

ANALISIS PENGARUH CPM PADA KAPASITAS SISTEM MIMO MC-CDMA MULTIUSER DALAM LINGKUNGAN FADING RAYLEIGH (ANALYSIS OF CPM INFLUENCE TO CAPACITY OF MIMO MC-CDMA MULTIUSER SYSTEM IN RAYLEIGH FADING CHANNEL)

Lina Yuni Astuti¹, -²

¹Magister Elektro Komunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Pada tesis ini penulis melakukan pengujian terhadap pengaruh CPM pada kapasitas sistem MIMO MC-CDMA Multiuser pada kanal fading Rayleigh dengan simulasi menggunakan Matlab. Pengaruh CPM ini akan dibandingkan dengan modulasi lain yaitu M-PSK dan GMSK, dengan lingkungan dan sistem yang sama. Skema dari sistem dirancang meliputi subsistem baseband processing, yang terdiri dari mapper, subsistem MC-CDMA, dan subsistem MIMO 2x2 dengan STBC encoder beserta estimasi kanal oleh STBC decoder. Simulasi sistem dilakukan dengan software Matlab 7.0 pada kondisi kanal AWGN dan kondisi kanal fading terdistribusi Rayleigh i.i.d. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem dengan menggunakan CPM menghasilkan kapasitas sistem yang sama dengan M-PSK dan lebih baik daripada GMSK untuk semua kondisi yang disimulasikan, hal ini dikarenakan simbol set (M) yang digunakan sama untuk QPSK dan M-PSK. Sebagai pembanding, dalam Tesis ini pun akan dilihat perbandingan kualitas antara ketiga modulasi di atas, sehingga dapat disimpulkan performansi dari masing-masing modulasi dilihat dari sisi kualitas dan kapasitas.

Kata Kunci : CPM, M-PSK, GMSK, mapper, MC-CDMA, MIMO, STBC, Multiuser, Kapasitas.

Abstract

In this thesis, the writer examines the effect of CPM to MIMO MC CDMA Multi-user system capacity in Rayleigh fading channel through Matlab simulation. The effect of CPM will be compared to other modulations, M-PSK and GMSK, under the same system and environment. The scheme of the designed system incorporates baseband processing subsystem, mapper, MC-CDMA subsystem, MIMO 2 x 2 with STBC encoder. The system simulation is operated with Matlab 7.0 software at AWGN channel and distributed Reyleigh i.i.d fading. The simulation result shows that the system utilizing CPM produces a better system capacity than GMSK, but as better as M-PSK, in every simulated environment. The same value of system capacity is because we use the same symbol set (M) parameter for CPM and M-PSK. As a comparison, in this Thesis, the writer had made the quality comparation between three modulation systems, so we can see the performance modulation systems from capacity and quality.

Keywords : CPM, M-PSK, GMSK, mapper, MC-CDMA, MIMO, STBC, Multiuser, Capacity.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem nirkabel di Indonesia pada beberapa tahun yang akan datang diperkirakan akan membutuhkan sarana komunikasi yang lebih kompleks dari sekarang. Dimana kebutuhan *bandwidth* lebih bervariasi, mulai dari yang sempit (misal untuk komunikasi suara) sampai yang sangat lebar (misal untuk pengiriman gambar/video), dengan kebutuhan kualitas sinyal yang bervariasi pula dan didukung oleh infrastruktur dengan standar dan spesifikasi yang beragam. Untuk memenuhi kebutuhan pelanggan tersebut, dikembangkan/diteliti teknologi yang mendukung. Sejak tahun 1990-an telah mulai diteliti MIMO sistem (*multiple input multiple output*), sistem ini memungkinkan diperoleh penggunaan efisiensi *bandwidth* yang cukup besar, sehingga dapat memenuhi kebutuhan *transmission bandwidth* yang lebar [1,2].

Kelebihan sistem MIMO dibandingkan dengan sistem yang lain tidak membuat para peneliti berhenti melakukan pengembangan sistem. Salah satu subsistem yang memiliki peran sangat penting, sistem modulasi, juga ikut dikembangkan dari waktu ke waktu. Sistem modulasi hasil pengembangan para peneliti menunjukkan kinerja bahwa kualitas sistem haruslah lebih baik serta mampu mengurangi kapasitas informasi yang dikirimkan, dengan kata lain *bandwidth* yang diperlukan sistem lebih sedikit dibandingkan sistem modulasi sebelumnya.

Sistem *Continuous Phase Modulation* merupakan sistem modulasi yang menunjukkan kinerja lebih baik dari modulasi M-PSK

[3], yang sekarang masih digunakan dalam sistem komunikasi sebagai sistem standar. Pada penelitian ini penulis mencoba untuk menggabungkan kelebihan sistem CPM dengan sistem MIMO MC-CDMA dan membandingkan unjuk kerja sistem tersebut dengan sistem modulasi konvensional (M-PSK dan GMSK).

1.2 Perumusan Masalah

Perancangan dan analisis sistem MC CDMA-MIMO dengan modulasi CPM dan GMSK yang akan dilakukan pada penelitian ini terfokus pada beberapa hal antara lain :

1. Bagaimana kapasitas sistem MIMO MC-CDMA Multiuser bila menggunakan modulasi CPM dan melakukan analisis komparasi dengan sistem modulasi M-PSK dan GMSK.
2. Membandingkan unjuk kerja dari tiap sistem dilihat dari sisi kapasitas dan kualitas dari sistem.
3. Menganalisis sebab dari dikembangkannya modulasi CPM di masa yang akan datang pada sistem *wireless*.

Sistem CPM akan ditempatkan setelah pemrosesan informasi dalam kawasan *baseband*, dimana masukan sistem modulasi masih merupakan masukan biner setelah proses *baseband*. Modulasi GMSK pada sistem ini ditempatkan pada posisi yang sama dengan CPM.

1.3 Tujuan & Kegunaan

1.3.1 Tujuan

Tesis yang akan dikerjakan ini memiliki tujuan antara lain :

1. Merancang dan menganalisis kapasitas bagian modulasi CPM pada sistem MIMO MC-CDMA dengan menggunakan perangkat lunak Matlab.
2. Menganalisis kapasitas sistem jika menggunakan bagian pengkodean waktu ruang (STBC) dengan melakukan pengujian sistem MIMO MC-CDMA dan sistem CPM.
3. Menganalisis kapasitas sistem MIMO-MC-CDMA pada kanal fading Rayleigh pada kondisi kanal yang tidak diketahui oleh *transmitter*.
4. Melakukan analisis kapasitas sistem dan melakukan perbandingan dengan sistem MIMO MC-CDMA Multiuser dengan sistem modulasi konvensional (M-PSK atau GMSK).
5. Melakukan perbandingan performansi sistem, dilihat dari sisi kapasitas dan kualitas yang dicapai sistem.

1.3.2 Kegunaan

Kegunaan dari penelitian tentang konfigurasi MIMO MC-CDMA sebagai judul thesis ini diklasifikasikan menjadi beberapa sudut pandang, antara lain :

- a. **Berdasarkan sudut pandang penulis/penyusun thesis** : Penelitian ini berguna sebagai salah satu

Telkom
University

syarat/mekanisme untuk kelulusan mahasiswa pada obyek/mata kuliah thesis yang mana obyek thesis sendiri merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program magister.

b. **Berdasarkan sudut pandang institusi/kampus pada jurusan/peminatan yang diambil mahasiswa penyusun thesis tersebut:**

Penelitian ini berguna sebagai salah satu hasil karya ilmiah mahasiswa yang memperkaya wahana perkembangan teknologi berbasis pada kampus dan berpotensi untuk meningkatkan citra institusi dalam dunia teknologi. Selain itu penelitian ini juga bermanfaat untuk publikasi hasil penelitian institusi ke dunia penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga makin banyak penelitian mahasiswa yang dipublikasikan maka makin tinggi kualitas institusi secara nasional berdasarkan *grade* akreditasinya.

c. **Berdasarkan sudut pandang masyarakat :**

Penelitian ini berguna sebagai sarana pengembangan teknologi telekomunikasi nirkabel yang memiliki performansi yang lebih baik pada sistem MIMO dengan pengkodean STBC bermakna bahwa biaya/beban (*charging*) telekomunikasi pada masyarakat akan lebih murah.

Telkom
University

1.4 Hipotesis

Pada beberapa tahun yang akan datang, *wireless systems* di Indonesia diperkirakan akan membutuhkan sarana komunikasi yang lebih kompleks dari sekarang. Untuk memenuhi kebutuhan pelanggan tersebut, dikembangkan/diteliti teknologi yang mendukung, dimana sejak tahun 1990-an telah mulai diteliti sistem MIMO (*multiple input multiple output*), sistem ini memungkinkan diperoleh penggunaan efisiensi *bandwidth* yang cukup besar, sehingga dapat memenuhi kebutuhan *transmission bandwidth* yang lebar.

Parameter keberhasilan dari perancangan konfigurasi sistem MIMO MC-CDMA dengan sistem CPM diantaranya adalah adanya sistem modulasi yang efektif dan efisien dan adanya sistem pengkodean berbasis *space-time coding* yang orthogonal (orthogonal STBC). Diduga dengan konfigurasi tersebut akan dihasilkan suatu sistem telekomunikasi nirkabel yang mengalokasikan *bandwidth* yang lebih sempit dan performansi sistem yang bertambah baik.

1.5 Pembatasan Masalah

Hal-hal yang akan menjadi pembatasan masalah pada topik thesis yang penulis ambil antara lain sebagai berikut :

1. Perancangan sistem MIMO MC-CDMA *Multiuser* dilakukan dengan perangkat lunak Matlab 7 berdasarkan *m-files*.
2. Thesis ini hanya membahas kondisi kanal yang tidak diketahui oleh *transmitter*.

Telkom
University

3. Pemodelan kanal pada thesis ini dibatasi pada kanal *multipath fading* terdistribusi Rayleigh (i.i.d).
4. Pada thesis ini tidak disertakan kontrol daya sebagai salah satu subsistem yang mendukung sistem MIMO MC-CDMA.
5. Pemodelan sistem yang dirancang pada penelitian ini hanya dapat digunakan untuk transmisi *downlink* sisi transmisi.
6. Skema modulasi lain yang akan menjadi pembanding adalah dibatasi pada 3 jenis modulasi antara lain : M-PSK, CPM dan GMSK.
7. Sebagai tambahan analisis, akan dilakukan perbandingan performansi dari tiap sistem, dilihat dari segi kapasitas dan kualitas sistem.

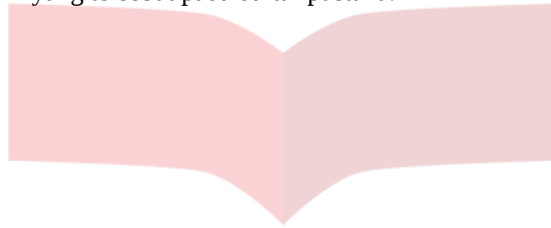
1.6 Metode Penelitian

1. Melakukan studi literatur dengan mempelajari permasalahan yang berkaitan dengan sistem CPM dan sistem MIMO MC-CDMA khususnya terkait dengan sistem modulasi, sistem pengkodean dan sistem estimasi kanal .
2. Merancang sistem MIMO MC-CDMA dengan sistem CPM yang akan bekerja pada kanal *fading* frekuensi flat yang terdistribusi Rayleigh (i.i.d).
3. Penelitian dilakukan dengan bentuk simulasi program dengan menggunakan *software* Matlab 7 yang memungkinkan peneliti

Telkom
University

memanipulasi variabel-variabel input dan meneliti akibatnya terhadap kapasitas sistem MIMO MC-CDMA dengan CPM.

4. Pengambilan data dilakukan dari hasil pengujian simulasi dengan pengubahan data pada subsistem keseluruhan yang tetap untuk dilakukan analisis unjuk kerja subsistem.
5. Pengumpulan data-data penunjang diperoleh dari hasil simulasi yang dilakukan dan dari data-data yang diperoleh dari paper yang tersebut pada daftar pustaka.



Telkom
University



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan untuk menghitung kapasitas sistem MIMO MC-CDMA Multiuser dengan jenis modulasi yang bervariasi dan jumlah antena serta skema sistem yang bervariasi, dapat diambil kesimpulan secara umum sebagai berikut :

1. Kapasitas CPM pada seluruh sistem baik sistem SISO, MIMO, sistem SISO MC-CDMA, dan sistem MIMO MC-CDMA sama dengan QPSK dan lebih tinggi daripada kapasitas GMSK, dengan kebutuhan level SNR lebih rendah yang bervariasi sampai dengan 3 dB.
2. Kualitas CPM pada seluruh sistem baik sistem SISO, MIMO, sistem SISO MC-CDMA, dan sistem MIMO MC-CDMA lebih tinggi daripada kualitas GMSK dan QPSK, dengan kebutuhan level SNR lebih rendah yang bervariasi dari sampai dengan 15 dB untuk QPSK dan sampai dengan 6 dB untuk GMSK.
3. Kapasitas CPM dengan MC-CDMA lebih tinggi daripada kapasitas CPM tanpa MC-CDMA, sistem SISO MC-CDMA dengan CPM membutuhkan level daya SNR lebih rendah 3 dB daripada sistem SISO tanpa MC-CDMA untuk mencapai kapasitas sistem 1.5 bit/dt/Hz.
4. Kualitas CPM dengan SISO MC-CDMA lebih tinggi daripada kualitas CPM SISO tanpa MC-CDMA, sistem SISO MC-CDMA dengan CPM membutuhkan level daya SNR lebih

- rendah 3 dB daripada sistem SISO tanpa MC-CDMA untuk mencapai kualitas sistem 10^{-2} .
5. Kapasitas CPM pada sistem MIMO MC-CDMA lebih tinggi daripada kapasitas CPM pada sistem MIMO tanpa MC-CDMA, sistem MIMO MC-CDMA dengan CPM membutuhkan level daya SNR lebih rendah 3.5 dB daripada sistem MIMO tanpa MC-CDMA untuk mencapai kapasitas sistem yang sama.
 6. Kualitas CPM pada sistem MIMO MC-CDMA lebih tinggi daripada kualitas CPM pada sistem MIMO tanpa MC-CDMA, sistem MIMO MC-CDMA dengan CPM membutuhkan level daya SNR lebih rendah 10 dB daripada sistem MIMO tanpa MC-CDMA untuk mencapai kualitas sistem yang sama.
 7. Kapasitas sistem MIMO dengan CPM lebih tinggi daripada kapasitas sistem SISO dengan CPM, pada SNR 20 dB kapasitas sistem MIMO lebih tinggi 1.5 bit/dt/Hz daripada kapasitas sistem SISO.
 8. Kualitas sistem MIMO dengan CPM lebih tinggi daripada kapasitas sistem SISO dengan CPM, pada BER 10^{-2} SNR yang dibutuhkan berkurang sekitar 15 dB daripada kualitas sistem SISO.
 9. Kapasitas sistem MIMO MC-CDMA pada modulasi CPM lebih tinggi daripada kapasitas sistem SISO MC-CDMA dengan CPM, pada SNR 20 dB kapasitas sistem MIMO MC-CDMA lebih tinggi sekitar 2 bit/dt/Hz daripada kapasitas sistem SISO MC-CDMA.
 10. Kualitas sistem MIMO MC-CDMA pada modulasi CPM jauh lebih tinggi daripada kualitas sistem SISO MC-CDMA dengan

Telkom
University

CPM, pada BER yang sama level SNR yang dibutuhkan berkurang sekitar 17 dB, daripada sistem SISO MC-CDMA

11. Semakin banyak jumlah *user* aktif maka semakin tinggi kapasitas sistem MIMO MC-CDMA dengan modulasi CPM.
12. Semakin tinggi kecepatan *user* maka semakin rendah kapasitas sistem MIMO MC-CDMA *multiuser* namun diikuti dengan semakin mendekati nilai kapasitas sistem yang relatif sama jika jumlah *user* yang aktif bertambah.
13. Semakin besar nilai M_s dari CPM, maka kapasitas yang diperoleh semakin tinggi. Kapasitas tertinggi diperoleh saat M tertinggi, hal ini disebabkan adanya efisiensi *bandwidth* yang lebih besar saat M_s besar.

5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan sistem untuk jumlah antena baik antena kirim maupun antena terima lebih dari 2 sehingga analisis yang dilakukan menjadi lebih menyeluruh terhadap sistem MIMO.
2. Disarankan jenis *encoder* dan modulasi yang diterapkan untuk penelitian ini dikembangkan dengan jenis *encoder* dan modulasi yang lebih baik dengan kualitas yang baik namun dengan *code rate* yang besar.

Telkom
University

DAFTAR PUSTAKA

1. David Gesbert, Mansoor Shafi, Da-Shan Shiu, Peter J. Smith, Ayman Naguib, “*From Theory to Practice : An Overview of MIMO Space-Time Coded Wireless Systems*”, Tutorial Paper, IEEE Journal On Selected Areas In Communication Vol. 21, No.3 April 2003, Oslo University, Norway.
2. Rick S. Blum, Ye (Geoffrey) Li, Jack H. Winters, and Qing Yan, “*Improved Space-Time Coding for MIMO-OFDM Wireless Communications*”, IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, VOL. 49, NO. 11, NOVEMBER 2001.
3. S. Chatterjee, W. A. C. Fernando, M. K. Wasantha, “*Adaptive Modulation Based MC-CDMA System for 4G Wireless Consumer Application*”, School of Advance Technologies, Asian Institute of Technology, 2003.
4. Albert Lee, P.J. McLane, “*Convolutionally Interleaved PSK and DPSK Trellis Codes for Shadowed, Fast Fading Mobile Satellite Communication Channels*”, Department of Electrical Engineering, Queen's University, Kingston, Ontario, 1988.
5. P.J. McLane and Albert Lee, “*Convolutionally Interleaved PSK and DPSK Trellis Codes for Shadowed, Fast Fading Mobile Satellite Communication Channels*”, Queen's University, Department of Electrical Engineering, Kingston, Ontario, 1988.
6. Proakis John G., Salehi Masoud, “*Communication System Engineering*”, Prentice Hall, 1994.
7. Theodore S. Rappaport, “*Wireless Communications*”, Prentice Hall, 2002.

8. J. Proakis, "*Digital Communications*", McGraw Hill, 3rd., 1995.
9. Richard van Nee, Ramjee Prasad, "*OFDM for Wireless Multimedia Communications*", Artech House, Boston, London, 2000.
10. Alamouti SM, "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communication", IEEE Journal on Selected Areas in Communication, vol 16 No.8, October 1998.
11. Hara, Shinsuke and Prasad, Ramjee, "Overview Of Multicarrier CDMA", IEEE Communications Magazine pp. 126-133, December 1997.
12. V. Tarokh, N. Seshadri, and A. R. Calderbank, "Space-time coding for high data rate wireless communication : performance criteria and code construction," IEEE Trans, Inform, Theory, Mar. 1998.
13. Jafarkhani, Hamid, "A Quasi-Orthogonal Space Time Block Code", IEEE Transactions On Communications Letter, Vol. 49, No. 1, January 2001.
14. Kritsada Chongcharoensrisiri, "Sequential Decoding of GMSK in a Rayleigh Fading Channel", Asian Institute of Technology, Thailand, 1997.
15. Gelar Budiman, "Konfigurasi MIMO MC-CDMA pada Fading Rayleigh", Program Pasca Sarjana, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom, 2003.
16. Rohde, Ulrich L., and Jerry C. Whitaker, "Communications Receivers : Principles and Design", 3rd ed., McGraw-Hill, New York, N.Y., 2000.
17. Chengshan Xiao, "Rayleigh Channel Fading Simulator : Problem and Solutions", Dept. of Electrical and Computer Engineering, University of Missouri-Columbia, USA, 2001.

18. Proakis John G., Manolakis Dimitris G., “*Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications*”, Prentice Hall, 1996.
19. Roke Manor Research, “*4G Wireless Technology an Introduction*”, A Siemens Company, UK, 2002.
20. Keller, Thomas and L. Hanzo, “*Adaptive Modulation Techniques for Duplex OFDM Transmission*”, IEEE Trans. on Veh. Tech., Vol. 49, No. 5, September 2000.
21. Haykin, Simon, “*Communication System*”, Prentice Hall, 1998
22. Manolakis, Dimitris G., “*Statistical and Adaptive Signal Processing*”, Prentice Hall, 2001
23. Fonollosa, Javier R, “*Adaptive Modulation schemes for MIMO HSDPA*”, Universitat Politècnica de Catalunya, 2004.
24. Ayman F. Naguib, Vahid Tarokh, Nambi Seshadri, and A. R. Calderban, “*Space-Time Coding And Signal Processing For High Data Rate Wireless Communications*”, AT&T Labs Research, Florham Park, 1998.
25. Ayman F. Naguib, Vahid Tarokh, Nambirajan Seshadri and A.R. Calderbank, “*Space-Time Coding Modem for High Data Rate Wireless Communication*”, IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol. 16, No. 8, October 1998.
26. Shu Lin, Daniel J. Costello Jr, “*Error Correcting Codes*”, New Jersey : Prentice-Hall, 1983.
27. Bernard Sklar, “*Digital Communications, Fundamental and Applications*”, New Jersey : Prentice-Hall, 1988.

28. Hesham M. Al-Salman and Saud A. Al-Semari “*Distance Properties of Space-Time Trellis Codes*” Electrical Engineering Department King Fahd University of Petroleum & Minerals.
29. E. Telatar, “*Capacity of multiantenna Gaussian channels*”, AT&T Bell Laboratories, Tech. Memo., June 1995.
30. G. J. Foschini and M. J. Gans, “*On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas*”, *Wireless Pers. Commun.*, vol. 6, pp. 311–335, Mar. 1998.
31. Volker Kühn Dr. Ing. “*Advanced Topics in Digital Communications*”, Institute for Telecommunications and High-Frequency Techniques Department of Communications Engineering.
32. Valenti, M.C, and Baker, D.A, “*The Impact of Channel Estimation Errors on Space-Time Block Codes*”, Wireless Communications Research, Lab West Virginia University, 2004.
33. Peter Hoeher. “*TCM on Frequency-Selective Land-Mobile Fading Channels*”, German Aerospace Research Establishment, Institute for Communication Technology, D-8031 Oberpfaffenhofen, Germany.
34. Ezio Biglieri, Dariush Divsalar, Peter J McLane, dan Marvin K Simon., “*Introduction to Trellis-Coded Modulation with Application*,” Macmillan, New York. 1991.
35. Shu Lin, Daniel J Costello Jr., “*Error Control Coding : Fundamental and Application*. “, Prentice Hall. Englewood Cliffs. 1983.

36. Omura, J.K., "On the Viterbi Decoding Algorithm" (correspondence), IEEE Trans.Inf.Theory, vol IT15, Januari 1969, pp. 177-179.
37. Karen Su, "Space Time Coding: From Fundamental To The Future", University of Cambridge, 2003.
38. Vijaya Chandran Ramasami, "BER Performance of Baseband Binary Transmission", EECS 862 Project, 2001.
39. Dieter Schafhuber, "MIMO-OFDM Systems", Institute of Radio Communications and Radio-Frequency Engineering, Vienna University of Technology, 2004.
40. Madkour, Mohamed F., "Successive Interference Cancellation Algorithms for Downlink W-CDMA Communications", IEEE Transactions On Wireless Communications, Vol. 1, No. 1, January 2002.
41. Bernard Sklar, "Rayleigh Fading Channels in Mobile Digital Communication Systems Part I : Characterization", IEEE Communication Magazine page 90-100, July 1997.