BAB II

DASAR TEORI

2.1 Konsep Dasar CDMA

CDMA merupakan singkatan dari Code Division Multiple Access yaitu teknik akses jamak (multiple access) yang memisahkan percakapan dalam domain kode. CDMA merupakan teknologi digital tanpa kabel yang pertama kali dibuat oleh perusahaan Amerika. Teknologi CDMA dikembangkan pertama kali oleh militer di awal tahun 1960. CDMA merupakan penggunaan dari berbagai spektrum frekuensi yang sama tanpa ada permbicaraan ganda.

Hal ini menyebabkan CDMA lebih tahan terhadap interferensi dan noise. Untuk menandai pemakai yang memakai spektrum frekuensi yang sama, CDMA menggunakan kode yang unik yaitu PRCS (Pseudo Random Code Sequence). Berbeda dengan FDMA (Frequency Division Multiple Access) dan TDMA (Time Division Multiple Access), maka CDMA menggunakan waktu dan frekuensi yang sama dalam akses masing-masing pemakai. Penggunaan frekuensi dan waktu yang sama menyebabkan CDMA kritis terhadap interferensi. Semakin besar interferensi yang terjadi maka kapasitas CDMA semakin kecil.

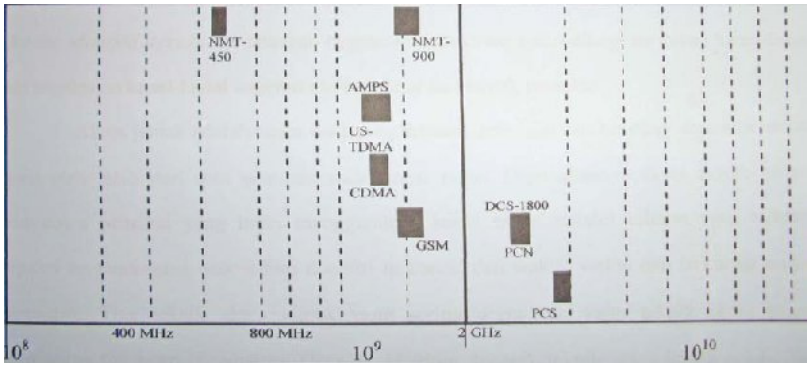
CDMA membawa manfaat yang besar dan berada di atas teknologi serupa yang lain untuk saat ini. CDMA menawarkan kapasitas jaringan yang terbesar untuk melayani lebih banyak pelanggan dengan biaya infrastruktur yang sama. CDMA menawarkan kecepatan transmisi data paling tinggi diantara yang lain Setiap pemakai diberi dengan bilangan biner yang dinamakan DCS (Direct Code Sequence) ketika terjadi panggilan.

DCS adalah signal yang dibangkitkan oleh linier modulation dengan wideband PN (Pseudorandom Noise), sehingga Direct Code Sequence CDMA menggunakan lebar sinyal daripada FDMA maupun TDMA. Wideband signal berfungsi untuk mengurangi interferensi. Seluruh pengguna ada bersama-sama dalam jarak spektrum frekuensi radio.

Kode-kode dibagi pada MS (Mobile Station) dan BS (Base Station) yang disebut Pseudorandom Code Sequence (PCS). Masing-masing kode pemakai secara berlapis dan berkelanjutan ditransmisikan ke seluruh carrier. Unik dari CDMA adalah jumlah panggilan telepon yang dapat ditangkap oleh carrier tentunya terbatas dan jumlahnya tidak pasti. Kanal trafik dibuat dengan penentuan masing-masing pengguna kode dengan carrier.

2.2 Spektrum Frekuensi Radio untuk Komunikasi Seluler

Gelombang radio adalah gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh antena dan mempunyai frekuensi yang berbeda. Pada Gambar 2.1 dijelaskan spektrum frekuensi radio komunikasi seluler.



Gambar 2.1 Spektrum Komunikasi Seluler

Pada sistem CDMA, frekuensi radio digunakan pada saluran 450 MHz, 800 MHz, 1700 MHz, dan 1900 MHz.

2.3 Metode Akses Jamak

Teknologi wireless menggunakan frekuensi sebagai media penghubung. Keterbatasan frekuensi menyebabkan lahirnya sebuah teknologi yang memungkinkan pengguna seluler untuk berbagi frekuensi agar dapat melakukan komunikasi maka teknologi ini disebut Multiple Access System.

Sistem tersebut sangat penting, karena dapat mendukung pemakai dengan jumlah banyak dan simultan. Dengan kata lain, pemakai dengan jumlah yang besar saling berbagi ruang pada kanal radio dan sembarang pemakai dapat memperoleh akses ke sembarang kanal (tiap pemakai tidak selalu mendapat kanal yang sama). Kanal yang dimaksud adalah berupa bagian dari sumber radio yang terbatas, yang sementara dialokasikan untuk tujuan tertentu. Metode multiple Access menjelaskan bagaimana spectrum radio dibagi ke dalam kanal-kanal dan bagaimana kanal-kanal tersebut dialokasikan ke banyak pemakai.

Akses jamak adalah suatu cara pengaksesan beberapa sumber daya secara bersama-sama oleh lebih dari satu pemakai pada kanal radio. Digunakannya akses jamak karena banyaknya pemakai yang ingin menggunakan kanal radio melalui saluran yang terbatas dipakai bersama-sama baik dalam domain frekuensi, waktu, waktu dan frekuensi secara serempak.

Tiga teknik akses jamak yang sering digunakan adalah :

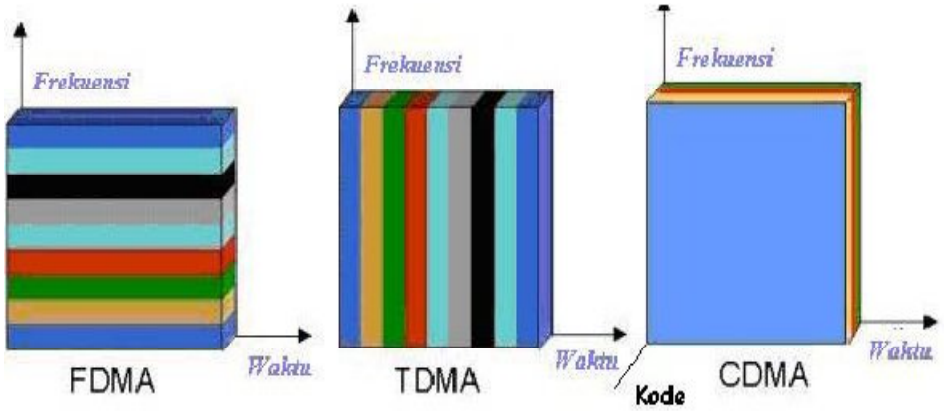
1. Teknik akses jamak pembagian frekuensi (Frequency Division Multiple Access)
2. Teknik akses jamak pembagian waktu (Time Division Multiple Access)
3. Teknik akses jamak pembagian sandi (Code Division Multiple Access).

Tabel 2.1 Perbandingan Operasi Teknik Akses Jamak

OPERASI	FDMA	TDMA	CDMA
Pita Teralokasi	12,5 MHz	12.5 MHz	12,5 MHz
Frequency Reuse	7	7	1
Bw yang diperlukan kanal	0,03 MHz	0,03 MHz	1,25 MHz
Jumlah kanal RF	12,5/0,03=416	12,5/0,03=416	12,5/1,25=10
Kanal/sel	416/7=59	416/7=59	12,5/1,25=10
Kanal kendali/sel	2	2	2
Kanal dipakai/sel	57	57	58
Panggilan per kanal RF	1	4*	40**
Kanal suara/sel	57x1=57	57x4=228	8x40=320
Sektor/sel	3	3	3
Panggilan Voice/sektor	57/3=19	228/3=76	320
Kapasitas dibanding FDMA	1	1	16,8

* Tergantung jumlah slot

** Tergantung pada jumlah ragam sandi

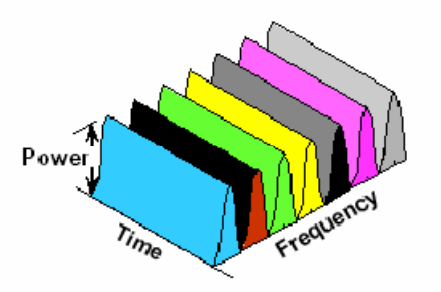


Gambar 2.2 Macam-Macam Teknik Akses Jamak

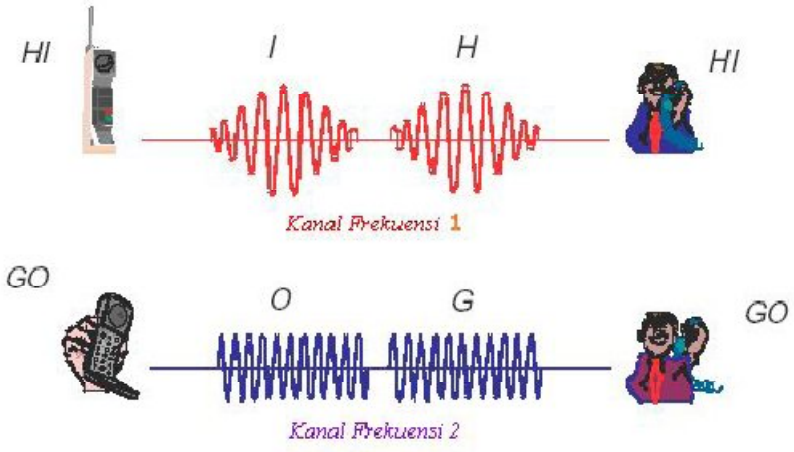
2.3.1 Akses Jamak Pembagian Frekuensi

Akses jamak pembagian frekuensi atau yang disebut Frequency Division Multiple Access (FDMA) adalah sistem multiple access yang menempatkan seorang pelanggan pada sebuah kanal berbentuk pita frekuensi komunikasi. Dalam FDMA, frekuensi dibagi menjadi beberapa kanal frekuensi yang lebih sempit. Tiap pengguna akan mendapatkan kanal frekuensi yang berbeda untuk berkomunikasi secara bersamaan. Pengalokasian frekuensi pada FDMA bersifat eksklusif karena kanal frekuensi yang telah digunakan oleh seorang pengguna tidak dapat digunakan oleh pengguna yang lain.

Antar kanal dipisahkan dengan bidang frekuensi yang lebih sempit lagi untuk menghindari interferensi antar kanal yang berdekatan. Informasi bidang dasar yang dikirim ditumpangkan pada sinyal pembawa (carrier signal) agar menempati alokasi frekuensi yang diberikan. Analoginya seperti sebuah ruangan yang dibagi menjadi beberapa ruang kecil yang selanjutnya setiap ruangan tersebut hanya dapat digunakan oleh sepasang user untuk melakukan komunikasi.



Gambar 2.3 Sistem Akses FDMA

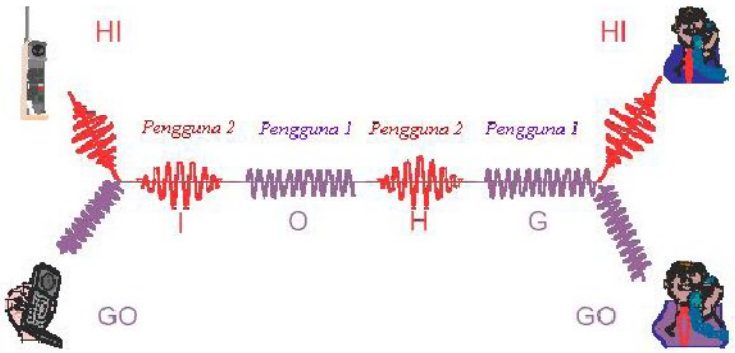


Gambar 2.4 Cara Kerja Sistem FDMA

2.3.2 Akses Jamak Pembagian Waktu

Pada metode akses jamak pembagian waktu atau Time Division Multiple Access (TDMA), tiap pemakai akan menggunakan seluruh spektrum frekuensi tertentu yang disediakan dalam waktu yang singkat yang disebut slot waktu (time slot). Tiap pengguna mendapatkan sebuah slot waktu yang berulang secara periodik dan hanya diijinkan mengirimkan informasi pada slot waktu tersebut. Antar slot waktu diberi jeda waktu untuk menghindari interferensi antar pengguna. Jika slot waktu dalam frekuensi yang diberikan sedang digunakan

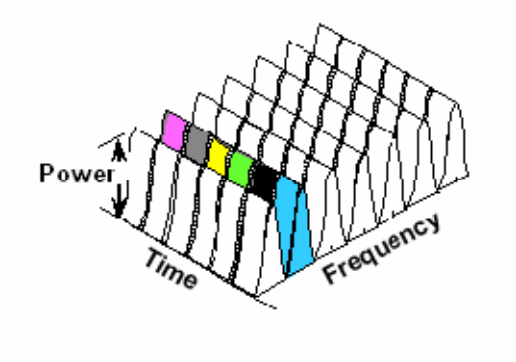
semua, maka pengguna berikutnya harus diberikan slot waktu dengan frekuensi yang berbeda. Cara kerja sistem TDMA diilustrasikan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Cara Kerja Sistem TDMA

Pada TDMA beberapa pemakai dapat menggunakan kanal frekuensi yang sama, tetapi setiap kanal hanya dapat digunakan untuk waktu yang sangat singkat. Setiap pemakai diberikan slot waktu dan hanya dapat mengirimkan informasi pada waktu yang telah ditentukan. Analoginya seperti sebuah ruangan yang sebelumnya telah dibagi menjadi beberapa ruang yang lebih kecil dan selanjutnya setiap ruang kecil tersebut digunkan oleh beberapa pasang pemakai untuk melakukan komunikasi.

Tetapi untuk menghindari interferensi, pada satu waktu hanya dua orang saja yang dapat menggunakan ruang kecil tersebut. Setiap pasang diberi slot waktu sehingga jika waktunya habis harus segera meninggalkan ruangan dan bergantian dengan pasangan yang lain. Jadi pada TDMA, beberapa pasang pemakai dapat secara bergantian menggunakan ruang yang sama. Dengan cara tersebut, TDMA mampu menampung lebih banyak orang dibandingkan FDMA. Gambar 2.6 merupakan gambar sistem akses TDMA.



Gambar 2.6 Sistem Akses TDMA

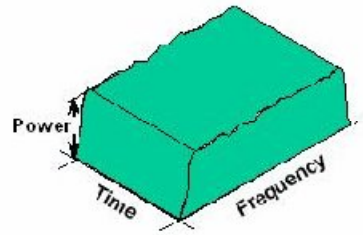
2.3.3 Akses Jamak Pembagian Sandi

Dalam akses jamak pembagian sandi atau Code Division Multiple Access (CDMA), setiap pemakai menggunakan frekuensi yang sama dalam waktu bersamaan tetapi menggunakan sandi unik yang saling orthogonal. Sandi-sandi ini membedakan antara pengguna satu dengan pengguna yang lain. Pada jumlah pengguna yang besar, dalam bidang frekuensi yang diberikan akan ada banyak sinyal dari pengguna sehingga interferensi akan meningkat. Kondisi ini akan menurunkan unjuk kerja sistem. Ini berarti, kapasitas dan kualitas sistem dibatasi oleh daya interferensi yang timbul pada lebar bidang frekuensi yang digunakan.

CDMA merupakan akses jamak yang menggunakan prinsip komunikasi spektrum tersebar. Sinyal dasar yang hendak dikirim disebar dengan menggunakan isyarat dengan lebar bidang yang besar yang disebut sebagai sinyal penyebar (spreading signal).

Metode ini dapat dianalogikan dengan cara berkomunikasi dalam suatu ruangan yang besar. Setiap pasangan dapat berkomunikasi secara bersama-sama tetapi dengan bahasa yang berbeda, sehingga pembicaraan pasangan satu bisa dianggap seperti suara kipas bagi pengguna yang lain, karena tidak diketahui maknanya. Pada saat banyak yang berkomunikasi maka ruangan menjadi bising.

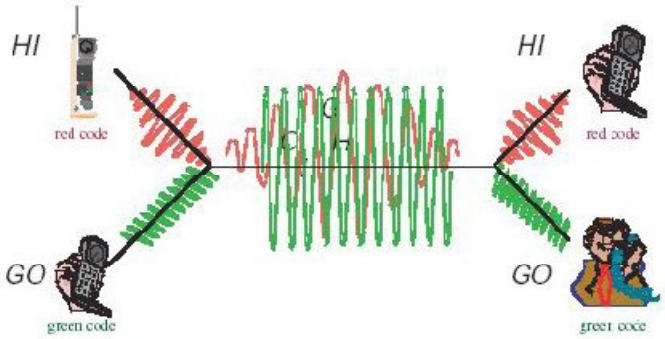
Kondisi ini membuat ruangan menjadi tidak kondusif lagi untuk berkomunikasi. Oleh karena itu, jumlah yang berkomunikasi harus dibatasi. Agar jumlah yang berkomunikasi bisa maksimal maka kuat suara tiap pembicara tidak boleh terlalu keras.



Gambar 2.7 Sistem Akses CDMA



(a)



(b)

Gambar 2.8 Ilustrasi Sistem CDMA: (a) Analogi. (b) Cara Kerja.

2.4 Sistem Komunikasi *Spread Spectrum* pada CDMA

Sistem transmisi *spectrum* adalah sebuah teknik yang mentransmisikan suatu isyarat dengan lebar bidang tertentu menjadi suatu sinyal yang memiliki lebar bidang frekuensi yang jauh lebih besar. Aliran data asli dikalikan secara biner dengan kode penyebar yang memiliki lebar bidang yang jauh lebih besar daripada sinyal asal. Bit-bit dalam kode penyebar dikenal dengan chip untuk membedakannya dengan bit-bit dalam aliran data yang dikenal dengan simbol.

Setiap pemakai memiliki kode penyebar yang berbeda dengan pemakai yang lain. Kode yang sama digunakan pada kedua sisi kanal radio, menyebarkan sinyal asal menjadi sinyal bidang lebar, dan menyebarkan kembali sinyal bidang lebar menjadi sinyal bidang sempit asal. Antara lebar bidang transmisi dengan lebar bidang sinyal asal dikenal dengan processing gain. Secara sederhana, processing gain menunjukkan beberapa buah chip yang digunakan untuk menyebarkan sebuah simbol data. Kode-kode penyebar bersifat unik, jika seorang pemakai telah menyebarkan sinyal bidang lebar yang diterima, sinyal yang disebarkan hanyalah sinyal dari pengirim yang memiliki kode penyebar yang sama.

Sistem spektrum tersebar memiliki beberapa kelebihan dibandingkan sistem-sistem lain yang ada sebelumnya, yaitu:

a. Lebih kebal terhadap jamming karena menggunakan kode unik yang mirip derau dengan spektrum frekuensi yang amat lebar.
b. Dapat dioperasikan pada level daya yang rendah sehingga memungkinkan peralatan yang kecil sekaligus juga dengan daya baterai yang lebih tahan lama.
c. Kemampuan multiple access secara CDMA (Code Division Multiple Access).

d. Mampu menekan interferensi.

e. Kerahasiaan lebih terjamin.

f. Dapat melakukan kemampuan panggilan terpilih (Ranging).

Ada beberapa teknik yang digunakan dalam sistem spektrum tersebar, yakni rangkaian langsung (direct sequence), lompatan frekuensi (frequency hopping), lompatan waktu (time hopping), dan hybrid.

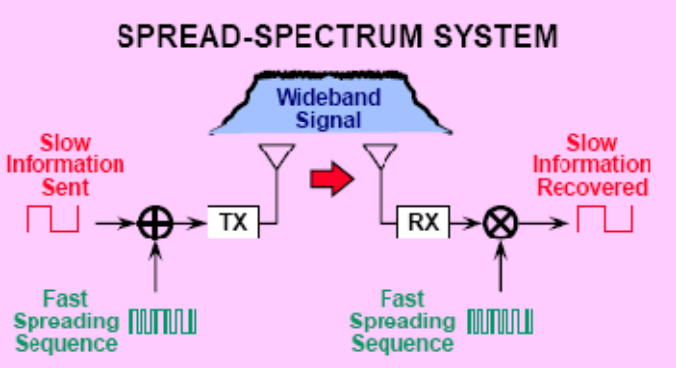
Sistem spektrum tersebar yang dipakai pada CDMA adalah Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS). Pada sistem ini, sinyal pembawa dimodulasi secara langsung (direct) oleh data terkode. Sebagai pengkode data, dipakai deret kode (code sequence) yang memiliki sifat acak tetapi periodik sehingga disebut sinyal acak semu (pseudo random). Kode tersebut bersifat sebagai noise tetapi deterministik sehingga disebut juga noise semu (pseudo noise).

Istilah spread spectrum digunakan karena pada sistem ini sinyal ditransmisikan memiliki bandwidth yang jauh lebih lebar dari bandwidth sinyal informasi. Proses pelebaran bandwidth sinyal informasi ini disebut dengan spreading.

Sistem direct sequence spread spectrum (DSSS) merupakan salah satu teknik spektral tersebar yang digunakan pada CDMA. Perbandingan antara bandwidth transmisi dengan bandwidth informasi disebut dengan processing gain. Dimana semakin besar processing gain-nya, maka semakin tahan sistem spektral tersebar tersebut terhadap interferensi.

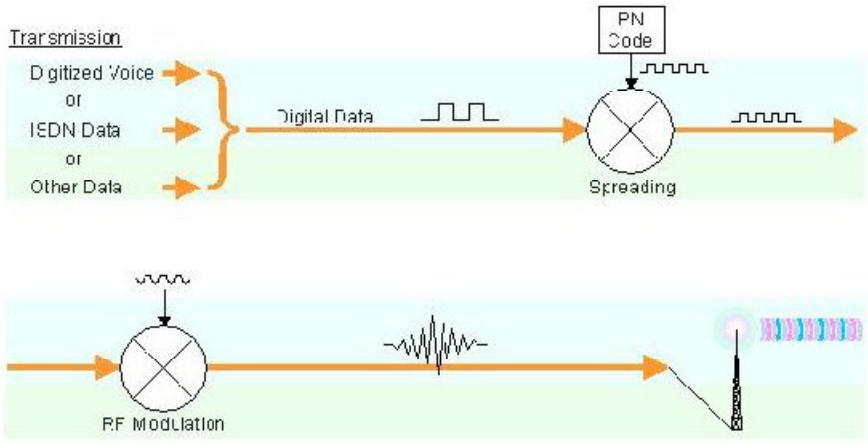
Pada DSSS, spreading hanya menggunakan sebuah generator noise yang periodik yang disebut dengan Pseudo Noise Generator (PNG). Suatu sistem spread spectrum harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Sinyal yang dikirimkan mempunyai bandwidth yang jauh lebih lebar dibandingkan dengan bandwidth yang dibutuhkan untuk mengirim sinyal informasi.
2. Pada pengirim tejadi proses spreading yang menyebarkan sinyal informasi dengan bantuan sinyal kode yang bersifat bebas terhadap sinyal informasi.
3. Pada penerima terjadi proses despreading yang melibatkan korelasi antara sinyal yang diterima dengan replika sinyal kode yang dibangkitkan sendiri oleh suatu generator lokal.



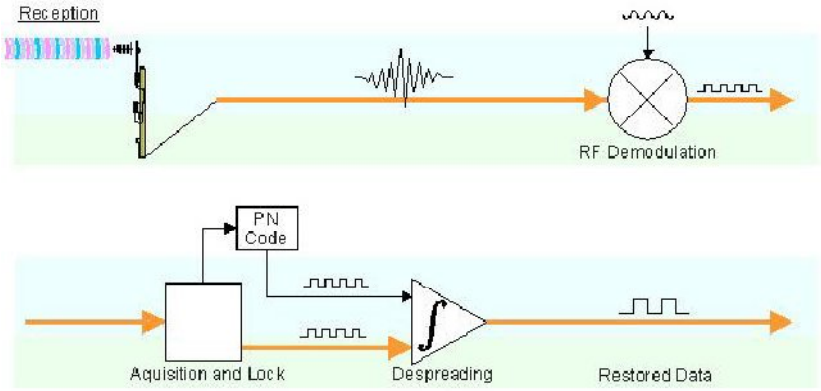
Gambar 2.9 Sistem Direct Sequence Spread Spectrum

Sedangkan pada Gambar 2.9 menjelaskan sistem penyebaran pseudo noise pada pengirim, yaitu data input dari satu pelanggan dikalikan dengan salah satu dari banyak kode pseudo noise, kemudian di spreading. Jumlah kemungkinan kode yang dihasilkan oleh generator kode pseudo noise identik dengan jumlah kanal yang disediakan. Jika generator kode pseudo noise mampu menghasilkan 100 kode, maka sebanyak itu pula kanal yang diperoleh. Oleh modulasi, hasil perkalian antara input data dengan kode pseudo noise ditumpangkan pada sinyal frekuensi radio agar dapat dikirim lewat udara.



Gambar 2.10 Sistem Penyebaran Pseudo Noise pada Pengirim

Sedangkan pada Gambar 2.11 menjelaskan sistem penyebaran pseudo noise pada penerima, yaitu demodulator memisahkan sinyal pesan dari sinyal RF yang ditumpanginya. Sinyal pesan yang mengandung kode ini dicocokkan dengan kode pseudo noise di penerima. Dengan adanya proses despreading, sinyal pesan akan dipisahkan dari kode dan diteruskan jika kode PN pada sinyal masuk sama dengan kode pseudo noise pada penerima.



Gambar 2.11 Sistem Penyebaran Pseudo Noise pada Penerima

2.5 Teknologi Spektrum Tersebar CDMA (Code Division Multiple Access)

Dalam komunikasi radio sering terjadi penyadapan pembicaraan oleh pesawat radio lain, tetapi dengan teknologi spektrum tersebar penyadapan dapat diatasi

karena data yang dikirim pada spektrum tersebar tersebar panyadapan dapat diatasi karena data yang dikirim pada spektrum tersebaradalah ata acak yang dikenal dengan noise, jadi jika penerima tidak mengetahui kode yang digunakan untuk mengacak data maka penerima hanya menerima sinyal noise saja. Spektrum tersebar digunakan karena sinyal yang ditransmisikan memiliki lebar pita yang lebih lebar dari lebar sinyal informasi.

Sistem spektrum tersebar dapat digunakan untuk akses jamak CDMA yang dapat dilakukan pada frekuensi dan waktu yang sama dengan mengguanakan kode yang berbeda. Dengan menggunakan sebuah kode yang unik sinyal informasi dipancarkan tersebar dibeberapa frekuensi secara bersamaan, karena tersebar maka daya sinyal di tiap-tiap frekuensi tersebut menjadi sangat kecil sehingga hampir tidak bisa dibedakan dengan noise. Sinyal informasi seperti ini hanya bisa dideteksi oleh penerima yang memiliki kode penyebar yang sama. Dengan demikian sinyal informasi ini tahan terhadap bermacam gangguan.

Radio spektrum tersebar tanpa kabel memiliki kecepatan transmisi yang beragam dari 2 Mbps- 11 Mbps jarak jangkauan antara 2 radio spektrum tersebar ini bisa mencapai 64 Km. Selain menjadi komunikasi dari satu kesatu tempat juga bisadigunakan secara satu kebanyak tempat, hal ini dilakukan dengan mengguanakan satu antenna dengan daya yang lebih besar fungsi sebagai satasiun utama.

a. Kreteria Sistem komunikasi sebagai sistem spektrum tersebar adalah:

1. Lebar pita yang ditransmisikan ditentukan oleh semua fungsi yang tersebar dan sinyal ini harus dikenal oleh penerima.

2. Lebar pita sinyal yang ditransmisikan harus jauh lebih besar dari sinyal Informasi.

b. Ciri-ciri sistem spektrum tersebar yaitu:

1. Bersifat akses jamak yaitu pada pita frekuensi yang digunakan dapat dipakai secara bersamaan oleh beberapa pemancar lain. Ciri ini harus dipenuhi karena penggunaan lebar pita yang lebar sehingga tidak terjadi pemborosan kanal frekuensi hal ini dapat digunakan pada CDMA dimana masing-masing pemakai menetapkan suatu kode khusus. Masing-masing pemakai tersebut juga harus memiliki satu kode yang khusus pula agar pesan yang dikirim dapat dipisah-pisahkan satu sama lain pada sisi terima.
2. Anti pembajakan yaitu sifat yang relative tahan terhadap pengaruh sinyal lain mengingat padatnya kanal frekuensi komunikasi yang ada sehingga kemungkinan terjadi pencampuran sinyal lain sangat besar. Salah satunya pembajakan pulsa yang dapat mengacaukan keseluruhan informasi jika pulsa tersebut lebih panjang dari satu bit pesan, akibatnya akan terjadi kemungkinan kesalahan, salah satu cara untuk mengatasinya dengan menggunakan kode pembetukan kesalahan.
3. Keserasian informasi dimana hanya penerima yang memiliki kode yang sama dapat memahami pesan yang dikirim, sifat inimengingat perlunya kerahasiaan informasi seperti pada bidang militer dan komersial yang lainnya.

2.6 Osilator

Sampai sejauh ini dipelajari pada op-amp misalnya untuk segala macam penguatan dan filter filter aktif. Pada bagian ini menjelaskan op-amp untuk osilator yang dapat diatur atur frekuensi outputnya dengan gelombang yang

bervariasi pula. Pada dasarnya fungsi osilator adalah sinyal AC atau gelombang tegangan saja.

Lebih spesifik lagi, osilator adalah proses pengulanganbentuk gelombang tertentu pada amplitudo dan frekuensi yang tetap tanpa eksternal input. Osilator sering digunakan pada radio, televisi, komputer, dan pesawat komunikasi. Osilator terdiri dari beberapa macam jenisnya, walaupun begitu osilator-osilator itu mempunyai prinsip kerja yang sama.

2.7 Balanced Modulator-Demodulator

Balanced modulator-demodulator berfungsi sebagai saklar pembalik fasa (*Phase Reversing Switch*) tergantung pada kondisi pulsa masukan, maka frekuensi pembawa akan diubah sesuai dengan kondisi-kondisi tersebut dalam bentuk fasa keluaran, baik itu sefasa maupun berbeda 180° dengan osilator *referensi*.

Balanced modulator-demodulator mempunyai dua masukan, yaitu sebuah masukan untuk frekuensi pembawa yang dihasilkan oleh osilator *referensi* dan yang lainnya berupa masukan data biner (sinyal digital). *Balanced Modulator* mempunyai nama lain yaitu *Product Modulator*, karena keluaran dari *modulator* ini merupakan perkalian dari dua sinyal masukan, dalam modulator BPSK masukan sinyal pembawa dikalikan dengan data biner, jika logika 1 = +1V dan logika 0 = -1V maka input dari sinyal pembawa (sin ωct) akan dikalikan dengan (+) atau (-) sehingga sinyal keluaran adalah +1 sin ωct dan -1 sin ωct.

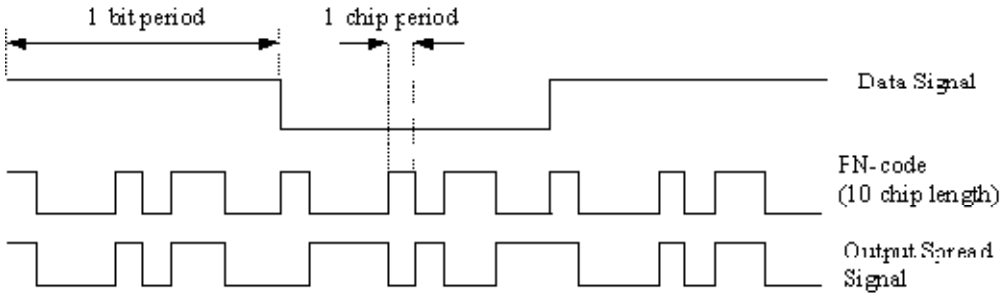
Kondisi pertama menunjukkan sinyal sefasa dengan osilator *referensi*, setiap perubahan kondisi pada logika masukan akan menyebabkan perubahan fasa

keluaran pada waktu yang sama. Kemudian lebar pita (*bandwidth*) yang terlebar terjadi pada saat data biner masukan bertransisi antara logika 0 dan 1.

2.8 Pseudo Noise Code

Kode PN adalah rangkaian bit dengan kecepatan tinggi yang bernilai polar dari 1 ke -1 atau non polar 1 ke 0. Kode PN yang mempunyai satuan *chip*, merupakan sinyal penyebar sinyal informasi dan digunakan untuk membedakan antara kanal/pengguna satu dengan yang lainnya. Pemilihan kode PN harus dilakukan dengan hati-hati dengan memperhatikan beberapa kriteria sebagai berikut:

1. Mudah diterapkan.
2. Biner atau mempunyai 2 level (-1 & 1) atau (0 & 1).
3. Mempunyai *autocorrelation* yang tajam untuk memungkinkan sinkronisasi kode.
4. Mempunyai beda jumlah '0' dan '1' hanya satu (*one zero balance*) untuk memperoleh *spectrum density* yang bagus.
5. Harga *crosscorrelation* yang rendah. Dengan semakin rendah harga *crosscorrelation* maka jumlah kanal dalam satu pita frekuensi semakin tinggi.



Gambar 2.12 Proses Perkalian Dengan Kode PN

Pada Gambar 2.12, sinyal paling atas adalah bit data. Bit data tersebut dikalikan dengan kode PN yaitu sinyal di tengah yang akan menghasilkan sinyal termodulasi di bagian bawah. Bila bit data bernilai 1 maka sinyal keluaran memiliki bentuk sama dengan kode PN. Bila bit data bernilai 0 maka sinyal keluaran memiliki bentuk berlawanan dengan kode PN.

2.9 Pemancar FM

Diantara keuntungan FM adalah bebas dari pengaruh gangguan udara, bandwidth (lebar pita) yang lebih esar dan fidelitas yang tinggi. Jika dibandingkan dengan sistem AM, maka FM memiliki beberapa keunggulan, diantaranya :

- Lebih tahan *noise*

Frekuensi yang dialokasikan untuk siaran FM berada diantara 88-108 MHz, dimana pada wilayah frekuensi ini secara relatif bebas dari gangguan baik atmosfir maupun interferensi yang tidak diharapkan. Jangkauan dari sistem modulasi ini tidak sejauh, jika dibandingkan pada sistem modulasi AM dimana panjang gelombangnya lebih panjang gelombang. Sehingga *noise* yang diakibatkan oleh penurunan daya hampir tidak berpengaruh karena dipancarkan secara LOS (*Line Of Sight*)