

Analisa Metode Pengalokasian Time Slot pada Jaringan Time Division Duplex

Rini Astuti¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia

Penulis Korespondensi: Rini Astuti (e-mail: dosen02582@unpam.ac.id)

ABSTRAK

Perkembangan komunikasi bergerak sudah sangat maju teknologi. Tujuan perkembangan jaringan komunikasi bergerak adalah menyediakan standar yang dapat memenuhi aplikasi-aplikasi nirkabel yang luas variasinya, tidak hanya mampu menyediakan jenis layanan dasar seperti suara (voice) dan pesan (messaging) saja melainkan telah diperluas hingga mampu menyediakan jenis layanan multimedia dan high multimedia. Salah satu karakter layanan multimedia dan high multimedia adalah sifat keasimetrisan dari sisi trafiknya, sehingga kebutuhan data rate pada arah downlink berbeda dengan kebutuhan data rate pada arah uplink. Hal ini dapat menyebabkan ketidakefisienan penggunaan bandwidth apabila diimplementasikan dengan menggunakan sistem FDD, untuk hal tersebut maka UMTS juga mengeluarkan standard TDD dimana pada sistem ini alokasi time slot antara uplink dan downlink dapat diatur sehingga sistem dapat mencapai kondisi optimal. Pengalokasian time slot antara uplink dan downlink yang optimal disimulasikan dengan metode alokasi time slot seragam (uniform allocation) dan metode alokasi time slot tak-seragam (non-uniform allocation). Masing-masing formulasi kedua metode alokasi time slot tersebut diselesaikan dengan metode optimasi simpleks. Dari hasil simulasi tersebut terlihat bahwa metode uniform allocation sesuai untuk jenis trafik simetris dan komposisi trafik antar sel yang seragam, sedangkan metode non-uniform allocation sesuai untuk jenis trafik asimetris dengan tingkat keasimetrisan yang tinggi. Pada kondisi rasio interferensi yang tinggi maka metode non-uniform memiliki tingkat ketahanan kapasitas yang lebih baik dibandingkan metode uniform.

KATA KUNCI Komunikasi 1; time slot seragam 2; time slot tak seragam 3.

ABSTRACT

The development of mobile communications is very technologically advanced. The aim of developing mobile communications networks is to provide standards that can meet a wide variety of wireless applications, not only being able to provide basic types of services such as voice and messaging but also being expanded to be able to provide multimedia and high multimedia services. One of the characteristics of multimedia and high multimedia services is the asymmetric nature of the traffic, so that the data rate requirements in the downlink direction are different from the data rate requirements in the uplink direction. This can cause inefficient use of bandwidth if implemented using an FDD system. For this reason, UMTS has also issued a TDD standard where in this system the time slot allocation between uplink and downlink can be adjusted so that the system can reach optimal conditions. The optimal allocation of time slots between the uplink and downlink is simulated using a uniform time slot allocation method and a non-uniform allocation method. Each formulation of the two time slot allocation methods is solved using the simplex optimization method. From the simulation results, it can be seen that the uniform allocation method is suitable for symmetric traffic types and a uniform composition of traffic between cells, while the non-uniform allocation method is suitable for asymmetric traffic types with a high level of asymmetry. In conditions of a high interference ratio, the non-uniform method has a better level of capacity resistance than the uniform method.

KEYWORD communications 1; uniform time slot 2; non-uniform allocation 3.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi telah mencapai pada *3rd Generation* atau disebut dengan *Mobile Multimedia* yang mengacu kepada standar IMT-2000 (*International Mobile Telecommunication-2000*)

yang diusulkan oleh 3GPP (*3G Third Generation Partnership Project*), sistem komunikasi generasi ketiga (3G) nantinya dapat bekerja dalam dua jenis spektrum frekuensi, yaitu spektrum frekuensi sepasang (*paired*)

spectrum) dan spektrum frekuensi tak-sepasang (*unpaired spectrum*) [1, 2].

Sistem komunikasi dengan *paired spectrum* akan bekerja dengan mode FDD (*Frequency Division Duplex*) yang disebut dengan UTRA-FDD, sedangkan sistem komunikasi dengan *unpaired spectrum* bekerja dengan mode TDD (*Time Division Duplex*) yang disebut dengan UTRA-TDD. Sistem komunikasi UTRA-TDD didesain untuk mendukung tingkat pemakaian aplikasi multimedia yang tinggi, dimana pada aplikasi ini tingkat trafik memiliki pola yang tidak simetris (asimetris) maka cocok untuk mengatasi permasalahan keasimetrisan trafik pada layanan 3G [3, 4].

Keasimetrisan trafik antara *uplink* dan *downlink* adalah karakteristik dari komunikasi 3G yang mencakup layanan multimedia kepada pelanggannya baik *Circuit-Switched Services* maupun *Packet-Switched Services*. Pola keasimetrisan trafik dapat dilihat pada aplikasi multimedia seperti akses internet, yang menggunakan lebar pita radio lebih besar pada arah *downlink* dari pada arah *uplink*-nya. Sedangkan pada aplikasi dasar seperti komunikasi suara, lebar pita radio yang digunakan adalah sama untuk kedua *link*-nya (simetris). Pola keasimetrisan trafik aplikasi multimedia tentunya akan memicu ketidakefisienan dan mengakibatkan penurunan kapasitas sistem jika pola alokasi antara lebar pita radio tidak dilakukan secara optimal. Pada sistem UTRA (*UMTS Terrestrial Radio Access*) mode TDD (*Time Division Duplex*) permasalahan ketidaksimetrisan alokasi antara lebar pita radio arah *uplink* dan *downlink* dapat diatasi dengan cara pengaturan jumlah *time slot* [5].

Pengalokasian *time slot* pada sistem UTRA-TDD, dialokasikan secara fleksibel dimana dapat secara berubah-ubah dialokasikan di kedua arah, minimal satu *time slot* untuk arah *uplink* dan *downlink*. Strategi alokasi *time slot* yang fleksibel dilakukan berdasarkan jenis layanan dan trafik pada suatu area [6]. Jenis layanan *Circuit-Switched Services* yang meliputi suara (*voice*), data (*switched data*), dan multimedia interaktif dengan kualitas tinggi (*high quality interactive multimedia*) merupakan layanan 3G dengan trafik yang simetris [7-9]. Jenis layanan *Packet-Switched Services* yang meliputi *simple message* (contoh layanan e-mail) adalah layanan 3G dengan trafik simetris dan jenis layanan *Packet-Switched Services* untuk jenis layanan *medium quality multimedia* (contoh layanan internet), dan *high quality multimedia* (contoh layanan TV Phone) merupakan layanan 3G dengan trafik yang tidak simetris dimana lebar pita radio arah *downlink* lebih besar dari lebar pita radio arah *uplink* [10, 11].

2. METODE

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode simulasi dan analisis. Peneliti akan melakukan simulasi dan analisa metode pengalokasian *time slot* pada jaringan UTRA-TDD sehingga menghasilkan kapasitas sistem yang optimal [12, 13]. Metode yang akan disimulasikan dan dianalisa nantinya adalah metode alokasi *time slot* dengan pola seragam (*uniform allocation*) dimana semua sel pada suatu area layanan menggunakan komposisi alokasi *slot* yang sama, dan

metode yang lainnya adalah dengan pola tak seragam (*non-uniform allocation*) dimana tiap sel pada suatu area layanan menggunakan komposisi alokasi *slot* yang berbeda dan tidak seragam berdasarkan tingkat keasimetrisan trafik pada suatu sel. Dua metode alokasi *time slot* ini yaitu metode *uniform allocation* dan *non-uniform allocation* akan terbagi pada 2 jenis trafik yaitu trafik simetris dan trafik asimetris. Dengan menggunakan software Matlab, nantinya simulasi akan dijalankan untuk mendapatkan metode alokasi *time slot* yang terbaik untuk masing-masing jenis trafik sehingga menghasilkan kapasitas yang optimal.

2.1 Perhitungan Dasar Kapasitas dan Kualitas Sistem

Pada komunikasi 3G, kualitas sistem dapat ditentukan dengan energi bit terhadap ratio noise density-nya (E_b/N_0), dimana E_b menyatakan energi dari satu bit informasi dan N_0 menyatakan total daya *noise spectral density* yang termasuk didalamnya interferensi dari *user equipment* pada sel yang sama, *user equipment* pada sel tetangga, serta *background thermal noise*. Jika kita mengasumsikan bahwa sistem menerapkan kontrol daya yang sempurna (tiap-tiap *user equipment* akan memancarkan atau menerima sinyal pada level sempurna) maka untuk sel tunggal dengan jumlah *user* (N), daya pancar dari sebuah *user equipment* yang akan diterima pada *Node B* akan memiliki nilai *Signal to interference Noise Power* (SNR) yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SNR = \frac{S}{(N-1)S} = \frac{1}{(N-1)} \quad (1)$$

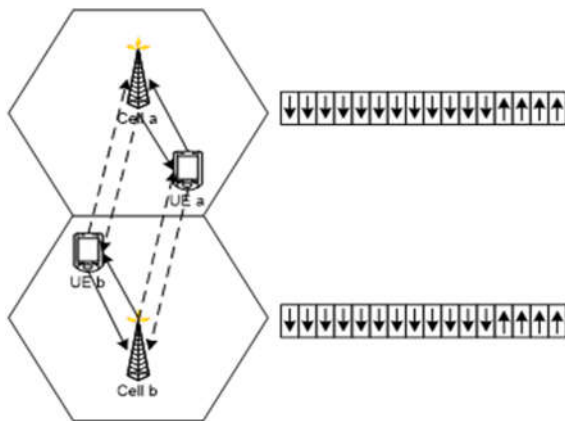
Jika dinyatakan dalam energi bit terhadap *noise density*-nya (E_b/N_0) akan menjadi :

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S/R}{(N-1)S/W} = \frac{W/R}{(N-1)} \quad (2)$$

jika diasumsikan semua koneksi *user* selalu aktif, yaitu $X_i = 1$, dan *power* kontrol sempurna maka $S_i = S$ untuk semua *user*, dari rumus diatas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S.W/R}{(N-1)S+I+\eta} = \frac{W/R}{(N-1)+(I/S)+(\eta/S)} \quad (3)$$

Pada metoda *uniform allocation* alokasi *time slot* pada sel yang saling berdekatan adalah sama. Kelebihan strategi ini, karena alokasi *time slot* pada sel yang saling berdekatan adalah sama maka interferensi antara *User Equipment* dapat dihindari. Namun metoda ini memiliki kelemahan, yaitu tidak cocok digunakan pada area yang antar sel satu dengan sel tetangganya memiliki konstitusi trafik yang berbeda. Metoda ini hanya cocok untuk area yang antar sel yang saling berdekatan memiliki konstitusi trafik yang sama seperti gambar 1.



Gambar 1. Alokasi Time Slot pada Metoda Uniform Allocation

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Parameter Dasar

Parameter-parameter yang akan diaplikasikan dalam simulasi ini diambil dari kajian ETSI (*European Telecommunications Standard Institute*) dengan standard 3GPP (*3G Third Generation Partnership Project*) [3, 14]. Beberapa parameter dasar yang akan digunakan dalam simulasi ini yaitu Jumlah *time slot* (N) yang digunakan dalam sistem UTRA-TDD adalah 16, dimana sudah berisi *overhead* termasuk didalamnya *guard time* untuk tiap *slot*. Jumlah *time slot* (N) terbagi untuk jumlah *time slot uplink* (N_u), jumlah *time slot downlink* (N_d) dan jumlah *crossed slot* (N_c). R adalah rata-rata laju data efektif *uplink* dan *downlink* selama suatu panggilan berlangsung dalam satuan Kbps sesuai dengan kebutuhan *data rate* tiap sel, jenis trafik dan layanannya. *Bandwidth spread* (W) yang digunakan adalah sebesar 5 MHz = 5000 KHz untuk mode UTRA-TDD [15]. Nilai batas kualitas transmisi (γ) yang diperlukan untuk arah *uplink* dan *downlink* dalam simulasi diambil sebesar 5 dB. Rasio interferensi (δ) arah *uplink* dan *downlink* dalam simulasi adalah 0,05. [6] Nilai *Block Error Rate* (BLER) dalam simulasi yang digunakan sebesar 0,15. Interferensi dengan sistem lain diabaikan. Semua kanal terdistribusi *uniform* dalam *time slot*, yaitu setiap *user* memperoleh kesempatan yang sama untuk menduduki kanal yang kosong menggunakan pengontrolan daya sempurna sehingga kualitas penerimaan di setiap sel sama. Daya transmisi node B untuk sebuah kanal (Pt) maksimum sebesar 0,35 Watt. Qt merupakan daya transmisi UE (*User Equipment*) yang pada simulasi diasumsikan sebesar 5 m Watt [8, 16].

3.2. Hasil Simulasi dan Analisa Metoda Alokasi Time Slot Seragam (Uniform Allocation)

Dari simulasi yang telah dilakukan pada Metoda *Uniform Allocation* dan *Non-Uniform Allocation* hasil perbandingan kedua metoda tersebut adalah :

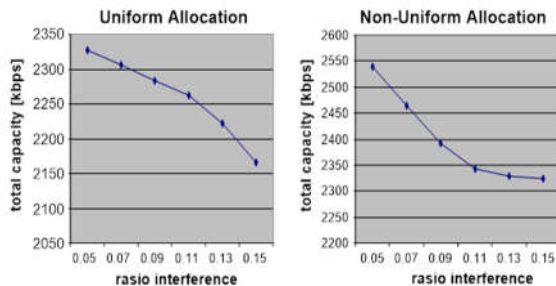
1. Untuk sel a dan sel b dengan trafik simetris maka perbandingan kapasitas totalnya adalah untuk metoda *uniform allocation* dengan alokasi *time*

slot (N_u, N_d) = (8,8) dan kapasitas total 2192,74 Kbps. Sedangkan metoda *non-uniform allocation* dengan alokasi *time slot* (N_u, N_d, N_c) = (8,7,1) dan kapasitas total 2092,79 Kbps.

2. Untuk jenis trafik sel a simetris dengan contoh data rate $R_{u_a} = R_{d_a} = 16$ Kbps dan $R_{u_b} < R_{d_b}$ dimana $R_{u_b} = 32$ Kbps dan R_{d_b} bervariasi 64 Kbps, 128 Kbps, 256 Kbps maka perbandingan kapasitas totalnya adalah untuk R_{d_b} berturut-turut 64 Kbps, 128 Kbps, 256 Kbps pada metoda *non-uniform allocation* adalah 2539,2 Kbps; 3436,92 Kbps; 5652,5 Kbps. Sedangkan kapasitas total untuk metoda *uniform allocation* adalah 2327,96 Kbps; 2780,36 Kbps; 3971,45 Kbps.
3. Untuk jenis trafik sel a simetris dengan contoh data rate $R_{u_a} = R_{d_a} = 16$ Kbps dan $R_{u_b} > R_{d_b}$ dimana R_{u_b} bervariasi 64 Kbps, 128 Kbps, 256 Kbps dan $R_{d_b} = 32$ Kbps maka perbandingan kapasitas totalnya adalah untuk *non-uniform allocation* berturut-turut 2160,39 Kbps; 2629,12 Kbps; 3882,54 Kbps. Sedangkan kapasitas total untuk R_{u_b} berturut-turut 64 Kbps, 128 Kbps, 256 Kbps pada metoda *uniform allocation* adalah 2208,27 Kbps; 2597,09 Kbps; 3698,47 Kbps.
4. Untuk jenis trafik sel a dan sel b asimetris dengan contoh data rate $R_{u_a} < R_{d_a}$ dan $R_{u_b} < R_{d_b}$ dimana $R_{u_a} = 16$ Kbps, $R_{d_a} = 32$ Kbps, $R_{u_b} = 16$ Kbps dan R_{d_b} bervariasi 32 Kbps, 64 Kbps, 128 Kbps maka perbandingan kapasitas totalnya adalah untuk metoda *non-uniform allocation* 2,18 Mbps; 2,66 Mbps; 3,89 Mbps. Sedangkan kapasitas total untuk metoda *uniform allocation* adalah 2,28 Mbps; 2,41 Mbps; 2,92 Mbps.
5. Untuk jenis trafik sel a dan sel b asimetris dengan contoh data rate $R_{u_a} < R_{d_a}$ dan $R_{u_b} > R_{d_b}$ dimana $R_{u_a} = 16$ Kbps, $R_{d_a} = 32$ Kbps, R_{u_b} bervariasi 32 Kbps, 64 Kbps, 128 Kbps dan $R_{d_b} = 16$ Kbps maka perbandingan kapasitas totalnya adalah untuk R_{u_b} berturut-turut 32 Kbps, 64 Kbps, 128 Kbps pada metoda *non-uniform allocation* adalah 1,75 Mbps; 1,91 Mbps; 2,49 Mbps. Sedangkan kapasitas total untuk metoda *uniform allocation* adalah 1,85 Mbps; 2,01 Mbps; 2,56 Mbps.

Penurunan kapasitas sistem dapat dipengaruhi oleh meningkatnya rasio interferensi antar sel. Perbandingan pengaruh rasio interferensi terhadap kapasitas total yaitu pada metoda *uniform allocation* berkurang 22,32 Kbps untuk peningkatan rasio interferensi dari 0,05 menjadi 0,07 begitu pula jika rasio interferensi meningkat 3 kali dari 0,05 menjadi 0,15 maka kapasitas total juga akan menurun 7 kali dari nilai pengurangan 22,32 Kbps menjadi 2164,97. Sedangkan untuk metoda *non-uniform*

allocation kapasitas total berkurang 75,64 Kbps untuk peningkatan rasio interferensi dari 0,05 menjadi 0,07 dan jika rasio interferensi meningkat 3 kali dari 0,05 menjadi 0,15 maka kapasitas total akan menurun sama dengan peningkatan 3 kali pada rasio interferensi yaitu 75,64 Kbps. Bila dibandingkan dengan metoda *uniform allocation* terlihat bahwa penurunan kapasitas total pada metoda *non-uniform allocation* tidak signifikan terhadap peningkatan nilai rasio interferensi yang besar, sedangkan untuk metoda *uniform allocation* kapasitas akan cenderung menurun tajam seiring dengan tingginya rasio interference



Gambar 2. Grafik Perbandingan Rasio Interference terhadap Kapasitas Total

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa dari metode pengalokasian *time slot* pada UTRA-TDD maka dapat ditarik kesimpulan metode *non-uniform allocation* mampu memberikan kapasitas total yang lebih baik. [6]. Penurunan kapasitas sistem baik dengan metode alokasi *uniform* dan *non-uniform*, dipengaruhi oleh meningkatnya rasio interferensi antar sel. Namun dari hasil simulasi terlihat bahwa metode *non-uniform allocation* memiliki ketahanan kapasitas total relatif lebih stabil saat rasio interferensi semakin meningkat bila dibandingkan dengan metode *non-uniform*. Hal ini membuktikan bahwa metode pengaturan *time slot non-uniform* cocok untuk melayani trafik yang padat dengan kebutuhan layanan akses arah *downlink* yang semakin meningkat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Septiawan, I. Santoso, and A. A. Zahra, "Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) Time Division Duplex (TDD) 2300 MHz Di Semarang Tahun 2015–2020," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 4, no. 4, pp. 979-986, 2016.
- [2] S. Fuada, "Perancangan Broadband RF Power Amplifier 2, 3 GHz pada 4G LTE Time Division Duplex," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 3, pp. 182-187, 2015.
- [3] D. Chandra, S. Yusnita, D. B. Sitepu, and D. Meidelfi, "The Analysis of Service Integrity on Video Streaming Services Using Time Division Duplex and Frequency Division Duplex Technology on LTE Networks," *International Journal of Advanced Science Computing and Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 73-87, 2021.
- [4] A. Hermawan, M. H. H. Ichsan, and R. Primananda, "Implementasi Time Division Duplex (TDD) pada Bluetooth Low Energy (BLE) dan Wi-Fi untuk Penjadwalan pada Sistem Monitoring Tanaman," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 9, pp. 2960-2968, 2020.
- [5] K. I. Pedersen, G. Berardinelli, F. Frederiksen, P. Mogensen, and A. Szufarska, "A flexible 5G frame structure design for frequency-division duplex cases," *IEEE Communications Magazine*, vol. 54, no. 3, pp. 53-59, 2016.
- [6] X. Song *et al.*, "A six-port transceiver for frequency-division duplex systems," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 28, no. 10, pp. 936-938, 2018.
- [7] M. H. Aziz, A. Fahmi, and U. K. Usman, "Analisis Perbandingan Kinerja Jaringan LTE Release 12 dengan Teknik FDD-FDD dan FDD-TDD Carrier Aggregation," *eProceedings of Engineering*, vol. 5, no. 1, 2018.
- [8] S. Rahmatia, A. A. Azzahra, M. Ismail, O. N. Samijayani, and D. Astharini, "Long term evolution (LTE) network design frequency division duplex (FDD) of 1800 MHz based on subscriber growth forecasting in 2025 at Denpasar, Indonesia," in *2018 IEEE 5th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)*, 2018: IEEE, pp. 1-6.
- [9] L. Calderin, S. Ramakrishnan, A. Puglielli, E. Alon, B. Nikolić, and A. M. Niknejad, "Analysis and design of integrated active cancellation transceiver for frequency division duplex systems," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 52, no. 8, pp. 2038-2054, 2017.
- [10] S. Imtiaz, G. S. Dahman, F. Rusek, and F. Tufvesson, "On the directional reciprocity of uplink and downlink channels in frequency division duplex systems," in *2014 IEEE 25th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communication (PIMRC)*, 2014: IEEE, pp. 172-176.
- [11] L. Laughlin *et al.*, "Tunable frequency-division duplex RF front end using electrical balance and active cancellation," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 66, no. 12, pp. 5812-5824, 2018.
- [12] E. Kim, H.-H. Choi, H. Kim, J. Na, and H. Lee, "Optimal resource allocation considering non-uniform spatial traffic distribution in ultra-dense networks: A multi-agent reinforcement learning approach," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 20455-20464, 2022.
- [13] O. Ozel, B. Sinopoli, and O. Yağan, "Uniform redundancy allocation maximizes the robustness of flow networks against cascading failures," *Physical Review E*, vol. 98, no. 4, p. 042306, 2018.
- [14] J. Jose, P. Shaik, S. Bisen, A. Srivastava, V. Bhatia, and K. Choi, "Performance analysis and optimization of frequency division duplex based virtual full-duplex communication systems," *Ad Hoc Networks*, vol. 154, p. 103379, 2024.

- [15] E. Zolkov and E. Cohen, "A Quadrature Balanced N -Path Receiver for Frequency Division Duplex With Thermal and Phase Noise Cancellation Under Antenna VSWR," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 2023.
- [16] M. Lei, X. Zhang, B. Yu, S. Fowler, and B. Yu, "Throughput maximization for UAV-assisted wireless powered D2D communication networks with a hybrid time division duplex/frequency division duplex scheme," *Wireless Networks*, vol. 27, pp. 2147-2157, 2021.