หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การเกิดภาพของระบบโทรทัศน์ขาวดำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงระบบการสร้างภาพของจอโทรทัศน์ขาวดำ และการให้สัญญาณภาพไปยังเครื่องรับโทรทัศน์โดยสังเขป เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างระบบโปรแกรมการสุ่มค่าความเข้มของภาพในวิทยานิพนธ์นี้

หลักเบื้องต้นของ"โทรทัศน์"

นิยามของคำว่าโทรทัศน์กล่าวไว้ว่า "โทรทัศน์เป็นศิลปของการสร้างภาพของวัตถุที่อยู่ในระยะห่างไกลหรือภาพที่บันทึกไว้ให้ปรากฏสู่สายตาในทันทีทันใด โดยวิธีการใช้ระบบไฟฟ้าทางโทรคมนาคม" [1]

โดยทั่วไปแล้วในขั้นแรกจะต้องสร้างภาพหรือฉากในห้องสตูดิโอ (studio) หรือจากฟิล์มภาพยนต์ ซึ่งแต่ละภาพสามารถปรากฏสู่สายตาโดยอาศัยอิลิเมนท์ (elements) หรือจุดเล็ก ๆ จำนวนมาก และรายละเอียดของภาพหรือฉากนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มของการสะท้อนแสงจากอิลิเมนท์ต่าง ๆ เหล่านั้น ถ้าความเข้มจากการสะท้อนแสงของอิลิเมนท์ทั้งหมดมีค่าเท่ากันแล้วภาพที่ปรากฏออกมาจะเป็นภาพว่างเปล่า (blank) และจะไม่มีภาพใด ๆ ปรากฏสู่สายตา แต่ถ้าความเข้มจากการสะท้อนของอิลิเมนท์เหล่านั้นแตกต่างกันแล้วภาพก็จะปรากฏขึ้น

ระบบการทำงานของโทรทัศน์คือการส่งความเข้มไปในระยะทางไกลและทำให้ภาพจากแหล่งกำเนิดนั้นเกิดขึ้นใหม่ เพื่อว่าผู้ชมที่ระยะทางไกลนั้นจะได้รับค่าความเข้มจากการสะท้อนในระดับเดียวกันซึ่งเปรียบเสมือนว่าผู้ชมได้ชมภาพดั้งเดิมนั้น ความเข้มในรูปของแสงที่ได้รับจาก

---

1 John D. Tucker, "Television Principles," The Focal Encyclopedia of Film & Television Techniques (1969): 860.

ภาพดั้งเดิมจะต้องถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของคลื่นไฟฟ้า (electrical impulses) เพื่อส่งผ่านทางสายเคเบิลหรือคลื่นวิทยุ โดยอาศัยหลอดถ่ายภาพที่มีตัวขยาย (amplifier) เป็นเครื่องมือในการเปลี่ยนสัญญาณดังกล่าวนี้ ในกรณีของการถ่ายภาพเคลื่อนไหวจะต้องใช้เครื่องมือที่มีโฟโตอิเล็คทริกเซลล์ (photoelectric cell) บันทึกภาพนั้นไว้ในเทปบันทึกภาพ และหัวแม่เหล็กจะเปลี่ยนข้อมูลของภาพที่บันทึกไว้นั้นไปในรูปคลื่นไฟฟ้า

เนื่องจากภาพที่ปรากฏบนจอหลอดภาพประกอบขึ้นด้วยอิลิเมนท์จำนวนมากซึ่งมีระดับของความสว่างแตกต่างกัน อิลิเมนท์เหล่านี้ประกอบกันขึ้นเป็นเส้นขวางเล็ก ๆ ตามแนวนอนซึ่งแต่ละเส้นก็มีทั้งส่วนที่ดำสนิท ส่วนที่ดำจางและส่วนที่สว่างมากรวมกันอยู่ เส้นขวางเล็ก ๆ ตามแนวนอนเหล่านี้มีชื่อเรียกว่าเส้นสะแกน อิลิเมนท์มากมายที่ประกอบกันขึ้นเป็นภาพนี้เรียกว่าส่วนประกอบของภาพหรือ Picture elements ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความละเอียดของภาพ มากหากจำนวนอิลิเมนท์หรือจำนวนเส้นสะแกนมีมากขึ้นเพียงไรภาพที่เห็นบนจอหลอดภาพก็จะมองดูละเอียดมากขึ้นเพียงนั้น ฉะนั้นโทรทัศน์ระบบยุโรป (หรือที่นิยมเรียกว่าระบบC.C.I.R.)ซึ่งมีจำนวนเส้นสะแกนตามแนวนอน 625 เส้นจึงให้ภาพละเอียดกว่าโทรทัศน์ระบบอเมริกา (หรือระบบ F.C.C.) ซึ่งมีจำนวนเส้นสะแกนเพียง 525 เส้นเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามภาพที่เห็นบนจอหลอดภาพจะมองดูละเอียด หยาบ หรือน่าดูอย่างไรนั้นยังขึ้นอยู่กับส่วนประกอบอีกหลายอย่าง เช่น ความสว่างของภาพ และระยะทางที่มองดูภาพ เป็นต้น สำหรับโทรทัศน์ระบบอเมริกาแม้จะมีจำนวนเส้นสะแกนน้อยกว่าจำนวนเส้นของโทรทัศน์ระบบยุโรปซึ่งจะทำให้ภาพหยาบไปบ้างก็ตาม แต่ถ้าหากมองดูภาพในระยะห่างประมาณสี่ถึงแปดเท่าของความสูงของภาพแล้ว ก็จะรู้สึกว่าเป็นภาพที่ใช้ได้เหมือนกัน นอกจากนี้สายตาของคนเราส่วนมากยังนิยมมองดูภาพที่มีขนาดอัตราส่วนความกว้างต่อความสูงของภาพเป็นสี่ต่อสามอีกด้วย[1]

---

[1] ชวัช เมฆสวรรค์ และฟุมิโอะ มิคุมะ, เทคนิคการซ่อมเครื่องรับโทรทัศน์, พิมพ์ครั้งที่ 2. (พระนคร: สำนักพิมพ์องค์การค้าของคุรุสภา, 2520), หน้า 3.

วิธีการสะแกนและแบบการสะแกนภาพของจอโทรทัศน์

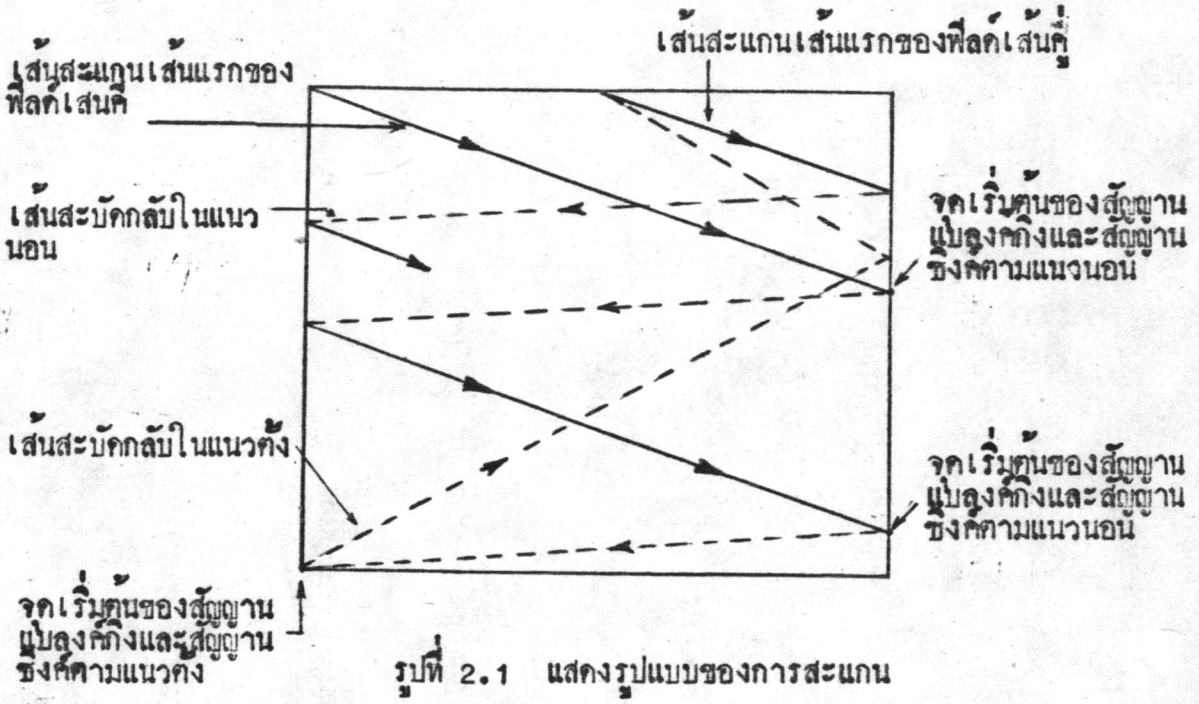
ปัญหาของโทรทัศน์ก็คือการส่งอิลิเมนท์แต่ละอิลิเมนท์ซึ่งมีความเข้มและความสว่างแตกต่างกันนี้ไปสู่จุดหมายปลายทางโดยให้อิลิเมนท์ต่าง ๆ เหล่านั้นปรากฏขึ้นอีกครั้งหนึ่งในรูปลักษณะเดิม ด้วยคุณลักษณะพิเศษของสายตาเกี่ยวกับเปอร์ซิสเตนซ์ของตา(persistance of vision) ซึ่งผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญถึง แน่นหนา ได้ให้ความหมายของคำนี้ว่า "เปอร์ซิสเตนซ์ของตาหรือความเฉื่อยช้าของตานั้นมีอยู่ด้วยกันทุกคน ความเฉื่อยช้านี้หมายถึงว่าเราเห็นสิ่งใดแล้ว เมื่อสิ่งนั้นผ่านไปแล้วเรายังคงเห็นอยู่ชั่วครู่หนึ่ง ที่เรายังเห็นอยู่ทั้ง ๆ ที่สิ่งนั้นผ่านไปแล้ว เช่นนี้เป็นเพราะความเฉื่อยช้าของตา(หรือสมอง) ของเราเอง"[1] ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องให้อิลิเมนท์ทุก ๆ อิลิเมนท์เกิดขึ้นพร้อมกันในเวลาเดียวกัน เพียงแต่ให้อิลิเมนท์เหล่านั้นเกิดขึ้นต่อเนื่องกันไปเพื่อให้เกิดภาพนั้นซ้ำ ๆ กันในเวลาที่รวดเร็วเพียงพอที่สายตาคนสามารถจับภาพเคลื่อนไหวนั้นได้ ซึ่งในลักษณะดังกล่าวนี้จะต้องมีภาพนิ่งเกิดขึ้นประมาณ 24 เฟรม (frame) ภายในหนึ่งวินาที จึงจะให้ภาพเคลื่อนไหวติดต่อกันได้ อย่างไรก็ตามเพื่อลดอาการกระพริบของภาพจึงจำเป็นต้องสอดแทรกภาพนิ่งนั้นอย่างน้อย ๆ หนึ่งภาพเข้าไปในช่วงของการกระพริบนั้น ดังนั้นอัตราของการเกิดภาพซ้อนซ้ำ (effective repetition rate) จึงมีค่าเป็น 48 ฟิลด์ (field) ในหนึ่งวินาที โดยกำหนดให้ภาพนิ่งหนึ่งเฟรมประกอบด้วยภาพนิ่งสองฟิลด์

ซึ่งการที่จะสร้างภาพจากอิลิเมนท์แต่ละอิลิเมนท์ที่มีความเข้มแตกต่างกันจนได้ภาพที่สมบูรณ์ได้นั้น จะต้องอาศัยวิธีการที่เรียกว่าการสะแกน ลักษณะของการสะแกนของภาพนั้นจากที่กล่าวว่า ภาพนิ่งหนึ่งเฟรมประกอบด้วยภาพนิ่งสองฟิลด์ ดังนั้นการสะแกนจึงมักกระทำในลักษณะไขว้กันระหว่างฟิลด์เส้นคี่และฟิลด์เส้นคู่ ซึ่งในทางเทคนิคได้จัดรูปแบบของการสะแกนโดยถือเอาอิลิเมนท์ที่จัดเรียงกันอยู่ในแนวนอนนั้นเป็นหลัก ดังนั้นลำการสะแกนจะเคลื่อนไปตามแต่ละแนวของอิลิเมนท์เหล่านั้นโดยเคลื่อนจากซ้ายไปขวาและเมื่อเคลื่อนมาถึงทางขวาสุดของแต่ละแถวแล้วก็จะ

---

[1] บุญถึง แน่นหนา, ตำราโทรทัศน์ภาคทฤษฎีและปฏิบัติ, พิมพ์ครั้งที่ 1. (พระนคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2513), 1: 28–29.

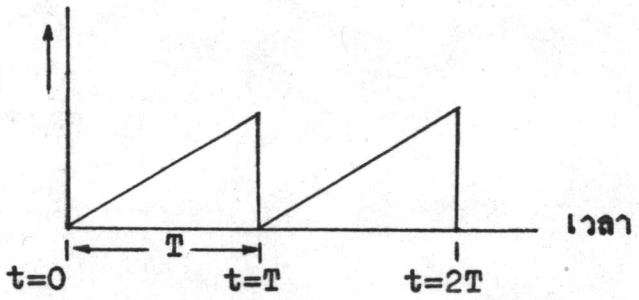
เคลื่อนกลับไปทางซ้ายเพื่อเริ่มการสะแกนอีกภายในเวลาอันรวดเร็ว ซึ่งการสะแกนนี้นอกจากจะมีการสะแกนในแนวนอนแล้วก็ยังมีการสะแกนในแนวตั้งด้วย แต่อัตราการสะแกนในแนวตั้งจะช้าเมื่อเปรียบเทียบกับการสะแกนในแนวนอน



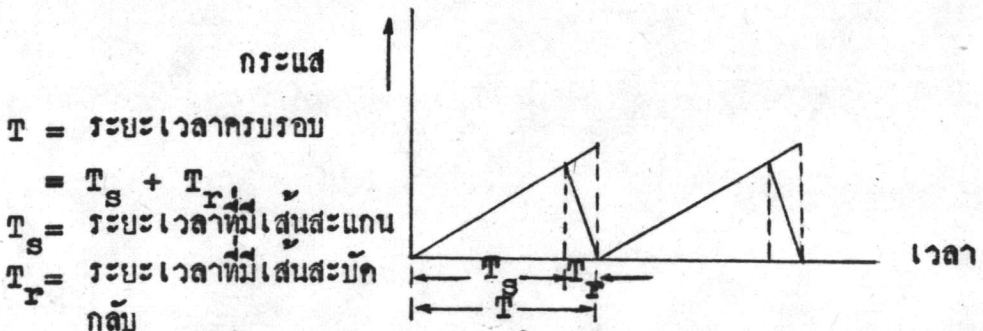
รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบของการสะแกน

ตามรูปที่ 2.1 นั้นจะอธิบายถึงรูปแบบการสะแกนของภาพหนึ่งเฟรมซึ่งแบ่งได้เป็นการสะแกนของฟิลด์เส้นคี่และการสะแกนของฟิลด์เส้นคู่ โดยอิเล็คตรอน (electron) ที่เกิดขึ้นภายในหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์จะถูกดึงดูดให้เคลื่อนไปเป็นลำไปกระทบแอโนด (anode) หรือจอภาพซึ่งฉาบวัสดุเรืองแสงบางชนิดไว้ จะทำให้มองเห็นเป็นจุดสว่างเคลื่อนไปตามแนวนอนและแนวตั้งของจอหลอดภาพโดยอาศัยความเข้มของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดที่พันอยู่รอบ ๆ คอหลอดภาพ (deflection yoke) ซึ่งขดลวดนี้จะแบ่งตามลักษณะของการทำให้อิเล็คตรอนเกิดการหักเหทางแนวนอนและแนวตั้งออกได้เป็น ขดลวดของการหักเหทางแนวนอนและขดลวดของการหักเหทางแนวตั้ง และเพื่อให้เกิดการสะแกนได้ตามรูปที่ 2.1 นั้นจึงมักนิยมใช้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเหล่านี้เป็นกระแสรูปฟันเลื่อยตามรูปที่ 2.2 และ 2.3 ซึ่งความถี่ของกระแสที่ไหลผ่านขดลวดทั้งสองนี้ไม่เท่ากัน โทรทัศน์ระบบยุโรปซึ่งมีจำนวนเส้นสะแกน 625 เส้นนั้นความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยที่ไหลผ่านขดลวดของการหักเหทางแนวนอนจะมีความถี่ 15,625 เฮิทซ์ (Hertz) และกระแสรูปฟันเลื่อยที่ไหลผ่านขดลวดของการหักเหทางแนวตั้งจะมี

ความถี่เพียง 50 เฮิทซ์ ส่วนโทรทัศน์ระบบอเมริกาซึ่งใช้เส้นสะแกน 525 เส้น ความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการหักเหทางแนวนอนและการหักเหทางแนวตั้งก็จะมีค่าเป็น 15,750 เฮิทซ์ และ 60 เฮิทซ์ ตามลำดับ

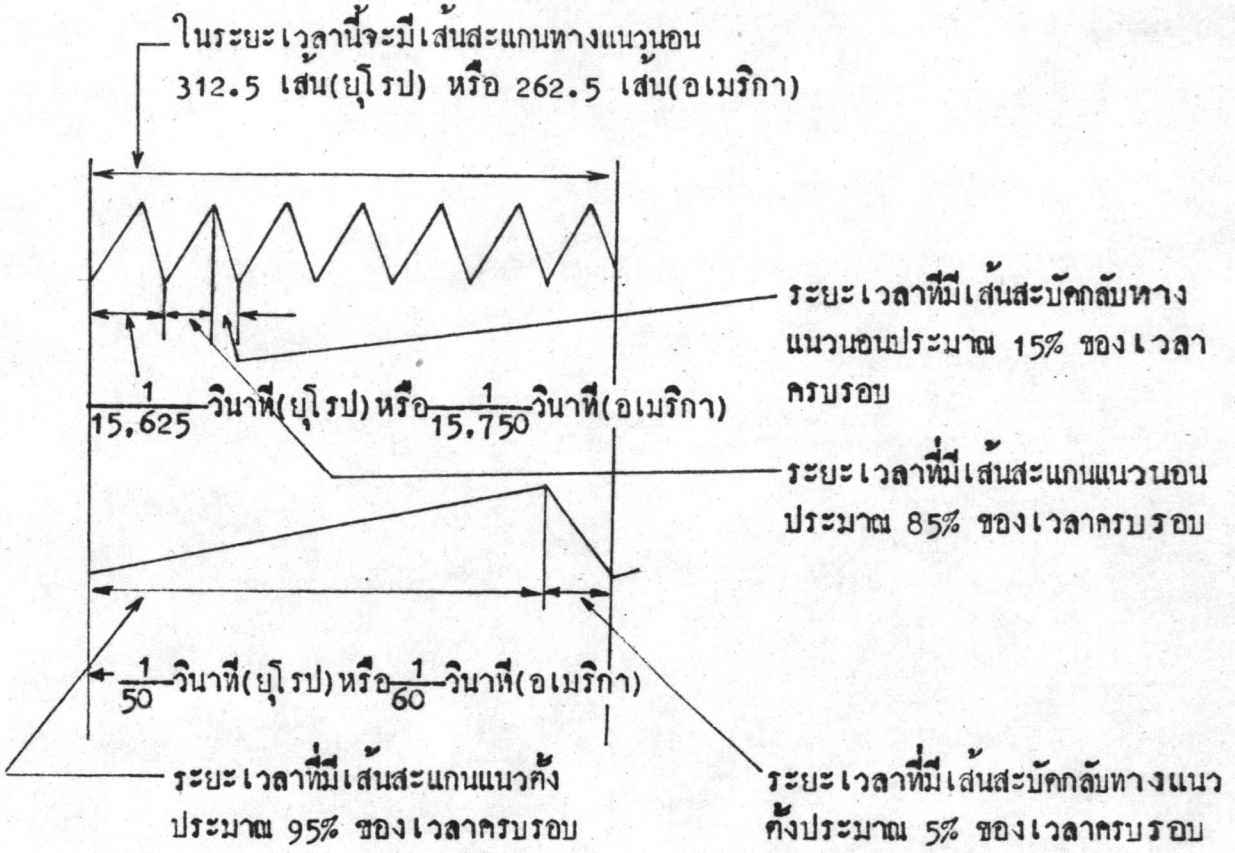


รูปที่ 2.2 กระแสรูปฟันเลื่อยสำหรับวงจรของการหักเหทางแนวนอน



รูปที่ 2.3 กระแสรูปฟันเลื่อยสำหรับวงจรของการหักเหทางแนวตั้ง

สำหรับรูปที่ 2.4 ได้แสดงการเปรียบเทียบกระแสรูปฟันเลื่อยสำหรับใช้ในวงจรที่ทำให้เกิดการหักเหของลำอิเล็คตรอนในแนวนอนและแนวตั้ง จะเห็นได้ว่าในระยะเวลาครบรอบหนึ่ง ๆ ของกระแสรูปฟันเลื่อยจะประกอบด้วยส่วนที่เพิ่มขึ้นจากค่าต่ำสุดไปหาค่าสูงสุด ซึ่งส่วนที่เพิ่มขึ้นนั้นตรงกับเวลาที่จุดสว่างใช้ไปในการสะแกนจากซ้ายมือสุดไปถึงขวามือสุด และส่วนที่ลดลงจากค่าสูงสุดไปหาค่าต่ำสุดตรงกับระยะเวลาที่จุดสว่างบนจอหลอดภาพใช้ไปในการสะบัดกลับจากขวามือสุดไปตั้งต้นใหม่ทางซ้ายมือสุด ซึ่งระยะเวลาที่มีเส้นสะบัดกลับนี้จะเป็นช่วงเวลาที่น้อยมากเมื่อคิดเปรียบเทียบกับช่วงเวลาที่มีเส้นสะแกน จุดสว่างที่มองเห็นสะบัดกลับไปในช่วงเวลาดังกล่าวแล้วนี้ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์อันใดเลย จึงมักหาวิธีทำให้เกิดสิ่งอื่นมาข่มจุดสว่างในช่วงเวลานี้ เพื่อมิให้สังเกตุเห็นได้ทางจอหลอดภาพสัญญานที่ใช้ลบเส้นสะบัดกลับนี้เรียกว่า<u>สัญญานแบลงค์กิง</u> (Blanking Signal)



รูปที่ 2.4 เปรียบเทียบกระแสรูปฟันเลื่อยของการหักเหทางแนวนอนและแนวตั้ง

ในทำนองเดียวกันเมื่อมีเส้นสะบัดกลับทางแนวตั้งเกิดขึ้นจากมุมขวายสุดทางด้านล่างของจอภาพสะบัดกลับไปตั้งต้นใหม่ทางส่วนบนก็ต้องใช้สัญญานแบลงค์กิง เพื่อลบเส้นสะบัดกลับทางแนวตั้งนี้เช่นกัน ดังนั้นสัญญานแบลงค์กิงจึงเป็นสัญญานที่ใช้เพื่อลบเส้นสะบัดกลับทั้งในแนวนอนและในแนวตั้ง เพื่อมิให้สังเกตุเห็นได้ชัดทางจอหลอดภาพซึ่งเรียกสัญญานแบลงค์กิงดังกล่าวนี้ว่าสัญญานแบลงค์กิงทางแนวนอนและสัญญานแบลงค์กิงทางแนวตั้งตามลำดับ สำหรับโทรทัศน์ระบบอเมริกาวงจรของการหักเหทางแนวนอนมีความถี่ 15,750 เฮิทซ์ ฉะนั้นในระยะเวลา $\frac{1}{15,750}$ วินาทีหรือประมาณ 63.5 ไมโครวินาทีจะต้องเกิดสะแกนสะบัดกลับครั้งหนึ่งจึงต้องใช้สัญญานแบลงค์กิงทางแนวนอนหนึ่งครั้ง โดยมีขนาดประมาณ 10 ไมโครวินาที ในทำนองเดียวกันทุก ๆ ระยะเวลา $\frac{1}{60}$ วินาที หรือ 16,667 ไมโครวินาทีก็ต้องใช้สัญญานแบลงค์กิงทางแนวตั้งครั้งหนึ่งโดยมีขนาดประมาณ 1,250 ไมโครวินาที

เมื่อได้กล่าวถึงสัญญานแบลงค์กิงแล้วก็จะขอกล่าวถึงสัญญานซิงค์(Sync Signal)

อีกสัญญานหนึ่งซึ่งสัญญานซิงค์นี้จะเกี่ยวข้องกับการเกิดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ โดยภาพที่ปรากฏขึ้นบนจอหลอดภาพจำเป็นต้องอาศัยวงจรของการหักเหทางแนวนอนและวงจรของการหักเหทางแนวตั้ง ซึ่งแต่ละวงจรจะมีกระแสรูปฟันเลื่อยไหลผ่าน ทางด้านกล้องโทรทัศน์ก็จำเป็นต้องอาศัยความถี่ทั้งสองช่วยทำให้เกิดสัญญานไฟฟ้าเช่นเดียวกัน ความถี่ของวงจรของการหักเหทางแนวนอนและวงจรของการหักเหทางแนวตั้งที่ใช้ในเครื่องส่งโทรทัศน์และที่ใช้ในเครื่องรับโทรทัศน์นี้จะต้องเท่ากันตลอดเวลาจึงจะทำให้เกิดภาพขึ้นทางเครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งสัญญานซิงค์เป็นสัญญานที่ใช้เพื่อช่วยทำให้วงจรของการหักเหทางแนวนอนและวงจรของการหักเหทางแนวตั้งในเครื่องส่งกับเครื่องรับโทรทัศน์มีความถี่ตรงกันตลอดเวลา สัญญานซิงค์ทางแนวนอนมีความถี่ 15,750 เฮิทซ์ ซึ่งเท่ากับความถี่ของวงจรหักเหทางแนวนอนและสัญญานซิงค์ทางแนวตั้งก็มีความถี่ 60 เฮิทซ์ซึ่งจะเท่ากับความถี่ของวงจรหักเหทางแนวตั้งเหมือนกัน เนื่องจากความถี่ของสัญญานซิงค์มีค่าเท่ากับความถี่ของสัญญานแบลงค์กิงพอดีจึงจำเป็นต้องป้องกันการรบกวนที่อาจเกิดขึ้น โดยจำเป็นต้องกำหนดขนาดของสัญญานซิงค์ให้น้อยกว่าขนาดของสัญญานแบลงค์กิง กล่าวคือกำหนดให้สัญญานซิงค์ทางแนวนอนมีขนาดเพียง 5 ไมโครวินาที และสัญญานซิงค์ทางแนวตั้งมีขนาดเพียง 190 ไมโครวินาทีเท่านั้น นอกจากนี้ยังใช้วิธีส่งสัญญานซิงค์เหล่านี้ปนกับสัญญานแบลงค์กิงอีกด้วย โดยให้ฐานของสัญญานซิงค์อยู่ทับขอบบนของสัญญานแบลงค์กิงอีกชั้นหนึ่ง เมื่อจัดขอบเขตความต่างศักย์ให้ระดับสูงสุดของสัญญานแบลงค์กิงเป็นระดับดำมืดจนมองไม่เห็นแล้ว ระดับของสัญญานซิงค์ที่อยู่บนยอดสูงสุดของสัญญานแบลงค์กิงก็จะเป็นระดับมืดสนิท และไม่ทำให้เกิดการรบกวนภาพที่จอหลอดภาพแต่อย่างใด

<u>สัญญานภาพรวม</u>

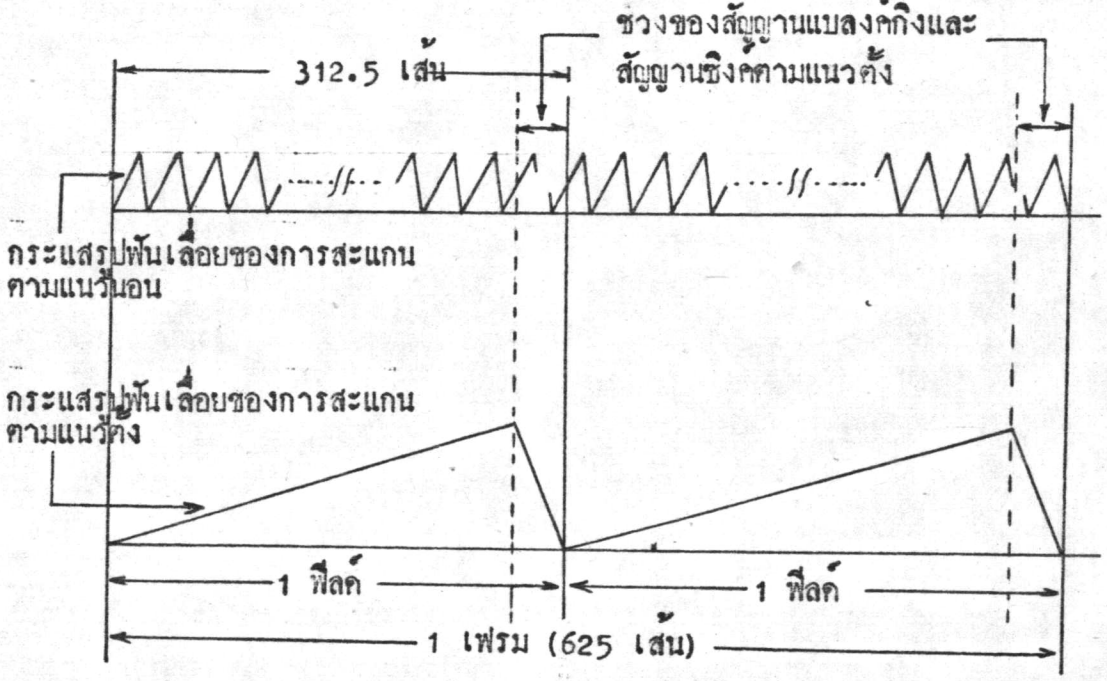
จากที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดข้างต้นเป็นส่วนประกอบของสัญญานที่มาประกอบกันขึ้นเป็นภาพแต่ละภาพปรากฏขึ้นบนจอภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าสัญญานภาพรวมนั้นต้องประกอบขึ้นด้วย

1. สัญญานภาพในแต่ละเส้น ซึ่งหมายถึงสัญญานที่แสดงค่าความเข้มของภาพในแต่ละเส้นของการสะแกนตามแนวนอน
2. สัญญานแบลงค์กิงตามแนวนอน
3. สัญญานซิงค์ตามแนวนอน

4. สัญญาณแบลงค์กิงตามแนวตั้ง

5. สัญญาณซิงค์ตามแนวตั้ง

สัญญาณทั้งหมดนี้จะประกอบกันขึ้นเป็นสัญญาณภาพรวมและส่งมาจากกล้องถ่ายโทรทัศน์มาเข้ายังเครื่องรับโทรทัศน์จนปรากฏเป็นภาพขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายถึงสัญญาณที่ได้รับในรูปของกระแสรูปฟันเลื่อยได้ดังรูปที่ 2.5

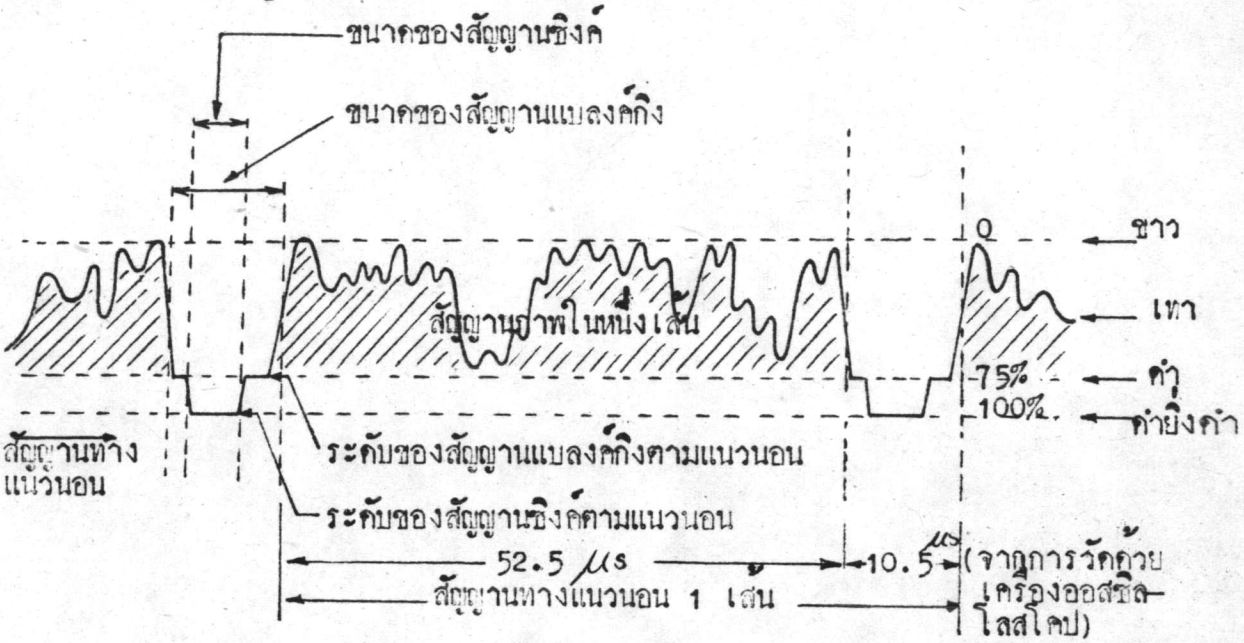


รูปที่ 2.5 กระแสรูปฟันเลื่อยทางแนวนอนและทางแนวตั้งที่ทำให้เกิดภาพขึ้นหนึ่งภาพ

จะเห็นได้ว่าภายในหนึ่งฟิลด์นั้นจะประกอบไปด้วยสัญญาณภาพในแต่ละเส้นรวมถึง 312.5 เส้น ซึ่งภายในหนึ่งเส้นของการสะแกนตามแนวนอนนั้นประกอบไปด้วยสัญญาณภาพในแต่ละเส้น สัญญาณแบลงค์กิงตามแนวนอนและสัญญาณซิงค์ตามแนวนอน ทั้งสามสัญญาณนี้จะเรียกรวมกันว่า<u>สัญญาณทางแนวนอน</u> (Horizontal pulse) ดังรูปที่ 2.6

ดังนั้นสัญญาณที่ส่งจากกล้องถ่ายโทรทัศน์ไปเข้ายังเครื่องรับโทรทัศน์จึงส่งเป็นสัญญานภาพรวม นั่นคือส่งสัญญานทางแนวนอนไปเรื่อย ๆ จากเส้นที่ 1,2,3,4..... จนครบ 312.5 เส้นซึ่งเป็นหนึ่งฟิลด์แล้วตามด้วยสัญญานแบลงค์กิงและสัญญานซิงค์ตามแนวตั้งจะได้ครบเป็น<u>สัญญานทางแนวตั้ง</u> (Vertical pulse) และสัญญานเช่นเดียวกันนี้จะถูกส่งไปเรื่อย ๆ ซึ่งทำให้เป็นภาพปรากฏขึ้นบนจอภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ในลักษณะของภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหวขึ้น

กับความต้องการของผู้สร้าง



รูปที่ 2.6 แสดงสัญญาณทางแนวนอนหนึ่งเส้น

หลักการเบื้องต้นต่าง ๆ เกี่ยวกับการเกิดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำตลอดจนลักษณะของสัญญาณที่กล่าวมาข้างต้นนี้จะเป็นพื้นฐานที่สามารถใช้สร้างระบบโปรแกรมการสุ่มค่าความเข้มของภาพได้ โดยค่าความเข้มของภาพนั้นจะถูกสุ่มมาจากสัญญาณภาพในแต่ละเส้นโดยอาศัยเทคนิคของระบบโปรแกรมที่สร้างขึ้นซึ่งจะอธิบายในบทที่ 4 ต่อไป