



รายงานสหกิจศึกษาระดับสมบูรณ

ระบบสถานีเสริมการแพร่ภาพโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินยุคที่สองในประเทศไทย
DVB-T2 Additional Station System

นางสาวภคมน จันทรคาร

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ระบบสถานีเสริมการแพร่ภาพโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินยุคที่สองในประเทศไทย

DVB-T2 Additional Station System

นางสาวภคมน จันทราธ

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา ระบบสถานีเสริมการแพร่ภาพโทรทัศน์ดิจิทัล ภาคพื้นดินยุคที่สอง
ในประเทศไทย

ชื่อ-สกุล นักศึกษา ภาคมณ จันทราธ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ดร. สถาพร พรหมวงศ์ และ ผศ.มนต์ชัย แซ่มซ้อย

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน สุธี สุวรรณประภา

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันระบบการออกอากาศโทรทัศน์ภาคพื้นดินของประเทศไทยได้มีการเปลี่ยนผ่านจากระบบแอนะล็อกสู่ระบบดิจิทัล โดยมีสถานีหลักถ่ายทอดสัญญาณกระจายไปทั่วประเทศไทยทั้งหมด 39 สถานีหลัก แต่ก็ยังไม่ครอบคลุม เพราะภูมิศาสตร์พื้นที่แตกต่างกัน เช่น ดึกสูง มีหุบเขาขวางกั้นสัญญาณไปไม่ถึง จึงต้องมีสถานีเสริม ในพื้นที่ที่อยู่นอกเขตสัญญาณ เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศไทย ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 จำนวนครัวเรือนภายใน 4 ปี (ปีพ.ศ. 2556-2560) ตามที่ กสทช. กำหนด โครงการนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาระบบการติดตั้งสถานีเสริม โดยทำการศึกษาหลักการออกแบบระบบสายอากาศ (Antenna), สายส่งสัญญาณ (Transmission Line), อุปกรณ์รวมสัญญาณ (Combiner), เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ (TV Transmitter), เครื่องสำรองไฟ (UPS) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) และทำการประเมินผลคุณภาพของช่องสัญญาณตามที่ได้กำหนดในการศึกษาวิจัย

คำสำคัญ : สถานีเสริม , วัตถุประสงค์สัญญาณ

Co-operative Title: DVB-T2 Additional Station System
Student Intern Name: Pakamon Jantarakath
Faculty: Engineering Department: Telecommunication
Advisor Name: Dr. Sathaporn Promwong and Asst. Prof. Monchai Chamchoy
Mentor Name: Suthee Suwannaprapa
Company: Mcot Public Company Limited

ABSTRACT

Due to the changing of television broadcasting systems in Thailand from analog system to digital system, There are 39 main stations broadcasting throughout Thailand, but they are not covered. Because geography space is different. For example, high-rise buildings have no valley to block the signal. It must be Sub station. In areas outside the signal area. To cover the area throughout Thailand. At least 95% of the households within 4 years (2013-2017), as defined by the NBTC. This project aims to study the installation of supplementary stations. The design of the Antenna System, Transmission Line, Combiner, TV Transmitter, UPS and Generator and Channel Measurement that broadcasts the signal to test exactly as designed.

Keywords : Additional station, Channel Measurement

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณความอนุเคราะห์จากบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) ที่ได้มอบโอกาสในการเข้ามาทำสหกิจศึกษา ให้ความรู้และประสบการณ์การทำงานต่าง ๆ จนทำให้โครงการและรายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ และขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้จัดทำโครงการสหกิจศึกษานี้ขึ้นมา และเปิดโอกาสให้ได้ ไปทำการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สถาพร พรหมวงศ์ และ ผศ.ดร. พิชญ์ สุพรรณกุล ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และเป็นอาจารย์นิเทศในการมาทำสหกิจศึกษาครั้งนี้ ตลอด 4 เดือนที่ได้เข้ามาทำสหกิจนั้น หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือเมื่อเกิดปัญหาตลอดการทำโครงการ โครงการในครั้งนี้อาจไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมที่เป็นกรรมการคุมสอบสหกิจศึกษาทุกท่าน ที่ให้การชี้แนะให้รายงานฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณสุธี สุวรรณประภา ผู้จัดการส่วนควบคุมสัญญาณโทรทัศน์ และ คุณบัณฑิต รักวีระธรรม วิศวกรอาวุโส ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงาน จัดหาอุปกรณ์รวมถึงการให้ความช่วยเหลือจากคุณไกรสิทธิ์ เปี่ยมสง่า ผู้ให้ความช่วยเหลือด้านความรู้ และคำแนะนำที่ดี ๆ เสมอมา อีกทั้งยังเป็นผู้นิเทศโครงการนี้ และขอบคุณพี่ ๆ ในบริษัท อสมท จำกัด ทุก ๆ ท่าน ที่คอยให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี ตลอดช่วงเวลา 4 เดือนที่ได้เข้ามาทำสหกิจในบริษัทนี้

ภคมน จันทราธ

ผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1. ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3. ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1. มาตรฐาน DVB-T2	4
2.2. พารามิเตอร์การตั้งสถานีเสริมตามที่ กสทช.กำหนด.....	5
2.3. โครงสร้างพื้นฐานสถานีส่งสัญญาณ.....	10
บทที่ 3 การออกแบบสถานีเสริมจอมบึง	27
3.1. หลักการออกแบบสายอากาศ.....	28
3.2. การคำนวณขนาดสายส่งสัญญาณ.....	39
3.3. อุปกรณ์รวมสัญญาณ.....	43
3.4. การคำนวณกำลังเครื่องส่งโทรทัศน์.....	46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ขั้นตอนการทดสอบสัญญาณและผลการทดลอง.....	51
4.1. ขั้นตอนการจำลองพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณที่ออกอากาศ	51
4.2. การกำหนดจุดการวัดสัญญาณออกอากาศสถานีเสริมจอมบึง.....	57
4.3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสัญญาณ.....	59
4.4. ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์วัดสัญญาณ DVB-T2.....	62
4.5. ผลการวัดค่า RECEIVE SIGNAL STRENGTH.....	67
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	73
5.1. สรุประบบสถานีเสริม	73
5.2. สรุปผลการวัดค่าสถานีเสริมจอมบึง	74
5.2. ข้อเสนอแนะ.....	75
เอกสารอ้างอิง	76
ภาคผนวก	78
ภาคผนวก ก	79
ภาคผนวก ข	85
ภาคผนวก ค	86

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 พารามิเตอร์ DVB-T2 ที่ใช้ในการออกอากาศสำหรับประเทศไทย.....	4
2.2 ประเภทของสถานีและคำอธิบาย	5
2.3 กลุ่มช่องความถี่วิทยุ.....	9
2.4 กำหนดช่องความถี่วิทยุ.....	9
3.1 อัตราขยายของสายอากาศ 1 PANEL มาต่อในแนวตั้ง	28
3.2 แสดงคุณสมบัติของสายส่งสัญญาณขนาด 3 นิ้ว.....	40
3.3 แสดงคุณสมบัติของสายส่งสัญญาณขนาด 1-5/8 นิ้ว	41
4.1 ค่าที่ใช้ในการตั้งค่าวัดสัญญาณแต่ละ MUX.....	63
4.2 ค่าความแรง RECEIVE SIGNAL STRENGTH ที่แบ่งตามเขตสี	67
4.3 ค่า RECEIVE SIGNAL STRENGTH จากโปรแกรม ICS TELECOM ของสัญญาณสถานีจอมบึง	68
5.1 เปรียบเทียบค่า RECEIVE SIGNAL STRENGTH จากโปรแกรมและจากสถานีจริง	74
ก.1 ข้อมูลสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลของประเทศไทย.....	79
ข.1 รายละเอียดอุปกรณ์รวมสัญญาณของสถานีจอมบึง.....	85
ค.1 รายละเอียดสายอากาศของสถานีจอมบึง.....	86

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการศึกษาติดตั้งสถานีเสริมของ DVB-T2.....	2
2.1 แบบรูปตามประเภทของสายอากาศ	7
2.2 พื้นที่ครอบคลุมของเขตบริการภายหลังการติดตั้ง 39 สถานีหลัก และ 129 สถานีเสริม.....	11
2.3 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง.....	12
2.4 สายอากาศ SUPERTURNSTILE บริษัทคาโทน์.....	13
2.5 รูปแบบสายอากาศถูกวางการโพลาริไซให้ไว้ในแนวนอน	14
2.6 รูปแบบสายอากาศถูกวางการโพลาริไซให้ไว้ในแนวเอียง	15
2.7 ชนิด FOAM-DIELECTRIC COAXIAL CABLE.....	16
2.8 ชนิด AIR DIELECTRIC COAXIAL CABLE	16
2.9 CCS COMBINER SYSTEM WITHOUT PATCH PANELS.....	17
2.10 CCS COMBINER SYSTEM WITH COMBINER BYPASS PATCH PANELS.....	18
2.11 CCS COMBINER SYSTEM WITH TRANSMITTER ROUTING.....	19
2.12 OFFLINE UPS หรือ STANDBY UPS	21
2.13 ONLINE PROTECTION UPS	22
2.14 TRUE ONLINE DOUBLE CONVERSION	23
3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบการทำงานภายในสถานีเสริม	27
3.2 RADIATION PATTERN สายอากาศ จำนวน 1 แผง.....	28
3.3 ระบบสายอากาศแบบ 4 ทิศทาง ใช้อัตรากำลังส่งที่เท่า และแตกต่างกัน.....	29
3.4 ระบบสายอากาศแบบ 2 ทิศทาง และ 3 ทิศทาง ใช้อัตรากำลังส่งที่เท่ากัน.....	30
3.5 ระบบสายอากาศ TYPE 3A.....	31
3.6 โครงสร้างระบบสายอากาศแบบ TYPE 3A.....	32
3.7 ระบบสายอากาศ TYPE 5A SITE NAME แม่สะเรียง.....	34
3.8 โครงสร้างระบบสายอากาศ TYPE 5A	35
3.9 ระบบสายอากาศ TYPE 2	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.10 โครงสร้างสายอากาศ TYPE 2 สถานีจอมบึง.....	37
3.11 สายส่งสัญญาณ ขนาด 1-5/8 นิ้ว.....	42
3.12 ภาพรวมการส่งสัญญาณผ่านอุปกรณ์ COMBINER.....	43
3.13 โครงสร้างการทำงานภายในอุปกรณ์ COMBINER.....	44
3.14 อุปกรณ์รวมสัญญาณสถานีเสริมจอมบึง	45
4.1 หน้าต่างโปรแกรม ICS TELECOM	51
4.2 การตั้งค่าพารามิเตอร์ในแต่ละตำแหน่ง.....	52
4.3 การตั้งค่าตำแหน่งใน SITE COORDINATE.....	52
4.4 การตั้งค่า DMS COORDINATE	53
4.5 ตั้งค่าพารามิเตอร์ใน PATTERN	53
4.6 ตั้งค่า ANTENNA TYPE 2	54
4.7 ตั้งค่าพารามิเตอร์ใน ADVANCED.....	54
4.8 ตั้งค่าพารามิเตอร์ใน GENERAL	55
4.9 หน้าต่าง COVERAGE PARAMETERS	56
4.10 พื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณที่ออกอากาศของสถานีเสริมจอมบึง.....	56
4.11 โปรแกรม COVERAGE KML BUILDER	57
4.12 โปรแกรม GOOGLE EARTH PRO	57
4.13 กำหนดจุดวัดสัญญาณ.....	58
4.14 เครื่องวัดสัญญาณ BROADCAST ANALYZERS.....	59
4.15 สายอากาศไดโพลสำหรับความถี่ย่าน UHF.....	59
4.16 สาย COAXIAL CABLE.....	60
4.17 ไม้บรรทัดสำหรับปรับความยาวของสายอากาศให้เหมาะสมกับความถี่.....	60
4.18 เสาสำหรับตั้งสายอากาศ สูง 6 เมตร	61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์หนองขาว.....	62
4.20 ใช้ไม้บรรทัดสำหรับปรับความยาวของสายอากาศ ให้ตรงกับความถี่ของสัญญาณ	62
4.21 ประกอบสายอากาศ เข้ากับเสาขาตั้ง.....	63
4.22 ต่อสาย COAXIAL CABLE RG-214 เข้ากับเครื่องวัด BROADCAST	64
4.23 ปรับความสูงของเสาตั้งให้มีความสูง 6 เมตร	64
4.24 เปิดเครื่องวัดสัญญาณ BROADCAST ANALYZERS เลือก TV	65
4.25 หน้าตาพารามิเตอร์โดยรวม	65
4.26 เข้าหน้าต่าง RECEIVE SIGNAL STRENGTH.....	66
4.27 ทำการบันทึกค่า RECEIVE SIGNAL STRENGTH 20 ค่า	66
4.28 กำหนดจุดการวัดค่า ค่า RECEIVE SIGNAL STRENGTH.....	67
4.29 ผลการวัดค่า RECEIVE SIGNAL STRENGTH ของสถานีเสริมจอมบึง.....	69
4.30 ผลการวัดค่า RECEIVE SIGNAL STRENGTH ของมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง	69
4.31 ผลการวัดค่า RECEIVE SIGNAL STRENGTH ของสำนักงานขนส่งจังหวัดราชบุรี อำเภอจอมบึง	70
4.32 ผลการวัดค่า RECEIVE SIGNAL STRENGTH ของโรงเรียนบ้านพุแค	71
4.33 ผลการวัดค่า RECEIVE SIGNAL STRENGTH ของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์หนองขาว	71
4.34 ผลการวัดค่า RECEIVE SIGNAL STRENGTH ขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองขาว	72
5.1 สถานีเสริมจอมบึง	75

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากระบบโทรทัศน์เริ่มแรกคือระบบอนาล็อก ออกอากาศในระบบเริ่มแรกด้วยเสาส่งออกอากาศภาคพื้นดินทั้งในระบบ VHF และ UHF โดยมีสถานีถ่ายทอดสัญญาณกระจายไปทั่วประเทศ แต่ยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศ เพราะภูมิศาสตร์พื้นที่แตกต่างกัน เช่น ดึกสูง มีหุบเขาขวางกั้นสัญญาณไปไม่ถึง กสทช. (คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ) มุ่งให้มีการเปลี่ยนแปลงระบบการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ไปสู่ระบบดิจิทัล เพื่อให้การใช้คลื่นความถี่มีประสิทธิภาพในการรับส่งสัญญาณให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น และทำให้สามารถเพิ่มช่องรายการโทรทัศน์ในการส่งได้มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการส่งสัญญาณแบบความคมชัด (High-Definition) หรือ HDTV กสทช. ส่งเสริมสนับสนุนให้ประชาชนสามารถรับสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ระบบดิจิทัลได้อย่างทั่วถึง จึงต้องตั้งระบบสถานีเสริม ในพื้นที่ที่อยู่นอกเขตสัญญาณ เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศไทย ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 จำนวนครัวเรือน โครงการนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาระบบการติดตั้งสถานีเสริม โดยทำการศึกษาลักษณะการออกแบบระบบสายอากาศ (Antenna System) , สายส่งสัญญาณ (Transmission Line), Combiner, กำลังส่งของเครื่องส่งโทรทัศน์, เครื่องสำรองไฟ (UPS) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

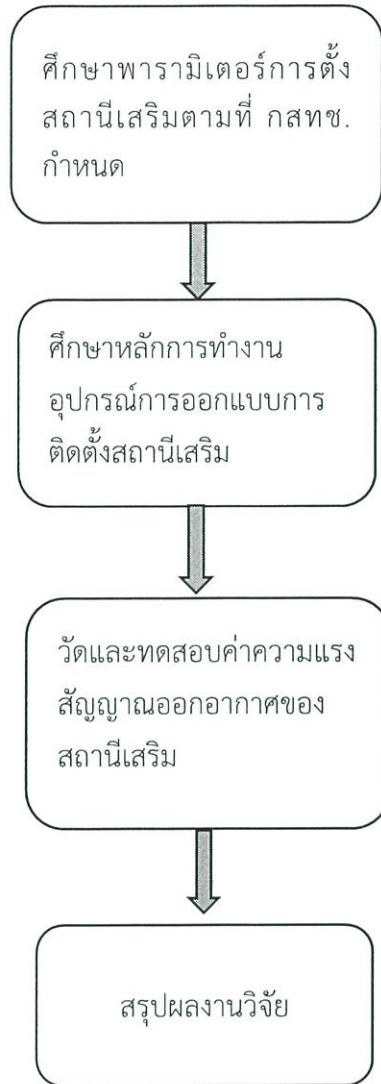
- 1.2.1 เพื่อศึกษาอุปกรณ์ และหลักการทำงานอุปกรณ์ในการติดตั้งสถานีเสริม
- 1.2.2 เพื่อออกแบบระบบสายอากาศ, สายส่งสัญญาณ และกำลังส่งของเครื่องส่งโทรทัศน์
- 1.2.3 ทำการวัดและทดสอบความแรงสัญญาณออกอากาศของสถานีเสริมเพื่อทดสอบสัญญาณว่าออกอากาศได้ตรงตามทีออกแบบ
- 1.2.4 ทำการประเมินผลคุณภาพของช่องสัญญาณตามที่ได้กำหนดในการศึกษาวิจัย

1.3. ขอบเขตของการวิจัย

ได้แสดงรูปบล็อกไดอะแกรมของโครงการดังรูปที่ 1.1 โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- 1.3.1 เพื่อศึกษาลักษณะการทำงานอุปกรณ์การออกแบบการติดตั้งสถานีเสริม โดยสามารถออกแบบระบบสายอากาศ, สายส่งสัญญาณ และกำลังส่งของเครื่องส่งโทรทัศน์

- 1.3.2 ทำการวัดและทดสอบค่าความแรงสัญญาณออกอากาศของสถานีเสริมเพื่อทดสอบสัญญาณว่าออกอากาศได้ตรงตามทีออกแบบ



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการศึกษาติดตั้งสถานีเสริมของ DVB-T2

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยเล่มนี้อาจจะใช้เป็นแนวทางในการศึกษาระบบการออกอากาศของโทรทัศน์ดิจิทัลระบบ DVB-T2 และเพื่อศึกษาระบบการติดตั้งสถานีเสริม โดยทำการศึกษาหลักการออกแบบระบบสายอากาศ (Antenna System) , สายส่งสัญญาณ (Transmission Line) , Combiner , กำลังส่งของเครื่องส่งโทรทัศน์ , เครื่องสำรองไฟ (UPS) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) และทำการประเมินผลคุณภาพของช่องสัญญาณตามที่ได้กำหนดในการศึกษาวิจัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐาน DVB-T2

DVB-T2 [1] ย่อมาจาก Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial เป็นมาตรฐานที่พัฒนามาจาก DVB-T โดยนำเทคนิคการมอดูเลตและการเข้ารหัสแบบใหม่มาใช้เพื่อการใช้สเปกตรัมในการส่งสัญญาณประเภทเสียง วิดีโอและข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับหลักการทำงานนั้น DVB-T2 ใช้การมอดูเลตแบบ OFDM (orthogonal frequency division multiplex) เช่นเดียวกับมาตรฐาน DVB-T สำหรับการแก้ไขข้อผิดพลาดนั้น DVB-T2 ใช้การเข้ารหัสแบบที่ใช้กับมาตรฐาน DVB-S2 ได้แก่การเข้ารหัสแบบ LDPC (Low Density Parity Check) ซึ่งใช้ร่วมกับการเข้ารหัสแบบ BCH (Bose- Chaudhuri-Hocquengham) ทำให้สัญญาณที่ถูกเข้ารหัสทนทานต่อสัญญาณแทรกสอด (Interference) และสัญญาณรบกวนที่มีระดับสูงได้ดี

นอกจากนี้ยังสามารถเลือกจำนวนคลื่นพาห์และขนาดของช่วงป้องกัน (guard interval) ได้หลากหลายมากขึ้นเมื่อเทียบกับมาตรฐาน DVB-T และหากเลือกใช้พารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับช่องสัญญาณจะทำให้การส่งมีประสิทธิภาพ ซึ่งทาง กสทช. ได้กำหนดพารามิเตอร์หลักของระบบ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 พารามิเตอร์หลักของระบบและอัตราบิต [2]

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์
ขนาดของ FFT (FFT Size)	16k extended
สัดส่วนช่วงเวลาป้องกัน (Guard Interval Fraction)	19/128
การมอดูเลตสัญญาณ (Modulation)	64-QAM
อัตราการใช้รหัส (Code Rate)	3/5
แบบรูปสัญญาณไพลอต (Pilot Pattern)	PP2 หรือ PP3
การเข้ารหัส L1 Post (L1 Post Scrambling)	ไม่ใช้งาน
เฟรมส่วนขยายในอนาคต (Future Extension Frame: FEF)	ไม่ใช้งาน
ผลที่ได้จากการกำหนดพารามิเตอร์	
อัตราบิตสูงสุดโดยประมาณ (Maximum bit rate)	21.86 Mbit/s
ระยะห่างสูงสุดของสถานีส่ง ในกรณีโครงข่ายแบบความถี่เดียว (SFN)	79.74 กิโลเมตร

2.2 พารามิเตอร์การตั้งสถานีเสริมตามที่ กสทช.กำหนด

คุณลักษณะทางเทคนิคของสถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดิน เพื่อใช้ประกอบอ้างอิงในการวิเคราะห์คำนวณ [2] จะต้องประกอบด้วย

2.2.1 Site Number

ลำดับของสถานีหลักและสถานีเสริมตามประกาศ กสทช. ว่าด้วยแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล (กรณีตัวเลขหลังจุดทศนิยมเป็น 0 หมายถึง สถานีเสริม)

2.2.2 Type

ประเภทของสถานีตามประกาศกสทช. ว่าด้วยแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ประเภทของสถานีและคำอธิบาย [2]

อักษรย่อ	ประเภทสถานี	จำนวนสถานี	คำอธิบาย
M	สถานีหลัก	39	สถานีหลักตามแผนการขยายโครงข่ายโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลในปีที่ 1 และ 2 โดยเป็นสถานีซึ่งมีสถานที่ตั้งอยู่เดิม และสถานที่ตั้งนี้ได้รับความเห็นชอบร่วมกันระหว่างผู้ได้รับอนุญาตประกอบกิจการโทรทัศน์สำหรับการให้บริการโครงข่ายโทรทัศน์ในระบบดิจิทัลทุกราย
A1	สถานีเสริมกลุ่ม A1	45	เป็นสถานีซึ่งมีสถานที่ตั้งอยู่เดิม และสถานที่ตั้งนี้ได้รับความเห็นชอบร่วมกันระหว่างผู้ได้รับอนุญาตประกอบกิจการโทรทัศน์สำหรับการให้บริการโครงข่ายโทรทัศน์ในระบบดิจิทัลทุกราย โดยสถานีเสริมกลุ่ม A1 เป็นการติดตั้งสถานีเสริมเพื่อให้ได้พื้นที่ครอบคลุมร้อยละ 90 ของจำนวนครัวเรือนทั่วประเทศ
A2	สถานีเสริมกลุ่ม A2	34	เป็นสถานีที่ติดตั้งเพิ่มเติม ซึ่งสถานที่ตั้งนี้ได้รับความเห็นชอบร่วมกันระหว่างผู้ได้รับอนุญาตประกอบกิจการโทรทัศน์สำหรับการให้บริการ
A3	สถานีเสริมกลุ่ม A3	50	โครงข่ายโทรทัศน์ในระบบดิจิทัลทุกราย เพื่อการขยายโครงข่ายให้ได้พื้นที่ครอบคลุมร้อยละ 95 ของจำนวนครัวเรือนทั่วประเทศ

2.2.3 Network ID

รหัสโครงข่ายของแต่ละสถานีบนมัลติเพล็กซ์ที่ 1-6 ซึ่งแสดงถึงลักษณะของโครงข่ายแบบความถี่เดี่ยว (Single Frequency Network : SFN) หรือโครงข่ายแบบหลายความถี่ (Multi Frequency Network : MFN)

2.2.4 Artificial delay

ค่าการหน่วงเวลาในหน่วย μs ของแต่ละสถานี ซึ่งกำหนดจากการวิเคราะห์คำนวณเพื่อแก้ไขปัญหาการรบกวนตัวเอง (Self-Interference) บนโครงข่ายความถี่เดี่ยว (Single Frequency Network : SFN)

2.2.5 Site name

ชื่อสถานที่ตั้งของสถานีวิทยุคมนาคม

2.2.6 ตำแหน่งที่ตั้ง

เพื่อให้ทราบถึงลักษณะของพื้นที่ ภูมิประเทศ ความสูงของสถานที่ตั้ง สำหรับอ้างอิงการแพร่กระจายสัญญาณโทรทัศน์ให้ครอบคลุมพื้นที่ จำนวนครัวเรือนของแต่ละจังหวัดในประเทศไทยที่มีสัญญาณครอบคลุมของดิจิตอลทีวี ประกอบด้วย

- ละติจูด (Latitude) ของที่ตั้งของสถานีวิทยุคมนาคม (องศาเหนือ:N)
- ลองจิจูด (Longitude) ของที่ตั้งของสถานีวิทยุคมนาคม (องศาตะวันออก:E)

2.2.7. Antenna Height

ความสูงของสายอากาศ ใช้อ้างอิงในการคำนวณระบบสายอากาศ เพื่อการครอบคลุมของสัญญาณ (Antenna Height) มีหน่วยเป็นเมตร (m)

2.2.8 ERP (Effective Radiated Power)

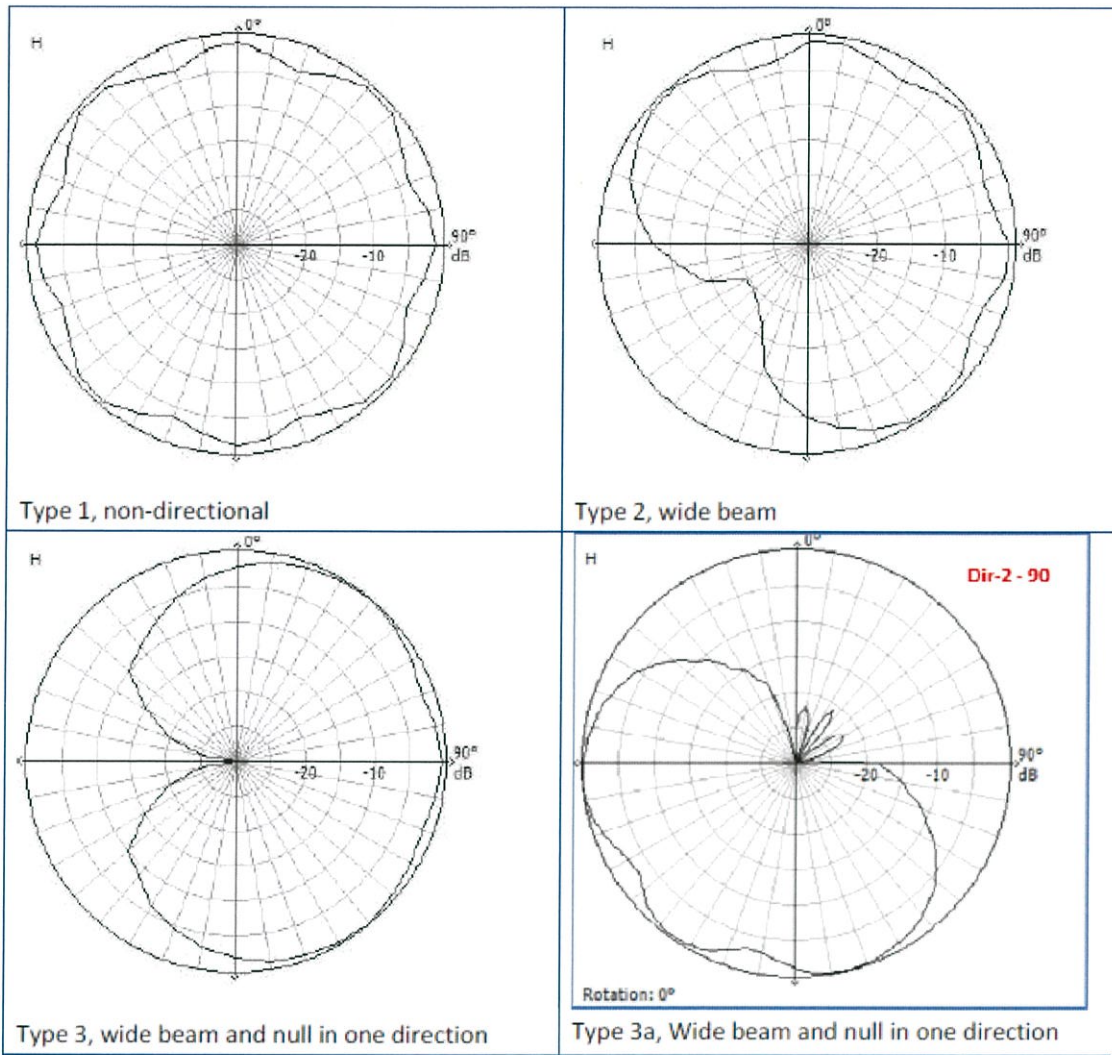
กำลังส่งออกอากาศสูงสุด ใช้อ้างอิงในการคำนวณกำลังส่งของเครื่องส่งโทรทัศน์ เพื่อการครอบคลุมของสัญญาณ (Effective Radiated Power : ERP) มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ (KW)

2.2.9 HRP (Horizontal Radiation Pattern)

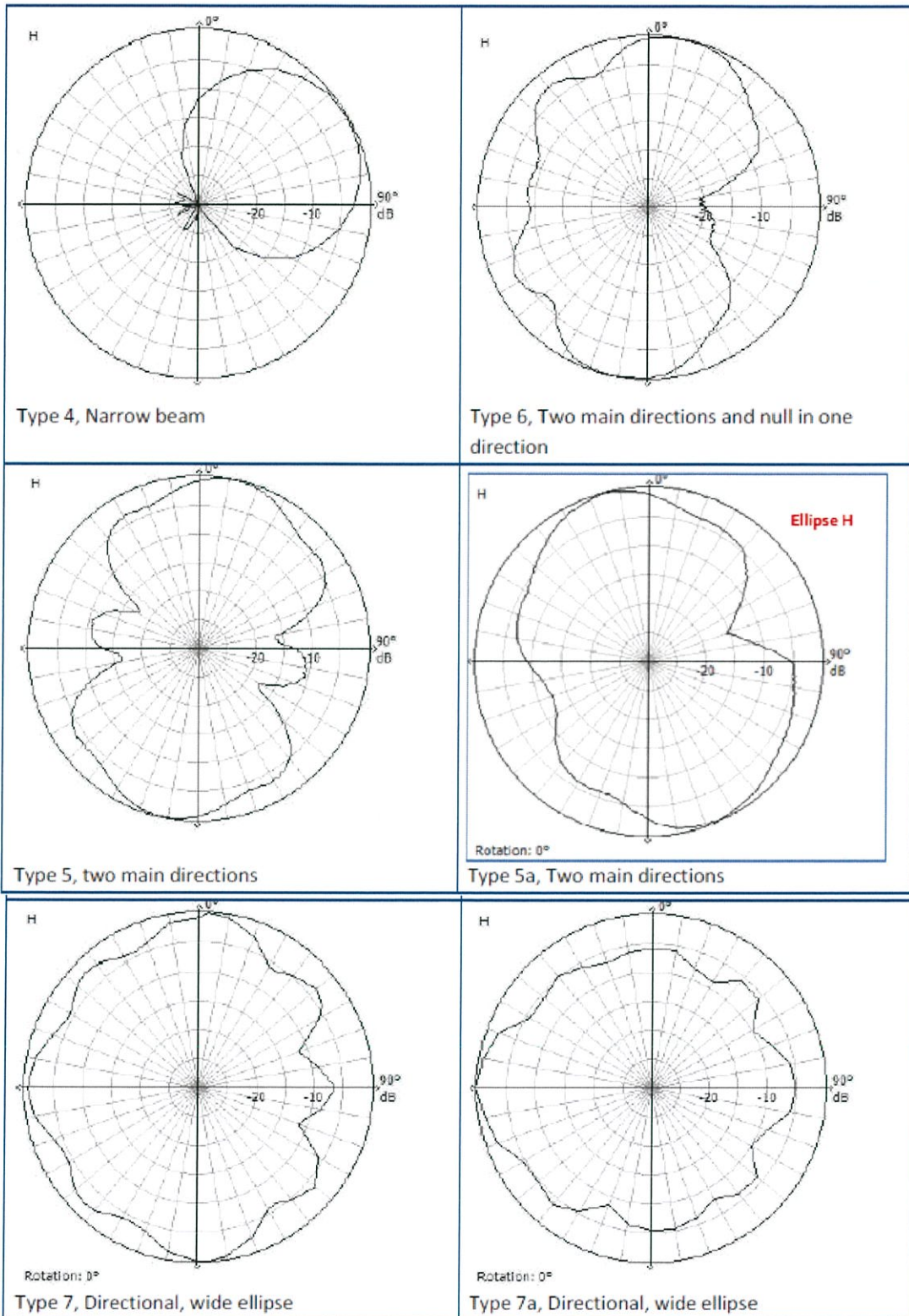
โดยระบุทิศทาง (มุม) ของสายอากาศซึ่งมีการแพร่กระจายคลื่นสูงสุด ถูกกำหนดโดยตารางแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล

2.2.10. Antenna Type

ประเภทของสายอากาศ ใช้อ้างอิงในการคำนวณระบบสายอากาศ เพื่อให้ได้อัตราการขยาย(Gain) โดยพิจารณาจากชนิดที่ถูกกำหนดโดย กสทช. ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แบบรูปตามประเภทของสายอากาศ [2]



รูปที่ 2.1 แบบรูปตามประเภทของสายอากาศ [2] (ต่อ)

2.2.11 กลุ่มช่องสัญญาณ (Channel Group)

ช่องความถี่ กสทช. ได้กำหนดช่องความถี่ในแต่ละสถานีบนมัลติเพล็กซ์ที่ 1-6 กลุ่มช่องความถี่วิทยุตามตาราง 2.3 และกำหนดช่องความถี่วิทยุ ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 กลุ่มช่องความถี่วิทยุ [2]

กลุ่มช่องความถี่วิทยุ	จำนวนช่องความถี่วิทยุ	หมายเลขช่องความถี่วิทยุ					
		28	31	35	39	47	51
Da	6	28	31	35	39	47	51
Db	6	26	29	32	36	40	44
Dc	6	27	30	33	37	41	49
Dd	6	34	38	46	50	54	57
De	6	43	45	48	53	56	59
Df	5	42	52	55	58	60	-
TDa	6	26	50	34	38	42	46
TDb	6	28	32	36	40	44	48

หมายเหตุ กลุ่มช่องความถี่วิทยุ TDa และ TDb เป็นการจัดกลุ่มช่องความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลบริเวณชายแดนระหว่างประเทศไทยและประเทศมาเลเซีย

ตารางที่ 2.4 กำหนดช่องความถี่วิทยุ [3]

หมายเลขช่องความถี่วิทยุ	ความถี่วิทยุ (เมกะเฮิรตซ์)		ความถี่กึ่งกลาง (Center Frequency)
	ขอบล่าง	ขอบบน	
26	510	518	514
27	518	526	522
28	526	534	530
29	534	542	538
30	542	550	546
31	550	558	554
32	558	566	562
33	566	574	570
34	574	582	578
35	582	590	586
36	590	598	594
37	598	606	602
38	606	614	610
39	614	622	618
40	622	630	626
41	630	638	634
42	638	646	642
43	646	654	650

หมายเลขช่องความถี่วิทยุ	ความถี่วิทยุ (เมกะเฮิรตซ์)		ความถี่กึ่งกลาง (Center Frequency)
	ขอบล่าง	ขอบบน	
44	654	662	658
45	662	670	666
46	670	678	674
47	678	686	682
48	686	694	690
49	694	702	698
50	702	710	706
51	710	718	714
52	718	726	722
53	726	734	730
54	734	742	738
55	742	750	746
56	750	758	754
57	758	766	762
58	766	774	770
59	774	782	778
60	782	790	786

2.2.12 Channel MUX

ภายหลังการยุติการรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ภาคพื้นดินในระบบแอนะล็อก กสทช.จึงได้กำหนดหมายเลขช่องความถี่วิทยุโทรศัพท์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล สำหรับมัลติเพล็กซ์ทั้งหมด 6 มัลติเพล็กซ์

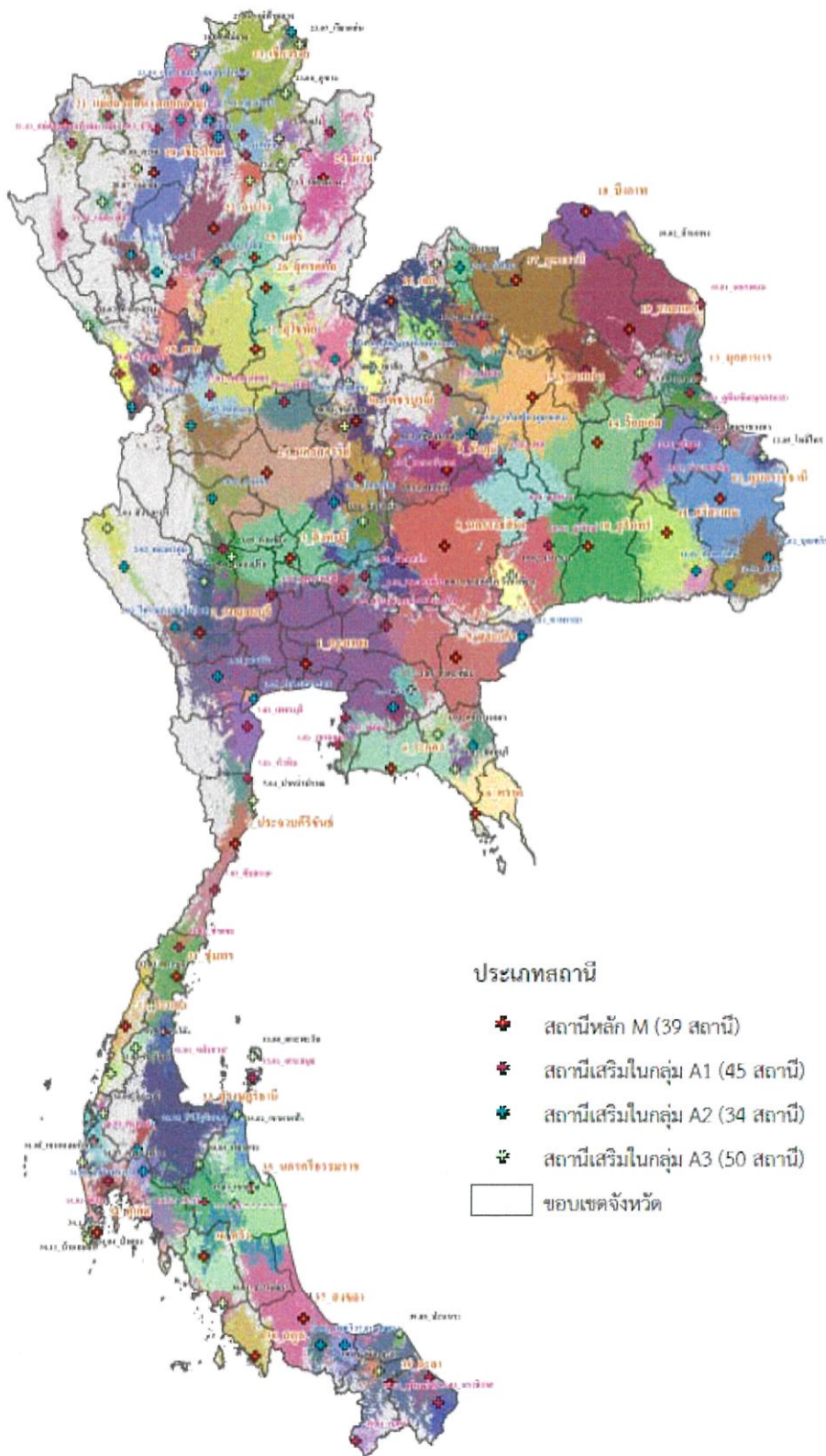
2.3 โครงสร้างพื้นฐานสถานีส่งสัญญาณ

2.3.1 จำนวนเขตบริการและจำนวนสถานีในประเทศไทย

จำนวนเขตบริการและจำนวนสถานีในประเทศไทยทางกสทช [3] กำหนดให้มีเขตบริการจำนวน 39 เขตบริการ ซึ่งการแบ่งเขตบริการคำนึงถึงข้อจำกัดทางเทคนิคเป็นหลัก รวมทั้งคำนึงถึงระยะห่างจากสถานีหลักตลอดจนลักษณะทางสังคมและวัฒนธรรมด้วย โดยแต่ละเขตบริการประกอบไปด้วย 1 สถานีหลัก และสถานีเสริมอีกจำนวนหนึ่ง รวมทั้งสิ้นจาก 39 เขตบริการ ซึ่งจะมี 39 สถานีหลัก และ 129 สถานีเสริม ทั้งนี้อาจกำหนดสถานีเสริมเป็นการเพิ่มเติมในภายหลัง เพื่อแก้ไขปัญหาการรับสัญญาณ หรือเพื่อปรับปรุงการรับสัญญาณแบบพกพาภายในอาคาร (Portable Indoor Reception)

2.3.2 พื้นที่ครอบคลุมของเขตบริการของประเทศไทย

พื้นที่ครอบคลุมของเขตบริการภายหลังการติดตั้ง 39 สถานีหลัก และ 129 สถานีเสริม จากผลการวิเคราะห์คำนวณโดยอาศัยซอฟต์แวร์สร้างแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่น (Wave Propagation Model) โดยอาศัยคุณลักษณะทางเทคนิคของสถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรศัพท์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล และตั้งสมมติฐานของการรับสัญญาณแบบอยู่กับที่ มีลักษณะดังรูปที่ 2.2



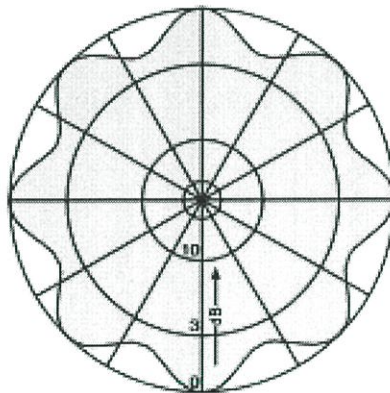
รูปที่ 2.2 พื้นที่ครอบคลุมของเขตบริการภายหลังการติดตั้ง 39 สถานีหลัก และ 129 สถานีเสริม [3]

อุปกรณ์สำหรับโครงสร้างพื้นฐานการให้บริการสิ่งอำนวยความสะดวกและโครงข่าย ด้านกิจการ โทรทัศน์หรือวิทยุกระจายเสียงภาคพื้นดินที่จำเป็นในการออกแบบ [4] ประกอบด้วย

2.3.3 สายอากาศ

สายอากาศสำหรับย่านความถี่ใช้งานกิจการโทรทัศน์ใน UHF Band ตั้งแต่ 470-860 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) จะใช้สายอากาศอยู่ 2 ประเภทดังนี้

2.3.3.1 สายอากาศแบบรอบตัว (Omni-directional) สามารถกระจายสัญญาณรอบทิศทางในอากาศ มีรูปร่างการแพร่กระจายของคลื่นในแนวนอน 360 องศา ดังรูปที่ 2.3 และมีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นโพลาไรเซชัน (Polarization) มีให้เลือก 2 แบบ ได้แก่ Polarization H และ Polarization V สายอากาศรอบตัว จะใช้สายอากาศชนิด Superturnstile antennas ซึ่งมีข้อดีคือ น้ำหนักเบาไม่เกิน 25 kg. ลักษณะขนาดเล็ก ส่งผลให้เสาอากาศที่ใช้สำหรับติดตั้ง มีโครงสร้างไม่ใหญ่ตาม เป็นการลดต้นทุนเสาอากาศ แต่มีข้อเสียคือ อัตราการขยาย (Gain) ไม่สูงมากประมาณ 7.5 dBd และสามารถรับกำลังส่ง (Power) ได้ไม่สูงมาก จากตัวอย่างผลิตภัณฑ์ยี่ห้อ KATHREIN ดังรูปที่ 2.4 มีให้เลือก 3 ขนาดรองรับได้ไม่เกิน 350 W , 750 W และ 1 kW



รูปที่ 2.3 แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง [6]



Order No.	750 10270	750 10271	750 10272
Input connector	7-16 female	7-16 female	7-16 female
Max. power	350 W	750 W	1 kW
Frequency range	470 – 862 MHz	470 – 862 MHz	470 – 862 MHz
VSWR	≤ 1.2	≤ 1.2	≤ 1.2
Gain (at mid-band)	2.0 dBd	4.5 dBd	7.5 dBd
Radome diameter	230 mm	230 mm	230 mm
Height	0.8 m	1.3 m	2.2 m
Weight	13 kg	16 kg	24 kg
Wind load (at 160 km/h)	110 N	200 N	370 N

รูปที่ 2.4 สายอากาศ Superturnstile ของบริษัทคาไทร์ KATHREIN [7]

2.3.3.2 สายอากาศแบบทิศทางตรง (Directional) เป็นรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นในสายอากาศแบบทิศทางเดียว เป็นสายอากาศที่มีทิศทางในการรับ-ส่งคลื่น แม่เหล็กไฟฟ้าได้ดี ในทิศทางที่กำหนดไว้เท่านั้น จะใช้สายอากาศชนิดแผ่น (Patch) การส่งสัญญาณโทรทัศนภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล มีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นโพลาไรเซชัน (Polarization) มีให้เลือก 2 แบบ ได้แก่ Polarization Horizontal และ mixed Polarization รูปแบบทิศทางการแพร่กระจายคลื่นโพลาไรเซชันใช้แบบ Horizontal (H) เป็นหลัก ซึ่งมีข้อดี สามารถออกแบบทิศทางการแพร่กระจายคลื่นให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ และมีอัตราการขยายที่สูง ประมาณ 11 dBd ต่อ 1 แผง (Panel) และสามารถเพิ่มอัตราการขยายให้มากกว่าได้ โดยการนำแผงสายอากาศมาต่อเพิ่ม ยังสามารถรับกำลังส่ง (Power) ได้สูงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากเมื่อนำสายอากาศมาต่อรวมกันหลายแผง ทำให้การรับกำลังส่งแต่ละแผงน้อยลงจากเดิม แต่มีข้อเสีย การนำสายอากาศแต่ละแผงมาต่อรวมกัน จะส่งผลทำให้น้ำหนักโดยรวมสูงตามไปด้วย หมายความว่า น้ำหนักของแผงสายอากาศจะมากขึ้นเมื่อรวมกับน้ำหนักของชุดยึดแผงสายอากาศ (Mount) จะต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่งผลกระทบกับโครงสร้างของเสาอากาศต้องออกแบบให้รองรับสายอากาศได้ ดังรูปที่ 2.5

**UHF Panel
Polarization**

470-862 MHz
H

KATHREIN
Antennen · Electronic

- Designed for open steel spines
- Suitable for transposers

Specifications	
Frequency	470 – 862 MHz
VSWR	$s < 1.1$
Gain (at mid-band)	11 dBd
Polarization	Horizontal
Weight	12 kg
Wind load (at 180 km/h)	Frontal: 585 N Rearside: 815 N Lateral: 250 N
Max. wind velocity	225 km/h

Material: Reflector screen and dipoles: Weather-resistant aluminum. Protective cover: Fiberglass. Attachment elbow: Hot-dip galvanized steel.

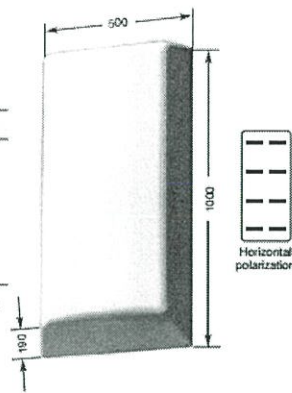
Mounting: (please order separately) E.g. by using clamps K 61 14 0... to tubular masts of 40 – 521 mm diameter. Further attachment parts and mounting dimensions upon request.

Grounding: Via mounting parts.

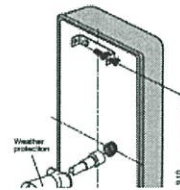
Scope of supply: Directional antenna with one weather protection unit each for straight connectors and elbow connectors.

Ice protection: The dipoles remain fully functioning even in icy conditions as the fiberglass cover protects the whole antenna and also the antenna is of a very robust design.

Combinations: The antenna is particularly suitable for use in combinations in order to achieve various radiation patterns.



Examples with different connectors and mounting possibilities:



รูปที่ 2.5 รูปแบบสายอากาศลูกวางการโพลาไรซ์ให้อยู่ในแนวนอน [8]

สายอากาศทิศทางตรง (Directional) สามารถส่งโพลาไรเซชัน (Polarization) ได้ทั้งแบบ Horizontal (H) และ Vertical (V) ในสายอากาศชุดเดียวกัน เรียกว่า โพลาไรเซชัน แบบผสม (mixed Polarization) หรือเรียกว่า Slant ดังรูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในลูกออกแบบให้ส่ง Polarization ชนิด Horizontal 80% Vertical 20% การส่งสัญญาณโพลาไรเซชัน แบบ Slant ผลดีเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางหรือมีตึกสูง เมื่อเกิดการสะท้อนของคลื่นการรับสัญญาณจะส่งผลกระทบต่อารรับได้ดีขึ้นซึ่งบริษัท อสมท.จำกัด (มหาชน) ได้เลือกใช้สายอากาศชนิดนี้

UHF Panel

470–806 MHz

KATHREIN

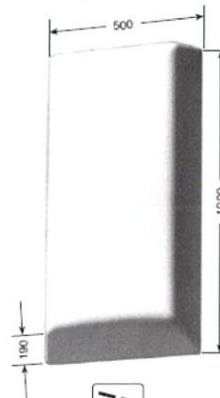
Antennen · Electronic

Polarization

Slant

• Directional antenna for slant polarization.

Order No.	75010329
Traffic white (RAL 9016)	75010328
Traffic orange (RAL 2009)	
Input	7/8" EIA flange
Max. power	1.5 kW
Frequency range	470 – 806 MHz
VSWR	< 1.1
Gain (at mid-band)	11 dBd
Impedance	50 Ω
Polarization	Slant 80% horizontal / 20% vertical
Weight	12 kg
Wind load (at 160 km/h)	Frontal: 565 N Rearside: 815 N Lateral: 250 N
Max. wind velocity	225 km/h

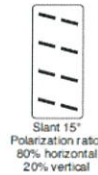


Material: Reflector screen and dipoles: Weather-resistant aluminum.
Protective cover: Fiberglass.
Attachment plate: Hot-dip galvanized steel.

Mounting: Using M 8 x 35 screws (supplied) to suitable attachment construction.
Mounting dimensions upon request.

Grounding: Via mounting parts.

Ice protection: The dipoles remain fully functioning even in icy conditions as the fiberglass cover protects the whole antenna.



รูปที่ 2.6 รูปแบบสายอากาศทอวงกลมโพลาไรซ์ให้อยู่ในแนวเอียง (Slant Antenna) [8]

2.3.4 สายส่งสัญญาณ (Transmission Line)

สายส่งหรือสายนำสัญญาณ เป็นอุปกรณ์ที่เป็นตัวนำและถ่ายทอดสัญญาณไปสู่อุปกรณ์ปลายทาง แต่ในทางระบบโทรทัศน์ จะใช้สายส่งสัญญาณเป็นตัวกลางนำสัญญาณจากตัวเครื่องรับ-ส่งไปสู่สายอากาศ และนำสัญญาณจากสายอากาศมาสู่เครื่องรับส่ง สายส่งสัญญาณที่นิยมใช้ในระบบโทรทัศน์ที่ใช้กันทั่วไป เป็นสายส่งสัญญาณแบบโคแอกเซียล (Coaxial Line) เป็นสายส่งสัญญาณที่นิยมใช้งานมากกับความถี่สูง ย่าน VHF และ UHF เพราะมีค่าการสูญเสียจากการแพร่กระจายคลื่นต่ำ การเลือกขนาดสายส่งสัญญาณ สิ่งที่ต้องคำนึงถึง อัตราการทนกำลังส่ง (Power) เป็นสิ่งสำคัญอันดับแรก และอัตราการสูญเสีย (Attenuation at dB/100m) จะต้องเหมาะสมรองลงมา

2.3.4.1 สายโคแอกเซียลมีส่วนประกอบ ดังนี้

1. ส่วนฉนวนชั้นนอกสุด (Jacket) เป็นส่วนที่ใช้ห่อหุ้มสายเพื่อป้องกันการถูกกระแทกฉีกขาดของสายภายใน
2. ส่วนชีลด์ (shield Line) เป็นโลหะอาจเป็นแผ่นหรือใช้การถักให้เป็นแผงห่อหุ้มอยู่ชั้นนอกทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณรบกวน และป้องกันการแพร่กระจายคลื่นของสัญญาณออกมาภายนอก
3. ส่วนไดอิเล็กทริก (Dielectric) เป็นตัวชั้นกลางระหว่างส่วนของอินเนอร์และชีลด์ฉนวนนี้มีความสำคัญในส่วนของการลดทอนสัญญาณด้วยมักเป็นโพลีเอธิลีน (PE) หรือโฟม
4. ส่วนนำสัญญาณ (Inner) เป็นตัวนำอยู่ภายในสุด ทำหน้าที่นำสัญญาณจากอุปกรณ์ต้นทางไปยังปลายทาง

2.3.4.2 ชนิดของสายส่งสัญญาณแบ่งออกได้หลายชนิด แต่ที่มีการใช้ทั่วไป แบ่งออกเป็น

- ชนิด Foam-Dielectric Coaxial Cable ดังรูปที่ 2.7
- ชนิด Air Dielectric Coaxial Cable ดังรูปที่ 2.8



1/2" CELLFLEX® Lite Low-Loss Foam Dielectric Coaxial Cable

รูปที่ 2.7 ชนิด Foam-Dielectric Coaxial Cable [9]



4" HELIFLEX® Air Dielectric Coaxial Cable

รูปที่ 2.8 ชนิด Air Dielectric Coaxial Cable [10]

คุณสมบัติของสายมีดังนี้

- 1) Inner and Outer Conductor (บ่งบอกถึงการนำไฟฟ้าได้ดีมากน้อย) เป็นชนิด Copper
- 2) Jacket (บ่งบอกถึงอัตราการทนแรงดันได้มากน้อย) เป็นชนิด Polyethylene
- 3) Characteristic impedance เท่ากับ 50 Ω

2.3.5 อุปกรณ์รวมสัญญาณ (Combiner)

อุปกรณ์รวมสัญญาณ ทำหน้าที่ รวมความถี่ของทั้ง 5 MUX โดยไม่เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน เพื่อให้ออกอากาศโดยใช้สายอากาศชุดเดียว

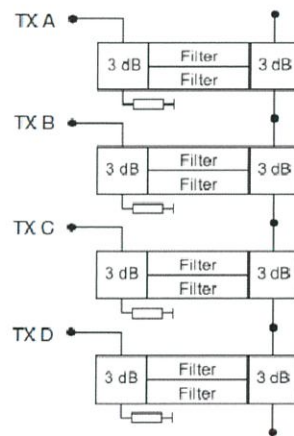
หลักการออกแบบ Combiner ทั้ง 6 MUX มีผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้งานได้และใช้งานอยู่ในปัจจุบันทั่วโลก โดยความถี่ 1 MUX จะต้องมียระบบ Filter ในตัวเอง หรือมี Band Pass Filter (BPF) สำหรับให้ความถี่เฉพาะของความถี่นั้นผ่านไป และป้องกันไม่ให้ความถี่ที่ไม่ต้องการเข้าไปในระบบ แล้วออกแบบให้เป็น Multichannel Combiner เชื่อมต่อกันได้หลาย ๆ Channel ต่อเรียงกัน โดยควรเรียงจากความถี่สูงไปยังความถี่ต่ำ ให้ความถี่สูงอยู่ใกล้กับระบบสายอากาศ และต้องไม่มีการรบกวนกันในแต่ละ Channel

Combiner จะมี Input ที่เชื่อมต่อกับเครื่องส่งโทรทัศน์เป็นชนิด Narrow Band สามารถปรับแต่งความถี่ให้รองรับเฉพาะความถี่ใช้งาน ที่ Band Pass Filter และแต่ละ Channel จะมี Input และ Output ที่เป็น Wide Band สำหรับเชื่อมต่อกับ Combiner แต่ละ Channel เข้าด้วยกัน ต่อเรียงกันไป

ชนิดของการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงและความสำคัญของระบบต้องการความมีเสถียรภาพน้อยแตกต่างกันไป วิธีการเชื่อมต่อที่มีการใช้งานมี 3 แบบดังนี้

2.3.5.1 CCS combiner system without patch panels - minimum configuration

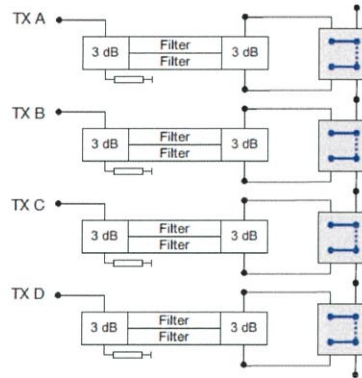
รูปแบบที่มีความสำคัญน้อยที่สุดและประหยัดต้นทุนมากที่สุด สามารถให้มีการหยุดทำงานได้ โดยใช้เวลาซ่อมบำรุงนานที่สุด รูปแบบการต่อในแต่ละ Channel เชื่อมต่อโดยตรง ไม่มี Patch Panel ในการ By Pass Combiner Channel ที่ชำรุด ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 CCS combiner system without patch panels - minimum configuration [4]

2.3.5.2 CCS combiner system with combiner bypass patch panels for increased availability

รูปแบบที่มีความสำคัญมากขึ้นและมีต้นทุนเพิ่มขึ้น สามารถให้มีการหยุดทำงานได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ โดยใช้เวลาซ่อมบำรุงไม่ยาวนานมาก รูปแบบการต่อในแต่ละ Channel เชื่อมต่อกับ Patch Panel ในการ By Pass Combiner Channel จะใช้ U-Link ทำหน้าที่ Switch ดังรูปที่ 2.10

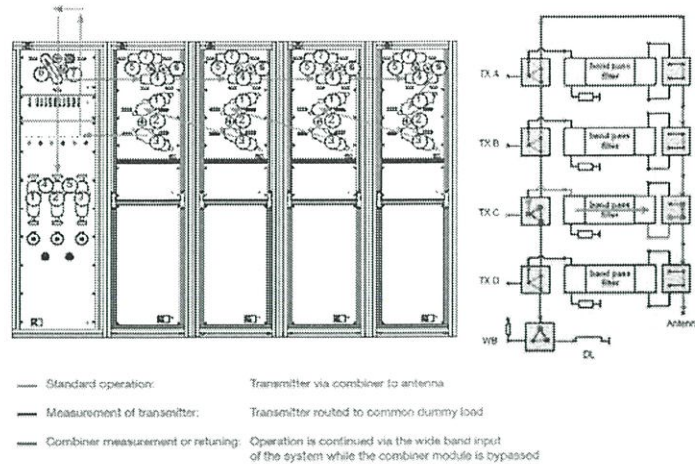


รูปที่ 2.10 CCS combiner system with combiner bypass patch panels [4]

หลักการทำงาน Combiner ชนิดแบบมี Patch panels จะมีข้อดีตรงที่สามารถถอดหรือปลด Combiner ของ Channel ที่ต้องการออกจากระบบได้ เพื่อทดสอบ ปรับแต่ง หรือตรวจซ่อม โดยไม่มีผลกระทบต่อ Combiner ของ Channel อื่น ๆ Combiner ชนิดนี้แตกต่างจากแบบแรก ตรงมี Patch panels เข้ามาในระบบเท่านั้น ในการถอดหรือปลด Combiner ออกจากระบบจะต้องหยุดเครื่องส่งโทรทัศน์ใน Channel หลัง Combiner ชั่วขณะ

2.3.5.3 CCS combiner system with transmitter routing and combiner bypassing patch panels for maximum flexibility

รูปแบบที่มีความสำคัญมากที่สุดและมีต้นทุนมากที่สุด สามารถให้มีการหยุดทำงานได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ โดยใช้เวลาซ่อมบำรุงไม่ยาวนานมาก รูปแบบการต่อในแต่ละ Channel เชื่อมต่อกับ Patch Panel ในการ By Pass Combiner Channel จะใช้ U-Link ทำหน้าที่ Switch และสามารถ Switch เครื่องส่งโทรทัศน์ ใน Channel ที่ Combiner ให้ออกอากาศได้ต่อเนื่องเหมือนเดิม ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 CCS combiner system with transmitter routing and combiner bypassing patch panels for maximum flexibility [4]

หลักการทำงาน Combiner ชนิดแบบมี Patch panels จะมีข้อดีตรงที่สามารถถอดหรือปลด Combiner ของ Channel ที่ต้องการออกจากระบบได้ เพื่อทดสอบ ปรับแต่ง หรือตรวจซ่อม โดยไม่มีผลกระทบต่อ Combiner ของ Channel อื่น ๆ เหมือนกับ Combiner ชนิดที่ 2 แต่จะมีส่วนที่เพิ่มเข้ามาตรงมี Patch panels เข้ามาในระบบทางด้านอินพุท สำหรับเปลี่ยนเอาต์พุทของเครื่องส่งฯ ไปยังอินพุทของ Combiner ด้าน wide Band เพื่อการออกอากาศได้ต่อเนื่อง ในการถอดหรือปลด Combiner ออกจากระบบจะต้องหยุดเครื่องส่งโทรทัศน์ใน Channel หลัง Combiner ชั่วขณะ

2.3.6 เครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS)

UPS เป็นคำย่อมาจากคำว่า Uninterruptible Power Supply หรือ "เครื่องสำรองไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ" [5] UPS ก็คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สามารถทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างต่อเนื่อง แม้ในเวลาที่เกิดไฟดับหรือเกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าผันผวนผิดปกติ โดย UPS จะทำการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ UPS มีหน้าที่หลัก คือ ป้องกันความเสียหายที่สามารถเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อ) อันมีสาเหตุจากความผิดปกติของพลังงานไฟฟ้า เช่น ไฟตก, ไฟดับ, ไฟกระชากและไฟเกิน เป็นต้น รวมถึงมีหน้าที่ในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองจากแบตเตอรี่ให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อเกิดปัญหาทางไฟฟ้า

2.3.6.1. หลักการทำงานของUPS

โดยทั่วไปแล้ว เมื่อ UPS รับพลังงานไฟฟ้าเข้ามา ไม่ว่าคุณภาพไฟฟ้าจะเป็นอย่างไรก็จะสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้เป็นปกติรวมถึงทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งหลักการของ UPS ก็คือ ใช้วิธีการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แล้วเก็บสำรองไว้ในแบตเตอรี่ส่วนหนึ่ง และในกรณีที่เกิดปัญหาทางไฟฟ้า (เช่น ไฟดับหรือคุณภาพไฟฟ้าผิดปกติ เป็นต้น) อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าที่รับมาได้ UPS ก็จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแบตเตอรี่ให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) แล้วจึงจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าตามปกติ

2.3.6.2 ส่วนประกอบสำคัญของ UPS

1. เครื่องประจุแบตเตอรี่ (Charger) หรือ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า AC เป็น DC (Rectifier) ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้า AC จากระบบจ่ายไฟ แปลงเป็นกระแสไฟฟ้า DC จากนั้นประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่

2. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้า DC จากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า AC เป็น DC หรือแบตเตอรี่ และแปลงเป็นกระแสไฟฟ้า AC สำหรับใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3. แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าสำรองไว้ใช้ในกรณีเกิดปัญหาทางไฟฟ้า โดยจะจ่ายกระแสไฟฟ้า DC ให้กับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าในกรณีที่ไม่สามารถรับกระแสไฟฟ้า AC จากระบบจ่ายไฟได้

4. ระบบปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Stabilizer) ทำหน้าที่ปรับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่และสม่ำเสมออยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า

2.3.6.3 ประโยชน์ของ UPS

UPS สามารถช่วยป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ) อันเนื่องมาจากกระแสไฟฟ้าที่ผิดปกติได้ (เช่น จากความบกพร่องของระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าเอง หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติ ฝนตกฟ้าคะนอง พายุ ฝน หรือจากการรบกวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารที่ใช้กระแสไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ ฯลฯ) ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ผิดปกติในแต่ละประเภท อาจก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ได้ โดย UPS จะทำหน้าที่ป้องกัน ดังนี้

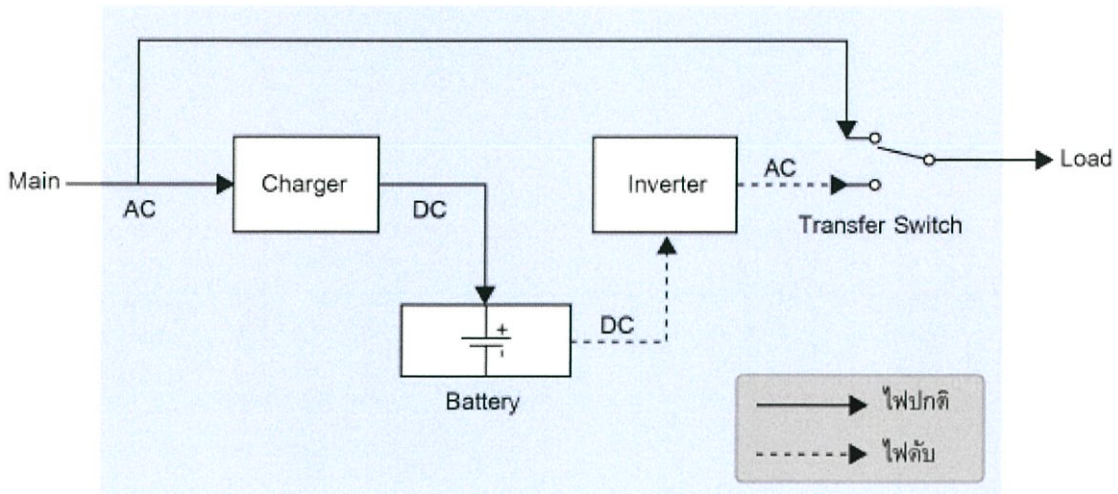
1. จ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อเกิดไฟดับหรือไฟตก เพื่อให้มีเวลาสำหรับการ Save ข้อมูล และไม่ทำให้ floppy disk และ hard disk เสีย

2. ปรับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อเกิดปัญหาทางไฟฟ้า เช่น ไฟตก, ไฟดับ, ไฟกระชาก และไฟเกิน เป็นต้น

3. ป้องกันสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าที่สามารถสร้างความเสียหายต่อข้อมูลและอุปกรณ์ไฟฟ้าได้

2.3.6.4. UPS แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. Offline UPS หรือ Standby UPS



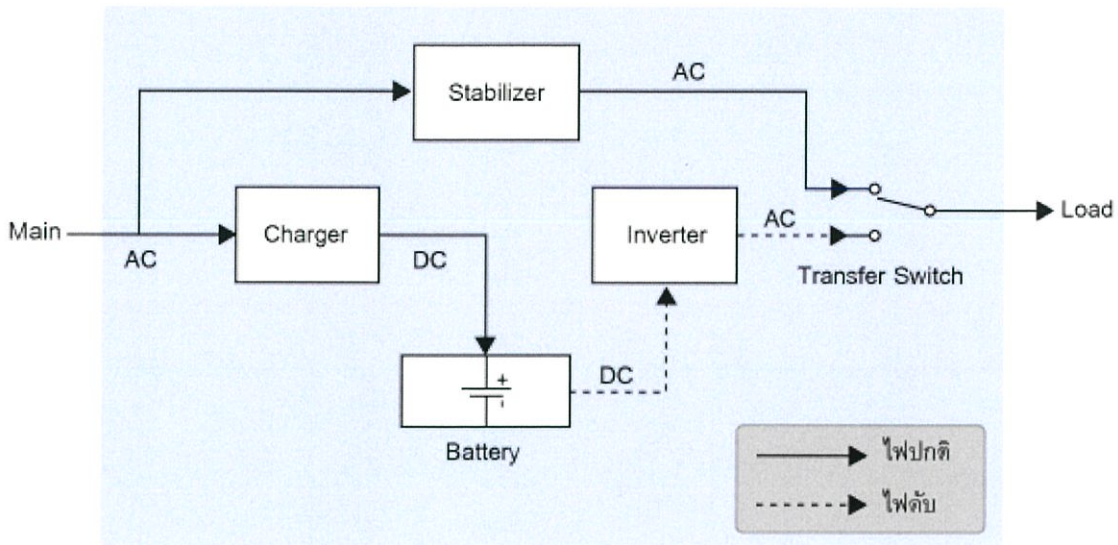
รูปที่ 2.12 Offline UPS หรือ Standby UPS [5]

ผังการทำงาน ดังรูปที่ 2.12 สภาวะไฟฟ้าปกติ อุปกรณ์ไฟฟ้า (Load) จะได้รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Main) จากการไฟฟ้าโดยตรง ในขณะเดียวกัน เครื่องประจุกระแสไฟฟ้า (Charger) จะทำการประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ไปด้วย แต่เวลาที่ไฟดับ แบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) เพื่อแปลงกระแสไฟฟ้าและจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยใช้ตัวสับเปลี่ยน (Transfer Switch) สำหรับเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าระหว่างระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าหรือเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ากรณีที่เกิดสภาวะไฟฟ้าปกติหรือกระแสไฟฟ้าผิดปกติเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สั้นมากจนตัวสับเปลี่ยน (Transfer Switch) สลับแหล่งจ่ายไฟฟ้าไม่ทัน พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าจะมาจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยตรง ดังนั้น ถ้าคุณภาพไฟฟ้าจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าไม่ดี (เช่น ไฟตก, ไฟดับ, ไฟกระชาก หรือมีสัญญาณรบกวน ฯลฯ) อุปกรณ์ไฟฟ้าก็จะได้รับพลังงานไฟฟ้าคุณภาพไม่ดีเช่นเดียวกันเนื่องจาก UPS ชนิดนี้ถูกออกแบบให้ป้องกันกรณีเกิดไฟดับเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ไม่สามารถป้องกันปัญหาแรงดันไฟฟ้าที่ผันผวนและสัญญาณรบกวนได้ จึงทำให้มีราคาสูงกว่า UPS ชนิดอื่น ๆ และไม่เหมาะกับการใช้งานในบางพื้นที่ เช่น สถานที่ใกล้แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า อาทิ เชื้อเพลิง, สถานีไฟฟ้า และสถานีไฟฟ้าย่อย เป็นต้น รวมถึงไม่เหมาะกับการใช้งานในประเทศไทยด้วย เนื่องจากเกิดไฟตกบ่อยครั้ง

คุณสมบัติของ Offline UPS หรือ Standby UPS

- ราคาถูกและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่และ UPS สั้น
- ป้องกันปัญหาไฟดับได้เพียงอย่างเดียว

2. Online Protection UPS หรือ Line Interactive UPS with Stabilizer



รูปที่ 2.13 Online Protection UPS หรือ Line Interactive UPS with Stabilizer [5]

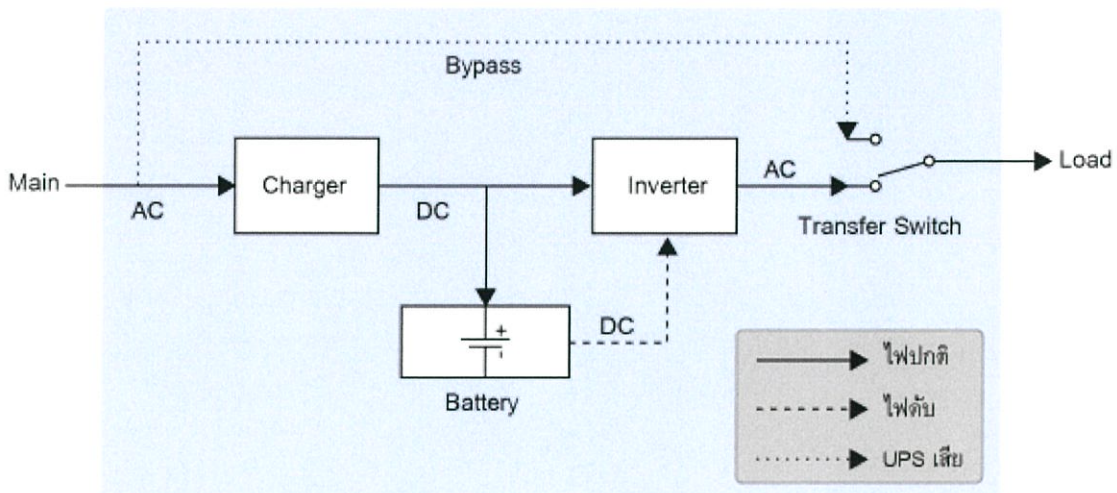
ผังแสดงการทำงาน ดังรูปที่ 2.13 จะพบว่า มีความคล้ายคลึงกับ Offline UPS มาก แต่จะมีส่วนที่เพิ่มขึ้นมา คือ ระบบปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Stabilizer) ในขณะที่สถานะไฟฟ้าปกติ อุปกรณ์ไฟฟ้า (Load) จะได้รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Main) จากการไฟฟ้า โดยผ่านระบบปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ ซึ่งจะมีหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ ป้องกันปัญหาไฟตก, ไฟเกิน และไฟกระชาก เป็นต้น พร้อมกันนี้ เครื่องประจุกระแสไฟฟ้า (Charger) ก็จะทำกรประจุกระแสไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เมื่อไฟฟ้าดับจะจ่ายพลังงานให้กับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำการแปลงกระแสไฟฟ้า และจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยใช้ตัวสับเปลี่ยน (Transfer Switch) สำหรับเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าระหว่างระบบปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติหรือเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า UPS ชนิดนี้ถูกพัฒนามาจาก Offline UPS โดยเพิ่มระบบป้องกันแรงดันไฟฟ้าสูงหรือต่ำอัตโนมัติ (Stabilizer) เพื่อป้องกันปัญหาทางไฟฟ้า ช่วยให้ UPS ไม่จำเป็นต้องจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองจากแบตเตอรี่ทุกครั้งไฟตกหรือไฟเกินไม่มากนัก Online Protection UPS หรือ Line Interactive UPS with Stabilizer

คุณสมบัติของ Online Protection UPS หรือ Line Interactive UPS with Stabilizer

- ราคาไม่แตกต่างจาก Offline UPS หรือ Standby UPS
- เหมาะสำหรับใช้งานในพื้นที่ที่มีความผันผวนของแรงดันไฟฟ้ามาก ๆ เช่น ประเทศไทย, พม่า, ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย ฯลฯ

- ไม่เหมาะสำหรับนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความไวต่อคุณภาพของกระแสไฟฟ้ามาก ๆ เช่น เครื่องมือแพทย์และเครื่องจักรในโรงงาน ฯลฯ
- มีระบบปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Stabilizer) เพื่อป้องกันปัญหาไฟเกินและไฟตก
- สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าบางอย่างที่ไม่เป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้ายังสามารถผ่านเข้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้
- อายุการใช้งานของแบตเตอรี่และ UPS ยาวนาน

3. True online double conversion



รูปที่ 2.14 True online double conversion [5]

ผังแสดงการทำงาน ดังรูปที่ 2.14 จะพบว่า True online double conversion เป็น UPS ที่มีศักยภาพสูงสุด กล่าวคือ เครื่องประจุกระแสไฟฟ้า (Charger) และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) จะทำงานตลอดเวลา ไม่ว่าคุณภาพไฟฟ้าจะเป็นอย่างไร ก็สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับ อุปกรณ์ไฟฟ้า (Load) ได้ตามปกติ ยกเว้นกรณีเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเสีย จึงจะจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Main) จากการใช้ไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า (แต่ไม่ควรใช้งานต่อไปหากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเสีย) True online double conversion เป็น UPS ที่มีศักยภาพสูงสุดในจำนวน UPS ที่มีใช้งานอยู่ สามารถป้องกันปัญหาทางไฟฟ้าได้ทุกกรณี ไม่ว่าจะเป็น ไฟดับ, ไฟตก, ไฟเกิน หรือสัญญาณรบกวนใด ๆ และให้คุณภาพไฟฟ้าที่ดีที่สุด ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้ UPS ชนิดนี้มีราคาสูงกว่า UPS ชนิดอื่น ๆ จัดได้ว่าเป็น UPS ที่นิยมมากที่สุดในประเทศไทยขณะนี้

คุณสมบัติของ True online double conversion

- ราคาค่อนข้างสูง
- มีศักยภาพสูงสุด สามารถป้องกันปัญหาทางไฟฟ้าได้ทุกกรณี

- ไฟฟ้ากระแสสลับที่อุปกรณ์ไฟฟ้าจะได้รับจาก UPS ชนิดนี้ จะเป็นไฟฟ้าที่มีคุณภาพสูง มีความเที่ยงตรงของระดับแรงดันไฟฟ้า และปราศจากสัญญาณรบกวนใด ๆ
- กรณีไฟฟ้าดับหรือขาดช่วง UPS จะนำพลังงานสำรองในแบตเตอรี่มาแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ในทันที

2.3.6 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ หนึ่งอุปกรณ์ในระบบการส่งจ่ายที่มีความสำคัญที่สุดอีกระบบหนึ่ง ที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าสำรองในกรณีที่กระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าดับเพื่อให้หน่วยงานต่าง ๆ มีกระแสไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่อง

ข้อกำหนดทั่วไปเบื้องต้น

1) เป็นเครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้า ขนาดไม่ต่ำกว่า 60 KVA ออกแบบติดตั้งภายในตู้ครอบเก็บเสียงประกอบสำเร็จจากโรงงานผู้ผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีระดับเสียงไม่เกิน 85 dBA ที่ระยะ 1 เมตร เป็นผลิตภัณฑ์ยี่ห้อของกลุ่มประเทศยุโรป อเมริกาเหนือ

2) เครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ติดตั้งอยู่บนฐานเดียวกัน โดยมีถังน้ำมันเชื้อเพลิงติดตั้งอยู่ภายในตู้เครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้า

3) เครื่องยนต์ชนิดดีเซล 4 จังหวะแบบ V-Type หรือ In-Line จำนวนสูบไม่ต่ำกว่า 4 สูบระบายความร้อนด้วยน้ำ ทำงานที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที ความจุของถังน้ำมันไม่น้อยกว่า 300 ลิตร

4) ต้องมี Battery Charger ชนิดอัตโนมัติ ที่สามารถตัดกระแสไฟฟ้า เมื่อแบตเตอรี่เต็ม

5) แผงควบคุม (Control) ออกแบบให้ควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและชุด Automatic Transfer Switch (ATS) ประกอบสำเร็จรูปจากโรงงาน ติดตั้งอยู่ในตู้ครอบเก็บเสียง และมีจอแสดงผล (Display) ชนิด LCD หรือ LED และมีไฟแสดงสภาวะการทำงานของระบบ พร้อมสัญญาณเตือน (Alarm) ต่าง ๆ และมี Ethernet port เชื่อมต่อเพื่อควบคุมการทำงานจากภายนอก สามารถแสดงผลได้ดังนี้ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความถี่

6) มีระบบป้องกันความเสียหาย (Protections) ดังนี้

Function warning ไม่น้อยกว่าดังนี้

- Low Battery Voltage, High Battery Voltage
- High Temperature, Low oil Pressure

Function Shutdown ไม่น้อยกว่าดังนี้

- High Temperature, Low oil Pressure
- Low or Under Voltage, High or Over Voltage
- Low or Under Frequency, High or Over Frequency

7) ออกแบบให้มี Key start สามารถ start แบบ Manual ได้ในกรณีที่ชุดแผงควบคุม (Control) ชัดข้อง

8) ชุด Automatic Transfer Switch (ATS) ออกแบบอยู่ในตู้ชนิดตั้งพื้น (มาตรฐาน IP ไม่น้อยกว่า 55) ติดตั้งแยกกับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ในพื้นที่ตั้งเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีคุณลักษณะ ดังนี้

8.1) ชุด ATS เป็นชุดสำเร็จรูปพร้อมใช้งาน สามารถใช้งานได้ทั้ง Automatic และ Manual

8.2) ออกแบบให้กระแสไฟฟ้า ผ่านได้อย่างต่อเนื่อง ได้ไม่ต่ำกว่า 630 Amp

8.3) ควบคุมการทำงานของ Circuit Breakers ด้วยระบบไฟฟ้า

8.4) Circuit Breakers มี Overload และ Short-circuit Protection

8.5) มี Interlock ควบคุม circuit Breakers เพื่อป้องกันความเสียหาย

9) เครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้า ต้องได้รับมาตรฐานดังนี้

9.1) Generator Set ได้ตามมาตรฐาน ISO9001:2008 หรือ ISO8528 หรือ ISO8528/1

9.2) Alternator: BS หรือ NEMA MG1 หรือ IEC หรือ VDE

9.3) Engine: ISO3046 หรือ DIN หรือ BS

9.4) Control: BS หรือ UL หรือ IEC

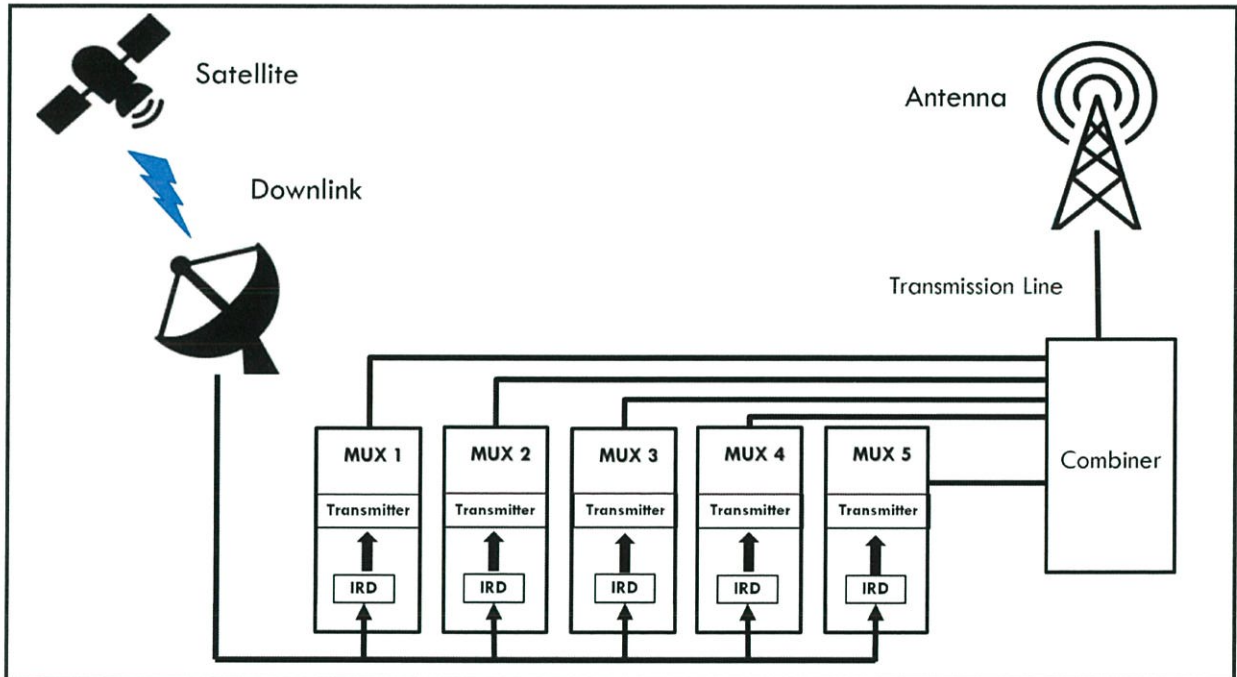
ข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะทางเทคนิคเบื้องต้น

- 1) Generator Output at Prime power ≥ 250 KVA
- 2) Output Voltage : 380V 3 Phase 4 Wire 50 Hz
- 3) Power Factor : 0.8
- 4) Efficiency at Full Load $\geq 90\%$ (Power Factor 0.8)
- 5) Voltage Regulation : $\pm 1\%$ or Better
- 6) Total Harmonic distortion (THD) or Harmonic Factor $\leq 5\%$
- 7) Governor Type : Electronic
- 8) Network Management : SNMP

บทที่ 3

การออกแบบสถานีเสริมจอมบึง

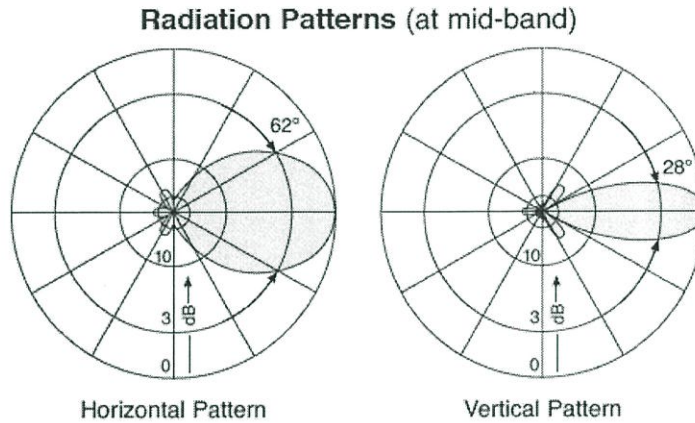
เนื่องจากการให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบดิจิทัลของสถานีหลักไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศ เพราะภูมิศาสตร์พื้นที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการตั้งสถานีเสริมเพื่อทำให้ประสิทธิภาพของการรับสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ขึ้นการติดตั้งสถานีเสริม จำเป็นจะต้องมีการออกแบบระบบสายอากาศ , จำนวนขนาดสายส่งสัญญาณ และ จำนวนกำลังเครื่องส่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยสถานีเสริมมีระบบการทำงานดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบการทำงานภายในสถานีเสริม

3.1 หลักการออกแบบสายอากาศ

สายอากาศ 1 แผง จาก Radiation Pattern ดังรูปที่ 3.2 ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นจะไม่ครอบคลุม การที่จะให้ได้มาซึ่งรูปแบบทิศทางการแพร่กระจายคลื่นตามที่ต้องการ จะต้องนำสายอากาศมาต่อเพิ่มในแนวนอน เรียกว่า ทิศทาง (face) เช่น สายอากาศแบบ 2 ทิศทาง 3 ทิศทาง หรือ 4 ทิศทาง การต่อแบบมีทิศทางยิ่งมากจะทำให้อัตราการขยายลดลง ประมาณ 2.5 dB ต่อทิศทาง แต่ถ้านำสายอากาศมาต่อในแนวตั้ง เรียกว่า ชั้น (bay) จะทำให้อัตราการขยายเพิ่มขึ้น ประมาณ 2.5 dB ต่อ bay



รูปที่ 3.2 Radiation Pattern สายอากาศ จำนวน 1 แผง [4]

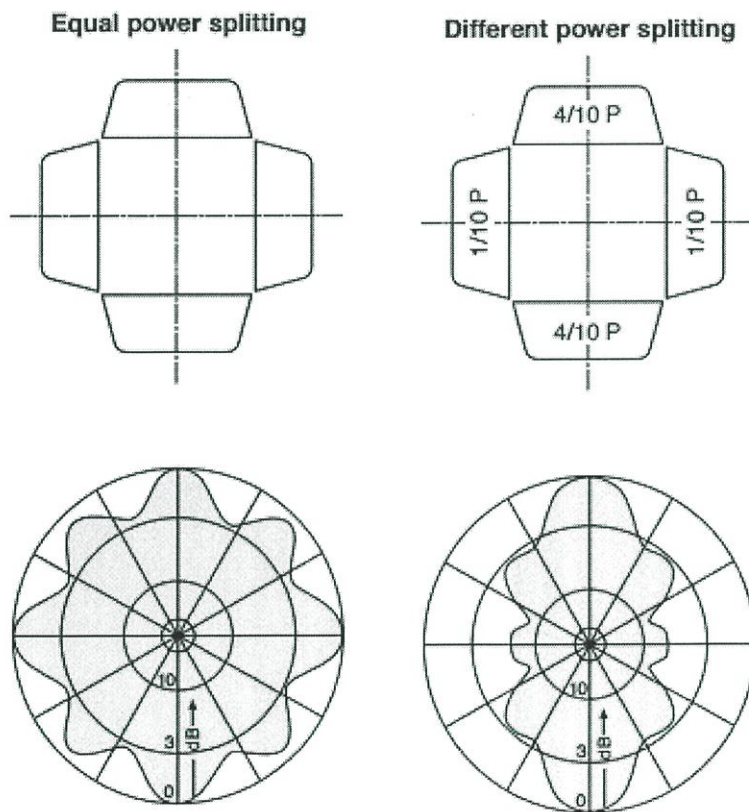
ตารางที่ 3.1 อัตราขยายของสายอากาศ 1 Panel มาต่อในแนวตั้ง

Pannel	Gain (dB)
1	11.0
2	14.0
3	15.7
4	17.0
6	18.7
8	20.0
12	21.7

การออกแบบสายอากาศแบบทิศทาง (Directional)

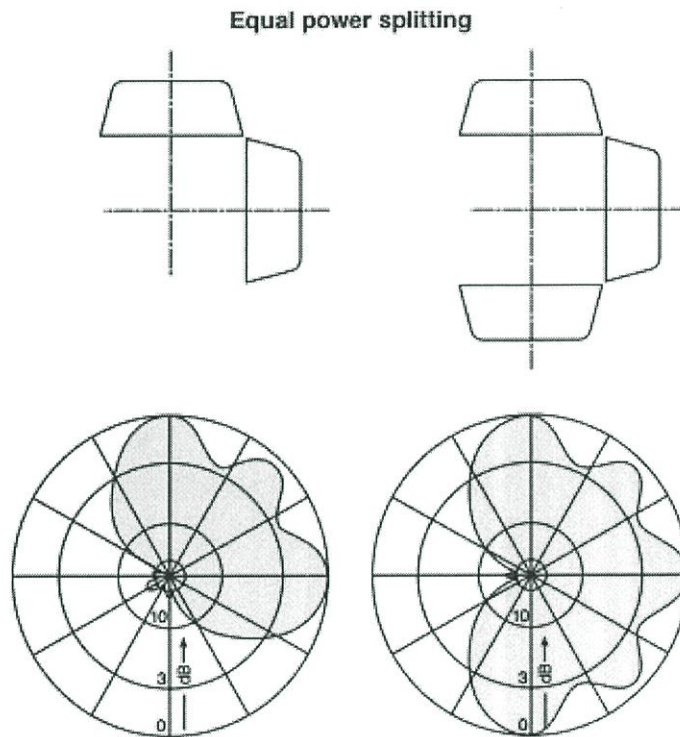
มีวิธีการหลายแบบ โดยทั่วไปที่นิยมใช้กัน ออกแบบเป็นชนิด 4 ทิศทาง , 3 ทิศทาง และ 2 ทิศทาง และใช้อัตราส่วนของกำลังส่ง (Power Ratio) ที่เท่ากันหรือแตกต่างกัน

ระบบสายอากาศแบบ 4 ทิศทาง จะประกอบด้วยสายอากาศ จำนวน 4 ทิศทาง แต่ละทิศทางจะได้รับกำลังส่ง (Power) ที่เท่ากัน ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นในแนวนอนจะเท่ากันทุกด้าน เหมาะสำหรับพื้นที่ที่เป็นที่ราบ ส่วนถัดมาจะมีการแบ่งกำลังส่ง (Power) ไม่เท่ากัน ได้แก่ แบบ 4/10, 1/10, 4/10 และ 1/10 หมายความว่า กำลังส่งรวมเท่ากับ 10 ส่วน จ่ายให้กับสายอากาศด้านบนจำนวน 4 ส่วน , ด้านล่างจำนวน 4 ส่วน และสายอากาศข้างซ้าย และข้างขวา จำนวน 1 ส่วน รวมทั้งหมด 4 ทิศทาง ได้ 10 ส่วน ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นในแนวนอนจะไม่เท่ากันทุกด้าน เหมาะสมกับพื้นที่แคบ ดังรูปที่ 3.3



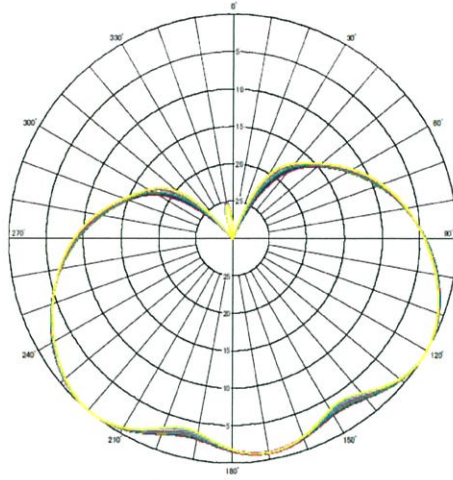
รูปที่ 3.3 ระบบสายอากาศแบบ 4 ทิศทาง ใช้อัตรากำลังส่งที่เท่า และแตกต่างกัน [4]

ระบบสายอากาศแบบ 2 ทิศทาง จะประกอบด้วยสายอากาศ จำนวน 2 ทิศทาง แต่ละทิศทางจะได้รับกำลังส่ง (Power) ที่เท่ากัน ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นในแนวนอนจะเท่ากันทุกด้าน และระบบสายอากาศ 3 ทิศทาง จะประกอบด้วยสายอากาศ จำนวน 3 ทิศทาง แต่ละทิศทางจะได้รับกำลังส่ง (Power) ที่เท่ากัน ดังรูปที่ 3.4 ทิศทางการแพร่กระจายคลื่นในแนวนอนจะเท่ากันทุกด้าน ทั้งนี้สามารถกำหนดให้แต่ละทิศทางไม่จำเป็นต้องเหมือนกันโดยการหมุนสายอากาศไปตามองศาที่ต้องการ เช่น การออกแบบสายอากาศแบบทิศทาง (Directional) นำสายอากาศมาต่อเพิ่มขึ้น จากจำนวน 1 แผง (Panel) เป็น 2 แผง จะมีผลต่ออัตราขยายเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับการต่อในลักษณะใด



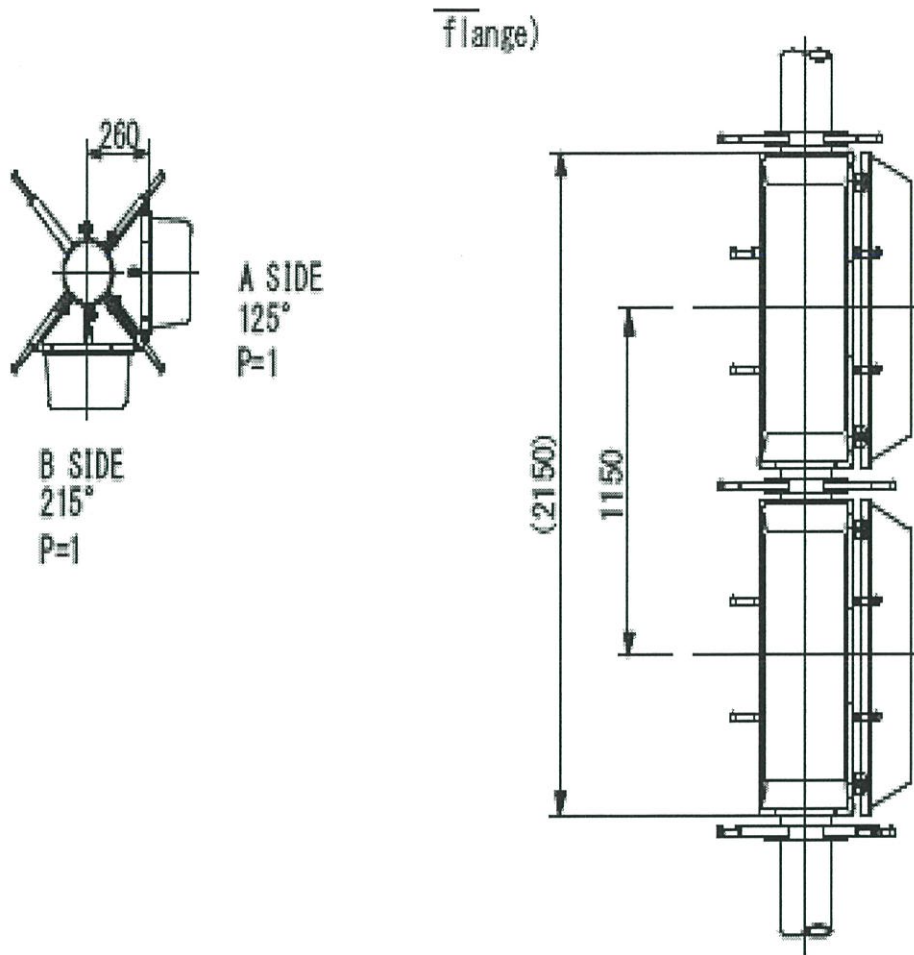
รูปที่ 3.4 ระบบสายอากาศแบบ 2 ทิศทาง และ 3 ทิศทาง ใช้อัตรากำลังส่งที่เท่ากัน [4]

3.1.1 การออกแบบสายอากาศ Type 3A ที่สถานีเสริมเขาฉลาก



รูปที่ 3.5 ระบบสายอากาศ Type 3A ที่สถานีเสริมเขาฉลาก [4]

หลักการออกแบบระบบสายอากาศแบบ Type 3A ดังรูปที่ 3.5 ให้มีจำนวน 2 ทิศทาง ใช้ อัตรากำลังส่งที่เท่ากัน สังเกตได้จาก มุมที่มีการแพร่กระจายคลื่นสูงสุด ได้แก่ มุมที่ 125 องศา , มุมที่ 170 องศา และมุมที่ 215 องศา วิเคราะห์ได้ว่ามุมที่ได้ห่างกันประมาณ 90 องศา หมายความว่า สายอากาศ จะต้องใช้จำนวน 2 ทิศทาง ทั้งนี้จะต้องเป็นไปตามตารางแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดิน ในระบบดิจิตอล เป็นตัว กำหนด HRP เท่ากับ 170 องศา ซึ่งมุมดังกล่าวไม่มีแผงสายอากาศ แต่ผลรวม ระหว่างมุมที่ 125 องศา กับมุมที่ 215 องศา จะต้องใช้ Pattern ที่มุม 170 องศา โดยมีโครงสร้างระบบ สายอากาศ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 โครงสร้างระบบสายอากาศแบบ Type 3A [4]

หลักการสิ่งที่กำหนดในการออกแบบควรมีรายละเอียดดังนี้

1) ช่องสัญญาณที่ใช้งาน (Operating Channel) ได้แก่

CH 59, CH 56, CH 53, CH 48, CH 45, CH 43

2) จำนวนสายอากาศต่อชั้น (Number of Panels per bay) : 2 Panel

3) ทิศทางการวางสายอากาศ (Panel Direction) คือมุม 125 องศา และ มุม 215 องศา

4) อัตราขยายสายอากาศของแต่ละช่องสัญญาณ (Antenna Gain of channel)

CH 59 ≥ 11.50 dB

CH 56 ≥ 11.50 dB

CH 53 ≥ 11.00 dB

CH 48 ≥ 11.00 dB

CH 45 ≥ 10.50 dB

CH 43 ≥ 10.50 dB

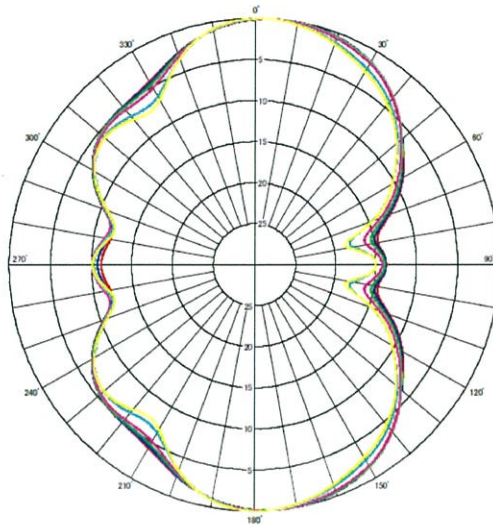
5) อัตราส่วนกำลังส่งของสายอากาศ (Power Antenna Ratio) แบ่งเป็น

มุม 125 องศา และ 215 องศา มีอัตรากำลังส่งของสายอากาศเท่ากัน

6) โพลาริเซชันของสายอากาศ เป็นชนิด Slant (Horizontal 80%; Vertical 20%)

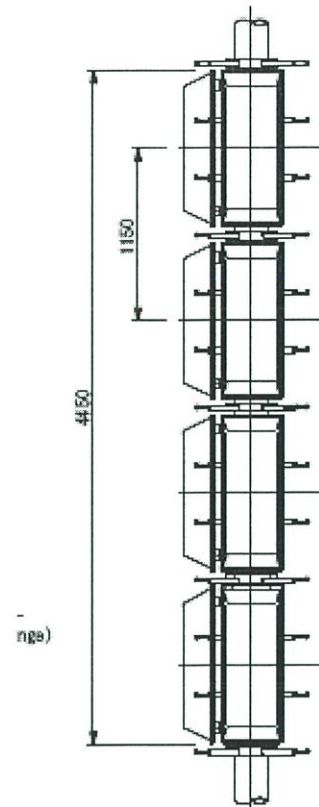
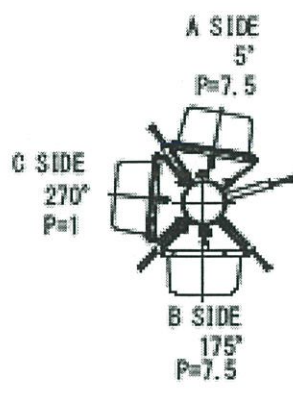
มีอิมพีแดนซ์ 50 Ω

3.1.2 การออกแบบสายอากาศ Type 5A สถานีเสริมแม่สะเรียง



รูปที่ 3.7 ระบบสายอากาศ Type 5A สถานีเสริมแม่สะเรียง

ตารางแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล กำหนด Site name แม่สะเรียง Antenna Type 5A HRP ที่เท่ากับ 10 และ 170 องศา หมายความว่า มุมที่มีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นสูงสุดมี 2 มุม และมุมต่างกัน 160 องศา การที่จะให้ได้มุมตาม HRP จะต้องใช้เทคนิคปรับการหันหน้าแผงสายอากาศไปยังมุมที่ 10 องศา และมุมที่ 170 องศา หรือมุมใกล้เคียง ดังรูปที่ 3.7 ใช้หลักการออกแบบระบบสายอากาศ Type 5A ให้มีจำนวน 3 ทิศทาง ใช้อัตรากำลังส่งที่ไม่เท่ากัน สังเกตได้จาก มุมที่มีการแพร่กระจายคลื่นสูงสุด ได้แก่ มุมที่ 5 องศา , มุมที่ 175 องศา และมุมที่ 270 องศา มีการแพร่กระจายคลื่นไม่สูงสุด สัญญาณถูกลดทอนไปประมาณ -10 dB วิเคราะห์ได้ว่ามุมที่ได้ห่างกันประมาณ 160 องศา หมายความว่า สายอากาศจะต้องมีจำนวน 3 ทิศทาง เป็นไปตามตารางแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล เป็นตัวกำหนด HRP เท่ากับ 10 ; 170 องศา และโครงสร้างระบบสายอากาศ Type 5A ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 โครงสร้างระบบสายอากาศ Type 5A

หลักการสิ่งที่กำหนดในการออกแบบควรมีรายละเอียดดังนี้

1) ช่องสัญญาณที่ใช้งาน (Operating Channel) ได้แก่

CH 51, CH 47, CH 39, CH 35, CH 31, CH 28

2) จำนวนสายอากาศต่อชั้น (Number of Panels per bay) : 4 Panel

3) ทิศทางการวางสายอากาศ (Panel Direction) คือ

มุม 10 องศา , 170 องศา และมุม 270 องศา

4) อัตราขยายสายอากาศของแต่ละช่องสัญญาณ (Antenna Gain of channel)

CH 51 ≥ 13.00 dB

CH 47 ≥ 13.00 dB

CH 39 ≥ 12.50 dB

CH 35 ≥ 12.50 dB

CH 31 ≥ 12.00 dB

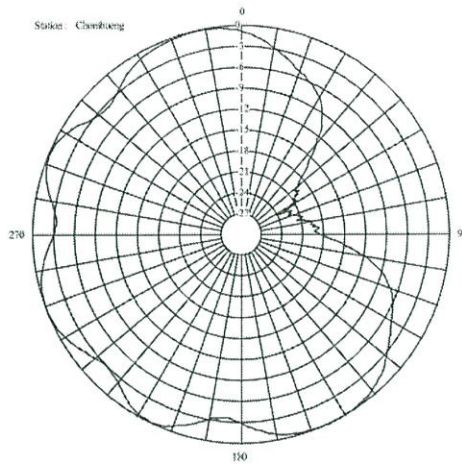
CH 28 ≥ 12.00 dB

5) อัตราส่วนกำลังส่งของสายอากาศ (Power Antenna Ratio) แบ่งเป็น

มุม 10 องศา , 170 องศา และ 270 องศา มีอัตรากำลังส่งของสายอากาศไม่เท่ากัน

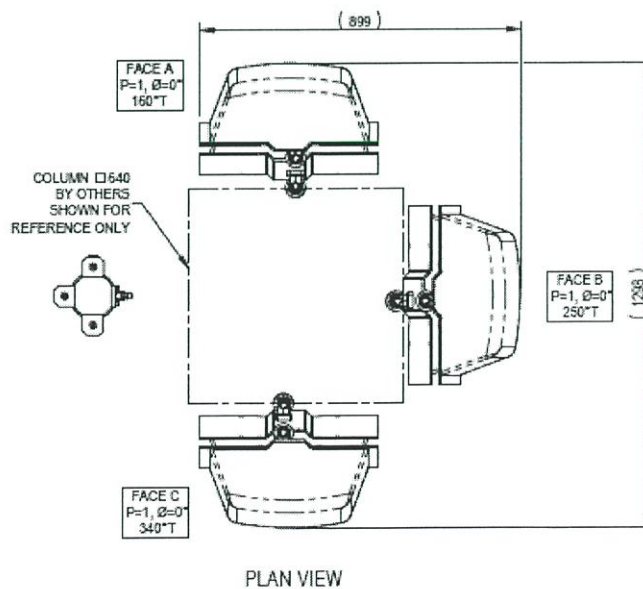
6) Polarization ของสายอากาศ เป็นชนิด Slant และ มีอิมพีแดนซ์ 50 Ω

3.1.3. การออกแบบสายอากาศ Type 2 ณ สถานีเสริมจอมบึง จ.ราชบุรี



รูปที่ 3.9 ระบบสายอากาศ Type 2 ณ สถานีเสริมจอมบึง จ.ราชบุรี

หลักการออกแบบระบบสายอากาศแบบ Type 2 ดังรูปที่ 3.9 ให้มีจำนวน 3 ทิศทาง ใช้ อัตรากำลังส่งที่เท่ากัน สังเกตได้จาก มุมที่มีการแพร่กระจายคลื่นสูงสุด ได้แก่ มุมที่ 160 องศา , มุมที่ 250 องศา และมุมที่ 340 องศา วิเคราะห์ได้ว่ามุมที่ได้ห่างกันประมาณ 90 องศา หมายความว่า จะต้องมียุทธศาสตร์สายอากาศจำนวน 3 ทิศทาง ที่มุม 160 องศา 250 องศา และ 340 องศา และมุมที่ไม่มีสายอากาศ ได้แก่ มุม 205 องศา และ 295 องศา ซึ่งเกิดจากผลรวมระหว่างมุม 160 องศา 250 องศา และ 340 องศา โดยมี โครงสร้างสายอากาศ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 โครงสร้างสายอากาศ Type 2 สถานีจอมบึง

หลักการสิ่งที่กำหนดในการออกแบบควรมีรายละเอียดดังนี้

1) ช่องสัญญาณที่ใช้งาน (Operating Channel) ได้แก่

CH 49, CH 37, CH 41, CH 30, CH 27, CH 33

2) จำนวนสายอากาศต่อชั้น (Number of Panels per bay) : 3 Panel

3) ทิศทางการวางสายอากาศ (Panel Direction) คือ

มุม 160 องศา , มุม 250 องศา และมุม 340 องศา

4) อัตราขยายสายอากาศของแต่ละช่องสัญญาณ (Antenna Gain of channel)

CH 49 : 10.14 dB

CH 37 : 10.06 dB

CH 41 : 10.16 dB

CH 30 : 9.49 dB

CH 27 : 9.34 dB

5) อัตราส่วนกำลังส่งของสายอากาศ (Power Antenna Ratio) แบ่งเป็น

มุม 160 องศา , 250 องศา และ 340 องศา มีอัตรากำลังส่งของสายอากาศเท่ากัน

6) Polarization ของสายอากาศ เป็นชนิด Horizontal และมีอิมพีแดนซ์ 50 Ω

3.2 การคำนวณขนาดสายส่งสัญญาณ

การเลือกขนาดสายส่งสัญญาณ สิ่งที่ต้องคำนึงถึง อัตราการทงกำลังส่ง (Power) เป็นสิ่งสำคัญอันดับแรก และอัตราการสูญเสีย (Attenuation at dB/100m) จะต้องเหมาะสมรองลงมา การเลือกขนาดสายส่งสัญญาณ มีขั้นตอนดังนี้

3.2.1. คัดกำลังส่งรวม ของทั้ง 5 MUX

3.2.2. ในการใช้งานจริงต้องสำรองกำลังส่งไว้อีก 20% ของกำลังส่งรวมทั้ง 6 MUX

3.2.3. เนื่องจากคุณสมบัติของสายส่งสัญญาณ ที่ความถี่ต่ำจะมีอัตราการทงกำลังส่งได้สูงสุด หลังจากนั้นจะลดลงตามความถี่ที่เพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้น เลือก channel ที่มีค่าความถี่สูงสุด แล้วเลือกขนาดสายตามกำลังส่งที่สำรองไว้

การพิจารณาเลือกสายส่งสัญญาณขนาดใหญ่

- ข้อดี ตรงที่อัตราการสูญเสีย (Attenuation at dB/100m) น้อยลง

- ข้อเสีย ราคาจะสูงตามขนาดที่ใหญ่ขึ้น

3.2.4 ขั้นตอนการคำนวณขนาดสายส่งสัญญาณ สถานีเสริมจอมบึง จ ราชบุรี

กำหนด กำลังส่งของเครื่องส่งโทรทัศน์ ในแต่ละ MUX ไว้ดังนี้

MUX1 กำลังส่งขนาด 792.50 วัตต์ ความถี่ 698 เมกะเฮิร์ตซ์ ช่องความถี่วิทยุ 49

MUX2 กำลังส่งขนาด 826.04 วัตต์ ความถี่ 602 เมกะเฮิร์ตซ์ ช่องความถี่วิทยุ 37

MUX3 กำลังส่งขนาด 796.16 วัตต์ ความถี่ 634 เมกะเฮิร์ตซ์ ช่องความถี่วิทยุ 41

MUX4 กำลังส่งขนาด 926.83 วัตต์ ความถี่ 546 เมกะเฮิร์ตซ์ ช่องความถี่วิทยุ 30

MUX5 กำลังส่งขนาด 972.75 วัตต์ ความถี่ 522 เมกะเฮิร์ตซ์ ช่องความถี่วิทยุ 27

กำลังส่งโดยรวม จำนวน 5 MUX ประมาณ 5 กิโลวัตต์

คุณลักษณะของสายส่งสัญญาณ (Transmission Line) ขนาด 3 นิ้ว ยี่ห้อ RFS รุ่น HCA300-50J

1) อัตราทงกำลังส่งที่อุณหภูมิโดยเฉลี่ย $\leq 40^{\circ}\text{C}$ [dB/100m]

ที่ความถี่ 600 MHz ≥ 15.20 กิโลวัตต์

ที่ความถี่ 700 MHz ≥ 13.90 กิโลวัตต์

คุณลักษณะของสายส่งสัญญาณ (Transmission Line) ขนาด 1-5/8 นิ้ว ยี่ห้อ RFS รุ่น HCA300-50J

2) อัตราทงกำลังส่งที่อุณหภูมิโดยเฉลี่ย $\leq 40^{\circ}\text{C}$ [dB/100m]

ที่ความถี่ 600 MHz ≥ 1.110 กิโลวัตต์

ที่ความถี่ 700 MHz ≥ 1.210 กิโลวัตต์

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติของสายส่งสัญญาณขนาด 3 นิ้ว [12]

Frequency [MHz]	Attenuation		Power [kW]
	[dB/100m]	[dB/100ft]	
0.5	0.0280	0.0085	596
1.0	0.0397	0.0121	421
1.5	0.0487	0.0148	343
2.0	0.0563	0.0172	297
10	0.127	0.0388	132
20	0.181	0.0552	92.3
30	0.223	0.0680	74.9
50	0.291	0.0886	57.4
88	0.391	0.119	42.8
100	0.418	0.127	40.
108	0.436	0.133	38.4
150	0.519	0.158	32.2
174	0.561	0.171	29.8
200	0.605	0.184	27.7
300	0.754	0.230	22.2
400	0.883	0.269	19.0
450	0.943	0.287	17.8
500	1.0	0.305	16.8
512	1.01	0.309	16.6
600	1.11	0.338	15.2
700	1.21	0.368	13.9
800	1.30	0.398	13.0
824	1.33	0.404	12.7
894	1.39	0.424	12.1
900	1.40	0.425	12.1
925	1.42	0.432	11.9
960	1.45	0.441	11.6
1000	1.48	0.452	11.4
1250	1.69	0.515	10.0
1500	1.88	0.573	9.04
1700	2.03	0.618	8.39

Attenuation at 20°C (68°F) cable temperature
 Mean power rating at 40°C (104°F) ambient temperature

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของสายส่งสัญญาณขนาด 1-5/8 นิ้ว [11]

Frequency [MHz]	Attenuation		Power [kW]
	[dB/100m]	[dB/100ft]	
0.5	0.0437	0.0133	270
1.0	0.0618	0.0188	196
1.5	0.0757	0.0231	160
2.0	0.0875	0.0267	138
10	0.197	0.0599	61.4
20	0.279	0.0850	43.4
30	0.342	0.104	35.4
50	0.444	0.135	27.3
88	0.592	0.180	20.5
100	0.632	0.193	19.2
108	0.657	0.200	18.4
150	0.778	0.237	15.6
174	0.840	0.256	14.4
200	0.902	0.275	13.5
300	1.11	0.339	11.0
400	1.29	0.394	9.44
450	1.38	0.419	8.83
500	1.45	0.443	8.41
512	1.47	0.449	8.30
600	1.60	0.488	7.64
700	1.74	0.529	7.03
800	1.86	0.568	6.59
824	1.89	0.577	6.49
894	1.98	0.603	6.20
900	1.98	0.605	6.20
925	2.01	0.614	6.11
960	2.05	0.626	6.00
1000	2.10	0.640	5.86
1250	2.37	0.722	5.21
1500	2.61	0.797	4.75
1700	2.80	0.853	4.44

Attenuation at 20°C (68°F) cable temperature
 Mean power rating at 40°C (104°F) ambient temperature

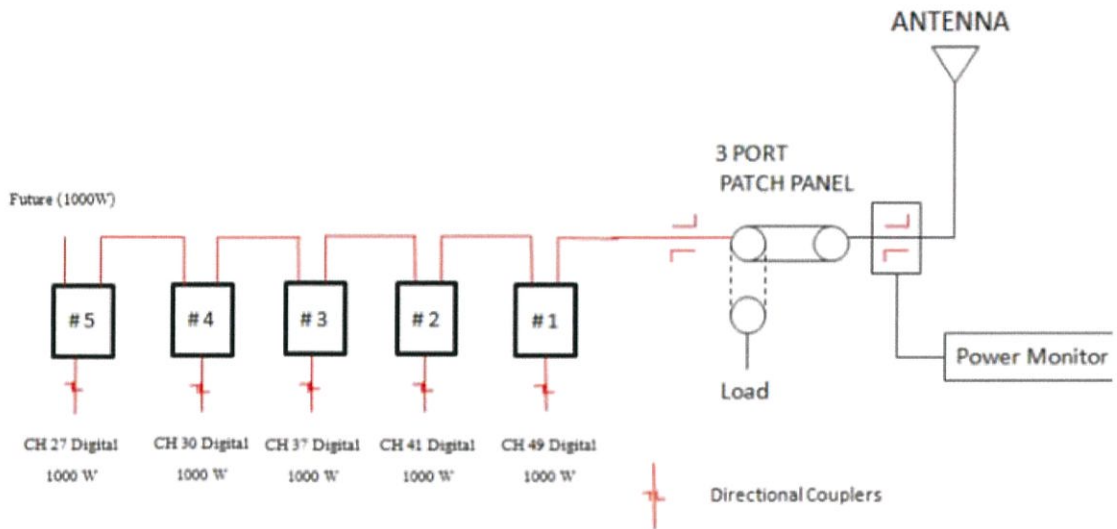
จากข้อมูลกำลังส่งรวมที่ใช้งาน ประมาณ 5 กิโลวัตต์ ในการใช้งานจริงจะต้องสำรองอัตราการทนกำลังส่งไว้อีก 20% และเพื่ออุณหภูมิที่อาจเกิน 40 องศาเซลเซียสนั้น จำนวนกำลังส่งที่ 5 กิโลวัตต์ + 1 กิโลวัตต์ อัตราการทนกำลังส่งจะต้องอยู่ที่ 6 กิโลวัตต์ สิ่งที่จะต้องพิจารณาต่อไป ความถี่ใช้งาน คุณสมบัติของสายส่งสัญญาณ ที่ความถี่ต่ำจะมีอัตราการทนกำลังส่งได้สูงสุด หลังจากนั้นจะลดลงตามความถี่ที่เพิ่มขึ้น จากความถี่ที่ออกอากาศ ความถี่สูงสุด 698 เมกะเฮิร์ตซ์ จำนวนที่ 700 เมกะเฮิร์ตซ์ ขนาดสายส่ง 1-5/8 นิ้ว มีอัตราการทนกำลังส่งที่ 7.03 กิโลวัตต์ ดังตารางที่ 3.3 และขนาดสาย 3 นิ้ว มีอัตราการทนกำลังส่งที่ 13.9 กิโลวัตต์ ดังตารางที่ 3.2 ซึ่งมีอัตราการทนกำลังส่งที่สูงเกินไป และมีราคาสูง ฉะนั้นจึงเลือกขนาดสาย 1-5/8 นิ้ว ดังรูปที่ 3.11



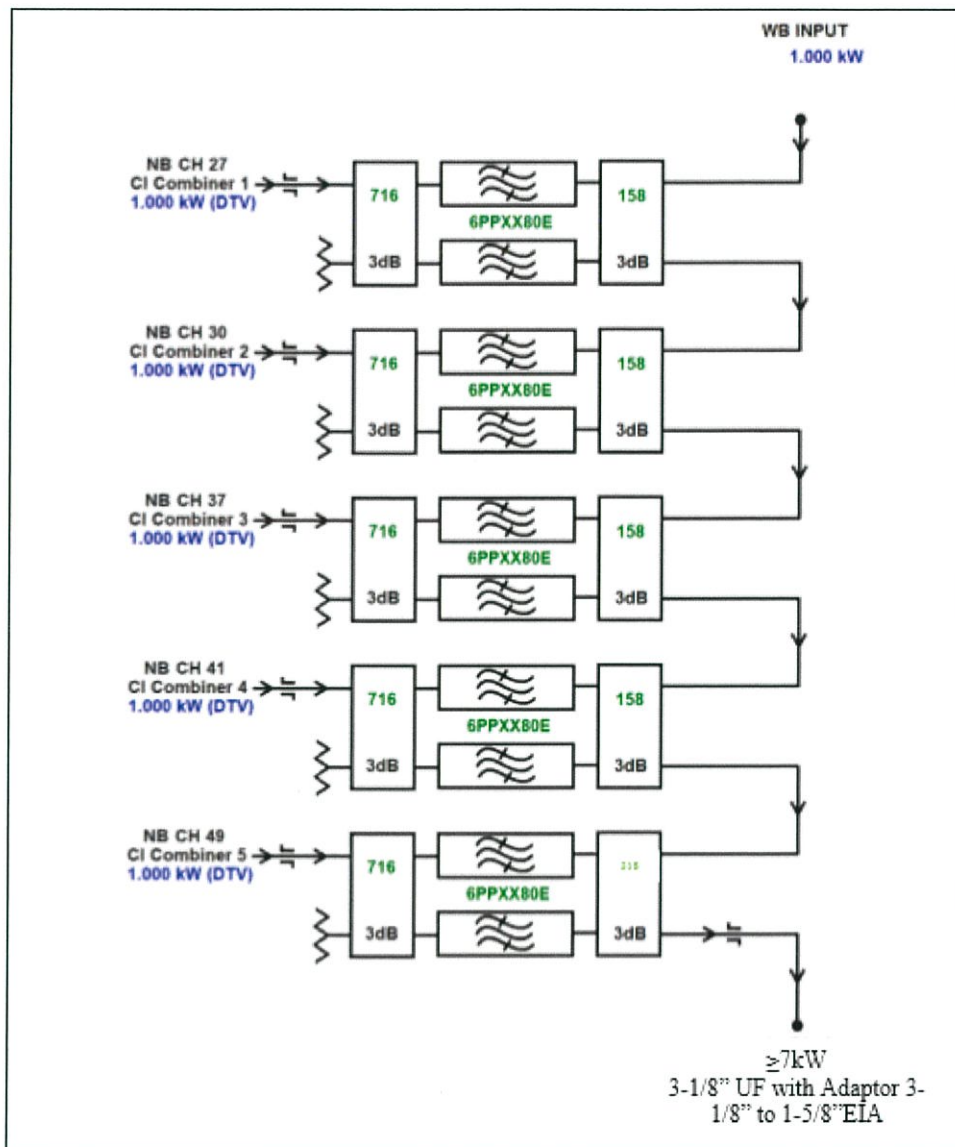
รูปที่ 3.11 สายส่งสัญญาณ ขนาด 1-5/8 นิ้ว

3.3 อุปกรณ์รวมสัญญาณ (Combiner)

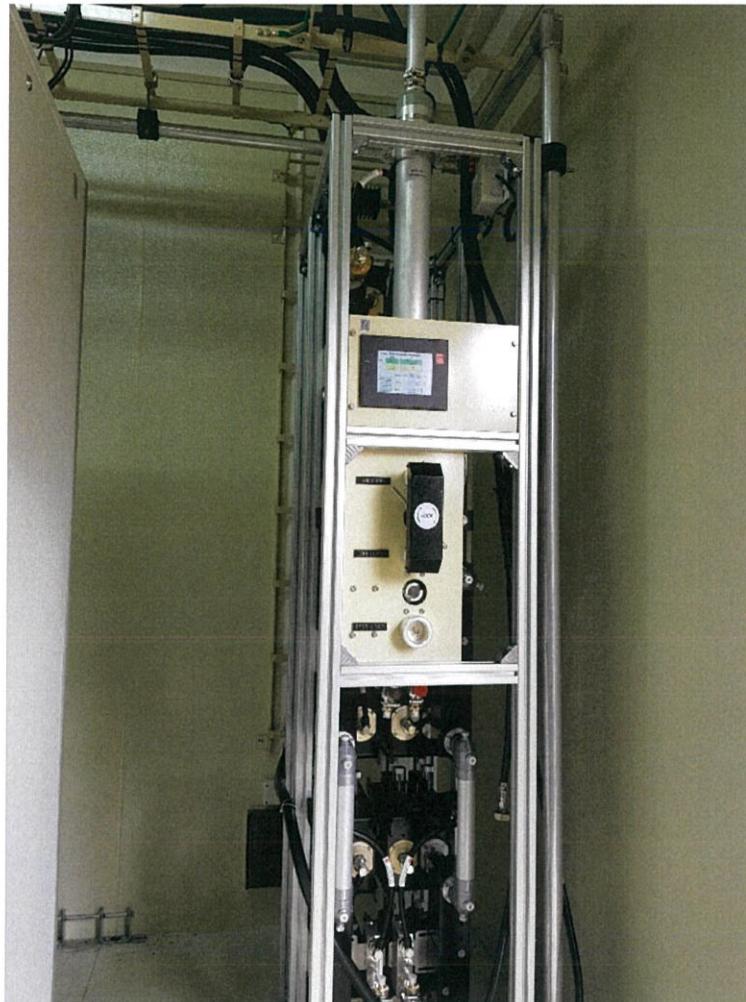
อุปกรณ์รวมสัญญาณ ที่สถานีเสริมจอมบึง ใช้ อุปกรณ์รวมสัญญาณ ชนิด CCS combiner system without patch panels - minimum configuration รุ่น CA6PPXX80E-5/PP158E3 M แบบ 3 Port patch panels โดยกำลังส่งของเครื่องส่งโทรทัศน์ ในแต่ละ MUX ไว้ที่ 1000 วัตต์ โดยมี ภาพรวม การส่งสัญญาณผ่านอุปกรณ์ combiner ดังรูปที่ 3.12 และโครงสร้างการทำงานภายในอุปกรณ์ combiner ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 ภาพรวมการส่งสัญญาณผ่านอุปกรณ์รวมสัญญาณ [13]



รูปที่ 3.13 โครงสร้างการทำงานภายในอุปกรณ์รวมสัญญาณ [13]



รูปที่ 3.14 อุปกรณ์รวมสัญญาณสถานีเสริมจอมบึง

3.4 วิธีการคำนวณกำลังเครื่องส่งโทรทัศน์

เป็นข้อมูลที่สำคัญในการส่งสัญญาณ เนื่องจากเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการครอบคลุมพื้นที่กระจายสัญญาณ ว่าสามารถออกอากาศได้ไกลเท่าใด จึงจำเป็นต้องคำนวณกำลังส่งของเครื่องส่งโทรทัศน์

สูตรคำนวณกำลังส่งของเครื่องส่ง จากสมการที่ (1)

$$Tx = ERP - System Gain \quad (1)$$

เมื่อ Tx คือ กำลังเครื่องส่งโทรทัศน์ (dBw)

ERP คือ Effective Radiated Power (dBw)

$System Gain$ คือ อัตราการขยายของระบบ (dB)

ซึ่งมีพารามิเตอร์ ดังนี้

3.4.1 กำลังส่งออกอากาศสูงสุด (ERP)

กำลังส่งออกอากาศสูงสุด ใช้อ้างอิงในการคำนวณกำลังส่งของเครื่องส่งโทรทัศน์ เพื่อการครอบคลุมของสัญญาณ (Effective Radiated Power : ERP) ซึ่ง กสทช.ได้กำหนดให้ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ จึงต้องนำไปแปลงให้เป็นหน่วย dB ดังสมการที่ (2)

$$dB = 10 \log(ERP) \quad (2)$$

เมื่อ ERP คือ Effective Radiated Power(kW)

3.4.2 System Gain เป็นตัวบ่งบอกอัตราขยายของระบบ ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังสมการ (3)

$$System Gain = Antenna Gain - System Loss \quad (3)$$

เมื่อ $Antenna Gain$ คือ อัตราขยายของสายอากาศ (dB) เป็นตัวบ่งบอกอัตราขยายของสายอากาศนั้นๆว่า สามารถขยายกำลังที่ถูกส่งเข้ามาที่สายอากาศและแพร่กระจายออกไปได้ไกลเท่าไร

$System Loss$ คือ การลดทอนของสัญญาณ (dB) ประกอบด้วย สายส่งสัญญาณ Combiner และ Patch Panel or Switch Frame สามารถคำนวณค่าการลดทอนสัญญาณทั้งระบบ ดังสมการ (4)

$$System Loss = Transmission Line + Combiner + Patch Panel or Switch Frame \quad (4)$$

การคำนวณกำลังส่งของเครื่องส่งโทรทัศน์ ของสถานีเสริมจอมบึง จ. ราชบุรี ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

1) กำลังส่งออกอากาศสูงสุด (ERP)

กสทช. ได้กำหนดกำลังส่งออกอากาศสูงสุด ERP ของสถานีเสริมจอมบึง จ. ราชบุรี [2] เท่ากับ 5 กิโลวัตต์ หรือ 5000 วัตต์ จึงต้องแปลงเป็นหน่วย dBw ดังสมการที่ (2) คิดเป็น

$$dB = 10 \log(ERP) \quad (2)$$

$$10 \log_{10}(5000) = 36.99 \text{ dBw}$$

$$\therefore ERP = 36.99 \text{ dBw}$$

2) อัตราการขยายของสายอากาศ (Antenna Gain)

จากการออกแบบระบบสายอากาศสถานีเสริมจอมบึง มีสายอากาศจำนวนต่อชั้น 3 Panel ช่องสัญญาณที่ใช้งาน (Operating Channel) ที่สถานีเสริมจอมบึง ได้แก่

CH 49, CH 37, CH 41, CH 30, CH 27, CH 33

อัตราขยายสายอากาศของแต่ละช่องสัญญาณ [14] (Antenna Gain per channel)

CH 49 : 10.14 dB

CH 37 : 10.06 dB

CH 41 : 10.16 dB

CH 30 : 9.49 dB

CH 27 : 9.34 dB

3) การลดทอนของสัญญาณ (Loss)

ค่าของการลดทอน (Loss) เป็นสิ่งที่จะต้องนำมาใช้ในการคำนวณ ประกอบด้วย

3.1 ค่าของการลดทอนสายส่งสัญญาณ (Transmission Line Loss)

ผลิตภัณฑ์ RFS Size 1-5/8 นิ้ว , ความสูงเสาอากาศ 70 เมตร และความยาวสายส่งสัญญาณ 90 เมตร

จากตารางคุณสมบัติของสายส่งสัญญาณ ขนาด 1-5/8 นิ้ว [11] ที่ความยาว 100 เมตร

ที่ความถี่ 700 MHz มี *Transmission Line loss* = 1.74 dB

$$\therefore \text{ความยาว 90 เมตร } \textit{Transmission Line loss} = \frac{90 \times 1.74}{100} = 1.57 \text{ dB}$$

ที่ความถี่ 600 MHz มี *Transmission Line loss* = 1.60 dB

$$\therefore \text{ความยาว 90 เมตร } \textit{Transmission Line loss} = \frac{90 \times 1.60}{100} = 1.44 \text{ dB}$$

ช่องสัญญาณที่ใช้งาน (Operating Channel) ที่สถานีเสริมจอมบึง ได้แก่

CH 49, CH 37, CH 41, CH 30, CH 27, CH 33

ค่าการลดทอนสายส่งสัญญาณของแต่ละช่องสัญญาณ จากการคำนวณมีค่าดังนี้

CH 49 (ความถี่ 698) : 1.57 dB

CH 37 (ความถี่ 602) : 1.57 dB

CH 41 (ความถี่ 634) : 1.57 dB

CH 30 (ความถี่ 546) : 1.44 dB

CH 27 (ความถี่ 522) : 1.44 dB

CH 33 (ความถี่ 570) : 1.44 dB

3.2 อุปกรณ์รวมสัญญาณ (Combiner) กำหนดขนาดของการทนกำลังส่งทางด้านอินพุต ไว้ที่ 1000 วัตต์ (1 กิโลวัตต์) เลือกขนาดรุ่นที่สามารถรับกำลังส่งได้ และกำหนดค่าการลดทอนของสัญญาณที่ผ่านจุดต่อ (Insertion Loss) [13] ของสถานีจอมบึง ดังนี้

ช่องสัญญาณที่ใช้งาน (Operating Channel) ที่สถานีเสริมจอมบึง ได้แก่

CH 49, CH 37, CH 41, CH 30, CH 27, CH 33

กำหนดค่าการลดทอนของสัญญาณที่ผ่านจุดต่อที่อุปกรณ์รวมสัญญาณของสถานีจอมบึง ดังนี้

CH 27 : 0.79 dB

CH 30 : 0.73 dB

CH 37 : 0.67 dB

CH 41 : 0.61 dB

CH 49 : 0.57 dB

3.3 Patch Panel or Switch Frame ไม่มีในระบบ ใช้ Transmission Line Single Feed

Insertion Loss Rating at fo or fc

ช่องสัญญาณที่ใช้งาน (Operating Channel) ที่สถานีเสริมจอมบึง ได้แก่

CH 49, CH 37, CH 41, CH 30, CH 27, CH 33

กำหนดค่าการลดทอนของสัญญาณที่ผ่านจุดต่อที่ Patch Panel ของสถานีจอมบึง ดังนี้

CH 49 : 0.00 dB

CH 37 : 0.00 dB

CH 41 : 0.00 dB

CH 30 : 0.00 dB

CH 27 : 0.00 dB

CH 33 : 0.00 dB

3.4 คำนวณค่าการลดทอนสัญญาณทั้งระบบ (System Gain) ของสถานีเสริมจอมบึง
คำนวณจากสมการที่ (3)

$$\text{System Gain} = \text{Antenna Gain} - \text{System Loss} \quad (3)$$

ช่องสัญญาณที่ใช้งาน (Operating Channel) ที่สถานีเสริมจอมบึง ได้แก่

CH 49, CH 37, CH 41, CH 30, CH 27, CH 33

คำนวณค่าการลดทอนสัญญาณทั้งระบบของแต่ละช่องสัญญาณ ดังนี้

$$\text{CH 49} : 10.14 - 1.57 - 0.57 = 8 \text{ dB}$$

$$\text{CH 37} : 10.06 - 1.57 - 0.67 = 7.82 \text{ dB}$$

$$\text{CH 41} : 10.16 - 1.57 - 0.61 = 7.98 \text{ dB}$$

$$\text{CH 30} : 9.49 - 1.44 - 0.73 = 7.32 \text{ dB}$$

$$\text{CH 27} : 9.34 - 1.44 - 0.79 = 7.11 \text{ dB}$$

การคำนวณกำลังส่งของเครื่องส่งในหน่วยของ dB (w)

เมื่อเราคำนวณค่าการลดทอนสัญญาณทั้งระบบและคำนวณ ERP เรียบร้อยแล้วเราจะคำนวณกำลังส่งของเครื่องส่งแต่ละช่องสัญญาณได้จากสมการที่ (1) ดังนี้

$$Tx = ERP - System Gain \quad (1)$$

คำนวณกำลังส่งของเครื่องส่งแต่ละช่องสัญญาณในหน่วย dB(w) ดังนี้

CH 49	:	36.99 dB (w) - 8 dB = 28.99 dB (w)
CH 37	:	36.99 dB (w) - 7.82 dB = 29.17 dB (w)
CH 41	:	36.99 dB (w) - 7.98 dB = 29.01 dB (w)
CH 30	:	36.99 dB (w) - 7.32 dB = 29.67 dB (w)
CH 27	:	36.99 dB (w) - 7.11 dB = 29.88 dB (w)

คำนวณ กำลังส่งของเครื่องส่งในหน่วยของ วัตต์

แปลงหน่วยกำลังส่งของเครื่องส่งในหน่วย วัตต์ ดังสมการที่ (5)

$$W = 10^{dB \times 0.1} \quad (5)$$

คำนวณกำลังส่งของเครื่องส่งแต่ละช่องสัญญาณในหน่วยวัตต์ ดังนี้

CH 49	:	$10^{28.99 \times 0.1} = 792.50$ วัตต์
CH 37	:	$10^{29.17 \times 0.1} = 826.04$ วัตต์
CH 41	:	$10^{29.01 \times 0.1} = 796.16$ วัตต์
CH 30	:	$10^{29.67 \times 0.1} = 926.83$ วัตต์
CH 27	:	$10^{29.88 \times 0.1} = 972.75$ วัตต์

หลังจากได้กำลังส่งของเครื่องส่งในแต่ละช่องสัญญาณหรือแต่ละ MUX ประมาณ 1 กิโลวัตต์ ฉะนั้น กำลังส่งโดยรวมของทั้ง 5 MUX จะมีค่าประมาณ 5 กิโลวัตต์

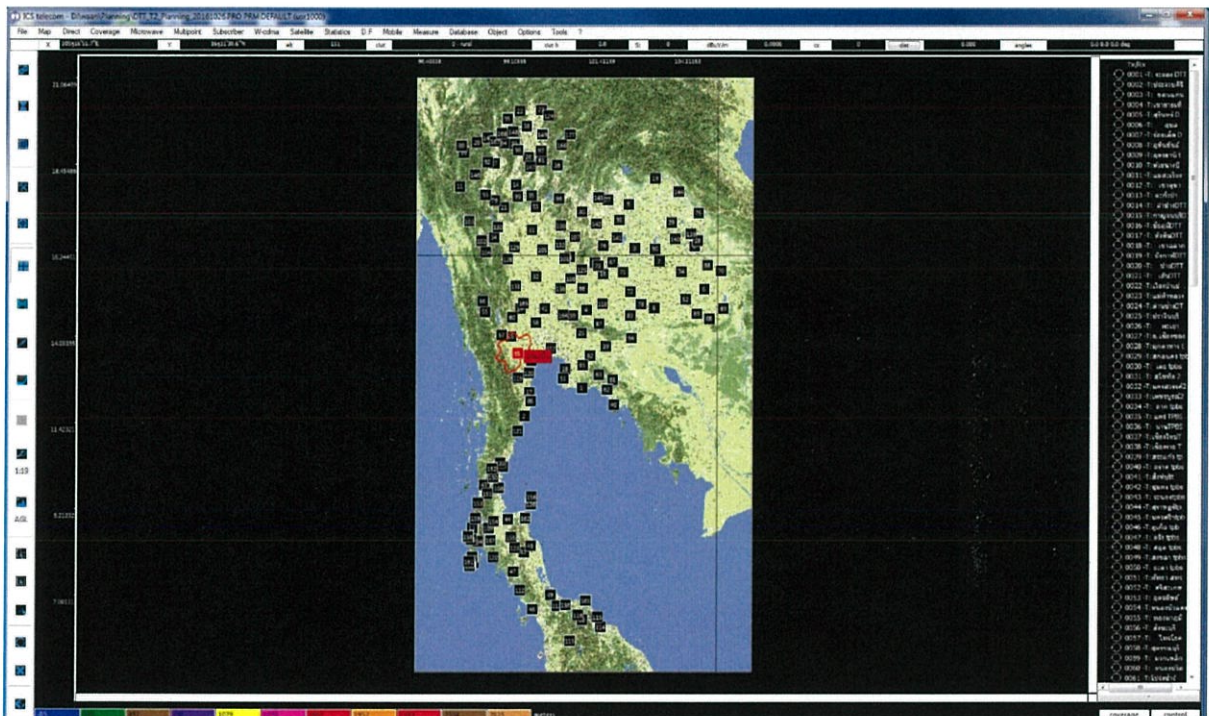
บทที่ 4

ขั้นตอนการทดสอบสัญญาณและผลการทดลอง

4.1 ขั้นตอนการจำลองพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณที่ออกอากาศ

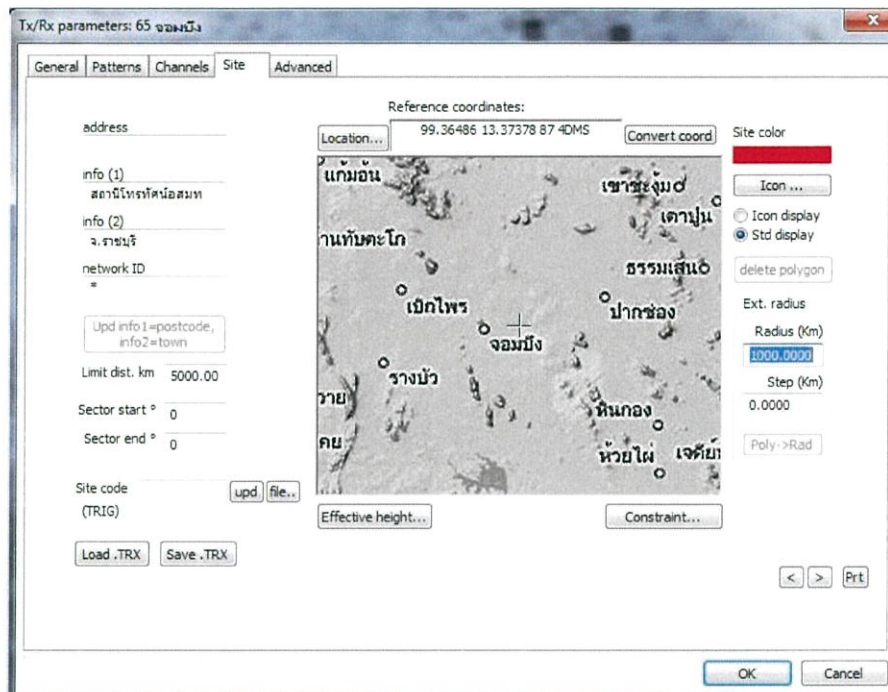
ใช้โปรแกรม ICS telecom จำลองพื้นที่ครอบคลุม (Coverage) ของสัญญาณที่ออกอากาศ ที่สถานีเสริม จอมบึง จังหวัด ราชบุรี มีขั้นตอน ดังนี้

1. เปิดโปรแกรม ICS telecom > open > 168 สถานี > 65 จอมบึง เพื่อเลือกสถานีที่ต้องการจำลองพื้นที่ครอบคลุมดังรูปที่ 4.1

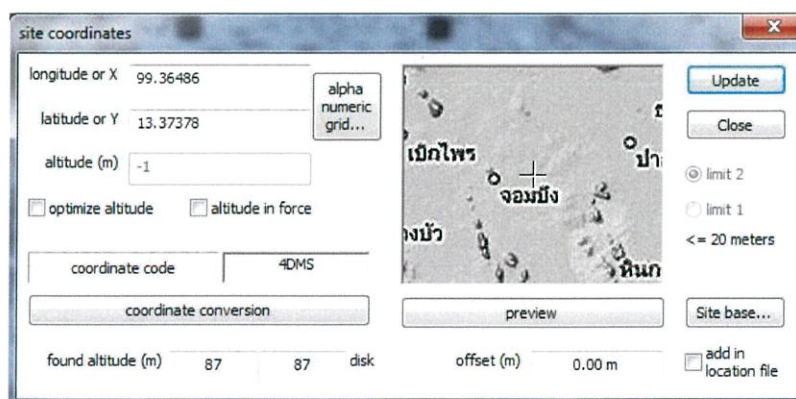


รูปที่ 4.1 หน้าต่างโปรแกรม ICS telecom

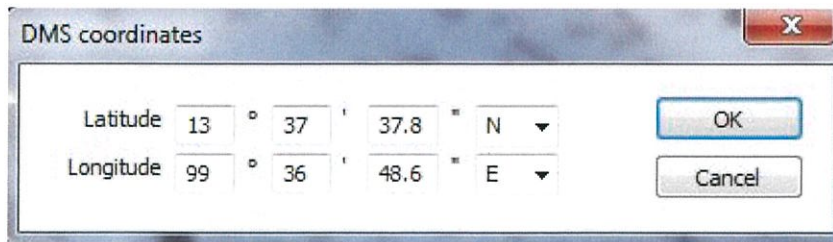
2. คลิกที่สถานีจอมบึงเลือก > จอมบึง > parameter > site > Location > site coordinates > DMS coordinates เพื่อตั้งค่า Latitude เป็น $13^{\circ} 37' 37.866''$ N และ Longitude เป็น $99^{\circ} 36' 48.645''$ E ดังรูปที่ 4.2, 4.3, 4.4



รูปที่ 4.2 การตั้งค่าพารามิเตอร์ในแต่ละตำแหน่ง

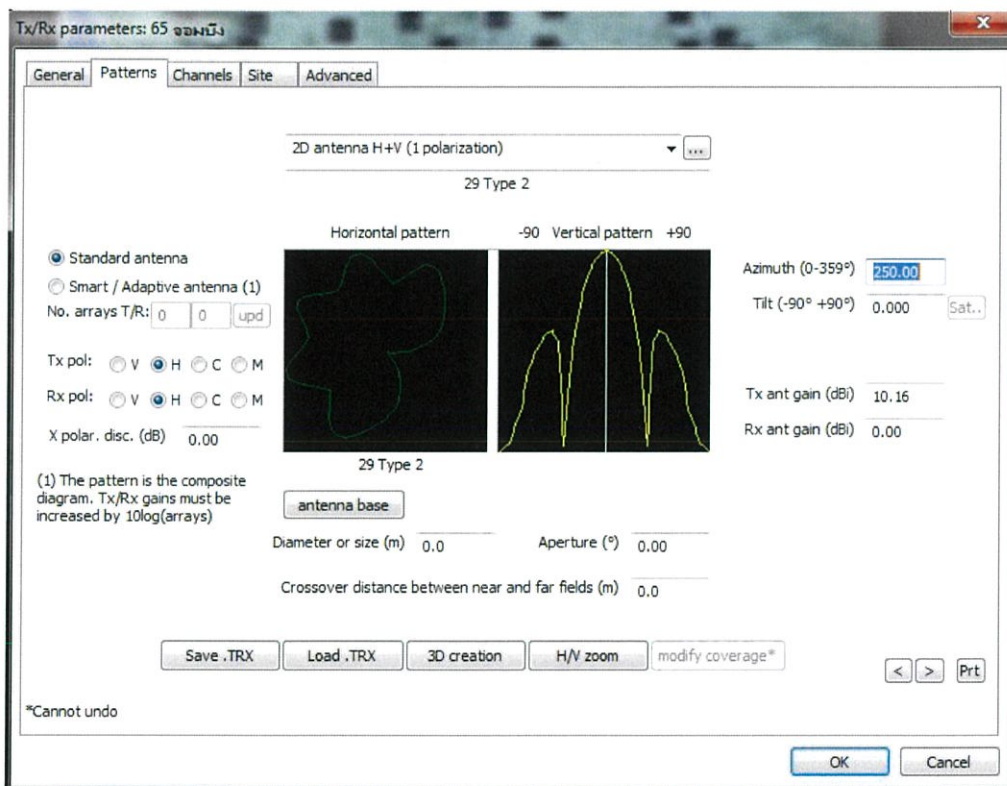


รูปที่ 4.3 การตั้งค่าตำแหน่ง ใน site coordinate

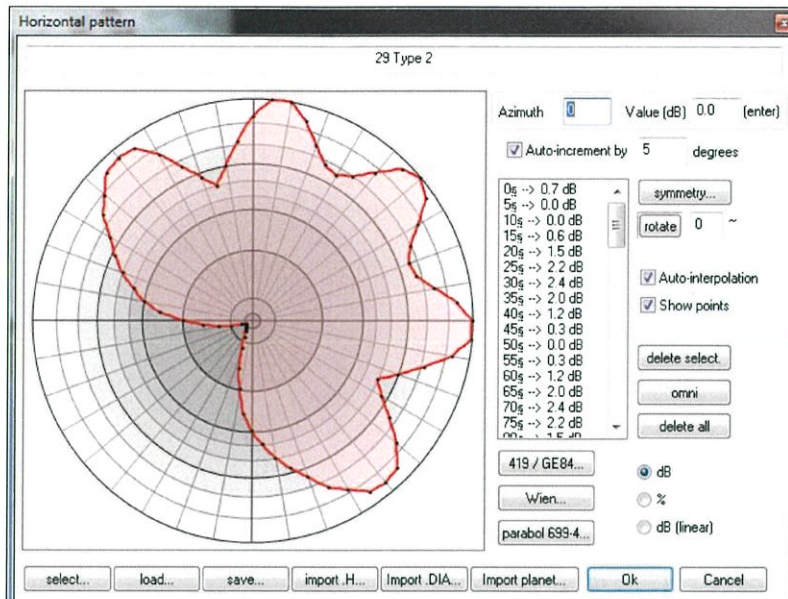


รูปที่ 4.4 การตั้งค่า DMS coordinate

3. คลิกที่สถานีจอมบึงเลือก > จอมบึง > parameter > pattern เพื่อตั้งค่า Antenna Type 2 , Azimuth หรือ HRP เป็น 250 องศา และ Tx ant gain เป็น 10.16 ดังรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6

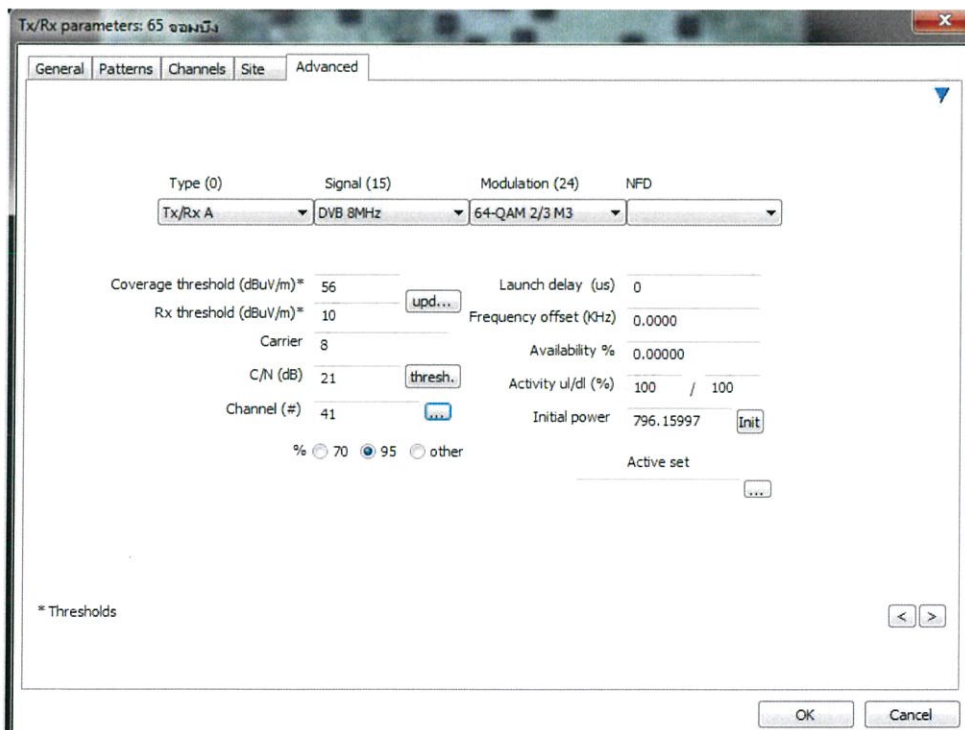


รูปที่ 4.5 ตั้งค่าพารามิเตอร์ใน pattern



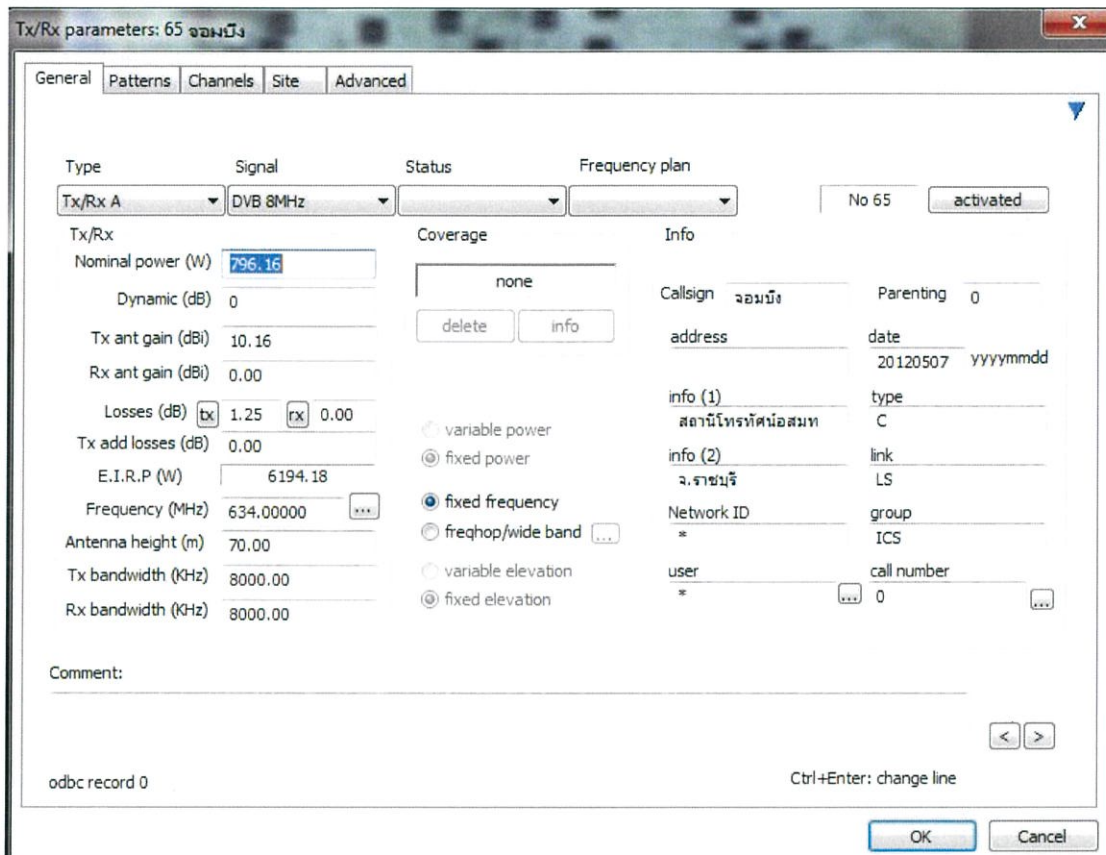
รูปที่ 4.6 เพื่อตั้งค่า Antenna Type 2

4. คลิกที่สถานีจอมบึงเลือก > จอมบึง > parameter > Advanced เพื่อตั้งค่า Chanel เป็นช่อง 41 ความถี่ 634.00 MHz เลือก Type เป็น Tx/Rx A , Signal เป็น DVB 8 MHz ,Modulation เป็น 64-QAM 2/3 M3 ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ตั้งค่าพารามิเตอร์ใน Advanced

5. คลิกที่สถานีจอมบึงเลือก > จอมบึง > parameter > General > Losses เพื่อ ตั้งค่า Nominal power เป็น 792.16 วัตต์, คำนวณค่า loss โดยใส่ค่า Length 70+20 = 90 m. และ เลือกขนาดสายส่งสัญญาณ 1-5/8 นิ้ว ดังรูปที่ 4.8

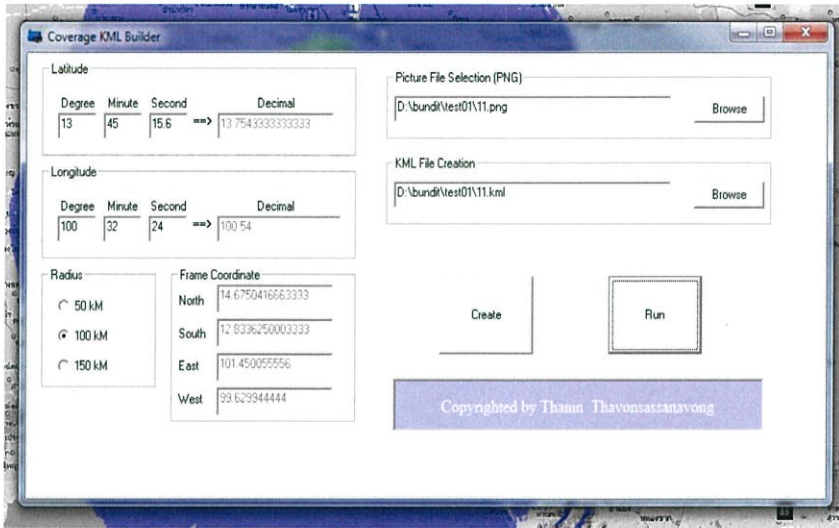


รูปที่ 4.8 ตั้งค่าพารามิเตอร์ใน General

6. หลังจากตั้งค่าต่าง ๆ ใน Parameter เสร็จสิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเริ่มจำลองพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณที่ออกอากาศ (coverage) ของสถานีเสริมจอมบึง ด้วยวิธีการดังนี้ คลิกที่สถานีจอมบึง > คลิก coverage calculation เลือกคำนวณ Coverage โดยเสารับสูง 6 m. และ Distance 100 km ดังรูปที่ 4.9 จะได้ผลการจำลองออกมา ดังรูปที่ 4.10

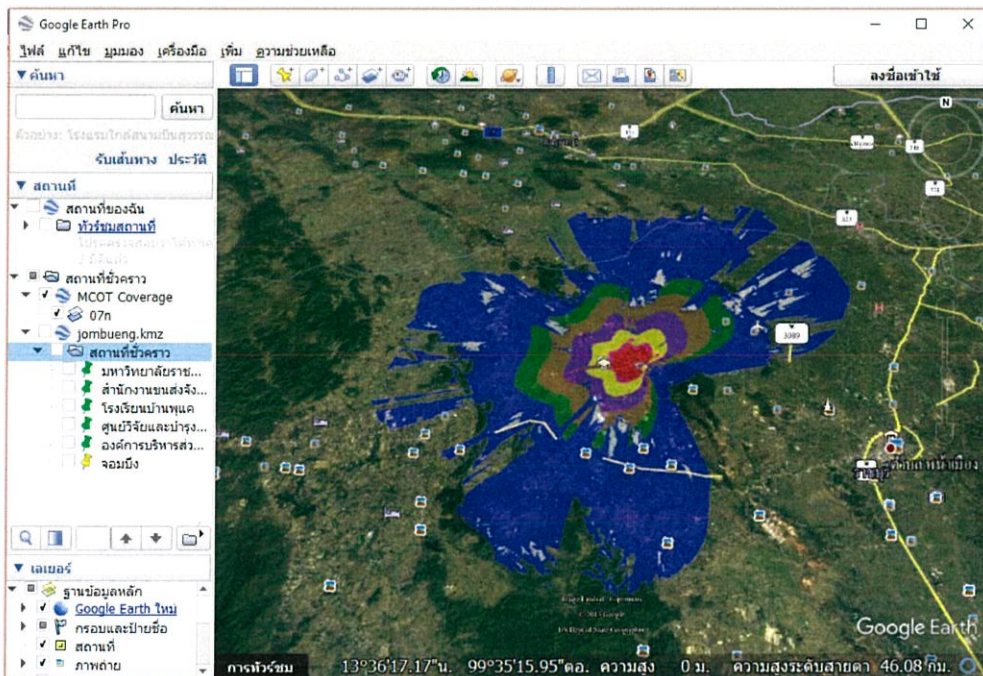
4.2 วิธีการกำหนดจุดการวัดสัญญาณออกอากาศสถานีเสริมจอมบึง

1. ใช้โปรแกรม Coverage KML Builder เพื่อเชื่อมตำแหน่งที่ทำการจำลองในโปรแกรม ICS Telecom เข้ากับแผนที่ในโปรแกรม Google Earth Pro ดังรูปที่ 4.11



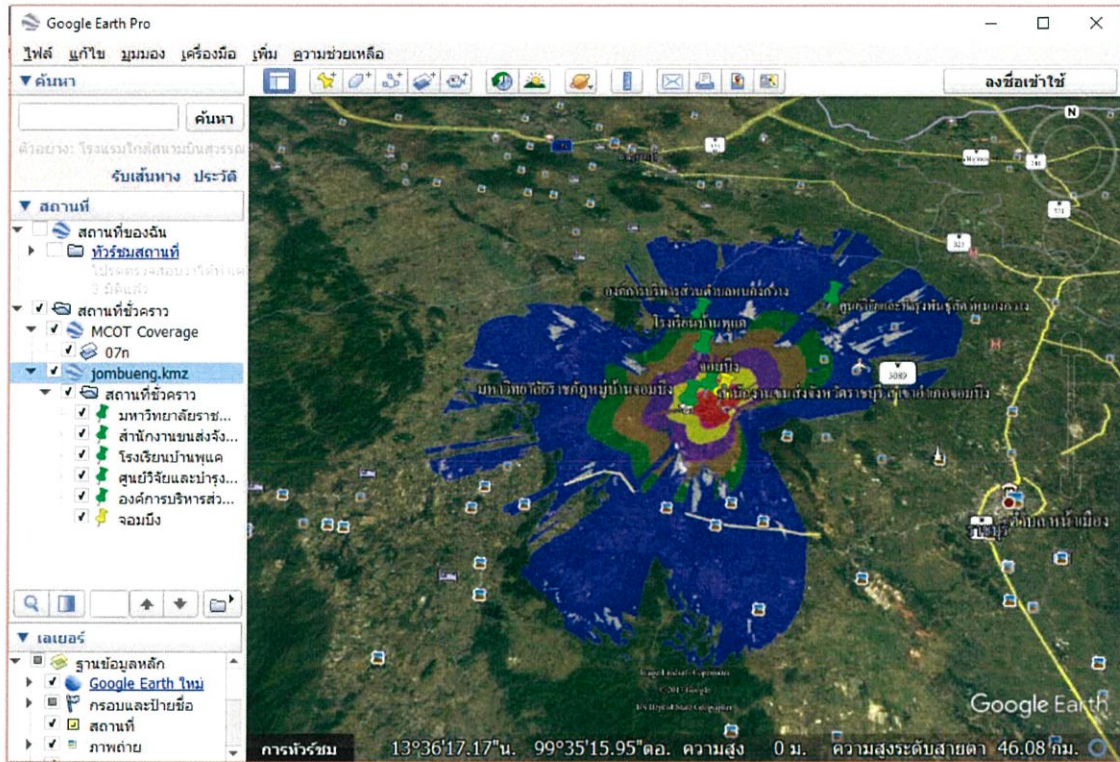
รูปที่ 4.11 โปรแกรม Coverage KML Builder

2. เปิดโปรแกรม google Earth Pro ขึ้นมา ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 โปรแกรม google Earth Pro

3. กำหนดจุดที่ต้องการวัดสัญญาณ ทั้งหมด 6 สถานที่ คือ สถานีเสริมจอมบึง , มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง , สำนักงานขนส่งจังหวัดราชบุรี สาขาอำเภอจอมบึง , โรงเรียนบ้านพุแค , ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์หนองกวาง และ องค์การบริหารส่วนตำบลหนองกวาง ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 กำหนดจุดวัดสัญญาณ

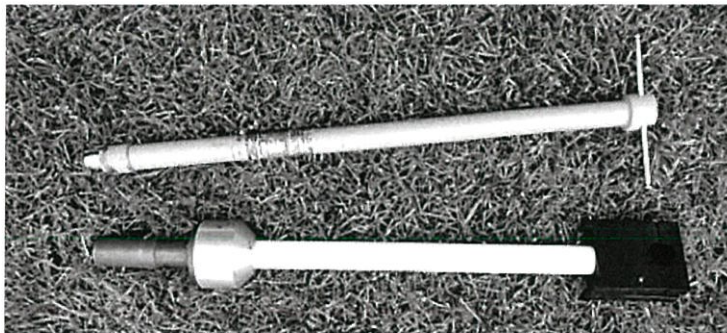
4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดสัญญาณ

1. เครื่องวัดสัญญาณ BROADCAST ANALYZERS ของ ROVER HD PROTAB ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 เครื่องวัดสัญญาณ BROADCAST ANALYZERS

2. สายอากาศไดโพลสำหรับความถี่ย่าน UHF ดังรูปที่ 4.15



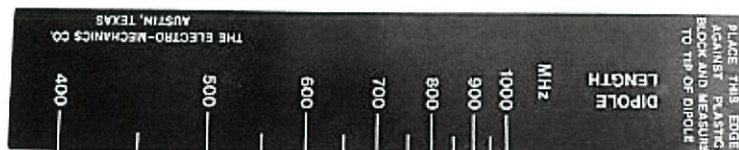
รูปที่ 4.15 สายอากาศไดโพลสำหรับความถี่ย่าน UHF

3. สาย Coaxial cable RG-214 (50 โอห์ม) ยาว 10 เมตร ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 สาย Coaxial cable

4. ไม้บรรทัดสำหรับปรับความยาวของสายอากาศให้เหมาะสมกับความถี่ ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ไม้บรรทัดสำหรับปรับความยาวของสายอากาศให้เหมาะสมกับความถี่

5. เสาสำหรับตั้งสายอากาศ สูง 6 เมตร ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 เสาสำหรับตั้งสายอากาศ สูง 6 เมตร

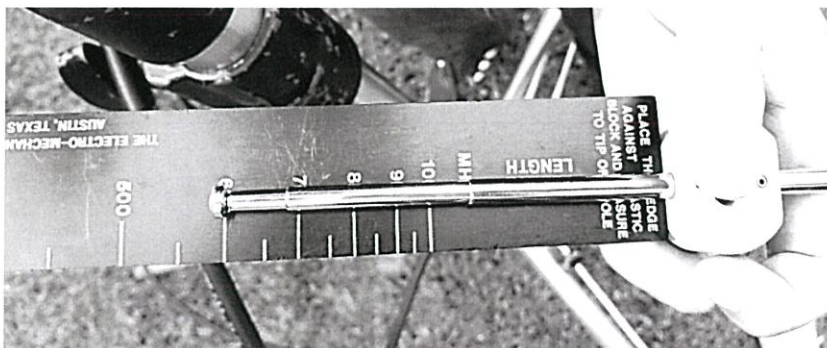
4.4 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์วัดสัญญาณ DVB-T2

1. กำหนดตำแหน่งจุดการวัด โดยมีจุดวัดสัญญาณ 6 จุด ดังนี้ สถานีเสริมจอมบึง , มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง , สำนักงานขนส่งจังหวัดราชบุรี สาขาอำเภอจอมบึง , โรงเรียนบ้านพุแค , ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์หนองกวาง และ องค์การบริหารส่วนตำบลหนองกวาง ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์หนองกวาง

2. ใช้ไม้บรรทัดสำหรับปรับความยาวของสายอากาศ เพื่อทำการปรับความยาวของสายอากาศได้พอดีให้ตรงกับความถี่ของสัญญาณในแต่ละ MUX ที่จะทำการวัด ดังรูปที่ 4.20 และปรับความถี่ตามตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.20 ใช้ไม้บรรทัดสำหรับปรับความยาวของสายอากาศ ให้ตรงกับความถี่ของสัญญาณ

ตารางที่ 4.1 ค่าที่ใช้ในการตั้งค่าวัดสัญญาณแต่ละ MUX

MUX	ช่องสัญญาณ	ความถี่ (MHz)
1	49 - NBT	698
2	37 - TV5	602
3	41 - MCOT	634
4	30 - TPBS	546
5	27 - TV5 (New)	522

3. ประกอบสายอากาศไดโพลกับเสาตั้ง จากนั้นต่อสายอากาศไดโพลเข้ากับสาย Coaxial cable RG-214 ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 ประกอบสายอากาศ เข้ากับเสาขาตั้ง

4. ต่อสาย Coaxial cable RG-214 เข้ากับเครื่องวัด BROADCAST ANALYZERS ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 ต่อสาย Coaxial cable RG-214 เข้ากับเครื่องวัด BROADCAST ANALYZERS

5. ปรับความสูงของเสาตั้งให้มีความสูง 6 เมตร ดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 ปรับความสูงของเสาตั้งให้มีความสูง 6 เมตร

6. เปิดเครื่องวัดสัญญาณ BROADCAST ANALYZERS เลือก TV ดังรูปที่ 4.24 > หน้าตาพารามิเตอร์โดยรวม ดังรูปที่ 4.25

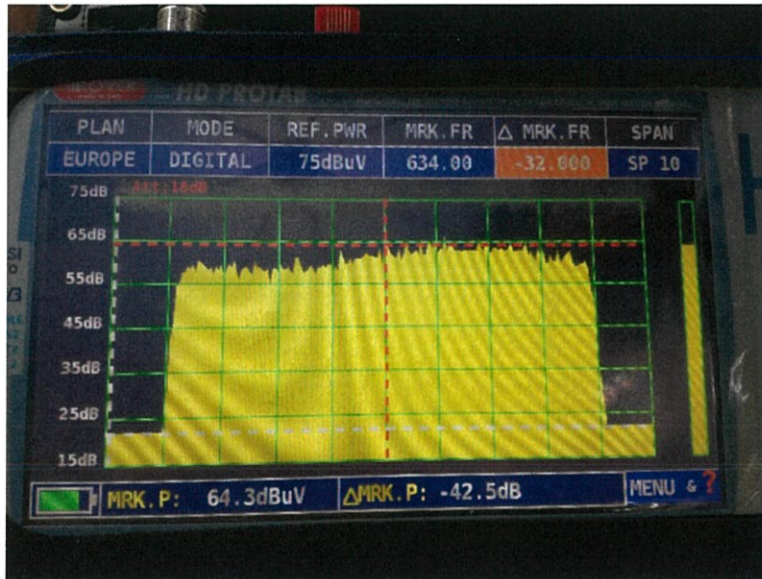


รูปที่ 4.24 เปิดเครื่องวัดสัญญาณ BROADCAST ANALYZERS เลือก TV

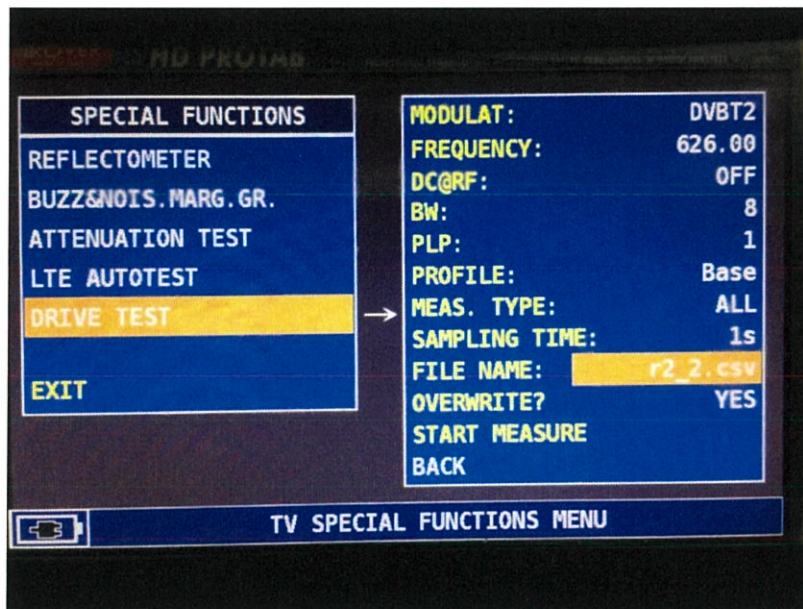


รูปที่ 4.25 หน้าตาพารามิเตอร์โดยรวม

7. เข้าหน้าต่าง Receive signal strength เพื่อดูค่าสัญญาณ ดังรูปที่ 4.26 แล้วทำการบันทึกค่า Receive signal strength ดังนี้เลือก SPECIAL FUNCT > Drive test ต่อแฟลชไดรฟ์ แล้วตั้งชื่อไฟล์ กด Enter เพื่อเริ่มการบันทึก 20 ค่า ดังรูปที่ 4.27



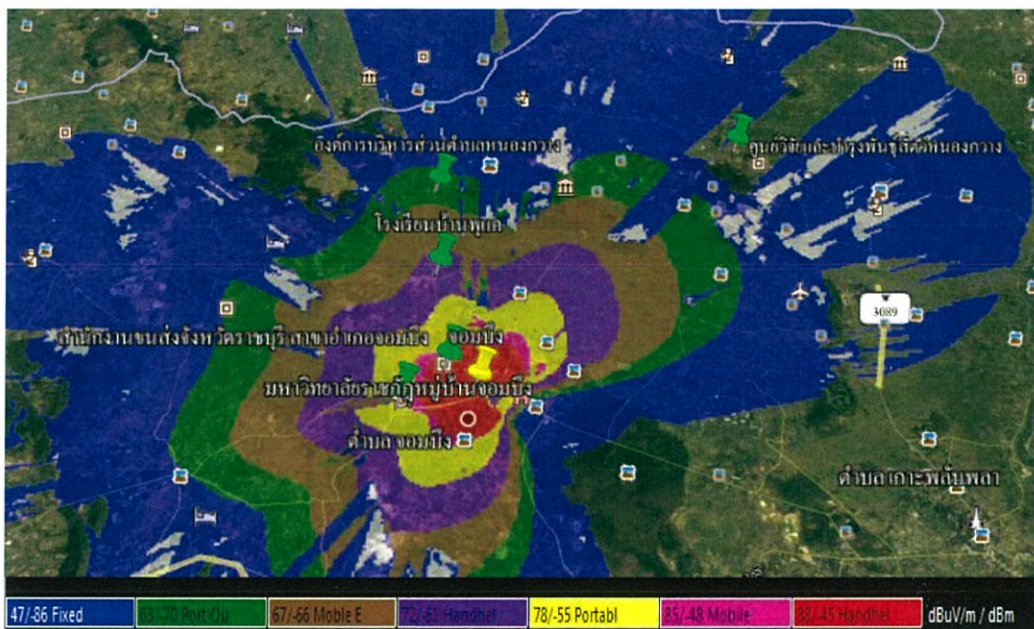
รูปที่ 4.26 เข้าหน้าต่าง Receive signal strength



รูปที่ 4.27 ทำการบันทึกค่า Receive signal strength 20 ค่า

4.5 ผลการวัดค่า Receive signal strength สถานีเสริมจอมบึง

1. ผลค่า Receive signal strength ที่ได้จากโปรแกรม ICS telecom การจำลองพื้นที่ที่ครอบคลุมของสัญญาณที่ออกอากาศ และกำหนดจุดการวัดค่า Receive signal strength จากโปรแกรม google Earth Pro ทั้งหมด 6 จุด คือ สถานีเสริมจอมบึง , มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง , สำนักงานขนส่งจังหวัดราชบุรี สาขาอำเภอจอมบึง , โรงเรียนบ้านพุแค , ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์หนองขวาง และ องค์การบริหารส่วนตำบลหนองขวาง ดังรูปที่ 4.28 โดยผลค่า Receive signal strength จะแบ่งเป็นเขตสีดังตารางที่ 4.2 โดยแต่ละสถานที่ที่มีค่าความแรง Receive signal strength ตามตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.28 กำหนดจุดการวัดค่า ค่า Receive signal strength

ตารางที่ 4.2 ค่าความแรง Receive signal strength ที่แบ่งตามเขตสี

ช่วงสี	ค่า Receive signal strength (dBμV/m)
สีแดง	88-100
สีม่วง	85-88
สีเหลือง	78-85
สีม่วงเข้ม	72-78
สีน้ำตาล	67-72
สีเขียว	63-67
สีน้ำเงิน	47-86

ตารางที่ 4.3 ค่า Receive signal strength จากโปรแกรม ICS telecom ของจุดวัดสัญญาณสถานีเสริมจอมบึง

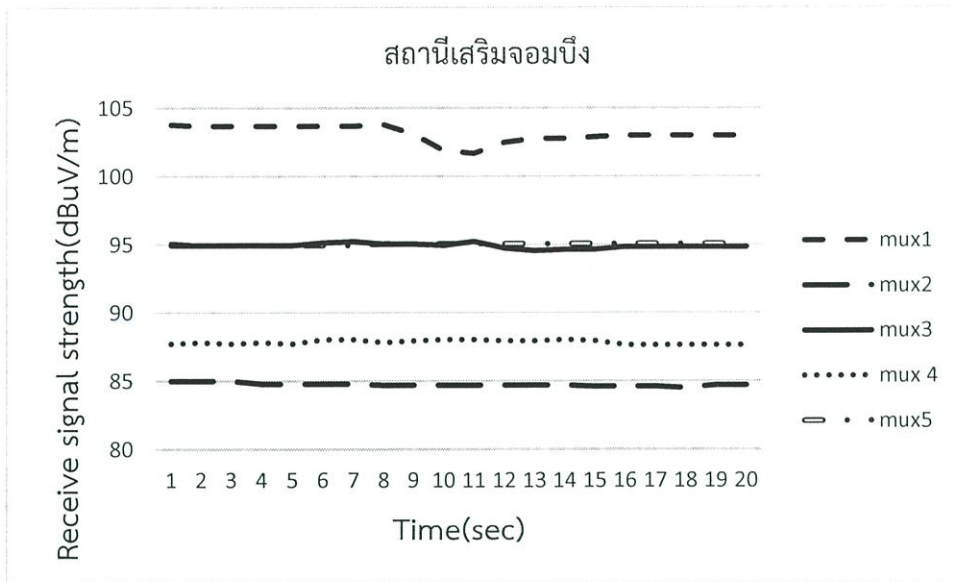
สถานที่วัดสัญญาณ	ช่วงสี	ระยะห่างจากสถานีเสริมจอมบึง	ค่า Receive signal strength จากโปรแกรม ICS telecom
1. สถานีเสริมจอมบึง	แดง	0 km	96 dB μ V/m
2. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง	เหลือง	3.03 km	84 dB μ V/m
3. สำนักงานขนส่งจังหวัดราชบุรี สาขาอำเภอจอมบึง	แดง-ม่วงเข้ม	1.52 km	91 dB μ V/m
4. โรงเรียนบ้านพุดแค	ม่วงเข้ม	6 km	74 dB μ V/m
5. ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์หนองขวาง	ไม่มีสี	16.96 km	44 dB μ V/m
6. องค์การบริหารส่วนตำบลหนองขวาง	เขียว	10.88 km	65 dB μ V/m

2. ผลการวัดสัญญาณออกอากาศของสถานีเสริมจอมบึง

ค่า Receive signal strength ตามจุดต่าง ๆ ทั้งหมด 6 สถานี ในแต่ละ MUX แล้วเลือกพล็อตกราฟค่า Receive signal strength ทั้ง 5 MUX จะได้ผลการวัดค่า Receive signal strength ของแต่ละสถานีที่ดังนี้

2.1 ผลการวัดค่า Receive signal strength ของสถานีเสริมจอมบึง

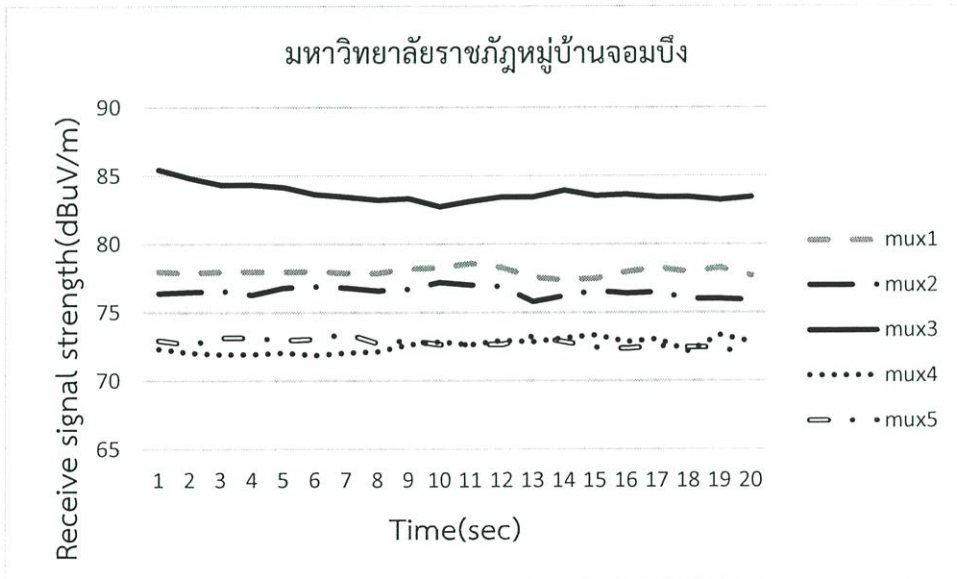
พบว่า MUX 1 – 5 มีค่า Receive signal strength โดยเฉลี่ยคือ 103.1021 dB μ V/m , 84.7319 dB μ V/m , 94.9068 dB μ V/m , 87.8391 dB μ V/m และ 95.0234 dB μ V/m ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 ผลการวัดค่า Receive signal strength ของสถานีเสริมจอมบึง

2.2 ผลการวัดค่า Receive signal strength ของมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง พบว่า MUX 1 – 5 มีค่า Receive signal strength โดยเฉลี่ยคือ 77.9721

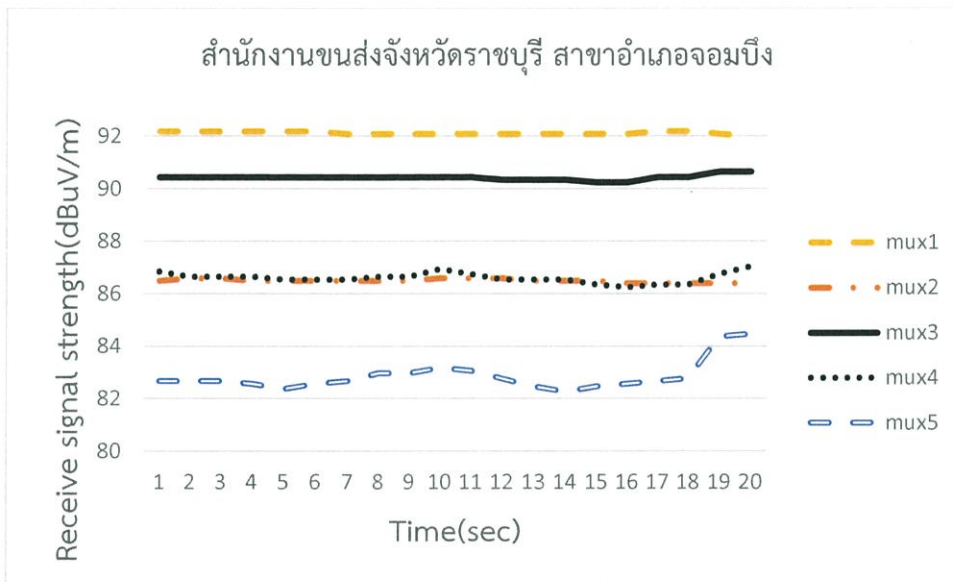
dB μ V/m , 76.4969 dB μ V/m , 83.6846 dB μ V/m , 72.5488 dB μ V/m และ 72.7584 dB μ V/m ดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 ผลการวัดค่า Receive signal strength ของมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

2.3 ผลการวัดค่า Receive signal strength ของสำนักงานขนส่งจังหวัดราชบุรี สาขา อำเภोजอมบึง

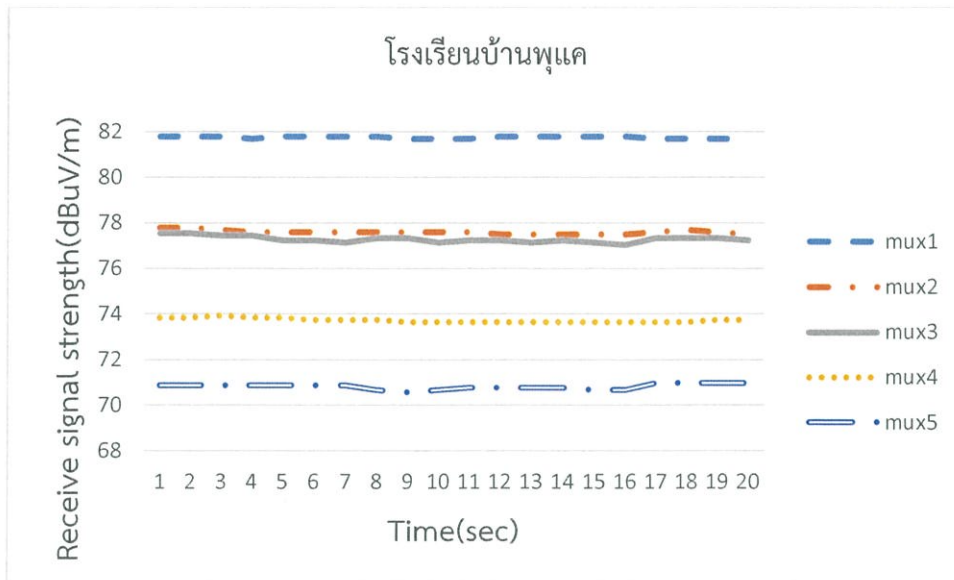
พบว่า MUX 1 – 5 มีค่า Receive signal strength โดยเฉลี่ยคือ 92.1121 dB μ V/m , 86.4919 dB μ V/m , 90.4267 dB μ V/m , 86.6038 dB μ V/m, 82.8431 dB μ V/m ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 ผลการวัดค่า Receive signal strength ของสำนักงานขนส่งจังหวัดราชบุรี สาขาอำเภोजอมบึง

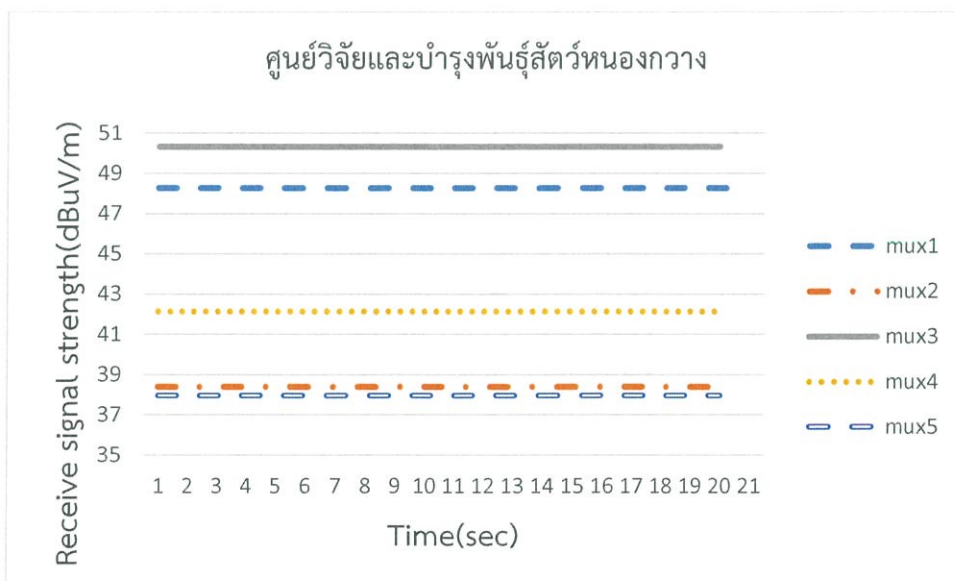
2.4 ผลการวัดค่า Receive signal strength ของโรงเรียนบ้านพุแค

พบว่า MUX 1 – 5 มีค่า Receive signal strength โดยเฉลี่ยคือ 81.7371 dB μ V/m , 77.5919 dB μ V/m , 77.2867 dB μ V/m, 73.7238 dB μ V/m และ 70.7984 dB μ V/m ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.32



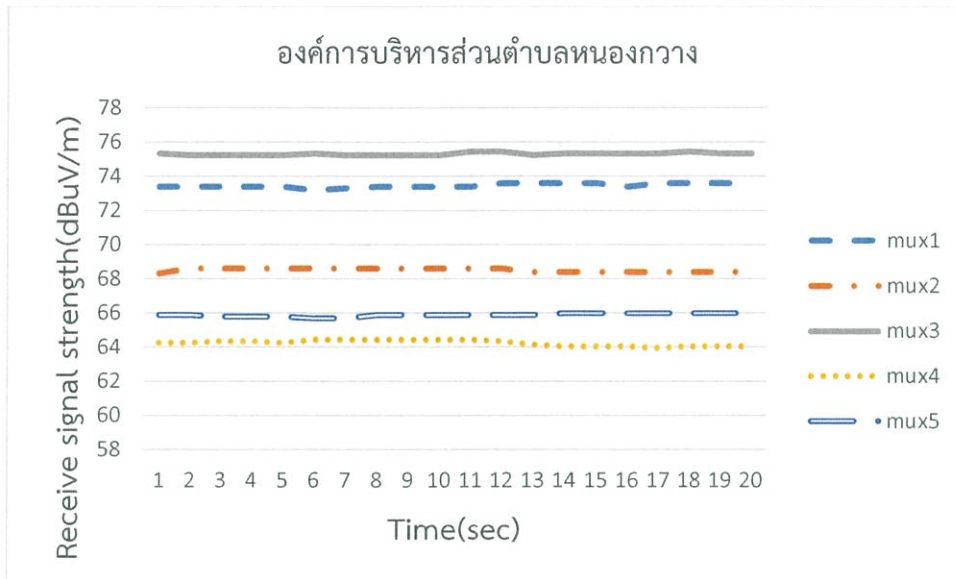
รูปที่ 4.32 ผลการวัดค่า Receive signal strength ของโรงเรียนบ้านพุกแค

2.5 ผลการวัดค่า Receive signal strength ของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์หนองกวาง พบว่า MUX 1 – 5 มีค่า Receive signal strength โดยเฉลี่ย คือ 48.2771 dB μ V/m , 38.3919 dB μ V/m, 50.3417 dB μ V/m, 42.1438 dB μ V/m และ 37.9534 dB μ V/m ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 ผลการวัดค่า Receive signal strength ของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์หนองกวาง

2.6 ผลการวัดค่า Receive signal strength ขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองกวาง พบว่า MUX 1 – 5 มีค่า Receive signal strength โดยเฉลี่ย คือ 73.4421 dB μ V/m , 68.4969 dB μ V/m, 75.3117 dB μ V/m, 64.2388 dB μ V/m และ 65.8534 dB μ V/m ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 ผลการวัดค่า Receive signal strength ขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองกวาง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุประบบสถานีเสริม

อุปกรณ์สำหรับโครงสร้างพื้นฐานการให้บริการสิ่งอำนวยความสะดวกและโครงข่าย ด้านกิจการ โทรทัศน์หรือวิทยุกระจายเสียงภาคพื้นดินที่จำเป็นในการออกแบบ ประกอบด้วย

1. ระบบสายอากาศโทรทัศน์ (Television Antenna System) สำหรับย่านความถี่ใช้งานกิจการ โทรทัศน์ใน UHF Band ตั้งแต่ 470-860 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) จะใช้สายอากาศอยู่ 2 ประเภท คือ สายอากาศรอบตัว(Omni-directional) สามารถกระจายสัญญาณรอบทิศทางในอากาศ มีรูปร่างการ แพร่กระจายของคลื่นในแนวนอน 360 องศา จะใช้สายอากาศชนิด Superturnstile antennas และ สายอากาศทิศทาง (Directional) เป็นรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นในสายอากาศแบบทิศทางเดียว ใน ทิศทางที่กำหนดไว้เท่านั้น จะใช้สายอากาศชนิด Patch antenna

2. สายส่งสัญญาณ (Transmission Line) สายส่งหรือสายนำสัญญาณ เป็นอุปกรณ์ที่เป็นตัวนำและ ถ่ายทอดสัญญาณไปสู่อุปกรณ์ปลายทาง แต่ในทางระบบโทรทัศน์ จะใช้สายส่งสัญญาณเป็นตัวกลางนำ สัญญาณจากตัวเครื่องรับ-ส่งไปสู่สายอากาศ และนำสัญญาณจากสายอากาศมาสู่เครื่องรับส่ง สายส่ง สัญญาณที่นิยมใช้ในระบบโทรทัศน์ที่ใช้กันทั่วไป เป็นสายส่งสัญญาณแบบโคแอกเซียล (Coaxial Line)

3. อุปกรณ์รวมสัญญาณ (Combiner) อุปกรณ์รวมสัญญาณ ทำหน้าที่ รวมความถี่ของทั้ง 5 MUX โดยไม่เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน เพื่อให้ออกอากาศโดยใช้สายอากาศชุดเดียว

4. กำลังส่งของเครื่องส่งโทรทัศน์ เป็นข้อมูลที่สำคัญในการส่งสัญญาณ เนื่องจากเป็นค่าที่บ่งบอกถึง ความสามารถในการครอบคลุมพื้นที่กระจายสัญญาณ ว่าสามารถออกอากาศได้ไกลเท่าใด จึงจำเป็นต้อง คำนวณกำลังส่งของเครื่องส่งโทรทัศน์

5. เครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สามารถทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับ อุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างต่อเนื่อง แม้ในเวลาที่เกิดไฟดับหรือเกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้า ผันผวนผิดปกติ โดย UPS จะทำการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

6. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ทำหน้าที่ เป็นเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าสำรองในกรณีที่ กระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าดับเพื่อให้หน่วยงานต่างๆมีกระแสไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่อง

7. จานรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite) ทำหน้าที่ สะท้อนสัญญาณที่รับได้จากดาวเทียม เพื่อ รวมสัญญาณไปที่จุดโฟกัสของจาน

5.2 สรุปผลการวัดค่าสถานีเสริมจอมบึง

ในการทำการวิจัยนี้ได้ไปศึกษาอุปกรณ์และทดสอบสัญญาณเพียงแค่สถานีเสริมจอมบึง จังหวัดราชบุรี ที่มีสายอากาศแบบ type 2 ตามที่ กสทช. กำหนด, เสาอากาศสูง 112 เมตร ,กำลังส่งของเครื่องส่งสัญญาณ ประมาณ 1000 วัตต์ สายส่งสัญญาณขนาด 1-5/8 นิ้ว ยาว 90 เมตร และในการทดสอบสัญญาณออกอากาศของสถานีเสริมจอมบึงได้เปรียบเทียบค่า Receive signal strength MUX 3 ของบริษัท อสมท Channel 41 ความถี่ 634.00 MHz ผลจากโปรแกรม ICS telecom ของจุดวัดสัญญาณสถานีเสริมจอมบึงกับค่า Receive signal strength จากสถานีที่จริงของสถานีเสริมจอมบึง จากการประเมินช่องสัญญาณสถานีเสริมจอมบึงดังตารางที่ 3 สรุปได้ว่าค่า receives signal strength มีความแตกต่างกันในแต่ละลักษณะทางภูมิประเทศ ดังตารางที่ 5.1 และสถานีเสริมจอมบึง ดังรูปที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่า Receive signal strength จากโปรแกรมและจากสถานีที่จริง

สถานที่วัดสัญญาณ	ระยะห่างจากสถานีเสริมจอมบึง	ค่า Receive signal strength จากโปรแกรม ICS telecom	ค่า Receive signal strength จากสถานีที่จริง
1.สถานีเสริมจอมบึง	0 km	96 dB μ V/m	94.9068 dB μ V/m
2.มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง	3.03 km	84 dB μ V/m	83.6846 dB μ V/m
3.สำนักงานขนส่งจังหวัดราชบุรี สาขาอำเภอจอมบึง	1.52 km	91 dB μ V/m	90.4267 dB μ V/m
4.โรงเรียนบ้านพุแค	6 km	74 dB μ V/m	77.2867 dB μ V/m
5.ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์หนองขวาง	16.96 km	44 dB μ V/m	50.3417 dB μ V/m
6.องค์การบริหารส่วนตำบลหนองขวาง	10.88 km	65 dB μ V/m	64.2388 dB μ V/m



รูปที่ 5.1 สถานีเสริมจอมบึง

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากจำนวนสถานีเสริม มีทั้งหมด 129 สถานี ในระยะเวลา 4 เดือนไม่เพียงพอที่จะไปดูได้ทุกสถานี ในการทำการวิจัยนี้ได้ไปดูอุปกรณ์และทดสอบสัญญาณเพียงแค่สถานีเสริมจอมบึง จังหวัดราชบุรี และเนื่องด้วยในวันที่ไปดูอุปกรณ์ได้มีอุปกรณ์บางอย่างไม่ทำงาน คือ เครื่องส่งสัญญาณ จึงควรมีอุปกรณ์ที่ตรวจสอบของสถานะอุปกรณ์ที่สำคัญ เช่น UPS, IRD, Transmitter, เซนเซอร์จับอุณหภูมิภายในสถานีเสริมและระบบไฟฟ้า ในกรณีที่เกิดสิ่งผิดปกติ เช่น ไฟดับ เครื่องปรับอากาศเสียส่งผลให้อุณหภูมิสูง เครื่องส่งหรืออุปกรณ์อื่น ๆ เสียหาย จะได้มาซ่อมได้ทันเวลาได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะอนุกรรมการเฉพาะกิจศึกษาและจัดทำมาตรฐานทางเทคนิค สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. *รายงานผลการศึกษาและจัดทำมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล*. กรุงเทพมหานคร : กสทช., 2552
- [2] คณะทำงานด้านเทคนิคในกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล และ สำนักวิศวกรรมและเทคโนโลยีกระจายเสียงและโทรทัศน์ (ทส.) สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. *แนวปฏิบัติทางเทคนิคสำหรับการให้บริการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล (Technical Guidelines for Digital Terrestrial Television Broadcasting)*. กรุงเทพมหานคร : สำนักวิศวกรรมและเทคโนโลยีกระจายเสียงและโทรทัศน์ (ทส.) สำนักงาน กสทช., 2558
- [3] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. *ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง แผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล*. กรุงเทพมหานคร : กสทช., 2555
- [4] นายไกรสิทธิ์ เปี่ยมสง่า ฝ่ายบริการวิศวกรรม อสมท. *คู่มือการคำนวณและออกแบบอุปกรณ์โครงสร้างพื้นฐานการให้บริการสิ่งอำนวยความสะดวกและโครงข่ายด้านกิจการโทรทัศน์หรือวิทยุกระจายเสียงภาคพื้นดิน*. กรุงเทพมหานคร : อสมท, 2559
- [5] คุณอรุณพร ศรีอรุณเจริญ ฝ่ายบริการ *เครื่องสำรองไฟฟ้าและปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ* กรุงเทพมหานคร : สีโอเนคส์ , 5 กรกฎาคม 2016
- [6] UHF Transmitting Antenna Polarization Horizontal Radiation Patterns Examples of typical horizontal antenna arrays and their horizontal radiation patterns. Datasheet KATHREIN Antennas Electronic
- [7] UHF Transmitting Antenna Polarization Omnidirectional antenna in protective fiberglass radome with a diameter of 230 mm. Radome color: Light grey. Flange: Hot-dip galvanized steel. Datasheet KATHREIN Antennas Electronic
- [8] UHF Transmitting Antenna Polarization directional antenna. Datasheet KATHREIN Antennas Electronic
- [9] Product Data Sheet HCA158-50J 1/2" HELIFLEX® Foam-Dielectric Coaxial Cable. RFS The Clear Choice 2013

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [10] Product Data Sheet HCA400-50J 4" HELIFLEX® Air-Dielectric Coaxial Cable. RFS The Clear Choice 2013
- [11] Product Data Sheet HCA158-50J 1-5/8" HELIFLEX® Foam-Dielectric Coaxial Cable. RFS The Clear Choice, 2013
- [12] Product Data Sheet HCA300-50J 3" HELIFLEX® Air-Dielectric Coaxial Cable. RFS The Clear Choice, 2013
- [13] RFS Broadcast Solutions UHF Combiner patch panel with 3 port and CMR site CHOMBUEN. RFS The Clear Choice, 2016
- [14] TECHNICAL PROPOSAL UHF DTV expansion PHP antenna site CHOMBUEN. RFS The Clear Choice, 2016

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลเกี่ยวกับสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลของประเทศไทย จำนวน 171 สถานี ประกอบด้วย 39 สถานีหลัก 129 สถานีเสริม กำหนดโดย สำนักวิศวกรรมและเทคโนโลยีกระจายเสียงและสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช).

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลของประเทศไทย จำนวน 171 สถานี

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Site nr	Type	Network ID	Art. delay (µs)	Site name	Longitude	Latitude	Ant. height (m)	Max ERP (kW)	HRP (degrees)	Antenna type	Ch gr	Ch Mux 1	Ch Mux 2	Ch Mux 3	Ch Mux 4	Ch Mux 5	Ch Mux 6
1.00	M	SFN(1-6) 1-Db	0	กรุงเทพมหานคร	100.540270	13.754300	328	100.0	ND		Db	26	36	40	44	32	29
1.01	A1	SFN(1-6) 4-De	0	เจ้าอาวาส	100.949558	13.190653	40	1.0	170	Type 3a	De	45	59	53	56	43	48
1.02	A1	SFN(1-6) 4-De	0	พญา	100.866450	12.921333	60	1.0	120	Type 2	De	45	59	53	56	43	48
1.03	A2	SFN(1-6) 2-Dc	0	จอมศรี	99.613515	13.627185	112	5.0	250	Type 2	Dc	49	37	41	30	27	33
1.04	A2	SFN(1-6) 4-De	0	บึงขาค	101.439334	13.278336	72	5.0	155;345	Type 5a	De	45	59	53	56	43	48
1.05	A2	SFN(1-6) 1-Db	0	สมุทรสงคราม	100.003068	13.409810	73	0.5	270	Type 4	Db	26	36	40	44	32	29
1.06	A3	SFN(1-6) 5-Dd	0	สถานีเคเอ็ม A3 #100	101.532330	13.560010	70	1.0	140;320	Type 5	Dd	54	50	46	38	57	34
2.00	M	SFN(1-6) 2-Dc	0	กาญจนบุรี	99.420556	14.074444	124	25.0	60	Type 4	Dc	49	37	41	30	27	33
2.01	A2	SFN(1-6) 2-Dc	0	ไร่ไผ่	99.144000	14.118230	70	0.5	130;310	Type 5	Dc	49	37	41	30	27	33
2.02	A2	SFN(1-6) 2-Dd	0	หนองบัว	98.623956	14.752401	70	0.5	150;330	Type 5	Dd	38	50	46	34	54	57
2.03	A3	SFN(1-6) 2-Dd	0	สถานีเคเอ็ม A3 #101	98.344410	15.115130	70	1.0	ND	Type 1	Dd	38	50	46	34	54	57
2.04	A3	SFN(1-6) 2-De	0	สถานีเคเอ็ม A3 #064	99.482219	14.583099	70	10.0	270	Type 2	De	53	43	45	48	56	59
3.00	M	SFN(1-6) 3-Da	0	สีทันดร	100.377004	14.836115	126	15.0	ND		Da	35	51	47	39	31	28
3.01	A1	SFN(1-6) 3-Da	0	สุพรรณบุรี	100.180238	14.463391	100	1.0	260	Type 4	Da	35	51	47	39	31	28
3.02	A1	SFN(1-6) 3-Da	0	ด่านช้าง 2	99.66790	14.93061	60	0.3	255	Type 3a	Da	35	51	47	39	31	28
3.03	A1	SFN(1-6) 8-Dc	56	ม่วงฝัก	101.153715	14.652015	20	0.5	90	Type 2	Dc	41	49	30	33	37	27
3.04	A1	SFN(1-6) 3-Da	3	สวนปศุสัตว์การทหารม้า	100.926111	14.508056	80	0.5	45	Type 3a	Da	35	51	47	39	31	28
3.05	A2	SFN(1-6) 2-De	0	ด่านช้าง	99.695923	14.842848	107	2.0	260	Type 2	De	53	43	45	48	56	59
3.06	A3	SFN(1-6) 3-De	0	สถานีเคเอ็ม A3 #102	101.138520	15.191100	70	1.0	ND	Type 1	De	53	43	45	48	56	59
3.07	A3	SFN(1-6) 3-De	0	สถานีเคเอ็ม A3 #031	100.833144	15.437557	70	1.0	ND	Type 1	De	53	43	45	48	56	59
4.00	M	SFN(1-6) 4-De	0	ระยอง	101.412925	12.675987	52	50.0	0		De	45	59	53	56	43	48
4.01	A2	SFN(1-6) 4-Da	0	โป่งน้ำร้อน	102.274523	12.889700	92	10.0	ND	Type 1	Da	47	31	35	28	39	51
4.02	A3	SFN(1-6) 4-Da	0	สถานีเคเอ็ม A3 #025	102.354020	13.008778	70	10.0	250	Type 2	Da	47	31	35	28	39	51
4.03	A3	SFN(1-6) 4-Da	0	สถานีเคเอ็ม A3 #069	101.883540	13.165515	70	2.0	ND	Type 1	Da	47	31	35	28	39	51
5.00	M	SFN(1-6) 5-Dd	0	สระแก้ว	102.104231	13.804003	156	50.0	190		Dd	54	50	46	38	57	34
5.01	A1	SFN(1-6) 8-Dc	108	ป่าจันทบุรี (เขตทหารโยน)	101.373976	14.134715	80	1.0	160	Type 4	Dc	41	49	30	33	37	27

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลของประเทศไทย จำนวน 171 สถานี (ต่อ)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Site nr	Type	Network ID	Art. delay (µs)	Site name	Longitude	Latitude	Ant. height (m)	Max ERP (kW)	HRP (degrees)	Antenna type	Ch gr	Ch Mux 1	Ch Mux 2	Ch Mux 3	Ch Mux 4	Ch Mux 5	Ch Mux 6
5.02	A2	MFN(1-6) 5-De	0	ศาลพระยา	102.804796	14.002854	97	0.5	310	Type 2	De	53	43	45	48	56	59
6.00	M	SFN(1-6) 6-Dc	0	สราภ	102.298440	12.195510	64	50.0	90		Dc	33	37	41	49	30	27
6.01	A3	SFN(1-6) 6-Dc	0	สถานีเคเอ็ม A3 #103	102.469067	12.408588	70	1.0	ND	Type 1	Dc	33	37	41	49	30	27
7.00	M	SFN(1-6) 7-Dd	0	ประจวบคีรีขันธ์	99.801300	11.905940	60	20.0	ND		Dd	46	50	54	57	38	34
7.01	A1	SFN(1-6) 7-Dd	0	พิงกัน	99.935176	12.565142	75	1.0	270	Type 7	Dd	46	50	54	57	38	34
7.02	A1	MFN(1-6) 7-Da	0	เพชรบุรี	99.929012	13.104522	80	0.5	70	Type 2	Da	47	31	35	28	39	51
7.03	A1	SFN(1-6) 7-De	0	ทับชะวาก	99.588250	11.418960	84	5.0	25;195	Type 5a	De	53	43	45	48	56	59
7.04	A3	SFN(1-6) 7-Dd	0	สถานีเคเอ็ม A3 #019	99.978240	12.447620	70	0.5	270	Type 3	Dd	46	50	54	57	38	34
7.05	A3	SFN(1-6) 7-De	0	สถานีเคเอ็ม A3 #104	99.415020	11.154510	70	2.0	10;190	Type 5	De	53	43	45	48	56	59
8.00	M	SFN(1-6) 8-Dc	0	นครราชสีมา	101.995052	14.947688	156	50.0	ND		Dc	41	49	30	33	37	27
8.01	A1	SFN(1-6) 10-Db	22	ชุมพร	102.794060	15.273160	120	5.0	295	Type 2	Db	26	32	40	36	44	29
8.02	A1	SFN(1-6) 8-Dc	0	เขาชะเมาเขียง	101.546679	14.786090	80	5.0	225	Type 3a	Dc	41	49	30	33	37	27
8.03	A2	SFN(1-6) 8-Dc	0	เขาชะเมาใต้ วัฒนารักษ์	101.900449	14.415619	40	0.5	185	Type 2	Dc	41	49	30	33	37	27
9.00	M	SFN(1-6) 9-Da	0	จันทบุรี	102.026740	15.729570	120	15.0	0		Da	31	47	39	35	51	28
9.01	A1	SFN(1-6) 9-Da	0	หนองบัวลำภู	101.895300	15.999858	120	0.5	345	Type 4	Da	31	47	39	35	51	28
9.02	A2	SFN(1-6) 9-Da	0	หนองบัวลำภู 2	101.804348	16.082553	70	0.5	270	Type 2	Da	31	47	39	35	51	28
9.03	A3	SFN(1-6) 9-Da	0	สถานีเคเอ็ม A3 #055	101.586120	15.871080	70	0.5	30;210	Type 5	Da	31	47	39	35	51	28
9.04	A3	SFN(1-6) 15-De	0	สถานีเคเอ็ม A3 #046	102.352360	16.366759	70	10.0	ND	Type 1	De	59	45	53	56	48	43
10.00	M	SFN(1-6) 10-Db	0	สุรินทร์	103.507680	14.919520	126	50.0	ND		Db	26	32	40	36	44	29
10.01	A1	SFN(1-6) 10-Db	0	บุรีรัมย์	103.098123	14.934247	80	2.0	255	Type 3a	Db	26	32	40	36	44	29
10.02	A2	SFN(1-6) 10-Db	11	น่าน	102.794802	14.630352	72	20.0	240	Type 2	Db	26	32	40	36	44	29
10.03	A3	SFN(1-6) 14-Dd	0	สถานีเคเอ็ม A3 #105	103.922471	15.411229	70	0.5	ND	Type 1	Dd	57	50	46	54	34	38
11.00	M	SFN(1-6) 11-Dc	0	ศรีสะเกษ	104.345228	15.042331	120	20.0	ND		Dc	41	30	33	27	49	37
11.01	A2	SFN(1-6) 12-Da	0	กันทรวิชัย	104.651717	14.641479	72	2.0	160	Type 2	Da	47	31	35	28	39	51
11.02	A3	SFN(1-6) 11-Dc	177	สถานีเคเอ็ม A3 #106	104.104981	14.489833	70	0.5	260;80	Type 5	Dc	41	30	33	27	49	37
12.00	M	SFN(1-5) 11-Dc	0	อุบลราชธานี	104.923611	15.381667	156	50.0	ND		Dc	41	30	33	27	49	52

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลสถานีส่งสัญญาณโทรศัพท์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลของประเทศไทย จำนวน 171 สถานี (ต่อ)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Site nr	Type	Network ID	Art. delay (μs)	Site name	Longitude	Latitude	Ant. height (m)	Max ERP (kW)	HRP (degrees)	Antenna type	Ch gr	Ch Mux 1	Ch Mux 2	Ch Mux 3	Ch Mux 4	Ch Mux 5	Ch Mux 6
12.01	A1	SFN(1-6) 11-Dc	67	อำนาจเจริญ	104.618922	15.898967	100	0.5	350	Type 2	Dc	41	30	33	27	49	37
12.02	A2	MFN(1-6) 12-Db	0	บุญพิทักษ์	105.413027	14.756517	102	2.0	300	Type 2	Db	32	29	36	26	40	44
12.03	A2	SFN(1-6) 12-Da	0	น้ำเย็น	105.002684	14.490170	107	5.0	350	Type 2	Da	47	31	35	28	39	51
12.04	A2	SFN(1-6) 12-De	0	ห้วยหินทราย	104.985411	15.942518	100	5.0	35	Type 3a	De	53	43	45	48	56	59
12.05	A3	SFN(1-6) 12-De	0	สถานีเคเอ็ม A3 #075	105.487970	15.643609	70	10.0	240	Type 2	De	53	43	45	48	56	59
13.00	M	SFN(1-6) 13-Da	0	มุกดาหาร	104.718181	16.613679	124	20.0	240		Da	47	39	35	28	51	31
13.01	A1	SFN(1-6) 13-Da	0	ภูผามิ่ง (ภูผาทหาร)	104.629602	16.468387	80	2.0	190	Type 4	Da	47	39	35	28	51	31
13.02	A3	SFN(1-6) 13-Da	0	สถานีเคเอ็ม A3 #070	104.238151	16.706297	70	10.0	ND	Type 1	Da	47	39	35	28	51	31
14.00	M	SFN(1-6) 14-Dd	0	วังน้อย	103.624210	15.978350	126	50.0	ND		Dd	57	50	46	54	34	38
14.01	A1	SFN(1-6) 14-Dd	0	อโยธยา	104.142504	15.803563	100	1.0	145	Type 3a	Dd	57	50	46	54	34	38
15.00	M	SFN(1-6) 15-De	0	ขอนแก่น	102.946222	16.463686	156	50.0	ND		De	59	45	53	56	48	43
15.01	A1	SFN(1-6) 15-De	52	ชุมแสง	102.061324	16.562602	124	2.0	ND	Type 1	De	59	45	53	56	48	43
15.02	A1	SFN(1-6) 15-De	40	ภูสีฐาน (ภวนันธุ์)	103.518611	16.722778	112	1.0	70	Type 3	De	59	45	53	56	48	43
15.03	A1	SFN(1-6) 15-De	125	พลา	102.600232	15.809009	60	0.5	175	Type 3a	De	59	45	53	56	48	43
15.04	A2	SFN(1-6) 15-De	3	แก่งห้วย (ภูผาแดง)	102.295658	16.098189	25	0.5	130	Type 4	De	59	45	53	56	48	43
15.05	A3	SFN(1-6) 14-Dd	0	สถานีเคเอ็ม A3 #107	103.35015	15.43819	70	10.0	250	Type 3	Dd	57	50	46	54	34	38
15.06	A3	SFN(1-6) 13-Da	0	สถานีเคเอ็ม A3 #108	104.0663822	16.7516608	70	0.5	140;320	Type 5	Da	47	39	35	28	51	31
16.00	M	SFN(1-6) 16-Dd	0	เลย	101.444519	17.470655	35	20.0	130		Dd	46	50	57	54	38	34
16.01	A1	SFN(1-6) 17-Da	0	หนองบัวลำภู	102.429346	17.228005	100	0.2	235	Type 3a	Da	47	35	31	39	51	28
16.02	A3	SFN(1-6) 16-Dd	0	สถานีเคเอ็ม A3 #002	101.816650	17.262750	70	2.0	230	Type 2	Dd	46	50	57	54	38	34
16.03	A3	SFN(1-6) 17-Da	54	สถานีเคเอ็ม A3 #067	101.909770	17.836250	70	2.0	20;200	Type 5	Da	47	35	31	39	51	28
17.00	M	SFN(1-6) 17-Da	0	อุดรธานี	102.794088	17.664041	156	50.0	ND		Da	47	35	31	39	51	28
17.01	A2	SFN(1-6) 17-Da	0	น้ำโสม	102.189221	17.79859	70	1.0	15	Type 4	Da	47	35	31	39	51	28
18.00	M	SFN(1-6) 18-Db	0	ยี่ภภาพ	103.553190	18.354690	100	10.0	180		Db	44	32	36	40	26	29
19.00	M	SFN(1-6) 19-Dc	0	สกลนคร	103.987520	17.138050	109	50.0	340		Dc	30	49	41	33	37	27
19.01	A1	SFN(1-6) 19-Dc	26	นครพนม	104.770131	17.374367	120	0.5	90	Type 3	Dc	30	49	41	33	37	27

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลสถานีส่งสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลของประเทศไทย จำนวน 171 สถานี (ต่อ)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Site nr	Type	Network ID	Art. delay (μs)	Site name	Longitude	Latitude	Ant. height (m)	Max ERP (kW)	HRP (degrees)	Antenna type	Ch gr	Ch Mux 1	Ch Mux 2	Ch Mux 3	Ch Mux 4	Ch Mux 5	Ch Mux 6
19.02	A3	SFN(1-6) 18-Db	0	สถานีเคเอ็ม A3 #110	104.167004	18.017511	70	0.1	270	Type 3	Db	44	32	36	40	26	29
20.00	M	SFN(1-6) 20-Dd	0	วังใหม่	98.915020	18.808140	78	50.0	40;180		Dd	46	50	54	57	38	34
20.01	A1	SFN(1-6) 20-Db	0	ไชยปราการ	99.144830	19.628480	19	2.0	20	Type 4	Db	32	29	36	26	40	44
20.02	A1	SFN(1-6) 20-Dd	0	เวียงดาว(เขาค้อหินนง)	98.951143	19.250543	32	0.5	0;180	Type 5	Dd	46	50	54	57	38	34
20.03	A2	SFN(1-6) 20-Db	0	พริ้ว	99.197111	19.369972	30	2.0	ND	Type 1	Db	32	29	36	26	40	44
20.04	A2	SFN(1-6) 22-Db	3	ห้วย	98.947841	17.801315	85	2.0	155;345	Type 5	Db	26	44	32	36	40	29
20.05	A2	MFN(1-6) 20-De	0	คลองเตา	98.681750	17.953028	58	10.0	ND	Type 1	De	53	43	45	48	56	59
20.06	A2	SFN(1-6) 20-Db	0	เวียงพาง	98.725861	19.521639	30	10.0	ND	Type 1	Db	32	29	36	26	40	44
20.07	A3	SFN(1-6) 20-Dd	0	สถานีเคเอ็ม A3 #007	98.364610	18.596330	70	0.5	0;180	Type 5	Dd	46	50	54	57	38	34
20.08	A3	SFN(1-6) 20-Dd	0	สถานีเคเอ็ม A3 #111	98.878759	18.934455	70	2.0	20	Type 4	Dd	46	50	54	57	38	34
20.09	A3	SFN(1-6) 20-Dd	0	สถานีเคเอ็ม A3 #056	98.637408	18.613626	70	10.0	ND	Type 1	Dd	46	50	54	57	38	34
20.10	A3	SFN(1-6) 20-Db	0	สถานีเคเอ็ม A3 #058	98.849604	19.715375	70	0.1	ND	Type 1	Db	32	29	36	26	40	44
20.11	A3	SFN(1-6) 23-Da	0	สถานีเคเอ็ม A3 #057	99.452483	19.981013	70	1.0	170	Type 2	Da	47	31	35	28	39	51
21.00	M	SFN(1-6) 21-Dc	0	แม่ฮ่องสอน (คลองกุ่ม)	97.957950	19.297550	64	1.0	ND		Dc	37	41	49	30	33	27
21.01	A1	SFN(1-6) 21-Dc	0	แม่ฮ่องสอน (ห้วยนาง)	98.034777	19.106500	50	1.0	90	Type 3	Dc	37	41	49	30	33	27
21.02	A1	MFN(1-6) 21-Da	0	แม่สะเรียง	97.944614	18.169806	82	1.0	10;170	Type 5a	Da	47	31	35	28	39	51
21.03	A1	SFN(1-6) 21-Dc	0	ป่าขี้	98.421248	19.385555	100	0.5	165;335	Type 5a	Dc	37	41	49	30	33	27
22.00	M	SFN(1-6) 22-Db	0	ลำปาง	99.560597	18.234928	80	50.0	220		Db	26	44	32	36	40	29
22.01	A1	SFN(1-6) 22-Db	0	สัน	99.104840	17.664020	80	5.0	135	Type 3a	Db	26	44	32	36	40	29
22.02	A2	SFN(1-6) 23-Dc	0	วังเหนือ	99.619450	19.144704	75	2.0	ND	Type 1	Dc	49	30	33	37	41	27
22.03	A3	SFN(1-6) 25-De	0	สถานีเคเอ็ม A3 #112	99.768928	18.543496	70	10.0	ND	Type 5	De	45	48	59	56	43	53
22.04	A3	SFN(1-6) 22-Db	0	สถานีเคเอ็ม A3 #113	99.9276872	18.788188	70	0.5	150;330	Type 5	Db	26	44	32	36	40	29
23.00	M	SFN(1-6) 23-Dc	0	เชียงใหม่	99.867041	19.813755	70	50.0	90		Dc	49	30	33	37	41	27
23.01	A1	SFN(1-6) 23-Dc	0	หนองบัว	99.880542	19.194063	100	0.5	60	Type 2	Dc	49	30	33	37	41	27
23.02	A1	SFN(1-6) 24-Da	0	หนองบัว(บ้านนาโง)	99.911417	18.988389	120	0.5	0;180	Type 5	Da	28	31	35	39	51	47
23.03	A2	SFN(1-6) 23-Dd	0	เวียงทอง	100.411051	20.246216	80	10.0	240	Type 2	Dd	38	50	46	34	54	57

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลสถานีส่งสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลของประเทศไทย จำนวน 171 สถานี (ต่อ)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Site nr	Type	Network ID	Art. delay (µs)	Site name	Longitude	Latitude	Ant. height (m)	Max ERP (kW)	HRP (degrees)	Antenna type	Ch gr	Ch Mux 1	Ch Mux 2	Ch Mux 3	Ch Mux 4	Ch Mux 5	Ch Mux 6
23.04	A2	SFN(1-6) 23-Dc	0	เขื่อนป่าสัก	99.508308	19.344348	95	10.0	175;345	Type 5	Dc	49	30	33	37	41	27
23.05	A2	SFN(1-6) 23-Dc	0	แม่สรวย (ขอนแก่นป่าก่อ)	99.466883	19.663794	97	1.0	ND	Type 1	Dc	49	30	33	37	41	27
23.06	A3	SFN(1-6) 23-Da	0	สถานีเคเอ็ม A3 #059	99.709690	20.288217	70	1.0	160	Type 2	Da	47	31	35	28	39	51
23.07	A3	SFN(1-6) 23-Dc	0	สถานีเคเอ็ม A3 #115	99.6512700	19.4641781	70	0.5	10;190	Type 5	Dc	49	30	33	37	41	27
23.08	A3	SFN(1-6) 23-Dd	0	สถานีเคเอ็ม A3 #009	100.402130	19.907417	70	2.0	30;210	Type 5	Dd	38	50	46	34	54	57
23.09	A3	SFN(1-6) 23-Dd	0	สถานีเคเอ็ม A3 #008	100.265720	20.217040	70	1.0	0;180	Type 5	Dd	38	50	46	34	54	57
23.10	A3	SFN(1-6) 23-Dd	0	สถานีเคเอ็ม A3 #114	100.292240	19.582662	70	0.5	40	Type 4	Dd	38	50	46	34	54	57
23.11	A3	SFN(1-6) 24-Da	0	สถานีเคเอ็ม A3 #004	100.238690	19.100680	70	0.5	10;190	Type 5	Da	28	31	35	39	51	47
24.00	M	SFN(1-6) 24-Da	40	บ้าน	100.741150	18.742640	70	50.0	10;190		Da	28	31	35	39	51	47
24.01	A1	SFN(1-6) 24-Da	0	เขื่อนลำนางรอง (เขื่อนลำนางรอง)	100.822040	19.219755	22	1.0	90	Type 3	Da	28	31	35	39	51	47
25.00	M	SFN(1-6) 25-De	0	เพชร	100.001030	17.932690	64	30.0	110;190		De	45	48	59	56	43	53
25.01	A2	SFN(1-6) 25-De	0	วังหิน	99.601694	17.909139	58	0.5	55;235	Type 5a	De	45	48	59	56	43	53
26.00	M	SFN(1-5) 27-Dc	20	อุตรดิตถ์	100.125433	17.619686	120	2.0	180		Dc	41	30	33	37	49	52
26.01	A3	SFN(1-6) 25-De	0	สถานีเคเอ็ม A3 #003	100.777810	17.844210	70	0.5	30;210	Type 5	De	45	48	59	56	43	53
27.00	M	SFN(1-6) 27-Dc	0	อุ้งใหญ่	100.010563	16.984763	156	50.0	ND		Dc	41	30	33	37	49	27
27.01	A1	SFN(1-6) 27-De	0	บ้านหนองทราย	99.524040	16.517987	120	1.0	ND	Type 1	De	53	43	45	48	56	59
27.02	A2	SFN(1-6) 27-De	0	คลองขวาง	99.319228	16.204277	90	10.0	85	Type 2	De	53	43	45	48	56	59
27.03	A2	SFN(1-6) 30-Db	0	นครไทย (เขื่อนลำนางรอง)	100.856456	16.873538	72	10.0	ND	Type 1	Db	40	44	29	32	36	26
27.04	A3	SFN(1-6) 27-Dc	0	สถานีเคเอ็ม A3 #001	100.585538	16.984139	70	10.0	ND	Type 1	Dc	41	30	33	37	49	27
28.00	M	SFN(1-6) 28-Da	0	ตาก	98.927687	16.778691	80	50.0	350		Da	31	35	39	51	47	28
28.01	A1	SFN(1-6) 28-Da	0	แม่เปิน	98.566522	16.732602	100	5.0	260	Type 2	Da	31	35	39	51	47	28
28.02	A2	SFN(1-6) 28-Da	0	หนองปรือ	98.691930	16.392920	70	0.5	70	Type 2	Da	31	35	39	51	47	28
28.03	A3	SFN(1-6) 28-Db	0	สถานีเคเอ็ม A3 #042	98.391390	17.139700	70	0.5	130;310	Type 5	Db	32	29	36	26	40	44
29.00	M	SFN(1-6) 29-Dd	0	นครสวรรค์	100.133580	15.716170	86	50.0	ND		Dd	57	46	50	54	38	34
29.01	A1	SFN(1-6) 27-Dc	0	พิจิตร	100.320572	16.448243	33	2.0	160	Type 2	Dc	41	30	33	37	49	27
29.02	A2	SFN(1-6) 29-Dd	0	สามโก้	99.549740	15.460930	70	10.0	70	Type 2	Dd	57	46	50	54	38	34

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลของประเทศไทย จำนวน 171 สถานี (ต่อ)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Site nr	Type	Network ID	Art. delay (µs)	Site name	Longitude	Latitude	Ant. height (m)	Max ERP (kW)	HRP (degrees)	Antenna type	Ch gr	Ch Mux 1	Ch Mux 2	Ch Mux 3	Ch Mux 4	Ch Mux 5	Ch Mux 6
30.00	M	SFN(1-6) 30-Db	0	สงขลาบุรี	101.071373	16.251014	154	10.0	10;190		Db	40	44	29	32	36	26
30.01	A1	SFN(1-6) 3-De	0	วิเชียรบุรี	101.103522	15.656473	80	5.0	185;355	Type 5a	De	53	43	45	48	56	59
30.02	A2	SFN(1-6) 16-De	0	พจนานา	101.232273	16.884594	70	0.5	10;190	Type 5	Dd	46	50	57	54	38	34
30.03	A3	SFN(1-6) 30-Db	0	สถานีเคเอ็ม A3 ๘01B	100.885630	16.668883	70	20.0	160;340	Type 5	Db	40	44	29	32	36	26
30.04	A3	SFN(1-6) 30-Db	0	สถานีเคเอ็ม A3 ๘09A	100.962687	16.270036	70	0.5	230	Type 2	Db	40	44	29	32	36	26
31.00	M	SFN(1-6) 31-Da	0	ชุมพร	99.191480	10.530810	154	50.0	40;190		Da	51	47	31	35	39	28
31.01	A1	SFN(1-6) 31-Da	0	หลักสาร	99.064853	9.959558	120	2.0	185;355	Type 5a	Da	51	47	31	35	39	28
31.02	A1	SFN(1-6) 31-Da	62	ทิวเขา (เขตเกษตร)	99.215555	10.835377	32	0.5	20	Type 2	Da	51	47	31	35	39	28
31.03	A3	SFN(1-6) 31-Da	0	สถานีเคเอ็ม A3 ๘116	98.9321533	10.2387322	70	0.5	20;200	Type 5	Da	51	47	31	35	39	28
32.00	M	SFN(1-6) 32-Dc	0	ระนอง	98.669486	10.028664	123	15.0	20;200		Dc	49	30	37	41	33	27
32.01	A3	SFN(1-6) 31-Da	0	สถานีเคเอ็ม A3 ๘041	98.894538	10.482280	70	10.0	20;200	Type 6	Da	51	47	31	35	39	28
33.00	M	SFN(1-6) 33-Db	0	สุราษฎร์ธานี	99.348530	9.092330	84	50.0	270		Db	26	36	40	44	32	29
33.01	A1	SFN(1-6) 33-Dd	0	เกาะสมุย	99.988110	9.490660	60	0.5	5;195	Type 5a	Dd	38	50	46	34	54	57
33.02	A2	SFN(1-6) 34-Dd	0	พนม (ต้นศรีศด)	98.800205	8.835879	45	10.0	ND	Type 1	Dd	38	50	46	34	54	57
33.03	A3	SFN(1-6) 32-Dc	0	สถานีเคเอ็ม A3 ๘036	98.809130	9.665117	70	0.5	10;190	Type 5	Dc	49	30	37	41	33	27
33.04	A3	SFN(1-6) 33-Db	0	สถานีเคเอ็ม A3 ๘095	99.489974	8.695960	70	10.0	200	Type 4	Db	26	36	40	44	32	29
33.05	A3	SFN(1-6) 33-Dd	0	สถานีเคเอ็ม A3 ๘117	100.026494	9.532565	70	0.1	50	Type 4	Dd	38	50	46	34	54	57
34.00	M	SFN(1-6) 34-Da	0	ภูเก็ต	98.395300	7.898710	64	25.0	50		Da	35	39	51	47	31	28
34.01	A1	SFN(1-6) 34-Dd	0	ตะกั่วป่า	98.350806	8.839694	60	2.0	185;355	Type 5a	Dd	38	50	46	34	54	57
34.02	A1	SFN(1-6) 34-Da	0	กะเปอร์	98.906656	8.063000	100	5.0	ND	Type 1	Da	35	39	51	47	31	28
34.03	A1	SFN(1-6) 34-Da	0	ทับปด	98.506540	8.434645	100	2.0	ND	Type 1	Da	35	39	51	47	31	28
34.04	A2	SFN(1-6) 34-Da	0	ป่าตอง	98.316287	7.880979	35	0.5	310	Type 4	Da	35	39	51	47	31	28
34.05	A2	SFN(1-6) 34-Da	0	ถ้ำ	98.329306	8.033861	35	2.0	ND	Type 1	Da	35	39	51	47	31	28
34.06	A2	SFN(1-6) 34-Dd	0	ป่าตองบาน	98.863561	8.529853	87	10.0	ND	Type 1	Dd	38	50	46	34	54	57
34.07	A3	SFN(1-6) 34-Da	0	สถานีเคเอ็ม A3 ๘092	98.363047	8.532641	70	2.0	ND	Type 1	Da	35	39	51	47	31	28
35.00	M	SFN(1-6) 35-Dc	0	นครศรีธรรมราช	99.977210	8.366790	124	30.0	140;320		Dc	30	33	37	41	49	27

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลของประเทศไทย จำนวน 171 สถานี (ต่อ)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Site nr	Type	Network ID	Art. delay (µs)	Site name	Longitude	Latitude	Ant. height (m)	Max ERP (kW)	HRP (degrees)	Antenna type	Ch gr	Ch Mux 1	Ch Mux 2	Ch Mux 3	Ch Mux 4	Ch Mux 5	Ch Mux 6
35.01	A1	SFN(1-6) 35-Dc	0	ทุ่งสง (เขตดาว)	99.489998	8.210180	63	10.0	270	Type 7a	Dc	30	33	37	41	49	27
35.02	A2	SFN(1-6) 33-Db	0	งาตาพิง	99.825820	9.118560	70	0.5	350	Type 2	Db	26	36	40	44	32	29
35.03	A3	SFN(1-6) 35-Dc	0	สถานีเคเอ็ม A3 ๘118	99.801770	8.199539	70	10.0	195	Type 4	Dc	30	33	37	41	49	27
36.00	M	MFN(1-6) 36-De	0	ศรีวิ	99.486511	7.656956	126	40.0	260		De	43	59	48	53	56	45
37.00	M	SFN(1-6) 37-TDa	0	สงขลา	100.519690	7.015170	66	50.0	230		TDa	50	42	46	38	26	34
37.01	A2	SFN(1-6) 39-TDb	0	เทพา	100.938000	6.739820	50	10.0	ND	Type 1	TDb	32	48	36	44	28	40
37.02	A2	SFN(1-6) 37-TDa	0	นาทวี	100.691846	6.741278	47	10.0	ND	Type 1	TDa	50	42	46	38	26	34
38.00	M	SFN(1-5) 37-TDa	0	สตูล	100.025600	6.635370	64	30.0	270		TDa	50	42	46	38	26	52
38.01	A3	SFN(1-6) 37-TDa	0	สถานีเคเอ็ม A3 ๘074	100.077530	6.973240	70	10.0	230	Type 2	TDa	50	42	46	38	26	34
39.00	M	SFN(1-6) 39-TDb	0	ธวัช	101.387220	6.336110	84	30.0	120		TDb	32	48	36	44	28	40
39.01	A1	SFN(1-6) 39-TDb	0	นบพิต	101.051735	5.771216	100	1.0	ND	Type 1	TDb	32	48	36	44	28	40
39.02	A1	SFN(1-6) 39-TDb	0	คูเต๋	101.283149	6.477219	80	2.0	90	Type 3	TDb	32	48	36	44	28	40
39.03	A1	SFN(1-6) 39-TDb	0	นาทวี	101.801944	6.411111	100	2.0	210	Type 3	TDb	32	48	36	44	28	40
39.04	A3	SFN(1-6) 39-TDb	32	สถานีเคเอ็ม A3 ๘119	101.924532	6.055026	70	1.0	30;210	Type 5	TDb	32	48	36	44	28	40
39.05	A3	SFN(1-6) 39-TDb	0	สถานีเคเอ็ม A3 ๘120	101.511731	6.748860	70	5.0	10;190	Type 5	TDb	32	48	36	44	28	40

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 รายละเอียดอุปกรณ์รวมสัญญาณของสถานีจอมบึง [13]



COMBINER SYSTEM SPECIFICATIONS

Frequency Range	Channel Bandwidth	Impedance	Maximum Operating Temperature	Ambient Temperature	Maximum Temperature Rise	Site Altitude
470 - 862 MHz	8.0 MHz	50 Ohm	0 – 80 deg C	-5 – 55 deg C	40 deg C	0 m

Combiner Type	CH	Frequency fo (MHz)	Power (W)	Service Type	Filter/Combiner Type	Insertion Loss (dB)			Return Loss fo±3.8MHz (dB)
						fo-3.8MHz	fo	fo+3.8MHz	
WB I/P	24	498.000	1000	DTV			0.30		26
CI Combiner 1	27	522.000	1000	DTV	CA6PPXX80E	0.95	0.79	0.95	26
CI Combiner 2	30	546.000	1000	DTV	CA6PPXX80E	0.95	0.73	0.95	26
CI Combiner 3	37	602.000	1000	DTV	CA6PPXX80E	0.95	0.67	0.95	26
CI Combiner 4	41	634.000	1000	DTV	CA6PPXX80E	0.95	0.61	0.95	26
CI Combiner 5	49	698.000	1000	DTV	CA6PPXX80E	1.1	0.57	1.1	26

Combiner Type	CH	Group Delay fo-3.8MHz wrf to fo (ns)	Group Delay fo+3.8MHz wrf to fo (ns)
CI Combiner 1	27	400 ± 100 ns	400 ± 100 ns
CI Combiner 2	30	400 ± 100 ns	400 ± 100 ns
CI Combiner 3	37	400 ± 100 ns	400 ± 100 ns
CI Combiner 4	41	400 ± 100 ns	400 ± 100 ns
CI Combiner 5	49	400 ± 100 ns	400 ± 100 ns

Combiner Type	CH	Combiner Mask	fo ± 4.2 MHz	fo ± 6 MHz	fo ± 12 MHz
CI Combiner 1	27	ETSI Non Critical 8MHz	≥ 4 dB	≥ 20 dB	≥ 41 dB
CI Combiner 2	30	ETSI Non Critical 8MHz	≥ 4 dB	≥ 20 dB	≥ 41 dB
CI Combiner 3	37	ETSI Non Critical 8MHz	≥ 4 dB	≥ 20 dB	≥ 41 dB
CI Combiner 4	41	ETSI Non Critical 8MHz	≥ 4 dB	≥ 20 dB	≥ 41 dB
CI Combiner 5	49	ETSI Non Critical 8MHz	≥ 4 dB	≥ 20 dB	≥ 41 dB

Isolation	NB to NB for non-adjacent channels	WB to NB for non-adjacent channels
fo ± 3.8 MHz	70 ± 10 dB	70 ± 10 dB

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค.1 รายละเอียดสายอากาศของสถานีจอมบึง [14]

RADIO FREQUENCY SYSTEMS
The Clear Choice®



ANTENNA PERFORMANCE SUMMARY

ANTENNA MODEL: PHP6C

Channel	49	37	41	30	27
Frequency (MHz)	698	602	634	546	522
Polarisation	H	H	H	H	H
Horizontal Directivity (dB)	2.62	2.90	2.94	2.63	2.66
Number of levels	2	2	2	2	2
Vertical Directivity (dBd)	7.69	7.32	7.38	7.01	6.83
Antenna Gain (dBd)	10.31	10.22	10.32	9.64	9.49
Internal Loss	-0.17	-0.16	-0.16	-0.15	-0.15
Antenna Gain	10.14	10.06	10.16	9.49	9.34
Feeder Loss (Assume 120 m LCF158-50JA A0)	-2.20	-2.03	-2.09	-1.92	-1.87
Assumed Combiner Loss (Unknown)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
System Gain	7.94	8.03	8.07	7.57	7.47
Transmitter power (W)	803.47	786.99	779.78	874.92	895.30
Transmitter Power (dB)	29.05	28.96	28.92	29.42	29.52
ERP (dBW)	36.99	36.99	36.99	36.99	36.99
ERP (kW)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00