บทที่ 4

การพัฒนาโปรแกรมควบคุมโดยใช้ โปรโตคอล CSMA/CD

4.1 จุดประสงค์

โปรแกรมควบคุมข่ายวงจรท้องถิ่นเขียนขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะควบคุมการทำงานของข่ายวงจรท้องถิ่นทางด้านการรับส่งสัญญาณเสียง และสัญญาณข้อมูลซึ่งถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณเชิงเลข ให้ผ่านไปยังช่องเวลาต่าง ๆ โดยการมัลติเพลกซ์เชิงเวลาอย่างถูกต้อง การที่ข่ายวงจรท้องถิ่น จะทำงานได้อย่างถูกต้องจึงต้องขึ้นอยู่กับระบบจัดการอันหนึ่งเรียกว่าโปรโตคอล ซึ่งเป็นเสมือนข้อตกลงในการเข้าใช้ช่องเวลาต่าง ๆ ของอุปกรณ์ภายในข่ายวงจรท้องถิ่น อนึ่งเนื่องจากการเข้าใช้ช่องเวลาของระบบข่ายวงจรท้องถิ่นนี้เป็นแบบกำหนดช่องสัญญาณเมื่อมีความต้องการ(Demand assignment of channels) โปรโตคอลจึงมีหน้าที่ในการแจ้งแก่หน่วยควบคุมสถานีว่ามีช่องเวลาใดถูกใช้อยู่บ้าง, ช่องเวลาในการใช้งานเต็มหมดหรือยัง เป็นต้น ดังเอกสารอ้างอิง [10]

4.2 การควบคุมโดยใช้โปรโตคอลในระบบข่ายวงจรท้องถิ่น

ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่า การเข้าใช้ช่องเวลาของระบบข่ายวงจรท้องถิ่นในวิทยานิพนธ์นี้เป็นแบบกำหนดช่องสัญญาณเมื่อมีความต้องการ โดยมีจำนวนช่องเวลาการติดต่อระหว่างสถานีจำนวน 30 ช่องเวลา (30 คู่สาย) แต่จำนวนอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบมี 7x30 = 210 อุปกรณ์ (105 คู่สาย) จึงต้องมีการทำโปรโตคอลมาใช้ในการควบคุมระบบเพื่อให้การเข้าใช้ช่องสัญญาณเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการจัดสรรช่องเวลาแบบกำหนดช่องเวลาเมื่อมีความต้องการ นี้มีวิธีการซึ่งเป็นที่นิยมกันในระบบข่ายวงจรท้องถิ่นอยู่ 3 วิธีซึ่งได้ถูกจัดเข้าไว้ในมาตรฐานของ IEEE 802 โดยได้รับการยอมรับในหลายองค์การทั้ง ISO (International Standards Organization)และ ANSI (American Nation Standard Institute) และเป็นมาตรฐานที่บริษัทผู้สร้างข่ายวงจรท้องถิ่น ในปัจจุบันยอมรับ และมีผลงานตามมาตรฐานนี้มาก เช่น Ethernet, PCnet โปรโตคอลมาตรฐานทั้ง 3 วิธี ดังกล่าวนั้นคือ

- CSMA/CD (ถูกจัดอยู่ในมาตรฐาน IEEE 802.3)
- Token Bus (ถูกจัดอยู่ในมาตรฐาน IEEE 802.4)
- Token Ring (ถูกจัดอยู่ในมาตรฐาน IEEE 802.5)

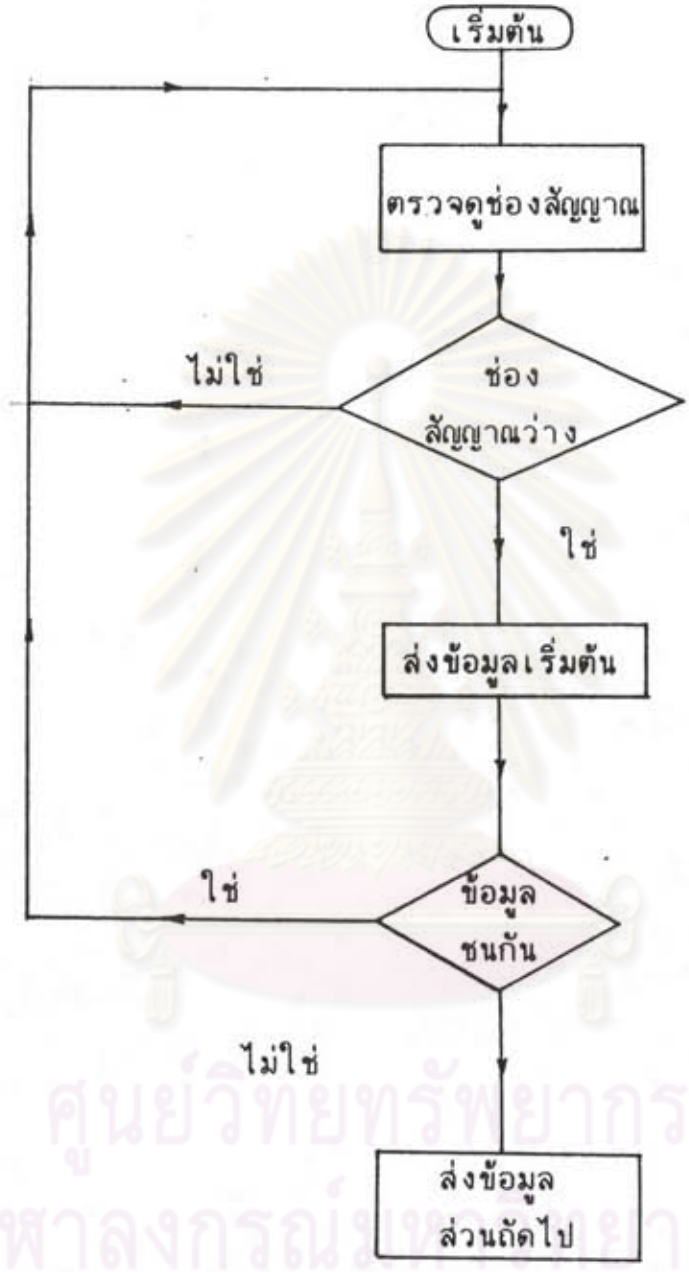
ต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงรายละเอียด ของโปรโตคอลแต่ละแบบดังกล่าวข้างต้น

4.2.1 <u>โปรโตคอลแบบ CSMA/CD</u> โปรโตคอลแบบ CSMA/CD ย่อมาจาก Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection[11] CSMA/CD คือโปรโตคอลชนิดหนึ่งที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบแรนด้อมแอกเซสเทคนิค (Random Access Technics) กล่าวคือเป็นการใช้ช่องเวลาซึ่งเสมือนเป็นของร่วมกัน ดังนั้นสถานีทุกสถานีต้องหาทางใช้ช่องเวลาโดยให้มีประสิทธิภาพและความถูกต้องของการทำงานเป็นไปด้วยดี เทคนิคแรนด้อมแอกเซสมีความหมายว่าไม่มีการกำหนดเวลาที่แน่นอน ไม่มีการจัดลำดับของสถานีต่างๆในการรับและส่ง ทุกสถานีสามารถรับและส่งได้แบบสุ่ม จึงเท่ากับเป็นการชิงชัยการใช้ตัวกลางในการส่งข้อมูล CSMA/CD เป็นโปรโตคอลที่ใช้กันมากที่สุดสำหรับโทโปโลยีแบบบัสและทรี โปรโตคอลแบบนี้เป็นแบบที่ปรับปรุงจากโปรโตคอลแบบCSMA ซึ่งเป็นโปรโตคอลแบบง่ายๆ โดยมีการทำงานดังนี้คือ สถานีที่ต้องการส่งสัญญาณจะตรวจดูว่าช่องสัญญาณว่างอยู่หรือไม่ ถ้าว่างก็จะส่งสัญญาณของตัวเองออกไป ถ้าช่องสัญญาณไม่ว่างก็จะรออยู่ช่วงเวลาหนึ่งแล้วพยายามใหม่ การลองพยายามใหม่จะทำได้ 3 แบบด้วยกันคือ

(1) 1-Persistent วิธีนี้สถานีจะติดตามตรวจดูช่องสัญญาณไปเรื่อยๆจนกว่าช่องสัญญาณจะว่าง แล้วจึงส่งสัญญาณออกไป ดังรูปที่4.1

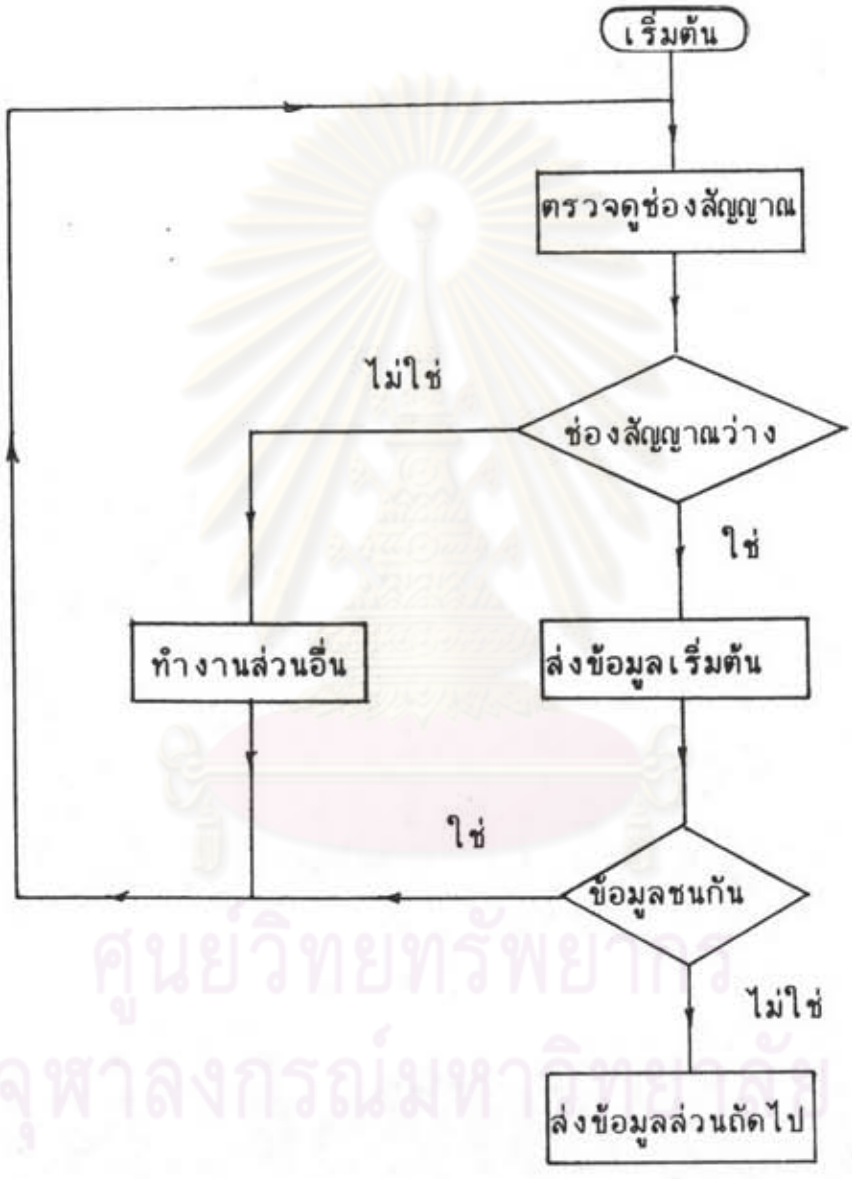
(2) Nonpersistent วิธีนี้สถานีจะรอด้วยช่วงเวลาแรนดอมแล้ว ทดลองตรวจดูช่องสัญญาณใหม่ ดังรูปที่4.2

(3) p-Persistent วิธีสถานีจะติดตามตรวจดูช่องสัญญาณไปเรื่อยๆเมื่อพบว่าว่างแล้ว ก็อาจจะส่งสัญญาณออกไปด้วยความเป็นไปได้ p หรือรอเวลาช่วงหนึ่งก่อนแล้วจึงส่งสัญญาณออกไปด้วยความเป็นไปได้ p ซึ่งหมายถึงอาจจะรอต่อไปด้วยความเป็นไปได้ (1-p) ดังรูปที่4.3



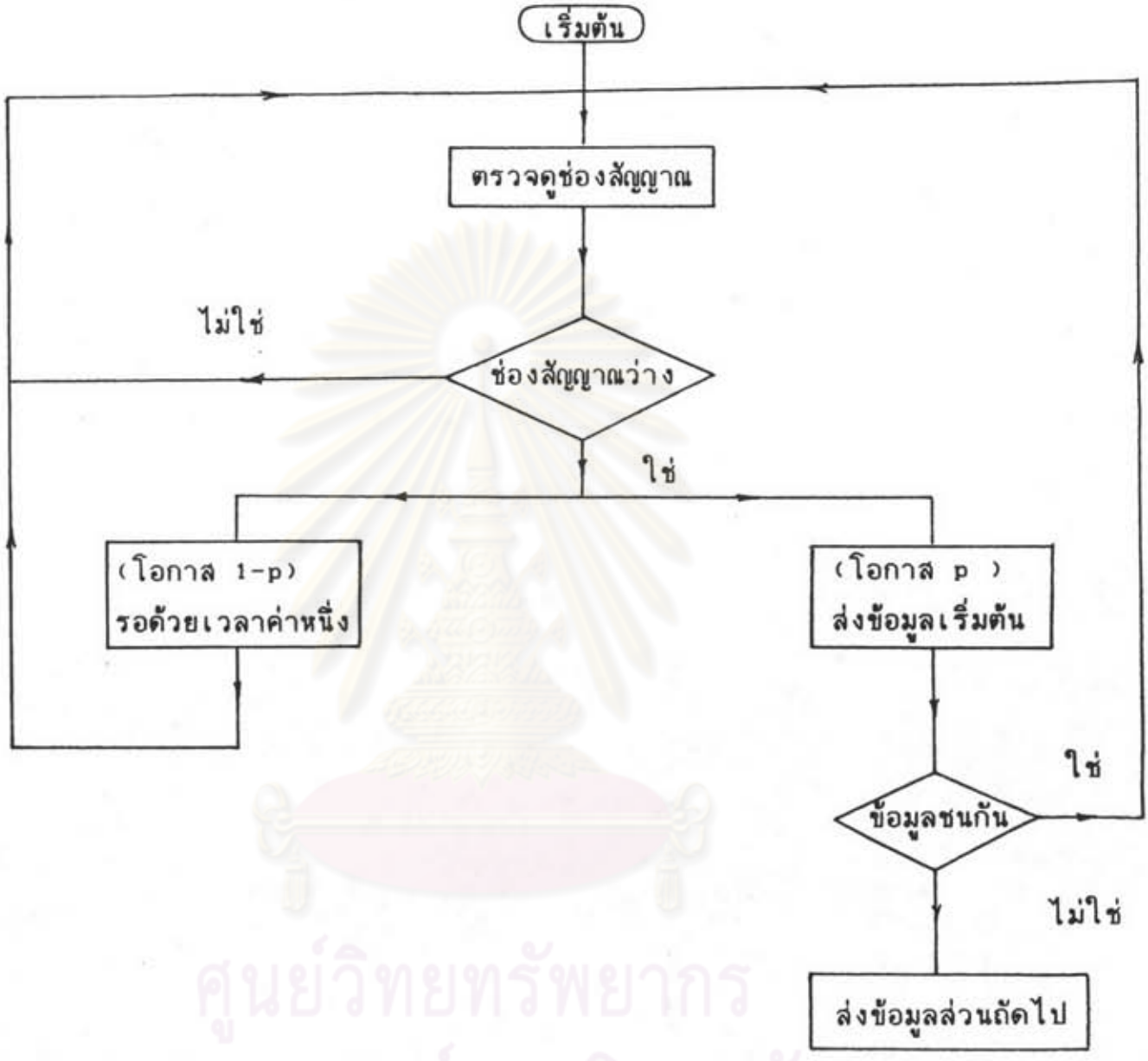
รูปที่4.1 แสดงโฟลว์ชาร์ท แบบ 1-persistent ของโปรโตคอล CSMA/CD

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 แสดงโฟลว์ชาร์ท แบบ Non-Persistent

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 แสดงโฟลว์ชาร์ท แบบ p-Persistent

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เหตุผลที่ต้องมีวิธีลองพยายามใหม่ดังกล่าวนี้เป็นเพราะว่าในโปรโตคอลแบบนี้มีโอกาสที่สถานีมากกว่า 2 สถานีส่งสัญญาณออกมาในเวลาที่ใกล้กันมาก แล้วสัญญาณที่ส่งออกมานั้นมาชนกัน วิธี Nonpersistent จะใช้ได้ดีในการป้องกันการชนกัน แต่ก็มีโอกาสที่จะปล่อยให้ช่องสัญญาณว่างหลังการส่งแต่ละครั้งมากเกินไป ในทางตรงกันข้ามวิธี 1-Persistent นั้นจะสามารป้องกันไม่ให้เกิดสภาพช่องสัญญาณว่างได้ แต่ถ้ามีสถานีที่คอยจ้องจะส่งมากกว่า 2 สถานีเมื่อไรก็จะเกิดการชนกันอย่างแน่นอน ส่วนวิธี p-Persistent ก็เป็นวิธีประนีประนอมระหว่าง2 วิธีแรก

โปรโตคอลแบบCSMA นี้จะใช้ได้ดีในกรณีที่ความยาวแพ็กเก็ตเมื่อคิดเป็นช่วงเวลายาวกว่าช่วงเวลาที่สัญญาณส่งผ่านจากสถานีส่งไปถึงสถานีที่อยู่ไกลที่สุด เพราะในช่วงเวลาดังกล่าวนี้ถ้าไม่มีสถานีอื่นเริ่มส่งสัญญาณก็จะไม่มีการชนกันเกิดขึ้นเนื่องจากสถานีอื่นรู้ว่าช่องสัญญาณไม่ว่างอยู่ อย่างไรก็ตามโปรโตคอลแบบนี้จะไม่เหมาะกับกรณีที่อุปกรณ์ต่ออยู่เป็นจำนวนมากหรือทราฟฟิกสูง เพราะโอกาสที่สัญญาณชนกันจะมีสูง และข้อเสียของโปรโตคอล CSMA แบบธรรมดานี้ก็คือถึงแม้จะเกิดการชนกันของสัญญาณขึ้นสถานีส่งก็ยังส่งสัญญาณออกไปจนจบแพ็กเก็ตนั้น ซึ่งทำให้เสียเวลาไปโดยเปล่าประโยชน์

โปรโตคอลแบบ CSMA/CD เป็นโปรโตคอลที่ถูกปรับปรุงจากCSMA เพื่อแก้ข้อเสียดังกล่าวนี้ การทำงานของโปรโตคอลนี้ถ้าพูดกันให้เข้าใจง่ายๆ คือ"ฟังขณะที่พูด" (Listen While Talk) ในขณะที่โปรโตคอล CSMA เป็นแบบ"ฟังก่อนพูด" (Listen Before Talk) ดังนั้นในโปรโตคอลแบบ CSMA/CDนี้ ในขณะที่สถานีกำลังส่งสัญญาณอยู่ก็จะตรวจดูช่องสัญญาณตลอดเวลา และจะตอบสนองต่อการชนกันดังนี้ คือ

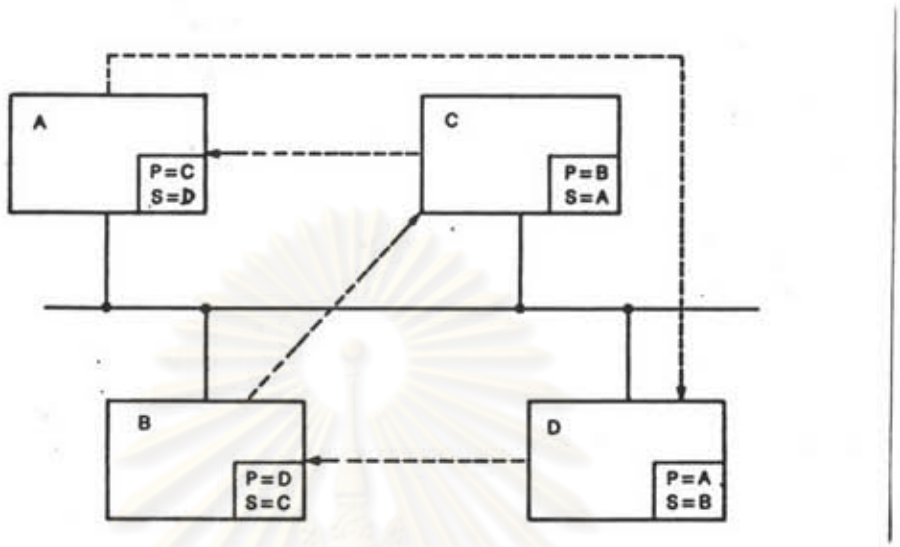
(1) เมื่อพบว่าเกิดการชนกันขึ้นสถานีจะหยุดส่งสัญญาณทันที แล้วส่งสัญญาณรบกวน (Jamming Signal) ออกไปเพื่อบอกให้สถานีอื่นรู้ว่ามีการชนกันเกิดขึ้นแล้ว

(2) หลังจากส่งสัญญาณรบกวนออกไปแล้ว สถานีจะรอด้วยช่วงเวลาแรนดอม แล้วลองพยายามใหม่โดยใช้วิธี CSMA

โปรโตคอลแบบ CSMA/CD ที่ใช้กันทั่วไปขณะนี้เช่นใน Ethernet และMitrenet จะใช้วิธีเข้าสู่ช่องสัญญาณแบบ 1-Persistent เพราะวิธี Nonpersistent มีการปล่อยช่องสัญญาณให้ว่างมากไป และวิธี p-Persistent เป็นวิธีที่ยุ่งยาก และยังมีการปล่อยช่องสัญญาณให้ว่างมากอยู่ดี

4.2.2 <u>โทเกนบัส</u> (Token Bus) โปรโตคอลชนิดนี้ จะมีการกำหนดให้สถานีต่างๆที่อยู่บนบัสซึ่งเป็นตัวกลางนำสัญญาณร่วมกัน ให้เห็นเสมือนเป็นวงรอบที่เรียกว่าวงแหวนหรือริง

แต่เป็นริงแบบโลจิกคอลริง สถานีแต่ละสถานีจะได้รับการกำหนดหมายเลขของสถานี เรียงลำดับตามกันไปการจัดหมายเลขตามลำดับกันนี้ไม่จำเป็นต้องเรียงตามตำแหน่งที่อยู่จริง ดังรูป4.4



รูปที่ 4.4 แสดงโปรโตคอลแบบโทเกนบัส

สำหรับระบบการทำงานของแต่ละสถานีใช้โทเกน (Token) ซึ่งเป็นสิทธิในการรับส่งข้อมูล โดยการกำหนดเป็นโทเกนเฟรม ซึ่งใช้เสมือนเป็นคำสั่งโดยโทเกนเฟรมจะมีหมายเลขของสถานีที่มีสิทธิในการใช้บัส เมื่อสถานีนั้นได้รับโทเกนที่สั่งให้ทำงานได้ก็จะรับส่งสัญญาณข้อมูลกับตัวกลางตามกำหนดเวลา สถานีนั้นจะส่งสัญญาณข้อมูลได้อาจจะหลายเฟรมจนกว่าจะหมดเวลา เมื่อเสร็จสิ้นเวลามันจะส่งโทเกนให้สถานีที่อยู่ถัดไปทำงานตามลำดับ สถานีที่ได้รับโทเกนก็จะส่งข้อมูลได้ด้วยวิธีการนี้ เช่นเดียวกัน

โปรโตคอลแบบโทเกนบัสจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีการจัดการเพื่อให้ระบบทำงานได้ถูกต้องแน่นอน โดยสถานีใดสถานีหนึ่งต้องเป็นส่วนจัดการการเริ่มต้นของระบบดังนี้

- กำหนดค่าเริ่มต้นของริง (Ring Initialization) เมื่อระบบได้รับการเริ่มต้น จะมีการกำหนดหมายเลขทางลอจิกให้กับแต่ละสถานีหรือหากเกิดปัญหาบางอย่าง ที่ทำให้ริงขาดจากกันก็จะมีการกำหนดหมายเลขสถานีกันใหม่ โดยจัดเรียงลำดับสถานีใดจะมาก่อนสถานีใดจะเป็นสถานีต่อไป

- การเพิ่มสถานีเข้าสู่บัส หากมีบางสถานีได้แทรกเข้ามาในระบบก็จำเป็นต้องกำหนดให้ทุกสถานีทราบ

- การตัดสถานีออกจากบัส บางสถานีอาจจะได้รับการดึงออกจากบัสดังนั้นจึงกำหนดให้ได้ว่าสถานีใดเป็นสถานีต่อไป

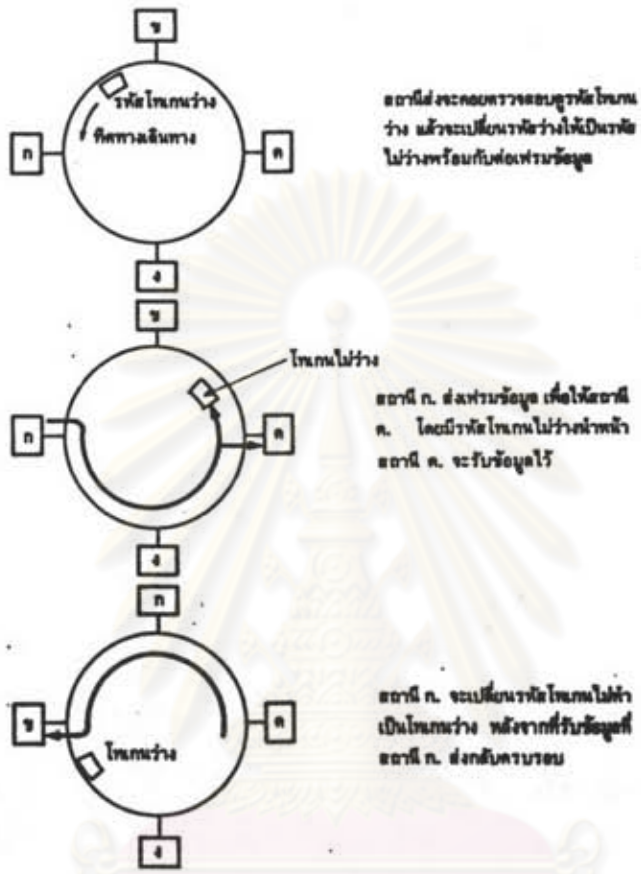
- การฟื้นฟูระบบ (Recovery) เมื่อมีปัญหาที่ต้องแก้ไขให้ได้เช่น มีสองสถานีถูกกำหนดหมายเลขซ้ำกัน หรือบางครั้งไม่มีสถานีใดเลยที่พบหมายเลขตนเองในโทเกน เป็นต้น

4.2.3 <u>โทเกนริง</u> (Token Ring) โทเกนริง เป็นมาตรฐานอีกอันหนึ่งที่จัดอยู่ใน IEEE 802 โดยมีเทคนิคที่ว่า ในวงรอบของริง จะมีโทเกนซึ่งเปรียบเสมือนข้อมูลแสดงสถานะของริงวิ่งวนรอบอยู่ โดยในโทเกนจะมีรหัสประจำอยู่ชุดหนึ่งซึ่งหมายความถึงสถานะของริงนั้นว่างอยู่ เรียกว่า "Free Token" เมื่อโทเกนวิ่งผ่านเข้ามาที่สถานีใดสถานีนั้นก็จะทราบได้ว่าริงนั้นว่างอยู่ สามารถส่งข้อมูลลงไปได้ทันทีเมื่อสถานีส่งข้อมูลลงไปแล้วสถานีนั้นก็จะเปลี่ยนรหัสของโทเกนเป็นข้อมูลอีกชุดหนึ่ง เรียกว่า "Busy Token" ในขณะนั้นสถานีอื่นที่ต้องการส่งข้อมูลลงไปในริง ต้องรอจนกว่าจะได้รหัสโทเกนว่าง ส่วนข้อมูลจะวิ่งไปจนครบรอบกลับมาที่สถานีส่ง สถานีส่งจะดึงข้อมูลออกแล้วเปลี่ยนรหัสโทเกนเป็นรหัสว่างส่งต่อไปยังสถานีถัดไป ดังรูปที่ 4.5 เมื่อถึงคิวของสถานีถัดไปที่ได้รับโทเกนว่าง ถ้าสถานีนั้นต้องการส่งข้อมูลก็สามารถส่งได้ด้วยอัลกอริทึมแบบเดียวกัน กรณีสถานีใดไม่ใช้โทเกนก็สามารถส่งผ่านโทเกนไปยังสถานีถัดไป

สำหรับโปรโตคอลแบบโทเกนริงนี้จะเห็นว่าในขณะที่ความต้องการส่งข้อมูลมีน้อยจะเห็นได้ว่าการใช้ตัวกลางแบบริงนี้ ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพนัก แต่เมื่อใดที่ความต้องการส่งข้อมูลมีมากทุกสถานีจะมีโอกาสได้ใช้ตัวกลางแบบริงนี้ เท่า ๆ กัน

ข้อยุ่งยากอันหนึ่งในการจัดโปรโตคอลแบบ โทเกนริงนี้ คือการจัดการให้โทเกนคงอยู่ในริง หากมีสัญญาณรบกวนทำให้รหัสโทเกนเสียไปแล้ว จะต้องมีการแก้ไขด้วยตนเองได้ หรือปัญหาที่มีหลายโทเกนอยู่ในริง ทำให้การทำงานผิดพลาด ระบบโทเกนริงจึงต้องมีอย่างน้อยหนึ่งสถานีได้รับการเลือกให้คอยตรวจสอบโทเกนและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 แสดงข้อมูลการรับส่งโดยโปรโตคอลแบบโทเคนริง

4.3 การประยุกต์ใช้โปรโตคอล CSMA/CD ในระบบข่ายวงจรท้องถิ่น

4.3.1 แนวทางการเลือกใช้โปรโตคอล CSMA/CD [13]ในหัวข้อที่ 4.2 ที่ผ่านมาได้กล่าวถึงโปรโตคอลแบบต่าง ๆ ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในระบบข่ายวงจรท้องถิ่น สำหรับในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โปรโตคอลแบบ CSMA/CD มาควบคุมระบบ ทั้งนี้ด้วยเหตุผลที่ว่าจำนวนสถานีภายในข่ายวงจรท้องถิ่นมีเพียง 7 สถานี โอกาสที่จะเกิดการชนกันของข้อมูลจึงมีน้อย การใช้โปรโตคอลในลักษณะของโทเคนนั้นทำให้เกิดการหน่วงเวลาขึ้น เพราะสถานีที่ต้องการส่งข้อมูลต้องรอให้โทเคนวิ่งมาถึงสถานีก่อนจึงส่งข้อมูลลงไปได้ นอกจากนั้นอัลกอริทึมในการเขียนโปรแกรมก็ยุ่งยากซับซ้อนกว่าแบบ CSMA/CD เมื่อเลือกใช้โปรโตคอล CSMA/CD ในการควบคุมข่ายวงจรท้องถิ่นนี้แล้วก็ต้องเลือกอัลกอริทึมของโปรโตคอล CSMA/CD ซึ่งมีอยู่ 3 วิธี ดังกล่าวข้างต้น การเลือกนี้หากพิจารณาระบบ CSMA/CD ที่ใช้กันอยู่ไม่ว่าจะเป็นระบบของ Ethernet หรือ

แม้แต่ในมาตรฐาน IEEE 802 จะใช้อัลกอริทึมแบบ 1-Persistent ทั้งนี้เพราะอัลกอริทึมแบบ Non-persistent ทำให้เกิดช่วงเวลาว่างมากขึ้นในตัวกลางนำสัญญาณข้อมูล และเท่ากับเป็นการทำให้สถานีที่ต้องการเกิดการรอในการส่งสัญญาณข้อมูล สำหรับกรณี p-persistent มักกำหนดให้ p มีค่าต่ำ เพื่อให้การส่งข้อมูลมีการชนกันไม่มาก แต่จะมีข้อเสียเมื่อปริมาณการใช้ช่องสัญญาณกลางลดลง ช่องสัญญาณกลางจะว่างไปโดยเปล่าประโยชน์

เนื่องจากระบบข่ายวงจรท้องถิ่นที่ทำการวิจัยนี้ ใช้ช่องเวลาที่ 16 เป็นช่องสัญญาณกลางในการส่งสัญญาณชิกแนลลิงติดต่อระหว่างสถานีต่าง ๆ (ดังรายละเอียดในหัวข้อ 1.2.2) การนำโปรโตคอล CSMA/CD มาประยุกต์ใช้ในข่ายวงจรท้องถิ่นนี้ ก็คือการนำโปรโตคอล CSMA/CD มาควบคุมการใช้งานช่องเวลาที่ 16 เพื่อให้หน่วยควบคุมสถานีสามารถสวิทช์ช่องเวลาต่าง ๆ ให้อุปกรณ์ในระบบทำการติดต่อสื่อสารกันได้อย่างถูกต้อง

ช่องเวลาที่ 16 นี้จะประกอบด้วยข้อมูล 8 บิท เช่นเดียวกับช่องเวลาอื่น ๆ ข้อมูล 8 บิท ดังกล่าวนี้วิ่งอยู่ในลูป ผ่านหน่วยควบคุมสถานีต่าง ๆ และวิ่งกลับมาที่สถานีเดิมในช่องเวลาที่ 16 ของเฟรมถัดไป ข้อมูลในช่องเวลาที่ 16 เมื่อวิ่งอยู่ในลูปจะเป็นข้อมูลอนุกรม แต่เมื่อผ่านเข้าสู่หน่วยควบคุมสถานีแล้ว ข้อมูลอนุกรมดังกล่าว จะถูกดัดแปลงเป็นข้อมูลขนานโดยวงจรเลื่อนทะเบียน (shift register) เข้าอนุกรมออกขนานต่อไปสู่พอร์ทของไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8085 กรณีที่ช่องเวลาที่ 16 นั้นว่าง ข้อมูลทั้ง 8 บิท จะเป็น 1 ทั้งหมด (หรือ FFH ในระบบเลขฐานสิบหก) กรณีที่ข้อมูลในช่องเวลาที่ 16 ไม่เป็น FFH หน่วยควบคุมสถานีทุกตัวจะถูกอินเตอร์รัพท์ เพื่อรับข้อมูลดังกล่าว โดยฮาร์ดแวร์ภายในหน่วยควบคุมสถานี สรุปได้ว่าหน่วยควบคุมสถานีต่าง ๆ จะติดต่อกันโดยใช้ช่องเวลาที่ 16 เท่านั้น ส่วนข้อมูลในช่องเวลาอื่นจะถูกสวิทช์ให้อุปกรณ์เลย หน่วยควบคุมสถานีจะไม่รับรู้ข้อมูลในช่องเวลาเหล่านั้น

สำหรับการติดต่อระหว่างหน่วยควบคุมสถานีโดยอาศัยช่องเวลาที่ 16 จะเป็นดังนี้ (ตามอัลกอริทึมแบบ 1- Persistent)

เริ่มต้นหน่วยควบคุมสถานีที่ต้องการส่งชิกแนลลิงจะตรวจสอบช่องเวลาที่ 16 ว่าว่างหรือไม่ โดยดูว่ามีข้อมูลในช่องเวลาที่ 16 อินเตอร์รัพท์เข้ามาหรือไม่ ถ้าหากไม่มีข้อมูลเข้ามาเป็นเวลาเกินกว่า 2 เฟรมต่อเนื่องกัน (เวลานานกว่า 250 us) แสดงว่าช่องเวลาที่ 16 ว่าง สถานีจะรอจนช่องเวลาที่ 16 ว่าง แล้วเริ่มส่งข้อมูลทันที ถ้าหากเกิดการชนกันเองสัญญาณข้อมูล สถานีหนึ่งจะรอเวลาประมาณ 10 เฟรมข้อมูล (10 x 125 us = 1.25 ms) ส่วนอีกสถานีหนึ่งจะรอเวลา 5 เฟรมข้อมูล (สองสถานีรอการตรวจช่องสัญญาณใหม่ด้วย

เวลาไม่เท่ากัน) จึงจะกลับไปตรวจสอบช่องสัญญาณอีก ทำเช่นเดิมจนกว่าจะไม่เกิดการชนกัน จึงจะเริ่มส่งชิกแนลลิงได้ตามปกติ โดยส่งชิกแนลลิงทุกเฟรมเว้นเฟรมต่อเนื่องกันจนครบตามต้องการจึงหยุด ระหว่างที่ส่งอยู่จะไม่มีสถานีใดสามารถส่งชิกแนลลิงแทรกเข้ามาได้ เนื่องจากขณะที่ทำการส่งชิกแนลลิ่งนั้น ไม่มีช่วงเวลาใด ซึ่งหยุดส่งเป็นเวลาเกินกว่า 1 เฟรมข้อมูล

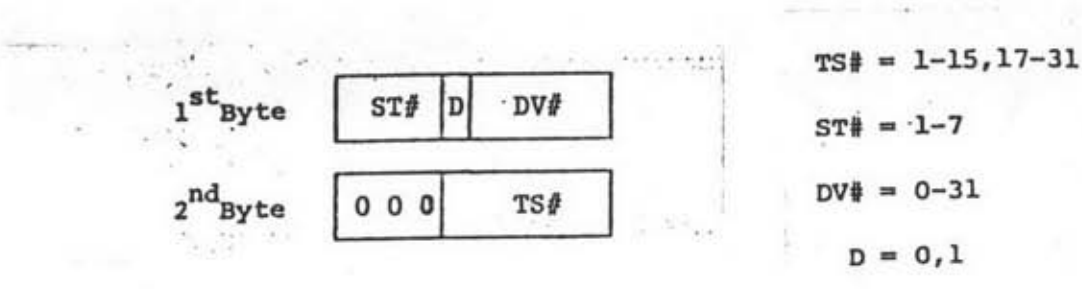
การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่รับส่งกันนั้น สำหรับสถานีส่งสามารถตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งไป แล้วรับกลับมาได้ โดยตรวจสอบเปรียบเทียบกับหน่วยความจำภายในหน่วยควบคุมสถานีที่ตำแหน่ง 8ØBE H ถึง ตำแหน่ง 8Ø79 H ว่าข้อมูลตรงกันหรือไม่ ส่วนกรณีสถานีรับ ต้องใช้วิธีตรวจสอบว่าชิกแนลลิ่งที่รับเข้ามานั้นถูกต้องตามหลักเกณฑ์ที่จะกล่าวในหัวข้อ 4.3.2 ต่อไปหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ จะถือว่าข้อมูลผิดพลาด และสถานีจะไม่นำชิกแนลลิงที่รับมาเหล่านั้นไปแปลความหมาย

4.3.2 <u>รูปแบบของข้อมูลชิกแนลลิงการติดต่อในช่องเวลาที่ 16</u> เนื่องจากระบบข่ายวงจรท้องถิ่นนี้ ใช้ช่องเวลาที่ 16 เป็นช่องสัญญาณกลางในการติดต่อระหว่างสถานีเพื่อกำหนดหรือยกเลิกเส้นทาง (ช่องเวลา) การสื่อสาร ดังนั้นระบบจึงต้องมีการจัดรูปแบบของข้อมูลชิกแนลลิงเพื่อทำงานกล่าวด้วย รูปแบบที่ว่านี้สามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ

ก. ชิกแนลลิงขอติดต่อ

ในกรณีที่อุปกรณ์ในสถานีหนึ่ง ต้องการติดต่อกับอุปกรณ์ในสถานีอื่น ของระบบนั้นมีข้อความสำคัญที่ต้องส่งไปบอกให้สถานีต่าง ๆ รับทราบ คือ หมายเลขสถานีปลายทาง (เพื่อให้สถานีที่ถูกระบุ นำชิกแนลลิงดังกล่าวไปตีความหมาย), หมายเลข อุปกรณ์ปลายทาง (เพื่อให้สถานีปลายทางสามารถ ตรวจสอบได้ว่า อุปกรณ์ในสถานีของตนนั้นว่าง พร้อมที่จะติดต่อด้วยหรือไม่) และหมายเลขช่องเวลาที่จะขอติดต่อ (เพื่อให้สถานีปลายทางสวิชท์ช่องเวลาให้อย่างถูกต้อง) เนื่องจากในระบบมีจำนวนสถานีอยู่ 7 สถานี จึงสามารถใช้ข้อมูล3บิท ระบุหมายเลขสถานีได้ส่วนจำนวนอุปกรณ์มีจำนวน 3Ø อุปกรณ์ จึงต้องใช้ข้อมูล 5 บิทในการระบุหมายเลขอุปกรณ์ และจากการที่ข้อมูลในระบบ 1 ไบท์ มี 8 บิท ดังนั้น จะสามารถกำหนดรูปแบบของข้อมูลไบท์แรกดังรูป 4.6 โดยมี 3 บิท แรกเป็นหมายเลขสถานี และ 5 บิทหลังเป็นหมายเลขอุปกรณ์

ส่วนข้อมูลไบท์ที่สอง เนื่องให้มีความแตกต่างจากไบท์แรก จะมี 3 บิทแรกเป็น Ø เสมอ และ 5 บิทหลังเป็นหมายเลข ช่องเวลาซึ่งไม่ใช่ช่องเวลา Ø และ 16



รูป 4.6 แสดงชิกแนลลิงขอติดต่อ

สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่รับส่ง กรณีสถานีส่งได้กล่าวในหัวข้อ 4.3.1 ส่วนกรณีสถานีรับ จะมีหลักเกณฑ์ในการตรวจสอบโดยอาศัยหลักการว่า ชิกแนลลิงที่ได้รับนั้นจะถูกต้อง เมื่อมีชิกแนลลิงไบท์ถัดมาส่งมายืนยันด้วย เช่น ชิกแนลลิงไบท์แรกจะถือว่าถูกต้อง ต่อเมื่อมีชิกแนลลิงไบท์ที่สองส่งต่อมา จากหลักเกณฑ์นี้จะเห็นได้ว่า ในการรับส่งชิกแนลลิงที่ถูกต้อง ชิกแนลลิงไบท์ต้องถูกส่ง 2 ครั้ง ชิกแนลลิงไบท์ที่สองจะถูกส่งเพียงครั้งเดียว

การที่ชิกแนลลิงขอติดต่อเดินทางไปยังสถานีต่าง ๆ นั้น จะต้องเสียเวลาในการเดินทาง(Propagation Time) ค่าหนึ่ง ซึ่งจะคำนวนได้จากสมการ

$t = d/c$

เมื่อ t เป็นเวลาที่ใช้ในการเดินทาง

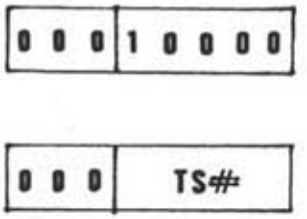
d คือระยะทางที่ข้อมูลเดินทาง

c คือความเร็วของแสงในสายนำสัญญาณ

ในการนี้ สถานีทุกสถานีจะต้องรับชิกแนลลิงขอติดต่อทุกอันที่ถูกส่งเข้ามาเพื่อนำไปแปลความหมายและปฏิบัติงานตามความเกี่ยวข้องของสถานีนั้นๆ

ข. ชิกแนลลิงยกเลิกการติดต่อ

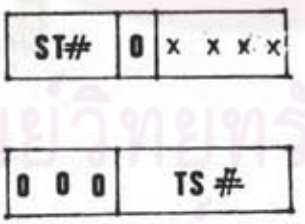
กรณีชิกแนลลิงสำหรับยกเลิกการติดต่อนั้น จะเห็นว่าต้องการข้อความสำคัญเพียงอย่างเดียวคือ ช่องเวลาที่ทำการติดต่อ แต่เพื่อให้ชิกแนลลิงชุดนี้เป็นลักษณะเดียวกับชิกแนลลิงขอติดต่อจึงได้ทำการจัดรูปของชิกแนลลิงออกเป็น 2 ไบท์เช่นเดียวกัน โดยให้ชิกแนลลิงไบท์ที่สองของการขอติดต่อในหัวข้อ ก. เพียงแต่5 บิทหลังซึ่งเดิมใช้บอกช่องเวลานั้น ใช้บอกช่องเวลาที่ 16 แทน ส่วนชิกแนลลิงไบท์ที่สองที่ใช้ส่งนั้น จะมี 3 บิทแรกเป็น 0 หมด และ 5 บิทหลัง บอกช่องเวลาที่ใช้ยกเลิกการติดต่อ ดังรูป 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงชิกแนลลิงยกเลิกการติดต่อ

ค. ชิกแนลลิงตอบรับการติดต่อ

ในการติดต่อระหว่างสถานีเพื่อให้สถานีต้นทางทราบว่าอุปกรณ์ที่ตนขอติดต่อไปนั้นว่างหรือไม่ว่าง สถานีปลายทางจะต้องส่งชิกแนลลิงกลับมายังสถานีต้นทาง โดยชิกแนลลิง ดังกล่าว จะมีลักษณะดังนี้ คือ ชิกแนลลิงไบท์แรก ข้อมูล 3 บิทแรก จะบอกหมายเลขสถานีปลายทาง ที่ได้รับการส่งชิกแนลลิงติดต่อ ส่วน 4 บิทหลังใช้รหัสอุปกรณ์หมายเลข E (รหัส 1110 ในระบบเลขฐานสอง) แทนสถานะอุปกรณ์ว่าง และใช้รหัสอุปกรณ์หมายเลข F (รหัส 1111 ในระบบเลขฐานสอง) แทนสถานะอุปกรณ์ไม่ว่าง ส่วนชิกแนลลิงไบท์ที่สองนั้นใช้รูปแบบเดียวกับหัวข้อ ก. คือ 3 บิทแรกเป็น 0 และ 5 บิทหลังบอกหมายเลขช่องเวลา รูปที่ 4.8 แสดงชิกแนลลิงตอบรับการติดต่อ



รูป 4.8 แสดงชิกแนลลิงตอบรับการติดต่อ

4.4 <u>ลักษณะของโปรแกรมควบคุม</u>

โปรแกรมควบคุมข่ายวงจรท้องถิ่น เขียนขึ้นด้วยภาษาแอสเซ็มบลี้ (Assembly) ทั้งนี้เพื่อให้หน่วยควบคุมรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก และทำงานตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว สำหรับงานบริการของหน่วยควบคุมที่ต้องจัดการกับอุปกรณ์ภายนอก สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ เรียงตามลำดับความสำคัญ ดังนี้[14]

(1) งานบริการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt service) เป็นงานบริการเร่งด่วนที่หน่วยควบคุมสถานีต้องมาทำให้เสร็จ หรือมาทำให้เร็วที่สุด รายละเอียดของงานบริการนี้กล่าวอยู่ในหัวข้อ 4.5.2

(2) งานบริการระบบ (System service) ส่วนใหญ่เป็นงานเกี่ยวกับการจัดการข้อมูล แปลความหมายของข้อมูล เช่น สัญญาณชีกแนลลิงที่ส่งอยู่ระหว่างสถานี

รายละเอียดของงานนี้กล่าวอยู่ในหัวข้อ 4.5.3

(3) งานบริการอุปกรณ์ (Device service) เป็นงานที่หน่วยควบคุมสถานีต้องคอยตรวจสถานะจากผู้ใช้ ในช่วงที่อุปกรณ์ติดต่อกับหน่วยควบคุมสถานี วิธีการที่ใช้ในที่นี้คือ วิธีโพลลิ่ง (Polling) รายละเอียดของงานบริการนี้กล่าวอยู่ในหัวข้อ 4.5.4

นอกจากนี้ยังมีงานบริการส่วนย่อยอีก ดังนี้

(4) งานบริการตรวจสอบจุดเสียของฮาร์ดแวร์ (Diagnosis) เช่น ในกรณีที่หน่วยควบคุมสถานีโพลลิ่งไปตามอุปกรณ์ แล้วหน่วยอุปกรณ์ไม่ส่งสัญญาณตอบกลับมา (Acknowledge) หน่วยควบคุมสถานีสามารถทราบได้ ทำให้รู้ว่าอุปกรณ์ใดเสีย

(5) งานบริการตั้งค่าเริ่มต้น (Initialize) มีหน้าที่ตั้งค่าพารามิเตอร์ของระบบ ค่าสถานะของอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อจะเริ่มทำงาน

กล่าวโดยรวมแล้วโปรแกรมควบคุมนี้ มีลักษณะคล้ายกับระบบปฏิบัติการ (Operating System)[15]หน่วยควบคุมสถานีต้องทำงานหลายงานพร้อมกัน งานหนึ่งอาจต้องรอผลของอีกงานหนึ่ง โดยแต่ละงานต้องไม่ทำให้งานอื่นเสียหรือผิดพลาดไป และหน่วยควบคุมสถานีจะรอทำงานเพียงชิ้นเดียวจนกระทั่งเสร็จไม่ได้ เพราะจะมีงานหรือกระบวนการหลายอย่างที่หน่วยควบคุมสถานีต้องทำให้เสร็จภายในเวลาอันจำกัด (เช่นหน่วยควบคุมสถานีจะหยุดรอการกดปุ่มเลือกหมายเลขโทรศัพท์ จากผู้ใช้คนหนึ่งคนใดไม่ได้ เป็นต้น) และเนื่องจากข่ายวงจรท้องถิ่นดังกล่าวข้างต้นนี้ รับส่งได้ทั้งสัญญาณเสียงและข้อมูล จึงต้องมีอุปกรณ์โทรศัพท์ และอุปกรณ์รับส่งข้อมูล โปรแกรมบนแต่ละสถานีจึงต้องทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ทั้งสองนี้ สำหรับโปรแกรมควบคุมในส่วนของโทรศัพท์นั้น มีจุดมุ่งหมายให้ทำหน้าที่ต่างๆเหล่านี้ได้ คือ

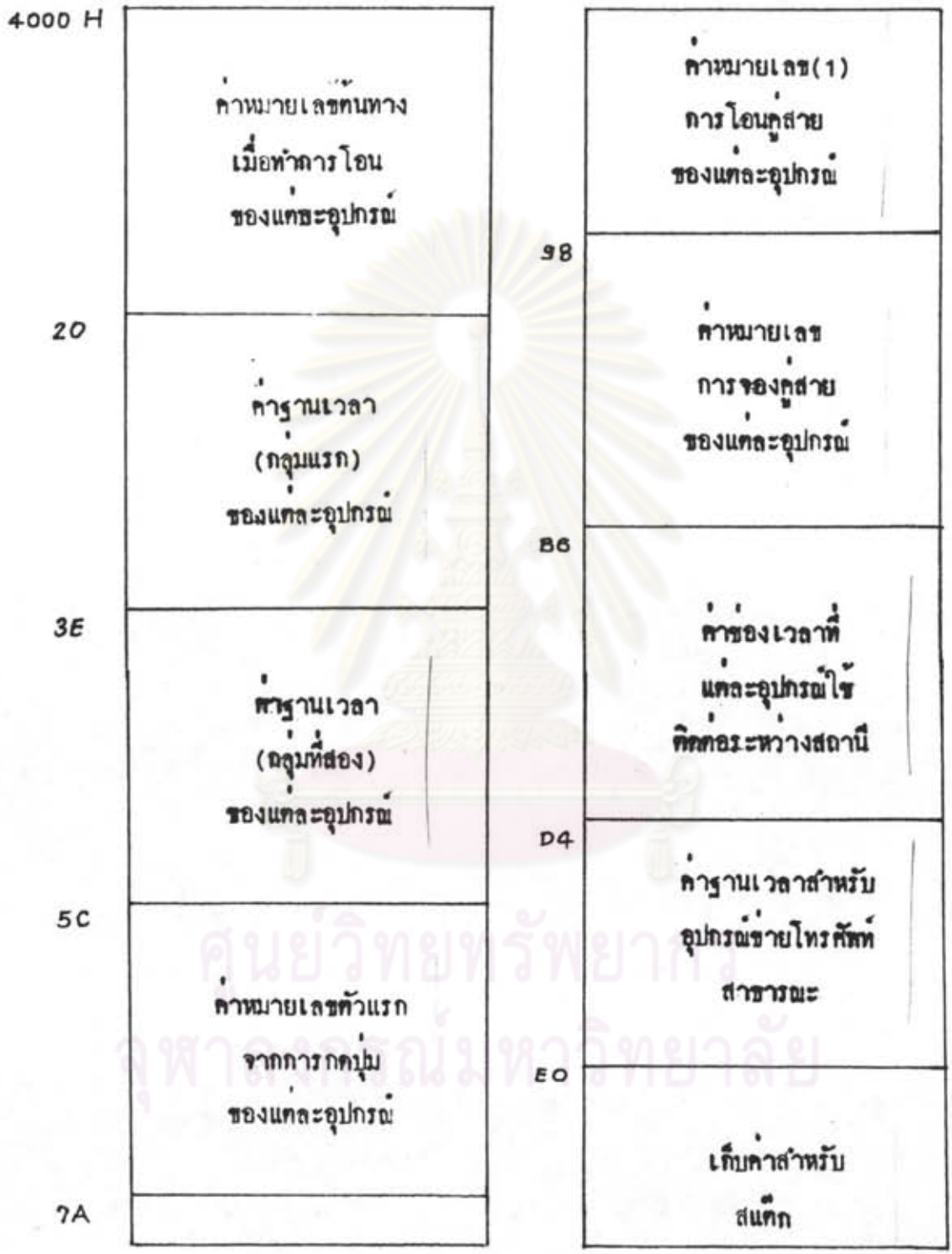
1) ให้อุปกรณ์โทรศัพท์สามารถติดต่อกันได้ทั้งภายในสถานีเดียวกัน และสามารถติดต่อกันภายนอกสถานีด้วย
2) ให้อุปกรณ์โทรศัพท์สามารถทำหน้าที่พิเศษ เช่นการโอนสายโทรศัพท์ได้
3) ทำการจองเลขหมายในกรณีคู่สนทนาไม่ว่าง
4) ให้อุปกรณ์โทรศัพท์ สามารถติดต่อกับข่ายสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ได้ (โดยใช้โทรศัพท์ระบบกดปุ่ม)

ส่วนโปรแกรมควบคุมในส่วนของอุปกรณ์อินเตอร์เฟสข้อมูลนั้น จะสามารถควบคุมให้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลทำการรับส่งข้อมูลทั้งภายในและภายนอกสถานี เช่นเดียวกับอุปกรณ์โทรศัพท์ โดยอุปกรณ์ต้นทางสามารถเลือกหมายเลขสถานี-อุปกรณ์ ปลายทางเองได้ และเพื่อจะให้ระบบมีความสามารถในการใช้ข้อมูลร่วมกันเพิ่มขึ้น จึงจะให้มีการเขียนโปรแกรมเพื่อให้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางสามารถใช้หน่วยความจำร่วมกัน หรือฮาร์ดดิสก์ร่วมกันได้ด้วย โดยผ่านทางพอร์ทมาตรฐาน RS 232C ซึ่งจะอาศัยหลักการที่จะให้มีคอมพิวเตอร์หลัก (Host Computer) อยู่แต่ละสถานี ตัวคอมพิวเตอร์หลักนี้จะมีฮาร์ดดิสก์ และเครื่องพิมพ์ต่อประจำอยู่ด้วย แต่อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลซึ่งอยู่ในสถานีอื่นๆ สามารถติดต่อกันเอง หรือจะไปใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์หลักก็ได้ โดยอุปกรณ์รับส่งข้อมูลนี้จะทำหน้าที่เป็นเสมือนเทอร์มินัลที่ต่ออยู่กับระบบ ซึ่งจะทำให้ข่ายวงจรท้องถิ่นมีการใช้ทรัพยากรร่วมกัน ซึ่งจะแบ่งออกเป็นกรณีใหญ่ๆ ได้ 2 กรณี คือ

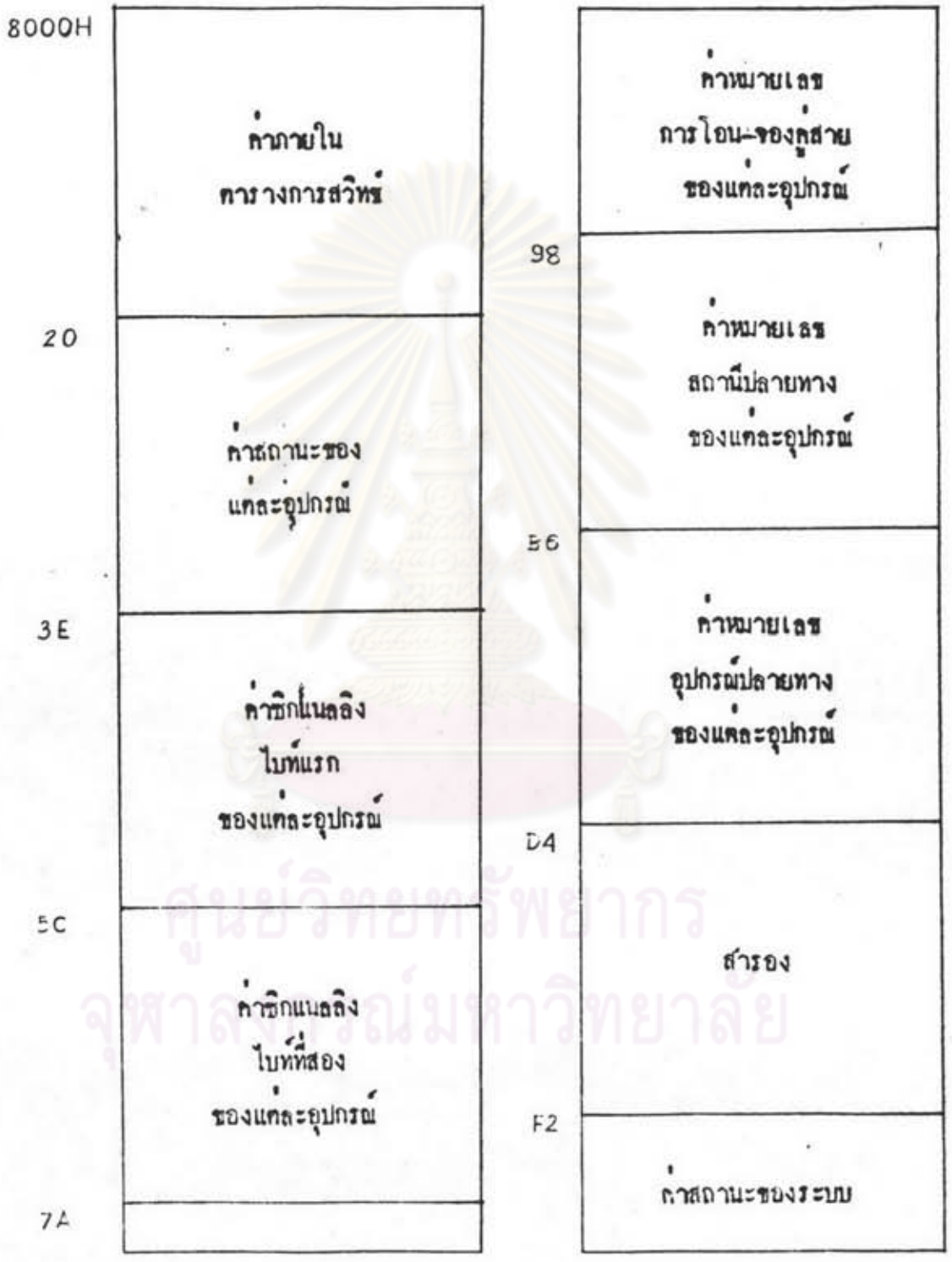
1) <u>กรณีการใช้หน่วยความจำร่วมกัน</u> ตัวเทอร์มินัลจะสามารถเข้าไปอ่านหรือเขียนข้อมูลในหน่วยความจำของตัวคอมพิวเตอร์หลักได้ ซึ่งจะทำให้ข้อมูลบนตัวเทอร์มินัลถูกต้องอยู่เสมอ แต่สำหรับกรณีการเขียนข้อมูลนั้น ต้องแล้วแต่ว่าข้อมูลหรือไฟล์ที่ต้องการเขียนนั้นมีการป้องกันไว้หรือไม่ เพื่อเป็นการรักษาความปลอดภัยของระบบ

2) <u>กรณีของการใช้เครื่องพิมพ์ร่วมกัน</u> ผู้ใช้สามารถพิมพ์ข้อมูลของตนโดยอาศัยเครื่องพิมพ์ที่คอมพิวเตอร์หลักได้ แต่ถ้ามีผู้ใช้อยู่ที่เทอร์มินัลที่ต้องการใช้เครื่องพิมพ์หลายคน การขอใช้จะต้องรอตามลำดับกัน โดยให้ผู้ใช้ที่อยู่ก่อนหน้าทำงานของตนให้เรียบร้อยเสียก่อน

ในการที่หน่วยควบคุมสถานี จะสามารถควบคุมให้อุปกรณ์ต่างๆ ทำหน้าที่ได้อย่างถูกต้องนั้น หน่วยควบคุมสถานีจะต้องทราบสถานะของอุปกรณ์เหล่านั้น และต้องทราบสถานะของระบบด้วยว่ามีช่องเวลาใดถูกใช้ติดต่อไปแล้วบ้าง สำหรับข่ายวงจรท้องถิ่นนี้ได้ใช้ RAM ภายในไอซี 8155 เพื่อใช้เก็บพารามิเตอร์เหล่านี้ ดังรูปที่4.9 และรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 แสดงการเก็บค่าพารามิเตอร์ ของอุปกรณ์และสถานี ภายในRAM ของไอซี 8155 ตัวที่หนึ่ง



รูปที่ 4.10 แสดงการการเก็บค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ และสถานี ภายในRAM ของไอซี 8155 ตัวที่สอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 การทำงานของโปรแกรมควบคุม

เนื่องจากข่ายวงจรท้องถิ่นในบทความนี้ มีลักษณะการสวิทช์ข้อมูลแบบเซอร์กิทสวิทชิ่ง ดังนั้นถ้าพิจารณาที่หน่วยควบคุมสถานีใดสถานีหนึ่งแล้ว หน่วยควบคุมสถานีหนึ่ง จะมีลักษณะคล้ายกับตู้ชุมสายอัตโนมัติ (Automatic private Branch Exchange) ที่ใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม โปรแกรมควบคุมส่วนหนึ่งจึงเหมือนกับโปรแกรมควบคุมตู้ชุมสายอัติโนมัติ แต่เมื่อต้องการติดต่อไปยังหน่วยควบคุมสถานีอื่นในระบบจึงต้องมีข้อตกลงในการเข้าใช้ช่องสัญญาณในช่องเวลาที่ 16 ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรโตคอลที่มีชื่อว่า CSMA/CD ในการควบคุมการติดต่อ(ดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.2.1) โปรแกรมควบคุมนี้มีลักษณะการเขียนแบบ Modular Programming ซึ่งในโปรแกรมหลักจะเป็นการโพลลิ่งไปตามอุปรณ์ต่างๆ เท่านั้น ส่วนในโปรแกรมย่อยแต่ละส่วนนั้นจะทำหน้าที่รับและส่งซิกแนลลิงจากอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยแต่ละโปรแกรมย่อยทำงานโดยอิสระไม่เกี่ยวข้องกัน นอกจากนั้นมีการใช้ แฟลก(Flag) เพื่อบอกสถานะของระบบ, งาน และอุปกรณ์

รายละเอียดของโปรแกรมควบคุม สามารถแบ่งออกเป็นส่วนย่อยได้ดังนี้

4.5.1 <u>โปรแกรมหลัก</u> (main program) ในส่วนของโปรแกรมหลักนี้ หน่วยควบคุมสถานีจะทำการโพลลิ่งไปตามอุปกรณ์หมายเลขต่างๆ โดยเป็นการโพลลิ่งแบบตามลำดับ (Sequential Polling) โดยเริ่มโพลลิ่งตั้งแต่อุปกรณ์หมายเลข 1 ไปจนถึงอุปกรณ์หมายเลข 30 ดังรูปที่ 4.11
(ในงานวิจัยนี้ กำหนดให้หมายเลข 1 ถึง หมายเลข 15 เป็นหมายเลขของอุปกรณ์โทรศัพท์ และหมายเลข 16 ถึงหมายเลข 30 เป็นหมายเลขของอุปกรณ์รับส่งข้อมูล) การโพลลิ่งอุปกรณ์ทั้ง 30 อุปกรณ์จะกระทำทุก ๆ 40 มิลลิวินาที ทั้งนี้เพื่อให้ระบบมีฐานเวลาในการทำงานต่างๆ เช่น การที่ผู้รับใช้อุปกรณ์โทรศัพท์ต้องกดหมายเลขปลายทางให้เสร็จภายในเวลา 8 วินาที เป็นต้น

ในการโพลลิ่งไปยังอุปกรณ์แต่ละหมายเลขนั้น หน่วยควบคุมสถานีจะได้รับตอบกลับมาจากอุปกรณ์หมายเลขนั้น ๆ สัญญาณตอบกลับนี้จะถูกลบไปเองภายในครึ่งเฟรมข้อมูลต่อมา

รูปที่ 4.11 แสดงโฟลว์ชาร์ทในส่วนโปรแกรมหลัก

หน่วยควบคุมสถานีจะสามารถโพลลิ่งอุปกรณ์แต่ละหมายเลขได้อย่างเร็วที่สุด เฟรมละ 1 ครั้ง (1 เฟรม มีความยาว 125 ไมโครวินาที) การโพลลิ่งแต่ละอุปกรณ์ทำให้หน่วยควบคุมสถานีสามารถอ่านสัญญาณชิกแนลลิง เช่น สัญญาณยกหูโทรศัพท์, หมายเลขอุปกรณ์ปลายทาง และสัญญาณควบคุมตามมาตรฐาน V.24 จากอุปกรณ์ได้ เมื่อหน่วยควบคุมสถานีไม่ต้องการอ่านชิกแนลลิงจากอุปกรณ์ใด ก็สามารถลบการโพลลิ่งของอุปกรณ์นั้นได้เช่นกัน

นอกจากนั้นในการโพลลิ่งแต่ละครั้ง จะมีการส่งสัญญาณไปกระตุ้นพอร์ทหมายเลข 42H ซึ่งต่ออยู่กับวงจรวอชท์ด็อกด้วย กรณีที่โปรแกรมควบคุมทำงานผิดปกติไป จึงไม่มีสัญญาณไปกระตุ้นพอร์ทดังกล่าว วงจรวอชท์ด็อกจะกำเนิดสัญญาณรีเซ็ทให้หน่วยควบคุมสถานีทำงานได้อีกครั้งหนึ่ง

4.5.2 <u>โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์</u>

(INTERRUPT SERVICE PROGRAM)

โปรแกรมในส่วนนี้จะให้บริการการอินเตอร์รัพท์ ในงานดังกล่าวต่อไปนี้

ก. การรับชิกแนลลิงในช่องเวลาที่ 16

ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.3.1 แล้วว่าเมื่อสถานีใดสถานีหนึ่ง ต้องการติดต่อกับสถานีอื่นภายในระบบ สถานีนั้นต้องส่งชิกแนลลิงติดต่อลงในช่องเวลาที่ 16 ของแต่ละเฟรมข้อมูล ชิกแนลลิงนี้จะไปอินเตอร์รัพท์หน่วยควบคุมสถานีให้รับชิกแนลลิงไว้ เพื่อส่งต่อไปให้โปรแกรมย่อยที่จะแปลความหมายของชิกแนลลิงที่รับมา ในกรณีที่มีชิกแนลลิงถูกส่งเข้ามามาก เนื่องจากระบบมีความคับคั่งของข้อมูล ชิกแนลลิงชุดหลังๆ จะถูกส่งไปเข้าคิวรอการแปลต่อไป สัญญาณทางฮาร์ดแวร์ที่ไปอินเตอร์รัพท์กรณีที่เป็นชิกแนลลิงในช่องเวลาที่ 16 ถูกต่อเข้ากับขา RST 6.5 ของไมโครโปรเซสเซอร์ 8085 ดังนั้นโปรแกรมบริการรับชิกแนลลิงนี้จะเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 34H ในหน่วยความจำดังรายละเอียด ในหัวข้อ 4.1

ข. การอินเตอร์รัพท์จาก FER (Frame Error) และ LER (Loop Error)

เมื่อมีความผิดปกติในระบบซึ่งเกิดขึ้นจาก FER (Frame Error) ซึ่งหน่วยควบคุมสถานีนั้นไม่สามารถตรวจจับสัญญาณซิงค์ในช่องเวลาที่ 0 ได้ หรือเกิด LER (Loop Error) ซึ่งสถานีสุดท้ายของลูปเกิด FER ขึ้น โดยมีการส่งสัญญาณเตือนมาทางบิทแรกของสัญญาณซิงค์ในทุกเฟรม ดังนั้นสัญญาณ FER จะทำให้ขาอินเตอร์รัพท์ของ ไมโครโปรเซสเซอร์ 8085 เป็น 1 ตลอดเวลา แต่สัญญาณ LER ทำให้ขาอินเตอร์รัพท์ ของ ไมโครโปรเซสเซอร์ เป็น 1 ทุกครึ่งช่องเวลาแรกของเฟรม ทำให้โปรแกรมสามารถบอกความแตกต่างของความผิดปกตินี้ได้ และความผิดปกติซึ่งเกิดจาก FER และ LER นี้ จะทำให้เกิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ที่ขา RST 7.5 ของไมโครโปรเซสเซอร์ 8085 ดังนั้นโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์จะอยู่ที่ตำแหน่ง 003C H ในหน่วยความจำ การแยกสาเหตุของการอินเตอร์รัพท์ว่าเกิดจาก FER หรือ LER สามารถแยกได้จากช่วงเวลาการเกิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ คือกรณีของ LER สัญญาณอินเตอร์รัพท์จะเกิดขึ้นทุกเฟรมในช่องเวลาที่ 0 ส่วน FER จะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาทำให้หน่วยควบคุมสามารถแยกการอินเตอร์รัพท์ทั้งสองตัวนี้ออกจากกันได้ ส่วนการทำงานของโปรแกรมเมื่อเกิด LER แสดงว่า มีสถานีบางแห่งเกิด FER ขึ้น ต้องหยุดส่งชิกแนลลิงและการทำงานต่าง ๆ

ไว้ ชั่วคราวจนกว่า LER จะหายไป ส่วนกรณีที่เกิด FER ที่สถานีใด สถานีนั้นต้องการทำการสวิทช์ช่องเวลาที่ ø เพื่อให้สัญญาณชิงค์ผ่านไปได้ เพื่อให้สถานีอื่นยังสามารถทำงานได้

ค. การอินเตอร์รัพท์จาก Timer

เนื่องจากการทำงานของหน่วยควบคุมสถานีต้องมีการอ้างอิงกับฐานเวลาเสมอ ในงานวิจัยนี้ จึงใช้ค่าเวลา 4ø มิลลิวินาที ซึ่งเป็นการอ่านค่าชิกแนลลิ่งจากทุกอุปกรณ์ใน 1 วงรอบของการโพลลิ่งมาเป็นฐานเวลาของระบบ สัญญาณอินเตอร์รัพท์ทุก ๆ 4ø มิลลิวินาที ได้มาจากการโปรแกรม IC 8155 ตัวแรก ในโหมดของ TIMER โดยต่อสัญญาณจากขา TIM ØUT ของ IC 8155 เข้าที่ขา RST 5.5 ของไมโครโปรเซสเซอร์ 8ø85 ดังนั้นโปรแกรมบริการการอินเตอร์รัพท์จาก TIMER จะเริ่มต้นที่ ตำแหน่ง ØØ2CH ในหน่วยความจำ ที่ตำแหน่งดังกล่าวในหน่วยความจำ จะมีคำสั่งให้ไมโครโปรเซสเซอร์กระโดดเข้าสู่โปรแกรมหลัก เพื่อโพลลิ่งอุปกรณ์ทีละตัวทันที

4.5.3 <u>โปรแกรมบริการระบบ</u> (System Service Program) โปรแกรมบริการระบบเป็นโปรแกรมส่วนที่ต้องรับข้อมูลจากโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์ และโปรแกรมบริการอุปกรณ์ แล้วนำมาแปลความหมายเช่น การแปลความหมายของชิกแนลลิ่งในช่องเวลาที่ 16 (รับข้อมูลจากโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์) และการแปลความหมายของคำสั่งพิเศษของอุปกรณ์ต่าง ๆ (รับข้อมูลจากโปรแกรมบริการอุปกรณ์) สำหรับรายละเอียดของโปรแกรมบริการระบบมีดังต่อไปนี้

ก. การแปลความหมายของชิกแนลลิงในช่องเวลาที่ 16

ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.3 แล้วว่า สัญญาณชิกแนลลิงซึ่งใช้ในการติดต่อระหว่างสถานี โดยอาศัยช่องเวลาที่ 16 นั้น แบ่งออกได้เป็นชิกแนลลิงขอทำการติดต่อ ชิกแนลลิงยกเลิกการติดต่อ และคำสั่งพิเศษ แต่ไม่ว่าจะเป็นชิกแนลลิงชนิดใดก็ตาม โปรแกรมในส่วนนี้ต้องไปดึงสัญญาณชิกแนลลิงที่เข้าคิวกันอยู่ในบัพเฟอร์แบบ First in - First out มาแปลความหมาย เมื่อแปลความหมายได้เช่นใดแล้ว จะเซ็ทค่า แฟลก ที่ชื่อ CSMA ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 8ØF6H ไว้ แล้วกลับเข้าสู่โปรแกรมหลักอีกครั้งหนึ่ง เพื่อทำงานตามค่าแฟลกที่ได้ถูกตั้งค่าไว้ สำหรับรายละเอียดของการแปลความหมายชิกแนลลิง เป็นไปตามรูปที่ 4.12

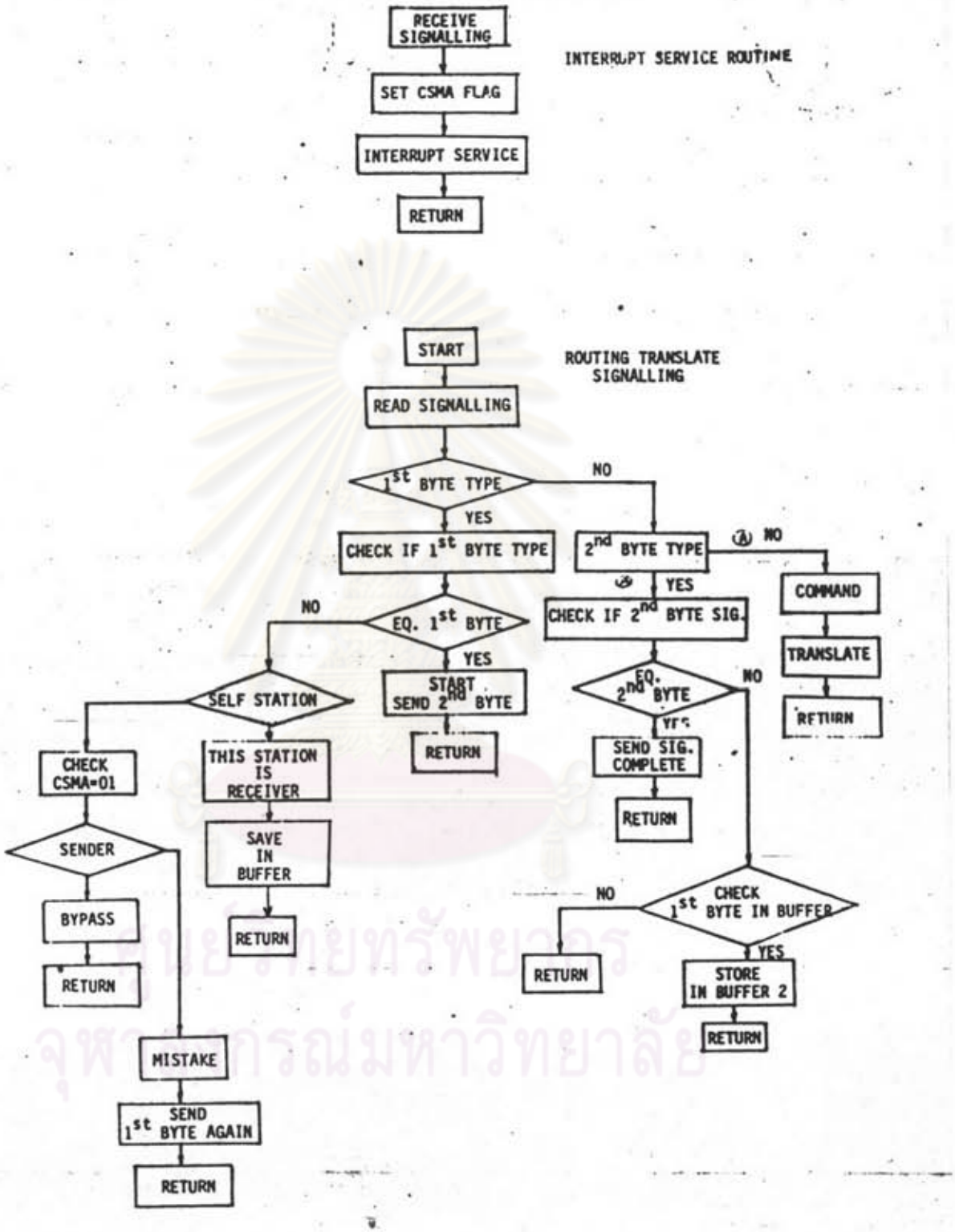
โดยหน่วยควบคุมสถานีจะนำชิกแนลลิงที่ได้มาดูว่า ชิกแนลลิงไบท์แรก, ชิกแนลลิงไบท์ที่สอง หรือชิกแนลลิงคำสั่งพิเศษที่ได้รับมานั้นสถานีตนเองเป็นผู้ส่ง หรือไม่ โดยตรวจสอบดูกับหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 8Ø3EH ถึง 8Ø79H ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เก็บชิกแนลลิงไบท์แรกและชิกแนลลิงไบท์ที่สอง ของแต่ละอุปกรณ์ว่าข้อมูลเหมือนกันหรือไม่ถ้าข้อมูลเหมือนกันแสดงว่าสถานีนั้น

เป็นผู้ส่งชิกแนลลิงในช่องเวลานั้น สถานีนั้นต้องส่งชิกแนลลิงไบท์ถัดไปต่อไป เพื่อยืนยันการรับส่งให้ถูกต้อง

สำหรับกรณีที่หน่วยควบคุมสถานีรับชิกแนลลิงมาแล้ว ปรากฏว่าสถานีตนเองมิได้เป็นผู้ส่งชิกแนลลิงนั้น หน่วยควบคุมสถานีจะนำชิกแนลลิงซึ่งเป็นไบท์แรก (ชิกแนลลิ่งไบท์แรกจะมีโครงสร้างพื้นฐานดังหัวข้อ 4.3) มาทำการแปลว่าชิกแนลลิงนี้ มีหมายเลขตรงกับหมายเลขสถานีตนเองหรือไม่ ถ้าหมายเลขสถานีในสัญญาณชิกแนลลิง ตรงกับหมายเลขสถานีตนเอง หน่วยควบคุมสถานีจะทำการแปลความหมายชิกแนลลิงต่อไปว่าต้องการติดต่อกับอุปกรณ์หมายเลขใด และแปลชิกแนลลิงในไบท์ที่สอง (ชิกแนลลิ่งไบท์ที่สองจะมีโครงสร้างพื้นฐานดังหัวข้อ 4.3) ต่อมาว่าต้องการติดต่อกันในช่องเวลาใด เมื่อแปลความหมายชิกแนลลิงได้สมบูรณ์แล้วหน่วยควบคุมสถานีทำการตั้งค่า Flag CSMA = 08H จากนั้นจะกลับเข้าสู่โปรแกรมหลัก ในส่วนโปรแกรมหลักเมื่อพบว่า Flag CSMA = 08H โปรแกรมจะไปรับข้อมูลจากโปรแกรมอุปกรณ์ว่า หมายเลขอุปกรณ์ปลายทางและช่องเวลาดังกล่าวถูกใช้งานอยู่หรือไม่ เพื่อโปรแกรมควบคุมจะได้ส่งชิกแนลลิงตอบกลับไปว่าปลายทางว่างหรือไม่ว่าง

ส่วนกรณีที่ชิกแนลลิงที่ทำการแปลนั้น ไม่ใช่ทั้งชิกแนลลิงประเภทไบท์แรก และประเภทไบท์ที่สอง หน่วยควบคุมสถานีจะทำการแปลต่อไปว่าเป็นชิกแนลลิง ล้ยกเลิกการติดต่อหรือไม่ (โครงสร้างพื้นฐานดังหัวข้อ 4.3) โดยทำการแปลว่าจะให้ยกเลิกการติดต่อระหว่างสถานีในช่องเวลาใด เมื่อสถานีใดได้รับชิกแนลลิงดังกล่าวแล้วตารางการสวิทช์มีการติดต่อในช่วงเวลานั้น ก็จะทำการปิดช่องเวลาดังกล่าวต่อไป ถ้ามีการใช้งานช่องเวลานั้นโดยหน่วยควบคุมสถานี ดังโฟลว์ชาร์ท ในรูป 4.13

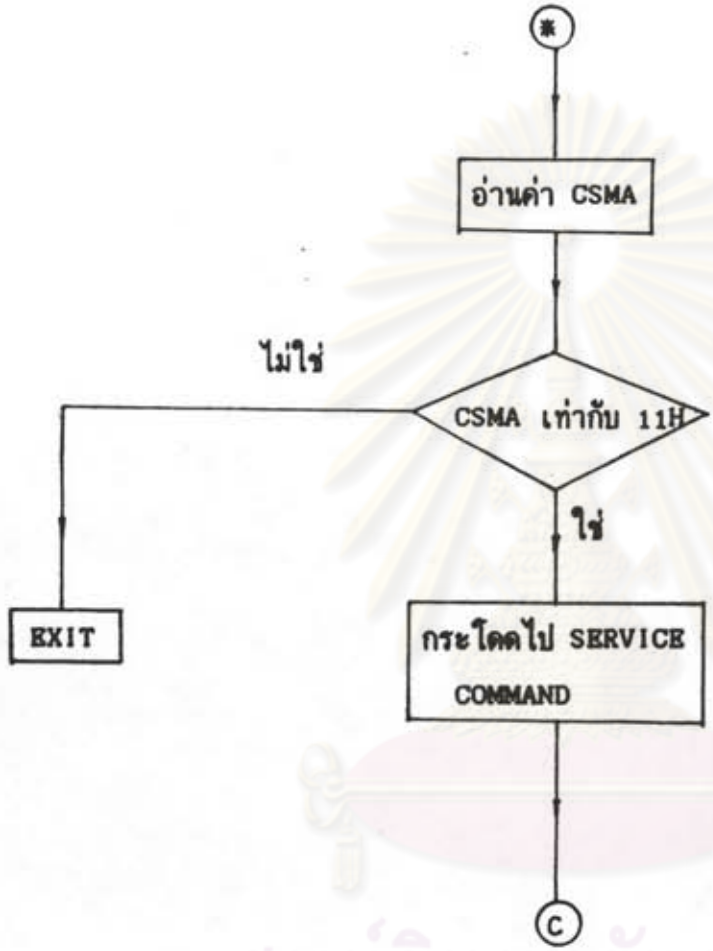
สำหรับสถานีอื่น ๆ ภายในระบบข่ายวงจรท้องถิ่น ซึ่งมิได้เกี่ยวข้องเป็นสถานีส่งหรือสถานีรับภายในระบบ ก็ต้องมีการรับชิกแนลลิงในช่วงเวลาที่16 มาตีความด้วย เพราะว่าทุกสถานีต้องทราบว่าขณะนี้ ช่องเวลาใดว้างในลูปที่ว่างอยู่ โดยวิธีการในการจัดการมีดังนี้ เมื่อหน่วยควบคุมนำชิกแนลลิงขอติดต่อไบท์แรกและไบท์ที่สอง ซึ่งผ่านการตรวจสอบความถูกต้องมาแปลแล้วพบว่า ชิกแนลลิงชุดดังกล่าวไม่ได้ส่งมาถึงสถานีตนเองหน่วยควบคุมสถานีจะทำการเปลี่ยนข้อมูลภายใน RAM ของ IC 8155 (1) ที่ตำแหน่ง 40D0H ถึงตำแหน่ง 40EFH ซึ่งตรงกับหมายเลขช่องเวลาที่ถูกขอติดต่อ เช่นตำแหน่ง 40D2H แทน ช่องเวลาที่ 2 เป็นต้น จากข้อมูล FFH เดิม เป็นข้อมูล 00H เพื่อให้หน่วยควบคุมสถานีสามารถตรวจสอบได้ว่าช่องเวลานี้ไม่ว่าง ส่วนเมื่อใดที่หน่วยควบคุมสถานีได้รับชิกแนลลิงยกเลิกการติดต่อในช่วงเวลาข้างต้น หน่วยควบคุมสถานีจะเปลี่ยนค่าใน RAM เป็น FFH ดังเดิม เพื่อแสดงว่าช่องเวลา



รูปที่ 4.12 แสดงโฟลว์ชาร์ทการแปลความหมายสัญญาณชิกแนลลิง

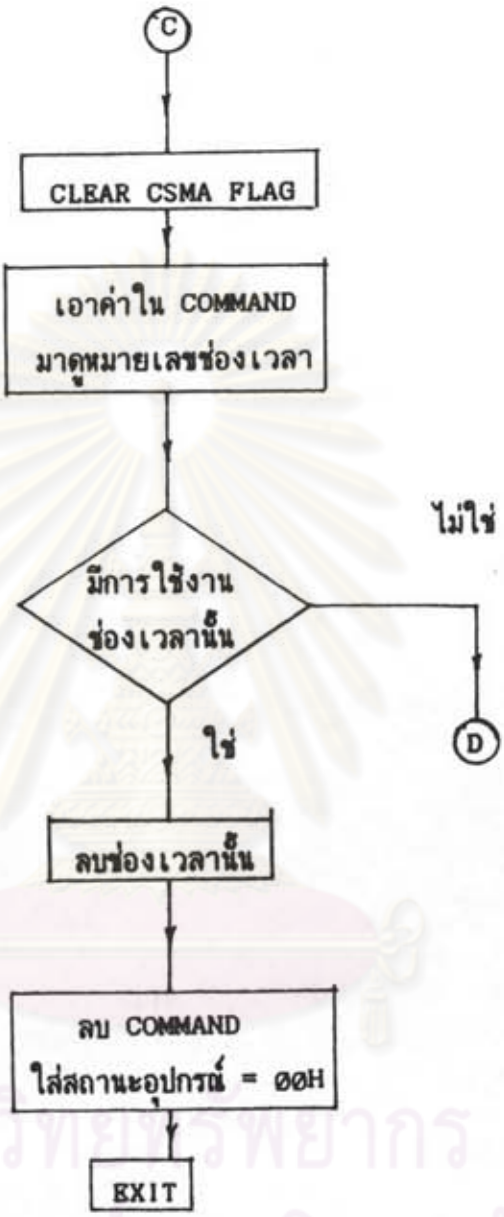
ดังกล่าวว่างแล้วให้ใช้ส่งข้อมูลได้ รูปที่4.14 แสดงโฟลว์ชาร์ทการแปลความหมายซิกแนลลิ่งขอติดต่อในกรณีไม่ใช่ที่สถานีปลายทาง และรูปที่4.15แสดงโฟลว์ชาร์ทการแปลความหมายซิกแนลลิงยกเลิกการติดต่อกรณีไม่ใช่สถานีปลายทาง

MAIN PROGRAM



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

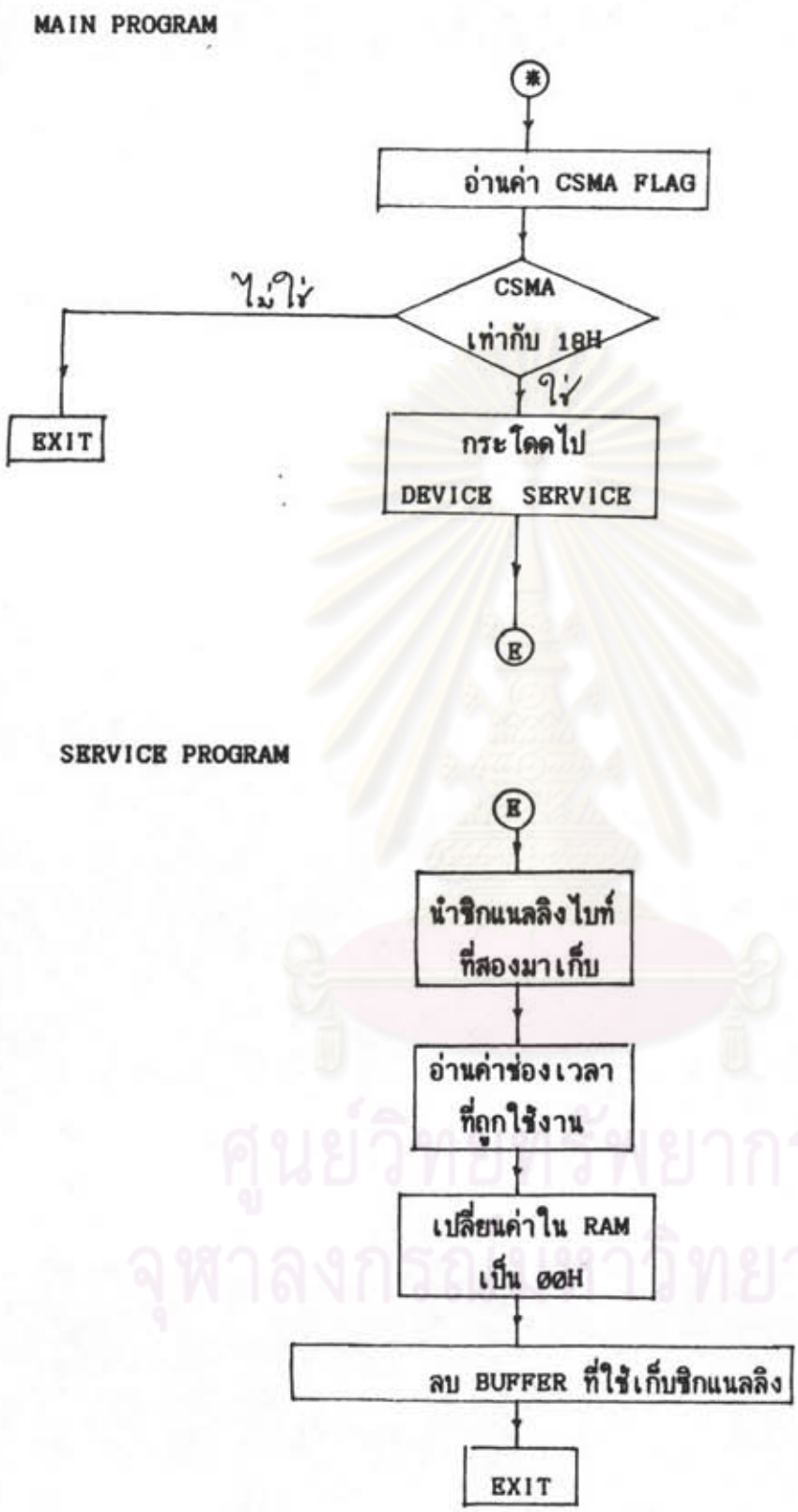
SERVICE PROGRAM



รูปที่ 4.13 แสดงการทำงานของหน่วยควบคุมสถานีปลายทางภายหลังได้รับชิกแนลลิงยกเลิกการติดต่อ (COMMAND)

(*) เมื่อหน่วยควบคุมสถานีแปลความหมายว่าเป็นชิกแนลลิงยกเลิกการติดต่อที่ถูกต้อง

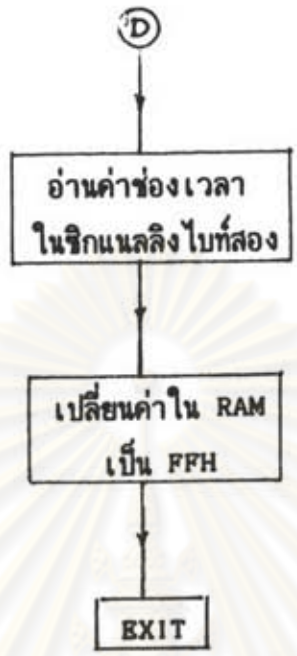
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14 แสดงการทำงานของหน่วยควบคุมสถานี ภายหลังได้รับชิกแนลลิง ขอติดต่อ (ในกรณีไม่ใช่สถานีปลายทาง)

*เมื่อแปลความหมายได้ว่าไม่ใช่สถานีปลายทาง

SERVICE PROGRAM



รูปที่ 4.15 แสดงการทำงานของหน่วยควบคุมสถานี ภายหลังได้รับชิกแนลลิงยกเลิกการติดต่อ
(ในกรณีไม่ใช่สถานีปลายทาง)

D: กรณีไม่มีการใช้งานช่องเวลา ในสถานีของตน

ข. การแปลความหมายคำสั่งพิเศษของอุปกรณ์ต่าง ๆ

เนื่องจากในส่วนอุปกรณ์โทรศัพท์ภายในข่ายวงจรท้องถิ่น สามารถทำหน้าที่พิเศษเช่น การโอนสาย(Transfer) และการจองเลขหมาย ดังนั้นโปรแกรมควบคุมจึงต้องสามารถแปลความหมายของสัญญาณชิกแนลลิงที่ส่งจากอุปกรณ์โทรศัพท์ว่าอุปกรณ์หมายเลขนั้นต้องการทำหน้าที่พิเศษอะไร เช่นสัญญาณชิกแนลลิงหมายเลขโทรศัพท์, สัญญาณเครื่องหมายชาร์ป (#) และสัญญาณเครื่องหมายดอกจัน (*)
สำหรับรายละเอียดของเรื่องนี้ อยู่ในหัวข้อ 5.5 และหัวข้อ 5.6

4.5.4 <u>โปรแกรมบริการอุปกรณ์</u> (Device Service Program) โปรแกรมบริการอุปกรณ์เป็นโปรแกรมในส่วนที่ต้องรับชิกแนลลิงจากอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ชิกแนลลิ่งการยกหู - การวางหูโทรศัพท์, ชิกแนลลิงสัญญาณควบคุม V.24 จากอุปกรณ์รับส่งข้อมูล แล้วนำมาตัดสินว่าอุปกรณ์นั้นอยู่ในสถานะใด จากนั้นหน่วยควบคุมสถานีจะนำค่าสถานะนี้ ไปเก็บไว้ที่หน่วยความ

จำคือ RAM ของ IC 8155 ตรงตำแหน่ง 8020H ถึงตำแหน่ง 803DH (โดยแต่ละตำแหน่งจะสอดคล้องกับหมายเลขอุปกรณ์ เช่น สถานะของอุปกรณ์หมายเลข 3 ถูกเก็บไว้ที่ตำแหน่ง 8023H) จากนั้นโปรแกรมบริการอุปกรณ์จะกระโดดไปทำงานตามหมายเลขสถานะที่กำหนดไว้ ซึ่งมีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วน คือ สถานะของอุปกรณ์โทรศัพท์ และสถานะของอุปกรณ์รับส่งข้อมูล

<u>สถานะของอุปกรณ์โทรศัพท์</u> มีดังต่อไปนี้

สถานะ 00 : เป็นสถานะว่าง(Idle)ของอุปกรณ์โทรศัพท์ คืออุปกรณ์โทรศัพท์หมายเลขนี้ยังไม่มีการติดต่อไปยังโทรศัพท์หมายเลขใด และยังไม่มีอุปกรณ์หมายเลขใด ทำการติดต่อมายังอุปกรณ์หมายเลขนี้

สถานะ 01 : โทรศัพท์ยกหู หน่วยควบคุม ตั้งค่า Flag 8 วินาที พร้อมกับรอการกดปุ่มเลือกหมายเลขสถานี และหมายเลขอุปกรณ์ 3 หมายเลข ถ้าภายใน 8 วินาที ผู้ใช้ยังกดปุ่มเลือกหมายเลขไม่ครบ 3 หมายเลขหน่วยควบคุมสถานี จะส่งสัญญาณ ไม่ว่าง (Busy Tone) ไปให้ พร้อมกับตัดอุปกรณ์ถอดรหัสเสียงสัญญาณเลือกหมายเลขออกไป เพื่อให้โทรศัพท์หมายเลขอื่นได้ใช้งานบ้าง เนื่องจากในระบบใช้งานอุปกรณ์ถอดรหัสเสียงสัญญาณ 1 ชุด ต่อ อุปกรณ์โทรศัพท์จำนวน 3 เครื่อง

สถานะ 02 : เป็นสถานะที่รับสัญญาณชิกแนลลิงหมายเลขปลายทางมาแปล แล้วปรากฏว่าเป็นการติดต่อกับอุปกรณ์ในสถานีอื่น หน่วยควบคุมสถานีจะตัดเสียงสัญญาณให้เลือกหมายเลขจากอุปกรณ์โทรศัพท์ พร้อมกับนำสัญญาณชิกแนลลิงที่ได้รับมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ ที่ตำแหน่ง 8098H ถึงตำแหน่ง 80B5H (ใช้เก็บค่าหมายเลขสถานีปลายทางของแต่ละอุปกรณ์), ตำแหน่ง 405CH (ใช้เก็บค่าหมายเลขอุปกรณ์ปลายทางเบอร์ที่หนึ่ง) และตำแหน่ง 80B6H ถึงตำแหน่ง 80D3H (ใช้เก็บค่าหมายเลขอุปกรณ์ปลายทางเบอร์ที่สอง)

สถานะ 03: เป็นสถานะที่จะนำสัญญาณชิกแนลลิงซึ่งถูกเก็บไว้ จากสถานะที่ 2 มาจัดเรียงรูปแบบ (format) ใหม่ ตามการขอติดต่อระหว่างสถานีโดยใช้ช่องเวลาที่ 16 ดังรายละเอียดในหัวข้อ 4.3 แล้วนำสัญญาณชิกแนลลิงที่ถูกจัดรูปแบบใหม่แล้วนี้ ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 803EH ถึง ตำแหน่งที่ 8079 H (ใช้เก็บชิกแนลลิงไบท์ที่สอง)

สถานะ 04: สถานะนี้จะทำการติดต่อขอใช้ช่องเวลาระหว่างสถานี โดยใช้โปรโตคอล CSMA/CD ในการควบคุมการติดต่อ (ดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 4.3)

สถานะ 05: เป็นกรณีที่ซิกแนลลิงในช่วงเวลาที่ 16 มีการชนกันหรือการรับส่งผิดพลาด ต้องทำการส่งซิกแนลลิงใหม่ในช่วงเวลาซึ่งแรนดอม

สถานะ 06: เป็นสถานะที่แสดงการติดต่อภายในสถานีเดียวกัน เมื่อหน่วยควบคุมสถานีแปลซิกแนลลิงที่หน่วยอินเตอร์เฟสโทรศัพท์ส่งมาแล้วปรากฏว่า สถานะเป็นการติดต่อภายในสถานี หน่วยควบคุมจะทำการตรวจสอบว่าสถานะของหมายเลขอุปกรณ์ปลายทางนั้นอยู่ในสถานะว่างหรือไม่ ในสถานะนี้หน่วยควบคุมสถานีจะถือว่าอุปกรณ์โทรศัพท์ปลายทางนั้นไม่ว่าง และหน่วยควบคุมสถานีจะต่อสัญญาณ Busy Tone ให้กับอุปกรณ์โทรศัพท์ต้นทาง

สถานะ 07: เป็นสถานะการติดต่อภายในสถานีเดียวกัน เช่นเดียวกับสถานะที่ 06 แต่เมื่อหน่วยควบคุมสถานีตรวจสอบสถานะอุปกรณ์ปลายทาง แล้วปรากฏว่าอยู่ในสถานะว่าง หน่วยควบคุมสถานีจะต่อสัญญาณ Ring Back Tone ให้กับอุปกรณ์โทรศัพท์ต้นทาง และตรวจสอบการยกหูของโทรศัพท์ปลายทางไปด้วย

สถานะ 08: เป็นสถานะที่โทรศัพท์ปลายทางยกหู แล้วพร้อมจะติดต่อด้วยหน่วยควบคุมสถานีจะทำการต่อช่องเวลาภายใน จำนวน 3 ช่องเวลา เพื่อให้โทรศัพท์ต้นทางและปลายทาง ติดต่อกันได้ หลังจากสถานะนี้แล้วอุปกรณ์ต้นทางจะอยู่ในสถานะปล่อยผ่าน (Bypass) และอุปกรณ์ปลายทางจะอยู่ในสถานะรอการโอนสาย

สถานะ 09: เป็นสถานะปล่อยผ่าน (Bypass) เมื่ออุปกรณ์ต้นทางและอุปกรณ์ปลายทางต่อเข้าหากันเรียบร้อยแล้ว โดยหน่วยควบคุมจะไม่สวิทช์ ช่องเวลาใด ๆ ให้กับอุปกรณ์ เพียงแต่โพลลิ่งเข้ามาอ่านซิกแนลลิงเท่านั้น

สถานะ 10: เป็นลักษณะเดียวกับการติดต่อกับข่ายสายโทรศัพท์สาธารณะ เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเรียกจากภายนอก อุปกรณ์โทรศัพท์หมายเลข 1 ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นหมายเลขพนักงาน (Operator) จะได้รับสัญญาณกระดิ่งและเมื่อเลขหมายพนักงานยกหู เพื่อรับสายอุปกรณ์หมายเลขพนักงานจะถูกกำหนดให้อยู่ในสถานะ 10 นี้

สถานะ 11: สถานะนี้ คือ สถานะของอุปกรณ์โทรศัพท์ภายในข่ายวงจรท้องถิ่นซึ่งต้องการต่อออกไปภายนอกข่ายวงจรท้องถิ่น โดยอาศัยอุปกรณ์อินเตอร์เฟสข่ายโทรศัพท์สาธารณะ หน่วยควบคุมจะกำหนดสถานะนี้ให้กับอุปกรณ์โทรศัพท์ เมื่อผู้ใช้อุปกรณ์โทรศัพท์หมายเลขนี้นกดปุ่มเลือกคำสั่งพิเศษ คือ ปุ่มเครื่องหมาย "*" บนเครื่องโทรศัพท์

สถานะ 12: เป็นสถานะที่ใช้ในการลบช่องเวลาต่าง ๆ ที่ถูกใช้งานโดยอุปกรณ์โทรศัพท์ ในสถานะที่ 11 และตัดการเชื่อมต่อวงจรกับข่ายสายโทรศัพท์สาธารณะด้วย

สถานะ 20 ถึงสถานะ 39:

เป็นสถานะสำรอง สำหรับอุปกรณ์อินเตอร์เฟสข่ายสายโทรศัพท์สาธารณะ

สถานะ 40 :

เป็นสถานะที่หน่วยควบคุมสถานีทำการตรวจสอบว่าอุปกรณ์โทรศัพท์ปลายทางทำ Hook Switch (การวางหูโทรศัพท์แล้วยกหูในเวลาน้อยกว่า 3 วินาที) เพื่อทำการโอนสายภายในสถานี หรือ ทำการวางหูเพื่อยกเลิกการติดต่อจริง

สถานะ 41:

สถานะนี้จะทำงานต่อจากสถานะที่ 40 เมื่อหน่วยควบคุมสถานีตรวจสอบว่าอุปกรณ์ในสถานะที่ 40 ทำ Hook Switch เพื่อต้องการโอนสายแล้วขั้นตอนในลำดับต่อไป หน่วยควบคุมสถานีจะทำการตรวจสอบอุปกรณ์ถอดรหัสเสียงสัญญาณหมายเลข ซึ่งจะต้องใช้งานกับอุปกรณ์โทรศัพท์หมายเลขนั้นว่าถูกใช้งานอยู่หรือไม่ กรณีอุปกรณ์ถอดรหัสเสียงสัญญาณถูกใช้งานอยู่ก่อนหน้านั้น หน่วยควบคุมสถานีจะต่อเสียงสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ให้กับอุปกรณ์นั้น ส่วนกรณีอุปกรณ์ถอดรหัสเสียงสัญญาณมิได้ถูกใช้งานอยู่ หน่วยควบคุมสถานีจะต่อเสียงสัญญาณว่าง (Ring Back Tone) ให้กับอุปกรณ์นั้น

สถานะ 42:

สถานะนี้มีความหมายว่าอุปกรณ์ถอดรหัสเสียงสัญญาณมิได้ถูกใช้งานอยู่ หน่วยควบคุมสถานีจะต่ออุปกรณ์ถอดรหัสเสียงสัญญาณเข้ากับอุปกรณ์โทรศัพท์หมายเลขนั้น

สถานะ 43:

สถานะนี้จะเป็นขั้นตอนต่อจากสถานะ 42 คือ เมื่อหน่วยควบคุมสถานีต่ออุปกรณ์ถอดรหัสเสียงสัญญาณเข้ากับอุปกรณ์โทรศัพท์แล้ว หน่วยควบคุมสถานีจะดักจับว่าผู้ใช้กดปุ่มเครื่องหมาย "*" เพื่อทำการโอนสายหรือไม่

สถานะ 44:

ที่สถานะนี้ เมื่อหน่วยควบคุมสถานีรับซิกแนลลิง การกดปุ่มเครื่องหมาย "*" จากอุปกรณ์โทรศัพท์มาแล้ว หน่วยควบคุมสถานีจะรับเลขหมายการโอนต่อไป เมื่อหน่วยควบคุมสถานีรับหมายเลขการโอนมาจนครบแล้ว ต่อไปหน่วยควบคุมสถานีจะตรวจสอบว่าเลขหมาย

ปลายทางที่ถูกโอนนั้นว่างหรือไม่ กรณีที่เลขหมายปลายทางที่ถูกโอนนั้นว่าง หน่วยควบคุมสถานี จะส่งสัญญาณว่างให้กับโทรศัพท์เครื่องที่เป็นผู้โอน ส่วนกรณีที่เลขหมายปลายที่ถูกโอนไม่ว่าง หน่วยควบคุมสถานีจะส่งสัญญาณไม่ว่างให้กับโทรศัพท์เครื่องที่เป็นผู้โอน

สถานะ 45:

สถานะนี้เป็นสถานะของโทรศัพท์เครื่องที่เป็นผู้โอนสายในกรณีที่เมื่อโอนสายไปแล้ว หมายเลขปลายทางว่าง

สถานะ 46:

สถานะนี้เป็นสถานะของโทรศัพท์เครื่องที่ถูกโอนในกรณีที่เครื่องที่ถูกโอนนั้นว่าง

สถานะ 47:

เป็นสถานะของอุปกรณ์โทรศัพท์เครื่องที่เป็นผู้โอนสาย เมื่อหน่วยควบคุมสถานีตรวจสอบได้ว่าอุปกรณ์ปลายทางยกหูแล้ว

สถานะ 48:

สถานะนี้เป็นสถานะของอุปกรณ์โทรศัพท์ที่เป็นหมายเลขปลายทาง ของการโอนสาย เมื่อยกหูแล้ว

สถานะ 49:

สถานะนี้เป็นสถานะอุปกรณ์โทรศัพท์เครื่องที่เป็นผู้โอนสายเมื่อผู้โอนสายทำ Hook Switch เพื่อต้องการต่อสายกับต้นทางใหม่

สถานะ 4A:

สถานะนี้คล้ายกับสถานะ 49 แต่แตกต่างกันที่ สถานะนี้ผู้โอนสายได้เลือกหมายเลขปลายทางเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นการที่ผู้โอนสายทำ HOOK SWITCH เพื่อต้องการต่อสายกับต้นทางใหม่ จึงต้องหยุดสัญญาณกระดิ่งของปลายทางด้วย

สถานะ 50 ถึง 6F:

สถานะนี้กลุ่มนี้ จะใช้เป็นสถานะสำรอง สำหรับอุปกรณ์ติดต่อข่ายโทรศัพท์สาธารณะ

สถานะ 70 ถึง 7A:

สถานะกลุ่มนี้ คล้ายกับสถานะ 40 ถึงสถานะ 4A ที่กล่าวมาข้างต้นโดยเป็นสถานะ

พระบรมราชูปถัมภ์ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ของการโอนสายสำหรับการติดต่อระหว่างสถานี ฉะนั้นการสวิทช์เพื่อต่ออุปกรณ์ ต่าง ๆ เข้าหากัน จะใช้จำนวนช่องเวลาแตกต่างจากการติดต่อภายในสถานีเดียวกัน

สถานะ 80 ถึง 8F:

สถานะกลุ่มนี้ จะใช้เป็นสถานะสำรองสำหรับการกระจายเสียงระหว่างสถานี และการกระจายเสียงภายในสถานี

สถานะ 90:

สถานะนี้ เป็นสถานะของอุปกรณ์ต้นทาง ในกรณีที่เมื่ออุปกรณ์ต้นทางเรียกไปยังอุปกรณ์ปลายทาง แล้วปรากฏว่าอุปกรณ์ปลายทางไม่ว่างหน่วยควบคุมสถานีจะตรวจสอบดูว่าอุปกรณ์ต้นทางทำ HOOK SWITCH เพื่อจองหมายเลขปลายทาง เมื่อเลขหมายปลายทางว่างหรือเป็นการวางหูจริง

สถานะ 91:

สถานะนี้ แสดงว่าอุปกรณ์ต้นทางทำ Hook Switch เพื่อจองเลขหมายปลายทาง หน่วยควบคุมสถานีจะต่อเสียงสัญญาณจองหมายเลขให้กับอุปกรณ์ต้นทาง

สถานะ 91:

สถานะนี้ แสดงว่าอุปกรณ์ต้นทางทำ Hook Switch เพื่อจองเลขหมายปลายทาง หน่วยควบคุมสถานีจะต่อเสียงสัญญาณจองหมายเลขให้กับอุปกรณ์ต้นทาง

สถานะ 92:

สถานะนี้จะเป็นสถานะของอุปกรณ์ต้นทาง เมื่อได้รับเสียงสัญญาณจองหมายเลขปลายทาง แล้วอุปกรณ์ต้นทางวางหู

สถานะ 93:

สถานะนี้ หน่วยควบคุมสถานีจะทำงานต่อจากสถานะ 92 คือเมื่ออุปกรณ์ต้นทางวางหูแล้ว หน่วยควบคุมสถานีจะทำการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ปลายทางว่าว่างหรือยัง (ถ้าอุปกรณ์ต้นทางยกหู ในสถานะนี้ การจองเลขหมายจะถูกยกเลิก)

สถานะ 94:

เมื่ออุปกรณ์ปลายทางที่ถูกจองว่างลง หน่วยควบคุมสถานีจะต่อสัญญาณกระดิ่งเข้ามากับอุปกรณ์ต้นทางเป็นเวลา 20 วินาที และเมื่ออุปกรณ์ต้นทางยกหู หน่วยควบคุมสถานีจะตรวจ

สอบสถานะอุปกรณ์ปลายทางอีกครั้งว่าอยู่ในสถานะว่างหรือไม่ ถ้าอุปกรณ์ปลายทางอยู่ในสถานะว่าง หน่วยควบคุมสถานีจะต่อสัญญาณว่างให้ต้นทาง กรณีอุปกรณ์ปลายทางไม่ว่าง หน่วยควบคุมสถานีจะต่อสัญญาณไม่ว่างให้ต้นทาง (ถ้าในเวลา 20 วินาทีที่สัญญาณกระดิ่งดังที่ต้นทาง แล้วผู้ใช้โทรศัพท์ที่ต้นทางไม่ยกหู หน่วยควบคุมสถานีจะยกเลิกการจองเลขหมายทั้งหมด)

สถานะ A0 :

สถานะนี้ เป็นสถานะของอุปกรณ์โทรศัพท์ เมื่อหน่วยควบคุมสถานีตรวจสอบพบว่าอุปกรณ์ถอดรหัสเสียงสัญญาณ ซึ่งใช้บริการอุปกรณ์ โทรศัพท์เครื่องนั้นกำลังถูกใช้งานอยู่ อุปกรณ์โทรศัพท์หมายเลขนั้น จะถูกส่งลงไปอยู่ในคิวเพื่อรอลำดับการใช้อุปกรณ์ถอดรหัสเสียงสัญญาณต่อไป

- สถานะของอุปกรณ์รับส่งข้อมูล มีดังต่อไปนี้

สถานะ 00: เป็นสถานะว่างของอุปกรณ์รับส่งข้อมูล หน่วยควบคุมสถานีจะตรวจดูว่าสัญญาณ DTR (Data Terminal Ready) ของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลว่ามีส่งออกมาหรือไม่ กรณีที่ไม่มีสัญญาณ DTR ส่งออกมาหน่วยควบคุมสถานีจะตัดการโพลลิ่งออกจากอุปกรณ์นั้น และเริ่มต้นโพลลิ่งอุปกรณ์หมายเลขถัดไป และใส่ค่าสถานะอุปกรณ์นั้นสถานะอุปกรณ์นั้นไปสู่สถานะ 01

สถานะ 01:

ที่สถานะนี้ หน่วยควบคุมสถานี จะตรวจดูสัญญาณ DTR อีกครั้งหนึ่ง กรณีสัญญาณ DTR ไม่ถูกส่งออกมา หน่วยควบคุมสถานีจะใส่ค่าสถานะอุปกรณ์นั้น เป็น สถานะ 00 แล้วเริ่มต้นโพลลิ่งอุปกรณ์หมายเลขถัดไป ส่วนกรณีสัญญาณ DTR ยังถูกส่งออกมา หน่วยควบคุมสถานีจะใส่สถานะอุปกรณ์นั้น เป็นสถานะ 02

สถานะ 02:

ที่สถานะนี้ หน่วยควบคุมสถานีจะตรวจดูสัญญาณ RTS (Request To Send) ซึ่งเป็นสัญญาณที่แสดงว่าผู้ใช้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้นทางต้องการส่งชิกแนลลิงหมายเลขสถานี และหมายเลขอุปกรณ์ปลายทางให้แก่หน่วยควบคุมสถานี ถ้าในกรณีที่ไม่มีสัญญาณ RTS ส่งออกมาแสดงว่ายังไม่มีการเลือกหมายเลขปลายทาง หน่วยควบคุมสถานีจะเริ่มต้นโพลลิ่งอุปกรณ์หมายเลขถัดไป ส่วนกรณีที่มีสัญญาณ RTS ส่งออกมาหน่วยควบคุมสถานี จะรับรู้ว่า อุปกรณ์หมายเลขนี้มีการขอติดต่อโดยเลือกหมายเลขสถานีและอุปกรณ์ปลายทางแล้ว จากนั้นหน่วยควบคุมสถานีจะส่งสัญญาณ RFS (READY FOR SENDING) กลับไปเพื่อให้อุปกรณ์ต้นทางทราบว่าหน่วยควบคุมสถานีพร้อมที่จะรับชิกแนลลิ่งแล้ว หน่วยควบคุมสถานีจะวนรับชิกแนลลิงอยู่เป็นเวลา 2 วินาที ภายในเวลา 2 วินาทีนี้ ถ้าหน่วยควบคุมสถานีไม่สามารถรับชิกแนลลิงได้ ก็จะไปโพลลิ่ง

อุปกรณ์หมายเลขถัดไปต่อไป ส่วนเมื่อหน่วยควบคุมสถานีรับชิกแนลลิงมาแล้ว จะใส่ค่าสถานะอุปกรณ์นั้นเป็นสถานะ 03

สถานะ 03:

สถานะนี้ หน่วยควบคุมสถานี จะรับหมายเลขสถานีปลายทางมาตรวจสอบดูว่าเป็นการติดต่อภายใน หรือภายนอกสถานี ถ้ากรณีเป็นการขอติดต่อภายในสถานี หน่วยควบคุมสถานีใส่ค่าสถานะอุปกรณ์นั้นเป็นสถานะ 07 ส่วนกรณีเป็นการขอติดต่อภายนอกสถานี หน่วยควบคุมสถานีจะใส่ค่าสถานะอุปกรณ์นั้นเป็นสถานะ 06

สถานะ 04 และสถานะ 05:

เป็นสถานะสำรองสำหรับทำหน้าที่พิเศษของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่นการกระจายข้อมูลภายในและระหว่างสถานี (มิได้ทำในงานวิจัยนี้)

สถานะ 06:

หน่วยควบคุมสถานีจะเริ่มส่งสัญญาณชิกแนลลิงลงไปในช่องเวลาที่ 16 ดังเอกสารอ้างอิง [11]โดยใช้โปรโตคอล CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection)

ในกรณีที่อุปกรณ์ปลายทางไม่ว่างนั้น คือภายในเวลา 30 วินาที (จาก Timer ที่ตั้งไว้ที่อุปกรณ์ต้นทาง) แล้วอุปกรณ์ต้นทางยังไม่ได้รับสัญญาณ DSR (Data Set Ready) จากหน่วยควบคุมสถานีแสดงว่าอุปกรณ์ปลายทางยังไม่ว่าง หรือเกิดความผิดปกติขึ้นในระบบ อุปกรณ์ต้นทางจะรีเซ็ทสัญญาณ DTR เพื่อให้อุปกรณ์กลับไปสู่สถานะ 00 ใหม่

ส่วนกรณีที่อุปกรณ์ปลายทางว่าง หน่วยควบคุมสถานีจะส่งสัญญาณ DSR ให้กับอุปกรณ์เพื่อให้เริ่มส่งข้อมูลได้

สถานะ 07:

ที่สถานะนี้ หน่วยควบคุมสถานีจะนำค่าสถานะของอุปกรณ์ปลายทางในสถานีเดียวกันมาตรวจสอบดูว่าอุปกรณ์ปลายทางอยู่ในสถานะว่างหรือไม่ กรณีอุปกรณ์ปลายทางอยู่ในสถานะไม่ว่าง หน่วยควบคุมสถานีจะไม่ส่งสัญญาณ DSR ให้กับอุปกรณ์ต้นทาง และโพลลิ่งอุปกรณ์หมายเลขถัดไปต่อไป ส่วนกรณีอุปกรณ์ปลายทางว่าง หน่วยควบคุมสถานีจะต่อช่องเวลาจำนวน 3 ช่องให้กับอุปกรณ์ทั้งสอง จากนั้นใส่ค่าสถานะอุปกรณ์ปลายทางให้อยู่ในสถานะ 10 และใส่ค่าสถานะของอุปกรณ์ต้นทางให้อยู่ในสถานะ 08

สถานะ 08:

หน่วยควบคุมสถานีจะตรวจสอบอุปกรณ์ปลายทางว่าอยู่ในสถานะ 11 ซึ่งเป็นสถานะที่พร้อมจะรับข้อมูลหรือไม่ ถ้าอุปกรณ์ปลายทางยังไม่พร้อมก็จะไปโพลอุปกรณ์ตัวถัดไป แต่ถ้าอุปกรณ์ปลายทางพร้อมแล้วหน่วยควบคุมสถานีจะส่งสัญญาณ DSRให้กับอุปกรณ์เพื่อเริ่มต้นรับส่งข้อมูลจากนั้น จะใส่ค่าสถานะอุปกรณ์ต้นทางเป็นสถานะ 09

สถานะ 09:

สถานะนี้แสดงว่า อุปกรณ์นั้นกำลังรับส่งข้อมูลอยู่ หน่วยควบคุมสถานีจะผ่านไปโพลอุปกรณ์หมายเลขถัดไป

สถานะ 10:

ถ้าอุปกรณ์ใดอยู่ในสถานะนี้ แสดงว่ามีอุปกรณ์อื่นต้องการติดต่อด้วย หน่วยควบคุมสถานีจะส่งสัญญาณ RLSD (Received Line Signal Detect) ให้กับอุปกรณ์นั้นเพื่อให้อุปกรณ์นั้นพร้อมที่จะรับข้อมูล จากนั้นจะใส่ค่าสถานะของอุปกรณ์นี้เป็นสถานะ 11

สถานะ 11:

หน่วยควบคุมสถานีเมื่อพบว่าอุปกรณ์ใดอยู่ในสถานะนี้ แสดงว่า อุปกรณ์นั้นกำลังรับส่งข้อมูลอยู่ หน่วยควบคุมสถานีจะผ่านไปโพลอุปกรณ์หมายเลขถัดไป

4.5.5 <u>โปรแกรมตั้งค่าเริ่มต้น</u> (Initialized Program) โปรแกรมในส่วนนี้ จะอยู่ทางส่วนต้นของโปรแกรมทั้งหมด โดยเริ่มที่ตำแหน่ง 100H ในหน่วยความจำ หน้าที่ของโปรแกรมในส่วนนี้ คือ

- ลบตารางการสวิทช์ทุกช่องเวลา

โดยการเขียนตารางการสวิทช์ ลงบน TTL - RAM ของหน่วยควบคุมสถานีให้มีค่า 00H

- เติมค่าใน RAM ของ IC 8155 ให้เป็น FFH

เพื่อลบทุกช่องเวลาให้ว่างเช่นกัน

- โปรแกรมคอมมานด์รีจิสเตอร์ ของ IC 8155

เพื่อให้ทำหน้าที่เป็น อินพุท และเอาท์พุท พอร์ท

- โปรแกรมคอมมานด์รีจิสเตอร์ ของ IC 8251

เพื่อให้ทำหน้าที่เป็น Pragrammable Communication Interface ได้

- ตัดการโพลลิ่ง (Clear Polling) อุปกรณ์ทุกตัว

เพื่อให้เริ่มอ่านชิกแนลลิงจากอุปกรณ์แต่ละตัวได้อย่างถูกต้อง

- ตัดการเชื่อมต่อของรีเลย์ บนอุปกรณ์อินเตอร์เฟสที่ต่ออยู่กับข่ายโทรศัพท์สาธารณะทุกตัว
- ตั้งค่าเริ่มต้นของสาย HANDSHAKE RS -232 C สำหรับอุปกรณ์รับส่งข้อมูล
- ลบข้อมูลที่มีอยู่ในช่องเวลาที่ 16 ของลูป

(มิฉะนั้น อาจมีข้อมูลเก่า เหลือค้างอยู่ในลูป)

4.6 <u>การควบคุมสถานะ และแก้ไขความผิดพลาดเองของข่ายวงจรท้องถิ่น</u>

ในระบบข่ายวงจรท้องถิ่นนี้ ส่วนที่สำคัญที่สุดในการรับส่งข้อมูลระหว่างสถานี ก็คือ ความถูกต้องของการใช้ช่องเวลาที่ 16 ในการรับส่งสัญญาณชีพแนลลิงร่วมกัน ในประการนี้นอกจากจะได้มีการควบคุมความถูกต้องโดยมีการกำหนดลำดับการรับส่งข้อมูลที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 5.3.2 แล้ว ยังต้องการมีการป้องกันการแทรกของสัญญาณชีพแนลลิง มิฉะนั้นลำดับในการรับส่งสัญญาณชีพแนลลิง จะผิดปกติไป ทำให้โปรแกรมควบคุมในส่วนการแปลความหมายชีพแนลลิง ทำงานผิดพลาดไปด้วย

เนื่องจากการรับชีพแนลลิงในลูปของข่ายวงจรท้องถิ่น ใช้การส่งชีพแนลลิงในเฟรมหนึ่ง และรับข้อมูลในอีกเฟรมหนึ่ง ดังนั้น สถานี จะส่งชีพแนลลิงได้ 1 ชุด ในเวลา 2 เฟรมอยู่ข้อมูล (เพราะต้องรอรับข้อมูลด้วย) และนอกจากนั้นเวลาที่ข้อมูลเดินทางในลูปนั้น เมื่อคำนวนด้วยสมการ $t = d/v$ จะเป็นเวลาเท่ากับ

$$\frac{7 \times 10^{3}}{2 \times 10^{8}} = 3.5 \times 10^{-5}$$

$$= 35 \text{ us}$$

(เมื่อให้ระยะทางของลูปเท่ากับ 7 ก.ม. และ อัตราเร็วของข้อมูลในช่องสัญญาณแสงเท่ากับ 2×10^{8})

ดังนั้นช่วงเวลาที่แต่ละสถานีจับตรวจสอบว่าช่องเวลาที่ 16 ว่าง จึงควรตรวจสอบนานกว่า (2 x 125 us)+(35 us)+(เวลาซึ่งสถานีส่งใช้ในการแปลชีพแนลลิงก่อนส่งชีพแนลลิงชุดต่อไป)

เมื่อให้เวลาซึ่งสถานีส่งใช้ในการแปลชีพแนลลิงก่อนส่งชีพแนลลิงชุดต่อไปมีค่าเท่ากับ 20 us โดยการคำนวณจากชุดคำสั่งของไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8085 ที่ใช้สัญญาณนาฬิกา 6 MHZ

เวลาที่แต่ละสถานีจะต้องตรวจสอบช่วงเวลาที่ 16 ว่าว่าง ควรนานกว่า

(2 x125 us) + (35 us) + (20 us) = 305 us ซึ่งในที่นี้ใช้เวลา 312.5 us ซึ่งเท่ากับ 2.5 เฟรมข้อมูล เพื่อมิให้มีการส่งชิกแนลลิงแทรกเข้ามา เมื่อมีสถานีใดสถานีหนึ่งส่งชิกแนลลิงอยู่ก่อนหน้า ซึ่งนับว่าเป็นการแก้ไขความผิดพลาดของข่ายวงจรท้องถิ่นอันหนึ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย