شبکه های کامپیوتری ۱

ارائه دهنده
دکتر سید امین حسینی
E.mail: hosseini@um.ac.ir
Home page: http://hosseini.staffcms.um.ac.ir

فهرست مطالب

- مفاهیم و واژه ها
- انتقال داده آنالوگ و دیجیتال
- موانع انتقال
- ظرفیت کانال

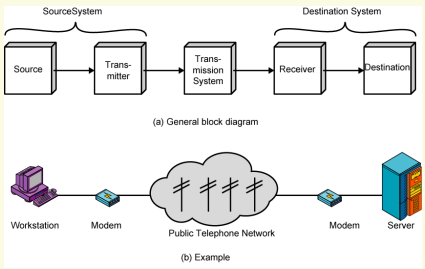
انتقال داده

- انتقال داده بین مبدا و مقصد بر روی نوعی رسانه انجام می گیرد(بعدا بررسی می شود).
  - رسانه هدایت کننده (سیم)
  - رسانه هدایت نکننده (بی سیم)

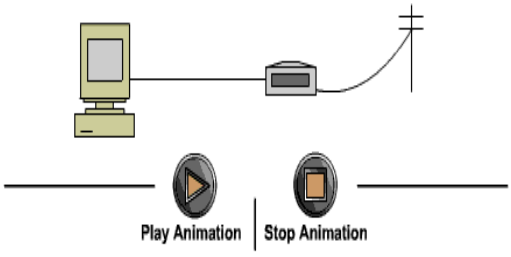
انتقال داده

- انواع انتقال:
- یک سویه (simplex)
- مانند تلویزیون
- نیم دو سویه (half duplex)
- مانند بیسیم پلیس
- دو سویه کامل (duplex)
- مانند تلفن

یک مدل انتقال

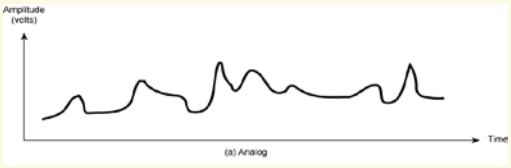


modulation3.swf



Analog Signals

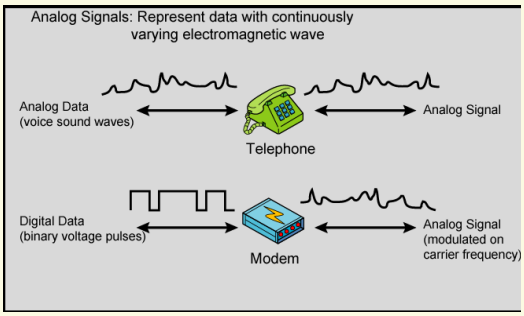
- همه انواع اطلاعات اعم از صوت، داده، تصویرو ویدیو را می توان با سیگنالهای الکترو مغناطیس نشان داد و بسته به نوع محیط تبادل از آنالوگ و یا دیجیتال استفاده می شود.
- سیگنال آنالوگ: سیگنال پیوسته ای است که شدت آن نسبت به زمان بتدریج تغییر می کند.



Analog and Digital Data Transmission

- data
  - عنصری که دارای یک مفهوم یا اطلاعات می باشد
- signals
  - نمایش الکتریکی یا الکترو مغناطیسی داده ها
- signalling
  - انتشار فیزیکی سیگنال در یک رسانه
- transmission
  - تبادل داده ها به وسیله انتشار و پردازش سیگنالها

Analog Signals

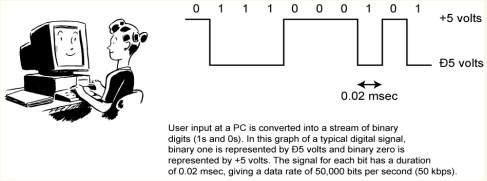


Analog and Digital Data Transmission

- داده های آنالوگ
  - مقادیر پیوسته ای در یک بازه زمانی اختیار می کنند مثل صوت که الگوی متغیری از شدت هست.
  - مقادیر گرفته شده از سنسورها مثل حرارت و فشار مقادیر پیوسته ای می باشند
- داده های دیجیتال
  - مقادیر گسسته ای اختیار می کنند مثل متن ، اعداد صحیح.

Digital Data

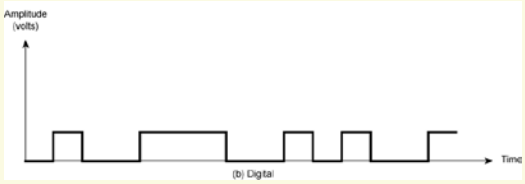
- as generated by computers etc.
- has two dc components
- bandwidth depends on data rate



User input at a PC is converted into a stream of binary digits (1s and 0s). In this graph of a typical digital signal, binary one is represented by Ð5 volts and binary zero is represented by +5 volts. The signal for each bit has a duration of 0.02 msec, giving a data rate of 50,000 bits per second (50 kbps).

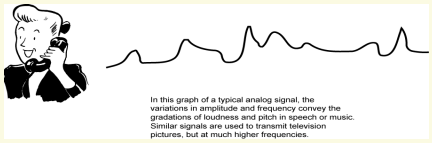
Digital Signals

- سیگنال دیجیتال: سیگنالی است که برای مدتی در یک سطح ولتاژ ثابت می ماند و سپس به سطح ولتاژ ثابت دیگری تغییر می یابد.



Audio Signals

- freq range 20Hz-20kHz (speech 100Hz-7kHz)
- easily converted into electromagnetic signals
- varying volume converted to varying voltage
- can limit frequency range for voice channel to 300-3400Hz



In this graph of a typical analog signal, the variations in amplitude and frequency convey the gradations of loudness and pitch in speech or music. Similar signals are used to transmit television pictures, but at much higher frequencies.

Digital Signals

Video Signals

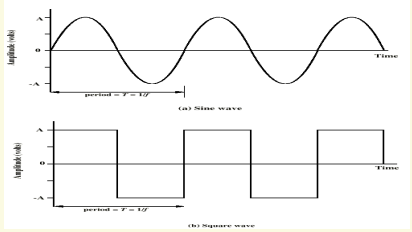
- max frequency if line alternates black and white
- horizontal resolution is about 450 lines giving 225 cycles of wave in 52.5 µs
- max frequency of 4.2MHz

Video Signals

- USA - 483 lines per frame, at frames per sec
  - have 525 lines but 42 lost during vertical retrace
- 525 lines x 30 scans = 15750 lines per sec
  - 63.5µs per line
  - 11µs for retrace, so 52.5 µs per video line

Periodic Signals

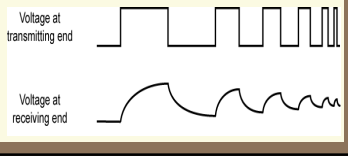
- سیگنال پریودیک: سیگنالی است که یک الگو در آن تکرار می شود.



- سیگنال غیر پریودیک: سیگنالی است الگوی خاصی در آن تکرار نمی شود.

Advantages & Disadvantages of Digital Signals

- Adv.
  - cheaper
  - less susceptible to noise
  - digital now preferred choice
- Dis.
  - greater attenuation



Sin Signals

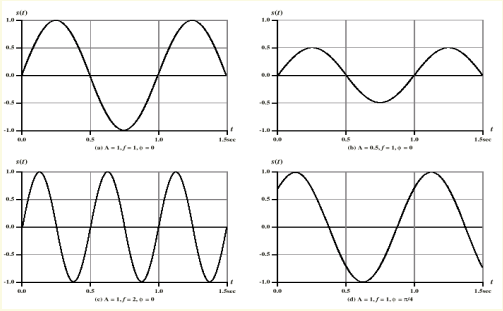
- دامنه amplitude (A)
  - پیک حد اکثر و یا قوت سیگنال در طول زمان
  - volts
- فرکانس frequency (f)
  - میزان تکرار سیگنال در ثانیه
  - Hertz (Hz)

Sin Signals

- پریود period (T) زمان یک سیگنال
- T = 1/f
- فاز phase (۰)
- موقعیت نسبی در زمان یک پریود
- طول موج (□)
- فاصله بین دو نقطه با فاز یکسان .
- □ = T و v = f۰

پارامترهای سیگنال سینوسی

$s(t) = A \sin(2\pi ft + \Phi)$

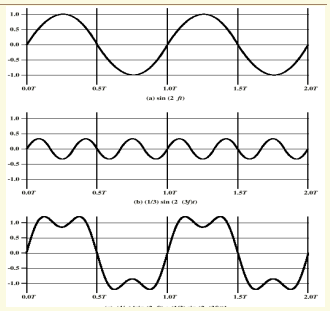


مفاهیم فرکانس

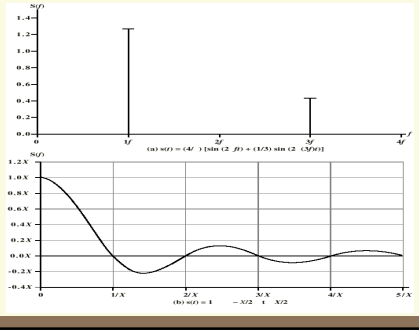
- هر سیگنال الکترومغناطیس از مجموعه از سیگنالهای پریودیک با دامنه و فرکانس متفاوت تشکیل شده است.
- $s(t) = 1/3 \sin(2\pi 3ft) + \sin(2\pi ft)$
- یکی از فرکانس ها مضرب صحیح فرکانس دیگری است لذا فرکانس اولی فرکانس اصلی گفته می شود.
- پریود سیگنال جمع آنها همان پریود سیگنال اصلی است.
- شکل اسلاید بعد

Addition of Frequency Components (T=1/f)

c is sum of *f* & *3f*



Frequency Domain Representations



طیف و پهنای باند

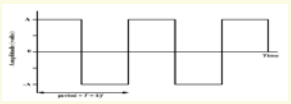
- طیف سیگنال spectrum
  - محدوده فرکانس های آن سیگنال است (در اسلاید قبل طیف از 1f تا 3f)
- پهنای باند مطلق absolute bandwidth ⟹
  - همان پهنای طیف است. (3f - 1f = 2f)

BW= FH – FL

- مولفه DC
  - مولفه با فرکانس صفر سیگنال

سرعت و پهنای باند

- هر سیستم انتقال که شامل فرستنده ، رسانه انتقال و گیرنده می باشد باند محدودی از فرکانسها را در خود جای می دهد. این به نوبه خود سرعت انتقال داده که روی رسانه حمل می شود را محدود می سازد.



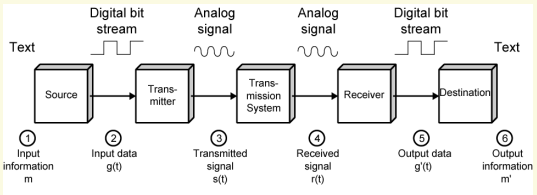
سرعت و پهنای باند

- در شکل فوق سرعت ۲ بیت بر ثانیه می باشد. اگر سیگنال زیر را داشته باشیم.
- $(4/\pi)[\sin(2\pi ft)+(1/3)\sin(2\pi 3ft)+(1/5)\sin(2\pi 5ft)]$
- f = 1 MHz =10^6
- BW= fH fL = (5*10^6)- (1*10^6)=4MHz
- T= 1/f = 10^-6= 1μs
- ۲ بیت در هر ۱ میکرو ثانیه. نتیجه سرعت برابر با ۲ مگا بیت برای پهنای باند ٤ مگا هرتز

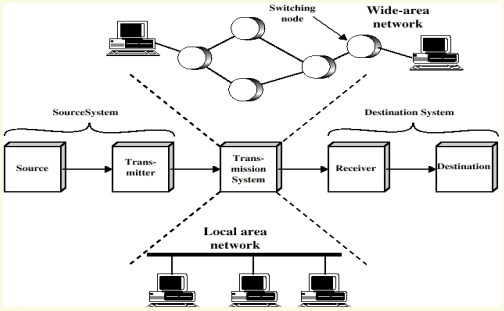
سرعت و پهنای باند

- هر چه پهنای باند محدود تر گردد اعوجاج بیشتر خواهد شد و پتانسیل خطا در گیرنده بیشتر بیشت خواهد شد.
- هر چقدر سرعت انتقال داده از سیگنال بیشتر باشد پهنای باند موثر آن بیشتر هست. یا به عبارت دیگر هر چقدر پهنای باند موثر بیشتر باشد سرعت انتقال داده بیشتر است

یک مدل انتقال داده



Simplified Network Model



Transmission Analog & Digital

- سیگنالهای آنالوگ پس از طی مسافت معینی ضعیف می شوند. برای دستیابی به مسافت بیشتر بایستی سیگنال تقویت شود.
- نکته منفی : تقویت کننده ها پارازیت ها را نیز تقویت می کند که پس از استفاده چند تقویت کننده اعوجاج بیشتر و بیشتر می شود و مشکل ایجاد می گردد.
- برای تقویت سیگنال دیجیتال از تکرار کننده استفاده می شود که الگو های ۱ ها و ۰ ها را ترمیم می کندو سک سیگنال جدید ارسال می کند.
- مکانیزم فوق را برای سیگنالهای آنالوگی که داده دیجیتال حمل می کند مورد استفاده قرار می گیرد. تکرار کننده داده دیجیتال را از سیگنال آنالوگ در می آورد و سیگنال آنالوگ جدید و واضحی تولید می کند.

Transmission Analog & Digital

- کدام روش انتقال ارجح است، آنالوگ یا دیجیتال ؟ دیجیتال

زیرا:

- ۱- فن آوری دیجیتال(کاهش قیمت و سایز)
- ۲- جامعیت داده (استفاده از تکرار کننده بجای تقویت کننده)
- ۳- استفاده از ظرفیت(اقتصادی بودن فیبر و کانالهای ماهواره)
- ٤- امنیت و اختصاص(سادگی رمزنگاری داده های دیجیتال)
- ٥- تجمیع (رفتار دیجیتالی روی داده های آنالوگ)

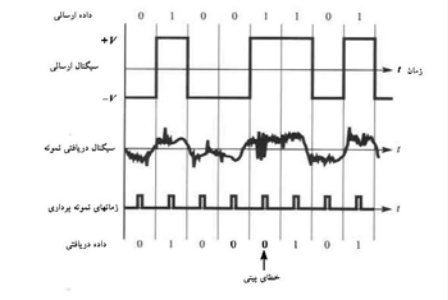
موانع انتقال

- ۱- تضعیف و اعوجاج تضعیف
  - میزان تضعیف و اعوجاج وابسته است به
    - نوع رسانه
    - نرخ انتقال
    - فاصله
  - برای هر رسانه حداکثر نرخ انتقال و فاصله بصورت استاندارد تعریف شده است

موانع انتقال

- برای رسانه های هدایت شده عموما نمای است و بر حسب عدد ثابت دسی بل بر واحد مسافت بیان می شود. برای محیطهای هدایت نشده تضعیف تابع پیچیده تری از مسافت بوده و تابع شرایط جوی است.
- سه مسئله وجود دارد: ۱- قدرت سگنال باید بحدی باشد که گیرنده آن را شناسایی کند. ۲- سیگنال باید سطحی بالاتر از پارازیت داشته باشد تا بدون خطا دریافت گردد. ۳- تضعیف اغلب تابعی افزایشی از فرکانس هست(با استفاده از تکنیک هایی تضعیف را متعادل کرد-سیم پیچ). شکل ۳-۱۵
- ۲- اعوجاج تاخیر
- ۳- پارازیت

عدم تشخیص ۰ و ۱ در گیرنده



موانع انتقال

- ۲- اعوجاج تاخیر
  - سرعت انتشار سیگنال در یک رسانه با فرکانس تغییر می کند.
  - سرعت در نزدیکی فرکانس مرکزی بیشترین را دارد و در دو گوشه باند کم می شود. لذا مولفه های فرکانس در زمانهای مختلف به گیرنده می رسند و در نتیجه جابجایی فاز بین فرکانسهای مختلف صورت می گیرد.
  - بحران زا است. زیرا تصور کنید به دلیل تاخیر برخی از مولفه های سیگنال مربوط به یک بیت در موقعیت دیگری قرار گیرد

موانع انتقال

- ۳- پارازیت
- سیگنالهای ناخواستهای که در بین راه وارد شده اند
- انواع پارازیت یا نویز
- پارازیت یا نویز حرارتی
- پارازیت یا نویز مدولاسیون داخلی
- پارازیت یا نویز جانبی
- پارازیت یا نویز ضربه ای

پارازیت یا نویز حرارتی

- پارازیت یا نویز حرارتی در همه تجهیزات الکتریکی و رسانه های انتقال جدا از هر تاثیر خارجی وجود دارد و تابعی از دما است.
- این نویز در اثر تحریک حرارتی الکترونهای هر اتم در تجهیزات و یا مواد خط انتقال بوجود می آید.
- در دماهایی بیش از صفر مطلق ، همه رسانه های انتقال دچار نویز حرارتی می شوند.
- این نویز شامل فرکانسهای تصادفی (در تمام طیف فرکانسی) با دامنه متغیر و پیوسته می باشد.
- این نویز همچنین نویز سفید نامیده می شود.

سطح نویز حرارتی در پهنای باند ۱ هرتز

- سطح نویز حرارتی در پهنای باند ۱ هرتز در هر خط انتقال بوسیله فرمول زیر بدست می آید :

$N_0 = KT \quad wattsHz^{-1}$

N_0 چگالی توان نویز برحسب $wattsHz^{-1}$

K ثابت بولتزمن ($1.3803 \times 10^{-23} \; joul \quad K^{-1}$)

T دما به درجه کلوین

سطح نویز حرارتی در پهنای باند ۱ هرتز

- مثال:
- چگالی توان پارازیت حرارتی در دمای ۱۷ درجه سلسیوس اتاق چقدر هست؟

$N_0 = KT \quad wattsHz^{-1}$

$N0 = (1.38 * 10^{-23})*290 = 4 * 10^{-21}$ w/Hz = -204 dBW/Hz

0C=T – 273.15 → T = 17+273=290

سطح نویز حرارتی در پهنای باند B هرتز

برای پارازیت مستقل از فرکانس بر حسب وات موجود در پهنای باند B هرتز نویز حرارتی از رابطه زیر بدست می آید.

N = kTB (w/Hz)

N = 10logk + 10logT + 10logB (dBW)

N = -228.6 + 10logT + 10logB (dBW)

سطح نویز حرارتی در پهنای باند B هرتز

مثال: اگر دما ۲۹٤ درجه کلوین و پهنای باند ۱۰ MHz باشد سطح نویز حرارتی خروجی چیست؟

N = -228.6 + 10log(294) + 10log10^7

= -228.6 + 24.7 + 70

= -133.9 dBW

پارازیت یا نویز مدولاسیون داخلی

- وقتی سیگنالهایی با فرکانسهای مختلف از یک رسانه عبور داده می شوند ممکن است سیگنالی که از جمع و یا تفاضل و یا مضربی از آن دو فرکانس اصلی ایجاد شود که با فرکانس اصلی به همان میزان تداخل می کند این را نویز مدولاسیون داخلی گویند.
- بطور ایده آل سیستم های انتقال به صورت خطی عمل می کنند. (خروجی برابر است با ورودی ضربدر یک ثابت)
- در سیستمهای واقعی خروجی تابعی پیچیده تر از ورودی است و غیر خطی است که گاها باعث عملکرد غلط می شوند. در این شرایط که مجموع یا تفاضل فرکانس رخ می دهد.

پارازیت یا نویز جانبی

- هنگام صحبت با تلفن صحبت دیگری را هم می شنوید. این پدیده نوعی کوپل بین مسیرهای سیگنال است که به آن نویز جانبی گفته می شود.
- از تزویج الکتریکی بین زوج سیمهای به هم تابیده نزدیک به هم ایجاد می گردد.
- اثر این نویز در حد نویز حرارتی و یا کمتر می باشد.
-

پارازیت یا نویز ضربه ای

- پارازیت های گفته شده قابل پیش بینی و اندازه نسبتا ثابتی دارند که می توان اقداماتی برای آن انجام داد.
- نویز ضربه ای غیرپیوسته بوده و متشکل از پالسهای نامنظم(جرقه ای، کوتاه، دامنه بلند) است.
- عوامل زیادی ممکن است باعث آن باشند از جمله صاعقه، اشکالات سیستمهای مخابراتی...

پارازیت یا نویز ضربه ای

- روی سیگنالهای آنالوگ اثر کمی دارد.
- منبع اصلی خطا در داده های دیجیتال است.
- یک جرقه ۰.۰۱ ثانیه ای هیچ داده صوتی را تخریب نمی کند ولی ۵۶۰ بیت داده با سرعت ۵۶ kbpsرا محو می کند.

Channel Capacity

- ظرفیت کانال : حد اکثر سرعتی که داده می تواند در یک مسیر مخابراتی در شرایط خاص انتقال یابد
- Data rate
  - In bits per second
  - Rate at which data can be communicated

Channel Capacity

Bandwidth

In cycles per second of Hertz

Constrained by transmitter and medium

Noise

This is the average level of noise over the communications path

Shannon Capacity Formula

- $C = B \log_2 (1+ SNR)$.
  - Where.
  - C = Capacity of the channel in bits per sec.
  - B = Bandwidth in Hertz.
  - SNR = Signal-to-Noise ratio in dB.
  - $(SNR)dB = 10 \log_{10}$ (signal power/noise power).
  - The formula assumes White noise (thermal noise).

Nyquist Bandwidth

- $C = 2B \log_2 M$

  Where
  - C = Capacity of the channel
  - B = Bandwidth
  - M = Number of discrete signal or voltage level

Example

- Spectrum of the channel = 3 to 4 MHz
- SNR = 24dB
- Then B = 4MHz – 3MHz = 1MHz

  $SNR_{dB} = 24dB = 10 \log_{10} (SNR)$

  SNR = 251
- Using Shannon's formula,

$B = f_H - f_L$

SNR = sp/pp

$SNR_{dB} = 10\log_{10}(SNR)$

$C = 2B\log_2 M$

$C = B\log_2 (1+SNR)$

Shannon Capacity Formula

- Impulse noise, attenuation distortion or delay distortion is not accounted for.
- The wider the bandwidth, the more noise, thus as B increases, SNR decreases.

The Expression E_b/N_o

- The ratio of signal energy per bit to noise power density per hertz
- 1 watt = 1 J/s

Example

$C = 10^6 * \log_2(1+251) \sim 10^6 * 8 = 8$ Mbps

Based on Nyquist's formula

$C = 2B \log_2 M$

$8 * 10^6 = 2 * (10^6) * \log_2 M$

$4 = \log_2 M$

$M = 16$

The Expression E_b/N_o (Cont.)

- As R increases, the transmitted signal power must increase to maintain the required E_b/N_o

$$(Eb/No)_{dB} = S_{dBW} - 10\log R - 10\log k - 10\log T$$

The Expression E_b/N_o

Eb = STb

Eb = energy per bit in a signal

S = signal power

Tb = time required to send one bit

R = data rate = 1 / Tb

Eb / No = (S/R) / No = S / kTR, or in decibel notation

(Eb/No)dB = SdBW – 10log R – 10log k – 10log T

(Eb/No)dB = SdBW – 10log R + 228.6 dBW – 10log T

حداقل نسبت نرخ خرابی بیت

- قانون شانون-هارتلی حداکثر نرخ اطلاعات تئوریک را مشخص می کند.
- در عمل بدلیل وجود نویز باید حداقل سطح سیگنال نسبت به سطح نویز را بدست آوریم که حداقل نسبت نرخ خرابی بیت را بدست دهد.
- انرژی اندازه گیری شده به ژول عبارت است از: $E_b = ST_b$ وات ثانیه
- S توان سیگنال به وات
- Tb زمان یک دوره تناوب به ثانیه

$\frac{1}{T_b}$ مساوی R ⇒ $E_b = \frac{S}{R}$

Example

Eb/No = 8.4 dB is required for a bit error rate of 10-4. If the effective noise temperature is 290oK(room temp.), data rate is 2400 bps, what received signal level is required ?

8.4 = S(dBW) – 10 log2400 + 228.6 dBW – 10 log290

= S(dBW) – (10)(3.38) + 228.6 – (10)(2.46)

S = -161.8 dBW

انرژی در هر بیت بر حسب پهنای باند

- از آنجائیکه چگالی توان نویز بر حسب $watts Hz^{-1}$ می باشد ، برای یک کانال با پهنای باند W هرتز توان نویز در سیگنال دریافتی N بشکل زیر است :

$$N = WN_0$$

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{N}\frac{W}{R}$$

- از اینرو :

$$\frac{E_b}{N_0}(dB) = 10\log_{10}(\frac{S}{R}) + 10\log_{10} W - 10\log_{10} R$$

- یا بر حسب دسیبل :

انرژی در هر بیت

- برای اندازه گیری تاثیر نویز ،انرژی در هر بیت بصورت نسبتی از انرژی نویز در هر هرتز بیان می شود :

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S/R}{N_0} = \frac{S/R}{KT}$$

$$\frac{E_b}{N_0}(dB) = 10\log_{10}(\frac{S}{R}) - 10\log_{10}(KT)$$

- یا به دسیبل :
- از این عبارت می توان نتیجه گرفت که سطح توان سیگنال S مورد نیاز برای نیل به نسبت قابل قبول E_b/N_0 و حداقل نرخ بیت خطا) با دما T و نرخ بیت R افزایش می یابد.

دسی بل وقدرت سیگنال

- میزان بهره /تضعیف:
- GdB = 10 log10 (Pout/Pin)
- GdB بهره به دسیبل
- Pout سطح توان خروجی
- Pin سطح توان ورودی
- GdB مثبت = بهره
- GdB منفی = تضعیف = LdB

مثال

- سیگنالی با سطح 10mW به خط انتقالی اعمال می شود. توان اندازه گیری شده در مسافتی دورتر برابر است با 5mW اتلاف را محاسبه کنید.
- LdB = 10 log10 (Pout/Pin)
- = 10 log10 (10/5)
- = 3dB
- دسیبل معیاری نسبی است زیرا اتلاف از 10000mW به 5000mW هم 3dB می شود.

دسی بل – اختلاف ولتاژ

- از دسیبل برای اندازه گیری اختلاف ولتاژ هم استفاده می شود.

$$\begin{cases} P = \dfrac{V^2}{R} \\ LdB = 10\log\dfrac{P_{in}}{P_{out}} \end{cases} \Rightarrow LdB = 10\log\dfrac{V_{in}^2/R}{V_{out}^2/R} = 10\log\dfrac{V_{in}^2}{V_{out}^2}$$

مثال

- در یک سیستم انتقال توان ورودی 4mW است. اولین عنصر خط انتقال با اتلاف 12dB (بهره -12dB) دومین عنصر تقویت کننده ای با بهره 35dB و سومین عنصر خط با تلفات 10dB از دسیبل برای اندازه گیری اختلاف ولتاژ هم استفاده می شود. از طرفی بهره کل (-12+35-10)=12dB است. توان خروجی را محاسبه کنید.

$$GdB = 13 = 10\log\frac{P_{out}}{4_{mW}}$$

$$\Rightarrow 2^{13} = 10 * \frac{P_{out}}{4_{mW}}$$

$$\Rightarrow P_{out} = 4_{mW} * 2^{13}/_{10}\, mW$$

دسی بل وات

- سطح دسی بل مطلق توان در dBW.

$$Power_{dBW} = 10\log\frac{Power_{w}}{1_{W}}$$

$$Power_{dBW} = 10\log\frac{Power_{mW}}{1_{mW}}$$

- مثال:
- توان 1000w برابر 30dBW است.
- توان 1mW برابر -30dBW است.

Analog and Digital Signals

- سیگنالهای آنالوگ
  - یک موج الکترو مغناطیس که بطور پیوسته تغییر کرده و در چند رسانه بسته به طیف انتشار می یابد.
- سیگنالهای دیجیتال
  - رشته ای از پالسهای ولتاژ است که ممکن است در یک رسانه سیمی انتقال یابد مثلا سطح ولتاژ مثبت ۱ و سطح ولتاژ منفی ۰ باشد.

Analog and Digital Signals

مزیت اصلی سیگنالهای دیجیتال

ارزان بودن و کمی حساسیت به تداخل پارازیت.

عیب اصلی سیگنالهای دیجیتال

تضعیف بیشتر آن نسبت به آنالوگ.