



بسم تعالی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

درس شبکه های کامپیوتری، نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۷-۹۶

تمرین سری پنجم (موعد تحویل: ۱۳۹۷/۱/۲۱)



نمره	مسئله	نمره	مسئله
	۹		۱
	۱۰		۲
	۱۱		۳
	۱۲		۴
	۱۳		۵
			۶
			۷
			۸

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

توجه: پاسخ تمرین ها باید به صورت دستنویس تحویل داده شود.

**نام و نام خانوادگی:**

**شماره دانشجویی:**

**نمره:**

۱. دو شبکه را در نظر بگیرید که سرویس اتصال گرای (connection-oriented) قابل اعتمادی را ارائه می دهند. یکی از این شبکه ها این سرویس را برای جریانی از بایت ها (reliable byte stream) و دیگری برای جریانی از پیغام ها (reliable message stream) ارائه می کند. آیا این شبکه ها یکسان هستند؟ اگر یکسان هستند، چرا دو شبکه ی مجزا به این صورت ساخته شده است؟ اگر متفاوت هستند، مثالی از تفاوت این دو شبکه ارائه دهید.

جریان بایت ها و پیغام ها باهم متفاوت هستند. در جریان مربوط به پیغام ها، مرز بین پیغام ها برای شبکه مهم است، اما در جریان بایت ها چنین نیست. برای مثال فرآیندی را در نظر بگیرید که در یک ارتباط ۱۰۲۴ بایت را می نویسد و پس از مدتی ۱۰۲۴ بایت بعدی نوشته می شود. فرایند گیرنده ۲۰۴۸ بایت را به صورت یکجا می خواند. یعنی گیرنده با بایت سروکار دارد نه پیغام و پیغام مفهومی برای گیرنده ندارد. اما در جریان مربوط به پیغام ها، دو پیغام ۱۰۲۴ بایتی خوانده خواهد شد. در جریان بایت ها، مرز بین پیغام ها مشخص نبوده و گیرنده همگی ۲۰۴۸ بایت را یکجا دریافت می کند و این واقعیت که دو پیام مجزا وجود داشت از بین خواهد رفت.

۲. زمانی که یک فایل بین دو کامپیوتر ردوبدل می شود، دو استراتژی برای تصدیق تحویل آن مورد استفاده قرار می گیرد. در استراتژی اول فایل به تعدادی بسته تقسیم می شود که هر یک از این بسته ها توسط گیرنده تصدیق می شوند؛ اما بعد از انتقال فایل به طور کامل، فرستنده منتظر دریافت acknowledge برای کل فایل نخواهد بود. در استراتژی دوم بسته ها به صورت مجزا تصدیق نمی شوند اما در صورت دریافت کامل فایل، برای کل فایل یک پیغام acknowledge ارسال می شود. در مورد این دو استراتژی بحث کنید.

در شبکه ای که امکان گم شدن بسته ها زیاد است، بهتر است که دریافت هر بسته به صورت جداگانه تصدیق شود، تا بسته های گم شده دوباره ارسال شوند. در شبکه ای با قابلیت اطمینان بالا (reliable)، تصدیق دریافت کل فایل بعد از پایان ارسال، باعث می شود که از پهنای باند به صورت بهتری استفاده شود. باید دقت داشت که در این حالت حتی اگر یکی از بسته ها خراب شود فرستنده ناچار به ارسال کل فایل خواهد بود.

۳. لایه ی شبکه در حالتی که لایه پیوند داده یک سرویس اتصال گرا (connection-oriented) را ارائه می دهد، نسبت به حالتی که سرویس غیر اتصال گرا (connectionless) ارائه می شود، چه تفاوتی می کند؟



اگر لایه‌ی پیوند داده یک ارتباط اتصال‌گرا برای لایه‌ی شبکه فراهم کند، در این صورت لایه‌ی شبکه قبل از ارسال اطلاعات، ابتدا اتصالی را راه‌اندازی می‌کند. اگر سرویس اتصال‌گرا تضمین کند که لایه‌ی پیوند داده، بسته‌های اطلاعاتی را به درستی و به‌صورت متوالی منتقل می‌کند، در این صورت بسته‌های ارسال‌شده توسط لایه‌ی شبکه به گره‌های همسایه از یک بستر بدون خطا عبور خواهند کرد. از طرف دیگر، اگر لایه پیوند داده بدون اتصال باشد، هر فریم احتمالاً با استفاده از سرویس Unconfirmed ارسال می‌شود. در این حالت، لایه شبکه نمی‌تواند توالی یا صحت بسته‌هایی که با همسایگان خود مبادله می‌کند را تصدیق کند.

۴. فرض کنید که رسانه فیزیکی بدون خطا باشد. آیا لایه پیوند داده همچنان مورد نیاز است؟

لایه‌ی پیوند داده برای فریم‌بندی داده‌ها و کنترل جریان بر روی کانال انتقال مورد نیاز است. در یک رسانه که به‌صورت اشتراکی استفاده می‌شود لایه‌ی پیوند داده برای ایجاد هماهنگی بین کاربران برای دسترسی به رسانه‌ی به اشتراک گذاشته شده، مورد نیاز است.

۵. هر کدام از موارد زیر وظیفه‌ی کدام لایه‌ی OSI است؟

a. تعیین بهترین مسیر برای ارسال بسته‌ها

لایه‌ی شبکه مربوط به انتخاب مسیر در شبکه است.

b. ایجاد ارتباطات انتها به انتها (end-to-end) با استفاده از سرویس‌های قابل اطمینان

وظیفه‌ی لایه‌ی انتقال ارائه‌ی یک سرویس قابل اطمینان انتها به انتها در شبکه است.

c. فراهم کردن ارتباطات گره‌به‌گره (node-to-node) با استفاده از سرویس‌های قابل اطمینان

لایه پیوند داده یک ارتباط قابل اطمینان را بین گره‌های مجاور در یک شبکه فراهم می‌کند.

۶. توضیح دهید که چگونه مفهوم multiplexing را می‌توان در لایه‌های داده، شبکه و لایه‌های حمل اعمال کرد.

به‌صورت کلی، در صورتی که سرویس Multiplexing در لایه N ارائه شود، آن گاه هر موجودیت در لایه N+1 را می‌توان با یک Multiplexing ID مشخص کرد. این ID در PDU لایه N قرار می‌گیرد و مشخص می‌کند که بسته‌های دریافتی باید به چه موجودیتی در لایه N+1 تحویل داده شوند.

به‌صورت دقیق‌تر پاسخ این سوال به این شرح است:

لایه انتقال: فرآیندهای مربوط به لایه‌های کاربرد می‌توانند سرویس‌های ارائه‌شده توسط UDP را به اشتراک بگذارند. زمانی که یک قطعه (Segment) UDP از لایه شبکه فرامی‌رسد، شماره پورت مقصد در PDU برای تحویل SDU به فرآیند مربوطه در لایه‌ی کاربرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین فرآیندهای لایه‌ی کاربرد، سرویس ارائه‌شده توسط TCP را به اشتراک می‌گذارند. در این مورد، هنگامی که قطعه مربوط به TCP می‌رسد، شناسه اتصال TCP، که عبارت است از (شماره‌ی پورت مبدأ، آدرس IP مبدأ، شماره‌ی پورت مقصد و آدرس IP مقصد)، برای تعیین فرآیندی که SDU باید به آن تحویل داده شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد.



لایه شبکه: در این لایه، هر موجودیت لایه انتقال با استفاده از فیلد مربوط به پروتکل در سرآیند PDU مربوط به پروتکل IP مشخص می‌شود. گیرنده پس از دریافت یک بسته‌ی IP، فیلد مربوط به پروتکل را بررسی کرده و تعیین می‌کند که بسته باید به کدام موجودیت لایه‌ی انتقال تحویل داده شود.

لایه پیوند داده: بسته‌های لایه‌ی شبکه از پروتکل‌های مختلف (IP, IPX, Appletalk و غیره)، می‌توانند از سرویس یک موجودیت لایه لینک (مانند PPP یا اترنت) به صورت اشتراکی استفاده کنند. جزییات نحوه اشتراک‌گذاری خارج از محدوده این درس است ولی به عنوان مثال در اترنت این کار با استفاده از SSAP و DSAP انجام می‌شود. برای جزییات بیشتر می‌توانید به

[https://www.cse.wustl.edu/~jain/cis677-98/ftp/e\\_7brdg.pdf](https://www.cse.wustl.edu/~jain/cis677-98/ftp/e_7brdg.pdf)

مراجعه کنید.

۷. موجودیتی را در لایه‌ی کاربرد در نظر بگیرید که می‌خواهد پیامی به طول L بایت را با استفاده از یک اتصال TCP موجود، به فرآیند متناظر خود ارسال کند. بخش TCP شامل پیامی به همراه ۲۰ بایت سرآیند (Header) است. این بخش داخل بسته IP قرار می‌گیرد که بیست بایت دیگر به عنوان سرآیند به آن اضافه می‌شود. بسته‌ی IP داخل یک فریم Ethernet قرار می‌گیرد که ۱۸ بایت به عنوان سرآیند و پی‌آیند (Trailer) دارد. در صورتی که L=100 bytes, 500 bytes, 1000 bytes باشد چه نسبتی از بیت‌های منتقل شده در لایه فیزیکی مربوط به اطلاعات پیام است؟

سرآیند لایه‌های مختلف در پیام به صورت زیر است:

- TCP: ۲۰ بایت سرآیند
- IP: ۲۰ بایت سرآیند
- Ethernet: ۱۸ بایت از سرآیند و پی‌آیند را به خود اختصاص می‌دهد.

بنابراین:

$$l = 100 \text{ bytes, بهره‌وری: } \frac{100}{158} = 63\%$$

$$l = 500 \text{ bytes, بهره‌وری: } \frac{500}{558} = 90\%$$

$$l = 1000 \text{ bytes, بهره‌وری: } \frac{1000}{1058} = 95\%$$

مشاهده می‌شود که هرچه قدر طول پیغام بزرگ‌تر باشد، بهره‌وری بیشتر می‌شود.

۸. فرض کنید یک کامپیوتر به چندین شبکه فیزیکی وصل شده است. چرا برای هر اتصال به یک آدرس IP متفاوت نیاز دارد؟ آدرس IP مشخص می‌کند که بسته‌ها از طریق کدام شبکه از ماشین ارسال یا دریافت شوند. با توجه به اینکه شبکه‌ها متفاوت هستند و مسیر ارتباطی هر شبکه می‌تواند با شبکه‌های دیگر متفاوت باشد، نیاز به آدرس‌های متفاوت خواهیم داشت.

۹. الف) فرض کنید یک کامپیوتر از یک بخش ساختمان به بخش دیگری جابه‌جا شده است. آیا آدرس فیزیکی آن تغییر می‌کند؟ آیا آدرس IP نیاز به تغییر دارد؟

آدرس فیزیکی تغییر نمی‌کند و این آدرس برای کارت NIC هر کامپیوتر منحصر به فرد است. اما ممکن است که آدرس IP که برای نشان دادن شناسه‌ی مربوط به میزبان و شبکه است، تغییر کند.



ب) فرض کنید یک کامپیوتر دچار خرابی شده است و با یک لپ‌تاپ جایگزین شده است. آیا آدرس IP و فیزیکی سیستم جایگزین شده با سیستم قبلی می‌تواند یکی باشد؟  
آدرس فیزیکی تغییر می‌کند ولی آدرس IP می‌تواند یکسان باشد و یا تغییر کند.

۱۰. به وبسایت IETF به آدرس [www.ietf.org](http://www.ietf.org) مراجعه کنید. هدف این سازمان چیست؟ یکی از پروژه‌های این سازمان را انتخاب کرده و یک گزارش یک صفحه‌ای در مورد آن تهیه کنید.

### سوالات اختیاری:

۱۱. یک شبکه فراگستر (Overlay) با  $N$  نظیر فعال را در نظر بگیرید که بین هر دو گره یک اتصال فعال TCP وجود دارد. همچنین فرض کنید که هر ارتباط TCP از  $M$  مسیر یاب عبور می‌کند. تعداد گره‌ها و یال‌ها را در این شبکه فراگستر مشخص کنید.

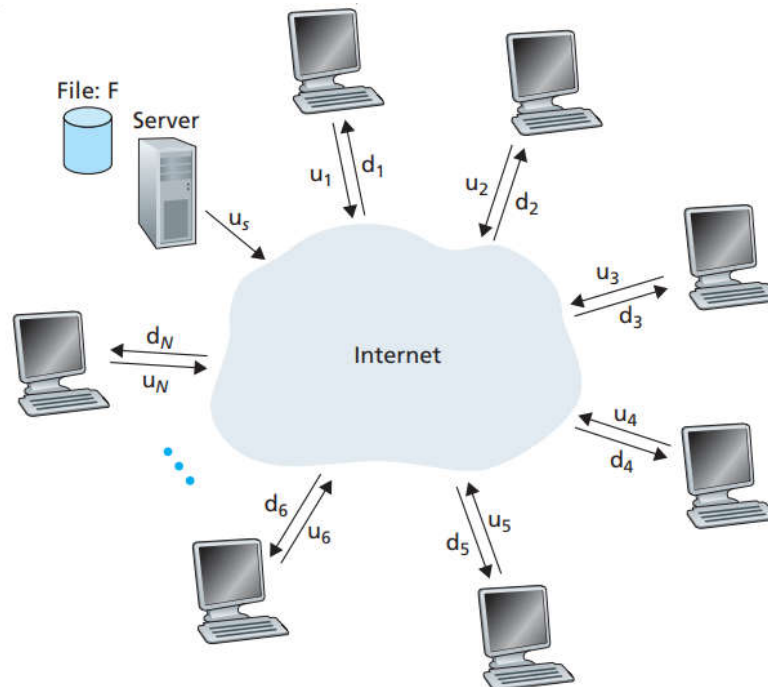
$$N \text{ گره در این شبکه‌ی فراگستر وجود دارد. بنابراین تعداد یال‌ها برابر است با: } \frac{N(N-1)}{2}$$

۱۲. انتقال یک فایل  $F$  بیتی به  $N$  سرویس‌گیرنده در یک معماری سرویس، دهنده-سرویس‌گیرنده (Client-Server) را مطابق شکل زیر در نظر بگیرید. نرخ ارسال دهنده،  $\mu_s$  است. نرخ ارسال و دانلود سرویس‌گیرندگان به ترتیب  $\mu_i$  و  $d_i$  است. همچنین  $d_{min}$  بیانگر کمترین نرخ دانلود در تمام سرویس‌گیرنده‌ها است یعنی  $d_{min} = \min\{d_1, \dots, d_N\}$ . فرض کنید سرویس‌دهنده می‌تواند به‌طور هم‌زمان فایل را به چندین سرویس‌گیرنده با نرخ‌های متفاوت ارسال کند، اما مجموع نرخ‌های ارسال نباید بیشتر از  $\mu_s$  باشد. زمان توزیع فایل را به‌صورت زمان لازم برای دریافت یک کپی از فایل توسط همه سرویس‌گیرندگان تعریف می‌کنیم. همچنین منظور از نحوه توزیع این است که مشخص کنید فایل باید توسط چه سیستم یا سیستم‌هایی و با چه نرخ ارسال شود.

a. فرض کنید که  $\frac{\mu_s}{N} \leq d_{min}$ ، نحوه توزیعی را مشخص کنید که زمان توزیع آن برابر  $\frac{NF}{\mu_s}$  باشد.

b. فرض کنید که  $\frac{\mu_s}{N} \geq d_{min}$ ، نحوه توزیعی را مشخص کنید که زمان توزیع آن  $\frac{F}{d_{min}}$  باشد.

c. نشان دهید که حداقل زمان توزیع به‌طور کلی برابر است با  $\max\{\frac{NF}{\mu_s}, \frac{F}{d_{min}}\}$



a. توزیعی را در نظر بگیرید که در آن سرویس‌دهنده به صورت موازی و با نرخ  $\frac{\mu_s}{N}$ ، فایلی را به سمت هر سرویس‌گیرنده ارسال می‌کند. با توجه به این فرض که  $\frac{\mu_s}{N} \leq d_{min}$ ، پس این نرخ از نرخ دانلود هر سرویس‌گیرنده کمتر است. بنابراین هر کلاینت می‌تواند با نرخ  $\frac{\mu_s}{N}$  فایل را دریافت کند. از آنجایی که نرخ دریافت هر سرویس‌گیرنده برابر با  $\frac{\mu_s}{N}$  است، پس زمان مورد نیاز تا اینکه یک سرویس‌گیرنده کل فایل را دریافت کند برابر است با:  $F/(\mu_s/N) = \frac{NF}{\mu_s}$ . از آنجایی که همه سرویس‌گیرندگان به صورت همزمان فایل را دریافت می‌کنند پس زمان توزیع فایل برابر  $\frac{NF}{\mu_s}$  است.

b. توزیعی را در نظر بگیرید که در آن سرویس‌دهنده به صورت موازی و با نرخ  $d_{min}$ ، فایلی را به سمت هر سرویس‌گیرنده ارسال می‌کند. با توجه به این فرض که  $\frac{\mu_s}{N} \geq d_{min}$ ، پس نرخ مجموع ( $Nd_{min}$ ) کمتر از نرخ مربوط به پهنای باند آپلود سرویس‌دهنده ( $\mu_s$ ) است. بنابراین هر سرویس‌گیرنده می‌تواند با نرخ  $d_{min}$  فایل ارسالی را دریافت کند، پس زمان مورد نیاز تا اینکه یک سرویس‌گیرنده کل فایل را دریافت کند برابر است با:  $\frac{F}{d_{min}}$ .

c. می‌دانیم:

$$D_{CS} \geq \max \left\{ \frac{NF}{u_s}, \frac{F}{d_{min}} \right\} \quad (\text{Equation 1})$$

فرض کنید که  $d_{min} \leq \frac{u_s}{N}$  پس با توجه به رابطه‌ی 1 داریم:  $D_{CS} \geq \frac{NF}{u_s}$ ، و با توجه به (a) میدانیم  $D_{CS} \leq \frac{NF}{u_s}$ . ترکیب این دو به صورت زیر است:

$$D_{CS} = \frac{NF}{u_s} \quad \text{when} \quad \frac{u_s}{N} \leq d_{min} \quad (\text{Equation 2})$$

به صورت مشابه می‌توانیم نشان دهیم که:



$$D_{CS} = \frac{F}{d_{min}} \text{ when } \frac{u_s}{N} \geq d_{min} \quad (\text{Equation 3})$$

ترکیب دو رابطه‌ی 1 و 2 منجر به نتیجه‌ی مطلوب خواهد شد.

۱۳. توضیحات داده‌شده در سوال قبل را برای یک معماری P2P در نظر بگیرید. برای سادگی فرض کنید که  $d_{min}$  مقدار بزرگی است و همچنین گره‌ها از نظر پهنای باند دائلود محدودیتی ندارند.

a. فرض کنید که  $u_s \leq (u_s + u_l + \dots + u_N)/N$  نحوه توزیعی را مشخص کنید که زمان توزیع آن  $F/u_s$  باشد.

b. فرض کنید که  $u_s \geq (u_s + u_l + \dots + u_N)/N$  نحوه توزیعی را مشخص کنید که زمان توزیع آن  $NF/(u_s + u_l + \dots + u_N)$  باشد.

c. نشان دهید که حداقل زمان توزیع به‌طور کلی برابر است با:  $\max\{F/u_s, NF/(u_s + u_l + \dots + u_N)\}$

a.  $u$  را به‌صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$u = u_l + \dots + u_N$$

با توجه به فرضیات داریم (رابطه اول):

$$u_s \leq (u_s + u)/N$$

فایل را به  $N$  بخش تقسیم کنید که اندازه‌ی بخش  $i$ ام برابر با  $F(u_i/u)$  سرویس‌دهنده بخش  $i$ ام را با نرخ  $r_i = (u_i/u)u_s$  به عضو  $i$ ام ارسال می‌کند. توجه داشته باشید که  $r_1 + r_2 + \dots + r_N = u_s$ ، بنابراین مجموع نرخ سرویس‌دهنده از نرخ لینک آن بیشتر نخواهد بود. همچنین نظیر  $i$ ام بیت‌های دریافتی را با نرخ  $r_i$ ، به  $N-1$  عضو دیگر ارسال می‌کند. مجموع نرخ ارسالی توسط نظیر  $i$ ام برابر است با:  $(N-1)r_i$ .

همچنین داریم:

$$(N-1)r_i = (N-1)\left(\frac{u_i}{u}\right)u_s$$

از رابطه اول داریم:

$$(N-1)u_s \leq u$$

بنابراین:

$$(N-1)\left(\frac{u_i}{u}\right)u_s \leq u_i$$

یعنی مجموع نرخ ارسالی عضو  $i$ ام، کمتر از پهنای باند آپلود آن است ( $u_i$ ). در این حالت، نرخ بیت دریافتی نظیر  $i$ ام برابر است با:

$$r_i + \sum_{j < i} r_j = u_s$$

در این حالت نظیر  $i$ ام را از سرویس‌دهنده و  $\sum_{j < i} r_j$  را از بقیه نظیرها دریافت کرده است. بنابراین هر نظیر فایل را در زمان  $F/u_s$  دریافت می‌کند.

b.  $u$  دوباره به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$u = u_l + \dots + u_s$$

همچنین داریم:

$$u_s \geq (u_s + u_l + \dots + u_s)/N$$



عبارت‌های زیر را نیز تعریف می‌کنیم:

$$r_i = \frac{u_i}{N-1}$$

$$r_{N+1} = \frac{\left(u_s - \frac{u}{N-1}\right)}{N}$$

در این توزیع فایل به  $N+1$  بخش تقسیم می‌شود. سرویس‌دهنده بیت‌های مربوط به بخش  $N$  را با نرخ  $r_i$  به نظیر  $N$  ارسال می‌کند ( $i = 1, \dots, N$ ). نظیر  $N$  بیت‌های دریافتی را با نرخ  $r_i$  به  $N-1$  نظیر دیگر ارسال می‌کند. همچنین سرویس‌دهنده بیت‌های مربوط به بخش  $(N+1)$  را با نرخ  $r_{N+1}$  به  $N$  نظیر دیگر ارسال می‌کند. نظیرها بیت‌های مربوط به بخش  $N+1$  را ارسال نمی‌کنند.

مجموع نرخ ارسالی سرویس‌دهنده برابر است با:

$$r_1 + \dots + r_N + N r_{N+1} = u/(N-1) + u_s - u/(N-1) = u_s$$

بنابراین نرخ ارسالی سرویس‌دهنده بیشتر از نرخ مربوط به لینک آن نخواهد بود. نرخ ارسالی مربوط به نظیر  $N$  برابر است با:

$$(N-1)r_i = u_i$$

بنابراین نرخ ارسالی هر نظیر بیشتر از نرخ مربوط به لینکش نخواهد بود.

در این توزیع، نرخ دریافت برای نظیر  $N$  برابر است با:

$$r_i + r_{N+1} + \sum_{j < i} r_j = \frac{u}{N-1} + \frac{u_s - u}{N} = \frac{u_s + u}{N}$$

بنابراین هر نظیر فایل را در زمان  $NF/(u_s + u)$  دریافت می‌کند.

c. با توجه به رابطه‌ی  $D_{p2p} \geq \max\left\{\frac{F}{u_s}, \frac{NF}{u_s + u}\right\}$  و ترکیب بخش‌های a, b نتیجه‌ی موردنظر حاصل خواهد شد.

در صورت هرگونه مشکل یا سوال درخصوص تمرین‌ها و پروژه‌های درس "شبکه‌های کامپیوتری" با تدریس‌اران درس تماس بگیرید.

پرهام الوانی (Parham.alvani@gmail.com)، سپهر صبور (sepehr.sabour@gmail.com)، فاطمه امیدوار (fa.omidvar73@gmail.com)،

سیامک بیک زاده (siamakbeikzadeh@aut.ac.ir)، نگار ندا (ne.neda74@gmail.com)، حسین افشاری (mhafshari@aut.ac.ir)،

ایمان تبریزیان (iman.tabrizian@gmail.com)