

Penggunaan LTE Sebagai Media Interoperabilitas Antar Generasi Komunikasi Nirkabel Yang Berbeda

Setiyo Budiyo

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

JL. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650

Email : budiys1@gmail.com

Abstrak – Penelitian dilakukan pada potensi pendekatan interoperabilitas serta mobilitas inter-teknologi menggunakan Long Term Evolution (LTE) antara generasi yang berbeda pada komunikasi nirkabel. Fokus penelitian adalah pendekatan ini dapat digunakan dalam layanan operasi penyebaran, integrasi teknologi akses, kontinuitas layanan dan proses migrasi secara halus ke LTE dengan memaksimalkan penggunaan jaringan cakupan yang telah ada. Salah satu kriteria interoperabilitas paling penting adalah penyerahan latensi. Menggunakan NS2 simulator, ditampilkan bahwa LTE (4G) menyediakan latensi yang lebih sedikit bila dibandingkan dengan generasi lain dari sistem komunikasi nirkabel untuk lingkungan homogen. Dari hasil simulasi didapatkan handover latency untuk GPRS adalah 4s, untuk IEEE 802.11b adalah 4s, untuk IEEE 802.16e adalah 3s dan untuk IEEE 802.16j ditemukan 1s.

Kata Kunci: Interoperabilitas, LTE, Mobilitas inter-teknologi

Abstract – This research was conducted mainly focused on the interoperability and inter-technology mobility on LTE. Moreover, this research focused on access technology integration, service continuity, and smooth migration process to LTE by maximizing the existing network coverage. One of the most important criteria is latency. By using NS2 simulator, it is shown that LTE (4G) is able to provide lesser latency than the other wireless communication system. The result from the simulation are as follows: Handover latency for GPRS is 4 seconds, for IEEE 802.11b is 4 seconds, for IEEE 802.16e is 3 seconds, and for IEEE 802.16j is 1 seconds.

Keywords: Interoperability, LTE, Inter-technology mobility

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi mobile yang cepat berubah dan konvergensi dalam semua aspek telekomunikasi, interoperabilitas adalah penting untuk setiap teknologi untuk berhasil. Operator dan konsumen keduanya mempunyai manfaat baik dari interoperabilitas dalam hal efektivitas biaya, fitur yang disempurnakan, lokasi bebas dan kemudahan penggunaan (Axiotis, *et al.*, 2003).

Teknologi 1G, 2G dan 2.5G adalah sangat jauh dari fasilitas ini. Meskipun 3G (misalnya EVDO, WCAMA dikembangkan pada tahun 2005) memungkinkan penggunaan secara simultan waktu berbicara atau telepon dan layanan data dengan kecepatan data lebih tinggi tetapi tidak menyediakan portabilitas mobilitas dan pelayanan karena terutama didasarkan pada konsep yang luas. Ini kesempatan besar yang akan dipenuhi oleh teknologi komunikasi nirkabel 4G menggunakan Long Term Evolution (LTE) karena hal ini didasarkan pada jaringan paket digital. Ini menggunakan IP dalam sepenuh-penuhnya formulir dengan

kemampuan konvergensi suara dan data (Axiotis, *et al.*, 2003).

Dikembangkan pada tahun 2008, LTE adalah langkah menuju teknologi radio 4G. Ini menyediakan portabilitas dan layanan mobilitas tidak hanya dalam jaringan 4G, tetapi juga antara jaringan termasuk 3.5G (WiMAX), 3G (UMTS) dan 2G (GSM dan CDMA2000). LTE bertujuan untuk memberikan semua IP backbone dengan pengurangan biaya per bit, layanan yang lebih baik, fleksibilitas dalam penggunaan frekuensi baru dan yang sudah ada, arsitektur jaringan sederhana dengan antarmuka terbuka dan konsumsi daya yang rendah (Rao and Gajula, 2014). Karakteristik LTE disajikan dalam Bagian 2. Dalam Bagian 3, dijelaskan cara menyediakan interoperabilitas antara berbagai generasi komunikasi nirkabel dan interteknologi mobilitas menggunakan LTE. Hasil simulasi diberikan dalam bagian 4.

2. KARAKTERISTIK LTE

Pelanggan memerlukan kecepatan internet yang sama seperti yang mereka miliki dirumah, dimanapun dan disaat apapun. Teknologi akses nirkabel seperti HSPA dan

EVDO merupakan bagian dari cara dalam menemui kebutuhan ini. Tapi efisiensi spektral, kapasitas sel membingkai dan ketinggian latency mencegah mereka untuk memenuhi kapasitas bandwidth dan QoS untuk memperoleh suatu layanan broadband yang sebenarnya. Lebih dari itu, pemakaian data di jaringan sekarang ini mengalami peningkatan. Sebagai respons atas perkembangan ini, LTE diperkenalkan. LTE, juga dikenal sebagai “Evo-ved UTRA dan UTRAN”, merupakan langkah maju ke arah teknologi radio 4G yang dirancang untuk meningkatkan tingkat kapasitas dan kecepatan dari telpon bergerak (LTE Jaringan Informasi lewat Udara). Inovasi LTE melanjutkan bahasan yang seru untuk fleksibilitas bandwidth yang lebih besar, modulasi dan skema akses. Semua keistimewaan dan perbedaan karakteristik dari LTE diringkas di Tabel 1. LTE memanfaatkan inter teknologi mobilitas untuk mendukung berbagai teknologi akses termasuk teknologi yang telah ada 3GPP seperti halnya EVDO, WiFi dan WiMAX. Ini adalah salah satu tahapan utama untuk memastikan interoperabilitas.

Tabel 1. Fitur LTE

Fitur	Deskripsi
OFDMA untuk DL	Untuk mencapai kecepatan tertinggi dari data (326 Mbps-uplink dan 86.4 Mbps-downlink)
SC-OFDMA untuk UL	Untuk mencapai puncak tinggi ke rasio rata-rata (PAR) dari 2 ke 6 dB
Scalable	Karena akibat bandwidth scalable sampai 20MHz (meliputi 1.4, 3, 5, 10, 15 dan 20MHz) dimungkinkan migrasi secara mudah.
Bandwidth	Chanel bandwidth lebih besar
Efisiensi Spektral	Peningkatan efisiensi spectral
Modulasi	64QAM
Proses Duplex	Termasuk dalam TDD dan FDD sekaligus
Jaringan Akses	Fleksible
UE	Penyederhanaan desain Rx di UE untuk kecepatan data yang tinggi
Tipe Antena	MIMO UL & DL, Perpaduan MIMO
Interferensi	Mengatasi segala bentuk interferensi
Kapasitas Link	Peningkatan dalam kapasitas link
IP Flat	Mendukung teknologi suara dalam domain paket
Lantensi	Lantensi yang rendah
Interoperabilitas	Flexible
Mobilitas	Inter-teknologi bergerak, IP mobile berdasar IP bergerak
Transport	Backhaul berdasarkan IP/MPLS transport
Aplikasi	Memastikan penggunaannya dengan biaya rendah *Aplikasi peer to peer memerlukan hasil yang tinggi *Game online *Bebas flat tren *Sesuai dengan IMS, VoIP, SIP

Inter-teknologi bergerak mempunyai kemampuan untuk mendukung perubahan dari suatu peralatan di antara perbedaan jaringan akses radio. Inter-teknologi bergerak menyediakan kemampuan untuk menyamakan jaringan akses radio yang berlainan secara bersamaan, berdasarkan teknologi akses yang berbeda, ke dalam bandwidth yang terintegrasi secara tunggal. Secara umum, standar LTE menentukan dua jenis tipe dari inter-teknologi bergerak:

1. Inter-RAT (Radio Access Technology) Bergerak: Mobilitas antara LTE dengan teknologi awal 3GPP;
2. Inter-teknologi Bergerak: Mobilitas antara LTE dengan teknologi selain 3GPP.

Inter-teknologi bergerak merupakan kunci dari handover yang halus, pada akhirnya akan terasa pada hasil interoperabilitas. Proses handover yang tanpa cela merupakan salah satu persoalan wajib interoperabilitas. Dalam LTE terdapat tiga tipe handover:

1. Intra-LTE: Handover terjadi bersamaan dengan node-node LTE (Intra-MME dan Intra-SGW);
2. Inter-LTE: Handover terjadi ke arah yang lain node-node LTE (Inter-MME dan Inter-SGW);
3. Inter-RAT: Handover di antara teknologi jaringan radio yang berbeda-beda, antara lain GSM / UMTS dan UMTS (Rao and Gajula, 2014).

Interoperabilitas menawarkan kepada penyedia jaringan dan pelanggan kemungkinan untuk memilih di antara alternatif jaringan akses nirkabel. Dalam interoperabilitas komunikasi nirkabel, pembahasan mengeksplorasi dan menganalisa performa jaringan dalam kaitan dengan rugi paket, round-trip time (RTT) dan hand off latency (HOL) (Grymek *et al.*, 2014). Handover latensi adalah perbedaan waktu diantara MN saat mendeteksi cakupan teknologi nirkabel lainnya dengan saat diterimanya pengakuan dari CN. Interoperabilitas akses point (AP) dengan AP yang lain tergantung pada intra, proses inter-handoff, dan frame penyampaian. Proses handoff cepat yaitu handoff latensi yang rendah tanpa IP bergerak menghilangkan rugi-rugi frame selama handoff (Chou and Shin, 2005).

3. TEKNIK INTEROPERABILITAS LTE

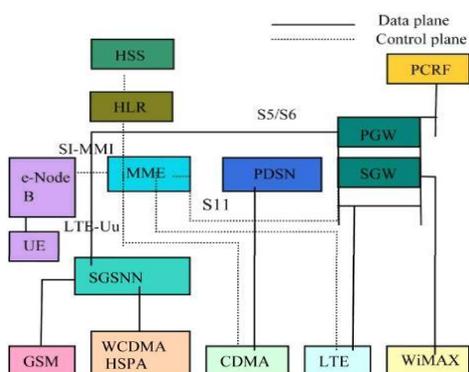
Interoperabilitas dapat menawarkan penyedia jaringan dengan satu kemungkinan untuk menukarkan alternatif diantara jaringan akses nirkabel. Fitur ini menyediakan kemampuan untuk secara otomatis menjelajahi ke salah satu jaringan untuk dikunjungi,

mempunyai akses, dan membagi keterangan yang tepat atau layanan sebagai yang diberi kuasa. Penyediaan interoperabilitas di antara generasi berbeda dari komunikasi nirkabel dibutuhkan faktor-faktor yang unggul:

1. Pengadaan dan ketersediaan dari Customer Premises Equipment (CPE);
2. Penggunaan kembali dan pemutakhiran base stasiun;
3. Akuisisi dengan penambahan spectrum;
4. Perencanaan Frekuensi;
5. Perencanaan Kapasitas;
6. Fleksibilitas gateway dari Access Service Network (ASN);
7. Dukungan peralatan yang ramah lingkungan.

Arsitektur LTE punya beberapa antarmuka terdefinisi (SI MME, SI U, S3 - SS12, SGi dsb) seperti terlihat di Gambar 1 untuk beroperasi dengan jaringan. Antarmuka ini akan memungkinkan pengguna untuk menjelajahi ke dalam jaringan melalui antarmuka ini. Fitur ini juga menyediakan akses langsung internet publik, pengupayaan data dan akses VPN terbaik untuk jaringan rumah mereka. LTE menyediakan interoperabilitas di antara jaringan berbeda tanpa ada cela dan rugi-rugi dalam handover. Sebagai contoh, jaringan LTE 700 MHz menjamin konektivitas inter-networking.

Gambar 1 memperlihatkan fleksibilitas interoperabilitas oleh LTE. Dalam teknik yang sering digunakan, dua node khusus dipergunakan seperti Serving Gateway (SGW) dan Mobility Management Entity (MME). GSM yang sudah ada, WCDMA, HSPA dapat diintegrasikan ke dalam jaringan LTE melalui beberapa antarmuka terbakukan (SI MME, SI U, S3 - SS12, SGi dsb.) antara Serving GPRS Support Node (SGSN) jika 3GPP dan antara PSDN jika 3GPP2.



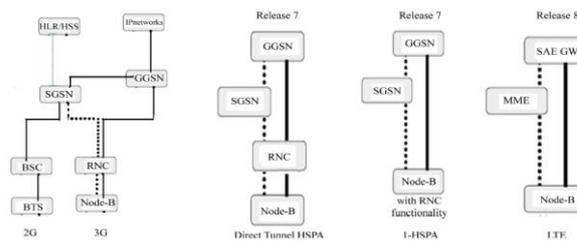
Gambar 1. Fleksibilitas dari Interoperabilitas LTE

Saat ini vendor-vendor sedang menyediakan jaringan 2G dan 3G dibangun dengan interoperabilitas diantara SGSN dan PSDN daripada jaringan inti LTE. Semua teknologi IP seperti WiMAX dapat dihubungkan dengan cara yang sama ke jaringan inti LTE. Packet Data Gateway (PGW) bertanggung jawab untuk alokasi alamat IP untuk User Equipment (UE) seperti halnya enforcement QoS. Ketika UE terikat dengan satu jaringan, alamat IP akan ditugaskan oleh PGW dan keempat pembawa pesan akan ditetapkan. Pengantar dari keempat pembawa pesan adalah untuk selalu menyediakan konektivitas. PGW berperan sebagai satu jangkar bergerak untuk bekerja dengan teknologi non 3GPP demikian juga seperti cdma - 2000 dan WiMAX. Akhirnya, HSS, HLR mengandung keterangan pemakaian dari pelanggan seperti QoS diakses dengan cara apapun secara terbatas untuk menjelajahi. Kedua fasilitas dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah di penyebaran jasa, integrasi teknologi mengakses dan migrasi secara halus (Sesia *et al.*, 2012).

Dalam komunikasi nirkabel 2G dan 3G, Radio Network Controller (RNC) berfungsi sebagai unit fungsional yang utama dari jaringan akses radio. Elemen jaringan Serving GPRS Support Node (SGSN) dan Gateway GPRS Support Node (GGSN) menyediakan layanan paket data. 3GPP versi 7 merupakan versi lama dari LTE. Dalam solusi secara langsung, pesawat pengguna akan membypass SGSN seperti terlihat di Gambar 2. Hal ini akan menambah fleksibilitas di topologi jaringan dan memungkinkan node SGSN dioptimalisasi untuk mengontrol pesawat. Ini adalah langkah pertama ke arah evolusi arsitektur sistem (SAE) yaitu dasar untuk LTE. Data didalam I-HSPA membypass radio network controller (RNC) dan SGSN, dan data langsung dikirim ke Internet melalui GGSN. Ini akan mengurangi kapasitas kemacetan pada unsur jaringan kritis seperti RNC dan SGSN. Bagaimanapun 3GPP versi 8 - LTE mendefinisikan satu untuk semua jaringan IP sebagai satu dasar untuk LTE / SAE. LTE / SAE tidak mempunyai paket data trafik terpisah dan jaringan suara sirkuit. Kedua data dan pesawat pengguna berkomunikasi melalui jaringan yang sama, yang disebut jaringan Evolved Packet System (EPS) (Fritze, 2012).

Seperti 3GPP versi 7, LTE melekatkan kemampuan pengendali radio kedalam eNodeB yang memungkinkan interaksi ketat di antara lapisan protokol dari AN. Kontrol terdistribusi ini menghilangkan kebutuhan untuk satu proses pengendali radio, yang pada gilirannya

mengurangi biaya dan menghindari satu “ titik tunggal dari kegagalan ”.



Gambar 2. Perbandingan di antara arsitektur jaringan komunikasi nirkabel dari generasi berbeda dengan LTE.

Sebagai tambahan, sehubungan dengan ketiadaan dari pengendali radio meningkatkan efisiensi dari jaringan dengan mengurangi latency. Tidak ada handover lunak di LTE, dimana dengan menghilangkan kebutuhan untuk satu data terpusat dengan fungsi kombinasi. Pada kenyataannya, untuk pengaturan platform 2G / 3G / 4G ini yaitu, mudah, efisien dan BTS yang flexible dan situs multiradio dipergunakan bagi seluruh teknologi (Sesia *et al.*, 2012).

Dengan pengantar dari LTE, pembatasan dari interkoneksi jaringan akses ke teknologi yang meliputi standar yang sama mengalami perubahan. Standar LTE mengakomodasi penggunaan dari Mobile Internet Protocol (MIP) untuk mendukung teknologi mobile di antara LTE dengan WiFi maupun di antara EVDO dan WiMAX.

Interoperabilitas dari LTE dengan generasi lain didiskusikan pada bagian berikut:

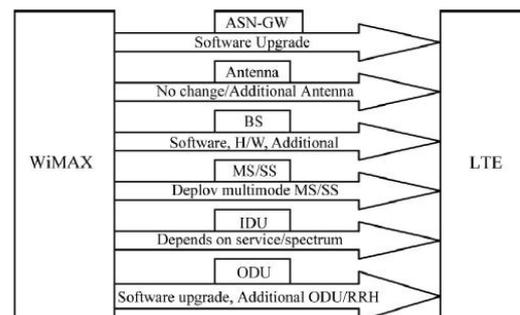
A. Interoperabilitas di antara 3.5G (WiMAX) dan LTE

3.5G WiMAX dan LTE akan melengkapi satu sama lain. WiMAX adalah salah satu teknologi generasi berikutnya yang akan memudahkan operator selular terhadap proses peralihan ke jaringan yang semuanya terhubung IP.

Jaringan inti IP pada basis dari WiMAX akan menyederhanakan kerja dengan teknologi IP lain seperti LTE dan System Architecture Evolution (SAE). WiMAX sepenuhnya mendukung IMS dan 3GPP2 sebagai rekan pendamping LTE. Dukungan untuk IMS akan memudahkan kerja dengan lapisan arsitektur yang lentur dan menghilangkan ganjalan yang berada pada jaringan inti (Dimou *et al.*, 2014).

Integrasi dari WiMAX dengan LTE meyakinkan persatuan arsitektur jaringan yang memudahkan kerja, menjelajahi dan berbagi infrastruktur dengan selular saat ini dan teknologi berbentuk kawat atau kabel.

Langkah utama dan terutama dari interoperabilitas adalah proses migrasi yang mudah dan lancar dari satu teknologi ke generasi lagi yang berbeda dari komunikasi nirkabel. Untuk prakteknya, dengan migrasi lancar dan mudah dari WiMAX 16e ke teknologi LTE, secara praktis tapi lancar dan mudah migrasi melalui satu kombinasi meningkatkan mutu perangkat lunak dan server secara langsung (yaitu, kartu baseband) perubahan diluar hal itu harus dipertimbangkan. Peralihan jaringan dari WiMAX ke LTE diperlihatkan di Gambar 3 .



Gambar 3. Migrasi dari WiMAX 16e ke Teknologi LTE

BS dari LTE dapat ditemukan dengan penggunaan suatu perangkat lunak dan perangkat keras yang baru dengan suatu yang sudah ada di BS dari WiMAX (Wagle *et al.*, 2014). Dengan cara yang sama, perubahan lain diperlihatkan di tengah-tengah kolom di Gambar 3. Rasio TDD dari WiMAX dan LTE tidak sama, maka frame sinkronisasi diperlukan dengan mengorbankan beberapa lambang dari WiMAX.

B. Interoperabilitas di antara 3G (UMTS) dan LTE

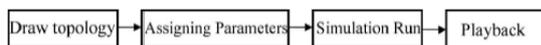
Pada proses handover inter-RAT dari LTE ke UMTS, sumber e-NodeB menghubungkan ke MME dan SGW sementara sasaran RNC menghubungkan ke SGSN dan SGW; kedua sumber dan sasaran SGW akan menghubungkan ke PGW yang sama. Prosedur ini dibagi ke dalam dua bagian untuk lebih jelasnya, Persiapan dan Pelaksanaan. Pada tahap Persiapan, sumber daya dipesan pada jaringan sasaran. Pada tahap Pelaksanaan, UE disampaikan ke jaringan sasaran dari jaringan sumber.

C. Interoperabilitas di antara 2G (GSM) dan LTE

Platform LTE menyediakan satu pandangan dari interoperabilitas untuk pembawa sepanjang domain sinyal SIP dan SS7. Di pendekatan ini, keterangan dikirimkan dari peralatan 2G, dikontrol pada lingkungan SS7 kemudian dikirimkan satu pesan dan telah dibaca oleh pengguna pada satu lingkungan LTE/IMS. LTE mempergunakan IP-Short Message Gateway (IP-SMGW) yang mendukung SMS dan MMS di semua jaringan IP, dan yang memungkinkan operator bekerja dengan jaringan 2G.

4. HASIL SIMULASI

Pada bagian ini hasil dari simulasi yang dilakukan dengan pertolongan dari simulator akan disajikan. Dalam interoperabilitas komunikasi nirkabel, pembahasan akan mengeksplorasi dan menganalisa kinerja jaringan dalam kaitan dengan rugi-rugi paket, round-trip time (RTT) dan handoff latensi. Di makalah ini, parameter yang menarik adalah Handover Latency (HOL). Pada alam lingkungan homogen, perilaku handover diteliti. Skenario analisa simulasi akan menyelidiki akibat handover di antara generasi berbeda dari komunikasi nirkabel seperti GPRS (untuk 2G), IEEE 802.11b (WiFi untuk 3G) dan IEEE 802.16e, j (WiMAX untuk 4G). Simulasi akan mengikuti langkah dalam Gambar 4 .



Gambar 4. Langkah-langkah Proses Simulasi

Ini terdiri dari satu Corresponding Node (CN) membangkitkan trafik ke arah satu Mobile Node (MN), intermediate router, IEEE 802.11 (b) Access Points (AP), IEEE 802.16 (e) dan IEEE802.16 (j) Base Station (BS) dan satu node GPRS ditempatkan pada satu area simulasi 2000 m x 2000 m. Seluruh area simulasi punya cakupan GPRS, sedangkan teknologi IEEE 802.16 dan IEEE 802.11 meliputi satu area lingkaran dengan radius 500 m dan 40 m di dalam, berturut-turut. MN bergerak dengan bebas sepanjang area simulasi melaksanakan berbagai handover vertikal. Di dalam bagian edit, parameter-parameter berikut dipertimbangkan (Tabel 2).

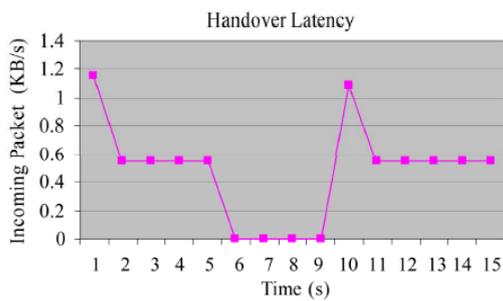
Kecepatannya MN juga berbeda-beda tergantung kepada kondisi sekitar lingkungan. Sebagai contoh antara lain di makalah ini, kecepatan maksimum dari 802.11 (b), 802. 16 (e), 802. 16 (j) mencapai 20, 28 dan 36 m/s

berturut-turut. Kecepatan MN juga berhubungan dengan handover latency. Berdasarkan parameter seperti dinyatakan di Tabel 2 simulasi dilaksanakan dan diperoleh hasil (Gambar 5 - Gambar 8) dibandingkan dengan HOL dari LTE.

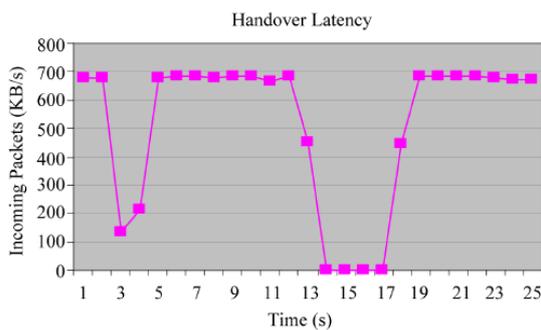
Tabel 2. Parameter Modul

Parameter	Nilai
Perbedaan Pudaran	10
Rata-rata Tinggi Bangunan (m)	10
Rata-rata Jarak Bangunan (m)	80
Lebar Jalan (m)	30
Eksponen Rugi Alur	2
Standard Simpangan Bayangan	4
Jarak Referensi (m)	1
Rugi-rugi Sistem	1
Tinggi Antena BS (m)	30
Faktor Ricean (db)	10
Model Propagasi Kanal	Model Teoritis Kanal
Model Empiris Kanal	COST HATA 231
Frekuensi (MHz)	2300
Daya Tx (dBm)	35
Sensitivitas Penerima	-96
Mode Transmisi	Full Duplex
Tinggi Antena MN (m)	1.5
Trafik bit rates	TCP

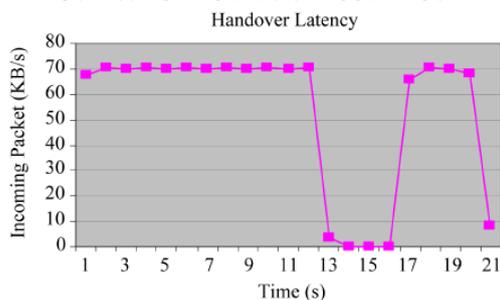
Gambar 5 handover latency dari GPRS ditemukan pada poros waktu dari 6s ke 9s. Dengan demikian dari Gambar 5; 8 total handover latency dari GPRS, IEEE 802.11b, IEEE 802. 16e dan IEEE 802.16j ditemukan 4s, 4s, 3s dan 1s, berturut-turut. Hasil ini menunjukkan handover latency dari GPRS (2G) dan IEEE 802.11b (3G) adalah paling tinggi, sementara yang IEEE 802.16j (4G) adalah paling rendah. Jadi HOL secara berangsur-angsur menurun dari 2G ke 3G trus ke 4G dan mendukung adanya analisa yang menyatakan bahwa komunikasi nirkabel 4G jadi lebih interoperable. Percobaan jangkauan maksimum dari handover latency dari LTE umumnya 92 sampai 96.5 ms juga dengan laju kesalahan 15% di sel diantara jari-jari 1 km. Sebagai bagian dari 4G, LTE juga menyediakan handover latency yang lebih sedikit dibandingkan GPRS (2G) dan IEEE 802.11b (3G) dan memastikan lebih interoperabilitas sebaik dengan fleksibilitas dengan generasi lain dari komunikasi nirkabel.



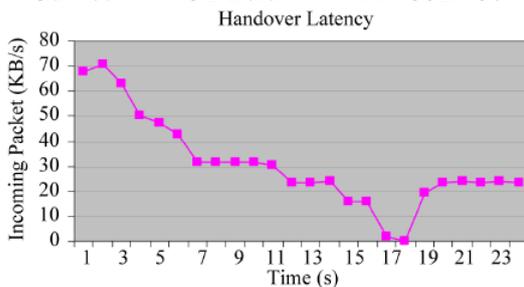
Gambar 5. HOL Dalam Sistem GPRS



Gambar 6. HOL Dalam 802.110b.



Gambar 7. HOL Dalam WiMAX 802.16e.



Gambar 8. HOL Dalam WiMAX 802.16j.

5. KESIMPULAN

LTE dipertimbangkan sebagai dasar dari generasi Mobile Internet berikutnya. Standar LTE mengakomodasi penggunaan dari Mobile Internet Protocol (MIP) untuk mendukung inter-teknologi mobilitas di antara LTE dan generasi lain. Pada makalah kami, dibahas cara yang berbeda dalam menyediakan interoperabilitas oleh LTE dan penggunaan dari antarmuka untuk interoperabilitas yang flexible. Sebagai

tambahan, kita fokuskan pada variasi dari arsitektur jaringan dengan generasi berbeda-beda meliputi LTE, yang memimpin kepada interoperabilitas. Lebih dari itu, cara dari migrasi dari 3G ke 4G akan disoroti. Hasil dari handover latency untuk jaringan homogen memperlihatkan bahwa handover latency di LTE adalah kurang dari GPRS (2G) dan IEEE 802. 11b (3G). Hasil ini membuktikan bahwa LTE (4G) menyediakan kinerja interoperabilitas yang lebih baik dibandingkan generasi lain. Pada pekerjaan di masa depan, kita akan menentukan handover latency untuk alam lingkungan heterogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Axiotis, D. I., F. I. Lazarakis and C. Vlahodimitro, "4G System Simulation Parameters for Evaluating the Interoperability of MTMR in UMTS and HIPERLAN/2", Proceedings of the 54th IEEE Semiannual Vehicular Technological Conference, Jeju, Vol. 4, Spring 2003, pp.2745-2749.
- Chou, C.-T. and K. G. Shin, "An Enhanced Inter-Access Point Protocol for Uniform Intra and Intersubnet Handoffs", *IEEE Transaction on Mobile Computing*, Vol. 4, No. 4, July-August 2005, pp. 321-334.
- Dimou, K., M. Wang, Y. Yang, M. Kazmi, A. Larmo, J. Pettersson, W. Muller and Y. Timmer, "Handover within 3GPP LTE: Design Principles and Performance", 2014.
- Fritze, G., "The Core Network for LTE. Retrieved 3 2", 2012.
- Grymek, L., S. Singh and K. Pattipati, "Embed Worldwide Interoperability for Microwave Access Based Router Vehicular Telematics Computing," 2014.
- Rao, V. S. and R. Gajula, "Interoperability in LTE," 2014.
- Sesia, S., I. Toufik and M. Baker, "LTE—The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice", John Wiley & Sons Ltd, Hoboken, 2012, pp. 24
- Wagle, S. S., M. Ade and M. G. Ulla, "Network Transition from WiMAX to LTE", *Journal of Computing*, Vol.3, No. 1, January 2014.