

$X(t) = 5 \cos(500\pi t + \frac{\pi}{4}) + 10 \cos(1000\pi t + \frac{\pi}{6})$ şeklinde verilen bir işaretin
tobunbant işareti şekilde ele alınarak soşisal iletimi istenilmektedir

a) İşaret büyüklüğünün olabildiğince azaltılması için örnekler arasında kullanılacak en yüksek
zaman oraklığı ne olmalıdır.

$$f_1 = 250 \text{ Hz ve } f_2 = 500 \text{ Hz dir } [w = 2\pi f]$$

Nyquist kriterleri için yüksek frekansa bakılarak bant genişliği seçilir

$$f_{\max} = f_2 = 500 \text{ Hz}$$

İdeal örnekleme sisteminde $f_s = 2 f_{\max} = 1000 \text{ Hz}$

Pratik bir örnekleme için $f_s = 2.2 f_{\max} = 1100 \text{ Hz}$

İdealde ihir oraklık zaman oraklığı $T_s = 1/f_s = 1 \text{ ms}$

Pratikte " " $T_s = 1/f_s \approx 909 \mu\text{s}$

b) Bu durumda dalğanın 1 saatlik bölününde kaç adet örnek değeri bulunur

Pratik bir örneklemede $f_s = 2.2 f_{\max} = 1100 \text{ Hz}$ Yani saniyede 1100 örnek

$$\text{bir saatte } 1100 \times 24 \times 60 \times 60 = 3,96 \text{ m}$$

c) Kuantolayıcıda 128 seviye kullanılırsa ihili iletim oranı

$L = 128$ ise $n = 7$ ($L = 2^n$) Yani ihili iletimde her seviyeyi göstermek

için 7 bit kullanılır

$$\text{veri hızı (iletim oranı)} R_b = 1100 \times 7 = 7700 \text{ b/s} = 7.7 \text{ kbps}$$

d) Bu dalgenin 1 saatlık bölünüşünde kaç bit bulunur

İşaret bir saniyede 7700 bit ile gösteriliyorsa

Bir saatlık sürede $7700 \times 3600 = 27.72 \text{ M bit}$ bulunur

e) Her bir bitin iletimi için en fazla ne kadar süre gerektiğini bulunuz

Saniyede 7700 bit iletileceği için her bitin iletimi için en fazla

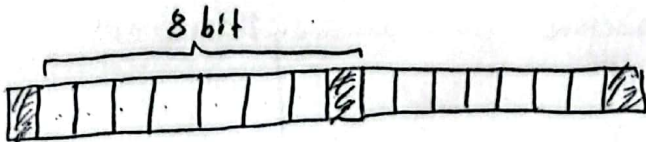
$$T_b = \frac{1}{R_b} = \frac{1}{7700} \approx 129 \mu s$$

Bir analog sinyal 3 kHz'de örnekleyip 128 seviyeye nikelenerek ikili PCM şeklinde kodlanmıştır. Analog işaretin örneklerini temsil eden her bir kod kelimesinin sonuna ise bir eşzamanlı bit eklenmiştir

a) Kanalda gönderilen verinin hızını bulunuz

$$f_s = 3 \text{ kHz} \text{ ise } T_s = \frac{1}{3} \text{ ms olur}$$

128 nikelene seviyesi $\rightarrow 7 \text{ bit} + 1 \text{ sync biti} = 8 \text{ bit}$



$$R_b = n f_s = 8 \text{ bit} \times 3 \text{ kHz} = 24 \frac{\text{kb}}{\text{s}}$$

b) Analog sinyalin en büyük frekans birleşiminin değeri ne olmalı

Nyquist kriterinden dolayı en büyük frekans birleşimi 1.5 kHz olabilir

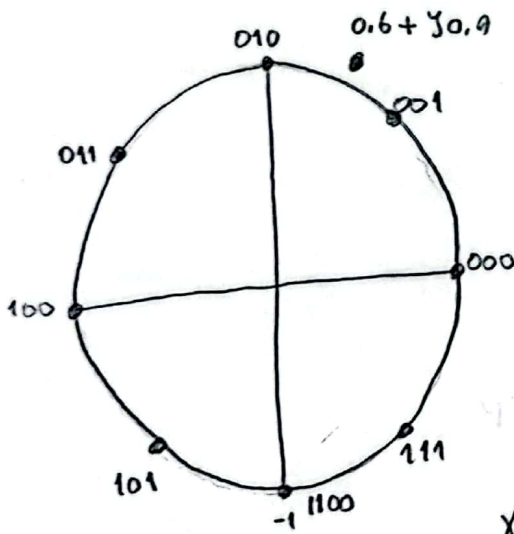
Bir haberleşme sisteminde $R_b = 64 \text{ kbps}$ hızındaki bir verinin 16 PSK ile iletimi gerçekleştirilmektedir. İletimi için gerekli BW

$$16 \text{ PSK} \quad L=16 = 2^n \rightarrow n=4 \text{ bit}$$

$$R_b = 64 \text{ kbps} \quad R_s = \frac{64 \text{ kbps}}{4 \text{ bit}} = 16 \text{ k SPS}$$

$$B_{\text{PSK}} = \frac{2}{T_s} = 2 R_s \Rightarrow 32 \text{ kHz}$$

Birim genlikte taşıyıcı kullanarak 8 PSK iletimi yapılmaktadır. Alıcıda alınan bir işaret değerinin eş-fazlı ve diğ-fazlı bileşenleri $r = [0.6 \ 0.9]$ olarak elde edildiğine göre hangi taşıyıcının iletimis olduğunu bulunuz



8 PSK için her bir faz açısı $360/8 = 45$

$$\text{derece olur} \quad \cos 45 = \sin 45 = \sqrt{2}/2 = 0.707$$

$$000 = 1 \quad 001 = 0.707 + j0.707$$

$$010 = j \quad 011 = -0.707 + j0.707$$

$$100 = -1 \quad 101 = -0.707 - j0.707$$

$$110 = -j \quad 111 = 0.707 - j0.707$$

$$X_{001} = \sqrt{(0.6 - 0.707)^2 + (0.9 - 0.707)^2} = 0.22$$

$$X_{010} = \sqrt{(0.6 - 0)^2 + (0.9 - 1)^2} = 0.608$$

$$0.707 + j0.707$$

noktasına daha

yakındır işaret

Bir Bilgisayar seri portunda 56 kb/s hızında veri akışı sağlanmaktadır
bu veriler, yükseltilmiş cosünüs spektrumuna sahip PCM ile gönderilmektedir
azaltma faktörü katsayısını α 'nın 0,25 0,5 0,75 ve 1 değerleri için
gerekli transiyon bant genişliğini bulun

$$B_T = W(1+\alpha)$$

$$R_b = 56000 \text{ bps} \rightarrow T_b = \frac{1}{56000} \text{ s} \rightarrow W = \frac{1}{2T_b} \rightarrow W = 28 \text{ kHz}$$

$$\alpha = 0,25 \quad B_T = 28k(1+0,25) = 35k \text{ Hz} \quad \alpha = 0,5 \quad B_T = 28k(1+0,5) = 42k \text{ Hz}$$

$$\alpha = 0,75 \quad B_T = 28k(1+0,75) = 49k \text{ Hz} \quad \alpha = 1,0 \quad B_T = 28k(1+1) = 56k \text{ Hz}$$

1) Analog modülasyon (PM, AM, FM) 30P

2) Uygun süzgeç ve yükseltilmiş cos
Azaltma faktörü, kuyruk 20P

3) PAM, PCM

Örneklemeye, kuantalama, çok seviyeli durum 25P

4) ASK, FSK, PSK

-----, görsel kodları, zihnedir, hatalar, hatalar 25P

Bir DDM sinyali, Bant genişliği 12 kHz olan bir kanal üzerinden gönderilmektedir. Cos durbu spektrumuna sahip ($d=1$). 4-seviyeli DDM ile gönderilmektedir. buna göre kanalda gönderilen verinin hızını bulun

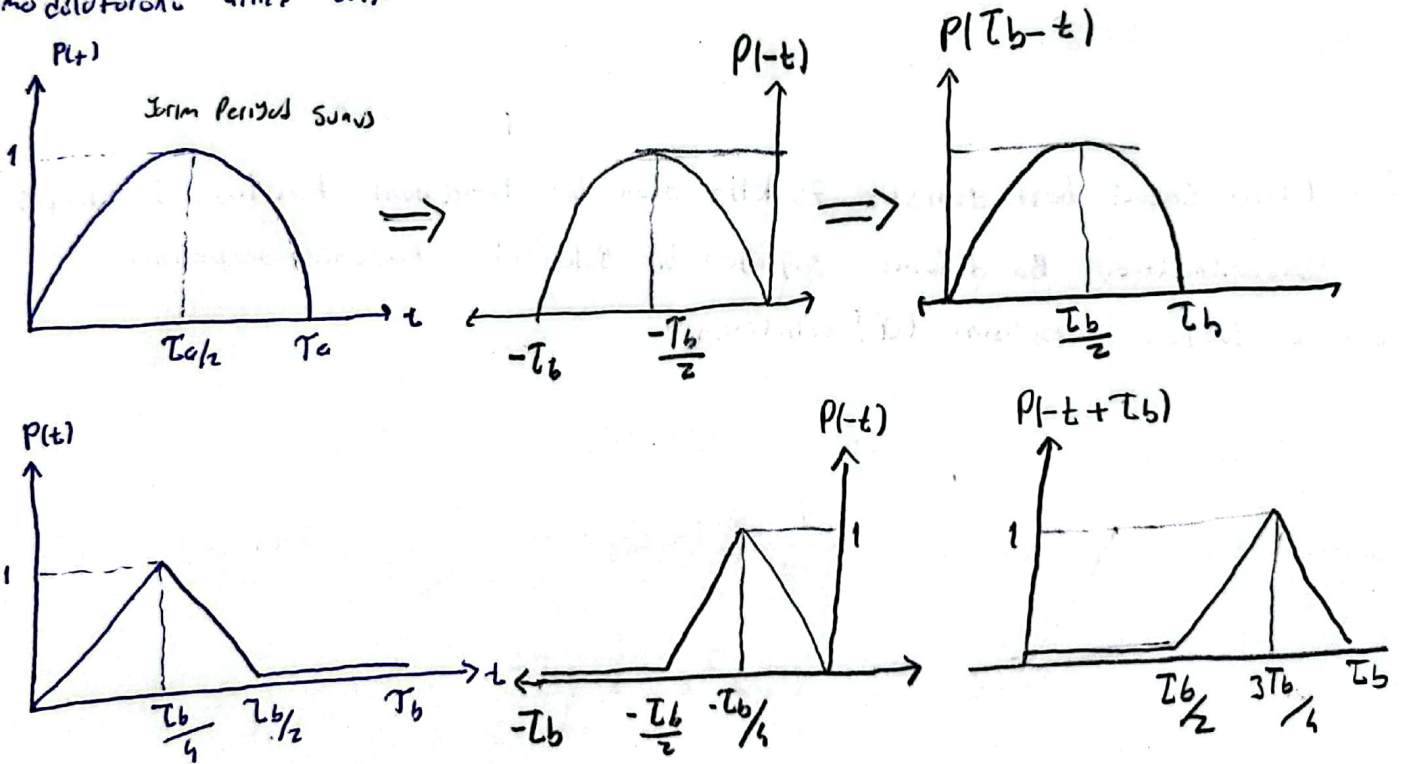
$$B_T = W(1+d)$$

$$d=1 \rightarrow B_T = W(1+1) = \frac{1}{2T} (1+1) = \frac{1}{T} = 12 \text{ kHz}, T = \frac{1}{12} \text{ ms}$$

4-seviyeli DDM durbu başına 2-bit taşıdığına göre verinin hızı

$$R_b = 2 \text{ bit/durbu} \times \left(\frac{1}{T}\right) \text{ durbu/s} = 24 \text{ kb/s}$$

Aşağıdaki: $P(t)$ durbu seline sahip işaretlerin $t_0 = T_b$ durumundaki uyumlu seçer birim durbu cevaplarını ($h(t)$) ve singoller gönderildiğinde uyumlu filtre demodülörünü çıkış durbu formlarını ($Y(t)$) gösteren



$$h(t) * P(t) = y(t)$$

Bir ses işareti A-kuralına göre sesli bir işarete çevrilmiştir. Bu işaret, 0.4 azalma faktörünü sahip bir yükseltilmiş kosinus sözcüğü ile darbe blamblandırma yapıldıktan sonra BASK ile iletilmelidir. İletim için gerekli geçişbandı bant genişliğini bulunuz.

Ses işareti A-kuralına göre sesli olarak çevrildiğinde 8 kHz örnekleme frekansına sahiptir ve 8 bit ile kuantalanmıştır. Veri hızı $R_b = 64 \text{ kbps}$

Azalma faktörü $\alpha = 0.4$ olduğundan tabanbant işaretinin bant genişliği

$$B_T = W(1 + \alpha) = \frac{1}{2T_b}(1 + \alpha) = \frac{R_b}{2}(1 + \alpha) = 32000 \times 1.4 = 44.8 \text{ kHz}$$

BASK modülasyonu yapıldığında tabanbant spektrumu taşıyıcı frekansına kaydırıldığından bant genişliği 2 katına çıkmakta ve BASK bant genişliği

$$B_{\text{BASK}} = 2B_T = 89.6 \text{ kHz}$$

Bir DDM singoli bant genişliği 75 kHz olan bir temelbant kanalında $T_b = 10 \mu\text{s}$ ile gönderilmektedir. Bu durumu sağlayan bir yükseltilmiş kosinus darbesinin azalma faktörü katsayısını (α) belirleyin.

$$B_T = 75 \text{ kHz}$$

$$B_T = W(1 + \alpha)$$

$$T_b = 10 \mu\text{s}$$

$$75000 = \frac{1}{2T_b}(1 + \alpha) = \frac{1}{2 \times 10^{-5}}(1 + \alpha)$$

$$1 + \alpha = 75 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^5$$

$$\alpha = 0.5$$

$\pm 1, \pm 3V, \pm 5V$ ve $\pm 7V$ gerilim seviyelerindeki darbelerle 8 seviyeli PAM ile iletim yapılıyor. iletimde seviyelerin gen. olasılıkları eşit $P_s/\eta = 105000$, sembol hızı $R_s = 1000$ sembol/sn ve alıcı girişindeki filtrenin bant genişliği $B = 5000$ Hz olduğu göre

a) iletilen işaretin ortalama gücü (P_s) nedir yukarıdaki değerler arasında z volt olduğundan dolayı

$$P_s = \frac{A^2}{3} (Q^2 - 1) \quad A = 2V \quad P_c = 1 - P_e$$

$$P_s = \frac{4}{3} (64 - 1) = \frac{63 \cdot 4}{3} = 84 \text{ watt / sembol}$$

b) gürültünün gücü (P_n) nedir

$$P_n = 2 \times (Bw \times R_s) \times N_0 \rightarrow -174 \text{ dB}$$

$$= -1.74 \times 10^{10} \text{ dBm}$$

c) işaretin hatalı gönderilme olasılığı (P_e) nedir ?

$$P_e = 2 \left(1 - \frac{1}{Q} \right) \text{Erfc} \left[\sqrt{\frac{6f}{Q^2 - 1}} \right] \quad f = \frac{P_s \cdot T_s}{\eta}$$

$$T_s = \frac{1}{R_s} = \frac{1}{10000} \quad f = 105000 \cdot \frac{1}{10000} = 10.5$$

$$P_e = 2 \left(1 - \frac{1}{f} \right) \text{Erfc} \left[\sqrt{\frac{6 \cdot (10.5)}{63}} \right]$$

$$P_e = \frac{7}{4} \text{Erfc}(1) = \frac{7}{4} \cdot (0.1573) = 0.2752$$

$\pm 0.5 \text{ mV}$, $\pm 1.5 \text{ mV}$, $\pm 2.5 \text{ mV}$, $\pm 3.5 \text{ mV}$ gerilim seviyelerindeki darbeler 8-seviyeli PAM ile iletim yapılır. İletimde, seviyelerin gelme olasılığı eşit $P_s / n = 168000$, sembol hızı $r = R_s = 1000$ sembol/sn olası girişimdeki filtrenin bant genişliği $B = 5000 \text{ Hz}$ olduğuna göre

a) iletilen işaretin ortalama gücünü bulunuz

$$\text{ortalama güç} = P_s = \frac{A^2}{3} (Q^2 - 1) \quad A = 1 \text{ mV} \quad Q = 8 \text{ seviyeli}$$

$$R_s = r = 10000 \quad P_s = \frac{(10^{-3})^2}{3} \cdot (64 - 1) = 21 \times 10^{-6} \text{ watt / sembol}$$

b) $n = ?$ $\frac{P_s}{n} = 168.000 \quad \frac{21 \times 10^{-6}}{168.000} = n = 0.125 \times 10^{-9}$

Nyquist örnekleme için gerekli koşulun formülünü yazın

Nyquist teoremi bir sinyalin frekans bileşenini doğru bir şekilde temsil edebilmek için örnekleme frekansıdır sinyalin en yüksek frekans bileşenini (f_{max}) en az

iki katı olmalı

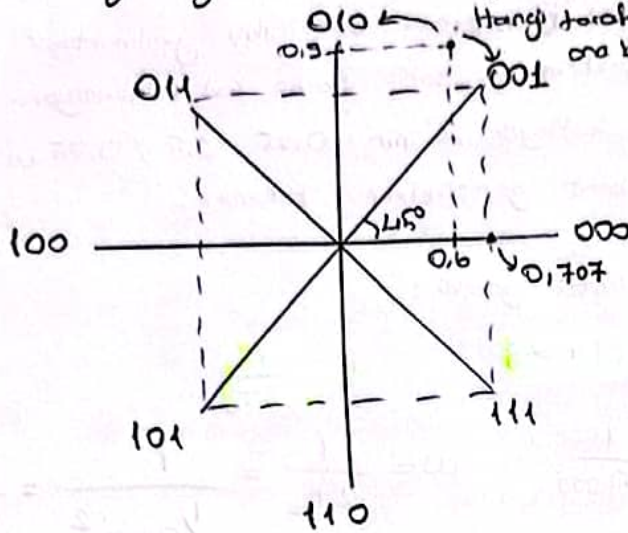
$$f_s \geq 2 f_{\text{max}}$$

$f_s = \text{örnekleme frekansı}$

$f_{\text{max}} = \text{bant genişliği}$

Yükseklikler cos dairesi neden kullanılır? Yükseklikler cos dairesinde orantılı faktörü katsayısı (α) orantılı iletim bant genişliği ve girişin genlikleri?

Soru 4) Birim genlikte taşıyıcılar kullanılarak 8PSK iletilmi yapılmaktadır. Alıcıdan alınan bir işaret değerinin eş fazlı ve dik fazlı bileşenlerinin $r = [0,16 \ 0,9]$ ise hangi taşıyıcının iletilmiş olduğunu bulunuz.



PSK = Faz kaydırma cinsi modülasyon
Öklid uzaklığı (Noktasal Gözlem)

$$1. \text{ yol} \quad \sqrt{(0,16 - 0,707)^2 + (0,9 - 0,707)^2}$$

$$x001 = 0,221 \quad * \text{ daha küçük.}$$

$$\sqrt{(0,16 - 0)^2 + (0,9 - 1)^2} \quad x010 = 0,600$$

Gelen sinyali 001 'dir.

2. yol Gelen işaretin bileşenleri ile karşılaştırılır. Sonuç olarak olan sembol gelmiş demektir.

$$C_1 > C_2 \text{ olduğunda dolayı} \rightarrow C_1(r, 001) = 0,16 \times 0,707 + 0,9 \times 0,707 = 0,61$$

$$C_2(r, 010) = 0,16 \times 0 + 0,9 \times 1 = 0,9$$

Gelen Sinyali 001 'dir.

Soru 5) Bir haberleşme sisteminde $R_b = 64$ kbps hızındaki bir verinin 16 PSK ile iletileceği gerekli BW nedir?

16 PSK için $m = 16$ adet taşıyıcı bulunmaktadır.

Bu nedenle $k = \log_2 16 = 4$ bit bilgi taşır. Sembol oranı $1/4$ 'e düşer.

$$R_b = \frac{64}{4} = 16 \text{ kbps} \rightarrow \frac{1}{T_s} = R_b \quad T_s = \frac{1}{16.000}$$

$$* B_{W_{PSK}} = \frac{2}{T_s} = \frac{2}{1/16000} = 32 \text{ kHz}$$

Soru 6) Bit oranı $R_b = 128$ kbps olan sinyal bir işaretin BPSK ile iletilmi yapılmaktadır. Taşıyıcı frekansı $f_c = 100$ MHz ve frekans sapması $\Delta f = 256$ kHz ise f_1 ve f_2 değerlerini ve modülasyon için dikdörtgen dalgalar kullanılıyorsa gerekli BW = ?

$$f_1 = f_c + \Delta f = 100 \text{ MHz} + 256 \text{ kHz} = 100,256 \text{ MHz}$$

$$f_2 = f_c - \Delta f = 100 \text{ MHz} - 256 \text{ kHz} = 99,744 \text{ MHz}$$

$$B_{W_{BPSK}} = f_1 - f_2 + \frac{2}{T} = 2\Delta f + 2R_b$$

$$= 512 \text{ kHz} + 256 \text{ kHz}$$

$$= 768 \text{ kHz.}$$

Soru 11) $\pm 0,5 \text{ mV}$, $\pm 1,5 \text{ mV}$, $\pm 2,5 \text{ mV}$, $\pm 3,5 \text{ mV}$ gerilim seviyelerindeki darbelerle 8-seviyeli PCM ile iletim yapılıyor. İletimde seviyelerin gelme olasılığı eşit (P_s/n) = 168000 / sembol hızı $r = 10000$ sembol/sn , alıcı girişindeki filtrenin bant genişliği $B = 5000 \text{ Hz}$ olduğuna göre ;

a) İletilen iletin ortalama gücünü bulunuz.

$$\text{Ortalama güç} = P_s = \frac{A^2}{3} \cdot (Q^2 - 1)$$

Bunu yukarıdaki değerlerin arası 1mV olduğu için aldık
 $A = 1 \text{ mV}$ (Voltaj Amplitüdü)
 $\rightarrow 1 \text{ mV} (1 \cdot 10^{-3})^2 = 10^{-6}$

$$Q = 8 \text{ seviyeli} , r = 10000$$

$$P_s = \frac{10^{-6}}{3} \cdot 63 = 21 \times 10^{-6} \text{ watt / sembol}$$

$$b = n = ? \quad \frac{P_s}{n} = 168.000$$

$$\frac{21 \times 10^{-6}}{168000} = n = \underline{\underline{0,125 \times 10^{-9}}}$$

Soru 12)

- Nyquist örnekleme için gerekli koşulun formülünü yazınız.
- Yükseltilmiş kosinüs darbesi neden kullanılır? Yükseltilmiş kosinüs darbesinde azalma faktörü katsayısı (α) arttıkça iletim bant genişliği ve girişim genlikleri nasıl değişir?
- Bir PCM sinyali bant genişliği 125 kHz olan bir temel bant kanalından , $T_b = 5 \mu s$ ile gönderilmektedir. Bu durumu sağlayan bir yükseltilmiş kosinüs darbesinin azalma fak. katsayısını (α) belirleyiniz.

a) Nyquist teoremi bir sinyalin frekans bileşenlerini doğru bir şekilde temsil edebilmek için ; Örnekleme frekansının , sinyalin en yüksek frekans bileşeninin (f_{max}) en az iki katı olması gerektiğini belirtir.

$$f_s \geq 2 \cdot f_{max} \quad f_s = \text{Örnekleme frekansı}$$

$$f_{max} = \text{Bant genişliği}$$

b) Yükseltilmiş kosinüs darbesi sinyal iletiminde bant genişliği verimliliği ve semboller arası girişimin azaltılması gibi kritik avantajlar sunduğu için kullanılır.

$$B_w = W(1 + \alpha) \text{ olduğu için } \alpha \text{ artarsa bant genişliği artar.}$$

α arttıkça yan loblar daha hızlı azalır bu da zaman domaininde daha az ISI (girişim genliği) anlamına gelir.

$$c) \quad B_w = 125 \text{ kHz}$$

$$T_b = 5 \mu s$$

$$B_w = W \cdot (1 + \alpha)$$

$$W = \frac{1}{2T_b} = \frac{1}{10 \mu s}$$

$$125 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 1 + \alpha$$

$$1,25 = 1 + \alpha$$

$$\alpha = \underline{\underline{0,25}}$$

Soru 13) $\pm 1V, \pm 3V, \pm 5V$ ve $\pm 7V$ gerilim seviyelerindeki 8 seviyeli

PAM ile iletim yapıyor. İletimde seviyelerin gelme olasılığı eşit

$P_s/\eta = 105000$, sembol hızı $R_s = 10000$ sembol/sn ve alıcı girişindeki

filtrenin bant genişliği $B = 5000$ Hz olduğuna göre;

a) İletilen işaretin ortalama gücü (P_s) nedir?

b) Göktenin gücü (P_n) nedir?

c) İşaretin hatalı gönderilme olasılığı (P_e) nedir? P_e (işaretin doğru alınma olasılığı)

$$a) P_s = \frac{A^2}{3} (Q^2 - 1)$$

$$A = 2V$$

$$P_c = 1 - P_e$$

$$P_s = \frac{4}{3} (64 - 1) = \frac{63 \cdot 4}{3} = 84 \text{ Watt / sembol.}$$

$$c) P_e = 2 \left(1 - \frac{1}{Q} \right) \text{Erfc} \left[\sqrt{\frac{6\beta}{Q^2 - 1}} \right] \quad \beta = \frac{P_s \cdot T_s}{\eta}$$

$$T_s = \frac{1}{r} = \frac{1}{R_s} = \frac{1}{10000}$$

$$\beta = 105000 \cdot \frac{1}{10000} = 10.5$$

$$P_e = 2 \left(1 - \frac{1}{8} \right) \text{Erfc} \left[\sqrt{\frac{6 \cdot (10.5)}{63}} \right]$$

$$P_e = \frac{7}{4} \text{Erfc}(1) = \frac{7}{4} \cdot (0.1573) = \boxed{0.2752}$$

$$b) \text{Göktenin gücü } (P_n) = 2 \times (B \times R_s) \times \frac{N_0}{-174 \text{ dB}} \\ = -1.74 \times 10^{-10} \text{ dBm ?}$$

Soru 7) 3 kHz kullanılabilir bant genişliğine sahip haberleşme kanalından gönderilen taşıyıcının genliği $A = 5V$ olduğuna göre;

- Bu kanaldan BPSK iletimi yapılırsa, en yüksek bit iletim hızı nedir?
- Sinüzoidal taşıyıcının gücü bulunuz.
- Modüle edilmiş işaretin enerjisini bulunuz.

$$a) B_{WBPSK} = \frac{B}{T_b} = 2R_b = 3 \text{ kHz} \quad R_b = 1.5 \text{ kHz} \rightarrow T_b = \frac{2}{3 \text{ kHz}}$$

$$b) A = \frac{A^2}{2} = \frac{25}{2} = 12.5 \text{ watt.}$$

$$c) E_b = \frac{A^2}{2} T_b = \frac{25}{2} \cdot \frac{2}{3 \text{ kHz}} = \frac{25 \text{ W}}{3 \text{ kHz}} = 8.333 \times 10^{-3} \text{ joule.}$$

Soru 8) $Q = 4$ seviyeli semboller $r = 5000$ sembolün hızında ve $\frac{P_s}{N} = 80000$ olan bir sistemden iletiliyor. $B_w = 2.15 \text{ kHz}$ ise β ve P_e değerlerini bulunuz.

$$a) P_e = 2 \left(1 - \frac{1}{Q} \right) \text{Erfc} \left[\sqrt{\frac{6\beta}{Q^2 - 1}} \right] \quad \beta = \frac{P_s \cdot T_s}{N} \quad \beta = 16$$

$$T_s = \frac{1}{r} = \frac{1}{5000}, \quad \beta = \frac{P_s \cdot T_s}{N} = 80000 \cdot \frac{1}{5000} = 16$$

$$P_e = 2 \left(1 - \frac{1}{4} \right) \text{Erfc} \left[\sqrt{\frac{6 \cdot 16}{4^2 - 1}} \right] = \frac{3}{2} \cdot \text{Erfc}(2.53) \approx 0.01$$

b) Örnekteki 4 seviyenin her biri iki bitlik kodlarla iletiliyorsa P_e değerini bulunuz.

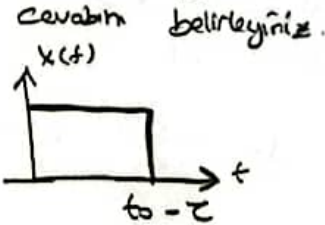
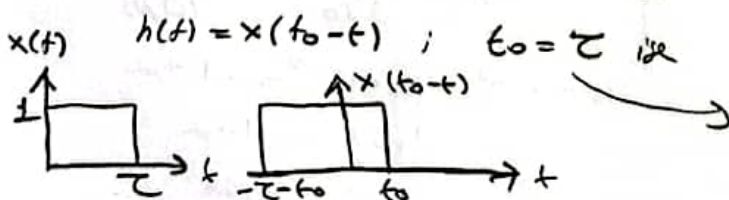
$$r = 5000 \cdot 2 = 10000$$

$$\beta = 80.000 \cdot \frac{1}{10.000} = 8. \quad ???$$

$$Q = 2 \text{ için } P_e = 2 \left(1 - \frac{1}{4} \right) \text{Erfc} \left[\sqrt{\frac{6 \cdot 8}{4^2 - 1}} \right] = \frac{2}{3} \cdot \text{Erfc}(2.1)$$

Soru 9)

$$x(t) = \pi \left[\left(t - \frac{\tau}{2} \right) / \tau \right] \text{ bilgi işareti için; uygunlu filtresinin impulsu}$$



Soru 10)

$x(t) = 4 \cos w_c t$ işaretli PCM işaret olarak iletilmek isteniyor. // İletimde düzgün kuantumlama ve 5 bitlik kodlayıcılar kullanıldığına göre kuantalama adım aralığı (a) kaç V'dir?

$$\Delta = \frac{2 A_{max}}{Q} = \frac{2 A_{max}}{2^n} = \frac{2 \cdot 4}{2^5} = \frac{8}{32} = 0.25 \text{ V}$$

HABERLEŞME SİSTEMLERİ FINAL

25.05.2024
Cumartesi

Soru 1) Bir bilgisayar seri portunda 56 kb/s hızında veri akışı yapılmaktadır. Bu veriler yükseltilmiş kosinüs spektrumuna sahip Darbe Kod Modülasyonu ile gönderilmektedir. Azalma faktörü katsayısı α 'nın 0,25, 0,5, 0,75 ve 1 değerleri için gerekli transmisyon bant genişliklerini bulunuz.

Yükseltilmiş kosinüs darbesi için bilinmesi gerekli;

$$B_T = 2\omega - f_1 = \omega \times (1 + \alpha)$$

$$\omega = \frac{1}{2T_b}$$

$$R_b = 56000 \rightarrow T_b = \frac{1}{R_b} = \frac{1}{56000}$$

$$\omega = \frac{1}{2T_b} = \frac{1}{\frac{1}{56000} \cdot 2} = \frac{56}{2} \text{ kHz}$$

$$\alpha = 0,25 \text{ için } B_T = \omega (1 + \alpha) = 28 \times (1 + 0,25) = 35 \text{ kHz. } \omega = 28 \text{ kHz.}$$

$$\alpha = 0,5 \text{ için } B_T = \omega (1 + \alpha) = 28 \times (1 + 0,5) = 42 \text{ kHz.}$$

$$\alpha = 0,75 \text{ için } B_T = \omega (1 + \alpha) = 28 \times (1 + 0,75) = 49 \text{ kHz.}$$

$$\alpha = 1 \text{ için } B_T = \omega (1 + \alpha) = 28 \times (1 + 1) = 56 \text{ kHz.}$$

Soru 2) Bir DDM sinyali bant genişliği 75 kHz olan bir temel bant kanalından $T_b = 10 \mu s$ ile gönderilmektedir. Bu durumu sağlayan bir yükseltilmiş kosinüs darbesinin azalma faktörü katsayısını (α) belirleyiniz.

$$B_T = 75 \text{ kHz}$$

$$T_b = 10 \mu s$$

$$B_T = \omega (1 + \alpha)$$

$$\omega = \frac{1}{2T_b}$$

$$75 \text{ kHz} = \frac{1}{2 \times 10 \times 10^{-6}} (1 + \alpha)$$

$$1 + \alpha = 75 \times 10^3 \times \frac{2 \times 10 \times 10^{-6}}{10^{-5}} = 150 \times 10^{-2}$$

$$1 + \alpha = 1,5$$

$$\alpha = 0,5$$

Soru 3) Bir DDM sinyali bant genişliği 12 kHz olan bir kanal üzerinden yükseltilmiş kosinüs darbe spektrumuna sahip ($\alpha = 1$), 4-seviyeli DDM (Darbe genlik modülü) ile gönderilmektedir. Buna göre kanaldan gönderilen verinin hızını bulunuz.

$$B_T = \omega (1 + \alpha) \rightarrow 12 \text{ kHz} = \omega \cdot (1 + \alpha) = 2\omega$$

$$\text{Veri Hızı} = R_b$$

$$2\omega = 12 \text{ kHz}$$

$$\omega = 6 \text{ kHz}$$

$$6 \text{ kHz} = \frac{1}{2T_b} \rightarrow T_b = \frac{1}{12} \text{ s}$$

4-seviyeli DDM, darbe başına 2 bit taşıdığına göre;

$$R_b = 2 \text{ bit / darbe} \times \left(\frac{1}{T} \right) \text{ darbe/sn} = \underline{\underline{24 \text{ kb/s}}}$$

$$2 \times 12.000$$