به نام خدا

sbargh.ir

Website:
Email:

دانش اگر در ثریا هم باشد مردانی از سرزمین پارس بدان دست خواهند یافت. رسول اکرم (ص)

انتقال داده

Data Communication

استاد : جناب آقای فیروزبخت

گردآورنده : امیر دشتی

sbargh.ir

مقدمه :

از آنجایی که مطالب مطرح شده در این درس از اهمیت بالایی برخوردار میباشد و همچنین حجم زیادی نیز در مقایسه با زمان محدود یک ترم دارد به نظرم رسید که با تهیه و تنظیم مطالب جناب آقای فیروزبخت کمکی هرچند کوچک در زمینه یادگیری بهتر این درس کرده باشم.

این کتاب بر اساس مطالب مطرح شده در کلاس درس انتقال داده ، آقای فیروزبخت جمع آوری شده است .

برای مطالعه بیشتر میتوانید از منابع زیر استفاده کنید :

1. Data and Computer Communications",Williams Stallings, (6th edition), Prentice Hall 1999
2. Data Communications and Networking",Behrouz Forouzan,(2nd edition),2001

چنانچه نکته یا پیشنهادی دارید لطفا به آدرس زیر نامه بفرستید .

amir_dashti@yahoo.com

با تشکر امیر دشتی

خلاصه سرفصلها :

موضوع	صفحه
فصل اول	
مفاهیم	۷
اصطلاحات فنی	۹
سیگنالها	۱۰
موج سینوسی	۱۲
انواع نویز	۱۵
چند فرمول	۱۶
فصل دوم	
محیطهای انتقال	۲۰
محیطهای هادی	۲۰
انتقال بیسیم	۲۷
چند فرمول	۳۱
فصل سوم	
رمز گذاری اطلاعات	۳۴
مدولاسیون دیجیتال به دیجیتال	۳۵
مدولاسیون آنالوگ به آنالوگ	۴۰
مدولاسیون دیجیتال به آنالوگ	۴۲
مدولاسیون آنالوگ به دیجیتال	۴۷
چند فرمول	۵۰
فصل چهارم	
استانداردهای واسط	۵۲
DCEs and DTEs	۵۳
Dial-up Connection	۵۵
فصل پنجم	
مالتی پلکس	۵۷
کاربردهای مالتی پلکس	۶۱
DSL	۶۳

موضوع	صفحه
فصل ششم	
کنترل خطوط ارتباطی(Data Link)	۶۵
Line Discipline	۶۵
Flow Control	۶۶
Error Control	۷۰
محاسبه درصد کارآیی خط	۷۲
فصل هفتم	
تشخیص و تصحیح خطا	۷۵
روشهای تشخیص خطا	۷۶
فصل هشتم	
پروتکل خطوط ارتباطی	۸۲
ساختار فریم در HDLC	۸۳
فصل نهم	
مقدمه ای بر سوئیچ	۹۱
سوئیچ	۹۳
سوئیچ مداری	۹۳

یاد آوری

شبکه مجموعه ای از کامپیوترهای متصل به هم هستند.

در مدل ISO شبکه را به ۷ لایه تقسیم میکنند در این مدل لایه ها مستقل هستند و هر لایه وظیفه کنترل صحت اطلاعات لایه خود را دارد.

ارتباط دو لایه Interface نام دارد و لایه های متناظر پروتکل های متانظر دارند.

این ۷ لایه عبارتند از :

1. Physical
2. Data Link
3. Network
4. Transport
5. Session
6. Presentation
7. Application

در درس انتقال داده هدف برسی ۳ لایه اول است.

لایه Transport در درس مهندسی اینترنت برسی میشود.

این لایه ای بودن پیچیدگی را کاهش میدهد بنابر این اگر نرم افزار یا سخت افزاری را تغییر دهیم دیگر تاثیری بر روی دیگر لایه ها ندارد.

نکته : هیچ لایه ای جز لایه Physical نمیتواند اطلاعات را برروی خط قرار دهد.

نکته : علاوه بر اینکه امکان تشخیص خطا در لایه اول وجود دارد ولی به دلیل پیچیدگی ، این عملیات در لایه Data Link انجام میشود.

در یک شبکه کامپیوتری هر کامپیوتر دارای یک آدرس منطقی است که به سخت افزار وابستگی ندارد و درنتیجه بر اثر تعویض کارت شبکه آدرس منطقی کامپیوتر مذکور تغییر نمیکند.

تمام کامپیوتر های موجود در شبکه برای دسترسی به کامپیوتر مذکور از همان آدرس منطقی استفاده میکنند .این آدرس در لایه Data Link مفهوم دارد.

با توجه به اینکه این آدرس توسط کاربر قابل تغییر است و از طرفی نباید دو کامپیوتر در یک شبکه دارای آدرس یکسان باشند ، هر کارت شبکه در حافظه ROM خودش یک آدرس ۴۸ بیتی منحصر به فرد دارد که با سوختن کارت از بین میرود و این آدرس توسط لایه Network کنترل و چک میشود و به نام MAC Address شناخته میشود.

عملا در یک شبکه کامپیوتری آدرس MAC کارت شبکه ها است که کامپیوتر ها را ازهم جدا میکند.

بنابراین هر کامپیوتر در یک شبکه دارای یک آدرس فیزیکی (MAC) و یک آدرس منطقی (IP) است.

برای مطالعه بیشتر به درس شبکه های کامپیوتری مراجعه کنید.

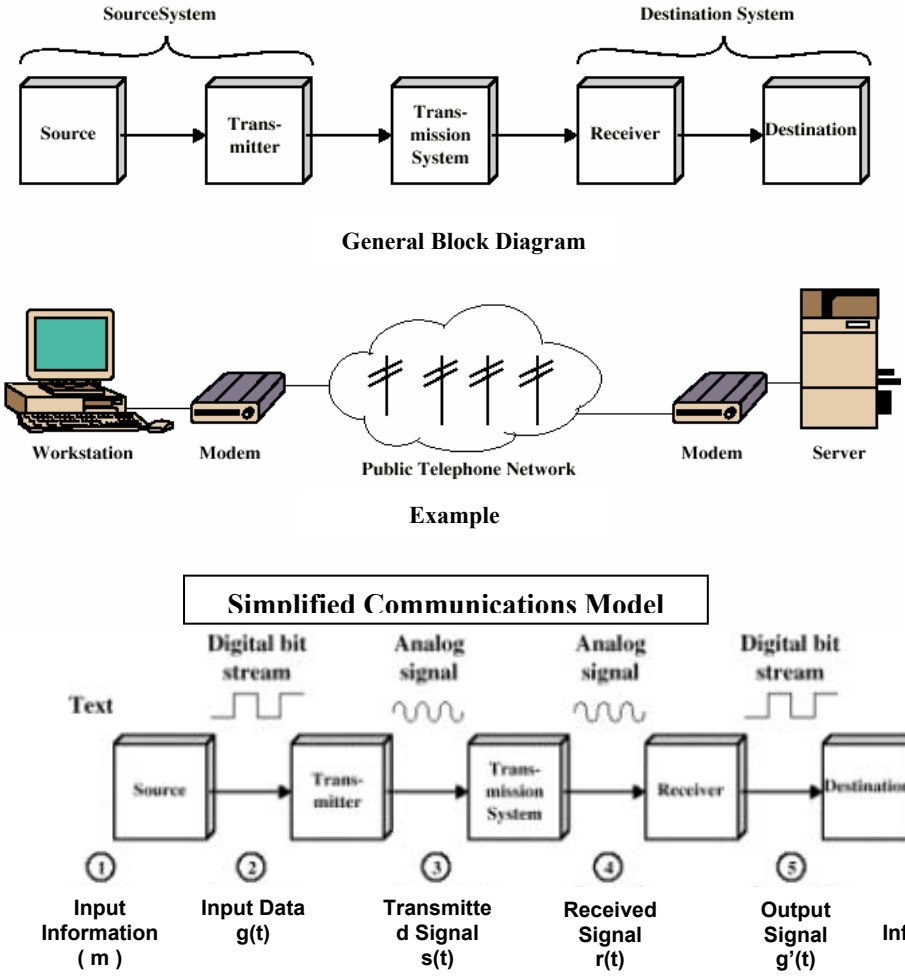
فصل اول

مفاهیم (Concepts)

یک مدل ارتباطی شامل عناصر زیر است :

- Source : داده هایی که باید ارسال شوند را تولید میکند. (کامپیوتر مبداء)
- Transmitter : داده ها را به سیگنالهای قابل انتقال تبدیل میکند. (مودم)
- Transmission System : داده ها را حمل میکند. (محیط انتقال)
- Receiver : سیگنالهای دریافت شده را به دیتا تبدیل میکند. (مودم)
- Destination : داده های رسیده را دریافت میکند. (کامپیوتر مقصد)

شکل زیر یک مدل ساده شده از ساختار ارتباط را نشان میدهد :



- برای اینکه محیط آنالوگ یک محیط نویزپذیر است ممکن است سیگنال دریافتی توسط Receiver همان سیگنال ارسالی از طرف Transmitter نباشد درنتیجه r(t) را حواهیم داشت .
- اگر محیط نویز=ذیر نباشد و درنتیجه r(t) و s(t) با هم برابر باشند در آنصورت m و m' با هم برابر خواهند بود.

عوامل موثر در بهینه سازی یک شبکه انتقال عبارتند از :

- استفاده موثر از سیستم انتقال و پهنای باند
- استفاده از Interface های استاندارد برای امکان برقراری ارتباط
- تولید سیگنال متناسب با محیط ارتباطی
- هماهنگی و همزمانی بین فرستنده و گیرنده
- مدیریت تبادل اطلاعات (یک طرفه یا دو طرفه باشد)
- تشخیص و اصلاح خطا
- آدرس دهی و مسیر یابی اطلاعات
- بازیافت اطلاعات خراب شده
- Flow Control
- امنیت
- مدیریت شبکه (به عهده سیستم عامل است)

اصطلاحات فنی

۱) دستگاههای انتقال

- Transmitter
دستگاهی است که اطلاعات را به سیگنالهای قابل انتقال تبدیل میکند .
- Receiver
دستگاهی است که سیگنالهای دریافت شده را به اطلاعات قابل فهم برای سیستم تبدیل میکند.
- Medium
به محیط انتقال گفته میشود و به دو دسته کلی تقسیم میگردند :

a) Guided Medium : فیبر نوری یک مثال از محیطهای هادی است.

b) Unguided Medium : آنتن یک مثال از محیطهای غیر هادی است.

۲) توپولوژی های انتقال

- Point to Point
این نوع ارتباط به صورت نقطه به نقطه ایجاد میگردد و به دو صورت پیاده سازی میگردد :

a) Direct Link
در این روش هیچ دیوایس واسطه ای بین فرستنده و گیرنده وجود ندارد.

b) Only two Devices Share Link
در این روش فقط دو دیوایس میتوانند به هم وصل شوند.
- Multi Point
در این روش بیشتر از دو دیوایس میتوانند با هم ارتباط همزمان داشته باشند.

۳) محیط های انتقال

- Simplex
به ارتباطهایی گفته میشود که کاملا ساده بوده و انتقال کاملا یک طرفه هستند مانند تلوزیون.
- Half Duplex
در این ارتباط انتقال به صورت دوطرفه است ولی امکان انتقال همزمان بین آن دو نیست مانند بیسیم پلیس .
- Full Duplex
این انتقال مانند Half Duplex است با این تفاوت که امکان همزمانی انتقال بین فرستنده و گیرنده وجود دارد مانند تلفن.

در دستگاه تلفن عادی معمولا دو طرف در حال مکالمه با هم صحبت نمیکنند زیرا که سیگنالها روی هم میافتد!
درواقع در Full Duplex پهنای باند دو قسمت میشود ولی در Half Duplex اینطور نیست.

سیگنالها

سیگنالها به طورکلی به سه دسته تقسیم میگردند :

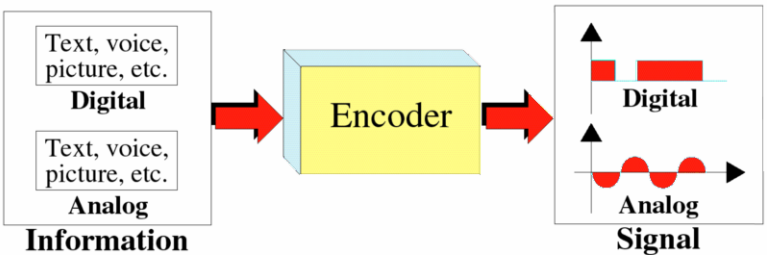
۱. Analog and Digital Signals
۲. Aperiodic and Periodic Signals
۳. Analog Signals

از دیدگاهی دیگر سیگنالها به دو دسته گسسته و پیوسته تقسیم میشوند. سیگنالهای آنالوگ پیوسته و سیگنالهای دیجیتال گسسته هستند.در انتقال اطلاعات بصورت دیجیتال به علت وجود اختلاف سطحها میتوان از خراب شدن و از بین رفتن اطلاعات بر اثر نویز جلوگیری کرد.
همچنین سیگنالها را میتوان به دودسته مشخص و اتفاقی نیز تقسیم کرد ، سیگنالهای مشخص آنهایی هستند که Periodic میباشند یعنی تکرار میشوند . اما نوع اتفاقی سیگنالی است که Periodic نبوده و درواقع سیگنالی ناخواسته است که به سیستم وارد میشود.

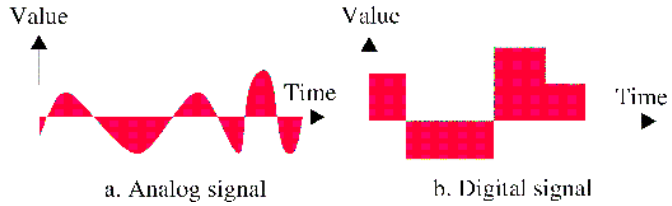
نکته : انتقال موفق اطلاعات به دو عامل بستگی دارد ، کیفیت خود سیگنال و دیگری کیفیت محیط ارتباطی . محمترین عامل محدود کننده در انتقال اطلاعات **نویز** است .
نکته : هر سیگنال ناشناخته در سیستم نویز نامیده میشود.

اگر بر روی یک سیگنال آنالوگ نویز بیافتد در هنگام حذف نویز بخشی از اطلاعات هم از بین خواهند رفت ولی در مورد سیگنال دیجیتال امکان از بین رفتن اطلاعات کمتر میشود زیرا که در این نوع سیگنالها میتوانیم با تعریف یک Range و سطح ولتاژ ، سیگنالهای ناخواسته (که معمولا از سطح تعریف شده خیلی بیشتر یا خیلی کمتر هستند) را حذف کنیم.

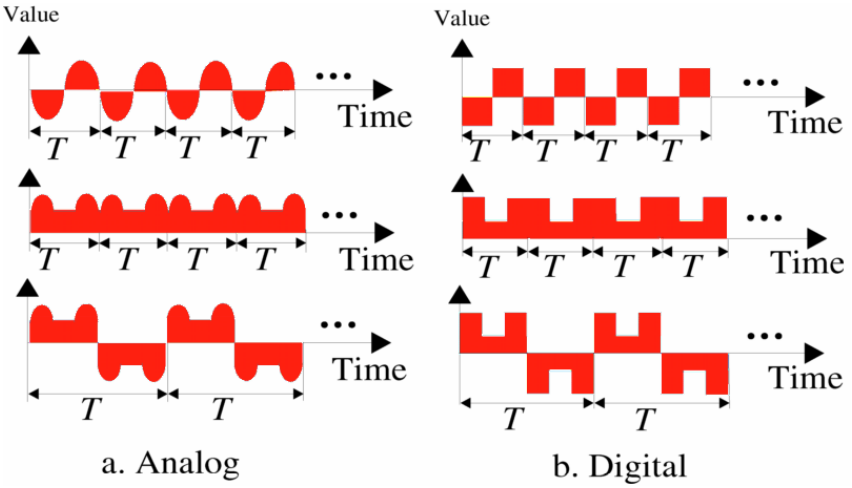
در شکل زیر مفهوم تبدیل اطلاعات به سیگنالهای دیجیتال و آنالوگ را مشاهده میکنید :



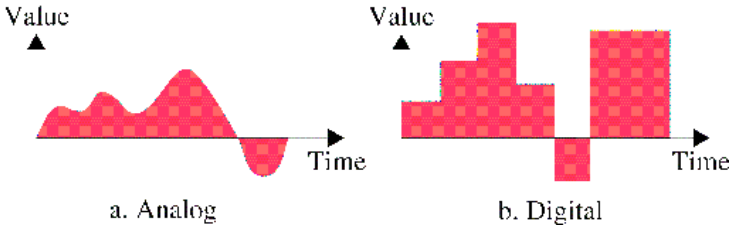
Analog and Digital Signals :



Periodic Signals :



Aperiodic Signals :



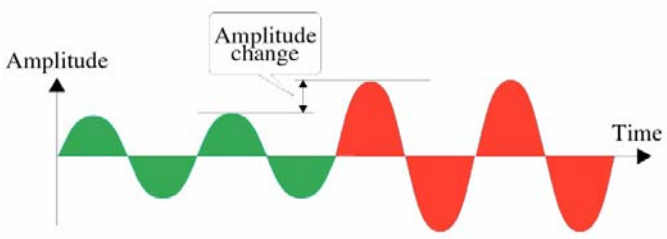
موج سینوسی

یک موج سینوسی را میتوان از سه جنبه مورد برسی قرار داد :

۱. دامنه

عبارتست از ماکزیمم و مینیمم پیک موج سینوسی و بر اساس واحد ولت اندازه گیری میشود.

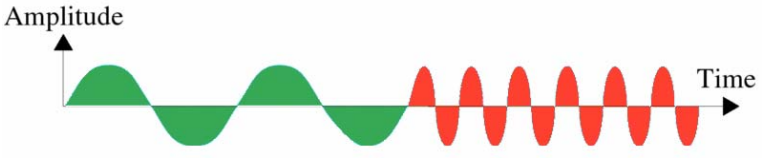
در شکل زیر نمونه ای از انتقال دیتا بر اساس تغییرات دامنه را مشاهده میکنید . در مدولاسیون AM از این روش استفاده میشود در این مدولاسیون همواره فرکانس و فاز ثابت باقی میماند..



۲. فرکانس

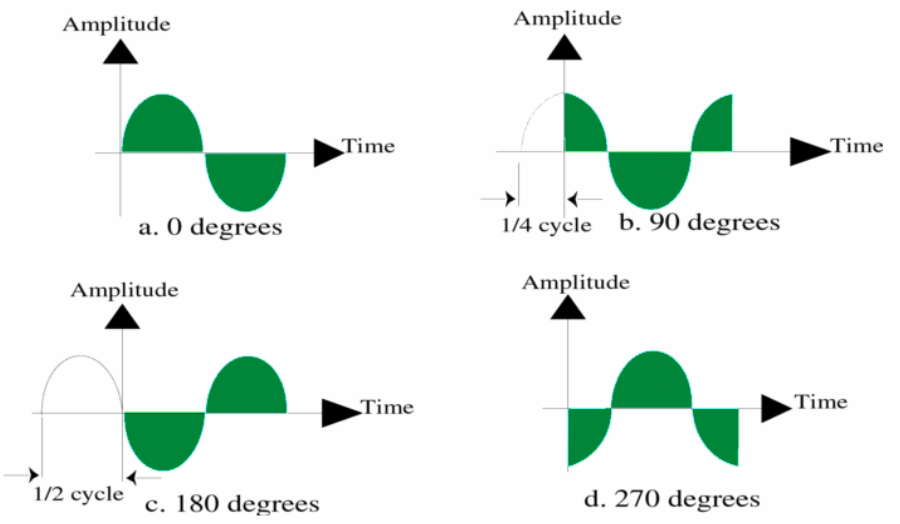
به نرخ تغییر سیگنال در واحد زمان گفته میشود. واحد آن Hz (هرتز) یا سیکل بر ثانیه میباشد و با حرف f نمایش داده میشود. در این صورت هر دوره یا پریود عبارت است از مدت زمان لازم برای هر تکرار و با حرف T نمایش داده میشود $T = 1/f$

در شکل زیر نمونه ای از انتقال داده به کمک تقییرات فرکانس را مشاهده میکنید . در مدولاسیون FM از این روش استفاده میشود. در این نوع مدولاسیون دامنه و فاز همواره ثابت باقی میمانند.

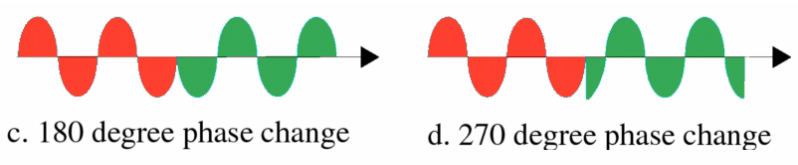


۳. فاز (ϕ)

به موقعیت نسبی موج نسبت به زمان گفته میشود به عنوان مثال :

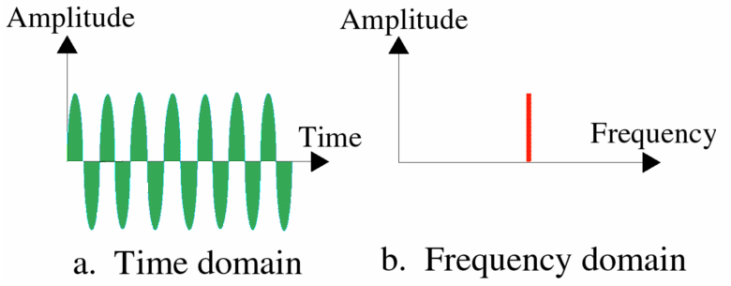


در شکل زیر نمونه ای از انتقال دیتا را به روش تغییرات فازی مشاهده میکنید :

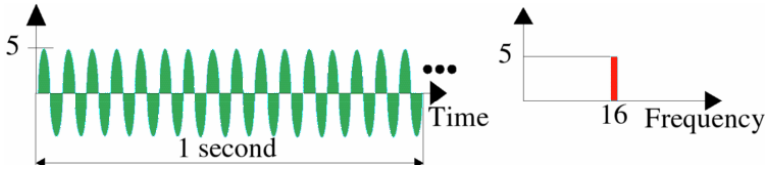


البته استفاده از این روش نسبت به دو روش قبل مشکل تر است .با ترکیب روشهای فوق این امکان به وجود میاید که حجم دیتای بالاتری را در واحد زمان بتوانیم منتقل کنمی.

امواج را میتوانیم در دو حوزه دامنه و زمان بررسی کنیم ، در این صورت نمایش امواج در هر یک از این دو حالت به صورت زیر خواهد بود :



به مثال شکل زیر دقت کنید :



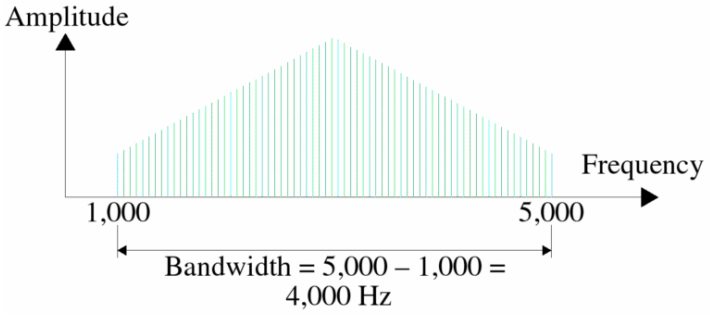
در ادامه به یادآوری چند مفهوم میپردازیم :

پهنای باند (Band Width)

حداقل و حداکثر فرکانسی است که محیط میتواند از خود عبور دهد ، اگر آن را برروی نمودار دامنه-فرکانس نمایش دهیم به صورت زیر خواهد بود .

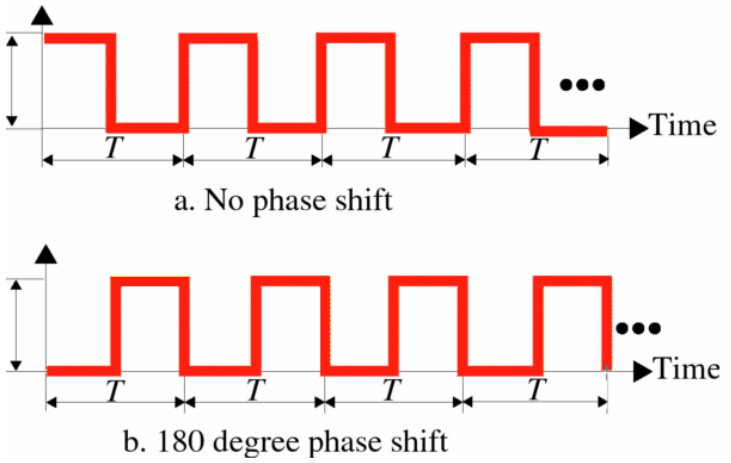
معنای این نمودار آن است که در ۳۰۰۰ هرتز محیط بهترین کیفیت را داراست و بنابراین بالاترین عرض باند را در اختیار فرستنده و گیرنده قرار میدهد ولی در نقاط دیگر کم کم توانایی محیط در انتقال دیتا کم شده و بنابراین پهنای باند افت میکند.

نکته : اگر سیگنالی با فرکانسی خارج از پهنای باند ارسال شود در آنصورت درست ارسال نشده و در گیرنده تخریب میگردد.



سیگنال دیجیتال (Digital Signal)

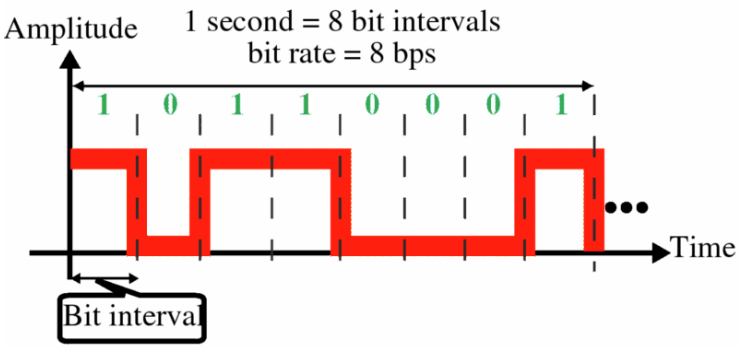
با مفهوم سیگنال دیجیتال قبلا آشنا شده ایم در اینجا میخواهیم نمونه ای از دو سیگنال دیجیتال را نشان دهیم که با هم ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند.در مورد اینگونه سیگنالها هم کلیه مفاهیمی که راجع به دامنه ، فرکانس و فاز در سیگنالهای آنالوگ را داشتیم ، داریم.



نرخ انتقال بیت (Bit Rate & Bit Interval)

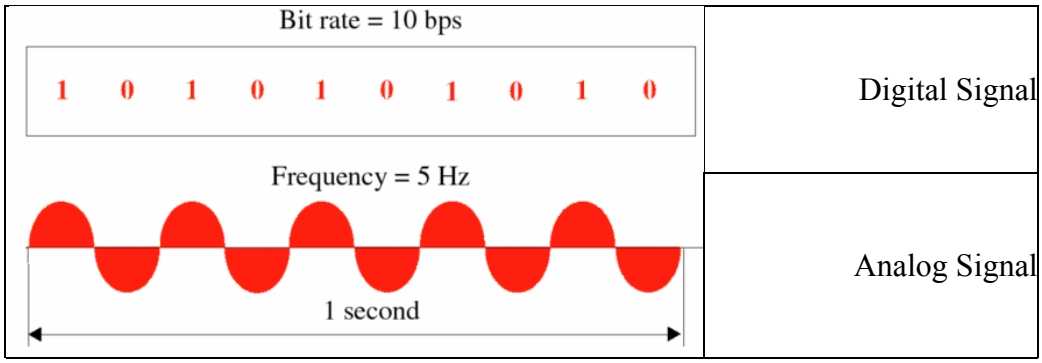
BitRate نرخ انتقال بیت در ثانیه است که با واحد (Bit Per Second) bps بیان میگردد.

Bit Interval همانطور که در شکل زیر مشاهده میکنید به مدت زمان ثابت ماندن سطح فرکانس دیجیتال برای تشخیص صفر یا یک بودن سیگنال گفته میشود.



sbargh.ir

نکته : هرچه پهنای باند بیشتر باشد Bit Rate بیشتر میگردد



در ادامه در مورد مفهوم پهنای باند و Bit Rate بیشتر توضیح خواهیم داد.

انواع نویز

نونیز عبارتست از اطلاعات و سیگنالهای اضافه ای که بر روی دیتا در مسیر بین فرستنده و گیرنده مینیند.
نویزی که بر روی سیگنالها میافتد به چهار دسته زیر تقسیم میشودند :

۱. Thermal Noise : یا نویز حرارتی ، بر اثر حرارتی است که الکترون ضمن حرکت خودش ایجاد میکند. از آنجا که میزان این نویز در همه جا یکسان است (زیرا به صورت فرکانسی نوزیع شده هستند.) به نویز White نیز شناخته میشود . مقدار نویز حرارتی از رابطه زیر محاسبه میشود :

$$N_0 = K.T.W$$

N_0 : توان نویز حرارتی بر حسب وات بر هرتز
K : ثابت بولتسن $1.3803 * 10^{-23\ j/K}$
T : درجه حرارت برحسب کلوین
W : پهنای باند بر حسب هرتز

۲. Inter Modulation : ضمن حرکت سیگنالها در محیط ، جمع و تفریق سیگنالها هم بطور ناخواسته رخ میدهد که باعث ایجاد این گونه نویز ها میشوند. به عنوان مثال میتوان به شنیده شدن صدای خش خش و یا صدای شخص دیگری در گوشی تلفن اشاره کرد که بر اثر این نوع نویز رخ داده است.

۳. Cross Talk : وقتی جریان از سیم عبور میکند میدان مغناطیسی بوجود میاورد بنابراین زمانی که دو سیم کنار یکدیگر قرار بگیرند موج قویتر بر روی موج ضعیفتر اثر میگذارد و اصطلاحا سوار موج ضعیفتر میشود که به این تاثیر امواج بر یکدیگر نویز Cross Talk گفته میشود.

۴. Impulse : یا ضربه ، به یک پالس ناخواسته گفته میشود که به یکباره در سیستم ایجاد میگردد و دارای دامنه بسیار بلندی است . این نویز دارای یک عامل خارجی است و از ویژگی های آن دامنه بسیار بزرگ و مدت زمان بسیار کوتاه ، است.

این نویز دارای پالسهای نامرتب است و در سیستم های آنالوگ به راحتی تشخیص داده شده و حزف میگردد ولی در سیستم های دیجیتال ایجاد مشکل میکند.

چند فرمول

ضرفیت کانال :

برای پیدا کردن ظرفیت کانال اگر محیط نویز نداشته باشد ماکزیمم سیگنالی که میتواند از این محیط عبور کند طبق رابطه زیر محاسبه میگردد (قانون نایکوئیست) :

$$C = 2 * w * Log_2(m)$$

m : تعداد سمبولها

w : پهنای باند

C : نرخ ماکزیمم انتقال داده

اما اگر محیط نویزپذیر باشد رابطه فوق به صورت زیر تغییر میکند :

$$C = w * Log_2(1+S/N)$$

S/N : نسبت توان سیگنال به توان نویز است . در اکثر مواقع مقدار این رابطه به صورت دسیبل بیان میشود و به صورت زیر قابل تبدیل است : $(S/N)db = 10Log_{10}(S/N)$

نکته : هرچه مقدار S/N بیشتر باشد جداکردن نویز و سیگنال در گیرنده راحت تر است.

مثال) فرض کنید بخواهیم با مودم سیگنالی را انتقال دهیم ، اگر نسبت سیگنال به نویز 30db باشد مقدار ماکزیمم Transfer چقدر است ؟ (W = 4KHz)

$$(S/N)_{db} = 10Log(S/N) => 30 = 10Log(S/N) => S/N = 1000$$
$$C = wLog_2(1+S/N) = (۳۴۰۰ \text{ تا } ۳۰۰)(1+1000) = 30\ Kbps$$

تضعیف :

بین Pin و Pout پدیده تضعیف وجود دارد . یعنی ولتاژی که در Pout میگیریم کمتر از Pin است. تضعیف از رابطه زیم محاسبه میگردد :

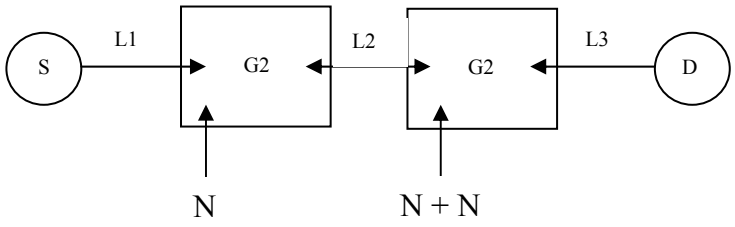
$$L_{(db)} = 10Log(Pin/Pout)$$

عکس تضعیف را بهره یا Gain مینامیم :

$$G = 1/L$$

اگر توان سیگنال را زیاد کنیم برای این کار قدرت فرستنده را افزایش میدهیم . روش دیگر آن است که تلفات خط را کاهش دهیم . افزایش توان فرستنده باعث افزایش حجم Transmitter میشود. همچنین این افزایش حجم باعث افزایش نویز مدولاسیون داخلی نیز میشود.

پس راحت تر آن است که روش دوم را انتخاب کنیم (کاهش تضعیف) . برای ازبین بردن تضعیف میتوانیم از تقویت کننده ها استفاده کنیم.



در حالت ایده آل : $\frac{[G1]}{[L1]} = \frac{[G2]}{[L2]} = \ldots = 1$ یعنی هرقدر تضعیف داشته باشیم کاملا جبران میشود .

$$(\frac{S}{N})_D = \frac{S_T}{M * L * N_o * W} = \frac{1}{M}(\frac{S}{N})_1$$

M : تعداد تکراز کننده ها

L : کل تضعیف

N_oW : توان نویز

این رابطه نشان میدهد که نسبت سیگنال به نویز در Destinatio نسبت عکس دارد یعنی برای تعداد تقویت کننده محدودیت داریم.

فصل دوم

محیطهای انتقال (Transmission Media)

یک مسیر فیزیکی بین فرستنده و گیرنده در حالت کلی محیط انتقال نامیده میشود..

برای پیاده سازی محیط انتقال دیتا باید فاکتورهای زیر در نظر گرفته شود :

- پهنای باند
- تجهیزات ارسال
- تداخل و تغییر در سیگنال (Interference)
- تعداد گیرنده ها ، در واقع هرچه تعداد گیرنده ها (Receiver) در محیط های هادی بیشتر باشد افت سیگنال بیشتر میشود.

محیط ها بطور کلی به دو دسته محیطهای هادی (Guided) و غیر هادی (Unguided) تقسیم میشوند. محیط هادی مانند کابل و سیم و محیط های غیر هادی مانند هوا. در محیطهای غیر هادی طیف های فرکانسی وجود دارد که هرکدام خواص خود را دارد.

در حالت کلی خصوصیت و کیفیت انتقال داده به دو عامل کیفیت سیگنال و کیفیت محیط ارتباطی بستگی دارد . در محیط های هادی کیفیت محیت اهمیت دارد.

محیط های هادی

در محیط های هادی سه نوع رسانه برای انتقال دیتا به کار میرود Twisted-Pair Cable و Coaxial Cable و Optical Fiber که هرکدام جداگانه در زیر برسی شده اند.

- *Twisted Pair Cable*

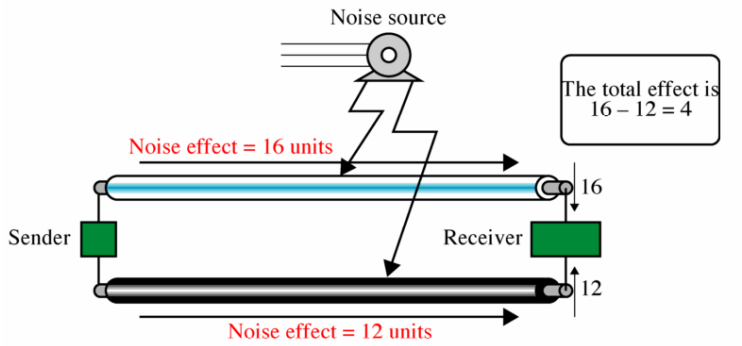
که با نام TP هم شناخته میشود و دارای عرض باند از ۱۰۰ هرتز تا ۵ مگاهرتز است. همانطور که از نام این سیم برمی آید ، دارای پیچش میباشد این پیچش باعث میشود تا اثر نویز بر روی سیگنال کم شده و نرخ انتقال داده افزایش یابد.

علت اینکه پیچش باعث کاهش اثر نویز میشود را میتوان به صورت زیر توضیح داد :

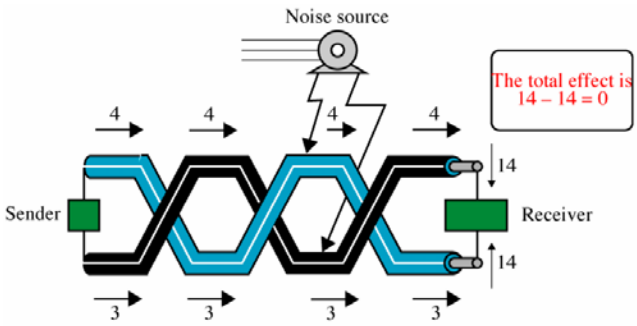
فرض کنید در یک قسمت از مسیری که سیم عبور کرده است محیط دارای نویز است اگر سیم دارای پیچش نباشد و سیگنال نویز در نقطه ای بر روی این سیم اثر کند مقدار تاثیر سیگنال نویز بر روی هر دوی سیمها

یکسان نیست بنابر این اگر فرض کنیم تاثیر نویز بر روی سیم اول ۱۶ واحد باشد حتما بر روی سیم دوم تاثیر کمتری میگذارد مثلا در این مثال ۱۲ واحد ، بنابر این در گیرنده چنانچه سیستم ارسال از نوع تفاضلی باشد (که معمولا هم همینطور است) حالا اختلاف سیگنال حمل شده بر روی این دو سیم به میزان ۴ واحد تغییر کرده است که بنابر این باعث مخدوش شدن اطلاعات اصلی میگردد.

این مثال را میتوانید در شکل زیر مشاهده کنید :



اما چنانچه سیم بصورت پیچیده شده باشد تاثیر نویز بر هر دوی سیم ها یکسان خواهد بود چراکه اگر در نقطه ای سیم A به منبع نویز نزدیکتر باشد مقداری جلوتر به علت پیچش سیم ، حال سیم B به منبع نویز نزدیکتر شده است .



کابلهای TP به دو دسته کلی تقسیم میگردند که عبارتند از :

۱. Unshielded Twisted-Pair که با نام اختصاری UTP هم شناخته میشوند. این نوع کابلها دارای شیلد نیستند و انواع مختلفی دارند .

I. CAT1,CAT2 که برای انتقال Voice به کار میرود

II. CAT3 دارای عرض باند تا ۱۶ مگاهرتز است و برای انتقال Voice و همچنین پیکربندی شبکه های(10Mbps) LAN هم به کار میرود. طول پیچش این خانواده ۷,۵ تا ۱۰ سانتی متر است.

III. CAT4 در شبکه های (16Mbps) Token Ring به کار میرود و دارای عرض باند ۲۰ مگاهرتز است.

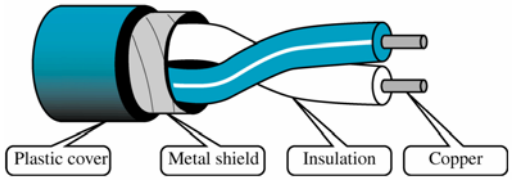
IV. CAT5 معمولا از این کابل برای پیکربندی یک شبکه LAN در اداره ها و مراکز دولتی استفاده میشود و دارای عرض باند ۱۰۰ مگاهرتز است . در شبکه های Fast Ethernet تا سرعت 100Mbps استفاده میشود و طول پیچش آن ۰,۶ تا ۰,۸۵ سانتی متر است.

V. CAT5e در واقع همان کابل CAT5 است که توسعه یافته است (Enhanced CAT5) و دارای عرض باند ۲۰۰ مگاهرتز است

VI. CAT6 و CAT7

از CAT6 به بالا استاندارد خاصی وجود ندارد و عموما برای شبکه های High Speed استفاده میشود.

۲. Shielded Twisted Pair که با نام اختصاری STP هم شناخته میشوند. این نوع کابلها دارای یک شیلد (پوسته) در دور خود میباشند ، این پوسته در کاهش اثر نویز بسیار موثر است بنابر این از این کابل بیشتر در محیطهای پر نویز استفاده میشود.



مزایا و معایب کابلهای TP

- اگر از کابل TP برای انتقال سیگنال آنالوگ استفاده شود هر ۵ تا ۶ کیلومتر احتیاج به یک تقویت کننده (Amplifier) دارد.
- در انتقال دیتای دیجیتال هر ۲ یا ۳ کیلومتر احتیاج به یک Repeater دارد
- تعداد تکرار کننده ها نیز محدود است..
- فاصله بین فرستنده و گیرنده محدود است .
- عرش باند محدودی دارد (۱ مگاهرتز)
- نرخ انتقال دیتا نیز محدود است (۱۰۰ مگا هرتز)
- میدان های مغناطیسی بر روی آن اثر میگذارند.
- ارزان و نصب ساده

کاربردهای کابلهای TP

- معمول ترین رسانه انتقال دیتا است.
- در شبکه تلفن شهری از این نوع کابل استفاده میشود.
- در مراکز سانترال داخلی (PBX) نیز از این سیم استفاده میشود.
- در شبکه های محلی 10Mbps – 100Mbps هم معمولا از این سیم استفاده میشود.
- در شبکه های Giga Ethernet هم میتوان از این رسانه استفاده کرد.

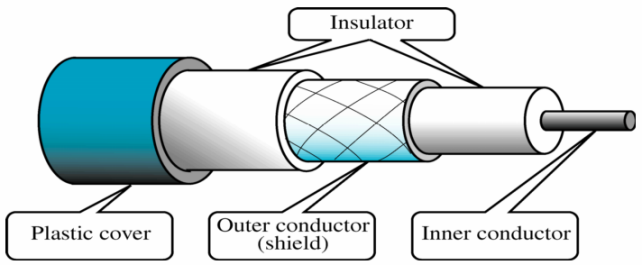
Near End Crosstalk

اگر به یاد داشته باشید قبلا در مورد نویز Cross Talk صحبت کردیم استانداردی که برای رفع این نویز به کار میرود به نحوه چیدمان ذوج سیم ها کنار هم مربوط میشود . در شبکه های 10Mbps این نویز چندان اهمیتی ندارد.

- *Coaxial Cable*

این کابل دارای عرض باند 100KHz – 500MHx میباشد. امکان هر دو نوع انتقال آنالوگ و دیجیتال را فراهم میکند .

در انتقال آنالوگ از کابل کواکس ۷۵ اهمی استفاده میشود و در هر چند کیلومتر نیاز به تقویت کننده دارد و در انتقال دیجیتال در هر یک کیلومتر نیاز به Repeater دارد.



کاربردهای کابل Coax

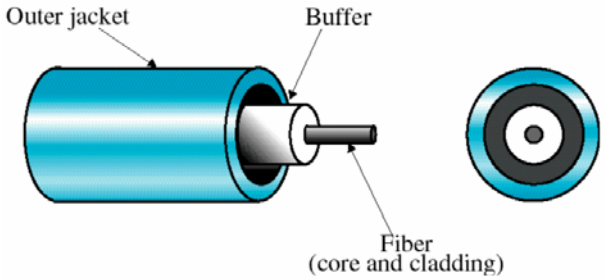
- در تلوزیون های کابلی از این کابل استفاده میشود.
- در ارتباط راه دور مراکز تلفن نیز به کار میرود و میتواند تا ۱۰۰۰۰ کانال Voice را همزمان انتقال دهد.
- در شبکه های LAN و توپولوژی های باس با سرعت 10Mbps نیز به کار میرود. علت این محدودیت سرعت ساختار این نوع شبکه LAN است.

- *Optical Fiber*

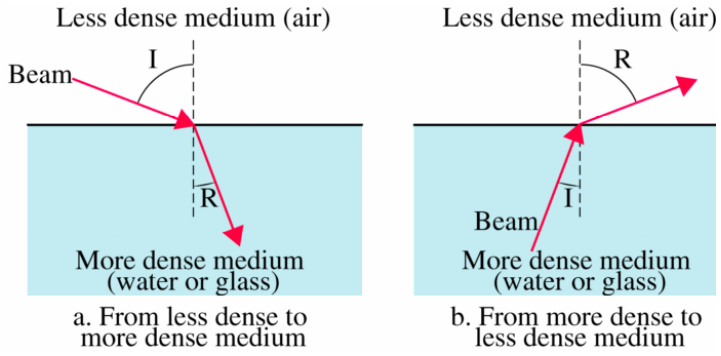
فیبر نوری نوع جدیدی از رسانه های هادی است که محیط بسیار عالی را برای انتقال دیتا فراهم میکند.

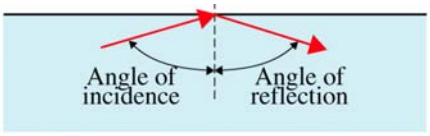
اساس عملکرد این نوع رسانه پدیده شکست نور میباشد. هنگامی که نور از یک محیط وارد محیط دیگر میشود دچار پدیده شکست میشود ، حال اگر زاویه شکست از حد خاصی بیشتر باشد نور از محیط خارج نمیشود و دوباره به محیط اولیه خود باز میگردد که به آن Reflection گفته میشود بنا براین اگر یک سیگنال نوری را بتوانیم در یک محیط باشرایط فوق ارسال کنیم انتقال دیتا صورت گرفته است.

ساختار یک فیبر نوری را در شکل زیر مشاهده میکنید :



از آنجا که در فیبر نوری از خواص فوق استفاده شده است جنس هسته (Core) و پوشش هسته (Cladding) با هم متفاوت هستند.





Reflection

مزایای فیبر نوری

- نرخ انتقال دیتا میتواند تا حد چند صد گیگابایت بر ثانیه برسد.
- حجم و اندازه فیبر نوری کوچک است.
- تضعیف اطلاعات در این رسانه بسیار کم است.
- نسبت به امواج الکترومغناطیس ایزوله است زیرا فتون ذره ای بدون بار است بنابر این نه میدانی بوجود می آورد و نه سیگنالهای دیگر روی آن اثر میگذارند.
- فاصله بین Repeater ها میتواند تا ده ها کیلومتر باشد.

کاربردهای فیبر نوری

- ارتباط بین مراکز تلفنی
- ترانک های شهری و بین شهری
- شبکه های LAN البته بیشتر زمانی که مشکل فاصله ای بین ساختمانها در یک شبکه LAN داریم از فیبر نوری استفاده میشود.

مشکلات فیبر نوری

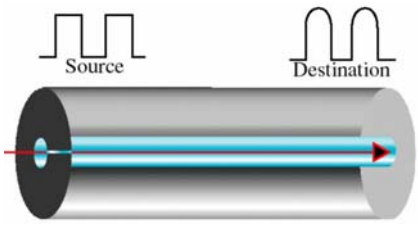
- نصب و راه اندازی آن کار ساده ای نیست .
- تعمیرات آن بسیار مشکل است.
- به دیوایس های سازگار با فیبر نوری نیاز داریم که قیمت آنها بسیار بالا است.
- خم کردن فیبر نوری باعث کاهش بازدهی آن میشود ، هر کدام از انواع فیبرهای نوری زاویه خاصی دارند که نباید از آن حد بیشتر خم شوند. (افت سرعت)

برای آنکه بتوانیم از فیبر نوری به عنوان رسانه انتقال دیتا استفاده کنیم باید برای ارسال اطلاعات از یک مبدل سیگنال دیجیتالی به سیگنالهای نوری مانند لیزر استفاده کنیم و در گیرنده هم به یک تشخیص دهنده (Detector) نیاز داریم.

فیبرهای نوری با توجه به قطر هسته و Cladding به موارد زیر تقسیم میشوند :

Single Mode

در شکل زیر تصویر یک فیبر نوری Single Mode نمایش داده شده است :



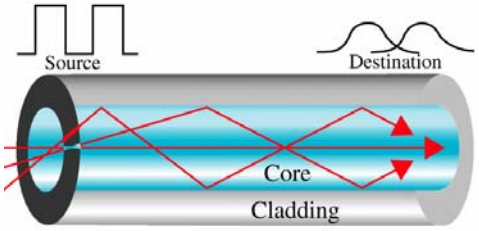
در این مدل قطر Core بسیار کمتر از قطر Cladding است بنابر این فقط یک پرتوی نوری میتواند از آن عبور کند این ویژگی در فیبر نوری بسیار مهم است چرا که در Multiple Mode (که جلوتر گفته شده است) به علت پراکنده شدن پرتونر سیگنالهای نوری دچار اعوجاج میشوند .

به علت ویژگی بیان شده این نوع فیبر بسیار گران قیمت تر از نوع Multiple Mode میباشد و تجهیزات استفاده از آن نیز پیچیده تر هستند

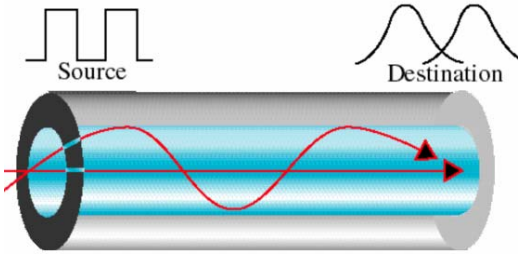
Multiple Mode

بر خلاف Single Mode در این نوع فیبر نوری قطر Core نزدیک به قطر Cladding است بنابر این هنگامی که یک پرتو نور به داخل آن تابیده میشود (خصوصا اگر پرتو تابیده شده پرتو لیزر نباشد) در طول مسیر پخش میشود و به علت تفاوت در زمان رسیدن هر یک از این پرتو های پراکنده شده ، در گیرنده بجای یک پرتو ، چندین پرتو با فاصله زمانی های نزدیک به هم دریافت میشود و درنتیجه اطلاعات تخریب میگردد.

این اتفاق بیشتر در مورد کابلهای نوری Single Index رخ میدهد و آن به دلیل یکنواخت بودن جنس هسته است



در Graded Index جنس هسته تغییراتی اعمال میکنند که هرچه به سمت Cladding نزدیک میشود ظریب شکست اش به ظریب شکست Cladding نزدیک شود بنابراین پرتو نور تابیده شده به داخل هسته کم کم شکسته میشود و بنابر این با تاخیر کمتری به گیرنده میرسد .



مقایسه سه نوع فیبر نوری ذکر شده

sbargh.ir

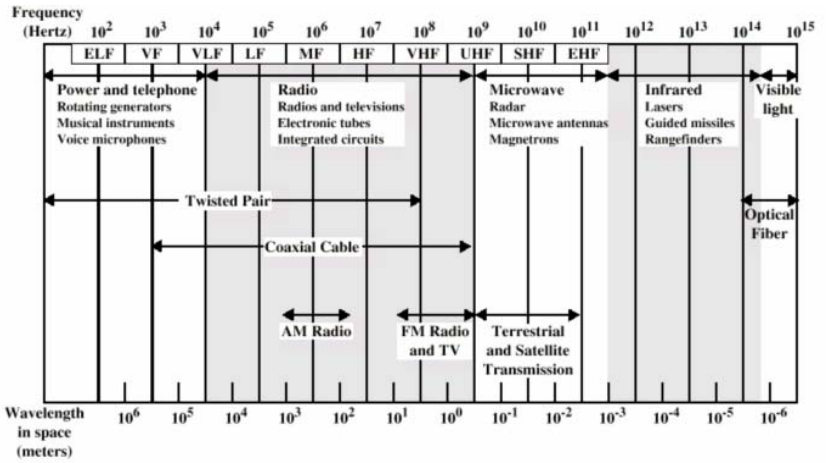
	Single Mode	Multiple Mode	Grade Mode
Light Source	Laser	LED / Laser	LED / Laser
Band Width	3-50 GHz	200 MHz	200M – 3G Hz
Application	Telecommunication	Computer Link	Telephone
Distance		3 Km	
Cost	More Expensive	Expensive	Expensive
Attenutaction	0.2 – 2 db/km	10 – 50 db/km	7 – 15 db/km
Core	5 – 81 um	200 – 300 um	50 – 100 um
Cladding	85 – 125 um	380 – 440 um	40 – 125 um

انتقال بیسیم

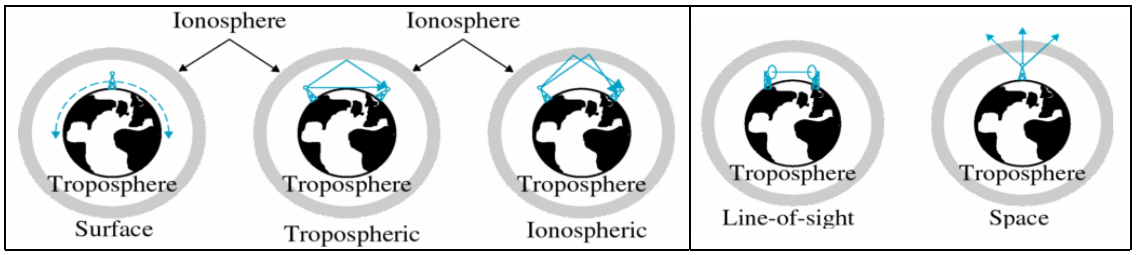
در این نوع انتقال دیتا محیط غیر هادی است و انتقال (شامل ارسال و دریافت) از طریق آنتن انجام میشود . آنتن میتواند به دو صورت باشد :

- Directional که در این صورت دو آنتن فرستنده و گیرنده باید دقیقا در جهت یکدیگر بوده و یکدیگر را ببینند . این تنظیم دقیق باعث افزایش دقت ارسال میگردد و کیفیت و عرض باند را افزایش میدهد.
- Omni-Directional در این حالت دیازی به تنظیم آنتن گیرنده نیست چراکه لینگونه آنتنها سیگنال را در تمام جهات ارسال میکنند بنابراین چندین گیرنده میتوانیم داشته باشیم.

طیف الکترو مغناطیس به صورت زیر تقسیم بندی میشود که از این بین در انتقال بیسیم محدوده ELF تا EHF مورد استفاده قرار میگیرد .



Propagation Types



توضیحات در صفحه بعد آمده است

sbargh.ir

- Surface : سیگنال بر روی کره پخش میشود . دکل ها باید همدیگر را ببینند (در زاویه دید هم باشند.) چون مستقیم تابیده میشود و زمین گرد است ، برد محدود میشود . ارتفاع آنتن در اینجا مشکل ساز است. برای بخشی از امواج رادیویی که در سطح تابانیده میشوند ، امواج با فرکانس کم استفاده میشود.
- Tropospheric : سیگنال به جو تابیده شده و به زمین باز میگردد و گیرنده سیگنال را دریافت میکند . در این روش برد بسیار بیشتر میشود.
- Ionospheric : مانند تروپوسفریک است با این تفاوت که دیگر دو آنتن فرستنده و گیرنده همدیگر را نمیبینند.
- Line of Sight : دقیقا دو آنتن روبهروی هم هستند و سیگنالها را بین هم منتقل میکنند.
- Space : سیگنال به هوا پرتاب میشود و گیرنده در فضا سیگنال را میگیرد . کاربرد این روش در ماهواره است.

دسته بندی باندهای رادیویی

a) VLF (Very Low Frequency)

پهنای باند 3K – 30K هرتز .

روش انتشار به صورت Surface بوده و حساس به نویز است و در ارتباطات ناوبری استفاده میشود و نسبت به گرما نیز حساس میباشد.

b) LF (Low Frequency)

پهنای باند 30K – 300K هرتز.

مانند VLF میباشد با این تفاوت که ازطریق موانع طبیعی قابل جذب میباشد . تضعیف این سیگنال در روز بیشتر از شب است .

c) MF (Middle Frequency)

پهنای باند 300K – 3M هرتز.

انتشار این سیگنال از نوع Tropospheric است و در محدوده 530K – 1700K هرتز امواج رادیویی AM را داریم. جذب این سیگنال در روز بسیار بیشتر از شب است . برای افزایش قدرت آن از روش انتشار Line of Sight استفاده میشود.

d) HF (High Frequency)

پهنای باند 3M – 30M هرتز.

انتشار این امواج از طریق Ionospheric است و برد نسبتا خوبی دارد. کاربرد آن بیشتر در رادیو آماتوری است .در ارتباط بین کشتی ها نیز به کار میرود.

رادیو آماتوری : در گذشته که اینترنت وجود نداشت یک گروه از افراد متخصص علم مخابرات برای خودشان سیستمی را به نام رادیو آماتوری پیاده سازی کرده بودند که از طریق آن بتوانند به تبادل اطلاعات بین یکدیگر بپردازند و البته امروزه هم فعال هستند. (CB Radio)

نکته : در این باند بحث International Broad Casting مطرح میشود.

e) VHF (Very High Frequency)

پهنای باند 30M – 300M هرتز.

چنانچه به Unispher جو برخورد کند از آن عبور میکند.

در این محدوده فرکانسی باندهای زیر تعریف میشوند :

- محدوده 216 – 174 , 88 – 54 مگا هرتز برای تلوزیون تا ۷ کانال
- محدوده 108 – 88 مگاهرتز برای موج FM
- Paging

به علت اینکه باند FM در این محدوده فرکانسی قرار گرفته در صورت برخورد با Unispher جو از آن عبور میکند و از طرفی برد آن را نمیتوان خیلی افزایش داد بنابراین باند FM کاملا محلی است (برخلاف AM) ضمنا FM نسبت به AM دارای رنج فرکانسی بیشتری است .

f) UHF (Ultra High Frequency)

پهنای باند 300M – 3G هرتز.

از این محدوده فرکانسی برای کاربردهای زیر استفاده میشود :

- تلفن موبایل
- محدوده 470M – 806M برای تلوزیون (۱۴ تا ۶۹ کانال)
- رادیو های سلولی (Cellular Radio)
- مایکروویو
- Paging

g) SHF (Super High Frequency)

پهنای باند 3G – 30G هرتز.

از این محدوده فرکانسی برای ارتباط بین ماهواره ها استفاده میشود همچنین رادارها در این رنج فرکانسی کار میکنند. به علت فرکانس بسیار بالا قطعا آنتن گیرنده باید تنظیم و Align دقیقی شده باشد. انتشار این امواج بیشتر به روش Space است

در ماهواره فرکانس ارسال و دریافت با هم متفاوت است و تجهیزاتی که برای ارسال دیتا نیاز است بسیار گران تر از تجهیزات لازم برای دریافت دیتا میباشد.

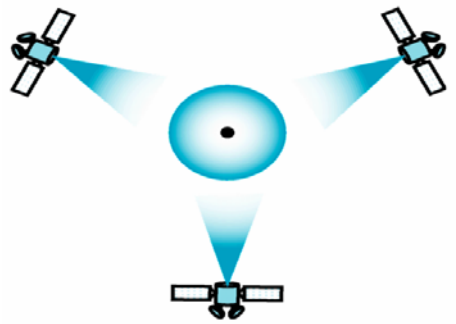
h) EHF (Extremely High Frequency)

پهنای باند 30G – 300G هرتز.

از این محدوده فرکانسی برای ارسال امواج مایکروویو استفاده میشود.

در ماهواره ها مداری به نام Geosynchronous وجود دارد که باعث میشود همواره محل ماهواره نسبت به زمی ثابت باقی بماند. در یک مدار Geosynchronous به کمک سه ماهواره میتوان کل کره زمین را پوشش داد اما در این

حالت ماهواره ها از سطح زمین دور هستند و برای انتقال دیتا مجبور به استفاده از امواج SHF هستند ولی اگر تعداد ماهواره ها را افزایش دهیم (جهت حفظ پوشش زمین) و آنها را به زمین نزدیک کنیم در آن صورت ماهواره ها میتوانند برای انتقال دیتا از محدوده فرکانسی UHF یا VHF استفاده کنند که بنابراین سیگنالهای آنها توسط یک آنتن گیرنده تلوزیون قابل دریافت میگردند.



Geosynchronous Orbit

از مزایای ماهواه میتوان به این نکته اشاره کرد که به فاصله ربطی ندارد ولی مشکل آن تاخیر در رسیدن دیتا به ماهواره میباشد. تقریبا زمان رسیدن دیتا به ماهواره و دریافت آن 2*270 میلی ثانیه طول میکشد

چون محیط اشتراکی است بحث امنیت در ماهواره ها بسیار جدی مطرح میشود.

برای جلوگیری از هرج و مرج فرکانسی باندهای رادیویی را تقسیم بندی کرده اند :

Up Stream	Down Stream	Frequency	Band
5.925 – 6.925	3.7 – 4.2	4 / 6	C
14 – 14.5	11.7 – 13.2	11 / 14	Kv
27 – 30.5	17.7 – 21.7	17 / 30	Ka

همگی فرکانسها Giga هستند.

در انتقال آنالوگ امکان ارسال کانالهای زیادی وجود ندارد ولی در دیجیتال این مشکل برطرف شده است.

sbargh.ir

چند فرمول

نسبت کاهش توان سیگنال بر فاصله معادل است :

$$= \frac{K}{d^2}, K = \frac{4}{3}$$

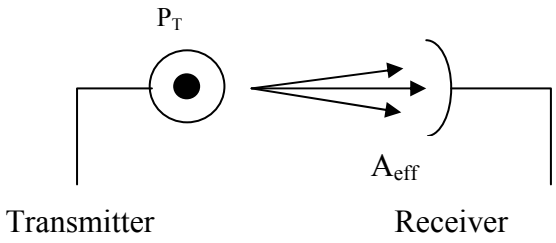
از ویژگی های امواج ماطکروویو این است که در تمامی جهات پخش میشود.

رابطه مقابل برای امواج مایکروویو صادق است :

$$P = \frac{P_T}{4\Pi d^2}$$

برای کاهش پراکندگی و افزایش توان از آنتن استفاده میکنیم .

از آنتن برای تمرکز استفاده میکنیم.



اگر G_T توان فرستنده باشد و A_{eff} سطح موثر آنتن باشد توانی که در Receiver دریافت میشود برابر است با :

$$\frac{P_T}{4\Pi d^2} * G_T * Aeff$$

$$\frac{Aeff}{G_R} = \frac{\lambda^2}{4\Pi} \Rightarrow L_{db} = 10Log((\frac{4\Pi d}{\lambda})^2)$$

Free Space Lost (FSL)

$$\frac{P_R}{P_T} = (G_T)_{db} + (G_R)_{db} - [32.5 + 20Log(d) + 20Log(F)]$$

که در این روابط λ طول موج و F فرکانس کار گیرنده و فرستنده برحسب MHz و d فاصله بین فرستنده و گیرنده برحب Km میباشد.P_R توان (قدرت) دریافتی و P_T توان (قدرت) ارسالی است.

نکته : بهره جهتی آنتن = بهره با آنتن تقسیم بر بهره بدون آنتن

sbargh.ir

مثال) در یک سیستم ماهواره ای ، اگر ماهواره در فاصله ۳۶۰۰۰ کیلومتری زمین بوده و فرکانس عمل آن ۴ گیگاهرتز باشد در صورتی که بهره آنتن فرستنده 15db و بهره گیرنده 45db باشد ، مطلوب است الف) FSL ب) قدرت دریافتی را محاسبه کنید اگر قدرت ارسالی ۲۰۰ وات باشد .

$$FSL = 32.5 + 20Log\,(3600) + 20Log\,(4000) = 196db$$

$$\frac{P_R}{P_T} = 15 + 45 - 196 = -136db \Rightarrow (\frac{S}{N})_{db} = 10Log(\frac{S}{N}) = 0.25 * 10^{-13}$$

$$\Rightarrow \quad -136 = 10Log(\frac{S}{N}) \Rightarrow \frac{S}{N} = 0.25 * 10^{-13}$$

$$\frac{P_R}{200} = 0.25 * 10^{-13} = 5\rho w$$

به علت کروی بودن زمین میبایست آنتن ها را روی ارتفاع بالاتری بگذاریم تا حالت کروی از بین برود و پوشش داده شود . این فاصله از روی رابطه زیر بدست میاید :

$$d_m = 7.14 * \sqrt{kh}$$

که در آن k برابر $\frac{4}{3}$ است و h ارتفاع آنتن به متر است . d_m هم فاصله دکلها از یکدیگر میباشد که برحسب Km است.

مثال) فرض کنید دو آنتن ارتفاع ۱۰۰ متر داشته باشند میتوان گفت که حداکثر ۸۲ کیلومتر میتوانند فاصله داشته باشند.

نکته : تضعیف در مایکروویو به صورت خطی است و نه به صورت لگاریتمی.

نکته : AM دارای برد زیاد ولی کیفیت پایین است ولی FM دارای برد کم وکیفیت بالا است.ضمن چون امواج AM به کمک لایه یونیسفر جو گسترش پیدا میکند ، امواج AM در شب گیرندگی بهتری دارند (لایه یونیسفر در روز امواج AM را جذب خود میکند.

sbargh.ir

فصل سوم

رمزگذاری اطلاعات (Encoding)

فرآیند ترکیب یک سیگنال ورودی با یک موج حامل به فرکانس f_c را مدولاسیون میگویند ، دلاعل استفاده از مدولاسطون عبارتند از :

I. برای سهولت انتشار اطلاعات
II. کاهش نویز و تداخل
III. تخصیص فرکانس
IV. جبران محدودیتهای مخابراتی

انواع کدگذاری عبارتند از :

- تبدیل دیجیتال به دیجیتال (مانند پورت LPT در کامپیوتر)
- تبدیل آنالوگ به دیجیتال (مانند مودم)
- تبدیل دیجیتال به آنالوگ (مانند مودم)
- تبدیل آنالوگ به آنالوگ (مانند تلفن)

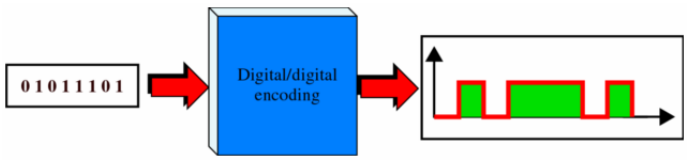
عواملی که بر انتقال صحیح اطلاعات تاثیر دارند عبارتند از :

I. نسبت سیگنال به نویز : هرچه بیشتر باشد باعث کاهش خطا در گیرنده میشود.
II. هرچه نرخ انتقال اطلاعات بیشتر باشد کارایی بیشتر میشود.
III. پهنای باند : افزایش پهنای باند باعث افزایش کارایی میشود.

رمزگذاری صحیح نیز برروی انتقال درست اطلاعات تاثیر میگذارد .

مدولاسیون دیجیتال به دیجیتال

در این نوع کد گذاری اطلاعات دیجیتال (باینری) به سیگنالهای دیجیتال تبدیل میشوند ، به علت ساده بودن و بطورکلی عدم پیچیدگی استفاده زیادی دارد و نمونه این روش را میتوان در مدارهای الکترونیکی ساده یا PC مشاهده کرد.



در این روش پارامترهای زیر اهمیت دارند :

- نرخ انتقال بر حسب بیت بر ثانیه است R = bps
- طول هر بیت یعنی مدت زمانی که یک بیت باید روی خط باشد تا گیرنده بتواند آنرا تشخیص دهد. این پارامتر عکس R میباشد. $t = \frac{1}{R}$
- نرخ مدولاسیون یا Signal Rate (نرخ سیگنال) از رابطه زیر محاسبه میگردد : (M تعداد سمبولها است)

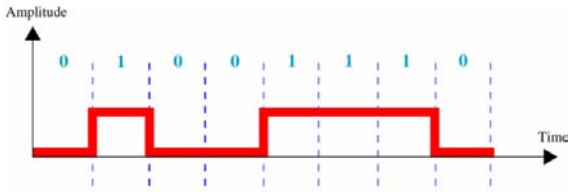
$$L_{bands} = \frac{R}{Log_2^M}$$

همانطور که مشاهده میشود میتوان با افزایش تعداد سمبولها ، نرخ انتقال اطلاعات را افزایش داد.

سه روش کدگذاری وجود دارد :

I. Uni-Polar

در این روش به ازائ هر ۰ سطح منطقی صفر و به ازائ هر ۱ سطح منطقی یک (به عنوان مثال ۵ ولت) در نظر گرفته میشود.



مشکل این روش آن است که امکان تشخیص اینکه در حال حاظر سیگنال مربوط به ۰ رسیده و یا اینکه خط ارتباطی قطع است وجود ندارد.

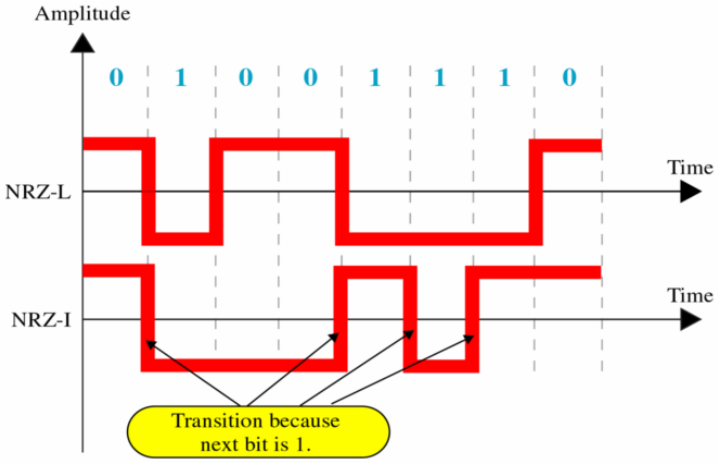
sbargh.ir

II. Polar

این روش خود به چندین روش دیگر تقسیم میگردد :

- NRZ
  - NRZ-L
  - NRZ-I
- RZ
- Biphase
  - Manchester
  - Differential Manchester

دو روش NRZ-I , NRZ-L در زیر نشان داده شده اند :



در روش NRZ-L به ازاء بیت ۰ سیگنال در سطح یک منطقی قرار میگیرد و به ازاء بیت یک سیگنال به سطح منطقی صفر تغییر وضعیت میدهد.

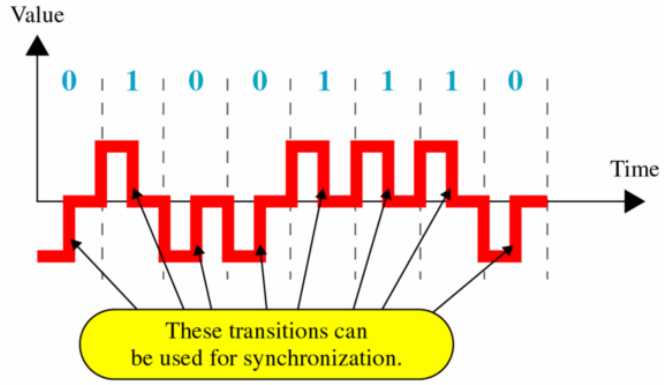
در روش NRZ-I به ازاء بیت صفر هیچگونه تغییری در سطح منطقی سیگنال رخ نمیدهد ولی به ازاء هر یک ، یکبار تغییر سطح سیگنال را داریم . همانطور که در مثال مشاهده میکنید صفر هیچ تغییری ایجاد نکرده است ولی ۱ های متوالی دائما باعث تغییر در وضعیت سیگنال شده اند.

مشکل دوروش فوق در Sync بودن فرستنده و گیرنده است ، اگر لحظه به هر دلیلی همزمانی بین فرستنده و گیرنده بهم بخورد هیچ روشی برای Sync شدن مجدد وجود ندارد و درنتیجه احتمال گم شدن دیتا وجود دارد.

در روش RZ به ازاء هر بیت که ارسال میشود سیگنال به گونه ای تغییر وضعیت میدهد که باعث Sync شدن بین فرستنده و گیرنده نیز میشود.همانطور که در شکل زیر مشاهده میشود به ازاء هر ۰ یک تغییر سطح سیگنال از 1- منطقی به سطح صفر منطقی و به ازاء هر ۱ یک تغییر سطح سیگنال از یک منطقی به سطح صفر داریم.

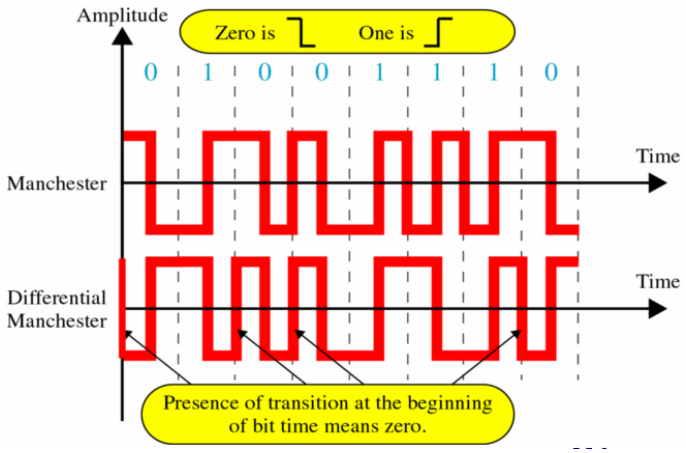
شکل در صفحه بعد آمده است.

sbargh.ir



همانطور که مشاهده میکنید از این تغییر سطح ها برای Sync کردن فرستنده و گیرنده هم میتوان استفاده کرد.

در روش Manchester مانند روش RZ عمل میکنیم با این تفاوت که دیگر سطح 1- منطقی نداریم و تغییر وضعیت سیگنال از صفر منطقی (که برابر با سطح 1- منطقی در روش RZ است) به یک منطقی یا بلعکس صورت میگیرد .البته این روش معکوس روش RZ است :



مزایا و معایب روش منچستر

- در روش Manchester به دلیل اینکه در هر دوبیت ۰ و ۱ تغییر سطح داریم ، بنابراین هیچ وقت مشکل عدم همزمانی را نداریم . درواقع در این روش همراه دیتا نوعی Clock هم ارسال میگردد به همین دلیل آنرا Self Clock نیز میگویند.
- مزیت دیگر این روش آن است که اگر خطایی رخ دهد ، معلوم میشود ، زیرا همواره تغییر سطح داریم و یک سیگنال در یک سطح ثابت نمیتواند معنی داشته باشد.
- عیب این روش این است که نرخ انتقال اطلاعات نصف میگردد . به عبارت دیگر اگر بخواهیم نرخ انتقال اطلاعات ثابت و مانند قبل باقی بماند باید پهنای باند را دو برابر کنیم. معمولا در شبکه های LAN تا نرخ 10 Mbps از این روش استفاده میگردد.

روش Differential Manchester ترکیبی از دو روش NRZ-I و Manchester است برای فهم بهتر فرض کنید که در ابتدا یک بیت یک میخواهد منتقل شود ، یک سیگنال صفر به یک ارسال میگردد ، بیت بعدی یک بیت ۱ است بنابراین یک سیگنال یک به صفر (معکوس قبلی) ارسال میگردد ، بیت بعدی ۰ است بدون تغییر ، دوباره سیگنال یک به صفر ارسال میگردد و این کار ادامه میابد تا به یک بیت ۱ برسیم دوباره سیگنال تغییر وضعیت میدهد و یک سیگنال صفر به یک ارسال میگردد و به همین ترتیب کلیه اطلاعات ارسال میگردند.

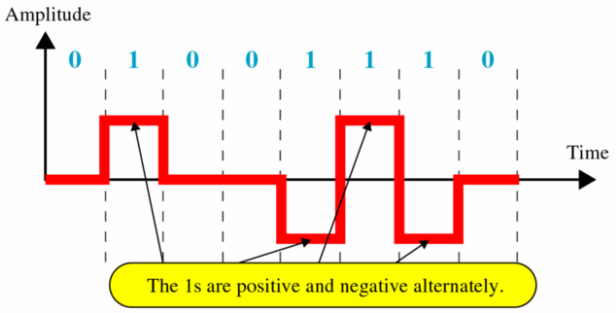
III. Bi-Polar

این روش کد گذاری به انواع زیر تقسیم میگردد :

- AMI
- B8ZS
- HDB3

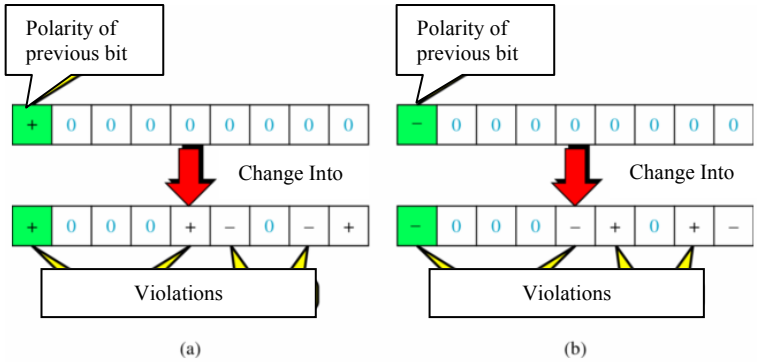
در این روش مثبت یا منفی بودن سیگنالهای رسیده دارای مفهوم خاص خودشان هستند و صرفا تغییر وضعیت بیانگر نوع دیتای حمل شده نیست.

در روش AMI به ازاء هر بیت ۰ هیچ نوع سطحی و برای ۱ به صورت یکی در میان سطح مثبت و منفی ارسال میکنیم ، این یک روش چند سطحی است. پهنای باند در این روش از NRZL بیشتر است ولی همچنان مشکلات مربوط به NRLZ و NRZI را دارد.

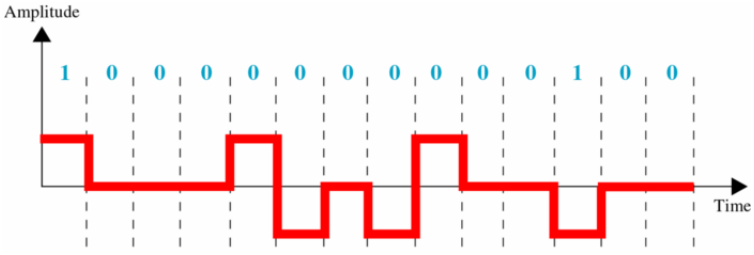


روش B8ZS برای اصلاح روش AMI مطرح شد. در این روش هرگاه روی دیتا ۸ تا صفر دیده شد اگر ولتاژ قبل از ۸ تا صفر مثبت باشد از الگوی I و در غیر اینصورت از الگوی II استفاده میکند.

I : 000 + - 0 - +
II : 000 - + 0 + -



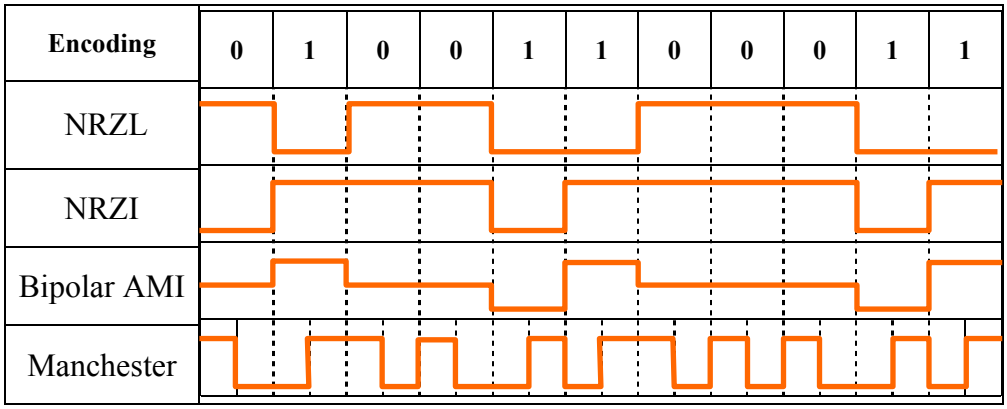
یک مثال از کدگذاری به روش B8ZS در زیر آورده شده است :



روش HDB3 نیز تقریبا مشابه روش B8ZS است با این تفاوت که با دیدن ۴ بیت یکسان الگوی جدیدی را جایگزین میکند.

هر دو روش B8ZS و HDB3 برای اصلاح روش Bipolar AMI است.

در زیر یک مقایسه از روشهای مطرح شده آورده شده است :



مدولاسیون آنالوگ به آنالوگ

دلیل اینکه بحث این گونه مدولاسیونها مطرح میشود را میتوان به صورت زیر خلاصه کرد :

- فرکانس بالاتر میتواند کارآیی بهتری از خود نشان دهد بنابراین انتقال آن با کیفیت بهتری همراه خواهد بود.
- امکان تقسیم بندی (Multiplexing) انواع فرکانسها بوجود می آید . به عنوان مثال با این تکنیک میتوانیم صدای چند نفر را همزمان بر روی رسانه خود منتقل کنیم.

در ارسال اطلاعات آنالوگ به این نکته دقت کنید که در فرکانسهای پایین احتیاج به آنتن با قطر بزرگتری داریم . رابطه بین قطر آنتن و طول موج به صورت زیر است :

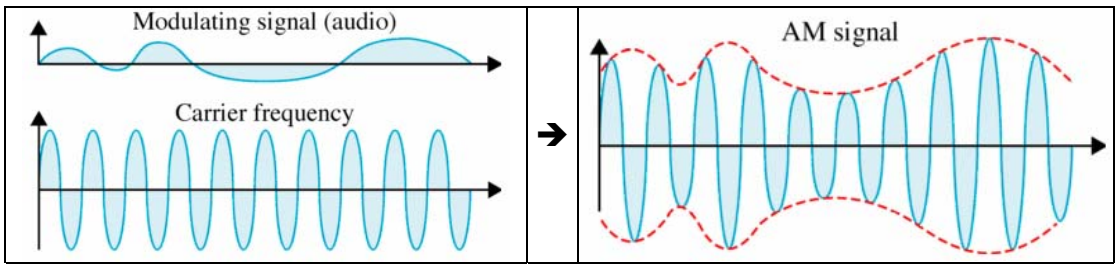
طول موج * ۰,۱ = قطر آنتن

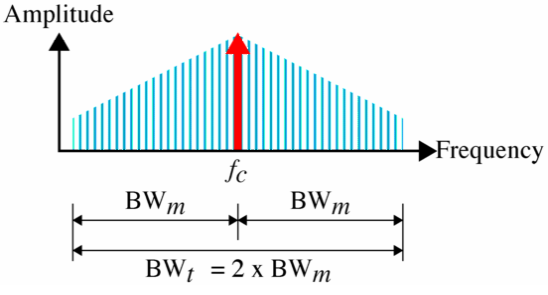
انواع مدولاسیون های آنالوگ به آنالگ عبارتند از :

- مدولاسیون دامنه Amplitude (AM)
- مدولاسیون فرکانس Frequency (FM)
- مدولاسیون فازی Phase (PM)

مدولاسیون دامنه (AM)

در این روش یک سیگنال Carrier (حامل) با فرکانس ثابت در نظر گرفته میشود سپس دامنه موج اصلی (که باید فرستاده شود) بر دامنه موج حامل اثر میگذارد و عملا دامنه موج حامل همان دامنه موج اصلی میشود و سپس ارسال میگردد . در گیرنده عکس عمل فوق صورت میگیرد تا سیگنال فرستاده شده از Carrier جدا شود.





پهنای باند مدولاسیون دامنه :

BWm : پهنای باند سیگنال مدوله شده

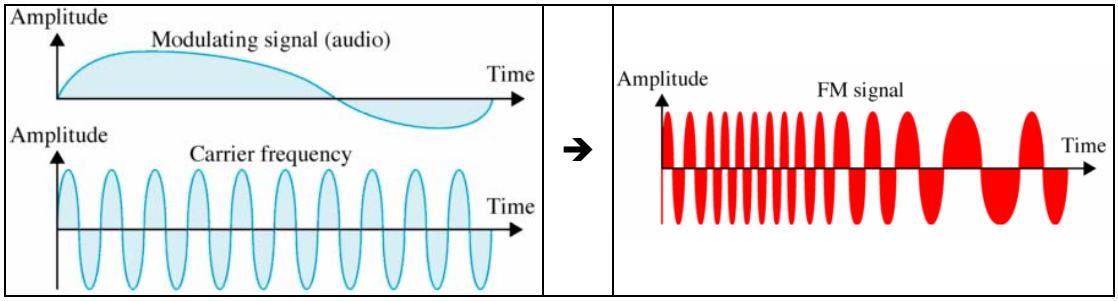
BWt : کل پهنای باند مورد نیاز

Fc : فرکانس حامل (Carrier)

همانطور که از روابط بالا بر می آید ، در مدولاسیون AM برای انتقال دیتا به دو برابر عرض باند سیگنال اصلی ، پهنای باند نیاز داریم.به عنوان مثال در رادیو موج AM برای صدای انسان ۱۰ تا ۱۵ کیلوهرتز عرض باند نیاز است تا صدای ۴ کیلو هرتزی انسان را منتقل کند.

مدولاسیون فرکانس (FM)

در این روش هم مانند روش قبل یک سیگنال حامل با دامنه ثابت در نظر میگیرند سپس فرکانس سیگنالی را که باید مدوله و ارسال شود را بر روی فرکانس حامل تاثیر میدهند بنابراین فرکانس حامل بر اساس فرکانس موج اولیه تغییر میکند . در گیرنده هم عملیات عکس این عملیات صورت میگیرد و بنابراین موج اولیه از موج حامل جدا میشود.



در این نوع مدولاسیون به حدود ده برابر پهنای باند سیگنال اصلی ، پهنای باند نیاز است و چنانچه اطلاعات به صورت استریو ارسال شوند نیاز به پانزده برابر پهنای باند اصلی خواهیم داشت.بنابر این رابطه زیر را خواهیم داشت :

$BWt = 10 * BWm$

نکته : عملا در باند FM به حدود 200KHz پهنای باند برای انتقال اطلاعات نیاز است . در واقع از 50KHz اضافی برای فاصله انداختن (گپ) بین دو موج استفاده میشود.

مدولاسیون فاز (PM)

این مدولاسیون در حوصله این درس نیست بنابراین از بیان آن صرف نظر میکنیم.

مدولاسیون دیجیتال به آنالوگ

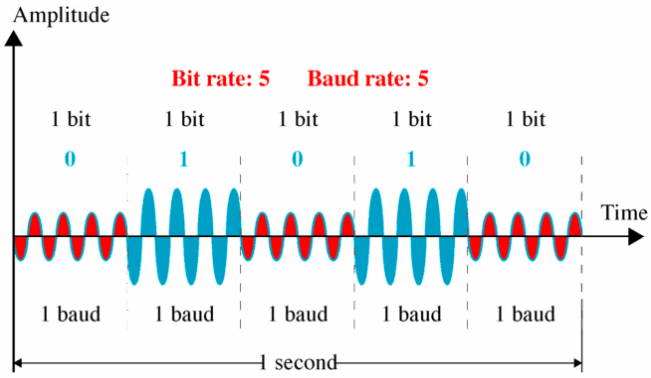
از این مدولاسیون در شبکه های مودم استفاده زیادی میشود .
پهنای باند این مدولاسیون از 300 Hz تا 3400 Hz میباشد.

این مدولاسیون از سه روش برای کد کردن اطلاعات استفاده میکند :

- Frequency Shift Keying (FSK)
- Amplitude Shift Keying (ASK)
- Phase Shift Keying (PSK)
- (QAM) که ترکیب دو روش PSK و FSK است.

مدولاسیون ASK

در روش ASK یک موج با فرکانس ثابت داریم سپس برای بیت ۰ دامنه موج را به مقدار x رسانده و برای بیت یک دامنه موج را به y افزایش داده و فاز زاویه موج را هم ۱۸۰ درجه تغییر میدهیم.. به این ترتیب اطلاعات را منتقل میکنیم.در واقع در این روش از ویژگی دامنه استفاده میگردد.



n = 1
m = 2
Bit Rate=Number of bits per Sec.
Baud Rate = Bit Rate / $Log_2(m)$

Baud Rate = 5 / $Log_2(2)$ = 5

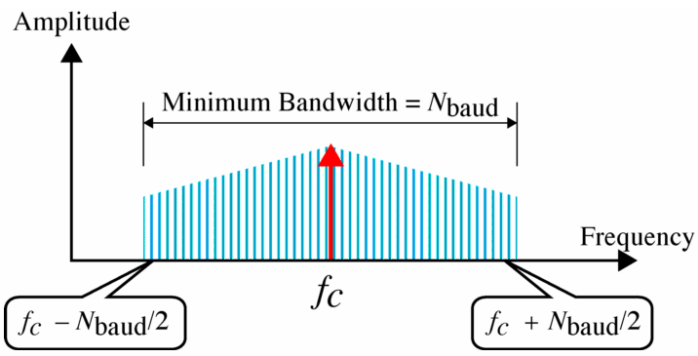
Bit Rate : به تعداد بیت ارسال شده در واحد زمان گفته میشود ، در این صورت طبق این مثال اگر در یک ثانیه ۵ بیت منتقل کنیم Bit Rate ما برابر ۵ خواهد بود.

Baud Rate : به تعداد سیگنال به ازاء چه تعداد بیت گفته میشود به عنوان مثال اگر به ازاء ارسال هر n بیت m نوع سیگنال داشته باشیم Baud Rate برابر خواهد شد با Bit Rate / Log(m) که لگاریتم در مبنای ۲ میباشد. پس در مثال فوق Baud Rate برابر ۵ خواهد بود . (m = 1 , n = 1)

همانطور که در شکل زیر مشاهده میکنید :

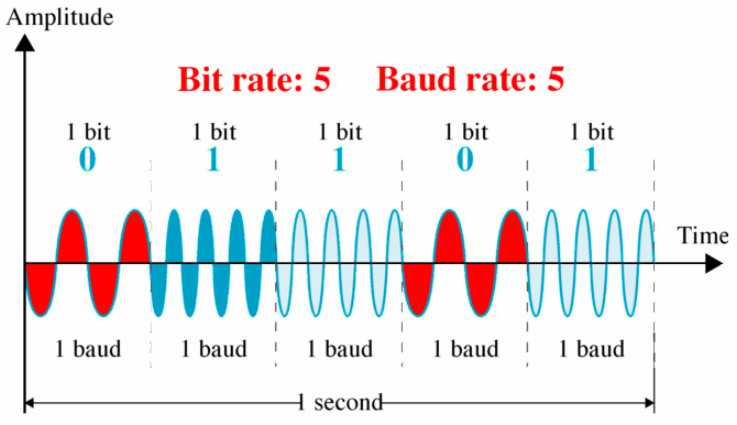
پهنای باند برابر Baud Rate است.

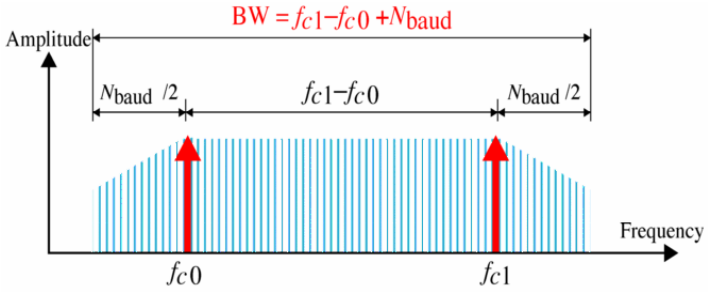
نکته : موجها نسبت به زمان به اندازه ۱۸۰ درجه اختلاف دارند.



مدولاسیون FSK

در این روش یک موج با دامنه ثابت در نظر میگیریم سپس برای انتقال بیت ۰ فرکانس موج را کاهش میدهیم و برای انتقال بیت ۱ فرکانس موج را افزایش میدهیم . معمولا اگر فرکانس مورد نیاز برای ارسال بیت ۰ برابر f باشد فرکانس مورد نیاز برای ارسال بیت ۱ برابر 2f است.

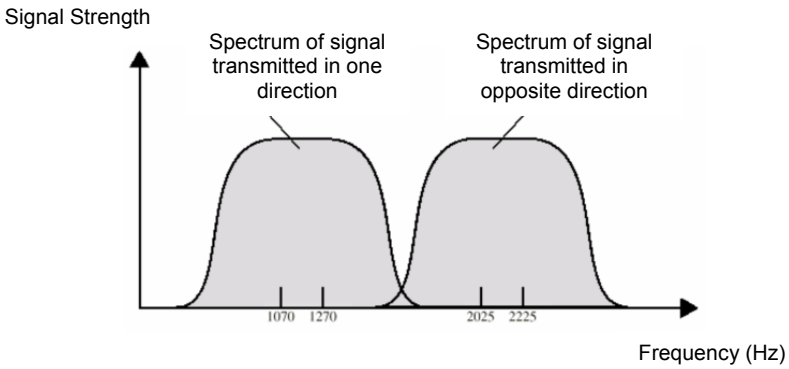




همانطور که در شکل روبرو مشاهده میکنید پهنای باند در این مدولاسیون از رابطه زیر بدست می آید :

$$BW = Fc1 - Fc2 + Nbaud$$

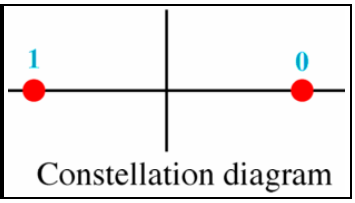
در مدولاسیون FSK برای برقراری ارتباط Full Duplex به این صورت عمل میشود که یک محدوده فرکانسی را برای سیگنالهای 'رفت' و محدوده دیگری در نزدیکی ان را برای سیگنالهای 'برگشت' در نظر میگیرند. شکل زیر این موضوع را نمایش میدهد :



مدولاسیون PSK

در مدولاسیون PSK برای بیت صفر سیگنال را با اختلاف فاز (مثلا) ۰ درجه و برای بیت ۱ سیگنال را با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه ارسال میکنند. در واقع این روش از ویژگی اختلاف فاز استفاده میکند.

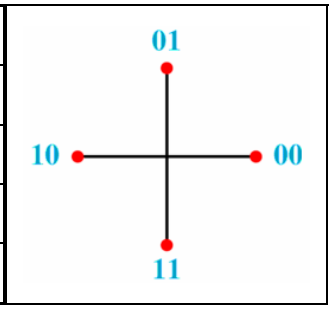
Bit	Phase
۰	۰
۱	۱۸۰



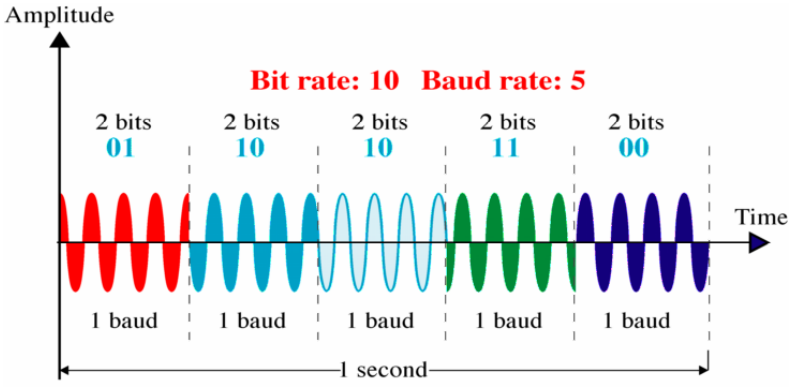
طبق تعریف Bit Rate و Baud Rate بازهم چون دو نوع سیگنال برای انتقال یک بیت داریم مقادیر Bit Rate و Baud Rate با هم برابر هستند .

در روش 4-PSK اختلاف فازهای ۰ ، ۹۰ ، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه را داریم بنابراین اطلاعات را میتوانمی دو بیت دو بیت ارسال کنیم پس بدون تغییر پهنای باند حجم ارسال اطلاعات را افزایش داده ایم .

DiBit (2bits)	Phase
۰۰	۰
۰۱	۹۰
۱۰	۱۸۰
۱۱	۲۷۰

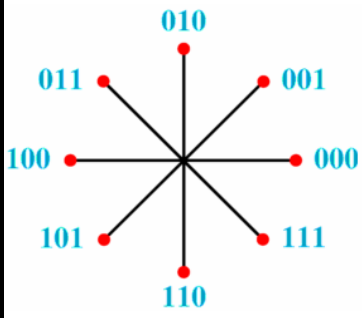


بنابراین در روش 4-PSK ، Bit Rate دو برابر Baud Rate میباشد :



در روش 8-PSK هم مانند 4-PSK تعداد اختلاف فازها افزایش داده شده است . البته افـزایش اخـتلاف فازهـا از ایـن تعداد بیشتر باعث میشود که در صورتی که بر روی سیگنال کوچکترین نویزی اثر کند ، اختلاف فاز سیگنال دچار تغییر شده و به یک دیتای دیگر تبدیل شود که تشخیص آن بسیار مشکل است .

DiBit (2bits)	Phase
۰۰	۰
۰۱	۴۵
۱۰	90
۱۱	135
100	180
101	225
110	270
111	360



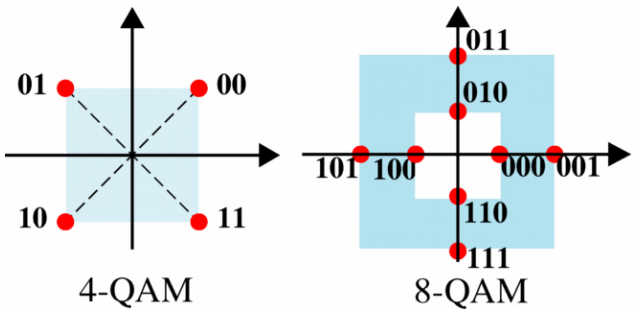
اگر فرض کنیم عرض باند مورد نیاز برای سیگنال ما در این مدولاسیون N است فرکانس حامل در وسط فرکانس پهنای باند قرار دارو و برابر خواهد بود با N/2 که دقیقا مانند مدولاسیون ASK است.

مدولاسیون QAM

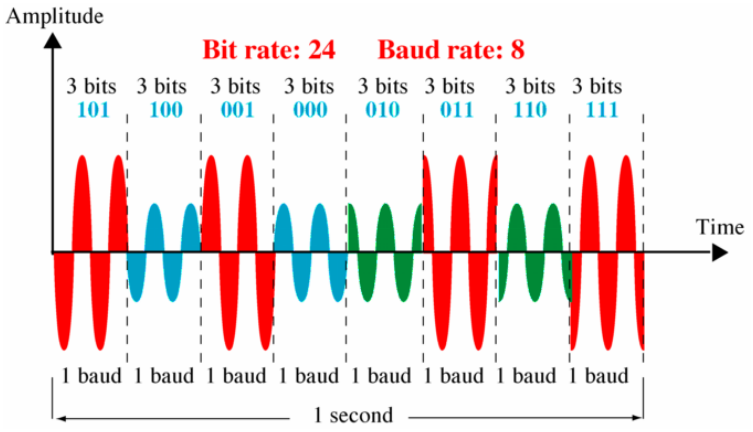
روشهای QAM ترکیب دو روش دامنه و فاز است . به این ترتیب که علاوه بر اینکه از اختلاف فـاز اسـتفاده میکنـیم از تغییرات دامنه نیز استفاده خواهیم کرد.دو روش در این مدولاسیون مطرح میشوند که عبارتند از :

I. 4 – QAM
II. 8 – QAM
III. 16 - QAM

روش 4-QAM درواقع ترکیب یک دامنه و چهار فاز متفاوت است بنـابر ایـن تقریبـا فرقـی بـا روش 4-PSK نـدارد. روش 8-QAM چهار فاز مختلف در نظر گرفته میشود و دو دامنه متفاوت که بـه ایـن ترتیـب ۸ نـوع متفـاوت سـیگنال خواهیم داشت . در شکل زیر دو روش مذکور نمایش داده شده اند :



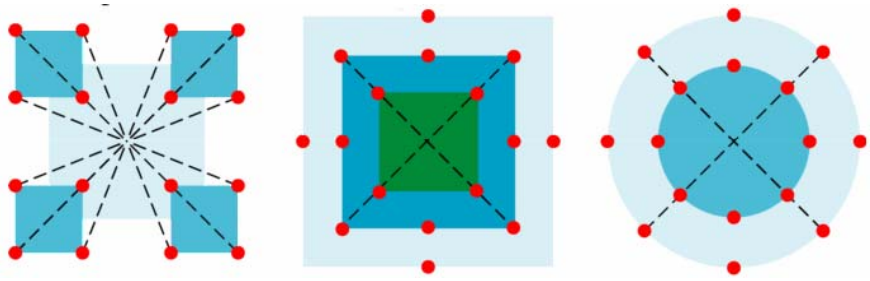
برای بهتر مشخص شدن نحوه ارسال اطلاعات با استفاده از این مدولاسیون به مثال زیر توجه کنید :



همانطوری که در این مثال توجه میکنید در روش 8-QAM هشت سیگنال متفاوت برای ارسال ۳ بیت وجود دارد (یعنی به ازاء هر سیگنال مشخص ۳ بیت داده منتقل میگردد) باد از رابطه زیر محاسبه میگردد :

$$\text{Baud Rate} = \text{Bit Rate} / \text{Log}_2(8) = 24 / 3 \rightarrow \text{Baud Rate} = 8$$

روش سوم که با نام 16-QAM مشخص میگردد به سه صورت پیاده سازی میگردد و از ارائه توضیح اضافه در رابطه با آن خود داری میکنیم.



Amplitudes ۳ Phases ۱۲	Amplitudes ۴ Phases ۸	Amplitudes ۲ Phases ۸

مدولاسیون آنالوگ به دیجیتال

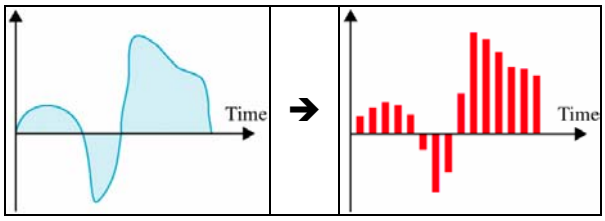
یک سیگنال آنالوگ برای آنکه به یک سیگنال دیجیتال تبدیل شود باید از حالت پیوسته به حالت گسسته تبدیل شود برای این کار باید با یک سرعت ثابت از سیگنال آنالوگ نمونه برداری کنیم یعنی سطح دامنه سیگنال را در هر لحظه ثبت کنیم .

نکته : سرعت نمونه برداری از اهمیت بالایی برخوردار است ، اگر سرعت به اندازه کافی زیاد نباشد بحشهایی از موج نمونه برداری نخواهند شد و درنتیجه هنگامی که سیگنال از دیجیتال به آنالوگ تبدیل میشود ، همان سیگنال آنالوگ اولیه نخواهد بود و دچار تغییر شده است .

قانون نایکوئیست :

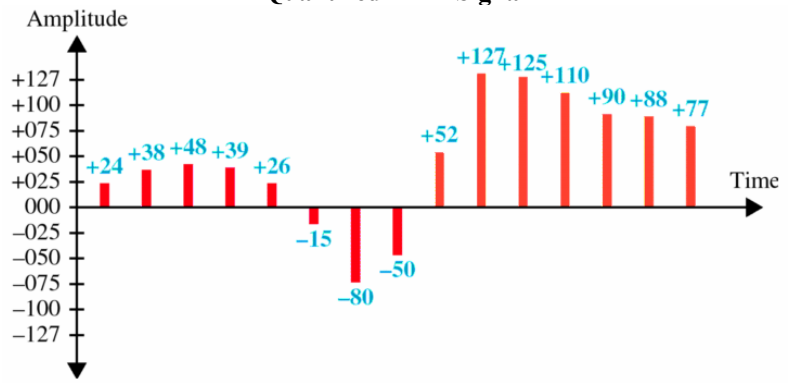
طبق قانون نایکوئیست حداقل فرکانس نمونه برداری باید دو برابر حداکثر فرکانس موج باشد و فاصله زمانی نمونه برداری ها نیز باید یکسان باشد.

PAM



حال باید مقادیر بدست آمده را بصورت بیتی بنویسیم ، اگر نمونه برداری ما به صورت ۸ بیتی باشد بنابراین ۲۵۶ سطح در سیگنال دیجیتال خواهیم داشت که مقادیر نمونه برداری شده باید بر روی این سطوح گرد شوند به این عملیات Quantization گفته میشود. زیراکه در دیجیتال بین دو مقدار پشت سر هم دیگر هیچ مقداری وجود ندارد حال اینکه در آنالوگ بین هر دومقدار قطعا مقدار دیگری نیز وجود خواهد داشت .

Quantized PAM Signal



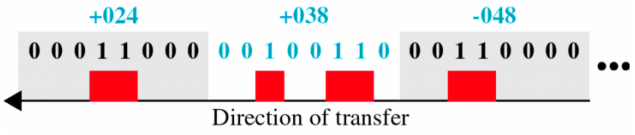
به علت این بدلیل اینکه در انتقال دیجیتال امکان تشخیص خطا بسیار بیشتر است لذا سیگنال آنالوگ را بوسیله سیگنال دیجیتال ارسال میکنند ، در این مدل از دونوع کدگذاری به نامهای PCM و DM استفاده میکنند.

مدولاسیون PCM

این روش شامل سه مرحله Sampling ، Quantization و Coding است که باید قدم به قدم انجام شود.

- Sampling : در این مرحله سیگنال ورودی توسط یک سری پالس نمونه برداری میشود.
- Quantization : تقریب نمونه یک مقدار دیجیتالی
- Coding : سیگنالهای تقریب زده شده ، به صفر و یک تبدیل میشوند.

در این روش بعد از اینکه اطلاعات نمونه برداری و کوانتیزه شد ، اطلاعات دیجیتال به صورت کدهای باینری پشت سرهم چیده شده و ارسال میگردد :

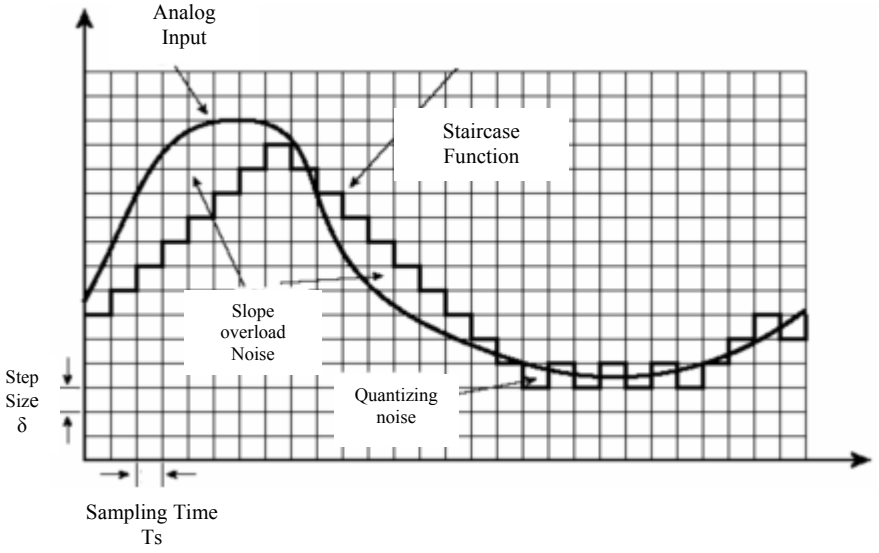


مزایای روش PCM

- پایین بودن هزینه
- نسبت سیگنال به نویز در این روش از روش DM بهتر است.
- عمل Switching و انتقال دیجیتال کاملا مشابه است .
- احتیاج به Coding ندارد .
- از لحاظ امنیتی در کارهای نظامی این روش مناسب است زیرا قابلیت کد گذاری دارد .
- تبدیل اطلاعات به دیجیتال اجازه استفاده از Switching را به ما میدهد.

مدولاسیون DM

در مدولاسیون DM یا Delta Modulation روش کار به این صورت است که از لحظه ای که تبدیل شروع میشود سطح سیگنال را دنبال میکنیم چنانچه سطح سیگنال به اندازه δ افزایش یابد ما هم پله پله به سمت بالا حرکت میکنیم و در صورتی که کاهش پیدا کند ، پله پله به سمت پایین حرکت میکنیم ، چنانچه سطح سیگنال تغییری نکند یک درمیان صفر و یک تولید میکنیم :



در نتیجه خروجی این مدولاسیون به صورت زیر خواهد شد :

مشکلات روش DM

- Slope Overload : در تغییرات سریع مقدار این پارامتر زیاد شده و افزایش میابد.
- Quantization Noise : اگر مقدار Ts زیاد شود ، زمانی که منبع آنالوگ ثابت است ، صفر و یک شدن موج دیجیتالی محسوس نیست.

بنا بر مشکلات فوق مقادیر Ts و δ باید مناسب باشند.

چند فرمول

در روش ASK پهنای باند با استفاده از فرمول زیر محاسبه میگردد :

$$B_T = (1+r)R$$

که در این رابطه $0<r<1$ میباشد و R باد ریت میباشد که $R_{max} = 1200$ bps

در روش FSK پهنای باند با استفاده از فرمول زیر محاسبه میگردد :

$$B_T = 2\Delta F + (1+r)R$$
$$\Delta F = f_2 - f_c = f_c - f_1$$

نکته : روش FSK نسبت به روش ASK نویزپذیری کمتری دارد زیرا نویز روی دامنه اثر دارد . FSK اغلب برای انتقال رادیویی بین 3-30 MHz استفاده میشود ، در بعضی از شبکه های LAN با کابل Coax نیز از این روش استفاده میشود .

در روش PSK پهنای باند با استفاده از فرمول زیر بدست میاید :

$$B_T = \left(\frac{1+r}{Log_2^L}\right)R$$

عبارت $\frac{1+r}{Log_2^L}$ تعداد بیتها را مشخص میکند.و L تعداد سطوح را مشخص میکند.

مثال) در یک شبکه که از مدولاسیون FSK برای انتقال دیتا استفاده میکنند $\Delta F = 1.5$ MHz و $Fc = 5$ MHz و Bit rate (R) = 0.1 Mbps ، پهنای باند را بدست بیاورید ؟

$B_T = 2\Delta F = 3$ MHz

مثال) حداقل پهنای باند یک مدولاسیون ASK با سرعت ۲۰۰۰ باد چقدر است ؟

چون در ASK حالت استاندارد Bit rate = Baud rate بنابراین :

$B_T = (1 + 0) * 2000 = 2000$ Hz

قانون نایکوئیست :

طبق قانون نایکوئیست حداقل فرکانس نمونه برداری باید دو برابر حداکثر فرکانس موج باشد

مثال) برای پهنای باند بین ۱۰۰۰ هرتز تا ۱۱ کیلوهرتز نرخ نمونه برداری چقدر است ؟ اگر کوانتیزه کردن ۸ بیتی باشد Bit Rate چقدر است ؟

*11 KHz * 2 = 22 KHz*
*22 KHz * 8 = 176 Kbps*

فصل چهارم

استانداردهای واسط(Data Communication Interface)

همانطور که به یاد دارید در ارتباط پارالل با هر کلاک ، د بیت دیتا منتقل میشوند ولی در ارتباطهای سریال تنها یک خط ارسال وجود دارد بنابراین در هر کلاک ، تنها یک بیت منتقل میشود.
در ارتباطات سریال میتوان دو راه برای انتقال دیتا ارائه داد :

I. Synchronous یا همزمان
II. A-Synchronous یا غیر همزمان

در روش سنکرون اگر یکی از طرفین ، ذره ای از لحاظ زمانی با دیگری اختلاف پیدا کند دیتا اشتباه ارسال میگردد بنابراین برای رفع این مشکل از روشهای آسنکرون یا غیر همزمان استفاده میگردد.در روش آسنکرون زمانی که خط بیکار (Idle) است ، یک منطقی (ولتاژ منفی) روی خط قرار میگیرد و به عنوان Stop Bit هم شناخته میشود .(به یاد دارید که Start Bit مشخص کننده شروع ارسال دیتا میباشد و با صفر منتقی – ولتاژ مثبت - تشخیص داده میشود..)
اما مشکلی که در روش آسنکرون وجود دارد سرباره ای است که به سیستم انتقال داده اعمال میشود تا اطلاعات به درستی ارسال و دریافت شود این سرباره به علت وجود Start Bit ، Stop Bit و Parity میباشد که حدود ۳ درصد از عرض باند را به خود اختصاص میدهد و در انتقال دیتا در حجم بالا این مقدار قابل چشم پوشی نیست.

نکته : مشکل Timing را میتوان به روش Manchester حل کرد و دیتا را به صورت سنکرون ارسال کرد ولی روش منچستر پهنای باند را نصف میکند.
نکته : برای انتقال دیتا با حجمهای بالا ازروشهای سنکرون استفاده میشود و یک راه حل آن است که Clock با یک خط جداگانه ارسال شود که علاوه بر اینکه هزینه بالایی دارد در مسیرهای طولانی مشکلات مربوط به آسنکرون را هم دارد.روش دیگر اضافه کردن Clock به دیتا و کد کردن آن است مانند روش کدگذاری منچستر که بازهم مشکلات خود را دارد.

یک فریم اطلاعاتی در روش سنکرون به صورت زیر است :

Flag 8 bits	Control Field	Data Field	CRC	Flag 8 bits

DTEs and DCEs

DTE	DCE	محیط انتقال	DCE	DTE

DTE : Data Terminal Equipment

DCE : Data Circuit Equipment

وظیفهٔ DTE تولید اطلاعات است (همانند PC یا ترمینال) و وظیفهٔ DCE گرفتن اطلاعات از DTE و دادن آن به محیط انتقال است (مانند Modem) . ادامه بحث ما ، ارتباط بین DCE,DTE است. برای این کار باید استاندارد تعریف میکنیم ، قبل از تعریف استاندارد باید ۴ پارامتر مهم زیر را داشته باشیم :

I. مشخصه مکانیکی (فیزیکی) : مشخصات فیزیکی، کابل، کانکتور و ... باید یک شکل و استاندارد شده باشند.
II. مشخصهٔ الکتریکی : ولتاژهای کاری و سطوح ولتاژ باید برابر باشند.
III. مشخصهٔ عملیاتی : وظائف پین‌های مختلف باید مشخص باشند.
IV. مراحل کاری : مراحل کاری و روالهای مورد نیاز برای انجام کار

این ۴ مورد فوق ، مشخصه‌ها و پارامترهای مهم یک Interface هستند.

دو سازمان مهم برای استانداردسازی Interface های بین DCE,DTE وجود دارند که عبارتند از EIA و ITU-T

Electronic Industries Association :
- EIA 232 (RS232)
- EIA 422
- EIA 449
- EIA 485, ...

International Telecommunication Union Telecomunication Standards Committee
- X.21
- V.22bis
- V.32
- V.34, …

RS-232

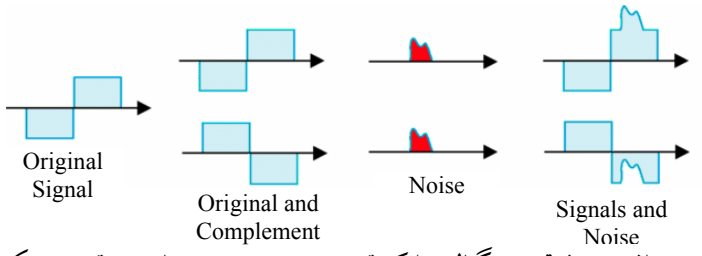
- استاندارد RS232 بسیار رایج است و در پورت COM کامپیوترهای خانگی نیز به کار میرود .
- در این استاندارد از نظر مشخصه الکتریکی ، برای "۱" سطح ولتاژ بین 3- تا 15- ولت در نظر گرفته میشود و برای "۰" نیز سطح ولتاژ بین 3+ تا 15+ ولت در نظر گرفته میشود .
- محدوده بین 3- تا 3+ ، محدوده غیر مجاز میباشد و اگر ولتاژی در آن محدوده دریافت شود قابل تشخیص نیست .
- از این استاندارد برای ارسال دیتا تا فاصله 15 متر میتوان استفاده کرد.
- به صورت Point-To-Point است .

RS-422

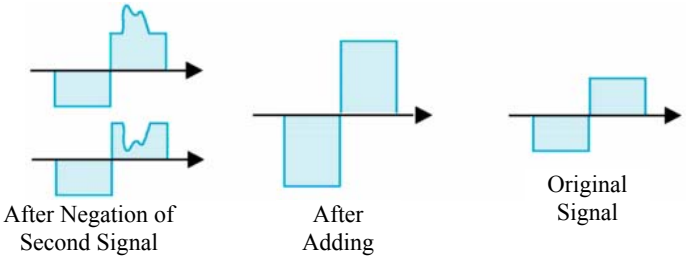
- کد گذاری اطلاعات در این استاندارد به روش NRZ-L است .
- طول بین فرستنده و گیرنده در این استاندارد بین ۴۰ تا ۴۰۰۰ فوت میباشد .
- نرخ انتقال دیتا با توجه به فاصله ، بین 10Mbps تا 1Kbps میباشد.
- در این استاندارد از نظر مشخصه الکتریکی ، برای "۱" سطح ولتاژ بین 4- تا 6- ولت در نظر گرفته میشود و برای "۰" نیز سطح ولتاژ بین 4+ تا 6+ ولت در نظر گرفته میشود .
- محدوده بین 4- تا 4+ ، محدوده غیر مجاز میباشد و اگر ولتاژی در آن محدوده دریافت شود قابل تشخیص نیست .
- این استاندارد نویز پذیر نیست.

روشی که برای از بین بردن نویز در هنگام ارسال اطلاعات به کار میرود در زیر توضیح داده شده است .در این روش از دو خط مجزا برای ارسال دیتا استفاده میشود که بر روی یکی از این خطوط سیگنال اصلی و بر روی دیگری قرینه سیگنال اصلی ارسال میگردد .

حال چنانچه سیگنال نویز بر روی سیگنال اصلی اثر کند ، بر روی قرینه سیگنال هم همان تاثیر را بجا میگذارد.



در گیرنده برای از بین بردن اثر نویز فوق ، سیگنالی را که قرینه شده بود دوباره به قرینه میکنند بنابراین همفاز با سیگنال اصلی میشود . در مرحله بعد این دو سیگنال را باهم جمع میکنند بنابراین اثر نویز حذف میشود . در نهایت دامنه سیگنال را به همان حد اوله خود کاهش میدهند.



بنابراین همانطور که دیدیم، نویز در این روش بی‌تاثیر است. این ویژگی باعث می‌شود که از این استاندارد در محیطهایی که نویز زیاد است استفاده شود.

Dial-up Connection

از مودم برای برقراری ارتباط Dial-up استفاده میشود . مودم وسیله ای است که سیگنالهای دیجیتال را از کامپیوتر (یا سیستمی که به مودم متصل است) دریافت کرده و آنها را به صورتی که برروی محیط انتقال قابل انتقال باشد تبدیل کرده و ارسال میکند. به این عمل مودم ، مدولاسیون گفته میشود .
در مقابل نیز سیگنالهای ارسال شده از طرف ایستگاههای دیگر را از محیط انتقال گرفته و به صورت سیگنالهای دیجیتال تبدیل کرده و در اختیار کامپیوتر قرار میدهد. به این عمل مودم ، دیمدولاسیون گفته میشود.
نام مودم نیز بنا بر توضیح فوق ترکیبی از دو لغت Modulator و DeModulator است .

استانداردهایی که ITU برای مودم ایجاد کرده است در زیر توضیح داده شده اند :

- **V.21** : نرخ انتقال آن 300bps میباشد و از روش FSK استفاده میکند.
- **V.22 bis** : دارای پهنای باند 600 باد میباشد واگر از استاندارد 4-DPSK استفاده کند سرعت آن 1200bps و اگر از استاندارد 16-QAM استفاده کند دارای سرعت انتقال 2400bps است.
- **V.32** : از روش 32-QAM استفاده میکند . دارای پهنای باند 2400 باد میباشد . نرخ انتقال آن 9600 bps است . روش 32-QAM پنج بیت در هر باد میفرستد که چهار بیت برای دیتا و یک بیت نیز برای Redundant است.
- **V.32 bis** : دارای نرخ انتقال 14400 bps و پهنای باند 2400 باد است . از روش 64-QAM استفاده میکند .این استاندارد ، اولین استاندارد برای مودم ها با نرخ انتقال 14400 بوده است .
- **V.32 terbo** : دارای نرخ انتقال 19200 bps و پهنای باند 2400 باد است . از روش 256-QAM استفاده میکند .
- **V.33** : دارای نرخ انتقال 14400 bps و پهنای باند 2400 باد است . از روش 128-QAM استفاده میکند . 128-QAM امکان ارسال ۷ بیت در باد را ایجاد میکند که ۶ بیت برای دیتا و یک بیت نیز برای Redundant است.
- **V.34** : دارای نرخ انتقال 28800 bps و پهنای باند 2400 باد است . از روش 4096-QAM استفاده میکند . اگر در این استاندارد هنگام ارسال دیتا ، عمل فشرده سازی را نیز انجام دهیم میتوانیم به سه برابر نرخ انتقال دیتا مذکور برسیم.
- **V.42** : از پروتکلی به نام LAPM استفاده می‌کند. در آن بحث Error – Correction نیز مطرح می‌شود. سرعت انتقال در این استاندارد 33600 bps است.
- **V.42 bis** : از تکنیک های فشرده‌سازی استفاده میکند که نرخ فشرده‌سازی آن ۳ به ۱ و ۴ به ۱ است.
- **V.90** : این استاندارد در مودم های 56K به کار گرفته شده است.

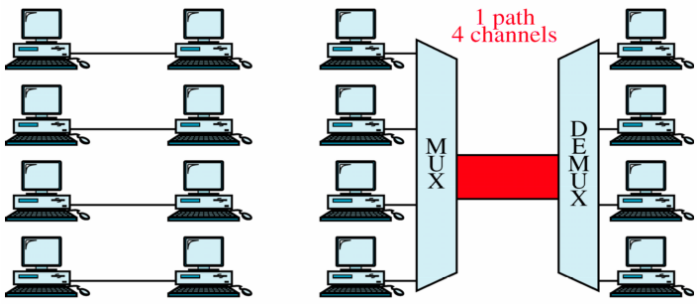
نکته : طبق قانون شانون ماکزیمم سرعت روی خطوط تلفن 33600 bps است. سرعت Upload این مودمها 36^k و سرعت download آنها 56^k است.

فصل پنجم

مالتی پلکس (Multiplexing)

زمانی که ظرفیت خط ارتباطی از مجموعه دستگاههای که برای انتقال اطلاعات به کار میروند بیشتر باشند میتوان خط را به اشتراک گذاشته و تکنیکی را برای انتقال همزمان سیگنالها بر روی خط ارتباطی به کار گرفت که به این تکنیک Multiplexing گفته میشود. همچنین استفاده از این روش باعث صرفه جویی نیز میشود.

در شکل زیر مزیت استفاده از Multiplexing را مشاهده میکنید :



تکنیک هایی که برای Multiplexing ارائه میشوند عبارتند از :

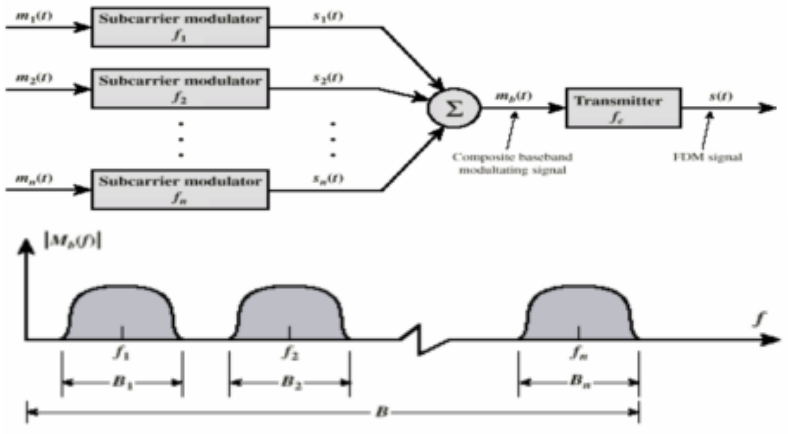
- Frequency Division Multiplexing (FDM)
- Wave Division Multiplexing (WDM)
- Time Division Multiplexing (TDM)

که در مورد آنها صحبت میکنیم.

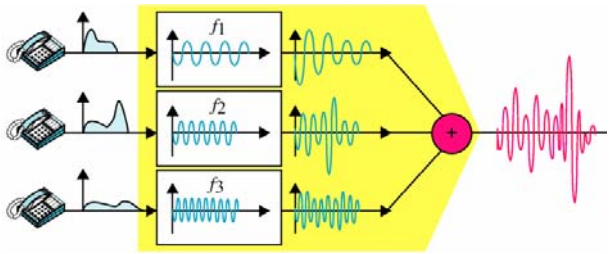
Frequency Division Multiplexing (FDM)

از این روش در انتقال آنالوگ اطلاعات استفاده میشود و زمانی استفاده میشود که پهنای باند محیط از پهنای باند دیوایسهای انتقال بیشتر باشد .

در این روش هر سیگنال ارسالی را با یک فرکانس Carrier خاص مدوله میکنیم .سپس فرکانسهای مدوله شده را پشت سرهم قرارداده و ارسال میکنیم . (این کار با جمع کردن سیگنالها امکان پذیر است) طبق شکل زیر مجموع پهنای باند هرکدام از سیگنالها نباید از پهنای باند کل محیط ارتباطی بیشتر شود.



در گیرنده نیز فرکانس رسیده وارد یک آشکارساز میگردد و به تک تک سیگنالهای اولیه تفکیک میشود. درواقع روش جداکردن سیگنالها از یکدیگر ، استفاده از فیلتر مینگذر برای هر سیگنال مشخص میباشد.



همانطور که درشکل فوق مشاهده میکنید کلیه فرکانسها بعد از اینکه با یک فرکانس مخصوص به خود (Carrier) مدوله شدند ، با هم جمع شده و ارسال شده اند. در گیرنده هم عکس عملیات فوق انجام میشود.

مشکلات روش FDM عبارتند از :

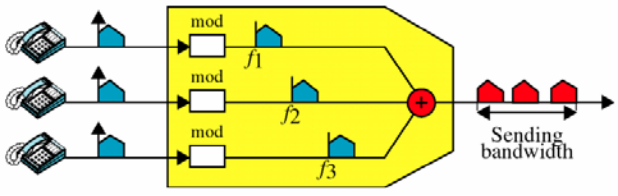
- نویز مدولاسیون داخلی
- نویز Cross Talk

برای رفع مشکلات فوق بین باندها ، فاصله (Gap) قرار میدهند .

یکی از کاربردهای FDM در تلوزیون است به این ترتیب که اطلاعات مربوط به تصویر را از اطلاعات مربوط به رنگ جدا کرده و با روش FDM مالتیپلکس کرده باهم ارسال میکنند ، درنتیجه در تلوزیون های سیاه سفید تصویر بدون مشکل دریافت میشود ولی رنگ قابل تشخیص نیست و در تلوزیون های رنگی به دلیل اینکه میتوانند فرکانس مربوط به اطلاعات رنگ راهم شناسایی کنند تصویر بصورت رنگی نمایش داده میشود.

Wave Division Multiplexing (WDM)

این روش بسیار شبیه به FDM است ، با این تفاوت که بجای اینکه از فرکانسهای مختلف استفاده شود از نورهای با طول موج مختلف استفاده میشود .



از این روش بیشتر در بسترهایی مانند فیبر نوری استفاده میگردد . در اینجا بحث طول موج نور مطرح میشود ، بنابراین طول موج حامل حداقل باید برابر جمع تمام طول موجها باشد .این روش دقیقا توسط منشور در طبیعت رخ میدهد و البته پیاده سازی آن بسیار گران قیمت و مشکل است.در این روش هرچه طول موج بیشتر شود نرخ انتقال دیتا کاهش میابد که برای جلوگیری از این مشکل بحث تبدیل طول موج مطرح میشود که از حوصله این درس خارج است.

Time Division Multiplexing (TDM)

از این روش زمانی استفاده میشود که انتقال دیتا بصورت دیجیتال میباشد. در این روش هر ایستگاه یک اسلات زمانی را برای خودش رزرو میکند و در هر زمان که بخواهد دیتایی را ارسال کند در محل مربوط به اسلات خودش دیتا را قرار میدهد و اگر هیچ دیتایی برای ارسال نداشت اسلات این ایستگاه را هیچ ایستگاه دیگری نمیتواند استفاده کند و خالی باقی میماند .

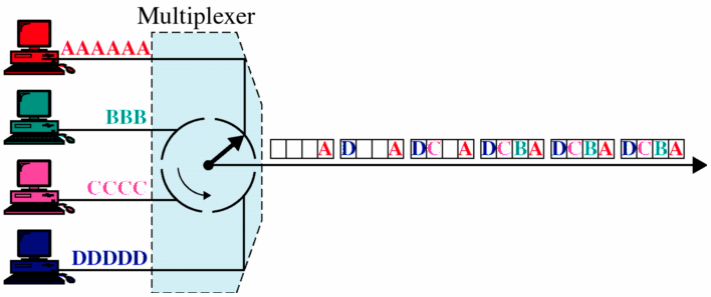
بنابراین در این روش برخلاف روش FDM اطلاعات مربوط به تمام ایستگاهها بطور همزمان ارسال نمیگردد باکه به ترتیب پشت سر هم ارسال میشوند با این حال بازهم میتوانمی ادعا کنیم که اطلاعات بصورت همزمان و باهم ارسا ل میگردند زیرا آنقدر سرعت ارسال نسبت به دیوایسهای درحال ارسال اطلاعات بالاتر است که هیچکدام از این دیوایسها متوجه تاخیر زمانی نشده و دچار مکس نمیگردند.

از توضیحات فوق نتیجه میگیریم که :

I. دسترسی به کانال به صورت نوبتی صورت میگیرد (چرخشی است)
II. به هر ایستگاه یک اسلات زمانی اختصاص داده میشود که ایستگاه میتواند از آن استفاده کند یا آن را بیکار رها کند.
III. در این روش تقسیم بر روی حوزه زمان است.

در این روش اطلاعات در قالب فریم ها جمع بندی شده و ارسال میگردند .
به این روش TDM مطرح شده که فضا برای هر کانال حتی در صورت عدم استفاده آن رزرو باقی میماند Synchronous TDM گفته میشود. اشکال این روش آن است که اسلاتها منحصرا به هر ایستگاه اختصاص داده میشود و باعث هدر رفتن فضای فریم میشود.

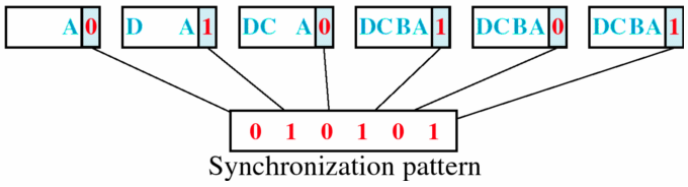
در شکل زیر نحوه ارسال اطلاعات به روش فوق را مشاهده میکنید :



و در گیرنده هم دقیقا عملیات عکس عملیات فوق صورت میگیرد .

نکته : سرعت TDM از سرعت FDM بیشتر است.

برای اینکه بتوانیم فرستنده و گیرنده را با هم همزمان (Sync) کنیم در شروع هر فریم یک بیت Sync قرار میدهیم به این ترتیب که یک در میان این بیت را صفر و یک قرار داده و ارسال میکنیم . گیرنده باتوجه به این بیت همواره خود را با فرستنده همزمان میکند :



مثال) فرض کنید ۴ دیوایس به روش TDM به همدیگر متصل بوده و اطلاعات خود را ارسال میکنند . اگر هر دیوایس ۲۵۰ کاراکتر در ثانیه (۲۰۰۰ بیت در ثانیه) ارسال کند نرخ انتقال داده چقدر خواهد بود ؟

$$R = 4 * 2000\ bps + 250\ (Synchronous\ pattern) \Rightarrow R = 8250\ bps$$

or

$$R = 250\ (frames\ per\ second) * 33\ bpf$$

به یاد دارید که در روش TDM اسلاتهای زمانی منحصرا برای یک ایستگاه خاص بودند و این باعث هدر رفتف فضلی فریم (در صورتی که دیوایس مربوطه از اسلات خودش استفاده نمیکرد) میشد ، برای رفع این مشکل روش دیگری به نام ATDM ارائه شده است :

A-Synchronous TDM

در این روش هنگامی که یک کانال اطلاعاتی را برای ارسال نداشته باشد ، اطلاعات کانال بعدی بجای آن ارسال میگردند بنابراین فضای فریم هدر نمیرد ولی برای آنکه در این حالت دیگر ترتیب ها ثابت نیستند همراه هر فریم آدرس دیوایسهای گیرنده نیز باید ارسال گردد.

بنابر توضیح فوق مشکل این روش سرباره (Overhead) ای است که به سیستم انتقال داده اعمال میشود.

ساختار یک فریم ATDM به صورت زیر است :

Flag	Address	Control	Statistical TDM Sub-Frame	FCS	Flag

که Statistical TDM Sub-Frame به یکی از دو صورت زیر است :

a) زمانی که فریمها فقط برای یک گیرنده در حال ارسال هستند : (زیرا در ATDM این امکان وجود دارد که اگر دیوایسهای دیگر به اسلات خود احتیاج نداشتند کل اسلاتها به یک دیوایس اختصاص پیدا کند.)

Address	Data

b) زمانی که چندین فریم برای چندین گیرنده مختلف در حال ارسال است :

Address	Length	Data	.....	Address	Length	Data

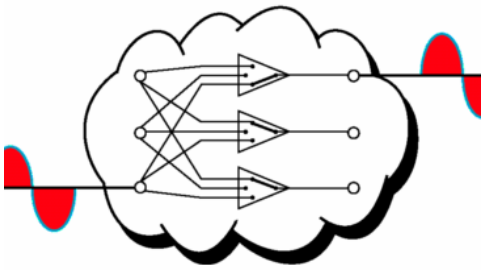
کاربردهای Multiplexing

یکی از کاربردهای ویژه مالتی پلک در شبکه تلفن است . تلفن دو سرویس ارائه میدهد :

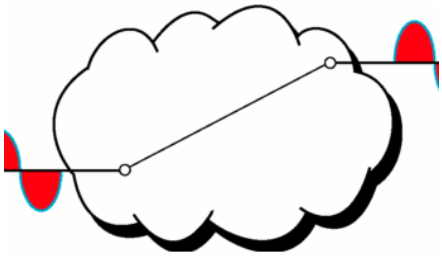
I. سرویس آنالوگ
   - Switch Base : براساس قطع و وصل شدن سوئیچها ارتباط برقرار میشود.
   - Leased Service : سوئیچ های موجود در شبکه مخابراتی برای شما همواره در وضعیت ثابتی قرار دارند که طی آن یک مسیر همیشگی مانند سیم مستقیم بین شما و گیرنده وجود دارد . از آنجایی که این خط منحصرا بین شما و گیرنده وجود دارد بوق روی این خط وجود نخواهد داشت.

II. سرویس دیجیتال
   - Switched/56
   - DDS
   - DS

سرویسهای آنالوگ

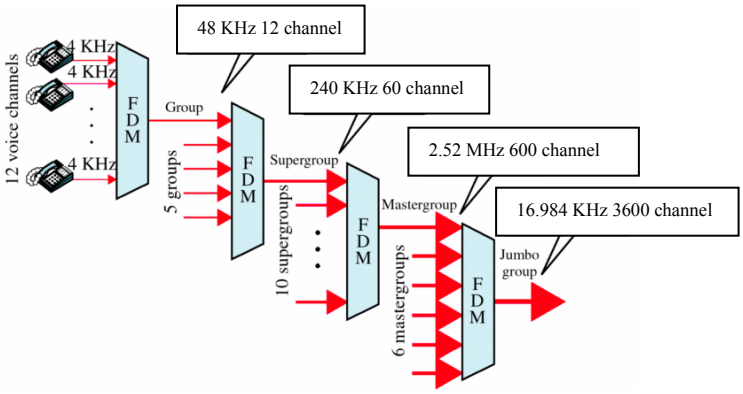


شکل روبرو یک مثال از سرویس Switch Based میباشد. همانطور که مشاهده میکنید مسیر با قطع و وصل شدن سوئیچ ها ایجاد میگردد.



شکل روبرو یک مثال از سرویس Leased میباشد. همانطور که مشاهده میکنید یک مسیر ثابت مانند سیم مستقیم بین دو دیوایس ایجاد شده است.

در انتها مثالی را از نحوه استفاده از FDM می آوریم :

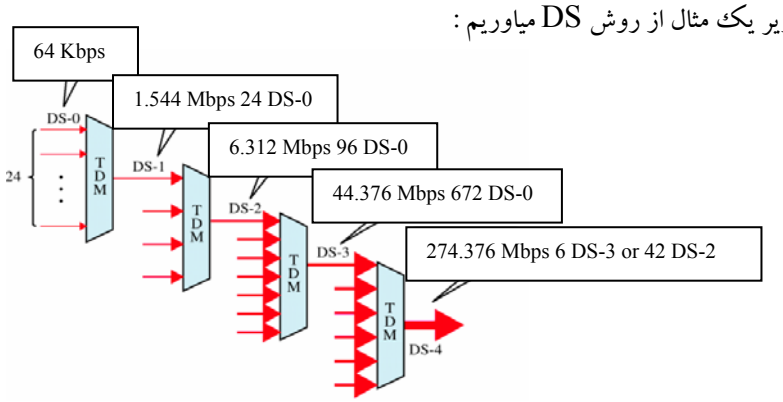


سرویسهای دیجیتال

همانطور که در بالا بیان شد سه سرویس دیجیتال وجو دارد.
در روش Switched/56 در مرکز مخابرات اصلا بحث آنالوگ را نداریم و اطلاعات بدون تبدیل شدن به آنالوگ یا دیجیتال همانگونه که هستند (دیجیتال) منتقل میشوند ، همچنین در مرکز مخابرات ارتباط به همان روش Switched Base میباشد.
در روش DDS نیز بازهم در مرکز مخابرات بحث آنالوگ را نداریم و ارتباط به صورت Leased میباشد. (همان سرویس Leased ولی در دیجیتال است)

نکته : نرخ انتقال خط در این روش 64 K است : 8 * 8000 Sample/Sec. = 64000 K

در زیر یک مثال از روش DS میاوریم :



استانداردهای خطوط T :

Service	Line	Rate (Mbps)	Voice Channel
DS-1	T-1	1.544	24
DS-2	T-2	6.312	96
DS-3	T-3	44.736	672
DS-4	T-4	274.176	4032

مثال) برای سرویس T1 خواهیم داشت :

*24 * 64 Kbps + 8 K (bit per channel overload for sync reasons) = 1.544 Mbps*

استانداردهای خطوط E :

Line	Rate (Mbps)	Voice Channel
E-1	2.048	30
E-2	8.448	120
E-3	34.368	480
E-4	139.264	1920

Digital Subscriber Line (DSL)

DSL کاربردی از مالتیپلکسینگ و مدولاسیون است که هدفش انتقال اطلاعات (صدا و تصویر همزمان) بر روی خطوط تلفن میباشد.

خانواده آن شامل :

I. Asymmetric DSL (ADSL)
II. High Bit-rate DSL (HDSL)
III. Symmetric DSL (SDSL)
IV. Very High Bit-rate DSL (VDSL)

نکته : برای برقراری ارتبا ط بالای 512K به کمک همین خطوط TP کافی است که از مخابرات یک خط Leased گرفته و دو طرف آن مودم DSL قراردهیم .

نکته : حداکثر فاصله بین دو مرکز که با روش DSL به هم وصل شده اند 18000 ft است.

نکته : اگر خط DSL از مخابرات میگذرد باید الزاما Leased باشد.

ADSL

پهنای باند را به صورت زیر تقسیم بندی میکند :

0 – 25 KHz (Tel)	25 – 200 KHz (UpStream)	250 – 1000 KHz (DownStream)

برای دسترسی به اینترنت به کمک این روش احتیاج به مودم ADSL داریم . مودم های ADSL از تکنیکی به نام DMT استفاده میکنند تا بتواند امکانات فوق را ارائه دهد.

در حالت upstream میتوانیم تا ۲۵ کانال داشته باشیم :

۲۵ کانال 25 ~ 200 K = 4 KHz

هر کانال فوق طبق استاندارد ANSI معادل 60 Kbps است بنابراین :

حداکثر سرعت Upload برابر است با : 25 * 60 K = 1.5 Mbps

حداکثر سرعت Download برابر است با : 200 * 60 K = 12 Mbps

در HDSL جهت کاهش نویز از تکنیکی به نام 2P1Q استفاده میشود که حساسیت بسیار پایینی دارد و تا فاصله 3.6 Km دیتارا بدون تخریب ارسال میکند .SDSL از تکنیکی به نام Echo Canceling استفاده میکند . VDSL بسیار شبیه به HDSL است و از هردونوع کابل Coax و TP میتواند استفاده کند. تنها فرق آن افزایش Bit-Rate است .

فصل ششم

کنترل خطوط ارتباطی (Data Link)

تا اینجا در ارتباط با لایه Physical صحبت کرده ایم ، اما همانطور که قبلا گفته ایم لایه Physical فقط وظیفه ارسال اطلاعات را بر عهده دارد و کنترل خطوط ارتباطی ، آدرس گیرنده و فرستنده و حتی تشخیص خطا به عهده لایه دیگری به نام لایه Data Link است که در این فصل به بررسی آن میپردازیم.

نکته : در این لایه به هر واحد اطلاعاتی که باید ارسال شود و یا دریافت خواهد شد نام فریم (Frame) میدهیم. مجموعهٔ چند بیت در کنار هم یک فریم نامیده می‌شود. بنابراین سنکرون بودن فریم ها یکی از خصوصیات این لایه است. (شروع و پایان فریم باید مشخص باشد.)

این لایه سه وظیفه زیر را دارد :

- Line Discipline : وظیفه این بخش کنترل آماده بودن طرف مقابل برای دریافت اطلاعات است .
- Flow Control : کنترل جریان ، حجم و سرعت ارسال و انتقال داده راکنترل میکند.
- Error Control : وظیفه این بخش کشف خطای رخ داده درهنگام انتقال دیتا و تصحیح آن میباشد.

بحث دیگری که مطرح میشود ارائه روش آدرس دهی است، زیرا در یک محیط اشتراکی قرار داریم همچنین مدیریت تبادل اطلاعات یا Link Management موضوع دیگری است که راجع به آن می‌بایست به Data Link مراجعه کنیم.

نکته : مهمترین و اساسی‌ترین پروتکل این لایه (HDLC (high Level Data Link Control که در مورد پیاده‌سازی آن صحبت خواهیم کرد. پروتکل‌های دیگر نیز از این پروتکل مشتق شده‌اند.

Line Discipline

همانطور که گفته شد وظیفه این قسمت اطمینان حاصل کردن از آماده بودن طرف مقابل برای دریافت یا ارسال اطلاعات است به عنوان مثال در انتقال دیتا به روش END/ACK فرض کنید که کامپیوتر A بخواهد به کامپیوتر B دیتا ارسال کند ، ابتدا فریم ENQ ارسال میگردد ، گیرنده اگر آماده باشد فریم ACK را ارسال میکند .
حال کامپیوتر A فریم اول دیتا را میفرستد ، گیرنده بعد از اینکه دیتا را گرفت فریم ACK را به عنوان جواب ارسال میکند ، حال که کامپیوتر A این فریم را دریافت کرد فریم بعد را ارسال میکند و این کار تا زمان ارسال آخرین ادامه میابد و در آخرین فریم ، کامپیوتر A فریم EOT را ارسال میکند و عملیات انتقال به پایان میرسد.

نکته : به چند دلیل طول یک فریم نمیتواند به هر اندازه دلخواهی بزرگ باشد :

- پهنای باند زیادی اشغال میشود.
- چنانچه یک فریم به طول زیاد ارسال شود و در مسیر دچار خطا شود ، دوباره باید کل فریم ارسال گردد.
- گیرنده ممکن است که ظرفیت دریافت فریم به این بزرگی را نداشته باشد.

بنابراین برای رفع مشکلات فوق باید طول فریم را محدود کنیم و سپس فریم ها را بصورت متوالی ارسال کنیم که این کار وظیفه Flow Control است .

Flow Control

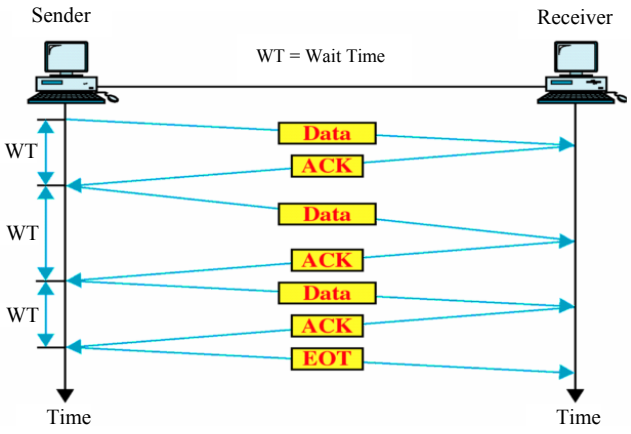
به دو روش پیاده سازی میگردد که عبارتند از :

۱. Stop & Wait
۲. Sliding Window

در روش اول با ارسال هر فریم منتظر دریافت تایید آن از گیرنده میشود تا فریم بعدی را ارسال کند. اما در روش دوم نیازی به رسیدن تایید از گیرنده به ازای ارسال هر فریم نیست .
هردوی روشهای فوق در ادامه توضیح داده شده اند.

روش Stop & Wait

در این روش به ازای ارسال هرفریم ، فرستنده منتظر دریافت فریم تایید از گیرنده میشود تا فریم بعدی را ارسال کند.



Propagation Delay : یا زمان تاخیر انتشار ، ناشی از تاخیری است که دیتا از مقصد به مبدا برسد.
Stop & Wait Delay : مدتی که طول میکشد تا ACK مربوط به دیتای ارسال شده دریافت گردد. (WT)
نکته : فریم Acknowledge درواقع یک فریم است که حاوی دیتا نیست.

دو پارامتر زمان تولید فریم (T_{Frame}) و زمان انتشار فریم (T_{PD}) برای ما مهم است. زمان انتشار یا همان Propagation Delay ثابت است و نمی‌توانیم آنرا تغییر دهیم، زیرا به مسافت بستگی دارد. زمان تولید فریم چون در اختیار ماست قابل کم کردن است ، کافی است frame را سریعتر تولید کنیم. بنابراین زمان لازم برای اینکه فریم از مبدأ به مقصد رسیده و ACK به مبدا برگردد برابر $2T_{PD}$ است.

تعداد فریمها

$T_D = n\,(2T_{PD} + T_{Frame})$ (I) $\qquad U = \dfrac{nT_{Frame}}{n(2T_{PD} + T_{Frame})}$ (II)

زمان تاخیر — درصد استفاده از خط (درصد کارایی)

پارامتری به نام a تعریف می‌کنیم که نسبت تأخیر انتشار به زمان تولید فریم است :

$$a = \frac{T_{PD}}{T_{Frame}}$$

با جایگزینی این رابطه در رابطه (II) خواهیم داشت :

$$U = \frac{1}{1+2a}$$

از طرفی T_{PD} را میتوان از نسبت مسافت به سرعت بدست آورد. $T_{PD} = \dfrac{d}{V}$ و برای T_{Frame} نیز میتوان از نسبت طول فریم بر نرخ انتقال اطلاعات استفاده کرد. $T_{Frame} = \dfrac{L}{R}$. (سرعت نور برابر است با $3*10^8$ m/s)

مثال) اگر مودمی 56^{kbps} داشته باشیم، طول هر فریم 4000^{bit} مسافت ماهواره 36000^{km} باشد مقدار a و u را حساب کنید.

$$T_P = \frac{36000}{3*10^8} = 270ms \qquad a = \frac{270}{71} \cong 3.8$$

$$T_{Frame} = \frac{4000}{56K} \cong 71ms \qquad U = \frac{1}{1+2a} = 0.12$$

تنها ۱۲٪ از خط استفاده شده است.

مثال) همان مثال فوق را برای حالتی که 10^{Mbps} تا ۰.۱ = R و $d = ۰.۱ \sim 10^{km}$ و $L = 500^{bit}$ ، حساب کنید ؟

$10^{-4} < a < ۱ \rightarrow ۰/۸۳ < U < ۰/۹۸ \leftrightarrow$ ۲٪ خط بیکار می‌ماند،

مثال) همان مثال فوق را برای حالتی که $L = 500^{bit}, d = 100^{m}, R = 9600^{bps}$ دوباره حساب کنید ؟

$a = 9/6 \times 10^{-6}$

$U \approx 1$

نکته : در حالت ایده آل همواره $U = T_{Frame}$ است.

حال اگر در همین شرایط مسافت را به 5000^{km} افزایش دهیم U تا ۰/۴۸ پایین می‌آید. مشکلی که در شبکه‌های سریع یا high Speed پیش می‌آید این است که T_{Frame} بسیار بسیار کمتر از T_{PD} می‌شود. این یعنی افزایش حجم a ، در این حالت فریم در کمتر از یک میکرو ثانیه تولید می‌شود ولی سرعت رسیدن آن به گیرنده حدود ۱۰۰ برابر کمتر است.

سوال : برای اینکه کارایی این روش را در حالت عادی بالا ببریم چه روشی پیشنهاد می‌شود؟

چند مثال جهت مقایسه روش Stop & Wait در سیستمهای انتقال دیتای مختلف :

- Satellite
  R = 56 Kbps L = 4000 bit d = 36000 km
  T_f = 71 ms t_p = 270 ms
  a = 3.8 U = 0.12

- In LAN
  R = 0.1 - 10 Mbps L = 500 bit d = 0.1 – 10 km
  V = 200000 Km/s
  0.0001 < a < 1 0.83 < U < 0.98

- In Modem
  R = 9600 bps L = 500 bit d = 100 m
  V = 200000 Km/s
  a = 0.0000096 U = 1

- In Modem
  R = 9600 bps L = 500 bit d=50000 km
  V = 200000 Km/s
  U = 0.48

طبق مثالهای فوق این روش در شبکه LAN بسیار عالی است و در مودم نیز بازدهی ۱۰۰٪ را دارد که با افزایش فاصله بازدهی کاهش میابد اما در ماهواره ها ، روش بسیار نامناسبی است و بازدهی بسیار پایین است .

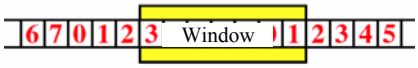
مشکلات فریم ها در هنگام انتقال :

I. فریم ممکن است به مقصد نرسد و گم شود . (Lost) در این صورت فرستنده هیچوقت پیغام ACK را از گیرنده دریافت نخواهد کرد.
II. اطلاعات فریم بر اثر Noise دچار خطا شوند.

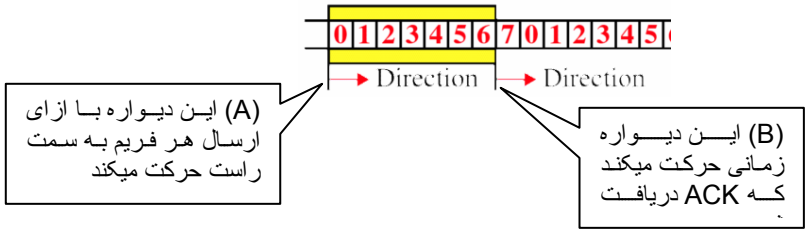
روش Sliding Window

یا پنجرهٔ لغزان ، در این روش با توافق فرستنده و گیرنده تعداد مشخصی از فریم ها روی خط ارسال می‌شوند. فرستنده هر فریم را که روی خط می گذارد یک کپی از آن در بافر خود نگه می‌دارد، تا جواب آن را از گیرنده بگیرد.گیرنده هر زمان که فرصت کند با ارسال یک پیغام ACK به فرستنده گذارش میدهد که مثلا تا فریم n را بدون مشکل دریافت کرده است حال فرستنده دوباره فریم های جدید را تا حد تکمیل شدن ظرفیت بافر ارسال میکند و این کار آنقدر ادامه میابد تا کلیه فریم ها ارسال گردند..

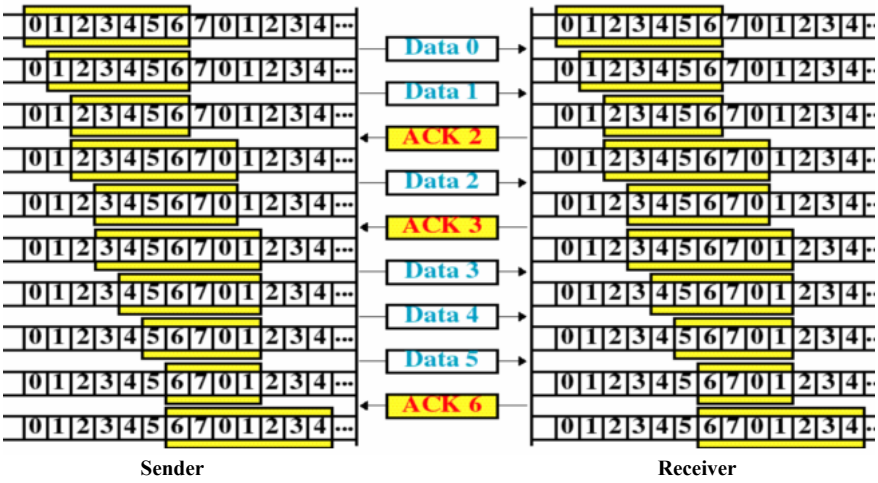
همانطور که در تصویر زیر دیده میشود از آن جهت به این روش پنجره لغزان گفته میشود که میتوان فرض کرد در فرستنده و گیرنده یک پنجره وجود دارد که در آن فریمهایی که ارسال و دریافت خواهند شد محدود شده اند .



در فرستنده، اگر اندیسهای A و B روی هم افتادند، یعنی تمام فریم ها فرستاده شده‌اند. در گیرنده هم یک اندیس برای فریمهای گرفته شده و یکی برای فریم هایی که ACK آنها داده شده است وجود دارد زمانی که دو اندیس A و B به هم برسند ارسال متوقف می‌شود.



در شکل زیر نحوه عملکرد این روش را در ارسال اطلاعات ملاحظه میکنید :



Error Control

همواره در ارسال اطلاعات احتمال بروز خطا ضمن ارسال وجود دارد بنابراین به مکانیزمهایی احتیاج داریم تا بتوانیم در صورت بروز خطا ، آن را کشف کرده و در صورت امکان بدون نیاز به دریافت مجدد فریم آن را اصلاح کنیم . کلیه این وظایف به عهده این بخش میباشد.

به طور کلی دو نوع خطا وجود دارد :

I. گم شدن فریم ها
II. تخریب شدن فریم ها

تکنیکهای خاصی برای جلوگیری از این اشکالها وجود دارد. برای مثال دریافت Acknowledge یکی از مکانیزمهای Error Control است. در ادامه به بررسی این مکانیزمها میپردازیم که به طور کلی به آنها مکانیزمهای ARQ گفته میشود.

تشخیص خطا در Stop & Wait

در این روش اگر فریم ارسالی خراب شود گیرنده NACK ارسال می کند و فرستنده مجدداً آن فریم را ارسال میکند. اما اگر فریم درست برسد ولی ACK به علتی به دست فرستنده نرسد ، فرستنده آن فریم را مجدداً می‌فرستد این کار به سادگی صورت میگیرد ، به این ترتیب که فرستنده یک تایمر داخلی دارد ، از زمانی که فریم ارسال میگردد این تایمر شروع به اندازه گیری زمان کرده و درصورتی که ACK یا NACK بعد از زمان مشخصی نرسید احتمال میدهد که فریم به گیرنده نرسیده است بنابراین فریم را دوباره ارسال میکند..

در این روش چنانچه یک فریم دوبار ارسال شود گیرنده متوجه آن نمیشود و بنابراین اطلاعات در گیرنده دچار خطا میشود ، برای رفع این مشکل یک بیت را در فریم ، به عنوان شناسه فریم قرار داده و به ترتیب مقدار آنرا صفر و یک می کنند بنابراین درصورت دریافت دوفریم با شماره ثابت متوجه تکراری بودن فریم میشویم.

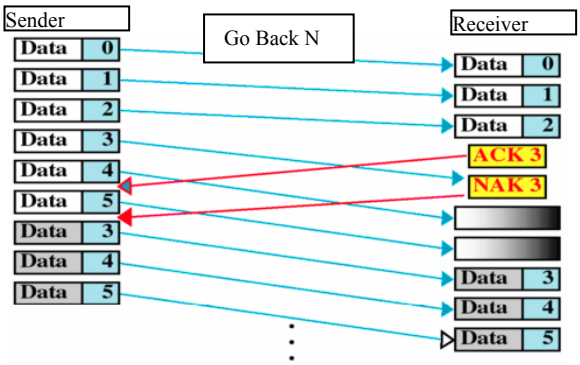
تشخیص خطا در Sliding Window

زمانی که خطایی در Sliding Window کشف میشود دو روش برای اصلاح خطا وجود دارد که عبارتند از :

- Go Back n

اگر فریم های F0 تا F10 در حال ارسال باشند ، اما F3 خراب شده باشد ، یک فریم NACK3 از گیرنده به فرستنده ارسال می‌شود.. در این روش با وجود اینکه ممکن است F4 به بعد درست ارسال شده باشند ولی کلیه فریمهای دریافتی باطل شده و دوباره ارسال فریمهای ۳ به بعد انجام می‌شود.

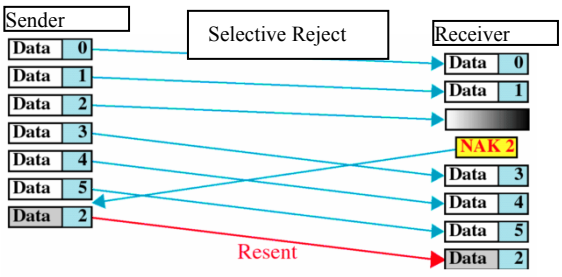
در این روش طول پنجره $2^n - 1$ میباشد. (n تعداد بیتهای اختصاص داده شده به Sequence Number است) .



- Selective Reject

در این روش بر خلاف روش قبل تنها فریم خراب شده مجددا ارسال می‌شود.بنابراین طبق مثال بالا تنها کافی است که فریم F3 مجددا فرستاده می‌شود و سپس ارسال مابقی فریم ها ادامه پیدا خواهد کرد.

ازطرفی این قابلیت باعث میشود که نظم فریم ها در گیرنده کاملا بهم بخورد بنابراین فریم ها در گیرنده باید مجددا مرتب شوند.پیاده سازی این روش بسیار مشکلتر از روش قبل است. در این روش طول پنجره نصف تعداد Sequence Number است یعنی $2^n / 2 = 2^{n-1}$. (n تعداد بیتهای اختصاص داده شده به Sequence Number است) .



نکته : Sequence Number درواقع طول پنجره یا بافر را مشخص میکند به عنوان مثال اگر ۳ بیتی باشد یعنی طول بافر یا پنجره ۸ میباشد.

د رهردوی روشهای فوق اگر به هر دلیلی یک فریم در هنگام ارسال گم شود گیرنده به محض دریافت فریمی که شماره آن با ترتیب در حال دریافت هماهنگ نباشد ، یک فریم NACK با شماره فریمی که نرسیده است ارسال میکند بنابراین فرستنده دوباره آن فریم را ارسال خواهد کرد.

در صورتی که فریم NACK گم شود گیرنده بعد از مدتی چون فریم خراب را از سوی فرستنده دریافت نکرده است دوباره NACK ارسال میکند. همچنین در صورتی که فریم ACK گم شود ، فرستنده کلیه فریم های موجود در بافر Sliding Window را ارسال میکند ولی چون ACK نرسیده است بعد از مدتی Timeout میدهد و بنابراین دوباره همان فریم های ارسال شده را ، ارسال میکند.

- **ویژگیهای Selective Reject**
  I. گیرنده احتیاج به Sort دارد.
  II. گیرنده احتیاج به Search دارد.
  III. پیچیدگی و پیاده‌سازی سخت‌تری نسبت به روش اول دارد.

- **ویژگیهای روش GO BACK N**
  I. Sort و Search لازم ندارد.
  II. پیاده‌سازی آن ساده‌تر است.
  III. اندازهٔ window، N-1 است. N ذکر شده حداکثر سایر ممکن برای بافر بر اساس تعداد بیتهای Sequence است. مثلاً اگر Sequence سه بیتی باشد، N برابر ۸ است.

نکته : علت اینکه سایر بافر را دقیقاً N نمی‌گیرند، آن است که در حالتی که بافر فرستنده کاملاً پر باشد برای فرستنده با آمدن ACK 0 معلوم نمی‌شود که این ACK مربوط به اولین فریم از بافر است یا آخرین فریم !

محاسبه درصد کارآیی خط

در فرمولهای زیر p احتمال رخداد خطا ، U درصد کارآیی خط و N تعداد Seguence ها و مقدار آن طول window است.

Stop and Wait :

$$U = \frac{1-p}{1+2a}$$

N سایز ویندو است.

Selective Reject :

$U = 1-p$	N >= 2a + 1
$U = \frac{N(1-p)}{1+2a}$	N < 2a + 1

Go Back n :

$U = \frac{1-p}{1+2ap}$	N >= 2a + 1
$U = \frac{N(1-p)}{(1+2a)(1-p+NP)}$	N < 2a + 1

نکته : اندازه ویندو از اندازه بافر ، یک واحد کمتر است .

نکته : احتمال رخداد خطا در فریم را میتوان به صورت زیر نیز محاسبه نمود :

p = طول فریم * BER

که BER احتمال رخداد خطا در یک بیت است.

sbargh.ir

فصل هفتم

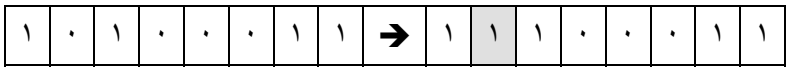
تشخیص و تصحیح خطا (Error Detection)

همانطور که قبلا گفته شد همواره در ارسال اطلاعات احتمال رخداد خطا وجود دارد بنابراین باید روشهایی وجود داشته باشند تا به کمک آنها بتوانیم خطا را تشخیص داده و اصلاح نماییم.

بطور کلی احتمال رخداد سه نوع خطا در هنگام انتقال دیتا وجود دارد که عبارتند از :

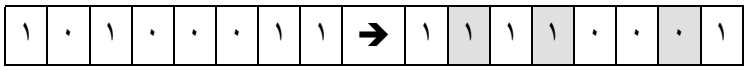
- Single Bit

به خطایی گفته میشود که ضمن انتقال دیتا تنها یک بیت از کل اطلاعات در حال ارسال تغییر کند .



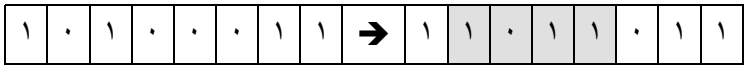
- Multiple Bit

به خطایی گفته میشود که ضمن انتقال دیتا بیش از یک بیت دچار تغییر شود بطوریکه این چند بیت در کنار هم نباشند .



- Burst

اگر ضمن انتقال دیتا گروهی از بیتهای در کنارهم ، همگی دچار تغییر شوند این خطا رخ داده است، این خطا به خطای انبوه معروف است.



برای اینکه بتوانیم خطایی که رخ داده است را تشخیص دهیم باید همراه دیتا ، اطلاعات اضافه ای را نیز ارسال کنیم که به این اطلاعات اضافه ، Redundancy (افزونگی) گفته میشود . در گیرنده به کمک این اطلاعات اضافه ، صحت دیتای رسیده برسی می گردد.

روشهای تشخیص خطا

روشهایی که برای تشخیص و اصلاح خطا به کار میرود عبارتند از :

- Parity Check
- Parity Check (row – column)
- CRC (Cyclic Redundancy Check)
- Checksum

هرکدام از روشهای فوق دارای معایب و مزایای خاص خود هستند که در زیر به توضیح و برسی تک تک روشهای فوق پرداخته ایم.

Parity Check

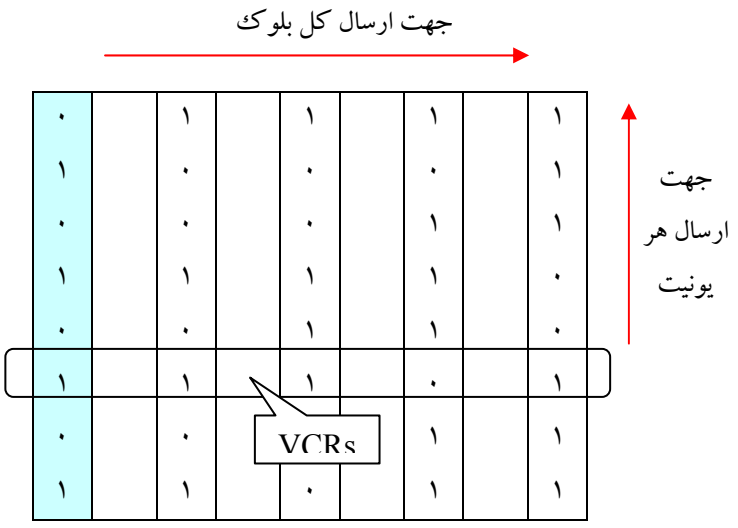
این روش از ساده‌ترین روشهای تشخیص خطا است که روش Parity Bit یا بیت توازن نام دارد. در این روش تنها برای تشخیص خطای Single Bit بیت اطمینان ۱۰۰٪ داریم که خطا کشف می‌شود و برای بیشتر از آن تضمینی وجود ندارد. به دو نوع بیت توازن زوج و فرد تقسیم میشود :

- روج :در این روش حتما باید تعداد "۱" های موجود در اطلاعات زوج باشد .
- فرد : در این روش حتما باید تعداد "۱" های موجود در اطلاعات فرد باشد .

در Parity Check یک بیت به اطلاعات اضافه میشود ، فرض کنید از Parity زوج استفاده میکنیم ، حال اگر تعداد "۱" های موجود در اطلاعات فرد باشد این بیت اضافه شده "۱" میشود بنابراین تعداد کل "۱" های ارسال شده زوج باقی میماند.

Parity Check (Row – Column)

این روش بسیار شبیه به روش قبل است با این تفاوت که بیت توازن فقط به صورت سطری محاسبه نمیگردد و به صورت ستونی نیز بیت توازن را ایجاد میکنیم . این روش علاوه بر تشخیص خطای یک بیت امکان اصلاح آن را نیز دارد. همچنین روی ۲ بیت و ۳ بیت هم تشخیص خطا دارد اما در مورد خطای ۴ بیت و بالاتر تضمینی برای تشخیص خطا وجود ندارد.این روش نیز مانند روش قبل دو نوع زوج وفرد دارد.

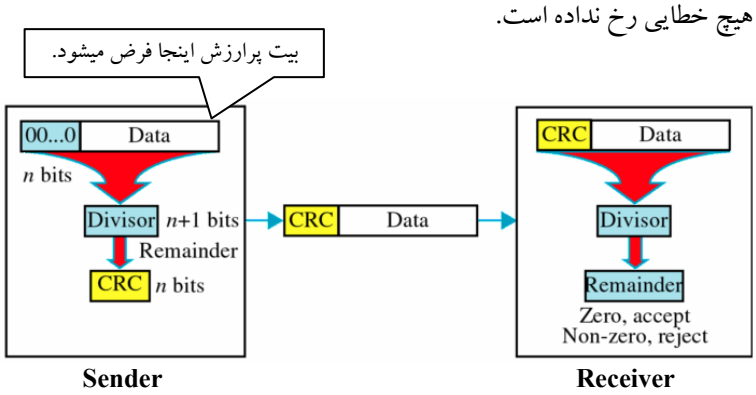


همانطور که در شکل فوق مشاهده میکنید از Parity زوج استفاده شده است و VCR ها بر اساس بیت توازن زوج تشکیل شده اند . بیت توازن هم به صورت سطری و هم به صورت ستونی تشکیل شده است.

Cyclic Redundancy Check (CRC)

در این روش یک عدد ثابت بین فرستنده و گیرنده وجود دارد که Divisor نام دارد ، فرستنده کل دیتایی که باید ارسال شود را به صورت یک عدد بزرگ فرض میکند سپس به دیتا به تعداد n بیت صفر اضافه میکند (اگر تعداد بیتهای Divisor برابر n+1 بیت باشد) ، عدد حاصل را بر Divisor تقسیم میکند و باقیمانده را به عنوان CRC به انتهای دیتا اضافه کرده آن را ارسال میکند.

در گیرنده کل دیتای رسیده را به صورت یک عدد بزرگ فرض کرده و آن را بر Divisor تقسیم میکند ، اگر باقیمانده صفر باشد هیچ خطایی رخ نداده است.



مدل دیگری که در بدست آوردن CRC وجود دارد به چندجمله ای معروف است (Polynomial) . در این مدل رشته بیتهای Divisor را به صورت یک چند جمله ای مینویسیم بطوری که هرجا که بیت "۰" است درواقع ضریب جمله متناظر با آن بیت صفر است .این چند جمله ای را P(x) مینامیم.

1 0 1 0 0 1 1 1 **Divisor**	➔	$x^7 + x^5 + x^2 + x^1 + 1$ **Polynomial**

- کلیه خطاهای یک بیتی را تشخیص میدهد.
- خطاهای دو جمله ای (دو بیتی) را دوصورتی تشخیص میدهد که CRC حداقل ۳ جمله باشد.
- خطاهای فرد را به شرطی تشخیص میدهد که Divisor دارای فاکتور $x + 1$ باشد.
- خطای انبوه را در صورتی تشخیص میدهد که تعداد خطای رخ داده ، مساوی و یا کوچکتر از طول FCS باشد ، یعنی جمله $x^{12} + x^{11} + x^3 + x + 1$ میتواند تا ۱۳ بیت خطای انبوه را تشخیص دهد.

نکته : FCS (Frame Check Sequence) به اطلاعاتی که به انتهای دیتا اضافه میشود ، یا همان CRC گفته میشود.

Message	FCS

اما علت این روش تشخیص خطا در CRC چیست ؟ درواقع صفر شدن باقیمانده در Receiver به چه دلیل رخ میدهد؟

برای روشن شدن مطلب به مثال زیر دقت کنید.

بگر فرستنده بخواهد M(x) را ارسال کند به روش زیر باقیمانده را بدست می آورد :

$$\frac{X^n M(x)}{P(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{P(x)}$$

M(x) را در X^n ضرب کرده ایم که n تعداد بیتهایی است که به دیتا اضافه کرده بودیم (اضافه کردن n بیت در جلوی دیتا به معنای ضرب کردن آن در X^n است). حال که باقیمانده بدست آمده است دیتای آماده ارسال را به صورت زیر تشکیل میدهیم :

$$T(x) = X^n M(x) + R(x)$$

در گیرنده ، دیتای رسیده را دوباره بر چندجمله ای مولد (Divisor) تقسیم میکنیم :

$$\frac{T(x)}{P(x)} = \frac{X^n M(x) + R(x)}{P(x)}$$

اگر دیتا درست رسیده باشد میتوان روابط فوق را به صورت زیر نیز نوشت . از آنجایی که تقسیم باینری انجام میشود جملات مشابه با هم حذف میگردند بنابراین در نهایت خود Q(x) باقی میماند و دیگر R(x) نداریم.

$$\frac{T(x)}{P(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{P(x)} + \frac{R(x)}{P(x)} = Q(x)$$

مثال) برای بهتر جا افتادن مطلب به مثال زیر توجه کنید . فرض کنید میخواهیم 101010111 را ارسال کنیم و Divisor نیز 101 است .

Message : 101010111 ➔ $M(x) = x^8 + x^6 + x^4 + x^2 + x + 1$

Divisor : 101 ➔ $P(x) = x^2 + 1$

حال چون Divisor سه بیتی است باید M(x) را در x^2 ضرب کنیم و سپس چواب را به P(x) تقسیم میکنیم .

$$\frac{x^{10} + x^8 + x^6 + x^4 + x^3 + x^2}{x+1} \overline{)\, x^8 + x^4 + x + 1} \quad \frac{x^2 + 1}{}$$

همانطور که میبینید باقیمانده x+1 شده است که اگر آن را به فرم بیتی بنویسیم بصورت "۱۱" خواهد بود.این دوبیت را که همان FCS میباشد به دیتا اضافه کرده و آن را ارسال میکنیم :

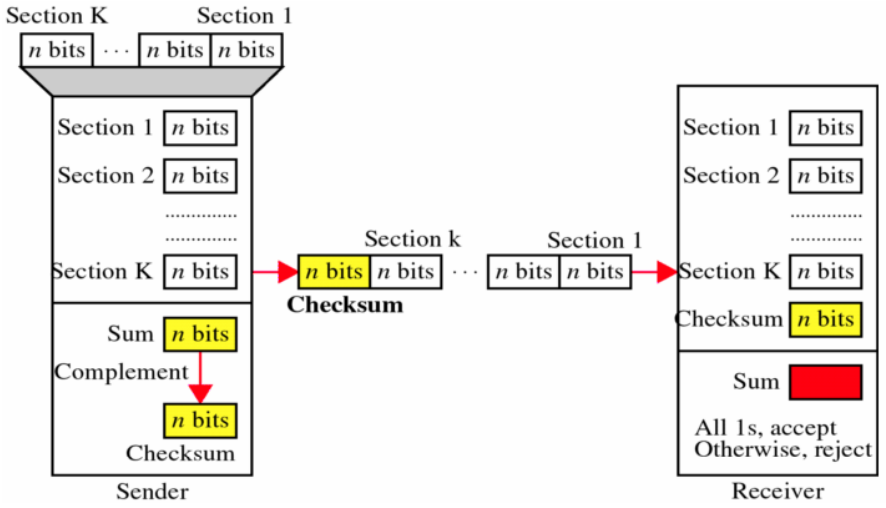
To Receiver : 10101011111

sbargh.ir

Check Sum

در این روش که در Packet های IP بطور رایج استفاده میشود ، دیتا را به k بخش n بیتی تقسیم میکنیم ، سپس هریک از این بخش ها را بصورت اعداد n بیتی در نظر گرفته ، با هم جمع میکنیم (البته حاصلجمع از n بیت تجاوز میکند که از بیتهای Carry صرف نظر میکنیم) .

عدد بدست آمده را Complement کرده و به انتهای دیتا اضافه میکنیم و نهایتا دیتا را ارسال میکنیم.



در گیرنده نیز عکس عمل فوق را انجام میدهیم به اسن ترتیب که k بخش را از هم جدا کرده و با هم جمع میزنیم ، حاصلجمع را نیز دوباره با Checksum جمع میزنیم ، اگر حاصل تمام بیتهایش "۱" بود ، دیتا درست دریافت شده است.

نکته : اگر یک عدد با Complement خودش جمع گردد تمام بیتهایش "۱" میگردد.

مثال) فرض کنید دیتای 1011010111010111111 را میخواهیم ارسال کنیم :

دیتا را به ۳ بخش زیر تقسیم میکنیم (اگر طول دیتا قابل تقسیم نبود سمت چپ آنقدر صفر اضافه میکنیم تا مشکل حل شود.

101101	011101	011111
S1	S2	S3

101101 +
011101 +
011111

111001 → (Complement) 000110

Data To Send : 101101011101011111000110 →

در گیرنده عملیات زیر انجام میشود :

```
 101101 +
 011101 +
 011111 +
 000110
-----------
 111111
```

بنابر این دیتا بدون خطا رسیده است.

نکته : در این روش تنها در یک صورت امکان تشخیص خطا وجود ندارد ، فرض کنید در ستون n یک بیت از "۰" به "۱" تبدیل شود و در سطر دیگری در همان ستون n اینباز یک بیت از "۱" به "۰" تبدیل شود ، خطا قابل تشخیص نیست.

فصل هشتم

پروتکل خطوط ارتباطی (Data Link Protocol)

در این فصل میخواهیم یکی از معروفترین پروتکل های لایه DataLink را برسی کنیم .
پروتکل HDLC یا High Level Data Link یکی از پرکاربردترین پروتکل های این لایه است . اگر از دید بیتی به آن نگاه کنیم (نگرش به فریم ها بصورت بیتی است و کاربرد آن برای ارسال فایلهای متنی و غیر متنی است) به انواع زیر تقسیم میشود :

- SDLC
- HDLC
- LAPs
- LANs

پروتکل HDLC در سال ۱۹۷۹ توسط انجمن ISO معرفی شد و همانطور که گفته شد از استانداردهای لایه DataLink است و Bit Oriented میباشد.همچنین کلیه پروتکل های Bit Oriented در لایه DataLink (مانند LAPB,LAPD,PPP) از این پروتکل مشتق شده اند. علاوه بر مطالب فوق این پروتکل کلیه روشهای Multipoint , Point-to-Point , Full-Duplex , Half-Duplex را پشتیبانی میکند.

نکته : در اینترنت دو پروتکل به این روش کار می کند :

- Routing Information Protocol (RIP) که براساس DVR کار میکند.
- DSPF که بر مبنای LSR کار میکند.

انواع ایستگاهها

- اولیه : مسئولیت کنترل خطوط به عهده Primary است . همواره فرمان (Command) از طرف این ایستگاه ارسال میگردد.
- ثانویه : عموما تحت کنترل ایستگاه Primary بوده و فریم هایی که این ایستگاهها ارسال میکنند فریم Respond نام دارد که در جواب به فریم Command ارسال میگردد.
- ترکیبی : این نوع ایستگاهها ترکیبی از هر دو نوع فوق هستند ، یعنی هم توانایی ارسال فرمان را دارند و هم در جواب فرمان دیگران Respond ارسال میکنند .

پیکربندی خط ارتباطی

از دو روش برای پیکربندی خطوط ارتباطی استفاده میکنند :

- Balanced : در این پیکربندی دو ایستگاه Combined (ترکیبی) وجود دارد که با هم در ارتباط هستند . ارتباط این دو ایستگاه به هردو صورت Hal-Duplex و Full-Duplex امکان پذیر است . این پیکربندی Point-to-Point است.
- Unbalanced : در این پیکربندی یک Primary چندین Secondary را کنترل میکند . این پیکربندی Multipoint است.

انواع مدهای انتقال

- NRM (Normal Response Mode)
  از پیکربندی Unbalanced استفاده میکند . در این حالت Primary شروع به ارسال Command میکند و Secondary ها در صورتی که فرمان را دریافت کنند حق پاسخ دادن دارند . درواقع در این Secondary ها از طرف Primary ، Poll میشوند تا بتوانند اطلاعات خود را ارسال کنند .
- ABM (Asynchronous Balance Mode)
  از پیکربندی Balanced استفاده میکند . در این روش هردو ایستگاه میتوانند برای هم بصورت همزمان اطلاعات ارسال کنند . درواق دائما درحال Poll و Select یکدیگر هستند.
- ARM (Asynchronous Response Mode)
  از پیکربندی Unbalanced استفاده میکند . در این روش Secondary ها بدون نیاز به دریافت مجوز از طرف Primary ها ، میتوانند اطلاعات را به Primary ها بفرستند.

ساختار فریم در HDLC

سه نوع فریم در HDLC وجود دارد

- I – Frame (Information)
  از این فریم برای ارسال Data استفاده میشود . الگوی این فریم در شکل زیر آمده است :

Flag	Address	Control	Information	FCS	Flag

- S – Frame (Supervisor)
  از این فریم جهت ارسال اطلاعات کنترلی مانند ARQ ، استفاده میگردد .

Flag	Address	Control	FCS	Flag

- U – Frame (Un-Numbered)

از این فریم برای ارسال اطلاعات مدیریتی استفاده میگردد . به عنوان مثال اگر بخواهیم مد کاری را از ABM به ARM تغییر دهیم ، از این فریم استفاده میکنیم . الگوی این فریم دقیقا مانند I-Frame میباشد با این تفاوت که اطلاعات مدیریتی در همان فیلد Information ارسال میگردد.

از فیلد Flag برای مشخص کردن ابتدا و انتهای فریم استفاده میشود ، فیلد آدرس برای مشخص کردن آدرس گیرنده (Secondary) در الگوی Unbalanced استفاده میشود زیرا در این پیکربندی همانطور که قبلا گفتیم محیط اشتراکی است. فیلد FCS نیز برای تشخیص خطا است که معمولا ۲ یا ۴ بایت به عنوان CRC در نظر گرفته میشود.

الگوی فیلد Flag

همانطور که گفتیم از این فریم مشخص کردن ابتدا و انتهای فریم استفاده میگردد . برای این منظور یک الگوی ۸ بیتی را در نظر میگیرند که به صورت زیر است :

Flag Pattern : ۰۱۱۱۱۱۱۰

هرگاه این الگو در گیرنده دریافت شود به مفهوم شروع یا پایان یک فریم است .

کاملا واضح است که این الگو نباید در بین دیتای در حال ارسال وجو داشته باشد ، چرا که به محض دریافت آن کامپیوتر گیرنده دچار اشتباه شده و تصور میکند که فریم تمام شده است بنابراین مابقی اطلاعات دریافت نخواهند شد.

جهت رفع این مشکل از الگوریتمی به نام Bit Stuffing استفاده میشود که باعث میشود هیچگاه در بین دیتای در حال ارسال این الگو بوجود نیاید.

الگوریتم Bit Stuffing

عملکرد این الگوریتم به این صورت است که در فرستنده ، هنگامی که دیتا در حال ارسال است چنانچه پنج "۱" پشت سر هم ارسال گردد ، یک بیت "۰" هم به اطلاعات اضافه شده و ارسال میگردد بنابراین دیتای 0111110 به صورت زیر ارسال میگردد :

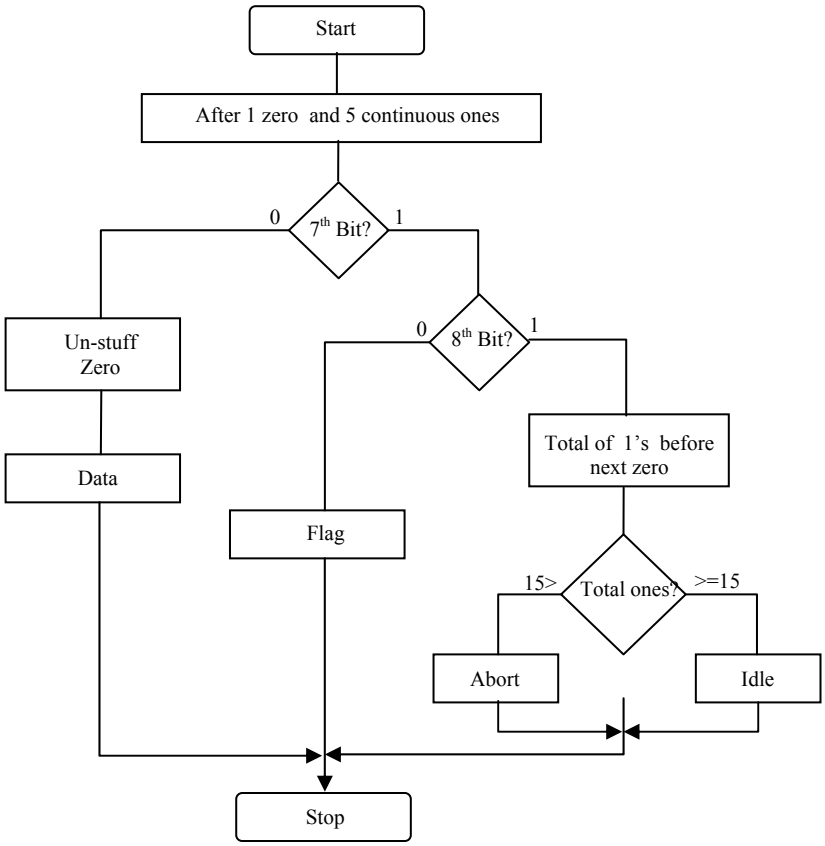
01111110 ➔ 01۰111110

در گیرنده نیز هنگامی که پنج "۱" دریافت میگردد چنانچه بیت بعدی (درواقع بیت هفتم) "۰" باشد ، گیرنده آن را حذف کرده و به دریافت اطلاعات ادامه میدهد بنابراین دیتای فوق در گیرنده بصورت زیر دریافت میگردد:

01۰111110 ➔ 01111110

اما چنانچه بیت هفتم "۱" باشد ، بیت هشتم را برسی میکنیم اگر "۰" بود قطعا Flag دریافت شده است. اما چنانچه بیت بیت هشتم تا بیت ۱۵ نیز "۱" باشد ، کانال در وضعیت بیکار (Idle) است اما اگر قبل از ۱۵ بیت "۱" ، یک بیت "۰" دریافت گردد قطعا خطا رخ داده است.

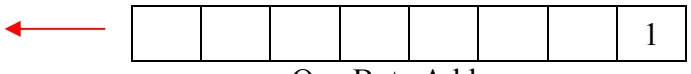
این الگوریتم در صفحه بعد نشان داده شده است .



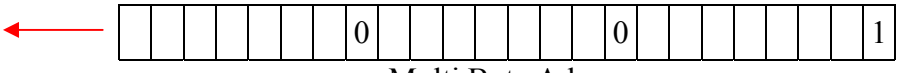
نکته : Idle بودن خط در این پروتکل با High کردن خط پیاده سازی میگردد.

الگوی فیلد آدرس

در حالت پیش فرض طول این فیلد ۸ بیت است که هفت بیت برای آدرس درنظر گرفته میشود . اگر ارتباط بصورت Point-to-Point باشد همواره در این فیلد صفر قرار داده شده و بیت هشتم "۱" میشود ، اما اگر ارتباط بصورت Multi-address باشد ، آدرس گیرنده در این فیلد قرار داده میشود بیت هشتم "۰" شده ، آدرس بعدی قرار داده میشود و نهایتان در بیت هشتم آدرس آخرین گیرنده "۱" قرار داده شده و ارسال میگردد.



One Byte Address



Multi Byte Adress

الگوی فیلد کنترل

فیلد کنترل مشخص کننده نوع فریم است .درواقع از روی الگوی این فیلد مشخص میشود که چه نوع دیتایی در حال انتقال است. بنابراین با توجه به نوع فریم در حال ارسال الگوی این فریم را توضیح میدهیم.

- I – Frame

الگوی این فیلد در فریم Information بصورت زیر است :

۰		N(S)		PF		N(R)	

چنانچه کامپیوتر Secondary از طرف Primary ، Poll شود بیت PF به "۱" ست میشود و چنانچه کامپیوتر Secondary در حال ارسال پاسخ به Primary باشد این بیت را "۰" میکند. این بیت تنها زمانی که آخرین فریم از سوی Secondary در حال ارسال است دوباره "۱" یک میشود که به مفهوم Final است .

سه بیت N(S) ، Sequence Number فریمی که در حال ارسال است را مشخص میکند و سه بیت R(N) ، Sequence Number فریمی که باید دریافت شود را مشخص میکند.

- S – Frame

الگوی این فیلد در فریم Supervisor بصورت زیر است :

1	0	Code		PF		N(R)	

بیتهای N(R) و PF مانند قبل است . بیتهای Code مشخص کننده حالتی برای Supervisor و Un-Number است .

- U – Frame

الگوی این فیلد در فریم Un-numbered بصورت زیر است :

1	۱	Code		PF		Code	

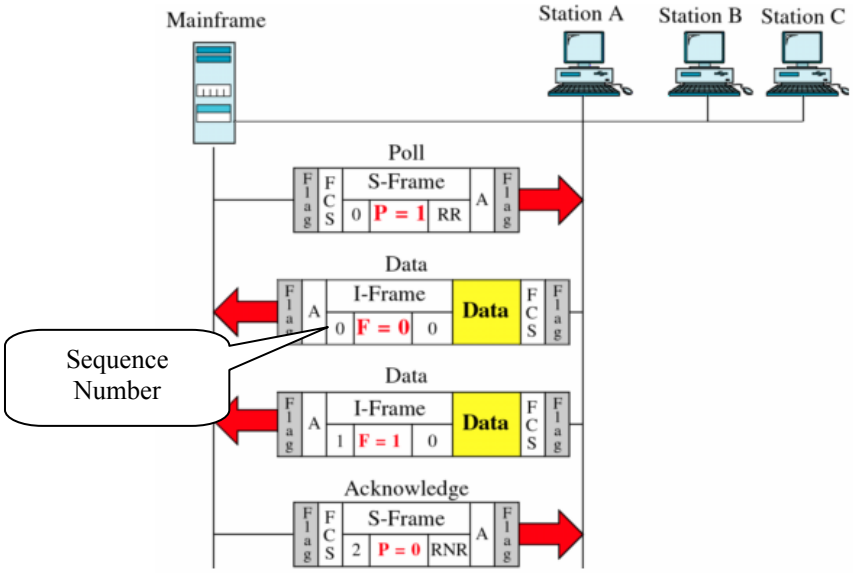
بیتهای N(R) و PF مانند قبل است . بیتهای Code مخصوص S-Frame و U-Frame ها هستند.

بیت های Code در S-Frame دارای مفهوم زیر هستند :

- ۰۰ Receiver Ready : ایستگاه آماده دریافت اطلاعات است و شماره فریم بعدی را اعلام کرده در N(R) میگذارد.
- ۰۱ Reject Ready : فریم خراب بوده تقاضای ارسال مجدد با روش Go Back N میکند.
- ۱۰ RNR Receive not Ready : ایستگاه آماده دریافت اطلاعات نیست و فیلد N(R) خالیاست.
- ۱۱ Selective Reject Request : تقاضای ارسال مجدد یک فریم خاص که شماره آن در N(R) است .

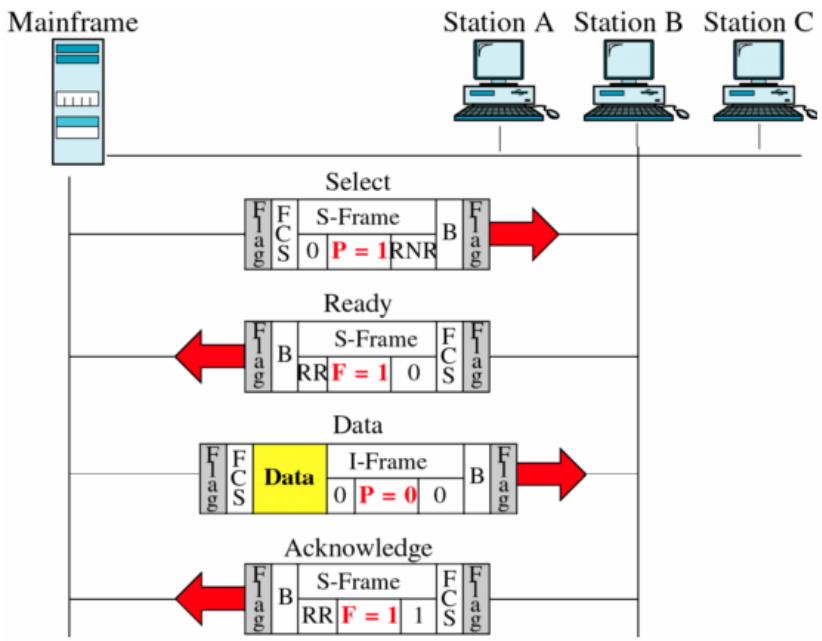
برای بهتر مفهوم شدن مطالب فوق دو مثال از Poll و Selecting را در زیر ارائه میکنیم.

مثال زیر یک نمونه از Poll است :



ابتدا فریم Poll برای A ارسال میگردد بنابر این بیت PF یک شده است ، در این فریم بیت Code به RR ست شده است که به معنی آماده بودن Primary جهت دریافت دیتا از ایستگاه A است. کامپیوتر A در پاسخ به Primary شروع به ارسال فریم ها میکند و البته بیت PF را نیز "۰" میکند.در فریم آخر بیت PF را دوباره "۱" میکند که این بار مفهوم Final دارد. Primary باید جوابی را ارسال کند که یک S-Frame است . RNR معنی ACK را دارد و با ارسال Sequence Number شماره ۲ ، میگوید ۲ فریم را با موفقیت گرفته است و منتظر دریافت فریم با شماره ۲ است . همچنین P را نیز به "۰" ست کرده است ، یعنی اطلاعات را سالم گرفته است (این درواقع یک تایید از طرف Primary است و نه درخواست ارسال اطلاعات) .

مثال زیر نیز یک نمونه از Select است :



در این مثال Primary میخواهد به Secondary ها دیتا ارسال کند بنابراین ابتدا فریم Select از طرف Primary برای ایستگاه B ارسال میگردد با این تفاوت که بیت Code به RNR ست شده است یعنی گیرنده آماده دریافت اطلاعات باشد . ایستگاه B در پاسخ به Primary فریم S را ارسال میکند و بیت PF را نیز "۱" میکند که به معنی تمام شدن ارسال فریم از طرف B است . همچنین بیت Code را نیز به RR ست میکند که به معنی آماده بودن B جهت دریافت دیتا از Primary است و منتظر دریافت فریم با شماره یک میباشد (N(R)=1) .

حال Primary فریم I را ارسال کرده و دیتا را به همراه این فریم به B میفرستد. دوباره یک فریم ACK از طرف B به Primary ارسال میگردد که در آن ایستگاه B برای دریافت فریم های بعدی اعلام آمادگی میکند (بیت Code را به RR تنظیم میکند.)

Piggy Backing : به روشی میگویند که در آن گیرنده در هنگام ارسال ACK ، Data را نیز با همان فریم ارسال کند .

مثال) یک Host توسط دو مالتی پلکسر آماری به ۱۶ ترمینال آسنکرون متصل است . اگر سرعت پورتهای ترمینالها 1200 bps باشد و سرعت خطوط بین مالتی پلکسر 9600 bps بوده و پروتکل HDLC استفاده شده باشد :

الف) ماکزیمم مقدار کارایی (U)

ب) Throughput : ماکزیمم مقدار گذردهی سیستم در واحد زمان

ج) اگر میانگین کاراکترهای واردشده به هر ترمینال 10 cps باشد آیا نیاز به بافر هست ؟

د) اگر Host یک صفحه کامل با میانگین ۱۲۰۰ کاراکتر به هر ترمینال بفرستد ، آیا نیازی به وجود بافر هست ؟ در صورت وجود داده های اضافی مقدار این زمان را محاسبه کنید .

الف)

۱۶ کاراکتر برای ۱۶

$U = (16/16) * 100 = 100\%$

۱۶ بیت

در صورتی ۱۰۰٪ است که هیچ داده اضافی نداشته باشیم ولی در ساختار فریم HDLC ، یک بایت برای Flag دو بایت برای FCS ، یک بایت آدرس و دو بایت کنترل داریم که جمعا ۷ بایت به داده ها اضافه میشود

$U = 16 / (16+7) = 0.696 = 70\%$ ➔ 30 % Overhead

ب)

$T_{max} = 9600 * 0.696 = 6678$ bps ماکزیمم گذردهی سیستم

اگر در هر ثانیه تعداد بیتهای ارسالی بیشتر از این مقدار باشد باید بافر کنیم.

ج)کل کاراکترهایی که MUX باید به Terminal ها بفرستد ۱۶ است و هر کاراکتر ۱۰ بیت است :

$10 * 16 = 160$ cps ➔ $160 * 8 = 1280$ bps

چون $6678 > 1280$ است نیازی به بافر نداریم.

د) سرعت پورت ترمینالها ۱۲۰۰ بیت بر ثانیه است .

1200 bps / 10 = 120 cps

هر Connection حداکثر ۱۲۰ کاراکتر در ثانیه انتقال میدهد .

بنابر این برای انتقال ۱۲۰۰ کاراکتر مدت زمان زیر نیاز است :

1200 / 120 = 10 s

سرعت ارسال MUX :

6678 / 10 (bits) = 667.8 cps

تعداد کاراکترهایی را که در ۱۰ ثانیه میفرستد :

667.8 * 10 = 6678

کل درخواست ترمینالها از رابطه زیر محاسبه میگردد بنابراین به بافر نیاز خواهیم داشت :

1200 * 16 = 19200

حجم بافر مورد نیاز : 19200 – 6678 = 12800

زمان بافر : 12800 / 667.8 = 19

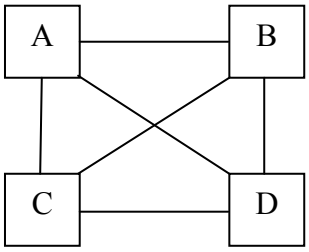
sbargh.ir

فصل نهم

سوئیچ (Switching)

فرض کنید که چهار کامپیوتر A , B , C , D داشته باشیم . از چه روشی برای اتصال آنها به یکدیگر میتوان استفاده کرد ؟ همانطور که میدانید روشهای متفاوتی برای اتصال این کامپیوترها به یکدیگر وجود دارد که چند تا از آنها را برسی میکنیم .

- **توپولوژی Mesh**

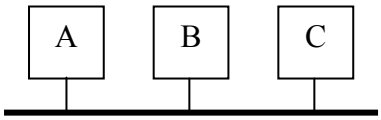


طبق این روش باید ین تک تک کامپیوتر ها مسیر مستقیم برای ارتباط وجود داشته باشد. علی رغم ویژگیهای خوب این روش مشکلات آن مانع استفاده از آن میشود. مشکلات این روش هزینه بالای سیم کشی و توسعه بسیار مشکل میباشد . اما مهمترین مشکل این روش آن است که چنانچه ارتباط بین دو ایستگاه قطع شود دیگر این دو ایستگاه به هیچ روشی نمیتوانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند.

در این روش ارتباط کاملا به صورت Point-to-Point میباشد بنابر این فیلدی به نام آدرس در فریم های ارسالی نداریم تا به کمک آن بتوان در صورت قطع شدن مسیر بین دو ایستگاه از مسیر های دیگر برای انتقال دیتا استفاده کرد.

مشکل دیگر این روش آن است که حتی زمانی که تمام ایستگاهها با یکدیگر در ارتباط هستند (A با B و C با D) تعدادی از خطوط بیکار هستند ، چنانچه تعداد ایستگاهها را به ۱۰۰ نود افزایش دهیم تعداد کل خطوط ارتباطی (100*99)/2 خواهد شد که حتی در صورت استفاده از کل شبکه تنها ۵۰ خط ارتباطی مشغول بوده و مابقی بیکار مانده اند.

- **توپولوژی Bus و Star**



روش دیگر اتصال کامپیوتر های فوق استفاده از توپولوژی Bus است (در اینجا منظورمان یک شبکه با روش Bus یا Star است) برخلاف توپولوژی قبل پیاده سازی آن کم هزینه است و براحتی قابل توسعه نیز میباشد . اما یکی از مشکلات آن اشتراکی بودن محیط ارتباطی است بنابراین چنانچه دو ایستگاه با یکدیگر ارتباط برقرار کنند تا زمانی که ارتباط آن دو قطع نشده است دیگران نمیتوانند از محیط ارتباطی برای انتقال دیتا استفاده کنند.

از آنجایی که محیط اشتراکی است هر ایستگاهی قبل از ارسال دیتا باید مطمئن شود که ایستگاهی دیگری در حال ارسال دیتا بر روی محیط ارتباطی نیست ، این کار به این روش پیاده سازی میگردد که هر ایستگاه قبل از آنکه دیتای خود را برروی مسیر ارتباطی قرار دهد شروع به گوش کردن به خط میکند اگر هیچ نوع سیگنالی دریافت نکند فرض را بر این گذاشته که هیچ ایستگاهی در حال استفاده از محیط نیست بنابر این دیتای خود را برروی محیط انتقال قرار میدهد.

اما حالتی را فرض کنید که دو ایستگاهی همزمان اقدام به این کار کنند ، در این صورت چه اتفاقی میافتد ؟ علاوه بر اینکه هر ایستگاهی موظف است قبل از ارسال دیتا به برسی آزاد بودن خط بپردازد ، در زمان ارسال دیتا نیز دائما برسی میکند که اشتباها ایستگاه دیگری نیز در حال ارسال نبوده باشد (Collision Detection) و به محض مشاهده تداخل عمل ارسال را متوقف میکند و بعد از یک مدت زمان Random دوباره اقدام به تکرار مراحل فوق میکند.

بنابراین طبق توضیحات فوق از نظر فاصله نیز محدودیت داریم . درواقع علت این محدودیت ، از بین رفتن دیتا نیست چرا که این مشکل را میتوان به کمک Repeater برطرف کرد ، مشکل از آنجا ناشی میشود که اگر دو ایستگاه در فاصله دوری از هم باشند ، این احتمال وجود دارد که این دو ایستگاه دائما همزمان با یکدیگر اقدام به استفاده از خط کنند چرا که اگر هم یکی زود تر از دیگری خط را به دست بگیرد ، ایستگاه دوم به علت نرسیدن دیتای ایستگاه اول شروع به استفاده از خط میکند و بعد از چند لحظه متوجه میشود که خط قبلا در حال استفاده بوده است بنابراین سریعا عمل ارسال را متوقف میکند . ایستگاه اول نیز متوجه تداخل سیگنال شده و آنهم عمل ارسال را متوقف میکند و این پروسه دائما تکرار میشود.

بنابراین حداکثر فاصله در این روش یک کیلومتر است .

با توجه به مشکلات فوق استفاده از سوئیچ اشتناب ناپذیر میشود .

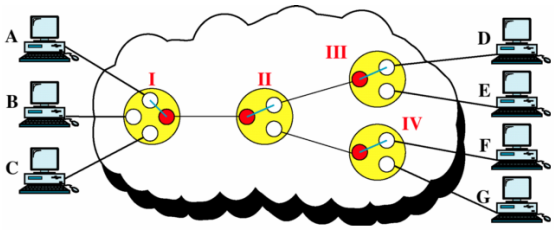
سوئیچ

سوئیچ وسیله ای است که وظیفه برقراری یک ارتباط موقت بین مبدا و مقصد را دارد . کار سوئیچ انتخاب مسیر و راه گزینی است .
تکنولوژی های سوئیچ عبارتند از :

- Circuit Switching
- Packet Switching
- Message Switching

Circuit Switching

در شبکه‌های مداری یک مسیر ارتباطی بین دو طرف برقرار شده و این مسیر تا پایان ارتباط رزرو می‌ماند. نمونهٔ این شبکه‌های مداری، شبکهٔ تلفن معمولی است. در این روش ابتدا ارتباط برقرار میگردد بعد انتقال دیتا صورت گرفته و در پایان ارتباط قطع میگردد.



در این روش زمانی که ارتباط بین A و D بر قرار است ، B نمیتواند با E ارتباط برقرار کند ، زیرا سوئیچ یک خروجی بیشتر ندارد.
در شبکه تلفن ، کاربر به مرکز تلفن محلی خود (End Office) وصل است . سوئیچ در این مرکز بیش از یک خروجی دارد. از مرکز تلفن محلی ، ارتباط با مراکز میانی (Long Distance Office) برقرار میشود و ... (مراکز تلفن بصورت سلسله مراتبی به همدیگر وصل شده اند) . در آخر دوباره به یک مرکز تلفن محلی میرسیم که به کاربر متصل شده است . ورودی End Office به تعداد کاربرها است ولی خروجی آن که به مراکز میانی متصل است ، با استفاده از تکنیک های Multiplexing کاهش پیدا کرده است . این مسیر بین مراکز تلفن Trunk نام دارد و از تکنیک FDM استفاده میکند.
اگر تعداد خروجی ها و ورودی های یک سوئیچ با هم برابر باشد ، شبکه از نوع non-Blocking است بدین معنی که همواره برای هر کاربری خط آزاد وجود دارد . اما اگر تعداد ورودی ها و خروجی های یک سوئیچ با هم برابر نباشند شبکه از نوع Blocking است که در این صورت امکان استفاده همزمان همه کاربرها از خطوط وجود ندارد. شبکه سوئیچ مداری مبتنی بر شبکه Blocking است زیرا احتمال استفاده همزمان تمام کاربرها از خطوط شبکه کم است .

sbargh.ir

سویچ های مداری خود به دو دسته سوئیچ های مکانی (Space Division) و سوئیچ های زمانی (Time Division) تقسیم میشوند.سوئیچ های مکانی بیشتر در محیطهای آنالوگ به کار میرود .

سوئیچ های مکانی دارای دو نوع متفاوت هستند :

۱. Crossbar Switch

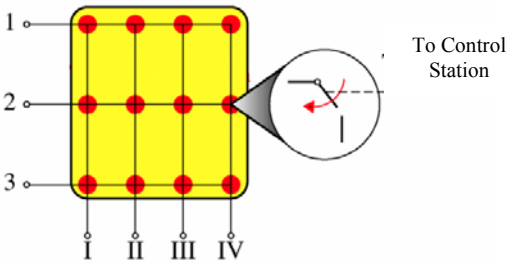
در این روش ایستگاهها را بصورت سطری و ستونی فرض میکنند حال اگر ایستگاهی در سطر ۱ بخواهد با ایستگاه موجود در سطر ۲ ارتباط برقرار کند کافی است که Cross-Point مربوط به اتصال سطر ۱ و ستون ۲ فعال شود اما مشکلات این روش عبارتند از :

I. چنانچه تعداد ایستگاهها را افزایش دهیم ، تعداد Cross-Point ها به شدت افزایش میابد.

تعداد خروجی در هر سوئیچ×تعداد ورودی در هر سوئیچ = تعداد Cross-Point ها در هر سوئیچ

II. چنانچه یک Cross-Point از کار بیافتد دیگر هیچ راهی برای برقراری ارتباط بین دو ایستگاه متصل به آن Cross-Point وجود ندارد .

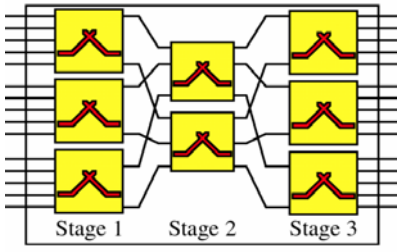
III. همواره تعداد زیادی از Cross-Point ها بیکار هستند.

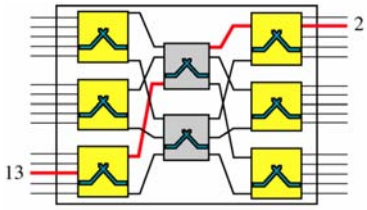


۲. Multistage Switch

برای رفع مشکلات روش قبل معمولا از این روش استفاده میگردد .در این روش Cross-Point ها را طبقه بندی میکنیم بنابر این تعداد Cross-Point ها کاهش میابد از طرفی اگر یک Cross-Point از کارز بیافتد بازهم میتوان از مسیر های دیگر ارتباط را برقرار کرد اگرچه در این صورت بحث مسیریابی مطرح میشود.

مشکل این روش آن است که در هر طبقه خروجی Switch ها محدود میشود بنابراین امکان برقراری ارتباط با کل ایستگاهها در یک لحظه وجود ندارد. (این مفهوم دقیقا مانند مفهوم ظرفیت Trunk در خطوط ارتباطی تلفن است) .





به عنوان مثال فرض کنید که ایستگاه ۲ با ایستگاه ۱۳ ارتباط برقرار کند ، مسیر برقرار شده به صورت زیر خواهد بود :

sbargh.ir