

[เล่าเท่าที่รู้]

ประมวลความเข้าใจ มาใช้กับ ทีวีดิจิทัล



เกริ่นนำ...

อยากเกริ่นความในใจของบทความนี้ว่า เกิดจากความช่างอยากรู้ของบางคนปนกับที่ผมเคยมีข้อมูลวิธีการคำนวณบางอย่างที่สอดคล้องกัน เห็นว่าเป็นประโยชน์ที่จักเชื่อมโยง แต่ขอยอมรับว่า เนื้อความทั้งหมดนี้ไม่ได้ถอดความมาจากที่ใด เป็นการประมวลจากความเข้าใจประกอบกับการอ้างอิงทฤษฎีหรือข้อความอ้างอิงต่างๆ อย่างมีหลักฐาน ผมเป็นเพียงผู้ที่ทำหน้าที่ร้อยเรียงเพื่อตอบคำถามข้อสงสัยหรือแก้ปัญหาที่สนใจ อ่านดูอาจรู้สึกว่าจะตั้งตนหาไม่ได้ แต่เมื่อเราเรียนรู้สิ่งต่างๆ มา แล้วทบทวนประมวลมาเป็นองค์ความรู้ได้ก็นำเสนอเผยแพร่ให้โอกาสของการถกเถียงได้ ยิ่งสมมติฐานนั้น น่าจักเป็นจุดเริ่มต้นเล็กๆ จากคนเล็กๆ ต้นทุนต่ำอย่างผม แต่ทำด้วยตั้งใจดีที่ใครควรแล้ว **เอาละท่านผู้อ่านพอเข้าใจบ้างแล้ว ออกตัวเสียแรง ขอเริ่มเรื่องเลย...**ปัญหาที่นำสู่บทความนี้คือว่าจริงหรือไม่ที่แถบความถี่กว้างๆ ที่เรียกว่า **แบนด์วิธ** นั้น สามารถส่งข้อมูลดิจิทัลที่เป็นช่องรายการโทรทัศน์ได้หลายช่อง หลายคนคงตอบกันที่ว่า คำทำนองนั้นแล้ว แต่ที่ผมเคยขมนิทรศการของ กสทช. ที่เกี่ยวกับการส่งออกอากาศทีวีดิจิทัลที่แต่ละช่วงความถี่ที่ประมูลกันได้นี้จะส่งได้เพียงช่องรายการเดียว



เท่านั้น ผมนึกแย้งในใจว่า เอะ!ก็ดาวเทียม 1 transponder ที่ขนาดแบนด์วิธหนึ่งสามารถส่งช่องรายการธรรมดา

ได้ถึง 12-13 ช่องแน่ะ ซึ่งเป็นดิจิทัล

ทีวีเหมือนกัน ทำไมของ กสทช. จึงสามารถจำกัดได้ช่องเดียว หรือว่า กสทช. ได้คำนวณแล้วว่า อย่างไรก็ส่งได้ช่องรายการเดียว แล้วถ้าเราอยากยืนยันว่าเป็นอย่างนี้จริง ก็อยากจะรู้ว่าใช้ตัวแปรควบคุมอะไรบ้างที่เป็นปัจจัยควบคุมให้ตัวแปรอิสระทั้งหลายทำงานได้อย่างถูกต้อง เดี่ยวเราจักได้ติดตามการทดลองเสนอกฎที่เป็นแนวทางที่จักเข้าถึงการควบคุมดังกล่าว แต่อดไม่ได้ที่ขอกึ่งคำถามไปยังผู้รู้ในแวดวงการส่งคลื่นวิทยุ (Radio Frequency: RF) ที่ผมเองยังไม่มีคำตอบ ว่าการส่งที่ภาคพื้นดินความถี่ย่าน UHF สามารถส่งช่องรายการแยกกันระหว่าง horizontal และ vertical polarization ได้หรือไม่ ก็ดาวเทียมเค้าได้แน่ครับเดี่ยวเราจักได้ไปดูพร้อมๆ กัน



นำเสนอทฤษฎีของ Shannon

อย่าเพิ่งเข้าใจว่าเหมือนเรียนหนังสือเลย ก็ขอปูพื้นฐานนิดหนึ่ง ทฤษฎีของ Shannon คำว่า ความสามารถในการส่งข้อมูลหรือ **Channel Capacity** ย่อว่า **C** หมายถึง อัตราการส่งข้อมูลบางทีเรียกว่า bit rate โดยไม่รวมรหัสที่ใช้เพื่อการแก้ไขข้อบกพร่อง(exclude error correcting codes) ที่สามารถส่งสัญญาณเฉลี่ยเป็นขนาดของกำลังหรือ **Signal: S** ผ่านช่องทางการสื่อสารอนาล็อกเป็นสัดส่วนกับสัญญาณรบกวนเฉลี่ยเป็นขนาดของกำลังหรือ **Noise: N** ได้เป็นสูตรคำนวณคือ

$$C = B \cdot \log_2(1 + S/N)$$

โดยที่

- C** หมายถึง Channel capacity มีหน่วยเป็น bits per second
- B** หมายถึง bandwidth of the channel มีหน่วยเป็น hertz
- S** หมายถึง average received signal power over the bandwidth มีหน่วยเป็น watts
- N** หมายถึง average noise or interference power over the bandwidth มีหน่วยเป็น watts
- S/N** หมายถึง signal-to-noise ratio (SNR)

การคำนวณความเร็วสูงสุดที่ดาวเทียมจากรับได้

สูตรข้างต้นจักเป็นเครื่องมือสำคัญที่เราจักได้นำใช้คำนวณในบทความนี้ และเพื่อเพิ่มความเข้าใจยิ่งขึ้นต้องเข้าใจข้อมูลที่จะใช้หนึ่งเรื่องคือ ขนาดของ SNR ที่ใช้ในสูตรนั้นเป็นขนาดของ power ที่ทั้ง S และ N มีหน่วยเป็น watt แต่ขนาดของ SNR ที่กำหนดโดยความเที่ยมดังอ้างอิงที่จะเรียนรู้ด้วยกันได้กำหนดขนาดไว้เป็นหน่วยของ dB จากตัวอย่างที่อ้างอิงมีความต้องการไม่น้อยกว่า 25 dB จากข้อมูลนี้ยังไม่สามารถนำไปใช้ได้ต้องแปลงก่อนด้วยสูตรนี้ $dB = 10 \cdot \log(W_{output}/W_{input})$ หรือเท่ากับ $10 \cdot \log(SNR)$ เมื่อทำการ antilog หาขนาดของ SNR จะได้ว่า $SNR = 10^{(dB/10)}$ หรือเท่ากับ 10 ยกกำลัง dB หาก 10 แทนค่าได้ SNR เท่ากับ $10^{(25/10)}$ ได้ค่าเท่ากับ $10^{2.5} = 316.23$ ไม่มีหน่วย

ข้อมูลของความเที่ยมมีข้อกำหนดตามหนังสืออ้างอิงเป็นดังนี้ ขนาดของแบนด์วิธ 36 MHz ในที่นี้หมายถึงขนาดของแบนด์วิธที่ใช้งานสำหรับ dual polarization ของความเที่ยมหมายถึงทั้งแนวตั้งและแนวนอน (Vertical and Horizontal Polarization) การคำนวณของเราของลำดับเรื่องดังนี้ เราจักศึกษาการส่งสัญญาณที่วิคิจิตอลผ่านความเที่ยมไปยังพื้นที่ให้บริการของความเที่ยม โดยที่เราจักเช่าช่องที่จะส่งจำนวน 1 Transponder ส่งสัญญาณที่วิคิจิตอลในแบบความชัดสูงหรือที่เรียกว่า

High Definition: HD เราในฐานะ(สมมติ)ผู้ให้บริการช่องรายการกับประชาชนเราก็อยากจักสามารถส่งช่องรายการให้มากที่สุดโดยเกณฑ์มาตรฐานจักยึดตามข้อกำหนดที่ กสทช.ใช้กำหนดให้ผู้จักให้บริการทีวีดิจิตอลภาคพื้นดินที่กำลังจักได้ชมกันในเวลาไม่นานนี้ กลับมาเรื่องข้อกำหนดของความเที่ยมของเราต่อ ขนาดของแบนด์วิธ 36 MHz เราจักใช้เพียง Polarization เดียวคั้งนั้นขนาดของแบนด์วิธที่ใช้ส่ง 1 ช่องเพียง 18 MHz จากข้อมูลของขนาดของแบนด์วิธและขนาดของ SNR เมื่อใช้สูตรคำนวณของ Shannon แทนค่าสูตร $C = B \cdot \log_2(1 + SNR)$ จักได้

$$C = 18 \cdot 10^6 \cdot \log_2(1 + 10^{(25/10)})$$

$$C = 18 \cdot 10^6 \cdot \log_2(1 + 316.23) = 18 \cdot 10^6 \cdot (8.31) = 149.57 \cdot 10^6 = 149.57 \text{ Mbps}$$

ความหมายของผลการคำนวณที่ได้คือ ความเร็วสูงสุดที่สามารถส่งช่องรายการทุกช่องรายการที่เป็นทีวีดิจิตอลไปจนถึงความเที่ยม นี้คือข้อจำกัดที่ความเที่ยมควมนี้รับได้ คั้งนั้นต่อไปเราจักต้องคำนวณหาให้ได้ว่า ช่องรายการต้องการความเร็วสูงสุดในการส่งหนึ่งวินาที เมื่อทราบแล้วต่อไปเราก็จักทราบว่าเราจักสามารถส่งช่องรายการได้สูงสุดกี่ช่องรายการ สุดท้ายในฐานะที่เป็นผู้ลงทุนก็อยากจักรู้ว่า หากต้องการเพิ่มช่องรายการจักต้องทำอย่างไร

การคำนวณความเร็วในการส่งช่องรายการ HD

เริ่มที่ข้อมูลขนาดข้อมูลต่อหนึ่งภาพ ภาพที่เป็น HD ตาม กสทช. ที่เป็นสัดส่วน 9:16 จักมีขนาดจำนวนจุดหรือที่เรียกว่า pixel เป็น 1080 x 1920 และหากต้องการสีธรรมชาติคั้งต้องมีจำนวนบิตต่อ pixel ที่ 24 บิต คั้งนั้นทำให้ทราบว่า 1 ภาพคั้งกล่าวต้องการปริมาณข้อมูลเท่ากับ $1,080 \times 1,920 \times 24 = 49,766,400$ บิต ตัวเลขนี้อาจไม่คุ้น หากแปลงบิตเป็นไบนารีด้วย 8 บิตเท่ากับ 1 ไบนารีคำนวณใหม่ได้เป็น $49,766,400/8 = 6,220,800$ ไบนารี หรือ 6.22 เม็กไบต์ (6.22 Mbyte) หรือที่ใครๆ เรียกว่า ภาพขนาด 6 เม็กไบต์ละครับ ต่อไปดูข้อกำหนดของ กสทช. หากทีวีดิจิตอลต้องการส่งช่องรายการทีวีคั้งต้องส่งจำนวนภาพต่อวินาทีไม่น้อยกว่า 50 ภาพต่อวินาที ครงนี้ทำให้เราทราบว่าความเร็วในการส่งภาพต่อวินาทีมีค่าเท่ากับ $49,766,400 \times 50 = 2,488,320,000$ บิตต่อวินาทีหรือ 2,488 เม็กบิตต่อวินาที

ถึงเวลานี้ต้องเข้าใจว่าภาพที่เกิดขึ้นไม่ได้ส่งทันทีการบีบอัดภาพได้แก่ MPEG-4 และ H.264 รวมทั้งมีการกำหนดคุณภาพของภาพด้วย ทั้งสองตัวแปรข้างต้นสามารถใส่สูตรคำนวณคั้งนี้

$$\text{Bit rate} = \text{speed} \cdot k \cdot r$$

โดยที่



Bit rate หมายถึงความเร็วในการส่งข้อมูลภายหลังที่ภาพได้รับการบีบอัดแล้ว

Speed หมายถึง ความเร็วในการส่งข้อมูลก่อนที่ภาพได้รับการบีบอัด

k หมายถึง video codec factor (H.264: k=0.012345, MPEG-4: k=0.0135)

r หมายถึง video quality factor (excellent: r=1.0, good: r=0.55, normal: r=0.35)

ดังนั้น เมื่อภาพที่ต้องการส่งตาม กสทช. ต้องเป็น H.264 และคุณภาพของภาพเป็น excellent จึงได้ความเร็วในการส่งหนึ่งช่องเป็น

$$\text{bit rate} = 2488 * 0.012345 * 1.0 = 30.71 \text{ Mbps}$$

เมื่อได้ความเร็วที่ต้องส่งสำหรับหนึ่งช่องรายการ ทำให้ทราบได้ว่าจำนวนช่องสูงสุดที่ส่งได้ดังนี้

- จากขนาดความเร็วสูงสุดที่ดาวเทียมรับได้เท่ากับ 150 Mbps และความเร็วในการส่งข้อมูลต่อ 1 ช่องเท่ากับ 30.71 Mbps ดังนั้น จำนวนช่องรายการที่ส่งได้เท่ากับ $150/30.71 = 4.88$ ช่องรายการ


ทำให้ได้รับรู้แล้วว่าที่ 1 Transponder สามารถส่งช่องรายการที่เป็นความคมชัดสูงได้สูงสุดจำนวน 4 ช่องรายการ เมื่อแนวทางการวิเคราะห์เป็นไปโดยครบถ้วนจึงเป็นความที่จักสามารถปรับปรุงตัวแปรบางตัวที่มีผลต่อปริมาณข้อมูลที่ส่งในหนึ่งวินาที (โดยไม่ผิดไปจาก กสทช. ในกรณีของทีวีดิจิตอลภาคพื้นดิน) ก็จักสามารถส่งจำนวนช่องรายการได้

มากขึ้น ใครจักเป็นคนตรวจสอบว่า ภาพคุณภาพสูงของการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมเป็นไปดังที่คุณภาพภาพที่มาตรฐานกำหนด และ หากผู้อ่านท่านใดเห็นต่างไปจากแนวทางคำนวณและสมมติฐานข้างต้นสามารถเสนอความเห็นมายังผู้เขียนได้ที่ suwittosan@yahoo.com ผู้เขียนบทความมิได้มีเจตนาที่ร้ายใจแต่กลับกันขอเสนอแนวคิดนี้ไว้ศึกษาต่อเนื่องไปซึ่งอาจเป็นพื้นฐานในการพัฒนาองค์ความรู้ในอนาคตต่อไป...

หนังสืออ้างอิง

1. ทฤษฎีของ Shannon สามารถค้นคืนข้อมูลได้จาก http://en.wikipedia.org/wiki/Shannon%E2%80%93Hartley_theorem ค้นคืนเมื่อ อังคารที่ 18 กุมภาพันธ์ 2557 16:58 น.
2. ตัวอย่างข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนดของดาวเทียม สามารถค้นคืนข้อมูลได้จาก <http://www.absatellite.net/satellite-fleet/?sat=abs3> ค้นคืนเมื่อ อังคารที่ 18 กุมภาพันธ์ 2557 17:00 น.
3. ขนาดของค่าคงที่ในการบีบอัดข้อมูลเช่น H.264, MPEG-4 และค่าคำนวณขนาดของข้อมูลภายหลังการบีบอัดข้อมูล สามารถค้นคืนข้อมูลได้จาก <http://www.winxdvd.com/resource/handbrake-video-quality-settings.htm> ค้นคืนเมื่อ อังคารที่ 18 กุมภาพันธ์ 2557 17:03 น.

ผู้เขียนบทความ



นายสุวิทย์ ศรีสุข
 วิศวกรไฟฟ้า-ทีมรักษาอิสระ
 การศึกษา บริณญาตรี- วิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง
 ประสบการณ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ทำงานกว่า 25 ปี งานด้านไฟฟ้ากำลัง