



دانشکده مهندسی کامپیوتر  
و فناوری اطلاعات



بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات  
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۱۳۹۷-۱۳۹۷



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)

مسئله	نمره
۱	
۲	
۳	
۴	
۵	
۶	

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات  
درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال اول سال تحصیلی ۹۸-۹۷  
تمرین سری هشتم (موعد تحویل: ۱۳۹۷/۰۹/۲۵)

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

نام و نام خانوادگی:

شماره دانشجویی:

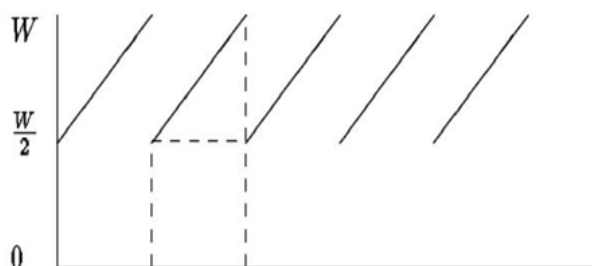
نمره:

توجه: برای صرفه‌جویی در کاغذ تکالیف را یا دو رو پرینت

بگیرید و یا از کاغذهای باطله یک رو سفید استفاده کنید.

سوال ۱: یکی از توصیفاتی که برای TCP استفاده می‌شود، توصیف ماکروسکوپی است. در این توصیف فرض می‌شود که در بازه‌های زمانی، نرخ ارسال از  $\frac{W}{2.RTT}$  به  $\frac{W}{RTT}$  تغییر می‌کند و فقط یک بسته و در انتهای هر بازه از دست می‌رود:

congestion window (packets)



با در نظر گرفتن این توصیف به سوالات زیر پاسخ دهید:

(الف) نشان دهید نرخ گذردهی میانگین به شرح زیر است:

$$\text{Average throughput} = \frac{0.75 \cdot W}{RTT}$$

$$\frac{(W + \frac{W}{2})/2}{RTT} = \frac{3W}{4RTT} = \frac{0.75W}{RTT}$$

(ب) نشان دهید نرخ از دست رفتن بسته برابر است با:

$$L = \text{loss rate} = \frac{1}{\frac{3}{8}W^2 + \frac{3}{4}W}$$

نرخ از دست رفتن بسته یا  $L$  نسبت تعداد بسته‌های از دست رفته به تعداد بسته‌های ارسال شده است. در یک چرخه یک بسته از دست رفته است. تعداد بسته‌های ارسال شده به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{W}{2} + \left(\frac{W}{2} + 1\right) + \dots + W = \sum_{n=0}^{W/2} \left(\frac{W}{2} + n\right)$$



درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال اول تحصیلی ۹۸-۹۷

تمرین سری هشتم (موعد تحویل: ۱۳۹۷/۰۹/۲۵)

صفحه: ۱۰ از ۲۰

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{W}{2} + 1\right) \frac{W}{2} + \sum_{n=0}^{W/2} n \\
 &= \left(\frac{W}{2} + 1\right) \frac{W}{2} + \left(\frac{0 + \frac{W}{2}}{2}\right) \times \left(\frac{W}{2} + 1\right) \\
 &= \frac{W^2}{4} + \frac{W}{2} + \frac{W^2}{8} + \frac{W}{4} \\
 &= \frac{3}{8} W^2 + \frac{3}{4} W
 \end{aligned}$$

بنابراین نرخ از دست رفتن بسته برابر است با:

$$L = \frac{1}{\frac{3}{8} W^2 + \frac{3}{4} W}$$

(ج) با توجه به قسمت‌های الف و ب نشان دهید برای ارتباطی که نرخ از دست رفتن بسته در آن برابر با  $L$  است نرخ گذردهی میانگین برابر است با:

$$\text{Average throughput} \approx \frac{1.22 \cdot MSS}{RTT \cdot \sqrt{L}}$$

برای  $W$  های بزرگ داریم که  $\frac{3}{4} W \gg \frac{3}{8} W^2$  بنابراین  $l \approx \frac{8}{3W^2}$  یا  $W \approx \sqrt{\frac{8}{3L}}$ . با توجه به توضیحات بیان شده داریم که:

$$\text{average throughput} = \frac{3}{4} \sqrt{\frac{8}{3L}} \cdot \frac{MSS}{RTT} = \frac{1.22 \cdot MSS}{RTT \cdot \sqrt{L}}$$



# درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال اول تحصیلی ۹۸-۹۷

## تمرین سری هشتم (موعد تحویل: ۱۳۹۷/۰۹/۲۵)

صفحه: ۳ از ۱۰

سوال ۲: شکل زیر را در نظر بگیرید. فرض کنید پروتکل TCP Reno در این ارتباط استفاده شده است. به سوالات زیر پاسخ داده و در هر سوال پاسخ خود را توجیح نمایید.

الف) بازه‌هایی که TCP در وضعیت Slow Start قرار دارد را مشخص کنید.

بازه های [1,6] و [23,26] در وضعیت Slow Start قرار دارند زیرا اندازه پنجره ازدحام در هر گام دو برابر می‌شود.

ب) بازه‌هایی که TCP در وضعیت Congestion Avoidance قرار دارد را مشخص کنید.

بازه‌های [6,16] و [17,22] در وضعیت Congestion Avoidance قرار دارند زیرا اندازه پنجره ازدحام در این بازه‌ها در هر گام یک واحد افزایش می‌یابد.

ج) بعد از دوره ۱۶م، از دست رفتن بسته با استفاده از Triple Duplicate ACK شناسایی شده است یا Timeout؟  
با Triple Duplicate ACK.

چون اگر Timeout رخ داده بود اندازه پنجره ازدحام باید به یک کاهش می‌یافت.

د) بعد از دوره ۲۲م، از دست رفتن بسته با استفاده از Triple Duplicate ACK شناسایی شده است یا Timeout؟  
با Timeout.

چون اندازه پنجره ازدحام به یک کاهش یافته است.

ه) مقدار Slow Start Threshold در ابتدا چقدر بوده است؟

32

چون در این مقدار Slowstart متوقف شده و Congestion Avoidance شروع شده است.

و) مقدار Slow Start Threshold بعد از دوره ۱۸م چقدر است؟

21

این مقدار هنگامیکه packet loss تشخیص داده شود به نصف مقدار پنجره ازدحام تغییر داده می‌شود. در دوره ۱۶م، هنگامیکه packet loss تشخیص داده می‌شود اندازه پنجره ازدحام برابر با ۴۲ است بنابراین در دوره ۱۸م مقدار Slow Start Threshold برابر ۲۱ است.

ز) مقدار Slow Start Threshold بعد از دوره ۲۴م چقدر است؟

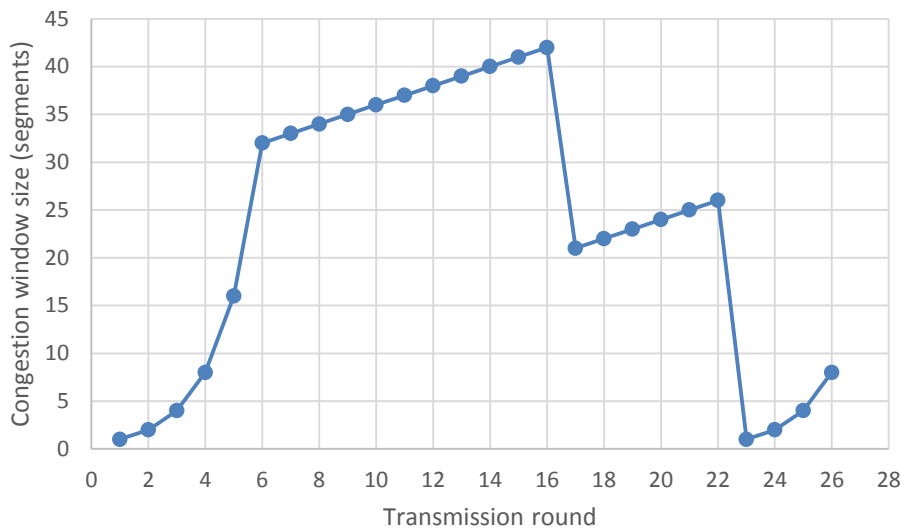
13

چون در دوره ۲۲م timeout رخ داده است پس Slow Start Threshold نصف مقدار پنجره ازدحام در دوره ۲۲م می‌شود.

ح) در کدام دوره بسته‌ی شماره ۷۰ ارسال می‌شود؟

دوره هفتم

در دوره اول بسته ۱ ارسال می‌شود بسته‌های ۲-۳ در دومین دوره، بسته‌های ۴-۷ در دوره سوم، بسته‌های ۸-۱۵ در دوره چهارم، بسته‌های ۱۶-۳۱ در دوره پنجم، بسته‌های ۳۲-۶۳ در دوره ششم، بسته‌های ۶۴-۹۶ در دوره هفتم ارسال می‌شوند.



سوال ۳: در یک اتصال TCP در بازه زمانی ۰ تا ۲۶، رخدادهای زیر اتفاق افتاده است:

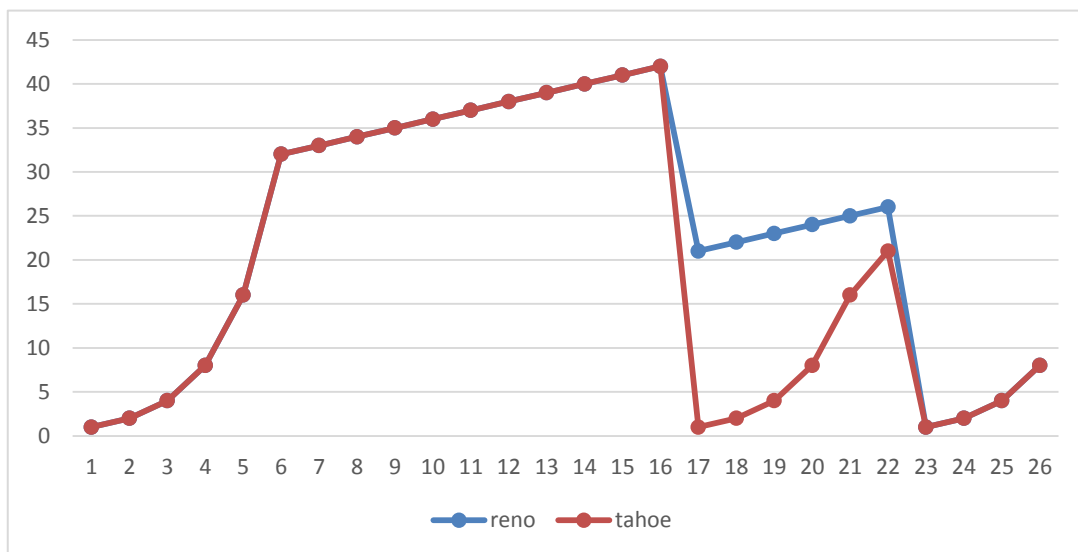
- ۳ پیام تایید تکراری در شانزدهمین دوره دریافت شده است.
- در بیست و دومین دوره یک Timeout رخ می‌دهد.

با فرض اینکه آستانه ازدحام اولیه  $ssthresh = 32 \text{ MSS}$  است. نمودار اندازه پنجره ازدحام براساس دوره زمانی را برای TCP Tahoe و TCP Reno رسم کنید و به سوالات زیر پاسخ دهید.

الف) مقدار  $ssthresh$  و اندازه‌ی پنجره‌ی ازدحام در نوزدهمین دوره چقدر است؟

ب) تعداد کل بسته‌های ارسال شده در بیست و دومین دوره چقدر است؟

ج) تعداد کل بسته‌های ارسال شده از هفدهمین دوره تا بیست و دومین دوره چقدر است؟





دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
و مشاوران اطلاعات

درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال اول تحصیلی ۹۸-۹۷



دانشگاه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات  
دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
۱۳۹۷-۱۳۹۷



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پاسی تکنیک تهران)

صفحه: ۵ از ۱۰

تمرین سری هشتم (موعد تحویل: ۱۳۹۷/۰۹/۲۵)

(الف)

TCP Reno

Ssthresh=21

Cwnd=23

TCP Tahoe

Ssthresh=21

Cwnd=4

(ب)

TCP Reno

Cwnd=26

TCP Tahoe

Cwnd=21

(ج)

TCP Reno

$21+22+23+24+25+26=141$  = تعداد کل بسته‌های ارسال شده از هفدهمین دوره تا بیست و دومین دوره

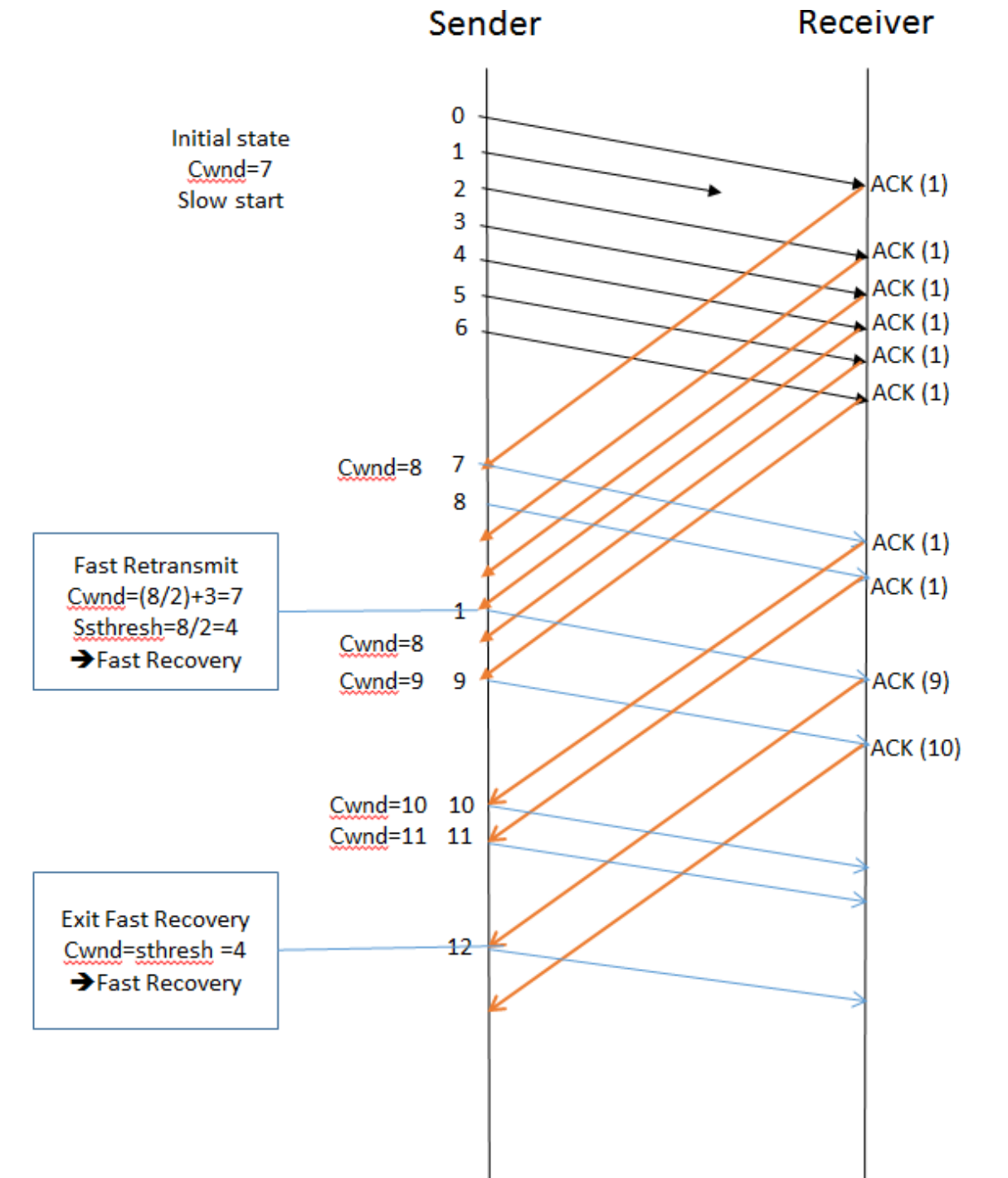
TCP Tahoe

$1+2+4+8+16+21=52$  = تعداد کل بسته‌های ارسال شده از هفدهمین دوره تا بیست و دومین دوره



تمرین سری هشتم (موعد تحویل: ۱۳۹۷/۰۹/۲۵)

سوال ۴: در ارتباط شکل زیر از پروتکل TCP Reno استفاده شده است. با فرض اینکه در ارسال بسته‌ها با شماره ترتیب بیشتر از ۶، هیچ بسته‌ای از بین نمی‌رود شکل زیر را تا ارسال بسته با شماره ترتیب ۱۲ کامل کنید. همچنین در هر ارسال مقدار پنجره ازدحام و state (Slow start، Fast recovery یا Congestion avoidance) را مشخص کنید. اندازه پنجره ازدحام در ابتدا برابر با ۷ و در حالت slow start است.





سوال ۵: اگر در روش کنترل ازدحام TCP، فرستنده با دریافت هر ACK جدید، به جای آنکه به اندازه پنجره ضربی از MSS را اضافه کند (در حالت slow start یک MSS و در حالت congestion avoidance،  $MSS \times \frac{MSS}{cwnd}$  اضافه می‌شود)، به اندازه پنجره ضربی مثبتی از اندازه پنجره ( $0 < a < 1$ ) اضافه کند (یعنی  $cwnd = (1 + a) \times cwnd$ ) به سوالات زیر پاسخ دهید:

(الف) رابطه‌ی بین  $L$  (نرخ از دست رفتن بسته‌ها) و  $W$  (حداکثر اندازه‌ی پنجره‌ی ازدحام) را بدست آورید.

(ب) نشان دهید برای این نسخه تغییر یافته TCP، صرف نظر از میانگین گزردهی، زمان صرف شده برای افزایش اندازه پنجره‌ی ازدحام از  $W/2$  به  $W$  همیشه یکسان است.

(الف) در ابتدا می‌توان مجموع تعداد سگمنت‌های ارسال شده در طول بازه‌ای که TCP اندازه پنجره‌ی خود را از  $W/2$  به  $W$  افزایش می‌دهد را پیدا کرد که برابر است با:

$$S = \frac{W}{2} + \left(\frac{W}{2}\right)(1+a) + \left(\frac{W}{2}\right)(1+a)^2 + \left(\frac{W}{2}\right)(1+a)^3 + \dots + \left(\frac{W}{2}\right)(1+a)^k$$

همچنین داریم:

$$S = W(2a+1)/(2a) \quad \text{پس} \quad k = \log_{(1+a)} 2$$

نرخ ازدست رفت  $L$  به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$L = \frac{1}{S} = \frac{(2a)}{W(2a+1)}$$

(ب) مدت زمانی که طول می‌کشد تا اندازه‌ی پنجره‌ی مربوط به TCP از  $W/2$  به  $W$  افزایش یابد، برابر است با:

$$k \times RTT = (\log_{(1+a)} 2) RTT$$

که از میانگین گزردهی مربوط به TCP مستقل است.

توجه داشته باشید که میانگین گزردهی مربوط به TCP به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$B = \frac{MSS \times S}{((k+1) \times RTT)} = \frac{MSS}{(L(k+1)RTT)}$$

که با TCP که میانگین گزردهی آن به صورت زیر محاسبه می‌شود، متفاوت است:

$$B = \frac{1.22 \times MSS}{RTT \times \sqrt{L}}$$

که ریشه‌ی دوم  $l$  در مخرج ظاهر می‌شود.

سوال ۶: یک سرویس گیرنده و سرویس دهنده‌ی وب را در نظر بگیرید که با یک لینک ارتباطی با نرخ  $R$  مستقیماً به یکدیگر متصل شده‌اند. فرض کنید سرویس گیرنده می‌خواهد یک شی را از سرویس دهنده بگیرد که اندازه آن دقیقاً برابر است با  $15S$  که  $S$  حداکثر اندازه قطعه یا همان  $MSS$  است. با فرض ثابت بودن زمان رفت و برگشت بین سرویس گیرنده و سرویس دهنده ( $RTT$ ) و صرف نظر نمودن از سرآیند پروتکل‌ها، زمان دریافت شی (شامل زمان برقراری اتصال TCP) را در حالت‌های زیر تعیین کنید.

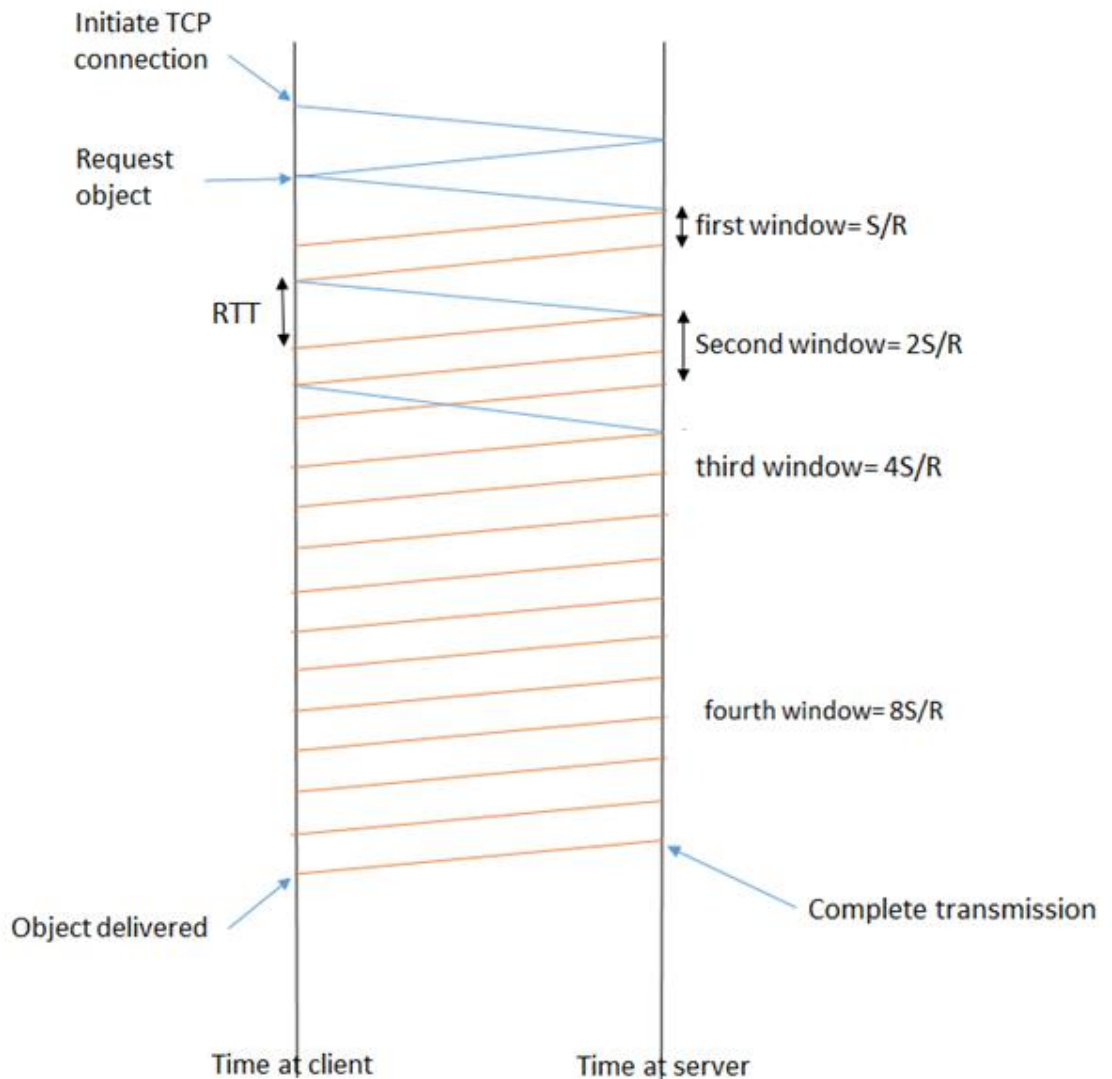
الف)  $4S/R > S/R + RTT > 2S/R$

ب)  $S/R + RTT > 4S/R$

ج)  $S/R > RTT$

الف) با توجه به شکل زیر می‌بینیم که مجموع تاخیر بدین شکل بدست می‌آید:

$$RTT + RTT + \frac{S}{R} + RTT + \frac{S}{R} + RTT + \frac{12S}{R} = 4RTT + 14S/R$$







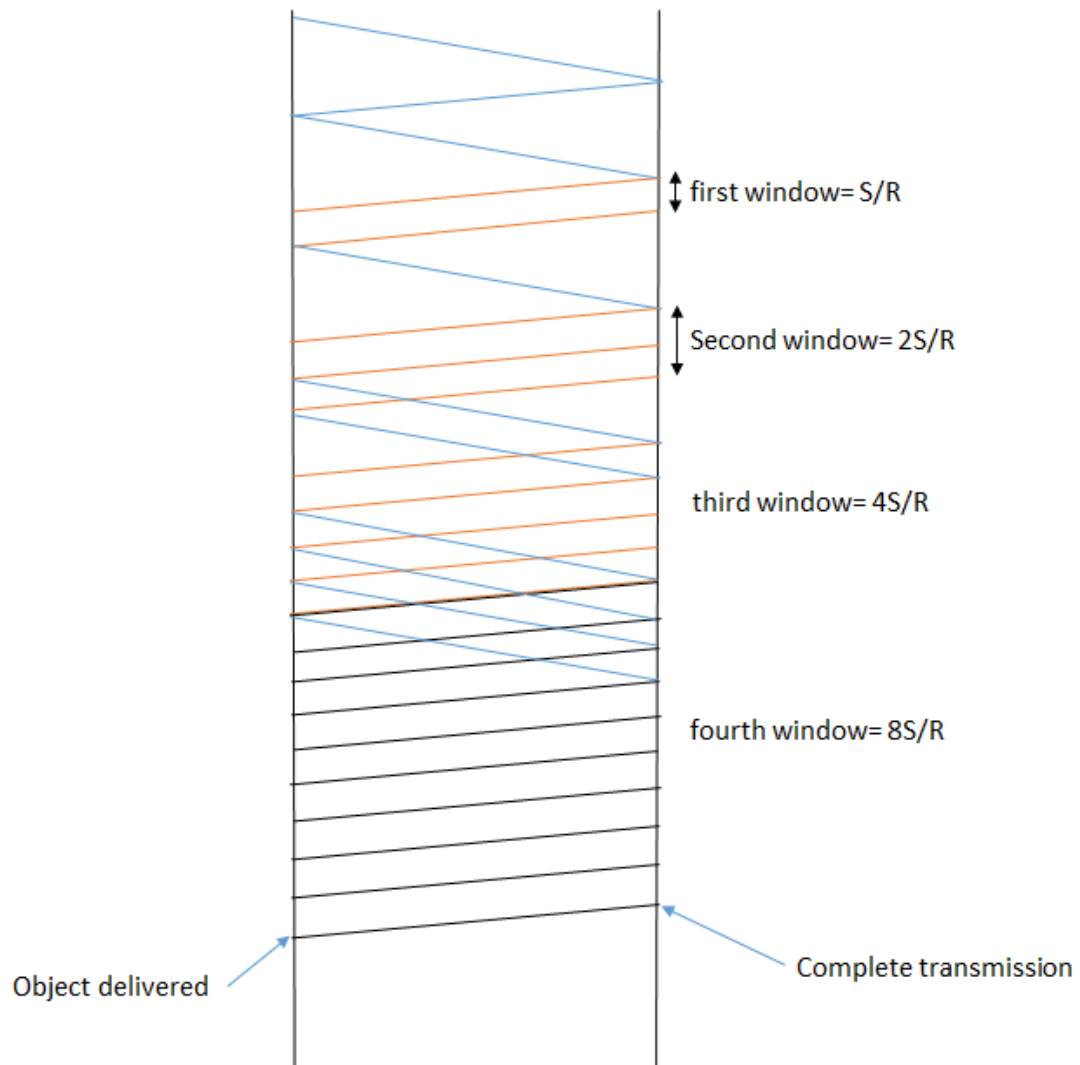
درس شبکه‌های کامپیوتری، نیم سال اول تحصیلی ۹۷-۹۸  
تمرین سری هشتم (موعد تحویل: ۱۳۹۷/۰۹/۲۵)



صفحه: ۹ از ۱۰

ب) به طور مشابه تاخیر در این مورد برابر است با:

$$RTT + RTT + \frac{S}{R} + RTT + \frac{S}{R} + RTT + \frac{S}{R} + RTT + \frac{8S}{R} = 5RTT + \frac{11S}{R}$$



ج) به طور مشابه تاخیر در این مورد برابر است با:

$$RTT + RTT + \frac{S}{R} + RTT + \frac{14S}{R} = 3RTT + \frac{15S}{R}$$

