



دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

Computer Networks

شبکه های کامپیوتری

دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
دانشکده فناوری اطلاعات و مهندسی کامپیوتر
دکتر محسن حیدریان

اسلایدهای درس شبکه های کامپیوتری
مفاهیم و معماری کامپیوتر
کارشناسی ارش مهندسی فناوری اطلاعات
ترم دوم ۱۴۰۳

مفاهیم اولیه انتقال داده

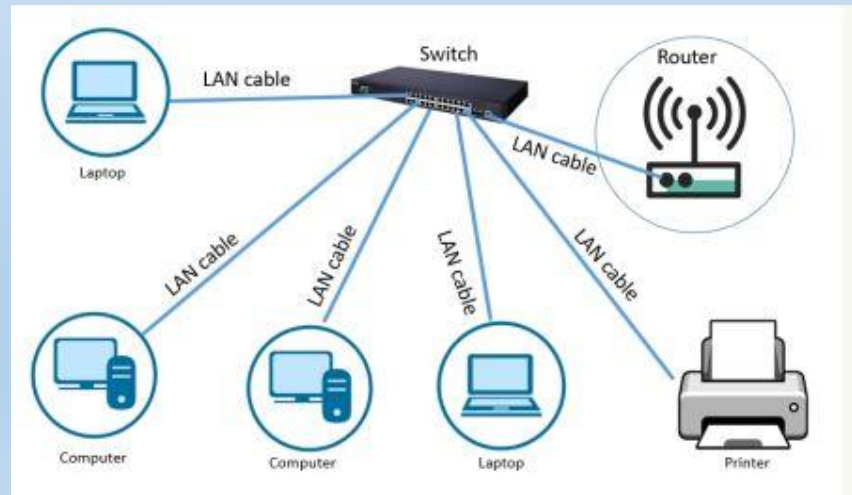
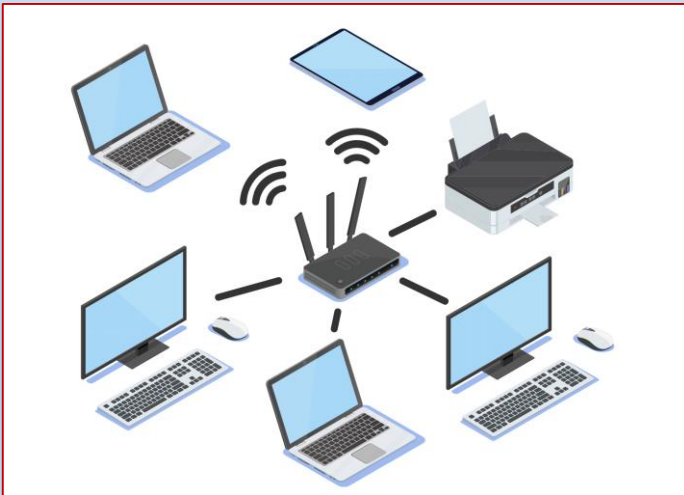
- Source & Destination گره مبدا و مقصد
- Intermediate Node گره های میانی
- Links - Edge لینک یا اتصالات شبکه
- Network Topology توپولوژی شبکه
- Path مسیر
- Data Unit حجم داده – Data – واحد داده
- Bandwidth پهنای باند
- End-to-End Delay – Propagation Delay تاخیر لینک – تاخیر مسیر
- Data Rate محاسبه زمان انتقال داده Data از مبدا به مقصد و سرعت انتقال داده
- Duplication Delay تاخیر چند برابر سازی داده
- Router – مسیریابی Routing
- Switch – سوئیچینگ Switching
- Lost Rate نرخ گم شدن بسته ها

منظور از گره Node در شبکه چیست؟

در یک شبکه کامپیوتری، به یک کامپیوتر یا یک سخت افزار شبکه مانند پرینتر یا مسیریاب می توان یک گره گفت.

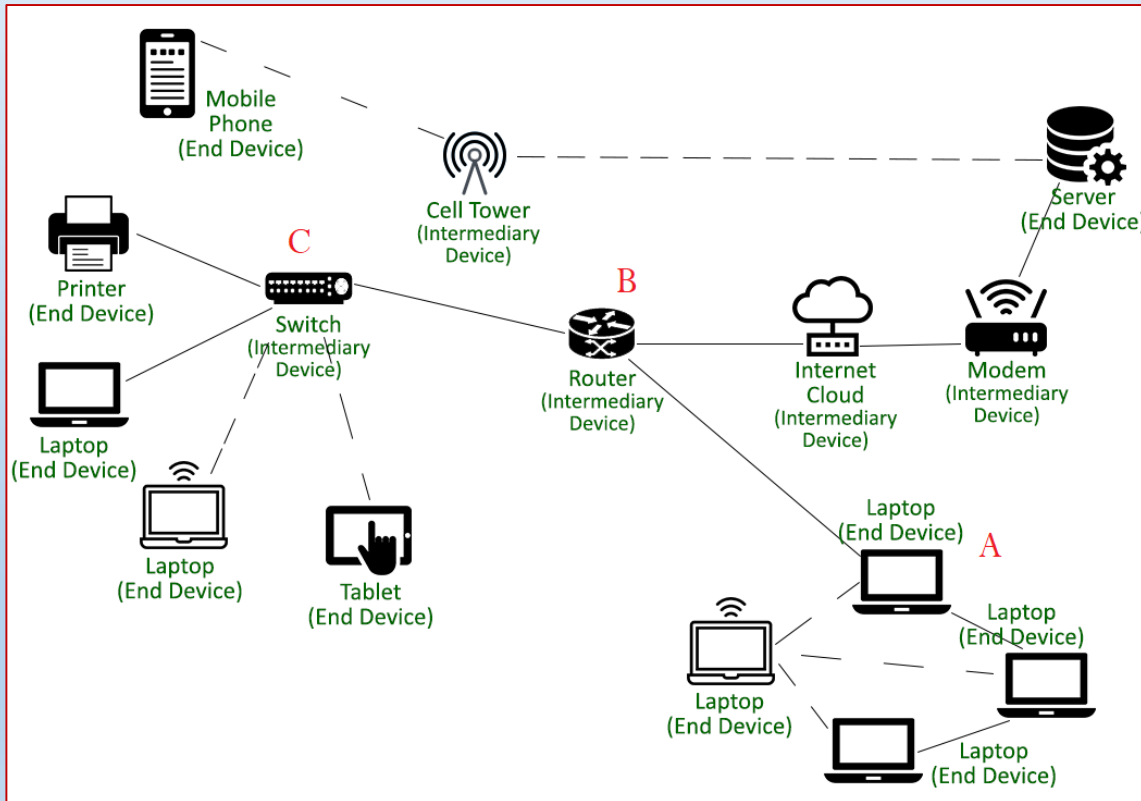
معمولا به همه سخت افزارهایی که در یک شبکه می توانند به عنوان گیرنده، فرستنده یا پردازش کننده اطلاعات فعالیت کنند، گره گفته می شود.

یک پرینتر در یک شبکه هنگام دریافت فایل از یک کامپیوتر راه دور، دریافت داده ها و پردازش داده انجام می دهد. در دو شکل زیر گره های شبکه که سیمی یا بی سیم هستند مشاهده می شوند. اتصالات شبکه به صورت کابل یا امواج بی سیم قابل رویت هستند.



گره های میانی Intermediate Node

یک گره میانی گرهی است که می تواند بین دو گره مختلف و متمایز شبکه قرار داشته باشد. در شکل زیر گره میانی B بین دو گره دیگر شبکه A و C قرار گرفته است و می تواند اطلاعات را بین دو گره مذکور تبادل کند. در این شکل گره B یک روتر است و گره C نیز یک سویچ بوده و گره A نیز یک کامپیوتر لپ تاپ است. مشاهده می شود در این شبکه کامپیوتر ها و سایر سخت افزارهای توسط اتصالات سیمی یا بی سیم به یکدیگر متصل هستند و می توانند داده ها را به اشتراک بگذارند.

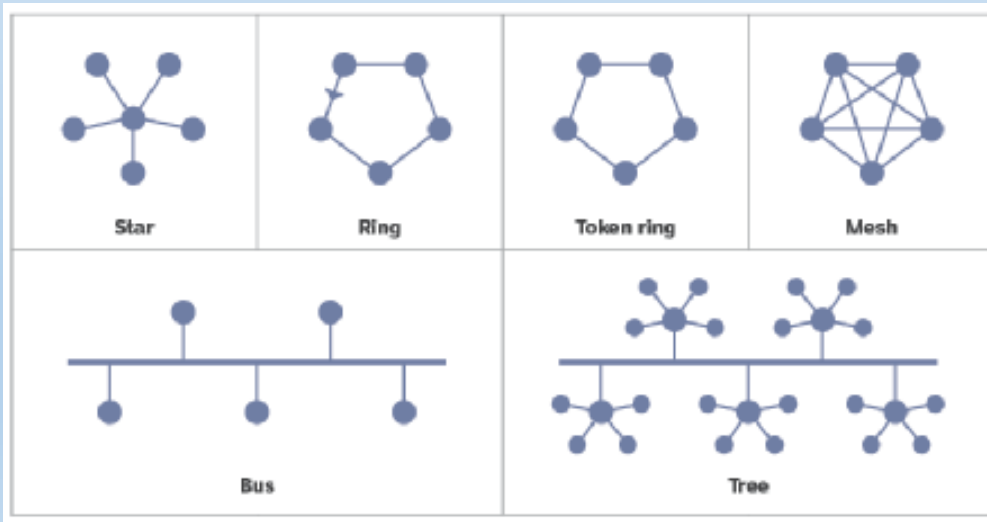


لینک یا اتصالات شبکه Links - Edge

یک لینک یک اتصال است که فقط بین دو گره قرار دارد و می تواند داده ها را بین آن دو گره انتقال دهد.

یک لینک که Link نامیده می شود، اتصال Connection یا یال Edge هم نامیده می شود. در شکل زیر مشاهده می شود که بین گره های یک شبکه چگونه یک لینک می تواند ارتباط برقرار کند.

مجموعه لینکها و گره های یک شبکه را اتصال پذیری شبکه یا توپولوژی شبکه می نامند. در شکل زیر چندین نوع اتصال پذیری یا توپولوژی شبکه Network Topology نمایش داده شده است. توپولوژی شبکه باعث می شود که یک گره در شبکه به هر گره دلخواه دیگری در شبکه بتواند متصل شود.

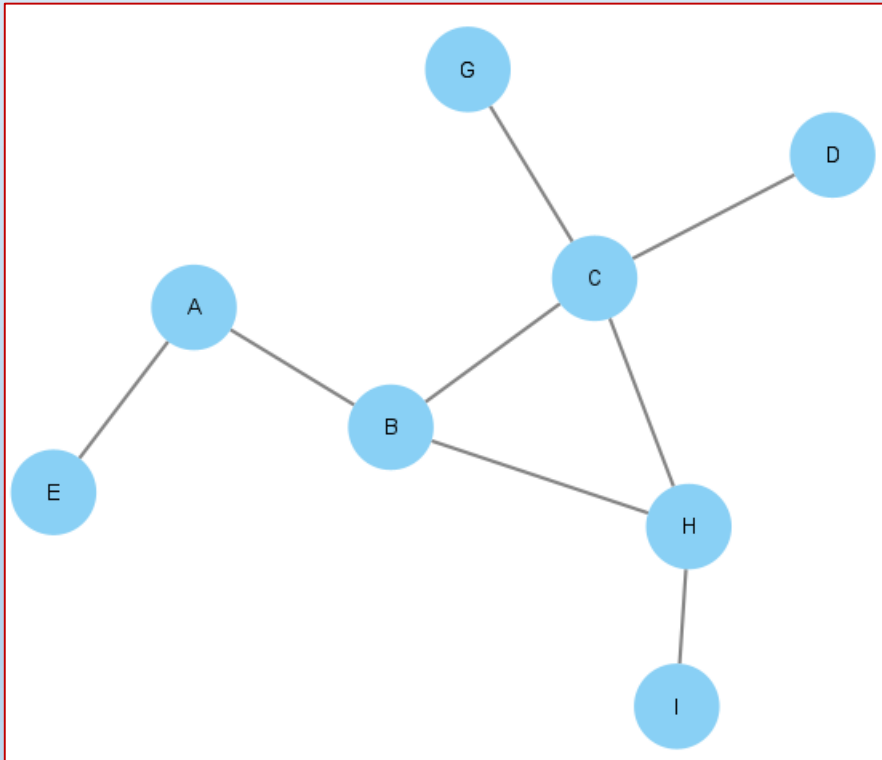


دو گره که توسط یک یال به یکدیگر متصل هستند، دو گره همسایه نامیده می شود. آیا در شبکه Bus همه گره ها همسایه هستند یا در شبکه Star؟

مسیر Path

یک مسیر عبارت است از تعدادی گره و اتصال متوالی که بین یک گره آغازین (مبدا Source) به نام مبدا و یک گره پایانی (مقصد Destination or Sink) به نام مقصد ارتباط برقرار کرده است.

در یک توپولوژی شبکه ای، هر گره دلخواه می تواند مبدا یا مقصد باشد. مسیر بین دو گره مبدا و مقصد تا زمانیکه همه گره ها و اتصالات روی آن حذف نشوند، برقرار خواهد بود. اگر یک لینک یا یک اتصال واقع بر مسیر حذف شود، آن مسیر حذف خواهد شد و بین دو گره مبدا و مقصد باید مسیر دیگری را محاسبه و اعلام کرد.



در شکل زیر مشاهده می شود بین دو گره E و B فقط یک مسیر وجود دارد که می توانیم این مسیر را به شکل زیر نمایش دهیم:

$\text{Path} = \langle E, A, B \rangle$

بین دو گره E و I دو مسیر متفاوت ذیل وجود دارد:

$\text{Path2} = \langle E, A, B, H, I \rangle$

$\text{Path3} = \langle E, A, B, C, H, I \rangle$

تفاوت بین مسیرهای انتقال داده بین مبدا و مقصد

توجه شود بین دو مسیر $Path2 <E, A, B, H, I>$ و $Path3 <E, A, B, C, H, I>$ تفاوت‌های مهمی وجود دارد.

تفاوت اول: تعداد گره‌های میانی این دو مسیر متفاوت است. مسیر $Path2$ سه عدد گره میانی دارد و مسیر $Path3$ چهار عدد گره میانی دارد.

تفاوت دوم: مسیر $Path2$ چهار عدد یال یا اتصال دارد. اما مسیر $Path3$ شش عدد یال دارد.

تفاوت سوم: این دو مسیر در تعدادی یال و گره مشترک هستند و در تعدادی یال و گره دیگر متفاوت هستند.

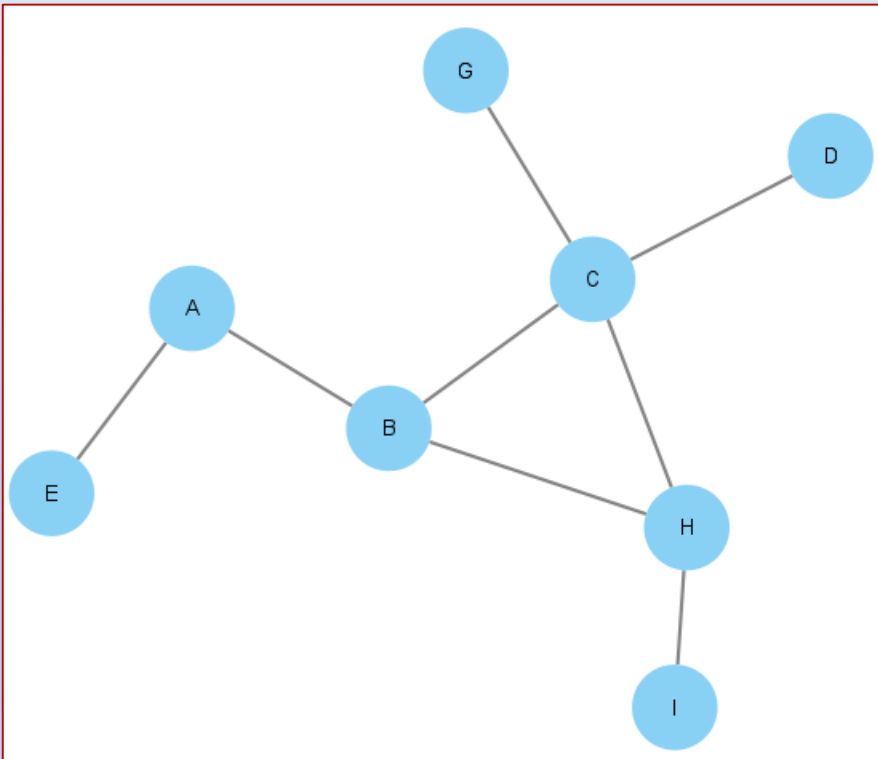
در خصوص این دو مسیر متفاوت می‌توان مفاهیم کلیدی زیر را بحث کرد:

تاخیر انتقال

بهره‌وری یا کارایی

پهنای باند

سرعت انتقال داده

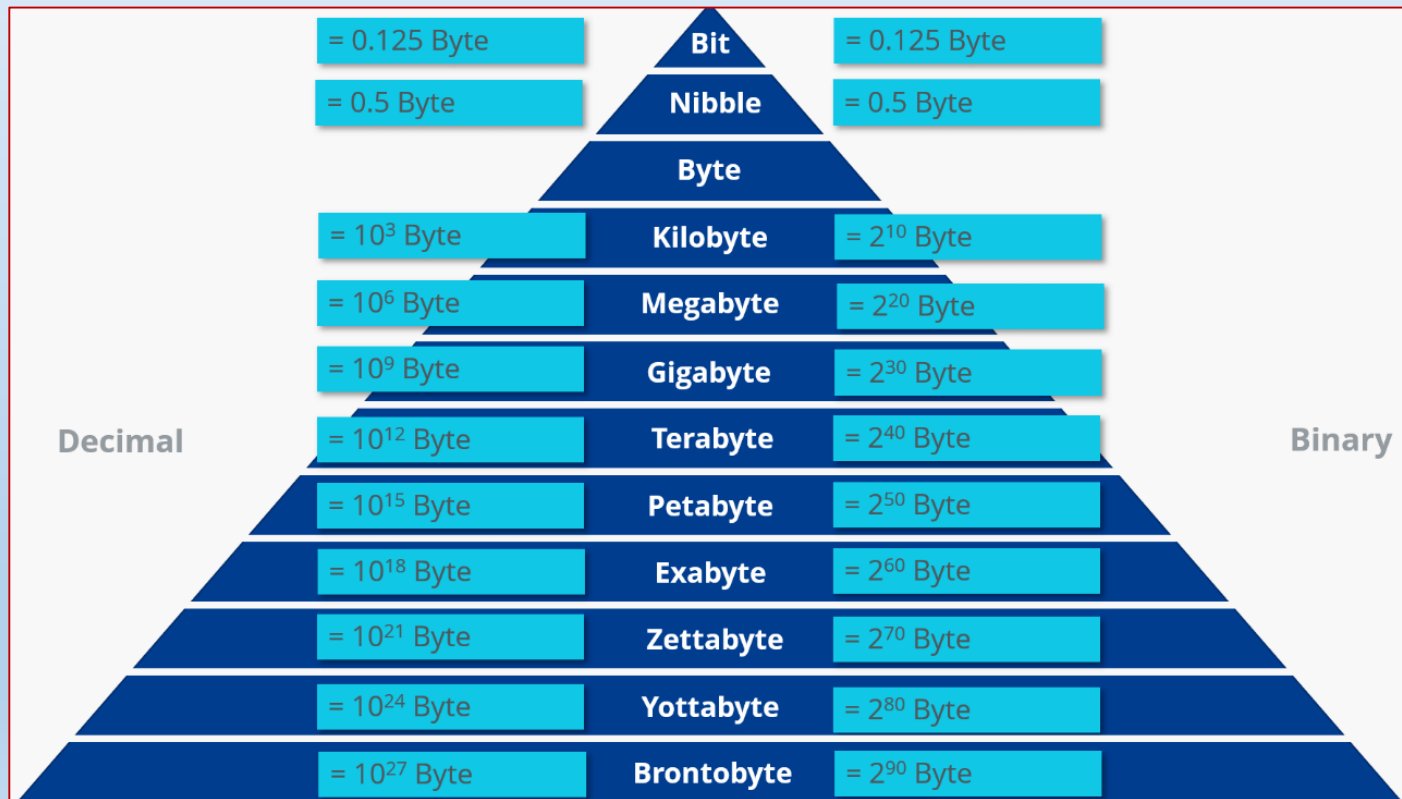


حجم داده Data - واحد داده Data Unit

داده یا پیامی که باید از مبدا به مقصد منتقل شود، تعریف و واحد اندازه گیری مشخصی دارد. معمولاً واحد اندازه گیری داده یا پیامی که باید منتقل شود، یکی از واحدهای زیر است:

بیت bit (صفر یا یک)، کیلو بین Kb، مگا بیت Mb

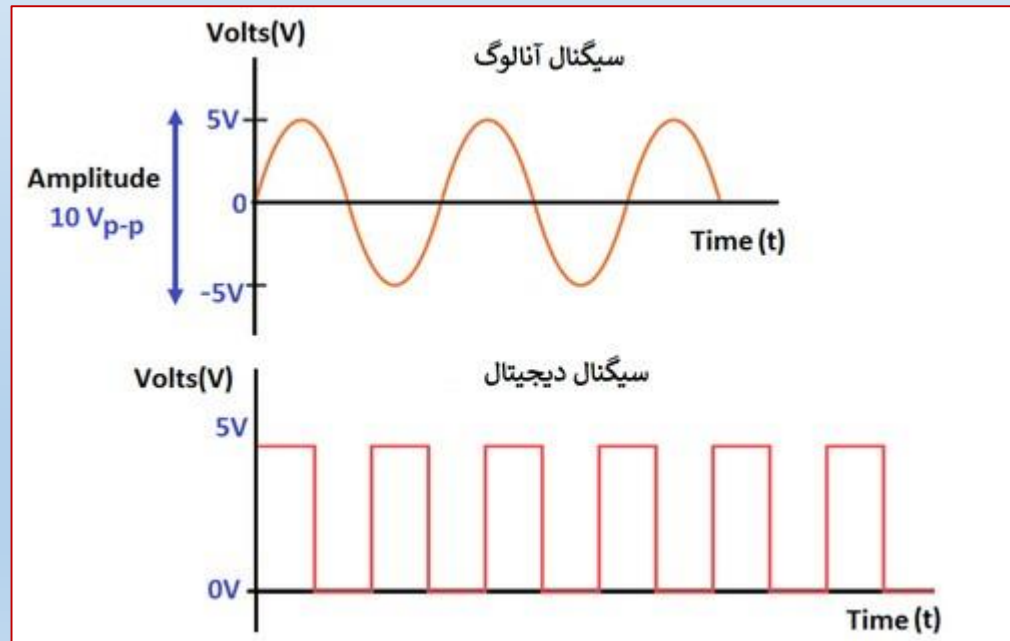
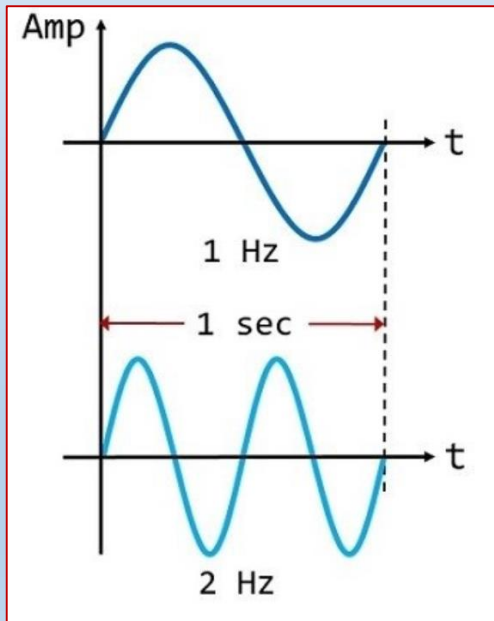
بایت Byte، کیلو بایت KB، مگا بایت MB، گیگا بایت GB



پهنای باند Bandwidth – فرکانس Frequency

واحد پهنای باند (B)، بیت بر ثانیه است (bit/s). بدین معنا که در یک ثانیه چند بیت داده می تواند از یک کانال عبور کند. واحد فرکانس (f) نیز cycles/second است.

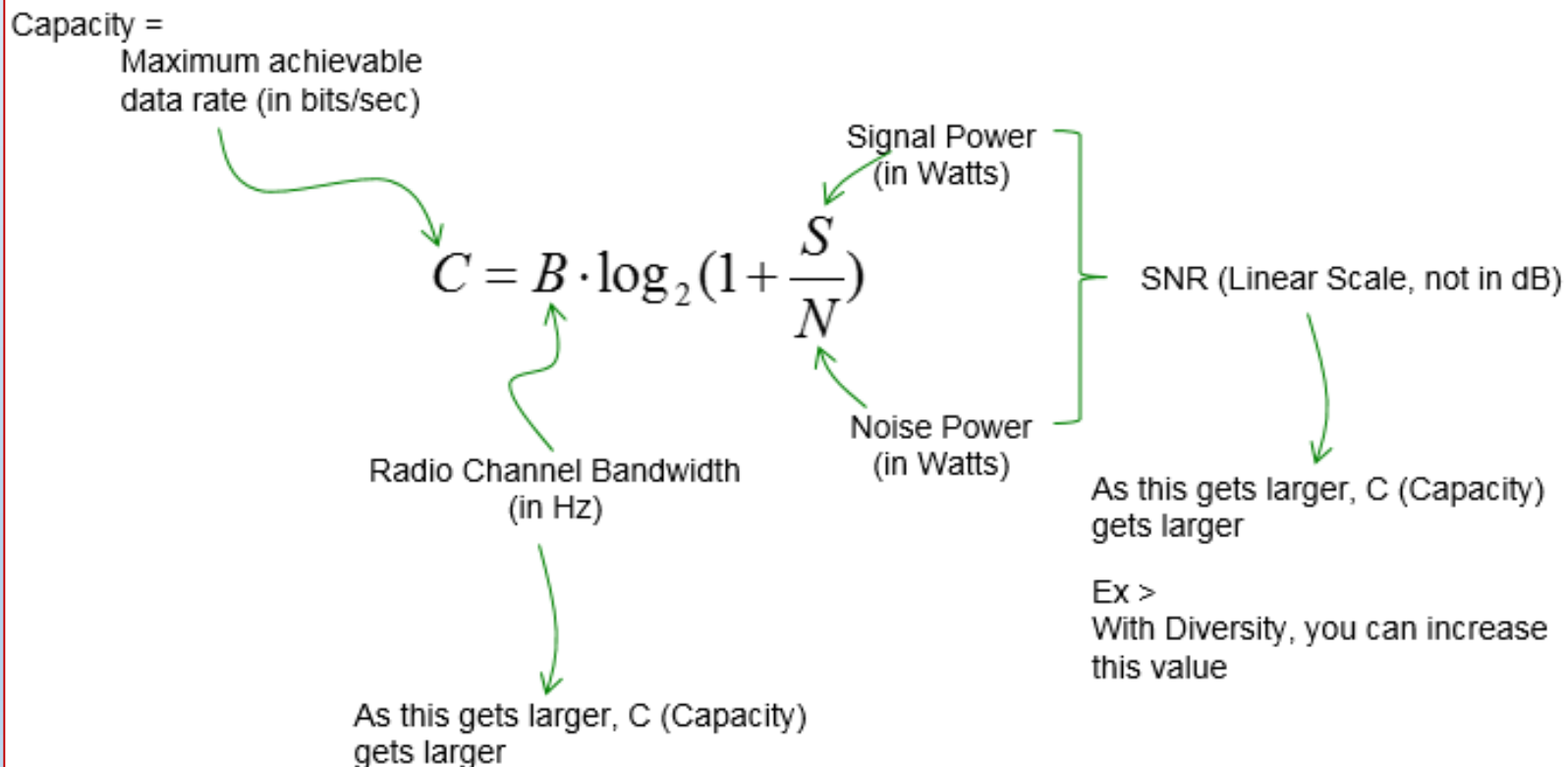
اگر پهنای باند سیم تلفن 56kbit/s است، معنای آن این است که در طول یک ثانیه 56kbit داده می تواند از سیم عبور کند. البته باید توجه کرد که داده ها به صورت سیگنالهای الکتریکی از یک سیم عبور می کنند و تعداد علایم سیگنال که از سیم عبور می کنند هم مهم است. از طرف دیگر سطوح سیگنال عبوری از سیم نیز مهم است. همچنین پهنای باند یک رسانه به فرکانس سیگنال عبوری یا فرکانس رسانه نیز وابسته است.



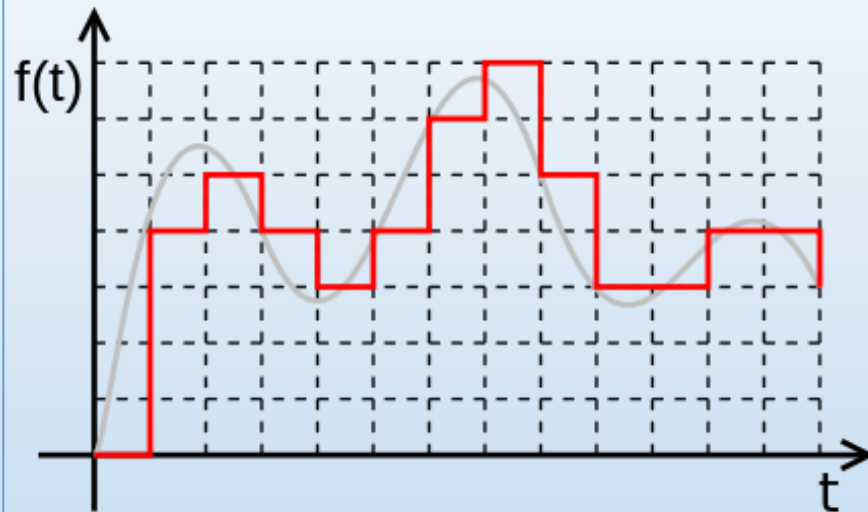
پهنای باند Bandwidth – فرکانس Frequency

در شکل زیر ارتباط بین ظرفیت کانال (بیشینه سرعت انتقال داده در کانال bit/s)، پهنای باند کانال بر حسب فرکانس، توان سیگنال و توان نویز نمایش داده شده است. اگر فرکانس یک رسانه $B=60\text{kHz}$ و توان سیگنال هم ۷ برابر توان نویز باشد، حداکثر سرعت انتقال داده در این کانال برابر خواهد بود با:

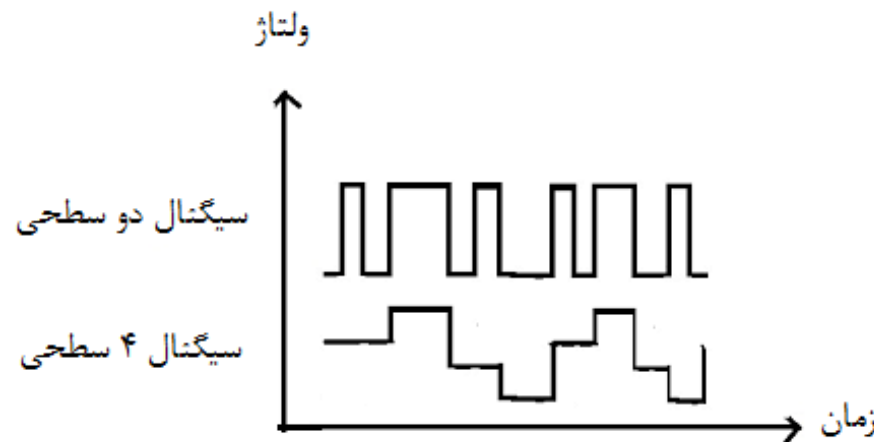
$$C = 60 \times 1024 \times \log_2(1+7) = 60 \times 1024 \times 3 \text{ bit/s}$$



سیگنالهای چند سطحی و دو سطحی



سیگنال ۸ سطحی که شامل سطح صف تا سطح ۷ است.
مقدار ولتاژ در این مثال می تواند ۰ الی ۷ باشد.
یعنی ولتاژ سیگنال می توان ۰ الی ۸ باشد.
هر سطح ولتاژ یک سطح سیگنال است.



یک سیگنال دو سطحی که می تواند شامل دو سطح ولتاژ ۰ و ۵ باشد.
سیگنال ۴ سطحی که شامل سطح صف تا سطح ۳ است.
مقدار ولتاژ در این مثال می تواند ۰ الی ۳ باشد.
یعنی ولتاژ سیگنال می تواند ۰ الی ۳ باشد.
هر سطح ولتاژ یک سطح سیگنال است.

رابطه بین پهنای باند و سرعت انتقال داده چند سطحی

😊 حداکثر نرخ ارسال داده (پهنای باند) در یک رسانه انتقال یا کانال را توسط **رابطه نایکوئیست** به صورت زیر می توان تعیین کرد:

$$C_{b/s} = 2B_{(HZ)} \log_2^M$$

که در آن **C** ظرفیت کانال، **B** پهنای باند رسانه انتقال و **M** تعداد سطوح سیگنال در هنگام ارسال اطلاعات است. (در روش های مدولاسیون گفته می شود)

مثال: اگر پهنای باند خط تلفن 4 KHz باشد و فرستنده ای از 16 سیگنال مختلف برای ارسال اطلاعات استفاده کند آن گاه با استفاده از خط تلفن حداکثر 32000 بیت در ثانیه را می توان انتقال داد زیرا داریم :

$$C = 2 \times 4 \times 10^3 \log 16 = 32 \times 10^3$$

تاخیر و سرعت انتقال داده در یک مسیر

در شکل زیر گره A گره مبدا و گره D نیز گره مقصد است. پراتز (7,1) بر روی لینک AB بدین معنا است که حداکثر ظرفیت انتقال داده در این اتصال برابر با ۷ واحد داده بر واحد زمان است و عدد ۱ نیز نشان می دهد یک واحد داده ای، ۱ واحد زمانی طول می کشد از A به B برسد.

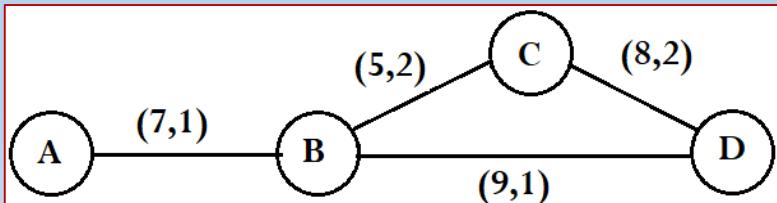
اگر اندازه یک پیام d برابر با ۱۶ واحد داده ای باشد، قصد داریم مدت زمان لازم برای انتقال این داده از A به B را از طریق ۲ مسیر $p1 = \langle A, B, C, D \rangle$ و $p2 = \langle A, B, D \rangle$ محاسبه کنیم.

بیشترین پهنای باند در مسیر P1 برابر با $b1 = \max\{7, 5, 8\} = 5$ است پس در لحظه $T=0$ می توان ۵ واحد داده ای را به لینک AB ارسال کرد. این ۵ واحد داده در زمان $T=1$ به گره B می رسد و در لحظه $T=3$ به گره C و در لحظه $T=5$ نیز به گره D می رسد. توجه شود یک واحد زمانی بعد از ارسال ۵ واحد زمانی اول، یعنی در لحظه $T=1$ نیز ۵ زمانی دوم به شبکه ارسال می شود و در لحظه $T=6$ به مقصد می رسد. ۵ واحد داده ای سوم نیز در لحظه $T=2$ به سمت B ارسال شده و در لحظه زمانی $T=7$ به مقصد D خواهد رسید. ۱ واحد داده ای باقی مانده از ۱۶ واحد داده ای هم مطابق بسته های قبلی در لحظه $T=3$ ارسال و در لحظه $T=8$ به مقصد خواهد رسید.

مطابق با محاسبات انجام شده برای $p1$ ، در مسیر $p2$ نیز داریم: $b2 = \max\{7, 9\} = 7$ و $d=16$ به واحدهای $7+7+2$ تقسیم خواهد شد. اگر انتقال داده در لحظه $T=0$ شروع شود، در لحظه $T=4$ به پایان خواهد رسید. لذا مسیر $p2$ سریعتر از مسیر

$P1$ می تواند ۱۶ واحد داده ای را از A به D

انتقال دهد.



تاخیر و سرعت انتقال داده در یک مسیر

مدت زمان انتقال یک بسته به حجم d توسط بیشینه باند b و تاخیر سراسری delay را می توان از طریق فرمول زیر نیز انتقال داد:

$$\text{Time} = \text{delay} + \lceil d/b \rceil - 1$$

در این فرمول مقدار delay برابر است با مجموع تاخیر لینکهای مسیر. برای مسیر $p1$ مقدار $\text{delay} = 1 + 2 + 2 = 5$ و برای مسیر $p2$ هم برابر است با $\text{delay} = 1 + 1 = 2$. مطابق فرمول Time ، برای دو مسیر $p1$ و $p2$ مدت زمان انتقال برابر است با:

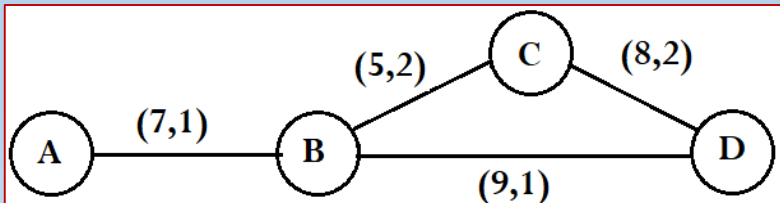
$$\text{Time}(p1) = \text{delay} + \lceil d/b \rceil - 1 = 5 + \lceil 16/5 \rceil - 1 = 5 + 4 - 1 = 8$$

$$\text{Time}(p2) = \text{delay} + \lceil d/b \rceil - 1 = 2 + \lceil 16/7 \rceil - 1 = 2 + 3 - 1 = 4$$

سرعت انتقال داده یا data rate : برابر است با مقدار داده عبور داده شده از مسیر تقسیم بر مدت زمان انتقال. لذا برای دو مسیر مذکور خواهیم داشت:

$$\text{Data-rate}(p1) = 16/8 = 2 \quad \text{data unit/time unit}$$

$$\text{Data-rate}(p2) = 16/3 = 5.33 \quad \text{data unit/time unit}$$

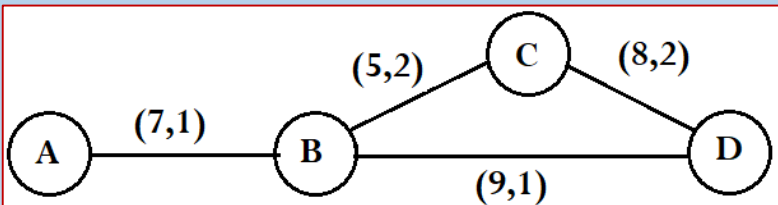


Routing, Switching و نرخ گم شدن بسته ها

در شکل زیر فرض کنید بسته های اطلاعاتی باید از طریق مسیر $\langle A, B, C, D \rangle$ از مبدا A به مقصد D بروند. پس از خروج بسته ها از A ، اولین گرهی که این بسته ها به آن وارد می شوند، گره B است. هنگام خروج بسته ها از B ، این بسته ها باید به گره C ارسال شوند نه به گره D زیرا باید مسیر $\langle A, B, C, D \rangle$ طی شود. در این حالت گره B باید مطلع باشد که مقصد بعدی گره C است نه گره D . به این عمل سویچینگ یا راهگزینی می گویند و طی آن راه یا لینکی که بسته از آن وارد شده است به راه یا لینک دیگری که خروجی محسوب می شود باید نگاشت شود. به عبارت دیگر در عمل سویچینگ، گره B نقش یک سویچ یا راهگزین را بازی می کند. یک سویچ می تواند یک ورودی خودش را به یک خروجی مناسب دیگر وصل کند. البته سویچینگ بی حساب و کتاب نیست و الگوریتم های خاص خودش را دارد.

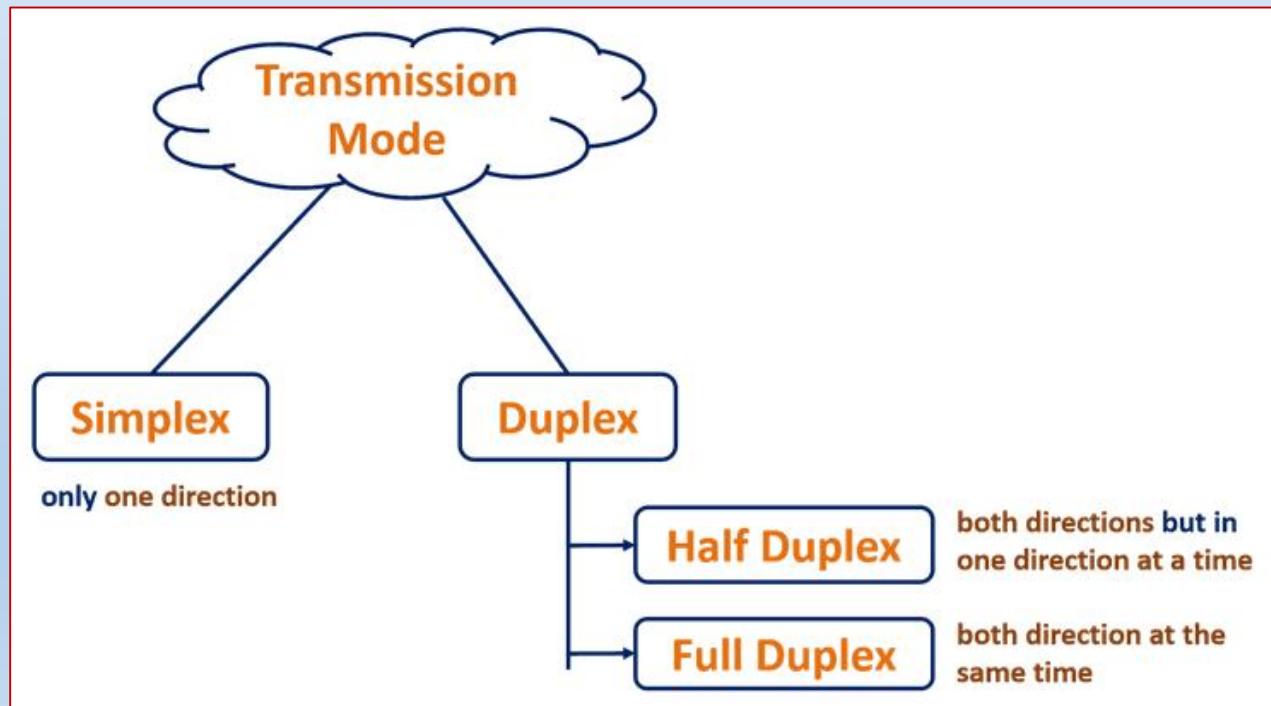
هنگامی که یک بسته قصد دارد از A به D برود، باید مسیر حرکت او را محاسبه و تعیین کرد. در این مثال گره A می تواند نقش مسیریاب یا Router را بازی کند و مسیر لازم از A به D را محاسبه و مشخص کند. مسیریابی نیز مبتنی بر الگوریتم های خاص مانند کوتاهترین مسیر است که طی آن مسیری از مبدا به مقصد انتخاب می شود که کمترین تاخیر سرتاسری را داشته باشد.

گاهی اوقات به دلایل مختلف ممکن است یک بسته در طول مسیر حذف شود که به آن Lost می گویند و تعداد بسته های گم شده در واحد زمان را Lost Rate یا نرخ گم شدن می نامند.



کانال یک طرفه و دو طرفه

گاهی اوقات یک کانال فقط می تواند بسته ها را از گره ورودی به گره خروجی ارسال کند و برعکس آن را نمی تواند انجام دهد (لینک یک طرفه). گاهی اوقات نیز یک لینک می تواند ارسال و دریافت دوطرفه و همزمان را بین گره مبدا و مقصد انجام دهد (اتصال دو طرفه). اگر لینک دو طرفه باشد اما به صورت غیر همزمان و نوبتی، آنگاه لینک نیمه دو طرفه نامیده می شود (در هر لحظه، فقط یک طرفه است).



تمرین

تمرین ۱: در شکل زیر بر روی هر یال، پهنای باند موجود و تاخیر انتشار بسته درج شده است. اگر قرار باشد پیام $P=46$ واحد داده از مبدا A به مقصد E منتقل شود، کدام مسیر بیشترین سرعت انتقال داده را دارد؟ کوتاهترین مسیر کدام است؟ طولانی ترین مسیر کدام است؟

تمرین ۲: فرض کنید در حین انتقال داده از گره D ، ۲۰ درصد داده به دلیل نویز حذف می شود. در این صورت برای اینکه پیام P به صورت کامل از A به B برسد، کدام مسیر سرعت انتقال داده بیشتری دارد و مناسب تر است؟

