

บทที่ 4

การทดลองวิจัยและผลการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการวิจัยและทดลองระบบการแพร่ภาพโทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T โดยทำการทดสอบแพร่ภาพโทรทัศน์ดิจิทัลอ้างอิงตาม มาตรฐานที่คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) ตามที่กำหนดในมาตรฐาน ETSI EN 300 744: Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television [ภาคผนวก]

การวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองออกอากาศและทำการรับสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T บนย่านความถี่ UHF ช่วงความถี่ 638-646 MHz ช่อง 42 แบนด์วิดท์ 8 MHz โดยได้กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับการทดลอง ดังตารางที่ 4.2 ซึ่งก่อนที่จะมีการทดสอบระบบการแพร่ภาพโทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T ได้มีการจำลองการทำงานและประเมินผลการทดลอง ดังตัวอย่างหัวข้อที่ 4.1 โดยใช้โปรแกรม ADS [17] จากตัวอย่างดังกล่าว จะแสดงถึงผลที่ได้จำลอง ของการส่งผ่านระบบ DVB-T โดยมีการปรับค่าพารามิเตอร์ตามที่กล่าวถึง ดังนี้

4.1 การจำลองระบบ DVB-T แบบ 16-QAM

ในตัวอย่างการจำลองการทำงาน ได้กำหนดลักษณะของการจำลองตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- Modulation และ Demodulation แบบ 16-QAM
- การประมาณค่าสำหรับ OFDM Frame Synchronization เป็นแบบ Maximum Likelihood (ML)
- มีการเปรียบเทียบ BER (Bit Error Rate) ของกรณีช่องสัญญาณที่แตกต่างกัน 3 ลักษณะ คือ Gaussian, Ricean และ Rayleigh

สำหรับตัวอย่างการจำลองระบบ DVB-T ในหัวข้อนี้ได้กำหนดจำนวน Carrier เป็นแบบ 2K Mode และทำการจำลองในกรณีที่ไม่มี การเข้ารหัสช่องสัญญาณ มีการ Mapping การมอดูเลตแบบ 16-QAM และกำหนดให้ Guard Interval เท่ากับ 1/16 การออกแบบการจำลองการส่งผ่านระบบ DVB-T 16-QAM แสดงดังภาพที่ 4.1

The diagram illustrates the architecture of a DTV receiver. It starts with an input signal P1 (Num=1) entering a gain block with parameters Gain=Cx and G1=1/sqrt(FFTSize). The output of this block is split into two paths. One path goes to a DTV_LoadFFTBuf block, which has parameters D4, InLength=FFTSize+Guard, Order=FFTOrder, MinDelay=0, MaxDelay=MaxDelay, and Offset=Guard. The other path goes to a DTV_MLEEstimator block, which has parameters D8, Length=FFTSize, Guard=Guard, and Ru=Ru. The output of DTV_LoadFFTBuf goes to a DTV_RemovePhase block (parameters D6, Length=FFTSize), which then feeds into an FFT block (parameters FFT_Cx, F2, Order=FFTOrder, Size=FFTSize, Direction=Forward). The FFT block output goes to a DVB block (parameters D5, Carriers=Carriers, Orders=FFTOrder, SPperiod=12, SPstart=0, SPoffset=3, SPphase=SPphase). The DVB block output goes to a DTV_OFDMRegulator block (parameters D2, Carriers=Carriers). The DTV_OFDMRegulator block output goes to another DVB block (parameters D3, TFS, DAT). Finally, the output of this DVB block goes to a DTV_DVBDemuxOFDMSym block (parameters D9, Carriers=Carriers, Data=Data, SPperiod=12, SPstart=0, SPoffset=3, SPphases=SPphase), which produces two outputs: P3 (Num=3) and P2 (Num=2).

ภาพที่ 4.3 บล็อกไดอะแกรมของ sub DVB OFDM Demodulation

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์ในการสำหรับการจำลองตามภาพที่ 4.1

พารามิเตอร์	ค่า	ประเภทของการจำลอง
Carriers	1705	ADS Ptolemy
Data	1512	ADS Ptolemy
IFFT Size	2048	ADS Ptolemy
FFT Size	2048	ADS Ptolemy
Guard	128	ADS Ptolemy
IFFT Order	11	ADS Ptolemy
FFT Order	11	ADS Ptolemy
Max Delay	2047	ADS Ptolemy
Sample Time	$224.0e-6/2048$	ADS Ptolemy

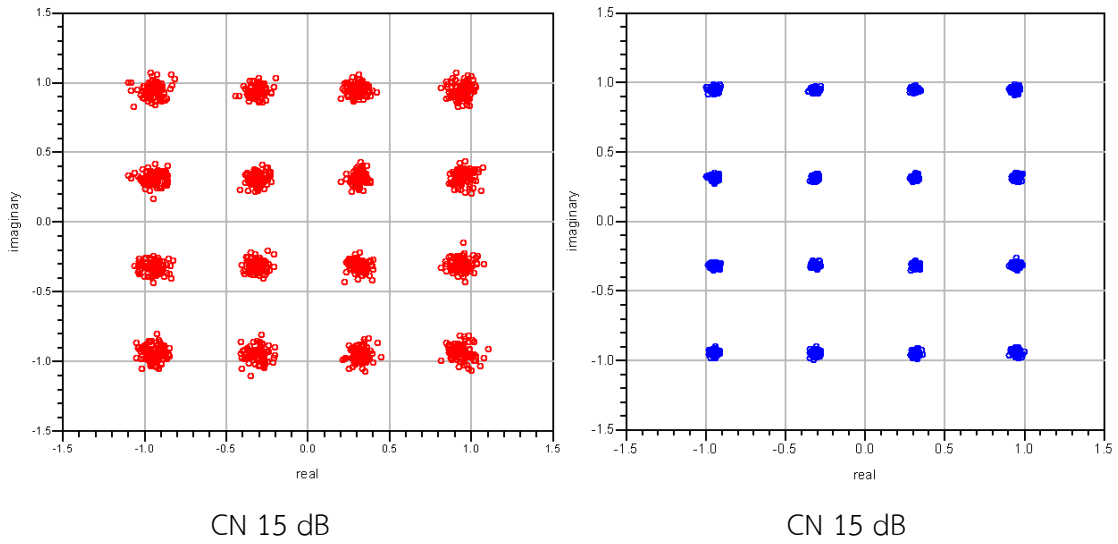
สำหรับตัวอย่างได้กำหนดให้อัตราส่วนของ Guard Interval มีค่าเท่ากับ 1/16 ดังนั้น Guard Interval คือ 128 (เนื่องจากระบบ DVB-T แบบ 2K Mode จะมี Guard Interval เป็น 64, 128, 256 และ 512 ที่สัมพันธ์กับอัตราส่วนของ Guard Interval ที่มีค่าเท่ากับ 1/32, 1/16, 1/8 และ 1/4 ตามลำดับ) และได้จำลองช่องสัญญาณที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ ช่องสัญญาณแบบ Gaussian ช่องสัญญาณแบบ Ricean และ ช่องสัญญาณแบบ Rayleigh ดังจะกล่าวถึง ตามหัวข้อต่อไป

4.1.1 ผลการจำลองบนช่องสัญญาณ AWGN

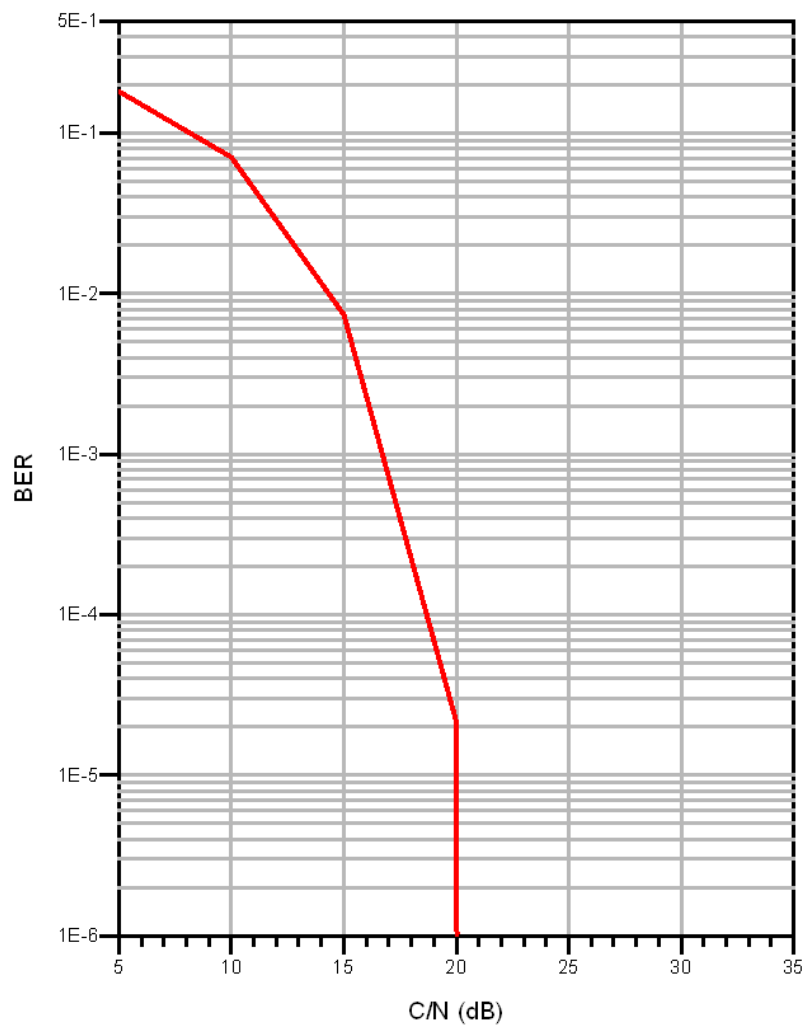
สำหรับการจำลองบนช่องสัญญาณแบบ AWGN (Additive White Gaussian Noise) ได้มีการกำหนดค่า CN (carrier-to-noise ratio) ทางด้านอินพุตของเครื่องรับให้มีค่าที่แตกต่างกัน เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ BER ที่จะได้รับ ภาพที่ 4.4 แสดงถึง Constellation ของสัญญาณที่ได้รับได้หลังจากผ่านการดีมอดูเลตแบบ OFDM โดยกำหนดค่า CN เท่ากับ 15 dB และ 25dB ตามลำดับ จากผลการจำลองที่ได้ จะเห็นว่า CN ที่มีค่าสูงกว่าจะดีกว่า

4.1.2 ผลการจำลองบนช่องสัญญาณ Ricean

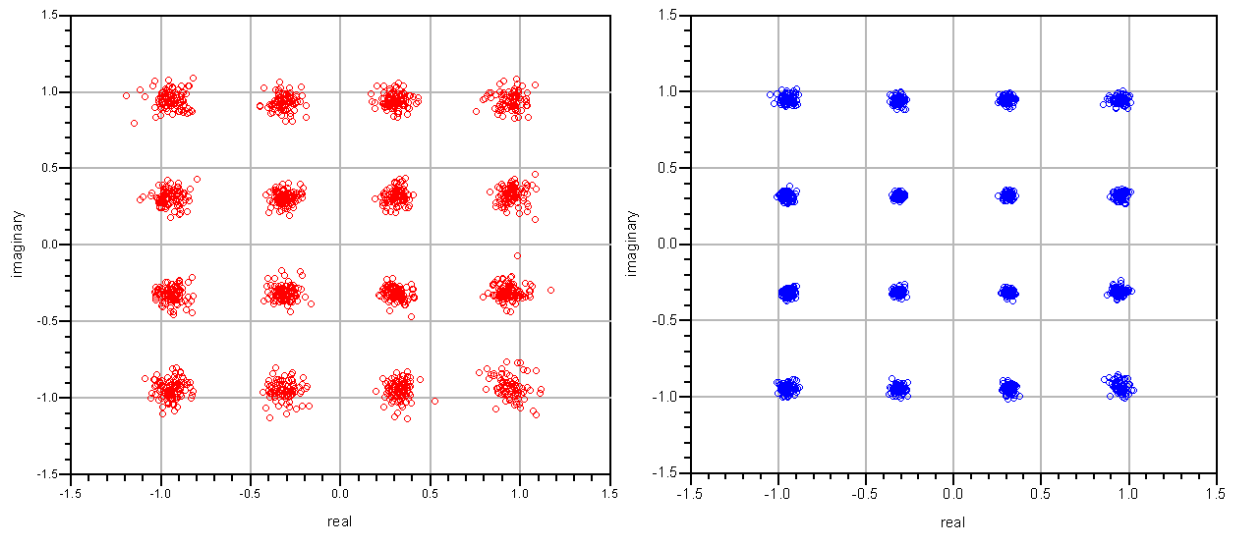
สำหรับการจำลองบนช่องสัญญาณแบบ Ricean เพื่อให้สอดคล้องกับระบบการส่งผ่าน DVB-T ในแบบจำลองได้ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ของ sub DVB Channel ในภาพที่ 4.1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ $5.45/\exp(CN/10.0*\ln(10))$ ในผลการจำลองนี้เราไม่ได้นำค่า package ของระบบ DTV (Digital Television) เข้ามาคิดด้วย เพราะว่ามีข้อจำกัดในเรื่องขนาดของ package ซึ่งถ้านำมาคิดรวมในระบบการส่งผ่านในการจำลองนี้ ต้องใช้เวลาในการจำลองนานมากขึ้น จึงขอยกตัวอย่างเฉพาะการปรับเปลี่ยนคุณลักษณะช่องสัญญาณจากเดิมที่ครั้งแรกเราได้ใช้ช่องสัญญาณแบบ Gaussian หรือ AWGN เป็นช่องสัญญาณแบบ Ricean และทำการกำหนดพารามิเตอร์ CN เพื่อเปรียบเทียบ Constellation ของสัญญาณที่ได้รับได้หลังจากผ่านการดีมอดูเลตแบบ OFDM โดยกำหนดค่า CN สองค่าคือ 15 dB และ 25 dB จากผลการจำลองที่ได้เมื่อกำหนด CN ให้มากขึ้นผลที่ได้จะดีกว่ากรณีที่ CN มีค่าน้อย



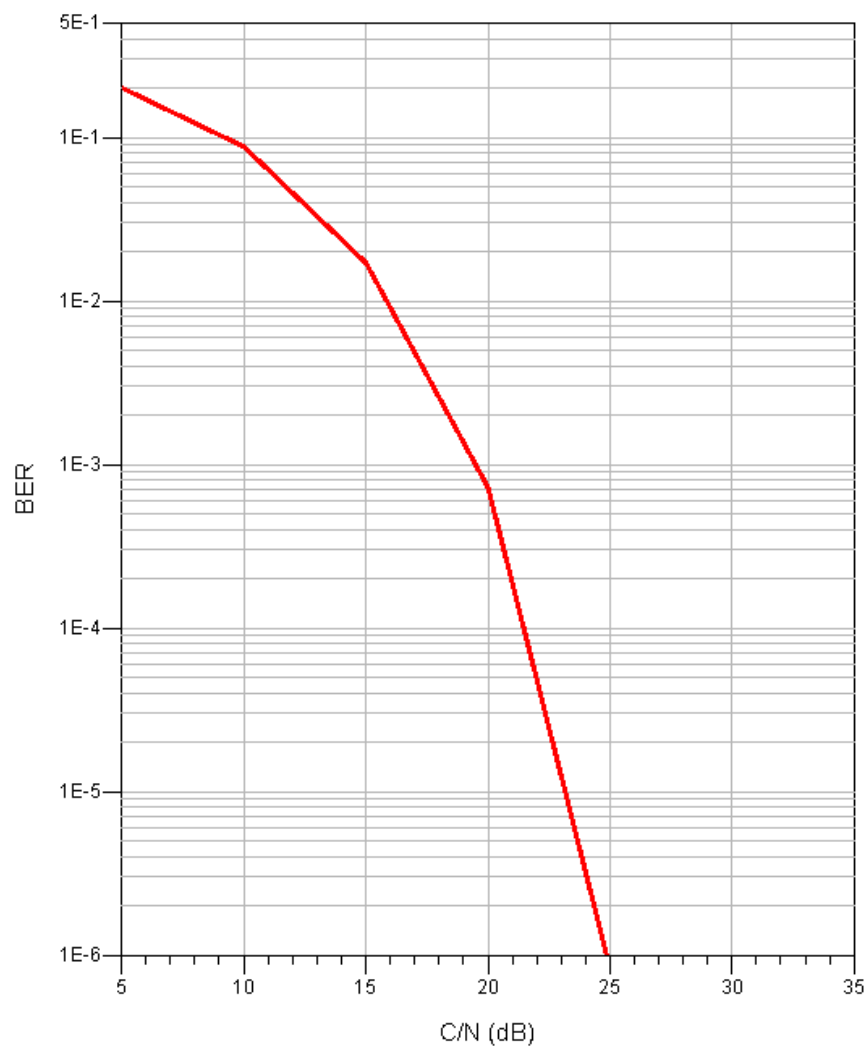
ภาพที่ 4.4 Constellation ของสัญญาณการดีมอดูเลตแบบ OFDM ที่ค่า CN ต่าง ๆ



ภาพที่ 4.5 BER ของช่องสัญญาณ Gaussian



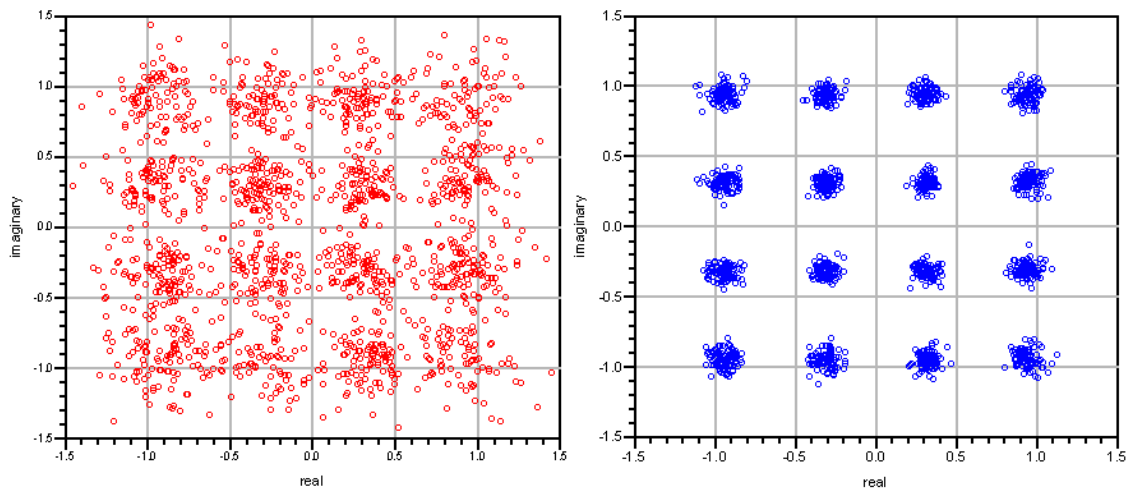
ภาพที่ 4.6 Constellation ของสัญญาณการมอดูเลตแบบ OFDM ที่ค่า CN ต่าง ๆ



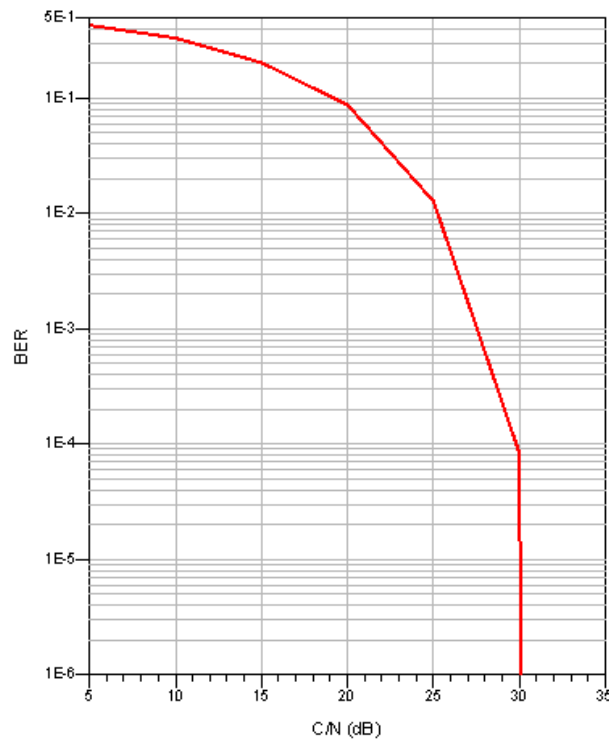
ภาพที่ 4.7 BER ของช่องสัญญาณ Ricean

4.1.3 ผลการจำลองบนช่องสัญญาณ Rayleigh

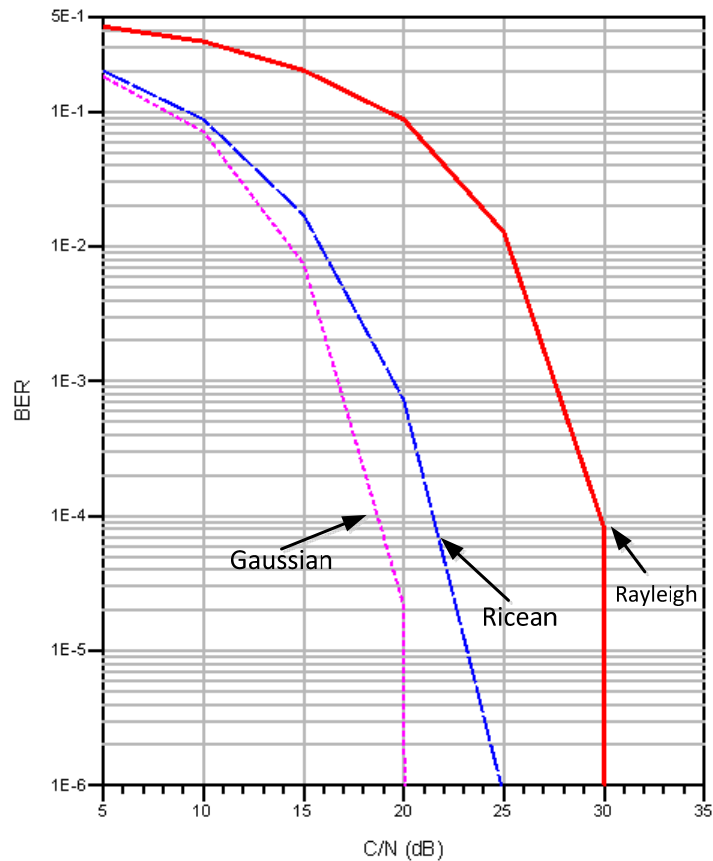
สำหรับการจำลองบนช่องสัญญาณแบบ Ricean เพื่อให้สอดคล้องกับระบบการส่งผ่าน DVB-T ในแบบจำลองได้ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ของ sub DVB Channel ในภาพที่ 4.1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ $0.45/\exp(\text{CN}/10.0*\ln(10))$ จากนั้นทำการกำหนดพารามิเตอร์ CN เพื่อเปรียบเทียบ Constellation ของสัญญาณที่ได้รับได้หลังจากผ่านการดีมอดูเลตแบบ OFDM โดยกำหนดค่า CN สองค่าคือ 15 dB และ 25 dB จากผลการจำลองที่ได้เมื่อ CN มีค่ามากขึ้นผลที่ได้จะดีกว่า CN ที่มีค่าน้อย



ภาพที่ 4.8 Constellation ของสัญญาณการดีมอดูเลตแบบ OFDM ที่ค่า CN ต่าง ๆ



ภาพที่ 4.9 BER ของช่องสัญญาณ Rayleigh



ภาพที่ 4.10 การเปรียบเทียบ BER ของช่องสัญญาณ Gaussian, Ricean และ Rayleigh

4.2 การทดลองแพร่ภาพโทรทัศน์ดิจิทัลระบบ DVB-T

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองออกอากาศและรับสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T โดยได้ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ในการทดลองแพร่ภาพได้มีการกำหนดพารามิเตอร์ตามคุณสมบัติของระบบ DVB-T ดังนี้

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์ในการทดลองสำหรับภาครับสัญญาณระบบ DVB-T

ย่านความถี่วิทยุใช้งาน (Operating Band)	638-646 MHz UHF band V
ความกว้างช่องสัญญาณ (Channel Bandwidth)	8 MHz
กำลังส่งออกอากาศประสิทธิภาพ (ERP)	ตามข้อกำหนดในแผนความถี่ [1]
การมอดูเลต	COFDM (64 QAM)
Code rate	2/3
Number of carrier	8 K

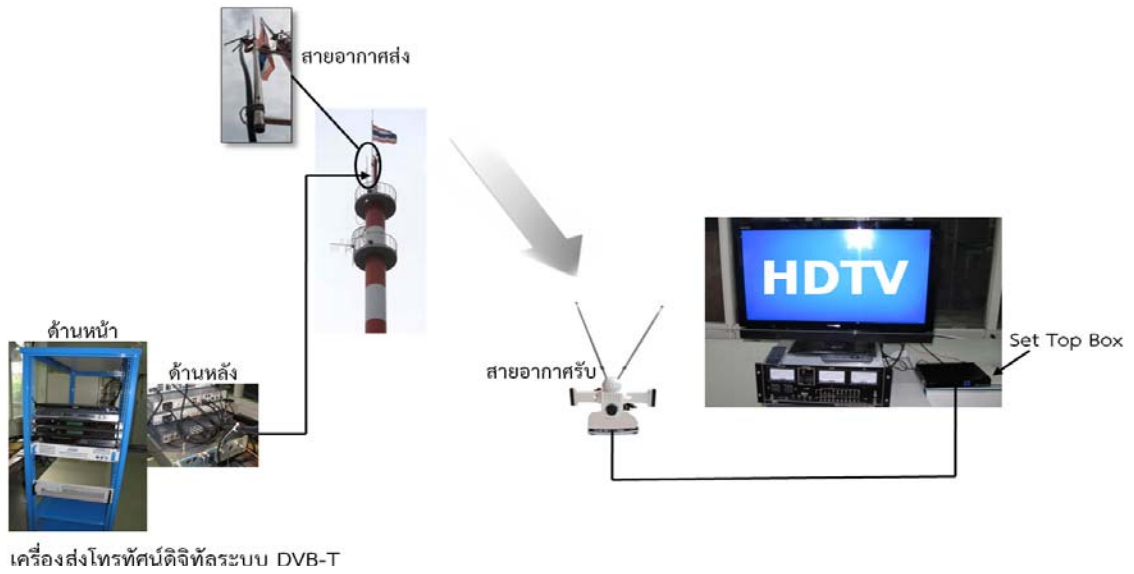
สำหรับการทดลองวิจัย คณะผู้วิจัยได้ใช้เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัล DVB-T และฝั่งด้านรับได้ใช้เครื่องรับสัญญาณ หรือ Set Top Box เชื่อมต่อเข้ากับโทรทัศน์ดิจิทัล ในการทดลองวิจัยได้มีการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบและดูความแตกต่างถึงคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับชม



ภาพที่ 4.11 Multiplexer ของระบบ DVB-T



ภาพที่ 4.12 การทดสอบปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบ DVB-T



ภาพที่ 4.13 การทดลองวิจัยส่งสัญญาณระบบ DVB-T



ภาพที่ 4.14 เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลระบบ DVB-T



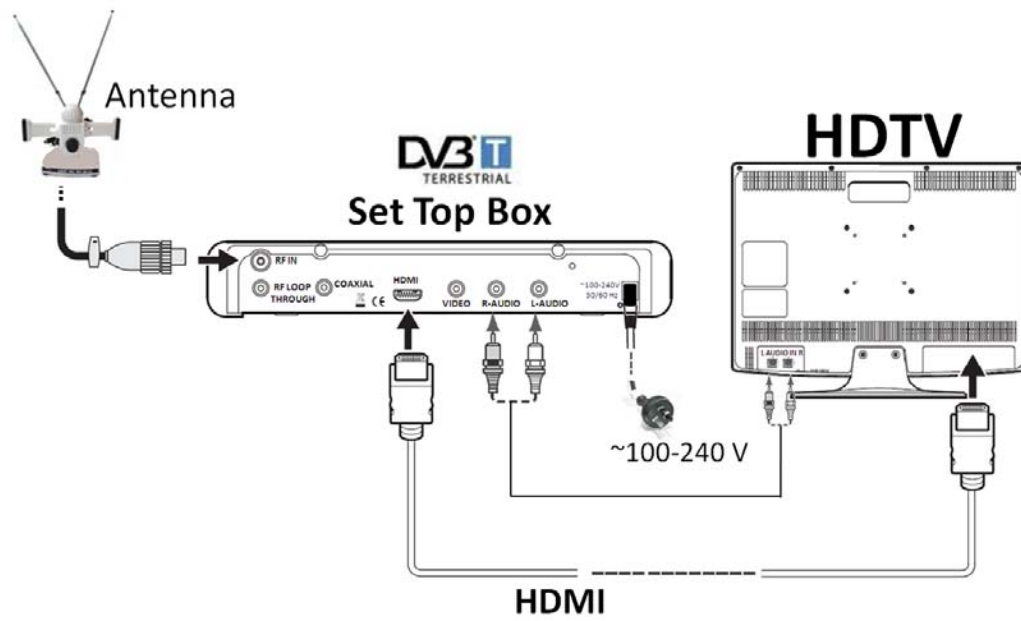
ภาพที่ 4.15 อุปกรณ์ที่ต่าง ๆ ของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลระบบ DVB-T



ภาพที่ 4.16 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลระบบ DVB-T



ภาพที่ 4.17 ภาครับของระบบ DVB-T



ภาพที่ 4.18 การต่อสาย HDMI เชื่อมต่อระหว่าง Set Top Box และ HDTV ในการรับสัญญาณ



ภาพที่ 4.19 การรับชมรายการของระบบ DVB-T