیگر برابر است حداکثر اندازه‌ی فایل برابر است با:

$$L = 2GB$$

ب) برای مقدار  $L$  که در قسمت قبل بدست آمده است، مشخص کنید که ارسال این فایل روی یک خط ۱۵۵ مگابیت بر ثانیه چقدر طول می‌کشد. در نظر داشته باشید که برای هر سگمنت ۶۶ بایت سرآیند پیش از ارسال اضافه خواهد شد.

$$\#packets = \left\lceil \frac{L}{536} \right\rceil$$

$$\frac{(536 + 66) * \#packets * 8}{155}$$

سوال ۱۰: با استفاده از روابط زیر

$p$ : bit error rate

$L$ : packet length

$H$ : header length

$$P_s = (1 - p)^L \approx e^{-Lp}$$

$$U_{SR} = \left(1 - \frac{H}{L}\right)(P_s)$$

توضیح دهید که اندازه بسته چگونه در کاهش یا افزایش بهره‌وری تاثیرگذار است و بهترین اندازه بسته را برای حداکثر کردن بهره‌وری با فرض ثابت بودن تمام پارامترها و بدون محدودیت روی اندازه پنجره برای پروتکل SR بدست آورید.

رابطه بهره‌وری پروتکل SR را بر حسب طول بسته بازنویسی می‌کنیم و خواهیم داشت:

$$U_{SR} = \left(1 - \frac{H}{L}\right)(P_s) = \left(1 - \frac{H}{L}\right)e^{-Lp}$$

از این رابطه بر حسب  $L$  مشتق گرفته و خواهیم داشت:

$$\frac{dU_{SR}}{dL} = \left(-p + \frac{Hp}{L}\right)e^{-Lp} + \frac{H}{L^2}e^{-Lp} = 0$$

از این رابطه مقدار بهینه طول بسته به شرح زیر بدست می‌آید:



# درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال دوم تحصیلی ۹۸-۹۹

## تمرین سری چهارم (موعد تحویل: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷)

صفحه: 6 از 11

$$L = \frac{-Hp \pm \sqrt{H^2 p^2 + 4Hp}}{-2p}$$

تخمینی که اینجا برای  $(1-p)^L$  استفاده کردیم برای حالتی که می‌باشد که مقدار  $p$  بسیار کوچک و مقدار  $L$  بسیار بزرگ باشد. می‌توانید در لینک زیر در رابطه با این تخمین بیشتر بخوانید:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Exponential\\_function](https://en.wikipedia.org/wiki/Exponential_function)

یکی دیگر از تخمین‌ها، تخمین خطی می‌باشد که می‌توان آن را با بسط تیلور بدست آورد:

$$(1-p)^L = 1 - Lp$$

سوال ۱۱: شرایط بدون خطایی را در نظر بگیرید. کارایی پروتکل پنجره لغزان را برای هر یک از خانه‌های جدول زیر محاسبه کنید.

	a = 0.1	a = 1	a = 10	a = 100	a = 1000
W = 1					
W = 7					
W = 127					

می‌دانیم:

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

	a = 0.1	a = 1	a = 10	a = 100	a = 1000
W = 1	0.8333	0.3333	0.047619	0.0049751	4.9975e-04
W = 7	1	1	0.3333	0.034826	0.0034983
W = 127	1	1	1	0.63184	0.063468

سوال ۱۲: پروتکل‌های S&W، Go Back N و SR را در نظر بگیرید. فرض کنید همیشه بهترین پنجره ممکن را انتخاب می‌کنیم. جدول‌های زیر را با کارایی هر سه پروتکل تکمیل کنید.

	a = 0.1	a = 1	a = 10	a = 100	a = 1000
P = 0.001					
P = 0.01					



# درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال دوم تحصیلی ۹۸-۹۹

تمرین سری چهارم (موعد تحویل: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷)

صفحه: 7 از 11

$P = 0.1$

روابط زیر را برای پنجره‌های بهینه داریم:

$$U_{S\&W} = \frac{1 - P}{1 + 2a}$$

$$U_{GBN} = \frac{1 - P}{1 + 2aP}$$

$$U_{SR} = 1 - P$$

SR:

	$a = 0.1$	$a = 1$	$a = 10$	$a = 100$	$a = 1000$
$P = 0.001$	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
$P = 0.01$	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
$P = 0.1$	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

GBN:

	$a = 0.1$	$a = 1$	$a = 10$	$a = 100$	$a = 1000$
$P = 0.001$	0.99880	0.99701	0.97941	0.83250	0.33300
$P = 0.01$	0.988024	0.970588	0.825000	0.330000	0.047143
$P = 0.1$	0.8823529	0.7500000	0.3000000	0.0428571	0.0044776

S&W:

	$a = 0.1$	$a = 1$	$a = 10$	$a = 100$	$a = 1000$
$P = 0.001$	8.3250e-01	3.3300e-01	4.7571e-02	4.9701e-03	4.9925e-04
$P = 0.01$	8.2500e-01	3.3000e-01	4.7143e-02	4.9254e-03	4.9475e-04
$P = 0.1$	7.5000e-01	3.0000e-01	4.2857e-02	4.4776e-03	4.4978e-04



# درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال دوم تحصیلی ۹۸-۹۹

## تمرین سری چهارم (موعد تحویل: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷)

صفحه: 8 از 11

سوال ۱۳: چرا پروتکل TCP، مقدار ISN (شماره ترتیب اولیه) را از یک ارتباط به ارتباط دیگر تغییر می‌دهد؟ با این کار TCP چه خطایی جلوگیری می‌کند؟

در هر اتصال TCP بسته‌هایی با شماره ترتیب‌هایی ارسال می‌شوند که ممکن است به هر دلیل در شبکه باقی بمانند و هرگز به مقصد نرسند. این بسته‌های امکان دارد زمانی به مقصد برسند که ارتباط قبلی تمام شده و ارتباط جدیدی شکل گرفته است. با انتخاب شماره ترتیب اولیه مختلف برای هر ارتباط از پذیرش این بسته‌ها جلوگیری می‌شود.

سوال ۱۴: یک پروتکل ARQ را در نظر بگیرید که فقط از تاییدیه منفی (NAKs) استفاده می‌کند و هیچ تاییدیه مثبتی (ACKs) به کار نمی‌گیرد. timeoutها را طوری برنامه‌ریزی کنید که ارتباط مطمئن را تضمین کند. همچنین توضیح دهید چرا پروتکل‌های مبتنی بر تاییدیه مثبت (ACKs) به تاییدیه منفی (NAKs) ترجیح داده می‌شوند.

فرض کنید یک بسته خارج از ترتیب به گیرنده رسیده است و گیرنده NAK ارسال کرده باشد. گیرنده باید یک تایمر (timer) برای ارسال مجدد NAK در صورت از دست رفتن NAK یا پاسخ آن نگهداری کند.

اگر فرستنده بسته‌ای را ارسال کند و بعد از آن بسته‌ای دیگری ارسال نکند و بسته ارسال شده از بین برود، گیرنده متوجه از دست رفتن بسته نمی‌شود به همین دلیل فرستنده باید یک تایمر برای ارسال مجدد بسته جهت دریافت نکردن پاسخ از گیرنده نگهداری کند.

در آخر در اتمام ارسال بسته‌ها در یک مکانیزم فقط NAK، فرستنده از موفقیت آمیز بودن آخرین بسته ارسالی اطمینان ندارد.

سوال ۱۵: فرض کنید می‌خواهیم یک پروتکل Sliding Window برای ارتباطی با تاخیر انتشار 1.25 ثانیه و نرخ ارسال 1Mbps طراحی کنیم و فرض کنید هر بسته شبکه شامل 1KB داده باشد. کمترین تعداد بیت مورد نیاز برای شماره ترتیب (sequence number) در حالتی که بهترین کارایی را داشته باشیم، به دست آورید.

$$R = 1 \text{ Mbps} = 1000 \text{ Kbps} = 125 \text{ KBps}$$

$$RTT = 2t_{prop} = 2.5 \text{ s}$$

$$2a + 1 = 2 \left( \frac{2.5s}{0.008s} \right) + 1 = 626$$

در نتیجه ماکزیمم اندازه پنجره برابر با ۶۲۶ می‌باشد اگر فرض کنیم n کمترین تعداد بیت شماره ترتیب باشد در صورتی که از GBN استفاده کنیم خواهیم داشت:

$$W = 626$$

$$W = 2^n - 1$$

$$n = \lceil \log_2 W + 1 \rceil = 10$$

بنابراین کمترین بیت مورد نیاز ۱۰ می‌باشد و در صورتی که از SR استفاده کنیم داریم:

$$W = 626$$

$$W = 2^{n-1}$$





# درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال دوم تحصیلی ۹۸-۹۹

تمرین سری چهارم (موعد تحویل: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷)

صفحه: 9 از 11

$$n = \lceil \log_2 W \rceil + 1 = 11$$

بنابراین کمترین بیت مورد نیاز در این حالت ۱۱ بیت می‌باشد.

سوال ۱۶: می‌خواهیم برای انتقال داده با ماهواره زمین گرد در ارتفاع  $3 * 10^4$  کیلومتری، پروتکل Sliding Window ای طراحی کنیم که ارتباط مطمئن را تضمین کند. فرض کنید سرعت لینک انتها به انتها 1Mbps و هر بسته شبکه شامل 1KB داده باشد. با هر یک از مفروضات زیر، کمترین تعداد بیت مورد نیاز برای شماره ترتیب در حالتی که بهترین کارایی را داشته باشیم، حساب کنید. (سرعت نور را  $3 * 10^8$  متر بر ثانیه در نظر بگیرید).

الف)  $RWS = 1$

ب)  $RWS = SWS$

(الف)

$$t_{prop} = \frac{3 * 10^7}{3 * 10^8} = 0.1 \text{ s}$$

$$RTT = 2t_{prop} = 0.2 \text{ s}$$

$$Bandwidth = 1 \text{ Mbps} = 125 \text{ KBps}$$

$$2a + 1 = 2 * \left( \frac{0.2s}{0.008s} \right) + 1 = 2 * 25 + 1 = 51$$

$$\text{if } RWS = 1 \text{ then } W = 2^n - 1 = 51$$

در نتیجه به ۶ بیت برای شماره ترتیب نیاز داریم.

(ب)

$$\text{if } RWS = SWS \text{ then } W = 2^{n-1} = 51$$

در نتیجه به ۷ بیت برای شماره ترتیب نیاز داریم.



# درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال دوم تحصیلی ۹۸-۹۹

## تمرین سری چهارم (موعد تحویل: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷)

صفحه: 10 از 11

سوال ۱۷: فرض کنید در پروتکل Stop-and-Wait هر دو طرف ارتباط بلافاصله بعد از دریافت تاییدیه تکراری یا داده تکراری، آخرین بسته داده خود را مجدد می‌فرستند. با رسم یک نمودار زمانی توضیح دهید اگر اولین بسته به دلیلی تکرار شود ولی بسته‌ای از بین نرفته باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ چه مدت این تکرار ادامه پیدا می‌کند؟ (این سناریو با نام Sorcerer's Apprentice bug شناخته می‌شود).

این تکرار بسته‌ها تا آخر ارتباط ادامه پیدا می‌کند.

سوال ۱۸: فرض کنید دو سیستم انتهایی (end system) توسط دو لینک و یک ارتباط اتصال گرا (connection-oriented) مبتنی بر بسته می‌خواهند یک پیام 10KB را بین خود منتقل کنند. هر بسته شبکه با صرف نظر از سربار شامل 1000B داده می‌باشد. فرض کنید احتمال خطای هر بسته روی هر لینک  $p$  باشد.

الف) با صرف نظر از کشف خطا در لایه‌های شبکه احتمال رسیدن پیام بدون خطا به طرف دیگر را محاسبه کنید.

ب) فرض کنید مکانیزم کشف خطا در دو انتهای ارتباط صورت می‌گیرد و در صورت وجود خطا کل پیام دوباره ارسال می‌شود. بطور متوسط چند بار پیام باید ارسال شود تا مطمئن بود انتقال بدون خطا بوده است؟

ج) فرض کنید مکانیزم کشف خطا در دو انتهای ارتباط مبتنی بر بسته باشد در اینصورت تعداد کل بسته‌هایی که باید ارسال شود تا مطمئن بود پیام بدون خطا منتقل شده به طور متوسط چقدر است؟

الف)

در ابتدا محاسبه می‌کنیم برای ارسال این پیام به چند بسته نیاز است:

$$N = \lceil \frac{10 * 1000}{1000} \rceil = 10$$

احتمال رسیدن موفقیت آمیز پیام:  $P$ :

با فرض مستقل بودن موفقیت هر بسته خواهیم داشت:

$$P = (1 - p)^N = (1 - p)^{10}$$

ب)

تعداد کل پیام‌های ارسال شده تا اولین موفقیت ( $X$ ) از توزیع هندسی پیروی می‌کند و امیدریاضی توزیع هندسی با احتمال موفقیت  $P$  به صورت زیر می‌باشد.

$$E[X] = \frac{1}{P} = \frac{1}{(1 - p)^{10}}$$

ج)

برای اطمینان از موفقیت ارسال کل پیام باید مطمئن بود هر بسته به تنهایی به مقصد می‌رسد بنابراین متوسط تعداد کل بسته‌هایی که باید ارسال شود تا از موفقیت پیام مطمئن بود برابر است با مجموع متوسط تعداد تلاش‌های هر 10 بسته به عبارت دیگر:



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
واحد فناوری اطلاعات



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
واحد تکنیک تهران

# درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم‌سال دوم تحصیلی ۹۸-۹۹

تمرین سری چهارم (موعد تحویل: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷)

صفحه: 11 از 11

$$E[X] = E[X_1] + E[X_2] + \dots + E[X_{11}]$$

$$E[X] = \frac{1}{1-p} + \frac{1}{1-p} + \dots + \frac{1}{1-p} = \frac{11}{1-p}$$