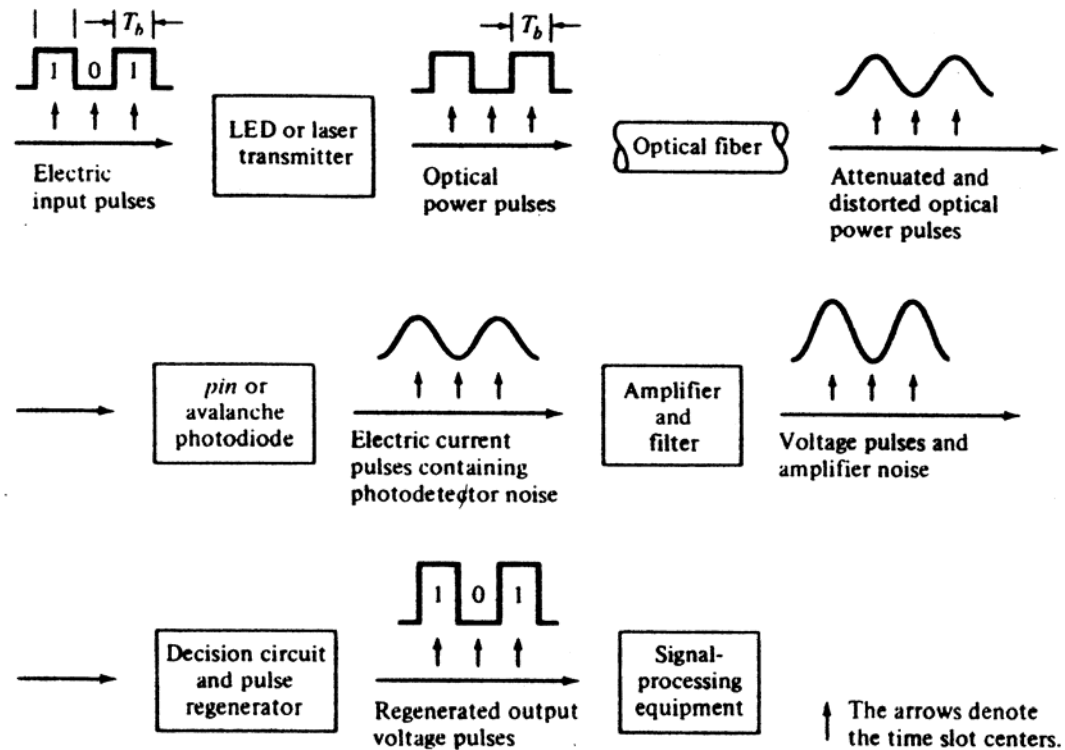


OPTICAL RECEIVER

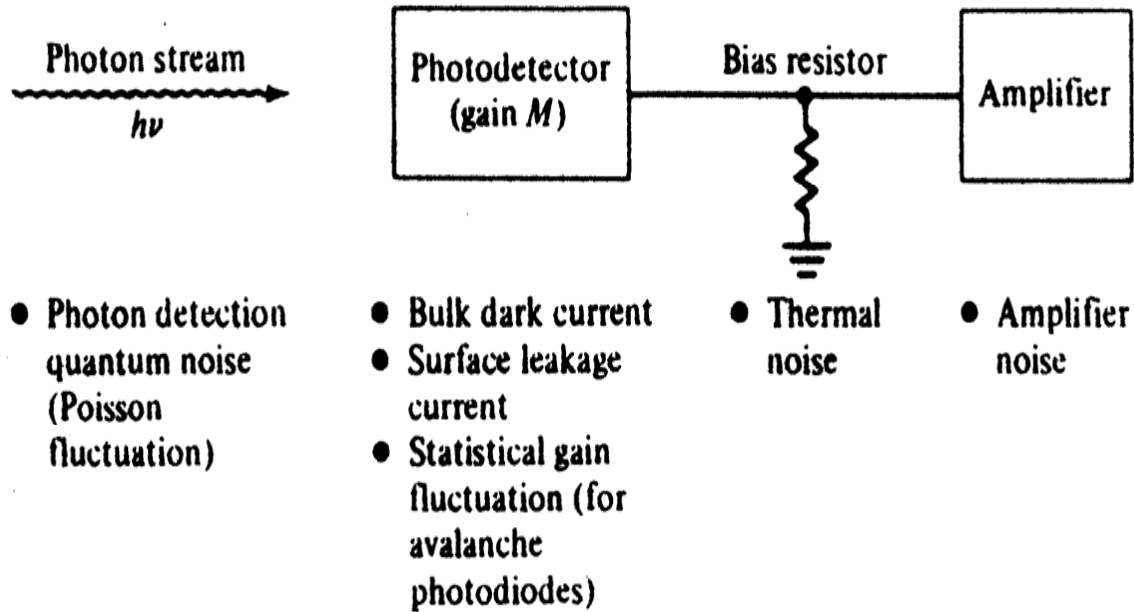
Ref : Keiser

Transmisi Sinyal Digital



Lintasan sinyal melalui link data optis

Sumber Error



Sumber noise dan gangguan pd mekanisme deteksi pulsa optis

τ

Jumlah pasangan elektron-hole rata2 yg dibangkitkan dlm waktu τ :

$$\bar{N} = \frac{\eta}{hf} \int_0^{\tau} P(t) dt = \frac{\eta E}{hf}$$

η : efisiensi kuantum detektor

hf : energi photon

E : energi yg diterima dlm interval waktu τ

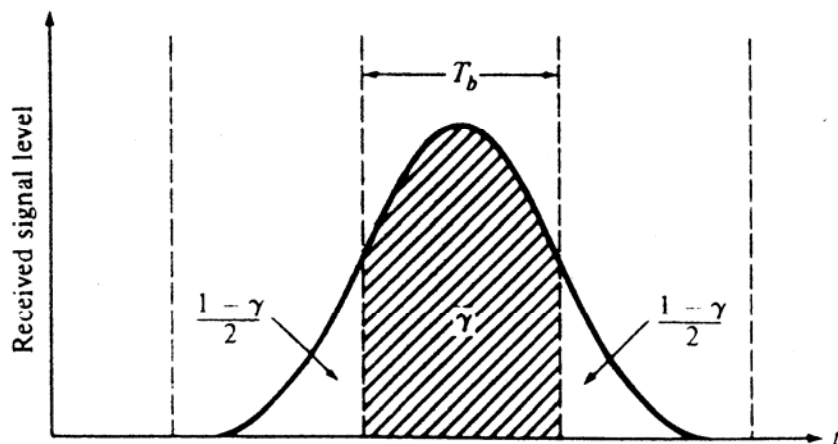
Jumlah pasangan elektron-hole nyata yg dibangkitkan n berfluktuasi dr rata2 menurut distribusi Poisson.

Probabilitas diemisikan n elektron pd interval τ

$$P_r(n) = \frac{\bar{N}^n}{n!} e^{-\bar{N}}$$

γ

Selain kuantum noise dan excess noise yg dapat mengakibatkan error, sumber error lain adalah ISI (Inter Symbol Interference) yg diakibatkan oleh pelebaran pulsa di fiber optik.



Pelebaran pulsa yg mengakibatkan ISI

γ : bagian energi pd timeslot yg cocok.

1- γ : bagian energi yg melebar ke timeslot sebelahnya

Konfigurasi Penerima

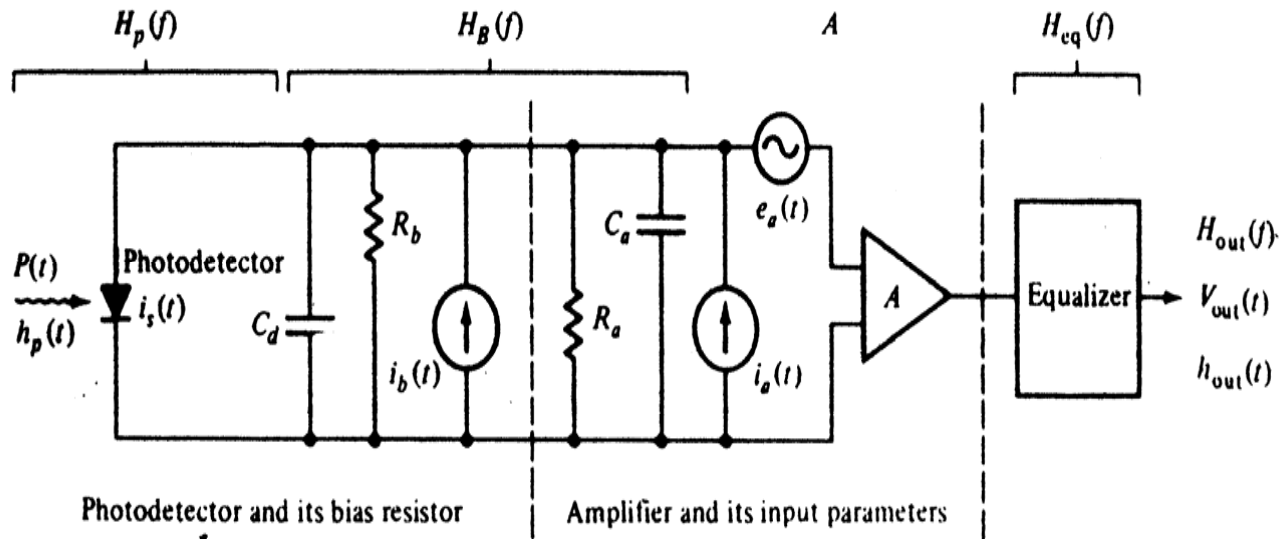


Diagram suatu penerima optik

Perhitungan Unjuk Kerja Penerima Digital

Probabilitas error.

$$BER = \frac{N_e}{N_t} = \frac{N_e}{Bt}$$

N_e : jumlah error terjadi pd interval waktu t

N_t : jumlah pulsa yg ditransmisikan selama waktu t

$B = 1/T_b$ laju bit (yi laju transmisi pulsa)

Utk menghitung BER di penerima, harus diketahui distribusi probabilitas sinyal di keluaran ekualiser.

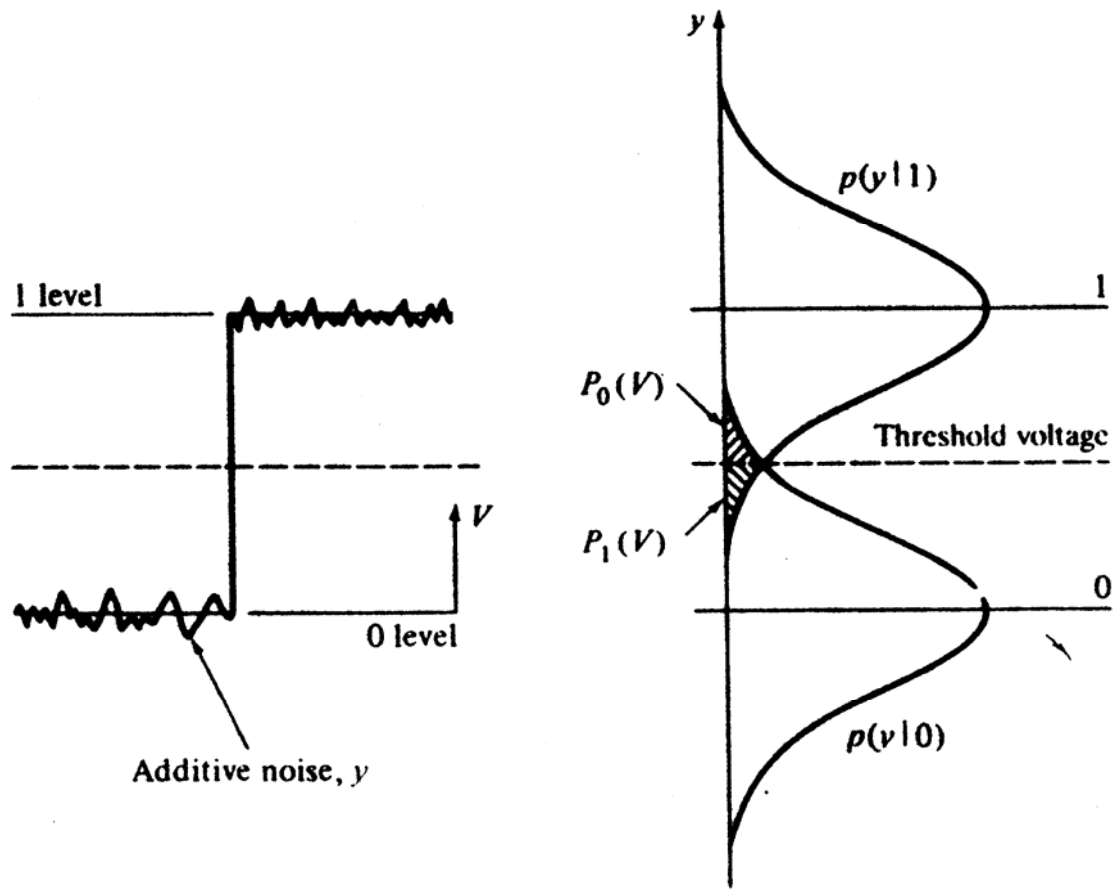
Probablitas teg keluaran ekualiser $< v$ jika dikirim pulsa 1 :

$$P_1(v) = \int_{-\infty}^v p(y|1)dy$$

Probablitas teg keluaran ekualiser $> v$ jika dikirim pulsa 0 :

$$P_0(v) = \int_v^{\infty} p(y|0)dy$$

$p(y | 1)$ dan $p(y | 0)$ adalah fungsi distribusi probabilitas kondisional, yi $p(y | x)$ adalah probabilitas keluaran = y jika dikirimkan x.



Probabilitas distribusi sinyal level 0 dan 1

Jika tegangan threshold v_{th} , maka probabilitas error :

$$P_e = aP_1(v_{th}) + bP_0(v_{th})$$

a, b : faktor beban ditentukan oleh distribusi a priori dr data.

a : probabilitas terjadinya 1, dan b : probabilitas terjadinya 0

Masalah : memilih harga decision threshold dimana P_e minimal

Andaikan noise terdidtribusi Gaussian dgn rata2 nol.

Probabilitas sample terukur $n(t_1)$ pd daerah n s/d $n+dn$:

$$f(n)dn = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-n^2 / 2\sigma^2} dn$$

σ^2 : variansi noise

$f(n)$: fungsi densitas probabilitas

Andaikan amplitudo pulsa V dan teg threshold $v_{th} = V/2$, maka probabilitas error jika dikirim 0 :

$$P_0(v_{th}) = \int_{v/2}^{\infty} p(y|0)dy = \int_{v/2}^{\infty} f_0(y)dy$$

$$P_0(v_{th}) = \int_{v/2}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-v^2/2\sigma^2} dv$$

Serupa dgn itu jika dikirim 1, fungsi densitas probabilitas :

$$f_1(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-n^2/2\sigma^2}$$

Probabilitas error jika dikirim 1 :

$$P_1(v_{th}) = \int_{-\infty}^{V/2} p(y|1)dy = \int_{-\infty}^{V/2} f_1(v)dv$$

$$P_1(v_{th}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_{-\infty}^{V/2} e^{-(v-V)^2 / 2\sigma^2} dv$$

Shg utk a = b = 0,5, maka probabilitas error :

$$P_e = \frac{1}{2} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{V}{2\sqrt{2}\sigma} \right) \right]$$

Dimana :

$$\operatorname{erfx} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-y} dy$$

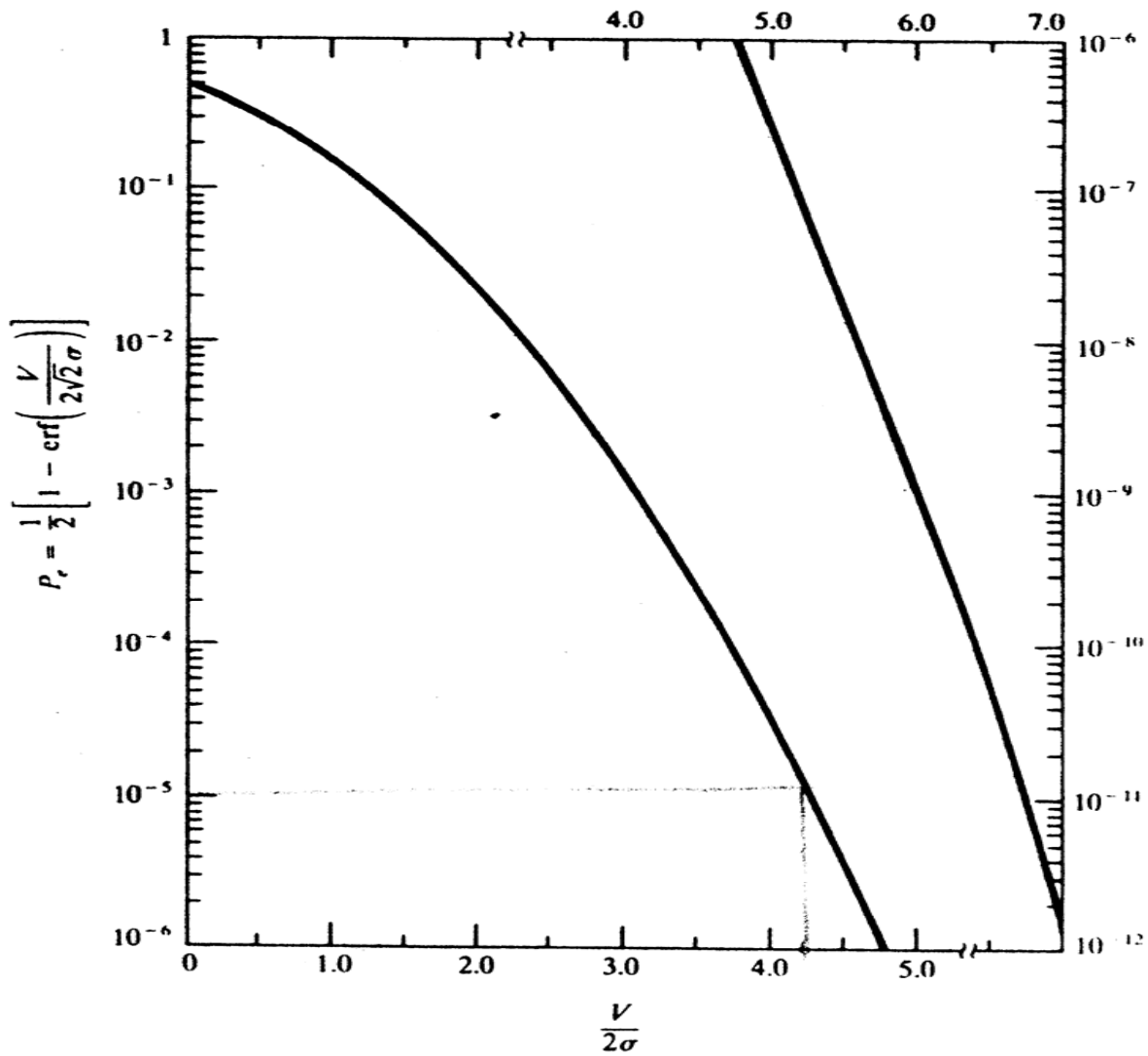
Pe hanya tergantung pd parameter V/σ .

V : amplitudo sinyal

σ : deviasi standard noise (rms noise)

V/σ : perbandingan peak signal dng rms noise

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{dB} = 20 \log \frac{V}{\sigma}$$



BER sbg fungsi S/N

Contoh

Dr grafik $S/N = 8,5 = 18,6 \text{ dB} \rightarrow P_e = 10^{-5}$.

Setiap dikirim 10^{-5} buah bit, maka 1 buah bit diinterpretasikan salah.

Jika sinyal diperkuat shg $S/N = 12,0 = 21,6 \text{ dB} \rightarrow P_e = 10^{-9}$

Quantum Limit

Andaikan detektor foto ideal yi memiliki efisiensi kuantum 1 dan tidak ada dark current → memungkinkan mendapatkan daya optis terima minimal (quantum limit) pd BER tertentu.

Pulsa optis berenergi E mengenai detektor foto dlm interval waktu τ , akan diinterpretasikan oleh penerima sbg pulsa 0 jika takada pasangan elektron hole yg dibangkitkan.

Dari
$$P_r(n) = \frac{\bar{N}^n}{n!} e^{-\bar{N}}$$

Maka, probabilitas diemisikan $n = 0$ elektron pd interval τ

$$P_r(0) = \frac{e^{-\bar{N}}}{1} \quad \text{dimana} \quad \bar{N} = \frac{\eta E}{hf}$$

Shg utk $P_r(0)$ tertentu, terdapat energi minimal yg dibutuhkan pd panjang gel tertentu.

Contoh

Fiber optik link bekerja pd panj gel 850 nm memerlukan BER maksimum 10^{-9} , efisiensi kuantum detektor 0,8.

Hitunglah :

(a) Quantum limit detektor.

(b) Daya dibutuhkan jika laju data 10 Mb/s (jika laju 0 dan 1 sama
→ $1/\tau = B/2$).