

การวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจระหว่างการใช้ระบบโทรศัพท์แบบเดิมกับระบบโทรศัพท์ผ่าน เครือข่ายอินเทอร์เน็ต: กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

*Decision Analysis on Choosing between a Traditional Telephone and a Voice-over-Internet
Protocol (VoIP) System: A Case Study in Nakhon Pathom Rajabhat University*

นิฐิตา เชิดชู¹ และ วีระศักดิ์ ชื่นตา²

¹โปรแกรมวิศวกรรมโทรคมนาคม

²หน่วยวิจัยระบบสมองกลฝังตัว

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

¹nitthita@npru.ac.th and ²weerasak@npru.ac.th

บทคัดย่อ

ถึงแม้ว่าระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Voice-over-Internet Protocol: VoIP) จะได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้พร้อมๆ กับลดค่าใช้จ่ายขององค์กร แต่เนื่องจากข้อจำกัดบางประการของระบบ VoIP ทำให้จะต้องมีการวิเคราะห์อย่างถี่ถ้วนถึงความเหมาะสม ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกนำเอาระบบ VoIP เข้ามาใช้งาน บทความนี้นำเสนอแนวการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจระหว่างการใช้ระบบโทรศัพท์แบบเดิมกับระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านกรณีศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โดยหลักการวิเคราะห์ดังกล่าวครอบคลุมปัจจัยต่างๆ ดังนี้ ความพร้อมของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการรองรับระบบ VoIP, ความคุ้มค่าในการลงทุน และประสิทธิภาพของระบบ

ผลจากการวิเคราะห์ในแง่มุมข้างต้น พบว่า สำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมแล้วการเปลี่ยนระบบโทรศัพท์เป็นระบบ VoIP นั้นจะสามารถแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่สายภายในได้อย่างสิ้นเชิง ถึงแม้ว่าจะต้องมีการลงทุนในส่วนของระบบใหม่แต่ในระยะยาวจะเกิดความคุ้มค่าทั้งในเรื่องของการใช้งานกำลังไฟฟ้าที่ลดลง และประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระบบโทรศัพท์แบบเดิม

คำสำคัญ: ระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต, ระบบโทรศัพท์แบบเดิม, ชุมสายโทรศัพท์ไอพี

Abstract

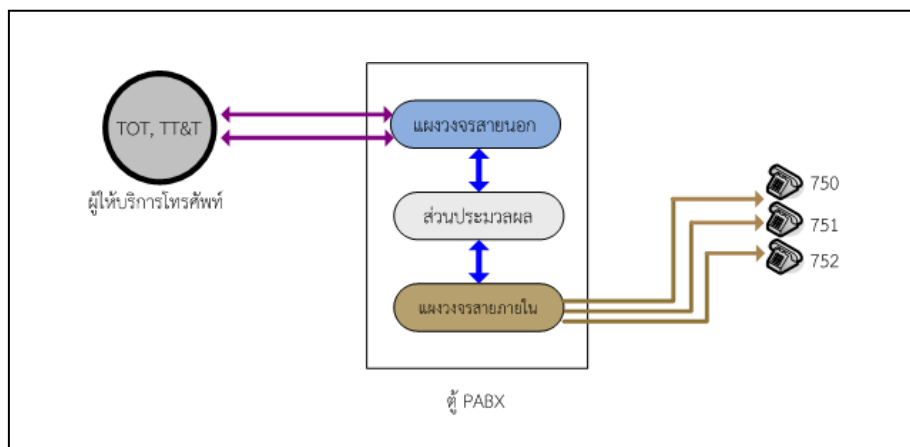
Although Voice-over-Internet Protocol (VoIP) is widely recognized as a technology that can help an organization to improve its productivity and reduce expenses, there exist certain limitations that need to be carefully considered before choosing to implement the system. This paper presents a decision analysis on choosing between a traditional telephone and a VoIP system for Nakhon Pathom Rajabhat University (NPRU). This analysis includes evaluating the feasibility of using existing computer network to serve VoIP, the efficiency and the cost-effectiveness of deploying a VoIP system in the organization.

Our analysis reveals that it is more cost-effective for NPRU to invest in VoIP technology since it offers a solution to the problem of internal phone line shortage. Moreover, with VoIP, NPRU can achieve higher productivity with less electrical power consumption when compared with the traditional telephone system.

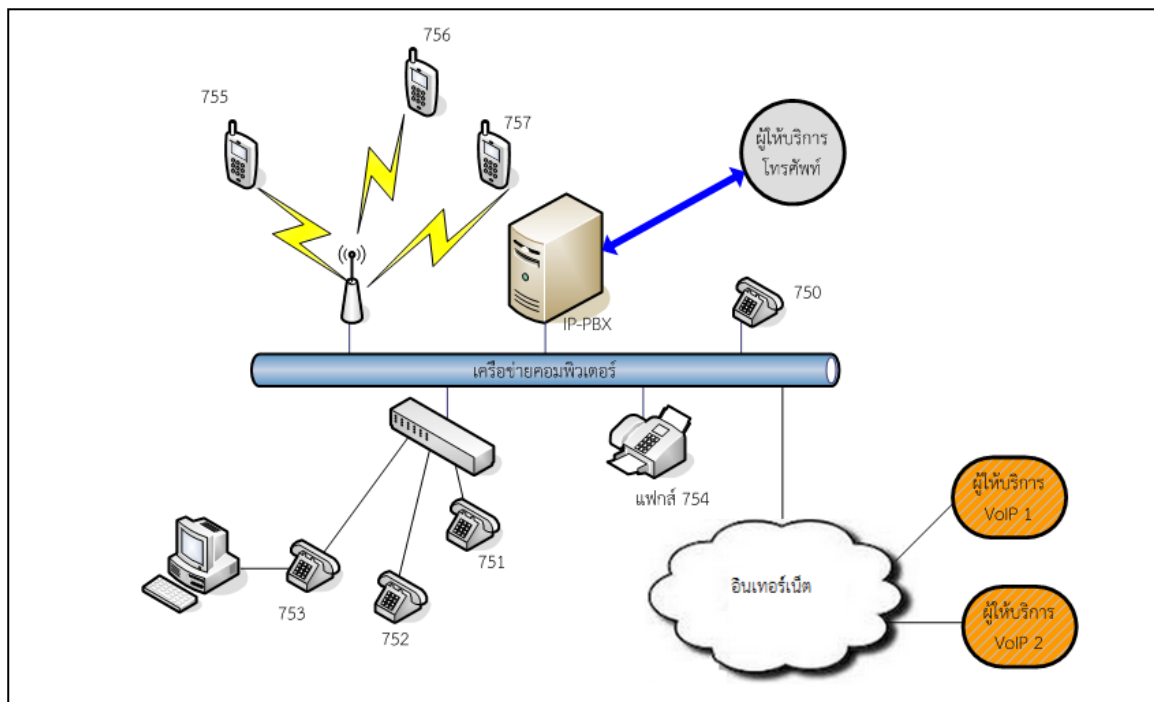
Keyword: VoIP, PSTN, Traditional telephone, IP-PBX

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบโทรศัพท์จัดได้ว่าเป็นระบบการสื่อสารขั้นพื้นฐานมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในองค์กรทุกระดับ ตั้งแต่ระดับส่วนบุคคลไปจนถึงองค์กรขนาดใหญ่ ระบบโทรศัพท์ที่ใช้ในองค์กรขนาดกลางและขนาดใหญ่ นั้นมักจะออกแบบให้มีระบบโทรศัพท์เป็นของตนเอง เพื่อให้การสื่อสารภายในองค์กรของตนเองเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่งระบบโทรศัพท์ขององค์กรโดยส่วนใหญ่จะยังคงใช้เทคโนโลยีระบบโทรศัพท์แบบเดิม (Traditional telephone system) ที่มีตู้ชุมสายโทรศัพท์ (PABX) เป็นหัวใจหลักในการทำงาน ภายในตู้ชุมสายโทรศัพท์นี้ ประกอบไปด้วยองค์ประกอบทั้งหมด 3 ส่วน คือ (1) ส่วนของแผงวงจรสายนอก ทำหน้าที่เชื่อมต่อคู่สายภายนอกของผู้ให้บริการโทรศัพท์ต่าง ๆ (เช่น องค์กรโทรศัพท์ บริษัทที่ที่ แอนด์ที เป็นต้น) เข้ากับส่วนประมวลผล (2) ส่วนประมวลผล ทำหน้าที่หลัก คือ ทำการเชื่อมต่อคู่สายระหว่างการโทรศัพท์ระหว่าง คู่สายภายใน และระหว่างสายภายในกับสายภายนอก และ (3) ส่วนของแผงวงจรสายภายใน ทำหน้าที่เชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ ระหว่างผู้ใช้งานภายในองค์กรผ่านทางสายเคเบิลหรือสาย drop wire เข้ากับส่วนประมวลผล ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบโทรศัพท์แบบเดิมภายในองค์กร



ภาพที่ 2 ระบบโทรศัพท์ VoIP

โดยที่ขนาดของระบบโทรศัพท์ภายในองค์กรจะขึ้นอยู่กับจำนวนของผู้ใช้งานเป็นหลัก หากต้องมีการรองรับผู้ใช้งานที่มีจำนวนมาก ก็จะต้องมีการเพิ่มจำนวนแผงวงจรสายภายในให้พอเพียงกับการใช้งาน ภายในแผงวงจรดังกล่าวประกอบไปด้วย อุปกรณ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวต่อสัญญาณไฟฟ้า ทำให้บ่อยครั้งมักพบปัญหาแผงวงจรชำรุดอันเกิดการสอตแทรกของสัญญาณไฟฟ้าหรือสัญญาณฟ้าผ่า ซึ่งถือได้ว่าเป็นปัญหาใหญ่ของทุกองค์กรที่ใช้ระบบโทรศัพท์แบบเดิม นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าว ระบบโทรศัพท์แบบเดิมยังมีข้อจำกัดด้านฟังก์ชัน หรือความสามารถของผู้ชุมสายโทรศัพท์ที่ขึ้นอยู่กับการทำงานของหน่วยประมวลผลกลางที่ถูกออกแบบและกำหนดจากโรงงานผู้ผลิต เจ้าขององค์กรหรือผู้ใช้งานไม่สามารถกำหนดความต้องการเพิ่มเติมได้ในภายหลัง นอกจากนี้การวางระบบข่ายสายจากผู้ชุมสายโทรศัพท์ไปยังผู้ใช้งานโทรศัพท์สายภายในโดยการเดินสายเคเบิลหรือสาย drop wire บ่อยครั้งจะทำการเดินสายไปตามผนังอาคาร ผนังห้อง เสาไฟฟ้า หรือ ฝ้าเพดานอาคาร การทำเช่นนี้นอกจากจะทำให้สูญเสียความสวยงามทางภูมิสถาปัตย์แล้ว ยังเป็นต้นเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาฟ้าผ่าลงซึ่งนำมาสู่การชำรุดของแผงวงจรสายภายใน

ด้วยความก้าวหน้าและความสามารถของเทคโนโลยีเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบโทรศัพท์รูปแบบใหม่ที่เรียกว่า ระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรือ ที่ต่อไปนี้จะเรียกว่า ระบบ VoIP (แสดงในภาพที่ 2) ซึ่งเป็นระบบที่ทำการแปลงสัญญาณเสียงจากผู้พูดต้นทางให้เป็นกลุ่มข้อมูล (data packet) แล้วจึงทำการส่งกลุ่มข้อมูลเหล่านี้ไปสู่ผู้รับปลายทางผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์แทนการใช้ระบบเครือข่ายสายเคเบิลโทรศัพท์ เมื่อถึงปลายทางผู้รับปลายทางจะทำการแปลงกลุ่มข้อมูลเหล่านี้ให้กลับมาเป็นสัญญาณเสียงดังเดิม จากการศึกษาและนาระบบ VoIP ไปใช้งานพบว่า ระบบ VoIP สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานขององค์กรควบคู่กับความสามารถในการลดค่าโทรศัพท์ขององค์กรได้อย่างมีนัยสำคัญ [1-3] ความสามารถอันโดดเด่นของระบบ VoIP เมื่อเทียบกับระบบโทรศัพท์แบบเดิม ก็คือ ลดค่าโทรศัพท์ เพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถของระบบตามการใช้งาน เช่น การเพิ่มจำนวนคู่สายภายในได้อย่างง่ายดาย การกำหนดสิทธิสำหรับผู้ใช้งาน การบันทึกข้อมูลการโทร การเชื่อมต่อกับระบบอิเล็กทรอนิกส์เมล เป็นต้น ซึ่งระบบชุมสายโทรศัพท์แบบเดิมไม่สามารถทำได้ครอบคลุม

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นถึงแม้ระบบโทรศัพท์ VoIP จะมีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับระบบโทรศัพท์แบบเดิมในหลายๆ ด้าน แต่ไม่ได้หมายความว่า ทุกหน่วยงานหรือทุกองค์กรจะต้องลุกขึ้นมาปรับระบบโทรศัพท์แบบเดิมและเปลี่ยนมาใช้ระบบ VoIP ทั้งหมด ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยใน [4] ที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าถึงความเหมาะสมในการนำเอาระบบ VoIP เข้ามาใช้ทดแทนระบบโทรศัพท์แบบเดิมสำหรับ Carnegie Mellon University ในงานวิจัยดังกล่าวได้มีการวิเคราะห์ถึงปัจจัยต่างๆ เพื่อใช้ในการตัดสินใจ และได้ผลสรุปที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก นั่นก็คือ Carnegie Mellon University ไม่ควรนำระบบ VoIP เข้ามาใช้ทดแทนระบบโทรศัพท์แบบเดิม ปัจจัยหลักของการนำมาซึ่งผลวิเคราะห์นี้ คือ อัตราการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าที่อาจเพิ่มขึ้นกว่า 2 เท่าเมื่อเทียบกับการใช้ระบบโทรศัพท์แบบเดิม อันจะส่งผลให้การนำระบบโทรศัพท์ VoIP เข้ามาใช้ไม่สามารถคุ้มทุนได้

บทความนี้จึงมุ่งที่จะนำเสนอในทุกแง่มุมที่เป็นปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกใช้ระบบโทรศัพท์ VoIP เพื่อเป็นประโยชน์และแนวทางในการตัดสินใจขององค์กรและหน่วยงานต่อไป โดยจะได้ทำการศึกษาด้านกรณีศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม เริ่มตั้งแต่การศึกษาและวิเคราะห์ระบบโทรศัพท์ขององค์กร ในหัวข้อต่อไป เมื่อเข้าใจถึงศักยภาพ ความต้องการ และธรรมชาติการใช้งานระบบโทรศัพท์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันแล้ว จะได้นำเสนอการวิเคราะห์ความพร้อมของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในการรองรับระบบ VoIP ความคุ้มค่าและคุ้มทุนในแง่มุมต่างๆ ในหัวข้อที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ในหัวข้อที่ 5 และ 6 จะกล่าวถึงข้อจำกัดของระบบ VoIP และบทสรุปของการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจระหว่างการใช้ระบบโทรศัพท์แบบเดิมกับระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

2. ระบบโทรศัพท์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

ระบบโทรศัพท์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมในปัจจุบันเป็นระบบโทรศัพท์แบบแอนะล็อก ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นไปตามรูปที่ 1 การเชื่อมต่อคู่สายที่มีอยู่ทั้งหมดประมาณกว่า 300 คู่สายของระบบสายภายในนั้น อาศัยชุมสายโทรศัพท์ชนิดแอนะล็อกยี่ห้อ NEC รุ่น NEAX7400 1 CS M100 จำนวนทั้งหมด 7 ตู้ ซึ่งได้มีการกำหนดค่าฟังก์ชันการใช้งานเป็นแบบพื้นฐาน คือ มีระบบตอบรับ

ตารางที่ 1 ผลของความล่าช้าในการสื่อสารต่อการรับฟัง

ความล่าช้า (ms)	ผลต่อการรับฟัง
0-150	การสื่อสารสามารถเข้าใจได้ง่าย และผู้ฟังไม่รู้สึกถึงความล่าช้าในการสื่อสาร
150-250	ผู้ฟังรับรู้ถึงความล่าช้าในการสื่อสาร แต่ยังสามารถยอมรับได้
≥400	คุณภาพของการสื่อสารไม่สามารถยอมรับได้

อัตโนมัติ สามารถรับสาย โทรออก โอนสายระหว่างเบอร์ภายใน และการรับสายเรียกซ้อน เป็นต้น ส่วนระบบสายนอกนั้นเชื่อมต่อกับชุมสายโทรศัพท์ขององค์กรโทรศัพท์จังหวัดนครปฐม ปัจจุบันมหาวิทยาลัยฯ มีคู่สายนอกอยู่ทั้งหมดประมาณ 40 เลขหมายซึ่งมีการติดตั้งกระจายไปตามหน่วยงานต่างๆ ของมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งแต่ละหน่วยงานมีค่าโทรศัพท์เฉลี่ยอยู่ในช่วง 400-1,500 บาท/เดือน (รวมค่าโทรศัพท์ และค่าส่งแฟกซ์) ซึ่งค่าโทรศัพท์ทั้งหมดเป็นค่าโทรศัพท์ภายในประเทศ

ปัญหาหลักของการใช้งานระบบโทรศัพท์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม คือ การขาดแคลนเบอร์สายภายใน ปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดการขาดความคล่องตัวในการสื่อสารภายในองค์กร ซึ่งบ่อยครั้งนำไปสู่ความยากลำบากและสิ้นเปลืองในการติดต่อสื่อสารของบุคคลากรภายในองค์กร ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเบื้องต้นถึงสาเหตุของการขาดแคลนเบอร์โทรศัพท์สายใน สามารถสรุปได้เป็น 2 เหตุผลหลัก ดังนี้

- *ปรากฏการณ์ฟ้าล่งที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง* ทำให้แผงวงจรสายภายในที่ติดตั้งภายในตู้ชุมสายของมหาวิทยาลัยฯ เกิดความเสียหาย ถึงแม้จะพยายามแก้ปัญหาด้วยการเพิ่มจุดกราวด์และใส่ฟิวส์กันฟ้าล่งก็ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ทั้งหมด (เนื่องจากในการเดินคู่สายโทรศัพท์ในบางจุดนั้นมีการเดินสายไปตามแนวเสาไฟฟ้า ใกล้จุดหม้อแปลงไฟฟ้า ส่งผลให้ความเสี่ยงต่อการเกิดฟ้าล่งแผงวงจรมีมากยิ่งขึ้น) ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแผงวงจรสายภายในทุกๆ ครั้งที่เกิดความเสียหายจากปรากฏการณ์ฟ้าล่ง แต่เนื่องด้วยราคาที่สูง (ประมาณ 20,000 บาท/แผงวงจร) ประกอบกับความถี่ของการเกิดฟ้าล่ง ทำให้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุนเปลี่ยนการ์ดใหม่ ผลกระทบที่หน่วยงานได้รับ ก็คือ หน่วยงานบางหน่วยงานไม่มีโทรศัพท์สายภายในใช้ เช่น อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นต้น

- *การขยายตัวของจำนวนอาคารใหม่ภายในมหาวิทยาลัย* เช่น อาคารกิจการนักศึกษา ตึกทวารวดีศรีราชภัฏ อาคารศูนย์คอมพิวเตอร์ ศูนย์กีฬา และหอประชุมศูนย์คอมพิวเตอร์และศูนย์ภาษา ทำให้เกิดความต้องการเบอร์และคู่สายภายในเพิ่มขึ้นอีกประมาณไม่น้อยกว่า 200 คู่สาย

จากปัญหาของการขาดแคลนสายในดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทำให้มหาวิทยาลัยฯ มีความจำเป็นต้องมีการขยายระบบโทรศัพท์สายภายในเพื่อรองรับความต้องการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้น จุดนี้เองเป็นที่มาของการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจระหว่างการเลือกที่จะขยายขนาดระบบโทรศัพท์แบบเดิม หรือพัฒนาระบบ VoIP ขึ้นมาเพื่อใช้งานแทนระบบเดิม จะมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าแก่องค์กรมากกว่ากัน

3. ความพร้อมของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในการรองรับระบบ VoIP

เนื่องจากระบบ VoIP อาศัยเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในการส่งข้อมูลเสียง ดังนั้นคุณภาพของสัญญาณเสียงในระหว่างการเดินทางจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ องค์กร ITU (International Telecommunication Union) ได้มีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความล่าช้า (Delay) ของการสื่อสารที่มีผลต่อการรับฟังสำหรับบุคคลทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนี้ การสื่อสารทางเสียงที่จะถือว่ามีคุณภาพที่ดีนั้นจะต้องมีความล่าช้าไม่เกิน 150 ms ซึ่งระบบโทรศัพท์แบบเดิมซึ่งใช้เทคโนโลยี Circuit Switching ที่จะต้องมีการเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ระหว่างผู้โทรออกกับผู้รับสายเสียก่อน จึงจะยอมให้มีการสื่อสารระหว่างต้นทางและปลายทางได้ เมื่อมีการเชื่อมต่อเส้นทางไว้ก่อนแล้วการส่งเสียงระหว่างต้นทางและปลายทางจึงไม่มีความล่าช้ามากนัก (น้อยกว่า 150 ms) ทำให้การสื่อสารด้วยระบบโทรศัพท์แบบเดิมจะมีคุณภาพเสียงที่ดี [4-5] ในทางตรงกันข้ามเมื่อพิจารณาจาก VoIP ที่ต้อง

อาศัยระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในการส่งข้อมูลเสียง ดังนั้นความล่าช้าของการสื่อสารในระบบ VoIP จึงเกิดจากความล่าช้าในการส่งกลุ่มข้อมูลภายในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์นั่นเอง

การส่งกลุ่มข้อมูลภายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์นั้นจะอาศัยเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Packet Switching ซึ่งไม่ได้มีการกำหนดเส้นทางระหว่างผู้ส่งต้นทางและผู้รับปลายทางเอาไว้ก่อนทำการสื่อสาร แต่จะอาศัยการหาเส้นทางให้กับแต่ละกลุ่มข้อมูลในขณะเวลาทำการสื่อสาร เทคนิคการหาเส้นทางแบบนี้จริงๆ แล้วเหมาะสมกับการส่งข้อมูลมากกว่าที่จะนำมาใช้ในการสื่อสารทางเสียง เนื่องจากค่าความล่าช้าของการส่งกลุ่มข้อมูลอาจมีค่าสูงมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความคับคั่งของการจราจร อัตราการสูญหายของกลุ่มข้อมูลในระหว่างการส่งภายในเครือข่ายนั้นๆ ด้วย เพื่อที่จะให้เสียงจากระบบ VoIP มีคุณภาพเสียงที่ดีนั้น [4] แนะนำว่า นอกจากความล่าช้าของการสื่อสารจะต้องน้อยกว่า 150 ms แล้ว อัตราการสูญหายของแพ็กเก็ตจะต้องน้อยกว่า 3%

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเก็บค่าความล่าช้าและอัตราการสูญหายของการส่งกลุ่มข้อมูลภายในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และเมื่อออกสู่ระบบอินเทอร์เน็ตจากเครื่องคอมพิวเตอร์เดียวกันไปยังเครื่องแม่ข่ายผู้ใช้บริการระบบ VoIP ทั้งใน (voip.mouthmun.com, 203.113.125.82) และต่างประเทศ (sip.sipdiscount.com) ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 พบว่า ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยฯ สามารถรองรับการนำระบบ VoIP เข้ามาใช้งานเนื่องจากโดยเฉลี่ยแล้วมีค่า one-way packet delay และ packet loss น้อยกว่า 150 ms และ 3% ตามลำดับ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ระบบอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยฯ เอื้อต่อการนำเอาระบบ VoIP เข้ามาใช้งาน ส่วนการเชื่อมต่อคู่สายนอกผ่านระบบ VoIP นั้นจะเห็นได้

ตารางที่ 2 ค่า One-way packet delay และ Packet loss ของการเชื่อมต่อจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมกับเครื่องแม่ข่าย VoIP ต่างๆ (หมายเหตุ: ทำการทดสอบ ณ วันที่ 20 พ.ค. 2555)

การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องแม่ข่าย VoIP ณ จุดต่างๆ	One-way packet delay (ms)			Packet Loss (%)	หมายเหตุ
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย		
เครื่องแม่ข่าย VoIP ติดตั้งภายในมหาวิทยาลัยฯ	3	1	1.5	0	ภายในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยฯ
เครื่องแม่ข่าย VoIP ของ Mouthmun (voip.mouthmun.com)	2.5	2	2	0	VoIP server ที่ ติดตั้งอยู่ในประเทศ
เครื่องแม่ข่าย VoIP ของ ToT (203.113.125.82)	3	5	3.5	0	
เครื่องแม่ข่าย VoIP ของ True (61.90.255.132)	4.5	2	2.5	0	
เครื่องแม่ข่าย VoIP ของ Gotalk.com (sip.gotalk.com)	603	207.5	423.5	0	VoIP server ที่ติดตั้งอยู่ในต่างประเทศ
เครื่องแม่ข่าย VoIP ของ VoipDiscount.com (sip.sipdiscount.com)	157	116.5	136.5	0	

ว่าหากเครื่องแม่ข่ายของผู้ให้บริการ VoIP นั้นอยู่ภายในประเทศไทย (ดูกรณี Mouthmun, ToT และ True ในตารางที่ 2) จะไม่มีปัญหาในเรื่องของคุณภาพเสียง แต่หากเครื่องแม่ข่ายของผู้ให้บริการ VoIP นั้นอยู่ในต่างประเทศ (ดูกรณี Gotalk และ Voipdiscount ในตารางที่ 2) ผู้ใช้งานมีโอกาสสูงที่จะประสบกับปัญหาในเรื่องของคุณภาพของสัญญาณในระหว่างการสนทนา

4. ความคุ้มค่าในการนำระบบ VoIP มาใช้งาน

4.1 ด้านการลงทุน

สำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่ประสบปัญหาแผนวงจรสายภายในชำรุดบ่อยครั้งเนื่องจากอาคารฟ้าลง และการขยายตัวของหน่วยงานและอาคารในมหาวิทยาลัยฯ ทำให้เกิดความต้องการคู่สายภายในขึ้นอีกกว่าเท่าตัว การเลือกลงทุนด้วยการขยายตู้ชุมสาย เพิ่มแผนวงจรสายสายในและขยายข่ายสายแบบเดิมนั้น นอกจากจะเป็นการลงทุนที่สูงแล้วยังทำให้ความเสี่ยงของปัญหาฟ้าลงเพิ่มมากขึ้น การนำเอาระบบ VoIP เข้ามาใช้แทนระบบโทรศัพท์เดิมทั้งหมดหรือการผสมสองระบบเข้าด้วยกัน เชื่อกันว่าจะสามารถแก้ไขปัญหาลักษณะดังกล่าวได้เป็นอย่างดี กล่าวคือ เนื่องจากปัจจุบันการเชื่อมโยงกันของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยฯ กับ ตำแหน่งของ IP-PBX ที่จะได้ทำการติดตั้งใช้งานนั้นจะเชื่อมโยงกันด้วยเส้นใยแก้วนำแสงเป็นหลัก ซึ่งเส้นใยแก้วนำแสงนั้นจะไม่มีการเหนี่ยวนำต่อสัญญาณไฟฟ้าซึ่งจะส่งผลให้ปัญหาด้านฟ้าลงนั้นหมดไป สำหรับในเรื่องของการลงทุนด้านงบประมาณของระบบ VoIP ส่วนใหญ่จะเป็นการลงทุนไปกับเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย และอุปกรณ์โทรศัพท์เท่านั้น ส่วนข่ายสายนั้นหากระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มีศักยภาพเพียงพอในการรองรับระบบ VoIP แล้วนั้น ก็สามารถนำเอาโครงข่ายของระบบอินเทอร์เน็ตที่มีอยู่แล้วมาใช้งานได้เลย ดังนั้นสำหรับกรณีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่มีเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีประสิทธิภาพสูงและครอบคลุมทุกพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยฯอยู่แล้วนั้น การเพิ่มจำนวนคู่สายภายในของระบบ VoIP จึงถึงเป็นการลงทุนที่ต่ำมาก

4.2 อัตราการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า

บ่อยครั้งที่มีการนำเอาระบบ VoIP เข้ามาใช้งานโดยปราศจากการวิเคราะห์ถึงอัตราการใช้กำลังไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องจากเชื่อว่าระบบ VoIP สามารถลดค่าโทรศัพท์ได้อย่างมากทำให้ยังง่เสียก็คุ้มค่าในการนำเอาระบบ VoIP เข้ามาใช้งาน ความเชื่อดังกล่าวอาจเป็นไปได้สูงสำหรับองค์กรที่มีค่าโทรศัพท์ที่สูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าโทรศัพท์ดังกล่าวเป็นการโทรเพื่อติดต่อกับหน่วยงานในต่างประเทศ เมื่อวิเคราะห์ลักษณะค่าโทรศัพท์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่ซึ่งค่าโทรศัพท์ส่วนใหญ่เป็นการโทรหากันภายในประเทศ ดังนั้นการนำเอาระบบ VoIP มาใช้งาน อาจไม่ได้ช่วยให้เกิดการประหยัดของค่าใช้จ่ายได้มากนัก เมื่อเทียบกับกรณีที่มหาวิทยาลัยต้องลงทุนพัฒนาระบบ VoIP ขึ้นมาใหม่

งานวิจัยใน [4] ชี้ให้เห็นว่า การนำเอาระบบ VoIP เข้ามาใช้ใน Carnegie Mellon University นั้นจะทำให้มีการเพิ่มการใช้งานไฟฟ้าขึ้นไปถึง 2-3 เท่า (ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน) เมื่อเทียบกับการใช้ระบบโทรศัพท์แบบเดิม ผลลัพธ์จาก

ระบบโทรศัพท์แบบเดิม	ระบบโทรศัพท์ VoIP
<ol style="list-style-type: none"> ตู้ชุมสายโทรศัพท์แอนะล็อก รุ่น NEC-2000 โทรศัพท์แอนะล็อก 	<ol style="list-style-type: none"> IP-PBX ที่พัฒนาขึ้นด้วยซอฟต์แวร์ชนิดเปิดรหัสต้นฉบับ Elastix อุปกรณ์ ATA ยี่ห้อ Linksys รุ่น PAP2T โทรศัพท์แอนะล็อก โทรศัพท์ IP phone ยี่ห้อ ATCOM รุ่น AT-320

ภาพที่ 3 อุปกรณ์สำหรับทดสอบอัตราการใช้ไฟฟ้าระหว่างระบบโทรศัพท์แบบเดิมกับระบบ VoIP

ตารางที่ 3 อัตราค่าไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบโทรศัพท์แบบเดิมและระบบ VoIP

ระบบโทรศัพท์	อุปกรณ์	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	หมายเหตุ
ระบบโทรศัพท์แบบเดิม	ตู้ชุมสาย NEC-2000	660	โทรศัพท์แอนะล็อกอาศัยไฟฟ้าที่จ่ายมาจากตู้ชุมสาย ดังนั้นการใช้กำลังไฟฟ้าจะวัดที่ตู้ชุมสายเท่านั้น
ระบบโทรศัพท์ VoIP	IP-PBX	95	
	ATA+ โทรศัพท์แอนะล็อก 2 เครื่อง	2.62 (ขณะวางหู) 3.27 (ขณะมีสายเข้า 1สาย) 4.02 (ขณะมีสายเข้าพร้อมกัน 2 สาย)	1 ATA สามารถรองรับได้ 2 โทรศัพท์
	IP-Phone (AT-320)	1.2 (วางหู, สายเข้า)	

ตารางที่ 4 กำลังไฟฟ้าต่อปีที่ต้องใช้สำหรับสำหรับระบบโทรศัพท์แบบเดิมและระบบ VoIP กรณี 300 คู่สายภายใน

กรณี	กำลังไฟฟ้า/ปี (kWh)	หมายเหตุ
1	5,782	
2	4,275	สมมติให้สัญญาณสายเข้ามีช่วงเวลาสั้นมากๆ เมื่อเทียบกับช่วงเวลาว่าง
3	3,986	

งานวิจัยดังกล่าว สรุปได้ว่า การนำเอาระบบ VoIP เข้ามาใช้ไม่สามารถคุ้มทุนได้และได้ตัดสินใจไม่นำระบบ VoIP เข้ามาใช้ใน Carnegie Mellon University จากงานดังกล่าวผู้วิจัยเห็นด้วยว่า อัตราการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าเป็นตัวแปรหนึ่งที่ควรนำมาพิจารณาก่อนตัดสินใจเลือกใช้งานระบบ VoIP ดังนั้นในหัวข้อต่อไปนี้จะเป็นการศึกษาถึงอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าของระบบโทรศัพท์แบบเดิมเปรียบเทียบกับระบบ VoIP ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าระหว่างระบบโทรศัพท์ทั้ง 2 ระบบ ด้วยเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า ภาพที่ 3 สำหรับระบบ VoIP ผู้วิจัยยังได้ทำการทดสอบการใช้กำลังไฟฟ้าของการใช้อุปกรณ์ ATA ร่วมกับโทรศัพท์ เทียบกับการใช้โทรศัพท์ IP Phone อีกด้วย ตารางที่ 3 แสดงผลทดสอบอัตราค่าไฟฟ้าของทั้งสองระบบ

ผลลัพธ์ที่ได้จากตารางที่ 3 สามารถนำมาทำการคำนวณถึงกำลังไฟฟ้าที่ต้องใช้ในกรณีที่ระบบโทรศัพท์ต้องรองรับผู้ใช้งานจำนวนทั้งหมด 300 คู่สาย โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 กรณีคือ (1) ระบบโทรศัพท์แบบเดิม (2) ระบบ VoIP โดยใช้ ATA + โทรศัพท์แอนะล็อก และ (3) ระบบ VoIP โดยใช้ IP Phone ดังผลลัพธ์ที่แสดงในตารางที่ 4 ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าพบว่า ระบบ VoIP ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าระบบโทรศัพท์แบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญ (ดูตารางที่ 4 กรณีที่ 1 เทียบกับกรณีที่ 2 และ 3) นอกจากนั้นตารางที่ 4 ยังแสดงให้เห็นว่า กำลังไฟฟ้าที่ต้องใช้ในระบบ VoIP ที่ใช้อุปกรณ์ ATA เชื่อมต่อกับโทรศัพท์แอนะล็อกนั้นสิ้นเปลืองกำลังงานมากกว่าระบบ VoIP ที่ใช้ IP Phone

สังเกตว่า บทวิเคราะห์ในเชิงการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าของการนำระบบ VoIP เข้ามาใช้งานในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม นั้น แตกต่างกับบทสรุปที่ได้จาก [4] ทั้งนี้เนื่องมาจาก 2 ประเด็น ดังนี้ (1) ไฟที่เลี้ยงระบบโทรศัพท์สายภายในของ Carnegie Mellon University นั้น ถูกจ่ายมาจากผู้ให้บริการโทรศัพท์สายภายนอกโดยตรง ดังนั้นทางมหาวิทยาลัยฯ จึงไม่ต้องรับผิดชอบค่าไฟฟ้าในส่วนนี้ ส่วนกรณีของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมนั้น มหาวิทยาลัยฯ ต้องรับผิดชอบค่าไฟฟ้าในส่วนของผู้ชุมสายเอง และ (2) อุปกรณ์ที่นำมาทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าใน [4] กับ ในบทความนี้เป็นคนละยี่ห้อและรุ่นกัน

4.3 ประสิทธิภาพด้านอื่นๆ

นอกจากประเด็นในเรื่องของการใช้กำลังไฟฟ้าของระบบ VoIP ที่น้อยกว่าระบบโทรศัพท์แบบเดิมแล้วนั้น ระบบ VoIP ยังมีศักยภาพอื่นที่ระบบโทรศัพท์แบบเดิมไม่สามารถทำได้ เช่น การเพิ่มจำนวนหมายเลขภายใต้งบประมาณจำกัด ความสามารถรองรับการเชื่อมต่อกับระบบไอทีอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ได้แก่ ระบบอิเล็กทรอนิกส์เมล ระบบส่งข้อความสั้น และระบบรับส่งเอกสาร ระบบกระจายเสียง เป็นต้น เมื่อนำศักยภาพเหล่านี้มาใช้องค์กรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพพร้อมๆ กับการลดค่าใช้จ่ายได้ [1], [3], [5] กรณีศึกษาใน [2] ยังชี้ให้เห็นว่า การนำความสามารถในการส่งข้อความเสียงที่มีผู้ฝากไว้เวลาที่ผู้รับสายไม่สามารถรับโทรศัพท์ไปยังระบบอิเล็กทรอนิกส์เมล ทำให้สามารถประหยัดเวลาในการทำงานได้ถึง 1 ชม./คน/วัน

หากทำการพิจารณาความยั่งยืนของเทคโนโลยีระบบโทรศัพท์แบบเดิมกับระบบโทรศัพท์ VoIP แล้วจะพบว่า แนวโน้มของเทคโนโลยีชุมสายโทรศัพท์ในปัจจุบัน ล้วนมุ่งพัฒนาไปในทิศทางของชุมสายโทรศัพท์แบบ VoIP ให้มีประสิทธิภาพและศักยภาพเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ระบบโทรศัพท์แบบเดิมขาดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้คาดการณ์ได้ว่าในอนาคตผู้ใช้ระบบโทรศัพท์แบบเดิมอาจพบประสบกับปัญหาการขาดอุปกรณ์สำหรับซ่อมแซม บำรุงรักษา และขยายขยายสายโทรศัพท์ภายในอย่างเลี่ยงไม่ได้

5. ข้อจำกัดในการใช้ระบบ VoIP

จากบทวิเคราะห์ที่ผ่านมาพบว่า ระบบ VoIP นั้นมีศักยภาพเหนือกว่าระบบโทรศัพท์แบบเดิม ทั้งในเรื่องของความพร้อมปฏิบัติงานและประสิทธิภาพในการทำงาน ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะได้นำเสนอข้อจำกัดของระบบ VoIP ที่ควรคำนึงถึงก่อนทำการตัดสินใจเลือกระหว่างระบบโทรศัพท์แบบเดิมและระบบ VoIP

5.1 ความน่าเชื่อถือของระบบ เนื่องจากระบบโทรศัพท์แบบ VoIP อาศัยข่ายสายคอมพิวเตอร์เป็นหลัก ดังนั้น การพิจารณาถึงเสถียรภาพของเครือข่ายคอมพิวเตอร์จึงเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งในด้านความคับคั่งของข้อมูล การวางข่ายสายภายในองค์กร เป็นต้น การพิจารณาข่ายสายสำรอง ทั้งแบบมีสายหรือระบบไร้สาย เพื่อใช้งานในกรณีที่ข่ายสายหลักมีความคับคั่ง หรือเกิดการล่มลง ก็จะเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบ VoIP มากขึ้น

5.2 ความปลอดภัยของระบบ VoIP เนื่องจากระบบ VoIP ทำงานบนระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ซึ่งอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (IP-PBX) ในการทำหน้าที่เป็นชุมสายโทรศัพท์แบบไอพี และอาศัยข่ายสายคอมพิวเตอร์ในการสื่อสารระหว่างกัน ดังนั้น ความเสี่ยงหนึ่งที่มาของการใช้ระบบ VoIP ก็คือ ความปลอดภัยของข้อมูล และความปลอดภัยจากการโจมตีจากแฮกเกอร์ ซึ่งอาจทำให้เกิดการดักฟังเสียง การขโมยข้อมูล หรือการโจมตีเครื่องแม่ข่าย ดังแสดงให้เห็นจากงานวิจัยใน [7-8]

แนวทางแก้ไขหรือลดปัญหาดังกล่าว ก็คือ หน่วยงานที่จะนำเอาระบบ VoIP ไปใช้งานนั้นควรให้ความสำคัญและติดตามความก้าวหน้าของเทคโนโลยีด้านความปลอดภัยของระบบเครือข่ายอยู่เป็นนิจ พิจารณาเลือกเครื่องแม่ข่ายและโปรแกรมที่ทำหน้าเป็น IP-PBX ที่มีความสามารถในการป้องกัน แฮกหรือขโมยข้อมูล อีกทั้งควรจัดเตรียมบุคลากรผู้ดูแลระบบทำหน้าที่สังเกตการณ์และคอยเก็บข้อมูลย้อนหลังของระบบอยู่เสมอ

5.3 ความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าดับ ระบบโทรศัพท์แบบเดิมจะอาศัยแหล่งพลังงานไฟฟ้าหลักจากตู้ชุมสาย ในการเลี้ยงชุมสายและเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย ในกรณีที่ไฟฟ้าดับหรือเกิดความขัดข้อง ระบบไฟฟ้าสำรองหรือ UPS จะทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบทั้งหมดทำให้การสื่อสารไม่ขาดหาย

สำหรับระบบ VoIP ที่ใช้เครื่องโทรศัพท์เชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย IP-PBX ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ระบบเช่นนี้จำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าตามจุดผู้ใช้งาน หากเกิดปัญหาไฟฟ้าดับขัดข้องการสำรองไฟฟ้าที่เครื่องแม่ข่ายจุดเดียวจึงไม่เพียงพอ จะต้องมีเครื่องสำรองไฟฟ้าสำหรับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายด้วย การวางเครื่องสำรองไฟฟ้าหนึ่งจุดต่อเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายหนึ่งเครื่องคงเป็นการไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง ดังนั้นเพื่อลดความเสี่ยงของการขาดการติดต่อของระบบ VoIP ในกรณีเกิดไฟฟ้าดับหรือไฟฟ้าขัดข้อง ควรพิจารณาวางแผนดังนี้ มีระบบสำรองไฟฟ้าที่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายหนึ่งจุด กรณีในอาคารดังกล่าวเลือกใช้โทรศัพท์ลูกข่ายแบบ ATA รวมกับโทรศัพท์แบบแอนะล็อกควรออกแบบให้มีห้องควบคุมซึ่งนำเอาเครื่อง ATA มารวมไว้ด้วยกัน แล้ว

เดินสายทองแดงไปยังโทรศัพท์แบบแอนะล็อกตามจุดใช้งาน ซึ่งจะทำให้สามารถติดตั้งเครื่องสำรองไฟฟ้าไว้หนึ่งเครื่องต่อเครื่อง ATA หลายๆ เครื่องได้

ในกรณีที่ใช้เครื่องโทรศัพท์ชนิด IP phone หากต้องการเลี้ยงปัญหาไฟฟ้าดับ และไม่ต้องติดตั้งเครื่องสำรองไฟฟ้า ในทุกๆ จุดที่มีการใช้งานโทรศัพท์ IP phone ผู้ออกแบบระบบอาจพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยี PoE (Power over Ethernet) ร่วมกับการใช้งาน IP phone

6. บทสรุป

บทความนี้นำเสนอแนวทางในการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจระหว่างการใช้ระบบโทรศัพท์แบบเดิมกับระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านกรณีศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โดยหลักการวิเคราะห์ดังกล่าวครอบคลุมปัจจัยต่างๆ ดังนี้ ความพร้อมของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการรองรับระบบ VoIP, ความเหมาะสมของการนำเอาระบบ VoIP เข้ามาใช้ในองค์กร และชนิดของอุปกรณ์ที่ควรนำมาใช้เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน

ผลจากการประเมินความพร้อมของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยฯ เพื่อรองรับระบบ VoIP พบว่า ความล่าช้า และ อัตราการสูญหายของแพ็กเก็ตข้อมูล โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1.5 ms และ 0% ตามลำดับ ซึ่งหากพิจารณาตามข้อเสนอแนะจาก ITU แล้วถือว่าคุณภาพเสียงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ดังนั้น การนำระบบ VoIP มาใช้แทนระบบโทรศัพท์สายภายในนั้นจะไม่พบกับปัญหาในเรื่องของคุณภาพเสียง สำหรับการนำระบบ VoIP มาใช้เป็นระบบโทรศัพท์เพื่อทดแทนคู่สายภายนอก (ทดแทนการให้บริการจากองค์กรโทรศัพท์จังหวัดนครปฐม) นั้นสามารถเป็นไปได้ หากแต่ต้องเลือกผู้ให้บริการที่มีการวางเครื่องแม่ข่าย VoIP ไว้ภายในประเทศ ทั้งนี้เนื่องมาจากการทดสอบความล่าช้าของการรับ-ส่งแพ็กเก็ตข้อมูลระหว่างมหาวิทยาลัยฯ กับผู้ให้บริการระบบ VoIP ที่อยู่ต่างประเทศแล้วพบว่า ค่าความล่าช้าของการส่งแพ็กเก็ตมีค่าสูงมาก (423.5 และ 136.5 ms) ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องของคุณภาพเสียงระหว่างสนทนาได้

สำหรับความคุ้มค่าในแง่ของการลงทุน พบว่า สำหรับกรณีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่มีเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีประสิทธิภาพสูงและครอบคลุมทุกพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยฯ อยู่แล้วนั้น การนำเอาระบบระบบ VoIP เป็นการลงทุนที่ต่ำมาก เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีการเดินโครงข่ายสายสัญญาณขึ้นใหม่ นอกจากนี้ยังสามารถแก้ปัญหาการชำรุดของแผงวงจรสายภายใน เนื่องจากปรากฏการณ์ฟ้าลงได้อย่างสิ้นเชิง

ในการวิเคราะห์อัตราการใช้กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพอื่นๆ แสดงให้เห็นว่า ระบบ VoIP ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าระบบโทรศัพท์แบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญ และ การใช้โทรศัพท์แบบ IP phone จะกินกำลังไฟฟ้าน้อยกว่าการใช้อุปกรณ์ ATA ต่อเชื่อมกับโทรศัพท์แบบแอนะล็อก นอกจากนี้จะสามารถลดการใช้กำลังไฟฟ้าได้แล้ว ระบบ VoIP ยังมีศักยภาพในการเชื่อมต่อเข้ากับเทคโนโลยีอื่นๆ ได้อย่างง่ายดาย เช่นระบบอิเล็กทรอนิกส์แม่เหล็ก ระบบส่งข้อความสั้น ระบบรับส่งเอกสาร และ ระบบกระจายเสียง เป็นต้น เมื่อนำศักยภาพเหล่านี้มาใช้องค์กรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพพร้อมๆ กับการลดค่าใช้จ่ายได้

นอกจากการวิเคราะห์ข้างต้นแล้ว ผู้วิจัยยังได้นำเสนอข้อจำกัดของการนำระบบ VoIP เข้ามาใช้ภายในองค์กร ซึ่งครอบคลุมถึง ความน่าเชื่อถือของระบบ ความปลอดภัยของระบบ VoIP ความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าดับ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาดังกล่าวและแนวทางการออกแบบระบบ VoIP เบื้องต้นไว้อีกด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] “Is VoIP a cost effective solution for your organization?”,
<http://www.broadllyne.com/IsVoIPCostEffectiveSolutionforyou.pdf>.
- [2] Cross T., “Ten steps to successful VoIP Implementation: What every business should know”,
http://www.xo.com/SiteCollectionDocuments/Whitepapers/Ten_Steps_White_Paper.pdf.
- [3] Dressler F., “Advantages of VoIP in the German research network”, *Proceedings of 5th IEEE International Conference on High Speed Networks and Multimedia Communications (IEEE HSNMC 2002)*, Jeju Islands, Korea, 2002, pp. 56-60.
- [4] Chong H. M. and Matthews, H. S., “Comparative analysis of traditional telephone and Voice-over-Internet Protocol (VoIP) systems”, *Proceedings of the International Symposium on Electronics and the Environment (IEEE ISEE 2004)*, Washington, DC, USA, 2004.
- [5] Cisco, “Understanding delay in packet voice networks”,
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_white_paper09186a00800a8993.shtml
- [6] Iseki F., Sato Y. and Kim M. W., “VoIP system based on Asterisk for enterprise network”, *Proceedings of 13th IEEE International Conference on Advanced Communication Technology (IEEE ICACT 2011)*, Seoul, South Korea, Feb., 2011, pp. 1284-1288.
- [7] Goode B., “Voice over Internet Protocol (VoIP)”, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 90, No. 9, Sept. 2002, pp. 1495-1517.
- [8] Abdelnur H., Cridlig V., State R. and Festor O., “VoIP security assessment: Methods and tools”, *Proceedings of 1st IEEE Workshop in VoIP Management and Security*, France, 2006, pp. 29-34.