

HUBUNGAN RADIO LINE OF SIGHT  
ANTAR MOBIL TELEPHON EXCHANGE DAN RADIO BASE STATION

Agus Sugiharto, ST, MT

***ABSTRACT***

*In the development of the telecommunications world which is growing rapidly at this time, one of the technologies that is quite widely used is the use of microwaves as transmission media. The tools for transmitting microwaves are microwave links or Radiolink, among the many uses, one of which is the link between MTX / MSC / EMX and RBS / BBC / BTS. If a subscriber makes a call, the signal will automatically go through RBS first then it will be transmitted to MTX, then the call will be identified. From MTX then the signal is transmitted back to all RBS in a traffic area where the subscriber is being addressed, and this connection is full duplex. So the signals from the subscriber will be received by the inter RX in RBS which then goes into 2 MB / S digital multiplexing with a capacity of 30 channels, then from this multiplexer the signal will be modulated digitally (most of the current digital R / L is used ) in Radio Link to be transmitted to MTX. Link Radio users cannot be avoided from interference, because the air as a medium is very free. But this of course can be minimized by several calculations, such as antenna gain, net path loss and others*

**1. Mobile Telephone Exchange (MTX)**

Mobile Telephone Exchange (MTX) merupakan pusat operator yang mengatur trafik komunikasi yang dipakai pada operator seluler dengan sistem NMT (Nordic Mobile Telepon). Fungsi MTX sebenarnya merupakan switch kontrol untuk subscriber yang akan melakukan, baik

dengan subscriber dan MTX yang sama, maupun dengan subscriber dari operator seluler lainnya. Selain itu juga dengan pelanggan telepon biasa yang dilayani oleh PSTN, karena MTX ini juga dihubungkan dengan PSTN (Public Switch Telephone Network), demikian juga untuk operator seluler lainnya. Sistem yang ada saat ini, semua operator seluler menuju ke PSTN dulu, yang merupakan suatu network

(jaringan) yang besar. Jadi tidak ada hubungan langsung antara operator seluler.

Selain itu bisa juga dikatakan MTX merupakan pusat lalu lintas microwave yang mengcover seluruh RBS yang ada. Tetapi tidak semua RBS menuju ke MTX langsung. Yang ditampung langsung oleh MTX adalah RBS yang berkapasitas besar yaitu antara 8x2 Mbps atau 16x2 Mbps.

MTX menggunakan teknologi SPC (Stored Program Controlled) yang berfungsi untuk mengontrol koneksi atau sambungan panggilan antar subscriber yang dilayani dengan suatu sistem komputer. SPC Exchange ini berisikan suatu program memory controlled yang terdiri dari :

- a. Connection part
- b. Control part

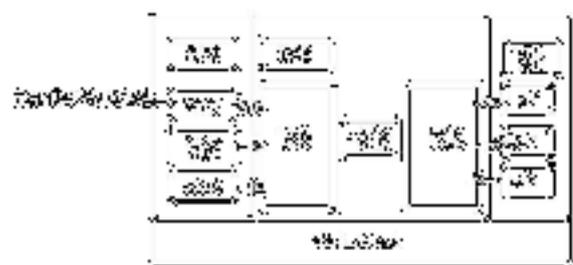
**a. Connection part**

Bagian penghubung ini merupakan suatu exchange, yaitu bagian yang menghubungkan ujung-ujung pada satu sisi ke ujung-ujung pada sisi yang lain. Bagian-bagian ini antara lain unit transmisi tone, sinyal pemberitahuan adanya panggilan (ringing signal), dll. Rangkaian-rangkaian pada bagian penghubung dalam exchange ini menggunakan system digital, yang akan menghendel signal-sinyal PCM. Secara singkat dapat dikatakan bahwa jalannya informasi

dalam satu kanal (time slot dengan 8 bit) menuju kanal lain menggunakan sinyal PCM.

Berbicara mengenai suatu jaringan telepon, MTX bekerja sebagai suatu transit exchange, dan hubungan terjadi melalui suatu blok fungsi TSS (Trunk and Signalling Subsystem) yang terdiri dari unit lintasan (line), BT (Both way Trunk circuit) untuk jalur PCM dan peralatan untuk signalling pada jaringan yang berupa CR (Code Receiver) dan CS (Code Transmitter).

Yang menarik dari NMT adalah, pada MTX ini terdapat MTS (Mobile Telephone Subsystem) yang dapat dihubungkan pada unit subscriber dalam satu local station, dan berisikan selain unit untuk hubungan jalur, juga berisikan suatu code receiver MCR dan code transmitter untuk signaling khusus pada MTX yang lain.



Gambar 1

Blok Diagram Mobile Telephone Exchange

Antara TSS dan MTS terdapat group selector GSS (Group Switch Subsystem) yang merupakan switch digital dan di dalamnya terdapat time selector TSM (Time Switch Module) dan space selector SPM (Space Switch Module).

Selain MCR dan MCS, pada MTS juga terdapat MBT (Mobile Both way Trunk circuit). Pada MBT, sinyalPCM diubah dan dipisahkan, 4 kawat yang merupakan analogi pada kanal-kanal yang berupa interface pada base station.

Antar muka yang menuju jaringan telepon berisi input dan output untuk sinyalPCM orde pertama (2048 Kb/s) yang dihubungkan melalui kabel koaksial, satu pasang untuk masing-masing line unit yang selanjutnya menuju BT. Transmisi kanal pembicaraan antara line unit dan group selector juga dalam bentuk sinyalPCM 2 Mb/s.

Unit untuk signalling, CS dan CR, secara langsung dihubungkan pada group selector. Signalling untuk register signaling (RS), signaling informasi dihubungkan sebagai suatu sinyal2 tone (tetap dalam bentuk kode PCM) dari CS, melalui group selector untuk mengoreksi time slot

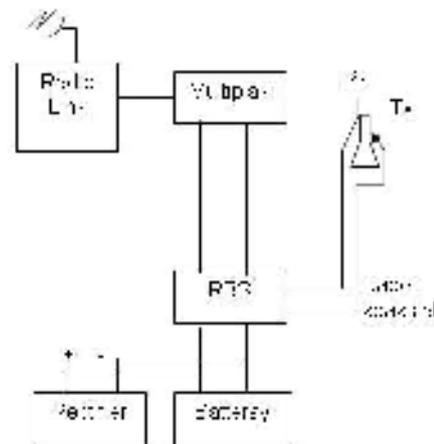
(kanal) dalam sinyalPCM. Penerimaan signaling terjadi dengan cara yang sama melalui group selector pada CR.

### b. Control part

Bagian ini merupakan suatu jaringan komputer yang berfungsi untuk mengontrol seluruh sistem kerja yang ada pada connection part.

## 2. Radio Base Station (RBS)

RBS sebenarnya merupakan stasiun relay, dimana tiap RBS akan mengcover satu sel wilayah yang menerima sinyal dari subscriber yang melakukan panggilan yang kemudian diteruskan ke MTX. Sinyal yang diterima dari subscriber merupakan sinyal analog. Kemudian sinyal-sinyal analog yang diterima ini dilanjutkannya diproses dalam multiplex digital yang akan merubah sinyal analog menjadi pulsa-pulsa digital dalam bentuk sinyalPCM 2048 Kb/s. Selanjutnya sinyal-sinyal ini ditransmisikan melalui radio link ke MTX



Gambar 2.

Blok diagram suatu RBS

Dalam satu unit RBS yang terdapat dalam satu kabinet, berisi bagian-bagian yang berfungsi sebagai berikut

- Transmitter unit
- Receiver unit
- Control unit
- Sinyal strength receiver
- RF test loop
- Supervisory unit
- Transmitter combiner
- Antena distributor untuk receiver

Sinyal dari subscriber yang diterima oleh receiver unit akan dikirimkan kembali oleh transmitter unit. Setiap pasangan transmitter/receiver dikontrol oleh control unit. Bagian ini berisikan sebuah sistem mikro komputer, sebuah modem untuk proses signalling dengan MTX dan rangkaian untuk penjangkitan signal. Control unit ini mengontrol fungsi-fungsi khusus dari peralatan, dan sinyal-sinyal yang melewati kanal radio yang berasal dari MTX. Unit ini juga bisa mengangkat signal-sinyal untuk pengukuran kekuatan sinyal antara control unit ini dengan MTX. Beberapa fungsi yang diberikan oleh bagian ini antara lain :

- Setting jumlah kanal yang diorder dari MTX
- Memberikan alarm gangguan ke MTX

- Untuk switch on dan off dari transmitter ketika menerima order dari MTX
- Alarm yang mengindikasikan jika kualitas hubungan terjadi buruk.

Semua sinyal-sinyal yang mengirimkan kontrol di atas ditransmisikan oleh radio link melalui kanal-kanal yang telah disediakan pada proses PCM.

Untuk mengukur kekuatan sinyal yang ada di base station yang diterima pada unit receiver, dilakukan oleh supervisory unit. Unit ini terdiri dari Control logic dan sebuah modem untuk memberikan sinyal ke MTX melalui suatu data line maupun kanal trafik dan unit kontrol.

Untuk memungkinkan menggunakan antena yang sama untuk beberapa transmitter ke subscriber, digunakan suatu transmitter combiner. Disini sinyal-sinyal diisolasikan pada transmitter yang berbeda. Setiap kanal frekwensi dilewatkan pada suatu bandpass filter yang terdapat pada bagian ini. Transmitter combiner ini sebenarnya merupakan sebuah rangkaian pasif yang dapat menyebabkan distorsi pada power. Distorsi ini dapat menyebabkan reduksi pada level 3 dB, yaitu setengah power output transmitter dicapai setelah melalui combiner.

Antena yang digunakan pada RBS ada dua macam, yaitu antena omnidirectional dan antena log periodic.

Pemilihan pemakaian antena ini berdasarkan kebutuhan. Antena omnidirectional dapat mengcover satu wilayah dalam satu sel karena dapat memancarkan ke segala arah. Sedangkan antena lo periodic yang menghasilkan radiasi maksimum dan suatu direksi pancaran yang sempit akan sangat diperlukan pada suatu daerah yang lurus, misalnya daerah sepanjang jalan raya, tentu saja dengan perhitungan banyak subscriber sepanjang daerah tersebut,

### **3. Jalur Transmisi Radio Link**

Jalur transmisi pada suatu sistem seluler, tidak semua base station (RBS) langsung menuju switching office (MTX). Untuk RBS yang menampung jumlah subscriber yang tidak besar, menggunakan kapasitas yang kecil, akan menuju RBS yang berkapasitas lebih besar. Baru kemudian RBS besar (8x2Mb/s atau 16x2Mb/s) ini menuju ke MTX. Untuk jarak transmisi yang jauh dipakai peralatan radio dengan frekwensi rendah untuk radio link yaitu 2 GHz.

Untuk radio pada frekwensi ini biasanya berkapasitas besar, dengan pertimbangan akan adanya ekspansi atau bertambahnya jumlah subscriber, tetapi juga mungkin dipakai dengan kapasitas yang cukup kecil semisal 4x2 Mb/s karena jumlah subscriber tidak perlu padat selain itu jalur ini juga bisa digunakan sebagai

sebuah backbone, atau jalur utama yang akan menampung RBS yang diekspansikan.

### **4. Prinsip Kerja Radio Link 2 GHz**

Secara umum sebenarnya prinsip kerja suatu radio link apapun jenisnya sama, prinsip kerja radio link dari ABB NERA 2 GBz pada kapasitas 4x2 Mb/s. Suatu Radio Link sebenarnya merupakan sebuah transceiver. Dalam suatu unit transceiver standar (1+1 terminal station) terdapat unit transceiver, modem, unit baseband dan power supply. Selain itu juga terdapat unit supervisory dan unit subinsert yang mengontrol sinyal-sinyal pada baseband.

#### **a. Unit Baseband**

Bagian ini merupakan awal proses dari suatu peralatan radio link. Sinyal output PCM dalam bentuk kode HDB3 dari multiplexer yang mempunyai output 2Mb/s akan memasuki bagian baseband. Pada sisi transmit/pengirim, sinyal HDB3 yang diterima kan didekodekan menjadi sinyal Non Return to Zero (NRZ) dengan tujuan untuk mendapatkan kembali bentuk sinyal yang asli. Hal ini karena sinyal selanjutnya memasuki multiplexer digital orde kedua yang terdapat pada bagian baseband ini yaitu pada tingkat 4x2 Mb/s. Dan output dari multiplex ini

dikondisikan pada nilai 8,448 Mhz oleh suatu osilator. Tetapi keluaran dari multiplexer ini tetap dalam kode bentuk NRZ 8,448 Mb/s yang selanjutnya memasuki proses bit insert.

Untuk sisi receiver atau penerima, yaitu yang menuju ke multiplexer awal, bagian ini merupakan sinyal dari bit extract berupa data NRZ 8,448 Mb/s dan diterima oleh Allignment and Hitless Switch. Kanal-kanal disinkronisasikan oleh elastic store 16 bit sebelum di switch untuk memasuki demultiplexer. Tujuan dari Phase Lock Loop (PLL) dan Voltage Controlled X-tal Oscillator (VCXO) adalah untuk mengurangi pergeseran phase saat switching dijalankan dan menuju ke demultiplexer dimana sinyal 8,448 Mb/s dibelah menjadi 4 deret data 2 Mb/s. Data ini selanjutnya diaplikasikan kembali ke suatu elastic store 16 bit yang bersama dengan PLL dan VCXO pada frekwensi kerja 4,096 Mhz akan mengurangi kegugupan pada output 2 Mb/s.

Kemudian 4 deret data 2 Mb/s ini dikodekan menjadi HDB3 dan dikuatkan untuk mendapatkan standard spesifikasi output untuk

multiplexer. Setiap keluaran 2 Mb/s ini dikontrol oleh alarm detector yang akan mendeteksi jika terdapat kesalahan atau hilangnya sinyal dan selanjutnya akan diaktifkan Alarm Input Sinyal(AIS). Kesalahan atau hilangnya sinyal ini dideteksi di demultiplexer. Jika alarm diaktifkan, AIS akan diaplikasikan pada semua output empat sinyal 2 MB/s.

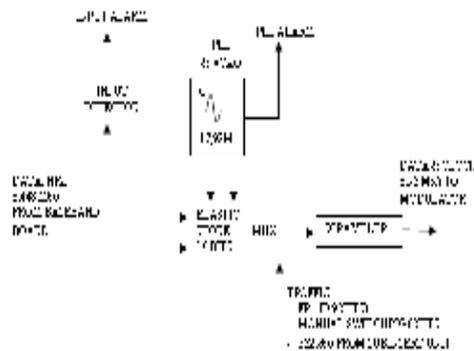
#### **b. Fungsi Rangkaian Bit Insert dan Scrambler**

Pada bagian ini menyiapkan deretan bit yang akan menambah bit rate dari 8,448 Mbs menjadi 8,960 Mb/s. Data dari baseband yang berupa code NRZ akan dideteksi oleh alarm dan kegugupan datangnya deretan bit akan dikurangi di elastic store 16 bit yang disupply oleh PLL dan VCXO 17,92 MHz. Selain itu juga terdapat multiplexer yang menerima signal-sinyal antara lain :

- sebuah kanal data 325 kb/s untuk transmisi 5 kanal service digital
- data 64 kb/s untuk bit-bit paritas, sebuah bit untuk cek paritas disisipkan pada setiap 140 bit dari deretan bit utama
- 2 bit untuk identifikasi kanal RF

- 2 bit untuk pengoperasian kontrol switch manual.

Selanjutnya, sebelum bagian ini mengeluarkan output pada 8,960 Mb/s yang akan menuju ke modulator, terdapat serambler yang berfungsi sebagai proteksi untuk pengecakan data yang terdiri dari 13 bit paralel.



Gambar 3

Rangkaian Bit Insert dan Scrambler

### c. Fungsi Rangkaian Modulator

Sebelum memasuki modulator, signal-sinyal data yang berasal dari scrambler dipecah dalam dua deretan data pada setengah harga bit, yaitu differential encoded (pengkodean diferensial) sebelum memasuki filter FIR (Finite Impulse Respon), ini semua merupakan konversi dari serial ke paralel.

Filter FIR ini yang terdiri dari 24 tap, merupakan filter tipe

simetrik, menyusun fungsi filter baseband dengan suatu cosinus faktor roll off = 0,65. Output dari filter ini adalah dua deretan bit, data I dan data Q. Selanjutnya dua deretan data ini dikonversikan dan dikuatkan, dari digital ke analog pada D/A dan LP filter, lalu dikuatkan pada suatu level penerimaan untuk masukan pada modulator. Dalam hal ini proses modulasi sinyal menggunakan modulator QPSK (Quadratur Phase Shift Keying) yang beroperasi pada frekuensi 70 Mhz. Sinyal IF yang dimodulasi difilterkan dan dikuatkan pada level keluaran -5dB yang selanjutnya memasuki bagian transceiver.

### d. Fungsi Rangkaian Demodulator

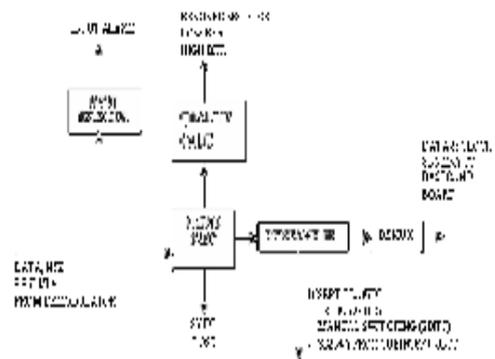
Pada sisi penerimaan ini, keluaran dari bagian transceiver yang berupa sinyal IF 70 Mhz dimodulasikan kembali (demodulasi), yang merupakan proses kebalikan dari modulasi. Tetapi ada perbedaan yaitu pada rangkaian reciver dan clock recovery. Kedua rangkaian ini diperlukan untuk mendapatkan statu carrir (digital) tanpa modulasi, yang akan digunakan untuk penguncian

phase pada datangnya carrier, karena itu akan memungkinkan demodulasi dan deteksi signal. Secara singkat dapat dikatakan fungsi demodulator antara lain :

- Demodulasi QPSK
- Penjangkitan carrier digital
- Low Pass Filter dan konversi dari analog ke digital
- Clock recovery
- Dekode diferensial
- Konversi dari paralel ke serial

**e. Fungsi Rangkaian Bit Extract dan Descrambler**

Bagian ini menerima data NRZ 8,960 Mb/s dari demodulator yang selanjutnya mengalami proses sinkronisasi frame. Dimana akan dideteksi kesalahan bit paritas dan perhitungan kualitas transmisi yang berupa errored second, High BER dar. Low BER. Kemudian setelah proses descramble, memasuki demultiplexer untuk ekstraksi penyiapan trafik dari deretan bit utama. Keluaran dari proses ini adalah data 8,448 Mb/s yang menuju ke baseband.



Gambar 4

Bit Extract dan Descrambler

**f. Proteksi**

Switching untuk proteksi berfungsi untuk meng-cover penggunaan system yang berbeda antara lain :

- Switching diversitas penerimaan
- Switching untuk transmitter Hot stand-by

Fungsi switching penerima otomatis konfigurasi terminal 1 + 1 dikontrol oleh suatu microprosesor pada Alarm Collection Unit (ACU) yang terdapat pada bagian baseband. Beberapa criteria switching yang beroperasi pada Aligment & Hitless switch antara lain :

- Synchronous loss
- RF-ID (hilangnya identifikasi kanal RF)
- High BER
- Low BER

- Aligment alarm
- Input alarm (hilangnya data input dari unit penyambungan)

Bagian kontrol hot stand-by berisi rangkaian-rangkaian logika yang perlu untuk mengoperasikan switch transmitter RF, digunakan pada konfigurasi Hot stand-by. Alarm-alarm mendeteksi dalam jalur transmisi, kesalahan-sesalahan tersebut sebagai LOW POWER OUTPUT dan MODULATOR ALARM yang digunakan sebagai kriteria switching. Sebuah LED (Light Emiting Diode) pada bagian awal kontrol dioperasikan oleh switch RF yang mengindikasikan kesalahan, dimana ini dihubungkan dengan antenna.

## 5. Peralatan Radio

Peralatan radio adalah dari tipe heterodyne dengan pemisahan osilator lokal untuk transmitter dan receiver. Bagian Radio Frekuensi dari peralatan ini terdiri dari unit transceiver dan unit percabangan antenna

### a. Unit Transceiver

Pada sisi pengirim, masukan sinyal sinyal IF dari modulator dikuatkan dan diubah ke frekwensi radio (RF). Setelah melalui

upcovtersian, dimana frekwensi dinaikkan menjadi 2 Ghz, sinyal dikuatkan dalam suatu penguat RF multistage pada level keluaran yang ditentukan, Upconverter dipakai dari tipe single sideband dan penguat RF bekerja bersama Authomatic Level Control (ALC) menjaga level keluaran pada suatu harga preset.

Pada sisi penerima, datangnya sinyal RF dikuatkan dalam suatu Low Noise Amplifier (LNA) dua tahap sebelum mengalami down conversion ke IF dalam suatu ITM (Image Rejection Mixer). Sinyal IF selanjutnya dikuatkan dalam penguat Authomatic Gain Cobtrol (AGC) untuk mengontrol level input untuk modulator. Penguat AGC berisikan filter untuk menekan interferensi pada kanal yang berdekatan dan suatu grup delay equalizer, yang mempunyai batas dinamis sekitar 60 dB.

Output transmitter dan input receiver dilengkapi dengan isolator microstrip untuk proteksi dan mendapatkan pengesuaian impedansi yang maksimal. Voltage Controlled local Oscilato (VCO) untuk band frekuensi 2 GHz dikunci pada kristal referensi yang terdapat

pada rangkaian synthesizer, Sesuai dengan frekwensi RF, bagi sinyal yang berasal dari osilator dibagi dalam suatu prescaler (GaSa (Galium Arsenide) an diaplikasikan pada synthesizer. Programmable Read Only Memory (PROM) dalam synthesizer deprogram untuk penggunaan pada perencanaan perbedaan pada frekwensi. Seleksi kanal frekwensi RF dibawa keluar oleh switch Dual In line Package (DIP) yang mengeset alamat di dalam PROM.

#### b. Unit Percabangan Antena (Deversitas)

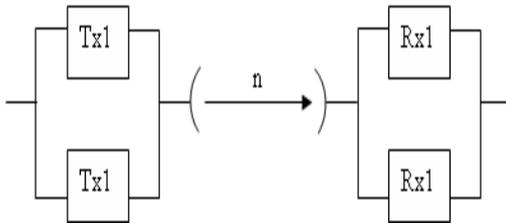
Unit percabangan antenna ini berisi filter transmitter dan receiver untuk microwave yang dihubungkan bersama melalui circulator pada gerbang antenna. Secara mekanik dan filter ini dikombinasikan dalam suatu blok. Filter-filter ini diset dari pabrik untuk kanal RF yang telah dispesifikasikan, sehingga tidak diperlukan pengesetan selama instalasi peralatan.

Percabangan antenna ini sering disebut sebagai diversitas atau penerimaan ganda yang digunakan untuk mengatasi fading, tentu saja selain dengan fading

margin. Metode percabangan atau diversitas yang sering dipakai adalah diversitas frekwensi (Frequency Diversity) dan diversitas ruang (Space diversity). Beberapa diversitas dapat dijelaskan secara singkat, diantaranya diversitas polarisasi, dimana gelombang yang dikirimkan berpolarisasi vertikal dan horisontal dan antenna penerima terpolarisasi eliptis. Selanjutnya adalah diversitas sudut pandang, dimana memerlukan antenna yang besar untuk mendapatkan gain antenna yang besar, karena diversitas ini digunakan untuk komunikasi dengan gelombang langit. Diversitas yang lain adalah diversitas time spot, dimana informasi yang sama ditempatkan pada dua time spot atau lebih yang berbeda.

Operasi yang lain adalah dengan Hot Stand-by. Operasi ini adalah untuk mengantisipasi kegagalan yang terjadi pada peralatan. Konfigurasi ini menggunakan satu antenna dengan dua peralatan penerima dan satu frekwensi kerja. Jika peralatan utama mengalami kegagalan, maka switch secara otomatis akan mengalihkan sinyal yang

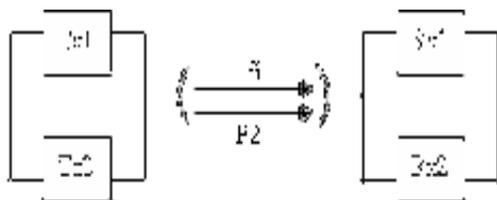
diterima pada peralatan kedua. Pada sisi pengirim juga terdapat dua peralatan. Pada operasi ini pemisah RF asimetris digunakan untuk hubungan pada dua filter penerima RF.



Gambar 5  
Prinsip Hot Stand-by

c. Diversitas Frekwensi

Diversitas frekuensi ini menggunakan dua buah frekwensi yang berbeda untuk mengirimkan informasi yang sama



Gambar 6  
Diversitas frekwensi

Dalam penerapan diversitas ini ada factor perbaikan yang dapat dihitung :

$$I_{fd} = \frac{80}{f \cdot d} \frac{\Delta f}{f} 10^{F/10}$$

Persamaan ini dianggap memenuhi syarat jika  $I_{fd} \geq 5$ , dan dapat dihitung jika memenuhi

$$2 \text{ GHz} \leq f \leq 11 \text{ GHz}$$

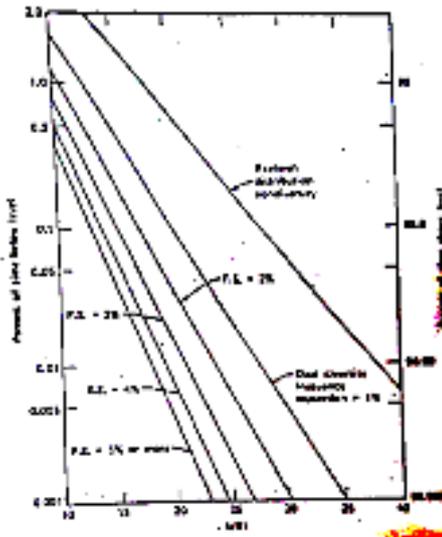
$$30 \text{ km} \leq d \leq 70 \text{ km}$$

$$\Delta f/f \leq 0,05$$

$I_{fd}$  = Faktor perbaikan fading  
 $\Delta f$  = spasi frekwensi antara kanal RF dalam GHz  
 $f$  = fading margin

Jika terjadi kasus diluar kondisi yang dipersyaratkan, maka perhitungan menggunakan harga batas, dimana misalkan jarak di bawah 30 km, maka perhitungan menggunakan harga d minimum yaitu 30 km.

Untuk mengatasi fading, perbedaan frekwensi yang ditransmisikan idealnya sekirata 3% sampai 5%. Tetapi untuk wilayah dengan pemakaian frekuensi yang padat, perbedaan frekwensi berkisar 1% sampai 2%. Perbaikan-perbaikan deversitas ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini, dimana untuk mencapai kehandalan 99,99%, perbaikan yang diberikan sekitar 14dB sampai 19 dB, lebih baik jika dibandingkan tanpa diversitas.

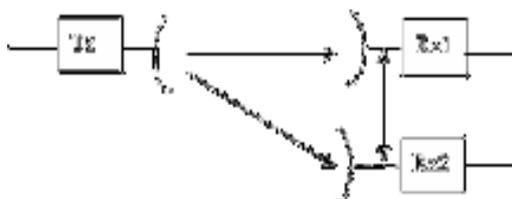


Gambar 6

Perbaikan pemakaian diversitas frekwensi

#### d. Diversitas Ruang

Diversitas ini mengirimkan informasi yang sama untuk diterima pada dua penerima berbeda dengan antenna yang berbeda pula. Penempatan antenna penerima yang satu dengan yang lain diletakkan pada posisi vertical (berbeda ketinggian) tetapi pada menara yang sama. Jarak kedua antenna ini dapat diukur untuk mendapatkan penerimaan sinyalyang maksimum.



Gambar 8  
Diversitas Ruang

$$S = \frac{d\lambda}{4ht}$$

Dimana :  $d$  : jarak lintasan (km)  
 $\lambda$  : panjang gelombang  
 $H_t$  :tinggi antenna pengirim (m)

Diversitas ini juga mempunyai faktor perbaikan :

$$I_{sd} = \left[ 1 - \exp \left( -3,34 \cdot 10^{-4} \cdot S^{0,12} \cdot F^{0,12} \cdot d^{0,12} \cdot \left( \frac{P_o}{100} \right)^{-1,04} \right) \right] \cdot 10^{0,4 \cdot F_{10}}$$

Dimana :

$d$  : panjang lintasan (km)  
 $F$  : fading margin (dB)  
 $F$  : frekwensi kerja (Ghz)  
 $P_o$  : faktor terjadinya faxding  
 $S$  : jarak antara pusat kedua antenna penerima yang berbeda pada Posisi vertikal  
 $V$  :  $G_{s1} - G_{s2}$ , dimana  $G_s$  adalah gain (penguat) masing-masing antenna

Jadi berlaku untuk kondisi :

$$2\text{GHz} \leq f \leq 11 \text{ GHz}$$

$$43 \text{ km} \leq d \leq 240 \text{ km}$$

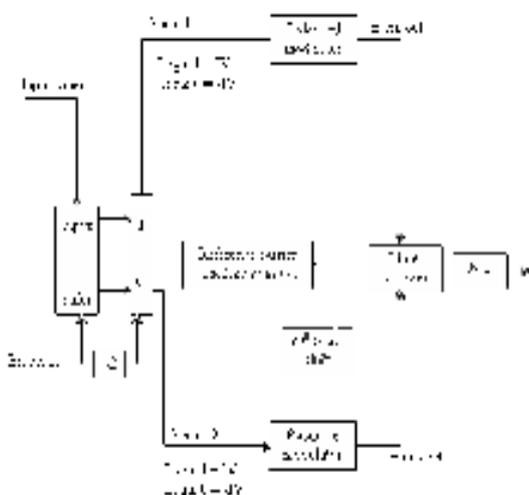
$$3 \text{ m} \leq S \leq 23 \text{ m}$$

Jika fading margin kedua antenna penerima tersebut berbeda, maka diambil harga yang lebih kecil.

## 6. Modulasi Quadrature Phase Shift Jeying (QPSK)

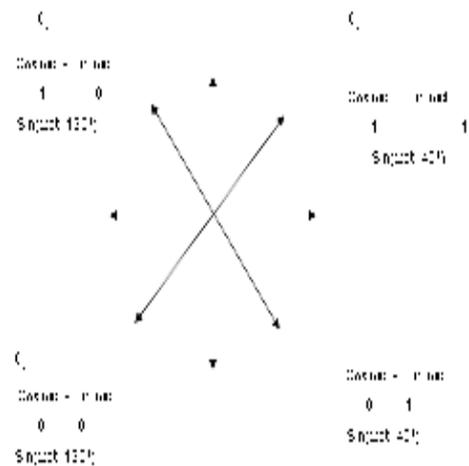
Modulasi QPSK ini berbentuk seperti modulasi sudut. Amplitudo untuk modulasi ini tetap yang berubah hadala phasa QPSK ini memakai teknik M-ary

encoding dimana  $M = 4$ . Dengan QPSK output 4 fasa, dimungkinkan untuk bisa memperoleh frekwensi dengan single carrier. Perbedaan keempat output keluaran dibedakan pada sinyal biner yang menghasilkan empat kondisi sinyal yang berbeda, dengan masing-masing kondisi input terdiri dari 2 digitm biner (2 bit), yaitu 00,01, 10 dan 11. Setiap dua digit ini diolah dalam modulator, sehingga menghasilkan perubahan pada single carrier. Pasangan dua bit ini diolah dalam pemisah bit, dan menghasilkan output paralel, satu bit ke arah kanal I dan bit yang lain ke arah kanal Q. Phase output untuk kanal I ada dua kemungkinan yaitu  $+\sin \omega ct$  dan  $-\sin \omega ct$ , dan output untuk kanal Q  $+\cos \omega ct$  dan  $-\cos \omega ct$ . Dua kanal ini dikombinasikan dalam penjumlahan linier secara quadratur (phase output  $90^\circ$ ), jadi pergeseran phasenya  $90^\circ$ .



Gambar 9  
Modulator QPSK

Misalkan jika masukan data biner  $Q = 0$  dan masukan  $I = 0$ , maka output yang dihasilkan balanced modulator  $-1 \cos \omega ct$  untuk kanal Q dan  $-1 \sin \omega ct$  untuk kanal I. Penjumlahan secara linier menghasilkan  $\sin(\omega ct - 135^\circ)$ , dan digambarkan dalam diagram konstelasi.



Gambar 10  
Diagram Konstelasi Modulator QPSK

Pada sisi penerima atau demodulator, sinyal QPSK yang diterima difiterkan dan dipecah ke kanal I dan kanal Q. Kemudian sinyal ini dideteksi dan dikalikan dengan carrier  $\sin \omega ct$  untuk kanal I dan  $\cos \omega ct$  untuk kanal Q. Produk dari detektor ini difiterkan lagi dalam Low Pass Filter dan menghasilkan nilai logika biner yang sudah teridentifikasi untuk masing-masing kanal (Q dan I) dan

dikomunikasikan dalam rangkaian penerima data biner.

### 7. Keandalan (Availability)

Keandalan hubungan radio line of sight ini dinyatakan dalam proses. Keandalan ini menyatakan kemampuan peralatan dalam menyediakan kelangsungan suatu hubungan radio. Parameter ini bisa diukur per hari, bulan atau tahun, dan dapat dirumuskan :

$$A_v = \frac{MTBF}{MTBF + MTR} \cdot 100\%$$

Dimana :

MTBF = Mean Time Between equipment Failures

MTR = Mean Time to Restore (after failure)

$$MTR = MTTR + TT = \text{Spare}$$

MTTR = Mean Time To Repair (perkiraan waktu setelah selesai pemasangan peralatan)

TT = Travel Time (waktu tempuh) untuk pemasangan peralatan setelah kerusakan

Spare = Perhitungan waktu saat peralatan tidak beroperasi yaitu beberapa prosen dalam satu hari (24 jam)

Hubungan keandalan sistem ini dengan fading margin, untuk komunikasi line of sight, terutama untuk hubungan jarak jauh ( $\pm 50$  km) dan dengan syarat fresnel xone pertama bebas halangan, CCIR menerapkan :

Kesalahan (%)	Fading margin (dB)
90	3
99	10
99,9	20
99,99	30
99,999	40

Tabel Hubungan antara keandalan dan fading margin

Juga menurut CCIR, beberapa penyebab menurunnya keandalan, antara lain :

1. Kerusakan peralatan
2. Keterbatasan daya/suplay
3. faktor propagasi
4. perawatan dan kesalahan manusia
5. ketidak tepatan lokasi

#### Daftar Pustaka

1. NERA Telecommunication, Path Loss Calculation, NERA (SEA), Ptc Singapore, 1992
2. AAB NERA, Digital Radio Relay Equipment, ABB NERA, 1994
3. Richard U.L, PE & A. Ross L, PE, Digital Microwave Link Engineering Performance Definitions and Objective, Harris Co, Farrinon Division, 1994
4. L.W. Couch, Modern Communication System, Prentice Hall, 1995