

ANALISIS PENERAPAN *CODING ROTATED MODULATION (CRM)* PADA SISTEM OFDM

⁽¹⁾Hurianti Vidyningtyas, ⁽²⁾A.Ali Muayyadi, ⁽³⁾Rina Pudji Astuti

^(1,2,3)Jurusan Teknik Elektro IT Telkom, Bandung

orangeholics26@gmail.com, aly@ittelkom.ac.id, rpa@ittelkom.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan data akan transmisi data berkecepatan tinggi dan mobilitas user yang sangat tinggi semakin meningkat. Pada mobilitas yang sangat tinggi maka kanal akan memburuk sehingga kualitasnya pun akan memburuk dengan cepat. Untuk menangani transmisi data berkecepatan tinggi, maka digunakan sistem OFDM. Akan tetapi, OFDM tidak bisa memperbaiki atau mengantisipasi kanal yang memburuk dengan cepat.

Pada thesis ini diusulkan penggunaan *Coding Rotated Modulation (CRM)* pada sistem OFDM yang diharapkan akan memberikan hasil yang optimum. *Coding Rotated Modulation (CRM)* diimplementasikan dengan memutar konstelasi sinyal dan penggunaan quadrature interleaver dengan subcarrier interleaver. Pengaruh penerapan CRM diteliti dengan cara disimulasikan melalui kanal *Rayleigh* dengan *noise* AWGN.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kecepatan 120 km/jam dengan jumlah *subcarrier* optimal 1024, sistem OFDM dengan modulasi QPSK yang menerapkan *Coding Rotated Modulation (CRM)* membutuhkan *gain* 10,87 dB untuk mencapai BER 10^{-4} , sedangkan sistem OFDM dengan modulasi konvensional membutuhkan daya 12,56 dB. Modulasi 16-QAM dengan *Coding Rotated Modulation (CRM)* membutuhkan *gain* 1,4 dB lebih kecil dari sistem OFDM dengan modulasi konvensional.

ABSTRACT

The needs of high speed data transmission and a very high user mobility are increasing. At a very high mobility, the channel would deteriorate so the quality of signal receive will decrease rapidly. To handle high-speed data transmission, the use of OFDM system can be applied. However, OFDM can not fix the quick deteriorating channel.

This thesis proposes the use of rotated Coding Modulation (CRM) in OFDM systems that are expected to provide optimum results. Rotated Coding Modulation (CRM) can be applied by rotating the signal constellation and the use of quadrature interleaver with subcarrier interleaver. Influence CRM implementation will be investigated by means simulated through a Rayleigh channel with AWGN noise.

The results showed that at a speed of 120 km / h with an optimal number of subcarriers 1024, OFDM system with CRM-QPSK modulation only required power 10.87 dB to achieved BER 10^{-4} , while the OFDM system with a conventional modulation required power until 12.56 dB. Compared with OFDM systems that used conventional 16-QAM modulation, the 16-QAM modulation with Rotated Coding Modulation (CRM) could provide improvement up to 1.4 dB to achieve same BER.

1. Pendahuluan

Kebutuhan transmisi data berkecepatan tinggi dan mobilitas user yang sangat tinggi semakin meningkat. Transmisi data berkecepatan tinggi menyebabkan banyak efek multipath dan ISI (*Inter-Symbol Interference*) pada transmisi *single carrier*, banyak penelitian telah dilakukan pada transmisi *multi-carrier*. Salah satu transmisi *multi-carrier* adalah OFDM. Akan tetapi, sistem OFDM tidak bisa memperbaiki atau mengantisipasi kanal yang berubah cepat saat mobilitas user tinggi. Kanal yang berubah cepat akan mengakibatkan kualitas sinyal akan memburuk. Hal ini akan menyebabkan proses komunikasi, transfer data atau bahkan *teleconference* bisa terganggu bahkan terputus.

Beranjak dari hal tersebut, untuk menangani mobilitas user yang sangat tinggi maka diusulkan penerapan *Coding Rotated Modulation (CRM)* sebagai salah satu kandidat *modulation*

diversity yang digunakan. Pada Thesis ini akan dilakukan penelitian tentang penerapan *Coding Rotated Modulation (CRM)* pada sistem OFDM.

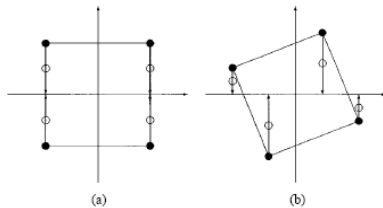
2. Dasar Teori

2.1 OFDM

Salah satu sistem modulasi *multicarrier* adalah *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*. Prinsip OFDM adalah membagi *bandwidth* yang tersedia menjadi beberapa *sub-band* yang sempit dan saling *orthogonal*. OFDM sebagai modulasi *multicarrier*, tentunya membutuhkan *modulator* dan *demodulator*. Dengan *Inverse Discrete Fourier Transform (IDFT)* sebagai modulator dan *Discrete Fourier Transform (DFT)* sebagai *demodulator* pada sistem OFDM maka kompleksitas ini dapat dikurangi.

2.2 Rotated Modulation (RM)

Rotated Modulation (RM) merupakan suatu proses pemutaran konstelasi sinyal untuk sudut tertentu yang dalam thesis ini mapping yang akan digunakan adalah QPSK dan 16-QAM. Jika dibandingkan dengan mapping QPSK/QAM yang biasa digunakan, rotated modulation dilakukan dengan memutar sudutnya. Dengan mengatur θ_1 , nilai optimum dapat dicapai untuk meminimalkan *bit error rate*.



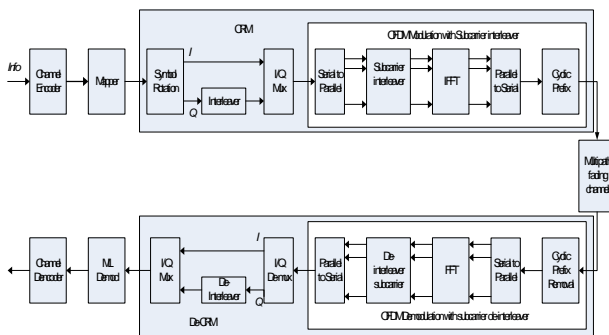
Gambar 2.6 (a) modulasi konvensional (b) rotated modulation

Gambar 2.6 menggambarkan jika menganggap “*deep fade hits*” hanya salah satu komponen dari *vector* sinyal yang ditransmisikan, maka bias dilihat bahwa “kompresi” konstelasi pada gambar (b) (lingkaran kosong) menawarkan perlindungan yang lebih terhadap efek *noise*, karena tidak ada dua poin yang *collapse* bersama seperti yang terjadi pada gambar (a). Komponen *interleaver/deinterleaver* yang diperlukan untuk mengasumsikan bahwa komponen *inphase* dan *quadrature* dari simbol yang diterima dipengaruhi oleh *fading* yang saling bebas (*independent fading*).

3. Pemodelan Sistem

Pemodelan dan simulasi penerapan Coding Rotated Modulation (CRM) pada sistem OFDM dilakukan pada masing-masing blok untuk forward link antara *base station* dan *mobile station*. Pemodelan sistem yang akan disimulasikan secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

Gambar 3.1 Blok diagram simulasi CRM pada sistem OFDM



Tabel 3.1 Parameter simulasi penerapan CRM pada sistem OFDM

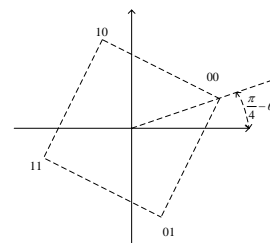
Sistem umum	
Subcarrier OFDM	256, 512, dan 1024,2048
Frekuensi pembawa	2300 MHz (Forward)
Modulasi	QPSK, 16-QAM
Rotation Dimension	2
Rotation angle for rotational OFDM	0,463648; 0,244979
Block interleaver	32 x 8
Kecepatan user	5 km/jam : pejalan kaki
	30 km/jam : kendaraan sedang
	120 km/jam : kendaraan kecepatan tinggi
Frekuensi Doppler maksimum (f_d)	10,68 Hz ; 64,1 Hz ; dan 256,41 Hz

3.1 Symbol Rotation

Simbol yang telah di-mapping kemudian di rotasi dengan besar sudut tertentu. Pada penelitian ini akan digunakan nilai θ_1 sebagai berikut :

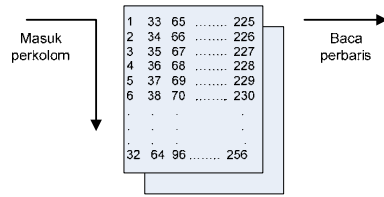
Untuk rotated QPSK, $\theta_1 = \arctan\left(\frac{1}{2}\right) = 0,463648$

Untuk rotated 16-QAM, $\theta_1 = \arctan\left(\frac{1}{4}\right) = 0,244979$



Gambar 3.3 Rotated-QPSK constellation

Dimana pada proses rotasi mapper ini disertai dengan melakukan proses interleaving pada komponen Quadrature simbol. Interleaver yang digunakan dalam simulasi adalah tipe interleaver blok, dimana komponen-komponen quadrature disusun kolom per kolom dan dibaca baris per baris. Pada thesis ini digunakan interleaver dengan 32 baris dan 8 kolom.



Gambar 3.4 Proses interleaver pada komponen quadrature

3.2 Kanal Radio Propagasi

Kanal radio transmisi yang digunakan pada simulasi dibagi menjadi 2 yaitu kanal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) dan kanal *Rayleigh multipath fading*.

1. Kanal AWGN

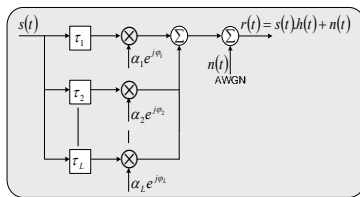
Pemodelan kanal AWGN dilakukan dengan menggunakan fungsi `awgn` pada MATLAB 7.0 :

`noise1=awgn(sinyal,Eb/No(k),'measured');`

dimana 'sinyal' menunjukkan sinyal hasil modulasi yang ditransmisikan, 'Eb/No' menunjukkan nilai Eb/No yang diinginkan dalam dB yang dihasilkan dari logaritmik SNR, dan 'measured' menunjukkan adanya pengukuran daya sinyal ditambah *noise*.

2. Kanal *Rayleigh multipath fading*

Dalam simulasi kanal propagasi multipath ini dapat dimodelkan seperti blok diagram berikut :



Gambar 3.6 Diagram blok kanal multipath dengan L lintasan

Dari dari gambar 3.6 diasumsikan jumlah dari *multipath* sebanyak L, dimana setiap lintasan akan mengalami delay dan fading yang berbeda-beda satu sama lainnya, sehingga sinyal yang diterima oleh antenna *mobile station* $r(t)$ adalah penjumlahan dari semua sinyal *multipath* dan $n(t)$ additive white Gaussian noise (AWGN) sebagai thermal noise yang terdapat diperangkat Tx-Rx . Dimana :

$f_d = \frac{v \cdot f_c}{c}$ adalah frekuensi Doppler maksimum yang digunakan untuk membangkitkan sinyal frekuensi tergeser dari suatu frekuensi pembawa, v adalah kecepatan penerima(m/s), f_c frekuensi pembawa(Hz), dan c adalah kecepatan cahaya ($3 \cdot 10^8$ m/s). Pada simulasi ini digunakan frekuensi pembawa $f_c = 2300$ MHz.

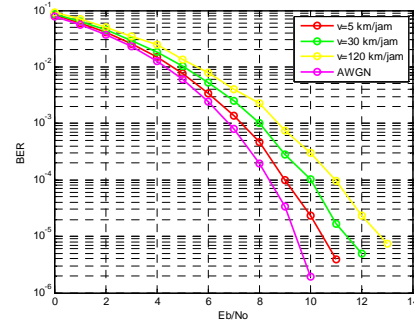
3.3 Pemodelan Pergerakan *Mobile station* Dalam Satu Sel

Untuk memodelkan pergerakan *mobile station*, diasumsikan *mobile station* melakukan

pergerakan dalam satu sel saja. Dan model arah pergerakan *mobile station* bersifat *random* pada arah 0 sampai 2π yang terdistribusi *uniform*.

4. ANALISA KINERJA SISTEM OFDM

4.1 Analisa pengaruh *Coding Rotated Modulation (CRM)* terhadap kecepatan user



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan kinerja sistem OFDM untuk kecepatan user yang berbeda-beda

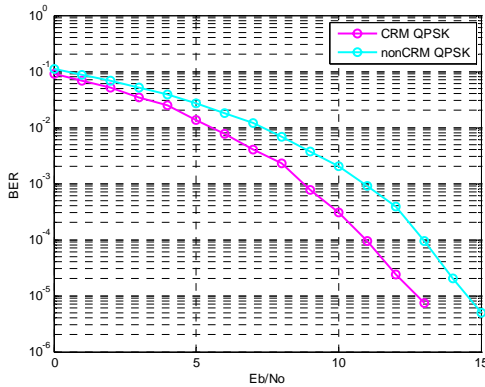
Pada gambar 4.1 terlihat grafik yang menggambarkan hubungan antara BER dan Eb/No untuk kecepatan user yang berbeda-beda. Dari grafik 4.1 terlihat bahwa untuk mencapai BER 10^{-4} user dengan kecepatan 5 km/jam dengan frekuensi doppler 10,68 Hz dibutuhkan Eb/No sebesar 8,43 dB. Pada kecepatan 30 km/jam Eb/No yang dibutuhkan 10 dB. dan pada kecepatan 120 km/jam dibutuhkan Eb/No yang lebih besar lagi,yaitu 11 dB.

Dari hasil simulasi di atas, terlihat bahwa Eb/No yang dibutuhkan pada kanal AWGN untuk mendapatkan nilai BER 10^{-4} lebih kecil jika dibandingkan dengan Eb/No yang dibutuhkan sinyal yang melalui kanal AWGN dan *Rayleigh*. Hal ini dikarenakan pada kanal AWGN sinyal hanya dipengaruhi oleh noise thermal yang ada di perangkat saja. Pada kanal AWGN sinyal terima dianggap LOS (Line Of Sight), yaitu sinyal dari *mobile station* tidak terganggu apapun yang berada di sekitarnya ketika sinyal dikirimkan.

Untuk sinyal yang melalui kanal *Rayleigh*, ada beberapa hal yang menyebabkan kenapa pada kanal ini membutuhkan nilai Eb/No lebih besar dari kanal AWGN, Alasan pertama adalah adanya pengaruh dari kecepatan *mobile station* yang berbanding lurus dengan besarnya frekuensi doppler dan dari simulasi juga dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan *mobile station* maka BER juga bertambah besar yang disebabkan karena semakin besarnya pengaruh frekuensi doppler. Alasan kedua adalah karena sinyal yang diterima oleh *mobile station* yang terdistribusi *Rayleigh* merupakan penjumlahan dari beberapa sinyal yang

telah melewati berbagai lintasan yang berbeda. Dimana setiap lintasan sinyal memiliki fasa dan *gain* yang tentunya juga berbeda sesuai dengan medium dan jarak yang dilalui sinyal tersebut, penjumlahan fasa dan *gain* yang berbeda-beda ini akan menyebabkan pelemahan dan penguatan sinyal atau pada kondisi terburuk malah akan saling menghilangkan jika beda fasanya 180° atau saling orthogonal.

4.2 Analisa pengaruh Coding Rotated Modulation (CRM) dibandingkan dengan modulasi konvensional

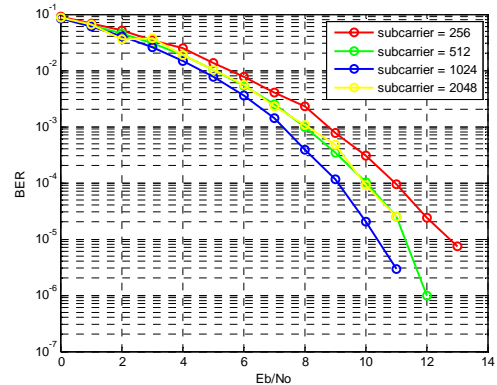


Gambar 4.2 Grafik Perbandingan kinerja sistem OFDM dengan penerapan Coding Rotated Modulation (CRM) dan modulasi konvensional

Dari gambar 4.2 untuk mencapai nilai BER 10^{-4} pada system OFDM yang menggunakan modulasi konvensional membutuhkan E_b/N_0 sebesar 12,56 dB, sedangkan system OFDM yang menggunakan Coding Rotated Modulation (CRM) membutuhkan E_b/N_0 10,87 dB.

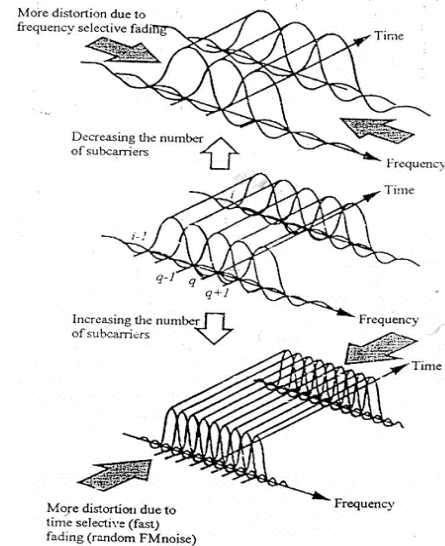
Sistem OFDM yang menggunakan Coding Rotate Modulation (CRM) memiliki nilai BER yang lebih kecil untuk E_b/N_0 yang sama dikarenakan adanya penggunaan interleaver pada sistem ini. Dimana digunakan 2 jenis interleaver, yaitu Quadrature interleaver dan interleaver subcarrier. Kedua interleaver ini untuk membuat burst error (eror yang berurutan) menjadi random error (eror yang acak) atau saling lepas yang disebabkan karena kondisi kanal multipath yang terdiri dari 2 path (lintasan) berakibat akumulasi sinyal terima akan terdistorsi, mengakibatkan ketergantungan secara statistik diantara transmisi urutan simbol.

4.3 Analisa BER terhadap berbagai variasi subcarrier yang digunakan pada sistem OFDM



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan kinerja sistem OFDM dengan jumlah subcarrier yang berbeda-beda

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai E_b/N_0 terkecil untuk mencapai BER 10^{-4} didapatkan saat jumlah subcarrier 1024, dimana nilai E_b/N_0 nya adalah 9,1 dB. Nilai E_b/N_0 yang diperoleh untuk jumlah subcarrier 256,512,dan 2048 secara berturut-turut adalah 10 dB, 10,86 dB, dan 9,89 dB.

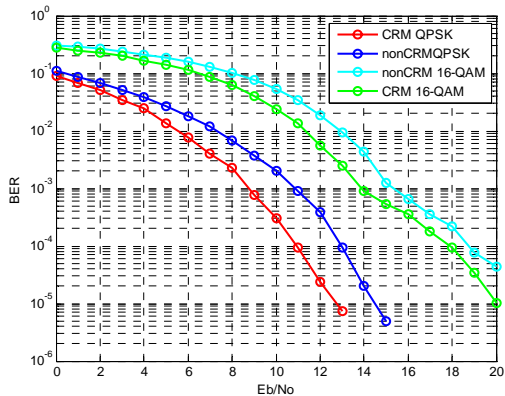


Gambar 4.4 Subcarrier yang optimum

Dari hasil yang diperoleh dari simulasi ini, terlihat bahwa semakin besar jumlah subcarrier yang digunakan belum tentu diiringi dengan nilai E_b/N_0 yang semakin kecil. 1024 subcarrier adalah subcarrier optimum pada thesis ini. Gambar 4.4 menjelaskan jika jumlah subcarrier meningkat maka akan meningkatkan ICI (intercarrier interference), akan tetapi jika jumlah subcarrier diperkecil modulasi akan lebih kuat terhadap fading domain waktu tetapi akan sangat rentan

terhadap delay spread yang bisa membuat keadaan kanal menjadi *frequency selective fading*.

4.4 Analisa Performansi Sistem dengan Modulasi yang Berbeda



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan kinerja sistem OFDM dengan Modulasi yang berbeda

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa sistem OFDM dengan menerapkan Coding Rotated Modulation (CRM) dengan modulasi 16-QAM juga memiliki performansi yang lebih baik jika dibandingkan dengan sistem OFDM yang menggunakan modulasi 16-QAM konvensional, yaitu sekitar 1,4 dB, dimana untuk mencapai BER 10⁻³ mapper 16-QAM dengan CRM membutuhkan Eb/No sebesar 14 dB, sedangkan untuk yang konvensional membutuhkan 15,4 dB.

Sistem OFDM dengan modulasi QPSK membutuhkan Eb/No yang lebih kecil dibandingkan dengan 16-QAM dikarenakan konstelasi sinyal pada modulasi QPSK, konstelasi sinyal terbagi menjadi 4 daerah keputusan, sedangkan pada modulasi 16-QAM konstelasi sinyal dibagi ke dalam 16 daerah keputusan. Semakin banyak daerah keputusannya maka kemungkinan terjadinya eror juga semakin besar, sehingga dibutuhkan Eb/No yang lebih besar untuk mengurangi eror yang terjadi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisa yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa simulasi pengaruh kecepatan *mobile station* terhadap BER dimana system menggunakan CRM, semakin cepat user bergerak maka dibutuhkan daya yang semakin besar pula untuk mencapai BER 10⁻⁴. Pada kecepatan 5 km/jam, daya yang dibutuhkan untuk mencapai BER 10⁻⁴ adalah 8,9 dB, kecepatan 30 km/jam membutuhkan daya 10dB, dan kecepatan 120 km/jam membutuhkan daya sebesar 11 dB. Dari hasil tersebut dapat diambil

kesimpulan jika *mobile station* bergerak dengan kecepatan tinggi maka semakin banyak sinyal yang mengalami distorsi di penerima sehingga dapat menurunkan performansi layanan data.

2. Sistem OFDM yang menerapkan Coding Rotated Modulation (CRM) membutuhkan daya yang lebih kecil dibandingkan dengan sistem OFDM yang menggunakan modulasi konvensional sekitar 1,69 dB, dikarenakan pada CRM disertai dengan proses interleaver.
3. Jumlah subcarrier optimal pada penelitian ini adalah 1024 subcarrier, dengan membutuhkan daya sebesar 9,1 dB untuk mencapai BER 10⁻⁴.
4. Performansi yang lebih baik pada system OFDM dengan menerapkan CRM juga diperoleh pada penggunaan modulasi yang berbeda, yaitu 16-QAM, dimana untuk mencapai BER 10⁻³ dibutuhkan daya 14 dB. Akan tetapi, daya yang dibutuhkan masih lebih besar dibandingkan dengan system OFDM yang menggunakan modulasi QPSK. Hal ini dikarenakan konstelasi sinyal yang berhubungan dengan deteksi eror pada sistem..

5.2 Saran

1. Pemodelan sistem pada Thesis ini menggunakan encoder convolutional, untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan dengan menggunakan turbo code dan LDPC (Low Density Parity Check) untuk mengetahui kualitas yang dihasilkan
2. Perlu dilakukan penelitian lanjut dengan menerapkan Coding Rotated Modulation pada system OFDM untuk IEEE 802.16m
3. Dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan menggunakan multi user
4. Perlu diperhitungkan adanya *multiple access interference*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Castineira, J and Patrick Guy Farrell, "Essentials of Error-Control Coding", Wiley, 2006.
- [2] Jeffrey, G, Ghosh, A and Muhamed, R, "Fundamental of WiMax, Understanding Broadband Wireless Networking", Prentice Hall, 2007.
- [3] J. Boutros, E. Viterbo, "Signal Space Diversity: a power and bandwidth efficient diversity technique for the Rayleigh fading channel". IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 44, pp. 1453-1467, July 1998.
- [4] Pradana, Bobby, "Analisis Sistem MIMO-OFDM dengan alokasi daya dan jenis modulasi menggunakan Teknik Bayesian", Thesis, IT Telkom, 2008.
- [5] Theodore S. Rappaport, "Wireless Communication", Prentice Hall, 2002.
- [6] Wahyudi, R, "Design and Performance Analysis of Algorithm to combine Sub-Channelization and Adaptive Modulation

- Technique for Broadband Wireless Access IEEE 802.16e*", Thesis, IT Telkom, 2006.
- [7] Wu Zhanji, Du Ying, and Du Yinggang, "Proposed Text of Coding-Rotated-Modulation OFDM System for the IEEE 802.16m Amendment", IEEE, January 2009.
 - [8] Wu Zhanji, Du Ying, and Du Yinggang, "Change Request of the 16m modulation for the IEEE 802.16m SDD", IEEE, March 2009.
 - [9] Haykin Simon, "Communication Systems", John Wiley & Sons Inc. 2001.