

**(۱) مقدمه**

شبکه‌های کامپیوتری از دیدگاه اجتماعی یک پدیده فرهنگی و از دید مهندسی کامپیوتری یک تخصص و علم تلقی می‌شود. امروزه پیشرفت و توسعه مرزهای دانش به گسترش شبکه‌های کامپیوتری وابسته شده است. هدف اصلی در "فناوری اطلاعات"<sup>۱</sup> -IT-، گردآوری، سازماندهی و فرآوری داده‌ها و دانش پراکنده در سطح دنیا است به گونه‌ای که بتوان از این دانش گردآوری شده، معرفت و دانش جدید تولید کرد. بالطبع مؤثرترین ابزار برای جمع‌آوری، سازماندهی و پردازش داده‌های پراکنده، شبکه‌های کامپیوتری است.

شبکه کامپیوتری، مجموعه‌ای از کامپیوترهای "مستقل" است که به نحوی با یکدیگر اطلاعات و داده مبادله می‌نمایند. در این تعریف کوتاه مفاهیم گرانباری نهفته است:

«**استقلال**» کامپیوترها در یک شبکه بدان معنا است که هر ماشین می‌تواند حتی بدون حضور در شبکه کار کرده و از شبکه فقط برای تبادل داده‌ها استفاده کند. با استناد به این تعریف، ماهیت شبکه‌های کامپیوتری از "سیستمهای توزیع شده"<sup>۲</sup> یا "سیستمهای کامپیوتری چندکاربره بزرگ"<sup>۳</sup> کاملاً تفکیک می‌شود.

در یک سیستم توزیع شده، هر ایستگاه اگرچه کامپیوتری با سخت‌افزار کامل محسوب می‌شود ولی مستقل نیست. در این سیستمها یک "وظیفه ویژه"<sup>۴</sup> بین ایستگاهها تقسیم شده و هر ایستگاه قسمتی از آن را انجام می‌دهد. مجموعه پردازشی که کل ایستگاهها انجام می‌دهند، فرآیند کار را تکمیل می‌نماید. عدم عملکرد صحیح یکی از ایستگاهها منجر به ناقص ماندن کل کار شده و نتیجه پردازش بقیه ایستگاهها را بی‌تاثیر خواهد کرد. از دیدگاه یک کاربر بیرونی کل یک سیستم توزیع شده، بصورت واحد و یکپارچه دیده می‌شود؛ سیستم عامل موظف است یک کار را بین ایستگاهها تقسیم کند و سپس نتایج را جمع‌آوری کرده و آن کار را تکمیل نماید. از این نوع سیستمها در راه‌اندازی خطوط تولید کارخانه‌ها، کنترل روباتهای صنعتی، فیلم‌سازی و مواردی از این قبیل استفاده می‌شود.

«**تبادل داده**» بدین معناست که کامپیوترها در شبکه بتوانند با یکدیگر داده رد و بدل کنند بدون آنکه نوع کانال اهمیت داشته باشد. یعنی هیچ محدودیتی بر روی کانال فیزیکی انتقال، وجود ندارد؛ کامپیوترها چه از طریق خط تلفن مرتبط شوند و چه از طریق کانالهای فیبر نوری، در هر حال شبکه تلقی می‌شوند.

<sup>۱</sup> Information Technology

<sup>۲</sup> Distributed Systems

<sup>۳</sup> Multi-user Mainframe Systems

<sup>۴</sup> Special Task

تا چند سال قبل، شبکه‌ها بیشتر موجودیت سازمانی و مستقل داشتند، بدین معنا که یک شبکه برای رفع نیاز یک گروه یا تشکیلات، پیاده و نصب می‌شد و تکنولوژی سخت‌افزار ارتباطی، متناسب با نوع نیاز آن سازمان انتخاب می‌گردید. با وارد شدن شبکه‌های کامپیوتری به سازمانها و تشکیلات اداری و اقتصادی، نقش پر ارزش آنها در کاهش "گردش کاغذ" و نامه‌نگاریهای بیهوده آشکار شد. صرفه‌جویی در نیروی انسانی و بکارگیری دانش انسان بجای قدرت بدنی، افزایش سرعت انجام کارها، دقت بی‌نظیر و کاهش در هزینه‌های جاری، هدیه علم شبکه‌های کامپیوتری به سیستم مدیریت سنتی بود. به فاصله زمانی اندک، اتوماسیون اداری جزو ساختار مدیریت جدید شد و نقش کاغذ در مدیریت سازمانها آرام‌آرام رو به کاهش گذاشت.

با رشد تکنولوژی، سخت‌افزار لازم برای ارتباطات بین‌شبکه‌ای فراهم و ارزان شد. از طرفی دولتهای غربی سرمایه‌گذاری لازم را برای ایجاد یک زیرساخت ارتباطی در شبکه داده، انجام دادند. این دو عامل شرایط را برای اتصال شبکه‌های مستقل به یکدیگر و رشد هماهنگ آنها فراهم کرد و به تدریج "شبکه اینترنت" بدون آنکه یک متولی انحصاری داشته باشد، شکل گرفت. این شبکه که کل جهان را تحت تاثیر قرار داده، حاصل رشد سریع، متعادل و خودجوش شبکه‌های مستقلی است که توسط مجموعه‌ها و نهادهای مختلف نصب و راه‌اندازی شده‌اند.

اینترنت مجموعه‌ای از شبکه‌های مستقل و مرتبط با یکدیگر است که ارتباطات همگانی را میسر کرده است. "تکنولوژی اینترنت" نیز مجموعه‌ای از مکانیزمها و استانداردهای ارتباطی است که در خلال این سالها سعی بر آن داشته تا روشی را عرضه کند که شبکه‌های مختلف بتوانند فارغ از جزییات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، با یکدیگر مبادله داده داشته باشند. اینترنت در یک رشد هماهنگ با علوم مخابرات و کامپیوتر به ناگاه تبدیل به "شبکه‌ای از کل شبکه‌های جهان" شد. به گونه‌ای که تخمین زده می‌شود در هر روز بیش از ۳۷ میلیون نفر در ۱۱۰ کشور دنیا حداقل یکبار از اینترنت استفاده می‌کنند. با توجه بدانکه رشد اینترنت به دستگاه یا دولت خاصی وابسته نیست، هیچ شاخص معینی برای رشد اینترنت وجود ندارد. یک فرد حقیقی نیز می‌تواند به نوبه خود اینترنت را توسعه بدهد، مثلاً یک هنرمند یا بازرگان می‌تواند با سرمایه‌گذاری و نصب شبکه محلی و ارائه آگاهی و دانش، به سهم خود به گسترش اینترنت کمک کند و هیچ محدودیتی برای سرمایه‌گذاری او وجود ندارد.

تنها "دانش" در اینترنت عرضه نمی‌شود بلکه چیزی که در اینترنت وجود دارد در یک مفهوم عام "دانایی و آگاهی" است؛ به عنوان مثال آگاهی از نرخ سهام یا نتیجه یک مسابقه یا

اخبار حوادث را شاید نتوان در حوزه دانش و علوم طبقه‌بندی کرد ولی نوعاً "آگاهی" محسوب می‌شود.

مجتمع شدن صدا و تصویر در کنار داده‌ها، امکان ارتباط دوطرفه و انتخاب موضوع، اینترنت را به مکانی تبدیل کرد که میلیون‌ها دوست و غریبه در کنار هم گرد آمده و اهداف خود را در ورای محدودیتهای جغرافیایی دنبال کنند. شاید در دهه‌های آینده بحثی به نام "جامعه‌شناسی دهکده اینترنت" مطرح شود.

سال ۱۹۹۲ یکی از پرفروغترین سالهای گسترش اینترنت بود. تا قبل از این تاریخ، بیشتر افراد به تناسب نوع نیاز خود از شبکه استفاده می‌کردند. با عرضه محیط تور جهانگستر یا "وب"<sup>۱</sup> در این سال توجه مردم عادی نیز به اینترنت جلب شد و بدینگونه از اینترنت یک رسانه، پدید آمد. وب روشی برای سازماندهی اطلاعات است به‌گونه‌ای که غیر از کنار هم قرار دادن متن، صدا، تصویر، فیلم و گرافیک، بزرگترین حسن آن سادگی دسترسی به اطلاعات پراکنده در دنیا، از طریق مفهومی به نام "ابریوند"<sup>۲</sup> است. در فصول آینده این مفهوم را باز خواهیم کرد.

توسعه وب بر روی اینترنت، سازمانها را بر آن داشت که سیستم شبکه‌های داخلی خود را متحول کنند. "اینترانت"<sup>۳</sup> زاده همین تفکر بود. اینترانت شبکه‌ای داخلی (با تملک سازمانی و یا خصوصی) است که از پروتکل‌های مرتبط با اینترنت و مخصوصاً تکنولوژی وب برای سازماندهی شبکه استفاده می‌کنند. هیچ لزومی ندارد که اینترانت حتماً به اینترنت متصل باشد. مثلاً اداره پست می‌تواند برای خود شبکه‌ای داخلی و مستقل از شبکه اینترنت تدارک ببیند ولی در پیاده‌سازی این شبکه از پروتکل‌های حاکم بر اینترنت (TCP/IP/HTTP/WWW) و پایگاه داده مبتنی بر وب استفاده کند. در حقیقت اینترانت مقیاس بسیار کوچکی از کل اینترنت است ولی خصوصی است؛ بر خلاف اینترنت که هیچکس مالک آن نیست.

اگر اجزای یک شبکه، کامپیوترها باشند، اجزای اینترنت همین شبکه‌ها هستند که به هم متصل شده‌اند. برای شناخت فنی اینترنت ابتدا باید با اجزاء آن آشنا شده و سپس اصول و قواعد حاکم بر کل آنرا بررسی کرد. در این فصل بطور مختصر اصول کلی شبکه‌های کامپیوتری را مورد بحث قرار داده‌ایم؛ برای احاطه کلی بر مقولات شبکه باید به مراجع غنی و کامل مراجعه کنید.

<sup>۱</sup> World Wide Web –WWW-

<sup>۲</sup> Hyperlink

<sup>۳</sup> Intranet

## ۱۲) کاربردهای شبکه‌های کامپیوتری

بطور عام کاربرد شبکه‌های کامپیوتری را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

«**اشتراک منابع**<sup>۱</sup>: به معنای فراهم آوردن و به اشتراک گذاشتن سخت‌افزار، نرم‌افزار و داده‌های مورد نیاز در شبکه است، بگونه‌ای که کاربران بتوانند براحتی از این منابع استفاده کنند. به عنوان مثال یک چاپگر در یک شبکه می‌تواند در اختیار کل کاربران باشد و همه بجای جابجایی فیزیکی چاپگر، از آن استفاده کنند. یا یک نرم افزار گرانقیمت بر روی یک ماشین خاص به نام "سرویس دهنده فایل"<sup>۲</sup> نصب شود و همه بطور مشترک از آن استفاده کنند.

با توسعه صنعت نرم‌افزار و سخت‌افزار و سقوط قیمت‌ها، امروزه این کاربردها کم‌رنگ‌تر شده‌اند. پرارزترین کاربرد شبکه به اشتراک گذاشتن "داده‌ها" است. گاهی داده‌ها، هزاران هزار برابر سخت‌افزار و نرم‌افزار ارزش دارند زیرا با صرف هزینه شاید بتوان سخت‌افزار و نرم‌افزار را خریداری کرد ولی چگونه می‌توان فقط بخشی از داده‌های پرارزش و بیکرانی که در یک شبکه اطلاع‌رسانی مثل اینترنت وجود دارد را تهیه کرد؟

«**حذف محدودیتهای جغرافیایی در تبادل داده‌ها**: دهکده جهانی اینترنت، فواصل جغرافیایی را بی‌معنا کرده است. با استفاده از شبکه‌های کامپیوتری شما می‌توانید در کسری از ثانیه به منابع اطلاعاتی موجود در فواصل هزاران کیلومتری خود دسترسی داشته باشید و یا با کاربران حاضر در شبکه، مبادله پیام و اطلاعات بنمایید.

«**کاهش هزینه‌ها**: بکارگیری شبکه‌های کامپیوتری نه تنها در وقت صرفه‌جویی می‌کند بلکه هزینه‌ها را نیز در تمام جوانب کاهش می‌دهد. امروزه استفاده از پست الکترونیکی گذشته از سرعت بسیار زیاد، عملاً رایگان است؛ یا جابجایی پول و اعتبار و خرید و فروش الکترونیکی هزینه‌ای در حد صفر دارد. استفاده مجاز از نتایج تحقیقات دیگران هزینه تکرار آن تجارب را حذف خواهد کرد. در شبکه‌های کوچک و سازمانی به اشتراک گذاشتن سخت‌افزار و نرم‌افزار مطمئناً هزینه‌های سازمان را کاهش خواهد داد. (یک چاپگر یا نرم‌افزار برای ۲۰ نفر بجای ۲۰ چاپگر و نرم‌افزار برای ۲۰ نفر)

« بالا رفتن قابلیت اعتماد<sup>۱</sup> سیستمها: شبکه‌های کامپیوتری بگونه‌ای طراحی می‌شوند که وقتی یکی از آنها مختل شود، بقیه شبکه از هم نمی‌پاشد. گسترده بودن کانالهای انتقال در زیرساخت ارتباطی شبکه، باعث شده که قطع یکی از کانالها منجر به از دست رفتن کل شبکه نشود. ذخیره‌سازی فایلها و بانکهای اطلاعاتی موجود در شبکه یک سازمان (مثلاً بانک)، بر روی چند ماشین مستقل بعنوان سیستمهای پشتیبان، این فایده را دارد که در صورت خرابی یکی از آنها، دیگری جایگزین آن شود، بدون آنکه وقفه‌ای در کار کل سیستم ایجاد شود یا داده‌ای خراب شود.

کاربرد سیستمهای پشتیبان مبتنی بر شبکه یا توزیع داده‌ها بر روی ماشینهای مختلف در شبکه، قابلیت اعتماد سیستمهایی همانند کنترل خطوط هوایی، سیستمهای بانکی، سیستمهای نظامی و امنیتی و کنترل راکتورهای هسته‌ای را چندین برابر می‌کند.

« افزایش کارایی سیستم: بهره‌گیری از شبکه می‌تواند کارایی سیستم را افزایش بدهد بدین نحو که توزیع وظائف سازمانی یک مجموعه همانند بانک، به ماشینهای متفاوت در شبکه (با حفظ استقلال آن ماشین)، ضمن بالا بردن قابلیت اعتماد، کارایی سیستم را از لحاظ سرعت دسترسی به اطلاعات، سرعت پردازش و ذخیره و بازیابی اطلاعات افزایش خواهد داد.

## ۱-۲) خدمات معمول در شبکه

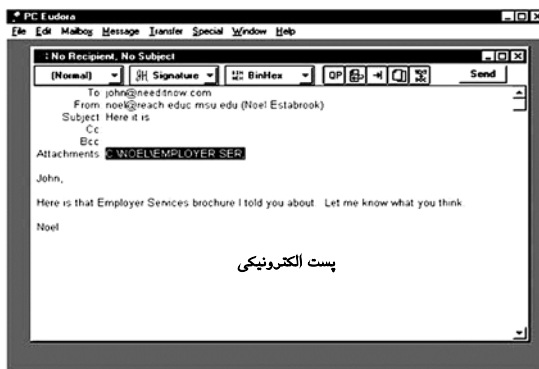
خدمات شبکه‌های کامپیوتری بقدری فراگیر شده که تمام شئون زندگی را تحت تاثیر قرار داده است. با توسعه اینترنت یا شبکه‌های ملی، محیط زیست می‌تواند نجات یابد؛ رفت و آمدهای بیهوده به منظور پیگیری کارهای اداری و اقتصادی از زندگی حذف شود. (کاهش آلودگی هوا). قطع درختان و تبدیل آن به کاغذ و اتلاف وقت در گرداندن این کاغذ بین ادارات و سازمانها در دنیای امروز به تدریج در حال پایان است. بسیاری از مجلات و روزنامه‌ها امروزه فقط بر روی شبکه ارائه می‌شوند و دیگر بر روی کاغذ چاپ نمی‌شوند. نقش اسکناس و اوراق بهادار نیز می‌تواند با جابجایی "اعتبار" به جای پول کاهش یابد. بانکها از طریق یک کارت اعتباری، تمام خدماتی را که سالیان سال با مبادله اسناد و اوراق بهادار انجام می‌شد، در کسری از ثانیه ارائه می‌کنند.

<sup>۱</sup> Reliability

خدماتی که شبکه‌ها ارائه می‌کنند بسیار وسیع و خارج از شمارش هستند ولی عمومی‌ترین نوع شبکه‌ها را می‌توان در موارد زیر عنوان کرد:

Remote Access	♦ دسترسی به بانکهای اطلاعاتی راه دور
E-Mail	♦ پست الکترونیکی
File Transfer	♦ خدمات انتقال فایل
Remote Login	♦ ورود به سیستم از راه دور
News Groups	♦ گروههای خبری
Information Seek	♦ جستجوی اطلاعات مورد نیاز
Advertisement	♦ تبلیغات
E-Commerce	♦ تجارت الکترونیکی
E-Banking	♦ بانکداری الکترونیکی
	♦ سرگرمی و محاوره
	♦ مجلات و روزنامه‌های الکترونیکی
Face to Face Conversation	♦ محاوره مستقیم و چهره به چهره از راه دور
Teleconferenece	♦ کنفرانس از راه دور
People Finding	♦ یافتن اشخاص مورد نظر در جهان
	♦ تلفن و دورنگار از طریق شبکه
	♦ رادیو از طریق شبکه
	♦ آموزش از راه دور
	♦ ارائه مدون اطلاعات فنی و علمی
	♦ اخبار مربوط به هنر ، ورزش ، سیاست ، تجارت ، بهداشت و ...
	♦ کاریابی و اشتغال
	♦ درمان از راه دور
	♦ خرید و فروش روزمره با استفاده از کارت اعتباری ، شرکت در حراج
	♦ انجمن‌های خیریه
	♦ مشاوره از راه دور

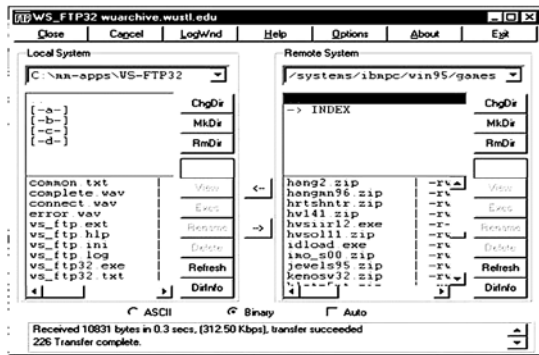
در شکل (۱-۱) نمونه‌ای از هزاران خدمات ارائه شده در شبکه اینترنت نشان داده شده است.



پست الکترونیکی



ارائه اطلاعات مربوط به دانشگاه میچگان



خدمات انتقال فایل در اینترنت



یک سایت اقتصادی در ایران



سایت هنر کاریکاتور ایران

شکل (۱-۱) نمونه‌ای از خدمات ارائه شده در اینترنت

روزنامه ایران در اینترنت

### ۱۳) سفت‌افزار شبکه

اگر بخواهیم سخت‌افزار شبکه‌های کامپیوتری را دسته‌بندی و تفکیک نماییم از دو دیدگاه می‌توان به شبکه‌ها نگاه کرد. دیدگاه اول "تکنولوژی انتقال" در شبکه‌های کامپیوتری است؛ بدین معنا که شبکه از چه نوع کانالی بعنوان واسط انتقال استفاده می‌کند. دیدگاه دوم در تفکیک شبکه‌ها، مقیاس شبکه و ناحیه تحت پوشش آن است. بدین معنا که شبکه چه مسافت جغرافیایی را پوشش می‌دهد و حداکثر چند ایستگاه می‌تواند در شبکه وجود داشته باشد. (مقصود از ایستگاه، یک ماشین همانند کامپیوتر یا چاپگر است که به عنوان یک موجودیت مستقل می‌تواند با بقیه ماشینها تبادل اطلاعات نماید.)

#### ۱۳-۱) دسته بندی شبکه‌ها از دیدگاه تکنولوژی انتقال

از دیدگاه تکنولوژی انتقال دو نوع شبکه قابل تعریف است:

- ◆ شبکه‌های پخش فراگیر یا Broadcast
- ◆ شبکه‌های نقطه به نقطه یا Point to Point

در شبکه‌های پخش فراگیر، انتقال اطلاعات از طریق یک کانال فیزیکی که بین تمام ایستگاههای شبکه مشترک است، انجام می‌شود. همه ایستگاهها موظفند بطور دایم به خط گوش بدهند؛ برای ارسال نیز مجبورند اطلاعات را بر روی همین کانال منتقل نمایند. بنابراین در چنین شبکه‌هایی هر ایستگاه باید یک آدرس یکتا داشته باشد تا گیرنده پیام بتواند از بین پیامهایی که روی شبکه مبادله می‌شود، پیام مربوط به خودش را تشخیص داده و برای پردازشهای بعدی از روی کانال به حافظه اصلی منتقل نماید.

در این نوع شبکه امکان ارسال پیامهای فراگیر وجود دارد. پیامهای فراگیر پیامهایی هستند که از مبدأ یک ایستگاه برای تمام یا یک گروه خاص از ایستگاهها ارسال شود. استفاده از کانالهای مشترک برای انتقال اطلاعات بین ایستگاههای شبکه از برخی جهات مشکل آفرین است:

- ◆ مدیریت پیچیده کانال: در این شبکه، مدیریت کانال به نحوی که تمام ایستگاهها بتوانند در یک روال قانونمند و عادلانه، از کانال استفاده کنند، پیچیده است؛ زیرا در شبکه‌ها هر ایستگاه عنصری مستقل محسوب می‌شود و هیچگونه حاکمیت بیرونی بر آنها وجود ندارد لذا رعایت قانون و نوبت در استفاده از کانال برعهده خود ایستگاهها است. دقت کنید که در این نوع شبکه‌ها یک ایستگاه مجاز نیست به محض آنکه داده‌ای برای ارسال داشت، آن را روی



کانال بفرستد بلکه باید بر طبق قواعدی که به نام "پروتکل نظارت بر واسط انتقال"<sup>۱</sup> مشهور است، خودش را نوبت‌بندی کرده و سپس اقدام به ارسال نماید. ارسال همزمان دو ایستگاه در این نوع شبکه، منجر به "تصادم"<sup>۲</sup> شده و در نتیجه داده‌های آنها خراب و فاقد اعتبار خواهد شد.

♦ امنیت کم: با توجه به آنکه تمام ایستگاهها موظف به گوش دادن به خط هستند بنابراین اطلاعات روی کانال مشترک توسط تمام ایستگاهها شنیده می‌شود. کافی است کسی بخواهد به اطلاعات دیگران دسترسی داشته باشد، در این حالت ایستگاه براحتی با انتقال تمام یا بخشی از اطلاعات در حال تبادل روی کانال به درون حافظه اصلی خود، آنرا در اختیار شخص بیگانه قرار می‌دهد. بهمین دلیل استفاده از شبکه‌های کانال مشترک، برای ارسال اطلاعات محرمانه زمانی عقلانی خواهد بود که این اطلاعات قبل از ارسال رمزنگاری شده باشد.

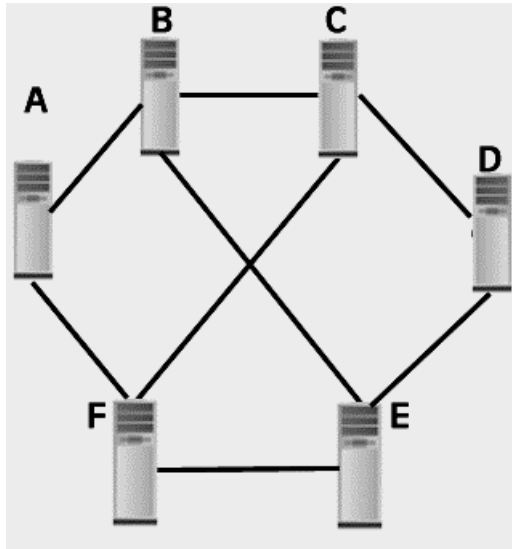
♦ کارایی پایین: با توجه به آنکه تمام ایستگاهها فقط یک کانال در اختیار دارند، لذا فقط سهم کوچکی از پهنای باند کانال در اختیار یک ایستگاه قرار می‌گیرد. اگر داده‌ها در اثر بروز تصادم یا نویز، دچار خرابی شوند وضع به مراتب بدتر خواهد شد.

با تمام این تفصیلات استفاده از کانالهای مشترک به عنوان تکنولوژی انتقال بسیار مقرون به صرفه است و به صورت گسترده از آن استفاده می‌شود. شبکه‌های ماهواره‌ای، شبکه‌های رادیویی، شبکه محلی BUS و شبکه محلی نوع حلقه، همگی شبکه‌های نوع "پخش فراگیر" محسوب می‌شوند.

در شبکه‌های نقطه به نقطه بین دو ماشین در شبکه، یک کانال فیزیکی و مستقیم وجود دارد و هیچ ماشین دیگری به آن کانال متصل نخواهد بود. بعبارت ساده‌تر به یک کانال فیزیکی فقط و فقط دو ماشین متصل است. در شکل (۲-۱) نمونه‌ای از یک شبکه نقطه به نقطه به تصویر کشیده شده است. در این مثال بین (A و B) و (A و F) ارتباط مستقیم و اختصاصی وجود دارد ولی بین (A و D) کانال اختصاصی دیده نمی‌شود. در این ساختار ماشین A قادر است از طریق ماشینهای واسطه B و C داده‌های خود را به D برساند.

<sup>۱</sup> Medium Access Control Protocol

<sup>۲</sup> Collision



شکل (۱-۲) نمونه‌ای از یک شبکه نقطه به نقطه

بر خلاف شبکه‌های با کانال مشترک که مسیر ارتباطی بین ایستگاهها یکتا است، در شبکه‌های نقطه به نقطه مسیره‌های گوناگونی بین دو ماشین برقرار خواهد بود لذا بحث انتخاب بهترین مسیر از بین این مسیرها مطرح خواهد شد که در فصلی مجزا به آن خواهیم پرداخت.

### ۲-۳) دسته بندی شبکه‌ها از دیدگاه مقیاس بزرگی

دیدگاه دوم در دسته‌بندی و تفکیک شبکه‌ها، مقیاس شبکه و ناحیه تحت پوشش آن می‌باشد. از این دیدگاه سه نوع شبکه تعریف می‌شود:

- ◆ شبکه‌های محلی LAN<sup>۱</sup>
- ◆ شبکه‌های بین شهری MAN<sup>۲</sup>
- ◆ شبکه‌های گسترده WAN<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> Local Area Network

<sup>۲</sup> Metropolitan Area Network

<sup>۳</sup> Wide Area Network

## ۱-۲-۳) شبکه‌های مملی -LAN-

این نوع از شبکه معمولاً در فواصل جغرافیایی محدود (حداکثر تا چند کیلومتر) و تحت تملک سازمانهای کوچک، ادارات، نهادها، محیطهای آموزشی و کارخانه‌های کوچک نصب و راه‌اندازی می‌شود. کوچک بودن این نوع شبکه از لحاظ طول فیزیکی کانال انتقال و کم بودن تعداد ایستگاهها، محاسن فراوانی را برای این شبکه به ارمغان آورده است:

- ♦ با توجه به کوتاه بودن طول کانال، اولاً افت سیگنال کم و طبعاً نرخ خطا بسیار پایین است. ثانیاً نرخ ارسال می‌تواند بسیار بالا باشد. (از چند مگابیت در ثانیه تا چند گیگابیت بر ثانیه) ثالثاً تاخیر انتشار<sup>۱</sup> بسیار ناچیز خواهد بود. مجموعه این عوامل باعث خواهد شد تا سرعت مبادله اطلاعات در این نوع شبکه بسیار بالا باشد.
- ♦ در این نوع شبکه با توجه به محدود بودن تعداد ایستگاهها، مدیریت شبکه آسانتر از بقیه شبکه‌ها است.
- ♦ هزینه نصب و راه‌اندازی این نوع شبکه چندان بالا نیست.

شبکه‌های نوع LAN با ساختار مختلفی طراحی و پیاده‌سازی شده‌اند. یک شبکه LAN واحد از یک نوع سخت‌افزار و یک نوع کانال فیزیکی انتقال استفاده می‌کند. چگونگی اتصال ایستگاهها از طریق کانال فیزیکی به یکدیگر، "توپولوژی"<sup>۲</sup> آن شبکه را تعیین می‌نماید. چندین نوع توپولوژی برای شبکه‌های محلی وجود دارد:

**الف) توپولوژی خطی -Bus-** : در این نوع توپولوژی تمام ایستگاهها از طریق یک کانال فیزیکی مشترک به همدیگر متصل شده‌اند و هرگونه تبادل اطلاعات از طریق این کانال انجام خواهد شد. در شکل (۳-۱) ساختار شبکه باس به تصویر کشیده شده است. این توپولوژی بدلیل سادگی در نصب و راه‌اندازی و ارزان بودن یکی از شبکه‌های پررونق دنیا محسوب می‌شد ولی امروزه به تدریج جای خود را به انواع دیگر می‌دهد. بدلیل اهمیت، در بخشهای آتی چگونگی طراحی و مدیریت کانال اشتراکی این شبکه را بررسی خواهیم کرد.

**ب) توپولوژی حلقه -Ring-** : در توپولوژی حلقه، ایستگاهها در یک ساختار بسته حلقوی به یکدیگر متصل می‌شوند. جهت جریان اطلاعات یکی از دو حالت ساعتگرد یا پادساعتگرد

<sup>۱</sup> تاخیر انتشار (Propagation Delay) مدت زمانی است که یک سیگنال حامل پیام (الکتریکی یا نوری) از ابتدای کانال به انتهای آن منتقل می‌شود. در کانالهای فیبر نوری تاخیر انتشار حدود ۳/۳ میکروثانیه و در کانالهای مسی یا رادیویی حدود ۵ میکروثانیه به ازای هر کیلومتر خواهد بود.

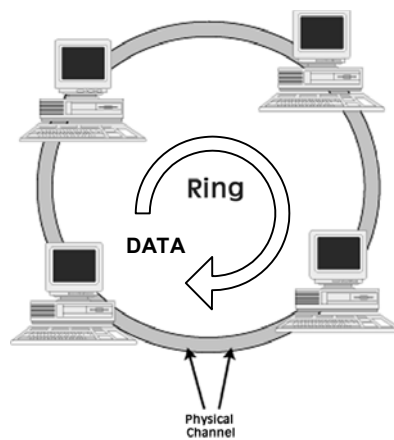
<sup>۲</sup> LAN Topology

است و برای آنکه اطلاعات از یک ایستگاه به ایستگاه غیر مجاور آن در حلقه منتقل شود، باید ماشینهایی که در مسیر هستند، بسته‌های اطلاعاتی را دریافت و به کامپیوتر بعدی در حلقه بفرستند تا در نهایت اطلاعات به مقصد برسد. ارتباط هر ایستگاه با ایستگاه بعدی خود در حلقه یکطرفه است و اگر یک ایستگاه خواست به ماشین قبلی خود در حلقه بسته‌ای از داده‌ها را بفرستد آن بسته باید یک دور کامل در حلقه گردش کند تا به ایستگاه مورد نظر برسد. در شکل (۱-۴) این توپولوژی نشان داده شده است.

**ج) توپولوژی ستاره -Star-**: در توپولوژی ستاره ارتباط تمامی ماشینهای شبکه از طریق یک "گره" مرکزی برقرار می‌شود. این گره می‌تواند یک سوئیچ بسیار سریع و هوشمند یا یک "هاب"<sup>۱</sup> معمولی یا حتی یک کامپیوتر باشد. در مورد انواع هاب و سوئیچ در بخشی مجزا توضیح خواهیم داد زیرا این نوع توپولوژی امروزه رونق گرفته و در حال جایگزین شدن بجای توپولوژی باس است. نمایش کلی این توپولوژی در شکل (۱-۵) نشان داده شده است.

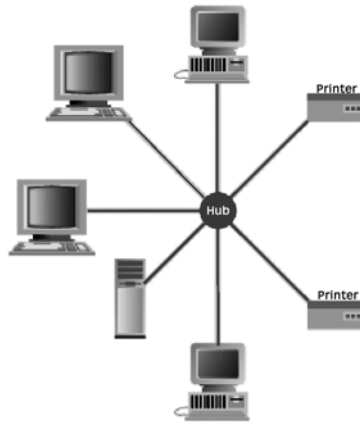


شکل (۱-۳) ساختار شبکه باس



شکل (۱-۴) ساختار شبکه حلقه

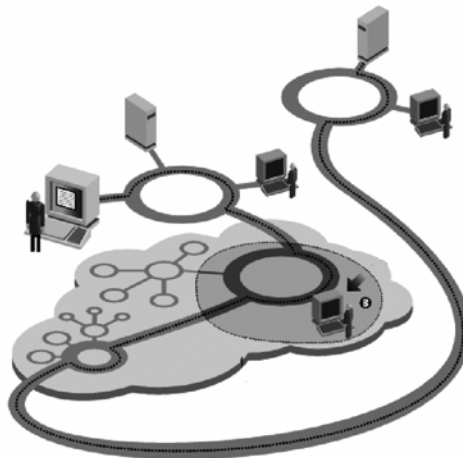
<sup>۱</sup> Hub



شکل (۱-۵) ساختار شبکه ستاره

### ۲-۲-۳) شبکه‌های بین شهری -MAN-

برای ایجاد شبکه در سطح یک منطقه وسیع در حد یک شهر یا اتصال چندین شبکه محلی، از شبکه MAN استفاده می‌شود. این شبکه، تکنولوژی و توپولوژی مشابه با شبکه‌های محلی دارد. بدلیل طول زیاد کانال (حدود ۱۰۰ کیلومتر) معمولاً از فیبر نوری استفاده می‌شود. در بخشهای آتی دو نوع شبکه MAN معرفی خواهد شد. در شکل (۱-۶) شمای فرضی از یک شبکه MAN به تصویر کشیده شده است.



شکل (۱-۶) شمای فرضی از یک شبکه MAN

## ۳-۲-۳) شبکه‌های گسترده -WAN-

شبکه‌های WAN، در گستره جغرافیایی یک کشور یا جهان پیاده‌سازی می‌شود و شبکه‌های محلی و بین‌شهری را به هم مرتبط می‌نماید. آشکار است که چنین شبکه‌ای، نمی‌تواند ساختار همگون و یکسان داشته باشد زیرا اولاً شبکه‌های محلی با توپولوژی متفاوت پیاده‌سازی شده‌اند؛ ثانیاً ماشینهای موجود در این شبکه‌ها، از سخت‌افزار و نرم‌افزار متنوعی استفاده می‌کنند و بطور ذاتی با هم سازگار نیستند. نیاز به دسترسی به منابع اطلاعات و ارتباط جهانی، مجموعه شبکه‌های کوچک و بزرگ را فارغ از ساختار سخت‌افزاری یا نرم‌افزاری آنها، بهم پیوند زده و شبکه WAN را پدید می‌آورد.

در ادبیات شبکه، به "ماشینهای نهایی" که در اختیار کاربر قرار دارد و برنامه‌های کاربردی او را اجرا می‌کند، "ماشین میزبان"<sup>۱</sup> می‌گویند.

به یک واحد اطلاعاتی که بصورت مستقل توسط یک ماشین تولید و روی شبکه ارسال می‌شود، "بسته"<sup>۲</sup> گفته می‌شود. بسته‌ها معمولاً دارای اندازه‌ای متغیر بین چند بایت تا چند کیلوبایت هستند؛ ولی اگر بسته‌ها دارای اندازه ثابت و کوچک (زیر صدبایت) باشند به آنها سلول<sup>۳</sup> گفته می‌شود.

ماشینهای میزبان توسط قسمت عظیمی از شبکه که از دید کاربر مخفی است بهم متصل شده‌اند. این قسمت از شبکه WAN، "زیرساخت ارتباطی" (یا به اختصار "زیرشبکه") نامیده می‌شود و وظیفه آن، حمل و انتقال داده‌های یک ماشین میزبان به ماشین دیگر است.<sup>۴</sup>

زیرساخت ارتباطی در شبکه WAN از دو بخش تشکیل شده است:

♦ **عناصر سوئیچ**<sup>۵</sup>: کامپیوترهای ویژه‌ای هستند که به چندین کانال ارتباطی ورودی/خروجی متصلند و وظیفه دارند پس از دریافت یک بسته، با در نظر گرفتن مقصد آن، یک کانال خروجی مناسب انتخاب کنند به نحوی که بسته را به مقصدش

<sup>۱</sup> ماشین میزبان یا Host را در ادبیات شبکه End system هم گفته‌اند.


<sup>۲</sup> Packet  
<sup>۳</sup> Cell

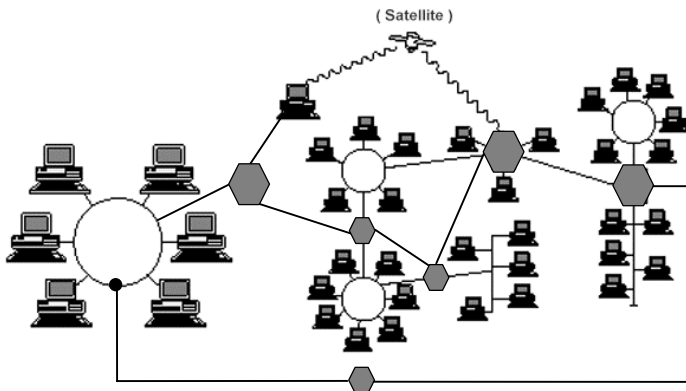
<sup>۴</sup> اگر شبکه WAN را با شبکه تلفنی مقایسه کنید باید "ماشین میزبان" را در ذهن خودتان گوشی تلفن فرض کرده و تمامی آنچه که از سرپرین تلفنتان شروع می‌شود (شامل مرکز مخابرات محلی، مراکز سوئیچ مرکزی، مراکز مایکروویو...) را "زیرشبکه" تجسم کنید. (البته مثال فوق را فقط برای روشن شدن قضیه در نظر بگیرید چرا که مراکز سوئیچ تلفن و مراکز سوئیچ داده تفاوت بنیادی دارند)

<sup>۵</sup> Switching Elements

نزدیک کند؛ سپس بسته را روی آن کانال هدایت کنند.<sup>۱</sup> در سرتاسر کتاب به این عناصر "مسیریاب" اطلاق می‌کنیم چرا که توافق بیشتری روی آن وجود دارد.

♦ خطوط ارتباطی یا کانالها<sup>۲</sup>: خطوط انتقال با پهنای باند بالا هستند که ارتباط عناصر سوئیچ را برقرار می‌کنند.

به شکل (۱-۷) توجه کنید. در این شکل نماد  مسیریابها را مشخص می‌کند و شبکه‌های محلی، محدوده جغرافیایی کاملاً متفاوتی دارند. همانگونه که از شکل مشخص است بین دو ماشین در شبکه‌های متفاوت، چندین مسیر وجود دارد.



شکل (۱-۷) یک شبکه فرضی WAN

<sup>۱</sup> عناصر سوئیچ نیز در برخی از کتابها با نامهای زیر نیز معرفی شده‌اند:

Packet Switching Nodes  
Intermediate Systems  
Data switching Exchange  
Router

<sup>۲</sup> برای خطوط ارتباطی نیز اصطلاحات متفاوتی عنوان شده است، مثل: Channels, Circuits, یا Trunks

برای ارائه یک دیدگاه از شبکه WAN، فرض کنید در کشور ایران، بین مراکز استانها طبق نقشه شکل (۸-۱)، کانال فیبر نوری و در هر مرکز استان یک عنصر سوئیچ نصب شود. (مثلاً سوئیچهای ATM یا MPLS) با پیاده‌سازی این ساختار که نقش ستون فقرات زیرشبکه را بازی می‌کند، در هر مرکز استان، سازمانها و نهادهای مختلف می‌توانند با تخصیص یک کانال با پهنای باند متوسط، شبکه محلی خود را به این زیرشبکه ارتباطی متصل سازند؛ بدینصورت هر ماشین در شبکه‌های محلی قادر خواهند بود با هر ماشین دیگر در سرتاسر کشور ارتباط داشته باشد. در این نقشه مسیرهای مختلفی بین مراکز سوئیچ استانها وجود دارد و به فرض اگر کانال تهران-شیراز بدلیلی از کار بیفتد ارتباط هیچ ماشینی در شبکه قطع نخواهد شد چون مسیرهای جایگزین دیگری در زیرساخت شبکه وجود دارند.

در این مثال زیرشبکه نصب شده در کل کشور می‌تواند ارتباط اطلاعاتی شبکه‌های تمام مراکز استان را برقرار سازد و یک شبکه WAN محسوب می‌شود، بدون آنکه اتصال به شبکه اینترنت لازم باشد. حال فرض یک مرکز سوئیچ در شمال کشور به خط فیبر نوری "جاده ابریشم" وصل شود و در تهران و بندرعباس نیز دو کانال ماهواره‌ای با پهنای باند بالا، ارتباط این زیرساخت را با ستون فقرات شبکه اینترنت در اروپا، برقرار کند. در این حالت کل شبکه‌های محلی عملاً به اینترنت متصلند و بسته‌های اطلاعاتی آنها از طریق این سه مرکز سوئیچ، به ستون فقرات شبکه اینترنت هدایت خواهد شد.

در شبکه WAN به همان اندازه که ماشینهای متصل به شبکه متفاوتند، کانالهای ارتباطی در زیرشبکه و مسیریابها هم متنوعند. کانالهای ارتباطی در زیرشبکه می‌توانند خطوط اجاره‌ای<sup>۱</sup>، خطوط T<sub>1</sub> تا T<sub>4</sub> از استاندارد شبکه تلفن Bell، فیبرنوری، کانالهای ماهواره‌ای یا کانالهای رادیویی باشند.

عناصر سوئیچ و مسیریابها در زیرشبکه از روش "سوئیچ بسته" که در بخشهای بعدی با آن آشنا خواهیم شد استفاده می‌کنند. این عناصر اصطلاحاً از قاعده "دریافت، ذخیره و هدایت به جلو"<sup>۲</sup> پیروی می‌کنند، بدین معنا که وقتی یک بسته در ورودی یک مسیریاب دریافت می‌شود، بطور کامل در حافظه مرکز سوئیچ یا

<sup>۱</sup> Leased Line  
<sup>۲</sup> Store & Forward



مسیر یاب ذخیره می‌گردد تا یک خط مناسب و آزاد برای طی مسیر آن پیدا شود؛ سپس آن بسته روی آن خط ارسال می‌شود.

سوال مهم آنست که در یک شبکه WAN که اجزاء آن خودشان یک شبکه محلی با دهها ماشین میزبان هستند و هر کدام از سخت افزار، سیستم عامل و برنامه‌های کاربردی خاص خود استفاده می‌کنند، ماشینها به چه صورت می‌توانند با یکدیگر مرتبط شوند در حالیکه از کلیه جهات به شدت ناهمگن و ناسازگار هستند؟ این سوالی است که مطالب این کتاب باید به آن جواب بدهد.



شکل (۸-۱) یک زیرساخت فرضی برای پیاده‌سازی WAN در ایران

## ۴-۳) شبکه‌های بی‌سیم - Wireless-

امروزه کامپیوترهای قابل حمل<sup>۱</sup> (مثل کامپیوترهای کیفی یا کامپیوترهای قابل نصب در خودرو) رشدی چشمگیر داشته و به وفور از آن استفاده می‌شود. برای ایجاد شبکه‌ای که در آن برخی از ایستگاهها متحرک هستند، هیچ راه‌حلی برای انتقال داده‌ها مگر استفاده از کانالهای انتقال رادیویی باقی نمی‌ماند. انگیزه‌های دیگری نیز وجود دارند که حتی برای شبکه‌های غیرمتحرک از کانالهای رادیویی استفاده شود؛ مثلاً در محیطهایی همانند بیمارستان، موزه و ساختمانهای قدیمی که کابل‌کشی در آنها مقرون به صرفه یا عقلانی نیست، شبکه‌های بی‌سیم جایگاه ویژه‌ای خواهند داشت. در مجموع بدلیل عدم نیاز به کابل‌کشی، نصب و راه‌اندازی این نوع شبکه ساده است ولی هزینه بالاتری نسبت به شبکه‌های مبتنی بر کابل‌های مسی خواهد داشت.

در شبکه‌های بی‌سیم بدلیل استفاده از کانالهای رادیویی اولاً نرخ ارسال و دریافت پایین است. ثانیاً نرخ خطا در این نوع شبکه‌ها نسبتاً بالاست. ثالثاً امنیت اطلاعات وجود ندارد چون براحتی می‌توان اطلاعات روی کانال را استراق سمع کرد. در مورد این شبکه نیز به اختصار در فصل بعد توضیح خواهیم داد.

## ۱۴) روشهای برقراری ارتباط دو ماشین در شبکه

روش برقراری ارتباط بین گیرنده و فرستنده را سوئیچینگ (راهگزینی) گویند. در یک شبکه (چه شبکه انتقال داده و چه شبکه انتقال صدا و تصویر) معمولاً گیرنده و فرستنده مستقیماً به هم متصل نیستند بلکه بین آنها یک زیرشبکه وسیع ارتباطی وجود دارد، که نقش برقراری ارتباط بین دو ماشین را برعهده دارد. از این شبکه ایستگاههای مختلفی برای ارتباط با یکدیگر استفاده می‌کنند. برای ایجاد یک ارتباط بین دو ماشین در یک شبکه، سه روش مختلف وجود دارد:

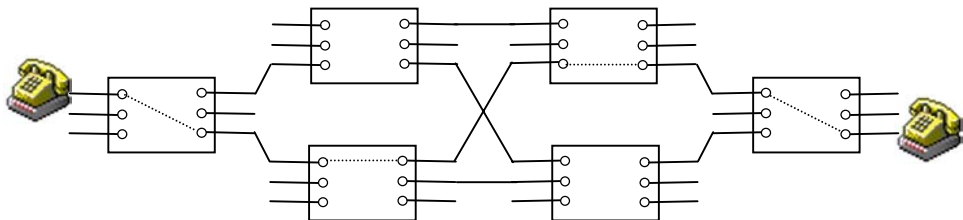
- ۱ سوئیچینگ مداري
- ۲ سوئیچینگ پیام
- ۳ سوئیچینگ بسته<sup>۴</sup> و سلول

<sup>۱</sup> Portable  
<sup>۲</sup> Circuit Switching  
<sup>۳</sup> Message Switching  
<sup>۴</sup> Packet Switching / Cell Switching

## ۱۴-۱ سوئیچینگ مدار

در این روش برای انتقال اطلاعات بین دو ماشین ابتدا یک اتصال فیزیکی بین مبدأ و مقصد برقرار می‌شود. (مهمترین مثال آن شبکه‌های تلفن است) در این روش خطوط ارتباطی گیرنده و فرستنده از نظر الکتریکی به یکدیگر متصل می‌شوند، به همین دلیل به این روش سوئیچینگ مدار می‌گویند. در زمانهایی که گیرنده یا فرستنده غیر فعالند (یعنی در زمان قطع ارتباط) هیچ گونه ارتباط فیزیکی بین آنها برقرار نیست و مدار اتصال-باز<sup>۱</sup> است. برای برقرار شدن یک ارتباط فیزیکی، مدت زمان قابل توجهی به عنوان زمان "برقراری و تنظیم ارتباط"<sup>۲</sup> صرف می‌شود تا ارتباط مدار برقرار شود. گاهی زمان برقراری ارتباط از چند ثانیه تا چند ده ثانیه طول خواهد کشید، که این زمان از دیدگاه شبکه کامپیوتری قابل قبول نیست و یک کامپیوتر می‌تواند در این زمان تلف شده چندین هزار بیت را منتقل کند، به همین دلیل حتی الامکان سعی می‌شود در شبکه‌های کامپیوتری از این روش استفاده نشود. در روش سوئیچ مدار اگر کانالی توسط گیرنده و فرستنده اشغال شود، برای هیچ ماشین دیگری مقدور نخواهد بود که با این دو ماشین ارتباط برقرار کند و باید تا آزاد شدن کانال، منتظر بمانند. منظور از برقراری یک ارتباط فیزیکی بین دو ماشین آنست که پس از برقراری ارتباط بین آنها، عملاً مسیری بین آنها ایجاد می‌شود که همانند یک کانال مستقیم، سیگنال منتشر شده از یک مبدأ، در مقصد دریافت می‌شود. (البته با تاخیر انتشار و مقداری نویز)

در شکل (۹-۱) شمای کلی سوئیچینگ مدار در سیستم تلفن به تصویر کشیده شده است. برای برقراری یک ارتباط، ابتدا مبدأ باید شماره‌گیری نماید. شماره‌گیری عملی است برای آنکه مراکز سوئیچ میانی، با وصل کردن سوئیچها، ارتباط بین مبدأ و مقصد را برقرار نمایند. (فرآیند شماره‌گیری چندین ثانیه طول می‌کشد). در این شکل مسیر نقطه‌چین سوئیچ‌هایی است که وصل شده و ارتباط مبدأ و مقصد را ایجاد کرده است.



شکل (۹-۱) شمای کلی سوئیچینگ مدار در سیستم تلفن

<sup>۱</sup> Open Circuit  
<sup>۲</sup> Setup

## ۱۴-۲ سوئیچینگ پیام

در روش سوئیچ پیام که صرفاً مختص انتقال داده‌های دیجیتال است، هر ایستگاه یک اتصال دائمی و "همیشه وصل" با مرکز سوئیچ خود دارد. مرکز سوئیچ یک کامپیوتر با تعداد زیادی پورت دیجیتال ورودی/خروجی است که دارای حافظه اصلی و حافظه جانبی می‌باشد. هر ایستگاه به محض آنکه تمایل به ارسال داشته باشد با اضافه کردن اطلاعات لازم به ابتدای داده‌ها، آنرا در قالب یک "پیام" تحویل مرکز سوئیچی که به آن متصل است می‌دهد؛ (خواه گیرنده پیام آماده و آزاد باشد و خواه مشغول). اطلاعاتی که به ابتدای پیام اضافه می‌شود شامل آدرس گیرنده و آدرس فرستنده پیام است و مرکز سوئیچ موظف است، پیام را کاملاً دریافت کرده و آنرا در حافظه خود ذخیره کند. سپس بر اساس آدرس گیرنده، کانال مناسب خروجی را برای آن انتخاب کرده و آنرا به سمت مرکز سوئیچ بعدی هدایت می‌کند تا نهایتاً با تکرار این روند، پیام به ایستگاه مقصد برسد. مرکز سوئیچ نهایی که به ایستگاه گیرنده متصل است پیامهای رسیده برای یک ایستگاه را بافر کرده و به ترتیب و بر حسب اولویت برای آن ایستگاه ارسال می‌نماید.

بر خلاف روش سوئیچ مدار، در این روش هیچ ایستگاهی مجبور نیست قبل از ارسال پیام، اقدام به برقراری یک مسیر فیزیکی نماید و به محض آماده شدن داده‌ها برای ارسال، آنها را به سوی مرکز سوئیچ متصل به آن، ارسال می‌کند و بنابراین زمان "تنظیم مسیر فیزیکی" که بسیار وقتگیر است، حذف خواهد شد. در ضمن کانال بین دو ایستگاه اشغال نخواهد شد و تمام ایستگاهها می‌توانند برای یکدیگر پیام بفرستند. اگر دو پیام از دو ایستگاه متفاوت برای یک ایستگاه واحد ارسال شود، پس از دریافت و نگهداری در حافظه مرکز سوئیچ، به ترتیب برای آن ایستگاه ارسال خواهد شد.

با توجه به نکات عنوان شده، روش سوئیچ پیام بسیار سریع و کارآمد است و اشغال کانال وجود نخواهد داشت، ولی این روش یک عیب اساسی دارد: "عدم محدودیت طول پیام". اگر هر مرکز سوئیچ موظف باشد پیامهای مربوط به ایستگاهها را کاملاً دریافت و سپس آنرا به سمت مسیری مناسب هدایت کند، بدون آنکه هیچ محدودیتی بر روی طول پیام وجود داشته باشد، اشکالات عمده زیر پدید می‌آید:

هر مرکز سوئیچ باید فضای حافظه بسیار زیادی داشته باشد تا وقتی با حجم انبوهی از پیامهای ایستگاهها مواجه می‌شود بتواند آنها را ذخیره کند و پیامها از دست نروند. حتی ممکن است بدلیل عدم محدودیت روی طول پیام، مرکز سوئیچ در لحظاتی با کمبود حافظه مواجه شده و مجبور شود از فضای حافظه جانبی (مثل دیسک سخت) استفاده کند که سرعت انتقال پیام را از مبدأ به مقصد، بشدت کاهش خواهد داد.

◀ در صورت بروز حتی یک بیت خرابی در پیام (ناشی از خطای کانال)، حجم بسیار زیادی از داده‌ها باید مجدداً ارسال شوند.

◀ چون هر مرکز سوئیچ موظف است کل پیام را دریافت کرده و سپس آنرا به کانال مناسب هدایت نماید، لذا تاخیر رسیدن پیام زیاد خواهد شد، چراکه اگر زمان دریافت یک پیام بزرگ  $t$  ثانیه باشد و در مسیر بین مبدأ و مقصد  $n$  مرکز سوئیچ واقع شده باشد، کل تاخیر معادل  $n.t$  ثانیه خواهد بود. برای پیامهای بزرگ این زمان بسیار زیاد خواهد شد، مثلاً اگر طول پیام، یک مگابایت باشد و زمان دریافت این پیام در هر مرکز سوئیچ جمعاً ۵ ثانیه باشد، برای گذر از ۱۰ مرکز سوئیچ در طول مسیر، ۵۰ ثانیه تاخیر ایجاد می‌شود که بسیار زیاد است و می‌توان آنرا کاهش داد. برای درک این مسئله به شکل (الف-۱۰-۱) دقت کنید. در این شکل فرض شده است که بین دو ایستگاه مراکز سوئیچ A، B، C و D وجود داشته باشد. فرستنده پیام آنرا تحویل A داده است و باید به نحو مناسبی به مرکز سوئیچ D تحویل داده شود. محور عمودی نشان دهنده زمان است.

### ۳-۱۴) سوئیچینگ بسته و سلول

مشکلات ناشی از عدم محدودیت طول پیام، باعث شد که در روشهای جدید بر روی اندازه پیام ارسالی محدودیت گذاشته شود و ایستگاه اجازه نداشته باشد در هر بار ارسال، کل یک پیام بزرگ را یکجا بفرستد، بلکه موظف است آنرا به قطعات کوچکتری به نام "بسته" تقسیم کرده و ضمن اضافه کردن اطلاعات لازم برای بازسازی اصل پیام به هر بسته، آنها را بطور جداگانه به مرکز سوئیچ ارسال کند. مثلاً ایستگاهی که تمایل دارد پیامی شامل یک مگابایت اطلاعات را برای یک ایستگاه دیگر بفرستد می‌تواند آنرا به هزار بسته تقسیم کرده و آنها را به صورت مستقل ارسال نماید. تمام ایستگاهها موظفند از مکانیزم شماره‌گذاری بسته‌ها تبعیت کنند تا امکان بازسازی اصل پیام وجود داشته باشد.

مجموع تاخیر در روش سوئیچ بسته کمتر از روش سوئیچ پیام خواهد بود؛ برای مقایسه تاخیر، به شکل (ب-۱۰-۱) دقت کنید. در این شکل فرض شده است پیامی که در شکل (الف-۱۰-۱) به روش سوئیچ پیام، بصورت یکجا ارسال شده در قالب سه بسته مجزا ارسال شود. چون مراکز سوئیچ پس از دریافت کامل یک بسته قادرند بطور همزمان ضمن ادامه دریافت بسته‌های بعدی، بسته فعلی را روی کانال مناسب هدایت کنند، لذا بگونه‌ای که در

شکل نشان داده شده، به دلیل "روی هم افتادگی"<sup>۱</sup> زمانهائی که مرکز سوئیچ باید معطل بماند تا بسته بعدی دریافت شود، تاخیر کل کاهش چشمگیری داشته است.

در این روش با توجه به محدود بودن طول هر بسته، اولاً فضای حافظه مورد نیاز برای هر مرکز سوئیچ قابل تخمین و قابل تأمین خواهد بود. ثانیاً در صورت بروز خرابی در یک بسته فقط بخش ناچیزی از کل پیام خراب شده و ارسال مجدد خواهد شد.

در مراکز سوئیچ مدرن که با سرعت بسیار بالا عمل می‌کنند، طول بسته‌ها ثابت و بسیار کوچک است؛ در سوئیچ‌های ATM هر بسته دقیقاً ۵۳ بایت است که از این ۵۳ بایت، ۴۸ بایت داده و ۵ بایت سرآیند<sup>۲</sup> محسوب می‌شود. به دلیل اندازه کوچک و ثابت این بسته‌ها به آنها سلول گفته می‌شود. کوچک بودن اندازه سلول، مرکز سوئیچ را قادر می‌سازد تا بتواند به سرعت عمل هدایت بسته از یک ورودی به یک خروجی مناسب را انجام بدهد. دقت کنید که در این روش نرخ ارسال و دریافت بسیار بالا و نرخ خرابی سلولها بسیار پایین است و معمولاً از فیبرهای نوری استفاده می‌شود. (مثلاً سوئیچ‌های ATM با نرخ ارسال 155.52 Mbps و 622.08 Mbps در دسترس است. نرخ خرابی سلول در این سوئیچها حدود 10<sup>-12</sup> است).

به گونه‌ای که در بخشهای قبلی اشاره شد مراکز سوئیچ بسته یا سلول، اصطلاحاً از قاعده "دریافت، ذخیره و هدایت به جلو"<sup>۳</sup> پیروی می‌کنند، بدین معنا که وقتی یک بسته در ورودی یک مسیریاب دریافت می‌شود، بطور کامل در حافظه مرکز سوئیچ یا مسیریاب ذخیره می‌گردد تا یک خط مناسب و آزاد برای طی مسیر آن پیدا شود؛ سپس آن بسته روی آن خط ارسال می‌شود. به مراکز سوئیچ بسته معمولاً "مسیریاب" گفته می‌شود در حالی که به مراکز سوئیچ سلول به اختصار "سوئیچ" می‌گویند. (مثل سوئیچهای ATM یا MPLS که در ستون فقرات شبکه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد)

هرچند ممکن است بسیاری از کاربران شبکه WAN برای اتصال به مراکز سرویس‌دهنده شبکه<sup>۴</sup>، از خطوط تلفن که به روش سوئیچ مدار عمل می‌کنند و در عین حال کم ظرفیت هستند، استفاده نمایند ولیکن برای اتصال شبکه‌ها به یکدیگر، این روش بهیچوجه قابل قبول نبوده و باید از روشهای سوئیچ بسته یا سلول استفاده

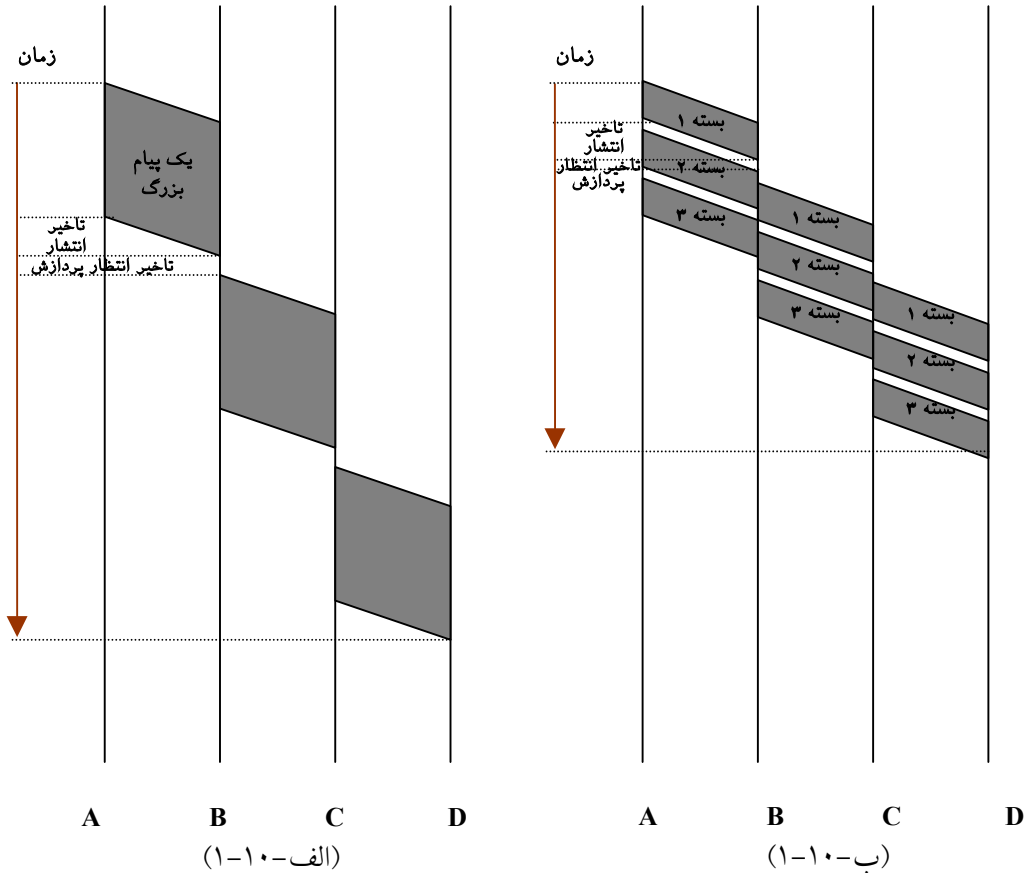
<sup>۱</sup> Time Overlap

<sup>۲</sup> Header

<sup>۳</sup> Store & Forward

<sup>۴</sup> Network Service Provider

شود. از همان روزهای ابتدایی ظهور شبکه‌های WAN (مثل شبکه ARPANET در ابتدای دهه هفتاد میلادی) از روشهای سوئیچ بسته استفاده می‌شد.



شکل (۱-۱۰) زمانبندی تاخیر در روشهای سوئیچینگ پیام و بسته

## ۵) طراحی شبکه‌ها و اصول لایه‌بندی

برای طراحی یک شبکه کامپیوتری، مسائل و مشکلات بسیار گسترده و متنوعی وجود دارد که باید به نحوی حل شود تا بتوان یک ارتباط مطمئن و قابل اعتماد بین دو ماشین در شبکه برقرار کرد. این مسائل و مشکلات همگی از یک سنخ نیستند و منشأ و راه‌حل مشابه نیز ندارند و بخشی از آنها توسط سخت‌افزار و بخش دیگر با تکنیکهای نرم‌افزاری قابل حل هستند. به عنوان مثال نیاز برای ارتباط بی‌سیم بین چند ایستگاه در شبکه، طراح شبکه را مجبور به استفاده از مدولاسیون آنالوگ در سخت‌افزار مخابراتی خواهد کرد ولی مسئله هماهنگی در ارسال بسته‌ها از مبدأ به مقصد یا شماره‌گذاری بسته‌ها برای بازسازی پیام و اطمینان از رسیدن یک بسته، با استفاده از تکنیکهای نرم‌افزاری قابل حل است. به همین دلیل برای طراحی شبکه‌های کامپیوتری، باید مسائل و مشکلاتی که برای برقراری یک ارتباط مطمئن، ساده و شفاف بین دو ماشین در شبکه وجود دارد، دسته‌بندی شده و راه‌حلهای استاندارد برای آنها ارائه می‌شود. در زیر بخشی از مسائل طراحی شبکه‌ها عنوان شده است:

◀ اولین موضوع چگونگی ارسال و دریافت بیت‌های اطلاعات بصورت یک سیگنال الکتریکی، الکترومغناطیسی یا نوری است، بسته به اینکه آیا کانال انتقال سیم مسی، فیبر نوری، کانال ماهواره‌ای یا خطوط مایکروویو است. بنابراین تبدیل بیتها به یک سیگنال متناسب با کانال انتقال یکی از مسائل اولیه شبکه به شمار می‌رود.

◀ مساله دوم ماهیت انتقال است که می‌تواند به یکی از سه صورت زیر باشد:

- ◆ **Simplex**: ارتباط یکطرفه (یک طرف همیشه گیرنده و طرف دیگر همیشه فرستنده).
- ◆ **Half Duplex**: ارتباط دوطرفه غیرهمزمان (هر دو ماشین هم می‌توانند فرستنده یا گیرنده باشند ولی نه بصورت همزمان، بلکه یکی از طرفین ابتدا ارسال می‌کند، سپس ساکت می‌شود تا طرف مقابل ارسال داشته باشد)
- ◆ **Full Duplex**: ارتباط دوطرفه همزمان (مانند خطوط مایکروویو)

◀ مساله سوم مسئله خطا و وجود نویز روی کانالهای ارتباطی است بدین معنا که ممکن است در حین ارسال داده‌ها بر روی کانال فیزیکی تعدادی از بیتها دچار خرابی شود؛ چنین وضعیتی که قابل اجتناب نیست باید تشخیص داده شده و داده‌های فاقد اعتبار دور ریخته شود مبدأ آنها را از نو ارسال کند.

◀ با توجه به اینکه در شبکه‌ها ممکن است مسیرهای گوناگونی بین مبدأ و مقصد وجود داشته باشد؛ بنابراین پیدا کردن بهترین مسیر و هدایت بسته‌ها، از مسائل طراحی شبکه



محسوب می‌شود. در ضمن ممکن است یک پیام بزرگ به واحدهای کوچکتری تقسیم شده و از مسیرهای مختلفی به مقصد برسد بنابراین بازسازی پیام از دیگر مسائل شبکه به شمار می‌آید.

◀ ممکن است گیرنده به دلایلی نتواند با سرعتی که فرستنده بسته‌های یک پیام را ارسال می‌کند آنها را دریافت کند، بنابراین طراحی مکانیزمهای حفظ هماهنگی بین مبدأ و مقصد از دیگر مسائل شبکه است.

◀ چون ماشینهای فرستنده و گیرنده متعددی در یک شبکه وجود دارد مسائلی مثل ازدحام، تداخل و تصادم در شبکه‌ها بوجود می‌آید که این مشکلات به همراه مسائل دیگر باید در سخت‌افزار و نرم‌افزار شبکه حل شود.

طراح یک شبکه باید تمام مسائل شبکه را تجزیه و تحلیل کرده و برای آنها راه حل ارائه کند ولی چون این مسائل دارای ماهیتی متفاوت از یکدیگر هستند، بنابراین طراحی یک شبکه باید بصورت "لایه به لایه" انجام شود. به عنوان مثال وقتی قرار است یک شبکه به گونه‌ای طراحی شود که ایستگاهها بتوانند انتقال فایل داشته باشند، اولین مسئله‌ای که طراح باید به آن بیندیشد طراحی یک سخت‌افزار مخابراتی برای ارسال و دریافت بیتها روی کانال فیزیکی است. اگر چنین سخت‌افزاری طراحی شود، می‌تواند بر اساس آن اقدام به حل مسئله خطاهای احتمالی در داده‌ها نماید؛ یعنی زمانی مکانیزمهای کنترل و کشف خطا مطرح می‌شود که قبل از آن سخت‌افزار مخابراتی داده‌ها طراحی شده باشد. بعد از این دو مرحله طراحی، باید مکانیزمهای بسته‌بندی اطلاعات، آدرس‌دهی ماشینها و مسیریابی بسته‌ها طراحی شود. سپس برای بقیه مسائل نظیر آدرس‌دهی پروسه‌ها و چگونگی انتقال فایل راه حل ارائه شود.

طراحی لایه‌ای شبکه به منظور تفکیک مسائلی است که باید توسط طراح حل شود و مبتنی بر اصول زیر است<sup>۱</sup>:

- ♦ هر لایه وظیفه مشخصی دارد و طراح شبکه باید آنها را به دقت تشریح کند.
- ♦ هرگاه سرویسهایی که باید ارائه شود از نظر ماهیتی متفاوت باشد، باید لایه به لایه و جداگانه طراحی شود.
- ♦ وظیفه هر لایه باید با توجه به قراردادهای استانداردهای جهانی مشخص شود.

<sup>۱</sup> طراحی لایه‌ای شبکه را می‌توان با برنامه‌نویسی ماژولار مقایسه کرد، بدین نحو که روالهای حل یک مسئله به اجزای کوچکتری شکسته می‌شود و برای آن زیربرنامه نوشته می‌شود. در توابع صدازننده این زیربرنامه‌ها، جزئیات درونی آنها اهمیت ندارد بلکه فقط نحوه صدازدن آنها و پارامترهای مورد نیاز ورودی به زیربرنامه و چگونگی برگشت نتیجه به صدازننده، مهم است.

- ♦ تعداد لایه‌ها نباید آنقدر زیاد باشد که تمایز لایه‌ها از دیدگاه سرویسهای ارائه شده نامشخص باشد و نه آنقدر کم باشد، که وظیفه و خدمات یک لایه، پیچیده و نامشخص شود.
- ♦ در هر لایه جزئیات لایه‌های زیرین نادیده گرفته می‌شود و لایه‌های بالایی باید در یک روال ساده و ماجولار از خدمات لایه زیرین خود استفاده کنند.
- ♦ باید مرزهای هر لایه به گونه‌ای انتخاب شود که جریان اطلاعات بین لایه‌ها، حداقل باشد.

برای آنکه طراحی شبکه‌ها سلیقه‌ای و پیچیده نشود سازمان جهانی استاندارد<sup>۱</sup> -ISO-، مدلی هفت لایه‌ای برای شبکه ارائه کرد، به گونه‌ای که وظائف و خدمات شبکه در هفت لایه مجزا تعریف و ارائه می‌شود. این مدل هفت لایه‌ای،<sup>۲</sup> OSI نام گرفت. هر چند در شبکه اینترنت از این مدل استفاده نمی‌شود و بجای آن یک مدل چهار لایه‌ای به نام TCP/IP تعریف شده است، ولیکن بررسی مدل هفت لایه‌ای OSI، بدلیل دقتی که در تفکیک و تبیین مسائل شبکه در آن وجود دارد، با ارزش خواهد بود. پس از بررسی مدل OSI، به تشریح مدل TCP/IP خواهیم پرداخت.

#### ۴) مدل هفت لایه‌ای OSI از سازمان استاندارد جهانی ISO

در این استاندارد کل وظائف و خدمات یک شبکه در هفت لایه تعریف شده است :

Physical Layer	لایه ۱ - لایه فیزیکی
Data link Layer	لایه ۲ - لایه پیوند داده‌ها
Network Layer	لایه ۳ - لایه شبکه
Transport Layer	لایه ۴ - لایه انتقال
Session Layer	لایه ۵ - لایه جلسه
Presentation Layer	لایه ۶ - لایه ارائه (نمایش)
Application Layer	لایه ۷ - لایه کاربرد

<sup>۱</sup> International Standard Organization  
<sup>۲</sup> Open System Interconnection

از لایه‌های پایین به بالا، سرویسهای ارائه شده (با تکیه بر سرویسی که لایه‌های زیرین ارائه می‌کنند) پیشرفته‌تر می‌شود.

این مدل به منظور تعریف یک استاندارد جهانی و فراگیر ارائه شد و گمان می‌رفت که تمام شبکه‌ها بر اساس این مدل در هفت لایه طراحی شوند، به گونه‌ای که در دهه هشتاد سازمان ملی علوم در آمریکا عنوان کرد که در آینده فقط از این استاندارد حمایت خواهد کرد، ولی در عمل، طراحان شبکه به این مدل وفادار نماندند. مثلاً شرکت ناول مدل پنج لایه‌ای خودش را بکار گرفت و در اینترنت مدل TCP/IP فراگیر شد. در اینجا به دلایل شکست مدل OSI نخواهیم پرداخت زیرا پاره‌ای از این عوامل از مسائل غیرعلمی (همانند انتشار رایگان اصل برنامه‌های TCP/IP توسط دانشگاه برکلی) نشأت می‌گیرد و محل بحث و مناقشه است. در مجموع این مدل، مرجع بسیار کامل و مناسبی برای بحث در درس دانشگاهی است. در ادامه به اختصار وظائف هر لایه در مدل OSI را تعریف خواهیم کرد.

#### ۱-۴) لایه فیزیکی

وظیفه اصلی در لایه فیزیکی، انتقال بیتها بصورت سیگنال الکتریکی و ارسال آن بر روی کانال می‌باشد. واحد اطلاعات در این لایه بیت است و بنابراین این لایه هیچ اطلاعی از محتوای پیام ندارد و تنها بیتهای ۰ و ۱ را ارسال یا دریافت می‌کند. پارامترهایی که باید در این لایه مورد نظر باشند عبارتند از:

- ♦ ظرفیت کانال فیزیکی و نرخ ارسال<sup>۱</sup>
- ♦ نوع مدولاسیون
- ♦ چگونگی کوپلاژ با خط انتقال
- ♦ مسائل مکانیکی و الکتریکی مانند نوع کابل، باند فرکانسی و نوع رابط (کانکتور) کابل.

در این لایه که تماماً سخت‌افزاری است، مسائل مخابراتی در مبادله بیتها، تجزیه و تحلیل شده و طراحی‌های لازم انجام می‌شود. طراح شبکه می‌تواند برای طراحی این لایه، از استانداردهای شناخته شده انتقال همانند RS-232 و RS-422 و RS-423 و ... که سخت‌افزار آنها موجود است، استفاده کند. این لایه هیچ وظیفه‌ای در مورد تشخیص و ترمیم خط ندارد.

<sup>۱</sup> Channel Capacity and Bit Rate

**۶-۶) لایه پیوند داده‌ها**

وظیفه این لایه آن است که با استفاده از مکانیزمهای کشف و کنترل خطا، داده‌ها را روی یک کانال انتقال که ذاتاً دارای خطا است، بدون خطا و مطمئن به مقصد برساند. در حقیقت می‌توان وظیفه این لایه را بیمه اطلاعات در مقابل خطاهای احتمالی دانست؛ زیرا ماهیت خطا به گونه‌ای است که قابل رفع نیست ولی می‌توان تدابیری اتخاذ کرد که فرستنده از رسیدن یا نرسیدن صحیح اطلاعات به مقصد مطلع شده و در صورت بروز خطا مجدداً اقدام به ارسال اطلاعات کند؛ با چنین مکانیزمی یک کانال دارای خطا به یک خط مطمئن و بدون خطا تبدیل خواهد شد.

یکی دیگر از وظائف لایه پیوند داده‌ها آن است که اطلاعات ارسالی از لایه بالاتر را به واحدهای استاندارد و کوچکتری شکسته و ابتدا و انتهای آن را از طریق نشانه‌های خاصی که Delimiter نامیده می‌شود، مشخص نماید. این قالب استاندارد که ابتدا و انتهای آن دقیقاً مشخص شده، فریم نامیده می‌شود؛ یعنی واحد اطلاعات در لایه دوم فریم است.

کشف خطا که از وظایف این لایه می‌باشد می‌تواند از طریق اضافه کردن بیت‌های کنترل خطا مثل بیت‌های Parity Check و Checksum و CRC انجام شود.

یکی دیگر از وظایف لایه دوم کنترل جریان یا به عبارت دیگر تنظیم جریان ارسال فریم‌ها به گونه‌ای است که یک دستگاه کند هیچ گونه فریمی را به خاطر آهسته بودن از دست ندهد. یکی دیگر از وظایف این لایه آن است که وصول داده‌ها یا عدم رسید داده‌ها را به فرستنده اعلام کند.

در بخش‌های قبل اشاره کردیم که بسیاری از شبکه‌ها از کانال اشتراکی استفاده می‌کنند و ارسال همزمان دو ایستگاه منجر به تصادم (اختلاط سیگنال انتقال) و خرابی داده‌ها خواهد شد. یکی دیگر از وظایف این لایه آن است که قراردادهایی را برای جلوگیری از تصادم سیگنال ایستگاههایی که از کانال اشتراکی استفاده می‌کنند، وضع کند چراکه فرمان ارسال داده بر روی کانال مشترک از لایه دوم صادر می‌شود. این قراردادها در زیرلایه‌ای به نام MAS<sup>۱</sup> تعریف شده است.

وقتی یک واحد اطلاعاتی تحویل یک ماشین متصل به کانال فیزیکی در شبکه شد، وظیفه این لایه پایان می‌یابد. از دیدگاه این لایه، ماشینهایی که به کانال فیزیکی متصل نمی‌باشند، در دسترس نیستند. کنترل سخت‌افزار لایه فیزیکی به عهده این لایه است.

فراموش نکنید که وظایف این لایه نیز با استفاده از سخت‌افزارهای دیجیتال انجام می‌شود.

<sup>۱</sup> Medium Access Sublayer

## ۳-۶) لایه شبکه

در این لایه اطلاعات به صورت بسته‌هایی سازماندهی می‌شود و برای انتقال مطمئن تحویل لایه دوم می‌شود. با توجه به آنکه ممکن است بین دو ماشین در شبکه مسیرهای گوناگونی وجود داشته باشد، لذا این لایه وظیفه دارد هر بسته اطلاعاتی را پس از دریافت به مسیری هدایت کند تا آن بسته بتواند به مقصد برسد. در این لایه باید تدابیری اندیشیده شود تا از ازدحام (یعنی ترافیک بیش از اندازه بسته‌ها در یک مسیر یا مرکز سوئیچ) جلوگیری شده و از ایجاد بن‌بست ممانعت بعمل بیآورد.<sup>۱</sup>

هر مسیریاب می‌تواند به صورت ایستا و غیرهوشمند بسته‌ها را مسیریابی کند. همچنین می‌تواند به صورت پویا و هوشمند برای بسته‌ها مسیر انتخاب نماید. در این لایه تمام ماشینهای شبکه دارای یک آدرس جهانی و منحصر به فرد خواهند بود که هر ماشین بر اساس این آدرسها اقدام به هدایت بسته‌ها به سمت مقصد خواهد کرد.

این لایه ذاتاً "بدون اتصال"<sup>۲</sup> است یعنی پس از تولید یک بسته اطلاعاتی در مبدأ، بدون هیچ تضمینی در رسیدن آن بسته به مقصد، بسته شروع به طی مسیر در شبکه می‌کند. وظائف این لایه به سیستم نامه‌رسانی تشبیه شده است؛ یک پاکت محتوی نامه پس از آنکه مشخصات لازم بر روی آن درج شد، به صندوق پست انداخته می‌شود، بدون آنکه بتوان زمان دقیق رسیدن نامه و وجود گیرنده نامه را در مقصد، از قبل حدس زد. در ضمن ممکن است نامه به هر دلیلی گم شود یا به اشتباه در راهی بیفتد که مدتها در مسیر بماند و زمانی به گیرنده آن برسد که هیچ ارزشی نداشته باشد.

در این لایه تضمینی وجود ندارد وقتی بسته ای برای یک ماشین مقصد ارسال می‌شود آن ماشین آماده دریافت آن بسته باشد و بتواند آنرا دریافت کند. در ضمن هیچ تضمینی وجود ندارد وقتی چند بسته متوالی برای یک ماشین ارسال می‌شود به همان ترتیبی که بر روی شبکه ارسال شده، در مقصد دریافت شوند. همچنین ممکن است که وقتی بسته‌ای برای یک مقصد ارسال می‌گردد، به دلیل دیر رسیدن از اعتبار ساقط شده و مجدداً ارسال شود و هر دو بسته (جدید و قدیم) با هم برسند. این مسائل در لایه بالاتر قابل حل خواهد بود.

هر چند وظائف این لایه می‌تواند بصورت نرم‌افزاری پیاده شود ولی برای بالاتر رفتن سرعت عمل شبکه، می‌توان برای این لایه یک کامپیوتر خاص طراحی نمود تا در کنار سخت‌افزار لایه‌های زیرین، بسته‌ها را روی شبکه رد و بدل کند.

<sup>۱</sup> این اصطلاحات در فصول آتی تشریح خواهد شد.

<sup>۲</sup> Connectionless

**۴-۶) لایه انتقال**

در این لایه بر اساس خدمات لایه زیرین، یک سرویس انتقال بسیار مطمئن و "اتصال‌گرا"<sup>۱</sup> ارائه می‌شود. تمام مشکلاتی که در لایه شبکه عنوان شد در این لایه حل و فصل می‌شود:

- ◆ قبل از ارسال بسته‌ها، نرم‌افزار این لایه اقدام به ارسال یک بسته ویژه می‌نماید تا مطمئن شود که ماشین گیرنده آماده دریافت اطلاعات است.
- ◆ جریان ارسال اطلاعات شماره‌گذاری شده تا هیچ بسته‌ای گم نشود یا دو بار دریافت نشود.
- ◆ ترتیب جریان بسته‌ها حفظ می‌شود.
- ◆ در این لایه پروسه‌های مختلفی که بر روی یک ماشین واحد اجرا شده‌اند، آدرس‌دهی می‌شوند به نحوی که هر پروسه بر روی یک ماشین واحد، به عنوان یک هویت مستقل داده‌های خود را ارسال یا دریافت نماید.
- ◆ واحد اطلاعات در این لایه قطعه<sup>۲</sup> است. از وظائف دیگر این لایه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ◆ تقسیم پیامهای بزرگ به بسته‌های اطلاعاتی کوچکتر
- ◆ بازسازی بسته‌های اطلاعاتی و تشکیل یک پیام کامل
- ◆ شماره گذاری بسته‌های کوچکتر جهت بازسازی
- ◆ تعیین و تبیین مکانیزم نامگذاری ایستگاه‌هایی که در شبکه‌اند.

وظائف این لایه (و لایه های بعدی) با استفاده از نرم‌افزار پیاده‌سازی می‌شود و فقط بر روی ماشینهای نهایی (ماشینهای کاربران) وجود دارد و مراکز سوئیچ به وظائف این لایه احتیاجی ندارند (مگر در موارد خاص).

این لایه در فصلی مجزا بررسی خواهد شد.

**۴-۵) لایه جلسه**

وظیفه این لایه فراهم آوردن شرایط یک جلسه (نشست) همانند ورود به سیستم از راه دور<sup>۱</sup>، احراز هویت طرفین، نگهداری این نشست و توانایی از سرگیری یک نشست در هنگام قطع ارتباط می‌باشد.

<sup>۱</sup> Connection Oriented  
<sup>۲</sup> Segment

در این جا نیز واحد اطلاعات پیام است. وظایف این لایه را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

- ♦ برقراری و مدیریت یک جلسه
- ♦ شناسایی طرفین
- ♦ مشخص نمودن اعتبار پیامها
- ♦ اتمام جلسه
- ♦ حسابداری مشتری‌ها<sup>۲</sup>

#### ۴-۶) لایهٔ ارائه (نمایش)

در این لایه معمولاً کارهایی صورت می‌گیرد که اگرچه بنیادی و اساسی نیستند ولیکن به عنوان نیازهای عمومی تلقی می‌شوند. مثلاً:

- ♦ فشرده‌سازی فایل<sup>۳</sup>
- ♦ رمزنگاری<sup>۴</sup> برای ارسال داده‌های محرمانه
- ♦ رمزگشایی<sup>۵</sup>
- ♦ تبدیل کدها به یکدیگر وقتی که دو ماشین از استانداردهای مختلفی برای متن استفاده می‌کنند. (مثل تبدیل متون EBCDIC به ASCII و بالعکس)

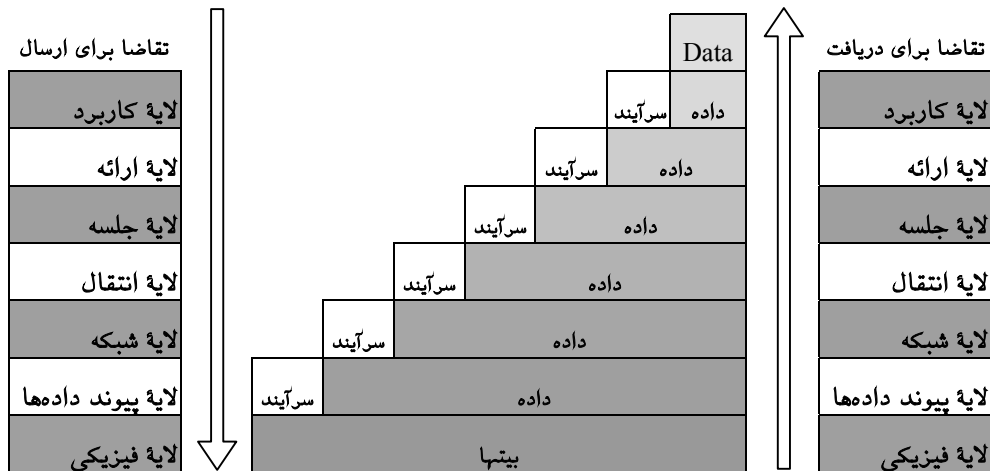
#### ۴-۷) لایهٔ کاربرد

در این لایه، استاندارد مبادلهٔ پیام بین نرم‌افزارهایی که در اختیار کاربر بوده و به نحوی با شبکه در ارتباطند، تعریف می‌شود. لایهٔ کاربرد شامل تعریف استانداردهایی نظیر انتقال نامه‌های الکترونیکی، انتقال مطمئن فایل، دسترسی به بانکهای اطلاعاتی راه دور، مدیریت شبکه و انتقال صفحات وب است.

در مدل لایه‌ای شبکه، وقتی یک برنامه کاربردی در لایهٔ آخر اقدام به ارسال یک واحد اطلاعات می‌نماید، سرآیند لازم به آن اضافه شده و از طریق صدا زدن توابع سیستمی استاندارد به لایهٔ زیرین تحویل داده می‌شود. لایهٔ زیر نیز پس از اضافه کردن سرآیند لازم، آنرا

<sup>۱</sup> Remote Login  
<sup>۲</sup> Accounting  
<sup>۳</sup> Data Compression  
<sup>۴</sup> Encryption  
<sup>۵</sup> Decryption

به لایه پایین تحویل می‌دهد و این روند تکرار می‌شود تا آن واحد اطلاعات روی کانال فیزیکی ارسال شود. در مقصد پس از دریافت یک واحد اطلاعات از روی خط فیزیکی، تحویل لایه بالاتر شده و در هر لایه پس از تحلیل و پردازش لازم، سرآیند اضافه شده را حذف و به لایه بالاتر تحویل می‌دهد. در شکل (۱-۱۱) روند حذف و اضافه شدن سرآیند در هر لایه به تصویر کشیده شده است.



شکل (۱-۱۱) روند حذف و اضافه شدن سرآیند در هر لایه

## ۷) مدل چهار لایه‌ای TCP/IP

مدل TCP/IP زاده جنگ سرد در دهه شصت بود. در اواخر دهه شصت، آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقاتی دولت ایالات متحده (ARPA<sup>۱</sup>) با بودجه دولتی، تصمیم به پیاده‌سازی یک شبکه WAN در نه ایالت آمریکا گرفت. این شبکه صرفاً اهداف نظامی را دنبال می‌کرد و در عرض دو سال پیاده‌سازی و نصب شد. برای اولین بار روش "سوئیچ بسته" در این شبکه معرفی شد و موفقیت این شبکه مراکز تحقیقاتی مختلف را بر آن داشت تا شروع به کار

<sup>۱</sup> Advanced Research Project Agency



مشترک برای توسعهٔ تکنولوژی شبکه نمایند. کمیتهٔ ARPA که به ICCB<sup>۱</sup> مشهور شد روز به روز شهرت یافت و رشد کرد. این کمیته با همکاری بقیهٔ آژانسهای تحقیقاتی، کار مشترک تبدیل تکنولوژی ARPA به یک پروتکل شبکه‌ای استاندارد به نام TCP/IP<sup>۲</sup> را شروع کردند. در اوایل دههٔ هشتاد محیط‌های دانشگاهی نیز از TCP/IP حمایت کردند. دانشگاه برکلی در کالیفرنیا در نسخهٔ یونیکس خود که رایگان بود، پروتکل TCP/IP را پیاده‌سازی و ارائه کرد. رایگان بودن این سیستم عامل بسیار قدرتمند باعث شد تا دانشکده‌های علوم کامپیوتری به سرعت با TCP/IP آشنا شده و ضمن پیاده‌سازی شبکه‌های مبتنی بر آن، از این مدل حمایت نمایند. شاید بزرگترین عامل توسعه و رشد TCP/IP همین کار دانشگاه برکلی در ارائهٔ رایگان TCP/IP بر روی یونیکس بود.

در سال ۱۹۸۳ کمیته ICCB بعنوان گروه طراحی اینترنت یا IAB<sup>۳</sup> به جهان معرفی شد. این کمیته یک سازمان مستقل برای طراحی استانداردها و ترویج تحقیقات در زمینهٔ تکنولوژی اینترنت است. کمیتهٔ IAB اکنون نیز وجود دارد و در دو قسمت فعالیت می‌کند:

- ◆ گروه IETF<sup>۴</sup>: موارد فنی و مشکلات استانداردها و تکنولوژی بکار گرفته شده در شبکهٔ اینترنت را بررسی و حل می‌کند و جزئیات پروتکل‌های فعلی را در اختیار عموم قرار می‌دهد.
- ◆ گروه IRTF<sup>۵</sup>: کار تحقیقات به منظور بهبود و ارتقاء اینترنت را بر عهده دارد.

موفقیت IAB در اواسط دههٔ هشتاد سرمایه‌ها را به سمت شبکه سوق داد. سازمان ملی علوم آمریکا تصمیم به سرمایه‌گذاری برای راه‌اندازی یک ستون فقرات در آمریکا گرفت که NSFNET نامیده شد. با پیاده‌سازی موفق این ستون فقرات، اینترنت باز هم رشد کرد و باز هم سرمایه‌ها را به سمت خود کشید و مرزهای آمریکا را در نوردید و به یک پدیدهٔ جهانی تبدیل شد.

مدیریت روزانه و پشتیبانی فنی شبکهٔ اینترنت، توسط مرکزی در آمریکا به نام INTERNIC<sup>۶</sup> انجام می‌شود. این مرکز مدیریت سطح بالای شبکه، ثبت اسامی نمادین در اینترنت و ثبت کلاسهای آدرس یکتا را برعهده دارد. شکل (۱۲-۱) سایت

<sup>۱</sup> Internet Control and Configuration Board

<sup>۲</sup> Transport Control Protocol/Internet Protocol

<sup>۳</sup> Internet Architecture Board

<sup>۴</sup> Internet Engineering Task Force

<sup>۵</sup> Internet Research Task Force

<sup>۶</sup> Internet Network Information Center

INTERNIC را در اینترنت نشان می‌دهد. این مرکز، استانداردهای اینترنت و تکنولوژیهای مرتبط با آن را که مورد تایید IAB است، تحت مستندات دقیق و کاملی به نام RFC<sup>۱</sup> به دنیا عرضه می‌کند. برخی از این مستندات خود به اندازه یک کتاب، مفصل است. سایت اصلی ارائه کننده این مستندات INTERNIC است ولی سایتهای مختلفی در دنیا موجودند که نسخه‌ای از این مستندات را در اختیار دارند؛ به عنوان مثال می‌توانید از سایت زیر در دانشگاه اوهایو استفاده کنید:

<http://www.cis.ohio-state.edu/hypertext/information/rfc.html>

امروزه TCP/IP به عنوان محبوبترین پروتکل شبکه در تمام سیستمهای عامل حمایت می‌شود و با تمام نقایصی که دارد حتی در پیاده‌سازی اینترنتهایی که حتی به اینترنت متصل نیستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل (۱-۱۲) سایت INTERNIC در اینترنت

<sup>۱</sup> Request For Comment

### ۷-۱) مولفه‌های TCP/IP

عاملی که تمامی شبکه‌های مختلف دنیا را به صورت موفقیت‌آمیز به هم پیوند زده است، تبعیت همه آنها از مجموعه پروتکلی است که تحت عنوان TCP/IP در دنیا شناخته می‌شود. دقت کنید که عبارت خلاصه شده TCP/IP می‌تواند به دو موضوع متفاوت اشاره داشته باشد:

◀ **مدل TCP/IP<sup>۱</sup>**: این مدل یک ساختار چهار لایه‌ای برای ارتباطات گسترده تعریف می‌نماید که آنرا در ادامه تشریح می‌کنیم.

◀ **پشته پروتکل‌های TCP/IP<sup>۲</sup>**: پشته TCP/IP مجموعه‌ای شامل بیش از صد پروتکل متفاوت است که برای سازماندهی کلیه اجزاء شبکه اینترنت به کار می‌رود. در این کتاب تعدادی از این پروتکلها را که عمومیت و استفاده فراگیر دارند، معرفی می‌کنیم.

نکته ای که بایستی در اینجا ذکر کرد آنست که برخی از اصطلاحات در مدل TCP/IP نسبت به آنچه که در مدل OSI (هفت لایه‌ای) مطرح می‌شود، متفاوت است و این موضوعی است که نباید شما را به اشتباه بیندازد. بعنوان مثال اگر در مدل TCP/IP به دیتاگرام اشاره شد، به یک واحد (بسته) از اطلاعات اطلاق می‌شود که آیتم و داده‌های لازم برای مسیریابی روی شبکه به آن اضافه شده است. به مرور با فرهنگ اصطلاحات و اختصارات مهندسی اینترنت آشنا می‌شویم و یک لغت نامه کوچک فراهم می‌کنیم.

### ۷-۲) مدل TCP/IP

همانگونه که اشاره شد این مدل یک ساختار چهار لایه‌ای برای شبکه عرضه کرده است. شکل (۱۳-۱) این مدل را به تصویر کشیده است. اگر بخواهیم این مدل چهار لایه‌ای را با مدل OSI مقایسه کنیم، لایه اول از مدل TCP/IP یعنی لایه دسترسی به شبکه تلفیقی از وظائف لایه فیزیکی و لایه پیوند داده‌ها از مدل OSI خواهد بود. لایه دوم از مدل TCP/IP معادل لایه سوم از مدل OSI یعنی لایه شبکه است. لایه سوم از مدل TCP/IP همانم و معادل با لایه چهارم از مدل OSI یعنی لایه انتقال خواهد بود.

<sup>۱</sup> TCP/IP Model

<sup>۲</sup> TCP/IP Protocol Stack

نامهای معادل در برخی از کتب	لایه‌ها
لایه سرویسهای کاربردی	Application layer لایه کاربرد
لایه ارتباط میزبان به میزبان (Host to Host)	Transport layer لایه انتقال
لایه اینترنت لایه ارتباطات اینترنت	Network layer لایه شبکه
لایه میزبان به شبکه (Host to network) لایه رابط شبکه	Network Interface لایه دسترسی به شبکه

شکل (۱-۱۳) مدل چهار لایه‌ای TCP/IP

لایه پنجم (جلسه) و لایه ششم (ارائه) از مدل OSI در مدل TCP/IP وجود ندارند و وظائف آنها در صورت لزوم در لایه چهارم از مدل TCP/IP ادغام شده است. لایه هفتم از مدل OSI معادل بخشی از لایه چهارم از مدل TCP/IP است. در شکل (۱-۱۴) دو مدل OSI و TCP/IP با هم مقایسه شده‌اند. در ادامه چهار لایه مدل TCP/IP را بررسی خواهیم کرد.

لایه کاربرد	لایه کاربرد
لایه ارائه	لایه انتقال
لایه جلسه	لایه شبکه
لایه انتقال	لایه دسترسی به شبکه
لایه شبکه	
لایه پیوند داده‌ها	
لایه فیزیکی	

شکل (۱-۱۴) مقایسه دو مدل OSI و TCP/IP

## ۳-۷) لایه اول از مدل TCP/IP : لایه واسط شبکه

در این لایه استانداردهای سخت‌افزار، نرم افزارهای راه‌انداز<sup>۱</sup> و پروتکل‌های شبکه تعریف می‌شود. این لایه درگیر با مسائل فیزیکی، الکتریکی و مخابراتی کانال انتقال، نوع کارت شبکه و راه‌اندازهای لازم برای نصب کارت شبکه می‌باشد. در شبکه اینترنت که می‌تواند مجموعه‌ای از عناصر غیر همگن و نامشابه را به هم پیوند بزند انعطاف لازم در این لایه برای شبکه‌های گوناگون و ماشینهای میزبان فراهم شده است. یعنی الزام ویژه‌ای در بکارگیری سخت‌افزار ارتباطی خاص، در این لایه وجود ندارد. ایستگاهی که تصمیم دارد به اینترنت متصل شود بایستی با استفاده از پروتکل‌های متعدد و معتبر و نرم‌افزار راه‌انداز مناسب، به نحوی داده‌های خودش را به شبکه تزریق کند. بنابراین اصرار و اجبار خاصی در استفاده از یک استاندارد خاص در این لایه وجود ندارد. تمام پروتکل‌های LAN و MAN در این لایه قابل استفاده است. در فصل بعدی ضمن معرفی مختصر پروتکل‌های شناخته شده LAN، دو پروتکل مهم به نامهای PPP و SLIP را که برای ارسال بسته‌های اطلاعاتی روی خطوط نقطه به نقطه سریال کاربرد دارد و حالت سنکرون و آسنکرون را پشتیبانی می‌کند، معرفی می‌کنیم. کاربران اینترنت به خوبی از وجود چنین پروتکل‌هایی مطلعند و میلیونها نفر در جهان که از خطوط تلفنی<sup>۲</sup> برای اتصال به شبکه اینترنت بهره می‌گیرند، از پروتکل PPP (یا در فرم ساده‌تر SLIP) استفاده می‌کنند.

یک ماشین میزبان می‌تواند از طریق شبکه محلی، فریم‌های اطلاعاتی را به زیرشبکه تزریق کند به این نحو که بسته‌های راه دور<sup>۳</sup> را که مقصدشان خارج از شبکه محلی است، به مسیریاب از پیش تعریف شده، هدایت نماید. شبکه‌های محلی از طریق یک یا چند مسیریاب می‌توانند به اینترنت متصل شوند. بنابراین یک بسته اطلاعاتی که از لایه بالاتر جهت ارسال به یک مقصد، به لایه اول در مدل TCP/IP تحویل می‌شود، نهایتاً در قسمت "فیلد داده"<sup>۴</sup> از فریم شبکه محلی قرار می‌گیرد و مسیر خود را آغاز می‌نماید؛ بنابراین باید با تمام "قالبهای فریم"<sup>۵</sup> از شبکه‌های محلی مهم مثل اترنت<sup>۶</sup>، شبکه حلقه (توکن رینگ)<sup>۷</sup> آشنا شویم. پروتکل‌هایی که

<sup>۱</sup> Device Driver

<sup>۲</sup> Dial up

<sup>۳</sup> Distant Packet

<sup>۴</sup> Data Field/Payload

<sup>۵</sup> Frame Format

<sup>۶</sup> Ethernet / IEEE 802.3

<sup>۷</sup> Token Ring / IEEE 802.5

در لایه اول از مدل TCP/IP تعریف می‌شوند، می‌توانند مبتنی بر ارسال رشته بیت<sup>۱</sup> یا مبتنی بر ارسال رشته بایت<sup>۲</sup> باشند.

#### ۴-۷) لایه دوم از مدل TCP/IP : لایه شبکه

این لایه در ساده ترین عبارت وظیفه دارد بسته های اطلاعاتی را که از این به بعد آنها را بسته های IP می‌نامیم، روی شبکه هدایت کرده و از مبدأ تا مقصد به پیش ببرد. در این لایه چندین پروتکل در کنار هم وظیفه مسیریابی و تحویل بسته های اطلاعاتی از مبدأ تا مقصد را انجام می دهند. کلیدی ترین پروتکل در این لایه، پروتکل IP نام دارد. برخی از پروتکل های مهم که یک سری وظائف جانبی برعهده دارند عبارتند از: ARP - RARP - RIP - ICMP - IGMP - BOOTP و ... این پروتکلها را به اختصار توضیح خواهیم داد ولی بیشترین تلاش ما در کالبدشناسی پروتکل IP خواهد بود.

همانگونه که اشاره شد در این لایه یک واحد اطلاعاتی که بایستی تحویل مقصد شود، دیتاگرام نامیده می شود. پروتکل IP می‌تواند یک دیتاگرام را در قالب بسته های کوچکتری قطعه قطعه کرده و پس از اضافه کردن اطلاعات لازم برای بازسازی، آنها را روی شبکه ارسال کند.

لازم است بدانید که در این لایه برقراری ارتباط بین مبدأ و مقصد بروش "بدون اتصال" خواهد بود و ارسال یک بسته IP روی شبکه، عبور از مسیر خاصی را تضمین نمی کند. یعنی اگر دو بسته متوالی برای یک مقصد یکسان ارسال شود هیچ تضمینی در به ترتیب رسیدن آنها وجود ندارد، چون این دو بسته می‌توانند از مسیرهای متفاوتی به سمت مقصد حرکت نمایند. در ضمن در این لایه پس از آنکه بسته ای روی یکی از کانالهای ارتباطی هدایت شد، از سالم رسیدن یا نرسیدن آن به مقصد هیچ اطلاعی بدست نخواهد آمد، چرا که در این لایه، برای بسته های IP هیچ گونه پیغام دریافت یا عدم دریافت<sup>۳</sup> بین عناصر واقع بر روی مسیر، رد و بدل نمی شود؛ بنابراین سرویسی که در این لایه ارائه می شود نامطمئن است و اگر به سرویسهای مطمئن و یا اتصال گرا نیاز باشد در لایه بالاتر این نیاز تامین خواهد شد.

<sup>۱</sup> در اینجا کوچکترین واحد اطلاعات که می‌تواند بطور مستقل ارسال شود یک بیت خواهد بود. Bit oriented  
<sup>۲</sup> در اینجا کوچکترین واحد اطلاعات که می‌تواند بطور مستقل ارسال شود یک بایت خواهد بود. Byte Oriented  
<sup>۳</sup> Ack/Nack

در این لایه مسیریابها بایستی از شرایط توپولوژیکی و ترافیکی شبکه اطلاعاتی را کسب نمایند تا مسیریابی بروش پویا انجام شود. همچنین در این لایه باید اطلاعاتی درباره مشکلات یا خطاهای احتمالی در ساختار زیرشبکه بین مسیریابها و ماشینهای میزبان، مبادله شود. یکی دیگر از وظائف این لایه ویژگی ارسال "چندپخشی"<sup>۱</sup> است یعنی یک ایستگاه قادر باشد به چندین مقصد گوناگون که در قالب یک گروه سازماندهی شده‌اند، بسته یا بسته‌هایی را ارسال نماید.

#### ۷-۵) لایه سوم از مدل TCP/IP : لایه انتقال

این لایه ارتباط ماشینهای انتهایی (ماشینهای میزبان) را در شبکه برقرار می‌کند یعنی می‌تواند بر اساس سرویسی که لایه دوم ارائه می‌کند یک ارتباط اتصال گرا و مطمئن<sup>۲</sup>، برقرار کند. البته در این لایه برای عملیاتی نظیر ارسال صوت و تصویر که سرعت مهمتر از دقت و خطا است سرویسهای بدون اتصال سریع و نامطمئن نیز فراهم شده است.

در سرویس مطمئنی که در این لایه ارائه می‌شود، مکانیزمی اتخاذ شده است که فرستنده از رسیدن و یا عدم رسید صحیح بسته به مقصد باخبر شود. در مورد سرویسهای مطمئن و نامطمئن بعداً بحث خواهد شد. این لایه از یکطرف با لایه شبکه و از طرف دیگر با لایه کاربرد در ارتباط است. داده‌های تحویلی به این لایه توسط برنامه کاربردی و با صدا زدن توابع سیستمی تعریف شده در "واسط برنامه‌های کاربردی" - API<sup>۳</sup> - ارسال یا دریافت می‌شوند.

#### ۷-۶) لایه چهارم از مدل TCP/IP : لایه کاربرد

در این لایه بر اساس خدمات لایه‌های زیرین، سرویس سطح بالایی برای خلق برنامه‌های کاربردی ویژه و پیچیده ارائه می‌شود. این خدمات در قالب، پروتکل‌های استاندارد همانند موارد زیر به کاربر ارائه می‌شود.

♦ شبیه سازی ترمینال<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> Multicast

<sup>۲</sup> Reliable

<sup>۳</sup> Application Program Interface

<sup>۴</sup> TELNET / Terminal Emulation

- ♦ انتقال فایل یا FTP<sup>۱</sup>
- ♦ مدیریت پست الکترونیکی
- ♦ خدمات انتقال صفحات ابرمتنی
- ♦ ....

در مورد سرویسهای این لایه در فصولی مجزا بحث خواهیم کرد.

در پایان این قسمت بایستی خاطر نشان کنیم که ارسال یک واحد اطلاعاتی از لایه چهارم پس از انجام پردازشهای لازم در لایه های زیرین به نحو مناسبی روی زیرشبکه تزیق شده و نهایتاً در ماشین مقصد، تحویل یک برنامه کاربردی خاص خواهد شد.

## ۸ ( مراجع این فصل

مجموعه مراجع زیر می‌توانند برای دست آوردن جزییات دقیق و تحقیق جامع در مورد مفاهیم معرفی شده در این فصل مفید واقع شوند.

<b>"Computer Networks" , Andrew S.Tanenbaum, Third Edition, Prentice-Hall, 1996.</b>	
<b>RFC1360</b>	"IAB Official Protocol Standards," Postel, J.B.; 1992
<b>RFC1340</b>	"Assigned Numbers," Reynolds, J.K.; Postel, J.B.; 1992
<b>RFC1208</b>	"Glossary of Networking Terms," Jacobsen, O.J.; Lynch, D.C.; 1991
<b>RFC1180</b>	"TCP/IP Tutorial," Socolofsky, T.J.; Kale, C.J.; 1991
<b>RFC1178</b>	"Choosing a Name for Your Computer," Libes, D.; 1990
<b>RFC1175</b>	"FYI on Where to Start: A Bibliography of Inter-networking Information," Bowers, K.L.; LaQuey, T.L.; Reynolds, J.K.; Reubicek, K.; Stahl, M.K.; Yuan, A.; 1990
<b>RFC1173</b>	"Responsibilities of Host and Network Managers: A Summary of the Oral Tradition of the Internet," vanBokkelen, J.; 1990
<b>RFC1166</b>	"Internet Numbers," Kirkpatrick, S.; Stahl, M.K.; Recker, M.; 1990

<sup>۱</sup> File Transfer Protocol



<b>RFC1127</b>	"Perspective on the Host Requirements RFCs," Braden, R.T.; 1989
<b>RFC1123</b>	"Requirements for Internet Hosts—Application and Support," Braden, R.T., ed; 1989
<b>RFC1122</b>	"Requirements for Internet Hosts—Communication Layers," Braden, R.T., ed; 1989
<b>RFC1118</b>	"Hitchhiker's Guide to the Internet," Krol, E., 1989
<b>RFC1011</b>	"Official Internet Protocol," Reynolds, J.R.; Postel, J.B.; 1987
<b>RFC1009</b>	"Requirements for Internet Gateways," Braden, R.T.; Postel, J.B.; 1987
<b>RFC980</b>	"Protocol Document Order Information," Jacobsen, O.J.; Postel, J.B.; 1986