

SIMULASI KOMUNIKASI DATA MIMO OFDM PADA STANDAR 802.11A

Heni Indriani¹, Aggus Virgono², Ir³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Kombinasi antara MIMO dan OFDM diharapkan bisa menjadi solusi untuk meningkatkan datarate pada sistem komunikasi wireless. Sistem komunikasi wireless kaya akan scattering yang menyebabkan sinyal mengalami multipath fading, dimana sinyal transmit cenderung mengalami respon frequency selective fading akibat bandwidth yang sangat lebar. Dengan teknik OFDM kanal frequency selective fading akan dirasakan flat fading oleh setiap subcarriernya. Dan dengan teknik MIMO performansi akibat efek multipath fading dapat diperbaiki.

Untuk mengimplementasikan teknik MIMO-OFDM diperlukan beberapa perubahan pada baseband signal processing, diantaranya, channel estimation, synchronization tracking dan MIMO detection. Pada Tugas akhir ini dibahas bagaimana memodelkan dan mensimulasikan MIMO-OFDM pada wireless LAN yang mengacu pada standard 802.11a dengan menggunakan 2 antena transmit dan 2 antena receive, modulasi yang digunakan adalah 16 QAM dan 64 QAM. Hasil simulasi menunjukkan bahwa performansi 16QAM memerlukan Eb/No yang lebih kecil dibanding 64QAM, sebagai contoh untuk mencapai BER 10⁻⁵ terjadi kenaikan daya sebesar ±12dB. Pada sistem MIMO OFDM kondisi frequency selective rayleigh fading terdapat perbaikan Eb/No sebesar ± 8 dB dari sistem SISO OFDM. Pada sistem MIMO OFDM 64QAM dengan CR $\frac{3}{4}$ memiliki throughput paling besar dibanding sistem lainnya. Dengan menggunakan sistem MIMO(2,2) juga dapat meningkatkan kapasitas kanal ± 2x nya dibanding sistem SISO.

Kata Kunci : -

Abstract

A combination between MIMO and OFDM expected become solution to increase datarate in wireless communication. Wireless communication rich of scattering that can make the signal face multipath fading, where the signal actually face frequency selective fading respon. With OFDM technique frequency selective fading channel will become flat fading in every subcarrier. And with MIMO technique performance caused multipath fading effect will be handled.

To implement MIMO OFDM technique needed changing in baseband signal processing, such as channel estimation, synchronization tracking and MIMO detection. In this final research will talk how to design and simulate MIMO OFDM in wireless LAN based 802.11a, where use 2 antena transmit and 2 antena receive, also use 16QAM modulation and 64QAM modulation.

The result shown that 16QAM performance need Eb/No more less than 64QAM, for example to reach BER 10⁻⁵ power raise ±12dB. MIMO OFDM system with frequency selective rayleigh fading condition has better performance than SISO OFDM, gain ±8 dB. In MIMO OFDM system 64QAM with CR $\frac{3}{4}$ is the best throughput than other system. And using MIMO(2,2) system also can increase channel capacity twice compared SISO.

Keywords : -

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan jaman, sistem komunikasi digital *wireless* dituntut untuk menyediakan layanan data yang berkecepatan tinggi (*high data rate*) dengan QOS yang *reliable* (tercapainya target BER dengan E_b/N_0 se-minimum mungkin). Dengan tersedianya layanan *high data rate* maka provider telekomunikasi dapat menyediakan layanan pengiriman data, video-streaming, video-conference atau lainnya secara *realtime*.

Salah satu teknik yang dapat diandalkan untuk mendukung layanan *high data rate* adalah teknik modulasi *multicarrier* OFDM. Pada prinsipnya OFDM membagi data serial berkecepatan tinggi menjadi beberapa data paralel berkecepatan rendah pada *bandwidth* yang cukup lebar, yang kemudian masing-masing data paralel itu dimodulasi oleh *subcarriers* yang saling *orthogonal*. Orthogonalitas subcarrier OFDM ini menyebabkan spektrum antar *subcarrier* diperbolehkan *overlapping* sehingga penggunaan *bandwidth* akan lebih efisien.

Beberapa jurnal penelitian internasional terakhir ini, menyatakan bahwa teknik Multi Input Multi Output (MIMO) dapat meningkatkan performansi sistem komunikasi *wireless*. Sistem MIMO merupakan sistem komunikasi yang menggunakan multi-antenna disisi *transmitter* dan *receiver*. Dan pada Tugas Akhir ini menggunakan salah satu skema MIMO yaitu *spatial multiplexing*, dimana skema *spatial multiplexing* ini dapat meningkatkan *data rate*.

Pada tahun 1998 IEEE memilih OFDM sebagai dasar untuk 5 GHz wireless LAN satandard, yang kita kenal dengan IEEE 802.11a satandardization yang mensupport rate transmisi data dari 6-56 Mbps. Kemudian ETSI mengadopsi OFDM dalam standarisasi Hyperlan/2. Perbedaan yang mendasar pada kedua standar ini adalah pada Medium Access Controlnya (MAC) dan pada format physical Burst. Pada IEEE 802.11a digunakan distribusi MAC berdasarkan Carrier Sense Multiple Access dengan Collision Avoidance (CSMA/CA) sedangkan pada Hyperlan/2 digunakan sentralisasi dan scheduled MAC

berdasarkan Time Division Multiple Access dengan Dynamic Slot Assignment (TDM/DSA).

1.2 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- 1) Merancang sistem dan mensimulasikan MIMO-OFDM yang dapat mendukung layanan *high data rate* menggunakan standard WLAN IEEE 802.11a.
- 2) Membandingkan Kinerja sistem MIMO – OFDM dan SISO – OFDM pada sistem Wireless LAN.
- 3) Melihat pengaruh penggunaan *Convolutional Coding* pada sistem MIMO OFDM dan SISO OFDM
- 4) Menganalisa performansi, throughput, kapasitas kanal MIMO OFDM pada wireless LAN.

1.3 Rumusan Masalah

Setelah tujuan penelitian dirumuskan, maka dipandang perlu adanya rumusan masalah yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam mencapai tujuan penelitian tersebut. Beberapa rumusan masalah pada Tugas Akhir ini adalah:

- 1) Bagaimana cara memodelkan kanal MIMO pada kondisi *frequency selective fading*
- 2) Melakukan simulasi dari model sistem yang dirancang lalu menganalisa hasil simulasinya.
- 3) Hasil simulasi berupa data performansi, *throughput* dan kapasitas kanal dari sistem MIMO OFDM wireless LAN

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah :

- 1) Parameter-parameter sistem OFDM diambil dari standard IEEE 802.11a.
- 2) Pembahasan sistem hanya dilakukan pada lapisan fisik model *layer* OSI.
- 3) Tidak memperhitungkan pengaruh interferensi sistem lain.
- 4) Kanal *multipath fading* terdistribusi Rayleigh.
- 5) Sistem bekerja pada *frequency selective fading*.

- 6) Tidak mempertimbangkan perancangan antenna dan estimasi link budget dan interferensi lain.
- 7) Sistem dimodelkan pada kondisi indoor dan user dalam kondisi diam (0 km/h)
- 8) Program simulasi sistem MIMO-OFDM menggunakan MATLAB 7.0.
- 9) Sistem MIMO-OFDM bekerja pada kondisi sinkron antara *transmitter* dan *receiver*
- 10) Metoda deteksi yang digunakan adalah *Zero Forcing Algorithm*.
- 11) Sistem MIMO-OFDM bekerja pada 2 antena transmitter dan 2 antena receiver.

1.5 Metodologi dan Penyelesaian Masalah

Berikut ini langkah-langkah yang akan ditempuh dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah :

1) Studi Literatur

Pencarian, pengumpulan literatur-literatur, dan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan permasalahan Tugas Akhir ini. Literatur yang digunakan berasal dari artikel, jurnal penelitian, buku-buku referensi, yang ada di perpustakaan dan internet.

2) Analisa Masalah

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

3) Desain Sistem MIMO-OFDM

Perancangan sistem MIMO-OFDM berdasarkan hasil studi literatur, setiap blok dari sistem MIMO-OFDM diterjemahkan ke program simulasi, kemudian setiap blok itu divalidasi sebelum digabungkan menjadi satu program simulasi.

4) Simulasi Sistem MIMO-OFDM

Program simulasi MIMO-OFDM *dirunning*, kemudian hasilnya dianalisa.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yang meliputi:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, metoda penyelesaian masalah, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir.

BAB II : DASAR TEORI

Bab ini membahas teori-teori dasar yang menunjang dalam perancangan dan simulasi sistem MIMO-OFDM.

BAB III : PERANCANGAN SISTEM

Bab ini membahas tentang perancangan blok sistem MIMO-OFDM dan simulasi.

BAB IV : ANALISA KINERJA SISTEM MIMO OFDM

Bab ini membahas analisa hasil simulasi, apakah sesuai dengan yang diharapkan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas kesimpulan akhir tentang perancangan , hasil simulasi sistem dan saran-saran yang membangun agar perancangan sistem bisa lebih baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi Tugas Akhir ini dapat disimpulkan :

- 1) Sistem MIMO OFDM dapat meningkatkan datarate pada standar 802.11a dengan QoS yang reliable. Pada modulasi 16 QAM datarate yang dicapai sebesar 72Mbps dan pada 64QAM sebesar 108Mbps dengan BER target sebesar 10^{-5} .
- 2) Pada performansi 16QAM CR $\frac{1}{2}$, untuk mencapai BER 10^{-5} diperlukan Eb/No sebesar ± 22 dB untuk SISO OFDM dan ± 14 dB untuk sistem MIMO OFDM, sedangkan pada CR $\frac{3}{4}$, diperlukan Eb/No sebesar ± 24 dB untuk sistem SISO OFDM dan ± 15 dB untuk sistem MIMO OFDM. Terjadi perbaikan nilai Eb/No sebesar $\pm 8-9$ dB.
- 3) Pada performansi 64 QAM CR $\frac{2}{3}$, untuk mencapai BER 10^{-5} diperlukan Eb/No sebesar ± 33 dB untuk SISO OFDM dan ± 26 dB untuk MIMO OFDM, sedangkan pada CR $\frac{3}{4}$ sistem SISO OFDM memerlukan Eb/No ± 34 dB dan MIMO OFDM sebesar ± 27 dB. Terjadi perbaikan Eb/No sebesar ± 7 dB.
- 4) Pada kanal selective rayleigh fading, performansi 16QAM memerlukan Eb/No yang lebih kecil untuk mencapai BER 10^{-5} dibandingkan 64 QAM. Terdapat kenaikan Eb/No sebesar ± 12 dB.
- 5) Performansi sistem dengan menggunakan *Convolutional Coding* lebih baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan *Convolutional Coding*. Hal ini dibuktikan dengan tidak tercapainya BER 10^{-5} pada sistem tanpa menggunakan *Convolutional Coding*.
- 6) Performansi CR $\frac{1}{2}$ lebih baik dibandingkan $\frac{3}{4}$ pada 16QAM terjadi kenaikan Eb/No sebesar 1-2 dB. Dan pada 64QAM CR $\frac{2}{3}$ lebih baik performansinya dibandingkan $\frac{3}{4}$ terjadi kenaikan Eb/No sebesar 1 dB.

- 7) Sistem MIMO (2,2) dengan metode spatial multiplexing dapat meningkatkan throughput sistem OFDM 2x lipat dibandingkan sistem SISO. Pada sistem SISO OFDM 16QAM throughput sebesar 36 Mbps dan pada sistem MIMO OFDM throughput sebesar 72 Mbps. Pada SISO OFDM 64 QAM throughput sistem sebesar 54 Mbps dan pada sistem MIMO OFDM throughputnya sebesar 108 Mbps.
- 8) Penggunaan puncture akan meningkatkan throughput sistem MIMO OFDM (2,2), pada SISO OFDM 16 QAM, CR $\frac{1}{2}$ throughput sistem sebesar 24 Mbps sedangkan CR $\frac{3}{4}$ throughput sistem sebesar 36 Mbps, dan untuk sistem MIMO CR $\frac{1}{2}$ throughputnya sebesar 48 Mbps dan CR $\frac{3}{4}$ throughputnya sebesar 72 Mbps. Pada SISO OFDM 64 QAM, CR $\frac{2}{3}$ memiliki throughput sebesar 48Mbps dan CR $\frac{3}{4}$ throughputnya sebesar 54 Mbps, dan untuk sistem MIMO CR $\frac{2}{3}$ throughputnya sebesar 96 Mbps dan CR $\frac{3}{4}$ throughputnya sebesar 108 Mbps.
- 9) Teknik MIMO (2,2) juga dapat meningkatkan kapasitas kanal MIMO 2x lipatnya dibandingkan kapasitas kanal SISO.
- 10) Dengan menambah jumlah antena receive maka performansi sistem MIMO OFDM akan meningkat, sebagai contoh pada MIMO dengan 3 antena receive (gambar terlampir pada lampiran E) performansi sistem meningkat ± 4 dB untuk modulasi 16 QAM dan meningkat ± 7 dB untuk modulasi 64 QAM.

5.2 Saran

Tugas Akhir diharapkan dapat memberikan inspirasi-inspirasi baru sehingga terciptanya suatu sistem komunikasi yang dapat melayani tuntutan user akan *datarate* yang tinggi dan QOS yang tetap *reliable*, berikut ini hal-hal yang disarankan penulis untuk dapat dilakukan pada masa mendatang :

- 1) Perlu untuk meneliti skema MIMO yang lain seperti Space Time Block Code, Space Time Trellis Code untuk digabungkan dengan OFDM.
- 2) Perlu untuk mengkombinasikan penelitian ini dengan metode estimasi kanal dan prediksi kanal.
- 3) Harus memperhitungkan multiuser interference.
- 4) Perlu simulasi lebih lanjut pada layer 2 OSI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] **A.van Zelst**, “*Space Division Multiplexing Algorithm*”, **MeleCon 2000 vol III**
- [2] **A.van Zelst**, “*Implementation of a MIMO OFDM- Based Wireless LAN System*”, **IEEE vol.52 no.2, February 2004.**
- [3] **A.v. Zelst, T.W.Schenk** , “*Throughput Enhancement for Wireless Communication Systems using the Multiple Antenna Technique MIMO*”, **Wireless System Research, Agere Systems.**
- [4] **B. Sklar**, “ *Rayleigh Fading Channels in Mobile Digital Communication Systems Part 1&2* ”, **IEEE Comm. Magazine, 1997**
- [5] **D.Gesbert, M.Shafi, D.Shiu, P.J.Smith, A.Naguib**, “*From Overview to Practice: An Overview of MIMO Space-Time Coded Wireless Systems*”, **IEEE, 2003**
- [6] **Efendi Rustam**, “ *Limited Feedback Precoding and MIMO Spatial Multiplexing for 802.11e Application* “, **STT Telkom, Bandung, 2007**
- [7] **Enrique U.W**, “*MIMO-OFDM Systems for HighData Rate Wireless Networks*“, **Stanford University**
- [8] **F. H. Gregorio**, “*802.11a –OFDM PHY Coding and Interleaving*”, **Helsinki University of Technology**
- [9] **Firdaus Eko**, “ *Analisa Performansi MIMO OFDM WirelessLAN* ”, **STT Telkom, Bandung, 2005**
- [10] **Helmut Bolcskei, A.J Paulraj** ,”*MIMO Wireless Systems*”, **University of Illinois and Stanford University**
- [11] **IEEE 802.11a** , **1999**
- [12] **J. G. Proakis**, “ *Digital Communication 4th edition* ”, **Singapore, McGraaw-Hill Education, 2001**
- [13] **M. Vizzardi**, “*Joint Transmit and Receive Optimization Techniques for High Data-Rate WLANs Using Multiple Antennas*”, **Chalmers University of Technology, Politecnico di Milano, Leuven, Belgium, May 2003**

- [14] P. W. Wolniansky, G. J. Foschini, G. D. Goldon, R.A. Valenzuela, "*An Architecture for Realizing Very High Data Rates Over Rich Scattering Wireless Channel*", Bell Laboratories, Lucent Technologies, Crawford Hill Laboratory, 791 Holmdel-Keypoint Rd., Holmdel, NJ 07733
- [15] S. Haykin, "*Communication Systems 4th edition*", USA, John Wiley & Sons, 2001
- [16] S. Lin, D.J Castello, "*Error Control Coding : Fundamental and Aplicattions*", Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall, 1983
- [17] Setyawan Andy, "*Analisa Kinerja Modulasi Adaptif dengan Menggunakan Prediksi Kanal Fading Rayleigh*" STT Telkom, Bandung, 2004
- [18] Sébastien de la Kethulle, " An Overview of MIMO System in Wireless Communication", Sweden, September 2004
- [19] Shinsuke Hara, Ramjee Prasad, " *Multicarrier Technique for 4G Mobile Communication* ", The Artech House, Boston London, 2003
- [20] R. Prasad, R. van Nee, "*OFDM for Wireless Multimedia Communications*", Artech House, Boston, London, 2000
- [21] Thomas Zemen, " MIMO Communication", Forschungszentrum Telekommunkcation Wien, November, 2006
- [22] Weinstein S.B and P.M Elbert, " *Data Transmission by Frecuency Division Multiplexing Using the Discrete Fourier Transform* ", *IEEE Trans. on Communication Technology*, vol. Com-19, October 1971, no.5, pp.628-634