

ANALISIS BREATHING SISTEM KOMUNIKASI SELULAR CDMA

Saiful Nur Arif

Program Studi Sistem Komputer, STMIK Triguna Dharma

Jl. A.H. Nasution No. 73 F-Medan

E-mail: sriwulan5@yahoo.co.id

Abstrak

Perkembangan komunikasi mobile dengan metode akses CDMA saat ini dengan cepat berkembang. Hal ini ditandai dengan pelaksanaan teknik akses CDMA sebagai salah satu ponsel sistem komunikasi alternatif standar generasi ketiga (3G). Sistem CDMA memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan metode akses lainnya, termasuk kapasitas yang lebih besar, frekuensi lebih efisien, aman lebih aman, kebal terhadap kebisingan dan mampu mengatasi masalah dekat-jauh efek. Bahkan, kualitas awalnya tidak diperhitungkan justru karena dalam implementasi CDMA memiliki kendala (masalah) operasional. Salah satu masalah operasional CDMA adalah memperluas dan menyusut sel akibat perubahan lalu lintas yang dikenal sebagai Sel Pernapasan.

Kata kunci: sistem CDMA memiliki apa yang disebut kendala operasional dalam hal Pernapasan Sel

Abstract

The development of mobile communications with CDMA access method today is rapidly progressing. It is characterized by the implementation of the CDMA access technique as one of the mobile communication system alternatif standard third-generation (3G). CDMA system has many advantages compared with other access methods, including greater capacity, frequency of use lebih efficient, more secure safety, immune to noise and able to overcome the problem of near-far effect. In fact, quality is not originally calculated precisely because in CDMA implementations have constraints (problems) operational. One of the operational problems CDMA is expanding and shrinking of cells due to changes in traffic which is known as Breathing Tunes.

keywords: *CDMA system has a so-called operational constraints in terms Breathing Tunes*

A. PENDAHULUAN

Perkembangan Telekomunikasi menggunakan akses radio saat ini sangat pesat, bahkan layanan baru seperti internet dan multimedia mempunyai banyak kecenderungan untuk bertumpu pada jaringan radio. Sampai saat ini sudah dikembangkan teknologi telekomunikasi akses radio, diantaranya yang berbasis pada Frekuensi Division Multiple Acces (CDMA), Time Division Multiple Acces (TDMA) dan Code Division Multiple Acces (CDMA).

Teknik akses ganda CDMA dewasa ini sangat banyak dikembangkan khususnya pada komunikasi bergerak selular. Perkembangan terakhir menunjukkan bahwa teknologi CDMA memiliki kualitas yang jauh diatas FDMA dan TDMA, sehingga berpotensi untuk berkembang menjadi standart telekomunikasi digital global. Namun dalam kenyataannya CDMA memiliki kendala-kendala operasional sehingga kualitas yang semula diperhitungkan tidaklah tepat.

Salah satu masalah operasional CDMA pada komunikasi selular adalah optimasi cakupan sel, karena sel CDMA dapat mengembang dan menciut apabila trafik berubah. Gejala ini dikenal dengan istilah "Breathing" (bernafas), yang mengakibatkan adanya daerah layanan sel yang tidak tercakup. Dalam tulisan ini, akan dibahas konsep Breathing untuk arah pelanggan ke Base Station dan bagaimana kepekaan sel mengakomodasi peningkatan trafik pelanggan.

1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan penelitian ini adalah:

- 1) Memberikan gambaran mengenai sistem komunikasi selular CDMA.
- 2) Menjelaskan fenomena breathing sel dan pengaruhnya terhadap sistem komunikasi selular CDMA.
- 3) Melihat kepekaan sel terhadap perubahan trafik pelanggan.

Untuk mengarahkan pembahasan penelitian ini, penulis membatasi masalah pada pembahasan mengenai:

- 1) Prinsip dasar sistem komunikasi selular CDMA.

- 2) Konsep breathing dan pengaruhnya terhadap komunikasi selular CDMA.
- 3) Asah Komunikasi dari pelanggan ke base Station.
- 4) Tidak membahas pola bit.
- 5) Diasumsikan bahwa Bandwidth RF (Radio Frekwansi) dan parameter pendukung lainnya sesuai dengan standart CDMA IS-95.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian dapat didefinisikan hal-hal yang berhubungan dengan komunikasi selular CDMA yang berdasar pada standart IS_95 (Interim Standart-95). Pada prinsipnya, komunikasi selular merupakan teknologi alternatif pengganti jaringan kabel yang menggunakan akses radio menghubungkan pelanggan dengan Base Station, dimana pengguna dapat bergerak (berpindah lokasi). Pada komunikasi selular ini, daerah layanan yang dibagi-bagi menjadi daerah yang lebih kecil yang disebut sel dan setiap pelanggan dapat berkomunikasi dengan pelanggan lain dalam selnya sendiri atau dari sel lain dalam keadaan bergerak.

Salah satu metode akses pada komunikasi adalah metode akses CDMA dengan antarmuka udara menggunakan standart yang dikeluarkan oleh telecommunication Industry Assosiation (TIA), yaitu IS-95. Dalam sistem CDMA IS-95, beberapa panggilan dapat ditransmit pada waktu bersamaan dalam band frekuensi yang sama dan satu panggilan dibedakan dengan panggilan lainnya dengan menggunakan kode digital yang unik (berbeda satu dengan yang lainnya).

Seperti yang telah digambarkan pada arsitektur jaringan, pada dasarnya transmisi informasi dilakukan melalui gelombang radio, dimana kanal radio yang tersedia digunakan secara bersama-sama. Dalam hal ini agar tidak terjadi konflik ketika beberapa user transmit pada waktu yang bersamaan, harus ada protokol akses jamak yang mengatur penggunaan kanal-kanal ini. Metode akses

jamak yang telah lama diterapkan pada sistem komunikasi radio diantara adalah FDMA(Frequency Division Multiple Acces)dan TDMA (Time Division Multiple Acces),kemudian dikembangkan metode akses yang lebih baru yaitu CDMA(Code Division Multiple Acces).

B. PERBEDAAN CDMA, FDMA, TDMA

CDMA merupakan salah satu teknik akses jamak yang memiliki konsep berbeda dengan sistem FDMA maupun TDMA. Pada sistem FDMA, pembagian kanal didasarkan pada pembagian frekuensi. Dalam sistem TDMA, pembagian kanal selain didasarkan pada pembagian frekuensi juga didasarkan pada pembagian waktu (time slot). Selurus alokasi kanal yang diberikan pada operator dibagi menjadi beberapa carrier dan satu carrier dibagi-bagi lagi menjadi beberapa time slot.Setiap pengguna diberi alokasi time slot tertentu sebagai kanal komunikasi pada potongan spectrum frekuensi yang telah dialokasikan .Meskipun aliran informasi tidak kontinyu atau terpotong-potong, pengguna tidak merasakannya karena selang antara time slot sangat kecil. Teknologi TDMA tidak mengijinkan pengguna melakukan akses pada time slot yang telah diberikan pada pengguna lain sampai proses percakapannya selesai.

Dalam sistem CDMA, pembagian kanal tidak didasarkan pada pembagian frekuensi atau waktu. Setiap pengguna melakukan akses pada band frekuensi yang sama meskipun transmit dalam waktu yang bersamaan. Sistem CDMA membedakan satu pengguna dengan pengguna lain berdasarkan kode-kode unik yang digunakan dalam proses pengkodean (encoding) sinyal.

1. Direct Sequence Spread Spectrum CDMA (DS-CDMA)

CDMA berbasis pada teknik spread spectrum, yaitu suatu teknik memancarkan atau menebarkan sinyal informasi pada pita transmisi yang jauh lebih lebar .Akibatnya rapat spectral daya sinyal transmisi menjadi lebih rendah daripada rapat spectral daya informasi asal.

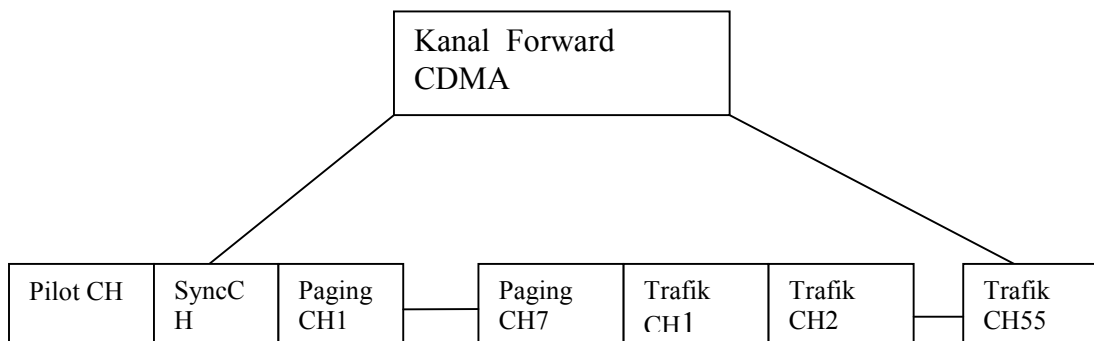
Metode untuk membangkitkan sinnyal spread spectrum ada beberapa macam,diantaranya adalah metode direct sequence,time hopping, frekuensi hopping, chirp dan hybrid modulation. Dalam IS-95, metode yang digunakan untuk membangkitkan sinyal spread spectrum adalah metode direct sequence (DS-CDMA). Pada metode ini bandwidth (BW) sinyal informasi disebar dalam BW yang jauh lebih lebar dengan cara mengalikan sinyal informasi tersebut dengan sederatan kode yang disebut chip,dimana durasi waktu satu chip jauh lebih kecil dari pada durasi waktu satu informasi .Perbandingan antara bandwidth transmisi dengan bandwidth informasi asal,sama dengan perbandingan antara durasi waktu bit informasi terhadap durasi waktu satu chip,yang disebut Processing Gain.

2. Struktur Link CDMA IS-95

Dalam sistem komunikasi radio dikenal dua link, yaitu forward link dan reverse link. Forward link yaitu jalur dari base station ke pelanggan, sedangkan reverse link adalah jalur dari pelanggan ke base station. Stuktur link dalam sistem CDMA IS-95 bersifat asimetrik, maksudnya struktur link berbeda dengan reverse link. Ketidaksamaan ini terutama dibedakan oleh alokasi kanal logic masing-masing link.

3. Kanal logic dalam forward link

Forward link terdiri dariempat kanal link yaitu kanal pilot,kanal sinkonisasi,kanal paging dan kanal trafik. Kanal-kanal tersebut dibedakan dengan menggunakan kode walsh yang unik. Kode walsh adalah kode yang bersifat orthogonal satu sama lain,yang dibangkitkan yang menggunakan matrik hadamard[2,10]. Penentuan kode walsh untuk masing-masing kanal dapat dilihat pada gambar.



Gambar 1. Alokasi kode walsh untuk masing-masing kanal CDMA

Alokasi Frekuensi Pada Sistem Selular CDMA IS-95. Berdasarkan standart IS-95 daerah frekuensi yang dapat digunakan oleh CDMA adalah band frekuensi antara 824-894 Mhz. Band ini juga merupakan band frekuensi sistem AMPS, Dalam band ini frekuensi yang digunakan dalam forward link berbeda dengan frekuensi yang digunakan dalam reverse link.

Dalam CDMA IS-95, setiap carrier menempati bandwidth sebesar 1,23 Mhz dalam satu jalur. Untuk menghindari interfensi dengan sistem lain, disediakan guard band sebesar 27 Khz(0,27 Mhz) pada setiap sisi dari spectrum, sedangkan antara carrier yang satu dengan yang lain ada spasi sebesar 0.02 Mhz.

Secara lengkap penggunaan band frekuensi dalam sistem CDMA IS-95 dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Alokasi frekuensi pada sistem CDMA

Band Frekuensi	824-894 Mhz
Bandwidth operasi selular	12,5 Mhz
Bandwidth channel	1,25 Mhz
Bandwidth yang ditempati 1 carrier	1,23 Mhz
Spasi antara carrier CDMA	0,02 Mhz
Guard band diakhiri band CDMA	0,27 Mhz

Tabel 2. Perbandingan Kapasitas Sistem FDMA, TDMA, dan CDMA

Parameter	FDMA/AMPS	TDMA	CDMA
Band frekuensi selular	824-894 Mhz	824-894 Mhz	824-894 Mhz
Bandwidth operasi	12,5 Mhz	12,5 Mhz	12,5 Mhz
Frekuensi reuse factor	7	7	1
Channel bandwidth	0,3	0,3	1,25
Jumlah channel	$12,5/0,03=416$	416	$12,5/1,25=10$
Jumlah channel/sel	$416/7=59$	59	$10/1=10$
Jumlah voice useable/sel	57	57	10
Voice call/channel	1	3	38
Jumlah voice channel/sel	$57 \times 1 = 57$	$57 \times 3 = 171$	$10 \times 38 = 380$
Sector/sel	$57/3 = 19$	$171/3 = 57$	380
Kapasitas vs AMPS	1x	3x	20x

Dari table di atas jelas terlihat bahwa efisiensi frekuensi sistem CDMA jauh lebih baik dari sistem lain, karena untuk bandwidth frekuensi yang sama memiliki kapasitas yang jauh lebih besar daripada sistem akses yang lain.

Pengkodean informasi dengan deretan kode orthogonal menyebabkan kerahasiaan yang lebih terjamin pada sistem CDMA. Sistem CDMA menggunakan teknologi Spread spectrum mempunyai kekebalan yang handal terhadap noise dan dapat mengatasi jamming. Sinyal informasi awal disebar ke pita frekuensi yang lebar sehingga rapat spectral daya dari informasi akan menurun. Masuknya sinyal noise pada sinyal informasi akan disebarkan juga sesuai dengan pita sinyal pemodulasi dan bersama sinyal informasi akan ditransmisikan ke arah penerima. Sinyal terima yang berisi sinyal informasi dan noise atau jammer akan dikorelasikan untuk mendapatkan informasi asli, sedangkan sinyal noise atau jammer tidak dapat dikorelasikan kembali. Sinyal noise tetap dalam rapat spectral daya yang rendah, sehingga informasi tetap tahan terhadap noise.

Elemen-elemen pembentuk jaringan selular CDMA diantaranya adalah MS, BS dan MTSO, menggunakan teknik radio sebagai media transmisi dan metode akses yang digunakan adalah CDMA. Dalam sistem CDMA, struktur forward link dan reverse link berbeda (asimetris). Forward link terdiri dari empat kanal yaitu kanal pilot, kanal sinkronisasi, kanal paging dan anal trafik.

Kanal-kanal ini dibedakan dengan kode Walsh. Reverse link terdiri dari kanal akses dan anal trafik. Sistem CDMA memiliki dua ciri khas dasar yaitu penggunaan kode yang unik setiap kanal dan penggunaan spectrum frekuensi yang jauh lebih besar dari frekuensi informasi.

Karakteristik CDMA yang memberikan keuntungan dibanding dengan metode akses lain adalah efisiensi penggunaan frekuensi, keamanan lebih terjamin, kebal terhadap noise atau *jamming* dan interferensi, mekanisme kontrol daya untuk mengatasi masalah near-far dan sistem penerima rake untuk mengatasi efek *multipath fading*.

4. Prinsip Dasar Perencanaan Sel CDMA

Salah satu bagian dari perencanaan jaringan komunikasi selular CDMA adalah perencanaan sel. Perencanaan sel dipengaruhi oleh banyak aspek, misalnya band frekuensi yang digunakan, karakteristik propagasi daerah yang dilayani, sektorisasi antena, daya pancar, gain antena, tinggi antena dan sebagainya.

5. Kapasitas Sistem CDMA

Kapasitas atau jumlah pelanggan yang bias ditransmit secara simultan pada sistem CDMA dibatasi oleh besarnya interferensi yang terjadi pada pengguna. Pada kenyataannya, kapasitas dari sel CDMA tergantung pada beberapa faktor seperti demodulasi penerima, ketelitian power control, interferensi user lain pada sel yang sama maupun yang berdekatan serta thermal noise.

Untuk menghitung besarnya kapasitas sistem CDMA, sebagai permulaan akan ditinjau satu sel dimana thermal noise diabaikan. Sistem CDMA merupakan sistem digital, maka perbandingan antara daya dan interferensi dinyatakan dengan E_b/N_0 (*energy per bit to noise power density*).

6. Intensitas Trafik Sistem CDMA

Intensitas trafik suatu sistem komunikasi dinyatakan dalam satuan Erlang. Erlang didefinisikan sebagai jumlah panggilan rata-rata dalam suatu jangka waktu tertentu, atau banyaknya panggilan dalam interval waktu tertentu (t) di bagi dengan interval waktu tersebut (T).

Besarnya intensitas trafik yang dapat dilayani oleh suatu sistem komunikasi tergantung pada Grade Of Service (GOS) yang ditawarkan. GOS didefinisikan sebagai besarnya probabilitas panggilan yang ditolak (Blocking Probability) pada jam sibuk. Sebagai contoh : Misalkan sebuah sistem telekomunikasi menawarkan GOS sama dengan 1% maka dari seratus panggilan, rata-rata panggilan dalam jam sibuk.

Dalam sistem CDMA terdapat dua macam penolakan panggilan yaitu soft blocking dan

Hard blocking. Suatu panggilan akan mengalami penolakan meskipun masih ada kanal yang kosong, kalau level interferensi yang diterima terminal pelanggan dan BS melebihi level minimum yang diijinkan. Penolakan panggilan seperti ini disebut Soft blocking. Suatu panggilan juga akan mengalami penolakan jika tidak ada lagi kanal yang dapat digunakan di BS, meskipun kualitas sinyal yang diterima sangat baik. Skenario penolakan panggilan seperti ini disebut Hard blocking.

7. Coverage Sel CDMA

Menghitung coverage satu sel pada sistem komunikasi selular berarti menentukan besar jarak terjauh (jari-jari sel) antara base station dengan mobile station. Untuk menghitung jarak terjauh ini diperlukan analisis terhadap link budget, baik pada forward link maupun reverse link. Analisis link budget berhubungan dengan penentuan redaman lintasan maksimum dan penentuan jari-jari sel dari redaman lintasan tersebut dengan menggunakan model propagasi yang sesuai dengan kondisi layanan.

8. Penentuan Jari-jari Sel

Setelah redaman lintasan maksimum diketahui, untuk menentukan radius sel diperlukan model yang menghubungkan redaman lintasan dengan jarak antara BS dan pelanggan. Model propagasi yang digunakan dalam sistem CDMA adalah model propagasi Lee dan model hatta yang dapat dipergunakan untuk mempertimbangkan redaman lintasan dalam makro sel.

Faktor penting yang sangat berpengaruh pada perencanaan sel selular CDMA adalah intensitas trafik dan coverage satu BS. Intensitas trafik yang dapat dilayani oleh BS tergantung pada jumlah kanal (kapasitas) dalam BS dan Grade of Service yang ditawarkan, yang menyatakan probabilitas banyaknya panggilan yang ditolak pada saat jam sibuk. Coverage sel sistem CDMA, dipengaruhi oleh besarnya daya pancar maksimum pengirim, daya terima minimum penerima, frekuensi operasi, gain antenna, tinggi antenna BS dan mobile serta kondisi geografis daerah layanan.

9. Analisis Breathing Sel CDMA

Menjelaskan fenomena breathing sel dan bagaimana kepekaan sel terhadap perubahan trafik pelanggan pada komunikasi selular CDMA, untuk arah inverse, dimana analisis dan perhitungan dilakukan dengan menggunakan pemrograman computer. Pada bagian awal akan membahas konsep Breathing sel dan data variable yang digunakan, yang akan nilainya disesuaikan dengan standart CDMA IS-95.

10. Konsep Breathing Pada Sel CDMA

Karakteristik metode akses CDMA yang member keunggulan dan keuntungan dibanding dengan metode akses lainnya menjadikan sistem komunikasi selular CDMA mengalami perkembangan yang sangat pesat, sehingga memungkinkan untuk dijadikan menstandart komunikasi digital global. Namun dalam kenyataannya kualitas yang semula diperhitungkan tersebut tidaklah tepat karena dalam implementasinya CDMA memiliki kendala operasional.

Salah satu masalah operasional CDMA pada komunikasi selular adalah optimasi cakupan sel, karena sel CDMA dapat mengembang dan menciut apabila trafik berubah. Gejala ini dikenal dengan istilah "Breathing" (bernafas).

11. Data Variabel Dalam Analisis

Pada analisis breathing ini ada beberapa asumsi dan variable yang digunakan yaitu:

- 1) Arah komunikasi dari pelanggan ke BS (reverse link),
- 2) Antena yang digunakan adalah omnidirectional (dianggap tanpa sektorisasi)
- 3) Bentuk sel adalah berbentuk lingkaran sempurna, dimana jarak pelanggan terjauh dari BS yang dapat dicakup sel menunjukkan jari-jari sel.
- 4) Mekanisme control daya dianggap sempurna, sehingga kualitas sinyal yang diterima diusahakan sama, dimana $E_b/N_0 \text{ target} = 7 \text{ dB}$.

- 5) Pengaruh pembebanan dari sel-sel lain diperhitungan dengan factor sebesar 0,6.
- 6) Aktivitas secara (α) =40%.
- 7) Laju kecepatan bit (R)=9,6 Kbps.
- 8) Frekwensi pelanggan (f)=800 Mhz.
- 9) Bandwidth carrier (BW)=1,23 Mhz.
- 10) Daya pancar minimum ($P_x \text{ min}$)= -61 dB.
- 11) Daya pancar maksimum ($P_x \text{ max}$)= 23 db.
- 12) Jarak pelanggan ke BS random.

Jari-jari sel menyusut Besarnya berubah menjadi sebesar jarak terjauh yang tidak putus.

Dari hasil pemrograman computer terlihat bahwa kanal yang putus adalah kanal yang terjauh dari BS. Hal ini disebabkan karena kanal ini mengalami redaman yang paling besar dan akan kehabisan daya pancar dari awal. Dengan membuat jarak pelanggan ke BS seperti table diatas untuk permintaan 40 kanal (sesuai dengan kapasitas M),diperoleh bahwa kanal ke 1,2,3 putus komunikasi (drop call),karena meskipun daya pancarnya telah maksimum tetapi tidak mencapai E_b/N_0 sebesar 7dB.Dengan demikian jarak pelanggan yang mampu dilayani oleh BS adalah pada jarak sekitar 18,5 Km. Maka untuk kondisi ini sel CDMA dikatakan menciut dengan radius menjadi sekitar 18, Km dari yang seharusnya menjadi 20 Km sesuai rancangan.

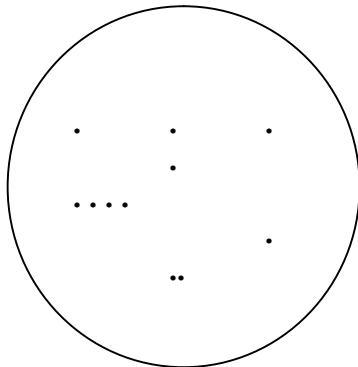
Dari hasil perhitungan terlihat juga bahwa jumlah kanal yang mampu dilayani oleh BS adalah 37 kanal. Terjadinya penurunan kapasitas sel dari perencanaan (seharusnya 40 kanal),disebabkan oleh perubahan daya pancar pelanggan adalah 1 dB yang berakibat E_b/n_0 tiap kanal tidak dipertahankan tepat 7dB melainkan bervariasi dari 7,1 dB sampai 9,81 dB.

Dengan menaikkan jumlah permintaan kanal pada sel menjadi 1, dan 2 kali dari kapasitas maksimum dan jarak pelanggan acak diperoleh hasil radius sel menjadi sekitar 16, dan 15,5 Km atau turun menjadi 85,5% dan 77,5% dari sel semula. Dengan demikian penurunan radius sel semakin besar yang proporsional dengan kerapatan pelanggan. Apabila terdapat beberapa sel yang bersebelahan mengalami kenaikan trafik yang menyebabkan menciutnya sel,maka daerah perbatasan antara sel-sel tersebut suatu saat akan menjadi daerah yang tidak tercakup (blank spot). Akibatnya kinerja sistem komunikasi yang semula direncanakan dalam operasionalnya tidak terpenuhi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jari-jari sel :20.00

Gambar sel sebelum penyusutan diberikan pada gambar 2 berikut.

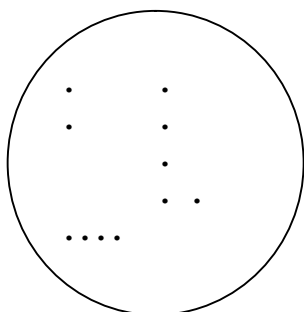


Gambar 2. Gambar sel sebelum penyusutan
Keterangan Gambar:

Jari-jari sel adalah jangkauan BTS awal yakni sebesar 20 Km

Jari-jari sel :18.50

Gambar sel setelah penyusutan diberikan pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Gambar sel setelah penyusutan
Keterangan gambar:

Tabel 3. Hubungan Peningkatan Nilai GOS dengan

Trafik menjadi meningkat	P (Erlang)	GOS
1,1x	30,14	0,02
1,2x	32,88	0,03
1,3x	35,62	0,06
1,4x	38,36	0,09
1,5x	41,1	0,13
1,6x	43,84	0,17
1,9x	52,06	0,27
2x	54,8	0,31

Dari table di atas terlihat bahwa dengan adanya peningkatan trafik, maka nilai GOS juga meningkat dengan peningkatan yang cukup besar (trafik naik menjadi 2x, GOS menjadi 0,31). Ini berarti sel sangat peka terhadap perubahan trafik. Kondisi ini tentunya menyebabkan kerugian karena memungkinkan banyaknya panggilan yang ditolak pada waktu jam sibuk jage semakin besar, yang berarti kinerja dari sistem semakin menurun. Tingkat kepekaan sel CDMA ini cukup besar karena sistem bekerja pada jumlah kanal yang cukup besar (40 kanal).

Dari hasil pemrograman computer yang dilakukan, fenomena breathing sel terjadi dikarenakan Eb/No target tidak dapat tercapai oleh sejumlah kanal meskipun daya pancar telah maksimum. Terlihat juga bahwa dengan adanya peningkatan trafik, yang ditandai dengan peningkatan jumlah panggilan maka radius sel cenderung menurun yang proporsional dengan rapat pelanggan yang dilayani oleh sel tersebut.

SIMPULAN

Dari penulisan dan pembahasan yang dilakukan, penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut; Karakteristik CDMA yang memberikan keuntungan disbanding dengan metode akses lain adalah efisien penggunaan frekuensi keamanan yang lebih terjamin, kebal terhadap noise/jamming dan interferensi, adanya mekanisme control daya untuk mengatasi efek near-far, sistem penerima rake untuk mengatasi efek multipath serta kapasitas yang lebih besar.

Fenomena breathing sel (penciutan sel) merupakan kendala operasional sistem CDMA, sehingga kualitas dan kelebihan yang semula diperhitungkan, dalam implementasinya tidaklah tepat, misalnya cakupan sel dan kapasitas sel yang berbeda antara teori dan praktek. Fenomena breathing sel yang terjadi pada beberapa sel yang berdampingan mengakibatkan adanya daerah diantara sel yang tidak tercakup (blank spot), sehingga komunikasi di daerah ini akan jatuh (drop call).

Apabila trafik meningkat, yang sebanding dengan bertambah permintaan kanal maka penciutan sel cenderung semakin besar yang proporsional terhadap kerapatan pelanggan. Sel CDMA sangat peka terhadap peningkatan trafik karena sistem bekerja pada jumlah kanal yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Brian Hahn. 1996. *Cara Mudah Belajar C++*. Cetakan Pertama. Jakarta: Dinastindo.
- Man Young Rhee. 1998. *CDMA Cellular Mobile Communication and Network Security*. Prentice Hall.
- George R. Cooper and Clare D. Mc Gillem. *Modem Communication and Spread Spectrum*. New York: MC.Graw-Hill Book Company.
- IEEE Journal On Selected Areas In Communication .Vol.12, No.4, Mei 1994.
- Inge Martina. 1998. *Turbo C++ dengan Pemrograman Berorientasi Objek*. Jakarta: Gramedia.
- Jogianto H.M. 1995. *Konsep Dasar Pemrograman Bahasa C*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kartono Susanto. 1995. *Pemrograman Berorientasi pada Objek dengan Borland C++*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Robert C. Dixon. *Spread Spectrum System*. Second edition. Jhon Willey and Son.
- Roger L. Freeman. 1991. *Telecommunication Transmission Handbook*. Jhon Willey and Son.