DETEKSI AUTOMATIS SKEMA MODULASI SINYAL OFDM MENGGUNAKAN CIRI STATISTIK DAN KLASIFIKASI PSO

Afief Dias Pambudi[1], Suhartono Tjondronegoro[2], Heroe Wijanto[3]

[1]Magister Elektro Komunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Pengenalan format modulasi dari sinyal yang dideteksi merupakan salah satu bahasan penting pada sistem intelligent receiver yang digunakan untuk aplikasi di bidang militer maupun komersial. Dengan tidak memiliki pengetahuan mengenai sinyal yang ditransmisikan dan banyak parameter pada sisi receiver yang tidak diketahui seperti daya sinyal, timing information, frekuensi carrier dan fasa offset, deteksi modulasi ini menjadi tugas yang rumit. Proses deteksi ini menjadi semakin kompleks apabila sinyal yang dideteksi telah melalui kanal multipath fading, frequency-selective dan time varying.

Pada beberapa tahun terakhir industri wireless menunjukan perhatian yang besar terhadap orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) karena efisiensi-nya yang tidak memerlukan complex equalizer. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan klasifikasi skema modulasi pada sinyal OFDM yaitu QPSK, 16-QAM dan 64-QAM. Sinyal OFDM tersebut disimulasikan melewati kanal multipath (frequency selective fading) dan AWGN (Additive White Gaussian Noise). Model kanal yang digunakan adalah gabungan antara ITU large delay spread dan model fluktuasi kanal Smith. Sistem klasifikasi yang dibuat menggunakan ekstraksi ciri statistik dan pengklasifikasi berupa diagram keputusan dengan threshold yang dioptimasi menggunakan algoritma particle swarm optimization (PSO). Pada proses klasifikasi ditambahkan sistem voting dengan skenario penggunaan jumlah simbol OFDM sebanyak 1, 5, 10, 15 dan 20.

Hasil penelitian menunjukan ciri statistik yang dominan mampu membedakan ketiga skema modulasi adalah ciri statistik moment orde 2, 10 dan 20 dengan transformasi logaritmik. Hasil akurasi klasifikasi yang optimum didapatkan pada penggunaan lima simbol OFDM yaitu 100 % untuk klasifikasi QPSK, 99 % untuk klasifikasi 16-QAM dan 96 % untuk klasifikasi 64-QAM pada minimum SNR yang dapat diterima oleh receiver pada sistem yang menggunakan standar WiMAX IEEE 802.16e.

Kata Kunci : klasifikasi, skema modulasi, OFDM, ciri statistik, euclidien distance, PSO, voting.

Abstract

Modulation recognition of the detected signal is one of important topics on intelligent receiver system used for military and commercial applications. Due to the limited knowledge of the transmitted signal parameter such as signal power, timing information, the carrier frequency and phase offset, modulation recognition can be a difficult task. The recognition process will be more complex (can be very complicated) when the received signal has passed through multipath fading channels, frequency - selective and time varying.

Recently, wireless industries show a great interest in orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) due to its efficiency which does not require complex equalizer. (Therefore) This research explored the classifications of the OFDM signal modulation scheme namely QPSK, 16-QAM and 64-QAM. The OFDM signal was simulated to pass through a multipath channel (frequency slective fading) and AWGN (Additive White Gaussian Noise). The multipath channel model applied ITU large delay spread and Smith fading channel model. The classification system was developed using statistical feature extraction with a decision diagrams (tree diagram) as a classifier optimized by PSO algorithm.

The results showed that the dominant statistical features that were capable of distinguishing the three modulation schemes were the second order moment, tenth order moment and twentieth order moment with a logarithmic operation. The increasing number of OFDM symbols in the classification process that applied a voting system improved the accuracy of the classification of each modulation scheme. The optimum accuracy of the classification had been obtained when five OFDM symbols were applied in the classification scenario. The accuracy was 100% for QPSK classification, 99 % for 16-QAM classification and 96 % for 64-QAM classification on the minimum SNR accepted by the receiver of a system that applied a standard WiMax IEEE 802.16e.

Keywords : classification, modulation schemes, OFDM, statistical characteristics, euclidien distance, PSO.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Automatic Modulation Classification (AMC) adalah tahapan antara proses deteksi sinyal dan demodulasi, merupakan salah satu bahasan penting pada sistem komunikasi yang digunakan di bidang militer maupun komersial. Implementasi layanan dan sistem informasi yang handal untuk aplikasi bidang militerpada spektrum frekuensi yang sangat padat, merupakan salah satu tantangan tersendiri. Sinyal yang dikirimkan dan diterima harus dijamin keamanannya, sebaliknya sinyal yang dimilikimusuh diharapkanharus mampu dideteksi, diidentifikasi, dan diganggu. Spektrum dari sinyal tersebut bisa dari frekuensi tinggi sampai dengan rendahdan format modulasinya bisa bervariasi dari skema *simple narrowband* sampai dengan *wideband*. Selain itu, deteksi format modulasi juga merupakan topik yang sangat penting di bidang komersial khususnya pada *software defined radio* (SDR) yang mampu mencakup berbagai jenis sistem komunikasi. Biasanya informasi pendukung dikirimkan untuk digunakan pada proses rekonfigurasi dari sistem SDR. Sedangkan, teknik deteksi dimana *transmitter* tidak memberikan informasi pendukung berkaitan dengan parameter sinyal yang dikirimkan, dapat dilakukan dengan *intelligent receiver* sehingga mampu meningkatkan efisiensi transmisi dengan mengurangi *overhead*. Desain sistem klasifikasi modulasi secara efektif terdiri dari dua tahapan yaitu *preprocessing* dan pemilihan algortima klasifikasi yang tepat. *Preprocessing* biasanya meliputi reduksi *noise*, estimasi frekuensi *carrier*, periode simbol, daya sinyal, equalisasi, dll. Perbedaan akurasi dari sistem *preprocessing* menentukan pemilihan algoritma dari sistem klasifikasi yang akan digunakan. Ada metode klasifikasi memerlukan estimasi *preprocessing* dengan akurasi tinggi, sebaliknya ada beberapa metode yang tidak sensitif terhadap parameter-parameter yang tidak diketahui.

Secara umum terdapat dua algoritma yang dapat digunakan dalam AMC yaitu metode *likelihood-based* (LB) dan *feature-based* (FB)[1]. Algoritma LB didasarkan pada fungsi *likelihood*dari sinyal yang dideteksi dan proses keputusan dilakukan dengan melakukan perbandingan terhadap nilai rasio *likelihood* dan *threshold*. Solusi

yang ditawarkan dari algoritma LB adalah optimal pada pendekatan bayesian artinya mampu meminimalisasi kemungkinan terjadinya salah dalam pengklasifikasian. Solusi yang optimal itu didapatkan dengan proses komputasi yang kompleks. Pada pendekatan FB, proses klasifikasi dilakukan dengan mengambil beberapa ciri dari sinyal yang dideteksi kemudian proses keputusannya didasarkan pada nilai dari ciri-ciri tersebut. Pendekatan FB ini lebih sederhana untuk diimplementasikan dan apabila metode ini dapat didesain dengan baik maka akan mampu dicapai performansi yang optimal. Jika skema modulasi dapat diidentifikasi secara tepat, maka proses lainnya seperti demodulasi sinyal dan ekstraksi informasi dapat berjalan dengan baik. Secara umum, AMC merupakan bahasan yang sangat menantang khususnya pada kondisi lingkungan transmisi yang tidak mendukung yaitu pada propagasi *multipath*, kanal yang *frequency selective* dan *time varying* dengan tidak tersedianya informasi tambahan terhadap sinyal yang akan dideteksi.

Pada beberapa tahun terakhir, banyak ditemukan teknologi baru dalam bidang komunikasi *wireless*. Industri *wireless* menunjukan perhatian yang penting terhadap sistem *orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) karena efisiensi dari skema OFDM yang mampu mentransmisikan informasi pada kanal *frequency selective fading* tanpa memerlukan *equalizer* yang kompleks. Pentransmisian informasi dengan skema OFDM juga lebih hemat *bandwidth* karena penggunaan multi-*carrier* yang saling *orthogonal*. Penemuan teknologi OFDM tersebut memberikan tantangan tersendiri terhadap perkembangan sinyal *intelligence* dan sistem SDR seperti bagaimana membedakan antara sinyal OFDM dan modulasi yang *single carrier*, identifikasi dari sinyal *multicarrier* yang ditransmisikan menggunakan skema modulasi dan parameter yang berbeda-beda, dll.

Klasifikasi skema modulasi sudah banyak dilakukan dengan berbagai algoritma yang berbeda-beda[1]. Pada [2] dengan metode *amplitude normalization* mampu membedakan sinyal dengan modulasi QPSK dan 16 QAM pada kanal AWGN. Pada [22] dilakukan klasifikasi terhadap skema modulasi QPSK, 16-QAM, 64-QAM dengan menggunakan ciri statistik orde tinggi dan *tree* diagram sebagai pengklasifikasinya pada kanal AWGN. Pada [11] dilakukan identifikasi QPSK, 16-QAM, 64-QAM pada kanal AWGN menggunakan ciri statistik orde satu sampai empat pada kanal AWGN. Pada [17] dilakukan klasifikasi modulasi 16-QAM dan

64-QAM dari sinyal OFDM 4096 *subcarrier* dengan kanal AWGN menggunakan ciri statistik *amplitude moment*. Pada [3] dilakukan klasifikasi BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM dari sinyal OFDM 64 sub-*carrier* pada kanal *multipath* tetapi dengan asumsi *receiver* memiliki pengetahuan yang tepat terhadap respon kanal dan didapatkan akurasi klasifikasi yang tinggi pada SNR lebih dari 18 dB.

Pada penelitian ini, dilakukan klasifikasi skema modulasi QPSK, 16-QAM, 64-QAM dari sinyal OFDM 2048 *subcarrier* pada kanal *multipath* (*frequency selective fading*). Metode yang digunakan adalah *feature-based* dan klasifikasi tree diagram dengan garis batas (*threshold*) yang dioptimasi menggunakan metode *particle swarm optmization* (PSO). Ciri yang digunakan untuk klasifikasi akan dipilih dari beberapa ciri statistik yaitu *mean*, *skewness*, *kurtosis*, orde *moment*yang memiliki nilai *euclidien distance* besar dan *mean square error* terkecil pada tahap pelatihan. Metode PSO dipilih karena memiliki performansi yang baguspada bidang optimasi[12], [19], [20]sehingga diharapkan mampu memberikan kontribusi akurasi klasifikasi yang tinggi pada penelitian ini.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang dianalisis adalah bagaimana bagian *receiver* mampu klasifikasi terhadapskema modulasi yang digunakan oleh sinyal OFDM yaitu QPSK, 16-QAM dan 64-QAM, kemudian dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana memodelkan sinyal *multicarrier* OFDM dengan parameter-parameter tertentu
2. Bagaimanamemodelkan kanal *multipath*(*frequency selective fading*) berdasarkan standar kanal realistis ITU
3. Bagaimana membangkitkan kanal AWGN
4. Bagaimana melakukan deteksi dan estimasi terhadap ciri statistik *mean*,*kurtosis*, *skewness*, orde *moment*dari sinyal OFDM yang dideteksi
5. Bagaimana menggunakan perhitungan *euclidien distance* untuk melakukan seleksi terhadap ciri statistik yang secara dominan mampu memberikan separasi yang tinggi kepada ketiga skema modulasi
6. Bagaimana melakukan klasifikasi menggunakan diagram pohon (*tree diagram*) dengan *threshold* yang sudah dioptimasi menggunakan algoritma *particle swarm optimization* (PSO)

7. Bagaimana pengaruh model kanal *multipath* (*frequency selective fading*) dan AWGN terhadap performansi klasifikasi skema modulasi.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Skema modulasi sinyal OFDM yang digunakan adalah QPSK, 16-QAM, 64-QAM.
2. Model sinyal OFDM yang digunakan adalah *complex lowpass equivalent signal* dengan jumlah *subcarrier* 2048 dan panjang *cyclic prefix* sama dengan maksimum *delay spread* kanal sehingga diasumsikan tidak terjadi *inter symbol interference* (ISI) diantara simbol OFDM yang berdekatan.
3. Model kanal yang digunakan adalah gabungan antara model kanal realistis standar ITU-*large delay* dan model *fading* Smith.
4. Sistem disimulasikan menggunakan pemrograman LabView 2011

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian tesis ini adalah :

1. Membuat sistem yang bisa digunakan untuk menyimulasikan klasifikasi skema modulasi QPSK, 16-QAM dan 64-QAM dari sinyal OFDM
2. Menentukan paramater statistik yang dominan dan mampu membedakan skema modulasi QPSK, 16-QAM dan 64-QAM dari sinyal OFDM
3. Mendapatkan akurasi yang tinggi terhadap klasifikasi skema modulasi QPSK, 16-QAM dan 64-QAM dari sinyal OFDM.

1.5 Tahap Penelitian

Langkah-langkah yang ditempuh dalam penelitianadalah:

1. Studi literatur

   Mempelajari sistem *multicarrier* OFDM, kanal multipath (*frequency selective fading*) dan AWGN, probabilitas dan statistik, algoritma optimasi PSO.

2. Penentuan diagram blok sistem

   Menentukan diagram blok sistem yang digunakan dalam proses klasifikasi skema modulasi sinyal OFDM. Diagram tersebut terdiri dari tiga blok utama yaitu *transmitter*, kanal dan detektor.

3. Pengujian dan analisis
   a) Melakukan pengujian terhadap diagram blok*transmitter* dalam menyimulasikan sistem komunikasi *multicarrier* OFDM
   b) Melakukan pengujian terhadap diagram blok kanal yang menyimulasikan kanal *multipath* dan AWGN
   c) Melakukan pengujian terhadap ekstraksi ciri statistik yaitu *mean*, *kurtosis*, *skewness*, orde *moment* dari sinyal OFDM yang dideteksi
   d) Menggunakan *euclidien distance* untuk menentukan ciri statistik yang memiliki nilai separasi tinggi untuk dapat membedakan skema modulasi QPSK, 16-QAM dan 64-QAM dari sinyal OFDM
   e) Menentukan garis batas (*threshold*) menggunakan ciri statistik yang sudah dipilih dan algoritma PSO untuk melakukan optimasi terhadap koefisien dari garis batas tersebut
   f) Menganalisis performansi klasifikasi terhadap fluktuasi kanal yang diukur pada SNR 0-30 dB.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- Ciri statistik yang dominan mampu membedakan skema modulasi QPSK dengan 16-QAM dan 64-QAM adalah ciri statistik *moment* orde 2 dan 10 dengan transformasi logaritmik.
- Ciri statistik yang dominan mampu membedakan skema modulasi 16-QAM dengan 64-QAM adalah ciri statistik *moment* orde 10 dan 20 dengan transformasi logaritmik.
- Algoritma PSO mampu melakukan optimasi dengan efektif terhadap garis batas (*threshold*) sehingga didapatkan hasil akurasi klasifikasi rata-rata 94% pada minimum SNR yang dapat diterima oleh *receiver* pada sistem yang menggunakan standar WiMAX IEEE 802.16e.
- Penambahan jumlah simbol OFDM pada proses klasifikasi yang menggunakan sistem *voting* terbukti mampu meningkatkan hasil akurasi klasifikasi hingga mecapai 100% untuk setiap skema modulasi. Namun, penambahan jumlah simbol OFDM tersebut memberikan beban yang cukup berat kepada detektor (*receiver*) yaitu penyediaan ukuran *buffer* yang besar dan waktu proses klasifikasi yang lama.
- Hasil akurasi klasifikasi yang optimum didapatkan pada penggunaan lima (5) simbol OFDM yaitu 100% untuk klasifikasi QPSK, 99% untuk klasifikasi 16-QAM dan 96% untuk klasifikasi 64-QAM pada minimum SNR yang dapat diterima oleh *receiver* pada sistem yang menggunakan standar WiMAX IEEE 802.16e. Pada kondisi tersebut tidak memberikan beban yang berat kepada detektor (*receiver*) karena penyediaan ukuran *buffer* yang tidak cukup besar dan waktu proses klasifikasi lebih singkat dibandingkan skenario penggunaan jumlah simbol yang lebih besar (10, 15 dan 20).

5.2. Saran

- Dilakukan eksplorasi ciri statistik terhadap sinyal OFDM pada kondisi yang lebih menantang yaitu pada SNR rendah (sekitar 0 dB) sehingga mampu meningkatkan hasil akurasi klasifikasi pada kondisi tersebut.
- Dilakukan klasifikasi parameter OFDM lainnya seperti jumlah sub-*carrier* dan rasio *cyclic prefix*, sehingga mampu didapatkan sistem *intelligent receiver* sinyal OFDM yang lebih lengkap.

BAB V

CONCLUTION AND SUGGESTION

5.1. *Conclution*

- *The dominant statistic features that were capable of distinguishing the QPSK modulation scheme from 16-QAM and 64-QAM were second order moment and tenth order moment with a logarithmic operation.*
- *The dominant statistic features that were capable of distinguishing 16-QAM modulation scheme from 64-QAM were tenth order moment and twentieth order moment with a logarithmic operation.*
- *PSO algorithm was capable of performing effective optimization of the threshold, so it obtained an average classification accuracy of 94 % on the minimum SNR accepted by the receiver of a system that applied standard WiMax IEEE 802.16e.*
- *The increasing number of OFDM symbols in the classification process that applied a voting system improved the accuracy of the classification of each modulation scheme up to 100% for each modulation scheme. The increasing number of OFDM symbols give a bad effect for the detector (receiver) to supply more buffer and long time process.*
- *The optimum accuracy of the classification had been obtained when five OFDM symbols were applied in the classification scenario. The accuracy was 100% for each modulation scheme on the minimum SNR accepted by the receiver of a system that applied a standard WiMax IEEE 802.16e.*

5.2. *Suggestion*

This study is far from being perfect, further similar studies need to be carried out. The following are some suggestions that may improve the result of this study:

- *To improve the results of the accuracy of the classification, exploratory statistical characteristics of the OFDM signal may be carried out in more challenging conditions, namely at low SNR (approximately 0 dB).*
- *To obtain a complete intelligent receiver of OFDM signal, other OFDM parameters such as the number of sub-carriers and cyclic prefix ratio can be carried out.*

DAFTAR PUSTAKA

1) A Dobre, Octavia.2012."*A Survey of Automatic Modulation Classification Techniques: Classical Approach and New Trends*". Memorial University of Newfoundland, Kanada.
2) A. Rajesh, Gurav Jyoti Phukan, P.K. Bora, Chaveli Ramesh.2012."*Amplitude Normalization in Blind Modulation Classification*". Proc IEEE 978-1-4673-0816-8/12
3) B Reddy Sharath. Tevfik Yücek and Hüeyin Arslan.2003."*An Efficient Blind Modulation detection Algorithm for Adaptive OFDM Systems*". Proc. IEEE 0-7803-7954-3/03 page 1895-1899
4) Clark, Cory L.2005."*LabVIEW Digital Signal Processing and Digital Communication*". McGraw-Hill Companies, USA. Communication Conference - Track 5 – Communication and Network Systems, page 2211-2215
5) Gejie Liu Jason, dkk.2011."*Blind Parameter Estimation for OFDM Interception Receiver with Iterative Cyclostationary Analyzis*". Proc IEEE Military
6) Goldsmith, Andrea.2005."*Wireless Communication*". Cambridge University Press, USA New York.
7) Haykin, Symon.2001."*Communication System 4th Edition*". John Wiley & Sons, United State of America.
8) Jek Jong Siang.2005."*Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrograman Menggunakan Matlab*". Penerbit Andi Yogyakarta
9) Li Hong, dkk.2006."*OFDM Modulation Classification and Parameters Extraction*". Proc. IEEE 1-4244-0381-2/06
10) IEEE.2004."*IEEE Standart 802.16TM for Local and Metropolitan Area Networks, Part 6, Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*". LAN/ MAN Standards Commitess, USA New York.
11) Madya Saputri, Desti.2012."*Klasifikasi Tipe Modulasi Menggunakan Metoda Deteksi Selubung Kompleks Dan Parameter Statistik*".Institut Teknologi Telkom, Bandung.
12) Misbahuddin.2011."*Artificial Neural Network Weights Optimization Based on Particle Swarm Optimization*". Dielektrika, Indonesia.

13) Pätzold Matthias, Frank Laue.1998."*Statistical Properties of Jake's Fading Channel Simulator*". IEEE Trans.
14) Rappaport, Theodore S.2002."*Wireless Communication Principles And Practice*". Prentice Hall PTR Second Edition.
15) Rosa Zheng Yahong and Chengshan Xiao.2009. "*Mobile Speed Estimation for Broadband Wireless Communication over Rician Fading Channel*" . IEEE Transaction on Wireless Communication Vol 8 No.1 January.
16) Saad Akram, Muhammad.2007."*Pilot-based Channel Estimation in OFDM Systems-Master Thesis*". Copyright Nokia Mobile Phone
17) Shimbo, Daisuke and Ikuo Oka.2010."*A Modulation Classification Using Amplitude Moments in OFDM systems*". Proc IEEE ISITA 2010, Taichung, Taiwan, October 17-20, page 288-293
18) Sklar, Bernard.2001."*Digital Communications Fundamentals and Application*". Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey
19) Santosa Budi.2012."*Tutorial Particel Swarm Optimization*". Teknik Industri, Kampus ITS, Sukolilo Surabaya
20) Sarita Mahapatra.2011."*Performance Evaluation of PSO Based Classifier for Classification of Multidimensional Data with Variation of PSO Parameters in Knowledge Discovery Database*". International Journal of Advanced Science and Technology, Vol. 34, September
21) Suyanto.2010."*Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilistik". Edisi Pertama - Graha Ilmu*, Yogayakarta
22) Wijanto, Heroe.2011."*Transformasi Data dan Ekstraksi Ciri Statistik Orde Tinggi Untuk Rekognisi Modulasi Otomatik*". Institut Teknologi Bandung, Bandung.
23) Wimax Forum.2008."*Mobile Release 1.0 Channel Model*". WiMax Forum Proprietary – Subject to Change Without Notice". Sumber: http://www.wimaxforum.org, diakses pada 18 Februari 2014.