
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2015/2016 Academic Session

December 2015 / January 2016

EEE 440 – MODERN COMMUNICATION SYSTEM
[SISTEM PERHUBUNGAN MODEN]

Duration 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of **FIFTEEN (15)** pages and Appendices **FOUR (4)** pages of printed material before you begin the examination. This examination paper consist of two versions, The English version and Malay version. The English version from page **TWO (2)** to page **EIGHT (8)** and Malay version from page **NINE (9)** to page **FIFTEEN (15)**.

*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LIMA BELAS (15)** muka surat dan Lampiran **EMPAT (4)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini. Kertas peperiksaan ini mengandungi dua versi, versi Bahasa Inggeris dan Bahasa Melayu. Versi Bahasa Inggeris daripada muka surat **DUA (2)** sehingga muka surat **LAPAN (8)** dan versi Bahasa Melayu daripada muka surat **SEMBILAN (9)** sehingga muka surat **LIMA BELAS (15)**.*

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]

Answer to any question must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru]

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

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai]

ENGLISH VERSION

1. (a) Explain what is the difference between geometric optics and physical optics
(20 marks)
- (b) Define Snell's Law and formulate Snell's law for propagation in two media. A sketch of optical beam incident into the media is feasible.
(20 marks)
- I Given that there are two monochromatic optical beams being emitted simultaneously from a common reference point and travel the same distance d . Optical beam A travels a distance d through the air and beam B travels part way through the air and the rest of the distance (d_2) through a second medium with refractive index 1.2.
- (i) Sketch the flow of these two beams in the respective media.
(10 marks)
- (ii) If the beam arrival time difference is 40 ps, calculate the length (d_2) of the second medium.
(50 marks)
2. (a) Discuss why the following technical parameters are important when designing a complete optical fiber communication system.
- (i) Power budget
(ii) Bandwidth budget.
(30 marks)

(b) An optical link uses single-mode, dispersion shifted fiber and carries 250 kb/s data with operating wavelength of 1.33 μm . It is found that the optical pulses generated by the laser have a rise-time of 0.5 ns and that the line-width of the laser is 1.5 nm. The link uses 85 MHz bandwidth optical receiver with sensitivity of -30 dBm bit-rate of the link.

(i) Clearly state all assumptions made. (10 marks)

(ii) The link characteristics are given below. Determine the dispersion and attenuation limits.

Laser source	
Output power	6 mW
Source-fiber loss	2.2 dB
Linewidth	1.5 nm
Optical rise-time	0.5 ns
Optical fiber	
Material dispersion	-15 ps/nm/km
Waveguide dispersion	12 ps/nm/km
Attenuation	0.6 dB/km
Splice loss/joint	1.4 dB
Length	1 km
Receiver	
Bandwidth	85 MHz
Sensitivity	-30 dBm
Operating Margin	5 dB
Fiber-receiver loss	2 dB

(40 marks)

- (iii) From the perspective of optical engineer, suggest ways to increase the communication distance with given parameters in (b) (ii)
(20 marks)

3. (a) Characterize satellites in low earth orbit and geostationary orbit in terms of:

- (i) The number of satellites needed to cover the Earth
(ii) The round trip delay, i.e the time taken for a signal to go from the Earth to the satellite and back again
(iii) The orbital period

(30 marks)

(b) If you are to design a communication link with a requirement for the signal is that to experience at least noise power of 2 Watts and the signal bandwidth is 500 Hz for the link:

- (i) What is its noise power density?
(ii) What is its E_b/N_o given that $E_b = -13$ dB?
(i) What would E_b/N_o if its bandwidth is 300 Hz instead of 500 Hz? State the effect on E_b/N_o .

(30 marks)

I A FES (Fixed Earth Station) situated in Langkawi with an antenna gain of 20 dBi, is used to transmit the output power from a 20 kW high power amplifier (HPA). What is the resultant Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) in dBW?

(10 marks)

- (d) If the FES in I is transmitting to a geostationary satellite of 36 thousand km away, at a frequency of 10 GHz, what will be
- (i) The power flux density at the satellite in dBWm^{-2} ?
 - (ii) The free space path loss in dB?
- (30 marks)
4. (a) Prove that for a hexagonal geometry, the co-channel reuse ratio is given by
—
- (50 marks)
- (b) Consider an antenna transmitting a power of 15 W at 1 GHz over a line of sight. Given the distance of 2000 m calculate, the received power in dB and dBm.
- (20 marks)
- (c) (i) The transmitter power of a base station (BS) is 10 W. If the coverage of this area is to be split in half so that minicells (half the size) can be created to accommodate additional users in the area, what must be the transmitter power at the base station at the minicell in order to keep the CCI at the same level as that of the unsplit cell? Assume the exponent factor is 3.5; and $D_{\text{split}} = D_{\text{unsplit}}$.
- (20 marks)

- (ii) For a mobile system with acceptable performance, the signal-to-CCI ratio must be at least 20 dB. What must be the value of D/R ? Assume the exponent factor is 3.

(10 marks)

5. (a) Briefly explain the followings concepts:

- (i) Hand-off strategies,
- (ii) Frequency Reuse
- (iii) Cell splitting and sectoring

(40 marks)

- (b) A GSM system has the following specifications:

- One way system bandwidth = 12 MHz
- The channel spacing = 180 kHz
- Each channel is allocated for 9 users
- Three channels per cell are allocated for control channels
- Omidirectional receiver
- Cell radius = 1.7 km, and the total coverage area is 4000 km².
- Average number of calls /user = 1.2, and the average holding time of a call is 100 seconds.
- Call blocking probability is 3%.
- Frequency reuse factor = 0.25.

Calculate the spectral efficiency of the system.

(40 marks)

- (c) The received carrier power S by the mobile unit at the distance D from the base station (BS) is given by $S \propto D^{-n}$, where n is a exponent factor related to the propagation medium. Subsequently a mobile unit move from a range of 2 km to 9 km away from the base station. Given that the propagation exponent factor is 4, determine the changes in the power (expressed in dB). (20 marks)
6. (a) Describe the following multiplexing schemes commenting on their advantages and disadvantages (two of each):
- (i) Frequency Division Multiple Access (FDMA) (20 marks)
 - (ii) Time Division Multiple Access (20 marks)
 - (iii) Code Division Multiple Access – Direct Sequence (20 marks)
- (b) In GSM cellular mobile radio, access to the RF air interface is based on the CDMA /TDMA. If 60 radio frequency bands, each of 200 kHz bandwidth, are divided into 8 time slots, determine:
- (i) The total bandwidth requirement (5 marks)
 - (ii) The total number of channels (5 marks)

- (c) If a transmitter produces 50 W of power, express the transmit power in units of dBm.

This power is applied to an antenna with a gain of 5 dB with a carrier frequency of 1 GHz.

- (i) Find the received power in dBm at a free space distance of 200 m from the antenna. The receiver antenna gain is 3 dB.

(10 marks)

- (ii) Calculate the received power at the receiver antenna located 10 km away from the transmitter.

(10 marks)

- (iii) The receiver noise power spectral density is 15×10^{-20} W/Hz, and the system bandwidth is 2 MHz. Calculate the signal-to-noise ratio in dB at receiver antenna located 10 km away from the transmitter.

(10 marks)

VERSI BAHASA MELAYU

1. (a) Terangkan apakah perbezaan di antara optik geometri dengan optik fizikal
(20 markah)
- (b) Definisikan optik Snell dan formulasikan optik Snell untuk perambatan dalam dua media. Satu lakaran bagi sinar cahaya menghentam ke dalam media tersebut adalah selayaknya.
(20 markah)
- I Diberikan bahawa terdapat dua sinaran cahaya monokromatik yang dikeluarkan serta merta dari satu sumber rujukan yang sama dan melalui jarak yang sama (d). Sinar cahaya A melalui satu jarak (d) melalui udara dan sinar B melalui sebahagian jarak menerusi udara dan jarak selebihnya menerusi satu medium dengan indeks biasan sebanyak 1.2.
- (i) Lakarkan aliran kedua-dua sinaran tersebut dalam media masing-masing.
(10 markah)
- (i) Sekiranya beza masa ketibaan bagi sinar tersebut adalah 40 ps, kirakan panjang (d_2) bagi medium yang kedua.
(50 markah)
2. (a) Bincangkan mengapa yang berikut adalah penting apabila merekabentuk suatu sistem komunikasi fiber optik dengan merujuk kepada parameter teknikal:
- (i) Bajet kuasa
(ii) Bajet jalurlebar
(30 markah)

(b) Sebuah pautan 10ptic menggunakan mod tunggal dengan penebaran fiber beralih dan membawa data sebanyak 250 kb/s bersama operasi panjang gelombang sebanyak 1.33 μm . Didapati bahawa isyarat 10ptic yang dihasilkan laser mempunyai masa menial sebanyak 0.5 ns dan lebar talian bagi laser tersebut adalah 1.5 nm. Pautan tersebut menggunakan sebuah penerima 10ptic 85 MHz jalur lebarnya dengan suatu kesensitifan sebanyak -30 dBm pada kadar bit bagi pautan tersebut.

- (i) Nyatakan dengan jelas semua andaian yang dibuat (10 markah)
- (ii) Ciri-ciri pautan tersebut adalah diberikan seperti berikut. Dapatkan had bagi penebaran dan pelemahan.

Sumber Laser	
Kuasa keluaran	6 mW
Kehilangan sumber-fiber	2.2 dB
Lebar alur	1.5 nm
Masa menaik optik	0.5 ns
Fiber Optik	
Penebaran bahan	-15 ps/nm/km
Penebaran pandu gelombang	12 ps/nm/km
Pelemahan	0.6 dB/km
Kehilangan sambat/sambungan	1.4 dB
Panjang	1 km
Penerima	
Jalur lebar	85 MHz
Kesensitifan	-30 dBm
Margin operasi	5 dB
Kehilangan fiber-penerima	2 dB

(40 markah)

- (iii) Dari perspektif seorang jurutera optik, apakah yang patut anda lakukan untuk membuatkan jarak komunikasi boleh lebih jauh dengan menggunakan parameter-parameter yang diberikan pada (b)(ii).

(20 markah)

3. (a) Kategorikan satelit-satelit di orbit rendah bumi dan orbit tetap-geo berdasarkan:

- (i) Bilangan satelit-satelit yang diperlukan untuk meliputi seluruh Bumi
- (ii) Kelewatan pusingan perjalanan, i.e. masa yang diambil untuk sesuatu isyarat pergi dari bumi ke satelit dan kembali semula.
- (iii) Tempoh pengorbitan

(30 markah)

- (b) Sekiranya anda dikehendaki mereka satu pautan komunikasi dan keperluan untuk isyarat adalah untuk mengalami sekurang-kurangnya kuasa hingar sebanyak 2 Watts dan jalur lebar isyarat untuk pautan tersebut adalah 500 Hz:

- (i) Apakah ketumpatan kuasa hingar baginya?
- (ii) Apakah nilai E_b/N_o jika diberikan $E_b = -13$ dB?
- (iii) Apakah nilai E_b/N_o sekiranya jalur lebarnya adalah 300 Hz berbanding 500 Hz? Adakah ia menjadi semakin tinggi atau mengurang?

(30 markah)

- (c) Sebuah FES (Stesen Tetap Bumi) yang terletak di Langkawi mempunyai sebuah gandaan antenna sebanyak 20 dBi adalah digunakan untuk menghantar keluaran dari sebuah penguat kuasa tinggi (HPA) 20 kW. Apakah paduan Kuasa Sinaran Isotropik Keberkesanan (EIRP) dalam dBW?
(10 markah)
- (d) Sekiranya FES dalam (c) membuat penghantaran ke satelit tetap-geo pada jarak 36 ribu km jauhnya, pada frekuensi 10 GHz, apakah
- (20 Ketumpatan fluk kuasa pada satelit tersebut dalam dBWm^{-2} ?)
(ii) Kehilangan laluan rurang bebas dalam dB?
(30 markah)
4. (a) Buktikan bagi geometri heksagonal, nisbah guna semula sesaluran diberikan oleh —
(50 markah)
- (b) Dengan menganggap antenna menghantar kuasa sebanyak 15 W pada 1 GHz dalam garis penglihatan. Diberi jarak sebanyak 2000 m, hitungkan kuasa penerima di dalam dB dan dBm.
(20 markah)

- (c) (i) Kuasa penghantar adalah 10 W. Jika liputan kawasan dibahagi dua untuk menghasilkan minisel (separuh saiz) yang boleh menampung lebihan pengguna di dalam kawasan tersebut, carikan kuasa penghantar di dalam minisel tersebut di mana CCI di dalam kawasan yang asal adalah sama dengan CCI di kawasan yang telah dibahagi. Anggap faktor eksponen adalah 3.5 dan $D_{\text{split}} = D_{\text{unsplit}}$.
- (20 markah)
- (ii) Bagi sistem mobil yang mempunyai prestasi yang diterima, nisbah isyarat-CCI mesti sekurang-kurangnya 20 dB. Carikan nilai sepatutnya bagi D/R. Anggap faktor eksponen adalah 3.
- (10 markah)
5. (a) Secara ringkas, terangkan perkara berikut:
- (i) Strategi penyerahan,
 - (ii) Frekuensi Guna-Semula
 - (iii) Sel pemecahan dan pensektoran.

(40 markah)

(b) Sistem GSM mempunyai spesifikasi berikut:

- Jalur lebar sistem sehala = 12 MHz
- Jarak saluran = 180 kHz
- Setiap saluran diperuntukkan seramai 9 pengguna
- Tiga saluran per sel akan digunakan sebagai saluran kawalan
- Penerima Omnidirectional
- Jejari sel = 1.7 km, dan jumlah kawasan liputan adalah 4000 km².
- Purata bilangan panggilan/pengguna = 1.2, dan purata pemegang masa bagi satu panggilan adalah 100 saat.
- Kebarangkalian panggilan menyekat adalah 3%.
- Faktor guna semula frekuensi = 0.25.

Hitungkan kecekapan spektral sistem.

(40 markah)

(c) Kuasa menerima pembawa S bagi unit mobil pada jarak D daripada BS diberikan oleh $S \propto D^{-n}$, di mana n adalah faktor eksponen yang berkaitan dengan medium perambatan. Satu unit mobil bergerak daripada jarak 2 km ke 9 km dari BS. Diberikan faktor eksponen adalah 4, tentukan perubahan pada kuasa penerima (dalam bentuk dB).

(20 markah)

6. (a) Terangkan jenis pemultipleksan berikut merangkumi kelebihan dan kekurangan bagi setiap jenis (dua setiap jenis):
- (i) FDMA (20 markah)
 - (ii) TDMA (20 markah)
 - (iii) CDMA (20 markah)
- (b) Di dalam radio mudah-alih selular GSM, akses kepada siaran RF adalah bergantung kepada CDMA /TDMA. Jika 60 jalur frekuensi di mana setiap jalur lebar adalah 200 kHz dibahagikan kepada 8 slot masa, tentukan:
- (i) Jumlah keperluan jalur lebar (5 markah)
 - (ii) Jumlah saluran (5 markah)
- (c) Jika penghantar mengeluarkan kuasa sebanyak 50 W, tukarkan kuasa hantaran kepada unit dBm. Kuasa ini digunakan untuk antena yang mempunyai gandaan sebanyak 5 dB dengan frekuensi pembawa sebanyak 1 GHz.
- (i) Tentukan kuasa terimaan di dalam dBm pada jarak ruang bebas 200 m daripada antena. Antena penerima gandaan adalah 3 dB. (10 markah)
 - (ii) Hitungkan kuasa terimaan di antena penerima yang terletak 10 km dari penghantar. (10 markah)
 - (iii) Ketumpatan kuasa spektrum hingar penerima adalah 15×10^{-20} W/Hz, dan jalur lebar sistem adalah 2 MHz. Tentukan nisbah isyarat-hingar di dalam dB di antena penerima yang terletak 10 km dari penghantar. (10 markah)

APPENDIX
LAMPIRAN

[EEE 440]

Speed of light, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

Ambient Temperature, $T_0 = 290 \text{ K}$

Boltzmann's constant, $K = 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$

Free space permittivity, $\epsilon_0 = 8.851 \times 10^{-12} \text{ F/m}$

Free space permeability, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$

Planck's constant = $6.628 \times 10^{-38} \text{ J/s}$

$1 \text{ eV} = 1.9 \times 10^{-19} \text{ J}$

Equations/Formula

1. Area (hexagon) = $2.6 R^2$
2. Perimeter (hexagon) = $6R$
3. $N = i^2 + ij + j^2$;where i, j are integers

i	j	$N = (i^2 + ij + j^2)$	$Q = D/R = \sqrt{3N}$
1	0	1	1,73
1	1	3	3,00
2	0	4	3,46
2	1	7	4,58
3	0	9	5,20
2	2	12	6,00
3	1	13	6,24
4	0	16	6,93
3	2	19	7,55
4	1	21	7,94
3	3	27	9,00

4. $D = R \sqrt{3N}$
5. $Q = D/R = 1/N$
6. $S/I = 1/6 (D/R)^n$ for equidistance
7. For worst case (not equidistance),

$$\frac{S}{I} = \frac{R^{-n}}{\sum D_i^{-n}} = \frac{R^{-n}}{2(D-R)^{-n} + 2(D+R)^{-n} + 2D^{-n}}$$

$$\frac{S}{I} = \frac{1}{2(Q-1)^{-4} + 2(Q+1)^{-4} + 2Q^{-4}}$$

8. With 120° sector,

$$\frac{S}{I} = \frac{R^{-4}}{D^{-4} + (D + 0.7R)^{-4}} = \frac{1}{Q^{-4} + (Q + 0.7)^{-4}}$$

9. With 60° sector,

$$\frac{S}{I} = \frac{R^{-4}}{(D + 0.7R)^{-4}} = (Q + 0.7)^4$$

10. Number of channels,

11. Radio capacity, m

For $n=4$:

$$m = \frac{B_t}{B_c [2/3 (C/I)_{\min}]^{1/2}}$$

12. Without sector (CDMA),

13. With sector (CDMA),

14. Received power,

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

15. Difference in power (dB),

$$\Delta P = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{r1}}{P_{r2}} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{d1}{d2} \right) \quad \text{dB}$$