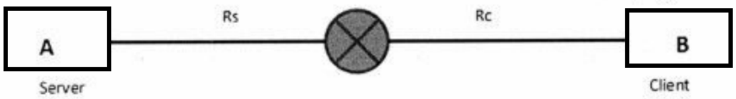
تست‌های فصل پنجم

۳۹- در سرور A توسط یک لینک با نرخ Rs به روتر و روتر توسط یک لینک با نرخ Rc به مشتری B متصل است. فرض کنید دو بسته را پشت سر هم از A به B ارسال می‌کنیم و هیچ ترافیک دیگری در شبکه وجود ندارد، اندازه هر بسته L بیت و تأخیر انتشار هر کدام از لینک‌ها d_{prop} است. فرستنده بسته دوم را T ثانیه پس از ارسال بسته اول ارسال می‌کند. T حداقل کدام باشد، تا تأخیر صف ایجاد نشود؟
(با فرض اینکه لینک Rc گلوگاه باشد).



۱) $\frac{L}{Rs}$

۲) $\frac{L}{Rc}$

۳) $\frac{L}{Rc}-\frac{L}{Rs}$

۴) $\frac{L}{Rs-R_c}$

(مهندسی کامپیوتر شبکه و رایانش-دکتری دولتی ۹۶)

عنوان کتاب: شبکه‌های کامپیوتری و شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته

مولف: ارسطو خلیلی‌فر

ناشر: انتشارات راهیان ارشد

آدرس سایت گروه بابان: **khalilifar.ir**

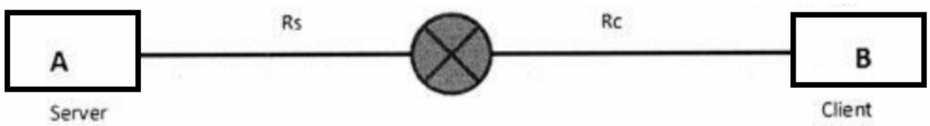
پاسخ‌های فصل پنجم

۳۹- گزینه (۳) صحیح است.

توجه: در شبکه‌های کامپیوتری چهار نوع تأخیر داریم:

تأخیر انتقال (T_F)، تأخیر انتشار (T_{Prop})، تأخیر صف (T_{queue})، تأخیر پردازش $(T_{process})$.

در صورت سوال گفته شده است در سرور **A** توسط یک لینک با نرخ **Rs** به روتر و روتر توسط یک لینک با نرخ **Rc** به مشتری **B** متصل است. فرض کنید دو بسته را پشت سرهم از **A** به **B** ارسال می‌کنیم و هیچ ترافیک دیگری در شبکه وجود ندارد، اندازه هر بسته **L** بیت و تأخیر انتشار هر کدام از لینک‌ها d_{Prop} است، فرستنده بسته دوم را **T** ثانیه پس از ارسال بسته اول ارسال می‌کند. **T** حداقل کدام باشد، تا تأخیر صف ایجاد نشود؟



داده‌های مسئله به صورت زیر است:

$$L_F = L \text{ bit}$$
$$T_{Prop۱} = T_{Prop۲} = d_{Prop}$$
$$R_۱ = Rs$$
$$R_۲ = Rc$$
$$Rc < Rs$$
$$\text{bottleneck} = \min(Rs, Rc) = Rc$$

به طور کلی حداقل زمان لازم برای انتقال بسته‌ها (یک بسته پیام) مابین دو گره انتهایی از رابطه زیر محاسبه می‌گرد:

$$T_{\text{Total Delay(ONE PACKET)}} = [T_{F۱}] + T_{Prop۱} + [T_{process۱} + T_{F۲}] + T_{Prop۲}$$

در صورت سوال زمان پردازش نادیده گرفته شده است، بنابراین رابطه زیر برقرار است:

$$T_۱ = T_{\text{Total Delay(ONE PACKET)}} = [T_{F۱}] + T_{Prop۱} + [T_{F۲}] + T_{Prop۲}$$

پس از جایگذاری نهایی رابطه زیر را خواهیم داشت:

$$T_۱ = T_{\text{Total Delay(ONE PACKET)}} = \left[\frac{L}{R_S}\right] + d_{Prop} + \left[\frac{L}{R_C}\right] + d_{Prop}$$

به طور کلی حداقل زمان لازم برای انتقال بسته‌ها (دو بسته پیام) مابین دو گره انتهایی از رابطه زیر محاسبه می‌گرد:

$$T_{\text{Total Delay(TWO PACKET)}} = [T_{F۱}] + T_{Prop۱} + [T_{process۱} + T_{F۲}] + T_{Prop۲} + T_{queue}$$

T_{queue} از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$T_{queue} = (N - ۱) \times \left(\frac{L_F}{\min(R_۱, R_۲)}\right)$$

T_{queue}، زمان تأخیر صف است.

که L_F برابر اندازه بسته، R برابر نرخ انتقال و N برابر تعداد بسته‌ها می‌باشد.

توجه: صف در جایی ایجاد می‌شود که پایین‌ترین نرخ انتقال را دارد یعنی $\min(R_۱, R_۲, ...)$ که در این حالت گلوگاه (bottleneck) در آن محل ایجاد شده است.

در صورت سوال زمان پردازش نادیده گرفته شده است، بنابراین رابطه زیر برقرار است:

$$T_۲ = T_{\text{Total Delay(TWO PACKET)}} = [T_{F۱}] + T_{Prop۱} + [T_{F۲}] + T_{Prop۲} + T_{queue}$$

پس از جایگذاری نهایی رابطه زیر را خواهیم داشت:

$$T_۲ = T_{\text{Total Delay(TWO PACKET)}} = \left[\frac{L}{R_S}\right] + d_{Prop} + \left[\frac{L}{R_C}\right] + d_{Prop} + (۲ - ۱) \times \left(\frac{L}{\min(R_S, R_C)}\right)$$

$$T_۲ = T_{\text{Total Delay(TWO PACKET)}} = \left[\frac{L}{R_S}\right] + d_{Prop} + \left[\frac{L}{R_C}\right] + d_{Prop} + \left(\frac{L}{R_C}\right)$$

نتیجه برای T1 و T2 به صورت زیر است:

$$T_1 = T_{\text{Total Delay(ONE PACKET)}} = \left[\frac{L}{R_S}\right] + d_{Prop} + \left[\frac{L}{R_C}\right] + d_{Prop}$$
$$T_2 = T_{\text{Total Delay(TWO PACKET)}} = \left[\frac{L}{R_S}\right] + d_{Prop} + \left[\frac{L}{R_C}\right] + d_{Prop} + \left(\frac{L}{R_C}\right)$$

مطابق دستگاه و تفاضل دو معادله فوق داریم:

$$T_2 - T_1 = \frac{L}{R_C}$$

توجه: این تفاضل میان زمان ارسال یک بسته (T_1) و دو بسته (T_2) همان زمان تاخیر صف انتقال و انتظار بسته دوم برای ارسال کامل بسته جلویی یعنی بسته اول است. به این تفاضل، زمان مابین رسیدن (**Inter -arrival**) نیز گفته می‌شود. بدین معنی که چقدر زمان از لحظه‌ای که «**آخرین بیت بسته اول**» به مقصد می‌رسد تا لحظه‌ای که «**آخرین بیت بسته دوم**» به مقصد می‌رسد، سپری می‌شود. که همانطور که گفتیم مطابق رابطه زیر محاسبه شد:

$$T_2 - T_1 = \frac{L}{R_C}$$

توجه: این «**زمان تاخیر صف انتقال**» در چند بسته پشت سرهم امکان صفر شدن را ندارد.

در صورت سوال گفته شده است فرستنده بسته دوم را **T** ثانیه پس از ارسال بسته اول ارسال می‌کند. **T** حداقل چقدر باشد، تا تاخیر صف ایجاد نشود؟

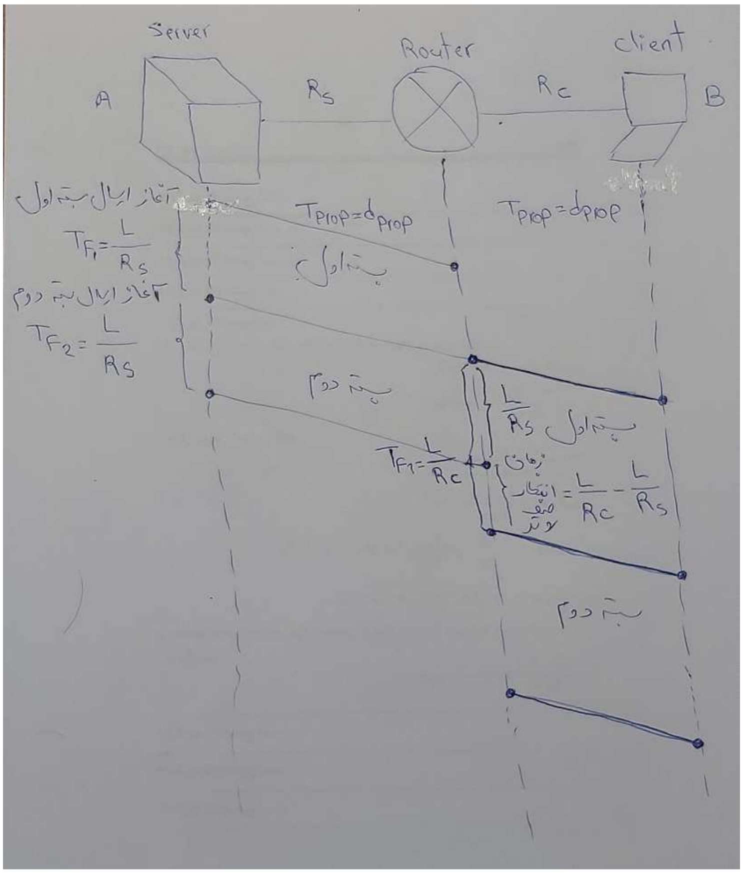
توجه: با توجه به مفروضات سوال، این تاخیر صف، مربوط به داخل روتر و «**زمان تاخیر صف روتر**» است و نه زمان تاخیر صف انتقال.

توجه: زمان تاخیر صف روتر وقتی معنا می‌دهد که اول اینکه بسته‌ها دقیقا پشت سرهم ارسال شوند و هیچ فاصله زمانی مابین لحظه ارسال «**بسته اول**» و «**بسته دوم**» نباشد. و دوم اینکه نرخ انتقال لینک دوم (R_C) از نرخ انتقال لینک اول (R_S) کمتر باشد.

توجه: مطابق فرض سوال، لینک دوم (R_C) گلوگاه (**bottleneck**) در نظر گرفته شده است. بنابراین نرخ انتقال لینک دوم (R_C) از نرخ انتقال لینک اول (R_S) کمتر است.

توجه: اگر نرخ انتقال لینک دوم (R_C) از نرخ انتقال لینک اول (R_S) کمتر باشد، آنگاه وقتی که «**آخرین بیت بسته اول**» با نرخ انتقال لینک دوم (R_C) که کمتر از نرخ انتقال لینک اول (R_S) است، از روتر خارج می‌شود. خیلی قبل‌تر و زودتر «**آخرین بیت بسته دوم**» وارد روتر شده است. و این یعنی زمان انتظار بسته دوم پشت سر بسته اول، که همان «**زمان تاخیر صف روتر**» است. پس وقوع «**زمان تاخیر صف روتر**» به مقدار $T_2 - T_1 = \frac{L}{R_C} - \frac{L}{R_S}$ برای بسته دوم وجود دارد . بدین معنی که «**آخرین بیت بسته دوم**» وارد روتر شده است ولی هنوز «**آخرین بیت بسته اول**» از روتر خارج نشده است.

شکل زیر گویای مطلب است:

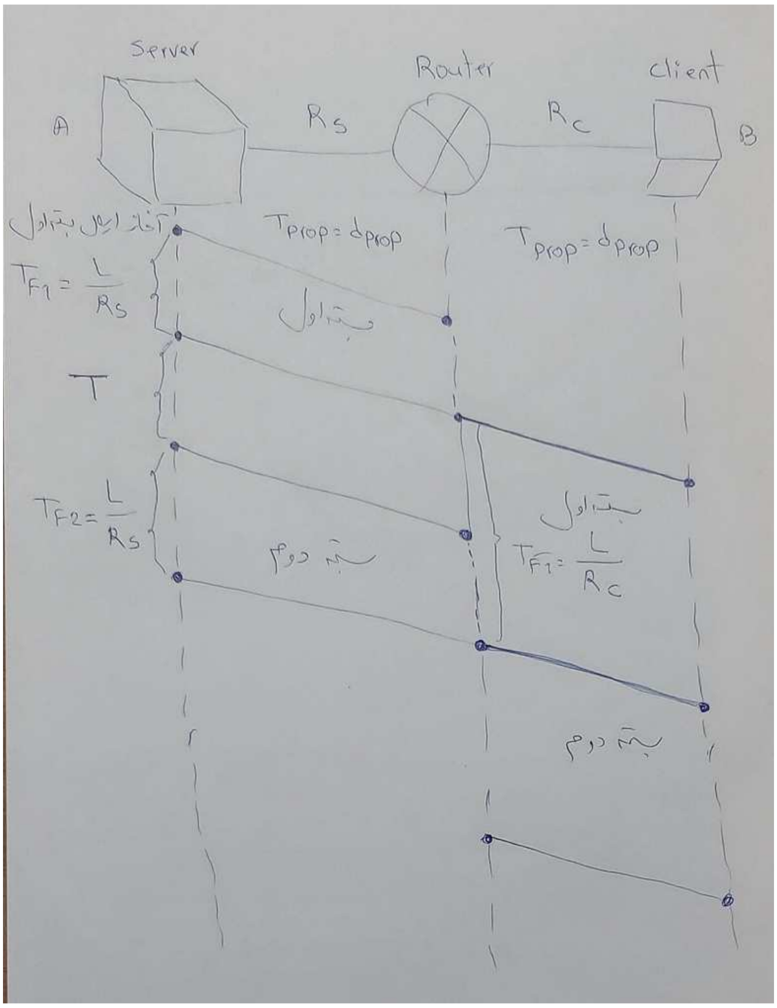


همانطور که گفتیم در صورت سوال گفته شده است فرستنده بسته دوم را **T** ثانیه پس از ارسال بسته اول ارسال می‌کند. **T** حداقل چقدر باشد، تا تاخیر صف ایجاد نشود؟

توجه: زمان تاخیر صف روتر وقتی معنا نمی‌دهد و ایجاد نمی‌شود و برابر مقدار صفر می‌شود که بسته‌ها دقیقا پشت سرهم ارسال نشوند و یک فاصله زمانی مانند (**T**) مابین لحظه ارسال «**بسته اول**» و «**بسته دوم**» باشد. یعنی اگر نرخ انتقال لینک دوم (R_C) از نرخ انتقال لینک اول (R_S) کمتر بود، به جای اینکه این «**زمان تاخیر صف روتر**» که برابر مقدار $T_2 - T_1 = \frac{L}{R_C} - \frac{L}{R_S}$ **است** در «**روتر**» برای بسته دوم سپری شود، در همان ابتدای ارسال بسته دوم در «**فرستنده**» سپری شود. و بسته دوم با تاخیر زمانی $T = \frac{L}{R_C} - \frac{L}{R_S}$ ارسال شود. و به این ترتیب زمان تاخیر صف روتر برابر مقدار صفر می‌شود. یا اینکه نرخ انتقال لینک دوم (R_C) از نرخ انتقال لینک اول (R_S) بیشتر باشد.

توجه: اگر نرخ انتقال لینک دوم (R_C) از نرخ انتقال لینک اول (R_S) کمتـر باشـد و بسـته دوم بـا تـاخیر $T = \frac{L}{R_C} - \frac{L}{R_S}$ ارسال شود، آنگاه وقتی که «**آخرین بیت بسته اول**» با نرخ انتقـال لینـک دوم (R_C) کـه کمتر از نرخ انتقال لینک اول (R_S) است، از روتر خارج می‌شود. «**آخرین بیت بسته دوم**» هـم دیگـر وارد روتر شده است. و این یعنی زمان انتظار بسته دوم پشت سر بسته اول، که همان «**زمان تاخیر صف روتـر**» است برابر مقدار صفر است. پس وقوع «**زمان تاخیر صف روتر**» برای بسته دوم وجود ندارد. بـدین معنـی که «**آخرین بیت بسته دوم**» وارد روتر شده است و «**آخرین بیت بسته اول**» هم از روتر خارج شده اسـت. به عبارت دیگر وقتی که «**آخرین بیت بسته دوم**» وارد روتر می‌شود، «**آخرین بیت بسته اول**» **هم** از روتـر خارج شده باشد و روتر از «**آخرین بیت بسته اول**» به طور کامل خـالی شـده باشـد. و همچـین روتـر بـا «آخرین بیت بسته دوم» پُر شده باشد.

شکل زیر گویای مطلب است:



توجه: مطابق شکل فوق مدت زمانی که «**آخرین بیت بسته اول**» از روتر خارج می‌شود باید بزرگتر و برابر مدت زمانی باشد که «**آخرین بیت بسته دوم**» با تاخیر **T** وارد روتر می‌شود.

توجه: مدت زمانی که «**آخرین بیت بسته اول**» از روتر خارج می‌شود به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$T_1 = T_{\text{Total Delay(ONE PACKET)}} = \left[\frac{L}{R_S}\right] + d_{\text{Prop}} + \left[\frac{L}{R_C}\right]$$

توجه: مدت زمانی که «**آخرین بیت بسته دوم**» با تاخیر **T** وارد روتر می‌شود به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$T_2 = T_{\text{Total Delay(TWO PACKET)}} = T + \left[\frac{L}{R_S}\right] + d_{\text{Prop}} + (2-1)\times\left(\frac{L}{R_S}\right)$$

توجه: عبارت $(2-1)\times\left(\frac{L}{R_S}\right)$ مربوط به «**زمان تاخیر صف انتقال**» در ارسال دو بسته است. شاید فکر کنید با گلوگاه R_C باید عبارت $(2-1)\times\left(\frac{L}{\min(R_S, R_C)}\right)$ و به تبع $(2-1)\times\left(\frac{L}{R_C}\right)$ باشد اما بیشتر دقت کنید که قرار است مدت زمانی که «**آخرین بیت بسته دوم**» با تاخیر **T** وارد روتر می‌شود محاسبه شود و قرار نیست زمان خروج از لینک دوم و به تبع نرخ انتقال لینک دوم یعنی R_C مورد محاسبه قرار گیرد.

نتیجه برای T1 و T2 به صورت زیر است:

$$T_1 = T_{\text{Total Delay(ONE PACKET)}} = \left[\frac{L}{R_S}\right] + d_{\text{Prop}} + \left[\frac{L}{R_C}\right]$$
$$T_2 = T_{\text{Total Delay(TWO PACKET)}} = T + \left[\frac{L}{R_S}\right] + d_{\text{Prop}} + (2-1)\times\left(\frac{L}{R_S}\right)$$

مطابق دستگاه و دو معادله فوق و شرط سوال داریم:

$$T_1 \geq T_2$$
$$\left[\frac{L}{R_S}\right] + d_{\text{Prop}} + \left[\frac{L}{R_C}\right] \geq T + \left[\frac{L}{R_S}\right] + d_{\text{Prop}} + (2-1)\times\left(\frac{L}{R_S}\right)$$
$$T \leq \frac{L}{R_C} - \frac{L}{R_S}$$

بنابراین پُر واضح است که گزینه سوم پاسخ سوال است.