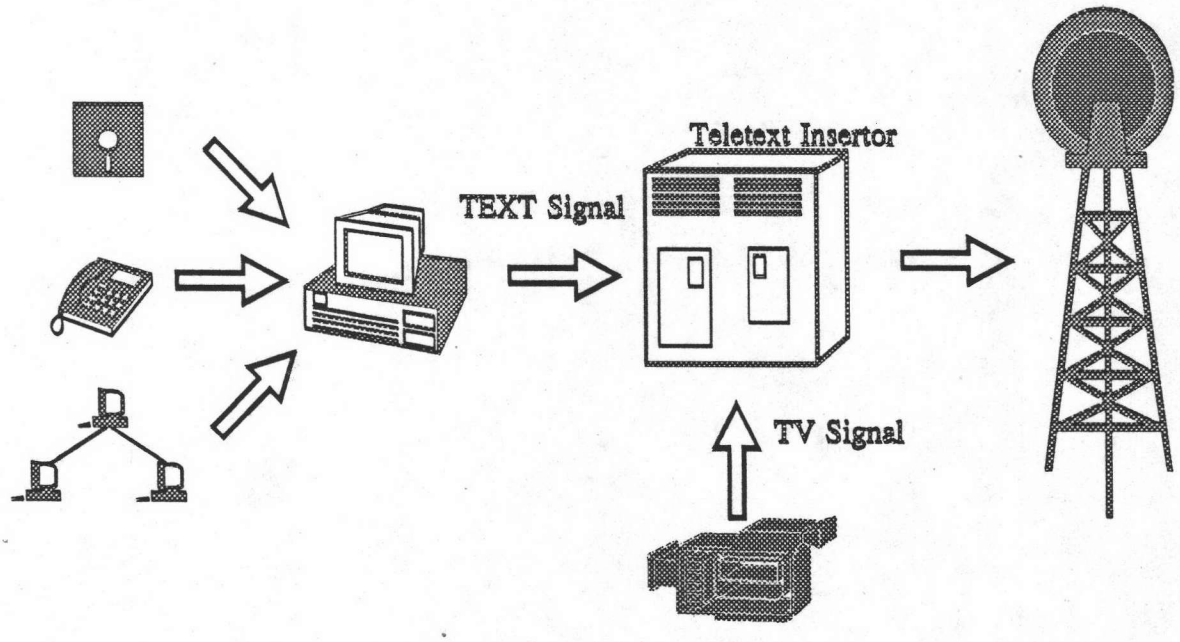
บทที่ 2

ระบบการส่งสัญญาณเทเลเท็กซ์

2.1 สัญญาณโทรทัศน์และสัญญาณเทเลเท็กซ์

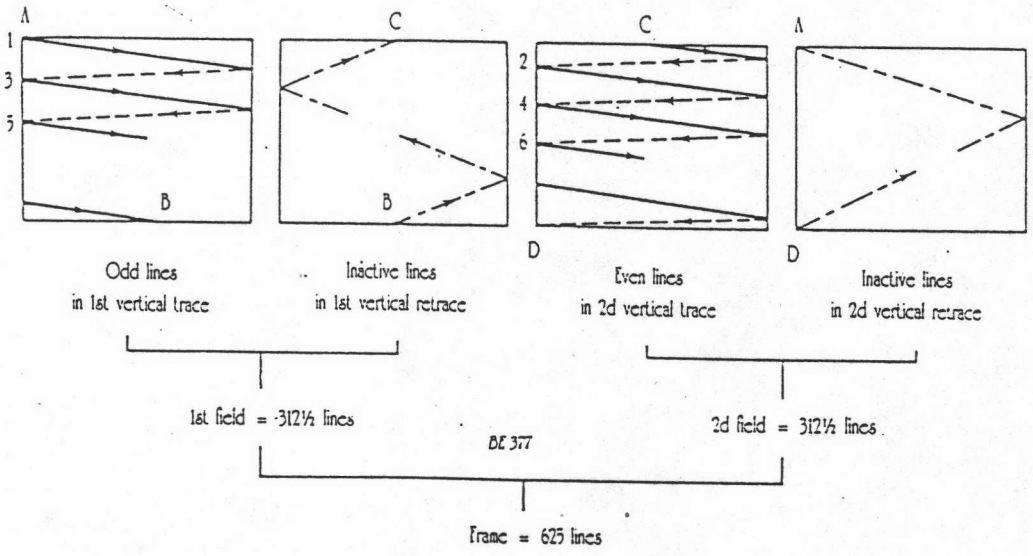


รูปที่ 2.1 ระบบการส่งสัญญาณเทเลเท็กซ์

ระบบการส่งสัญญาณเทเลเท็กซ์นั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1 กล่าวคือข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เช่น การท่าอากาศยาน, ตลาดหลักทรัพย์, ธนาคารแห่งประเทศไทย, สำนักข่าวไทย และอื่นๆ จะถูกส่งผ่านข่ายการสื่อสารทางโทรศัพท์มาที่คอมพิวเตอร์ เพื่อเตรียมให้เป็นข้อมูลในรูปแบบที่พร้อมจะนำเสนอในระบบเทเลเท็กซ์ รวมทั้งข้อมูลที่สร้างขึ้นด้วยการป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่านพนักงานป้อนข้อมูลโดยตรง ซึ่งอาจเป็นตัวอักษรล้วนๆ หรือรูปกราฟิกก็ได้

ข้อมูลเหล่านี้จะถูกจัดแบ่งเป็นหน้าๆ ซึ่งอาจประกอบด้วยตัวอักษรหรือภาพกราฟิกสีต่างๆที่ต้องการ ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่นๆที่รับเข้ามาอาจต้องมีการปรับปรุงให้ดูดีขึ้นโดยการใส่สีหรือสร้างภาพประกอบ เพื่อให้ดูน่าสนใจแก่ผู้ชม[1]

ข้อมูลที่พร้อมจะเผยแพร่จะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าและสอดแทรกเข้าไปในสัญญาณภาพที่จะทำการออกอากาศในช่วงที่เหมาะสม แล้วออกอากาศด้วยสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ ตามปกติแล้วในประเทศไทยใช้การสร้างภาพที่เครื่องรับ ด้วยเส้นในแนวนอนหลายๆเส้นที่เรียกว่า "เส้นสแกน" ตามมาตรฐาน ซีซีไออาร์ ระบบ 625 เส้นต่อหนึ่งภาพ และ 25 ภาพต่อวินาที[2]



รูปที่ 2.2 การสแกนแบบสลับเส้นหรือแบบสอดแทรกระบบ ซีซีไออาร์

รูปที่ 2.2 แสดงวิธีการของเส้นสแกนแบบสอดแทรกของโทรทัศน์ โดยสมมุติว่าเริ่มสแกนจากเฟรมที่เป็นเส้นคี่ ตั้งต้นจากจุด A ซึ่งอยู่ทางซ้าย แล้วกวาดไปทางขวานับเป็นเส้นสแกนที่ 1 ตามด้วยการสบัดกลับในแนวนอน (Horizontal retrace) แล้วจึงสแกนเส้นที่ 3,5,7,9 และต่อๆไปจนกระทั่งได้เส้นสแกน 312.5 เส้น ซึ่งก็คือสแกนมาถึงจุด B ในภาพ หลังจากนี้การสแกนจะถูกหักเหทางแนวตั้งซึ่งเราเรียกว่า การสบัดกลับในแนวตั้ง (Vertical retrace)

1."พาไปดูเทเลเท็กซ์ หนังสือพิมพ์ทางอากาศ," เซมิคอนดักเตอร์อิเลคทรอนิคส์ 104 (มกราคม-กุมภาพันธ์ 2534): 241-250
2.เจนสงสมพันธุ์,นิคม อนันตทิพย์,เทคโนโลยีโทรทัศน์ (กรุงเทพ:เอดิสันเพรสโพรดักส์,2533),หน้า 13

สัญญาณวิทยุโทรทัศน์ที่สถานีส่งออกอากาศมาให้เครื่องรับโทรทัศน์นั้น ประกอบด้วยสัญญานต่างๆ คือ

1.สัญญาณเสียง (Sound Signal)

2.สัญญาณภาพ (Video Signal)

3.สัญญาณทำให้ไร้ภาพ (Blanking Signal)

4.สัญญาณซิงโครไนซ์ (Synchronising Signal)

5.พัลส์ปรับเท่า (Equalising Pulses)

สัญญาณเสียงจะใช้คลื่นพาห์ (Carrier) เฉพาะต่างหากออกไปเพราะระบบเสียงในโทรทัศน์เป็นระบบเอฟเอ็ม. ส่วนสัญญาณภาพและสัญญาณอื่นๆที่เหลือนั้นจะส่งเป็นสัญญานภาพรวม (Composite Video Signal) แล้วใช้คลื่นพาห์ส่งออกไปในระบบเอเอ็ม. สัญญาณทั้ง 5 มีหน้าที่ดังนี้:

1.สัญญาณภาพและสัญญาณเสียง เป็นสัญญาณที่ส่งออกไปเพื่อให้เกิดภาพและเสียงขึ้นในเครื่องรับโทรทัศน์

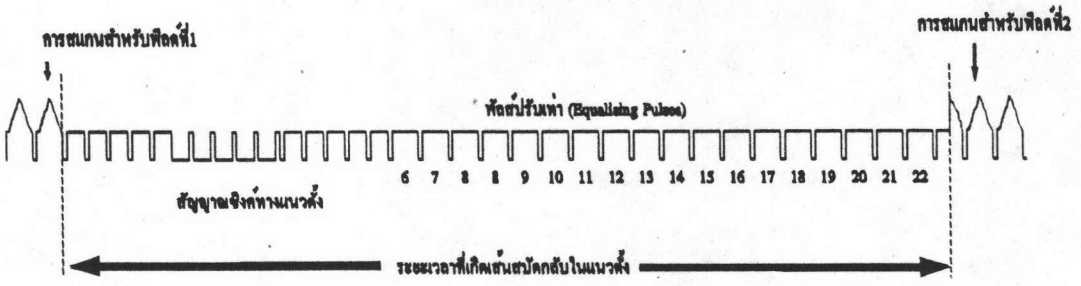
2.สัญญาณทำให้ไร้ภาพ เป็นสัญญาณที่ส่งมาให้ลบเส้นสบัดกลับทั้งในแนวตั้งและแนวนอน

3.สัญญาณซิงโครไนซ์เป็นสัญญาณที่ส่งมาเพื่อช่วยให้วงจรหักเหทางแนวตั้งและวงจรหักเหทางแนวนอน ทั้งเครื่องส่งและเครื่องรับทำงานได้สอดคล้องตรงกัน

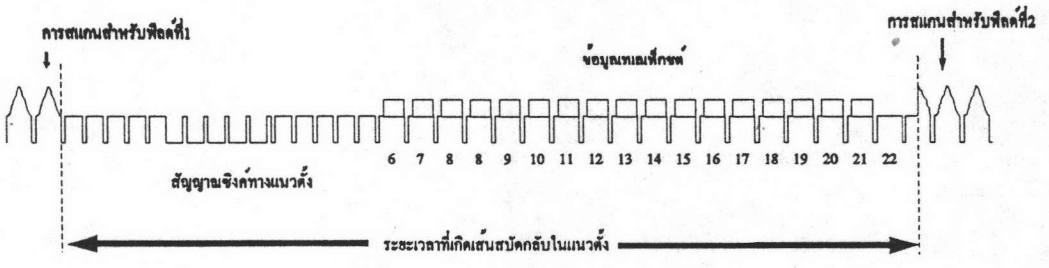
4.พัลส์ปรับเท่า เป็นสัญญาณที่ช่วยให้สัญญาณซิงโครไนซ์ทั้ง แนวนอนและแนวตั้งยังคงรูปแบบเดิมอยู่ได้ แม้ว่าจะเป็นการสแกนแบบสลับเส้นก็ตามโดยยังคงมีความถี่เท่ากับสัญญาณซิงโครไนซ์เช่นเดิม

รูปที่ 2.3 และ 2.4 เปรียบเทียบสัญญาณภาพรวมในช่วงการสบัดกลับในแนวตั้งของสัญญาณโทรทัศน์แบบปกติและแบบที่มีการแทรกสัญญาณเทเลเท็กซต์เข้าไป ช่วงเวลาดังกล่าวจะไม่มีการแสดงภาพ จึงมีแต่เพียงพัลส์ปรับเท่า กับสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งในแบบปกติเท่านั้น และเป็นช่วงเวลาที่ใช้สอดแทรกสัญญาณเทเลเท็กซต์ โดยจะแทรกในระหว่างเส้นที่ 7-22 ของฟิลด์ที่ 1 และเส้นที่ 320-335 ของฟิลด์ที่ 2[3]

3.Money,Streve,A,Teletext and Viewdata,(Newnes Techical Book),pp.19



รูปที่ 2.3 แสดงสัญญาณภาพรวมที่มีรายละเอียดทุกอย่าง

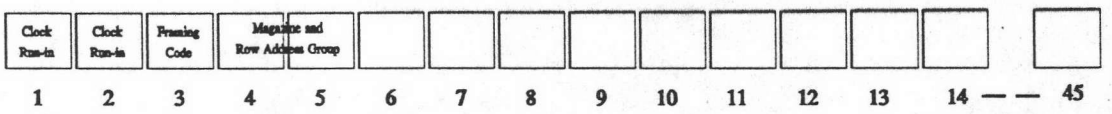


รูปที่ 2.4 สัญญาณโทรทัศน์ที่มีการสอดแทรกสัญญาณเทเลเท็กซ์

สัญญาณเทเลเท็กซ์นี้เป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีเฉพาะ ค่าตรรก "0" และ "1" เท่านั้น ซึ่งสัญญาณตรรก "1" จะมีค่าประมาณ 66% ของค่าที่สูงที่สุดของสัญญาณภาพรวม สัญญาณดิจิตอลนี้จะใช้รูปแบบ NZR [4](Non Return To Zero) คือจะยังคงระดับของสัญญาณนั้นๆ ตลอดช่วงเวลาของบิต ซึ่งมีค่าประมาณ 144 nS เนื่องจากช่วงเวลาของเส้นสแกนที่ใช้สอดแทรกสัญญาณเทเลเท็กซ์นี้จะต้องส่งข้อมูลขนาด 8 บิตต่อไบต์จำนวน 45 ไบต์ให้เสร็จภายในเวลา 52 μS ดังนั้นความเร็วของสัญญาณเทเลเท็กซ์นี้คือ 6.9375 Mbit/S

ในจำนวน 45 ไบต์นี้จะใช้สำหรับแสดงผลเพียง 40 ไบต์โดยแต่ละไบต์จะเป็นรหัสตัวอักษรขนาด 7 บิตและพาริตี้บิตอีก 1 บิต นอกนั้นเป็นข้อมูลควบคุมต่างๆ เช่น เลขหน้าและเลขประจำชุด ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.5 ซึ่งจะเรียกว่าหนึ่งเส้นข้อมูลและหมายถึงหนึ่งบรรทัดของตัวอักษร ซึ่งแตกต่างจากสัญญาณภาพโทรทัศน์ที่หนึ่งเส้นหมายถึงเส้นสแกนขวางจอเพียงเส้นเดียว

4.Money,Streve,A,Teletext and Viewdata,(Newnes Techical Book),pp.19



รูปที่ 2.5 โครงสร้างเส้นข้อมูลเทเลเท็กซ์

2.2 โครงสร้างของข้อมูลเทเลเท็กซ์[5]

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าในโครงสร้างข้อมูลเทเลเท็กซ์ 2 ไบต์แรกจะเรียกว่า "Clock run-in" และมีข้อมูลเป็น "1010 1010_2" โดยใช้บิตที่เปลี่ยนไปนั้นเป็นซิงโครไนซ์บิต (Synchronize Bit Recovery Clock) เพื่อช่วยให้เครื่องรับสามารถปรับจังหวะให้เข้ากับระบบส่งได้ ทำให้เครื่องรับสามารถแยกจุดสิ้นสุดของแต่ละบิตออกจากจุดเริ่มต้นของบิตถัดไปได้อย่างแม่นยำ โดยที่เครื่องรับจะให้สัญญาณนาฬิกาเป็นตรรก "1" ในระหว่างตำแหน่งกลางของแต่ละบิตที่ส่งออกมา

ไบต์ที่ 3 เรียกว่า "รหัสเฟรม" (Framing Code) มีข้อมูลเป็น "1110 0100_2" ใช้เป็นที่บอกจุดเริ่มต้นของแต่ละเฟรมแก่เครื่องรับ โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งออกไปสู่เครื่องรับในลักษณะอนุกรม ที่บิตตัวสุดท้ายของไบต์จะตามด้วยบิตแรกของไบต์ถัดไป เครื่องรับจะต้องสามารถแยกบิตแรกของแต่ละไบต์เพื่อรวมข้อมูลทั้ง 8 บิตได้อย่างถูกต้อง

ไบต์ที่ 4 และ 5 เป็นเลขชุด(Magazine Address) และเลขแถว (Row Address) ที่ใช้แสดงผล โดยเลขชุดจะมีเพียงเลข 1-7 ซึ่งต้องการเพียง 3 บิตและอีก 3 บิตใช้เป็นบิตป้องกันการผิดพลาด และสำหรับเลขแถวใช้ 5 บิตและบิตป้องกันการผิดพลาดอีก 5 บิต บิตป้องกันการผิดพลาดนั้นจะเข้ารหัสแบบ Hamming Code เพื่อป้องกัน การถอดรหัสผิดของเครื่องรับแล้วนำข้อมูลแสดงผลสลับที่ทำให้ผู้ชมได้รับข้อมูลผิดพลาด

ไบต์ที่ 6-45 เป็นข้อมูลที่ใช้แสดงผล ข้อมูลขนาด 7 บิตและพาริตี้ 1 บิต

เส้นข้อมูลของแถวที่ 0 หรือที่เรียกว่า "Page Header" จะมีลักษณะแตกต่างจากแถวอื่นๆ คือเป็นที่เก็บส่วนนำในแต่ละหน้า(จอ)แสดงในรูปที่ 2.6 โดยมีรายละเอียดดังนี้:-

ไบต์ที่ 6 และ 7 เป็นที่เก็บเลขหน้าหลักหน่วยและสิบตามลำดับ

ไบต์ที่ 8,9,10,11 จะเก็บรหัสเวลา (Time code) ของระบบเริ่มจากหลักหน่วยของนาที,

---

5.สมศักดิ์ เตชะเศรษฐธนะ,"เทเลเท็กซ์ (การส่งข่าวสารอิเลคทรอนิคส์),"เซมิคอนดัคเตอร์อิเลคทรอนิคส์ " 75 (กุมภาพันธ์ 2530): 164-170

หลักสิบของนาที,หลักหน่วยของชั่วโมงและหลักสิบของชั่วโมงตามลำดับ เวลาของระบบนี้ไม่จำเป็นจะต้องเกี่ยวข้องกับเวลานาฬิกา ไบต์ที่ 9 ใช้เพียง 3 บิตสำหรับหลักสิบของนาทีที่มีเพียงเลข 0-5 เท่านั้นและ อีก 3 บิตสำหรับป้องกันการผิดพลาดรวมเป็น 6 บิตเท่านั้น ที่เหลืออีก 2 บิตจะใช้เป็นรหัสควบคุม C4 (Erase Page) ซึ่งเป็นรหัสควบคุมที่ระบบส่งจะสั่งให้เครื่องรับลบข้อความที่ได้ส่งมาก่อนหน้านี้ออกไป เพื่อไม่ให้สับสนกับข้อความที่จะส่งมาใหม่

ในทำนองเดียวกัน ไบต์ที่ 11 ซึ่งเก็บหลักสิบของชั่วโมงที่มีเพียงเลข 0,1 และ 2 เท่านั้น จึงต้องการ 2 บิตสำหรับเก็บและอีก 2 บิตสำหรับป้องกันการผิดพลาด ส่วนที่เหลือ 4 บิตจะใช้เป็นรหัสควบคุม C5 (New flash indication) และ C6 (Subtitle indication) พร้อมบิตสำหรับตรวจสอบป้องกันการผิดพลาดของมัน

ไบต์ที่ 12 และ 13 เรียกว่า Control Group A และ Control Group B ตามลำดับ ทั้งสองไบต์นี้จะประกอบไปด้วยรหัสควบคุม C7-C14 พร้อมบิตสำหรับป้องกันการผิดพลาด ซึ่งรหัสควบคุมแต่ละตัวจะมีหน้าที่ดังนี้

C7 Suppress Header ใช้เมื่อต้องการให้เครื่องรับแสดงผลโดยไม่แสดงแถวที่ 0

C8 Update Indicator ใช้เมื่อส่วนหนึ่งของหน้ามีข้อมูลที่ใหม่กว่า

C9 Interrupt Sequence เป็นสัญญาณให้ทราบว่าการส่งไม่เรียงตามลำดับหน้า

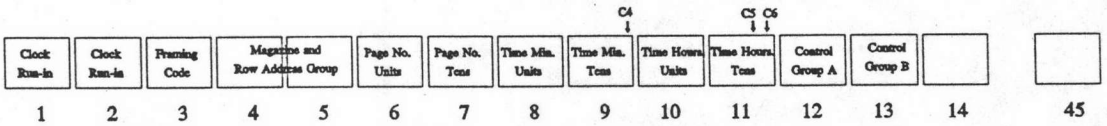
C10 Inhibit Display เป็นที่บอกให้ทราบว่าไม่ใช่ข้อมูลที่ใช้แสดงผล

C11 Magazine Serial เป็นสัญญาณให้หัวเรื่องเปลี่ยนไปเรื่อยๆ

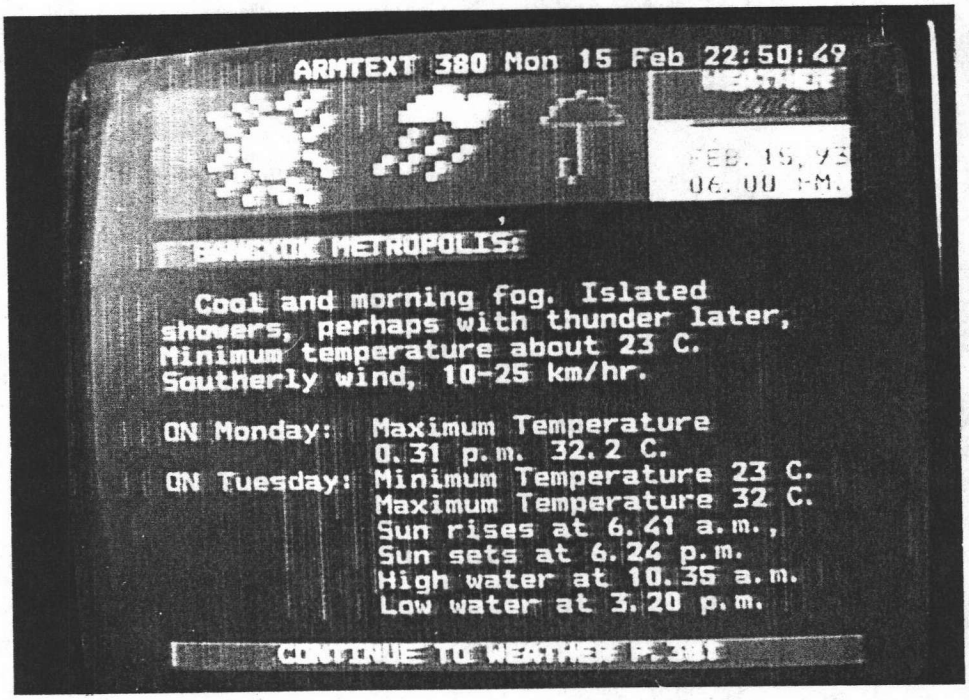
C12-C14 ไม่ได้กำหนดหน้าที่

รหัสควบคุมทั้งหมดนี้จะทำงานเมื่อตั้งให้เป็น “1” เท่านั้นและรหัสควบคุมทั้งหมดจะมีการป้องกันการผิดพลาดโดยการเข้ารหัสแบบ Hamming Code ด้วย

ไบต์ที่ 14-45 จะเป็นข้อมูลที่ใช้แสดงผลในแถวที่ 0 แปดไบต์สุดท้ายจะเป็นไบต์ที่ใช้แสดงเวลาของนาฬิกา เวลานี้จะไม่เกี่ยวข้องกับเวลาของระบบแต่อย่างใด สังเกตุจากภาพตัวอย่างหน้าจอในรูปที่ 2.7 รหัสควบคุม 8 ตัวแรกของแถวที่ 0 จะไม่แสดงผลออกทางจอภาพ



รูปที่ 2.6 Page Header Format



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลข้อมูลเทเลเท็กซ์

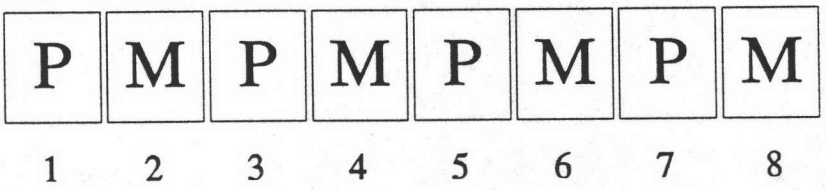
2.3 Hamming Code

ข้อมูลที่มีความสำคัญมากๆเช่น เลขชุด,เลขแถว,รหัสควบคุมเหล่านี้ จะมีผลต่อการแสดงผลมากหากเกิดความผิดพลาดในการรับ วิธีการหนึ่งที่ใช้แก้ความผิดพลาดก็คือการส่งข้อมูลนั้นซ้ำ 2 ครั้งหรือมากกว่า เพื่อนำข้อมูลที่ได้รับมาเปรียบเทียบกัน หากเหมือนกันก็สามารถบอกได้ว่าข้อมูลนั้นถูกต้อง แต่วิธีการนี้จะไม่สามารถป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นได้หากความผิดพลาดนั้น เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเหมือนกันทั้งสองครั้ง และยังเป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองอีกด้วย จึงเป็นการดีกว่าหากสามารถรับและตรวจแก้ความผิดพลาดของข้อมูลได้ในครั้งเดียวกันเลย

สำหรับรหัสตัวอักษรที่ใช้แสดงผลในระบบเทเลเท็กซ์นั้นจะใช้พาริตี้คู่เป็นบิตตรวจสอบอยู่แล้ว พาริตี้นี้สามารถตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดได้เพียงครั้งละ 1 บิตเท่านั้นและไม่สามารถบอกได้ว่าข้อมูลผิดพลาดที่บิตใด ส่วนเลขชุด, เลขแถว เป็นข้อมูลที่มีผลกับความเร็วและความน่าเชื่อถือของระบบ จึงใช้การเข้ารหัสแบบ Hamming Code ที่พัฒนา โดย Mr. R.W. Hamming แห่ง Bell Telephone Lab. เข้ามาช่วยตรวจแก้ความผิดพลาดของข้อมูล

หลักการทำงานของ Hamming Code

การเข้ารหัสแบบ Hamming Code สำหรับข้อมูลขนาด 8 บิตจะมีข้อมูลจริงเพียง 4 บิต คือบิตที่ 2,4,6,8 และอีก 4 บิตที่เหลือคือ บิตที่ 1,3,5,7 จะเป็นบิตตรวจสอบบิตข้อมูล โดยจะอยู่เรียงสลับกันดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 Hamming Code Format

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

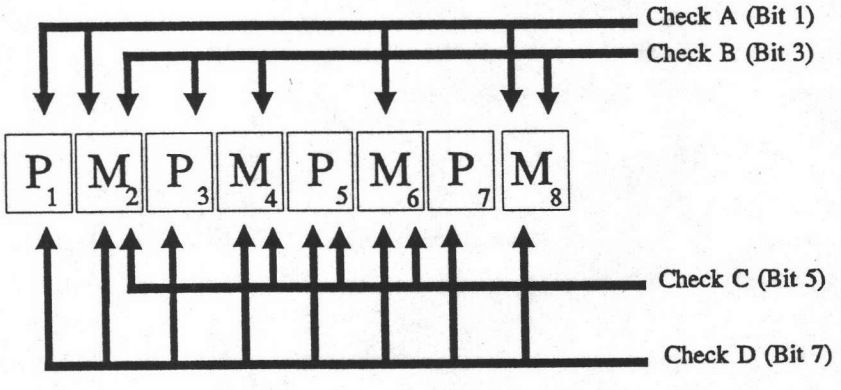
เราจะเรียกบิตตรวจสอบที่ 1,3,5,7 ว่า Check A, Check B, Check C, Check D ตามลำดับ แต่ละบิตตรวจสอบนี้จะทำงานในตำแหน่งที่แตกต่างกันออกไปดังแสดงในรูปที่ 2.9 ดังนี้:-

Check A ตรวจสอบพาริตี้คู่ของบิตที่ 1,2,6,8

Check B ตรวจสอบพาริตี้คู่ของบิตที่ 2,3,4,8

Check C ตรวจสอบพาริตี้คู่ของบิตที่ 2,4,5,6

Check D ตรวจสอบพาริตี้คู่ของทุกบิตในไบต์นั้น ซึ่งตรงกับพาริตี้บิตที่พบในข้อมูลทั่วไป



รูปที่ 2.9 Hamming Code Check Bits

Check A,B,C,D จะช่วยให้เครื่องรับทราบว่ามีการผิดพลาดของข้อมูลที่ได้รับหรือไม่ และสามารถบอกตำแหน่งของบิตที่ผิดพลาดนั้นได้ การแก้ไขก็เพียงแต่กลับบิตนั้นให้ถูกต้อง ดังแสดงในตารางรูปที่ 2.10

019766

A	B	C	D	ACTION REQUIRED
0	0	0	0	DATA IS CORRECT
1	0	0	0	REJECT DATA TWO OR MORE ERRORS DETECTED IN BYTE
0	1	0	0	
1	1	0	0	
0	0	1	0	
1	0	1	0	
0	1	1	0	
1	1	1	0	
0	0	0	1	INVERT BIT 7
1	0	0	1	INVERT BIT 1
0	1	0	1	INVERT BIT 3
1	1	0	1	INVERT BIT 8
0	0	1	1	INVERT BIT 5
1	0	1	1	INVERT BIT 6
0	1	1	1	INVERT BIT 4
1	1	1	1	INVERT BIT 2

0 = Parity test O.K.
1 = Error detected

รูปที่ 2.10 ตารางสรุปผลของ Check Bit ทั้ง 4

ตัวอย่างเช่นข้อมูล 1010_2 เมื่อเข้ารหัส Hamming Code แล้วจะได้ดังนี้

บิตที่ 1 2 3 4 5 6 7 8

ข้อมูล A 1 B 0 C 1 D 0

Check A ตรวจสอบพาริตี้คู่ของบิตที่ 1,2,6 และ 8 จึงต้องเป็น "0" เท่านั้น

Check B ตรวจสอบพาริตี้คู่ของบิตที่ 2,3,4 และ 8 จึงต้องเป็น"1"

Check C ตรวจสอบพาริตี้คู่ของบิตที่ 2,4,5 และ 8 จึงต้องเป็น"0"

จากผลของการเข้ารหัสในสามตัวแรกเราจะได้ข้อมูลเป็นดังนี้

บิตที่ 1 2 3 4 5 6 7 8

ข้อมูล 0 1 1 0 0 1 D 0

Check D เป็นการเข้าพาริตี้คู่ของทุกบิต ดังนั้นจึง "1" เท่านั้น สรุปได้ว่า Hamming Code ของ 1010_2 จะเป็น

บิตที่ 1 2 3 4 5 6 7 8

ข้อมูล 0 1 1 0 0 1 1 0

ทีนี้สมมุติว่าเกิดการผิดพลาดแบบ Single Error ที่บิตที่ 5 ซึ่งเดิมเป็น "0" แต่กลายเป็น "1" ข้อมูลทรับได้จะเป็น

บิตที่ 1 2 3 4 5 6 7 8

ข้อมูล 0 1 1 0 1 1 1 0

จากข้อมูลที่รับได้นี้สามารถตรวจสอบพาริตี้คู่ในตำแหน่งต่างๆ ได้ว่า

Check A ของข้อมูล 0 1 1 0 พาริตี้คู่ผลจะได้เป็น "0"

Check B ของข้อมูล 1 1 0 0 พาริตี้คู่ผลจะได้เป็น "0"

Check C ของข้อมูล 1 0 1 1 พาริตี้คู่ผลจะได้เป็น "1"

Check D ของข้อมูล 0 1 1 0 1 1 1 0 พาริตี้คู่ผลจะได้เป็น "1"

เมื่อนำผลการตรวจสอบไปเทียบกับตารางในรูปที่ 2.10 จะเห็นว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอยู่ในบิตที่ 5 ดังนั้นเพียงแต่เรากลับบิตที่ 5 จาก "1" เป็น "0" ก็จะได้ข้อมูลที่ถูกต้องพอดี

ในระบบการส่งข้อมูลเทเลเท็กซ์นี้ ผู้ส่งจะเปลี่ยนแปลงข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์หรือรับข้อมูลจากแหล่งข่าวตลอดเวลาทำให้ผู้ชมได้รับข่าวสารที่ทันสมัย การส่งข้อมูลเทเลเท็กซ์จะทำการส่งจากหน้าเริ่มต้นไปจนจบแล้วเริ่มต้นใหม่ตลอดเวลา หากเราคำนวนจะพบว่าในหนึ่งแถวข้อมูลจะมี 45 ไบต์หรือ 360 บิต หนึ่งหน้าของการแสดงผลจะมี 24 แถว หนึ่งชุดข้อมูลจะมีจำนวน 100 หน้า ทั้งระบบจะมี 7 ชุดข้อมูล คือ 7x100x24x45x8 เท่ากับ 6.048 Mbit หากส่งด้วยความเร็ว 6.9375 Mbit/sec ตลอดเวลาจะใช้เวลาไม่ถึง 1 วินาทีต่อการส่งข้อมูล 1 รอบ แต่ระบบเทเลเท็กซ์เป็นการสอดแทรกข้อมูลในช่วงว่างของสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งสำหรับระบบโทรทัศน์บ้านเราที่เป็นระบบ PAL ตามมาตรฐานซีซีไออาร์ จะสามารถส่งข้อมูลเทเลเท็กซ์ได้ 15 แถวใน 1 เฟรม (7-22 หรือ 320-335) แต่ละเฟรมมีความถี่ 50 รอบต่อวินาที ดังนั้นการส่งข้อมูลทั้งหมด 1 รอบ ต้องใช้เวลาทั้งหมด ประมาณ 22.4 วินาที