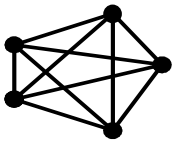
انتقال داده

انتقال داده‌ها

ساختارهای مختلف برای شبکه‌های محلی پخشی:

ساختار مش (مشبک):

mesh



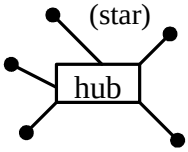
– بین هر دو گره اتصال وجود دارد.

– در صورت خرابی یکی ازاتصالات، عملکرد کل شبکه تحت تاثیر قرار نمی گیرد و به راحتی قابل تشخیص است .

– تعداد اتصالات زیاد، یکی از عیب‌های این ساختار است .

ساختار ستاره:

(star)



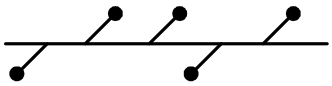
– ترافیک از یک نقطه (hub) عبور می‌کند .

– هزینه اتصالات کمتر از حالت قبلی می‌باشد.

– در صورت خرابی hub کل شبکه تحت تاثیر قرار می‌گیرد .

ساختار گذرگاه:

(bus)



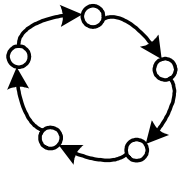
– هزینه اتصال بسیار پایین می‌باشد.

– تشخیص خطا بسیار مشکل است.

– در هر لحظه فقط یک دستگاه می‌تواند داده ارسال کند.

ساختار حلقه:

(Ring)

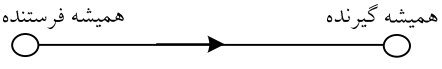


– هر عنصر در واقع تکرار کننده (repeater) است.

– هر بیت اطلاعات به صورت مستقل از سایر بیت های یک بسته در شبکه منتشر می شود .

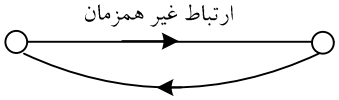
– خراب شدن یکی از عناصر، عملکرد کل شبکه را مختل می کند .

روش‌های مختلف ارسال :



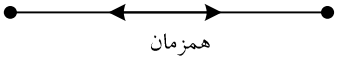
– ساده Simplex (SX) :

مثال : موس و کامپیوتر



– نیمه دو طرفه(Half-duplex) (HDX) **:**

مثال : ارتباطات بی سیم


همزمان

- تمام دو طرفه (full-duplex)(FDX) :

مثال : تلفن

سیگنال مربعی:

یک سیگنال مربعی در واقع به صورت زیر می باشد ،(با دامنه های A,A–)

$$s(t) = A * \frac{۴}{\pi} * \sum_{\substack{K=۱ \\ K:odd}}^{\infty} \frac{\sin(۲\pi kft)}{k}$$

*شامل بی نهایت مولفه فرکانسی فرد می باشد .

* با توجه به اینکه تمامی جملات در $\frac{۱}{k}$ضرب می شوند ، بیشتر انرژی سیگنال در چند مولفه فرکانسی اول قرار دارد .

اختلالات انتقال: (Transmission Impairments)

- تضعیف (Attenuation)

- اعوجاج (distortion)

- نویز (noise)

تضعیف:

- تضعیف تابعی افزایشی از فرکانس است .
- در مورد سیگنالهای آنالوگ از اهمیت بیشتری برخوردار است .

اعوجاج:

اعوجاج تضعیف (Attenuation distortion) : در دیجیتال کمتر مشکل ایجاد می کند زیرا قدرت سیگنال دیجیتال با افزایش فرکانس سریعا کاهش می یابد یعنی بخش بزرگی از انرژی نزدیک به فرکانس اصلی تانرخ انتقال بیتی سیگنال ذخیره شده است .

اعوجاج تاخیر (delay distortion) : ناشی از این واقعیت است که سرعت انتشار یک سیگنال در طول محیط انتقال هدایت شده با فرکانس تغییر می کند.

یکی از تاثیرات منفی و مهم اعوجاج تاخیر که سبب کاهش حداکثر نرخ بیتی قابل ارسال در کانال انتقال می شود، تداخل میان سمبل (Entersymbol interface) می باشد .

نویز:
۱- حرارتی (Thermul)
۲- مدولاسیون داخلی (Intermodulation)
۳- همشنوایی(Cross talk)
٤- ضربه (Impulse)

نویز حرارتی: به صورت یکسان در طیف فرکانسی توزیع شده است و به عنوان نویز سفید شناخته می‌شود.

میزان نویز حرارتی در یک رسانه:

$N = N_{\circ} B_T$ پهنای باند: B_T

$N_{\circ} = K T (W/Hz)$ چگالی قدرت نویز در پهنای باند ۱ هرتز : $N_{\circ}$

ثابت بولتزمن :K

درجه حرارت بر حسب کلوین :T

نویز مدولاسیون داخلی:

– زمانی که سیگنال‌هایی با فرکانس های مختلف از یک محیط انتقال مشترک استفاده می کنند ممکن است پدید آید.

– معمولا زمانی ایجاد می شود که فرستنده یا گیرنده و یا وسایل میانی سیستم ، غیر خطی باشند .

نویز همشنوایی:

– ناشی از تزویج ناخواسته بین مسیرهای مختلف سیگنال‌هاست.

– معمولا در زوج سیم های نزدیک به هم و سیم‌هایی که به صورت موازی با هم وصل شده باشند ایجاد می‌شود .

– دامنه نویز حرارتی ≤ دامنه نویز همشنوایی

نویز ضربه:

– در اثر فشار شات الکترومغناطیسی خارجی مانند برق آسمان و ... ایجاد می‌شود.

– در سیستم های آنالوگ چندان اهمیتی ندارد اما در دیجیتال بسیار مهم است.

قضیه نایکوئیست:

پهنای باند (بدون نویز)

ظرفیت کانال $C = ۲B \log_۲^M$ ← تعداد سطوح ولتاژ

فرمول ظرفیت شانون:

ظرفیت کانال $C = B \log_۲(۱+SNR)$ نسبت سیگنال به نویز

پهنای باند

توجه بسیار مهم: واحدSNR در این رابطه dB نمی‌باشد بلکه نسبت توان سیگنال به نویز می‌باشد.

$(SNR)_{dB} = ۱۰ \log_{۱۰} \frac{signal\ power}{noise\ power}$ $(SNR)_{dB} = ۲۰ \log_{۱۰} \frac{signal\ volt}{noise\ volt}$

توجه : حتما موقع حساب کردن $(SNR)_{dB}$ به داده های مسئله توجه داشته باشیم که بر حسب وات هستند یا بر حسب ولت.

– فرمول شانون حد بالای نرخ داده قابل دسترسی را نشان می دهد که در عمل چنین نرخی را نداریم .(به دلیل اینکه در فرمول فقط نویز سفید در نظر گرفته شده است.)

عبارت $\frac{E_b}{N_{\circ}}$:

انرژی سیگنال در بیت — توان سیگنال

$\frac{E_b}{N_{\circ}} = \frac{S}{KRT}$

چگالی قدرت نویز در هر هرتز — نرخ داده سیگنال — دما بر حسب کلوین

$(\frac{E_b}{N_{\circ}})_{dB} = S_{dBW} + ۲۲۸/۶\ dBW - ۱۰ \log T - ۱۰ \log R$ بر حسب دسی بل

دلیل اهمیت $\frac{E_b}{N_{\circ}}$: نرخ خطای بیتی برای داده های دیجیتال یک تابع کاهشی از $\frac{E_b}{N_{\circ}}$ است .

نمونه سؤالات

۱) کدام گزینه در مورد نویزهای کانال انتقال نادرست است: (سراسری– ۸۲)

۱) توان نویز حرارتی مناسب با پهنای باند کانال انتقال است.

۲) منشأنویز inter modulation کانال، منابع نویز خارجی هستند.

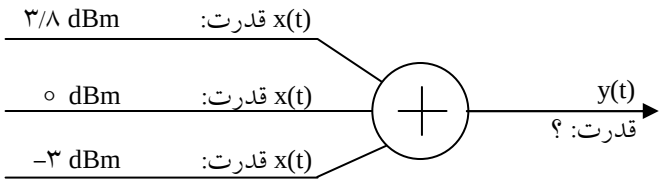
۳) منشأ نویز Cross talk می‌تواند القای کانال‌های مجاور هستند.

٤) نویز ضربه‌ای (impulse) در ارسال دیجیتال نسبت به ارسال آنالوگ مشکل بیشتری ایجاد می‌کند.

گزینه (۲) صحیح است.

۲) سه سیگنال مستقل با مؤلفه dc صفر و قدرت‌های $p_x = ۳/۸dBm$ ، $p_y = ۰dBm$ و $p_z = -۳dBm$ با یکدیگر جمع شده‌اند. قدرت سیگنال حاصل چقدر خواهد بود؟(سراسری- ۸۳)

۱) ۰/۸ dBm ۲) ۱/۲ mw ۳) ۵/٤۵ dBm ٤) ۵/۹۱ dBm



گزینه ٤ صحیح است.

نکته بسیار مهم: برای جمع توان چند سیگنال باید توان آنها را در مبنای غیر لگاریتمی با هم جمع کرد.

$$(p_x)_{dB} = ۳/۸ \Rightarrow ۳/۸ = ۱۰\log_{۱۰}^{p_x} \Rightarrow p_x = ۱۰^{۰/۳۸} = ۲/۴ \quad , \quad (p_y)_{dB} = ۰ \Rightarrow ۰ = ۱۰\log_{۱۰}^{p_y} \Rightarrow p_y = ۱۰^{۰} = ۱$$

$$(p_z)_{dB} = -۳ \Rightarrow -۳ = ۱۰\log_{۱۰}^{p_z} \Rightarrow p_z = ۱۰^{-۰/۳} = ۰/۵ \quad , \quad p_r = p_x + p_y + p_z = ۳/۹$$

$$(p_r)_{dB} = ۱۰\log_{۱۰}^{p_r} = ۱۰\log_{۱۰}^{۳/۹} = ۵/۹۱$$

۳) پهنای باند یک سیگنال صحبت ۳kHz است. اگر این سیگنال با نرخ نایکوئیست نمونه‌برداری شده و سپس باچندی کننده یکنواخت (Uniform quantization) با سیگنال به نویز ۳۱/۷dB چندی شده باشد، نرخ انتقال داده این سیستم چقدر خواهد بود؟ (سراسری- ۸٤)

۱) ۴۸kbps ۲) ۳۶kbps ۳) ۳۰kbps ٤) ۶kbps

گزینه (۳) صحیح است.

$$SNR_{dB} = ۳۱/۷dB \quad , \quad SNR_{dB} = ۱۰\log_{۱۰}^{(SNR)} \Rightarrow SNR = ۱۰^{(SNR_{dB}/۱۰)} \cong ۱۴۷۹$$

$$B = ۳kHz = ۳۰۰۰Hz \quad , \quad C = B\log_{۲}(۱+SNR) = ۳۰۰۰ \times \log_{۲}^{۱۴۷۹} \cong ۳۰۰۰ \times ۱۰ = ۳۰kbps$$

انتقال داده‌ها

رسانه‌های انتقال:

رسانه انتقال

هدایت شده (guided): رسانه صلب، زوج سیمی، کابل هم محور و فیبر نوری

هدایت نشده (unguided): پهنای باند سیگنال ایجاد شده توسط آنتن فرستنده از اهمیت بیشتری نسبت به رسانه انتقال در تعیین مشخصات انتقال برخوردار است.

* خاصیت کلیدی سیگنال‌های ارسالی توسط آنتن، جهت‌دار بودن آنها می‌باشد. (directionality)

– در فرکانس‌های پایین، سیگنال‌ها همه جهته هستند. (سیگنال از آنتن در تمام جهات انتشار می‌یابد.)

– در فرکانس‌های بالا، می‌توان سیگنال را در یک پرتو مستقیم (directional beam) متمرکز کرد.

رسانه انتقال هدایت شده:

زوج سیمی:

* کم بهاترین و پرکاربردترین که هم کاربرد آنالوگ و هم کاربرد دیجیتال دارد.
* هر زوج سیم به عنوان یک خط ارتباطی می‌باشد.
* اثر تابیدن: کاهش تداخل همشنوایی میان زوج‌های مجاور در یک کابل
* در نرخ ارسال داده‌ها و فواصل دارای محدودیت می‌باشد (نسبت به سایر رسانه‌ها)
* تضعیف زیاد و وابستگی زیادی به فرکانس دارد.
* حساسیت زیاد نسبت به تداخل و نویز (چون به آسانی تحت تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی قرار می‌گیرد.)

روش‌های کاهش اختلالات در زوج سیمی:

* پوشاندن زوج سیم‌ها با ورقه‌های نازک فلزی که تداخل را کاهش می‌دهد.
* تابیدن سیم که تداخل فرکانس پایین را کمتر می‌کند.
* استفاده از سیم‌های با طول‌های متفاوت که باعث کاهش همشنوایی می‌شود.

زوج سیمی

STP (حفاظ‌دار)

UTP (بدون حفاظ)

مزیت STP نسبت به UTP کاهش حساسیت نسبت به نویز و اختلالات الکترومغناطیسی خارجی است. البته نسبت به UTP گران‌تر بوده و کار با آن دشوارتر و کاربرد کمتری نسبت به آن دارد.

کابل هم محور:

* مثل زوج سیمی از دو رسانا تشکیل شده است.
* ساختار به گونه‌ای است که امکان عمل در محدوده وسیع‌تری از فرکانس‌ها را پدید می‌آورد.
* حساسیت بسیار کمتری نسبت به تداخل و همشنوایی دارد.

* هم برای آنالوگ و هم برای دیجیتال به کار می‌رود.

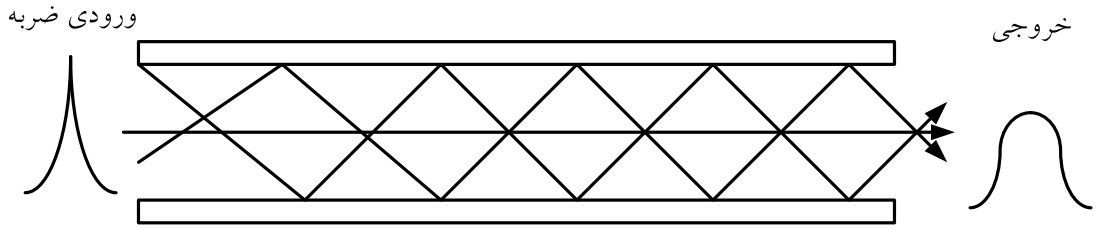
فیبر نوری:

* افت ناچیزی دارد به دلیل به کارگیری ماده شفافی مانند سیلیکان خالص می‌باشد.
* استوانه‌ای شکل بوده و از سه بخش هم مرکز تشکیل شده است:
  - هسته (core)
  - روکش (cladding)
  - ژاکت (jacket)
* برای اینکه بازتاب کلی صورت گیرد:

ضریب شکست نور روکش< ضریب شکست نور هسته

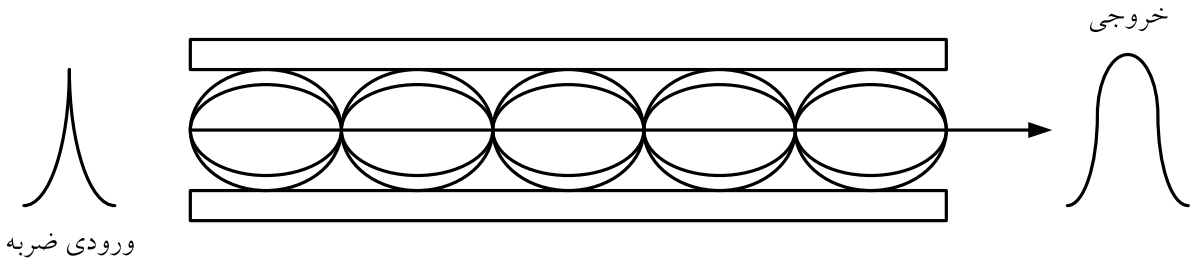
حالت‌های انتقال در فیبر نوری:

* انتقال با ضریب شکست پله‌ای چند حالته (Step- index multimode):



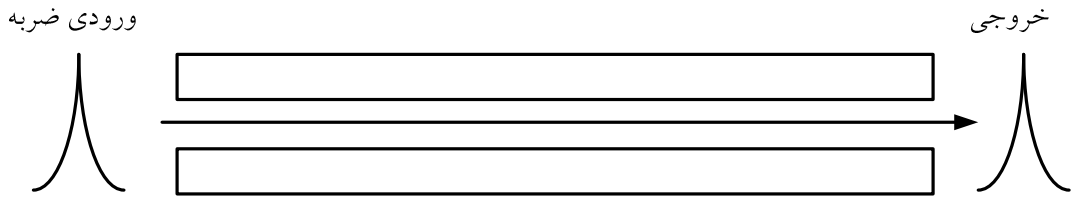
- برای انتقال در مسیرهای بسیار کوتاه مناسب است.

* انتقال با ضریب شکست تدریجی چند حالته (Graded- index multimode):



- ضریب شکست هسته، بسته به فاصله از محور فیبر به تدریج تغییر پیدا می‌کند که بیشترین ضریب شکست در مرکز هسته و نزدیک به محور فیبر می‌باشد.

* انتقال تک حالته (Single mode):



- با کاهش شعاع هسته، تنها یک زاویه می‌تواند عبور کند. (کارایی بیشتری دارد و اعوجاج موجود در چند حالته را ندارد)

کاربرد اصلی و مهم فیبر نوری:

زمانی به کار گرفته می‌شود که چند پرتو نور با فرکانس‌های متفاوت در یک فیبر یکسان انتقال یابند. (نوعی از FDM می‌باشد اما بیشتر با نـام

WDM شناخته می‌شود.)

انتقال بی‌سیم:

در محیط انتقال هدایت نشده، ارسال و دریافت توسط آنتن صورت می‌گیرد که دو نوع پیکره‌بندی وجود دارد:

* یک جهته (directional)
* همه جهته (omnidirectional)

هر چه فرکانس سیگنال بالا باشد، امکان متمرکز کردن نیز بالا می‌رود.

مایکروویو در ارتباطات زمینی (Terrestrial Microwave):

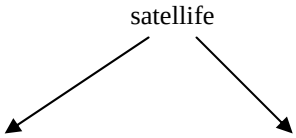
معمول‌ترین نوع آنتن Parbolic dish می‌باشد که یک دیش مهمی شکل با قطری در حدود ۳ متر می‌باشد که در ارتفاعات نصب می‌شود تا خط دید انتقال ایجاد شود.

ماکزیمم فاصله میان آنتن‌ها بدون وجود مانع: $d = ۷/۱٤\sqrt{kh}$

d(km): فاصله بین دو آنتن

k: ضریب تنظیم کننده که مقدار مناسب برای آن $\frac{٤}{۳}$ می‌باشد.

h(m): ارتفاع آنتن



افت در سیستم‌های مایکروویو:

$$L = ۱۰\log\left(\frac{٤\pi d}{\lambda}\right)^{۲} dB$$

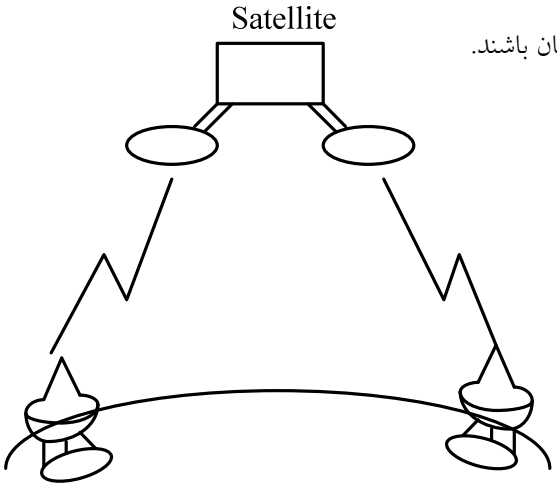
d: فاصله بین دو آنتن

λ: طول موج واحدهای d و λ باید با هم یکسان باشند.

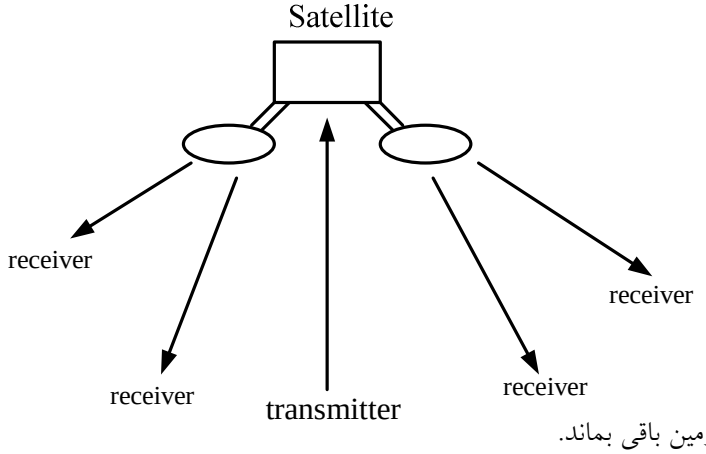
مایکروویو ماهواره (Satellite Microwave):

دو پیکره‌بندی وجود دارد:

* ارتباط نقطه به نقطه از طریق ماهواره



* ارتباط چند بخشی از طریق ماهواره



* ماهواره باید در وضعیت پایداری نسبت به موقعیتش به دور زمین باقی بماند.

* برای ماندن در وضعیت پایدار، ماهواره باید دارای دوره تناوب گردشی برابر دوره گردش زمین باشد.

* اگر دو ماهواره که از باند فرکانسی یکسان استفاده می‌کنند به قدر کافی از هم فاصله نداشته باشند، تداخل خواهند داشت که با توجه آن می‌توان نتیجه گرفت که تعداد ماهواره‌های ممکن به دور زمین محدود می‌باشد.

انتشار رادیویی:

* اختلاف اساسی بین انتشار رادیویی و مایکروویو: انتشار رادیویی همه جهته می‌باشد ولی مایکروویو در یک جهت مستقیم می‌باشد.

* در این انتشار نیاز به آنتن‌های دیش شکل نداریم.

دو فرمول $d = ۷/۱٤\sqrt{kh}$ و $L = ۱۰\log\left(\frac{٤\pi d}{\lambda}\right)^{۲}$ در این انتشار هم صادق است.

* منبع اصلی اختلالات در انتشار امواج رادیویی، انعکاس از دریا، زمین، اشیاء و... می‌باشد که به آن اختلال مسیر چندگانه (multipath interface) گفته می‌شود مانند عبور هواپیما که در این حالت چند تصویری در تلویزیون مشاهده می‌شود.

نمونه سؤالات

۱- در صورتی که تابع تبدیل یک کانال انتقال در حوزه فرکانس برای تمام فرکانس‌ها مقدار ثابت یک باشد ولی فاز آن مقادیر دلخواهی باشد، می‌توان گفت: (مهندسی کامپیوتر ۸۲)

۱) سیگنال خروجی کانال تضعیف شده سیگنال ورودی است.

۲) توان متوسط خروجی کانال می‌تواند متفاوت از توان ورودی آن باشد.

۳) شکل موج خروجی کانال انتقال با شکل موج ورودی آن یکسان است.

٤) امکان به وجود آمدن تداخل بین سمبل (ISI) در کانال وجود دارد.

گزینه (٤) صحیح است.

۲- جهت انتقال اطلاعات از دو سیستم همزمان و غیرهمزمان با مشخصات زیر استفاده شده است. نسبت راندمان سیستم همزمان به راندمان سیستم غیرهمزمان چه مقدار خواهد بود؟ (مهندسی کامپیوتر ۸٤)

- در سیستم همزمان از فریم به طول ۱۵۰۰ بایت و سربار (Overhead) به طول ٥٦ بیت استفاده شده است.

- در سیستم غیرهمزمان برای هر بایت اطلاعات از یک بیت شروع و یک بیت توقف استفاده شده است.

۱) ۰/۸۱ ۲) ۱/۲۵ ۳) ۲/۸۰ ٤) ٥/٦

گزینه (۲) درست است.

در سیستم همزمان: در هر ۱۵۰۰ بایت، ۸ بایت اطلاعات سربار وجود دارد.

پس ۱٤۹۲ بایت اطلاعات اصلی وجود دارد پس داریم:

$$\text{راندمان روش همزمان} = \frac{۱٤۲۹}{۱۵۰۰} \cong ۰/۹۹۵$$

در سیستم غیرهمزمان:

در هر ۱۰ بیت، ۲ بیت اطلاعات اضافی وجود دارد.

پس در هر ۱۰ بیت، تنها ۸ بیت اطلاعات اصلی وجود دارد. پس داریم:

$$\text{راندمان روش غیر همزمان} = \frac{۸}{۱۰} = ۰/۸$$

$$\text{نسبت راندمان‌ها} = \frac{۰/۹۹۵}{۰/۸} \cong ۱/۲۵$$

۳- یک UART با نرخ ۹۶۰۰ بیت بر ثانیه، اطلاعات خویش را ارسال می‌کند. اگر فرکانس ساعت ورودی به آن ۱۵۳۶۰۰ هرتز باشد، حداکثر اعوجاج از مرکز بیت چقدر است؟ (آزاد ۷۸)

۱) ٪۱۲/۵ ۲) ٪۶/۲۵ ۳) ٪۲۵ ٤) ٪۵۰

گزینه (۲) درست است. $\frac{۹۶۰۰}{۱۵۳۶۰۰}\times ۱۰۰\% = ۶/۲۵\%$

٤- دو کامپیوتر A و B را مطابق شکل زیر توسط واسط RS- 232، دو مودم و یک کانال مخابراتی به یکدیگر متصل کرده‌ایم، می‌خواهیم به طور همزمان، فایلی را از A به B انتقال دهیم. کدامیک از ٤ عنصر زیر می‌تواند مولد کلاک برای ارسال داده‌ها باشد؟ (مهندسی کامپیوتر ۷۵)

۱)کامپیوتر A

۲) کامپیوتر B

۳) مودم مربوط به کامپیوتر A

٤) هر یک از مودم‌ها یا کامپیوترها

گزینه (۳) درست است.

انتقال داده‌ها

رمز کردن داده‌ها

رمز کردن داده‌ها می‌تواند اهداف مختلفی چون کاهش پهنای باند یا کاهش خطا باشد.

چهار حالت مختلف تبدیل داده‌ها به همدیگر عبارتند از:

۱) داده دیجیتال به سیگنال دیجیتال

۲) داده آنالوگ به سیگنال دیجیتال

۳) داده دیجیتال به سیگنال آنالوگ

٤) داده آنالوگ به سیگنال آنالوگ

تعاریف:

سیگنال تک قطبی (Unipolar): سیگنالی که در آن، همه المان‌های سیگنال مثبت یا همه منفی باشند.

سیگنال قطبی (polar): سیگنالی که در آن، یک وضعیت منطقی، سطح مثبت و بقیه با سطح منفی مشخص می‌شوند.

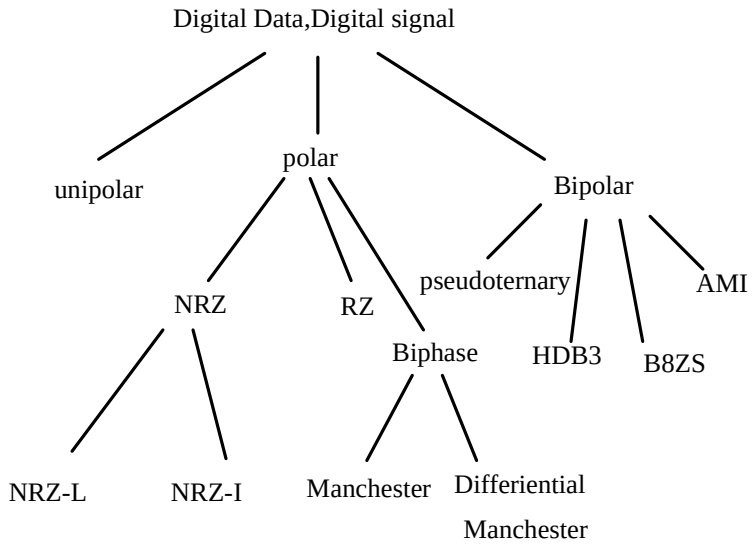
نرخ ارسال داده (bit rate): نرخ ارسال بیت‌ها در ثانیه می‌باشد که با R نمایش می‌دهند واحد آن bps می‌باشد.

فاصله بیتی (طول بیتی): مدت زمانی که فرستنده برای ارسال یک بیت نیاز دارد. برای نرخ ارسال داده R، فاصله بیتی $\frac{1}{R}$ است.

نرخ مدولاسیون (baud rate): برابر نرخی است که سطح سیگنال تغییر پیدا می‌کند که با توجه به نوع کد بندی مقدار آن تغییر می‌کند.

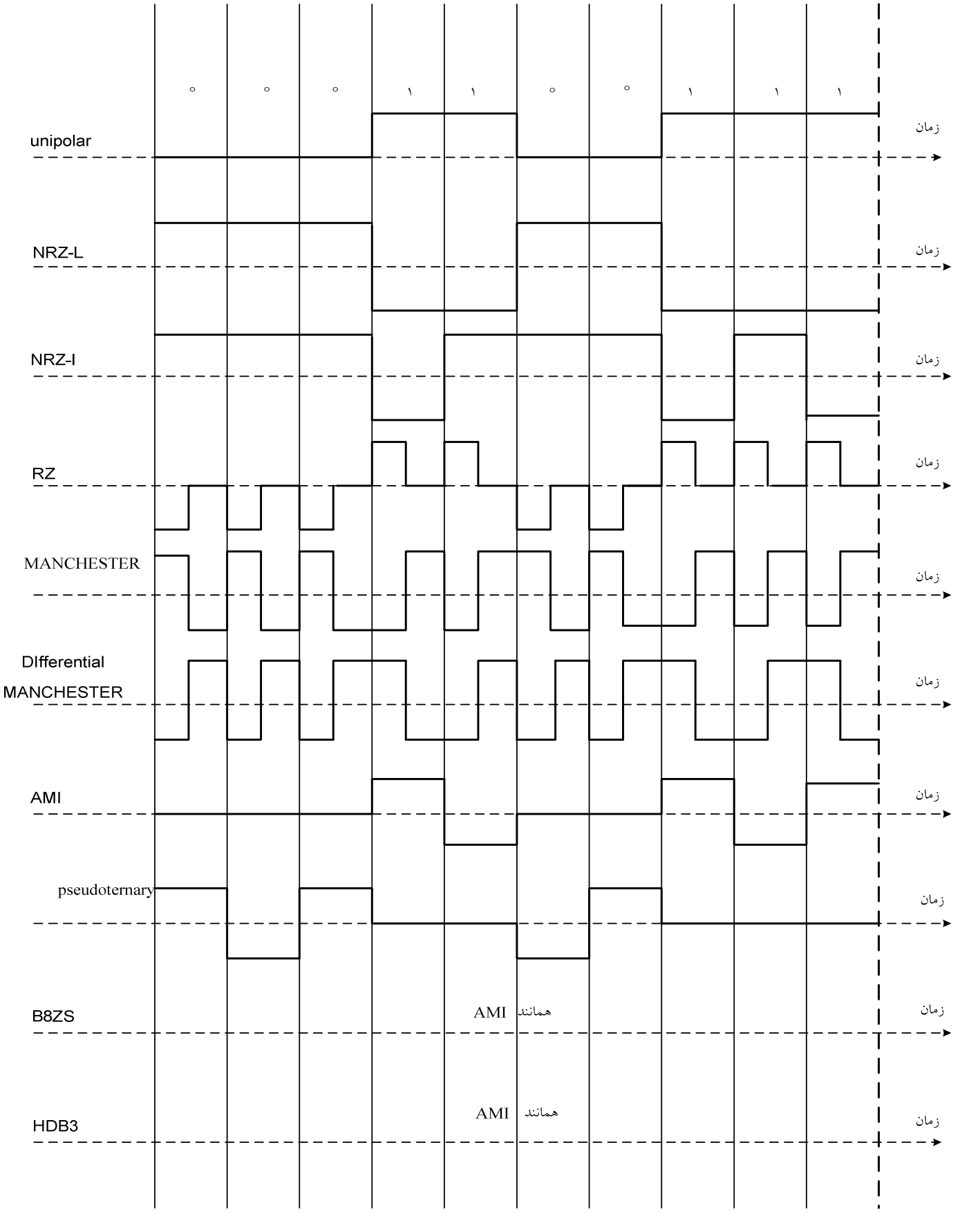
تبدیل داده‌های دیجیتال به سیگنال‌های دیجیتال:

شامل روش‌های زیر می‌باشد:

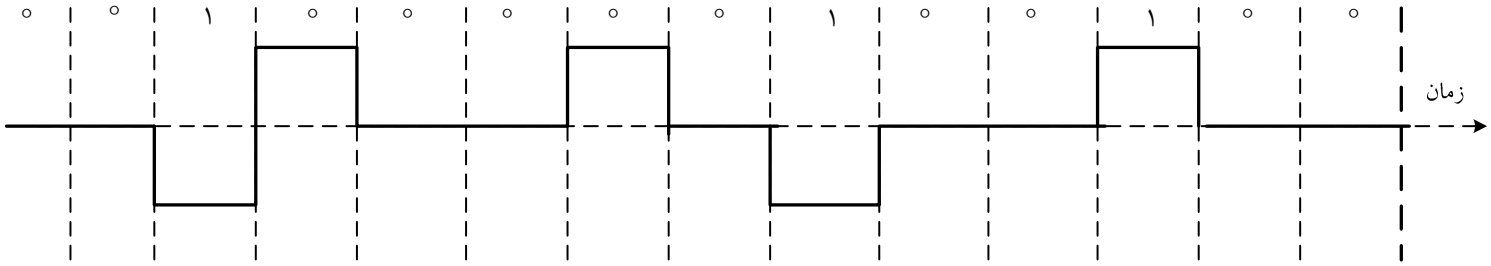


با یک مثال تمامی روش‌ها را نمایش می‌دهیم.

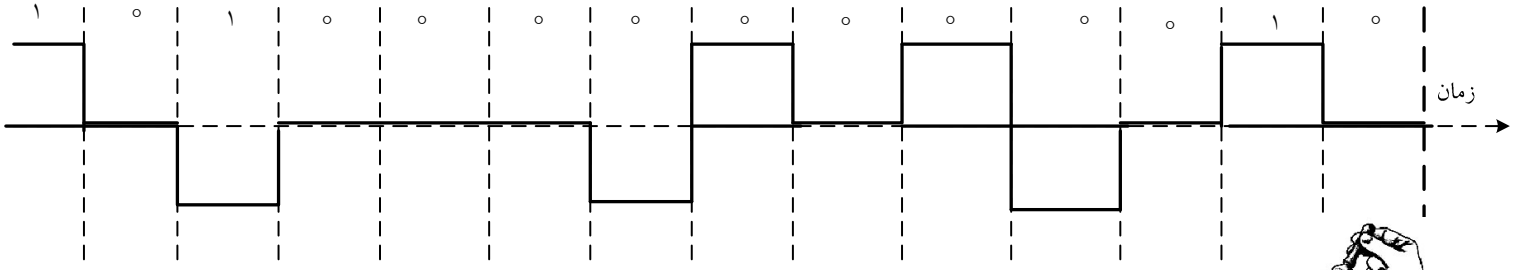
مثال: فرض کنید رشته داده ۰۰۰۱۱۰۰۱۱۱ را داشته باشیم. این رشته را به کمک روش‌های گفته شده، کد کنید.



مثال: فرض کنید رشته داده ۰۰۱۰۰۰۰۰۱۰۰۱۰۰ را داشته باشیم. این رشته را با روش HDB3، کد کنید.



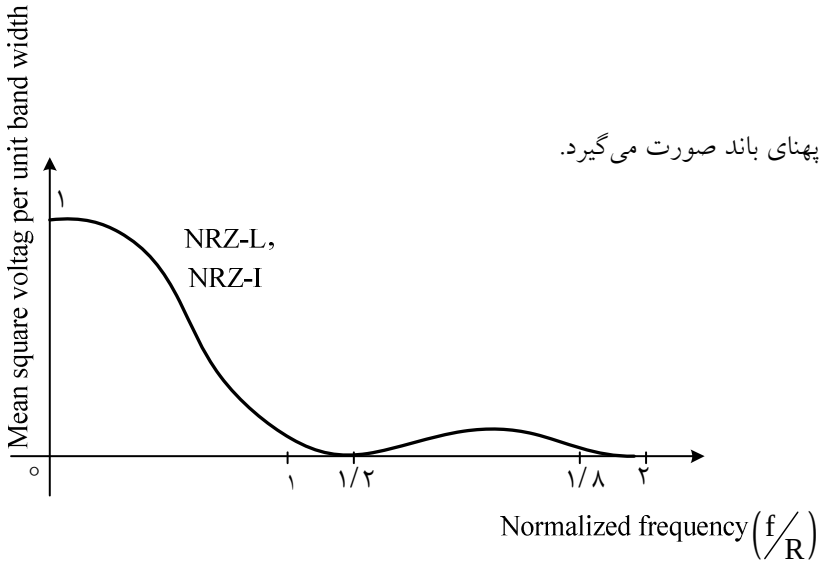
مثال: فرض کنید رشته داده ۱۰۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱۰ را داشته باشیم. این رشته را با روش B8ZS، کد کنید.



توجه: معمولاً از این روش‌ها به شکل مثال‌های اخیر در کنکور سؤال نمی‌شود و باید بتوانیم این روش‌ها را با هم مقایسه کنیم که نکات مربوط در ادامه آمده است.

ویژگی‌های NRZ:

– ساده و در عین حال استفاده مناسبی از پهنای باند صورت می‌گیرد.



– با توجه به نمودار بالا مشخص است که بیشتر انرژی سیگنال‌های NRZ- I, NRZ- L بین مؤلفه dc و نصف نرخ ارسال بیتی قرار گرفته است.

– محدودیت اصلی NRZ:

۱) حضور مؤلفه dc

۲) فقدان توانایی همگام سازی

– با توجه به محدودیت‌های گفته شده، این روش برای کاربردهای انتقال داده مناسب نمی‌باشد.

کدبندی تفاضلی (Differential encoding):

در این کدبندی، اطلاعات برحسب تغییراتی بین المان‌های متوالی سیگنال نمایش داده می‌شوند.

– کدبندی NRZ- I یک کدبندی تفاضلی می‌باشد.

فواید کدبندی تواضلی:

– اطمینان‌پذیری بیشتر در حضور نویز دارد.

– امکان از میان رفتن پلاریته کمتر می‌باشد.

برای مثال اگر یک رشته اطلاعات به طور ناگهانی معکوس شوند در کدبندی NRZ- L تمامی صفرها و یک‌ها معکوس خواهند شد ولی در NRZ- I (کدبندی تفاضلی) هرگز چنین مشکلی رخ نخواهد داد.

کدبندی‌های Bipolar (Pseudoternary, AMT):

– در این کدبندی‌ها از سه سطح ولتاژ استفاده شده است.

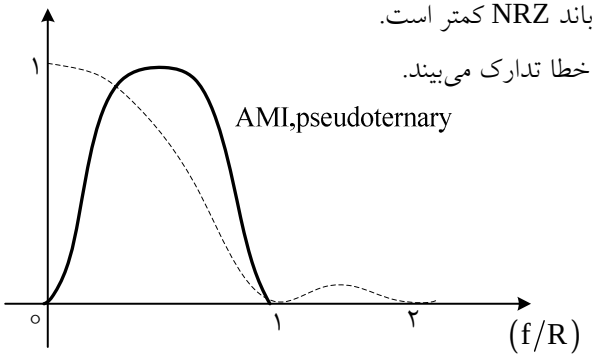
– ضعف‌های NRZ را برطرف می‌سازد.

– هیچ اختلالی در همگام‌سازی (در صورتی که رشته طولانی از (۱) ها داشته باشیم) رخ نمی‌دهد. البته می‌دانیم در صورتی که رشته‌ای طولانی از صفرها داشته باشیم همگام‌سازی دچار مشکل خواهد شد. (توجه داشته باشید که جمله بالا در مورد کدبندی AMI می‌باشد و در مورد کدبندی شبه سه تایی (Pseudoternary) عکس بالا صادق می‌باشد.)

– مؤلفه dc ندارد.

– پهنای باند سیگنال حاصل به نحو قابل ملاحظه‌ای از پهنای باند NRZ کمتر است.

– خاصیت تغییر پلاریته پالس، روش آسانی را برای شناسایی خطا تدارک می‌بینند.

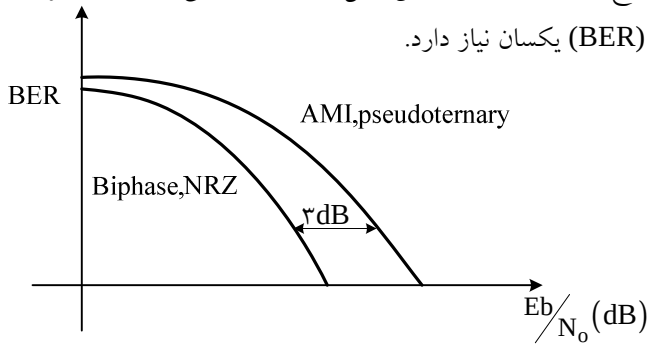


– کدبندی Bipolar مشکلات موجود در NRZ را حل کرده است ولی نسبت به آن دارای عیبی نیز هست که در ذیل تشریح شده است:

در Bipolar ۳ سطح داریم که با سه سطح هرالمان می‌تواند $\log_2^3 = 1/58$ بیت اطلاعات را انتقال دهد ولی در NRZ، هر المان یک بیت اطلاعات را انتقال می‌دهد پس:

کدبندی بندی Bipolar، کارائی کدبندی NRZ را ندارد.

– در کدبندی Bipolar، گیرنده باید قادر به تمیز بین سه سطح سیگنال باشد به همین دلیل سیگنال دودویی Bipolar تقریباً ۳ dB توان بیشتر از سیگنال دو سطحی (NRZ)، در یک احتمال خطای بیتی (BER) یکسان نیاز دارد.



– با توجه به نمودار بالا مشخص است با $\frac{Eb}{N_0}$ یا $\left(\frac{S}{N}\right)$ ثابت، نرخ خطای بیتی NRZ خیلی کمتر از Bipolar می‌باشد.

کدبندی Biphase:

شامل دو نوع منچستر و منچستر تفاضلی می‌باشد.

– این کدبندی‌ها نیز بر محدودیت‌های NRZ غلبه کرده‌اند.

– منچستر تفاضلی در مقایسه با به کارگیری کدبندی تفاضلی، سودمندی‌های بیشتری دارد.

– در این کدبندی‌ها برای هر بیت، یک گذار وجود دارد، پس داریم:

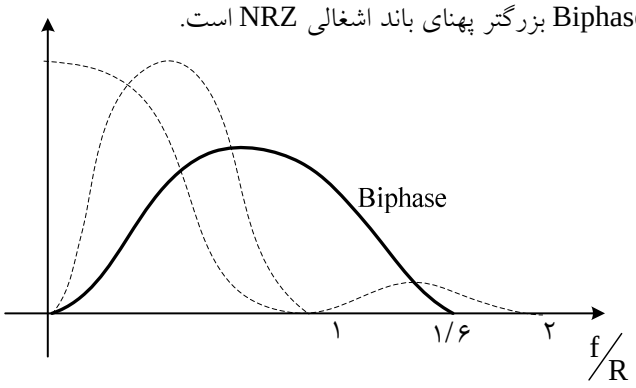
$$D = \frac{R}{b}$$

Biphase: در هر المان $\Rightarrow$ حداقل نیم بیت داریم $\Rightarrow D_{Max} = ۲R$

NRZ: در هر المان $\Rightarrow$ یک بیت داریم $\Rightarrow D = R$

در نتیجه، ماکزیمم نرخ مدولاسیون در روش‌های Biphase دو برابر روش NRZ می‌باشد.

– با توجه به بحث بالا، پهنای باند اشغالی توسط روش Biphase بزرگتر پهنای باند اشغالی NRZ است.



مزایای Biphase:

– وجود هم زمانی (self- clocking)

– عدم حضور مؤلفه dc

– آشکارسازی خطا راحت‌تر است. البته اگر نویزی سیگنال قبل و بعد از یک گذار مورد انتظار را تغییر دهد، خطایی رخ می‌دهد که قابل تشخیص نخواهد بود.

– با توجه به نمودار اخیر در مورد پهنای باند روش‌های گفته شده داریم:

$$B_{Bipolar} < B_{NRZ} < B_{Biphase}$$

محاسبه D (نرخ مدولاسیون) برای روش‌های مختلف در حالت‌های مختلف:

NRZ-L:

*کمترین نرخ مدولاسیون (همه صفر یا همه یک):

۰ ۰..... ۰: ۰ ۰ ۰ ۰ ۰ ۰ ..... ۰

با توجه به نمودار مشاهده می‌کنیم که به ازای یک المان، ∞ بیت داریم پس تعداد بیت در المان (b) برابر با ∞ خواهد بود.

$b = \infty \Rightarrow D = ۰$

*بیشترین نرخ مدولاسیون (یک در میان صفر و یک):

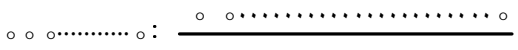
۰۱۰۱...۱۰: ۱ ۰ ۱ ۰ ۱ ۰ ۱

برای هر المان، یک بیت وجود دارد پس: b= 1

$$D = \frac{R}{۱} = R \Rightarrow D = R$$

NRZ- I:

*کمترین نرخ مدولاسیون (همه صفر):



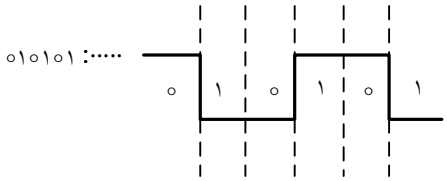
برای یک المان، ∞ بیت وجود دارد پس: $b=\infty$ و $D=0$

*بیشترین نرخ مدولاسیون (همه یک):

برای یک المان، ۱ بیت وجود دارد پس: $b=1$

$D=R$

*یک در میان صفر و یک:

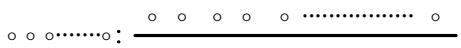


برای یک المان، ۲ بیت وجود دارد پس: $b=2$

$$D=\frac{R}{2}$$

AMI:

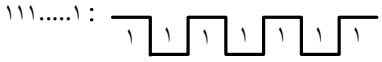
*کمترین نرخ مدولاسیون (همه صفر):



برای یک المان، ∞ بیت وجود دارد پس:

$$b=\infty \Rightarrow D=0$$

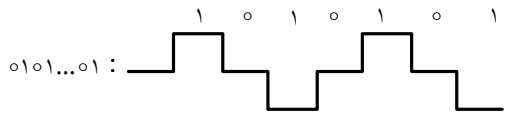
*بیشترین نرخ مدولاسیون (همه یک):



برای یک المان، ۱ بیت وجود دارد پس:

$$b=1 \Rightarrow D=R$$

*یک در میان صفر و یک:

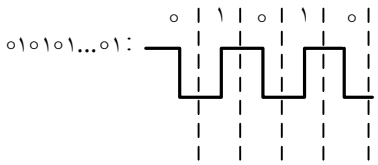


برای یک المان، ۱ بیت وجود دارد پس:

$$b=1 \Rightarrow D=R$$

Manchester:

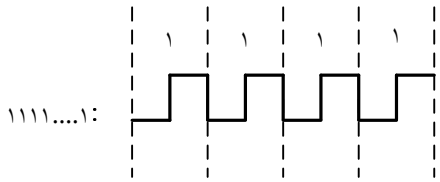
*کمترین نرخ مدولاسیون (۰۱...۰۱۰۱۰۱۰۱):



برای هر المان، دو تا نصف بیت داریم (۱ بیت) پس:

$$b=1 \Rightarrow D=R$$

*بیشترین نرخ مدولاسیون (همه صفر یا همه یک):

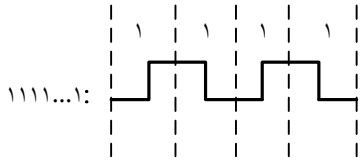


برای هر المان، نصف بیت داریم پس:

$$b=۰/۵ \Rightarrow D=\frac{R}{۰/۵} \Rightarrow D=۲R$$

Differential Manchester:

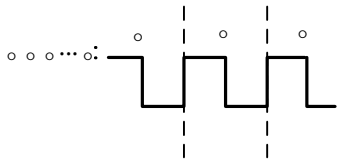
*کمترین نرخ مدولاسیون (همه یک):



برای هر المان، یک بیت داریم پس:

$$b=۱ \Rightarrow D=R$$

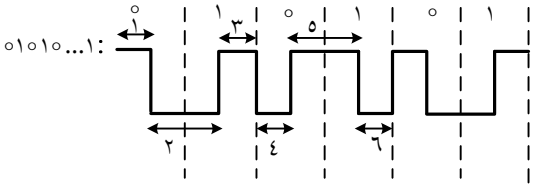
*بیشترین نرخ مدولاسیون (همه صفر):



برای هر المان، نصف بیت داریم پس:

$$b=۰/۵ \Rightarrow D=۲R$$

* یک در میان صفر و یک:



به ازای ٦ المان، ٤ بیت داریم پس به ازای ۱ المان $\frac{۴}{۶}$ بیت داریم:

$$b=\frac{۴}{۶} \Rightarrow D=\frac{R}{\frac{۴}{۶}} \Rightarrow D=۱/۵R$$

تبدیل داده‌های دیجیتال به سیگنال‌های آنالوگ:

سه روش داریم:

۱) ASK

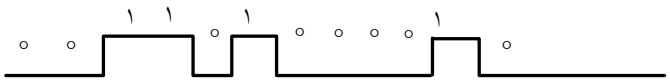
۲) FSK

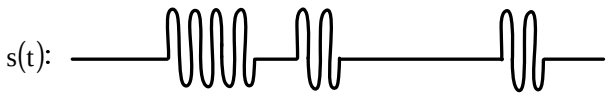
۳) PSK

ASK:

$$S(t)=\begin{cases} A\,Cos(۲\pi f_c t) & binary۱ \\ ۰ & binary۰ \end{cases}$$

با توجه به $S(t)$ مشخص است که یکی از ارقام دودویی با حضور در یک دامنه ثابت فرکانس حامل نشان داده می‌شود. و دیگری با عدم حضور فرکانس حامل.





- ASK به لحاظ خطاپذیری، ضعیف است. (با تغییرات ناگهانی بهره، تغییر می‌کند.) که به همین دلیل تکنیک مساعدی برای مدولاسیون به شمار نمی‌رود.

– برای انتقال داده دیجیتال روی فیبرنوری استفاده می‌شود.

FSK:

$$s(t)=\begin{cases} A\ \ Cos(۲\pi f_۱ t) & \text{binary } ۱ \\ A\ \ Cos\,(۲\pi f_۲ t) & \text{binary } ۰ \end{cases}$$

– f_2, f_1 فرکانس‌هایی با فاصله مساوی در دو طرف فرکانس حامل f_C هستند.

–این روش خطاپذیری کمتری نسبت به روش ASK دارد.

–از این روش در فرکانس‌های بالاتر به ویژه در LAN ها که از کابل هم محور استفاده می‌کنند، استفاده می‌شود.

PSK:

$$s(t)=\begin{cases} A\ Cos(۲\pi f_c t+\pi) & \text{binary } ۱ \\ A\ Cos(۲\pi f_c t) & \text{binary } ۰ \end{cases}$$

PSK تفاضلی: فاز بیت کنونی نسبت به فاز بیت قبلی سنجیده می‌شود.

– اگر بیت کنونی صفر باشد، با همان فاز بیت قبلی ارسال می‌شود.

– اگر بیت کنونی یک باشد، با ۱۸۰^{o} فاز بیشتر نسبت به فاز بیت قبلی ارسال می‌شود.

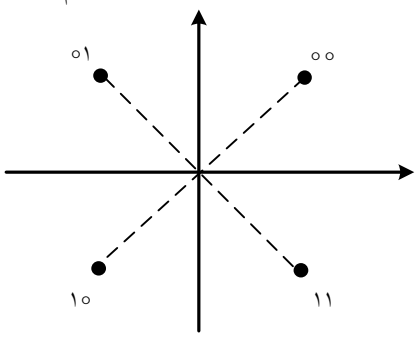
QPSK:

$$s(t)=\begin{cases} A\ Cos\left(۲\pi f_c t+\frac{\pi}{۴}\right) & ۱۱ \\ A\ Cos\left(۲\pi f_c t+\frac{۳\pi}{۴}\right) & ۱۰ \\ A\ Cos\left(۲\pi f_c t+\frac{۵\pi}{۴}\right) & ۰۰ \\ A\ \ Cos\left(۲\pi f_c t+\frac{۷\pi}{۴}\right) & ۰۱ \end{cases}$$

با توجه به S(t) مشخص است که هر المان در برگیرنده ۲ بیت می‌باشد پس برای QPSK داریم:

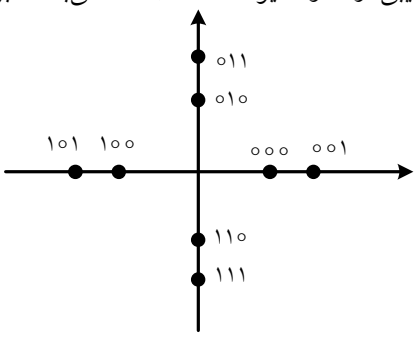
$$D=\frac{R}{b}=\frac{R}{\log_{۲}^{L}}=\frac{R}{۲}$$ L تعداد المان‌های مختلف سیگنال می‌باشد که در این مورد برابر ٤ می‌باشد.

QAM: ترکیبی از مدولاسیون PSK, ASK می‌باشد. برای مثال می‌توانیم 4- QAM, 8 -QAM به صورت زیر داشته باشیم:



4-QAM

1 amplitude ,4 phase



8-QAM

2 amplitudes, 4 phases

مقایسه کارائی طرح‌های مختلف مدولاسیون دیجیتال به آنالوگ:

برای پهنای باند روابط زیر را داریم:

$ASK: B_T = (۱+r)R \quad ۰ < r < ۱$

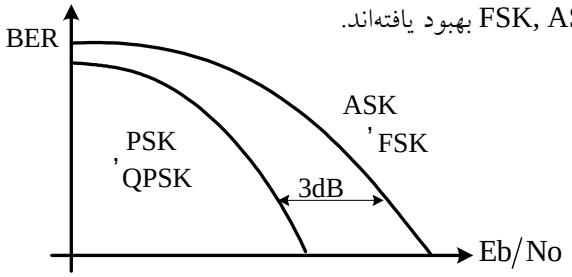
$FSK: B_T = ۲\Delta f + (۱+r)R$

$\Delta f = f_۲ - f_c = f_c - f_۱$

سیگنالینگ چند سطحی : $B_T = (۱+r)D = (۱+r)\frac{R}{b} = (۱+r)\frac{R}{\log_۲^L}$

راندمان پهنای باند (کارائی پهنای باند): نسبت $\frac{R}{B_T}$ را راندمان پهنای باند می‌نامیم.

با توجه به نمودار مقابل PSK و QPSK تقریباً ۳ دسی‌بل نسبت به FSK, ASK بهبود یافته‌اند.



تبدیل داده‌های آنالوگ به سیگنال‌های دیجیتال:

برای این تبدیل دو روش داریم:

۱) PCM (Pulse Code Modulation)

۲) DM (Delta Modulation)

PCM: براساس تئوری نمونه برداری استوار است. (اگر سیگنال f(t) که دارای بیشترین فرکانس f می‌باشد را با فرکانسی بیشتر (یا مساوی) 2f نمونه برداری کنیم، آنگاه نمونه‌ها تمام اطلاعات سیگنال اصلی را خواهند داشت.)

اگر n تعداد بیت‌هایی باشد که در هر نمونه موجود است خواهیم داشت:

$$SNR = ۶/۰۲n + ۱/۷۶ dB$$

از رابطه بالا مشخص است که با افزودن هر بیت اضافی SNR در حدود ٦ دسی‌بل افزایش خواهد یافت.

DM: این تکنیک را برای بهبود کارائی PCM و کاهش پیچیدگی آن مطرح می‌کنیم.

در این مدولاسیون، ورودی آنالوگ به وسیله تابع پلکانی که به اندازه یک سطح چندی کردن (δ) در هر فاصله زمانی نمونه برداری (T_S) به بالا یا پایین حرکت می‌کند، تقریب زده می‌شود.

مزیت اصلی DM نسبت به PCM، سادگی پیاده‌سازی آن می‌باشد و در حالت کلی PCM مشخصات SNR بهتری را در نرخ یکسان داده‌ها از خود نشان می‌دهد. (PCM در مقابل نویز بهتر عمل می‌کند.)

تبدیل داده‌های آنالوگ به سیگنال‌های آنالوگ:

دو دلیل استفاده:

۱) ممکن است برای انتقال با راندمان بالا به فرکانس بالاتری نیاز داشته باشیم.

۲) اجازه استفاده از FDM را به ما می‌دهد.

سه روش داریم:

۱) AM (Amplitude Modulation)

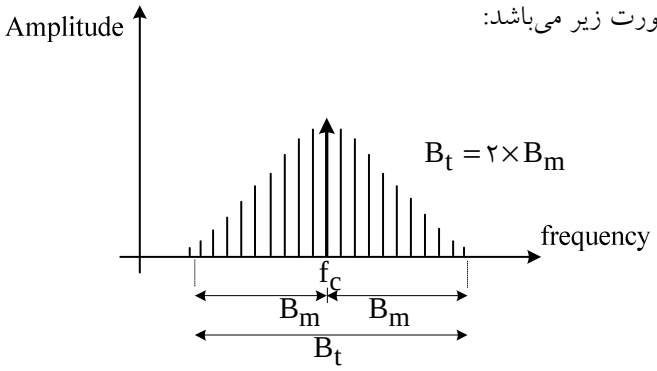
۲) FM (Frequency Modulation)

۳) PM (Phase Modulation)

AM:

در این مدولاسیون، فرکانس و زاویه (فاز) ثابت مانده و فقط دامنه سیگنال حامل با توجه به سیگنال اصلی (سیگنالی که می‌خواهیم مدوله کنیم) تغییر می‌کند.

پهنای باندی که برای AM نیاز است به صورت زیر می‌باشد:



FM:

در این مدولاسیون فرکانس سیگنال حامل با توجه به دامنه سیگنال اصلی تغییر می‌کند.

پهنای باندی که برای FM نیاز است به صورت نیز می‌باشد:

$$B_T = ۱۰ \times B_m$$

PM: در این مدولاسیون فاز سیگنال حامل با توجه به دامنه سیگنال اصلی تغییر می‌کند.

پهنای باندی که برای PM نیاز است مانند FM می‌باشد.

انتقال داده‌ها

کنترل پیوند داده:

۱) کنترل جریان توقف و انتظار (S & W)

۲) کنترل جریان پنجره لغزان (Sliding window)

کنترل جریان توقف و انتظار:

در این روش، فرستنده یک فریم ارسال می‌کند. پس از آن که مقصد، فریم را دریافت کرد، آمادگی خود را برای دریافت فریم بعدی را با ارسال تأیید (ACK) دریافت فریم کنونی اعلام می‌دارد. فرستنده پس از ارسال هر فریم متوقف می‌شود و منتظر دریافت ACK آن فریم می‌ماند.

ماکزیمم بهره خط در این روش برای ارتباط یک طرفه بدون خطا به صورت زیر است:

$$U = \frac{۱}{۱+۲a} \qquad a = \frac{\text{زمان انتشار}}{\text{زمان انتقال}} = \frac{\frac{d}{v}}{\frac{L}{R}}$$

که در آن d، فاصله برحسب m و

v، سرعت انتشار برحسب m/s و

L، طول فریم برحسب بیت و

R، نرخ ارسال داده برحسب بیت بر ثانیه می‌باشد.

دلایل فریم فریم کردن:

۱) محدود بودن با فر گیرنده

۲) در صورت خطا، جریمه کمتری را متحمل می‌شویم.

۳) در محیط‌های انتقال مشترک، اجازه داده نمی‌شود که یک ایستگاه به مدت طولانی خط را اشغال نگه دارد.

در صورت استفاده از چند فریم برای یک پیام، روش S & W ممکن است نا کارآمد باشد زیرا در هر لحظه تنها یک فریم می‌تواند در حال انتقال باشد که در این صورت اگر طول بیتی یک پیوند از طول فریم بزرگتر باشد، نتایج ناکار آمد خواهیم داشت.

بهترین حالت در این روش زمانی است که زمان انتقال بزرگتر از زمان انتشار باشد زیرا در این حالت همیشه خط اشغال است.

* برای نرخ داده بالا و برای فواصل طولانی میان فرستنده و گیرنده، S & W ناکارآمد می‌باشد.

کنترل جریان پنجره لغزان (Sliding Window)

در این روش برخلاف روش قبلی امکان ارسال چندین فریم به صورت همزمان وجود دارد.

تشخیص خطا: برای یک فریم به طول F اگر P_b احتمال خراب شدن یک بیت باشد، احتمال اینکه یک فریم ثابت به مقصد برسد برابر است با:

$$p = (۱ - p_b)^F$$

CRC:

برای یک بلوک داده K بیتی، فرستنده یک دنباله n بیتی به نام FCS(Frame check sequence) ایجاد می‌کند به گونه‌ای که فریم حاصل که

از k+n بیت تشکیل شده است بر یک عدد از پیش تعیین شده تقسیم‌پذیر باشد. گیرنده فریم دریافتی را بر آن عدد تقسیم می‌کند و اگر باقیمانده صفر شد، فرض می‌کند خطایی رخ نداده است.

از سه شیوه برای توضیح این روش استفاده می‌کنیم.

۱) ریاضیات پیمانه ۲

۲) چند جمله‌ای‌ها

۳) منطق دیجیتال

T: | Kbit | nbit |
M F

P: | n+۱ bit | **مقسوم علیه از پیش تعیین شده**

$T = ۲^n M + F$

مثال: $M = ۱۰۱۰۰۰۰۱۱۰۱$ $P = ۱۱۰۱۰۱$ مقدار F را به دست آورید.

حل:

M، ۱۰ بیتی است

P، ۶ بیتی است. $\Leftarrow n = ۵$

پس: $۲^۵ M = ۱۰۱۰۰۰۰۱۱۰۱۰۰۰۰۰$

حال 2^5M را بر P تقسیم کرده و باقیمانده را F می‌نامیم.

```
۱۰۱۰۰۰۰۱۱۰۱۰۰۰۰۰ | ۱۱۰۱۰۱
۱۱۰۱۰۱            |
-----------------  |
۰۱۱۱۰۱۱           | ۱۱۰۱۰۱۰۱۱۰
 ۱۱۰۱۰۱
 ---------
 ۰۰۰۱۱۱۰۱۰
    ۱۱۰۱۰۱
    ---------
    ۰۰۰۱۱۱۱۱۰
       ۱۱۰۱۰۱
       ---------
       ۰۰۱۰۱۱۰۰
          ۱۱۰۱۰۱
          ---------
          ۰۱۱۰۰۱۰
             ۱۱۰۱۰۱
             ---------
             ۰۰۰۱۱۱۰
```

توجه داشته باشید که وقتی تعداد بیت‌های مقسوم کمتر از تعداد بیت‌های مقسوم علیه باشد در خارج قسمت یک بیت صفر قرار می‌دهیم و اگر تعداد بیت‌های مقسوم با مقسوم‌علیه برابر بود در هر حالت در خارج قسمت بیت یک می‌گذاریم (حتی اگر کوچک‌تر از مقسم‌علیه باشد)

توجه داشته باشید که در این قسمت بیت‌ها را تک‌به‌تک با هم XOR می‌کنیم نه تفریق معمولی

* حداقل کم ارزش‌ترین و پرارزش‌ترین بیت P باید ۱ باشد.

خطاهای قابل تشخیص توسط CRC:

- خطای تک‌بیتی
- تمام خطاهای دوبیتی، اگر P دارای حداقل ۳ تا ۱ باشد.
- هر تعداد فردی خطا، اگر P(x) فاکتور X+1 داشته باشد. (یعنی دو بیت اولش یک باشد.)
- هر خطای قطاری (burst error) که طول آن کمتر از طول چند جمله‌ای مقسوم باشد.

نمایش با چند جمله‌ای‌ها:

- رشته بیتی $M = ۱۱۰۰۱۱$ را می‌توان به صورت: $M(x) = x^۵ + x^۴ + x + ۱$

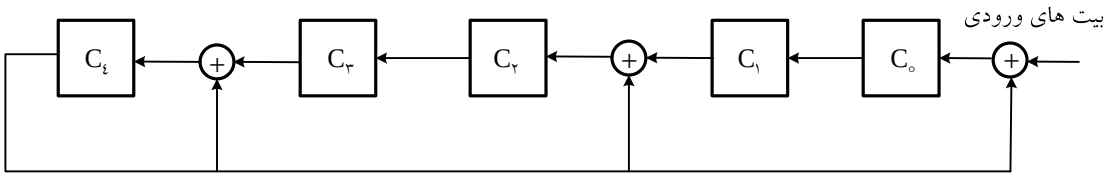
نمایش داد و به این ترتیب تقسیم بالا با استفاده از تقسیم چند جمله‌ای‌ها به نتیجه می‌رسد.

نمایش CRC با LFSR: (منطق دیجیتال)

LFSR مربوط به مثال قبلی به صورت زیر می‌باشد:

$M = ۱۰۱۰۰۰۰۱۱۰۱$

$P = ۱۱۰۱۰۱$



* بیت اول و آخر الگوی P، حتما یک می‌باشد (یک XOR در ورودی الزامی است) $p = ۱۱۰۰۱۰۱$

– چون بیت سوم از سمت راست یک می‌باشد پس، یک XOR در ورودی C_2 لازم است.

– چون بیت ششم از سمت راست یک می‌باشد پس، یک XOR در وودی C_4 لازم است

* توجه داشته باشید که اگر P، n بیتی باشد در LFSR ، C_0 تا C_{n-2} باید داشته باشیم.

ARQ:

* هدف: تبدیل یک پیوند نامطمئن به یک پیوند قابل اعتماد.

سه روش وجود دارد:

۱) ARQ توقف و انتظار $(S\&W)$

۲) ARQ بازگشت به N (Go-back-N)

۳) ARQ رد انتخابی

فرمول‌ها:

S&W: بدون خطا $u = \frac{۱}{۱+۲a}$

S&W: با خطا $u = \frac{۱-p}{۱+۲a}$

پنجره لغزان (بدون خطا): $u = \begin{cases} ۱ & W \geq ۱+۲a \\ \frac{w}{۱+۲a} & W < ۱+۲a \end{cases}$

رد انتخابی $\Rightarrow u = \begin{cases} ۱-p & w \geq ۱+۲a \\ \frac{w}{۱+۲a}(۱-p) & w < ۱+۲a \end{cases}$

$$Go-back-N \Rightarrow u = \begin{cases} \frac{۱-p}{۱+(۲a)p} & w \geq ۱+۲a \\ \frac{w}{۱+۲a} \times \frac{(۱-p)}{۱+(w-۱)p} & w < ۱+۲a \end{cases}$$

ماکزیمم اندازه پنجره برای

$$Go-back-N: ۲^k - ۱$$

رد انتخابی: $۲^{k-۱}$

(k تعداد بیت‌های لازم برای شمارش می‌باشد، اگر k بیت داشته باشیم ۲^k تا شماره خواهیم داشت)