
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2012/2013 Academic Session

June 2013

EEE 377 – Digital Communication
[Perhubungan Digit]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 Jam]

Please check that this examination paper consists of **ELEVEN (11)** pages printed material and **SIX (6)** pages of Appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEBELAS (11)** mukasurat bercetak beserta Lampiran **ENAM (6)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

Instructions: This question paper consists of **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions. All questions carry the same marks.

Arahan: *Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama.]*

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]

1. (a) Rekabentuk sebuah sistem penghantaran data jalur asas menggunakan Pemodulatan Denyut Amplitud (PDA) yang mempunyai spesifikasi seperti berikut
- (i) Ketepatan bagi sistem penghantaran adalah 95%.
 - (ii) Tiada gangguan Inter-simbol (ISI)
 - (iii) Isyarat dihantar $s(t)$ menggunakan sepenuhnya jalur lebar saluran (iaitu tiada sisa jalur lebar saluran)

Design a baseband data transmission system using Pulse Amplitude Modulation (PAM) that has the following specifications;

- (i) Accuracy for the transmission system is 95%.*
- (ii) No Inter-symbol Interference (ISI).*
- (iii) The transmitted signal $s(t)$ fully utilizes the channel bandwidth (i.e. no wastage in channel bandwidth)*

Dalam rekaan anda, tunjukkan gambarajah blok umum sistem penghantaran. Lukiskan spektrum ketumpatan kuasa masukan ($G_{in}(f)$), saluran pindah $H(f)$, dan spektrum ketumpatan kuasa masukan ($G_{out}(f)$).

In your design, show the general block diagram of the transmission system. Draw the input power spectral density ($G_{in}(f)$), channel transfer function $H(f)$, and output power spectral density ($G_{out}(f)$).

Tunjukkan gambar rajah masa isyarat $s(t)$ dengan urutan bit {1 0 1 1 0 1} yang tidak melibatkan ISI.

Show the timing diagram of signal $s(t)$ with bit sequence {1 0 1 1 0 1} that involves no ISI.

Tentukan jalur lebar yang diperlukan saluran (f_c), dan kadar r_b , diberikan bahawa amplitud denyut $A = 10V$ dan lebar denyut $\tau = 0.5 ms$.

Specify the required channel bandwidth (f_c), and the bit rate r_b , given that the amplitude of the pulse $A = 10V$ and pulse width $\tau = 0.5 ms$.

(40 markah/marks)

- (b) Ulangi rekaan di bahagian a) dengan spesifikasi yang sama tetapi kini lebar denyut adalah $\tau = 0.25 \text{ ms}$.

Repeat the design in part a) with the same specifications but now the pulse width $\tau = 0.25 \text{ ms}$.

(40 markah/marks)

- (c) Kemukakan ulasan bagi kadar bit kedua-dua sistem penghantaran data di atas dan tunjukkan hubungan di antara mereka.

Comment on the bit rate of the two data transmission systems above and show the relationship between them.

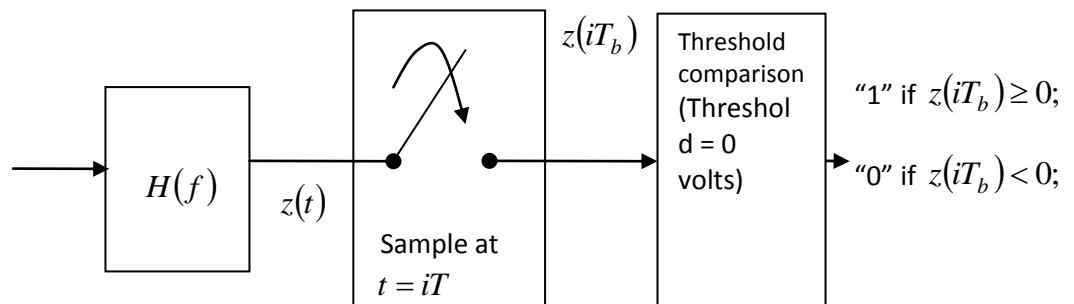
(20 markah/marks)

2. (a) Pertimbangkan Gambarajah 2(a) blok umum penerima (PDA) optimum di bawah.

Consider a general block Diagram 2(a) of (PAM) optimum receiver below.

Received signal
and noise
 $r(t) = \gamma s(t) + n(t)$

Processed
signal
 $z(t) = r(t) * h(t)$



Rajah 2(a)
Figure 2(a)

Diberikan bahawa ketidaksamaan Schwarz sebagai

Given that Schwarz's inequality as

$$\left| \int_{-\infty}^{\infty} f_1(x)f_2(x)dx \right|^2 \leq \int_{-\infty}^{\infty} |f_1(x)|^2 dx \int_{-\infty}^{\infty} |f_2(x)|^2 dx$$

Berdasarkan maklumat di atas, tunjukkan bahawa proses optimum atau pengesanan optimum boleh diberikan seperti berikut

Using the above information, show that the optimum process or optimum detection is given as the following

$$P_{b,\min} = Q\left(\left[\frac{|\gamma_S(iT_b)^* h(iT_b)|}{\sigma_p}\right]_{\max}\right) = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$$

(50 markah/marks)

- (b) Hasilkan pelaksanaan praktikal bagi penerima optimum yang setara.

Drive the corresponding practical implementation of the optimum receiver.

(40 markah/marks)

- (c) Lukiskan penerima optima yang setara.

Draw the corresponding equivalent optimum receiver.

(10 markah/marks)

3. (a) Sebuah (PDA) penerima yang optima telah direka bentuk dengan menggunakan denyut segi empat yang **simetri** untuk mewakili turutan binari. Binari "1" diwakili oleh +1V and binari "0" diwakili oleh -1V. Pemancar menghantar turutan perdua dengan kadar penghantaran sebanyak 50,000 bit/saat, dan isyarat dilemahkan kepada 0.5v di penerima. Diberi bahawa kuasa penormalan ketumpatan $N_0 = 1.4 \times 10^{-6} \frac{\text{volts}^2}{\text{Hz}}$. Tentukan kebarangkalian yang minimum kesilapan P_b oleh penerima optimum tersebut.

*A (PAM) optimum receiver has been designed using the **symmetric** rectangular pulses to represent the binary sequence. Binary "1" is represented by +1V and binary "0" is represented by -1V. The transmitter transmits the binary sequence with transmission rate of 50,000 bits/secs, and the signals are attenuated to 0.5V at the receiver. Given that normalized power spectral density $N_0 = 1.4 \times 10^{-6} \frac{\text{volts}^2}{\text{Hz}}$. Determine the minimum probability of bit error P_b of the optimum receiver.*

(30 markah/marks)

- (b) Satu lagi lagi PDA penerima optimum telah direka bentuk dengan menggunakan denyutan segi empat tepat **tidak simetri** untuk mewakili satu turutan binari. Binari "1" diwakili oleh +1 V dan binari "0" diwakili oleh -3V. Pemancar menghantar turutan binari dengan kadar penghantaran sebanyak 50,000 bit/saat, dan isyarat telah dilemahkan kepada separuh daripada amplitud asal pada penerima.. Diberikan bahawa spektrum kuasa normal adalah $N_0 = 1.4 \times 10^{-6} \frac{\text{volts}^2}{\text{Hz}}$. Tentukan kebarangkalian yang minimum kesilapan P_b oleh penerima optimum tersebut.

*Another PAM optimum receiver has been designed using the **asymmetric** rectangular pulses to represent the binary sequence. Binary "1" is represented by +1V and binary "0" is represented by -3V. The transmitter transmits the binary sequence with transmission rate of 50,000 bits/secs, and the signals are attenuated by half of the original amplitude at the receiver. Given that normalized power spectral density $N_0 = 1.4 \times 10^{-6} \frac{\text{volts}^2}{\text{Hz}}$. Determine the minimum probability of bit error P_b of the optimum receiver.*

(30 markah/marks)

- (c) Permodulatan laluanlulus adalah teknik yang membolehkan data yang dapat dihantar melalui jalur saluran laluanlulus yang dihadkan oleh $f_1 < f < f_2$, dengan menggunakan isyarat pembawa seperti $A \sin(2\pi f_c t + \theta)$. Adalah diberikan urutan perduaan dihantar dengan kadar bit $r_b = 100,000$ bit /saat. Lakarkan urutan masa binari {1 0 1 1 0 1} dan tunjukkan bagaimana bit dimodulatkan dengan isyarat pembawa untuk yang berikut; [Nyatakan bilangan kitaran setiap tempoh bit]

Bandpass modulation is the technique that enables the data to be transmitted through a bandpass channel band limited by $f_1 < f < f_2$, using a carrier signal such as $A \sin(2\pi f_c t + \theta)$. Given that binary sequence is transmitted with bit rate $r_b = 100,000$ bits/secs. Sketch the timing sequence of binary {1 0 1 1 0 1} and show how these bits are modulated with the carrier signal for the following; [Indicate the number of cycles per bit period]

- (i) *Penguncian Anjakan Frekuensi*

Frequency Shift Keying (FSK)

- (ii) *Penguncian Anjakan Fasa*

Phase Shift Keying (PSK)

(40 markah/marks)

4. (a) Apakah yang anda faham tentang kod berkeadaan prefix? Bagaimana anda menentukan jika sesuatu kod itu adalah kod berkeadaan prefix? Tunjukkan satu contoh.

What do you understand by prefix-condition code? How do you determine whether a code is a prefix-condition code? Provide an example for this.

(30 markah/marks)

- (b) Kod 4-bit disampelkan pada 12Mb/s. Anggapkan setiap satu kod 2^4 mempunyai kebarangkalian yang sama.

A 4-bit code is sampled at 12Mb/s. Assume that each of the 2^4 codes has equal probability of occurrence.

- (i) Carikan entropi kod tersebut.

Find the entropy of the code.

(5 markah/marks)

- (ii) Isyarat tersebut kemudiannya dikuantumkan oleh pengkuantum logaritma di mana kesemua kod yang berada di antara 2^n dan $(2^{n+1}-1)$ adalah diwakilkan oleh n dengan $n = 0,1,2,3$. Cari entropi dan kadar kod bagi kod binari terkuantum.

The signal is then quantized by a logarithmic quantizer in which all the codes between 2^n and $(2^{n+1}-1)$ are represented by n with $n = 0,1,2,3$. Find the entropy and the code rate of the quantized binary code.

(30 markah/marks)

- (iii) Dengan mengekodkan kod di atas dengan kod Huffman, cari entropi, purata panjang kod dan kecekapan kod bagi panjang berubah kod.

Encode the above code using Huffman code and find the entropy, average code length and code efficiency of the variable length code.

(15 markah/marks)

- (c) Rekabentuk satu pengekod supaya kecekapan kod untuk sumber tersebut dapat ditingkatkan. Beri penilaian terhadap kebolehnya dalam mengurangkan penggunaan bit untuk mewakili simbol-simbol di atas.

Design a coding method so that the coding efficiency of the above source can be increased. Evaluate its ability in reducing the number of bits used for representing the above symbols.

(20 markah/marks)

5. (a) Diketahui bahawa terdapat dua kaedah pengawalan ralat dalam komunikasi. Satu kaedah adalah pembetulan ralat ke hadapan manakala satu lagi kaedah adalah ulangan permintaan automatik. Dengan bantuan gambarajah, ulaskan ketiga-tiga kaedah ARQ;

It is known that there are two methods of error control employed in communication. One is forward error correction whilst another is automatic repeat request. With the help of a diagram, describe the three methods of ARQ;

- (i) ARQ Henti-dan-tunggu
Stop-and-wait ARQ
- (ii) ARQ berterusan dengan perunduran
Continuous ARQ with pullback
- (iii) ARQ berterusan dengan ulangan terpilih
Continuous ARQ with selective repeat

(15 markah/marks)

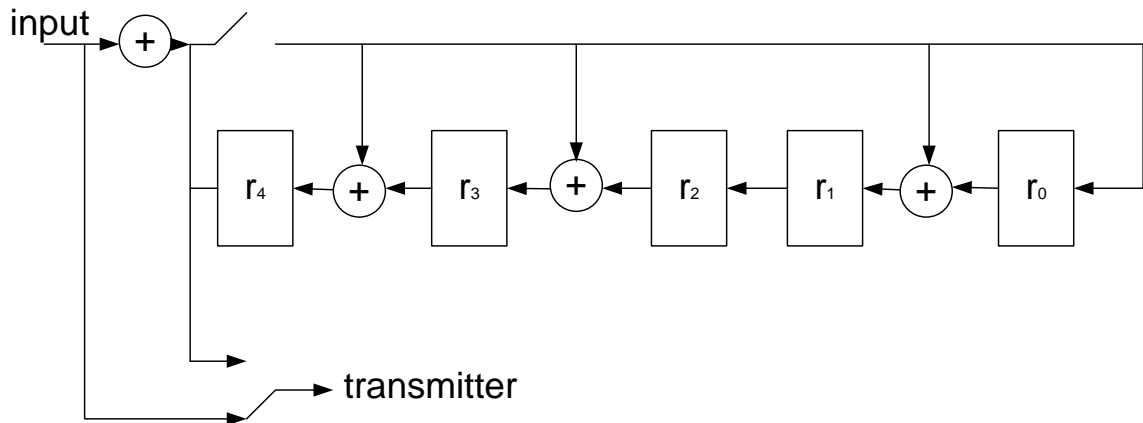
- (b) Sistem komunikasi menggunakan (31,16) kod Hamming untuk perlindungan ralat. Jika urutan pesanan adalah (1010010111101001) cari kod penghantaran. Jelaskan bagaimana bit parity menunjuk kedudukan ralat di dalam sesuatu kod.

A communication system employs (31,16) Hamming code for error protection. If a message sequence is (1010010111101001) find the transmitted code. Show how the parity bits indicate the position of an error in the code.

(30 markah/marks)

- (c) Urutan pesanan di dalam Soalan 5(b) digunakan untuk menguji litar blok pengekod di dalam Rajah 5(c).

The message sequence in Question 5(b) is used to test the block encoder circuit given in Figure 5(c).



Rajah 5(c)
Figure 5(c)

- (i) Urutan pesanan dibahagikan kepada beberapa blok 4-bit yang dimasukkan blok demi blok pada input pengekod. Jadualkan kandungan shift register r_0 ke r_7 apabila 4-bit blok pesanan yang pertama (1010) dipindahkan ke dalam register-register tersebut sehingga bit parity dihasilkan. Nyatakan katakod yang dihasilkan.

The message sequence is divided into blocks of 4 bits which are applied block-by-block to the input of the encoder. Tabulate the contents of the shift register r_0 to r_7 as the 4 bits of the first message block (1010) are shifted into the register until the parity check bits are produced. State the codeword produced.

(40 markah/marks)

- (ii) Jika katakod yang terhasil tidak padan dengan buku katakod (seperti di Lampiran 4), nyatakan penyebab dan penyelesaian terhadap masalah ini.

If the codeword produced by the message sequence does not match with the codeword books for the corresponding block codes (shown in Appendix 4), state possible reason and solution to this mismatch.

(15 markah/marks)

6. (a) Pengekod konvolusi (2,1,3) diterangkan dengan menggunakan polynomial,

A (2,1,3) convolutional encoder is described by the polynomials,

$$g_1(X) = 1 + X^2$$

$$g_2(X) = X + X^2$$

Bagi pengekod ini,

For this encoder,

- (i) Lukiskan pengekod konvolusi

Draw the convolutional encoder

(10 markah/marks)

- (ii) Cari penyambung vektor

Find the connection vectors

(5 markah/marks)

- (iii) Lukiskan gambarajah keadaan

Draw the state diagram

(10 markah/marks)

- (iv) Cari sambutan dedenyut

Find the impulse response

(5 markah/marks)

- (v) Cari output untuk pesanan input 1011

Find the output for a message input 1011

(10 markah/marks)

- (b) Bagi pengekod konvolusi di dalam Soalan 6(a) lukiskan gambarajah Trellis dan dengan mengangap terdapat satu ralat di dalam data kod tersebut, tunjukkan bagaimana ia dinyahkodkan.

For the convolutional encoder in Question 6(a) draw a Trellis diagram and assuming an error in the coded data, show how it is decoded.

(30 markah/marks)

- (c) Perkembangan terbaru untuk kod berprestasi tinggi memerlukan kapasiti saluran menghampiri limit teori Shannon. Ini dapat dilaksanakan jika panjang kekangan kod konvolusi ditingkatkan tetapi ini akan meningkatkan kekompleksan penyahkod secara mendadak. Akhirnya, oleh kerana kekompleksan penyahkod tersebut, ia sangat mustahil untuk dihasilkan.

Cadangkan satu kaedah dimana kod yang berkuasa yang mempunyai panjang setara blok yang besar dengan penyahkod yang kurang kompleks dapat dihasilkan. Dengan menggunakan pengekod konvolusi di dalam Soalan 6(a) lukiskan pengekod yang baru dan terangkan implementasinya.

A recent development in high performance codes requires the channel capacity to approach the Shannon's theoretical limit. In order to realize this, the constraint length of a convolutional code needs to be increased, which in turn causes the complexity of a maximum likelihood decoder to increase exponentially. Ultimately, the complexity of the decoder is so high that it becomes physically unrealizable.

Suggest an approach that can construct powerful codes with large equivalent block lengths but with feasible complexity decoder. By using the convolutional encoder in Question 6(a) draw this new encoder and explain its implementation.

(30 markah/marks)