



Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội
Khoa Điện tử Viễn thông

Thông tin di động

Mobile Communications

TS. Đỗ Trọng Tuấn
Bộ môn Kỹ thuật thông tin

Hà Nội, 8-2010

1

Nội dung

- Tổng quan về thông tin di động số tế bào.
- Hệ thống TTDĐ 2G (GSM,GPRS)
- Hệ thống TTDĐ 3G (UMTS,HSDPA)
- Mạng không dây WiFi – WiMax
- Quy hoạch và định cỡ mạng 3G/UMTS

2

Tài liệu tham khảo

- *Giáo trình thông tin di động*, ĐHBK Hà Nội
- *Lý thuyết về kênh vô tuyến* – Thầy Nguyễn Văn Đức
- *Tính toán mạng thông tin di động số cellular* - Thầy Vũ Đức Thọ
- *Principles of Mobile Communication*, Gordon L. Stüber
- *Wireless Communications Principles and Practice*, T Rappaport
- *Understanding UMTS Radio Network Modelling, Planning and Automated Optimisation*, Maciej J. Nawrocki, Mischa Dohler, A. Hamid Aghvami
- <http://www.google.com>

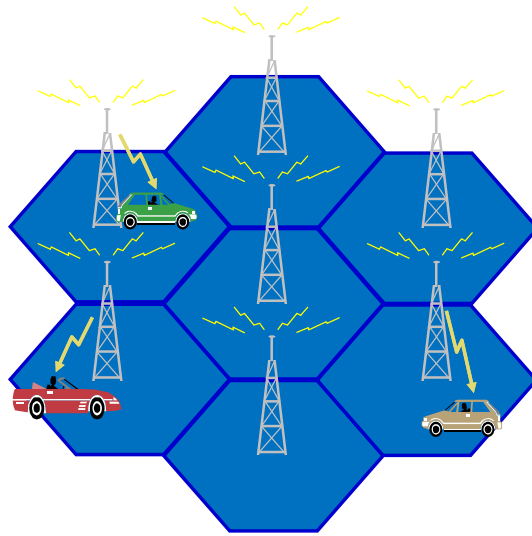
CHƯƠNG 1

Tổng quan về thông tin di động số tế bào

(Cellular Mobile Communications)

Introduction

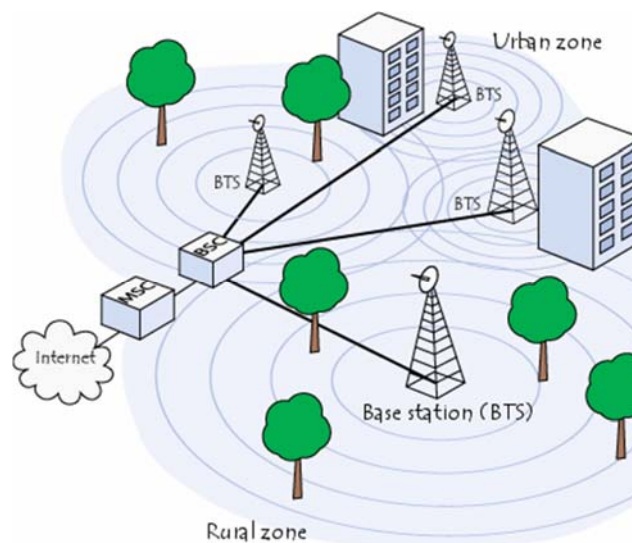
Cellular mobile communication systems, or just mobile systems are communication systems with many access points, or base stations. Each base station supports its nearby geographical area, called a *cell*. The user can move around with his mobile phone and communicate through the nearest base station



5

5

Cellular Mobile Systems

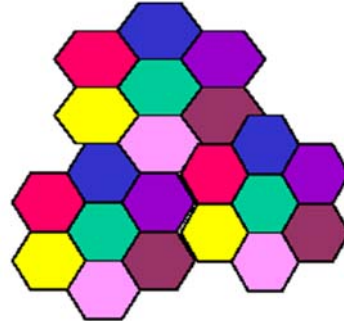


6

6

Cellular Concept

- Geographic Service divided into smaller "cells"
- Neighboring cells do not use same set of frequencies to prevent interference
- Often approximate coverage area of a cell by a idealized hexagon
- Increase system capacity by frequency reuse.

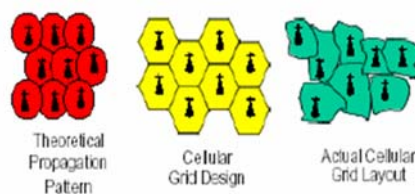


7

7

Cellular Networks

- Propagation models represent cell as a circular area
- Approximate cell coverage with a hexagon - allows easier analysis
- Frequency assignment of F MHz for the system
- The multiple access techniques translates F to T traffic channels
- Cluster of cells K = group of adjacent cells which use all of the systems frequency assignment



8

8

Cellular Concept

- Why not a large radio tower and large service area?
 - Number of simultaneous users would be very limited (to total number of traffic channels T)
 - Mobile handset would have greater power requirement
- Cellular concept - small cells with frequency reuse
 - Advantages
 - lower power handsets
 - Increases system capacity with frequency reuse
 - Drawbacks:
 - Cost of cells
 - Handoffs between cells must be supported
 - Need to track user to route incoming call/message

9

9

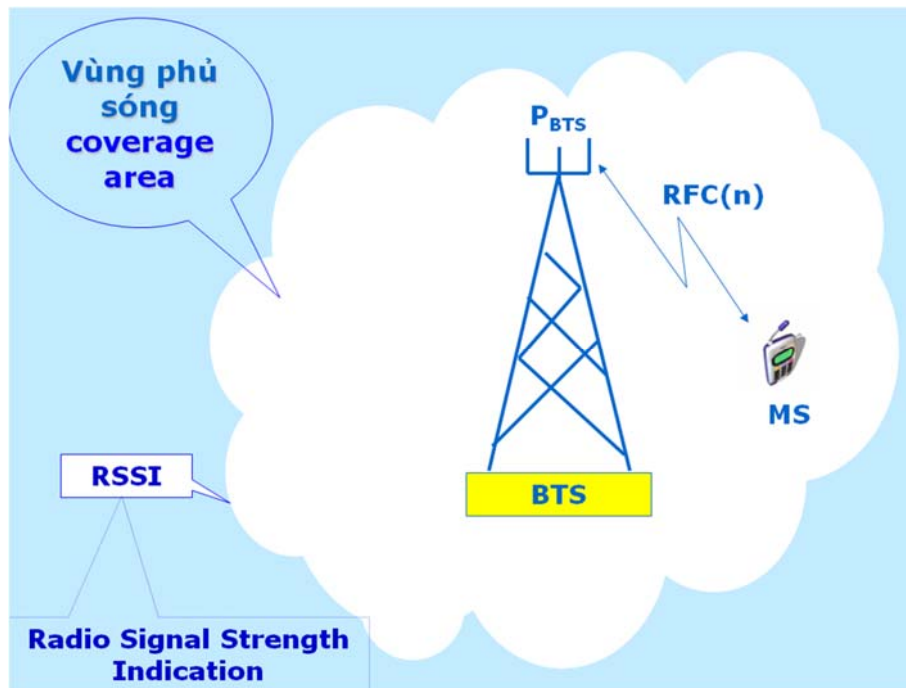
Cellular Concept (cont)

- Let T = total number of duplex channels
 - K cells = size of cell cluster (typically 9, 12, 21)
 - $N = T/K$ = number of channels per cell
- For a specific geographic area, if clusters are replicated M times, then total number of channels
 - system capacity = $M \times T$
 - Choice of K determines distance between cells using the same frequencies => termed “co-channel” cells
 - K depends on how much interference can be tolerated by mobile stations and path loss

10

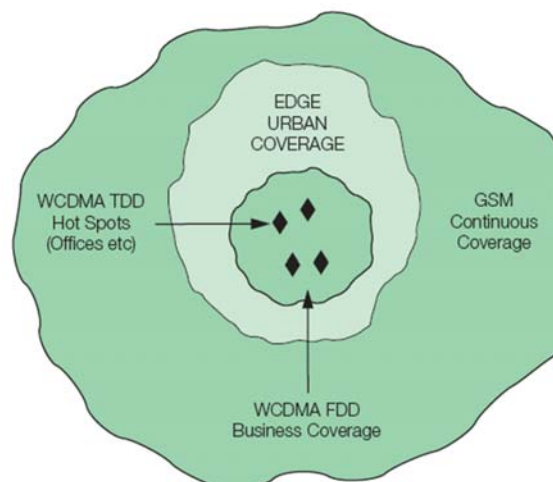
10

Cell/Site concept



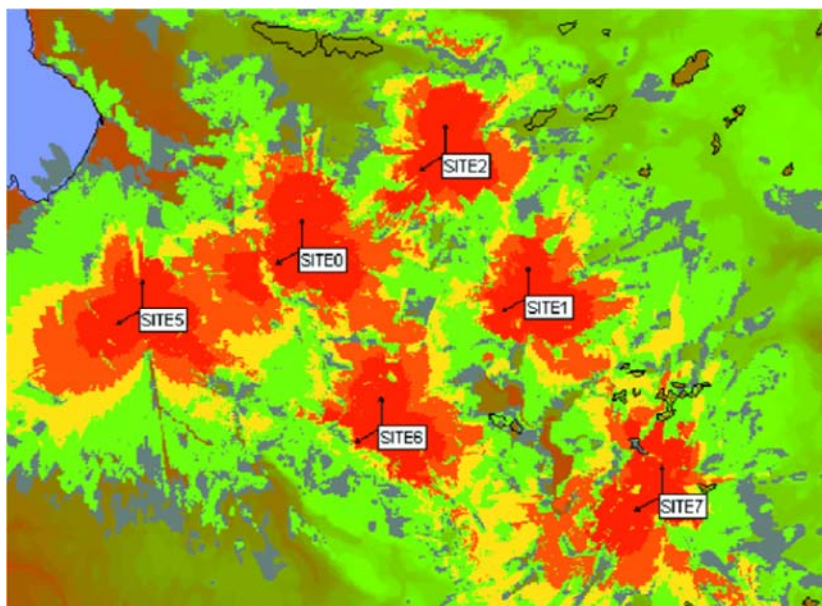
11

Cell/Site concept



12

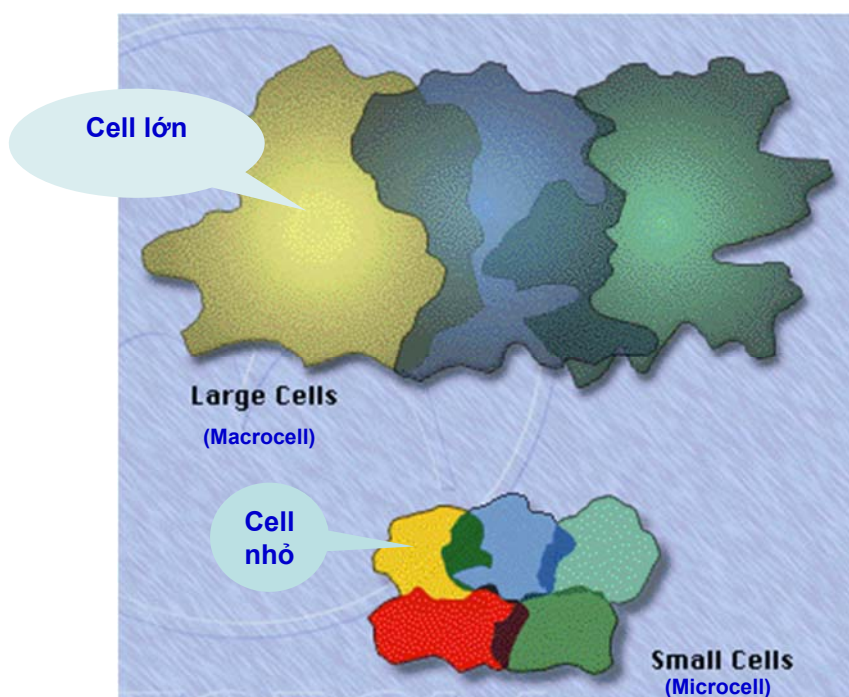
Real Cell/Site Coverage Area



13

2/17/2014

Hình dạng và kích thước ô - cell

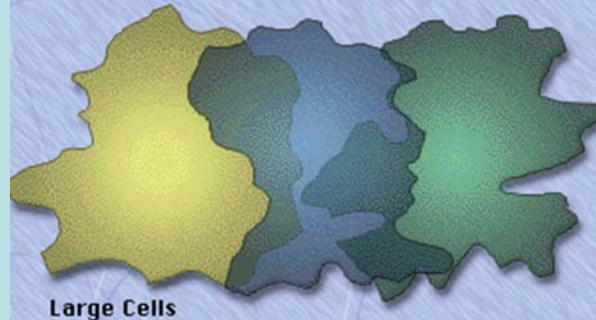


14

Tế bào lớn - Large cell

Vị trí thiết kế các cell lớn:

- Sóng vô tuyến ít bị che khuất (vùng nông thông, ven biển . . .)
- Mật độ thuê bao thấp
- Yêu cầu công suất phát lớn.



Large Cells

Bán kính phủ sóng $\sim n \text{ km} \div n * 10 \text{ km}$
(GSM: $\leq 35 \text{ Km}$)

MOTOROLA

15

2/17/2014

Tế bào nhỏ - Small cell

Vị trí thiết kế các cell nhỏ:

- Mật độ thuê bao cao
- Sóng vô tuyến bị che khuất.
- Yêu cầu công suất phát nhỏ.



Bán kính phủ sóng $\sim n * 100 \text{ m}$
(GSM: $\leq 1 \text{ Km}$)

MOTOROLA

16

Where to use ?

? Which of the following are typical locations for large cells?

- Urban areas
- Low density subscriber areas
- Remote areas
- High density subscriber areas
- Low transmission power requirement areas

Large Cells

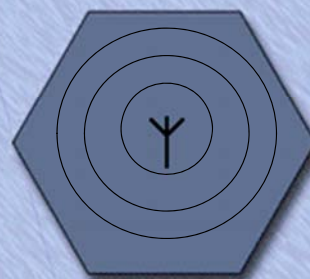
Small Cells

Phương thức phủ sóng

Phát sóng vô hướng - Omni - directional cell (360°...)

- Anten vô hướng hay 360° bức xạ năng lượng đều theo mọi hướng.

Omni (360°) cell site



1 Site = 1 cell 360°

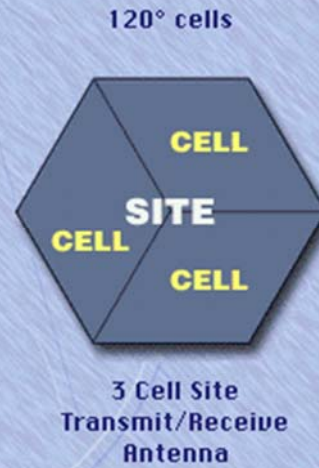
Phương thức phủ sóng

Phát sóng định hướng → sectorization ($120^\circ \dots$)

- Anten có hướng tính sẽ tập trung năng lượng trong một không gian nhỏ hơn.

- Cải thiện chất lượng tín hiệu.

- Tăng dung lượng thuê bao.



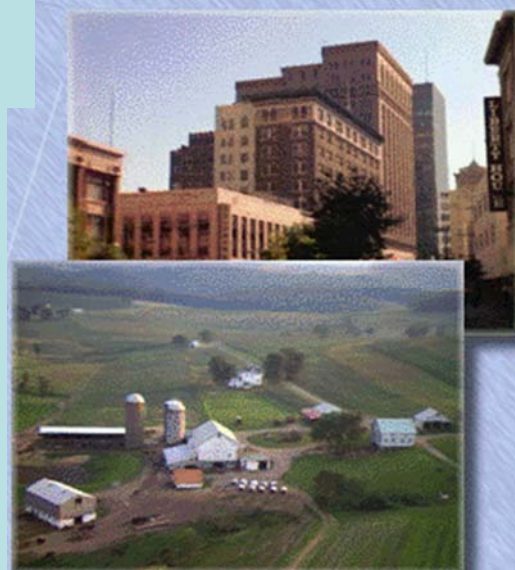
1 Site = 3 cell 120°

Số lượng cell bao phủ một vùng địa lý

Các yếu tố ảnh hưởng đến số lượng cell trong một vùng địa lý

- Mật độ thuê bao

- Yếu tố địa hình : các tòa nhà, cây cối, hồ nước, đồi núi . . .



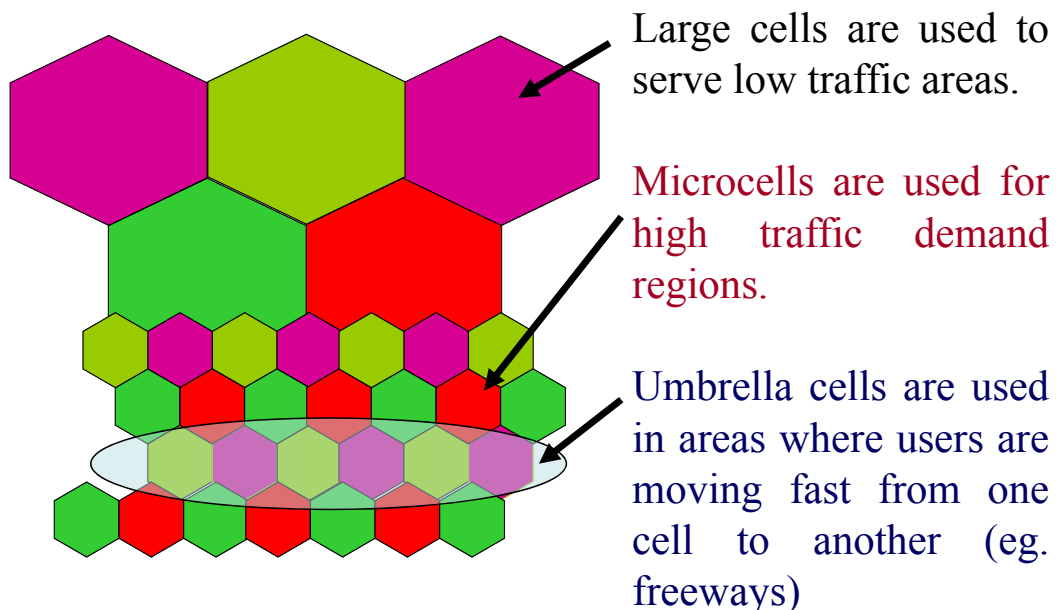
Nhận xét

- Trên thực tế, hình dạng cell là không xác định, việc quy hoạch vùng phủ sóng (coverage area) cần quan tâm đến các yếu tố địa hình và mật độ thuê bao, từ đó sẽ xác định số lượng trạm gốc BTS, kích thước cell và phương thức phủ sóng thích hợp.

21

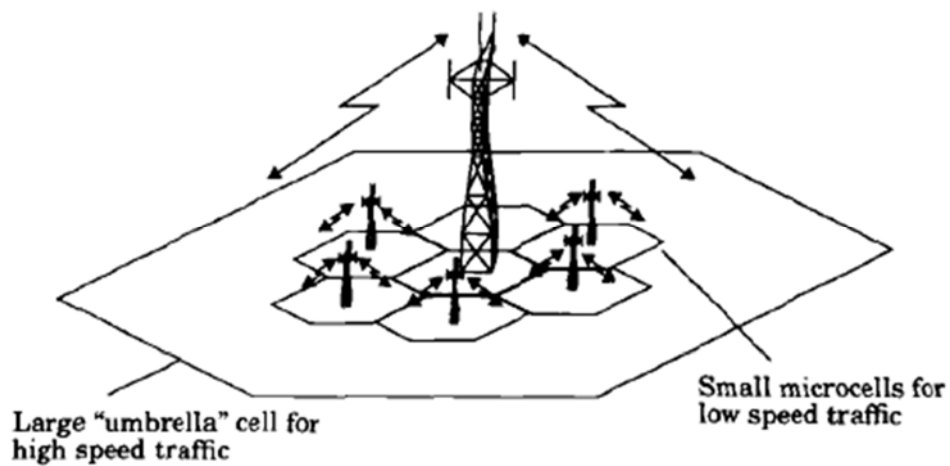
2/17/2014

Cellular Concepts: Cells



22

Cellular Concepts: Cells



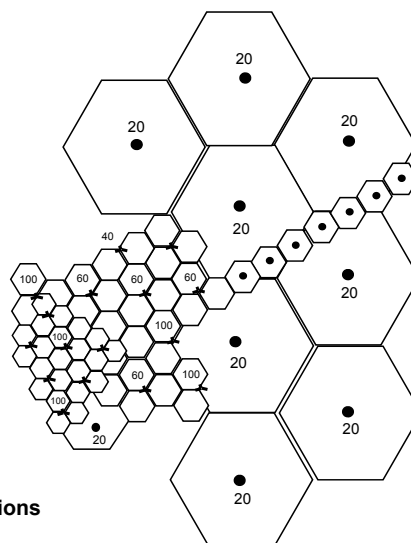
Umbrella cell : by using different antenna heights (often on the same building or tower) and different power levels, it is possible to provide "large" and "small" cells which are co-located at a single location.

23

2/17/2014

Exercise

Considering radio coverage in a PLMN, could you identify the topology of the different areas?

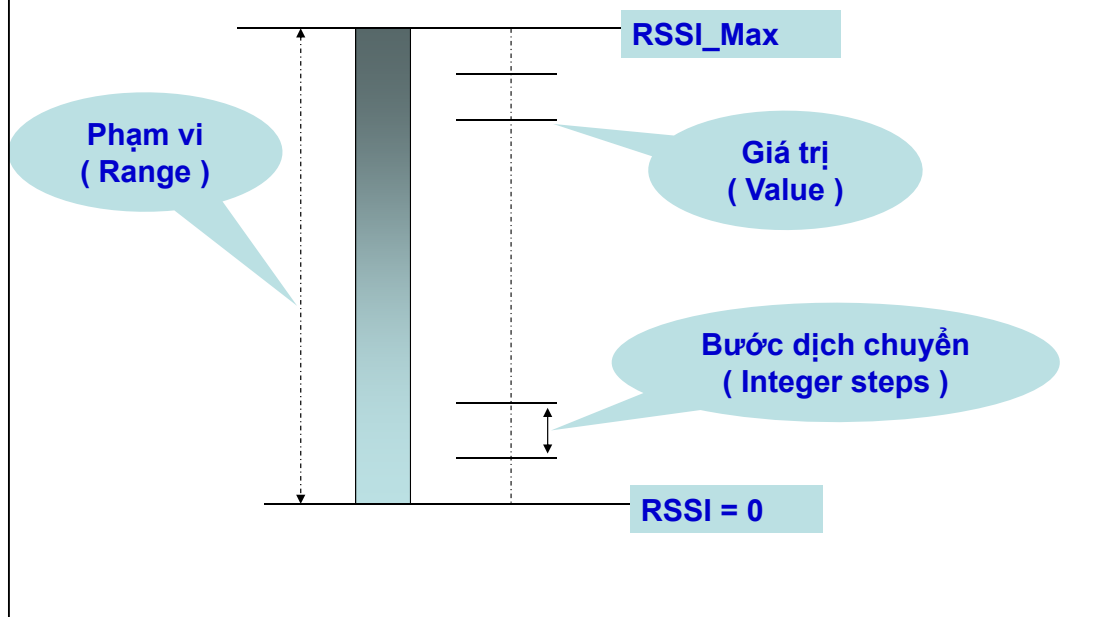


Figures indicates Base Stations
Erlang capacity

24

24

Chỉ thị cường độ tín hiệu RSSI



25

Chỉ thị cường độ tín hiệu theo tỷ lệ phần trăm

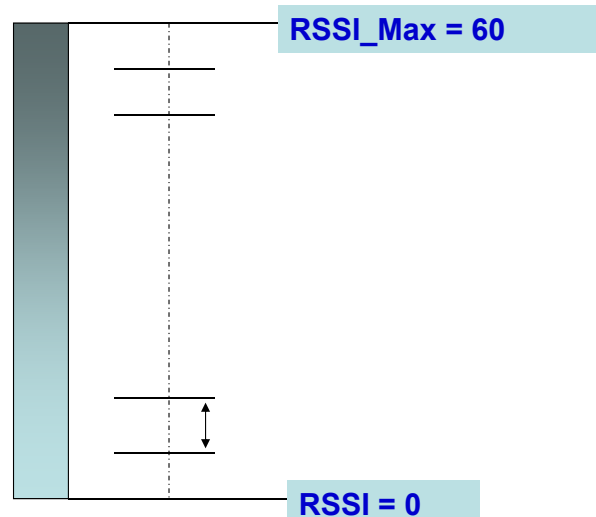
802.11 NIC : 60 bước chỉ thị

Giá trị chỉ thị = 50 %

-> RSSI = 30

Ưu điểm của chỉ thị %

- Phân tích mạng
- Thống kê



26

Đơn vị công suất

$P \rightarrow W \Leftrightarrow \text{dB}; \text{ mW} \Leftrightarrow \text{dBm}$

$$P (\text{dBm}) = 10 \log_{10} [P (\text{mW})]$$

P(mW)	P(dBm)
10	10
1	0
10^{-1}	-10
10^{-2}	-20

$$P(\text{dBm}) = P(\text{dB}) + 30$$

$$20 \text{ W} \Rightarrow ? \text{ dBm}$$

$$33 \text{ dBm} \Rightarrow ? \text{ W}$$

27

Chuyển đổi giá trị chỉ thị cường độ tín hiệu theo tỷ lệ phần trăm sang dBm

Hai bước ánh xạ RSSI [x %] sang dBm

1. Xác định RSSI_Max của nhà sản xuất – Vendor.

$$\rightarrow \text{RSSI}[x \%] = x (\%) * \text{RSSI_Max} / 100$$

2. Tra giá trị dBm tương ứng với giá trị RSSI vừa xác định trong bảng chuyển đổi hoặc công thức chuyển đổi do nhà sản xuất cung cấp.

[*] Lưu ý: bảng chuyển đổi không phải khi nào cũng biến đổi theo quy luật tuyến tính.

28

Chuyển đổi giá trị chỉ thị cường độ tín hiệu theo tỷ lệ phần trăm sang dBm

Ví dụ:

- Atheros: RSSI_Max = 60; $\rightarrow \text{dBm} = \text{RSSI} - 95$;
- Phạm vi biến đổi của dBm : -35dBm đến -95 dBm
- Cường độ tín hiệu thu nhận tại 802.11 NIC là $x = 30 \%$ tương ứng với công suất thu là bao nhiêu dBm ?

29

2/17/2014

Bảng chuyển đổi
RSSI-dBm của Cisco

Giá trị RSSI.

RSSI_Max = 100

Giá trị dBm

0	= -113	34	= -78	68	= -41
1	= -112	35	= -77	69	= -40
2	= -111	36	= -75	70	= -39
3	= -110	37	= -74	71	= -38
4	= -109	38	= -73	72	= -37
5	= -108	39	= -72	73	= -35
6	= -107	40	= -70	74	= -34
7	= -106	41	= -69	75	= -33
8	= -105	42	= -68	76	= -32
9	= -104	43	= -67	77	= -30
10	= -103	44	= -65	78	= -29
11	= -102	45	= -64	79	= -28
12	= -101	46	= -63	80	= -27
13	= -99	47	= -62	81	= -25
14	= -98	48	= -60	82	= -24
15	= -97	49	= -59	83	= -23
16	= -96	50	= -58	84	= -22
17	= -95	51	= -56	85	= -20
18	= -94	52	= -55	86	= -19
19	= -93	53	= -53	87	= -18
20	= -92	54	= -52	88	= -17
21	= -91	55	= -50	89	= -16
22	= -90	56	= -50	90	= -15
23	= -89	57	= -49	91	= -14
24	= -88	58	= -48	92	= -13
25	= -87	59	= -48	93	= -12
26	= -86	60	= -47	94	= -10
27	= -85	61	= -46	95	= -10
28	= -84	62	= -45	96	= -10
29	= -83	63	= -44	97	= -10
30	= -82	64	= -44	98	= -10
31	= -81	65	= -43	99	= -10
32	= -80	66	= -42	100	= -10
33	= -79	67	= -42		

30

Chuyển đổi giá trị chỉ thị cường độ tín hiệu theo tỷ lệ phần trăm sang dBm

Ví dụ:

- Cisco: RSSI_Max = 100;
- Phạm vi biến đổi của dBm: -10 dBm đến -113dBm
- Cường độ tín hiệu thu nhận tại 802.11 NIC là $x = 30\%$ tương ứng với công suất thu là bao nhiêu dBm ?

31

Độ nhạy thu - Receive Sensitivity

Khái niệm:

- Độ nhạy thu là mức công suất tối thiểu mà tại đó máy thu vẫn nhận được tín hiệu với mức độ chất lượng xác định
- Đơn vị: [dBm]

Ví dụ:

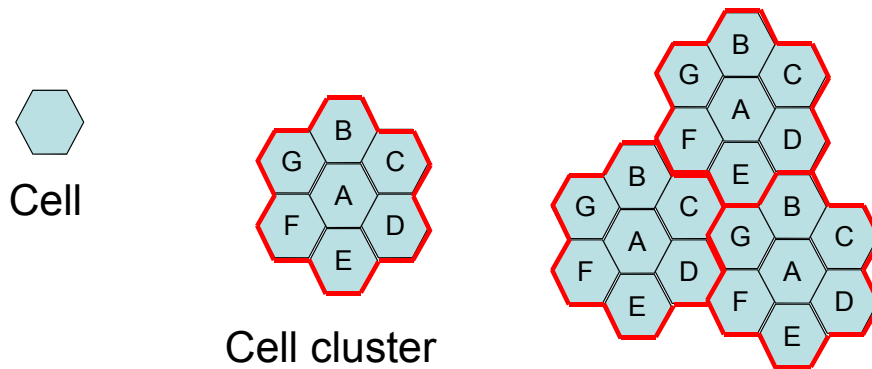
- Card mạng WLAN theo chuẩn 802.11 có độ nhạy thu là -96 dBm ~ ? mW

$$-96 \text{ (dBm)} \sim 0.000000002511 \text{ (mW)}$$

32

Sử dụng lại tần số

Cellular Frequency Reuse



Mục đích: tăng dung lượng hệ thống
(increase capacity)

33

Sử dụng lại tần số

- Hệ thống Cellular bao gồm S kênh vô tuyến - RFC
(RFC: Radio Frequency Channel)
- Mỗi cell được cấp phát k RFC ($k < S$)
- S kênh được chia sẻ cho N cells.

$$S = kN$$

34

Sử dụng lại tần số

- N cells hình thành một cluster (N cluster size)
- Một cluster được lặp lại M lần trong một hệ thống cellular tại các vị trí địa lý khác nhau
- Khi đó dung lượng hệ thống C = tổng số kênh RFC trong hệ thống (capacity)

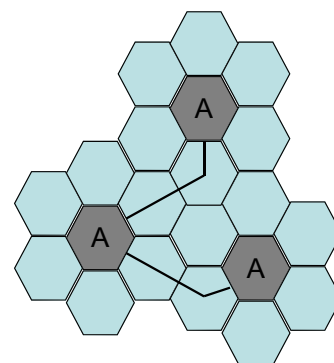
$$C = MkN = MS$$

35

2/17/2014

Sử dụng lại tần số

- Thông thường cluster có kích thước $N = 4, 7, 12$
 - Với : $N = i^2 + ij + j^2$
 - Cell sử dụng cùng kênh tần số
 - Co-channel – đồng kênh
 - Cần có sự thỏa hiệp giữa :
dung lượng và nhiễu
- [Trade-off : **capacity** vs **interference**]



36

Ví dụ 1.1

If a total of 33 MHz of bandwidth is allocated to a particular FDD cellular telephone system which uses two 25 kHz simplex channels to provide full duplex voice and control channels, compute the number of channels available per cell if a system uses

(a) **4-cell reuse**, (b) **7-cell reuse** (c) **12-cell reuse**.

37

Mẫu sử dụng lại tần số

Ký hiệu tổng quát : mẫu N/M

Trong đó:

N = tổng số site / cluster

M = tổng số cell / cluster

• Hệ số sử dụng lại tần số: $1/M$

=> Mỗi cell được cấp phát $1/M$ tổng số kênh tần số vô tuyến trong 1 cluster .

38

Các nguồn nhiễu Sources of Interference

- Intra cell: Nhiễu từ các MS khác trong cùng cell.
- Inter cell: Nhiễu từ các MS đang tiến hành gọi từ các cell lân cận (neighboring cell)
- Nhiễu từ các trạm gốc sử dụng cùng băng tần.
- Nhiễu từ các hệ thống khác - Noncellular systems

39

Interference and System Capacity

- Interference is a limiting factor in the performance of cellular systems
- Co-Channel interference (**CCI**) is caused by signals at the same frequency
- Adjacent channel interference (**ACI**) is caused by signals from neighbouring frequencies
- In traffic channels, interference causes crosstalk from undesired users
- In control channels, interference causes errors which result in wrong instructions
- To reduce co-channel interference, co-channel cells must be separated sufficiently

40

40

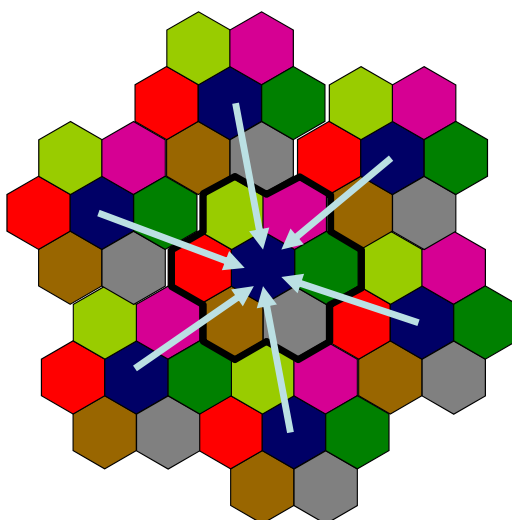
Nhiều đồng kênh Co-Channel Interference

- Co-Channels:
 - Các cells sử dụng cùng kênh tần số
- Nhiều đồng kênh : Co-Channel Interference:
 - Gây nên do việc sử dụng lại tần số (cell reuse)
 - > Interference between "Co-cells"
- Phương thức giảm nhiễu đồng kênh:
 - Tăng khoảng cách sử dụng lại tần số.
 - Tăng tỷ số SNR.

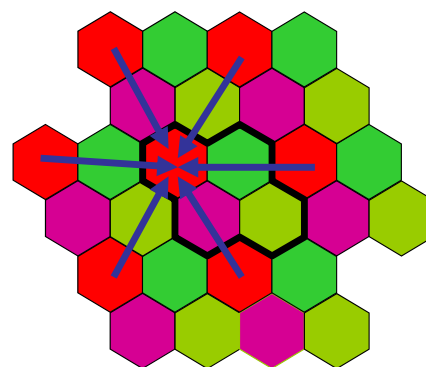
41

2/17/2014

Co-channel Interference



7-cell frequency reuse (weaker)



4-cell frequency reuse
(stronger)

42

Hệ số tái sử dụng tần số Co-Channel Reuse Ratio

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

	Cluster Size (N)	Co-channel Reuse Ratio(Q)
$i = 1, j = 1$	3	3
$i = 1, j = 2$	7	4.58
$i = 2, j = 2$	12	6
$i = 1, j = 3$	13	6.24

- D = Khoảng cách giữa tâm hai cell đồng kênh gần nhất.
- R= Bán kính cell
- N= Kích thước cluster
 - Q nhỏ: Dung lượng tăng (N giảm)
 - Q lớn: Chất lượng truyền dẫn vô tuyến tốt hơn.

43

Tỷ số tín hiệu trên nhiễu Signal-to-Interference Ratio

- In general Signal-to-Interference ratio can be written as;

$$S_r = P_{\text{desired}} / \sum_i P_{\text{interference},i}$$
- P_{desired} is the signal from the desired BS and $P_{\text{interference},i}$ is the signal from the i^{th} undesired BS
- The signal strength falls as some power of α called power-distance gradient or path loss component
- If P_t is the transmitted power, d is the distance then, received power will be

$$P_r = P_t L d^{-\alpha}$$

Where, d is in meters

L is the constant depending on frequency

44

Tỷ số tín hiệu trên nhiễu Signal-to-Interference Ratio

S/I (SIR):

$$\frac{S}{I} = \frac{S}{\sum_{i=1}^{i_0} I_i}$$

- S: Công suất tín hiệu mong muốn
- I_i : Công suất tín hiệu nhiễu từ kênh cùng tần số thứ i

45

Công suất thu trung bình Average Received Power

$$P_r = P_0 \left(\frac{d}{d_0} \right)^{-n}$$

$$P_r(\text{dBm}) = P_0(\text{dBm}) - 10n \log(d/d_0)$$

- P_0 : Công suất thu tại khoảng cách tham chiếu d_0
- n: Hệ số tổn thất đường truyền, $2 < n < 4$
- * Với các hệ thống cellular $n \approx 4$

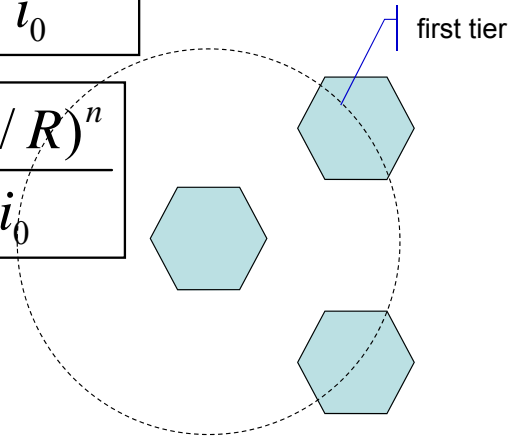
46

Lớp nhiễu đồng kênh thứ nhất

First Layer of Co-Channels

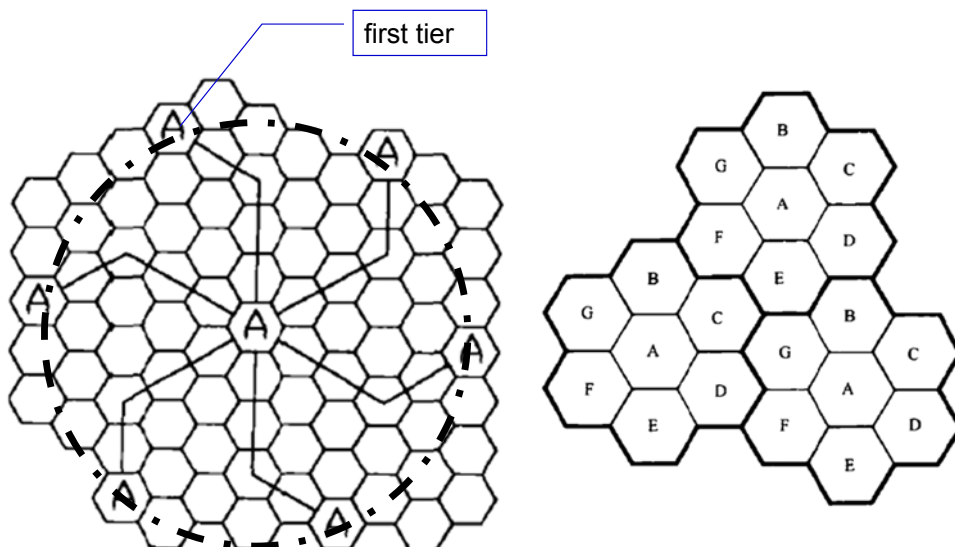
$$\frac{S}{I} = \frac{(D/R)^n}{i_0} = \frac{(\sqrt{3N})^n}{i_0}$$

$$\frac{S}{I} = \frac{P_t R^{-n}}{i_0 P_t D^{-n}} = \frac{(D/R)^n}{i_0}$$



47

Sử dụng lại tần số



48

Ví dụ 1.2

If a signal to interference ratio of 15 dB is required for satisfactory forward channel performance of a cellular system, what is the frequency reuse factor and cluster size that should be used for maximum capacity if the path loss exponent is

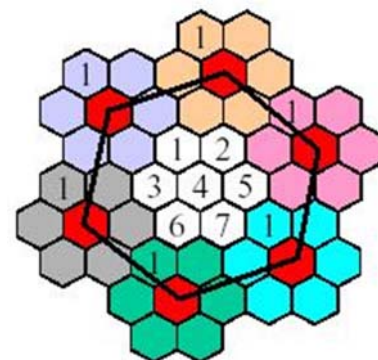
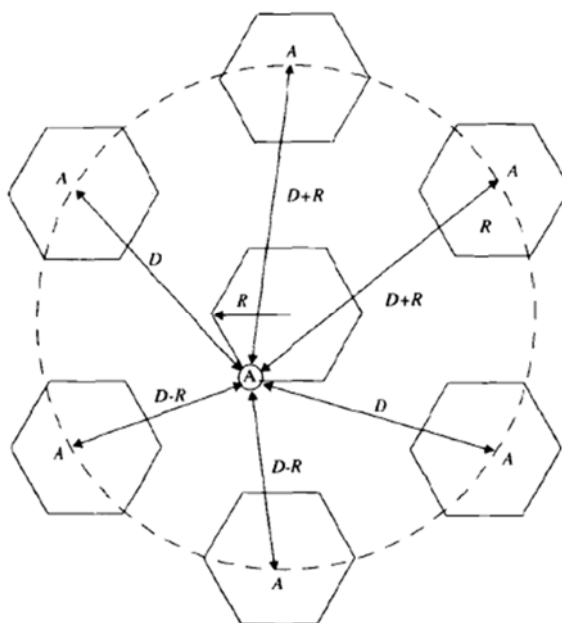
(a) $n = 4$, (b) $n = 3$?

Assume that there are 6 co-channels cells in the first tier, and all of them are at the same distance from the mobile. Use suitable approximations.

49

2/17/2014

Ví dụ 1.3: CIR ?



first tier
co-channel interference

50

Ví dụ 1.4

Measurements of a cellular network show that there is significant interference in a particular location in the network. It is identified that there are 6 main interfering base stations and that they are located at a distance of 8.15 km, 8.3km, 7.9 km, 7.7 km, 7.5 km and 8.9 km respectively from the location of the test mobile. The distance from the test mobile to wanted cell is 2.7 km. Estimate the Carrier to Interference Ratio at the mobile.

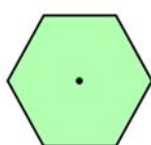
Use a path loss exponent of $n = 3.5$

51

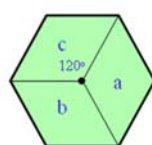
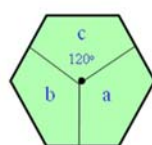
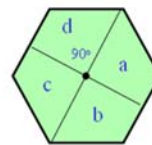
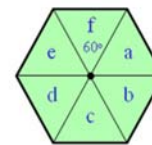
2/17/2014

Improving Capacity in Cellular Systems

- **Aim:** To provide more channels per unit coverage area
- **Techniques:** Three techniques are used to improve capacity
- **SECTORING:**
 - Use directional antennas to further control the interference and frequency reuse of channels.
 - Examples: Omni, 120° , 60° and 90°



(a). Omni

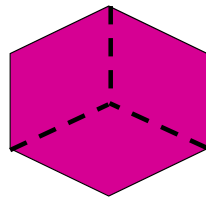
(b). 120° sector(c). 120° sector (alternate)(d). 90° sector(e). 60° sector

52

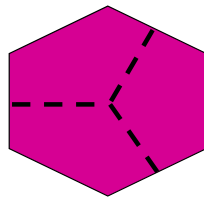
52

Sectored Cells

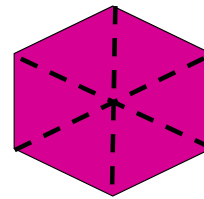
- Some commonly used sectored cells:



Rhombic

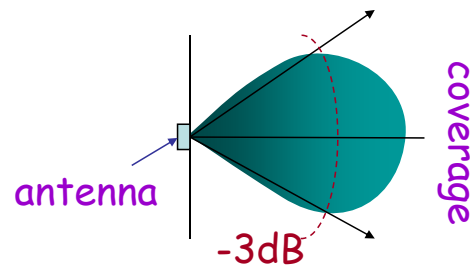


Hexagonal



Triangular

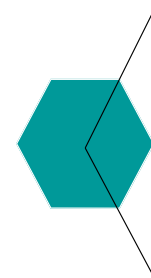
- The output power of an antenna in a sectored cell:



53

Sectoring

- Anten định hướng - Directional
- Phân dải quạt : 60° hoặc 120° /sectors
- Giảm nhiễu - interferers
- SIR tăng
- Cần bổ sung anten



120° sectoring

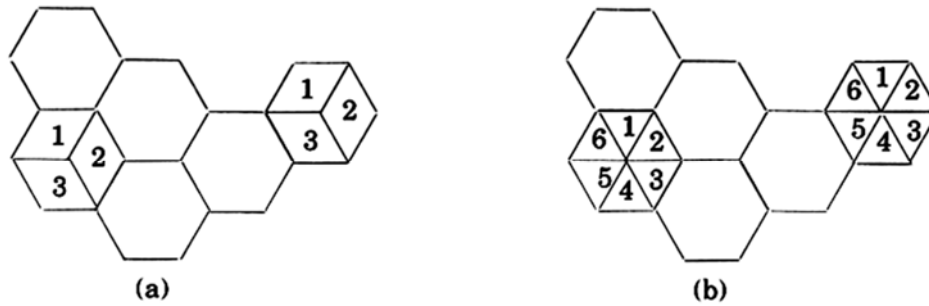
- Increase SIR**

→ **Decrease cluster size**

→ **Increase capacity**

54

Sectoring improves SIR



55

2/17/2014

Sectoring improves SIR

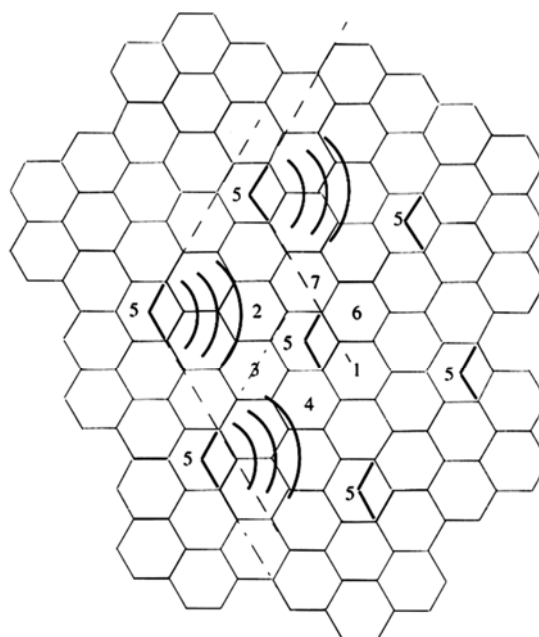


Figure 3.11 Illustration of how 120° sectoring reduces interference from co-channel cells. Out of the 6 co-channel cells in the first tier, only two of them interfere with the center cell. If omnidirectional antennas were used at each base station, all six co-channel cells would interfere with the center cell.

56

Phân dải quạt Sectoring

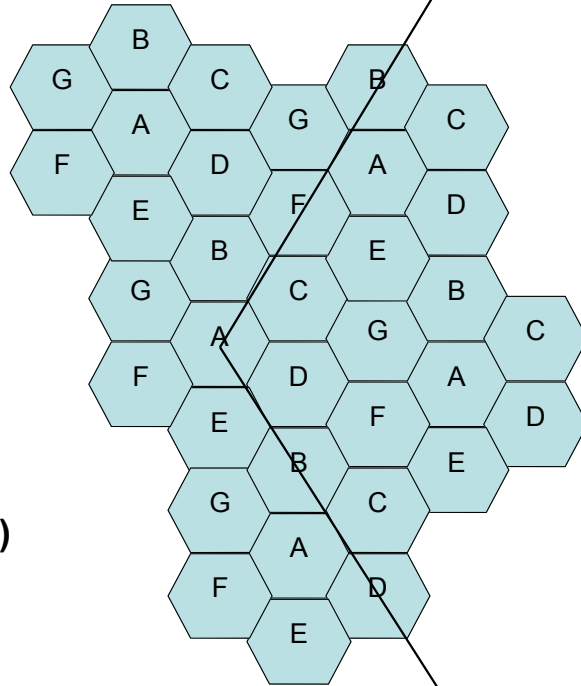
Phân cung hóa

Sectorization

EIRP (dBi)

$$ERP = EIRP + 2.15 \text{ (dB)}$$

EIRP: Effective Isotropic Radiated Power



57

2/17/2014

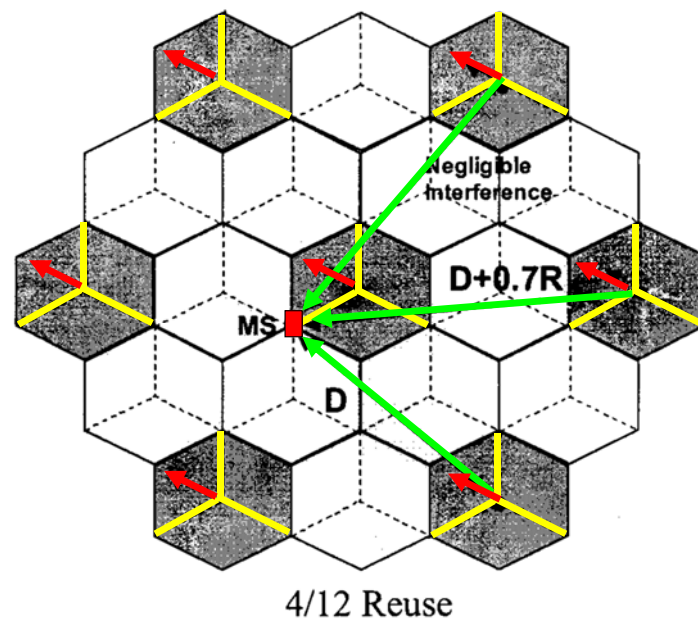
Sectoring

- The sectoring is done by replacing a single omni-directional antenna with 3 directional antennas (120° sectoring) or with 6 directional antennas (60° sectoring)
- In this scheme, each cell is divided into 3 or 6 sectors. Each sector uses a directional antenna at the BS and is assigned a set of channels.
- The number of channels in each sector is the number of channels in a cell divided by the number of sectors. The amount of co-channel interferer is also reduced by the number of sectors.
- **Drawbacks:**
 - Increase the number of antennas at each BS
 - The number of handoffs increases when the mobile moves from one sector to another.

58

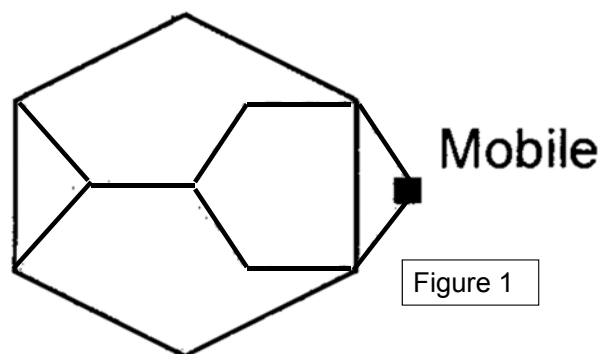
58

Ví dụ 1.5: CIR ?



59

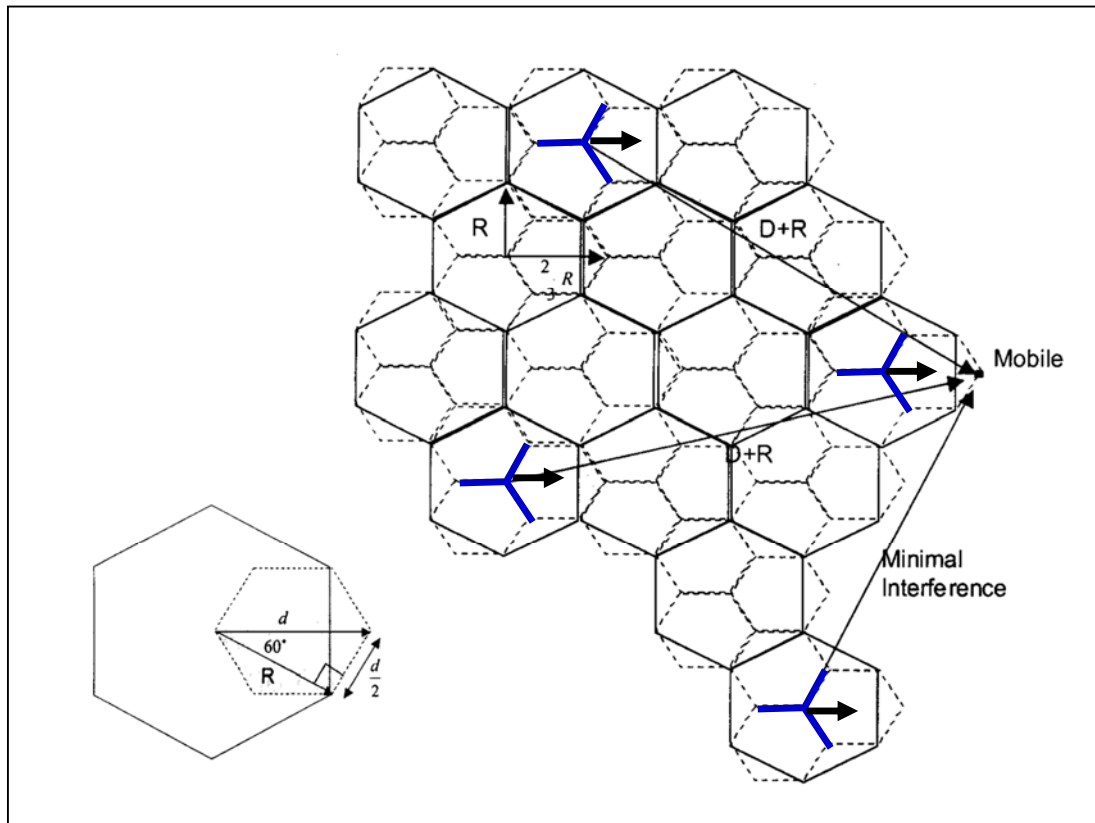
Ví dụ 1.6



An omnidirectional cell cluster is sectored using hexagonal sectors as shown in the figure 1.

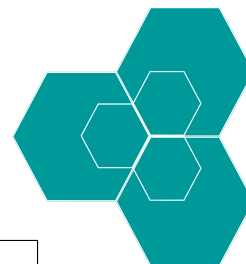
- Skecth the cell plan for a 7-cell reuse cluster identifying the strongest interference base stations to the mobile located as in Fig .1
- Identify on the cell plan for (a) the approximately distances from those strongest interfering base stations to the mobile
- Calculate the carrier to interference ratio using the information in (a) and (b) . Take the path loss exponet to be $n = 4$.

60



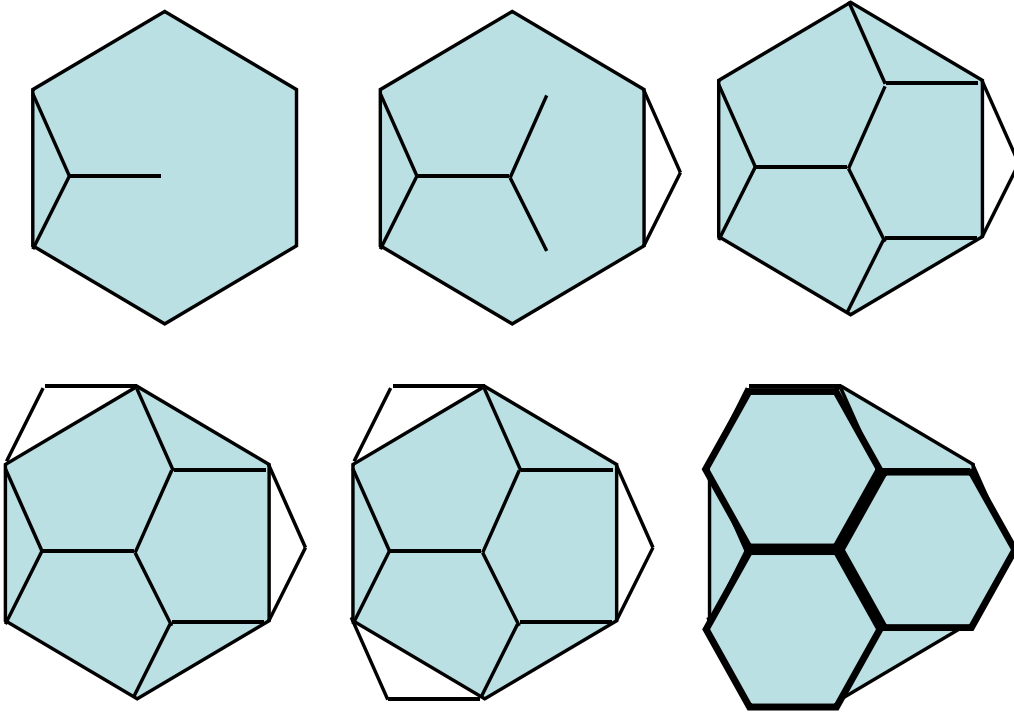
Chia cell Cell Splitting

- Chia cell hiện tại thành nhiều cell có diện tích nhỏ hơn
 - Giảm chiều cao anten và công suất phát
 - Tăng số kênh sử dụng lại tần số
- (Increase channel reuse)



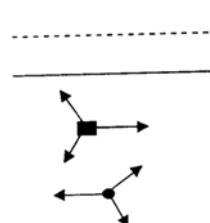
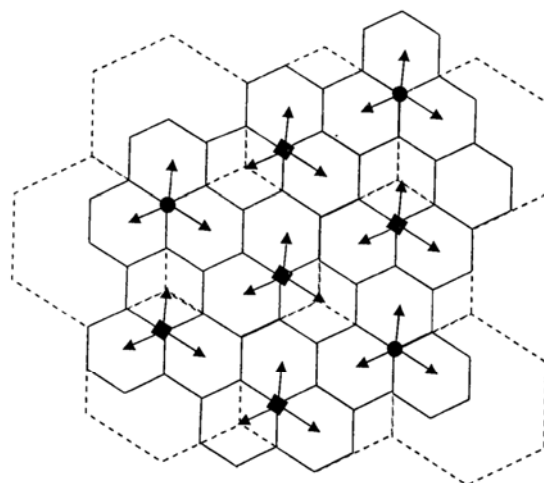
- More base stations
- Co-channel interference constant

Cell Splitting



63

Cell splitting



Biên giới ô vô hướng ban đầu

Biên giới các ô mới

Các trạm BTS mới với các hướng ăngten

Các trạm BTS ban đầu với các hướng ăngten

64

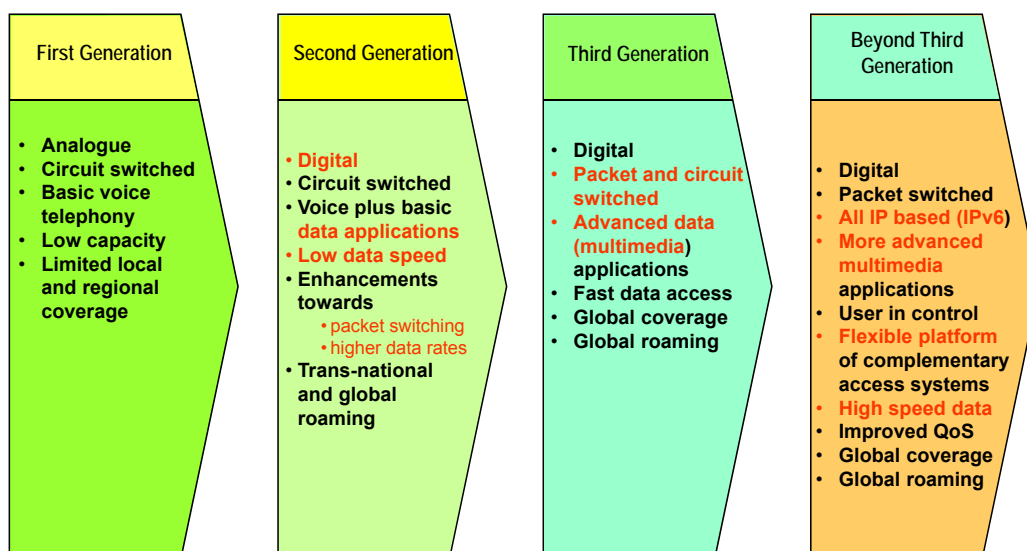
Cell Splitting

- Cell splitting is the process of splitting a mobile cell into several smaller cells. This is usually done to make more voice channels available to accommodate traffic growth in the area covered by the original cell
- If the radius of a cell is reduced from R to $R/2$, the area of the cell is reduced from Area to $\text{Area}/4$. The number of available channels is also increased.
- Cell splitting is usually done on demand; when in a certain cell there is too much traffic which causes too much blocking of calls. The cell is split into smaller microcells.

65

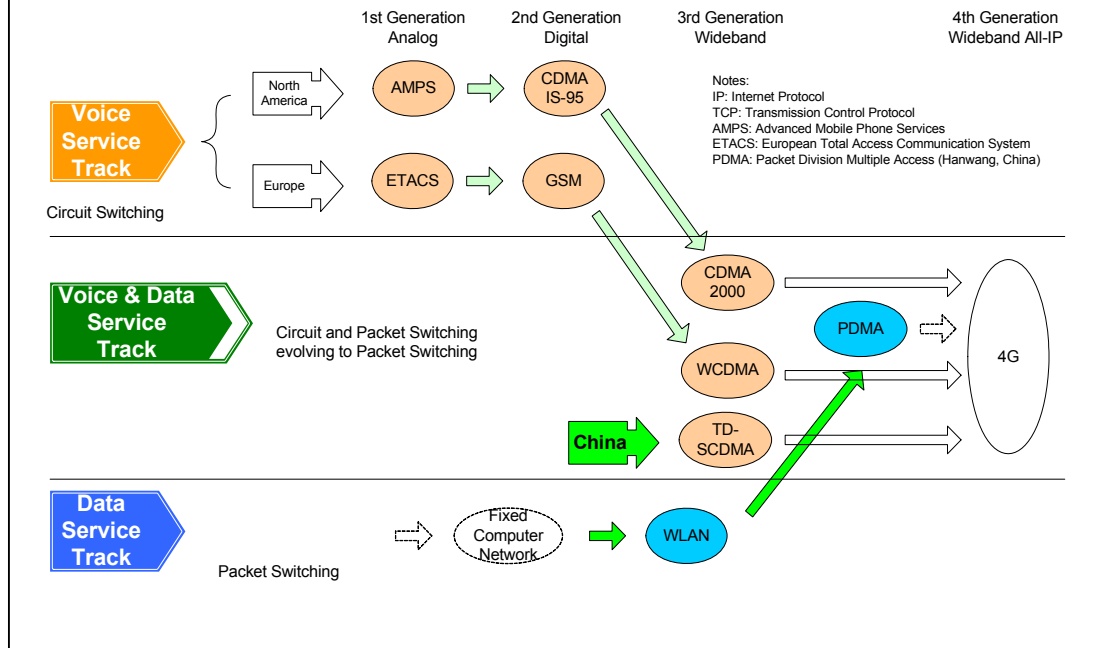
65

Paradigm From 1G to Beyond 3G



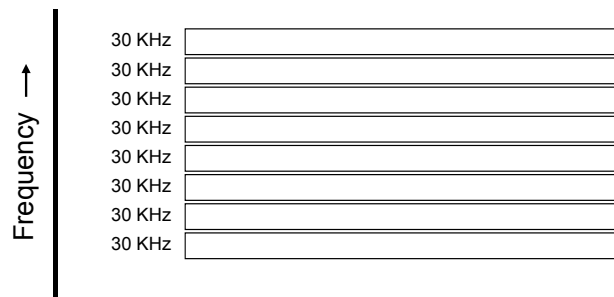
66

Evolution of Wireless Communications



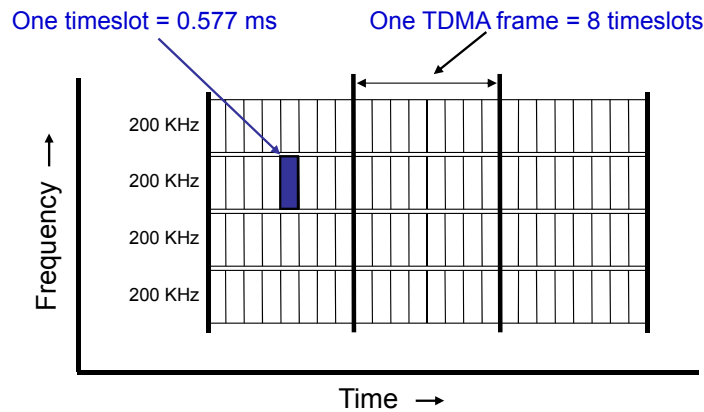
1G — Separate Frequencies

FDMA — Frequency Division Multiple Access



2G — TDMA

Time Division Multiple Access

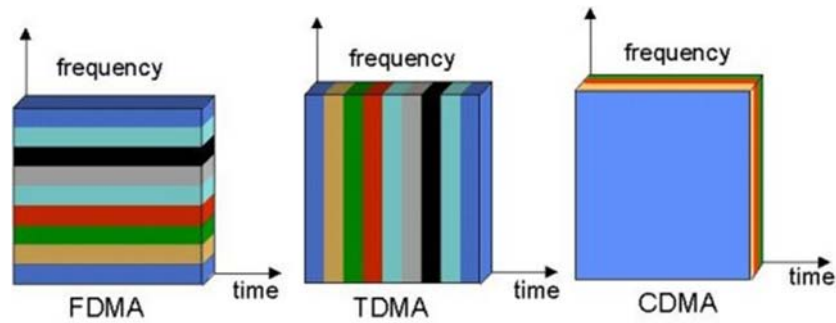


2G & 3G — CDMA

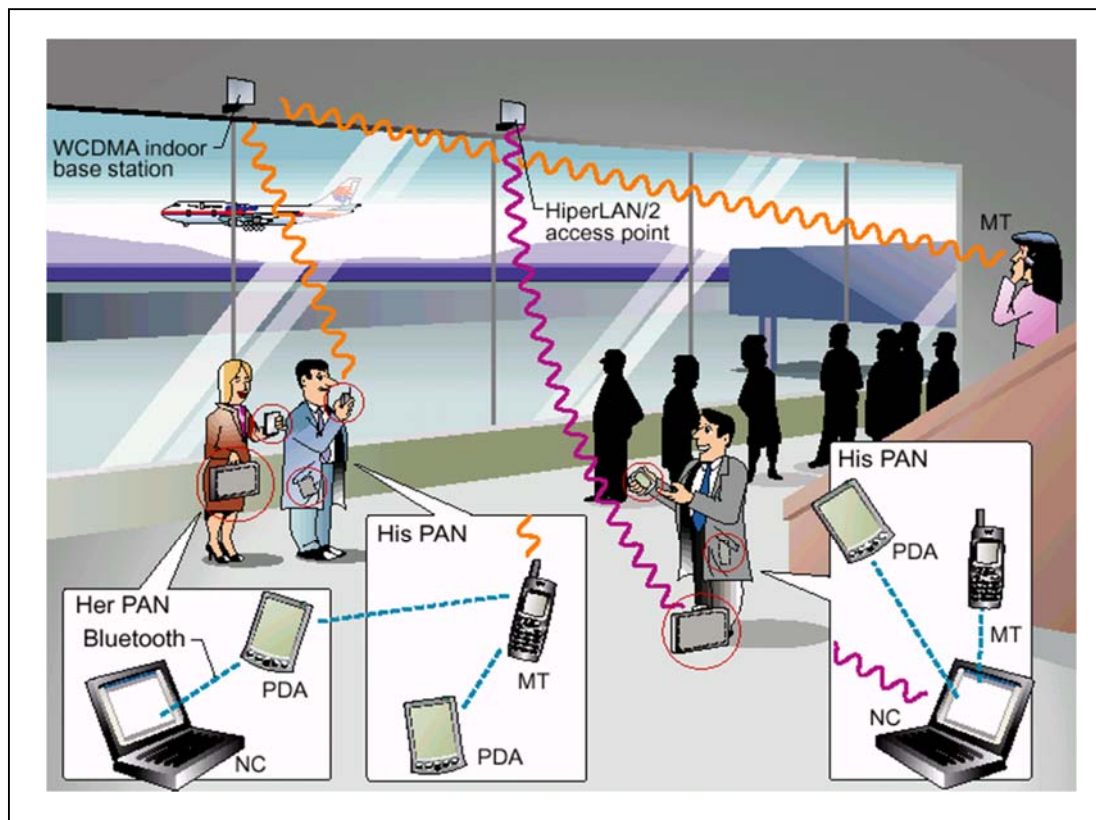
Code Division Multiple Access

- Spread spectrum modulation
 - Originally developed for the military
 - Resists jamming and many kinds of interference
 - Coded modulation hidden from those w/o the code
- All users share same (large) block of spectrum
 - One for one frequency reuse
 - Soft handoffs possible
- Almost all accepted 3G radio standards are based on CDMA
 - CDMA2000, W-CDMA and TD-SCDMA

Multi-Access Radio Techniques



71



72