บทที่ 2
ผลกระทบของความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิง

2.1 บทนำ

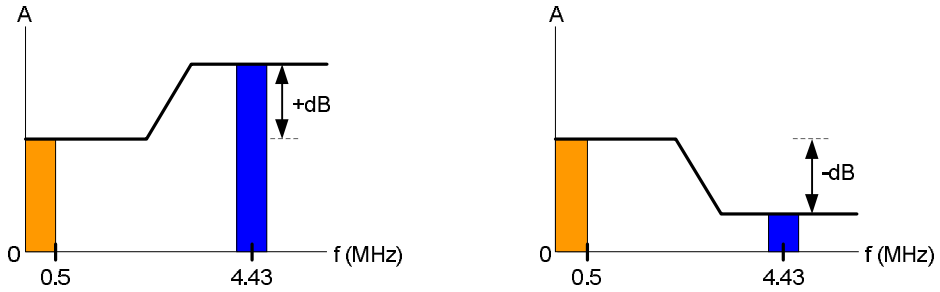
ปัจจุบันนี้โทรทัศน์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อความเป็นอยู่ในชีวิตประจำวัน ทำให้ทราบข่าวสารและความบันเทิงต่าง ๆ ดังนั้นในการที่จะให้สัญญาณภาพปรากฏต่อหน้าผู้ชมทางบ้านอย่างมีคุณภาพและสมบูรณ์แบบจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตรวจสอบสัญญาณภาพทางด้านส่ง ในระบบงานด้านการส่งสัญญาณโทรทัศน์สีนั้น สัญญาณภาพจะถูกส่งผ่านวงจรต่าง ๆ อีกมากมาย รวมทั้งสายส่งก่อนที่สัญญาณภาพจะถูกส่งออกอากาศ ดังนั้นอาจจะทำให้สัญญาณโทรทัศน์เกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายและ/หรือเวลาประวิงเปลี่ยนไปจากเดิม ดังนั้นจึงต้องทำการแก้ไขให้กลับเป็นปกติก่อนที่จะส่งสัญญาณภาพออกอากาศไป วิธีการตรวจสอบความผิดเพี้ยนดังกล่าวจะกระทำโดยการป้อนสัญญาณทดสอบรวมไปกับสัญญาณภาพ โดยการใส่เข้าไปในช่วงของสัญญาณแบล็งกิ้งทางแนวตั้ง (Vertical Interval Test Signal : VITS) หรือเรียกว่าสัญญาณทดสอบ VITS ผ่านระบบที่ต้องการตรวจสอบ แล้วถ้าสัญญาณทดสอบเสียรูปจะทำให้ทราบการสูญเสียหรือความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นระหว่างทางได้ เป็นที่ทราบกันดีว่าสัญญาณภาพจริงนั้นไม่สามารถที่จะทำการวัดความผิดเพี้ยนได้โดยตรง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้สัญญาณทดสอบเข้ามาช่วย ในโครงการวิจัยนี้จึงเลือกใช้สัญญาณทดสอบที่สร้างขึ้นไม่ยากมีรูปแบบง่าย ๆ และสามารถวัดค่าได้ นั่นคือ สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ (Modulated 20T Sine-Squared Pulse Test Signal) โดยในการตรวจสอบและวัดความผิดเพี้ยนจะดูที่ฐานของพัลส์ ซึ่งความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นนี้มีผลกระทบต่อสัญญาณภาพทั้งสิ้น ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงต้องการที่จะช่วยแก้ไขปัญหาความผิดเพี้ยนดังกล่าวที่เกิดขึ้น ก่อนส่งสัญญาณวิดีโอออกไปยังผู้ชม

2.2 ความไม่เท่ากันของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง (Chrominance-Luminance Inequalities)

ความไม่เท่ากันของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง สามารถเกิดได้ 2 ลักษณะ คือความไม่เท่ากันทางขนาด และความไม่เท่ากันทางเวลาประวิงระหว่างสัญญาณสี (Chrominance Signal) และสัญญาณส่องสว่าง (Luminance Signal) [1-5] ซึ่งความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นจากความไม่เท่ากันของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่างนี้สามารถนำมาใช้วัดคุณสมบัติของสายส่งสำหรับงานด้านโทรทัศน์สีได้ โดยการตรวจวัดความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นจะใช้สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ (Modulated 20T Sine-Squared Pulse) ซึ่งสัญญาณทดสอบนี้สร้างขึ้นไม่ยากมีรูปแบบง่าย ๆ และสามารถวัดค่าได้

2.2.1 ความไม่เท่ากันทางขนาด (Gain Inequality)

ความไม่เท่ากันทางขนาดของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง หลังจากผ่านระบบที่ต้องการทดสอบแล้วเกิดความผิดเพี้ยนขึ้น ซึ่งเรียกว่าความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายแสดงดังรูปที่ 2.1



(ก) ความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายสูง **(ข)** ความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายต่ำ

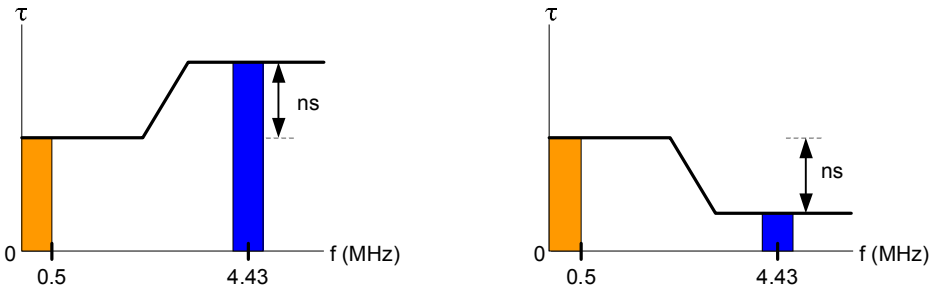
รูปที่ 2.1 ความไม่เท่ากันทางขนาดของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง

รูปที่ 2.1 แสดงความไม่เท่ากันทางขนาดของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง โดยสัญญาณส่องสว่างจะอยู่ในย่านความถี่ต่ำ ประมาณ 0 – 0.5 MHz ส่วนสัญญาณสีจะอยู่ที่ความถี่คลื่นพาห์สีย่อย (Color Sub-carrier) 4.43 MHz จะเห็นว่าสัญญาณทั้งสองมีขนาดไม่เท่ากัน รูปที่ 2.1 (ก) จะมีขนาดของสัญญาณสีมากกว่าสัญญาณส่องสว่าง แสดงผลต่างในหน่วย dB ได้ค่าเป็นบวก หรือเรียกว่าความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายสูง (High-Gain Chrominance Distortion) ส่วนรูปที่ 2.1 (ข) จะมีขนาดของสัญญาณสีน้อยกว่าสัญญาณส่องสว่าง แสดงผลต่างในหน่วย dB ได้ค่าเป็นลบ หรือเรียกว่าความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายต่ำ (Low-Gain Chrominance Distortion) ในการแก้ความผิดเพี้ยนดังกล่าวจะต้องใช้วงจรปรับเท่าทางขนาดของสัญญาณสี (Gain Chrominance Equalizer) เพื่อทำการยกระดับ หรือลดระดับทางขนาดของสัญญาณสีให้มีขนาดเท่ากับของสัญญาณส่องสว่างนั่นเอง

2.2.2 ความไม่เท่ากันทางเวลาประวิง (Delay Inequality)

ความไม่เท่ากันทางเวลาประวิงของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง หลังจากผ่านระบบที่ต้องการทดสอบแล้วเกิดความผิดเพี้ยนขึ้น ซึ่งเรียกว่าความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแสดงดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 แสดงความไม่เท่ากันทางเวลาประวิงของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง จะเห็นว่าสัญญาณทั้งสองมีเวลาประวิงไม่เท่ากัน แสดงผลต่างในหน่วย ns รูปที่ 2.2 (ก) จะมีค่าเวลาประวิงของสัญญาณสีมากกว่าสัญญาณส่องสว่าง หรือเรียกความผิดเพี้ยนนี้ว่าความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ส่วนรูปที่ 2.2 (ข) จะมีค่าเวลาประวิงของสัญญาณสีน้อยกว่าสัญญาณส่องสว่าง หรือเรียกความผิดเพี้ยนนี้ว่าความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ในการแก้ความผิดเพี้ยนดังกล่าวจะต้องใช้วงจรปรับเท่าทางประวิง (Delay Chrominance Equalizer) เช่นกัน

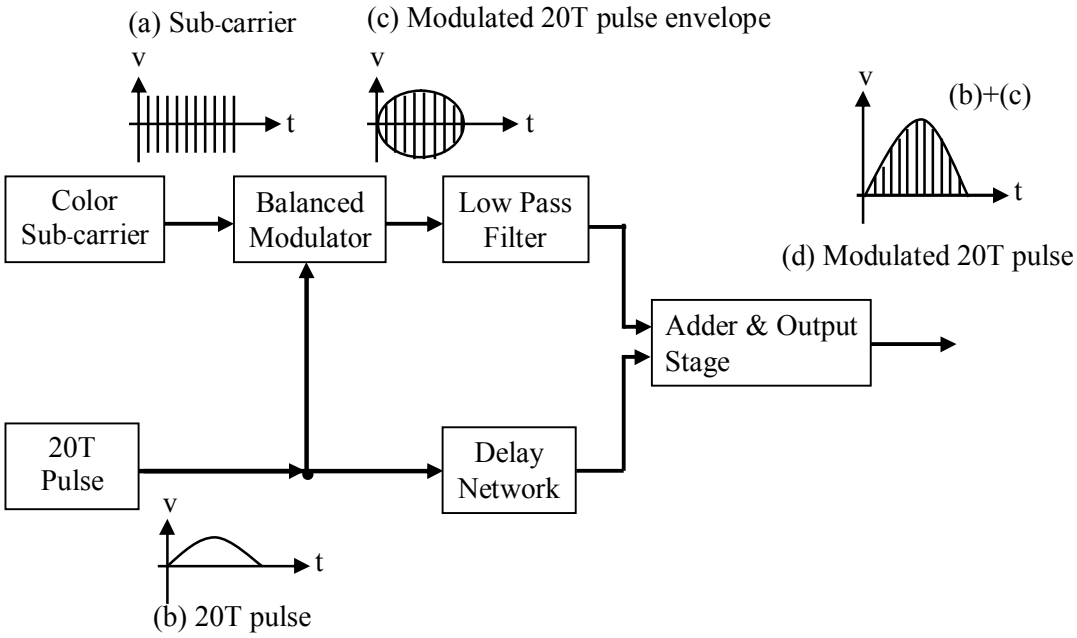


(ก) ความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced **(ข)** ความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed

รูปที่ 2.2 ความไม่เท่ากันทางเวลาประวิงของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง

2.3 สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์

สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ คือสัญญาณไซน์กำลังสองพัลส์ที่มีช่วงเวลาครึ่งหนึ่งของแอมพลิจูด หรือ H.A.D เท่ากับ 20T มอดูเลตกับสัญญาณพัลส์ที่ความถี่คลื่นพาห์สีย่อย สามารถสร้างขึ้นจากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมการสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์

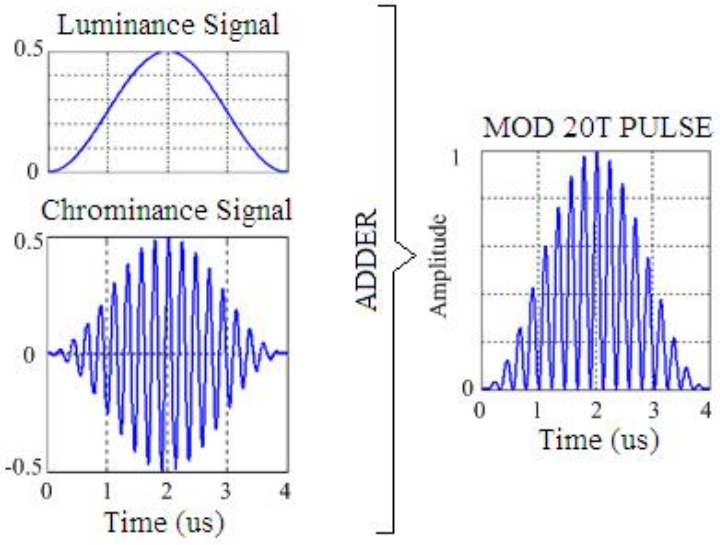
รูปที่ 2.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมการสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ โดยเริ่มจากเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์ (รูปที่ 2.3 b) โดยสัญญาณดังกล่าวมีช่วงเวลาครึ่งหนึ่งของแอมพลิจูดหรือ H.A.D เท่ากับ 20T แล้วมอดูเลตกับสัญญาณความถี่คลื่นพาห์สีย่อย (รูปที่ 2.3 a) จะได้รูปที่ 2.3 c ซึ่ง

สัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตแล้ว จะผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำเพื่อกรองเอาฮาร์โมนิคที่ไม่ต้องการออก ส่วนสัญญาณรูปที่ 2.3 b อีกทางหนึ่งจะผ่านวงจรหน่วงเวลา (Delay Network) เพื่อปรับให้สัญญาณรูปที่ 2.3 b กับรูปที่ 2.3 c มีเวลา (Timing) เท่ากัน แล้วจึงผ่านวงจรรวม (Adder) ก็จะได้สัญญาณมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ในรูปที่ 2.3 d ซึ่งสัญญาณทดสอบดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบ และวัดความผิดเพี้ยนในการส่งผ่านระบบโทรทัศน์สีได้เป็นอย่างดี

จากบล็อกไดอะแกรมการสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ในรูปที่ 2.3 สามารถนำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ [1] [3]

$$x(t)=\begin{cases}\dfrac{1}{2}\sin^2\left(\dfrac{\pi t}{40T}\right)+\dfrac{A}{2}\sin^2\left(\dfrac{\pi(t-\tau)}{40T}\right)\cos\omega_c t & ;|t|\le 20T\\ 0 & ;|t|>20T\end{cases}\qquad (2.1)$$

เมื่อ A คืออัตราการขยายของสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ τ คือเวลาประวิงที่ล้าหลังหรือนำหน้าสัญญาณที่ยังไม่ได้มอดูเลต $T=0.1\,\mu s$ สำหรับโทรทัศน์สีระบบ PAL t คือเวลา และ ω_c คือความถี่เชิงมุมของพาห์สีย่อย หรือเท่ากับ $\omega_c=2\pi f_c$ โดยที่ความถี่คลื่นพาห์สีย่อย (Color Sub-carrier) $f_c=4.43$ MHz



รูปที่ 2.4 การรวมสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง

รูปที่ 2.4 แสดงการรวมสัญญาณระหว่างสัญญาณสี (Chrominance Signal) กับสัญญาณส่องสว่าง (Luminance Signal) จากการรวมกันในขอบข่ายเวลาขององค์ประกอบทั้งสองจะได้ลักษณะสัญญาณเหมือน

สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ เมื่อนำมาพิจารณาในขอบข่ายความถี่หาสเปกตรัมของสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ โดยในการคำนวณหาสเปกตรัมจะเริ่มจากสมการในขอบข่ายเวลาของสัญญาณในย่านความถี่ต่ำที่ยังไม่ได้มอดูเลต แสดงดังสมการที่ (2.2) และสัญญาณในย่านความถี่สูงที่มอดูเลตแล้ว แสดงดังสมการที่ (2.3)

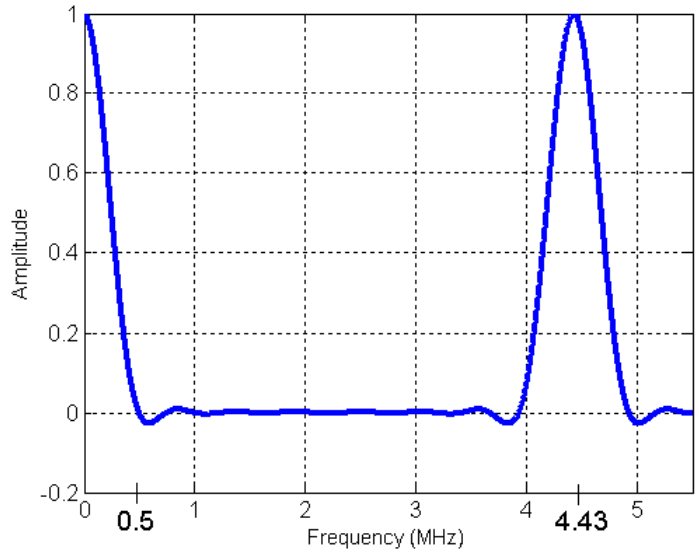
$$v_l(t) = \frac{1}{2}\cos^2\frac{\pi t}{40T} \tag{2.2}$$

$$v_c(t) = \frac{1}{2}\cos^2\frac{\pi t}{40T}\cos\omega_c t \tag{2.3}$$

จากนั้นนำมาหาสมการสเปกตรัมของสัญญาณในย่านความถี่ต่ำที่ยังไม่ได้มอดูเลต และสัญญาณในย่านความถี่สูงที่มอดูเลตแล้ว ได้เป็น

$$V_l(f) = \frac{1}{2}\frac{20T}{1-(40fT)^2}\frac{\sin(40\pi fT)}{40\pi fT} \tag{2.4}$$

$$V_c(f) = \frac{1}{2}\left[\frac{20T}{1-\{40T(f-f_c)\}^2}\frac{\sin(f-f_c)40\pi T}{(f-f_c)40\pi T} + \frac{20T}{1-\{40T(f+f_c)\}^2}\frac{\sin(f+f_c)40\pi T}{(f+f_c)40\pi T}\right] \tag{2.5}$$



รูปที่ 2.5 สเปกตรัมความถี่ของสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์

สรุปได้ว่าสเปกตรัมของสัญญาณสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ ประกอบด้วยสัญญาณในย่านความถี่ต่ำที่ยังไม่ได้มอดูเลตในสมการที่ (2.4) และสัญญาณในย่านความถี่สูงที่มอดูเลตแล้วในสมการที่ (2.5) สอดคล้องกับย่านความถี่ของสัญญาณส่องสว่างคือที่ความถี่ต่ำ 0 – 0.5 MHz และสัญญาณสีที่ความถี่สูง 3.93 MHz – 4.93 MHz ในโทรทัศน์สีระบบ PAL แสดงดังรูปที่ 2.5

ดังนั้นสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์เพียงสัญญาณเดียวก็เพียงพอในการตรวจสอบและวัดความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นกับสัญญาณภาพในการส่งผ่านของระบบโทรทัศน์สี โดยในโครงการวิจัยนี้จะใช้สัญญาณทดสอบนี้แสดงความผิดเพี้ยนที่เกิดจากความไม่เท่ากันทางเวลาประวิงของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง นอกจากนั้นยังนำไปใช้ในการป้อนเข้าวงจรปรับเท่าของสัญญาณสีที่ได้ออกแบบในโครงการวิจัยฉบับนี้ ส่วนรายละเอียดจะขอกล่าวในบทต่อไป

2.4 ทฤษฎีและสูตรสำเร็จของการวัดความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายและเวลาประวิง

การหาค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยาย และเวลาประวิง ซึ่งใช้สัญลักษณ์ A และ τ โดย ในการคำนวณหาค่าความผิดเพี้ยนทั้งสองจะสัมพันธ์กับค่ายอดที่ฐานของพัลส์ กล่าวคือในทางปฏิบัติ ถ้าทราบค่ายอดจากฐานของพัลส์ก็สามารถที่จะหาความผิดเพี้ยนในระบบว่าจะมีผลต่อสัญญาณทางด้านไหน เช่น ระบบอาจมีผลทางด้านความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายอย่างเดียว (Gain Distortion) หรือความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงอย่างเดียว (Delay Distortion) หรือมีทั้งความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายและเวลาประวิงเกิดขึ้นพร้อมกัน (Gain & Delay Distortions) ดังนั้นอันดับแรกจะนำเสนอทฤษฎีของสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ ก่อนที่จะเข้าสู่การแสดงสูตรสำเร็จและผลการคำนวณหาค่าความผิดเพี้ยนทั้ง 3 กรณีโดยละเอียด

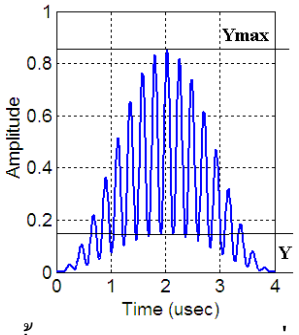
Rosman [5] ได้นำเสนอสูตรสำเร็จในการแสดงค่า A และ τ อย่างชัดเจน โดยกำหนดให้ A คือค่าความไม่เท่ากันทางอัตราการขยายของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง τ คือค่าความไม่เท่ากันทางเวลาประวิงของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง ซึ่งต่อไปนี้ในโครงการวิจัยนี้จะให้ A เป็นค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยาย แสดงในหน่วย dB และ τ เป็นค่าความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิง แสดงในหน่วย ns ในการอธิบายสูตรสำเร็จของความผิดเพี้ยนจะขอกล่าวแยกออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

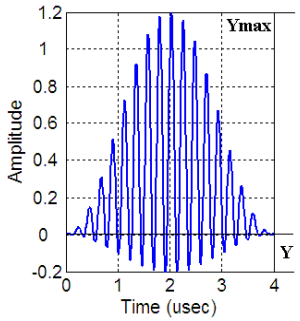
2.4.1 สูตรสำเร็จของความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายอย่างเดียว

การแสดงสูตรสำเร็จที่ใช้วัดค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายอย่างเดียว จะได้ค่า $A \neq 1$ และค่า $\tau = 0$ เขียนสมการทฤษฎีการสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ใหม่ได้เป็น

$$x(t)=\begin{cases}\dfrac{1}{2}\sin^2\left(\dfrac{\pi t}{40T}\right)+\dfrac{A}{2}\sin^2\left(\dfrac{\pi t}{40T}\right)\cos\omega_c t & ;|t|\le 20T\\ 0 & ;|t|>20T\end{cases} \tag{2.6}$$

นำสมการที่ (2.6) มาพล็อตกราฟสัญญาณมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ได้ดังรูปที่ 2.6





(ก) ความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายต่ำ $A<1$ **(ข)** ความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายสูง $A>1$

รูปที่ 2.6 สัญญาณมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายอย่างเดียว

จากรูปที่ 2.6 (ก) แสดงความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายต่ำ (Low Gain Chrominance Distortion) ที่ -3 dB ($A<1$) จะสังเกตว่าที่ฐานของพัลส์จะเป็นรูปโคไซน์เว้าขึ้น และมีขนาดสูงสุดน้อยกว่าหนึ่ง ในทางกลับกันรูปที่ 2.6 (ข) แสดงแสดงความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายสูง (High Gain Chrominance Distortion) ที่ +3 dB ($A>1$) จะได้ฐานของพัลส์จะเป็นรูปโคไซน์นูนขึ้น และมีขนาดสูงสุดมากกว่าหนึ่ง จากรูปที่ 2.6 จะสามารถแสดงค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งคำนวณได้จากค่ายอดที่ฐานของพัลส์ โดยใช้สูตรคือ

$$A=\frac{1-y}{1+y} \tag{2.7}$$

เมื่อ y คือค่ายอดนอร์แมลไลซ์ที่ฐานของพัลส์ โดยกำหนดให้

$$y=\frac{Y}{Y_{\max}} \tag{2.8}$$

จากสมการที่ (2.7) สามารถแสดงในหน่วยเดซิเบลได้เป็น

$$A(dB) = 20\log(A) \tag{2.9}$$

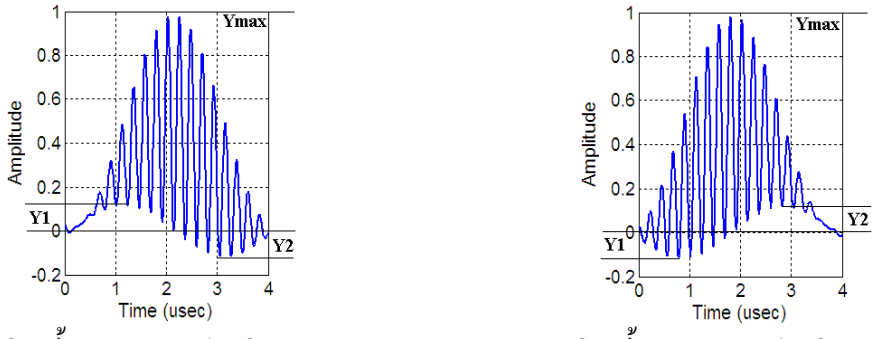
ยกตัวอย่างเช่นถ้าต้องการหาค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายของรูปที่ 2.6 (ก) ให้หาค่า Y และ $Y_{\max}$ จากนั้นนำไปแทนค่าในสมการที่ (2.8) ได้ค่า $y = 0.171$ แล้วนำค่าที่ได้ไปแทนลงในสมการที่ (2.7) ได้ $A = 0.7079$ นำไปแสดงในหน่วยเดซิเบลได้เท่ากับ -3 dB นั่นเอง เช่นเดียวกันถ้าต้องการหาค่าวามผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายของรูปที่ 2. 6 (ข) ได้ค่า $y = -0.171$ และ $A = 1.4125$ นำไปแสดงในหน่วยเดซิเบลได้เท่ากับ +3 dB

2.4.2 สูตรสำเร็จของการวัดความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงอย่างเดียว

การแสดงสูตรสำเร็จที่ใช้วัดค่าความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงอย่างเดียว จะได้ค่า $A = 1$ และค่า $\tau \neq 0$ เขียนสมการทฤษฎีการสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ใหม่ได้เป็น

$$x(t) = \begin{cases} \frac{1}{2}\sin^2\left(\frac{\pi t}{40T}\right) + \frac{1}{2}\sin^2\left(\frac{\pi(t-\tau)}{40T}\right)\cos\omega_c t & ;|t| \le 20T \\ 0 & ;|t| > 20T \end{cases} \tag{2.10}$$

นำสมการที่ (2.10) มาพล็อตกราฟสัญญาณมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ได้ดังรูปที่ 2.7



(ก) ความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced **(ข)** ความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed

รูปที่ 2.7 สัญญาณมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงอย่างเดียว

จากรูปที่ 2.7 (ก) แสดงความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance หรือสัญญาณสีมีเวลาประวิงนำหน้าสัญญาณส่องสว่างที่ 300 ns ในทางกลับกันรูปที่ 2.7 (ข) แสดงความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance หรือสัญญาณสีมีเวลาประวิงล้าหลังสัญญาณส่องสว่างที่ 300 ns จะสังเกตได้ว่าที่ฐานของพัลส์จะเป็นรูปไซน์สมมาตรกัน กล่าวคือมีค่า $Y_1 = -Y_2$ หรือ $-Y_1 = Y_2$ จากรูปที่ 2.7

จะสามารถแสดงค่าความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งคำนวณได้จากค่ายอดที่ฐานของพัลส์ทั้งสองค่านั่นเอง โดยใช้สูตรคือ

$$\tau = \frac{T_0}{\pi} \cdot \cos^{-1}\left\{1 + \frac{8y_1y_2}{[1-(y_1+y_2+y_1y_2)][1+(y_1+y_2-y_1y_2)]}\right\} \tag{2.11}$$

เมื่อ $T_0 = 2.0\,\mu s$ และค่า y_1 กับ y_2 คือค่ายอดนอร์แมลไลซ์ที่ฐานของพัลส์ โดยกำหนดให้

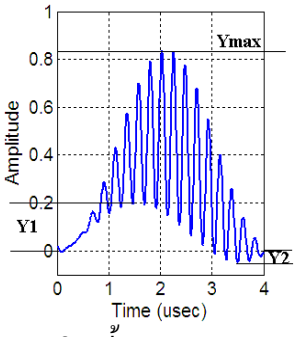
$$y_1 = \frac{Y_1}{Y_{max}} \tag{2.12}$$

$$y_2 = \frac{Y_2}{Y_{max}} \tag{2.13}$$

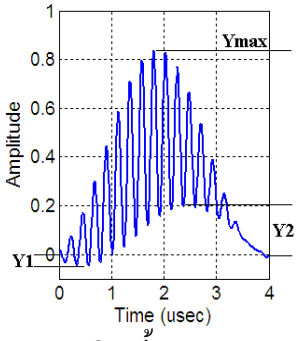
ยกตัวอย่างเช่นถ้าต้องการหาค่าความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงของรูปที่ 2.7 (ก) หรือรูปที่ 2.7 (ข) ให้หาค่า Y_1 และ Y_2 เมื่อ $Y_{max} = 1$ จากนั้นนำไปแทนค่าในสมการที่ (2.12) และสมการที่ (2.13) ตามลำดับ นำค่าที่ได้ไปแทนลงในสมการที่ (2.11) จะได้ค่าความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงที่ 300 ns

2.4.3 สูตรสำเร็จของการวัดความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายและเวลาประวิงพร้อมกัน

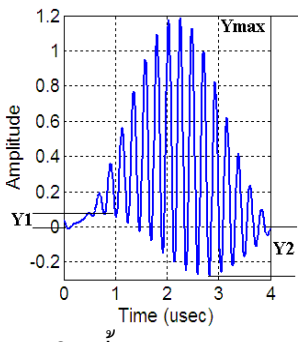
การแสดงสูตรสำเร็จที่ใช้วัดค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายและเวลาประวิงที่เกิดขึ้นพร้อมกัน จะได้ค่า $A \neq 1$ และค่า $\tau \neq 0$ เขียนสมการทฤษฎีการสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ได้ดังสมการที่ (2.1) และนำมาพล็อตกราฟสัญญาณมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ได้ดังรูปที่ 2.8



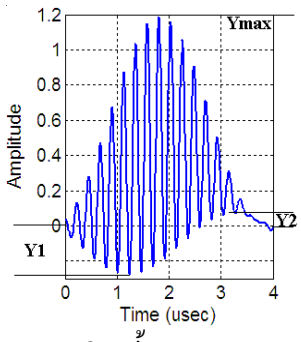
(ก) ความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายต่ำและเวลาประวิงแบบ Advanced



(ข) ความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายต่ำและเวลาประวิงแบบ Delayed



(ค) ความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายสูงและเวลาประวิงแบบ Advanced



(ง) ความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายสูงและเวลาประวิงแบบ Delayed

รูปที่ 2.8 สัญญาณมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายและเวลาประวิงพร้อมกัน

จากรูปที่ 2.8 (ก) แสดงความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายต่ำที่ -3 dB และเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ที่ 300 ns รูปที่ 2.8 (ข) แสดงความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายต่ำที่ -3 dB และเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 300 ns รูปที่ 2.8 (ค) แสดงความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายสูงที่ +3 dB และเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ที่ 300 ns รูปที่ 2.8 (ง) แสดงความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายสูงที่ +3 dB และเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 300 ns จะสังเกตได้ว่าที่ฐานของพัลส์จะเป็นรูปไซน์ที่ไม่สมมาตรกัน หรือมีค่า $Y_1 \neq Y_2$ จากรูปจะสามารถแสดงค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายและเวลาประวิงที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งคำนวณได้จากค่ายอดที่ฐานของพัลส์ทั้งสองค่าโดยใช้สูตรคือ

$$A = \frac{1-(y_1+y_2)}{1+(y_1+y_2)} \tag{2.14}$$

$$\tau \approx \frac{4T_0}{\pi}(\sqrt{-y_1 y_2}) \tag{2.15}$$

ยกตัวอย่างเช่นถ้าต้องการหาค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายและเวลาประวิงของรูปที่ 2.8 (ก) รูปที่ 2.8 (ข) รูปที่ 2.8 (ค) และรูปที่ 2.8 (ง) ให้หาค่า Y_1 Y_2 และ $Y_{\max}$ นำไปหาค่านอร์แมลไลซ์ แล้วนำค่าที่ได้ไปแทนลงในสมการที่ (2.14) และสมการที่ (2.15) จะได้ค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายและเวลาประวิง ตามลำดับ

2.5 ผลกระทบของความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิง

ในหัวข้อนี้จะแสดงผลกระทบต่อภาพจากโทรทัศน์สีจริง เมื่อเกิดความผิดเพี้ยนขึ้นในระบบการส่งผ่านสัญญาณวิดีโอเทียบกับสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองที่เกิดความผิดเพี้ยนทั้งสามกรณี อุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลกระทบของความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้น ได้แก่

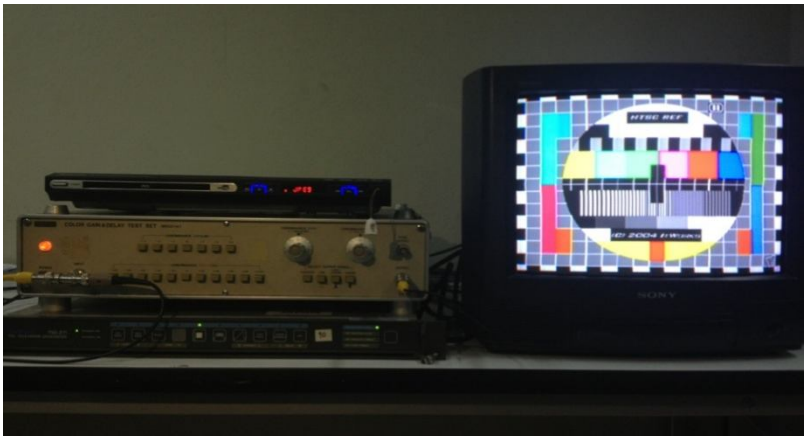
1. เครื่อง PAL Television Generator TSG-271
2. เครื่อง Color Gain & Delay Test Set MS321A
3. โทรทัศน์สี
4. เครื่องเล่น DVD/VCD

รูปที่ 2.9 เครื่อง PAL Television Generator TSG-271

รูปที่ 2.10 เครื่อง Color Gain & Delay Test Set MS321A

รูปที่ 2.11 โทรทัศน์สี

รูปที่ 2.12 เครื่องเล่น DVD/VCD

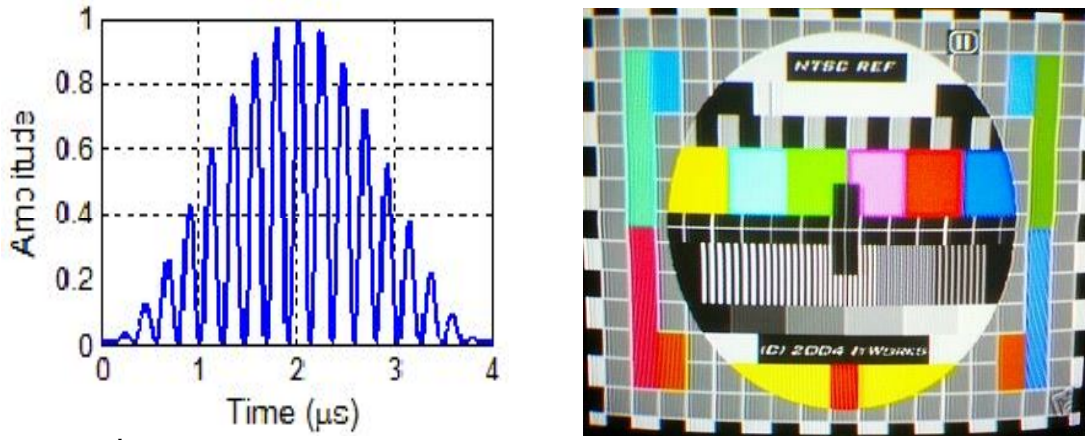


รูปที่ 2.13 การแสดงผลกระทบของความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงอย่างเดียวที่มีต่อสัญญาณวิดีโอจริง

วิธีการแสดงผลกระทบที่มีต่อภาพโทรทัศน์สีจริงเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนในระบบการส่งผ่านโดยเริ่มจากการนำภาพสีต้นแบบ (Original Picture) มาปรากฏที่หน้าจอโทรทัศน์สี ซึ่งภาพสีต้นแบบนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นทั้ง 3 กรณี ส่วนทางด้านการจำลองระบบที่ทำการทดสอบ (Under Test System) ให้เกิดความผิดเพี้ยนจะใช้เครื่อง PAL Television Generator TSG-271ทำหน้าที่ในการป้อนสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่ไม่มีความผิดเพี้ยน แสดงดังรูปที่ 2.9 ต่อเข้ากับเครื่อง Color Gain & Delay Test Set MS321A ทำหน้าที่ให้สัญญาณทดสอบที่รับเข้ามาเกิดความผิดเพี้ยน โดยสามารถปรับความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายให้เกิดขึ้นได้ตั้งแต่ -3 dB ถึง +3 dB และความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงให้เกิดขึ้นได้ตั้งแต่ -100 ns ถึง +100 ns แสดงดังรูปที่ 2.10

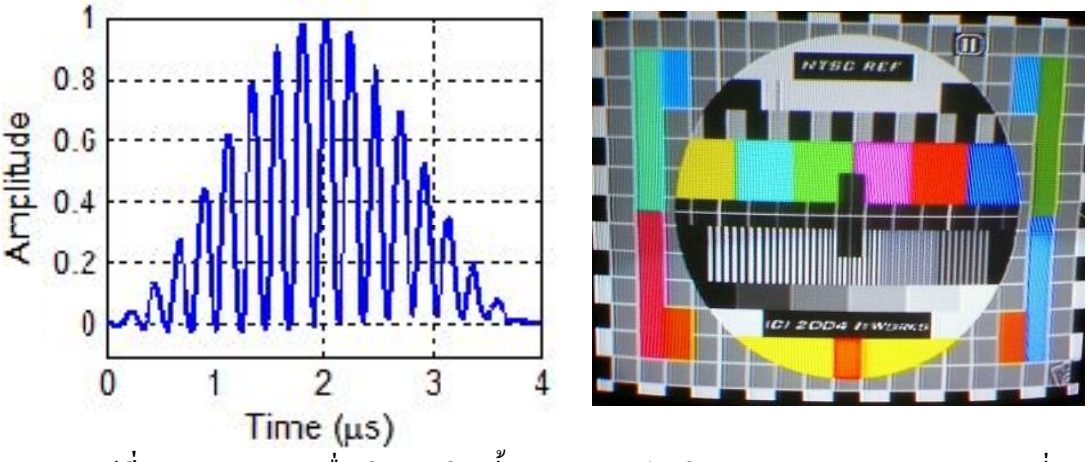
การติดตั้งอุปกรณ์ โดยให้เครื่อง PAL Television Generator เป็นตัวกำเนิดสัญญาณทดสอบในระบบ PAL เพื่อนำไปรวมกับสัญญาณที่ออกมาจาก เครื่องเล่น VCD จะได้ภาพสัญญาณทดสอบ 20T ไซน์กำลังสองพัลส์อยู่หลังจากนั้นสัญญาณก็จะผ่านเครื่อง Color Gain & Delay Test Set เพื่อที่จะสร้างสัญญาณให้เกิดความ

ผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delay ที่ 60 ns และ 100 ns และ Advance Delay ที่ 60 ns และ 100 ns เมื่อเราได้ภาพสีที่มีความผิดเพี้ยน ทางเวลาประวิงก็จะนำภาพมาแสดงขึ้นทางหน้าจอโทรทัศน์สี เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของภาพสี ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะศึกษาความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงเพียงอย่างเดียว เมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงจะสังเกตเห็นว่าภาพสีมีสีและความสว่างของภาพผิดไปจากภาพสีต้นแบบที่ไม่มีความผิดเพี้ยน โดยการต่ออุปกรณ์แสดงดังรูปที่ 2.13

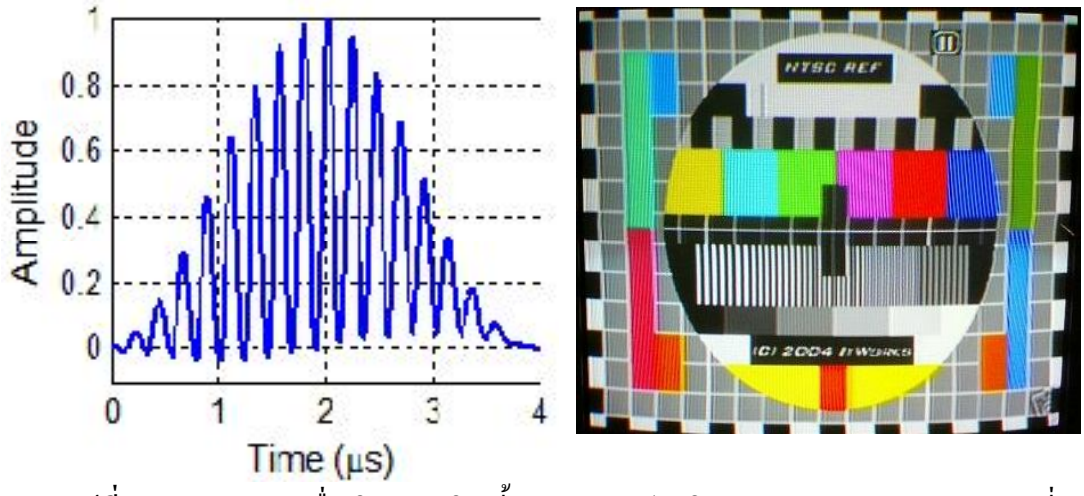


รูปที่ 2.14สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ และภาพสีจริงที่ไม่มีความผิดเพี้ยน

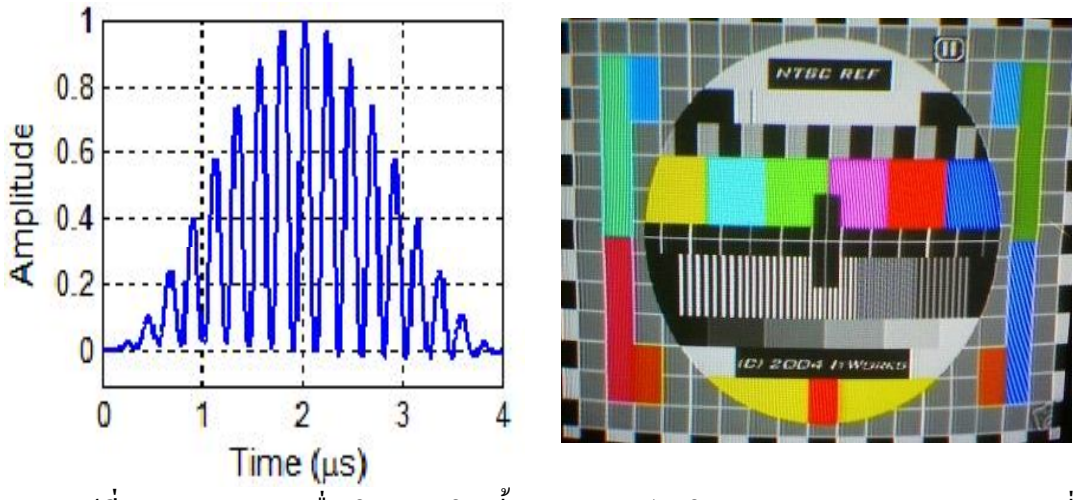
จากรูปที่ 2.14 แสดงภาพสีจริงที่ไม่มีความผิดเพี้ยนเทียบกับสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ จะได้ภาพสีจริงออกมาเหมือนภาพสีต้นแบบ (Original Picture) และสังเกตที่ฐานของพัลส์ทดสอบจะราบเรียบ (Flat)



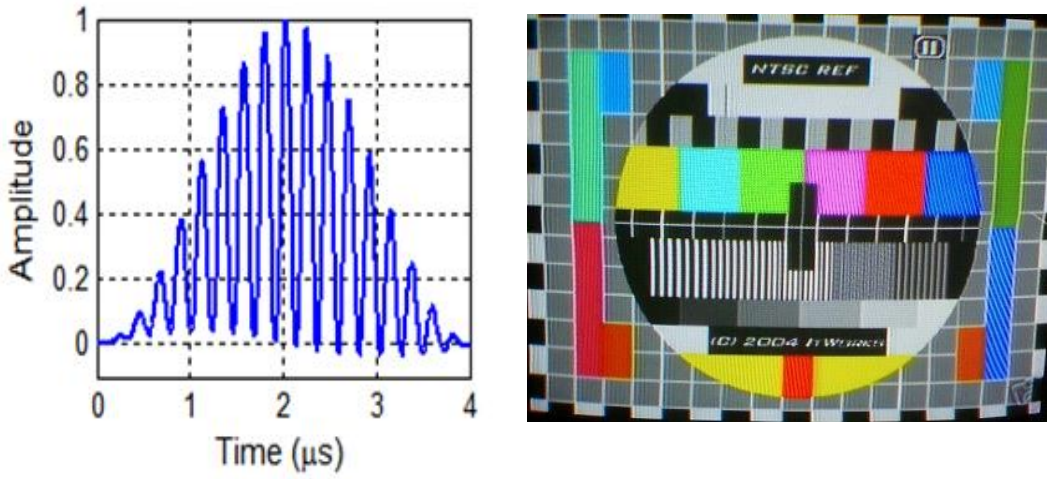
รูปที่ 2.15ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 60 ns



รูปที่ 2.16 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 100 ns



รูปที่ 2.17 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ที่ 60 ns

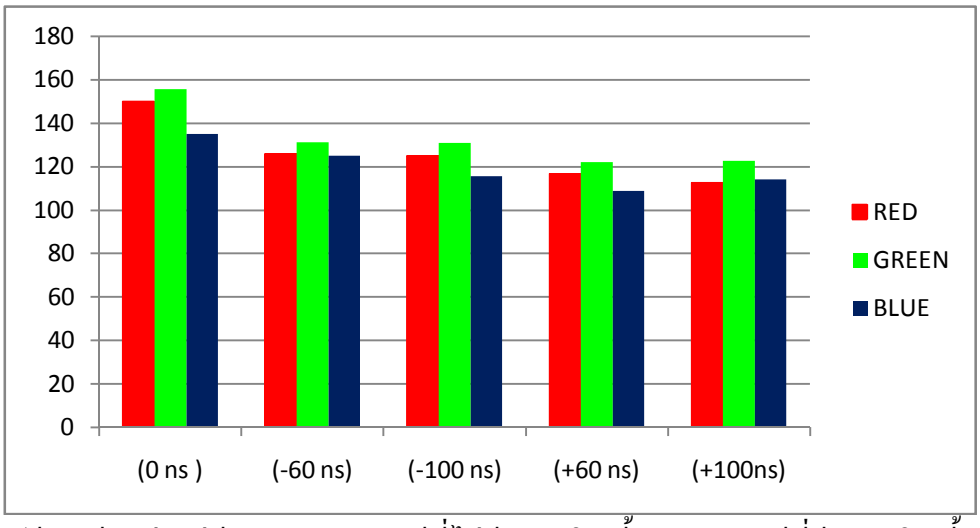


รูปที่ 2.18 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิง Advanced Chrominance ที่ 100 ns

การแสดงผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงเทียบกับสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ ในกรณีที่เกิดความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 60 ns และ 100 ns แสดงดังรูปที่ 2.15 และรูปที่ 2.16 ตามลำดับ และความผิดเพี้ยนแบบ Advanced Chrominance ที่ 60 ns และ 100 ns แสดงดังรูปที่ 2.17 และรูปที่ 2.18 ตามลำดับจะเห็นว่าภาพสีที่ได้มีฮิวของสี (Hue) หรือการที่ตามองเห็นสีผิดเพี้ยนไป สีเกิดความมัว (color Smearing) และเกิดการซึมของสี (Color Bleeding) โดยเฉพาะที่ขอบวัตถุหรือขอบตัวอักษร

ตารางที่ 2.1 ค่าแม่สี RGB ของภาพสี่ที่ไม่มีความผิดเพี้ยน กับ ภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงอย่างเดียว ที่ 60ns และ 100 ns

ภาพสี	R	G	B
1) ไม่มีความผิดเพี้ยน	149.9026	155.5433	134.9272
2) มีความผิดเพี้ยนแบบ Delayed Chrominance ที่ 60 ns	125.7587	131.0624	125.044
3) มีความผิดเพี้ยนแบบ Delayed Chrominance ที่ 100 ns	124.918	130.8245	115.5811
4) มีความผิดเพี้ยนแบบ Advanced Chrominance ที่ 60 ns	116.7139	121.9206	108.7687
5) มีความผิดเพี้ยนแบบ Advanced Chrominance ที่ 100 ns	112.6344	122.7028	114.2405



รูปที่ 2.19 เปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยน กับ ภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงอย่างเดียวที่ 60 ns และ 100 ns

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยน กับ ภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 60ns และ 100 ns และแบบ Advance Chrominance ที่ 60ns และ 100 ns จะเห็นได้ว่าค่าแม่สีแตกต่างไปจากเดิมดังนั้นจึงต้องการยกระดับ หรือลดระดับทางเวลาประวิงของสัญญาณสีเพื่อให้ได้ภาพสีที่มีคุณภาพดีกลับมา สามารถแสดงการเปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ในกรณีนี้ได้ดังรูปที่ 2.19

จากการศึกษาความผิดเพี้ยนของภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงต่างๆ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาประวิงเปลี่ยนไปจากเดิมภาพสีก็จะมีความผิดเพี้ยนไปจากเดิมด้วย รวมทั้งการเปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ก็จะแสดงให้เห็นชัดยิ่งขึ้นเพราะว่าแม่สี RGB ของภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนกับภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงนั้นจะมีค่าไม่เท่ากันดังตารางที่ 2.1 ซึ่งจากการศึกษาข้างต้นแล้วในโครงการวิจัยนี้ยังได้ศึกษาการหาขอบภาพด้วยวิธีของ Prewitt เพื่อนำมาใช้ในการหาขอบภาพของภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.6 การหาขอบภาพ (Edge Detection)

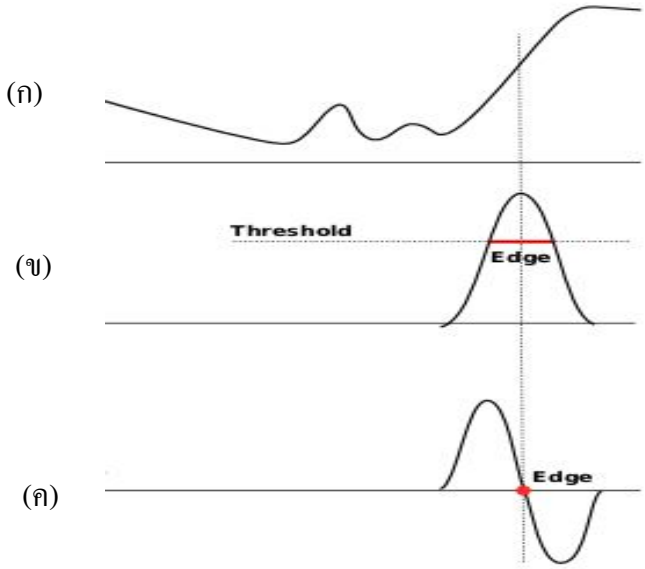
การหาขอบภาพคือการตรวจสอบว่าเส้นขอบลากผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใด โดยวัดจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว ซึ่งวิธีการหาขอบนั้นมีด้วยกันหลายวิธี แต่อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ Gradient method และ Laplacian method โดยในแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ [6]

2.6.1 Gradient method

วิธีนี้จะหาขอบโดยการหาจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดในรูปของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของภาพ โดยจุดที่เป็นขอบจะอยู่ในส่วนที่เหนือค่า Threshold (รูปที่ 2.20 (ข)) จึงอาจทำให้เส้นขอบที่ได้มีลักษณะหนา ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Roberts Prewitt Sobel และ Canny เป็นต้น

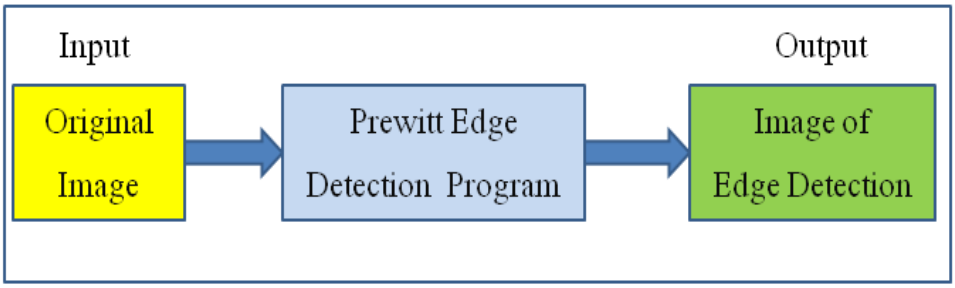
2.6.2 Laplacian method

จะหาขอบโดยใช้อนุพันธ์อันดับ 2 โดยใช้จุดที่ค่า y เป็น 0 (Zerocrossing) (รูปที่ 2.20 (ค)) ซึ่งวิธีนี้จะใช้เวลาในการคำนวณมากกว่า Gradient method ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Laplacian of Gaussian และ Marrs-Hildreth เป็นต้น



รูปที่ 2.20 ความแตกต่างของระดับความเข้มของสี (GIMP 2004) (ก) การหาขอบด้วยวิธี Gradient method (ข)และ Laplacian method (ค)

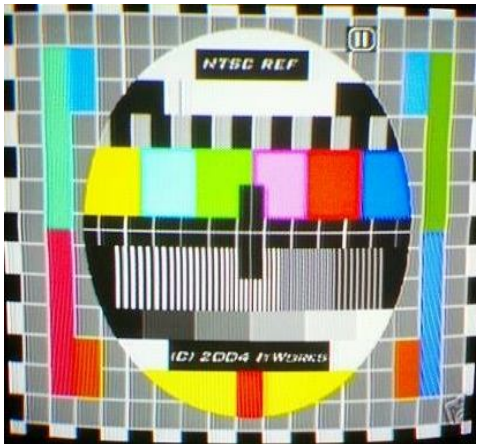
ในโครงการวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Matlab 6.1 ช่วยในการหาขอบภาพ ซึ่งมีคำสั่งที่ใช้ในการหาขอบทั้งหมด 6 วิธี ดังนี้ Roberts Sobel Canny Laplacian of GaussianZero cross และ Prewitt โดยในโครงการวิจัยนี้ได้เลือกวิธี Prewitt ในการหาขอบภาพ ตัวอย่างภาพที่ผ่านการหาขอบทั้ง 6 วิธีโดยใช้โปรแกรม Matlab 6.1 ดังแสดงในรูปที่ 2.21 ซึ่งจากรูปตัวอย่างจะพบว่าการหาขอบภาพ ด้วยวิธี Prewitt เมื่อแสดงผลการหาขอบภาพออกมาแล้วสามารถมองเห็นถึงความผิดเพี้ยนที่ผิดไปจากเดิมของภาพต้นฉบับได้ดีกว่าวิธีอื่น และจะให้รายละเอียดของขอบภาพที่เกิดภายในได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆจากการสังเกตด้วยตาเปล่า โดยมีกระบวนการดังรูปที่ 2.21



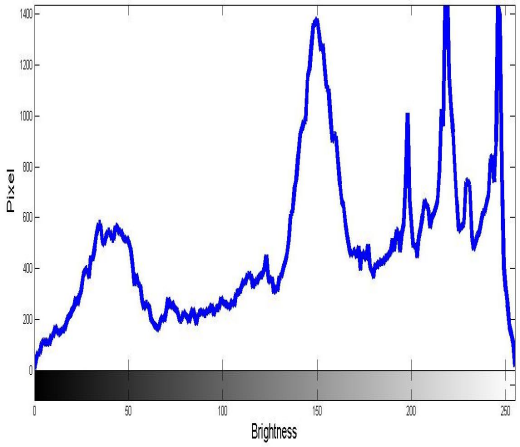
รูปที่ 2.21 บล็อกไดอะแกรมแสดงกระบวนการหาขอบภาพด้วยวิธีของ Prewitt

จากรูปที่ 2.21 บล็อกไดอะแกรมแสดงกระบวนการหาขอบภาพด้วยวิธี Prewitt โดยเริ่มจากการนำ

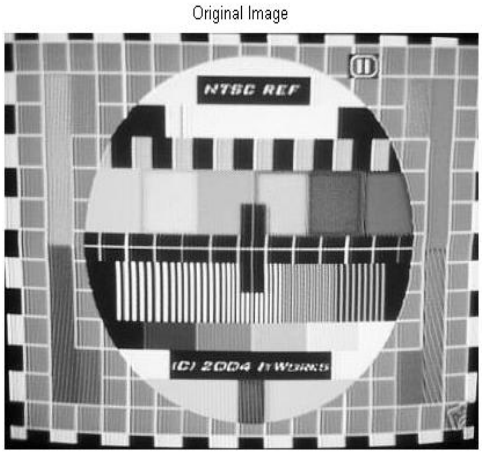
ภาพต้นฉบับที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิง ไปผ่านโปรแกรมการหาขอบภาพด้วยวิธี Prewitt จากนั้นก็จะได้ภาพแสดงการหาขอบภาพออกมา ได้แก่ กราฟแสดงฮิสโตแกรมของภาพ ภาพขาวดำ และภาพแสดงการหาขอบภาพ แสดงดังรูปที่ 2.22 ซึ่งภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed และ Advanced Delay ก็จะนำไปผ่านกระบวนการดังกล่าวเช่นกัน เพื่อนำภาพที่ได้มาเปรียบเทียบความแตกต่างของภาพที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงและภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิง



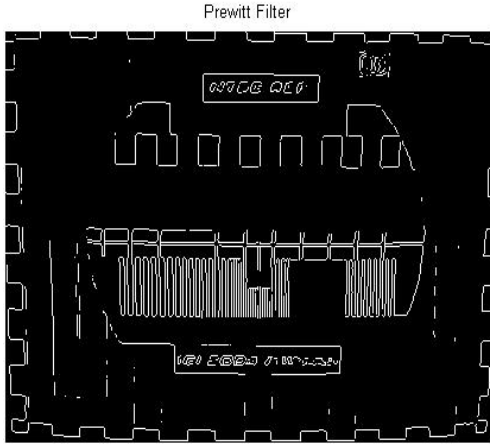
(ก) ภาพสีต้นแบบ



(ข) กราฟแสดงฮิสโตแกรมของภาพ



(ค) ภาพขาวดำ (Gray Image) ต้นแบบ



(ง) ภาพแสดงการหาขอบภาพโดยวิธี Prewitt

รูปที่ 2.22ภาพที่ได้จากการหาขอบด้วยวิธี Prewitt โดยไม่มีความผิดเพี้ยน

จากรูปที่ 2.22 (ก) แสดงภาพสีต้นแบบที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิง รูปที่ 2.22 (ข) จะเป็นกราฟแสดงฮิสโตแกรมของภาพแสดงการเปรียบเทียบระหว่างความสว่างของภาพต่อจำนวนพิกเซลของภาพสี โดยใช้ภาพสีจากรูปที่ 2.22 (ก) โดยใช้วิธีของ Prewitt จากนั้นจะนำรูปที่ 2.22 (ก) ไปผ่านกระบวนการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt (Prewitt Edge Detection) โดยแปลงภาพจากรูปที่ 2.22 (ก) เป็นภาพขาวดำ

(Gray Image) แสดงดังรูปที่ 2.22 (ค) และจะได้รูปที่ 2.22 (ง) แสดงการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt ออกมา ซึ่งการหาขอบภาพด้วยวิธีของ Prewitt (Prewitt Edge Detection) มีวิธีการดังนี้

2.6.3 การหาขอบภาพด้วยวิธีของ Prewitt (Prewitt Edge Detection)

วิธีการนี้จะคำนวณขอบที่เป็นเกรเดียนต์เวกเตอร์ของทุกจุดบนภาพที่เป็นภาพต้นฉบับ ขอบที่ผ่านการปรับปรุงแล้วนั้นมาจากขนาดของเกรเดียนต์เวกเตอร์ มาส์คที่ใช้แทนอนุพันธ์จะเกี่ยวข้องกับ x และ y ให้ $a \in R^x$เป็นภาพต้นฉบับและ a1, a2,…, a7 เป็นค่าของแต่ละพิกเซล 8 จุดตำแหน่ง (i,j) ตามทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ดังรูปที่ 2.23

a_3	a_2	a_1
a_4	**I(I,j)**	a_0
a_5	a_6	a_7

รูปที่ 2.23 ตำแหน่งของตัวแปรด้วยวิธี Prewitt

ให้ $u = (a_5 + a_6 + a_7) - (a_1 + a_2 + a_3)$ และ $v = (a_0 + a_1 + a_7) - (a_3 + a_4 + a_5)$

ขอบของภาพเป็น $b \in R^x$ ให้ $b(i,j) = \sqrt{u^2 + v^2}$ (2.16)

และให้ทิศทางของภาพ $d \in R^x$ คือ $d(i,j) = \arctan(\frac{v}{u})$ (2.17)

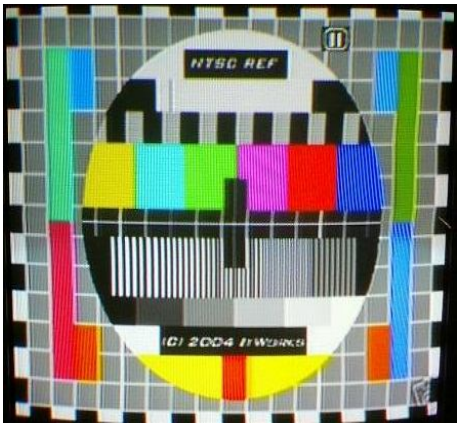
ให้ S คือmask ของแนวแกนxและ T คือmask ของแนวแกน y

$$S = \begin{pmatrix} +1 & +1 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad T = \begin{pmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \end{pmatrix}$$

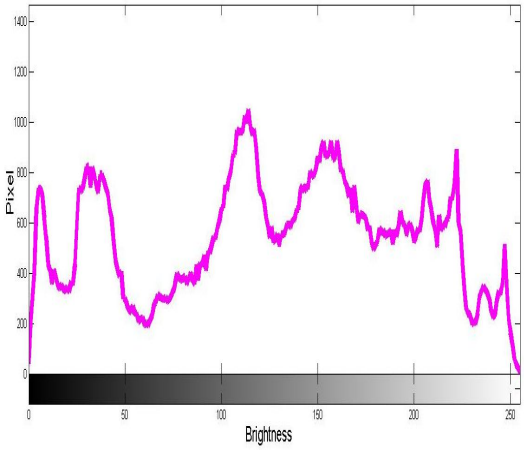
รูปที่ 2.24 เทมเพลตของPrewitt

จากรูปที่ 2.25 (ก) แสดงภาพสีต้นแบบที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 100 ns รูปที่ 2.25 (ข) จะเป็นกราฟแสดงฮิสโตแกรมของภาพแสดงการเปรียบเทียบระหว่างความสว่างของ

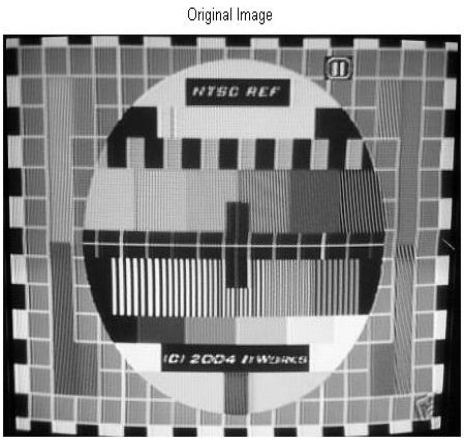
ภาพต่อจำนวนพิกเซลของภาพสี โดยใช้ภาพสีจากรูปที่ 2.25 (ก) โดยใช้วิธีของ Prewitt จากนั้นจะนำรูปที่ 2.25 (ก) ไปผ่านกระบวนการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt (Prewitt Edge Detection) โดยแปลงภาพจากรูปที่ 2.25 (ก) เป็นภาพขาวดำ (Gray Image) แสดงดังรูปที่ 2.25 (ค) และจะได้รูปที่ 2.25 (ง) แสดงการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt ออกมาดังนี้



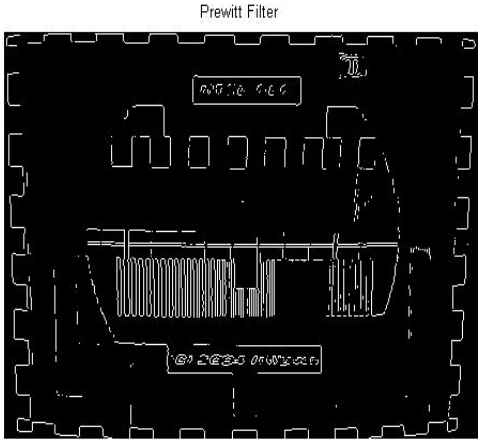
(ก) ภาพสีต้นแบบ



(ข) กราฟแสดงฮีสโตแกรมของภาพ



(ค) ภาพขาวดำ (Gray Image) ต้นแบบ

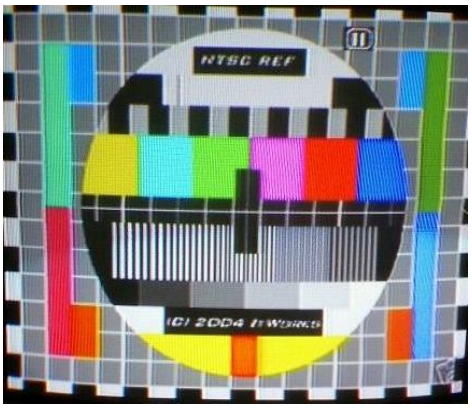


(ง) ภาพแสดงการหาขอบภาพโดยวิธี Prewitt

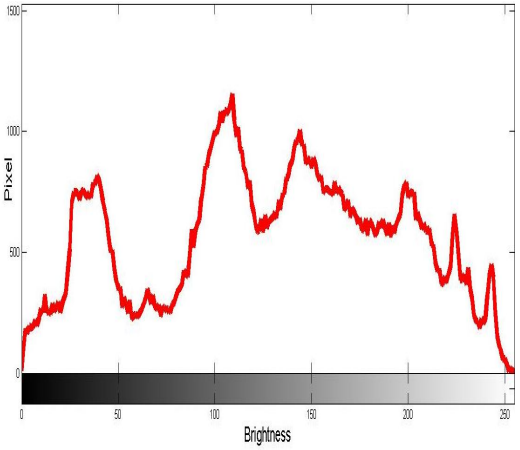
รูปที่ 2.25 ภาพที่ได้จากการหาขอบด้วยวิธี Prewitt มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 100 ns

จากรูปที่ 2.26 (ก) แสดงภาพสีต้นแบบที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 60 ns รูปที่ 2.26 (ข) จะเป็นกราฟแสดงฮีสโตแกรมของภาพแสดงการเปรียบเทียบระหว่างความสว่างของ

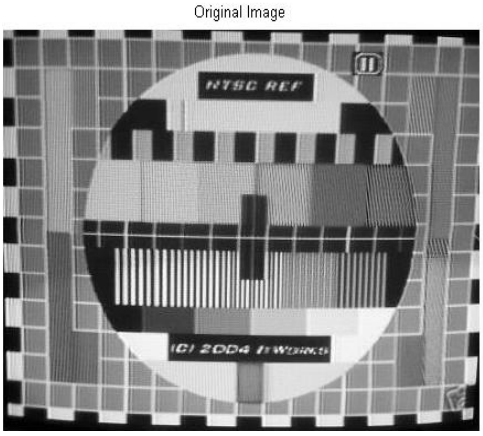
ภาพต่อจำนวนพิกเซลของภาพสี โดยใช้ภาพสีจากรูปที่ 2.26 (ก) โดยใช้วิธีของ Prewitt จากนั้นจะนำรูปที่ 2.26 (ก) ไปผ่านกระบวนการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt (Prewitt Edge Detection) โดยแปลงภาพจากรูปที่ 2.26 (ก) เป็นภาพขาวดำ (Gray Image) แสดงดังรูปที่ 2.26 (ค) และจะได้รูปที่ 2.26 (ง) แสดงการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt ออกมาดังนี้



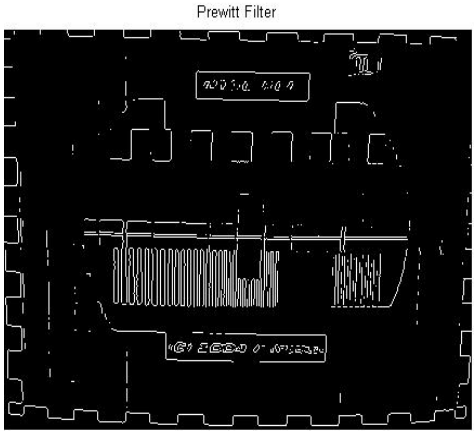
(ก) ภาพสีต้นแบบ



(ข) กราฟแสดงฮิสโตแกรมของภาพ



(ค) ภาพขาวดำ (Gray Image) ต้นแบบ

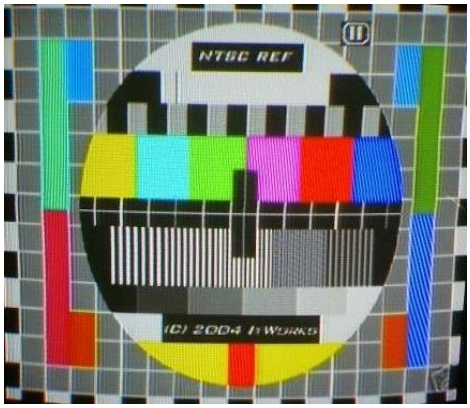


(ง) ภาพแสดงการหาขอบภาพโดยวิธี Prewitt

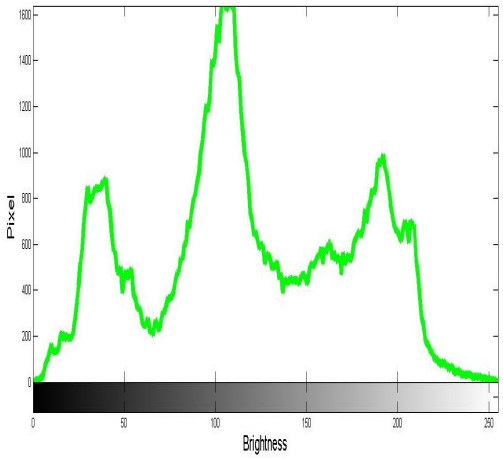
รูปที่ 2.26 ภาพที่ได้จากการหาขอบด้วยวิธี Prewitt มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 60 ns

จากรูปที่ 2.27 (ก) แสดงภาพสีต้นแบบที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ที่ 60 ns รูปที่ 2.27 (ข) จะเป็นกราฟแสดงฮิสโตแกรมของภาพแสดงการเปรียบเทียบระหว่างความสว่างของภาพต่อจำนวนพิกเซลของภาพสี โดยใช้ภาพสีจากรูปที่ 2.27 (ก) โดยใช้วิธีของ Prewitt

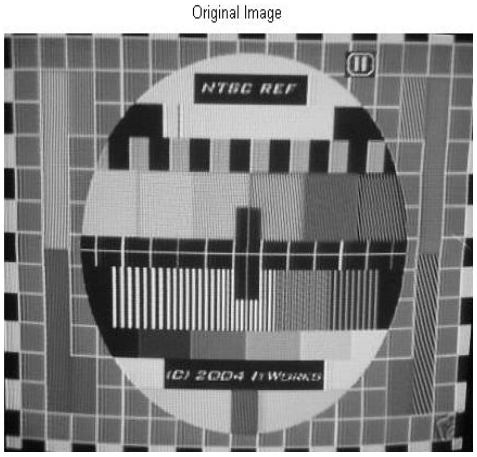
จากนั้นจะนำรูปที่ 2.27 (ก) ไปผ่านกระบวนการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt (Prewitt Edge Detection) โดยแปลงภาพจากรูปที่ 2.27 (ก) เป็นภาพขาวดำ (Gray Image) แสดงดังรูปที่ 2.27 (ค) และจะได้รูปที่ 2.27 (ง) แสดงการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt ออกมาดังนี้



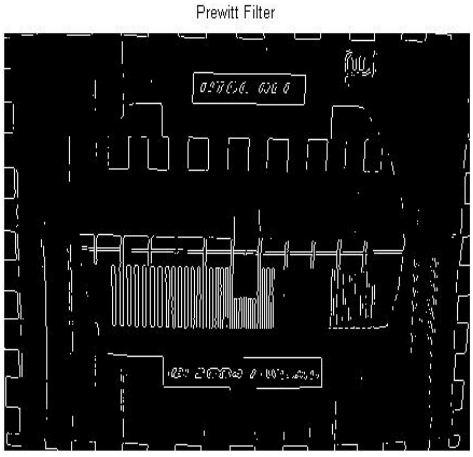
(ก) ภาพสีต้นแบบ



(ข) กราฟแสดงฮิสโตแกรมของภาพ



(ค) ภาพขาวดำ (Gray Image) ต้นแบบ

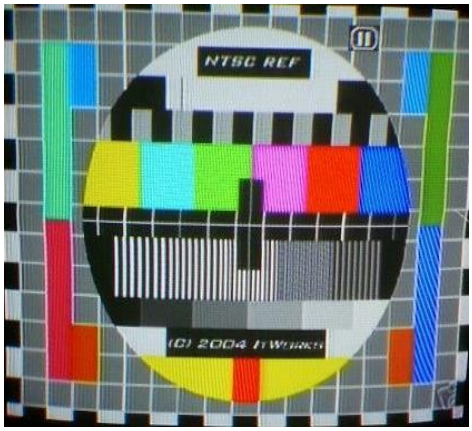


(ง) ภาพแสดงการหาขอบภาพโดยวิธีPrewitt

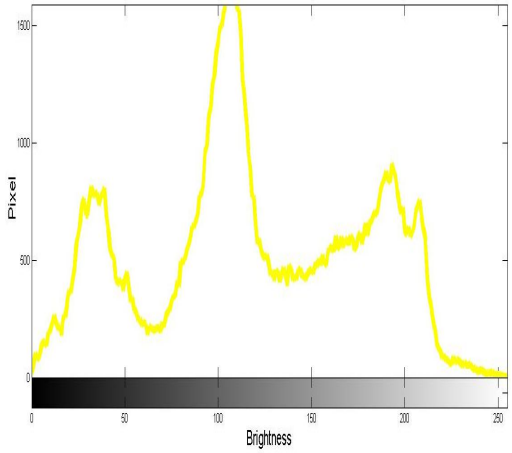
รูปที่ 2.27 ภาพที่ได้จากการหาขอบด้วยวิธี Prewitt มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ที่ 60 ns

จากรูปที่ 2.28 (ก) แสดงภาพสีต้นแบบที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ที่ 100 ns รูปที่ 2.28 (ข) จะเป็นกราฟแสดงฮิสโตแกรมของภาพแสดงการเปรียบเทียบระหว่างความสว่างของภาพต่อจำนวนพิกเซลของภาพสี โดยใช้ภาพสีจากรูปที่ 2.28 (ก) โดยใช้วิธีของ Prewitt จากนั้นจะนำรูปที่ 2.28 (ก) ไปผ่านกระบวนการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt (Prewitt Edge Detection)

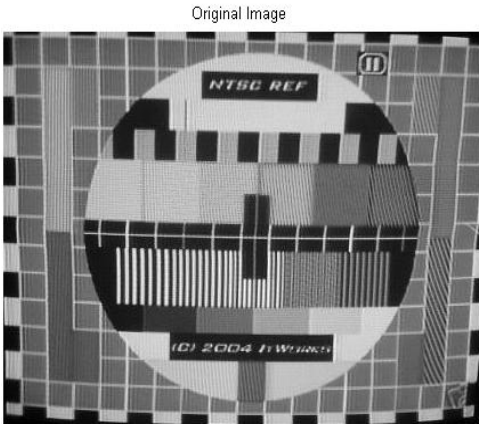
โดยแปลงภาพจากรูปที่ 2.28 (ก) เป็นภาพขาวดำ (Gray Image) แสดงดังรูปที่ 2.28 (ค) และจะได้รูปที่ 2.28 (ง) แสดงการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt ออกมาดังนี้



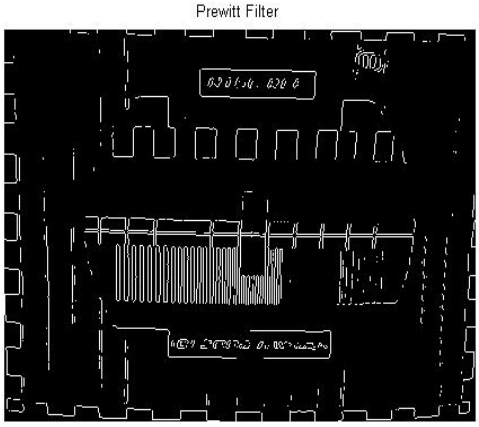
(ก) ภาพสีต้นแบบ



(ข) กราฟแสดงฮิสโตแกรมของภาพ



(ค) ภาพขาวดำ (Gray Image) ต้นแบบ

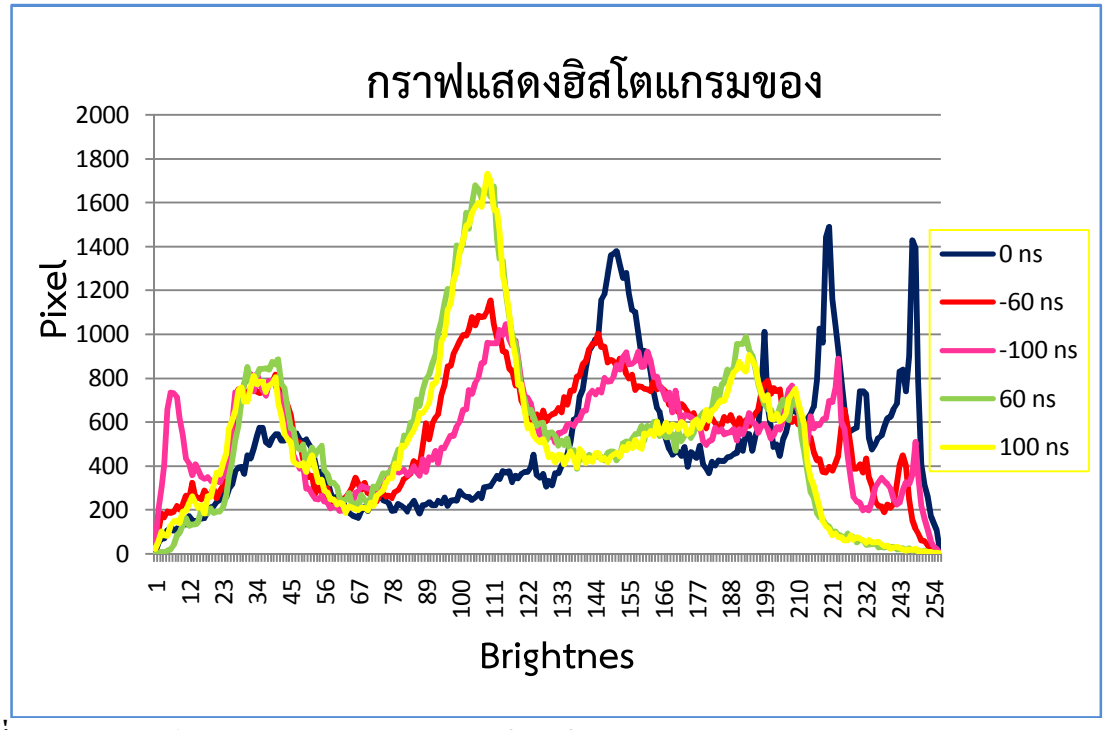


(ง) ภาพแสดงการหาขอบภาพโดยวิธีPrewitt

รูปที่ 2.28 ภาพที่ได้จากการหาขอบด้วยวิธี Prewitt มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ที่ 100 ns

จากรูปที่ 2.29 กราฟฮิสโตแกรมของภาพแสดงการเปรียบเทียบระหว่างความสว่างต่อจำนวนพิกเซลของภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงและภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงในช่วงความสว่าง (Brightness) ของภาพตั้งแต่ 0 ถึง 256 นั้น สังเกตเห็นว่าที่ภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 60 ns และ100 ns จะมีความผิดเพี้ยนที่มีลักษณะค่อนข้างใกล้เคียงกันและภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ที่ 60 ns และ100 nsก็จะมีความผิดเพี้ยนที่มีลักษณะ

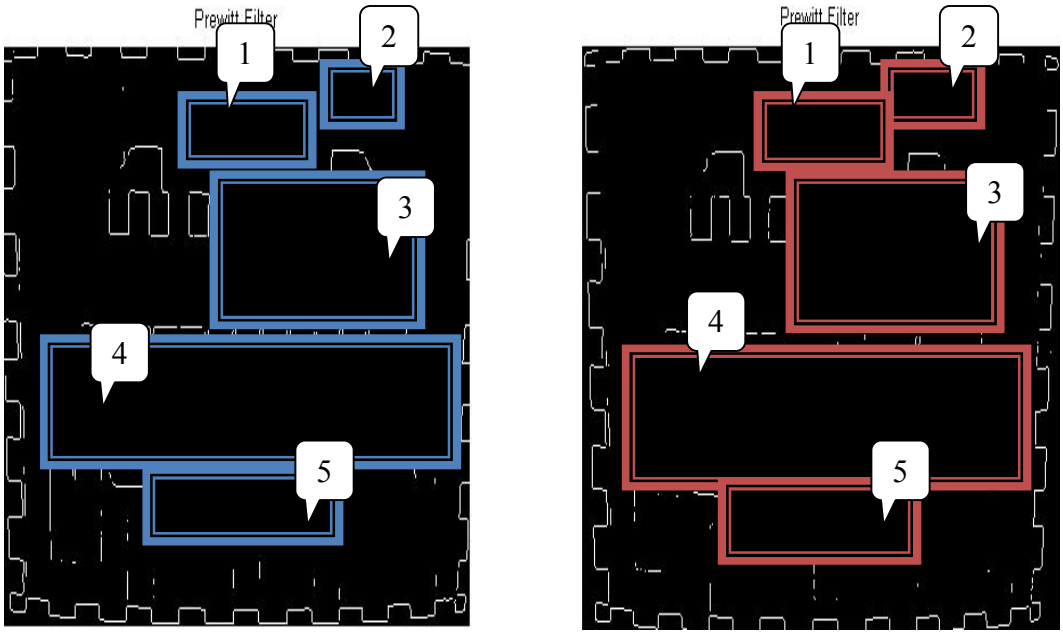
ใกล้เคียงกันเช่นเดียวกัน ซึ่งกราฟของภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนนั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างไปจากกราฟของภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนอย่างเห็นได้ชัด



รูปที่ 2.29 กราฟฮิสโตแกรมของภาพแสดงการเปรียบเทียบระหว่างความสว่างต่อจำนวนพิกเซลของภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงและภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิง

เพื่อการสังเกตถึงความผิดเพี้ยนของภาพชัดมากขึ้น จึงได้ทำการเปรียบเทียบภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงที่ได้จากการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt (Prewitt Edge Detection) กับภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงดังนี้

จากรูปที่ 2.30 แสดงการเปรียบเทียบการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt ระหว่างรูปที่ 2.30 (ก) ภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิง และ รูปที่ 2.30 (ข) ภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 100 nsโดยความผิดเพี้ยนของขอบภาพสังเกตได้จากในกรอบสี่เหลี่ยมตำแหน่งที่ 1 2 3 4 และ 5 ภายในรูปที่ 2.30 (ก) และ (ข) จะเห็นได้ว่าในรูปที่ 2.30 (ข) มีความผิดเพี้ยนของขอบภาพไปจากเดิม คือมีลักษณะของเส้นขอบของภาพหรือขอบของตัวอักษรจางและเลือนลางผิดเพี้ยนไปจากภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงในรูปที่ 2.30 (ก) ทั้ง 5 ตำแหน่งที่ได้แสดงดังรูป

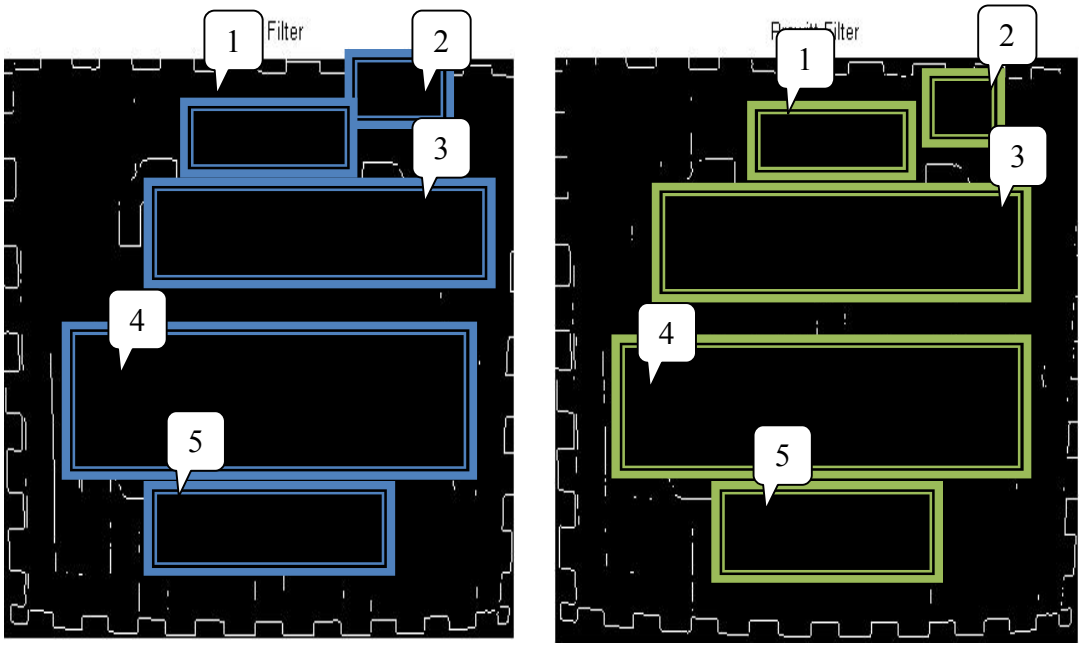


(ก) **(ข)**

รูปที่ 2.30การเปรียบเทียบการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt ระหว่าง (ก) ภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงและ (ข) ภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 100 ns

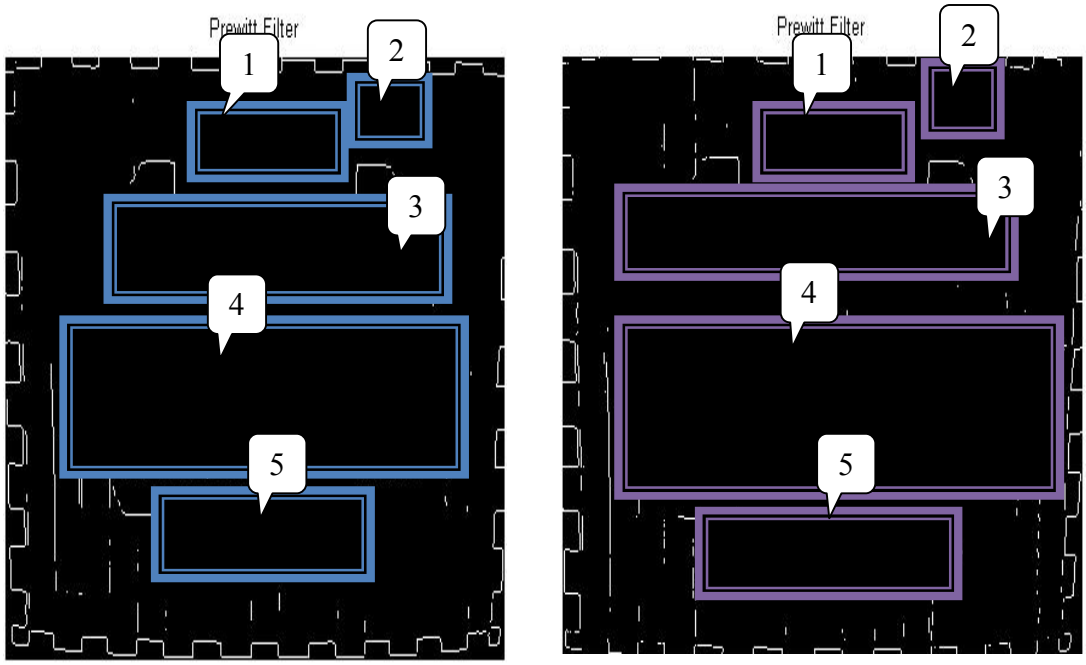
จากรูปที่ 2.31 แสดงการเปรียบเทียบการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt ระหว่างรูปที่ 2.32 (ค) ภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิง และ รูปที่ 2.30 (ง) ภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 60 nsโดยความผิดเพี้ยนของขอบภาพสังเกตได้จากในกรอบสี่เหลี่ยมตำแหน่งที่ 1 2 3 4 และ 5 ภายในรูปที่ 2.31 (ค) และ (ง) จะเห็นได้ว่าในรูปที่ 2.31 (ง) มีความผิดเพี้ยนของขอบภาพไปจากเดิม คือมีลักษณะของเส้นขอบของภาพหรือขอบของตัวอักษรจางและเลือนลางผิดเพี้ยนไปจากภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงในรูปที่ 2.32 (ค) ทั้ง 5 ตำแหน่งที่ได้แสดงดังรูป

จากรูปที่ 2.32 แสดงการเปรียบเทียบการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt ระหว่างรูปที่ 2.32 (จ) ภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิง และ รูปที่ 2.32 (ฉ) ภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ที่ 60 nsโดยความผิดเพี้ยนของขอบภาพสังเกตได้จากในกรอบสี่เหลี่ยมตำแหน่งที่ 1 2 3 4 และ 5 ภายในรูปที่ 2.31 (จ) และ (ฉ) จะสังเกตเห็นว่าในรูปที่ 2.32 (ฉ) มีความผิดเพี้ยนของขอบภาพไปจากเดิม คือมีลักษณะของเส้นขอบของภาพหรือขอบของตัวอักษรจางและเลือนลางผิดเพี้ยนไปจากภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงในรูปที่ 2.32 (ฉ) ทั้ง 5 ตำแหน่งที่ได้แสดงดังรูป



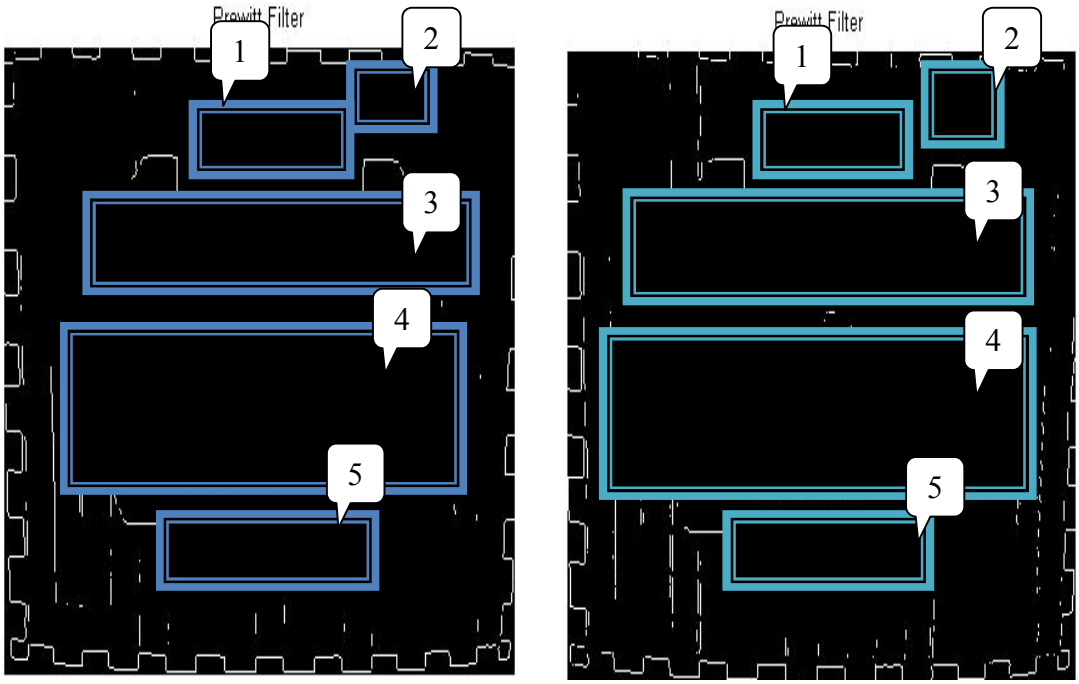
(ค) **(ง)**

รูปที่ 2.31 การเปรียบเทียบของการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt ระหว่าง (ค) ภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงและ (ง) ภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 60 ns



(จ) **(ฉ)**

รูปที่ 2.32 การเปรียบเทียบของการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt ระหว่าง (จ) ภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงและ (ฉ) ภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ที่ 60 ns



(ช) **(ซ)**

รูปที่ 2.33 การเปรียบเทียบการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt ระหว่าง(ช) ภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงและ(ซ) ภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ที่ 100 ns

จากรูปที่ 2.33 แสดงการเปรียบเทียบการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของ Prewitt ระหว่างรูปที่ 2.33 (ช) ภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงและรูปที่ 2.33 (ซ) ภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ที่ 100 nsโดยความผิดเพี้ยนของขอบภาพสังเกตได้จากในกรอบสี่เหลี่ยมตำแหน่งที่ 1 2 3 4 และ 5 ภายในรูปที่ 2.33 (ช) และ (ซ) จะสังเกตเห็นว่าในรูปที่ 2.33 (ซ) มีความผิดเพี้ยนของขอบภาพไปจากเดิม คือมีลักษณะของเส้นขอบของภาพหรือขอบของตัวอักษรจางและเลือนลางผิดเพี้ยนไปจากภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงในรูปที่ 2.33 (ช) ทั้ง 5 ตำแหน่งที่ได้แสดงดังรูป

2.7 สรุป

โทรทัศน์สีระบบ PAL เป็นระบบที่ถูกนำมาใช้ในประเทศไทยมีวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดจากการส่งผ่านสัญญาณวิดีโอเข้าสู่ระบบโทรทัศน์ คือการนำสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ใส่แทรกเข้าไปในช่วงของสัญญาณแบล็งกิ้งทางแนวตั้ง ซึ่งสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์มีข้อดีหลายประการ เช่น สร้างได้โดยง่าย มีรูปแบบง่าย มีความไวต่อความผิดเพี้ยนในรูปแบบต่างๆ มีสเปกตรัมครอบคลุมทั้งย่านความถี่ต่ำและย่านความถี่สูง และสามารถวัดค่าได้ ด้วยเหตุนี้สัญญาณทดสอบมอ

ดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์จึงถูกนำมาใช้ในโครงการวิจัยนี้ เพื่อเป็นสัญญาณอินพุตป้อนเข้าวงจรปรับเท่าทางเวลาประวิงของสัญญาณวิดีโอที่ได้ออกแบบต่อไป