

# Modifikasi Algoritma Proportional Fair pada Sistem LTE-Advance dengan Carrier Aggregation Menggunakan Pengelompokan User

Vinsensius S. W. Prabowo, A. Ali Muayyadi, Arfianto Fahmi

Program Studi Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro

Telkom University, Bandung, Indonesia

[vinsensigitwp@gmail.com](mailto:vinsensigitwp@gmail.com), [alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id](mailto:alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id), [arfianto.fahmi@gmail.com](mailto:arfianto.fahmi@gmail.com)

**Abstract**—This journal focuses on resources scheduling on LTE-Advance system with Carrier Aggregation (CA). With the CA systems, each user can be scheduled on different number of multiple carriers. Because of the differences for each carrier frequency, then the fading characteristic and coverage for each of the carrier are different. Fairness in the resources block allocation can not be achieved with conventional proportional fair (PF) scheduling algorithm, because the PF algorithm assumes all users can be scheduled on the same number of carrier. The modified PF algorithm was made by grouping the user according to the number of carriers that can be given to the user first (Grouping PF/G-PF). After all users are grouped, the RB's from each component carrier are divided to each group according to the number of users per group. Simulation results demonstrate that the G-PF algorithm can accomplish better fairness system compared with the original PF algorithm.

**Keywords**—carrier aggregation; user grouping; proportional fair; LTE-Advanced

**Abstrak**—Jurnal ini memfokuskan pada resources scheduling pada sistem LTE-Advance dengan Carrier Aggregation (CA). Dengan adanya sistem CA ini, setiap user dapat dijadwalkan pada beberapa carrier secara bervariasi. Karena perbedaan frekuensi untuk setiap carrier, maka berbeda pula fading dan cakupan untuk tiap carrier-nya. Fairness dalam alokasi resources block tidak bisa dicapai dengan algoritma penjadwalan proportional fair (PF) konvensional, karena algoritma PF mengasumsikan semua user dapat dijadwalkan pada seluruh carrier. Maka dibuatlah algoritma modifikasi PF dengan mengelompokkan user terlebih dahulu sesuai dengan jumlah carrier yang dapat diberikan kepada user tersebut (Grouping PF/G-PF). Setelah semua user dikelompokkan, RB dari tiap komponen carrier dibagi ke tiap group berdasarkan jumlah user tiap group. Hasil simulasi menunjukkan algoritma G-PF dapat mencapai fairness sistem yang lebih baik dibanding dengan algoritma PF yang original.

**Kata kunci**—carrier aggregation; user grouping; proportional fair; LTE-Advanced

## I. PENDAHULUAN

Dengan bertambahnya permintaan akan akses yang lebih cepat. Maka dikeluarkan dan dikembangkanlah sistem LTE-Advance (LTE-A) oleh fourth generation (4G) mobile system. 3GPP kembali memperkenalkan

teknologi baru yaitu Carrier Aggregation (CA) dimana dua atau lebih komponen carrier pada satu pita frekuensi atau pita frekuensi yang berbeda dapat di satukan/diagregasi [7]. Dengan adanya sistem CA ini, setiap user dapat dijadwalkan pada beberapa carrier secara bervariasi. Dalam skema inter-band carrier aggregation dengan frekuensi yang tidak berdekatan, tiap carrier ini memiliki karakter yang berbeda pula seperti pathloss dan efek Doppler [1].

Terdapat beberapa algoritma penjadwalan yang sering digunakan seperti proportional fair algorithm. Proportional fair berusaha menyeimbangkan antara throughput dan keadilan sistem (system fairness). Tetapi dalam sistem CA, fairness dalam alokasi resources block tidak bisa dicapai dengan algoritma penjadwalan proportional fair (PF) konvensional, karena algoritma PF mengasumsikan semua user dapat dijadwalkan pada seluruh carrier [2] [3] [4] [6] [8] [9]. Maka dibuatlah algoritma berbasis PF dengan mengelompokkan user (Grouping PF/G-PF) sesuai dengan jumlah carrier yang dapat diberikan kepada user tersebut [5].

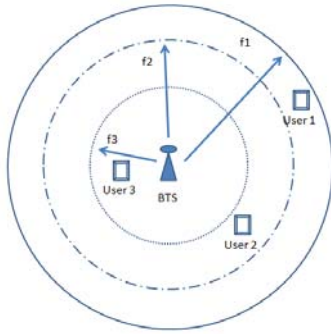
Pada penelitian ini akan dibahas skema resource scheduling berbasis PF yang akan terlebih dahulu mengelompokkan user berdasarkan jumlah carrier yang bisa dialokasikan pada user. Setelah itu dilakukan pembagian RB dari tiap komponen carrier kepada tiap grup sesuai dengan perbandingan user tiap grupnya. Setelah itu dilakukan algoritma PF pada setiap masing-masing grup secara mandiri. Dari hasil simulasi didapatkan fairness sistem yang lebih baik pada skema G-PF dibanding dengan algoritma PF konvensional. Tetapi ada penurunan pada sisi throughput rata-rata.

## II. MODEL SISTEM

Awalnya struktur cell menggunakan skema inter-band dengan carrier yang berjauhan. Sebagai contoh ada 3 komponen carrier f1, f2, f3. f1 untuk frekuensi paling rendah dan f3 untuk frekuensi paling tinggi. Digunakan equal power allocation (EPA) sehingga f1, f2, dan f3 memiliki daya transmit yang sama PT. Karena karakteristik fading pada frekuensi tinggi lebih besar dari frekuensi rendah maka coverage f2 lebih kecil dari f1 karena pathlossnya lebih besar. User 1 berada diluar cakupan f2 dan f3 jadi hanya bisa dijadwalkan di carrier f1. Sementara User 2 terletak di cakupan carrier f1 dan f2 maka dapat dialokasikan di kedua carrier tersebut tetapi tidak di f3. Sedangkan user 3 bisa dijadwalkan di semua carrier dengan total 3 kelompok user

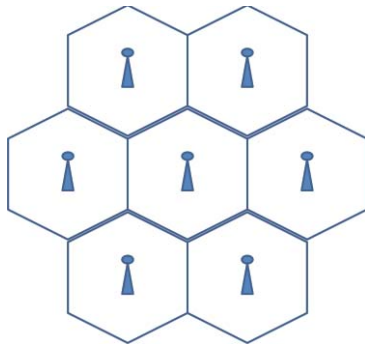
Satu sistem *cell* terdiri dari satu base station (BS) dan memiliki N user dan berada di daerah urban. Jumlah komponen carrier yang bisa di agregasi berjumlah L dan setiap komponen *carrier* memiliki bandwidth yang sama. Tiap komponen *carrier* memiliki V *resource block* (RB). Dengan digunakannya EPA power transmit pada RB n adalah  $p(n) = P_T / V$ . Sebuah kelompok carrier dapat didefinisikan sebagai [5]:

$$F = \{f_1, f_2, \dots, f_L\}, f_1 < f_2 < \dots < f_L \quad (1)$$



Gambar 1. Sistem model 1 cell

Satu *cell* berada dalam 1 *cluster* dengan 6 *cell* disekelilingnya. Antena eNB menggunakan frekuensi yang sama dan antena omni dengan *gain* yang sama ke semua arah sehingga 1 user di *cell* yang diuji mengalami interferensi dari 6 *cell* disekelilingnya. Antena BTS menggunakan antena omni dengan tujuan untuk mengurangi kompleksitas penelitian yang dilakukan.



Gambar 2. Sistem model 1 kelompok cell

### III. ALGORITMA RESOURCES SCHEDULING GROUPING PROPORTIONAL FAIR (G-PF)

Pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana skema G-PF diterapkan. Akan dijelaskan terlebih dahulu proses algoritma PF, kemudian akan dijelaskan tentang pengelompokan user dan pembagian RB untuk tiap kelompok user.

#### A. Algoritma Proportional Fair

*Proportional fair* adalah algoritma penjadwalan yang sering digunakan pada resources scheduling algorithm. Hal ini didasarkan pada keseimbangan antara dua kepentingan: Mencoba untuk memaksimalkan throughput total sementara pada saat yang sama memungkinkan semua pengguna setidaknya mendapatkan pelayanan minimal. Hal ini dilakukan dengan menetapkan masing-masing aliran data, *data rate*, atau prioritas penjadwalan

(tergantung pada implementasi) berbanding terbalik dengan konsumsi sumber daya yang terjadi. Berikut adalah algoritma *proportional fair*. Dalam setiap slot penjadwalan s, *Resource Block* (RB) n diberikan kepada user  $i^*$  yang memiliki perbandingan maksimal antara parameter kualitas sesaat (CSI atau data rate) dengan parameter kualitas rata-rata yang diterima. Dirumuskan dengan [5]:

$$i^* = \arg \max \Gamma_{i,n} = \arg \max \frac{r_i(n,s)}{\bar{R}_i(s)} \quad (2)$$

Dengan  $r_i(n,s)$  adalah CSI sesaat user i pada RB n di timeslot s, dan  $\bar{R}_i(s)$  adalah CSI rata-rata pada user i. Dengan algoritma ini, dalam satu kali alokasi (1 timeslot/TTI) memungkinkan adanya 1 user yang tidak mendapat RB. Tetapi dengan berjalannya waktu, parameter rata-rata user yang sering mendapat RB menjadi bertambah dan memperkecil perbandingannya. Parameter rata-rata user di update berdasarkan persamaan:

$$\bar{R}_i(s+1) = \left(1 - \frac{1}{T_c}\right) \bar{R}_i(s) + \frac{1}{T_c} r_i(n,s) b(i) \quad (3)$$

$$b(i) = \begin{cases} 1; & \text{if } i = i^* \\ 0; & \text{if } i \neq i^* \end{cases} \quad (4)$$

#### B. Skema Pengelompokan User

Pada jurnal ini dilakukan user grouping berdasarkan *path loss* (PL) yang dialami oleh user. Untuk kebutuhan *coverage*, *path loss* maksimum untuk sebuah carrier tidak boleh lebih dari *thresholdnya* ( $PL_{th}$ ). Karena perbedaan letak user maka PL yang dialami user untuk setiap *carrier* pun berbeda. Jadi untuk user *I grouping* dapat didefinisikan sesuai dengan PL dari setiap komponen carrier sebagai berikut [5]:

$$\Omega_i = \{PL_i^k | PL_i^k < PL_{th}, 1 \leq k \leq L\}, 1 \leq i \leq N \quad (5)$$

Dimana  $PL_i^k$  adalah PL dari user i di *carrier*  $f_k$ . Jika jumlah elemen untuk group  $\Omega_i$  dinotasikan dengan  $N_i$ . Jika  $N_i = j$ , berarti jumlah *carrier* yang bisa dijadwalkan pada user i adalah j. Jadi user dapat dibagi menjadi beberapa grup sebagai berikut:

$$M_j = \{i | N_i = j, 1 \leq i \leq N\}, 1 \leq j \leq L \quad (6)$$

Jurnal ini menggunakan model propagasi Okumura-Hata dengan berasumsi cell berada di daerah urban. Jadi  $PL_i^k$  dapat dihitung:

$$PL_i^k = C_1 + C_2 \log f_k - 13,83 \log h_T - a(h_R) + [44,9 - 6,55 \log h_T] \log d_i \quad (7)$$

dimana  $d_i$  adalah jarak dari BS ke user, sehingga jari-jari cakupan dari carrier  $f_k$ , dinotasikan sebagai  $R_k$  dapat dihitung dengan:

$$C_1 + C_2 \log f_k - 13,83 \log h_T - a(h_R) + [44,9 - 6,55 \log h_T] \log R_k = PL_{th} \quad (8)$$

dengan  $h_T$  adalah tinggi menara eNB,  $h_R$  adalah tinggi user. Sedangkan  $C_1$ ,  $C_2$ , dan  $a(h_R)$ , besarnya sesuai dengan persamaan Okumura-Hata yaitu :

$$C_1 \begin{cases} 69,55 ; 400 \text{ MHz} \leq f_c \leq 1500 \text{ MHz} \\ 46,3 ; 1500 \text{ MHz} < f_c \leq 2000 \text{ MHz} \end{cases}$$

$$C_2 \begin{cases} 26,16 ; 400 \text{ MHz} \leq f_c \leq 1500 \text{ MHz} \\ 33,9 ; 1500 \text{ MHz} < f_c \leq 2000 \text{ MHz} \end{cases}$$

$$a(h_R) = \{1,1 \log(f) - 0,7\}h_R - \{1,56 \log(f) - 0,8\} \quad (9)$$

Berdasarkan frekuensi carrier yang telah didefinisikan (1) maka dapat diperoleh :

$$R_1 > R_2 > \dots > R_L \quad (10)$$

Sebelum dilakukan penjadwalan, user dikelompokkan berdasarkan persamaan (4)-(9) Kemudian user dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

- Grup 1 yaitu grup user dalam yang bisa memakai carrier  $f_1$ ,  $f_2$ , dan  $f_3$  (3 komponen *carrier*)
- Grup 2 yaitu grup user dalam yang bisa memakai carrier  $f_1$ , dan  $f_2$  (2 komponen *carrier*)
- Grup 3 yaitu grup user dalam yang hanya bisa memakai carrier  $f_i$  (1 komponen *carrier*)

### C. Skema Pembagian Resources Block

Untuk pembagian *resources block* dari tiap carrier  $f_k$  kepada tiap group  $M_j$  dilakukan sesuai perhitungan berikut :

$$TM_j^k = N_j \cdot R_k \quad (11)$$

dimana  $N_j$  adalah jumlah anggota grup  $M_j$ , dan  $R_k$  adalah jari-jari batas cakupan *carrier*  $f_k$  sesuai persamaan (5). Karena jumlah RB tiap *carrier* adalah  $V$ , maka jumlah RB carrier  $f_k$  pada yang dibagi ke masing-masing grup tidak boleh lebih dari  $V$ . Sehingga jumlah RB yang didapat grup  $M_j$  dari *carrier*  $f_k$  dapat dihitung dengan :

$$RM_j^k = \left\lfloor \frac{TM_j^k}{\sum_{l=j}^L TM_l^k} \cdot V \right\rfloor \quad (12)$$

$$\sum_{i=j}^L RM_i^k \leq V \quad (13)$$

Maka jumlah RB yang didapat grup  $M_j$  dari semua carrier yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :

$$XM_j = \sum_{m=j}^L RM_m^k \quad (14)$$

Keluaran dari proses ini adalah 3 matriks (1 matriks untuk setiap grup) dengan ukuran yang bervariasi sesuai dengan jumlah user dan jumlah RB untuk masing-masing

grup. Setelah itu tiap-tiap matriks ini dilakukan algoritma PF secara independen.

Berikut adalah sistematika algoritma G-PF secara keseluruhan :

a) Tiap user menghitung  $r_i(n, s)$  dan  $PL_i^k$  dari tiap RB komponen carrier yang ada.

b) Kelompokkan user sesuai kedalam kelompok spesifik sesuai persamaan(5) dan (6).

c) Kelompokkan RB dari tiap komponen carrier ke setiap kelompok yang berhak atas komponen carrier tersebut sesuai persamaan (11) (12) (13) dan (14).

d) Lakukan algoritma PF pada tiap kelompok user dan RB sesuai persamaan (2).

e) Alokasikan RB pada tiap user lalu update parameter rata-rata user sesuai persamaan (3) dan (4).

f) Lakukan sampai semua RB teralokasi, jika belum kembali ke langkah d).

## IV. HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Simulasi dilakukan untuk sistem *downlink* LTE-A dengan 3 komponen carrier yang berjauhan (700 MHz, 800 MHz, dan 1800 MHz). Parameter simulasi dapat dilihat pada tabel berikut :

TABLE I. PARAMETER SIMULASI

Parameter	Nilai
Bandwidth sistem	5 Mhz
Jumlah RB per TTI	25 RB
Jumlah TTI per pengamatan	200 TTI
Jari-jari cell	250 meter
Layout cell	Single cell dengan 6 cell disekelilingnya
Frekuensi komponen carrier	700 Mhz, 800 Mhz, 1800 Mhz
Bandwidth RB	180 kHz
Model propagasi	COST 231, urban, kanal Rayleigh
Gain eNB	18 dBi
Gain UE	0 dBi
Noise Figure	7 dB
Daya transmit eNB	40 Watt (46 dBm)
Penetration Loss	20 dB
Tinggi eNB	30 meter
Tinggi UE	1,5 meter
Jumlah User	5-50 user dengan kenaikan sebesar 5
Pathloss threshold	100,5-105 dB dengan kenaikan sebesar 0,5

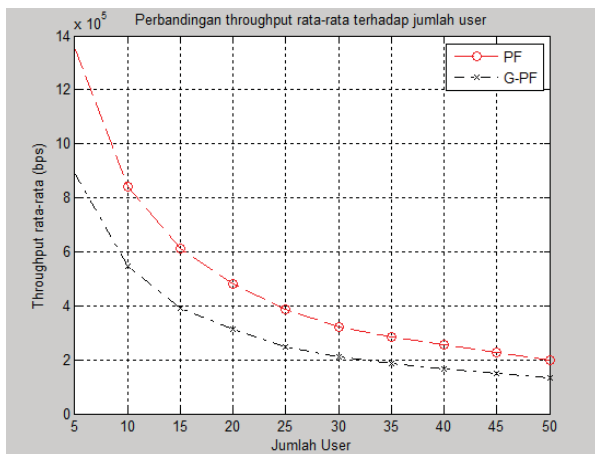
Simulasi dilakukan untuk melihat *fairness* dan *throughput*. Untuk jumlah user  $N=30$  dan  $PL_{th} = 102.5$  dB didapatkan kenaikan *fairness* pada G-PF dibanding PF sebesar 8,28%, sedangkan pada sisi *throughput* G-PF mengalami depresiasi sebanyak 116,7 kbps. Hal ini disebabkan karena dalam G-PF, RB terlebih dahulu

diberikan kepada kelompok-kelompok tertentu dan tidak bisa digunakan oleh kelompok user lain. Hal ini mempengaruhi throughput rata-rata sistem secara keseluruhan.

TABLE II. PERBANDINGAN PF DAN G-PF

Algoritma	Fairness	User throughput rata-rata (bps)
PF	62,78%	327097,29
G-PF	71,06%	210370,45

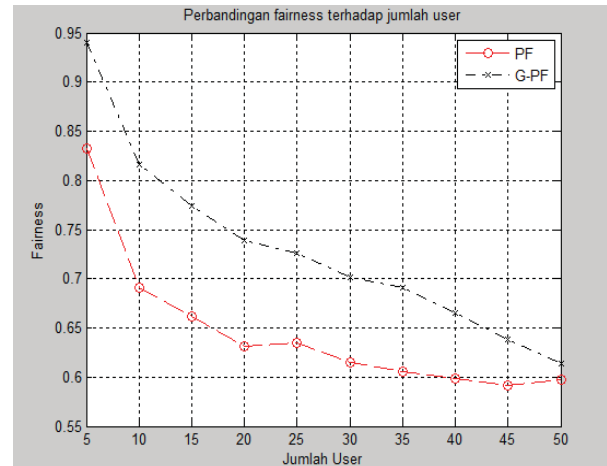
Sementara untuk variasi user 5 s.d. 50 user fenomena yang sama terjadi. Pada sistem dengan jumlah user adalah 5, perbedaan PF dengan G-PF mencapai 4,26 Mbps. Pada sistem dengan user berjumlah 50, angka ini menurun menjadi 715 kbps. Ini diakibatkan karena dengan bertambahnya user, *throughput* rata-rata sistem pada algoritma PF mengalami depresiasi lebih besar dibanding G-PF. Penurunan *average user throughput* total terjadi di algoritma PF sebesar 1117 kbps, sedangkan pada algoritma G-PF hanya 763 kbps.



Gambar 3. Perubahan throughput rata-rata user

Sedangkan pada sisi *fairness* didapatkan kenaikan *fairness* secara umum terjadi pada algoritma G-PF dibanding algoritma PF. Berbeda dengan parameter *throughput* yang mengalami penurunan, parameter *fairness* mengalami peningkatan.

Kenaikan *fairness* yang terjadi pada algoritma G-PF yaitu antara 0,017-0,109 yang terus meningkat seiring berkurangnya user. Hal ini dikarenakan user terlebih dahulu dikelompokkan menjadi grup-grup tertentu dan RB dibagi sebelum proses penjadwalan sehingga user hanya dibandingkan dengan user lain di grup yang sama. Hal ini menyebabkan user-user ini diperbandingkan dengan user-user yang berderajat sama (dapat dijadwalkan pada sejumlah *carrier* yang sama)



Gambar 4. Perubahan fairness sistem

V. KESIMPULAN

Algoritma modifikasi PF diusulkan pada penelitian ini dengan menggunakan pengelompokan user dan RB (G-PF). Dari hasil simulasi, Algoritma G-PF dapat mencapai *fairness* yang lebih baik walaupun dengan nilai *throughput* yang menurun. Hal ini dikarenakan setiap kelompok user memiliki jatah RB masing-masing yang telah diberikan sebelum proses alokasi sehingga tetap menjaga performansi user pada daerah luar cell. Penurunan *throughput* rata-rata dapat diatasi dengan menambahkan *constraint-constraint* tambahan saat pembagian RB pada tiap kelompok user. Dibutuhkan penelitian yang lebih lanjut juga diperlukan untuk menentukan *constraint* lain secara seksama untuk mendapatkan nilai *trade-off* yang ideal antara *fairness* dan *throughput*.

REFERENSI

- [1] 3GPP R1-091304, "Doppler Impact of Higher Carrier Frequencies on LTE – A Uplink," January 2009.
- [2] Yao Ma, "Proportional Fair Scheduling for Downlink OFDMA," *IEEE ICC '07*, pp. 4843-4848, 2007.
- [3] Hoon Kim and Youngnam Han, "A Proportional Fair Scheduling for Multicarrier Transmission Systems," *IEEE Communications Letters*, March 2005.
- [4] Wengert Christian, Jan Ohlhorst, and A.G.E. von Elbwart, "Fairness and Throughput Analys for Generalized Proportional Fair Frequency Scheduling in OFDMA," *IEEE VTC 2005-Spring*, vol. 3, pp. 1573-1577, May 2005.
- [5] Shi Songsong, Feng Chunyan, and Caili Guo, "A Resource Scheduling Algorithm Based on User Grouping for LTE-Advanced System with Carrier Aggregation," *IEEE 2009 International Symposium on Computer Network and Multimedia Technology*, 2009.
- [6] S. M. Sari, A. Fahmi, and B. Syihabuddin, "Algoritma Pengalokasian Resource Block Berbasis QoS Guaranteed Menggunakan Antena MIMO 2x2 pada Sistem LTE untuk Meningkatkan Spectral Efficiency," *Semasteknomedia*, 2015.
- [7] Stefania S, *LTE - The UMTS Long Term Evolution.*: Wiley, 2009.
- [8] Hyung Yeol Lee, Mingyu Kang, Young Jin Sang, and Kwang Soon Kim, "The Modified Proportional Fair Scheduling Algorithms for Real-Time Applications in Multiuser Multicarrier System".
- [9] Le-xiang Lin et al., "Resource scheduling in downlink LTE-advanced system with carrier aggregation ," *Elsevier*, February

2012.

- [10] Chang Liu, Xiaowei Qin, Sihai Zhang, and Wuyang Zhou, "Proportional-Fair Downlink Resource Allocation in OFDMA-Based Relay Networks," *Journal of Communications and Networks*, December 2011.