

Sistim Komunikasi Nirkabel

Fundamental Sistim Komunikasi Nirkabel dan Konsep Seluler

By:
Prima Kristalina

POLITEKNIK ELEKTRONIKA NEGERI SURABAYA
2016

Apakah sistim komunikasi nirkabel ?

2

- Sistim komunikasi nirkabel menyatakan tentang proses komunikasi atau pentransmisian data pada jarak tertentu tanpa melewati media fisik (kabel atau konduktor elektrikal lainnya).
- Proses komunikasi diatur sedemikian rupa, begitu pula halnya dengan datanya sehingga dapat ditransmisikan melalui udara menggunakan gelombang elektromagnetik (radio), infra red, satelit, dan berjalan di atas jaringan nirkabel.
- Jarak yang bisa ditempuh pada sistim nirkabel mulai jarak yang pendek, seperti komunikasi menggunakan RFID hingga ratusan kilometer, seperti komunikasi menggunakan satelit.

Aplikasi yang menggunakan Sistem Komunikasi Nirkabel

Teknologi komunikasi nirkabel meliputi aplikasi *fixed, mobile dan portable*:

- Two-way radio (HT)
- Telepon seluler
- Remote TV, mobil, garasi
- Mouse dan keyboard PC
- Headset
- GPS unit
- Cordless Phone
- Televisi dan Radio Broadcast
- E-Parking, E-toll
- Dll...

Teknologi komunikasi Nirkabel

4

- Seluler (1G, 2G, 3G, LTE)
- Wi-Fi
- Bluetooth
- Zigbee
- RFID
- GPS (Global Positioning System)

(Sebagian besar teknologi komunikasi nirkabel berbasis radio, meskipun ada pula sebagian kecil berbasis non-radio, seperti ultrasonic dan gelombang cahaya)

Konsep Seluler

5

- Introduction
- Frequency Reuse
- Strategi Channel Assignment
- Strategi Handoff
- Interferensi dan Kapasitas Sistem

Sistim Seluler terdiri dari bagian-bagian:

1. Mobile Station (MS)

- Terdiri dari rangkaian transceiver, rangkaian control dan antenna
- Berpindah dengan kecepatan pejalan kaki sampai mobil
- Setiap MS berkomunikasi secara nirkabel dengan BS, dan dapat di-handoff kan antar BS untuk meng-handle sebuah percakapan

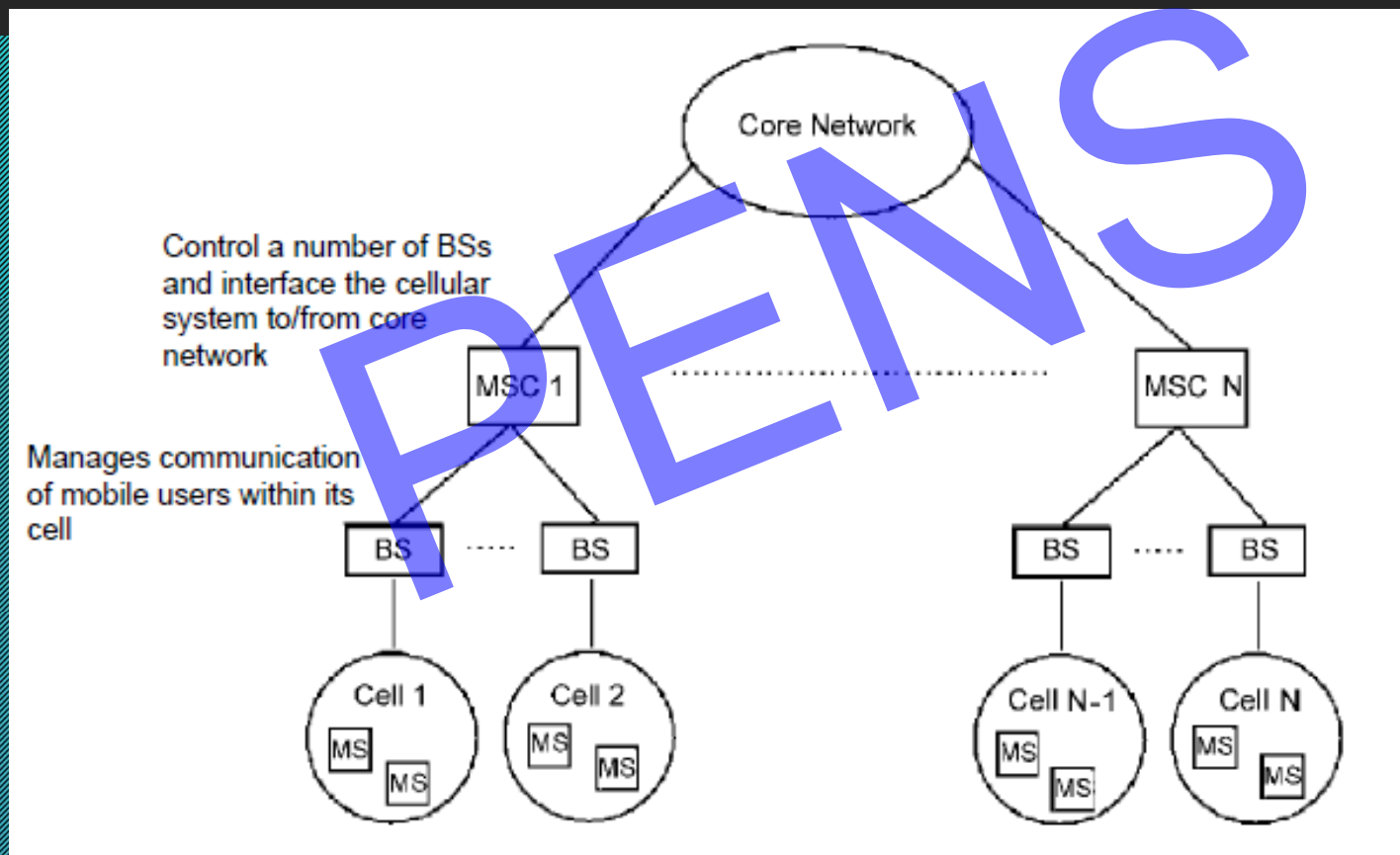
2. Base Station (BS)

- Berfungsi sebagai bridge antar seluruh perangkat MS user dalam 1 sel dengan MSC melalui jalur telepon atau microwave link
- Terdiri dari beberapa transmitter dan receiver dengan komunikasi Full Duplex
- Memiliki tower yang men-support beberapa antenna

3. Mobile Switching Center (MSC)

- Disebut juga sebagai Mobile Telephone Switching Office (MTSO)
- Sebagai coordinator semua aktifitas BS
- Penghubung system seluler dengan PSTN
- Mengakomodasi system Billing dan maintenance

Arsitektur Seluler



Introduction

(2/3)

8

Komunikasi antara MS dan BS didefinisikan oleh standard "Common Air Interface" (CAI) yang membagi 4 jenis kanal sbb:

1. Forward Voice Channel (FVC)

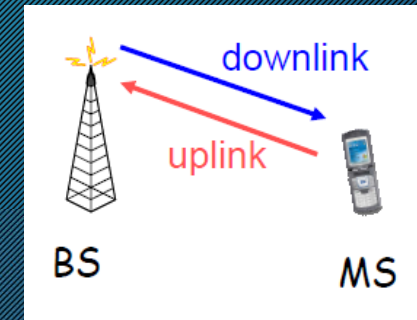
- Kanal transmisi suara dari BS ke MS

2. Reverse Voice Channel (RVC)

- Kanal transmisi suara dari MS ke BS

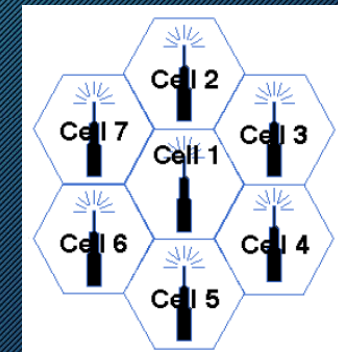
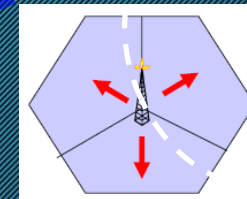
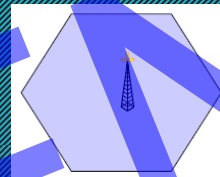
3. Forward Control Channel (FCC) dan Reverse Control Channel (RCC)

- Merupakan kanal setup sebuah panggilan (call) dan meletakkan panggilan tersebut ke dalam kanal suara yang kosong
- Menginisiasi panggilan yang mobile
- FCC merupakan beacon yang mem-broadcast seluruh traffic ke seluruh MS yang berada di dalam sel nya
- Melakukan transmit dan receive data message yang berisi call atau request layanan



Terminologi Coverage Area:

- **Sel**
 - Coverage Area dari sebuah BS
- **Sektor**
 - Bagian dari sebuah sel yang dilayani oleh antenna directional
- **Cluster**
 - Terdiri dari beberapa sel
 - Antar sel dalam satu cluster tidak boleh ada kanal dengan frekuensi reuse



Frequency Reuse

10

- Frequency Reuse merujuk pada penggunaan kanal-kanal radio dari frekuensi carrier yang sama untuk meng-cover area berbeda yang terpisah satu sama lainnya pada jarak tertentu, dimana tidak diijinkan adanya interferensi co-channel.
- Dalam perencanaan sebuah BS perlu dihitung jarak antar sel sehingga tidak ditemui adanya Frequency Reuse ini → link budget
- BS pada sel-sel yang berdekatan memiliki grup kanal yang terdiri dari kanal-kanal yang sama sekali berbeda dengan kanal-kanal tetangganya.
- Reuse sebuah frekuensi tidak perlu dilakukan pada setiap sel, namun hanya pada sel-sel yang memiliki jarak minimum satu dengan yang lain (tetangga terdekat).
- Dengan menggunakan alokasi frekuensi berbeda, sel-sel yang berdekatan bisa overlap namun tidak saling ber-interferensi

Sel Co-Channel

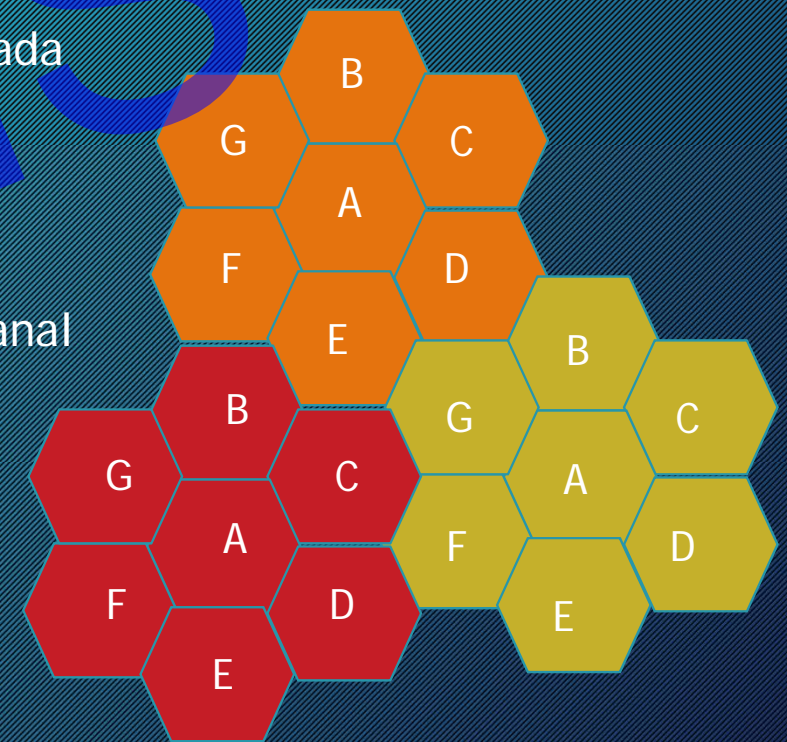
11

- Interferensi Co-Channel

- Interferensi yang disebabkan oleh transmisi sinyal pada kanal yang sama (frekuensi yang sama)

- Jarak reuse

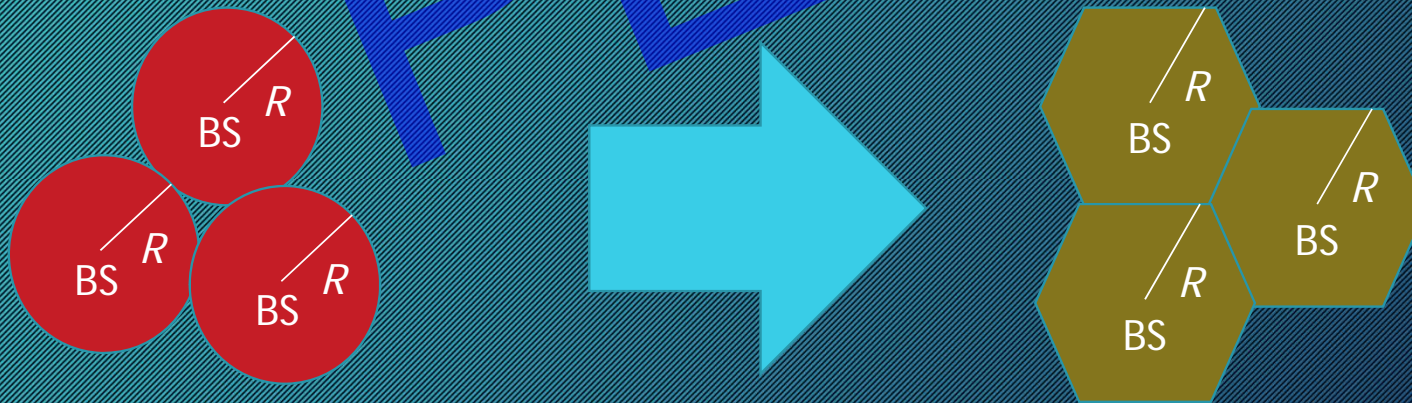
- Jarak minimum antara dua sel yang menggunakan kanal yang sama untuk mendapatkan rasio signal to noise yang baik



Struktur Hexagonal

12

- Bentuk hexagonal digunakan untuk menggambarkan coverage sel secara geometric, dimana bentuk ini mendekati bentuk lingkaran dengan titik pusat kedudukan BS dan jari-jari transmisi R



Frequency Reuse Plan

(1/3)

13

- Total coverage area terbagi dalam beberapa cluster
- Dalam sebuah cluster tidak boleh ada interferensi co-channel
- Jumlah sel dalam sebuah Cluster dinamakan *Cluster Size*, dinyatakan sebagai N .
- N sel di dalam cluster menggunakan sekumpulan frekuensi yang telah ditentukan.

Jika:

- S = jumlah total kanal radio duplex dalam sistim seluler
 - k = jumlah kanal yang dialokasikan untuk setiap sel ($k < S$)
 - N = Cluster size
- maka

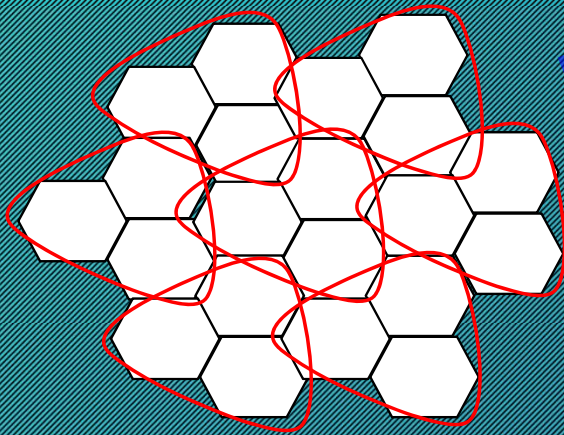
$$S = k.N$$

Frequency Reuse Plan

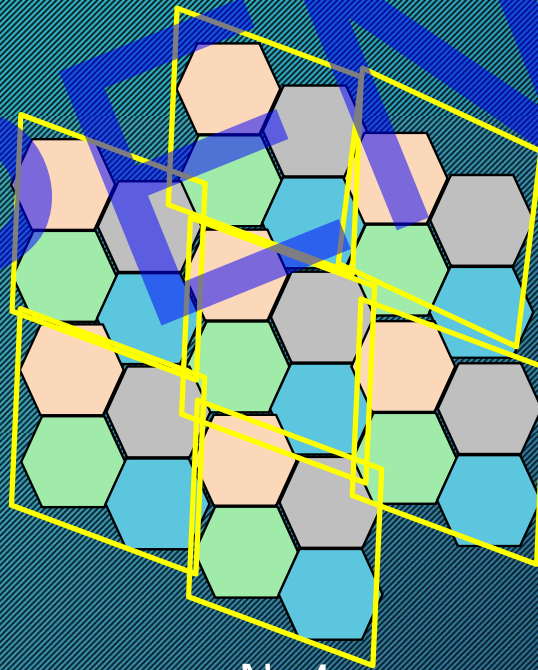
(2/3)

14

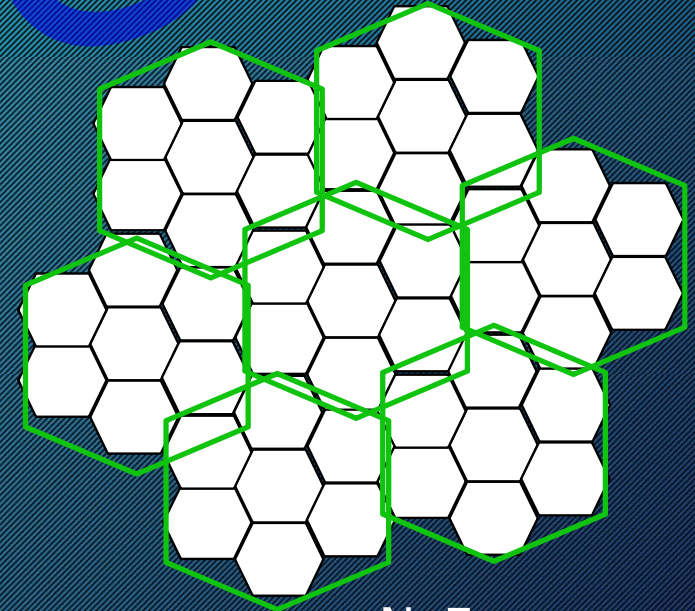
- Beberapa contoh konfigurasi Cell Planning:



N=3



N=4



N=7

Frequency Reuse Planning

(3/3)

15

- Jika sebuah Cluster digandakan M kali dalam sebuah system, maka jumlah kanal duplex C, dinyatakan sebagai:

$$C = M.S = M.k.N$$

- Untuk total coverage area sistem, A_{total} dan total coverage area sel Acell, dapat diketahui jumlah sel dalam system sebagai berikut:

$$M.N = A_{total} / A_{sel}$$

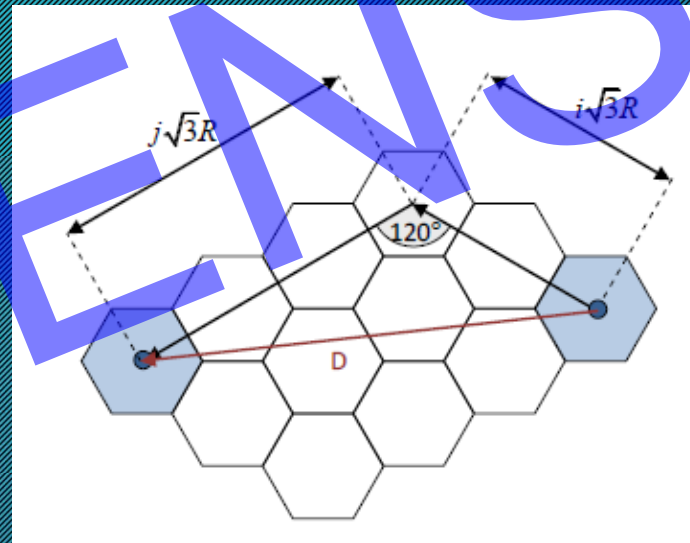
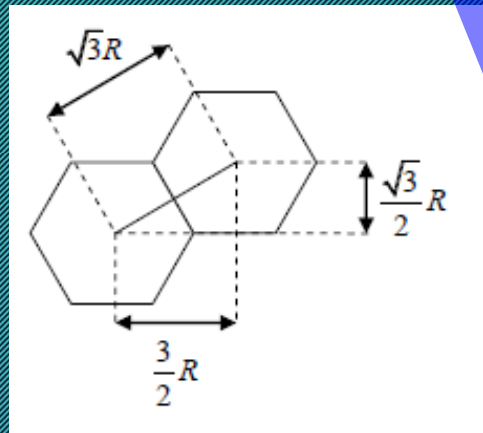
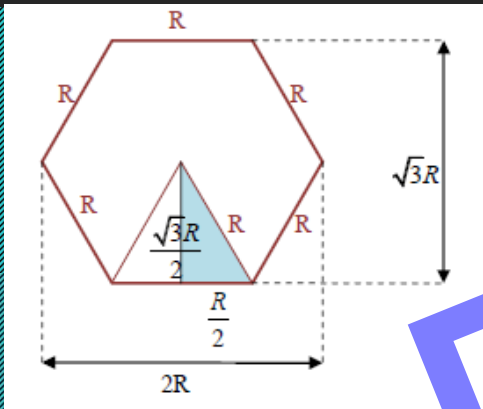
- Sehingga:

$$C = \frac{A_{total}}{A_{sel}} \times \frac{S}{N}$$

- Contoh Soal:

- Jika bandwidth total 33 MHz dialokasikan untuk sistem telepon seluler FDD yang menggunakan kanal simpleks 25 kHz sehingga menghasilkan kanal suara dan kanal control, hitunglah jumlah kanal yang memungkinkan dalam setiap sel jika sistem menggunakan: a) 4 sel reuse b) 7 sel reuse c) 12 sel reuse
- Jika 1MHz dari spectrum yang dialokasikan tersebut di atas digunakan untuk kanal control, tentukan distribusi merata dari kanal control dan kanal suara pada masing-masing sel dari tiga system sel di atas

- Jawab:
- Dari 25 kHz kanal simplex akan menjadi $25 \text{ kHz} \times 2 = 50 \text{ kHz}$ kanal duplex.
- Jumlah kanal total dari system adalah : $33000/50 = 660$ kanal
 - a. Untuk $N=4 \rightarrow$ total kanal dalam setiap sel = $660/4 = 165$ kanal
 - b. Untuk $N=7 \rightarrow$ total kanal per sel = $660/7 = 95$ kanal
 - c. Untuk $N=12 \rightarrow$ total kanal per sel = $660/12 = 55$ kanal
- Spektrum 1 MHz untuk control sinyal duplex = $1000/50 = 20$ kanal
- Didistribusikan dalam masing-masing sel
 - a. Untuk $N=4 \rightarrow$ setiap sel memiliki 5 kanal control, sehingga untuk kanal suara tinggal 160 kanal
 - b. Untuk $N=7 \rightarrow$ 4 sel dengan 3 kanal control dan 92 kanal suara, 2 sel dengan 3 kanal control dan 90 kanal suara, dan 1 sel dengan 2 kanal control dan 92 kanal suara
 - c. Untuk $N=12 \rightarrow$ 8 sel dengan 2 kanal control dan 53 kanal suara, dan 4 sel dengan 1 kanal control dan 54 kanal suara



Mencari jarak antar co-channel

- Jika ada N sel per cluster, maka hubungan antara N , i dan j dinyatakan sebagai:

$$N = i^2 + i.j + j^2$$

- Dengan i dan j adalah bilangan integer non negative
- Jadi luas area dari gambar c) pada slide sebelumnya adalah:

$$A_{total} = 12 \times A_{sel} = 12 \times 6 \times \left(\frac{1}{2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} R \times \frac{1}{2} R \right) = 9\sqrt{3}R^2$$

- Jarak pusat ke pusat co-channel terdekat (Jarak Reuse) adalah:

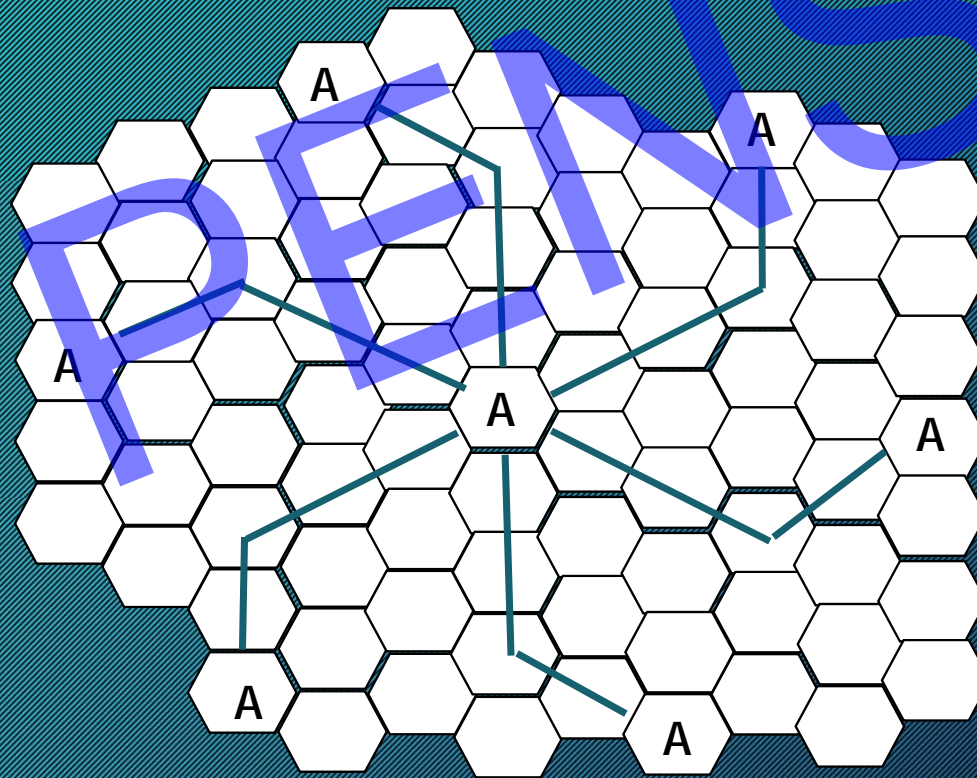
$$\begin{aligned} D &= \sqrt{(i\sqrt{3}R)^2 + (j\sqrt{3}R)^2 - 2(i\sqrt{3}R)(j\sqrt{3}R)\cos(120^\circ)} \\ &= R\sqrt{3(i^2 + i.j + j^2)} = R\sqrt{3N} \end{aligned}$$

Cell Planning

(3/3)

20

- Metode pe-lokasi an co-channel cell [Oet83] IEEE



$N=19, i=3, j=2$

Strategi Pengaturan Channel (Channel Assignment)

21

- Strategi Channel Assignment diklasifikasikan menjadi 2:

1. Strategi Fixed Channel Assignment :

Setiap sel telah mengalokasikan kanal-kanal tertentu untuk kanal suara. Setiap call yang datang akan dilayani oleh kanal-kanal tersebut.

Apabila seluruh kanal telah terpakai, maka call yang datang berikutnya akan di-blocked.

Strategi alternatif pada fixed channel ini, yaitu sel akan meminjam kanal dari sel tetangganya yang masih memiliki kanal tidak terpakai (*borrowing strategy*).

MSC akan memeriksa prosedur peminjaman kanal ini dan memastikan bahwa kanal yang dipinjam tidak menginterferensi atau mengganggu panggilan lain yang sedang berjalan di sel asal.

Strategi Pengaturan Channel (Channel Assignment)

22

2. Strategi Dynamic Channel Assignment :

Kanal suara tidak dialokasikan oleh masing-masing sel secara permanen. Sebagai gantinya, apabila ada request call pada sebuah sel, maka BS dari sel tersebut akan me-request channel ke MSC.

MSC akan mengalokasikan channel kepada BS yang me-request tersebut mengikuti algoritma yang telah diset di dalamnya, yang menghitung berdasarkan probabilitas blocking di dalam sel, frekuensi dari kanal yang digunakan, jarak reuse dan cost function lainnya.

Diharapkan dengan dua strategi pengaturan kanal ini maka akan dicapai utilisasi spectrum radio yang optimal, dimana kapasitas sel menjadi bertambah dan interferensi antar kanal dapat diminimalisir

- Interferensi menjadi issue utama dalam kinerja dari sistim seluler
- Interferensi menjadi penyebab terjadinya bottleneck pada kapasitas kanal dan bertanggung jawab atas terjadinya drop call.
- Sumber interferensi meliputi:
 - Mobile station lain pada sel yang sama
 - Call-in-progress pada sel tetangga
 - BS lain yang beroperasi pada pita frekuensi yang sama
 - Beberapa sistim non seluler yang memiliki energi besar dan beroperasi pada pita frekuensi seluler
- *Co-channel Interference* adalah interferensi antara sinyal-sinyal yang berasal dari sel-sel yang menggunakan sekelompok frekuensi yang sama (co-channel cells)
- Untuk mengurangi co-channel interference, co-channel cell harus secara fisik dipisahkan dengan jarak minimum (jarak re-use) untuk mengisolasi interefensi akibat propagasi sinyal

- Rasio reuse co-channel (Q):

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

- Nilai Q yang kecil bisa menghasilkan kapasitas yang lebih besar jika ukuran cluster N kecil
- Nilai Q yang besar dapat memperbaiki kualitas transmisi, sehingga menyebabkan semakin mengecilnya level co-channel interference

Co-Channel Interference

(3/7)

25

	Ukuran Cluster (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

Co-Channel Interference

(4/7)

26

- Jika K adalah jumlah co-channel interference dalam sel, maka rasio signal-to-interference yang diterima sebuah mobile receiver untuk memonitor forward channel dinyatakan sbb:

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

- Dimana :
 - S = daya sinyal yang diharapkan dari BS
 - I_i = daya interferensi yang disebabkan karena co-channel sel terinterferensi ke-i

Pada system AMPS, SIR yang diijinkan = 18 dB (untuk D-AMPS, SIR = 14 dB)
Pada system GPS, SIR yang diijinkan = 7-12 dB

- Pengukuran propagasi sebuah kanal radio bergerak merujuk pada rata-rata kuat sinyal yang diterima, P_r pada sembarang titik di jarak terpisah, d antara Tx dan Rx, dengan koefisien path loss, n , dinyatakan sebagai:

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

- Atau

$$P_r (dBm) = P_0 (dBm) - 10n \log \left(\frac{d}{d_0} \right)$$

- Dengan P_0 = daya rata-rata yang diterima pada titik dengan jarak d_0 dari Tx

Co-Channel Interference

(6/7)

28

- Ditentukan sebuah forward link, dimana sinyal yang diharapkan berasal dari BS dan ada interferensi co-channel pada BS tersebut.
- Jika D_i adalah jarak dari channel terinterferensi ke- i terhadap mobile station, maka daya yang diberikan kepada mobile station berbanding lurus terhadap $(D_i)^{-n}$, dengan nilai koefisien path loss n antara 2 - 4 pada daerah seluler urban [Rap92b], sehingga:

$$\frac{S}{I} = \frac{R^{-n}}{\sum_{i=1}^k (D_i)^{-n}}$$

- Disederhanakan menjadi:

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

- Contoh soal:

Untuk mendapatkan S/I 18 dB pada sistem seluler AMPS dengan koefisien path loss $n=4$, dan ada 6 sel berdekatan yang berpotensi menghasilkan co-channel interferensi, berapa ukuran cluster yang diperbolehkan?

Jawab:

Dengan persamaan
$$\frac{S}{I} = 10^{18/10} = \frac{(\sqrt{3N})^4}{6} \rightarrow N = 6,49 \approx 7$$

Maka ukuran cluster (jumlah sel dalam 1 cluster) yang diharapkan minimal ada 7.

Co-Channel Interference

(7/7)

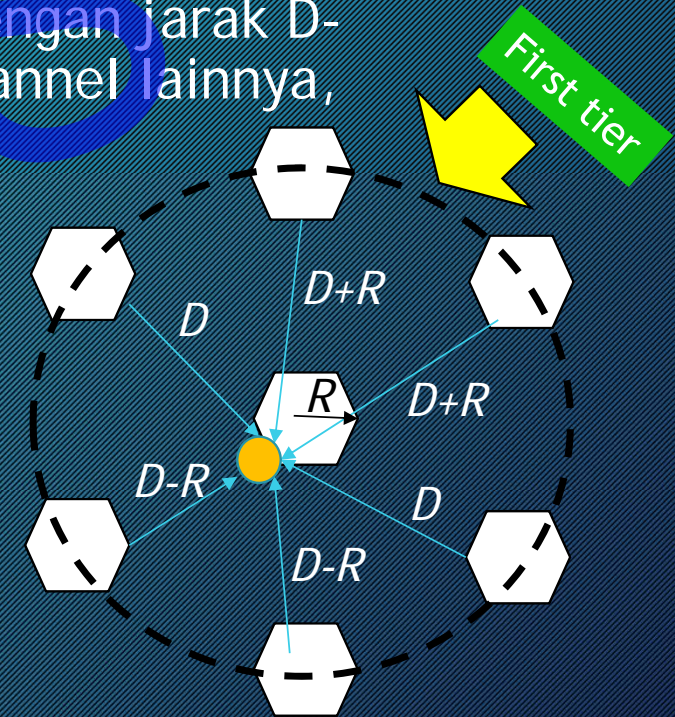
30

- Persamaan (S/I) dengan asumsi N=7, n=4, untuk posisi sebuah mobile station berada di ujung sel (lihat gambar), dengan jarak D-R dari 2 co-channel terdekat, jarak D+R dari 2 co-channel lainnya, dan D dari 2 sisanya, dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{S}{I} = \frac{R^{-4}}{2(D-R)^{-4} + 2(D+R)^{-4} + D^{-4}}$$

- Atau dalam rasio co-channel reuse:

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



Sistem AMPS

Untuk N=7, rasio co-channel reuse (Q) adalah 4,6, sedangkan S/I sekitar = 49,56 (atau 17 dB)

- Contoh soal:

- Diketahui bahwa S/I yang diijinkan untuk kinerja channel sebuah system seluler adalah 15 dB.
- Berapa rasio co-channel reuse yang dihasilkan dan ukuran cluster yang bisa digunakan untuk memaksimalkan kapasitas jika koefisien path loss lokasi tersebut adalah a) $n=4$ dan b) $n=3$?
- Angggap ada 6 co-channel sel di lingkaran terdekat (first tier) dari sebuah sel yang memiliki jarak yang sama dari sebuah mobile station. Gunakan pendekatan yang sesuai.

- Jawab:

a) $n=4$

- Dari penjelasan didapatkan bahwa $N=7$, dan $Q = \sqrt{3 \times 7} = 4,583$ sehingga

$$S/I = (1/6)(4,583)^4 = 73,53 \approx 18,66 \text{ dB}$$

- Dengan batasan $S/I = 15 \text{ dB}$, maka system yang memiliki $S/I 18,66 \text{ dB}$ dengan $N=7$ masih bisa digunakan.

b) $n=3$

- Dengan $Q=4.583$ dan $N=7$ maka: $S/I = (1/6)(4,583)^3 = 16,04 \approx 12,05 \text{ dB}$

- Dengan batasan $S/I = 15 \text{ dB}$, maka system yang memiliki $S/I 12,05 \text{ dB}$ dan $N=7$ lebih kecil dari S/I minimum yang diperlukan. Oleh Karena itu nilai N perlu diperbesar.

- Dicoba $N=12$ (dengan $i=j=2$), didapatkan $Q=6$, dan $S/I = (1/6)(6)^3 = 36 \approx 15,56 \text{ dB}$
- Dengan $N=12$ sudah di atas batas S/I minimum.

1. Dengan $N = i^2 + ij + j^2$ buktikan bahwa $Q = \sqrt{3N}$
2. Jika total spectrum frekuensi yang digunakan pada sistim seluler adalah 20 MHz, dan setiap kanal simpleks memiliki bandwidth 25 kHz, dapatkan:
 - Jumlah kanal duplex
 - Jumlah total kanal per site sel jika digunakan N=4 cell reuse
 - Jumlah total kanal per site sel jika digunakan N=12 cell reuse

3. Sebuah provider layanan seluler menggunakan skema TDMA digital yang bisa menolerir rasio signal-to-interference hingga 15 dB. Dengan asumsi koefisien path loss=4, dapatkan nilai optimal N jika:
- Menggunakan antenna omnidirectional
 - Menggunakan sectoral 120°
 - Menggunakan sectoral 60°
- Dari ketiga jenis antenna di atas, manakah yang paling memenuhi kriteria

Referensi

35

1. T.S, Rappaport, "Wireless Communication: Principles and Practices", 2nd Prentice Hall, 2001
2. Prapun Suksompong, Ph.D, "ECS 445: Mobile Communications The Cellular Concept", Nov 2009, lecture note