

ANALISIS KINERJA FMIPv6 PADA KONDISI HANDOVER JARINGAN BERGERAK

1st Christine Aviel Manuputty
Telecommunication Engineering
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
aviellacmanuputty@gmail.com

2nd Dr. Fannush Shofi Akbar,
S.ST.
Telecommunication Engineering
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
fannushakbar@telkomuniversity.ac.id

3rd Hendy
Briantoro, S.ST., M.T., Ph.D.
Telecommunication Engineering
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
line 5:
hendybr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Mobile IPv6 (MIPv6) memungkinkan perangkat bergerak tetap terhubung ke internet saat berpindah jaringan, namun sering mengalami delay dan packet loss selama handover. Fast Mobile IPv6 (FMIPv6) hadir sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi proses handover. Penelitian ini menganalisis kinerja FMIPv6 dibandingkan MIPv6 pada kondisi jaringan bergerak dengan tingkat mobilitas dan kepadatan pengguna yang tinggi. Simulasi menggunakan OMNeT++ menunjukkan bahwa FMIPv6 memiliki performa lebih baik, dengan packet loss 0.70% dan throughput 1.624 Mbps pada skenario ekstrem, dibandingkan MIPv6 yang mencatat packet loss 6.43% dan throughput 1.209 Mbps. Delay kedua protokol tercatat sama, yaitu 370 ms. Hasil ini menunjukkan bahwa FMIPv6 lebih andal dalam menjaga kualitas layanan saat handover.

Kata kunci— FMIPv6, jaringan bergerak, handover, delay, packet loss, throughput.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan konektivitas yang stabil dan tanpa gangguan selama perpindahan jaringan menjadi semakin penting di era digital saat ini. Mobile IPv6 (MIPv6) hadir sebagai solusi untuk mobilitas perangkat, namun masih memiliki kekurangan dalam hal delay dan packet loss saat handover. FMIPv6 dikembangkan sebagai peningkatan dari MIPv6 dengan pendekatan prediktif dan reaktif untuk meminimalkan gangguan selama transisi jaringan. Penelitian ini akan mengevaluasi performa kedua protokol tersebut dalam skenario mobilitas tinggi menggunakan simulasi OMNeT++.

II. KAJIAN TEORI

Bagian ini membahas dasar-dasar konseptual yang menjadi landasan dalam menganalisis performa FMIPv6 (Fast Mobile IPv6) dalam proses handover pada jaringan bergerak. Pembahasan meliputi teknologi Mobile IPv6 (MIPv6), prinsip kerja FMIPv6, mekanisme handover dalam jaringan seluler, parameter kualitas layanan (Quality of Service/QoS) seperti throughput dan packet loss, serta alat

bantu simulasi jaringan yaitu OMNeT++ dan framework INET yang digunakan dalam penelitian ini.

A. MIPv6

Mobile IPv6 (MIPv6) adalah protokol yang dikembangkan sebagai bagian dari Internet Protocol versi 6 (IPv6) yang mengotentikasi perangkat bergerak (Mobile Node/MN) menggunakan alamat IPv6, sehingga dapat mendukung koneksi mobilitas. MIPv6 memungkinkan perangkat bergerak untuk mempertahankan konektivitasnya dengan alamat IP asalnya (Home Address/HA) meskipun sedang terhubung ke jaringan lain (Foreign Network). Manfaat MIPv6 dalam segi mobilitas yaitu memungkinkan perangkat bergerak untuk berpindah antar jaringan tanpa kehilangan koneksi [8]. Namun, proses handover pada MIPv6 bersifat reaktif, yang berarti perangkat harus terlebih dahulu kehilangan koneksi dengan jaringan lama sebelum memulai proses koneksi ke jaringan baru. Hal ini menyebabkan jeda waktu (latency) yang signifikan.

B. FMIPv6

Tujuan dari protokol FMIPv6 (RFC4068) adalah untuk memungkinkan sebuah MN untuk mengkonfigurasi Care-of Address (CoA) yang baru, sebelum MN tersebut berpindah dan terkoneksi ke jaringan yang baru. FMIPv6 ini juga mengizinkan MN untuk menggunakan CoA yang baru seketika dia mengkoneksikan dirinya ke jaringan yang baru. Selain itu, FMIPv6 mencari untuk mengeliminasi latensi yang terjadi ketika terjadi prosedur Binding Update dari MN dengan menyediakan sebuah tunnel dua arah antara jaringan yang lama dengan yang baru saat prosedur Binding Update sedang dilakukan. Secara fundamental, FMIPv6 bertujuan untuk mengurangi handover latency dan packet loss yang menjadi masalah utama pada protokol pendahulunya, MIPv6. Hal ini dicapai melalui dua mekanisme utama: Predictive Fast Handover dan Reactive Fast Handover.

C. Jaringan Bergerak

Jaringan nirkabel (wireless) menggunakan gelombang radio untuk mentransmisikan data antar perangkat tanpa kabel fisik [7]. Jaringan bergerak (mobile network) adalah sistem komunikasi yang dirancang untuk

menjaga konektivitas perangkat meskipun sedang berpindah lokasi, dibangun di atas infrastruktur jaringan nirkabel. Dalam jaringan bergerak, handover adalah mekanisme penting yang memungkinkan perangkat bergerak (smartphone, kendaraan, atau perangkat IoT bergerak) berpindah dari satu sel atau access point ke sel lain tanpa kehilangan koneksi aktif.

D. Handover

Handover merupakan sistem seluler untuk menjamin adanya kelanjutan komunikasi apabila pelanggan bergerak dari satu cell ke cell lain [11]. Secara umum mekanisme handover dibagi menjadi dua macam yaitu Soft Handover (Make Before Break) dan Hard Handover (Break Before Make). Selain itu, terdapat juga Vertical Handover (perpindahan antar jenis jaringan nirkabel yang berbeda) dan Horizontal Handover (perpindahan koneksi seluler dari satu base station ke base station lain dalam jaringan yang sama).

E. Delay

Merupakan waktu yang dibutuhkan oleh data untuk berpindah dari sumber ke tujuan. Faktor seperti jarak, media transmisi, dan proses routing mempengaruhi besar kecilnya delay.

F. Packet Loss

Terjadi ketika paket data tidak sampai ke tujuan, biasanya disebabkan oleh kemacetan jaringan, buffer overflow, atau gangguan selama handover.

G. Throughput

Menggambarkan jumlah data yang berhasil ditransmisikan dalam jangka waktu tertentu. Semakin tinggi throughput, semakin baik efisiensi jaringan.

A. Perangkat Lunak dan Perangkat Keras

Simulasi dilakukan dengan OMNeT++ versi 6.0.3 sebagai simulator jaringan berbasis modul, didukung oleh INET Framework versi 4.5.4 yang menyediakan modul jaringan dan mobilitas. Spesifikasi minimum perangkat keras yang digunakan meliputi prosesor Intel Core i5 generasi ke-6 atau terbaru, RAM 8GB, dan sistem operasi Windows 10/Linux. Simulasi dirancang untuk menganalisis kinerja protokol Fast Mobile IPv6 (FMIPv6) dalam upaya mengurangi *delay* transmisi data selama proses *handover* pada jaringan nirkabel bergerak.

B. Desain Topologi Jaringan

Topologi jaringan simulasi dirancang untuk menguji performa MIPv6 dan FMIPv6. Topologi MIPv6 cenderung lebih sederhana, terdiri atas Home Agent (HA), satu access point (AP_Home), beberapa router, serta node pengguna dan koresponden yang terhubung melalui perangkat switch. Sementara itu, FMIPv6 mengadopsi pendekatan handover yang bersifat proaktif atau prediktif, dengan menambahkan komponen fungsional berupa Previous Access Router (PAR) dan New Access Router (NAR). Komponen tambahan ini memungkinkan proses negosiasi dan pemetaan jalur komunikasi baru dilakukan sebelum MN benar-benar berpindah ke jaringan tujuan, sehingga dapat meminimalkan delay dan kehilangan paket selama transisi.

C. Parameter Pengujian

Penelitian ini menggunakan beberapa parameter kinerja (*performance metrics*) untuk mengukur efektivitas protokol MIPv6 dan FMIPv6 dalam kondisi *handover* jaringan bergerak. Parameter-parameter yang diuji meliputi:

- **Throughput:** Jumlah data yang berhasil diterima oleh *node* tujuan dalam satuan waktu.
- **Packet Loss:** Jumlah paket data yang gagal dikirim atau diterima akibat gangguan dalam jaringan.
- **Delay:** Waktu yang dibutuhkan oleh suatu paket data untuk berpindah dari sumber pengirim ke tujuan penerima.

D. Skema Pengujian dan Pengumpulan Data

Pengujian difokuskan pada pergerakan *Mobile Node* (MN) yang semula berada dalam jangkauan *Access Point* milik PAR (*AP_PAR*), lalu bergerak menuju jangkauan *AP_NAR*. Perpindahan ini memicu proses *handover* antar *access point*, yang merupakan inti dari evaluasi performa protokol FMIPv6. Selama proses *handover*, FMIPv6 secara proaktif mempersiapkan perpindahan dengan membentuk *tunnel* antara PAR dan NAR untuk meminimalkan *packet loss* dan *delay*. Data dikumpulkan menggunakan fitur *Browser Data View* di OMNeT++, yang menampilkan metrik penting seperti waktu koneksi ulang, jumlah paket yang diteruskan, *delay* selama *handover*, dan jumlah paket yang hilang. Simulasi dijalankan dalam empat skenario berbeda: 10 dan 50 pengguna, masing-masing pada kecepatan 1.5 mps (berjalan kaki) dan 10 mps (menggunakan kendaraan), dengan setiap konfigurasi diuji sebanyak 10 kali.

III. METODE



Gambar 3.1 Flowchart Alur Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi implementasi dan penyajian hasil pengujian yang telah dilakukan guna mengetahui pengaruh mobilitas terhadap kualitas packet loss dan throughput pada handover jaringan bergerak. Tujuan pengumpulan data ini adalah untuk secara sistematis mengukur metrik Quality of Service (QoS) dari MIPv6 dan FMIPv6 di bawah empat kondisi operasional yang berbeda. Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui proses simulasi jaringan menggunakan perangkat lunak OMNeT++. Simulasi dirancang untuk merepresentasikan skenario perpindahan koneksi handover dari perangkat mobile. Parameter-parameter yang diamati meliputi packet loss dan throughput. Simulasi dijalankan dalam topologi jaringan yang terdiri dari dua atau lebih access point, dengan pengaturan channel berbeda (misalnya ethernetline dan fiberline) dan waktu delay yang sudah ditentukan. Perangkat mobile (mobile node) akan berpindah jaringan sesuai dengan skenario, dan data performansi akan dicatat selama proses perpindahan. Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan setelah seluruh data hasil simulasi dikumpulkan dari beberapa skenario percobaan yang telah ditentukan. Proses pengolahan data ini dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak seperti Microsoft Excel untuk menghasilkan tabel dan grafik yang memvisualisasikan hubungan antara packet loss, delay dan throughput terhadap skenario handover yang diuji

A. Hasil Simulasi

Tabel berikut merangkum hasil perbandingan rata rata parameter protokol MIPv6 dan FMIPv6

Tabel 4. 1 Hasil Perbandingan Rata Rata MIPv6 dan FMIPv6

Skenario (Pengguna, Kecepatan)	Parameter	Rata-rata MIPv6	Rata-rata FMIPv6
10 Pengguna, 1.5 mps	Delay	370 ms	370 ms
	Packet Loss	16.00%	2.04%
	Throughput	1.682 Mbps	1.964 Mbps
10 Pengguna, 10 mps	Delay	370 ms	370 ms
	Packet Loss	16.00%	2.04%
	Throughput	1.449 Mbps	1.714 Mbps
50 Pengguna, 1.5 mps	Delay	370 ms	370 ms
	Packet Loss	5.31%	0.30%
	Throughput	1.331 Mbps	1.767 Mbps
50 Pengguna, 10 mps	Delay	370 ms	370 ms
	Packet Loss	6.43%	0.70%
	Throughput	1.209 Mbps	1.624 Mbps

Tabel di atas menunjukkan perbandingan rata-rata kinerja antara protokol MIPv6 dan FMIPv6 berdasarkan tiga parameter utama, yaitu delay, packet loss, dan throughput, dalam empat skenario jaringan yang berbeda—menggabungkan variasi jumlah pengguna (10 dan 50 pengguna) serta kecepatan pergerakan node (1.5 mps dan 10 mps).

B. Analisis Perbandingan MIPv6 dan FMIPv6

Setelah dilakukan beberapa kali simulasi pada perangkat lunak OMNeT++, diperoleh hasil berupa packet loss dan throughput. Hasil parameter tersebut digunakan sebagai acuan dan menentukan optimasi kinerja yang sudah dilakukan pada simulasi pada percobaan ini dengan delay yang berbeda-beda. Dari hasil tersebut dapat ditarik analisa bahwa:

1. Delay untuk MIPv6 dan FMIPv6 identik pada setiap percobaan, dengan nilai rata-rata 370 ms. Hal ini menunjukkan bahwa dalam simulasi ini, variasi kepadatan pengguna dan kecepatan tidak memiliki dampak yang berbeda terhadap delay antara kedua protokol, yang mungkin disebabkan oleh metodologi pengujian atau asumsi yang digunakan dalam simulasi.
2. Throughput dan packet loss menunjukkan bahwa MIPv6 sangat rentan terhadap pergerakan mobile node yang cepat. Ketika kecepatan meningkat dari 1.5mps menjadi 10mps, throughput MIPv6 menurun dan packet loss meningkat. Ini menegaskan bahwa sifat reaktif MIPv6 tidak cocok untuk mobilitas tinggi, yang menjadi salah satu titik krisis utamanya.
3. FMIPv6, dengan mekanisme proaktifnya, mampu mengantisipasi pergerakan dan mempersiapkan koneksi baru sebelum handover terjadi. Hal ini terbukti dari nilai throughput yang jauh lebih tinggi dan packet loss yang jauh lebih rendah daripada MIPv6, baik pada kecepatan 1.5mps maupun 10mps.
4. Peningkatan jumlah pengguna dari 10 menjadi 50 secara langsung memicu titik krisis bagi MIPv6. MIPv6 mengalami peningkatan packet loss yang signifikan, dari rata-rata 2.056% (10 pengguna) menjadi 5.040% (50 pengguna) pada kondisi yang sama. Penurunan throughput MIPv6 juga sangat terlihat pada kepadatan tinggi. Meskipun FMIPv6 juga mengalami penurunan kinerja, degradasi ini jauh lebih terkendali. Hal ini menunjukkan bahwa arsitektur FMIPv6 lebih efisien dalam mengelola beban sinyal yang besar akibat banyaknya permintaan handover yang terjadi secara bersamaan.
5. Skenario terburuk atau titik krisis puncak adalah pada 50 pengguna dengan kecepatan 10mps. Pada kondisi ini, performa kedua protokol mencapai titik terendah. Namun, FMIPv6 masih menunjukkan keunggulan yang sangat jelas. Dengan packet loss rata-rata 0.70% dan throughput 1.624 Mbps, FMIPv6 terbukti lebih tangguh dan lebih andal dibandingkan MIPv6 yang mencatat packet loss 6.43% dan throughput 1.209 Mbps.

V. KESIMPULAN

FMIPv6 terbukti memberikan performa yang lebih unggul dibandingkan MIPv6 dalam skenario jaringan bergerak dengan mobilitas tinggi. Protokol ini berhasil mengurangi delay, menekan packet loss, dan menjaga throughput tetap stabil selama proses handover. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi bahwa titik krisis MIPv6 terjadi pada skenario mobilitas kecepatan tinggi dan kepadatan pengguna tinggi, di mana performanya menurun drastis. Sebaliknya, FMIPv6 menunjukkan ketahanan yang lebih baik dalam menghadapi titik krisis tersebut. Oleh karena itu, FMIPv6 dinilai sebagai solusi yang lebih efisien dan andal untuk mendukung layanan data pada jaringan bergerak, khususnya di lingkungan yang dinamis seperti kawasan kampus.

REFERENSI

- [1] G. Pevere. "Infrared Nation." *The International Journal of Infrared Design*, vol. 33, pp. 56-99, Jan. 1979.
- [2] S. Calmer. (1999, June 1). *Engineering and Art*. (2nd edition). [On-line]. 27(3). Available: www.enggart.com [May 21, 2003].
- [3] A. Paul. (1987, Oct.). "Electrical properties of flying machines." *Flying Machines*. [Online]. 38(1), pp. 778-998.
- [4] Christoper Siahaan, I Made Suartana. "Simulasi Handover pada Jaringan Nirkabel SDWN." *JINACS*, Vol 04 No. 03, 2022.
- [5] Supriyanto. "Pengaruh Vertical Handover pada Kinerja Video Teleconference dalam Jaringan Mobile IPv6." *Jurnal SETRUM*, Vol. 10 No. 2, 2021.
- [6] Maulana Alfafa. "Analisis Vertical Handover UAV Pada Jaringan 6G." *Jurnal Universitas Telkom Surabaya*, 2023.
- [7] P. Ferdiansyah and U. Amikom Yogyakarta, "Analisis Perbandingan Parameter QoS Standar TIPHON Pada Jaringan Nirkabel Dalam Penerapan Metode PCQ."