

### سوال ۱:

- الف) مفهوم توپولوژی در شبکه اینترنت به چه معناست؟  
ب) دو مورد درباره چرایی اهمیت نوع توپولوژی ذکر کنید.  
ج) شکل و کاربرد توپولوژی نقطه-به-نقطه (point to point)، مش (mesh) و ستاره (star) را توضیح دهید.

### پاسخ:

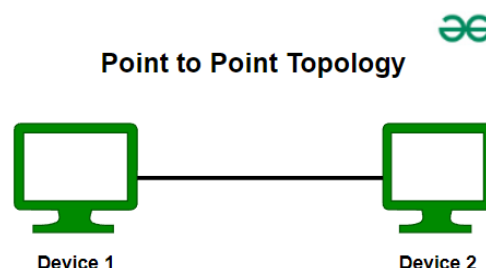
الف) توپولوژی شبکه روشی است که دستگاه ها در یک شبکه به هم متصل می شوند. نحوه اتصال این اجزا و نحوه انتقال داده بین شبکه را مشخص می کند. درک انواع مختلف توپولوژی شبکه می تواند به انتخاب طراحی مناسب برای یک شبکه خاص کمک کند.  
دو دسته اصلی توپولوژی شبکه یعنی توپولوژی شبکه فیزیکی و توپولوژی شبکه منطقی وجود دارد. توپولوژی شبکه فیزیکی به ساختار واقعی رسانه فیزیکی برای انتقال داده ها اشاره دارد. توپولوژی شبکه منطقی به انتقال داده ها بین دستگاه های موجود در شبکه بدون توجه به نحوه اتصال دستگاه ها اشاره دارد. ساختار شبکه برای عملکرد صحیح شبکه مهم است.

(ب)

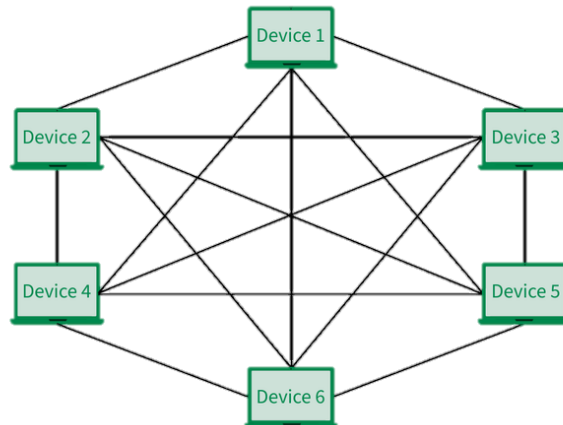
- عملکرد شبکه: با انتخاب توپولوژی مناسب طبق نیاز، به اجرای آسان شبکه کمک می کند و از این رو عملکرد شبکه را افزایش می دهد.
- قابلیت اطمینان شبکه: برخی از توپولوژی ها مانند Mesh، Star قابل اعتماد هستند، به گونه ای که اگر یک اتصال خراب شود، جایگزینی برای آن اتصال ارائه می دهند، بنابراین به عنوان یک پشتیبان کار می کند.
- گسترش شبکه: انتخاب توپولوژی صحیح به گسترش آسان تر شبکه کمک می کند زیرا به اضافه کردن دستگاه های بیشتر به شبکه بدون ایجاد اختلال در شبکه واقعی کمک می کند.
- امنیت شبکه: توپولوژی شبکه به درک نحوه اتصال دستگاه ها کمک می کند و از این رو امنیت بهتری را برای شبکه فراهم می کند.

(ج)

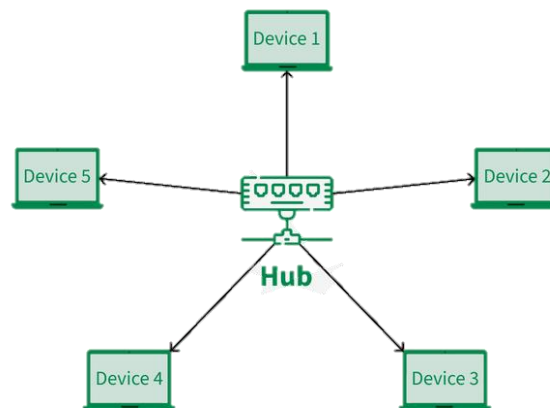
یک-به-یک: توپولوژی نقطه به نقطه نوعی توپولوژی است که بر روی عملکرد فرستنده و گیرنده کار می کند. این ساده ترین ارتباط بین دو گره است که در آن یکی فرستنده و دیگری گیرنده است. نقطه به نقطه پهنای باند بالایی را فراهم می کند.



مش: در توپولوژی مش، هر دستگاه از طریق یک کانال خاص به دستگاه دیگری متصل می شود. هر دستگاه از طریق کانال های اختصاصی به دستگاه دیگری متصل می شود. این کانال ها به عنوان لینک شناخته می شوند. در توپولوژی مش، پروتکل های مورد استفاده (AHCP پروتکل های پیکربندی (Ad Hoc)، DHCP (پروتکل پیکربندی میزبان پویا) و غیره هستند. فرض کنید، تعداد N دستگاه در یک توپولوژی مش به یکدیگر متصل شده اند، تعداد کل پورت های مورد نیاز هر دستگاه N-1 است.



**ستاره:** در توپولوژی ستاره، همه دستگاه‌ها از طریق یک کابل به یک هاب متصل می‌شوند. این هاب مرکزی است و تمام گره‌های دیگر به گره مرکزی متصل هستند. هاب می‌تواند ماهیت منفعل داشته باشد یعنی یک هاب هوشمند مانند دستگاه‌های پخش نباشد، در عین حال هاب می‌تواند هوشمند باشد که به عنوان هاب فعال شناخته می‌شود. هاب‌های فعال دارای تکرار کننده‌هایی در خود هستند.



## سوال ۲:

الف) مفهوم پروتکل شبکه را تعریف کنید.

ب) با توجه به بخش 1.1.3 کتاب<sup>۱</sup> فرض کنید یک سیستم تنظیم دمای خانه هوشمند داریم. به این صورت که حسگر دما، دمای خانه را به صورت دقیقه‌ای به سرور ارسال می‌کند. کاربر می‌تواند با استفاده از یک صفحه وب احراز هویت کرده و دمای خانه خود را از سرور دریافت کند. همچنین، در همان سایت می‌تواند درخواستی برای تغییر دمای خانه ارسال کند. توجه شود که وسیله گرمایشی، حسگر دما و کاربر فقط با سرور ارتباط دارند. برای این ارتباطات، یک پروتکل طراحی کنید. یعنی برای نیازهای این سیستم (به عنوان مثال احراز هویت توسط سرور)، ساختار مشخصی برای پیام‌های مختلف تعیین کنید و کاربرد هر کدام را توضیح دهید.

ج) در نهایت، یک دیاگرام مانند شکل 1.2 کتاب رسم کنید که پیام‌های رد و بدل شده در سناریوی زیر را نشان دهد:

"دمای 25°C توسط حسگر دما به طور مداوم به سرور فرستاده می‌شود. کاربر برای دسترسی به سرور، به سایت myHomeTemp.com رجوع کرده و با نام کاربری CN1404 و رمز Meow احراز هویت می‌کند. دمای خانه را مشاهده می‌کند. سپس، دستور تغییر دما به 21°C را می‌دهد و این تغییرات توسط وسیله گرمایشی اعمال می‌شود."



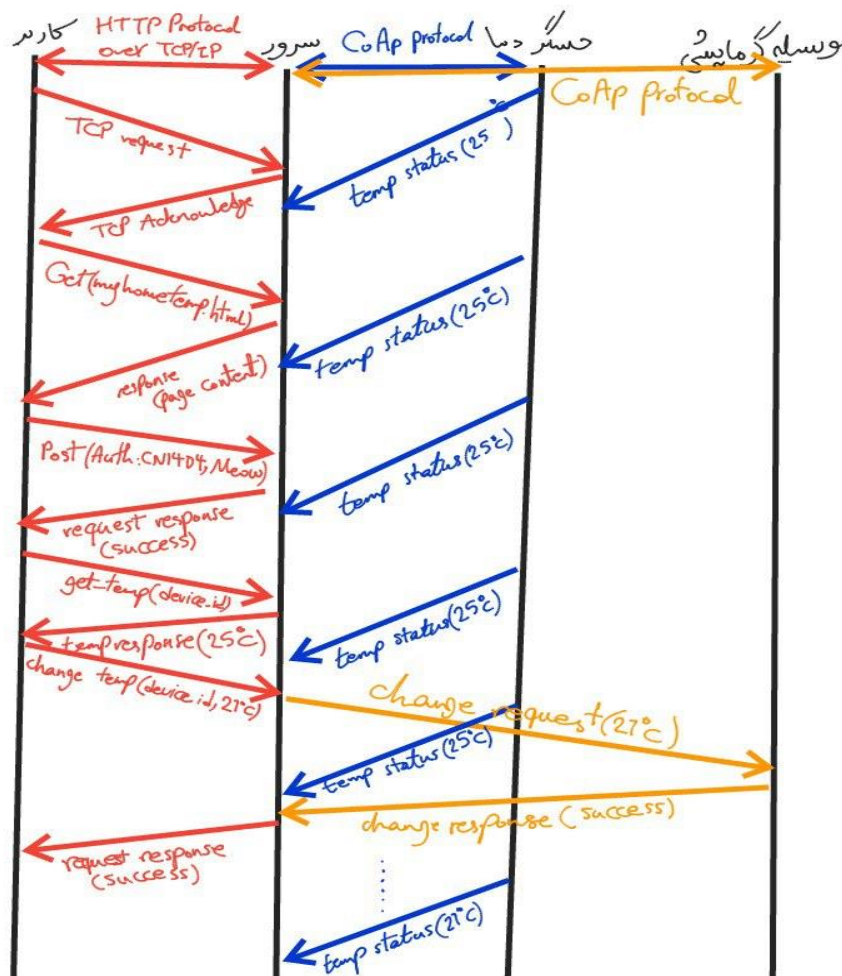
### پاسخ:

الف) یک پروتکل، قالب و ترتیب پیام‌های مبادله‌شده بین دو یا چند دستگاه و اقدامات انجام‌شده در هنگام ارسال و یا دریافت یک پیام یا رویداد را تعریف می‌کند. پروتکل شبکه مشابه پروتکل انسانی است، با این تفاوت که اجزایی که پیام‌ها را مبادله می‌کنند و اقدامات را انجام می‌دهند، اجزای سخت‌افزاری یا نرم‌افزاری یک دستگاه (مانند رایانه، تلفن هوشمند، تبلت، روتر یا سایر دستگاه‌های مجهز به شبکه) هستند. تمام فعالیت‌های اینترنتی که شامل دو یا چند عضو ارتباطی از راه دور هستند، توسط یک پروتکل کنترل می‌شوند.

ب) این بخش راه‌های متفاوتی می‌تواند داشته باشد.

فرستنده	گیرنده	نوع	محتوا	شرایط ارسال
حسگر دما	سرور	Temp_Status/CoAp	Temperature	یک بار در دقیقه
کاربر	سرور	Authentication/HTTP post	Username - password	هنگام لاگین کاربر
کاربر	سرور	Get_Temp/HTTP get	Temp sensor device id	هنگام درخواست دما
سرور	کاربر	Temp_response/ HTTP response	Temperature	در پاسخ به درخواست دمای کاربر
کاربر	سرور	Change_temp / HTTP post	New temp	درخواست تغییر دما توسط کاربر
سرور	کاربر	Request response/HTTP response	Success/failure	نتیجه درخواست ها (دما - هویت)
سرور	وسيله گرمایشی	Change_temp/CoAp	device id – New temp	ارسال درخواست تغییر دما
وسيله گرمایشی	سرور	Change_response/CoAp	Success/failure	نتیجه درخواست تغییر دما

ج) این بخش راه‌های متفاوتی می‌تواند داشته باشد.





### سوال ۳:

(الف) تفاوت رسانه هدایت‌شده و هدایت‌نشده چیست؟

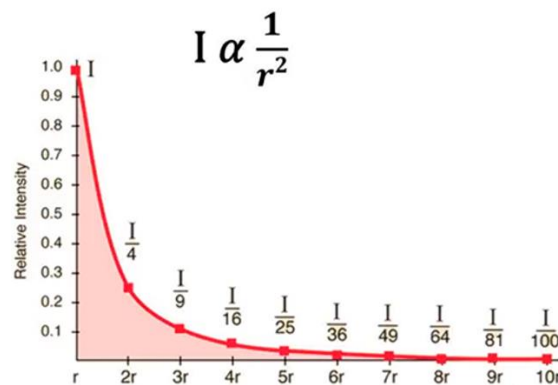
(ب) با انجام تحقیق در اینترنت، نموداری از قدرت سیگنال رادیویی بر حسب فاصله آن رسم کنید. آیا می‌توانید به یک رابطه جبری برسید؟  
(ج) تصور کنید داده به وسیله سیگنال رادیویی با پهنای باند 5 KHz از فرستنده به گیرنده ارسال می‌شود. در صورتی که گیرنده در فاصله 3 km قرار داشته باشد، سیگنال را با  $SNR = 50 \text{ dB}$  دریافت می‌کند. برای اینکه گیرنده در فاصله 10 km بتواند سیگنال را به درستی دریافت کند، نرخ ارسال پیام حداکثر چه مقداری می‌تواند داشته باشد؟ (تصور کنید میزان نویز در هر دو فاصله یکسان است)

### پاسخ:

(الف) رسانه‌های فیزیکی به دو دسته تقسیم می‌شوند: رسانه‌های هدایت‌شده و رسانه‌های هدایت‌نشده.

در رسانه‌های هدایت‌شده، امواج از طریق یک محیط جامد هدایت می‌شوند، مانند کابل فیبر نوری، سیم مسی زوج به هم تابیده، یا کابل کواکسیال.  
در رسانه‌های هدایت‌نشده، امواج در جو و فضای بیرونی منتشر می‌شوند، مانند شبکه‌های بی‌سیم (LAN بی‌سیم) یا کانال‌های دیجیتال ماهواره‌ای.

(ب)



(ج)

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{S}{N} = 50 \text{ dB} \rightarrow \frac{S}{N} = 10^5 \text{ (the ratio of signal power to noise at 3 km)}$$

Since  $S$  is the average intensity, it is linearly related to  $I$ , the average power. Therefore:  $S \propto \frac{1}{r^2}$

given that the noise is constant in both distances,  $\frac{S}{N}$  in distance 3km =  $\frac{10^2}{3^2}$  of  $\frac{S}{N}$  in distance 10km  $\rightarrow \frac{S_2}{N_2} = 9000$

$$C = W \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right). W = 5 \text{ KHz}. \frac{S}{N} = 9000 \rightarrow C = 65680 \text{ bps}$$

Since  $R \leq C \rightarrow$  maximum bit rate is 65680 bps

### سوال ۴:

(الف) شکلی از ساختار کابل زوج سیم مسی به هم تابیده، کابل هم‌محور، و کابل فیبر نوری رسم کنید و اجزای آن‌ها را نام ببرید.

(ب) با توجه به بخش 1.2.2 کتاب، این کابل‌ها را بر اساس معیارهای زیر مقایسه کنید:

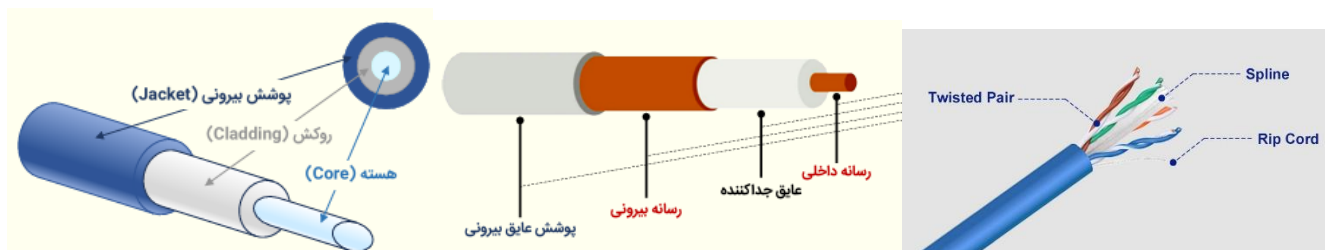
- هزینه
- جنس سیم
- نرخ داده
- مکان مورد استفاده



## – دو مزیت اصلی

پاسخ:

(الف)

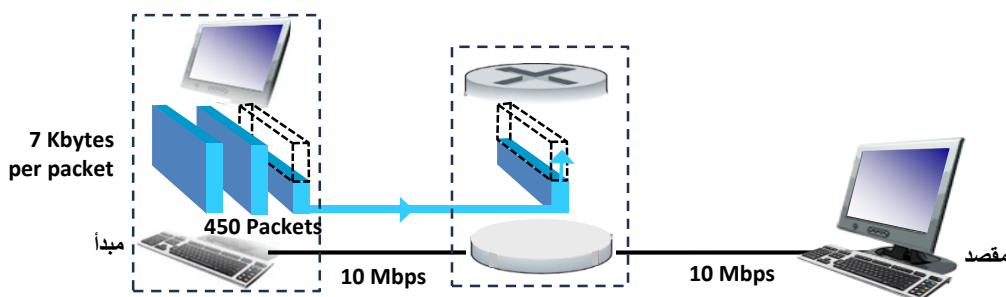


(ب)

سیم	هزینه	جنس سیم	نرخ داده	مکان مورد استفاده	مزایا
زوج به هم تابیده	کم	چند زوج سیم مسی به هم پیچیده	نرخ ارسال تا 40Gbps	ارتباط مرکز تلفن تا مشترکین - Ethernet	نرخ ارسال داده بالا در فواصل نسبتاً کوتاه خانگی و اداری - هزینه کم
کابل هم محور	متوسط	دو رسانه مسی هم محور	100Mbps در هر کانال	تلویزیون کابلی - اینترنت به مشترکین	پهنای باند وسیع - مقاومت بیشتر در برابر نویز
فیبر نوری	زیاد	فیبر شیشه ای	چند صد گیگابایت بر ثانیه	شبکه مخابراتی - مراکز داده - در مرکز شبکه	نرخ ارسال داده بسیار بالا - خطا و نویز بسیار کم

## سوال ۵:

می‌خواهیم 450 بسته، هر کدام به حجم 7 KB، را انتقال دهیم. در مسیر دو لینک وجود دارد که با یک مسیر یاب به هم متصل شده‌اند. لینک اول نرخ ارسال 10 Mbps دارد و هر بسته در مسیر یاب ذخیره و سپس به لینک دوم که نرخ ارسال 10 Mbps را دارد، جلورانی می‌شود. (الف) زمان انتقال تمام بسته‌ها از گره مبدأ به گره مقصد را بدست آورید. (ب) در صورتی که مسیر یاب از روش cut-through به جای روش store and forward استفاده کند، زمان انتقال بسته‌ها چقدر خواهد شد؟



پاسخ:

(الف)

$$\text{transmission delay for link1 and link2} = \frac{L}{R} = 7\text{KB} \div 10\text{Mbps} = \frac{7 \times 8 \times 1024}{10 \times 10^6} = 5.7344\text{ms}$$

the time it takes for the first packet to reach destination = 2 × transmission delay

After the first packet's arrival, other packets will arrive with interval of 1 × transmission delay



$$\text{Total time to receive all packets} = [2 + (449 \times 1)] \times \text{transmission delay} = 451 \times 5.7344 \text{ ms} = 2.586 \text{ seconds}$$

ب) در روش cut-through داده به صورت بیت به بیت توسط گره ها ارسال میشود و نیازی نیست تمام بسته دریافت شود تا انتقال یابد.

$$\text{total packets volume} = 450 \times 7 \times 8 \times 1024 \text{ bits}$$

$$\text{transmission rate} = 10^7 \text{ bps}$$

$$\text{total time to receive} = \frac{\text{total volume}}{\text{transmission rate}} = \frac{450 \times 8 \times 7 \times 1024}{10^7} = 2.580 \text{ seconds}$$

### سوال ۶:

فرض کنید تعدادی کاربر از یک لینک مشترک با ظرفیت 1 Mbps استفاده می‌کنند. کاربران در 10 درصد اوقات فعالیت دارند و با نرخ 200 Kbps اطلاعات ارسال می‌کنند و در باقی اوقات غیرفعال‌اند.

الف) با استفاده از تکنیک سوئیچینگ مدار، این لینک چند کاربر را می‌تواند پشتیبانی کند؟

ب) با استفاده از سوئیچینگ بسته‌ای، در صورتی که ۱۵ کاربر فعال داشته باشیم، چقدر احتمال دارد که بیش از تعداد بدست آورده شده در بخش الف، کاربران در آن واحد در حال فعالیت باشند؟

ج) در صورتی که بیش از تعداد بدست آورده شده در بخش الف، کاربر داشته باشیم، چه اتفاقی در حالت سوئیچینگ مدار رخ می‌دهد؟ با همین تعداد کاربر چه اتفاقی در سوئیچینگ بسته‌ای رخ می‌دهد؟

### پاسخ:

الف)

$$\frac{1 \text{ Mbps}}{200 \text{ Kbps}} = 5 \text{ (supported users with circuit switching technique)}$$

ب)

$$\text{Probability that more than 5 users are active} = 1 - \text{probability that 5 users or less are active} =$$

$$1 - \left( {}^{15}_0 0.9^{15} + {}^{15}_1 0.9^{14} \times 0.1^1 + {}^{15}_2 0.9^{13} \times 0.1^2 + {}^{15}_3 0.9^{12} \times 0.1^3 + {}^{15}_4 0.9^{11} \times 0.1^4 + {}^{15}_5 0.9^{10} \times 0.1^5 \right) = 0.00225$$

ج) در سوئیچینگ بسته مدار، به کاربر ششم (یا بیشتر) سرویس داده نمی‌شود. در سوئیچینگ بسته ای، با احتمال 0.00225 بیشتر از 5 کاربر خواهیم داشت و در این هنگام، نرخ ارسال 200Kbps تضمین نمی‌شود و کمتر خواهد بود.

### سوال ۷:

الف) نحوه ارتباط اجزای مختلف شبکه یعنی Access، Edge و Core را به همراه سلسله مراتب ISP ها و جایگاه آن‌ها توضیح دهید.

ب) IXP و PoP (Point of Presence) را تعریف کنید و باهم مقایسه کنید.

ج) برخی از تأمین‌دهندگان محتوا شبکه‌های خود را ایجاد کرده‌اند. شبکه گوگل را شرح دهید. انگیزه تأمین‌دهندگان محتوا برای ایجاد این شبکه‌ها چیست؟

### پاسخ:

الف) شبکه لبه (Edge Network) بخشی از شبکه اینترنت است که شامل سیستم‌های انتهایی (End Systems) است. شبکه‌های دسترسی (Access Network) شبکه‌ای است که سیستم‌های انتهایی را به اولین مسیریاب (که به آن مسیریاب لبه نیز گفته می‌شود) متصل می‌کند. شبکه هسته (Core Network) بخشی از شبکه اینترنت است که شبکه‌های دسترسی را به هم متصل می‌کنند و شبکه جهانی اینترنت را بوجود می‌آورد. سرویس‌دهنده‌های اینترنت (Internet Service Providers) به سه رده (Tier) دسته‌بندی می‌شوند. سرویس‌دهنده‌های اینترنت رده ۱ و رده ۲ بخش هسته شبکه هستند و شبکه سرویس‌دهنده‌های اینترنت رده ۳ شامل شبکه لبه است.



تعریف ISPهای رده ۱ تا ۳ به شرح زیر است:

- رده ۱: سرویس دهنده هایی هستند که در سطح قاره ای و بین چند کشور فعالیت می کنند. این سرویس دهنده ها مالک شبکه هستند و به سرویس دهنده های رده ۲ سرویس عمده اجاره پهنای باند را ارائه می دهند.
- رده ۲: سرویس دهنده هایی هستند که در سطح یک کشور یا یک منطقه وسیع سرویس ارائه می دهند. این سرویس دهنده پهنای باند خود را از ISPهای رده ۱ اجاره می کنند و به ISPهای رده ۳ سرویس ارائه می دهند.
- رده ۳: سرویس دهنده هایی هستند که محدود یک ناحیه سرویس اینترنت را از طریق شبکه های دسترسی به کاربران انتهایی ارائه می دهند.

(ب) نقطه حضور (PoP - Point of Presence) مکانی است که در آن یک شبکه یا ارائه دهنده خدمات، منابع خود را برای مشتریان فراهم می کند. در بستر اینترنت، PoP مکانی است که در آن ارائه دهندگان خدمات اینترنت (ISP) ها (و سایر شبکه ها می توانند ترافیک را مبادله کرده و به یکدیگر متصل شوند. PoP ها معمولاً در مراکز داده یا سایر تأسیسات دارای زیرساخت های لازم برای پشتیبانی از مبادله ترافیک اینترنت قرار دارند. این زیرساخت شامل روترها، سوئیچ ها و سایر تجهیزات شبکه ای، به علاوه سیستم های برق و خنک کننده است. PoP ها نقش کلیدی در عملکرد اینترنت دارند، زیرا به ISP ها و سایر شبکه ها امکان اتصال و تبادل ترافیک را می دهند. همچنین، کاربران را قادر می سازند تا به محتوا و خدمات اینترنتی در سراسر جهان دسترسی داشته باشند، زیرا ترافیک را از طریق کارآمدترین مسیر هدایت می کنند. علاوه بر این، PoP ها می توانند عملکرد خدمات اینترنتی را بهبود بخشند، زیرا مسافت داده های منتقل شده بین کاربر و ارائه دهنده را کاهش می دهند.

نقطه تبادل اینترنت (IXP - Internet Exchange Point) مکانی فیزیکی است که در آن ارائه دهندگان خدمات اینترنت (ISP) ها (و سایر شبکه ها می توانند ترافیک اینترنتی را با یکدیگر مبادله کنند. IXP ها معمولاً در مراکز داده یا سایر تأسیساتی قرار دارند که دارای زیرساخت های لازم برای تبادل ترافیک اینترنتی هستند، از جمله روترها، سوئیچ ها و سایر تجهیزات شبکه ای. IXP ها نقش حیاتی در عملکرد اینترنت دارند، زیرا به ISP ها و سایر شبکه ها امکان تبادل مستقیم ترافیک را می دهند، بدون اینکه نیاز به عبور از شبکه های واسطه داشته باشند. این کار عملکرد و قابلیت اطمینان خدمات اینترنتی را بهبود می بخشد و هزینه های ISP ها و سایر شبکه ها را کاهش می دهد.

ویژگی	PoP - نقطه حضور	IXP - نقطه تبادل اینترنت
هدف اصلی	گسترش دسترسی شبکه به کاربران و ارائه خدمات اینترنت.	بهینه سازی مسیرهای ترافیکی بین ISP ها و شبکه ها برای کاهش هزینه و تأخیر.
محل استقرار	در مراکز داده، دفاتر ISP ها یا سایر تأسیسات ارائه دهنده اینترنت.	معمولاً در مراکز داده بزرگ و نقاط استراتژیک.
اتصال	کاربران ممکن است مستقیماً از طریق PoP به شبکه متصل شوند.	فقط بین شبکه های بزرگ.
مزایا	بهبود عملکرد شبکه، کاهش فاصله داده ها بین کاربر و ارائه دهنده، تسهیل دسترسی کاربران.	کاهش هزینه های انتقال داده، بهبود کارایی اینترنت، کاهش تأخیر.

(ج) شبکه خصوصی گوگل تمامی مراکز داده بزرگ و کوچک آن را به هم متصل می کند. ترافیک بین مراکز داده گوگل از طریق شبکه خصوصی آن عبور می کند، نه از طریق اینترنت عمومی. بسیاری از این مراکز داده در نزدیکی یا داخل ISP های سطح پایین تر قرار دارند. بنابراین، هنگامی که گوگل محتوا را به یک کاربر ارائه می دهد، اغلب می تواند از عبور از ISP های سطح بالاتر اجتناب کند.

چه چیزی ارائه دهندگان محتوا را به ایجاد چنین شبکه هایی ترغیب می کند؟

اول، کنترل بیشتر بر تجربه کاربر، زیرا به واسطه های کمتری وابسته هستند.

دوم، کاهش هزینه ها با ارسال ترافیک کمتر به شبکه های ارائه دهنده خدمات اینترنت.



سوم، در کشورهایی که بی‌طرفی شبکه اعمال نمی‌شود، اگر ISPها از ارائه‌دهندگان محتوای سودآور هزینه بیشتری طلب کنند، این شبکه‌های خصوصی می‌توانند از پرداخت هزینه‌های اضافی جلوگیری کنند.

### سوال ۸:

الف) تکنیک CDMA در سوییچینگ مداری چگونه بین سیگنال کاربران مختلف تفاوت ایجاد می‌کند تا تداخل رخ ندهد؟

ب) مفهوم فرکانس Carrier در FDMA چیست و چه کاربردی دارد؟

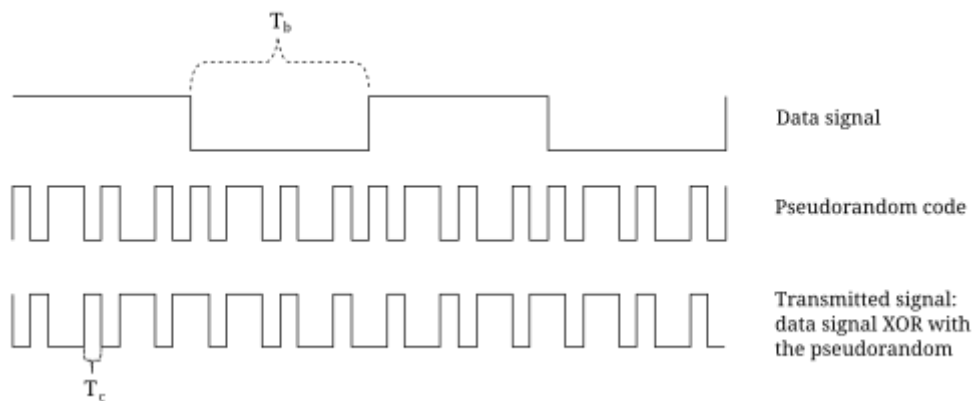
ج) یک لینک با ظرفیت 1 Mbps بین ۲۰ کاربر تقسیم شده است. در صورتی که کاربری 1000 بسته 1000 بیتی تولید کند و بقیه کاربرها غیرفعال باشند، در تکنیک TDMA چه قدر طول می‌کشد که این کاربر اطلاعات خود را ارسال کند؟ در تکنیک سوییچینگ بسته‌ای چه قدر طول می‌کشد؟

### پاسخ:

الف) در CDMA، یک کد تولیدشده به صورت محلی با نرخ بسیار بالاتر از داده‌ای که قرار است ارسال شود، اجرا می‌شود. داده‌های ارسالی با استفاده از عملیات XOR به صورت بیت‌به‌بیت با این کد پرسرعت ترکیب می‌شوند.

هر کاربر در یک سیستم CDMA از یک کد متفاوت برای مدوله کردن سیگنال خود استفاده می‌کند. انتخاب کدهای مناسب برای مدولاسیون سیگنال، تأثیر زیادی بر عملکرد سیستم‌های CDMA دارد. بهترین عملکرد زمانی حاصل می‌شود که تفکیک مناسبی بین سیگنال کاربر موردنظر و سیگنال سایر کاربران وجود داشته باشد. جداسازی سیگنال‌ها از طریق correlation سیگنال دریافت‌شده با کد تولیدشده‌ی محلی کاربر موردنظر انجام می‌شود. اگر سیگنال با کد کاربر موردنظر مطابقت داشته باشد، مقدار تابع همبستگی بالا خواهد بود و سیستم می‌تواند آن سیگنال را استخراج کند.

یک تشبیه برای مسئله‌ی دسترسی چندگانه، اتاقی (کانالی) است که در آن چندین نفر می‌خواهند به طور هم‌زمان صحبت کنند. برای جلوگیری از ایجاد سردرگمی، افراد می‌توانند به نوبت صحبت کنند (TDMA)، در فرکانس‌های مختلف صحبت کنند (FDMA) یا به زبان‌های مختلف صحبت کنند (CDMA) که در آن، افرادی که به یک زبان صحبت می‌کنند، می‌توانند یکدیگر را بفهمند، اما سایر زبان‌ها به عنوان نویز در نظر گرفته شده و نادیده گرفته می‌شوند.



ب) یک موج حامل، سیگنال حامل یا به اختصار حامل، یک موج تناوبی (معمولاً سینوسی) است که از طریق فرآیندی به نام مدولاسیون اطلاعات را منتقل می‌کند. فرکانس حامل معمولاً بسیار بالاتر از فرکانس سیگنال پیام است؛ زیرا ارسال سیگنال‌های با فرکانس پایین در فواصل طولانی (به دلیل تضعیف معمولاً غیرعملی است. هدف از استفاده از موج حامل معمولاً یکی از موارد زیر است:

- انتقال اطلاعات از طریق فضا به عنوان یک موج الکترومغناطیسی
- امکان استفاده از چندین حامل با فرکانس‌های مختلف در یک رسانه‌ی فیزیکی مشترک از طریق مالتی پلکس تقسیم فرکانسی (FDMA - Frequency Division Multiplexing)

Frequency Division Multiple Access - یک روش دسترسی به کانال است که در برخی پروتکل‌های چندکاربره استفاده می‌شود. در FDMA، چندین کاربر می‌توانند داده‌های خود را از طریق یک کانال ارتباطی واحد (مانند یک کابل کواکسیال یا یک پرتو مایکروویو) ارسال کنند. این کار با





تقسیم پهنای باند کانال به زیرباندهای فرکانسی مجزا و غیرهمپوشان انجام می‌شود، به‌طوری که هر زیرباند به یک کاربر اختصاص داده می‌شود. کاربران می‌توانند داده‌های خود را از طریق یک زیرباند با مدوله کردن آن بر روی یک موج حامل در فرکانس مربوط به آن زیرباند ارسال کنند.

(ج)

In case of time division multiplexing:

Only  $\frac{1}{20}$  of the time will be given to the active user since time is divided between the 20 users.

$$\frac{1000 \times 1000}{10^6} \times 20 = 20 \text{ seconds} \quad (\text{since only } 1/20 \text{ of the time is dedicated to this user})$$

In case of packet switching:

$$\frac{1000 \times 1000}{10^6} = 1 \text{ second} \quad (\text{since only this user is active. it can utilize all the bandwidth})$$

### سوال ۹:

الف) انواع معیار سطح کیفیت سرویس را نام ببرید.

ب) برنامه‌های زیر را از لحاظ حساسیت به کیفیت سرویس‌های مختلف بررسی کنید:

- YouTube –
- Telegram –
- Minecraft –
- Waze –
- Spotify –
- Google Search –
- Baam (خدمات الکترونیک بانک ملی) –

### پاسخ:

الف) نیاز به انتقال مطمئن پیام‌ها – کاربرد حساس به تاخیر – کاربرد دارای زمانبندی – کاربرد نیاز به حداقل پهنای باند

(ب)

برنامه / کیفیت سرویس	انتقال مطمئن پیام‌ها	حساس به تاخیر	نیاز به داشتن زمانبندی	نیاز به حداقل پهنای باند
Youtube		✓	✓	✓
Telegram	✓			
Minecraft		✓		
Waze		✓		
Spotify		✓	✓	✓
Google Search	✓			
Baam	✓			

### سوال ۱۰:

مسیریابی با ظرفیت بافر 1 GB و نرخ ارسال لینک خروجی 250 Mbps را در نظر بگیرید. با فرض اینکه حجم بسته‌ها بسیار کوچک هستند:

الف) در صورتی که ۱۰ کاربر هر کدام با نرخ 10 Mbps به این لینک ارسال داشته باشند، چه قدر از حجم بافر پر خواهد بود؟

ب) حداکثر مدتی که ۲۰ کاربر می‌توانند با نرخ 40 Mbps ارسال داشته باشند، بدون آنکه بسته‌ای از بین برود (Packet Loss) چقدر است؟



ج) اگر کاربران بلافاصله پس از این مدت (بخش ب) غیرفعال شوند، نمودار حجم پر شده بافر بر حسب زمان را از ابتدای شروع ارسال کاربران، تا خالی شدن دوباره بافر رسم کنید.

پاسخ:

الف) از آنجایی که میزان نرخ ورودی به بافر (10 \* 10 Mbps) از نرخ خروجی (250 Mbps) کمتر است، بافر خالی خواهد ماند.

ب) اگر در ابتدا بافر را خالی در نظر بگیریم:

$$\text{Buffer accumulation rate} = \text{input rate} - \text{output rate} = 20 \times 40 \text{ Mbps} - 250 \text{ Mbps} = 550 \text{ Mbps}$$

The time it takes for the buffer to get full (which packet loss will occur immediately after):

$$\frac{1 \text{ GB}}{550 \text{ Mbps}} = \frac{2^{33} \text{ bits}}{550 \times 10^6 \text{ bits per second}} = 15.61 \text{ seconds}$$

ج) زمانی که بافر پر است، تا زمانی که خالی شود (بدون اینکه ورودی داشته باشد):

$$\frac{2^{33} \text{ bits}}{250 \times 10^6 \text{ bits per second}} = 34.36 \text{ seconds}$$

