

Implementasi Sistem Komunikasi Kooperatif OFDM pada Wireless Open Access Research Platform

Gusti Eddy Wira Pratama^{1,*}, Suwadi¹, Titiek Suryani¹

¹ Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

* E-mail : gusti.eddy13@mhs.ee.its.ac.id,

Abstrak. Proses pengiriman data melalui jaringan nirkabel terdapat beberapa gangguan diantara yaitu *multipath fading*, yang dapat menyebabkan penurunan kinerja pada sistem komunikasi. Gangguan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan teknik MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) dengan menggunakan *multiple* antena pada sisi pemancar dan penerima. akan tetapi, teknik MIMO mempunyai beberapa batasan pada segi ukuran, biaya dan kompleksitas pada perangkat keras. sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan sistem komunikasi kooperatif yang mempunyai kinerja seperti MIMO dimana teknik ini menggunakan sumber daya yang berada pada node - node terdistribusi yang dapat meningkatkan kinerja pada jaringan nirkabel. Penilitan ini melakukan implementasi menggunakan modul WARP (*Wireless Open Access Research Platform*) yang dapat berkerja secara *real-time* dan dapat diterapkan pada sistem komunikasi dengan *throughput* yang tinggi. Pada implementasi sistem komunikasi kooperatif OFDM ini menggunakan jenis relay decode and forward dan menggunakan kanal real dimana hasil implementasi ini akan membahas pengaruh sistem komunikasi kooperatif OFDM dengan sistem komunikasi nonkooperatif OFDM yang disebabkan pengaruh jarak antar node(meter) serta daya pancar (dB) terhadap nilai BER(Bit Error Rate). Pada kondisi tanpa penghalang sistem komunikasi kooperatif mempunyai nilai BER sama dengan 0 pada saat daya pancar sebesar -14dB sedangkan pada sistem non kooperatif OFDM pada saat daya pancar -9dB dan untuk kondisi dengan penghalang pada komunikasi kooperatif OFDM mempunyai nilai BER sama dengan 0 pada saat daya pancar sebesar - 9 dB sedangkan Non-kooperatif OFDM tidak mencapai nilai BER sama dengan 0 pada daya pancar maksimum sebesar -5 dB

Kata Kunci: Kooperatif OFDM, WARP, *Decode and Forward*

1. Pendahuluan

Proses sistem komunikasi nirkabel terdapat beberapa gangguan yang menurunkan kinerja sistem komunikasi salah satunya *multipath fading*, dimana untuk mengatasi permasalahan tersebut muncul beberapa teknik, salah satu diantaranya yaitu teknik MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) yang menggunakan *multiple* antena pada sisi pemancar dan penerima. akan tetapi teknik ini memiliki batasan pada segi ukuran, biaya dan kompleksitas perangkat keras sehingga muncul teknik yang mampu mengatasi keterbatasan tersebut dengan menggunakan teknik sistem komunikasi kooperatif [1]-[9].

Dalam upaya meningkatkan kinerja pada sistem jaringan nirkabel, Sistem komunikasi kooperatif menggunakan sumber daya antena *virtual* yang terdapat pada node – node yang terdistribusi dalam mengatasi keterbatasan pada MIMO [1]-[9]. meskipun banyak literatur tentang sistem komunikasi kooperatif tetapi tidak banyak upaya dalam pengimplementasian sistem komunikasi kooperatif tersebut [6]. pada referensi [10] berbagai macam platform yang mampu mengimplementasikan sistem komunikasi kooperatif menggunakan *Software Defined Radio* (SDR) untuk mendesain lapisan fisik, tetapi pada implementasinya diantaranya tidak bekerja secara *real-time*. ada juga *platform* proyek GNU radio yang menyediakan pengembangan nirkabel yang fleksibel dengan kerangka open-source dari algoritma nirkabel yang diimplementasikan dalam software. akan tetapi sistem GNU radio tidak dapat diterapkan pada komunikasi dengan *throughput* yang tinggi karena sebagian besar pengolahan sistem dijalankan pada PC *host*. WARP (*Wireless Open Access Research Platform*) merupakan modul FPGA (field Programmable Gate Array) yang mampu

mengimplementasikan algoritma nirkabel pada layer PHY dan MAC secara real-time serta mampu diterapkan pada komunikasi dengan throughput yang tinggi.

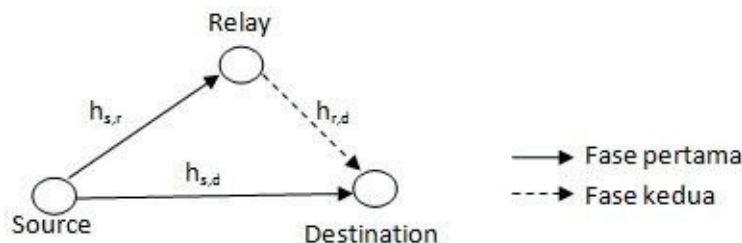
Beberapa penelitian tentang implementasi sistem komunikasi kooperatif OFDM telah dilakukan. Seperti penelitian Patrick Murphy dkk tentang desain transceiver kooperatif OFDM pada modul WARP yang dapat beroperasi sendiri atau tanpa control terpusat dan dapat diterapkan secara real-time[2] serta [3] yang melakukan implementasi untuk sistem komunikasi non-kooperatif, sistem komunikasi kooperatif dengan relay AF (Amplify and Forward) dan skema DF(Decode and Forward), serta Network Coding. Penelitian oleh Christopher Hunter dkk yang melakukan implementasi kooperatif pada lapisan layer fisik dan MAC. Dimana pada ketiga penelitian tersebut menggunakan Channel Emulator azimuth ACE 400WB untuk menentukan jenis kanal yang digunakan dalam koneksi antar radio pada tiap node model WARP.

Berdasarkan paparan diatas, pada penelitian ini akan melakukan implementasi sistem komunikasi kooperatif OFDM dengan menggunakan skema relay DF pada lapisan layer fisik, adapun untuk jenis kanal yang digunakan menggunakan jenis kanal real dengan mengatur perubahan jarak antar node (meter) serta perubahan daya pancar (dB) serta melakukan analisis antara sistem komunikasi non-kooperatif OFDM atau SISO (Single Input Single Output) OFDM

2. Dasar Teori

2.1 Sistem Komunikasi Kooperatif

Sistem Komunikasi Kooperatif merupakan sistem yang menggunakan sumber daya yang ada pada node - node yang terdistribusi untuk meningkatkan kinerja pada jaringan nirkabel[1-7]. Sistem komunikasi kooperatif seperti pada gambar 1. pada penerima akan terjadi dua fase penerimaan data dimana pada fase pertama source(S) akan mengirimkan sinyal informasi secara broadcast ke Relay (R) dan Destination dan pada fase kedua (R) mengirimkan sinyal informasi yang merupakan hasil dari pengolahan sinyal dari Source(S) ke Destination sehingga pada penerima akan dilakukan proses combining. dalam hal ini, jalur pengiriman yang terjadi pada sistem komunikasi kooperatif saling independent antar satu sama lain



Gambar 1. Sistem Komunikasi Kooperatif OFDM dengan satu Relay

2.2 Skema Relay

Ada beberapa skema relay yang paling umum digunakan diantaranya:

1. Skema Relay *Amplify and Forward* (AF), melakukan proses penguatan sinyal informasi dan noise yang diterima dari Source (S) ke Destination (D) tanpa melakukan proses encoding
2. Skema Relay *Decode and Forward* (DF), melakukan proses encoding dari sinyal informasi yang diterima dari Source (S) ke Destination (D)

2.3 Teknik Combining

Proses penerimaan data di penerima pada sistem komunikasi kooperatif dibedakan menjadi 2 fase yaitu fase penerimaan dari source (S) ke Destination (D) dan fase penerimaan dari Source (S) – Relay (R) – Destination (D). Sehingga data tersebut akan diolah dengan menggunakan teknik combining. Adapun teknik combining yang umum digunakan diantaranya:

1. *Selective combining* (SC), merupakan teknik yang akan memilih nilai SNR (*signal to Noise Ratio*) dari beberapa sinyal informasi yang diterima di penerima.
2. *Equal Gain Combining* (EGC), merupakan teknik yang akan menjumlahkan semua sinyal informasi yang diterima di penerima

3. *Maximum Ratio Combining* (MRC), merupakan teknik yang akan menjumlahkan semua sinyal informasi yang diterima untuk mengestimasi data yang dikirimkan akan tetapi pada teknik ini setiap sinyal yang diterima akan dikalikan dengan nilai konjugasi dari kanal yang dilalui.

2.4 OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*)

gagasan dibalik OFDM adalah membagi laju transmisi data berkecepatan tinggi menjadi beberapa laju kecepatan rendah yang ditransmisikan secara simultan dengan menggunakan subcarrier yang saling tegak lurus dimana proses tersebut bertujuan untuk mengatasi gangguan yang disebabkan oleh frekuensi selective fading[12]. Semula aliran serial digit biner [n] dibagi ke dalam N aliran paralel, yang nantinya digunakan sebagai masukan modulator masing-masing subcarrier yang saling tegak lurus dan *dimultipleks* untuk mendapatkan sinyal OFDM, dan masing - masing dipetakan ke aliran simbol yang menggunakan beberapa konstelasi modulasi. konstelasi tersebut bisa jadi berbeda. sehingga beberapa aliran memiliki kecepatan bit yang lebih tinggi dari yang lainnya[12]. Invers FFT setiap set simbol dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \left[\sin\left(2\pi \frac{n}{N} k\right) - j \cos\left(2\pi \frac{n}{N} k\right) \right] \quad (1)$$

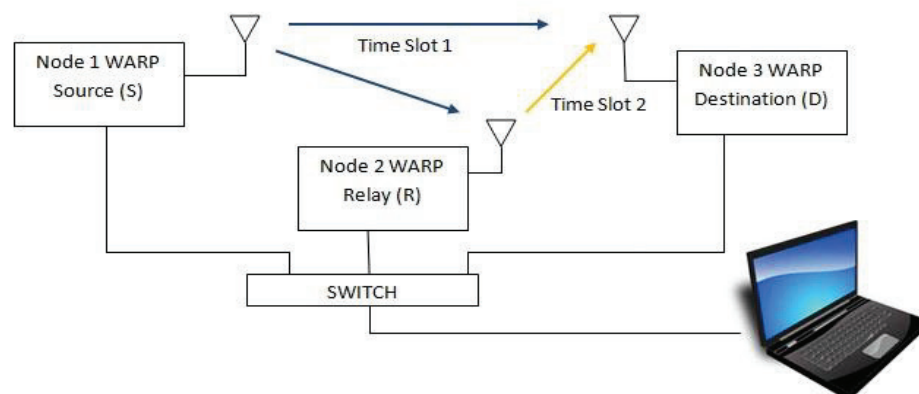
Dimana k adalah indeks frekuensi pada sejumlah N frekuensi subcarrier, n adalah indeks waktu, x(k) adalah besar nilai spektrum untuk frekuensi k, x(n) adalah besar nilai sinyal pada waktu n.

2.5 WARP (*Wireless Open Access Research Platform*)

WARP merupakan salah satu jenis SDR yang dikembangkan di laboratorium CMC, Rice University. WARP terdiri dari sebuah modul FPGA (Field Programmable Gate Array) yang mampu mengintegrasikan sumber daya pengolahan berbasis FPGA dengan antar muka radio nyata. platform ini mampu mengimplementasikan algoritma pada pengolahan hardware secara real-time pada physical layer dan MAC layer [11]. Pada WARP mempunyai WARPLab yang merupakan framework untuk membangkitkan sinyal dari Program MATLAB serta dapat ditransmisikan secara real-time serta mampu diimplementasikan pada frekuensi radio 2,4 GHz dan 5 GHz.

3. Metode Penelitian

Pada proses implementasi sistem komunikasi kooperatif OFDM menggunakan 3 node WARP terdiri dari Source (S), Relay (R) dan Destination (D) terhubung dengan switch, dimana Komputer atau Laptop dihubungkan ke switch untuk dapat melakukan proses algoritma pada setiap node secara real-time menggunakan program MATLAB seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi sistem komunikasi kooperatif pada WARP

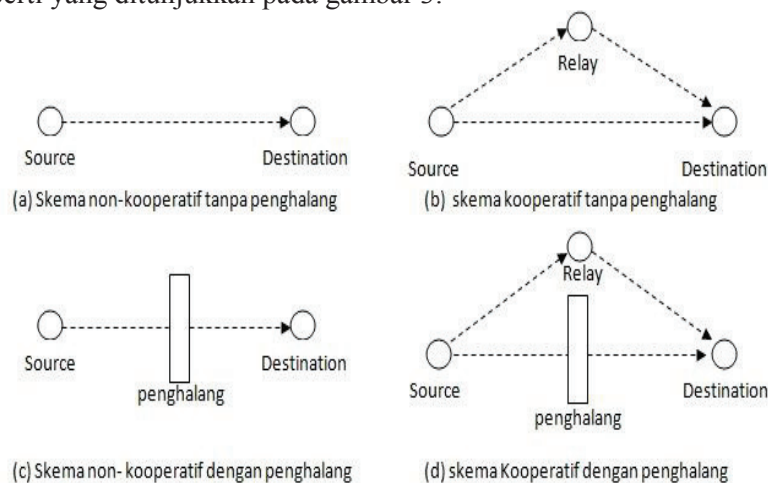
Pada pemancar akan dibangkitkan sinyal OFDM dengan parameter seperti pada tabel 1. Dimana bit informasi secara acak terdistribusi uniform dengan nilai 0 dan 1 dibangkitkan, data tersebut dilakukan modulasi dengan menggunakan modulasi QPSK, data input serial akan dikirimkan secara

paralel sesuai dengan banyaknya subcarrier yang digunakan pada tiap simbol, data pada setiap subcarrier kemudian dilakukan proses IFFT yang berfungsi membangkitkan frekuensi carrier yang saling tegak lurus satu sama lain dan penambahan Cyclic Prefix yang merupakan salinan bagian akhir dari suatu blok simbol OFDM sebesar 25 % dan menempatkan pada bagian depan blok simbol tersebut dengan tujuan agar tidak terjadi ISI.(Inter Symbol Interference). Setelah itu dilakukan penambahan preamble untuk melakukan estimasi kanal serta deteksi sinyal. Preamble tersebut merupakan gabungan antara Short Training Symbol (STS) dan Long Training Symbol (LTS)[13].

Tabel 1. Parameter OFDM pada WARP

Parameter	Nilai
Bit rate	24 Mbps
QPSK Symbol rate per carrier (baud rate)	12 MBd
Jumlah subcarrier	64 (48 data + 4 pilot)
OFDM symbol rate	250 kBd
Ratio cyclic prefix	25 %
Bit Terkirim	107520 bit
Jarak <i>node</i> source ke destination	4 Meter
Setting Gain Pada WARP :	
- Tx BaseBand	2
- Tx RF	0 – 60 (-35 dBm s/d -4.7 dBm)
- Rx Baseband	2
- Rx RF	2

pada proses pengukuran dilakukan 2 skema dengan menggunakan penghalang dan tanpa penghalang seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



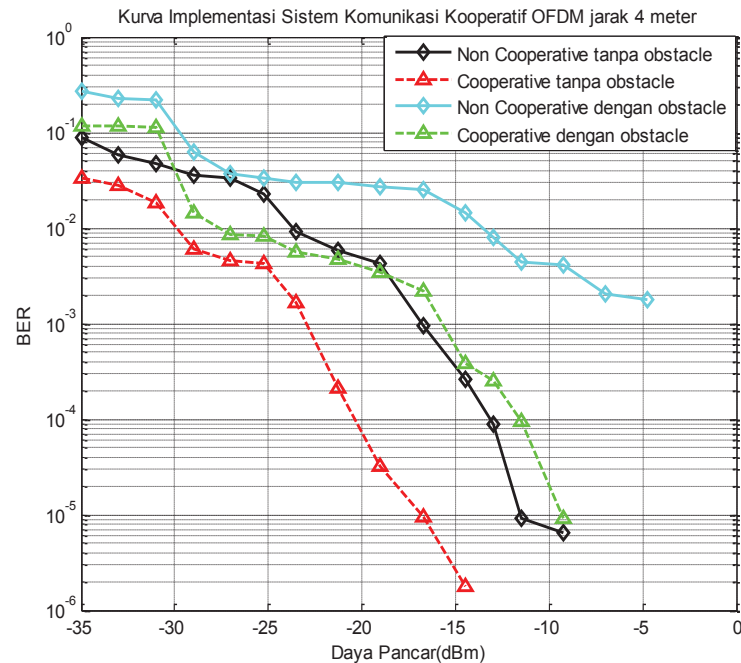
Gambar 3. Skema pengukuran implementasi kooperatif OFDM

4. Analisa Kinerja Sistem

Pada proses implementasi sistem komunikasi kooperatif OFDM dilakukan di pengukuran di laboratorium Komunikasi dan Multimedia Jurusan Teknik Elektro ITS, dengan mengatur jarak Source (S) ke Relay (R) 2 meter serta jarak antara Relay (R) ke Destination (D) juga 2 meter dimana hasil pengukuran ditunjukkan pada gambar 2 dimana pada proses pengukuran menggunakan penghalang (obstacle) dan tanpa penghalang, adapun untuk jenis Relay yang digunakan menggunakan jenis relay Decode and Forward (DF) serta combining yang digunakan pada proses implementasi ini menggunakan Selective Combining (SC).

Dari hasil implementasi didapat bahwa sistem komunikasi kooperatif OFDM mempunyai kinerja lebih baik jika dibandingkan dengan sistem non kooperatif OFDM. Pada implementasi sistem tanpa penghalang, sistem komunikasi kooperatif OFDM mencapai nilai BER (Bit Error Rate) sama

dengan 0 ketika daya pancar sebesar -14 dB sedangkan non kooperatif OFDM berdaya pancar -9 dB, begitu pula ketika dilakukan implementasi pada kondisi dengan penghalang dimana pada sistem komunikasi kooperatif OFDM BER bernilai sama dengan 0 ketika daya pancar sebesar -9 dB sedangkan pada sistem non kooperatif OFDM tidak terjadi nilai 0 pada daya pancar maksimum dari WARP sebesar -5 dB dengan nilai BER sebesar 0,00175



Gambar 4. Hasil implementasi Sistem komunikasi Kooperatif dan Non-kooperatif dengan penghalang dan tanpa penghalang

5. Kesimpulan

Pada implementasi sistem komunikasi kooperatif OFDM mempunyai peningkatan kualitas pengiriman sinyal sebesar 5 dB jika dibandingkan sistem non kooperatif OFDM untuk kondisi tanpa penghalang sedangkan untuk kondisi dengan penghalang untuk sistem komunikasi kooperatif OFDM BER bernilai sama dengan 0 ketika daya pancar sebesar -9 dB adapun untuk non kooperatif pada daya pancar maksimum -5 dB mempunyai nilai BER 0,00175. Dan nilai yang didapat bisa berubah dengan skema jarak dan combining yang berbeda

6. Daftar Referensi

- [1] Y.W.P. Hong, W.J. Huang and C.C.J Kuo, "Cooperative Communication and Networking," Springer New York Dordrecht Heidelberg London, 2010
- [2] P. Murphy, C. Hunter and A. Sabharwal, "Design of a Cooperative OFDM transceiver," Signal, System and Computers, 2009 Conference Record of the Forty-Third Asilomar Conference on IEEE
- [3] P. Murphy and A. Sabharwal, "Design, Implementation, and Characterization of a Cooperative Communication system", IEEE Transactions on Vehicular Technology. Vol. 60, No. 6, July 2011
- [4] S-W. Ko, J-H. Kim, J-S Yoon and H-K Song, "Cooperative OFDM System for High Throughput in Wireless Personal Area Networks", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 56, No. 2, May 2010
- [5] O. Amin and M. Uysal, "Optimal Bit and Power Loading for Amplify-and-Forward Cooperative OFDM Systems", IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 10, No. 3, March 2011

- [6] C. Hunter, P. Murphy and A. Sabharwal, “Real - Time Implementation Distributed Cooperative MAC and PHY”, Information Sciences and Systems (CISS), 2010 44th Annual Conference on IEEE
- [7] X. Li, Fan Ng and T. Han, “Carrier Frequency Offset Mitigation in Asynchronous Cooperative OFDM Transmissions”, IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 56, No. 2, February 2008
- [8] J. Nicolas Laneman, David N. C. Tse, Gregory W. Wornell, “Cooperative in Wireless Networks: Efficient Protocols and Outage Behavior”, IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 50, No. 12, December 2004
- [9] Michael Knox, Elza Erkip, Kshitij Kumar Singh, “Cooperative Coding Implementation at the Physical Layer” , Department of Electrical and Computer Engineering, Polytechnic Institute of New York University, Brooklyn, NY, USA
- [10] T. Korakis, M. Knox, E. Erkip, and S. Panwar, “Cooperative network implementation using open-source platforms,” Communications Magazine, IEEE, vol. 47, no. 2, pp. 134 –141, 2009.
- [11] <http://warp.rice.edu/trac/>
- [12] Y.G. Li, Gordon L. Stuber, “ Orthogonal Frequency Division Multiplexing For Wireless Communications” Springer Science+Business Media, Inc. New York, 2006
- [13] Suryani, T., Suwadi, Hasan, Yoga, S. W, “Implementation and Performance Evaluation of Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) Using WARP, International Seminar on Intelligent Technology and Its Application (ISITIA), Surabaya, 2015