รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการขอรับการส่งเสริมและสนับสนุนจากเงินกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ

การพัฒนาระบบตรวจสอบความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

Development of VHF Radio Frequency Detection System with Remote Control over Internet Network

สุรเชษฐ์ กานต์ประชา และคณะ

พฤศจิกายน พ.ศ. 2558

กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ
(สำนักงาน กสทช.)

แบบ กทปส. ME-003

รายงานฉบับสมบูรณ์

ทุนส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา
สัญญารับทุนเลขที่ T๒-๑-๐๐๐๒/๕๖

การพัฒนาระบบตรวจสอบความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
Development of VHF Radio Frequency Detection System with Remote Control over Internet Network

คณะนักวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ กานต์ประชา นักวิจัยหัวหน้าโครงการ
2. นายเศรษฐา ตั้งค้าวานิช นักวิจัยร่วม

ได้รับทุนอุดหนุนจาก
กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ
(สำนักงาน กสทช.)

พฤศจิกายน พ.ศ.2558

แบบ กทปส. ME-003

บทสรุปผู้บริหาร

การพัฒนาระบบตรวจสอบความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF
โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
พฤศจิกายน 2558

โครงการวิจัย "การพัฒนาระบบตรวจสอบความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต" ได้รับการสนับสนุนจาก กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ (สำนักงาน กสทช.) โดยโครงการวิจัยนี้เกิดขึ้นจากความต้องการในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการตรวจสอบคลื่นความถี่แปลกปลอมที่เข้ามารบกวนข่ายสื่อสารวิทยุการบิน ที่ทางหน่วยงานวิทยุการบินมีการร้องเรียนเข้ามา ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีการตรวจสอบคลื่นความถี่แปลกปลอมโดยอาศัยการส่งรถตรวจสอบไปตรวจสอบคลื่นความถี่แปลกปลอมตามสถานที่ต่างๆ ซึ่งจะเกิดการสิ้นเปลืองทั้งกำลังคน เวลา และทรัพยากรน้ำมัน

ผลที่ได้รับจากโครงการวิจัยนี้ ทำให้การตรวจสอบคลื่นความถี่แปลกปลอมสามารถกระทำได้โดยอาศัยการควบคุมระยะไกล ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นจะมีการวางอุปกรณ์ตรวจสอบคลื่นความถี่ ณ สถานที่ที่ต้องการ และควบคุมอุปกรณ์ตรวจสอบคลื่นความถี่ดังกล่าวโดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต อาศัยคอมพิวเตอร์และสมาร์ทดีไวซ์ โดยสามารถปรับจูนความถี่ที่ต้องการตรวจสอบและระดับเสียงของอุปกรณ์ตรวจสอบคลื่นความถี่ได้ และสามารถรับสัญญาณทั้งภาพและเสียงจากอุปกรณ์ตรวจสอบคลื่นความถี่กลับมายังคอมพิวเตอร์และสมาร์ทดีไวซ์ที่ควบคุมได้ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตรวจสอบคลื่นความถี่ต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่สิ้นเปลืองเวลาในการตรวจสอบ จากระบบที่พัฒนาขึ้น จะเห็นได้ว่า หากมีการนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคลื่นความถี่แปลกปลอมของ สำนักงาน กสทช. อย่างเป็นระบบ จะทำให้การตรวจสอบสามารถกระทำได้ด้วยความสะดวก รวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และประหยัดทรัพยากรต่างๆได้

การพัฒนาระบบตรวจสอบความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF
โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
สุรเชษฐ์ กานต์ประชา
พฤศจิกายน 2558

ในโครงการวิจัยชิ้นนี้ ระบบตรวจสอบความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยอาศัยหลักการและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ด้านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Networks) ระบบฝังตัวและอิเล็กทรอนิกส์ (Embedded System and Electronics) การประมวลผลกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) ด้านมัลติมีเดียวิดีโอสตรีมมิ่ง (Multi-Media Video Streaming) รวมทั้งการพัฒนาโปรแกรมแอพพลิเคชั่นบนอุปกรณ์สมาร์ทดีไวซ์ (Smart Device Application)

ในระบบที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นประกอบไปด้วยส่วนหลัก ทั้งส่วนต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง ต้นแบบสถานีควบคุม และการพัฒนาเว็บเซอร์วิสที่เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันทั้ง 2 ส่วน โดยการพัฒนาต้นแบบสถานีควบคุมนั้น เริ่มจากการศึกษาวงจรการทำงานรีโมตการสั่งการเครื่องรับสัญญาณวิทยุ ทำการออกแบบและพัฒนาวงจรเชื่อมต่อและไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็นระบบฝังตัวที่ประมวลผลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องรับสัญญาณวิทยุ โดยประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ตัดต่อสัญญาณไฟฟ้าชนิดรีเลย์ สำหรับการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้น ได้มีการพัฒนา Machine API ที่ไว้ใช้ทำงานกับการสั่งการเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ต่อกับรับสัญญาณวิทยุของต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง และ Human API ที่ไว้ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งานที่โปรแกรมต้นแบบสถานีควบคุม นอกจากนั้น ทางคณะวิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบสถานีควบคุมที่ทำงานบนเว็บบราวเซอร์ที่สามารถทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่สถานีควบคุมได้

และได้มีการพัฒนาการประยุกต์ใช้งานการถ่ายทอดวิดีโอสตรีมมิ่ง เพื่อถ่ายทอดภาพหน้าจอเครื่องรับสัญญาณวิทยุ เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่าปัจจุบันเครื่องทำการตรวจสอบช่องสัญญาณใดๆอยู่ และสามารถรับฟังข้อมูลเสียงกลับจากต้นแบบอุปกรณ์ปลายทางมายังสถานีควบคุมได้อย่างถูกต้อง พร้อมกันนี้ทางคณะผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมแอพพลิเคชั่นที่ทำงานบนอุปกรณ์อัจฉริยะระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ให้สามารถใช้งานได้ครบทุกฟังก์ชันการใช้งานเช่นเดียวกับโปรแกรมที่ทำงานบนเว็บบราวเซอร์ได้

จากระบบทั้งหมดที่ได้พัฒนาขึ้น ได้มีการทดสอบและปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ทุกประการ นั่นคือ ควบคุมอุปกรณ์ตรวจสอบความถี่ทั้งการปรับความถี่ที่ต้องการตรวจสอบ การปรับระดับความดังของเสียง รับสัญญาณภาพและเสียงของอุปกรณ์ตรวจสอบความถี่มาแสดงยังคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สมาร์ทดีไวซ์ จากระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ซึ่งระบบดังกล่าวจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการตรวจสอบความถี่แปลกปลอมของสำนักงาน กสทช.

Development of VHF Radio Frequency Detection System
with Remote Control over Internet Network
Surachet Kanprachar
November 2015

From this research project, a system for detecting VHF radio frequency with remote control over Internet network has been developed. Many principles and technologies have been applied including computer networks, embedded system and electronics, cloud computing, multi-media video streaming, and smart device application programming.

Prototypes for remote devices and control station have been developed in the system. Additionally, a web service for being a channel in exchanging information between two ends (that is, a remote device and a control station) has been established. At the control station, a remote control for sending a command from a computer to a radio transceiver using micro-controller and relays was designed. To be able to control remotely over the Internet network, Machine API and Human API were programmed so that a command can be sent to a computer controlling the radio transceiver. Moreover, a prototyped program working on a web browser in a computer was developed.

A program for video streaming in order to broadcast the radio transceiver's monitor to an operator's computer using a web browser was established. An application program for doing the same purpose in an Android device was also developed. This application program can perform identically with the same functions as does by the program developed for working on a web browser.

In conclusion, the developed system has been tested and adjusted so that it can work properly according to the intended objectives of the research. That is, it can control the radio transceiver both frequency and volume and can transmit picture and voice from the radio transceiver back to the controlling computer and smart device over the Internet network. This system is very useful to NBTC for detecting a suspected frequency.

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย	**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ค**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญรูป	**ช**
บทที่ 1 : บทนำ	**1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	2
1.4 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	3
1.5 งบประมาณของโครงการวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.7 ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 : ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง	**5**
2.1 รูปแบบการเชื่อมโยงเครือข่าย (Network Topology)	5
2.2 เครือข่ายเซนเซอร์ (Sensor Network)	8
2.3 ลูกข่ายและแม่ข่าย (Client & Server)	9
2.4 การประยุกต์ใช้งานฐานข้อมูล	12
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง	13
2.6 การทำมัลติมีเดียแบบวิดีโอสตรีมมิ่ง	16
บทที่ 3 : ขั้นตอนการดำเนินโครงการวิจัย	**19**
3.1 ภาพรวมของระบบที่ถูกพัฒนาขึ้น	19
3.2. การพัฒนาต้นแบบและการควบคุมต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อเชื่อมต่อและควบคุมตัวรับสัญญาณผ่านระบบการเชื่อมต่อ	24
3.3 การออกแบบและทดสอบ API สำหรับการควบคุม	31
3.4 การออกแบบการประยุกต์ใช้งานวิดีโอสตรีมมิ่ง	41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 : ผลการดำเนินโครงการวิจัย 43

4.1 ผลการพัฒนาต้นแบบและการควบคุมต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อเชื่อมต่อและควบคุมตัวรับสัญญาณผ่านระบบการเชื่อมต่อด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล.. 43

4.2 ผลการพัฒนาต้นแบบและการควบคุมต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อเชื่อมต่อและควบคุมตัวรับสัญญาณผ่านระบบการเชื่อมด้วยAPI.................... 47

4.3 ผลการพัฒนาต้นแบบโปรแกรมระบบสถานีควบคุมสำหรับคอมพิวเตอร์ ส่วนบุคคล.. 49

4.4 ผลการพัฒนาต้นแบบโปรแกรมระบบสถานีควบคุมสำหรับ Smart Phone/ Tablet 54

4.5 ผลการพัฒนาต้นแบบระบบสถานีควบคุม เพื่อรับภาพและเสียงที่ได้จากสถานีปลายทางสำหรับ Web-Based Application 57

4.6 ผลการพัฒนาต้นแบบระบบสถานีควบคุม เพื่อรับภาพและเสียงที่ได้จากสถานีปลายทางสำหรับ Android-Based Application 58

4.7 ผลการปรับแก้พัฒนาระบบต้นแบบสถานีควบคุม 59

4.8 ผลการทดสอบการทำงานทั้งต้นแบบระบบสถานีควบคุมที่เชื่อมต่อกับต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง... 67

4.9 ผลการทดสอบดูประสิทธิภาพการทำงานของระบบด้านเวลาในการทำงานของระบบ 72

บทที่ 5 : สรุปการดำเนินโครงการวิจัยและข้อเสนอแนะ.. 83

5.1 สรุปโครงการวิจัย 83

5.2 ข้อเสนอแนะ....... 84

บรรณานุกรม.. 85

ภาคผนวก ก สรุปงานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการ.. 87

ประวัตินักวิจัย... 89

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 วิธีของเอชทีทีพี ในการติดต่อระหว่างผู้รับบริการกับเครื่องบริการ 12
3.1 แสดงการติดตั้ง Relay แทนตัว R... 28
4.1 ผลการทดสอบใน วันอาทิตย์ ช่วงเวลาเช้า 72
4.2 ผลการทดสอบใน วันอาทิตย์ ช่วงเวลาเที่ยง 72
4.3 ผลการทดสอบใน วันอาทิตย์ ช่วงเวลาเย็น 73
4.4 ผลการทดสอบใน วันจันทร์ ช่วงเวลาเช้า 73
4.5 ผลการทดสอบใน วันจันทร์ ช่วงเวลาเที่ยง 73
4.6 ผลการทดสอบใน วันจันทร์ ช่วงเวลาเย็น 74
4.7 ผลการทดสอบใน วันอังคาร ช่วงเวลาเช้า 74
4.8 ผลการทดสอบใน วันอังคาร ช่วงเวลาเที่ยง 74
4.9 ผลการทดสอบใน วันอังคาร ช่วงเวลาเย็น 75
4.10 ผลการทดสอบใน วันพุธ ช่วงเวลาเช้า 75
4.11 ผลการทดสอบใน วันพุธ ช่วงเวลาเที่ยง 75
4.12 ผลการทดสอบใน วันพุธ ช่วงเวลาเย็น 76
4.13 ผลการทดสอบใน วันพฤหัสบดี ช่วงเวลาเช้า 76
4.14 ผลการทดสอบใน วันพฤหัสบดี ช่วงเวลาเที่ยง 76
4.15 ผลการทดสอบใน วันพฤหัสบดี ช่วงเวลาเย็น 77
4.16 ผลการทดสอบใน วันศุกร์ ช่วงเวลาเช้า 77
4.17 ผลการทดสอบใน วันศุกร์ ช่วงเวลาเที่ยง 77
4.18 ผลการทดสอบใน วันศุกร์ ช่วงเวลาเย็น 78
4.19 ผลการทดสอบใน วันเสาร์ ช่วงเวลาเช้า 78
4.20 ผลการทดสอบใน วันเสาร์ ช่วงเวลาเที่ยง 78
4.21 ผลการทดสอบใน วันเสาร์ ช่วงเวลาเย็น 79

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างการเชื่อมต่อแบบบัส	5
2.2 โครงสร้างการเชื่อมต่อแบบวงแหวน	6
2.3 โครงสร้างการเชื่อมต่อแบบดาว	7
2.4 โครงสร้างการเชื่อมต่อแบบ Hybrid	8
2.5 การทำงานแบบ ผู้ใช้บริการ - เครื่องบริการ	10
2.6 การทำงานของ WWW	10
2.7 การทำงานของ ผู้รับบริการ – เครื่องบริการในลักษณะของการให้บริการฐานข้อมูล	11
2.8 แสดงตัวอย่าง IC ไมโครคอนโทลเลอร์	14
2.9 แสดงโครงสร้างภายในรีเลย์	14
2.10 ส่วนประกอบหลักของเซอร์โวมอเตอร์	15
2.11 องค์ประกอบพื้นฐานการทำงานของระบบสตรีมมิ่ง	16
2.12 แสดงการทำงานของ RED5	18
3.1 แสดงภาพรวมของระบบที่จะพัฒนาของโครงการวิจัย	19
3.2 แสดงภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆของต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย)	20
3.3 แสดงภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆของต้นแบบระบบสถานีควบคุม	22
3.4 แสดงภาพการเชื่อมต่อต้นแบบระบบสถานีควบคุมและต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) โดยให้ Web Server เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูล	23
3.5 แสดงการทำงานของเครื่องชุดควบคุมรีโมตวิทยุ icom hm-133v	24
3.6 แสดงการส่งสัญญาณเมื่อกดปุ่ม A ในรีโมต CB245	25
3.7 แสดง System Block Diagram เพื่อแสดงการเชื่อมต่อ (Interfacing) เพื่อควบคุม CB245	26
3.8 แสดงการติดตั้ง Relay แทนตัว R	27
3.9 แสดง schematic ของวงจรการติดตั้ง Relay แทนตัว R	27
3.10 แสดงวงจร Switching Power Supply	29
3.11 แสดงวงจรแปลงสายสัญญาณจากรีโมต	29
3.12 แสดงแผงวงจรชุดควบคุม	29
3.13 กล่องชุดวงจรควบคุมภายนอกที่สามารถเชื่อมต่อรีโมตเครื่อง CB245 และ พอร์ต USB ได้	29

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.14 แสดงโปรแกรมทดสอบระดับเสียง	30
3.15 แสดงการติดตั้ง Servo Motor ที่ปุ่มหมุนระดับเสียง	30
3.16 แสดงการติดตั้ง Servo Motor ที่ปุ่มหมุนระดับเสียงและการยึดกับฐานชิ้นล่าง	30
3.17 แสดง API ใน Web Service ทั้ง Human API และ Machine API	31
3.18 แสดงการเชื่อมต่อฐานข้อมูลสำหรับ Human API	32
3.19 แสดงการสร้างฐานข้อมูล	32
3.20 แสดงการสร้างฐานข้อมูล	33
3.21 แสดงสร้างตารางข้อมูล	33
3.22 แสดงตรวจสอบข้อมูล	34
3.23 แสดงการเขียนข้อมูลลงฐานข้อมูล	34
3.24 เชื่อมต่อฐานข้อมูลด้วย C#	35
3.25 อ่านข้อมูลจากฐานข้อมูลด้วย C#	35
3.26 อ่านข้อมูลทุกๆ 5 วินาที	36
3.27 แสดงการเชื่อมต่อ Mysql และส่วน เชื่อมต่อ Database	37
3.28 แสดงฟอร์มสำหรับใส่ Channel	38
3.29 แสดงซอร์สโค้ดสำหรับ Form ใส่ข้อมูล	38
3.30 แสดงซอร์สโค้ดสำหรับ เขียนข้อมูลลงใน Database (Write)	39
3.31 แสดงซอร์สโค้ดสำหรับ การอ่านข้อมูลจาก Database, Output API data in Json. (Read)	40
3.32 แสดงการออกแบบด้านการใช้ประยุกต์งานวิดีโอสตรีมมิ่งเพิ่มในส่วนของเซิร์ฟเวอร์	41
4.1 ชุดอุปกรณ์ทดสอบ CB245 ที่เชื่อมต่อกับชุดควบคุมระบบอุปกรณ์ปลายทาง	43
4.2 รูปแสดงการกดปุ่ม 0 ผ่านการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์	44
4.3 รูปแสดงการกดปุ่ม B ผ่านการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์	44
4.4 แสดงการใส่ข้อความ “c37”	45
4.5 แสดงการกดปุ่มเพื่อส่ง “c37” ไปยังกล่องควบคุม	45

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.6 แสดง Relay N4 และ N11 ถูกกระตุ้น 46
4.7 แสดงหน้าจอ CB245 ถูกสั่งการด้วยเลข “3” 46
4.8 แสดง Relay N6 และ N13 ถูกกระตุ้น 46
4.9 แสดงหน้าจอ CB245 ถูกสั่งการด้วยเลข “7” 46
4.10 ชุดควบคุมระบบอุปกรณ์ปลายทางเชื่อมต่อกับโปรแกรม Machine API ที่คอมพิวเตอร์ 47
4.11 โปรแกรมต้นแบบระบบสถานีควบคุมสำหรับ เพื่อควบคุมการปรับค่าต้นแบบ
ระบบอุปกรณ์ปลายทาง 48
4.12 แสดงบล็อกไดอะแกรมการควบคุมต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทางเพื่อเชื่อมต่อ
และควบคุมตัวรับสัญญาณผ่านระบบการเชื่อมด้วย API 48
4.13 แสดงหน้าเมนูสำหรับ Log-in 50
4.14 แสดงการ Log-in ด้วย User name และ Pass word 50
4.15 แสดงการ Log-out ออกจากการใช้งานโปรแกรมซึ่งอยู่ในเมนู Account ด้านมุมบนขวาของ
โปรแกรม 50
4.16 แสดงหน้าหลักของโปรแกรมสถานีควบคุม 51
4.17 แสดงการปรับลดช่องสัญญาณในการตรวจสอบโดยปุ่ม “-”........ 52
4.18 แสดงการปรับลดช่องสัญญาณในการตรวจสอบ ที่ลดลงสุดได้ที่ 1 เท่านั้น 52
4.19 แสดงการปรับเพิ่มช่องสัญญาณในการตรวจสอบ ที่เพิ่มขึ้นสุดได้ที่ 80 เท่านั้น 52
4.20 แสดงการปรับช่องสัญญาณในการตรวจสอบ โดยการป้อนค่าด้วยคีย์บอร์ด 53
4.21 แสดงการปรับช่องสัญญาณที่ผิดพลาดจากการป้อนค่าด้วยคีย์บอร์ด 53
4.22 แสดงการปรับช่องสัญญาณที่ผิดพลาดและกลับมาใช้ค่าช่องสัญญาณ
จากค่าพื้นฐานที่กำหนด (ช่องสัญญาณที่ 5) 53
4.23 แสดงการปรับลดระดับความดังของเสียงในการตรวจสอบ ที่ลดลงสุดได้ที่ 0 เท่านั้น 54
4.24 แสดงการปรับเพิ่มระดับความดังของเสียงในการตรวจสอบ ที่เพิ่มขึ้นสุดได้ที่ 9 เท่านั้น 54
4.25 หน้าและลำดับการทำงานของโปรแกรมแอพพลิเคชั่นสำหรับ
Smart Phone/Tablet บนระบบปฏิบัติการ Android 55

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.26 แสดงหน้าหลักของโปรแกรมสถานีควบคุม แอพพลิเคชั่นสำหรับ
Smart Phone/Tablet บนระบบปฏิบัติการ Android 56

4.27 หน้าหลักของโปรแกรมแอพพลิเคชั่นสำหรับ Smart Phone/Tablet
บนระบบปฏิบัติการ Android 56

4.28 แสดงผลการภาพทอดภาพและเสียงจากสถานีลูกข่ายมายังสถานีควบคุม 57

4.29 แสดงผลการภาพทอดภาพและเสียงที่มีปัญหาในการถ่ายทอด 58

4.30 แสดงผลการภาพทอดภาพและเสียงสำหรับโปรแกรมสถานีควบคุมแบบ
Android-Based Application 58

4.31 ผู้ใช้งานกรอกชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านเพื่อทำการระบุตัวตนและสิทธิ์ในการใช้งาน 59

4.32 แสดงสถานะของอุปกรณ์และให้ผู้ใช้งานเลือกสามารถควบคุมหรือติดตาม
แต่ละอุปกรณ์ (node) ได้ 60

4.33 แสดงการให้สิทธิของผู้ใช้งานเมื่อมีผู้ใช้งานประเภท A ควบคุมอุปกรณ์อยู่ 61

4.34 แสดงการให้สิทธิของผู้ใช้งานเมื่อมีผู้ใช้งานประเภท B เข้าไปติดตามตรวจสอบ
อุปกรณ์อื่น 62

4.35 ปรับช่องสัญญาณ (Channel) 63

4.36 การปรับระดับความดังและส่งข้อมูล 63

4.37 กรณีเลือกโหนดที่ไม่สามารถใช้งานได้จะอยู่ในธีมสีแดงและจะไม่สามารถควบคุม
Channel และ Volume 64

4.38 ผู้ใช้งานกรอกชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านเพื่อทำการระบุตัวตนและสิทธิ์
ในการใช้งานผ่านหน้าเว็บ 65

4.39 แสดงอุปกรณ์ที่มีอยู่ในระบบและสถานะของอุปกรณ์ที่จะสามารถเข้าถึงได้ 66

4.40 ระบบไม่อนุญาตให้ควบคุมเนื่องจากมีผู้อื่นควบคุม หรือผู้ใช้ไม่มีสิทธิ์ควบคุม 66

4.41 ระบบอนุญาตให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมได้ 67

4.42 ต้นแบบระบบสถานีควบคุมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านเว็บเบราวเซอร์ 68

4.43 ต้นแบบระบบสถานีควบคุมทั้งบนอุปกรณ์อัจฉริยะสมาร์ทโฟน 68

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.44 ต้นแบบระบบสถานีควบคุมทั้งบนอุปกรณ์อัจฉริยะแบบแท็บเล็ต 69
4.45 ต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง 70
4.46 การทดสอบต้นแบบอุปกรณ์ปลายทางทั้ง 3 Node 70
4.47 กราฟแสดงข้อมูลเวลา Ping Test 1 kByte 79
4.48 กราฟแสดงข้อมูลเวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง 80
4.49 กราฟแสดงข้อมูลเวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง 81
4.50 กราฟแสดงข้อมูลเวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม 82

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จากที่ทางคณะวิจัยได้สำรวจความต้องการเพื่อนำความรู้ด้านวิศวกรรมมาใช้ในการแก้ไขปัญหาจาก กสทช. เขต 10พิษณุโลก พบว่าทางหน่วยงาน กสทช. ได้รับการร้องเรียนการรบกวนของคลื่นแปลกปลอมที่เข้ามารบกวนข่ายสื่อสารวิทยุการบิน จากทางหน่วยงานวิทยุการบิน ซึ่งคลื่นแปลกปลอมดังกล่าวส่วนใหญ่แล้วจะมาจากกิจการกระจายเสียงที่มาจากสถานีวิทยุต่างๆ ดังนั้น หน่วยงาน กสทช.ที่รับผิดชอบจึงจำเป็นต้องเข้าไปแก้ไขปัญหาการรบกวนดังกล่าว ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ก็จะอาศัยสถานีตรวจสอบคลื่นความถี่ที่ตั้งอยู่ตามสถานที่ต่างๆ (Remote Site) ในการค้นหาและระบุตำแหน่งของสถานีวิทยุที่ส่งสัญญาณคลื่นแปลกปลอม แต่อย่างไรก็ตามสถานีตรวจสอบคลื่นความถี่ดังกล่าวมีจำนวนที่จำกัด (ราคาสูงมาก) และไม่สามารถคลอบคลุมพื้นที่ที่ทางวิทยุการบินให้บริการได้ทั้งหมด จึงมีความจำเป็นที่จะต้องส่งรถตรวจสอบคลื่นความถี่ออกไปค้นหาและระบุตำแหน่งของสถานีวิทยุที่ส่งสัญญาณคลื่นแปลกปลอม การนำเอารถตรวจสอบคลื่นความถี่ออกไปค้นหาและระบุตำแหน่งนั้นโดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้เวลาในการค้นหาหลายวันเนื่องจากไม่มีข้อมูลเบื้องต้นที่สามารถระบุพื้นที่ที่น่าจะเข้าไปตรวจสอบ ทำให้ต้องอาศัยการสุ่มตรวจสัญญาณไปตามสถานที่ต่างๆในเขตพื้นที่ที่รับผิดชอบจนกว่าจะพบสัญญาณคลื่นแปลกปลอม ซึ่งส่งผลให้การแก้ไขปัญหาเป็นไปด้วยความล่าช้า สิ้นเปลืองงบประมาณในการออกค้นหา และยังเป็นการสิ้นเปลืองบุคลากรที่ต้องออกไปค้นหา จากปัญหาดังกล่าว จะเห็นได้ว่าหากมีการพัฒนาระบบตรวจสอบความถี่วิทยุที่สามารถนำไปติดตั้งไว้ตามสถานีวิทยุต่างๆที่มีอยู่ทั่วไปและสามารถส่งข้อมูลการตรวจสอบคลื่นแปลกปลอมมายังหน่วยงานของ กสทช.ที่รับผิดชอบ โดยอาศัยการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ก็จะทำให้การตรวจสอบคลื่นแปลกปลอมมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และจะทำให้ไม่สิ้นเปลืองทั้งงบประมาณและบุคลากรในการตรวจสอบความถี่ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นควรจะต้องมีความสามารถในการส่งข้อมูลทั้งสัญญาณเสียงและภาพเพื่อที่จะทำให้ข้อมูลที่ส่งมายังหน่วยงาน กสทช.ที่รับผิดชอบได้รับข้อมูลที่ครบถ้วน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.เพื่อพัฒนา ต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) สำหรับตรวจวัดความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF และสามารถควบคุมจากระยะทางไกล ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

2. เพื่อพัฒนา ต้นแบบระบบสถานีควบคุม สำหรับเพื่อควบคุมการปรับค่า ต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) จากระยะทางไกล โดยสามารถควบคุมด้วย Smart Phone/Tablet ระบบปฏิบัติการ Android หรือควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ผ่านระบบการสื่อสารเครือข่าย 3G หรือผ่าน ADSL

3. เพื่อพัฒนา ต้นแบบระบบสถานีควบคุม ที่สามารถฟังเสียง และแสดงภาพ ของต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) จากระยะทางไกล โดยสามารถตรวจสอบด้วย Smart Phone/Tablet ระบบปฏิบัติการ Android หรือควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ผ่านระบบการสื่อสารเครือข่าย 3G หรือผ่าน ADSL

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ในโครงการวิจัยนี้จะเป็นพัฒนาต้นแบบระบบการตรวจสอบคลื่นวิทยุย่าน VHF โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการนำเอาความรู้ทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ การสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ระบบเครือข่าย และความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบสื่อสารวิทยุ มาประยุกต์ใช้ โดยลำดับขั้นตอนการวิจัยมีดังนี้คือ

1. ออกแบบระบบโดยรวมทั้งหมด จากข้อมูลที่ได้รับมา

2. ศึกษาระบบการเชื่อมต่อ Client-Server และ Web service

3. พัฒนา Web service สำหรับการเชื่อมต่อ สถานีลูกข่ายและสถานีควบคุม

4.พัฒนาต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) เพื่อเชื่อมต่อและควบคุมตัวรับสัญญาณ (One-Way: Stand alone)

5.พัฒนาการควบคุมต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) เพื่อควบคุมตัวรับสัญญาณผ่านระบบการเชื่อมต่อ Client-Server (One-Way: Online)

6.พัฒนาการต้นแบบระบบสถานีควบคุม เพื่อควบคุมตัวรับสัญญาณ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่านระบบการเชื่อมต่อ Client-Server

7.พัฒนาการต้นแบบระบบสถานีควบคุม เพื่อควบคุมตัวรับสัญญาณ โดย Smart Phone/Tablet ระบบปฏิบัติการ Android ผ่านระบบการเชื่อมต่อ

8.พัฒนาต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) เพื่อส่งภาพและเสียงกลับมายัง สถานีควบคุม

9.พัฒนาต้นแบบระบบสถานีควบคุม และปรับปรุง Web service เพื่อรับภาพและเสียงที่ได้จาก สถานีควบคุม

10.ทดสอบการทำงานทั้ง ต้นแบบระบบสถานีควบคุมที่เชื่อมต่อกับ ต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย)

11.บันทึกผลการทดสอบและปรับแก้ระบบต้นแบบ

12.จัดทำเอกสารรายงานและสรุปผลการวิจัย

1.4 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้มีระยะเวลาในการดำเนินการ **1 ปี 6 เดือน** ซึ่งมีกิจการต่างๆดังนี้ (มิถุนายน พ.ศ.2557 ถึง พฤศจิกายน พ.ศ.2558)

กิจกรรม	เดือนที่																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.ออกแบบระบบโดยรวมทั้งหมด จากข้อมูลที่ได้รับมา	↔	↔																
2.ศึกษาระบบการเชื่อมต่อ Client-Server และ Web service		↔	↔															
3.พัฒนา Web service สำหรับการเชื่อมต่อสถานีลูกข่ายและสถานีควบคุม			↔	↔														
4.พัฒนาต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) เพื่อเชื่อมต่อและควบคุมตัวรับสัญญาณ (One-Way: Stand alone)			↔	↔	↔													
5.พัฒนาการควบคุมต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) เพื่อควบคุมตัวรับสัญญาณผ่านระบบการเชื่อมต่อ Client-Server (One-Way: Online)				↔	↔	↔												
6.พัฒนาการต้นแบบระบบสถานีควบคุม เพื่อควบคุมตัวรับสัญญาณ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านระบบการเชื่อมต่อ Client-Server					↔	↔	↔											
7.พัฒนาการต้นแบบระบบสถานีควบคุม เพื่อควบคุมตัวรับสัญญาณ โดย Smart Phone/Tablet ระบบปฏิบัติการ Android ผ่านระบบการเชื่อมต่อ							↔	↔	↔									
8.พัฒนาต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) เพื่อส่งภาพและเสียงกลับมายังสถานีควบคุม								↔	↔	↔								
9.พัฒนาต้นแบบระบบสถานีควบคุม และปรับปรุง Web service เพื่อรับภาพและเสียงที่ได้จาก สถานีควบคุม									↔	↔	↔							
10.ทดสอบการทำงานทั้ง ต้นแบบระบบสถานีควบคุมที่เชื่อมต่อกับ ต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย)											↔	↔	↔					

11.บันทึกผลการทดสอบและปรับแก้ระบบต้นแบบ											↔	↔	↔	↔	↔	↔		
12.จัดทำเอกสารรายงานและสรุปผลการวิจัย																↔	↔	↔

↔ หมายถึง ช่วงเวลาของแต่ละกิจกรรมในการวิจัยที่วางแผนไว้

1.5 งบประมาณของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนทั้งสิ้น 1,508,700 บาท (หนึ่งล้านห้าแสนแปดพันเจ็ดร้อยบาท)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) สำหรับตรวจวัดคลื่นแปลกปลอมย่านความถี่ VHF และสามารถควบคุมจากระยะทางไกล ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

2. ต้นแบบระบบสถานีควบคุม สำหรับเพื่อควบคุมการปรับค่า ต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) จากระยะทางไกล โดยสามารถควบคุมด้วย Smart Phone/Tablet ระบบปฏิบัติการ Android หรือควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ผ่านระบบการสื่อสารเครือข่าย 3G หรือผ่าน ADSL

3. ต้นแบบระบบสถานีควบคุม ที่สามารถฟังเสียง และแสดงภาพ ของต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) จากระยะทางไกล โดยสามารถตรวจสอบด้วย Smart Phone/Tablet ระบบปฏิบัติการ Android หรือควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ผ่านระบบการสื่อสารเครือข่าย 3G หรือผ่าน ADSL

1.7 ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

- ระบบตรวจสอบความถี่วิทยุที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จำนวน 1 ระบบ
- งานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการในระดับนานาชาติ จำนวน 2 เรื่อง
- งานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการในระดับชาติ จำนวน 1 เรื่อง

บทที่ 2
ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

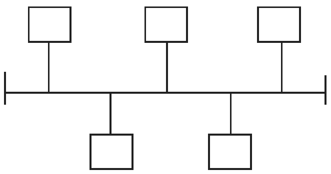
จากที่สาเหตุและที่มาของโครงการวิจัยที่ได้อธิบายในบทที่ผ่านมา ทางคณะผู้วิจัยพบว่าควรนำหลักการและเทคโนโลยีด้านวิศวกรรมสื่อสารและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นด้านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Networks) ระบบฝังตัวและอิเล็กทรอนิกส์(Embedded System and Electronics) การประมวลผลกลุ่มเมฆ(Cloud Computing) ด้านมัลติมีเดียวิดีโอสตรีมมิ่ง(Multi-Media Video Streaming) รวมทั้งการพัฒนาโปรแกรมแอพพลิเคชั่นบนอุปกรณ์สมาร์ทดีไวซ์ (Smart Device Application)

ซึ่งหลักการและเทคโนโลยีดังที่ได้กล่าวมานี้ ทางคณะผู้วิจัยพิจารณาแล้ว ควรนำมาศึกษาเพื่อสามารถนำมาประยุกต์บูรณาการร่วมกันเพื่อพัฒนาเป็น ระบบตรวจสอบความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ โดยมีรายละเอียดของแต่ละหลักการและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 รูปแบบการเชื่อมโยงเครือข่าย (Network Topology)

โทโปโลยี[1, 2] คือ ลักษณะทางกายภาพของระบบเครือข่าย ซึ่งหมายถึงลักษณะของการเชื่อมโยงสายสื่อสารเข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในเครือข่ายด้วยกันโทโปโลยีของข่ายงานบริเวณเฉพาะที่(LAN) แต่ละแบบจะมีความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกันออกไปการนำไปใช้จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาลักษณะและคุณสมบัติข้อดีและข้อเสียของโทโปโลยีแต่ละแบบ เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบเครือข่ายให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งรูปแบบของโทโปโลยีหลักๆ ก็จะมีดังต่อไปนี้ [1, 2]

โทโปโลยีแบบบัส (BUS)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างการเชื่อมต่อแบบบัส

เป็นรูปแบบที่ใช้เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกันโดยผ่านสายสัญญาณแกนหลัก ที่เรียกว่า BUS หรือแบ็คโบน(Backbone) แสดงดังรูปที่ 2.1 โดยใช้เป็นทางเดินข้อมูลของทุกเครื่องภายในระบบเครือข่ายและจะมีสายแยกย่อยออกไปในแต่ละจุดเพื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ ซึ่งเรียกว่าโหนด(Node) ข้อมูลจากโหนดผู้ส่ง

จะถูกส่งเข้าสู่สายบัสในรูปของแพ็กเกจปลายทั้งสองด้านของบัสจะมีเทอร์มิเนเตอร์(Terminator) ทำหน้าที่ลบล้างสัญญาณที่ส่งมาถึงเพื่อป้องกันไม่ให้สัญญาณข้อมูลนั้นสะท้อนกลับเข้ามายังบัสอีกและเพื่อป้องกันการชนกันของข้อมูลอื่นๆ ที่เดินทางอยู่บนบัสในขณะนั้น

สัญญาณข้อมูลจากโหนดผู้ส่งเมื่อเข้าสู่บัส ข้อมูลจะไหลผ่านไปยังปลายทั้ง 2 ด้านของบัส ซึ่งทุกๆ โหนดภายในเครือข่ายแบบ BUS นั้นสามารถรับรู้สัญญาณข้อมูลได้แต่จะมีเพียงโหนดปลายทางเพียงโหนดเดียวเท่านั้นที่จะรับข้อมูลนั้นไปได้

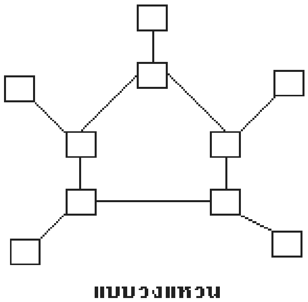
ข้อดี

- ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการวางสายสัญญาณมากนัก สามารถขยายระบบได้ง่ายเสียค่าใช้จ่ายน้อย ได้รับความนิยมใช้กันมากที่สุดมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เหตุผลอย่างหนึ่งก็คือสามารถติดตั้งระบบ ดูแลรักษา และติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมได้ง่าย

ข้อเสีย

- หากมีสัญญาณขาดที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งก็จะทำให้เครื่องบางเครื่องหรือทั้งหมดในระบบไม่สามารถใช้งานได้ตามไปด้วย
- การตรวจหาโหนดเสียทำได้ยากเนื่องจากขณะใดขณะหนึ่งจะมีคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียวเท่านั้นที่สามารถส่งข้อความออกมาบนสายสัญญาณ ดังนั้นถ้ามีเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนมากๆอาจทำให้เกิดการคับคั่งของเน็ตเวิร์คซึ่งจะทำให้ระบบช้าลงได้

โทโปโลยีแบบวงแหวน(RING)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างการเชื่อมต่อแบบวงแหวน

เป็นรูปแบบที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องในระบบเครือข่ายทั้งเครื่องที่เป็นผู้ให้บริการ(Server) และเครื่องที่เป็นผู้ขอใช้บริการ (Client) ทุกเครื่องถูกเชื่อมต่อกันเป็นวงกลม ดังรูปที่ 2.2 ข้อมูลข่าวสารที่ส่งระหว่างกันจะไหลวนอยู่ในเครือข่ายไปในทิศทางเดียวกันในแต่ละโหนดหรือแต่ละเครื่องจะมีรีพีตเตอร์(Repeater) ประจำแต่ละเครื่อง 1 ตัว ซึ่งจะทำหน้าที่เพิ่มเติมข้อมูลที่จำเป็นต่อการติดต่อสื่อสารเข้าในส่วนหัว(header) ของแพ็กเกจที่ส่ง

และตรวจสอบข้อมูลจากส่วนหัวของ Packet ที่ส่งมาถึง ว่าเป็นข้อมูลของตนหรือไม่ ถ้าไม่ใช่ก็จะปล่อยข้อมูลนั้นไปยัง Repeater ของเครื่องถัดไป

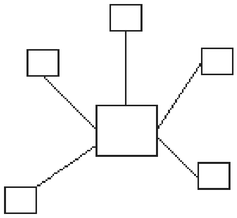
ข้อดี

- ผู้ส่งสามารถส่งข้อมูลไปยังผู้รับได้หลายๆ เครื่องพร้อมๆ กัน
- ไม่มีการชนกันของสัญญาณข้อมูลที่ส่งออกไป
- คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องในเครือข่ายมีโอกาสที่จะส่งข้อมูลได้อย่างทัดเทียมกัน

ข้อเสีย

- ถ้ามีเครื่องใดเครื่องหนึ่งในเครือข่ายเสียหายข้อมูลจะไม่สามารถส่งผ่านไปยังเครื่องต่อๆ ไปได้และจะทำให้เครือข่ายทั้งเครือข่ายหยุดชะงักได้
- ขณะที่ข้อมูลถูกส่งผ่านแต่ละเครื่องเวลาส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปกับการที่ทุกๆ Repeater จะต้องทำการตรวจสอบตำแหน่งปลายทางของข้อมูลนั้นๆ ทุกข้อมูล

โทโปโลยีแบบดาว(STAR)



รูปที่ 2.3 โครงสร้างการเชื่อมต่อแบบดาว

เป็นรูปแบบที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกันในเครือข่ายจะต้องเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตัวกลางตัวหนึ่งที่เรียกว่า ฮับ(HUB) หรือเครื่องๆ หนึ่งซึ่งทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของการเชื่อมต่อสายสัญญาณที่มาจากเครื่องต่างๆในเครือข่าย แสดงดังรูปที่ 2.3 เมื่อมีเครื่องที่ต้องการส่งข้อมูลไปยังเครื่องอื่นๆ ที่ต้องการในเครือข่ายเครื่องนั้นก็จะต้องส่งข้อมูลมายัง HUB หรือเครื่องศูนย์กลางก่อน แล้ว HUB ก็จะทำหน้าที่กระจายข้อมูลนั้นไปในเครือข่ายต่อไป

ข้อดี

- การติดตั้งเครือข่ายและการดูแลรักษาทำได้ง่ายหากมีเครื่องใดเกิดความเสียหายก็สามารถตรวจสอบได้ง่าย

ข้อเสีย

- เสียค่าใช้จ่ายมากทั้งในด้านของเครื่องที่จะใช้เป็นเครื่องศูนย์กลางหรือตัว HUB เองและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสายเคเบิลในเครื่องอื่นๆ ทุกเครื่อง

- การขยายระบบให้ใหญ่ขึ้นทำได้ยาก เพราะการขยายแต่ละครั้งจะต้องเกี่ยวเนื่องกับเครื่องอื่นๆ ทั้งระบบ

โทโปโลยีแบบผสม (Hybrid)

รูปที่ 2.4 โครงสร้างการเชื่อมต่อแบบ Hybrid [3]

เป็นรูปแบบใหม่ที่เกิดจากการผสมผสานกันของโทโปโลยีแบบ STAR BUS และ RING เข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เพื่อเป็นการลดข้อเสียของรูปแบบที่กล่าวมาและเพิ่มข้อดีขึ้นมา มักจะนำมาใช้กับระบบ WAN (Wide Area Network) มาก ซึ่งการเชื่อมต่อกันของแต่ละรูปแบบนั้นต้องใช้ตัวเชื่อมสัญญาณเข้ามาเป็นตัวเชื่อมตัวนั้นก็คือ Router เป็นตัวเชื่อมการติดต่อกัน

2.2 เครือข่ายเซนเซอร์ (Sensor Network)

เครือข่ายเซนเซอร์[2] เป็นสิ่งสำคัญที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและอื่นๆที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าถึงได้ หรือเป็นพื้นที่ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายได้

สิ่งที่ต้องมีในเครือข่ายเซ็นเซอร์ คือ ต้องมีการตรวจจับข้อมูลอย่างละเอียดถี่ถ้วนและต้องสัมพันธ์กับความเป็นจริง มีการรวบรวมข้อมูลเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์และสร้างกฎเกณฑ์มาควบคุม จะต้องได้รับข้อมูลข่าวสารจากเซนเซอร์ที่กระจายตัวกันอยู่ โดยข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์ตัวแรกต้องถูกส่งต่อไปยังเซนเซอร์รอบข้างเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์และตัดสินในการที่จะทำการอื่นๆต่อไป เช่น การส่งสัญญาณเตือนต่างๆ จะต้องได้รับการวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำมาก เพื่อไม่ก่อให้เกิดความเสียหายจากการที่เซนเซอร์ดังกล่าวได้ส่งสัญญาณเตือนออกไป

การส่งข้อมูลของเครือข่ายเซนเซอร์ที่ดีนั้น ต้องมีการกระจายเส้นทางในการสื่อสารของเซนเซอร์ไว้เพื่อรองรับการเพิ่มจำนวนของโหนดที่มีมากขึ้น ในการจัดการส่งข้อมูลของในระบบเครือข่าย ต้องใช้การเร้าติ้งเทเบิลเข้ามาช่วยในการจัดการการส่งข้อมูลในแต่ละโหนด ว่าโหนดใดส่งข้อมูลไปยังโหนดใดต่อไป เพราะถ้าหากมีการเพิ่มจำนวนโหนดในเครือข่าย ก็จะต้องใช้เครือข่ายที่มีโครงสร้าง เส้นทางที่เป็นระดับชั้น ทำให้สามารถหาเส้นทางได้ง่ายขึ้น และเป็นไปตามกฎของการกระจายของสัญญาณและการตัดสินใจ เนื่องจากกระบวนการบาง

กระบวนการสามารถทำให้เสร็จสิ้นในระดับชั้นนั้นๆได้ทันที ขณะที่มีโหนดและเส้นทางเพิ่มมากขึ้น ระบบต้องสามารถแก้ปัญหาความซับซ้อนในการคำนวณเส้นทางได้ และโครงสร้างระดับชั้นนี้ต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น คือ ต้องมีโครงสร้างเหมือนเดิมในระดับชั้นเดียวกัน โครงสร้างในระดับชั้นนี้เป็นโครงสร้างทั่วไปใน Wireless Sensor Networks (WSNs) และโหนดต่างๆ จะรวมตัวเป็นกลุ่มๆและมีตัวควบคุมในแต่ละกลุ่มนั้นๆด้วย

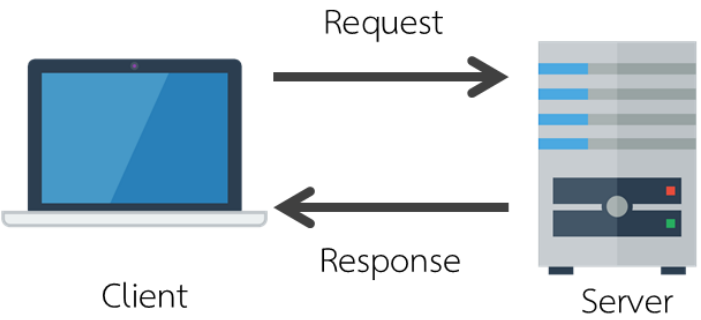
2.3 ลูกข่ายและแม่ข่าย (Client & Server)

การทำงานลักษณะลูกข่ายและแม่ข่าย เป็นการทำงานระหว่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 2 โปรแกรม โดยโปรแกรมหนึ่งที่เป็น ลูกข่าย จะสร้างคำขอบริการ จากอีกโปรแกรม หรือแม่ข่ายที่จะทำให้การขอครบถ้วนสมบูรณ์ ถึงแม้ว่าแนวคิดลูกข่ายและแม่ข่ายสามารถใช้โดยโปรแกรมภายในคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว แต่แนวคิดนี้ เป็นแนวคิดสำคัญในระบบเครือข่าย เช่น การตรวจสอบบัญชีธนาคารจากเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ โปรแกรมลูกข่ายในคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้จะส่งคำขอไปที่โปรแกรมแม่ข่ายที่ธนาคารโปรแกรมแม่ข่ายจะส่งต่อคำขอไปยังโปรแกรมลูกข่ายของตัวเอง ซึ่งเป็นการส่งคำขอไปยังฐานข้อมูลแม่ข่ายในคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นของธนาคาร เพื่อเข้าถึงข้อมูลจากบัญชีของผู้ขอ ข้อมูลจากบัญชีจะได้รับการส่งกลับไปยังลูกข่าย เพื่อแสดงสารสนเทศให้กับผู้ขอหรือผู้ใช้ [4, 5]

แบบจำลองลูกข่ายและแม่ข่ายจะมีแม่ข่าย 1 แม่ข่ายเป็นผู้กระทำ และคอยคำขอของลูกข่าย โดยปกติโปรแกรมลูกข่าย หลายโปรแกรม ใช้บริการร่วมกันจากโปรแกรมแม่ข่าย 1 โปรแกรม ทั้งโปรแกรมลูกข่าย และแม่ข่ายมักจะเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมประยุกต์ขนาดใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบกับอินเตอร์เน็ตเว็บเบราว์เซอร์ของผู้ใช้ เป็นโปรแกรมลูกข่าย ที่ขอการบริการจากเว็บแม่ข่ายซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์อีกเครื่องบนอินเตอร์เน็ต คล้ายคลึงกับคอมพิวเตอร์ ที่ติดตั้ง TCP/IP ยินยอมให้ผู้ใช้สร้างคำขอลูกข่าย เพื่อขอไฟล์ จาก file transfer protocol แม่ข่ายในคอมพิวเตอร์อีกเครื่องบนอินเตอร์เน็ต

ายและแม่ข่ายนั้นการทำงานของตัวลูกข่ตัวลูกข่ายจะต้องเป็นตัวเริ่มในการติดต่อกัน และตัวเซิร์ฟเวอร์จะเป็นตัวตอบรับตัวแม่ข่ายไม่สามารถเป็นตัวเริ่มการติดต่อได้ ลูกข่ายและแม่ข่ายเป็นซอฟท์แวร์ซึ่งติดตั้งอยู่บนฮาร์ดแวร์ที่เหมาะสม กระบวนการของลูกข่าย จะอยู่บนฮาร์ดแวร์และขอข้อมูลจากกระบวนการของแม่ข่ายซึ่งทำงานอยู่บนฮาร์ดแวร์อีกตัวหนึ่งหรืออยู่บนฮาร์ดแวร์ตัวเดียวกัน ความจริงแล้ว ในขั้นตอนของการทำตัวต้นแบบ ผู้พัฒนาอาจจะเลือกที่จะมีทั้งตัวลูกข่าย ที่ใช้แสดงผลและตัวเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลอยู่บนเครื่องฮาร์ดแวร์เครื่องเดียวกันก่อน เพราะตัวแม่ข่ายสามารถที่จะแยกอิสระไปเป็นระบบที่ใหญ่ขึ้นสำหรับทดสอบก่อนที่จะสร้างเป็นผลิตภัณฑ์หลังจากการพัฒนาโครงสร้างข้อมูลและโปรแกรมประยุกต์ขนาดใหญ่ได้เสร็จสมบูรณ์แล้ว

2.3.1 การเชื่อมต่อ Client-Server [2]



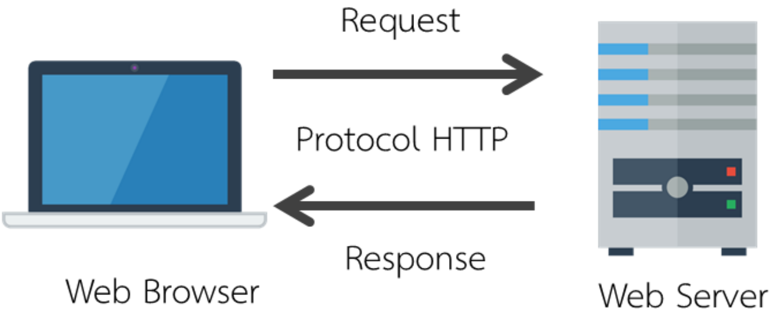
รูปที่ 2.5 การทำงานแบบ ผู้ใช้บริการ – เครื่องบริการ [6]

จากรูปที่ 2.5 ผู้รับบริการ(Client) จะร้องขอ(Request) ข้อมูลจากเครื่องบริการ(Server) หลังจากให้บริการข้อมูลตามที่ร้องขอจะทำการตอบกลับ(Response) ไปยังผู้รับบริการ ซึ่งเครื่องบริการจะมีเพียงเครื่องเดียว ส่วนผู้รับบริการอาจจะมีได้หลายเครื่อง ดังนั้นผู้รับบริการหลายเครื่องสามารถร้องขอจากเครื่องบริการพร้อมกันได้

2.3.2 Web Service

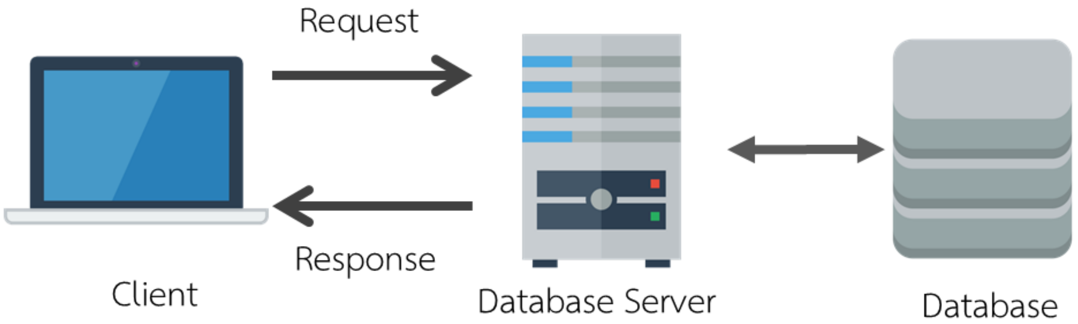
เครื่องบริการเว็บ (Web Server) เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ให้บริการพื้นที่จัดเก็บเว็บไซต์ให้ผู้ใช้เรียกใช้เว็บไซต์ได้โดยใช้โพรโทคอล(Protocol) เอชทีทีพี(HTTP) ผ่านทางเว็บบราวเซอร์ อีกหน้าที่หลักคือ เป็นสื่อกลางระหว่างการเชื่อมต่อโปรแกรมกับฐานข้อมูล

2.3.2.1 หลักการทำงานของเวิลด์ไวด์เว็บ (WWW)



รูปที่ 2.6 การทำงานของ WWW [6]

จากรูปที่ 2.5 การทำงานของ WWW - World Wide Web [6] มีลักษณะใกล้เคียงกับการทำงานแบบผู้รับบริการ - เครื่องบริการ (Client-Server) คือ ลักษณะของการเชื่อมต่อของเครื่องผู้ให้บริการ (Server) และเครื่องผู้ใช้บริการ (Client) ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.7 การทำงานของ ผู้รับบริการ เครื่องบริการ –ในลักษณะของการให้บริการฐานข้อมูล [2]

จากรูปที่ 2.7 จะมีลักษณะคล้ายการทำงานแบบ ผู้รับบริการ – เครื่องบริการ โดยเครื่องบริการจะทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลทั้งหมดไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งจะเรียกว่า เครื่องบริการข้อมูล (Database Server) การทำงานจะเริ่มจากผู้ใช้บริการ คือ ผู้ใช้บริการสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข หรือเลือกดูข้อมูลที่จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล ข้อดีของการเชื่อมต่อลักษณะนี้คือ จัดการข้อมูลต่างๆ ไว้เพียงที่เดียว ทำให้ข้อมูลมีความเป็นได้อย่างเดียว (Uniqueness) คือข้อมูลไม่กระจัดกระจาย

2.3.2.2 HTTP - Hypertext Transfer Protocol

โพรโทคอลในระดับชั้นโปรแกรมประยุกต์ (Application layer) ทำงานร่วมกันกับสารสนเทศของสื่อหลายมิติ (Hypermedia) ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลด้วยเวิลด์ไวด์เว็บ

ฟังก์ชันเอชทีทีพี [7] คือการร้องขอและการตอบกลับระหว่างผู้รับบริการกับเครื่องบริการ ซึ่งผู้รับบริการคือผู้ใช้ปลายทางและเครื่องบริการคือเว็บไซต์ ผู้รับบริการจะการร้องขอข้อมูลจากเอชทีทีพีผ่านทางเว็บบราวเซอร์ ส่วนเครื่องบริการจะตอบกลับ โดยกำหนดทรัพยากร (resource) ในรูปแบบ เช่น ไฟล์เอชทีเอ็มแอล (HTML) และเนื้อหาต่างๆ หรือทำหน้าที่อื่นๆ ในนามของผู้รับบริการเพื่อส่งข้อความตอบกลับไปยังผู้รับบริการ ซึ่งข้อความตอบกลับจะประกอบไปด้วยสถานะการร้องขอและเนื้อหาต่างๆ

ผู้รับบริการจะเริ่มสร้างการร้องขอก่อน โดยเปิดการเชื่อมต่อด้วยเกณฑ์วิธีควบคุมการขนส่งข้อมูล (TCP) ไปยังพอร์ตเฉพาะของเครื่องบริการ (พอร์ต 80 เป็นค่าปริยาย) เครื่องบริการที่เปิดพอร์ตนั้น จะรอให้ผู้รับบริการส่งข้อความร้องขอเข้ามา เมื่อได้รับการร้องขอแล้ว เครื่องบริการจะตอบกลับด้วยข้อความสถานะ ตัวอย่างเช่น "HTTP/1.1 200 OK" ตามด้วยเนื้อหาข้อมูลที่ร้องขอ ข้อความแสดงข้อผิดพลาด หรือข้อมูลอย่างอื่น เป็นต้น

ทรัพยากรที่ถูกเข้าถึงด้วยเอชทีทีพีจะถูกระบุโดยใช้ตัวระบุแหล่งทรัพยากรสากล (URI) หรือเจาะจงคือ ตัวชี้แหล่งในอินเทอร์เน็ต (URL) โดยใช้ http: หรือ https: เป็นแผนของตัวระบุ (URI scheme)

ตารางที่ 2.1 วิธีของเอชทีทีพี ในการติดต่อระหว่างผู้รับบริการกับเครื่องบริการ [2]

วิธี (Method)	**การทำงาน (Action)**
GET	ร้องขอเอกสารจากเครื่องบริการ
HEAD	ร้องขอข้อมูลเกี่ยวกับเอกสารแต่ไม่รวมในส่วนของเนื้อหา
PUT	ส่งเอกสารจากผู้รับบริการไปเครื่องบริการ
POST	ส่งข้อมูลบางอย่างจากผู้รับบริการไปเครื่องบริการ
TRACE	ส่งข้อมูลร้องขอกลับมา
DELETE	ลบเว็บเพจ
CONNECT	สงวน
OPTIONS	สอบถามข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลือกที่ใช้ได้

จากตารางที่ 2 เอชทีทีพีจะมีการกำหนดวิธี (Method) เพื่อแสดงให้เห็นการกระทำที่ต้องการที่จะดำเนินการกับทรัพยากรที่ระบุ สิ่งที่ทรัพยากรนั้นนำเสนอไม่ว่าเป็นข้อมูลที่มีอยู่ก่อนหรือสร้างขึ้นมาแบบพลวัต จะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ของเครื่องบริการ ซึ่งทรัพยากรมักจะสอดคล้องกับไฟล์ในเครื่องบริการนั้น โดยวิธีการดำเนินการต่างๆ

เครื่องบริการเอชทีทีพีจะต้องสามารถใช้วิธี GET และ HEAD ได้เป็นอย่างน้อย ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมในการสื่อสารระหว่างสมาร์ทโฟนกับเครื่องบริการ จึงเลือกใช้วิธี GET ในร้องขอข้อมูลจากเครื่องบริการและวิธี POST ในการส่งข้อมูลให้กับเครื่องบริการ

2.4 การประยุกต์ใช้งานฐานข้อมูล

จากที่ได้ศึกษาหลักการทำงานของการติดต่อสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลในระบบเครือข่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอินเตอร์เน็ตดังที่ได้สรุปในรายงานฉบับที่แล้วนั้น ไม่ว่าจะเป็นเรื่อง การเชื่อมต่อ Client-Server, Web Service, หลักการทำงานของเวิลด์ไวด์เว็บ)WWW), หรือ HTTP - Hypertext Transfer Protocol [8, 9] ซึ่งในท้ายที่สุดสำหรับการพัฒนาระบบในโครงการวิจัยนี้ (โดยประยุกต์จากการใช้ระบบสารสนเทศมาเป็นตัวกลางการสื่อสาร) ล้วนเป็นการประยุกต์ใช้งานร่วมกับฐานข้อมูลทั้งสิ้น ดังนั้นในรายงานฉบับนี้จะขอกล่าวถึงเรื่องฐานข้อมูลก่อนที่จะเข้าเนื้อหาการออกแบบและผลการทดสอบ API ของโครงการวิจัยนี้

ฐานข้อมูล[8, 9] (Database) คือ การจัดเก็บและจัดการข้อมูลที่มีอยู่ให้เป็นระบบ ข้อมูลสามารถจัดเก็บได้มีหลากหลายรูปแบบได้แก่ แบบตาราง แบบลำดับชั้น และแบบกราฟ ซึ่งข้อมูลที่นิยมมักจะใช้แบบตารางซึ่งข้อมูลลักษณะนี้จะมีความสัมพันธ์(Relation)ของข้อมูล และเกิดเป็นระบบเรียกว่า ระบบฐานข้อมูล และในการ

จัดเก็บหรือดึงข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลมาใช้จะต้องมีกระบวนการในการทำ จึงเกิดเป็น **ระบบจัดการฐานข้อมูล** (Database Management System) หรือที่เรียกว่า **ดีบีเอ็มเอส**(DBMS) เป็นกลุ่มโปรแกรมที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในระบบติดต่อระหว่างผู้ใช้กับฐานข้อมูล เพื่อจัดการและควบคุมความถูกต้อง ความซ้ำซ้อน และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่างๆ ภายในฐานข้อมูล ระบบจัดการฐานข้อมูลที่ใช้กันมาก อย่างเช่น Oracle, Cache', Microsoft SQL Server, MySQL เป็นต้น

2.5. ไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

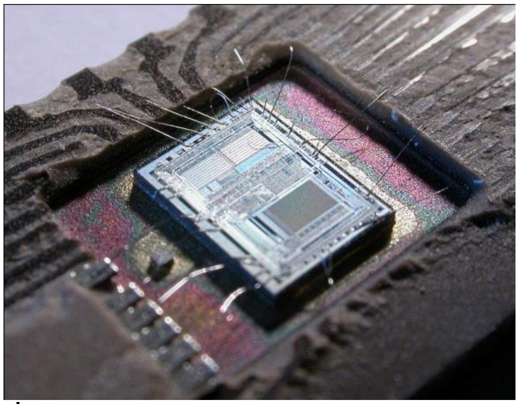
ไมโครคอนโทลเลอร์[10] เป็นอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน ดังรูปที่ 2.8 โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็นส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus), บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

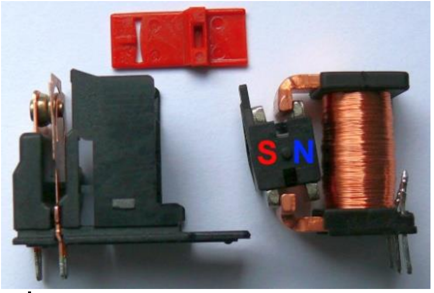
วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย



รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่าง IC ไมโครคอนโทลเลอร์ [10]

2.5.2 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์[11] คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ตัดโดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้า และการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้อุปกรณ์ตามที่ถูกกำหนดมา โดยเมื่อต่อวงจรจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์รีเลย์ มันจะทำให้หน้าสัมผัสติดกัน กลายเป็นวงจรปิด และตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟให้ มันจะกลายเป็นวงจรเปิด ไฟที่เราใช้ป้อนให้กับตัวรีเลย์ก็จะเป็นไฟที่มาจาก เพาเวอร์ฯ ของเครื่องเรา ดังนั้นทันทีที่เปิดเครื่อง ก็จะทำให้รีเลย์ทำงาน รูปตัวอย่างของรีเลย์แสดงดังรูปที่ 2.9



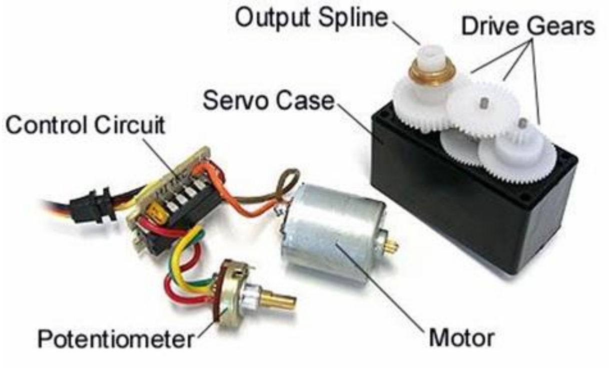
รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างภายในรีเลย์ [11]

2.5.3 Servo Motor

เซอร์โวมอเตอร์[12] คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC MOTOR) ที่ถูกประกอบร่วมด้วยชุดเกียร์ และส่วนควบคุมต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน โดยจะมีสัญญาณใช้งาน 1 เส้น และอีก 2 เส้น เป็นเส้นจ่ายกระแส (VCC) และลงกราวด์ (GND) เท่านั้น ซึ่งสามารถควบคุมให้ตัวเซอร์โวมอเตอร์ หมุนซ้าย หรือ ขวาได้ +90 องศา - 90 องศา (180 องศา) โดยสามารถสั่งงานในการหมุนให้หมุนไปได้ตามองศาต่างๆ ที่ต้องการได้ด้วยตัวของเซอร์โว

มอเตอร์เอง เช่น ต้องการหมุน 1 องศา หรือ 15 องศา ก็ได้ ไม่ต้องมีส่วนควบคุมหรือเซนเซอร์ใดๆ กลับมาตรวจสอบอีกทำให้ง่าย และสะดวกในการในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ

องค์ประกอบพื้นฐานของเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 2.10 ส่วนประกอบหลักของเซอร์โวมอเตอร์ [12]

จากรูปที่ 2.10 องค์ประกอบหลักของเซอร์โวโดยทั่วไปแล้วจะมีส่วนประกอบหลักดังนี้

1. Servo Case ซึ่งส่วนใหญ่จะทำมาจากพลาสติก
2. มอเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนให้กำลังในการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์
3. วงจรควบคุม (Control Circuit) มีหน้าที่ในการถอดรหัสสัญญาณควบคุมจากรีซีฟ ซึ่งส่งมาเป็นแบบ PWM และส่งการควบคุมไปสั่งการทำงานของมอเตอร์ให้หมุนแขนของเซอร์โวให้อยู่ในตำแหน่งที่ได้ถอดรหัสมา
4. โพเทนชิออมิเตอร์ (Potentiometer) คือส่วนที่ตรวจวัดตำแหน่งของเซอร์โวและส่งสัญญาณกลับไปยังวงจรควบคุม เพื่อแก้ไขตำแหน่งให้ถูกต้องตามสัญญาณที่ได้ตั้งค่าไว้
5. Drive Gear คือชุดทดรอบจากการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้ได้แรงบิดที่สูง
6. Output Spline คือส่วนที่ป้องกันการเสียดสีระหว่าง Servo Case และ Output shaft ซึ่งอาจใช้อุปกรณ์ประเภท Baring เพื่อช่วยลดแรงเสียดทานที่ดี
7. Servo wire คือ สายไฟของเซอร์โวจะมีอยู่ 3 เส้นซึ่งจะติดเป็นชุดเดียวกัน ซึ่งจะมีหน้าที่ คือ

- เส้นที่ 1 จ่ายไฟกระแส + DC ซึ่งแรงดันปรกติจะอยู่ที่ 5-6 โวลต์
- เส้นที่ 2 เป็นสายกราวด์ หรือเป็นขั้ว – DC
- เส้นที่ 3 เป็นสายสัญญาณ โดยที่รีซีฟจะส่งสัญญาณลักษณะ on/off pulsed

2.6 การทำมัลติมีเดียแบบวิดีโอสตรีมมิ่ง

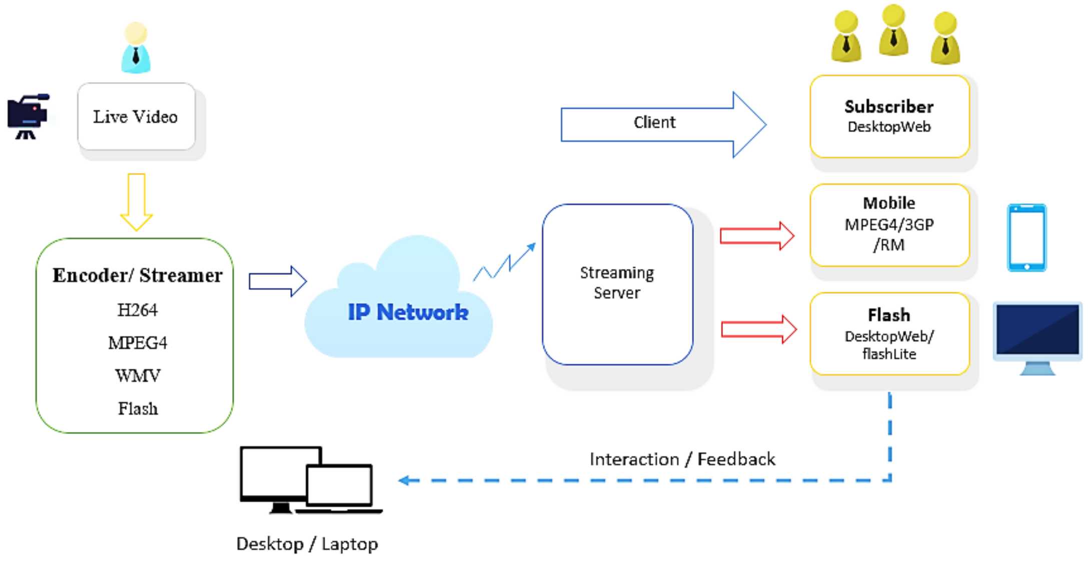
การทำมัลติมีเดียแบบวิดีโอสตรีมมิ่ง[13] มีองค์ประกอบพื้นฐาน มีด้วยกัน 3 ส่วนได้แก่

1) เครื่องเข้ารหัส (Encoder)

2) เครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server)

3) เครื่องผู้ชม (Player)

ซึ่งทั้ง 3 ส่วนน่าจะมีการติดตั้งซอฟท์แวร์สำหรับใช้งานร่วมกันและแสดงผลสตรีมมิ่ง เพื่อให้ผู้ชมได้รับชมหรือรับฟังสื่อต่างๆ ได้ความต้องการ โดยมีหลักการทำงานเริ่มจากไฟล์สตรีมมิ่งที่ส่งมาจากกล้อง แล้วนำมาเข้ารหัสด้วยเครื่องเข้ารหัส (Encoder) จากนั้น จะส่งไฟล์สตรีมมิ่งที่ทำการเข้ารหัสไว้แล้วส่งต่อไปยังพื้นที่สำหรับจัดเก็บข้อมูลไว้บนเซิร์ฟเวอร์ เพื่อให้เซิร์ฟเวอร์บริหารจัดการข้อมูลเหล่านี้ก่อนที่จะทำการถ่ายทอด เพื่อเผยแพร่ไปยังระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเมื่อมีการร้องขอจากเครื่องผู้ชมดังภาพที่ 2.11



รูปที่ 2.11 องค์ประกอบพื้นฐานการทำงานของระบบสตรีมมิ่ง

2.6.1 เครื่องเข้ารหัส (Encoder)

เครื่องเข้ารหัส (Encoder) เป็นเครื่องมัลติมีเดีย ที่ได้ทำการติดตั้งซอร์ฟแวร์ไว้สำหรับแปลงเสียงหรือวิดีโอไม่ว่าจะเป็นตัว Red5 หรือตัว Libx264 ให้อยู่ในรูปแบบของสตรีมมิ่งจากนั้นจึงนำมาทำการเข้ารหัสข้อมูลหรือ

เรียกสั้นๆว่า “เอนโค้ด (Encoder)” ด้วยการใส่รหัสพร้อมทั้งบีบอัดข้อมูลให้มีขนาดไฟล์ลดลง แต่ยังคงคุณภาพเดิมให้มากที่สุด

2.6.2 เครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server)

เครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server) เป็นเครื่องที่ได้จากการติดตั้งโปรแกรมสำหรับใช้ในการบริหารจัดการกับสตรีมมิ่งที่ได้จากการเข้ารหัสของเครื่องเข้ารหัส (Encoder) เพื่อส่งวิดีโอไปยังเครื่องของผู้ชม (Player) ตามต้องการขอมา ซึ่งเรียกการทำงานลักษณะนี้ว่า “สตรีมมิ่งเซิร์ฟเวอร์ (Streaming Server)” จะคอยดูแลการติดต่อและเชื่อมต่อของทั้งสองฝั่งตลอดระยะการทำงาน โดยที่ผู้ชมสามารถที่จะหยุดการเล่นชั่วคราว หรือเลือกชมในช่วงที่ต้องการได้โดยไม่ติดขัด สตรีมมิ่งเซิร์ฟเวอร์สามารถทำได้หลายอย่างพร้อมๆกัน ไม่ว่าจะเป็นการให้บริการกับเครื่องผู้ชมที่ได้ทำการติดต่อและร้องขอมา หรือแม้แต่การกำหนดมาตรฐานการรักษาความปลอดภัยให้กับระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6.3 เครื่องผู้ชม (Player)

เครื่องผู้ชม (Player) เป็นเครื่องมัลติมีเดีย ที่ใช้สำหรับการแสดงผลเพื่อชมหรือฟังสตรีมมิ่งมีเดีย โดยการติดต่อสื่อสาร และรับสตรีมมิ่งมีเดียจากสตรีมมิ่งเซิร์ฟเวอร์มาทำการถอดรหัสข้อมูลก่อน เรียกวิธีการนี้ว่า “ดีโค้ด (Decode)” ก่อนที่จะแสดงผลโยที่ผู้ชมสามารถควบคุมการแสดงมีเดียเหล่านี้ได้ ไม่ว่าจะเป็นการเล่น (Play) การหยุดเล่นชั่วคราว (Pause)

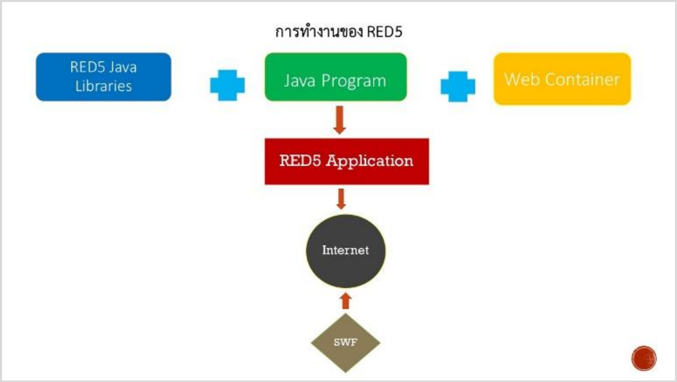
2.6.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ RED5

RED5 คือ application server ที่ทำหน้าที่กระจายสัญญาณต่างๆ RED5 เป็นระบบที่ไม่มีลิขสิทธิ์ (Open Source) ใช้เทคโนโลยีของ JAVA (J2EE) และมีการใช้ Port RTMP (Real Time Messaging Protocol)โดยขีดความสามารถของโปรแกรมประกอบด้วย Streaming Media Audio/Video (FLV, F4V, MP4 and MP3, F4A, M4A), Recording Client Streams (FLV only) Shared Objects, Live Stream Publishing Remoting (AMF) และ Multi-User Environments จึงเป็นความสามารถของ RED5 นี้

โดยจะให้ flash มาเรียกใช้งาน [14] RED5 Streaming Server RED5 เป็น Java Libraries โดยงานหลักคือการทำ Streaming Media โดยถูกClone มาจาก Flash Media Serverของค่าย Adobe โดยทำเป็น Open source และที่สำคัญคือ RED5 ถูกออกแบบมาเพื่อให้ทำงานร่วมกับ Shockwave Flash File (*.swf)

RED5 รับผิดชอบงานทาง Server ส่วน SWF รับผิดชอบงานทางด้านClient RED5 เป็น Library ที่ต้องเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Java เพื่อนำเอา Library เหล่านี้ไป ใช้งาน การทำงานกับ RED5 นั้นต้องทำระบบให้เป็น Client/Server คือต้องมีการแบ่งงานกันทำระหว่าง Client กับ Server ทางด้าน Client ก็ใช้ SWF ส่วน

Server ต้องอาศัยซอฟต์แวร์ที่เรียกว่าJava Web Container [15] เช่น Tomcat, Jetty, หรือ Resin มาช่วยให้โปรแกรมที่พัฒนาด้วย RED5 ทำงานเป็น Server บนเว็บได้ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของ RED5

2.6.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ x264

x264 เป็น software library แบบ open source สำหรับคนที่เขียนโปรแกรมเอาไปใช้ในการเข้ารหัสบีบอัดวีดีโอตามมาตรฐาน เรียกว่า H.264 Encoder [4] ซึ่งการบีบอัดเหล่านี้มักใช้กับหนังประเภท Blu-ray เพื่อทำให้ไฟล์เล็กลง เพื่อสะดวกในการคัดลอก หรือย้ายไฟล์เช่นไฟล์ MKV

โดย H.264[16] เป็นมาตรฐานที่ซ้อนกับ AVC โดย H.264 เป็นชื่อของ ITU-T และ AVC เป็นชื่อของทาง MPEG เท่านั้นเอง มีความสามารถในการเข้ารหัสวิดีโอที่สูงกว่า MPEG-4 part 2 มาก ปัจจุบันเพิ่งถูกนำมาใช้งานโดยแอปเปิลจะนำมาใช้ใน QuickTime 7 และ MacOSX 10.4 Tiger นอกจากแอปเปิลแล้ว [17] H.264 เริ่มถูกนำไปใช้ในระบบทีวีแบบใหม่ของญี่ปุ่นและยุโรป รวมทั้งฟอร์แมตแผ่นดิสก์ที่เป็น Bluray กับ HD-DVD

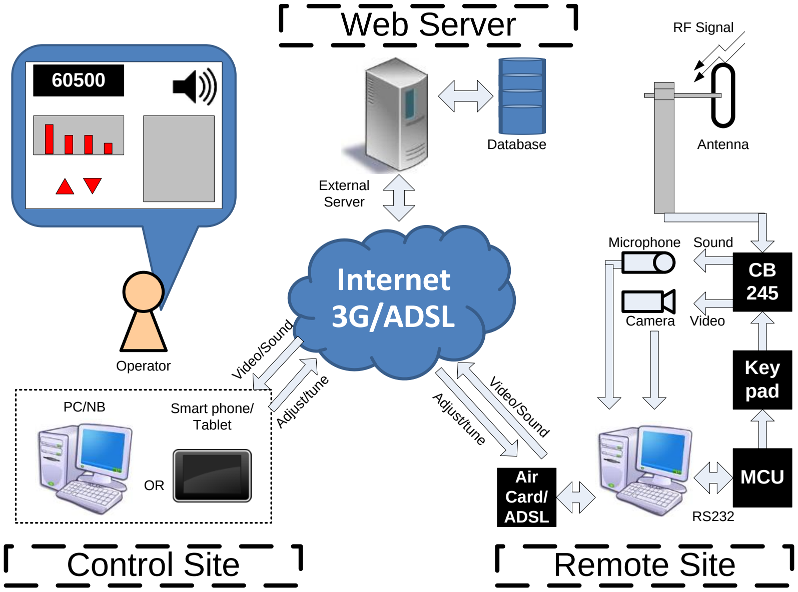
นอกจากนั้นยังมีการนำมาตรฐาน H.264 ไปใช้กับงานด้านกล้องวงจรปิด CCTV โดยเครื่องบันทึกภาพ DVR ใช้คุณสมบัติที่ดีกว่าของมาตรฐานนี้ซึ่งสามารถบีบอัดข้อมูลทั้งภาพและเสียงได้สูงกว่า Mpeg-4 เกือบเท่าตัว [18] ทำให้ประหยัดเนื้อที่ในการบันทึกซึ่งก็เท่ากับว่าสามารถบันทึกข้อมูลภาพและเสียงได้ยาวนานขึ้นกว่าเดิมในขณะที่ใช้เนื้อที่เท่ากันนั่นเอง และยังทำให้อัตราการส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้นอีกด้วย

เมื่อทางคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมหลักการและความรู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบในงานวิจัยนี้ดังที่ได้อธิบายในบทที่ 2 นี้ ทำให้ทางคณะผู้วิจัยสามารถนำองค์ความรู้เหล่านี้มาบูรณาการพัฒนาเป็น “ระบบตรวจสอบความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต” โดยมีวิธีการและขั้นตอนการออกแบบดังจะได้อธิบายในบทที่ 3 ถัดไป

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินโครงการวิจัย

ตามที่คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหลักการและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องที่สามารถนำมาพัฒนาระบบนี้ดังที่ได้นำเสนอในบทที่ผ่านมา ซึ่งสามารถทำองค์ความรู้ดังกล่าวนั้นทั้งด้านระบบฝังตัว ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ การประมวลผลกลุ่มเมฆ การถ่ายทอดมัลติมีเดียวิดีโอสตรีมมิ่ง รวมทั้งการพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนอุปกรณ์อัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนในการพัฒนาระบบตรวจสอบความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ดังต่อไปนี้

3.1 ภาพรวมของระบบที่ถูกพัฒนาขึ้น



รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมของระบบที่พัฒนาในโครงการวิจัย

ภาพรวมของระบบที่พัฒนาในโครงการวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่ 1 ส่วน Control Site หรือ สถานีควบคุม มีหน้าที่ให้ผู้ปฏิบัติงานทำการควบคุมการปรับความถี่ของเครื่องรับสัญญาณปลายทาง โดยสามารถตรวจสอบค่าการปรับผ่านทางภาพ และรับฟังเสียงจากไมโครโฟนของเครื่องรับสัญญาณปลายทางได้ ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์หรือ smart device ได้

ส่วนที่ 2 Remote Site หรือ สถานีลูกข่าย มีหน้าที่ทำการควบคุมอุปกรณ์รับสัญญาณที่ติดตั้งไว้ โดยไม่จำเป็นต้องมีผู้ปฏิบัติงานมาควบคุม ณ ที่นั้นๆ ซึ่งระบบควบคุมที่สถานีลูกข่ายนี้จะทำการควบคุมเครื่องรับสัญญาณความถี่วิทยุเพื่อใช้ในการปรับค่าความถี่ในการรับฟังสัญญาณ โดยควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งถูกเชื่อมต่อ

กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งที่เครื่องคอมพิวเตอร์ดังกล่าวจะมีโปรแกรมอัตโนมัติควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ตลอดเวลา และรับสัญญาณภาพและเสียงส่งไปยังปลายทางที่สถานีควบคุมได้

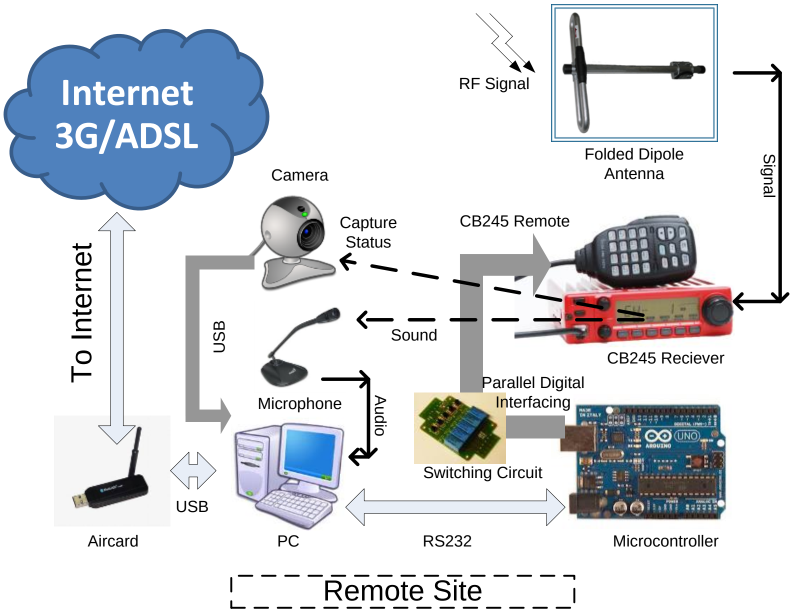
ส่วนสุดท้ายคือ Web server มีหน้าที่เป็นตัวกลางที่ใช้ติดต่อสื่อสารกันระหว่าง สถานีควบคุม กับ สถานีลูกข่าย โดยผ่าน Web service ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทำงานอยู่ Web server นั้นๆ โดยทั้ง 3 ส่วนนี้สามารถติดต่อสื่อสารกันผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

3.1.1 สถานีลูกข่าย (Remote Site)

สถานีลูกข่าย ดังรูปที่ 3.2 มีหน้าที่คือการรับสัญญาณเสียงที่ได้จากคลื่นวิทยุที่ปรับความถี่จากตัวรับสัญญาณ แล้วนำข้อมูลเสียงดังกล่าวไปยังสถานีควบคุมต้นทางให้ได้ ซึ่งหากพิจารณารายละเอียดลงไปในแต่ละส่วนตามลำดับของการทำงานจะมีดังนี้

เริ่มจากทำการติดตั้งสายอากาศ โดยใช้สายอากาศแบบรอบตัว เช่น Folded Dipole เป็นต้น จากนั้นนำสายสัญญาณจากสายอากาศมาต่อเข้ากับเครื่องรับสัญญาณวิทยุ CB 245 MHz (เพื่อความสะดวกในการจัดซื้อ) ซึ่งปรกติจะต้องมีผู้ปฏิบัติการ ทำการควบคุมปรับจูนหาสัญญาณเสียงจากคลื่นความถี่ที่ต้องการเอง โดยทำการปรับจากรีโมทปุ่มกดที่ต่อเชื่อมกับเครื่อง CB 245 แต่เนื่องจากโครงการวิจัยนี้ต้องการติดตั้งชุดอุปกรณ์รับสัญญาณนี้โดยไม่จำเป็นต้องมีผู้ปฏิบัติการอยู่หน้าเครื่อง หรือต้องการให้ควบคุมระยะไกลได้นั่นเอง

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงได้ออกแบบเพื่อพัฒนาระบบควบคุมคอมพิวเตอร์มาแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งต้องการควบคุมผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งจำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์ประเภท ADSL modem หรือ Air card แต่อุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมนั้นคือปุ่มกดรีโมทของเครื่องรับสัญญาณวิทยุ CB 245 ซึ่งไม่สามารถทำการเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์เทอร์มินอลนี้ได้โดยตรง



รูปที่ 3.2 แสดงภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆของต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย)

ทางคณะผู้วิจัยนี้จึงได้ออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้ง 2 ผ่านการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์เทอร์มินอลผ่านการสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐานการสื่อสาร RS232 ทางพอร์ตอนุกรม หรือ พอร์ต USB เพื่อใช้เป็นช่องทางการสื่อสารเพื่อสั่งการเปิด-ปิดสวิตช์ปุ่มกดของรีโมทเครื่องรับสัญญาณวิทยุ CB 245 โดยจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเชื่อมต่อกับปุ่มกดของรีโมทเครื่องรับสัญญาณวิทยุ CB 245 ผ่านวงจร switch เช่น Relay เป็นต้น เพื่อทำหน้าที่จ่ายแรงดันหรือลอจิกไปให้กับหน้าคอนแทคสวิตช์โดยตรงแทนการกดปุ่ม ซึ่งหมายความว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถสั่งการเครื่องรับสัญญาณวิทยุ CB 245 ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ได้จากระยะไกล

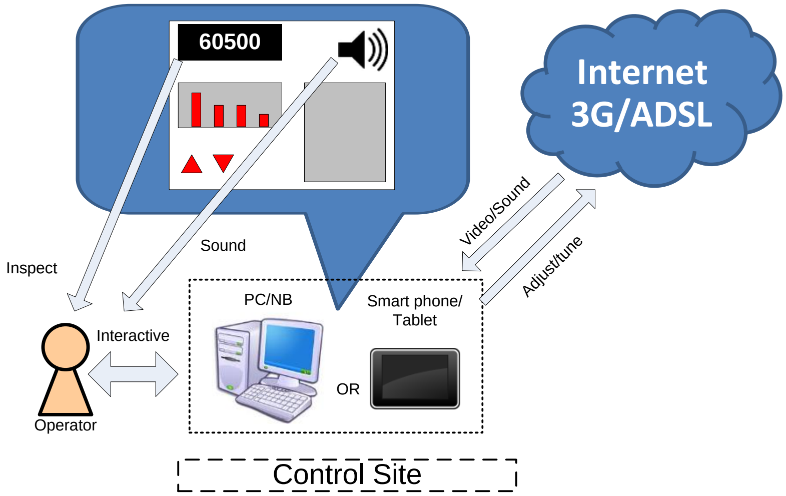
ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์เทอร์มินอลนี้ ท้ายที่สุดจะถูกควบคุมจากระยะไกลจากสถานีควบคุมผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต มายังเครื่องคอมพิวเตอร์เทอร์มินอลนี้ และสั่งการไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจร switch และไปยังรีโมทเครื่องรับสัญญาณวิทยุ CB 245 ในที่สุด

แต่เนื่องจากการที่ผู้ปฏิบัติงานจะทำการสั่งการระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต จากสถานีควบคุมมายังสถานีลูกข่ายได้อย่างถูกต้องนั้น จำเป็นต้องการมีการส่งข้อมูลจากสถานีลูกข่ายลูกข่ายกลับไปเพื่อตรวจสอบด้วยเช่นกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะได้มีการออกแบบติดตั้งกล้องดิจิตอล Webcam เพื่อตรวจสอบค่าสถานะที่หน้าปัดของเครื่องรับสัญญาณวิทยุ CB 245 ซึ่งมีสองส่วนที่สำคัญนั่นคือ ค่าความถี่ที่ปรับจูนและค่าความแรงของสัญญาณที่รับได้ ณ ความถี่นั้นๆ ซึ่งข้อมูลทั้งสองส่วนนี้จะถูกผ่านด้วยส่งสัญญาณภาพกลับไปยังสถานีควบคุมเพื่อตรวจสอบ รวมทั้งยังมีการติดตั้งไมโครโฟนที่เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายเพื่อรับเสียงที่ตรวจจับได้จากเครื่องรับสัญญาณวิทยุและส่งข้อมูลเสียงไปกลับยังสถานีควบคุมต่อไป

3.1.2 สถานีควบคุม (Control Site)

สถานีควบคุม มีหน้าที่ให้ผู้ปฏิบัติการทำการควบคุมสถานีลูกข่ายระยะไกล (Remote/Tele Control) เพื่อควบคุมเครื่องคอมพิวเตอร์เทอร์มินอลหรืออุปกรณ์ปลายทางผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งระบบนี้ทำการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์หรือ Smart device กับสัญญาณอินเตอร์เน็ตผ่านรูปแบบการสื่อสาร ไม่ว่าจะเป็น Ethernet, WiFi หรือ 3G เพื่อไปควบคุมสถานีลูกข่าย ผ่าน web server ที่ขั้นกลางอยู่ โดยอาจจะเลือกใช้โปรโตคอลต่างใน TCP/IP เช่น HTTP เป็นต้น เพื่อทำการติดต่อสั่งการอุปกรณ์และนำภาพและเสียงมาแสดงในโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์หรือ Smart device ที่ติดตั้งโปรแกรมระบบนี้ไว้ได้

ข้อดีของการพัฒนาระบบต้นแบบสถานีควบคุมบน Smart device ระบบปฏิบัติการ Andriod นั้น คือการที่ผู้ปฏิบัติการสามารถพกพา Smart device นั้นไปที่ต่างๆที่สัญญาณอินเตอร์เน็ตเข้าถึง ทำให้สามารถเข้าถึงสถานีลูกข่ายที่ไหน และเมื่อไหร่ก็ได้ ตามต้องการ ซึ่งหน้าจอโปรแกรมนี้จะถูกออกแบบให้ตอบสนองความต้องการของผู้ปฏิบัติการได้อย่างเพียงพอเกี่ยวกับข้อมูลที่มาจากหน้าปัดของเครื่อง CB 245 จากสถานีลูกข่ายปลายทางและสามารถรับฟังเสียงที่รับได้จากไมโครโฟนเครื่อง CB 245 มายังลำโพงของคอมพิวเตอร์หรือ Smart device ได้เช่นกัน รูปที่ 3.3 แสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ของต้นแบบระบบสถานีควบคุม



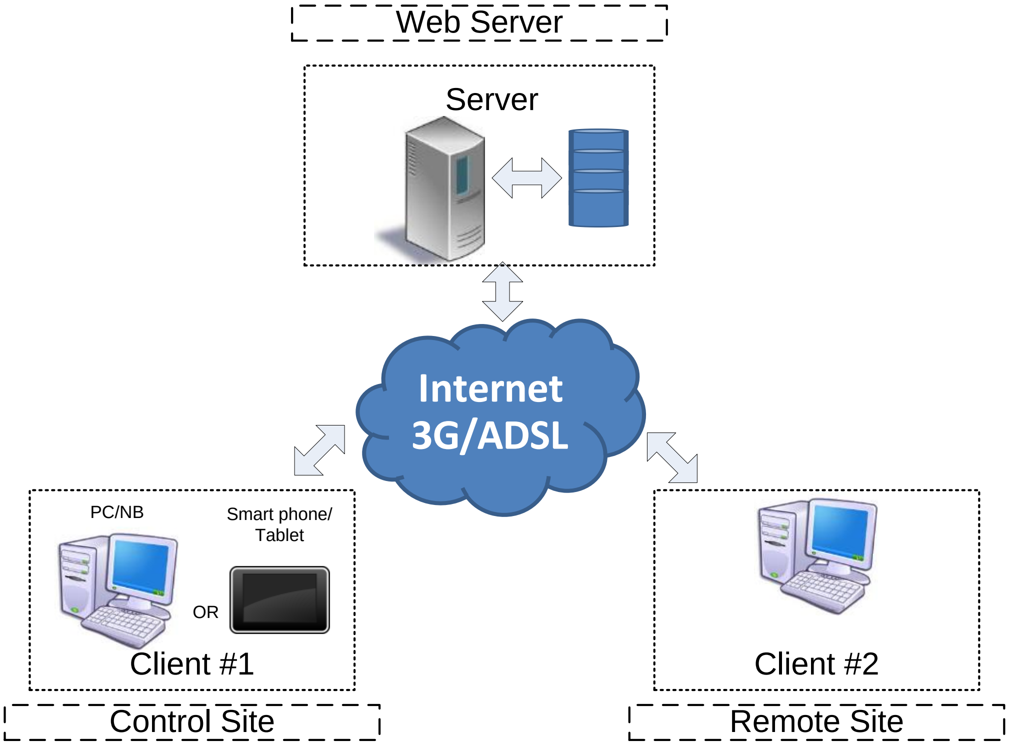
รูปที่ 3.3 แสดงภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆของต้นแบบระบบสถานีควบคุม

ในโครงการวิจัยนี้วางแผนไว้สำหรับการควบคุมจากต้นแบบสถานีควบคุม เพื่อควบคุมสถานีลูกข่ายระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ในลักษณะ 1 สถานีควบคุม ต่อ 1 สถานีลูกข่าย เพื่อเป็นการทดสอบการทำงานของฟังก์ชันต่างๆของระบบและรวมทั้งทดสอบความเร็วในการตอบสนองและแบนวิดธ์ของระบบ เมื่อปฏิบัติการด้วย

3.1.3 Web Server

จากองค์ประกอบของโครงการวิจัยทั้ง 2 ส่วนที่ได้กล่าวมาคือ ส่วนต้นแบบระบบสถานีควบคุม และส่วนต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง(สถานีลูกข่าย) หากจะทำให้ทั้ง 2 ส่วนเชื่อมต่อกันระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตนั้น หากทำการเชื่อมต่อกันโดยตรง จะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายอย่างมาก และไม่เหมาะกับการเคลื่อนย้าย หรือติดตั้งได้ง่ายนัก

ดังนั้นการใช้ Web server เข้ามาเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน จะทำให้ลดค่าใช้จ่าย (ในการจดทะเบียน Domain name หรือ Real IP ทั้ง 2 ฝั่ง) โดยทำการพัฒนา Web server ขึ้นมาเป็นตัวกลาง 1 ตัว และทำหน้าที่เป็น Server ของระบบทั้ง 2 ส่วน โดยพิจารณาต้นแบบระบบสถานีควบคุม และต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) ให้เป็น Client ทั้งคู่ (แต่หน้าที่และการทำงานของ client ทั้งสอง จะไม่เหมือนกัน) ซึ่งทั้ง server และ client ทั้ง 2 ส่วน จะมีโปรแกรมทำงานอยู่บนเครื่องของตน โดยทำการเชื่อมต่อในชั้น Application-Layer แบบ Client-Server นั่นเอง



รูปที่ 3.4 แสดงภาพการเชื่อมต่อต้นแบบระบบสถานีควบคุมและต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง โดยให้ Web Server เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูล

จากรูปที่ 3.4 แสดงภาพการเชื่อมต่อต้นแบบทั้งสองส่วนเข้าหากันโดยอาศัย Web Server ซึ่งมีการทำงานดังนี้

เริ่มต้นจากการกำหนด Web server ให้มาเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ ขั้นตอนต่อไปก็คือการนำโปรโตคอลในชั้นการสื่อสารมาใช้ให้ถูกตามวัตถุประสงค์ (HTTP, TCP, UDP, and SCTP) โดย Client ทั้ง 2 ส่วนจะเริ่มทำการ Connect เข้ากับ Server เมื่อ โปรแกรมClient #1 หรือ สถานีควบคุมต้องการจะสั่งการ (Active: on demand) ไปควบคุมอุปกรณ์ Client #2 ที่ดูแลอยู่นั้น ก็จะทำการส่ง Message ที่ Web server รู้จัก (Command) เพื่อนำไปเรียกใช้งาน Web service และเข้าไปเขียนค่าสถานะในฐานข้อมูล โดยที่โปรแกรมClient #2 ที่เชื่อมต่ออยู่แล้ว จะทำการอ่านค่าสถานะในฐานข้อมูลอยู่ตลอดเวลา(Active: always) เมื่อพบสถานะให้ทำคำสั่งใด ก็จะรับคำสั่งนั้นมาแปลความหมาย และสั่งการไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เชื่อมต่ออยู่ในระดับล่างต่อไป

นอกจากนั้น Web server ยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการทำงานด้าน Streaming เพื่อส่งภาพ VDO และเสียงที่ตรวจจับได้ จากโปรแกรม Client #2 ไปยังโปรแกรม Client #1 เพื่อแสดงภาพและเสียงได้ตามต้องการ

3.2. การพัฒนาต้นแบบและการควบคุมต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อเชื่อมต่อและควบคุมตัวรับสัญญาณผ่านระบบการเชื่อมต่อ

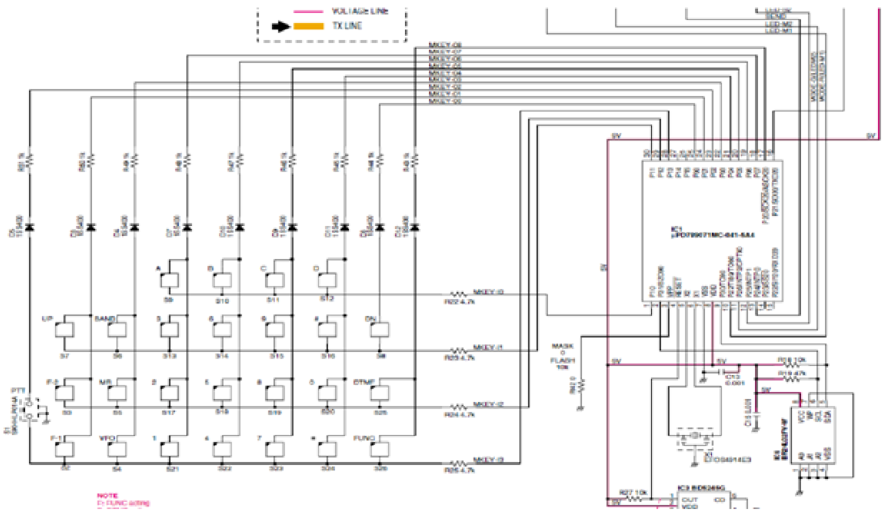
การพัฒนาต้นแบบและการควบคุมต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อเชื่อมต่อและควบคุมตัวรับสัญญาณผ่านระบบการเชื่อมต่อ โดยทางคณะผู้วิจัยจะแบ่งการอธิบายขั้นตอนและผลการดำเนินงาน เป็น 3 ส่วน ดังนี้ (1) ผลการออกแบบการเชื่อมต่อ (Interfacing) วงจรและไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการควบคุมการปรับช่องสัญญาณและระดับเสียงของเครื่อง CB245 ส่วนที่ (2) คือหลักการและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่ (3) คือผลการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์ควบคุมดังกล่าว โดยสั่งการจากเครื่องคอมพิวเตอร์แทนการกดที่รีโมตหรือหมุนปุ่มปรับเสียงที่หน้าเครื่อง CB245

3.2.1 การออกแบบการเชื่อมต่อวงจรและไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่อง CB245

จากรูปที่ 3.2 ที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 3.1 นั้น จะเห็นได้ว่าประกอบไปด้วยวงจรและไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่อง CB245 ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุม/ปรับ ช่องสัญญาณ และระดับความดังของเสียงลำโพง โดยเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่สามารถรับคำสั่งการควบคุมผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้

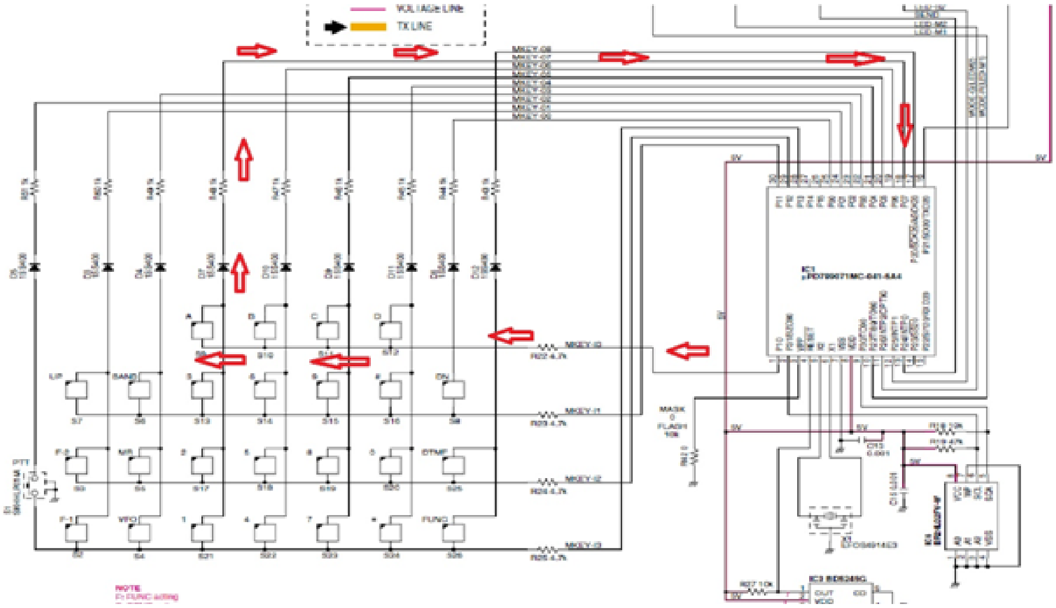
การทำงานภายในรีโมตเครื่อง CB245

ในการทำงานของเครื่องชุดควบคุมรีโมตวิทยุ icom hm-133v นี้จะเป็นการทำงานแบบ Key-Metrix ซึ่งเป็นการกดปุ่มที่มีสวิตช์ต่อเรียงกันเป็นแถว ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงการทำงานของเครื่องชุดควบคุมรีโมตวิทยุ icom hm-133v

การทำงานของ Key-Matrix จะเป็นการใช้ IC ในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าแทนด้วย 0 คือเปิด ไม่มีกระแสไฟฟ้า) และ)1 คือปิด (มีกระแสไฟฟ้า) จากรูปจะเห็นว่า ใน 1 ปุ่ม จะมีเส้นวงจร 2 เส้นต่อกับปุ่มอยู่ โดยที่ตำแหน่ง R22, R23, R24, R25 จะมีแรงดันไฟฟ้าไหลอยู่เพื่อเป็นตัวตรวจจับและที่ตำแหน่ง R51, R50, R49, R48, R4, R46, R45, R44 และ R43 จะเป็นตัวรับค่าการเปลี่ยนแปลง เมื่อมีการกดปุ่ม1ปุ่มจะเป็นเชื่อมวงจรของตัว R ที่ 2 ตำแหน่งนี้และเกิดการเปลี่ยนแปลงจาก ‘0’ เป็น ‘1’ ทำให้ IC ตรวจจับได้ว่ามีการกดปุ่มๆนี้

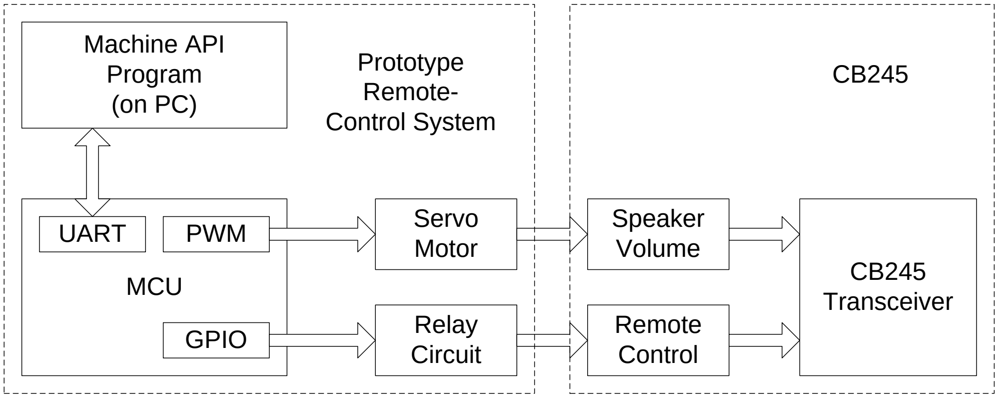


รูปที่ 3.6 แสดงการส่งสัญญาณเมื่อกดปุ่ม A ในรีโมต CB245

เพื่อความเข้าใจทางคณะผู้วิจัยขอยกตัวอย่างการกด 1 ปุ่ม เช่น เมื่อ กดปุ่ม A เมื่อกดปุ่มนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงของ R ใน 2 ตำแหน่ง ดูจากลูกศรสีแดง ดังรูปที่ 3.6

เมื่อกดปุ่ม แรงดันไฟฟ้าจาก R22 (R ตำแหน่งนี้จะมีไฟเลี้ยงตลอดเวลา) จากผ่านสวิตซ์กดของปุ่ม A ไปยัง R48 (ตามลูกศร) และจะไปเข้า IC เป็นจุดสุดท้าย การกดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันระหว่าง R22 กับ R48 IC จึงรับรู้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่ตำแหน่งของ R ทั้ง 2 ตัวนี้จึงส่งค่าว่ากดปุ่มที่ปุ่ม A ส่งไปยังระบบที่เกี่ยวข้อง

ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในลักษณะ System Block Diagram เพื่อแสดงการเชื่อมต่อ (Interfacing) ได้ดังรูปที่ 3.7 ดังนี้



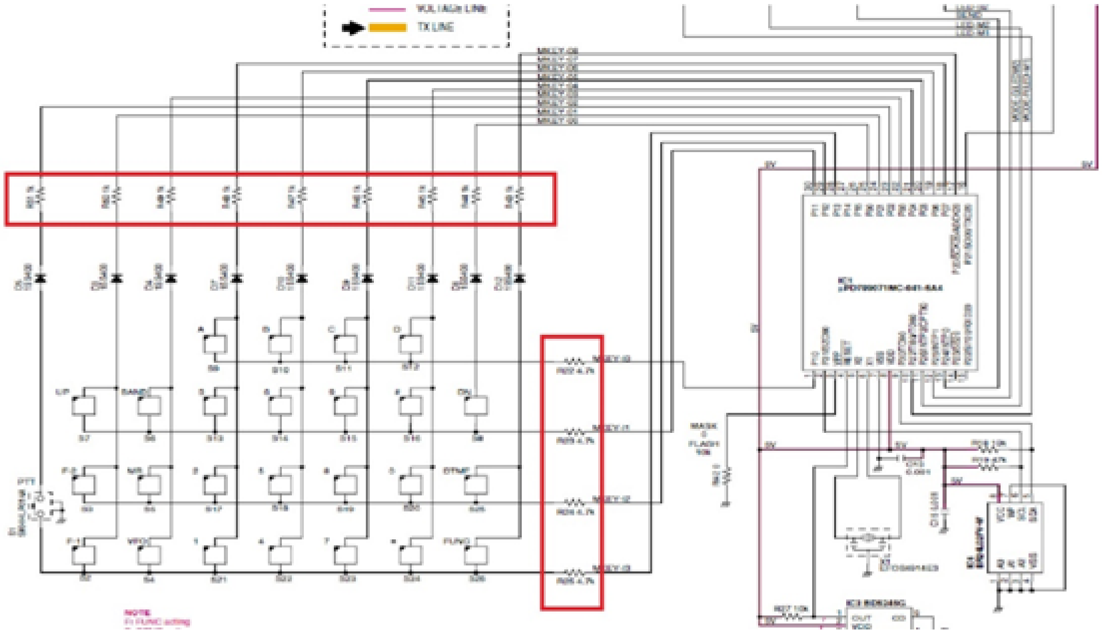
รูปที่ 3.7 แสดง System Block Diagram เพื่อแสดงการเชื่อมต่อ (Interfacing) เพื่อควบคุม CB245

จากรูปที่ 3.7 อธิบายได้ว่า การที่จะนำเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (ที่มีโปรแกรม Machine API หรือ ใช้คนมาควบคุมที่เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล) นั้นจะต้องผ่านการเชื่อมต่อ หรือ Interfacing ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรที่เหมาะสมก่อน จึงจะสามารถให้อุปกรณ์ทั้งสอง คือ CB245 และ คอมพิวเตอร์สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ ซึ่งจากความต้องการที่ทางคณะผู้วิจัยวิเคราะห์สำหรับการใช้งานมี 2 ส่วนคือ (1) ส่วนที่ใช้ปรับช่องสัญญาณที่ต้องการรับข้อมูลของเครื่อง CB245 และ (2) ส่วนที่ใช้ในการปรับระดับเสียงของเครื่อง CB245 ดังนั้นทางคณะวิจัยร่วมกับทาง กสทช เขต 10 พิษณุโลก จึงมีแนวคิดว่า ในส่วนของการควบคุมการปรับช่องสัญญาณนั้น สามารถทำได้โดยการตัดต่อสัญญาณที่หน้าสวิตช์กดของรีโมตเครื่อง CB245 โดยใช้ Relay เป็นตัวตัดต่อสัญญาณ ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป และในส่วนของการปรับระดับเสียงที่ตัวเครื่อง CB245 นั้น ทางคณะผู้วิจัยคิดว่าสามารถนำ Servo Motor มายึดเข้ากับปุ่มหมุนของเครื่อง CB245

3.2.2 การออกแบบวงจรควบคุมการเลือกช่องสัญญาณเครื่อง CB245 ผ่านชุดวงจรควบคุม

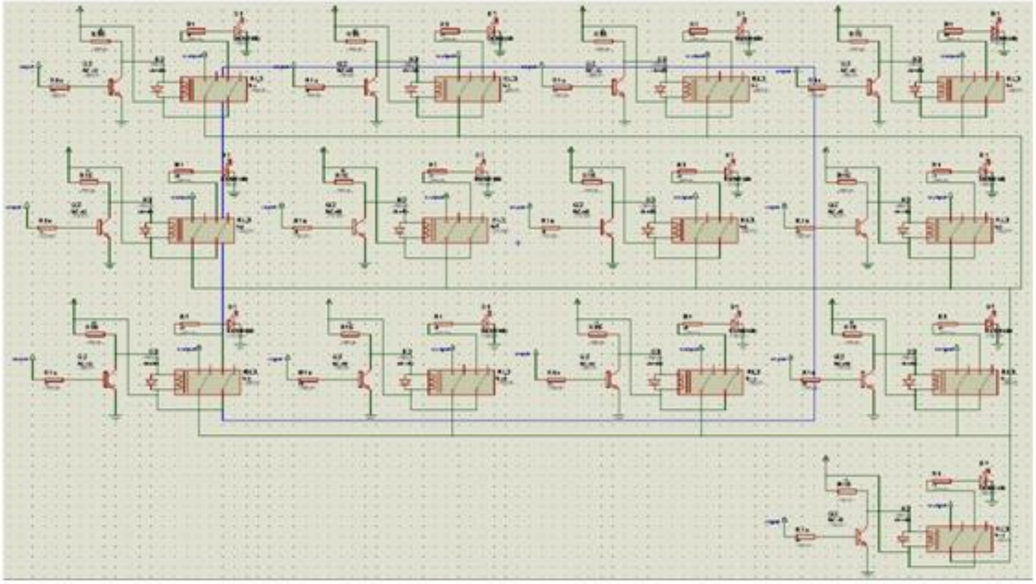
ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงผลการทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างเครื่อง CB245 และเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ผ่านชุดวงจรควบคุม

การทำงานของรีเลย์ในวงจร เราจะใช้รีเลย 2 ตัวในการกดปุ่ม 1ปุ่ม ซึ่งรีเลย์ทุกตัวตรงขา COM จะเชื่อมต่อถึงกันเพื่อความสะดวกในการเปลี่ยนแปลงทำงานของวงจร โดยเราจะใช้รีเลย์แทนตำแหน่งของ R ซึ่งเราจะสามารถควบคุมการกดปุ่มแทนสวิตช์ได้ ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงการติดตั้ง Relay แทนตัว R

จากรูปที่ 3.8 จะเห็นได้ว่าจะมี R ทั้งหมด 13 ตัว ดังนั้นจึงต้องใช้รีเลย์ทั้งหมด 13 ตัวในการทำงาน ดังรูปที่ 3.9 นี้



รูปที่ 3.9 แสดง schematic ของวงจรการติดตั้ง Relay แทนตัว R

โดยรีเลย์แต่ละตัวจะแทนตัว R ต่างๆ ตามตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงการติดตั้ง Relay แทนตัว R

Relay	ตำแหน่งตัว R
N1	R51
N2	R50
N3	R49
N4	R48
N5	R47
N6	R46
N7	R45
N8	R44
N9	R43
N10	R22
N11	R23
N12	R24
N13	R25

จะเห็นได้ว่ารีเลย์ทั้ง 13 ตัวนั้น จะแทนที่ตัว R ของ Key-Matrix ทั้งหมดซึ่งการใส่รีเลย์แบบนี้จะทำให้สามารถใช้แทนเป็นสวิตซ์ได้ ทำให้สามารถสั่งกดปุ่มผ่านรีเลย์โดยไม่ต้องกดปุ่มที่รีโมต

ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องชุดควบคุมรีโมตวิทยุ

ภายในกล่องชุดวงจรควบคุม จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ (1) ชุดวงจรเพาเวอร์ซัพพลายเพื่อแปลงไฟฟ้ากระสลับจากไฟบ้านให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และปรับแรงดันให้ลดลงเพื่อนำมาใช้กับวงจรอิเลคทรอนิกส์ซึ่งใช้ไฟฟ้าในปริมาณเล็กน้อยในแผงวงจรต่างๆ (2) ชุดวงจรแปลงสายสัญญาณจากรีโมต CB245 เพื่อปรับให้เหมาะกับการรับสัญญาณสั่งกระตุ้นจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในบอร์ดวงจร และ (3) แผงวงจรชุดควบคุม ซึ่งประกอบไปด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรชุด Relay เพื่อเตรียมไปสั่งการแทน Key-Matrix Switch ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ถึง รูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13 แสดงกล่องชุดวงจรควบคุมภายนอกที่สามารถเชื่อมต่อรีโมตเครื่อง CB245 และ พอร์ต USB ได้

รูปที่ 3.10 แสดงวงจร Switching Power Supply

รูปที่ 3.11 แสดงวงจรแปลงสายสัญญาณจากรีโมต

รูปที่ 3.12 แสดงแผงวงจรชุดควบคุม

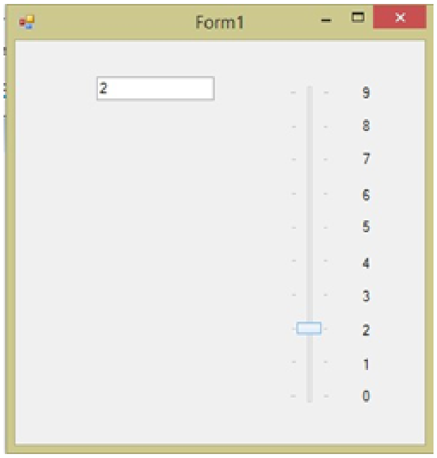
รูปที่ 3.13 กล่องชุดวงจรควบคุมภายนอกที่สามารถเชื่อมต่อรีโมตเครื่อง CB245 และ พอร์ต USB ได้

3.2.3 การพัฒนาการควบคุมการปรับระดับเสียงลำโพงเครื่อง CB245 ผ่านชุดวงจรควบคุม

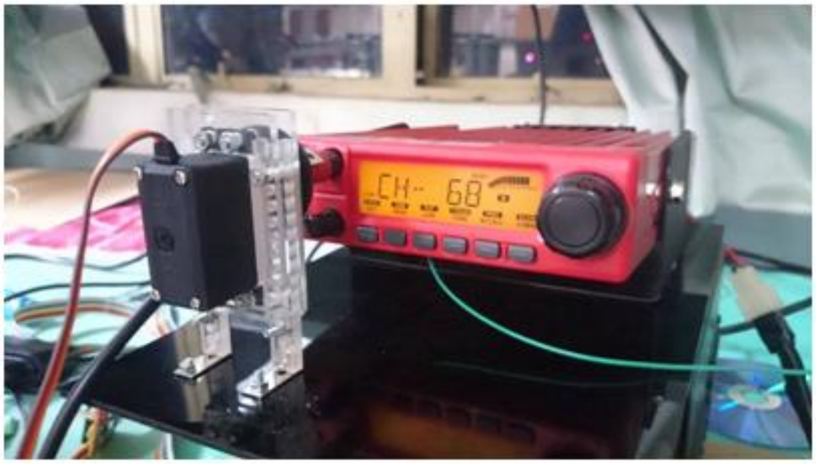
ดังที่ได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้ ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการติดตั้ง Servo Motor เพื่อยึดกับปุ่มหมุนปรับระดับเสียงลำโพงเครื่อง CB245 โดย Servo Motor นี้จะถูกควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในกล่องชุดวงจรควบคุม

เช่นเดียวกันกับการปรับเลือกช่องสัญญาณ แต่การควบคุมนี้จะแตกต่างกับการกระตุ้นการทำงานของ Relay เนื่องจาก ลักษณะการทำงานที่ต้องการ คือการหมุน และ RC-Servo Motor ที่นำมาใช้นี้ ต้องใช้การควบคุมแบบ PWM ดังที่ได้อธิบายไปในก่อนหน้านี้ โดยสามารถสื่อสารเพื่อสั่งการการหมุนได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เช่นกัน

โดยทางคณะวิจัยได้ทำการกำหนด (Map) ค่าองศาของ Servo Motor และมุมหมุนหรือค่าความดังของลำโพงเครื่อง CB245 เอาทั้งหมด 10 ระดับ (0 ถึง 9) ดังรูปที่ 3.14 – 3.16



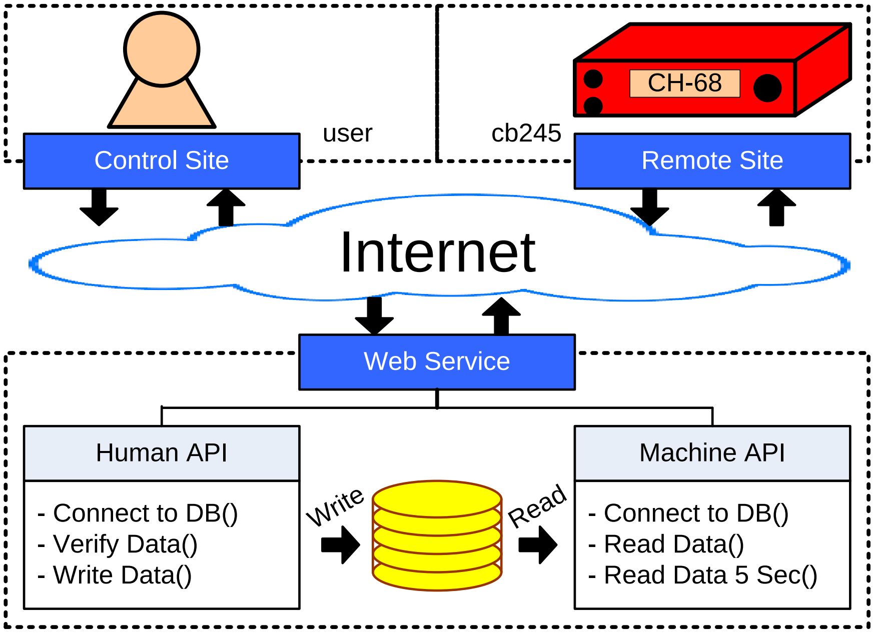
รูปที่ 3.14 แสดงโปรแกรมทดสอบระดับเสียง **รูปที่ 3.15** แสดงการติดตั้ง Servo Motor ที่ปุ่มหมุนระดับเสียง



รูปที่ 3.16 แสดงการติดตั้ง Servo Motor ที่ปุ่มหมุนระดับเสียงและการยึดกับฐานชิ้นล่าง

3.3 การออกแบบและทดสอบ API สำหรับการควบคุม

เมื่อคณะผู้วิจัยได้ทบทวนหลักการและทฤษฎีด้านการจัดการข้อมูลจาก Web Service และ ฐานข้อมูล ที่ได้กล่าวมาในขั้นต้นแล้ว จึงทำการออกแบบ Application Programming Interface (API) คือส่วนของโปรแกรมที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อจะให้แสดงวิธีการในการเข้าถึงหรือ สั่งการสิ่งใดสิ่งหนึ่งในระบบ โปรแกรมส่วนอื่น สามารถเรียกเพื่อใช้งานได้



รูปที่ 3.17 แสดง API ใน Web Service ทั้ง Human API และ Machine API

ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.17 ซึ่งการออกแบบลักษณะนี้จะพิจารณาจาก ผู้ใช้หรือ User ในโต้ตอบกับ Human API และ CB245 (พร้อมอุปกรณ์ควบคุม) ให้โต้ตอบกับ Machine API ซึ่งทั้ง 2 กลุ่ม API นี้ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาด้วยภาษา PHP โดยใช้การเชื่อมต่อฐานข้อมูล MySQL เป็นตัวกลางในการพักข้อมูล (Buffer) เพื่อรองการอ่านหรือเขียนจากฝั่งหนึ่งไปยังอีกฝั่งหนึ่ง

3.3.1 Human API

Human API คือ ส่วนของโปรแกรมที่เป็นวิธีการในการสั่งการเครื่อง CB 245 และเขียนข้อมูลลงไปในฐานข้อมูลซึ่งมีดังนี้

- **Connect to DB()** : การเชื่อมต่อฐานข้อมูล Connect.php

- **Verify Data()** : การตรวจสอบการส่งค่า
- **Write Data()** : การเขียนข้อมูลลงในฐานข้อมูล

<u>ส่วนที่ การเชื่อมต่อฐานข้อมูล 1 Connect.php</u>

สำหรับการทำงานส่วนใหญ่จะต้องทำการ Qeury กับฐานข้อมูลจึงมีความจำเป็นต้องมีโปรแกรมสำหรับการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล ซึ่งใน PHP สามารถทำได้ดังรูปที่ 3.18

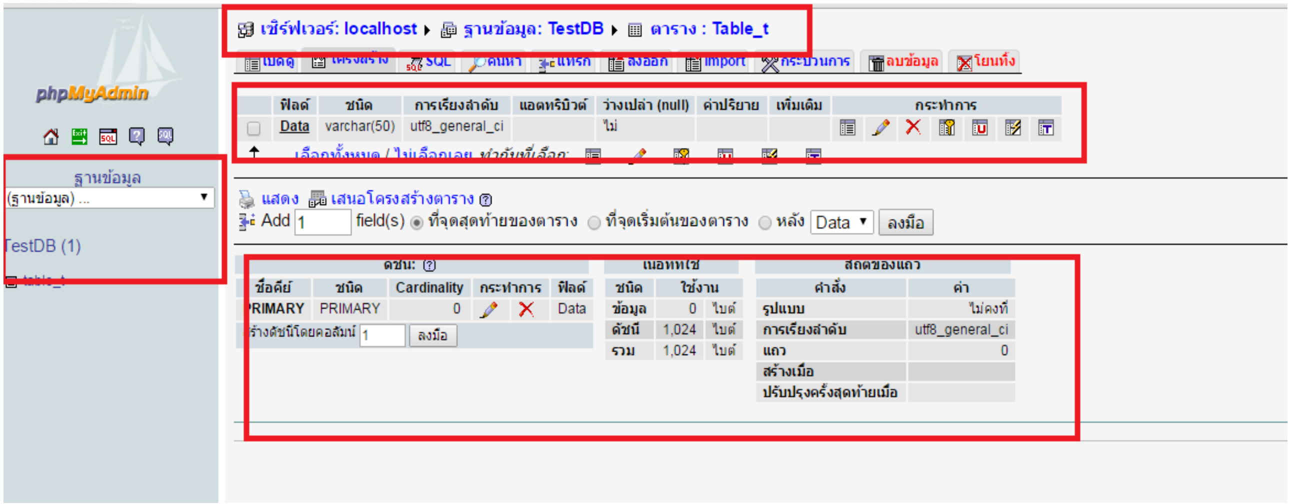
```php
<?php

    $server = "ServerName";
    $username = "Username";
    $password = "Password";
    mysql_connect($server,$username,$password) or die("Cannot Connect to server");
    mysql_select_db("database") or die("Cannot connect to database");
?>
```

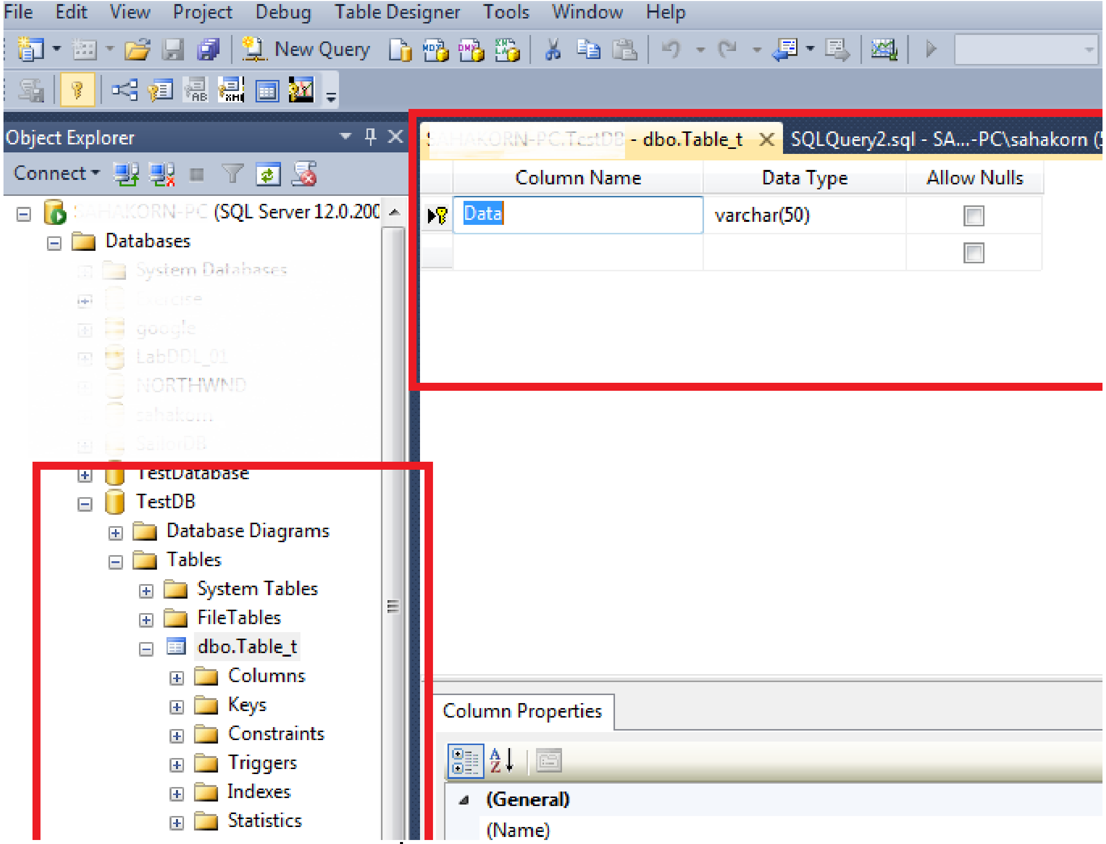
รูปที่ 3.18 แสดงการเชื่อมต่อฐานข้อมูลสำหรับ Human API

ในการส่วนเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล จะต้องทำการเลือก Server ที่เราใช้บริการอยู่ ซึ่งได้เก็บไว้ในตัวแปร $server และทำการใส่ Username และ Password ซึ่งได้เก็บไว้ในตัวแปร $username และ $password ตามลำดับ และใช้คำสั่ง mysql_connect(); ในการเชื่อมต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์ และคำสั่ง mysql_select_db(); ในการเลือกเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลที่เราต้องการ ดังรูปที่ 3.19 3.20 และ 3.21

<u>การสร้างฐานข้อมูล</u>



รูปที่ 3.19 แสดงการสร้างฐานข้อมูล



รูปที่ 3.20 แสดงการสร้างฐานข้อมูล

```
CREATE TABLE  `Table_t` (
 `Data` VARCHAR( 3 ) NOT NULL ,
PRIMARY KEY (  `Data` )
) ENGINE = MYISAM ;
```

รูปที่ 3.21 แสดงสร้างตารางข้อมูล

สำหรับการสร้างฐานข้อมูลจะสร้างได้จาก SQL Command ข้างต้นสร้างตารางชื่อ Table_t มี Data เป็นข้อมูลชนิด VARCHAR ขนาด 3 ไบต์

<u>ส่วนที่ 1การตรวจสอบการส่งค่า 2</u>

ในการส่งค่า $Data จะทำการส่งตัวเลข 2 หลักและตัวอักษร ‘c’ อย่างเช่นจะส่งค่า **68** จะต้องส่งเป็น **“c68”** หรือถ้าส่งเลข 3 จะต้องส่งเป็น **“c03”** เป็นต้น ดังรูปที่ 3.22 แสดงการพัฒนาโปรแกรมเพื่อปรับให้เลขที่ต้องการส่งมีจำนวน 2 หลักเสมอ

```php
$cTemp = "c";
$Data = $_POST["channel"];

if($Data == 0)
{
    $Data = "";
    $sendData = "";

}
else if($Data < 10)
{
    $Data = 0 + $Data;
    $sendData = $cTemp."0".$Data;
}
else
{
    $sendData = $cTemp.$Data;
}
```

รูปที่ 3.22 แสดงตรวจสอบข้อมูล

ในกรณีของ $Data ที่เข้ามาครั้งแรกจำมีค่า **default** ของ **channel** เป็น **0** ซึ่งเราไม่ต้องการให้โปรแกรมทำอะไรเนื่องจากเป็นค่าที่ไม่ต้องการ แต่ถ้า $Data มีค่าไม่เป็น 0 เราจะต้องตรวจสอบว่าค่าที่รับเข้ามาเป็นเลขกี่หลัก ในกรณีที่เรารับตัวเลขมามีค่าน้อยกว่า าเราจะต้องเพิ่มหลักสิบเข้าไปด้วยเลข 0 และทำแสดงว่ 10 การรวมกับ$cTemp ซึ่งเป็นอักษร ‘c’ เมื่อส่งจึงประกอบไปด้วย ตัวเลข หลัก อักษรอีก 1 อักขระ ส่งทั้งหมด 2 เป็นCharacter ในตัวแปร $sendData

<u>ส่วนที่ เขียนข้อมูลลงในฐานข้อมูล 3</u>

บเรียบร้อยแล้วลงไปในฐานข้อมูลโดยใช้ ระบบจัดการในส่วนนี้จะทำการส่งข้อมูลที่เราทำการตรวจสอ ฐานข้อมูลด้วยบริการ ของ**MySql** ดังรูปที่ 3.23

```php
<?php
    $sql = "INSERT INTO Database.table (Data) VALUES ('$sendData')";
    if(mysql_query($sql))
    {
        // INSERT SUCCESS.
    }
    else
    {
        echo mysql_error();
    }
?>

```

รูปที่ 3.23 แสดงการเขียนข้อมูลลงฐานข้อมูล

3.3.2 Machine API

ในฝั่งของเครื่อง CB 245 จะมีโปรแกรมที่จะทำหน้าที่อ่านข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อสั่งการเครื่องซึ่งจะใช้ภาษา C# ในการพัฒนา และใช้บริการของ MySql ประกอบด้วยดังต่อไปนี้

- **Connect to DB()** : การเชื่อมต่อฐานข้อมูล Connect.php
- **Read Data()** : อ่านข้อมูลจากฐานข้อมูล
- **Read Data 5 Sec()** : อ่านข้อมูลจากฐานข้อมูลทุกๆ 5 วินาที

ส่วนที่ เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล 1

```
// SQL COMMAND
connectionString = @"server=ServerName;database=DBName;userid=ID;password=password";
// Connect to Database
MySqlConnection connection = new MySqlConnection(connectionString);
        try
         {
          connection.Open();
        }

        catch
        {
                // Error
         }
```

รูปที่ 3.24 เชื่อมต่อฐานข้อมูลด้วย C#

จากรูปที่ 3.24 แสดงให้เห็นถึงซอร์สโค้ดการพัฒนา API ในการเชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูลร่วมกัน ด้วยภาษา C# เพราะ API นี้จะรันในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่เชื่อมต่อกับวงจรอนเตอร์เฟสไปยังเครื่อง CB245 ที่อยู่ในฝั่ง Remote Site

ส่วนที่ 2 อ่านข้อมูลจากฐานข้อมูล

```
        //..........................................................................

        //..........................................................................
MySqlConnection connection = new MySqlConnection(connectionString);
     try
     {
        connection.Open();
            //SQL COMMAND SELECT ALL dATA
        MySqlCommand cmd = new MySqlCommand("SELECT * FROM TestDB", connection);
        MySqlDataReader dataReader = cmd.ExecuteReader();


        while (dataReader.Read())
        {
            Data = dataReader["Data"].ToString();

        }

             //close Data Reader
              dataReader.Close();
                  connection.Close();

       }
     catch
       {
              // Error
        }
        //..........................................................................

        //..........................................................................
```

รูปที่ 3.25 อ่านข้อมูลจากฐานข้อมูลด้วย C#

รูปที่ 3.25 เมื่อผ่านขั้นตอนการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลสำเร็จแล้ว ระบบจะสามารถส่ง Http Request ไปยัง Web Service ที่ได้พัฒนาเอาไว้ เพื่อทำการขออ่านค่าข้อมูลในฐานข้อมูลที่ใช้ เพื่อเตรียมนำมาประมวลผลหาคำสั่งในการสั่ง CB245

<u>ส่วนที่ อ่านข้อมูลทุกๆ 5 วินาที 3</u>

จาก รูปที่ 3.26 API ในส่วนนี้ได้ทำการพัฒนาเพิ่มเติมจาก API การอ่านข้อมูลจากฐานข้อมูลก่อนหน้านี้ โดยพิจารณาจากระบบที่จะนำไปใช้งานจริง โดยที่ API ตัวนี้จะต้องทำการเชื่อมต่อ และเข้าไปอ่านข้อมูลสถานะการกระทำในฐานข้อมูลอยู่ตลอดเวลา ซึ่งในครั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการกำหนดรอบในการเข้าไปอ่านข้อมูลเป็นระยะเวลาทุกๆ 5 วินาที

```
        //.........................................................
        private Timer timer;
        private byte count = 5;

public Form3()
        {

      InitializeComponent();
      timer = new Timer();
      timer.Interval = 1000;
      timer.Tick += timer_Tick;
        }

void timer_Tick(object sender, EventArgs e)
  {
      count--;
      t_time.Text = count.ToString();
      if (count == 0)
      {
          count = 5;
          update();
      }
        }
```

รูปที่ 3.26 อ่านข้อมูลทุกๆ วินาที 5

3.3.3 ต้นแบบการพัฒนา Web Service สำหรับการควบคุมอุปกรณ์ตรวจความถี่วิทยุจากระยะไกลด้วยภาษา PHP

เนื่องด้วยทางคณะผู้วิจัยจำเป็นต้องทดสอบโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นทั้ง 2 กลุ่ม API โดยในที่นี้ยังไม่ถึงขั้นตอนพัฒนา GUI ดังนั้นเพื่อให้สามารถทดสอบการทำงานของระบบที่ได้ออกแบบไว้ในส่วนนี้ได้นั้น ทางคณะผู้วิจัยจึงออกแบบโปรแกรมส่วนติดต่ออย่างง่าย เพื่อให้สามารถจำลองการส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูลได้โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้

โปรแกรมจำลอง server appserv-win 32-2.6.0 โปรแกรม phpMyAdmin Database Manager Version 2.10.3 ระบบปฏิบัติการ windows 8.1 (64 bit)

ส่วนของการเชื่อมต่อ Mysql และส่วน เชื่อมต่อ Database

```
<?php
    $sev = "localhost";
    $user = "root";
    $pass = "";
    mysql_connect($sev,$user,$pass) or die("Cannot Connect to server");
    mysql_select_db("NBTC") or die("Cannot connect to database");
    mysql_query("SET CHARACTER SET UTF-8");
?>
```

รูปที่ 3.27 แสดงการเชื่อมต่อ Mysql และส่วน เชื่อมต่อ Database

ส่วนการกำหนดตัวแปร

$sev = “localhost”; *ตัวแปรสำหรับเก็บข้อมูล String “ชื่อ Server”*

$user = “root”; *ตัวแปรสำหรับเก็บข้อมูล String “ชื่อ User”*

$pass = “ ”; *ตัวแปรสำหรับเก็บข้อมูล Password ในที่นี้ไม่ได้กำหนดไว้*

ส่วนการเชื่อมต่อ

mysql_connect(); *คำสั่งสำหรับเชื่อมต่อกับ Server มี Parameter {$sev,$user,$pass}*

mysql_select_db(); *คำสั่งสำหรับเลือกเชื่อมต่อกับ Database มี Parameter { ชื่อDB}*

mysql_query(“SET CHARACTER SET UTF-8”); *ติดต่อ Database* แบบ UTF-8 *บอกให้ Browser ทราบเพื่อใช้ภาษาไทยได้*

....or die(); *ใช้สำหรับเมื่อคำสั่งก่อนหน้าไม่ทำงานจะกำหนดให้แสดงความผิดพลาดในที่นี้ให้แสดงข้อความผิดพลาด*

ภาษา PHP คำสั่งต้องทำภายใต้ แท็ก <?php .....(คำสั่ง)...... ?>

ฟอร์มสำหรับใส่ Channel

รูปที่ 3.28 แสดงฟอร์มสำหรับใส่ Channel

```
<fieldset>
    <legend> Select Channel</legend>
    <form action = "GetAction.php" method="post">
        Channel<input type="text" name ="channel" ><br>
        <input type = "submit" value ="submit">
    </form>
</fieldset>
```

รูปที่ 3.29 แสดงซอร์สโค้ดสำหรับ Form ใส่ข้อมูล

สำหรับจัดกลุ่มข้อมูลให้จัดการง่าย

แท็ก <fieldset> </fieldset> ใช้สำหรับฟอร์มกรอบสี่เหลี่ยมใหญ่)เพื่อจัดสรรค์กลุ่มข้อมูลได้อย่าง) เหมาะสม

แท็ก <legend> </legend> ใช้สำหรับแสดงข้อความเพื่ออธิบายใน แท็ก **<fieldset>**

สำหรับสร้าง ฟอร์ม Text box

คำสั่ง <form action = “GetAction.php” method= “post”> *กำหนดให้ เรียกหน้า GetAction.php เมื่อมีการกด submit*

คำสั่ง <input type = “text” name = “channel” > *สร้าง Text box ชื่อ channel*

คำสั่ง <input type = “submit” value = “submit”> *สร้างปุ่มชื่อ submit*

เขียนข้อมูลลงใน Database (Write)

```php
<?php
    include_once"Connect.php";
    $channel = $_POST['channel'];
    $sql = "INSERT INTO nbtc (channel) VALUES ('$channel')";
    if(mysql_query($sql))
    {
        echo "SELECTED <a href=\"setAction.php\"> BACK</a>";
    }
    else
    {
        echo mysql_error();
    }
    ?>
```

รูปที่ 3.30 แสดงซอร์สโค้ดสำหรับ เขียนข้อมูลลงใน Database (Write)

ทำการเชื่อมต่อ Server และ Database

include_once ”Connect.php”; *เป็นการเรียกใช้ Connect.php ซึ่งจะมีคำสั่งสำหรับเชื่อมต่อ server และ Database*

ส่วนการกำหนดตัวแปร

$channel = $_POST[‘channel’]; *ให้ตัวแปร $channel = $_POST[‘NAME’] ซึ่ง $_POST[‘channel’] จะได้รับมาจาก Text box ชื่อ channel ในข้อ 2.)*

$sql = “INSERT INTO nbtc (channel) VALUES (‘$channel’)”; *ตัวแปร $sql จะใส่ข้อมูล ชื่อ ‘channel’ values คือ ตัวแปร $channel*

ส่วนการ Query Database

mysql_query($sql); *เป็นการ query โดยการใส่ข้อมูล channel ลงใน Database โดยจะทำการเช็คว่าใส่ข้อมูลสำเร็จหรือไม่ด้วยคำสั่งเงื่อนไข IF-Else*

echo “SELECTEC BACK”; *แสดงข้อความ “SELECTED” และ “BACK” โดยที่ จะมีลิงค์กลับไปยังหน้าฟอร์ม.)* *<a href=\”........”\> ใช้ ‘\’ เพื่อให้ใช้ “ ” ได้*

mysql_error(); *เมื่อมีการผิดพลาด ไม่สามารถทำคำสั่ง mysql_query() จะให้แสดง error*

การอ่านข้อมูลจาก Database , Output API data in Json. (Read)

```php
<?php
include_once"Connect.php";

    $sql = "SELECT * FROM nbtc";
    $rs = mysql_query($sql);
    while($show = mysql_fetch_array($rs))
    {
    $json_data[] = array('channel'=>$show['channel']);
    }
    $output = json_encode($json_data);
    echo $output;
?>
```

รูปที่ 3.31 แสดงซอร์สโค้ดสำหรับ การอ่านข้อมูลจาก Database , Output API data in Json. (Read)

ทำการเชื่อมต่อ Server และ Database

include_once ”Connect.php”; *เป็นการเรียกใช้ Connect.php ซึ่งจะมีคำสั่งสำหรับเชื่อมต่อ server และ Database*

การเลือกข้อมูลใน Database

$sql = “SELECT * FROM nbtc”; *ให้ตัวแปร $sql เลือกข้อมูลทั้งหมด (*) จาก Database nbtc*

$rs = mysql_query($sql); *ให้ตัวแปร $rs ติดต่อกับ Database ด้วย mysql_query(); มี Parameter {$sql}*

การคืนค่าจาก Database

mysql_fetch_array($rs); *เป็นการแสดงผลข้อมูลที่ได้จาก การติดต่อกับ Database รูปแบบ Array*

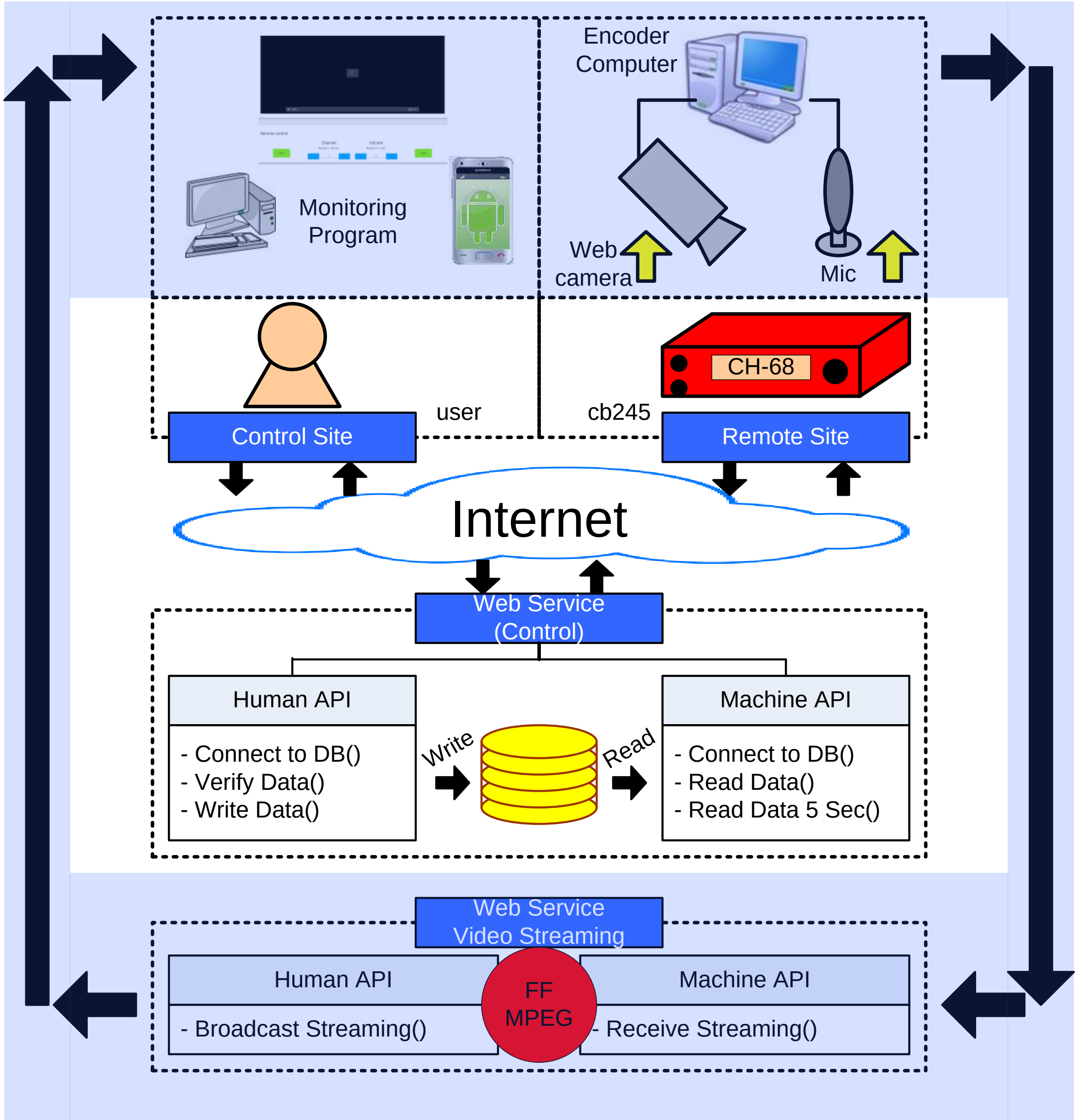
$json_data[] = array(‘chanel’=>$show[‘channel’]); *ให้ตัวแปร $json_data เก็บข้อมูลจากการติดต่อกับ Database เป็น Array*

json_encode($json_data) *แปลงตัวแปร Array ให้เป็น Json*

$output = json_encode($json_data); *ให้ตัวแปร $output เก็บค่าที่ได้จากการแปลง Array เป็น json*

3.4 การออกแบบการประยุกต์ใช้งานวิดีโอสตรีมมิ่ง

จากหัวข้อที่ผ่านมานั้น ทางคณะผู้วิจัยได้อธิบายการออกแบบ API เพื่อใช้ควบคุมเครื่องรับสัญญาณวิทยุ CB245 โดยใช้การประมวลผลกลุ่มเมฆและการประยุกต์ใช้งานฐานข้อมูลที่รันโดยเว็บเซอร์วิส บนเว็บเซิร์ฟเวอร์ จากนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงทำการศึกษาและพัฒนาการใช้งาน Lib X.264 ซึ่งเป็นไลบรารี่ของการทำวิดีโอสตรีมมิ่งบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ โดยในโครงการวิจัยนี้ใช้เครื่องเซิร์ฟเวอร์เครื่องเดียวกันกับในหัวข้อที่ผ่านมา และทำการพัฒนา API ด้านการประยุกต์ใช้งานการถ่ายทอดวิดีโอสตรีมมิ่งเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 3.32 ในส่วนที่ไฮไลท์



รูปที่ 3.32 แสดงการออกแบบด้านการใช้ประยุกต์งานวิดีโอสตรีมมิ่งเพิ่มในส่วนของเซิร์ฟเวอร์

เริ่มจากการติดตั้งกล้องเว็บแคมซึ่งมีระบบไมโครโฟนในตัว ทำการถ่ายวิดีโอ ภาพและเสียงที่หน้าจอเครื่อง CB245 โดยมีจุดประสงค์ให้ผู้ใช้งานปลายทางที่สถานที่ควบคุมได้เห็นช่องสัญญาณที่ทำการตรวจสอบ และสามารถฟังเสียงคลื่นแปลกปลอมได้อย่างต่อเนื่องและใกล้เคียงเวลาจริง

จากนั้นเว็บแคมดังกล่าวจะถูกเชื่อมต่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในสถานีลูกข่ายนั้น โดยจะนำสัญญาณภาพและเสียงที่ได้จากเว็บแคมนี้ไปทำการเข้ารหัส หรือ เอ็นโค้ด เพื่อให้อยู่ในรูปแบบและมีโปรโตคอลควบคุมที่เหมาะสม และทำการส่งข้อมูลวิดีโอที่เข้ารหัสนี้มายังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ โดยที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์นี้จะทำการรันโปรแกรมหรือ API ที่สามารถจัดการเรื่องการทำงานด้านวิดีโอสตรีมมิ่ง โดยในโครงการวิจัยนี้ ทางคณะผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมร่วมกับไลบรารีที่ชื่อว่า Lib X264 ซึ่งเป็นชุดคำสั่งที่สามารถจัดการเลือกการเข้ารหัสและปรับแต่งบิตเรทข้อมูลวิดีโอเพื่อให้เหมาะสมกับผู้รับชม ซึ่งจะส่งข้อมูลไปแสดงผลยังโปรแกรมเว็บบราวเซอร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมแอพพลิเคชั่นในอุปกรณ์อัจฉริยะระบบปฏิบัติแอนดรอยด์

โดยผลการทดสอบต้นแบบสถานีลูกข่ายและผลการพัฒนาโปรแกรมการควบคุมทั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและอุปกรณ์อัจฉริยะระบบปฏิบัติแอนดรอยด์ จะแสดงรายละเอียดให้ทราบในบทถัดไป

บทที่ 4
ผลการดำเนินโครงการวิจัย

จากการออกแบบและขั้นตอนการพัฒนาระบบตรวจสอบความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่ได้อธิบายมาในบทที่แล้วนั้น ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาตามขั้นตอนดังกล่าวและนำเสนอผลการทำงานในแต่ละส่วนตั้งแต่ส่วนระบบย่อย จนรวมกันเป็นระบบใหญ่โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการพัฒนาต้นแบบและการควบคุมต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อเชื่อมต่อและควบคุมตัวรับสัญญาณผ่านระบบการเชื่อมต่อด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนากล่องควบคุม (Control Box) เพื่อใช้เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อสัญญาณไฟฟ้าจากระบบคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณวิทยุ (CB245) โดยพัฒนาในสามารถนำไปติดตั้งร่วมกับอุปกรณ์รับสัญญาณวิทยุที่หาซื้อได้ทั่วไป เพื่อสามารถนำไปใช้กับระบบอุปกรณ์รับสัญญาณวิทยุเดิมที่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย และพัฒนาโปรแกรมในระบบฝังตัวที่อยู่ในกล่องควบคุม เพื่อทำการรับส่งสัญญาณและคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อ ผ่านทางพอร์ต USB ให้สามารถใช้งานได้ง่าย ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ชุดอุปกรณ์ทดสอบ CB 245ที่เชื่อมต่อกับชุดควบคุมระบบอุปกรณ์ปลายทาง

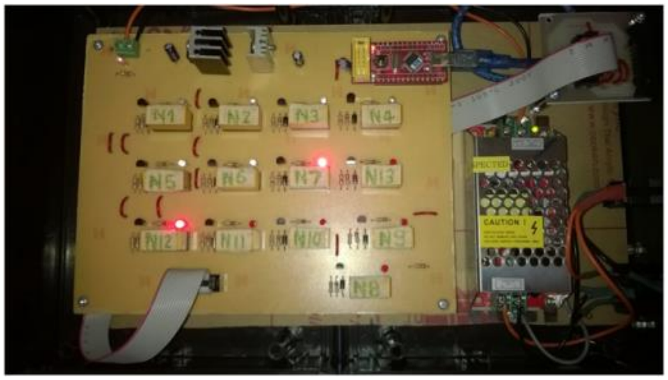
ผลการพัฒนาการควบคุมการปรับช่องสัญญาณเครื่อง CB245 ผ่านชุดวงจรควบคุม

<u>ตัวอย่างผลการทดลองสั่งการจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้กดปุ่มที่รีโมต</u>

ทุกปุ่มสามารถใช้รีเลย์สั่งการทำงานได้และสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้ทางคณะวิจัยจึงขอยกตัวอย่าง 2 ปุ่มเพื่อสะดวกในการอธิบาย

การกดปุ่มเลข 0

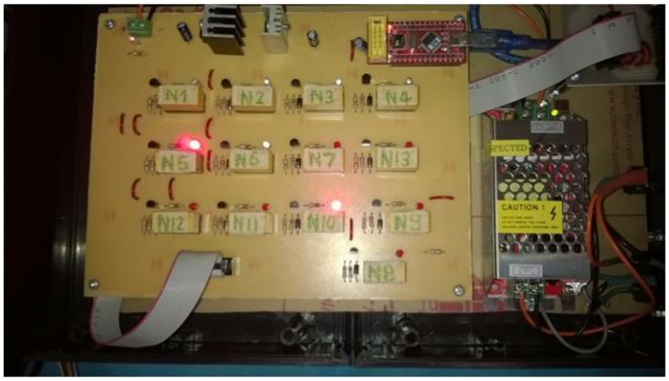
ในการกดปุ่มตัวเลข 0 นั้น R ที่เกี่ยวข้องคือ R45 และ R24 เมื่อเทียบดูจากตารางรีเลย์จากหัวข้อที่ผ่านมาคือรีเลย์ N7 และ รีเลย์ N12 ทั้งคู่จะทำงานพร้อมกันในการกดปุ่มเลข 0 ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 รูปแสดงการกดปุ่ม 0 ผ่านการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์

การกดปุ่ม B

ในการกดปุ่มตัวB จะมี R ที่เกี่ยวข้องคือ R47 และ R22 เมื่อเทียบดูจากตารางที่ 3.1 ก็จะเป็นรีเลย์ N5 และ รีเลย์ N10 ทั้งคู่จะทำงานพร้อมกันในการกดปุ่ม B ดังรูปที่ 4.3



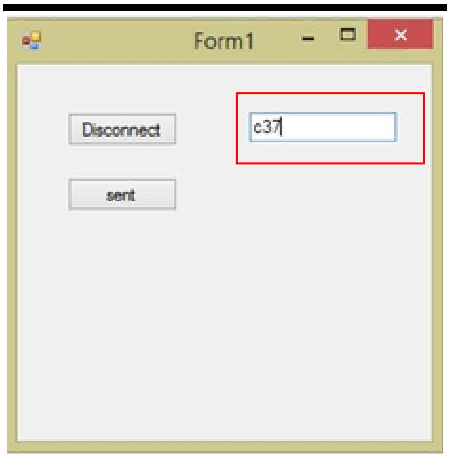
รูปที่ 4.3 รูปแสดงการกดปุ่ม B ผ่านการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์

<u>ตัวอย่างผลการควบคุมเครื่อง CB 245 ผ่านคอมพิวเตอร์ไปยังกล่องชุดวงจรควบคุม</u>

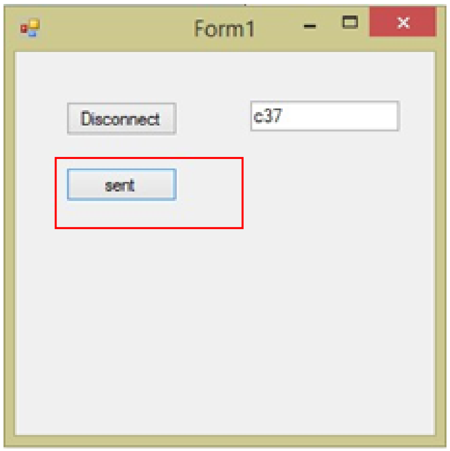
ตัวอย่างการสั่งปรับช่องสัญญาณที่ 37

ข้อความ “c37” ได้ส่งจากคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรมที่พัฒนา ไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ในกล่องชุดวงจรควบคุม จากนั้นไมโคคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผล และกระตุ้นสัญญาณไปที่ Relay เพื่อให้ Relay ตัดต่อสัญญาณแรงดันไฟฟ้า ไปสั่งงานที่รีโมตของเครื่อง CB245 และสุดท้ายเครื่อง CB 245จะทำการเปลี่ยนช่องตามที่คอมพิวเตอร์สั่ง เป็น CH-37

โดยเริ่มจากเปิดโปรแกรมที่ได้พัฒนาไว้เพื่อเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในกล่องชุดวงจรควบคุม จากนั้นทำการต่อการสื่อสารแบบอนุกรม และใส่ข้อความ “c37” ลงในกล่องข้อความ จากนั้นกดส่ง ดังรูปที่ 4.4 และ 4.5

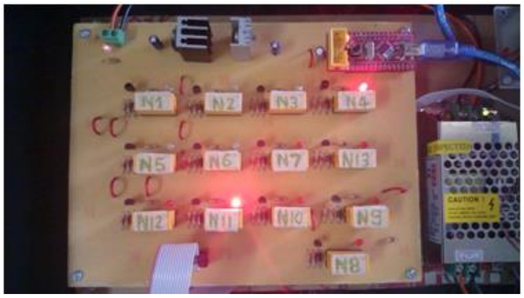


รูปที่ 4.4 แสดงการใส่ข้อความ “c37”



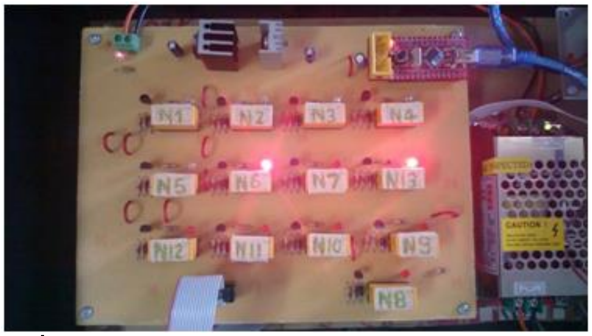
รูปที่ 4.5 แสดงการกดปุ่มเพื่อส่ง “c37” ไปยังกล่องควบคุม

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ในกล่องชุดควบคุมได้รับข้อมูล “c37” จากนั้นจะทำการประมวลผลเพื่อเตรียมสั่งกระตุ้นสัญญาณที่ต้องการ ในที่นี้คือปุ่ม “3” และ “7” ตามลำดับ โดยส่งสัญญาณการกระตุ้น “3” ออกไปก่อน ส่งผลทำให้ Relay N4 และ N11 ทำงาน ทำให้เสมือนปุ่ม “3” บนรีโมตเครื่อง CB245 ถูกกด ดังรูปที่ 4.6 และ 4.7



รูปที่ 4.6 แสดง Relay N4 และ N11 ถูกกระตุ้น **รูปที่ 4.7** แสดงหน้าจอ CB245 ถูกสั่งการด้วยเลข “3”

และเมื่อผ่านไปประมาณ ครึ่งวินาที ไมโครคอนโทรลเลอร์ในกล่องชุดควบคุมจะส่งสัญญาณไปกระตุ้น Relay เพื่อกดปุ่ม “7” ต่อไป ส่งผลทำให้ Relay N6 และ N13 ทำงาน ทำให้เสมือนปุ่ม “7” บนรีโมตเครื่อง CB245 ถูกกด ดังรูปที่ 4.8 และ 4.9



รูปที่ 4.8 แสดง Relay N6 และ N13 ถูกกระตุ้น **รูปที่ 4.9** แสดงหน้าจอ CB245 ถูกสั่งการด้วยเลข “7”

เมื่อเครื่อง CB245 ได้รับข้อมูลเพื่อปรับเลือกช่องสัญญาณครบทุกหลักแล้ว ก็จะทำงานปรับไปยังช่องสัญญาณนั้นทันที ทั้งนี้วงจรดังกล่าวสามารถสั่งการเครื่อง CB245 ให้เปลี่ยนช่องสัญญาณได้ครบ 80 ช่องสัญญาณตามที่เครื่อง CB245 นี้สามารถเข้าถึงได้ครบ

ผลการพัฒนาการควบคุมการปรับระดับเสียงลำโพงเครื่อง CB245 ผ่านชุดวงจรควบคุม

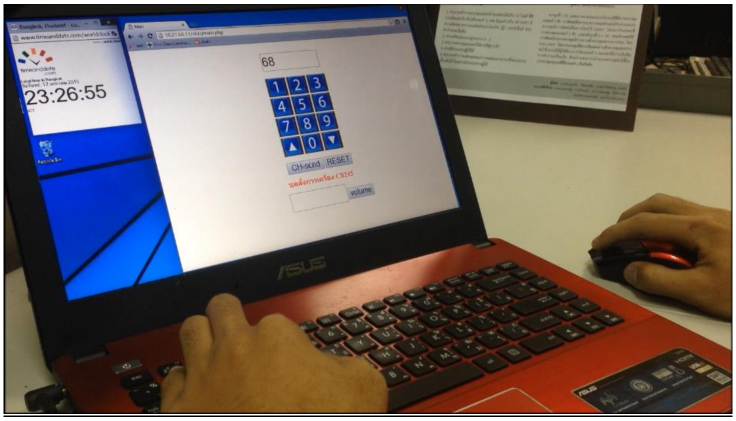
จากทางคณะผู้วิจัยได้ทำการติดตั้ง Servo Motor เพื่อยึดกับปุ่มหมุนปรับปุ่มเร่ง-ลดเสียงของเครื่อง CB245 ดังที่ได้กล่าวในบทที่ 3 ผลทดสอบคือระบบนี้สามารถควบคุมความดังเสียงได้ทั้งหมด 10 ระดับ (0 ถึง 9) โดยเริ่มจากเสียงเบาสุดที่ระดับ 0 และเสียงดังสุดที่ระดับ 9 ตามที่ได้ออกแบบไว้อย่างถูกต้อง

4.2 ผลการพัฒนาต้นแบบและการควบคุมต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อเชื่อมต่อและควบคุมตัวรับสัญญาณผ่านระบบการเชื่อมด้วย API

ต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทางนี้จะทำการเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลโดยมีโปรแกรม Machine API รันอยู่ภายในเครื่องเพื่อโดยสื่อสารผ่านการสื่อสารอนุกรมผ่านโปรโตคอลที่ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 4.10

รูปที่ 4.10 ชุดควบคุมระบบอุปกรณ์ปลายทางเชื่อมต่อกับโปรแกรม Machine API ที่คอมพิวเตอร์

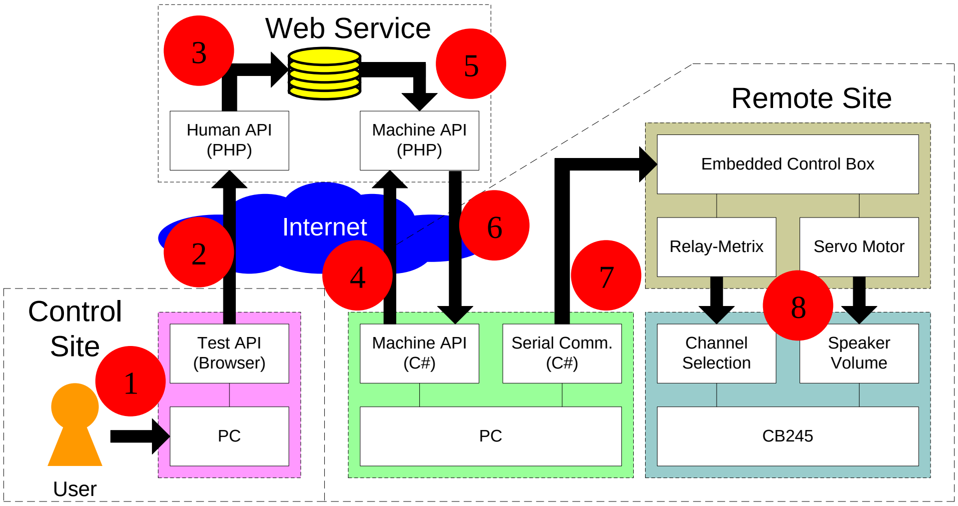
และทางคณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนา Human API (Command Mode) เพื่อเตรียมให้ใช้งานกับผู้ใช้ โดยมีลักษณะเป็น web service และจะต้องออกแบบให้สอดคล้องตามไปกับ Machine API ที่ได้พัฒนาในส่วนก่อนหน้านี้แล้ว โดยในขั้นตอนถึงปัจจุบันนี้ได้ทำการออกแบบหน้าจอทดสอบอย่างง่าย เพื่อทดสอบการส่งข้อมูลจากผู้ใช้เพื่อปรับเลือกช่องสัญญาณความถี่ที่ต้องการตรวจสอบ และปรับระดับเสียงเพื่อใช้ในการฟังในขั้นต่อไป โดยทั้งนี้ได้ทำการทดสอบผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 โปรแกรมต้นแบบระบบสถานีควบคุมสำหรับ
เพื่อควบคุมการปรับค่าต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง

ซึ่งจากผลรายงานที่คณะผู้วิจัยได้อธิบายมาตั้งแต่ต้น สามารถสรุปผลการดำเนินโครงการตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงขณะนี้ ได้สรุปเป็น System Diagram ตามรูปที่ 4.12 และมีรายละเอียดแบบสรุปดังนี้

เริ่มจากทางคณะผู้วิจัยได้ออกแบบโปรแกรมการทดสอบการปรับค่าช่องสัญญาณและระดับความดังลำโพงของเครื่อง CB245 ผ่านระบบเครือข่าย (ระยะไกล) โดยเริ่มจากพัฒนาฟอร์มการรับข้อมูลที่ต้องการปรับเครื่องจาก Control Site ตามวงกลมหมายเลข (1) โดยพัฒนาด้วยเว็บเพจ เพื่อความสะดวกในทุกๆแพลตฟอร์มอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั่วๆไป ซึ่งฟอร์มดังกล่าวจะส่งข้อมูลการร้องขอไปยังตามวงกลมหมายเลข (2) และเมื่อ Human API ซึ่งเป็น Web Service ซึ่งพัฒนาด้วยภาษา PHP ที่อยู่ใน Web Server ได้รับการร้องขอพร้อมข้อมูลคำสั่งที่ต้องการควบคุมก็จะทำการเขียนข้อมูลคำสั่งดังกล่าวลงในฐานข้อมูลที่ทำหน้าที่เป็น Buffer พักข้อมูลตามวงกลมหมายเลข (3)



รูปที่ 4.12 แสดงบล็อกไดอะแกรมการควบคุมต้นแบบระบบอุปกรณ์ปลายทาง
เพื่อเชื่อมต่อและควบคุมตัวรับสัญญาณผ่านระบบการเชื่อมด้วย API

จากนั้น Machine API ที่อยู่ในฝั่ง Remote Site ซึ่งอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งพัฒนาโดยภาษา C# จะทำการร้องขออัตโนมัติทุๆ 5 วินาทีไปยัง Machine API ที่พัฒนาด้วยภาษา PHP ซึ่งเป็น Web Service ที่รันอยู่ใน Web Server เดียวกันกับ Human API ตามวงกลมหมายเลข (4)

เมื่อ Machine API (PHP) ได้รับการร้องขอดังกล่าว ก็จะทำหน้าที่ไปขอข้อมูลคำสั่งล่าสุดจากฐานข้อมูลที่ใช้พักข้อมูลนั้นเอง ตามวงกลมหมายเลข (5) และทำการประมวลผลและส่งข้อมูลกลับไปให้ Machine API (C#) ที่คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ตามวงกลมหมายเลข (6) จากนั้น Machine API ดังกล่าวจะประมวลผลข้อมูลและถ่ายทอดคำสั่งที่รับมาดังกล่าวผ่านการสื่อสารอนุกรมไปยังกล่องชุดวงจรควบคุมตามวงกลมหมายเลข (7)

เมื่อกล่องชุดวงจรควบคุมนี้ได้รับคำสั่งมาจะทำการประมวลผลโดยแยกคำสั่งสำหรับการปรับช่องสัญญาณไปเพื่อทำการควบคุมและกระตุ้นวงจร Relay ที่เชื่อมต่อกับรีโมตเครื่อง CB245 และรับคำสั่งการปรับระดับเสียงของลำโพง ซึ่งจะถูกควบคุมโดยการบังคับหมุนจาก Servo Motor ที่ติดตั้งอยู่กับปุ่มหมุนระดับเสียง ตามวงกลมหมายเลข (8) ส่งผลทำให้เครื่อง CB245 สามารถถูกปรับทั้งช่องสัญญาณและระดับความดังของลำโพงผ่านระบบที่ได้พัฒนา โดยได้ผลลัพธ์ตรงตามการสั่งทุกครั้ง

4.3 ผลการพัฒนาต้นแบบโปรแกรมระบบสถานีควบคุมสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

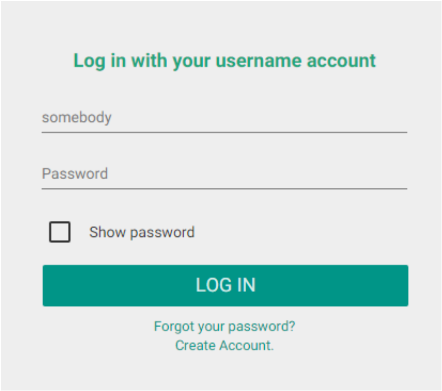
ในส่วนนี้ทางคณะผู้วิจัยได้พิจารณาแล้วว่า โดยปรกติแล้วทาง กสทช สำนักงานเขตที่ให้บริการต่างๆ มีรูปแบบการทำงานในสำนักงานเป็นหลัก ดังนั้นการออกแบบโปรแกรมที่รองรับการทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่สามารถเข้าถึงได้ทั่วไปสำหรับเจ้าหน้าที่พนักงานนั้น น่าจะสามารถนำไปสู่ความพร้อมในการใช้งานได้อย่างเต็มที่ และเนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีด้านอินเทอร์เน็ตและ Web Browser ที่ถูกผนวกรวมมากับระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐานในปัจจุบัน ก็ถูกใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงดำเนินการพัฒนาโปรแกรมการควบคุมระบบที่ได้ออกแบบไว้นี้จากระยะไกล โดยออกแบบให้สามารถทำงานได้บน Web Browser ซึ่งพิจารณาในแง่ของการนำมาใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือแบบตั้งโต๊ะแล้ว พบข้อดีว่า สามารถนำไปรันหรือทำงานบนระบบปฏิบัติการใดๆก็ได้ เพียงแค่มีโปรแกรม Web Browser ติดตั้งไว้ก็พร้อมใช้งานผ่านการเข้าถึงจาก URL ทันที และเนื่องจากการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลดังกล่าว ซึ่งจะมีอุปกรณ์ประเภทคีย์บอร์ดและเมาส์อยู่แล้ว ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงทำการออกแบบให้รองรับการใช้งานผ่านคีย์บอร์ดและเมาส์ โดยพิจารณาการใช้งานจากเครื่องรับสัญญาณวิทยุ CB245 เดิมเป็นองค์ประกอบการออกแบบหลัก ซึ่งมีรายละเอียดผลการพัฒนาดังนี้

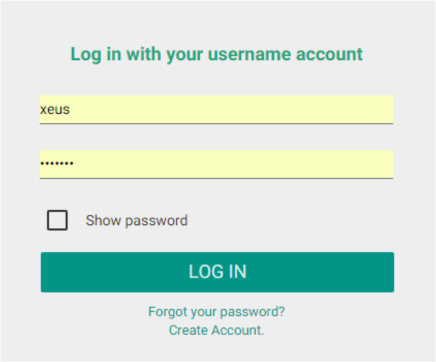
ส่วน Log-in

เนื่องจากการใช้งานโปรแกรมนี้เป็นการใช้งานผ่าน URL บน Web Browser ซึ่งการออกแบบโปรแกรมในลักษณะนี้ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของข้อมูลและการใช้งานเฉพาะผู้ได้รับอนุญาตเท่านั้น ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้

ออกแบบการจัดการโดยสร้างหน้า Log-in โดยใช้ User Name และ Pass Word เป็นข้อมูลยืนยันตัวตนบุคคลที่เข้าใช้งาน แสดงดังรูปที่ 4.13 และ 4.14



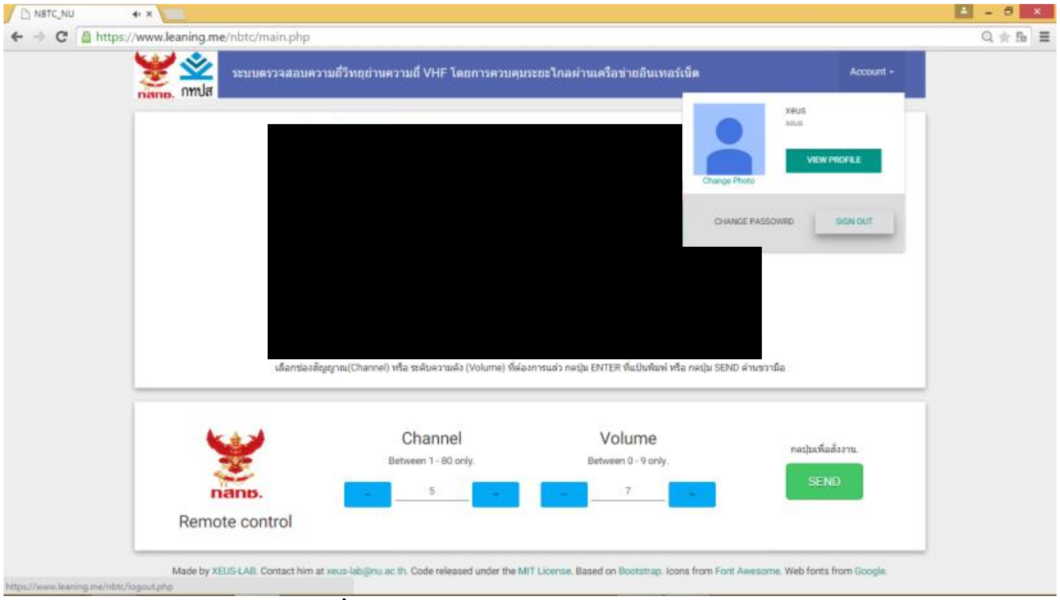
รูปที่ 4.13 แสดงหน้าเมนูสำหรับ Log-in



รูปที่ 4.14 แสดงการ Log-in ด้วย User name และ Pass word

ส่วน Log-out

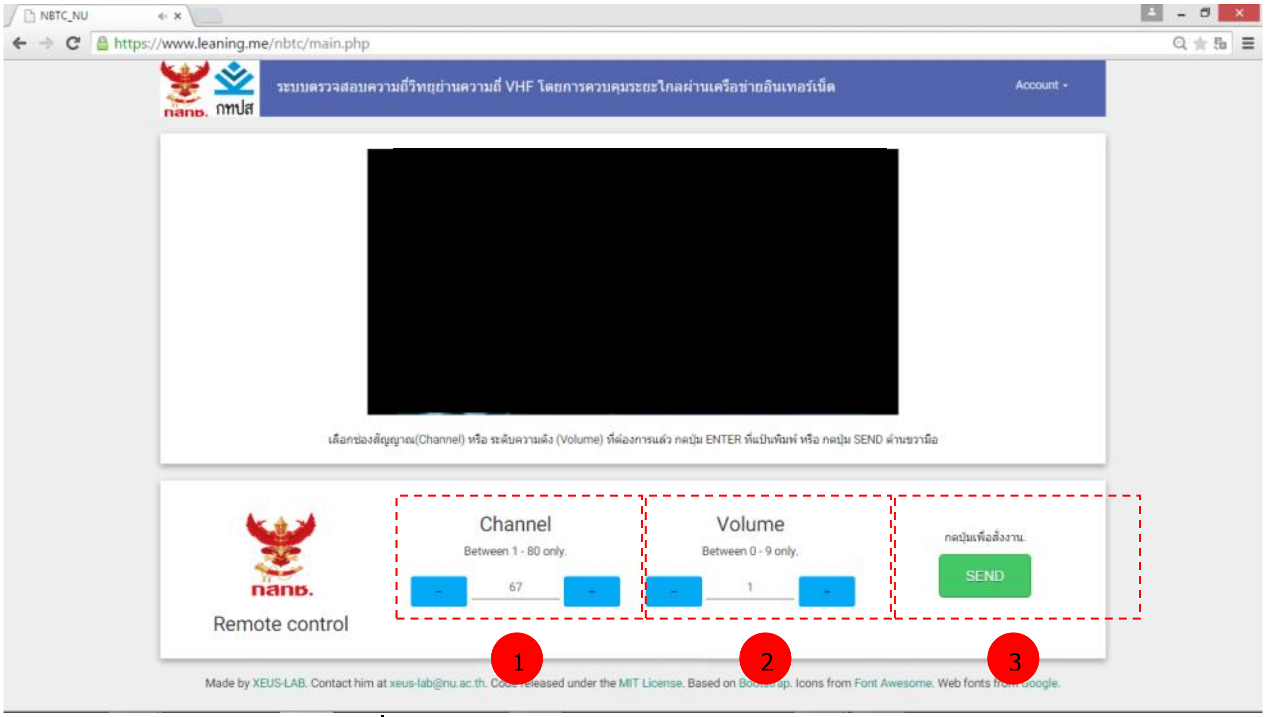
ทางคณะผู้วิจัยได้สร้างเมนู Log-out ไว้ให้แก่ผู้ใช้งานเมื่อผู้ใช้ได้ใช้งานโปรแกรมสิ้นเสร็จ จากนั้นสามารถทำการ Log-out ออกจากโปรแกรมโดยป้องกันไม่ให้ผู้อื่นมาสามารถใช้งานโปรแกรมนี้ได้นอกจากผู้ได้รับอนุญาตที่มี User name และ Pass word โดยจะอยู่ในแท็บเมนู “Account” ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงการ Log-out ออกจากการใช้งานโปรแกรม
ซึ่งอยู่ในเมนู Account ด้านมุมบนขวาของโปรแกรม

ส่วน Main-Page

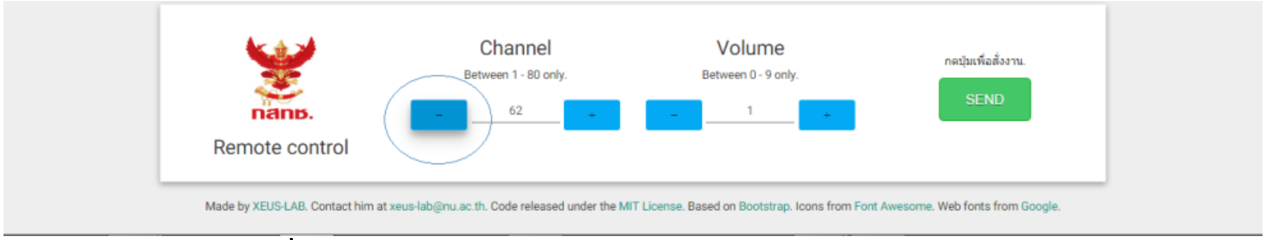
หน้าจอหลักของผู้ใช้งานโปรแกรมในแบบ Web Application นี้ เมื่อ Log-in ผ่านแล้วจะพบกับหน้า Main-Page ดังรูปที่ 11 โดย ด้านบนจะเป็นแถบชื่อโครงการวิจัยและเมนู Account มีไว้สำหรับจัดการเกี่ยวกับบัญชีของผู้ใช้งาน ถัดลงมาจะเป็นส่วนหน้าจอเพื่อรับชมภาพของเครื่องรับสัญญาณวิทยุที่สถานีปลายทาง และส่วนด้านล่างสุด จะเป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมการสั่งการเครื่องรับสัญญาณวิทยุ ซึ่งมีทั้งการเลือกช่องสัญญาณที่ต้องการตรวจสอบ และการเลือกระดับความดังของเสียงลำโพงของเครื่องรับสัญญาณวิทยุปลายทาง



รูปที่ 4.16 แสดงหน้าหลักของโปรแกรมสถานีควบคุม

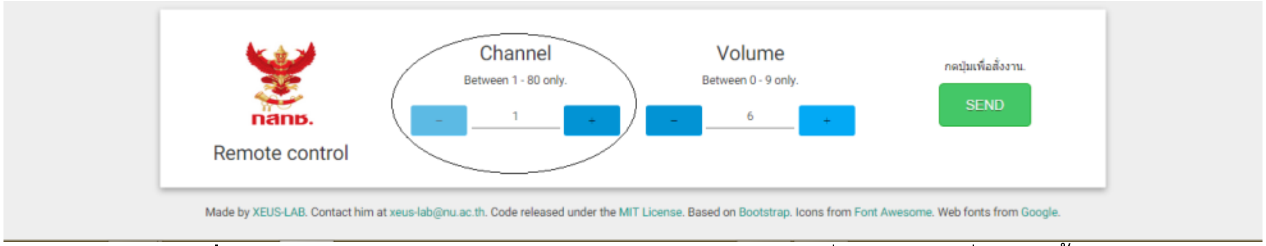
ในรูปที่ 4.16 แสดงหน้าจอหลักของผู้ใช้งาน โดยแบ่งเป็น 3 เมนูเพื่อให้ใช้งานได้ง่าย คือ (1) ส่วนของการเลือกช่องสัญญาณที่ต้องการตรวจสอบของเครื่องรับสัญญาณวิทยุปลายทาง (2) ส่วนที่ใช้ปรับระดับความดังของเครื่องรับสัญญาณวิทยุปลายทาง และ (3) เมื่อกำหนดค่าช่องสัญญาณหรือระดับความดังเสร็จสิ้นแล้ว ให้กดปุ่ม Send เพื่อเป็นการยืนยันในการสั่งการไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์

สั่งการเลือกช่องสัญญาณสามารถกดปุ่มทั้งนี้ในส่วนที่ “ - ” หรือ “ + ” เพื่อเลือกปรับช่องสัญญาณโดยสัมพัทธ์ไปจากช่องปัจจุบันเพื่อง่ายในการใช้งาน ดังรูปที่ 4.17

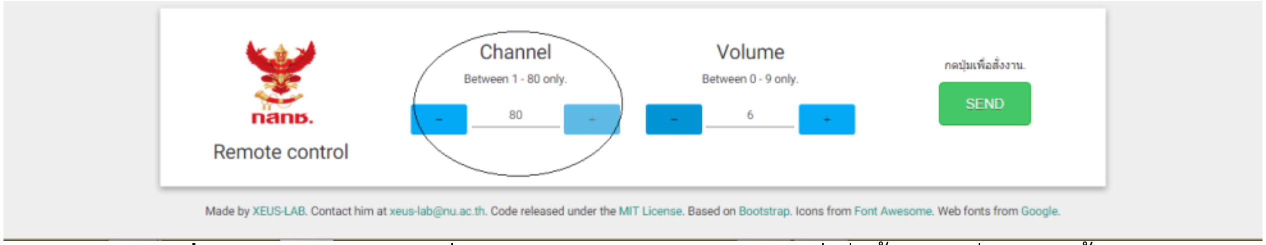


รูปที่ 4.17 แสดงการปรับลดช่องสัญญาณในการตรวจสอบโดยปุ่ม “-”

ทั้งนี้โปรแกรมยังมีระบบป้องกันไม่ให้กดลดช่องสัญญาณลงไปต่ำกว่า 1 และ ป้องกันไม่ได้เพิ่มช่องสัญญาณไปมากกว่า 80 ได้ เนื่องจากเครื่อง CB245 ที่ใช้โดยทั่วไปจะมีช่องสัญญาณให้เลือกใช้ในช่วง 1 – 80 ช่องสัญญาณเท่านั้นโดยแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.18 และรูปที่ 4.19

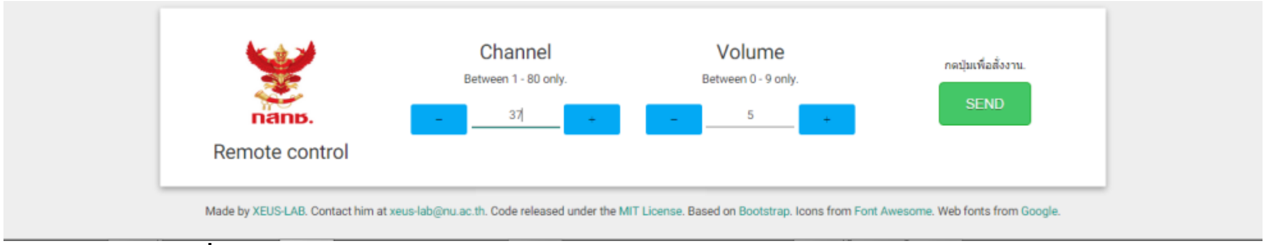


รูปที่ 4.18 แสดงการปรับลดช่องสัญญาณในการตรวจสอบ ที่ลดลงสุดได้ที่ 1 เท่านั้น



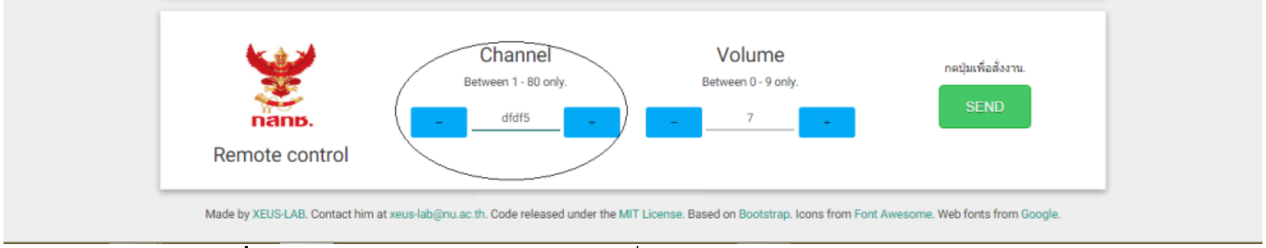
รูปที่ 4.19 แสดงการปรับเพิ่มช่องสัญญาณในการตรวจสอบ ที่เพิ่มขึ้นสุดได้ที่ 80 เท่านั้น

ทั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ให้ผู้ใช้งานสามารถกดที่ตัวเลขตรงกลาง แล้วใช้คีย์บอร์ดพิมพ์เลขช่องสัญญาณได้ตามต้องการ เนื่องจากว่าการกดปุ่ม “ - ” หรือ “ + ” อาจจะมีความไม่สะดวกหากต้องการปรับช่องสัญญาณไปที่ช่องสัญญาณที่ไกลจากปัจจุบันนั้นเอง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.20

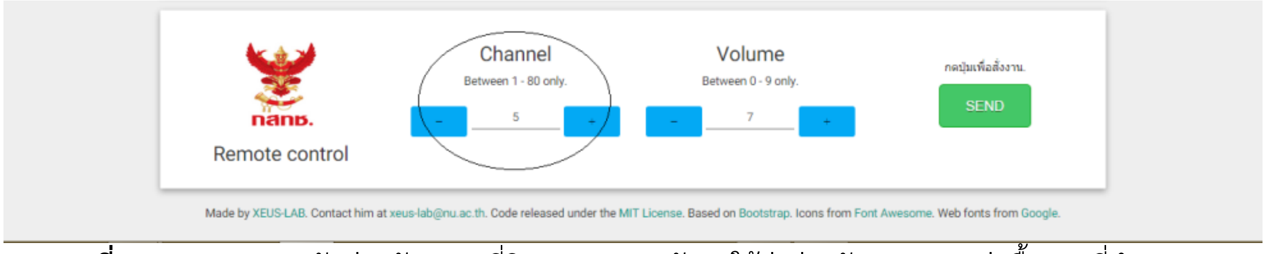


รูปที่ 4.20 แสดงการปรับช่องสัญญาณในการตรวจสอบ โดยการป้อนค่าด้วยคีย์บอร์ด

และเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใช้งานป้อนค่าช่องสัญญาณที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งอาจจะเป็นตัวอักษรที่ไม่ใช่ตัวเลข ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ส่วนป้องกันการใส่ค่าผิด โดยเมื่อใส่ค่าช่องสัญญาณที่ผิด โปรแกรมจะทำการลบค่านั้นและทำการกำหนดมายังค่าพื้นฐานที่ตั้งไว้ (ในตัวอย่างแสดงการกำหนดค่าพื้นฐานช่องสัญญาณที่ 5) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.21 และรูปที่ 4.22

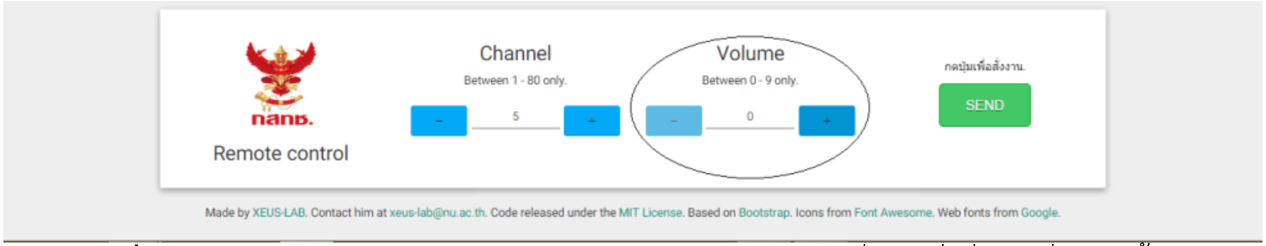


รูปที่ 4.21 แสดงการปรับช่องสัญญาณที่ผิดพลาดจากการป้อนค่าด้วยคีย์บอร์ด

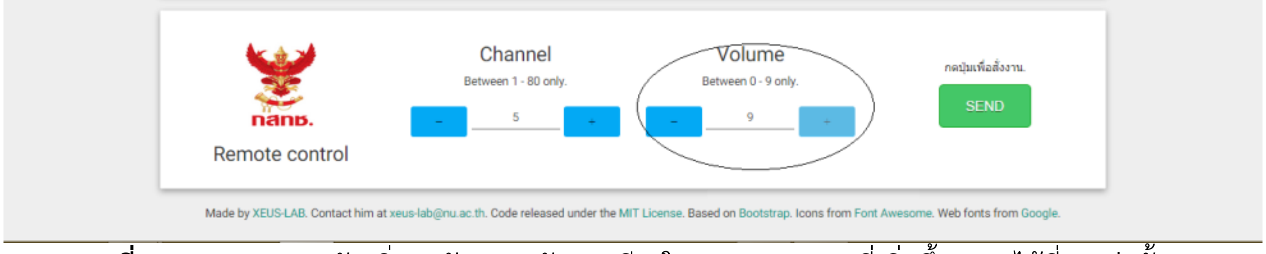


รูปที่ 4.22 แสดงการปรับช่องสัญญาณที่ผิดพลาดและกลับมาใช้ค่าช่องสัญญาณจากค่าพื้นฐานที่กำหนด (ช่องสัญญาณที่ 5)

นอกจากนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ออกแบบในส่วนของการปรับระดับความดังของเสียง (Sound Volume) ในเมนูที่อยู่ใกล้กันกับการเลือกตรวจสอบช่องสัญญาณโดยใช้แนวคิดเดียวกัน ซึ่งรองรับการปรับลด/เพิ่มระดับความดังด้วย ปุ่ม “ - ” และ “ + ” รวมทั้งป้อนค่าได้จากคีย์บอร์ดและมีกลไกการป้องกันการปรับลด/เพิ่มที่เกินช่วงใช้งาน รวมทั้งป้องกันการป้อนค่าผิดเช่นกัน ดังรูปที่ 4.23 และ 4.24



รูปที่ 4.23 แสดงการปรับลดระดับความดังของเสียงในการตรวจสอบ ที่ลดลงต่ำที่สุดได้ที่ 0 เท่านั้น



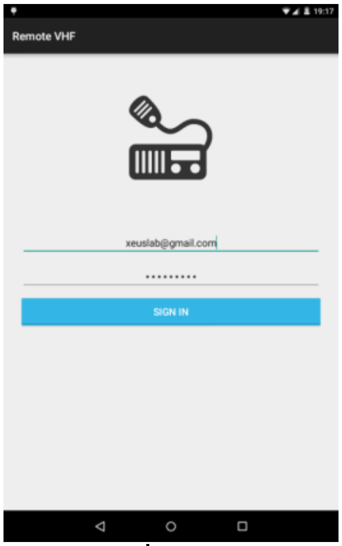
รูปที่ 4.24 แสดงการปรับเพิ่มระดับความดังของเสียงในการตรวจสอบ ที่เพิ่มขึ้นสูงสุดได้ที่ 9 เท่านั้น

4.4 ผลการพัฒนาต้นแบบโปรแกรมระบบสถานีควบคุมสำหรับ Smart Phone/Tablet

นอกจากจะพัฒนาโปรแกรมต้นแบบสถานีระบบควบคุมสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแล้ว ทางคณะผู้วิจัยได้พิจารณาแล้วว่า ในกรณี กสทช สำนักงานเขตที่ให้บริการต่างๆ จำเป็นต้องออกเดินทางด้วยรถโมบายเพื่อค้นหาสถานที่กำเนิดสัญญาณความถี่แปลกปลอมนั้น ควรจะสามารถเข้าถึงการเชื่อมต่อและควบคุมเช่นเดียวกับสถานีควบคุมแบบที่ใช้ในสำนักงานตามที่ได้ออกแบบไว้ในข้อ 4.3 ที่ผ่านมา ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบสถานควบคุมสำหรับ Smart Phone/Tablet ซึ่งสามารถพกพาได้สะดวกและรองรับการใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่าน 3G/4G ในปัจจุบันได้เป็นอย่างดี โดยทางคณะผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมแอพพลิเคชั่นที่สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการ Android ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการบน Smart Phone/Tablet ปัจจุบันที่มีผู้ใช้งานอย่างแพร่หลาย เหมาะแก่การนำมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยค้นหาสถานที่กำเนิดคลื่นแปลกปลอมดังกล่าวได้ โดยจะอธิบายผลลัพธ์ในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมดังกล่าวได้ดังต่อไปนี้

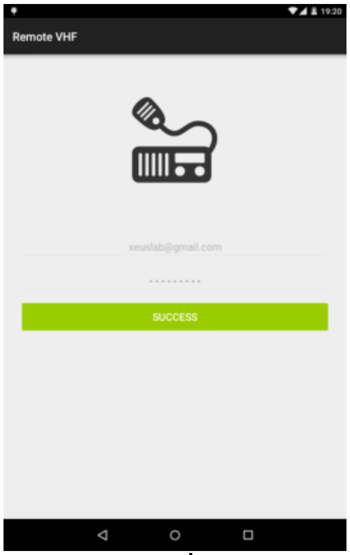
ส่วน Log-in

เช่นเดียวกันกับการใช้งานในโปรแกรมลักษณะนี้ การออกแบบโปรแกรมควรขั้นตอน Log-in เสมอซึ่งทางคณะผู้วิจัยยังใช้แนวคิดการยืนยันตัวตนโดย User name และ Password เช่นเดียวกันกับโปรแกรมที่อธิบายในหัวข้อ 4.3 ที่ผ่าน โดยแอพพลิเคชั่นสำหรับ Smart Phone/Tablet บนระบบปฏิบัติการ Android สำหรับสถานีควบคุมนี้ มีขั้นตอนในการ Log-in ดังรูปที่ 4.25 ดังนี้



รูปที่ 4.25 (ก)

รูปที่ 4.25 (ข)



รูปที่ 4.25 (ค)

รูปที่ 4.25 หน้าและลำดับการทำงานของโปรแกรมแอพพลิเคชั่นสำหรับ Smart Phone/Tablet บนระบบปฏิบัติการ Android

(ก) แสดงเหตุการณ์ เมื่อเริ่มต้นให้ใส่ User name และ Password

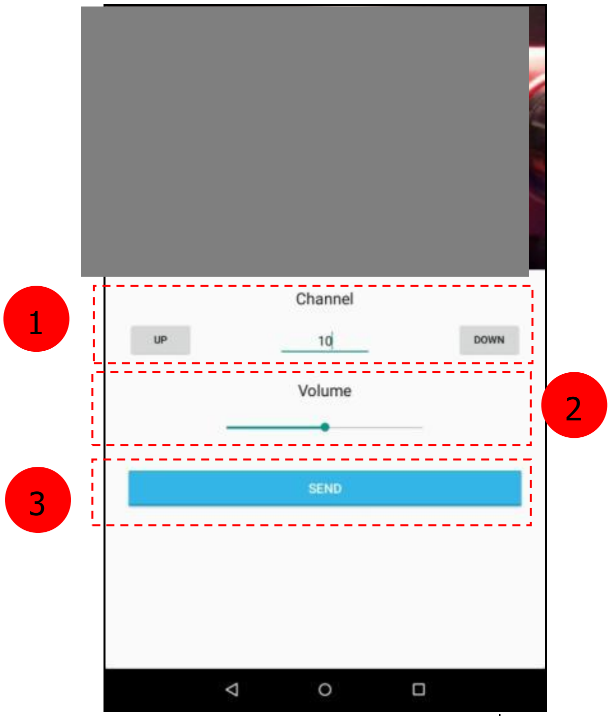
(ข) แสดงเหตุการณ์ เมื่อกดปุ่ม SIGN IN จะปรากฏสถานะ LOADING

(ค) แสดงเหตุการณ์ เมื่อ Login สำเร็จ จะปรากฏสถานะ SUCCESS

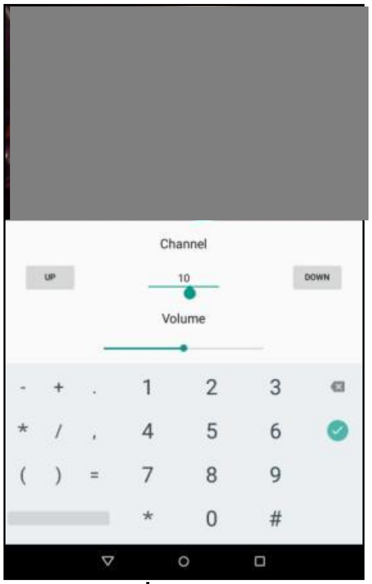
ส่วน Main-Page

สำหรับหน้าจอหลักของผู้ใช้งานโปรแกรมในโปรแกรมแอพพลิเคชั่นสำหรับ Smart Phone/Tablet นี้ ในส่วนของการควบคุมการสั่งการ ได้ใช้แนวคิดเดียวกับโปรแกรมในลักษณะ Web-Based ดังที่กล่าวในหัวข้อที่แล้ว โดยส่วนควบคุมจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ (1) ส่วนของการเลือกช่องสัญญาณที่ต้องการตรวจสอบของเครื่องรับสัญญาณวิทยุปลายทาง (2) ส่วนที่ใช้ปรับระดับความดังของเครื่องรับสัญญาณวิทยุปลายทาง และ (3) เมื่อกำหนดค่าช่องสัญญาณหรือระดับความดังเสร็จสิ้นแล้ว ให้กดปุ่ม Send เพื่อเป็นการยืนยันในการสั่งการไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์เช่นเดียวกัน

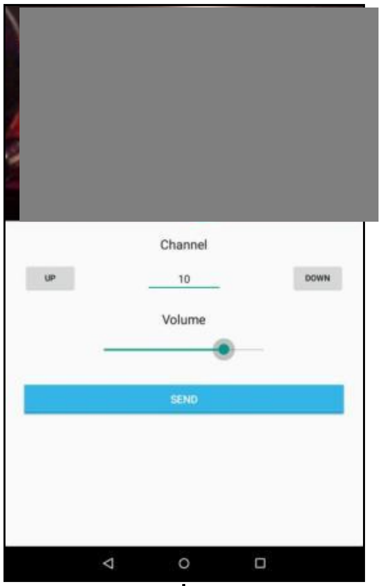
โดยในโปรแกรมแอพพลิเคชั่นสำหรับ Smart Phone/Tablet นี้ ได้ปรับเปลี่ยนการสั่งการปรับระดับเสียงจากการพิมพ์ป้อนค่าหรือปุ่ม “ - ” / “ + ” มาเป็นลักษณะสไลด์บาร์แทน เพื่อความง่ายต่อการสั่งการ ดังรูปที่ 4.26 และสำหรับการปรับช่องสัญญาณนั้น ทางคณะผู้วิจัยได้ออกแบบโดยลดความผิดพลาดจากการป้อนตัวอักษรที่ไม่ใช่ตัวเลข เมื่อผู้ใช้กดกล่องข้อความที่ต้องการเปลี่ยนช่องสัญญาณ โปรแกรมจะแสดงหน้าจอ Num Pad ที่มีเฉพาะตัวเลขเท่านั้น ซึ่งจะช่วยแก้ไขปัญหาป้อนค่าผิดเป็นตัวอักษรได้อย่างแน่นอน



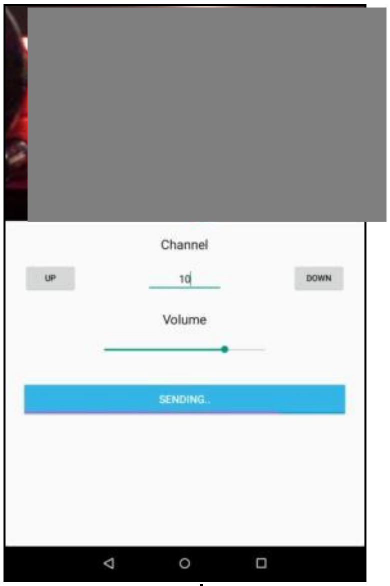
รูปที่ 4.26 แสดงหน้าหลักของโปรแกรมสถานีควบคุม แอพพลิเคชั่นสำหรับ Smart Phone/Tablet



รูปที่ 4.27 (ก)



รูปที่ 4.27 (ข)



รูปที่ 4.27 (ค)

รูปที่ 4.27 หน้าหลักของโปรแกรมแอพพลิเคชั่นสำหรับ Smart Phone/Tabletบนระบบปฏิบัติการ Android

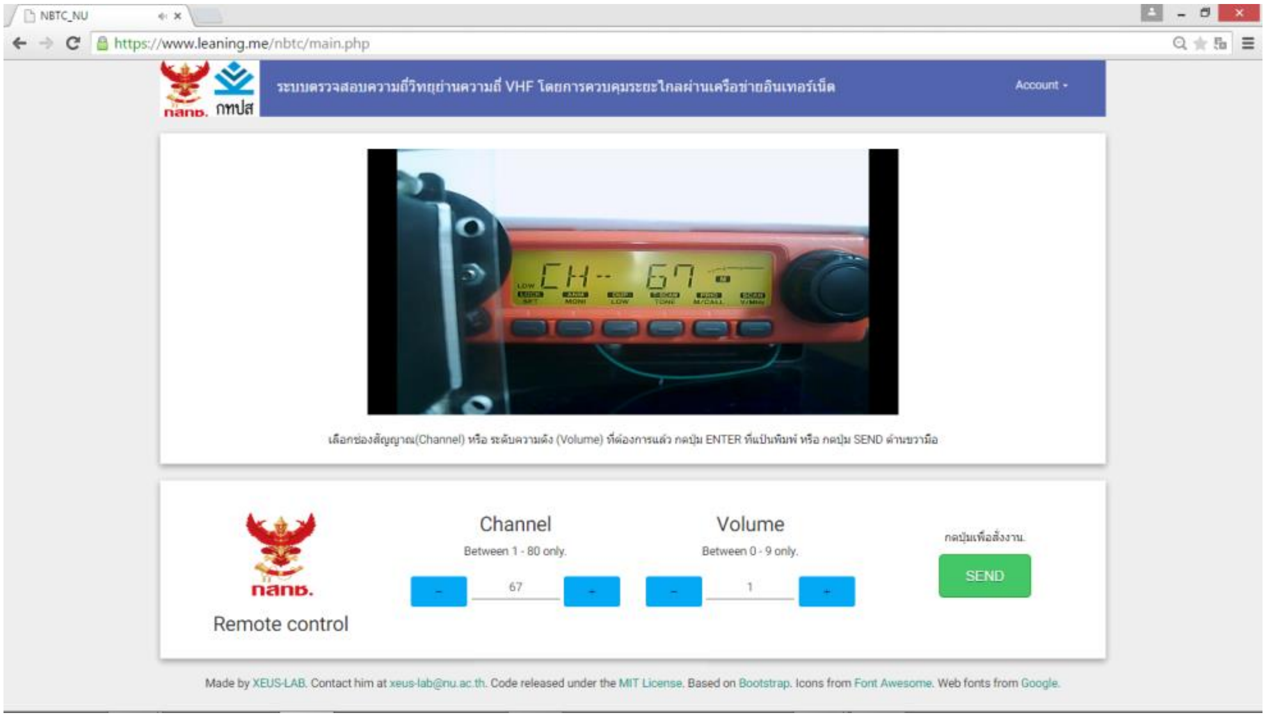
(ก) แสดงเหตุการณ์ ต้องการปรับช่องสัญญาณ โดยการป้อนตัวเลข

(ข) แสดงเหตุการณ์ ต้องการปรับระดับเสียง โดยการเลื่อนสไลด์บาร์ Volume

(ค) แสดงเหตุการณ์ เมื่อกดปุ่ม SEND เพื่อยืนยันการสั่งการ และจะปรากฏสถานะ SENDING

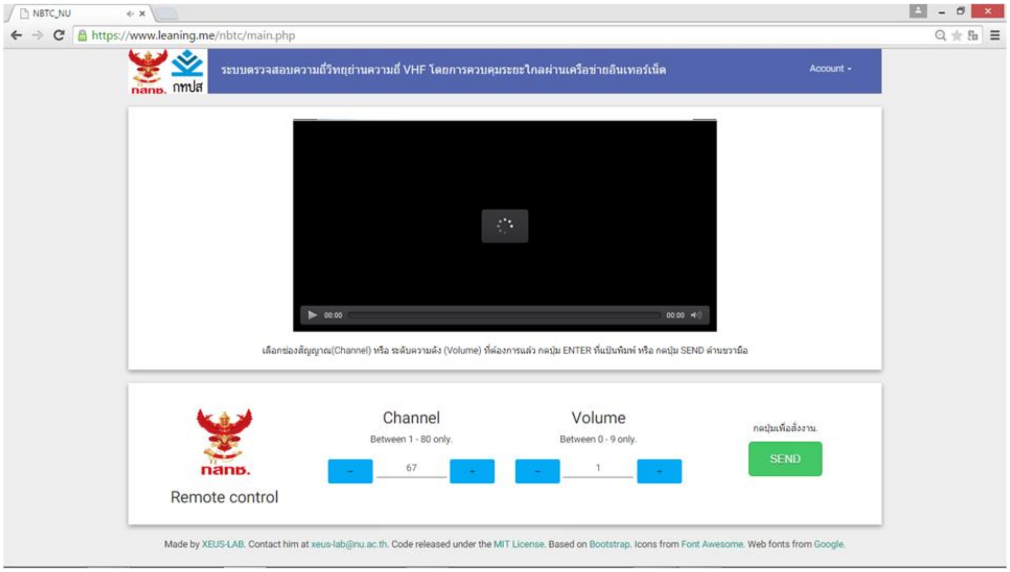
4.5 ผลการพัฒนาต้นแบบระบบสถานีควบคุม เพื่อรับภาพและเสียงที่ได้จากสถานีปลายทาง สำหรับ Web-Based Application

จากการออกแบบหน้าหลักของโปรแกรมสถานีควบคุม ทางคณะผู้วิจัยได้สร้างพื้นที่การแสดงภาพไว้ที่กลางหน้าจอของโปรแกรมเพื่อให้อยู่ในระดับสายของผู้ใช้งานและมีขนาดเพียงพอต่อการอ่านค่าช่องสัญญาณจากภาพที่ได้รับภาพถ่ายทอดมาจากสถานีลูกข่าย ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ มาถึงโปรแกรมสถานีควบคุมได้ในที่สุด ดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 แสดงผลการภาพทอดภาพและเสียงจากสถานีลูกข่ายมายังสถานีควบคุม

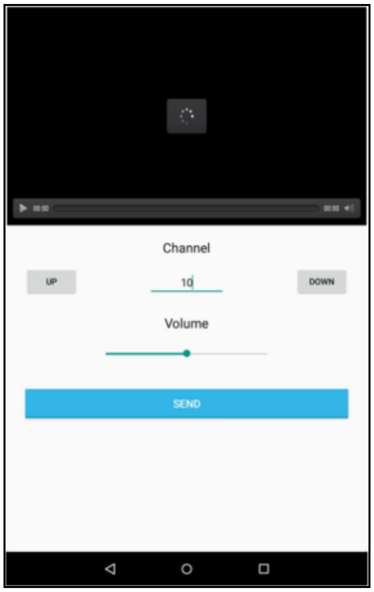
สำหรับกรณีที่การถ่ายทอดสัญญาณภาพและเสียงขัดข้อง ซึ่งส่วนมากมักจะเกิดจากสาเหตุปัญหาเครือข่าย ซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นได้ทั้งฝั่งถ่ายทอด และฝั่งรับชมนั่นเอง ส่งผลให้ไม่สามารถรับชมภาพและเสียงได้ในช่วงเวลาใดๆ โปรแกรมจะแสดงหน้าจอการไม่มีสัญญาณภาพและเสียงเป็นหน้าจอสีดำ และปรากฏสัญลักษณ์การโหลดข้อมูลเรื่อยๆดังรูปที่ 4.29 เพื่อให้ผู้ใช้ทราบ โดยผู้ใช้สามารถแก้ปัญหาในขั้นต้นโดยการ Refresh หน้าจอของ Web-Browser หรือ เปิด-ปิด Web-Browser และทำการ Log-in เข้ามาใหม่



รูปที่ 4.29 แสดงผลการภาพทอดภาพและเสียงที่มีปัญหาในการถ่ายทอด

4.6 ผลการพัฒนาต้นแบบระบบสถานีควบคุม เพื่อรับภาพและเสียงที่ได้จากสถานีปลายทางสำหรับ Android-Based Application

รูปที่ 4.30 (ก)



รูปที่ 4.30 (ข)

รูปที่ 4.30 แสดงผลการภาพทอดภาพและเสียงสำหรับโปรแกรมสถานีควบคุมแบบAndroid-Based Application

(ก) แสดงเหตุการณ์ การภาพทอดภาพและเสียงปรกติ

(ข) แสดงเหตุการณ์ การภาพทอดภาพและเสียงที่มีปัญหาในการถ่ายทอด

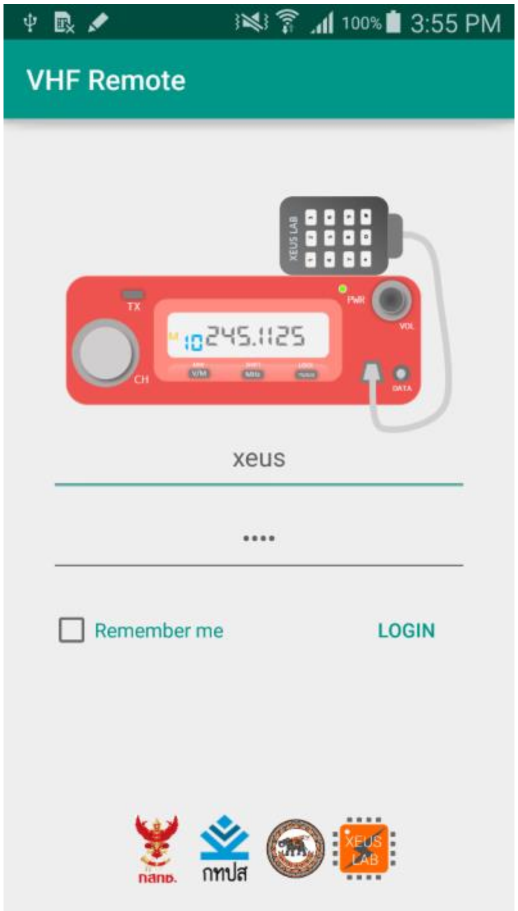
ในส่วนโปรแกรมสถานีควบคุมแบบ Android-Based Application ก็พัฒนาเช่นเดียวกันกับแบบ Web-Based Application โดยออกแบบการเสียงภาพออกทางตรงกลางของหน้าจอโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้งานเห็นได้ชุดเจน ดังรูปที่ 4.30 (ก) และสำหรับในกรณีที่ระบบถ่ายทอดมีปัญหาในการเชื่อมต่อ หน้าจอโปรแกรมก็จะปรากฏเป็นหน้าจอสีดำและมีสัญลักษณ์การโหลดข้อมูลเรื่อยๆดังรูปที่ 4.30 (ข)

4.7 ผลการปรับแก้พัฒนาระบบต้นแบบสถานีควบคุม

4.7.1 ผลการปรับแก้พัฒนาระบบต้นแบบสถานีควบคุมแอพพลิเคชั่นบนมือถือ (Mobile Application)

แอพพลิเคชั่นบนมือถือ (Mobile Application) นี้จะเป็นแอพพลิเคชั่นที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ แอนดรอย์ (Android) นั่นหมายความว่าผู้ใช้งานจะสามารถใช้งานแอพพลิเคชั่นได้จะต้องมีอุปกรณ์ที่สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการดังกล่าวได้ และสำหรับวิธีการทำงานของแอพพลิเคชั่นบนมือถือมีดังนี้

การระบุตัวตนผู้ใช้งาน (Authentication)

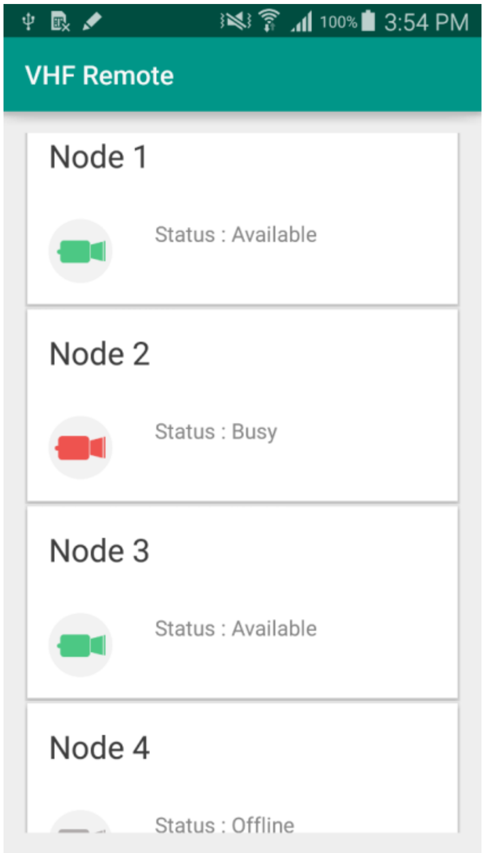


รูปที่ 4.31 ผู้ใช้งานกรอกชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านเพื่อทำการระบุตัวตนและสิทธิ์ในการใช้งาน

ผู้ใช้งานจะต้องทำการระบุตัวตนด้วยการป้อนชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านที่ทำการกำหนดไว้ เนื่องด้วยแอพพลิเคชั่นนี้จะรันอยู่บนอุปกรณ์มือถือ ดังนั้นเป็นไปได้ว่าหากบุคคลอื่นนำอุปกรณ์ไปใช้อาจสามารถเข้ามาสั่งงานได้ และเพื่อที่จะทำให้แอพพลิเคชั่นสามารถอนุญาตสิทธิ์ให้ผู้ใช้งานเพียงเฉพาะบุคคลจึงต้องมีระบบที่ตรวจสอบบุคคลหรือผู้ที่เข้าใช้งาน (Authentication) ดังรูปที่ 4.31

ซึ่งสิทธิในการเข้าใช้งานแอพพลิเคชั่นก็จะแบ่งออกเป็น ประเภท A) *ผู้ที่สามารถติดตามตรวจสอบควบคุมอุปกรณ์ปลายทางได้* ประเภท B) *ผู้ที่สามารถติดตามตรวจสอบแต่ไม่สามารถควบคุมอุปกรณ์ปลายทางได้* เพื่อที่จะอนุญาตให้เฉพาะบุคคลที่จะสามารถควบคุมได้เท่านั้น

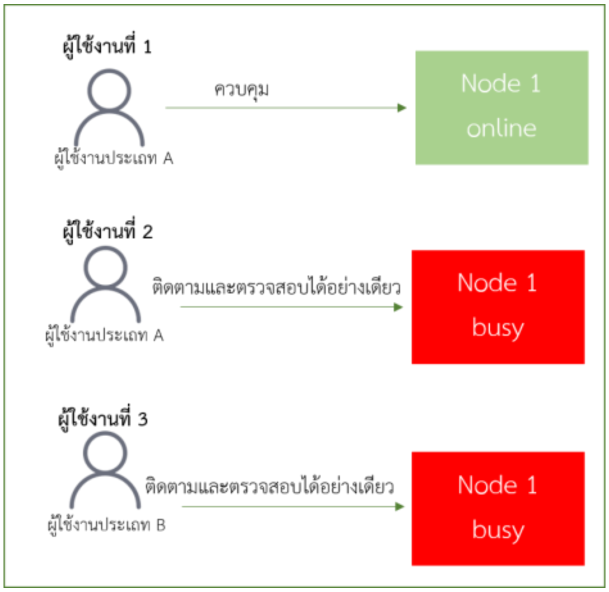
เมื่อผู้ใช้งานที่มีสิทธิ์ในการใช้งานแอพพลิเคชั่นจะสามารถเข้าสู่ระบบได้ และจะพบกับหน้าต่างที่แสดงอุปกรณ์หรือเครื่องรับส่งวิทยุ CB 245 ที่มีอยู่ในระบบ พร้อมกับแสดงสถานะการใช้งาน ซึ่งแต่ละสถานะจะประกอบไปด้วย 1.) *อุปกรณ์ออนไลน์พร้อมใช้งาน* : แทนด้วยสัญลักษณ์สีเขียว 2.) *อุปกรณ์มีผู้อื่นควบคุมอยู่* : แทนด้วยสัญลักษณ์สีแดง 3.) *อุปกรณ์ไม่พร้อมใช้งาน* : แทนด้วยสัญลักษณ์สีเทา ดังรูปที่ 4.32



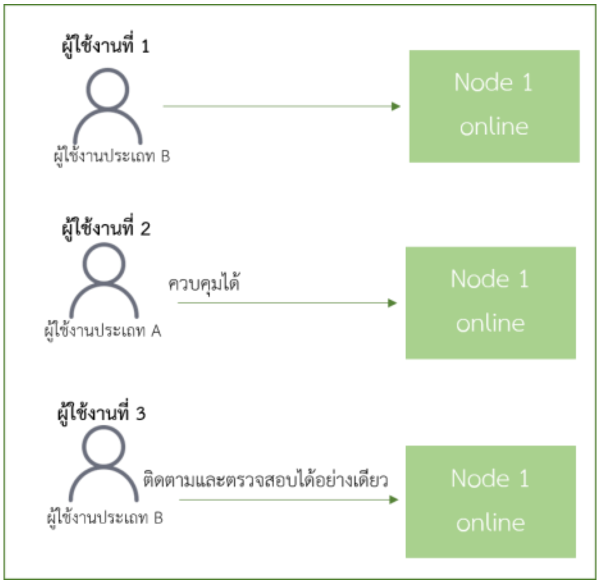
รูปที่ 4.32 แสดงสถานะของอุปกรณ์และให้ผู้ใช้งานเลือกสามารถควบคุมหรือติดตามแต่ละอุปกรณ์ (node) ได้

การอนุญาตสิทธิใช้งานของระบบ

ซึ่งสถานะนี้จะเชื่อมโยงกับสิทธิของผู้ใช้งาน โดยหากผู้ใช้งานที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ได้ (A) เข้าครอบครองอุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่งโดย อุปกรณ์นั้นอยู่ในสถานะออนไลน์พร้อมใช้งาน (รูปที่ 4.33) เมื่อผู้ใช้งานอื่นเข้ามาในระบบ ทั้งผู้ใช้งานแบบ (A) และ (B) จะมองเห็นว่าอุปกรณ์นั้น มีผู้อื่นควบคุมอยู่ เนื่องจากระบบจะอนุญาตให้สิทธิควบคุมอุปกรณ์ได้ เพียง 1 อุปกรณ์ต่อ 1 ผู้ใช้งานดังนั้นไม่ว่าจะมีสิทธิควบคุมหรือไม่ก็ตาม ระบบจะไม่อนุญาตให้ควบคุม แต่ยังสามารถเข้าไปติดตามและตรวจสอบได้ แต่หากผู้ใช้งานที่ไม่สามารถควบคุมแต่สามารถติดตามและตรวจสอบได้อย่างเดียว (B) เข้าไปยังอุปกรณ์ที่ออนไลน์และพร้อมใช้งาน (รูปที่ 4.34) เมื่อผู้ใช้งานอื่นเข้าในระบบ ทั้งผู้ใช้งานแบบ (A) และ (B) จะมองเห็นว่าอุปกรณ์นั้น ออนไลน์พร้อมใช้งานเช่นเดิม และผู้ใช้แบบ (A) ก็จะสามารถเข้าไปใช้งานหรือควบคุมเครื่องนั้นได้



รูปที่ 4.33 แสดงการให้สิทธิของผู้ใช้งานเมื่อมีผู้ใช้งานประเภท A ควบคุมอุปกรณ์อยู่

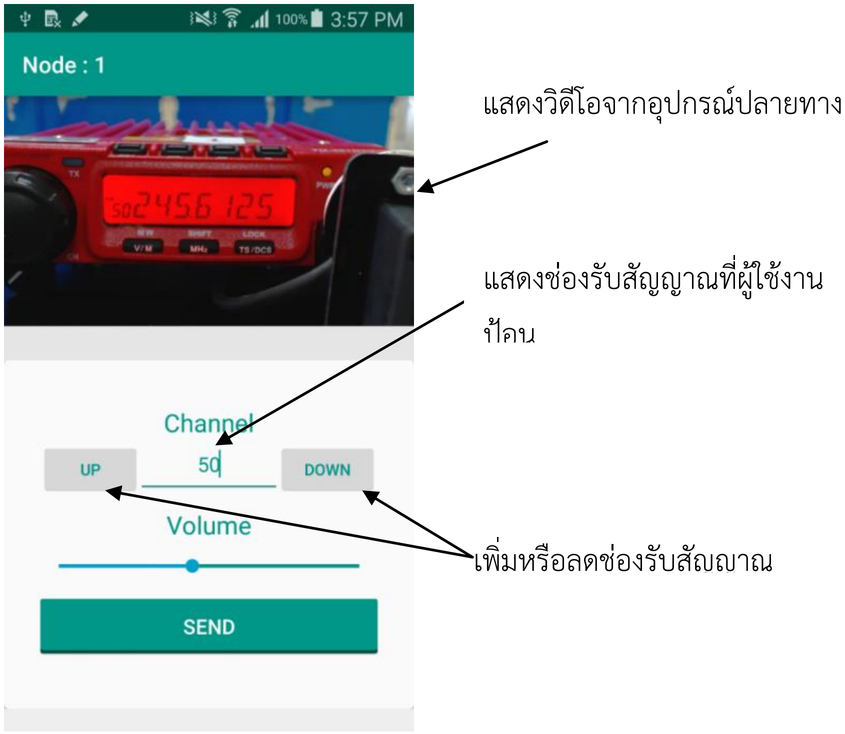


รูปที่ 4.34 แสดงการให้สิทธิของผู้ใช้งานเมื่อมีผู้ใช้งานประเภท B เข้าไปติดตามตรวจสอบอุปกรณ์อื่น

เมื่อผู้ใช้งานประเภท (A) ออกจากสิทธิการควบคุมระบบจะคืนสิทธิและเปลี่ยนสถานะจากมีผู้ควบคุม เป็นสถานะ ออนไลน์พร้อมใช้งานโดยอัตโนมัติ หรือหากผู้ใช้งานปิดแอพพลิเคชั่นระบบก็จะคืนสิทธิและคืนสถานะเช่นเดียวกัน เช่นเดียวกันกับผู้ใช้งานประเภท (B) แต่เนื่องจากผู้ใช้งานประเภท (B) มีเพียงสิทธิของการติดตามและตรวจสอบดังนั้นระบบเพียงทำการคืนค่าการเข้าใช้งานระบบ ทั้งการออกจากแอพพลิเคชั่นหรือการออกจากการติดตามและตรวจสอบอุปกรณ์นั้นๆ

การควบคุมอุปกรณ์สำหรับผู้ใช้งานประเภท A

เมื่อผู้ใช้งานประเภท A หรือผู้ที่สามารถควบคุมและติดตามตรวจสอบอุปกรณ์ได้ เข้ามายังอุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่งแล้วจะสามารถใช้แถบควบคุมได้ ซึ่งประกอบด้วย 1.) วิดีโอจากที่ถ่ายจากอุปกรณ์ปลายทาง 2.) ควบคุมช่องรับสัญญาณ (Channel) 3.) ควบคุมระดับความดัง (Volume) โดยส่วนแรก ควบคุมช่องรับสัญญาณจะสามารถปรับเพิ่มหรือลด จากปุ่ม UP , DOWN จากช่องสัญญาณปัจจุบันที่แสดงอยู่ หรือผู้ใช้งานสามารถป้อนผ่านคีย์บอร์ดได้โดยมีทั้งหมด 80 ช่องสัญญาณตามความสามารถของอุปกรณ์ปลายทาง (CB 245) (รูปที่ 4.35) และส่วนของระดับความดังจะใช้เป็น แถบเลื่อน โดยจะมีค่าความดัง 0 จนถึง 9 (10 ระดับ) (รูปที่ 4.36) เมื่อผู้ใช้งานปรับช่องสัญญาณและระดับความดังตามต้องการ จะต้องกดที่ปุ่ม SEND เพื่อที่จะทำการสั่งงานไปยังปลายทาง (รูปที่ 4.36)

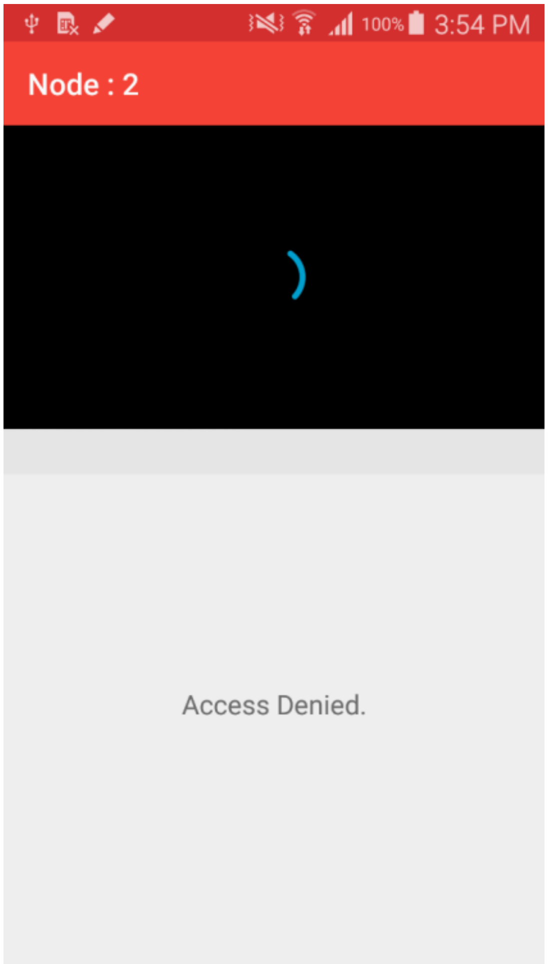


รูปที่ 4.35 ปรับช่องสัญญาณ (Channel)

รูปที่ 4.36 การปรับระดับความดังและส่งข้อมูล

โดยผู้ใช้งานอาจเลือกปรับช่องรับสัญญาณเพียงอย่างเดียว หรือ ปรับระดับความดังเพียงอย่างเดียวได้ โดยข้อมูลจะถูกอัพเดทไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งหากผู้ใช้งานคนอื่นเข้ามายังอุปกรณ์ที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปแล้ว ก็จะเห็นการเปลี่ยนแปลงไปในทันที เช่นเดียวกันกับอุปกรณ์ปลายทาง เมื่อผู้ใช้งานจากระบบสั่งงานอุปกรณ์ จะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่า แล้วจะทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลทันที (ช่องสัญญาณ และ ระดับเสียง) แต่ทางฝั่งของผู้ใช้งานหรือผู้ควบคุมอาจจะเห็นผล (จากวิดีโอ) ล่าช้าไปกว่าความเป็นจริงเนื่องจากการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ด้วยข้อมูลภาพยาวๆ รวมถึงเสียง เป็นข้อมูลขนาดใหญ่จึงทำให้เห็นความเปลี่ยนแปลงช้า แต่จะเห็นต่อเนื่อง

แต่หากผู้ใช้งานเข้าไปยังอุปกรณ์ที่ถูกผู้อื่นควบคุมอยู่ ก็จะไม่สามารถควบคุมได้แต่จะสามารถเห็นวิดีโอที่แสดงอยู่และแอพพลิเคชั่นจะเปลี่ยนเป็นธีมสีแดง และมีข้อความว่า Access Denied ดังรูปที่ 4.37



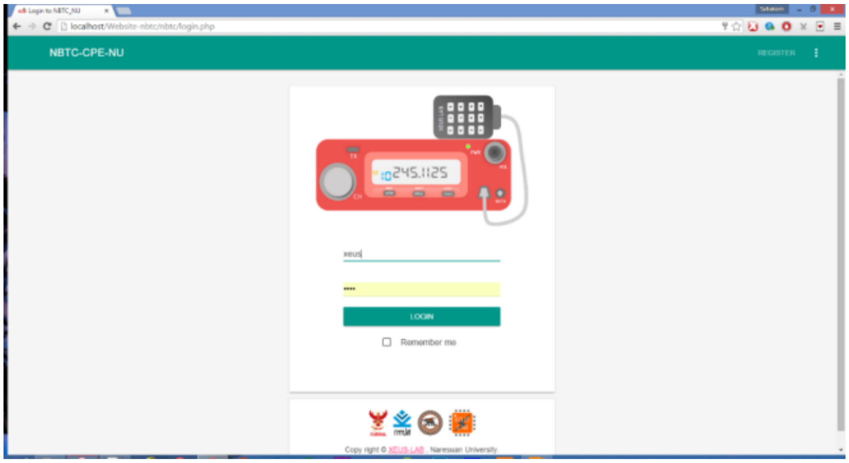
รูปที่ 4.37 กรณีเลือกโหนดที่ไม่สามารถใช้งานได้จะอยู่ในธีมสีแดง
และจะไม่สามารถควบคุม Channel และ Volume

4.7.2 ผลการปรับแก้พัฒนาระบบต้นแบบสถานีควบคุมเว็บแอพพลิเคชั่น (Web Application)

นอกจากแอพพลิเคชั่นบนมือถือที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Android แล้ว เพื่อที่จะให้ผู้ใช้งานสามารถทำงานบนคอมพิวเตอร์ได้ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้สร้างเป็นระบบเว็บแอพพลิเคชั่นที่ผู้ใช้งานจะสามารถเข้าถึงได้เพียงแค่มีเว็บบราวเซอร์และอินเทอร์เน็ตก็จะสามารถเข้าใช้งานระบบได้โดยกระบวนการทำงานจะใกล้เคียงกับระบบแอพพลิเคชั่นบนมือถือ ซึ่งมีกระบวนการดังนี้

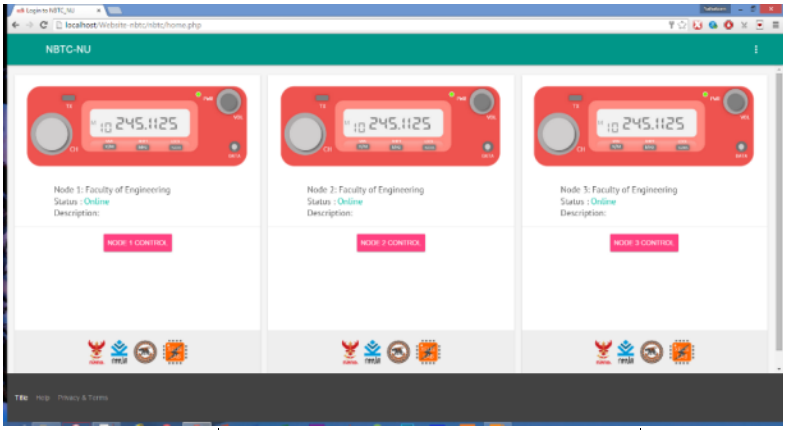
ระบุตัวตนผู้ใช้งาน (Authentication)

เนื่องจากระบบนี้จะต้องมีการระบุตัวตน และกำหนดสิทธิในการเข้าใช้งานส่วนของการควบคุมอุปกรณ์และระบบเว็บแอพพลิเคชั่นนั้นยังเป็นระบบที่ใครก็สามารถเข้าถึงได้ เพียงแค่มีลิงค์การเข้าถึง (URL) ดังนั้นระบบจึงต้องมีส่วนของการระบุตัวตนผู้ใช้งาน โดยผู้ใช้งานจะต้องป้อนชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านที่ทำการกำหนดไว้ (รูปที่ 4.38)



รูปที่ 4.38 ผู้ใช้งานกรอกชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านเพื่อทำการระบุตัวตนและสิทธิ์ในการใช้งานผ่านหน้าเว็บ

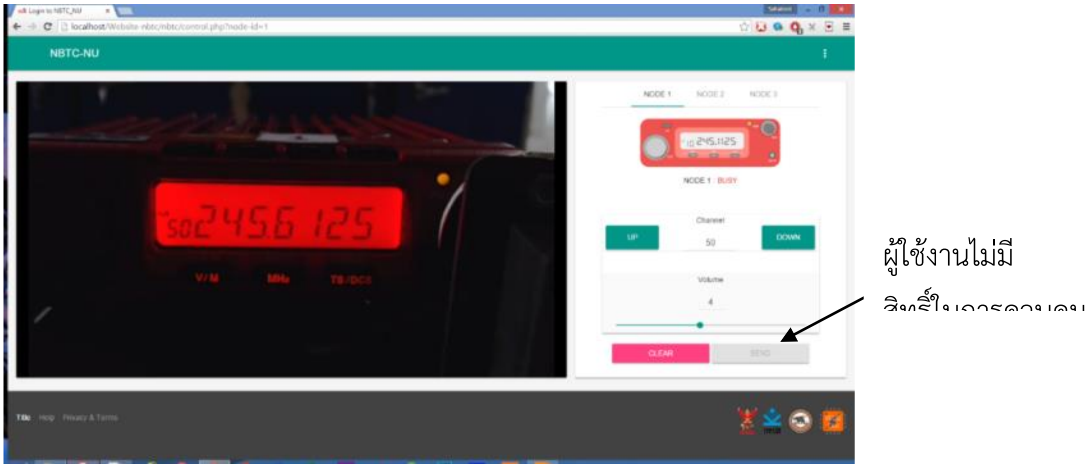
เมื่อผู้ใช้งานที่มีสิทธิ์ในการใช้งานแอพพลิเคชั่นจะสามารถเข้าสู่ระบบได้ จะมีการแสดงสถานะของอุปกรณ์เช่นเดียวกับระบบแอพพลิเคชั่นบนมือถือ โดยมีสถานะ 1.) *อุปกรณ์ออนไลน์พร้อมใช้งาน* : แทนด้วยสัญลักษณ์สีเขียว และข้อความ Online 2.) *อุปกรณ์มีผู้อื่นควบคุมอยู่* : แทนด้วยสัญลักษณ์สีแดง และข้อความ Busy 3.) *อุปกรณ์ไม่พร้อมใช้งาน* : แทนด้วยสัญลักษณ์สีเทาและข้อความ Offline (รูปที่ 4.39)



รูปที่ 4.39 แสดงอุปกรณ์ที่มีอยู่ในระบบและสถานะของอุปกรณ์ที่จะสามารถเข้าถึงได้

และสิทธิ์การเข้าควบคุมอุปกรณ์ของผู้ใช้งานจะเหมือนกันกับฝั่งของแอพพลิเคชั่นบนมือถือ ซึ่งจะแบ่งเป็นผู้ใช้งานประเภท ประเภท A) *ผู้ที่สามารถติดตามตรวจสอบควบคุมอุปกรณ์ปลายทางได้* ประเภท B) *ผู้ที่สามารถติดตามตรวจสอบแต่ไม่สามารถควบคุมอุปกรณ์ปลายทางได้* เพื่อที่จะอนุญาตให้เฉพาะบุคคลที่จะสามารถควบคุมได้เท่านั้น (ดูหัวข้อ *การอนุญาตสิทธิใช้งานของระบบ*) และผู้ใช้งานจะสามารถเข้าไปยังอุปกรณ์ผ่านปุ่ม NODE CONTROL ซึ่งเมื่อเข้าไประบบจะตรวจสอบสิทธิ์การเข้าถึงและจะกำหนดและแสดงผลตามสิทธิ์ของผู้ใช้งาน

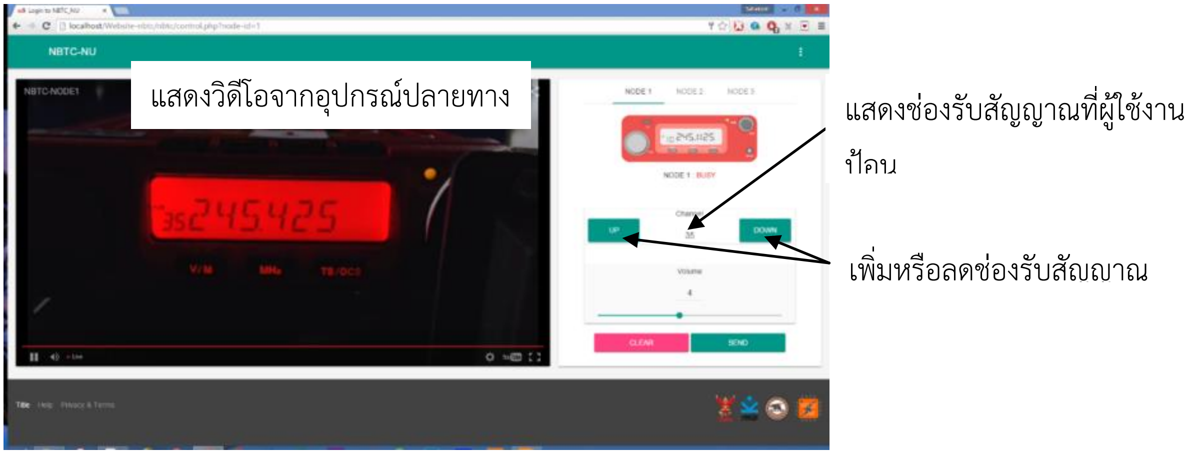
ซึ่งหากระบบพบว่าผู้ใช้งานไม่มีสิทธิ์ในการควบคุม (ผู้ใช้งานประเภท B) หรือพบว่าอุปกรณ์ที่ผู้ใช้งานเลือกนั้นมีผู้อื่นควบคุมอยู่ ระบบจะปิดปุ่มสำหรับส่งแต่ยังสามารถที่จะดูหน้าจอของวิดีโอได้ หรือสามารถเปลี่ยนไปยังอุปกรณ์อื่นๆผ่านแถบที่แสดงอยู่ (รูปที่ 4.40)



รูปที่ 4.40 ระบบไม่อนุญาตให้ควบคุมเนื่องจากมีผู้อื่นควบคุม หรือผู้ใช้ไม่มีสิทธิ์ควบคุม

และหากผู้ใช้งานประเภท A หรือผู้ที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ได้ระบบจะอนุญาตให้ใช้แผงควบคุม ซึ่งประกอบด้วย 1.) วิดีโอจากที่ถ่ายจากอุปกรณ์ปลายทาง 2.) ควบคุมช่องรับสัญญาณ (Channel) 3.) ควบคุมระดับ

ความดัง (Volume) โดยส่วนแรก ควบคุมช่องรับสัญญาณจะสามารถปรับเพิ่มหรือลด จากปุ่ม UP และปุ่ม DOWN จากช่องสัญญาณปัจจุบันที่แสดงอยู่ หรือผู้ใช้งานสามารถป้อนผ่านคีย์บอร์ดได้โดยมีทั้งหมด 80 ช่องสัญญาณตามความสามารถของอุปกรณ์ปลายทาง (CB 245)



รูปที่ 4.41 ระบบอนุญาตให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมได้

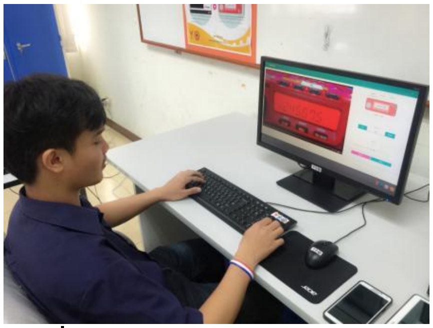
และส่วนของระดับความดังจะใช้เป็น แถบเลื่อน โดยจะมีค่าความดัง 0 จนถึง 9 (10 ระดับ) เมื่อผู้ใช้งานปรับช่องสัญญาณและระดับความดังตามต้องการ จะต้องกดที่ปุ่ม SEND เพื่อที่จะทำการสั่งงานไปยังปลายทาง (รูปที่ 4.41)

โดยผู้ใช้งานอาจเลือกปรับช่องรับสัญญาณเพียงอย่างเดียว หรือ ปรับระดับความดังเพียงอย่างเดียวได้เหมือนกับแอพพลิเคชั่นบนมือถือ โดยข้อมูลจะถูกอัพเดทไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งหากผู้ใช้งานคนอื่นเข้ามายังอุปกรณ์ที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปแล้ว ก็จะเห็นการเปลี่ยนแปลงไปในทันที เช่นเดียวกันกับอุปกรณ์ปลายทาง เมื่อผู้ใช้งานจากระบบ สั่งงานอุปกรณ์จะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่า แล้วจะทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลทันที (ช่องสัญญาณ และระดับเสียง) แต่ทางฝั่งของผู้ใช้งาน หรือผู้ควบคุมอาจจะเห็นผล (จากวิดีโอ) ล่าช้าไปกว่าความเป็นจริงเนื่องจากการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ด้วยข้อมูลภาพยาวๆ รวมถึงเสียง เป็นข้อมูลขนาดใหญ่จึงทำให้เห็นความเปลี่ยนแปลงช้า แต่จะเห็นต่อเนื่อง เช่นเดียวกันกับแอพพลิเคชั่นบนมือถือ

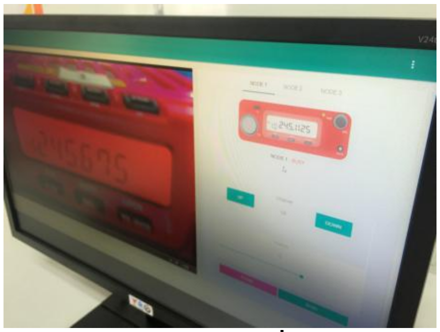
4.8 ผลการทดสอบการทำงานทั้งต้นแบบระบบสถานีควบคุมที่เชื่อมต่อกับต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง

เมื่อระบบย่อยต่างๆของโครงการวิจัยได้ถูกพัฒนาและปรับแก้ไขให้ง่ายและสะดวกแก่การใช้งานสำหรับผู้ใช้แล้ว ทางคณะผู้วิจัยจึงทำการทดสอบการรวมระบบ โดยทำการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง จำนวน 3 ชุด (Node ที่ 1 - Node ที่ 3) และทำการควบคุมจากระยะไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตจากโปรแกรมต้นแบบระบบ

สถานีควบคุมทั้งบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านเว็บเบราวเซอร์ และบนอุปกรณ์อัจฉริยะระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยแอพพลิเคชั่นนี้ทางคณะผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมดังกล่าวให้สามารถทำงานได้บนสมาร์ทโฟน (Samsung Galaxy Note3 LTE) และอุปกรณ์แท็บเล็ต (Samsung Galaxy Tab S 10.5) เพื่อให้รองรับการนำไปใช้งานแก่เจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานในหน่วยงาน กสทช. ทั้งในสำนักงานและสำหรับออกปฏิบัติการนอกพื้นที่ ดังรูปที่ 4.42 – 4.44

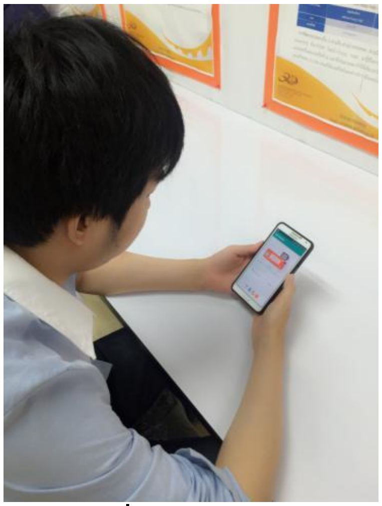


รูปที่ 4.42 (ก)

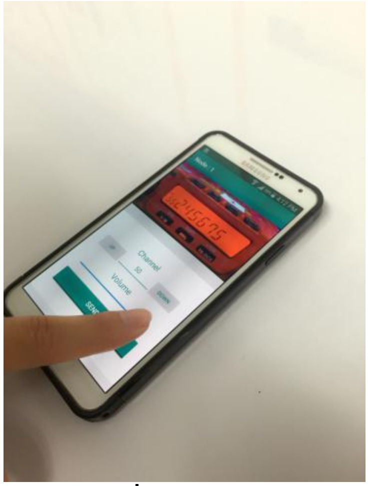


รูปที่ 4.42 (ข)

รูปที่ 4.42 ต้นแบบระบบสถานีควบคุมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านเว็บบราวเซอร์
(ก) แสดงการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านเว็บบราวเซอร์
(ข) แสดงตัวอย่างหน้าจอการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านเว็บบราวเซอร์

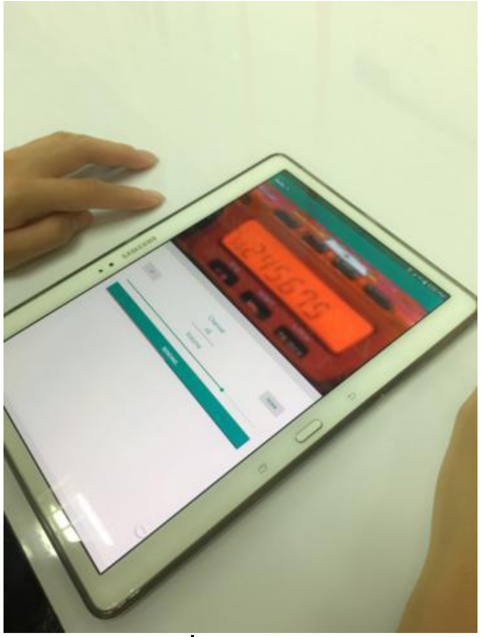


รูปที่ 4.43 (ก)



รูปที่ 4.43 (ข)

รูปที่ 4.43 ต้นแบบระบบสถานีควบคุมทั้งบนอุปกรณ์อัจฉริยะสมาร์ทโฟน
(ก) แสดงการใช้งานบนอุปกรณ์อัจฉริยะสมาร์ทโฟน
(ข) แสดงตัวอย่างหน้าจอการใช้งานบนอุปกรณ์อัจฉริยะสมาร์ทโฟน



รูปที่ 4.44 (ก)

รูปที่ 4.44 (ข)

รูปที่ 4.44 ต้นแบบระบบสถานีควบคุมทั้งบนอุปกรณ์อัจฉริยะแบบแท็บเล็ต
(ก) แสดงการใช้งานบนอุปกรณ์อัจฉริยะแบบแท็บเล็ต
(ข) แสดงตัวอย่างหน้าจอการใช้งานบนอุปกรณ์อัจฉริยะแบบแท็บเล็ต

โดยทำการทดสอบจำลองในอาคารวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยนำ Node ทั้ง 3 นี้แยกไปแต่ละห้อง โดยแต่ละ Node จะประกอบไปด้วยเครื่อง CB245 ซึ่งจะถูกเชื่อมต่อกับกล่องควบคุมไปที่รีโมตของตัวเครื่อง CB245 และกล่องควบคุมจะถูกเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ทำหน้าที่จัดการรับส่งข้อมูลจาก Human API มายัง Machine API ผ่านการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ และที่ด้านหน้าเครื่อง CB245 ได้ทำการติดตั้งกล้องเว็บแคมพร้อมไมโครโฟนภายในเพื่อทำการถ่ายทอดภาพและเสียง เพื่อส่งไปยังผู้ใช้ปลายทางที่สถานีควบคุมโดยผ่านการเข้ารหัส (Encoding) ตามรูปแบบ (Format) ที่กำหนดไว้โดยใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ติดตั้งอยู่เช่นกัน ดังรูปที่ 4.45

รูปที่ 4.45 (ก)

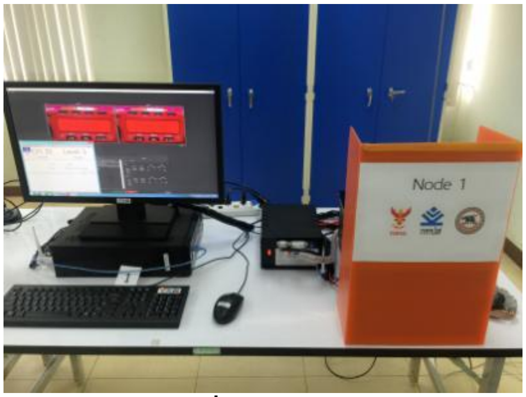
รูปที่ 4.45 (ข)

รูปที่ 4.45 ต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง

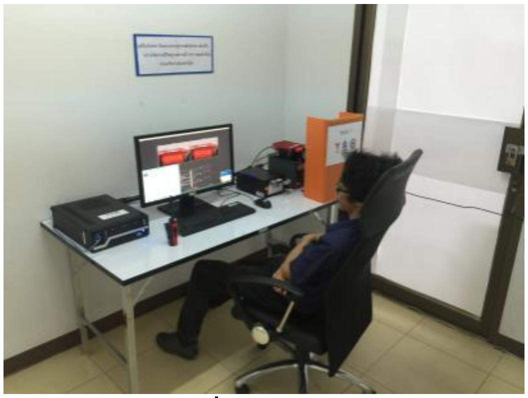
(ก) แสดงการติดตั้งกล้องที่ด้านหน้าจอเครื่อง CB245

(ข) แสดงการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพื่อควบคุมเครื่อง CB245 และใช้ถ่ายทอดภาพและเสียง

จากนั้นทางคณะผู้วิจัยได้ทำการเตรียมโดยทำการทดสอบจำลองในอาคารวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยนำ Node ทั้ง 3 นี้แยกไปแต่ละห้อง โดยแต่ละ Node จะประกอบไปด้วยเครื่อง CB245 ซึ่งจะถูกเชื่อมต่อกับกล่องควบคุมไปที่รีโมตของตัวเครื่อง CB245 และกล่องควบคุมจะถูกเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วน



รูปที่ 4.46 (ก)



รูปที่ 4.46 (ข)

รูปที่ 4.46 (ค)

รูปที่ 4.46 (ง)

รูปที่ 4.46 (จ)

รูปที่ 4.46 (ฉ)

รูปที่ 4.46 การทดสอบต้นแบบอุปกรณ์ปลายทางทั้ง 3 Node

(ก) แสดงชุดอุปกรณ์ต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง Node 1

(ข) แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง Node 1 โดยมีผู้บันทึกผลการทดสอบ

(ค) แสดงชุดอุปกรณ์ต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง Node 2

(ง) แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง Node 2 โดยมีผู้บันทึกผลการทดสอบ

(จ) แสดงชุดอุปกรณ์ต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง Node 3

(ฉ) แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง Node 3 โดยมีผู้บันทึกผลการทดสอบ

ผลการทดสอบพบว่า ระบบนี้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้อง 100% ตามการควบคุมในการสั่งเปลี่ยนช่องสัญญาณและปรับระดับเสียงที่เครื่อง CB245 ผ่านการควบคุมระยะไกลบนเครือข่ายอินเทอร์ รวมทั้งผู้ใช้งานฝั่งสถานีควบคุมสามารถรับชมภาพหน้าจอเครื่อง CB245 เพื่อตรวจสอบช่องสัญญาณปัจจุบัน และรับฟังเสียงของสัญญาณวิทยุในช่องสัญญาณดังกล่าว ผ่านระบบการถ่ายทอดมัลติมิเดียวิดีโอสตรีมมิ่ง ได้อย่างถูกต้อง แต่เมื่อพิจารณาเวลาระยะเวลา Latency ที่เกิดขึ้นนั้น (ความล่าช้า) ทางคณะผู้วิจัยได้พบว่า มีความล่าช้าเกิดขึ้น ซึ่งน่าจะขึ้นอยู่กับความเร็วระบบเครือข่ายที่ใช้เข้าถึงในช่วงเวลานั้นนั่นเอง

4.9 ผลการทดสอบดูประสิทธิภาพการทำงานของระบบด้านเวลาในการทำงานของระบบ

จากที่ได้ทดสอบการรวมระบบดังในหัวข้อย่อยที่ผ่านมาพบว่า ระบบตรวจสอบความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสามารถทำงานได้ถูกต้อง 100% ทั้งการสั่งการควบคุมเครื่อง CB245 ทั้งด้านการเปลี่ยนช่องสัญญาณและปรับระดับความดังของเสียง รวมทั้งระบบนี้ยังสามารถทำงานถ่ายทอดและรับชมภาพและเสียงจากสถานีปลายทางที่มีอุปกรณ์ต้นแบบปลาย มายังสถานีควบคุมอย่างถูกต้องทั้งภาพและเสียง แต่พบข้อมูลจากการทดลองว่ามีระยะเวลาในการถ่ายทอดมายังการรับชมที่มีค่าแตกต่างกันสำหรับการทำวิดีโอสตรีมมิ่งนี้ ส่วนระยะเวลาตอบสนองสำหรับการสั่งการควบคุมเครื่อง CB245 นั้นมีค่าความล่าช้าประมาณ 1-2 วินาที ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีการตอบสนองได้รวดเร็ว เนื่องจากแพ็คเกจข้อมูลมีขนาดน้อย ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงทำการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลด้านส่วนต่างของเวลาสำหรับการทำวิดีโอสตรีมมิ่งโดยมีการบันทึกข้อมูล 7 วันใน 1 สัปดาห์ทดสอบ และทำการทดสอบ 3 ช่วงเวลาของแต่ละวัน คือ ช่วงเช้า ช่วงเที่ยง และช่วงเย็น โดยมีข้อมูลดังนี้

- ผลการทดสอบเวลาในการทำงานของระบบ ใน<u>วันอาทิตย์</u>

<u>ช่วงเวลาเช้า</u> (08.30)

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบใน วันอาทิตย์ ช่วงเวลาเช้า

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	10	ms	Max	18	ms	Avg	14	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	25	ms	Max	34	ms	Avg	29	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		3.48	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		7.61	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.25	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		7.47	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		2	s						

<u>ช่วงเวลาเที่ยง</u> (12.00)

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบใน วันอาทิตย์ ช่วงเวลาเที่ยง

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	9	ms	Max	14	ms	Avg	11	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	26	ms	Max	35	ms	Avg	31	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		2.8	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		5.49	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.92	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		6.83	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		4	s						

ช่วงเวลาเย็น (17.10)

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบใน วันอาทิตย์ ช่วงเวลาเย็น

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	9	ms	Max	17	ms	Avg	11	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	24	ms	Max	35	ms	Avg	30	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		2.82	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		4.05	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.39	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		6.39	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		4	s						

- ผลการทดสอบเวลาในการทำงานของระบบ ในวันจันทร์

ช่วงเวลาเช้า (08.15)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบใน วันจันทร์ ช่วงเวลาเช้า

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	10	ms	Max	18	ms	Avg	13	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	25	ms	Max	33	ms	Avg	29	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		2.37	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		4.7	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.69	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		4.84	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		3	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		3	s						

ช่วงเวลาเที่ยง (12.10)

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบใน วันจันทร์ ช่วงเวลาเที่ยง

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	10	ms	Max	20	ms	Avg	15	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	25	ms	Max	36	ms	Avg	30	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		2.48	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		3.01	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.04	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		4.42	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		2	s						

ช่วงเวลาเย็น (17.05)

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบใน วันจันทร์ ช่วงเวลาเย็น

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	13	ms	Max	39	ms	Avg	18	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	28	ms	Max	33	ms	Avg	31	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		1.82	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		4.67	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.54	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		3.92	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		3	s						

- ผลการทดสอบเวลาในการทำงานของระบบ ใน<u>วันอังคาร</u>

ช่วงเวลาเช้า (08.15)

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบใน วันอังคาร ช่วงเวลาเช้า

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	9	ms	Max	18	ms	Avg	14	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	26	ms	Max	34	ms	Avg	30	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		2.86	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		6.43	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		3.2	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		9	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		3	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		3	s						

ช่วงเวลาเที่ยง (12.30)

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบใน วันอังคาร ช่วงเวลาเที่ยง

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	9	ms	Max	18	ms	Avg	13	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	25	ms	Max	36	ms	Avg	29	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		1.56	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		3.93	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.34	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		8.26	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		4	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		5	s						

<u>ช่วงเวลาเย็น</u> (17.10)

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบใน วันอังคาร ช่วงเวลาเย็น

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	11	ms	Max	19	ms	Avg	15	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	25	ms	Max	34	ms	Avg	30	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		1.62	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		5.4	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.96	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		7.55	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		5	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		7	s						

- ผลการทดสอบเวลาในการทำงานของระบบ ใน<u>วันพุธ</u>

<u>ช่วงเวลาเช้า</u> (08.40)

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบใน วันพุธ ช่วงเวลาเช้า

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	10	ms	Max	19	ms	Avg	14	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	28	ms	Max	34	ms	Avg	30	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		2.28	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		5.93	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		3.53	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		5.82	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		5	s						

<u>ช่วงเวลาเที่ยง</u> (12.10)

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบใน วันพุธ ช่วงเวลาเที่ยง

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	9	ms	Max	19	ms	Avg	14	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	27	ms	Max	42	ms	Avg	32	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		2.2	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		3.94	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		3.41	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		9.15	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		4	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		6	s						

<u>**ช่วงเวลาเย็น**</u> (17.45)

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบใน วันพุธ ช่วงเวลาเย็น

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	11	ms	Max	16	ms	Avg	13	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	25	ms	Max	34	ms	Avg	29	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		3.16	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		5.02	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.75	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		5.68	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		2	s						

- ผลการทดสอบเวลาในการทำงานของระบบ ใน<u>วันพฤหัสบดี</u>

<u>**ช่วงเวลาเช้า**</u> (08.40)

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบใน วันพฤหัสบดี ช่วงเวลาเช้า

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	10	ms	Max	18	ms	Avg	14	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	25	ms	Max	34	ms	Avg	29	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		3.48	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		7.61	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.25	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		7.47	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		2	s						

<u>**ช่วงเวลาเที่ยง**</u> (12.15)

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบใน วันพฤหัสบดี ช่วงเวลาเที่ยง

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	9	ms	Max	17	ms	Avg	12	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	26	ms	Max	34	ms	Avg	31	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		1.72	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		6.34	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		3.38	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		6.61	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		2	s						

<u>ช่วงเวลาเย็น</u> (17.40)

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบใน วันพฤหัสบดี ช่วงเวลาเย็น

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	9	ms	Max	18	ms	Avg	14	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	26	ms	Max	32	ms	Avg	29	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		1.62	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		5.77	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		1.73	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		5.36	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		3	s						

- ผลการทดสอบเวลาในการทำงานของระบบ ใน<u>วันศุกร์</u>

<u>ช่วงเวลาเช้า</u> (08.40)

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบใน วันศุกร์ ช่วงเวลาเช้า

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	9	ms	Max	17	ms	Avg	13	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	27	ms	Max	34	ms	Avg	30	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		3.43	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		4.41	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.85	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		5.37	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		3	s						

<u>ช่วงเวลาเที่ยง</u> (12.50)

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบใน วันศุกร์ ช่วงเวลาเที่ยง

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	10	ms	Max	29	ms	Avg	17	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	25	ms	Max	34	ms	Avg	29	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		1.44	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		2.74	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		6.05	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		3	s						

<u>ช่วงเวลาเย็น</u> (17.10)

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบใน วันศุกร์ ช่วงเวลาเย็น

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	10	ms	Max	18	ms	Avg	14	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	25	ms	Max	33	ms	Avg	30	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		2.12	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		6.77	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.39	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		4.96	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		3	s						

- ผลการทดสอบเวลาในการทำงานของระบบ ใน<u>วันเสาร์</u>

<u>ช่วงเวลาเช้า</u> (08.40)

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบใน วันเสาร์ ช่วงเวลาเช้า

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	10	ms	Max	20	ms	Avg	14	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	25	ms	Max	36	ms	Avg	30	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		2.76	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		4.5	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		3.54	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		6.07	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		2	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		2	s						

<u>ช่วงเวลาเที่ยง</u> (12.50)

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบใน วันเสาร์ ช่วงเวลาเที่ยง

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	9	ms	Max	18	ms	Avg	13	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	24	ms	Max	34	ms	Avg	27	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		2.27	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		5.16	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.69	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		5.88	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		3	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		3	s						

<u>ช่วงเวลาเย็น</u> (17.40)

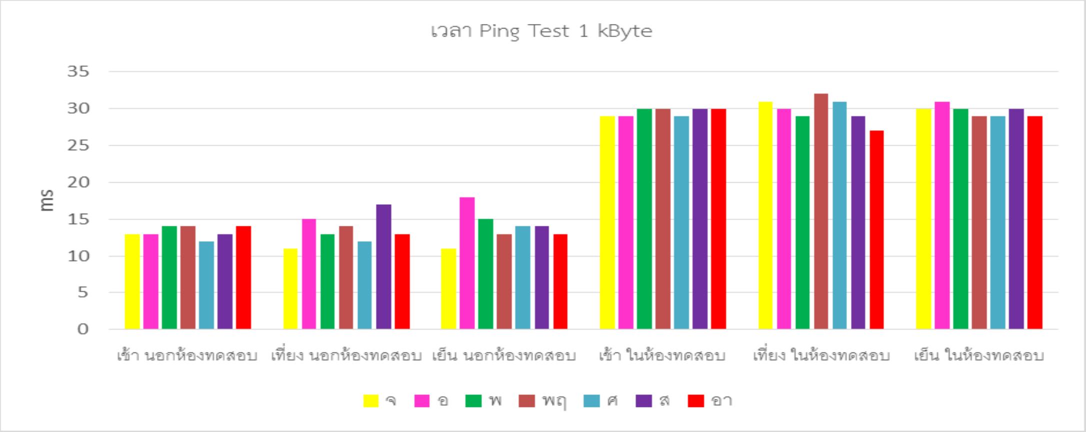
ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบใน วันเสาร์ ช่วงเวลาเย็น

ชนิดค่าเวลาที่ทดสอบ		ค่าเวลา	หน่วย						
เวลา Ping Test 1 kByte ภายนอกห้องทดสอบ	Min	10	ms	Max	19	ms	Avg	13	ms
เวลา Ping Test 1 kByte ภายในห้องทดสอบ	Min	25	ms	Max	34	ms	Avg	29	ms
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		1.99	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายนอกห้องทดสอบ		4.8	s						
เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง ภายในห้องทดสอบ		2.7	s						
เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง ภายในห้องทดสอบ		4.67	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายนอกห้องทดสอบ		3	s						
เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม ภายในห้องทดสอบ		4	s						

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 – 4.21 ที่ได้แสดงข้อมูลการวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบด้านเวลาในการทำงานของระบบ โดยตั้งสมมุติฐานเรื่องการใช้งานตลอดทั้งสัปดาห์ และในทุกช่วงเวลาการทำงานของแต่ละวัน เพื่อความสะดวกทางคณะผู้วิจัยได้ทำการสรุปแยกในแต่ละประเภทของเวลาออกมาแสดงเป็นกราฟในแต่ละประเภทได้ดังต่อไปนี้

เวลา Ping Test 1 kByte

การ Ping Test เป็นการส่งแพ็คเกจมาตรฐานเพื่อทดสอบระยะเวลาการเดินทางของข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับ เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดที่สามารถนำข้อมูลเวลาที่ใช้มาช่วยวิเคราะห์ความเร็วของเครือข่ายที่ง่ายและประมาณการได้เร็วที่สุด จากรูปที่ 4.47 จะเห็นได้ชัดเจนว่า ในกรณีการทดสอบ Ping Test นี้ ถ้าทำการทดสอบในห้องทดสอบซึ่งอยู่ในมหาวิทยาลัย จะเห็นได้ว่ามีระยะเวลาที่ใช้นานกว่าภายนอกมหาวิทยาลัย เนื่องจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในมหาวิทยาลัยมีผู้ใช้งานจำนวนมากความเร็วและแบนด์วิดธ์ของอินเทอร์เน็ตจึงน้อยเมื่อเทียบกับการใช้งานอินเทอร์เน็ตนอกมหาวิทยาลัย



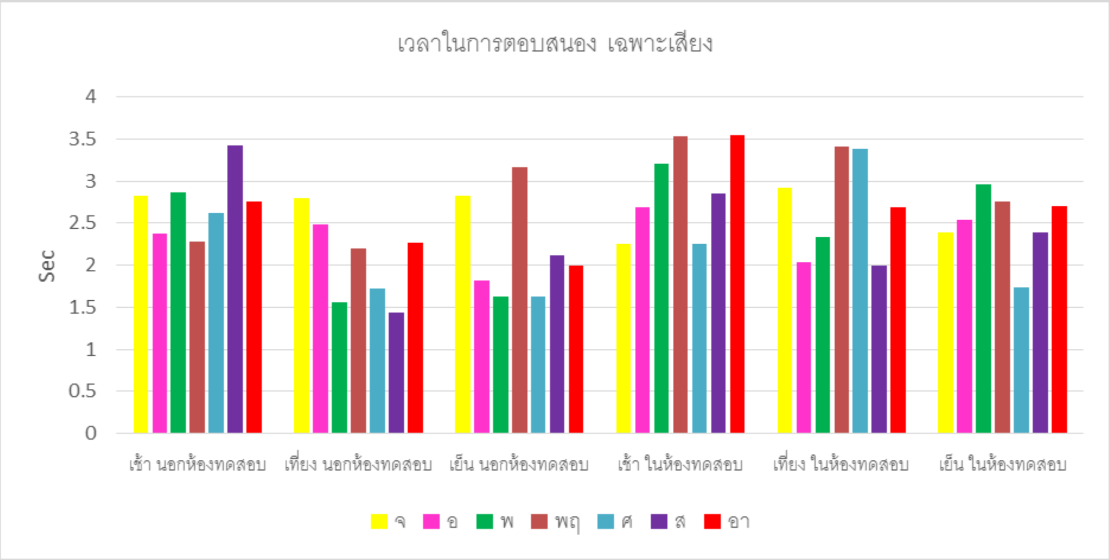
รูปที่ 4.47 กราฟแสดงข้อมูลเวลา Ping Test 1 kByte

ซึ่งจากรูปนี้จะเห็นได้ชัดว่า ทุกประเภทของวัน และทุกประเภทของช่วงเวลานั้น การวัดเวลา Ping Test 1 kByte จากเครือข่ายนอกห้องทดสอบมีค่าเฉลี่ยประมาณ 14 มิลลิวินาที และจากเครือข่ายในห้องทดสอบมีค่าเฉลี่ยประมาณ 29 มิลลิวินาที จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการทำ Ping Test จากเครือข่ายทดสอบในห้องทดสอบจะมีค่าสูงประมาณสองเท่าตัวของแบบทดสอบนอกห้องทดสอบทุกกรณี ทั้งนี้สามารถพอสรุปได้ว่าความเร็วและและแบนด์วิดธ์ของอินเทอร์เน็ตในห้องทดสอบมีค่าน้อยกว่าความเร็วและและแบนด์วิดธ์ของอินเทอร์เน็ตนอกห้องทดสอบ ซึ่งน่าจะส่งผลต่อการวัดค่าเวลาในประเภทต่อๆไป

เวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง

การวัดเวลาในการตอบสนองนี้ วัดจากเมื่อผู้ใช้งานกดปุ่มการรับชมการถ่ายทอดมัลติมิเดีย จนกระทั่งปรากฏมัลติมิเดียขึ้นมาที่อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ เมื่อพิจารณาจากกราฟในรูปที่ 4.48 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้ว ผลการทดสอบวัดการถ่ายทอดเฉพาะเสียง จากแบบทดสอบนอกห้องทดสอบ ก็ยังคงใช้เวลาที่น้อยกว่าแบบทดสอบในห้องทดสอบ แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 2 วินาที เนื่องจากทางคณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมในระบบนี้ให้สามารถ**รับฟังเฉพาะเสียง**ได้ เนื่องจากในบางครั้งผู้ใช้งานอาจจะมีความจำเป็นในการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายที่มีความเร็วน้อย ทำให้อาจจะไม่สามารถรับชมทั้งภาพและเสียงพร้อมได้

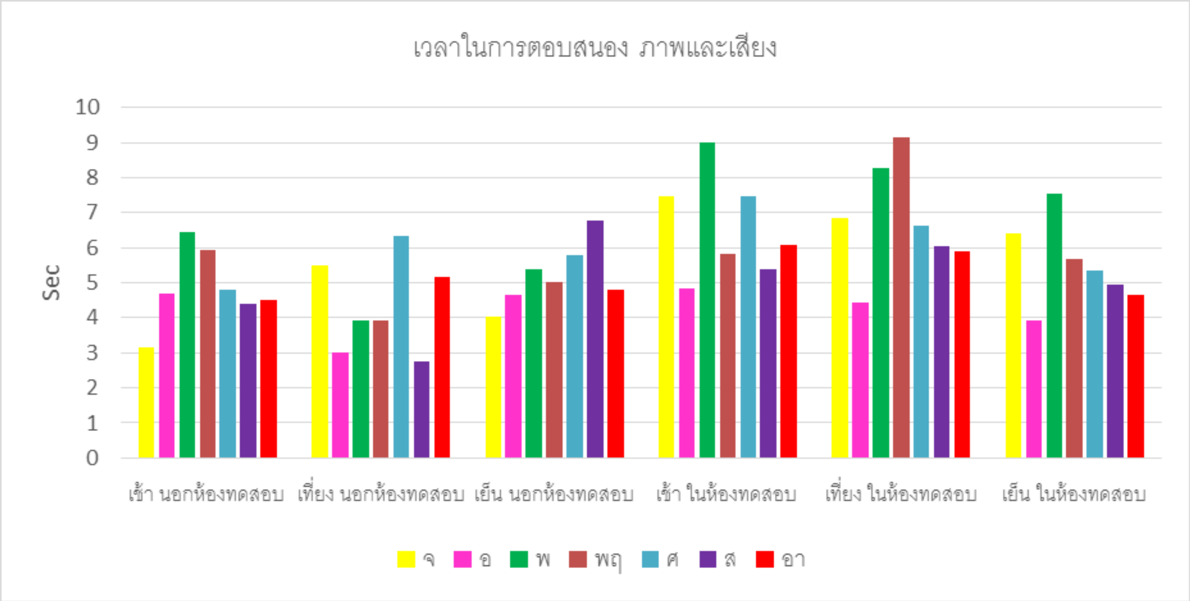
ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงพิจารณาว่าถ้าหากการสั่งการเครื่อง CB245 จากระยะไกลได้ผลดี ถูกต้องทุกคำสั่งในการเปลี่ยนช่องสัญญาณและในการปรับระดับความดังของเครื่อง ซึ่งเพียงพอกับการใช้งานแล้ว ก็น่าจะรับฟังเสียงเข้ามาเพื่อวิเคราะห์ได้เมื่อหลังจากสั่งเปลี่ยนช่องสัญญาณที่เครื่อง CB245 ได้ทันที



รูปที่ 4.48 กราฟแสดงข้อมูลเวลาในการตอบสนอง เฉพาะเสียง

เวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง

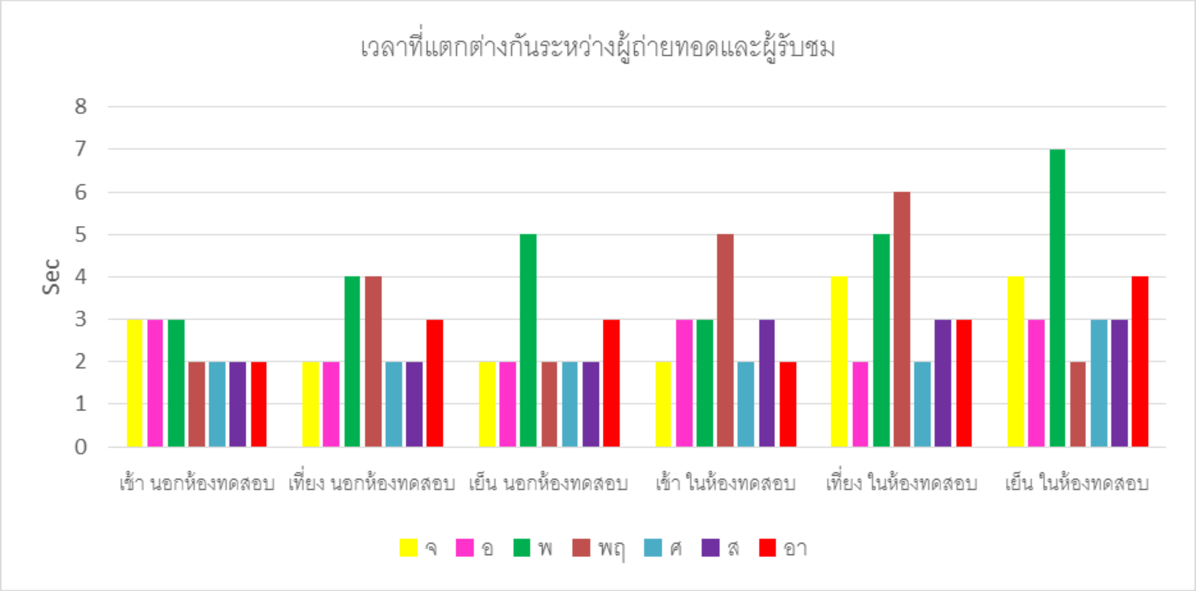
การวัดเวลาในการตอบสนองทั้งภาพและเสียงนี้ เป็นการวัดเวลาที่ตอบสนองที่ใช้กับระบบทั้งหมดที่ทางคณะผู้วิจัยได้พัฒนาคือผู้ใช้ปลายทางสามารถรับชมที่ภาพหน้าจอเครื่อง CB245 ว่าปัจจุบันใช้งานที่ช่องสัญญาณที่เท่าไหร่ และสามารถรับฟังเสียงสัญญาณจากช่องนั้นๆได้ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และเมื่อพิจารณาข้อมูลกราฟจากรูปที่ 4.49 เมื่อพิจารณาโดยรวมก็จะยังคงเห็นได้ว่าการทดสอบในห้องทดสอบซึ่งใช้เครือข่ายการสื่อสารอินเทอร์ภายในมหาวิทยาลัยที่มีผู้ใช้งานค่อนข้างมาก ทำให้ส่งผลให้มีระยะเวลาที่วัดได้นั้นนานกว่าการทดสอบภายนอกห้องทดสอบ



รูปที่ 4.49 กราฟแสดงข้อมูลเวลาในการตอบสนอง ภาพและเสียง

เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม

เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชมนี้ คือเวลาที่เหลื่อมกันโดยข้อมูลมัลติมีเดียที่ฝั่งผู้รับชมมักจะล่าช้ากว่าด้านที่เป็นฝั่งส่งหรือถ่ายทอดเสมอ เนื่องจากทั้งกระบวนการเข้ารหัส – ถอดรหัส และความเร็วของระบบเครือข่ายด้วย โดยรวมแล้วก็ยังให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับข้อมูลเวลาในก่อนหน้านี้ กล่าวคือ เวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชมที่ทดสอบภายในห้องทดสอบจะมีค่าโดยรวมมากกว่าการทดสอบภายนอกห้องทดสอบ แต่ทั้งสองกรณีก็สามารถดำเนินงานตามที่ระบบต้องการได้อย่างถูกต้อง ดังรูปที่ 4.50



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงข้อมูลเวลาที่แตกต่างกันระหว่างผู้ถ่ายทอดและผู้รับชม

จากผลการทดสอบโครงการวิจัยที่ได้อธิบายมาในบทนี้ สามารถอธิบายได้ว่า ทางคณะผู้วิจัยได้สามารถพัฒนาระบบตรวจสอบความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ครบถ้วนตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยสามารถทำการควบคุมต้นแบบอุปกรณ์ปลายทางที่พัฒนาขึ้นมาทั้ง 3 โหนด โดยสั่งการปรับช่องสัญญาณและระดับเสียงผ่านเครือข่ายอินเทอร์ได้อย่างถูกต้องทุกรณี และยังสามารถถ่ายทอดและรับชมสัญญาณภาพและเสียง ที่ส่งมาจากต้นแบบอุปกรณ์ปลายไปยังโปรแกรมสถานีควบคุมได้อย่างถูกต้อง แต่อาจจะมีความล่าช้าของข้อมูลมัลติมิเดียแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความแออัดของช่องสัญญาณหรือแบนด์วิดธ์ของการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ซึ่งได้อธิบายและแสดงกราฟดังที่ได้อธิบายในส่วนท้ายของบทนี้

บทที่ 5
สรุปการดำเนินโครงการวิจัย

จากเนื้อหาในบทที่ผ่านมาทั้ง 4 บทนั้น ทางคณะผู้วิจัยได้แสดงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบตรวจสอบความถี่วิทยุย่านความถี่ VHF โดยการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต นำเสนอเป็นรายงานฉบับสมบูรณ์นี้ โดยเริ่มจากที่มาและความสำคัญของการพัฒนา หลักการและเทคโนโลยีต่างๆที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนการดำเนินโครงการวิจัย และผลการดำเนินการโครงการวิจัย โดยในบทนี้จะทำการสรุปโครงการวิจัย

5.1 สรุปโครงการวิจัย

ทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบนี้ตามแบบแผนและขั้นตอนตามกรอบเวลาที่ได้เสนอไปอย่างเป็นไปตามแผน โดยเริ่มจากการวิเคราะห์โจทย์จากที่มาและความสำคัญในการทำโครงการวิจัยนี้ จากนั้นทางคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหลักการและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Networks) ระบบฝังตัวและอิเล็กทรอนิกส์ (Embedded System and Electronics) การประมวลผลกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) ด้านมัลติมีเดียวิดีโอสตรีมมิ่ง (Multi-Media Video Streaming) รวมทั้งการพัฒนาโปรแกรมแอพพลิเคชั่นบนอุปกรณ์สมาร์ทดีไวซ์ (Smart Device Application)

เมื่อได้เข้าใจความรู้ดังกล่าวนั้น ทางคณะผู้วิจัยจึงดำเนินการพัฒนาระบบย่อยในส่วนต่างๆ ทั้งส่วนต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง ต้นแบบสถานีควบคุม และการพัฒนาเว็บเซอร์วิสที่เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันทั้ง 2 ส่วน โดยการพัฒนาต้นแบบสถานีควบคุมนั้น เริ่มจากการศึกษาวงจรการทำงานรีโมตการสั่งการเครื่อง CB245 ทำการออกแบบและพัฒนาวงจรเชื่อมต่อและไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็นระบบฝังตัวที่ประมวลผลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่อง CB245 โดยประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ตัดต่อสัญญาณไฟฟ้าชนิดรีเลย์

เมื่อทางคณะผู้วิจัยได้สามารถควบคุมสั่งการเครื่อง CB245 จากเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านการสั่งการจาก USB ได้แล้วนั้น ทางคณะผู้วิจัยจึงเริ่มพัฒนา API ที่ใช้สั่งการควบคุมจากระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เพิ่มเติม โดยออกแบบและพัฒนาเป็นด้าน Machine API ที่ไว้ใช้ทำงานกับการสั่งการเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ต่อกับ CB245 ของต้นแบบอุปกรณ์ปลายทาง และ Human API ที่ไว้ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งานที่โปรแกรมต้นแบบสถานีควบคุม

จากที่ทางคณะผู้วิจัยได้พัฒนา API ทั้ง 2 กลุ่มนี้แล้วนำไปทำงานในเครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์และสามารถใช้งานได้ครบและถูกต้องแล้ว ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบสถานีควบคุมที่ทำงานบนเว็บบราวเซอร์ที่สามารถทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่สถานีควบคุมได้

ต่อมาทางคณะผู้วิจัยได้ศึกษาและพัฒนาการประยุกต์ใช้งานการถ่ายทอดวิดีโอสตรีมมิ่ง เพื่อถ่ายทอดภาพหน้าจอเครื่อง CB245 เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่าปัจจุบันเครื่องทำการตรวจสอบช่องสัญญาณใดๆอยู่ และสามารถรับฟังข้อมูลเสียงกลับจากต้นแบบอุปกรณ์ปลายทางมายังสถานีควบคุมได้อย่างถูกต้อง พร้อมกันนี้ทางคณะผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมแอพพลิเคชั่นที่ทำงานบนอุปกรณ์อัจฉริยะระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ให้สามารถใช้งานได้ครบทุกฟังก์ชันการใช้งานเช่นเดียวกับโปรแกรมที่ทำงานบนเว็บบราวเซอร์ได้

ทั้งนี้สามารถกล่าวได้ว่าทางคณะผู้วิจัยสามารถพัฒนาระบบนี้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์และตามกรอบเวลาการดำเนินงาน และสามารถใช้งานได้จริงและถูกต้องทุกการทำงาน โดยอาจจะมีการตอบสนองด้านเวลาเมื่อใช้งานผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้เร็วหรือช้าบ้างตามความเร็วและแบนด์วิดธ์ของเครือข่ายที่ใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาระบบที่เกิดขึ้นในโครงการวิจัยชิ้นนี้ จะเห็นได้ว่าหากมีการพัฒนาต่อยอดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานให้เป็นระบบที่มีจำนวนของอุปกรณ์ปลายทาง (สถานีลูกข่าย) ที่เป็นตัวรับสัญญาณความถี่ ในลักษณะของโครงข่ายเพื่อให้ครอบคลุมบริเวณที่จะตรวจสอบ (โดยอาจมีการพิจารณาบริเวณที่มีการแจ้งสัญญาณความถี่แปลกปลอมบ่อย หรือบริเวณที่อยู่ในเส้นทางการบินที่อาจถูกรบกวนโดยสัญญาณความถี่แปลกปลอมได้) ก็จะทำให้การตรวจสอบความถี่แปลกปลอมของสำนักงาน กสทช. ครอบคลุมพื้นที่ได้มากขึ้น มีความสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังเป็นการนำเอาเทคโนโลยีทางการสื่อสารและคอมพิวเตอร์ มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรมต่อไปได้

บรรณานุกรม

[1] Behrouz A. Farouzan. **TCP/IP Protocol Suite**, 4th Edition, Singapore: McGraw-Hill, 2010.

[2] Behrouz A. Farouzan. **Data Communications and Networking**, 5th Edition, New York , USA: McGraw-Hill, 2013.

[3] Hybrid Topology: Computer Network, สืบค้นเมื่อ 4 พฤษภาคม 2557,
http://blog.cstc.ac.th/node/126.

[4] White, Elliott, III. PHP 5 in practice. Indianapolis, Ind. Sams, 2007.

[5] Nixon, Robin. Learning PHP, MySQL, and JavaScript. Beijing; Sebastopol, Calif. O'Reilly, c2009.

[6] ชาญชัย ศุภอรรถกร. (2555). จัดการฐานข้อมูลด้วย MySQL. กรุงเทพฯ: รีไวว่า

[7] Wikipedia. Hypertext Transfer Protocol, สืบค้นเมื่อ 4 พฤษภาคม 2556,
จาก http://en.wikipedia.org/wiki/Hypertext_Transfer_Protocol

[8] Kruoong. การออกแบบระบบฐานข้อมูล สืบค้นเมื่อ 2 พฤษภาคม 2556:
จาก http://kruoong.blogspot.com/2011/12/blog-post.html

[9] Thai Wikipedia. ระบบจัดการฐานข้อมูล, สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2557,
จาก http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%90%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5

[10] Thai Wikipedia. ไมโครคอนโทรลเลอร์, สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2557,
จาก http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%97%E0%B8%A3%E0%B8%A5%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C

[11] Wikipedia. Relay, สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2557, จาก http://en.wikipedia.org/wiki/Relay

[12] tdhobby. Rc Servo ความรู้พื้นฐานในการใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ [Internet]. [cited 2013 May 2];
Available:
http://www.tdhobby.com/index.php?option=com_content&view=article&id=89:understand-rc-servo&catid=43:2011-01-30-11-45-16&Itemid=79

[13] Streaming Server. Streaming Video for you Website. [Online].
Available: http://www.streamserver.in.th/

[14] Red5. Media streaming server. [Online].
Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Red5_%28media_server%29

[15] Red5.Streaming FLV file. [Online].
Available: http://www.bloggang.com/viewdiary.php?id=benopenair&month=01-2008&date=17&group=3&gblog=1

[16] x264. Streaming x264. [Online], Available: http://en.wikipedia.org/wiki/X264

[17] Using ADOBE FLASH MEDIA LIVE ENCODER. help FMLE.[Online].
Available: http://help.adobe.com/en_US/FlashMediaLiveEncoder/3.0/Using/flashmedialiveencoder_3_help.pdf

[18] Flash Media Live Encoder. about FMLE. [Online]. Available:
http://en.wikipedia.org/wiki/Adobe_Flash_Media_Live_Encoder

ภาคผนวก ก
สรุปงานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการ

งานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติ จำนวน 1 เรื่อง

1. เรื่อง	หลักการออกแบบสถาปัตยกรรมและการเชื่อมต่อสำหรับระบบควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ต
การประชุม	นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 11
สถานที่	มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก
วันที่	22 – 23 กรกฎาคม พ.ศ.2558

งานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ จำนวน 2 เรื่อง

1. เรื่อง	CHARACTER SEGMENTATION METHOD FOR DIGITAL BACK-LIGHT CONSOLE UNDER DIFFERENT LIGHTING CONDITIONS
การประชุม	The 2015 Advanced Research in Electrical and Electronics Technology (ARiEET 2015)
สถานที่	Bandung, Indonesia
วันที่	November 24 – 26, 2015

2. เรื่อง	DATA AND ENERGY USAGE REDUCTION FOR LIVE STREAMING ON SMART PHONE USING FUZZY LOGIC
การประชุม	The 2015 Advanced Research in Electrical and Electronics Technology (ARiEET 2015)
สถานที่	Bandung, Indonesia
วันที่	November 24 – 26, 2015

ประวัตินักวิจัย

1. **หัวหน้าโครงการวิจัย**

ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) นาย สุรเชษฐ์ กานต์ประชา

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Surachet Kanprachar

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

สถานที่ติดต่อ

ที่ทำงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

โทรศัพท์ 055-964357 **โทรสาร** 055-964005

โทรศัพท์เคลื่อนที่ **E – mail** surachetka@nu.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา	คุณวุฒิ	สถาบันการศึกษา
2546	Ph.D.(Electrical Engineering)	Virginia Tech, USA
2542	M.Sc. (Electrical Engineering)	Virginia Tech, USA
2539	วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) (เกียรตินิยมอันดับ 1)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ การสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสง การสื่อสารไร้สาย ระบบดาวเทียม การเข้ารหัสในระบบสื่อสาร ระบบเครือข่าย

ภาระงานในปัจจุบัน สอนและวิจัยในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผลงานวิจัย

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ

Surachet Kanprachar, "Comparisons of USDC (IS-54) and GSM," *Naresuan University Journal*, September-December 2004.

Settha Tangkawanit and **Surachet Kanprachar**, "Design of Fuzzy Logic Control for Hard Disk Drive's Arm Bending Machine", *Khon Kaen University Journal*, Vol.13, No.3, April 2008, pp. 311 – 316.

ข. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

Surachet Kanprachar and Ira Jacobs, "Diversity coding for subcarrier multiplexing on multimode fibers," *IEEE Transactions on Communications*, Vol.51, No.9, September 2003. [Impact Factor = 1.490]

Settha Tangkawanit and **Surachet Kanprachar**, "Expected Force Profile for HDD Bearing Installation Machine," *ECTI Transactions on Electrical Engineering, Electronics, and Communications (ECTI-EEC)*, Vol.5, No.2, August 2007: 91 – 95.

Surachet Kanprachar, Anakkapon Seanton and Somyot Kaitwanidvilai, "A Nondestructive Bump Inspection in Flip Chip Component using Fuzzy Filtering and Image Processing," *ECTI Transactions on Electrical Engineering, Electronics, and Communications (ECTI-EEC)*, Vol.5, No.2, August 2007: 103 – 108.

S. Kaitwanidvilai, A. Jangwanitlert, I. Ngamroo, W. Khanngern, and **S. Karnprachar** (2009). Fixed structure robust loop shaping controller for a buck-boost converter using evolutionary algorithm. *Trends in Communication Technologies and Engineering Science*, Series: Lecture Notes in Electrical Engineering (LNEE), Springer.

Surachet Kanprachar, Wassana Naku, and Issarachai Ngamroo, "High Frequency Characteristics of Multimode Fibers with Rayleigh Distributed Mode Delays," *IEANG Transactions on Engineering Technologies*, Vol.7, February 2012, pp. 403 – 413.

ค. ผลงานวิจัยที่นำไปใช้ประโยชน์ได้

การพัฒนาระบบตรวจจับวิทัศน์แบบอัตโนมัติสำหรับเฟลคที่หุ้มฟิล์มแล้ว (ใช้ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์)

การพัฒนาโปรแกรมส่งข้อความสั้น เพื่อการบริหารยาได้ตรงเวลาสำหรับผู้ป่วย: กรณีศึกษาโรงพยาบาลวชิรบารมี จังหวัดพิจิตร

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ระบุตัวผู้ป่วยโดยใช้เทคโนโลยีแสกนลายนิ้วมือ โรงพยาบาลวชิร-บารมี จังหวัดพิจิตร

ง. รางวัลผลงานวิจัยที่เคยได้รับ

Best Presentation Paper, "Design of Suitable Subcarriers in Subcarrier Multiplexing On Multimode-Fiber by GA", *Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology International Conference (ECTI-CON2005)*, 12-13 May 2005, Chonburi, Thailand.

เกียรติบัตรเสนอผลงานวิจัยดีเยี่ยมแบบบรรยาย ในการประชุม นักวิจัยรุ่นใหม่..พบ..เมธีวิจัยอาวุโส สกว. ครั้งที่ 10 ระหว่างวันที่ 14 – 16 ตุลาคม 2553

2. ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) นาย เศรษฐา ตั้งค้าวานิช

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Settha Tangkawanit

ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานราชการ

สถานที่ติดต่อ

ที่ทำงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

โทรศัพท์ 055-964324 **โทรสาร** 055-964005

โทรศัพท์เคลื่อนที่ - **E – mail**

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา	คุณวุฒิ	สถาบันการศึกษา
2552	วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า)	มหาวิทยาลัยนเรศวร
2549	วศ.บ. (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)	มหาวิทยาลัยนเรศวร

สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ Embedded Engineering, Robotic Engineering and Computer Vision

ภาระงานในปัจจุบัน สอนและวิจัยในสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผลงานวิจัย

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ

Settha Tangkawanit and Surachet Kanprachar, “Design of Fuzzy Logic Control for Hard Disk Drive’s Arm Bending Machine”, *Khon Kaen University Journal*, Vol.13, No.3, April 2008, pp. 311 – 316.

ข. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

Settha Tangkawanit and Surachet Kanprachar, “Expected Force Profile for HDD Bearing Installation Machine,” *ECTI Transactions on Electrical Engineering, Electronics, and Communications (ECTI-EEC)*, Vol.5, No.2, August 2007: 91 – 95.

ค. ผลงานวิจัยที่นำไปใช้ประโยชน์ได้

ง. รางวัลผลงานวิจัยที่เคยได้รับ

กทปส

กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ (สำนักงาน กสทช.)