เรื่อง การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ผ่านระบบเครือข่ายต่างๆ

โดย

นางสาวณัฐพร ปานกุล รหัสนักศึกษา B5208265

นายสุขสันต์ ทองทา รหัสนักศึกษา B5219896

นายธีรัตม์ บูรณ์โภคา รหัสนักศึกษา B5223664

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2545

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา2555

เรื่อง การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ผ่านระบบเครือข่ายต่างๆ

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุติมา พรหมมาก)

กรรมการ

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล)

กรรมการ

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร. ประโยชน์ คำสวัสดิ์)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีอนุมัติให้นับรายงายฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม วิชา 429499โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2555

โครงงาน เรื่อง การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร ผ่านระบบเครือข่ายต่างๆ		Voice over IP
จัดทำโดย	นางสาวณัฐพร ปานกุล รหัส	B5208265
	นายสุขสันต์ ทองทา รหัส	B5219896
	นายธีรัตม์ บูรณ์โภคา รหัส	B5223664
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุติมา พรหมมาก	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ภาคการศึกษาที่	1/ 2555	

บทคัดย่อ

(Abstract)

ในปัจจุบันมีการใช้งานอินเทอร์เน็ตอย่างกว้างขวางขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้อินเทอร์เน็ตเป็นโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการสื่อสารรูปแบบต่างๆ เช่น การใช้โทรศัพท์บนเครือข่าย การติดต่อด้วยเสียง ระบบวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ การกระจายสัญญาณเสียงหรือภาพบนเครือข่าย และระบบการสื่อสารด้วยเสียงผ่านเครือข่าย IP (VoIP,Voice Over Internet Protocol) เป็นต้น โครงงานนี้จะนำเสนอผลการศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการสื่อสาร VoIP ผ่านระบบเครือข่ายต่างๆ โดยทำการทดลองและวัดประสิทธิภาพการสื่อสารผ่านเครือข่ายต่างๆ เพื่อศึกษาหาผลกระทบต่อคุณภาพของสัญญาณเสียงและภาพที่เกิดขึ้นบนการสื่อสารบน VoIP โดยทางผู้จัดทำโครงงานได้ทำแบบสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน VoIPเพื่อนำมาวิเคราะห์ค่า MOS (Mean Opinion Score) ในกรณีของแต่ละเครือข่าย แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ ค่า MOS ที่คำนวนได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในโครงงานนี้ ซึ่งเขียนด้วยภาษา Visual Basic โดยโปรแกรมดังกล่าวได้ประยุกต์ใช้สมการคณิตศาสตร์ที่แนะนำโดย ITU สำหรับการคำนวณค่า MOS

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

โครงงานเรื่องการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice Over IP ผ่านเครือข่ายต่างๆสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากคณะผู้จัดทำโครงงานได้รับความช่วยเหลือด้านการให้คำปรึกษาและอุปกรณ์ต่างๆที่สำคัญต่อการจำทำโครงงานจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร .ชุติมา พรหมมาก ผู้ที่เป็นแนวความคิดริเริ่มในโครงงานเรื่องการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice Over IP ผ่านเครือข่ายต่างๆ ซึ่งให้คำปรึกษาในทุกๆ ด้านแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด และขอขอบพระคุณคณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกต่างๆ แกคณะผู้จัดทำ นอกจากนี้คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกๆ คนที่คอยให้ความช่วยแหลือและกำลังใจ และให้ความร่วมมือในทุกๆด้าน สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบคุณพระคุณบิดามารดา ที่ท่านกรุณาดูแลเอาใจใส่คอยให้กำลังใจและอยู่เคียงข้างมาโดยตลอดจนกระทั่งโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่ได้กล่าวไปแล้วไว้ ณ ที่นี้ สำหรับประโยชน์ของโครงงานชิ้นนี้ ขออุทิศให้แก่คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทั้งหลายทั้งปวงให้แก่คณะผู้จัดทำโครงงาน หากโครงงานชิ้นนี้มีข้อผิดพลาดประการใดทางคณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้

นางสาวณัฐพร ปานกุล
นายสุขสันต์ ทองทา
นายธีรัตม์ บูรณ์โภคา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้งานอินเทอร์เน็ตอย่างกว้างขวางขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้อินเทอร์เน็ตเป็นโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการสื่อสารรูปแบบต่างๆ เช่น การใช้โทรศัพท์บนเครือข่าย การติดต่อด้วยเสียง ระบบวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ การกระจายสัญญาณเสียงหรือภาพบนเครือข่าย และระบบการสื่อสารด้วยเสียงผ่านเครือข่าย IP (VoIP,Voice Over Inthernet Protocol) เป็นต้น โครงงานนี้จะนำเสนอผลการศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการสื่อสาร VoIP ผ่านระบบเครือข่ายต่างๆ โดยทำการทดลองและวัดประสิทธิภาพการสื่อสารผ่านเครือข่ายต่างๆ เพื่อศึกษาหาผลกระทบต่อคุณภาพของสัญญาณเสียงและภาพที่เกิดขึ้นบนการสื่อสารบน VoIP โดยทางผู้จัดทำโครงงานได้ทำแบบสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน VoIPเพื่อนำมาวิเคราะห์ค่า MOS (Mean Opinion Score) ในกรณีของแต่ละเครือข่าย แล้วนำมาเปรียบเทียบกับโปรแกรมที่ได้จัดทำขึ้นมาสำหรับคำนวณค่า MOS ตามคำแนะนำจาก ITU โดยได้พัฒนาขึ้นมาในรูปแบบโปรแกรมซึ่งเขียนด้วยภาษา Visual Basic

1.2 หลักการ และเหตุผล

ในปัจจุบันมีการใช้งานระบบการสื่อสารด้วยเสียงผ่านเครือข่าย IP (Voice Over InthernetProtocol,VoIP) อย่างกว้างขวาง เนื่องจากการสื่อสารของระบบ VoIP มีค่าใช้จ่ายถูกลงมากเมื่อเทียบกับการสื่อสารอื่นๆ ทำให้การสื่อสารของระบบ VoIP เข้ามามีบทบาทในการสื่อสารมากขึ้น ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะวัดคุณภาพของระบบการสื่อสาร VoIP ในกรณีที่ใช้ VoIP ผ่านโปรแกรม SkypeVersion5.8.0.158 บนเครือข่ายต่างๆ

การสื่อสารของระบบ VoIP โดยผ่านโปรแกรม Skype จะใช้โปรโตคอลที่ใช้ควบคุมการทำงานคือ SIP (Session Initial Protocol) ซึ่งเหมาะสำหรับ PC Application เพราะว่าเป็น UDP base protocol และยังทำงานง่ายกับอุปกรณ์ที่มีการแปลงแอดเดรส (Network Address Transmission-NAT) ดังนั้นจึงสะดวกในการใช้งาน VoIP ผ่านเครือข่ายประเภทต่างๆโดยไม่มีปัญหาเรื่อง NAT เช่น ใช้งานผ่าน DSL,WiFiหรือ Mobile networks นอกจากนี้ VoIPยังใช้โปรโตคอล UDP แทนโปรโตคอล TCP เพื่อให้ได้คุณภาพเสียงที่ราบเรียบขึ้นแม้ว่าจะไม่สามารถรับประกันได้ว่าทุกๆ Voice Packet ที่ส่งออกไปจะไปถึงจุดหมายปลายทางหรือไม่ก็ตาม ดังนั้นคุณภาพของเครือข่ายและคุณภาพของภาพและเสียงสำหรับ VoIPจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรพิจารณา โดยที่พารามิเตอร์ต่างๆที่ส่งผลต่อคุณภาพของ VoIPได้แก่ Packet loss ซึ่งจะวัดจากเปอร์เซ็นต์ของแพ็คเก็ตที่ไปไม่ถึง

จุดหมายปลายทาง Jitter ซึ่งวัดจากการแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการเดินทางของแพ็คเก็ต Roundtrip time คือระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปกลับของแพ็คเก็ต

เครือข่ายที่ใช้งานการสื่อสารของระบบ VoIP ก็มีความสำคัญต่อคุณภาพของ VoIP เช่นกัน คณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะศึกษาคุณภาพของ VoIP ผ่านเครือข่ายต่างๆคือ Ethernet , Wireless LAN , DSL , PSTN , Mobile Systemและ 3G (Aircard) เพื่อวิเคราะห์ดูความแตกต่างของคุณภาพของ VoIPของแต่ละเครือข่าย

โครงงานนี้นำเสนอการวัดคุณภาพของการสื่อสารระบบ VoIPผ่านเครือข่ายต่างๆ ทั้งจากการวัดค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อคุณภาพของ VoIPและจากค่า MOS ที่ได้จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน VoIPแล้วนำมาเปรียบเทียบกับโปรแกรมที่ได้จัดทำขึ้นมาสำหรับคำนวณค่า MOS ตามคำแนะนำจาก ITU โดยได้พัฒนาขึ้นมาในรูปแบบโปรแกรมซึ่งเขียนด้วยภาษา Visual Basic

Voice over InternetProtocol(VoIP)

VoIPนั้นเป็นการประยุกต์การส่งข้อมูลผ่าน Internet มาใช้งาน ซึ่งโดยปกติการใช้งาน Internet จะเป็นการใช้สัญญาณข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่สำหรับการใช้งาน VoIPนั้นจะเป็นการนำเอาสัญญาณเสียงมารวมเข้ากับสัญญาณข้อมูล เพื่อส่งผ่านไปยังระบบเครือข่ายผ่านทาง Protocol ที่ใช้สำหรับอินเทอร์เน็ตก็คือ Internet Protocol หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า IPซึ่งมีหลักการทำงานตามรูปแบบของการสื่อสารข้อมูลเครือข่ายตามที่กำหนดใน Internet model (TCP/IP model) ที่แบ่งกลุ่มหน้าที่การทำงานเป็น 5 layersตามปกตินั้น IP จะใช้สัญญาณข้อมูลเท่านั้น แต่ด้วยเทคโนโลยีVoIP ที่ทำให้ส่งสัญญาณเสียงได้

ข้อจำกัดของ VoIP

- ความน่าเชื่อถือได้ของ VoIPยังต้องมีการพิสูจน์และถือว่าเป็นข้อจำกัดที่สำคัญที่ด้อยกว่าโครงข่ายชุมสายโทรศัพท์ (PSTN)
- ปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานที่แน่นอน ซึ่งทำให้มีปัญหาในการพัฒนาระบบ VoIP
- การลงทุนในการเปลี่ยนมาเป็นระบบ VoIP ยังมีราคาสูง คือค่าใช้จ่ายในพอร์ตของ IP และอุปกรณ์สำหรับ VoIP เช่น คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต และไมโครโฟนพร้อมลำโพง ซึ่งต่างจากโทรศัพท์ธรรมดาที่จะมีเพียงแค่สายโทรศัพท์และตัวเครื่องโทรศัพท์ เท่านั้น
- IP Telephony สามารถเติบโตได้เนื่องจากอัตราของราคาที่ลดลงมาก็ทำให้ VoIP ไม่ได้เปรียบอีกต่อไป

- ในการที่จะเปลี่ยนจากระบบ PSTN มาเป็น VoIPนั้นจำเป็นจะต้องอาศัยผู้จำหน่ายอุปกรณ์และติดตั้งที่มีความรู้ความชำนาญมากพอที่จะสนับสนุนระบบได้

- การขาดมาตรฐานของอุปกรณ์โครงข่ายทำให้การเจริญเติบโตไม่เร็วเท่าที่ควร เพราะไม่อาจตัดสินใจได้ว่าจะเลือกอุปกรณ์ของค่ายใดที่สามารถรองรับการทำงานได้ดีที่สุด

- อุปสรรคสำคัญอย่างหนึ่งคือเรื่องกฎหมายโทรศัพท์ผ่าน Internet Protocol ได้อย่างถูกกฎหมายยังไม่ชัดเจน ทำให้มีผู้ให้บริการติดตั้งโทรศัพท์ผ่าน Internet Protocol ที่ถูกกฎหมายเพียงเจ้าเดียวคือ CAT

- คุณภาพเสียง ถึงแม้ว่าจะมีราคาและค่าใช้จ่ายในการโทรที่ถูกกว่าโทรศัพท์ทั่วไป แต่สิ่งที่เห็นได้ชัดก็คือคุณภาพของเสียงสนทนาที่จะด้อยลง ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากการลดคุณภาพของเสียงลงเพื่อที่จะส่งไปยังปลายทางได้ เร็วมากขึ้น

- ข้อเสียอีกประการหนึ่งก็คือ โทรศัพท์VoIP จะใช้งานไม่ได้เมื่อไฟฟ้าดับ หรืออินเทอร์เน็ตเกิดขัดข้อง

ข้อดีของ VoIP

- ประหยัดค่าใช้จ่าย ด้วยการนำเอา VoIPมาใช้นั้นจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านต่าง ๆ ได้เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นทางด้านอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ หรือจะเป็นทางด้านระบบของโทรศัพท์ เพราะเมื่อคิดค่าใช้จ่ายจากค่าบริการหรือค่าอุปกรณ์ที่เกิดขึ้นแล้ว เมื่อมีปริมาณการโทรทางไกลจำนวนมากในระยะยาวก็จะประหยัดค่าใช้จ่ายได้อีก หลายเท่าตัว

- เหมาะกับการประชุมทางไกล เมื่อมีเหตุจำเป็นจะต้องประชุมผ่านทางโทรศัพท์ทั่วไปนั้นอาจจะเกิดปัญหาของ การติดต่อสื่อสารได้ แต่ด้วย VoIPจะช่วยทำให้สามารถติดต่อสื่อสารด้วยเสียงไปพร้อมกับการรับส่งข้อมูลได้ทันที

- รับ-ส่งไฟล์ได้โดยตรง การติดต่อผ่าน VoIPนั้นจะสามารถส่งไฟล์ให้กันได้โดยตรงผ่านระบบ P2P โดยอาศัยเพียงแค่ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของ VoIPเท่านั้นก็สามารถใช้งานได้

การทำงานของ Internet Protocol (IP)

หัวใจสำคัญของ VoIPก็คือ Internet Protocol เพราะจะเป็นตัวกลางในการทำหน้าที่สำหรับติดต่อสื่อสารระหว่างต้นทางและปลาย ทาง และอย่างที่กล่าวไปแล้วก็คือ การทำงานผ่าน IP โดยปกติจะเป็นการส่งสัญญาณข้อมูลเท่านั้น แต่ด้วยการผสมผสานระหว่างเสียงและข้อมูลจึงทำให้

VoIPเกิดประโยชน์ทั้งทางด้านการพัฒนาและเทคโนโลยีขึ้นมา และการทำงานของโพรโตคอล IP สามารถแยกแบบคร่าว ๆ ได้ก็คือ

- สัญญาณข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ เพื่อส่งออกไปตามเส้นทางบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- เมื่อข้อมูลที่ถูกแบ่งไปถึงปลายทางจะใช้ระยะเวลาและการทำงานที่ต่างกันซึ่งอาจจะไม่พร้อมกันก็ได้
- ข้อมูลที่ถึงปลายทางแล้วจะมีโพรโตคอล TCP ที่จะทำหน้าที่ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งมาทั้งหมด
- ตรวจสอบข้อมูลให้อยู่ในสภาพเดิมเหมือนก่อนที่จะถูกแยกออกเป็นส่วน ๆ

จาก ขั้นตอนการส่งข้อมูลดังกล่าวผ่านทาง IP แบบคร่าว ๆ นั้นจะเห็นได้ว่าส่วนที่สำคัญก็คือ การแยกไฟล์ขนาดใหญ่ออกเป็นส่วนเล็ก ๆ หลายส่วนแล้วค่อยส่งออกไป เมื่อครบทุกส่วนที่ปลายทางแล้วจึงมีการประกอบให้คืนรูปแบบภายหลัง เพื่อเพิ่มความเร็วในการทำงาน ดังนั้นการทำงานในรูปแบบ IP จึงมีความสำคัญต่อการสื่อสารด้วยเสียงผ่านเทคโนโลยี VoIP เป็นอย่างมาก เพราะนอกจากจะช่วยลดค่าใช้จ่าย และเพิ่มความเร็วด้วยการแยกไฟล์ข้อมูล (เสียงหรือข้อมูล) ออกเป็นส่วน ๆ แล้วยังเพิ่มประสิทธิภาพนอกเหนือจากการติดต่อสื่อสารผ่านทางเสียงเพียงอย่าง เดียวให้สามารถทำงานเกี่ยวกับทางด้านข้อมูลไปในตัวด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการใช้งาน VoIPผ่านโปรแกรม Skype Version 5.8.0.158
2. เพื่อศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพและเสียงบน VoIP
3. เพื่อศึกษาคุณภาพของภาพและเสียงบน VoIPในกรณีของเครือข่ายต่างๆ
4- เพื่อประเมินคุณภาพของ VoIP จากค่า MOS โดยการสอบถามจากผู้ใช้งานจริง
5. เพื่อให้สามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีต่างๆมาใช้วิเคราะห์คุณภาพของ VoIPได้
6. เพื่อฝึกการทำงานเป็นทีมและการแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น

1.4 ขอบเขตงาน

1. ศึกษาคุณภาพของ VoIPระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัย ได้แก่ ระหว่าง Ethernet กับ Ethernet และ WLAN
2. ศึกษาคุณภาพของ VoIPระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ได้แก่ ระหว่าง Ethernet กับ PSTN,Mobile Network,DSL และ 3G Aircard
3. ศึกษาคุณภาพของ VoIPระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัย ได้แก่ ระหว่าง 3G Aircardกับ 3G Aircard,PSTN,Mobile Network และระหว่างDSL กับ DSL

4- ทำแบบสอบถามผู้ใช้งาน VoIPและนำค่า MOS มาวิเคราะห์คุณภาพของ VoIP

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้เกี่ยวกับการสื่อสารด้วยเสียงผ่านเครือข่าย IP มากขึ้น
2. มีความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและการทำงานของเครือข่ายต่างๆมากขึ้น
3. สามารถวิเคราะห์และประเมินคุณภาพ VoIPจากพารามิเตอร์และจากค่า MOS ได้

4- สามารถแก้ปัญหาจากการปฏิบัติงานจริง เช่น การแก้ปัญหาต่างๆ การทำงานเป็นทีม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ Voice over Internet Protocol (VoIP) รายละเอียดถึงระบบเครือข่าย ไร้สาย (Wireless LAN) , ระบบเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ (PSTN) , ระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Network) , ระบบเครือข่าย Ethernet LAN , ระบบเครือข่าย DSL , เครือข่าย 3G และ EDGE สถาบันวิชาชีพวิศวกรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (IEEE) มาตรฐานการเข้ารหัสสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับ VoIP หลักการและความรู้พื้นฐานของเครือข่าย TCP/IP กระบวนการทำงานของ VoIP และปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสื่อสารของ VoIP

2.2 ทำความรู้จักกับ VoIP

VoIPย่อมาจาก Voice over Internet Protocol คือการสื่อสารทางเสียงผ่านอินเทอร์เน็ต เป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับการโทรศัพท์ผ่านทางเครือข่าย Internet ซึ่งมีข้อดีอันดับแรก ๆ ที่เห็นได้ชัดก็คือ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการโทรได้ ไม่ว่าจะเป็นการโทรภายในประเทศ หรือการโทรระหว่างประเทศก็ตาม เพราะการโทรศัพท์ผ่านทางระบบ Internet นั้นไม่จำเป็นที่จะต้องทำงานผ่านทางชุมสายโทรศัพท์ ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายของส่วนที่ให้บริการด้วย

VoIPนั้นเป็นการประยุกต์การส่งข้อมูลผ่าน Internet มาใช้งาน ซึ่งโดยปกติการใช้งาน Internet จะเป็นการใช้สัญญาณข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่สำหรับการใช้งาน VoIPนั้นจะเป็นการนำเอาสัญญาณเสียงมารวมเข้ากับสัญญาณข้อมูล เพื่อส่งผ่านไปยังระบบเครือข่ายผ่านทาง Protocol ที่ใช้สำหรับอินเทอร์เน็ตก็คือ Internet Protocol หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า IP ซึ่งมีหลักการทำงานตามรูปแบบของการสื่อสารข้อมูลเครือข่ายตามที่กำหนดใน Internet model (TCP/IP model) ที่แบ่งกลุ่มหน้าที่การทำงานเป็น 5 layers ตามปกตินั้น IP จะใช้สัญญาณข้อมูลเท่านั้น แต่ด้วยเทคโนโลยี VoIP ที่ทำให้ส่งสัญญาณเสียงได้ ตัวอย่างผู้ให้บริการ VoIPในประเทศไทย เช่น บริษัท แอดวานซ์ เทเลโฟนแอนด์เทเลคอมมูนิเคชั่น จำกัด

VoIPที่มีการใช้โดยทั่วไป มาจากฟอรัม VoIPด้วยความพยายามโดยผู้ผลิตอุปกรณ์รายใหญ่ ได้แก่ Cisco, VocalTec, 3Com และ Netspeakเพื่อส่งเสริมการใช้ ITU-T H.323 ที่เป็นมาตรฐานสำหรับการส่งเสียง (ออดิโอ) และวิดีโอ ด้วยการใช้ IP บนอินเตอร์เน็ตสาธารณะและภายในอินทราเน็ต รวมทั้งฟอรัมนี้ส่งเสริมผู้ใช้ของมาตรฐานบริการไดเรคทอรี ดังนั้นผู้ใช้สามารถหาผู้ใช้อื่นและการใช้สัญญาณ touch-tone สำหรับการกระจายการเรียกอัตโนมัติและ voice mail

นอกจาก IP แล้ว VoIPใช้ real-time protocol (RTP) เพื่อช่วยทำให้มั่นใจว่าแพ็คเก็ตได้ส่งผ่านตามเวลา การใช้เครือข่ายสาธารณะ มีความลำบากในการประกันคุณภาพของเสียง (Quality of Service หรือ QoS) ในปัจจุบัน การบริการดีกว่าคือ การใช้เครือส่วนบุคคลที่จัดการโดยองค์กรธุรกิจหรือโดยผู้ให้บริการโทรศัพท์อินเตอร์เน็ต (Internet telephony service provider หรือ ITSP) เทคนิคการใช้โดยอย่างน้อยผู้ผลิตรายหนึ่ง Adir Technologies (เดิมคือ Netspeak) เพื่อช่วยทำให้มั่นใจการส่งแพ็คเก็ตเร็วกว่าคือการใช้ ping เพื่อติดต่อกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ gateway ทั้งหมดที่ได้เข้าถึงเครือข่ายสาธารณะและเลือกเส้นทางเร็วที่สุดก่อนก่อตั้งการเชื่อมต่อซ็อคเก็ต Transmission Control Protocol (TCP) กับอีกปลาย

การใช้ VoIPการติดตั้ง “อุปกรณ์ VoIP” ที่ gateway โดย gateway ได้รับแพ็คเก็ตการส่งผ่านเสียงจากผู้ใช้ภายในบริษัท แล้วจัดเส้นทางไปยังส่วนอื่นของอินทราเน็ต (เครือข่ายท้องถิ่นหรือเครือข่ายพื้นที่กว้าง) หรือใช้ระบบ T-carrier หรืออินเตอร์เฟซE-carrier ส่งผ่านเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณ

การใช้เทคโนโลยี VoIPรูปแบบต่าง

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ไปยัง คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC to PC)
2. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ไปยัง โทรศัพท์พื้นฐาน (PC to Phone)
3. จากเครื่องโทรศัพท์สู่เครื่องคอมพิวเตอร์ (Phone-to-PC)
4. โทรศัพท์กับโทรศัพท์ (Telephony)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประโยชน์ที่ได้รับ จาก VoIP

1.ลดค่าใช้จ่าย

2.เพิ่มความยืดหยุ่นในการติดต่อสื่อสาร

3.จัดการระบบเครือข่ายได้ง่ายขึ้น เนื่องจากเครือข่ายการติดต่อสื่อสารทั้งหมด สามารถยุบรวมกันให้เหลือเพียงเครือข่ายเดียวได้อีกทั้งในกรณีที่มีการโยกย้ายของหน่วยงานหรือพนักงาน การจัดการด้านหมายเลขโทรศัพท์และอื่นๆ สามารถทำได้โดยไม่จำเป็นต้องเดินสายสัญญาณใดๆขึ้นมาใหม่

4-รองรับการขยายตัวของระบบในอนาคต หากในอนาคตองค์กรขยายตัวใหญ่ขึ้น VoIP สามารถรองรับผู้ใช้งานได้เพิ่มมากขึ้นในทันทีโดยการเพิ่ม Virtual User เข้าไปในระบบเท่านั้นเอง

5.ลดค่าใช้จ่ายในการดูแลและจัดการระบบ (Reduce Operating Expenses) เนื่องจากใช้ซอฟต์แวร์ในการจัดการ ทำให้ VoIPนั้นง่ายในการจัดการและบำรุงรักษา

6.เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน (Increase Productivity) พนักงานสามารถส่งเอกสารผ่านเครือข่ายควบคู่ไปกับการสนทนา หรืออาจจัดการประชุมออนไลน์ (Conference Call) ทั้งภาพและเสียง และแม้กระทั่งส่งเอกสารการประชุมให้กับผู้เข้าร่วมประชุม ผ่านทางเครือข่ายได้อีกด้วย

7.ใช้ร่วมกับการสื่อสารไร้สายได้ ทำให้อุปกรณ์สื่อสารไร้สายต่างๆ เช่นโทรศัพท์มือถือหรือPDA สามารถติดต่อผ่าน VoIPเข้ามาในเครือข่ายขององค์กรได้

8.เพิ่มประสิทธิภาพในการติดต่อกับลูกค้า (Improved Level of Services) โดยใช้ความสามารถของแอพพลิเคชั่นต่างๆ ของ VoIPเช่น Click-to-talk เพื่อเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการติดต่อกับลูกค้า

2.3 เครือข่ายระบบต่างๆที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อต่อไปนี้เราจะทำการกล่าวถึงรายละเอียดของเครือข่ายระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice Over IP ผ่านเครือข่ายต่างๆ โดยจะกล่าวถึงทั้งหมด 5 เครือข่ายได้แก่ ระบบเครือข่ายไร้สาย , ระบบเครือข่าย Ethernet, ระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (3G), ระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (EDGE) และระบบเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ ดังต่อไปนี้

2.3.1 ระบบเครือข่ายไร้สาย WLAN

ประวัติความเป็นมาของระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN) ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LANs) เกิดขึ้นครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1971บนเกาะฮาวาย โดยโครงงาน ของนักศึกษาของมหาวิทยาลัยฮาวาย ที่ชื่อว่า “ALOHNET” ขณะนั้นลักษณะการส่งข้อมูลเป็นแบบ Bi-directional ส่งไป-กลับง่ายๆ ผ่านคลื่นวิทยุ สื่อสารกันระหว่างคอมพิวเตอร์ 7 เครื่อง ซึ่งตั้งอยู่บนเกาะ 4 เกาะโดยรอบ และมีศูนย์กลางการเชื่อมต่ออยู่ที่เกาะๆหนึ่ง ที่ชื่อว่า Oahu

ความหมาย

ระบบเครือข่ายไร้สาย (WLAN = Wireless Local Area Network) คือ ระบบการสื่อสารข้อมูลที่มีรูปแบบในการสื่อสารแบบไม่ใช้สาย โดยใช้การส่งคลื่นความถี่วิทยุในย่านวิทยุ RF และคลื่นอินฟราเรด ในการรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ผ่านอากาศ , ทะลุกำแพง , เพดานหรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ โดยปราศจากความต้องการของการเดินสาย นอกจากนั้นระบบเครือข่ายไร้สายก็ยังมีคุณสมบัติครอบคลุมทุกอย่างเหมือนกับระบบ LAN แบบใช้สายที่สำคัญก็คือ

การที่ไม่ต้องใช้สายทำให้การเคลื่อนย้ายการใช้งานทำได้โดยสะดวก ไม่เหมือนระบบ LAN แบบใช้สายที่ต้องใช้เวลาและการลงทุนในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์

ปัจจุบันโลกของเราเป็นยุคแห่งการติดต่อสื่อสาร เทคโนโลยีต่างๆ เช่นโทรศัพท์มือถือเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำเนินธุรกิจและการใช้ชีวิตประจำวัน ความต้องการข้อมูลและการบริการต่างๆ มีความจำเป็นสำหรับนักธุรกิจ เทคโนโลยีที่สนองต่อความต้องการเหล่านั้น มีมากมาย เช่น โทรศัพท์มือถือ เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก เครื่องปาล์ม ได้ถูกนำมาใช้เป็นอย่างมากและ ผู้ที่น่าจะได้ประโยชน์จากการใช้ ระบบเครือข่ายไร้สาย มีมากมายไม่ว่าจะเป็น

- หมอหรือพยาบาลในโรงพยาบาล เพราะสามารถดึงข้อมูลมารักษาผู้ป่วยได้จาก เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ที่เชื่อมต่อกับ ระบบเครือข่ายไร้สายได้ทันที

- นักศึกษาในมหาวิทยาลัยก็สามารถใช้งานโน้ตบุ๊กเพื่อค้นคว้าข้อมูลในห้องสมุดของมหาวิทยาลัย หรือใช้อินเตอร์เน็ตจากสนามหญ้าในมหาลัยได้

นักธุรกิจที่มีความจำเป็นต้องใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์นอกสถานที่ที่ทำงานปกติ ไม่ว่าจะเป็นการนำเสนองานยังบริษัทลูกค้า หรือการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ติดตัวไปงานประชุมสัมมนาต่างๆ บุคคลเหล่านี้มีความจำเป็นที่จะต้องเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขององค์กรซึ่งอยู่ห่างออกไปหรือเครือข่ายคอมพิวเตอร์สาธารณะ เช่น เครือข่ายอินเทอร์เน็ต เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายจึงน่าจะอำนวยความสะดวกให้กับบุคคลเหล่านี้ได้ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการเปิดให้บริการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตแบบไร้สาย ตามสนามบินใหญ่ทั่วโลก และนำมาใช้งานแพร่หลายในห้างสรรพสินค้า และโรงแรมต่างๆแล้ว

ประโยชน์ของระบบเครือข่ายไร้สาย

1. Mobility improves productivity&service มีความคล่องตัวสูง ดังนั้นไม่ว่าเราจะเคลื่อนที่ไปที่ไหน หรือเคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์ไปตำแหน่งใด ก็ยังมีการเชื่อมต่อ กับเครือข่ายตลอดเวลา ตราบใดที่ยังอยู่ในระยะการส่งข้อมูล

2. Installation speed and simplicity สามารถติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็ว เพราะไม่ต้องเสียเวลาติดตั้งสายเคเบิล และไม่รกรุงรัง

3. Installation flexibility สามารถขยายระบบเครือข่ายได้ง่าย เพราะเพียงแค่มี พีซีการ์ดมาต่อเข้ากับโน้ตบุ๊ก หรือพีซี ก็เข้าสู่เครือข่ายได้ทันที

4- Reduced cost- of-ownership ลดค่าใช้จ่ายโดยรวม ที่ผู้ลงทุนต้องลงทุน ซึ่งมีราคาสูง เพราะในระยะยาวแล้ว ระบบเครือข่ายไร้สายไม่จำเป็นต้องเสียค่าบำรุงรักษาและการขยายเครือข่ายก็ลงทุนน้อยกว่าเดิมหลายเท่า เนื่องด้วยความง่ายในการติดตั้ง

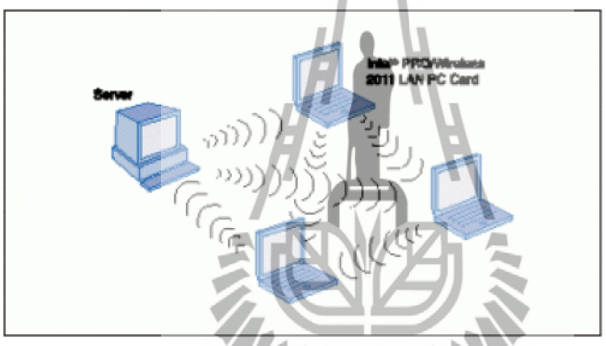
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. Scalability เครือข่ายไร้สายทำให้องค์กรสามารถปรับขนาดและความเหมาะสมได้ง่ายไม่ยุ่งยาก เพราะสามารถโยกย้ายตำแหน่งการใช้งานโดยเฉพาะระบบที่มีการเชื่อมระหว่างจุดต่อจุด เช่น ระหว่างตึก

ระบบเครือข่ายไร้สาย เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ไม่มากนัก และมักจำกัดอยู่ในอาคารหลังเดียวหรืออาคารในละแวกเดียวกัน การใช้งานที่น่าสนใจที่สุดของเครือข่ายไร้สายก็คือ ความสะดวกสบายที่ไม่ต้องติดอยู่กับที่ ผู้ใช้สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้โดยที่ยังสื่อสารอยู่ในระบบเครือข่าย

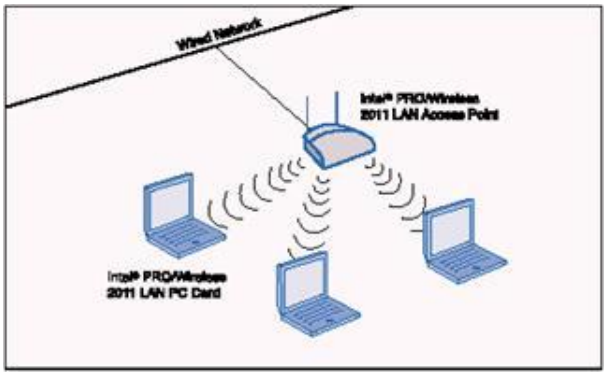
รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายไร้สาย

รูปที่ 2-1 Peer-to-peer (ad hoc mode)



รูปแบบการเชื่อมต่อระบบแลนไร้สายแบบ Peer to Peer เป็นลักษณะ การเชื่อมต่อแบบโครงข่ายโดยตรงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 เครื่องหรือมากกว่านั้น เป็นการใช้งานร่วมกันของ wireless adapter cards โดยไม่ได้มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบใช้สายเลย โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีความเท่าเทียมกัน สามารถทำงานของตนเองได้และขอใช้บริการเครื่องอื่นได้ เหมาะสำหรับการนำมาใช้งานเพื่อจุดประสงค์ในด้านความรวดเร็วหรือติดตั้งได้โดยง่ายเมื่อไม่มีโครงสร้างพื้นฐานที่จะรองรับ ยกตัวอย่างเช่น ในศูนย์ประชุม, หรือการประชุมที่จัดขึ้นนอกสถานที่

รูปที่ 2-2 Client/server (Infrastructure mode)

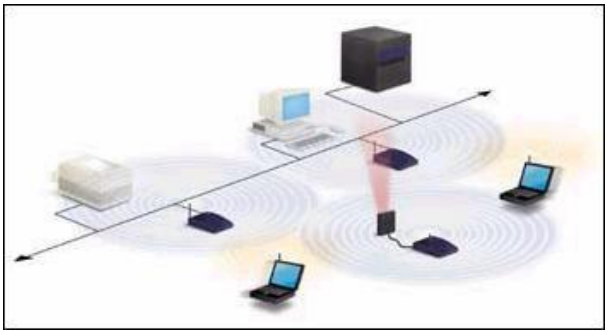


ระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Client / server หรือ Infrastructure mode เป็นลักษณะการรับส่งข้อมูลโดยอาศัย Access Point (AP) หรือเรียกว่า “Hot spot” ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างระบบเครือข่ายแบบใช้สายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (client) โดยจะกระจายสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อ รับส่งข้อมูลเป็นรัศมีโดยรอบ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในรัศมีของ AP จะกลายเป็นเครือข่ายกลุ่มเดียวกันทันที โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ จะสามารถติดต่อกัน หรือติดต่อกับ Server เพื่อแลกเปลี่ยนและค้นหาข้อมูลได้ โดยต้องติดต่อผ่านAP เท่านั้น ซึ่ง AP 1 จุด สามารถให้บริการเครื่องลูกข่ายได้ถึง 15-50อุปกรณ์ ของเครื่องลูกข่าย เหมาะสำหรับการนำไปขยายเครือข่ายหรือใช้ร่วมกับระบบเครือข่ายแบบใช้สายเดิมในออฟฟิ ศ,ห้องสมุด หรือในห้องประชุม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น

รูปที่ 2-3 Multiple access points and roaming

โดยทั่วไปแล้ว การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ กับ Access Point ของเครือข่ายไร้สายจะอยู่ในรัศมีประมาณ 500 ฟุต ภายในอาคาร และ 1000 ฟุต ภายนอกอาคาร หากสถานที่ที่ติดตั้งมีขนาดกว้าง มากๆ เช่นคลังสินค้า บริเวณภายในมหาวิทยาลัย สนามบิน จะต้องมีการเพิ่มจุดการติดตั้ง AP ให้มากขึ้น เพื่อให้การรับส่งสัญญาณในบริเวณของเครือข่ายขนาดใหญ่เป็นไปอย่างครอบคลุมทั่วถึง

รูปที่ 2-4 Use of an Extension Point



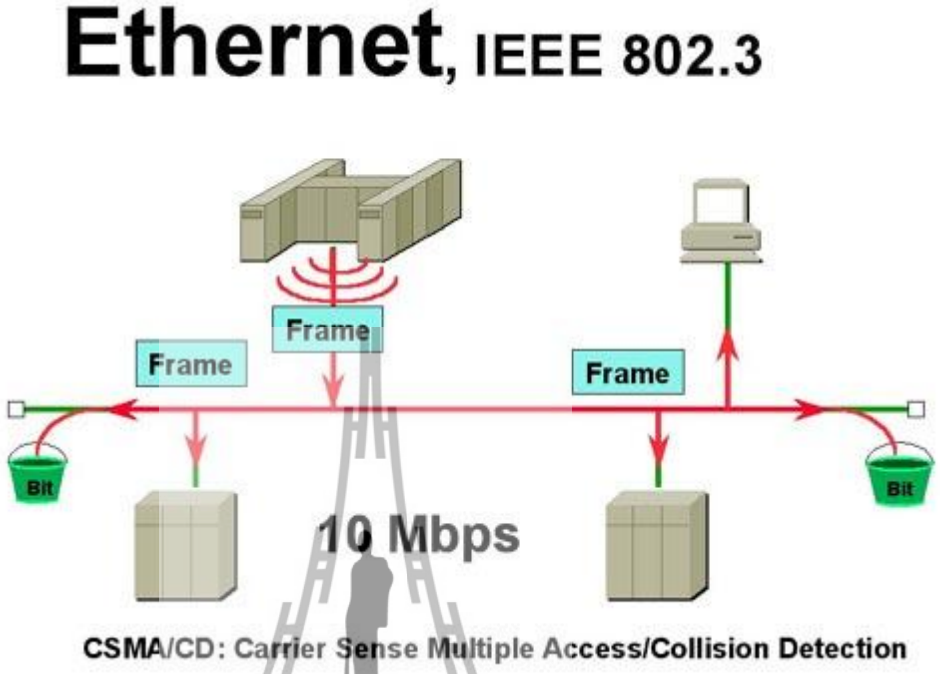
กรณีที่โครงสร้างของสถานที่ติดตั้งเครือข่ายแบบไร้สายมีปัญหาผู้ออกแบบระบบอาจจะใช้ Extension Points ที่มีคุณสมบัติเหมือนกับ Access Point แต่ไม่ต้องผูกติดไว้กับเครือข่ายไร้สาย เป็นส่วนที่ใช้เพิ่มเติมในการรับส่งสัญญาณ

The Use of Directional Antennas

ระบบแลนไร้สายแบบนี้เป็นแบบใช้เสาอากาศในการรับส่งสัญญาณระหว่างอาคารที่อยู่ห่างกัน โดยการติดตั้งเสาอากาศที่แต่ละอาคาร เพื่อส่งและรับสัญญาณระหว่างกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3.2 ระบบเครือข่าย Ethernet



IEEE 802.3 หรือ Ethernet นับเป็นต้นกำเนิดของเทคโนโลยี LAN เนื่องจาก LAN ส่วนมากหรือเกือบทั้งหมดในปัจจุบันใช้ พื้นฐานของเทคโนโลยีนี้ คุณลักษณะเฉพาะในการทำงานของ Ethernet คือการทำงานแบบที่เรียกว่า การเข้าใช้ระบบเครือข่ายโดยวิธีช่วงชิง หรือ CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) โดยมีหลักการทำงานดังนี้

ก่อนที่สถานีงานของผู้ใช้จะส่งข้อมูลออกไปยังเครือข่าย จะต้องมีการแจ้งออกไปก่อนเพื่อตรวจสอบดูว่ามีสัญญาณพาหะของผู้ใช้รายอื่นอยู่ในสายหรือไม่เมื่อไม่พบสัญญาณของผู้ใช้อื่น จึงจะเริ่มส่งข้อมูลออกไปได้หากตรวจพบสัญญาณพาหะของผู้ใช้รายอื่นอยู่ จะต้องรอจนกว่าสายจะว่างถึงจะส่งข้อมูลได้ในกรณีที่เกิดปัญหาในการตรวจสอบสัญญาณพาหะ ซึ่งอาจเนื่องมาจากระยะทางของสถานีงานอยู่ห่างกันมาก อาจจะเกิดการชนกันของข้อมูลขึ้นได้ ในกรณีนี้ให้ทั้งทุกๆ สถานีหยุดการส่งข้อมูลขณะนั้นแต่ละสถานีจะทำการสุ่มช่วงระยะเวลาในการรอ เพื่อทำการส่งข้อมูลออกไปใหม่เพื่อไม่ให้มีการชนกันเกิดขึ้นอีกหากยังมีเหตุการณ์ชนกันเกิดขึ้นอีก ก็จะต้องหยุดรอโดยเพิ่มช่วงระยะเวลาในการสุ่มเป็นสองเท่าเพื่อให้ลดโอกาสการชนกันลงและส่งข้อมูลออกไปใหม่ และทำซ้ำเช่นนี้ จนกว่าข้อมูลจะถูกส่งออกไปได้อย่างสมบูรณ์

แม้ว่าระบบ CSMA/CD ดูเหมือนจะเป็นวิธีจัดระเบียบการส่งสัญญาณในระบบเครือข่ายที่ไม่เรียบร้อยนัก แต่ก็ทำงานได้ผลเป็นอย่างดี แต่เมื่อมีจำนวนโนดบนเครือข่ายมากขึ้น ก็จะทำให้

ความน่าจะเป็นในการปะทะกันของ ข้อมูลเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งจะส่งผลให้เครือข่ายทำงานช้าลงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ระบบเครือข่าย Ethernet ยังสามารถแบ่งประเภทได้อีก ตามความเร็วและชนิดของสายเคเบิล ดังนี้

IEEE 802.3 10Base5 (Thick Ethernet)

เป็นระบบเครือข่ายแบบบัส ใช้สายโคแอ็กเชียลอย่างหนา (3/8 นิ้ว) สามารถส่งข้อมูลได้ที่อัตราเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที ในระยะทางสูงสุดไม่เกิน 500 เมตร และเนื่องจากสายโคแอ็กเชียลอย่างหนาสามารถนำสัญญาณไปได้ไกลกว่าจึงมักถูกใช้เป็นแบคโบน (Backbone) ของระบบเครือข่าย

IEEE 802.3 10Base2 (Thin Ethernet)

เป็นระบบเครือข่ายแบบบัส ใช้สายโคแอ็กเชียลอย่างบาง (3/16 นิ้ว) สามารถติดตั้งได้ง่ายกว่าแบบแรกและราคาต่ำกว่า สามารถส่งข้อมูลได้ที่อัตราเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาทีในระยะทางสูงสุดไม่เกิน 200 เมตร

IEEE 802.3 10BaseT (Twisted-pair Ethernet)

เป็นระบบที่จัดการเชื่อมต่อโหนดต่างๆ เข้ากับ Hub เป็นรูปแบบดาว ใช้สายคู่พันเกลียวโดยอาจเป็นแบบไม่มีสิ่งห่อหุ้ม (Unshielded Twisted-pair) หรือแบบมีสิ่งห่อหุ้ม (Shielded Twisted-pair) ก็ได้ มีหัวเชื่อมต่อเป็นแบบ RJ-45 มีลักษณะคล้ายปลั๊กโทรศัพท์ สามารถส่งข้อมูลได้ที่อัตราเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที โดยมีความยาวของสายระหว่างสถานีงานกับ Hub ไม่เกิน 100 เมตร

IEEE 802.3u 100BaseX (Fast Ethernet)

มีระบบการเชื่อมต่อแบบดาว สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่อัตราเร็ว 100 เมกะบิตต่อวินาที แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. 100BaseT4 ใช้สายคู่พันเกลียวจำนวน 4 คู่
2. 100BaseTX ใช้สายคู่พันเกลียวจำนวน 2 คู่
3. 100BaseFX ใช้เคเบิลใยแก้วนำแสง

2.3.3 ระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (3G)

3G หรือ มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 (อังกฤษ : 3G,3rd generation mobile telecommunications) เป็นมาตรฐานโทรศัพท์มือถือในยุคที่ 3 ถูกพัฒนาเพื่อแทนที่ ระบบโทรศัพท์ 2G ซึ่ง 3G นั้นได้รับการพัฒนาบนพื้นฐานของมาตรฐาน IMT-2000 ภายใต้กลุ่มของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ

มาตรฐานโทรศัพท์มือถือยุคที่ 3 หรือที่เรียกว่า ระบบ UMTS หรือ W-CDMA ในระบบ GSM ใช้ช่วงความถี่ตั้งแต่ 850, 900, 1800, 1900 และ 2100 ผสานเทคโนโลยีในปัจจุบันเข้าด้วยกัน มีสามารถการนำเสนอข้อมูล ใช้งานด้านมัลติมีเดีย ส่งผ่านข้อมูลทั้งภาพและเสียงในระบบไร้สายด้วยความเร็วที่สูง

มาตรฐาน IMT-2000

พื้นฐาน ที่สามารถรองรับบริการต่างๆ เช่น บริการประจำที่ บริการเคลื่อนที่ สื่อสารด้วยเสียง รับส่งข้อมูล เข้าถึงอินเทอร์เน็ต มัลติมีเดีย จะต้องเป็นไปในทางเดียวกัน คือสามารถโอนถ่ายส่งต่อ ซึ่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์โทรคมนาคมอื่นที่สามารถรับส่งข้อมูลได้โครงข่ายข้ามแดน (Global Roaming) สามารถใช้อุปกรณ์เดียวในทุกพื้นที่ทั่วโลก ความต่อเนื่องการสื่อสาร (Seamless Delivery Service) สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องแม้จะมีการเคลื่อนที่แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานีรับส่งสัญญาณ

อัตราความเร็วการรับส่งข้อมูล (Transmission Rate)

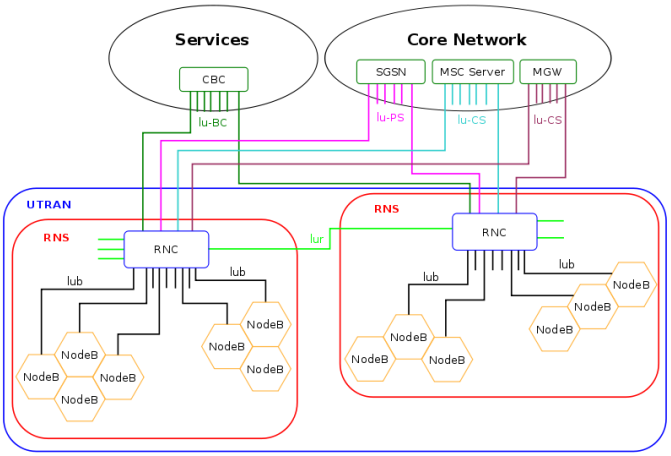
1. ขณะประจำที่หรือความเร็วเท่าการเดินสามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างน้อย 2 เมกะบิต/วินาที

2.ขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วระดับยานพาหนะสามารถรับส่งข้อมูลอย่างน้อย384 กิโลบิต/วินาที

3. ในทุกสภาพการใช้งาน มีความสามารถในการรับส่งข้อมูลสูงสุด 14.4 เมกะบิต/วินาที

มาตรฐาน UMTS

มาตรฐาน UMTS (Universal Mobile Telecommunications Services) ออกแบบมาสำหรับผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้นำ ไปพัฒนาต่อจากยุค 2G/2.5G/2.75G เพื่อเข้าสู่มาตรฐานยุค 3G ได้รับพัฒนามาตรฐานโดยองค์กร 3GPP มีเทคโนโลยีหลักที่มีการยอมรับใช้งานอย่างกว้างขวางทั่วโลกคือมาตรฐาน Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA) ซึ่งจะมีการพัฒนาต่อไปสู่มาตรฐาน HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) สามารถสื่อสารด้วยอัตราเร็วสูงถึง 14 เมกะบิต/วินาที เร็วกว่า 2.75G ประมาณ 36 เท่า มาตรฐาน W-CDMA ได้รับการยอมรับจากบริษัท NTT DoCoMo ของประเทศญี่ปุ่นผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ I-mode



เปลี่ยนเป็นมาตรฐาน 3G ภายใต้เครื่องหมายการค้า FOMA โดยเปิดให้บริการในประเทศญี่ปุ่นอย่างเป็นทางการตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2544 ปัจจุบัน WCDMA เป็นเครือข่าย 3G ที่ใหญ่ที่สุดในประเทศญี่ปุ่น

2.3.4 ระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Edge)

เอดจ์ (อังกฤษ: Enhanced Data rates for GSM Evolution: EDGE) หรือ อีจีพีอาร์เอส (อังกฤษ: Enhanced GPRS: EGPRS) เป็นระบบอินเทอร์เน็ตไร้สาย 2.75G ในเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ เป็นเทคโนโลยีตามมาตรฐานสากลที่กำหนดโดย ITU (International Telecommunications Union) คล้ายกับระบบจีพีอาร์เอส แต่มีความเร็วที่สูงกว่าคือที่ประมาณ 200-300 Kbps ซึ่งสูงกว่าจีพีอาร์เอสสี่เท่า แต่ในบางพื้นที่ถ้าหากใช้เอดจ์ไม่ได้ โทรศัพท์ก็จะเปลี่ยนไปใช้จีพีอาร์เอสเอง ช่วยให้การรับส่งข้อมูลบนโทรศัพท์มือถือได้มากกว่าและรวดเร็วกว่า ทั้งการเข้า WAP และ WEB รับส่ง MMS, Video/Audio Streaming และ Interactive Gaming และเป็นก้าวสำคัญเพื่อการก้าวเข้าสู่ยุค 3G

2.3.5 ระบบเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ (PSTN)

PSTN (public switched telephone network) เป็นชุดของเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะแบบ interconnected voice-oriented ของโลก ทั้งเชิงพาณิชย์และรัฐบาลเป็นเจ้าของ สิ่งนี้หมายถึง Plain Old Telephone Service (POTS) ด้วย สิ่งนี้เป็นการรวมของเครือโทรศัพท์สับเปลี่ยนวงจรที่พัฒนาจากยุคของ Alexander Graham Bell วันนี้ นี่เกือบเป็นดิจิตอลทั้งหมดในเทคโนโลยี ยกเว้นการเชื่อมโยงสุดท้ายจากสถานีโทรศัพท์กลาง (ท้องถิ่น) ไปถึงผู้ใช้ความสัมพันธ์กับอินเตอร์เน็ต PSTN ใช้โครงสร้างพื้นฐานทางไกลของอินเตอร์เน็ต เพราะผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต (ISP) จ่ายให้ผู้บริการทางไกลสำหรับการเข้าถึงโครงสร้างพื้นฐานของพวกเขาและแบ่งวงจรท่ามกลางผู้ใช้ผ่าน packet-switching ผู้ใช้อินเตอร์เน็ตหลีกเลี่ยงในการจ่ายกับผู้อื่นนอกจากผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตของเขา

2.4 Signaling protocols ที่ใช้ในการสื่อสาร Voice over IP

สำหรับ Signaling Protocols ที่ใช้นั้นหมายถึงโปรโตคอลที่กำหนดการสัญญาณในรูปแบบต่างๆ ของการสื่อสารผ่าน Voice over IP ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงโปรโตคอลที่เกี่ยวข้องหลักๆ ทั้งหมด 2โปรโตคอล ได้แก่ SIPและH.323 ดังนี้

2.4.1 Protocol SIP

Session Initiation Protocol (SIP) คือ โพรโทคอลหรือเกณฑ์วิธีเพื่อใช้งานด้านมัลติมีเดีย เช่น การส่งข้อมูลเสียงหรือวีดีโอบนเครือข่าย IP ได้รับการพัฒนาโดย IETF และ SIP ถือว่าเป็นโพรโทคอลที่เหนือกว่าโพรโทคอลอื่นในแง่ของการที่สามารถปรับใช้และนำไปพัฒนาได้ง่ายกว่า โดยตัวโพรโทคอลเองมีความสามารถในการสร้าง (create) , ปรับ (modify) และ ยกเลิก (terminate) การติดต่อสื่อสารระหว่างโหนดที่เป็นแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (unicast) หรือแบบกลุ่ม (multicast) ได้ ซึ่ง SIP สามารถปรับเปลี่ยนที่อยู่ (address), หมายเลขพอร์ต , เพิ่มสายผู้สนทนา และสามารถเพิ่มหรือลดการส่งข้อมูลมิเดีย (media stream) บางประเภทได้ ตัวอย่างของโปรแกรมประยุกต์ (application) ที่อาศัย SIP ในการเชื่อมต่อ เช่น การประชุมด้วยวิดีโอ (video conferencing), การกระจายข้อมูลภาพและเสียง (streaming multimedia distribution), การส่งข้อความด่วน (instant messaging), การส่งไฟล์ (file transfer) และ เกมส์ออนไลน์ เป็นต้น

SIP ถูกออกแบบโดยนาย Henning Schulzrinneและนาย Mark Handlyตั้งแต่ปี ค.ศ. 1996 และในปี ค.ศ. 2000 SIP ได้ถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบ IP Multimedia Subsystem (IMS) ของ 3GPP ซึ่งมาตรฐานการส่งสัญญาณมัลติมีเดียแบบ IP-based บนระบบ โทรศัพท์เคลื่อนที่ (cellular) อีกด้วย

โพรโทคอล SIP ทำงานอยู่บน Application Layer และถูกออกแบบโดยไม่คำนึงถึงชนิดของ Transport Layer ที่ใช้ในการส่งข้อมูล SIP สามารถทำงานบน Transmission Control Protocol (TCP), User Datagram Protocol (UDP), หรือ Stream Control Transmission Protocol (SCTP) ได้ โพรโทคอล SIP ทำงานในลักษณะ text-based ซึ่งมีลักษณะการทำงานคล้าย Hypertext Transfer Protocol (HTTP) และ Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)

โพรโทคอล SIP ถูกออกแบบมาคล้ายกับโพรโทคอล HTTP ในส่วนของการร้องขอและการตอบรับ (request/response) ระหว่างลูกข่าย (client) ซึ่งเป็นผู้เริ่มต้นการเชื่อมต่อ โดยส่งการร้องขอ (request) การทำงานบางอย่างกับเครื่องแม่ข่าย (server) และ SIP ยังใช้ข้อมูล header, กฎการเข้ารหัส และหมายเลขสถานะ (status codes) เหมือนกับ HTTP อีกด้วย

ในการส่งสัญญาณมีเดีย SIP จะต้องทำงานร่วมกับโพรโทคอลอื่นๆในการส่งสัญญาณ แต่ SIP เท่านั้นที่จะถูกใช้เป็นตัวเริ่มต้นการสื่อสาร (communication session) โดยปกติ SIP ฝั่งลูกข่าย (client) จะใช้โพรโทคอล TCP หรือ UDP พอร์ตหมายเลข 5060 หรือ 5061 ในการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย (server) หรือ SIP endpoint โดยพอร์ตหมายเลข 5060 จะใช้ในการส่งสัญญาณแบบไม่เข้ารหัส (non-encrypted signaling traffic) ส่วนพอร์ตหมายเลข 5061 จะใช้ในกรณีที่มีการส่งสัญญาณแบบเข้ารหัส และจะทำงานร่วมกับ Transport Layer Security (TLS) อีกที โดยหลักๆแล้ว

SIP จะทำหน้าที่ติดต่อหรือยกเลิกการส่งสัญญาณเสียงหรือภาพวิดีโอ ซึ่งในโปรแกรมประยุกต์หลายชนิดจะใช้ SIP ในการส่งข้อมูลมิเดียเช่น โปรแกรม instant messaging ที่สามารถส่งภาพและเสียงพร้อมกันได้ นอกจากนี้ยังมีเอกสารหลากหลายฉบับที่เกี่ยวข้องกับ SIP ซึ่งถูกประกาศโดย IETF เช่น Real-time Transport Protocol (RTP), Session Description Protocol (SDP) โดย SDP จะถูกใช้ร่วมกับ SIP สำหรับการทำข้อตกลง (negotiate) รูปแบบตัวแปรที่ใช้ในการเชื่อมต่อข้อมูลมิเดีย เช่น หมายเลขพอร์ต , โพรโทคอล, การเข้ารหัสสัญญาณมิเดีย (codecs) โดยข้อมูลของ SDP เหล่านี้จะถูกส่งภายใต้ข้อมูลของ SIP packet body อีกที

เป้าหมายในการออกแบบโพรโทคอล SIP ก็เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการเริ่มต้นการส่งสัญญาณโทรศัพท์ (signaling and call setup protocol) บนเครือข่ายแบบ IP-based และสามารถทำงานร่วมกับ public switched telephone network (PSTN) ที่มีอยู่เดิมได้ทันที และ SIP ถูกออกแบบมาโดยอ้างอิงถึงการเชื่อมต่อกันระว่าง proxy server และ user agents เพื่อให้มีลักษณะคล้ายกับการทำงานของโทรศัพท์มากที่สุด เช่น การส่งหมายเลข (dialing a number), การส่งสัญญาณกระดิ่ง (ringing), การส่งสัญญาณรอการเชื่อมต่อ (ring back) และการส่งสัญญาณสายไม่ว่าง (busy tone)

โพรโทคอล SIP ยังเพิ่มความสามารถพิเศษให้กับโพรโทคอล Signaling System 7 (SS7) อีกด้วย ถึงแม้ทั้งสองโพรโทคอลจะทำงานแตกต่างกันมาก เพราะ SS7 เป็นโพรโทคอลที่ทำงานอยู่บนแกนกลางของระบบเครือข่ายที่เชื่อมต่อกับเครื่องลูกข่ายจำนวนมาก ซึ่งจะแตกต่างกับ SIP ที่เป็นโพรโทคอลที่ทำงานแบบ peer-to-peer ที่ทำงานระหว่าง endpoint กับ endpoint

ถึงแม้ว่าจะมีโพรโทคอลหลากหลายที่ใช้งานบน VoIP signaling protocols แต่ SIP ยังเป็นที่นิยมในการสื่อสารแบบ IP community มากกว่า telecommunications industry นอกจาก SIP แล้วยังมีโพรโทคอล H.323 ของ International Telecommunication Union (ITU) ที่ทำงานลักษณะเดียวกันอีกด้วย

2.4.2 Protocol H.323

H.323 เป็นมาตรฐานที่อนุมัติโดย International Telecommunication Union (ITU) ในปี 1996 เพื่อส่งเสริมขีดความสามารถนารส่งผ่าน video conference ข้ามเครือข่าย IP เริ่มแรก H.323 ได้รับการส่งเสริมวิธีการให้ความสอดคล้องกันของเสียง วิดีโอ และการส่งผ่านแพคเกตข้อมูลในเหตุการณ์นั้น ที่เครือข่ายท้องถิ่น (local area network หรือ LAN) ไม่ให้การประกันคุณภาพการบริการ ถึงแม้ว่า สิ่งนี้เป็นที่สงสัยในตอนแรก เมื่อผู้ผลิตปรับปรุง H.323 แต่เดี๋ยวนี้ได้รับการพิจารณาเป็นมาตรฐานสำหรับการทำงานภายในของเสียง วิดีโอ และการส่งผ่านข้อมูล รวมถึง

โทรศัพท์อินเตอร์เน็ต และ Voice over IP (VoIP) เพราะสิ่งนี้ควบคุมการเรียกและจัดการสำหรับทั้งการประชุมแบบ point-to-point และ multipoint รวมถึงการบริหาร gateway ของการจราจรสื่อ แถบความกว้าง (bandwidth) และการเข้าร่วมของผู้ใช้

H.323 ซึ่งอธิบายการสื่อสารมัลติมีเดียเกิดขึ้นอย่างไรระหว่างจุดปลายคือ อุปกรณ์เครือ ข่าย และการบริการนั้น เป็นส่วนของกลุ่มขนาดใหญ่ของ ITU recommendation สำหรับการทำงานภายในมัลติมีเดียที่เรียกว่า H.3x ชุดล่าสุดของ recommendation เหล่านี้ H.248 เป็น recommendation เพื่อให้มาตรฐานเดียวสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ gateway ในการส่งผ่านแพ็คเก็ตมัลติมีเดียเพื่อยอมให้เชื่อมต่อจาก LAN ถึง Public Switched Telephone Network (PSTN) รวมถึงจุดปลายมาตรฐานอื่น

2.5 รูปแบบการเข้ารหัสสัญญาณของ Voice over IP

รูปแบบการเข้ารหัสสัญญาณของ Voice over IP ในปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบของการเข้ารหัสสัญญาณออกมาเป็นจำนวนมาก แต่ในที่นี้จะพูดถึงรูปแบบการเข้ารหัสสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมที่เราได้นำมาทำการทดสอบ ซึ่งประกอบด้วย

2.5.1 การเข้ารหัสสัญญาณแบบ Silk

การเข้ารหัสแบบ Silk เป็นการเข้ารหัสที่ถูกพัฒนาโดยโปรแกรม VoIPSkypeที่รองรับอัตราการสุ่มตัวอย่างได้หลายอัตราเช่น 8 ,12, 16, และ 24 kHz และอัตราเร็วบิตสามารถกำหนดให้มีค่าระหว่าง 6 และ 40 kbpsในด้านที่เป็น wideband ได้รับการรองรับจาก 7kbpsขึ้นไปและ super wideband ตั้งแต่ 12 kbps ขึ้นไป นอกจากนี้ Silk ยังรองรับการสำรองข้อมูลและสามารถเข้ารหัสและทำ packetizedร่วมกันได้ถึงห้าเฟรม การทำ packetizationจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเข้ารหัสเล็กน้อยแต่ก็เพิ่ม delay ด้วย ข้อมูลสำรองนั้นช่วยเพิ่มอัตราเร็วบิตแต่จะช่วยเพิ่มคุณภาพได้ในกรณีที่มีเกิดการสูญเสียของเฟรม อัตราเร็วบิตและแบนด์วิดธ์ของสัญญาณของการเข้ารหัสแบบ Silk จะแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลา

2.5.2 การเข้ารหัสสัญญาณแบบ G.729

มาตรฐาน G.729 เป็นเสียงอัลกอริทึมการบีบอัดข้อมูลเสียง โดยที่บีบอัดเสียงดิจิตอลไว้ในแพ็กเก็ตในระยะเวลา 10 มิลลิวินาทีมาตรฐาน G.729 ถูกอธิบายอย่างเป็นทางการว่าเป็นการเข้ารหัสของเสียงพูดที่ 8 kbpsโดยใช้การทำนายการเข้ารหัสเสียงพูดเชิงเส้น (CS-ACELP) เนื่องจากความต้องการแบนด์วิดธ์ต่ำดังนั้นมาตรฐาน G.729 ส่วนใหญ่จะใช้ใน แอพพลิเคชั่นของ Voice over

Internet Protocol (VoIP) ที่จะต้องรักษาแบนด์วิดธ์ไว้ เช่น การประชุมสาย มาตรฐาน G.729 ดำเนินการที่อัตราเร็วบิตจาก 8 kbps แต่ก็อนุญาตให้ดำเนินการที่อัตราเร็วบิต 6.4 kbpsและ 11.8 kbpsสำหรับคุณภาพที่แย่ที่สุดและดีขึ้นมาตามลำดับ G.729 ได้รับการขยายให้มีคุณสมบัติต่างๆที่กำหนดโดยทั่วไปเป็น G.729a และ G.729b

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเสียง

1. Packet Loss โดยการวัดจากเปอร์เซ็นของแพ็คเก็ตที่ไปไม่ถึงจุดหมายปลายทาง หากสูงกว่า 3% ถือว่าเครือข่ายนั้นไม่เหมาะสมกับการใช้งาน VoIP เนื่องจากอาจมีปัญหาสัญญาณเสียงขาดตอน ซึ่งปัญหา Packet Loss นี้จะเพิ่มมากขึ้นตามลักษณะการใช้งานของระบบเครือข่ายที่เพิ่มสูงขึ้น

2. Jitter คือ คุณภาพของระบบเครือข่าย ที่วัดจากการแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการเดินทางของแพ็คเก็ตที่เป็นสัญญาณเสียง (Voice Information Packet) ซึ่งอุปกรณ์ VoIPที่ฝั่งผู้รับสามารถลดปัญหานี้ได้โดยจัดให้แพ็คเก็ตที่ได้รับมารวมตัวกันอยู่ใน Jitter Buffer ก่อนแปลงเป็นสัญญาณเสียงที่ไม่มีการสะดุดหรือขาดตอน JitterBuffer มีความยาวเป็นมิลลิวินาที (ms) หรือที่เรียกว่า Jitter Buffer Depth ซึ่งควรมีค่าประมาณ 2 เท่าของขนาดความแปรปรวนของระยะเวลาในการเดินทางของแพ็คเก็ต หรือ Jitter ที่เกิดขึ้นจริงในระบบเครือข่าย ถ้าหากค่า Jitter มีค่ามากกว่า 50msแล้วจะเป็นการยากที่จะได้สัญญาณเสียงที่ราบเรียบ อีกทั้งการใช้ Jitter Buffer บ่อยครั้งก็จะส่งผลให้เกิดอาการสัญญาณเสียงขาดหายเป็นช่วงๆ ดังนั้น การปรับตั้งค่า Jitter Buffer Depth จะต้องมีความเหมาะสมกับลักษณะของระบบเครือข่ายด้วย

3. Latency หรือ Delay คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของแพ็คเก็ตจากต้นทางไปยังปลายทาง หากใช้เวลามากกว่า 150-200msอาจจะเป็นปัญหาสำหรับอุปกรณ์ VoIP ได้ ในรูปแบบของเสียงสะท้อนหรือเสียงก้อง และหากมีค่ามากกว่า 400ms จะมีผลกระทบต่อความชัดเจนของเสียงสนทนา แต่ทั้งนี้หากการสื่อสารของทั้งระบบเป็นอุปกรณ์แบบดิจิตอลทั้งหมด ปัญหาเรื่องเสียงก้องหรือเสียงสะท้อนก็จะมีน้อยมาก

4. Bandwidth ในการนำ VoIP มาใช้ในระบบเครือข่ายนั้นจะต้องมี Bandwidth ที่เพียงพอที่จะส่งผ่านแพ็คเก็ตของสัญญาณเสียง ซึ่งแบ่งออกเป็น Available Bandwidth และ Raw Bandwidth (หรือ Total Bandwidth) ซึ่งเป็นสิ่งที่ชี้วัดถึงปริมาณของข้อมูลที่สามรถส่งผ่านภายในระบบเครือข่าย การตรวจสอบทำได้จากการวัดเปรียบเทียบปริมาณข้อมูลสัญญาณเสียง (Voice Data) ที่ต้องการกับปริมาณข้อมูลที่ระบบเครือข่ายสามารถรองรับได้ ซึ่งสิ่งที่ต้องระมัดระวังในเรื่องของ Bandwidth มีดังนี้

   4.1 Raw Bandwidth เป็นสิ่งที่ผู้ใช้บริการระบบเครือข่ายคุ้นเคย เนื่องจากเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณข้อมูลที่ระบบเครือข่ายสามารถรองรับได้ ต่อการเชื่อมต่อแต่ละจุด

   4.2 Bottleneck หรือ คอขวด เป็นสิ่งที่อาจเกิดขึ้นในกรณีที่ผู้รับและผู้ส่งมี Available Bandwidth ไม่เท่ากัน

   4.3 Codec ก่อนที่จะทราบว่าระบบเครือข่ายที่มีอยู่จะสามารถรองรับข้อมูลที่เป็นสัญญาณเสียงได้หรือไม่นั้น จะต้องทราบปริมาณข้อมูลสัญญาณเสียงที่ต้องการใช้งานก่อน โดยสามารถประมาณการณ์ได้จาก การนับจำนวนการใช้โทรศัพท์ที่จะใช้ผ่านระบบเครือข่ายคูณด้วยปริมาณของการจลาจ รบนระบบเครือข่ายต่อการโทร 1 ครั้ง หรือที่เรียกว่า Traffic-per-call ที่ขึ้นอยู่กับ Codec ที่ใช้ ซึ่งสามารถแสดงได้ ดังตารางที่ 2.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Codec	Ms/Packet	Bandwidth(Kbps)
G.711	20	83
G.711	30	76
G.729	20	26.4
G.729	40	17.2
G.723	30	18.4
G.723	60	12.3

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดของ Bandwidth ที่ใช้ของแต่ละ Codec

โดยที่ Codec หมายถึงวิธีการเข้ารหัสสัญญาณเสียงให้กลายเป็นข้อมูลที่สามารถส่งผ่านทางระบบเครือข่ายได้ จากตารางจะเห็นได้ว่า CodecG.711 ให้คุณภาพเสียงเช่นเดียวกับคุณภาพเสียงที่ได้จากระบบโทรศัพท์พื้นฐาน แต่ต้องใช้ AvailableBandwidth ถึง 83Kbps ต่อการใช้โทรศัพท์หนึ่งครึ่ง

การควบคุมคุณภาพการให้บริการ (QoS)

การออกแบบระบบเครือข่าย จะมีผลกระทบโดยตรงกับคุณภาพของเสียงที่ได้รับ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเสียงนั้นมี 5 ประการ คือ

Availability

Availability คือ ความพร้อมในการให้บริการ คือ ค่าที่คิดเป็นเปอร์เซ็นของระบบเครือข่ายที่สามารถทำงานและให้บริการได้ ค่าที่เหมาะสมของระบบเครือข่ายที่ให้บริการด้านข้อมูลเสียง คือ 99.999% ความสามารถในการให้บริการที่สูงสามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพและเครือข่ายที่ไว้ใจได้ อย่างไรก็ตามความสามารถในการให้บริการนี้ จะคิดได้โดยหลักความน่าจะเป็น (Probability) เพราะฉะนั้นการคำนวณโดยรวมค่า MTBF(Mean Time between Failures) ของอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกันจึงเป็นวิธีที่ไม่เป็นมาตรฐานและถูกต้อง

Throughput

Throughput คือ ค่าอัตราการส่งผ่านข้อมูล ซึ่งหมายถึงจำนวนทราฟฟิกหรือแบนด์วิดธ์ ที่ถ่ายโดนข้อมูลได้ในช่วงเวลาหนึ่ง โดยปกติแล้วการสนทนาบนระบบเครือข่ายแลน ถ้ามีแบนด์วิดธ์มากเท่าใด คุณภาพเสียงก็จะดีไปด้วย หากเป็นระบบแวนซึ่งมีความเร็วของจุดเชื่อมต่อจำกัด ค่าอัตราการส่งผ่านข้อมูลจะขึ้นอยู่กับความเร็วของคู่สายที่เช่ามาจากผู้ให้บริการ ดังนั้น การใช้ VoIP ในองค์กรจึงจำเป็นต้องคำนวณประสิทธิภาพการบีบอัดข้อมูลและการจำกัดแบนด์วิดธ์ที่เหมาะสม เพื่อให้การสื่อสารด้วยเสียงมีคุณภาพดีพอ ในขณะที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายมากเกินไป

Delay and Echo

Delay and Echo คือ ค่าการหน่วงเวลาหรือความล่าช้าและเสียงสะท้อน จะคำนวณโดยวัดค่าเฉลี่ยของเวลาที่ข้อมูลเดินทางเข้าไปในเครือข่ายจนถึงเวลาที่ออกจากเครือข่าย ค่าหนวงเวลานับว่ามีผลอย่างมากต่อคุณภาพของเสียง เพราะถ้าหากค่าหน่วงเวลาอยู่ระหว่าง 100-150msก็จะทำให้การสนทนาไม่เป็นธรรมชาติ ในขณะที่ถ้ามากกว่า 200msก็จะทำให้การสื่อสารเกิดความยากลำบาก คุณภาพเสียงที่ดีพอของระบบเครือข่ายจำเป็นต้องมีค่าหน่วงเวลาที่ไม่มากไปกว่าที่ ITU-TG.114 ได้ให้คำแนะนำว่า ค่าหน่วงเวลาไปกลับ (Round Trip Time) ของการสื่อสารด้วยเสียงระหว่าง Gateway ของVoIP นั้นไม่ควรมากกว่า 300ms

ค่าหนวงเวลาของการสื่อสารนั้นเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ ได้แก่

- ค่าหนวงเวลาของแพ็คเก็ตข้อมูล (Packetization Delay) เป็นเวลาที่ตัวเข้ารหัส และถอดรหัสใช้ในการแปลงสัญญาณอะนาล็อกไปเป็นดิจิตอล
- ค่าหน่วงเวลาในการกระจายข้อมูล (Propagation Delay) เป็นเวลาที่ข้อมูลใช้ในการเดินทางผ่านเคเบิล ถึงแม้ว่าข้อมูลจะเดินทางผ่านสื่อเหล่านี้ได้ด้วยความเร็วที่ใกล้เคียงกับความเร็วแสงซึ่งเป็นค่าที่คงที่ก็ตาม แต่ถ้าแพ็คเก็ตต้องเดินทางอ้อมโดยไม่จำเป็นค่าหน่วงเวลาที่เกิดจากการกระจายข้อมูลก็จะมากขึ้นไปด้วย
- เวลาในการเข้าคิว (Queuing Delay) เมื่อแพ็คเก็ตข้อมูลถูกส่งเข้าไปในเครือข่ายแล้วข้อมูลจำเป็นต้องเข้าคิว เพื่อถูกส่งไปบนเส้นทางเดียวกัน ซึ่งการเข้าคิวเพื่อรอรับการส่งนี้ก่อให้เกิดค่าหน่วงเวลาขึ้น

Delay Variation คือค่าความผันผวนของการหน่วงเวลา เป็นค่าที่บอกความแตกต่างของค่าหน่วงเวลาในแต่ละแพ็คเก็ตข้อมูล เพราะถ้ามีความผันผวนมากจะเรียกว่า Jitter แต่ถ้าผันผวนน้อย

จะเรียกว่า Wonder ค่าความผันผวนนี้จะมีผลต่อทราฟฟิกของการส่งข้อมูลแบบ Real Time ถ้าระบบมี Jitter มาก ก็จะทำให้การส่งข้อมูลมีความผันผวนมาก ทำให้คุณภาพเสียงแย่ลงการแก้ปัญหาของ Jitter ทำได้โดยการใช้ Buffer ตามปกติของการสื่อสารด้วยเสียงผ่านเครือข่าย IP ค่า Jitter ควรน้อยกว่า 60 ms

Packet Loss คือ ค่าการสูญหายของแพ็คเก็ต จำนวนแพ็คเก็ตที่สูญหายมีความสำคัญมากต่อการสื่อสารข้อมูลเสียง เนื่องจากทำให้เกิดเสียงรบกวนหรือขาดหายไป ถ้ามีมากจนเกินไปก็อาจจะทำให้ไม่สามารถสนทนาได้ต่อไป ค่าปกติของอัตราการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลในระบบ VoIP ไม่ควรมีมากกว่า 3%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
โครงสร้างการทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพการสื่อสารผ่านVoice over IP

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของ โครงสร้างการทดสอบผ่านเครือข่ายในรูปแบบต่างๆซึ่งได้จัดทำการอธิบายในรูปแบบของแผนภาพการเชื่อมต่อเครือข่ายต่างๆพร้อมระบุข้อมูลรวมถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ทำการทดสอบ เช่น รายละเอียดของ Access point, Switch,คอมพิวเตอร์ที่ทำการทดสอบ,โทรศัพท์ที่ทำการทดสอบ ,แอร์การ์ด 3G รวมถึงการใช้งานของโปรแกรมที่ทำการทดสอบ(Skype) และวิธีการเพื่อทดสอบเพื่อหาค่า พารามิเตอร์ Packet loss,Jitterและ Round trip time

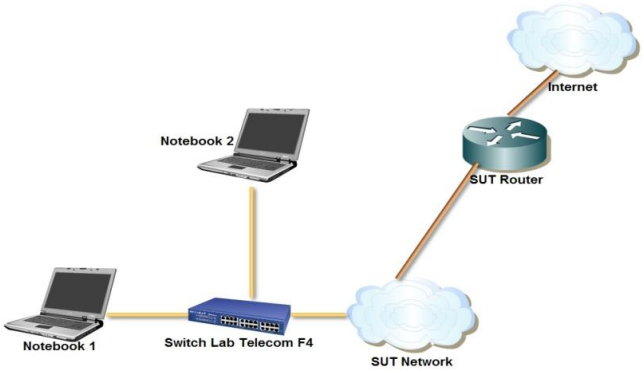
3.2 ระบบเครือข่ายที่ใช้การทดสอบในการสนทนา

ในการทดลองและทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการสื่อสารของVoIPนั้น จะทำการทดลองผ่านระบบเครือข่ายที่ต่างๆ โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณีดังนี้

3.2.1 เครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

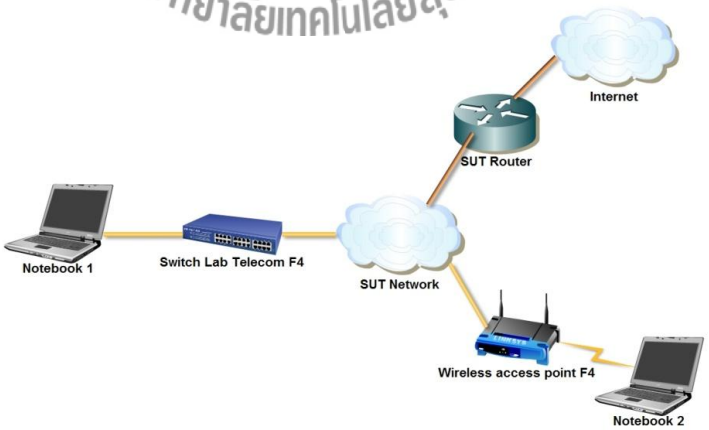
การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กรณีคือ ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ Ethernet LAN และระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ Wireless LAN

กรณีที่ 1 เป็นการวัดประสิทธิภาพการสื่อสารVoice over IP ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ Ethernet LANภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยผู้โทรและผู้รับอยู่ในเครือข่าย ระบบเดียวกัน ซึ่งเมื่อ Notebook 1ทำการโทรหา Notebook 2 ในช่วงแรกของการติดต่อสื่อสาร Notebook 1 ซึ่งเป็นผู้โทรจะต้องมีการขออนุญาตไปยัง Gate Keeperก่อนเพื่อติดต่อสื่อสารกับ Notebook 2 จากนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งสองจึงสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยผ่านสวิทช์ไปยัง Notebook 2 ได้โดยตรง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3-1



รูปที่3-1การเชื่อมต่อ Notebook 1ไปยัง Notebook 2 โดยใช้เครือข่ายภายในมหาวิทยาลัย (Ethernet - Ethernet)

กรณีที่ 2เป็นการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IPระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับเครือข่ายระบบไร้สายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (WLAN)เมื่อ Notebook 1 ทำการโทรหา Notebook 2 ในช่วงแรกของการติดต่อสื่อสาร Notebook 1 ซึ่งเป็นผู้โทรจะต้องมีการขออนุญาตไปยัง Gate Keeperดังเช่นกรณีที่ 1 ก่อนเพื่อติดต่อสื่อสารกับ Notebook 2 จากนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งสองจึงสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยผ่านสวิทช์ไปยัง SUT Network ผ่านไปที่ Wireless access point F4 แล้วจึงกระจายสัญญาณไปที่ Notebook 2 ดังรูปที่ 3-2

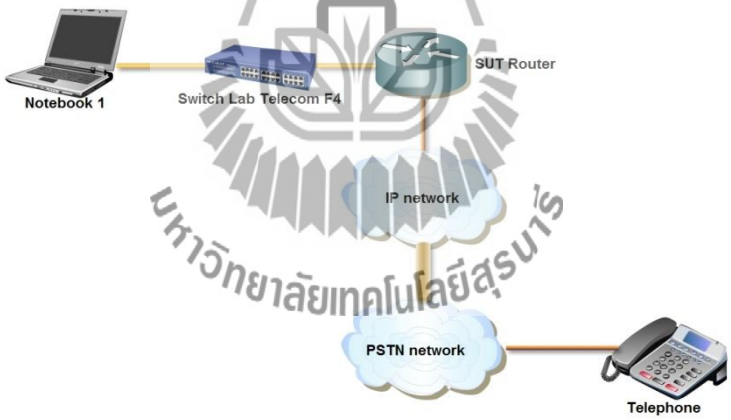


รูปที่3-2การเชื่อมต่อ Notebook 1ไปยัง Notebook 2 โดยใช้เครือข่ายภายในมหาวิทยาลัย (Ethernet - WLAN)

3.2.2 เครือข่ายระหว่างภายในและภายนอกมหาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

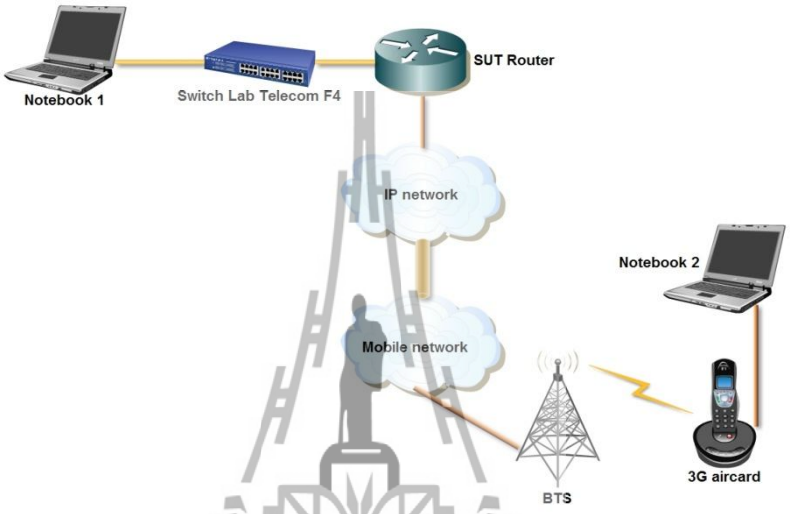
การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและเครือข่ายภายนอกแบ่งการทดลองออกเป็น 5 กรณีคือ ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ PSTN ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ 3G ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ MobileSystemระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ DSL และระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ Wireless LAN ภายนอก

กรณีที่ 1 เป็นการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่าย Ethernet LANภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีกับเครือข่ายระบบโทรศัพท์สาธารณะ (PSTN) โดย Notebook 1 ทำการโทรหาโทรศัพท์สาธารณะ การสื่อสารของทั้งสองจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยผ่านสวิทช์ไปยัง SUT Router ผ่านไปที่ IP network แล้ววิ่งเข้า PSTN แล้วจึงส่งข้อมูลไปที่โทรศัพท์ดังรูปที่ 3-3



รูปที่3-3การเชื่อมต่อ Notebook 1ไปยัง Telephoneโดยใช้เครือข่ายภายในมหาลัยเทคโนโลยี สุรนารีกับเครือข่ายภายนอก(Ethernet – PSTN)

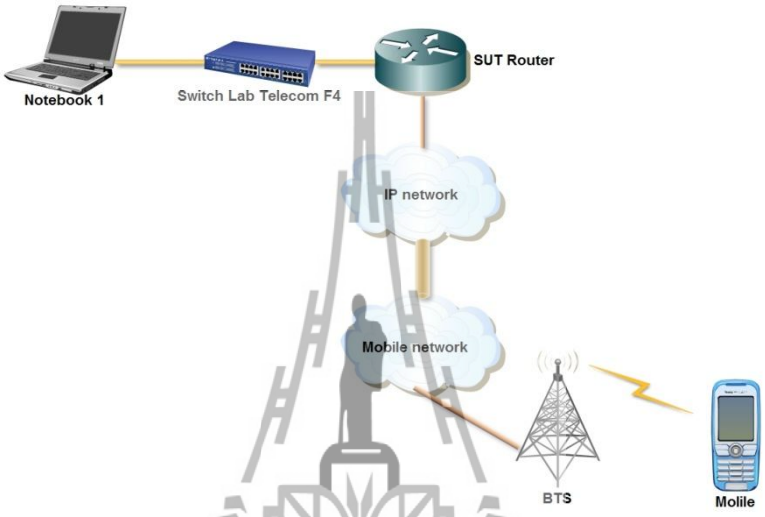
กรณีที่ 2เป็นการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีกับเครือข่าย 3G โดย Notebook 1 ทำการโทร Notebook 2 การสื่อสารของทั้งสองจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยผ่านสวิทช์ไปยัง SUT Router ผ่านไปที่ IP network และเข้าสู่เครือข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่าน BTSแล้วจึงส่งข้อมูลไปที่ 3G (Aircard)ที่ Notebook 2 ดังรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4การเชื่อมต่อ Notebook 1ไปยัง Notebook 2 โดยใช้เครือข่ายภายในมหาลัย เทคโนโลยีสุรนารีกับเครือข่ายภายนอก(Ethernet – 3G (Aircard))

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

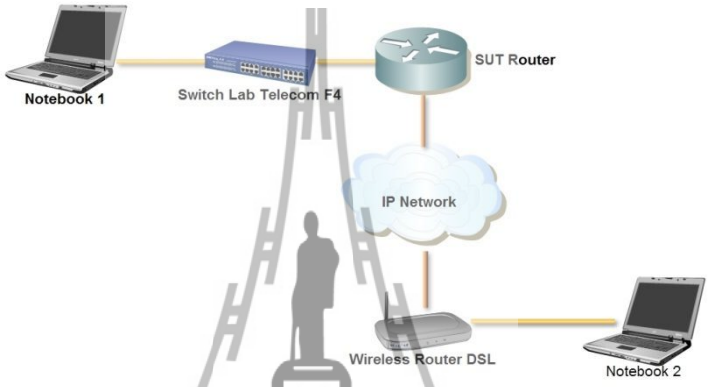
กรณีที่ 3 เป็นการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดย Notebook 1 ทำการโทรไปหา Mobile การสื่อสารของทั้งสองจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยผ่านสวิทช์ ของ Lab 4 ไปยัง SUT Router ผ่านไปที่ IP network และเข้าสู่เครือข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่าน BTS ดังเช่น เครือข่ายระบบ 3G แล้วจึงส่งข้อมูลไปที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ดังต้องการ ดังรูปที่ 3-5



รูปที่3-5การเชื่อมต่อ Notebook 1 ไปยัง Mobile โดยใช้เครือข่ายภายในมหาลัยเทคโนโลยีสุรนารีกับเครือข่ายภายนอกระหว่าง (Ethernet – Mobile)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

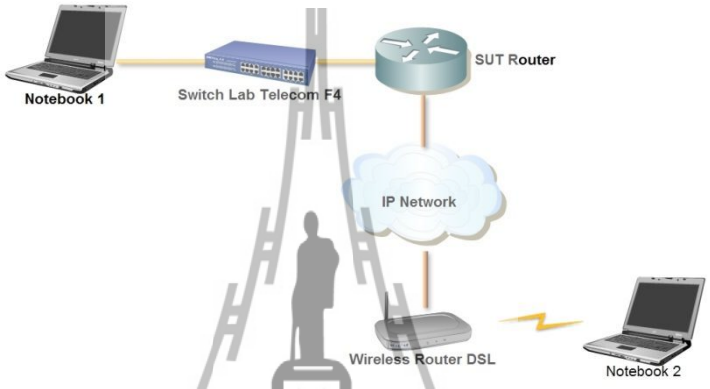
กรณีที่ 4 เป็นการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีกับเครือข่าย DSL โดย Notebook 1 ทำการโทรไปหา Mobile การสื่อสารของทั้งสองจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยผ่านสวิทช์ ของ Lab 4 ไปยัง SUT Router ผ่านไปที่ IP network และเข้าสู่ Wiless routerDSL แล้วจึงใช้สาย LAN เพื่อเชื่อมต่อไปยัง Notebook 2 ดังรูปที่ 3-6



รูปที่3-6การเชื่อมต่อ Notebook 1 ไปยัง Notebook 2 โดยใช้เครือข่ายภายในมหาลัย เทคโนโลยีสุรนารีกับเครือข่ายภายนอก (Ethernet – DSL)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กรณีที่ 5 เป็นการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีกับเครือข่าย WLAN ภายนอก โดย Notebook 1 ทำการโทรไปหา Mobile การสื่อสารของทั้งสองจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยผ่านสวิทช์ ของ Lab 4 ไปยัง SUT Router ผ่านไปที่ IP network และเข้าสู่ Wireless routerDSL แล้วจึงกระจายสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อไปยัง Notebook 2ดังรูปที่ 3-7



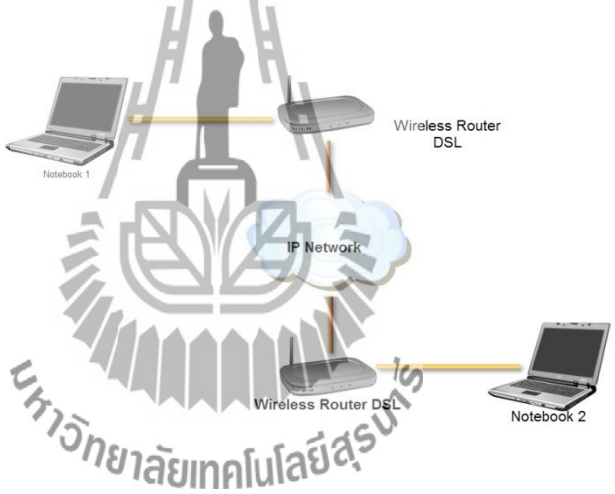
รูปที่3-7การเชื่อมต่อ Notebook 1 ไปยัง Notebook 2 โดยใช้เครือข่ายภายในมหาลัย เทคโนโลยีสุรนารีกับเครือข่ายภายนอก(Ethernet – DSL(Wireless))

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.3 เครือข่ายภายนอกมหาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

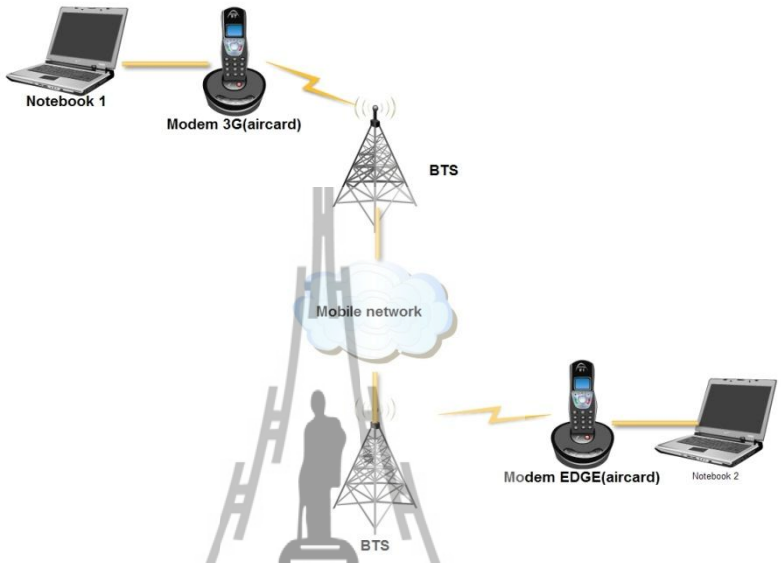
การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กรณีคือ ระหว่างเครือข่าย DSL กับ DSL ระหว่างเครือข่าย 3G กับ EDGE ระหว่างเครือข่าย 3G กับ Mobile System และระหว่างเครือข่าย 3G กับ PSTN

กรณีที่ 1 เป็นการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่าย DSL ทั้งสองด้าน โดย Notebook 1 ทำการโทรไปหา Notebook 2 การสื่อสารของทั้งสองจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยผ่าน Wireless routerDSL ออกไปยัง IP network และเข้าสู่ Wireless routerDSL อีกครั้งแล้วจึงกระจายสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อไปยัง Notebook 2ดังรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-8การเชื่อมต่อ Notebook 1ไปยัง Notebook 2 โดยใช้เครือข่ายภายนอกมหาลัย เทคโนโลยีสุรนารี(DSL-DSL)

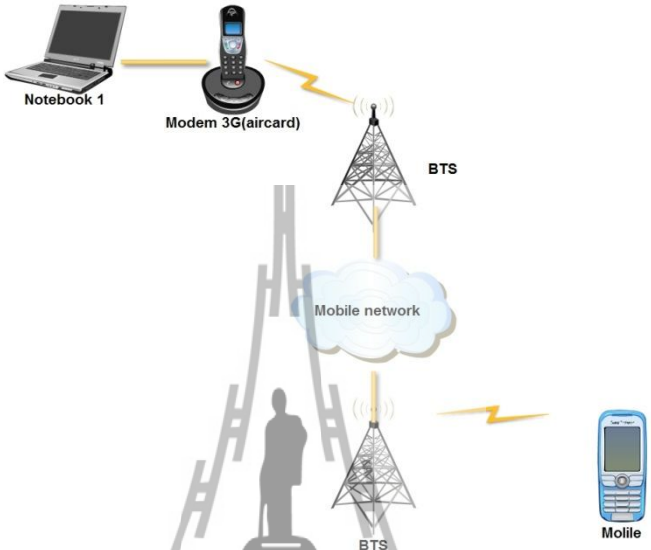
กรณีที่ 2 เป็นการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่าย 3G กับเครือข่ายระบบ EDGE โดย Notebook 1 ทำการโทรไปหา Notebook โดย Notebook 1จะส่งข้อมูลผ่านทางModem 3G(Aircard) ไปยัง BTS ก่อน แล้วจึงออกไปยัง IP network ก่อนจะเข้าสู่ Modem 3G(Edge) อีกครั้งเพื่อเชื่อมต่อไปยัง Notebook 2ดังรูปที่ 3-9



รูปที่ 3-9การเชื่อมต่อ Notebook 1 ไปยัง Notebook 2 โดยใช้เครือข่ายภายนอกมหาลัย เทคโนโลยีสุรนารี(3G-EDGE)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

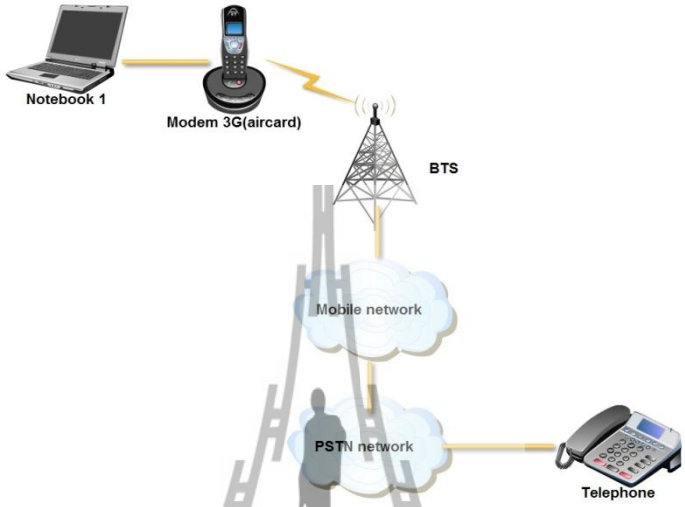
กรณีที่ 3 เป็นการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่าย 3G กับเครือข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่โดย Notebook 1 ทำการโทรไปหา Mobile โดย Notebook 1 จะส่งข้อมูลผ่านทาง Modem 3G (Aircard) ไปยัง BTS ก่อน แล้วจึงออกไปยัง IP network ก่อนจะเข้าสู่ BTS ของเครือข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อกระจายสัญญาณส่งข้อมูลไปที่ Mobile ดังรูปที่3-10



รูปที่3-10การเชื่อมต่อ Notebook 1 ไปยัง Notebook 2 โดยใช้เครือข่ายภายนอกมหาลัย เทคโนโลยีสุรนารี(3G –Mobile)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กรณีที่ 4 เป็นการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่าย 3G กับเครือข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดย Notebook 1 ทำการโทรไปหา Telephone โดย Notebook 1จะส่งข้อมูลผ่านทาง Modem 3G (Aircard) ไปยัง BTS ก่อน แล้วจึงออกไปยัง Mobile Systemก่อนจะเข้าเครือข่ายระบบโทรศัพท์สาธารณะแล้วส่งต่อไปยัง Telephone ดังรูปที่ 3-11



รูปที่ 3-11การเชื่อมต่อ Notebook 1ไปยัง Notebook 2 โดยใช้เครือข่ายภายนอกมหาลัย เ ทคโนโลยีสุรนารี(3G-PSTN)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3 รายละเอียดข้อมูลของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.3.1 รายละเอียด Access Point ที่จุดทดสอบภายในอาคารศูนย์เครื่องมือ 4

MAC: 001C58105950

SSID: SUT wifi

Channel:1

3.3.2 รายละเอียด Switch จุดทดสอบภายในอาคารศูนย์เครื่องมือ 4

Cisco 2950 Switch24 x 10/100 FastEthernet Port

3.3.3 รายละเอียดคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.3.3.1 รายละเอียดคอมพิวเตอร์ Notebook ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องที่ 1

-ยี่ห้อ Acer aspire 4520G

-AMD trurion(tm) 64X2 mobile technology TL-58(2 CPUs), 1.9 GHz

-3.00 GB of Ram

-Microsoft Windows 7 Ultimate 32-bit Service Pack 1

-Webcam 1.3 MP

-Chipset: NvidiaGeforce 128 MB

-VGA: Nvidia 8400M G Turbocache 128MB

-HDD: 120 GB (Toshiba)

-Monitor: 14-1 Widescreen กระจก

-DVD-Super Multi DL LG GSA-T20N

-Broadcom 802.11b/g Network Adapter WLAN

3.3.3.2 รายละเอียดคอมพิวเตอร์ Notebook ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องที่ 2

-ยี่ห้อ Acer aspire 4720Z

-Intel® Pentium® Dual-Core T2330 (1.6GHz, 1MB L2 Cache, 533MHz FSB)

-Mobile Intel® GL960 Express Chipset

- 1GB DDR2-667

- Intel® Graphics Media Accelerator (GMA) X3100 with up to 64MB

- 160GB(5400rpm)

- Microsoft Windows XP Professional 32-bit Service Pack 3

- 14-1″ WXGA Acer CrystalBrite TFT LCD (1280×800 pixel) / S-Video Out

- DVD-RW

- 5-in-1 card reader

- Acer CrystalEye Webcam

- Dolby Digital Live audio

- 56K Fax/Modem

- 10/100/1000Mbps LAN

- Acer InviLink 802.11b/g

- Integrated Bluetooth 2.0+EDR

3.3.3.3 รายละเอียดโทรศัพท์บ้านที่ใช้ในการทดสอบ

-ยี่ห้อPanasonic KX-TS600MX

-Handset: 4-Level / Speakerphone: 8-Level

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

-3-Line LCD

3.3.3.4 รายละเอียดโทรศัพท์มือถือที่ใช้ในการทดสอบ

-ยี่ห้อ Nokia N73

- GSM 850 / 900 / 1800 / 1900

- UMTS 2100

- 240 x 320 pixels, 2.4 inches, 36 x 48 mm (~167 ppi pixel density)

- Symbian OS v9.0 S60 3rd edition

- MIDI Tones, MP3, MP4, WAV

3.3.3.5รายละเอียดAircardที่ใช้ในการทดสอบเครื่องที่ 1

-AIRCARD 3G 'AIS' (E303)

-USB 2.0

-HSDPA/HSUPA/UMTS: 2100/900 MHz

-EDGE/GPRS/GSM: 1800/900 MHz

-Data Rate: 3G: 7.2 Mbps /EDGE: 384 Kbps

-Opneratig System Support: Microsoft Windows® 7 / Vista™ / XP / MAC

3.3.3.6 รายละเอียดAircardที่ใช้ในการทดสอบเครื่องที่ 2

-Aircard Huawei 7.2 mbps SURF II

- 3G HSUPA / HSDPA / UMTS 850/1900/2100 MHz

-EDGE/ GPRS 850/900/1800/1900 MHz

-7.2 Mbps (Download) /2 Mbps. (Upload)

- (Plug & Play), Windows XPVista SP1/SP2/SP3, Widows 7 และMac OS X

- 10.5 up (with latest upgrades)

3.4 โปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีชื่อว่า Skypeโดยโปรแกรมนี้แกรมนี้เป็นโปรแกรมโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตและมีจุดเด่นคือ สามารถอ่านค่าและกำหนดพารามิเตอร์บางอย่างได้เช่น อ่านค่า Packet loss, Jitter และ Roundtrip time เป็นต้น

สำหรับการทดสอบโครงงานนี้ จะใช้โปรแกรมนี้อ่านค่าพารามิเตอร์ข้ างต้น โดยที่ต้องอาศัยการสังเกตว่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร โดยเราอาจใช้โปรแกรม Snagit10

ในการบันทึกหน้าจอเป็นแบบวีดีโอเพื่อง่ายต่อการจดจำ ส่วนของหัวข้อนี้จะได้อธิบา ยการใช้งานของโปรแกรม Skypeดังต่อไปนี้

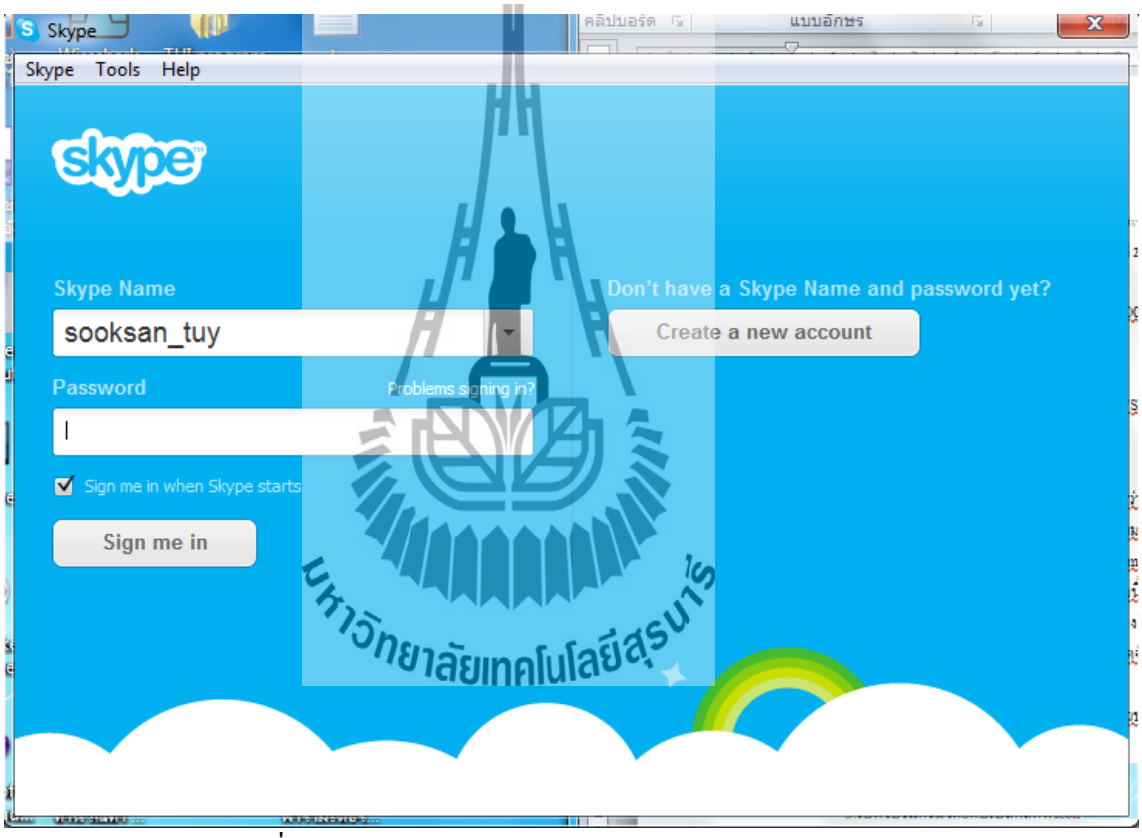
1.ทำการดาวน์โหลดโปรแกรม Skypeได้จากเว็ปไซต์www.Skype.com

2.ทำการติดตั้งโปรแกรม

3.เปิดโปรแกรมโดยดับเบิ้ลคลิกที่ Icon

ที่ Desktop

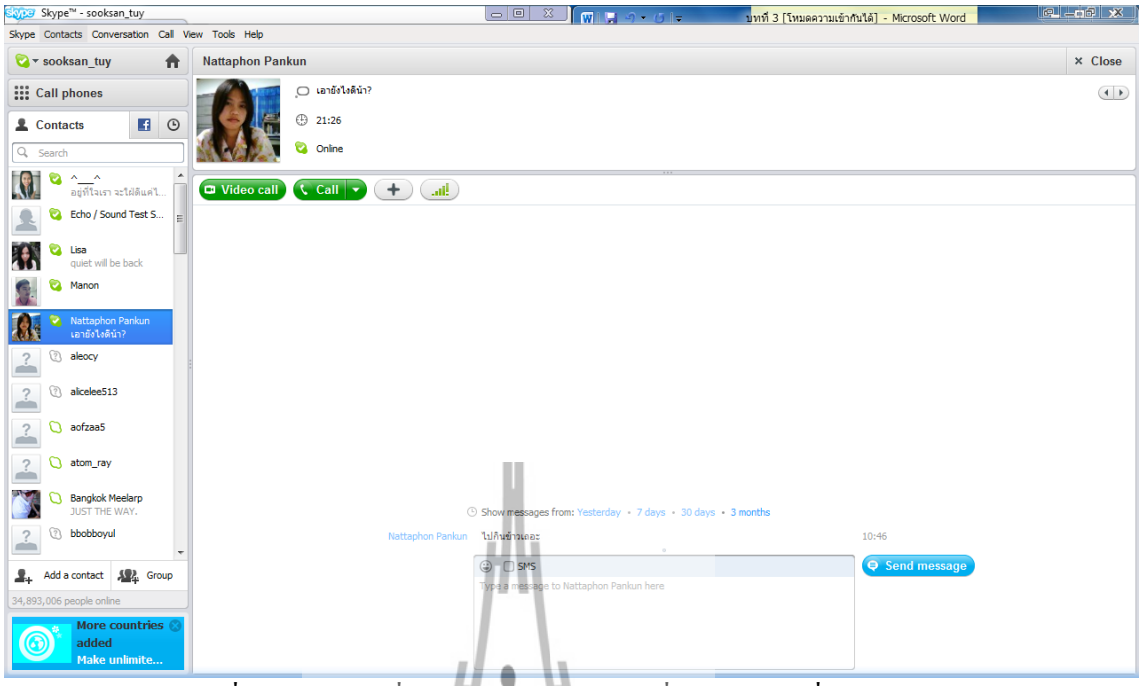
4-หลังจากเปิดโปรแกรม Skypeจะได้หน้าต่างดังรูปที่ 3-12



รูปที่ 3-12 หน้าจอ Login เข้าสู่ระบบของโปรแกรม Skype

5.การเข้าใช้งานระบบของ Skypeสำหรับผู้ที่มี Skype name กับ Password แล้วสามารถ sign in เข้าสู่ระบบได้เลย

6. เมื่อเข้าสู่ระบบแล้วจะเข้าสู่กน้าจอระบบดังรูปที่ 3-13

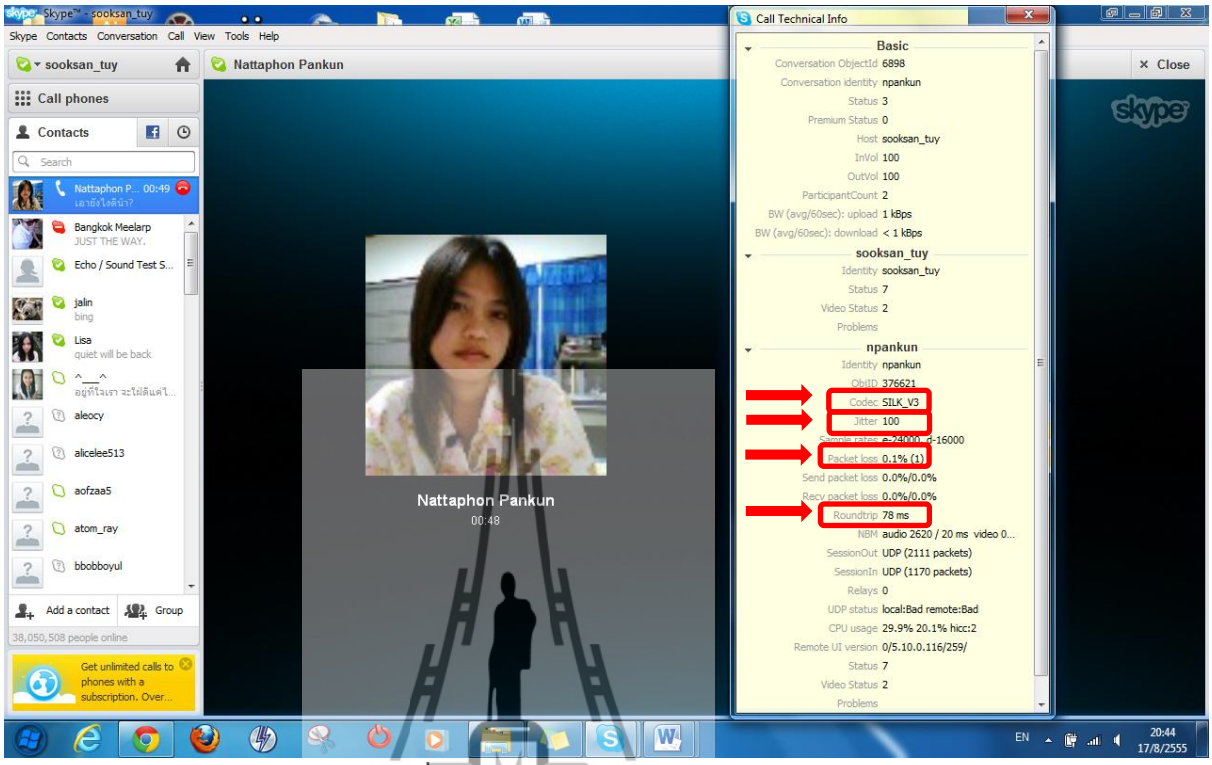


รูปที่ 3-13หน้าจอเริ่มการใช้งานระบบการสื่อสารผ่านเคลื่อข่ายอินเตอร์เน็ต

7.ทำการแสดงเพื่อดูค่าพารามิเตอร์ใน โปรแกรม Skypeในขณะสนทนา โดยเลือกที่ call -> call technical info ในขณะที่สนทนาผ่าน โปรแกรม Skypeดังรูปที่ 3-14

รูปที่ 3-14 การตั้งค่าเพื่อดูค่าพารามิเตอร์จากโปรแกรม Skype

8.จากนั้นจะปรากฏ Display technical info during call ดังรูป 3-15



รูปที่ 3-15 Display techcal in fo

8.1แถบ Codec ย่อมาจาก “Codec-Decoder” หรือ “Compressor-Decompressor” หมายถึง กลไกล (ของฮาร์ดแวร์หรือซอฟแวร์) การเข้า หรือถอดรหัส หรือการบีบอัด และคลายข้อมูล โดย Codec จะสามารถใช้ได้กับข้อมูลที่เป็นออดิโอ ข้อความ และวีดีโอ ซึ่งเราจะใช้ Codec ทำงานร่วมกับแทรค (track) เสียง ข้อความที่เป็นซับไตเติล และวีดีโอในแอพพลิเคชันการประชุมผ่านระบบวิดีโอ และการถ่ายทอดสื่อต่างๆ ด้วยกลไกลสตรีมมิ่ง ทั้งนี้ผู้ใช้อาจพบว่า คลิปวิดีโอบางไฟล์ที่ดาวน์โหลดมาจะมีการร้องขอ Codec เฉพาะบางตัวก่อนที่จะสามารถเล่นไฟล์ได้

8.2แถบ Jitter แสดงค่าการแปรปรวนของค่าลาเทนซี่ กล่าวคือ แพ็ คเก็ตที่เคลื่อนที่จากต้นทางไปยังปลายทางหลายๆ แพ็ คเก็ต ปรากฏว่าการไปถึงปลายทางใช้ระยะเวลาต่างกันทำให้ข้อมูลบางส่วนที่ไปก่อนอาจถึงทีหลัง หรือเวลาเหมือนกัน ทำให้การตรวจสอบลำดับของแพ็คเก็ตในผู้รับต้องทำด้วย

8.3แถบ Packet loss แสดงค่าเปอร์เซ็นการสูญเสียของแพ็ คเก็ต สำหรับตั้งค่าการสุ่มทิ้งข้อมูลเพื่อลดการใช้ Bandwidth

8.4แถบ Roundtrip time (RTT) แสดงเวลาตั้งแต่เริ่มส่ง Segment ไปจนได้รับ Acknowledgement

3.5 ขั้นตอนการเก็บค่าพารามิเตอร์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพการสื่อสารผ่านเครือข่าย

1.เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ Notebook1 ไปยังคอมพิวเตอร์ Notebook2 โดยใช้โปรแกรม Skype สนทนาด้วยเสียงเท่านั้น

2. เมื่อเข้าสู่การสนทนา VoIPผ่านโปรแกรม Skypeจากนั้นเริ่มทำการบันทึกค่าพารามิเตอร์ (รายละเอียดอยู่ในหัวข้อที่ 3.5) โดนในการทดลองจริงได้ใช้โปรแกรม Snagit10 ซึ่งเป็นโปรแกรมบันทึกหน้าจอในการบันทึกผลการทดลอง

3. เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ Notebook1 ไปยังคอมพิวเตอร์ Notebook2 โดยใช้โปรแกรม Skype สนทนาด้วยภาพและเสียงจากนั้นทำการบันทึกค่าพารามิเตอร์ (ทำเหมือนข้อ 2) จากนั้นทำการเชื่อมต่อสลับการ ทดลองในข้อ 1 และข้อ 3 จนครบสามครั้ง เพื่อนำไปเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ จากทำการทดลองทุกๆกรณีตั้งแต่ข้อ1 ถึงข้อ3 ยกเว้นกรณีสนทนาผ่าน เครือข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile system)และเครือข่ายระบบโทรศัพท์สาธารณะ (PSTN) เพราะไม่สามารถสนทนาแบบวีดีโอได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ผ่านระบบเครือข่ายต่างๆ

4.1 บทนำ

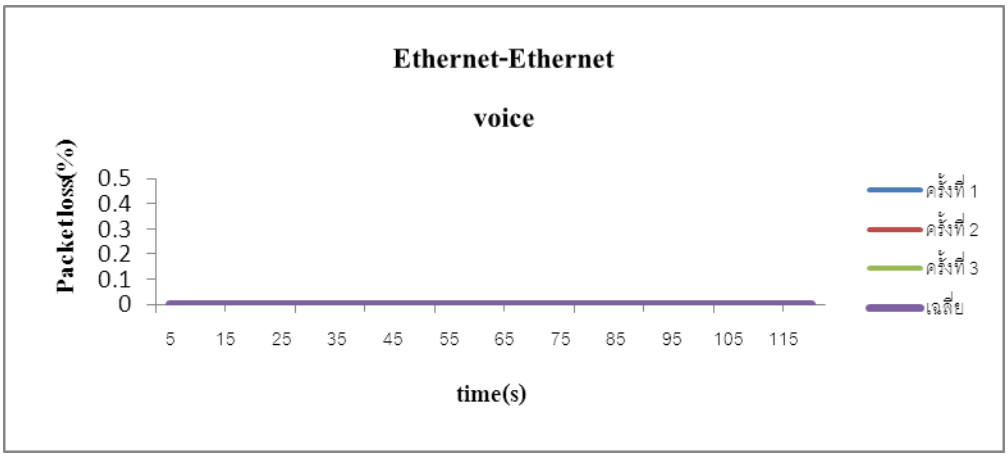
เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการนำผลที่ได้จากการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ผ่านระบบเครือข่ายต่างๆ โดยใช้โปรแกรม Skype ดูค่าพารามิเตอร์ต่างๆบนคอมพิวเตอร์ Notebook ที่เชื่อมต่อการสนทนา ค่าพารามิเตอร์ที่สังเกตคือ Packet loss , Jitter และ Round trip time ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามกรณีของเครือข่ายต่างๆคือ ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระหว่างเครือข่ายภายในกับภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยสุรนารี จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในกรณีต่างๆ

4.2 ผลการวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IPระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

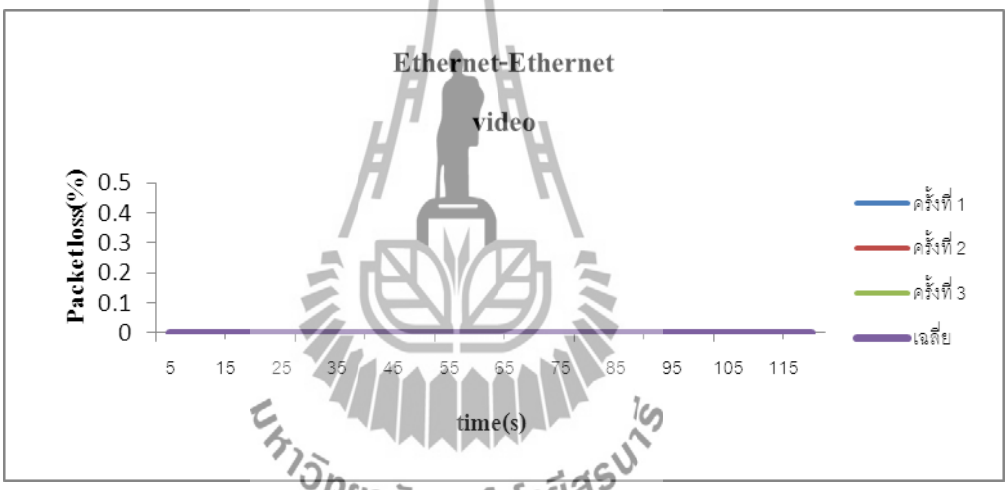
การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กรณีคือ ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ Ethernet LAN และระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ Wireless LAN

4.2.1ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ Ethernet LAN

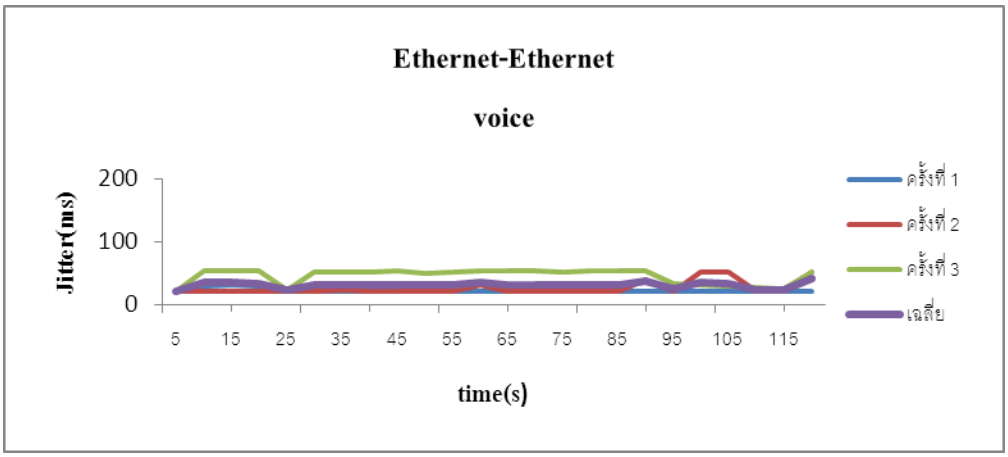
การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายเครือข่าย Ethernet LAN กับ Ethernet LAN จะทำการทดลองโดยการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook ทั้งสองเครื่องเข้ากับเครือข่าย Ethernet LAN ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จากนั้นใช้โปรแกรม Skype โทรจากเครื่องคอมพิวเตอร์หนึ่งไปหาเครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง แล้วสังเกตค่าพารามิเตอร์คือ Packet loss , Jitter และ Round trip timeโดยจะโทรทั้งแบบ voice และ videoทำการทดลองกรณีละ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครือข่ายอื่นๆต่อไป ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4-1, รูปที่ 4-2, รูปที่ 4-3, รูปที่ 4-4, รูปที่ 4-5และรูปที่ 4-6



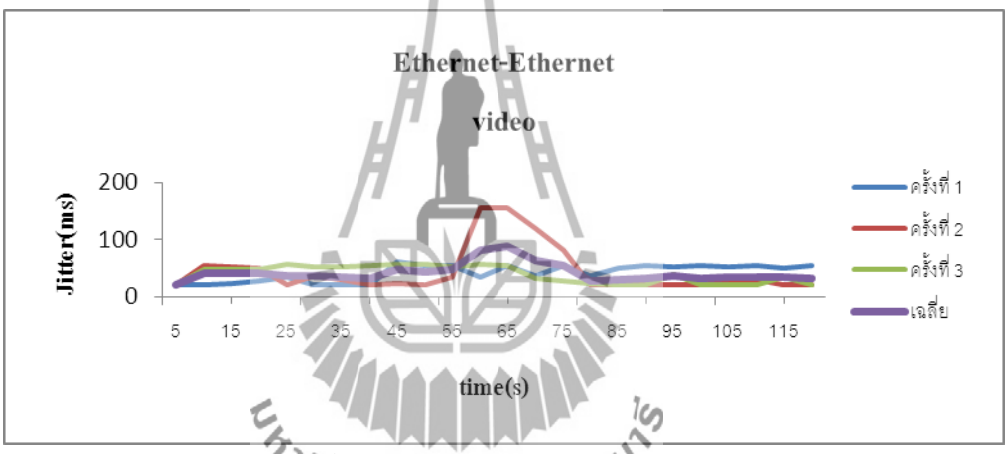
รูปที่ 4-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet lossกับเวลา กรณี Ethernet-Ethernet ของการโทรแบบ voice



รูปที่ 4-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet lossกับเวลา กรณีEthernet-Ethernet ของการโทรแบบ video

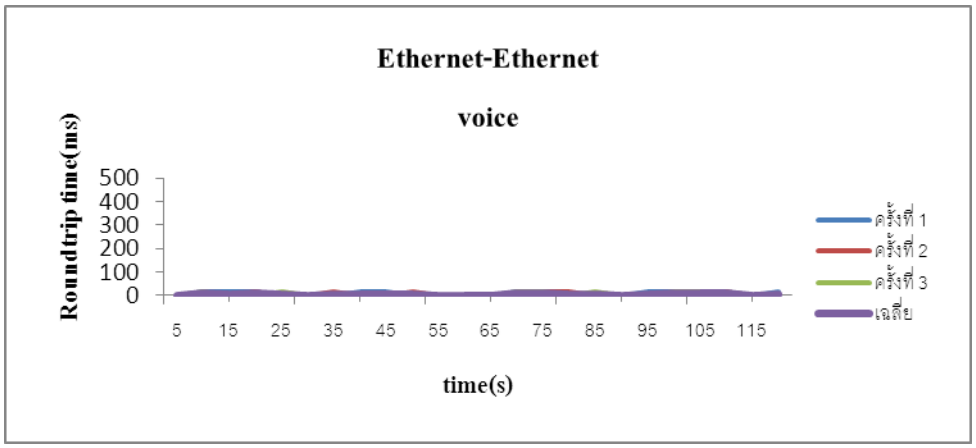


รูปที่ 4-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง JitterกับเวลากรณีEthernet-Ethernet ของการโทรแบบ voice

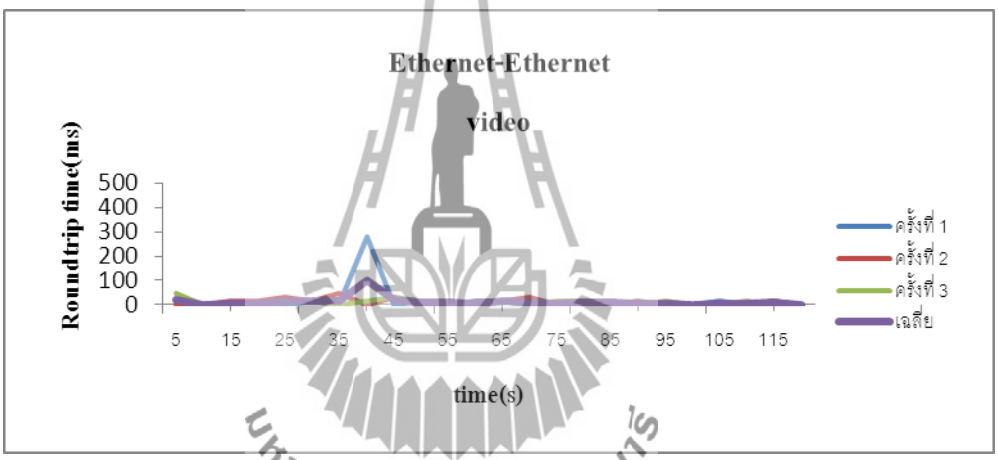


รูปที่ 4-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณีEthernet-Ethernet ของการโทรแบบ video

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip timeกับเวลากรณี Ethernet-Ethernet ของการโทรแบบvoice

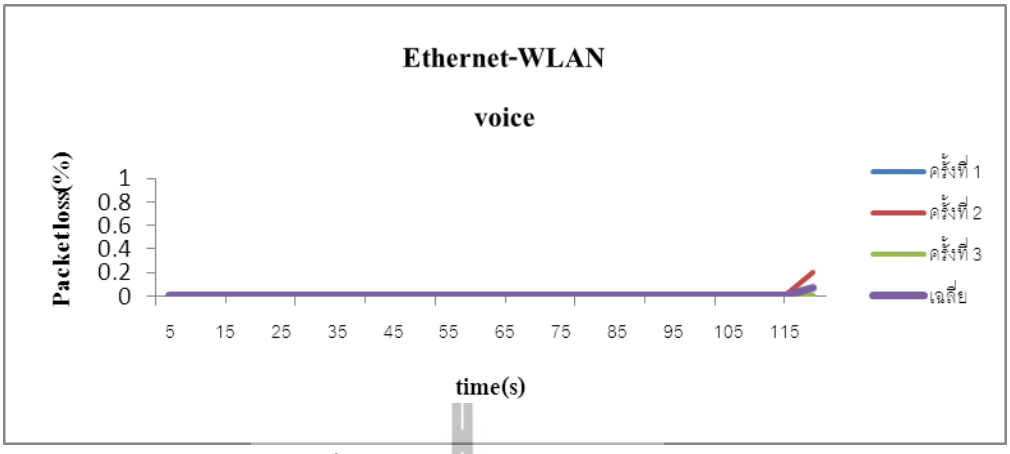


รูปที่ 4-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี Ethernet-Ethernet ของการโทรแบบ video

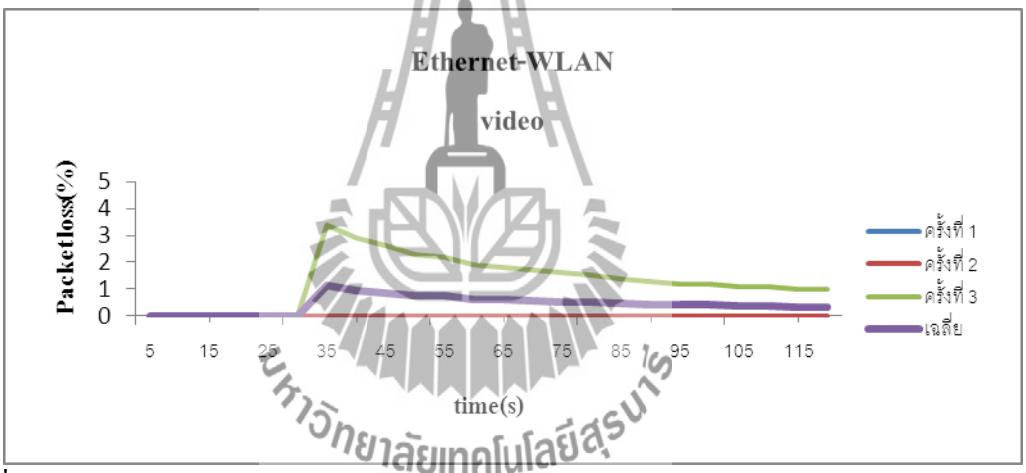
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.2ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ Wireless LAN

การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายเครือข่าย Ethernet LAN กับ Wireless LAN จะทำการทดลองโดยการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook เครื่องหนึ่งเข้ากับเครือข่าย Ethernet LAN ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook อีกเครื่องเข้ากับเครือข่าย Wireless LAN ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จากนั้นใช้โปรแกรมSkype โทรจากเครื่องคอมพิวเตอร์หนึ่งไปหาเครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง แล้วสังเกตค่าพารามิเตอร์คือ Packet loss , Jitter และ Round trip time โดยจะโทรทั้งแบบ voice และ video ทำการทดลองกรณีละ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครือข่ายอื่นๆต่อไปผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4-7, รูปที่ 4-8, รูปที่ 4-9, รูปที่ 4-10, รูปที่ 4-11และรูปที่ 4-12

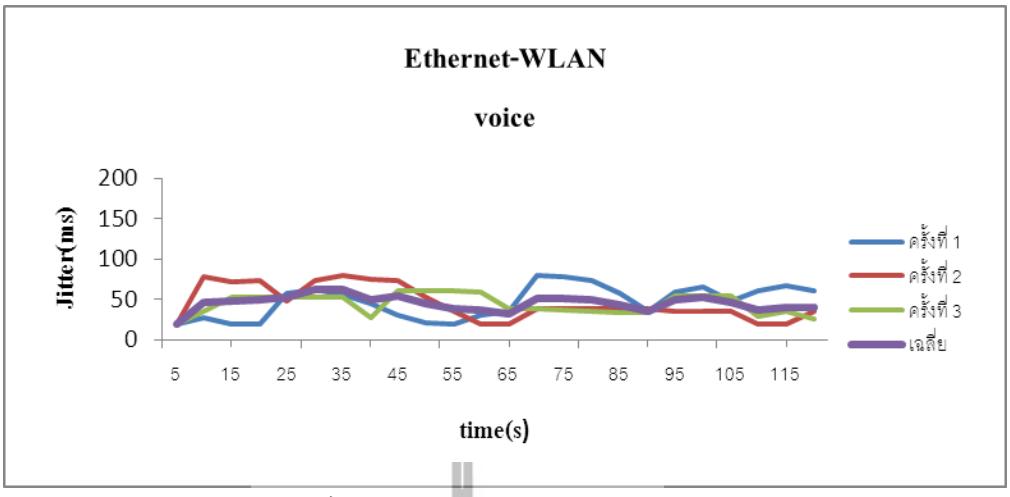


รูปที่ 4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลา กรณีEthernet-WLAN ของการโทรแบบvoice

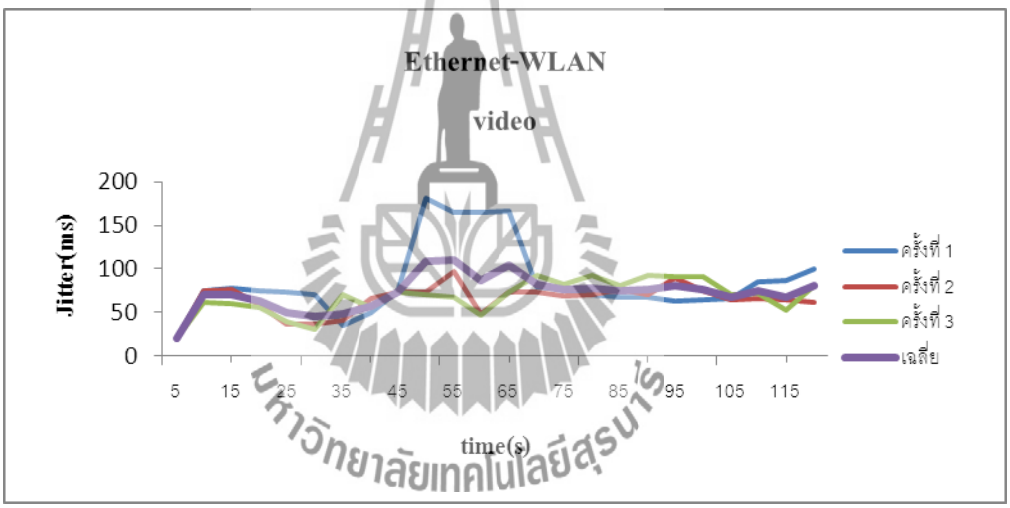


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4-8กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี Ethernet-WLAN ของการโทรแบบvideo

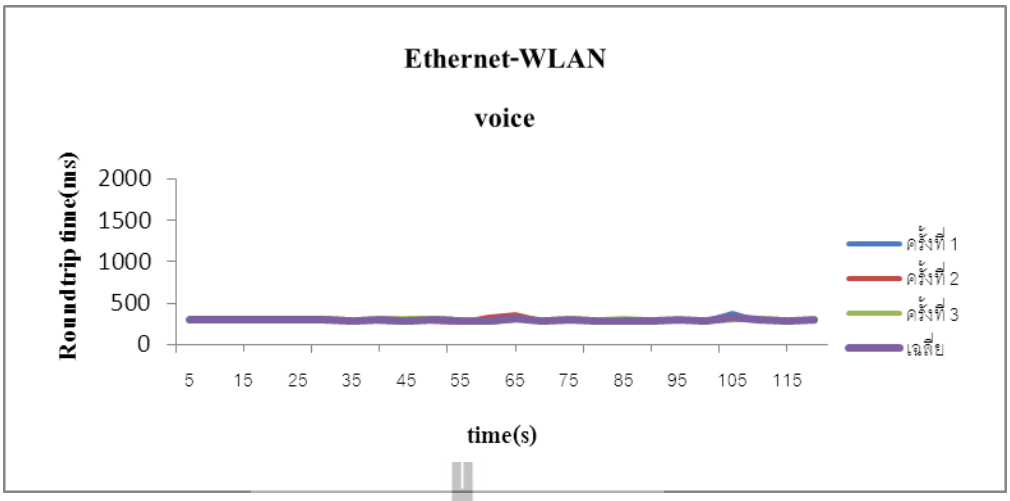


รูปที่ 4-9กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี Ethernet-WLAN ของการโทรแบบ voice

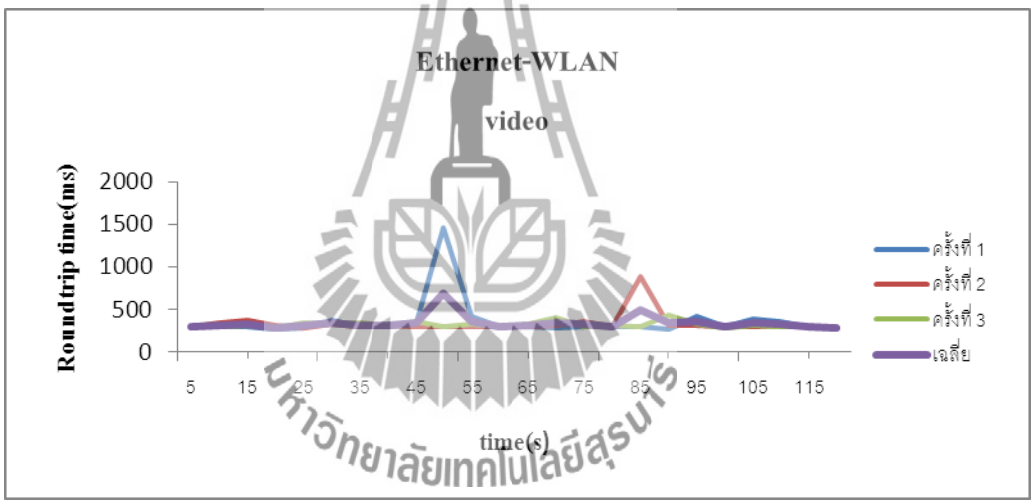


รูปที่ 4-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี Ethernet-WLAN ของการโทรแบบ video

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4-11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี Ethernet-WLAN ของการโทรแบบvoice



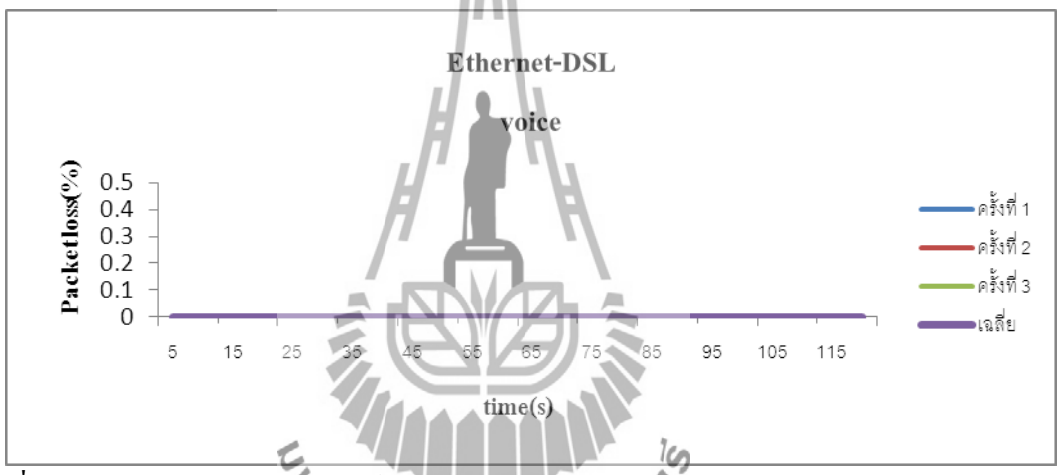
รูปที่ 4-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี Ethernet-WLAN ของการโทรแบบvideo

4.3การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและเครือข่ายภายนอกแบ่งการทดลองออกเป็น 5กรณีคือ ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ DSLระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ Wireless LANภายนอก ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ 3G ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับMobileSystem และระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ PSTN

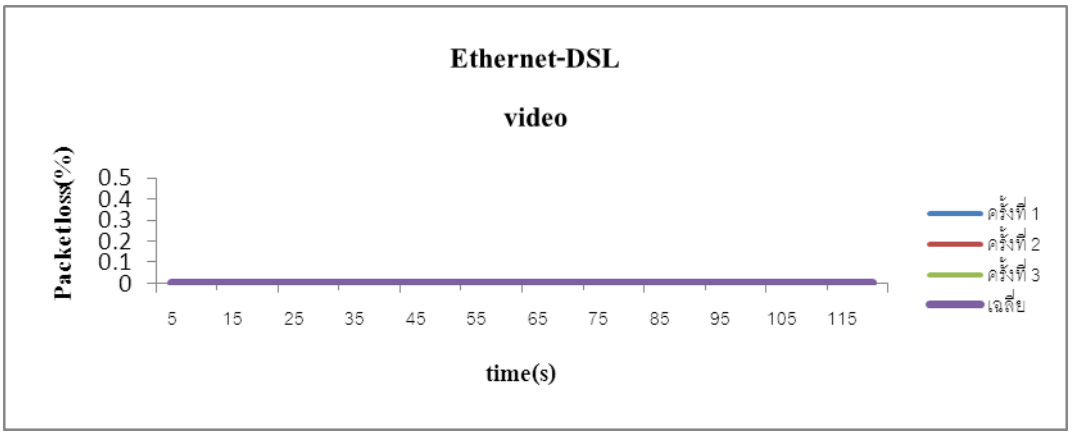
4.3.1ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ DSL

การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายเครือข่าย Ethernet LAN กับ DSLจะทำการทดลองโดยการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook เครื่องหนึ่งเข้ากับเครือข่าย Ethernet LAN ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebookอีกเครื่องเข้ากับเครือข่าย DSL จากภายนอก จากนั้นใช้โปรแกรม Skype โทรจากเครื่องคอมพิวเตอร์หนึ่งไปหาเครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง แล้วสังเกตค่าพารามิเตอร์คือ Packet loss , Jitter และ Round trip time โดยจะโทรทั้งแบบ voice และ video ทำการทดลองกรณีละ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครือข่ายอื่นๆต่อไป ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4-13, รูปที่ 4-14, รูปที่ 4-15, รูปที่ 4-16, รูปที่ 4-17และรูปที่ 4-18

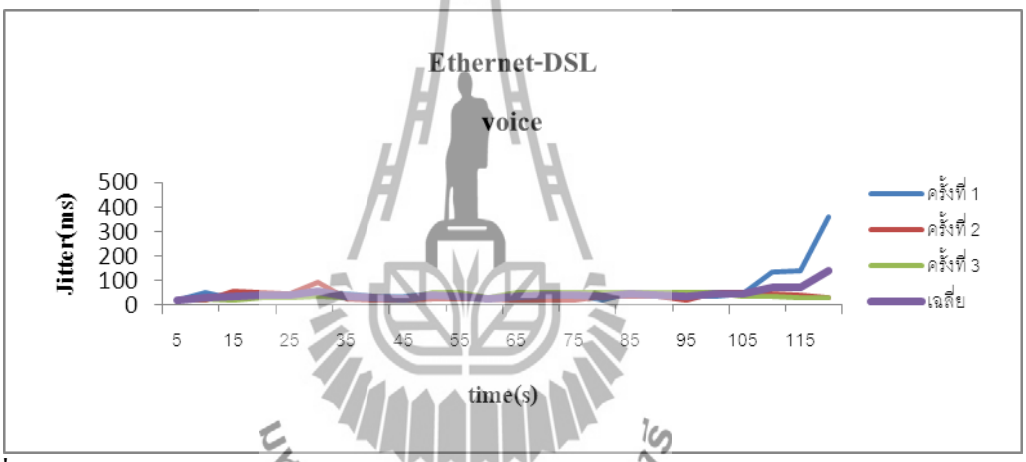


รูปที่ 4-13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี Ethernet-DSL ของการโทรแบบvoice

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

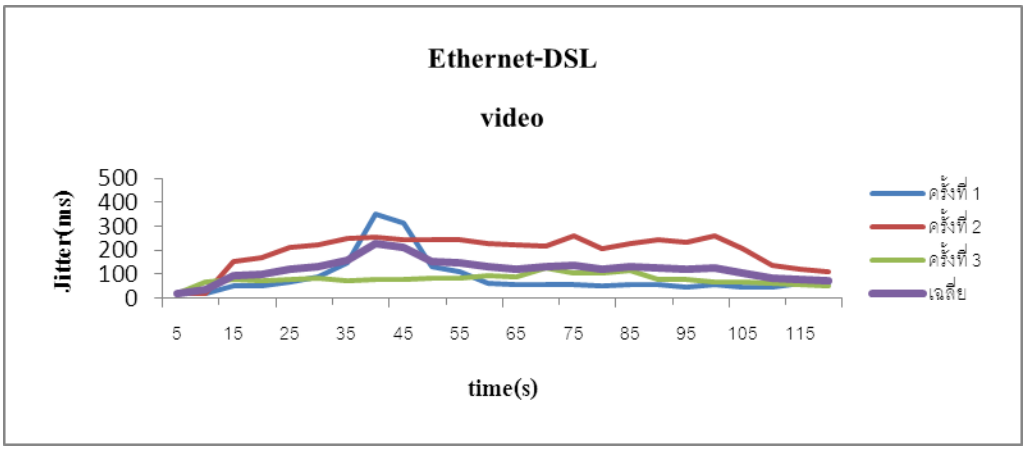


รูปที่ 4-14กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี Ethernet-DSL ของการโทรแบบvideo

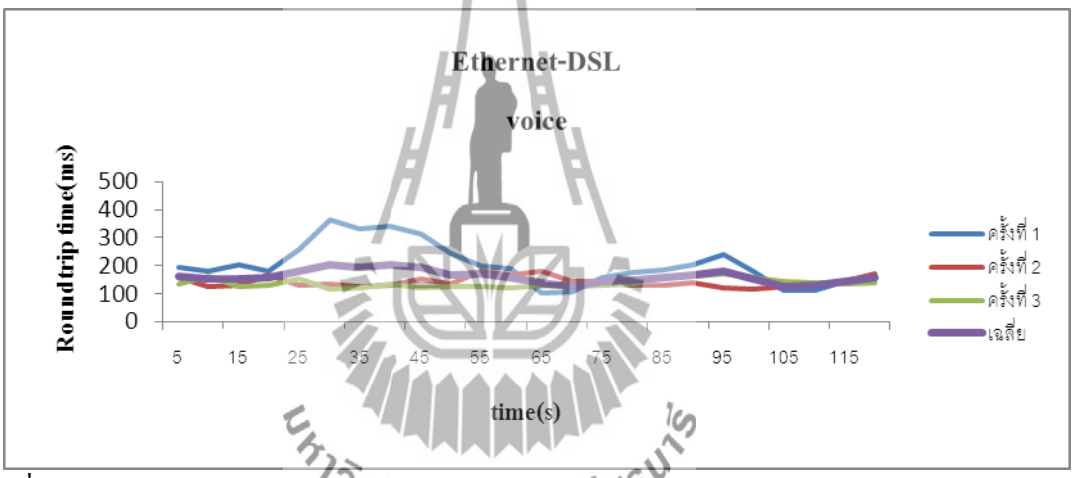


รูปที่ 4-15กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี Ethernet-DSL ของการโทรแบบ voice

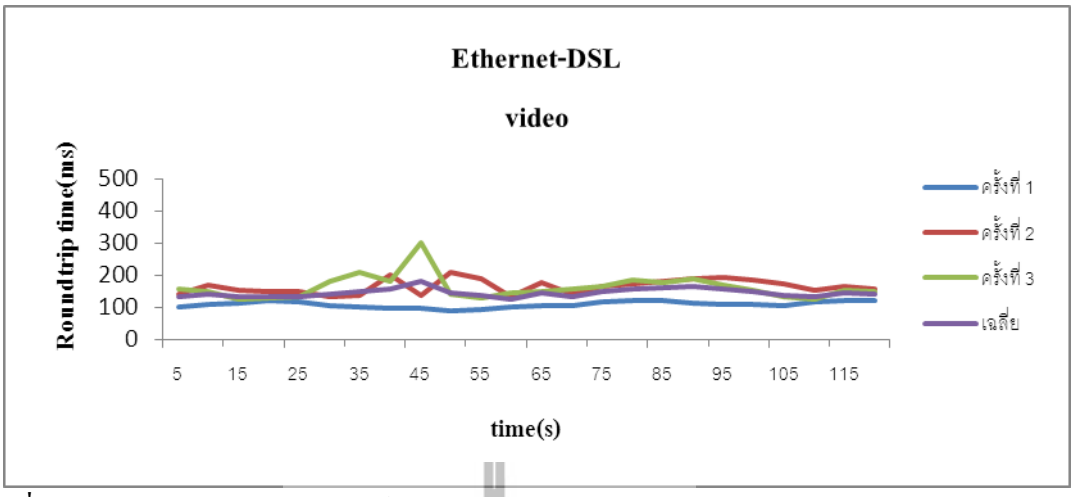
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4-16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี Ethernet-DSL ของการโทรแบบ video



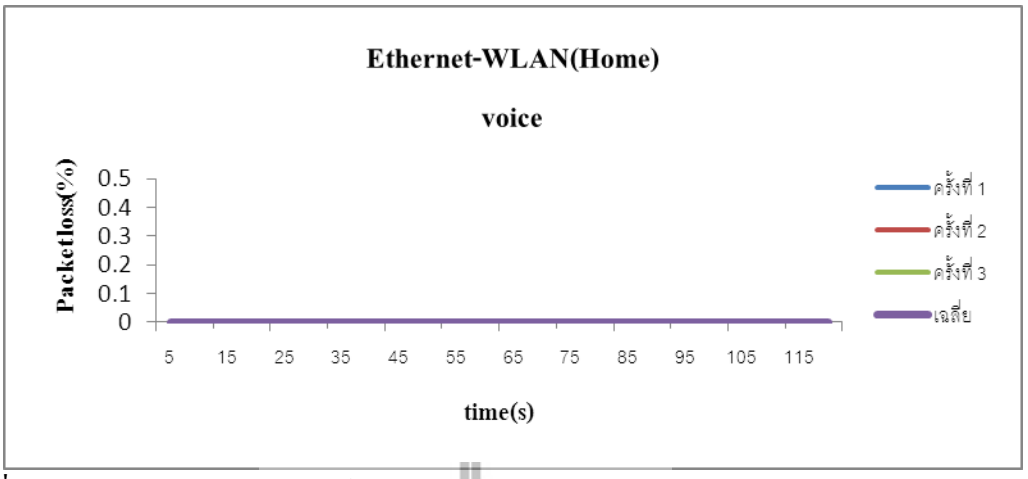
รูปที่ 4-17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี Ethernet-DSL ของการโทรแบบvoice



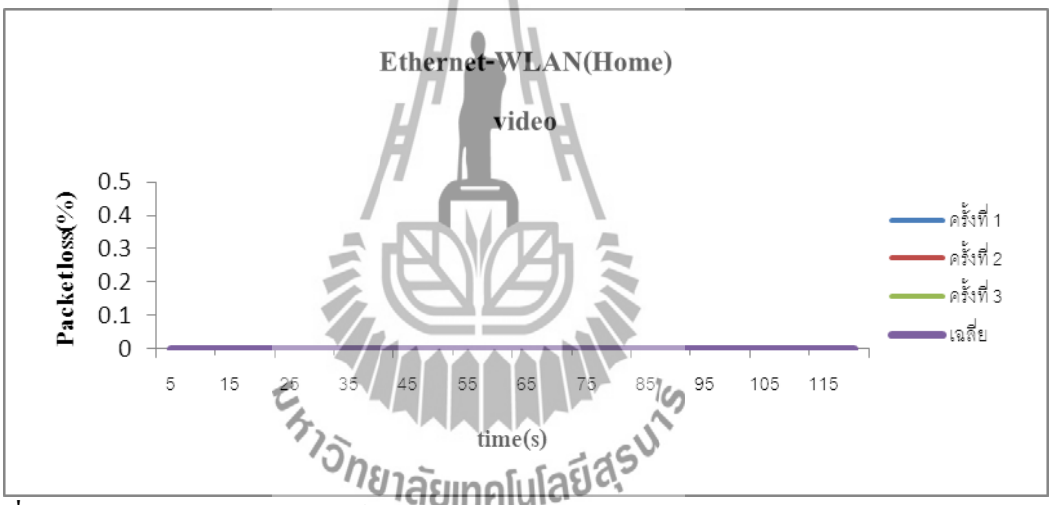
รูปที่ 4-18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี Ethernet-DSL ของการโทรแบบvideo

4.3.2 ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ Wireless LAN ภายนอก

การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายเครือข่าย Ethernet LAN กับ Wireless LAN ภายนอกจะทำการทดลองโดยการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook เครื่องหนึ่งเข้ากับเครือข่าย Ethernet LANของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebookอีกเครื่องเข้ากับเครือข่าย Wireless LAN ภายนอก จากนั้นใช้โปรแกรม Skype โทรจากเครื่องคอมพิวเตอร์หนึ่ง ไปหาเครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง แล้วสังเกตค่าพารามิเตอร์คือ Packet loss , Jitter และ Round trip time โดยจะโทรทั้งแบบ voice และ video ทำการทดลองกรณีละ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครือข่ายอื่นๆต่อไป ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4-19, รูปที่ 4-20, รูปที่ 4-21, รูปที่ 4-22, รูปที่ 4-23และรูปที่ 4-24

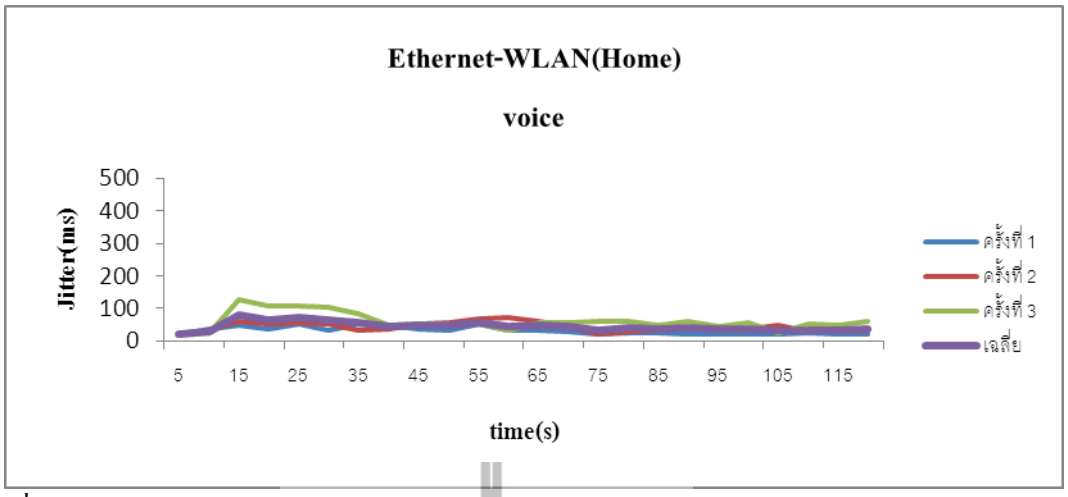


รูปที่ 4-19กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี Ethernet-WLAN(Home) ของการโทรแบบvoice

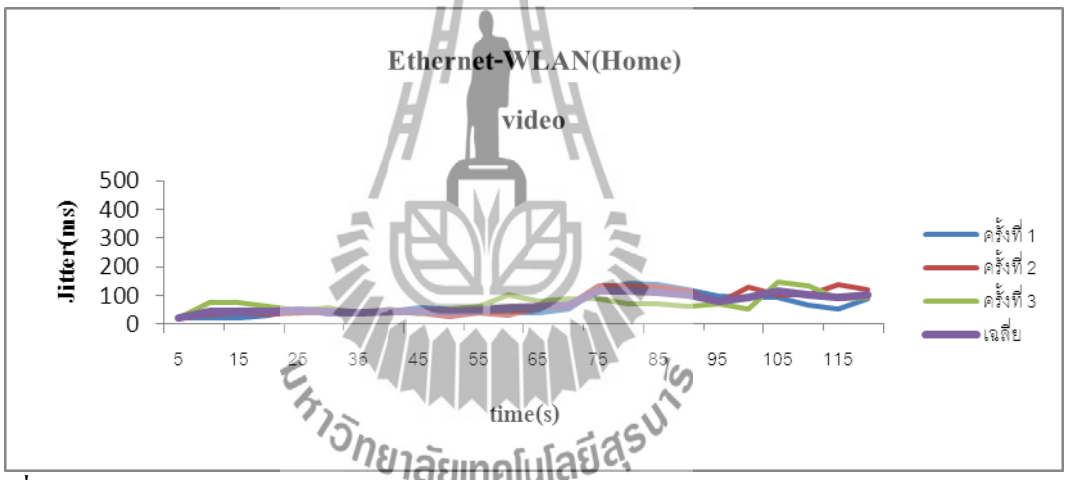


รูปที่ 4-20กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี Ethernet – WLAN(Home) ของการโทรแบบvideo

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

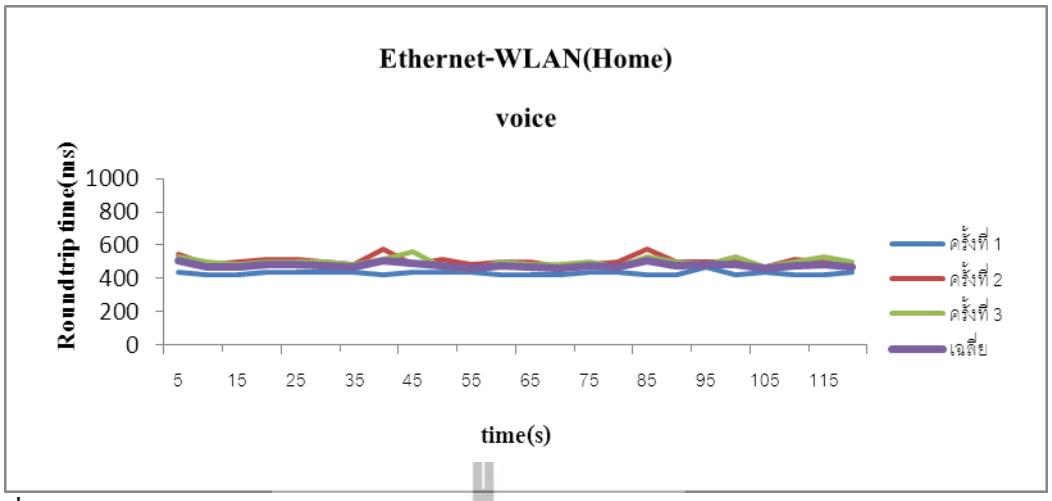


รูปที่ 4-21กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี Ethernet-WLAN(Home) ของการโทรแบบvoice

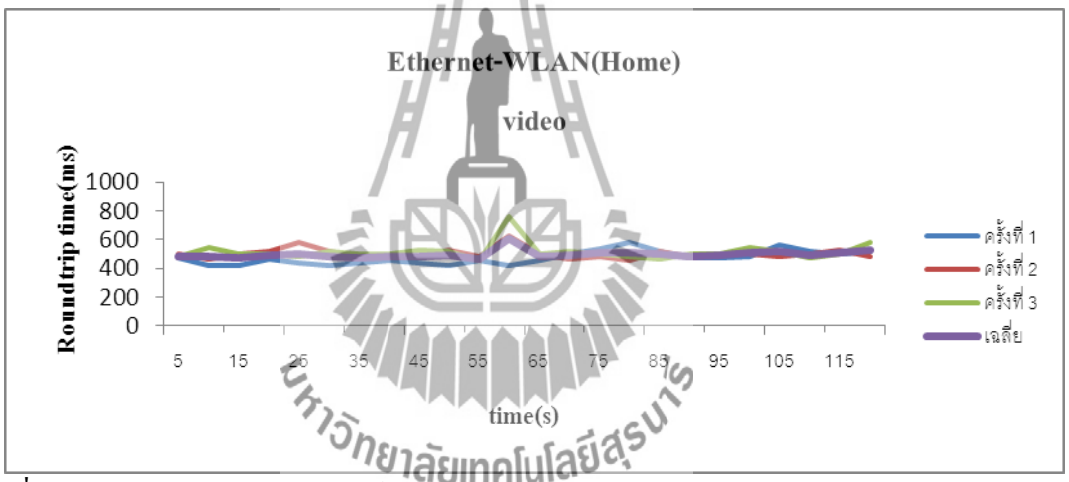


รูปที่ 4-22กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี Ethernet-WLAN(Home) ของการโทรแบบvideo

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4-23กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip timeกับเวลากรณี Ethernet-WLAN(Home) ของการโทรแบบvoice

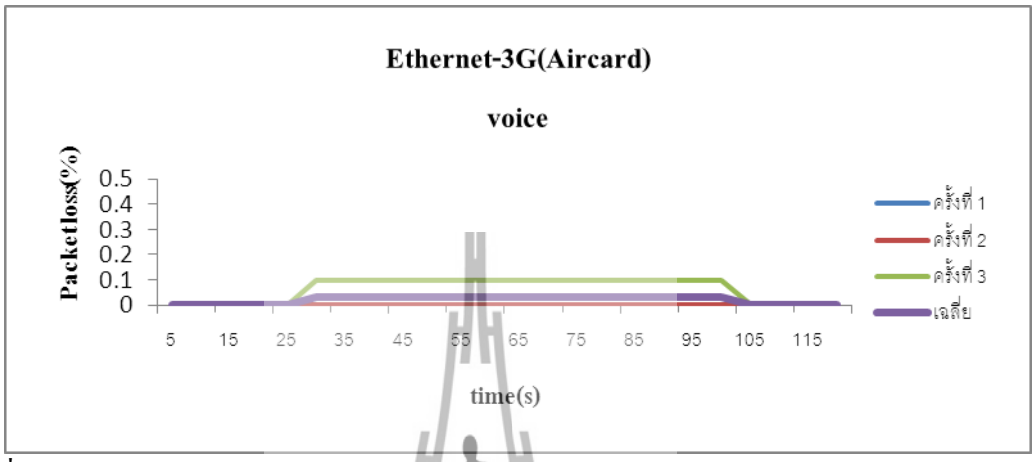


รูปที่ 4-24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip timeกับเวลากรณี Ethernet-WLAN(Home) ของการโทรแบบvideo

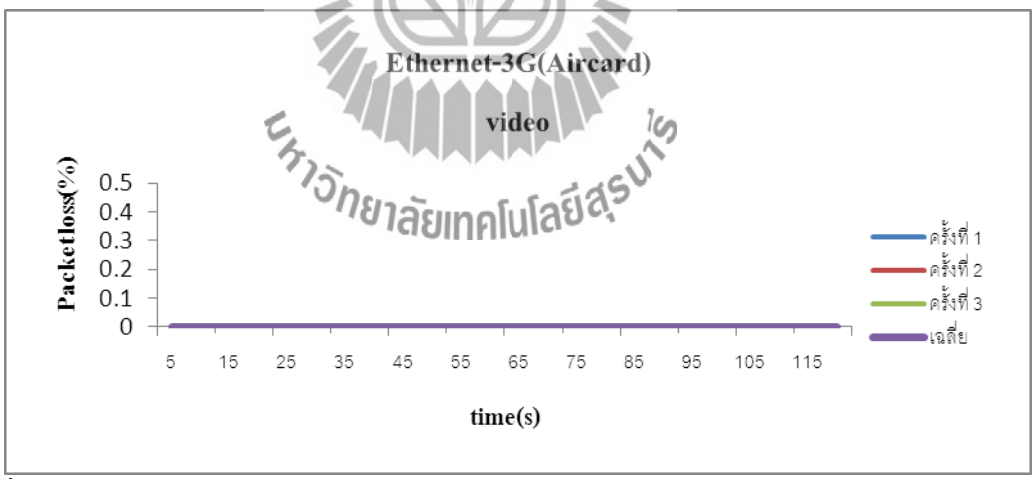
4.3.3ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับ 3G

การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายเครือข่าย Ethernet LAN กับ 3Gจะทำการทดลองโดยการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook เครื่องหนึ่งเข้ากับเครือข่าย Ethernet LAN ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook อีกเครื่องเข้ากับเครือข่าย 3G โดยใช้ Aircardของ True Move จากนั้นใช้โปรแกรม Skype โทรจากเครื่องคอมพิวเตอร์หนึ่งไปหาเครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง แล้วสังเกตค่าพารามิเตอร์คือ

Packet loss , Jitter และ Round trip time โดยจะโทรทั้งแบบ voice และ video ทำการทดลองกรณีละ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครือข่ายอื่นๆต่อไป ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4-25, รูปที่ 4-26, รูปที่ 4-27, รูปที่ 4-28, รูปที่ 4-29และรูปที่ 4-30

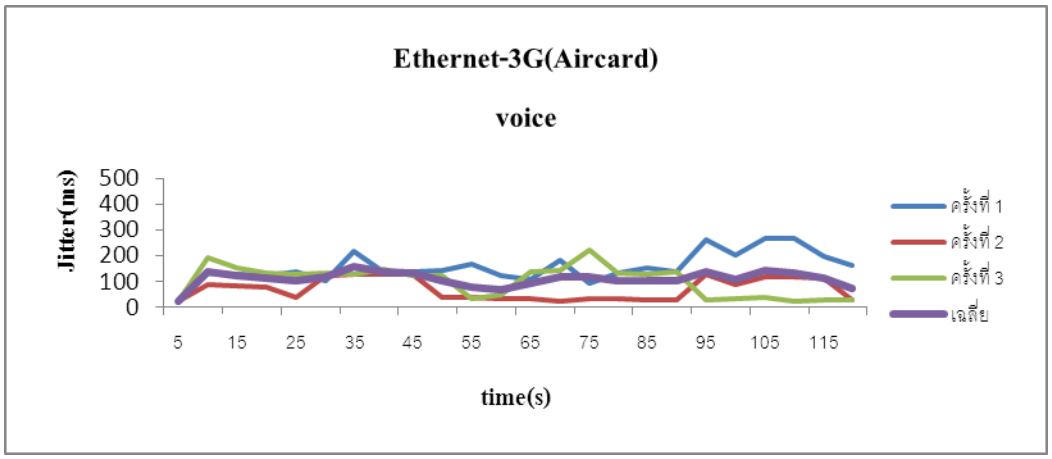


รูปที่ 4-25กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี Ethernet-3G(Aircard) ของการโทรแบบvoice

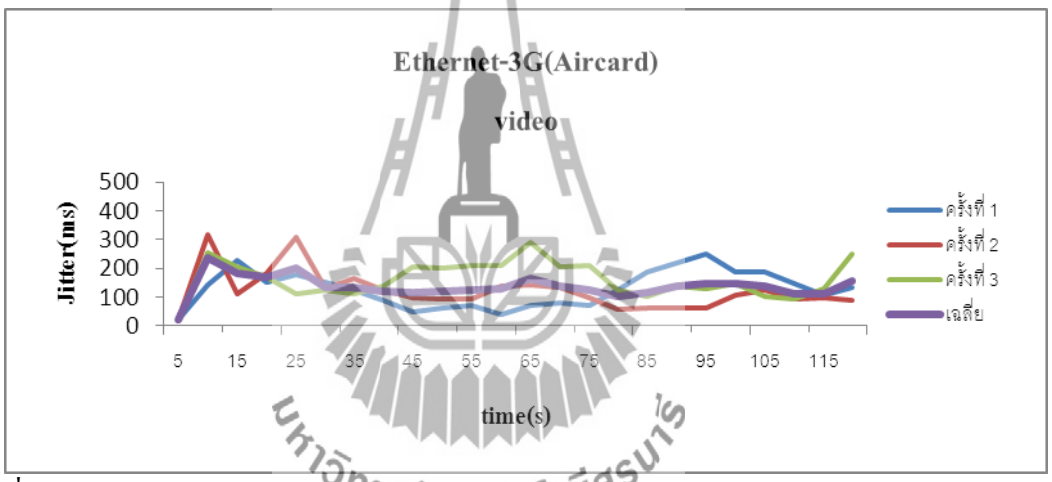


รูปที่ 4-26กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี Ethernet-3G(Aircard) ของการโทรแบบvideo

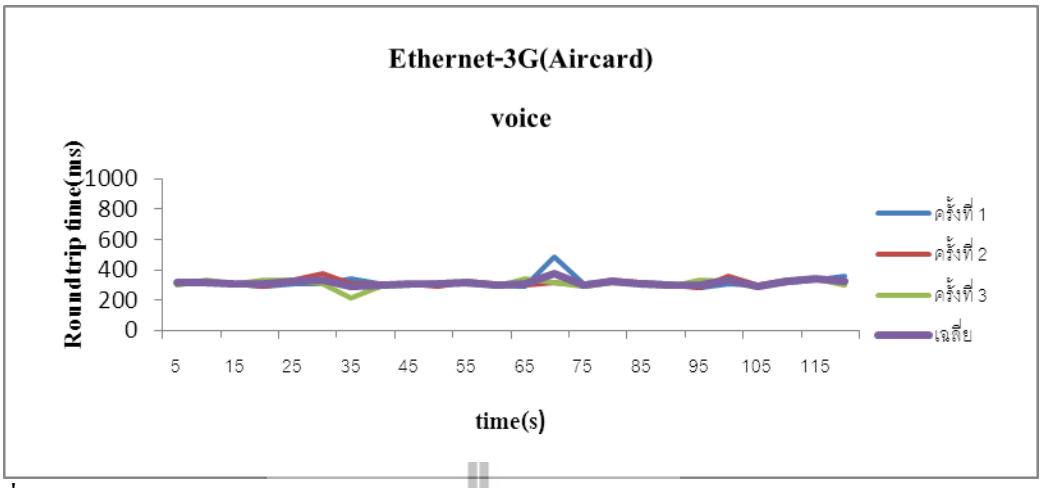
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



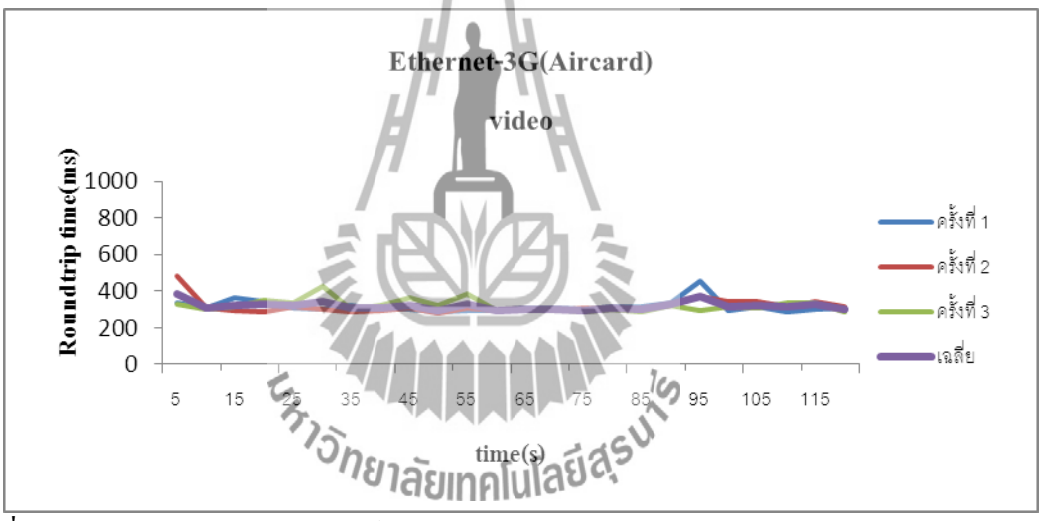
รูปที่ 4-27กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี Ethernet-3G(Aircard) ของการโทรแบบvoice



รูปที่ 4-28กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี Ethernet-3G(Aircard) ของการโทรแบบvideo



รูปที่ 4-29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี Ethernet-3G(Aircard) ของการโทรแบบvoice

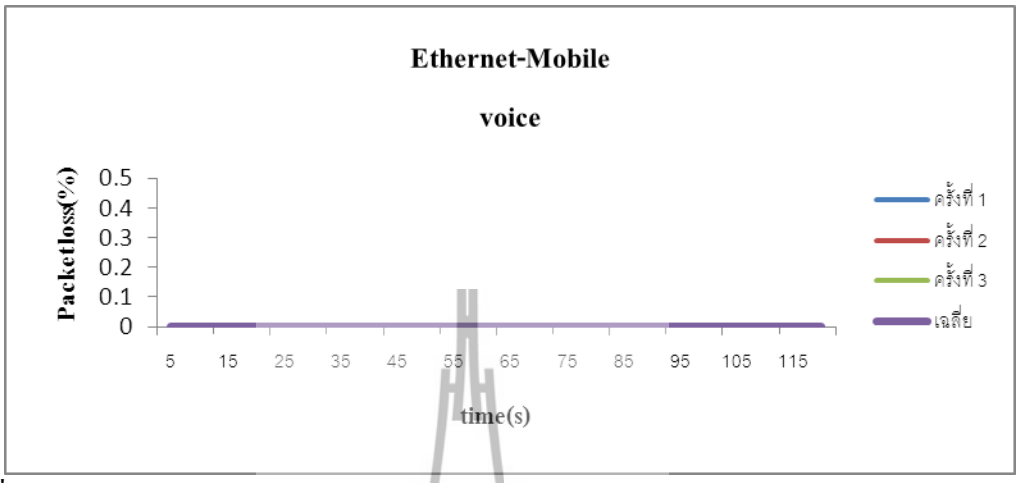


รูปที่ 4-30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี Ethernet-3G(Aircard) ของการโทรแบบvoice

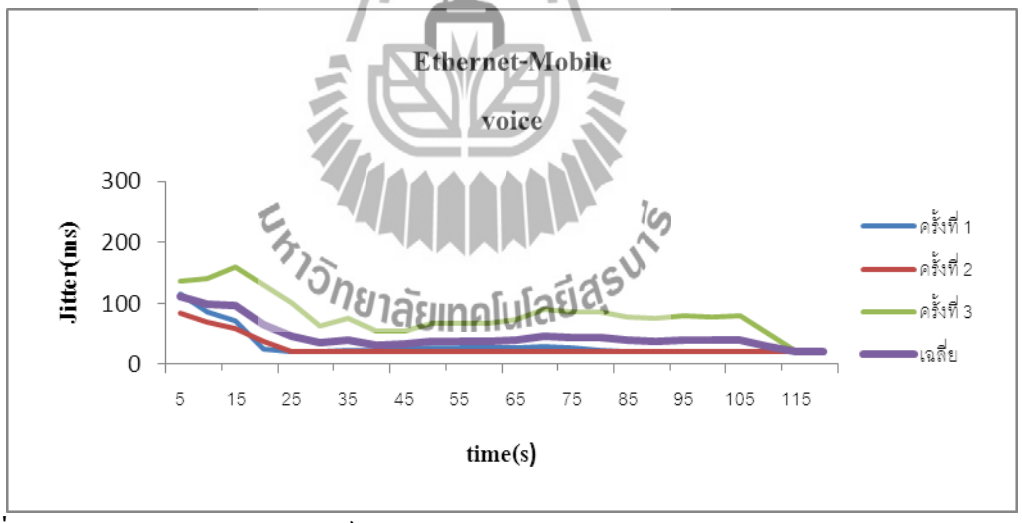
4.3.4ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับMobile Phone

การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายเครือข่าย Ethernet LAN กับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่(Mobile Phone) จะทำการทดลองโดยการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook เครื่องหนึ่งเข้ากับเครือข่าย Ethernet LAN ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและใช้โปรแกรมSkype โทรจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปหาเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้วสังเกตค่าพารามิเตอร์คือ Packet loss , Jitter และ Round trip time โดยจะโทรทั้งแบบ voice และ video ทำ

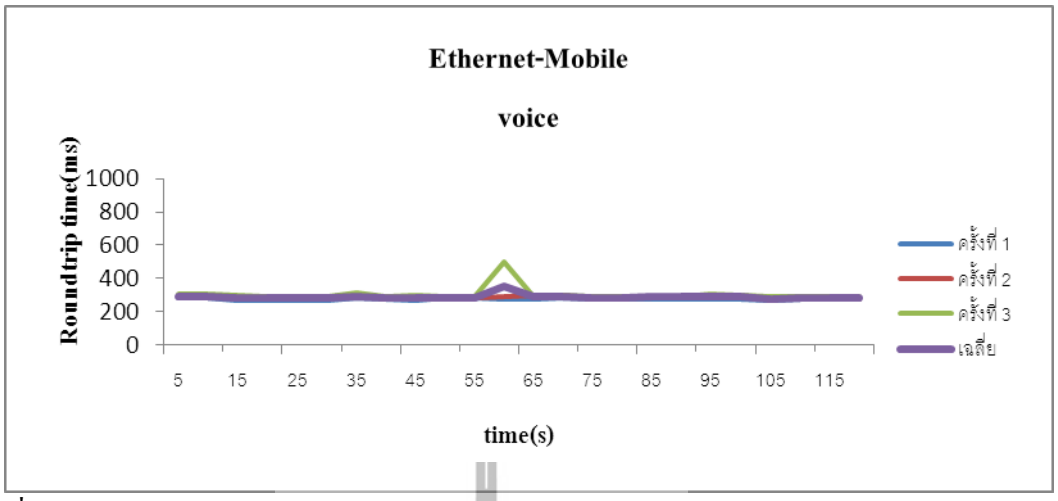
การทดลองกรณีละ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครือข่ายอื่นๆต่อไป ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4-31, รูปที่ 4-32และรูปที่ 4-33



รูปที่ 4-31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี Ethernet-Mobile ของการโทรแบบvoice



รูปที่ 4-32กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี Ethernet-Mobile ของการโทรแบบ voice

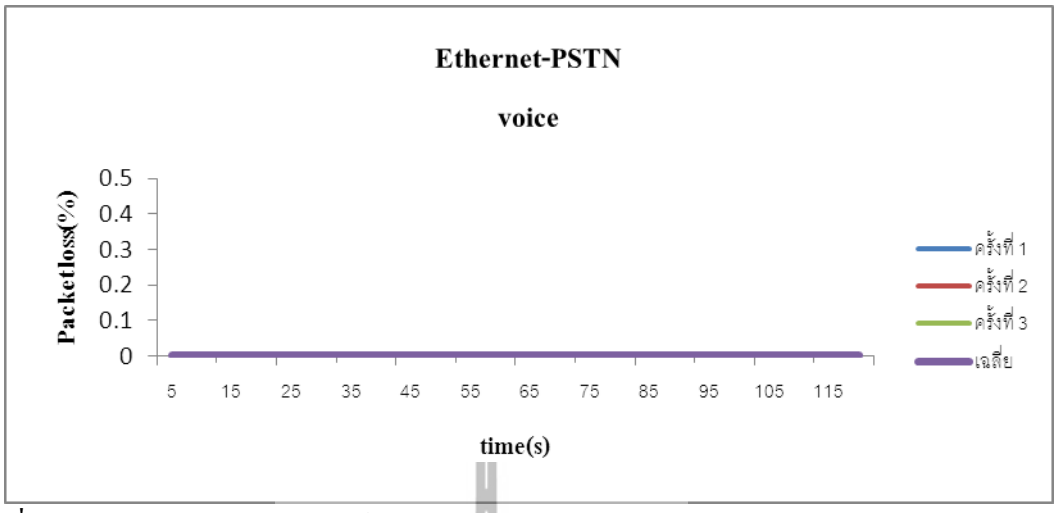


รูปที่ 4-33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี Ethernet-Mobile ของการโทรแบบvoice

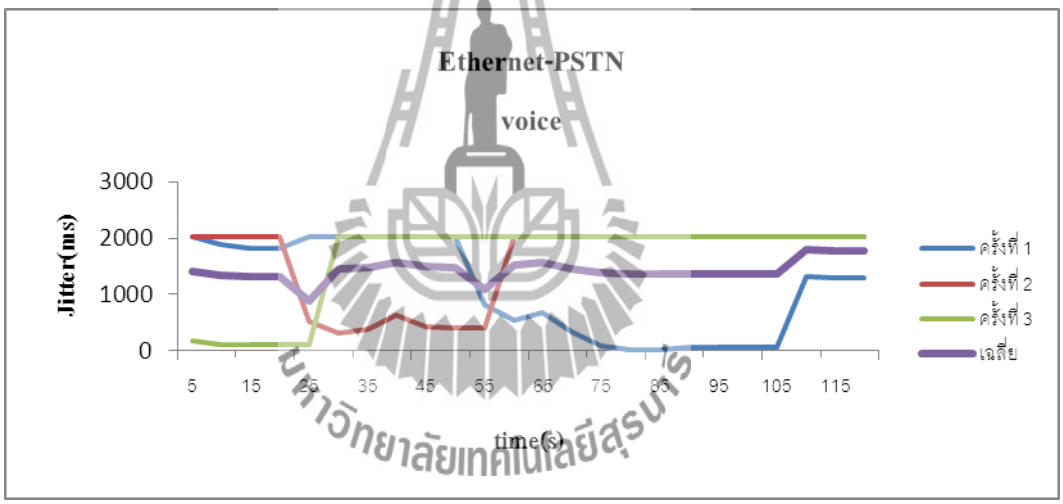
4.3.5ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับPSTN

การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายเครือข่าย Ethernet LAN กับเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ (PSTN) จะทำการทดลองโดยการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook เครื่องหนึ่งเข้ากับเครือข่าย Ethernet LAN ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและใช้โปรแกรม Skype โทรจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปหาโทรศัพท์สาธารณะแล้วสังเกตค่าพารามิเตอร์คือ Packet loss , Jitter และ Round trip time โดยจะโทรทั้งแบบ voice และ video ทำการทดลองกรณีละ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครือข่ายอื่นๆต่อไป ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4-34, รูปที่ 4-35 และรูปที่ 4-36

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

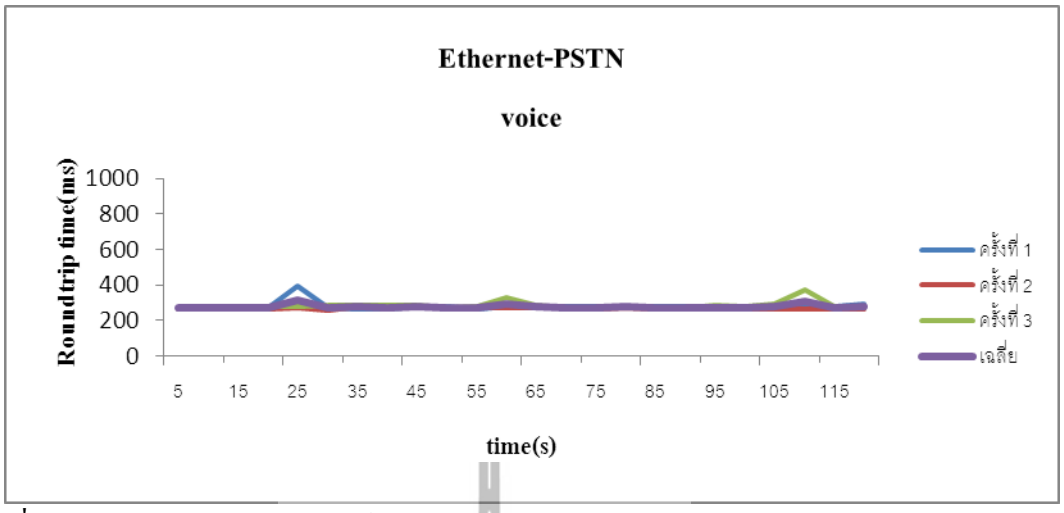


รูปที่ 4-34กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลา กรณีEthernet-PSTN ของการโทรแบบvoice



รูปที่ 4-35กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี Ethernet-PSTN ของการโทรแบบ voice

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



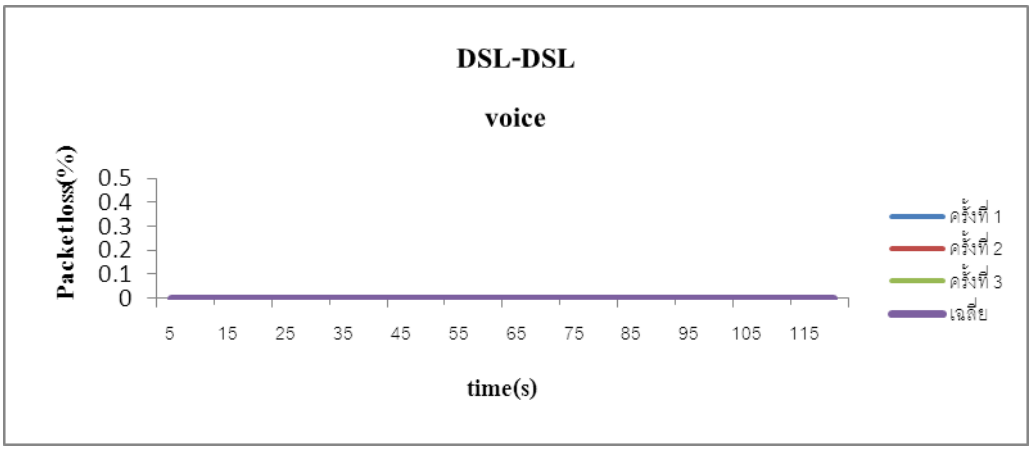
รูปที่ 4-36กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี Ethernet-PSTN ของการโทรแบบvoice

4.4การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

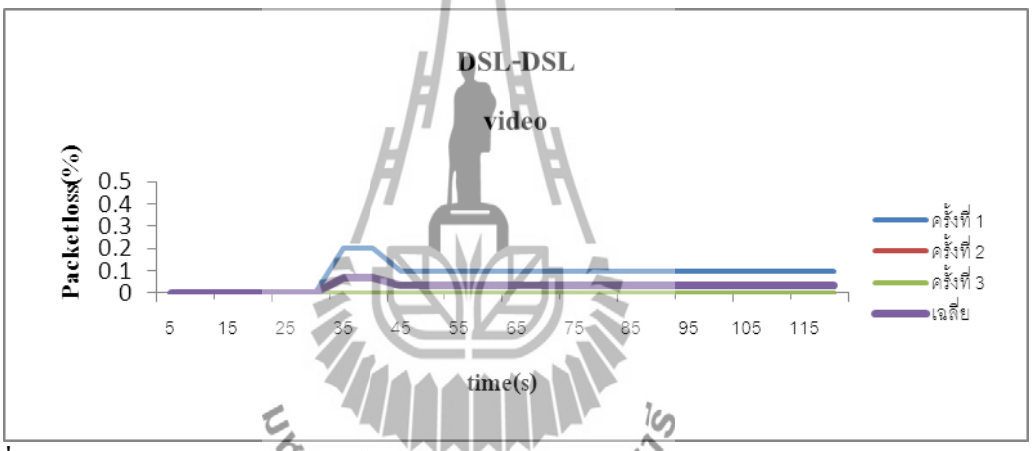
การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีแบ่งการทดลองออกเป็น 4กรณีคือ ระหว่างเครือข่าย DSLกับ DSL ระหว่างเครือข่าย 3G กับ EDGE ระหว่างเครือข่าย 3G กับMobileSystemและระหว่างเครือข่าย3G กับ PSTN

4.4.1 ระหว่างเครือข่าย DSL กับ DSL

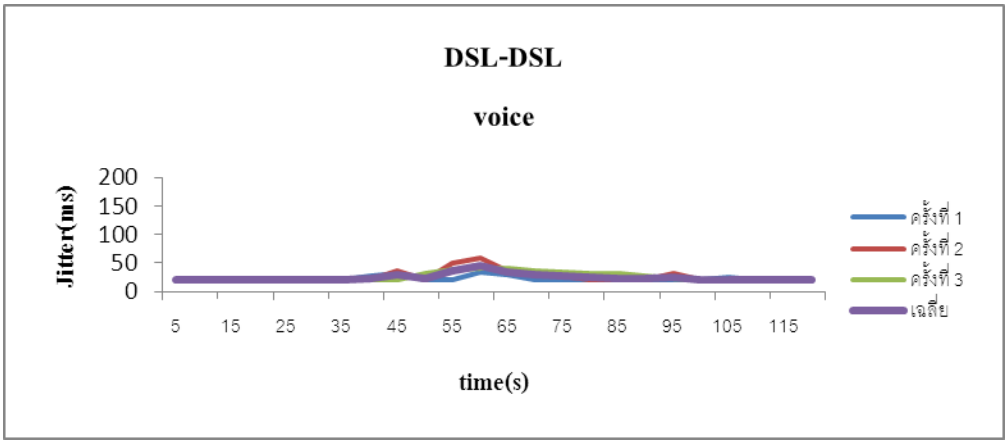
การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายเครือข่าย DSLกับ DSLจะทำการทดลองโดยการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook ทั้งสองเครื่องเข้ากับเครือข่าย DSL จากนั้นใช้โปรแกรม Skype โทรจากเครื่องคอมพิวเตอร์หนึ่งไปหาเครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง แล้วสังเกตค่าพารามิเตอร์คือ Packet loss , Jitter และ Round trip time โดยจะโทรทั้งแบบ voice และ video ทำการทดลองกรณีละ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครือข่ายอื่นๆต่อไป ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4-37, รูปที่ 4-38, รูปที่ 4-39, รูปที่ 4-40, รูปที่ 4-41และรูปที่ 4-42



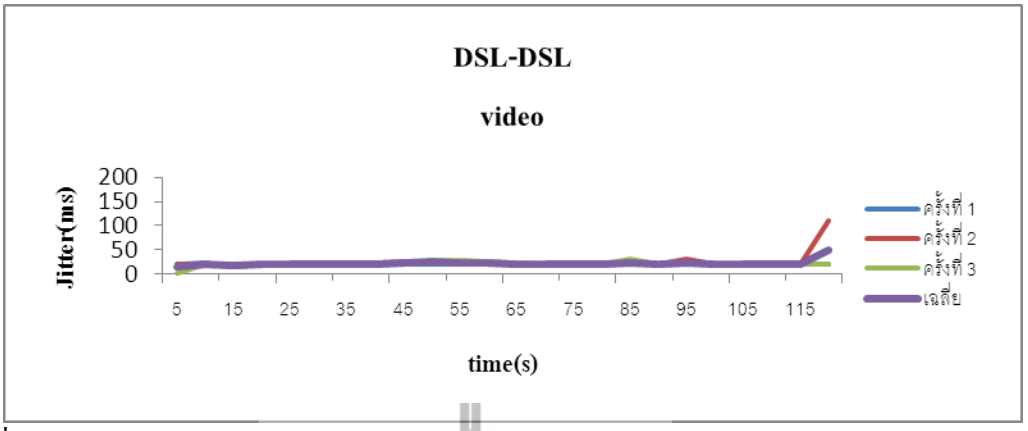
รูปที่ 4-37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี DSL-DSL ของการโทรแบบ voice



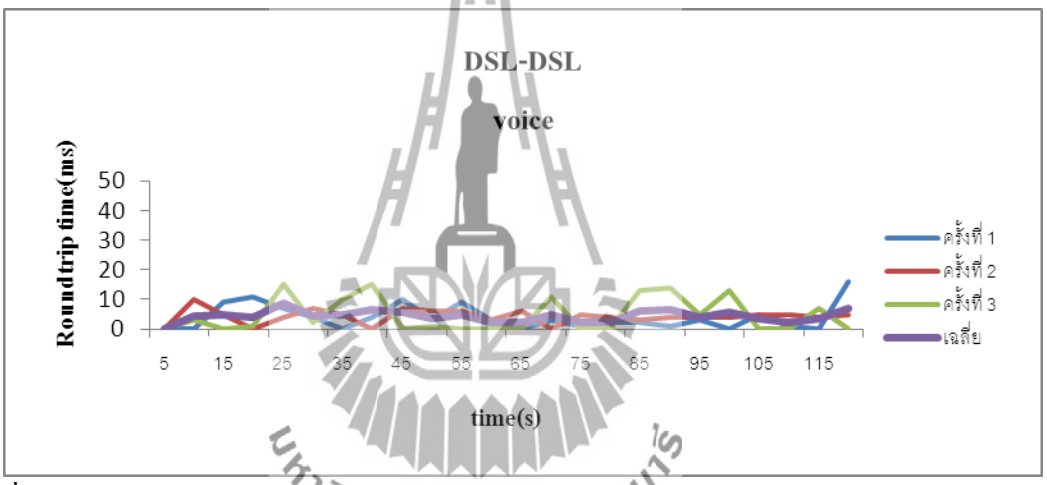
รูปที่ 4-38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี DSL-DSL ของการโทรแบบ video



รูปที่ 4-39กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี DSL-DSL ของการโทรแบบ voice

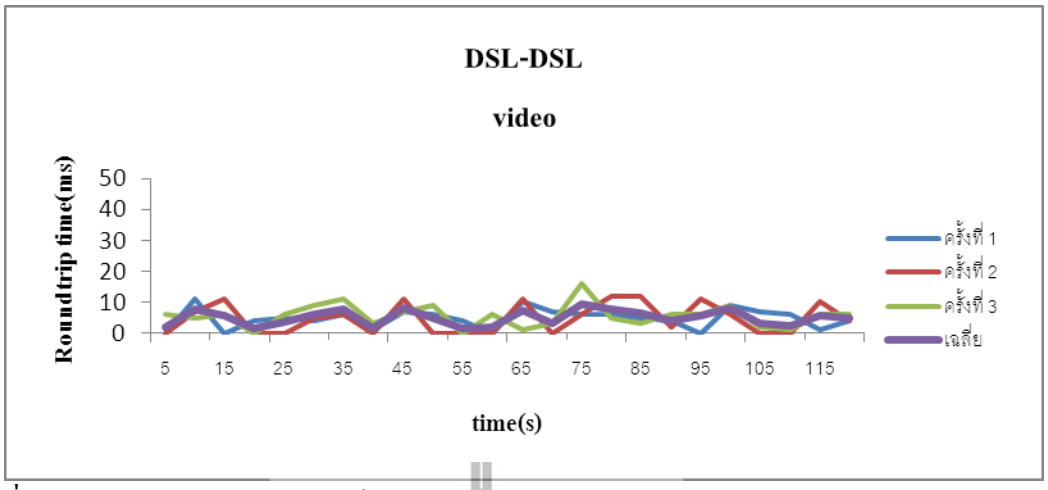


รูปที่ 4-40กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี DSL-DSL ของการโทรแบบ video



รูปที่ 4-41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี DSL-DSL ของการโทรแบบ voice

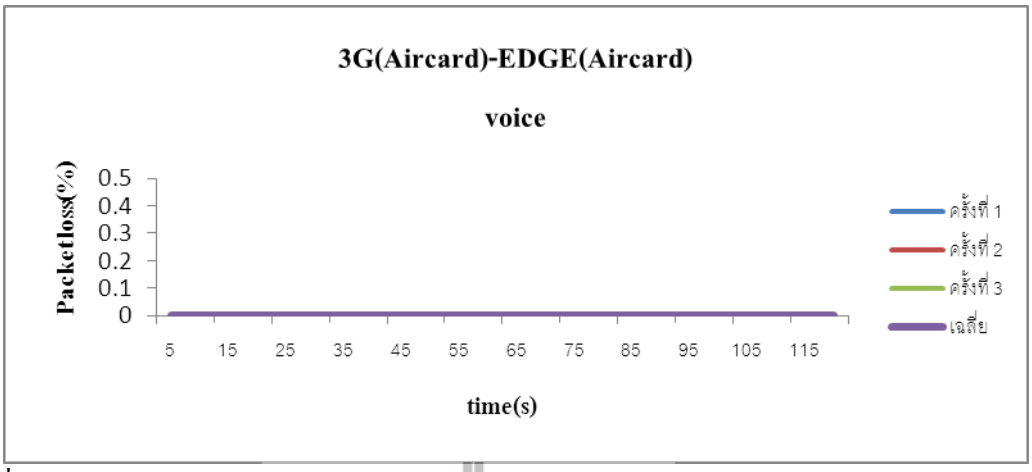
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



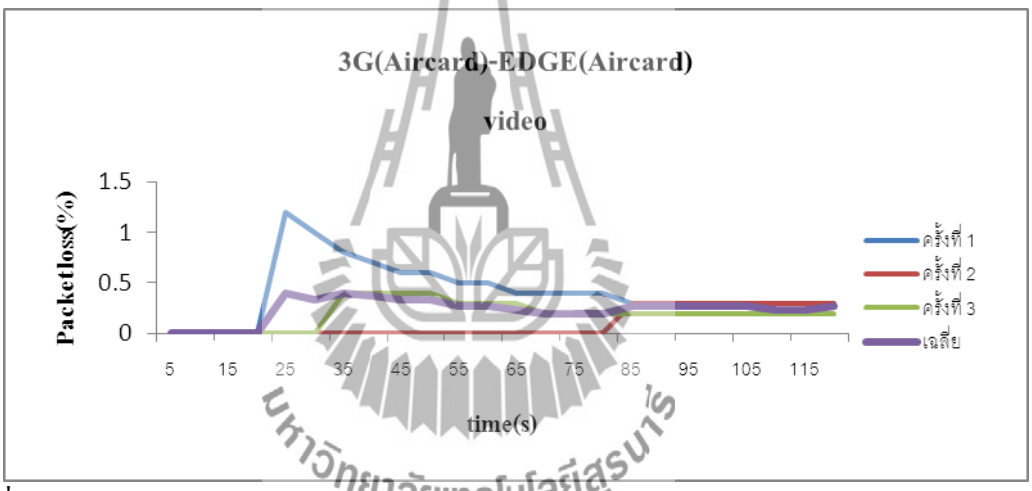
รูปที่ 4-42กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี DSL-DSL ของการโทรแบบ video

4.4.2ระหว่างเครือข่าย 3G กับ EDGE

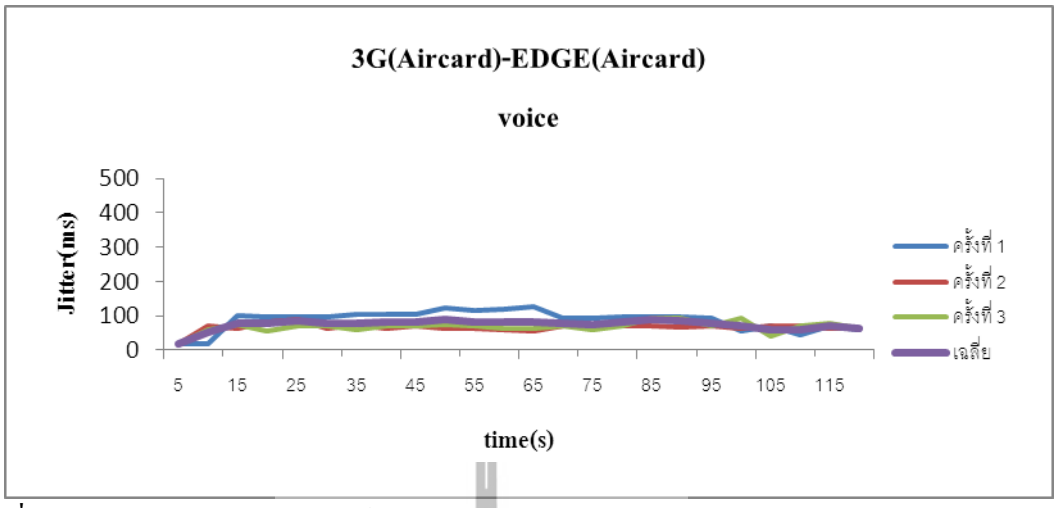
การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่าย 3Gกับ EDGEจะทำการทดลองโดยการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook เครื่องหนึ่งเข้ากับเครือข่าย 3G โดยใช้ Aircardของ True Move และเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook อีกเครื่องเข้ากับเครือข่าย EDGE โดยใช้ Aircardของ AIS จากนั้นใช้โปรแกรมSkype โทรจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ Aircard ของ True Moveไปหาเครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งที่ใช้ Aircardของ AISแล้วสังเกตค่าพารามิเตอร์คือ Packet loss , Jitter และ Round trip time โดยจะโทรทั้งแบบ voice และ video ทำการทดลองกรณีละ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครือข่ายอื่นๆต่อไป ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4-43, รูปที่ 4-44, รูปที่ 4-45, รูปที่ 4-46, รูปที่ 4-47และรูปที่ 4-48



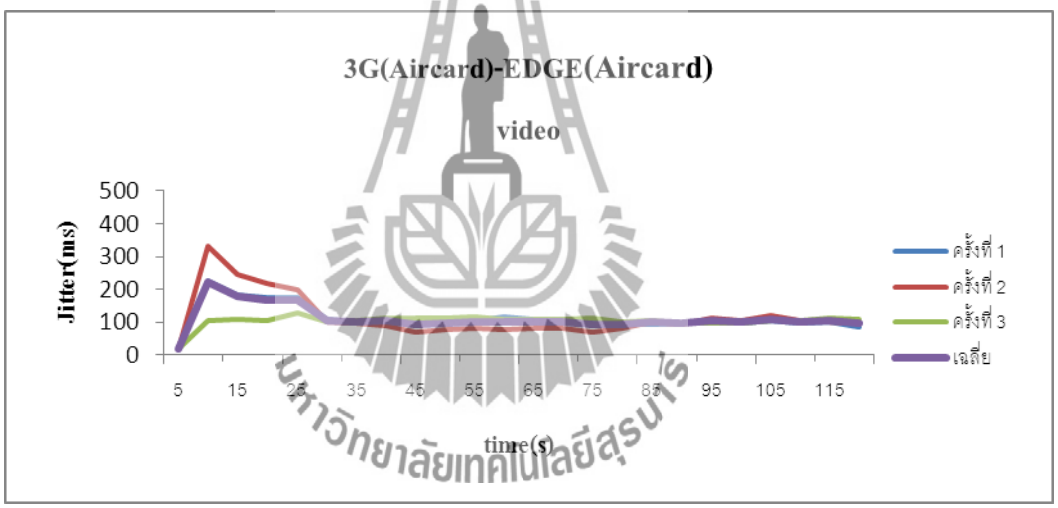
รูปที่ 4-43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี3G(Aircard)-EDGE(Aircard) ของการโทรแบบ voice



รูปที่ 4-44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี 3G(Aircard)-EDGE(Aircard) ของการโทรแบบ video

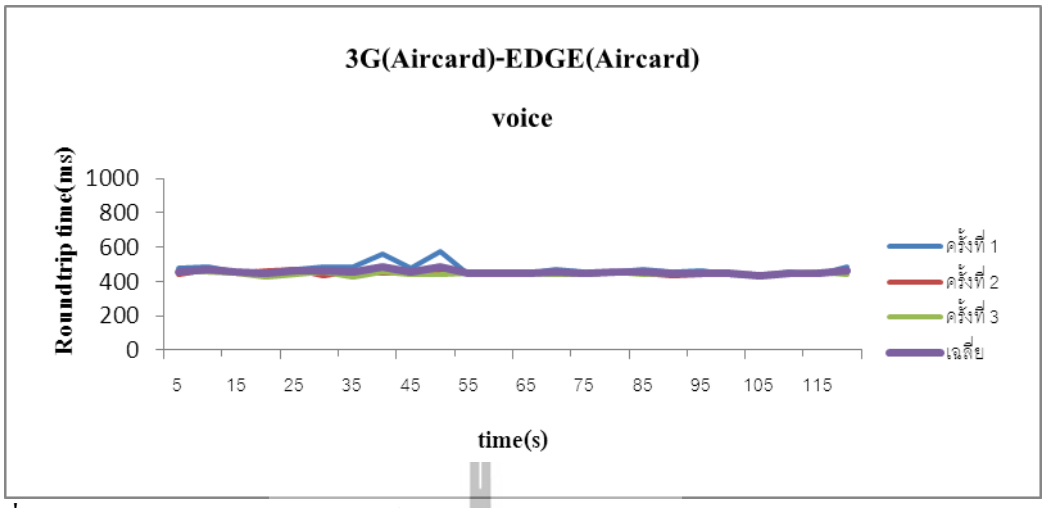


รูปที่ 4-45กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี 3G(Aircard)-EDGE(Aircard)ของการโทรแบบ voice

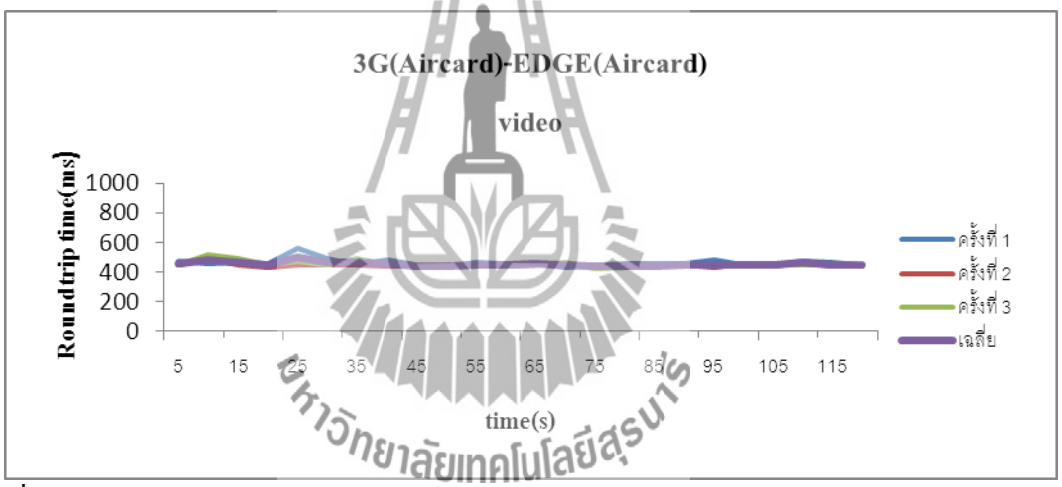


รูปที่ 4-46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี 3G(Aircard)-EDGE(Aircard)ของการโทรแบบ video

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4-47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี 3G(Aircard) – EDGE(Aircard)ของการโทรแบบ voice

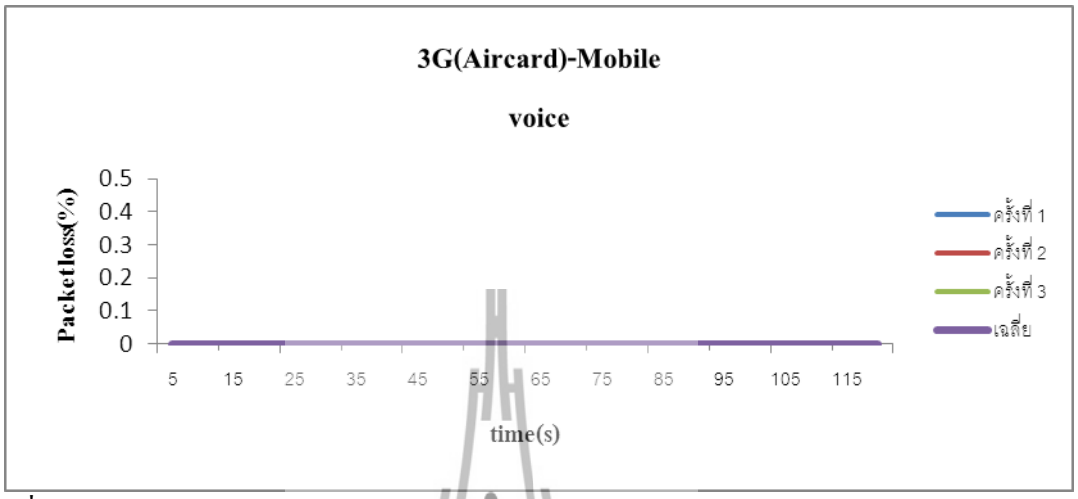


รูปที่ 4-48กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี 3G(Aircard)-EDGE(Aircard)ของการโทรแบบ video

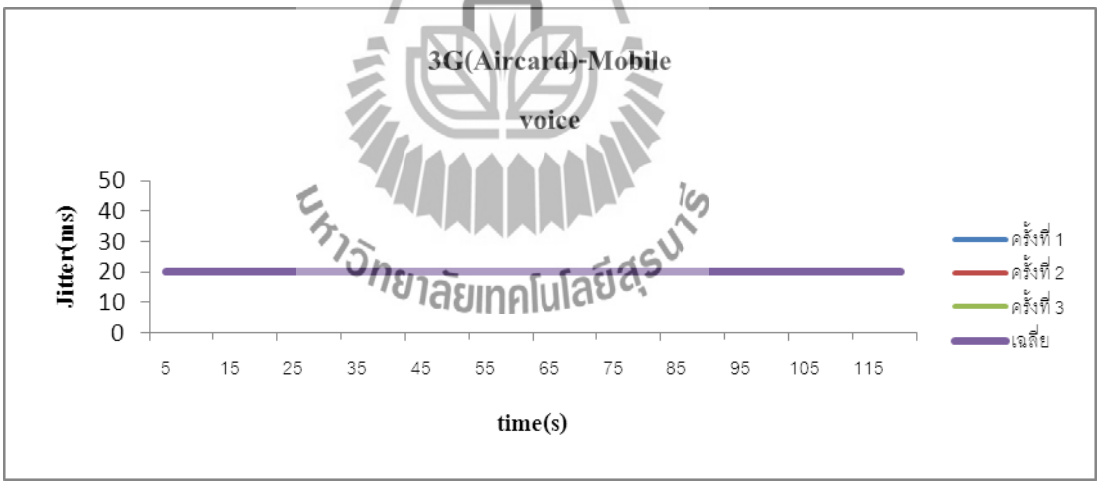
4.4.3ระหว่างเครือข่าย 3G กับMobile Phone

การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายเครือข่าย 3G กับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่(Mobile Phone) จะทำการทดลองโดยการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook เข้ากับเครือข่าย 3G โดยใช้ Aircardของ True Move จากนั้นใช้โปรแกรม Skype โทรจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปหาเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ แล้วสังเกตค่าพารามิเตอร์คือ Packet loss , Jitter และ Round trip time โดยจะโทรเฉพาะแบบ voice เท่านั้นทำการทดลองกรณีละ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย

เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครือข่ายอื่นๆต่อไป ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4-49, รูปที่4-50 และรูปที่ 4-51

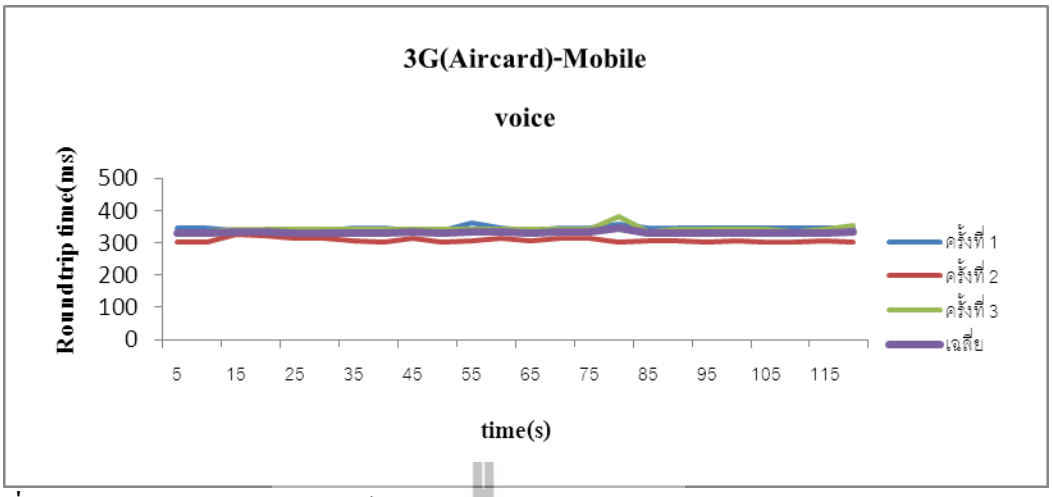


รูปที่ 4-49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี 3G(Aircard)-Mobile ของการโทรแบบ voice



รูปที่ 4-50กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี 3G(Aircard)-Mobile ของการโทรแบบ voice

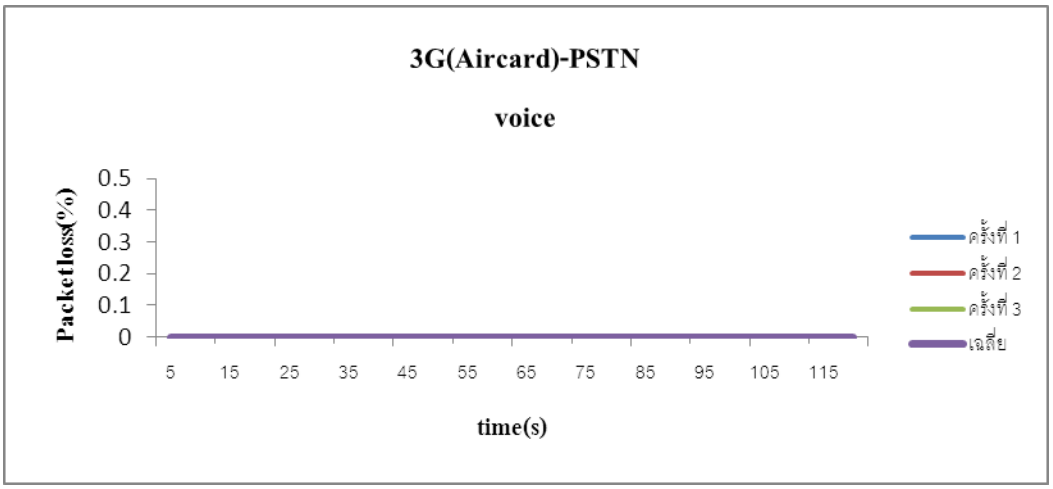
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4-51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี 3G(Aircard)-Mobile ของการโทรแบบ voice

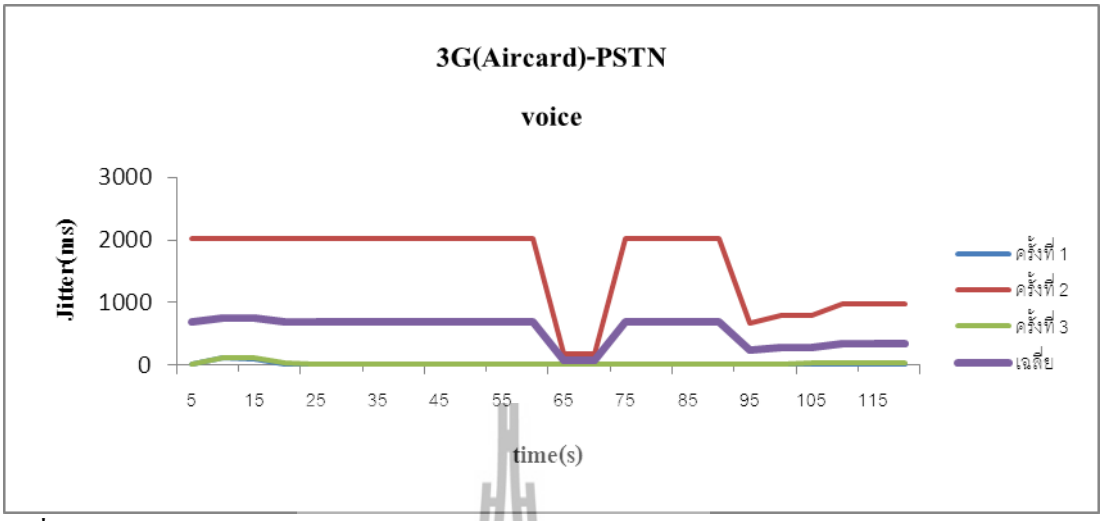
4.4.4 ระหว่างเครือข่าย 3G กับPSTN

การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายเครือข่าย 3G กับเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะ(PSTN) จะทำการทดลองโดยการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook เข้ากับเครือข่าย 3G โดยใช้ Aircardของ True Move จากนั้นใช้โปรแกรม Skype โทรจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปหาเครื่องโทรศัพท์สาธารณะแล้วสังเกตค่าพารามิเตอร์คือ Packet loss , Jitter และ Round trip time โดยจะโทรเฉพาะแบบ voice เท่านั้นทำการทดลองกรณีละ 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครือข่ายอื่นๆต่อไป ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4-52, รูปที่ 4-53 และรูปที่ 4-54

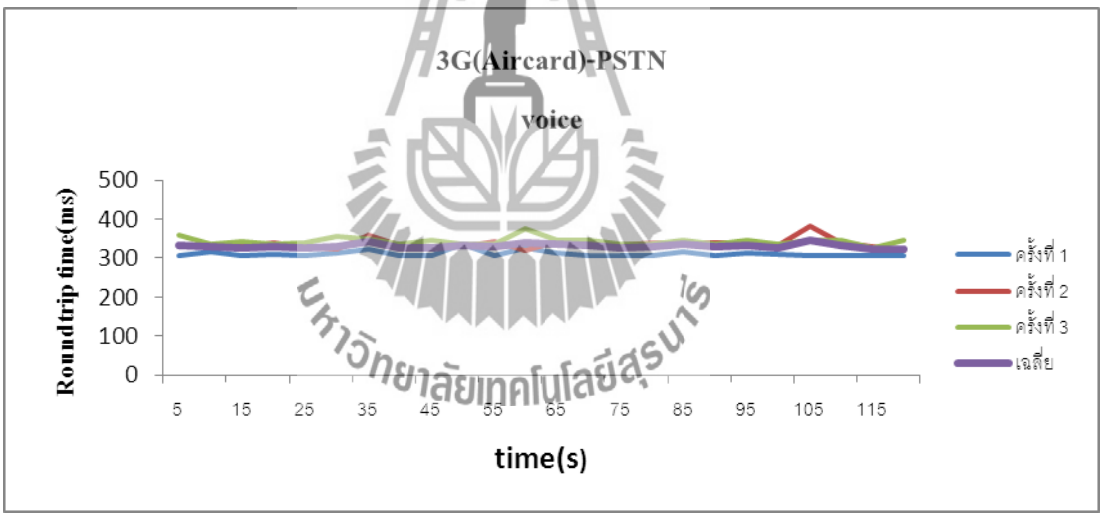


รูปที่ 4-52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณี 3G(Aircard)-PSTN ของการโทรแบบ voice

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4-53กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณี 3G(Aircard)-PSTN ของการโทรแบบ voice



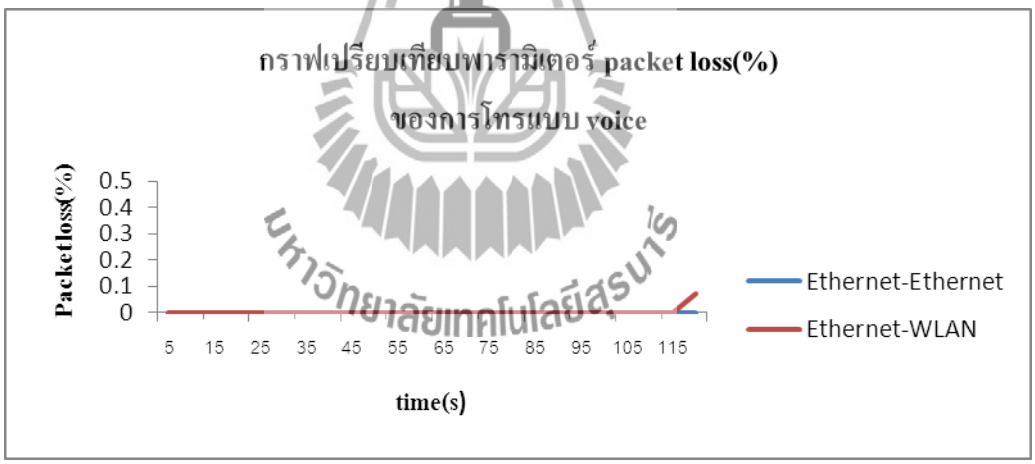
รูปที่ 4-54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Roundtrip time กับเวลากรณี 3G(Aircard)-PSTN ของการโทรแบบ voice

4.5การวิเคราะห์การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ผ่านระบบเครือข่ายต่างๆ

ในการวิเคราะห์ผลกระทบของเครือข่ายต่อประสิทธิภาพของ Voice over IP นี้จะแยกออกเป็น 4 กรณีคือ กรณีระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กรณีระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและเครือข่ายภายนอก กรณีระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และกรณีระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเพื่อแสดงให้เห็นว่าเครือข่ายต่างๆที่ทำการทดลองมีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร โดยสังเกตจากค่าพารามิเตอร์ Packet loss, Jitter และ Round trip time

4.5.1 การวิเคราะห์การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

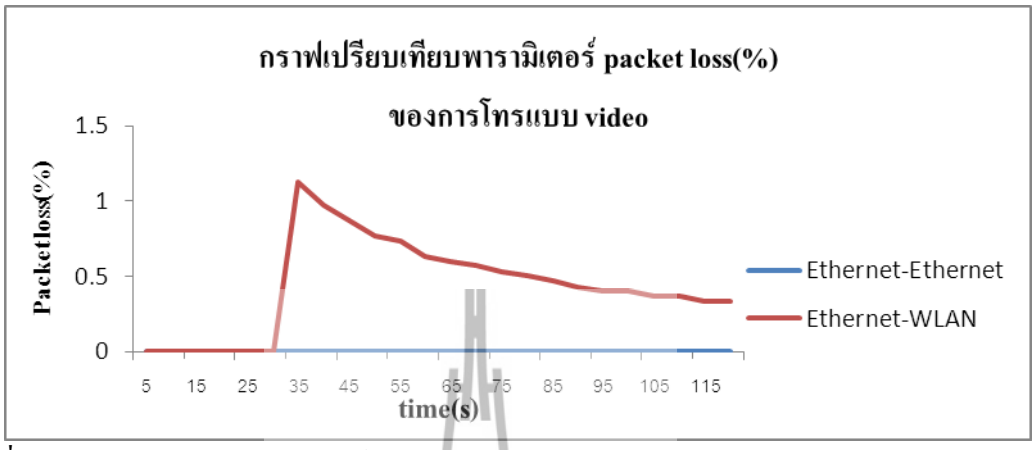
การวิเคราะห์ผลกระทบของเครือข่ายต่อประสิทธิภาพของ Voice over IPระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อแสดงให้เห็นว่าเครือข่ายต่างๆที่ทำการทดลองมีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร โดยสังเกตจากค่าพารามิเตอร์ Packet loss, Jitter และ Round trip timeผลแสดงดังรูปที่ 4-55 ,รูปที่ 4-56 ,รูปที่ 4-57 ,รูปที่ 4-58 ,รูปที่ 4-59 และรูปที่ 4-60



รูปที่ 4-55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณีการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

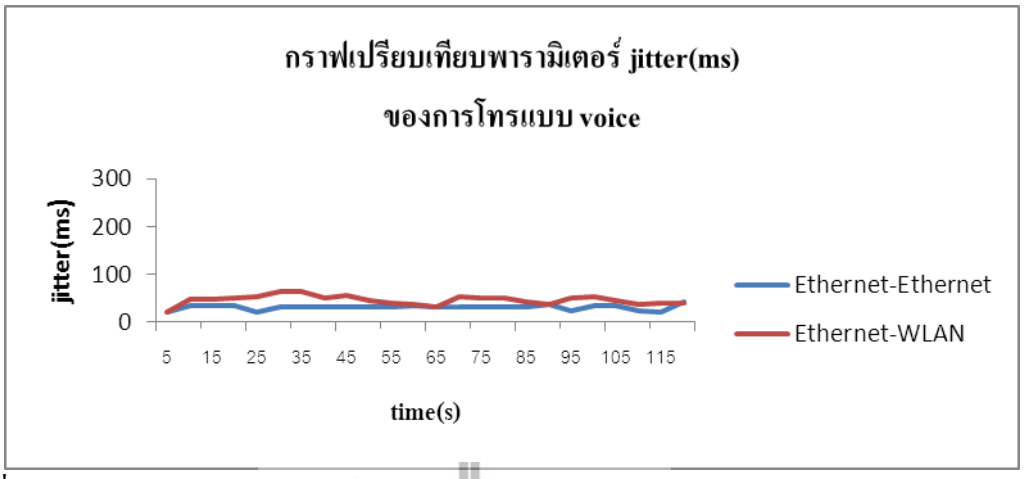
สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Packet loss ของการโทรด้วยแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet - Ethernet มีค่า Packet loss(%)ใกล้เคียงกับการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet -WLAN เนื่องจากแพ็คเก็ตไม่ต้องเดินทางออกไปยังเครือข่ายภายนอกจึงมีโอกาสที่จะเกิดการสูญเสียของแพ็คเก็ตเนื่องจาก

สัญญาณรบกวนที่โนดต่างๆน้อยลง แสดงให้เห็นว่าในกรณีของการโทรแบบ voice การใช้เครือข่ายที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อค่าพารามิเตอร์ Packet loss น้อยมาก



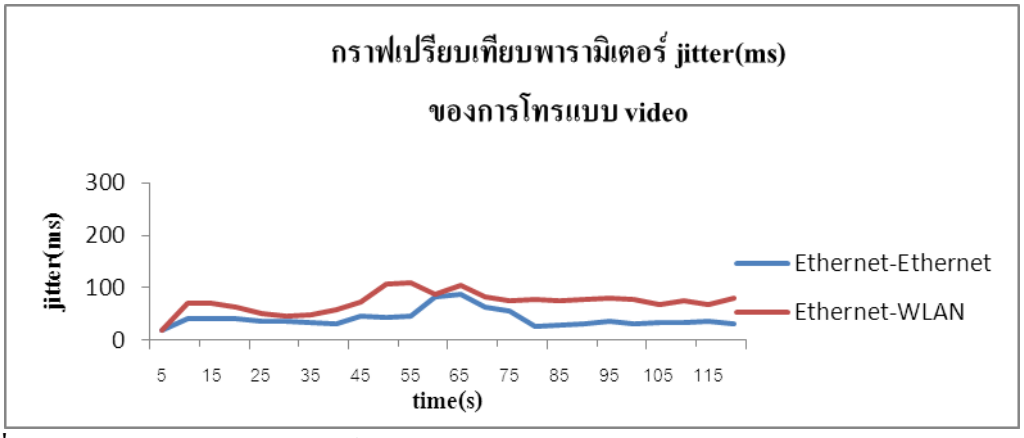
รูปที่ 4-56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณีการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Packet loss ของการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet -Ethernet ไม่มี Packet loss(%) เลย เนื่องจากเป็นการเชื่อมต่อที่สวิทช์ตัวเดียวกันและแพ็คเก็ตเดินทางในสายส่งสัญญาณจึงมีโอกาสเกิดการสูญเสียแพ็คเก็ตน้อยมาก ส่วนการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet -WLAN จะมี Packet loss(%) สูงกว่าเนื่องจากในเครือข่าย WLANแพ็คเก็ตจะต้องเดินทางในอากาศที่มีทั้งสัญญาณรบกวนและสิ่งกีดขวางทำให้เกิดการสูญเสียแพ็คเก็ตได้ง่ายขึ้น ทั้งยังมีสาเหตุมาจากปริมาณข้อมูลที่ต้องส่งเยอะขึ้นในการโทรแบบ video และปริมาณทราฟฟิกของการใช้งาน WLAN ที่หากมีผู้ใช้งานให้ขณะนั้นหนาแน่นก็สามารถส่งผลต่อ Packet loss(%) ให้มีค่าสูงขึ้นได้ แต่จะมีค่าสูงในช่วงแรกๆเท่านั้นประมาณ 1% และในตอนท้ายๆจะมีค่าประมาณ 0.5% ดังนั้น การโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet -Ethernet จึงมีประสิทธิภาพดีกว่า



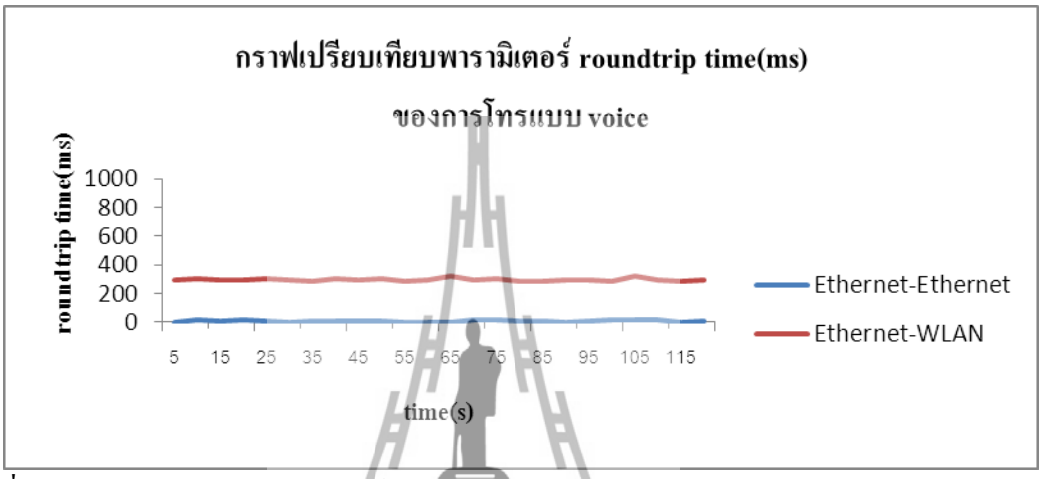
รูปที่ 4-57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitterกับเวลากรณีการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Jitter ของการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet -Ethernet มีค่า Jitter ต่ำกว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet - WLAN เนื่องจากระหว่างเครือข่าย Ethernet -Ethernet นั้นเป็นการเชื่อมต่อที่ switch ตัวเดียวกัน แพ็คเก็ตเดินทางในสายส่งสัญญาณที่มีเส้นทางการเดินทางที่แน่นอนส่วนเครือข่าย WLANมีการใช้ MAC Protocol ที่ผู้ใช้งานต้องผลัดกันรับส่งข้อมูลหากมีจำนวนผู้ใช้งานเครือข่าย WLAN ไม่คงที่แพ็คเก็ตก็จะต้องรอคิวในการส่งไม่คงที่ ความแปรปรวนของ delay ก็เยอะขึ้นทำให้มี Jitter สูง ดังนั้นการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet -Ethernet จึงมีประสิทธิภาพดีกว่า



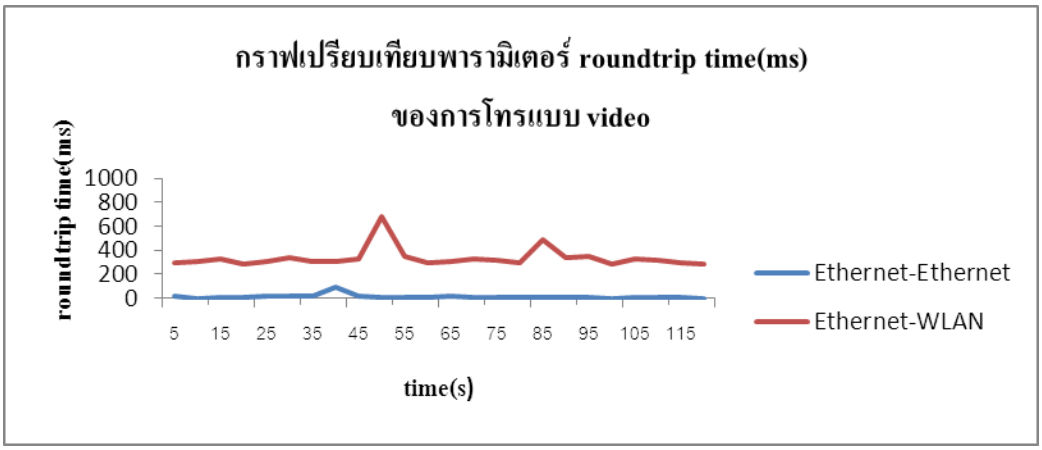
รูปที่ 4-58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitterกับเวลากรณีการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Jitter ของการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีพบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet -Ethernet มีค่า Jitter ต่ำกว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet - WLANเช่นกัน ซึ่งหมายความว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet -WLAN มีความแปรปรวนของ delay มากกว่า ดังนั้นเครือข่าย Ethernet -Ethernet จึงมีประสิทธิภาพดีกว่าดังเช่นกรณีของการโทรแบบ voice



รูปที่ 4-59 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Round trip timeกับเวลากรณีการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Round trip time ของการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีพบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet -Ethernet มีค่า Round trip time ต่ำกว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet -WLAN เนื่องจากระหว่างเครือข่าย Ethernet -Ethernet นั้นเป็นการเชื่อมต่อที่ switch ตัวเดียวกันทำให้เส้นทางในการเดินทางของแพ็คเก็ตสั้นลง และเครือข่าย Ethernet LANมีอัตราการรับส่งข้อมูล 100 Mbpsแพ็คเก็ตจึงใช้เวลาในการเดินทางไปกลับน้อยลง ส่วนเครือข่าย WLAN มีอัตราการรับส่งข้อมูล 54Mbps แพ็คเก็ตจึงใช้เวลาในการเดินทางไปกลับมากขึ้น ดังนั้น การโทรระหว่าง เครือข่าย Ethernet - Ethernet จึงมีประสิทธิภาพดีกว่า

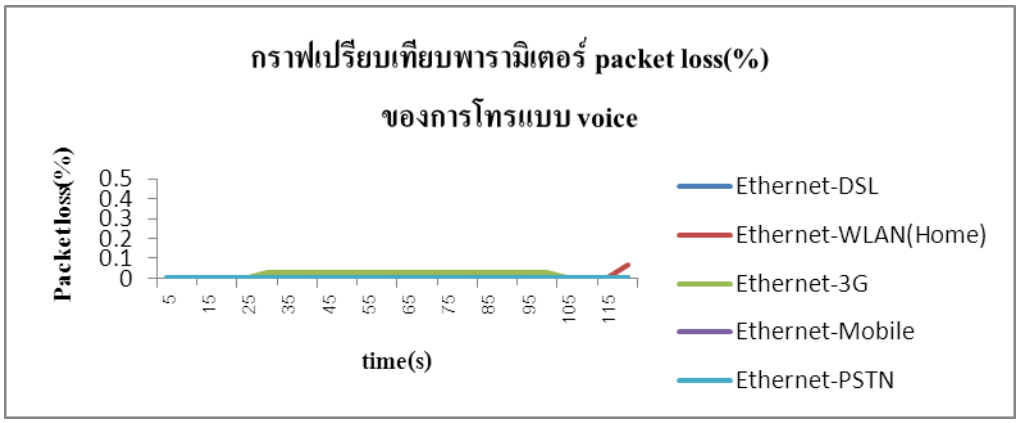


รูปที่ 4-60 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Round trip time กับเวลากรณีการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Round trip time ของการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet - Ethernet มีค่า Round trip time ต่ำกว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet - WLAN เช่นกัน เนื่องจากระหว่างเครือข่าย Ethernet -Ethernet นั้นเป็นการเชื่อมต่อที่ switch ตัวเดียวกันทำให้เส้นทางในการเดินทางของแพ็คเก็ตสั้นกว่าระหว่างเครือข่าย Ethernet – WLAN และเครือข่าย Ethernet LAN มีอัตราการรับส่งข้อมูล 100 Mbpsแพ็คเก็ตจึงใช้เวลาในการเดินทางไปกลับน้อยลง ส่วน WLAN มีอัตราการรับส่งข้อมูล 54Mbps แพ็คเก็ตจึงใช้เวลาในการเดินทางไปกลับมากขึ้นดังนั้นเครือข่าย Ethernet - Ethernet จึงมีประสิทธิภาพดีกว่าดังเช่นกรณีของการโทรแบบ voice

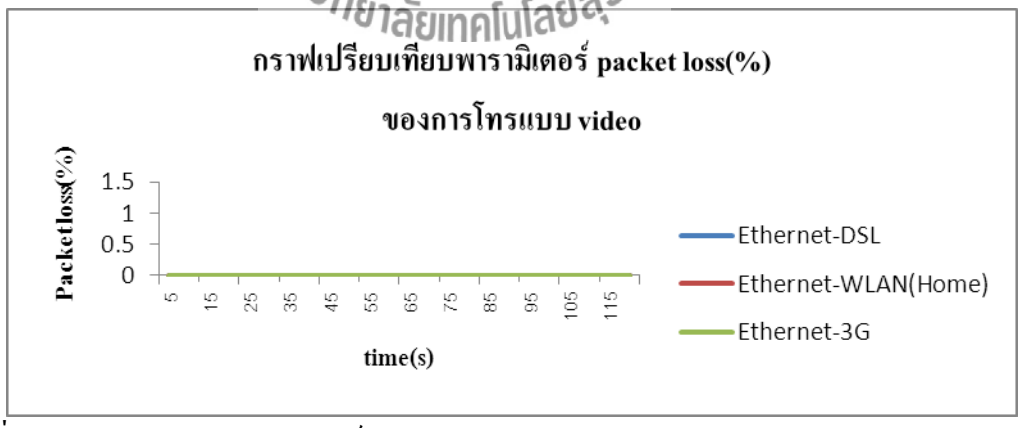
4.5.2 การวิเคราะห์การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การวิเคราะห์ผลกระทบของเครือข่ายต่อประสิทธิภาพของ Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อแสดงให้เห็นว่าเครือข่ายต่างๆที่ทำการทดลองมีประสิทธิภาพเป็นอย่างไรโดยสังเกตจากค่าพารามิเตอร์ Packet loss, Jitter และ Round trip time ผลแสดงดังรูปที่ 4-61 ,รูปที่ 4-62 ,รูปที่ 4-63 ,รูปที่ 4-64 ,รูปที่ 4-65และรูปที่ 4-66



รูปที่ 4-61 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณีการโทรแบบ voiceระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

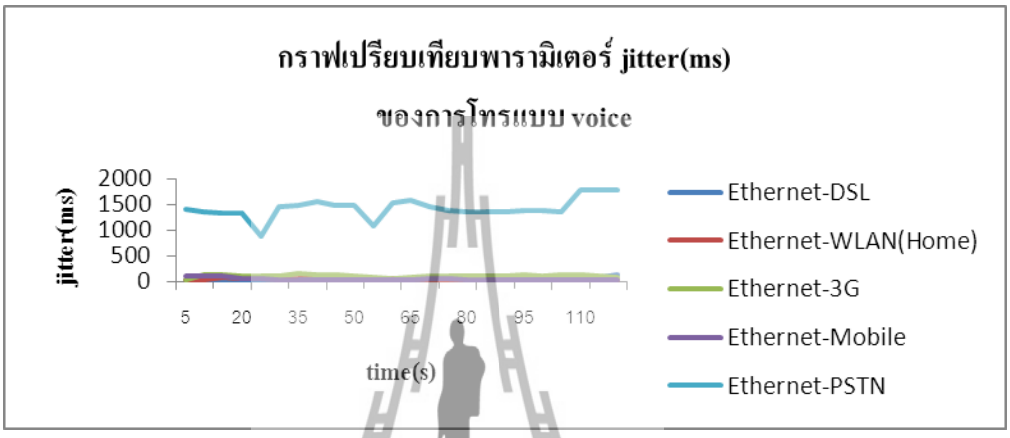
สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Packet loss ของการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet - DSL, Ethernet – WLAN(Home), Ethernet-3G, Ethernet-Mobile และEthernet-PSTNมีค่า Packet loss ใกล้เคียงกันประมาณ 0.05%แสดงให้เห็นว่าในกรณีของการโทรแบบ voice การใช้เครือข่ายที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อค่าพารามิเตอร์ Packet loss น้อยมากแต่การโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet - 3G มีค่า Packet loss(%) มากกว่าเครือข่ายอื่นๆเล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดการสูญเสียของแพ็คเก็ตที่โนดต่างๆของเครือข่าย 3G อันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนจึงมีประสิทธิภาพด้อยกว่าเครือข่ายอื่นๆ



รูปที่ 4-62 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณีการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

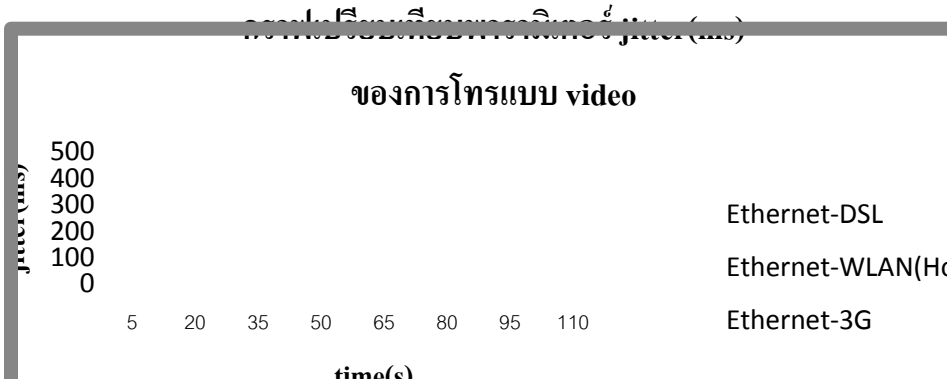
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Packet loss ของการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีพบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet – DSL, Ethernet – WLAN(Home) และ Ethernet-3Gมีค่า Packet loss(%)ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าในกรณีของการโทรแบบ video การใช้เครือข่ายที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อค่าพารามิเตอร์ Packet loss น้อยมาก



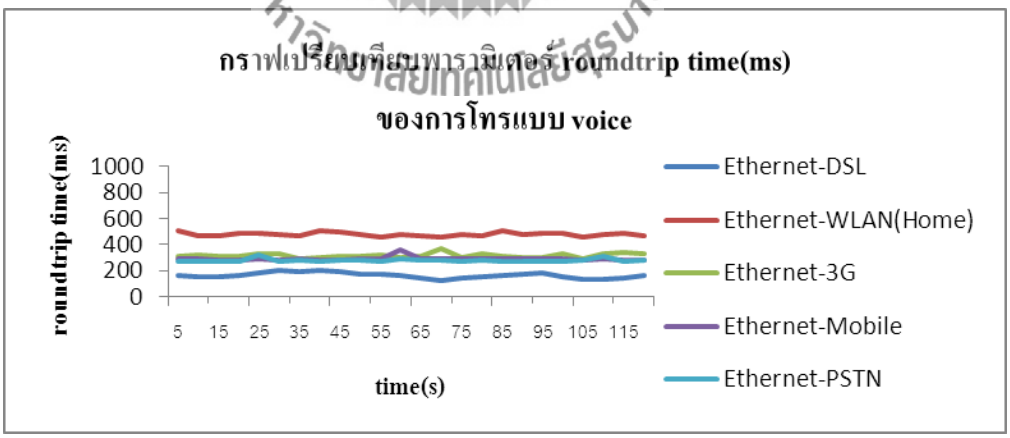
รูปที่ 4-63 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณีการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Jitter ของการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีพบว่าพารามิเตอร์ Jitter ของการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet – DSL, Ethernet – WLAN(Home) , Ethernet-3G และEthernet-Mobileมีค่าใกล้เคียงกัน แต่การโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet-PSTN มีค่า Jitterสูงกว่าการโทรระหว่างเครือข่ายอื่นๆทั้ง 4 เครือข่าย เนื่องจากการโทรไปเครือข่าย PSTN ต้องผ่านโครงสร้างของชุมสายและระบบสายส่ง ถ้ามีความแปรปรวนของปริมาณทราฟฟิกในชุมสายโทรศัพท์ก็จะส่งผลให้เกิด ความแปรปรวนของ delay มากค่า Jitter จึงสูงกว่าเครือข่ายอื่นๆดังนั้นการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet-PSTNจึงมีประสิทธิภาพด้อยกว่าเครือข่ายอื่นๆ



รูปที่ 4-64 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณีการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

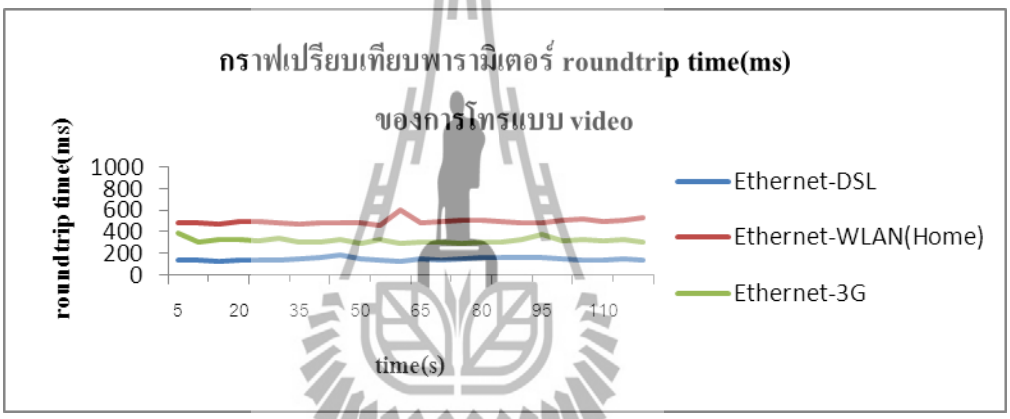
สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Jitter ของการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีพบว่าพารามิเตอร์ Jitter ของการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet – WLAN(Home)มีค่าน้อยๆ ส่วนการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet-DSLและ Ethernet-3G มีค่า Jitter ค่อนข้างสูงและใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเกิดจากในขณะทำการทดลองมีจำนวนผู้ใช้งานเครือข่ายไม่คงที่ ทำให้อัตราเร็วการรับส่งข้อมูลไม่คงที่จึงส่งผลต่อความแปรปรวนของ delay ทำให้มีค่า Jitter สูงดังนั้นการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet-DSLและ Ethernet - 3Gจึงมีประสิทธิภาพด้อยกว่าการโทรระหว่างเครือข่ายEthernet – WLAN(Home)



รูปที่ 4-65 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Round trip time กับเวลากรณีการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Round trip time ของการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าพารามิเตอร์ Round trip time

ของการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet-DSL มีค่าน้อยที่สุดเนื่องจากแพ็คเก็ตเดินทางในสายสัญญาณจึงเดินทางไปกลับได้เร็วกว่า ส่วนการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet-3G, Ethernet-Mobile และ Ethernet-PSTNมีค่าใกล้เคียงกัน และการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet -WLAN (Home) มีค่า Round trip time สูงกว่าการโทรระหว่างเครือข่ายอื่นๆอาจมีสาเหตุมาจาก การที่เครือข่าย WLAN มีอัตราการรับส่งข้อมูล 54Mbpsหากมีจำนวนผู้ใช้งานเครือข่าย WLAN มากอัตราการรับส่งข้อมูลลดลงแพ็คเก็ตก็จะใช้เวลาในการเดินทางไปกลับมากขึ้นทำให้มีค่า Round trip time สูงดังนั้นการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet-DSL มีประสิทธิภาพดีที่สุด การโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet-3G, Ethernet-Mobile และEthernet-PSTN มีประสิทธิภาพรองลงมา และการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet -WLAN ภายนอก มีประสิทธิภาพด้อยที่สุด

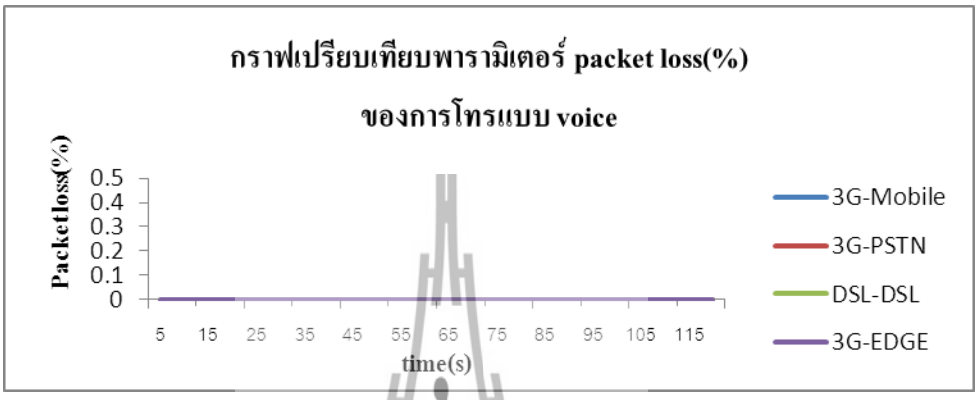


รูปที่ 4-66 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Round trip time กรณีการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Round trip time ของการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าพารามิเตอร์ Round trip time ของการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet-DSLมีค่าน้อยที่สุดจึงมีประสิทธิภาพดีที่สุดระหว่างเครือข่าย Ethernet-3Gมีประสิทธิภาพรองลงมา และระหว่างเครือข่าย Ethernet-WLAN(Home)มีค่า Round trip time สูงที่สุดจึงมีประสิทธิภาพด้อยที่สุดดังเช่นกรณีของการโทรแบบ voice

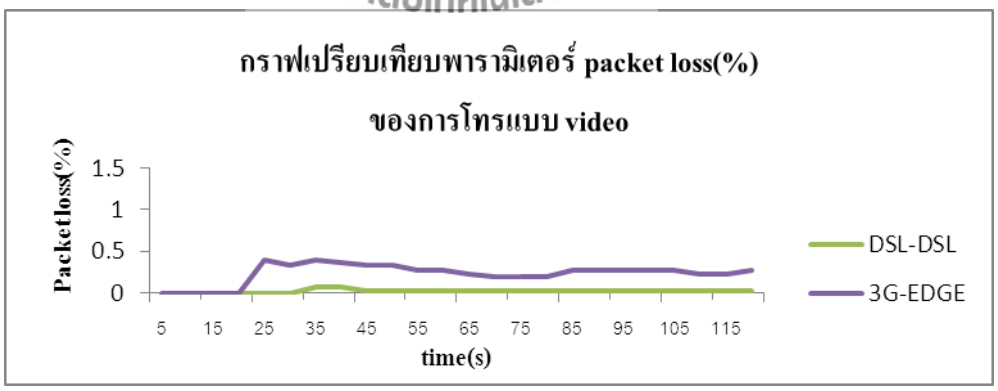
4.5.3 การวิเคราะห์การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การวิเคราะห์ผลกระทบของเครือข่ายต่อประสิทธิภาพของ Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อแสดงให้เห็นว่าเครือข่ายต่างๆที่ทำการทดลองมีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร โดยสังเกตจากค่าพารามิเตอร์ Packet loss, Jitter และ Round trip time ผลแสดงดังรูปที่ 4-67 ,รูปที่ 4-68 ,รูปที่ 4-69 ,รูปที่ 4-70 ,รูปที่ 4-71 และรูปที่ 4-72



รูปที่ 4-67 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณีการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

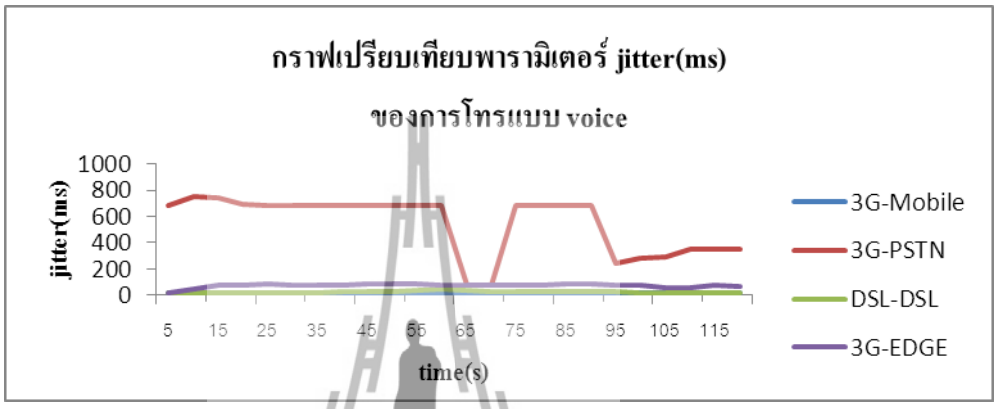
สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Packet loss ของการโทรด้วยเสียงระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการโทรระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้ง 4เครือข่ายมีค่า Packet loss(%)ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าในกรณีของการโทรด้วยเสียงการใช้เครือข่ายที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อค่าพารามิเตอร์ Packet loss น้อยมาก



รูปที่ 4-68 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณีการโทรแบบ videoระหว่างเครือข่ายภายนอก

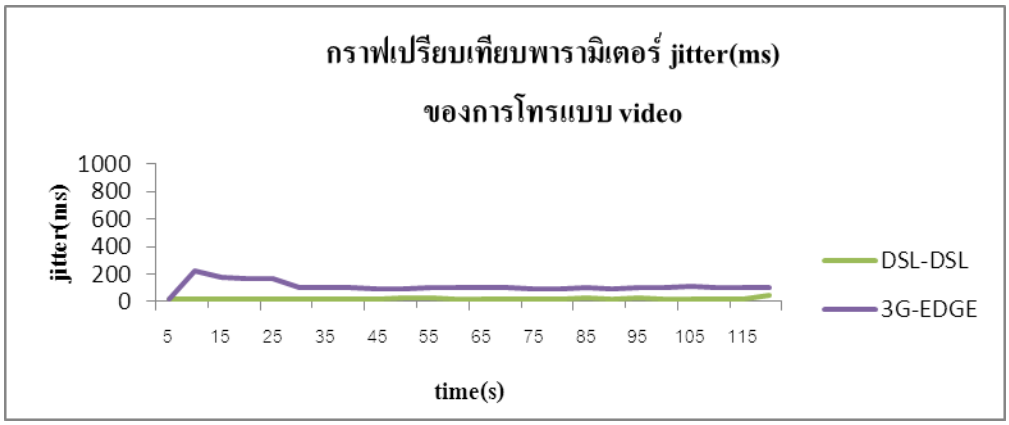
สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Packet loss ของการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย DSL -DSL มีค่า Packet

loss น้อยกว่าการโทรระหว่างเครือข่าย 3G-EDGE เนื่องจากการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย 3G-EDGE นั้นแพ็คเก็ตต้องเดินทางผ่านอากาศที่มีสัญญาณรบกวนและสิ่งกีดขวางซึ่งทำให้มีโอกาสเกิดการสูญเสียของแพ็คเก็ตได้สูงขึ้น ส่วนเครือข่าย DSL นั้นแพ็คเก็ตเดินทางในสายส่งสัญญาณทำให้มีโอกาสเกิดการสูญเสียของแพ็คเก็ตได้น้อย ดังนั้นการโทรระหว่างเครือข่าย DSL-DSL จึงมีประสิทธิภาพดีกว่า



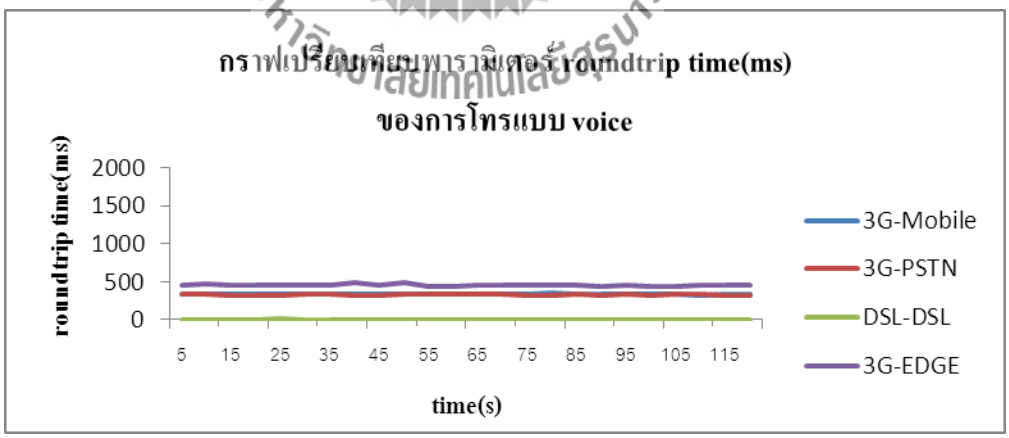
รูปที่ 4-69 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณีการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Jitter ของการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย 3G -PSTN มีค่า Jitter สูงกว่าการโทรระหว่างเครือข่าย 3G-Mobile , DSL-DSL และ 3G-EDGE ซึ่งอาจเกิดจากในช่วงเวลาที่ทำการทดลองการโทรระหว่างเครือข่าย 3G - PSTN อาจมีจำนวนผู้ใช้งานเครือข่าย 3G ไม่คงที่ ทำให้อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลไม่คงที่จึงเกิดความแปรปรวนของ delay มาก รวมทั้งเมื่อแพ็คเก็ตเดินทางไปถึงชุมสายโทรศัพท์ที่เครือข่าย PSTN ก็อาจมีปริมาณทราฟฟิกในแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกันไป ทำให้แต่ละแพ็คเก็ตใช้เวลาในการเดินทางแตกต่างกันไป Jitter จึงมีค่าสูง ดังนั้นการโทรระหว่างเครือข่าย 3G –PSTN มีประสิทธิภาพด้อยกว่าเครือข่ายอื่นๆ



รูปที่ 4-70 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณีการโทรแบบ videoระหว่างเครือข่ายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

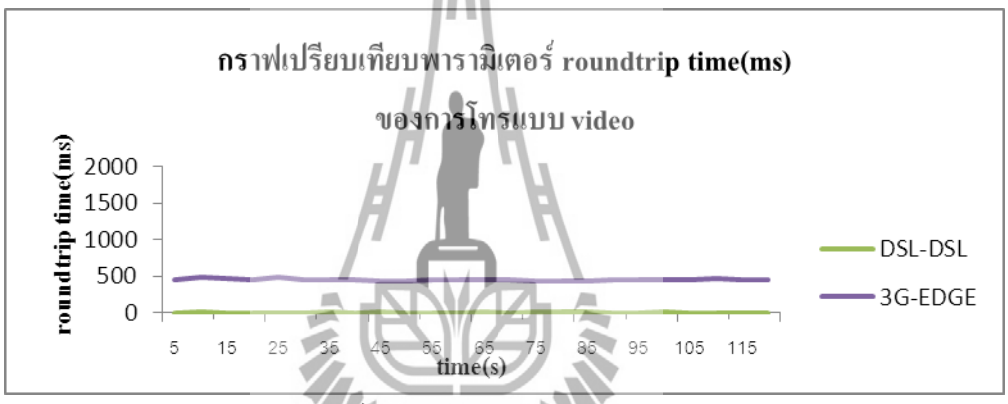
สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Jitter ของการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย 3G - EDGE มีค่า Jitter สูงกว่าการโทรระหว่างเครือข่าย DSL- DSL เนื่องจากการโทรระหว่างเครือข่าย 3G -EDGE นั้น หากมีจำนวนผู้ใช้งานเครือข่าย 3G หรือ EDGE ไม่คงที่แพ็คเก็ตก็ใช้เวลาในการเดินทางที่ไม่แน่นอนจึงส่งผลต่อความแปรปรวนของ delay ทำให้มี Jitter สูง ส่วนการโทรระหว่างเครือข่าย DSL- DSLนั้นแพ็คเก็ตมีการเดินทางในสายส่งสัญญาณ ที่มีเส้นทางการเดินทาง ของแพ็คเก็ต ที่แน่นอนจึงมีค่าJitter น้อย ดังนั้นการโทรระหว่างเครือข่าย DSL- DSL จึงมีประสิทธิภาพดีกว่า



รูปที่ 4-71 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Round trip time กับเวลากรณีการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Round trip time ของการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย 3G - EDGE มีค่า

Round trip time สูงที่สุด เนื่องจาก EDGE มีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลน้อยและแพ็คเก็ตต้องเดินทางในอากาศที่มีทั้งสัญญาณรบกวนและสิ่งกีดขวางจึงมีค่า Round trip time สูง การโทรระหว่างเครือข่าย 3G – Mobile และ 3G – PSTN มีค่า Round trip time ใกล้เคียงกันเนื่องจากมีระบบเครือข่ายคล้ายคลึงกัน แพ็คเก็ตจึงใช้เวลาในการเดินทางไปยังเครือข่ายเหล่านี้ใกล้เคียงกันและการโทรระหว่างเครือข่าย DSL-DSL มีค่า Round trip time น้อยที่สุดเนื่องจากมีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงและแพ็คเก็ตเดินทางในสายส่งสัญญาณจึงเดินทางได้เร็วกว่า ดังนั้นการโทรระหว่างเครือข่าย DSL- DSL มีประสิทธิภาพดีที่สุด และการโทรระหว่างเครือข่าย 3G - EDGE จึงมีประสิทธิภาพด้อยที่สุด



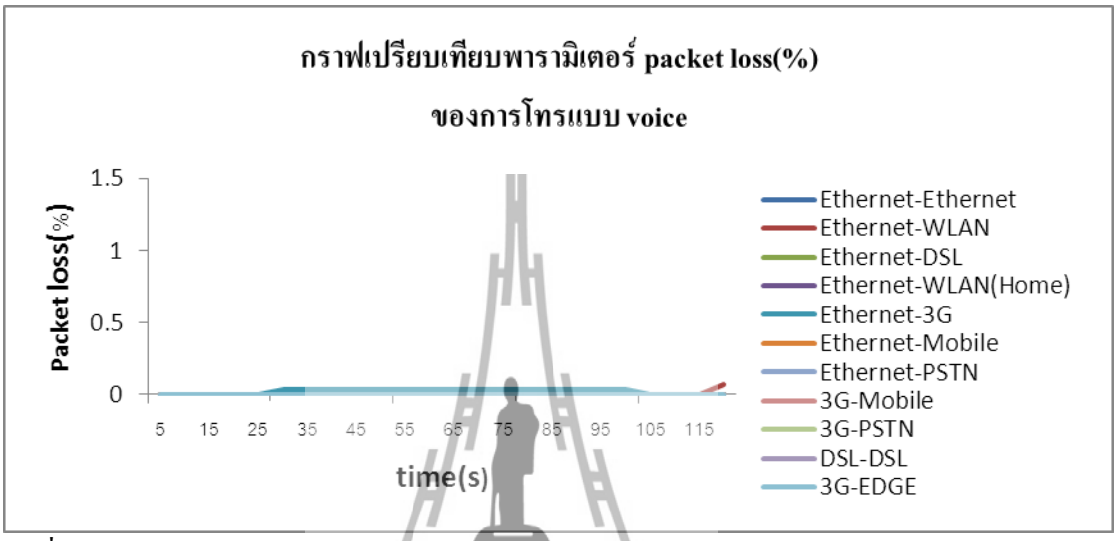
รูปที่ 4-72 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Round trip time กับเวลากรณีการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Round trip time ของการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย 3G -EDGE มีค่า Round trip time สูงกว่าการโทรระหว่างเครือข่าย DSL-DSL เนื่องจากการโทรระหว่างเครือข่าย DSL-DSL นั้นจะมีเส้นทางการเดินทางของแพ็คเก็ตที่สั้นกว่าและยังมีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลที่เร็วกว่าด้วย ดังนั้นการโทรระหว่างเครือข่าย DSL-DSL จึงมีประสิทธิภาพดีที่สุด

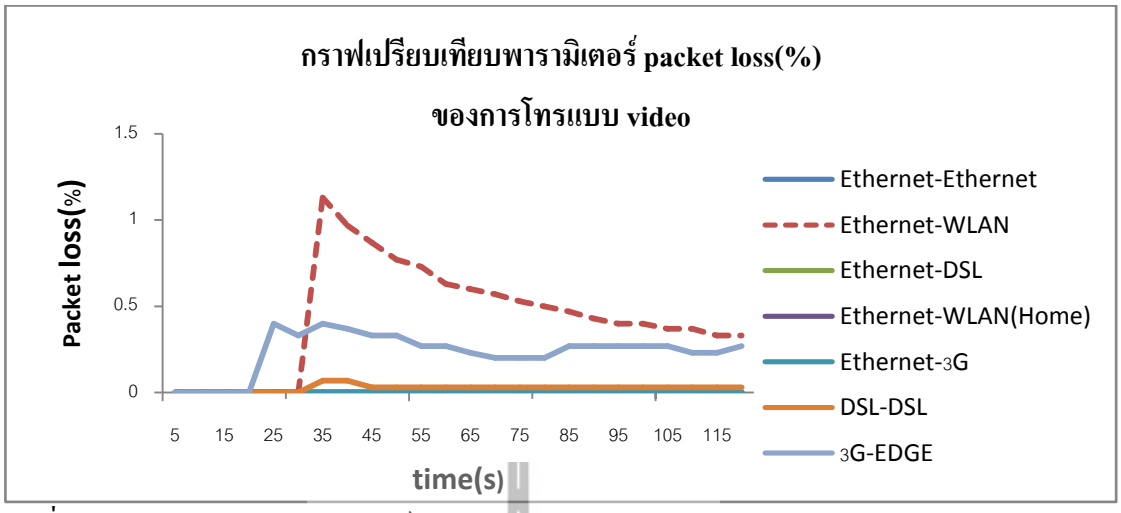
4.5.4การวิเคราะห์การวัดประสิทธิภาพการสื่อสาร Voice over IP ระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การวิเคราะห์ผลกระทบของเครือข่ายต่อประสิทธิภาพของ Voice over IP ระหว่างเครือข่ายภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อแสดงให้เห็นว่าเครือข่ายต่างๆที่ทำการทดลองมีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร โดยสังเกตจากค่าพารามิเตอร์ Packet loss, Jitter และ Round trip timeผลแสดงดังรูปที่ 4-73 ,รูปที่ 4-74 ,รูปที่ 4-75 ,รูปที่ 4-76 ,รูปที่ 4-77 และรูปที่ 4-78



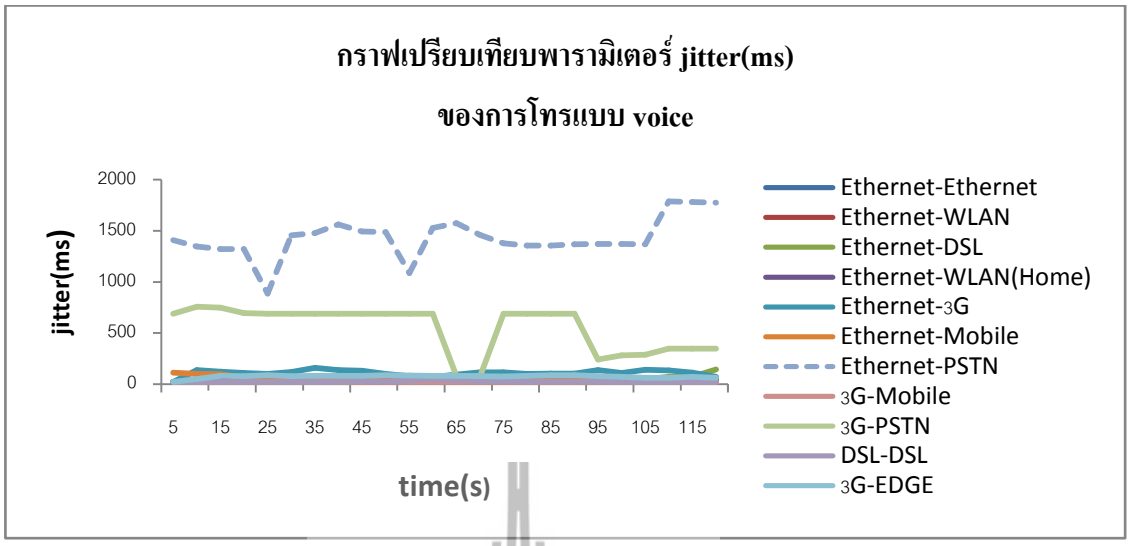
รูปที่ 4-73กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณีการโทรแบบ voiceระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Packet lossของการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีพบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN -3G มีค่า Packet loss(%)สูงกว่าการโทรระหว่างเครือข่ายอื่นๆเล็กน้อย แค่เพียง 0.05%ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากสัญญาณรบกวนในขณะที่ทำการทดลองหรือสิ่งกีดขวางที่ส่งผลให้เกิดการสูญหายของแพ็คเก็ตที่โนดต่างๆของเครือข่าย 3Gดังนั้นจะเห็นว่าการสนทนา VoIPระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีไม่ค่อยส่งผลต่อพารามิเตอร์ Packet loss ในกรณีการโทรแบบ voice



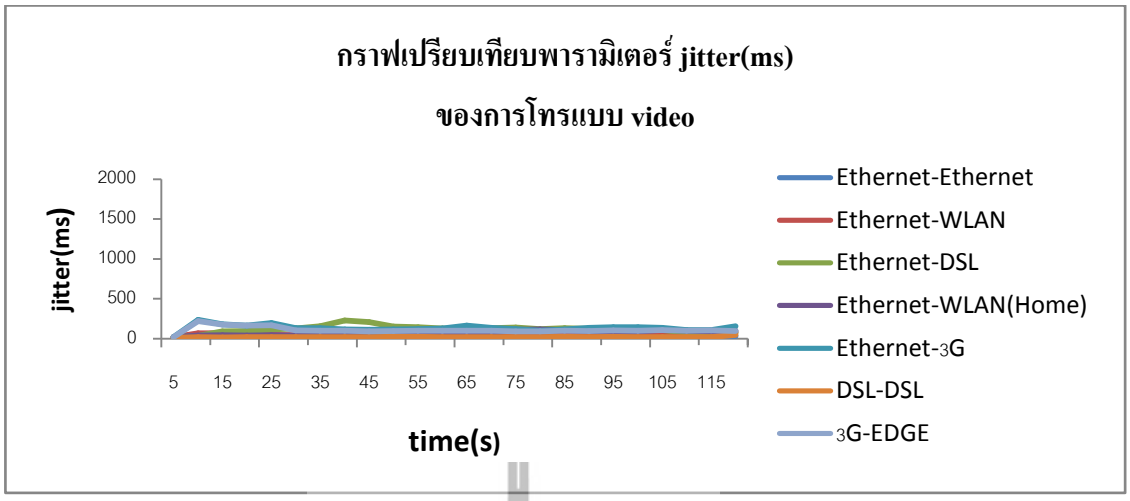
รูปที่ 4-74 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Packet loss กับเวลากรณีการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Packet lossของการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีพบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN -WLAN ภายในมหาวิทยาลัยมีค่า Packet loss สูงกว่าการโทรระหว่างเครือข่ายอื่นๆ อีก 6 กรณีที่มีค่า Packet loss ใกล้เคียงกัน เนื่องจากในเครือข่าย WLANแพ็คเก็ตจะต้องเดินทางในอากาศที่มีทั้งสัญญาณรบกวนและสิ่งกีดขวางทำให้เกิดการสูญเสียแพ็คเก็ตได้ง่ายขึ้น ทั้งยังมีสาเหตุมาจากปริมาณข้อมูลที่ต้องส่งเยอะขึ้นในการโทรแบบ video และในขณะที่ทำการทดลองอาจจะมีปริมาณทราฟฟิกของการใช้งาน WLAN หนาแน่นก็สามารถส่งผลต่อ Packet loss(%) ให้มีค่าสูงขึ้นได้แต่มีค่าสูงแค่ในช่วงแรกๆเท่านั้นประมาณ 1% และในช่วงท้ายๆจะมีค่าประมาณ0.5% ซึ่งจะเริ่มมีค่าใกล้เคียงกับเครือข่ายอื่นๆ ดังนั้นจะเห็นว่าการสนทนา VoIPระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีมีผลต่อพารามิเตอร์ Packet loss ในกรณีการโทรแบบ video



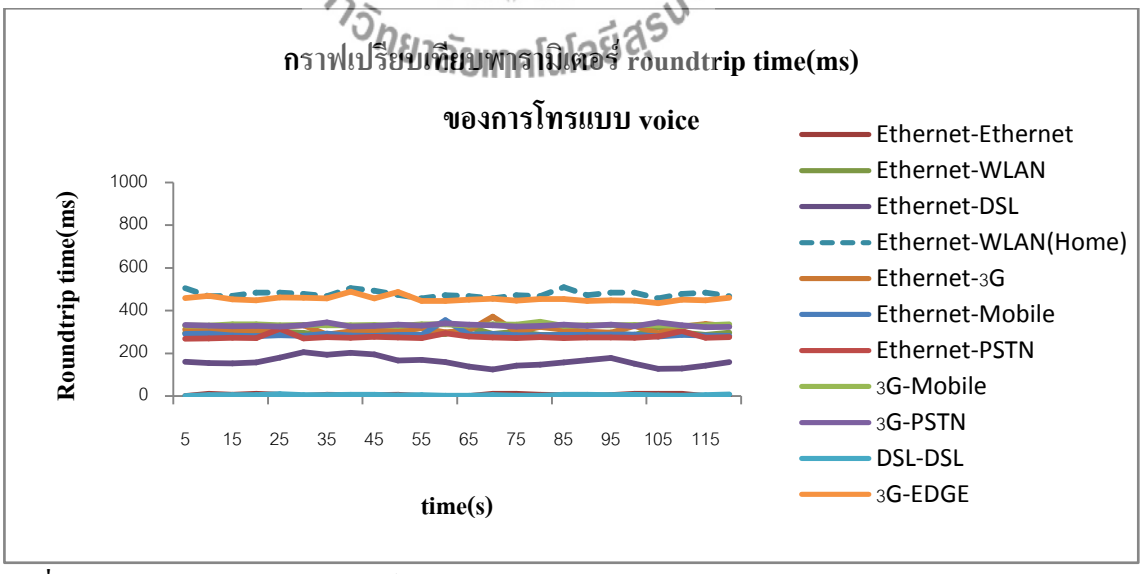
รูปที่ 4-75กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณีการโทรแบบ voiceระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Jitter ของการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีพบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet - PSTN มีค่า Jitter สูงที่สุดการโทรระหว่างเครือข่าย 3G -PSTN มีค่า Jitter สูงเป็นอันดับสอง การโทรระหว่างสองเครือข่ายข้างต้นมีค่า Jitter สูงกว่าการโทรระหว่างเครือข่ายอื่นๆ เนื่องจากเครือข่าย PSTN ที่ชุมสายโทรศัพท์อาจมี ปริมาณทราฟฟิกในแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกันไปทำให้แต่ละแพ็คเก็ตใช้เวลาในการเดินทางแตกต่างกันไป จึงทำให้มีความแปรปรวนของ delay มากกว่าค่า Jitter จึงสูงกว่าเครือข่ายอื่นๆดังนั้นจะเห็นว่าการสนทนา VoIPระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีจะส่งผลต่อพารามิเตอร์ Jitter ในกรณีการโทรแบบ voice



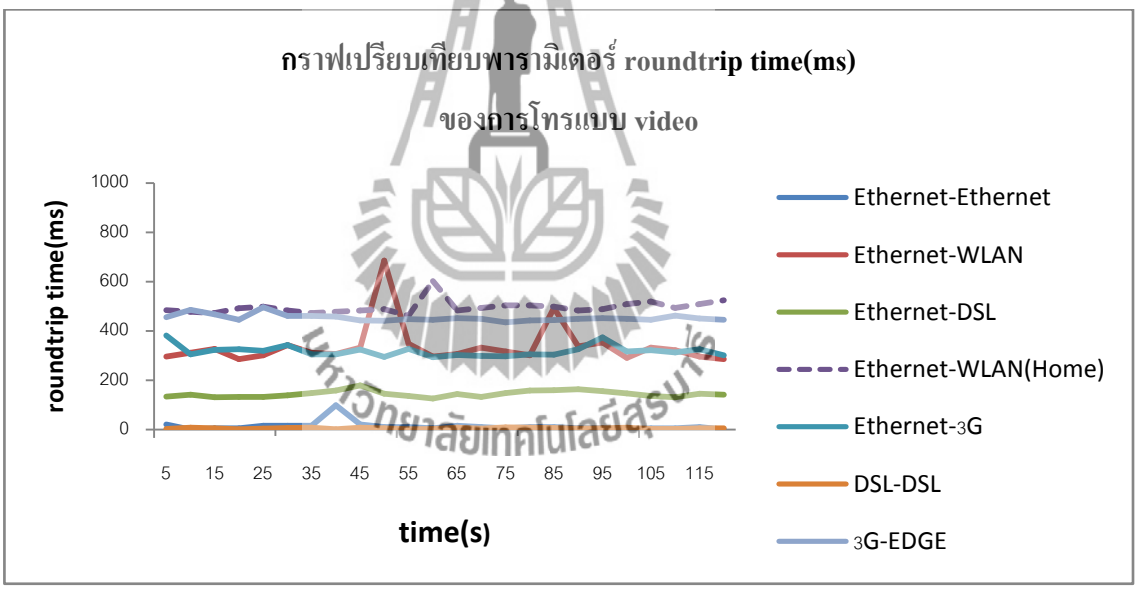
รูปที่ 4-76กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Jitter กับเวลากรณีการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Jitter ของการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet – Ethernet , Ethernet – WLAN , Ethernet - DSL , Ethernet – WLAN (Home) , Ethernet – 3G ,DSL – DSLและ 3G – EDGE ทั้ง 7 เครือข่ายมีค่า Jitter ใกล้เคียง ดังนั้นจะเห็นว่าการสนทนา VoIPระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จะส่งผลต่อพารามิเตอร์ Jitter น้อยมากในกรณีการโทรแบบ video



รูปที่ 4-77กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Round trip time กับเวลากรณีการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Jitter ของการโทรแบบ voice ระหว่างเครือข่ายต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet – WLAN(Home)และ 3G - EDGEมีค่าRound trip timeสูงที่สุด การโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet - WLAN (Home) มีค่า Round trip time สูงกว่าการโทรระหว่างเครือข่ายอื่นๆ อาจมีสาเหตุมาจากเครือข่าย WLAN มีอัตราการรับส่งข้อมูล 54Mbps แพ็คเก็ตจึงใช้เวลาในการเดินทางไปกลับมากขึ้น ส่วนการโทรระหว่างเครือข่าย 3G - EDGE มีค่า Round trip time สูงเช่นกัน เนื่องจาก EDGE มีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลน้อยและแพ็คเก็ตจึงใช้เวลาในการเดินทางไปกลับมากขึ้นจึงมีค่า Round trip time สูง การโทรระหว่างเครือข่ายอื่นๆจะมีค่าRound trip time ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจะเห็นว่าการสนทนา VoIPระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีจะส่งผลต่อพารามิเตอร์Round trip time ในกรณีการโทรแบบ voice



รูปที่ 4-78กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Round trip time กับเวลากรณีการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ Jitter ของการโทรแบบ video ระหว่างเครือข่ายต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีพบว่าการโทรระหว่างเครือข่าย Ethernet – WLAN (Home)มีค่า Round trip time สูงที่สุดดังเช่นกรณีของการโทรแบบ voiceการโทรระหว่างเครือข่ายอื่นๆจะมีค่า Round trip time ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจะเห็นว่าการสนทนา VoIPระหว่าง

เครือข่ายต่างๆทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จะส่งผลต่อพารามิเตอร์ Jitter ในกรณีการโทรแบบ video

บทที่ 5
การเปรียบเทียบ MOS ที่ได้จากการคำนวณกับแบบสำรวจความพึงพอใจ

5.1 บทนำ

MOS หรือ Mean Opinion Score เป็นการวัดคุณภาพของการให้บริการหรือ QoSของVoIP โดยในการใช้ MOS จะใช้คนเป็นคนทดสอบซึ่งจะแตกต่างกับ E-Model ที่มีการใช้สมการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการวัดคุณภาพของสัญญาณแต่ ในบทนี้เราจะกล่าวถึงสมการที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่า R factor และค่า MOS รวมไปถึงการพัฒนาโปรแกรมเพื่อคำนวณค่า MOS จากค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบการให้บริการ Voice over IP (VoIP) จากโปรแกรม Skype และการประเมินประสิทธิภาพของ Voice over IP (VoIP)โดยการทำแบบสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานในกรณีต่างๆเพื่อนำมาวิเคราะห์ค่า MOS และทำการเปรียบเทียบกับค่า MOS ที่ได้จากการพัฒนาโปรแกรม เพื่อดูความสอดคล้องของค่าที่ได้ และคุณภาพของการให้บริการผ่านเครือข่ายที่ต่างกันว่ามีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร

5.2 สมการที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่า MOS

เมื่อเราได้ทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สนใจได้ครบถ้วนแล้ว เราจะสามารถนำค่าพารามิเตอร์ได้การทดสอบในแต่ละเครือข่ายที่แตกต่างกันมาทำการคำนวณค่า MOS หรือ ค่า Mean Opinion Score ตามมาตรฐานของ ITU ซึ่งค่า MOS ที่เราต้องการทราบจะแสดงถึงคุณภาพและประสิทธิภาพของการสื่อสาร Voice Over IP ผ่านเครือข่ายนั้นๆ โดย MOS จะมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับค่า R factor ดังสมการที่ 5.1

$$MOS = 1 + 0.035R + 7.5x10^{-6}R(R-60)(100-R) \quad (5.1)$$

ซึ่งค่า MOS ที่ต้องการนั้นจะเชื่อมโยงกับค่า R Factor ซึ่งหมายถึง คุณภาพของอัตราการส่งข้อมูลในระบบสื่อสารเครือข่ายต่างๆ ค่า R Factor สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.2

$$R = Ro - Is - Id - Ie\text{-}eff + A \quad (5.2)$$

โดยค่าตัวแปรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสมการที่ 5.2 มีดังต่อไปนี้

- Ro คือ ค่าอัตราส่วนระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวน
- Is คือ ค่าที่ทำให้เกิดการผิดเพี้ยนจากเสียงรอบข้าง หรือเสียงที่มากเกินไป
- Id คือ ค่าที่ทำให้เกิดการผิดเพี้ยนที่เกิดจาก delay และ echo
- Ie-effคือ ค่าที่ทำให้เกิดการผิดเพี้ยนที่เกิดจากการเครื่องมือ
- A คือ ค่าชดเชยสำหรับสัญญาณเสียง(สามารถสังเกตได้จาก ตารางที่ 5.1)

ตัวแปร Ro คือ ค่าอัตราส่วนระหว่างสัญญาณที่รับได้ต่อสัญญาณรบกวน จะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.3

$$Ro = 15 - 1.5(SLR + No) \quad (5.3)$$

จากสมการที่ 5.3 ค่า Send Loudness Rating(SLR) สามารถสังเกตได้จากตารางที่ 5.1 และ No คือ ผลรวมของกำลังของ Noise จากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน โดยเราจะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.4

$$No = 10\lg\left[10^{\frac{Nc}{10}} + 10^{\frac{Nos}{10}} + 10^{\frac{Nor}{10}} + 10^{\frac{Nfo}{10}}\right] \quad (5.4)$$

เมื่อ Ncคือ ผลรวมของกำลังของสัญญาณรบกวนภายในวงจร (โดยค่าที่เหมาะสมคือ 0 dBr)

Nosคือ ผลรวมของสัญญาณรบกวนในวงจรสมมูลในภาคส่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.5

$$Nos = Ps - SLR - Ds - 100 + 0.004(Ps - OLR - Ds - 12)^2 \quad (5.5)$$

โดยค่า OLR =SLR + RLR

Ps คือ ค่าสัญญาณรบกวนภายในห้องของภาคส่ง

Nor คือ ผลรวมของสัญญาณรบกวนในวงจรสมมูลในภาครับสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.6

$$Nor = RLR - 121 + Pre + 0.008(Pre - 35)^2 \quad (5.6)$$

Pre คือ ผลของประสิทธิภาพจากกำลังภาครับสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.7

$$Pre = Pr + 10\lg\left[1 + 10^{\frac{(10-LSTR)}{10}}\right] \quad (5.7)$$

Prคือ ค่าสัญญาณรบกวนภายในห้องของภาครับ

Nfoคือ สัญญาณรบกวนพื้นฐานทั่วไป สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.8

$$Nfo = Nfor + RLR \quad (5.8)$$

(*หมายเหตุ ค่า Ps, Pr, SLR, Ds, Nforและ RLR สามารถสังเกตได้จากตารางที่ 5.1)

ตัวแปร I_sคือ ค่าที่ทำให้เกิดการผิดเพี้ยนจากเสียงรอบข้าง หรือเสียงที่มากเกินไปจะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.5

$$Is = Iolr + Ist + Iq \quad (5.9)$$

โดยค่า Iolr คือ ค่าของคุณภาพที่ลดลงจากผลของ OLR ที่ต่ำมากๆ สามารคคำนวณได้จากสมการที่ (5.10)

$$Iolr = 20\left[\left\{1 + \left\{\frac{X}{8}\right\}^8\right\}^{\frac{1}{8}} - \frac{X}{8}\right] \quad (5.10)$$

ซึ่ง $X = OLR + 0.2(64 + No - RLR)$

$OLR = SLR + RLR$

ส่วนค่า Istคือ ค่าที่ทำให้คุณภาพด้อยลงเนื่องจากเสียงรอบข้างที่ไม่เหมาะสม สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5.11)

$$Ist = 10\left[1 + \left(\frac{STMRo - 12}{5}\right)^6\right]^{\frac{1}{6}} - 46\left[1 + \left(\frac{STMRo}{23}\right)^{10}\right]^{\frac{1}{10}} + 36 \quad (5.11)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค่า STMRoได้จากสมการ

$$STMRo = -10\lg\left[10^{-\frac{STMR}{10}} + e^{-\frac{T}{4}}10^{-\frac{TELR}{10}}\right]$$

และค่า Iqคือ ค่าที่ทำให้คุณภาพด้อยลงเนื่องจากการจัดระดับสัญญาณแล้วเกิดความผิดเพี้ยน สารถคำนวณได้จากสมการที่ (5.12)

$$Iq = 15\lg[1 + 10^{Y} + 10^{Z}] \quad (5.12)$$

ซึ่ง $Y = \frac{R_o - 100}{15} + \frac{46}{8.4} + \frac{G}{9}$

และ $Z = \frac{46}{30} - \frac{G}{9}$

โดย $G = 1.07 + 0.258Q + 0.0602Q^2$

สุดท้าย $Q = 37 - 15\lg(qdu)$

(*หมายเหตุ ค่า T และ qduสามารถสังเกตได้จากตารางที่ 5.1)

ตัวแปร Id คือ ค่าที่ทำให้เกิดการผิดเพี้ยนที่เกิดจาก delay และ echo สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.13

$$Id = Idte + Idle + Idd \quad (5.13)$$

โดย Idteคือ ค่าประมาณของคุณภาพที่ลดลงเนื่องจากการเกิด echo ด้านผู้พูด สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.14

$$Idte = \left[\frac{Roe - Re}{2} + \sqrt{\frac{(Roe - Re)^2}{4} + 100} - 1\right](1 - e^{-T}) \quad (5.14)$$

ซึ่ง $Roe = -1.5(No\text{-}RLR)$

และ $Re = 80 + 2.5(TERV - 14)$

ซึ่ง $TERV = TELR - 40\lg\frac{1+\frac{T}{10}}{1+\frac{T}{150}} + 6e^{-0,3T^2}$

(*หมายเหตุ ค่า TELR และ T สามารถสังเกตได้จากตารางที่ 5.1)

ค่า Idle คือ ค่าประมาณของคุณภาพที่ลดลงเนื่องจากการเกิด echo ด้านผู้พูด สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.15

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$\text{Idle} = \frac{Ro-Rle}{2} + \sqrt{\frac{(Ro-Rle)^2}{4} + 169} \quad (5.15)$$

ซึ่ง Rle = 10.5(WEPL + 7)$(Tr + 1)^{-0.25}$

ค่า Iddคือ ค่าประมาณของคุณภาพที่ลดลงเนื่องจากค่า Ta มีค่ามากเกินไป ซึ่ง Ta คือ ความล่าช้าที่แน่นอน โดยหาก Iddมีค่า จะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.16

ถ้าหาก ค่า Ta <100 ms

- จะได้ Idd = 0

ถ้าหาก ค่า Ta <100 ms

- จะได้ Idd= $25\left\{(1 + X^6)^{\frac{1}{6}} - 3\left(1 + \left[\frac{X}{3}\right]^6\right)^{\frac{1}{6}} + 2\right\}$ (5.16)

$$X = \frac{lg\left(\frac{Ta}{100}\right)}{lg\,2}$$

ตัวแปร Ie-effคือ ค่าที่ทำให้เกิดการผิดเพี้ยนที่เกิดจากการเครื่องมือสามารคคำนวณได้จากสมการที่ 5.17

$$\text{Ie-eff} = \text{Ie} + (95\text{-Ie})\left(\frac{Ppl}{Ppl + Bpl}\right) \quad (5.17)$$

(*หมายเหตุ ค่า Pplและ Pplสามารถสังเกตได้จากตารางที่ 5.1 ส่วนค่า Ie = 20 สำหรับเครือข่ายไร้สาย)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.1 ค่ามาตรฐาน G.107 แสดงค่ามาตรฐานและค่าที่ยอมรับได้ของพารามิเตอร์

Parameter	Addr.	Unit	Default value	Permitted Range	Remark
Send Loudness Rating	SLR	dB	+8	0…+18	Note 1
Receive Loudness Rating	RLR	dB	+2	-5…+14	Note 1
Sidetone Masking Rating	STMR	dB	15	10…20	Note 2
Listener Sidetone Rating	LSTR	dB	18	13…23	Note 2
D-Value of Telephone, Send Side	Ds	-	3	-3…+3	Note 2
D-Value of Telephone, Recieve Side	Dr	-	3	-3…+3	Note 2
Talker Echo Path Loss	TELR	dB	65	5…65	
Weighted Echo Path Loss	WEPL	dB	110	5…110	
Mean one-way Delay of the Echo Path	T	msec	0	0…500	
Round Trip Delay in a 4-wire Loop	Tr	msec	0	0…1000	
Absolute Delay in echo-free Connections	Ta	msec	0	0…500	
Number of Quantization Distortion Units	Qdu	-	1	1…14	
Equipment Impairment Factor	Ie	-	0	0…40	
Packet-Loss Robustness Factor	Bpl	-	1	1…40	Note 3
Random Packet-Loss Probability	Ppl	%	0	0…20	Note 3
Circuit Noise referred to 0 dBr-point	Nc	dBm0p	-70	-80…-40	
Noise Floor at the Receive Side	Nfor	dBmp	-64	-	Note 3
Room Noise at the Send Side	Ps	dB(A)	35	35…85	
Room Noise at the Receive Side	Pr	dB(A)	35	35…85	
Advantage Factor	A	-	0	0…20	
Note 1 – Total value between microphone or receiver and 0 dBr-points. Note 2 – Fixed relation: LSTR = STMR + D. Note 3 – Currently under study.					

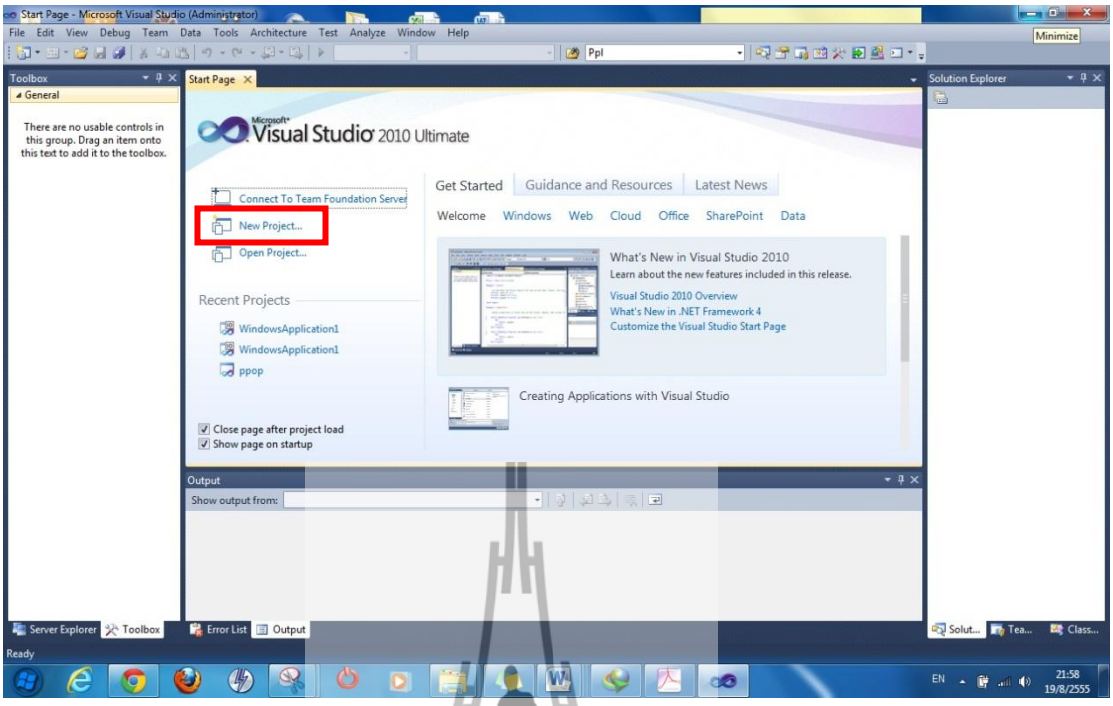
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงระดับ MOS และระดับคุณภาพของ Voice over IP

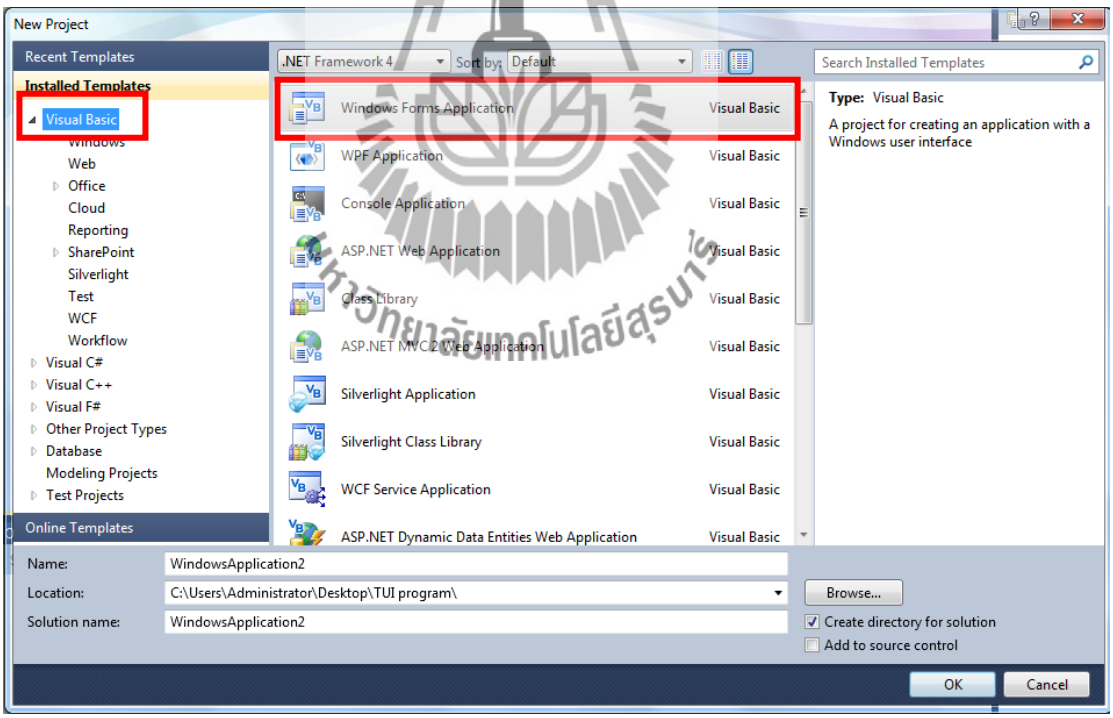
MOS	คุณภาพ	ลักษณะ
5	Excellent ยอดเยี่ยม	คาดไม่ถึง (Imperceptible)
4	Good ดี	ใช้ได้ดี (Perceptible)
3	Fair พอใช้	น่าหงุดหงิดเล็กน้อย (Slightly annoying)
2	Poor ไม่ดี	ไม่น่าพอใจ (Annoying)
1	Bad แย่	ไม่พอใจ (Very annoying)

5.3 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อคำนวณค่า MOS

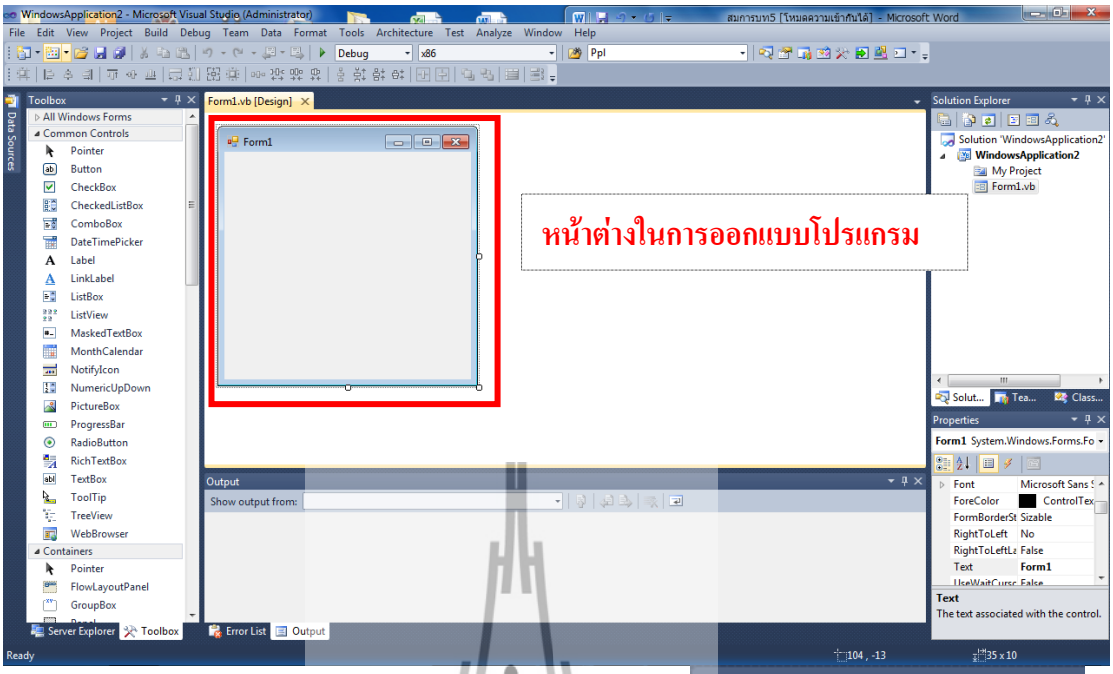
โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานี้เพื่อคำนวณหาค่า R factor และค่า MOS ที่ได้จากค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้จาก Call technical info จากโปรแกรม Skypeซึ่งโปรแกรมคำนวณหาค่า R factor และค่า MOS นี้ได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ Microsoft Visual Studio 2010ในการพัฒนา เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์แล้วสามารถหาค่า Rfactor และค่า MOS โดยการกรอกค่า Roundtrip time (RTT) และ Packet loss ลงในช่องว่างของโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณค่าคุณภาพการให้บริการให้อัตโนมัติ โดยคุณภาพการให้บริการจะออกมาในรูปของ Rfactor และ MOS (Mean opinion score) โครงงานนี้ได้เปรียบเทียบผล MOS ที่วัดได้จากบทความ The E-model, a computational model for use in transmission planning ITU-T Recommendation ซึ่งผลการเปรียบเทียบค่า MOS ที่คำนวณได้มีค่าความแตกต่างกันที่ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่จำลองเครือข่ายการทด ลองขึ้นมา ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้



1. เลือก New Project

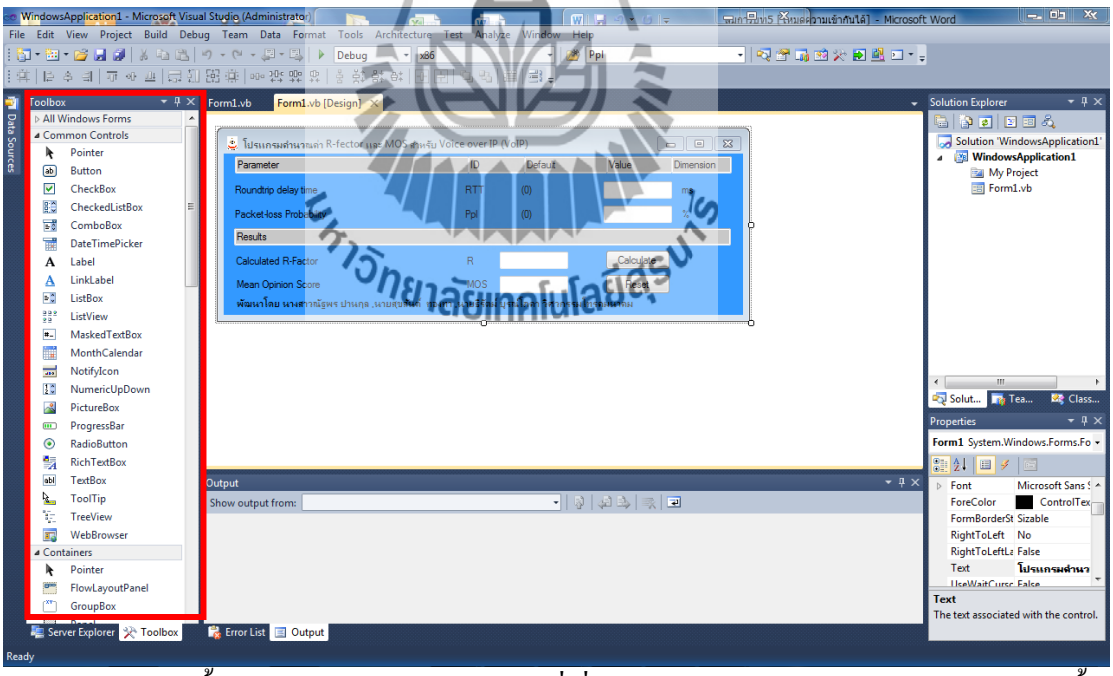


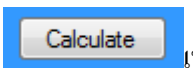
2. เลือก Visual Basic เนื่องจากภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคือภาษา Basic
3. เลือก Windows Forms Application หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าต่างในการออกแบบโปรแกรม



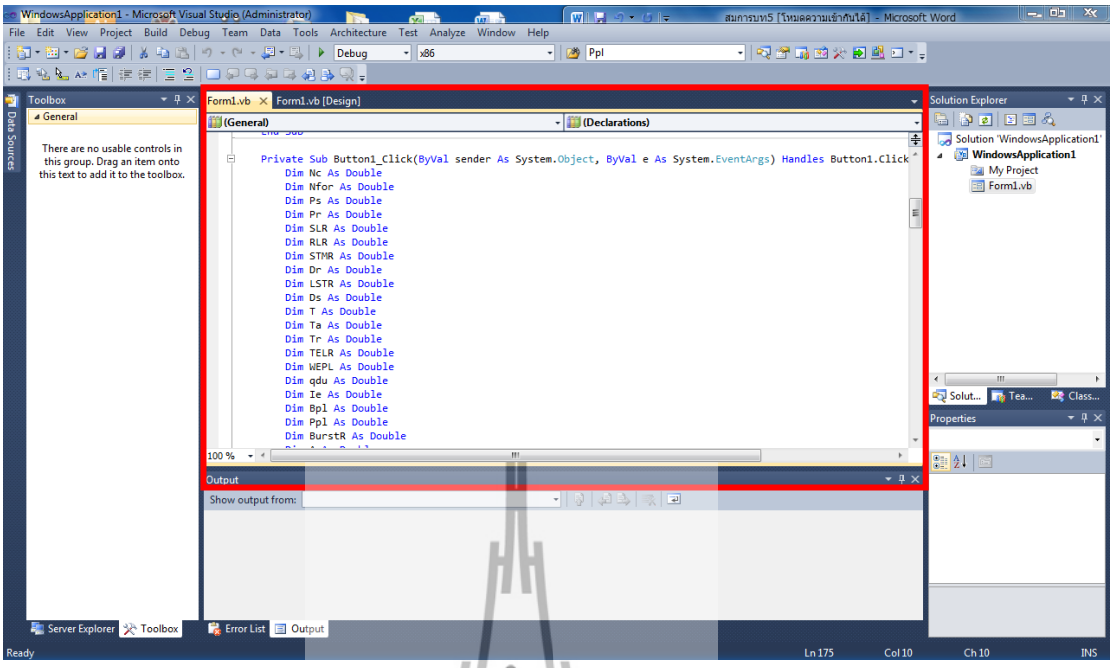
4. ทำการออกแบบโปรแกรมโดยใช้กล่องเครื่องมือ

จะได้ลักษณะดังรูป



5. จากนั้นทำการใส่ Code และตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณในโปรแกรมโดยดับเบิ้ลคลิกที่ Button Box 

เพื่อเขียน Code โปรแกรมจะได้ดังรูป



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6. Code ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

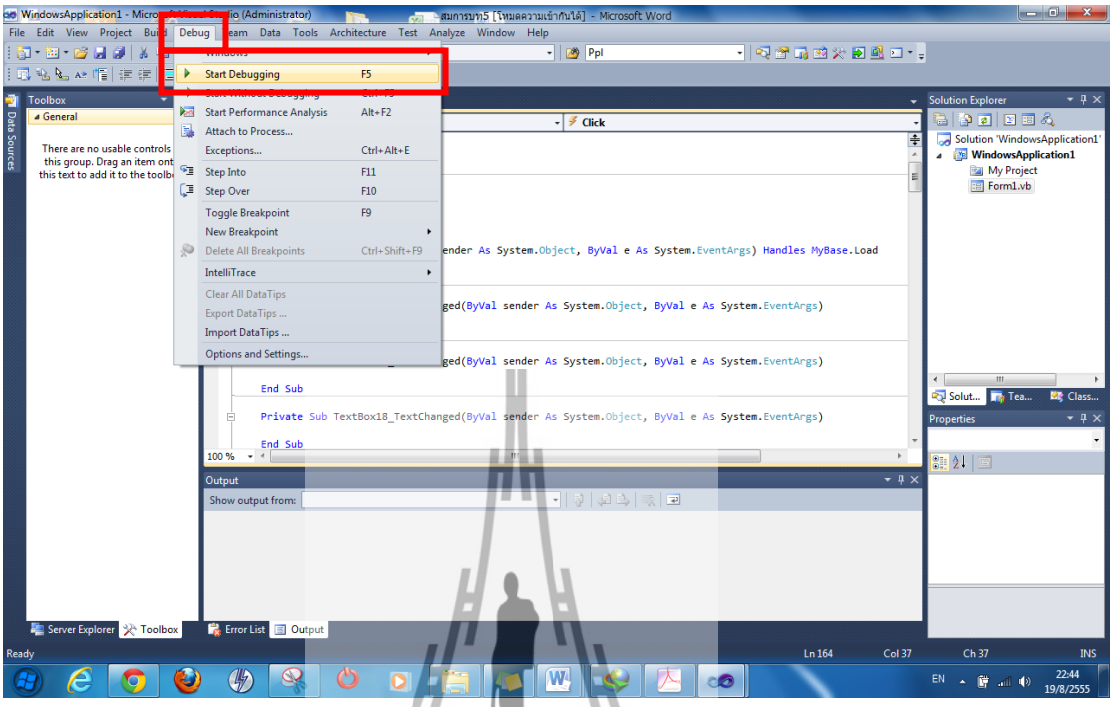
```
Imports System.Math
Dim Nc As Double
    Dim Nfor As Double
    Dim Ps As Double
    Dim Pr As Double
    Dim SLR As Double
    Dim RLR As Double
    Dim STMR As Double
    Dim Dr As Double
    Dim LSTR As Double
    Dim Ds As Double
    Dim T As Double
    Dim Ta As Double
    Dim Tr As Double
    Dim TELR As Double
    Dim WEPL As Double
    Dim qdu As Double
    Dim Ie As Double
    Dim Bpl As Double
    Dim Ppl As Double
    Dim BurstR As Double
    Dim A As Double
    Dim Ieff As Double
    Dim Ro As Double
    Dim Iss As Double
    Dim Id As Double
    Dim R As Double
    Dim MOS As Double
Nc = -70
Nfor = -64
    Ps = 35
Pr = 35
    SLR = 8
    RLR = 2
    STMR = 15
Dr = 3
    LSTR = STMR + Dr
```

```
(ต่อ)Ds = 3
    T = Val(TextBox16.Text) / 2
    Ta = T
Tr = 2 * T
    TELR = 65
    WEPL = 110
qdu = 1
Ie = 0
Bpl = 1
Ppl = Val(TextBox26.Text)
BurstR = 1
    A = 0
    Dim Idd As Double
    Dim X As Double
    Dim No As Double
    Dim Nos As Double
    Dim Nor As Double
    Dim Nfo As Double
    Dim OLR As Double
    Dim Pre As Double
    Dim Iolr As Double
    Dim Y As Double
    Dim Ist As Double
    Dim STMRo As Double
    Dim Iq As Double
    Dim Z1 As Double
    Dim Z2 As Double
    Dim G As Double
    Dim Q As Double
    Dim Idte As Double
    Dim Idle As Double
    Dim Roe As Double
    Dim Re As Double
    Dim TERV As Double
    Dim Rle As Double
      If (Ta > 100) Then
        X = (Log10(Ta / 100)) /
Log10(2)
```

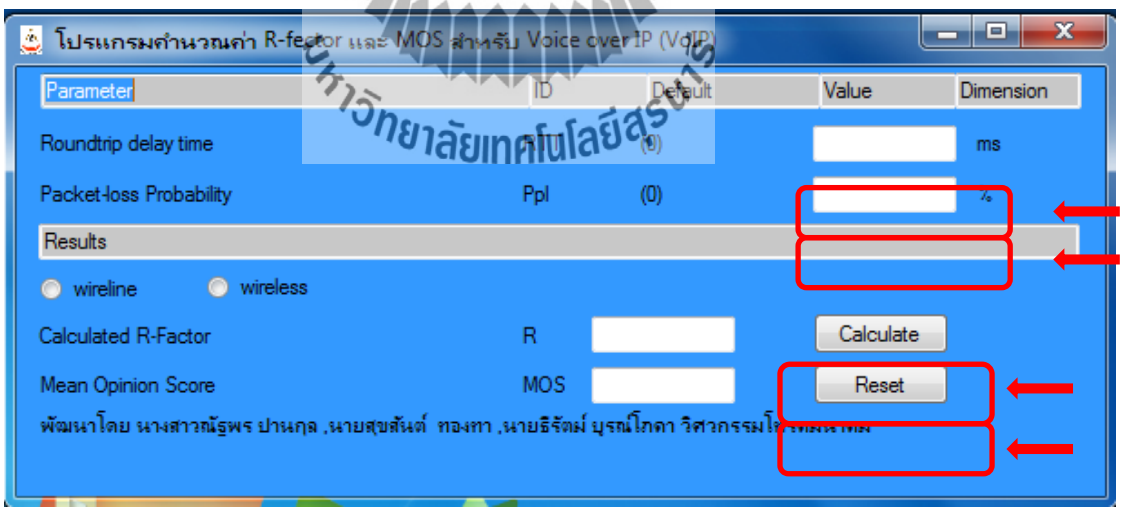
```
(ต่อ)Idd = 25 * ((1 + X ^ 6) ^ (1 - 6) - 3 * (1 + (X / 3) ^ 6) ^ (1 / 6) + 2)
      End If
      If Ta <= 100 Then
Idd = 0
      End If
    TERV = TELR - 40 * Log10((1 + (T / 10)) / (1 + (T / 150)))
    Re = 80 + 2.5 * (TERV - 14)
    Roe = -1.5 * (No - RLR)
Idte = ((Roe - Re) / 2) + Sqrt(((Roe - Re) ^ (2) / 4) + 100 - 1)
STMRo = -10 * Log10(10 ^ (-STMR / 10) + 2.718281828 ^ (-T / 4) * 10 ^ (-TELR / 10))
Ist = 10 * (1 + ((STMRo - 12) / 5) ^ 6) ^ (1 / 6) - 46 * (1 + (STMRo / 23) ^ 10) ^ (1 / 10) + 36
    OLR = SLR + RLR
    Y = OLR + 0.2 * (64 + No - RLR)
Iolr = 20 * ((1 + (Y / 8) ^ 8) ^ (1 / 8) - (Y / 8))
Nfo = Nfor + RLR
    Pre = Pr + 10 * Log10(1 + 10 ^ ((10 - LSTR) / 10))
    Nor = RLR - 121 + Pre + 0.008 * (Pre - 35) ^ 2
    OLR = SLR + RLR
Nos = Ps - SLR - Ds - 100 + 0.004 * (Ps - OLR - Ds - 14) ^ 2
    No = 10 * Log10(10 ^ (Nc / 10) + 10 ^ (Nos / 10) + 10 ^ (Nor / 10) + 10 ^ (Nfo / 10))
    Ro = 15 - 1.5 * (SLR + No)
    Q = 37 - 15 * Log10(qdu)
    G = 1.07 + 0.258 * Q + 0.0602 * Q ^ 2
    Z2 = (46 / 30) - (G / 40)
    Z1 = (((Ro - 100) / 15) + (46 / 8.4) - (G / 9))
Iq = 15 * Log10(1 + 10 ^ (Z1) + 10 ^ (Z2))
Rle = 10.5 * (WEPL + 7) * (Tr + 1) ^ (-0.25)
    Idle = (Ro - Rle) / 2 + Sqrt((Ro - Rle) ^ (2) / 4 + 169)
    Id = Idte + Idle + (-Idd)
Iss = Iolr + Ist + Iq
Ieff = Ie + (95 - Ie) * (Ppl / ((Ppl / BurstR) + Bpl))
If (RadioButton1.Checked) Then
Ie = 0
    End If
    If (RadioButton2.Checked) Then
Ie = 20
    End If
    R = Ro - Iss - Id - Ieff + A
    MOS = 1 + (0.035 * R) + (7.5 * 10 ^ (-6)) * R * (R - 60) * (100 - R)
    TextBox29.Text = Round(R, 2)
    TextBox28.Text = Round(MOS, 2)

End Sub
```

7. หลังจากนั้นทำการ Run Program โดยคลิก Debug->Start debugging ดังรูป



8. หลังจาก Run Program โปรแกรมคำนวณค่า R factor และ MOS สำหรับ Voice over IP (VoIP) จะได้หน้าต่างโปรแกรมดังรูปดังรูป



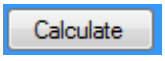
รูปที่ 5-1 แสดงหน้าต่างโปรแกรมคำนวณค่า R factor และ MOS สำหรับ Voice over IP (VoIP)

9. ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม

เมื่อดับเบิ้ลคลิกที่ Icon แล้วจะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 5.1

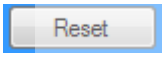
Step1 กรอกค่า Round trip time ที่อ่านได้จาก Skypeลงในช่อง

Step2 กรอกค่า Packet-loss Probability ที่อ่านได้จาก Skypeลงในช่อง

Step3 กดปุ่ม 

เพื่อแสดงผลการคำนวณ

Step4 แสดงผลการคำนวณ

Step5 กดปุ่ม 

เพื่อกลับไปคำนวณค่า

ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม

Roundtrip delay time = 450 ms.

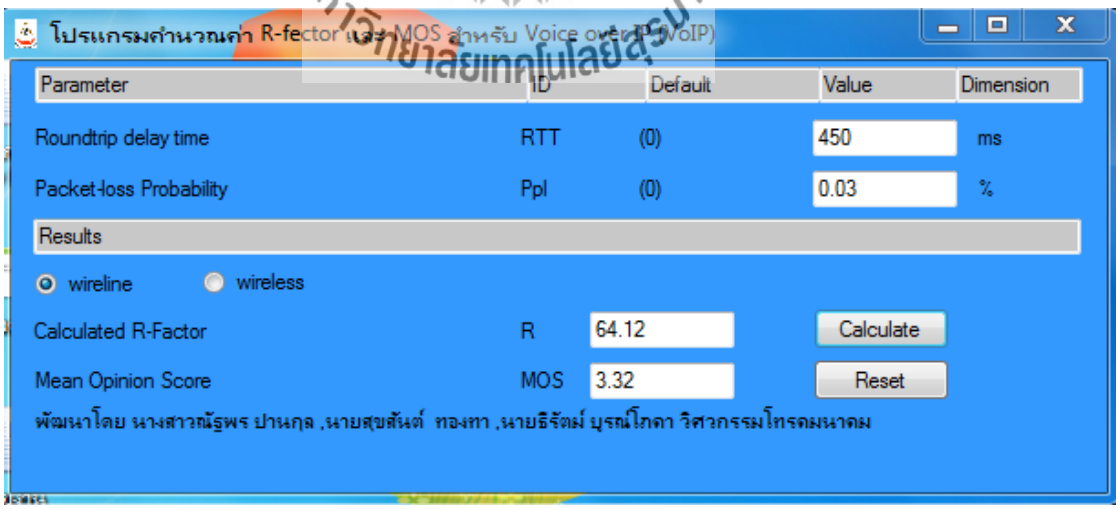
Packet-loss Probability = 0.03 %

จะได้ค่า

R-factor = 64-12

MOS = 3.32

ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 5-2 แสดงหน้าต่างผลการคำนวณค่า R factor และ MOS สำหรับ Voice over IP (VoIP)

5.4 การสำรวจความพึงพอใจผู้ใช้บริการ Voice over IP

หลังจากได้ทำการทดสอบเก็บค่าพารามิเตอร์มาทำการคำนวณผ่าน R factor และแปลงไปเป็น ค่า MOS เพื่อสังเกตคุณภาพของการสื่อสาร Voice Over IP ในเครือข่ายที่ต่างกันแล้ว ผู้จัดทำโครงงานได้ทำแบบสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน VoIPเพื่อนำมาวิเคราะห์ค่า MOS (Mean Opinion Score) ในกรณีของแต่ละเครือข่ายด้วย โดยแบ่งเป็น 4 กรณี คือ ระหว่างเครือข่าย Ethernet LAN กับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระหว่างเครือข่าย WLAN ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระหว่างเครือข่าย 3G(Aircard) กับ ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ และระหว่างเครือข่าย WLAN กับ WLAN ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยได้ทำ แบบสำรวจแยกเป็นส่วนของการโทรด้วย voice และการโทรด้วย video โดยมีคำถามดังนี้

❖ ในส่วนการโทรด้วย Voice

1.ความประทับใจโดยรวม: คุณภาพเสียงโดยรวมเป็นอย่างไร
2.ความพยายามในการฟัง: ระดับความพยายามเพื่อให้เข้าใจเนื้อหาที่ได้ฟัง
3.ปัญหาเรื่องความเข้าใจ: ความยากในการเข้าใจแต่ละคำเป็นอย่างไร
4-ความน่าพอใจของเสียง: เสียงที่คุณได้ยินเป็นเสียงที่น่าฟังหรือไม่
5.ความเป็นธรรมชาติของเสียง: น้ำเสียงเป็นธรรมชาติหรือไม่
6.ความง่ายในการฟัง: ถ้าได้ฟังเสียงนี้ไปนานๆจะรู้สึกว่าง่ายหรือไม่
7.อัตราเร็วของเสียงพูด: คุณคิดว่าความเร็วของการพูดเหมาะสมหรือไม่

❖ ในส่วนการโทรด้วย Video

1.ความประทับใจโดยรวม: คุณภาพของภาพและเสียงเป็นอย่างไร
2.ความพยายามในการมองภาพ: ระดับความพยายามเพื่อให้เข้าใจภาพที่ได้เห็น
3.ความคมชัดของภาพ: ภาพที่เห็นมีความคมชัดหรือไม่
4-ความน่าพอใจของภาพและเสียง: ภาพและเสียงที่คุณได้เห็นและได้ยินเป็นที่น่าพอใจหรือไม่
5.ความต่อเนื่องของภาพ: ตลอดระยะเวลาในการสนทนาภาพมีความราบรื่นหรือไม่
6.ความสอดคล้องของภาพและเสียง: ภาพและเสียงมีความสอดคล้องกันหรือไม่
7.ความง่ายในการฟังและมองภาพ: ถ้าได้ดูและฟังภาพและเสียงนี้ไปนานๆจะรู้สึกว่าง่ายหรือไม่

5.5 ผลการสำรวจความพึงพอใจผู้ใช้บริการ Voice over IP

ในหัวข้อนี้เป็นผลการสำรวจความพึงพอใจในการสื่อสาร Voice over IP ด้วยโดยเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับเครือข่ายภายในมหาวิทยาลัยโทรเข้าโทรศัพท์มือถือ และใช้จำนวนคนในการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจในการให้บริการในกรณีนี้ทั้งสิ้นจำนวน 13 คน ซึ่งได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.3 ผลการประเมินแบบสำรวจความพึงพอใจในการให้บริการ VoIPกรณี Ethernet-Mobile

คนที่	คะแนน						
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7
1	4	3	3	4	3	3	3
2	4	4	4	3	3	3	4
3	4	3	4	3	4	4	5
4	4	4	4	5	4	5	5
5	3	4	3	3	3	2	2
6	4	4	4	3	3	3	3
7	2	3	3	2	3	3	5
8	4	2	3	4	4	3	4
9	4	4	4	4	4	4	4
10	3	5	4	4	3	5	4
11	3	2	1	2	2	2	2
12	3	4	3	2	1	2	4
13	4	3	3	4	4	4	4
ค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อ	3.54	3.46	3.31	3.31	3.15	3.31	3.77

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากผลการประเมินแบบสำสำรวจความพึงพอใจในการให้บริการ Voice over IP ในการทดสอบใช้งานโดยการโทรจากเครือข่ายภายในมหาลัย(Ethernet)ไปยัง โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile) ค่าเฉลี่ย MOS ที่ได้เท่ากับ 3.41

ตารางที่ 5.4 ผลการประเมินแบบสำรวจความพึงพอใจในการให้บริการ VoIPกรณี 3G-Mobile

คนที่	คะแนน						
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7
1	2	3	3	2	2	2	3
2	4	3	3	3	2	3	4
3	3	3	4	1	1	2	2
4	3	3	2	3	3	3	3
5	3	3	3	2	2	2	3
6	3	3	2	2	2	2	3
7	3	3	2	3	3	3	3
8	5	3	3	4	4	5	4
9	4	3	4	4	4	4	4
10	4	3	3	3	3	4	3
11	3	3	4	3	3	3	3
12	3	2	2	2	3	2	3
13	2	3	3	2	2	3	2
ค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อ	3.23	2.92	2.92	2.62	2.62	2.92	3.08

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากผลการประเมินแบบสำสำรวจความพึงพอใจในการให้บริการ Voice over IP ในการทดสอบใช้งานโดยการโทรจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 3G(Air card)ไปยัง โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile) ค่าเฉลี่ย MOS ที่ได้เท่ากับ 2.90

ตารางที่ 5.5 ผลการประเมินแบบสำรวจความพึงพอใจในการให้บริการ VoIPกรณี WLAN-Mobile

คนที่	คะแนน						
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7
1	3	3	3	3	2	2	3
2	3	1	2	3	4	2	3
3	3	2	3	3	3	2	3
4	3	1	1	3	4	3	4
5	2	1	2	1	2	2	3
6	3	2	3	3	4	4	4
7	2	1	3	3	3	2	4
8	4	3	4	4	5	5	4
9	3	2	2	3	3	2	3
10	2	2	2	3	2	2	1
11	3	3	3	3	3	3	3
12	3	3	4	3	3	4	3
13	3	3	3	3	3	4	3
ค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อ	2.85	2.08	2.69	2.92	3.15	2.85	3.15

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากผลการประเมินแบบสำสำรวจความพึงพอใจในการให้บริการ Voice over IP ในการทดสอบใช้งานโดยการโทรจากเครือข่ายไร้สายภายในมหาลัย (WLAN) ไปยัง โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile) ค่าเฉลี่ย MOS ที่ได้เท่ากับ 2.81

ตารางที่ 5.6 ผลการประเมินแบบสำรวจความพึงพอใจในการให้บริการ VoIPกรณีWLAN-WLAN

คนที่	คะแนน						
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7
1	4	3	3	4	3	3	3
2	3	4	3	3	2	3	3
3	4	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	5	4	5	5
5	4	4	3	3	4	4	4
6	4	3	4	3	3	4	4
7	3	3	4	3	3	3	3
8	5	5	4	4	3	4	4
9	4	4	4	5	5	5	5
10	3	4	4	3	4	3	4
11	4	4	4	4	5	4	4
12	4	4	4	4	4	3	4
13	3	3	4	3	3	3	3
ค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อ	3.77	3.69	3.69	3.62	3.54	3.62	3.77

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากผลการประเมินแบบสำสำรวจความพึงพอใจในการให้บริการ Voice over IP ในการทดสอบใช้งานโดยการโทรในรูปแบบวีดีโอจากเครือข่ายไร้สายภายในมหาลัย (WLAN) ไปยังเครือข่ายไร้สายภายในมหาลัย (WLAN) ค่าเฉลี่ย MOS ที่ได้เท่ากับ 3.67

5.5 การเปรียบเทียบความพึงพอใจผู้ให้บริการ Voice over IP จากแบบสำรวจและการคำนวณ

จะกล่าวถึงการเปรียบเทียบค่า MOS ที่ได้จากโปรแกรมคำนวณโดยใช้สมการและจากแบบประเมินความพึงพอใจผู้ให้บริการ Voice over IPว่าค่า MOS และระดับคุณภาพของการให้บริการมีคุณภาพอยู่ในระดับใดซึ่งเทียบได้จาก ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงระดับ MOS และระดับคุณภาพของ Voice over IP

ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบค่าที่ MOS จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมและจากแบบสำรวจ

กรณีการทดสอบ	MOS (Mean Opinion Score)	
	แบบประเมิน	จากการคำนวณ
1.Ethernet-Mobile phone (Voice)	3.41	3.65
2.3G(Air card)-Mobile phone (Voice)	2.90	3.19
3.WLAN-Mobile phone (Voice)	2.81	1.06
4-WLAN-WLAN (Video)	3.67	3.72

เมื่อเปรียบเทียบค่า MOS และคุณภาพของการให้บริการ Voice over IP จากการเก็บค่าพารามิเตอร์มาคำนวณตามสมการที่ ITU แนะนำ โดยใช้ Ie=20 เพื่อให้มีความเหมาะสมกับการสื่อสารแบบไร้สาย และจากแบบประเมินความพึงพอใจ ว่าคุณภาพและเสียงที่ได้รับฟังเป็นอย่างไร ซึ่งผลที่ได้แบ่งเป็นกรณีดังต่อไปนี้

1. Ethernet-Mobile (Voice) พบว่าจากแบบประเมินมีค่า MOS เท่ากับ 3.41 และคุณภาพของการให้บริการของอยู่ในระดับพอใช้ (น่าหงุดหงิดเล็กน้อย) และค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมมีค่า MOS เท่ากับ 3.65ซึ่งคุณภาพอยู่ระดับพอใช้ (น่าหงุดหงิดเล็กน้อย) ถือว่าค่า MOS ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

2. 3G (Aircard)-Mobile (Voice) พบว่าจากแบบประเมินมีค่า MOS เท่ากับ 2.90 และคุณภาพของการให้บริการของอยู่ในระดับไม่ดี (ไม่น่าพอใจ) และค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมมีค่า MOS เท่ากับ 3.19 ซึ่งคุณภาพอยู่ในระดับดี (ใช้ได้ดี) จะเห็นว่าค่า MOS มีค่าใกล้เคียงกันเพียงแต่อยู่คนละระดับกันดังนั้นถือว่ามีความสอดคล้องกัน

3. WLAN-Mobile (Voice) พบว่าจากแบบประเมินมีค่า MOS เท่ากับ 2.81และคุณภาพของการให้บริการของอยู่ในระดับไม่ดี (ไม่น่าพอใจ) และค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมมีค่า MOS เท่ากับ 1.06 ซึ่งคุณภาพอยู่ในระดับ แย่ (ไม่พอใจ) จะเห็นว่าค่า MOS ที่ได้จากแบบสำรวจและ

จากโปรแกรมมีค่าไม่สอดคล้องกัน อาจมีสาเหตุเนื่องจากในการตอบแบบสำรวจของผู้ทำแบบสำรวจนั้นไม่กล้าให้คะแนนน้อยเกินไป ทั้งที่คุณภาพเสียงไม่ดี จึงทำให้ค่า MOS ที่ได้ไม่สอดคล้องกัน

4. WLAN-WLAN (Video) พบว่าจากแบบประเมินมีค่า MOS เท่ากับ 3.67และคุณภาพของการให้บริการของอยู่ในระดับพอใช้ (น่าหงุดหงิดเล็กน้อย) และค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมมีค่า MOS เท่ากับ 3.72 ซึ่งคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้ (น่าหงุดหงิดเล็กน้อย) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันมาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการสรุปผลทั้งหมดของการจัดทำโครงงา นนี้รวมถึงระบุผลกระทบและปัญหาต่างๆที่มีผลต่อการทด ลองการวัดประสิทธิภาพของการสื่อสาร Voice over Internet Protocols ผ่านเครือข่ายที่ต่างกัน อีกทั้งปัญหาต่างๆจากการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคำนวณค่า Rfactor และ MOS จาก Microsoft virtual basic 2010 ซึ่งในท้ายบทได้กล่าวถึงข้อเสนอแนะถึงผู้ที่สนใจนำเอาข้อมูลจากโครงงานนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์เพิ่มเติมในอนาคตด้วย

6.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนี้เราได้ทำการพิจารณาการสื่อสาร Voice over IP ผ่านระบบเครือข่ายต่างๆ โดยสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการสื่อสารจากค่าพารามิเตอร์ที่เราเก็บได้ โดยทำการทดลองโทรในรูปแบบ voice และ video ซึ่งก็คือ Packet Loss , Jitter และ Round Trip Time จากค่าพารามิเตอร์ทั้งสาม พบว่า Packet Loss และ Round Trip Time สามารถนำไปคำนวณ R factor และแปลงไปเป็นค่าMOS ได้ดังนี้

จากสมการ $MOS = 1 + 0.035R + 7.5x10^{-6} R(R-60)(100-R)$

เพื่อสังเกตคุณภาพของการรับส่งข้อมูล แล้วนำมาทำการวิเคราะห์ได้ง่ายและชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ในการทดสอบเพื่อเก็บค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว เราได้พยายามลดตัวแปรที่เป็นปัจจัยส่งผลกระทบต่อการทดลองแต่ยังคงมีปัจจัยที่มีผลกระทบอยู่ ดังนี้

1) จำนวนผู้ใช้งานภายในระบบเครือข่ายต่างๆ ซึ่งพบว่า หากพบว่ามีผู้ใช้งานภายในระบบที่ไม่เท่ากันในแต่ละครั้งที่ทำการทดสอบ ทำให้ค่าพารามิเตอร์ที่เก็บได้มีค่าแตกต่างกันไปด้วยในบางครั้ง
2) ในการทดสอบแต่ละครั้งนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงช่องสัญญาณเสมอ จึงทำให้คุณภาพเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยตามสภาพแวดล้อม ณ ขณะนั้น
3) เมื่อเราทำการทดสอบแล้วหากมีสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ก็จะส่งผลกระทบต่อค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่นเดียวกัน

จากการทด ลองที่ได้เราสามารถทำการสรุป และวิเคราะห์ผลทั้งหมดได้ดังนี้

1) เมื่อทำการพิจารณาพารามิเตอร์Packet Loss ในรูปแบบ voice พบว่า ค่า Packet Loss ภายในเครือข่ายต่างๆ นั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันคือแทบจะมีค่าเป็น 0%แต่หากพิจารณา รูปแบบ video พบว่าการทดลองระหว่างเครือข่าย Ethernet-WLAN นั้นมีค่าสูงที่สุดจึงมีประสิทธิภาพด้อยที่สุด
2) เมื่อทำการพิจารณาพารามิเตอร์ Jitter ในรูปแบบ voice พบว่าค่า Jitter ระหว่างเครือข่ายต่างๆมีค่าใกล้เคียงกัน แต่การทดลองระหว่างเครือข่าย Ethernet-PSTN มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือระหว่างเครือข่าย Ethernet-DSL ทำให้ทั้งสองเครือข่ายข้างต้นมีประสิทธิภาพด้อยกว่าเครือข่ายอื่นๆ ในส่วนรูปแบบ video นั้นพบว่า Jitter มีค่าต่างกันไม่มากนักจึงมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน
3) เมื่อทำการพิจารณาพารามิเตอร์ Round trip time ในรูปแบบ voice พบว่า ค่า Round trip time ระหว่างเครือข่าย Ethernet-WLAN(Home) และระหว่างเครือข่าย Ethernet-3G มีค่าสูงสุดจึงมีประสิทธิภาพด้อยที่สุด ส่วนรูปแบบ video จะเป็นระหว่างเครือข่าย Ethernet-PSTN และ 3G-EDGE ที่มีประสิทธิภาพด้อยที่สุด
4) ค่าพารามิเตอร์ทั้งสามนั้นสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของการสื่อสาร Voice over IP ผ่านเครือข่ายต่างๆ โดยหากยิ่งมีค่าพารามิเตอร์เหล่านี้สูง จะทำให้ประสิทธิภาพในการสื่อสารด้อยลงไปด้วยเช่นกัน

6.3 ปัญหาและอุปสรรค

1) ปัญหาขณะเก็บค่าพารามิเตอร์ทั้งสามตัว คือ Packet Loss, Round trip time และ Jitter นั้นต้องทำการเก็บค่าพารามิเตอร์นั้นๆ ด้วยสายตา ไม่สามารถจัดเก็บเป็นไฟล์วีดีโอแล้วมาสังเกตบันทึกค่าทีหลังได้เนื่องจากการทำงานของ CPU มีผลต่อค่าพารามิเตอร์ทั้งสาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) ปัญหาจากทราฟฟิกในเครือข่ายขณะทำการทด ลอง อาจมีความแตกต่างกันบ้างในบางครั้ง จึงต้องวิเคราะห์ดูภาพรวมของการ ทดลองทั้งสามครั้งต่อหนึ่งการทด ลอง เพื่อลดปัจจัยภายนอกและให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เป็นจริงมากที่สุด
3) ปัญหาเรื่องช่วงเวลาและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากถ้าหากมีเหตุจำเป็นที่จะต้องทำการทดลองเพื่อเก็บค่าพารามิเตอร์ใหม่ จะต้องทำการทดสอบที่วันและเวลาเดิมเพื่อไม่ให้ช่วงเวลาที่เกิดทราฟฟิกในขณะที่เก็บค่า มีผลต่อค่าพารามิเตอร์ที่เก็บไปวิเคราะห์
4) ปัญหาในการเขียนโปรแกรมคำนวณค่า RFactor และ MOS(Mean Opinion Score) เนื่องจากในการเขียนโปรแกรมนั้นมีบางฟังก์ชันที่ไม่สามารถนำมาใส่ได้ เราจึงได้ทำการประมาณค่าฟังก์ชันนั้นๆ โดยอาจมีผลต่อค่าที่คำนวณได้จริงจาก ITU เล็กน้อย

6.4 ขีดจำกัดของโครงงาน

1) การวิเคราะห์ความแตกต่างของประสิทธิภาพการสื่อสารผ่าน Voice over IP นั้นเป็นการศึกษาแนวโน้มของข้อมูลที่ได้จากการทด ลองเท่านั้น หากนำไปอ้างอิงกับการทดลองที่เกี่ยวกับการสื่อสาร Voice over IP อื่นๆ อาจให้ผลที่แตกต่างกันไปบ้าง เนื่องจากปัจจัยหลายๆอย่างที่ควบคุมอาจไม่ตรงกัน
2) จากการทำแบบสำรวจความคิดเห็นโดยให้บุคคลทั่วไปมาทดลองใช้ Voice over IP ด้วยโปรแกรม Skypeพบว่าบุคคลหลายๆคนที่ทำแบบสำรวจความคิดเห็นยังไม่ค่อยเข้าใจถึงการใช้งาน และไม่มีเกณฑ์มาตรฐาน จึงทำให้ยากต่อการตัดสินใจให้คะแนนต่างๆ ในแบบสำรวจ

6.5 ข้อเสนอแนะ

1) การทดลองเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อวัดประสิทธิภาพของการสื่อสาร Voice over IP จะต้องกระทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ให้มากเพียงพอในเชิงสถิติ เพื่อเฉลี่ยดูแนวโน้มของค่าพารามิเตอร์แต่ละชนิด แล้วทำการวิเคราะห์อย่างตรงไปตรงมา

2) ในการทด ลอง ไม่ว่าจะเป็นกรณี ใดๆ ควรกระทำการทดลองในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันจะมีความหนาแน่นของทราฟฟิกที่ใกล้เคียงกัน ทำให้แยกความหนาแน่นของทราฟฟิกออกจากการพิจารณาความแตกต่างของประสิทธิภาพการสื่อสารในแต่ละเครือข่าย
3) หากท่านใดสนใจนำโครงงานนี้ไปศึกษาต่อ ควรกระทำการทดลองให้ละเอียดยิ่งขึ้นในเรื่องของการจำกัดเวลาที่กระทำการทดลอง จำนวนครั้งของการเก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และสถานที่ควรให้เหมาะสมไม่เป็นปัจจัยที่ก่อให้ปัญหาต่อการวิเคราะห์คุณภาพของการสื่อสารในเครือข่ายต่างๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นายธีรัตม์ บูรณ์โภคา เกิดเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2534 ภูมิลำเนาอยู่ที่ 215 หมู่ 1 ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ.2552 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

นางสาวณัฐพร ปานกุล เกิดเมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2533 ภูมิลำเนาอยู่ที่ 95 หมู่ 5 ตำบลถนนโพธิ์ อำเภอโนนไทย จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนโนนไทยคุรุอุปถัมภ์ อำเภอโนนไทย จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ.2552 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

นายสุขสันต์ ทองทา เกิดเมื่อวันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2533 ภูมิลำเนาอยู่ที่ตำบลขวาวใหญ่ อำเภอศีขรภูมิ จังหวัดสุรินทร์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนขวาวใหญ่วิทยา อำเภอศีขรภูมิ จังหวัดบุสุรินทร์ เมื่อปี พ.ศ. 2552 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

http://www.thaigoodview.com/node/118160

http://irrigation.rid.go.th/rid15/ppn/Knowledge/Networks%20Technology/network7.htm

http://th.wikipedia.org/wiki/3_%E0%B8%88%E0%B8%B5

http://www.webcam2home.com/webcam-Skype-playing.htm

http://www.tnetsecurity.com/content_basic/tcp_ip_knowledge.php

http://ccs.sut.ac.th/2011/index.php/tab-knowledge-corner-computer/-ip-

http://en.wikipedia.org/wiki/G.729

http://en.wikipedia.org/wiki/Mean_opinion_score

http://lms.thaicyberu.go.th/officialtcu/main/advcourse/presentstu/course/ww522/chokanannit/chokanannit-web2/contents/tel3.htm

http://www.com5dow.com/%E0%B9%84%E0%B8%82%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A8%E0%B8%B1%E0%B8%9E%E0%B8%97%E0%B9%8C-IT/1094-H-323-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html

http://en.wikipedia.org/wiki/Media_Gateway_Control_Protocol

http://VoIP.about.com/od/VoIPbasics/a/switchingtypes.htm

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

โปรแกรม Edraw Max

เป็นโปรแกรมสร้างแผนงานในรูปแบบของ diagrams สร้างกราฟ โครงสร้าง diagrams งานประเภทต่าง ๆออกแบบ Flowcharts, Org Charts, Network Diagrams, แผนภาพ UML ฐานข้อมูลและ ERD แผนที่ทิศทาง ด้วย EDraw Max พร้อมเครื่องมือสำเร็จรูปที่อำนวยความสะดวกมากมาย โดยมีสัญลักษณ์ต่างๆให้เลือกใช้งานถึง 4600 รูปแบบสนับสนุนการนำเข้า Visio XML file สามารถทำงานร่วมกับโปรแกรม Microsoft Office นำ Edrawไปใส่ใน Word, Excel, PowerPoint ได้เลย ตัวโปรแกรมสามารถบันทึกภาพวาดเป็นไฟล์ exe เพื่อนำไปเปิดที่เครื่องอื่นได้ โดยไม่ต้องมีโปรแกรม Edraw Max

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การทำงานโปรแกรม Skype

Skype คือ อะไร?

Skype คือ software application ที่ให้ user สามารถติดต่อสื่อสารผ่านทาง internet ได้ในหลายรูปแบบ เช่น ติดต่อผ่านทางการ Chat (Instant Message), Video Conference รวมถึงการส่ง File อีกด้วย และสามารถติดตั้งและใช้งานได้หลาย osหลาย platform

Skype ถูกค้นพบในปี 2003 โดย NiklasZennströmจาก Sweden, Janus Friisจาก Denmark และ Samuel Gray จาก New Jersey และ นอกจากที่ Skype จะใช้ Peer to Peer protocol แล้ว Skype ยังใช้ proprietary protocol เรียกว่า Skype protocol ซึ่งเป็น Protocol ที่ไม่เปิดเผย กระบวนการทำงานหรือ Source code อีกด้วย

Features

Calling

Skype to Skype คือ การติดต่อกันระหว่าง Skype กับ Skype ปกติ

Call phones and mobiles คือ การ ติดต่อ ระหว่าง Skype กับ โทรศัพท์ ผ่านหมายเลข

Conference calls คือ การติดต่อกันระหว่าง Skype กับ Skype แบบเป็นกลุ่ม

ซึ่งการติดต่อแบบต่างๆจะไม่เสียค่าใช้จ่าย ยกเว้นการติดต่อนั้นมีการติดต่อผ่านหมายเลขโทรศัพท์ด้วย เรียกว่า Skype Out

Video Call

Video calling คือ การติดต่อแบบ ภาพและเสียง

Group video calling คือ การติดต่อแบบ ภาพและเสียง แบบเป็นกลุ่ม

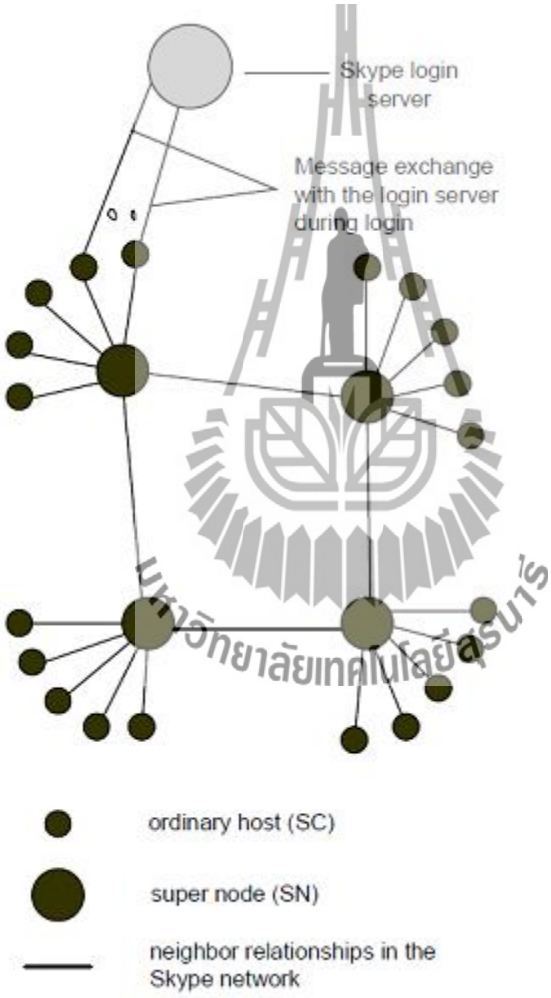
Messaging

Instant messaging คือ การติดต่อกันผ่านทางการพิมพ์

Send files คือ การส่ง fileต่างๆผ่าน Skype

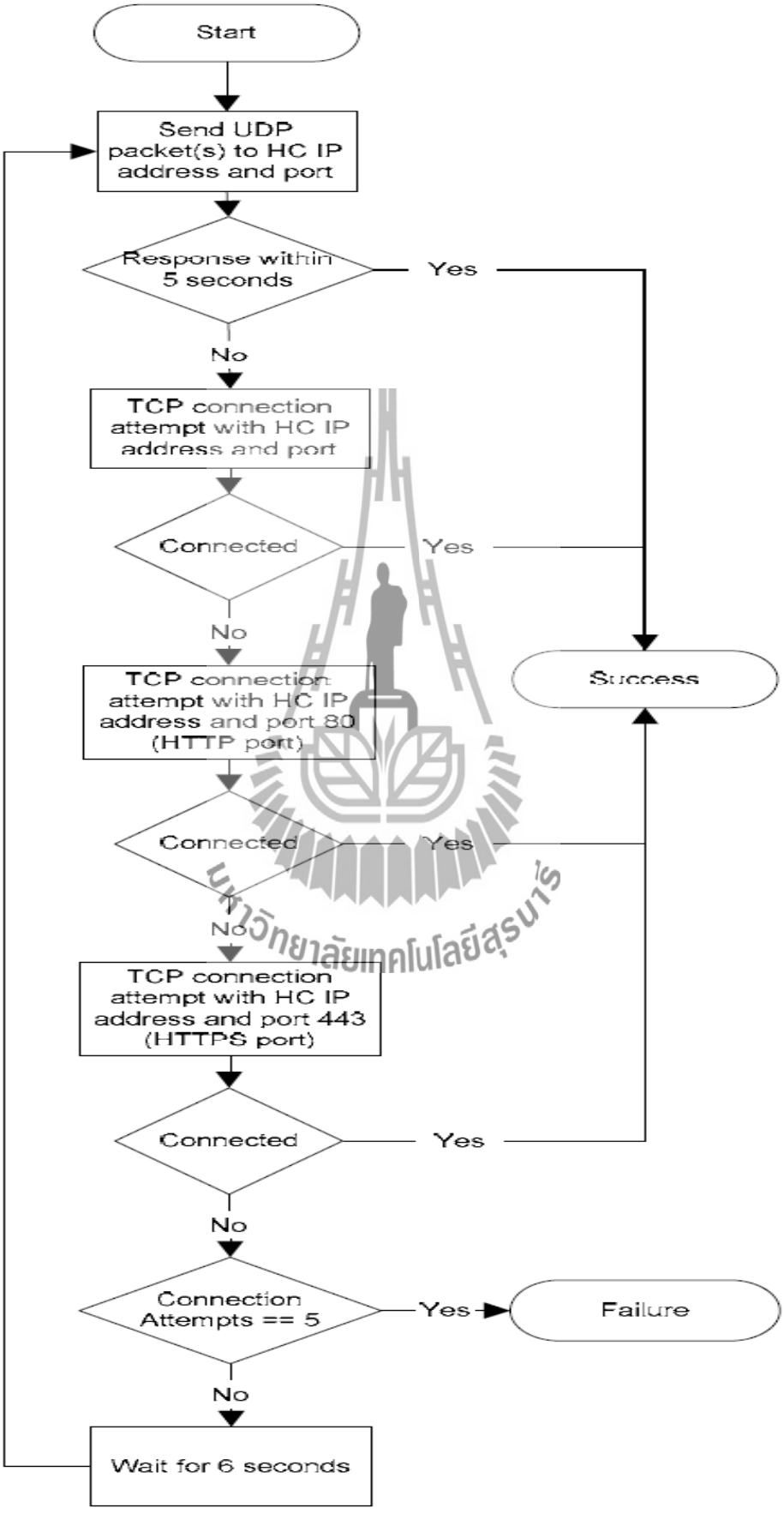
Facebook คือ เป็นการร่วมมือกัน ระหว่าง Facebook กับ Skype ทำให้เวลาเรา Chat หรือ video call ผ่านทาง ตัวใดตัวหนึ่งจะ feed ไปยังอีกตัวหนึ่งได้

Skype Network



Ordinary host คือ Com ที่ติดตั้ง Skype

Super nodes คือ Ordinary host ที่ถูกคัดเลือกมาเป็น Super nodes โดยมี CPU, Memory ที่มีประสิทธิภาพสูง,มิ bandwidth หรือความเร็ว internet สูง และมี public ipLogin Server เป็น server ที่มีหน้าที่แค่เก็บ username และ password เท่านั้น เพื่อใช้ check SC ที่ login เข้าระบบLogin Process



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เริ่มต้น Login SC จะทำการ นำ ipaddrและ port ของ SN ทั้งหมดที่เก็บอยู่ในเครื่องที่เรียกว่า Host Cache มาติดต่อ ผ่านทาง UDP

รอ 5 วินาที ถ้าไม่ได้จะส่งใหม่แต่เปลี่ยนจาก UDP เป็น TCP

ถ้าไม่ได้อีกจะส่งใหม่โดยใช้ TCP กับ port 80

ถ้าไม่ได้อีกจะส่งใหม่โดยใช้ TCP กับ port 443

ถ้าไม่ได้อีกจะวนกลับไปทำใหม่แต่แรก

ถ้าวนทำใหม่ครบ 6 ครั้งแล้วยังไม่ได้อีกจะแจ้ง login fail

SC จะดูว่า SN ตัวใดติดต่อกลับมาตัวแรก SC ก็จะใช้ตัวนั้นเป็น SN

หลังจากได้ SN แล้วก็จะทำการติดต่อกับ login server เพื่อระบุตัวตนและตรวจสอบว่าไม่มีการ Login ซ้ำซ้อนกัน

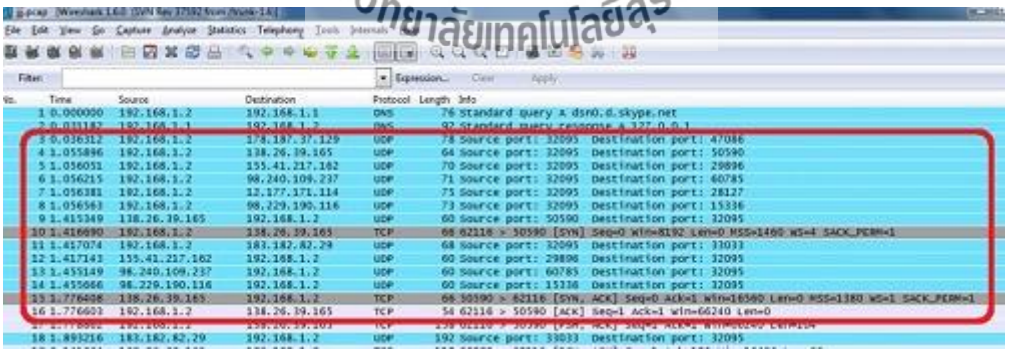
หลังจาก นั้นก็จะทำการ Check Ver. ผ่าน Protocol HTTP

Media Transfer

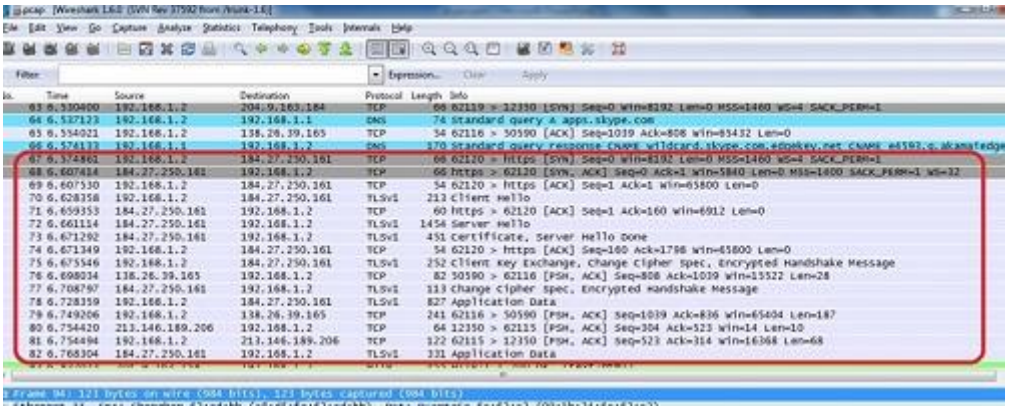
กระบวนการของ Skype จะมีการเข้ารหัสโดยใช้ AES(Advanced Encryption Standard) โดยใช้ 256-bit ในการเข้ารหัส และใช้การเข้ารหัสแบบ Stream Cipher เพื่อเข้ารหัสข้อมูลเสียง

การติดต่อกันระหว่าง SC กับ SC จะต้องอาศัย SN เป็นตัวกลางและค้นหาเส้นทางในการติดต่อหากัน เพราะ SC มี ipแบบ Private จึงไม่สามารถติดต่อหากันได้โดยตรง และคาดว่า Skype น่าจะใช่ STUN Protocol ช่วยในการติดต่อระหว่างกัน

Wireshark



รูปแรกเป็นการ Login โดย SC ส่ง UDP ไปที่ SN (ipและ port เก็บอยู่ใน Host cache) และดูว่า SN ตัวไหนติดต่อกลับมาตัวแรกตัวนั้นจะเป็น SN และจะทำการส่ง TCP Three way HS ไปยัง SN เพื่อทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลต่างๆ



รูปที่สองหลังจากได้ SN แล้วก็จะทำการยืนยันตัวตนกับ Server โดยเริ่มจาก ส่ง TCP Three way HS ไปยัง Server หลังจากนั้นใช้ TLSV1 Protocol (Transport Layer Security Ver.1 Protocol) ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังนี้

ทำการ Handshake กันระหว่าง Client กับ Server (Handshake นี้เป็นของ TLS ไม่ใช่ TCP) โดย Client ส่ง Message Client Hello และ Server ตอบกลับด้วย Server Hello และตามด้วย Certificate, Server Hello Done

จากนั้น Client ส่ง Client Key Exchange, Change Cipher Spec, Encrypted Handshake Message และ Server จะตอบกลับ ด้วย Change Cipher Spec, Encrypted Handshake Message จากนั้นจะเป็นการส่งข้อมูลหากัน โดยข้อมูลจะถูกเข้ารหัสเอาไว้

รูปที่สามหลังจากการยืนยันตัวตนแล้ว SC ก็จะทำการ Check Ver. โดยใช้ Protocol HTTPดังนี้

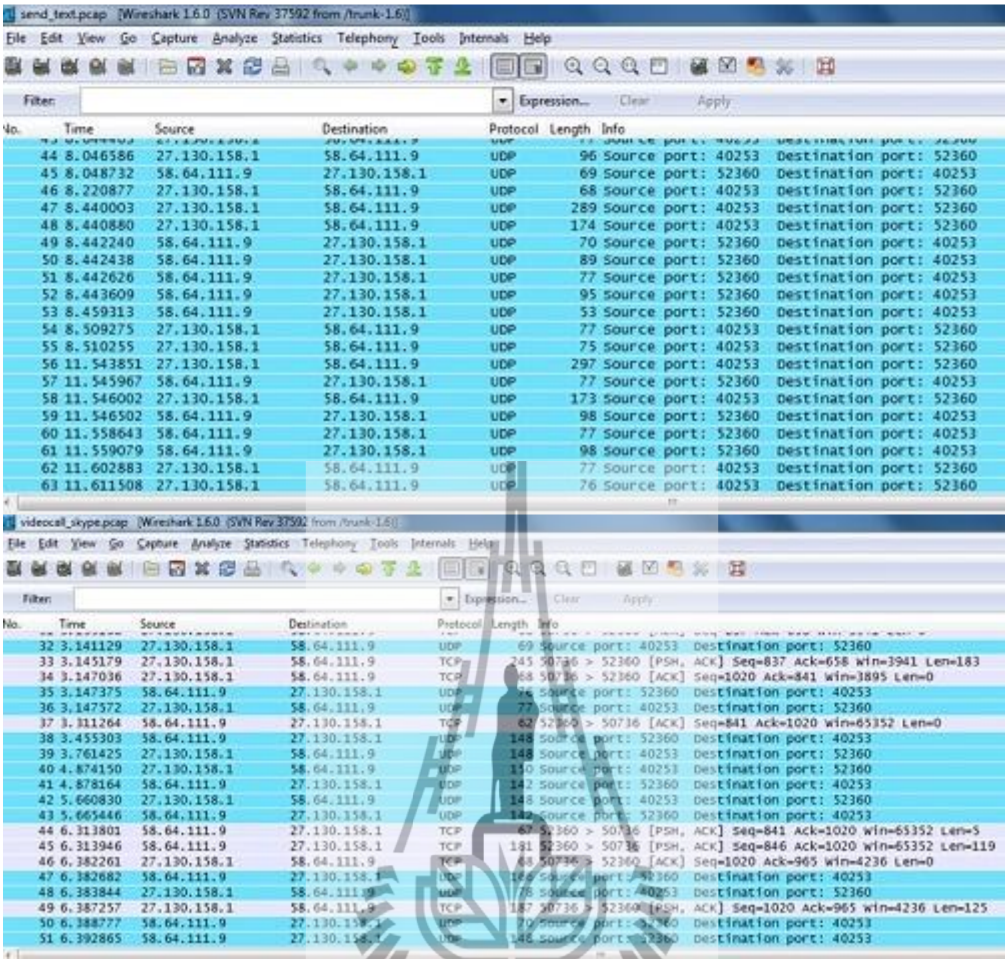
เริ่มแรกทำการส่ง TCP Three way HS กับ Server

จากนั้น Client ทำการส่ง HTTP GET

/ui/0/5.3.0.120.259/en/getlatestversion?ver=5.3.0.120&uhash=1211d44fd50b657abe999647db4ce e7a2&google-chrome:offered-notinstalled HTTP/1.1 เป็นการ Check Ver.

จากนั้น Server จะตอบกลับว่า HTTP/1.1 200 OK (text/html)

และ Server กับ Client ทำการปิด Connection โดยส่ง [FIN, ACK] หากัน



รูปที่สี่และห้าเป็นตัวอย่างการติดต่อกันผ่านการ Chat และ Video Call จากการสังเกต SC ทั้ง 2 ตัว จะส่ง package หากันผ่าน Protocol UDP ทั้งการ Chat และ Video Call แต่การติดต่อกันแบบ Video Call จะมี Protocol TCP แทรกเข้ามาด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

‘’’