สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยและการพัฒนาฉบับสมบูรณ์

เครื่องต่อเชื่อมสายใยแสงสำหรับการสื่อสารข้อมูล
(Optical Fiber Line Interface Circuits for Data Communication)

อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชย

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ปีงบประมาณ 2538

RCH
TK
5103.59
อ72ส5

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 32253
วัน, เดือน, ปี 11 ส.ค. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องต่อเชื่อมสายใยแสงสำหรับการสื่อสารข้อมูล

Optical Fiber Line Interface Circuits for Data Communication

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนองานวิจัยและเครื่องเชื่อมต่อสายใยแสงสำหรับการสื่อสารข้อมูลที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อให้ได้เครื่องต้นแบบต่อเชื่อมสายใยแสงสำหรับการสื่อสารข้อมูลบนโครงข่ายคอมพิวเตอร์ อันประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ คือ ภาค MOD ภาค DEMOD ภาคแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็น สัญญาณแสง และ ภาคแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า เครื่องเชื่อมต่อดังกล่าวทำให้เพิ่มปริมาณการสื่อสารข้อมูลในขณะที่ต้นทุนต่ำและความเที่ยงตรงสูง

Abstract

This paper describes the research and development of optical fiber line interface circuits for data communication on computer network at Faculty of Engineer, King Mongkut's Institute of Technology, Ladkrabang. The aim -of this project is to construct such prototype, that consists of MOD/DEMOD, eletrical signal to optical signal convertion and optical signal to electrical signal convertion parts, which can transport much more data information streams on computer network, with low cost and with high reliability.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีและโครงสร้างของอุปกรณ์ต่อเชื่อมสายใยแสงและอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายท้องถิ่น	2
	2.1 โครงสร้างของอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายท้องถิ่น	2
	2.1.1 ส่วนไมโครโปรเซสเซอร์	2
	2.1.2 ส่วนจัดการ LAN	2
	2.1.3 ส่วนเข้ารหัส-ถอดรหัส MANCHESTER	2
	2.1.4 ส่วนของการส่งและส่วนควบคุมการส่ง	2
	2.1.5 ส่วนของการรับและส่วนควบคุมการรับ	3
	2.1.6 ส่วนตรวจเช็ค Carrier	3
	2.2 โครงสร้างของเครื่องเชื่อมต่อสายใยแสง	3
	2.2.1 ส่วนเชื่อมต่อกับ LAN Card	4
	2.2.2 ส่วนการปรับปรุงสัญญาณ	4
	2.2.3 ส่วนแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง	4
	2.2.4 ส่วนแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า	4
บทที่ 3	การออกแบบอุปกรณ์และการทดลอง	5
	3.1 ส่วนต่อเชื่อมกับ LAN Card	5
	3.2 ส่วนปรับปรุงสัญญาณ	8
	3.2.1 ส่วนของวงจรเข้ารหัส	8
	3.2.2 ส่วนของวงจรถอดรหัส	9
	3.3 ส่วนแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง	9
	3.4 ส่วนแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า	11
	3.5 การทดลองและผลการทดลอง	11
บทที่ 4	บทวิจารณ์	16
	4.1 ปัญหาและอุปสรรค	16
	4.2 ผลที่ได้รับจากโครงการนี้	16
	4.3 บทสรุป	16
	4.4 รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่จากโครงการนี้	16
เอกสารอ้างอิง		17
ภาคผนวก		
บทความที่ได้รับการเผยแพร่จากโครงการนี้		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันระบบโครงข่ายคอมพิวเตอร์แบบท้องถิ่น (Local Area Networks) กำลังเข้ามามีบทบาทอย่างมากในวงการธุรกิจ และการศึกษา แต่ข้อจำกัดของระบบ LAN ที่ใช้กันในปัจจุบัน (802.3, 10 base T) ก็คือ เมื่อมีการวางสายนำสัญญาณไปในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนสูงๆ จะทำให้ประสิทธิ์ภาพของการส่งและรับข้อมูลลดลง แม้ว่าจะมีมาตรฐานที่เข้ามารองรับคือ 802.3, 1 0 base F แต่อุปกรณ์ที่ใช้จะมีราคาแพงและหาได้ยากในเมืองไทย ดังนั้น เครื่องต่อเชื่อมสายใยแสงสำหรับการสื่อสารข้อมูล จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อต่อเชื่อม LAN card ที่ใช้กันโดยทั่วไปกับสายใยแสง โดยจะมีข้อดีดังต่อไปนี้

1. ลดสัญญาณรบกวนที่อาจจะเข้ามาจากสภาวะแวดล้อมต่างๆ
2. เพิ่มระยะทางในการเดินสายนำสัญญาณ

โดยเครื่องต่อเชื่อมสายใยแสงนี้จะประกอบไปด้วย ภาค Encode, ภาค Decode, ภาคแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง และภาคแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

ในงานวิจัยนี้ได้จัดเนื้อหาแยกออกเป็นส่วนๆโดย ส่วนแรกจะกล่าวถึงโครงสร้างและทฤษฎีของโครงข่าย LAN และอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อกับสายใยแสง ส่วนที่ 2 จะกล่าวถึงหลักการทำงานและการออกแบบอุปกรณ์ดังกล่าว ส่วนที่ 3 ได้กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง และในส่วนสุดท้ายเป็นการสรุปผลการทดลองและแนวทางที่จะพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและโครงสร้างของอุปกรณ์ต่อเชื่อมสายใยแสง และอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายท้องถิ่น

2.1 โครงสร้างของอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายท้องถิ่น

อุปกรณ์เชื่อมต่อโครงข่ายท้องถิ่น (LAN Card) ที่ใช้ในการวิจัยนี้อิงตามมาตรฐานของ IEEE 802.3, 10 base T โดยจะประกอบด้วยส่วนหลัก 6 ส่วน ดังนี้

2.1.1 ส่วนไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor)

ส่วนนี้จะใช้ประโยชน์เหมือนกับการอินเตอร์เฟสระหว่างคอมพิวเตอร์ และ LAN Card เพื่อให้ LAN Card ปฏิบัติการรับเฟรมข้อมูลจากเครือข่าย โดยไมโครโปรเซสเซอร์ จะเตรียมหน่วยความจำใน RAM สำหรับเฟรมข้อมูลที่คาดว่าจะเข้ามา และคำสั่งในการเริ่มรับเฟรมข้อมูลของส่วนจัดการ LAN การรับเฟรมข้อมูลเป็นปฏิบัติการโดยส่วนจัดการ LAN ไมโครโปรเซสเซอร์ จะทำการอินเตอร์รัพท์คอมพิวเตอร์ และส่งผลให้เกิดการรับเฟรมข้อมูล

เมื่อคอมพิวเตอร์มีข้อมูลที่จะส่ง มันจะทำการอินเตอร์รัพท์ไมโครโปรเซสเซอร์ทำการเก็บข้อมูลใน RAM ของส่วนไมโครโปรเซสเซอร์ และสั่งให้คอมพิวเตอร์ส่งข้อมูล ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำการจัดข้อมูลในรูปแบบที่ส่วนจัดการ LAN ยอมให้เกิดขึ้น และสั่งส่วนจัดการ LAN ให้ทำการส่งข้อมูล

2.1.2 ส่วนจัดการ LAN (LAN Controller)

ส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญสุดของโหนด มันจะตอบสนองการทำงานและการจัดการทุกปฏิบัติการ และการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลให้เป็นไปตามมาตรฐาน ดังเช่น การคำนวนหาค่า CRC, เก็บค่าแอดเดรส, สร้างเฟรมข้อมูล เป็นต้น

2.1.3 ส่วนเข้ารหัส-ถอดรหัส Manchester (Manchester Decoder / Encoder)

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ใช้ในการเข้ารหัสจาก NRZ เป็น Manchester และ ถอดรหัสจาก Manchester เป็น NRZ

2.1.4 ส่วนของการส่งและส่วนควบคุมการส่ง (Transmiter and Transmit Control)

ทั้งสองส่วนนี้จะรับผิดชอบในการส่งเฟรมข้อมูล โดยจะรับสัญญาณจากส่วนของการเข้ารหัส และทำการส่งข้อมูลที่ได้รับมา โดยส่วนควบคุมการส่งสัญญาณร่วมกับการดูสัญญาณ TxD ด้วย โดยที่ส่วนควบคุมการส่งและจะทำการตัดสินการส่งร่วมกับส่วนจัดการ LAN

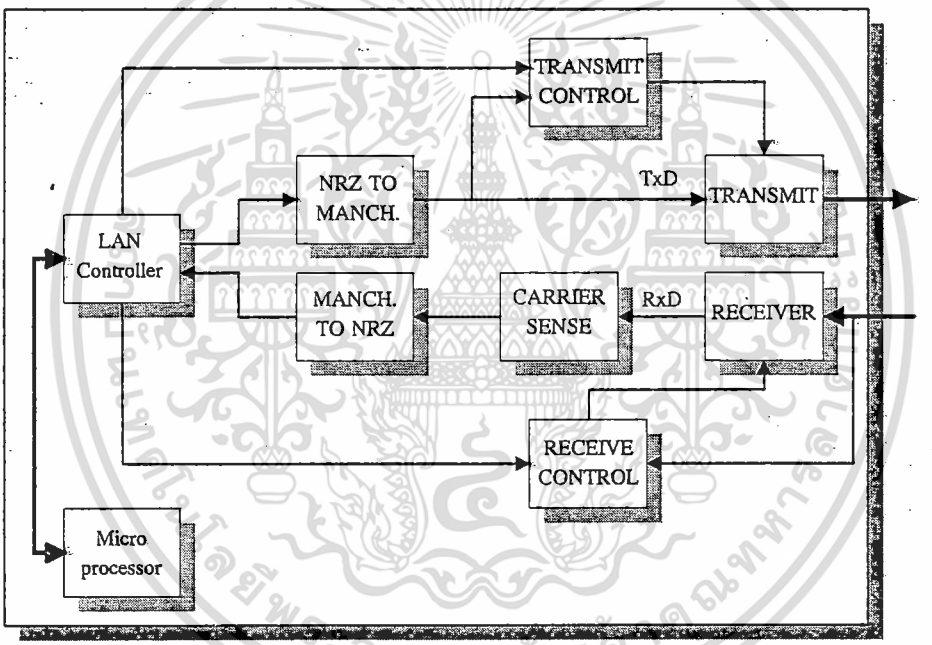
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ส่วนของการรับและส่วนควบคุมการรับ (Receiver and Receive Control)

ทั้งสองส่วนนี้จะรับผิดชอบในการรับเฟรมข้อมูลในรูปของสัญญาณ Manchester จากเครือข่าย และส่งผ่านข้อมูลทาง RxD ไปยังส่วนถัดไปเพื่อตรวจสอบดูว่าสามารถรับได้หรือไม่ โดยส่วนควบคุมการรับและจะทำการตัดสินการรับข้อมูลร่วมกับส่วนจัดการ LAN

2.1.6 ส่วนตรวจเช็ค Carrier (Carrier Sense section)

ส่วนนี้จะรับผิดชอบการทำงานเพื่อกำหนดสถานะของเครือข่าย ส่วนนี้จะทำให้กำเนิดสัญญาณควบคุม ซึ่งเป็นข่าวสารเกี่ยวกับความปกติ หรือความผิดปกติของ Carrier บนสายส่งเคเบิ้ลในเครือข่าย การสร้างสัญญาณในส่วนนี้จะดูสัญญาณ RxD ประกอบด้วย ส่วนประกอบทั้ง 6 ส่วนนี้สามารถที่จะแสดงการทำงานร่วมกันได้จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของอุปกรณ์เชื่อมต่อโครงข่ายท้องถิ่น

สำหรับงานวิจัยนี้จะเป็นการสร้างอุปกรณ์ที่จะต่อเชื่อมเข้ากับทางส่วนของการส่ง และส่วนของการรับ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการปรับปรุงสัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับเข้ามา และแปลงเป็นสัญญาณแสง หรือในทางกลับกันก็สามารถที่จะทำงานในกรณีย้อนกลับได้ด้วย

2.2 โครงสร้างของเครื่องเชื่อมต่อสายใยแสง

เครื่องเชื่อมต่อสายใยแสงดังกล่าวจะทำหน้าที่ในการต่อเชื่อมกับอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายท้องถิ่น โดยจะไม่ทำการแก้ไขวงจรของอุปกรณ์ดังกล่าวโดยมีส่วนประกอบหลักๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ส่วนเชื่อมต่อกับ LAN Card (LAN Card Interface Unit)

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับและส่งเฟรมข้อมูลกับ LAN Card โดยจะมีการทำงานและเป็นมาตรฐานเดียวกันกับส่วนการส่งและการรับในหัวข้อ 8.2.4 และ 8.2.5

2.2.2 ส่วนการปรับปรุงสัญญาณ (Encode / Decode Unit)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการปรับปรุงสัญญาณ Manchester ที่เข้ามาจากส่วนเชื่อมต่อกับ LAN Card ให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมกับสัญญาณแสง และแปลงสัญญาณที่ได้รับจากส่วนแปลงสัญญาณแสงเป็นไฟฟ้ามาแปลงให้เป็นสัญญาณ Manchester แล้วจึงส่งไปให้ส่วนเชื่อมต่อกับ LAN Card ต่อไป

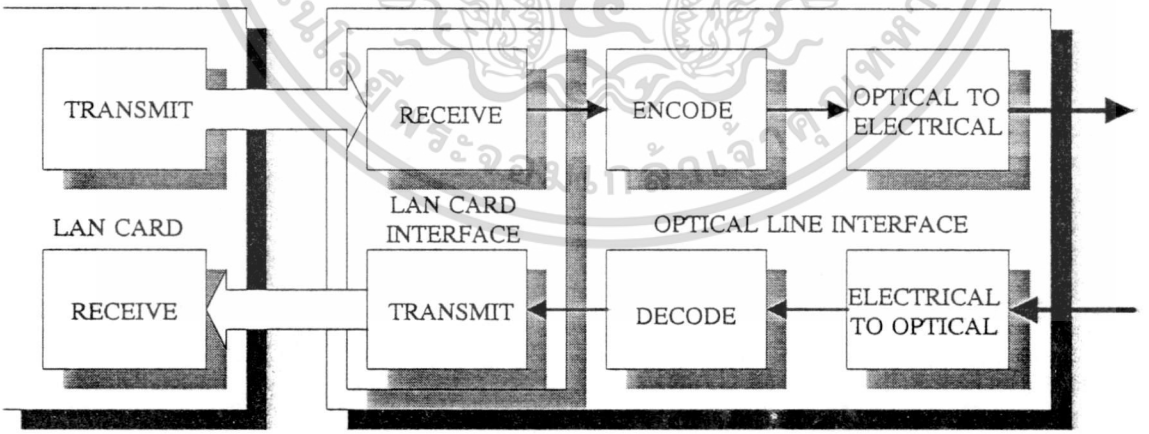
2.2.3 ส่วนแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง (Electrical to Optical Convertor Unit)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณจากไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง และเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ดังกล่าวกับสายใยแสงซึ่งในงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นที่จะใช้สายใยแสงแบบ Multimode เนื่องจากสายใยแสงแบบ Multimode จะมีราคาต่างจากสายแบบ Singlemode มาก

2.2.4 ส่วนแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Optical to Electrical Convertor Unit)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณจากแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ดังกล่าวกับสายใยแสง ซึ่งจะเหมือนกับหัวข้อ 2.2.3 แต่เป็นการทำงานแบบย้อนกลับ

โดยการทำงานร่วมกันระหว่างส่วนต่างๆของอุปกรณ์และการอินเตอร์เฟสกับ LAN Card สามารถที่จะแสดงได้ดังบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของเครื่องต่อเชื่อมสายใยแสง และการอินเตอร์เฟสกับ LAN Card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบอุปกรณ์และการทดลอง

ในส่วนของการออกแบบเครื่องต่อเชื่อมสายใยแสงในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆได้ 4 ส่วนดังนี้

3.1 ส่วนต่อเชื่อมกับ LAN Card (LAN Card Interface Unit)

3.2 ส่วนปรับปรุงสัญญาณ (Encoder/Decoder Unit)

3.3 ส่วนแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง (Electrical to Optical Convertor Unit)

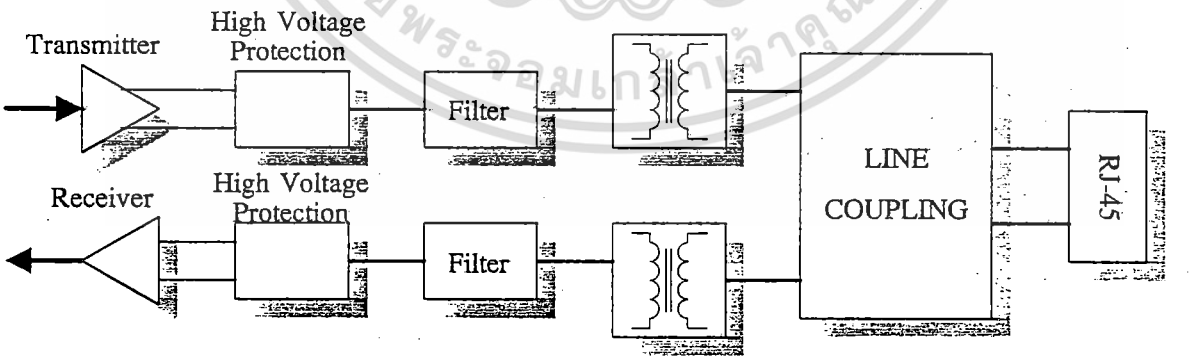
3.4 ส่วนแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Optical to Electrical Convertor Unit)

3.1 ส่วนต่อเชื่อมกับ LAN Card (LAN Card Interface Unit)

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่จะทำหน้าที่ในการส่งและรับสัญญาณไฟฟ้ากับ LAN Card โดยใช้สาย UTP (Unshield Twised Pair) ตามมาตรฐานของ IEEE 802.3, 10 BASE T เป็นสายนำสัญญาณ โดยผ่านทางวงจรต่างๆดังนี้

- Connector แบบ RJ-45 และ Line Coupling ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับสาย UTP
- หม้อแปลงไฟฟ้า ทำหน้าที่ในการแยกสัญญาณ dc ระหว่างอุปกรณ์ และ สาย UTP
- วงจรกรองความถี่ ทำหน้าที่ในการกรองความถี่สูงออกไป (ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวน) มีอยู่ด้วยกัน 2 วงจรคือ ส่วนแรกต่ออยู่กับด้านตัวส่ง และอีกส่วนหนึ่งต่ออยู่กับตัวรับ
- วงจรป้องกันโวลต์เตจสูง ทำหน้าที่ในการป้องกันอุปกรณ์จากโวลต์เตจสูงที่อาจจะเกิดบนสาย UTP
- วงจรรับสัญญาณ ทำหน้าที่ในการปรับรูปคลื่นสัญญาณที่ได้รับให้เป็นสัญญาณ TTL
- วงจรส่งสัญญาณ ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจาก TTL ให้เป็นสัญญาณที่มีความแตกต่าง

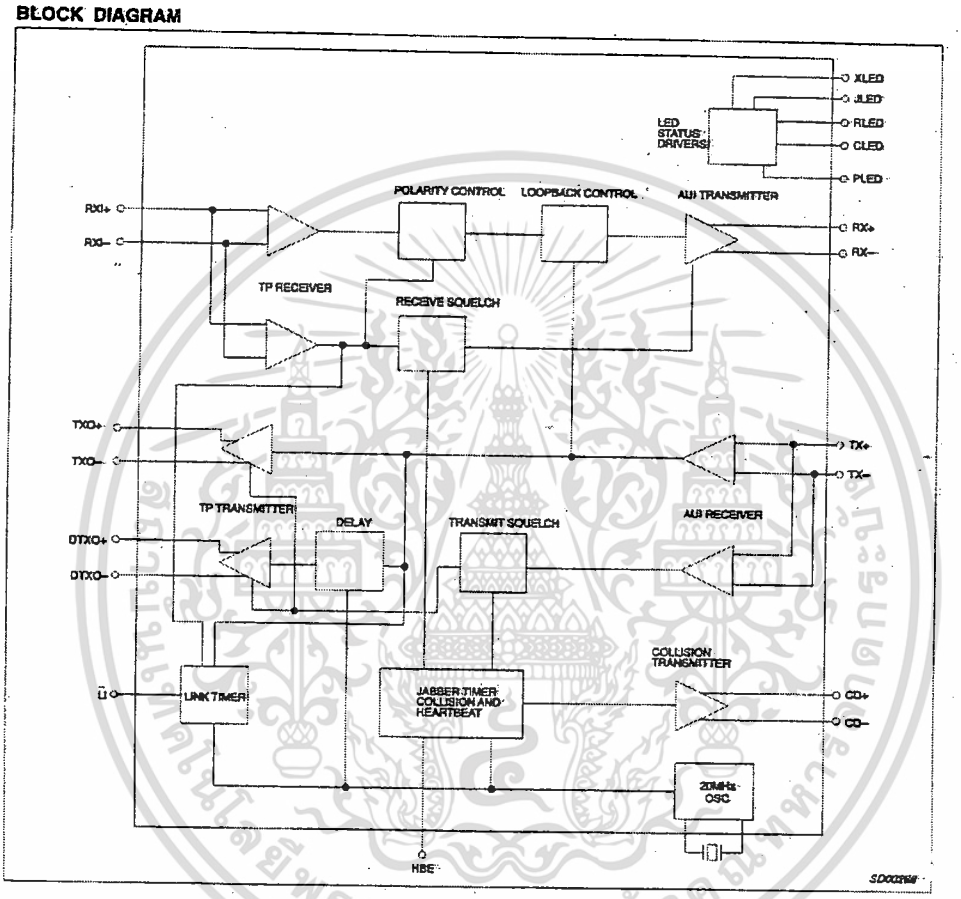
เราสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ ที่ได้กล่าวไปแล้วได้โดยบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของส่วนเชื่อมต่อกับ LAN Card

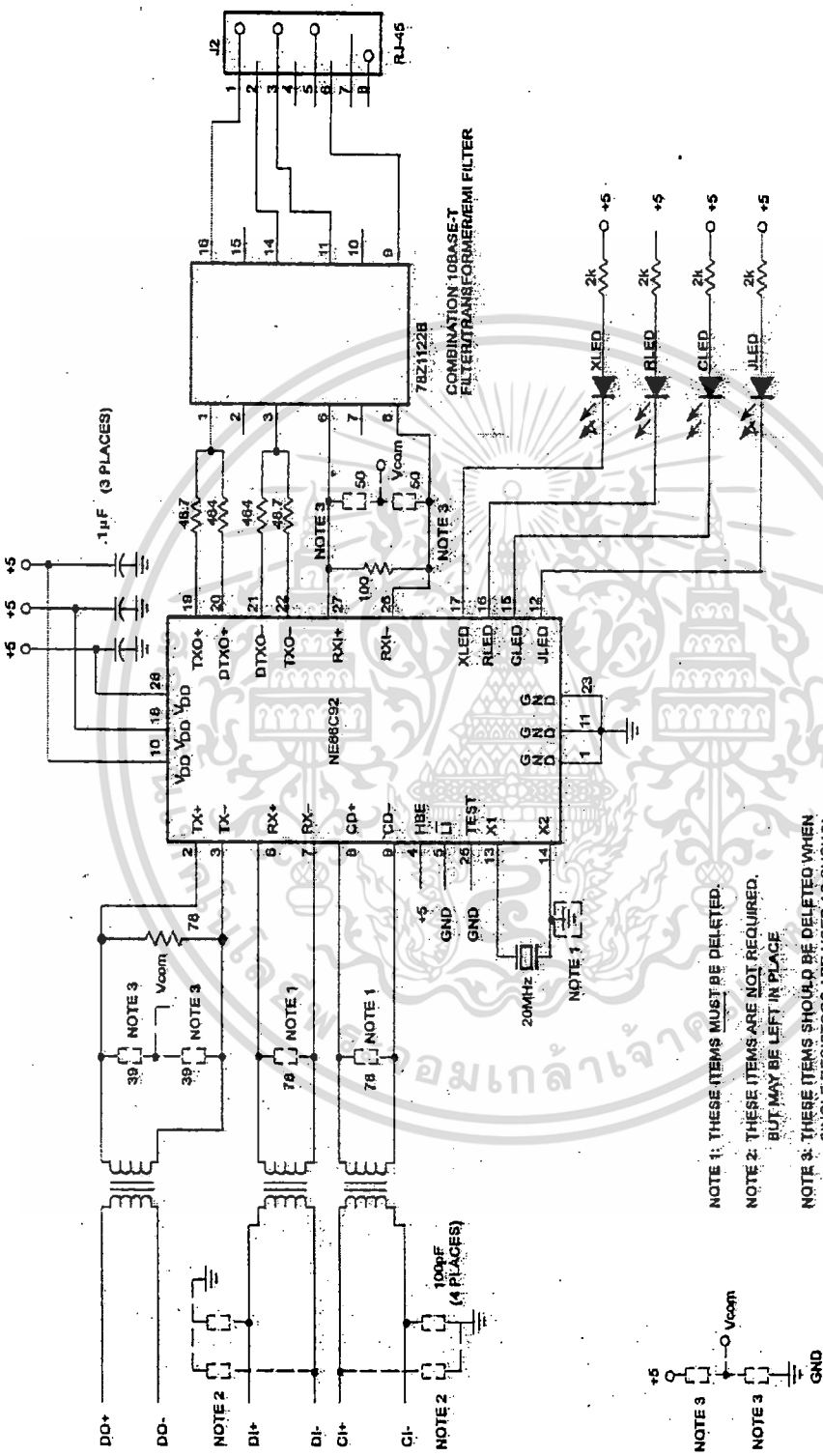
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานวิจัยนี้ IC เบอร์ NE86C92 Twisted-pait transceiver interface ของ Philips Semiconductors ได้ถูกนำมาใช้เป็นส่วนควบคุมหลักในการเชื่อมต่อกับ LAN Card โดยมีโครงสร้างซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 และ IC เบอร์ 78Z1122B Combination 10 BASE T Filter / Transformer / EMI Filter เป็น IC ที่ใช้ร่วมกับ NE86C92 โดยจะร่วมวงจรในส่วนของ Line Coupling, Transformer และFilter เข้าไว้ในตัวเดียวกัน เราสามารถที่จะแสดงวงจรทั้งหมดในส่วนต่อเชื่อมกับ LAN Card ได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 โครงสร้างภายในของ Twisted-pair transceiver interface (NE86C92)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรแสดงส่วนเชื่อมต่อกับ LAN Card ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

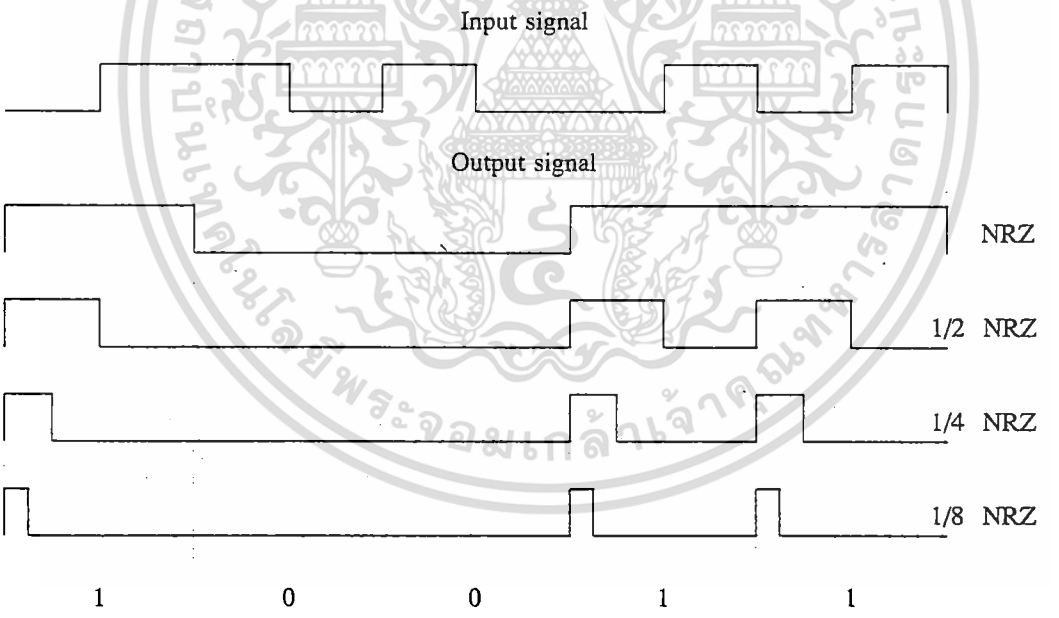
3.2 ส่วนปรับปรุงสัญญาณ (Encoder/Decoder Unit)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการปรับปรุงสัญญาณ Manchester ที่เข้ามาจากส่วนเชื่อมต่อกับ LAN Card ให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมกับสัญญาณแสง และแปลงสัญญาณที่ได้รับจากส่วนแปลงสัญญาณแสงเป็นไฟฟ้ามาแปลงให้เป็นสัญญาณ Manchester แล้วจึงส่งไปให้ส่วนเชื่อมต่อกับ LAN Card ต่อไป

โดยสามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วนคือ ส่วนแรก คือ Encoder ซึ่งถูกต่ออยู่ระหว่างวงจรรับสัญญาณของ LAN Card Interface และวงจรแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง ส่วนที่สอง คือ Decoder ซึ่งถูกต่ออยู่ระหว่างวงจรส่งสัญญาณของ LAN Card Interface และวงจรแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.2

3.2.1 ส่วนของวงจรเข้ารหัส (Encoder Unit)

ส่วนของวงจรเข้ารหัสเป็นส่วนที่มุ่งเน้นในงานวิจัยนี้โดยจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้รับจากส่วนต่อเชื่อมกับ LAN Card มาเข้ารหัสเพื่อจัดส่งให้กับส่วนแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง ในงานวิจัยได้มีการศึกษารูปแบบการเข้ารหัสรูปแบบต่างๆที่เหมาะสมกับสายใยแสงแบบ มัลติโหมด ซึ่งมีราคาถูกกว่าในแบบซิกเกิลโหมดมาก โดยรูปแบบของสัญญาณก่อนและหลังการเข้ารหัสสามารถแสดงได้ดังรูป 3.4

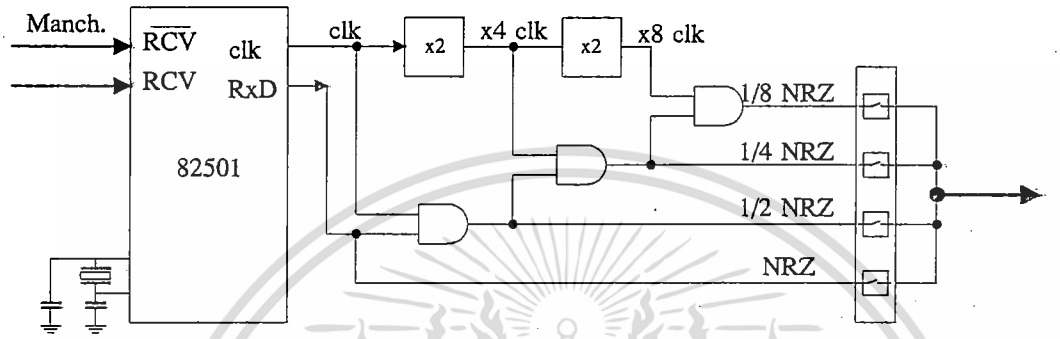


รูปที่ 3.4 สัญญาณ Input และ Output ของวงจรเข้ารหัส

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นว่าในส่วนสัญญาณ Output จะมีหลายรูปแบบซึ่งแต่ละรูปแบบจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไปซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อของการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการออกแบบสร้างวงจรเข้ารหัสเราใช้ IC เบอร์ 82501 ของ INTEL ปฏิบัติการในส่วนของการเข้า และถอดรหัส MANCHESTER ซึ่งก็คือสัญญาณอินพุทนั่นเอง เราเรียกชิพนี้ว่า Ethernet Serial Interface (ESI) โดยที่ 82501 จะทำหน้าที่ในการรับเฟรม MANCHESTER จากส่วนเชื่อมต่อกับ LAN Card แล้วแปลงกลับให้อยู่ในรูป NRZ จากนั้นจึงส่งไปยังส่วนของวงจรบีบสัญญาณต่อไปซึ่งเราสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรเข้ารหัส

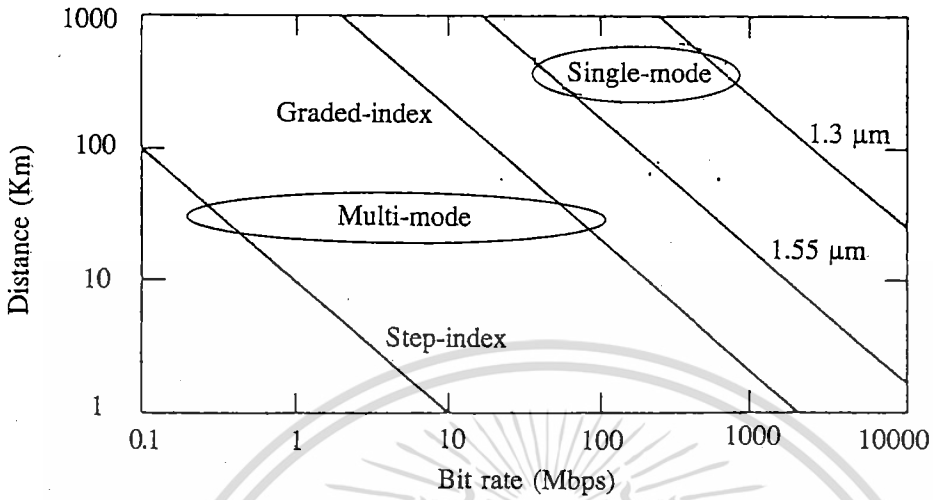
3.2.2 ส่วนของวงจรถอดรหัส (Decoder Unit)

วงจรถอดรหัสนี้จะทำหน้าที่ในการจัดรูปสัญญาณ ที่ถูกบีบมาจากทางด้านวงจรเข้ารหัสดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 3.2.1 โดยสัญญาณอินพุทของวงจรนี้ก็คือสัญญาณแบบ NRZ และจะถูกวงจรนี้แปลงให้เป็น MANCHESTER เพื่อส่งให้วงจรเชื่อมต่อกับ LAN Card ต่อไป ในส่วนของการออกแบบวงจรก็จะใช้ IC ตัวเดียวกับส่วนของวงจรเข้ารหัสในหัวข้อที่ 3.2.1

3.3 ส่วนแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง (Electrical to Optical Convertor Unit)

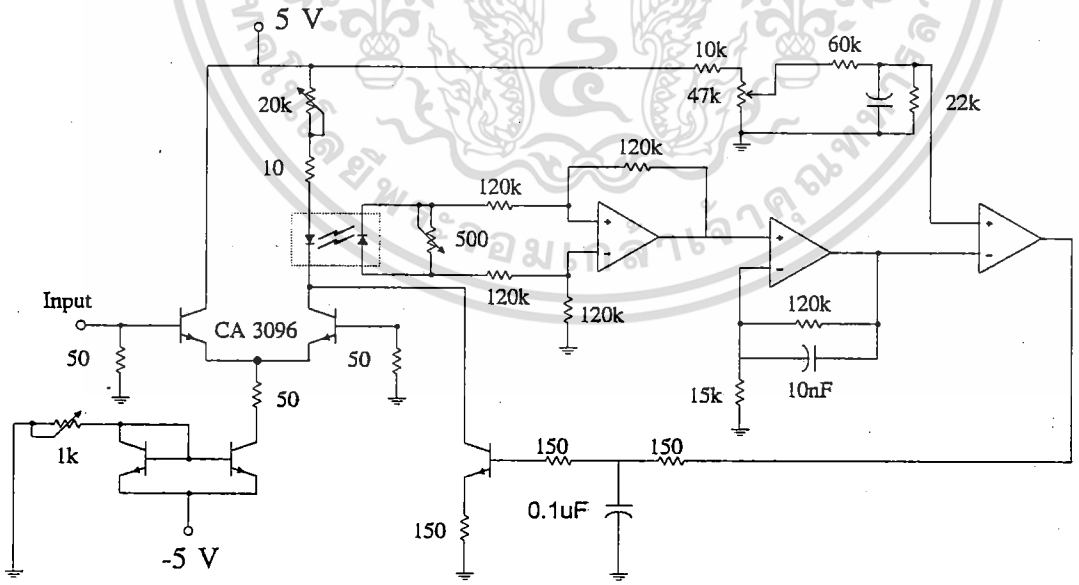
วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ถูกส่งมาจากวงจรเข้ารหัสให้เป็นสัญญาณแสงในย่านอินฟาเรดเพื่อที่จะส่งต่อไปให้กับสายใยแสงแบบมัลติโหมดต่อไป สำหรับแนวทางการออกแบบในส่วนนี้จะเลือกใช้เลเซอร์ไดโอดเบอร์ HFE4401-014 ซึ่งเป็นของบริษัท Honeywell ซึ่งเป็นเลเซอร์ที่ผลิตลำแสงความยาวคลื่นในย่าน 850 nm ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่ใช้กันอย่างกว้างขวางเนื่องจากจะมีการลดทอนของสัญญาณไม่มากเกินไปนักและราคาถูก เหตุผลที่จะต้องคำนึงถึงอีกประการหนึ่งในการออกแบบก็คือปรากฏการณ์ Dispersion ในสายมัลติโหมด ผลที่เกิดจากปรากฏการณ์นี้ก็คือจะทำให้พัลของสัญญาณที่ส่งมีขนาดกว้างขึ้นและมีความสูงลดลง ซึ่งเป็นผลให้ความถูกต้อง และความเร็วในการส่งข้อมูลลดลง โดยที่ความเร็วของการส่งข้อมูลนี้จะแปรผกผันกับความยาวของสายใยแสง เราสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความความเร็วในการส่งข้อมูลและความยาวของสายใยแสงได้ดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการส่งข้อมูลและระยะทาง

ในส่วนของการออกแบบวงจรสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกอย่างก็คือ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปจะทำให้กระแสที่ป้อนเข้าให้กับเลเซอร์ไดโอดเปลี่ยนไปด้วย ดังนั้นการออกแบบจะต้องพยายามทำให้กระแสที่ป้อนเข้าไดโอดมีค่าคงที่ตลอดเวลาโดยรูปแบบวงจรสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.7

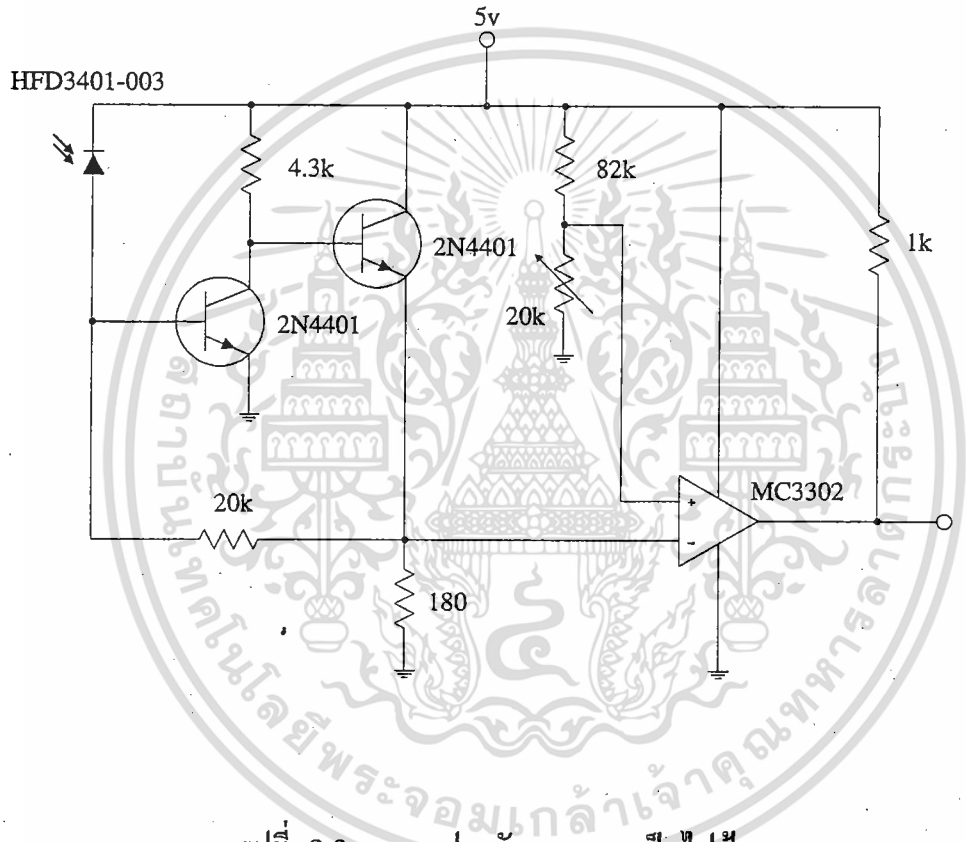


รูปที่ 3.7 วงจรแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ส่วนแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Optical to Electrical Convertor Unit)

วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณแสงให้กลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า และทำการปรับแต่งสัญญาณให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อที่จะส่งให้วงจรถอดรหัสต่อไป ในการออกแบบวงจรเราใช้อุปกรณ์รับแสงเบอร์ HFD3401-003 ซึ่งเป็นคู่กับเลเซอร์ไดโอด โดยโมดูลนี้สามารถรับสัญญาณแบบอนาลอก และตอบสนองความถี่ได้ถึง 35 MHz ดังนั้นสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จึงต้องผ่านตัวเปรียบเทียบเพื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วจึงจะส่งต่อไปให้วงจรถอดรหัสต่อไป โดยวงจรสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.8

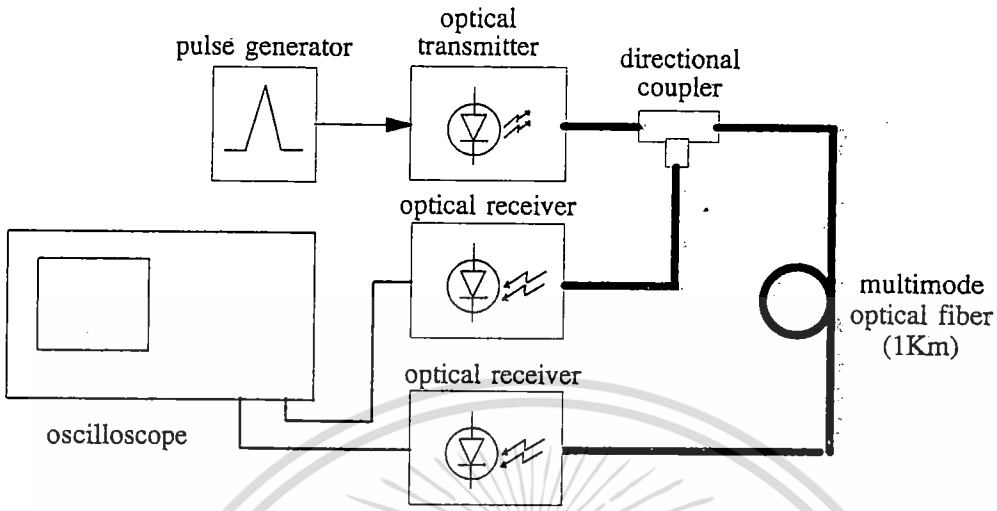


รูปที่ 3.8 วงจรแปลงสัญญาณแสงเป็นไฟฟ้า

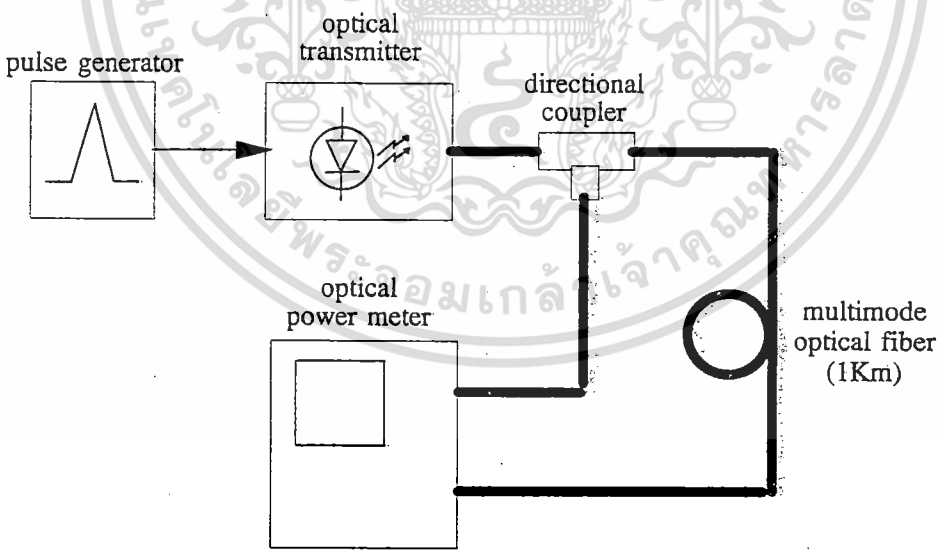
3.5 การทดลองและผลการทดลอง

สำหรับการทดลองและผลการทดลองนี้จะมุ่งเน้นถึงผลของการเข้ารหัสต่อความเร็ว และระยะทางในการส่งข้อมูล โดยที่การทดลองจะใช้วงจรที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นมาทำการทดสอบด้วย เราสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรกคือการทดลองวัดค่า delay ของสัญญาณในสายมัลติโหมดเนื่องจากปรากฏการ dispersion ในส่วนที่สองแสดงการทดลองวัดค่าการลดทอนของกำลังงานสัญญาณ โดยแสดงบล็อกไดอะแกรมในการทดลองได้ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงการทดลองวัดค่าความ delay ของสัญญาณ



รูปที่ 3.10 แสดงการทดลองวัดค่าการลดทอนของกำลังงานสัญญาณ

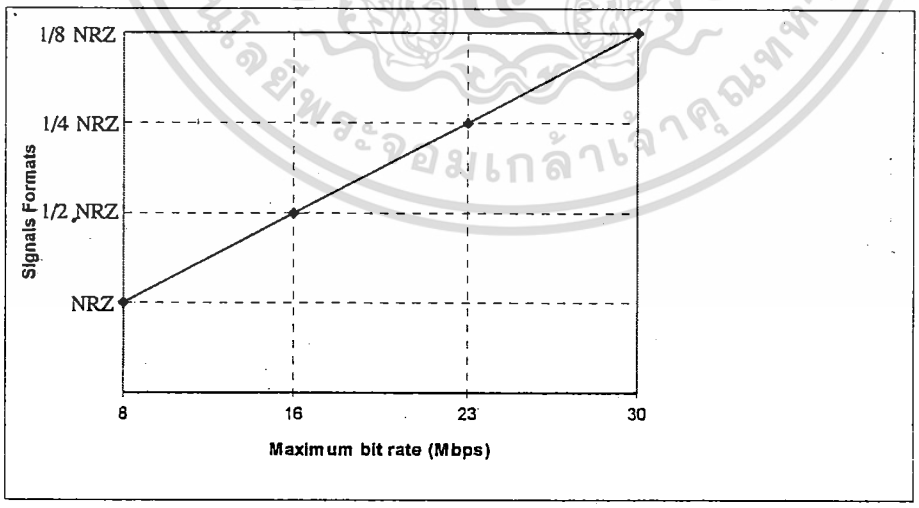
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.9 แสดงการจัดอุปกรณ์ในการทดลองการวัดหาความล่าช้าของสัญญาณ และการชดเชยโดยการใช้วิธีการเข้ารหัสต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 3.2.1 อุปกรณ์สำหรับการทดลองจะประกอบด้วย pulse generator, optiacl transmitter, optical receiver, directional coupler, optical fiber แบบ มัลติโหมด 1 Km และ oscilloscope

การทดลองเริ่มจาก pulse generator จะทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณแบบ MANCHESTER เพื่อจำลองสัญญาณที่ถูกส่งมาจาก LAN Card ที่จะส่งข้อมูลไปให้ optiacl transmitter ซึ่งก็คืออุปกรณ์ที่งานวิจัยนี้ได้จัดสร้างขึ้นมานั่นเอง หน้าที่หลักของ optical transmitter ก็คือการเข้ารหัสสัญญาณจาก pulse generator ให้เป็นสัญญาณซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.4 แล้วแปลงสัญญาณดังกล่าวเป็นสัญญาณแสงเพื่อส่งต่อให้กับ directional coupler ซึ่งจะทำการแบ่งสัญญาณที่ได้รับออกเป็น 2 ทางคือทางแรกจะถูกส่งให้กับ optical fiber ซึ่งมีความยาว 1 Km เพื่อจะทำให้เกิด dispersion effect ขึ้น ส่วนอีกทางก็จะถูกส่งให้กับ optical fiber ซึ่งมีความยาวประมาณ 1 m เพื่อนำสัญญาณที่ได้จากทั้งสองเปรียบเทียบกันโดยผ่านทาง optical receiver ทั้ง 2 (การวัดสัญญาณจะวัดที่จุดตกคร่อมทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N4401 เทียบกับกราว)

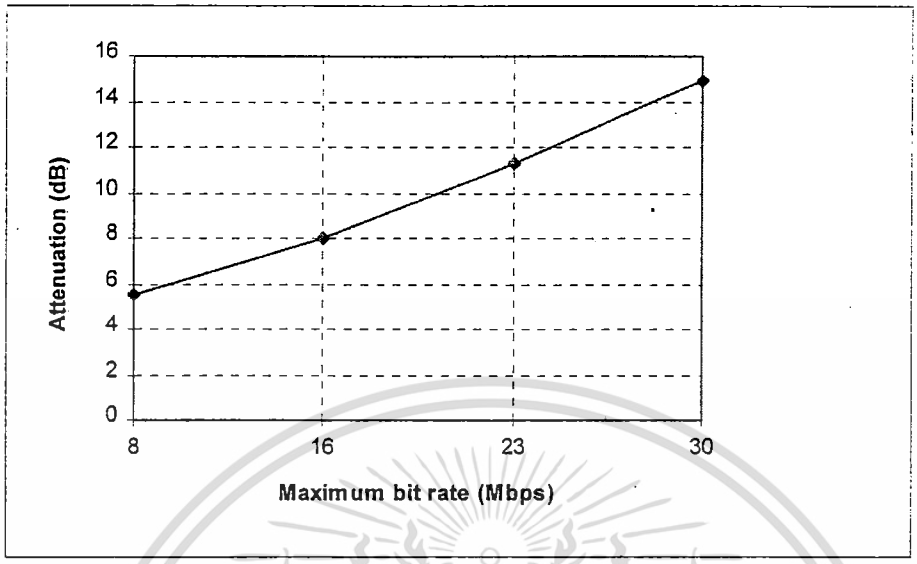
จากรูปที่ 3.10 แสดงการจัดอุปกรณ์ในการทดลองวัดหาการลดทอนของกำลังสัญญาณในสายใยแสงเมื่อมีการเข้ารหัสแบบต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.4 จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ทำการทดลองจะคล้ายคลึงกันเพียงแต่การทดลองนี้จะไม่มี optical receiver และ oscilloscope แต่จะเพิ่ม optical power meter เพื่อทำหน้าที่วัดกำลังของสัญญาณเมื่อมีการเข้ารหัสต่างๆกัน

จากทั้งสองการทดลองดังกล่าวเราได้นำผลการทดลองมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณที่มีการเข้ารหัสต่างๆกันที่ช่วยในการเพิ่มความเร็วและระยะทางในการส่งข้อมูล กับอัตราการลดทอนของสัญญาณ ผลที่ได้จากการทดลองเราสามารถแสดงได้ตั้งแต่รูปที่ 3.11 - 3.13

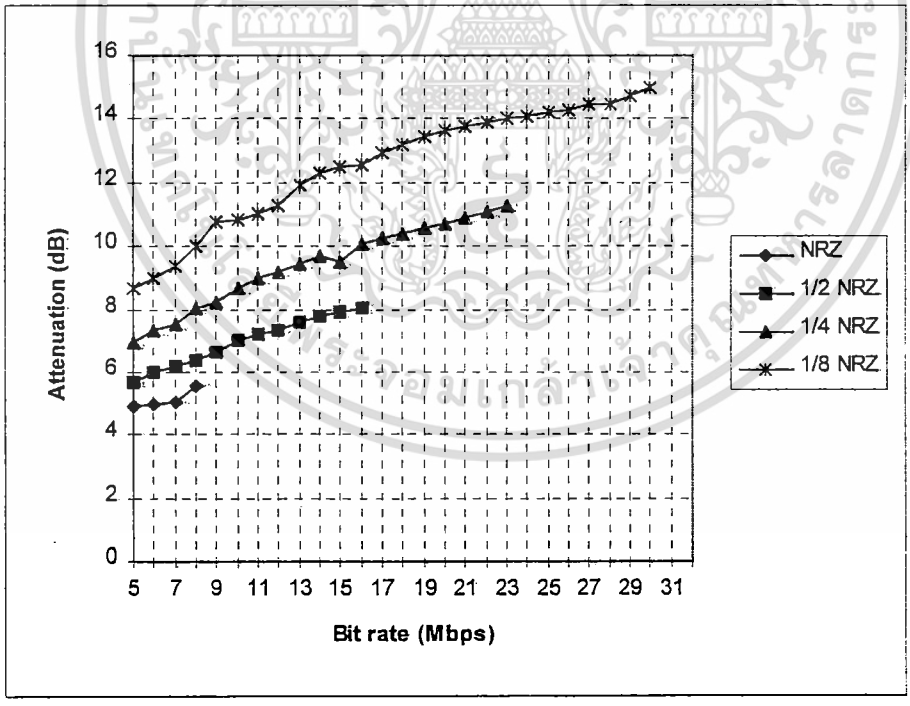


รูปที่ 3.11 ความเร็วสูงสุดของแต่ละแบบการเข้ารหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 กราฟแสดงความเร็วสูงสุดเทียบกับการลดทอนของสัญญาณ



รูปที่ 3.13 กราฟเปรียบเทียบระหว่างความเร็วในการส่งข้อมูลกับการลดทอนของแต่ละแบบรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.11 ถึง 3.13 เราสามารถสรุปได้ว่าเมื่อมีการเข้ารหัสโดยการบีบความกว้างของพัลลงก็จะทำให้เราสามารถที่จะส่งข้อมูลที่มีความเร็วได้สูงขึ้นแต่สิ่งที่จะต้องสูญเสียไปก็คือกำลังของสัญญาณจะลดลงดังผลที่แสดงไว้ดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
บทวิจารณ์

4.1 ปัญหาและอุปสรรค

สำหรับการออกแบบสร้างเครื่องต่อเชื่อมสายใยแสงตามโครงการนั้น ได้ประสบปัญหาในเรื่องอุปกรณ์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับส่วนของ optical นั้นหาได้ยากในเมืองไทย หรือหาได้ก็จะได้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมกับการใช้งานในเชิงการสื่อสารข้อมูล ดังนั้นอุปกรณ์ส่วนใหญ่จึงจำเป็นจะต้องสั่งเข้าจากต่างประเทศเป็นเหตุให้เสียเวลาในการติดต่อสั่งซื้อเป็นเวลานาน ราคาของอุปกรณ์ก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งในการวิจัยโครงการนี้ เนื่องจากเราจำเป็นต้องสูญเสียเงินไปในส่วนของการขนส่งเพิ่มขึ้นจากราคาอุปกรณ์ซึ่งก็มีราคาซึ่งสูงอยู่แล้ว

4.2 ผลที่ได้รับจากโครงการนี้

สำหรับผลที่ได้รับจากโครงการนี้ คือ เราสามารถที่จะนำอุปกรณ์ต้นแบบที่ได้ไปใช้ในการเชื่อมต่อเข้ากับ LAN Card เพื่อใช้ในกรณีที่จำเป็นจะต้องมีการวางสายในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนอยู่มาก ดังเช่นในบางบริเวณของโรงงานอุตสาหกรรม โดยไม่จำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนระบบโครงข่ายใหม่ทั้งหมด ซึ่งอุปกรณ์ของโครงข่ายซึ่งใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบสายใยแสงมีราคาแพงมากและหาได้ยากในเมืองไทย

ประสบการณ์ที่คณะทำวิจัยได้รับจากโครงการนี้สามารถนำไปใช้ได้กับการวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อกับ LAN card หรือการเชื่อมต่อกับสายใยแสง ได้ต่อไปในอนาคต

4.3 บทสรุป

เครื่องต่อเชื่อมสายใยแสงซึ่งได้ถูกออกแบบขึ้นจากโครงการวิจัยนี้สามารถที่จะนำไปใช้ได้จริงแล้ว พบว่าผลที่ได้จากการทดสอบก็ได้ผลเป็นที่น่าพอใจแต่อาจมีปัญหาอยู่บ้างในด้านความไม่แน่นอนของระบบ ทั้งนี้สาเหตุน่าจะเกิดขึ้นจากคุณภาพของอุปกรณ์ และผลของการนำสัญญาณไปเข้ารหัส ซึ่งแม้ว่าเราจะสามารถเพิ่มความเร็วในการส่งได้ก็จริงในด้านการทดลองแต่สำหรับความเป็นจริงความเร็วของระบบก็จะยังคงขึ้นอยู่กับความเร็วในการส่งข้อมูลของ LAN Card อยู่นั่นเอง ดังนั้นผลที่น่าจะเห็นได้ชัดก็จะอยู่ที่ว่าเราสามารถที่จะส่งข้อมูลได้ไกลขึ้นกว่าเดิม และสามารถป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดีขึ้น

ผลที่เกิดขึ้นอีกประการก็คือเมื่อเราเปลี่ยนการเข้ารหัสสัญญาณของระบบ LAN เดิมซึ่งใช้ MANCHESTER มาเป็นสัญญาณแบบ NRZ ซึ่งมีการบิบพัลจะทำให้การซิงโครไนซ์ของระบบสูญเสียไป

4.4 รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่จากโครงการนี้

The Dispersion Effects on Optical Fiber, Proceeding of REGINONAL SYMPOSIUM ON TELECOMMUNICATIONS ELECTRONICS CIRCUITS AND SYSTEMS, FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG BANGKOK, THAILAND, 6-8 JULY 1996 pages T-50 to T-55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

[1] Engineering of staff of Codenoll Technology Corporation "The Fiber Optic LAN Handbook" Codenoll technology corporation third edition for 1991.

[2] Gorind P. Agrawal "Fiber-Optic Communication System" Wiley Series in microwave and optical engineering.

[3] Banaa E.A. Saleh, Malvin carl teich. "Fundamentals of Photonics" A wiley interscience publication John wiley & sons, INC

[4] Donald G. Baker "Monomode Fiber-Optic Design with Local-Area and Long-Haul Network Applications" Van Nostrand Reinhold Company

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32253

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Dispersion Effects on Optical Fiber

Chawalit CHANPAIBOON*, Itthichai ARUNGSRISANGCHI*
and Isao SHIRAKAWA**

* Dept. Electronic Eng.,
King Mongkut's Inst. Tech.
3-2 Chalongkrung, Ladkrabang
Bangkok, 10520 Thailand.

** Dept. Information Systems Eng.
Osaka University,
2-1 Yamada-Oka, Suita,
Osaka, 565 Japan.

E-mail: S7061519@lcad00.lcad.crsc.kmitl.ac.th.

Abstract

This paper aims at studying of dispersion effects on multimode optical fiber. Non Return to Zero (NRZ) digital signals with the format of difference pulse width were transmitted through the multimode optical fiber, then the response signals were measured at the other end of the fiber. The dispersion effects were describes in term of the response of bit rate speed and attenuation values and compared with normal NRZ. The results of this studying lead to the design of optimal Transmitter and Receiver for multimode optical fiber with high efficiency for long distance and high bit rate data transmission.

1. Introduction

It is widly acknowledged that the increasing of multimedia applications demand more bandwidth capacity and high bit rate communication. Fiber optics technology is moving rapidly to support such demands. Generally, multimode optical fiber was used in Local Area Network (LAN)[1] with bit rate of 10 Mbps i.e. IEEE 802.3 10 base F. However, the problem of dispersion effect[2] that always exists in such optical fiber led to the limmitation of data speed. Fig.1 shows the dispersion effects with the bit rate and distance of various kind of optical fibers.

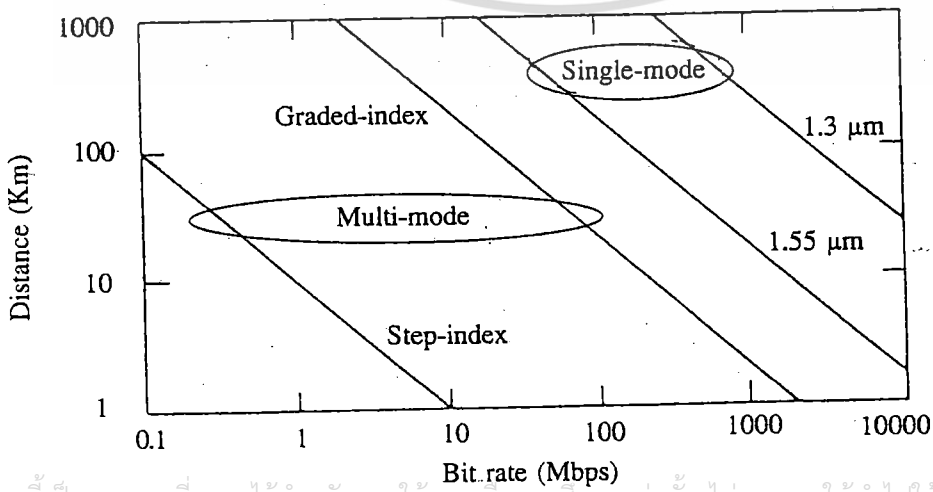


Fig.1 Dispersion-limited maximum fiber length L and function of bit rate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This paper emphasizes on studying of dispersion effect of multimode optical fiber which was called "Modal dispersion" [2]

2. Modal dispersion parametor

The main effect that limits the speed of data communication via multimode optical fiber is known as "Modal dispersion". The effect was came from the numberous mode of digital signals propagate through the waveguide axis of optical fiber[2] with difference net velocities. Fig.2 shows the Modal dispersion effect of an input of single pulse wavefrom and the distortion waveform after progation through the multimode optical fiber.

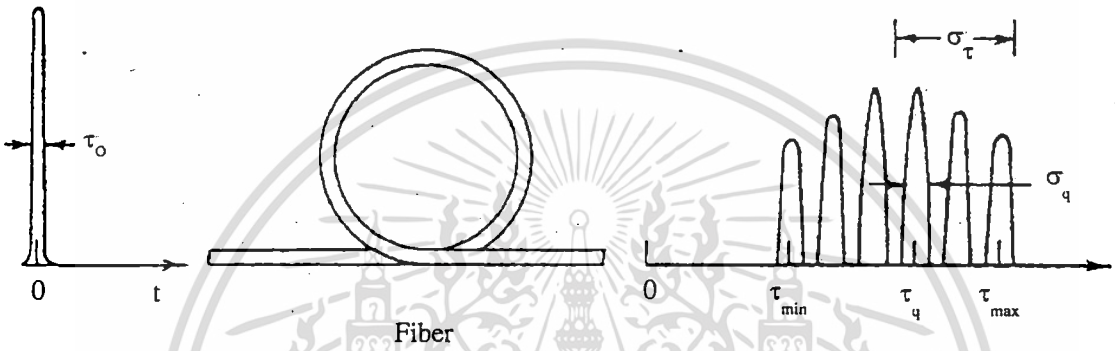


Fig.2 Response of a multimode fiber to a single pulse.

The relation of each parametor on Fig.2 can be present as equation (1) and (2) [3]

$$\sigma_\tau = \frac{L(n_1 - n_2)}{2cn_1} \quad \text{....(1)}$$

$$P(t) \propto \sum_{q=1}^{M} \frac{P\left(\frac{t-\tau_q}{\sigma_q}\right) \exp\left(-0.23\alpha_q L\right)}{\sigma_q} \quad \text{....(2)}$$

where

σ_τ, σ_q	=	rms pulse width and mode pulse width
L	=	length of fiber
n_1, n_2	=	refractive index of core and clad, respectively
c	=	light velocity in core(n_1)
p(t)	=	pulse function
α_q	=	attenuation coeffieient (dB/km)
q	=	number of mode ; q = 1, 2, ... , M
$\tau_o, \tau_q, \tau_{max}, \tau_{min}$	=	delay time of input, each mode number, maximum, minimum, respectively

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Experiments

The implementation of dispersion measurements are schematically show in Fig.3 and Fig.4, which are the measurement of propagation delay time and response optical power respectively, Fig.5 shows the various kind of Non Return to Zero (NRZ) input digital signal formats, which are 1/2 NRZ, 1/4 NRZ and 1/8 NRZ and were generated by pulse generator of both implementations stated above. Each propagation delay time and optical power attenuation were obtained by the measurement of the difference value between the signals that came from the directional coupler passing through 1 Km and short distance (<1m) multimode optical fiber.

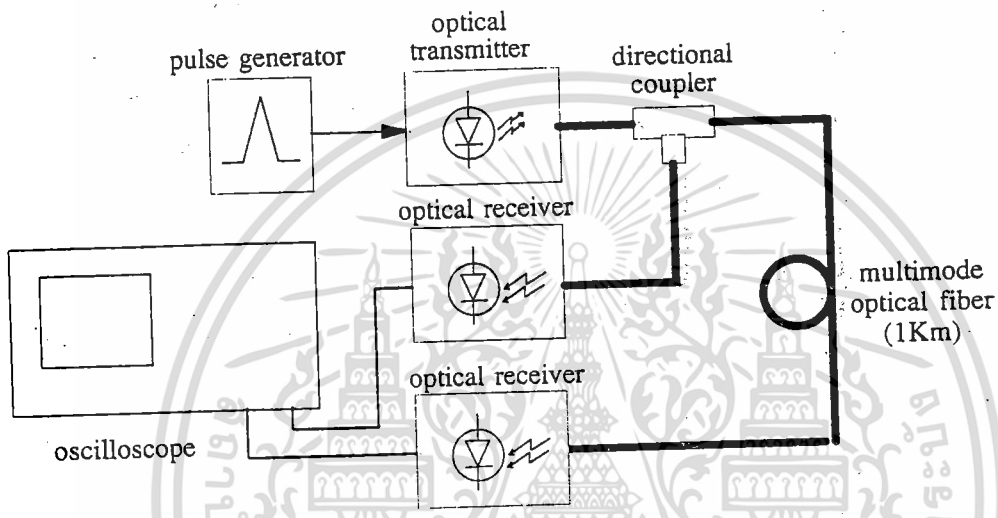


Fig.3 Measurement of propagation delay time

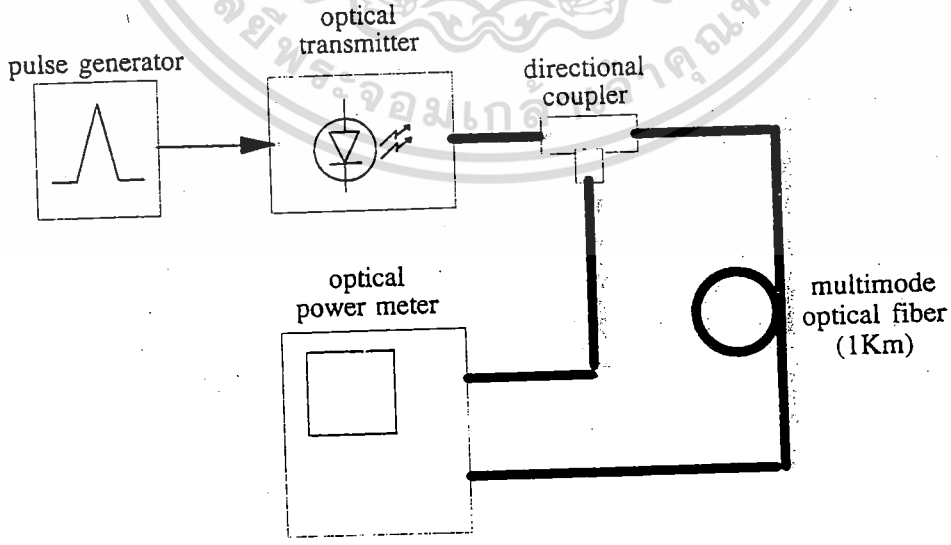


Fig.4 Measurement of optical power at the end of optical fiber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

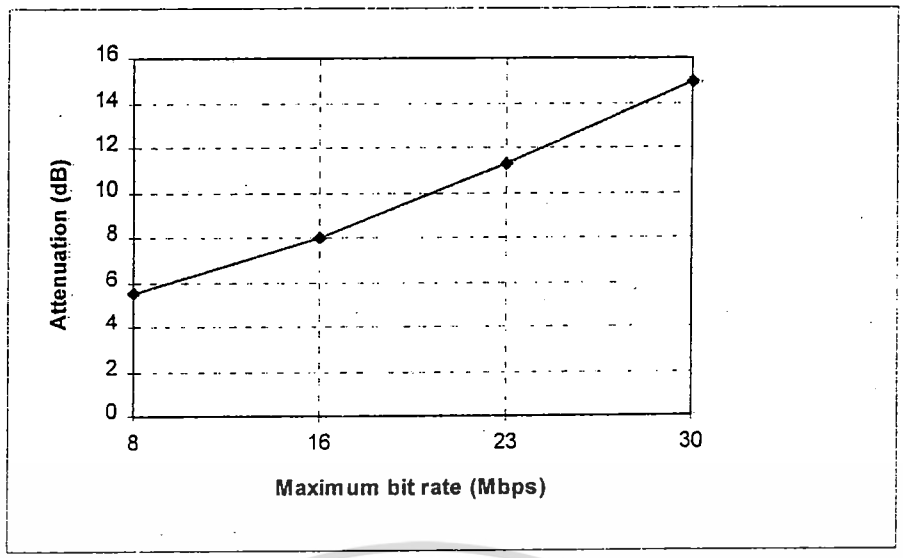


Fig. 7 Maximum bit rate and it attenuation values at each pulse width of signal formats

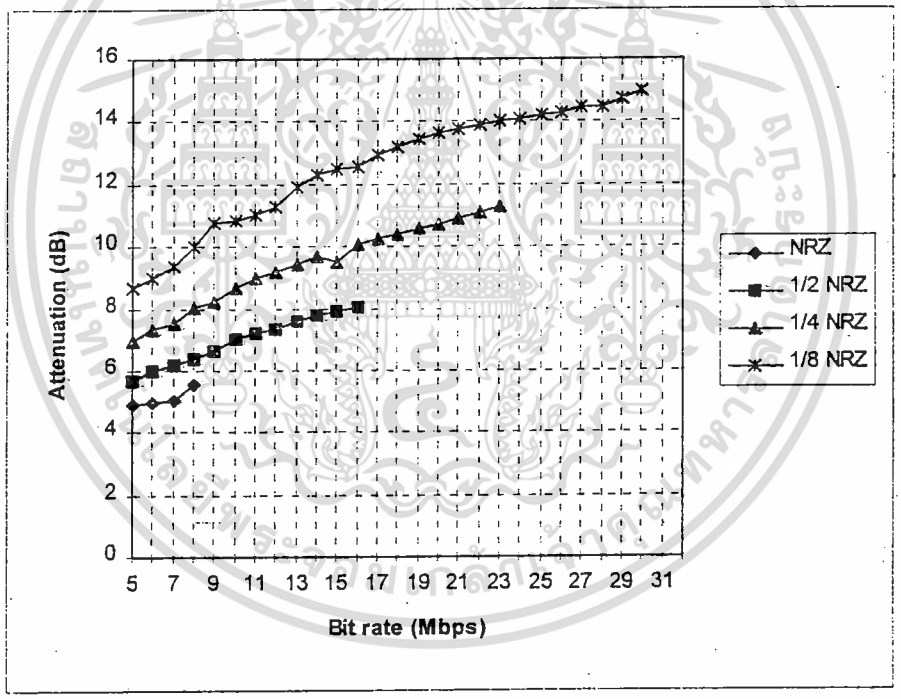


Fig. 8 Data bit rate vs attenuation values of various pulse width of digital signal formats

5. Concluding remarks

The results as shown in Fig.6, 7 and 8 can be conclud that with the narrower pulse width signal format the high data transfer bit rate is gained but in the same time the higher attenuation value is obtained. To design an optical transmitter and receiver, the designer must concerns a lot with these parameters, and the trade-off amoung data speed bit rate and the size of pulse width will result in optimal data transmission in the multimode optical fiber.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

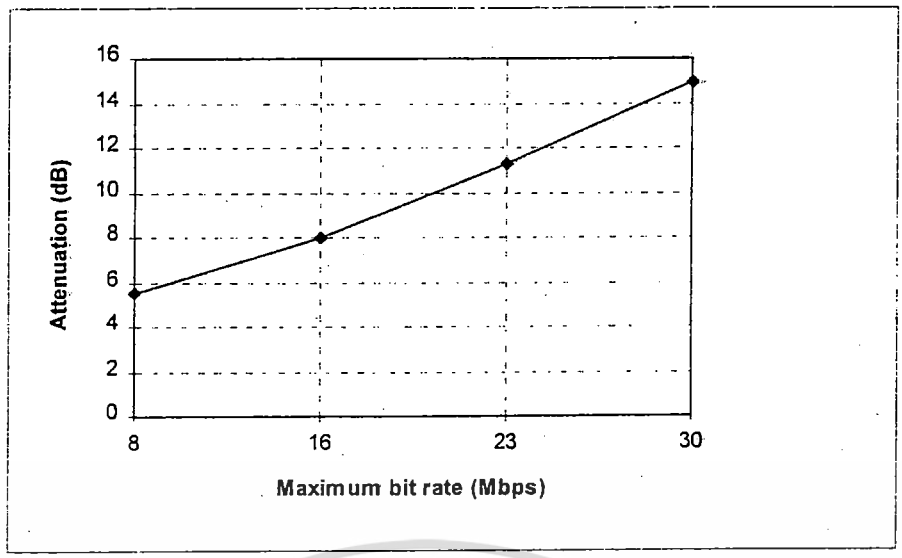


Fig. 7 Maximum bit rate and it attenuation values at each pulse width of signal formats

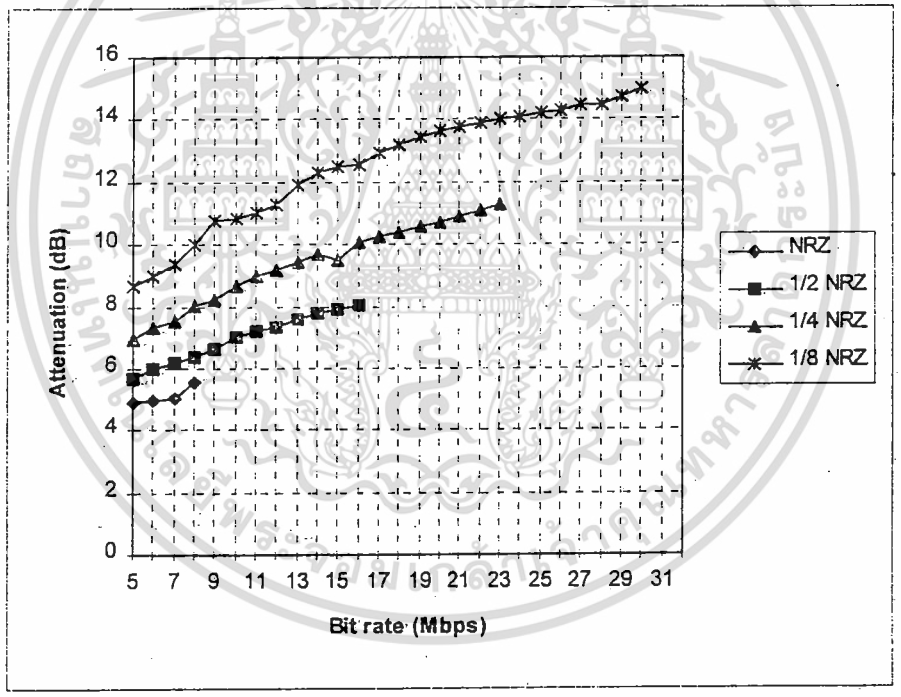


Fig. 8 Data bit rate vs attenuation values of various pulse width of digital signal formats

5. Concluding remarks

The results as shown in Fig.6, 7 and 8 can be conclud that with the narrower pulse width signal format the high data transfer bit rate is gained but in the same time the higher attenuation value is obtained. To design an optical transmitter and receiver, the designer must concerns a lot with these parameters, and the trade-off amoung data speed bit rate and the size of pulse width will result in optimal data transmission in the multimode optical fiber.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้