۱-۴- شبکه های کامپیوتری

قرن حاضر، قرن ارتباطات نام دارد. با پیدایش کامپیوتر و فن‌آوری‌های ارتباطات، بسیاری از مشکلات زندگی انسان‌ها رفع شده‌است. شبکه‌های کامپیوتری که از اتصال چندین کامپیوتر در نقاط مختلف به‌وجود می‌آیند، نقش بسیار مهمی در انتقال اطلاعات و نزدیکی انسان‌ها به یکدیگر داشته‌اند. با استفاده از امکانات شبکه‌های کامپیوتری و اینترنت، امکان استفاده از سرویس زیادی نظیر: تبادل اطلاعات، ارسال نامه‌های الکترونیکی، انتقال فایل، کنفرانس های صوتی و تصویری، آموزش از راه دور، تبادل داده‌های تجاری وغیره فراهم شده‌است. شبکه‌های کامپیوتری جهت استفاده مشترک از منابع و برقراری ارتباط بین کاربران به‌وجود می‌آیند. در این بخش به ذکر مقدمات اولیه شبکه‌های کامپیوتری و معرفی مفاهیم اولیهٔ و پایه‌ای آن می‌پردازیم.

۱-۴-۱- اهداف و مزایای شبکه‌های کامپیوتری

در اتصال کامپیوترها و ایجاد شبکه‌های کامپیوتری، اهداف زیر مدنظر می‌باشد:

- ***به اشتراک‌گذاری منابع***[۲]: یکی از مزایای عمده شبکه‌های کامپیوتری تقسیم منابع می‌باشد. در یک شبکه کامپیوتری، کلیه کاربران شبکه در صورتی‌که مجاز به استفاده از شبکه باشند، می‌توانند به منابع موجود در شبکه نظیر برنامه‌های کاربردی، بانک‌های اطلاعاتی و تجهیزات سخت‌افزاری نظیر چاپگر، مودم و غیره دسترسی پیدا نمایند.
- ***قابلیت اطمینان بالا***[۳]: یکی از مشکلات استفاده انفرادی از کامپیوترها این است که چنانچه برروی یک کامپیوتر نرم‌افزار یا سخت‌افزار مهمی نصب شده باشد، اگر به هر دلیلی برای آن سیستم مشکلی پیش آید در این صورت کلیه اطلاعات و منابع موجود در آن غیر قابل دسترسی می‌باشد. به عبارت دیگر قابلیت اطمینان یک کامپیوتر به تنهایی

---

[۲] Resource sharing
[۳] High reliability

پایین است و این امر به خصوص در کاربردهای مهم نظیر کنترل و هدایت سیستم‌های نظامی پیشرفته نظیر هواپیما، موشک و غیره مشکل‌زا است. یکی از روش‌های افزایش قابلیت اطمینان، استفاده از شبکه‌های کامپیوتری و سیستم‌های توزیع شده می‌باشد. در این حالت منابع مهم برروی چندین ایستگاه شبکه نصب می‌شوند تا درصورت خرابی یکی ازسیستم‌ها، بتوان ازطریق سایر ایستگاه‌های شبکه به منابع دسترسی پیدا نمود.

- ***صرفه‌جویی مالی:*** استفاده از شبکه‌های کامپیوتری، باعث صرفه‌جویی مالی نیز می‌شود. هرچند نصب و راه‌اندازی شبکه‌های کامپیوتری خود نیاز به هزینه و امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری خاص خوددارد، ولی در کل می‌توان به این نتیجه رسید که شبکه‌های کامپیوتری باعث صرفه‌جویی درهزینه‌ها می‌گردند. به‌عنوان مثال چنانچه در یک اداره، چندین کارمند به یک نرم‌افزارخاص نیاز داشته باشند، می‌توان به جای آن‌که برای تک‌تک آنها نرم‌افزار مربوطه را خریداری و نصب و راه‌اندازی نمود، یک نسخه از آن را تهیه کرد و در شبکه نصب کرد (به شرط آن‌که نرم‌افزار قابلیت نصب در شبکه را داشته باشد). در این حالت چندین کاربر می‌توانند به‌طور همزمان به شبکه متصل شوندو از امکانات آن نرم‌افزار بهره ببرند. همچنین به‌عنوان مثال دیگر می‌توان در شبکه، یک چاپگر نصب و راه‌اندازی نمود. دراین حالت کاربران قادرند با استفاده از امکانات شبکه، از چاپگر به‌طور مشترک استفاده نمایند، که طبیعی است این امر باعث صرفه‌جویی در خرید چندین چاپگر برای کاربران شبکه می‌گردد.
- ***ایجاد ارتباط بین مردم:*** یکی دیگر از اهداف و مزایای عمده شبکه‌های کامپیوتری، ایجاد ارتباط بین مردم می‌باشد. این مسئله با گسترش سریع اینترنت و سرویس متنوع آن به خوبی مشاهده می‌شود. به‌عنوان مثال با کمک سرویس پست الکترونیکی[1] ،کاربران مختلف در سطح شبکه اینترنت که ممکن است در فواصل بسیار دوری از هم قرار داشته باشند، قادر به ارسال نامه‌های الکترونیکی به یکدیگرمی‌باشند. همچنین با استفاده از امکانات شبکه اینترنت، افراد مختلف می‌توانند در گروه‌های خبری و مباحثه‌ای گوناگون شرکت کرده و با استفاده از امکانات شبکه به مباحثه و تبادل نظر با یکدیگر بپردازند.

۱-۴-۲- انواع شبکه‌های کامپیوتری

از نظر وسعت، می‌توان شبکه‌های کامپیوتری را به سه نوع مختلف تقسیم‌بندی نمود که عبارتند از:

- ***شبکه‌های محلی*** **(LAN[2])** : این نوع شبکه‌ها دارای وسعت بسیار کمی می‌باشند و معمولاً در سطح یک ساختمان نظیر یک اداره کوچک و دانشکده‌های مختلف یک دانشگاه نصب و راه‌اندازی می‌شوند. شبکه‌های محلی جهت اشتراک منابع سخت افزاری (مثل چاپگر) و منابع نرم افزاری(مثل برنامه‌های کاربردی و بانک‌های اطلاعاتی)، بین کامپیوترهای شخصی و یا ایستگاه‌های کاری[3] استفاده می‌شوند. درشبکه‌های محلی یکی از کامپیوترهای شبکه که معمولاً از سرعت بالا و حجم حافظه زیادی برخوردار است؛ به عنوان سرویس دهنده[4] شبکه استفاده می‌شود. نرم‌افزارها و داده‌های لازم درسرویس دهنده شبکه ذخیره سازی می‌شود و سایر ایستگاه‌های شبکه که مشتری[5] نام دارند، قادر به استفاده از آنها می‌باشند. سرعت انتقال اطلاعات در شبکه‌های محلی بسیار بالا می‌باشد. نویزپذیری اطلاعات و احتمال

---

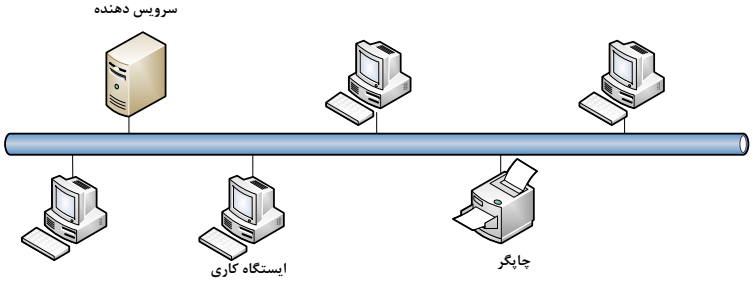
۱ Electronic mail (E-mail)
۲ Local Area Network
۳ Workstations
٤ Server
٥ Client

اتلاف داده‌ها در شبکه‌های محلی بسیار پایین است. شبکه‌های محلی معمولاً دارای تملک خصوصی می‌باشند. شبکه‌های اترنت، حلقه نشانه[۱] و گذرگاه نشانه[۲] مثال‌هایی از این نوع شبکه‌ها می‌باشند.

- ***شبکه‌های شهری*** **(MAN[3])** : همانطوری که از نام این شبکه‌ها معلوم می‌شود، شبکه‌های شهری از نظر گستردگی در سطح یک شهر می‌باشند. از شبکه‌های شهری می توان برای اتصال شبکه‌های کوچکتر محلی به یکدیگر استفاده نمود. همچنین شبکه‌های انفرادی مثل شبکه تلوزیون کابلی که در سطح شهر گستردگی دارد نیز ازاین نوع شبکه‌ها می‌باشد. چنانچه شرکتی دارای چندین شعبه در سطح شهر باشد، با استفاده از امکانات شبکه‌های شهری، قادر به اتصال شبکه‌های محلی خود به یکدیگر است. شبکه‌های شهری می‌توانند به هر دو صورت خصوصی و یا عمومی اداره و مدیریت شوند. به‌عنوان مثال شبکه‌های DQDB[4] و SMDS[5] از نوع شبکه‌های شهری می‌باشند.
- ***شبکه‌های گسترده*** **(WAN[6])*:*** این نوع شبکه‌ها دارای وسعت بسیار زیادی (درسطح یک کشور و یا حتی کل جهان) می‌باشند. به‌عنوان مثال شبکه‌های ملی هر کشور و یا شبکه جهانی اینترنت و شبکه تلفن، نمونه‌هایی از شبکه‌های گسترده هستند. برخلاف شبکه‌های محلی که به سخت افزار خاصی وابسته می‌باشند، در شبکه‌های گسترده امکان استفاده از تجهیزات متفاوتی که در فواصل طولانی به یکدیگر متصل شده اند، وجود دارد. شبکه‌های گسترده ای که توسط یک شرکت مدیریت و مورد استفاده قرار می گیرند، شبکه‌های enterprise نامیده می شوند. برخی از استانداردهای شبکه‌های گسترده عبارتند از: ATM, ISDN, MPLS[7] وX.25. در شکل (۱-۳)، انواع شبکه‌های کامپیوتری شامل شبکه‌های محلی، شبکه‌های شهری و شبکه‌های گسترده نشان داده شده است.

۱-۴-۳- ساختار شبکه‌های کامپیوتری

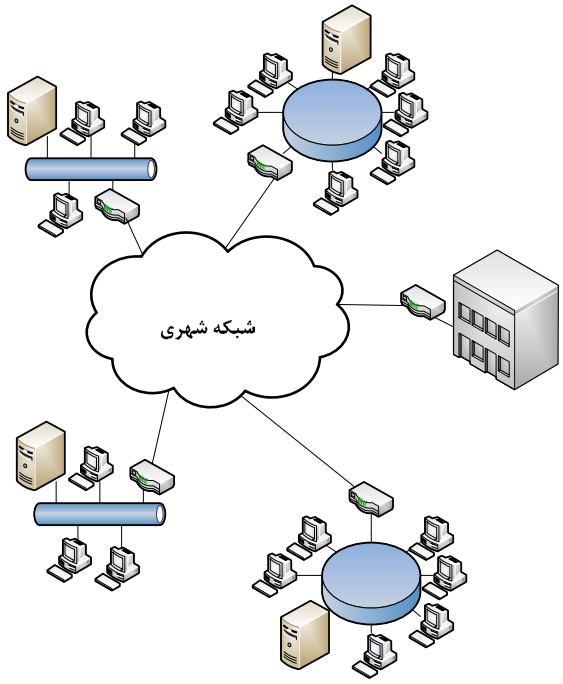
در شکل (۱-۴)، ساختار کلی شبکه‌های کامپیوتری نشان داده شده است. همانطور که در شکل دیده می‌شود، شبکه‌های کامپیوتری ازدو قسمت اصلی تشکیل شده‌اند که عبارتند از زیرشبکه[8] و کامپیوترهای میزبان[9].



(الف)

---

۱ Token ring
۲ Token bus
۳ Metropolitan Area Network
٤ Distributed Queue Dual Bus
٥ Switched Multi-megabit Data Services
٦ Wide Area Network
۷ Multi-Protocol Label Switching
۸ Subnet
۹ Host

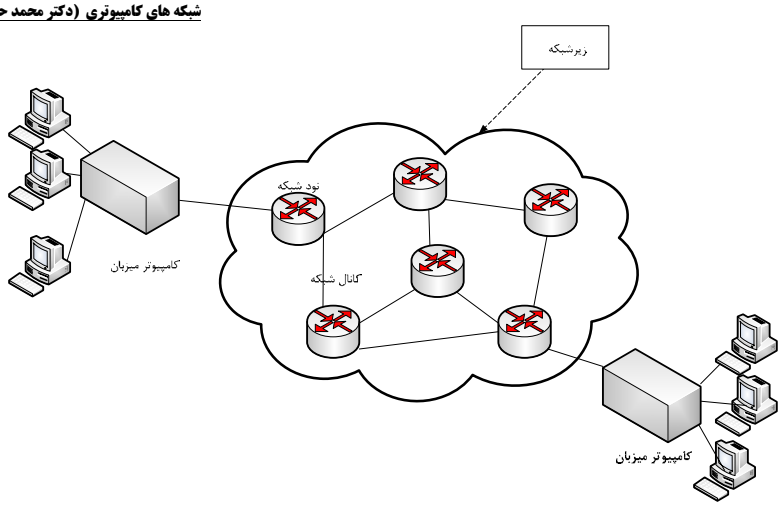


(ب)

(ج)

شکل (۱-۳): انواع شبکه‌های کامپیوتری الف) شبکهٔ محلی ب) شبکهٔ شهری ج) شبکهٔ گسترده

وظیفهٔ اصلی زیرشبکه، انتقال و هدایت پیام‌ها و اطلاعات کاربران از مبدأ به مقصد می‌باشد. کاربران شبکه از طریق کامپیوترهای میزبان اطلاعات ارسالی خود را به زیرشبکه می‌فرستند و زیرشبکه نیز اطلاعات دریافتی را به سمت مقصد هدایت و مسیریابی می‌نماید.



شکل (۱-۴) : ساختار شبکه‌های کامپیوتری

زیر شبکه خود نیز از دو قسمت تشکیل می‌شود که عبارتند از: خطوط انتقال[1] و نودهای شبکه. نودهای شبکه با نام‌های مرکز سوئیچ و IMP[2] نیز شناخته می‌شوند. هر بسته ارسالی کامپیوترهای میزبان، بعد از ورود به زیرشبکه تحویل نودهای شبکه می‌شود و در آن‌جا منتظر می‌ماند تا عملیات سوئیچینگ یا مسیریابی بر روی آن انجام شود و کانال خروجی مناسب آن پیدا گردد. سپس ازطریق کانال خروجی تحویل نود یا کامپیوتر میزبان بعدی می‌شود. به این دلیل در اصطلاح گفته می‌شود که شبکه‌های کامپیوتری به صورت " ذخیره و هدایت پیشرو" [3] عمل می‌کنند.

در شبکه‌های کامپیوتری دو نوع کانال شبکه موجود است که عبارتند از:

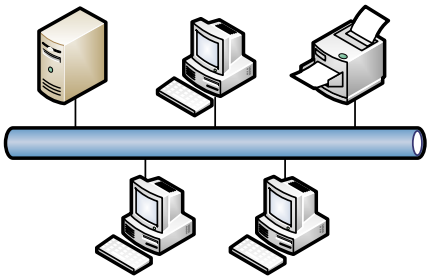
- کانال‌های نقطه به نقطه[4]
- کانال‌های پخشی[5]

در شکل (۱-۵) این دو نوع کانال نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشهود است، در کانال‌های نقطه به نقطه یک مسیر اختصاصی بین دو نقطه انتهایی وجود دارد. از کانال‌های نقطه به نقطه، فقط دوایستگاهی که در انتهای کانال به آن متصل هستند، می‌توانند استفاده نمایند.

---

۱ Channel
۲ Interface Message Processor
۳ Store and forward
٤ Point to point
٥ Broadcast

(الف)



(ب)

شکل (۱-۵): دو نوع مختلف کانال‌های شبکه الف) کانال های نقطه به نقطه
ب) کانال های پخشی

در کانال‌های پخشی، تمام کامپیوترهای متصل به کانال از یک مسیر مشترک برای ارسال و دریافت اطلاعات استفاده می‌نمایند. ازآنجایی‌که در کانال‌های پخشی تمام ایستگاه‌ها از طریق یک کانال مشترک اقدام به ارسال و دریافت بسته‌ها می‌کنند، این احتمال وجود دارد که بسته‌های ارسالی ایستگاه‌های مختلف با یکدیگر تداخل نموده و از بین بروند. بنابراین یکی از مهمترین مشکلات کانال‌های پخشی، تصادم[۱] بسته‌ها می‌باشد.

در شبکه‌های کامپیوتری، نحوهٔ اتصال کامپیوترها به یکدیگر از طریق کانال‌های انتقال، توپولوژی شبکه نامیده می‌شود. به‌طور کلی هفت نوع توپولوژی شبکه وجود دارد که عبارتند از:

- ستاره‌ای[2]
- حلقه [3]
- درخت [4]
- کامل [5]
- حلقه‌های متقاطع [۶]
- نامنظم
- گذرگاه مشترک[7]

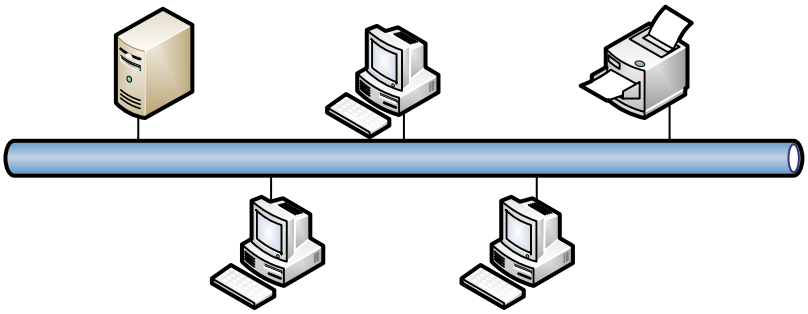
در شکل‌های (۱-۶) الی (۱-۱۱) توپولوژی‌های مختلف شبکه نشان داده شده است.

---

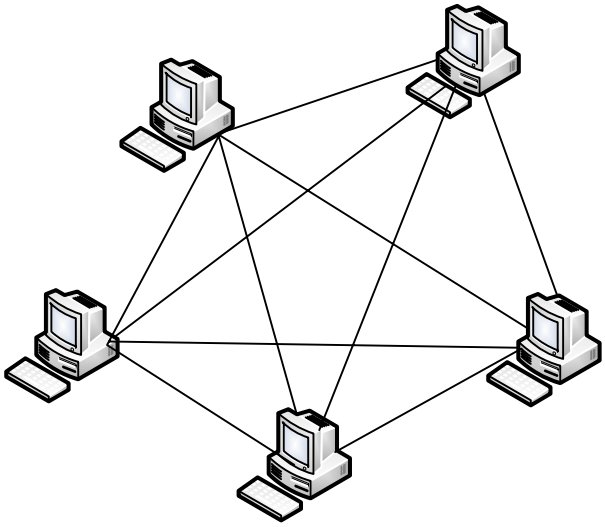
۱ Collision
۲ Star
۳ Ring
٤ Tree
٥ Complete
٦ Interesting ring
۷ Bus

همان‌طور که اشاره شد، یکی از مهمترین مشکلات و مسائلی که در کانال‌های پخشی وجود دارد، امکان تداخل اطلاعات ارسالی توسط ایستگاه‌های مختلف شبکه با یکدیگر می‌باشد. ازآنجایی‌که در کانال‌های پخشی از یک محیط مشترک برای ارسال اطلاعات چندین کامپیوتر استفاده می‌شود (که این خود یک مزیت عمده کانال‌های پخشی است؛ زیرا تعداد کانال‌های مورد نیاز کاهش می‌یابد و باعث صرفه‌جویی مالی می‌شود). بنابراین باید کانال به‌طور مناسب در اختیار کاربران قرار داده شود. دو روش عمده تخصیص کانال به کاربران وجود دارد که عبارتند از: تخصیص کانال به صورت ایستا[1] و تخصیص کانال به صورت پویا[2].

در روش تخصیص کانال به صورت ایستا، از روش تقسیم زمانی استفاده می‌شود. به این ترتیب که زمان به برش‌های ثابتی تقسیم‌بندی می‌شود و هر ایستگاه اجازهٔ دسترسی به کانال را در یک برش زمانی خاص دارد. هر برش زمانی به یک ایستگاه اختصاص دارد و سایر ایستگاه‌ها اجازه ارسال اطلاعات را ندارند، که این امر باعث عدم وجود تداخل می‌شود. یکی از مهمترین مشکلات تخصیص کانال به صورت ایستا این است که چنانچه ایستگاهی در یک برش زمانی اطلاعاتی برای ارسال نداشته باشد، در این صورت در آن برش زمانی کانال خالی می‌ماند و از ظرفیت آن به‌طور بهینه استفاده نمی‌شود. همچنین چنانچه تعداد ایستگاه‌ها زیاد باشد، زمان انتظار برای دستیابی به کانال برای هر ایستگاه نیز زیاد خواهد بود.



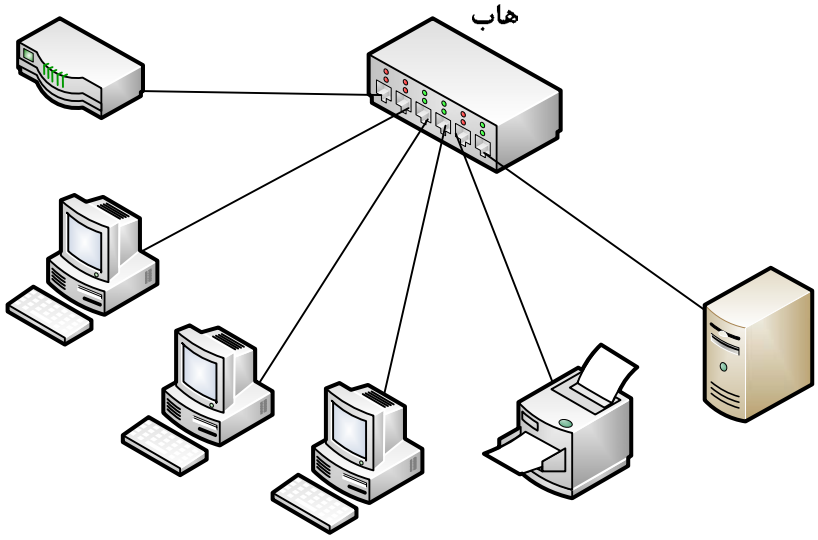
شکل (۱-۶): توپولوژی گذرگاه مشترک



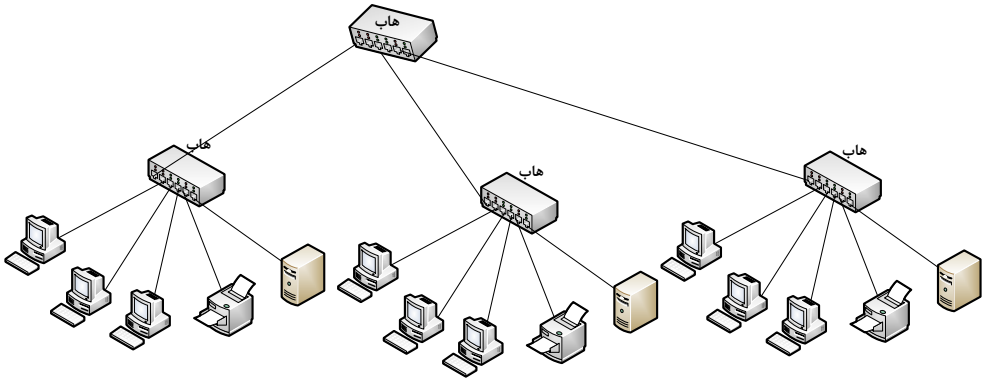
شکل(۱-۷): توپولوژی کامل

[1] Static channel allocation

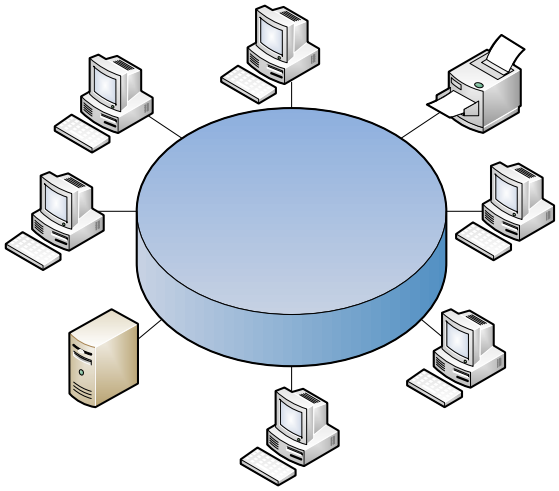
[2] Dynamic channel allocation



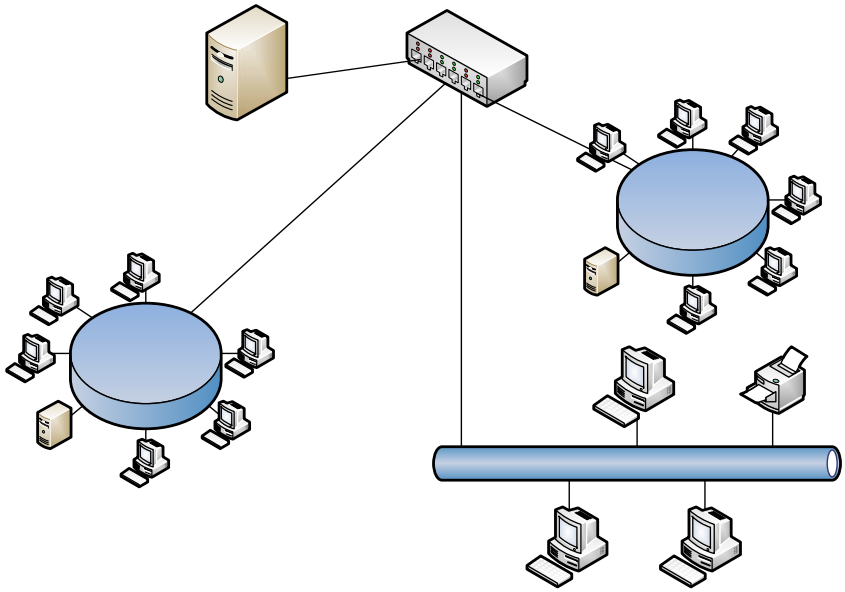
شکل (۱-۸): توپولوژی ستاره ای



شکل (۱-۹): توپولوژی درخت



شکل (۱-۱۰): توپولوژی حلقه

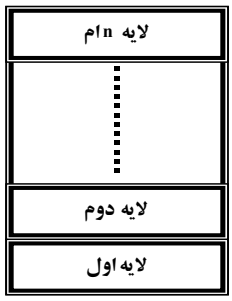


شکل (۱-۱۱): توپولوژی ترکیبی

روش تخصیص کانال به صورت پویا، خود به دو نوع تقسیم می‌شود که عبارتند از: تخصیص کانال به صورت مرکـزی و تخصیص کانال به صورت غیرمرکزی. در روش تخصیص کانال به صورت مرکزی، یک ایستگاه مرکـزی در شـبکه وجـود دارد که موظف به تصمیم‌گیری در مورد ارسال یا عدم ارسال سایر ایستگاه‌های شبکه می‌باشد. هر ایستگاه شـبکه قبـل از ارسـال اطلاعات، ابتدا باید مجوز ارسال را از ایستگاه مرکزی دریافت دارد و بعد از آن‌که مجـوز ارسـال را دریافـت نمـود، قـادر بـه ارسال اطلاعات می‌باشد. در روش غیرمرکزی، ایستگاه مرکزی در شبکه موجود نیست، بلکه خود ایستگاه‌ها در مـورد ارسال یا عدم ارسال خود تصمیم‌گیری می‌نمایند. امروزه اکثر شبکه‌های محلی از کانال‌های پخشی و تخصیص کانال به صورت پویا استفاده می‌کنند.

۱-۴-۴- ساختار لایه‌ای و معماری شبکه[1]

در شبکه‌های کامپیوتری جهت برقراری ارتباط و تبادل اطلاعات بین دو کامپیوتر میزبان، یک‌سری عملیات باید انجام شود. جهت کاهش پیچیدگی شبکه و افزایش انعطاف‌پذیری آن در مقابل تغییرات احتمالی، عملیات یک شبکه به صورت لایه‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌گردد. به‌طوری که هر لایه برروی لایه دیگری قرار دارد و با آن در ارتباط است. هر لایه شبکه وظایف خاص خود را به عهده دارد و از لایه‌های دیگر مستقل می‌باشد. در مدل لایه‌ای شبکه، هر لایه ازسرویس لایه پایین‌تر خود استفاده می‌نماید که به لایه بالاتر خود سرویس می‌دهد. هر لایه شبکه برای انجام وظایف خود از یک‌سری قواعدو قراردادهای استاندارد استفاده می‌نماید که به آن پروتکل گفته می‌شود. یک شبکهٔ کامپیوتری ممکن است از چندین لایه برای انجام عملیات و وظایف خود استفاده نماید. به مرز بین دو لایه مجاور، واسط[2] گفته می‌شود. تبادل اطلاعات بین لایه‌های مجاور از طریق واسط‌های لایه‌ها انجام می‌گردد. در مدل لایه‌ای شبکه، کاربران شبکه از طریق بالاترین لایه شبکه، از سرویس و امکانات شبکه استفاده می‌نمایند. اطلاعات ایجاد شده در بالاترین لایه شبکه، برای ارسال به شبکه و تحویل به مقصد، باید از لایه‌های مختلف شبکه عبور نماید تا به پایین‌ترین لایه برسد و ازطریق محیط فیزیکی وارد زیرشبکه گردد. در شکل (۱-۱۲) مثالی از مدل لایه‌ای شبکه آورده شده است.



شکل (۱-۱۲): مثالی از مدل لایه‌ای شبکه

مجموع لایه‌ها و پروتکل‌های یک شبکه را معماری شبکه می‌گویند. با استفاده از مشخصات و اطلاعات موجود از معماری یک شبکه می‌توان نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای هر لایه را طراحی و تولید نمود.برای درک بهتر مدل لایه‌ای شبکه به یک مثال توجه نمایید. فرض کنید که مدیران عامل دو شرکت بین‌المللی می‌خواهند با یکدیگر ارتباط برقرار نمایند. چنانچه این دو مدیرعامل به زبان‌های یکدیگر آشنا نباشند، هر یک باید یک مترجم استخدام نماید. مترجمان نیز از طریق امکانات مخابراتی پیام وسخنان خود را به اطلاع یکدیگر می‌رسانند. در این حالت یک مدیرعامل متن پیام خود را به مترجم خود تحویل می‌دهد. مترجم نیز با استفاده از امکانات مخابراتی پیام را برای مترجم مقابل خود ارسال می‌دارد. در آن‌جا، مترجم متن پیام را به زبان اصلی برمی گرداند و تحویل مدیرعامل می‌دهد. طبیعی است در مثال اخیر دو مدیرعامل (بالاترین لایه) نمی‌توانند به‌طور مستقیم اطلاعات و پیام خود را ارسال دارند، بلکه باید از طریق مترجم و امکانات مخابراتی (لایه‌های پایین‌تر) این کار را انجام دهند. در ساختار لایه‌ای با مسائل و مشکلات مختلفی روبرو هستیم که در زیر به ذکر هر یک از این مسائل و روش حل آنها می‌پردازیم:

---

[1] Network architecture
[2] Interface

۱. ***نیاز به مکانیسمی برای برقراری و قطع ارتباط:*** ازآنجایی‌که در یک شبکهٔ کامپیوتری تعداد زیادی کامپیوتر موجود می‌باشد که هر یک نیز می‌تواند شامل چندین فرآیند مختلف در حال اجرا باشد، بنابراین هر لایه شبکه برای برقراری و قطع ارتباط با لایهٔ متناظر خود درطرف مقابل باید مجهز به مکانیسم‌های خاصی باشد. برای این کار نیاز به نوعی آدرس‌دهی برای تعیین فرآیند طرف مقابل می‌باشد.

۲. ***عدم تطابق سرعت لایه‌های فرستنده و گیرنده:*** در یک مدل لایه‌ای شبکه این امکان وجود دارد که دو لایه متناظر با سرعت یکسان اطلاعات را برای یکدیگر ارسال ننمایند. در این حالت چنانچه فرستنده با سرعتی به مراتب بیشتر از سرعت گیرنده اطلاعات را ارسال کند، امکان از بین رفتن اطلاعات وجود دارد. استفاده از بافرمیانی و فیدبک ارسالی بین مبدأ و مقصد تا حدی مشکل فوق را حل می کند.

۳. ***محدودیت اندازه بسته‌ها:*** یکی دیگر از مشکلات موجود در مدل لایه‌ای این است که بسته‌های ارسالی هرلایه دارای حداکثر طول معینی می‌باشند. بنابراین هنگام ارسال بسته‌های یک لایه به لایه پایین‌تر، چنانچه حداکثر طول بسته‌های لایه پایین‌تر از طول بسته‌های دریافتی لایهٔ بالا کمتر باشد، در این صورت امکان ارسال چنین بسته‌هایی وجود ندارد. یکی از روش‌های حل این مشکل، تکه‌سازی[1] بسته‌ها به بسته‌های کوچکتر است. در گیرنده نیز بسته‌های تکه‌تکه شده بازسازی می‌گردند و بستهٔ اولیه استخراج می‌شود.

۴. ***وقوع خطا در بسته‌های دریافتی:*** ازآنجایی‌که بسته‌های ارسالی یک لایه درنهایت وارد زیرشبکه شده و از طریق کانال‌های مخابراتی به سمت مقصد ارسال می‌شوند، این امکان وجود دارد که ضمن ارسال بسته‌ها، خطاهایی در آنها اتفاق بیفتد. برای تشخیص و درصورت امکان تصحیح این خطاها باید چاره‌ای اندیشیده شود. یکی از روش‌های متداول، استفاده از مکانیسم‌های کنترل خطا می‌باشد. در این مکانیسم‌ها لایه فرستنده به اطلاعات ارسالی یک‌سری اطلاعات اضافه الحاق می‌نماید. لایه گیرنده با پردازش بر روی اطلاعات دریافتی، متوجه وقوع خطای احتمالی در اطلاعات می‌شود.

۵. ***عدم رعایت ترتیب بسته‌ها:*** چنانچه بین کامپیوتر میزبان مبدأ و مقصد چندین مسیر مختلف موجود باشد، در این صورت این امکان وجود دارد که بسته‌های ارسالی از مسیرهای مختلف به مقصد فرستاده شوند. ازآنجایی‌که مسیرهای ارسالی بسته‌ها، الزاماً با یکدیگر یکسان نمی‌باشند، بنابراین ممکن است که بسته‌های ارسالی در مقصد به ترتیب دریافت نشوند. برای رفع این مشکل از شمارهٔ بسته[2] استفاده می گردد. هر بستهٔ ارسالی دارای یک شمارهٔ منحصربه‌فرد می‌باشد که به ترتیب ارسال بسته‌ها این شماره نیز یک واحد افزایش می‌یابد. درسمت گیرنده با بررسی شمارهٔ بسته، رعایت یا عدم رعایت ترتیب بسته‌ها مشخص می شود. در مدل لایه‌ای برای تعیین تعداد لایه‌ها باید نکات زیر را در نظر داشت :

- یک لایه هنگامی ایجاد می‌شود که نیاز به سطح جدیدی از جداسازی عملیات داشته باشیم.
- هر لایه، عملیات مشخص و تعریف شده‌ای را انجام می‌دهد.
- عملیات هر لایه توسط پروتکل‌های استاندارد بین‌المللی مشخص می‌شود.
- مرز بین لایه‌ها باید طوری انتخاب شودکه جریان عبوراطلاعات ازنقاط واسط حداقل گردد.
- تعداد لایه‌ها باید به اندازهء کافی بزرگ باشد که بتوان بین عملیات لایه‌ها تفاوت گذاشت. از طرف دیگر تعداد لایه‌ها نباید بیش از حد زیاد باشد که باعث پیچیدگی ساختار و معماری شبکه گردد.

۱-۴-۵- مدل مرجع OSI

---

[1] Fragmentation
[2] Sequence number

در سال ۱۹۸۳ از سوی سازمان جهانی استاندارد مدل مرجع OSI ارائه گردید. این مدل برای اتصال سیستم‌های باز به یکدیگر ارائه شده‌است. یک سیستم باز در حقیقت مجموعه‌ای از پروتکل‌هایی می‌باشد که امکان اتصال دو سیستم مختلف به یکدیگر را صرفنظراز معماری لایه‌های پایینی آنها فراهم می آورد. با استفاده از مدل مرجع OSI امکان اتصال سیستم‌های مختلف و برقراری ارتباط بین آنها بدون نیاز به اعمال تغییرات در منطق سخت‌افزار و نرم‌افزار پایینی آنها وجود دارد. مدل مرجع OSI به تنهایی یک پروتکل نمی‌باشد، بلکه یک مدل مرجع برای فهم بهترو طراحی یک معماری انعطاف پذیر برای شبکه‌های کامپیوتری است. این مدل دارای ۷ لایه می‌باشد که در شکل(۱-۱۳) نشان داده شده است.مطابق با شکل فوق در مدل لایه‌ای OSI لایه‌های زیر موجود می‌باشند:

۱-۴-۵-۱- لایهٔ فیزیکی

وظیفهٔ اصلی این لایه، ارسال بیت‌های خام ۰ و ۱ بر روی کانال ارتباطی شبکه می‌باشد. تعیین سطوح ولتاژ برای بیت‌های ۰و۱ ، از وظایف دیگر این لایه است. این لایه داده های دریافتی از لایه بالاتر خود را به صورت قابل حمل در کانال ارتباطی شبکه تبدیل می نماید و آنها را ارسال می دارد.

شکل (۱-۱۳): مدل لایه‌ای OSI

در لایهٔ فیزیکی مسائل مختلفی مطرح می باشد که عبارتند از :

- ***ساختار کانال‌های اتصالی:*** همان‌طور که قبلاً نیز به آن اشاره گردید، کانال‌های ارتباطی در شبکه دارای دونوع نقطه به نقطه و پخشی می‌باشند.
- ***ارسال داده‌ها در کانال:*** برای ارسال داده‌ها بین دو سیستم کامپیوتری، سه روش ارسال وجود دارد که عبارتند از:
  - ارسال کاملاً یک طرفه[۱]: در این نوع ارسال، یک طرف ارتباط همواره فرستنده و طرف دیگر همواره گیرنده می باشد.

[۱] Simplex

- ارسال یک طرفه[1]: در این نوع ارسال، در هر لحظه فقط یکی از دو سیستم کامپیوتری قادر به ارسال می‌باشند. به عبارت دیگردرهرلحظه از زمان، یک طرف ارتباط فرستنده و طرف مقابل گیرنده می باشد. البته برخلاف روش کاملاً یک طرفه، هردوطرف ارتباط قادر به ارسال ودریافت اطلاعات می‌باشند(ولی در زمان‌های متفاوت).
- ارسال دوطرفه[2]: در این نوع ارسال، هر دو طرف ارتباط در هر لحظه توأم با هم قادر به ارسال و دریافت اطلاعات می‌باشند.

- ***توپولوژی:*** همان‌طور که قبلاً اشاره گردید، نحوه اتصال ایستگاه‌های شبکه به یکدیگر، توپولوژی شبکه نامیده می‌شود.
- ***نوع سیگنال:*** در لایهٔ فیزیکی برای ارسال داده‌های منطقی ۰ و ۱ ، از دو نوع سیگنال آنالوگ و دیجیتال استفاده می شود. همچنین نحوهء کدگذاری و تبدیل داده‌های ۰و ۱ منطقی به سیگنال‌های مناسب، دراین لایه مشخص می شود.
- ***واسط ارتباطی***: در لایه فیزیکی نوع واسط ارتباطی که برای اتصال ایستگاه‌های شبکه به محیط ارسال استفاده می‌شود، مشخص می‌گردد.
- ***محیط ارسال:*** برای ارسال داده‌های ۰و ۱ منطقی، به‌صورت سیگنال‌های مناسب در شبکه، محیط‌های ارسال متعددی وجود دارند که در فصل ۲ توصیف می شوند.

در این لایه استانداردهایی نظیر: CCITT V.24, EIA RS232, CCITT V.33, CCITT V.21, CCITT V.24 وجود دارد.

۱-۴-۵-۲- لایهٔ پیوند داده[3]

در این لایه، اطلاعات ارسالی در قالب قاب‌هایی با طول مشخص ارسال می‌شوند. این قاب‌ها به ترتیب پشت سر یکدیگر ارسال می‌گردند. معمولاً گیرنده نیز با دریافت هر قاب، یک پیام گواهی مثبت یا منفی که نشان‌دهنده دریافت صحیح و یا دریافت نادرست قاب می‌باشد، به فرستنده ارسال می‌دارد. چنانچه پیام‌های گواهی مثبت یامنفی دربین راه گم شوند، این لایه باید قادر به رفع مشکلات احتمالی باشد. وظایف اصلی این لایه عبارتند از:

- کنترل خطا و اطمینان از دریافت صحیح قاب، از وظایف اصلی این لایه می‌باشد.
- چنانچه فرستنده با سرعت بیشتر از آنچه گیرنده قادر به دریافت است، ارسال نماید در این صورت بافر گیرنده به‌سرعت پر می‌شود و اطلاعات از بین می‌رود. لایه پیوند داده با استفاده از عملیات کنترل جریان قادر به تنظیم سرعت ارسال فرستنده با سرعت دریافت گیرنده می‌باشد. بایدتوجه داشت که عملیات کنترل خطا و کنترل جریان در لایهٔ دوم، کانال به کانال انجام می‌شوند.
- در کانال‌های پخشی که چندین ایستگاه به طور مشترک ازکانال استفاده می‌نمایند، برای جلوگیری از تداخل بسته‌ها با یکدیگر باید از مکانیسم‌های مناسبی در لایه پیوند داده استفاده نمود.

---

[1] Half-duplex
[2] Full-duplex
[3] Data link layer

- در لایه پیوند داده هر ایستگاه، دارای یک آدرس منحصربه‌فرد می‌باشد که به آدرس فیزیکی مشهور است. ازآنجائی‌که ایستگاه‌های مختلف در شبکه دارای آدرس فیزیکی متفاوت از یکدیگر می‌باشند، امکان ارسال و دریافت قاب‌ها بین آنها وجود دارد.
- در لایه پیوند داده، اطلاعات ارسالی به صورت قاب‌های متوالی بین فرستنده و گیرنده مبادله می شود. یکی از مسائل مهم در این لایه تشخیص شروع و پایان هر قاب می باشد. بدین منظور از بایت‌های خاصی درسرآیند[۱] ودنباله[۲] هرقاب استفاده می‌گردد.

پروتکل‌هایی نظیر HDLC[3] و SDLC[۴] مثال‌هایی از استانداردهای لایهٔ دوم می‌باشند.

۱-۴-۵-۳- لایهٔ شبکه[۵]

لایهٔ شبکه موظف به کنترل زیر شبکه می باشد. هنگامی‌که یک بسته اطلاعاتی از کامپیوتر میزبان مبدأ به کامپیوتر میزبان مقصد ارسال می‌شود، لایهٔ شبکه موظف به مسیریابی[۶] و هدایت صحیح بسته درون زیر شبکه می‌باشد. چنانچه به‌طور ناگهانی تمام کاربران شبکه اقدام به ارسال بسته به درون زیر شبکه نمایند در این صورت شبکه با ازدحام[۷] روبرو می‌شود. ایجاد ازدحام در شبکه باعث کاهش کارآیی و کیفیت سرویس می‌شود که امری نامطلوب است. کنترل ازدحام و رفع آن از وظایف اصلی لایهٔ شبکه است. ارتباط بین شبکه‌ای[۸] یکی دیگر از وظایف لایهٔ شبکه می‌باشد. هنگامی‌که بسته‌های ارسالی کاربران در راه رسیدن به مقصد ازشبکه‌های میانی دیگری عبور نمایند، مشکلات ومسائل زیادی در ورود بسته به شبکه جدید به‌وجود می‌آید. برخی ازاین مشکلات عبارتنداز: عدم تطابق نحوهٔ آدرس‌دهی دوشبکه، عدم یکسان‌بودن اندازه بسته‌های دو شبکه و یا عدم تطابق پروتکل‌های دو شبکه. رفع مشکلات فوق و فراهم‌آوردن سرویس لازم برای اتصال شبکه‌ها به یکدیگر، از وظایف لایهٔ شبکه است.

آدرس دهی منطقی، تبدیل آدرس‌های منطقی به آدرس‌های فیزیکی و تسهیم‌سازی کانال که به کمک آن امکان استفاده مشترک همزمان چندین وسیله ازکانال فراهم می آید، از دیگر وظایف لایه سوم می‌باشد.

۱-۴-۵-۴- لایهٔ حمل[۹]

این لایه، بسته‌های لایهٔ بالاتر را دریافت می‌دارد و آنها را در صورت لزوم به قطعات کوچکتری تقسیم می‌نماید و به لایهٔ شبکه ارسال می‌کند. لایه حمل برای سرویس‌دهی به لایه جلسه، موظف به برقراری اتصال‌های مختلف با مقصد می‌باشد. عملکرد این لایه به صورت انتها به انتها است. این مطلب به این معنی می‌باشد که اتصال‌های موجود در لایه حمل

---

[۱] Header
[۲] Trailer
[۳] High level Data Link Control
[۴] Synchronous Data Link Control
[۵] Network layer
[۶] Routing
[۷] Congestion
[۸] Internetworking
[۹] Transport layer

فقط بین کامپیوترهای میزبان انتهایی ایجاد می‌شوند. برخلاف لایهٔ شبکه که موظف به تحویل تک‌تک بسته‌های ارسالی به مقصد می‌باشد، لایه حمل موظف به تحویل سالم و بدون خطای کل پیام ارسالی به لایهٔ همتای خود در مقصد است.

ازآنجائی‌که اکثر کامپیوترهای شبکه قادر به اجرای همزمان چندین نرم افزار مختلف می‌باشند، تحویل صحیح بسته‌ها از مبدأ به مقصد تنها به معنی سالم رساندن بسته ها به کامپیوتر مقصد نمی باشد، بلکه بسته هر نرم‌افزار اجرایی در سمت مبدأ باید به همان نرم‌افزار متناظر خود در سمت مقصد برسد. برای انجام این کار، لایه حمل در شبکه‌های کامپیوتری از آدرس خاصی به نام آدرس درگاه[۱] استفاده می نماید. لایه شبکه با استفاده از آدرس منطقی بسته‌ها، آنها را به کامپیوتر مقصد می‌رساند. در سمت مقصد، لایه حمل با استفاده از آدرس سوکت، هربسته را به نرم‌افزار مربوط به آن تحویل می‌دهد.

لایهٔ حمل برای نیل به امنیت بیشتر در تبادل داده ها، اقدام به برقراری اتصال بین دو درگاه مبدأ و مقصد موجود در کامپیوترهای مبدأ و مقصد می نماید. هر اتصال درحقیقت یک مسیر منطقی می باشد که بین کامپیوترهای مبدأ و مقصد برای تبادل داده ها برقرار می شود. ایجاد هر اتصال در لایهٔ حمل در طی سه مرحله انجام می‌شود که عبارتند از: برقراری اتصال، ارسال داده و قطع اتصال. با استفاده از مسیر منطقی ایجاد شده توسط هر اتصال، لایهٔ حمل قادر به انجام عملیات مرتب‌سازی بسته‌ها، کنترل جریان و تشخیص و تصحیح خطا می‌باشد.

۱-۴-۵-۵- لایهٔ جلسه[۲]

با کمک امکانات این لایه، کاربران مختلف شبکه که بر روی کامپیوترهای میزبان متفاوتی قرار دارند، قادر به برقراری جلسه بین یکدیگر می‌باشند. ورود به یک کامپیوتر از راه دور و انتقال فایل بین دو ماشین شبکه، مثال‌هایی از جلسات این لایه می‌باشند. مدیریت نشانه[۳] از سایر وظایف این لایه به شمار می‌آید. چنانچه در برخی از پروتکل‌ها نخواهیم که دو طرف جلسه همزمان اقدام به شروع به کار نمایند، در این صورت برای مدیریت این کار، لایهٔ جلسه نشانه‌هایی بین دو کامپیوتر مبدأ و مقصد مبادله می‌نماید. کامپیوتری که این نشانه را در اختیار دارد قادر به انجام عملیات حساس مشخص شده می‌باشد.

یکی دیگر از وظایف این لایه، همزمانی است. برای درک بحث همزمانی، به ذکریک مثال می پردازیم. فرض کنید که در حال ارسال یک فایل بسیار پرحجم از یک کامپیوتر به کامپیوتر دیگری می‌باشیم. چنانچه در حین ارسال ارتباط قطع شود، باید انتقال اطلاعات دوباره ازسرگرفته شود. برای رفع این مشکل، لایه جلسه با کمک امکانات همزمانی قادر می‌باشد که در صورت قطع ارتباط فقط از همان نقطهٔ قطع قبلی، دوباره اطلاعات را ارسال کند.

۱-۴-۵-۶- لایهٔ ارائه[۴]

یکی از وظایف لایه ارائه، تبدیل کدها به یکدیگر می‌باشد. چنانچه دو کامپیوتر که از کدهای متفاوتی برای ثبت و نمایش اطلاعات استفاده می‌نمایند (مانند کدهای ASCII[5] و یا EBCDIC[6]) بخواهند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند، با استفاده از امکانات لایه ارائه تبدیل کدها به یکدیگر انجام می‌شود. سایر وظایف این لایه عبارتست از:

---

[۱] Port address

[۲] Session layer

[۳] Token management

[۴] Presentation layer

[۵] American Standard Code for Information Interchange

[۶] Extended BCD Information Code

- ***رمزنگاری***[1]*:* دراین لایه برای افـزایش امنیـت در ارسـال داده‌هـا (بـه‌خـصوص در کاربردهـایی نظیـر تجـارت الکترونیکی) از روش‌های رمزنگاری استفاده می شود.
- ***فشرده سازی:*** برای کاهش زمان ارسال داده‌ها، و استفاده کارآمدتر از شبکه، از روش‌های فشرده‌سازی در این لایه استفاده می‌شود.
- ***امنیت:*** یکی دیگر از وظایف این لایه، تأمین امنیت ارتباط از طریق ایجـاد شناسـه کـاربر و کلمـهٔ رمـز عبـور می‌باشد.

۱-۴-۵-۷- لایهٔ کاربرد[2]

کاربران شبکه از طریق امکانات و پروتکل‌های این لایه قادر به استفاده ازسرویس شـبکه مـی‌باشـند. در لایـه کـاربرد، نرم‌افزارهای کاربردی متنوع نظیر پست الکترونیکی، انتقال فایل، اتصال از راه دور به یک ماشین وغیره در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. یکی دیگر از وظایف لایه کاربرد، ایجاد ترمینال مجـازی[3] اسـت. ترمینـال مجـازی درحقیقـت نـسخه نـرم افـزاری ترمینال فیزیکی می باشد. بااستفاده از ترمینال مجازی، امکان اتصال به کامپیوتر میزبان راه دور فرآهم می آید. بدین منظور برنامه کاربردی اقدام به ایجاد یک نسخه نرم افزاری از ترمینال کامپیوتر میزبان می کند.

۱-۴-۶- روند ارسال و دریافت اطلاعات در مدل OSI

در مدل لایه‌ای شبکه، اطلاعات ارسالی کاربر در بالاترین لایه ایجاد می‌شود و به ترتیب از لایه‌های شبکه عبور می کند تا وارد لایه فیزیکی گردد و از آنجا وارد شبکه می‌شود. در مدل لایه ای، هر لایه شبکه دارای وظایف خاصی می‌باشد که برای انجام وظایف خود به بسته‌های دریافتی از لایه بالاتر یک‌سری اطلاعات سرآیند اضافه می‌نماید و بسته ایجادشـده را تحویـل لایه پایین‌تر از خود می‌دهد. لایه پایین‌تر نیز این عمل را تکرارمی نماید و به بسته دریافتی از لایه بالاتر خود، سرآیند اضافه می کند و آن را تحویل لایه پایین‌تر می‌دهد. البته در بعضی از لایه‌ها به خصوص در لایه دوم، علاوه بر سرآیند ممکـن اسـت که یک‌سری اطلاعات دنباله نیز به آخر بسته ها اضافه شود.

بنابراین با عبور بسته‌ها از لایه‌های مختلف شبکه، هر لایه برای انجام وظایف خود، یک‌سری اطلاعات به بسته‌ها اضافه می‌نماید که باعث افزایش طول بسته می شود. در پایین‌ترین لایه یعنی لایه فیزیکی، بسته‌های دریافتی بیت به بیت ارسال می‌شوند تا اینکه با عبور از شبکه و مسیریابی تحویل مقصد شوند. درسمت مقصد، بسته دریافتی از پایین‌ترین لایه تحویل لایه‌های بالاتر می‌شود. هر لایه موظف به پردازش برروی سرآیند ایجادشده توسط لایه متناظر در مبدأ می‌باشد. هر لایه در مقصد سرآیند یا دنباله ایجاد شده توسط مبدأ را حذف نموده و سپس بسته را تحویل لایه بالاتر خود می‌دهد. این عملیات درتمام لایه ها انجام می شود و هرلایه درمقصد درست همان سرآیندهایی را که لایه متناظر در مبدأ ایجاد کرده است جهت استفاده خود برمی‌دارد و آن را حذف می‌نماید تا این‌که داده‌های خالص تحویل بالاترین لایه شوندو کاربرقادر به استفاده از آنها می‌شود.

در شکل (۱-۱۴) مراحل ارسال و دریافت بسته‌ها در یک شبکه مبتنی بر مدل لایه‌ای OSI نشان داده شده اسـت. در مدل OSI به سه لایه پایینی(فیزیکی، پیوند داده وشبکه) لایـه‌هـای شـبکه گفتـه مـی‌شـود. همچنـین چهـار لایـه بـالایی (حمل،جلسه،ارائه وکاربرد)، لایه‌های کاربر نامیده می شوند. نودهای میانی شبکه تنها حداکثر تا لایه سوم را دارا مـی‌باشـند،

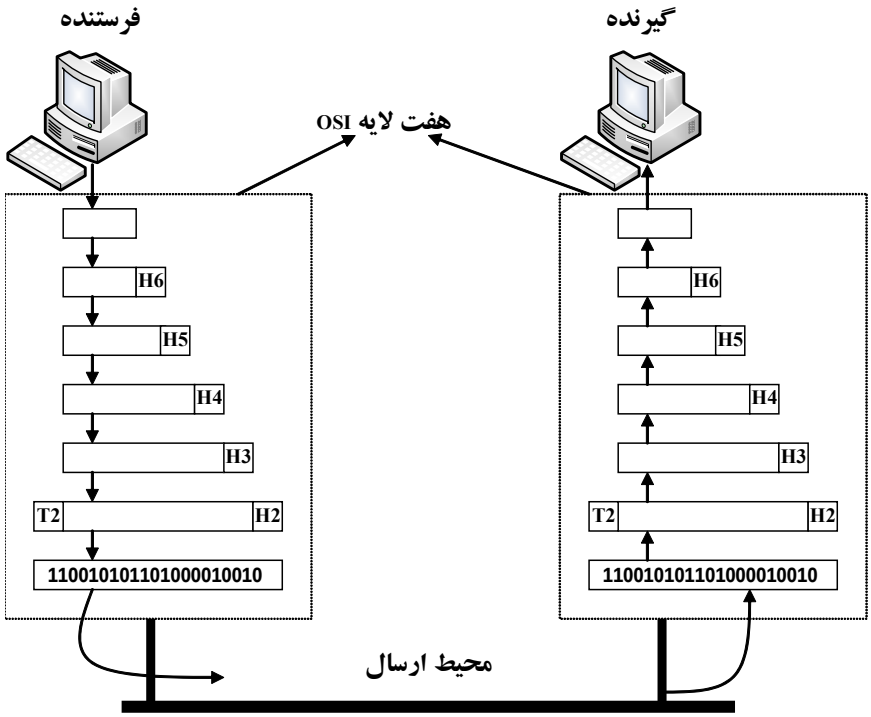
---

[1] Encryption

[2] Application layer

[3] Virtual terminal

ولی کامپیوترهای میزبان تمام هفت لایه را شامل می‌شوند. بسته‌های ارسالی هر لایه که شامل داده‌های لایه بالاتر و اطلاعات سرآیند همان لایه می‌باشند، دراصطلاح واحد داده‌ای پروتکل(PDU[1]) نام دارند.



شکل (۱-۱۴): مراحل ارسال و دریافت بسته‌ها در مدل مرجع OSI

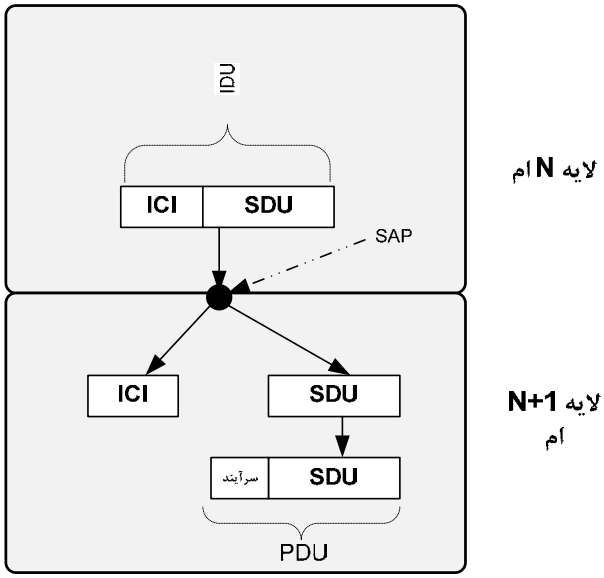
همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در مدل OSI هر لایه شبکه باید به لایه بالاتر از خود سرویس بدهد. هر لایه برای ارائه سرویس خود به لایه بالاتر، از عناصر فعال خود که موجودیت[2] نام دارند استفاده می‌نماید. یک موجودیت در یک لایه شبکه می‌تواند یک فرآیند نرم‌افزاری و یا یک واحد سخت‌افزاری باشد. درهردوسمت فرستنده وگیرنده و درهرلایه، موجودیت‌های متناظر وجود دارند که دراصطلاح به آنها موجودیت‌های همتا[3] گفته می‌شود. سرویسی را که لایه Nام به لایه بالاتر از خود (لایه N+1ام) ارائه می‌دهد بوسیله موجودیت‌های آن لایه انجام می‌شود.

سرویس ارائه شده لایه از طریق نقاط دسترسی به سرویس (SAP[4]) در اختیار لایه بالاتر قرار می‌گیرد. هر نقطه دسترسی به سرویس در مدل لایه‌ای دارای آدرس مشخص و معینی می‌باشد. به‌عنوان مثال در یک شبکه تلفن، نقاط دسترسی به سرویس همان پریزهای تلفن است که از طریق اتصال تلفن به پریز امکان استفاده از سرویس شبکه تلفن برای کاربران فراهم می‌شود. شماره تلفن نیز آدرس نقطه دسترسی به سرویس تلفن می‌باشد. در سیستم عامل یونیکس، نقاط دسترسی به سرویس، سوکت می‌باشند و آدرس نقاط دسترسی به سرویس همان شماره سوکت‌ها هستند.

---

[1] Protocol Data Unit
[2] Entity
[3] Peer entity
[4] Service Access Point

قبل از ارسال اطلاعات بین دو لایه، آن‌دو باید به یک‌سری توافقات اولیه در مورد قواعد و ویژگی‌های هر لایه برسند. مطابق با شکل (۱-۱۵)، لایه N+1 ام شبکه از طریق یک نقطه دسترسی به سرویس، یک واحد داده‌ای به نام واحد داده‌ای واسط (IDU[1]) را به موجودیت فعال لایه N ام ارسال می‌دارد. هر واحد داده ای واسط از دو قسمت تشکیل شده است که عبارتند از: واحد داده‌ای سرویس (SDU[2]) و اطلاعات کنترلی واسط (ICI[3]) . از اطلاعات کنترلی واسط برای انجام امور کنترلی خاص استفاده می‌شود و جزو داده‌های ارسالی نمی‌باشد. هر لایه از اطلاعات کنترلی واسط لایه بالاتر خود استفاده می‌نماید و بعد از استفاده، آنها را از بین می‌برد. لایهN ام با دریافت واحد داده ای سرویس از لایه بالاتر خود، ممکن است که به خاطر محدودیت طول بسته های خود، آن را به قطعات کوچکتری تقسیم نماید. بعد از تکه سازی بسته، به هرتکه سرآیند مناسب اضافه می شود و کل بسته درقالب یک واحد داده ای پروتکل(PDU[4]) ارسال می گردد.



شکل(۱-۱۵): مرز مشترک دو لایه

۱-۴-۷- سرویس اتصال‌گرا و بی‌اتصال

هر لایه شبکه قادر به ارائه دو نوع سرویس مختلف به لایه بالاتر از خود می‌باشد. این دو نوع سرویس عبارتند از : سرویس اتصال‌گرا[5] و سرویس بی‌اتصال[6] . یکی از کاربردهای بارز سرویس اتصال‌گرا، شبکه تلفن است. برای برقراری ارتباط و مکالمه صوتی بین دو کاربر، کاربر اولیه بعد از برداشتن گوشی تلفن و شنیدن بوق آزاد، اقدام به شماره‌گیری می‌نماید. در این مرحله شبکه تلفن درخواست کاربر را برای برقراری ارتباط دریافت می‌نماید و ارتباط کاربر را با مخاطب برقرار می‌سازد. بعد از آن‌که مخاطب گوشی تلفن خود را برداشت عملاً ارتباط برقرارمی‌شود و دو طرف، قادر به صحبت با یکدیگر می‌باشند. در نهایت پس از اتمام مکالمه با گذاشتن گوشی، ارتباط قطع می شود.

---

۱ Interface Data Unit
۲ Service Data Unit
۳ Interface Control Information
4 Protocol Data Unit
۵ Connection oriented
٦ Connectionless

در شبکه‌های کامپیوتری اتصال گرا نیز مشابه شبکه تلفن، کاربر ابتدا از شبکه می‌خواهد که یک مسیر اولیه بین کامپیوترمبداء و مقصد برقرار نماید. پس ازآن‌که این مسیر توسط شبکه بین کاربران مبدأ و مقصد بوجود آمد، کاربران قادر به ارسال اطلاعات خود می‌باشند. پس از اتمام ارسال اطلاعات، مسیر بوجودآمده از بین می‌رود.

در سرویس بی‌اتصال، بدون آن‌که کاربرآمادگی گیرنده را بررسی نماید، اقدام به ارسال اطلاعات به شبکه می کند. طبیعی است که بسته‌های ارسالی کاربران در این نوع سرویس، به‌طور مستقل پردازش می شوند و از مسیرهای مختلف به مقصد می‌رسند. در این نوع سرویس، این احتمال وجود دارد که بسته‌ها به ترتیب به مقصد نرسند، زیرا ممکن است که بسته اول از یک مسیر طولانی‌تر نسبت به بسته دوم به مقصد برسد که این امر باعث دیرتر رسیدن بسته اول نسبت به بسته دوم در مقصد می‌شود. سیستم پست نمونه ای از سرویس بی اتصال است.

برای افزایش کیفیت و اطمینان از دریافت صحیح بسته‌ها در مقصد، این امکان وجود دارد که در هریک از این دو نوع سرویس، گیرنده با ارسال پیام تصدیق، دریافت صحیح بسته ورودی را به اطلاع فرستنده برساند. البته ارسال پیام تصدیق خود باعث افزایش تاخیر درسیستم می‌شود، ولی ازطرف دیگر باعث افزایش اطمینان و کیفیت سرویس می‌گردد. به‌عنوان مثال پروتکل انتقال فایل (FTP[1]) نوعی سرویس اتصال‌گرا همراه با پیام تصدیق می‌باشد. در سرویس پست الکترونیکی نیازی به ارسال پیام تصدیق ازطرف گیرنده نمی‌باشد و این نوع سرویس از نوع بی‌اتصال بدون پیام تصدیق است. به سرویس بی‌اتصال به دلیل شباهت آن با سیستم تلگرام، سرویس داده‌گرام[2] نیز می‌گویند.

سرویس اتصال‌گرا همراه با پیام تصدیق خود به دو نوع تقسیم‌بندی می‌شوند. در نوع اول که جریان پیام‌ها[3] نام دارد، حد و مرز پیام‌های ارسالی در گیرنده قابل تشخیص می‌باشد. به‌عنوان مثال اگر فرستنده، ۱۰ پیام یک کیلو بایتی ارسال دارد، در گیرنده نیز می‌توان این ۱۰ پیام یک کیلو بایتی را از یکدیگر تشخیص داد. ولی در نوع دوم که رشته بایت‌ها[4] نام دارد، گیرنده قادر به تشخیص و تفکیک پیام‌ها از یکدیگر نمی‌باشد. در این حالت اگر فرستنده به‌طور مثال، ۱۰ پیام یک کیلو بایتی ارسال کند، گیرنده فقط یک پیام ۱۰ کیلو بایتی دریافت می‌نمایدو نمی‌تواند تشخیص دهد که این ۱۰ کیلوبایت اطلاعات ورودی در اصل ۱۰ پیام یک کیلوبایتی متفاوت بوده است.

در بعضی از کاربردهای شبکه، که از سرویس بی‌اتصال استفاده می‌شود، ارسال پیام گواهی و تصدیق دریافت ازطرف گیرنده ضروری ولازم به نظر می‌رسد. این نوع سرویس را در اصطلاح سرویس داده‌گرام همراه با پیام تصدیق می‌نامند. به‌عنوان مثال ارسال نامه‌های سفارشی درسیستم پستی که فرستنده می‌خواهد از دریافت نامه در گیرنده مطمئن شود، نمونه‌ای از این نوع سرویس می‌باشد. نوعی دیگر از سرویس موجود در شبکه‌های کامپیوتری، سرویس درخواست- پاسخ[5] است. در این نوع سرویس، فرستنده با ارسال یک داده‌گرام، درخواست خود را برای گیرنده ارسال می‌دارد. گیرنده نیزدر پاسخ به درخواست فرستنده یک داده‌گرام که حاوی پاسخ به درخواست فرستنده است ارسال می‌کند. به‌عنوان مثال جستجو در بانک‌های اطلاعاتی نوعی سرویس درخواست ـ پاسخ است.

در هر لایه شبکه، برای ارائه سرویس اتصال‌گرا یا بی‌اتصال از یک مجموعه عملیات پایه‌ای[6] استفاده می‌شود. عملیات پایه‌ای به چهار نوع تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارتند از:

---

۱ File Transfer Protocol
۲ Datagram
۳ Message sequence
٤ Byte stream
٥ Request-reply
٦ Service primitives

۱- عملیات پایه‌ای درخواست[۱]: این عملیات برای اعلام درخواست انجام یک کار خاص مانند درخواست برقراری اتصال و یا درخواست ارسال داده‌ها در شبکه به کار می‌رود.

۲- عملیات پایه‌ای اعلام[۲]: هنگامی‌که در موجودیت همتا در سمت گیرنده عملیات پایه‌ای‌درخواست دریافت گردید، برای اطلاع دادن به لایه بالایی، عملیات پایه‌ای اعلام ارسال می‌شود که کاربر را از ورود یک درخواست از سمت مقابل مطلع می‌سازد.

۳- عملیات پایه‌ای پاسخ[3]: هنگامی‌که موجودیت همتا از دریافت درخواست مطلع شد، برای پاسخ دادن به درخواست ورودی که از جانب همتای خود در فرستنده ارسال شده است، از عملیات پایه‌ای پاسخ استفاده می‌کند.

۴- عملیات پایه‌ای تأیید[۴]: هنگامی‌که پاسخ موجودیت همتا به درخواست فرستنده ارسال شد، در سمت فرستنده اولیه این پاسخ به صورت عملیات پایه‌ای تأیید به اطلاع آن رسیده می‌شود. به این ترتیب فرستنده متوجه می‌گردد که آیا درخواستش مورد قبول واقع شده است یا خیر؟

عملیات پایه‌ای‌می‌تواند شامل مشخصه‌هایی باشد که به کمک این مشخصه ها می توان مشخصاتی نظیر: آدرس فرستنده درخواست‌کننده، نوع سرویس درخواستی و حداکثر طول بسته‌های ارسالی را به اطلاع طرف مقابل رساند.

از نظر نحوه ارسال عملیات پایه‌ای بین دو موجودیت همتا، سرویس شبکه را می‌توان به دو نوع تقسیم‌بندی نمود که عبارتند از: سرویس تأییدشده[5] و سرویس بدون تأیید[6] . درسرویس تأییدشده، از هر چهار نوع عملیات پایه‌ای درخواست، اعلام، پاسخ و تأیید استفاده می‌شود، اما درسرویس بدون تأیید، فقط از عملیات پایه‌ای درخواست و اعلام استفاده می‌گردد.

برای درک بهتر مفاهیم عملیات پایه‌ای به یک مثال توجه می‌نماییم. فرض کنید در یک لایه برای ارائه سرویس اتصال‌گرا، هشت عملیات پایه‌ای زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

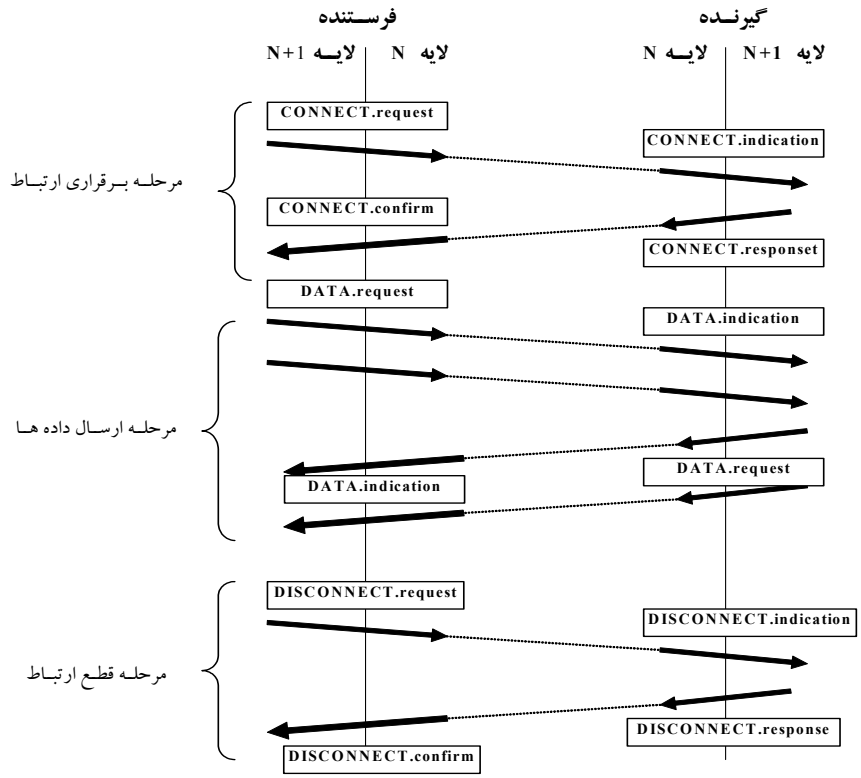
- **CONNECT.request:** از این عملیات پایه‌ای برای ارسال درخواست برقراری اتصال فرستنده استفاده می‌شود(با مقایسه با یک ارتباط تلفنی برداشتن گوشی و گرفتن شماره تلفن مخاطب می‌باشد).
- **CONNECT.indication:** در سمت گیرنده، این عملیات پایه‌ای برای آگاه‌سازی لایه بالایی از ورود یک درخواست برقراری اتصال استفاده می‌شود(در ارتباط تلفنی زنگ زدن تلفن مخاطب می‌باشد).
- **CONNECT.response:** گیرنده، برای اعلام قبول یا رد درخواست ورودی و پاسخ‌دهی به آن از این عملیات پایه‌ای استفاده می‌نماید(در ارتباط تلفنی برداشتن گوشی توسط مخاطب می‌باشد).
- **CONNECT.confirm:** این عملیات پایه‌ای برای اطلاع دادن در مورد قبول یا رد درخواست به فرستنده که درخواست‌کننده اولیه بوده است، استفاده می‌شود(در ارتباط تلفنی قطع‌شدن صدای زنگ تلفن در سمت تماس گیرنده می‌باشد).
- **DATA.request:** ازاین عملیات پایه‌ای برای ارسال داده استفاده می‌شود(در ارتباط تلفنی صحبت‌های ارسالی بین تماس گیرنده و مخاطب می‌باشد).
- **DATA.indication:** برای مطلع ساختن گیرنده نسبت به ورود داده استفاده می‌شود (درارتباط تلفنی شنیدن صحبت‌های یک طرف توسط طرف مقابل می‌باشد).

---

[۱] Request primitive
[۲] Indication primitive
[۳] Response primitive
[٤] Confirm primitive
[٥] Confirm services
[٦] Unconfirmed services

- **DISCONNECT.request**: این عملیات پایه‌ای نشان‌دهنده درخواست قطع اتصال می‌باشد(در ارتباط تلفنی، قطع ارتباط و قرار دادن گوشی برروی تلفن می‌باشد).
- **DISCONNECT.indication**: از این عملیات برای مطلع ساختن موجودیت همتا در گیرنده از درخواست قطع اتصال، استفاده می‌شود (در ارتباط تلفنی شنیدن اتمام مکالمه و گذاشتن گوشی تلفن از جانب طرف مقابل می‌باشد).

ازآنجایی‌که در مثال فوق برای برقراری اتصال از هرچهار نوع عملیات پایه‌ای استفاده می‌گردد، ولی برای قطع اتصال فقط از دو عملیات پایه‌ای استفاده می‌شود، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برقراری اتصال، یک نوع سرویس تأییدشده و قطع اتصال، یک نوع سرویس بدون تأیید می‌باشد. در شکل (۱-۱۶) دیاگرام زمانی و مراحل ارسال عملیات پایه‌ای فوق بین فرستنده و گیرنده نشان داده شده است. البته در این شکل برای مرحله قطع ارتباط از ۴ عملیات پایه‌ای استفاده شده است.



شکل(۱ –۱۶): دیاگرام زمانی و مراحل ارسال عملیات پایه‌ای بین دو لایه همتای شبکه

۱-۴-۸ - سوئیچینگ

به‌طور کلی در شبکه‌های کامپیوتری دو نوع مختلف سوئیچینگ وجود دارد که عبارتند از: سوئیچینگ مداری[1] و سوئیچینگ بسته‌ای[2].

در سوئیچینگ مداری، یک مسیر فیزیکی با یک ظرفیت ثابت بین فرستنده و گیرنده ایجاد می شود. شبکه‌های سوئیچینگ مداری در حقیقت برای انتقال صوت طراحی شده‌اند. در شبکه‌های تلفن بعد از برقراری یک اتصال صوتی بین دو نقطه، این اتصال تا پایان ارتباط برقرار می‌باشد. شبکه‌های سوئیچینگ مداری برای ارسال داده‌ها مناسب نیست. یکی از مهمترین دلایل آن این است که بیشتر داده‌های کامپیوتری به صورت انفجاری[3] می‌باشند. بدین معنی که در یک لحظه از زمان حجم زیادی از داده‌ها برای ارسال وجود دارد و در یک لحظه دیگر، ممکن است هیچ داده‌ای برای ارسال موجود نباشد. بنابراین چنانچه بخواهیم از سوئیچینگ مداری برای ارسال داده‌ها استفاده نماییم، در زمان عدم ارسال داده و عدم استفاده از پهنای باند ظرفیت شبکه بدون استفاده می‌ماند و از بین می‌رود.

یکی دیگر از دلایل نامناسب بودن شبکه‌های سوئیچینگ مداری برای ارسال داده‌های کامپیوتری آن است که در شبکه‌های داده نرخ ارسال متغیر می‌باشد. در شبکه‌های داده در لحظاتی که داده‌هایی برای ارسال وجود دارد سرعت ارسال باید به اندازه کافی زیاد باشد و در زمانی که داده ای برای ارسال وجود ندارد، سرعت ارسال کم یا صفر می‌باشد. ازآنجایی‌که در شبکه‌های سوئیچینگ مداری ظرفیت اتصال ثابت است، بنابراین نمی‌توان از آن برای ارسال داده‌های کامپیوتری با نرخ ارسال متغیر استفاده نمود. عدم انعطاف‌پذیری شبکه‌های سوئیچینگ مداری نسبت به تغییرات، از دیگر دلایل نامناسب بودن شبکه‌های سوئیچینگ مداری برای تبادل داده‌های کامپیوتری می‌باشد. از دیگر معایب سوئیچینگ مداری، می‌توان به عدم قابلیت اولویت گذاری داده‌ها در آن اشاره نمود. برای ارسال داده‌های کامپیوتری باید مکانیسم‌هایی برای اولویت گذاری بسته‌ها وجود داشته باشد تا بتوان بین داده‌های مختلف فرق گذاشت.

در شبکه‌های سوئیچینگ بسته‌ای، داده‌های ارسالی به صورت بسته‌هایی به طول مشخص ارسال می‌شوند. شبکه‌های سوئیچینگ بسته‌ای دو نوع می‌باشند که عبارتند از:

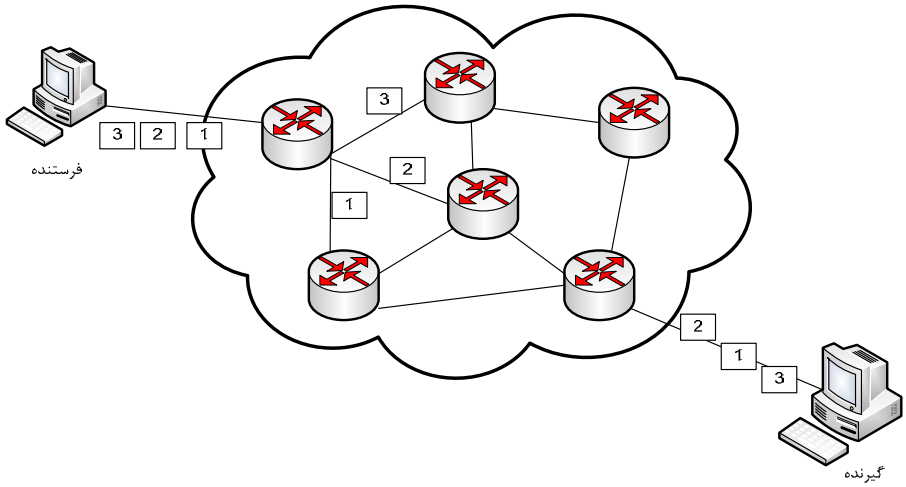
- شبکه‌های داده‌گرام
- شبکه‌های مدار مجازی[4]

شبکه‌های داده‌گرام از نوع بی‌اتصال می‌باشد. مطابق با آنچه که در شکل (۱-۱۷) نشان داده شده است، در شبکه‌های داده‌گرام بسته‌های ارسالی به‌طور مستقل از یکدیگر وارد نودهای شبکه می شود و مسیریابی می‌گردند. ازآنجایی‌که هر بسته، مستقل از سایر بسته‌ها پردازش می‌شود، این احتمال وجود دارد که بسته‌های ارسالی از مسیرهای مختلفی عبور نمایند و به ترتیب نادرست به مقصد برسد. بنابراین یکی از مهمترین مشکلات شبکه‌های داده‌گرام عدم رعایت ترتیب بسته‌ها می‌باشد.

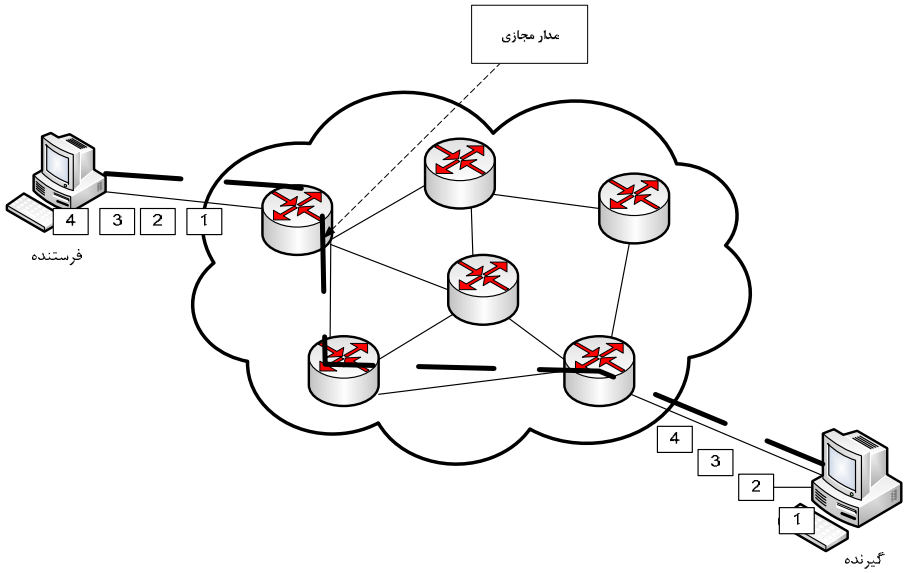
شبکه‌های سوئیچینگ بسته‌ای از نوع مدار مجازی، از روش اتصال‌گرا برای برقراری ارتباط بین مبدأ و مقصد استفاده می‌نماید. در این نوع شبکه‌ها قبل از ارسال داده‌ها، یک مدار مجازی بین فرستنده و گیرنده برقرار می‌شود و بسته‌های ارسالی بین مبدأو مقصداز مسیر مجازی به‌وجود آمده عبورمی‌نمایندو بنابراین تمامی بسته‌ها به ترتیب به مقصد می‌رسند. بعد از اتمام ارسال داده‌ها، مسیر مجازی به‌وجودآمده از بین می‌رود. در شکل(۱-۱۸) مثالی از یک شبکه مدار مجازی آورده شده است.

---

[1] Circuit switching
[2] Packet switching
[3] Bursty
[4] Virtual circuit



شکل (۱-۱۷): شبکه‌های داده‌گرام



شکل (۱-۱۸): شبکه‌های مدار مجازی

در شبکه‌های مدار مجازی، دو نوع مدار مجازی وجود دارند که عبارتند از مدار مجازی سوئیچ شده (SVC[1]) و مدار مجازی دایمی (PVC[2]). مدارهای مجازی دایمی به‌طور دائم دراختیارفرستنده وگیرنده قرار دارند و نیازی به انجام عملیات برقراری و قطع ارتباط نمی‌باشد. در مدارهای مجازی سوئیچ شده، برای برقراری مدار مجازی بین فرستنده و گیرنده، باید روال‌های خاصی انجام شود. بعد از ارسال داده‌ها، مدار مجازی سوئیچ شده آزادمی شود تا بتوان از ظرفیت آن برای سایر اتصال‌های موجود در شبکه استفاده نمود. شبکه‌های X.25 و ATM مثال‌هایی از سوئیچینگ بسته‌ای مدار مجازی هستند درحالی‌که پروتکل اینترنت ازنوع داده‌گرام است.

پرسش‌های فصل

۱. حداقل ۱۰ مورد از کاربرد کامپیوتر درجامعه را نام ببرید.

---

[1] Switched Virtual Circuit
[2] Permanent Virtual Circuit

۲. سه مشخصه اصلی سیستم‌های انتقال داده را نام ببرید.
۳. اجزای اصلی یک سیستم انتقال داده را نام ببرید.
۴. مدل پایه یک سیستم انتقال داده را با رسم شکل توصیف نمایید.
۵. سه معیار اصلی درطراحی شبکه های انتقال داده را نام برده و عوامل مؤثر درهریک راتوضیح دهید.
۶. استانداردهای اسمی و نامی را توضیح داده و تفاوت آنها را بایکدیگر بنویسید.
۷. سه مرکز اصلی استانداردگذاری درشبکه‌های انتقال داده را نام برده و توضیح دهید.
۸. مفهوم مدل لایه ای را درشبکه‌های کامپیوتری توضیح دهید.
۹. مسائل و مشکلاتی را که درساختار لایه ای با آن روبرو هستیم را عنوان نموده و راه حل هریک را توضیح دهید.
۱۰. علت انجام عملیات تکه سازی و بازسازی در شبکه‌های کامپیوتری را توضیح دهید.
۱۱. نکاتی را که درمدل لایهٔا ی درموردانتخاب تعداد لایه‌ها و عملیات هرلایه با آن روبرو هستیم را تشریح نمایید.
۱۲. مدل مرجع OSI را توضیح دهید.
۱۳. وظایف لایه فیزیکی را درمدل OSI توضیح دهید.
۱۴. مسائل مختلفی که درلایه فیزیکی مدل OSI باآنها روبرو هستیم را توصیف نمایید.
۱۵. وظایف لایه پیونددداده را درمدل OSI توضیح دهید.
۱۶. وظایف لایه شبکه را در مدل OSI توضیح دهید.
۱۷. مفهوم ازدحام را در شبکه‌های کامپیوتری توضیح داده و روش مقابله باآن را تشریح نمایید.
۱۸. وظایف لایه حمل را درمدل OSI توضیح دهید.
۱۹. وظایف لایه جلسه را درمدل OSI توضیح دهید.
۲۰. وظایف لایه ارائه را درمدل OSI توضیح دهید.
۲۱. وظایف لایه کاربرد را درمدل OSI توضیح دهید.
۲۲. روند ارسال و دریافت بسته ها را در مدل مرجع OSI توصیف نمایید.
۲۳. در واسط ارتباطی بین دو لایه، نقطه دسترسی به سرویس را توضیح دهید.
۲۴. مفهوم موجودیت در لایه های شبکه وعملیات انجام شده توسط آنها را بنویسد.
۲۵. سرویس اتصال گرا را توضیح داده و برای آن مثالی ذکر کنید.
۲۶. سرویس بی اتصال را توضیح داده و برای آن مثالی ذکرنمایید.
۲۷. سرویس اتصال گرا و بی اتصال را بایکدیگر مقایسه کنید.
۲۸. سرویس تأیید شده و سرویس تأیید نشده را تعریف نموده و تفاوت آنها با یکدیگر را بنویسید.
۲۹. عملکرد سوئیچینگ مداری و سوئیچینگ بسته ای را توصیف نموده و با یکدیگر مقایسه نمایید.