

# การพัฒนาระบบกระจายเสียงระบบไอพียูอันชาญฉลาดและต้นทุนต่ำด้วยซอฟต์แวร์ โอเพนซอร์ส Asterisk

## Development of a Smart and Low-cost Asterisk IP-based Public Address System

ดร.นิฏฐิตา เจริญชู<sup>1\*</sup> และ วีระศักดิ์ ชื่นตา<sup>1</sup>

<sup>1</sup>หน่วยวิจัยระบบเครือข่ายเซิร์ฟเวอร์ และสมองกลฝังตัว  
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 85 ถ.มาลัยแมน อ.เมืองนครปฐม จ.นครปฐม  
nitthita@webmail.npru.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบกระจายเสียงระยะไกลอันชาญฉลาดและต้นทุนต่ำ ที่นำเสนอนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดข้อจำกัดของระบบกระจายเสียงแบบเดิม ที่มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะการกระจายเสียง ความจำเป็นที่จะต้องมีการเดินสายสัญญาณสำหรับการกระจายเสียงโดยเฉพาะ และข้อจำกัดในเรื่องความสามารถพิเศษอื่นๆ เช่น การกำหนดการกระจายเสียงล่วงหน้า การตรวจสอบผู้เข้าใช้งาน เป็นต้น โดยการพัฒนาจะอาศัยการนำเอาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ปัจจุบันทุกๆ องค์กรมีอยู่คลอบคลุมแล้วมาใช้ประโยชน์ ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยอาศัยการประยุกต์เอาซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส Asterisk ที่นิยมใช้ในการสร้างระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตเข้ามาใช้ในการสร้างระบบกระจายเสียงแบบไอพี ทำให้สามารถลดต้นทุนเมื่อต้องการสร้างระบบเพื่อใช้งานจริง ซึ่งจากการวัดคุณภาพของสัญญาณเสียงที่ออกจากจุดกระจายเสียงในบริเวณต่างๆ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ด้วยเทคนิค E-model และเลือกใช้ Codec ชนิด G.711 พบว่าคุณภาพเสียงที่ได้ อยู่ระดับดี (MOS = 4.38)

**คำสำคัญ:** Asterisk, การส่งเสียงบนโพรโทคอลไอพี (VoIP), การวัดคุณภาพเสียง

### Abstract

In this work, we propose a development of a smart and low-cost IP-based public address system that aims to alleviate the problems of (1) the limited distance between a broadcast location and a speaker, (2) the need for wiring between the broadcast location and speakers and (3) the limited capability of the analog and digital public address system (eg., cannot schedule broadcasts in advance, cannot verify the system admin for security proposes). Instead of wiring between the broadcast location and speakers, the proposed system utilizes the already existing computer network infrastructure. By applying an open-source software for VoIP PBX development, Asterisk, in developing the core for the proposed IP-based public address system, the cost of developing the whole system can greatly be minimized. Experimental results for signal quality measurement, obtained from using E-model technique, indicate that MOS = 4.38 (good quality) with G.711 codec.

**Keywords:** Asterisk, VoIP (Voice over Internet Protocol), voice quality evaluation

## 1. บทนำ

ระบบการกระจายเสียงมักถูกนำมาใช้เพื่อการกระจายข่าวสาร มีใช้ทั่วไปในโรงงาน โรงเรียน สถานที่ราชการ ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น ระบบการกระจายเสียงตามสายมักเป็นระบบแอนะล็อก ซึ่งมีปัญหาในเรื่องการลดทอนของสัญญาณเมื่อระยะทางการกระจายเสียง (ระยะทางระหว่างเครื่องขยายไปสู่ลำโพง) นั้นไกลมากขึ้น อันส่งผลให้เสียงที่ปลายทางมีคุณภาพด้อยลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของระดับความดังของเสียง ตามหลักแล้วระดับความดังของเสียงที่ผ่านระบบการกระจายเสียงนั้นจะแปรผกผันกับระยะทางของการกระจายเสียง ดังนั้นเมื่อมีความต้องการกระจายเสียงตามสายที่มีระยะทางไกลกัน หรือต้องการขยายพื้นที่การกระจายเสียงให้สามารถครอบคลุมได้มากขึ้น มักออกแบบหรือแก้ปัญหาด้วยการเพิ่มกำลังส่งที่ภาคส่งให้สูงขึ้นเพื่อที่ว่า ถึงแม้หลังจากที่คุณภาพของสัญญาณเสียงได้ถูกลดทอนแล้วก็ยังสามารถสื่อสารกันเข้าใจได้

ถึงแม้ว่าการแก้ปัญหาด้วยวิธีข้างต้นจะสามารถเพิ่มระยะทางของระบบการกระจายเสียง แต่การเพิ่มกำลังในภาคส่งจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายจำนวนมาก หรืออาจหมายถึงการที่จะต้องเพิ่มจำนวนเครื่องกระจายเสียง เป็นต้น นอกจากนี้ข้อจำกัดในเรื่องของระยะทางที่สามารถใช้งานระบบได้แล้วนั้น ในเรื่องภูมิสถาปัตยกรรมและการเดินระบบก็เป็นอีกข้อจำกัดหนึ่งของระบบกระจายเสียงแบบดั้งเดิม เนื่องจากสายสัญญาณที่เดินมักมีขนาดใหญ่และมักเดินเกาะไปกับแนวเสาไฟฟ้าหรือผนังอาคาร ทำให้ดูไม่สวยงาม รวมถึงปัญหาด้านระบบการกระจายเสียงที่มีอยู่เดิมยังไม่ได้มีการพัฒนาให้รองรับความสามารถพิเศษอื่นๆ มากนัก เช่น การตั้งเวลาในการกระจายเสียง การกระจายเสียงจากที่ใดก็ได้ เป็นต้น นอกจากนี้ การตรวจเช็คจุดกระจายเสียงแต่ละจุดนั้น ต้องมีการตรวจเช็คที่หน้างานอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ต้องสิ้นเปลืองกำลังคน และงบประมาณ งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบกระจายเสียงระยะไกลอันชาญฉลาดและต้นทุนต่ำ ที่นำเสนอนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดข้อจำกัดของระบบกระจายเสียงแบบเดิม ที่มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะการกระจายเสียง ความจำเป็นที่จะต้องมีการเดินสายสัญญาณ และข้อจำกัดในเรื่องความสามารถพิเศษอื่นๆ โดยการพัฒนาระบบจะอาศัยการนำเอาระบบเครือข่ายที่ปัจจุบันทุกๆ องค์กรมีอยู่ครอบคลุมแล้วมาใช้ประโยชน์ โดยเป้าหมายของงานวิจัยนี้ คือ (1) เพื่อลดข้อจำกัดของระบบการกระจายเสียงแบบเดิม เช่น เรื่องของระยะทาง เรื่องการเพิ่มจำนวนจุดกระจายเสียง เรื่องภูมิสถาปัตยกรรม เป็นต้น, (2) เพื่อสร้างระบบการกระจายเสียงที่มีความฉลาดมากกว่าเดิม เช่น ความสามารถในการเลือกกระจายเสียงเฉพาะจุด ความสามารถในการตั้งเวลาในการกระจายเสียงอัตโนมัติ ความสามารถในการกระจายเสียงจากที่ใดๆ ในโลกก็ได้ เป็นต้น และ (3) เพื่อลดต้นทุนของระบบการกระจายเสียงที่จำเป็นต้องมีการเดินสายสัญญาณระยะไกล รวมถึงตัวรับและขยายสัญญาณ

ในหัวข้อถัดไปจะได้กล่าวถึงระบบกระจายเสียงที่มีใช้งานในปัจจุบันรวมทั้งวิเคราะห์ถึงข้อดีและข้อด้อยของแต่ละระบบ ในหัวข้อที่ 3 และ 4 ผู้เขียนจะได้อธิบายหลักการการออกแบบระบบกระจายเสียงที่นำเสนอทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ และการวัดคุณภาพเสียงของระบบที่ได้พัฒนาขึ้น ตามลำดับ ในหัวข้อสุดท้ายจะกล่าวถึงบทสรุปถึงความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการนำเอาระบบกระจายเสียงระบบไอพ็อนชาญฉลาดและต้นทุนต่ำที่นำเสนอไปใช้งานจริง

## 2. ระบบกระจายเสียงในปัจจุบัน

ระบบกระจายเสียงเพื่อใช้ในการกระจายข่าวสารในหน่วยงาน องค์กร หรือพื้นที่สาธารณะครอบคลุมพื้นที่ในการกระจายข่าวสารในวงกว้าง เราสามารถพบเห็นระบบกระจายเสียงใช้งานอยู่ใน โรงเรียน สถานีรถไฟ สถานีขนส่ง โรงพยาบาล ศูนย์กระจายเสียงเพื่อการเตือนภัย เป็นต้น ระบบกระจายเสียงที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ ระบบกระจายเสียง (Analog Public Address System) แบบแอนะล็อก แบบดิจิทัล (Digital Public Address System) และแบบไอพี (IP-based Public Address System)

### 2.1 ระบบกระจายเสียงแบบแอนะล็อก (Analog Public Address System)

ระบบการกระจายเสียงแบบแอนะล็อก มีพบเห็นใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ในโรงเรียน วัด งานเทศกาลต่างๆ โดยขนาดของระบบขึ้นอยู่กับพื้นที่ๆ ต้องการครอบคลุมการกระจายเสียง ระบบกระจายเสียงชนิดนี้ มีส่วนประกอบหลัก คือ

- ส่วนอินพุต (Input) ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อให้สามารถส่งไปตามสายนำสัญญาณได้ ตัวอย่างของอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้ คือ ไมโครโฟน เครื่องเล่นเทปบันทึกเสียง เครื่องรับวิทยุ เครื่องเล่นแผ่นเสียง เป็นต้น

- ส่วนขยายเสียง (Amplifier) ทำหน้าที่ขยายกำลังของสัญญาณเสียงที่ได้มาจากส่วนอินพุตเพื่อให้มีกำลังเพียงพอที่จะส่งไปยังภาคเอาต์พุตทำงาน

- ส่วนเอาต์พุต (Output) ทำหน้าที่ในการลดระดับสัญญาณเสียงที่ส่งมาจากส่วนขยายเสียงให้เหมาะสมก่อนส่งผ่านเข้าลำโพงเพื่อให้เราสามารถได้ยินข่าวสารที่ถูกส่งมาได้ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้ คือ หม้อแปลงลดแรงดัน และลำโพง เป็นต้น

ระบบกระจายเสียงชนิดแอนะล็อกนั้นเมื่อทำการเพิ่มระยะทางระหว่างภาคขยายเสียงกับลำโพงจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของสัญญาณเสียงที่ภาคเอาต์พุต กล่าวคือ ค่าการลดทอนของสัญญาณก็จะมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งหากไม่มีการแก้ปัญหาดังกล่าว ความดังของเสียงที่ออกจากภาคเอาต์พุตอาจจะไม่เพียงพอ ทำให้ผู้ฟังอาจไม่สามารถรับรู้ถึงข่าวสารที่ต้องการกระจายได้เลย เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าววงจรขยายของระบบกระจายเสียงระยะไกลจำเป็นต้องถูกตั้งค่าการขยายสัญญาณไว้ในอัตราขยาย (Gain) ที่สูงมากๆ และยังคงมีอุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Repeater) ติดตั้งไว้เป็นช่วงๆ เพื่อทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณดังกล่าว ถึงแม้ว่าการแก้ปัญหาด้วยวิธีดังกล่าวจะสามารถทำให้ระบบกระจายเสียงระยะไกลเป็นไปได้ แต่ก็ต้องแลกมาด้วยการลงทุนอุปกรณ์ในส่วนของคุณค่า Repeater และค่าติดตั้งที่ต้องเพิ่มเติมขึ้นมา นอกจากนี้การขยายเสียงด้วยอัตราขยายที่สูงมากๆ ส่งผลให้อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในระบบมีค่าสูงตามไปด้วย นอกจากนี้ข้อเสียดังกล่าวแล้ว ระบบกระจายเสียงแบบแอนะล็อกยังไม่มีควมยืดหยุ่นมากนัก ในเรื่องของลูกเล่นของการกระจายเสียง เช่น ไม่สามารถเลือกโซนกระจายเสียงได้อย่างง่าย ไม่สามารถตั้งเวลาการกระจายเสียง เป็นต้น

## 2.2 ระบบกระจายเสียงแบบดิจิทัล (Digital Public Address System)

ระบบกระจายเสียงแบบดิจิทัล ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อลดปัญหาคุณภาพเสียงของการกระจายเสียงในระยะไกลที่เกิดในระบบกระจายเสียงแบบแอนะล็อก เนื่องจากการส่งสัญญาณแบบดิจิทัลทำให้การทวนสัญญาณมีประสิทธิภาพสูงกว่าในระบบแอนะล็อกเนื่องจากสามารถตัดสัญญาณรบกวนออกก่อนทำการขยายสัญญาณได้ จึงทำให้ระบบกระจายเสียงที่ต้องการความครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง มักนิยมใช้ระบบกระจายเสียงแบบดิจิทัลเพื่อคุณภาพของสัญญาณเสียงที่ดีกว่าระบบแอนะล็อก นอกจากนี้ระบบกระจายเสียงแบบดิจิทัลยังได้ถูกพัฒนาให้รองรับความสามารถต่าง ๆ เพิ่มเติมขึ้น เช่น ความสามารถในการกำหนดโซนของการกระจายเสียง หรือ เลือกที่จะกระจายเสียงเฉพาะจุดได้ เป็นต้น องค์ประกอบของระบบกระจายเสียงแบบดิจิทัล อันประกอบไปด้วย เครื่องควบคุมและกระจายเสียงตามสายระบบดิจิทัล ชุดไมโครโฟนสำหรับประกาศ เครื่องรับและขยายสัญญาณเสียง สายสัญญาณ และลำโพง

ถึงแม้ว่าระบบดังกล่าวจะสามารถแก้ปัญหาในเรื่องของคุณภาพเสียงที่ต่ำลง เมื่อถูกส่งผ่านสายสัญญาณที่มีระยะทางไกลด้วยการนำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาประยุกต์ใช้งาน และมีความสามารถเสริมเพิ่มเติมขึ้นมาจากระบบกระจายเสียงแบบแอนะล็อก แต่ระบบการกระจายเสียงชนิดนี้ยังคงต้องมีการเดินสายสัญญาณเชื่อมต่อระหว่างจุดส่งข่าวสารและจุดกระจายข่าวสาร (ซึ่งมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงในกรณีการกระจายเสียงครอบคลุมพื้นที่กว้าง) และยังคงมีการติดตั้งเครื่องรับและขยายเสียงไว้เป็นทอดๆ อยู่นั่นเอง ดังนั้นโดยรวมแล้ว (เมื่อพิจารณาถึงราคาของอุปกรณ์ ค่าติดตั้ง และ ระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้ง) ระบบกระจายเสียงแบบดิจิทัลก็ยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องของต้นทุนที่สูงเมื่อเวลานำระบบนี้มาใช้งาน

## 2.3 ระบบกระจายเสียงแบบไอพี (IP Public Address System)

เมื่อไม่กี่ปีมานี้ได้มีการพัฒนาระบบกระจายเสียงผ่านไอพีขึ้นมา เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ต้องการระบบกระจายเสียงที่สามารถติดตั้งได้รวดเร็ว ไม่จำเป็นต้องอาศัยการติดตั้งสายสัญญาณเสียง แต่ประยุกต์การส่งสัญญาณเสียงที่ต้องการกระจาย ไปบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่แล้วแทน ซึ่งสามารถทำได้ทั้งแบบมีสาย และแบบไร้สาย ก่อให้เกิดความรวดเร็วในการติดตั้ง ประหยัดงบประมาณในการเดินสาย และการบำรุงรักษา อีกทั้งความสามารถของระบบกระจายเสียงแบบไอพีก็ได้ถูกออกแบบและพัฒนาให้มีศักยภาพสูง และมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน เช่น สามารถตั้งเวลาการกระจายเสียงได้ การเลือกโซนกระจายเสียง มีระบบเก็บข้อมูลการใช้งาน (logging system) เป็นต้น ความน่าสนใจของระบบกระจายเสียงไอพีนอกจากในเรื่องของความสามารถในการลดการเดินสายสัญญาณแล้ว ก็คือ ผู้ทำการกระจายสัญญาณสามารถอยู่ที่ใดก็ได้ ขอแค่เพียงให้สามารถเข้าถึงระบบผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตก็สามารถทำการกระจายเสียงได้ ซึ่งจุดเด่นนี้ ทำให้สามารถติดตั้งจุดส่งข่าวสารได้หลายจุด ตามความต้องการของผู้ใช้งาน และจุดกระจายสัญญาณก็สามารถติดตั้งไว้ในพื้นที่ใดก็ได้ที่ระบบเครือข่ายสามารถไปถึง

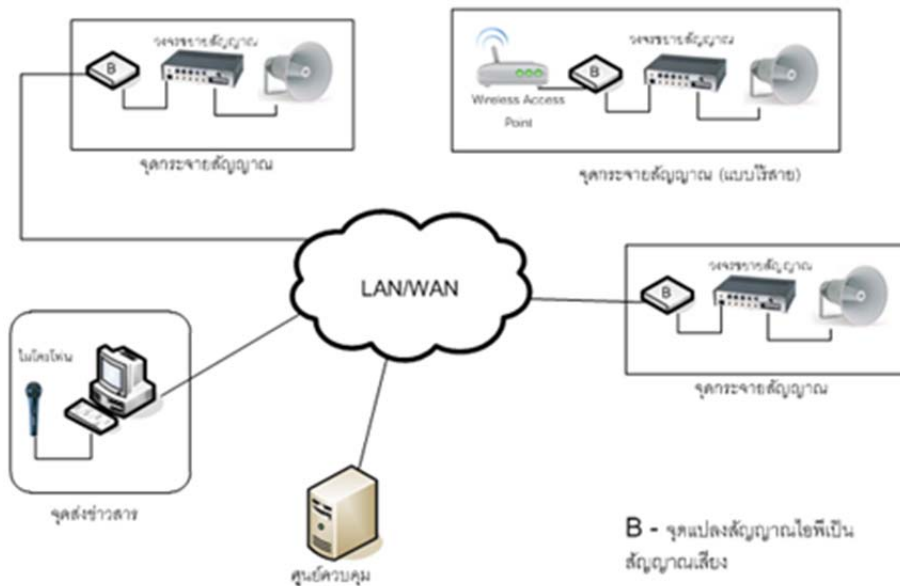
ถึงแม้ว่าระบบกระจายเสียงชนิดนี้จะสามารถช่วยลดต้นทุนในส่วนของการเดินสายสัญญาณ แต่ก็ยังมีราคาค่อนข้างสูง (เช่น มากกว่า 3,000,000 บาท สำหรับการระบบกระจายเสียงของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ต้องการจุดกระจายเสียงภายในอาคาร จำนวนไม่น้อย 20 อาคารๆ ละไม่น้อยกว่า 3 จุด) ทั้งนี้เนื่องจากผู้ใช้งานต้องลงทุนจัดซื้อในส่วนของคุณค่าฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการบริหารจัดการการกระจายเสียง ซึ่งมักถูกพัฒนาขึ้นด้วยซอฟต์แวร์แบบปิด (Proprietary)

### 3. การออกแบบระบบกระจายเสียงที่นำเสนอ

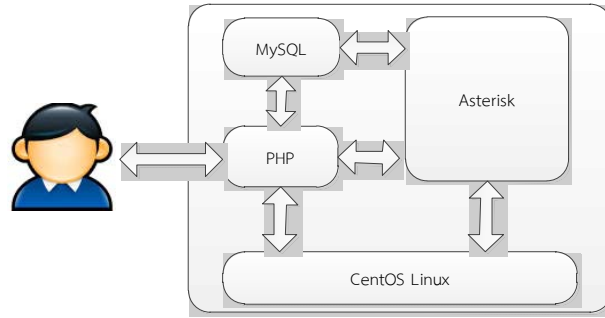
เนื่องจากเป้าหมายหลักของระบบกระจายเสียงแบบไอพ็อนชาญฉลาดและต้นทุนต่ำนี้ ผู้วิจัยต้องการพัฒนาระบบกระจายเสียงที่มีความยืดหยุ่นเพียงพอสำหรับการใช้งานภายในองค์กรขนาดกลาง เช่น โรงเรียน มหาวิทยาลัย เป็นต้น กล่าวคือ ระบบต้องสามารถ (1) เข้าถึงและจัดการระบบการกระจายเสียงได้ด้วย web-based application (2) เลือกกระจายเสียงเฉพาะจุดได้ (3) เลือกโซนการกระจายเสียงได้ (4) ตั้งเวลาของการกระจายสัญญาณได้ และ (5) มีระบบรหัสผ่าน (Password) เพื่อตรวจสอบก่อนที่จะสามารถเป็นผู้นำข่าวสารมาสู่ระบบกระจายเสียงได้

นอกจากนั้นในส่วนของงบประมาณด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์และการติดตั้งจะต้องไม่สูงมากนัก ดังนั้นในขั้นตอนของการออกแบบและพัฒนาต้นแบบระบบกระจายเสียงไอพ็อนชาญฉลาดและต้นทุนต่ำ ผู้วิจัยจะมุ่งเน้นอาศัยการประยุกต์ความสามารถของซอฟต์แวร์ชนิดโอเพนซอร์สที่ใช้ในระบบการสื่อสารทางเสียงด้วยไอพี (VoIP) ที่ชื่อว่า Asterisk [1] เข้ามาเพื่อให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการพัฒนาซอฟต์แวร์ และค่าใช้จ่ายในเรื่องของลิขสิทธิ์ องค์ประกอบของระบบกระจายเสียงแบบไอพ็อนต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้น ประกอบไปด้วย ศูนย์ควบคุม จุดส่งข่าวสาร และจุดกระจายสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยการเชื่อมต่อระหว่างองค์ประกอบดังกล่าวนี้จะสามารถเชื่อมต่อผ่านด้วยสายแลนและระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัย ซึ่งจะไดกล่าวถึงในแต่ละส่วนโดยละเอียด ดังนี้

**3.1 ศูนย์ควบคุม** เป็นเครื่องแม่ข่ายที่ติดตั้งซอฟต์แวร์ Asterisk และซอฟต์แวร์อื่นๆ ที่จำเป็นในการควบคุมการทำงานของระบบกระจายเสียง ตรวจสอบการใช้งานระบบ รับและเก็บไฟล์เสียงลงในฐานข้อมูล (ในกรณีที่ต้องการตั้งเวลากระจายเสียง) เป็นต้น ในขั้นของการพัฒนาระบบกระจายเสียงระบบไอพ็อนนี้ ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องแม่ข่ายด้วยซอฟต์แวร์ Asterisk ซึ่งเครื่องแม่ข่ายดังกล่าว เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ยี่ห้อ ACER ที่มี CPU ชนิด Dual-core ความเร็ว 2.6 GHz แรมขนาด 2 GB และฮาร์ดดิสก์ ขนาด 160 GB โดยที่ภายในเครื่องแม่ข่ายจะมีการทำงานของโปรแกรมต่างๆ ร่วมกัน คือ Asterisk, MySQL, PHP โดยใช้ระบบปฏิบัติการ CentOS 5.3 (การปฏิสัมพันธ์ระหว่างซอฟต์แวร์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2) ซึ่งในการเข้าดูแล และบริหารจัดการระบบนั้นสามารถทำได้โดยผ่านหน้าเว็บเบราว์เซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3



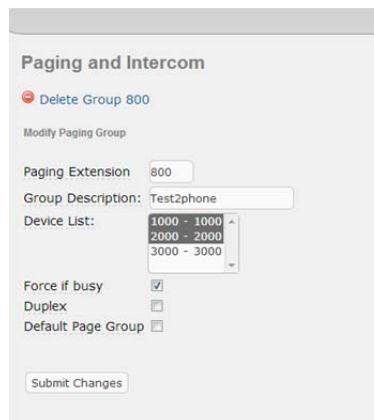
รูปที่ 1 ต้นแบบระบบกระจายเสียงแบบไอพ็อนชาญฉลาดและต้นทุนต่ำ



รูปที่ 2 การทำงานร่วมกันของโปรแกรมต่างๆ ภายในเครื่องแม่ข่าย



รูปที่ 3 หน้าจอล็อกอินก่อนเข้าสู่ส่วนควบคุม



รูปที่ 4 การตั้งโชนการกระจายสัญญาณเสียง โดยในกรณีนี้สมมติให้โชนหมายเลข 800 มีจุดกระจายเสียงอยู่ 2 จุด คือ เครื่องหมายเลข 1000 และ 2000

เมื่อล็อกอินแล้วผู้ดูแลระบบสามารถเลือกตั้งโชนการกระจายเสียงได้ (กระจายแบบกลุ่ม) โดยคลิกเลือกการจัดกลุ่มว่า แต่ละจุดกระจายเสียงนั้นควรเป็นสมาชิกของโชนใด รูปที่ 4 แสดงให้เห็นหน้าจอของการเลือกโชนการกระจายเสียง ส่วนของการตั้งโชนกระจายเสียงเป็นกลุ่มๆ สามารถทำได้โดยการตั้งหมายเลข Group เช่น ในรูปที่ 8 ตั้งให้ Group ที่ใช้ในการทดสอบมีค่าคือ 800 เรียกว่ากลุ่ม Test2phone ซึ่งประกอบไปด้วยจุดกระจายสัญญาณสองจุด คือจุดหมายเลข 1000 และ 2000 ซึ่งจำนวนของจุดกระจายเสียงต่อโชนนั้น ผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ว่าอยากให้จุดกระจายสัญญาณใดบ้างที่มีมาอยู่กลุ่มของ Test2phone นอกจากนั้นในกรณีที่ต้องการตั้งการกระจายเสียงล่วงหน้า หรือกระจายเสียงซ้ำๆ กันเป็นรอบเวลาหนึ่งๆ ก็ยังสามารถทำได้ เช่น ต้องการตั้งการกระจายเสียงให้ทุกวันเวลา 08.00 น. ให้มีการกระจายเสียงเพลงชาติเป็นต้น รูปที่ 5 แสดงให้เห็นหน้าจอดังกล่าว ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกอัปโหลดไฟล์เสียงชนิด .mp3 หรือ .wav พร้อมตั้งชื่อการกระจายเสียง เลือกโชนที่ต้องการกระจายเสียง พร้อมวันและเวลาของการกระจายเสียงดังกล่าว ซึ่งผู้ดูแลระบบสามารถเรียกดูการกระจายเสียงที่ได้ถูกกำหนดไว้ทั้งหมดได้ผ่านหน้าจอบราวเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 6

The screenshot shows the 'NPRU PA SYSTEM' web interface. At the top left is the university logo. The main heading is 'NPRU PA SYSTEM'. Below the heading, there is a file upload section with a text input for the filename, a 'file to up load(.wav , .mp3)' label, and an 'Upload File' button. Below this is a form with 'Name of Broadcast :', a dropdown menu for 'Select zone to broadcast zone : Select Plaza', a 'Date :' field, a 'Time :' field, and a 'Recurrence' checkbox. A 'Submit' button is at the bottom.

รูปที่ 5 การใส่ไฟล์เสียงที่ต้องการตั้งเวลาการกระจายเสียงแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถตั้งได้ทั้งแบบครั้งเดียว หรือแบบกระจายแบบวนซ้ำ

The screenshot shows the 'List of schedule broadcast' web interface. It features a table with the following columns: Date, Broadcast Time, Name of broadcast, and Recurrence. The first row contains the following data: 6 August 2014, 08:00, เคารพราชินี, and a checked checkbox. There are several empty rows below.

Date	Broadcast Time	Name of broadcast	Recurrence
6 August 2014	08:00	เคารพราชินี	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

รูปที่ 6 จำนวนการกระจายเสียงที่ถูกตั้งเวลาไว้ล่วงหน้า

### 3.2 จุดส่งข่าวสาร

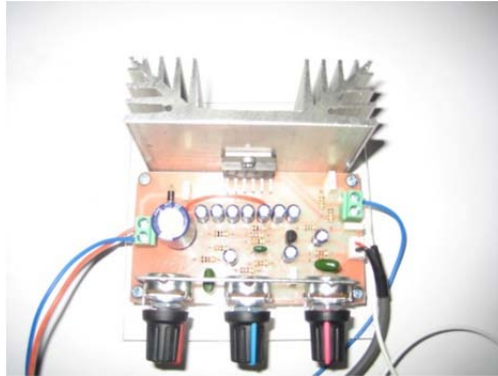
ผู้วิจัยใช้เครื่องโทรศัพท์ไอพีรุ่น AT-810 ทำหน้าที่เป็นจุดส่งข่าวสาร (ดังแสดงในรูปที่ 7) เพื่อจุดประสงค์ในการทดสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบกระจายเสียงโดยรวม การประกาศข่าวสารสามารถทำได้โดย ผู้ประกาศข่าวเลือกกดหมายเลขของโซนของการประกาศข่าว เช่น 800 เป็นต้น หลังจากนั้นสามารถเริ่มประกาศข้อความได้เลย (หมายเหตุ ผู้ประกาศข่าวสารไม่จำเป็นต้องอยู่จุดเดียวกับศูนย์ควบคุม การส่งข่าวสารจากจุดส่งข่าวสารไปยังศูนย์ควบคุมนั้นอาศัยหลักการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายไอพี)



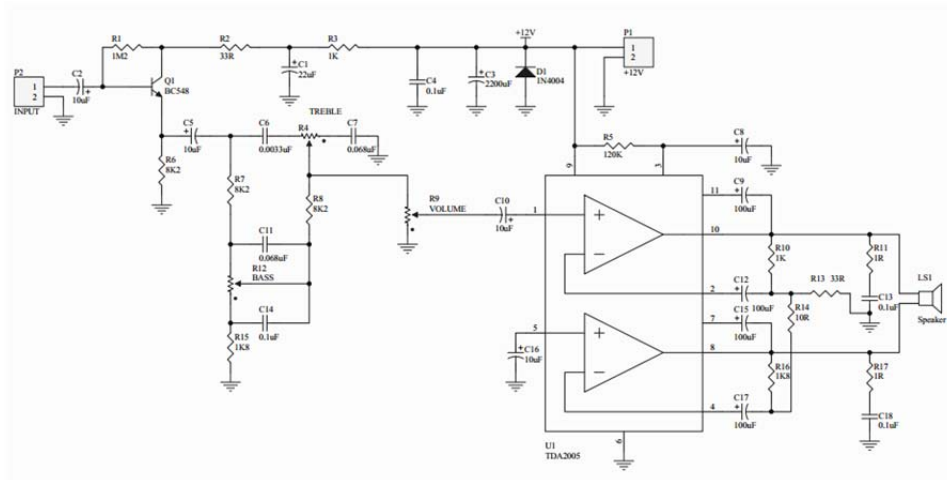
### รูปที่ 7 จุดส่งข่าวสาร และจุดกระจายสัญญาณ ระหว่างการทดสอบกระจายเสียง

#### 3.3 จุดกระจายสัญญาณ

ส่วนของจุดกระจายข่าวสารนั้น ประกอบไปด้วยเครื่องโทรศัพท์ไอพี (รุ่น AT-810) ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงจากระบบ ไอพีแล้วแปลงออกให้เป็นสัญญาณเสียงแบบแอนะล็อก ในกรณีที่พื้นที่การกระจายเสียงขนาดเล็ก เช่น ภายในห้องเรียน ห้องพักอาจารย์ เป็นต้น อาจมีความจำเป็นต้องมีวงจรขยายเสียงเพื่อเพิ่มความดังของสัญญาณเสียง ทำให้สามารถประยุกต์ นำเอาระบบโทรศัพท์ไอพีของมหาวิทยาลัยมาใช้เป็นระบบกระจายเสียงผ่านไอพีได้โดยไม่ต้องมีการลงทุนทางด้านฮาร์ดแวร์ใน ส่วนของจุดกระจายสัญญาณเลย



รูปที่ 8 วงจรขยายเสียงก่อนส่งสัญญาณเสียงเข้าสู่ลำโพง



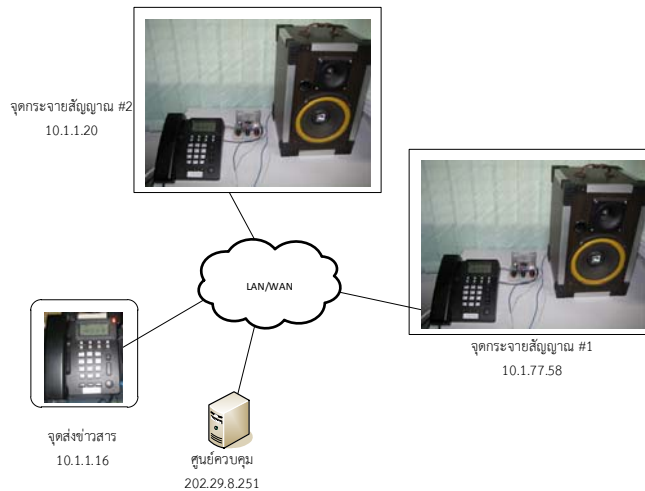
รูปที่ 9 แบบแผนผังวงจรขยายเสียง



รูปที่ 10 จุดกระจายสัญญาณแบบภายนอกด้วยเครื่อง ATA รุ่น Linksys PAP2T

แต่สำหรับในกรณีที่ต้องการเพิ่มพื้นที่ในการกระจายเสียง เช่น ให้ครอบคลุมพื้นที่เปิดภายนอก ลำโพงขนาดเล็กที่ติดตั้งมาพร้อมกับเครื่องโทรศัพท์ไอพีอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นสามารถนำเอาอุปกรณ์แปลงสัญญาณไอพีเป็นสัญญาณแอนะล็อก (Analog Telephone Adapter) มาใช้ติดตั้งเชื่อมต่อกับวงจรขยายเสียง (รูปที่ 8-9) ก่อนเชื่อมต่อสัญญาณเข้าสู่ลำโพง ดังแสดงในรูปที่ 10

4. คุณภาพเสียงของระบบกระจายเสียงที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 11 การทดสอบคุณภาพเสียงระบบกระจายเสียงภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
59	909	0.00	0.00	0.00	1.60	SET	[Ok]
61	910	19.88	0.01	0.12	3.20		[Ok]
62	911	20.09	0.01	0.03	4.80		[Ok]
64	912	19.99	0.01	0.04	6.40		[Ok]
66	913	19.97	0.01	0.06	8.00		[Ok]
68	914	20.01	0.01	0.05	9.60		[Ok]
70	915	19.98	0.01	0.07	11.20		[Ok]
72	916	20.02	0.01	0.05	12.80		[Ok]

Max delta = 30.13 ms at packet no. 517  
 Max jitter = 1.26 ms. Mean jitter = 0.06 ms.  
 Max skew = -9.15 ms.  
 Total RTP packets = 964 (expected 964) Lost RTP packets = 0 (0.00%) Sequence errors = 0  
 Duration 19.26 s (-113 ms clock drift, corresponding to 7953 Hz (-0.58%))

รูปที่ 12 ค่าที่วัดได้จาก Wireshark (delay delta = 30.13 ms, P = 0)

รูปที่ 11 แสดงการติดตั้งระบบเพื่อทดสอบคุณภาพเสียง โดยอุปกรณ์ทั้งหมดสามารถเชื่อมต่อถึงกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โดยในการทดสอบนี้ สมมติให้ผู้ประกาศต้องการส่งข่าวสารไปยังจุดกระจายสัญญาณทั้งสองจุด (จุดกระจายเสียงทั้งสองจุดอยู่ห่างกันด้วยระยะทางประมาณ 500 เมตร) ด้วยการตั้งโซนกระจายเสียง (รายละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 11) เป็นโซนหมายเลข 800 ค่า Codec ของเสียงในการทดสอบจะใช้ G.711 เพื่อให้ได้คุณภาพเสียงที่ดีที่สุด และเนื่องจากเป็นการสื่อสารภายในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยที่มีแบนด์วิธอย่างเพียงพอ (10 Gbps) ทำให้การใช้ Codec ดังกล่าวไม่ก่อให้เกิดการด้อยค่าลงของประสิทธิภาพของเครือข่ายของมหาวิทยาลัยโดยรวม

ในการทดลองนี้ ผู้วิจัยจะทดสอบการความล่าช้า ความแปรปรวนของความล่าช้าและอัตราการสูญหายของแพ็กเก็ตของการสื่อสารภายในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม (การเชื่อมต่อระบบระหว่างการทดสอบแสดงในรูปที่



11) แล้วทำการตรวจสอบคุณภาพเสียงด้วยโปรแกรมวิเคราะห์เครือข่ายที่ชื่อว่า Wireshark ในการตรวจวัดค่าความล่าช้าและอัตราการสูญหายของแพ็กเก็ต ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 12 จากนั้นนำผลที่ได้มาทำการคำนวณหา ค่าคะแนน MOS ตามเทคนิค E-model [2-5] ซึ่งได้ค่า MOS = 4.38 (คุณภาพเสียงดี) อนึ่งถึงแม้ว่าผู้วิจัยจะแสดงผลของการตรวจวิเคราะห์คุณภาพเสียงของจุดกระจายสัญญาณ #1 เพียงจุดเดียว ซึ่งได้ผลลัพธ์คือ คุณภาพเสียงดี จุดกระจายสัญญาณ #2 ก็ได้ผลการวิเคราะห์ที่อยู่ในเกณฑ์คุณภาพเสียงดี เช่นเดียวกัน

## 5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาต้นแบบระบบกระจายเสียงแบบไอพีต้นทุ่นต่ำ ที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ ส่วนควบคุม ส่วนส่งข่าวสาร และส่วนกระจายสัญญาณ ในการพัฒนาส่วนควบคุมนั้นผู้วิจัยอาศัยการประยุกต์เอาซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส Asterisk ที่นิยมใช้ในการสร้างระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตเข้ามาใช้งาน ทำให้สามารถลดต้นทุนเมื่อต้องการสร้างระบบเพื่อใช้งานจริงได้ นอกจากนี้เนื่องจากเป็นระบบกระจายเสียงผ่านเครือข่าย ทำให้ไม่จำเป็นต้องมีการเดินสายสัญญาณแยกต่างหากเพื่อใช้ในระบบกระจายเสียงโดยเฉพาะทำให้สามารถลดงบประมาณในส่วนของการเดินสายลงได้มาก สำหรับองค์กรที่ใช้ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตที่ใช้ซอฟต์แวร์ Asterisk อยู่เดิม สามารถประยุกต์ใช้เครื่องโทรศัพท์ไอพีที่มีอยู่แล้วเป็นจุดส่งข่าวสาร และจุดกระจายสัญญาณ เพื่องานการกระจายเสียงภายในอาคารได้เลย

สำหรับการกระจายเสียงภายนอกอาคารที่ต้องการความดังมากกว่าปกติ และครอบคลุมพื้นที่กว้างกว่าการกระจายเสียงแบบในอาคาร สามารถนำเอาอุปกรณ์แปลงสัญญาณไอพีเป็นสัญญาณเสียงเชื่อมต่อกับวงจรขยายและต่อออกลำโพงได้ โดยการที่ระบบดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาได้ทั่วไปในท้องตลาด และราคาไม่สูงนัก ทำให้เชื่อว่าระบบกระจายเสียงไอพีเป็นที่น่าสนใจในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในหน่วยงานที่มีงบประมาณไม่สูงนัก ในส่วนของความฉลาดของระบบ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบให้สามารถสื่อสารกับผู้ดูแลระบบผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ที่มีการตรวจสอบก่อนเข้าใช้งานผ่านทางกรล็อกอิน สามารถตั้งเวลาและโซนการกระจายเสียงได้ตามความต้องการโดยระบบที่ออกแบบสามารถรองรับไฟล์เสียงได้ทั้งชนิดที่เป็น mp3 และ wav

ในการวัดคุณภาพของสัญญาณเสียงที่ออกจากจุดกระจายเสียงในบริเวณต่างๆ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ด้วยเทคนิค E-model และเลือกใช้ Codec ชนิด G.711 พบว่าคุณภาพเสียงที่ได้อยู่ระดับดี (MOS = 4.38)

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Asterisk, "Asterisk," available at <http://www.asterisk.org/>
- [2] VoIP Mechanic, "Measuring MOS for VoIP Test" available at <http://www.voipmechanic.com/mos-mean-opinion-score.htm>
- [3] S. Pracht and D. Hardman, "Voice Quality in Converging Telephony and IP Networks," Agilent Technologies, White paper, <http://literature.agilent.com/litweb/pdf/5980-0989E.pdf>
- [4] H. M. Chong and H. S. Matthews, "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," available at [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies\\_white\\_paper09186a00800a8993.shtml](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_white_paper09186a00800a8993.shtml)