

ANALISIS KINERJA SISTEM KOMUNIKASI SELULER-WCDMA DENGAN MENGGUNAKAN MULTIUSER DETECTION (MUD) BERBASIS MMSE DAN PIC UNTUK ARAH UPLINK

Dhuhanisfu Syaibana¹, Rina Pudji Astuti², Gelar Budiman³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Sistem komunikasi seluler pada saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Salah satunya adalah WCDMA yang merupakan salah satu standard pada generasi pita lebar (3GPP). Pada sistem komunikasi seluler WCDMA ini masih mempunyai beberapa gangguan seperti pada system DS-CDMA, yaitu inter symbol interference (ISI) dan Multiple Access Interference (MAI). Semua gangguan itu terjadi karena rusaknya orthogonalitas kode penegar yang digunakan dan pengguna jamak pada sistem WCDMA.

Salah satu teknik yang dapat mengurangi gangguan yang terdapat pada sistem komunikasi seluler WCDMA tersebut adalah Multiuser Detection (MUD). Multiuser Detection ini digunakan untuk mendeteksi informasi dari sinyal user yang ditransmisikan secara serentak dan simultan dengan didasarkan sinyal terima pada kondisi kanal yang terburuk. Pada penelitian kali ini akan dianalisis kinerja WCDMA yang menggunakan penggabungan MUD suboptimal linier (MMSE) dan MUD suboptimal nonlinier (PIC). Karena dengan menggunakan penggabungan MUD MMSE dan PIC akan lebih optimal menangani adanya MAI pada sistem WCDMA dibanding menggunakan salah satu MUD.

Pada tugas akhir ini telah dianalisis kinerja dari sistem WCDMA berbasis multiuser detection MMSE dan PIC. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa performansi penggabungan dua multiuser detection MMSE-PIC jauh lebih baik dibandingkan dengan tidak menggunakan MUD. Untuk mencapai BER 10⁻⁴, sistem W-CDMA yang menggunakan MMSE-PIC hanya membutuhkan SNR 6 dB. Sedangkan sistem W-CDMA yang tidak menggunakan MUD belum bisa mencapai BER 10⁻⁴ pada range SNR -5 dB sampai 10 dB. Performansi MMSE-PIC juga akan menurun seiring bertambahnya jumlah user, dan bertambahnya kecepatan user.

Kata Kunci : WCDMA, MUD, PIC, MMSE, ISI

Telkom
University

Abstract

Cellular system currently experiencing rapid growth. One of them is WCDMA, which is one standard in broadband generation (3GPP). In WCDMA cellular communication system is still having some problems like the DS-CDMA systems, it is the inter symbol interference (ISI) and Multiple Access Interference (MAI). All disorders that occur due to the destruction orthogonalitas spreading code used and the users of the plural in the WCDMA system.

One technique that can reduce the interference contained in the WCDMA mobile communication system is multiuser detection (MUD). Multiuser detection is used to detect the information of the user signals simultaneously transmitted and received simultaneously with a signal based on the worst channel condition. In this research will analyze the performance of WCDMA that uses combining suboptimal linier MUD (MMSE) and suboptimal nonlinear MUD (PIC). Because with combine the MMSE and PIC MUD will be optimized to handle the MAI on the WCDMA system than using one of the MUD.

In this final project has analyzed the performance of WCDMA system based on MMSE and PIC multiuser detection. The results of this study indicate that the performance of the merger of two MMSE-PIC multiuser detection is much better than not using a MUD. To achieve the BER 10^{-4} , W-CDMA systems using MMSE-PIC only requires SNR 6 dB. While W-CDMA systems that do not use a MUD can not be achieved BER 10^{-4} in range SNR -5 dB to 10 dB. The performance of MMSE-PIC will also decrease with increase in the number of users, and increasing the speed of the user.

Keywords : WCDMA, MUD, PIC, MMSE, ISI

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

UMTS atau yang sering dikenal dengan *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA) merupakan sebuah generasi ketiga (3G) dari sistem komunikasi bergerak/seluler yang dirancang untuk mendukung jangkauan aplikasi yang berbeda dengan tampilan *Quality Of Service* (QOS) yang bervariasi. WCDMA ini adalah system *Direct Sequence CDMA* (DS-CDMA) pita lebar, dimana bit informasi dari pengguna jamak tersebar melalui *bandwidth* yang lebar dengan cara multiply data pelanggan dengan chip yang dibentuk dari *CDMA spreading code*.

Pada sistem W-CDMA sinyal interferensi, *multipath* atau *jamming* akan ikut tersebar pada saat pengalihan oleh kode penebar yang saling *orthogonal* satu sama lainnya. Rusaknya *orthogonalitas* pada kode *pseudo-random* mengakibatkan munculnya *multiple access interference* di receiver sehingga performansi sistem menurun. Selain itu, kanal radio juga mengakibatkan sifat *orthogonal* dari setiap kode penebar ini semakin parah, karena adanya pantulan dan hamburan yang disebabkan adanya sinyal yang menabrak penghalang (*obstacle*). Untuk mengurangi *Multiple Access Interference* ini dapat dilakukan dengan teknik *Multiuser Detection* (MUD). *Multiuser Detection* ini merupakan suatu *Multiuser Receiver* yang dapat mengetahui *spreading waveform* dari seluruh user dan secara bersama-sama mendeteksi dan men-demodulasi seluruh sinyal *user* pada arah *uplink*. Secara garis besar MUD dibagi menjadi 2, yaitu MUD optimal (MLSE) dan MUD suboptimal (MMSE, Decorrelator, PIC, SIC, Decision Feedback). MUD suboptimal tidak terlalu sulit untuk diaplikasikan karena kompleksitanya yang tidak terlalu rumit, namun MUD suboptimal ini dalam mendeteksi sinyal *user* tidak se-maksimal seperti MUD optimal.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisis mengenai WCDMA dengan teknik MUD suboptimum *decorrelator* dan SIC. Pada penelitian tersebut menghasilkan performansi sistem yang meningkat dengan menggunakan penggabungan MUD suboptimum. Namun pada penelitian sebelumnya masih

bermasalah dengan kurang maksimalnya kinerja MUD *decorrelator* dan SIC dalam mengatasi MAI, serta kurang optimalnya kinerja MUD pada sistem yang menggunakan kode walsh. Sedangkan pada penelitian kali ini dilakukan suatu penelitian pada system WCDMA yang menggunakan kode penebar *m-sequence* dan teknik penggabungan MUD suboptimum linier MMSE dan suboptimum non-linier PIC. Sehingga penelitian ini menghasilkan performansi sistem WCDMA yang lebih baik dengan menggunakan penggabungan MUD MMSE-PIC.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memodelkan sistem W-CDMA dengan menggunakan penggabungan dari kedua jenis *Multiuser Detection* suboptimum, yaitu MMSE (suboptimum linier) dan *Parallel Interference Cancellation* (suboptimum nonlinier).
2. Mensimulasikan cara kerja algoritma penggabungan dua jenis *Multiuser Detection* MMSE dan PIC untuk meningkatkan performansi *multiuser* WCDMA.
3. Menganalisis unjuk kerja penggabungan *Multiuser Detection* MMSE dan PIC pada sistem WCDMA.
4. Menganalisis pengaruh penggabungan *Multiuser Detection* MMSE dan PIC pada sistem WCDMA untuk arah *uplink*.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh pada system W-CDMA setelah menggunakan MUD *Minimum Mean Square Error* (MMSE) dan *Parallel Interference Cancellation* (PIC) ?
2. Bagaimana kinerja dari sistem W-CDMA yang menggunakan MUD *Minimum Mean Square Error* (MMSE) atau *Parallel Interference Cancellation* (PIC) dan kinerja sistem WCDMA yang menggunakan penggabungan MUD MMSE dan PIC?
3. Bagaimana BER dan SNR pada sistem WCDMA berbasis MMSE dan PIC dengan kondisi *user* yang mempunyai kecepatan berbeda?

Analisis Kinerja Sistem Komunikasi Seluler-WCDMA Dengan Menggunakan Multiuser Detection (MUD) Berbasis MMSE dan PIC Untuk Arah Uplink

4. Bagaimana pengaruh jumlah *user* terhadap sistem W-CDMA yang menggunakan MUD *Minimum Mean Square Error* (MMSE) dan *Parallel Interference Cancellation* (PIC)?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan disinggung pada penelitian ini adalah :

1. Kanal propagasi yang digunakan adalah kanal *Multipath Rayleigh Fading* dan AWGN.
2. Mengacu pada standard 3GPP.
3. Simulasi menggunakan Matlab R2009a.
4. Dievaluasi pada sistem WCDMA arah *uplink*.
5. Menggunakan *mapper* BPSK.
6. Performansi sistem yang digunakan adalah *Bit Error Rate* (BER) dan *Signal to Noise Ratio* (SNR).
7. Pemodelan sistem WCDMA sinkron.
8. Tidak menggunakan ADC dan DAC.
9. Tidak menggunakan blok *scrambling code*.
10. Tidak membahas penggunaan *Rake Receiver*.
11. *Power control* dianggap sempurna.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Studi Literatur
Melakukan studi literature dengan memahami konsep dan teori pendukung yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Proses pembelajaran melalui pustaka-pustaka yang berkaitan dengan penelitian, baik berupa buku dan jurnal ilmiah.
2. Perancangan Model dan Simulasi
Perancangan model dan simulasi untuk mendapatkan data-data yang akan dianalisa. Pada tugas akhir ini, perancangan model dan simulasi. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab R2007a.
3. Analisis Hasil Simulasi

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap parameter-parameter kinerja sistem.

4. Penarikan Kesimpulan

Mengambil kesimpulan dari hasil penelitian serta memberikan saran untuk proses selanjutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam menyelesaikan tugas akhir ini dibagi dalam beberapa bab yaitu :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi, hipotesa awal, dan sistematika penulisan.

BAB II : DASAR TEORI

Pada bab ini berisi teori yang mendukung dan mendasari penulisan tugas akhir ini, yaitu teori dasar tentang transmitter dan receiver dari sistem W-CDMA, kanal propagasi, sistem MUD MMSE dan PIC.

BAB III : PEMODELAN SISTEM DAN SIMULASI

Pada bab ini berisi pemodelan simulasi PIC yang digabungkan dengan teknik MMSE pada sistem W-CDMA mulai dari sisi pemancar hingga penerima.

BAB IV : ANALISA SIMULASI

Pada bab ini berisi analisa dari hasil simulasi yang telah dilakukan, seperti : keterkaitan BER dengan SNR, pengaruh penambahan jumlah *user*, pengaruh kecepatan user, pengaruh kondisi sinyal oleh *user* (berupa grafik).

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran berdasarkan analisa dari hasil simulasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisa yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi didapatkan sistem WCDMA menggunakan MUD berbasis MMSE dan PIC menunjukkan performansi disetiap *stage* selanjutnya semakin baik dibandingkan dengan *stage* sebelumnya. Pada *stage* ke-1 mencapai SNR 10 dB dengan BER 10^{-3} , *stage* ke-2 mencapai SNR 8 dB dengan BER 10^{-3} , *stage* ke-3 mencapai SNR 5 dB dan 9 dB dengan BER 10^{-3} dan 10^{-4} .
2. Pada sistem yang menggunakan penggabungan dua *multiuser detection* MMSE dan PIC, memiliki performansi yang lebih baik. Hal ini dapat dilihat untuk *sistem* yang hanya menggunakan penerima WCDMA konvensional, tidak pernah mencapai BER 10^{-4} . Sedangkan *sistem* yang menggunakan MMSE-PIC memiliki performansi terbaik, yaitu untuk mencapai BER 10^{-4} hanya membutuhkan SNR 6 dB.
3. Pada sistem yang menggunakan penggabungan MUD MMSE dan PIC, memiliki performansi yang paling baik. Untuk *sistem* yang hanya menggunakan MMSE atau PIC mencapai BER 10^{-3} dengan SNR yang dibutuhkan oleh masing-masing MUD yaitu antara 10 dB dan 6 dB untuk PIC. Dan untuk MUD PIC mencapai BER 10^{-4} pada SNR 10 dB. Namun *sistem* yang menggunakan MMSE-PIC memiliki performansi terbaik, yaitu untuk mencapai BER 10^{-3} dan 10^{-4} hanya membutuhkan SNR 3 dB dan 6 dB.
4. Dengan bertambahnya kecepatan pada *user*, maka akan mengakibatkan penurunan performansi sistem karena bertambahnya pergeseran frekuensi dan fluktuasi daya yang semakin cepat berubah. Hal ini juga diakibatkan sering terjadinya pantulan, sehingga antar kode penyebar *PN-sequence* akan saling mempengaruhi. Terlihat pada hasil simulasi dengan kecepatan 3 km/jam mencapai BER 10^{-4} pada SNR 4,8 dB, sedangkan pada user kecepatan 50

km/jam mencapai BER 10^{-4} pada SNR 10 dB dan user dengan kecepatan 120 km/jam hanya bisa mencapai BER 10^{-3} pada SNR 8 dB.

5. Seiring dengan bertambahnya jumlah *user* maka performansi dari sistem pun akan menurun. Hal tersebut dapat terjadi karena semakin banyak *user* yang mengakses secara bersamaan tersebut maka sinyal penginterferensi pun akan semakin bertambah. Pada hasil simulasi dengan pertambahan jumlah user, sistem dengan jumlah user 3 dapat mencapai BER 10^{-4} dengan SNR 9,8 dB. Sedangkan sistem dengan jumlah user 4 dan 5 belum bisa mencapai BER 10^{-4} pada range SNR -5 dB sampai 10 dB.
6. Pada kondisi kanal yang berbeda menyebabkan perbedaan performansi dari penggabungan MUD MMSE dan PIC. Pada kondisi sistem dengan AWGN menunjukkan performansi mencapai SNR -1,5 dB dengan BER 10^{-4} yang lebih baik daripada kondisi sistem menggunakan penggabungan AWGN dengan *Rayleigh* untuk BER yang sama memerlukan SNR 10 dB.
7. Sistem mempunyai performansi yang lebih baik ketika menggunakan kode *walsh* dibanding menggunakan kode *m-sequence*. Pada BER 10^{-4} sistem yang menggunakan kode *walsh* tercapai pada SNR 6 dB, sedangkan yang menggunakan kode *m-sequence* tercapai pada SNR 10 dB. Namun performansi sistem yang menggunakan kode *m-sequence* akan memperlihatkan perbaikan yang optimal dibanding menggunakan kode *walsh*. Terlihat pada hasil simulasi perbandingan antara WCDMA konvensional dengan penggunaan sistem berbasis MUD MMSE-PIC.

5.2 SARAN

Untuk menyempurnakan penelitian mengenai *multiuser detection* pada sistem WCDMA ini ada beberapa hal lain yang dapat dilakukan :

1. Menggabungkan jenis *Multiuser Detection* yang sejenis seperti MMSE dengan *decorrelator* atau SIC dengan PIC.
2. Menggunakan sistem yang berbeda seperti MC-DSCDMA
3. Mengaplikasikan langsung pada DSP card seperti TMS.
4. Menggunakan modulasi yang berbeda, seperti modulasi QPSK atau 16 QAM.

Analisis Kinerja Sistem Komunikasi Seluler-WCDMA Dengan Menggunakan Multiuser Detection (MUD) Berbasis MMSE dan PIC Untuk Arah Uplink

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ang, Peter. *Multiuser Detection for CDMA Systems*. Paper by A. Duel-Halle, J. Holtzman, and Z. Zvonar. 1995
- [2] Bhashyam, Srikrishna. *Performance of Iterative Multiuser Decoding and Channel Estimation in WCDMA system*. ECE Department, Rice University, USA.
- [3] Kühn, Volker. *Parallel Interference Cancellation in Coded DS-CDMA System*. University of Bremen, Germany
- [4] Chang W. Jim. *Summary of Delay Profiles for MBWA*. IEEE C802.20-03177
- [5] Haykin, Simon . 2001. *Communication System*, New York: John Wiley & Sons, Inc
- [6] Kühn, V. *Combined MMSE-PIC in coded OFDM-CDMA systems. Proceedings IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM'2001)*. pp. 231-235. November 2001.
- [7] Muayadi, Aly., *Sistem Komunikasi Bergerak*, Jurusan Teknik Elektro, STT TELKOM, 2005.
- [8] Kühn, V. 2001. *Combined Linier and Nonlinier Multi-User Detection for Coded OFDM-CDMA*. Department of Communication Engineering, University of Bremen.
- [9] Rappaport, Theodore S, 2002. *Wireless Communication*, New Jersey: Prentice Hall.
- [10] Trisyana P, Gugum. *Analisis Perbandingan Kinerja Sistem WCDMA Sebelum dan Setelah Ditambahkan Proses Multiuser Detection (MUD) Decorellator dan Successive Interference Cancellation (SIC)*. Institut Teknologi Telkom, 2010.

- [11] Feuersanger, Martin. and Kuhn, Volker. 2001. *Combating Near Far Effects of Linier MMSE Multiuser Detection in Coded OFDM-CDMA*. University of Bremen, FB-1, Department of Communications Engineering.
- [12] Ahmed Ali, Adel. *On WCDMA Detection-A Review*. Dept. Of Electrical Engineering, King Saud University. Saudi Arabia.
- [13] Holma, H., and A. Toskala (eds.), *WCDMA for UMTS*, Chichester, England: John Wiley & Sons, Ltd., 2000.
- [14] Hardian, Ilham. *Analisis Kinerja DS-CDMA dengan Multiuser Detection (MUD) Berbasis Decorrelator dan Successive Interference Cancellation (SIC)*. Institut Teknologi Telkom. 2009.
- [15] Moradi, Hasan., Samie, Mahdi., Fallah-Pour, Maryam. *An Overview of MAI Effect on the Uplink Performnce of the UMTS Air Interface*. Iran Telecommunications Research Center, Tehran, Iran. 2006.
- [16] Hanzo, L. 2003. *Single and Multicarrier DS-CDMA* . Inggris: John Wiley & Sons, Ltd
- [17] Sa'iyanti, Noviana Purwita., Pratiarso, Aries. *Pembuatan Modul Praktikum Teknik Modulasi Digital FSK, BPSK, dan QPSK dengan Menggunakan Software*. Politeknik Negeri Surabaya, Surabaya.
- [18] Guo, Dongning., Ras Mussen, Lars K., Joon Lim, Teng. *MMSE-Based Linier Parallel Interference Cancellation In Long-Code CDMA*. Princeton Univrsity, USA.
- [19] Listiyaningsih, Linda. *Simulasi Multiuser Detection Berbasis Kombinasi Minimum Mean Square Error (MMSE) dan Parallel Interference Cancellation (PIC) pada MC-CDMA*. Institut Teknologi Telkom. 2009.