

UNJUK KERJA DIFFERENTIAL SPACE-TIME-FREQUENCY CODE PADA SISTEM MIMO-OFDM MELALUI KANAL RAYLEIGH FADING

Wayan Dedy Lesmana¹, Rina Pudji Astuti², Budi Prasetya³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Didapatkan bahwa, untuk memperbesar nilai time delay dari CROws maka parameter-parameter seperti jumlah resonator (N), dan jari-jari resonator(R) diperbesar nilainya. Penambahan jumlah resonator yang digunakan ternyata menambah besar nilai time delay. Begitu juga dengan penambahan jari-jari resonator. Jari-jari resonator yang besar membuat jarak tempuh dari paket data sehingga akan membuat time delaynya semakin besar. Jika pada jumlah resonator (N) = 2, didapatkan besar time delay sebesar $7.8877e-14$ s, maka pada kondisi jumlah resonator (N) = 3, maka didapatkan nilai time delay sebesar $9.0027e-14$ s. Terlihat ada kenaikan nilai time delay dari konfigurasi CROws tersebut.

Pada Tugas Akhir ini diteliti mengenai performansi sistem MIMO-OFDM dengan menggunakan Differential Space-Time-Frequency Code (DSTFC). DSTFC merupakan suatu skema coding yang memanfaatkan sumber diversitas yang berbeda : spatial diversity, temporal diversity, dan frequency diversity, dimana proses pengkodean dilakukan pada subcarrier, multiple OFDM, dan antena. Differential Space-Time-Block Code (DSTBC) merupakan suatu teknik space-time coding yang tidak memerlukan estimasi kanal baik pada sisi pengirim ataupun penerima.

Hasil simulasi menunjukkan melalui penggabungan skema DSTFC pada sistem MIMO-OFDM maka kinerja sistem dapat meningkat sekitar 3 dB jika dibandingkan dengan sistem MIMO-OFDM konvensional. Sistem juga semakin tahan terhadap perubahan kanal yang makin cepat, terlihat dari semakin tingginya coding gain seiring penambahan frekuensi Doppler. Besarnya coding gain yang diperoleh untuk masing-masing kecepatan user : 3 km/jam , 50 km/jam, dan 90 km/jam adalah sebesar 1 dB, 2 dB, dan 4 dB.

Kata Kunci : MIMO, OFDM, DSTFC, Diversitas, Multipath Fading

Abstract

In the future wireless communication, it's needed high data rate and wide bandwidth, but there is limited frequency spectrum. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) as a multicarrier technique offer bandwidth efficiency from the overlapping between subcarriers. Multiple Input Multiple Output (MIMO) which is use several antenna both in transmitter and receiver can solve multipath fading problem. Multipath fading is one of main characteristic in wireless communication system. Diversity is an effective technique to reduce multipath fading effect.

This Final Project analyses the performance of MIMO-OFDM System that use Differential Space-Time-Frequency Code (DSTFC) scheme. DSTFC is a scheme that exploit different sources of diversity : spatial diversity, temporal diversity, and frequency diversity, which codes across subcarriers, multiple OFDM symbols and antennas. Differential Space-Time-Block Code (DSTBC) is a space-time coding technique that do not require channel estimates either at the receiver or at the transmitter.

Simulation results show that by using DSTFC scheme in MIMO-OFDM System can improved the performance about 3 dB than Conventional MIMO-OFDM. Beside it, the system more effective in fast fluctuation channel. It showed by increasing coding gain together with increasing frequency Doppler. The coding gain that was gained for each users movement : 3 kmph , 50 kmph, and 90 kmph are 1 dB, 2 dB, and 4 dB.

Keywords : MIMO, OFDM, DSTFC, Diversity, Multipath Fading

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Saat ini kebutuhan akan komunikasi *wireless* semakin meningkat, tidak hanya kebutuhan akan *voice* dan *data*, tetapi juga *traffic* multimedia. Perkembangan teknologi informasi menuntut sistem komunikasi *wireless* digital untuk menyediakan layanan data kecepatan tinggi (*high data rate*) dengan QoS yang *reliable*.

Salah satu teknik yang dapat diandalkan untuk menyediakan data kecepatan tinggi adalah teknik modulasi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). Dalam OFDM seluruh spektrum frekuensi yang ada dibagi menjadi beberapa *subcarrier* dalam *narrowband* sesuai dengan *bandwidth coherence* dari kanal. Hal ini memberikan ketahanan terhadap kanal *frequency selective fading* untuk transmisi dengan kapasitas besar (*wideband*). Ortogonalitas *subcarrier* OFDM ini menyebabkan spektrum antar *subcarrier* diperbolehkan *overlapping* sehingga penggunaan *bandwidth* akan lebih efisien. Teknik OFDM juga lebih tahan terhadap *Inter Symbol Interference* (ISI) pada lingkungan *multipath fading* ^[8].

Untuk sistem OFDM di masa yang akan datang dibutuhkan beberapa sumber diversitas yang berbeda : *temporal diversity*, *frequency diversity*, dan *spatial diversity*. Solusi optimum untuk memanfaatkan sumber diversitas tersebut adalah skema *Space-Time-Frequency Code* (STFC), dimana pengkodean dilakukan pada *subcarrier*, simbol OFDM, dan antena ^[3].

Multiple Input Multiple Output (MIMO) merupakan suatu terobosan baru pada perkembangan teknologi komunikasi *wireless*. Konsep ini berdasarkan prinsip *multiple* antena *transmit* dan *multiple* antena *receive* dengan *space-time signal processing* yang berimplikasi adanya *diversity gain*. Sedangkan *multiplexing gain* dapat dicapai dengan menggunakan *spatial multiplexing* pada sinyal yang akan dikirim ^[4].

Skema *differential transmit diversity* merupakan suatu skema untuk memanfaatkan *spatial diversity* pada kondisi dimana *transmitter* maupun *receiver*

tidak mempunyai akses terhadap *Channel State Information* (CSI). Keuntungan skema ini adalah pada deteksinya yang bersifat *non-coherent* serta kompleksitas yang rendah saat proses *decoding*. Skema ini menjadi alternatif yang menarik di saat makin sulitnya dilakukan estimasi kanal pada kanal MIMO serta adanya kebutuhan akan *pilot*^[10].

Pada Tugas Akhir ini dianalisis kinerja suatu sistem komunikasi *wireless* dengan menggabungkan penggunaan teknik MIMO-OFDM 2x2 dengan menerapkan skema *Space-Time-Frequency Code* (STFC). Kemudian digunakan algoritma *differential detection* pada sisi penerima. Sistem ini diharapkan mampu mengatasi masalah *multipath fading* serta penghematan *bandwidth*.

1.1 Rumusan Masalah

Beberapa permasalahan pada Tugas Akhir dapat didefinisikan sebagai berikut :

1. Pemodelan sistem MIMO-OFDM dengan skema *Differential Space-Time-Frequency Code* (DSTFC) beserta parameter-parameternya untuk diimplementasikan pada bahasa pemrograman MATLAB 7.1.3.
2. Pendefinisian parameter-parameter kanal MIMO-OFDM yang berdistribusi *Rayleigh* dan berderau *Gaussian* pada kondisi *frequency selective fading* maupun *flat fading*.
3. Melakukan simulasi dari model sistem *Differential Space-Time-Frequency Code* serta menganalisis hasil simulasinya.

1.2 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Menganalisis performansi Sistem MIMO-OFDM dengan *Differential Space-Time-Frequency* pada kanal *multipath Rayleigh fading* berderau *Gaussian* (AWGN) dengan variabel-variabel yang berubah, diantaranya : frekuensi *Doppler*, selektifitas kanal, serta jumlah *subcarrier*.
2. Melakukan analisis perbandingan antara skema MIMO(DSTFC)-OFDM, yang memanfaatkan 3 jenis diversitas, dengan skema MIMO(DSTBC)-OFDM yang hanya memaksimalkan 2 jenis diversitas.

3. Menghitung besarnya faktor perbaikan diversitas (*coding gain*) yang didapat dari kedua analisis di atas.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Transmisi sinyal dilakukan pada transmisi *baseband* dan sinkronisasi yang sempurna pada Tx dan Rx.
2. Parameter – parameter sistem OFDM diambil dari standar IEEE 802.16e.
3. Sistem yang diamati adalah untuk *single user*.
4. Sistem MIMO-OFDM terdiri dari bagian pengirim dan penerima.
5. Jumlah antena adalah 2 pengirim dan 2 penerima.
6. Sinyal *mapping* yang digunakan adalah QPSK.
7. Unjuk kerja sistem yang diamati adalah BER terhadap SNR.
8. Kanal yang digunakan adalah kanal MIMO-OFDM yang terdistribusi *Rayleigh* dan berderau *Gaussian*.
9. Kanal diasumsikan mengalami independensi *fading* untuk masing-masing antena.
10. Model sistem disimulasikan dengan M-File MATLAB 7.1.3.

1.4 Metodologi Penyelesaian Masalah

Langkah-langkah yang ditempuh dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah :

1. Studi literatur

Pencarian dan pengumpulan literatur-literatur dan kajian-kajian yang berkaitan dengan masalah-masalah yang ada pada Tugas Akhir ini, baik berupa artikel, buku referensi, internet, dan sumber-sumber lain yang berhubungan dengan masalah Tugas Akhir.

2. Analisis masalah

Setelah pengumpulan data-data literatur, lalu menganalisis permasalahan berdasarkan data-data literatur tersebut dan berdiskusi dengan pembimbing.

3. Perancangan sistem

Perancangan sistem berdasarkan dari hasil studi literatur, setiap blok dari sistem tersebut diterjemahkan ke program simulasi dengan Matlab 7.1.3, kemudian setiap blok itu divalidasi sebelum digabungkan menjadi satu program simulasi.

4. Simulasi sistem dan analisis

Setelah tahap perancangan berdasarkan standar yang ada, tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi sistem (*running program*) sehingga didapatkan grafik-grafik dan data yang merepresentasikan sistem tersebut kemudian dianalisis hasilnya.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini dibagi dalam beberapa topik bahasan yang disusun secara sistematis, yaitu sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bagian ini memberikan penjelasan mengenai latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah dan metode serta sistematika penulisan.

Bab II Teori Pendukung

Bab ini membahas tentang teori OFDM, MIMO *Differential Space-Time-Frequency Code*, serta teori tentang kanal *multipath fading Rayleigh* dan AWGN.

Bab III Perancangan Sistem dan Simulasi

Bab ini menjelaskan pengimplementasian skema *Differential Space-Time-Frequency Code* pada sistem MIMO-OFDM dalam simulasi beserta parameter-parameter terkait. Proses simulasi sistem menggunakan tools Matlab 7.1.3

Bab IV Analisis Hasil Simulasi

Bab ini mengkaji hasil simulasi sistem yang didapat kemudian melakukan analisis performansi sistem tersebut. Analisis dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif terhadap parameter-parameter kinerja sistem. Hasil analisis merupakan dasar bagi pembentukan kesimpulan Tugas Akhir ini.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Merupakan penutup yang secara objektif menyimpulkan hasil analisis yang telah dikemukakan sebelumnya. Di samping itu dikemukakan saran-saran yang diharapkan terhadap riset pengembangan ke depannya.



Telkom
University

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- 1 Semakin tinggi frekuensi *Doppler* atau semakin cepat pergerakan *user*, maka kinerja sistem MIMO(DSTFC)-OFDM semakin menurun. Untuk mencapai *BER required* sebesar 10^{-4} , SNR yang dibutuhkan pada frekuensi *Doppler* 13,89 Hz, 231,48 Hz, serta 416,67 Hz, adalah sebesar 11,8 dB, 14,5 dB, dan 20,1 dB.
- 2 Kinerja Sistem MIMO(DSTFC)-OFDM pada kondisi kanal *frequency selective fading* dan *flat fading* memiliki kecenderungan yang sama. Namun kinerja Sistem MIMO(DSTFC)-OFDM pada kondisi kanal *flat fading* sedikit lebih baik dibanding pada kanal *selective fading* sekitar 1-2 dB. Hal ini menunjukkan masih kurang optimalnya skema OFDM yang digunakan, baik itu jumlah *subcarrier* ataupun panjang *guard interval*-nya.
- 3 Dengan digabungkannya algoritma *frequency mapping* pada sistem MIMO-OFDM maka kinerja sistem dapat meningkat jika dibandingkan dengan sistem MIMO-OFDM konvensional. Selain itu sistem juga semakin tahan terhadap perubahan kanal yang makin cepat, terlihat dari semakin tingginya *coding gain* yang didapatkan seiring penambahan frekuensi *Doppler*. Besarnya *coding gain* yang diperoleh untuk masing-masing kecepatan user 3 km/jam, 50 km/jam, dan 90 km/jam adalah sebesar 1 dB, 2 dB, dan 4 dB.
- 4 Penggunaan skema OFDM dan algoritma *frequency mapping* kurang efektif jika diterapkan pada sistem dengan kondisi kanal *flat fading*. Hal ini dibuktikan dari dekatnya kinerja sistem MIMO(DSTFC)-OFDM dengan sistem MIMO(DSTBC) yang diuji pada kondisi kanal *flat fading*.
- 5 Terdapat *tradeoff* penggunaan jumlah *subcarrier* pada setiap kondisi dengan kecepatan *user* yang berbeda. Semakin tinggi jumlah *subcarrier* maka sistem makin tahan terhadap kondisi kanal yang *selective fading*,

namun di sisi lain sistem mengalami distorsi yang lebih besar terhadap *time selective (fast fading)*. Semakin kecil jumlah *subcarrier*, sistem lebih tahan terhadap *time selectivity (fast fading)* namun lebih rentan pada distorsi akibat *frequency selectivity*.

5.1 Saran

Beberapa hal yang disarankan untuk dilakukan di masa mendatang, yaitu sebagai berikut :

- 1 Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan analisis sistem ditinjau dari kapasitas sistem, sehingga dapat dilakukan analisis kinerja sistem yang diukur baik dari kualitas maupun kapasitas sistem.
- 2 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.
- 3 Perlu diteliti penggunaan *Trellis Code* dan *Viterbi decoder* untuk merepresentasikan proses *differetial* pada *Differential Space-Time Code (DSTBC)* sebagai bahan perbandingan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 3GPP TR.25-996 (V6.1.0 2003-09), "*Technical Specification Group Radio Access Network; Spatial channel model for Multiple Input Multiple Output (MIMO) simulations*", 3GPP, 2003
- [2] Alamouti, M siavash, "*A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications*", IEEE journal on select areas in communications Vol 16, No 8 ,October 1998
- [3] Bauch, Gerhard, "*Differential Space-Time-Frequency Transmit Diversity in OFDM*", IEEE journal on select areas in communications, October 2003
- [4] David Gesbert, Mansoor Shafi, Da-Shan Shiu, Peter J. Smith, Ayman Nagueb, "*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
- [5] Firdaus, Eko, "*Analisa Performansi Sistem MIMO-OFDM pada Wireless LAN*", Tugas Akhir, STT Telkom, 2005
- [6] IEEE Standart for local and metropolitan area network : 802.16TM, part 16 : *air interface for fixed broadband wireless access systems*, 2004
- [7] Rappaport, Theodore S., "*Wireless Communication*", Prentice Hall, New York, 1996
- [8] Richard van Nee, Ramjee Prasad, "*OFDM For Wireless Multimedia Communications*", Boston : Artech House, 2000
- [9] Rustam, Efendi., "*Limited Feedback Precoding dan MIMO Spatial Multiplexing untuk Aplikasi 802.16e*", Tesis, STT Telkom, 2007
- [10] Vuceitic, Branka and Yuan, Jinhong, "*Space-Time Coding*", Book of John Willey and Sons, 2003
- [11] Wahyudi, Ratma, "*Desain dan Analisis Kinerja Algoritma untuk Menggabungkan Teknik Sub-Kanalasi dan Modulasi Adaptif pada Broadband Wireless Access IEEE 802.16e*", Tesis, STT Telkom, 2006

- [12] Yuan, Jinhong, “*New Differential Space-Time Block Codes for MIMO Systems*”, University of New South Wales, 2003

