

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشگاه جامع علمی کاربردی واحد ۵ مازندران

نام درس :

مهندسی اینترنت

استاد مربوطه :

جناب مهندس میثم محمدی

نام دانشجو :

سیدرضا موسوی

شماره دانشجویی :

۸۸۳۸۰۲۰۵۱۰۱۱

ترم :

پودمان پنجم ، بهار ۱۳۹۰

مقدمه

شبکه های کامپیوتری از دیدگاه اجتماعی یک پدیده فرهنگی و از دید مهندسی کامپیوتری یک تخصص و علم به شمار می آید. امروزه پیشرفت و توسعه مرزهای دانش به گسترش شبکه های کامپیوتری وابسته است.

هدف اصلی در «فناوری اطلاعات»، گردآوری، سازماندهی و فرآوری داده ها و دانش پراکنده در سطح دنیاست؛ به گونه ای که بتوان از این دانش گردآوری شده، معرفت و دانش جدید تولید کرد. بالطبع مؤثرترین ابزار برای جمع آوری، سازماندهی و پردازش داده های پراکنده، شبکه های کامپیوتری است.

در اینترنت تنها «دانش» عرضه نمی شود، 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 طبقه بندی کرد ولی نوعاً «آگاهی» محسوب می شود.

با توجه به مفاهیم فوق به خوبی در می یابیم که نیاز ما به شبکه و بالخصوص اینترنت که خود از شبکه های گوناگون کوچک و بزرگ و فناوری های مختلف ابری و توری که هر روزه پیشرفته تر و جهان شمول تر می شوند تشکیل شده است بیشتر شده و می طلبد که ما نیز هماهنگ با این تکنولوژی های مدرن اطلاعات خویش را بروز تر و بیشتر کنیم.

در این درس سعی شده است که بطور خلاصه و مؤثر مطالبی طبقه بندی شده را مرور کرده و از منظر مهندسی به تحلیل و تحقیق در اینترنت پردازیم.

مهندسی اینترنت

مهندسی اینترنت علمی است که نگرشی جامع به قضیه نرم افزاری حاکم بر ارتباطات شبکه ای دارد و در زمینه چگونگی به کارگیری پروتکل های اینترنتی، الگوریتم های تشخیص و تصحیح خطا و الگوریتم های مسیریابی، روش های نوینی را ارائه می دهد.

انواع شبکه ها از نظر رسانه های انتقال

از دیدگاه تکنولوژی انتقال دو رده کلی از شبکه قابل تعریف است :

۱- نظیر به نظیر (Peer to Peer) :

ایجاد یک مسیر اولیه بین مبدأ و مقصد که این مسیر تا پایان ارتباط پا بر جا باقی خواهد ماند.

۲- پخش (Casting):

در شبکه های پخش فراگیر، انتقال اطلاعات از طریق یک کانال فیزیکی که بین تمام ایستگاههای شبکه مشترک است انجام می پذیرد. همه ایستگاهها موظفند بطور دائم به خط گوش بدهند و برای ارسال نیز مجبورند اطلاعات را بر روی همین کانال منتقل کنند.

این شبکه ها به سه روش انجام می گیرند:

الف) Multicast: در این نوع ارتباط ارسال بسته های اطلاعاتی به چندین کاربر مشخص صورت می گیرد.

ب) Broadcast: در این نوع ارتباط، بسته های اطلاعاتی به تمامی مشتری (Client) های سطح شبکه ارسال می شود.

ج) Unicast: در این روش تنها به یک مقصد مشخص ارسال انجام می شود.

نکته: در این حالت تعیین مسیر اولیه وجود ندارد. شیوه رایج در اینترنت استفاده از شبکه ها در این حالت می باشد. برای این منظور Packet Switching که در آن بسته های اطلاعاتی به چندین بسته کوچکتر (در صورت لزوم) تقسیم می شود و از مسیرهای گوناگون به سمت مقصد ارسال می شود.

مدل OSI

اولین پروتکل اینترنت است که به عنوان یک استاندارد صنعتی ارائه گردید و به صورت هفت لایه می باشد (حالت ایده آل دارد).

دستیابی به تمام ظرفیت در نظر گرفته شده برای این پروتکل امکان پذیر نیست.

بارزترین ویژگی و کار در هفت لایه OSI :

۱- فیزیکی (Physical)

بارزترین ویژگیهای این لایه عبارتند از:

- تعیین چگونگی Encode & Decode اطلاعات برای ارسال
- درک هوشمندی از اطلاعات ندارد
- تعیین ساختار شبکه ای (توپولوژی و).

۲- پیوند داده (Data Link) :

بارزترین کارهای این لایه عبارتند از:

- قالب بندی (Framing)
- تشخیص خطا
- تصحیح خطا
- بررسی شماره ترتیب بسته ها

۳- شبکه (Network) :

بارزترین ویژگیهای این لایه عبارتند از:

- مسیریابی بر اساس پروتکل آدرس IP
- مدیریت نرخ ترافیک شبکه از طریق ایجاد مسیرهای بهینه

۴- انتقال (Transport):

فراهم کننده شرایط ارسال و دریافت بسته های اطلاعاتی در حالتی با حداکثر میزان امنیت و تضمین ارسال و دریافت و برقراری صحت ارسال داده می باشد. به همین دلیل از مفاهیم TCP و UDP استفاده می شود.

۵- جلسه (Session):

بارزترین ویژگیهای این لایه عبارتند از:

- مدیریت جلسات برقرار شده بین مبدأ و مقصد
 - کنترل مفاهیمی مثل Upload و Download
 - میزان نرخ انتقال
 - هماهنگ سازی یا سنکرون کردن
- به عنوان مثال اگر قرار باشد ارتباطی از ارسال و دریافت هم زمان برخوردار باشد ، این هماهنگ سازی از طریق به کارگیری پروتکل های لایه جلسه امکان پذیر است.

۶- نمایش (Presentation):

با توجه به شبکه هایی با ساختارهای متفاوت و زبان های برنامه نویسی گوناگون ، با استفاده از استانداردهای ارائه شده در لایه نمایش به نوعی اطلاعات را کد گذاری می نمائیم که در سراسر شبکه جهانی از یک مفهوم یکسان برخوردار باشد.

۷- کاربردی (Application):

وظیفه اصلی این لایه فراهم آوردن شرایطی (از طریق درگاه SAP) جهت استفاده از قابلیت های لایه های زیر توسط برنامه های کاربردی کاربر می باشد.

به نوعی می توان گفت که انتقال درخواستها تحت برنامه های کاربردی لایه کاربردی به بسترهای اطلاعاتی مورد نیاز در لایه های پائین می باشد.

پروتکل های مهم این لایه عبارتند از:

- HTTP
- FTP
- MAIL

معماری یک ارتباط اینترنتی

برای برقراری یک ارتباط اینترنتی شرایط زیر حاکم است:

- ۱- کامپیوتر مبدأ باید (تا حدودی) از مسیری که بسته های ارسالی طی می کند مطلع باشد.
- ۲- کامپیوتر مبدأ بایستی از آماده بودن مقصد مطلع باشد.
- ۳- کامپیوتر مقصد بایستی توانائی مدیریت برنامه های کاربردی و فایل های دریافتی را داشته باشد.

انواع سرویس ها از نظر قابلیت اعتماد

سرویس ها بر دو گونه اند:

۱- سرویس های قابل اطمینان

عموماً در مواردی استفاده می شود که نیاز به حداقل رساندن تأخیر در دریافت و از بین بردن امکان عدم صحت دریافت وجود دارد. بنابراین از بسته های تأیید (AKN) در نقل و انتقال استفاده می شود و بستر از طریق ارتباط های Point to Point بدست می آید. (سرویس با قابلیت اعتماد).

۲- سرویس های غیر قابل اطمینان

با توجه به عدم اهمیت بالای صحت دریافت و با توجه به اینکه سرویس های قابل اطمینان هزینه بر هستند از بسته های تأیید استفاده نمی گردد. (سرعت پردازش ها بالاتر می رود).

انواع روش های سوئیچینگ (Switching Methods)

سوئیچینگ به سه روش انجام می پذیرد:

۱- سوئیچینگ مداری یا Circuit Switching

در این حالت کانال ارتباطی از ابتدا تا انتهای برقراری ارتباط برای دو طرف ارتباط رزرو می ماند. مثل شبکه های مخابراتی

۲- سوئیچینگ بسته یا Packet Switching

متداول ترین شیوه ارتباطی که در بسته شبکه های TCP/IP به کار گرفته می شود. در این روش نیازی برای برقراری یک مسیر اولیه نیست.

۳- سوئیچینگ پیام یا Message Switching

در این شیوه ارتباطی که عموماً در شبکه هائی استفاده می شود که نقل و انتقالات در سطح کاملاً دیجیتالی انجام می گیرند، از پیام رسانی برای کاهش زمان ارتباط و در نهایت دریافت سرویس استفاده می شود.

تعریف PDU:

واحدی است برای بسته بندی داده های اطلاعاتی که در هر لایه نامی به آن متناظر می گردد.

مثال:

۱- در لایه شبکه، Network PDU که به اختصار NPDU می نامیم همان بسته های Packet می باشد.

۲- در لایه پیوند داده، Data Link PDU که به اختصار DPDU نام دارد، همان Frame ایجاد شده می باشد.

کیفیت سرویس ها در ارتباط شبکه ای (QOS)

برای ارزیابی کیفیت سرویس های (Quality of Service) ارائه شده به فاکتورهای مختلفی توجه می شود:

الف) لرزش (Jitter):

نشان دهنده انحراف معیار از میانگین تأخیر رسیدن بسته ها می باشد. در این حالت میزان انحراف بسته های رسیده نسبت به یک میانگینی که از تأخیر بسته های به وجود آمده محاسبه می شود.

ب) پهنای باند (Bandwidth) :

میزان اطلاعات قابل عبور از سطح رسانه انتقال که با واحد بیت بر ثانیه (bit/s) محاسبه می گردد.

پهنای باند از فرمول زیر بدست می آید:

B: توان کانال ارتباطی بر مبنای هرتز

s/n: نسبت توان شبکه در مقابل با نویزها (خطاها)

C: ظرفیت پهنای باند

$$C = B \times \log_2^{s/n}$$

تذکر: از فرمول فوق زمانی استفاده می شود که مبنای انتقال در رسانه ، امواج الکترومغناطیسی باشد. بعنوان مثال در فیبر نوری با توجه به اینکه انتقال از طریق فوتونهای نوری صورت می گیرد، استفاده از فرمول فوق مناسب نیست.

ج) نرخ از دست دادن بسته ها (Less of Packets) :

با توجه به اینکه عموماً از TCP/IP استفاده می کنیم، معیار مناسبی است تا از طریق بدست آوردن تعداد بسته هائی که در واحد زمان در شبکه از دست می روند نرخ از دست دادن بسته ها را محاسبه نمائیم.

در واقع کیفیت را از نظر صحت تحویل داده می سنجد.

روش های تحویل داده به لایه های نظیر

این عمل به دو روش امکان پذیر است:

۱- Byte Stream

در این نوع ارسال داده ، بر فرض اگر فرستنده بخواهد چهار بسته یک کیلوبایتی (1 KB) را ارسال نماید، گیرنده بر اساس ترتیب مشخص شده و بدون خطا بسته ها را دریافت می کند. اما ممکن است ادغام بسته ها (و حتی شکستن بسته ها) نیز رخ دهد. در این صورت تضمین تحویل بدون خطا وجود ندارد.

۲- Message Stream (توالی پیام)

اما در این روش برای مثال فوق، ارسال با ترتیب و با حجم معین صورت می گیرد و دریافت نیز با همان ترتیب ، بدون خطا و با همان ظرفیت صورت می گیرد.

مثال: شبکه ای را در نظر بگیرید که میزان توان کانال ارتباطی در مبنای هرتز آن ، 4 KHz باشد و همچنین نسبت $s/n = 1000$ باشد. پهنای باند این کانال ارتباطی را بر حسب bit/s به دست آورید؟

$$4 \text{ KHz} = 4000 \text{ Hz}$$

$$C = B \times \log_2^{s/n}$$

$$C = 4000 \times \log_2^{1000} \approx 39000 \text{ bit/s}$$

کنترل خطا

در ارتباطات شبکه ای بر اساس توافق طرفین مکانیزم هایی برای کنترل خطا به کار گرفته می شود. عمده ترین روش ها قراردادهای مورد استفاده در لایه پیوند داده می باشد؛ که در این لایه مکانیزم هایی برای کنترل خطای احتمالی و تصحیح آن وجود دارد. برخی از این روشها عبارتند از:

استفاده از مفهوم فاصله همینگ:

این فاصله از بدست آوردن اختلاف بیتی کلمات معتبر در یک سیستم شبکه ای بدست می آید.

در لایه پیوند داده ، کنترل صحت انتقال دنباله های بیتی اطلاعاتی انجام می گیرد. این کار با استفاده از بیت توازن یا مفاهیم فاصله همینگ یا الگوریتم CRC انجام می گیرد.

بیت توازن زمانی یک (1) می شود که تعداد یک های دنباله انتقالی زوج باشد؛ اگر فرد باشد صفر (0) می شود.

کنترل خطا معمولاً برای احتساب دو مقوله انجام می پذیرد:

۱- برای تشخیص خطا :

در صورتیکه فاصله همینگ برابر n باشد، تعداد n-1 بیت خطا قابل تشخیص است.

۲- برای تصحیح خطا :

اگر فاصله همینگ برابر n باشد : $n \equiv 2m+1$

m : تعداد بیت های قابل تصحیح در این سیستم می باشد.

مثال: اگر در یک سیستم شبکه ای کلمات معتبر به صورت زیر باشد:

1100101 , 101010011

الف) مشخص کنید چند بیت خطا (در صورت وجود داشتن) قابل تشخیص است؟

ب) مشخص کنید چند بیت خطا قابل تصحیح است؟

ابتدا با توجه به مقادیر داده شده XOR آنها را بدست می آوریم که می شود:

$$\begin{array}{r} 1100101 \\ 1010011 \\ \hline 0110110 \end{array}$$

فاصله همینگ بدست آمده از XOR (تعداد یک های حاصل) برابر با چهار است یعنی:

$$n = 4$$

نکته : زمانی حاصل XOR بیت های متناظر یک (1) خواهد شد که یک (1) های موجود فرد باشد.

حال به حل مسئله می پردازیم:

جواب الف) :

$$n - 1 = \text{تعداد بیت های خطای قابل تشخیص}$$

$$4 - 1 = 3 = \text{تعداد بیت های خطای قابل تشخیص}$$

پس تعداد سه بیت خطا موجود است.

$$n = 2m + 1$$

جواب ب) :

$$4 = 2m + 1 \Rightarrow 2m = 4 - 1 \Rightarrow 2m = 3 \Rightarrow m = 1.5$$

چون 1.5 بیت نداریم ، از ریشه عدد استفاده می کنیم ؛ یعنی یک (1) بیت قابل تصحیح است. پس درخواست ارسال مجدد فریم را از فرستنده می کند.

نکته: درخواست گیرنده از فرستنده فقط فریم می باشد نه اینکه تعداد خطاهای عددی را مطالبه کند. در صورتیکه کمتر از مقدار تصحیح خطا باشد ، خودش تصحیح کرده و گرنه درخواست فریم را دوباره از فرستنده می کند.

استانداردهای شبکه ای در ارتباط نقطه به نقطه

این نوع ارتباط با ایجاد یک کانال ارتباطی و اختصاص آن به یک مبدأ و مقصد معین انجام می پذیرد که معمولاً به آنها پروتکل های ارتباطی می گوئیم.

انواع پروتکل ها:

۱- پروتکل SLIP یا Serial Line IP

اولین پروتکل این دسته SLIP می باشد. قالب بسته های ارسالی در این پروتکل بسیار ساده می باشد. تنها از یک Flag در ابتدا و انتهای بسته ها برای تشخیص ابتدا و انتها استفاده می شود. و هیچگونه پروتکل امنیتی با خود ندارد. مقدار Flag نیز 0XC0 می باشد.

Flag	Payload (Data)	Flag
0XC0	داده ها	0XC0

از معایب این پروتکل، الزام وجود آدرس IP ثابت برای مبدأ و مقصد می باشد. به علت وجود سیستم عاملهای متعدّد در سطح شبکه، امروزه از پروتکل فوق استفاده نخواهد شد. چون روش انجام کار بر اساس این پروتکل بسیار سخت می باشد؛ زیرا هیچگونه فیلد حفاظتی در آن وجود ندارد.

۲- پروتکل PPP یا Point – to – Point Protocol

قالب بسته های اطلاعاتی در این پروتکل به صورت زیر است:

Flag 01111110	Address	Control	Protocol	Payload قسمت اصلی داده	Checksum جمع کنترلی	Flag 01111110
۱ بایت	۱ بایت	۱ بایت	۱ الی ۲ بایت	متغیر	۲ الی ۴ بایت	۱ بایت

نکته: فیلدهای آدرس و کنترل عموماً به صورت زائد هستند. فیلد آدرس برای تعیین آدرس مقصد استفاده می شود اما در حالت عمومی با مقدار زیر مقدار دهی می شود:

11111111

فیلد آدرس:

آدرس مبدأ و مقصد در IP درج می شود؛ به همین دلیل این فیلد استفاده ای ندارد. (۱ بایت)

فیلد کنترل :

برای کنترل جریان فریم های اطلاعاتی در سطح شبکه می باشد و مقدار پیش فرض آن 00000011 می باشد. (۱ بایت)

فیلد پروتکل :

برای تنظیم پروتکل های مورد استفاده در لایه های بالاتر (بعنوان مثال در حالت امن یا ناامن بودن برای تعیین تکلیف استفاده از پروتکل های TCP و UDP و یا پروتکل های لایه کاربردی) استفاده می شود. (۱ الی ۲ بایت)

فیلد جمع کنترلی :

پارامتری است که با روش های مختلفی برای تشخیص خطا به کار گرفته می شود. به عنوان مثال ممکن است جمع مقادیر بایت های داده را محاسبه کند و در این قسمت قرار دهد. گیرنده نیز با دریافت بسته ، این عمل با بایت های قسمت داده ای انجام می دهد و در صورت برابر بودن پی می بریم که انتقال بدون اشکال بوده است. (۲ الی ۴ بایت)

روش برقراری ارتباط بر اساس پروتکل PPP :

برای برقراری ارتباط ، ابتدا سرویس گیرنده شماره مودم ISP خدمات دهنده را شماره گیری می نماید. مودم پس از دریافت اعلام نیاز، سیگنال حمل کننده امواج الکترومغناطیسی لازم جهت برقراری ارتباط را بر روی خط قرار می دهد. پس از آن فرستنده (مشری) بسته های LCP را به ISP ارسال می کند. از این طریق این بسته ها مقاداردهی پروتکل های مورد نیاز انجام می گیرد. همچنین پس از برقراری ارتباط موفق از طریق محتوای این بسته ، احراز هویت صورت می گیرد. پس از آن بسته های NCP که کار آن تعیین مقاداردهی مناسب برای پروتکل های لایه های بالاتر است (لایه کاربردی)، ارسال می شود.

بعنوان مثال از طریق این بسته ها یک آدرس IP موقت به مشتری داده می شود. همچنین در زمان خاتمه دادن به ارتباط ، با ارسال بسته های LCP به طرفین و لایه هائی که در لایه کار می کنند ، اطلاع داده می شود و ارتباط مورد نظر قطع می شود.

روشهای احراز هویت در بسته های LCP :

این عمل به دو طریق انجام می گیرد:

۱- PAP :

در این روش فقط یک بار احراز هویت صورت می گیرد؛ مبنای احراز هویت استفاده از User و Pass و تطبیق آن با محتوای بانک اطلاعاتی سرویس دهنده می باشد.

۲- CHAP :

مبنای این روش به چالش کشیدن طرفین ارتباط به دفعات متعدد می باشد . برای انجام این کار یک کلید اختصاصی وجود دارد که انتقال این کلید از طریق شبکه ای غیر از اینترنت انجام می گیرد. مبنای عملکرد نیز تولید عددی است که به صورت تصادفی تحت کلید مورد نظر کدگذاری می شود . عدد مورد نظر ۱۶ بیتی می باشد . اگر مقصد بر اساس کلیدی که در اختیار دارد به عدد مورد نظر فرستنده دست پیدا کند ، احراز هویت صورت گرفته است.

۳- پروتکل MLPPP یا Multilink Point – to – Point Protocol

با استفاده از این پروتکل امکان برقراری چندین ارتباط از نوع PPP بین مبدأ و مقصد وجود دارد. حُسن این روش این است که می توان این ارتباط را به صورت موازی بین مبدأ و مقصد برقرار کرد. همچنین با استفاده از این روش می توان بخشی از پهنای باند را که به هر علّتی بلا استفاده است برای استفاده دیگر در شبکه آزاد نمود.

استانداردهای موجود در شبکه های ارتباطی اشتراکی

در این استانداردها برخلاف حالات قبلی فقط یک کانال مشترک مبدأ و مقصد وجود دارد. این استانداردها به چند دسته تقسیم بندی می شوند:

الف) استاندارد IEEE 802/1 (مخصوص RFC بوده و کاربردی نشده است).

نکته: RFC مرجعی است حاوی تمامی پروتکل های اینترنتی.

استانداردی که هرگز به مرحله پیاده سازی نرسید و تنها از یک سری قرارداد استاندارد برای ارتباط شبکه ای برخوردار است.

ب) استاندارد IEEE 802/2

این استاندارد برای ایجاد ارتباط شبکه ای از یک زیر لایه به نام LLC (Logic Link Control) برخوردار است که کار آن جداسازی مفهوم سخت افزار و نرم افزار استفاده شده از شبکه می باشد.

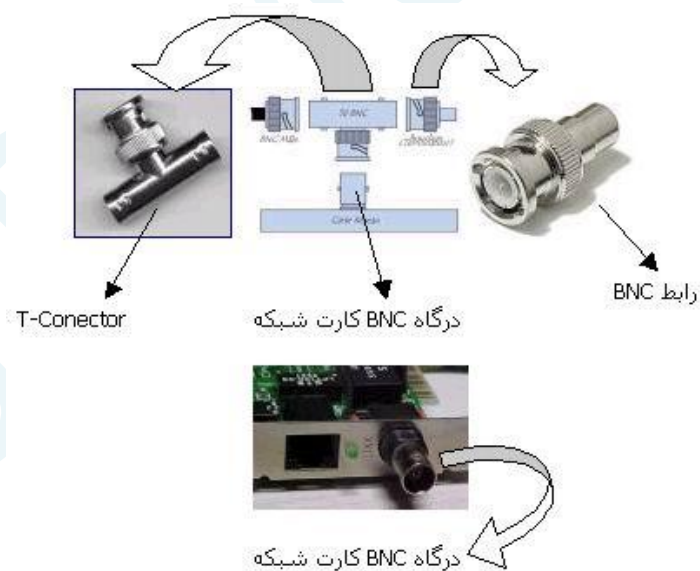
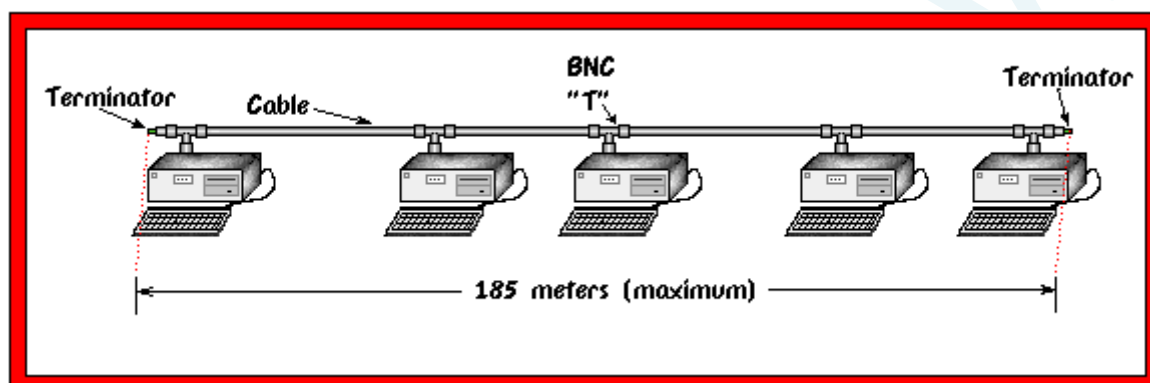
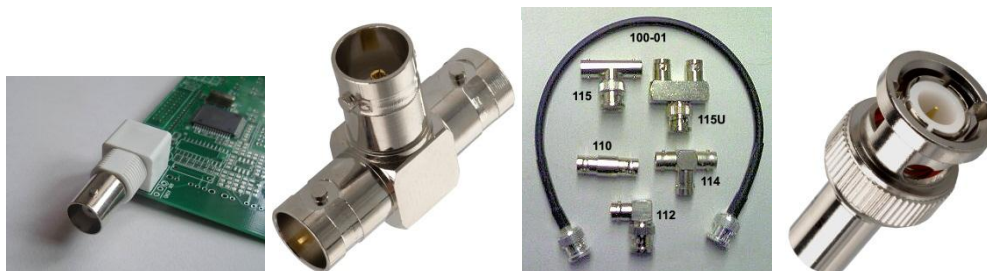
این استاندارد نیز به مرحله پیاده سازی نرسید.

ج) استاندارد IEEE802/3 (معروف به اترنت دستی)

مبنای پیاده سازی اترنت در این استاندارد، توپولوژی BUS بوده است. کابل های مورد استفاده برای پیاده سازی آن اغلب از شکندگی بسیاری برخوردار بودند. برای پیاده سازی شبکه از طریق آن به ازای هر عمل اتصال از کانکتورهای BNC

استفاده می شود. ساختار چنین شبکه ای بسیار شکننده بود، به همین خاطر دو طرف شبکه های حاصل از این روش به مقاومتی متصل می گردد تا امپدانس حاصل از تجهیزات شبکه ای را خنثی نماید.

نمونه های BNC و نحوه اتصال در شبکه:



نکته ۱:

- LLC از زیر لایه ای برای ارتباط آسان بین کاربر و سخت افزار شبکه استفاده می کند.
- فراهم آوردن امکان دریافت بسته های تصدیق در زمان ارسال داده ها یکی دیگر از وظایف LLC می باشد. (این کار را با شماره ترتیب Sequence Number انجام میدهد).

نکته ۲:

مقاومتی که در دو طرف یک شبکه BUS متصل می گردد ترمیناتور Terminator یا مقاومت بار نامیده می شود.

این مقاومت بسته به نوع کابل و مقاومت درونی (امپدانس) آن (۵۰ یا ۷۵ اهم) متفاوت بوده و عمل تخلیه بار اضافی را انجام میدهد.



دلیل استفاده مقاومت بار این است که اگر فرستنده ای درخواست و یا جواب درخواستی را ارسال کند و گیرنده ای در آن زمان روشن نباشد و یا به هر دلیلی از خط خارج شده باشد، چون بار الکتریکی (که ناشی از الکترومغناطیس ایجاد شده می باشد) جایی برای تخلیه ندارد، لذا بی درنگ از همان مسیر ارسال به فرستنده برگشت داده خواهد شد و به سخت افزار کارت شبکه خسارت وارد خواهد نمود.

از طرفی دیگر حتی در صورت بودن تمامی کلاینت ها در مسیر ارسال و دریافت و در خط بودن، بخاطر مقاومت ظاهری و طول کابلهای مسی امپدانس درونی کابل تغییر پیدا کرده و موجب نویز در شبکه میشود که در این حالت نیز این مقاومت بار است که مانع از ازدیاد مقاومت درونی کابل (با توجه به قانون اهم) و عدم ایجاد نویز در حد متعارف خواهد شد.

نحوه ارسال بسته تحت استاندارد 802/3:

ارسال بسته از هر مشتری تحت استاندارد فوق به صورت های زیر است:



۱- مشتری به کانال ارتباطی گوش می کند. در صورت آزاد بودن، ارسال صورت می گیرد؛ در غیر این صورت فرستنده برای یک بازه زمانی منتظر می ماند و دوباره ارسال می کند. این روند به صورت تصاعدی تا زمانی که کانال اشغال باشد ادامه می یابد.

۲- در صورتی که دو یا چند مشتری به صورت هم زمان ارسال کنند، عمل برخورد یا Collision به وجود می آید. هر دوی آنها با ایجاد سیگنال نویز گونه ای به نام Jam شبکه را از وجود برخورد مطلع می کنند و دوباره پروسه ارسال بسته مورد نظرشان از سر گرفته می شود. (بازه انتظار از صفر آغاز می گردد).

روش های کدگذاری دنباله های بیتی در اترنت سنتی

دو روش کدگذاری در اترنت سنتی وجود دارد:

۱- **کدگذاری سنتی:** در این حالت برای ایجاد صفر (0) از ولتاژ صفر (0) و برای ایجاد یک (1) از ولتاژ (0/5) استفاده می شود.

۲- **کدگذاری منچستر:** در این حالت مقدار صفر (0) برابر است با  و مقدار یک (1) برابر است با .

عیب کدگذاری منچستر:

- افزایش هزینه
- نیاز به پهنای باند دو برابر دارد. مثلاً برای داشتن کانال اشتراکی با ظرفیت 10 Mbps به کانالی با ظرفیت فرکانسی 20 MHz نیاز داریم.

انواع کابل:

کابلها بر دو نوع می باشند:

- ۱- **باریک:** تا ۳۰ ایستگاه می توان به هم وصل کرد.
- ۲- **ضخیم:** تا ۱۰۰ ایستگاه بدون نیاز به تکرار کننده (Repeater) می توان آنها را با هم وصل کرد. این کابلها بسیار شکننده هستند.

انواع اترنت:

الف) اترنت باریک یا 10 Base2: در این نوع امکان اتصال تا ۳۰ ایستگاه وجود دارد.

ب) اترنت ضخیم یا 10 Base5: بسیار شکننده است و می توان تا ۱۰۰ ایستگاه (مشری) را بدون نیاز به تکرار کننده با استفاده از آنها متصل نمود.

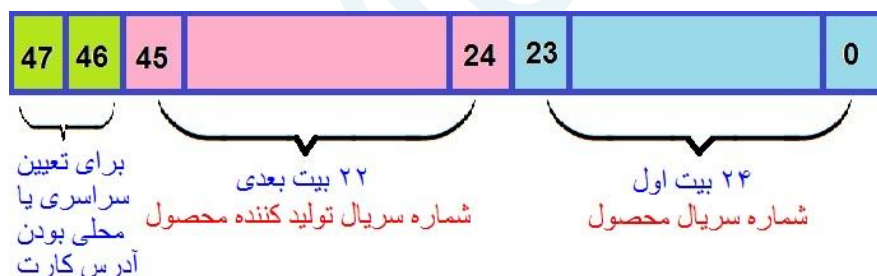
Segment:

به آن بخشی از مسافت شبکه که بدون نیاز به تکرار کننده و بدون افت کیفیت سیگنال ، اتصال انجام شود Segment (بخش/قطعه) گفته می شود.

آدرس مک یا Mac Address:

آدرس مک توسط اترنت 802/3 به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

یک عدد ۴۸ بیتی است که ۲۴ بیت اول آن شماره سریال محصول ، ۲۲ بیت بعدی شماره سریال تولید کننده های کارت شبکه و ۲ بیت انتهائی برای تعیین نوع آدرس دهی و همچنین محلی (Local) و یا سراسری بودن آدرسی که به یک کارت اختصاص می یابد در نظر گرفته شده است.



آدرس های سراسری یا محلی با دو مقدار معین می شوند:

0 = آدرس کارت محلی است.

1 = آدرس کارت سراسری است.

آدرسها بر سه بخش می باشند:

۱- آدرس تک بخشی

۲- آدرس چند بخشی

۳- آدرس گسترده (همگانی)

استفاده از هاب در پیاده سازی اتونت 802/3:

هاب ها بر دو نوعند: الف) Active ب) Passive

در نوع اول (Active) نیاز به منبع تغذیه وجود دارد ، بافر دارد و اعمالی شبیه به کنترل برخوردها را نیز انجام می دهد. همچنین با از کار افتادن یک مشتری امکان اصلاح شبکه و جلوگیری از کار افتادن آن وجود دارد.

اما در نوع دوم (Passive) بافر ندارد و برای شکست شبکه هیچ راه حلی نداشته و عملاً چنین کنترلی انجام نمی شود و چنین هاب هایی بدون منبع تغذیه هستند.

شکست شبکه: به هر دلیلی اگر یکی از کلاینتهای شبکه (مثل قطعی برق) از شبکه حذف (خارج) شود، عملاً شبکه از کار افتاده و به پیکربندی مجدد نیازمند است.

- استفاده از هاب امکان پیاده سازی توپولوژی Star را فراهم نمود. همچنین هاب های اتصالی از کابل های کواکسیال به زوج سیم های به هم تابیده شده ارتقاء یافت.
- در هاب های Passive امکان مقابله با Crash (از کار افتادن) شبکه وجود ندارد اما هاب های Active این قابلیت را دارند.

۴- استاندارد IEEE 802/3U

اترنت سریع با سرعت 100 Mbps از طریق به کارگیری این استاندارد امکان پذیر است . کانال ارتباطی مورد استفاده در این دسته عموماً فیبر نوری و زوج سیم های بهم تابیده شده است. دامنه قابل شبکه کردن در این استاندارد از ۲۵۰۰ متر به ۲۵۰ متر کاهش می یابد. در این استاندارد علاوه بر هاب امکان استفاده از سوئیچ بوجود آمده است. اترنت با پیاده سازی بر اساس این استاندارد دو حالت کلی دارد:

۱- Half Duplex

به این معنی است که به مانند یک هاب معمولی عمل می نماید و تنها یک کانال اشتراکی را در اختیار بقیه مشتریان قرار می دهد. در این دسته روش ارسال اطلاعات ، استفاده از الگوریتم شنود می باشد.

۲- Full Duplex

هاب امکان ارسال هم زمان پیام در کنار دریافت را فراهم می کند. بنابراین امکان برخورد وجود ندارد.

سوئیچ اترنت

سوئیچ ابزاری است هوشمند و از لحاظ ساختاری در لایه دوم قرار می گیرد. مبنای عملکرد آن استفاده از آدرس مک می باشد. به ازای هر پورت سوئیچ ، یک بافر موجود بوده و مسیر مستقلی برای ارسال و دریافت به هر یک از لینکها وجود دارد.

معایب سوئیچ:

- ۱- هزینه بالا
- ۲- از کار افتادن شبکه زمانی که قرار باشد بسته ای بصورت Broadcast بر روی بافر تمام پورتهای سوئیچ نوشته شود.

Hash table

در سوئیچ ها ، جداولی برای نگهداری پورت های متناظر با آدرس های مک وجود دارد. روش انجام کار به این صورت است که جدول فوق ابتدا خالی است ، با دریافت اولین بسته ، پورت متناظر را به مشتری ارسال کننده آن اختصاص می دهد و اطلاعات آن را در جدول درج می نماید؛ اگر تا چند ۱۰ ثانیه بسته ای از آن پورت دریافت نشود آن آدرس از جدول برای مشتری مورد نظر پاک می شود.

نکته : سوئیچ ها به دو صورت متقارن و نامتقارن هستند.

در حالت متقارن می توان با سرعت های متفاوت ارسال و دریافت نمود اما در حالت نامتقارن امکان ارسال بسته ای از فرستنده ای با سرعت 1000 Mbps به گیرنده ای با سرعت 10 Mbps وجود ندارد.

انواع سوئیچ ها از نظر نوع ارسال فریم:

- ۱- **Store – Forward** : در این حالت فریم های ارسالی به طور کامل دریافت می شوند و در بافر متناظر با هر پورت ذخیره می شوند. اگر به هر دلیلی بسته ای به صورت غیر صحیح دریافت شود مستقیماً آن را حذف می نماید و پس از دریافت کامل آدرس ، پورت متناظر برای ارسال بسته تعیین می شود و ارسال صورت می گیرد.
- ۲- **Cut – Through** : ارسال به صورت همزمان و با تأخیر بسیار اندک انجام می گیرد و پس از دریافت ۴۸ بیت اولیه ، بسته های دریافتی بعدی به مقصد مشخص شده ارسال می شود. در این حالت کنترلی بر روی خط وجود ندارد.

سوئیچ های ترکیبی یا Hybrid Switch :

با توجه به عیب هاب در عدم امنیت بسته های ارسالی و نیز هزینه بالای پیکربندی سوئیچ ها ، استفاده از قابلیت ترکیبی ، هم تا حد زیادی دریافت اختصاصی را تأمین می کند و هم شرایط استفاده اشتراکی را تا حدودی فراهم می نماید.

نکته:

نرخ ازدحام Collision یک هاب سوئیچ که به یک هاب متصل است برابر با تعداد کلاینتهای متصل به هاب می باشد.

لایه IP:

اساسی ترین فعالیت در این لایه ، مدیریت ترافیک و مسیریابی شبکه بر اساس آدرس دهی IP می باشد.

انواع آدرس های IP:

IP عددی ۳۲ بیتی ، در پنج کلاس مختلف ارائه شده است:

الف) کلاس A:

در این سطح ، یک (۱) بایت سمت چپ ، برای تعیین آدرس شبکه و سه (۳) بایت بعدی برای تعیین میزبان می باشد. در این حالت تعداد محدودی شبکه خواهیم داشت که هر کدام می تواند $2^{24} - 2$ مشتری داشته باشد.



Net ID = 1 Byte

Host ID = 3 Byte

محدوده = 1 - 126

تعداد مشتری = 16,777,214

ب) کلاس B:

در این حالت در حدود شصت و پنج هزار شبکه خواهیم داشت که هر کدام می توانند همین تعداد $2^{16} - 2$ میزبان را پشتیبانی نمایند.



Net ID = 2 Byte

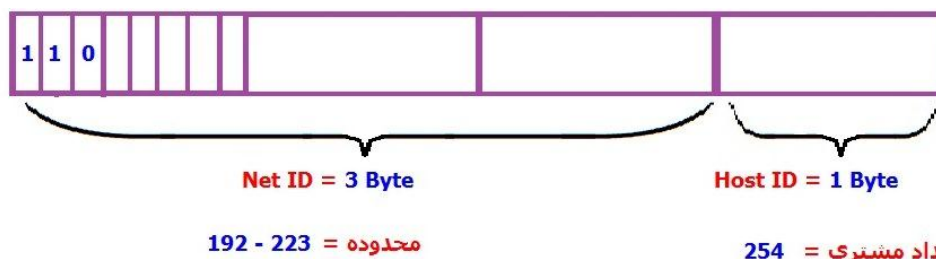
Host ID = 2 Byte

محدوده = 128 - 191

تعداد مشتری = 65,534

ج) کلاس C:

در این سطح سه (۳) بایت سمت چپ برای تعیین شبکه و یک (۱) بایت سمت راست برای تعیین میزبان استفاده می شود که تعداد $2^8 - 2$ میزبان را پشتیبانی می کند.



تذکر: کلاس C آدرس مورد استفاده برای پیاده سازی روش های آدرس دهی **Classless** می باشد.

د) کلاس D:

آدرس مکانی است که قرار است پیامی با آدرس ۳۲ بیتی (آدرس IP) در آن پخش شود. این آدرس IP (که عددی ۳۲ بیتی است) برای انتشار چند بخشی پیام در اینترنت است که آدرس شبکه محلی آن توسط قسمت Multicast معین می گردد.

**ه) کلاس E:**

آدرس IP است که برای مصارف بعدی رزرو شده است. سمت چپ آدرس های این کلاس با 1111 آغاز می گردد و محدوده آن از **233 - 255** می باشد.

برخی آدرس های خاص:

۱- آدرس IP به صورت زیر زمانی استفاده می شود که وسیله در سطح شبکه آدرس IP خود را نداند و آن را به عنوان آدرس IP خودش در نظر بگیرد.

0.0.0.0

۲- آدرس IP به صورت زیر زمانی استفاده می شود که میزبان آدرس شبکه ای که به آن تعلق دارد را نداند.
(جزو کلاس A).

0.Host ID

۳- آدرس IP به صورت زیر زمانی استفاده می شود که برای انتشار پیام به تمامی میزبان های شبکه محلی (Broadcast محلی) احتیاج باشد.

255.255.255.255

۴- آدرس IP به صورت زیر زمانی استفاده می شود که برای ارسال پیام به تمام میزبان های شبکه راه دور که آدرس آن توسط یخش Net ID مشخص شده به کار می رود.

Net ID.255

۵- این آدرس IP برای ایجاد حلقه بازخورد جهت تست تجهیزات موجود در شبکه محلی از ارسال پیامی با آدرس زیر به شبکه محلی استفاده میشود.
به عبارت دیگر برای ایجاد بازخورد نسبت به کارائی کلاینت فعلی در ارسال و دریافت داده در سطح شبکه محلی از آن استفاده می شود.

127.x.y.z

Subnet Mask (الگوی زیر شبکه):

برای جلوگیری از انتشار پیام هایی با آدرس IP شبکه محلی و مسیریاب های موجود در شبکه از الگوی زیر شبکه استفاده می شود.
کار اصلی Subnet تعیین زیر شبکه ای است که بسته ارسالی باید به کلاینتی از آن ارسال شود. گاهی مواقع ممکن است کلاینت مقصد در شبکه کلاینت مبدأ نیز وجود داشته باشد. در اینصورت الگوی زیر شبکه (Subnet) از انتشار بی مورد بسته به سطح شبکه جهانی و ایجاد ترافیک جلوگیری می نماید.
مثال: اگر قرار باشد بسته ای به آدرس 130.12.12.0 از ماشین 130.12.14.0 ارسال شود، الگوی زیر شبکه مناسب را تعیین کنید؟

255.255.0.0 = Subnet Mask

توجه نمائید که الگوهای زیر شبکه خاص نیز وجود دارد که بر اساس تعداد زیر شبکه های در اختیار گرفته شده در یک کلاس معین مقدار دهی می شود. اما درحالت کلی برای مثال فوق پس از تعیین الگویی زیر شبکه ، مقادیر هر یک از آدرس های مبدأ و

مقصد را به صورت **بیت به بیت** با الگوی مورد نظر **AND** می‌کنیم و در صورت برابر بودن حاصل، نتیجه می‌گیریم که سیستم مقصد نیز در زیر شبکه محلی قرار دارد.

130.12.12.0	=	100000010.00001100.00001100.00000000	130.12.14.0	=	10000010.00001100.00001110.00000000
255.255.0.0	=	11111111.11111111.00000000.00000000	255.255.0.0	=	11111111.11111111.00000000.00000000
AND					
130.12.0.0	=	100000010.00001100.00000000.00000000	130.12.0.0	=	100000010.00001100.00000000.00000000

حال با توجه به حاصل هر یک از AND های فوق در می‌یابیم که هر دو در یک زیر شبکه و در کلاس (B) قرار دارند.

نکته: فرق اینترنت با شبکه های محلی صرفاً در یکتایی و یگانه بودن آدرس آی پی آن است.

الگوی زیر شبکه خاص :

الگوهای زیر شبکه برای تقسیم فضای آدرس دهی در شبکه های کلاس A، B و C به تعدادی زیر شبکه، تعریف می‌شوند. در مثال فوق الگوی زیر شبکه به صورت 255.255.0.0 تعریف شده بود.

حال به عنوان مثال الگوی زیر را در نظر بگیرید:

255.255.240.0

عدد 240 در الگوی زیر شبکه چه چیزی را تعریف می‌کند؟ به فرم دودویی الگوی بالا دقت کنید:

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

بر فرض اگر الگوی بالا برای زیر شبکه بندی آدرس کلاس B به کار رفته باشد، نشان دهنده آن است که 4 Bit پر ارزش از بایت دوم برای تعیین شماره زیر شبکه به کار رفته و 12 Bit باقیمانده به عنوان «شماره ماشین میزبان» استفاده شده است؛ بدین معنا که با این الگو می‌توان ۱۴ زیر شبکه ($2^4 - 2$) تعریف کرد و در هر زیر شبکه $2^{12} - 2 = 4094$ ماشین میزبان قابل آدرس دهی خواهد بود.

نکته: فراموش نکنید که همیشه تعداد زیر شبکه ها و ماشین های میزبان از کل تعداد قابل تعریف، دو (2) تا کمتر است؛ چون زیر شبکه یا ماشینی که تمام بیت‌های آن صفر (0) یا تماماً یک (1) باشد قابل تعریف نیست.

آدرس های بدون کلاس یا Classless :

با توجه به نقص هایی که هست کلاس های تعریف شده به وجود آمد. به طور مثال در کلاس A اینترنت را به صورت تعداد محدودی از شبکه ها با تعداد بی شماری از مشتری ها ، بدون استفاده خواهیم داشت. و همینطور در کلاس های دیگر نیز به نوعی دیگر مشکل مشخصی وجود دارد.

حال با استفاده از آدرس های بدون کلاس که در فضای آدرس کلاس C قابل تعریف است، شرایط زیر فراهم می شود:

۱- وابستگی آدرس ها به کلاسهای معین تا حدود زیادی از بین می رود.

۲- جداول مسیریابی که برای مسیریاب ها (روترها) در نظر گرفته می شود در این حالت کمتر اشغال می شود.

نکته: این نوع آدرس دهی الگوی زیر شبکه ای خاص خود را دارد.

مثال : فرض نمائید شرکتی بخواهد هشت (8) آدرس آی پی کلاس C را از محدوده 215.50.24.0 تا 215.50.31.0 خریداری نماید. وضعیت جدول مسیریابی را در دو حالت آدرس دهی معمولی و آدرس دهی بدون کلاس بررسی کنید. الگوی زیر شبکه غیر استاندارد آن را نیز مشخص کنید؟

با در نظر گرفتن آدرس IP به صورت زیر، شماره شناسایی این شبکه را 215.50.24.0 با ۲۱ بیت Net ID (بجای 24 Bit) باید در نظر گرفت:

11010111	00110010	00011 000	00000000
215.50.24.0			
11010111	00110010	00011 111	00000000
215.50.31.0			

از آنجائی که در آدرس های بدون کلاس اندازه دقیق بخش Net ID مشخص نیست، لذا همیشه آدرسهای بدون کلاس با یک «الگو یا Mask» مشخص می شود. در بالا برای مشخص کردن شماره شناسایی شبکه، گذشته از تعیین آدرس 215.50.24.0 باید الگوی 255.255.240.0 نیز در کنار آن مشخص باشد. بتهای یک (1) در این الگو، فضای در نظر گرفته شده برای شماره شناسایی شبکه (Net ID) را تعیین می کند؛ شکل زیر نشان می دهد که چگونه در این مثال فضای ۳۲ بیتی آدرس IP به دو بخش Net ID و Host ID اختصاص داده شده است:

آدرس بدون کلاس بالا را می توان به صورت 215.50.24.0/21 نیز نشان داد. عددی که در جلوی / قرار گرفته است طول بخش Net ID را بر حسب تعداد بیت مشخص می کند.

نکته: Subnet غیر استاندارد الگوئی است برای شبکه هائی با تعداد کلاینتهای مشخص که همه کلاینتهای این شبکه با روترهای داخلی با آدرس الگوی زیر شبکه غیر استاندارد یکسان پاده سازی می شود.

سوئیچینگ:

به عبارت دیگر سوئیچینگ برقراری ارتباط بین مبدأ و مقصد، متناظر با قرار داده های لایه های مختلف ارتباط اینترنتی می باشد.

انواع سوئیچ ها در لایه های متناظر با مدل OSI :

الف) لایہ اول:

- تکرار گر ها یا Repeater ها
- پل یا Bridge
- هاب یا HUB

کار تکرارگر: تقویت سیگنال تضعیف شده در مواقعی است که بخواهیم گستره شبکه را به مقداری بالاتر از میزان قابل حمایت توسط رسانه انتقال ارتقاء دهیم. به عنوان مثال در استفاده از کابل های کواکسیال بسیار با تضعیف امواج رو به رو می شویم.

کار پل : با استفاده از پل ها می توان امکان برقراری ارتباط بین شبکه های محلی با توپولوژی های مختلف را فراهم نمود. عملاً درک هوشمندی از ارتباطات برقرار شده را ندارد و از این رو می توان آنها را در لایه اول قرار داد. و از این جهت که شبکه هایی

با توپولوژی های مختلف از مفهوم آدرس Mac استفاده می کنند، می توان به طور منطقی آن را یک سوئیچ در لایه دوم در نظر گرفت.

ب) لایه دوم : پل - سوئیچ

خود سوئیچ به عنوان یک وسیله ارتباطی در لایه دوم می باشد اما اتصال شبکه های ناهمگون را فراهم نمی کند.

ج) لایه سوم : روتر

سوئیچ های لایه سوم روترها می باشند که مبنای عملکرد آن ها آدرس های IP می باشد.

نکته: روترها هیچ درکی از بسته های آدرس Mac ندارند و حتی نمی دانند که بسته های رسیده به آنها از طریق یک شبکه پخش می شود. در اختیارشان قرار گرفته است یا اینکه از طریق یک ارتباط Point – to – Point.

د) لایه چهارم : دروازه های انتقال

سوئیچ های این لایه دروازه های انتقال می باشد. مبنای عملکرد آن ، سرآیند TCP بوده که مشخص می کند بسته های اطلاعاتی در چه پروسه ای (۲ یا ۳) تولید شده اند و از نظر قابلیت اطمینان در چه وضعیتی هستند.

ه) لایه پنجم : دروازه های کاربرد

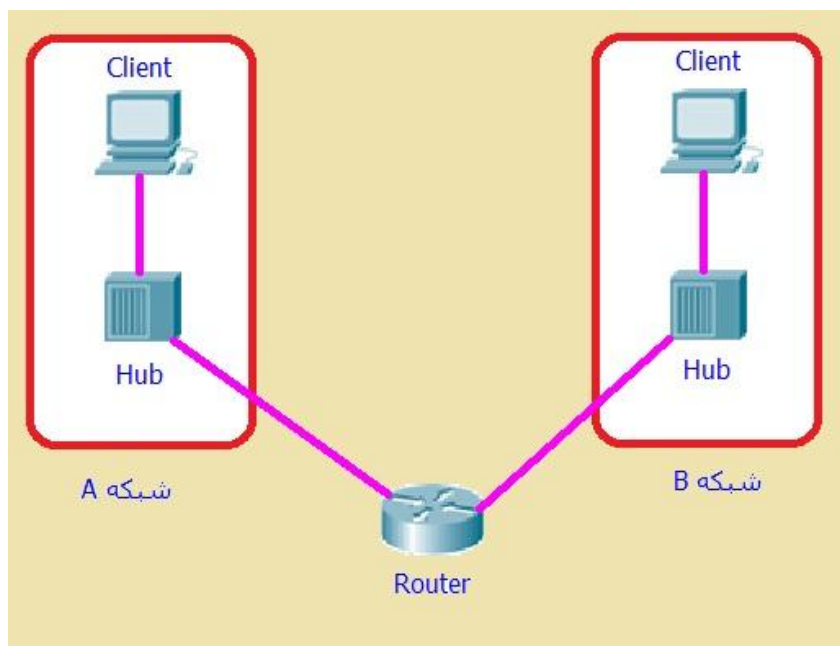
سوئیچ های این لایه عموماً نرم افزاری هستند و برای انتقال پیام از نرم افزارهایی که تحت لایه کاربردی با هم ارتباط دارند، با یکدیگر به کار می روند. به عنوان مثال می توان با استفاده از سوئیچ های این لایه شرایط را برای ارسال پیامی از یک برنامه کاربردی به یک موبایل مهیا کرد.

نکته: با استفاده از سرویس این دروازه امکان برقراری ارتباط و کدگشائی محتوای داده ای در زمانی که دو Application ناهمگون با هم ارتباط برقرار می کنند وجود دارد.

مسیریابی در لایه سوم:

۱- مسیریابی در یک حالت که شبکه ای ساده داریم.

شبکه ساده: یعنی بین مبدأ و مقصد فقط یک مسیر وجود داشته باشد.

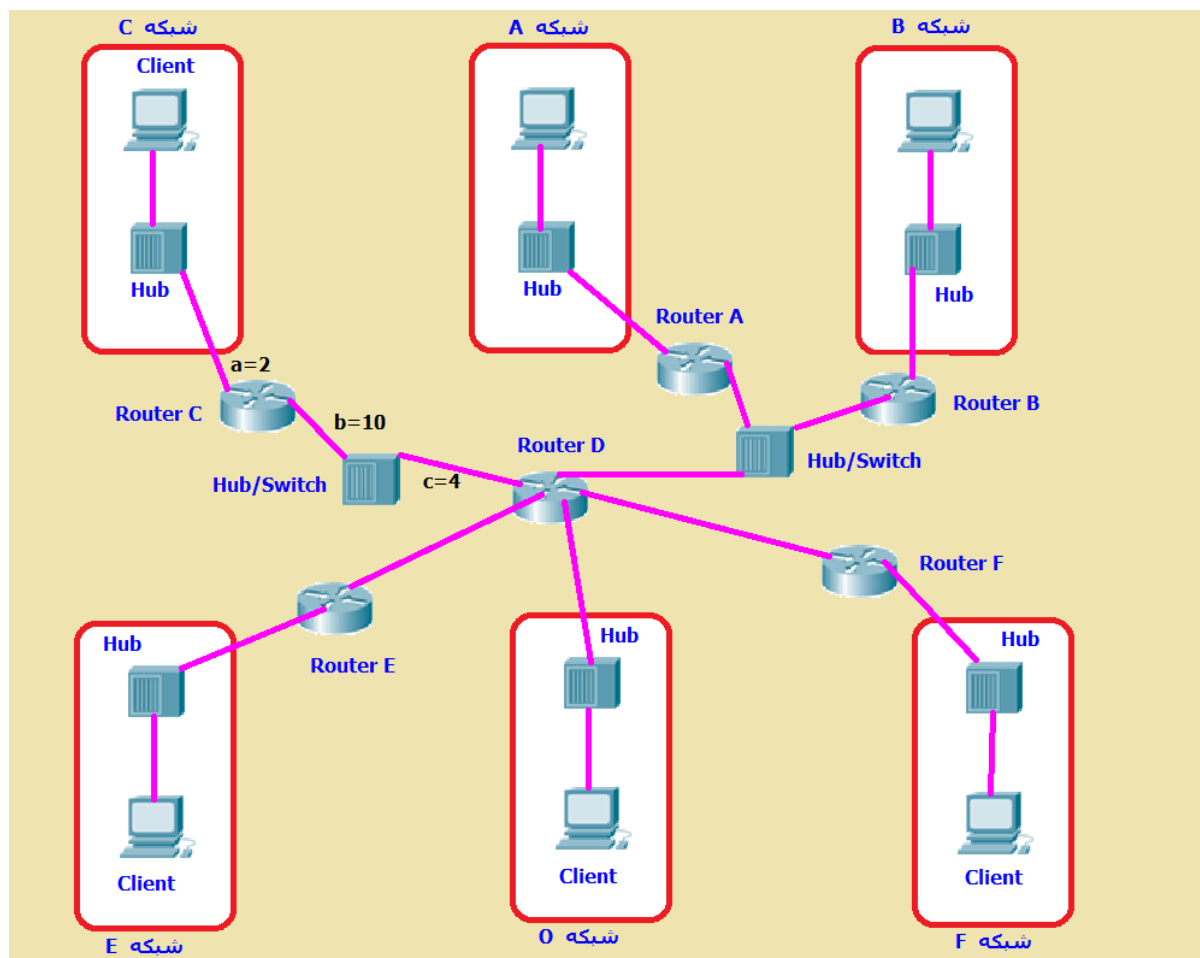


روش مسیریابی در این حالت:

در این روش Client مورد نظر از شبکه A بسته را به Hub شبکه ارسال می کند. با توجه به خاصیت Hub همه تجهیزات متصل به آن این بسته را دریافت می کنند و با بررسی آدرس مقصد فریم، تعلق یا عدم تعلق آن را بررسی می کنند. از آنجائی که بسته باید به شبکه B ارسال شود بنابراین به Router متصل می گردد. زیرا Router به ازای تمام شبکه هایی که به آن متصل هستند یک آدرس IP دارد و از آنجائی که بسته حاوی آدرس شبکه B می باشد آن را به Hub شبکه انتقال داده و در آنجا نیز پخش صورت گرفته و Client مقصد بسته را دریافت می کند.

۲- مسیریابی در یک حالت که شبکه ای پیچیده داریم:

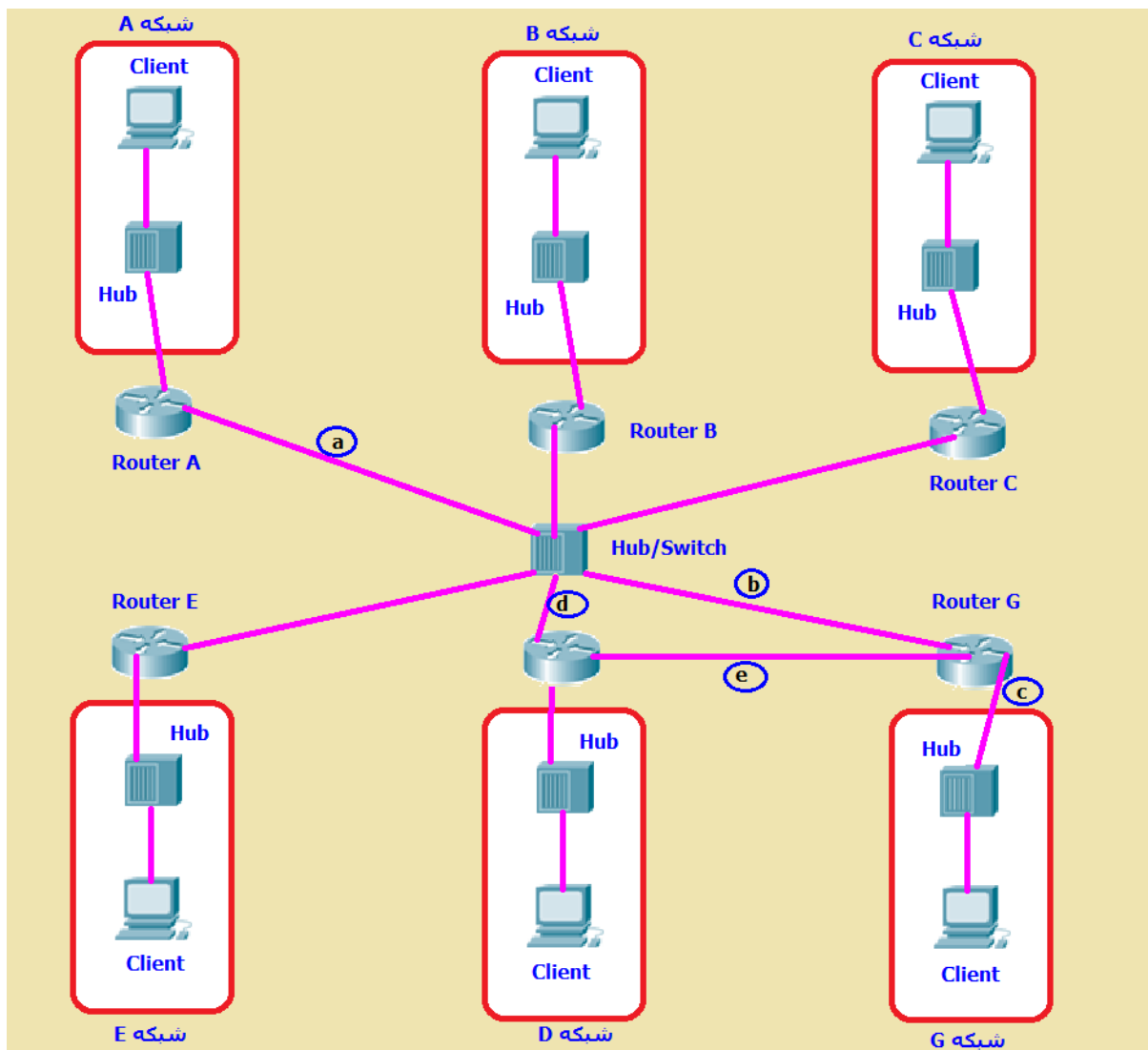
مسیریابی در حالت پیچیده زمانی انتخاب می شود که برای ارتباط مبدأ و مقصد ، چندین مسیر جداگانه وجود دارد . بنابراین نیاز به انتخاب مسیر بهینه داریم.



مسیر بهینه: مسیری است با حداقل هزینه و برقراری اتصال.

حداقل هزینه: حداقل زمان تأخیر رسیدن بسته ها و حداقل زمان لازم برای انجام پردازش در مسیریابی بسته ها می باشد.

مثال: نحوه مسیریابی ارسال بسته ای از شبکه A به شبکه G را در مثال زیر بررسی کنید؟



ابتدا بر اساس تعریف قبلی بسته مورد نظر به روتر A می‌رسد، روتر A در تماس با روترهای مجاورش در نهایت در می‌یابد چندین مسیر برای رسیدن به شبکه G وجود دارد. مبنای انتخاب مسیر بهینه، برآورد هزینه هر مسیر می‌باشد. (روترهای مجاور هر ۳۰ ثانیه اطلاعاتشان را به یکدیگر ارسال می‌کنند).

با فرض اینکه مسیر دوم به عنوان مسیر بهینه انتخاب شود، روتر A هداری را به بسته اطلاعاتی مورد نظر به نام OSPF متصل می‌کند که در آن تمام مسیرهای هابی که بسته باید سپری کند را قرار می‌دهند. مسیر یاب A با بسته OSPF بسته IP را کپسوله می‌نماید و به روترهای مسیر می‌فرستد. روترهای G و D بسته‌های دریافتی را کد گشائی می‌کنند و پی می‌برند که بسته مورد نظر به آنها تعلق دارد یا خیر. این کار از طریق بررسی مسیری که در بسته OSPF نوشته شده انجام می‌گیرد. و این کار ادامه پیدا می‌کند تا به Hub متصل به شبکه G برسد.

OSPF حاوی مسیر بهینه می باشد. به تمام روترها منتشر می شود. هر روتر با دریافت OSPF آن را کد گشائی کرده تا قرار گرفتن خودش را در مسیر بهینه بررسی کند. اگر در مسیر بهینه نبود پردازش بسته متوقف خواهد شد؛ در غیر این صورت با توجه به روتر بعدی مسیر بهینه از جدول مسیریابی خودش، پورت متناظر با روتر بعدی را مشخص کرده و بسته را به آن ارسال می کند.

تذکر: روش های مسیریابی در دو دسته کلی قرار می گیرند:

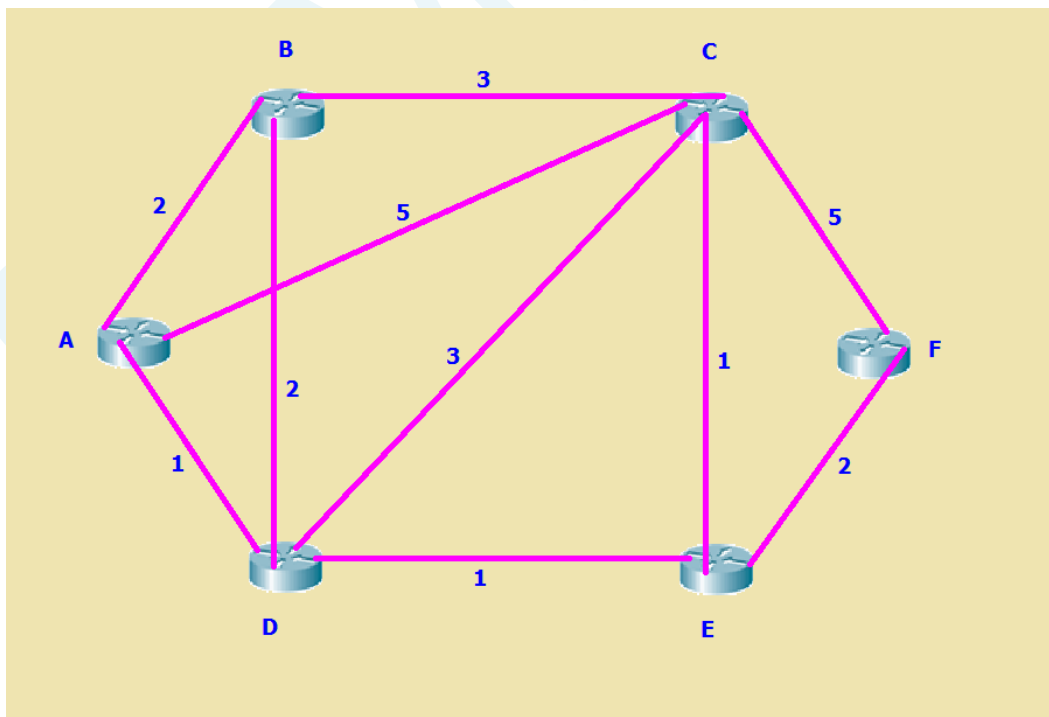
الف) الگوریتم هایی که به صورت هوشمند عمل می کنند.

ب) الگوریتم هایی که بر اساس جمع آوری و پردازش اطلاعات از زیر ساخت شبکه اقدام می نمایند. (منظور برآورد هزینه برای مسیرها می باشد).

انتخاب الگوریتم های مسیر بهینه:

برای تعیین مسیر بهینه با استفاده از فرمولهای ریاضی و با توجه به دو فاکتور اساسی حداقل زمان مورد نیاز برای پردازش و حداقل تأخیر صف برای بسته، از الگوریتم های مختلفی استفاده می شود. روترها در هر زمان تصمیم می گیرند، که از کدام الگوریتم استفاده کنند.

مثال: اگر گراف متعلق به یک زیر شبکه ارتباطی که در آن تمام روترها با یکدیگر ارتباط مستقیم دارند، به صورت زیر باشد، الگوریتم های تعیین مسیر بهینه را برای آنها بررسی کنی؟



حال فرض می کنیم بسته ای وارد مسیر یاب A شده تا پس از طی مسیر ، به F تحویل داده شود. اصلی ترین وظیفه الگوریتم های مسیریابی ، پیدا کردن مسیری بهینه از A به F است به گونه ای که هزینه کل مسیر به حداقل برسد. به گونه ای که از شکل مشخص است دوازده مسیر متفاوت برای رسیدن یک بسته از A به F وجود دارد که در جدول زیر فهرست شده اند. از بین این مسیرها بهترین مسیر برای رسیدن A به F مسیر $A \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F$ (با هزینه ۴) خواهد بود.

مسیر	هزینه	مسیر	هزینه
$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F$	با هزینه ۱۰	$A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow F$	با هزینه ۹
$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F$	با هزینه ۸	$A \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F$	با هزینه ۲
$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F$	با هزینه ۱۱	$A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F$	با هزینه ۷
$A \rightarrow C \rightarrow F$	با هزینه ۱۰	$A \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F$	با هزینه ۱۱
$A \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F$	با هزینه ۸	$A \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F$	با هزینه ۹
$A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F$	با هزینه ۱۱	$A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F$	با هزینه ۷

برای تعیین مسیر بهینه دو عامل مورد نیاز است:

الف) معین کردن تمام مسیرهای ممکن بین مبدأ و مقصد

ب) انتخاب مسیری با حداقل هزینه

- در پیکربندی روترهای گوناگون معیار تعیین هزینه بطور سلیقه ای و بر اساس نیاز نوع شبکه ارتباطی می باشد.
 - همچنین برای فرآیند مسیریاب ها چند مسئله اساسی وجود دارد:
- ۱- چگونه مسیریاب ها از هزینه کل شبکه های ارتباطی مطلع شوند تا امکان تشکیل گرافی مناسب برای زیر شبکه های ارتباطی وجود داشته باشد.
 - ۲- تعیین مسیر با حداکثر سرعت پردازش بر اساس انتخاب الگوریتم مناسب در آن زمان باشد.

برای توضیح پروتکل های مسیریابی چند مفهوم وجود دارد:

۱- شرایط متغیر توپولوژی شبکه:

با توجه به اینکه ممکن است مسیریاب هایی از دور خارج شوند ، برای محاسبه زمان پردازش باید در نظر گرفت که شرایط توپولوژی شبکه فاکتوری متأثر از زمان است و تغییری در آن می تواند باعث تغییر زمان پردازش شود.

۲- گام یا Hop :

به عبور بسته از یک مسیر یاب، گام یا Hop و به تعداد مسیر یاب هایی که یک بسته در طی مسیر خود از مبدأ به سمت مقصد می پیماید «تعداد گام یا Hop Count» گفته شود.

به عبارت دیگر تعداد مراحل که یک بسته از مسیر یاب های موجود در یک ارتباط اینترنتی عبور می کند را تعداد گام می نامند و به ازای هر مسیر یاب ، یک واحد به آن اضافه می شود.

۳- ازدحام یا Congestion :

زمانی که تعداد متوسط بسته های ورودی به یک مسیر یاب از تعداد متوسط بسته های خروجی از آن بیشتر شود، ازدحام رخ داده و تأخیر ارسال بسته ها در آن مسیر یاب شروع به افزایش خواهد کرد.

هرگاه تأخیر به حدی برسد که طول عمر (Data Life) بسته ها تمام یا بافرهای خروجی سرریز شود، اصطلاحاً «بن بست» (Deadlock) پدید آمده و مسیر یاب عملاً مسدود و از کار افتاده است.

به عبارت ساده تر اگر تعداد متوسط بسته های ورودی به یک مسیر یاب بیشتر از تعداد متوسط بسته های خروجی باشد ، ازدحام اتفاق می افتد. با توجه به این ، بار کمتر را می توان مبنایی برای تعیین الگوریتم در آن زمان انتخاب کرد.

انواع الگوریتم های مسیریابی:

الگوریتم های مسیریابی را با دو دیدگاه می توان دسته بندی کرد:

۱- روش تصمیم گیری و میزان هوشمندی (الگوریتم هایی که به صورت پیش گویانه کار می کنند).

که خود به دو دسته «ایستا» و «پویا» تقسیم می شوند.

الف) شرایط ایستا:

در این نوع الگوریتم بر اساس توپولوژی حال حاضر شبکه ها اقدام می گردد، جداول مسیریابی روترها برای همیشه به همان صورت باقی می ماند.

عیب این روش ها لزوم ایجاد تغییر در ساختار شبکه هاست.**ب) شرایط پویا :**

در این نوع از الگوریتم ها اگرچه مبنای عملکرد ، توپولوژی حال حاضر شبکه می باشد ، اما شرایطی را برای اعمال تغییر نیز لحاظ می کند . برای انجام این کار ، آخرین وضعیت توپولوژی شبکه مد نظر می باشد که مسیر یاب ها هر T ثانیه اطلاعات جداولشان را به یکدیگر می فرستند.

۲- الگوریتم هایی که بر اساس اطلاعات جمع آوری شده از زیر شبکه های ارتباطی اقدام می کنند. که این نیز خود به دو دسته «متمرکز» (سراسری متمرکز مثل LS) و «غیر متمرکز» (توزیع شده مثل DV) تقسیم بندی میشود.

الف) متمرکز:

الگوریتم هایی هستند که تمام روترها، ساختمان داده ای را از اطلاعات کامل نسبت به کلیه مسیرهای موجود در شبکه دارند. و بر اساس آنها اقدام به رسم گراف کامل شبکه های ارتباطی می نمایند که کلیه مسیرهای موجود را در بر می گیرند.

ب) غیر متمرکز توزیع شده:

حالتی است که در آن مسیرهای تنها بر اساس اطلاعات مسیرهای مجاور به بررسی گراف شبکه ارتباطی موجود می پردازد.

تذکر: الگوریتم های DV از کمترین پیچیدگی زمانی (مرتبه اجرایی زمانی کخ وجود دارد) برخوردارند. (فقط روتر مجاورشان را می بینند).

روش مسیریابی سیل آسا (Flooding):

از این روش مسیریابی برای ارسال بسته ها به صورت Broadcast استفاده می شود که در آن یک بسته به تمام مسیرهای موجود فرستاده می شود.

مشکل عمده این روش بازگشت بسته ارسالی توسط یک روتر پس از T ثانیه به خود آن می باشد.

دو راه حل برای رفع چنین نقیصه ای وجود دارد:

۱- قرار دادن شماره شناسایی برای هر بسته

در این روش برای هر بسته فراگیر، یک شماره منحصر به فرد و یکتا درج می شود. هر مسیرهای که بسته ای را برای بار اول دریافت کند، شماره آن و مشخصات فرستنده را در جدولی ثبت می کند. با دریافت یک بسته فراگیر، مسیرهای ابتدا شماره شناسایی و هویت آن را در جدول جستجو کرده و در صورت وجود، آن را نادیده انگاشته و حذف می نماید.

۲- قرار دادن طول عمر برای بسته ها

در این روش یک فیلد شمارنده در سرآیند بسته قرار داده می شود و به ازای عبور بسته از هر مسیرهای یک واحد کاهش می یابد. هرگاه این شماره به صفر (0) رسید، بسته از شبکه حذف خواهد شد.

روش عملکرد الگوریتم های LS :

در الگوریتم LS هر مسیریاب باید پنج (5) عمل زیر را انجام دهد:

- ۱- مسیریاب های مجاور خود را که به صورت فیزیکی به آنها متصل است شناسایی کرده و آدرس آنها را بدست آورد.
- ۲- تعیین هزینه مسیریاب های مجاور.
- ۳- ایجاد بسته اطلاعاتی و قرار دادن اطلاعات کلیه مسیریاب های مجاور و هزینه متعلق به مسیرها در آن.
- ۴- ارسال بسته های ساخته شده به صورت «سیل آسا» به تمام مسیریاب های موجود در شبکه و نیز دریافت و ذخیره بسته هایی که از مسیریاب های دیگر می رسد.
- ۵- تشکیل گراف ارتباطی شبکه با استفاده از الگوریتمی مناسب و انتخاب بهینه ترین مسیر ممکن بین هر دو مسیریاب در شبکه بر اساس هزینه هایی که برآورد شده است.

تذکر مهم :

برای شناسایی مسیریاب های مجاور از ارسال بسته هایی به نام « بسته های سلام » (Hello Packet) استفاده می شود و جواب این بسته عددی ۳۲ بیتی است که مربوط به آدرس IP روتر مجاور می باشد.

محتویات یک بسته LS :

مسیریاب باید پس از جمع آوری اطلاعات لازم از مسیریاب های مجاور خود بسته ای از این اطلاعات تشکیل بدهد، که به این بسته ، « بسته LS » (Link State Update یا Link State Packet) گفته می شود. در حالت کلی این بسته شامل اطلاعات زیر است:

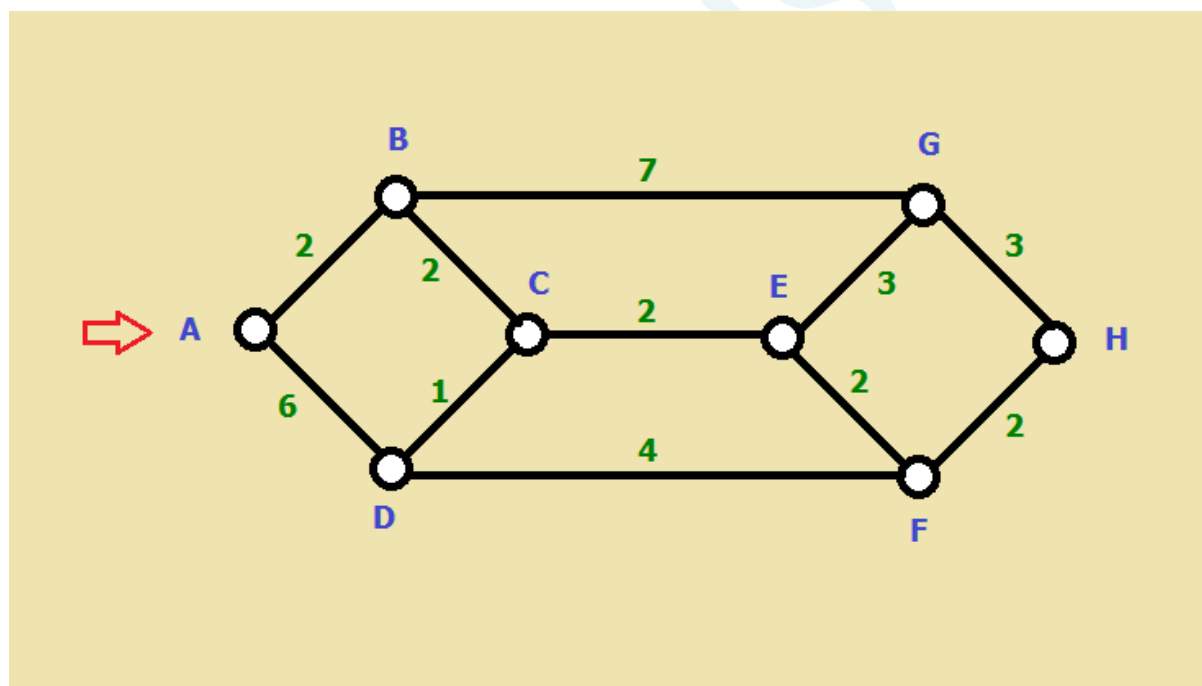
- ۱- آدرس جهانی مسیریاب تولید کننده بسته (آدرس IP خود روتر).
 - ۲- یک شماره ترتیب (تا بسته های تکراری از بسته های جدید تشخیص داده شوند).
 - ۳- طول عمر بسته (تا اطلاعات بسته ، زمان انقضای اعتبار داشته باشد).
 - ۴- آدرس جهانی مسیریاب های مجاور و هزینه تخمینی (آدرس IP روترهای مجاور و هزینه های تخمینی).
- نکته : تمام روترها شماره ترتیب را بر اساس رویه صعودی در نظر می گیرند ؛ یعنی اگر تا به حال بسته ای با شماره ترتیب ۱۰۰۰ دریافت کرده باشد ، در مراحل بعدی تنها پذیرای بسته هایی با شماره های بالاتر از ۱۰۰۱ خواهند بود. ارسال کنندگان بسته های LS برای جلوگیری از انتشار اطلاعات نادرست الزاماً ابتدا احراز هویت می کنند.

الگوریتم دایجسترا (LS):

برای عملکرد درست این الگوریتم از تعریف ماتریس مجاورت (ماتریس همجواری) استفاده می‌نمائیم. ماتریسی با نام A به صورت $a[i,j]$ که مقدار آن مشخص شده باشد معرف میزان هزینه لازم برای رفتن از گره A به گره خاصی باشد. همچنین در هر مرحله یکی از Node ها را برچسب دائمی به عنوان گزینه ای برای انتخاب مسیر بهینه، نشانه گذاری می‌کنیم. سایر گروه ها به عنوان حالت موقتی در نظر گرفته می‌شوند. در هر مرحله برای انتخاب حالت دائمی بعدی از بین حالت‌های موقتی موجود، گره ای با حداقل هزینه را انتخاب می‌کنیم.

تذکره: اگر در هر مرحله بین حالت دائمی فعلی و گره ای ارتباط مستقیم وجود نداشته باشد، هزینه مورد نیاز را بر نهایت قرار می‌دهیم.

مثال ۱: بهترین مسیر ممکن (مسیر بهینه) از A به H را برای گراف زیر با توجه به مقادیر داده شده بدست آورید؟



برای حل مسئله فوق شش مرحله را باید طی کنیم

مرحله اول: ابتدا $L(k)$ را محاسبه کرده و به ترتیب زیر هم می‌نویسیم.

تذکره: $L(k)$ برابر است با مجموع هزینه هایی که از نقطه آغازین تا گره K مورد نیاز می‌باشد.

$$L(A) = 0$$

$$L'(B) = 2 \quad \blacktriangleleft$$

$$L'(C) = \infty$$

$$L'(D) = 6$$

$$L'(E) = \infty$$

$$L'(G) = \infty$$

$$L'(F) = \infty$$

$$L'(H) = \infty$$

مرحله دوم: مطابق فرمول زیر $L'(J)$ (جدید) را محاسبه کرده و هر کدام که مقدار کمتری داشته باشد را انتخاب می کنیم:

$$L'(J) = \min \{L'(J), d(K,J) + L(K)\}$$

نکته: $L'(J) \leftarrow$ جدید $L(J) \leftarrow$ فاصله موقتی قبلی $d(K,J) \leftarrow$ فاصله واقعی و موقتی $L(K) \leftarrow$ فاصله واقعی قبل

A $L(A) = 0$ گره (Node) واقعی

B $L(B) = 2 \quad \blacktriangleleft$

$$L'(C) = \min \{\infty, 2+2\} = 4 \quad \blacktriangleleft$$

$$L'(D) = \min \{6, \infty+2\} = 6$$

$$L'(E) = \min \{\infty, \infty+2\} = \infty$$

$$L'(G) = \min \{\infty, 7+2\} = 9$$

$$L'(H) = \min \{\infty, \infty+2\} = \infty$$

$$L'(F) = \min \{\infty, \infty+2\} = \infty$$

$$L(A) = 0$$

$$L(B) = 2$$

$$L(C) = 4$$

مرحله سوم:

$$L'(D) = \min \{6, 1+4\} = 5 \quad \blacktriangleleft$$

$$L'(E) = \min \{\infty, 2+4\} = 6$$

$$L'(G) = \min \{9, \infty+4\} = 9$$

$$L'(H) = \min \{\infty, \infty+4\} = \infty$$

$$L'(F) = \min \{\infty, \infty+4\} = \infty$$

$$L(A) = 0 \quad L(B) = 2 \quad L(C) = 4 \quad \mathbf{L(D) = 5}$$

مرحله چهارم:

$$L'(E) = \min \{6, \infty+5\} = 6 \quad \blacktriangleleft$$

$$L'(G) = \min \{9, \infty+5\} = 9$$

$$L'(H) = \min \{\infty, \infty+5\} = \infty$$

$$L'(F) = \min \{\infty, 4+5\} = 9$$

$$L(A) = 0 \quad L(B) = 2 \quad L(C) = 4 \quad L(D) = 5 \quad \mathbf{L(E) = 6}$$

مرحله پنجم:

$$L'(G) = \min \{9, 3+6\} = 9$$

$$L'(H) = \min \{\infty, \infty+6\} = \infty$$

$$L'(G) = \min \{9, 2+6\} = 8 \quad \blacktriangleleft$$

$$L(A) = 0 \quad L(B) = 2 \quad L(C) = 4 \quad L(D) = 5 \quad L(E) = 6 \quad \mathbf{L(F) = 8}$$

مرحله ششم:

$$L'(G) = \min \{9, \infty+8\} = 9 \quad \blacktriangleleft$$

$$L'(H) = \min \{\infty, 2+8\} = 10$$

$$L(A) = 0 \quad L(B) = 2 \quad L(C) = 4 \quad L(D) = 5 \quad L(E) = 6 \quad L(F) = 8 \quad \mathbf{L(G) = 9}$$

مرحله هفتم:

$$L'(H) = \min \{10, 3+8\} = 10 \quad \blacktriangleleft$$

تذکر: در هر مرحله $L(K)$ ثابت بوده و فاصله رفتن تا Node بعدی (Distance) عوض می شود.

در نتیجه مسیر بهینه یافته شده و به صورت زیر می باشد:

→ A,B,C,D,E,F,G,H

و مقدار هزینه برابر است با جمع مقادیر بدست آمده که می شود:

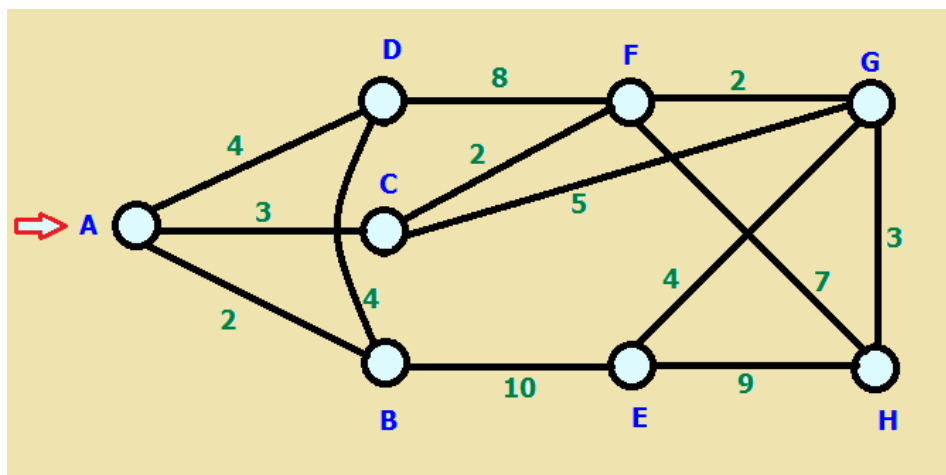
$$0+2+4+5+6+8+9+10 = 44$$

تذکر مهم: این الگوریتم، الگوریتم حریصانه ای است که در هر مرحله تنها بر اساس مسیر کوتاهی که در حال حاضر وجود دارد

تصمیم می گیرد. چه بسا این مسیر از بهینه ترین حالت ممکن برخوردار نباشد؛ به این معنا که حالتی را جزو حالت پایدارتر قرار

می دهیم که به معنای تمام، جزو مسیر واقعاً بهینه نباشد.

مثال ۲: مسیر بهینه میان گره A و گره H را در ساختار گراف زیر شبکه زیر به دست آورید؟ (بر اساس الگوریتم دایجسترا).



با توجه به فرمول زیر می توانیم مثال را حل کنیم:

$$L'(X) = \min \{L'(X-1), L(X,Y) + L(X)\}$$

مرحله اول:

$$L(A) = 0$$

$$L'(B) = 2 \quad \blacktriangleleft$$

$$L'(C) = 3$$

$$L'(D) = 4$$

$$L'(F) = \infty$$

$$L'(E) = \infty$$

$$L'(G) = \infty$$

$$L'(H) = \infty$$

$$L(A) = 0 \quad L(B) = 2$$

مرحله دوم:

$$B - C = \infty \quad L'(C) = \min \{3, \infty + 2\} = 3 \quad \blacktriangleleft$$

$$B - D = 4 \quad L'(D) = \min \{4, 4 + 2\} = 4$$

$$B - F = \infty \quad L'(D) = \min \{\infty, \infty + 2\} = \infty$$

$$B - E = 10 \quad L'(D) = \min \{\infty, 10 + 2\} = 12$$

$$B - G = \infty \quad L'(D) = \min \{\infty, \infty + 2\} = \infty$$

$$B - H = \infty \quad L'(D) = \min \{\infty, \infty + 2\} = \infty$$

$$L(A) = 0 \quad L(B) = 2 \quad L(C) = 3$$

مرحله سوم:

$$C - D = \infty \quad L'(D) = \min \{ 4, \infty + 3 \} = 4 \quad \blacktriangleleft$$

$$C - E = \infty \quad L'(E) = \min \{ 12, \infty + 3 \} = 12$$

$$C - F = 7 \quad L'(F) = \min \{ \infty, 7 + 3 \} = 10$$

$$C - G = 5 \quad L'(G) = \min \{ \infty, 5 + 3 \} = 8$$

$$C - H = \infty \quad L'(H) = \min \{ \infty, \infty + 3 \} = \infty$$

$$L(A) = 0 \quad L(B) = 2 \quad L(C) = 3 \quad L(D) = 4$$

مرحله چهارم:

$$D - E = \infty \quad L'(E) = \min \{ 12, \infty + 4 \} = 12$$

$$D - F = 8 \quad L'(F) = \min \{ 10, 8 + 4 \} = 10$$

$$D - G = \infty \quad L'(G) = \min \{ 8, \infty + 4 \} = 8 \quad \blacktriangleleft$$

$$D - H = \infty \quad L'(H) = \min \{ \infty, \infty + 4 \} = \infty$$

$$L(A) = 0 \quad L(B) = 2 \quad L(C) = 3 \quad L(D) = 4 \quad L(G) = 8$$

مرحله پنجم:

$$G - E = 4 \quad L'(E) = \min \{ 12, 4 + 8 \} = 12$$

$$G - F = 2 \quad L'(F) = \min \{ 10, 2 + 8 \} = 10 \quad \blacktriangleleft$$

$$G - H = 3 \quad L'(H) = \min \{ \infty, 3 + 8 \} = 11$$

$$L(A) = 0 \quad L(B) = 2 \quad L(C) = 3 \quad L(D) = 4 \quad L(G) = 8 \quad L(F) = 10$$

مرحله ششم:

$$F - E = \infty \quad L'(E) = \min \{ 12, \infty + 10 \} = 12$$

$$F - H = 7 \quad L'(H) = \min \{ 11, 7 + 10 \} = 11 \quad \blacktriangleleft$$

در نتیجه مسیر بهینه یافته شده و به صورت زیر می باشد:

$$\rightarrow A, B, C, D, G, F$$

و مقدار هزینه برابر است با جمع مقادیر بدست آمده که می شود:

$$0+2+3+4+8+10 = 27$$

الگوریتم DV (بردار فاصله) :

این الگوریتم ها به صورت پویا عمل می نمایند و مبنای عملکرد آنها تنها اطلاعاتی است که از مسیر یاب های مجاور که ارتباط مستقیم با مسیر یاب فعلی دارند مشخص می شود.

بیشترین کاربرد آنها در شبکه های محلی کوچک با Node هایی با تعداد کمتر از ۳۰ گره می باشد. جدول مسیریابی هر روتر در این حالت به ازای هر مسیر یاب دیگر موجود در شبکه یک رکورد دارد. بنابراین اگر شبکه از n مسیر یاب برخوردار باشد، نیاز به n رکورد در جدول مسیریابی هر روتر می باشد. پیچیدگی این الگوریتم ها کمتر از الگوریتم های LS می باشد. هر رکورد در جدول مسیریابی از دو بخش تشکیل شده است:

۱- فیلد مسیر

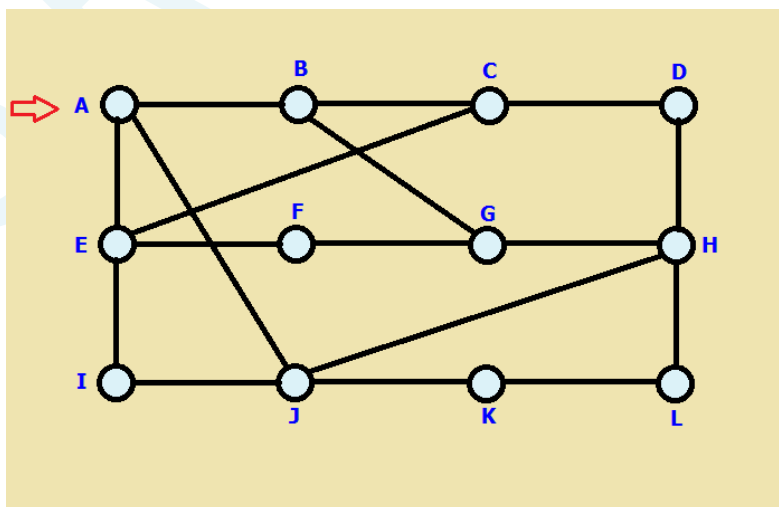
این فیلد خط خروجی مناسب برای رسیدن به یک مسیر یاب خاص در شبکه را مشخص می کند. (فیلد مسیر مسیر یاب ، واسط بعدی تا رسیدن به یک مقصد معین را نشان می دهد).

۲- فیلد هزینہ

این فیلد هزینه تقریبی رسیدن یک بسته تا مسیر یاب مقصد را مشخص می نماید. (هزینه لازم برای این انتقال را نشان می دهد).

نکته: در اغلب موارد تعیین در این سری از الگوریتم ها بر اساس تعداد گام هایی است که یک بسته برای رسیدن به مقصد طی می کند.

مثال: زیر شبکه ای با دوازده (۱۲) مسیر یاب مطابق شکل زیر را در نظر بگیرید. جدول مسیریابی مربوط به مسیریابی G را بر اساس منطق الگوریتم DV بدست آورید؟



در روش DV اصول کار به صورت زیر خلاصه می شود:

۱- هر مسیریاب موظف است هزینه خطوطی را که به صورت فیزیکی با مسیریاب های دیگر دارد ، محاسبه کرده و در جدول خود درج نماید. هزینه خطوطی که مسیریاب با آنها در ارتباط مستقیم نیست یا هنوز در خصوص آن چیزی نمی داند ، در این جدول بی نهایت (∞) در نظر گرفته می شود. (اگر مبنای تعیین هزینه، تعداد گام (Hop) نباشد ، از ارسال بسته های (echo) استفاده می شود و زمانی را که برای رفت و برگشت این بسته لازم است ، مبنای تعیین هزینه تا رسیدن به گره های مجاور می باشد).

فرض کنید هزینه رفتن (تأخیر) از گره J به گره های دیگر به صورت زیر باشد:

J تا A ← ۸ میلی ثانیه

J تا I ← ۱۰ میلی ثانیه

J تا H ← ۱۲ میلی ثانیه

J تا K ← ۶ میلی ثانیه

۲- تنها مسیریاب های مجاور ، اطلاعات مربوط به جداول مسیریابی را به یکدیگر ارسال می کنند. حال اگر بخواهیم بسته ای از گره $G \rightarrow J$ ارسال کنیم ، با توجه به جداولی که از مسیریاب های همسایه ای J به آن می رسد ، مسیر بعدی را مشخص می کند.

مسیر فعلی			مسیر جدید				
	مسیر	هزینه	A	I	H	K	
A	A	8	0	24	20	21	
B	A	20	12	36	31	28	
C	I	28	25	18	19	36	
D	H	20	40	27	8	24	
E	I	17	14	7	30	22	
F	I	30	23	20	19	40	
G	H	18	18	31	6	31	مسیر
H	H	12	17	20	0	19	
I	I	10	21	0	14	22	
J	-	0	9	11	7	10	
K	K	6	24	22	22	0	
L	K	15	29	33	9	9	

حال می خواهیم از گره J به گره G برویم؛ می بینیم از گره J به G طبق جدول فعلی چه مسیرهایی و مقدار هزینه ای وجود دارد.

مقدار هزینه آن را در قسمت جدول جدید مقایسه کرده و آنگاه مقدار هزینه گره J به گره مورد نظر را با مقدار هزینه آن گره را با گره مورد نظر جمع می کنیم و آن را بر حسب مقدار صعودی از min شروع می کنیم.

$$J \rightarrow A : 8 + 18 = 26$$

$$J \rightarrow I : 10 + 31 = 41$$

$$J \rightarrow H : 12 + 6 = 18 \blacktriangleleft$$

$$J \rightarrow K : 6 + 31 = 37$$

نکته : معیار مسیر بهینه مقدار هزینه مسیریابی است.

مثلاً اگر مقدار هزینه از مسیر مستقیم گره J به G، ۱۲ باشد و مقدار هزینه از غیر مستقیم گره J به G ۱۰ باشد، مسیر غیر مستقیم انتخاب می شود؛ زیرا هزینه مسیر غیر مستقیم کمتر است.

پایان

تنظیم و گردآوری : سیدرضا موسوی

<http://hannaneh-amol.ir>

<http://it8805.blogfa.com>

info@hannaneh-amol.ir