

Visualisasi dan Analisa Kinerja Kode Konvolusi Pada Sistem MC-CDMA Dengan Modulasi QPSK Berbasis Perangkat Lunak

Mamiék Rizka Rohmah¹, Yoedy Moegiharto²

¹Mahasiswa Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jurusan Teknik Telekomunikasi

²Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Kampus ITS, Surabaya 60111

e-mail : loeeccuu@yahoo.co.id

Abstrak

Pada proyek akhir ini dilakukan analisa kinerja kode konvolusi pada sistem MC-CDMA menggunakan modulasi QPSK. Multicarrier CDMA ini merupakan teknik akses jamak dari CDMA yang menggunakan beberapa subcarrier. Dimana data yang akan dikirimkan akan dikodekan dengan encoder kode konvolusi dan mengalami proses spreading menggunakan pembangkitan *pseudorandom code* yaitu Gold Code, dimana pada sisi penerima dilakukan proses despreading dan digunakan proses decoder menggunakan algoritma viterbi. Pada kanal Rayleigh sistem MC-CDMA dengan kode konvolusi. untuk subcarrier 16 kinerjanya mencapai BER 10^{-3} dengan nilai Eb/No 15.4 dB sedangkan tanpa kode konvolusi sampai dengan Eb/No 20 dB belum mencapai BER 10^{-3} . Kinerja MC-CDMA dengan konvolusi untuk subcarrier 16 memiliki nilai BER lebih baik 4.6 dB dibanding subcarrier 8.

Keyword : Code Convolution, Gold code, MC-CDMA, BER.

[1] Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan jaman, sistem komunikasi *wireless* dituntut untuk dapat menyediakan layanan data yang berkecepatan tinggi dengan BER yang kecil. CDMA (*Code Division Multiple Access*) adalah teknik akses jamak yang memisahkan percakapan dalam domain kode dengan menggunakan teknologi *spread spectrum* yaitu suatu teknik yang memungkinkan penggunaan pita frekuensi yang terbatas oleh banyak user secara bersama-sama tetapi setiap user memiliki kode yang berbeda. Kode yang digunakan adalah *pseudorandom*, juga disebut sebagai Pseudo Noise (PNcode). Kode tersebut terlihat seperti acak tetapi sebenarnya deterministik dan periodik, sehingga penerima dapat merekonstruksi kode untuk deteksi sinkron karena diketahui baik oleh penerima maupun pengirim.

Namun pada sistem CDMA masih rentan terhadap *inter-chip-interference* (ICI), untuk menutupi kelemahan CDMA muncullah sistem MC-CDMA (*Multicarrier CDMA*). MC-CDMA adalah suatu sistem yang dapat mengirimkan sinyal info yang direplika melalui sejumlah N *subcarrier* yang masing-masing *subcarrier*-nya ditandai dengan PNcode yang berbeda. Dalam proyek akhir ini kita menggunakan kode konvolusi sebagai *encoder* pada sisi pengirim dan algoritma viterbi sebagai *decoder* pada sisi penerima sehingga diharapkan dapat meningkatkan

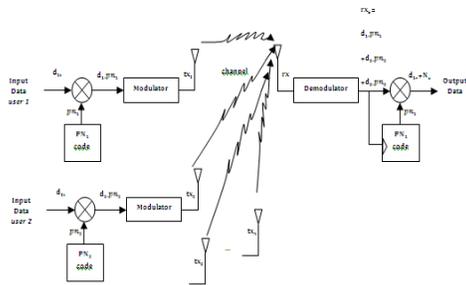
performansi dan kapasitas pada komunikasi *wireless*.

[2] Teori Penunjang

2.1 CDMA

Code Division Multiple Access (CDMA) adalah sebuah metode akses secara bersama yang membagi kanal tidak berdasarkan waktu (seperti pada TDMA) atau frekuensi (seperti pada FDMA), namun dengan cara mengkodekan data dengan sebuah kode khusus yang diasosiasikan dengan tiap kanal yang ada dan menggunakan sifat-sifat interferensi konstruktif dari kode-kode khusus itu untuk melakukan pemultipleksan. CDMA juga mengacu pada sistem telepon seluler digital yang menggunakan skema akses secara bersama ini, seperti yang diprakarsai oleh Qualcomm.

Pada CDMA seluruh pelanggan menggunakan spektrum frekuensi yang sama namun dibedakan pada tiap kode uniknya yang membuat kerahasiaan informasi tiap pelanggannya terjamin. Pembangkitan sinyal pada CDMA dilakukan dengan mengalihkan suatu sinyal informasi dengan suatu pembawa *pseudorandom noise sequence* yang mengakibatkan sistem ini mempunyai rata-rata transmisi yang jauh lebih besar dari keperluan bandwidth minimum.

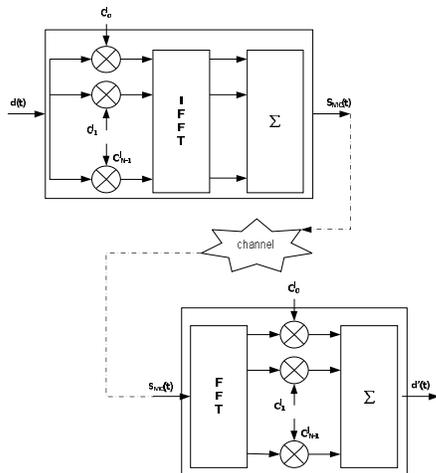


Gambar 1 CDMA

2.2 MC-CDMA

MC-CDMA dapat dikategorikan dalam dua skema: yang pertama yaitu deretan data asli diberikan *spreading code* dan selanjutnya dimodulasi untuk setiap *subcarrier* yang berbeda yang kedua yaitu deretan data asli dikonversikan dari serial ke paralel kemudian diberikan *spreading code*, dan selanjutnya dimodulasi untuk setiap subcarrier yang berbeda pada setiap deretan data asli. Skema yang pertama dikenal sebagai MC-CDMA (*Multicarrier CDMA*) dan skema yang kedua dikenal sebagai MC-DSSCDMA (*Multicarrier Direct Sequence CDMA*). Modifikasi sistem MC-CDMA hasil penelitian Shinusuke Hara dan Ramjee Prasad memastikan agar sistem mampu membuat sinyal terima seolah-olah melewati kanal yang memiliki sifat non-selektif atau *flat*.

Blok diagram pemancar MC-CDMA dapat dilihat dari gambar di bawah ini :



Gambar 2 Blok diagram MC_CDMA

2.3 Kode Konvolusi

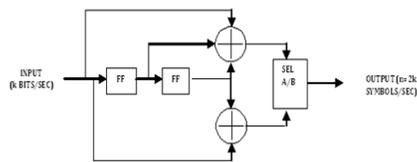
Coding disini digunakan sebagai pengacak informasi sebagai penanggungan dalam

terhadap terjadinya *Multipath coding*. Dan jenis coding yang kita gunakan pada proyek akhir ini adalah kode konvolusi dimana dalam decodingnya nanti akan menggunakan algoritma viterbi.

Kode konvolusi data dilakukan menggunakan shift register dan gerbang logika yang melakukan Modulo-dua tambahan. (Sebuah shift register hanyalah rantai di mana output dari *flip-flop* terikat pada masukan dari $(n + 1)$ *flip-flop*. Setiap kali terjadi *clock*, input pada rangkaian *flip-flop* adalah *clock* melalui output, dan dengan demikian data bergeser lebih dari satu tahap.). Gerbang logika yang sering digunakan adalah gerbang EX-OR.

Sekarang kita memiliki dua komponen dasar konvolusi enkoder (*flip-flop* terdiri dari *shift register* dan gerbang EX-OR dan dua *modulo adder*) didefinisikan, mari kita lihat pada gambar untuk konvolusi enkoder dengan rate $1 / 2$, $K = 3$, $m = 2$ kode:

Input: 010111001010001



Gambar 3 Contoh Skema Konvolusi Enkoder

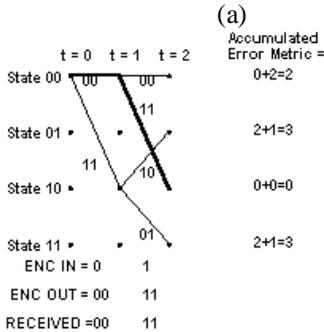
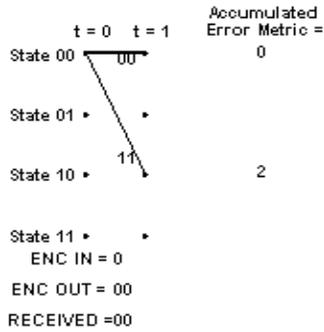
Output:

00 11 10 00 01 10 01 11 11 10 00 10 11 00 11₂

2.4 Algoritma viterbi

Pada penerima, decoder Viterbi dapat (berusaha) mengembalikan sinyal yang salah pada saat transmisi ke sinyal yang benar dengan menyimpan beberapa data sebelumnya, mengkalkulasi 'jarak konstelasi' antar data yang berurutan, dan memperkirakan data yang paling mungkin diterima sehingga bit yang salah dapat dideteksi dan diperbaiki. Dengan menggunakan Hamming distance dapat mengakumulasi kesalahan metric pada setiap state.

Gambar dibawah ini menunjukkan akumulasi kesalahan metric pada setiap state, pada $t=1$ dan $t=2$.



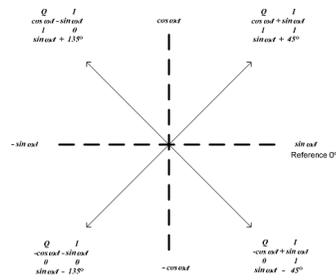
Gambar 4 Ilustrasi algoritma viterbi pada t=1(a), dan t=2 (b)

2.5 Modulasi QPSK

Modulasi QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) merupakan modulasi yang sama dengan BPSK, tetapi pada QPSK terdapat 4 buah level sinyal dan dua kali efisiensi bandwidth dari BPSK, karena 2 bit ditransmisikan dalam simbol modulasi tunggal. Proses modulasi yang mentransmisikan data dengan kanal Q dan imajiner yang berbentuk dari dua parallel 2 buah BPSK. QPSK merupakan M-ary encoding dimana M=4 (Quartenary). Pada QPSK, sinyal informasi dibawa dalam bentuk perubahan-perubahan fasa. Dalam setiap periode waktu, fasa dapat berubah sekali. Karena ada kemungkinan fasa, terdapat 2 bit informasi yang terkandung dalam setiap slot waktu, (00, 01, 10 dan 11) yang dinamakan dibit. Setiap dibit membangkitkan satu dari empat kemungkinan fasa.

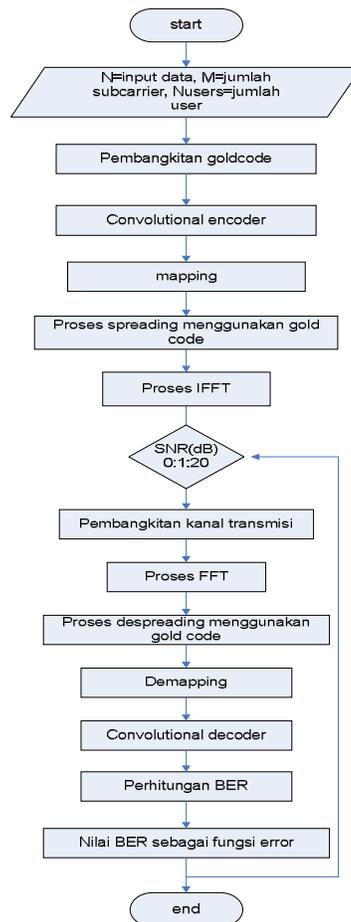
Tabel 2.1 Tabel kebenaran QPSK

| Binary Input | | QPSK Output Phase |
|--------------|---|-------------------|
| Q | I | |
| 0 | 0 | -135° |
| 0 | 1 | -45° |
| 1 | 0 | $+135^\circ$ |
| 1 | 1 | $+45^\circ$ |



Gambar 5 Diagram phasor QPSK

[3] Perancangan Sistem



Gambar 6 flowchart system

Dalam sistem ini sinyal setelah dibangkitkan secara random, data akan masuk kedalam encoder kode konvolusi dengan rate yaitu 1/3 . Lalu data akan di spreading oleh Pseudonoise code yaitu goldcode yang panjang chips-nya disesuaikan dengan jumlah subcarrier. Hasil dari spreading data dengan Pncode itu selanjutnya akan dimodulasi menggunakan

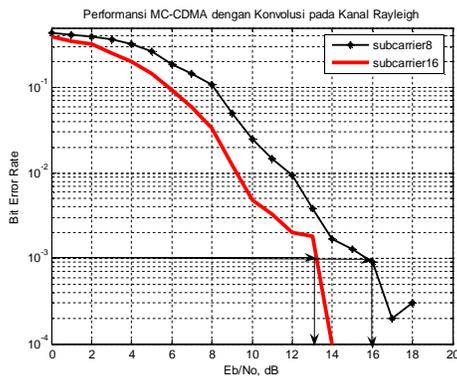
proses IFFT. Hal ini menyebabkan data tidak mudah untuk disadap oleh pihak lain karena data dibawa oleh beberapa subcarrier. Selain itu dengan adanya beberapa subcarrier menyebabkan berkurangnya interferensi dan multipath yang ada. Setelah menjadi sinyal termodulasi data akan dikirimkan melalui kanal Rayleigh Fading sehingga data informasi bercampur dengan noise. Sehingga data yang dikirimkan terdapat perubahan data yang dikirim atau dengan kata lain data menjadi error.

Pada sisi receiver sinyal informasi yang bercampur noise tersebut akan didemodulasi dengan menggunakan FFT. Setelah didemodulasi sinyal tersebut akan didespreading dengan kode yang sama atau identik dengan yang digunakan pada sisi pemancar. Setelah itu data akan dilewatkan ke decoder kode konvolusi untuk mendapatkan data asli.

[4] Hasil Simulasi dan Analisa

4.1 Hasil perbandingan subcarrier 8 dan 16 dengan kode konvolusi pada kanal Rayleigh

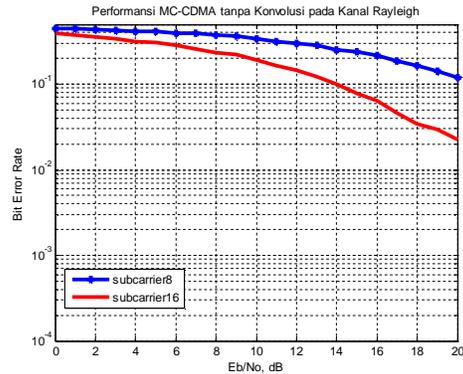
Dari tabel di bawah ini dapat diketahui data-data nilai BER dari setiap nilai SNR yaitu 0 - 20 dB. Hasil plot dari nilai probabilitas kesalahan jumlah bit (BER) sebagai fungsi SNR dari hasil simulasi dengan jumlah bit 10000 serta perubahan jumlah subcarrier 8 dan 16 dari 1 user menggunakan kanal Rayleigh dan menggunakan kode konvolusi dapat ditunjukkan dengan gambar dibawah ini:



Gambar 7 Performansi kode konvolusi pada system MC-CDMA menggunakan kanal Rayleigh

4.2 Hasil perbandingan subcarrier 8 dan 16 tanpa kode konvolusi pada kanal Rayleigh

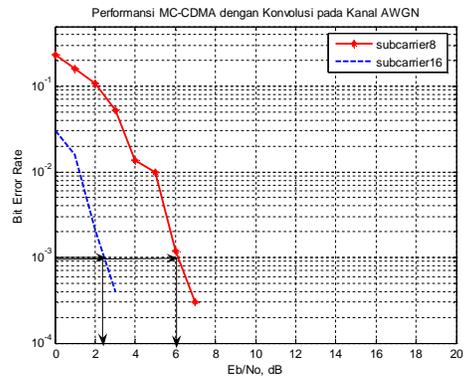
Gambar di bawah ini adalah perbandingan bit data 10000 tanpa menggunakan kode konvolusi dengan subcarrier 8 dan subcarrier 16 menggunakan modulasi qpsk kanal Rayleigh



Gambar 8 Performansi tanpa kode konvolusi pada system MC-CDMA menggunakan kanal Rayleigh

4.3 Hasil perbandingan subcarrier 8 dan 16 dengan kode konvolusi pada kanal AWGN

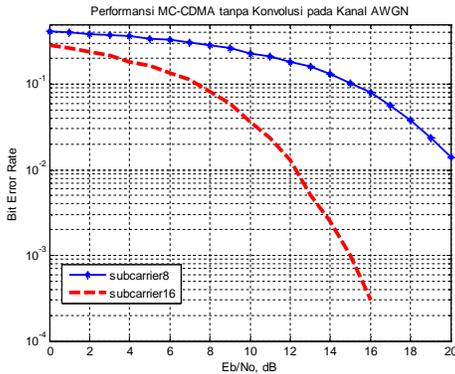
Gambar di bawah ini adalah perbandingan bit data 10000 menggunakan kode konvolusi dengan subcarrier 8 dan subcarrier 16 menggunakan modulasi qpsk kanal AWGN.



Gambar 9 Performansi dengan kode konvolusi pada system MC-CDMA menggunakan kanal AWGN

4.4 Hasil perbandingan subcarrier 8 dan 16 tanpa kode konvolusi pada kanal AWGN

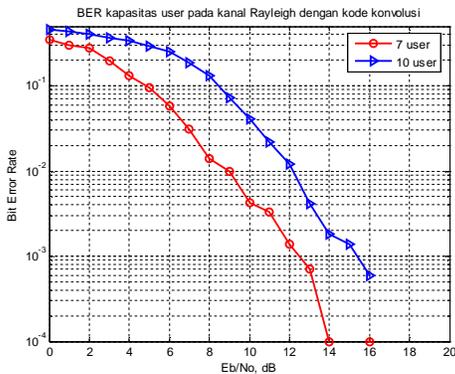
Gambar di bawah ini adalah perbandingan bit data 10000 tanpa menggunakan kode konvolusi dengan subcarrier 8 dan subcarrier 16 menggunakan modulasi qpsk kanal AWGN.



Gambar 10 Performansi tanpa kode konvolusi pada system MC-CDMA menggunakan kanal AWGN

4.5 Hasil perbandingan jumlah user pada subcarrier 16

Gambar di bawah ini adalah perbandingan bit data 10000 tanpa menggunakan kode konvolusi dengan subcarrier 16 menggunakan modulasi qpsk kanal Rayleigh dengan jumlah pengguna yang bervariasi.



Gambar 11 Performansi banyaknya user pada system MC-CDMA

4.6 Analisa

Melalui hasil simulasi dari penggunaan kode konvolusi pada system MC-CDMA yang dilewatkan pada kanal Rayleigh dengan bit input sebanyak 10000 bit yaitu pada gambar 10, terlihat bahwa subcarrier 8 untuk mencapai

nilai BER 10^{-3} di perlukan Eb/No sekitar 16 dB sedangkan penggunaan subcarrier 16 ternyata untuk mencapai nilai BER 10^{-3} di perlukan Eb/No sekitar 13,1 dB. Pada nilai BER 10^{-3} sesuai standar untuk sistem komunikasi suara, dilihat bahwa subcarrier 16 lebih baik 2,9 dB dari subcarrier 8.

Melalui hasil simulasi dari system MC-CDMA yang dilewatkan pada kanal Rayleigh dengan bit input sebanyak 10000 bit tanpa menggunakan kode konvolusi yaitu pada gambar 11, terlihat bahwa penggunaan subcarrier 8 dan subcarrier 16 dari Eb/No 0 dB sampai dengan 20 dB belum mencapai BER 10^{-3} . Dari gambar 10 dan 11 tersebut dapat diketahui penggunaan kode konvolusi mampu memperbaiki kinerja MC-CDMA.

Melalui hasil simulasi dari penggunaan kode konvolusi pada system MC-CDMA yang dilewatkan pada kanal AWGN dengan bit input sebanyak 10000 bit yaitu pada gambar 12, terlihat bahwa subcarrier 8 untuk mencapai nilai BER 10^{-3} di perlukan Eb/No sekitar 6 dB sedangkan penggunaan subcarrier 16 ternyata untuk mencapai nilai BER 10^{-3} di perlukan Eb/No sekitar 2,6 dB. Pada nilai BER 10^{-3} sesuai standar untuk sistem komunikasi suara, dilihat bahwa subcarrier 16 lebih baik 3,4 dB dari subcarrier 8.

Melalui hasil simulasi dari system MC-CDMA yang dilewatkan pada kanal AWGN dengan bit input sebanyak 10000 bit tanpa menggunakan kode konvolusi yaitu pada gambar 13. Terlihat bahwa subcarrier 8 dari Eb/No 0 dB sampai dengan 20 dB belum mencapai BER 10^{-3} sedangkan penggunaan subcarrier 16 ternyata untuk mencapai nilai BER 10^{-3} di perlukan Eb/No sekitar 15 dB.

Dari hasil simulasi tersebut diketahui bahwa semakin bertambahnya jumlah subcarrier maka kinerja sistem MC-CDMA akan bertambah baik. Melalui hasil simulasi dari gambar 4.6 yaitu performansi banyaknya user yang digunakan pada sistem MC-CDMA menggunakan kode konvolusi dan subcarrier 16, terlihat bahwa untuk pengguna 12 user dari Eb/No 0 dB sampai dengan 20 dB belum mencapai BER 10^{-3} , untuk pengguna 10 user untuk mencapai nilai BER 10^{-3} di perlukan Eb/No sekitar 14,7 dB sedangkan untuk pengguna 7 user untuk mencapai nilai BER 10^{-3} di perlukan Eb/No sekitar 12,3 dB. Dari hasil simulasi tersebut dapat diketahui bahwa semakin banyaknya jumlah pengguna maka kinerja MC-CDMA akan semakin menurun.

4.7 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil simulasi dan analisa yang telah dibahas sebelumnya maka dapat diketahui kinerja kode konvolusi pada sistem MC-CDMA yaitu dalam bentuk probabilitas kesalahan bit terhadap nilai SNR (dB). Dengan demikian dari simulasi tersebut dapat disimpulkan beberapa pernyataan diantaranya adalah :

1. Untuk subcarrier 16 kinerjanya mencapai BER 10^{-3} dengan nilai Eb/No 13,1 dB sedangkan tanpa kode konvolusi sampai dengan Eb/No 20 dB belum mencapai BER 10^{-3} . Penggunaan kode konvolusi dapat memperbaiki kinerja sistem MC-CDMA.
2. Diketahui bahwa subcarrier 16 kinerjanya mencapai BER 10^{-3} dengan nilai Eb/No 13,1 dB sedangkan subcarrier 8 kinerjanya mencapai BER 10^{-3} dengan nilai Eb/No 16 dB. Semakin banyak jumlah subcarrier yang digunakan maka akan menyebabkan nilai SNR (dB) yang dibutuhkan semakin kecil untuk mencapai BER yang diinginkan.
3. Semakin banyak user yang digunakan maka kinerja MC-CDMA akan menurun. Diketahui bahwa untuk jumlah 7 user kinerjanya mencapai BER 10^{-3} dengan nilai Eb/No 12,5 dB sedangkan untuk jumlah 10 user kinerjanya mencapai BER 10^{-3} dengan nilai Eb/No 15,2 dB.
4. Subcarrier 16 lebih baik 2,9 dB dari subcarrier 8 untuk bit 10000 pada simulasi menggunakan kode konvolusi pada kanal Rayleigh.
5. Subcarrier 16 lebih baik 3,4 dB dari subcarrier 8 untuk bit 10000 pada simulasi menggunakan kode konvolusi pada kanal AWGN.

[5] Daftar Pustaka

- [1] Prasad and Shinsuke Hara, "Overview of Multicarrier CDMA", *IEEE Communications Magazine*, December 1997.
- [2] Eunhee Kim, "Performance of Multicarrier DS CDMA Systems", *Final Report*, December 6, 2002.
- [3] G Leija Hernandez, M Badaoul, Y A Iturri-Hinojosa, "Performance Analysis of Convolutional Coding in CDMA Communication Systems", 2009.
- [4] Meel, J., ir., "Spread spectrum", IWT HOBU Fonds, De Nayer Instituut, October 1999.
- [5] Fleming Chip, "A Tutorial on Convolutional Coding with Viterbi Decoding", 2006.

- [6] E.A. Al-Susa and A.C.McCormick, "Multicarrier CDMA for future generation mobile communication", *Electronics & Communication Engineering Journal*, April 2002.