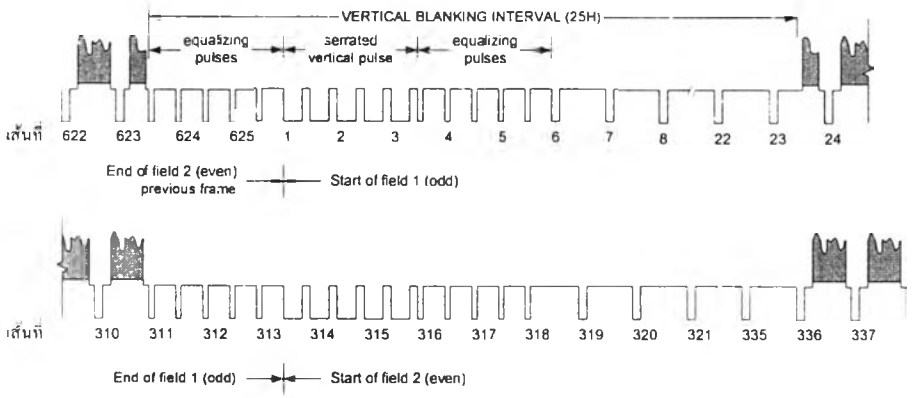
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมของระบบสแครมเบิล

2.1 โครงสร้างของสัญญาณวีดิทัศน์

2.1.1 เฟรมภาพ

ภาพต่อเนื่องที่เห็นบนหน้าจอโทรทัศน์เกิดจากการแสดงภาพนิ่งติดต่อกันด้วยความเร็วสูงกว่าที่ตาของคนเราจะสังเกตได้ ระบบ PAL จะใช้อัตราเร็วในการแสดงภาพ 25 เฟรมต่อวินาที ภาพหนึ่งเฟรมเกิดจากเส้นภาพตามแนวนอนจำนวน 625 เส้นเรียงต่อกัน โดยแบ่งเป็น 2 ฟิลด์คือฟิลด์คี่และฟิลด์คู่ ฟิลด์ละ 312.5 เส้น การแสดงภาพจะแสดงทีละฟิลด์แบบสอดสลับ (interlace) ในตอนต้นของฟิลด์จะมีเส้นภาพบางส่วนใช้สำหรับบอกตำแหน่งเริ่มต้นของฟิลด์ รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของภาพหนึ่งเฟรม



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของเฟรม

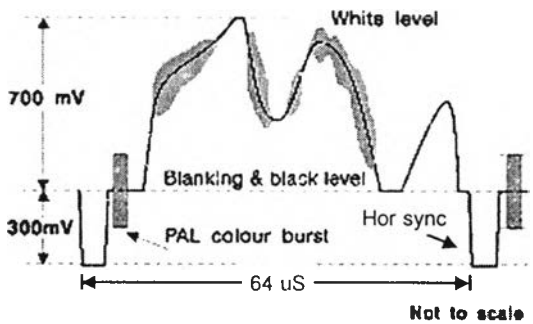
2.1.2 เส้นภาพ

ตามมาตรฐานของ ETSI [1] กำหนดลักษณะของสัญญาณวีดิทัศน์หนึ่งเส้นของระบบ PAL ไว้ดังรูปที่ 2.2 สัญญาณภาพประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

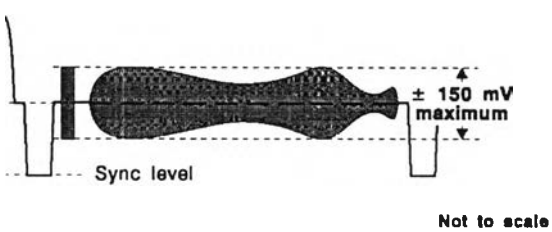
1. **สัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวราบ** (horizontal sync) หรือสัญญาณซิงโครไนซ์ของเส้นภาพ ใช้บอกตำแหน่งเริ่มต้นของเส้นภาพ เครื่องรับโทรทัศน์จะเริ่มกวาดเส้นภาพจากทางด้านซ้ายของจอโทรทัศน์โดยใช้สัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวราบนี้เป็นตัวบอก ถ้าขาดสัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวราบไปจะทำให้ให้เครื่องรับโทรทัศน์ไม่สามารถล็อกตำแหน่งเริ่มต้นของแต่ละเส้นภาพให้ตรงกับขอบซ้ายของจอได้ เส้นภาพที่ปรากฏบนจอจะมีตำแหน่งเริ่มต้นไม่เท่ากัน ผู้ชมจะเห็นภาพเหมือนถูกดึงให้บิดเบี้ยวไปทางด้านซ้ายหรือขวา หรือในบางกรณีทำให้ภาพผิดเพี้ยนไปจนไม่สามารถเข้าใจได้

2. **เบิรสต์สี** (color burst) ใช้บอกเฟสอ้างอิงของสัญญาณสี เนื่องจากสัญญาณสี (chrominance) ได้ถูกมอดูเลตขึ้นไปอยู่ที่ความถี่พาหะรอง 4.43 MHz การดีมอดูเลตต้องมีสัญญาณพาหะความถี่และเฟสตรงกันกับที่ใช้ในการมอดูเลต เบิรสต์สีที่ส่งมานี้ใช้สำหรับสร้างสัญญาณที่มีความถี่และเฟสตรงกันดังกล่าวเพื่อใช้สำหรับการดีมอดูเลต

3. **ส่วนของสัญญาณภาพ** ประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนสัญญาณความสว่าง (luminance) และส่วนสัญญาณสี (chrominance) สัญญาณสีมีลักษณะเป็นสัญญาณความถี่สูง (4.43 MHz) ประกอบอยู่บนสัญญาณความสว่างอีกทีหนึ่งดังที่เห็นเป็นแถบหนาบนสัญญาณความสว่างดังในรูปที่ 2.2 รูปที่ 2.3 แสดงข้อกำหนดของสัญญาณสี แอมพลิจูดของเบิรสต์สีมีขนาด 300 mV_{p-p} และแอมพลิจูดของสัญญาณสีจะต้องมีขนาดไม่เกิน 300 mV_{p-p} ในรูปแสดงเฉพาะส่วนประกอบสัญญาณสี โดยที่สัญญาณความสว่างเป็นศูนย์หรือเป็นสีดำนั่นเอง



รูปที่ 2.2 สัญญาณภาพโทรทัศน์ 1 เส้นภาพ

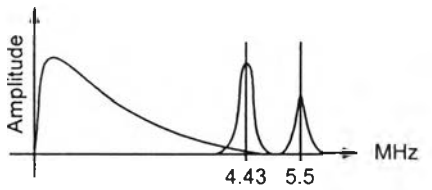


รูปที่ 2.3 ข้อกำหนดของสัญญาณสี

2.1.3 สัญญาณเสียง

สัญญาณเสียงในโทรทัศน์ระบบ PAL ถูกส่งมากับคลื่นพาหะรองความถี่ 5.5 MHz ใช้วิธีการมอดูเลตแบบ FM Stereo ถ้าพิจารณาในทางความถี่ รูปที่ 2.4 แสดงสเปกตรัมของสัญญาณเสียงที่ความถี่ 5.5 MHz และสัญญาณสีที่ความถี่ 4.43 MHz

ตามปกติแล้วเมื่อกล่าวถึงสัญญาณวีดิทัศน์ จะไม่รวมถึงสัญญาณเสียง สัญญาณเสียงจะถูกดีมอดูเลตและแยกออกไปยังวงจรส่วนที่จัดการกับเสียงซึ่งอยู่อีกส่วนหนึ่ง



รูปที่ 2.4 สเปกตรัมของสัญญาณวีดิทัศน์

2.2 การสแครมเบิลสัญญาณวีดิทัศน์

จากเอกสาร [2-5] ที่ได้ศึกษามาพอสรุปวิธีการสแครมเบิลสัญญาณวีดิทัศน์ที่มีใช้ได้ดังนี้

2.2.1 คลื่นไซน์รบกวน (Interfering Carrier)

ใช้คลื่นไซน์ความถี่เท่ากับความถี่การสแกนแนวนอนหรือความถี่เป็นจำนวนเท่าของความถี่การสแกนแนวนอนรวมเข้ากับสัญญาณวีดิทัศน์ คลื่นไซน์ที่ใส่เข้าไปจะทำให้ระดับยอดซิงก์เปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน บางครั้งจะถูกยกสูงขึ้น ไม่อยู่ที่ระดับต่ำสุดอีกต่อไป หรือทำให้บางส่วนของสัญญาณภาพตกลงมาต่ำกว่าหรือเท่ากับสัญญาณซิงโครไนซ์ดังในรูปที่ 2.5 มีผลรบกวนให้เครื่องรับโทรทัศน์ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณซิงโครไนซ์ได้ หรือเข้าใจผิดตรวจจับบางส่วนของสัญญาณภาพที่ต่ำกว่าปกติเป็นสัญญาณซิงโครไนซ์ ภาพที่แสดงบนจอจึงไม่อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

รูปที่ 2.5 สัญญาณวีดิทัศน์เมื่อผ่านการสแครมเบิลด้วยวิธีคลื่นไซน์รบกวน

วิธีการนี้มีข้อเสียที่ไม่สามารถใช้ได้กับการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมแบบแอนะลอกเพราะทำให้สัญญาณวีดิทัศน์มีการแกว่งมากขึ้น ซึ่งจะถูกลดทอนเมื่อส่งผ่านดาวเทียมซึ่งมีแบนด์วิดท์จำกัด

วิธีนี้จัดว่ามีความแข็งแรงน้อย สามารถลักลอบดีสแครมเบิลได้ง่ายด้วยการกรองความถี่คลื่นไซน์ที่ใส่เข้ามาออก หรือในกรณีที่คลื่นไซน์ที่ใส่เข้ามามีความถี่อยู่ในย่านที่จะรบกวนสัญญาณภาพ สามารถตัดคลื่นไซน์ดังกล่าวออกอย่างแม่นยำด้วยการใช้เฟสล็อกลูป

ตัวอย่างผู้ให้บริการในต่างประเทศที่ใช้วิธีนี้ได้แก่ Telease SAVE ซึ่งใช้วิธีการสแครมเบิลภาพ 3 วิธีได้แก่ ลดขนาดของสัญญาณภาพลง 3 dB (6 dB ในทวีปยุโรป), กลับสัญญาณภาพ และใช้คลื่นไซน์รบกวนที่ความถี่ 6 เท่าของความถี่กวาดในแนวราบ = 6 x 15,625 = 93,750 Hz

2.2.2 หน่วงเวลาสัญญาณภาพ (Video Line Delay)

สัญญาณภาพ (ไม่รวมซิงก์และเบิรสต์สี) จะถูกหน่วงเวลาไปเล็กน้อยเป็นขั้นๆ แต่ละเส้นจะถูกหน่วงเวลาไปไม่เท่ากัน บางเส้นไม่ถูกหน่วงเวลาเลย บางเส้นถูกหน่วงเวลาไป 1 ขั้น บางเส้น 2 ขั้น โดยเป็นไปแบบสุ่ม ผลของการสแครมเบิลวิธีนี้ทำให้ภาพบนจอเครื่องรับโทรทัศน์เรียงตัวไม่เป็นระเบียบ เส้นในแนวตั้งจะถูกผลกระทบมากที่สุด เส้นอาจหายไปหรือเกิดการกระจายไปทางซ้ายหรือขวาลดความคมชัดของเส้น รูปที่ 2.6 แสดงผลที่เกิดขึ้นจากการสแครมเบิลด้วยวิธีนี้

รูปที่ 2.6 ผลของการสแครมเบิลแบบหน่วงเวลาสัญญาณภาพ

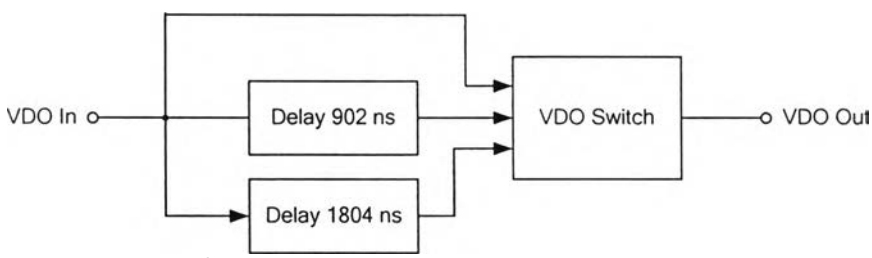
ในกรณีที่ระยะเวลาหน่วงไม่ลงตัวกับคาบของพาหะรอง 4.43 MHz คือ 226 ns จะทำให้สีที่ปรากฏบนจอเครื่องรับโทรทัศน์เพี้ยนไปจากสีเดิมด้วย

ข้อดีของวิธีนี้คือทำได้ง่าย

ข้อเสียของวิธีนี้คือให้คุณภาพการสแครมเบิลที่ไม่ดีมากนัก ภาพที่เห็นยังพอบอกได้ว่าคืออะไร

วิธีการนี้จัดว่ามีความแข็งแรงน้อย สามารถลักลอบดีสแครมเบิลได้ด้วยการตรวจจับขอบขาขึ้นของสัญญาณภาพ แล้วทำให้ทุกเส้นหน่วงเวลาไปที่เวลามากที่สุดเท่ากันทุกเส้น

ตัวอย่างผู้ให้บริการที่ใช้วิธีสแครมเบิลวิธีนี้ได้แก่ The RITC Discret 1 System สัญญาณภาพจะถูกหน่วงเวลาไป 3 ระดับ คือ 0, 902 และ 1804 nS การหน่วงจะทำแบบสุ่มและมีแผนผังการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.7

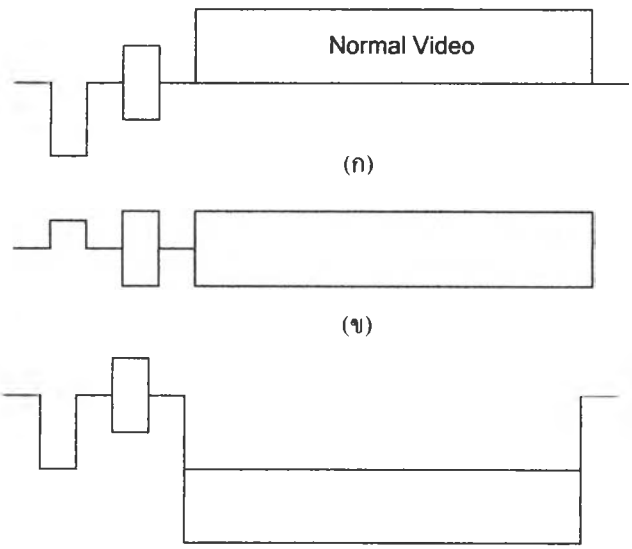


รูปที่ 2.7 การสแครมเบิลของ RITC Discret 1 System

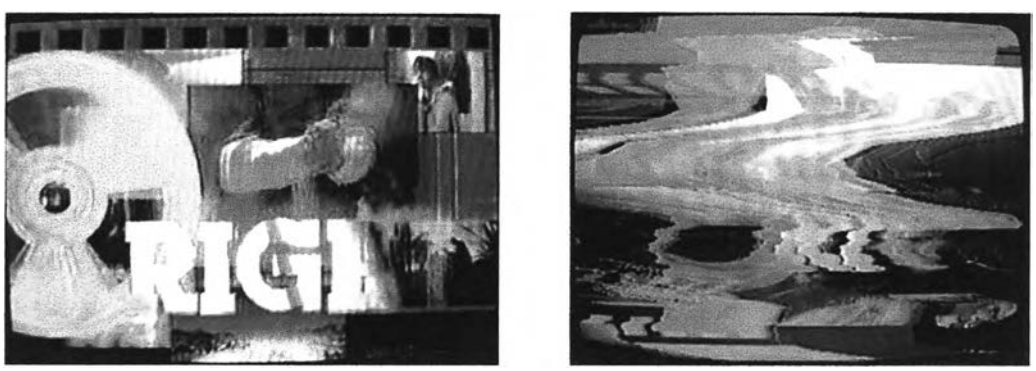
อีกตัวอย่างหนึ่งคือระบบ Discret 12 ซึ่งใช้วิธีการคล้ายกันแต่ใช้ความละเอียดของแต่ละขั้นมากกว่าโดยใช้การแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอลร่วมกับการใช้ชิฟท์รีจิสเตอร์ (shift register)

2.2.3 **ปกปิดหรือยกซิงก์** (Sync Shifted / Suppressed)

วิธีนี้จะทำให้ซิงก์มีขนาดเล็กลง หรือยกซิงก์ขึ้นไปอยู่ในช่วงระดับเดียวกับสัญญาณภาพ หรือทำให้ซิงก์มีลักษณะแปลกไป เครื่องรับโทรทัศน์ปกติไม่สามารถตรวจจับได้ สัญญาณวีดิทัศน์ที่ผ่านการสแครมเบิลด้วยวิธีนี้จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.1ข และรูปที่ 2.1ค โดยรูปที่ 2.1ก เป็นสัญญาณวีดิทัศน์ปกติ ในรูปที่ 2.1ข สัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวราบถูกยกขึ้นไปแทนที่จะเป็นพัลส์ที่มียอดทางลบ และในรูปที่ 2.1ค สัญญาณในช่วงไร้ภาพทางแนวราบ (horizontal blanking interval) ทั้งช่วงถูกยกขึ้นไปด้านบน ทำให้สัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวราบอยู่สูงกว่าปกติ เครื่องรับโทรทัศน์จึงไม่สามารถตรวจจับได้



รูปที่ 2.1 ลักษณะของสัญญาณวีดิทัศน์เมื่อผ่านการสแครมเบิลด้วยวิธีปกปิดหรือยกซิงก์
(ก) สัญญาณซิงโครไนซ์ปกติเป็นพัลส์ลบอยู่ต่ำกว่าสัญญาณภาพ
(ข) สัญญาณซิงโครไนซ์ถูกกลับขึ้นเป็นพัลส์บวก (ค) สัญญาณซิงโครไนซ์ถูกยกขึ้นเหนือสัญญาณภาพ



(ก) (ข)

รูปที่ 2.2 ผลของการสแครมเบิลด้วยวิธีปกปิดหรือยกซิงก์
(ก) ภาพต้นฉบับก่อนการสแครมเบิล (ข) ภาพหลังผ่านการสแครมเบิล

เมื่อเครื่องรับโทรทัศน์ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณซิงโครไนซ์ได้ เส้นภาพแต่ละเส้นที่ถูกกวาดบนจอจะไม่เริ่มต้นที่ตำแหน่งขอบซ้ายของจอตรงกัน ภาพที่ได้จึงมีลักษณะบิดเบี้ยวเหมือนถูกดึงไปทางซ้ายหรือขวา รูปที่ 2.9 แสดงผลของการสแครมเบิลด้วยวิธีปกปิดหรือยกซิงก์

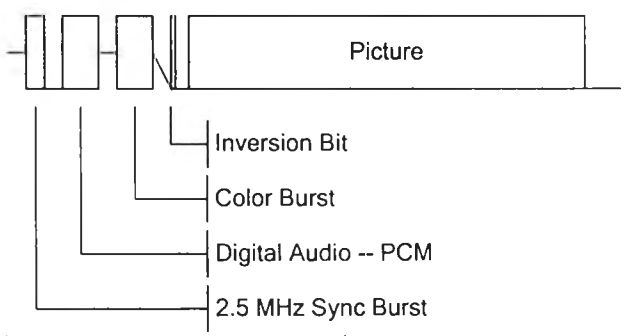
การดีสแครมเบิลทำโดยการตรวจหาสัญญาณซิงโครไนซ์ที่มีรูปแบบใหม่นี้ หรือรับสัญญาณที่บอกตำแหน่งซิงก์ซึ่งโดยทั่วไปจะส่งมากับสัญญาณเสียง

วิธีนี้จัดว่ามีความแข็งแรงน้อย ผู้ลักลอบดีสแครมเบิลสามารถตรวจหาสัญญาณซิงโครไนซ์ที่มีรูปแบบเปลี่ยนไป หรือตรวจหาสัญญาณบอกตำแหน่งซิงก์ที่อยู่ในสัญญาณเสียงได้เช่นเดียวกัน

ตัวอย่างผู้ให้บริการที่ใช้วิธีการสแครมเบิลวิธีนี้ได้แก่ The FilmNet System ใช้วิธีตามรูปที่ 2.8ข และ Teleclub Payview III ใช้วิธีตามรูปที่ 2.8ค

2.2.4 แทนที่ซิงก์ (Sync Replaced)

วิธีนี้คล้ายกับวิธีปกปิดซิงก์ แต่ต่างกันตรงที่จะแทนที่ซิงก์ด้วยสัญญาณดิจิตอลหรือเบิรสต์ข้อมูล และมักจะส่งข้อมูลเสียงมาในรูปแบบดิจิตอลที่เข้ารหัสมากับเบิรสต์ข้อมูลด้วย ลักษณะสัญญาณวีดิทัศน์ที่ใช้การแทนที่ซิงก์แสดงในรูปที่ 2.10 ตามรูปซิงก์เดิมจะถูกแทนที่ด้วยสัญญาณดิจิตอล 2 ส่วน ส่วนแรกคือสัญญาณสัญญาณซิงโครไนซ์ที่เปลี่ยนรูปไปเป็นเบิรสต์ความถี่ 2.5 MHz เครื่องรับจะตรวจหาเบิรสต์ความถี่นี้เพื่อระบุตำแหน่งซิงก์ทางแนวราบ ส่วนที่สองคือข้อมูลเสียงในแบบดิจิตอล ส่วนที่ 3 ยังคงเป็นส่วนที่มีอยู่แล้วคือเบิรสต์สี และส่วนที่ 4 จะได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไปเรื่องการกลับสัญญาณภาพ



รูปที่ 2.10 ลักษณะสัญญาณวีดิทัศน์ที่ใช้การสแครมเบิลแบบแทนที่ซิงก์

ภาพที่ได้จากการสแครมเบิลวิธีนี้จะมีลักษณะคล้ายกับวิธีปกปิดหรือยกซิงก์เนื่องจากทำให้เครื่องรับโทรทัศน์ตรวจจับซิงก์ไม่ได้เหมือนกัน

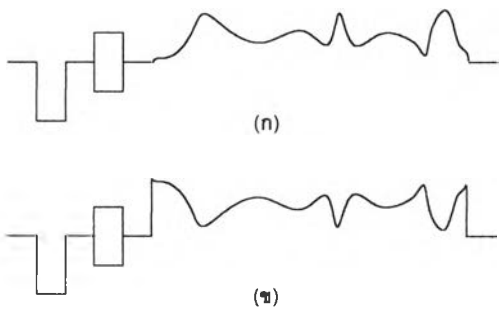
ข้อดีของวิธีการนี้คือคุณภาพเสียงที่ดีขึ้นเนื่องจากการส่งในแบบดิจิตอล

วิธีนี้จัดว่ามีความแข็งแรงน้อยสำหรับภาพ ผู้ลักลอบสามารถตรวจหาซิงก์ที่มาในรูปเบิรสต์ข้อมูลได้ แต่มีความแข็งแรงปานกลางสำหรับเสียงเนื่องจากใช้การเข้ารหัสแบบดิจิตอล

ตัวอย่างผู้ให้บริการที่ใช้วิธีการสแครมเบิลวิธีนี้ได้แก่ The OAK Orion System, The IRDETO System / RTL-4V / Luxcrypt, Sound In Sync - EBU Format และ Standard Electric Lorentz PCM2

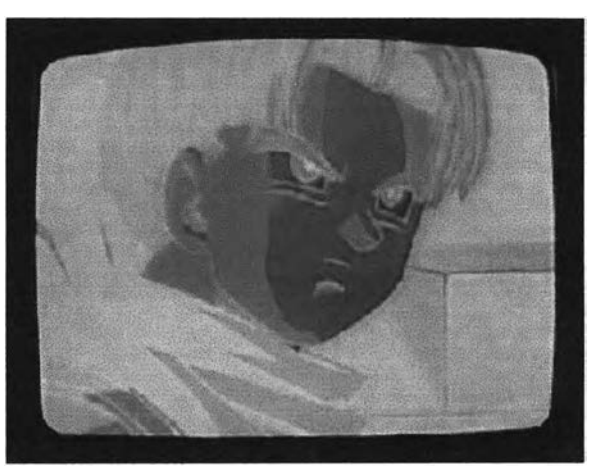
2.2.5 **กลับสัญญาณภาพแบบแอกทีฟ** (Active Video Inversion)

วิธีการนี้จะไม่กลับสัญญาณภาพตลอดเวลา แต่อาจจะกลับแบบฟิลด์เว้นฟิลด์ หรือเป็นชุดประกอบด้วยหลายฟิลด์ ในชุดมีลำดับการกลับที่แน่นอน หรือเป็นแบบสุ่มโดยใช้ลำดับสุ่มเทียม ลักษณะสัญญาณวีดิทัศน์ที่ถูกกลับสัญญาณภาพแสดงในรูปที่ 2.1ข



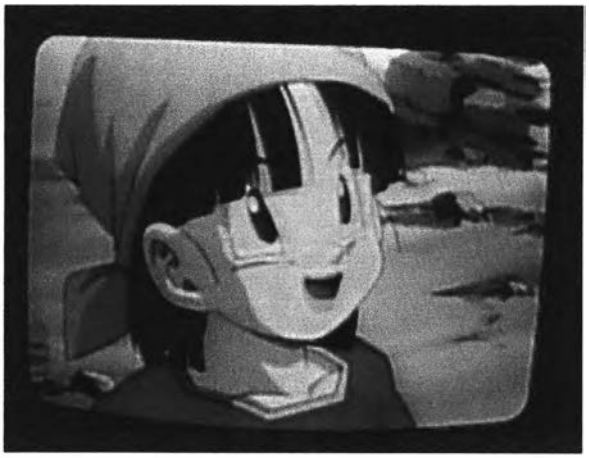
รูปที่ 2.1 ลักษณะสัญญาณวีดิทัศน์ที่ใช้การสแครมเบิลด้วยวิธีกลับสัญญาณภาพ
(ก) สัญญาณวีดิทัศน์ต้นฉบับ (ข) สัญญาณวีดิทัศน์หลังกลับสัญญาณภาพ

(ก)

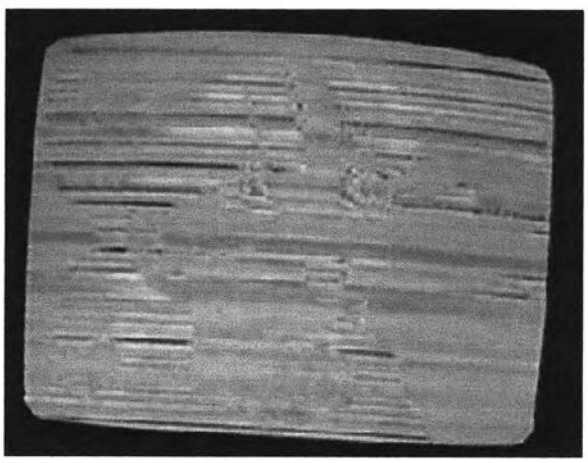


(ข)

รูปที่ 2.2 ผลของการกลับสัญญาณภาพทั้งภาพ
(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพหลังผ่านการสแครมเบิล



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.3 ผลของการกลับสัญญาณภาพเป็นรายเส้นแบบสุ่ม
(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพหลังผ่านการสแครมเบิล

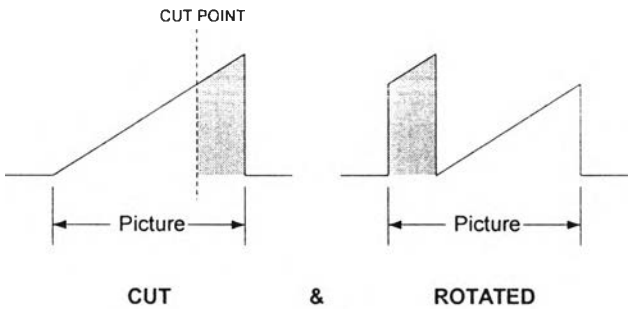
ผลของการกลับสัญญาณภาพจะทำให้ภาพกลับจากดำเป็นขาว และขาวเป็นดำ สีเปลี่ยนจากสีเดิมเป็นสีที่มีเฟสผิดไป 180 องศา (รูปที่ 2.2) ในกรณีที่ใช้การกลับสัญญาณภาพเป็นบางเส้นแบบสุ่ม จะเห็นภาพบนจอเป็นเส้นสว่างเข้มสลับกันแบบสุ่มตามแนวนอน (รูปที่ 2.3)

วิธีที่ใช้ลำดับสุ่มเทียมจัดว่ามีความแข็งแรงปานกลาง ในขณะที่วิธีอื่นถือว่ามีความแข็งแรงน้อยเนื่องจากสามารถหาลำดับการกลับได้

ตัวอย่างผู้ให้บริการที่ใช้วิธีการสแครมเบิลวิธีนี้ได้แก่ The OAK Orion System ซึ่งใช้บิตในส่วนที่ 4 ของรูปที่ 2.1 เพื่อบอกว่าสัญญาณภาพที่ตามมาถูกกลับหรือไม่, The IRDETO System / RTL-4V /Luxcrypt, The FilmNet System, Telease SAVE และ VideoCipher II and II+

2.2.6 ตัดและหมุน (Cut & Rotate)

วิธีการตัดและหมุนแสดงในรูปที่ 2.14 สัญญาณภาพจะถูกกำหนด "จุดตัด" สัญญาณภาพทางซ้ายของจุดตัดจะถูกเลื่อนไปจนสุดขอบของสัญญาณภาพทางด้านท้าย สัญญาณภาพทางขวาของจุดตัดจะถูกยกมาไว้ทางด้านหน้า การกระทำนี้เรียกว่า "การหมุน"



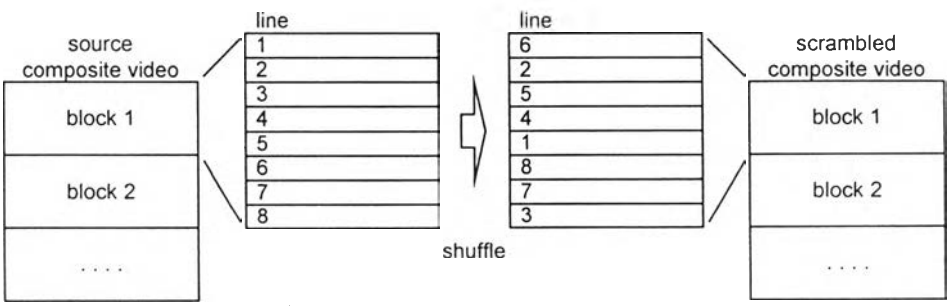
รูปที่ 2.14 การสแครมเบิลด้วยวิธีตัดและหมุน

วิธีนี้ใช้ลำดับสุ่มเทียมในการกำหนดจุดตัด ผลของการตัดจะให้ภาพที่ดูไม่รู้เรื่องมากกว่าวิธีการอื่นๆ แต่กระบวนการตัดจะต้องใช้กระบวนการทางดิจิตอล คือการชักตัวอย่างและแปลงเป็นดิจิตอล ซึ่งต้องการตัวแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่ความถี่ 12 MHz หรือสูงกว่าและต้องการหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลอย่างน้อยหนึ่งเส้นสำหรับการตัดและจัดเรียงข้อมูลภาพใหม่

วิธีนี้จัดว่ามีความแข็งแรงปานกลาง การลักลอบดีสแครมเบิลจะมุ่งเน้นไปที่สมาร์ทการ์ดหรือดัดแปลงเครื่องดีสแครมเบิล

ตัวอย่างผู้ให้บริการที่ใช้การสแครมเบิลวิธีนี้ได้แก่ VideoCrypt, Nagra Kudelski Syster และ Cryptovision

2.2.7 สลับเส้นภาพ (Line Shuffle)



รูปที่ 2.15 การสแครมเบิลด้วยวิธีสลับเส้นภาพ

วิธีการนี้จะแบ่งเส้นภาพเป็นบล็อก การสลับเส้นภาพจะสลับกันภายในบล็อก ดังแสดงในรูปที่ 2.15 สัญญาณภาพจะต้องถูกแปลงจากแอนะลอกเป็นดิจิตอลเก็บไว้ในหน่วยความจำก่อน ขนาดของหน่วยความจำที่ใช้จะขึ้นอยู่กับขนาดของบล็อก จากนั้นทำการสลับเส้นภาพ แล้วแปลงสัญญาณภาพที่เก็บไว้กลับเป็นแอนะลอก

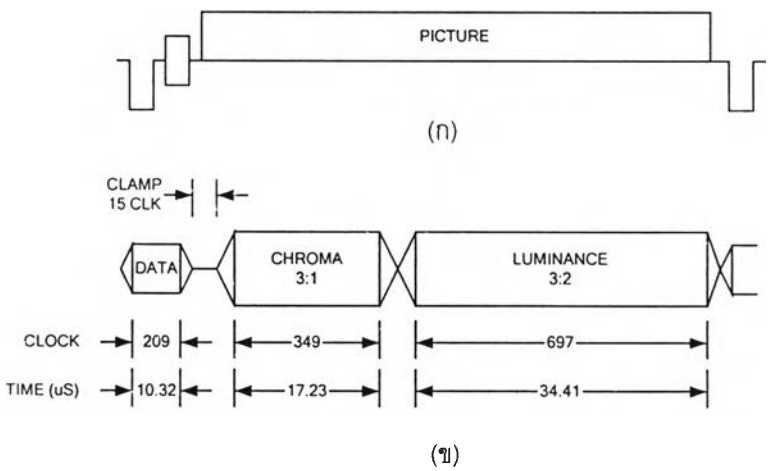
การสลับเส้นภาพมีข้อดีกว่าการตัดเส้นภาพคือจะไม่มีปัญหาเรื่องคุณภาพของภาพที่ลดลง ณ จุดตัด (tilt) และลดความเป็นไปได้ที่จะลักลอบดีสแครมเบิลจากการตรวจสอบรอยตัด

วิธีนี้จัดว่ามีความแข็งแรงปานกลาง ลำดับการสลับเส้นภาพขึ้นอยู่กับลำดับสุ่มเทียม

ตัวอย่างผู้ให้บริการที่ใช้การสแครมเบิลวิธีนี้ได้แก่ VideoCrypt-S และ Nagra Kudelski Syster

2.2.8 วิธี D2-MAC

วิธีการนี้จะแตกต่างจากการส่งสัญญาณวีดิทัศน์แบบปกติมาก โดยจะแยกส่งสัญญาณความสว่าง และสัญญาณสี สัญญาณสีจะถูกบีบอัดทางเวลาในอัตราส่วน 3:1 และส่งมาก่อน จากนั้นสัญญาณความสว่างจะส่งตามมาโดยถูกบีบอัดในอัตราส่วน 3:2 ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การสแครมเบิลของระบบ D2-MAC

(ก) สัญญาณวีดิทัศน์ปกติ (ข) สัญญาณวีดิทัศน์ที่ผ่านการสแครมเบิล

ก่อนสัญญาณสีจะมีข้อมูลดิจิตอลส่งมาด้วยอัตรา 10.125 MBit/s ในนี้จะมีสัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวราบและข้อมูลเสียงซึ่งมีความจุเพียงพอที่จะส่งเสียงคุณภาพระดับคอมแพ็กดิสก์จำนวน 8 ช่องเสียง

ส่งสัญญาณความสว่าง (luminance) และสัญญาณสี (chrominance) แยกกัน ผลของการส่งแยกกันนี้มีประโยชน์คือเพิ่มความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนของสัญญาณสี และลดการลดทอนเนื่องจากสัญญาณไขว้แทรกระหว่างสีและความสว่าง (cross-color & cross-luminance distortion)

การสแครมเบิลแบบ D2-MAC นี้มีจุดตัดสำหรับการสแครมเบิลแบบตัดและหมุนจำนวน 256 จุดตัดสำหรับสัญญาณสี และ 256 จุดตัดสำหรับสัญญาณความสว่าง ลำดับสุ่มเทียมจะให้ตัวเลขสุ่มขนาด 16 บิต เพื่อใช้ระบุตำแหน่งจุดตัดทั้งสอง ที่ต้องตัด 2 จุดเนื่องจากมีความเป็นไปได้ทางทฤษฎีที่สามารถจะดีสแครมเบิลสัญญาณภาพกลับมาได้ถ้ามีจุดตัดเพียงจุดเดียว

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของการสแครมเบิลแบบ D2-MAC

รายการ	**ข้อกำหนด**
จำนวนเส้นต่อ 1 เฟรม	625
เส้นที่มีเบิรสต์ข้อมูล	1-625
เส้นที่มีสัญญาณวีดิทัศน์	24-310 336-622
เส้นที่มีสัญญาณความสว่าง	ทุกเส้น
เส้นที่มีสัญญาณสี	U สำหรับเส้นคี่ V สำหรับเส้นคู่
อัตราส่วนการสอดสลับ (interlace ratio)	2:1
อัตราส่วนจอภาพ (aspect ratio)	4:3 (5.33:3)
อัตราส่วนการบีบอัดสัญญาณความสว่าง	3:2
อัตราส่วนการบีบอัดสัญญาณสี	3:1
ความถี่สัญญาณนาฬิกาสำหรับชักตัวอย่าง	20.25 MHz
จำนวนข้อมูลชักตัวอย่างต่อ 1 เส้น	1296
จำนวนการชักตัวอย่างของสัญญาณความสว่าง	349
จำนวนการชักตัวอย่างของสัญญาณสี	697
อัตราการส่งข้อมูล	10.125 MBit/s
วิธีการส่งข้อมูล	ไบเฟส (1 บิต = 2 clk)
จำนวนบิตต่อ 1 เบิรสต์ข้อมูล (DATA)	105 บิต 6 บิต สำหรับซิงก์แนวราบ 99 บิต สำหรับข้อมูล
เส้นที่ 624	105 บิต และสัญญาณอ้างอิงแบบแอนะลอก
เส้นที่ 625 (ใช้ส่งข้อมูลทั้งเส้น)	648 บิตข้อมูล 6 บิต สำหรับซิงก์แนวราบ 32 บิต สำหรับ Clock Run-In 64 บิต สำหรับซิงก์แนวตั้ง 546 บิต สำหรับข้อมูลของรายการ

2.3 การสแครมเบิลสัญญาณเสียง

2.3.1 กลับสเปกตรัม

วิธีการนี้ทำโดยมอดูเลตสัญญาณเสียงแล้วนำไซด์แบนด์ด้านล่างซึ่งเป็นไซด์แบนด์ด้านที่มีสเปกตรัมกลับข้างกับด้านบนมาใช้

เป็นวิธีที่มีความแข็งแรงน้อย ผู้ลักลอบสามารถตรวจหาความถี่ที่ใช้กลับสเปกตรัมได้ไม่ยาก

ตัวอย่างผู้ให้บริการที่ใช้การสแครมเบิลเสียงวิธีนี้ได้แก่ RITC Discret 1 System, Telease SAVE, VideoCrypt และ Cryptovision

2.3.2 เข้ารหัสแบบดิจิตอล

ส่วนมากใช้กับวิธีแทนที่ซิงก์ด้วยข้อมูลดิจิตอล สัญญาณเสียงจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปดิจิตอลแล้วเข้ารหัส จากนั้นแทรกมาในสัญญาณวีดิทัศน์

เป็นวิธีที่มีความแข็งแรงปานกลาง กรรมวิธีการทางดิจิตอลทำให้การถอดรหัสทำได้ยาก และยังเป็นการเพิ่มคุณภาพเสียงได้ด้วย ถ้าผู้พัฒนาใช้อัตราการส่งข้อมูลที่ให้คุณภาพเสียงที่ดี

ตัวอย่างผู้ให้บริการที่ใช้การสแครมเบิลเสียงวิธีนี้ได้แก่ The OAK Orion System, IRDETO System / RTL-4V / Luxcrypt, Sound In Sync – EBU Format, Standard Electric Lorentz PCM2, The FilmNet System, Teleclub Payview III และ Cryptovision