

ANALISIS PENGALOKASIAN SUMBER DAYA RADIO PADA SISTEM SC-FDMA ARAH UPLINK MENGGUNAKAN CHANNEL DEPENDENT SCHEDULING (CDS)

Agus Purnomo¹, Arfianto Fahmi², Uke Kurniawan Usman³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Perkembangan teknologi selular yang menuju ke arah broadband access saat ini menuntut kesamaan antara teknologi downlink dan uplink seperti pada konten aplikasi video call, video conference, dll. Hal tersebut menyebabkan teknologi uplink yang dulu tidak begitu diperhitungkan perkembangannya, kini menjadi salah satu topik yang banyak diteliti. Saat ini banyak teknologi uplink yang diajukan dan diteliti, salah satunya adalah sistem SC-FDMA.

SC-FDMA merupakan modifikasi dari OFDMA dengan performansi laju data dan kompleksitas yang sama namun memiliki PAPR yang lebih rendah. PAPR yang rendah didapat dari penransmisian subcarrier secara sekuensial atau penggunaan single-carrier. Untuk mensimulasikan sistem digunakan software MATLAB dengan parameter penelitian yang bervariasi seperti jarak user, jumlah user, kecepatan user, dan standar deviasi shadowing. Sistem diawali dari pembangkitan CSI menggunakan gabungan kanal AWGN, kanal Rayleigh, dan efek shadowing. Sementara untuk fokus penelitian terletak pada alokasi sumber daya yang menggunakan channel dependent scheduling berdasar subcarrier dan berdasar resource block. Kemudian didapat nilai laju data maksimum dan nilai fairness untuk kedua sistem untuk dianalisis.

Dari hasil semua variasi parameter diperoleh bahwa alokasi berdasar subcarrier menghasilkan laju data maksimum yang lebih tinggi daripada alokasi berdasar resource block sekitar 20%. Hal tersebut terjadi karena jumlah subcarrier tiap user yang tidak selalu sama menyebabkan sistem lebih mengutamakan user dengan kanal terbaik untuk menghasilkan laju data sistem yang lebih tinggi. Sementara alokasi berdasar resource block menghasilkan nilai fairness yang lebih besar sekitar 6%. Hal tersebut terjadi karena jumlah subcarrier yang didapat setiap user selalu sama sehingga sistem lebih mengutamakan kesamaan antara user satu dengan user yang lain.

Kata Kunci : SC-FDMA, alokasi sumber daya, channel dependent scheduling, laju data, fairness, resource block

Telkom
University

Abstract

Cellular technological developments towards a broadband access is currently demanding the similarity between the downlink and uplink technologies such as video calls on content applications, video conferencing, etc. This causes an uplink technology that had not accounted for its development, has now become one of the many topics examined. Today many uplink technology proposed and researched, one of them is SC-FDMA system.

SC-FDMA is a modification of OFDMA with a data rate performance and complexity are the same but has a lower PAPR. A low PAPR has got from a sequential subcarrier transmission or single-carrier used. To simulate the system use MATLAB software to study various parameters such as distance user, the number of users, the speed of the user, and the standard deviation of shadowing. The system starts from generating CSI using a combination of AWGN channel, Rayleigh channel, and shadowing effects. As for the focus of research lies in the allocation of resources used by the channel dependent scheduling based on subcarrier and resource block. Then, the maximum data rate and fairness value for both system has got to be analyzed.

From the results obtained all the variations of the parameters that allocation based on subcarrier generates the maximum data rate higher than the allocation based on resource block about 20%. This happens because the number of subcarrier of each user that is not always the same cause the system prefers the user with the best channel to produce a data rate higher system. While allocation based on resource block generates a greater fairness value around 6%. This happens because the number of subcarrier obtained every user is always the same so that the system prefers the similarity between one user with other users.

Keywords : SC-FDMA, resource allocation, channel dependent scheduling, data rate, fairness, resource block

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Teknologi komunikasi bergerak dengan performansi tinggi saat ini diharapkan dapat memenuhi kecepatan transfer yang tinggi baik di sisi *downlink* ataupun *uplink*. Performansi yang tinggi bisa didapat dari penggunaan teknologi OFDMA. Disamping beberapa keuntungan dari OFDMA seperti data laju data berkecepatan tinggi, namun juga mengalami fluktuasi selubung kanal yang tinggi dalam domain waktu, menyebabkan tingginya nilai PAPR. Pada perangkat *transmitter uplink* tentu tidak cocok dengan PAPR tinggi, SC-FDMA diusulkan sebagai alternatif OFDMA untuk transmisi *uplink*.

SC-FDMA sangat bisa diandalkan untuk *uplink* karena merupakan modifikasi dari OFDMA dengan performansi laju data dan kompleksitas yang sama namun memiliki PAPR yang lebih rendah. Penggunaan *single carrier* pada sistem ini yang membuat nilai PAPR menjadi rendah sehingga penggunaan daya bisa dikurangi. Sistem SC-FDMA dianggap sebagai sistem OFDMA yang ditambahkan operasi DFT, yang memiliki 2 fungsi yaitu mengubah sinyal dalam domain waktu menjadi domain frekuensi dan juga berfungsi untuk membuat frekuensi *multiplexing* atau *multiple access*.

Pada sistem SC-FDMA yang ideal, transmisi bit-bit masing-masing *user* secara optimal terdistribusi menggunakan alokasi sumber daya radio yang efisien, seperti *bandwidth* kanal dan daya transmisi. Dalam *radio environment*, kanal dengan *bandwidth* yang lebar mungkin mengalami frekuensi *selektif fading*. Ketika user mengirim informasi ke Base Station menggunakan kanal yang berbeda-beda, memungkinkan beberapa subcarrier mengalami fading yang mendalam, sehingga satu mungkin berada pada kondisi kanal terbaik dan yang lain berada pada kondisi terburuk. Penjadwalan di BS dapat menetapkan subcarrier untuk user yang maksimal, sehingga frekuensi selektif fading dapat memanfaatkan perbedaan untuk user. Alokasi sumber daya radio ini dapat dilakukan dengan teknik *channel dependent scheduling* (CDS). CDS akan memanfaatkan perbedaan kondisi kanal atau *multiuser diversity* untuk mendapatkan laju data maksimum sistem yang maksimal.

Pada penelitian-penelitian CDS sebelumnya, kebanyakan hanya memfokuskan pada alokasi daya dan subcarrier sistem OFDMA arah downlink. C.Y.Wong et al^[16] mengusulkan pencarian laju data optimal, daya, dan alokasi subcarrier untuk pengguna *real-time* yang membutuhkan laju data konstan. J.Jang et al^[17] juga menemukan bahwa laju data OFDMA dapat maksimal ketika setiap subcarrier hanya dialokasikan kepada satu user dengan kanal terbaik. Sementara untuk penelitian mengenai SC-FDMA sebelumnya yang dilakukan oleh H.G.Myung^[18] hanya fokus ke implementasi masalah pada layer fisik. Kemudian membandingkan nilai PAPR diantara semua jenis *mapping* SC-FDMA.

Pada tugas akhir ini, penelitian hanya terfokus untuk memperoleh sistem dengan kompleksitas rendah namun menghasilkan laju data yang lebih besar pada komunikasi *uplink*. CDS diusulkan untuk diteliti dengan parameter yang diamati adalah laju data maksimum dan *fairness* sistem. Untuk memperoleh sistem dengan kompleksitas lebih rendah atau sederhana, H.G.Myung^[1] mengalokasikan sumber daya berdasar *resource block*, yaitu gabungan beberapa *subcarrier*. Hal tersebut dilakukan karena alokasi berdasar *subcarrier* dirasa terlalu berat dan membebani *Base Station*. Penelitian ini juga akan membandingkan laju data dan *fairness* yang dihasilkan ketika alokasi berdasar *subcarrier* dan berdasar *resource block*.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah penerapan sistem SC-FDMA pada arah *uplink* dan pengalokasian sumber daya radio menggunakan *channel dependent scheduling*. Sistem diawali dengan pengiriman CSI dari semua *user* ke BS. Kemudian *Resource allocation* bekerja mengalokasikan setiap *user* kepada setiap *resource* tergantung dari kondisi kanal *user* yang ditunjukkan melalui nilai CSI-nya. *Resource allocation* selanjutnya mengirimkan informasi mengenai *resource* yang bisa digunakan kepada setiap *user* dan mengirim informasi *user* kepada *resource management*. *Resource* yang dimaksud disini adalah nilai frekuensi dan daya. Setelah *user* dan BS dalam hal ini *resource management* mendapatkan informasi mengenai alokasi sumber daya, komunikasi *uplink* dapat terjadi. Rumusan utama yang dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana pengalokasian sumber daya atau *resource* untuk mendapat laju data maksimum yang besar dan *fairness* yang tinggi.

Secara garis besar model sistem yang akan disimulasikan terdiri dari pemodelan kanal dan alokasi sumber daya. Pada pemodelan kanal terdiri dari model kanal AWGN, kanal *multipath fading*, dan efek *shadowing*. Alokasi sumber daya terbagi menjadi dua bagian, alokasi berdasar *subcarrier* dan berdasar *resource block*. Kemudian dari alokasi tersebut didapatkan laju data masing-masing *subcarrier*-nya. Kemudian akan dilihat bagaimana performansi CDS ketika dialokasikan berdasar *subcarrier* dan berdasar *resource block*, dan juga pengaruh dari variasi parameter seperti jarak *user*, jumlah *user*, kecepatan *user*, dan standar deviasi *shadowing*.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dan manfaat penelitian tugas akhir ini dilakukan adalah untuk :

1. Mengetahui dan mendapatkan alokasi sumber daya radio pada sistem SC-FDMA arah *uplink* menggunakan CDS,
2. Mengetahui dan mendapatkan analisis jumlah laju data maksimum dan *fairness* yang dicapai sistem SC-FDMA pada alokasi berdasar *subcarrier*,
3. Mengetahui dan mendapatkan analisis jumlah laju data maksimum dan *fairness* yang dicapai sistem SC-FDMA pada alokasi berdasar *resource block*,
4. Mendapatkan analisa perbandingan antara alokasi berdasar *subcarrier* dan alokasi berdasar *resource block*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk tugas akhir ini adalah :

1. Alokasi sumber daya radio hanya dilakukan untuk arah *uplink*,
2. Menggunakan *perfect channel information*
3. Rentang jarak user terhadap BS bervariasi yaitu 0.1 Km, 0.5 Km, 1 Km dan 3 Km,
4. Jumlah user = 4,
5. Kecepatan user bervariasi yaitu 3 Km/jam, 15 Km/jam, 50 Km/jam, dan 120 Km/jam,
6. Penelitian menggunakan sistem *localized FDMA*,
7. *Bandwidth* sistem yang digunakan adalah 1,25 MHz dengan jumlah *subcarrier* 48,
8. Spasi antar *subcarrier* adalah 15 KHz,
9. Alokasi sumber daya radio ditinjau tiap *subcarrier* dan *resource block*,

10. Semua *subcarrier* yang disediakan dipakai untuk data, dan tidak membahas mengenai kanal pilot, pilot symbol serta pilot *subcarrier*,
11. Tidak memperhitungkan proses retransmisi,
12. Analisis sistem menggunakan *single cell*,
13. Tidak membahas perhitungan PAPR,
14. Tidak membahas blok diagram SC-FDMA, simulasi dilakukan dari pemodelan kanal,
15. Parameter yang diuji pada algoritma CDS adalah laju data maksimum dan *fairness*,
16. Simulasi dengan menggunakan *software* Matlab (R2009a).

1.5 Metode Penyelesaian Masalah

Metode penyelesaian masalah dalam Tugas Akhir ini terdiri dari 3 tahap utama yaitu tahap studi pustaka, tahap simulasi dan pengumpulan data, dan tahap analisis.

Tahap yang pertama adalah studi pustaka dan literatur. Pada tahap ini mempelajari teori dan konsep dari buku, artikel, paper, jurnal dan sumber-sumber lain untuk menunjang masalah tugas akhir ini. Jurnal dan buku utama yang menunjang Tugas Akhir ini adalah jurnal-jurnal dari peneliti SC-FDMA yaitu H.G. Myung^[1,2,3] dan buku dari Harri Holma dan Antti Toskalla.^[4]

Tahap kedua adalah tahap simulasi dan pengumpulan data. Pada tahap ini dilakukan simulasi yang menggunakan software Matlab (R2009a), kemudian mengumpulkan data-data terkait dengan objek penelitian dari hasil pengukuran. Simulasi diawali dari pembangkitan *channel state information* (CSI) menggunakan kanal AWGN, kanal *rayleigh*, dan efek *shadowing*. Kemudian CSI yang sudah diketahui nilai SNR-nya dialokasikan dengan CDS berdasar *subcarrier* dan *resource block*. Setelah sumber daya dialokasikan, didapat nilai laju data maksimum setiap *user* dan nilai *fairness* sistem.

Tahap ketiga adalah tahap analisa. Pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap data-data yang telah diperoleh pada saat tahap simulasi dan pengumpulan data. Data yang akan dianalisis adalah perbandingan performansi alokasi berdasar *subcarrier* dan *resource block* dengan berbagai variasi parameter seperti jarak *user*, jumlah *user*, kecepatan *user*, dan standar deviasi *shadowing*. Kemudian ditarik kesimpulan dari analisis-analisis tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Pada bab ini dibahas tentang latar belakang masalah, tujuan dan manfaat, perumusan masalah, batasan masalah, metode penyelesaian masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II Dasar Teori

Pada bab ini memuat berbagai dasar teori yang mendukung dan mendasari penulisan tugas akhir ini.

BAB III Formulasi Masalah dan Pemodelan Sistem

Pada bab ini dijelaskan cara perencanaan yang digunakan berdasarkan mekanisme dan batasan yang digunakan. Kemudian dilakukan pengambilan data-data untuk dilakukan analisis lebih lanjut.

BAB IV Hasil Simulasi dan Analisis

Pada bab ini dilakukan analisa hasil implementasi sistem sesuai skenario yang telah dirancang dan di tetapkan berdasarkan data-data yang sudah didapat.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian dan saran untuk keperluan lebih lanjut yang mungkin dilakukan.

Telkom
University

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis data, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada alokasi berdasar *subcarrier*, jarak *user* yang semakin besar menghasilkan laju data maksimum sistem yang semakin kecil dan nilai *fairness* yang semakin kecil pula. Pada jarak 0.1 Km menghasilkan 8.226 Mbps dengan *fairness* 0.97, pada jarak 1 Km menghasilkan 6.929 Mbps dengan *fairness* 0.96, dan pada jarak 3 Km menghasilkan 3.501 Mbps dengan *fairness* 0.87. Hal tersebut disebabkan kondisi kanal *user* terdekat yang lebih baik daripada *user* yang jarak.
2. Pada alokasi berdasar *subcarrier*, jumlah *user* yang semakin besar menghasilkan laju data maksimum yang semakin besar namun nilai *fairness* yang semakin menurun. Pada saat sistem memiliki 2 user menghasilkan 7.35 Mbps dengan *fairness* 0.97, pada saat 4 user menghasilkan 7.426 Mbps dengan *fairness* 0.94, dan pada saat 8 user menghasilkan 7.482 Mbps dengan *fairness* 0.77. Hal tersebut membuktikan bahwa CDS berhasil memanfaatkan kondisi *multi-user diversity* untuk meningkatkan laju data sistem.
3. Pada alokasi berdasar *subcarrier*, standar deviasi yang semakin besar menghasilkan laju data maksimum yang semakin kecil dan nilai *fairness* yang semakin menurun. Pada saat standar deviasi=0 dB menghasilkan 7.864 Mbps dengan *fairness* 0.99, standar deviasi=1 dB menghasilkan 7.327 Mbps dengan *fairness* 0.97, standar deviasi=2 dB menghasilkan 6.683 Mbps dengan *fairness* 0.87, dan pada saat standar deviasi=4 dB menghasilkan 5.16 dB dengan *fairness* 0.87. Hal tersebut terjadi karena *selective fading* pada deviasi kecil juga lebih jarang terjadi daripada saat deviasi besar.
4. Pada alokasi berdasar *resource block*, jarak *user* yang semakin besar menghasilkan laju data maksimum sistem yang semakin kecil dan nilai *fairness* yang cenderung sama. Pada jarak 0.1 Km menghasilkan 8.056 Mbps dengan *fairness* 0.99, pada jarak 1 Km menghasilkan 5.446 Mbps dengan *fairness* 0.99, dan pada jarak 3 Km menghasilkan 3.073 Mbps dengan *fairness* 0.99. Hal tersebut disebabkan kondisi kanal *user* terdekat yang lebih baik daripada *user* yang jarak.

5. Pada alokasi berdasar *resource block*, jumlah *user* yang semakin besar menghasilkan laju data maksimum yang semakin besar dan nilai *fairness* yang sedikit menurun. Pada saat sistem memiliki 2 user menghasilkan 5.333 Mbps dengan *fairness* 0.99, pada saat 4 user menghasilkan 5.481 Mbps dengan *fairness* 0.97, dan pada saat 8 user menghasilkan 6.044 Mbps dengan *fairness* 0.97. Hal tersebut membuktikan bahwa CDS berhasil memanfaatkan kondisi *multi-user diversity* untuk meningkatkan laju data sistem.
6. Pada alokasi berdasar *resource block*, standar deviasi yang semakin besar menghasilkan laju data maksimum yang semakin kecil dan nilai *fairness* yang sedikit menurun. Pada saat standar deviasi=0 dB menghasilkan 6.742 Mbps dengan *fairness* 0.99, standar deviasi=1 dB menghasilkan 6.534 Mbps dengan *fairness* 0.99, standar deviasi=2 dB menghasilkan 6.058 Mbps dengan *fairness* 0.96, dan pada saat standar deviasi=4 dB menghasilkan 5.009 dB dengan *fairness* 0.95. Hal tersebut terjadi karena *selective fading* pada deviasi kecil juga lebih jarang terjadi daripada saat deviasi besar.
7. Sistem SC-FDMA yang dialokasikan berdasar *subcarrier* pada semua variasi parameter menghasilkan laju data maksimum sistem yang lebih tinggi daripada alokasi berdasar *resource block* sekitar 20%. Hal tersebut terjadi karena jumlah *subcarrier* tiap *user* yang tidak selalu sama menyebabkan sistem lebih mengutamakan *user* dengan kanal terbaik untuk menghasilkan laju data sistem yang lebih tinggi.
8. Sistem SC-FDMA yang dialokasikan berdasar *resource block* pada semua variasi parameter menghasilkan nilai *fairness* yang lebih tinggi daripada alokasi berdasar *subcarrier* sekitar 6%. Hal tersebut terjadi karena jumlah *subcarrier* yang didapat setiap *user* selalu sama sehingga sistem lebih mengutamakan kesamaan antara *user* satu dengan *user* yang lain.

5.2 SARAN

1. Penelitian menggunakan *imperfect channel* untuk mengetahui kondisi kanal sebenarnya.
2. Penelitian dilakukan pada banyak *cell*.
3. Penambahan *subcarrier*, *user*, variasi jarak, dan variasi kecepatan.
4. Penggunaan algoritma lain dalam alokasi sumber dayanya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Lim, H.G. Myung, K. Oh, and D.J. Goodman. “*Channel Dependent Sheduling of Uplink Single Carrier FDMA Systems*”, IEEE : USA, 2006
- [2] Myung, Hyung G. “*Introduction to Single Carrier FDMA*”, Qualcomm/Flarion Technologies : USA, 2007
- [3] J. Lim, H.G. Myung, K. Oh, and D.J. Goodman, “*Single Carrier FDMA for Uplink Wireless Transmission*” IEEE Vehicular Technology : USA, 2006
- [4] Holma, Harri., Toskalla, Antti. “*LTE For UMTS OFDMA And SC-FDMA Based Radio Acces*”, Wiley : USA, 2009
- [5] Ayuningtias, Putri Nurina. “*Perbandingan Performansi Antara SC-FDMA Dan OFDMA*”, Institut Teknologi Telkom : Bandung, 2009
- [6] Rumney, Moray. “*Introducing Single-Carrier FDMA*”, Agilent Technologies : USA, 2008
- [7] *Transmission Time Interval*
<http://wirelessoom.wordpress.com> (akses terakhir : 21 Juni 2011)
- [8] *Resource Block*
<http://zaidi-engineer.blogspot.com> (akses terakhir : 21 Juni 2011)
- [9] Pramudya, Raka. “*Analisis Kinerja Gabungan Modulasi Adaptif Dan Channel Dependent Scheduling Pada Teknologi OFDMA Arah Downlink*”, Institut Teknologi Telkom : Bandung, 2011
- [10] *Log-normal Shadowing, Channel State Information*
<http://en.wikipedia.org/wiki> (akses terakhir : 21 Juni 2011)
- [11] Rappaport, Theodore S. “*Wireless Communication : Principles and Practice*”.
Prentice Hall. 2001

- [12] Away, Gunaidi Abdia. “*Matlab Programing*”. Informatika : Bandung. 2006
- [13] Usman, Uke Kurniawan. “*Diktat Radio Propagation*”, Institut Teknologi Telkom : Bandung, 2005
- [14] Wiguno, Agung Aji. “*Analisis Perbandingan Pengalokasian Sumber Daya Radio Pada Sistem Ofdma Arah Downlink Menggunakan Auction Algorithm Dan Dynamic Subcarrier Assignment*”, Institut Teknologi Telkom : Bandung, 2011
- [15] *Jain’s Fairness Index*
<http://www.cs.berkeley.edu/~kfall/EE122/lec21/> (akses terakhir : 17 Juni 2011)
- [16] C. Y. Wong et al., “*Multiuser OFDM with adaptive subcarrier, bit and power allocation,*” IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 17, pp.1747-1757, Oct. 1999
- [17] J. Jang, and K. B. Lee, “*Transmit power adaptation for multiuser OFDM systems,*” IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 21, pp. 171-178, Feb. 2003
- [18] H. G. Myung, et al, “*Peak-to-average Power Ratio of Single Carrier FDMA Signals with Pulse Shaping,*” Accepted to IEEE PIMRC’06