



دانشکده مهندسی کامپیوتر  
و فناوری اطلاعات



به نام خدا  
دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر

درس شبکه های کامپیوتری، نیمسال دوم سال تحصیلی 99-00



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
پلی تکنیک تهران

نام و نام خانوادگی:

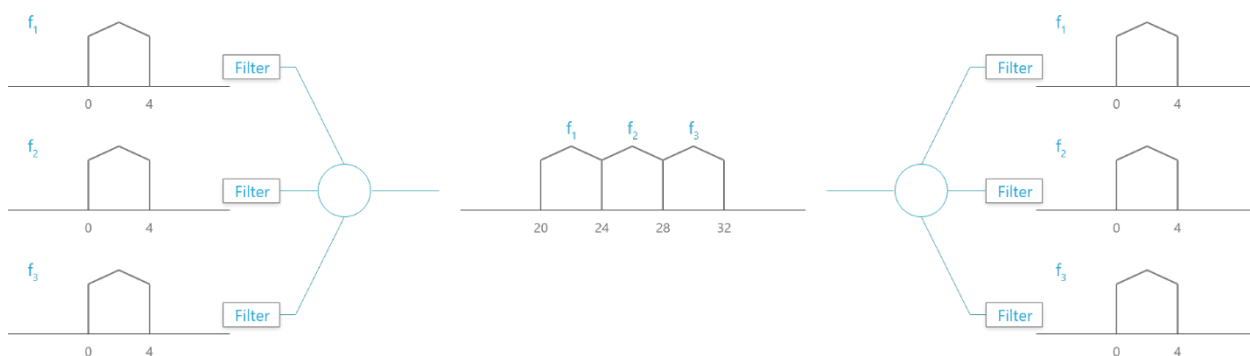
شماره دانشجویی:

توضیحات:

- مهلت تحویل تمرین **XXXXXX** در نظر گرفته شده است و تمدیدپذیر نمی باشد.
- پاسخ به تمرین ها به صورت انفرادی باشد و اگر تقلب یافت شود نمره تمرین **صفر** خواهد شد.
- نظم و خوانایی تمرین از اهمیت بالایی برخوردار می باشد.
- خواهش می شود تمرین خود را در قالب یک فایل PDF با نام **"HW1\_FirstnameLastName\_StdudentNumber"** مانند ; **"HW1\_ParsaAliEsfahani\_9631052.pdf"** در مهلت یاد شده در سایت بارگزاری فرمایید.
- پرسش های خود درباره این تمرین را می توانید از راه ایمیل های **XXXXXXXXXX@XXXXX** بیان کنید.

۱. الف) فرض کنید برای ارسال صدا روی یک کانال پهنای باند 4 KHz نیاز است. پهنای باند کانالی که در اختیار ما است 12 KHz می‌باشد که محدوده‌ی فرکانسی 20 تا 32 کیلوهرتز را ساپورت می‌کند. چگونه می‌توان سه سیگنال صدا را روی این بستر مشترک ارسال و در مقصد دریافت کرد؟ (با رسم شکل توضیح دهید)

از آنجا که پهنای باند مورد نیاز برای ارسال سیگنال مورد نظر کمتر از پهنای باند کانال در دسترس است، برای جلوگیری از هدر رفتن پهنای باند می‌توان با کمک روش‌های multiplexing هر سه سیگنال را در بازه‌های فرکانسی متفاوت در بستر این کانال ارسال کرد (FDM). همانطور که در شکل هم مشاهده می‌کنید، پهنای باند کانال به سه بازه‌ی فرکانسی 20 تا 24، 24 تا 28 و 28 تا 32 تقسیم می‌شود و هر بازه برای ارسال یک سیگنال اختصاص داده می‌شود. پس از عبور سیگنال‌ها از فیلتر و ارسال در بازه‌ی مورد نظر، در سمت گیرنده مجدداً از فیلتر عبور کرده و سیگنال‌ها بازیابی می‌شوند.



ب) روش TDM (Time Division Multiplexing) را توضیح دهید.

در روش TDM، زمان به تعدادی فریم با طول ثابت تقسیم می‌شود که خود هر فریم از تعدادی اسلات تشکیل می‌شود. به این صورت وقتی یک ارتباط جدید تشکیل می‌شود، در هر فریم، یک اسلات مشخص (مثلاً همیشه اسلات دوم از فریم) به این ارتباط اختصاص می‌یابد.

۲. الف) تعریفی از توپولوژی منطقی ارائه دهید و توضیح دهید چه تفاوتی با توپولوژی فیزیکی دارد؟ آیا یک توپولوژی فیزیکی می‌تواند چند توپولوژی منطقی را پشتیبانی کند؟

برای پیاده سازی هر شبکه‌ای از یک توپولوژی خاص استفاده می‌شود بدین معنا که گره‌ها چگونه به هم متصل شده باشند، مکان هر گره و فاصله‌ی آن تا سایر گره‌ها چقدر باشد به این ساختار فیزیکی شبکه توپولوژی فیزیکی می‌گویند، در مقابل نحوه‌ی ارتباطات این گره‌ها با یکدیگر و چگونگی رفتار سیگنال در بستر این ساختار فیزیکی، توپولوژی منطقی شبکه را می‌سازد. - بله، یک توپولوژی فیزیکی می‌تواند چند توپولوژی منطقی را ساپورت کند.

ب) یک شبکه‌ی همه‌پخشی (Broadcast) شبکه‌ای است که پیام‌ها، به همه‌ی اعضای شبکه ارسال می‌شود مانند شبکه با توپولوژی Bus، با این تفسیر آیا این شبکه‌ها به لایه‌ی سوم مدل OSI نیاز دارند؟ چرا؟

خیر. از آنجا که در شبکه‌های همه‌پختی بسته‌های ارسال شده توسط لایه دوم (Data link layer) توسط تمام گره‌های شبکه دریافت می‌شود. اگر بسته به گره‌ای تعلق داشته باشد از آن استفاده می‌کند در غیر صورت آن را نادیده می‌گیرد بنابراین نیازی به مسیریابی در این شبکه‌ها وجود ندارد در حالی که وظیفه‌ی لایه سوم (لایه‌ی شبکه) مسیریابی و جلورانی بسته‌ها می‌باشد که کاربردی در این نوع از شبکه‌ها ندارد.

۳. برای انتقال داده در شبکه، دو روش پایه‌ای Packet Switching و Circuit Switching وجود دارد. هر یک را به اختصار توضیح داده، و تفاوت آن‌ها را شرح دهید.

در زیرساخت شبکه‌ی اینترنت، از کدام روش استفاده می‌شود؟ چرا؟

- در روش Circuit Switch، هر گاه یک مبدا قصد ارتباط با یک مقصد را داشته باشد، ابتدا یک تماس (Call Setup) بینشان برقرار می‌شود. با استفاده از این تماس، اختصاص بخشی از هر لینک به این ارتباط، تضمین می‌شود. در این روش، راه ارتباطی مبدا و مقصد، در طول فرستادن بیت‌های داده ثابت است. در این روش، داده در گره‌های میانی (روترها)، مورد پردازش قرار نمی‌گیرد، و صرفاً از مبدا به مقصد انتقال داده می‌شود. این روش در سیم‌های تلفن‌های ثابت، و تلویزیون مورد استفاده قرار گرفته است. از جهت این که در Circuit Switch بخشی از منابع به ارتباط مورد نظر اختصاص یافته، سرعت، تاخیر، jitter و ... همه ایده‌آل خواهند بود، اما این باعث کم‌تر شدن منابع دیگر ارتباط‌ها نیز می‌شود. پس این روش مناسب زمانی خواهد بود که پارامترهای کیفیت ارتباط اهمیت بالایی داشته باشند، و منابع کافی نیز در اختیار داشته باشیم.

- در روش Packet Switch منابع به طور اختصاصی در اختیار مبدا قرار نمی‌گیرد. بلکه مبدا بدون تماس اولیه، داده‌ی خود را ارسال می‌کند و روترها بنا به ترافیک شبکه، هر پکت را از بهترین مسیر به مقصد می‌رسانند. در این روش، راه ارتباطی مبدا و مقصد، در طول فرستادن پکت‌های مختلف متغیر است.

در این روش، داده ممکن است در گره‌های میانی، برای عیب‌یابی، پردازش شود. (مثلاً در حالت store and forward)

این روش در شبکه‌ی اینترنت استفاده می‌شود.

در Packet Switch، احتمال آن که منابع بی‌استفاده باقی بمانند کم‌تر است، اما از طرفی در زمان‌های شلوغی یک شبکه، کیفیت ارتباط پایین می‌آید. برای مثال packet loss یا delay بیش‌تر خواهیم داشت. این روش به این دلایل که کاربران مختلف در زمان‌های مختلف نیاز به برقراری ارتباط دارند، و محدود بودن منابع، مناسب زیرساخت شبکه‌ی اینترنت می‌باشد.

۴. در این سؤال، در قالب یک مسئله، روش‌های Packet Switching و Circuit Switching را مقایسه می‌کنیم.

فرض می‌کنیم تعدادی کاربر، یک لینک با ظرفیت  $3Mbps$  را به طور اشتراکی استفاده می‌کنند. هر کاربر به  $150Kbps$  نیاز دارد، اما تنها 10% مواقع نیاز به استفاده از لینک دارد.

الف) اگر از Circuit Switching استفاده کنیم، حداکثر از چند کاربر می‌توان پشتیبانی کرد؟

$$\#Users = \frac{3_{Mbps}}{150_{Kbps}} = 20$$

برای باقی مسئله فرض کنید از Packet Switching استفاده کنیم.

ب) احتمال این که یک کاربر در حال استفاده از لینک باشد چقدر است؟

$$P_{sending} = 10\%$$

ج) فرض کنید ۱۲۰ کاربر داریم، احتمال آن که دقیقاً  $x$  کاربر در حال استفاده از لینک باشند چقدر است؟ (نیازی به محاسبه‌ی جواب آخر نیست).

این مسئله، از توزیع برنولی پیروی می‌کند.

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x}$$

پس:

$$f(x) = \binom{120}{x} (0.1)^x (0.9)^{120-x}$$

د) احتمال این که ۲۱ کاربر یا بیش‌تر هم‌زمان در حال استفاده از لینک باشند چقدر است؟ (نیازی به محاسبه‌ی جواب آخر نیست).

کافی‌ست احتمال‌های فعال بودن ۲۱، ۲۲، ۲۳، ...، ۱۲۰ کاربر را جمع بزنیم.

$$p(x|x \geq 21) = \sum_{x=21}^{120} \binom{120}{x} (0.1)^x (0.9)^{120-x}$$

روش دوم: احتمال آن که ۲۱ کاربر یا بیش‌تر در حال ارسال باشند، متمم حالتی است که کم‌تر از ۲۱ کاربر در حال ارسال باشند.

پس:

$$p(x|x \geq 21) = 1 - p(x|x < 21) = 1 - \sum_{x=0}^{20} \binom{120}{x} (0.1)^x (0.9)^{120-x}$$

۵. با توجه به شبکه‌ی circuit switch شکل زیر به سوالات زیر پاسخ دهید.

الف) این شبکه حداکثر چند ارتباط همزمان در یک لحظه را ساپورت می‌کند؟

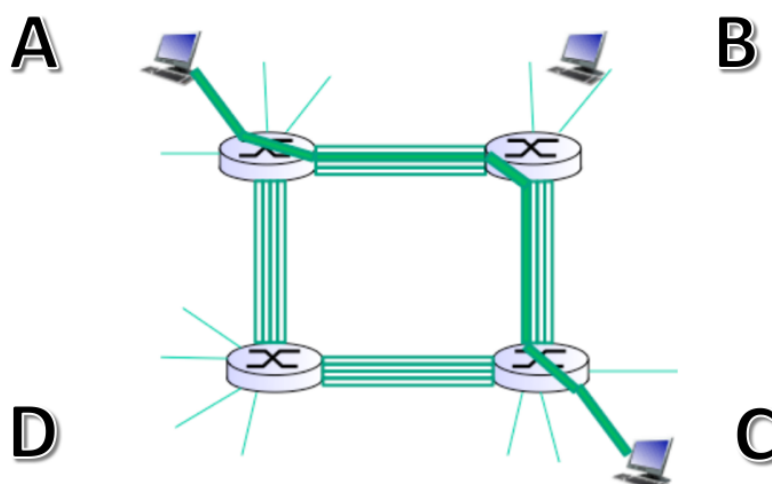
بین هر دو سوئیچ، چهار لینک برای برقراری ارتباط همزمان وجود دارد بنابراین حداکثر می‌توان 16 ارتباط همزمان را در این شبکه ساپورت کرد.

ب) با فرض اینکه همه‌ی ارتباطات بین دو سوئیچ A و C است، حداکثر چند ارتباط همزمان در یک لحظه امکان‌پذیر است؟

۴ ارتباط از طریق مسیر A---B---C، و ۴ ارتباط از طریق مسیر A---D---C داریم. در مجموع ۸ ارتباط همزمان امکان‌پذیر است.

ج) فرض کنید می‌خواهیم 4 ارتباط بین A و C و چهار ارتباط بین B و D برقرار سازیم. آیا با حداکثر 4 ارتباط همزمان امکان مسیریابی برای برقراری این 8 ارتباط وجود دارد؟

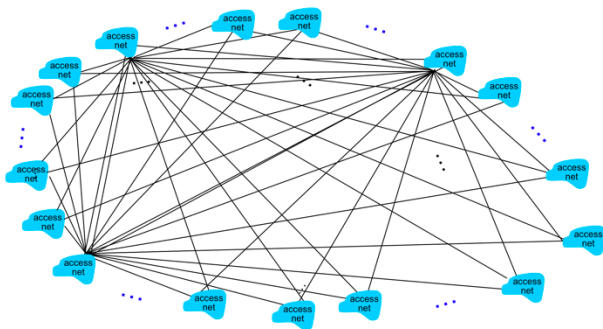
بله برای برقراری ارتباط بین A و C دو مسیر عبوری از B و دو مسیر عبوری از D در نظر می‌گیریم به این ترتیب برای ارتباط بین B و D هم دو مسیر عبوری از A و دو مسیر عبوری از C خواهیم داشت و به این ترتیب این 8 ارتباط برقرار می‌شود.



۶. می‌دانیم برای ساختار شبکه‌ی اینترنت، از اصطلاح شبکه‌ای از شبکه‌ها (Network of networks) استفاده می‌شود.

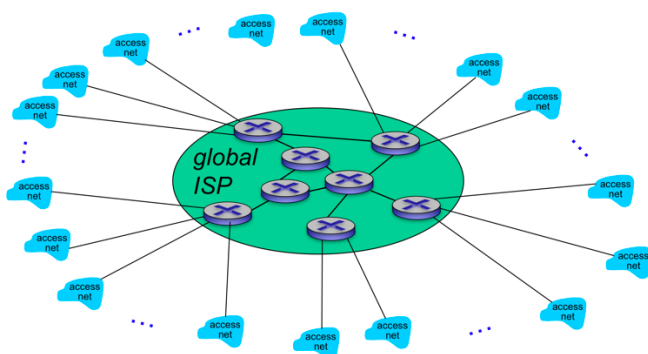
الف) چرا در اینترنت امروز، از توپولوژی مش استفاده نشده است؟

این معماری، به دلیل آن که هر ISP باید به تمام چندصد هزار ISP دیگر متصل شود، هزینه‌بر خواهد بود.



(ب) چرا از توپولوژی star استفاده نشده است؟

در این معماری، یک Global ISP وظیفه‌ی ارتباط دادن تمام ISPها به هم‌دیگر را برعهده دارد. واضح است که پیاده‌سازی و توسعه‌ی چنین ISPای بسیار پیچیده خواهد بود. در صورتی که چنین ISPی قابل پیاده‌سازی و سوددهی باشد (که هست)، شرکت‌های زیادی وارد رقابت پیاده‌سازی چنین شبکه‌ای خواهند شد. به همین دلیل است که در اینترنت امروز، به جای یک Global ISP، چندین Tier-1 ISP داریم.



(ج) شبکه‌ی امروز را، با چشم‌پوشی از مفاهیمی مانند IXPها و Content Provider Networkها توضیح دهید.

شبکه‌ی امروز به چندین سطح از ISPها تقسیم شده است.

- ISP ردیف اول (Tier 1): همانطور که در شکل هم مشاهده می‌شود، ISPهای ردیف اول در بالای سلسله مراتب اینترنت قرار دارند و به عنوان Global ISPها به ISPها ردیف پایین‌تر سرویس ارائه می‌دهند و به این ترتیب ترافیک شبکه تقسیم می‌شود.
- ISP ردیف دوم (Tier 2): این ISPها در واقع واسطی بین ISPهای ردیف اول و سوم هستند. این ISPها محدود به کشورها یا مناطق هستند و برای ISPهای ردیف سوم همانند ISPهای ردیف اول عمل می‌کنند. (Regional ISP)
- ISP ردیف سوم (Tier 3): این ISPها به کاربران نهایی نزدیک‌تر هستند.

۷. فرض کنید می‌خواهید یک فایل از طریق شبکه‌ی اینترنت به دوست خود ارسال کنید. می‌دانیم بسته‌های این فایل بلافاصله به مقصد نمی‌رسند و به دلایل مختلف با تأخیر مواجه می‌شوند؛ ۴ نوع تأخیر در ارسال و دریافت بسته‌ها را نام برده و به طور کوتاه توضیح دهید.

– تأخیر پردازش (processing delay): مدت زمان مورد نیاز، برای پردازش بسته توسط مسیریاب با هدف خطایابی، تصحیح خطا و مسیریابی و... این تأخیر تابع توان پردازشی مسیریاب می‌باشد.

– تأخیر صف (queueing delay): میزان زمانی که هر بسته در بافر مسیریاب منتظر می‌ماند. این تأخیر بسته به ازدحام شبکه و صف ایجاد شده در سوییچ تغییر می‌کند.

– تأخیر انتقال (transmission delay): میزان زمان مورد نیاز برای انتقال داده می‌باشد. این تأخیر تابع نرخ ارسال داده از طرف مبدا است.

– تأخیر انتشار (propagation delay): برابر میزان زمان مورد نیاز، برای انتشار داده به طور فیزیکی روی لینک است. این تأخیر به سرعت ارسال سیگنال روی لینک ارتباطی و فاصله بستگی دارد.

۸. فرض کنید می‌خواهید فایلی به اندازه‌ی 50,000 bytes را از Host A به Host B ارسال کنید. بین این دو Host دو روتر قرار دارد. مبدأ (A) برای ارسال این فایل آن را به بسته‌هایی به اندازه S قطعه‌بندی می‌کند و هر بسته سرباری به اندازه 20 bytes دارد. هر لینک نرخ ارسالی برابر با 50 Mbps دارد. اگر از تأخیر صف در بافر روترها، تأخیر انتشار و پردازش صرف نظر شود، در هر کدام از حالت‌های زیر تأخیر ارسال فایل از مبدا A به مقصد B را محاسبه نمایید.

الف)  $S = 1000 \text{ bytes}$

\* پاسخ‌ها با فرض آن که بسته‌ها از 1000 بایت داده، و 20 بایت تشکیل شده باشند، در تصحیح درست در نظر گرفته شده است.

(سربار بسته – اندازه‌ی هر قطعه) ÷ اندازه‌ی هر فایل = تعداد قطعه‌ها (بسته‌های ارسالی)

$$\text{Num packets: } \frac{50,000}{1000 - 20} \approx 51$$

$$\text{Transmission delay} = \frac{L_{bits}}{R_{bps}} = \frac{8 \times 1000}{50 \times 10^6} = 0.16_{msec}$$

Message Transfer Time

$$= 3 \times \text{Transmission delay} + (51 - 1) \times \text{Transmission Delay} = 8.48_{msec}$$

ب)  $S = 500 \text{ bytes}$

(سربار بسته - اندازه‌ی هر قطعه) ÷ اندازه‌ی هر فایل = تعداد قطعه‌ها (بسته‌های ارسالی)

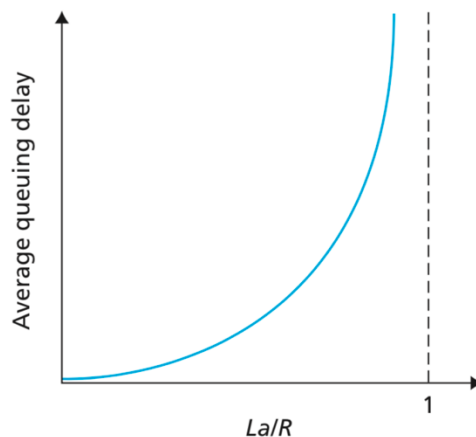
$$\text{Num packets: } \frac{50,000}{500 - 20} \approx 104$$

$$\text{Transmission delay} = \frac{L_{bits}}{R_{bps}} = \frac{8 \times 500}{50 \times 10^6} = 0.08_{msec}$$

Message Transfer Time

$$\begin{aligned} &= 3 \times \text{Transmission delay} + (104 - 1) \times \text{Transmission Delay} \\ &= 8.48_{msec} \end{aligned}$$

۹. می‌دانیم تأخیر صف در بافر یک مسیریاب، میزان زمانی است که یک بسته در بافر منتظر می‌ماند، تا نوبت به ارسالش شود. این تأخیر وابسته به تعداد بسته‌های از پیش وارد شده (طول صف) است. با فرض آن که نرخ انتقال مسیریاب  $R$ ، طول بسته‌ها ثابت و برابر  $L$ ، و نرخ رسیدن بسته‌ها به مسیریاب  $a$  باشد، نمودار میزان تأخیر به صورت زیر خواهد بود.



الف) این نمودار را تحلیل کرده، و توضیح دهید چرا با نزدیک شدن  $La/R$  به 1، تأخیر به بی‌نهایت میل می‌کند؟ چون  $La/R > 1$  به عبارت دیگر  $La > R$ ، به این معنی است که نرخ ترافیک ورودی مسیریاب بیش از ترافیک خروجی است، در نتیجه با گذشت زمان، طول صف مسیریاب یافته، و در نتیجه تأخیر صف بسته‌ها افزایش می‌یابد. از آن جایی که اندازه‌ی بافر مسیریاب محدود است، پس از مدتی بافر سرریز خواهد کرد، و بسته‌های جدید از دست می‌روند.

ب) شدت ترافیک (Traffic Intensity) را به صورت  $I = La/R$  تعریف می‌کنیم. با فرض آن که رابطه‌ی میزان تأخیر و شدت ترافیک به صورت

$$\text{delay} = I(L/R)(1 - I) \quad ; \quad I < 1$$

باشد، به سؤالات زیر پاسخ دهید.



- مطلوب است میزان تأخیر صف (برحسب میلی ثانیه) برای مقادیر  $L = 4400_b$ ,  $R = 700,000_{bps}$  و  $a = 25$

$$I = \frac{La}{R} = \frac{4400 \times 25}{700000} = 0.1571$$

$$\text{Queuing Delay} = I \left( \frac{L}{R} \right) (1 - I) = 0.1571 \times \left( \frac{4400}{700000} \right) (1 - 0.1571) \times 1000 = 0.8324_{ms}$$

- اگر بافر نامحدود باشد، تأخیر ثابت و برابر  $\text{delay} = 1.5488_{ms}$  باشد، و 1248 بسته از راه برسند، چه تعداد بسته پس از 1 ثانیه در بافر خواهد بود؟

(برای محاسبه‌ی بسته‌های عبور کرده پس از ۱ ثانیه، ۱ ثانیه را به تأخیر هر بسته تقسیم می‌کنیم.)

$$a - \left\lfloor \frac{1000}{\text{delay}} \right\rfloor = 1248 - \left\lfloor \frac{1000}{1.5488} \right\rfloor = 603_{\text{packets}}$$

۱۰. دو مدل مشهور پیشنهادی برای ایجاد یک شبکه‌ی بین‌المللی بین دستگاه‌ها، مدل ۷ لایه‌ای ISO/OSI و مدل ۵ لایه‌ای TCP/IP بودند. به نظر شما چرا مدل OSI مورد استفاده‌ی عمومی قرار نگرفت؟ لایه‌های مدل TCP/IP را نام برده و به اختصار توضیح دهید.

به طور کلی با ظهور هر تکنولوژی جدید، دو گام طی می‌شود؛ در ابتدا، توجه محققان به آن تکنولوژی جلب شده، و میزان تحقیقات در آن زمینه افزایش می‌یابد تا جنبه‌های مختلف آن بررسی و پوشش داده شود. پس از فروکش کردن تحقیقات، در صنعت رفته‌رفته شروع به سرمایه‌گذاری از تکنولوژی جدید می‌کنند. این سرمایه‌گذاری نیاز به این دارد که تکنولوژی مذکور **استاندارد** شده و قابل بهره‌برداری باشد. استانداردسازی اگر خیلی زود و با تحقیقات ناقص، صورت بگیرد، نتیجه‌اش استانداردهای ناقص خواهد بود. و اگر خیلی دیر انجام شود، ممکن است شرکت‌های زیادی شروع به استفاده از آن تکنولوژی به صورت غیراستاندارد کرده باشند. مدل ISO/OSI برخلاف مدل TCP/IP این زمان‌بندی را رعایت نکرد.

لایه‌های TCP/IP:

- **Application**: این لایه وظیفه‌ی ارتباط با برنامه‌های کاربردی را داشته، و داده‌های این برنامه‌ها را گرفته، و طبق یک پروتکل مشخص منتقل می‌کند. برای مثال، داده‌های دنیای وب از طریق پروتکل‌های این لایه (HTTP, HTTPS و...) منتقل می‌شوند.
- **Transport**: این لایه وظیفه‌ی انتقال داده‌ها را، از پردازه‌ی میزبان مبدأ به پردازه‌ی میزبان مقصد را دارد. این لایه برای لایه‌ی بالایی خود سرویس‌هایی مانند تضمین انتقال درست داده‌ها (قابلیت اطمینان) و کنترل ازدحام شبکه را فراهم می‌کند.
- **Network**: وظیفه‌ی انتقال داده‌ی لایه‌ی بالایی خود را، به صورت انتها به انتها، یعنی از **host** مبدأ به **host** مقصد برعهده دارد. این لایه در اینترنت امروز، از پروتکل IP استفاده می‌کند. برای انتقال از مبدأ به مقصد، نیاز است که در هر گره میانی، هدر این لایه بررسی شده، و طبق آن عمل مسیریابی و جلورانی (Routing & Forwarding) انجام گردد.

- Link: وظیفه ی انتقال داده ی لایه ی بالایی خود را، به صورت گره به گره را برعهده دارد. این لایه از انتقال درست داده های بین دو گره اطمینان حاصل می کند.
- Physical: وظیفه ی انتقال بیت به بیت داده های لایه ی بالایی خود روی بستر فیزیکی شبکه دارد. این بستر فیزیکی می تواند کابل مسی، کابل Twisted-Pair، فیبر نوری و ... باشد.