BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

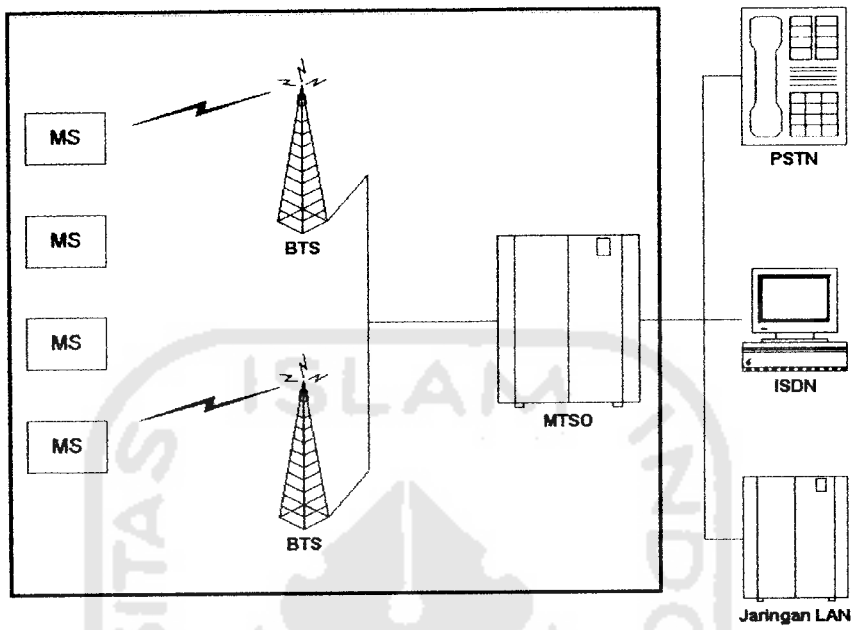
Teknologi komunikasi terus berkembang seiring dengan bertambahnya tahun. Komunikasi tanpa kabel (*wireless*) cukup diminati di berbagai negara sebagai salah satu solusi untuk mencukupi kebutuhan sarana telekomunikasi.

Peranan telekomunikasi bergerak, khususnya sistem komunikasi selular dirasakan semakin dibutuhkan keberadaannya. Karena diharapkan dengan adanya sarana telekomunikasi bergerak tersebut akan lebih dapat memudahkan bagi para pengguna untuk berkomunikasi.

Sistem telekomunikasi bergerak selular, merupakan sistem telekomunikasi yang dapat menghubungkan pemakai pada telepon biasa dan pemakai telepon selular yang lain.

2.2 Konfigurasi Dasar Sistem Selular

Telepon selular atau juga disebut radio selular adalah metode yang praktis dan andal dalam komunikasi suara dan data diantara pemakai bergerak dan diantara sistem telepon biasa. Gambar 2.1 akan memperlihatkan konfigurasi dasar dari sistem komunikasi bergerak selular yang akan diuraikan berikut ini:



Gambar 2. 1 Konfigurasi Dasar Sistem Selular

Pada sistem komunikasi bergerak selular terdapat tiga bagian komponen yang utama, yaitu:

1. *Mobile Telephone Switching Office* (MTSO)

   MTSO berfungsi sebagai pusat penyambungan pembicaraan dan pencatat pulsa. MTSO juga dikenal sebagai *Mobile Switching Central* (MSC) dan lebih dikenal dengan sebutan "sentral". Dalam sistem selular terdapat satu atau lebih MTSO yang mengendalikan seluruh kegiatan pelayanan sistem. MTSO terhubung ke PSTN melalui suatu antar muka (*interface*). Panggilan dari dan ke pelanggan bergerak dihubungkan oleh dan melalui MTSO. Selain itu MTSO juga menyiapkan *signalling* yang diperlukan untuk melakukan panggilan.

2. *Base Transceiver Station* (BTS)

Base Tranceiver Station sering juga disebut dengan *Radio Base Station* (RBS). BTS merupakan penghubung antar terminal pelanggan dan sentral melalui kanal frekuensi radio. Sering disebut sebagai *cell site*. Untuk mencakup suatu daerah pelayanan dibutuhkan satu atau lebih BTS, tergantung jumlah sel di dalam pelayanan.

BTS terdiri dari :

a. Unit Kontrol

Unit kontrol digunakan untuk komunikasi data dengan MTSO serta data *signaling* dengan *Mobile Station* (MS) dalam jaringan radio. Unit kontrol ini berfungsi sebagai manajemen kanal radio, misalnya untuk menangani *handoff* dan untuk mengontrol level daya pancar pada *base station* dan *mobile* unit.

b. Unit Kanal

Perangkat pemancar dan penerima akan diperlengkapi atau diberikan dalam setiap unit kanal. Sebagian besar unit kanal adalah unit kanal bicara. Unit kanal pada suatu ketika akan berfungsi menyalurkan panggilan, tergantung pada jumlah panggilan pada BTS yang harus dilaksanakan.

3. *Mobile Station* (MS)

Mobile station merupakan peralatan yang kecil dan ringan yang digunakan oleh pelanggan. Dengan kata lain, *mobile station* (MS) ini dikenal dengan

sebutan *handset* atau *handphone*. Di dalam MS terdapat perangkat pemancar dan penerima, unit logika untuk *signalling* data dan peralatan telepon yang dilengkapi *keypad*. Hanya *handset* yang sah dan tercatat di sentral yang bisa mendapatkan layanan selular.

2.3 Konsep Dasar Spektrum Tersebar

Sistem telekomunikasi dengan teknologi spektrum tersebar mula-mula dikembangkan di kalangan militer karena memiliki sifat-sifat istimewa yang cocok diterapkan pada bidang tersebut, yaitu tahan terhadap derau, mampu menembus *jamming* dan kerahasiaan data yang tinggi.

Sekarang ini teknologi spektrum tersebar sudah pula dikembangkan di luar kalangan militer. Pengembangan sistem ini terutama untuk sistem-sistem akses jamak.

Sistem spektrum tersebar memiliki keistimewaan yang khas, yaitu sinyal yang ditransmisikan memiliki lebar pita yang jauh lebih besar dari lebar pita informasi, dimana penyebaran spektrum tersebut dilakukan oleh fungsi penyebar tersendiri, yang tidak tergantung pada informasi yang disampaikan.

Konsep komunikasi spektrum tersebar didasarkan pada teori C.E. Shannon untuk kapasitas saluran, yaitu :

$$C = W \log_{\alpha} \left(1 + \frac{S}{N}\right) \tag{2.1}$$

di mana:

C = kapasitas kanal transmisi (bit/detik)

W = lebar pita frekuensi transmisi (Hz)

N = daya derau (watt)

S = daya sinyal (watt)

Berdasarkan rumusan (2.1) jika daya *noise* tidak dapat dikurangi, kapasitas sistem dapat ditambah dengan cara menambah level sinyal daya S atau dengan memperbesar *bandwidth* transmisi, seperti yang sudah diaplikasikan pada teknik *spread spectrum* WCDMA.

Sistem WCDMA mengaplikasikan konsep *spread spectrum* dengan melakukan *spreading* pada data simbol atau bit dengan menggunakan *spreading sequence* yang unik pada setiap *user*. Sistem spektrum tersebar yang paling banyak dipakai sekarang ini adalah DSSS (*Direct Sequence Spektrum*) terbesar. Pada sistem ini, sinyal pembawa dimodulasi secara langsung (*direct*) oleh data terkode. Sebagai pengkode data dipakai deret kode (*code sequence*) yang memiliki sifat *random*. Pada pemancar DSSS, data dikodekan dengan deret kode berkecepatan tinggi. Pada proses pengkodean inilah terjadi penyebaran *spektrum*. Sedangkan, pada penerima DSSS terdiri dari dua bagian, yaitu bagian *sinkronisasi* deret kode dan *demodulator* BPSK.

Sistem komunikasi *spread spectrum* sebagai salah satu sistem komunikasi digital, memiliki beberapa kelebihan dibandingkan sistem komunikasi analog, yaitu : lebih kebal terhadap *jamming*, mampu menekan *interferensi*, dapat dioperasikan pada level daya yang rendah, kemampuan *multiple* akses secara CDMA, sulit untuk disadap sehingga kerahasiaan lebih terjamin.

2.4 Sistem Seluler WCDMA

WCDMA merupakan suatu teknologi modulasi dan metode akses jamak yang bekerja berdasarkan teknologi *spread spectrum*, khususnya *Direct Sequence Spread Spectrum*, seperti halnya teknologi sebelumnya yaitu CDMA. Dengan teknologi ini, sinyal informasi ditransmisikan melalui bidang frekuensi yang jauh lebih lebar dari bidang frekuensi sinyal informasi, atau dengan kata lain sinyal informasi ditransmisikan dengan melalui proses penebaran sinyal informasi oleh kode penebar ke dalam bidang frekuensi yang lebar. Perbedaan dengan teknologi sebelumnya khususnya *Narrowband* CDMA salah satunya adalah terletak pada kecepatan kode penebar, dimana NCDMA sebesar 1,23 Mbps dan WCDMA sebesar 5-20 Mbps. WCDMA didasarkan pada teknologi dengan kecepatan *chip* 4,096 Mcps dan memberikan lebar setiap kanalnya hingga 5 MHz.

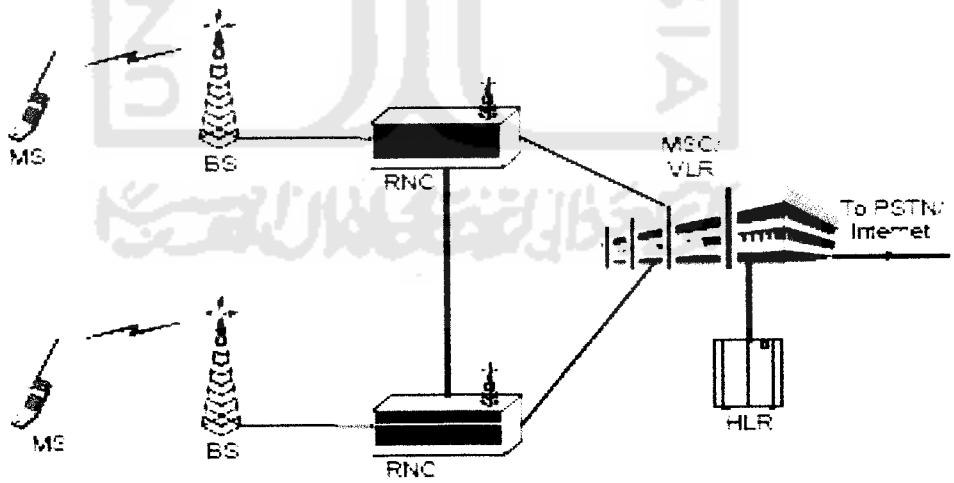
Dalam kaitannya dengan komunikasi bergerak selular, WCDMA sebagai *platform* layanan komunikasi bergerak generasi ketiga dapat mendukung dua jenis teknik penyambungan yaitu *packet switched* dan *circuit switched* seperti *internet* (dengan dukungan IP) dan sambungan telepon standar. Sejak awal, WCDMA didisain untuk layanan data kecepatan tinggi seperti paket data dari kecepatan 384 kbps pada kondisi bergerak atau area yang luas hingga 2 Mbps pada kondisi *stasioner* atau lokal.

Teknologi WCDMA memungkinkan *user* untuk mengakses layanan yang berbeda dalam waktu yang bersamaan. Sebagai gambaran bahwa dengan teknologi WCDMA, seorang *user* dapat mengadakan sambungan pembicaraan (*voice call*) dengan lawan

bicaranya melalui *mobile* terminal dan pada saat yang bersamaan juga dapat mengakses *database* jarak jauh atau menerima *e-mail* pada terminal yang sama.

2.4.1 Arsitektur Jaringan WCDMA

Teknologi telekomunikasi *wireless* generasi ketiga (3G) yaitu *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS). *Universal Mobile Telecommunication System* merupakan suatu evolusi dari GSM, dimana *interface* radionya adalah WCDMA, mampu melayani transmisi data dengan kecepatan yang lebih tinggi, kecepatan data yang berbeda untuk aplikasi-aplikasi dengan *QoS* yang berbeda. Berikut ini adalah gambar arsitektur jaringan UMTS, yaitu terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.2 Arsitektur jaringan WCDMA

Komponen utama yang menyusunnya adalah :

- *Mobile Station* (MS)
- *Base Station / Base Transceiver Station* (BS/BTS)
- *Radio Network Controller* (RNC)
- *Mobile Switching Center* (MSC)
- *Home Location Register* (HLR)

2.4.1.1 Mobile Station (MS)

Mobile station yang digunakan dalam sistem WCDMA bersifat *portable* dan memenuhi persyaratan akan pelayanan multimedia yang ditawarkan oleh operator jaringan WCDMA. Selain itu mobile terminal harus pula mendukung layanan yang ditawarkan oleh GSM (*dual mode*) dalam kaitannya pengintergrasian dengan jaringan global yang ada sekarang ini. Untuk mengaktifkan *mobile station*, termasuk inisialisasi dan registrasi, dapat digunakan *smartcard* yang disebut dengan USIM *card* (UMTS *Subscriber Identification Module*).

2.4.1.2 Base Station (BS)

Fungsi utama dari *base station* adalah untuk memberikan lingkupan radio dan juga menyediakan *interface* udara ke *user*. Fungsi lain yang ada dalam *base station* termasuk radio *transceiver*, pengkodean kanal, pengendalian panggilan, pendeteksian akses dan penyediaan kanal radio.

2.4.1.3 Radio Network Controller (RNC)

RNC menyediakan semua hal yang diperlukan untuk pengendalian radio lokal seperti *handover intra* RNC, pengontrolan satu atau lebih *base station*, pengendalian daya, dan alokasi kanal. RNC juga bertindak sebagai suatu *consentrator site* untuk trafik dan *signalling*. RNC dibangun dengan ATM *switch*, karena hubungan RNC dengan jaringan inti menggunakan *interface* ATM. Dengan menggunakan ATM/AAL2, pengkodean kecepatan yang bervariasi dari suara maupun paket data dapat dilakukan dengan kapasitas *transport* yang terjaga dalam jaringan.

2.4.1.4 Mobile Switching Center (MSC)

MSC merupakan sentral dari jaringan yang menyediakan fasilitas *routing* dan pengendalian sambungan, pelayanan *interworking, billing*, interkoneksi ke jaringan lain dan PSTN. Pada MSC juga terdapat komponen yang disebut *Visitor Location Register* (VLR) yang berfungsi sebagai *register* penyedia pembaruan (*updating*) lokasi, informasi lokasi dan *database* lokal.

2.4.1.5 Home Location Register (HLR)

HLR merupakan *database* utama jaringan dan mengandung seluruh informasi pelanggan termasuk pelayanan apa yang diinginkan oleh pelanggan.

2.4.2 Kinerja Sistem Seluler WCDMA

Parameter yang menjadi ukuran kinerja system WCDMA seluler berdasarkan spektrum tersebar adalah sebagai berikut:

2.4.2.1 Carrier to Interference Ratio (C/I)

Kinerja komunikasi bergantung pada *signal to noise ratio* (S/N). Kinerja yang baik adalah sinyal lebih kuat relatif terhadap *noise*. Sistem seluler mengizinkan pengulangan frekuensi yang sama secara simultan, oleh *multiple user* dalam sel-sel tetangganya.

Semua sinyal dari MS sampai di BS dengan level daya yang sama. Hal ini diperlukan untuk meghindari masalah *near-far*. C/I diformulasikan sebagai berikut :

$$C/I = \frac{Pm}{(Nu-1)Pm} = \frac{1}{Nu-1} \approx \frac{1}{Nu} \tag{2.2}$$

di mana :

C/I = *carrier to interference* (dB)

Nu = Jumlah *user*

Pm = daya yang diterima BS dari MS (dB)

2.4.2.2 Eb/No

Dalam hal ini perhitungan Eb/No bertujuan untuk mendapatkan nilai Eb/No sinyal yang diterima oleh BS dari masing-masing *user*. Jika sinyal yang dipancarkan *user* telah mencapai Eb/No minimum yang diminta, maka hubungannya dengan BS

akan dipertahankan. Sedangkan jika nilai Eb/No berada di bawah minimum, maka hubungan akan terputus.

Eb/No didefinisikan sebagai perbandingan energi sinyal per bit terhadap kerapatan daya derau (*noise*). Derau yang dimaksud adalah kombinasi antara termal dan interferensi yang ditimbulkan oleh *user* lain dalam sistem. Penurunan perbandingan Eb/No menunjukkan tingkat daya interferensi relatif meningkat jika dibandingkan dengan tingkat daya informasi. Perbandingan antara energi bit terhadap derau diberikan oleh persamaan berikut :

$$\frac{Eb}{No} = \left(\frac{Pm}{I_{tot}}\right)\left(\frac{W}{R}\right) = \frac{C}{I}\ x\ ProssGain \tag{2.3}$$

di mana :

Pm = daya yang diterima BS dari MS (dB)

I_{tot} = interferensi total

W = kecepatan chips (4,096 Mcps)

R = kecepatan data (32 kbps)

C/I = *carrier to interference* (dB)

2.4.2.3 Kapasitas Sistem WCDMA

Kapasitas berhubungan dengan C/I. Kapasitas sistem dengan menurunkan aproksimasi total interferensi yang lebih baik yaitu :

$$I_{tot} = \frac{[(N-1)Pm]F}{G_A G_V} x N_o W \tag{2.4}$$

di mana :

$(N-1)Pm$ adalah interferensi pada sel referensi

F adalah *factor reuse* akibat interferensi sel (untuk WCDMA = 1)

G_A adalah *factor gain* sektorisasi antenna (2,4 untuk 3 sektror)

G_V adalah *gain* aktifitas suara (~ 2,5)

W adalah kecepatan chips (4,096 Mcps)

R adalah kecepatan data (32 kbps)

N_o adalah Daya *noise*

Kapasitas sistem WCDMA dinyatakan dalam :

$$C \approx \left(\frac{W/R}{Eb/No}\right).\left(\frac{G_A G_V}{F}\right) \tag{2.5}$$

2.4.2.4 Outage Probability

Outage probability merupakan parameter berikutnya yang menjadi tolok ukur kinerja *power control* dalam sistem WCDMA. *Outage probability* adalah perbandingan antara nilai SIR yang tejadi dalam simulasi (lapangan) dengan nilai SIR target (*threshold*). Nilai *Outage Pobability* yang semakin mendekati nilai nol (*zero mean outage probability*) menujukkan sistem semakin baik, yang artinya bahwa nilai SIR mendekati nilai *threshold* (Abdurrazak, 2004).

Persamaan yang digunakan adalah:

$$Outage\ probability = \left|\frac{SIR_t - SIR}{SIR_t}\right| x\ 100 \tag{2.6}$$

dengan :

SIRt : SIR target

2.4.3 Gangguan Sistem Seluler WCDMA

2.4.3.1 Interferensi

Interferensi yang dialami oleh *user* pada komunikasi bergerak seluler sistem WCDMA terutama disebabkan oleh pemakaian kanal pita frekuensi secara bersama-sama. Interferensi yang terjadi dapat berasal dari *user* yang berada pada sel yang sama maupun interferensi yang berasal dari sel-sel yang berdekatan dengan sel tempat *user* berada. Pada saat terdapat peningkatan permintaan jumlah kanal maka daya derau yang diterima oleh seorang *user* dari *user* lain yang menempati kanal-kanal tersebut juga meningkat. Dengan meningkatnya daya derau dari *user* lain maka daya pancar *user* yang diterima oleh BS akan semakin melemah.

Besarnya daya yang diterima BS dari setiap *user* juga dipengaruhi oleh jarak antara BS dengan *user* yang bersangkutan. *User* yang lokasinya berdekatan dengan BS akan mengalami rugi-rugi propagasi yang lebih kecil dibandingkan dengan *user* yang berada jauh dengan BS sehingga akan mendominasi interferensi bagi *user* lain.

Besarnya interferensi yang terjadi di dalam sel dengan jumlah N *user* diberikan oleh persamaan berikut :

$$I_{in} = (N-1)Pm \tag{2.7}$$

di mana :

I_{in} = interferensi dari dalam sel

N = jumlah *user* (kanal)

Pm = daya sinyal yang diterima

2.4.3.2 Masalah Near-Far

Masalah utama dalam implementasi *direct-sequence* WCDMA adalah masalah *near-far*. Masalah ini terjadi karena semua sinyal dipancarkan pada pita frekuensi yang sama dan dalam waktu yang sama, sehingga daya dari *mobile station* yang lebih kuat akan menutupi daya dari *mobile station* yang lebih lemah.

Jika dimisalkan ada M *mobile station* dalam suatu lingkungan akses jamak yang masing-masing berbeda jaraknya terhadap penerima, misalkan penerima mencoba untuk mendeteksi sinyal dari mobil-i yang berjarak lebih jauh dari *mobile station*-j maka untuk daya pancar yang sama sinyal-j akan tiba di penerima lebih kuat dan akan menutupi sinyal-i.

Pembatas dari performansi sistem dan jumlah *mobile station* yang dapat berbicara secara bersama-sama adalah fungsi dari kemampuan sistem untuk mengatasi masalah *near-far* ini. Level daya semua sinyal yang sampai pada penerima harus sama (atau berbeda antara 1 sampai 2 dB).

Masalah ini dapat diatasi dengan penggunaan *power control* dinamis untuk menyamakan level sinyal terima. Jadi, untuk sistem selular WCDMA daya pancar masing-masing *mobile station* harus dapat dikontrol (dapat berubah-ubah). Apabila semua sinyal tiba dengan level daya yang sama maka akan diperoleh kapasitas sistem maksimum untuk perbandingan sinyal terhadap interferensi tertentu.

Daya pancar dari *mobile station* didasarkan pada daya yang diterima. Daya terima ini tergantung pada redaman propagasi dan *shadowing*.

2.4.3.3 Multipath Fading

Dalam komunikasi selular, pada umumnya sinyal yang sampai ke antena penerima *mobile station* tidak hanya berasal dari sinyal lintasan langsung tetapi juga dari lintasan pantul. Jadi sinyal yang sampai itu merupakan penjumlahan dari banyak sinyal. Karena panjang setiap lintasan tidak sama maka masing-masing sinyal mengalami *delay* yang berbeda-beda sehingga informasi akan mengalami *delay spread* (TM). Nilai tipikal dari *delay spread* untuk daerah urban berkisar 2-5 ms dan dapat menyebabkan interferensi intersimbol (ISI).

Multipath fading ini dapat pula menyebabkan variasi sinyal terima yang sangat besar karena sinyal-sinyal tersebut dapat saling menguatkan maupun saling melemahkan. Variasi sinyal ini disebut sebagai *Rayleigh fading*.

2.4.4 Propagation Loss

Propagation loss mencakup semua pelemahan yang diperkirakan akan dialami sinyal ketika berjalan dari *base station* ke *mobile station*. Adanya pemantulan dari beberapa obyek dan pergerakan *mobile station* menyebabkan kuat sinyal yang diterima oleh *mobile station* bervariasi dan sinyal yang diterima tersebut mengalami *path loss*. *Path loss* akan membatasi kinerja dari sistem komunikasi bergerak sehingga memprediksikan *path loss* merupakan bagian yang penting dalam

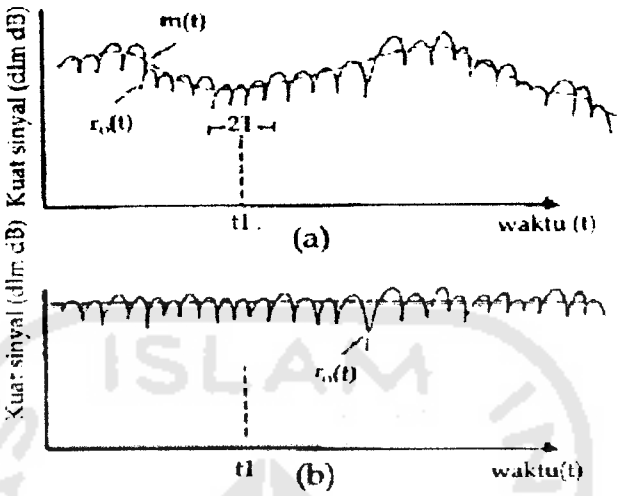
perencanaan sistem komunikasi bergerak. *Path loss* yang terjadi pada sinyal yang diterima dapat ditentukan melalui suatu model propagasi tertentu.

Model propagasi biasanya memprediksikan rata-rata kuat sinyal yang diterima oleh *mobile station* pada jarak tertentu dari *base station* ke *mobile station*. Disamping itu, model propagasi juga berguna untuk memperkirakan daerah cakupan sebuah *base station* sehingga ukuran sel dari *base station* dapat ditentukan. Model propagasi juga dapat menentukan daya maksimum yang dapat dipancarkan untuk menghasilkan kualitas pelayanan yang sama pada frekuensi yang berbeda. Perkiraan rugi lintasan propagasi yang dilalui oleh gelombang yang terpancar dapat dihitung dengan rumusan *free space, Lee dan Hata.*

Sinyal radio bergerak secara matematis dapat ditulis sebagai:

$$r(t) = m(t).r_0(t) \tag{2.8}$$

Komponen $m(t)$ disebut *local mean, long term fading,* atau *fading* lambat yaitu *fading* yang disebabkan oleh kontur daerah antara *base station* dan *mobile station*. Komponen $r_0(t)$ disebut *multipath fading, short term fading* atau *fading* cepat yaitu *fading* disebabkan oleh gelombang pantul dari struktur di sekitar *mobile station*, seperti gedung dan rumah. Komponen $m(t)$ dan $r_0(t)$ diperlihatkan pada gambar berikut :



a. Sinyal fading b. Fading cepat

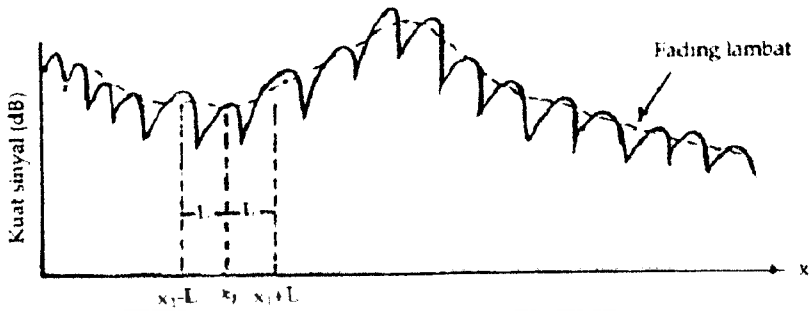
Gambar 2.3 Komponen $m(t)$ dan $r_0(t)$

2.4.4.1 Long Term Fading (Fading Lambat)

Fading lambat adalah rata-rata dari sinyal *fading* r(t) berupa garis putus-putus pada gambar yang juga disebut *local mean*. Perkiraan *local mean* m^(x) pada titik xi sepanjang sumbu x dapat dinyatakan secara matematis dengan:

$$m(x) = \frac{1}{2L}\int_{X1-L}^{X1+L} r(x)d(x) \tag{2.9}$$

$$m(x) = \frac{1}{2L}\int_{X1-L}^{X1+L} m(x)r_0(x)d(x) \tag{2.10}$$



Gambar 2.4 Rata-rata r(x) sepanjang 2L

Berdasarkan perhitungan secara statistik diperoleh besar 2L yang tepat adalah 20χ-40χ (6-13 m pada frekuensi 900 MHZ) dengan jumlah titik pengamatan 36 buah yang mempunyai kesalahan perkiraan sebesar 1 dB.

Penyebab *fading* lambat adalah perubahan konfigurasi alami antara *base station* dan *mobile station* yang akan menyebabkan fluktuasi *path loss* akibat efek bayangan dari penghalang alam (*shadowing*). Ketika bergerak mengitari *base station* akan terlihat kuat sinyal naik turun tergantung ada tidaknya penghalang. *Fading* lambat sinyal radio *mobile* bervariasi pada setiap titik pada jarak R dari *base station* mengikuti distribusi normal. Fungsi rapat peluang dari distribusi normal adalah:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(X-X)^2}{2\sigma^2}} \tag{2.11}$$

di mana:

x = *fading* lambat (*local mean*)

$\mathbf{x}$ = rata-rata dari semua *fading* lambat

σ = standar deviasi dari x (dB) merupakan variasi level sinyal x disekitar $\mathbf{x}$.

Besarnya σ tergantung dari lingkungan radio *mobile* dan frekuensi yang digunakan.

2.4.4.2 Short Term Fading (Fading Cepat)

Fading cepat disebut juga *fading* lintas jamak, terjadi karena adanya lintasan ganda yang disebut sebagai *multipath*. Hal ini terjadi karena adanya pantulan gelombang dari benda-benda seperti rumah, gedung, mobil, pohon dan benda-benda lain di sekitar *mobile station*. *Multipath* ini dapat menyebabkan daya jelajah sinyal menjadi lebih besar, tetapi dapat pula menyebabkan *delay spread* yang dapat menyebabkan terjadinya kesalahan bit pada komunikasi digital.

Karena perbedaan lintasan yang ditempuh, maka akan menyebabkan perbedaan amplitudo dan fasa dari sinyal yang tiba pada *mobile station*. Sinyal-sinyal itu dapat saling meniadakan apabila fasanya berbeda 180^0 dan saling menguatkan apabila fasanya sama.

Fading cepat ini terdistribusi mengikuti distribusi *Rayleigh*, sehingga *fading* ini disebut *Rayleigh fading*, yang mempunyai persamaan fungsi rapat peluang :

$$P(r) = \begin{cases} \frac{\pi r}{2m^2} e^{-\left(\frac{\pi r^2}{4m^2}\right)} & r \geq 0 \\ & r < 0 \end{cases} \qquad (2.12)$$

di mana:

r = *fading* cepat sinyal penerima

m = *local mean* dari r

Cadangan *fading* untuk *fading* cepat biasanya diperoleh dari teknik diversitas pada antena penerima.

2.5 Power Control pada Sistem WCDMA

Power control memegang peranan yang penting dalam komunikasi *wireless*. *Power control* meliputi *uplink power control* dan *downlink power control*. *Power control downlink* digunakan untuk memperbesar kapasitas sistem, sedangkan pada *uplink* digunakan untuk mengontrol hubungan dan batas *threshold* penerimaan *mobile station*. Pada kanal *uplink, power control* yang digunakan merupakan kombinasi *close loop* dan *open loop power control* dalam mendeteksi daya sinyal yang diterima dari *mobile station*. Pada *close loop power control, base station* secara terus-menerus mengukur level sinyal yang diterima dari *mobile station*. Dari informasi level sinyal yang diterima tersebut, maka *base station* menentukan perintah *power control* yang dikirimkan melalui kanal *downlink* DPCCH ke *mobile station*. Prosedur *power control* secara lebih jelasnya diuraikan sebagai berikut:

a. Uplink Power Control

- *Mobile station* mentransmisikan inisialisasi daya kearah *base station*.
- *Base station* mengkalkulasikan inisialisasi daya tersebut (*open loop*) dengan estimasi *pathloss* dan *interferensi*.
- *Base station* mengukur besar C/I pada sinyal yang diterima, lalu mentransformasikannya ke dalam nilai Eb/No dan membandingkannya dengan Eb/No yang ditargetkan.

- Jika nilai Eb/No lebih kecil dari target, maka *base station* meminta *mobile station* untuk menaikkan dayanya secara bertahap, begitupula sebaliknya (*close loop*).

b. Downlink Power Control

- *Base station* mentransmisikan inisialisasi daya ke arah *mobile station.*
- *Mobile station* mengkalkulasi inisialisasi daya tersebut (*open loop*) dengan estimasi *pathloss* dan *interferensi.*
- *Mobile station* mengukur besar C/I pada sinyal yang diterima. Lalu mentransformasikannya ke dalam nilai Eb/No dan membandingkannya dengan nilai Eb/No yang ditargetkan.
- Jika nilai Eb/No lebih kecil dari target yang dipersyaratkan, maka perintah untuk menaikkan daya dikirimkan ke *base station*, begitupula sebaliknya (*close loop*).

Mekanisme pengaturan yang dapat mengatur daya pancar dari setiap *mobile station* sehingga daya tersebut dapat diterima *base station* dengan besar daya yang sama disebut *power control* atau dalam WCDMA disebut *Transmitte Power Control* (TPC). Keuntungan dari pengontrolan daya yaitu penghematan daya karena daya yang dipancarkan oleh *base station* sesuai dengan daya yang diterima oleh *mobile station*. Pengontrolan daya dilakukan *base station* dengan mengirimkan sinyal secara *continue*.

2.5.1 Open Loop Power Control

Prinsip algoritma *open loop power control* ini bekerja untuk menyamakan besar daya yang diterima *base station* oleh setiap *user* yang dapat berbeda-beda

disebabkan oleh faktor jarak (*near-far*) dan *shadowing*. Pada *open loop power control, mobile station* mengestimasi daya pancarnya berdasarkan pada estimasi daya sinyal *downlink*. Proses ini tidak membutuhkan informasi *feedback* sehingga disebut *open loop*. Hal ini dimungkinkan karena redaman propagasi pada kanal *uplink* dan *downlink* diasumsikan sama.

2.5.2 Closed Loop Power Control

Closed loop power control bertujuan untuk mengurangi dampak redaman yang tidak berkorelasi antara kanal *uplink* dan *downlink*. Hal ini berakibat informasi *feedback* dari *base station* yang berupa rasio sinyal yang diterima terhadap *interferensi* (SIR) ataupun daya sinyal yang diterima mutlak diperlukan untuk mengestimasi kondisi kanal *uplink* agar *mobile station* dapat menyesuaikan daya pancarnya terhadap kondisi kanal pada waktu yang bersamaan.

Algoritma tahapan *closed loop power control* meliputi beberapa tahapan. *Base station* mengestimasi nilai SIR untuk masing-masing user. SIR hasil estimasi ini kemudian dibandingkan dengan SIR target untuk menghasilkan sinyal *error*. Sinyal *error* ini kemudian dikuantisasi menjadi bit *biner* yang disebut dengan PCC (*power control command*) sebelum ditansmisikan ke *mobile station*. Selanjutnya *mobile station* akan menentukan besar pengaturan daya yang diperlukan berdasarkan informasi bit PCC ini.