
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2016/2017 Academic Session

December 2016 / January 2017

EEE 440 – MODERN COMMUNICATION SYSTEMS
[SISTEM PERHUBUNGAN MODEN]

Duration 3 hours

[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of **FIFTEEN (15)** pages and Appendices **SIX (6)** pages of printed material before you begin the examination. This examination paper consists of two versions, the English version and the Malay version. The English version is from page **TWO (2)** to page **EIGHT (8)** and Malay version is from page **NINE (9)** to page **FIFTEEN (15)**.

*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LIMA BELAS (15)** muka surat dan Lampiran **ENAM (6)** 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 **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions. All questions carry the same marks.

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

Begin your answer to each question 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) In your own words, describe the orbiting for the following satellites;
- (i) Low Earth Orbiting (LEO Satellite) (10 marks)
 - (ii) Geostationary Orbiting (GEO Satellite) (10 marks)
 - (iii) Medium Earth Orbiting (MEO Satellite) (10 marks)
- (b) Show using diagram the following;
- (i) Structure of a fiber optic. (10 marks)
 - (ii) Multimode fiber optic. (10 marks)
 - (iii) Singlemode fiber optic. (10 marks)
- (c) A geostationary satellite is located at 60° W. The earth-station antenna is located at latitude 45° N and longitude 120° W. For the situation specified;
- (i) Find the appropriate case for azimuth angle calculation based on Table A.1 in Appendix.
 - (ii) Calculate the azimuth angle for the earth-station antenna.
 - (iii) Find the range between earth station and the satellite, given the earth radius $R = 6371$ km, and distance from the earth center to the satellite km.
 - (iv) Find the earth-station antenna elevation angle.
- (40 marks)

2. (a) A satellite downlink at 12 GHz operates with a transmit power of 12 W. The range between the ground station and the satellite is 42,000 km. The transmit antenna has gain of 50 dB. Calculate the following;

- (i) EIRP in dBW.
- (ii) Show that the free-space loss
- (iii) Calculate the [FSL] in dB.

(60 marks)

(b) A satellite link operates at 14 GHz and located at 42,000 km away from the earth station. The input power [EIRP] to the link is given as 60 dBW. The free-space loss is 180 dB. The receiver feeder loss is 1.5 dB, the atmospheric absorption loss is 0.5 dB, and the antenna pointing loss is 0.5 dB. Receiver antenna gain is 50 dB. Depolarization losses may be neglected. Calculate the following;

- (i) Total link losses
- (ii) The received power in dBW

(20 marks)

(c) An antenna has a noise temperature of 40 K and is matched into a receiver which has a noise temperature of 90 K. Calculate the following;

- (i) The noise power density (N_0).
- (ii) The noise power (P_N) for a system with bandwidth of 30 MHz.

(20 marks)

3. A satellite transponder has a bandwidth of 36 MHz and a saturation EIRP of 27 dBW. The earth-station receiver has a $[G/T]$ of 30 dB/K, and the total link losses are 196 dB. The transponder is accessed by FDMA carriers each of 3-MHz bandwidth, and 6 dB output backoff is employed. The carrier-to-noise ratio determined for single-carrier operation downlink may be taken as the reference value. It may be assumed that the uplink noise and intermodulation noise are negligible.

- (a) Calculate the downlink carrier-to-noise ratio for a single carrier operation.
(20 marks)
- (b) Find the number of carriers which can be accommodated in the FDMA system, assuming that the TWTA operates in the linear region.
(20 marks)
- (c) Calculate the downlink carrier-to-noise ratio for one of the carriers in the FDMA system.
(20 marks)
- (d) Calculate the number of carriers if TWTA is assumed to work in the saturation region.
(20 marks)
- (e) Comments on the advantages and disadvantages to have a satellite FDMA multicarrier system which force its TWTA to operate in the saturation region.
(20 marks)

4. (a) As a manager of growing call centre, you are looking at obtaining additional phones for the Private Branch Exchange (PBX) since customers have complained about long hold times. On average there are 4 incoming calls per hour on each phone with average call duration of 5 minutes. The total coverage area for the company is 1300 km² and is covered by a 7-cell reuse system which has a radius of 4 km. The area is allocated with 40 MHz of spectrum with a full duplex channel bandwidth of 60 kHz. Assume a GOS of 2 % for an Erlang B system is specified. Currently, there are 1000 phones connected to the PBX for the customer service agent. Will these requirements be enough? If not, how many phones do you need in order to support all users.

(50 marks)

- (b) There are two different cellular systems, where a bandwidth of only $W = 1.25$ MHz is allocated for each way in both systems. The specifications for both systems are displayed in Table 4, which also represents more than one case. Some changes are to be expected in the performance of the systems where two other cases are considered. These can also be found in Table 4. Discuss and evaluate the performance of each system, considering each case presented. Based on your evaluation, which system would you choose, taking into account the cell capacity of the system, and why?

Table 4 : Cellular System Comparison

System A	System B
<p>CDMA</p> <p>Case 1:</p> <p>In an omnidirectional system, $E_b/N_o = 6$ dB is required for each user, with baseband data rate of 12 kbps. Ignore voice activity and thermal noise considerations.</p> <p>Case 2:</p> <p>A tri-sectorized system is used. Assume a voice activity of $\alpha = 40\%$. No change in the data rate and E_b/N_o.</p>	<p>IS-136 TDMA</p> <p>Channel Bandwidth, $W_c = 30$ kHz</p> <p>Number of users per channel, $N_u = 3$</p> <p>Cluster size, $N = 4$</p>

(50 marks)

5. (a) A total of 24 MHz of bandwidth is allocated to a particular FDD cellular mobile system that uses 30 kHz simplex channel to provide full duplex voice and control channels. Assume each cell phone generates 0.1 Erlang of traffic under Erlang B formula conditions, for a 4-cell reuse system. Each new cell now uses 120° sectoring instead of omnidirectional for each base station. Discuss the results of capacity for both sectorized cell and omnidirectional cell. Assume that both cells use the same blocking probability and offer traffic capacity that is 90 % of perfect scheduling.

(60 marks)

(b) A GSM system has the following specifications:

- One way system bandwidth = 10 MHz
- The channel spacing = 150 kHz
- Each channel is allocated for 10 users
- Two channels per cell are allocated for control channels
- Omnidirectional receiver
- Cell radius = 1.5 km, and the total coverage area is 5000 km²
- Average number of calls/user = 1.5, and the average holding time of a call is 100 seconds.
- Call blocking probability is 2 %
- Frequency reuse factor = 0.25

Based on the given specifications, discuss the changes in spectral efficiency when the frequency reuse factor is increased to 0.5.

(40 marks)

6. (a) A FDD cellular mobile system allocates a bandwidth of 32 MHz that uses 50 kHz simplex channels for voice communication. Assume each user averages 1 call/hour and each call lasting 3 minutes. The system also uses 5 clusters with a cluster size of $N=16$. On a separate note, traffic study requested from Ameritech Co. informs the cellular mobile system that the traffic intensity is too high. An alternative to this is to use sectorized cells. Therefore the system is redesigned using 120° cell sectoring and a new cluster size of $N=4$ is used. What is the blocking probability if the number of users in a cell is increased 3 times compared to the original system. Discuss the changes you have observed in the blocking probability.

(70 marks)

- (b) Lets say you are in a business trip for two days but you have forgotten to bring either your charger or powerbank with you. You consider purchasing a new compatible charger or powerbank at the airport but change your mind as that will be a waste of money. Assume your phone uses 600 mAh battery which draws 1 mA in power saving mode. Based on specifications, the current increases by 50 mA in wake-up (normal idle) mode and increases by 250 mA during call. Assume that the power saving wake-up time duration is 1 ms every 1 second. Based on the specification given and the three scenarios described below, which scenario can guarantee that you will be able to use your phone even after the trip?

Scenario 1 : No calls are made; Power saving mode is not activated.

Scenario 2 : No calls are made; Power saving mode is activated.

Scenario 3 : Power saving mode is activated and you have made three minutes call every hour.

(30 marks)

ooo0ooo

...9/-

VERSI BAHASA MALAYSIA

1. (a) Dengan menggunakan perkataan anda sendiri terangkan pengorbitan untuk satelit yang berikut;
- (i) Pengorbitan bumi rendah (LEO satelit) (10 markah)
 - (ii) Pengorbitan geostationari (GEO satelit) (10 markah)
 - (iii) Pengorbitan bumi sederhana rendah (MEO satelit) (10 markah)
- (b) Tunjukkan dengan menggunakan rajah berikut;
- (i) Struktur sesuatu fiber optik. (10 markah)
 - (ii) Mod pelbagai fiber optik. (10 markah)
 - (iii) Mod tunggal fiber optik (10 markah)
- (c) Sebuah satelit geostationari terletak di 60° W. Antena stesen bumi terletak di latitud 45° N dan longitud 120° W. Untuk keadaan yang ditentukan ini;
- (i) Cari kes yang sesuai untuk sudut azimuth berdasarkan Jadual A.1 dalam Lampiran.
 - (ii) Hitungkan sudut azimuth bagi antena stesen bumi.
 - (iii) Cari julat di antara stesen bumi dan satelit, diberikan jejari bumi $R = 6371$ km, dan jarak dari pusat bumi ke satelit km.
 - (iv) Cari sudut dongakan antena stesen bumi.
- (40 markah)

2. (a) Satu pautan turun satelit pada 12 GHz beroperasi dengan kuasa penghantar 12 W. Julat antara stesen bumi dan satelit adalah 42,000 km. Antena penghantar itu mempunyai gandaan sebanyak 50 dB. Kira yang berikut;

- (i) EIRP dalam dBW.
- (ii) Tunjukkan bahawa kehilangan ruang bebas
- (iii) Kirakan [FSL] dalam dB.

(60 markah)

(b) Pautan satelit beroperasi pada 14 GHz dan terletak di 42,000 km dari stesen bumi. Kuasa masukan [EIRP] untuk pautan diberikan sebagai 60 dBW. Kehilangan ruang bebas adalah 180 dB. Kehilangan penyuar/pembekal penerima 1.5 dB, kehilangan penyerapan atmosfera adalah 0.5 dB, dan antena menunjuk kehilangan 0.5 dB. Penerima gandaan antena adalah 50 dB. Kehilangan penyahkutuban boleh diabaikan. Kirakan yang berikut;

- (i) Jumlah kehilangan dalam pautan
- (ii) Kuasa yang diterima dalam dBW

(20 markah)

(c) Antena mempunyai suhu hingar 40 K dan dipadankan kepada penerima yang mempunyai suhu hingar 90 K. Kirakan yang berikut;

- (i) Ketumpatan kuasa hingar (N_0).
- (ii) Kuasa hingar (P_N) untuk sistem dengan lebarjalur 30 MHz

(20 markah)

...11/-

3. Satu transponder satelit mempunyai lebarjalur 36 MHz dan EIRP ketepuan sebanyak 27 dBW. Stesen bumi penerima mempunyai [G/T] 30 dB/K, dan jumlah kerugian link 196 dB. transponder diakses oleh syarikat penerbangan FDMA setiap 3-MHz jalur lebar, dan mempunyai 6 dB output backoff. Nisbah carrier-kepada-hingar telah dipilih untuk operasi dengan pembawa tunggal pautan ke bawah boleh diambil sebagai nilai rujukkan. Juga boleh dianggap bahawa hingar pautan ke atas dan hingar antara permodulatan boleh diabaikan.

(a) Kirakan nisbah isyarat pembawa kepada hingar dalam pautan turun untuk operasi pembawa tunggal.

(20 markah)

(b) Cari bilangan pembawa yang boleh dimuatkan di dalam sistem FDMA, dengan andaian bahawa TWTA beroperasi di dalam rantau lurus.

(20 markah)

(c) Kira nisbah isyarat pembawa kepada hingar dalam pautan turun untuk salah satu daripada satu pembawa dalam sistem FDMA.

(20 markah)

(d) Kira bilangan pembawa jika TWTA diandaikan bekerja di rantau ketepuan.

(20 markah)

(e) Ulas kelebihan dan kelemahan sistem satelit FDMA sistem berbagai pembawa yang memaksa TWTA untuk beroperasi di rantau ketepuan.

(20 markah)

4. (a) Sebagai seorang pengurus pusat pemanggil yang sedang berkembang, anda memutuskan untuk membeli telefon tambahan untuk kegunaan PBX kerana pelanggan telah membuat aduan tentang masa menunggu yang lama. Secara purata terdapat 4 panggilan masuk diterima dalam masa sejam bagi setiap telefon dengan purata tempoh panggilan adalah 5 minit. Jumlah kawasan liputan bagi syarikat itu adalah 1300 km^2 dan diliputi oleh sistem 7-sel guna semula yang mempunyai jejari sebanyak 4 km. Kawasan tersebut diperuntukkan 40 MHz spektra dengan dupleks penuh saluran jalur lebar sebanyak 60 kHz. Anggap 2 % GOS bagi sistem Erlang B yang dikenalpasti. Setakat ini, terdapat 1000 telefon disambung ke PBX itu. Adakah ini mencukupi? Jika tidak, berapakah bilangan telefon yang diperlukan untuk menampung kesemua pengguna.

(50 markah)

- (b) Terdapat 2 sistem selular di mana jalur lebar sebanyak $W = 1.25 \text{ MHz}$ diperuntukkan pada kedua-dua arah di dalam kedua-dua sistem tersebut. Spesifikasi bagi setiap sistem ditunjukkan di dalam Jadual 4. Dijangkakan berlaku perubahan pada prestasi sistem tersebut di mana 2 kes lagi juga dikenalpasti. Bincangkan kedua-dua sistem tersebut dengan mengambil kira kes-kes yang berkaitan dan spesifikasi seperti di dalam Jadual 4. Berdasarkan pada penilaian anda, sistem mana yang anda akan pilih dengan mengambil kira kapasiti sel sistem, dan sebabnya.

(50 markah)

Jadual 4. Perbandingan Sistem Selular

Sistem A	Sistem B
<p>CDMA</p> <p>Case 1:</p> <p>Di dalam sistem omnidirectional, $E_b/N_o = 6$ dB diperlukan untuk setiap pengguna, dengan kadar data jalur asas sebanyak 12 kbps. Abaikan aktiviti suara dan hingar terma.</p> <p>Case 2:</p> <p>Sistem bersektor tiga digunakan. Anggap aktiviti suara, $\alpha = 40$ %. Tiada perubahan pada kadar data dan E_b/N_o.</p>	<p>IS-136 TDMA</p> <p>Jalur lebar saluran, $W_c = 30$ kHz</p> <p>Bilangan pengguna di dalam saluran, $N_u = 3$</p> <p>Saiz kluster, $N = 4$</p>

5. (a) Jumlah jalur lebar sebanyak 24 MHz diperuntukkan pada sistem selular FDD yang menggunakan saluran simpleks sebanyak 30 kHz untuk menghasilkan saluran penuh dupleks bagi saluran suara dan kawalan. Anggap setiap telefon menghasilkan 0.1 Erlang bagi sistem 4-sel guna semula. Kini setiap sel yang baru menggunakan 120° pensektoran dan bukan sistem omnidireksional bagi setiap stesen pangkalan. Buat penilaian terhadap kapasiti sel pensektoran dan omnidireksional sel. Anggap kedua-dua jenis sel mempunyai kebarangkalian halangan yang sama dan menawarkan kapasiti trafik sebanyak 90 % daripada penjadualan sempurna.

(60 markah)

(b) Sistem GSM mempunyai spesifikasi seperti berikut:

- Jalurlebar sistem satu arah = 10 MHz
- Jarak saluran = 150 kHz
- Setiap saluran diperuntukkan sebanyak 10 pengguna
- 2 saluran untuk saluran kawalan
- Penerima Omnidireksional
- Jejari sel = 1.5 km, dan jumlah kawasan liputan adalah 5000 km²
- Purata bilangan panggilan/pengguna = 1.5, dan purata masa menunggu panggilan adalah 100 saat.
- Kebarangkalian halangan panggilan adalah 2 %
- Faktor frekuensi guna semula = 0.25

Berdasarkan kepada spesifikasi yang diberi, bincangkan perubahan pada keberkesanan spektra faktor frekuensi guna semula dinaikkan ke 0.5.

(40 markah)

6. (a) Sistem selular FDD memperuntukkan jalurlebar sebanyak 32 MHz yang menggunakan saluran simpleks sebanyak 50 kHz untuk perhubungan suara. Anggap setiap pengguna memanggil secara purata sebanyak 1 panggilan/jam dengan setiap panggilan berlangsung selama 3 minit. Sistem tersebut menggunakan 5 kluster dengan saiz kluster, $N=16$. Di samping itu, siasatan trafik daripada Ameritech Co. memaklumkan bahawa keamatan trafik yang terlalu tinggi. Salah satu kaedah untuk menangani masalah ini ialah dengan menggunakan sel pensektoran. Oleh itu, sistem tersebut direka semula dengan menggunakan 120° sel pensektoran dan saiz kluster yang baru, $N=4$. Apakah kebarangkalian halangan panggilan yang baru jika bilangan pengguna di dalam sel ditambah sebanyak 3 kali ganda berbanding sistem asal. Bincangkan dan buat penilaian terhadap perubahan pada kebarangkalian halangan panggilan.

(70 markah)

...15/-

- (b) Anda sedang berada di dalam perjalanan perniagaan selama dua hari dan anda terlupa untuk membawa pengecas telefon mahupun powerbank. Anda berkira untuk membeli pengecas telefon atau powerbank yang baru di lapangan terbang tetapi bertukar fikiran kerana ia hanya membazir wang sahaja. Anggap telefon anda menggunakan 600 mAh bateri yang menarik sebanyak 1 mA semasa di dalam mod penjimatan kuasa. Berdasarkan kepada spesifikasi telefon anda, arus meningkat sebanyak 50 mA semasa berada di dalam mod sedar (normal terbiar) dan meningkat sebanyak 250 mA semasa panggilan dibuat. Anggap tempoh masa penjimatan kuasa adalah 1 ms setiap 1 saat. Berdasarkan kepada spesifikasi yang diberi dan 3 scenario yang dijelaskan di bawah, senario manakah yang akan membolehkan anda untuk menggunakan telefon selepas tempoh perjalanan anda?

Senario 1 : Tiada panggilan dibuat; Mod penjimatan kuasa tidak diaktifkan.

Senario 2 : Tiada panggilan dibuat; Mod penjimatan kuasa diaktifkan.

Senario 3 : Mod penjimatan kuasa diaktifkan dan anda telah membuat Panggilan selama 3 minit bagi setiap satu jam.

(30 markah)

ooo0ooo

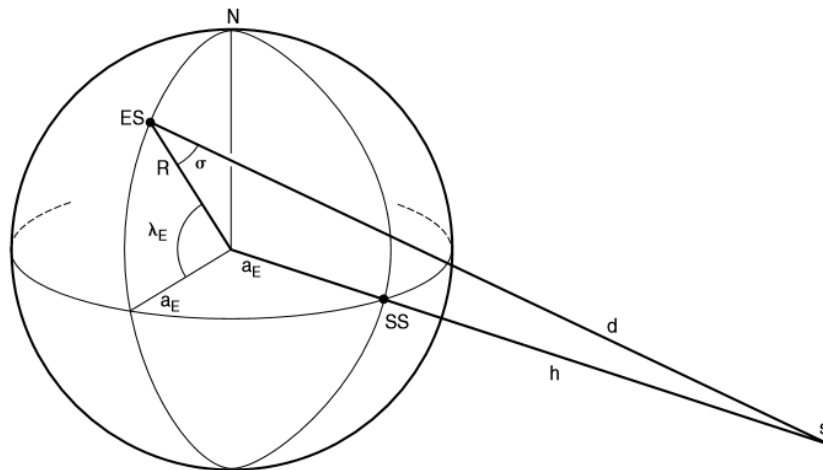


Figure A.1 The geometry used in determining the look angles for a geostationary satellite.

1. Earth station latitude - λ_E
2. Earth-station longitude - ϕ_E
3. Subsatellite point longitude - ϕ_{SS}

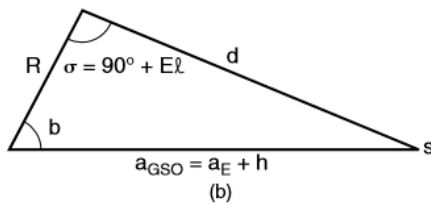
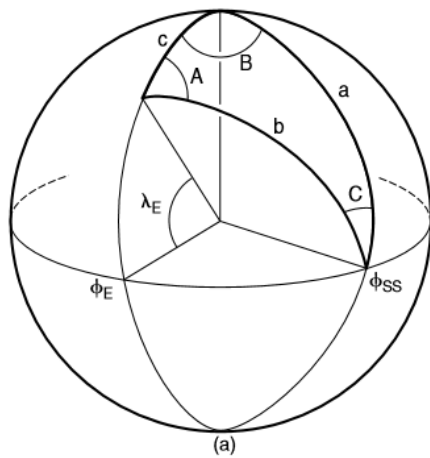


Figure A.2 (a) The spherical geometry and (b) The plane triangle obtained from Fig A.1.

$$\alpha = 90^\circ$$

$$c = 90^\circ - \lambda_E$$

$$B = \phi_E - \phi_{SS}$$

Napier's rule:

$$b = \cos^{-1}(\cos B \cos \lambda_E)$$

$$A = \sin^{-1}\left(\frac{\sin|B|}{\sin b}\right)$$

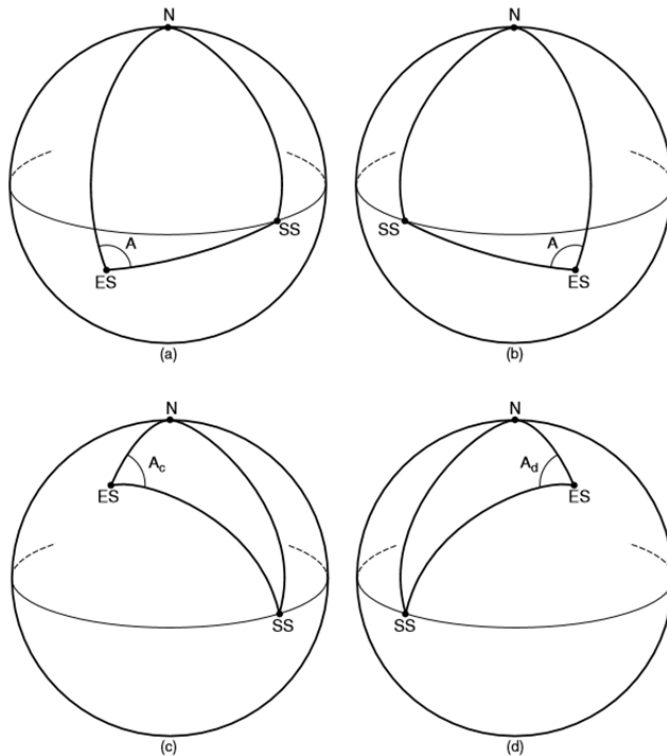


Figure A.3 Azimuth angles related to angle A (see Table A.1).

TABLE A.1 Azimuth Angles A_z from Fig. A.3

Fig. A.3	λ_E	B	A_z , degrees
a	<0	<0	A
b	<0	>0	$360^\circ - A$
c	>0	<0	$180^\circ - A$
d	>0	>0	$180^\circ + A$

LINK BUDGET EQUATIONS

1	The link-power Budget Equation	
2	Thermal noise	
3	Noise power spectral density	
4	Boltzmann's Constant	
5	Carrier-to-Noise Spectral density Ratio	
6	Uplink (single carrier)	
	Saturation flux density	
7	Downlink (single carrier)	
8	Uplink & downlink	
9	Multicarrier downlin	

1. Area (hexagon) = 2.6 R²
2. Perimeter (hexagon) = 6R
3. N = i² + ij + j² ;where i, j are integers

<i>i</i>	<i>j</i>	$N = (i^2 + ij + j^2)$	$Q = D/R = \sqrt{3N}$
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 √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 120⁰ 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. Erlang B Chart

