

## ANALISA PERFORMANSI ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (OFDM) DENGAN MENGGUNAKAN POLYNOMIAL CANCELLATION CODING (PCC)

Roy Estrada Putra Siagian<sup>1</sup>, Arfianto Fahmi<sup>2</sup>, Bambang Sumajudin<sup>3</sup>

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

### Abstrak

OFDM ( Orthogonal Frequency Division Multiplexing) merupakan salah satu teknik modulasi multicarrier yang mampu menyediakan transmisi data dengan rate yang tinggi. Prinsip dasar dari OFDM yaitu membagi sinyal data dengan rate yang tinggi menjadi beberapa sinyal data dengan rate yang lebih rendah, lalu dikirimkan secara bersamaan dengan beberapa subcarrier yang saling orthogonal. Dengan data rate yang lebih rendah, maka sistem OFDM menjadi lebih tahan terhadap multipath fading.

Bentuk spektral subcarrier OFDM yang memiliki sidelobe menyebabkan energi sinyal antar subcarrier akan saling mempengaruhi. Yang apabila dibiarkan begitu saja dapat menyebabkan subcarrier-subcarrier tersebut menjadi tidak orthogonal lagi. Fenomena ini sering disebut dengan Intercarrier Interference (ICI). Pada sistem OFDM, cara untuk mencegah ICI adalah dengan menggunakan cyclic prefix.

Dalam Tugas Akhir ini, penulis ingin menguji peggunaan Polynomial Cancellation Coding untuk memperbaiki bentuk spektral dari suatu subcarrier agar distorsi linier antar subcarrier tidak terjadi. Sehingga diharapkan penambahan cyclic prefix untuk mencegah ICI pada sistem OFDM tidak lagi digunakan.

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa dengan menggunakan PCC-OFDM dapat meningkatkan kinerja sistem multicarrier OFDM, pada kanal multipath rayleigh fading. Pada target BER yang ditentukan yaitu  $10^{-3}$  dan frekuensi dopler 0 Hz perbaikan kinerja yang dihasilkan adalah sekitar 4,5 dB lebih baik daripada sistem OFDM konvensional.

**Kata Kunci :** OFDM, Polynomial Cancellation Coding, Intercarrier Interference

### Abstract

OFDM (orthogonal Frequency Division Multiplexing) is one of multicarrier modulation technique which can provides a high rate datastream transmission. The basic principle of OFDM is to split a high rate datastream into a number of lower rate datastreams, than transmitted simultaneously over a number of orthogonal subcarriers. The way of separating high rate datastream into number of lower rate datastreams, makes the OFDM more strong again multipath fading channels.

The spectral form of OFDM has sidelobe which can cause the energy of subcarrier signal will influence the other subcarrier. If we allow this thing happen, each subcarriers will not orthogonal to another anymore. This phenomenon usually call Intercarrier Interference (ICI). In OFDM is used cyclic prefix to cancel ICI.

In this final project will be analyze the performance of Polynomial Cancellation Coding to improve the spectral of an OFDM subcarrier in order to cancel linear distortion inter OFDM subcarriers. So cyclic prefix to cancel ICI in OFDM system will longer using.

The simulation result show that PCC-OFDM implementation can enhancement OFDM system performance in Rayleigh Multipath Fading Channel. At BER  $10^{-3}$  and frequency Doppler 45 Hz PCC-OFDM simulation give 4,5 dB performance from conventional OFDM.

**Keywords :** OFDM, Polynomial Cancellation Coding, Intercarrier Interference

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan teknologi informasi dan telekomunikasi yang sangat pesat, maka sistem komunikasi *wireless digital* dituntut untuk menyediakan layanan data yang berkecepatan tinggi (*high datarate*) dengan QOS yang *reliable*. Dengan tersedianya layanan data berkecepatan tinggi tersebut, maka layanan komunikasi yang bersifat multimedia bisa dilakukan secara *realtime* dengan *service* yang beragam.

Salah satu teknik yang dapat diandalkan untuk menyediakan layanan data berkecepatan tinggi adalah teknik modulasi *multicarrier* OFDM (*Orthogonal frequency-division multiplexing*). OFDM telah lama dipakai sebagai metoda yang efisien untuk melawan efek dari *kanal multipath* pada sistem yang mempunyai *datarate* yang tinggi, dan banyak dipakai sebagai solusi untuk dijadikan *interface* utama pada beberapa sistem wireless seperti W-LAN (IEE 802.11), *Digital Audio Broadcasting* (DVB), *Digital Video Broadcasting* , dan sistem Wi-Max (IEEE 802.16). OFDM juga telah dijadikan kandidat potensial untuk sistem selular generasi keempat (4G).

Pada prinsipnya OFDM membagi data serial berkecepatan tinggi menjadi beberapa data paralel berkecepatan rendah, yang kemudian masing-masing data paralel itu dimodulasi oleh *subcarrier* yang saling *orthogonal*. Orthogonalitas subcarrier OFDM ini menyebabkan spektrum antar *subcarrier* diperbolehkan *overlapping* sehingga penggunaan bandwidth akan lebih efisien. OFDM akan merubah kondisi kanal dari *frekuensi selective fading* menjadi kanal parallel yang seolah-olah dirasakan *flat fading*. Sistem OFDM dapat direalisasikan dengan menggunakan IFFT pada modulator dan FFT pada demodulator.

Bentuk spektral subcarrier OFDM yang memiliki sidelobe menyebabkan energi sinyal antar *subcarrier* akan saling mempengaruhi. Yang apabila dibiarkan begitu saja dapat menyebabkan *subcarrier-subcarrier* tersebut menjadi tidak *orthogonal* lagi. Fenomena ini sering disebut dengan *Intercarrier Interference*

---

(ICI). Pada sistem OFDM, cara untuk mencegah ICI adalah dengan menggunakan *cyclic prefix*.

Dalam Tugas Akhir ini, penulis ingin menguji penggunaan *Polynomial Cancellation Coding* untuk memperbaiki bentuk spektral dari suatu *subcarrier* agar distorsi linier antar subcarrier tidak terjadi. Sehingga diharapkan penambahan *cyclic prefix* untuk mencegah ICI pada sistem OFDM tidak lagi digunakan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian Tugas akhir ini adalah:

1. Melakukan analisa performansi *Polynomial Cancellation Coding* (PCC) yang diimplementasikan pada OFDM berdasarkan parameter-parameter transmisi yaitu BER (*Bit Error Rate*), SNR (*Signal to Noise Ratio*).
2. Melakukan perbandingan performansi antara sistem PCC-OFDM dengan sistem konvensional OFDM pada kanal multipath fading dan AWGN

## 1.3 Perumusan Masalah

Adanya sidelobe pada bentuk spektral suatu *subcarrier* OFDM dapat menyebabkan terjadinya penyebaran energi sinyal atau *distorsi linier* antar subcarrier yang menyebabkan *subcarrier-subcarrier* tersebut tidak lagi saling *orthogonal* atau sering disebut dengan *InterCarrier Interference* (ICI). Untuk itu perlu adanya suatu teknik modifikasi terhadap sistem OFDM tersebut. Salah satu teknik yang dapat digunakan adalah *Polynomial Cancellation Coding* (PCC). Beberapa permasalahan yang diangkat pada tugas akhir ini adalah :

1. Pemodelan sistem OFDM dan *Polynomial Cancellation Coding* (PCC) yang dipakai pada sistem tersebut.
2. Pemodelan kanal *Multipath Rayleigh Fading* dan AWGN dengan parameter-parameter yang mempengaruhinya.
3. Pengaruh jumlah *subcarrier* pada OFDM dan PCC-OFDM
4. Pengaruh jumlah orde(m) pada PCC

5. Melakukan simulasi terhadap sistem, serta menganalisa hasil-hasil yang diperoleh dengan membandingkan kinerja sistem OFDM dengan sistem yang memakai *Polynomial Cancellation Coding* (PCC)

#### 1.4 Batasan Masalah

Agar kajian Tugas Akhir ini fokus dan tidak mengkaji permasalahan secara berlebihan, maka pada tugas akhir ini dilakukan beberapa pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Sistem OFDM terdiri dari dua bagian utama yaitu pengirim dan penerima
2. Teknik Pemappingan data informasi dengan menggunakan *Polynomial Cancellation Coding* (PCC)
3. Pada sistem PCC-OFDM tidak menggunakan cyclic prefix
4. Pemodelan kanal dengan karakteristik slow fading multipath *Rayleigh* dan noise dengan distribusi *Gaussian* (*Additive White Gaussian Noise/AWGN*)
5. Analisa dan simulasi dilakukan pada tingkat *baseband*
6. Parameter kanal diwakili dua parameter yaitu *delay spread* dan frekuensi *doppler*
7. Unjuk kerja yang diamati adalah *Bit Error Rate* (BER), *Signal to Noise Ratio* (SNR)
8. Percobaan pada kanal *multipath fading* dikedua sistem yang dibandingkan, yaitu OFDM dan PCC-OFDM disimulasikan dengan jumlah *subcarrier* 64 dan 128, mapping data dengan menggunakan QPSK.
9. Orde PCC yang digunakan adalah orde 2 dan 3
10. Teknik estimasi yang digunakan adalah dengan teknik estimasi pilot
11. Perancangan sistem tidak membahas pada sistem multiuser
12. Model sistem disimulasikan dengan matlab 7.0.1 yang berbasis pemrograman *m-file*

## 1.5 Metodologi Penelitian

Langkah yang ditempuh dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini diantaranya adalah :

1. Studi Literatur
  - a) Mencari dan mengumpulkan literature-literatur dan kajian-kajian yang berkaitan dengan masalah-masalah yang ada pada Tugas Akhir ini, baik berupa artikel, buku referensi, internet, dan sumber-sumber lainnya yang berhubungan dengan masalah Tugas Akhir.
  - b) Pengumpulan data-data dan spesifikasi sistem yang diperlukan untuk meningkatkan performansi sistem.
2. Analisa Masalah

Dengan jalan menganalisa semua permasalahan yang ada berdasarkan sumber-sumber yang ada dan berdasarkan pengamatan terhadap masalah tersebut
3. Desain dan Perancangan sistem

Membuat rancangan-rancangan dan prediksi-prediksi berdasarkan hasil sistem yang ada serta dapat membuat simulasi sistem tersebut secara keseluruhan.
4. Simulasi Sistem

Setelah tahap perancangan berdasarkan standar yang ada, tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi sistem untuk melihat kinerja sistem tersebut.

## 1.6 Sistematika Penulisan

### BAB I **Pendahuluan**

Mengemukakan latar belakang masalah, perumusan masalah, ruang lingkup dan batasan masalah, tujuan, metodologi penelitian, serta sistematika pembahasan

### BAB II **Dasar Teori**

Mengemukakan dasar dari OFDM dan *Polynomial Cancellation Coding*.

**BAB III Perancangan Sistem**

Berisi tentang perancangan sitem Polynomial Cancellation Coding OFDM

**BAB IV Analisa Hasil Simulasi**

Bab ini akan menganalisa hasil simulasi yang diperoleh pada bab sebelumnya

**BAB V Kesimpulan dan Saran**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil simulasi serta saran-saran yang dapat digunakan untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan yang kemudian disimulasikan secara statistic sehingga diperoleh hasil berupa SNR ataupun grafik kinerja sistem, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. *Polynomial Cancellation Coding* dapat memperbaiki bentuk spectral dari *subcarrier-subcarrier* OFDM. Sidelobe yang dimiliki oleh suatu subcarrier OFDM dapat dihilangkan atau dijadikan rata. Hal tersebut dapat dilihat dari bentuk *Fourier Transform subcarriernya*. Sedangkan jika ditinjau dari bentuk *Power Spertral Density (PSD)* sinyalnya, penggunaan PCC dengan orde 2 ( $m=2$ ) dapat menurunkan nilai *first sidelobe* sinyal OFDM sebesar 10 dB. Dan dengan menggunakan PCC orde 3 ( $m=3$ ) nilai *first sidelobenya* turun sebesar 15 dB.
2. Pada kanal AWGN, performansi PCC-OFDM lebih baik sebesar 2 dB dibandingkan dengan OFDM. Untuk jumlah *subcarrier* 64 nilai BER  $10^{-3}$  diperoleh pada SNR 8 dB, sedangkan pada OFDM nilai BER  $10^{-3}$  diperoleh pada SNR 10 dB.
3. Orde yang lebih besar akan memberikan nilai BER yang sedikit lebih baik. PCC-OFDM orde 3 ( $m=3$ ) memberikan perbaikan nilai BER sebesar 0,1 dB dibandingkan PCC-OFDM orde 2 ( $m=2$ ).
4. Pada kanal multipath rayleigh fading, performansi PCC-OFDM lebih baik dibandingkan OFDM. Pada frekuensi Doppler 0 Hz, PCC-OFDM dapat menghasilkan BER  $10^{-3}$  pada SNR 10,2 dB atau sekitar 1 dB lebih baik dari OFDM. Meskipun dengan bertambah besarnya frekuensi Doppler, PCC-OFDM masih lebih baik performansinya. Pada frekuensi Doppler 40 Hz, PCC-OFDM menghasilkan BER  $10^{-3}$  pada SNR 10,3 dB sedangkan OFDM menghasilkan BER  $10^{-3}$  pada SNR 12,2 dB. Atau PCC-OFDM mampu melebihi performansi OFDM sebesar 1,3 dB.

## 5.2 Saran

Beberapa saran untuk pengembangan atau penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Analisa sistem PCC-OFDM bukan hanya pada satu pengirim dan satu penerima tapi pada banyak pengirim/penerima (multiuser)
2. Meningkatkan performansi PCC-OFDM dengan menggunakan sistem channel-coding.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Armstrong, "Analysis of new and existing methods of reducing intercarrier interference due to carrier frequency offset in OFDM", *IEEE Transactions on Communication.*, March 1999, VOL 47, No.3, pp365-369.
- [2] J. Armstrong, P. Grant and G. Povey, "Polynomial cancellation coding of OFDM to reduce intercarrier interference due to Doppler spread," *IEEE Globecom*, vol 5, pp. 365-9, March 1999.
- [3] Kusha Panta and J. Armstrong, "Spectral analysis of OFDM signals and its improvement by polynomial cancellation coding," in *Proc. The 1<sup>st</sup> Workshop on the Internet, Telecommunications and Signal Processing , (WITSP'02)*, Wollongong-Sydney, ustralia, Dec. 2002, pp.67-71.
- [4] J. G. Proakis, and M. Salehi. *Communication Systems Engineering*. Prentice Hall. 1994.
- [5] K. A. Seaton and J. Armstrong, "Polynomial Cancellation Coding and Finite Differences", *IEEE Transactions on Information Theory*, January 2000, VOL. 46, NO. 1, pp311-313.
- [6] R. Van Nee and R. Prasad. *OFDM for Wireless Multimedia Communications*. Artech House. 2000.
- [7] Rapaport, Theodore S. *Wireless Communication Principles & Practice*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 1996.
- [8] Gunaidi, "Mathlab Programming", Jakarta, 2006