ANALISIS PERFORMANSI SISTEM MIMO/OFDM DENGAN BEAMFORMING
PERFORMANCE ANALYSIS OF MIMO OFDM WITH BEAMFORMING SYSTEM

Rr. Anissa Primasari[1], -[2]

[1]Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Dalam komunikasi wireless, adanya tuntutan untuk menyediakan layanan data kecepatan tinggi secara realtime dengan performansi yang baik memicu lahirnya teknik baru untuk meningkatkan efisiensi spektrum dan perbaikan kualitas sinyal. Tuntutan tersebut dapat diatasi dengan penggunaan teknik MIMO yang digabungkan dengan modulasi multicarrier OFDM. Akan tetapi, seringkali sinyal dari user yang diinginkan mengalami interferensi akibat sinyal lain yang menduduki band frekuensi yang sama. Hal ini dapat diatasi dengan penggunaan teknik beamforming pada antena.

Tugas akhir ini meneliti seberapa besar pengaruh penggunaan teknik beamforming dalam meningkatkan performansi sistem yang telah ada yaitu MIMO OFDM. Teknik beamforming yang diteliti hanyalah penggunaan weighting factor dengan algoritma adaptif, tidak mencapai teknik seperti smart antenna karena sistem yang diteliti hanya bekerja pada single user. Algoritma adaptif yang digunakan yaitu algoritma LMS (Least Mean Square).

Dari percobaan didapatkan bahwa sistem MIMO-OFDM dengan beamforming mencapai dengan SNR ±13dB untuk user diam, dan dengan SNR >±30dB untuk user bergerak dengan kecepatan 5.4 s/d 10.8 km/jam. Peningkatan kinerja dapat dilakukan dengan penambahan jumlah bit pilot. Penggunaan 25 bit dan 68 bit pilot memberikan kinerja lebih baik ±2dB dan ±3dB dibandingkan dengan 17 bit pilot saja pada kondisi user diam sedangkan 160 bit pilot meningkatkan kinerja hingga ±5dB. Selain itu, dapat dibuktikan bahwa sudut kedatangan user tidak mempengaruhi performansi sistem, begitu juga dengan besar kecilnya faktor 410−=BERμ, yang hanya menentukan waktu kekonvergenan dari eror yang dihasilkan terhadap banyaknya bit pilot. Didapatkan juga bahwa untuk semakin besar sudut pemisah antara user dengan interferer maka kinerja semakin baik. Dibutuhkan SNR ±10dB jika sudut pemisah 30°, dan SNR ±12dB untuk sudut pemisah 10°.

Kata Kunci : MIMO, OFDM, beamforming, algoritma adaptif, algoritma LMS

Abstract

Wireless communication system was required to be available in high speed data rate to giving such as sending data service, video streaming and video conference in realtime which is giving a good performance and able to work in multipath fading channel until finding the new technique to increasing spectral eficiency and repairing the quality of signal. All of that requirement can be overcame by using MIMO technique which is combined with multicarrier modulation OFDM. However, sometimes in wireless mobile communication signal from the desired user and signal interference using a same band frequency. This can be overcome by using beamforming technique in antenna.

This final project was examine the effect of using beamforming technique in increasing system performance that have been exist that is MIMO OFDM. Beamforming technique that was examined not held up to smart antenna technique, just examine the using of weighting factor with adaptive algorithm because the system that was held here just using single user. The adaptive algorithm was using here is LMS (Least Mean Square) algorithm.

Based on the result of this final project, MIMO OFDM with beamforming system can achieve SNR ±13dB for silent user and SNR ±30dB for moving user with velocity 5.4 s/d 10.8 km/hour. An increasing performance can be held by using more bit pilot. Using 25 bits and 68 bits pilot giving ±2dB and ±3dB better than 17 bits pilot for silent user while 160 bits pilot increase the performance up to ±5dB. Beside that, it is proved that the angle of signal arrival not influence the system's performance, and also the value of μ, which is only determine time convergence of error that held concern to the amount of symbols pilot. It is prove then that if the degree of separation between user desired and interferer is bigger, it's give a better performance. It is need SNR ±10dB for 30° degree of separation, and SNR ±12dB for 10° degree of separation.

Keywords : MIMO, OFDM, beamforming, adaptive algorithm, LMS algorithm

---

BAB I
PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Sistem komunikasi digital *wireless* dituntut untuk menyediakan layanan data kecepatan tinggi (*high datarate*) sehingga dapat memberikan layanan pengiriman data, *video streaming*, *video conference* secara *realtime* dengan performansi yang baik dan mampu bekerja pada *kanal multipath fading*. Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk memenuhi tuntutan tersebut adalah penggunaan teknik modulasi *multicarrier* OFDM. Dengan OFDM, sistem lebih tahan terhadap *multipath fading* dan dengan ke*orthogonal*itasan *subcarrier* pada OFDM maka penggunaan *bandwith* akan lebih efisien.

Selain tuntutan peningkatan *data rate*, sistem komunikasi *wireless* memicu lahirnya teknik baru untuk meningkatkan efisiensi spektrum dan perbaikan kualitas sinyal. Beberapa jurnal penelitian internasional terakhir ini, menyatakan bahwa teknik *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) dapat meningkatkan performansi sistem komunikasi *wireless*. Sistem MIMO merupakan sistem komunikasi yang menggunakan multi-antenna baik di sisi *transmitter* maupun di sisi *receiver*.

Akan tetapi,dalam komunikasi *wireless* seringkali sinyal dari user yang diinginkan dengan *sinyal interferer* menduduki *band frekuensi* yang sama. Hal ini dapat diatasi dengan penggunaan teknik *beamforming* pada antena. *Beamforming* adalah proses pembentukan *beam* menuju ke arah user yang diinginkan serta menekan sinyal dari arah lain. Perubahan besar fasa dan amplituda arus catu pada tiap elemen antena akan membentuk *gain* dan *null* pada arah tertentu sehingga dapat mengarahkan user yang diinginkan pada *gain* dan user interferer pada *null*. Dengan demikian, *beamforming* bisa dikatakan sebagai *spatial filtering* sinyal. Untuk memaksimalkan SNR, digunakan *algoritma adaptif* untuk menentukan pembobotan pada tiap elemen antena.

I.2. Tujuan

Tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Membuat suatu pemodelan sistem MIMO OFDM dengan *beamforming*
2. Menguji performansi sistem MIMO OFDM dengan *beamforming* pada kanal *frequency selective rayleigh fading*
3. Mengetahui pengaruh perubahan beberapa parameter yang ada pada sistem MIMO OFDM dengan *beamforming* terhadap kinerja atau performansi sistem

I.3. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, dapat didefiniskan beberapa permasalahan yang dihadapi dan menjadi dasar penulis pada tugas akhir ini, yaitu :

1. Pendefinisian model sistem MIMO OFDM dengan dan tanpa *beamforming* pada penerima
2. Bagaimana cara memodelkan kanal MIMO OFDM dengan beamforming pada kondisi *frequency selective fading*
3. Bagaimana mendefinisikan algoritma adaptif yang digunakan untuk menentukan pembobotan pada masing-masing antena yang ada dalam sistem MIMO OFDM
4. Pendefinisian beberapa parameter yang memberikan pengaruh terhadap kinerja sistem yang dirancang
5. Bagaimana memodelkan sistem untuk diimplementasikan pada bahasa pemrograman MATLAB 7

I.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah :

1. Parameter-parameter sistem OFDM diambil dari standar IEEE 802.11a
2. Sinyal mapping yang digunakan pada sistem OFDM adalah QPSK

3. Teknik MIMO yang digunakan adalah *Space Time Block Coding* (STBC) dengan antena 2 x 2
4. Model kanal yang digunakan untuk uji performansi sistem MIMO OFDM adalah *frequency selective fading*
5. Tidak diperhitungkan coupling dan impedansi antar elemen antena serta tidak ada interferensi antar antena beamforming
6. Sistem yang dibangun adalah sistem single user. User lain dianggap sebagai interferer.
7. Sistem MIMO OFDM diasumsikan bekerja pada kondisi sinkron antara *transmitter* dan *receiver*
8. Performansi sistem MIMO-OFDM yang dibahas adalah perbandingan BER terhadap SNR
9. Program simulasi sistem MIMO OFDM menggunakan *m-file Matlab 7*

I.5. Metodologi Penelitian

1. Studi literatur
   - ✓ Studi literatur dengan mempelajari permasalahan yang berkaitan dengan sistem MIMO OFDM dan teknik *beamforming*
   - ✓ Diskusi dan konsultasi
2. Perancangan dan pemodelan sistem

   Perancangan sistem MIMO OFDM berdasarkan hasil studi literatur, setiap blok dari sistem MIMO OFDM itu divalidasi sebelum digabungkan menjadi satu kesatuan model sistem
3. Implementasi sistem model pada perangkat lunak

   Setiap pemodelan sistem yang dirancang diimplementasikan kedalam program *Matlab 7* secara bertahap sehingga menjadi satu kesatuan sistem
4. Analisa dan evaluasi model sistem

   Membuat analisa dari perancangan desain perangkat lunak yang dibuat sesuai batasan masalah yang ada berdasarkan sumber-sumber literatur dan

berdasarkan pengamatan terhadap masalah tersebut. Analisa kerja sistem diamati dengan merubah data inputan sistem MIMO OFDM dengan *beamforming* yang dirancang

5. Pelaporan hasil penelitian

   Pengumpulan data-data penunjang diperoleh dari hasil simulasi yang dilakukan dan berdasarkan pada referensi yang terdapat dalam daftar pustaka

I.6. Sistematika Penulisan

Secara garis besar, tugas akhir ini terdiri dari lima bagian yang dilengkapi oleh lampiran data dan daftar gambar pendukung. Setiap bagian menjelaskan hal sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan

Menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II : Dasar Teori

Menjelaskan teori-teori pendukung yang melandasi penulisan tugas akhir ini, yaitu mengenai konsep dasar MIMO, OFDM dan *beamforming*.

BAB III : Perancangan Model dan Simulasi

Bagian ini menjelaskan mengenai tahapan, langkah dan proses kerja sistem yang dirancang untuk kemudian dianalisa.

BAB IV : Analisa Hasil

Berisi tentang analisa hasil dari penelitian yang telah dilakukan terhadap sistem yang dirancang sesuai parameter yang telah ditentukan terlebih dahulu.

BAB V : Kesimpulan dan Saran

Memberikan kesimpulan akhir terhadap hasil analisa yang didapat dan kemudian memberikan saran untuk penelitian lebih lanjut di bidang ini

teknik beamforming dapat mengarahkan beam nya kepada user yang diinginkan

5. Besarnya vektor pembobotan dipengaruhi oleh eror yang dihasilkan dari algoritma adaptif. Semakin minimum eror yang dihasilkan, maka pembobotan tersebut akan semakin memaksimalkan SNR dari sinyal yang diterima di elemen antena yang diboboti
6. besarnya eror pada algoritma adaptif dipengaruhi oleh dua faktor :
   - banyaknya bit pilot. Semakin banyak bit pilot, maka nilai eror yang dicapai semakin minimum. Hal ini akan memperbaiki kinerja sistem, akan tetapi dengan semakin banyak bit pilot yang digunakan, overhead akan semakin besar
   - faktor μ. Semakin besar μ, maka algoritma adaptif akan semakin cepat konvergen. Akan tetapi, perbaikan kinerja dengan memperbesar faktor μ akan cukup signifikan untuk user yang bergerak
7. semakin besar sudut pemisah antara user yang diinginkan dengan user interferer, maka kinerja sistem MIMO OFDM dengan beamforming akan semakin baik. Dengan sudut pemisah 30°, kinerja sistem lebih baik 1dB dibandingkan untuk 10°, yaitu dibutuhkan SNR ±12dB. Dengan memperbesar sudut pemisah menjadi 60°, dibutuhkan SNR sebesar ±10dB, yang berarti kinerja lebih baik 1.5dB dibandingkan dengan sudut pemisah sebesar 10°.

V.2 Saran

Dengan adanya keterbatasan waktu serta keterbatasan kemampuan penulis dalam melakukan percobaan, maka tugas akhir ini belum mencapai kesempurnaan dan belum mampu untuk meneliti semua faktor yang ada dalam sistem MIMO OFDM dengan teknik beamforming. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya, disarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. merancang sistem MIMO OFDM dengan teknik beamforming dengan jumlah elemen antena yang lebih banyak
2. merancang sistem MIMO OFDM dengan teknik beamforming yang mengarah kepada sistem smart antena, dengan user yang bergerak tidak hanya mendekati dan menjauhi sistem, namun user bergerak pada arah azimuth sehingga dapat ditunjukkan bahwa beam yang dihasilkan benar-benar mampu untuk mengikuti arah gerak user
3. merancang sistem MIMO OFDM dengan teknik beamforming dengan memberikan sub *weighting vector* untuk dibandingkan dengan sistem yang ada pada tugas akhir ini
4. merancang sistem MIMO OFDM beamforming dengan menggunakan algoritma adaptif yang lain

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari percobaan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem MIMO OFDM dengan beamforming menunjukkan performansi yang sama dengan MIMO OFDM pada sistem single user
2. Pada sistem MIMO OFDM dengan beamforming yang dirancang, untuk user dalam keadaan diam (Fd=0Hz), $BER = 10^{-4}$ dapat dicapai dengan SNR 13dB. Sedangkan user dalam keadaan bergerak dengan kecepatan v=5.4 s.d 10.8 km/jam, $BER = 10^{-4}$ dapat dicapai pada SNR > 30dB
3. Performansi sistem MIMO OFDM dengan menggunakan teknik beamforming bisa menjadi lebih baik dengan menambah jumlah bit pilot referensi. Untuk $BER = 10^{-4}$, penggunaan 25 bit dan 68 bit pilot memberikan kinerja lebih baik ±2dB dan ±3dB dibandingkan dengan 17 bit pilot saja pada kondisi user diam sedangkan 160 bit pilot meningkatkan kinerja hingga ±5dB. Hal ini disebabkan karena dengan semakin banyak jumlah bit pilot yang disisipkan, maka nilai error yang dihasilkan akan semakin mendekati minimum (nol), sehingga sinyal yang diestimasi akan semakin mendekati nilai sinyal yang dikirimkan. Akan tetapi penambahan bit pilot akan memperbesar overhead.
4. Pada teknik beamforming, sudut kedatangan user tidak berpengaruh terhadap performansi sistem. Hal ini dibuktikan dengan dihasilkannya performansi sistem yang sama untuk beberapa sudut datang berbeda dengan kecepatan user yang sama. Hal ini juga membuktikan bahwa

DAFTAR PUSTAKA

1. Venkatasubramanian, Ramasamy. January 2003. *Beamforming for MC-CDMA*. Blacksburg : Virginia Polytechnic Institute and State University
2. Fakoukakis, F.E., Diamantis, S.G., cs. *Development of An Adaptive and A Switched Beam Smart Antenna System for Wireless Communications*. Greece : Democritus University of Thrace
3. Li, Ye(Geoffrey). September 2002. *MIMO-OFDM for Wireless Communication : Signal Detection With Enhanced Channel Estimation*. IEEE Transactions on Communications
4. Bolcskei, Helmut., Paulraj, Arogyaswami J. *Multiple Input Multiple Output (MIMO) Wireless Systems*. Coordinate Science Laboratory-University of Illinois
5. Paulraj, Arogyaswami J.cs. February 2004. *An Overview of MIMO Communications – A Key to Gigabit Wireless*. Proceedings of The IEEE
6. Richard van Nee., Prasad, Ramjee. *OFDM for Wireless Mltimedia Communications*. Boston, London
7. Compton, Jr, R.T. *Adaptive Antennas concept and performances*. New Jersey : Prentice Hall
8. Sage, Gerald F. Wireless LAN and OFDM. geraldfsage@msn.com
9. Manickam, Seetha. *Adaptive Beamforming Algorithm for Smart Antenna Systems in a CDMA Mobile Communication Systems*. USA : Department of Electrical and Computer Engineering Michigan Technological University.
10. *Systems Aspects of Smart Antennas Technology*. Helsinki University of Technology Communications Laboratory.
11. Paulraj, A.J., Gesbert, D cs. 2000. *Smart Antennas for Mobile Communications. John Wiley Publishing.*

12. Pradana, Bobby Juan. 2005. *Analisis Sistem OFDM untuk Aplikasi Multiple Access dengan Algoritma Alokasi Subcarrier secara Adaptif*. Tugas Akhir Sarjana Teknik STT Telkom Bandung
13. Budiman, Gelar. 2005. *Konfigurasi MIMO MC-CDMA pada Kanal Fading Rayleigh*. Tesis Sarjana Teknik Telekomunikasi STT Telkom Bandung
14. Rappaport, Theodore.S. *Wireless communications : Principle and practice*. Prentice Hall PTR.