

ANALISIS KAPASITAS KANAL SISTEM MIMO STBC-OFDM PADA MOBILE WIMAX

Faizal Adi Wardana¹, Rina Pudji Astuti², Budi Prasetya³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Kapasitas kanal merupakan parameter yang penting untuk dianalisis karena menentukan nilai data rate maksimum yang dapat dicapai suatu sistem. Penggunaan sistem MIMO dapat meningkatkan kemampuan transfer data karena mampu mengurai lebih banyak informasi dibanding menggunakan antena tunggal. Salah satu skema yang digunakan dalam MIMO adalah STBC (Space-Time Block Code) yang menawarkan gain diversity. Selain menggunakan MIMO, teknik OFDM juga digunakan untuk meningkatkan keandalan sistem komunikasi dalam mengirimkan informasi. Analisis mengenai kapasitas kanal sistem MIMO STBC-OFDM perlu dilakukan untuk mengetahui peningkatan nilai data rate maksimum yang dapat dicapai oleh sistem yang menerapkan skema tersebut.

Dalam tugas akhir ini, hal yang dianalisis adalah kapasitas kanal sistem MIMO STBC-OFDM pada Mobile WiMAX dengan standar IEEE 802.16/e. Sistem MIMO yang digunakan adalah sistem dengan 2 antena pemancar dan 2 antena penerima. Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengetahui besar kapasitas kanal dan parameter yang mempengaruhinya pada sistem MIMO STBC-OFDM mobile WiMAX pada kanal frequency selective fading dan AWGN dengan permodelan kanal rayleigh. Perhitungan kapasitas kanal dilakukan berdasarkan persamaan kapasitas kanal MIMO STBC.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kondisi user bergerak dengan kecepatan 40 km/jam dan teknik mapping QPSK, pada SNR 20 dB terjadi peningkatan kapasitas kanal sebesar 2.4104 bps/Hz ketika jumlah antena pemancar dinaikkan dari 2 menjadi 4 antena pemancar. Pada SNR 20 dB dan user bergerak dengan kecepatan 40 km/jam, sistem MIMO STBC 2x2 dengan teknik mapping BPSK memiliki kapasitas kanal sistem sebesar 0.9173 bps/hz, sedangkan modulasi QPSK mampu meningkatkan kapasitas kanal hingga 1.5672 bps/Hz. Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa penerapan MIMO dengan skema STBC dan teknik mapping QPSK menyebabkan sistem mengalami penurunan kapasitas kanal sebesar 2.6548 bps/Hz pada kondisi SNR 20 dB dan kecepatan user 40 km/jam dibandingkan dengan skema MIMO spatial multiplexing.

Kata Kunci : MIMO, STBC, OFDM, kapasitas kanal, mobile WiMAX, IEEE 802.16/e

Telkom
University

Abstract

Channel capacity is an important parameter to analyze because it determines the maximum data rate that a system can achieve. The usage of MIMO system can improve the system's ability in transmitting the data because it can transmit more informations in a given time slots compared to a system with single antenna. One of the schemes in MIMO is STBC (Space-Time Block Code) which offers gain diversity. Beside MIMO, OFDM is also implemented to obtain a more reliable communication system. Analysis on channel capacity of MIMO STBC-OFDM is needed to consider the increasing in maximum data rate that can be achieved by a system which implements the scheme.

In this final task, channel capacity of a MIMO STBC-OFDM system in Mobile WiMAX IEEE 802.16/e is analysed. The MIMO which is analyzed is a system with 2 transmitter antennas and 2 receiver antennas. The objective of this final task is to analyze the channel capacity and some influencing parameters in MIMO STBC-OFDM system of Mobile WiMAX in frequency selective fading channel and AWGN with Rayleigh channel model.

The simulation results show that when the user's speed is 40 km/h and SNR 20 dB the system has 2.4104 bps/Hz of improvement in channel capacity if the number of transmitter antennas is increased from 2 to 4 transmitter antennas. In SNR 20 dB and the user's speed is 40 km/h, by using BPSK, the system's channel capacity is 0.9173 bps/hz, while QPSK can improve the channel capacity to 1.5672 bps/Hz. The result also proves that the implementation of MIMO STBC scheme with QPSK decreases the channel capacity by 2.6548 bps/Hz in SNR 20 dB and the 40 km/h of user's speed compared to MIMO with spatial multiplexing scheme.

Keywords : MIMO, STBC, OFDM, channel capacity, mobile WiMAX, IEEE 802.16/e

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi mobile WiMAX hadir untuk menjawab tantangan kebutuhan akses internet terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Dalam tugas akhir ini, standarisasi yang digunakan dalam mobile WiMAX adalah standar IEEE 802.16/e. Teknologi yang menjadi dasar dalam perkembangan standarisasi Mobile WiMAX IEEE 802.16/e adalah teknologi MIMO (Multiple Input Multiple Output) dan OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

Sistem MIMO dapat meningkatkan kemampuan transfer data dan efisiensi spektrum frekuensi. Dalam tugas akhir ini, teknik MIMO yang digunakan adalah STBC (Space Time Block Code) yang menawarkan *gain diversity*. Tidak seperti skema spatial multiplexing yang menekankan pada peningkatan data rate, penggunaan skema STBC lebih ditekankan pada peningkatan kualitas sinyal penerimaan. Analisis kapasitas kanal pada MIMO STBC diperlukan untuk menganalisis apakah skema STBC juga memiliki pengaruh terhadap *data rate* yang dapat dicapai sistem. Selain MIMO, penggunaan OFDM sebagai teknik modulasi multicarrier dalam mobile WiMAX dapat meningkatkan kinerja sistem dalam mengatasi *fading* pada kanal.

Kapasitas kanal menjadi parameter penting yang perlu dianalisis dalam penggunaan sistem MIMO STBC-OFDM pada teknologi mobile WiMAX. Dengan menganalisis kapasitas kanal pada Mobile WiMAX, maka akan diperoleh nilai *data rate* maksimum yang dapat dicapai sistem Mobile WiMAX sehingga dapat diketahui apakah sistem dengan penerapan MIMO STBC-OFDM tersebut sesuai kebutuhan user dalam hal kapasitas kanal.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang akan diteliti dalam Tugas Akhir ini adalah:

- a. Bagaimana kerja sistem MIMO STBC-OFDM pada mobile WiMAX dengan standar IEEE 802.16/e?
- b. Berapa besar kapasitas kanal sistem MIMO STBC-OFDM pada mobile WiMAX?

- c. Parameter apa saja yang mempengaruhi kapasitas kanal pada sistem MIMO OFDM pada mobile WiMAX?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan yang hendak dicapai dari penyusunan TA ini adalah:

- Mensimulasikan perhitungan kapasitas kanal MIMO STBC-OFDM pada mobile WiMAX berdasarkan persamaan menggunakan software MATLAB 7.8.0 dengan berbagai parameter.
- Menganalisis kapasitas kanal sistem MIMO STBC-OFDM pada mobile WiMAX dengan standar IEEE 802.16/e.
- Menganalisis parameter-parameter yang mempengaruhi besar kapasitas kanal sistem MIMO STBC-OFDM pada mobile WiMAX dengan standar IEEE 802.16/e.

1.4 Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan penelitian Tugas Akhir ini, maka ditentukan beberapa batasan masalah:

- Standar yang digunakan pada mobile WiMAX yang dianalisis adalah IEEE 802.16/e.
- Kondisi kanal CSI-R.
- Sistem yang diamati adalah sistem single user.
- Kapasitas kanal yang dihitung adalah pada arah downlink.
- Permodelan kanal menggunakan kanal rayleigh dengan *noise* AWGN.
- Analisis dilakukan pada layer fisik.
- Tidak membahas mengenai performansi sistem dalam tinjauan BER.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap studi literature

Melakukan studi literatur mengenai konsep MIMO STBC, OFDM, kapasitas kanal, dan standar IEEE 802.16/e yang digunakan sebagai parameter.

Analisis Kapasitas Kanal Sistem MIMO STBC-OFDM pada Mobile WiMAX

2. Tahap pengumpulan data

Mengumpulkan data-data hasil studi literatur yang dibutuhkan untuk tahap berikutnya.

3. Tahap perancangan model dan simulasi

Melakukan perancangan dan pemodelan pada sistem yang akan diuji.

4. Tahap pelaksanaan simulasi

Simulasi dilaksanakan menggunakan software MATLAB 7.8.0 dengan kapasitas kanal menjadi parameter yang dianalisis.

5. Tahap analisis dan penarikan kesimpulan

Melakukan analisis terhadap data yang telah didapatkan dari simulasi.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada Bab ini akan dibahas tentang Latar Belakang, Perumusan Masalah, Tujuan Tugas Akhir, Batasan Masalah, Hipotesa, Metodologi Penelitian dan Sistematika Penulisan

BAB II DASAR TEORI

Bab ini merupakan tinjauan pustaka dari konsep kapasitas kanal dan teknologi yang digunakan yakni MIMO STBC dan OFDM

BAB III PERANCANGAN MODEL DAN SIMULASI

Berisi tentang perancangan blok sistem MIMO STBC-OFDM, kanal transmisi, dan model perhitungan kapasitas kanal.

BAB IV ANALISIS

Membahas analisis dari data hasil pengukuran yang telah dilakukan pada tahap perancangan sistem.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi simpulan dari implementasi yang dilakukan serta saran untuk pengembangan di masa mendatang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pada *user* yang bergerak, besar kecepatan *user* tidak memberikan pengaruh terhadap kapasitas kanal. Pada SNR 20 dB, pada kondisi user bergerak dengan kecepatan 3 km/jam kapasitas kanal adalah 1.4814 bps/Hz. Pada kondisi user bergerak dengan kecepatan 20 km/jam, kapasitas kanal pada SNR 20 dB adalah 1.4219 bps/Hz, sedangkan pada user bergerak dengan kecepatan 40 km/jam 100 km/jam, kapasitas kanal masing-masing adalah 1.6261 bps/Hz, dan 1.5496 bps/Hz.
2. Semakin banyak jumlah antena *transmitter* yang digunakan pada sistem MIMO-STBC OFDM, maka kapasitas kanal sistem akan semakin meningkat. Pada SNR 20 dB, sistem MIMO dengan 2 antena pemancar dan 2 antena penerima memiliki kapasitas kanal sebesar 1.6505 bps/Hz, sedangkan dengan 4 antena pemancar dan 2 antena penerima kapasitas kanal sistem MIMO mencapai 4.0609 bps/Hz. Di lain pihak, penambahan jumlah antena juga berpengaruh pada kapasitas kanal sistem namun peningkatan nilai kapasitas kanal tidak sebesar pada penambahan jumlah antena *transmitter*. Pada sistem MIMO-STBC dengan 4 antena pemancar dan 2 antena penerima, kapasitas kanal pada SNR 20 dB adalah 4.0609 bps/Hz. Pada SNR yang sama, kapasitas kanal pada sistem MIMO-STBC dengan 4 antena pemancar dan 4 antena penerima adalah 4.9701 bps/Hz.
3. Semakin tinggi orde teknik *mapping* yang digunakan, maka dengan *transmission rate* yang sama kapasitas kanal sistem akan semakin meningkat. Dengan menggunakan teknik *mapping* BPSK, kapasitas kanal pada SNR 20 dB adalah 0.9173 bps/hz, sedangkan pada SNR yang sama, modulasi QPSK mampu meningkatkan kapasitas kanal hingga 1.5672 bps/Hz.
4. Kapasitas kanal pada sistem MIMO-OFDM dengan skema STBC memiliki kapasitas kanal yang lebih kecil dibandingkan dengan sistem MIMO-OFDM dengan skema *spatial multiplexing*. Pada SNR 20 dB, MIMO dengan skema STBC memiliki kapasitas

kanal sebesar 1.5772 bps/Hz sedangkan MIMO dengan skema spatial multiplexing memiliki kapasitas kanal sebesar 4.2320 bps/Hz.

5. *Data rate* maksimum sesuai dengan standar IEEE 802.16e yakni 32 Mbps pada arah *downlink* dapat dicapai pada SNR sekitar 30 dB pada sistem MIMO-STBC OFDM dengan 2 antena pemancar dan 2 antena penerima menggunakan teknik *mapping* 16QAM ketika *user* bergerak dengan kecepatan 40 km/jam. *Data rate* tersebut dapat pula dicapai pada SNR sekitar 25 dB pada sistem MIMO-STBC OFDM dengan 4 antena pemancar dan 4 antena penerima menggunakan teknik *mapping* QSPK, dengan kondisi *user* bergerak dengan kecepatan 40 km/jam.

5.2 Saran

Adapun saran-saran dari penulis untuk penelitian lebih lanjut adalah :

1. Sistem yang ditinjau pada tugas akhir ini adalah sistem *single user*. Pada penelitian selanjutnya diharapkan penelitian dikukan pada sistem multi user.
2. Dilakukan penelitian tentang kapasitas kanal pada MIMO-STBC pada *Mobile* Wimax dengan kondisi CSITR atau pemancar mengetahui kondisi kanal.
3. Kapasitas kanal dalam tugas akhir ini dihitung dengan penurunan dari persamaan teori informasi. Perlu diteliti lebih lanjut kapasitas MIMO-STBC OFDM yang diperoleh dari simulasi sistem secara utuh.
4. Dilakukan penelitian mengenai performansi BER pada sistem MIMO-STBC OFDM pada Mobile WiMAX

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alamouti, S.M. *A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications*. IEEE Journal on Select Areas in Communications Vol.16 No.8. 1998.
- [2] Holter, Bengt. *Capacity of Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) System in Wireless Communication*. Norwegian University of Science and Technology, 2002.
- [3] Abderrahmane, Anou, Merouane, Mehdi, Messaoud, Bensebti. *Diversity Techniques to combat fading in WiMAX*. University Saad Dahlab. 2008.
- [4] Lim, Teng Joon. *An Introduction to Multicarrier Modulation*. University of Toronto.
- [5] Muquet, B., Biglieri, E., Goldsmith, A., Sari, H. *MIMO Techniques for Mobile WiMAX Systems*. SEQUANS Communication
- [6] Wang, Fan, Ghosh, Amitava, Sankaran, Chandy, et all. *Mobile WiMAX Systems : Performance and Evolution*. Motorola Inc. 2008
- [7] Kadhim , Mohammed Aboud, Ismail, Widad. *Implementation of WIMAX STBC-OFDM (IEEE802.16.d) Baseband Transceiver on a Multi-Core Software-Defined Radio Platform*. Universiti Sains Malaysia. 2010
- [8] Hassibi, Babak, Hochwald, Bertrand M., *High-Rate Codes That Are Linear in Space and Time*. IEEE Transactions on Information Theory, 2002
- [9] Schlegel, Christian, Bagley, Zachary. *MIMO Channels and Space-Time Coding*. WOC. 2002
- [10] Pudji Astuti, Rina, Tati L.R. Mengko, Sugihartono, Andriyan B. Suksmono. *High and Low Rank MIMO Channel Capacity on MIMO-Wireless Communication System*. Institut Teknologi Bandung. 2005.
- [11] Akram, Muhammad Saad. *Pilot-based Channel Estimation in OFDM Systems*. Nokia Mobile Phones. 2007
- [12] Prasetya, Budi. *Sistem Komunikasi II*. STT Telkom. 2003.
- [13] Astuti, Rina Pudji. *Sistem Komunikasi Seluler*. Institut Teknologi Telkom. 2010.
- [14] Paltenghi, Giovanni. *Functional specifications of the adaptive modem IEEE 802.16*. Multichannel Adaptive Information System. 2004.
- [15] Senky, Prabu Gura. *Permodelan Kanal MIMO*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 2008
- [16] www.wikipedia.com/space-time block code. 19/04/2010.

- [17] Hapsari, Daisy Dwi. *Analisa Kapasitas MIMO pada Kanal Fading*. Institut Teknologi Telkom. 2006
- [18] Jubair, Gazi Faisal Ahmed, Hasan, Muhammad Imran, Ullah, Md. Obaid. *Performance Evaluation Pilot-based Channel Estimation in OFDM Systems of IEEE 802.16e (Mobile WiMAX) in OFDM Physical Layer*. Blekinge Institute of Technology. 2009
- [19] ATDI. *Mobile WiMAX from OFDM 256 to S-OFDMA*. 2007
- [20] Firdaus, Eko. *Analisa Performansi Sistem MIMO-OFDM pada Wireless LAN*. Sekolah Tinggi Teknologi Telkom. 2005
- [21] Prasad, Ramjee. *OFDM for Wireless Communication*. Universal Personal Communication. 2004

