

## ANALISIS PERFORMANSI OFDM MENGGUNAKAN KODE LARGE CARRIER INTERFEROMETRY (LCI) PADA ARAH DOWNLINK (PERFORMANCE ANALYZE OF OFDM USING LARGE CARRIER INTERFEROMETRY (LCI) CODE ON DOWNLINK DIRECTION)

Rahmat Dwi Laksana<sup>1</sup>, Rina Pudji Astuti<sup>2</sup>, Arfianto Fahmi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

---

### Abstrak

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) adalah sebuah teknik modulasi yang menggunakan sejumlah besar carrier yang saling orthogonal. Konsep OFDM adalah memecah data serial dengan kecepatan tinggi menjadi data paralel dengan kecepatan yang lebih rendah, kemudian data-data paralel tersebut dibawa oleh subcarrier yang saling orthogonal. Dengan data rate yang menjadi lebih rendah, maka sistem OFDM menjadi lebih tahan terhadap multipath fading. Untuk meningkatkan performansi OFDM, banyak di rancang berbagai macam arsitektur sistem. Salah satunya adalah dengan metode LCI-OFDM (Large Carrier Interferometry - OFDM). Metode ini memperbaiki kekurangan OFDM sebagai sistem yang multicarrier, khususnya pada permasalahan Peak-to Average Power Ratio (PAPR) yang tinggi. Dalam implementasinya, pengaruh negatif PAPR ini berakibat pada batere / power terminal mobile yang tidak tahan lama / boros.

Dalam tugas akhir ini dianalisa performansi sistem OFDM menggunakan kode Large Carrier Interferometry. Simulasi dilakukan pada kanal Rayleigh Fading dengan tambahan noise Additive White Gaussian Noise (AWGN). Penelitian menunjukkan performansi sistem pada parameter-parameter seperti jenis mapper, jumlah subcarrier dan kecepatan user. Selain itu dilakukan juga perbandingan performansi sistem dengan kode penebar pembanding yaitu kode POCI.

Hasil simulasi pada tugas akhir ini menunjukkan perbaikan performansi sistem. Kode LCI memberikan perbaikan performansi pada jumlah subcarrier 128, 256, 512, dan 1024 berturut-turut sebesar: 4 dB, 3.4 dB, 2 dB, dan 1 dB untuk target BER 10<sup>-5</sup> dibandingkan dengan sistem yang menerapkan kode POCI. Untuk PAPR, kode LCI memberikan perbaikan sebesar 4.42 dB, 5 dB, 5.45 dB, 6.1 dB pada subcarrier 128, 256, 512 dan 1024 dibanding sistem OFDM tanpa kode penebar.

Kata Kunci : OFDM, INTERFEROMETRY, LCI, PAPR, BER, AWGN, Rayleigh

---

Telkom  
University

### Abstract

Orthogonal Frequency Division Multiplexing ( OFDM ) is a modulation technique that uses a large number of carriers that orthogonal to each other. The concept of OFDM is to split a high speed serial data into parallel data at a lower speed, then the parallel data carried by mutually orthogonal subcarriers. With data rate that is lower, then the OFDM system becomes more resistant to multipath fading. To improve the performance of OFDM, there are many variety of system architectures. One of many method is LCI-OFDM (Large Carrier Interferometry-OFDM ). This method repair the deficiencies OFDM as a multicarrier system, particularly the problem of Peak to Average Power Ratio (PAPR) that is high. In implementation, the negative effect of this high PAPR results in battery / power mobile terminals that are not durable / wasteful . In this final project, the performance of OFDM systems using Large Carrier Interferometry code was analyzed. Simulations performed on Rayleigh Fading channel with additional noise Additive White Gaussian noise (AWGN). Research demonstrated the system performance parameters such as the type of mapper , number of subcarriers and user speeds. In addition, the system performance comparison is also done with the comparison spreading code that is POCI code . Simulation results in this thesis demonstrated the performance improvement system. Code LCI provides improved performance on the number of subcarriers 128, 256, 512 , and 1024 respectively amounted sequence : 4 dB , 3.4 dB , 2 dB , and 1 dB for a target BER  $10^{-5}$  compared to systems that implement POCI code. For PAPR, LCI code gives improvement of 4.42 dB, 5 dB, 5.45 dB, 6.1 dB on subcarrier 128 , 256 , 512 and 1024 from the OFDM system without spreading code.

Keywords : OFDM, INTERFEROMETRY, LCI, PAPR, BER, AWGN,



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam komunikasi saat ini menuju ke arah 4G, membutuhkan *data rate* serta efisiensi bandwidth yang tinggi. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) merupakan suatu teknik *multicarrier* yang membagi sinyal data dengan rate yang tinggi menjadi beberapa data dengan rate yang rendah. Dengan rate yang rendah ini, OFDM menjadi lebih tahan terhadap *frequency selective fading*, dan tidak sensitif terhadap sinyal *delay*. Akan tetapi, sebagai sistem yang *multicarrier* OFDM juga mempunyai kelemahan yakni memiliki nilai *Peak to Average Power Ratio* (PAPR) yang tinggi. Tingginya nilai PAPR menyebabkan *power amplifier* membutuhkan daerah linier yang lebar sehingga akan mengurangi efisiensi penguat daya dalam sistem. Salah satu metode untuk mengatasi masalah PAPR ini adalah dengan menerapkan *spreading code* pada arsitektur sistem. Salah satu kode penebar yang memberikan performansi yang baik adalah kode *Pseudo-Orthogonal Carrier Interferometry* (POCI). Kode ini mampu mengurangi efek PAPR pada sistem yang *multicarrier* sehingga menghasilkan *output* seperti sistem *singlecarrier*. Akan tetapi kode ini memiliki kekurangan, yaitu *cross-correlation* antar set kode yang tinggi dan tidak *uniform* sehingga menciptakan probabilitas error yang besar.

Pengembangan kode POCI yang dilakukan oleh Anwar [3], menghasilkan suatu set kode baru yang disebut kode *Large Carrier Interferometry* (LCI). Kode ini berupa bilangan kompleks yang dibentuk dari fasor IDFT dan diletakkan pada matriks berukuran  $(2N+1 \times N)$ . Selain dapat menurunkan PAPR seperti kode POCI, pada kondisi tertentu kode ini dapat meningkatkan kecepatan pengiriman data menjadi lebih dari dua kali lipat, sehingga performansi OFDM dapat ditingkatkan. Kode ini telah direkonstruksi ulang sehingga menghasilkan *cross-correlation* yang lebih rendah dan *uniform*. *Cross-correlation* antar kode yang rendah sangat penting untuk menghindari kesalahan yang disebabkan proses pengkodean data informasi. Pada tugas akhir kali ini, akan dilakukan analisis tentang pengaruh jenis *mapper*, pengaruh jumlah *subcarrier* yang digunakan, perbandingan antara kode LCI dan kode POCI. Dan perbandingan pada sistem dengan kode LCI dengan sistem tanpa kode penebar. Tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam mendesain sistem komunikasi baru yang lebih handal dan menghasilkan kinerja yang lebih baik dan efisien dari sistem komunikasi sebelumnya.

## 1.2 Tujuan

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah :

1. Melakukan Analisis penerapan kode penebar *Large Carrier Interferometry* pada sistem komunikasi OFDM.
2. Melakukan analisis perbandingan kinerja dari kode *Large Carrier Interferometry* dengan kode *Pseudo-Orthogonal Carrier Interferometry* pada sistem komunikasi OFDM.

## 1.3 Rumusan Masalah

Pada tugas akhir ini rumusan masalah meliputi :

1. Bagaimana pendefinisian model sistem OFDM menggunakan kode penebar LCI?
2. Bagaimana pendefinisian kinerja sistem OFDM menggunakan kode penebar LCI?
3. Bagaimana pendefinisian perbandingan kinerja kode penebar yang digunakan?

## 1.4 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini terdapat beberapa batasan masalah, antara lain :

1. Simulasi menggunakan Matlab R2013a
2. Sistem OFDM terdiri dari: *transmitter*, kanal, *receiver*
3. Kanal propagasi yang digunakan dalam simulasi diasumsikan mengalami gangguan yang terdistribusi AWGN dan *Rayleigh*.
4. Jumlah *subcarrier* yang digunakan adalah 128, 256, 512, 1024
5. Seluruh *subcarrier* digunakan untuk transmisi data.
6. Jumlah user yang digunakan dalam penelitian ini adalah *single user* pada satu sel.
7. Estimasi kanal dianggap sempurna.
8. Menggunakan *convolutional encoder* dengan *coding rate*  $\frac{1}{2}$  dan *constraint length*  $K=7$ .
9. *Mapper* yang digunakan adalah BPSK , QPSK, 16-QAM.
10. Sistem bekerja pada arah *downlink* dengan kondisi sinkron.
11. Kode penebar yang digunakan adalah kode LCI dan POCI

## 1.5 Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam Tugas akhir ini adalah :

### 1. Studi Literatur

Melakukan studi literature dengan mempelajari konsep dan teori pendukung yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Proses pembelajaran melalui pustaka-pustaka yang berkaitan dengan penelitian, baik berupa buku maupun jurnal ilmiah.

### 2. Perancangan Model dan Simulasi

Perancangan model dan simulasi untuk mendapatkan data-data yang akan dianalisis. Pada tugas akhir ini, perancangan model dan simulasi model dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab R2013a.

### 3. Analisis Hasil Simulasi

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil simulasi program.

### 4. Penarikan Kesimpulan

Mengambil kesimpulan dari hasil penelitian serta memberikan saran untuk proses selanjutnya.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada bab ini diuraikan mengenai latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan rencana kerja.

### **BAB II : DASAR TEORI**

Pada bab ini berisi teori yang mendukung dan mendasari penulisan tugas akhir ini, yaitu teori dasar tentang OFDM dan *Large Carrier Interferometry Code*.

### **BAB III : SISTEM DAN SIMULASI**

Pada bab ini berisi pemodelan sistem OFDM menggunakan kode penebar *Large Carrier Interferometry Code* mulai dari sisi pengirim hingga penerima.

#### **BAB IV : ANALISIS SIMULASI**

Bab ini membahas mengenai analisis hasil pemodelan sistem dan simulasi yang dilakukan, berupa keberhasilan pemodelan sistem dan kemungkinannya untuk diimplementasikan.

#### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran, berdasarkan analisis dari hasil simulasi.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini adalah :

1. Pada tugas akhir ini ditemukan kelemahan dalam implementasi kode penebar LCI pada sistem OFDM, yaitu performansi yang menurun ketika diterapkan jenis *mapping* yang memiliki bagian imajiner seperti QPSK dan QAM. Sistem tidak menampilkan kinerja yang layak digunakan dalam transmisi karena error sangat besar.
2. Implementasi kode LCI dapat menurunkan efek PAPR pada OFDM secara signifikan. Pada bab analisis pada Tugas Akhir ini didapatkan nilai PAPR LCI-OFDM pada jumlah *subcarrier* 128 dan CCDF  $10^{-3}$  tidak pernah melebihi 6,2 dB sedangkan pada OFDM konvensional sekitar 10,7 dB.
3. Semakin besar jumlah *subcarrier* yang digunakan, didapatkan performansi LCI-OFDM yang membaik, hal ini dibuktikan pada BER  $10^{-5}$  sistem yang menggunakan *subcarrier* 128, 256, 512, 1024 membutuhkan Eb/N0 secara berturut-turut: 12,7 dB, 10,8 dB, 9,7 dB, 9,2 dB. Hal ini dikarenakan *cross-correlation* kode semakin mengecil ketika jumlah *subcarrier* bertambah sehingga kode semakin orthogonal.
4. Kinerja LCI-OFDM lebih buruk daripada BPSK-OFDM, pada BER  $10^{-5}$  selisihnya adalah 5,5 dB. Hal ini adalah *trade-off* sistem, dimana untuk mendapatkan kecepatan pengiriman dan konsumsi *power* yang rendah dibayar dengan penambahan Eb/N0.
5. Kecepatan *user* yang berbeda-beda tidak mempengaruhi performansi sistem secara signifikan. Dapat dilihat dari penelitian, percobaan kecepatan user memberikan hasil yang hampir sama pada semua variasi kecepatan.
6. Performansi sistem LCI-OFDM lebih baik daripada POCI-OFDM. Hal ini terbukti dari hasil percobaan dimana kode LCI memberikan perbaikan nilai Eb/N0 pada BER  $10^{-5}$  berturut-turut sebesar: 4 dB, 3,4 dB 2 dB, 1 dB pada jumlah *subcarrier* 128, 256, 512, dan 1024.

## 5.2. SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pembentukan kode LCI agar dapat diterapkan pada jenis mapper yang memiliki bagian imajiner seperti M-QAM dengan performansi maksimum.
2. Selain dengan FFT teknik pembangkitan sinyal OFDM dapat menggunakan transformasi wavelet (OWDM) yang memiliki fungsi basis dengan orthogonalitas yang baik juga.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan menggunakan sistem MIMO dengan jumlah antena pengirim dan penerima 2x2, 4x4 dan dengan teknik pengkodean yang berbeda seperti STBC, DSTBC, SM atau pengkodean lain yang lebih akurat.
4. Mengurangi *cross-correlation* kode dengan menambahkan *inter-code canceler* pada sistem yang digunakan
5. Diterapkan pada sistem *multicarrier* lain seperti MC-CDMA atau MC-DS-CDMA, OFDMA.

## Daftar Pustaka

1. Anwar, K. (2008). *Peak Power Reduction for Multicarrier System in Satellite and Radio Communications*. Nara: Nara Institute of Science and Technology (NAIST).
2. Anwar, K., & Okada, M. (2004). *PAPR Reduction of OFDM Signals Using Iterative Processing and Carrier Interferometry Codes*. Nara: Nara Institute of Science and Technology (NAIST).
3. Anwar, K., Saito, M., Hara, T., & Okada, M. (2008). Large code set for double user capacity and low papr level in multicarrier systems. *IEICE TRANS. FUNDAMENTAL. VOL.E91-A.NO8.AUGUST 2008*.
4. Balasubramaniam Natarajan, C. R. (2001). High-Performance MC-CDMA Via Carrier Interferometry Codes. *IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 50, NO. 6*.
5. Cho, Y. S. (2010). *MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB*. Singapore: Jhon Wiley and Sons (Asia).
6. Dahlman, E. (2007). *3G Evolution: HSPA And LTE for Mobile Broadband*. Oxford.
7. David A. Wiegandt, S. M. (2003). High-Throughput, High-Performance OFDM via Pseudo-Orthogonal Carrier Interferometry Spreading Codes. *IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, VOL. 51, NO. 7, JULY 2003, 1123-1134*.
8. Hara, S., & Prasad, R. (2003). *Multicarrier Techniques for 4G Mobile Communication*.
9. Indrapraja, F. F. (2005). *Analisa Kinerja OFDM Menggunakan Pseudo-Orthogonal Carrier Interferometry Coding Pada Kanal Multipath Fading*. Bandung: STT Telkom.
10. ITU-R M.1225. (1997). *Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000*.
11. Juwono, F., & Gunawan, D. (2012). *Pengolahan Sinyal Digital Dengan Pemrograman Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
12. Muayadi, A. (2005). *Sistem Komunikasi Bergerak*. Bandung: Jurusan Teknik Elektro, STT Telkom.
13. Nee, R. V., & Prasad, R. (2000). *OFDM for Wireless Multimedia Communications*. London: Artech House.
14. Proakis, J. G. (2001). *Digital Communications*. New York: Mc Graw-Hill.

15. Rappaport, T. S. (2001). *Wireless Communication : Principles and Practice*. Prentice Hall.
16. Sumajudin, B. (2001). *Sistem Komunikasi I : Sistem Komunikasi Digital*. Bandung : STT Telkom.
17. Vandana, M. (2010). *PAPR Reduction Using Modified Selective Mapping Technique*. International J. of Advanced Networking And Applications.

