หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 5

# บทสรุป

## 5.1 สรุปงานที่ทำ

ข่ายวงจรท้องถิ่นสำหรับการสื่อสารสัญญาณเสียงและข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้ มีโครงสร้างเป็นแบบลูปซึ่งมีการไหลของข้อมูลในทิศทางเดียว และใช้การรับส่งแบบมัลติเพลกซ์เชิงเวลา ซึ่งจัดเป็นชนิด Multiple Data แบบ Slotted มีโปรโตคอลในการเข้าใช้งาน (Reservation) ยกเว้นช่องเวลา 16 สำหรับสัญญาณซิกแนลลิง จะใช้แบบ CSMA/CD สำหรับใช้กับตัวกลางชนิดใดก็ได้ ถ้ามีความกว้างแถบความถี่เพียงพอสำหรับสัญญาณ 2.048 เมกกะบิทต่อวินาที ซึ่งใช้รหัสไบเฟส ประกอบด้วยสถานี ไม่เกิน 7 สถานี แต่ละสถานี มีโทรศัพท์ได้ 10 หมายเลข และอุปกรณ์รับส่งข้อมูล 16 หมายเลข สามารถติดต่อระหว่างสถานี ได้พร้อมกัน 30 คู่ และภายในสถานีเดียวกันอีก 10 คู่

ได้ทดลองออกแบบวงจรและสร้างหน่วยต่างๆสำหรับสถานี 2 สถานี โดยต่อวงจรด้วยวิธีการพันสายเพื่อใช้ในการทดสอบและวัดคุณสมบัติของระบบ ดังนี้

- หน่วยควบคุมลูป 1 ชุด
- หน่วยควบคุมสถานี 2 ชุด
- หน่วยอินเตอร์เฟสโทรศัพท์ 2 ชุด
- หน่วยอินเตอร์เฟสข้อมูล 2 ชุด

ระบบสามารถทำงานได้ตามต้องการ คือสามารถรับรู้สถานะของโทรศัพท์หรืออุปกรณ์รับส่งข้อมูล และรับหมายเลขปลายทางได้ สามารถเขียนคำสั่งลงในตารางการสวิทช์เพื่อสั่งอุปกรณ์ให้รับและ/หรือส่งในช่องเวลาที่ต้องการ สามารถรับส่งซิกแนลลิงระหว่างสถานี ได้ถูกต้อง สามารถสั่งให้กระดิ่งโทรศัพท์ดังได้ และเมื่ออุปกรณ์ถูกสั่งให้ติดต่อกันแล้ว จะสามารถรับส่งสัญญาณได้ตามต้องการ

จากการวัดคุณสมบัติของสัญญาณโทรศัพท์เมื่อรับส่งผ่านระบบ พบว่ามีความกว้างแถบความถี่ต่ำกว่าที่ต้องการคือ 2400 เฮิร์ตซ์ ตัววงจรฟิลเตอร์เองมีคุณสมบัติตามต้องการ คือความถี่คัทออฟอยู่ที่ 3400 เฮิร์ตซ์ แต่ไม่สามารถแก้การลดทอนแบบ sinx/x ได้ดีนัก ความเพี้ยนรวมโดยเฉลี่ยประมาณ 6-7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกิดจากไฮบริดทรานฟอร์เมอร์ประมาณครึ่งหนึ่ง คุณภาพของเสียงที่รับฟังได้อยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากความเพี้ยนบางส่วนซึ่งเกิดจากสัญญาณ 50 เฮิร์ตซ์จะไม่ค่อยได้ยินในโทรศัพท์ ส่วนการรับส่งข้อมูลผ่านระบบ จะสามารถส่งได้ไม่เกิน 8 กิโลบิทต่อวินาที โดยได้ทดลองส่งข้อมูลแบบแรนดอมที่ความถี่ประมาณ 7.8 กิโลบิทต่อวินาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมงโดยไม่เกิดการผิดพลาดเลย เทียบได้เป็นอัตราผิดพลาด $3x10^{-9}$

นอกจากนี้ยังได้วัดผลการลดทอนการสั่นของขอบสัญญาณนาฬิกาของวงจรเฟสล็อคลูป พบว่าสามารถลดทอนที่ความถี่สูงกว่าประมาณ 8 กิโลเฮิร์ตซ์

## 5.2 วิจารณ์และเสนอแนะ

ระบบสามารถทำงานได้ตามต้องการ แม้ว่าบางครั้งจะเกิดปัญหาทำให้ระบบทำงานผิดปกติไปบ้าง เนื่องจากระบบมีขนาดใหญ่ จึงมีความผิดปกติเล็กๆ น้อยๆ เกิดขึ้นได้บ่อย เช่น ขั้วต่อไม่แน่น สายขาดหรือหลุด ซอคเกทไอซีไม่แน่น การพันสายไม่แน่น ไอซีเสีย หรือเกิดการรบกวนกัน เป็นต้น ปัญหาเหล่านี้จะลดลงถ้าใช้แผ่นวงจรพิมพ์และใช้การบัดกรีแทนการพันสาย แต่มีความผิดปกติบางอย่างเกิดจากการออกแบบที่ไม่รัดกุม ได้แก่ การให้วงจรทำงานด้วยขอบของสัญญาณซึ่งเกิดจากการ AND กันระหว่างสัญญาณควบคุมหลายสัญญาณโดยตรง ซึ่งบางครั้งจะเกิดปัญหาถ้าสัญญาณเหล่านี้เดินทางมาถึงไม่พร้อมกัน โดยเฉพาะเมื่อเป็นสัญญาณบนบัสทำให้เกิดพัลซ์เล็กๆ ขึ้น และการทำงานจะผิดพลาดได้ ควรให้วงจรทำงานด้วยระดับแทนหรือให้ทำงานด้วยขอบของสัญญาณนาฬิกาโดยตรง แต่ต้องระวังปัญหาเรื่องการหน่วงเวลาที่เกิดจากไอซีหลายๆ ตัวต่อเนื่องกันด้วย การวัดคุณสมบัติของวงจรได้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่ถ้าระบบเริ่มทำงานผิดปกติเนื่องจากสาเหตุข้างต้น จะทำให้คุณสมบัติของวงจรเลวลงหรือทำงานไม่ได้เลย

เมื่อระบบสามารถทำงานได้ด้วยความเชื่อถือสูงพอ ระบบจะมีประโยชน์มาก เนื่องจากมีลักษณะกระจายอำนาจการควบคุม จึงมีความยืดหยุ่นในการขยายหรือเปลี่ยนแปลงระบบ และเนื่องจากระบบใช้ช่องสัญญาณเพียงช่องเดียวระหว่างสถานี จึงทำให้การวางสายหรือติดตั้งช่องสัญญาณทำได้ง่าย และสามารถใช้ช่องสัญญาณได้ทุกประเภท ทั้งชนิดสายคู่ธรรมดา สายโคแอกเชียล หรือเส้นใยแสง การเพิ่มเติมอุปกรณ์หรือสถานี สามารถทำได้โดยไม่ต้องเปลี่ยน

แปลงสิ่งใดทั้งสิ้น ถ้าไม่เกินขีดจำกัดของระบบ

ระบบนี้เหมาะที่จะใช้งานกับบริเวณที่มีอุปกรณ์รวมอยู่เป็นกลุ่ม หลายๆกลุ่มกระจายกัน เช่นในบริเวณมหาวิทยาลัย ซึ่งมีอาคารต่างๆอยู่ห่างกันไม่มากนัก และอุปกรณ์จะอยู่รวมในอาคารเดียวกันมากพอควร โดยให้สถานีอยู่ที่อาคารแต่ละแห่ง แต่ถ้ามีอุปกรณ์เกินกว่าหนึ่งสถานีจะรองรับได้ ก็อาจให้แต่ละชั้นมีหนึ่งสถานี เป็นต้น

จำนวนสถานีสูงสุด 7 สถานี เป็นขีดจำกัดเนื่องจากการอ้างหมายเลขอุปกรณ์ด้วย 8 บิท ไม่ใช่ขีดจำกัดที่แท้จริง ขีดจำกัดของระบบคือ เวลาที่สัญญาณใช้ในการเดินทางครบหนึ่งลูปจะต้องต่ำกว่า 1 เฟรม หรือ 125 ไมโครวินาที ถ้าเกินกว่านี้จะต้องแก้ไขหน่วยควบคุมลูปและโปรแกรมควบคุมการทำงานใหม่ ดังนั้นถ้าเพิ่มระยะทางและสถานีขึ้น อาจทำให้เวลาที่ใช้เดินทางนานขึ้นจนเกินขีดจำกัดได้ ขีดจำกัดอีกประการคือการสะสมการสั่นของขอบสัญญาณนาฬิกาในสถานีท้ายๆ ถ้ามีสถานีมาก สัญญาณนาฬิกาในสถานีสุดท้ายจะสั่นมากจนอาจทำงานไม่ได้ แต่โดยทั่วไปแล้ว สถานีเพียง 7 สถานีจะยังไม่ควรเกินขีดจำกัดของระบบดังกล่าว

สิ่งที่ต้องทำเพิ่มเติมเพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้จริง ได้แก่ การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของแต่ละสถานี และสร้างหน่วยอุปกรณ์ช่วยเพิ่มขึ้นมา โปรแกรมควบคุมมีความสำคัญมาก และระบบจะไม่สามารถทำงานได้เลยถ้าไม่มีโปรแกรมควบคุมดังกล่าว ในการทดสอบและวัดคุณสมบัติของระบบจึงได้เขียนโปรแกรมเล็กๆ สำหรับสั่งให้วงจรต่างๆ ทำงานไว้ด้วย แต่โปรแกรมควบคุมจะมีขนาดใหญ่และซับซ้อนกว่ามาก หน่วยอุปกรณ์ช่วยที่ต้องสร้างขึ้น คือ อุปกรณ์กำเนิดและถอดรหัสเสียงสัญญาณ ซึ่งจะทำให้ระบบโทรศัพท์ทำงานได้สมบูรณ์แบบขึ้น

สำหรับวงจรที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นมาแล้วนั้น มีจุดที่สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นกว่าเดิม คือ นอกจากแก้ไขให้วงจรทำงานด้วยระดับดังกล่าวแล้ว ยังมีอีกจุดหนึ่ง คือ วงจรไมโครโปรเซสเซอร์ เนื่องจากการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ชนิดชิพเดียวเพื่อให้วงจรมีขนาดเล็กนั้น ทำให้มีขีดความสามารถจำกัด และการเขียนโปรแกรมมีความยากลำบากมาก ดังนั้นถ้าต้องการให้ระบบมีขีดความสามารถสูงและใช้เวลาในการเขียนโปรแกรมไม่มากเกินไปนัก จึงควรเปลี่ยนไมโครโปรเซสเซอร์เป็นเบอร์อื่น เช่น 8085 ซึ่งมีการอินเตอร์รัพต์ได้ถึง 5 ชนิด แต่ต้องใช้อุปกรณ์มากขึ้น รวมทั้งต้องขยายหน่วยความจำให้มากขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังควรปรับปรุงหน่วยอินเตอร์เฟสโทรศัพท์ให้ดีขึ้นโดยเฉพาะวงจรไฮบริด ถ้าเป็นไปได้ควรใช้เป็นไอซี SLIC (Subcriber Loop Interface Circuit) มาแทนวงจรเดิม เช่น MC3419 ของโมโตโรลา หรืออย่างน้อยควรเปลี่ยนไฮบริดทรานส์ฟอร์เมอร์ให้ดีกว่าเดิม

ส่วนวงจรที่ควรพัฒนาต่อไปหลังจากระบบทำงานได้สมบูรณ์แล้ว ได้แก่ หน่วยอินเตอร์เฟสข้อมูลแบบอื่นๆ ที่ไม่ใช่แบบโปร่งใส เช่น หน่วยอินเตอร์เฟสข้อมูลแบบซิงโครนัส ซึ่งรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ที่ต่ออยู่โดยใช้สัญญาณนาฬิกาของระบบ ทำให้ส่งข้อมูลได้เต็มความสามารถของช่องเวลา คือได้ถึง 64 กิโลบิทต่อวินาที แต่จะมีปัญหาการเลือกหมายเลขปลายทางเช่นเดียวกับหน่วยอินเตอร์เฟสข้อมูลแบบโปร่งใส คือ ต้องใช้เลือกหมายเลขด้วยสวิทช์ หรืออุปกรณ์ที่รับส่งจะต้องมีพอร์ทสำหรับส่งหมายเลขปลายทางโดยเฉพาะ หน่วยอุปกรณ์ช่วยซึ่งใช้จัดการประชุมทางโทรศัพท์ เป็นอีกวงจรหนึ่งซึ่งควรพัฒนาต่อไป ซึ่งตามปกติผู้ร่วมประชุมทุกคนจะได้ยินเสียงของทุกคนรวมกัน ยกเว้นเสียงของตนเอง แต่อาจใช้วิธีให้ได้ยินเสียงของคนที่ดังที่สุดเพียงคนเดียวก็ได้ เพราะไม่มีใครพูดพร้อมกันอยู่แล้ว แต่ผู้พูดต้องไม่ได้ยินเสียงของตนเอง ดังนั้นวงจรจะง่ายกว่าเดิมมาก