การออกแบบและสร้างเครื่องมัลติเพ็กซ์ในระบบสื่อสัญญาณของโทรศัพท์ขนาด 32 ช่องสัญญาณ

นายนิยม สังขวิเชียร
สาขาวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์

ภูมิหลัง

ปัญหาที่ผู้ใช้บริการด้านโทรศัพท์และการสื่อสารสารสนเทศเกี่ยวกับระบบมัลติเพ็กซ์ของระบบสื่อสัญญาณของโทรศัพท์ที่ใช้อยู่ส่วนมากจะเป็นอุปกรณ์มัลติเพ็กซ์ ซึ่งนำมาใช้ในการสื่อสารข้อมูลกับระบบสื่อสัญญาณของโทรศัพท์เพราะอุปกรณ์มัลติเพ็กซ์ที่ใช้นั้นจะเป็นการนำเข้ามาจากต่างประเทศและมีราคาแพง เมื่อรวมค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายต่างๆ แล้วจะต้องสูญเสียงบประมาณเป็นจำนวนมากในการใช้จ่าย เกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลของอุปกรณ์มัลติเพ็กซ์ที่จะนำมาใช้ในการส่งสัญญาณโทรศัพท์เพื่อการติดต่อสื่อ สารทั้งสิ้น ส่วนมากจะเป็นส่วนราชการ บริษัท และหน่วยงานต่างๆ ที่มีความจำเป็นต้องใช้โทรศัพท์เป็น จำนวนมากในการติดต่อสื่อสารกับหน่วยงานต่างๆ นั้น จะมีชุมสายขนาดใหญ่มีอาคารและมีห้องเป็นจำนวนมาก จำเป็นต้องมีการกระจายสายโทรศัพท์ออกไป ดังนั้นจะต้องมีการเดินสายจากตู้สาขาไปยัง จุดต่อ (Extension) ที่ต่างๆ จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มจุดต่อ ในอาคารโดยมีการเดินสายเพิ่มขึ้น บางครั้งอาจจะทำไม่ได้หรือกระทำได้ยากลำบาก อันเนื่องมาจากมีความจำเป็นต้องต่อสายหนึ่งสายต่อหนึ่งจุดต่อใน กรณีที่มีจุดต่อมาก ก็จำเป็นต้องใช้สายเป็นจำนวนมาก จะทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณและยากต่อการบำรุง รักษาและการตรวจซ่อม โดยทั่วไปแล้วสายโทรศัพท์ภายนอกอาคารเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพง เมื่อรวมค่าแรง และค่าใช้จ่ายแล้วต้องสูญเสียงบประมาณเป็นจำนวนมาก สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้พยายามแก้ปัญหา โดยใช้สายที่มีอยู่เดิมให้สามารถใช้งานได้กับจำนวนจุดต่อเป็นจำนวนมาก โดยใช้หลักการของการมัลติเพ็กซ์ แบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiplex (FDM)) และแบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplex (TDM))

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดว่าการใช้หลักการและคุณสมบัติของการมัลติเพ็กซ์แบบแบ่งตามความถี่และแบ่งตามเวลา (FDM-TDM) ของช่องสัญญาณในการติดต่อสื่อสารระหว่างจุดต่อกับจุดต่อ เมื่อนำ เอาหลักการและคุณสมบัติของการมัลติเพ็กซ์มาใช้ โดยการออกแบบและสร้างเครื่องมัลติเพ็กซ์ในระบบสื่อ สัญญาณของโทรศัพท์ขนาด 32 ช่องสัญญาณขึ้นมาใช้ทดแทน ก็สามารถแก้ปัญหาเรื่องการสื่อสารสารสนเทศ งบประมาณที่ใช้ในการลงทุนรวมไปถึงการใช้สายโทรศัพท์ ที่จำเป็นต้องใช้สายเป็นจำนวนมากเพื่อ ลดจำนวนสายโทรศัพท์ลงไป แล้วยังสะดวกในการบำรุงรักษา และการใช้บริการด้านการสื่อสารข้อมูลทั้ง ภาพและเสียงของโทรศัพท์ได้อีกด้วย

จุดมุ่งหมายการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องมัลติเพ็กซ์ ในระบบสื่อสัญญาณของโทรศัพท์ขนาด 32 ช่องสัญญาณ
2. ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องมัลติเพ็กซ์ในระบบสื่อสัญญาณของโทรศัพท์ ตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติ (International Telecommunication Union Transmission. ITI-T)

สมมติฐานการวิจัย

เครื่องมือมัลติเพ็กซ์ในระบบสื่อสัญญาณของโทรศัพท์ขนาด 32 ช่องสัญญาณ ที่ใช้ในการสื่อสารด้านโทรคมนาคม ได้ประสิทธิภาพตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติ

ความสำคัญของการวิจัย

ได้เครื่องมัลติเพ็กซ์ที่ใช้ในระบบสื่อสัญญาณของโทรศัพท์ขนาด 32 ช่องสัญญาณพร้อมคู่มือการติดตั้ง ซึ่งสามารถนำไปใช้ต่อเชื่อมขยายสัญญาณจากศูนย์ใช้งานไปยังชุมชนต่างๆ ตามความต้องการของผู้ใช้บริการ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการทดลองการออกแบบและการสร้างเครื่องมัลติเพ็กซ์ในระบบสื่อสัญญาณของโทรศัพท์ ขนาด 32 ช่องสัญญาณ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เกณฑ์ข้อกำหนดของการออกแบบและการสร้างเครื่องในการวิจัย
2. ลำดับขั้นตอนในการวิจัย

เกณฑ์ข้อกำหนดของการออกแบบและการสร้างเครื่องในการวิจัย

1. การออกแบบและสร้างเครื่องมัลติเพ็กซ์ในระบบสื่อสัญญาณของโทรศัพท์ขนาด 32 ช่องสัญญาณซึ่งมีคุณสมบัติและประสิทธิภาพตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติมีส่วนประกอบดังนี้

1.1 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ (Volts.V) 50 เฮิรตซ์ (Hertz) เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง (Alternating Current-Directing Current. AC-DC) ชนิดที่มีแรงดันไฟฟ้าขาออกได้ 48 โวลต์ (V)

1.2 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง 48 โวลต์ (V) เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงชนิดที่เลือกค่าที่มีแรงดันไฟฟ้าขาออกได้ 2 ระดับ คือ 1 โวลต์ (V) และ 5 โวลต์ (V) สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุด 250 มิลลิแอมแปร์ (Milliamp.mA) จำนวน 1 ชุด

1.3 ชุดมัลติเพ็กซ์ & ดีมัลติเพ็กซ์ในระบบสื่อสัญญาณของโทรศัพท์ขนาด 32 ช่องสัญญาณ จำนวน 1 ชุด

2. ตัวแปรที่ศึกษาเป็นการศึกษาถึงค่าความผิดพลาดตามคุณสมบัติที่ใช้ในการสื่อสารด้านโทรคมนาคมที่ได้ประสิทธิภาพตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 อัตราความเร็วของการส่งในสายสูงสุด 2.048 Mb/s (50 ppm)

2.2 อัตราความเร็วสูงสุดในการส่งข้อมูล 2.048 Mb/s (50 ppm)

2.3 รหัสของการส่งสัญญาณของสาย เอชดีบี-3

2.4 ค่าความต้านทานในสาย 75 โอห์ม ร้อยละ 5/120 โอห์ม ร้อยละ 5

2.5 ค่าแรงดันสูงสุดในขณะทำงานปกติ 2.14-2.60 โวลต์

2.6 ค่าแรงดันสูงสุดในขณะที่ไม่มีการทำงาน -0.237 ถึง +0.237 โวลต์

2.7 ความกว้างของพัลซ์ปกติ 219-269 เอ็มเอส

2.8 อัตราส่วนของแรงดันสูงสุดและต่ำสุด 0.95-1.05 โวลต์

2.9 อัตราความสูญเสียของสัญญาณที่ความถี่ 1024 kHz 0-6 dB

2.10 การสูญเสียป้อนกลับที่ความถี่ 1024 kHz> 18 dB

2.11 จำนวนของการลูปใช้สายเคเบิล 4 เส้น

2.12 ค่าเฉลี่ยกำลังขาออก 13-14 dBm

2.13 ค่าสูญเสียของการลูป 38 dB@150 kHz

2.14 ค่าความต้านทานต่อไฟฟ้ากระแสตรงของการลูป 135 โอห์ม

ผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องมัลติเพ็กซ์ในระบบสื่อสัญญาณของโทรศัพท์ขนาด 32 ช่องสัญญาณ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. อัตราความเร็วของการส่งในสายสูงสุด 2.048 Mb/s + 3 ppm ผลที่ได้จากการทดสอบนั้นเป็นไป ตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติตามที่กำหนดไว้ เพราะผู้วิจัยได้เลือกใช้ไอซี SN 74 LS253 เป็นไอซีที่ทำการมัลติเพ็กซ์ที่ความถี่สูงสุดได้ 2.048 Mb/s และเลือกเอาทพุตที่เป็นจี 703 ในการส่ง สัญญาณ

2. อัตราความเร็วสูงสุดในการส่งข้อมูล 2.048 Mb/s + 3 ppm ผลที่ได้จากการทดสอบนั้นเป็นไป ตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติตามที่กำหนดไว้ เพราะผู้วิจัยได้เลือกใช้ไอซี SN 74 LS253 เป็นไอซีที่ทำการมัลติเพ็กซ์ที่ความถี่สูงสุดได้ 2.048 Mb/s และเลือกเอาทพุทที่เป็นจี 703 ในการส่งสัญญาณ

3. รหัสของการส่งสัญญาณของสาย เอชดีบี-3 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติตามที่กำหนดไว้ เพราะผู้วิจัยได้เลือกใช้ไอซี SN74LS253 เป็นไอซีที่ทำการมัลติเพ็กซ์ ที่ความถี่สูงสุดได้ 2.048 Mb/s และเลือกเอาทพุทที่เป็นจี 703 ในการส่งสัญญาณซึ่งสัญญาณที่ออกจากไอซี SN 74 LS253 เป็นสัญญาณ เอชดีบี-3 อยู่แล้ว

4. ค่าความต้านทานในสาย 75 โอห์ม ร้อยละ 5,120 โอห์ม ร้อยละ 5 ผลที่ได้รับจากการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติตามที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้สาย 2C3V โคแอ๊คเชียน ซึ่งเป็นสายที่ได้มาตรฐานในสาย 75 โอห์ม ร้อยละ 5,120 โอห์ม ร้อยละ 5 อยู่แล้ว

5. ค่าแรงดันสูงสุดในขณะทำงานปกติ 2.14 - 2.60 โวลต์ ผลที่ได้จากการทดสอบวัดค่าแรงดันสูงสุดได้ 3.26 โวลต์ โดยใช้เครื่องออสซิโลสโคป ในการวัดแรงดัน จะเห็นได้ว่าค่าแรงดันนั้นสูงกว่าค่าที่ กำหนดแต่การทำงานเครื่องนั้นยังเป็นปกติ แต่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติตามที่กำหนดไว้ การที่วัดแรงดันได้สูงกว่าค่าที่กำหนดนั้นเพราะว่าผู้วิจัยได้เลือกไอซีตระกูล SN 74 LS ที่เป็นไอซีที่ต้องการแรงดันสูงโดยค่าแรงสูงสุดที่รับได้ 5.25 โวลต์ และแรงดันต่ำสุดรับได้ 4.75 โวลต์ และแรงดันปกติ 5 โวลต์

6. ค่าแรงดันสูงสุดในขณะที่ไม่มีการทำงาน 0.0206 โวลต์ ผลที่ได้รับจากการทดสอบเป็นไปตาม มาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติตามที่กำหนดไว้ เพราะแรงดันที่ยังคงสภาวะอยู่ที่ตัวอุปกรณ์หลังการใช้งาน

7. ความกว้างของพัลซ์ปกติ 252.2 เอ็มเอส ผลที่ได้รับจากการทดสอบ เป็นไปตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติตามที่กำหนดไว้ เพราะความกว้างของพัลซ์ที่ความถี่ 2.048 Mb/s อยู่ใน ช่วงที่กำหนดของไอซี SN74LS253 มัลติเพ็กซ์อยู่แล้ว

8. อัตราส่วนของแรงดันสูงสุดและต่ำสุด 1 โวลต์ ผลที่ได้รับจากการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติตามที่กำหนดไว้ โดยใช้เครื่องออสซิโลสโคปในการวัดแรงดัน จะเห็นได้ว่าค่าแรงดันของพัลซ์สูงสุดลบด้วยค่าแรงดันของพัลซ์ต่ำสุด

9. อัตราส่วนของแรงดันสูงสุดและต่ำสุด 1024 kHz 5dB ผลที่ได้รับจากการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติตามที่กำหนดไว้ โดยใช้เครื่องเจนเรเตอร์ในการวัดแรงดัน ที่สูงสุดลบด้วยค่าแรงดันต่ำสุด

10. การสูญเสียป้อนกลับที่ความถี่ 1024 kHz > 18 dB ผลที่ได้จากการทดสอบ 21.374 dB โดยใช้เครื่องส่ง - รับสัญญาณ (HP 37730A และ HP37732A) วัดค่าได้ 89 โอห์ม แล้วใช้สูตร 20 log {{Rm+Rs}/{Rm-RS}}, Rs = ค่าความต้านทานมาตรฐาน, Rm = ค่าความต้านทานที่วัดได้ในการหาค่าการสูญเสียป้อนกลับนั้นจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้สูงกว่าที่กำหนด ผู้วิจัยได้เลือกใช้สาย 2C3V โค-แอ็คเชียน ซึ่งเป็นสาย ที่ได้มาตรฐานในสาย 75 โอห์ม ร้อยละ 5,120 โอห์ม ร้อยละ 5 อยู่แล้ว ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของ ระบบสหภาพคมนาคมนานาชาติตามที่กำหนดไว้

11. จำนวนของการลูปใช้สายเคเบิล 4 เส้น ผลที่ได้จากการทดสอบโดยใช้สายเคเบิล 4 เส้น เป็นไปตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติตามที่กำหนดไว้ เพราะสภาวะของการส่งสัญญาณ ใช้ 2 เส้น และสภาวะรับสัญญาณใช้ 2 เส้น

12. ค่าเฉลี่ยกำลังขาออก 13 - 14 dBm ผลที่ได้รับจากการทดสอบเป็น 15.5 dBm โดยใช้เครื่องเจนเรเตอร์ในการวัดแรงดัน จะเห็นได้ว่าค่าแรงดันที่วัดได้นั้นสูงกว่าค่าที่กำหนด แต่การทำงานของเครื่อง ยังคงทำงานเป็นปกติ ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานของระบบ สหภาพโทรคมนาคมนานาชาติตามที่กำหนดไว้ เพราะขนาดของเคเบิลที่ใช้ในการทำการทดสอบมีขนาด 0.5 มิลลิเมตร และมีความยาวเป็นช่วงๆ ช่วงละ 500 เมตร จึงทำให้เกิดรอยต่อเป็นจุดๆ และมีความต่างศักย์เกิดขึ้น ทำให้ค่าเฉลี่ยที่วัดได้นั้นสูงกว่าที่กำหนด

13. ค่าสูญเสียของการลูป 38 dB@ 150 KHz ผลที่ได้รับจากการทดสอบ 19 dB@ 50 KHz โดยใช้เครื่องเจนเนอร์เรเตอร์ในการวัด ซึ่งอยู่ในช่วงที่ทำงานได้เป็นปกติโดยมีการทดสอบเป็นช่วงๆ ของเคเบิล ที่มีอยู่ จะเห็นได้ว่าค่าที่วัดได้ต่ำกว่าที่กำหนด ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติตามที่กำหนดไว้ เพราะขนาดของเคเบิลที่ใช้ทำการทดสอบมีขนาด 0.5 มิลลิเมตร และมีความ ยาวเป็นช่วงๆ ช่วงละ 500 เมตร จึงทำให้เกิดรอยต่อเป็นจุดๆ และมีความต่างศักย์เกิดขึ้น ทำให้เครื่องไม่ สามารถยอมรับได้

14. ค่าความต้านทานต่อไฟฟ้ากระแสตรงของการลูป 135 โอห์ม ผลที่ได้รับจากการทดสอบเป็น 150 โอห์ม โดยใช้เครื่องมัลติมิเตอร์ในการวัดค่าความต้านทาน จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานนั้นสูงกว่าค่า ที่กำหนดโดยที่เครื่องทำงานได้เป็นปกติ ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานของระบบสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติ ตามที่กำหนดไว้ เพราะว่ามีรอยต่อเป็นจุด ๆ และมีความต่างศักย์เกิดขึ้นจึงทำให้มีความต้านทานสูงขึ้นตามไปด้วย

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การศึกษาค้นคว้านี้สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนะเพื่อให้เกิดแนวคิดใหม่ๆ ในการศึกษาค้นคว้า ในอนาคต ดังนี้

1. การออกแบบชุดมัลติเพ็กซ์ที่ต้องการค่าแรงดันสูงในขณะทำงานปกติ นั้นให้ออกแบบวงจรมาลดทอนแรงดันเพื่อเกิดแรงดันตามที่ต้องการ

2. การออบแบบชุดมัลติเพ็กซ์ที่ต้องการค่าเฉลี่ยกำลังขาออกอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานนั้น ทำให้การออกแบบวงจรลดทอนค่าเฉลี่ย หรือให้ใช้สายเคเบิลที่เป็นขนาดเดียวกันตลอดความยาว (4 กิโลเมตร) และไม่มีรอยต่อเป็นจุดๆ

3. แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าทั้ง 2 ชุด ควรออกแบบให้อยู่ในแผ่นวงจรเดียวกันเพื่อความสะดวกในการเชื่อมโยงและนำไปใช้งาน

4. ลายวงจรพิมพ์ควรออกแบบลงบนแผ่นปริ้นเดียวกัน เพื่อสะดวกในการเดินสายไฟและสายเชื่อมโยงในการติดตั้งและบรรจุลงกล่อง

5. หม้อแปลงไฟฟ้าควรเลือกใช้ที่มีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา

6. การเลือกใช้เครื่องมือที่นำมาทำการทดลองนั้น ควรศึกษารายละเอียดให้ถูกต้องเพราะเครื่องมือแต่ละอย่างมีราคาแพง

7. การเลือกใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบนั้นควรเลือกอุปกรณ์ที่มีค่าความผิดพลาดน้อย ๆ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

1. ควรเลือกทำการออกแบบโดยใช้ไอซีตัวเดียว ในชุดของมัลติเพ็กซ์และดีมัลติเพ็กซ์ในการควบคุมสัญญาณ เพื่อคุณภาพของเครื่องมัลติเพ็กซ์ที่ดี

2. ควรเลือกทำการออกแบบโดยใช้ซอฟแวร์ในการออกแบบและสร้างเครื่องมัลติเพ็กซ์ในระบบสื่อสัญญาณของโทรศัพท์ขนาด 32 ช่องสัญญาณ