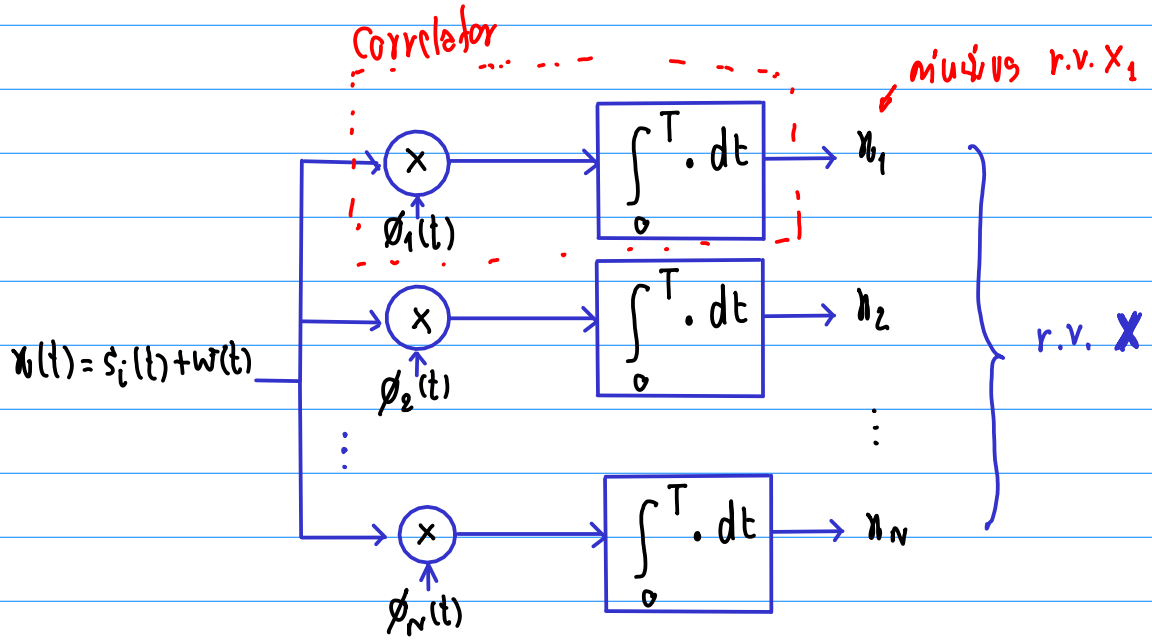
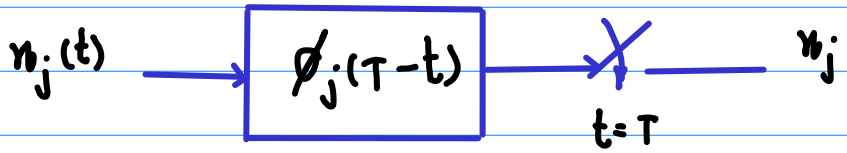


Fig : Correlators o/p

จากรูป ด้านบนเป็น Correlators o/p นอกจากนี้ ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญก็เช่นกัน คือ ความชันของวงจร เพราะถ้าความชันช้าของระบบก็จะใช้ matched filter



$$x_j(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\, h_j(t-\tau)\, d\tau$$

เปรียบเทียบ (4.16) $h_{opt}(t) = kg(T-t)$ เป็น

$$h_{opt_j}(t) = h_j(t) = \phi_j(T-t)$$

ดังนั้น

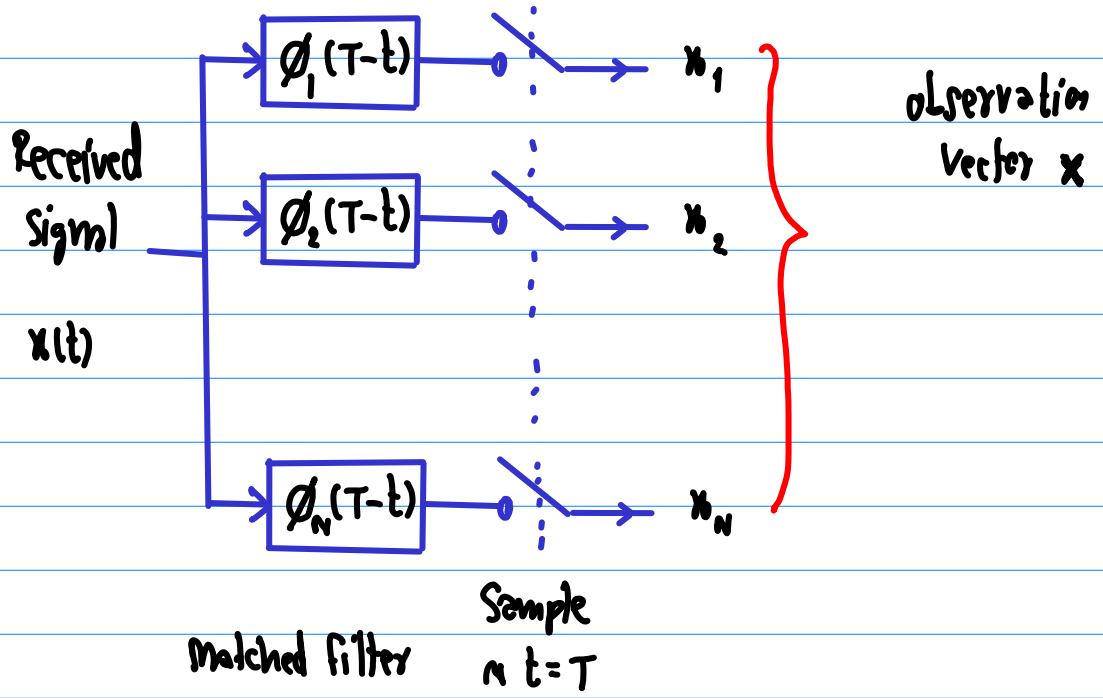


Fig: การใช้ matched filter แทน correlator เพื่อแปลง $x(t)$ ให้อยู่ในรูป vector x

5.2 Probability of Error

สมมติ observation space Z ถูก partition ตามกฎ maximum likelihood decision rule ออกเป็น $\{Z_i\}_{i=1}^{M}$

สมมติ Symbol m_i (i.e. signal vector s_i) ถูกส่ง แล้ว

observation vector เป็น x แล้วเกิดว่า

average probability ของ symbol error, P_e คือ

$$P_e = \sum_{i=1}^{M} p_i \, P(x \text{ ไม่อยู่ใน region } Z_i \mid m_i \text{ sent})$$

$p_j = p_i = \frac{1}{M}$

$$= \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{M} P(x \text{ ไม่อยู่ใน region } Z_i \mid m_i \text{ sent}) \qquad (5.67)$$

$$= 1 - \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{M} P(x \text{ อยู่ใน region } Z_i \mid m_i \text{ sent})$$

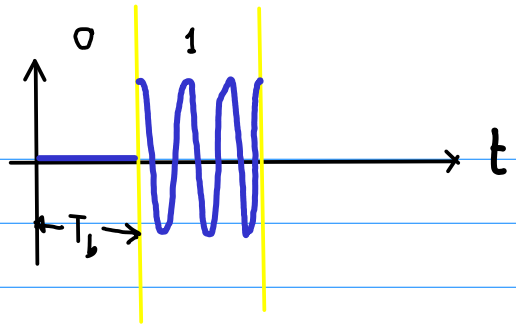
และ z_i ไม่ทับกัน

$$P_e = 1 - \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{M} \int_{Z_i} f_x(x \mid m_i) \, dx \qquad 5.68$$

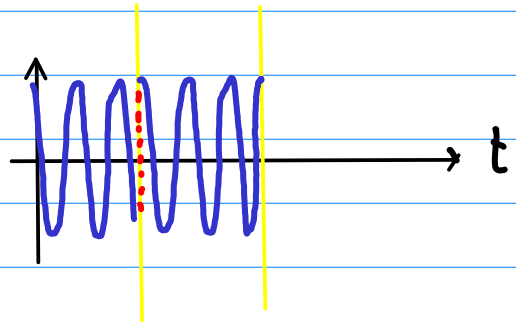
Chapter 6 Passband data Transmission

ใน digital passband transmission จะมี data stream ถูก modulated บน carrier (i.e. sinusoidal fixed frequency) เพื่อส่งผ่าน bandpass channel

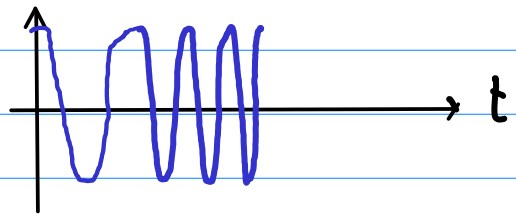
แผนผังแสดงใน digital passband transmission สามารถ ได้ดังรูป



: ASK (amplitude-shift-keying)



: psk (phase-shift keying



: FSk (frequency-shift keying

ในบท ที่ผ่านมา Passband Transmission Model

6.2 Passband Transmission Model

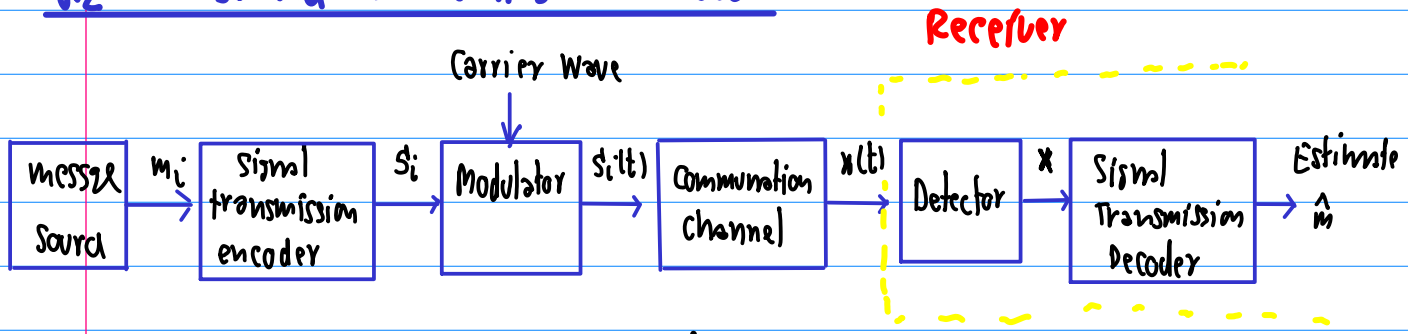


Fig: Functional model ของ passband data transmission system

1. ช่องสัญญาณเป็น linear

2. channel noise w(t) ที่ sample ถูก จาก White Gaussian noise process ที่มี mean เป็น 0 , power spectral density $N_0/2$ ทุกๆ

1. Receiver มีหน้าที่ reverse operation

2. minimize effect ของ channel noise

6.3 Coherent phase-shift keying

ตัวอย่าง PSK, QPSK: Quadriphase-shift Keying, ...

Binary phase-shift keying

คือ

$$s_1(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}}\cos(2\pi f_c t) \qquad (6.8)$$

($\sqrt{E_b}\,\phi_1(t)$)

$$s_2(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}}\cos[2\pi f_c t + \pi] = -\sqrt{\frac{2E_b}{T_b}}\cos(2\pi f_c t) \qquad (6.9)$$

($-\sqrt{E_b}\,\phi_1(t)$)

เมื่อ $0 \le t \le T_b$ เมื่อ E_b แทน transmitted signal energy ต่อ bit

เมื่อ $f_c = \frac{n_c}{T_b}$ เมื่อ n_c เป็นจำนวนเต็ม

จาก (6.8) และ (6.9) ใช้กระบวน Gram-Schmidt หา

$$\phi_1(t) = \sqrt{\frac{2}{T_b}}\cos(2\pi f_c t), \quad 0 \le t \le T_b \qquad (6.10)$$

ดังนั้น

$$s_{11} = \int_0^{T_b} s_1(t)\phi_1(t)\,dt = \sqrt{E_b} \qquad s_1(t) \leftrightarrow [s_{11}] \quad (6.13)$$

และ

$$s_{21} = \int_0^{T_b} s_2(t)\phi_1(t)\,dt = -\sqrt{E_b} \qquad s_2(t) \leftrightarrow [s_{21}] \quad (6.14)$$

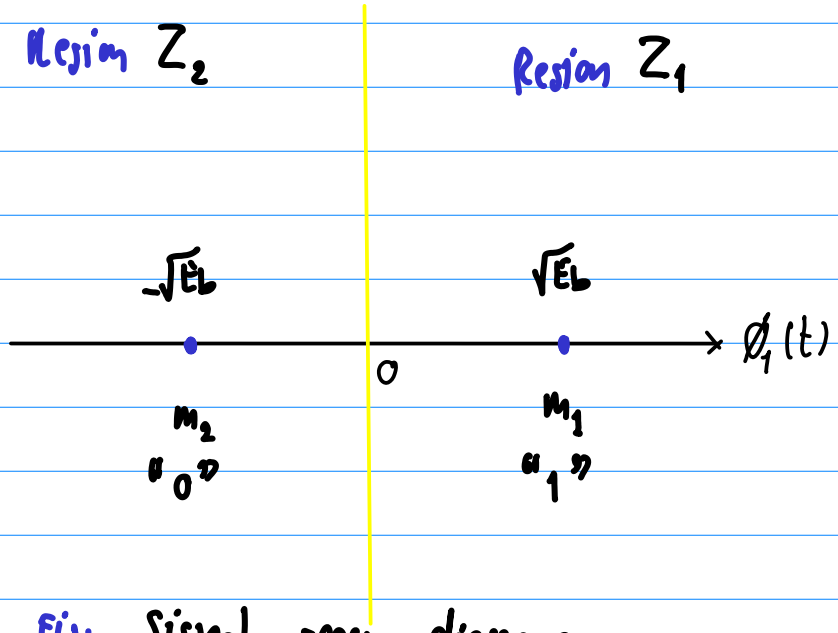


Fig. Signal space diagram

Error Probability vs Binary PSK

"1" $\leftrightarrow$ $s_1(t) \leftrightarrow s_{11} = \sqrt{E_b}$

"0" $\leftrightarrow$ $s_2(t) \leftrightarrow s_{21} = -\sqrt{E_b}$

สมมติว่า "0" ถูกส่ง แล้วจะหา probability ของการเกิด error

เราจะพบว่า x_1 อยู่ใน Z_1 นั่นคือ Z_1 : $0 < x_1 < \infty$

นั่นคือ

$$x_1 = \int_0^{T_b} x(t)\,\phi_1(t)\,dt \qquad (6.15)$$

จาก (5.45) และ (5.35) จะได้

$$f_{x_1}(x_1|0) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \exp\left[\frac{-1}{N_0}(x_1 - s_{21})^2\right] \qquad (6.16)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \exp\left[\frac{-1}{N_0}(x_1+\sqrt{E_b})^2\right]$$

Prob. เกิด error เมื่อ 0 ถูกส่ง ก็คือ

$$P_{10} = \int_0^{\infty} f_{x_1}(x_1|0)\,dx_1$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \int_0^{\infty} \exp\left[\frac{-1}{N_0}(x_1+\sqrt{E_b})^2\right] dx_1 \qquad (6.17)$$

เปลี่ยน ตัวแปร $z = \frac{1}{\sqrt{N_0}}(x_1 + \sqrt{E_b})$ (6.18)

จาก (6.17) จะได้

$$P_{10} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{\sqrt{E_b/N_0}}^{\infty} \exp(-z^2)\,dz$$

$$= \frac{1}{2}\operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right) \qquad (6.19)$$

ประมาณ (4.35) ~ (4.40)

ในทำนองเดียวกัน เราได้

$$P_{01} = \int_{-\infty}^{0} f_{x_2}(x_2|0)\,dx_2$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \int_{-\infty}^{0} \exp\left[\frac{-1}{N_0}(x_1-\sqrt{E_b})^2\right] dx_2$$

เพราะฉะนั้น

$$P_{01} = \frac{1}{2}\operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$$

เปรียบเทียบ (6.35) – (6.36) โดยสมมาตร จะได้ $P_0 = P_1 = \frac{1}{2}$

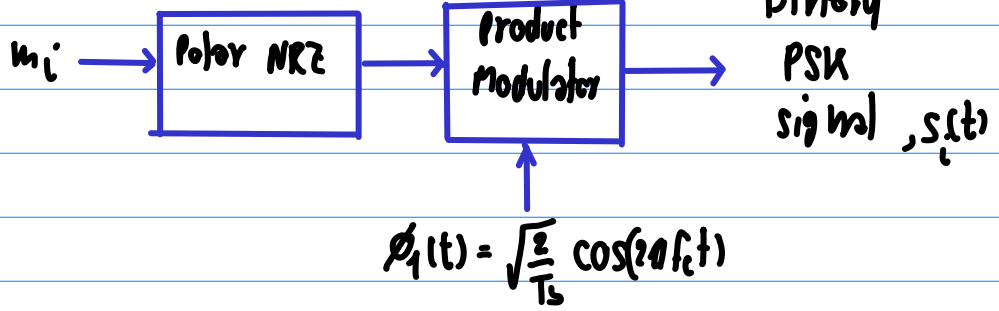
(m_1 และ m_2 เกิดขึ้นด้วยความน่าจะเป็นเท่ากัน) ดังนั้น

$$P_e = P_0 P_{10} + P_1 P_{01} = \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}\operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right) + \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}\operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right) \qquad (6.20)$$

จาก (6.8) – (6.15) เราได้ diagram

(6.8 - 6.9)



(a)

Correlator

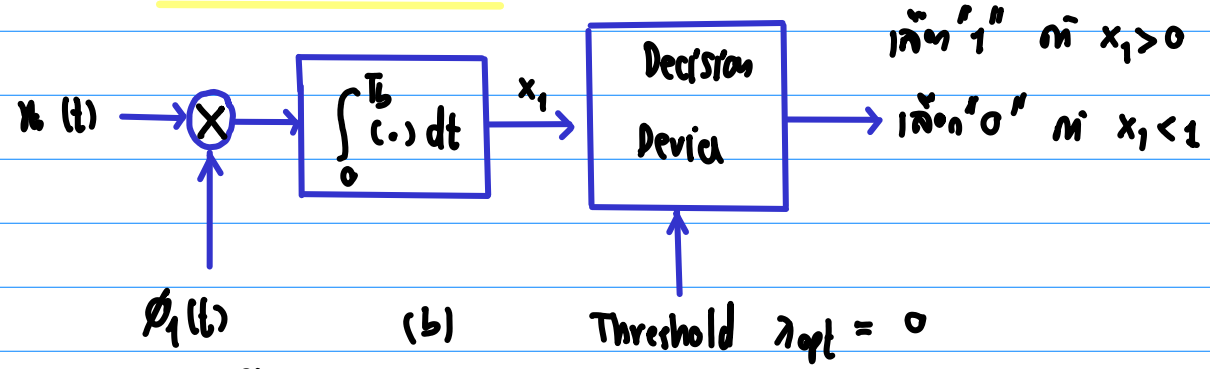


Fig. Block diagram ของ PSK