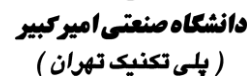




دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)  
دانشکده مهندسی کامپیوتر

درس شبکه‌های کامپیوتری ، نیمسال دوم سال تحصیلی 1403-1404

نمونه سوال میان‌ترم



با توجه به پیام‌های مبادله شده در پروتکل HTTP، نشان داده شده در شکل زیر به سوالات زیر پاسخ دهید:

```
</title></head><body>  
homepage</title><lf></head><lf><much more document text following here (not shown)>
```

(د) بله به دلیل OK 200



ه) Date: Tue, 07 Mar 2006 12:39:45GMT

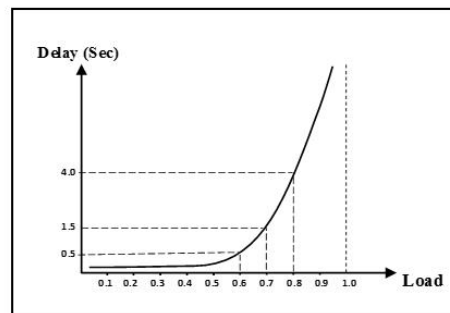
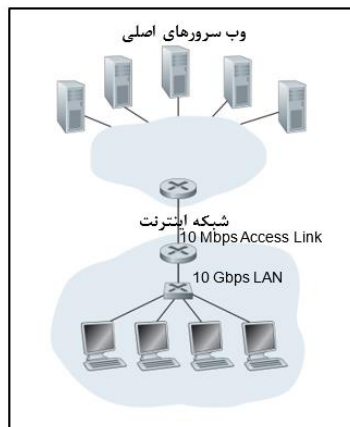
و) Sat, 10 Dec 2005 18:27:46GMT

ز) 3874 بایت

ح) بله به دلیل keep-alive

## سوال ۲:

به منظور Web Caching از یک Proxy Server در شبکه محلی سازمان استفاده شده است. شبکه محلی از طریق یک مسیریاب (روتر) با یک لینک 10 Mbps به بیرون متصل است. سرعت خط داخلی 10 Gbps است. اگر اندازه پیام‌های Request ناچیز، اندازه پیام‌های Response 400 Kbits و به طور متوسط 40 درخواست برای objectهای وب در هر ثانیه وجود داشته باشد، با فرض آنکه با قراردادن Proxy، 50٪ درخواست‌ها از طریق Proxy سرویس داده می‌شوند مطلوب است تأخیر متوسط دریافت objectهای وب اگر تأخیر وب سرورهای اصلی تا مسیریاب (تأخیر اینترنت) 3 ثانیه و تأخیر متوسط مسیریاب‌ها بر اساس منحنی زیر داده شده باشد.



## پاسخ:

پروکسی سرور می‌تواند به سوییچ یا به مسیریاب متصل شود. اگر به سوییچ متصل شود، تاخیر LAN برای درخواست‌هایی که از پروکسی پاسخ داده می‌شود تقریباً صفر است و اگر به مسیریاب متصل باشد، بار ترافیکی بر روی لینک 10 گیگابیتی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Traffic Load in 10 Gbps LAN} = \frac{40 \times 400 \times 10^3}{10 \times 10^9} = 0.1$$

که مطابق نمودار می‌توان از تأخیر آن چشم‌پوشی کرد.

50 درصد درخواست‌ها نیاز به دانلود اطلاعات از وب سرورهای اصلی دارند در نتیجه بار ترافیکی بر روی لینک دسترسی 10 مگابیتی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Traffic Load in 100 Mbps Access Link} = (1 - 0.50) \times \frac{40 \times 400 \times 10^3}{10 \times 10^6} = 0.80$$

که مطابق نمودار تأخیری برابر 4/0 ثانیه دارد.

مجموع تأخیر اینترنت و تأخیر لینک دسترسی برای هر درخواستی که پاسخ آن از وب سرور اصلی دریافت می‌شود برابر است با: 7.0 ثانیه. بنابراین این به ازای هر درخواست میانگین تأخیر برابر است با:

$$\begin{aligned} \text{Average Response Delay} &= 0.50 \times \text{Web Proxy Response Delay} + 0.50 \times \text{Original Web Server Response Delay} \\ &= 0.50 \times 0.0 + 0.50 \times (3 + 4.0) = 3.5 \text{ Sec} \end{aligned}$$

## سوال ۳:

فرض کنید که بسته‌های شامل داده 100000 بیت و بسته‌های شامل درخواست شی و سه مرحله دست تکانی TCP، 200 بیت هستند. حال پروتکل HTTP را در نظر بگیرید و فرض کنید که اندازه هر شی 100000 بیت است و اولین شی دانلود شده به ۱۰ شی دیگر بر روی همان فرستنده ارجاع



می‌کند. فرض کنید از HTTP نا پایا استفاده می‌کنید و بعد از دریافت اولین شی، ۱۰ اتصال موازی برقرار می‌کنید. با داشتن  $N$  اتصال موازی، هر یک از اتصالات TCP نرخ انتقالی برابر  $1/N$  پهنای باند را دارند. چه زمانی طول می‌کشد تا همه اشیاء دریافت شوند؟ حال HTTP مداوم را در نظر بگیرید آیا انتظار کارایی بیشتری نسبت به مورد اتصال غیرمداوم دارید؟ پاسخ خود را تشریح کنید. از تاخیر صف و پردازش صرف‌نظر کنید و صرفاً تاخیر انتشار و زمان ارسال بسته‌ها را در نظر بگیرید.

### پاسخ:

Data Packet Length:  $L_d = 100000 \text{ (bit)}$   
Control Packet Length:  $L_c = 200 \text{ (bit)}$   
HTTP Object Length:  $L_o = 100000 \text{ (bit)}$   
Number of Objects:  $K = 10 \text{ (bit)}$   
Transmission Rate:  $R \text{ (bps)}$   
Link Length:  $d \text{ (m)}$   
Propagation Speed:  $V \text{ (m/s)}$   
Propagation Delay:  $t_{prop} = d/V \text{ (s)}$   
Round Trip Time:  $RTT = 2t_{prop} \text{ (s)}$

• روش ناپایا (non-persistent) با ۱۰ اتصال موازی:

Data Packet Transmission Time for one parallel connection:  $t_{d1} = \frac{L_d}{R}$

Control Packet Transmission Time for one parallel connection:  $t_{c1} = \frac{L_c}{R}$

Data Packet Transmission Time for  $N$  parallel connection:  $t_{dN} = \frac{L_d}{R/N} = \frac{NL_d}{R} = Nt_{d1}$

Control Packet Transmission Time for  $N$  parallel connection:  $t_{cN} = \frac{L_c}{R/N} = \frac{NL_c}{R} = Nt_{c1}$

$$ResponseTime_{NonPersistent} = \underbrace{(t_{c1} + RTT + t_{c1})}_{\text{TCP Connection}} + \underbrace{(t_{c1} + RTT + t_{d1})}_{\text{HTTP Request-Response}} + \underbrace{(t_{c10} + RTT + t_{c10})}_{\text{TCP Connection}} + \underbrace{(t_{c10} + RTT + t_{d10})}_{\text{HTTP Request-Response}}$$

Recieve Base HTML                      Recieve other 10 HTML Objects

$$ResponseTime_{NonPersistent} = 4RTT + 3t_{c1} + t_{d1} + 3t_{c10} + t_{d10} = 4RTT + 33t_{c1} + 11t_{d1}$$

$$= 8t_{prop} + \frac{33 \times 200}{R} + \frac{11 \times 100000}{R} = \frac{8d}{V} + \frac{1106600}{R}$$

• روش پایا (persistent):

Data Packet Transmission Time:  $t_d = \frac{L_d}{R}$

Control Packet Transmission Time:  $t_c = \frac{L_c}{R}$

الف) پایا خط لوله (pipeline):

$$ResponseTime_{PipelinePersistent} = \underbrace{(t_c + RTT + t_c)}_{\text{TCP Connection}} + \underbrace{(t_c + RTT + t_d)}_{\text{HTTP Request-Response}} + \underbrace{(t_c + RTT + 10 \times t_d)}_{\text{HTTP Request-Response}}$$

Recieve Base HTML                      Recieve other 10 HTML Objects

$$ResponseTime_{PipelinePersistent} = 3RTT + 4t_c + 11t_d = 6t_{prop} + \frac{13 \times 200}{R} + \frac{11 \times 100000}{R} = \frac{6d}{V} + \frac{1100800}{R}$$

ب) پایا بدون خط لوله (no\_pipeline):

$$ResponseTime_{NoPipelinePersistent} = \underbrace{(t_c + RTT + t_c)}_{\text{TCP Connection}} + \underbrace{(t_c + RTT + t_d)}_{\text{HTTP Request-Response}} + 10 \times \underbrace{(t_c + RTT + t_d)}_{\text{HTTP Request-Response}}$$

Recieve Base HTML                      Recieve other 10 HTML Objects



$$ResponseTime_{NoPipelinePresistent} = 12RTT + 13t_c + 11t_d = 24t_{prop} + \frac{13 \times 200}{R} + \frac{11 \times 100000}{R} = \frac{24d}{V} + \frac{1102600}{R}$$

مقایسه روش ناپایا با پایا خط لوله:

$$ResponseTime_{NonPresistent} - ResponseTime_{PipelinePresistent} = \frac{2d}{V} + \frac{5800}{R}$$

چون اختلاف مثبت است بنابراین تأخیر روش ناپایا بیشتر از تأخیر روش پایا خط لوله است.

مقایسه روش ناپایا با پایا بدون خط لوله:

$$ResponseTime_{NonPresistent} - ResponseTime_{NoPipelinePresistent} = \frac{4000}{R} - \frac{16d}{V}$$

اگر  $R < \frac{250}{d/V}$  باشد آنگاه تأخیر روش ناپایا بیشتر از تأخیر روش پایا بدون خط لوله است. و

اگر  $R > \frac{250}{d/V}$  باشد آنگاه تأخیر روش ناپایا کمتر از تأخیر روش پایا بدون خط لوله است. و

اگر  $R = \frac{250}{d/V}$  باشد آنگاه تأخیر روش ناپایا مساوی با تأخیر روش پایا بدون خط لوله است.

مقایسه روش پایا بدون خط لوله با پایا خط لوله:

$$ResponseTime_{NoPipelinePresistent} - ResponseTime_{PipelinePresistent} = \frac{18d}{V} + \frac{1800}{R}$$

چون اختلاف مثبت است بنابراین تأخیر روش پایا بدون خط لوله بیشتر از تأخیر روش پایا خط لوله است.

#### سوال ۴:

فرض کنید شخصی در مرورگر وب خود برای دریافت یک صفحه وب روی یک لینک کلیک می‌کند. آدرس IP مربوط به این URL در میزبان به صورت محلی وجود ندارد، بنابراین برای به دست آوردن آدرس IP به یک DNS Lookup نیاز خواهد بود. فرض کنید  $n$  سرویس‌دهنده DNS قبل از اینکه میزبان مورد نظر آدرس IP را از سرویس DNS دریافت کند، ملاقات می‌شوند و زمان رفت و برگشت هر ملاقات موفقیت‌آمیز برابر  $RTT_1$  تا  $RTT_n$  است. علاوه بر این فرض کنید که صفحه وب مرتبط به این لینک دقیقاً یک Object حاوی مقدار کمی متن HTML است.  $RTT_0$  زمان رفت و برگشت بین میزبان و سرویس‌دهنده حاوی Object مورد نظر باشد. با در نظر گرفتن زمان ناچیز برای ارسال Object، از زمانی که مشتری روی لینک کلیک می‌کند تا زمانی که مشتری Object را دریافت می‌کند، چقدر زمان طول می‌کشد.

با فرض اینکه فایل HTML از 12 Object کوچک روی یک سرویس‌دهنده تشکیل شده باشد، این زمان چقدر است؟ در صورتی که از روش‌های زیر استفاده شود:

الف) Non-Persistent HTTP (غیر مداوم) و فاقد اتصال موازی

ب) Non-Persistent HTTP (غیر مداوم) و با محدودیت حداکثر 4 اتصال موازی

ج) Persistent HTTP (مداوم) و غیر pipeline

د) Non-Persistent HTTP (غیر مداوم) و بدون محدودیت در ایجاد اتصال موازی

ه) Non-Persistent HTTP (غیر مداوم) و با محدودیت حداکثر 10 اتصال موازی

و) Persistent HTTP (مداوم) به صورت pipeline

پاسخ:



(الف)

$$Delay_{nonPersistent} = DNS_{delay} + BaseHTML_{delay} + Objects_{delay}$$

$$Delay_{nonPersistent} = \sum_{i=1}^n RTT_i + 2 \times RTT_0 + 12 \times 2 \times RTT_0$$

$$Delay_{nonPersistent} = 26RTT_0 + \sum_{i=1}^n RTT_i$$

(ب)

$$Delay_{nonPersistent4Parallel} = DNS_{delay} + BaseHTML_{delay} + Objects_{delay}$$

$$Delay_{nonPersistent4Parallel} = \sum_{i=1}^n RTT_i + 2 \times RTT_0 + \left\lceil \frac{12}{4} \right\rceil \times 2 \times RTT_0$$

$$Delay_{nonPersistent4Parallel} = 8RTT_0 + \sum_{i=1}^n RTT_i$$

(ج)

$$Delay_{PersistentNonPipeline} = DNS_{delay} + BaseHTML_{delay} + Objects_{delay}$$

$$Delay_{PersistentNonPipeline} = \sum_{i=1}^n RTT_i + 2 \times RTT_0 + 12 \times RTT_0$$

$$Delay_{PersistentNonPipeline} = 14RTT_0 + \sum_{i=1}^n RTT_i$$

(ه)

$$Delay_{nonPersistentParallel} = DNS_{delay} + BaseHTML_{delay} + Objects_{delay}$$

$$Delay_{nonPersistentParallel} = \sum_{i=1}^n RTT_i + 2 \times RTT_0 + 2 \times RTT_0$$

$$Delay_{nonPersistentParallel} = 4RTT_0 + \sum_{i=1}^n RTT_i$$

(و)

$$Delay_{nonPersistent10Parallel} = DNS_{delay} + BaseHTML_{delay} + Objects_{delay}$$

$$Delay_{nonPersistent10Parallel} = \sum_{i=1}^n RTT_i + 2 \times RTT_0 + \left\lceil \frac{12}{10} \right\rceil \times 2 \times RTT_0$$

$$Delay_{nonPersistent10Parallel} = 6RTT_0 + \sum_{i=1}^n RTT_i$$

(ز)

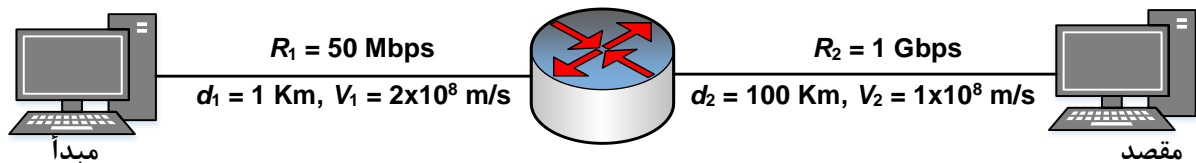
$$Delay_{PersistentPipeline} = DNS_{delay} + BaseHTML_{delay} + Objects_{delay}$$

$$Delay_{PersistentPipeline} = \sum_{i=1}^n RTT_i + 2 \times RTT_0 + RTT_0$$

$$Delay_{PersistentPipeline} = 3RTT_0 + \sum_{i=1}^n RTT_i$$

### سوال ۵:

می‌خواهیم یک پیام به اندازه ۴۹۰۰۰ بایت را از طریق دوگام مطابق با شکل زیر از گره مبدأ به گره مقصد ارسال کنیم. نرخ ارسال ( $R$ )، طول ( $d$ ) و سرعت انتشار ( $V$ ) هر لینک در شکل مشخص شده است. با فرض اینکه تأخیر مسیریاب ناچیز و لینک‌ها بدون خطا هستند، اگر اندازه هر بسته عبوری ۱۰۰۰ بایت و سربار هر بسته ۲۰ بایت باشد، زمان انتقال این پیام از مبدأ به مقصد چقدر است؟



### پاسخ:

$$\text{Number of packet (k)} = \text{message length} / (\text{packet length} - \text{header length}) = 49000 / (1000 - 20) = 50$$

$$\text{Propagation delay on link 1 (t}_{prop1}\text{)} = d_1 / V_1 = 1 \times 10^3 / 2 \times 10^8 = 0.5 \times 10^{-5} = 0.005 \text{ msec}$$

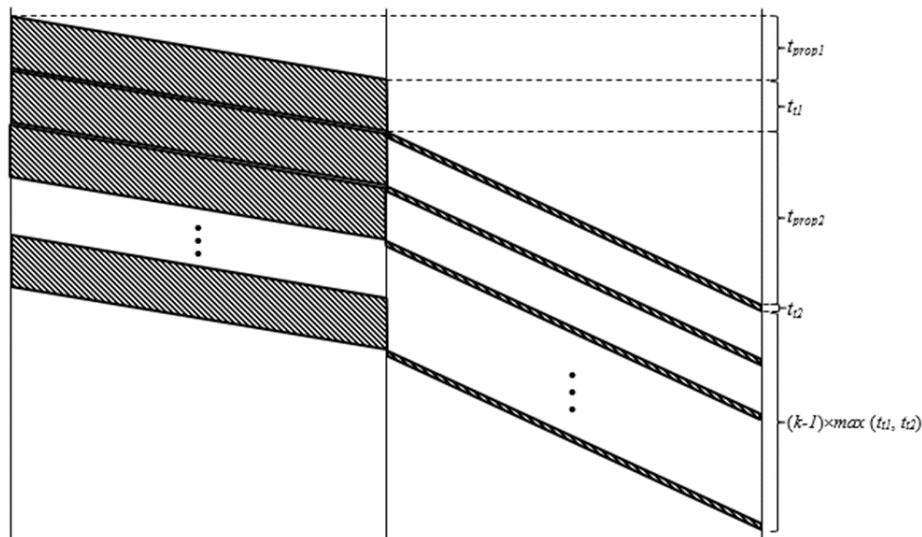
$$\text{Transmission delay on link 1 (t}_{t1}\text{)} = L/R_1 = 8 \times 1000 / 50 \times 10^6 = 160 \times 10^{-6} = 0.16 \text{ msec}$$

$$\text{Propagation delay on link 2 (t}_{prop2}\text{)} = d_2 / V_2 = 100 \times 10^3 / 1 \times 10^8 = 1 \times 10^{-3} = 1 \text{ msec}$$

$$\text{Transmission delay on link 2 (t}_{t2}\text{)} = L/R_2 = 8 \times 1000 / 1 \times 10^9 = 8 \times 10^{-6} = 0.008 \text{ msec}$$

$$\text{Message Transfer Time (MTT)} = t_{prop1} + t_{t1} + t_{prop2} + t_{t2} + (k-1) \times \max(t_{t1}, t_{t2})$$

$$\text{Message Transfer Time (MTT)} = 0.005 + 0.16 + 1 + 0.008 + 49 \times 0.16 = 9.013 \text{ msec}$$



### سوال ۶:

پارامترهای زیر را در شبکه سویچینگ بسته‌ای در نظر بگیرید:

$N$ : تعداد گام (hop) بین دو سیستم پایانی مفروض

$L$ : طول پیام بر حسب بیت

$B$ : نرخ ارسال داده‌ها در تمامی خطوط بر حسب bps



$P$  : حداکثر اندازه یک بسته بر حسب بیت

$H$  : تعداد بیت‌های سربار در هر بسته

$D$  : تأخیر انتشار در هر گام بر حسب ثانیه

ثابت کنید که مقدار  $P$  برای مینیمم کردن تأخیر انتها به انتها در یک شبکه سوییچینگ بسته‌ای عبارتست از:

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

**پاسخ:**

$K$ : Number of Packets

$$K = \left\lceil \frac{L}{P-H} \right\rceil \approx \frac{L}{P-H}$$

$$Delay = N \left( D + \frac{P}{B} \right) + (K-1) \frac{P}{B}$$

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

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

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

$$\Rightarrow \frac{-LP}{B(P-H)^2} + \frac{(N-1)(P-H) + L}{B(P-H)} = 0$$

$$\Rightarrow -LP + (N-1)(P-H)^2 + L(P-H) = 0$$

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

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

**سوال ۷:**

می‌خواهیم یک پیغام به اندازه 98000 بایت را از طریق سه گام مطابق با شکل زیر از گره مبدأ به گره مقصد ارسال کنیم. احتمال از بین رفتن بسته در هر گام در شکل مشخص شده است. اگر اندازه هر بسته عبوری 2000 بایت (شامل داده و سربار) و سربار هر بسته 40 بایت باشد، به سوالات زیر پاسخ دهید؟

(الف) احتمال ارسال موفقیت‌آمیز یک بسته چقدر است؟

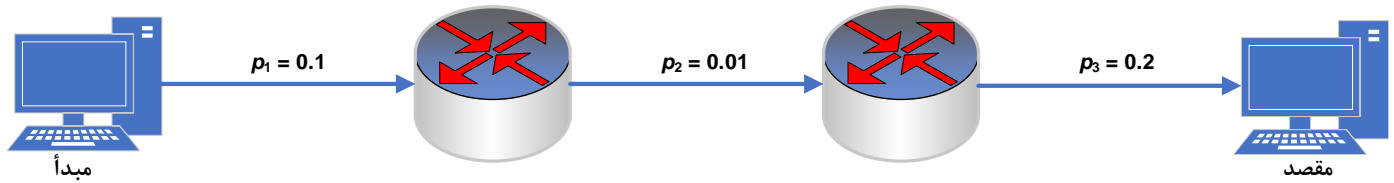
(ب) احتمال ارسال موفقیت‌آمیز یک پیغام چقدر است؟

(ج) فرض کنید اگر هر بسته‌ای که از بین می‌رود همان بسته مجدداً توسط گره مبدأ ارسال شود، بطور متوسط هر بسته می‌بایست چند بار ارسال شود که توسط گیرنده دریافت شود.

(د) با فرض بند (ج) گره مبدأ برای ارسال این پیغام و دریافت موفقیت‌آمیز آن در گره مقصد، به طور متوسط در مجموع چند بسته می‌بایست ارسال کند؟



۵) فرض کنید اگر بسته‌ای از بین رود گره مبدأ می‌بایست کل بسته‌های پیغام را مجدداً ارسال می‌کند. در این حالت به طور متوسط کل بسته‌های ارسال شده توسط گره مبدأ برای دریافت موفقیت‌آمیز پیغام در مقصد چقدر است؟



پاسخ:

Item	Notation	Definition	
1	$L$	Message length	
2	$N$	Number of Hops	
3	$P$	Packet length	
4	$H$	Header length	
5	$p_i$	Packet loss probability on $i_{th}$ link (hop)	
6	$K$	Number of packets of message	$K = \left\lceil \frac{L}{P - H} \right\rceil$
7	$P_S^P$	Packet successful transmission probability	$P_S^P = \prod_{i=1}^N (1 - p_i)$
8	$P_S^M$	Message successful transmission probability	$P_S^M = \left( \prod_{i=1}^N (1 - p_i) \right)^K$
9	$R_S^P$	Number of retransmissions for packet successful transmission	$R_S^P = \frac{1}{P_S^P}$
10	$T_S^P$	Total packet transmissions for successful message transmission in cases of retransmit only the lost packet	$T_S^P = R_S^P \times K = \frac{K}{P_S^P}$
11	$T_S^M$	Total packet transmissions for successful message transmission in cases of retransmit whole packets of message for each unsuccessful message transmission	$T_S^M = \frac{K}{P_S^M}$

Item	Notation	Value
1	$L$ (Bytes)	98000
2	$N$	3
3	$P$ (Bytes)	2000
4	$H$ (Bytes)	40
	$P - H$ (Bytes)	1960
5	$p_1$	0.1
	$p_2$	0.01
	$p_3$	0.2
	$p_4$	
	$p_5$	
6	$K$	$K = \left\lceil \frac{L}{P - H} \right\rceil$ 50





7	$P_S^P$	$P_S^P = \prod_{i=1}^N (1 - p_i)$	0.7128
8	$P_S^M$	$P_S^M = \left( \prod_{i=1}^N (1 - p_i) \right)^K$	4.45E-08
9	$R_S^P$	$R_S^P = \frac{1}{P_S^P}$	1.40
10	$T_S^P$	$T_S^P = R_S^P \times K = \frac{K}{P_S^P}$	70
11	$T_S^M$	$T_S^M = \frac{K}{P_S^M}$	1.12E+09

### سوال ۸:

اصطلاحات و مفاهیم زیر را به اختصار شرح دهید:

الف) Protocol

ب) Multiplexing/Demultiplexing

ج) Segmentation and Reassembly

د) Cookie

ح) Delay Bandwidth Product

### پاسخ:

الف: مجموعه قوانین و الگوریتم‌های تعریف شده در یک لایه به منظور افزودن اطلاعات کنترلی و انجام وظیفه تعیین شده برای آن لایه و ارائه سرویس به لایه بالاتر را پروتکل می‌گویند.

به عبارت دیگر یک پروتکل، فرمت بسته‌ها، نوع بسته‌ها، نوع و مفهوم فیلدهای اطلاعاتی اضافه شده به داده لایه بالاتر (سرایند) و الگوریتم پردازشی برای انجام وظیفه تعیین شده و ارائه سرویس به لایه بالاتر را تعریف می‌کند.

ب: به اشتراک‌گذاری سرویس یک لایه به چند موجودیت لایه بالاتر را Multiplexing می‌گویند.  
تفکیک اطلاعات دریافتی توسط یک لایه و تحویل آن موجودیت‌های لایه بالاتر را Demultiplexing می‌گویند.

ج: اگر واحد اطلاعاتی سرویس (Service Data Unit) لایه پایین‌تر یک لایه محدود باشد، آن لایه می‌تواند این محدودیت را به لایه بالاتر خود اعمال کند بدین ترتیب قادر به ارسال داده‌هایی که از لایه بالاتر دریافت می‌کند از طریق لایه پایین‌تر خود است و یا اینکه این محدودیت را به لایه بالاتر اعمال نکند. در این حالت، در صورتی که داده‌های دریافتی از لایه بالاتر بزرگ‌تر از این محدودیت باشد، آن لایه داده‌ها را به تکه‌هایی با اندازه کوچک‌تر از محدودیت لایه پایین‌تر تقسیم کرده و هر تکه را از طریق لایه پایین‌تر ارسال می‌کند. لایه متناظر در گره مقصد با دریافت همه تکه‌ها، اطلاعات اولیه را بازسازی کرده و به لایه بالاتر خود تحویل می‌دهد. به شکستن اطلاعات دریافتی از لایه بالاتر به قطعه‌های کوچک‌تر قابل ارسال توسط لایه پایین‌تر قطعه‌سازی (Segmentation) و جمع‌آوری و بازسازی مجدد اطلاعات در گره مقصد Reassembly گفته می‌شود.

د: پروتکل HTTP یک پروتکل بدون حالت (Stateless) است. اما اغلب سرویس‌دهنده‌های وب علاقمند هستند که کاربران را بشناسند تا مطابق شناسایی قبلی به آن‌ها سرویس دهند. برای این منظور از Cookie استفاده می‌کنند. در واقع Cookie یک کد شناسایی است که سرویس‌دهنده وب به کاربر می‌دهد تا بتواند از طریق آن، کاربر را درخواست بعدی بشناسد. کاربر نیز در درخواست‌های بعدی این کد شناسایی (Cookie) را همراه درخواست‌هایش به همان سرویس‌دهنده وب ارسال می‌کند.



ح: حاصلضرب تأخیر در پهنای باند (Delay Bandwidth Product) عبارتست از تعداد بسته‌ای که یک فرستنده در مدت زمان تأخیر انتشار بین فرستنده و گیرنده می‌تواند ارسال نماید. حاصلضرب تأخیر در پهنای بان از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{Delay Bandwidth Product} = \frac{\text{Propagation Delay}}{\text{Transmission Time}} = \frac{t_{\text{Prop}}}{t_t} = \frac{t_{\text{Prop}}}{L/R} = \frac{t_{\text{Prop}} \times R}{L}$$

که در رابطه فوق  $t_{\text{Prop}}$  تأخیر انتشار،  $t_t$  زمان ارسال یک بسته،  $R$  پهنای باند (نرخ ارسال) و  $L$  اندازه بسته است.

### سوال ۹:

الف) تفاوت دو تکنیک انتقال سوئیچینگ بسته‌ای (Packet Switching) و سوئیچینگ مداری (Circuit Switching) را به اختصار شرح دهید.  
فرض کنید تعدادی کاربر، از طریق یک لینک ارتباطی با نرخ ارسال 4 Mbps به شبکه متصل هستند، هر کاربر به طور متوسط 20 درصد زمان فعال است و در زمان فعال بودن، نرخ ارسال 100 Kbps را نیاز دارد. با این شرایط به سوالات زیر پاسخ دهید:

ب) اگر هدف، تضمین سخت (تضمین 100 درصدی) کیفیت سرویس‌دهی باشد، استفاده از کدام تکنیک انتقال را پیشنهاد می‌دهید؟ در این حالت حداکثر تعداد کاربران قابل پذیرش چه تعداد خواهد بود؟

ج) در صورت استفاده از تکنیک سوئیچینگ بسته‌ای، احتمال فعال بودن 80 کاربر همزمان را محاسبه کنید؟

د) اگر کیفیت سرویس‌دهی مورد انتظار بیشتر از 98 درصد باشد، حداکثر تعداد کاربران چقدر باید باشد؟  
(توضیح: کیفیت سرویس‌دهی مورد انتظار یعنی هر کاربر در زمان فعال بودن بتواند سرویس مطلوب دریافت کند)

### پاسخ:

سوئیچینگ مداری (Circuit Switching): در تکنیک سوئیچینگ مداری ظرفیت ارسال هر لینک ارتباطی در شبکه به تعدادی کانال با ظرفیت ثابت تقسیم می‌شود و برای هر انتقال اطلاعات بین گره فرستنده و گره گیرنده یک کانال بر روی لینک‌های مسیر در نظر گرفته می‌شود. هر گره میانی در مسیر کانال ورودی را به کانال خروجی متصل (سوئیچ) می‌کند، در نتیجه یک ظرفیت ارسال ثابت و اختصاصی بین فرستنده و گیرنده (مدار) ایجاد می‌شود و فرستنده می‌تواند اطلاعات به صورت جریان بیت‌ها (bit stream) منتقل کند. سوئیچینگ مداری دارای سه فاز (1) ایجاد مدار (ارتباط)، (2) انتقال داده‌ها و (3) خاتمه ارتباط و رهاسازی منابع است.

سوئیچینگ بسته‌ای (Packet Switching): در تکنیک سوئیچینگ بسته‌ای، ظرفیت ارسال هر لینک به طور اشتراکی برای انتقال داده‌های همه کاربران استفاده می‌شود. هر گره فرستنده باید داده‌های خود را قالب بسته‌های با اندازه محدود در آورده و ارسال کند. هر گره شبکه با دریافت یک بسته آن را برای ارسال به سمت گره مقصد به پورت خروجی متصل به گره بعدی روی مسیر می‌دهد. بسته‌ها در پورت خروجی در بافر ذخیره شده و به نوبت ارسال می‌شوند. گره میانی هر بسته را به صورت مجزا و مستقل سرویس می‌دهد و تا زمانی که بسته‌ای وجود داشته باشد لینک خروجی اشغال است. به طور کلی، تکنیک سوئیچینگ بسته‌ای نیازی به فاز برقراری و خاتمه ارتباط ندارد.

مقایسه بین دو تکنیک سوئیچینگ مداری (Circuit Switching) و سوئیچینگ بسته‌ای (Packet Switching) در جدول زیر آمده است:

ردیف	شاخص مقایسه	سوئیچینگ مداری	سوئیچینگ بسته‌ای
1	استفاده بهینه از منابع	ندارد	دارد
2	نرخ انتقال تضمین شده	دارد	ندارد
3	تأخیر انتها به انتها	ثابت و کم	زیاد و متغیر
4	احتمال از دست رفتن داده‌ها به دلیل ازدحام	صفر	وجود دارد
5	سربار برقراری ارتباط و تأخیر اولیه	دارد	ندارد
6	هزینه پیاده‌سازی	بالا (بدلیل نیاز به پروتکل سیگنالینگ)	کم
7	مناسب برای کاربردهای	Real-time و با نرخ بیت ثابت	ترافیک Burstی و یا با نرخ بیت متغیر
8	سربار اطلاعات	ندارد	دارد (وجود اطلاعات کنترلی در سرآیند بسته)

Item	Notation	Definition
1	$R$	Bandwidth
2	$p$	User activated probability



درس شبکه‌های کامپیوتری ، نیمسال دوم سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴  
نمونه سوال میان‌ترم



3	$r$	User required data rate	
4	$N$	Number of users	
5	$K$	Number of activated users	
6	$Pr[K = k]$	Probability that the number activated users is equal to $k$	$Pr[K = k] = \binom{N}{k} p^k (1-p)^{N-k}$
7	$Pr[K \leq k]$	Probability that the number activated users is less than or equal to $k$	$Pr[K \leq k] = \sum_{i=1}^k \binom{N}{i} p^i (1-p)^{N-i}$

Item		Notation		
1		$R$		4 Mbps
2		$p$		0.20
3		$r$		100 Kbps
4		$N$		1000
5	(ب)	Transmission technique		C.S.
6		Number of users		40
7		$k$		80
8	(ج)	$Pr[K = k]$	$Pr[K = k] = \binom{N}{k} p^k (1-p)^{N-k}$	$10^{-6}$
9	(د)	$Pr[K \leq k]$	$Pr[K \leq k] = \sum_{i=1}^k \binom{N}{i} p^i (1-p)^{N-i}$	0.98
10		$N'$		150