

## PENGARUH PROTOKOL TRANSPORT DAN ARSITEKTUR JARINGAN TERHADAP THROUGHPUT IMPULSE-RADIO ULTRA WIDE BAND (IR UWB)

Deni Iswanto<sup>1</sup>, Bayu Erfianto<sup>2</sup>, Mo Zuliansyah ..<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom

---

### Abstrak

Teknologi portabel wireless merupakan salah satu teknologi yang banyak dikembangkan saat ini. Permasalahan yang utama dalam teknologi ini adalah kebutuhan akan kecepatan datanya yang tinggi, dan salah satu solusinya adalah dengan menggunakan Ultra Wide Band (IEEE 802.15.3a). Teknologi Ultra Wide Band (UWB) telah muncul sebagai teknologi yang dapat digunakan untuk aplikasi jaringan wireless dengan kecepatan data yang sangat tinggi. Sistem komunikasi Ultra Wide Band merupakan sistem komunikasi yang dapat mengirim data dengan data rate hingga 1 Gbps dalam jarak 10 meter. Secara umum suatu sistem dapat dikategorikan sebagai komunikasi Ultra Wide Band jika memiliki kriteria bandwidth fraksional lebih besar daripada 20%. UWB merupakan sistem komunikasi jarak pendek yang mempunyai bandwidth yang sangat lebar, agar suatu sistem dapat dikategorikan sebagai komunikasi Ultra Wide Band maka syaratnya adalah lebar bandwidthnya lebih besar dari 500MHz [10]. Sistem komunikasi Ultra Wide Band sendiri telah diajukan oleh Federal Communication Commission (FCC) pada tahun 2002 untuk beroperasi pada spektrum frekuensi 3.1-10.6 GHz [7].

Pada tugas akhir ini disimulasikan Impulse-Radio Ultra Wide Band di Network Simulator 2. Tujuannya adalah menganalisis performansi Throughput ditinjau dari penambahan jumlah koneksi, transport protocol, agent, penggunaan time-hopping sequence, dan jarak antar node. Analisa dari semua simulasi yang dilakukan membuktikan bahwa nilai performansi Throughput dipengaruhi oleh penambahan jumlah koneksi, transport protocol, agent, penggunaan time-hopping sequence, dan jarak antar node.

**Kata Kunci :** Ultra Wide Band, Impulse-Radio, Physical layer, MAC layer, IEEE 802.15.3a, Network Simulator 2

---

### Abstract

The portable wireless technology is one of the many technologies developed at the moment. The main problem in this technology is the need for its data speeds are high, and one solution is to use the Ultra Wide Band (IEEE 802.15.3a). Ultra Wide Band technology (UWB) has emerged as a technology that can be used for wireless network applications with data rates very high. Ultra-wideband communication system is a communication system that can send data with data rates of up to 1 Gbps in the range of 10 meters. In general, a system can be categorized as ultra-wideband communication if has a criteria fractional bandwidth greater than 20%. UWB is a short-range communication system that has a very wide bandwidth, so that a system can be categorized as ultra-wideband communication then the condition is wide bandwidth greater than 500MHz [15]. Communication system itself ultra-wide band has been filed by the Federal Communications Commission (FCC) in 2002 to operate in the 3.1-10.6 GHz frequency spectrum [7].

The final project simulated Impulse-Radio Ultra Wide Band in Network Simulator 2. The aim is to analyze the throughput performance in terms of adding the number of connections, transport protocol, agent, use of time-hopping sequence, and the distance between nodes. Analysis of all the simulations carried out to prove that the value of throughput performance depends on the addition of the number of connections, transport protocol, agent, use of time-hopping sequence, and the distance between nodes.

**Keywords :** Ultra Wide Band, Impulse-Radio, Physical layer, MAC layer, IEEE 802.15.3a, Network simulator 2

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Teknologi portabel *wireless* merupakan salah satu teknologi yang banyak dikembangkan saat ini. Permasalahan yang utama dalam teknologi ini adalah kebutuhan akan kecepatan datanya yang tinggi dan salah satu solusinya adalah dengan menggunakan *Ultra Wide Band* (UWB). Teknologi *Ultra Wide Band* (UWB) telah muncul sebagai teknologi yang dapat digunakan untuk aplikasi jaringan *wireless* dengan kecepatan data yang sangat tinggi. *Ultra Wide Band* (UWB) merupakan sebuah teknologi nirkabel jarak dekat yang dapat beroperasi dengan kecepatan 1 Gbps dengan *range* 10 m dan tingkat konsumsi daya yang relatif rendah, untuk mengirim jutaan energi radio pada berbagai frekuensi yang kemudian diatur lagi oleh alat penerima UWB [10]. Secara umum suatu sistem dapat dikategorikan sebagai komunikasi *Ultra Wide Band* jika memiliki kriteria *bandwidth* fraksional lebih besar dari pada 20%. Sistem komunikasi *Ultra Wide Band* sendiri telah diajukan oleh *Federal Communication Commission* (FCC) pada tahun 2002 untuk beroperasi pada spektrum frekuensi 3.1-10.6 GHz [7].

Sistem komunikasi UWB merupakan sistem komunikasi jarak pendek yang mempunyai *bandwidth* yang sangat lebar, agar suatu sistem dapat dikategorikan sebagai komunikasi UWB maka syaratnya adalah lebar *bandwidth*nya lebih besar dari 500MHz [10]. Selain itu teknologi ini juga diramalkan akan menggeser *WiFi*. Penggunaan teknologi *Ultra Wide Band* ini diklasifikasikan kedalam dua jenis aplikasi. Pertama, aplikasi *high data rate* (IEEE 802.15.3a / UWB) yang dapat memberikan konektivitas menjanjikan antara masing-masing host atau perangkat. Kecepatan transmisi yang dicapai dapat melebihi 100 Mbps pada jarak yang relatif dekat. Dengan karakteristik tersebut maka teknologi ini dilempar ke pasaran untuk aplikasi *high-speed* WPAN [15]. Sedangkan yang kedua ialah penggunaan aplikasi transmisi *low data rate* (IEEE 802.15.4a / *Zigbee*). Faktanya aplikasi ini merupakan sebuah standar untuk aplikasi yang memiliki daya rendah, dengan jarak relatif lebih jauh dibandingkan aplikasi IEEE 802.15.3a, komunikasi *wireless* dengan *data rate* yang rendah dan lebih difokuskan untuk aplikasi pencari lokasi. Fitur-fitur yang ada dapat dikembangkan pada aplikasi militer, aplikasi kedokteran (memonitor pasien), aplikasi keamanan, dan lain sebagainya [15]. Sebagai aplikasi yang menjanjikan, aplikasi IEEE 802.15.3a memiliki 2 buah solusi untuk menjawab teknologi UWB dalam aplikasi WPAN, yakni *Multi Carrier* UWB (MC-UWB) dan *Impulse* UWB (I-UWB). I-UWB dalam hal ini adalah *Impulse-Radio Ultra Wide Band* (IR UWB). I-UWB menggunakan sinyal tunggal sebagai sinyal transmisi sebaliknya MC-UWB menggunakan sinyal yang banyak [2].

Dalam TA ini akan dilakukan simulasi dan analisis arsitektur *wireless* pada jaringan *Impulse-Radio Ultra Wide Band* (IR UWB) di Network Simulator 2 (NS-2). Arsitektur yang diimplementasikan bekerja pada *Physical layer* dan MAC

layer sesuai dengan karakteristik IR UWB dengan standar IEEE 802.15.3a. Yang kemudian akan dilakukan analisis parameter performansi *Throughput* ditinjau dari penambahan jumlah koneksi, *transport protocol*, *agent*, penggunaan *time-hopping sequence*, dan jarak antar *node*. Hasil nilai performansi *Throughput* berbeda dipengaruhi oleh peninjauan yang dilakukan dimana peninjauan satu dengan yang lainnya saling mempengaruhi. Simulasi menggunakan *Network Simulator 2* karena simulasi UWB (dengan modul UWB) untuk sekarang ini hanya dapat dilakukan dan didukung dengan NS-2. Pemilihan NS-2 karena dapat mengimplementasikan model *error* pada *physical layer*, mengimplementasikan *sub-channel*, dan memperbaiki model deteksi paket dan fase sinkronisasi waktu yang telah diimplementasikan dalam modul UWB tersebut.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Masalah yang akan diteliti berdasarkan latar belakang di atas adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana memodelkan arsitektur teknologi *Ultra Wide Band (UWB)* dengan menggunakan *Network simulator 2*.
- 2) Bagaimana pembangunan model simulasi yang mendukung *Impulse-Radio Ultra Wide Band (IR UWB)*.
- 3) Bagaimana performansi *Throughput* ditinjau dari penambahan jumlah koneksi, *transport protocol*, *agent*, penggunaan *time-hopping sequence*, dan jarak antar *node*.

### Hipotesis awal:

Nilai performansi *Throughput* dipengaruhi oleh penambahan jumlah koneksi, *transport protocol*, *agent*, penggunaan *time-hopping sequence*, dan jarak antar *node*.

## 1.3 TUJUAN

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah:

- 1) Membangun model simulasi *Impulse-Radio Ultra Wide Band (IR-UWB)* di *Network Simulator 2*.
- 2) Menganalisis performansi *Throughput* ditinjau dari penambahan jumlah koneksi, *transport protocol*, *agent*, penggunaan *time-hopping sequence*, dan jarak antar *node*.

## 1.4 BATASAN MASALAH

Dalam penelitian Tugas Akhir, agar tidak menyimpang dari esensi yang dituju maka batasan masalah yang menjadi objek dalam tugas akhir ini adalah :

- 1) Simulator yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah NS-2.

- 2) *Physical layer* mengimplementasikan *Impulse-Radio Ultra Wide Band* yang memungkinkan untuk *Time-Hopping Sequence*.
- 3) *MAC layer* menggunakan DCC-MAC.
- 4) Modulasi yang digunakan adalah CodedPPM.
- 5) Propagasi yang digunakan adalah Tarokh.
- 6) *Routing agent* yang digunakan adalah NOAH (*No Ad-Hoc Routing Agent*).
- 7) Performansi yang diukur adalah *Throughput*.
- 8) Topologi yang digunakan adalah *Line*.
- 9) *Routing statis multi-hop* di *no ad-hoc*.
- 10) Mobilitas *node* dalam simulasi adalah statis.
- 11) Model trafik *Constant Bit Rate* (CBR) terlampir di *agent*.
- 12) Interferensi sangat rendah.
- 13) Parameter model simulasi yang dikonfigurasi untuk ditinjau pada skenario yang digunakan, yaitu: penambahan jumlah koneksi, *transport protocol*, *agent*, *Time-Hopping Sequence*, dan jarak antar *node*.

## 1.5 METODOLOGI TUGAS AKHIR

Metodologi penyelesaian yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini ialah:

- 1) Identifikasi Masalah
 

Tahap ini adalah tahap menganalisis permasalahan berdasarkan hasil dari studi pustaka dan studi literatur.

  - Topologi apa yang digunakan untuk mensimulasikan *Impulse-Radio Ultra Wide Band*?
  - Skenario apa saja yang digunakan untuk mensimulasikan *Impulse-Radio Ultra Wide Band*?
  - Apa parameter yang ditinjau yang paling berpengaruh terhadap performansi *Throughput*?
  - Apakah perubahan nilai parameter model simulasi UWB mempengaruhi nilai *Throughput* pada hasil simulasi?
  - Bagaimana cara mengintegrasikan modul UWB yang didapat ke NS-2?
  - Bagaimana cara mengolah data yang ada sehingga dapat dipakai sebagai dasar analisis?
- 2) Studi pustaka dan literatur
 

Tahapan ini bertujuan untuk mempelajari teori dan konsep dari buku, artikel, maupun sumber-sumber lain yang menjelaskan tentang

*Impulse-Radio Ultra Wide Band (IR UWB)* dan penerapannya di *Network simulator 2*.

### 3) Desain Simulasi

Tahap ini adalah tahap merancang sistem dengan implementasi setiap rancangan model simulasi yang telah dibuat dengan menggunakan Network Simulator 2. Pada Tugas Akhir ini, semua skenario yang dibuat, disimulasikan menggunakan NS-2. Pemilihan NS-2 karena dapat mengimplementasikan model *error* pada *physical layer*, implementasi *sub-channel*, dan memperbaiki model deteksi paket dan fase sinkronisasi waktu yang telah diimplementasikan dalam modul UWB.

Simulasi dijalankan menggunakan simulator NS-2.29.3 dengan modul tambahan UWB (NS-2.29-uw-0.9.0) di *laptop* dengan *processor* Pentium Core2Duo dan RAM 2 GB dengan OS Ubuntu Hardy Heron 8.04.3. Kombinasi ini terpilih setelah berkali-kali gagal mengintegrasikan NS-2.29.3 dan modul UWB pada platform yang lainnya. Inputan dari simulator adalah skenario yang terdiri dari empat macam *file* yaitu: *file tcl* (skenario dan setting), *file pl* (analisis dan simulasi), *file txt* (konfigurasi) dan *file gp* (gnuplot). Setelah simulasi dijalankan, dihasilkan 4 macam *file* yaitu *file nam* (gambar simulasi), *file tr* (data simulasi), *file txt* (*link* dan *log* simulasi), dan *file eps* (grafik simulasi) yang digunakan sebagai bahan analisis.

Model skenario simulasi akan menggunakan topologi *Line* dimana mobilitas *node* statis. Model *node* adalah *node* sesuai dengan IR UWB. Dengan menggunakan *routing* statis untuk *multi-hop* di jaringan *No Ad-Hoc*. Model trafik menggunakan CBR yang terlampir di *agent*. Secara garis besar ada 16 skenario yang disimulasikan yaitu kombinasi dari *transport protocol*, *agent*, *Time-Hopping Sequence*, dan jarak antar *node*. Hasil yang didapat diolah berdasarkan parameter performansi *Throughput* yang akan dibandingkan berdasarkan penambahan jumlah koneksi.

### 4) Analisis Hasil

Tahap ini adalah hasil dari simulasi skenario berupa data-data yang kemudian akan dianalisis. Parameter performansi yang diolah adalah *Throughput* yang akan ditinjau berdasarkan penambahan jumlah koneksi, *transport protocol*, *agent*, *Time-Hopping Sequence*, dan jarak antar *node*. *Throughput* (kbps) adalah jumlah pengiriman trafik yang berhasil melalui *channel* komunikasi.

### 5) Kesimpulan

Tahap ini adalah membuat kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang dibuat. Kesimpulan terutama mengenai pembuktian hipotesis awal terhadap hasil analisis dari setiap skenario.

## 1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika pembahasan sebagai berikut :

### BAB I Pendahuluan

Berisi latar belakang masalah, tujuan penulisan, perumusan masalah, batasan masalah, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

**BAB II Landasan Teori**

Berisi tentang teori yang mendukung dan mendasari penulisan tugas akhir ini, yaitu teori tentang *Ultra Wide Band*, *Wireless Personal Area Network*, *Impulse-Radio*, *Physical layer*, dan *MAC layer*.

**BAB III Analisis dan Perancangan Sistem**

Bab ini menguraikan tentang proses perancangan model simulasi sistem pada *Network simulator 2*.

**BAB IV Analisis Hasil Simulasi**

Berisi analisis terhadap hasil yang diperoleh dari tahap perancangan sistem dan simulasi.

**BAB V Penutup**

Berisi kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.



## BAB V

### PENUTUP

Pada bab ini akan ditarik beberapa kesimpulan berdasarkan hasil yang didapatkan pada bab 4 dan juga saran-saran yang dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut mengenai *Impulse-Radio Ultra Wide Band (IR UWB)* di *Network Simulator 2*.

#### 5.1 KESIMPULAN

Nilai performansi *Throughput* dipengaruhi oleh penambahan jumlah koneksi, *transport protocol*, *agent*, penggunaan *time-hopping sequence*, dan jarak antar *node*. Hal tersebut berdasarkan dari analisis yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penggunaan jumlah *node* yang berbeda dalam topologi *Line* dalam simulasi menghasilkan nilai *Throughput* yang berbeda yang dipengaruhi oleh protokol yang digunakan TCP atau UDP, menggunakan *Time-Hopping Sequence* atau tidak, ukuran maksimum segmen TCP / UDP *agent* yang digunakan dan jarak antar *node*.
2. Penggunaan protokol TCP dalam simulasi menghasilkan nilai *Throughput* yang jauh lebih besar jika dibandingkan menggunakan protokol UDP, yaitu sekitar 300 – 7200 Kbps. Hal ini disebabkan karena karakteristik protokol TCP yang *connection-oriented* dan *reliable*. Dapat dilihat dari simulasi yang membutuhkan waktu simulasi sekitar 1,5 jam dan total ukuran *output* simulasi sebesar +/- 10 GB. Penggunaan protokol UDP dalam simulasi menghasilkan nilai *Throughput* yang lebih sedikit jika dibandingkan menggunakan protokol TCP, yaitu sekitar 79 – 166 Kbps. Hal ini disebabkan karena karakteristik protokol UDP yang *connectionless* dan *unreliable*. Dapat dilihat dari simulasi yang membutuhkan waktu simulasi hanya sekitar 3 menit dan total ukuran *output* simulasi sebesar +/- 500 MB.
3. Penggunaan *Time-Hopping Sequence* dalam simulasi menghasilkan grafik yang relatif stabil. Sedangkan jika tidak menggunakan *Time-Hopping Sequence* dalam simulasi maka akan menghasilkan grafik yang naik turun dan acak. Hasil simulasi juga dipengaruhi oleh jumlah *node* yang digunakan. *Time-Hopping Sequence* jika diimplementasikan berguna untuk memungkinkan adanya transmisi yang berbarengan.
4. Penggunaan ukuran maksimal segmen TCP / UDP *agent* yang berbeda dalam simulasi menghasilkan nilai *Throughput* yang berkelipatan yang dipengaruhi oleh perubahan nilai ukuran *agent* tersebut. Dari hasil simulasi nilai *Throughput* menggunakan *agent* 1 KB kemudian jika menggunakan *agent* 2 KB maka akan menghasilkan nilai *Throughput* 2 kali lipat dibandingkan jika menggunakan 1 KB. Jadi ukuran maksimal segmen *agent* sangat berpengaruh dalam menghasilkan nilai *Throughput*.

5. Penggunaan jarak antar *node* yang berbeda dalam simulasi menghasilkan nilai *Throughput* dengan grafik naik turun dan acak dipengaruhi oleh protokol apa yang digunakan TCP atau UDP, menggunakan *Time-Hopping Sequence* atau tidak, dan ukuran maksimum segmen TCP / UDP *agent*.

## 5.2 SARAN

Beberapa saran yang bisa disampaikan sebagai tindak lanjut dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Topologi dalam simulasi untuk penelitian lebih lanjut dapat menggunakan topologi: *random, near-far, mod-near-far*, atau *dumbbell*.
2. Modulasi dalam simulasi untuk penelitian lebih lanjut dapat menggunakan modulasi: BPSK atau QPSK.
3. Propagasi dalam simulasi untuk penelitian lebih lanjut dapat menggunakan propagasi: *Shadowing, Ricean, FreeSpace*, atau *TwoRayGround*.
4. Jumlah *node*, jarak antar *node*, dan ukuran maksimal segmen *agent* yang disimulasikan bisa lebih bervariasi.
5. Penelitian lebih lanjut dapat menerapkan jaringan UWB dalam jaringan *ad-hoc*.
6. Penelitian lebih lanjut dapat menggunakan skenario simulasi yang memperhitungkan interferensi yang tergantung dari topologi yang digunakan.

## Daftar Pustaka

- [1] *ns Network simulator*. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [2] Cuddeback, Ken. *Wireless# Guide to Wireless Communications*. Weber State University.
- [3] Dricot, J.-M. and De Doncker, P. 2004. *High-accuracy Physical Layer Model for Wireless Network Simulations ini NS-2*. IWWAN.
- [4] El Fawal, A., Le Boudec, J.-Y. 2005. *Tradeoff Analysis of PHY-aware MAC in Low-Rate, Low-Power UWB network*. IEEE Communications Magazine.
- [5] Giancola, G., De Nardis, L., and Di Benedetto, M.G. 2003. *Multi User Interference in Power-Unbalanced Ultra Wide Band Systems: Analysis and Verification*. IEEE UWBST.
- [6] Holland, G., Vaidya, N., and Bahl, P. 2001. *A Rate-Adaptive MAC Protocol for Multi-Hop Wireless Networks*. MobiCom.
- [7] Kim, Y.M. 2003. *Ultra Wide Band (UWB) Technology and Applications*. NEST Group.
- [8] Lamage, M. and Henderson, T.R. 2006. *Yet Another Network simulator*. INRIA Planete.
- [9] Merz, Ruben. 2008. *Interference Management in Impulse-Radio Ultra Wide Band Networks*. EPFL.
- [10] Merz, R. and Le Boudec, J.-Y. 2005. *Conditional Bit Error Rate for an Impulse Radio UWB Channel with Interfering Users*. IEEE International Conference on Ultrawideband.
- [11] Merz, R., Flury, M., and Le Boudec, J.-Y. 2007. *Impulse-Radio Ultra Wide Band Networks*. EPFL.
- [12] Merz, R., Widmer, J., Le Boudec, J.-Y., and Radunovic B. 2005. *A Joint PHY/MAC Architecture for Low-Radiated Power TH-UWB Wireless Ad-Hoc Networks*. WCMC Journal.
- [13] Qiu, R.C., Liu, H., and Shen, X. 2005. *Ultra-wideband for Multiple Access Communications*. IEEE Communications Magazine.
- [14] Takai, M., Martin, J., and Bagrodia, R. *Effects of Wireless Physical Layer Modeling in Mobile Ad Hoc Networks*. UCLA Computer Science Department.
- [15] Tseng, Yu-Chee. *IEEE 802.15.3 : High-Rate WPAN Overview*. National Chiao Tung University.
- [16] *UWB Research at EPFL-IC*. 2007. <http://icawww1.epfl.ch/uwb/>.
- [17] Win, M.Z. and Scholtz, R.A. 1998. *Impulse radio: How it Works*. IEEE Communications Letters.
- [18] Zuliansyah, M. 2009. *Sistem Nirkabel (CS4643)*. IT Telkom.