

(ร่าง)

ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

เรื่อง แผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล เพื่อให้การใช้งานความถี่วิทยุสำหรับกิจการดังกล่าวเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ปราศจากการรบกวนซึ่งกันและกัน โดยอาศัยเทคโนโลยีในระบบดิจิทัลที่ทันสมัย อันจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคและอุตสาหกรรมโทรทัศน์ในภาพรวม

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๗ (๑) (๕) และ (๒๔) แห่งพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. ๒๕๕๓ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๓๖ มาตรา ๔๑ มาตรา ๔๓ มาตรา ๔๕ มาตรา ๔๖ มาตรา ๔๗ มาตรา ๖๑ และมาตรา ๖๔ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ จึงกำหนดแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล ดังมีรายละเอียดตามมาตรฐานเลขที่ กสทช. ผว. xxxx-๒๕๕๕ แนบท้ายประกาศนี้

ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่

พ.ศ. ๒๕๕๕

พลอากาศเอก

(ธเรศ ปุณศรี)

ประธานกรรมการกิจการกระจายเสียง

กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ



ร่าง

(ร่าง) แผนความถี่วิทยุ

สำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล

กสทช. ผว.๐๐๐๐-๒๕๕๕

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์
และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ
๘๗ ถนนพหลโยธิน ซอย ๘ แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร ๑๐๔๐๐
โทร. ๐ ๒๒๗๑ ๐๑๕๑-๖๐ เว็บไซต์ www.nbtc.go.th

๑. ขอบข่าย

แผนความถี่วิทยุฉบับนี้กำหนดช่องความถี่วิทยุและเงื่อนไขการใช้งานความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลซึ่งอาศัยระบบ Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting System (DVB-T2) บนย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Frequency: UHF) โดยแผนความถี่วิทยุฉบับนี้สอดคล้องกับนโยบายด้านการวางแผนความถี่ในประกาศ กสทช. เรื่อง แผนการเปลี่ยนระบบการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์เป็นระบบดิจิทัล

ทั้งนี้ แผนความถี่วิทยุฉบับนี้เป็นการกำหนดสำหรับช่วงการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ในระบบดิจิทัลและระบบแอนะล็อกแบบคู่ขนาน (Simulcast) โดยมีความสอดคล้องกับแผนความถี่วิทยุโทรทัศน์ของประเทศ พ.ศ. ๒๕๓๙ ซึ่งเป็นแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบแอนะล็อกเดิม

๒. ความถี่วิทยุ

๒.๑ กำหนดความถี่วิทยุ ๕๑๐ - ๗๙๐ เมกะเฮิรตซ์

๒.๒ กำหนดความกว้างแถบคลื่นความถี่ (Bandwidth) ๘ เมกะเฮิรตซ์

๒.๓ กำหนดช่องความถี่วิทยุเป็นดังนี้

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

๒.๔ กำหนดการจัดกลุ่มช่องความถี่วิทยุเป็นดังนี้

กลุ่มช่องความถี่วิทยุ	จำนวนช่องความถี่	หมายเลขช่องความถี่วิทยุ															
		N-3	N	N+3	N+4	N+6	N+7	N+8	N+11	N+12	N+15	N+16	N+18	N+19	N+20	N+23	N+24
D1	7	-	28	31	-	-	35	-	39	-	43	-	-	47	-	51	-
D2	7	26	29	32	-	-	36	-	40	-	44	-	-	48	-	-	-
D3	7	27	30	33	-	-	37	-	41	-	45	-	-	49	-	-	-
D4	7	-	34	-	38	-	-	42	-	46	-	50	-	-	54	57	-
D5	3	-	52	55	-	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D6	3	-	53	56	-	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-D1	7	-	26	-	30	-	-	34	-	38	-	42	-	-	46	-	50
T-D2	7	-	28	-	32	-	-	36	-	40	-	44	-	-	48	-	52

หมายเหตุ กลุ่มช่องความถี่วิทยุ T-D1 และ T-D2 เป็นการจัดกลุ่มช่องความถี่สำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลบริเวณชายแดนระหว่างประเทศไทยและประเทศมาเลเซีย

๓. พารามิเตอร์ของระบบ (System Variants), อัตราบิต (Bit Rate), และการคำนวณที่เกี่ยวข้อง

กำหนดให้พารามิเตอร์ของระบบ อัตราบิต และการคำนวณที่เกี่ยวข้องอ้างอิงตามภาคผนวก

๔. จำนวนเขตบริการ

กำหนดให้มีเขตบริการจำนวน ๔๑ เขตบริการ ซึ่งประกอบไปด้วย ๔๑ สถานีหลัก และสถานีเสริมอีกประมาณ ๑๔๐ สถานี โดยในเขตบริการเดียวกันจะมีกลุ่มของช่องรายการเดียวกัน

๕. พื้นที่ครอบคลุมของเขตบริการ

การกำหนดพื้นที่ครอบคลุมของเขตบริการให้อาศัยคุณลักษณะทางเทคนิคของสถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลอันได้แก่ กำลังส่งออกอากาศจริง (ERP), รูปแบบการแพร่กระจายของสายอากาศ (Antenna Pattern), ความสูงของสายอากาศ, และคุณลักษณะอื่นที่จำเป็น โดยนำมาคำนวณพื้นที่ครอบคลุมอ้างอิงวิธีการคำนวณแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่น (Wave Propagation Model) ตามข้อเสนอแนะของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ Recommendation ITU-R P.1546-4[๑]

ทั้งนี้ พารามิเตอร์ของระบบและการคำนวณพื้นที่ครอบคลุมของเขตบริการเป็นไปตามภาคผนวก

๖. อัตราส่วนป้องกันการรบกวน (Protection Ratio: PR)

กำหนดให้อัตราส่วนป้องกันการรบกวนเป็นไปตามข้อเสนอแนะของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ Recommendation ITU-R BT.1368-9 [๒] และ EBU Tech 3348[๓] ดังต่อไปนี้

อัตราส่วนป้องกันการรบกวนระหว่างระบบดิจิทัลกับระบบดิจิทัลอ้างอิงตาม EBU Tech 3348

สัญญาณที่ต้องการ (Wanted Signal)	สัญญาณที่ไม่ต้องการ (Unwanted Signal)	ความต่างของช่องความถี่วิทยุ	อัตราส่วนป้องกันการรบกวน (PR)
ดิจิทัล (DVB-T2)	ดิจิทัล (DVB-T2)	-1	-29 dB
		0	ใช้ค่า C/N ตามการคำนวณในภาคผนวก (ขึ้นกับพารามิเตอร์ของระบบ)
		+1	-31 dB

อัตราส่วนป้องกันการรบกวนระหว่างระบบดิจิทัลกับระบบแอนะล็อก

อ้างอิงตาม Recommendation ITU-R BT.1368-9

สัญญาณที่ต้องการ (Wanted Signal)	สัญญาณที่ไม่ต้องการ (Unwanted Signal)	ความต่างของช่องความถี่วิทยุ	อัตราส่วนป้องกันการรบกวน (PR)	
			Tropospheric Interference	Continuous Interference
แอนะล็อก (G/PAL)	ดิจิทัล (DVB-T2)	-1	-9 dB	-5 dB
		0	34 dB	40 dB
		+1	-8 dB	-5 dB
		+9	-19 dB	-15 dB

๗. สถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล

๗.๑ สถานที่ตั้งของสถานีวิทยุคมนาคม

สถานที่ตั้งของสถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล (เครื่องส่งและระบบสายอากาศ) จะอ้างอิงจากแนวทางในตารางตามข้อ ๑๐ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการใช้งานโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่เดิมและการใช้งานโครงสร้างพื้นฐานร่วมกัน รวมถึงให้มีเขตบริการใกล้เคียงกับระบบแอนะล็อกเดิม

ทั้งนี้ กสทช. จะพิจารณาให้ตั้งสถานีวิทยุคมนาคมตามเหตุผลและความจำเป็นโดยที่เขตบริการต้องมีคุณลักษณะทางวิชาการสอดคล้องกับเขตบริการที่คำนวณได้จากตารางตามข้อ ๑๐

๗.๒ ความสูงของสายอากาศ

กำหนดให้ความสูงของสายอากาศจากระดับพื้นดินเฉลี่ยเป็นไปตามแนวทางในตารางตามข้อ ๑๐

ทั้งนี้ กสทช. จะพิจารณาให้ติดตั้งสายอากาศตามระดับความสูงที่เหมาะสม โดยที่เขตบริการต้องมีคุณลักษณะทางวิชาการสอดคล้องกับที่กำหนดไว้ในตารางตามข้อ ๑๐

๗.๓ กำลังส่งสูงสุดของเครื่องส่ง (Maximum Transmitter Power)

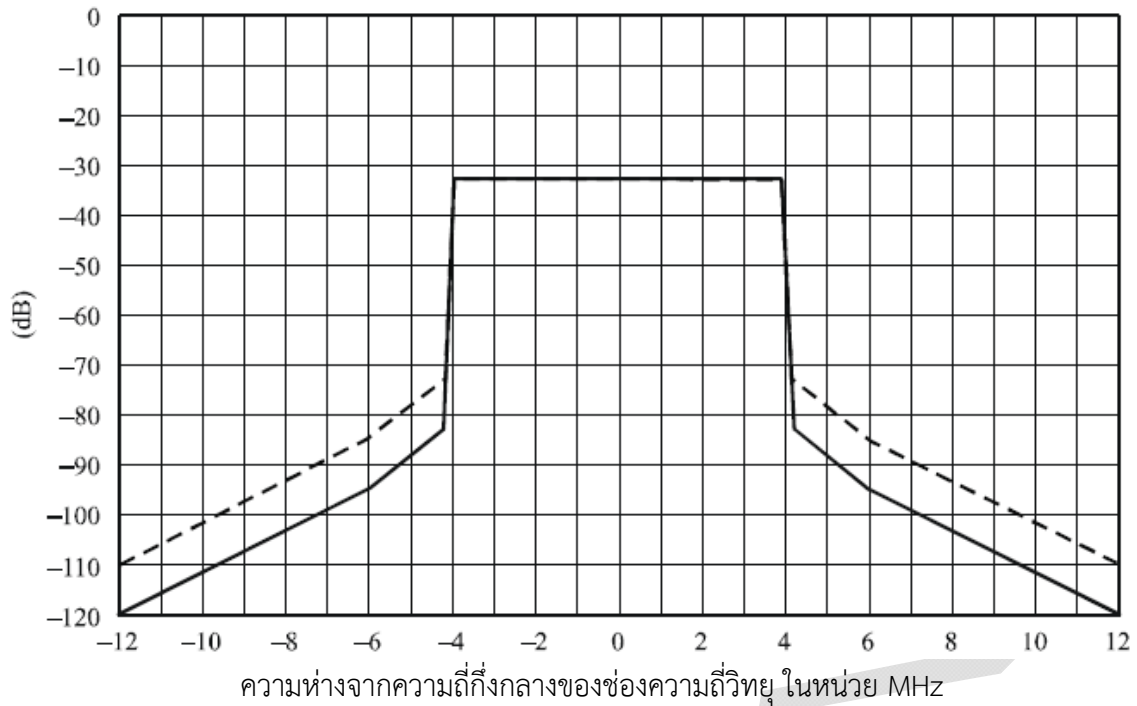
ไม่กำหนดค่ากำลังส่งสูงสุดของเครื่องส่ง แต่เมื่อเครื่องส่งทำงานร่วมกับระบบสายอากาศแล้วควรมีกำลังส่งออกอากาศ (ERP) ตามแนวทางในตารางตามข้อ ๑๐ ซึ่งค่ากำลังส่งออกอากาศดังกล่าวหมายถึง ค่ากำลังส่งออกอากาศจริงในทิศทางที่กระจายคลื่นสูงสุด และได้นำมาใช้ในการคำนวณเขตบริการ

ทั้งนี้ กสทช. จะพิจารณาให้ใช้กำลังส่งออกอากาศเท่าที่จำเป็นหรือควบคุมการแพร่กระจายคลื่นในแต่ละทิศทางเพิ่มเติมจากที่ระบุไว้ในตารางตามข้อ ๑๐ เพื่อป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกัน

๗.๔ กรอบของการแพร่กระจายคลื่น (Spectrum Mask)

สถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลจะต้องแพร่กระจายคลื่นภายในกรอบตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้ซึ่งอ้างอิงตามเอกสาร Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06) [๔]

Power level measured in a 4 kHz bandwidth, where 0 dB corresponds to the total output power



--- คือ กรอบของการแพร่กระจายคลื่น ในกรณี Non-Critical

— คือ กรอบของการแพร่กระจายคลื่น ในกรณี Sensitive

ทั้งนี้ ตำแหน่งต่างๆ บนกรอบของการแพร่กระจายคลื่นข้างต้น สามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

	กรณี Non-Critical	กรณี Sensitive
ความห่างจากความถี่ กึ่งกลาง (MHz)	Relative Level (dB)	Relative Level (dB)
-12	-110	-120
-6	-85	-95
-4.2	-73	-83
-3.9	-32.8	-32.8
+3.9	-32.8	-32.8
+4.2	-73	-83
+6	-85	-95
+12	-110	-120

๘. เงื่อนไขการใช้งานความถี่วิทยุ

- ๘.๑ การใช้ความถี่วิทยุต้องได้รับใบอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ ทั้งนี้ ให้เป็นไปตามมาตรา ๔๑ แห่งพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. ๒๕๕๓
- ๘.๒ การใช้ความถี่วิทยุเพื่อการประกอบกิจการโทรทัศน์ต้องได้รับใบอนุญาตตามพระราชบัญญัติการประกอบกิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์ พ.ศ.๒๕๕๑
- ๘.๓ อุปกรณ์ซึ่งใช้ในการประกอบกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลต้องมีลักษณะทางเทคนิคเป็นไปตามประกาศ กสทช. เรื่อง มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการให้บริการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล
- ๘.๔ เครื่องวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล ต้องได้รับใบอนุญาตตามพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. ๒๕๔๘ และที่แก้ไขเพิ่มเติม
- ๘.๕ การตั้งสถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล และการใช้งานเครื่องส่งวิทยุโทรทัศน์จะต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐานความปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์จากการใช้เครื่องวิทยุคมนาคม
- ๘.๖ ผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่และผู้ได้รับใบอนุญาตให้ตั้งสถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลมีหน้าที่ประสานงานกับผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่และผู้ได้รับใบอนุญาตให้ตั้งสถานีวิทยุคมนาคมรายอื่น เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาการรบกวนซึ่งกันและกันระหว่างระบบ
- ๘.๗ ผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่และผู้ได้รับใบอนุญาตให้ตั้งสถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลมีหน้าที่ให้ความร่วมมือในการประสานงานความถี่วิทยุบริเวณชายแดนกับประเทศเพื่อนบ้าน ทั้งในการประสานงานระหว่างผู้แทนของหน่วยงานรัฐ (Administration), องค์กรกำกับดูแล (Regulator), และการประสานงานระหว่างผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่
- ๘.๘ สถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล จะต้องไม่ก่อให้เกิดการรบกวนต่อกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบแอนะล็อกเดิม หากตรวจพบว่ามี การรบกวนจะต้องแก้ไขปัญหาการรบกวนให้แล้วเสร็จภายใน ๗ วัน มิฉะนั้นสถานีดังกล่าวจะต้องระงับการออกอากาศจนกว่าจะแก้ไขปัญหาการรบกวนแล้วเสร็จ
- ๘.๙ กรณีการตั้งสถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลบริเวณชายแดนไทยกับประเทศเพื่อนบ้าน จะต้องไม่ก่อให้เกิดการรบกวนกับสถานีวิทยุคมนาคมของประเทศเพื่อนบ้าน

- ๘.๑๐ กสทช. อาจพิจารณาให้ตั้งสถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลที่มีกำลังส่งต่ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมจุดบอดหรือแก้ไขปัญหาเท่านั้น
- ๘.๑๑ ผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ ผู้ได้รับใบอนุญาตให้ใช้เครื่องวิทยุคมนาคม และผู้ได้รับใบอนุญาตให้ตั้งสถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่ กสทช. ประกาศกำหนด และที่จะประกาศกำหนดเพิ่มเติม

๙. การปรับปรุงแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล

แผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลฉบับนี้ อาจมีการปรับปรุงในกรณีดังต่อไปนี้

- ๙.๑ กรณีมีแผนหรือนโยบายการยุติการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ในระบบแอนะล็อก
- ๙.๒ กรณีมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของการใช้คลื่นความถี่หรือมีคลื่นความถี่เพิ่มเติม
- ๙.๓ กรณีการตั้งสถานีวิทยุคมนาคมสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลตามแผนความถี่วิทยุฉบับนี้มีปัญหาหรืออุปสรรคเชิงเทคนิคในทางปฏิบัติ
- ๙.๔ กรณีอื่นๆ ตามความเหมาะสมและความจำเป็น

๑๐. ตารางแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลของประเทศ

คำอธิบายอักษรย่อในตารางแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล

No.	: ลำดับที่ (กรณีตัวเลขหลังจุดทศนิยมเป็น 0 หมายถึง สถานีหลัก และกรณีอื่นหมายถึงสถานีเสริม)
Area	: ชื่ออำเภอ, จังหวัด
Lat	: ละติจูดของสถานที่ตั้งของสถานีวิทยุคมนาคม
Long	: ลองจิจูดของสถานที่ตั้งของสถานีวิทยุคมนาคม
GL(m)	: ความสูงของสถานที่ตั้งของสถานีวิทยุคมนาคมจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย(เมตร)
ht(m)	: ความสูงของสายอากาศ (เมตร)
h1(m)	: ความสูงของสายอากาศจากระดับพื้นดินเฉลี่ย (เมตร)
G	: กลุ่มของช่องความถี่วิทยุ
#1	: หมายเลขช่องความถี่วิทยุสำหรับมัลติเพล็กซ์ที่ 1
#2	: หมายเลขช่องความถี่วิทยุสำหรับมัลติเพล็กซ์ที่ 2
#3	: หมายเลขช่องความถี่วิทยุสำหรับมัลติเพล็กซ์ที่ 3
#4	: หมายเลขช่องความถี่วิทยุสำหรับมัลติเพล็กซ์ที่ 4
#5	: หมายเลขช่องความถี่วิทยุสำหรับมัลติเพล็กซ์ที่ 5
Ach	: ช่องความถี่วิทยุสำหรับโทรทัศน์ระบบแอนะล็อกเดิม
Max. ERP (kW)	: กำลังส่งออกอากาศสูงสุด (กิโลวัตต์)

ทั้งนี้ สำหรับสถานีเสริมที่ยังไม่มีรายละเอียดของสถานี กสทช. จะพิจารณาอนุญาตการตั้งสถานีวิทยุคมนาคม สำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล ตามความเหมาะสม เหตุผลและความจำเป็น โดยคำนึงถึง พื้นที่ครอบคลุมของเขตบริการและการป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกัน

No.	Name	Area	Lat	Long	GL(m)	ht(m)	h1(m)	G	#1	#2	#3	#4	#5	Ach	Max ERP (kW)
1.0	กรุงเทพ	ราชเทวี	13 45 15.6 N	100 32 24 E	330	25	341	D2	26	36	40	44	48	29/32	155.00
1.1	ท่าตะเกียบ							D1	28	31	35	39	43	-	
1.2	พื้ทยา	อ.ศรีราชา	13 11 23.36 N	100 57 02.03 E	260	40	260	D3	27	30	33	37	41	38/46/48/50	2.22
1.3	เพชรบุรี	เมือง	13 06 9.6 N	99 55 56 E	100	80	170	D3	27	30	33	37	41	34	0.15
1.4	แก่งกระจาน							D2	26	36	40	44	48	-	
1.5	จอมบึง							D2	26	36	40	44	41	-	
1.6	หนองใหญ่ ชลบุรี							D4	34	38	42	46	50	-	
2.0	สุพรรณบุรี	เมือง	14 29 0 N	100 8 0 E	10	120	100	D3	30	33	37	41	27	-	1.60
2.1	ด่านช้าง							D2	29	32	36	40	26	-	
3.0	กาญจนบุรี	เมือง	14 04 28.1 N	99 25 13.8 E	35	120	126	D4	50	54	57	42	46	34/38/48	22.80
3.1	ทองผาภูมิ							D2	32	36	40	26	29	-	
3.2	ศรีสวัสดิ์							D3	33	37	41	27	30	-	
3.3	สังขละบุรี							D1	35	39	43	28	31	-	
4.0	สิงห์บุรี	ค่ายบางระจัน	14 49 59 N	100 22 51 E	5	120	124	D1	47	51	35	39	43	28/31/53	61.00
4.1	มวกเหล็ก	มวกเหล็ก	14 39 1.8 N	101 09 25 E	559	30	469	D1	47	51	35	39	43	34	0.075
4.2	ชัยบาดาล							D1	47	51	35	39	43	-	
5.0	ระยอง	เมือง	12 40 12 N	101 24 59 E	545	40	548	D1	47	31	35	39	43	28	102.00
5.1	โป่งน้ำร้อน							D2	40	26	29	32	36	-	
5.2	แก่งหางแมว							D3	41	27	30	33	37	-	
5.3	มะขาม							D4	50	34	38	42	46	-	
6.0	สระแก้ว	เมือง	13 48 35 N	102 06 28 E	42	150	156	D4	38	42	46	54	57	34/50	140.00
6.1	ปราจีนบุรี	เมือง	14 09 06 N	101 22 47 E	144	40	144	D4	38	42	46	54	57	-	0.33
6.2	ตาพระยา							D4	38	42	46	54	57	-	
7.0	ตราด	เมือง	12 11 45 N	102 18 17.53 E	173	60	227	D3	33	37	41	45	30	27	75.50
7.1	คลองใหญ่							D3	33	37	41	45	30	-	

No.	Name	Area	Lat	Long	GL(m)	ht(m)	h1(m)	G	#1	#2	#3	#4	#5	Ach	Max ERP (kW)
8.0	ประจวบคีรีขันธ์	เมือง	11 54 12 N	99 48 13 E	247	60	271	D4	46	50	54	38	42	-	10.50
8.1	หัวหิน	หัวหิน	12 33 45.6N	99 56 18 E	213	60	264	D4	46	50	54	38	42	27/30/55	0.90
8.2	บางสะพานน้อย	บางสะพานน้อย	10 59 02 N	99 22 14 E	160	32	144	D4	46	50	54	38	42	-	0.15
8.3	ทับสะแก	ทับสะแก	11 25 07.2 N	99 35 16.2 E	210	80	274	D4	46	50	54	38	42	34	5.85
9.0	นครราชสีมา	เมือง	14 56 47 N	101 59 44 E	200	150	179	D3	45	49	30	33	37	27/41	146.00
9.1	ชุมพวง(ประทาย)	ชุมพวง	15 16 35 N	102 47 46 E	225	120	154	D4	50	54	42	46	48	34/38	1.50
9.2	เขายายเที่ยง	สีคิ้ว	14 47 21.91 N	101 33 08.42 E	725	60	535	D3	45	49	30	33	37	-	2.75
9.3	เสิงสาง							D3	45	49	30	33	37	-	
10.0	ชัยภูมิ	เมือง	15 45 33 N	102 01 48 E	182	120	131	D1	51	35	39	43	47	28/31/49	25.00
10.1	หนองบัวแดง	หนองบัวแดง	15 59 59.49 N	101 53 43.07 E	455	60	235	D1	51	35	39	43	47	-	0.40
11.0	สุรินทร์	เมืองสุรินทร์	14 55 7.2 N	103 30 45 E	150	120	134	D2	26	32	36	40	44	29	114.00
11.1	บุรีรัมย์	เมืองบุรีรัมย์	14 56 04N	103 05 54 E	297	80	207	D2	26	32	36	40	44	-	9.70
11.2	ปะคำ / โนนดินแดง							D1	28	31	35	39	43	-	
12.0	ศรีสะเกษ	เมือง	15 02 21.3 N	104 20 54.1 E	134	120	124	D4	42	46	50	54	38	-	15.00
12.1	กัณฑ์ลักษณ์							D4	29	32	36	54	26	-	
13.0	อุบลราชธานี	เหล่าเสือโก้ก	15 22 43 N	104 55 35 E	128	150	156	D3+D5	45	48	52	37	41	27/30/33	119.00
13.1	ยโสธร	เมือง	15 47 22 N	104 14 30 E	152	100	122	D3+D5	49	52	37	41	45	-	15.80
13.2	น้ำยืน							D1	39	43	28	31	35	-	
13.3	บุญศรี							D2	36	40	26	29	32	-	
13.4	โพธิ์ไทร							D2	36	40	26	29	32	-	
14.0	มุกดาหาร	เมือง	16 36 30 N	104 43 24 E	140	120	126	D2	48	26	36	40	44	29/32	25.50
14.1	ภูหินขัน (มุกดาหาร)	เมือง	16 28 06.9 N	104 37 43.4 E	375	60	232	D2	48	26	36	40	44	-	0.70
15.0	ร้อยเอ็ด	เมือง	15 56 9.6 N	103 35 3 E	160	120	144	D1+D5	35	39	47	51	55	28/31/43/49/53	156.00
16.0	ขอนแก่น	เมือง	16 27 43.2 N	102 57 04.2 E	154	150	156	D2	36	40	44	48	32	26/29	123.00
16.1	ชุมแพ	ชุมแพ	16 32 52 N	102 02 26 E	235	120	129	D4	46	48	50	54	42	34/38	5.80

No.	Name	Area	Lat	Long	GL(m)	ht(m)	h1(m)	G	#1	#2	#3	#4	#5	Ach	Max ERP (kW)
16.2	ภูสิงห์ กาศสินธ์	สหัสขันธ์	16 43 25 N	103 31 07 E	353	80	257	D2	36	40	44	48	32	-	9.10
16.3	พล ขอนแก่น							D2	36	40	44	48	32	-	
16.4	กาศสินธ์							D2	36	40	44	48	32	-	
17.0	เลย	ภูเรือ	17 28 14 N	101 26 42 E	1185	30	819	D4	46	54	57	38	42	34/50	67.00
17.1	ปากชม							D3	33	37	41	27	30	-	
17.2	ภูกระดึง							D1	43	47	51	35	39	-	
17.3	นาแห้ว							D3	33	37	41	27	30	-	
18.0	อุดรธานี	เพ็ญ	17 39 49.2 N	102 47 50.4 E	176	150	156	D1	47	51	35	39	43	28/31	148.00
18.1	หนองบัวลำภู							D1	47	51	35	39	43	-	
18.2	กุมภวาปี / ศรีธาตุ							D1	47	51	35	39	43	-	
18.3	รัตนวาปี							D1	47	51	35	39	43	-	
19.0	บึงกาฬ	บึงกาฬ	18 21 5.6 N	103 33 34 E	195	100	100	D2	48	32	36	40	44	26/29	3.50
20.0	สกลนคร	ภูพาน	17 08 15.6 N	103 59 16.2E	533	105	512	D3	30	33	41	45	49	27/37	162.00
20.1	นครพนม	เมือง	17 22 28.0 N	104 46 11.18E	145	120	115	D3	30	33	41	45	49	-	0.60
21.0	เชียงใหม่	เมือง	18 48 34.8 N	98 55 03 E	1120	100	783	D4	42	50	54	57	38	34/46	82.00
21.1	ไชยปราการ / ผาง	ไชยปราการ	19 37 38 N	99 08 53 E	922	19	421	D2	36	40	44	48	32	26/29	0.40
21.2	สะเมิง							D3	30	33	37	41	27	-	
21.3	ดอยอินทนนท์ / แม่แจ่ม							D2	29	32	36	40	26	-	
21.4	ดอยเต่า							D1	31	35	39	43	28	-	
21.5	อมก๋อย							D3	30	33	37	41	27	-	
21.6	พร้าว							D3	30	33	37	41	27	-	
21.7	เวียงแหง							D1	31	35	39	43	28	-	
22.0	แม่ฮ่องสอน (ดอยกองมู)	เมือง	19 17 43.8 N	97 57 39.0 E	435	60	119	D3	37	41	45	30	33	27	0.45
22.1	แม่ฮ่องสอน (ห้วยนางปู้)	เมือง	19 06 18 N	98 01 31 E	1401.3	80	760	D3	37	41	45	30	33	-	3.80
22.2	แม่สะเรียง	แม่สะเรียง	18 10 11.4 N	97 56 38.4 E	415	45	180	D4	50	54	57	34	38	42/46	1.75

No.	Name	Area	Lat	Long	GL(m)	ht(m)	h1(m)	G	#1	#2	#3	#4	#5	Ach	Max ERP (kW)
22.3	ปาย							D4	42	46	54	34	38	50	
22.4	ขุนยวม							D1	35	39	43	28	31	-	
22.5	ปางมะผ้า							D2	32	36	40	26	29	-	
23.0	ลำปาง	เมือง	18 14 22 N	99 33 41 E	681	80	521	D2	44	48	32	36	40	29	104.00
23.1	เถิน	เถิน	17 39 51 N	99 06 17 E	686	45	295	D3	45	49	33	37	41	28/31	0.60
23.2	วังเหนือ							D2	44	48	32	36	40	-	
23.3	สบปราบ							D2	44	48	32	36	40	-	
24.0	เชียงใหม่	อ.เมือง	19 48 55.2 N	99 52 16.2 E	740	64	418	D3	45	30	33	37	41	27	111.00
24.1	เวียงป่าเป้า							D1	47	31	35	39	43	28	
24.2	เชียงของ							D2	48	32	36	40	44	29	
25.0	พะเยา	เมือง	18 59 13 N	99 54 23 E	523	60	107	D4	38	42	46	50	54	34/44	3.40
25.1	ปง							D2	26	29	32	36	40	-	
25.2	เชียงม่วน							D3	27	30	33	37	41	-	
26.0	น่าน	เมือง	18 44 30 N	100 44 41 E	274	64	62	D3	33	37	41	45	30	27	55.30
26.1	เชียงกลาง	เชียงกลาง	19 13 06 N	100 49 30 E	416	22	192	D3	33	37	41	45	30	-	2.10
26.2	ห้วยโก๋น							D1	31	35	39	43	28	-	
26.3	บ่อเกลือ							D2	29	32	36	40	26	-	
26.4	บ้านหลวง							D1	31	35	39	43	28	-	
27.0	แพร่	เด่นชัย	17 55 59.8 N	100 00 02.8 E	716	45	605	D4	46	50	54	38	42	34	31.70
27.1	วังชิ้น							D4	46	50	54	38	42	-	
28.0	อุตรดิตถ์	เมือง	17 37 11.12 N	100 07 30.7 E	65	120	126	D1	39	43	28	31	35	-	0.90
28.1	ท่าปลา							D1	39	43	28	31	35	-	
28.2	พากท่า							D3	41	45	30	33	37	-	
28.3	บ้านโคก							D2	36	40	26	29	32	-	
29.0	สุโขทัย	กงไกรลาส	16 59 06.0 N	100 00 52.2 E	43	150	156	D3	49	30	33	41	45	27/37	140.00

No.	Name	Area	Lat	Long	GL(m)	ht(m)	h1(m)	G	#1	#2	#3	#4	#5	Ach	Max ERP (kW)
29.1	กำแพงเพชร	เมือง	16 31 03.54N	99 31 26.51 E	83	120	126	D3	49	30	33	41	45	-	0.45
29.2	นครไทย							D1	43	28	31	35	39	-	
29.3	ชาติตระการ							D2	40	26	29	32	36	-	
29.4	บ้านร่มเกล้า							D1	43	28	31	35	39	-	
30.0	ตาก	เมือง	16 47 52 N	98 53 12 E	905	87	272	D1	28	31	39	43	47	34	100.00
31.1	แม่สอด							D1	28	31	39	43	47	-	
32.2	ท่าสองยาง							D4	38	42	46	50	54	-	
33.3	อุ้มผาง							D3	30	33	41	45	54	-	
34.4	พบพระ							D4	38	42	46	50	54	-	
31.0	นครสวรรค์	อ.เมือง	15 43 06 N	100 07 59 E	159	80	215	D4	42	46	50	54	38	34	143.00
31.1	วังทรายพูน / พิจิตร							D1	31	35	39	43	28	-	
31.2	ลานสัก							D3	30	33	37	41	27	-	
32.0	เพชรบูรณ์	เมือง	16 14 57 N	101 04 26 E	117	150	156	D2	40	44	48	32	36	27	57.00
32.1	วิเชียรบุรี / ศรีเทพ							D2	40	44	48	32	36	-	
32.2	เขาค้อ							D2	40	44	48	32	36	-	
33.0	ชุมพร	เมือง	10 31 32.4 N	99 11 32.4 E	30	150	156	D1	43	47	31	35	39	28	56.50
33.1	หลังสวน							D1	43	47	31	35	39	-	
34.0	ระนอง	เมือง	10 01 34.2 N	98 40 25.8 E	460	120	550	D3	45	30	37	41	45	27/33	44.00
35.0	สุราษฎร์ธานี	เมือง	09 05 22.8 N	99 21 03.6 E	161	80	217	D2	26	36	40	44	48	29	104.00
35.1	เกาะสมุย	เกาะสมุย	09 29 15.6 N	99 59 29.4 E	608	80	238	D2	26	36	40	44	48	34/38	0.25
35.2	พนม							D2	26	36	40	44	48	-	
36.0	ภูเก็ต	เมือง	07 53 51.0 N	98 23 22.8 E	270	60	304	D1	35	39	43	47	31	27	92.50
36.1	บ้านป่าตอง							D1	35	39	43	47	31	-	
36.2	บางเทา							D1	35	39	43	47	31	-	
36.3	พังงา	เมือง	08 26 04.5 N	98 30 23.5 E	52	100	146	D1	39	43	47	31	35	-	0.25

No.	Name	Area	Lat	Long	GL(m)	ht(m)	h1(m)	G	#1	#2	#3	#4	#5	Ach	Max ERP (kW)
36.4	ตะกั่วป่า	ตะกั่วป่า	08 50 18.0 N	98 21 10.8 E	249	60	279	D1	39	43	47	31	35	28	7.00
36.5	กระปี่	เมือง	08 02 57.08 N	98 54 30.93 E	5	120	119	D1	43	47	31	35	39	-	3.50
37.0	นครศรีธรรมราช	อ.เมือง	08 21 15.0 N	99 59 04.8 E	10	120	124	D3+D6	53	33	37	41	49	27	118.00
37.1	ทุ่งสง	อ.ทุ่งสง	08 12.53 N	99 29.58 E	384	60	398	D3+D6	53	33	37	41	49	45/51	18.00
38.0	ตรัง	วังวิเศษ	07 39 19.8 N	99 29 28.8 E	20	120	126	T-D1	30	34	38	42	46	46/50	131.00
39.0	สงขลา	หาดใหญ่	07 00 57 N	100 31 25.2 E	366	60	390	T-D1	30	42	46	50	26	34/38	149.00
39.1	นาทวี							T-D1	30	42	46	50	26	-	
39.2	สะบ้าย้อย							T-D1	30	42	46	50	26	-	
39.3	ป่าพะยอม							T-D2	30	42	46	50	26	-	
39.4	บ้านประกอบ							T-D1	30	42	46	50	26	-	
40.0	สตูล	เมือง	06 38 09 N	100 01 27 E	110	60	134	T-D2	40	48	52	32	36	27/31/51/55	26.50
41.0	ยะลา	อ.บันนังสตา	06 20 15.6 N	101 23 25.8 E	1060	80	1104	T-D2	48	52	28	32	40	37/53	102.50
41.1	เบตง	เบตง	05 46 16 N	101 03 11 E	325	55	80	T-D2	48	52	28	32	40	52	0.35
41.2	สุไหงปาดี	สุไหงปาดี	06 08 28.68 N	101 53 55.08 E	23.2	85	23.2	T-D2	48	52	28	32	40	-	1.40
41.3	นราธิวาส/ยี่งอ	เมือง	06 24 59.6 N	101 48 37.3 E	7	100	85	T-D2	48	52	28	32	40	-	1.00
41.4	ยะหริ่ง							T-D2	48	52	28	32	40	-	

ภาคผนวก

๑. พารามิเตอร์ของระบบ DVB-T2 (System Variants of DVB-T2)

กำหนดให้มีพารามิเตอร์ที่สามารถตั้งค่าให้กับระบบ DVB-T2 ได้แก่ ขนาดของ FFT (FFT Size), สัดส่วนช่วงเวลาที่ป้องกัน (Guard Interval Fraction), การมอดูเลตสัญญาณ (Modulation), อัตราการเข้ารหัส (Code Rate), และรูปแบบสัญญาณไพลอต (Pilot Pattern) เป็นไปตาม ETSI TS 102 831 [๕] และ ETSI EN 302 755 [๖] ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง ๑ ตารางแสดงพารามิเตอร์ขนาด FFT และสัดส่วนช่วงเวลาที่ป้องกัน

ขนาด FFT (FFT Size)	สัดส่วนช่วงเวลาที่ป้องกัน (Guard Interval Fraction)
1k	1/16, 1/8, 1/4
2k	1/32, 1/16, 1/8, 1/4
4k	1/32, 1/16, 1/8, 1/4
8k	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4
16k	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4
32k	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128
8k extended	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4
16k extended	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4
32k extended	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128

ตาราง ๒ ตารางแสดงพารามิเตอร์การมอดูเลตสัญญาณและอัตราการเข้ารหัส

การมอดูเลตสัญญาณ (Modulation)	อัตราการเข้ารหัส (Code Rate)
QPSK หรือ 16-QAM หรือ 64-QAM หรือ 256-QAM	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6

ตาราง ๓ ตารางแสดงทางเลือกสำหรับรูปแบบสัญญาณไหลอด ในกรณีขนาด FFT และสัดส่วนช่วงเวลาป้องกันต่างๆ โดยอ้างอิงตามเอกสาร ETSI EN 302 755

ขนาด FFT (FFT Size)	สัดส่วนช่วงเวลาป้องกัน (Guard Interval Fraction)						
	1/128	1/32	1/16	19/256	1/8	19/128	1/4
32K	PP7	PP4 PP6	PP2 PP8 PP4	PP2 PP8 PP4	PP2 PP8	PP2 PP8	
16K	PP7	PP7 PP4 PP6	PP2 PP8 PP4 PP5	PP2 PP8 PP4 PP5	PP2 PP3 PP8	PP2 PP3 PP8	PP1 PP8
8K	PP7	PP7 PP4	PP8 PP4 PP5	PP8 PP4 PP5	PP2 PP3 PP8	PP2 PP3 PP8	PP1 PP8
4K		PP7 PP4	PP4 PP5		PP2 PP3		PP1
2K		PP7 PP4	PP4 PP5		PP2 PP3		PP1
1K		-	PP4 PP5		PP2 PP3		PP1

ตาราง ๔ ตารางแสดงทางเลือก FFT Size และ GI Fraction ที่สัมพันธ์กับพื้นที่การให้บริการในการออกแบบโครงข่ายในลักษณะ Single Frequency Network (SFN)

Guard Interval (μ s)	Max. Cell Radius (km.)	(FFT Size, Guard Interval Fraction), % overhead จาก Guard Interval					
552	165.6	(32k,19/128), 14.8%					
448	134.4	(32k,1/8), 12.5%	(16k,1/4), 25%				
226	67.8	(32k,19/256), 7.4%	(16k,19/128), 14.8%				
224	67.2	(32k,1/16), 6.25%	(16k,1/8), 12.5%	(8k,1/4), 25%			
133	39.9		(16k,19/256), 7.4%	(8k,19/128), 14.8%			
112	33.6	(32k,1/32), 3.1%	(16k,1/16), 6.25%	(8k,1/8), 12.5%	(4k,1/4), 25%		

66.5	19.95			(8k,19/256), 7.4%			
56	16.8		(16k,1/32), 3.1%	(8k,1/16), 6.25%	(4k,1/8), 12.5%	(2k,1/4), 25%	
28	8.4	(32k,1/128), 0.78%		(8k,1/32), 3.1%	(4k,1/16), 6.25%	(2k,1/8), 12.5%	(1k,1/4), 25%
14	4.2		(16k,1/128), 0.78%		(4k,1/32), 3.1%	(2k,1/16), 6.25%	(1k,1/8), 12.5%
7	2.1			(8k,1/128), 0.78%		(2k,1/32) 3.1%	(1k,1/16), 6.25%

๒. ค่าความจุ (Capacity) หรือ อัตราบิต (Bit Rate) ของระบบ DVB-T2

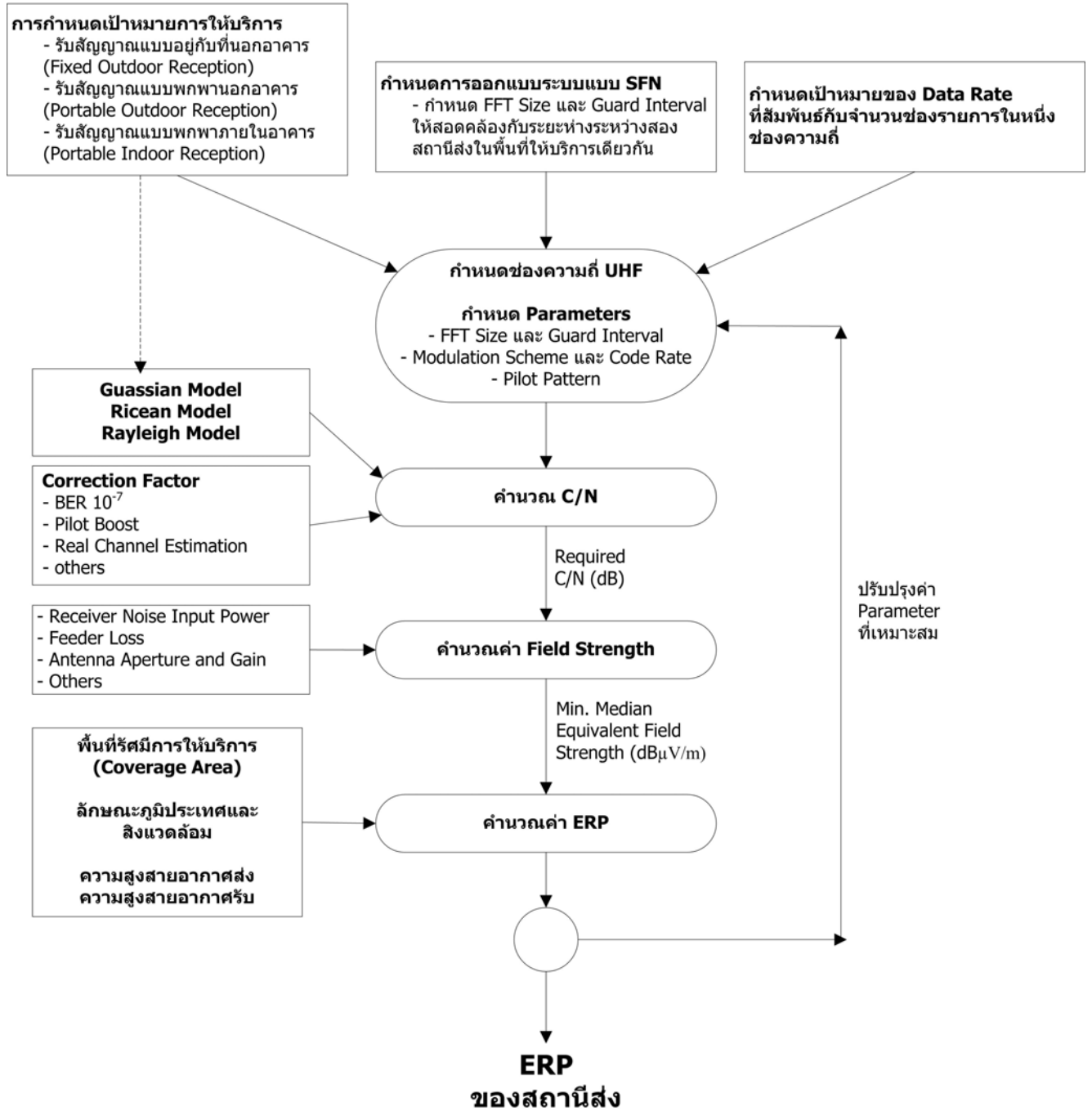
ค่าความจุหรืออัตราบิตของระบบ DVB-T2 เป็นค่าที่สำคัญในการกำหนดจำนวนช่องรายการภายในหนึ่งช่องความถี่ ค่าอัตราบิตผันแปรตามพารามิเตอร์ของระบบ อาทิ ขนาด FFT, ช่วงเวลาป้องกัน, รูปแบบสัญญาณไหลอด, แบนด์วิดท์ทั้งแบบ Normal Mode หรือ Extended Mode, การมอดูเลตสัญญาณ, และอัตราการเข้ารหัส เป็นต้น การคำนวณค่าอัตราบิตในแต่ละพารามิเตอร์สามารถอ้างอิงได้จาก ETSI TS 102 831 การเลือกพารามิเตอร์ให้เหมาะสมต่อการให้บริการในรูปแบบต่างๆกันจะมีผลทำให้อัตราบิตที่ได้แตกต่างกัน ดังตาราง ๕ อ้างอิงจาก EBU Tech 3348

ตาราง ๕ ตารางแสดงอัตราบิตสำหรับการให้บริการในรูปแบบต่างๆ

Implementation	Fixed Rooftop Reception MFN	Fixed Rooftop Reception (Maximum Coverage Area Extension)	Fixed Rooftop Reception Large Area SFN
Bandwidth	8 MHz	8 MHz	8 MHz
FFT Mode	32k	32k	32k
Carrier Mode	Extended	Extended	Extended
Scattered Pilot Pattern	PP7	PP2	PP2
Guard Interval	1/128 (28 μ s)	1/8 (448 μ s)	1/8 (448 μ s)
Modulation	256-QAM	16-QAM	256-QAM
Code Rate	2/3	2/3	2/3
C/N	20.0 dB	11.6 dB	21.2 dB
Data Rate	40.2 Mbit/s	16.7 Mbit/s	33.4 Mbit/s

๓. แนวทางการวางแผนและออกแบบระบบ DVB-T2

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงแนวทางการคำนวณเพื่อวางแผนและออกแบบระบบ DVB-T2 อ้างอิงตาม EBU Tech 3348 รูปภาพที่ ๑ แสดงขั้นตอนการวางแผนระบบ DVB-T2



รูปที่ ๑ ขั้นตอนการวางแผนระบบ DVB-T2

๔. ค่าอัตราส่วนคลื่นพาทต่อสัญญาณรบกวนที่ต้องการสำหรับช่องสัญญาณแบบต่างๆ (Required Carrier-to-Noise Ratio: C/N)

การคำนวณค่าอัตราส่วนคลื่นพาทต่อสัญญาณรบกวนที่ต้องการสำหรับช่องสัญญาณแบบต่างๆ ให้อ้างอิงตามวิธีการคำนวณใน EBU Tech 3348 ดังต่อไปนี้

ตารางแสดงค่าดิบของอัตราส่วนคลื่นพาทต่อสัญญาณรบกวนที่ต้องการบนช่องสัญญาณแบบเกาส์เซียน (Raw C/N Values for Additive White Gaussian Noise Channel: AWGN) โดยที่มีค่าอัตราความผิดพลาดบิต (Bit Error Rate, BER) เท่ากับ 10^{-6} ภายหลังจากการถอดรหัส BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) รวมทั้งแสดงค่าชดเชย (Delta) สำหรับการคำนวณอัตราส่วนคลื่นพาทต่อสัญญาณรบกวนที่ต้องการในกรณีช่องสัญญาณแบบ Ricean และแบบ Rayleigh (Static)

ตาราง ๖ ตารางแสดงค่าดิบของอัตราส่วนคลื่นพาทต่อสัญญาณรบกวนที่ต้องการ

Constellation	Code Rate	Gaussian Channel	Ricean Channel	Rayleigh Channel
		C/N _{Gauss-raw} (dB)	Delta _{Rice} (dB)	Delta _{Rayleigh} (dB)
QPSK	1/2	1.00	0.20	1.00
QPSK	3/5	2.20	0.20	1.30
QPSK	2/3	3.10	0.30	1.80
QPSK	3/4	4.10	0.30	2.10
QPSK	4/5	4.70	0.30	2.40
QPSK	5/6	5.20	0.40	2.70
16-QAM	1/2	6.20	0.20	1.50
16-QAM	3/5	7.60	0.20	1.70
16-QAM	2/3	8.90	0.20	1.90
16-QAM	3/4	10.00	0.40	2.40
16-QAM	4/5	10.80	0.40	2.80
16-QAM	5/6	11.30	0.40	3.10
64-QAM	1/2	10.50	0.30	2.00
64-QAM	3/5	12.30	0.30	2.00
64-QAM	2/3	13.60	0.30	2.10
64-QAM	3/4	15.10	0.30	2.60
64-QAM	4/5	16.10	0.50	3.10
64-QAM	5/6	16.70	0.40	3.40
256-QAM	1/2	14.40	0.40	2.40
256-QAM	3/5	16.70	0.20	2.20
256-QAM	2/3	18.10	0.30	2.30
256-QAM	3/4	20.00	0.30	2.60
256-QAM	4/5	21.30	0.40	3.00
256-QAM	5/6	22.00	0.40	3.40

ตาราง ๗ ตารางแสดงค่าสำหรับการปรับปรุงค่าอัตราส่วนคลื่นพาห์ต่อสัญญาณรบกวนที่ต้องการ
ให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง (ค่า A, B, และ C)

ค่าสำหรับการปรับปรุง ในหน่วย dB (Correction Factor in dB)	รูปแบบสัญญาณไพลอต (Pilot Pattern: PP)							
	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	PP8
A= BER 10^{-7} correction	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
B = Pilot boost correction	0.40	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.40
C= Real channel estimation	2.00	2.00	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00

โดยที่ A คือ ค่าสำหรับปรับปรุงค่าอัตราส่วนคลื่นพาห์ต่อสัญญาณรบกวนเพื่อให้สอดคล้องกับกรณีที่มีความผิดพลาดข้อมูล (BER) เป็น 10^{-7} ภายหลังจากการถอดรหัส Low Density Parity Check (LDPC)

B คือ ค่าสำหรับปรับปรุงค่าอัตราส่วนคลื่นพาห์ต่อสัญญาณรบกวนเพื่อให้ใกล้เคียงสถานการณ์จริงจากผลของ pilot boosting

C คือ ค่าสำหรับปรับปรุงค่าอัตราส่วนคลื่นพาห์ต่อสัญญาณรบกวนเพื่อให้ใกล้เคียงสถานการณ์จริงจากผลของ channel estimation

ตาราง ๘ ตารางแสดงค่าสำหรับการปรับปรุงค่าอัตราส่วนคลื่นพาห์ต่อสัญญาณรบกวนที่ต้องการ
ให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง (ค่า D)

C/N' (dB)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
D (dB)	0.07	0.09	0.11	0.14	0.18	0.22	0.28	0.36	0.46	0.58	0.75	0.97	1.26	1.65	2.20	3.02	4.33	6.87

โดยที่ D คือ ค่าสำหรับปรับปรุงค่าอัตราส่วนคลื่นพาห์ต่อสัญญาณรบกวนเพื่อให้ใกล้เคียงสถานการณ์จริงจากผลของ back-stop noise level ขนาด -33 dBc โดยค่า D จะแปรตามค่า C/N' ต่างๆ

ตาราง ๙ ตารางแสดงวิธีการคำนวณค่าอัตราส่วนคลื่นพาทต่อสัญญาณรบกวน (C/N)

ลักษณะการรับสัญญาณ	รูปแบบของช่องสัญญาณ	วิธีการคำนวณค่าอัตราส่วนคลื่นพาทต่อสัญญาณรบกวน
Fixed roof-top	Ricean Channel	$C/N'_{\text{Rice}} = C/N_{\text{Gauss-raw}} + \Delta_{\text{Rice}} + A + B + C$ $C/N_{\text{Rice}} = C/N'_{\text{Rice}} + D \quad \text{[ในหน่วย dB]}$
Portable	Rayleigh Channel	$C/N'_{\text{Rayleigh}} = C/N_{\text{Gauss-raw}} + \Delta_{\text{Rayleigh}} + A + B + C$ $C/N_{\text{Rayleigh}} = C/N'_{\text{Rayleigh}} + D \quad \text{[ในหน่วย dB]}$

๕. ค่าความแรงสนามไฟฟ้าที่ต้องการ (Minimum Median Equivalent Field Strength)

การคำนวณค่าความแรงสนามไฟฟ้าที่ต้องการสำหรับจุดรับสัญญาณที่มีรูปแบบการรับสัญญาณลักษณะต่างๆ ให้อ้างอิงตามวิธีการคำนวณใน EBU Tech 3348 โดยแผนความถี่วิทยุฉบับนี้แสดงวิธีการคำนวณสำหรับรูปแบบการรับสัญญาณ 3 ลักษณะซึ่งมีสมมติฐานของแต่ละลักษณะดังต่อไปนี้

(๑) การรับสัญญาณแบบอยู่กับที่ (Fixed Reception)

คือ การรับสัญญาณโดยอาศัยสายอากาศรับแบบติดตั้งบนอาคาร (Roof-Top Antenna) โดยมีสมมติฐานของการรับสัญญาณสูงจากระดับพื้นดิน 10 เมตรและรับสัญญาณแบบอยู่กับที่

(๒) การรับสัญญาณแบบพกพาภายนอกอาคาร (Portable Outdoor Reception)

คือ การรับสัญญาณโดยอาศัยสายอากาศรับแบบ telescopic หรือสายอากาศแบบติดตั้งในตัวเครื่องรับ (integrated antenna) โดยมีสมมติฐานของการรับสัญญาณภายนอกอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง โดยรับสัญญาณสูงจากระดับพื้นดิน 1.5 เมตรและรับสัญญาณขณะหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำมาก

(๓) การรับสัญญาณแบบพกพาภายในอาคาร (Portable Indoor Reception)

คือ การรับสัญญาณโดยอาศัยสายอากาศรับแบบ telescopic หรือสายอากาศแบบติดตั้งในตัวเครื่องรับ (integrated antenna) โดยมีสมมติฐานของการรับสัญญาณภายในอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง โดยรับสัญญาณสูงจากระดับพื้นดิน 1.5 เมตร และรับสัญญาณขณะหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำมาก

ตารางด้านล่างแสดงการคำนวณค่าความแรงสนามไฟฟ้าที่ต้องการของการรับสัญญาณที่ความถี่วิทยุ 650 MHz ในการรับสัญญาณทั้ง 3 ลักษณะ

ตาราง ๑๐ ตารางแสดงวิธีการคำนวณค่าความแรงสนามไฟฟ้าที่ต้องการของการรับสัญญาณที่ความถี่วิทยุ 650 MHz ในการรับสัญญาณลักษณะต่างๆ

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	รูปแบบของการรับสัญญาณ (Reception mode)		
			Fixed	Portable outdoor	Portable Indoor
ชนิดช่องสัญญาณ (Channel Type)			Ricean	Rayleigh	
ความถี่วิทยุ (Frequency)		MHz	650		
อัตราส่วนคลื่นพาทต่อสัญญาณรบกวนที่ต้องการ (Minimum C/N Required by System)	C/N	dB	ค่าจากผลลัพธ์ตามการคำนวณในข้อ 4		
ตัวเลขแสดงสัญญาณรบกวนของเครื่องรับ(Receiver Noise Figure)	F	dB	6		
แบนด์วิดท์สมมูลของสัญญาณรบกวน(Equivalent Noise Bandwidth)	B	MHz	7.61 สำหรับ normal mode, 7.71 สำหรับ 8k extended mode, และ 7.77 สำหรับ 16k และ 32k extended mode		
กำลังของสัญญาณรบกวนขาเข้าในเครื่องรับ (Receiver Noise Input Power)	P_n	dBW	$P_n = F + 10 \log(k \cdot T_0 \cdot B)$		
กำลังต่ำสุดของสัญญาณขาเข้าในเครื่องรับ (Min. Receiver Signal Input Power)	$P_{s \min}$	dBW	$P_{s \min} = P_n + C/N$		
ค่าแรงดันไฟฟ้าสมมูลต่ำสุดที่ขาเข้าของเครื่องรับ, 75 โอห์ม (Min. Equivalent Receiver Input Voltage, 75 ohms)	U_{\min}	dB μ V/m	$U_{\min} = P_{s \min} + 120 + 10 \log(Z_i)$		
ค่าความสูญเสียในฟีดเดอร์ (Feeder Loss)	L_f	dB	4	0	0
อัตราขยายสายอากาศเทียบกับสายอากาศแบบครึ่งไดโพล (Antenna Gain Relative to Half Dipole)	G_d	dB	11	0	0
พื้นที่ประสิทธิภาพของสายอากาศ (Effective Antenna Aperture)	A_a	dB \cdot m ²	$A_a = G_{iso} + 10 \log(\lambda^2/4\pi) = G_d - 15.57$		
ความหนาแน่นของฟลักซ์กำลังต่ำสุด ณ จุดรับสัญญาณ (Min. Power Flux Density at Receiving Location)	Φ_{\min}	dBW/m ²	$\Phi_{\min} = P_{s \min} - A_a + L_f$		
ค่าความแรงสนามไฟฟ้าสมมูลต่ำสุด ณ จุดรับสัญญาณ (Min. Equivalent Field Strength at Receiving Location)	E_{\min}	dB μ V/m	$E_{\min} = \Phi_{\min} + 120 + 10 \log(120\pi) = \Phi_{\min} + 145.8$		

ตาราง ๑๐ ตารางแสดงวิธีการคำนวณค่าความแรงสนามไฟฟ้าที่ต้องการของการรับสัญญาณที่ความถี่วิทยุ 650 MHz ในการรับสัญญาณลักษณะต่างๆ (ต่อ)

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	รูปแบบของการรับสัญญาณ (Reception mode)		
			Fixed	Portable outdoor	Portable Indoor
ค่าสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์สร้างขึ้น (Allowance for Man-Made Noise)	P_{mnn}	dB	0	1	1
ระดับความสูงจากพื้นดินของจุดรับสัญญาณ (Height Above Ground Level (a.g.l.) of Receiving Location)		เมตร	10	1.5	1.5
ความสูญเสียจากระดับความสูง จาก 10 เมตรลงมายัง 1.5 เมตร (Height Loss from 10 m to 1.5 m)	L_h	dB	0	23.5 สำหรับเขตเมือง (urban) 17 สำหรับเขตชานเมือง (suburban) 16.5 สำหรับเขตชนบท (rural)	
ความสูญเสียจากการแพร่กระจายสัญญาณสู่อาคาร (Building Penetration Loss)	L_b	dB	0	0	11
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูญเสียจากการแพร่กระจายสัญญาณสู่อาคาร (Standard Deviation of the Penetration Loss)		dB	0	0	6
เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ครอบคลุมที่ต้องการ (Location Percentage Requirement)		%	70% หรือ 95%		
แฟกเตอร์การกระจาย (Distribution Factor)	μ		0.52 สำหรับกรณี 70% และ 1.64 สำหรับกรณี 95%		
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)	σ		5.5	5.5	8.1
ค่าปรับแก้สำหรับตำแหน่งรับสัญญาณ (Location Correction Factor)	C_l	dB	$= \mu \cdot \sigma$		
ความหนาแน่นของฟลักซ์กำลังต่ำสุดโดยเฉลี่ย ณ จุดรับสัญญาณที่ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 50% เชิงเวลา และ 50% เชิงพื้นที่ (Min. Median Power Flux Density at Reception Height; 50% time and 50% location)	Φ_{med}	dBW/m^2	$\Phi_{med} = \Phi_{min} + P_{mnn} + C_l + L_h + L_b$		
ค่าความแรงสนามไฟฟ้าสมมูลต่ำสุดที่ต้องการ ณ จุดรับสัญญาณที่ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 50% เชิงเวลา และ 50% เชิงพื้นที่ (Min. Median Equivalent Field Strength at Reception Height; 50% time and 50% location)	E_{med}	$\text{dB}\mu\text{V/m}$	$E_{med} = \Phi_{med} + 120 + 10 \log(120\pi) = \Phi_{med} + 145.8$		

- โดยที่ k คือ ค่าคงที่ของโบลต์ซมันน์ (Boltzman's Constant) มีค่าเท่ากับ 1.38×10^{-23} J/K
- T_0 คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (Absolute Temperature) มีค่าเท่ากับ 290 K
- Z_i คือ อินพุตอิมพีแดนซ์ของเครื่องรับ (Receiver Input Impedance) มีค่าเท่ากับ 75 โอห์ม
- G_{iso} คือ อัตราขยายสายอากาศเทียบกับสายอากาศแบบไอโซโทรปิก (Isotropic Antenna)

ทั้งนี้ กรณีที่ต้องการคำนวณค่าความแรงสนามไฟฟ้าที่การส่งสัญญาณอาศัยความถี่วิทยุอื่น สามารถคำนวณได้ดังนี้

กรณีการรับสัญญาณแบบอยู่กับที่ (Fixed Reception)

$$F_{s1} = F_s + 20 \log(f_1/f)$$

กรณีการรับสัญญาณแบบพกพา (Portable Reception)

$$F_{s1} = F_s + 30 \log(f_1/f)$$

โดยที่ f_1 = ความถี่วิทยุที่ต้องการหาค่าความแรงสนามไฟฟ้าที่ต้องการในหน่วย MHz

f = ความถี่วิทยุอ้างอิง 650 MHz

F_s = ค่าความแรงสนามไฟฟ้าสมมูลต่ำสุดที่ต้องการ ณ จุดรับสัญญาณ (Minimum Median Equivalent Field Strength) บนความถี่วิทยุ 650 MHz

F_{s1} = ค่าความแรงสนามไฟฟ้าสมมูลต่ำสุดที่ต้องการ ณ จุดรับสัญญาณ (Minimum Median Equivalent Field Strength) บนความถี่วิทยุ f_1 MHz

๖. พารามิเตอร์อ้างอิงสำหรับการรับสัญญาณ (Reference Parameter Sets)

กำหนดให้มีชุดพารามิเตอร์อ้างอิงสำหรับการรับสัญญาณเป็นดังนี้

ตาราง ๑๑ ตารางแสดงชุดพารามิเตอร์อ้างอิงสำหรับการรับสัญญาณในรูปแบบต่างๆ
อ้างอิงตาม EBU Tech 3348

รายการ	รูปแบบของการรับสัญญาณ (Reception mode)		
	Fixed	Portable outdoor	Portable Indoor
ความถี่วิทยุ	650 MHz	650 MHz	650 MHz
พารามิเตอร์ของระบบ DVB-T2	256-QAM, FEC 2/3, 32k Extended, PP7	64-QAM, FEC 2/3, 32k Extended, PP4	64-QAM, FEC 2/3, 16k Extended, PP1
อัตราบิตโดยประมาณ	33-40 Mbit/s	26-29 Mbit/s	23-28 Mbit/s
อัตราส่วนคลื่นพาทต่อสัญญาณรบกวนที่ ต้องการ (C/N)	20.0 dB	17.9 dB	18.3 dB
เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ครอบคลุมที่ต้องการ	95%	95%	95%
ค่าเทียบเท่าความแรงสนามไฟฟ้าต่ำสุดที่ ต้องการ ณ จุดรับสัญญาณ (E_{med}) โดยประมาณ	54.3 dB μ V/m	60.2 dB μ V/m	75.9 dB μ V/m

เอกสารอ้างอิง

- [๑] Recommendation ITU-R P.1546-4 (10/2009): Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz
- [๒] Recommendation ITU-R BT.1368-9 (12/2011): Planning criteria, including protection ratios, for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands
- [๓] EBU Tech 3348 (May, 2012): Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2
- [๔] Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06):
- [๕] ETSI TS 102 831 v1.1.1 (2010-10): Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)
- [๖] ETSI TS 302 755 v1.3.1 (2012-04): Digital Video Broadcasting (DVB);Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)