

การพัฒนาต้นแบบชุดรับส่งข้อมูลโดยใช้หลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพี ผ่านวิทยุทหารรุ่น CNR 900

Development of a Prototype Data Transmission Device Using Radio Over IP Principles for CNR 900 Military Radios

Received: April 22, 2024

Revised: July 17, 2024

Accepted: October 23, 2024

^{1*}ชนะ จันทน์อิม, ²อนุรักษ์ วงษ์พระจันทร์ และ ³พิมพชนก เกียรติสิน¹กองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า²ภาควิชาวิทยุทางทหาร กองการศึกษา โรงเรียนทหารสื่อสาร กรมการทหารสื่อสาร³ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล^{1*} Chana Jan im, ² Anurak Wongprachan and ³ Pimchanok Kiattisin¹ Department of Electrical Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy² Department of Radio Tactical Military, Academic Division, Signal School of the Signal Department³ Department of Information Technology Management Faculty of Engineering Mahidol University

* chana.ja@crma.ac.th, # anurak.w@signalschool.ac.th, # pim.kiattisin@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์การพัฒนาต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทหารรุ่น CNR 900 เพื่อเพิ่มช่องทางการรับส่ง ข้อมูลดิจิทัลโดยใช้หลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพี (Radio Over Internet Protocol: RoIP) ที่ผนวกรวมระบบวิทยุเคลื่อนที่ประจำรถยานเกราะในหน่วยระดับกองร้อยดำเนินการยุทธการกับระบบโทรศัพท์หมายเลขภายใน 5 ตัว (E-ARMY) ทำให้การอำนวยความสะดวกและสั่งการในพื้นที่ประสบภัยพิบัติหรือพื้นที่ยากต่อการทำสถานีส่งต่อทางวิทยุ เพื่อเพิ่มระยะการติดต่อสื่อสารได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ทำการแปลงสัญญาณเสียงผ่านโดยตรงกับชุดวิทยุทหารรุ่น CNR 900 เข้ากับไมโครโปรเซสเซอร์ Raspberry Pi4 แล้วทำการกรองสัญญาณเสียงแบบ CMOS Wideband เพื่อเชื่อมต่อไปยังระบบโทรศัพท์ภายในกองทัพบกได้ อีกทั้งการเชื่อมต่อระบบ RoIP เข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ตภายในผ่าน Private Sever บนระบบปฏิบัติการ Linux โดยทำการทดสอบผ่านโปรแกรมการรับส่งรหัสสมอร์ส เพื่อทดสอบแม่นยำของสัญญาณเสียงวิทยุที่ผ่านต้นแบบดังกล่าว ผลที่ได้คือการรับส่ง พร้อมถอดรหัสสมอร์สได้ทั้งอักษรภาษาไทย อังกฤษ และตัวเลข ได้ถูกต้องทุกคำ พร้อมทั้งการวัดค่า Signal to Noise Ratio (SNR) เพื่อประเมินคุณภาพของสัญญาณเสียงวิทยุเชื่อมต่อกับชุดโทรศัพท์ ค่าที่ได้มากกว่า 25 dBm ซึ่งสามารถรองรับการรับส่งสัญญาณเสียงผ่านชุดต้นแบบได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: เรดิโอโอเวอร์ไอพี, วิทยุทหารรุ่น CNR 900

Abstract

The purpose of this research is to develop a prototype communication system using the CNR 900 military radio model to enhance digital data transmission channels utilizing Radio Over Internet Protocol (RoIP). This system integrates with the mobile radio system of armored vehicles in the Black Panther Battalion's E-ARMY, allowing for command and control operations in disaster-stricken or hard-to-reach areas by extending the communication range through radio relay stations. The research involves directly converting Digital Encrypted Voice signals with the CNR 900 military radio set and interfacing it with a Raspberry Pi4 microprocessor. The voice signals are then filtered using CMOS Wideband technology to connect to the internal telephone system of the army. Additionally, the RoIP system is connected to the internal Internet network through a Private Server on a Linux operating system. Testing is conducted using Morse code transmission programs to assess the accuracy of the radio voice signals passed through the prototype. The results demonstrate accurate transmission and decoding of Thai and English alphabets and numerals, with every word decoded correctly. Furthermore, the Signal to Noise Ratio (SNR) is measured to evaluate the quality of the radio voice signals connected to the telephone set, with values exceeding 25 dBm, indicating suitable support for voice signal transmission through the prototype system.

Keywords: Radio Over Internet Protocol, CNR 900 Military Radio

1. บทนำ

กองทัพบกมีการใช้งานวิทยุทางทหารที่มาจากหลายบริษัทที่มาจากหลายมิตรประเทศ โดยที่ประเภทของวิทยุทางทหารที่บรรจุให้แต่ละหน่วยทหารขึ้นกับขีดความสามารถและหน้าที่รับผิดชอบของหน่วยนั้น ๆ ในทำนองเดียวกันการพัฒนาเทคโนโลยีทางการสื่อสารทางทหารมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้กองทัพบกจำเป็นต้องจัดหาชุดวิทยุอุปกรณ์ที่มีความทันสมัยและประกอบกับชุดวิทยุอุปกรณ์รุ่นเก่าเริ่มเข้าวงจรการปลดประจำการ แต่ด้วยงบประมาณที่จำกัด จึงมีข้อจำกัดในการจัดหาชุดวิทยุอุปกรณ์ให้กับหน่วยทหารได้ทั้งหมดได้ทันที ดังนั้นสำหรับการเปลี่ยนผ่านของเทคโนโลยียุคเก่าไปสู่ยุคใหม่ ทำให้ชุดวิทยุอุปกรณ์ทางการสื่อสารประเภทวิทยุรุ่นเก่าที่ไม่เหมาะสมการทำงานไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับวิทยุรุ่นใหม่เช่น CNR 900, VRC-730 หรือ VRC-710 เป็นต้น โดยที่ส่วนใหญ่จะมี 3 โหมดการทำงาน คือ 1. โหมดเสียงกระจาง (CLR) 2. โหมดเข้ารหัส (SEC) และ 3. โหมดความถี่กระโดด (Frequency Hopping : AJ) ในส่วนของโหมดเสียงกระจาง (CLR) เป็นโหมดที่ใช้กันความถี่ให้ตรงกันของชุดวิทยุทั้งสองฝ่ายก็สามารถดำรงการติดต่อสื่อสารได้ แต่โหมดเข้ารหัส (SEC) และโหมดความถี่กระโดด (AJ) ถือว่าเป็นองค์ความรู้เฉพาะ ๆ ของบริษัทหรือประเทศผู้ผลิตนั้น ๆ

การพัฒนาเทคโนโลยีด้านวิทยุทางทหาร โดยเฉพาะหลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพี (RoIP) เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้การสื่อสารทางวิทยุแบบสองทางสามารถส่งผ่านเครือข่าย IP เช่น อินเทอร์เน็ตหรืออินทราเน็ต เป็นต้น สิ่งนี้ตรงกันข้ามกับระบบวิทยุสองทางแบบดั้งเดิมซึ่งใช้คลื่นวิทยุในการส่งการสื่อสาร ลักษณะของ RoIP ทำงานโดยการแปลงสัญญาณวิทยุเป็นแพ็กเก็ตดิจิทัล ซึ่งจากนั้นจะถูกส่งผ่านเครือข่าย IP จากนั้นแพ็กเก็ตจะถูกถอดรหัสและแปลงกลับเป็นสัญญาณวิทยุที่ส่วนรับสัญญาณ การใช้เครือข่าย IP สำหรับวิทยุผ่าน IP ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสื่อสารในระยะทางที่มากขึ้นและเป็นการขยายเครือข่ายให้มากกว่าระบบวิทยุสองทางแบบดั้งเดิม ROIP คล้ายกับ Voice over IP (VoIP) แต่เพิ่มการสื่อสารทางวิทยุแบบสองทางมากกว่าการโทรศัพท์ จากมุมมองของระบบ นั่นคือ VoIP ที่มีคุณสมบัติ Push-To-Talk เป็นหลัก

ผู้วิจัยสังเกตเห็นได้ว่า ปัญหาการเชื่อมต่อทั้งเทคนิคเฉพาะของวิทยุที่มีความหลากหลายของมิตรประเทศและการพัฒนาทางเทคโนโลยีทางด้านโทรคมนาคมเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อพัฒนาต้นแบบชุดเชื่อมต่อระบบสื่อสารติดตามทางยุทธวิธีผ่านวิทยุสื่อสารผ่านเรดิโอโอเวอร์ไอพี โดยเฉพาะชุดวิทยุทหารแบบ CNR 900 ซึ่งเป็นชุดวิทยุที่ใช้งานหลัก เช่น หน่วยทหารราบ ทหารม้า ทหารปืนใหญ่ เป็นต้น ประกอบกับการกิจของกองทัพบกที่จำเป็นต้องปฏิบัติงานร่วมกับหน่วยงานอื่นเช่น กองทัพเรือ กองทัพอากาศ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ หรือ หน่วยป้องกันบรรเทาสาธารณภัย ที่มีการใช้งานวิทยุในแต่ละหน่วยงานคนละประเภทเช่นกัน ก็สามารถเชื่อมโยงเข้าระบบ ในการรับข้อมูลการติดต่อสื่อสารผ่านระบบ Radio Over IP (RoIP) ที่มีศักยภาพในการเชื่อมโยงข่ายการสื่อสารให้กับที่บัญชาการหลักของหน่วยงานต่างๆ ไปยังที่หน่วยปฏิบัติการในแนวหน้า อีกทั้งยังสามารถทำการเชื่อมโยงข่ายการสื่อสารหลักของ ทบ. ผ่าน เช่นระบบ E-ARMY, ระบบโทรศัพท์ ทบ., ระบบวิทยุประจำรถ, ระบบสนธิวิทยุทางสาย เป็นต้น

2. ขอบเขตงานวิจัย

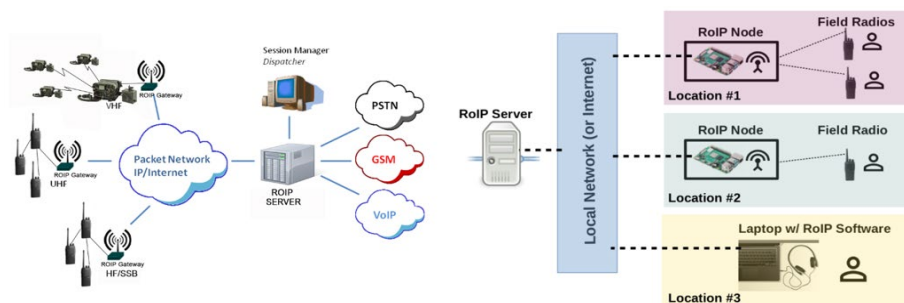
- 2.1 เพื่อจัดทำต้นแบบชุดรับ-ส่งสัญญาณเสียงวิทยุ สำหรับชุดวิทยุทหารแบบ CNR 900 กับระบบโทรศัพท์ภายใน ทบ.
- 2.2 เพื่อพัฒนาต้นแบบชุดเชื่อมต่อระบบสื่อสารวิทยุทหารผ่านวิทยุสื่อสารผ่านเรดิโอโอเวอร์ไอพี (RoIP) ประกอบชุดวิทยุทหารแบบ CNR 900 ให้รับส่งสัญญาณโดยไม่อาศัยการจัดตั้งสถานีส่งต่อสัญญาณ

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การทำงานเรดิโอโอเวอร์ไอพีผ่านวิทยุ

เทคโนโลยี Radio over Internet Protocol (RoIP) ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยให้การสื่อสารทางวิทยุสองทางสามารถส่งผ่านเครือข่าย IP เช่นอินเทอร์เน็ตได้ โดย RoIP ทำงานโดยการแปลงสัญญาณวิทยุเป็นแพ็คเกจดิจิทัล และส่งผ่านเครือข่าย IP หลังจากนั้นแพ็คเกจจะถูกถอดรหัสและแปลงกลับเป็นสัญญาณวิทยุเพื่อให้ส่วนรับสัญญาณเข้าใจได้ การใช้เครือข่าย IP สำหรับวิทยุผ่าน IP ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสื่อสารในระยะทางที่มากขึ้นและกับผู้คนได้มากกว่าระบบวิทยุสองทางแบบดั้งเดิม แม้ RoIP จะคล้ายกับ Voice over IP (VoIP) แต่ RoIP เพิ่มการสื่อสารทางวิทยุแบบสองทางมากกว่าการโทรศัพท์ โดยที่เทคโนโลยี RoIP ไม่ใช่โครงสร้างที่เป็นกรรมสิทธิ์หรือจำกัดโปรโตคอล แต่เป็นแนวคิดพื้นฐานที่ได้รับการนำไปใช้ในหลายวิธี มีการใช้ระบบต่าง ๆ มากมายในกลุ่มนักวิทยุสมัครเล่นและผู้ผลิกระบบวิทยุเชิงพาณิชย์ เช่น Motorola และ Harris ได้นำ RoIP มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบระบบของตน และมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทยด้วย

หน่วยงานทางทหารและหน่วยงานด้านความมั่นคงแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาและสถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติได้สนับสนุนมาตรฐาน BSI for ROIP เพื่อให้เทคโนโลยี RoIP ทำงานร่วมกันได้ นอกจากนี้ RoIP ยังใช้โปรโตคอล VoIP เพื่อส่งสัญญาณวิทยุผ่านเครือข่าย IP อีกด้วย การทำงานของ RoIP ต้องใช้สัญญาณสองแบบคือ PTT (Push-To-Talk) และ COR (Carrier Operated Relay) เพื่อควบคุมอุปกรณ์และส่งเสียงเข้า-ออกจากวิทยุโดยใช้เครือข่าย IP [1] โดยรวมแล้ว เทคโนโลยี VoIP และ RoIP มีความสำคัญในการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของเรา แม้ว่าจะมีข้อจำกัดเมื่อพยายามส่งระบบวิทยุหรือเสียงที่ต้องใช้สัญญาณ COR และ PTT แต่ยังมีพัฒนาและการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในหลายด้านโดยเฉพาะในสถานการณ์ทางทหารและอื่น ๆ ที่ต้องการการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพและมีความเชื่อถือได้ ตามรูปที่ 1 [2]



รูปที่ 1 โค้ดแกรมระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการเชื่อมต่อสัญญาณวิทยุผ่านโครงข่าย RoIP

3.2 สัญญาณต่อสัญญาณรบกวน

การหาค่าประสิทธิภาพของสัญญาณเสียงพูดนั้น โดยในงานวิจัยนี้ด้านการประมวลผลสัญญาณเสียงและสัญญาณเสียงพูด ใช้การหาค่าประสิทธิภาพของกำลังสัญญาณจากค่า SNR (Signal to Noise Ratio: SNR) และ PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) ตามสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างกำลังสัญญาณอินพุตเทียบกับกำลังสัญญาณเอาต์พุต โดยจะทำให้ทราบถึงคุณภาพของสัญญาณเสียงพูดที่เปลี่ยนแปลงไป อันเนื่องจากการส่งสัญญาณเสียงจากต้นทางไปยังปลายทางได้ [3]

$$SNR = 10 \log \left[\frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \right] = 20 \log \left[\frac{V_{\text{signal}}}{V_{\text{noise}}} \right] \quad (1)$$

โดยที่ P_{signal} คือ กำลังของสัญญาณเสียงอินพุตของชุดต้นแบบ

P_{noise} คือ กำลังของสัญญาณเสียงเอาต์พุตของชุดต้นแบบ

V_{signal} คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณเสียงเอาต์พุตของชุดต้นแบบ

V_{noise} คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณเสียงเอาต์พุตของชุดต้นแบบ

$$PSNR = 10 \log \left[\frac{NX^2}{\|x-r\|^2} \right] \quad (2)$$

โดยที่ N คือ ความยาวของสัญญาณเสียงเอาต์พุต

X คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองสูงสุด

$\|x-r\|^2$ คือ ความแตกต่างของกำลังงานระหว่างสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต

3.3 การออกแบบการเข้ารหัสและถอดรหัสของสัญญาณวิทยุ

การสื่อสารข้อมูลแบบสัญญาณเสียงผ่านระบบวิทยุ ต้องมีการเข้ารหัสสัญญาณเสียงของข้อมูลเพื่อให้สามารถส่งผ่านไปยังอุปกรณ์วิทยุได้ วิธีหนึ่งที่นิยมใช้คือการใช่วิธีการเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์ (Manchester Encoding) หลักการคือการสื่อสารข้อมูลแบบสัญญาณเสียงผ่านระบบวิทยุ ต้องมีการเข้ารหัสสัญญาณเสียงของข้อมูลเพื่อให้สามารถส่งผ่านไปยังอุปกรณ์วิทยุได้ วิธีหนึ่งที่นิยมใช้คือการใช่วิธีการเข้ารหัสแบบ FSK (Frequency Shift Keying) ใช้การเปลี่ยนแปลงความถี่สลับกันเพื่อเข้ารหัสสัญญาณเสียงโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่นี้คือรหัสไบนารี (Binary) รหัสเหล่านี้ถูกแปลงไปในความถี่เสียงแล้วนำไปส่งต่อไปยังระบบวิทยุหรือโทรศัพท์มอดูเลต (Modulation) โดยมีรหัส FSK นี้รวมออกไปด้วย [4]

3.4 การออกแบบตัวกรองสัญญาณ

สัญญาณที่รับได้จากชุดวิทยุมักประกอบด้วยสัญญาณที่มีหลายความถี่ การนำไปถอดรหัสและแปลงเป็นข้อมูลที่ต้องการจะต้องกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออกไปโดยใช้ตัวกรองแบบ Bandpass Filter (BPF) ที่เป็นวงจรกรองสัญญาณเสียงที่มีความถี่อยู่ในช่วง 300-3400 Hz โดยมีวงจรกรองแบบ BPF นี้จะมีสองวงจร โดยวงจรแรกจะทำหน้าที่กรองเสียงให้ได้ความถี่ 300-3400Hz เพื่อนำไปใช้ถอดรหัส Demodulator แยกเสียงกลับออกมาใช้งานเป็นเสียงปกติ ส่วนวงจรที่สองจะแบบ Active BPF จะกรองสัญญาณเสียงที่มีความถี่อยู่ในช่วง 2400-3400 Hz จะนำไปสร้างสัญญาณการกด KEY PTT (Push to Talk) หรือเรียกว่า สัญญาณ COS (Carrier Over Switch) เพื่อจะส่งสัญญาณเสียงที่ถอดรหัสได้ไปให้อุปกรณ์ระบบวิทยุหรือระบบโทรศัพท์ใช้ในการส่งต่อสัญญาณเสียงที่ฟังรู้เรื่องแล้วต่อไป และต้องมีแหล่งจ่ายไฟขนาดตามที่อุปกรณ์เหล่านั้นต้องการ ในส่วนของการนำ Passive Filter การออกแบบจะใช้เพียงอุปกรณ์พื้นฐานคือ ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ มีความง่ายในการพัฒนาต่อขยายแต่อาจจะต้องมีการสูญเสียค่าสัญญาณรบกวนได้เช่นกัน [5,6]

3.5 ชุดวิทยุ CNR - 900

ชุดวิทยุ CNR - 900 เป็นชุดวิทยุในย่านความถี่ VHF/FM ที่ใช้งานอย่างแพร่หลายทั้งในกองทัพบก กองทัพเรือ และ กองทัพอากาศ ใช้ในการติดต่อสื่อสารที่มีประจำการ ตั้งแต่ระดับหมวด-กองพลทหารราบ โดยตัวเครื่องรับ-ส่งจะใช้งานในย่านความถี่ตั้งแต่ 30 - 87.975 MHz โดยมีช่องความถี่ห่างกัน 25 kHz ซึ่งจะทำให้มีช่องสำหรับการติดต่อสื่อสารกันได้ถึง 2,320 ช่อง มีทั้งแบบพกพาสำหรับพนักงานวิทยุ และแบบติดตั้งบนยานยนต์ โดยจะสามารถติดต่อกันได้ประมาณ 35 กิโลเมตร ที่กำลังออกอากาศสูงสุด (50 W) และโหมดการทำงาน 3 โหมด คือ 1. โหมดเสียงกระจ่าง (CLR) 2. โหมดเข้ารหัส (SEC) และ 3. โหมดความถี่ก้าวกระโดด (Frequency Hopping : AJ) โดยในโหมด CLR ใช้หลักการการตั้งค่าความถี่ที่ตรงกันก็สามารถทำการติดต่อสื่อสารได้ แต่ในส่วนโหมด SEC และ AJ จะมีความเฉพาะของรุ่นชุดวิทยุ CNR เท่านั้นตามรูปที่ 2 (ก)

ปัจจุบันมีเหตุการณ์อุทกภัยหรือเหตุภัยพิบัติเกิดขึ้นบ่อยครั้ง ซึ่งทุกครั้งจะต้องใช้บุคลากรและยุทโธปกรณ์หลายหน่วยงานเพื่อมาช่วยเหลือประชาชนหรือผู้ที่ได้รับผลกระทบเป็นจำนวนมาก เช่นเหตุการณ์สึนามิในปี 2547 ที่มีทั้งเจ้าหน้าที่ตำรวจ ทหาร เจ้าหน้าที่ของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย และมูลนิธิต่าง ๆ ซึ่งการติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างยากลำบากและมีข้อจำกัดหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นที่ตั้งของศูนย์วิทยุที่จะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางมาบดบังคลื่นวิทยุ ระบบโทรคมนาคมไม่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องไม่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยตรง จึงทำให้การติดต่อประสานงานล่าช้าและไม่ทันต่อสถานการณ์ที่ต้องช่วยเหลือ การแก้ปัญหาดังกล่าวอาจใช้วิธีเพิ่มสถานีส่งต่อสัญญาณ (Retransmission) เพื่อเพิ่มระยะการติดต่อสื่อสารให้ได้มากขึ้น ตามรูปที่ 2 (ข) แต่ก็ได้ยาก เนื่องจากทุกหน่วยงานมีอุปกรณ์อย่างจำกัด [7]



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 ชุดวิทยุ CNR-900 และการจัดตั้งสถานีส่งต่อสัญญาณ

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

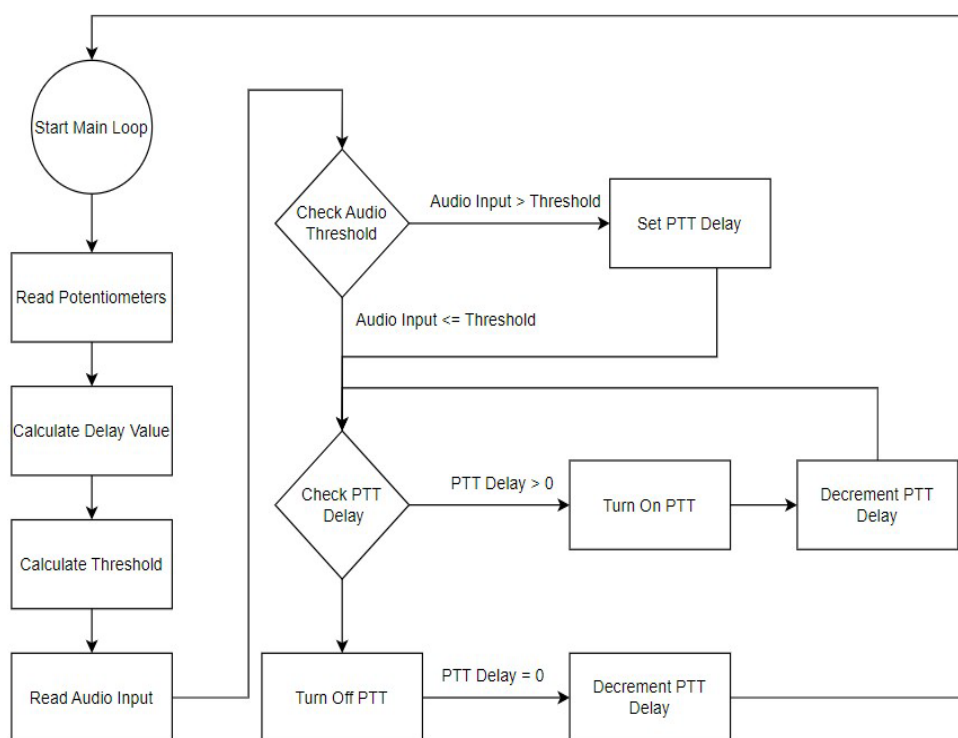
ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและงานวิจัยที่เคยเกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทหารรุ่น CNR 900 ทั้งใช้งานในย่านคลื่น VHF/FM (30 - 87.95MHz) เป็นย่านความถี่ทางทหารของกองทัพบกที่ใช้งาน

การพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ในการส่งและอุปกรณ์ในการรับข้อมูลดิจิทัลสำหรับวิทยุทางทหารรุ่น AN/PRC-77 โดย พันเอก ศ.ดร.ผดิม หนังสือ วารสาร โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ปีที่ 11 สำหรับวิทยุทางทหารรุ่น AN/PRC-77 เป็นการเปิดช่องทางการติดต่อสื่อสารแบบดิจิทัลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางสองเครื่อง (Machine to Machine) แทนที่การใช้มนุษย์ในการสื่อสาร (Man to Man) ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้รวดเร็วกว่า ผิดพลาดน้อยกว่า และกระทำได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากไม่ใช้กำลังพลในการทำงานผลลัพธ์เป็นอุปกรณ์รับ/ส่งข้อมูลดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพึงพอใจสำหรับวิทยุรุ่นนี้ โดยสามารถรับ/ส่งข้อมูลในภูมิประเทศจริงได้ระยะสูงสุด 5.9 กม [5]

ในการพัฒนาชุดสาธิตทางทหารในการส่งสัญญาณแสงด้วยเทคนิคการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา โดย พ.ต. ชนะ จันทร์อัม วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในอวกาศ 2564 ในการส่งสัญญาณที่ถูกมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งทางเวลา ไปบนระบบการสื่อสารผ่านเส้นใยแก้วนำแสงสามารถทำการรับ-ส่ง ข้อมูลผ่านเครื่องวิทยุถ่ายทอดทางยุทธวิธี รุ่น RL 422A ที่จะวิเคราะห์ข้อมูลดิจิทัลทั้ง 4 สัญญาณ สามารถถูกปรับค่าความถี่ได้และสามารถรวมสัญญาณในรูปแบบการมัลติเพล็กซ์แบบ TDM อีกทั้งยังสามารถนำ Eye diagram มาวิเคราะห์และคำนวณหาค่า BER ได้และทำการประยุกต์ใช้กับเครื่องวิทยุถ่ายทอดทางยุทธวิธี รุ่น RL 422A ในโหมด TDM ได้คำนวณหาค่าอัตราความผิดพลาดบิต (BER) เพื่อเป็นการตรวจสอบสถานภาพของยุทธโธปกรณ์ที่พร้อมใช้งานได้เช่นกัน [8] ซึ่งทางผู้วิจัยสามารถนำเทคนิคการวิเคราะห์ค่า BER ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับการหาค่าประสิทธิภาพของกำลังสัญญาณจากค่า (SNR) ในระบบสัญญาณวิทยุ ดังกล่าวเช่นกัน

4. การดำเนินการวิจัย

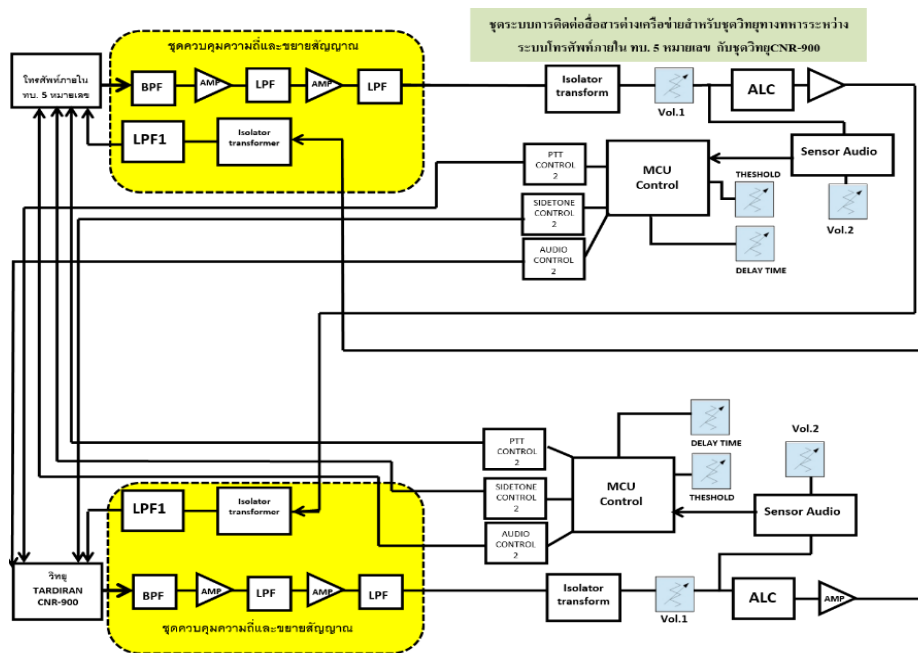
การดำเนินการออกแบบและพัฒนาต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทางทหารหลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพี สำหรับรับส่งสัญญาณระหว่างชุดวิทยุทหารแบบ CNR 900 กับระบบโทรศัพท์ภายใน 5 ตัว โดยได้ออกแบบการทำงานของระบบต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทางทหารหลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพี โดยที่ระบบ Radio Over IP ใช้การตรวจสอบค่าเสียงที่ได้รับและเปรียบเทียบกับค่า Threshold ที่กำหนดไว้ หากเสียงที่ได้รับสูงกว่าค่า Threshold จะเริ่มตั้งค่า PTT Delay และเปิดการใช้งาน PTT เมื่อค่า PTT Delay น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 จะทำการปิด PTT และกลับเข้าสู่ loop หลักเพื่อตรวจสอบเสียงใหม่อีกครั้ง ตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 ไอคະແມหลักการทำงานของเรดิโอโอเวอร์ไอพี

4.1 การออกแบบและจัดทำต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทางทหารหลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพี

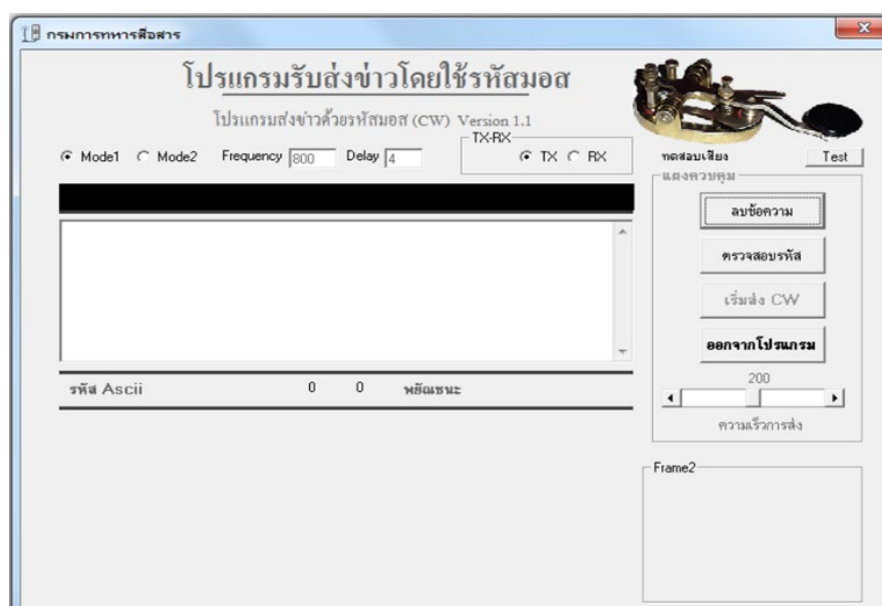
ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทางทหารหลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพี (RoIP) สำหรับรับส่งสัญญาณระหว่างชุดวิทยุทหารแบบ CNR 900 กับระบบโทรศัพท์ภายใน 5 ตัว โดยคณะผู้วิจัยจัดทำร่างแบบหลักการทำงานวงจรต้นแบบดังกล่าว ตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 การออกแบบหลักการทำงานวงจรต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทางทหารโดยใช้เครือข่าย RoIP

4.2 การออกแบบโปรแกรมการรับส่งข่าวด้วยรหัสมอส

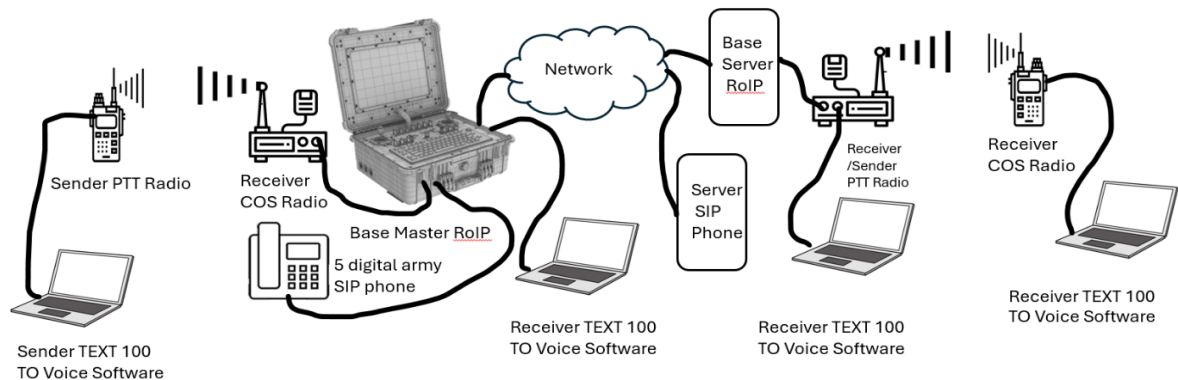
ผู้วิจัยได้ประยุกต์การทดสอบการรับส่งสัญญาณรหัสมอส ผ่านโปรแกรมการรับส่งรหัสมอสทางทหารที่พัฒนาขึ้น เพื่อทดสอบระบบการประมวลผลความแม่นยำและเสถียรภาพของระบบ โดยการประมวลผลสัญญาณเสียงที่ได้รับจากสัญญาณวิทยุแบบ Adaptive หลังจากสัญญาณผ่าน Differential Amplifier โดยทำการหาค่าเฉลี่ยของระดับสัญญาณวิทยุที่ได้รับอย่างต่อเนื่องแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้เพื่อพิจารณาตามรูปแบบ Manchester Encoding and Decoding ให้เป็นรหัส NRZ (Non Return to Zero) ให้ข้อมูลที่รับคือ 0 หรือ 1 ในทำนองเดียวกันกับการรับ-ส่งรหัสสัญญาณเสียงผ่านวิทยุของรหัสมอสที่มี 2 ค่าเช่นกัน คือ ดิ (Di) และ คา (Dah) โดยทำการออกแบบโปรแกรมการรับ-ส่งสัญญาณเสียงรหัสมอสผ่านวิทยุ ตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 โปรแกรมการรับส่งข่าวด้วยรหัสมอส

4.3 วิธีการทดสอบการทำงานของชุดต้นแบบ

การทดสอบการทำงานของชุดต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทางทหารหลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพี สำหรับรับส่งสัญญาณระหว่างชุดวิทยุทหารแบบ CNR 900 กับระบบโทรศัพท์ภายใน 5 ตัว โดยทำการเปิดเครื่องรับ (ชุดวิทยุ CNR 900) จำนวน 3 เครื่อง เชื่อมต่อกับชุดต้นแบบและเครื่องส่ง (โทรศัพท์ภายในกองทัพบก แบบ 5 ตัว) แล้วสังเกตผลข้อมูลที่ได้รับจากโปรแกรมและการวัดค่าอัตราส่วนระหว่างสัญญาณกับสัญญาณรบกวน (Signal to Noise Ratio: SNR) ทางฝั่งผู้รับ ตามรูปที่ 6

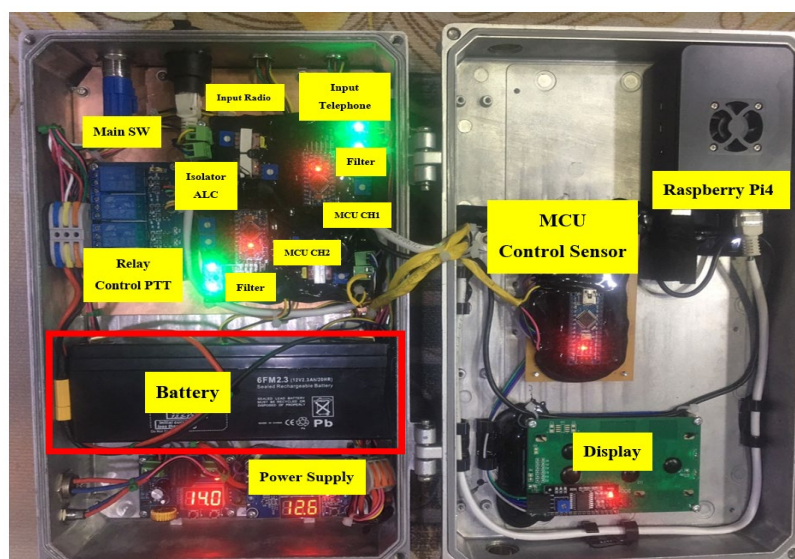


รูปที่ 6 การออกแบบการทดสอบการทำงานของชุดต้นแบบ

5. ผลการวิจัย

5.1 ชุดสาธิตที่เสร็จสมบูรณ์

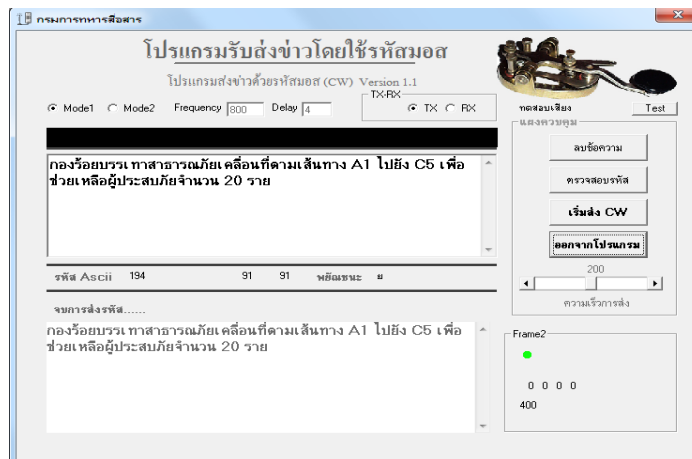
การพัฒนาชุดต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทางทหารหลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพีที่เสร็จสมบูรณ์ โดยสามารถรองรับการเชื่อมต่อกับชุดวิทยุทหารแบบ CNR 900 และโทรศัพท์ เข้ากับไมโครโพรเซสเซอร์ Raspberry Pi4 แล้วทำการกรองสัญญาณเสียงแบบ CMOS Wideband เพื่อเชื่อมผ่านไปยังระบบโทรศัพท์ภายในกองทัพบกได้อีกทั้งการเชื่อมต่อระบบ RoIP เข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ตภายในผ่าน Mikrotik ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เข้าสู่ Sever ภายในบนระบบปฏิบัติการ Linux มีลักษณะรูปแบบภายนอกและอุปกรณ์บรรจุชุดสาธิตดังกล่าว ตามรูปที่ 7



รูปที่ 7 ชุดต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทางทหารหลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพี

5.2 ผลการทดสอบของการทำงานผ่านโปรแกรมการรับส่งข่าวด้วยรหัสมอส

ในการทดลองนี้ เพื่อให้ทราบถึงความชัดเจนของสัญญาณเสียงผ่านระบบวิทยุที่สามารถถอดรหัสที่ได้รับจากภาคส่งสัญญาณผ่านเสียงสัญญาณภาคส่งไปยังทั้ง 3 ชุดวิทยุและทำการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงค่าข้อความที่ใช้ส่งมายังภาครับ เพื่อให้สามารถวัดมาตรฐานระดับเสียงของภาครับที่อยู่ในระดับเดียวกันเสมอ ดังนั้นผลที่ได้จากการทดสอบส่งสัญญาณทั้งข้อความภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และตัวเลข ระบบของชุดต้นแบบสามารถถอดรหัสสัญญาณได้ทุกคำตรงกับข้อความของภาคส่ง ตามรูปที่ 8



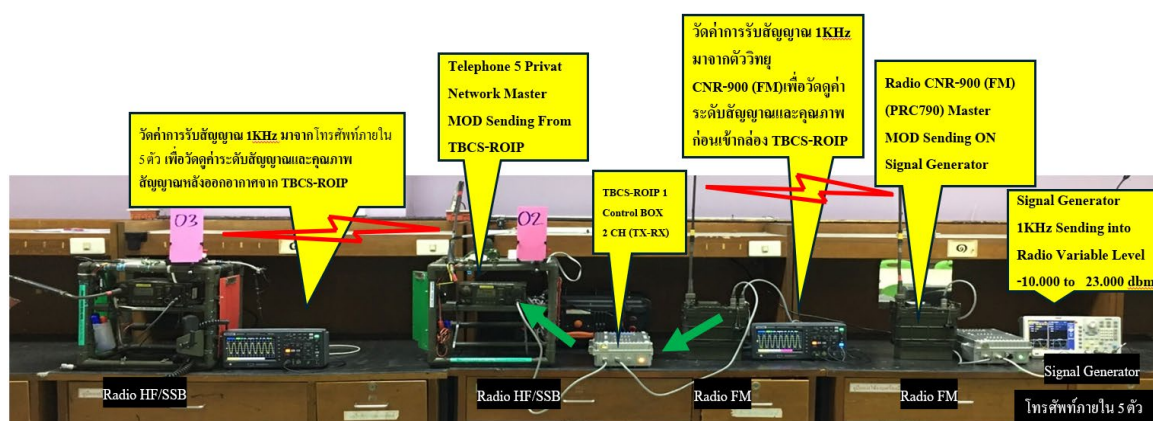
รูปที่ 8 ผลการส่งสัญญาณเสียงผ่านชุดต้นแบบผ่านชุดวิทยุ CNR 900

5.3 ผลการทดสอบของความสัมพันธ์ของ SNR

ผู้วิจัยทำการบันทึกค่าการวัดระดับสัญญาณและคุณภาพเพื่อให้ตรงตามคุณลักษณะการใช้งานของวิทยุทางทหาร โดยเมื่อผ่านการส่งผ่านสัญญาณแล้วจากชุดต้นแบบเชื่อมต่อระบบชุดวิทยุ (TBCS-ROIP) ตามตารางที่ 1 แสดงถึงความสัมพันธ์เป็นอัตราส่วนระหว่างกำลังสัญญาณอินพุตเทียบกับกำลังสัญญาณเอาต์พุต โดยจะทำให้ทราบถึงคุณภาพของสัญญาณเสียงพูดที่เปลี่ยนแปลงไป อันเนื่องจากการส่งสัญญาณเสียงจากต้นทางไปยังปลายทางได้ โดยแสดงการทดสอบของชุดต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทางทหารหลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพี สำหรับรับส่งสัญญาณระหว่างชุดวิทยุทหารแบบ CNR 900 กับระบบโทรศัพท์ภายใน 5 ตัว ตามรูปที่ 9

ตารางที่ 1 บันทึกค่าในการวัดระดับสัญญาณและคุณภาพการใช้งานรับส่งสัญญาณชุดต้นแบบ

Generated Freq.	SCOPE 1 Source		SCOPE 2 Noise		20*log (V _{in} /V _{noise})
Amplitude	SC1 Freq (KHz)	Voltage _{in} (mV)	SC2 Freq KHz	Voltage _{Noise} (mV)	SNR _{dBm}
-4	0.990.49	209.19	0.99604	11.52	25.18176882
-2	0.998	219.67	0.998	12.06	25.20846884
-1	0.990.49	212.19	0.998	11.19	25.55789653
0	0.99602	219.39	0.9901	11.54	25.58022039
2	0.998	217.69	0.99606	12.09	25.10824357
4	0.990.49	216.29	0.998	12.12	25.03067642



รูปที่ 9 การทดสอบในการวัดค่า SNR ในแต่ละชุดวิทยุ CNR 900 ที่เชื่อมต่อกับชุดต้นแบบ

จากผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 1 จะแสดงให้เห็นการนำชุดต้นแบบโครงการวิจัยนี้ไปใช้กับระหว่างชุดวิทยุทหารแบบ CNR 900 กับระบบโทรศัพท์ภายใน 5 ตัว ผ่าน Scope เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้าของขาเข้าต้นแบบและออกจากชุดต้นแบบไปยังชุดวิทยุที่ติดตั้งสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของค่า Amplitude กับความถี่ 1 KHz ซึ่งอัตราส่วน สัญญาณเสียงต่อสัญญาณรบกวน ยิ่งห่างกันมาก เสียงยิ่งดี-ยิ่งชัดเจนมากขึ้นเท่านั้น สำหรับสัญญาณเสียงผ่านวิทยุ CNR 900 ไปยังชุดโทรศัพท์ภายใน 5 ตัว ทั้งนี้ตามที่ผู้วิจัยได้ทำการถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยและทำการเรียนการสอนสำหรับการทำงานให้สอดคล้องกับหลักการใช้งานชุดวิทยุทหารที่กองทัพบกมีใช้งานปัจจุบัน ผลการสอบผ่านการทำข้อสอบก่อนและหลังการรับฟังการอบรม จำนวน 4 ชั่วโมง ให้กับกำลังพลที่เข้ารับการศึกษากายในโรงเรียนทหารสื่อสาร กรมการทหารสื่อสารทั้ง 6 หลักสูตรคือ

1. หลักสูตรชั้นนายร้อย เหล่าสื่อสาร รุ่นที่ 65 จำนวน 60 นาย
2. หลักสูตรนายสิบอาวุโส เหล่าสื่อสาร (ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์) รุ่นที่ 12 จำนวน 60 นาย
3. หลักสูตรนายสิบชั้นต้น เหล่าสื่อสาร (ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์) รุ่นที่ 8 จำนวน 70 นาย
4. หลักสูตรนักเรียนนายสิบกองทัพบก เหล่าสื่อสาร รุ่นที่ 26/65 จำนวน 100 นาย
5. หลักสูตรนายสิบอาวุโสเหล่าสื่อสารผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (หลักสูตรเร่งรัด) รุ่นที่ 1 จำนวน 75 นาย
6. หลักสูตรนายสิบอาวุโสเหล่าสื่อสารผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (หลักสูตรเร่งรัด) รุ่นที่ 2 จำนวน 80 นาย

จากที่กำลังพลส่วนใหญ่ ทำผลการทดสอบก่อนเรียนจะมีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ 25.87 คะแนนจากข้อสอบ 50 ข้อ (ข้อละ 1 คะแนน) แต่เมื่อทำการอบรมพร้อมกับถ่ายทอดองค์ความรู้ ผลที่ได้จากงานวิจัยที่สอดคล้องกับยุทธโรโปรแกรมสื่อสารของหน่วยต่าง ๆ ที่มีการใช้งานอยู่ ค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 37.43 คะแนน

6. สรุป

การพัฒนาชุดต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทางทหารหลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพี ในการรับส่งสัญญาณเสียงผ่านวิทยุ CNR 900 ทำการเชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์ภายใน 5 ตัว โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของสัญญาณเสียงผ่านโปรแกรมการถอดรหัสมอด ที่ยืนยันการถอดรับสัญญาณได้ทั้งฝั่งวิทยุและโทรศัพท์ ทั้งเป็นลักษณะของข้อความภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และตัวเลขได้ถูกต้องทุกคำ อีกทั้งทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ของกำลังสัญญาณอินพุตเทียบกับกำลังสัญญาณเอาต์พุต โดยจะทำให้ทราบถึงคุณภาพของสัญญาณเสียงพูดที่ผ่านต้นแบบดังกล่าวไปยังวิทยุทหารแบบ CNR 900 เปลี่ยนแปลงไปจากค่า SNR ตามตารางชี้ให้เห็นถึง ค่าความ SNR สูงๆ ถือว่าเป็นการรับส่งที่ดีไม่ควรต่ำกว่า 25 dBm

7. กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยชุดต้นแบบชุดเชื่อมต่อวิทยุทางทหารหลักการเรดิโอโอเวอร์ไอพีผ่านวิทยุทหารรุ่น CNR 900 สำเร็จลุล่วงด้วยดีนั้น ต้องขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ในส่วนของ ทบ. ประจำปีงบประมาณ 2567 ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ivany, S., Denny, I., Nina, L., Kusmadi., H., Mistialustina. & Rudy, G. (2021). Implementation of Radio Over Internet Protocol Gateway for Police Station in Mountainous and Uncovered Areas, Proceedings of the 15th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (26-30). Bali: Indonesia.
- [2] Amasiri, Watchara. (2016). Development of Prototypical Portable Radio Communication Range Extender System Using Simplex Repeater Technique, The Second Asian Conference on Defence Technology & The First Pacific Rim International Workshop (31-34). Chiang Mai: Thailand.
- [3] Mysore, S., & Morbi, Z. (2012). SNR and BER degradation of upstream RFoG signals due to accumulated RIN and shot noise of off-state R-ONUs, Proceedings of the Optical Fiber Communication Conference and Exposition and The National Fiber Optic Engineers Conference. California: USA.
- [4] มังคลา ม่วงรัตน์. (2552). การวัดแพร่กระจายสัญญาณวิทยุย่านคลื่นความถี่สูงยิ่งในลานจอดรถ. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา).
- [5] พันเอก ผศ.ดร.ผเดิม หนังสือ. (2556). การพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ในการส่งและอุปกรณ์ในการรับข้อมูลดิจิทัลสำหรับวิทยุทางทหารรุ่น AN/PRC-77. วารสารวิชาการ โรงเรียนนายเรือพระจุลจอมเกล้า. 11: 11-19.
- [6] Mastura, O., Nor Affida, M.Z, Zatul, I.A.L, & Nur, A.I. (2016). Review on design of on chip band pass filter for radio frequency applications. Proceedings of the 7th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (148-152). Shah Alam: Malaysia.
- [7] อนุรักษ์ วงษ์พระจันทร์. (2565). คู่มือราชการสนาม รส 24-18 เทคนิคการใช้วิทยุสนาม แผนกการสื่อสารประเภทวิทยุและการสงครามอิเล็กทรอนิกส์ กรมการทหารสื่อสาร. กรุงเทพมหานคร: กรมยุทธศึกษาทหารบก.
- [8] ชนะ จันทร์อิม. (2564). ชุดสาธิตทางทหารในการส่งสัญญาณแสงด้วยเทคนิคการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ, 17(2): 1-16.