

PENILAIAN PRESTASI SUARA MELALUI PROTOKOL INTERNET (VoIP) MELALUI RANGKAIAN KAWASAN SETEMPAT TANPA WAYAR (WLAN)

Nurul Wardah Izzati binti Mohd Azlam
Prof. Madya Dr. Rosilah binti Hassan

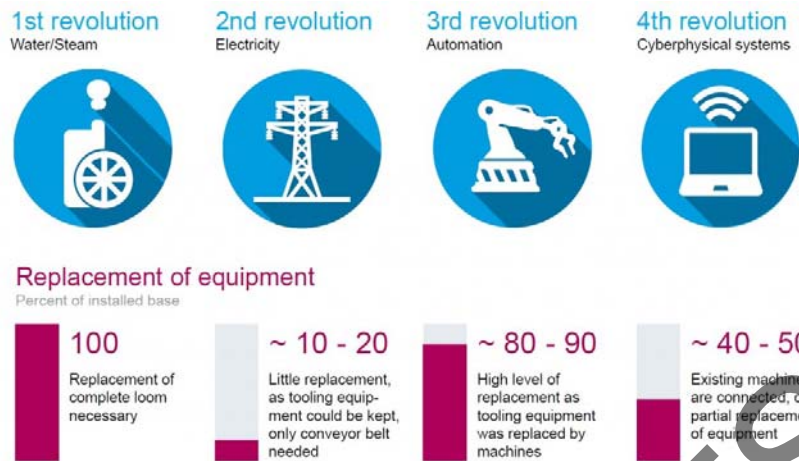
Fakulti Teknologi & Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia

ABSTRAK

Rangkaian tanpa wayar semakin popular untuk kedua-dua rumah dan jaringan perniagaan. Teknologi tanpa wayar terus meningkat namun kos produk tanpa wayar terus berkurangan. Produk rangkaian kawasan tempatan tanpa wayar popular mematuhi 802.11 standard "Wi-Fi". Hakikat bahawa kebanyakan pengguna membuat penggunaan tanpa wayar rangkaian data video stream, atau terlibat dalam suara yang menyeru dengan pengguna lain, menekankan keperluan infrastruktur yang boleh dipercayai. 802.11e adalah peningkatan yang dicadangkan kepada spesifikasi Rangkaian Kawasan Setempat(LAN) sejarah wayar yang semasa. Ia menawarkan kualiti ciri-ciri perkhidmatan, termasuk keutamaan suara dan penghantaran video. IEEE 802.11 merujuk kepada kumpulan kerja, yang membangunkan piawaian rangkaian kawasan tempatan tanpa wayar (WLAN). Piawaian IEEE 802.11 WLAN legasi tidak memberikan sokongan QoS untuk aplikasi multimedia. Oleh itu, usaha-usaha penyelidikan yang agak lama telah dijalankan untuk meningkatkan sokongan QoS 802.11. Antaranya, 802.11e adalah standard QoS dipertingkatkan akan datang yang dicadangkan oleh IEEE kerja kumpulan.

1 PENGENALAN

Rajah 1.1 menunjukkan Revolusi perindustrian keempat (4IR) juga dikenali sebagai *Internet Industry of Things (IIoT)*. Ia juga merupakan visi keempat Telekomunikasi Antarabangsa (IMT) untuk tahun 2020. Cadangan Kesatuan Telekomunikasi Antarabangsa (ITU-R) menggambarkan potensi pengguna dan gaya aplikasi, pertumbuhan dalam trafik, gaya teknologi dan implikasi spektrum, dan dengan menyediakan garis panduan mengenai rangka kerja dan keupayaan IMT untuk tahun 2020 dan seterusnya.



Rajah 1 Revolusi Perindustrian Keempat (4IR)

Sumber : *Semiconductor Manufacturing & Design Community, 2015*

Model Rujukan Sambungtara Sistem Terbuka (*OSI*) seperti dalam Rajah 1.2 adalah asas kepada reka bentuk rangkaian moden. Walaupun model *OSI* menjadi hampir sama dengan komunikasi data, ia berfungsi sebagai rangkaian telefon beralih awam (PSTN) dan merupakan cara yang produktif untuk mengatur dan mengajar blok bangunan sistem telekom.

Pada Model *OSI*, Lapisan 2, data paket dikodkan dan diedit ke dalam bit. Ia memberikan pengetahuan dan pengurusan protokol penghantaran dan mengendalikan kesilapan dalam lapisan fizikal, kawalan aliran dan penyegerakan bingkai. Lapisan pautan data dibahagikan kepada dua lapisan kecil iaitu lapisan Kawalan Akses Media (*MAC*) dan lapisan Kawalan Pautan Logik (*LLC*). Lapisan sub *MAC* mengawal bagaimana komputer di rangkaian mendapat akses ke data dan kebenaran untuk menghantarnya manakala lapisan *LLC* mengawal penyegerakan bingkai, kawalan aliran dan pemeriksaan ralat.

Layer Function	
7. Application Layer	Provision of interfaces to applications
6. Presentation Layer	Format conversion such as encryption and compression
5. Session Layer	Provision of session management for individual application
4. Transport Layer	Provision of data transfer service (TCP/UDP)
3. Network Layer	Decision of communication path across the network (IP Address)
2. Data Link Layer	Decision of communication path between adjacent nodes and data transfer (MAC Address)
1. Physical Layer	Electrical connection

Rajah 2 7 Lapisan Model OSI

Sumber : *OSI Model and Transimission Path*

Dalam sesetengah rangkaian, seperti rangkaian kawasan tempatan Institut 802 Elektrik dan Jurutera Elektronik (*IEEE 802*), lapisan pautan data diterangkan lebih terperinci dengan Kawalan Akses Media (*MAC*) dan pengendali Kawalan Pautan Logik (*LLC*); ini bermakna protokol *IEEE 802.2 LLC* boleh digunakan dengan semua lapisan *MAC IEEE 802*, seperti Ethernet, gelang token, *IEEE 802.11* dan lain-lain.





IEEE telah menyeragamkan protokol *802.11* untuk rangkaian kawasan setempat tanpa wayar. *IEEE 802.11e-2005* atau *802.11e* adalah pindaan yang diluluskan kepada piawaian *IEEE 802.11* yang mentakrifkan satu set peningkatan mutu perkhidmatan (*QoS*) untuk aplikasi Rangkaian Kawasan Tempatan (*LAN*) tanpa wayar melalui pengubahsuaian kepada lapisan Kawalan Akses Media (*MAC*). Piawaian ini dianggap penting untuk aplikasi sensitif kelewatan, seperti Suara melalui Rangkaian Kawasan Tempatan (*LAN*) tanpa wayar dan multimedia penstriman.


Dalam jenis rangkaian, terdapat dua jenis rangkaian iaitu rangkaian berwayar dan rangkaian tanpa wayar. Istilah berwayar merujuk kepada mana-mana medium fizikal yang terdiri daripada kabel. Kabel ini boleh menjadi dawai tembaga, pasangan berpintal atau gentian optik. Rangkaian berwayar digunakan untuk membawa pelbagai bentuk isyarat elektrik dari satu

hujung ke yang lain. Rangkaian tanpa wayar boleh merujuk sebagai medium yang diperbuat daripada gelombang elektromagnetik.

Semua peranti tanpa wayar akan mempunyai antena atau sensor. Contoh rangkaian tanpa wayar adalah *WiFi*, *Bluetooth*, *Zigbee*, *LoRa*, *WiMax*.

Jadual 1 Jenis rangkaian tanpa wayar

Jenis	Simbol	Fungsi	Liputan
<i>WiFi</i>		Membenarkan dua peranti untuk berkomunikasi antara satu sama lain dan untuk menyediakan sambungan rangkaian	Ia menghantar sehingga 54 megabit sesaat di bawah keadaan optimum.
<i>Bluetooth</i>		Menyokong kedua-dua suara dan data, menjadikannya teknologi yang ideal untuk membolehkan banyak jenis peranti untuk berkomunikasi	Jarak lebih dari 200m dengan garis penglihatan dan 30-35m dalam persekitaran pejabat biasa untuk pemindahan data tidak bersuara.
<i>Zigbee</i>		Menghantar data dalam jarak jauh dengan menyampaikan data melalui rangkaian jejaring peranti perantaraan untuk mencapai jarak jauh	Penggunaan kuasa rendah menghadkan jarak penghantaran hingga 10-100 meter garis pandang, bergantung kepada output kuasa dan ciri-ciri alam sekitar
<i>LoRa</i>		Sediakan liputan yang lebih besar berbanding dengan rangkaian selular sedia ada.	Kadar data berkisar antara 0.3 kbps hingga 50 kbps.

WiMax		Menyediakan sambungan jalur lebar mudah alih mudah alih di seluruh bandar dan negara melalui pelbagai peranti.	WiMax dapat mengendalikan sehingga 70 megabit sesaat.
-------	---	--	---

2 PENYATAAN MASALAH

Suara, video dan data perlu dihantar mengikut susunan supaya tiada sebarang maklumat yang ketinggalan. Dalam melaksanakan kajian ini, beberapa masalah yang telah dikenal pasti. Antaranya, bagaimana lapisan 802.11e Kawalan Akses Media (MAC) berfungsi dan cara membuat perbezaan tertentu antara aliran lalu lintas (suara, video, usaha terbaik, latar belakang). Ini adalah untuk memastikan aliran lalu lintas yang mengandungi video, suara dan data berjalan dengan lancar dan teratur. Pembezaan perlu berdasarkan kepada antrian yang betul untuk memastikan penghantaran jalur lalulintas selaras dengan urutan yang ditetapkan.

Disebabkan suara sangat sensitif kepada kelewatan berbanding video dan data, konsep keutamaan pertama dilaksanakan untuk menghantar suara kepada penerima. Oleh itu, proses penghantaran mungkin lebih perlahan disebabkan oleh saiz fail yang besar. Dalam hal ini boleh dilihat bagaimana fungsi kawalan akses ke medium tanpa wayar seperti koordinasi akses, alamat, penyaringan urutan kerangka, dan keselamatan.

3 OBJEKTIF KAJIAN

Sistem ini dibangunkan bagi memenuhi dua objektif yang berikut :

- i. Untuk melaksanakan metrik untuk menilai keluaran, kelewatan akhir dan paket hilang terhadap pengujian suara.
- ii. Untuk mengukur prestasi suara melalui protokol Internet dalam rangkaian kawasan setempat tanpa wayar.

4 METOD KAJIAN

Metodologi penyelidikan memainkan peranan yang sangat penting dalam memastikan kajian dilakukan dengan lancar dan teratur dan memenuhi setiap set spesifik. Untuk perkembangan

simulasi ini, kaedah yang digunakan adalah “*Agile Model*”. Kaedah ini juga membolehkan kami untuk menukar keperluan dari semasa ke semasa untuk mengelakkan risiko projek akhir. Kaedah ini sangat fleksibel dan boleh serasi dengan keperluan projek. Dengan menggunakan kaedah ini, fungsi simulasi boleh dibina dengan tepat dan cepat.

4.1 Fasa Perancangan

Fasa ini melibatkan proses mengenalpasti masalah, objektif, persoalan kajian dan juga menentukan skop kajian. Langkah seterusnya adalah sorotan susastera yang melibatkan pengumpulan, pencarian dan pembacaan jurnal dan kajian lepas bagi mencetus idea dan inspirasi. Antara tajuk yang dikaji adalah mengenai suara melalui Protokol Internet yang dijadikan sebagai media internet menyampaikan suara berasaskan suara secara langsung. Perancangan dilakukan dari segi mengenalpasti jenis simulator yang digunakan iaitu Simulator Rangkaian versi 2 (*NS2*). *NS2* digunakan dalam memastikan bagaimana video, suara dan data dihantar untuk memastikan aliran lalu lintas dihantar dengan baik.

4.2 Fasa Analisis

Fasa ini melibatkan analisis dan tafsiran maklumat yang dikumpul dalam fasa perancangan. Analisis terhadap kesesuaian topik dan menilai kepentingan untuk melaksanakan kajian ini. Analisis terhadap perisian dan perkakasan yang sesuai terhadap kajian ini juga dilakukan. Ini adalah bagi mengembangkan senario dengan sumber lalu lintas yang berbeza dan mengukur suara menggunakan metrik prestasi.

4.3 Fasa Reka Bentuk

Fasa ini merupakan fasa yang penting dalam keseluruhan projek. Fasa ini melibatkan proses untuk mereka bentuk simulasi, konfigurasi reka bentuk dan lakukan analisis hasil dan plot grafik. Dalam fasa ini juga melibatkan bagaimana nod-nod yang disusun sebelum melakukan konfigurasi menggunakan fail skrip *tcl*. Kemudian, simulasi akan dijalankan untuk memperolehi keputusan dalam menilai prestasi suara melalui protokol internet dalam rangkaian setempat tanpa wayar.

4.4 Fasa Pengujian

Fasa ini bertujuan untuk menguji bagaimana simulasi dilakukan menggunakan Simulator Rangkaian versi 2 (*NS2*) melihat sama ada penghantaran video, suara dan data dapat dihantar dalam masa dan turutan yang telah ditetapkan. Dalam fasa ini juga, ia melibatkan beberapa keperluan perkakasan dan perisian yang digunakan. Perkakasan yang digunakan adalah komputer manakala perisian, ia melibatkan simulator *NS2* dan fail skrip tcl.

Simulator Rangkaian (Versi 2), yang dikenali sebagai *NS2*, hanyalah alat simulasi yang didorong oleh peristiwa yang telah terbukti berguna dalam mengkaji sifat dinamik rangkaian komunikasi. Simulasi fungsi dan protokol rangkaian yang berwayar serta tanpa wayar (contohnya, algoritma penghalaan, *TCP*, *UDP*) boleh dilakukan menggunakan *NS2*. Secara umum, *NS2* menyediakan pengguna dengan cara menentukan protokol rangkaian sedemikian dan mensimulasikan tingkah laku masing-masing.

5 HASIL KAJIAN

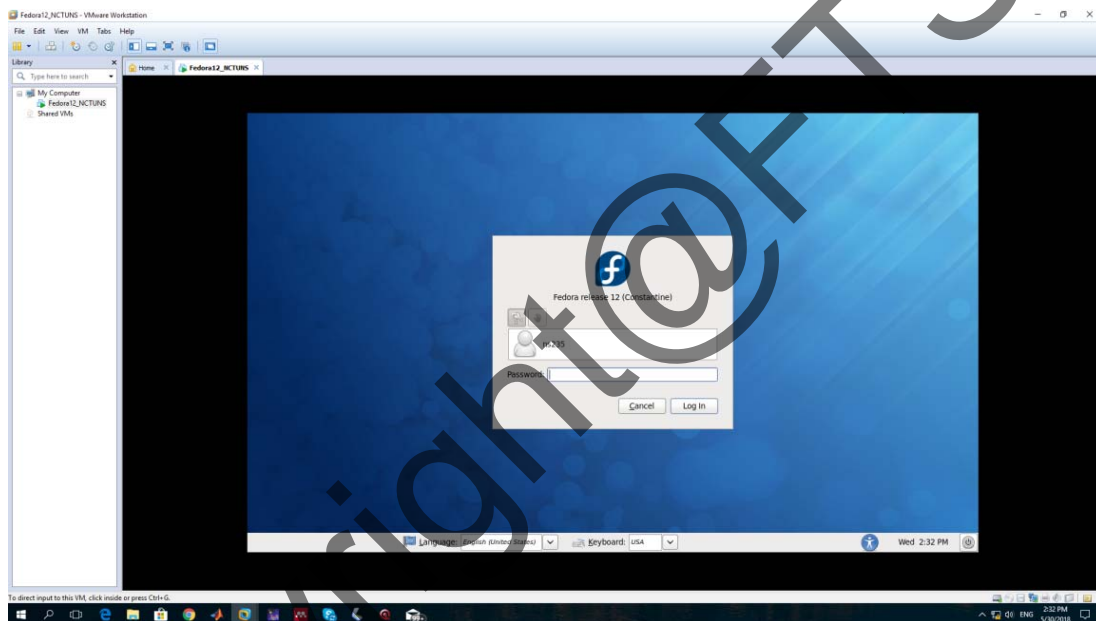
Bahagian ini membincangkan hasil daripada pengujian prestasi suara melalui protokol internet dalam rangkaian setempat tanpa wayar. Penerangan yang mendalam tentang susunan nod yang dihubungkan juga diperihai. Fasa reka bentuk merupakan fasa yang penting dalam pembangunan projek. Dalam projek ini, Simulator Rangkaian Versi 2, yang dikenali sebagai *NS2* diguna untuk melakukan konfigurasi terhadap pengujian suara.

Berdasarkan protokol 802.11, dalam capaian kategorinya, suara, video dan sebagainya dihantar mengikut satu aturan sahaja tanpa mengikut susunan atau keutamaan. Disebabkan itu, suara mengalami kelewatan kerana tidak diberi keutamaan untuk dihantar. Oleh itu, protokol *802.11e* adalah pindaan yang diluluskan kepada piawaian *IEEE 802.11* yang mentakrifkan satu set peningkatan mutu perkhidmatan (*QoS*) untuk aplikasi Rangkaian Kawasan Tempatan (*LAN*) tanpa wayar melalui pengubahsuaian kepada lapisan Kawalan Akses Media (*MAC*). Dalam protokol *802.11e*, ia mempunyai beberapa aturan yang membezakan antara elemen suara, video, usaha terbaik dan juga latar belakang. Elemen-elemen tersebut dibahagikan mengikut aturannya tersendiri.

Konsep keutamaan dititiberatkan dalam projek ini. Oleh itu, penghantaran suara dihantar terlebih dahulu berbanding yang lain. Tambahan pula, suara sangat sensitif kepada

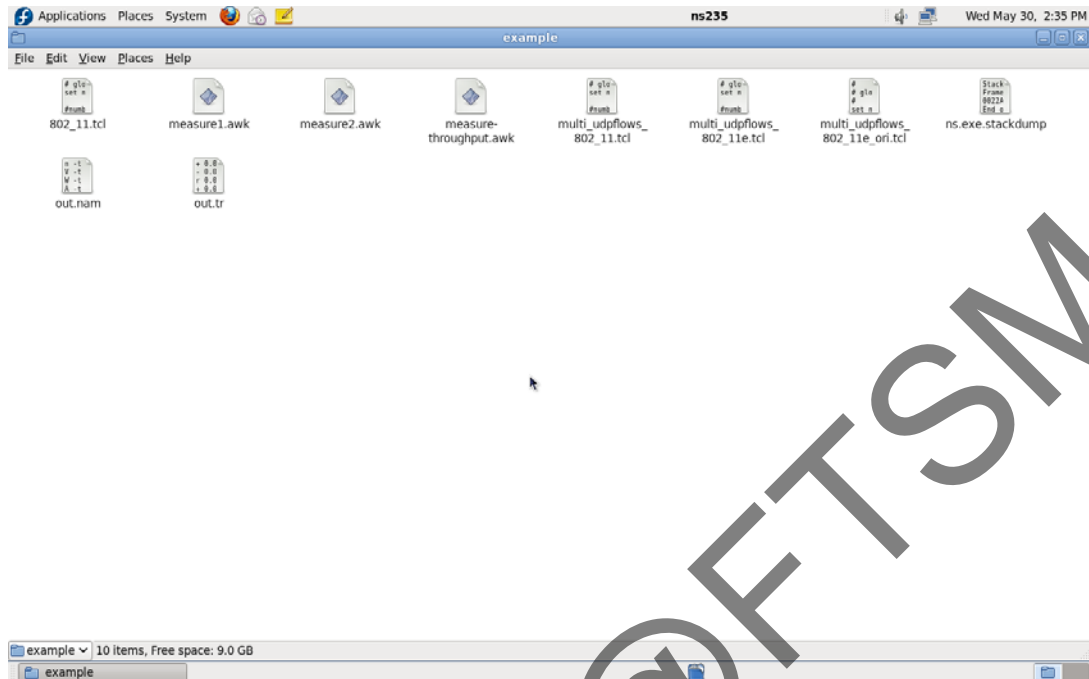
kelewatan. Sebagai contoh, sekiranya pengguna sedang memuat turun aplikasi dan menerima panggilan dari seseorang pada masa yang sama, pengguna harus menjawab panggilan terlebih dahulu. Ini adalah untuk memastikan maklumat yang ingin disampaikan diterima oleh pemanggil dengan segera.

Rajah 3 di bawah menunjukkan antara muka bagi Simulator Rangkaian Versi 2 (NS2). Perisian yang digunakan adalah Fedora12_NCTUNS. Ia memerlukan kata laluan sebelum melakukan simulasi menggunakan simulator tersebut.

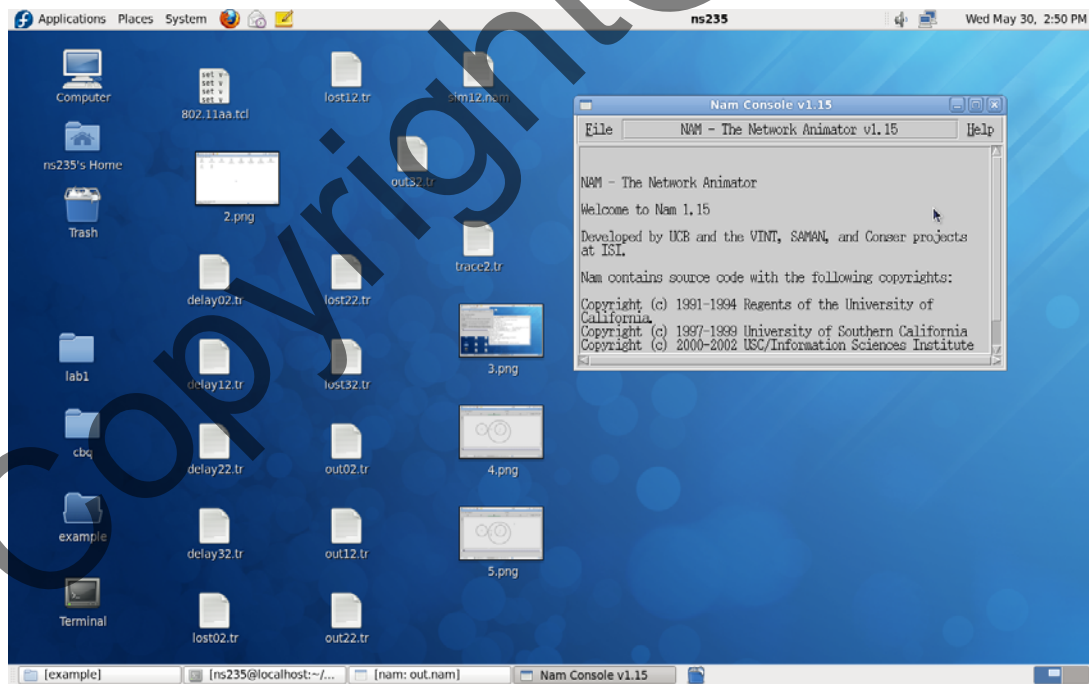


Rajah 3 Antara muka Simulator Rangkaian Versi 2 (NS2)

Terdapat beberapa fail skrip tcl yang digunakan untuk melakukan konfigurasi terhadap simulasi penilaian prestasi suara melalui protokol internet melalui rangkaian setempat tanpa wayar. Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4, terdapat juga satu fail iaitu out.tr yang mengeluarkan output apabila simulasi dijalankan. Manakala satu lagi fail iaitu, nam.tr adalah merupakan fail bagi menunjukkan susunan nod yang digunakan dalam menilai prestasi suara. Ia juga mengandungi fail untuk menilai penghantaran, kelewatan akhir dan paket hilang terhadap prestasi suara.

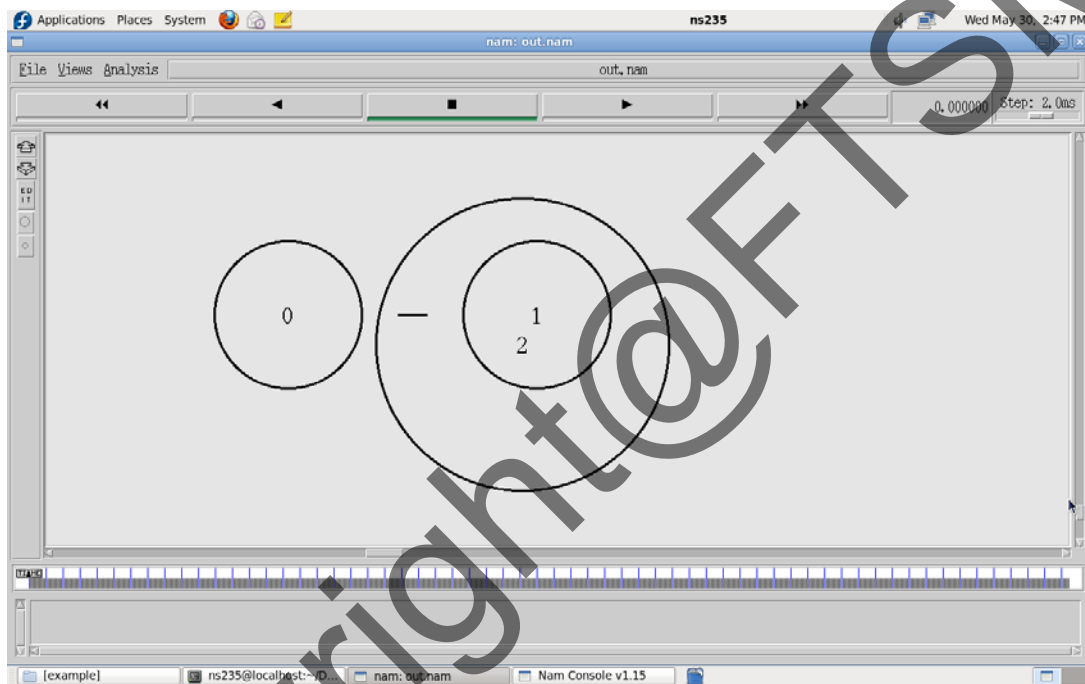


Rajah 4 Skrip fail bagi untuk melakukan konfigurasi terhadap penilaian suara

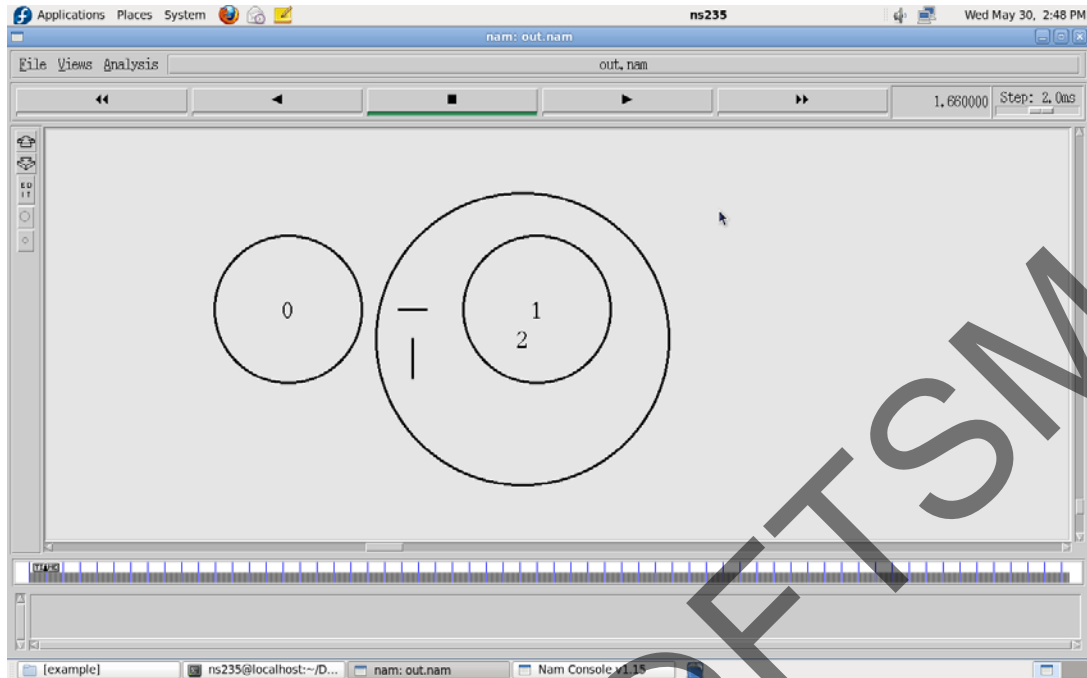


Rajah 5 Animator rangkaian bagi antara muka NS2

Dalam melakukan simulasi bagi projek ini, ia melibatkan 3 nod yang akan digunakan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6 dan Rajah 7. Ketiga-tiga nod ini akan disambungkan antara satu sama lain untuk menghantar bit suara. Nod 0 merupakan nod tanpa wayar, manakala nod 1 dan nod 2 adalah nod berwayar. Oleh itu, nod berwayar akan menghantar paket yang berkaitan ke nod tanpa wayar.



Rajah 6 Antara muka bagi susunan nod untuk menilai prestasi suara



Rajah 7 Proses pengkonfigurasi dalam masa yang ditetapkan

Rajah 8 menunjukkan beberapa command yang perlu digunakan untuk melihat sama ada simulasi yang dijalankan berjaya atau tidak berjaya. Skrip fail yang ada akan digunakan untuk menilai penghantaran, kelewatan akhir dan paket hilang terhadap prestasi suara. Apabila simulasi selesai dijalankan, keputusannya akan dikeluarkan seperti yang terdapat dalam Rajah 9.

```

ns235@localhost:~/Desktop/example
File Edit View Terminal Help
[ns235@localhost ~]$ cd Desktop/
[ns235@localhost Desktop]$ cd example/
[ns235@localhost example]$ ns multi_udpflows_802_11.tcl
num_nodes is set 2
wired node 0 created
INITIALIZE THE LIST xListHead
Base-Station node 1 created
wireless node 0 created ...
channel_cc:sendip - calc highestAntennaZ and distCST_
highestAntennaZ = 1.5, distCST_ = 550.0
SORTING LISTS ...DONE!
NS EXITING...
[ns235@localhost example]$ ns multi_udpflows_802_11e.tcl
multi_udpflows_802_11e_ori.tcl multi_udpflows_802_11e.tcl
[ns235@localhost example]$ ns multi_udpflows_802_11e.tcl
num_nodes is set 2
wired node 0 created
warning: no class variable Mac/802_11e::cfb_
see tcl-object.tcl in tclcl for info about this warning.
INITIALIZE THE LIST xListHead
Base-Station node 1 created
warning: no class variable Mac/802_11e::cfb_
see tcl-object.tcl in tclcl for info about this warning.
wireless node 0 created ...
channel_cc:sendip - calc highestAntennaZ and distCST_
highestAntennaZ = 1.5, distCST_ = 550.0
SORTING LISTS ...DONE!
NS EXITING...
[ns235@localhost example]$ ns multi_udpflows_802_11e.tcl
num_nodes is set 2
wired node 0 created
warning: no class variable Mac/802_11e::cfb_
see tcl-object.tcl in tclcl for info about this warning.
INITIALIZE THE LIST xListHead
Base-Station node 1 created

```

```

Applications Places System ns235 Tue May 22, 3:44 PM
ns235@localhost: ~/Desktop/example
File Edit View Terminal Help
INITIALIZE THE LIST xListHead
Base-Station node 1 created
warning: no class variable Mac/802_11e::cfb_
see tcl-object.tcl in tclcl for info about this warning.
wireless node 0 created ...
channel.cc:sendUp - Calc highestAntennaZ and distCST_
highestAntennaZ = 1.5, distCST_ = 550.0
SORTING LISTS ...DONE!
NS EXITING...
[ns235@localhost example]$ ns multi_udpflows_802_11e.tcl
num_nodes is set 2
wired node 0 created
warning: no class variable Mac/802_11e::cfb_
see tcl-object.tcl in tclcl for info about this warning.
INITIALIZE THE LIST xListHead
Base-Station node 1 created
warning: no class variable Mac/802_11e::cfb_
see tcl-object.tcl in tclcl for info about this warning.
wireless node 0 created ...
channel.cc:sendUp - Calc highestAntennaZ and distCST_
highestAntennaZ = 1.5, distCST_ = 550.0
SORTING LISTS ...DONE!
NS EXITING...
[ns235@localhost example]$ awk -f measure-throughput.awk out.tr
average throughput of Flow 0:60341.412277 Bytes Per Second
average throughput of Flow 1:19359.667045 Bytes Per Second
average throughput of Flow 2:6124.881852 Bytes Per Second
average throughput of Flow 3:580.070331 Bytes Per Second
[ns235@localhost example]$ awk -f measure2.awk out.tr

```

(B)

Rajah 8 Koding yang digunakan dalam simulasi penilaian prestasi suara

```

D 1.506275000 _2_ IFQ --- 1448 cbr 230 [0 0 1 0] -----
[4194305:2 0:2 32 4194304] [375] 0 0
r 1.507497 1 0 cbr 230 ----- 1 1.0.1.1 0.0.0.1 165 822
+ 1.507953 1 0 cbr 230 ----- 0 1.0.1.0 0.0.0.0 390 1401
- 1.507953 1 0 cbr 230 ----- 0 1.0.1.0 0.0.0.0 390 1401
D 1.508775000 _2_ IFQ --- 1451 cbr 230 [0 0 1 0] -----
[4194305:3 0:3 32 4194304] [349] 0 0
D 1.510025000 _2_ IFQ --- 1452 cbr 230 [0 0 1 0] -----
[4194305:2 0:2 32 4194304] [376] 0 0
r 1.510137 1 0 cbr 230 ----- 0 1.0.1.0 0.0.0.0 390 1401
+ 1.510613 1 0 cbr 230 ----- 2 1.0.1.2 0.0.0.2 51 154
- 1.510613 1 0 cbr 230 ----- 2 1.0.1.2 0.0.0.2 51 154

```

Rajah 9 Output yang diperolehi apabila simulasi dijalankan

6 KESIMPULAN

Secara kesimpulannya, *802.11e* adalah piawaian yang dipertingkatkan *QoS* yang akan dicadangkan oleh kumpulan kerja *IEEE*. Kajian ini mengkaji parameter asas piawaian baru ini, dan seberapa baik ia dapat mengatasi permintaan suara dan aplikasi video, di bawah keadaan trafik latar belakang yang berbeza. Akhir sekali, kajian ini dibangunkan bagi memberi keutamaan kepada penilaian prestasi suara melalui protokol internet melalui rangkaian setempat tanpa wayar. Selain itu, kajian ini adalah untuk memastikan suara dihantar kepada penerima

dalam kadar yang segera tanpa sebarang kelewatan. Keseluruhannya, kajian ini dibangunkan mengikut keperluan yang berkaitan dengan aliran lalu lintas seperti yang ditetapkan.

7 RUJUKAN

- Amir, Y., Goose, S., Hedqvist, D., & Terzis, A. (n.d.). -800-OVERLAYS: Using Overlay Networks to Improve VoIP Quality *. Retrieved from <http://www.cnds.jhu.edu/pub/papers/voip.pdf>
- Bianchi, G. (2000). Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 18(3), 535–547. <https://doi.org/10.1109/49.840210>
- Issariyakul, T., & Hossain, E. (2012). Introduction to Network Simulator 2 (NS2). In *Introduction to Network Simulator NS2* (pp. 21–40). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1406-3_2
- Karapantelakis, A. K. (2005). A study of video and voice traffic over an 802.11e wireless network. Retrieved from http://thanosk.info/docs/thesis_final.pdf
- Kosek-Szott, K., Natkaniec, M., & Prasnal, L. (2014). A novel IEEE 802.11aa intra-AC prioritization method for video transmissions. In *2014 IEEE Global Communications Conference* (pp. 1158–1163). IEEE. <https://doi.org/10.1109/GLOCOM.2014.7036965>
- Mangold, S., Sunghyun Choi, Hiertz, G. R., Klein, O., & Walke, B. (2003). Analysis of IEEE 802.11e for QoS support in wireless LANs. *IEEE Wireless Communications*, 10(6), 40–50. <https://doi.org/10.1109/MWC.2003.1265851>
- McDermott-Wells, P. (2005). What is Bluetooth? *IEEE Potentials*, 23(5), 33–35. <https://doi.org/10.1109/MP.2005.1368913>
- Mohamed, M. A., Zaki, F. W., & Mosbah, R. H. (n.d.). Improving Quality of VoIP over WiMAX. Retrieved from <https://www.ijcsi.org/papers/IJCSI-9-3-3-85-91.pdf>
- Network Simulator - ns2 - Home. (n.d.). Retrieved May 30, 2018, from <https://ns2tutor.weebly.com/>
- Networking Model Client/Server, P2P, Active Network | kullabs.com. (n.d.). Retrieved December 11, 2017, from <https://www.kullabs.com/classes/subjects/units/lessons/notes/note-detail/3042>
- Omer Abdellatif Abdelrahman, E., & Eldaw Idris, H. (n.d.). VOIP OVER WIMAX REVIEW. Retrieved from <http://www.ijrter.com/papers/volume-2/issue-11/voip-over-wimax-review.pdf>
- Peer to Peer Network - Information Security Awareness. (n.d.). Retrieved October 22, 2017, from <http://infosecawareness.in/peer-to-peer-network>
- Qiang Ni. (2005a). Performance analysis and enhancements for IEEE 802.11e wireless networks.

- IEEE Network*, 19(4), 21–27. <https://doi.org/10.1109/MNET.2005.1470679>
- Simulasi Jaringan Telekomunikasi dengan ns-2. (n.d.). Retrieved October 22, 2017, from <http://fadiltelnet.blogspot.my/2010/08/pembuatan-simulasi-dengan-ns-2.html>
- Traffic Engineering Using Overlay Network | NTT Technical Review. (n.d.). Retrieved December 11, 2017, from <https://www.ntt-review.jp/archive/ntttechnical.php?contents=ntr201009le1.html>
- TUGAS AKHIR PERENCANAAN JARINGAN KOMUNIKASI VOIP (Voice Over Internet Protocol) MENGGUNAKAN ASTERISK SIP (Session Initiation Protocol). (n.d.). Retrieved from <http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/11807/09E00003.pdf?sequence=1>
- TYPES OF NETWORK SIMULATORS. (n.d.). Retrieved December 11, 2017, from <http://www.ns2project.com/types-of-network-simulators/>
- Upadhyay, S., & Singh, S. K. (2010). Improvement in Performance of the VoIP over WLAN. *International Journal of Computer Applications*, 12(4), 975–8887. Retrieved from <http://www.ijcaonline.org/volume12/number4/pxc3872245.pdf>
- Wetteroth, D., & Debbra. (2002). *OSI reference model for telecommunications*. McGraw-Hill. Retrieved from <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=540490>
- What Is the Purpose of a Structure Chart? | Chron.com. (n.d.). Retrieved November 12, 2017, from <http://smallbusiness.chron.com/purpose-structure-chart-50946.html>
- WiMAX Wireless Network | HowStuffWorks. (n.d.). Retrieved December 11, 2017, from <https://computer.howstuffworks.com/wimax1.htm>