

การพัฒนาชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ
“เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิด
สัญญาณวิทยุฟาย”
ในโครงการส่งเสริมการเรียนรู้
ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม
สำหรับโรงเรียนทั่วประเทศ (WiFinder)

THE DEVELOPMENT OF LEARNING
AND EXERCISING SET FOR WI-FI SIGNAL
SOURCE FINDING TOOLS UNDER
THE PROJECT FOR PROMOTING
TELECOMMUNICATION ENGINEERING
EDUCATION IN SCHOOLS NATIONWIDE
(WIFINDER)

นภาพร พงศ์ศรี¹

วิษระ อมศิริ²

Napaporn Pongsri¹

Watchara Amasiri²

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

กรุงเทพฯ 10400¹

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120²

Office of the National Broadcasting and Telecommunications Commission,

Bangkok 10400 Thailand¹

Thammasat University, Pathum Thani 12120 Thailand²

Corresponding E-mail : napaporn.p@nbt.go.th

Received Date May 17, 2023
Revised Date January 27, 2025
Accepted Date February 21, 2025

บทคัดย่อ

บทความนี้ศึกษาการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพ “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย” จากโครงการส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมในโรงเรียนทั่วประเทศ (WiFinder) ศึกษาด้วยวิธีทดลองเชิงประจักษ์ โดยนำแนวคิดทฤษฎีด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม เช่น ทฤษฎีคลื่น เครื่องรับส่งวิทยุคมนาคม สายอากาศและการแพร่กระจายคลื่น สายนำสัญญาณ การทำงานของเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณ และการสร้างแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟายด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ ประยุกต์เป็นเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือการเรียนรู้ในกลุ่มครู นักเรียน และบุคลากรจากสถานศึกษาระดับมัธยมศึกษาและอาชีวศึกษาทั่วประเทศที่ผ่านการคัดเลือกตามเกณฑ์ จำนวน 500 แห่ง ผลการศึกษาพบว่า จากทฤษฎีทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมเบื้องต้นและอุปกรณ์ใกล้ตัว สามารถพัฒนาเป็นเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย และประยุกต์ใช้ได้โดยง่ายแต่คุ้มค่า โดยสามารถสาธิตให้ผู้เรียนเข้าใจการทำงานของคลื่นวิทยุซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่สามารถจับต้องหรือมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ จึงเป็นชุดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมในโรงเรียน เห็นได้จากผู้เข้ารับการอบรมมีความรู้ความเข้าใจด้านโทรคมนาคมมากขึ้น โดยสถานศึกษาทุกแห่งมีผลคะแนนหลังการทดสอบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 34.03 อีกทั้งภายหลังจบโครงการ สถานศึกษายังนำความรู้ที่ได้รับจากกิจกรรมและเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณไปใช้ถ่ายทอดในการเรียนการสอนต่อเนื่อง โดยมีค่าเฉลี่ยเวลาการใช้งานอยู่ที่ 4.16 ชั่วโมง

คำสำคัญ: วายฟายเดอร์ การเรียนรู้ วิศวกรรมโทรคมนาคม ค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณ

Abstract

This article studies the development and assessment of the Wi-Fi signal source finding tools under the “Project for Promoting Telecommunication Engineering Education in Schools Nationwide (WiFinder).” With an applied experimental method, the study used the telecommunication engineering concepts, such as wave theory, radio transmitters, antenna and wave propagation, transmission lines, signal finding tools functions and Wi-Fi signal source creation with mobile phones, to design the Wi-Fi signal source finding tools. The tools effectiveness was then tested by teachers, students, and educational personnel from 500 institutions nationwide who met the selection criteria. The study found that by applying basic telecommunication engineering theory and materials available at hand, the Wi-Fi signal source finding tools could be easily and worthy developed and used. Functions of the intangible and invisible radio wave could be demonstrated for understanding among the students. The tools were therefore suitable for teaching of telecommunication engineering in schools, noticeable from their better understanding on telecommunications. The post-training assessment of all participating institutions increased at 34.03 percent. In addition, the participating institutions continued to transfer the knowledge in their teaching activities at an average time of 4.16 hours.

Keywords: WiFinder, learning, telecommunication engineering, Wi-Fi signal sources finding

1. บทนำ

การส่งเสริมและสนับสนุนนักเรียนและนักศึกษาในการเตรียมความพร้อมเพื่อเข้าสู่สายงานอาชีพด้านวิทยุโทรทัศน์ และโทรคมนาคมในปัจจุบัน สอดคล้องตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี แผนแม่บทด้านสารสนเทศและการสื่อสารของประชาคมอาเซียน แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) และนโยบายและแผนระดับชาติ ว่าด้วยการพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม เทคโนโลยีโทรคมนาคมมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมให้นักเรียนและนักศึกษามีความสนใจด้านเทคโนโลยีในหลากหลายสาขา รวมถึงเทคโนโลยีด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม ซึ่งจะสร้างความสนใจในเทคโนโลยีโทรคมนาคมเพื่อเตรียมความพร้อมเข้าสู่สายงานอาชีพด้านโทรคมนาคมในอนาคตต่อไป อย่างไรก็ตาม การเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคมยังคงมีข้อจำกัดเนื่องจากปัจจัย 2 ประการ คือ 1) การขาดแคลนเครื่องมือในการสอนด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคม เนื่องจากเครื่องมือวัดด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมมีมูลค่าสูง และ 2) การขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565; 2566)

การส่งเสริมให้เกิดการเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคม จำเป็นต้องมีสื่อการสอนที่เหมาะสมโดยเฉพาะนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ซึ่งเป็นช่วงวัยที่ควรได้รับการพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ผู้พัฒนาจึงพัฒนาชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติเป็นเครื่องมือในการสร้างความสนใจด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม

เป็นอุปกรณ์สำหรับค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม เช่น เครื่องส่งวิทยุคมนาคม เครื่องรับวิทยุคมนาคม สายอากาศและการแพร่กระจายคลื่น สายนำสัญญาณ รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นความถี่ การทำงานของเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณ การสร้างแหล่งกำเนิดสัญญาณ วายฟายด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ และการบำรุงรักษาเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณ โดยเห็นว่า หากผู้เข้ารับการอบรมมีโอกาสทำความเข้าใจทฤษฎีด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมที่หลากหลาย จะสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม และเพิ่มความสนใจให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและอาชีวศึกษาได้

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อพัฒนาชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย”
- 2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย”

3. วิธีการศึกษา

3.1 การดำเนินการ

การส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมในโครงการสำหรับโรงเรียนทั่วประเทศ (WiFider) ดำเนินการในช่วงระยะเวลาช่วงเดือนมกราคม-ธันวาคม พ.ศ. 2565 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1.1 พัฒนาชุดส่งเสริมการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมสำหรับโรงเรียนทั่วประเทศ ซึ่งการศึกษานี้กำหนดเป็น “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย”

3.1.2 ถ่ายทอดองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมผ่านชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย” โดยมีแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจก่อนการอบรมและหลังการอบรมเป็นตัวประเมินประสิทธิภาพ

3.1.3 จัดการแข่งขันการค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายนานาชาติ ครั้งที่ 1 “The First International WiFinder Championship 2023” เพื่อเฟ้นหานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม

ทั้งนี้ บทความนี้มีขอบเขตการศึกษาเฉพาะข้อ 3.1.1 และ 3.1.2 จึงนำเสนอเฉพาะประเด็นการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพ “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย” ซึ่งเป็นชุดส่งเสริมการเรียนรู้ในโครงการส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมในโรงเรียนเท่านั้น

3.2 ขั้นตอนการศึกษา

3.2.1 การพัฒนาเครื่องมือ

การพัฒนาเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุในการศึกษานี้ ยึดกระบวนการวิจัยและพัฒนาด้านวิศวกรรม (engineering design process) เป็นแกนหลัก เพื่อให้ได้อุปกรณ์ค้นหาตำแหน่งต้นกำเนิดสัญญาณวิทยุ ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ด้านการเรียนการสอน STEM ในระดับมัธยมศึกษาอย่างแท้จริง โดยสำรวจอุปกรณ์เชิงพาณิชย์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียง พบว่า เครื่องมือในตลาดส่วนใหญ่ทำหน้าที่เป็น spectrum analyzer ราคา 20,000–30,000 บาท ซึ่งเกินงบประมาณที่ภาคการศึกษาไทยสามารถรองรับได้ จึงกำหนดให้เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุ (WiFinder) ต้องมีราคาไม่เกิน 600 บาท ต่อเครื่อง แต่ยังคงความสามารถหลัก ได้แก่

- 1) การแสดงค่า RSSI
- 2) การบ่งชี้ทิศทางสัญญาณ
- 3) การใช้สายอากาศภายนอกได้
- 4) มีแบตเตอรี่ในตัว

การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ (system architecture design) ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์เลือกใช้บอร์ด WT32-SC01 ซึ่งบรรจุโมดูล ESP32-WROVER-B (แฟลช 4 MB, PSRAM 8 MB) พร้อมหน้าจอสัมผัส TFT ขนาด 3.5 นิ้ว ความละเอียด 320×480 พิกเซล โมดูลเสริม ติดตั้งเข็มทิศดิจิทัล 3-แกนผ่านบัส I²C เพื่อตรวจวัดทิศการถือเครื่อง และบัสเซอร์ (buzzer) สำหรับสัญญาณเสียงเตือนตามระดับ RSSI ที่เพิ่มขึ้น ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ลิเทียม-ไอออน 18650 หนึ่งก้อน ให้ระยะเวลาทำงานต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 1 ชั่วโมง และรองรับการชาร์จผ่านพอร์ต USB สายอากาศ จัดชุดสายอากาศ 2 ชนิด ได้แก่ สายอากาศชนิดอิมินิไดเร็กชัน (omni-directional) สำหรับตรวจสอบเบื้องต้น และสายอากาศล็อก-พีริโอดิก (log-periodic) สำหรับระบุตำแหน่งอย่างแม่นยำ

จากนั้น ได้พัฒนาซอฟต์แวร์และเฟิร์มแวร์ (firmware development) ด้วย ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework) ซึ่งมีความสามารถหลักในการตรวจสอบเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi scanner) ในช่วงคลื่นความถี่ 2.4 GHz ทั้งหมดในรัศมี (direction estimator) แสดงผลค่าความเข้มของสัญญาณเครือข่ายไร้สาย กับค่าเข็มทิศเพื่อคำนวณมุมกวาด (azimuth) ของสัญญาณ UI manager แสดงผลเป็นแถบกราฟิก และลูกศรทิศทางบนจอสัมผัส พร้อมเมนูเลือกเครือข่ายเป้าหมาย OTA updater สนับสนุนการอัปเดตเฟิร์มแวร์ผ่านเครือข่ายไร้สาย ลดภาระการซ่อมบำรุงในภายหลัง

3.2.2 การคัดเลือกประชากร

3.2.2.1 เปิดรับสมัครสถานศึกษาระดับมัธยมศึกษาและอาชีวศึกษาทั่วประเทศ โดยมีสถานศึกษาที่ผ่านการคัดเลือก จำนวน 500 แห่ง ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

1) เป็นสถานศึกษาที่มีการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หรืออาชีวศึกษา ที่มีการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องทางด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคม หรือใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคม

2) สถานศึกษาต้องแจ้งจำนวนนักเรียน และจำนวนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ หรือห้องเรียนหลักสูตรที่เกี่ยวข้องทางด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคมหรือใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคม

3) สถานศึกษาที่สมัครเข้าร่วมโครงการ ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้บริหารสถานศึกษา และผู้บริหารสถานศึกษา

4) ต้องนำผลงานของครูที่เข้าร่วมโครงการไปนับเป็นภาระงาน เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ในสถานศึกษาอย่างจริงจัง

5) สถานศึกษาที่เข้าร่วมโครงการต้องยินยอมในการรายงานผลการใช้เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ภายในระยะเวลาของโครงการ

6) พิจารณาที่ตั้งของสถานศึกษาเพื่อให้เกิดความทั่วถึงของสถานศึกษาในแต่ละภูมิภาค และเวลาที่บันทึกเมื่อสมัครเข้าร่วมประกอบด้วย โดยจำแนกสถานศึกษาตามภูมิภาค ดังนี้

- ภาคกลางและภาคตะวันออก จำนวน 151 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 30.20
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 170 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 34.00
- ภาคใต้ จำนวน 79 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 15.80 และ
- ภาคเหนือ จำนวน 100 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 20.00

3.2.2.2 ประชากร ประกอบด้วย นักเรียน ครู และบุคลากรทางการศึกษา โดยจัดให้มีการทดสอบก่อนเรียน (pre-test) จากนั้นนำผลการทดสอบก่อนเรียน มาจัดกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมในกลุ่มผู้ฝึกสอน (trainer) รวมทั้งจัดกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมที่มีทักษะใกล้เคียงกัน เพื่อให้ได้กลุ่มการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ โดยมีการแก้ไขปรับปรุงหลักเกณฑ์การจัดกลุ่มเป็นรายสถานศึกษา พิจารณาจากคะแนนผลการทดสอบก่อนเรียนรวมเป็นรายสถานศึกษา และเมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการเรียนแล้ว จัดการทดสอบหลังเรียน (post-test) เพื่อประเมินผลการเรียนรู้

3.2.3 การแจกเครื่องมือ

เมื่อได้สถานศึกษาที่ผ่านเกณฑ์แล้ว ดำเนินการแจกเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย โรงเรียนละ 1-3 ชุด ตามขนาดของสถานศึกษา โดยสัมพันธ์กับห้องเรียนด้านวิทยาศาสตร์ ห้องเรียนด้านวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร วิศวกรรมโทรคมนาคม วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หรือหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับการนำองค์ความรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมไปใช้

4. ผลการศึกษาและบทวิเคราะห์

4.1 การพัฒนาชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุ”

การศึกษาเรื่องการค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณ (radio direction finding) เป็นการวัดความเข้มของสัญญาณที่รับได้จากแหล่งกำเนิดสัญญาณโทรคมนาคมหรือเครื่องส่งวิทยุคมนาคมมายังเครื่องรับวิทยุคมนาคม ซึ่งเป็นพื้นฐานของเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคมหลากหลาย เช่น การสื่อสารไร้สาย (wireless communications) การทำงานของเรดาร์ (radar) การค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณโทรคมนาคม สามารถใช้ในการเดินเรือ การนำทางอากาศยาน การค้นหาเครื่องส่งสัญญาณฉุกเฉิน (emergency transmitters) ในการค้นหาและกู้ภัย รวมถึงการค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณแปลกปลอม หรือสัญญาณรบกวนโทรคมนาคม

การค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณโทรคมนาคมเป็นวิธีการที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคมในหลายแขนง เช่น ความรู้เรื่องคลื่นความถี่ ความยาวคลื่นความถี่ สเปกตรัมของคลื่นความถี่ ช่วงสเปกตรัมของคลื่นที่ถูกกำหนดให้ใช้ในระดับนานาชาติ ช่วงสเปกตรัมของคลื่นที่ใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ช่วงสเปกตรัมของคลื่นที่สอดคล้องตามกฎหมายของประเทศไทย ความรู้เรื่องเครื่องส่งวิทยุคมนาคม เครื่องรับวิทยุคมนาคม การส่งข้อมูลไร้สาย รูปแบบและเทคโนโลยีการส่งข้อมูลไร้สาย เทคโนโลยีการส่งข้อมูลไร้สายในชีวิตประจำวัน กำลังส่งของอุปกรณ์วิทยุคมนาคมที่ต้องตามกฎหมายของประเทศไทย สายนำสัญญาณ การทำงานของสายนำสัญญาณ ประเภทของสายนำสัญญาณ อิมพีแดนซ์ (impedance) พิกัดกำลัง พิกัดความถี่ รูปแบบการเชื่อมต่อสายนำสัญญาณ สายอากาศ รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทิศทางการแพร่กระจายคลื่น ประโยชน์ของการใช้สายอากาศในการเพิ่มประสิทธิภาพการติดต่อสื่อสารไร้สาย สายอากาศรูปแบบต่าง ๆ เช่น สายอากาศชนิดรอบตัว สายอากาศชนิดทิศทาง สายอากาศชนิดกึ่งทิศทาง การตั้งสถานีวิทยุคมนาคม ข้อกำหนดการตั้งสถานีวิทยุคมนาคมที่ต้องตามกฎหมายของประเทศไทย โดยผู้นิพนธ์นำองค์ความรู้ดังต่อไปนี้ประยุกต์เป็นชุดการเรียนรู้ “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุ”

4.1.1 ความรู้เรื่องคลื่นความถี่

4.1.1.1 ย่านความถี่และคุณลักษณะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

การติดต่อสื่อสารระหว่างมนุษย์มีมายาวนาน และพัฒนารูปแบบและเทคโนโลยีให้เจริญก้าวหน้าและรวดเร็วขึ้นจนกล่าวได้ว่าเป็นยุคของโลกไร้พรมแดน (globalization) ทั้งนี้ เพื่อให้ข้อมูลข่าวสารจากผู้ส่ง (เครื่องส่ง) ถึงผู้รับ (เครื่องรับ) ได้ทันกับความต้องการใช้งานโดยการส่งข้อมูลผ่านตัวกลางต่าง ๆ เช่น การส่งเสียง การใช้สิ่งมีชีวิต และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หนึ่งในนั้นคือรูปแบบการสื่อสาร “การส่งข้อมูลข่าวสารผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า” เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้การส่งข้อมูลข่าวสารได้รวดเร็วมากขึ้น ซึ่งสามารถส่งข้อมูลที่เป็นเสียงและภาพแบบตอบสนองได้ทันที เช่น วิทยุสื่อสาร โทรศัพท์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ การสื่อสารประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ ผู้ส่งหรือเครื่องส่ง (Transmission: Tx) ผู้รับหรือเครื่องรับ (Receiver: Rx) และข่าวสาร (data) ซึ่งผ่านตัวกลางหรือสื่อ ทั้งสายสัญญาณหรืออากาศ การสื่อสารสามารถจำแนกรูปแบบได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- 1) การสื่อสารแบบทางเดียว (simplex) เช่น โทรศัพท์ วิทยุกระจายเสียง เคเบิลทีวี
- 2) การสื่อสารแบบกึ่งสองทาง (half duplex) เช่น วิทยุสื่อสาร แอปพลิเคชันไลน์ (Line)
- 3) การสื่อสารแบบสองทาง (full duplex) เช่น โทรศัพท์มือถือ

4.1.1.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและคุณลักษณะของคลื่นความถี่

คลื่นคือพลังงานรูปหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการกระทำของพลังงานอีกรูปหนึ่ง จากแหล่งกำเนิดคลื่นที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแพร่กระจายออกจากแหล่งกำเนิดคลื่นไปได้รอบทิศทาง เช่น คลื่นน้ำ คลื่นเสียง คลื่นวิทยุ

4.1.1.3 ย่านความถี่

ย่านความถี่สามารถแบ่งได้ 8 ย่านความถี่ และ 1 ช่วงความถี่ที่ยังไม่กำหนดเป็นย่านความถี่ ซึ่งการกำหนดย่านความถี่ตามมาตรฐานสากล (Crampton, 1947) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งย่านความถี่ของคลื่นวิทยุ

ชื่อเรียกย่านความถี่	ย่านความถี่	การนำไปใช้
1. ย่านความถี่ต่ำมาก (Very Low Frequency: VLF)	3 kHz–30 kHz	คลื่นเสียงที่มนุษย์ได้ยิน
2. ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency: LF)	30 kHz–300 kHz	วิทยุคลื่นยาว วิทยุเดินเรือ การสื่อสารระยะใกล้ ๆ
3. ย่านความถี่ปานกลาง (Medium Frequency: MF)	300 kHz–3 MHz	วิทยุกระจายเสียงระบบ AM เรือรบ
4. ย่านความถี่สูง (High Frequency: HF)	3 MHz–30 MHz	วิทยุคลื่นสั้น อุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์การแพทย์
5. ย่านความถี่สูงมาก (Very High Frequency: VHF)	30 MHz–300 MHz	วิทยุกระจายเสียงระบบ FM
6. ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra-High Frequency: UHF)	300 MHz–3 GHz	โทรทัศน์ เรดาร์ ไมโครเวฟ และโทรศัพท์เคลื่อนที่
7. ย่านความถี่ยิ่งยวด (Super High Frequency: SHF)	3 GHz–30 GHz	โทรทัศน์ เรดาร์ ไมโครเวฟ และการสื่อสารดาวเทียม
8. ย่านความถี่สูงสุด (Extremely High Frequency: EHF)	30 GHz–300 GHz	อยู่ในช่วงทดลองเพื่อนำไปใช้งาน
ไม่มีชื่อเรียก	300 GHz–3 THz	อยู่ในช่วงทดลองเพื่อนำไปใช้งาน

4.1.1.4 เทคโนโลยีวิทยุฟาย

ตรารับรองที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากลสำหรับผลิตภัณฑ์ในระบบที่ระบุว่าเป็นไปตามมาตรฐานที่ตกลงกันในอุตสาหกรรม ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ มาตรฐานของวิทยุฟายมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) วิทยุ 1 (802.11b) เป็นมาตรฐานของวิทยุ ซึ่งรองรับความเร็วสูงสุดที่ 1-11 Mbps และส่งสัญญาณบนคลื่น 2.4 GHz

2) วิทยุ 2 (802.11a) เป็นมาตรฐานของวิทยุ ซึ่งรองรับความเร็วสูงสุดที่ 1.5-54 Mbps และส่งสัญญาณบนคลื่น 5 GHz

3) วิทยุ 3 (802.11g) เป็นมาตรฐานของวิทยุ ซึ่งรองรับความเร็วสูงสุดที่ 3-54 Mbps และส่งสัญญาณบนคลื่น 2.4 GHz

4) วิทยุ 4 (802.11n) เป็นมาตรฐานของวิทยุ ซึ่งรองรับความเร็วสูงสุดที่ 72-600 Mbps และส่งสัญญาณบนคลื่น 2.4 และ 5 GHz

5) วิทยุ 5 (802.11ac) เป็นมาตรฐานของวิทยุ ซึ่งรองรับความเร็วสูงสุดที่ 433-6,933 Mbps และส่งสัญญาณบนคลื่น 5 GHz

6) วิทยุ 6 (802.11ax) เป็นมาตรฐานรุ่นล่าสุดของวิทยุ ซึ่งรองรับความเร็วสูงสุดที่ 600-9,608 Mbps โดยวิทยุ 6 จะส่งสัญญาณบนคลื่น 2.4, 5 GHz ส่วนวิทยุ 6E จะส่งสัญญาณที่คลื่น 6 GHz

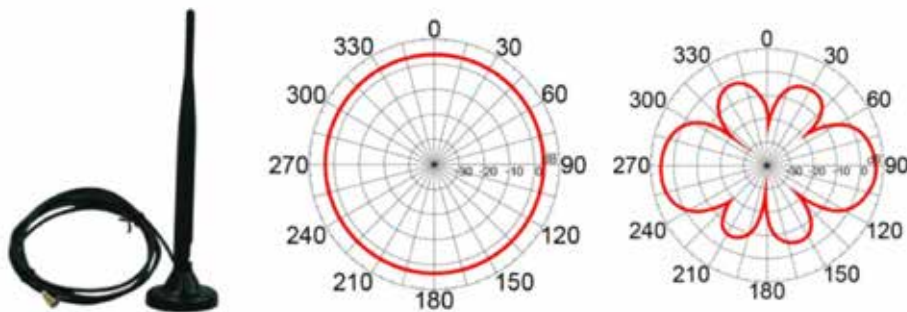
4.1.1.5 ประเภทของคลื่นความถี่วิทยุคมนาคมสำหรับเทคโนโลยีวิทยุ

1) คลื่นความถี่ 2.4 GHz คลื่นประเภทนี้จัดเป็นคลื่นความถี่ต่ำ มีรัศมีการกระจายของสัญญาณที่กว้างและไกล มีอุปกรณ์ที่รองรับเป็นจำนวนมาก แต่มีแบนด์วิดท์ (bandwidth) หรือช่องสัญญาณน้อย (11 ช่องสัญญาณ) และมีความเร็วในการส่งและรับข้อมูลที่ไม่เร็วมากนัก

2) คลื่นความถี่ 5 GHz คลื่นประเภทนี้จัดเป็นคลื่นความถี่สูง มีรัศมีการกระจายสัญญาณแคบกว่า อุปกรณ์ที่รองรับมักมีราคาค่อนข้างสูง แต่เป็นคลื่นที่มีแบนด์วิดท์กว้าง (23 ช่องสัญญาณ) มีการถ่ายโอนข้อมูลที่รวดเร็วมาก ทำให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนมากได้พร้อมกันโดยยังคงรักษาความเร็วได้

3) คลื่นความถี่ 6 GHz คลื่นประเภทนี้จัดเป็นคลื่นความถี่ที่สูงกว่า และเป็นความถี่ที่มีอุปกรณ์รองรับน้อยมาก มีการกระจายสัญญาณที่ต่ำ แต่มีความเร็วในการเชื่อมต่อที่สูงมากกว่าคลื่นความถี่ 5 GHz มีความหนาแน่นของสัญญาณต่ำมาก สามารถรองรับอุปกรณ์ได้หลายเครื่องพร้อมกันโดยที่ความเร็วไม่ตก นอกจากนี้ยังมีช่องสัญญาณที่กว้าง ลดการรบกวนกันเองของสัญญาณวิทยุอีกด้วย

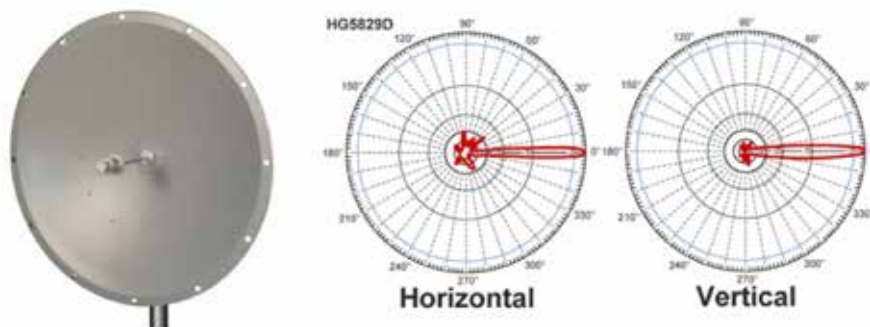
คลื่นความถี่ 2.4, 5 และ 6 GHz ล้วนจัดอยู่ในแถบความถี่ (spectrum) ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra-High Frequency Band: UHF)



ภาพที่ 1 สายอากาศแบบรอบทิศทาง (omni directional antenna)

ที่มา: Jiang et al. (2010)

สายอากาศแบบรอบทิศทาง มีรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น “เกือบจะ” เท่ากันในทุกทิศทาง ดังภาพที่ 1 จึงนิยมใช้ในการสื่อสารไร้สายที่ไม่ทราบทิศทางที่แน่ชัดของแหล่งกำเนิดสัญญาณ เช่น ใช้ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ ใช้สำหรับระบบเครือข่ายไร้สายสาธารณะ (Wi-Fi hotspot)



ภาพที่ 2 สายอากาศแบบทิศทาง (directional antenna)

ที่มา: Jiang et al. (2010)

สายอากาศแบบทิศทาง มีรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น “ในทิศทางเดียว” ดังภาพที่ 2 ทำให้พลังงานในการแพร่กระจายคลื่นทั้งหมดถูกส่งไปในทิศทางที่เฉพาะเจาะจง จึงนิยมใช้ในการสื่อสารไร้สายที่ทราบตำแหน่งแน่ชัด เช่น เสาร์ับสัญญาณโทรทัศน์ที่ชี้ไปในทิศทางของเสาส่ง จานรับสัญญาณดาวเทียมที่ถูกปรับมุมหันไปยังดาวเทียม

4.1.2 แนวคิดทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

4.1.2.1 เครื่องรับส่งวิทยุคมนาคม ตามพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498 และที่แก้ไขเพิ่มเติม ให้ความหมายไว้ว่า “เครื่องวิทยุคมนาคม” หมายถึง เครื่องส่งวิทยุคมนาคม เครื่องรับวิทยุคมนาคม หรือเครื่องรับและส่งวิทยุคมนาคม แต่ไม่รวมตลอดถึงเครื่องรับวิทยุกระจายเสียงและเครื่องรับวิทยุโทรทัศน์

องค์ประกอบของเครื่องรับส่งวิทยุคมนาคม (ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และ กิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง เครื่องวิทยุคมนาคมและสถานีวิทยุคมนาคมที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องได้รับ ใบอนุญาต ตามพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498, 2563; สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, 2566)

4.1.2.2 สายอากาศและการแพร่กระจายคลื่น รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทิศทางการแพร่กระจายคลื่น ประโยชน์ของการใช้สายอากาศในการเพิ่มประสิทธิภาพ การติดต่อสื่อสารไร้สาย สายอากาศรูปแบบต่าง ๆ เช่น สายอากาศชนิดรอบตัว สายอากาศชนิดทิศทาง สายอากาศ ชนิดกึ่งทิศทาง การตั้งสถานีวิทยุคมนาคม ข้อกำหนดการตั้งสถานีวิทยุคมนาคมที่ถูกต้องตามกฎหมายของ ประเทศไทย

4.1.2.3 สายนำสัญญาณ การทำงานของสายนำสัญญาณ ประเภทของสายนำสัญญาณ อิมพีแดนซ์ พิกัดกำลัง พิกัดความถี่ รูปแบบการเชื่อมต่อสายนำสัญญาณ

4.1.2.4 การทำงานของเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณ และการสร้างแหล่งกำเนิดสัญญาณ วายพายด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่

4.1.2.5 การบำรุงรักษาเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณ กระบวนการและขั้นตอนต่าง ๆ ในการแก้ไข บำรุงรักษาตัวอุปกรณ์

4.1.2.6 การฝึกปฏิบัติการค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณด้วยเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณ การนำเอาองค์ความรู้เรื่องคลื่นความถี่มาใช้ในการปฏิบัติเพื่อค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณ โดยอุปกรณ์ที่จัดทำขึ้น

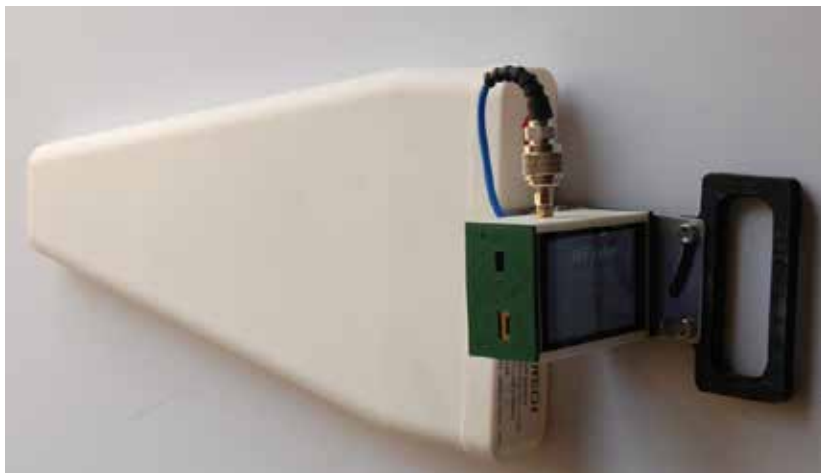
4.1.2.7 ความสำคัญและบทบาทของกิจการโทรคมนาคมต่อการพัฒนาเยาวชนและประเทศ สร้างกระบวนการเรียนรู้ให้สามารถทราบถึงประโยชน์ของการนำเอาวิชาความรู้เรื่องคลื่นความถี่ไปต่อยอด ในอนาคต เป็นการสร้างรากฐานความรู้ทางกิจการโทรคมนาคมให้แก่เยาวชนที่มีความสนใจ

การจัดการเรียนรู้ครั้งนี้ ใช้แนวคิดเรื่องหลักการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถ ตามมาตรฐานการเรียนรู้สมรรถนะสำคัญ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามที่กำหนดไว้ในเนื้อหาของการศึกษา โดยยึดหลักว่า ผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด และยึดประโยชน์ที่เกิดกับผู้เรียน ในด้านกระบวนการเรียนรู้ การจัดการ เรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนจะต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย เป็นเครื่องมือที่จะนำพาตนเอง ไปสู่เป้าหมายของหลักสูตร กระบวนการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน เช่น กระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ กระบวนการสร้างความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการทางสังคม กระบวนการเผชิญสถานการณ์และแก้ปัญหา กระบวนการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง กระบวนการปฏิบัติ ลงมือทำจริง กระบวนการจัดการ กระบวนการวิจัย กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง กระบวนการพัฒนาทักษะนิสัย จึงเป็นจุดเริ่มต้นในการเตรียมเนื้อหา ในการจัดการอบรมในการศึกษา หรือกล่าวได้ว่า เป็นการออกแบบการจัดการเรียนรู้

4.1.3 เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุ

เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุ (WiFinder) เป็นอุปกรณ์รับและวิเคราะห์สัญญาณย่าน 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งได้รับการออกแบบให้ทำงานแบบอิสระ (stand alone) อาศัยเสาอากาศล็อก-ฟรีดริกที่มีลักษณะการรับสัญญาณแบบทิศทาง (directional) เพื่อเพิ่มอัตราขยายและความไวในการตรวจจับสัญญาณ จากนั้นสัญญาณที่รับได้จะถูกป้อนเข้าสู่โมดูล ESP32-WROVER-B ซึ่งทำหน้าที่สแกนเครือข่ายวิทยุทั้งหมดในบริเวณ พร้อมคำนวณค่าความแรงสัญญาณ (Received Signal Strength Indicator; RSSI) แบบเรียลไทม์ ในขณะเดียวกัน เซนเซอร์เข็มทิศดิจิทัล 3 แกนภายในเครื่องจะวัดทิศการถืออุปกรณ์อ้างอิงกับทิศเหนือแม่เหล็กโลก เพื่อให้ซอฟต์แวร์สามารถประมวลผลทิศทาง (azimuth) ของแหล่งกำเนิดสัญญาณได้อย่างถูกต้อง

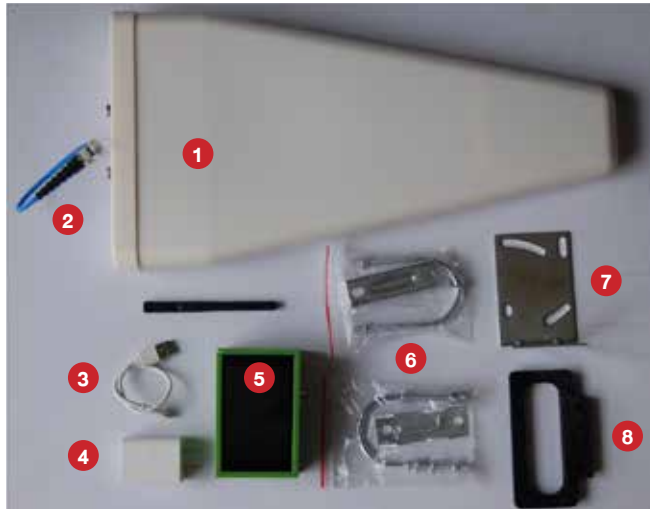
โดยผลการประมวลทั้งหมด ได้แก่ ชื่อเครือข่าย (SSID) ค่าความแรงสัญญาณ (RSSI) และลูกศรชี้ทิศ จะแสดงบนจอสัมผัส TFT ขนาด 3.5 นิ้ว ที่ติดตั้งอยู่บนตัวเครื่อง ผู้ใช้เพียงหมุนอุปกรณ์ช้า ๆ เพื่อค้นหามุมที่ให้ค่า RSSI สูงสุดซึ่งปรากฏเป็นแถบสีหรือสเกลกราฟิกบนหน้าจอ เมื่อเข้าใกล้แหล่งกำเนิดสัญญาณเสียงบี๊เซอร์ภายในจะดังถี่ขึ้นเป็นสัญญาณเตือน นอกจากนี้ระบบยังรองรับการอัปเดตเฟิร์มแวร์แบบ Over-the-Air (OTA) และใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ลิเทียม-ไอออน 18650 เพียงก้อนเดียว ทำให้สามารถใช้งานภาคสนามได้ต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงโดยไม่ต้องพึ่งพาคอมพิวเตอร์ภายนอก



ภาพที่ 3 เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุ

ที่มา: วัชร-อมศิริ (2566)

4.1.3.1 ฮาร์ดแวร์ (hardware)



- 1) สายอากาศทิศทาง
- 2) สายอากาศรอบทิศทาง
- 3) สายชาร์จ USB Type-C
- 4) USB adapter
- 5) อุปกรณ์ค้นหาสัญญาณวิทยุ
- 6) ชุดจัดยึดสายอากาศ
- 7) ชุดจัดยึดสายอากาศ
- 8) มือจับสายอากาศ

ภาพที่ 4 รายละเอียดอุปกรณ์สำหรับจัดทำเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุ

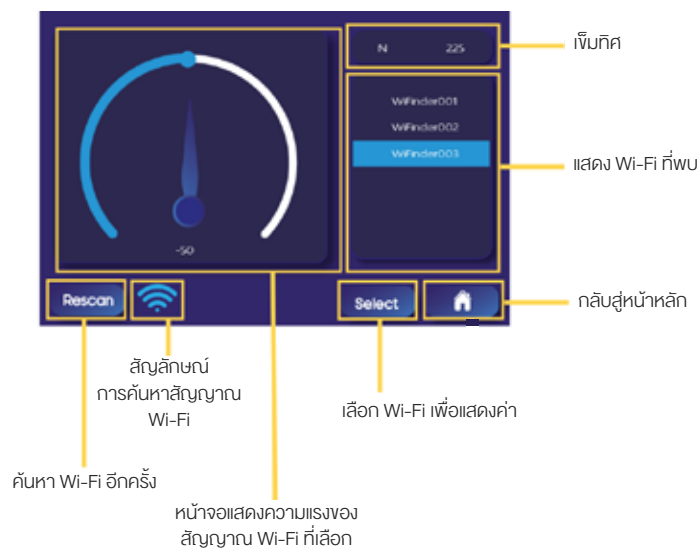
ที่มา: วัชร- อมศิริ (2566)



ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงผลของเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุ

ที่มา: วัชร- อมศิริ (2566)

4.1.3.2 ซอฟต์แวร์ (software)



ภาพที่ 6 หน้าจอแสดงการค้นหาวายฟาย (Wi-Fi scan)

ที่มา: วัชร อมศิริ (2566)

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย”

ก่อนเริ่มกระบวนการเรียนรู้และนำไปสู่การปฏิบัติ มีการกำหนดบทบาทของผู้เข้ารับการอบรมโดยสังเขป ได้แก่ การศึกษาวิเคราะห์ให้ผู้เข้ารับการอบรมเป็นรายบุคคล การวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ท้าทายความสามารถของผู้เข้ารับการอบรม การกำหนดเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เข้ารับการอบรมด้านความรู้และทักษะ การวางแผนกระบวนการความคิดรวบยอด หลักการและความสัมพันธ์ รวมทั้งคุณลักษณะอันพึงประสงค์ การจัดเตรียมและเลือกใช้สื่อให้เหมาะสมกับกิจกรรม และทำการประเมินความก้าวหน้าของผู้เข้ารับการอบรม

4.2.1 การประเมินผู้เข้ารับการอบรม

การส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมในโรงเรียนทั่วประเทศ กำหนดให้มีการทดสอบครู อาจารย์ บุคลากรทางการศึกษา และนักเรียนแกนนำ ก่อนและหลังการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมด้วย “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย” เพื่อนำข้อมูลการประเมินมาจัดกลุ่มเข้ารับการอบรม โดยใช้ชุดคำถามในรูปแบบถูกหรือผิด (true or false) จำนวน 10 ข้อ ได้ผลการประเมินดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบก่อนและหลังการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมด้วย “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุฟลาย”

คำถาม	ผลการทำแบบทดสอบ		
	ก่อนเรียน (ร้อยละ)	หลังเรียน (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
1. คลื่นความถี่เป็นอัตราส่วนของความยาวคลื่นและความเร็วแสงในสุญญากาศ	52.50	84.35	31.84
2. ความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 2.5 กิกะเฮิรตซ์ และความถี่ 5.725 ถึง 5.875 กิกะเฮิรตซ์ เป็นช่วงความถี่ที่ถูกกำหนดให้ใช้สำหรับโครงข่าย	51.34	88.75	37.41
3. อุปกรณ์รับส่งสัญญาณในวิทยุฟลายไม่ถูกจัดเป็นเครื่องวิทยุคมนาคมตามพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498 และที่แก้ไขเพิ่มเติม	57.04	91.41	34.37
4. เครื่องวิทยุคมนาคมความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ถึง 2.5 กิกะเฮิรตซ์ และความถี่ 5.725 ถึง 5.875 กิกะเฮิรตซ์ ไม่ว่าจะมีการส่งกำลังเท่าใดได้รับการยกเว้นไม่ต้องได้รับอนุญาตทำ มี ใช้ นำเข้า นำออก จำหน่าย ซึ่งเครื่องวิทยุคมนาคม และตั้งสถานีวิทยุคมนาคม	58.63	79.62	20.99
5. สายนำสัญญาณที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ในโครงข่ายวิทยุฟลายมีค่าอิมพีแดนซ์ 75 โอห์ม	48.74	85.68	36.94
6. สายนำสัญญาณมีหน้าที่แพร่กระจายคลื่น โดยจะต้องมีคุณสมบัติในการแพร่กระจายคลื่นให้มากที่สุด	51.44	80.46	29.02
7. อุปกรณ์แพร่กระจายคลื่นในเครื่องวิทยุคมนาคมเรียกว่าเสาอากาศ	54.32	85.89	31.57
8. สายอากาศชนิด Yagi Antenna เป็นสายอากาศชนิดทิศทาง มีทิศทางการรับและส่งคลื่นวิทยุคมนาคมในทิศทางที่เฉพาะเจาะจง	48.05	93.92	45.87
9. จานดาวเทียมในระบบรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมไม่จัดเป็นสายอากาศ	45.99	79.16	33.17
10. การค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณอาศัยเทคนิคของการวัดความเข้มของสัญญาณที่ได้รับในทิศทางต่าง ๆ	55.23	94.31	39.08

จากการวิเคราะห์ผลการทำแบบทดสอบของครู อาจารย์ บุคลากรทางการศึกษา และนักเรียนแกนนำ ก่อนและหลังการอบรมด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมด้วย “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุฟลาย” พบว่า ผลต่างของผลการทดสอบด้วยชุดคำถามในรูปแบบถูกหรือผิด จำนวน 10 ข้อ มีค่าเฉลี่ยผลการประเมินเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 34.03

4.2.2 การประเมินประสิทธิภาพชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ

การประเมินคุณภาพชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุฟลาย” ผู้นิพนธ์วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพการสอน ด้านการออกแบบชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ และด้านคู่มือการใช้งานและคู่มือประกอบการสอน สรุปดังนี้

4.2.2.1 ประสิทธิภาพชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ ด้านประสิทธิภาพการสอน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.36$, S.D. = .658) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังต่อไปนี้ ความเหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ความสะดวกในการสอนอยู่ในระดับมากที่สุด ชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติก่อให้เกิดแรงจูงใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีความครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด และความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์อยู่ในระดับมาก ตามลำดับ

4.2.2.2 ประสิทธิภาพชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ ด้านการออกแบบชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.16$, S.D. = .545) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อโดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้ดังต่อไปนี้ มีขนาดและความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก มีความปลอดภัยในการใช้งานอยู่ในระดับมาก มีความแข็งแรงของชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติอยู่ในระดับมาก มีความสะดวกในการติดตั้งและถอดเก็บอยู่ในระดับมาก และมีความสะดวกในการบำรุงรักษาอยู่ในระดับมาก ตามลำดับ

4.2.2.3 ประสิทธิภาพชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ ด้านคู่มือการใช้งานและคู่มือประกอบการสอน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.35$, S.D. = .646) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้ดังต่อไปนี้ เรียงลำดับเนื้อหาได้อย่างเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ศึกษาทำความเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายอยู่ในระดับมากที่สุด มีรายละเอียดชัดเจนอยู่ในระดับมากที่สุด มีช่องทางในการเข้าถึงสื่อการสอนได้สะดวกอยู่ในระดับมากที่สุด และคู่มือมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนอยู่ในระดับมากที่สุด ตามลำดับ

การวัดค่าความน่าเชื่อถือของแบบประเมิน การพิจารณาความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบดำเนินการโดยการพิจารณาแบบทดสอบรายข้อจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบสอบถามที่แนบไปพร้อมกับแบบทดสอบที่ต้องการให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้อง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อหาค่า IOC ของผู้เชี่ยวชาญกำหนดเป็น 3 ระดับ ดังนี้

- | | | | |
|----|---------|-------------|--|
| +1 | หมายถึง | แน่ใจว่า | แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา |
| 0 | หมายถึง | ไม่แน่ใจว่า | แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา |
| -1 | หมายถึง | แน่ใจว่า | แบบทดสอบไม่ได้วัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา |

นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา โดยค่าที่ยอมรับได้จะต้องมากกว่า 0.5 ในแต่ละคำถาม จึงจะสรุปได้ว่า คำถามตรงประเด็นที่สามารถวัดได้ตรงกับจุดมุ่งหมายของการประเมิน นำแบบสอบถามที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญปรึกษาตรวจสอบไปทดลองใช้ (try out) กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน และนำข้อมูลที่ได้ไปหาค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาได้เท่ากับ .965 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.70 แสดงว่า แบบประเมินมีความเชื่อมั่นในระดับที่สูง

การพัฒนาชุดการเรียนรู้และเครื่องมือฝึกปฏิบัติในการศึกษานี้ เป็นการสร้างความรู้ใหม่ด้านโทรคมนาคมและวิทยุคมนาคมให้กับเยาวชนรุ่นใหม่ได้เข้าใจลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ได้อย่างดี นักเรียนนักศึกษาให้ความสนใจตลอดระยะเวลาเข้ารับการฝึกอบรม ส่งผลให้มีความรู้ความเข้าใจเรื่องนี้มากขึ้น

โดยการทดสอบก่อนและหลังการเรียนรู้ของผู้เข้ารับการอบรม มีวัตถุประสงค์ คือ ทดสอบก่อนเรียนเพื่อจัดกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมที่มีทักษะใกล้เคียงกันเพื่อให้ได้กลุ่มการเรียนรู้ได้ที่มีประสิทธิภาพ และเมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการอบรมแล้ว จัดการทดสอบอีกครั้งเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ความเข้าใจภายหลังการฝึกอบรม

5. ข้อสรุป

การพัฒนาชุดการเรียนรู้และแบบฝึกปฏิบัติ “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย” ที่ใช้ในการส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมสำหรับโรงเรียนทั่วประเทศ (WiFinder) เป็นการสร้างเครื่องมือส่งเสริมการเรียนรู้เกี่ยวกับคลื่นความถี่ให้แก่เยาวชนผ่านทฤษฎีและการปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมมีความรู้ความเข้าใจด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม จากนั้นนำไปสู่ภาคปฏิบัติโดยใช้เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวายฟาย ซึ่งพบว่า ผู้เข้ารับการอบรมทั้งบุคลากรทางการศึกษา ครู และนักเรียน ให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ตลอดจนมีความรู้ความเข้าใจเรื่องคลื่นความถี่มากขึ้นจากการเลือกใช้วิธีการสาธิตที่แสดงให้เห็นว่าคลื่นวิทยุเป็นพลังงานที่ไม่สามารถจับต้องได้หรือมองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่หากมีเครื่องมือที่สามารถค้นหาที่มาของแหล่งกำเนิดสัญญาณได้ นอกจากนั้น ภายหลังจบโครงการ สถานศึกษายังให้ความสนใจนำความรู้ที่ได้รับจากกิจกรรมไปถ่ายทอด จัดทำเอกสารเผยแพร่ทางสื่อสังคมออนไลน์ต่อเนื่อง อีกทั้งนำเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณไปใช้ในการเรียนการสอน โดยมีค่าเฉลี่ยเวลาการใช้งานอยู่ที่ 4.16 ชั่วโมง ดังนั้น การส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมในโรงเรียนทั่วประเทศ จึงสามารถสร้างเครือข่ายผู้มีความรู้ด้านกิจการโทรคมนาคมตามโรงเรียนกระจายไปในแต่ละภูมิภาคได้

การส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมในโรงเรียนทั่วประเทศ ได้ขยายผลจัดทำเครื่องมือการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมจากเครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณในรูปแบบสื่อการสอน และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ประเภทวีดิทัศน์ผ่านยูทูป (YouTube) ดังภาพที่ 7 ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่ได้รับความนิยมจากนักเรียนนักศึกษา รวมทั้งประชาชนทั่วไปยังสามารถเข้าถึงสื่อการสอนนี้ สามารถเผยแพร่ข่าวสาร แบ่งปัน และแลกเปลี่ยนความรู้กันได้ โดยปัจจุบันจัดทำ 4 บทเรียน ได้แก่

- บทเรียนที่ 1 วิธีการใช้งานวายฟายเดอร์
- บทเรียนที่ 2 ส่วนประกอบของอุปกรณ์วายฟายเดอร์
- บทเรียนที่ 3 การประกอบวายฟายเดอร์
- บทเรียนที่ 4 การอัปเกรดเฟิร์มแวร์ (firmware) ให้กับวายฟายเดอร์



ภาพที่ 7 สื่อการสอนด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคม

ที่มา: วัชร: อมศิริ (2566)

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต

การส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมในโรงเรียนทั่วประเทศมีกระบวนการดำเนินการหลายขั้นตอน ตั้งแต่การคัดเลือกสถานศึกษาเข้าร่วมอบรม การพัฒนาชุดการเรียนรู้ การประเมินชุดการเรียนรู้ การฝึกปฏิบัติการใช้อุปกรณ์ค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุ การพัฒนาและทดสอบแบบประเมินก่อนและหลังเข้ารับการอบรม รวมถึงการจัดทำสื่อการเรียนการสอนต่อยอดไปยังสถานศึกษาต่าง ๆ ใน 4 บทเรียน ได้แก่ วิธีการใช้งานวิทยุเตเตอร์ ส่วนประกอบของอุปกรณ์วิทยุเตเตอร์ การประกอบวิทยุเตเตอร์ และการอัปเกรดเฟิร์มแวร์ให้กับวิทยุเตเตอร์ เพื่อเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมในโรงเรียนทั่วประเทศอย่างกว้างขวางและยั่งยืน

อย่างไรก็ตาม บทความนี้มีขอบเขตศึกษาเฉพาะการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดการเรียนรู้ “เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณวิทยุเตเตอร์” เท่านั้น การศึกษาในอนาคตจึงสามารถศึกษาในมิติของการนำองค์ความรู้ที่ได้เรียนจากโครงการนี้ ไปต่อยอดพัฒนาเป็นชิ้นงานทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละสถานศึกษา โดยอาจทำการศึกษาตามภูมิภาคของสถานศึกษาที่เข้าร่วม

6.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายต่อกิจการสื่อสาร

จากการดำเนินการส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมในโรงเรียนทั่วประเทศทำให้ทราบว่าสถานศึกษาหรือโรงเรียนในประเทศไทยโดยเฉพาะในต่างจังหวัด ยังขาดแคลนทรัพยากรด้านโทรคมนาคมที่จำเป็นในการเรียนการสอน ทั้งบุคลากรและอุปกรณ์ ดังนั้น จึงเห็นควรเสนอให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้การสนับสนุนการศึกษาไทย เช่น กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) สนับสนุนงบประมาณให้โรงเรียนมีสถานที่และอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ เช่น ห้องเรียนที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต เพื่อให้นักเรียนมีโอกาสเรียนรู้และฝึกฝนทักษะทางด้านโทรคมนาคม สำหรับสำนักงาน กสทช. ควรให้การสนับสนุนด้านการส่งบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้านโทรคมนาคมไปบรรยายให้ความรู้เมื่อโรงเรียนมีกิจกรรมด้านภาคธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับโทรคมนาคม ควรให้การสนับสนุนอุปกรณ์สื่อสารทางโทรคมนาคม อุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ที่มีความทันสมัยและสอดคล้องกับเทคโนโลยีในปัจจุบัน เพื่อเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ทางด้านโทรคมนาคมแก่นักเรียนทั่วประเทศ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมเพื่อประโยชน์สาธารณะ ซึ่งได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงการส่งเสริมการเรียนรู้ทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมในโรงเรียนทั่วประเทศ

รายการเอกสารอ้างอิง

- ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง เครื่องวิทยุคมนาคมและสถานีวิทยุคมนาคมที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องได้รับใบอนุญาต ตามพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498. (2563, 14 พฤษภาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 137 ตอนที่ 113 ง. หน้า 21. https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2563/E/113/T_0021.PDF
- วัชร อมศิริ. (2566). *โครงการส่งเสริมการเรียนรู้ทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมในโรงเรียนทั่วประเทศ* [เอกสารไม่ได้ตีพิมพ์]. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. (2566). *พระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498*. <https://broadcast.nbtc.go.th/data/document/law/doc/th/560400000027.pdf>
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2565). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 พ.ศ. 2566 – 2570*. https://www.nesdc.go.th/ewt_news.php?nid=13651&filename=develop_issue
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2566). *แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2560 – 2580) ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม*. <https://www.nesdc.go.th/download/document/NSCR/แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ%20พ.ศ.%202566-2580%20ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม.pdf>
- Crampton, C. (1947). Naval radio direction-finding. *Journal of the Institution of Electrical Engineers - Part IIIA: Radiocommunication*, 94(11), 132-153. <https://doi.org/10.1049/ji-3a-2.1947.0017>
- Jiang, J. -A., Chuang, C. -L., Lin, T. -S., Chen, C. -P., Hung, C. -H., Wang, J. -Y., Liu, C. -W., & Lai, T. -Y. (2010). Collaborative localization in wireless sensor networks via pattern recognition in radio irregularity using omnidirectional antennas. *Sensors (Basel)*, 10(1), 400-27. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22315548/>