การพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ไอพีด้วยซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส Asterisk บนอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบฝังตัวสำหรับใช้ในองค์กรขนาดเล็ก

Development of IP-PBX using Asterisk on an Embedded Computer for Small Enterprise Usage

นิฏฐิตา เชิดชู[1*] วีระศักดิ์ ชื่นตา[1] และขนิษฐา แซ่ลิ้ม[1]

[1]*หน่วยวิจัยระบบเครือข่ายเซนเซอร์ และสมองกลฝังตัว มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*
[*]*nitthita@webmail.npru.ac.th*

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะลดค่าใช้จ่ายสำหรับองค์กรขนาดเล็กในการลงทุนกับระบบโทรศัพท์เทคโนโลยี VoIP ด้วยการพัฒนาเครื่องชุมสายไอพีไอพีด้วยซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส Asterisk บนอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบฝังตัวขนาดเล็ก และศึกษาถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ได้พัฒนาขึ้นในการทดลองใช้งานจริง โดยเครื่องชุมสายไอพีถูกพัฒนาขึ้นบนเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบฝังตัวที่มีหน่วยประมวลผล 800 MHz Vortex86DX System-ON-Chip หน่วยความจำหลัก 256 MB และหน่วยความจำสำรอง 4 GB

จากการทดสอบประสิทธิภาพพบว่าระบบที่นำเสนอสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นยังพบว่าการเลือกใช้โคเดค G.711 สามารถช่วยลดปริมาณการใช้ CPU ได้มากกว่าการใช้โคเดค G.729 อย่างมีนัยยะ ทำให้สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานพร้อมๆ กันได้มากกว่า นอกจากนั้นค่าคุณภาพเสียงในของการโทรที่ใช้โคเดค G.711 (MOS = 4.38) ยังมีค่าดีกว่า G.729 (MOS = 3.9) อีกด้วย อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่า G.711 จะใช้ CPU น้อยและให้ค่าคุณภาพเสียงที่ดีกว่า G.729 แต่ในการใช้งานจริงจะต้องคำนึงถึงปริมาณการใช้แบนด์วิธอีกปัจจัยหนึ่งด้วย ซึ่งผู้ออกแบบระบบเพื่อใช้งานจริงจะต้องพยายามสร้างสมดุลระหว่างปัจจัยข้างต้นอย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: ระบบโทรศัพท์ VoIP, การวัดคุณภาพเสียง, SIP

Abstract

In this research project, we aim to reduce the investment of VoIP system implementation for small enterprise by developing an IP-PBX using Asterisk on an embedded computer for small enterprise usage. The IP-PBX is developed on an embedded computer with CPU of 800 MHz, Vortex86DX System-ON-Chip, 256 MB of ROM and 4 GB of RAM.

From experimental results, it is found that the proposed system works successfully and G.711 use less CPU resource when compared with G.729. As a result, the system with G.711 can support a larger number of concurrent calls. Furthermore, G.711 offers better voice quality than G.729 as MOS score for G.711 and G.729 are 4.38 and G.729, respectively. Although G.711 uses less CPU and offer better voice quality, it is important to take into account of the higher bandwidth consumption used of G.711. The system designer consequently needs to balance between these issues for suitable results.

Keywords: VoIP phone system, voice quality measurement, SIP

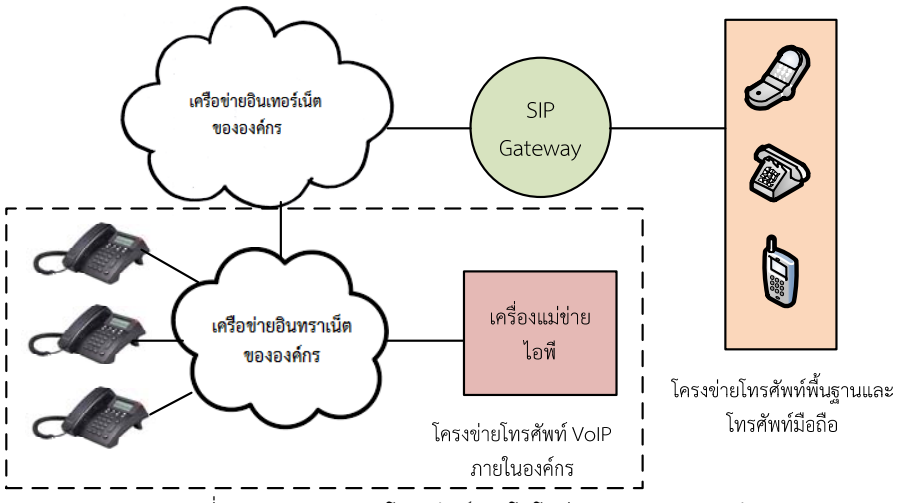
1. บทนำ

ปัจจุบันองค์กรขนาดกลางและขนาดใหญ่ได้มีการปรับเปลี่ยนการใช้งานระบบโทรศัพท์ภายในองค์กรจากเดิมที่เป็นระบบแอนะล็อกให้กลายมาเป็นระบบโทรศัพท์บนโพรโทคอลไอพี หรือที่ต่อไปนี้จะเรียกว่า ระบบโทรศัพท์เทคโนโลยี VoIP ทั้งนี้เนื่องจากระบบโทรศัพท์เทคโนโลยี VoIP มีข้อเด่นกว่าระบบโทรศัพท์แบบเดิมในหลายๆ เรื่อง เช่น สามารถประยุกต์ใช้ระบบเครือข่ายอินทราเน็ตขององค์กรที่ปัจจุบันมักมีใช้งานอยู่อย่างครอบคลุม มาใช้เป็นโครงข่ายสายโทรศัพท์ทำให้องค์กรไม่จำเป็นต้องสิ้นเปลืองต้นทุนและเวลาในการติดตั้งคู่สายสัญญาณโทรศัพท์โดยเฉพาะ สามารถลดค่าใช้จ่ายโทรศัพท์ลงได้อย่างมีนัยยะโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อองค์กรมีการใช้งานโทรศัพท์ทางไกลหรือโทรศัพท์ระหว่างประเทศเป็นจำนวนมาก มีฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลาย และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบเมื่อเทียบกับการใช้ระบบโทรศัพท์แบบเดิม เนื่องจากอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้บนระบบโทรศัพท์เทคโนโลยี VoIP นั้นไม่ยึดติดกับยี่ห้อของตู้สาขา ขอเพียงให้อุปกรณ์ดังกล่าวรองรับโพรโทคอลที่สอดคล้องกับมาตรฐานของระบบก็สามารถทำงานร่วมกันได้ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ได้อย่างหลากหลายตามงบประมาณของผู้ใช้งาน

โดยปกติแล้วการพัฒนาระบบโทรศัพท์เทคโนโลยี VoIP เพื่อใช้ในองค์กรนั้น มักมีองค์ประกอบหลักอยู่ 3 ส่วน คือ ตู้สาขาไอพี หรือ IP-PBX (Internet Protocol-Private Branch Exchange) ระบบโครงข่ายอินทราเน็ต และอุปกรณ์โทรศัพท์ไอพี [1] โดยที่ตู้สาขาไอพีถือได้ว่าเป็นหัวใจของการทำงานของระบบ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อคู่สายระหว่างผู้โทรและผู้รับสาย และยังเป็นส่วนสนับสนุนฟังก์ชันการทำงานของระบบโทรศัพท์อีกด้วย เนื่องจากองค์กรขนาดเล็ก (จำนวนผู้ใช้งานไม่เกิน 50 คู่สาย) เช่น โรงเรียน องค์กรบริหารส่วนตำบล ธุรกิจขนาดย่อม (SME) เป็น มักมีพื้นที่ และงบประมาณเพื่อการติดตั้งและลงทุนกับระบบโทรศัพท์อยู่อย่างค่อนข้างจำกัด แต่ก็ยังคงมีความต้องการที่จะอาศัยประโยชน์และจุดเด่นของระบบโทรศัพท์เทคโนโลยี VoIP ในการใช้งาน ซึ่งอุปกรณ์ตู้สาขาไอพีที่มีในท้องตลาดส่วนใหญ่มักผลิตมาเพื่อองค์กรขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ ทำให้มีราคาสูง นอกจากนั้นยังมีราคาแพง ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะลดค่าใช้จ่ายสำหรับองค์กรขนาดเล็กในการลงทุนกับระบบโทรศัพท์เทคโนโลยี VoIP ด้วยการพัฒนาเครื่องชุมสายไอพีด้วยการใช้ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส Asterisk บนอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบฝังตัวขนาดเล็ก และศึกษาถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ได้พัฒนาขึ้นในการทดลองใช้งานจริง

ในหัวข้อถัดไปจะได้กล่าวถึงแนวทางการออกแบบพัฒนาเครื่องแม่ข่ายไอพีบนเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบฝังตัว ซึ่งนอกจากจะออกแบบให้สามารถเชื่อมต่อกับผู้ใช้งานโทรศัพท์ที่อยู่ภายในระบบ VoIP ภายใต้เครื่องแม่ข่ายเดียวกันนั้น ยังต้องสามารถรองรับการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานในระบบ VoIP กับผู้ใช้งานโทรศัพท์ภายนอกระบบได้ ในหัวข้อนี้ยังได้มีการกล่าวถึงเทคนิคที่ใช้ในการเลือกโคเดคเสียงที่เหมาะสมกับผู้ใช้งานที่แตกต่างกันอีกด้วย ในหัวข้อที่ 3 ได้อธิบายวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องชุมสายไอพีที่ได้พัฒนาขึ้น และบทสรุปของงานวิจัยนี้ถูกกล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4

2. การออกแบบเครื่องแม่ข่ายไอพีบนคอมพิวเตอร์ระบบฝังตัว



รูปที่ 1 ภาพรวมระบบโทรศัพท์เทคโนโลยี VoIP ของงานวิจัย

ความสามารถพื้นฐานของเครื่องชุมสายไอพีที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ความสามารถในเชิงการทำงานต่างๆ ของระบบ และความสามารถในการเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ VoIP กับผู้ใช้งานภายนอก เช่น ผู้ใช้งานโทรศัพท์ที่อยู่ในโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน หรือ โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น สำหรับในส่วนของความสามารถในเชิงการทำงานของตัวระบบ VoIP เอง เนื่องจากเป็นการออกแบบระบบตู้ชุมสายสำหรับองค์กรขนาดเล็ก ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดความสามารถพื้นฐานของชุมสายไอพีไว้ดังนี้ สามารถโทรหากันภายในระบบ VoIP, มีระบบตอบรับอัตโนมัติ (IVR: Interactive Voice Response) ที่รองรับ 2 ภาษา คือ ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ, สามารถทำการโอนสายระหว่างเครื่องโทรศัพท์ภายในองค์กร และมีระบบรับสายเรียกซ้อน

ในส่วนของการเชื่อมต่อกับผู้ใช้งานโทรศัพท์ภายนอกนั้น เนื่องจากต้องการให้เครื่องชุมสายมีไอพีที่พัฒนาขึ้น มีขนาดเล็ก และมีต้นทุนในส่วนของฮาร์ดแวร์ไม่สูงนัก ผู้วิจัยจึงเลือกให้เครื่องชุมสายไอพีที่พัฒนาขึ้นทำการเชื่อมต่อกับผู้ใช้งานภายนอกผ่าน SIP trunk gateway (ดูรูปที่ 1) ซึ่งในปัจจุบันมีผู้ให้บริการอยู่หลายรายในประเทศไทย เช่น truenettalk, mouthmun เป็นต้น ซึ่งการเชื่อมต่อดังกล่าวสามารถทำได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตขององค์กร จริงๆ แล้วทางเลือกของการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานในระบบ VoIP กับผู้ใช้งานภายนอกสามารถทำได้ 2 วิธี นั่นคือ การเลือกใช้ SIP trunk gateway ผ่านผู้ให้บริการ หรือ การติดตั้ง SIP trunk gateway ขึ้นเองภายในองค์กร ซึ่งในองค์กรขนาดกลางและขนาดใหญ่ที่มีการโทรติดต่อระหว่างผู้ใช้งานต่างระบบมีจำนวนมาก อาจเลือกใช้การติดตั้ง SIP trunk gateway ไว้ในองค์กรเพื่อให้ง่ายต่อการบริหารจัดการ แต่ก็จำเป็นต้องมีการลงทุนในส่วนของฮาร์ดแวร์และต้องมีผู้ดูแลระบบเพิ่มเติม ซึ่งก็ถือเป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ในกรณีตรงกันข้ามสำหรับองค์กรขนาดเล็กแล้วนั้นการอาศัยการเชื่อมต่อผ่าน SIP trunk gateway จากผู้ให้บริการจะช่วยให้สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายทั้งในเรื่องของการลงทุนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และในส่วนของผู้ดูแลระบบได้โดยง่าย

2.1 ส่วนฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องชุมสายไอพี

เพื่อให้อุปกรณ์ชุมสายไอพีมีขนาดเล็ก ราคาไม่สูงมากนัก ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบฝังตัวขนาดเล็กดัง (แสดงในรูปที่ 2) ที่มีหน่วยประมวลผล 800 MHz Vortex86DX System-ON-Chip หน่วยความจำหลัก 256 MB หน่วยความจำสำรอง 4 GB ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถรองรับระบบปฏิบัติการ ดอส, ลีนุกซ์, วินโดวส์ 98/2000, วินโดวส์เอกซ์พี และ วินโดวส์ซีอี นอกจากนั้นยังสามารถทำงานได้ภายใต้อุณหภูมิระหว่าง -20 ถึง 70 องศาเซลเซียส

2.2 ส่วนซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งบนเครื่องชุมสายไอพี

เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการพัฒนาตู้ชุมสายไอพีผู้วิจัยเลือกใช้ซอฟต์แวร์ชนิดโอเพนซอร์สที่มีชื่อว่า AsteriskNOW 6.12 [2] ซึ่งเป็นชุดโปรแกรม Asterisk [3] ที่มาพร้อมกับระบบปฏิบัติการ Linux และ FreePBX [4] โดยที่โปรแกรม Asterisk จะทำหน้าที่เป็นโปรแกรมหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงานของเครื่องชุมสายไอพี ส่วนโปรแกรม FreePBX นั้นมีไว้เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถบริหารจัดการตู้ชุมสายได้อย่างง่ายด้วยการสั่งงานผ่านหน้าจอสั่งการแบบ GUI

รูปที่ 2 เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบฝังตัวที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องชุมสายไอพี

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างโคเดคมาตรฐานต่างๆ กับคุณภาพเสียงและปริมาณแบนด์วิธที่ใช้งาน [1]

มาตรฐานโคเดค	เทคนิคการเข้ารหัส	คุณภาพเสียง (MOS)	แบนด์วิธ (kbps)
G.711	PCM	4.1	80
G.726	ADPCM	3.85	48
G.728	LD-CELP	3.61	32
G.729	CS-ACELP	3.92	24

นอกจากการติดตั้งโปรแกรมดังที่ได้กล่าวไปแล้ว เนื่องจากระบบที่ต้องการออกแบบนั้นจะต้องสามารถรองรับไฟล์เสียงที่ใช้โต้ตอบกับผู้ใช้งานผ่านระบบ IVR จึงจำเป็นที่จะต้องรองรับทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ซึ่งไฟล์เสียงที่มากับโปรแกรม Asterisk นั้นถูกเก็บไว้ใน /var/lib/asterisk/sounds ซึ่งประกอบไปด้วยไฟล์เสียงพื้นฐานที่มีด้วยกันอยู่ 3 ภาษา ได้แก่ ภาษาอังกฤษ (En), ภาษาฝรั่งเศส (Fr) และ ภาษาสเปน (Es) ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องมีการอัดไฟล์เสียงในส่วนที่เป็นภาษาไทยเพิ่มเติมเข้าไปในระบบ และเก็บไฟล์ดังกล่าวไว้ที่ /var/lib/asterisk/sounds/th

เมื่อกล่าวถึงไฟล์เสียง ก็จะต้องกล่าวถึงเรื่องของการเข้ารหัสเสียงหรือที่จะเรียกว่า โคเดค (Codec) ซึ่งจะมีอยู่หลายมาตรฐานที่ได้รับความนิยมในงานระบบโทรศัพท์ เช่น GSM, G.729, G.711ulaw, G.711alaw, G.722, G.723 เป็นต้น ซึ่งการเลือกใช้โคเดคเสียงมาตรฐานใดก็ขึ้นกับคุณภาพเสียง ปริมาณแบนด์วิธของเครือข่าย และ CPU ของเครื่องชุมสายที่ผู้ออกแบบระบบต้องการ ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานโคเดคชนิดต่างๆ กับปริมาณแบนด์วิธและคุณภาพเสียง ซึ่งจะเห็นได้ว่า เนื่องจากแต่ละมาตรฐานโคเดคอาศัยเทคนิคการเข้ารหัสที่แตกต่างกัน ทำให้ส่งผลถึงค่าคุณภาพเสียง แบนด์วิธ และปริมาณการใช้งานของ CPU จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าหากต้องการออกแบบให้ระบบมีคุณภาพเสียงที่ดีที่สุดก็ควรเลือกใช้โคเดค G.711 แต่การเลือกใช้โคเดคดังกล่าวจะส่งผลให้ปริมาณการใช้แบนด์วิธของเครือข่ายมากกว่าการเลือกใช้โคเดคอื่นๆ ตามไปด้วย ในกรณีที่สถานที่ติดตั้งระบบโทรศัพท์ VoIP มีปริมาณแบนด์วิธที่สามารถใช้ได้อยู่อย่างจำกัด (limited available bandwidth) ผู้ออกแบบระบบอาจมีความจำเป็นต้องเลือกใช้โคเดคชนิด G.729 แทน G.711 เป็นต้น ในกรณีของงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้โคเดค 2 ชนิด คือ G.711 และ G.729 โดยออกแบบให้มีลักษณะการใช้งาน ก็คือ หากเป็นการโทรศัพท์ระหว่างผู้โทรออกและผู้รับสายที่อยู่ภายในระบบ VoIP ด้วยกันเองแล้ว จะใช้โคเดค G.711 เนื่องจากกรณีนี้การสื่อสารจะอยู่ในรูปของการส่งข้อมูลแพ็กเก็ตเสียงภายในเครือข่ายอินทราเน็ตขององค์กรเอง ซึ่งเครือข่ายอินทราเน็ตมักถูกออกแบบมาให้มีปริมาณแบนด์วิธที่สามารถใช้ได้อย่างเพียงพอต่อการใช้งาน เช่น 100 Mbps, 1000 Mbps และ2.5 Gbps สำหรับโครงข่ายที่เชื่อมต่อกันด้วยสายแลนชนิด CAT5, CAT5e และ CAT6 เป็นต้น ดังนั้นโทรศัพท์ระหว่างกันภายในองค์กรจึงถูกออกแบบให้เน้นคุณภาพเสียงที่ดีด้วยการใช้โคเดค G.711

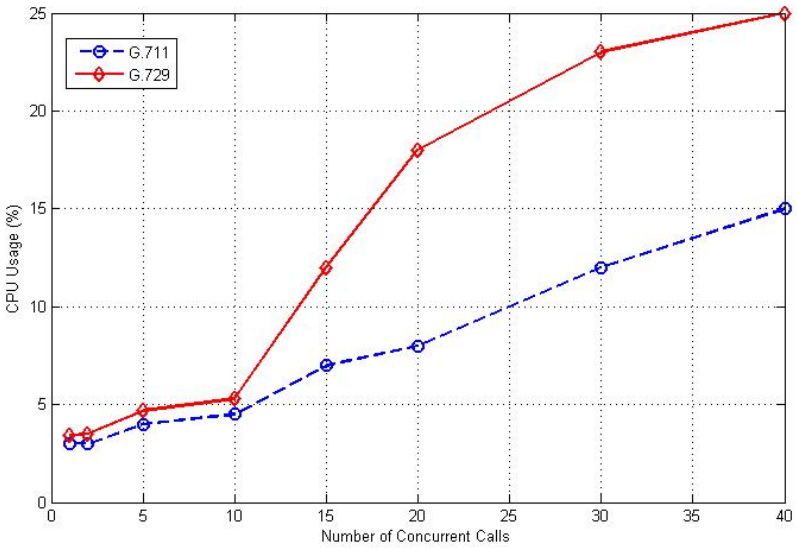
ในทางตรงกันข้ามหากต้องการโทรระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์ในระบบ VoIP กับผู้ใช้โทรศัพท์ที่อยู่ภายในโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานหรือโครงข่ายโทรศัพท์มือถือ เนื่องจากการส่งข้อมูลแพ็กเก็ตเสียงในกรณีนี้ต้องดำเนินการผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (ดูรูปที่ 1) ซึ่งปริมาณแบนด์วิธของโครงข่ายสำหรับองค์กรขนาดเล็กมักมีอยู่อย่างจำกัด ทำให้ผู้วิจัยยอมลดคุณภาพเสียงเพื่อแลกกับความไม่สิ้นเปลืองแบนด์วิธ และเลือกใช้มาตรฐานโคเดค G.729 แทน G.711

3. การทดสอบประสิทธิภาพ

ในขั้นตอนของการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องชุมสายไอพีที่ได้พัฒนาขึ้นบนเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบฝังตัว ผู้วิจัยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 การทดลอง คือ (1) การทดสอบความสามารถในการรองรับจำนวนผู้ใช้งานพร้อมๆ กัน (Number Concurrent Calls) ของชุมสายไอพี และ (2) การวัดคุณภาพเสียงของระบบด้วยการติดตั้งระบบเพื่อใช้งานจริง

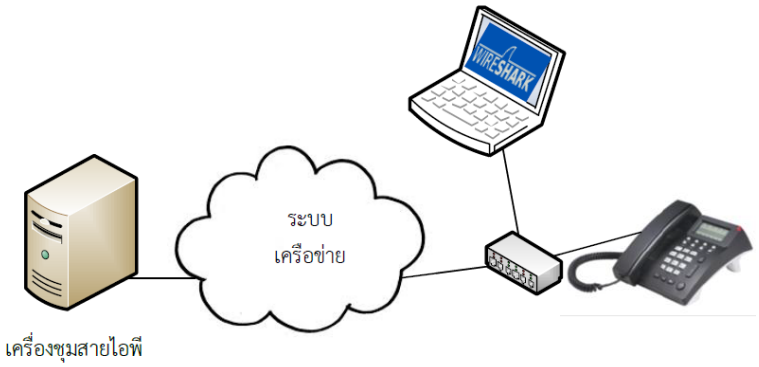
3.1 ความสามารถในการรองรับจำนวนผู้ใช้งานพร้อมๆ กัน (Number of Concurrent Calls) ของชุมสายไอพี

ในการวัดความสามารถของเครื่องชุมสายไอพีนั้น ตัวชี้วัดที่สำคัญซึ่งสามารถบ่งบอกได้ถึงความสามารถรวมของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้พัฒนาเครื่องชุมสายไอพีนั้นว่า มีประสิทธิภาพการทำงานได้มากน้อยเพียงไร ก็คือ การทดสอบความ

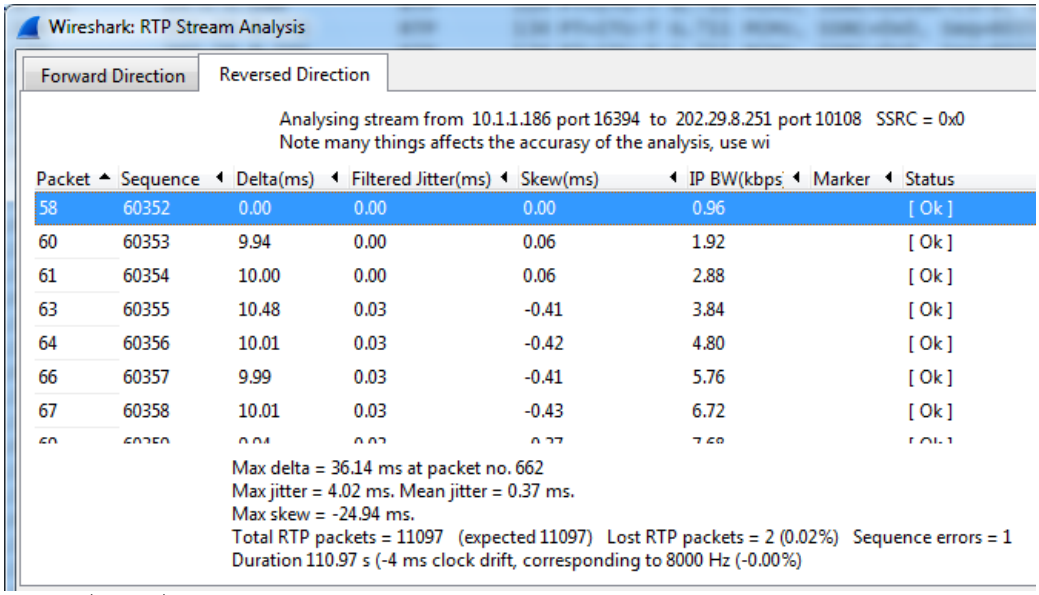


รูปที่ 3 ผลของการเพิ่มจำนวน Concurrent Calls ต่อปริมาณการใช้ CPU ของเครื่องแม่ข่าย

สามารถของเครื่องชุมสายว่าสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานพร้อมๆ กันได้กี่คู่สายโดยที่ยังคงความชัดเจนของการสนทนาอยู่ ซึ่งในการทดลองนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สที่ชื่อว่า SIPp [5] ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้จำลองการโทรศัพท์ภายในระบบ VoIP ที่ใช้โพรโทคอล SIP (Session Initiation Protocol) โดยทำการติดตั้งซอฟต์แวร์ดังกล่าวลงบนเครื่องแม่ข่ายที่เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องแม่ข่ายผ่านระบบเครือข่ายอินทราเน็ต แล้วทำการจำลองให้มีผู้ใช้โทรศัพท์โทรเข้าหาเครื่องชุมสายไอพีและทำการวัดค่าปริมาณการใช้ CPU รูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการใช้โคเดค G.711 มีการใช้ CPU ที่ต่ำกว่าโคเดค G.729 ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากเทคนิคการเข้ารหัสที่แตกต่างกันของทั้งสองโคเดค (PCM และ CS-ACELP สำหรับ G.711 และ G.729 ตามลำดับ) ดังนั้นการเลือกใช้โคเดค G.711 จะสามารถทำให้ระบบสามารถรองรับผู้ใช้งานโทรศัพท์พร้อมๆ กันได้มากกว่าการใช้โคเดคแบบ G.729



รูปที่ 4 การทดลองเพื่อทดสอบความล่าช้าและอัตราการสูญหายของแพ็กเก็ตภายในเครือข่ายอินทราเน็ต



รูปที่ 5 ค่าที่วัดได้จาก Wireshark (delay delta = 36.14 ms, P = 0.02) สำหรับ Codec G.711

3.2 การทดสอบคุณภาพเสียงของระบบ VoIP ด้วยเทคนิค E-model

การทดลองนี้ ผู้วิจัยจะได้ทดสอบการความล่าช้า ความแปรปรวนของความล่าช้าและอัตราการสูญหายของแพ็กเก็ตของการสื่อสารภายในเครือข่ายอินทราเน็ต (การเชื่อมต่อระบบระหว่างการทดสอบแสดงในภาพที่ 4) โดยในการทดสอบจะทำได้ด้วยการโทรออกจากโทรศัพท์ไอพีชนิด Softphone ที่มีชื่อว่า X-lite ที่ติดตั้งอยู่บนคอมพิวเตอร์ แล้วทำการตรวจสอบประสิทธิภาพด้วยโปรแกรมวิเคราะห์เครือข่ายที่ชื่อว่า Wireshark [6] ในการตรวจวัดค่าความล่าช้าและอัตราการสูญหายของแพ็กเก็ต ผลที่ได้ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งสามารถนำผลมาทำการคำนวณด้วยเทคนิค E-model [7-9] แล้วจะให้ค่า MOS = 4.38 ซึ่งถือว่าคุณภาพเสียงอยู่ในระดับดีมาก สำหรับการทดสอบคุณภาพเสียงสำหรับโคเดค G.729 ก็สามารถทำได้เช่นเดียวกัน ซึ่งจากการทดสอบจะให้ค่า MOS = 3.9 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับดี

4. สรุป

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะลดค่าใช้จ่ายสำหรับองค์กรขนาดเล็กในการลงทุนกับระบบโทรศัพท์เทคโนโลยี VoIP ด้วยการพัฒนาเครื่องชุมสายไอพีไอพีด้วยซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส Asterisk บนอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบฝังตัวขนาดเล็ก และศึกษาถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ได้พัฒนาขึ้นในการทดลองใช้งานจริง โดยเครื่องชุมสายไอพีถูกพัฒนาขึ้นบนเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบฝังตัวที่มีหน่วยประมวลผล 800 MHz Vortex86DX System-ON-Chip หน่วยความจำหลัก 256 MB และหน่วยความจำสำรอง 4 GB และใช้ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส Asterisk โดยที่เครื่องชุมสายที่พัฒนาขึ้นสามารถเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ VoIP กับผู้ใช้งานภายนอกผ่านผู้ให้บริการ SIP trunk gateway และรองรับความสามารถพื้นฐานของระบบชุมสายโทรศัพท์ นั่นคือ สามารถโทรหากันภายในระบบ VoIP, มีระบบตอบรับอัตโนมัติ (IVR: Interactive Voice Response) ที่รองรับ 2 ภาษา คือ ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ, สามารถทำการโอนสายระหว่างเครื่องโทรศัพท์ภายในองค์กร และมีระบบรับสายเรียกซ้อน การใช้งานโคเดคเสียงภายในชุมสายไอพีนั้นถูกกำหนดให้ใช้ G.711 และ G.729 โดยมีลักษณะการใช้งาน คือ หากเป็นการโทรศัพท์ระหว่างผู้โทรออกและผู้รับสายที่อยู่ภายในระบบ VoIP ด้วยกันเองแล้วจะใช้โคเดค G.711 แต่หากต้องการโทรระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์ในระบบ VoIP กับผู้ใช้โทรศัพท์ที่อยู่ภายในโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานหรือโครงข่ายโทรศัพท์มือถือเครื่องชุมสายไอพีจะเลือกใช้มาตรฐานโคเดค G.729 แทน G.711

ในขั้นตอนของการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องชุมสายไอพีที่ได้พัฒนาขึ้นบนเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบฝังตัว ผู้วิจัยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 การทดลอง คือ (1) การทดสอบความสามารถในการรองรับจำนวนผู้ใช้งานพร้อมๆ กัน (Number Concurrent Calls) ของชุมสายไอพี และ (2) การวัดคุณภาพเสียงของระบบด้วยการติดตั้งระบบเพื่อใช้งานจริง ซึ่งผลการทดสอบพบว่าการเลือกใช้โคเดค G.711 นั้นสามารถช่วยลดปริมาณการใช้ CPU ได้มากกว่าการใช้โคเดค G.729 ทำให้สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานพร้อมๆ กันได้มากกว่า นอกจากนั้นค่าคุณภาพเสียงในของการโทรที่ใช้โคเดค G.711 (MOS =

4.38) ยังมีค่าดีกว่า G.729 (MOS = 3.9) อีกด้วย อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่า G.711 จะใช้ CPU น้อยและให้ค่าคุณภาพเสียงที่ดีกว่า G.729 แต่ในการใช้งานจริงจะต้องคำนึงถึงปริมาณการใช้แบนด์วิธอีกปัจจัยหนึ่งด้วย ซึ่งผู้ออกแบบระบบเพื่อใช้งานจริงจะต้องพยายามสร้างสมดุลระหว่างปัจจัยข้างต้นอย่างเหมาะสม

6. เอกสารอ้างอิง

[1] N. Chirdchoo, W. Cheunta, K. Saelim and P. Kovintavewat, “Design and Implementation of a VoIP System for Campus Usage: A Case Study at NPRU” *IEEE ISCIT 2013*, Samui, Thailand.
[2] Asterisk, “AsteriskNow,” http://www.asterisk.org/asterisknow
[3] Asterisk, “Asterisk,” http://www.asterisk.org/
[4] FreePBX, “FreePBX,” http://www.freepbx.org/
[5] SIPp, “SIPp,” http://sipp.sourceforge.net/
[6] Wireshark, “Wireshark,” http://www.wireshark.org/
[7] W.C. Hardy, VOIP Service Quality: Measuring and Evaluating Packet-Switched Voice, McGraw-Hill, 2003.
[8] K. Jeomgoo, L. S. N. InYong, “VoIP QoS (Quality of Service) Design of Measurement Management Process Model”. *In Proceeding of ICISA 2010*.
[9] นิฏฐิตา เชิดชู และ วีระศักดิ์ ชื่นตา, “การวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจระหว่างการใช้ระบบโทรศัพท์แบบเดิมกับ ระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม” การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ครั้งที่ 4, นครปฐม, 12-13 ก.ค. 2555, vol. 1, หน้า 237-245.
[10] VoIP Mechanic, “Measuring MOS for VoIP Test” available at http://www.voipmechanic.com/mos-mean-opinion-score.htm