

ปฏิญานิพนธ์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิธีการเชื่อมต่อเส้นใยแสงผ่านระบบ
อินเทอร์เน็ต

Computer Aids Instruction for Connecting Fiber Optics on the Internet



๗๗๗



นายเกษม เดชอุดมเจริญชัย
นายอิทธิพันธ์ อินทรโชติ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน... 37120
วัน, เดือน, ปี - 4 ก.ย. 2543

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

หัวข้อปริญญาโท โปรแกรมช่วยสอนการเชื่อมต่อเส้นใยแสงผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

โดย นายเกษม เดชอุดมเจริญชัย รหัส 41012043
นายอิทธิพันธ์ อินทรโชติ รหัส 41012078

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ นภพินท์ อนันตรศิริชัย
ภาควิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2542

คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
ให้ปริญญาโทฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร
บัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญาโท

ประธานกรรมการ

()

กรรมการ

()

กรรมการ

()

กรรมการ

()

กรรมการ

()

กรรมการ

()

กรรมการ

()

กรรมการ

()

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิธีการเชื่อมต่อเส้นใยแสงผ่านระบบอินเทอร์เน็ต
Computer Aids Instruction for Connecting Fiber Optics on the Internet

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการเชื่อมต่อเส้นใยแสงแบบต่างๆ
2. เพื่อนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้
2. ผู้เรียนสามารถเชื่อมต่อเส้นใยแสงด้วยวิธีการที่นำเสนอไว้ในบทเรียนได้
3. สามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้

ชื่อหัวข้อ โปรแกรมช่วยสอนการเชื่อมต่อเส้นใยแสงผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

นักศึกษา นายเกษม เศษอุดมเจริญชัย รหัส 41012043
นายอิทธิพันธ์ อินทรโชติ รหัส 41012078

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ นภพินท์ อนันตรศิริชัย

หลักสูตร อดสาทกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา เทคโนโลยีโทรคมนาคม
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเนื้อหา โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการเชื่อมต่อเส้นใยแสงผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ โสมเพจและส่วนที่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โสมเพจจะเป็นส่วนที่ให้ความรู้เกี่ยวกับเส้นใยแสงและแนะนำโปรแกรมให้ผู้สนใจสามารถที่จะดาวน์โหลดโปรแกรมไปใช้ได้ ส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับการเชื่อมต่อเส้นใยแสง ซึ่งได้แก่ การหลอมรวมและการใช้หัวเชื่อมต่อ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้จะใช้งานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถที่จะใช้ได้ตลอดเวลา ทุกสถานที่ที่สามารถปรับปรุงข้อมูลได้โดยง่าย

II

Thesis Title	Computer Aids Instructions for Connecting Fiber Optics on the Internet	
Students	Mr. Kasem	Detudomcharumchai
	Mr. Ittinan	Intarachote
Advisor	Miss Noppin	Anantrasirichai
Education Level	Bachelor of Industrial Technology in Telecommunications	
Program in	Telecommunication Technology	
Academic Year	1999	

ABSTRACT

The Thesis presents a designing and implementation of Computer Aids Instruction for Connecting Fiber Optics on the Internet. The project can be divided into two part; homepage and CAI program. The Homepage presents the fiber optics basic. You can download CAI program form this homepage. CAI program presents the joining one fiber to another fiber. Two fibers can be joined together with a splice or a connector. CAI program must work on the Internet.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ถูกลงไปด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณ อาจารย์ นภพินท์ อนันตรศิริชัย และอาจารย์ประจำภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ แนวความคิดความรู้ต่างๆ แนวทางการแก้ปัญหา ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณ รศ.ดร. ปรีชา ยุพาพิน ประจําคณะวิทยาศาสตร์ สำหรับคำปรึกษาและข้อมูลที่สำคัญ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจ สุดท้ายที่ควรระลึกถึงอย่างยิ่ง บิดา มารดาที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญาโท	1
1.2 ซึ่คความสามารถของโครงการ	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)	3
2.1.1 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนคืออะไร	3
2.1.2 คุณลักษณะที่สำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	4
2.1.3 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	6
2.1.4 ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	7
2.1.5 คุณค่าทางการศึกษาของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	8
2.1.6 ข้อพึงระวังของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน	9
2.1.7 การจัดหาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	9
2.1.8 โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	11
2.1.9 ขั้นตอนการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	13
2.1.10 การออกแบบการสอนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	15
2.1.11 ขั้นตอนการออกแบบการสอนในคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	15
2.1.12 ทฤษฎีการเรียนรู้ของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน	22
2.2 เส้นใยแสง (Fiber Optics)	26

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.1 ความรู้เบื้องต้นทางแสง	26
2.2.2 การเดินทางของแสงในเส้นใยแสง	28
2.2.3 ชนิดของเส้นใยแสง	29
2.2.4 การป้อนแสงเข้าไปในเส้นใยแสง	31
2.2.5 คุณสมบัติของเส้นใยแสง	33
2.2.6 การสูญเสียในเส้นใยแสง (Optical Loss)	33
2.2.7 การขยายกว้างออก (Dispersion)	35
2.2.8 ส่วนประกอบของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง	38
2.3 การเชื่อมต่อเส้นใยแสง	38
2.3.1 สาเหตุของการสูญเสียจากการเชื่อมต่อ	38
2.3.2 วิธีการเชื่อมต่อเส้นใยแสง	39
2.3.3 การเชื่อมต่อด้วยวิธีการเชื่อมต่อเชิงกล (Mechanical splice)	40
2.3.4 การเชื่อมต่อด้วยวิธีการหลอมรวม (Fusion Splice)	44
2.3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อด้วยการหลอมรวม	46
2.3.6 ขั้นตอนในการเชื่อมต่อด้วยการหลอมรวมโดยละเอียด	47
2.3.7 การเชื่อมต่อด้วยหัวเชื่อมต่อ (Connector)	48
2.3.8 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อด้วยหัวเชื่อมต่อ	53
2.3.9 ตัวอย่างวิธีการเข้าหัวเชื่อมต่อแบบ ST โดยละเอียด	53
2.3.10 ข้อเปรียบเทียบระหว่างการเชื่อมต่อโดยใช้ หัวเชื่อมต่อกับการหลอมรวม	64
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	65
3.1 โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 (VB6)	65
3.1.1 ขั้นตอนในการสร้างแอปพลิเคชันด้วย Microsoft Visual Basic 6.0	66
3.1.2 ตัวควบคุมเว็บเบราว์เซอร์	66
3.1.3 ตัวควบคุมอินเทอร์เน็ตทรานซเฟอ์	66
3.2 โปรแกรม Marcomedia Flash 4.0	67

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3 การออกแบบและเขียนโปรแกรม	68
บทที่ 4 สรุปปัญหา แนวทางการแก้ไขและพัฒนา	77
4.1 สรุปการทำงานของโปรแกรม	77
4.2 ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น	77
4.3 แนวทางการแก้ไขและพัฒนา	77
ภาคผนวก ก ซอร์สโค้ดของโปรแกรม	
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานโปรแกรม	
ภาคผนวก ค สำหรับผู้ดูแลระบบ	
บรรณานุกรม	



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงความแตกต่างระหว่างพฤติกรรมนิยมและปัญญานิยม	24
ตารางที่ 2.2 ข้อเปรียบเทียบระหว่างการเชื่อมต่อโดยใช้หัวเชื่อมต่อการหลอมรวม	64



สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเส้นใยแสง	26
รูปที่ 2.2 การหักเหและการสะท้อนของแสง	27
รูปที่ 2.3 ผลของมุมและการหักเหของแสงที่รอยต่อของตัวกลาง	28
รูปที่ 2.4 เส้นใยแสง Single Mode และ Multi Mode	29
รูปที่ 2.5 Index profile และการเดินทางของแสงในเส้นใยแสงทั้งสองแบบ	31
รูปที่ 2.6 การป้อนแสงเข้าไปในเส้นใยแสง	32
รูปที่ 2.7 กราฟแสดงการสูญเสียของเส้นใยแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ	34
รูปที่ 2.8 การขยายกว้างออก	35
รูปที่ 2.9 การเดินทางของแสงที่โหมดต่างกัน	36
รูปที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง	38
รูปที่ 2.11 ลักษณะต่างๆ ของการวางตัวของเส้นใยแสงที่ทำให้เกิดการสูญเสีย	39
รูปที่ 2.12 แบบต่างๆของการเชื่อมต่อใยแก้วเชิงกล	40
รูปที่ 2.13 Mechanical array splice using silicon chips	42
รูปที่ 2.14 Mechanical stacked array splice using silicon chips	43
รูปที่ 2.15 Mechanical array splice using plastic V-groove substrate	44.
รูปที่ 2.16 การใช้ Glass บิดเส้นใยแสง	44
รูปที่ 2.17 การหลอมรวมซึ่งใช้หลักการแอลไอดีในการจัดเรียงเส้นใยแก้วนำแสง	45
รูปที่ 2.18 การหลอมรวมในกรณีที่ต้องการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงหลายเส้น	46
รูปที่ 2.19 แสดงเส้นใยแสงที่เชื่อมต่อด้วยการหลอมรวมเสร็จแล้ว	48
รูปที่ 2.20 หัวต่อแบบเอฟซี	49
รูปที่ 2.21 หัวต่อแบบเอสที	49
รูปที่ 2.22 หัวต่อแบบเอสซี	49
รูปที่ 2.23 หัวต่อแบบเอฟดีดีไอ	50
รูปที่ 2.24 หัวต่อแบบเอสเอ็มเอ	50
รูปที่ 2.25 หัวเชื่อมต่อแบบ Biconic	51
รูปที่ 2.26 หัวเชื่อมต่อแบบ ST	52
รูปที่ 2.27 เตรียมเส้นใยแสง	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.28 วัดความยาวของเส้นใยแสงเทียบกับคอนเน็คเตอร์ชาร์ด	54
รูปที่ 2.29 ปลอกเส้นใยแสงด้วยไฟเบอร์สทริปเปอร์	54
รูปที่ 2.30 ทำความสะอาดเส้นใยแสง	55
รูปที่ 2.31 การเตรียมอีพอกซ์ซี	55
รูปที่ 2.32 ใช้สริงค์คูคอีพอกซ์ซี	56
รูปที่ 2.33 สอดเส้นใยแสงเข้าไปในหัวเชื่อมต่อ	56
รูปที่ 2.34 ฉีดอีพอกซ์ซีเข้าไปในหัวเชื่อมต่อ	57
รูปที่ 2.35 สอดเส้นใยแสงให้เลยออกมาเล็กน้อย	58
รูปที่ 2.36 เลื่อนแตรมทูลมาสวมหัวเชื่อมต่อ	58
รูปที่ 2.37 บีบ Crimp eyelet ด้วย Crimp tool	59
รูปที่ 2.38 สวม Receptacle เพื่อทำการอบ	59
รูปที่ 2.39 หย่อนหัวเชื่อมต่อลงในเตาอบเมื่ออุณหภูมิได้ที่แล้ว	60
รูปที่ 2.40 เชื้อนเส้นใยแสงที่เกินออกมาโดยใช้ Sapphire	61
รูปที่ 2.41 ใช้ Microscope ตรวจสอบผิวหน้าของเส้นใยแสง	61
รูปที่ 2.42 ขัดผิวหน้าด้วยแผ่นขัดสีเทา	62
รูปที่ 2.43 เปลี่ยนมาใช้แผ่นขัดสีเหลือง	62
รูปที่ 2.44 เปลี่ยนมาใช้แผ่นขัดสีขาว	63
รูปที่ 2.45 แสดงหัวเชื่อมต่อพร้อมจะใช้งาน	63
รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังการทำงานของบทรียน	68
รูปที่ 3.2 แสดงหน้าแรกของเว็บเพจ	70
รูปที่ 3.3 แสดงผังการทำงานของโปรแกรม	71
รูปที่ 3.4 แสดงฟอร์มล็อกอิน	72
รูปที่ 3.5 แสดงฟอร์มบราวเซอร์	72
รูปที่ 3.6 แสดงฟอร์มเกี่ยวกับผู้จัดทำ	74
รูปที่ 3.7 แสดงหน้าหลักของบทรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	75
รูปที่ 3.8 แสดงบทรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขั้นตอนที่ 1 และ 2	76

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญญาภิพนธ์

การใช้งานเส้นใยแสงในปัจจุบันกำลังเป็นที่แพร่หลายและนิยมกันมาก และมากขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคต ด้วยเหตุผลที่ว่าระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงมีข้อดีกว่าระบบการสื่อสารด้วยสายเคเบิลโลหะหลายประการ เช่น มีแถบความถี่กว้างมากเป็นอนันต์ ความเร็วสูง สามารถบรรจุข้อมูลได้มาก มีขนาดเล็กมาก (ประมาณเส้นผม) มีการสูญเสียต่ำ และข้อดีอื่นๆ อีกมาก ปัญหาอย่างหนึ่งของการใช้ระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงคือ การเชื่อมต่อเส้นใยแสงซึ่งทำได้ยากต่างจากระบบการสื่อสารด้วยสายเคเบิลโลหะ เนื่องจากเส้นใยแสงเป็นแก้วใสและใช้แสงนำสัญญาณ การเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่สำคัญคือ การหลอมรวม และการใช้หัวเชื่อมต่อ ซึ่งการเชื่อมต่อทั้งสองแบบจะต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญ โดยเฉพาะการใช้หัวเชื่อมต่อซึ่งมีราคาแพง จะต้องมีการเข้าหัวเชื่อมต่อก่อนใช้งาน ถ้าหากผู้ปฏิบัติ ไม่มีความรู้หรือทำผิดวิธีก็จะต้องเสียหัวเชื่อมต่อนั้นไป โครงการนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหานี้ โดยจะให้ความรู้แก่ผู้เรียนในเรื่องการเชื่อมต่อเส้นใยแสงด้วยวิธีการหลอมรวม และการใช้หัวเชื่อมต่อ โดยนำเสนอในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหว เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น อีกประการหนึ่ง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ทำงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถที่จะใช้งานได้ทุกๆ สถานที่ ทุกๆ เวลา สามารถปรับปรุงข้อมูลได้ง่ายอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. สามารถเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตได้
2. นำเสนอเนื้อหาในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหว
3. ใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาเส้นใยแสงได้
4. สามารถสอนให้ผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานในการเชื่อมต่อเส้นใยแสงและนำไปใช้ได้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปัญญาภิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย เนื้อหาในบทต่างๆ จำนวน 5 บท โดยเนื้อหาในบทต่างๆ ประกอบด้วย

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนคืออะไร, วิธีการสร้าง, ขั้นตอนในการออกแบบ, ทฤษฎีจิตวิทยาที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ฯลฯ เนื้อหาเกี่ยวกับเส้นใยแสง คือ ชนิดและโครงสร้างของเส้นใยแสง และเนื้อหาเกี่ยวกับการเชื่อมต่อเส้นใยแสง คือวิธีการหลอมรวม และวิธีการเข้าหัวเชื่อมต่อ

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง กล่าวถึงการออกแบบและสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โปรแกรมที่ใช้ในการสร้าง

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปติดตั้ง ทดสอบการทำงาน และทดสอบการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ต

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา และการแก้ไขและพัฒนา เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับผลของการทดสอบโปรแกรม การทดสอบการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ต ปัญหาที่เกิดขึ้น สรุปการทำงานของโปรแกรมและแนวทางการปรับปรุงพัฒนาโปรแกรมต่อไป

ภาคผนวก ก ชอร์ตโค้ดของโปรแกรม

ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานโปรแกรม

ภาคผนวก ค สำหรับผู้ดูแลระบบ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)

2.1.1 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนคืออะไร

คนส่วนใหญ่รู้จักคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในชื่อของ CAI (อ่านว่า ซี-เอ-ไอ) ซึ่งย่อมาจาก Computer-Assisted Instruction หรือ computer-Aided Instruction หมายถึง สื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่งซึ่งใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอสื่อผสมอันได้แก่ ภาพนิ่ง กราฟฟิก แผนภูมิ ภาพเคลื่อนไหว วิดีทัศน์และเสียง ฯลฯ เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาบทเรียนในลักษณะที่ใกล้เคียงกับการสอนจริงมากที่สุด โดยที่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะนำเสนอเนื้อหาทีละหน้าจอภาพ โดยเนื้อหาความรู้ในคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะได้รับการถ่ายทอดในลักษณะที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติและโครงสร้างของเนื้อหา โดยมีเป้าหมายสำคัญก็คือ การได้มาซึ่งคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนและกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความต้องการที่จะเรียนรู้ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นตัวอย่างที่ดีของสื่อการศึกษาในลักษณะตัวต่อตัว ซึ่งผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์หรือการโต้ตอบ พร้อมทั้งการได้รับผลป้อนกลับ (Feedback) อย่างสม่ำเสมอกับเนื้อหาและกิจกรรมต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เกี่ยวข้องกับการเรียน นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังเป็นสื่อที่สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างผู้เรียนได้เป็นอย่างดีรวมทั้งสามารถที่จะประเมินและตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนได้ตลอดเวลา ดังนั้นผู้สอนจะสามารถนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปช่วยในการสอนของคนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะมีงานวิจัยหลายชิ้นสนับสนุนว่า ผู้เรียนที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนจะใช้เวลาเพียงสองในสามของผู้เรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ ในขณะที่เดียวกันผู้เรียนสามารถนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ในการเรียนด้วยตัวเองโดยปราศจากข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ที่ใช้ในการศึกษา โดยเฉพาะผู้ที่เรียนอ่อน สามารถใช้จากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนนอกเวลาได้

ปัจจุบันมีสื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์ออกมามากมาย ซึ่งสื่อการศึกษาเหล่านี้จะเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ จะต้องมียุคคุณลักษณะที่สำคัญ 4 ประการ ได้แก่ 4 I

Information (สารสนเทศ)

Individualization (ความแตกต่างระหว่างบุคคล)

Interaction (การโต้ตอบ)

Immediate Feedback (ผลป้อนกลับโดยทันที)

2.1.2 คุณลักษณะที่สำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.) สารสนเทศ

หมายถึง เนื้อหาสาระที่ได้รับการกลั่นกรองแล้วเป็นอย่างดี ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ หรือทำให้เกิดทักษะอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ การนำเสนอเนื้อหานี้อาจนำเสนอได้ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งอาจจะเป็นในลักษณะทางตรงหรือทางอ้อมก็ได้ ตัวอย่างการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะทางตรงได้แก่ การนำเสนอเนื้อหาใน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทคิวเตอร์ ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้ผู้ใช้ได้รับเนื้อหาและทักษะต่างๆ อย่างตรงไปตรงมา จากการอ่าน จำ ทำความเข้าใจ และฝึกฝน ตัวอย่างการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะทางอ้อมเช่น การนำเสนอเนื้อหาในคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกม ซึ่งเนื้อหาสาระต่างๆที่ผู้เรียนได้รับจะแฝงอยู่ในรูปแบบต่างๆ ของเกม และจะเป็นการสร้างบรรยากาศที่สนุกสนานในการเรียนรู้

สารสนเทศเป็นคุณลักษณะที่สำคัญประการหนึ่งของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ช่วยแยกความแตกต่างระหว่างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกม ออกจากซอฟต์แวร์ซึ่งมุ่งเน้นแต่ความบันเทิงและความเพลิดเพลินโดยไม่คำนึงถึงการให้ความรู้หรือทักษะแก่ผู้เรียนแต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม คีซอฟต์แวร์เกมบางชิ้นก็อาจจัดเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทหนึ่งได้แต่เกมเหล่านี้จะต้องมีคุณสมบัติสำคัญกล่าวคือ จะต้องมีความหมายรวมหรือวัตถุประสงค์ในการที่จะนำเสนอเนื้อหาสาระความรู้หรือทักษะอย่างใดอย่างหนึ่ง

2.) ความแตกต่างระหว่างบุคคล

การตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลคือลักษณะสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน บุคคลแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกันทางการเรียนรู้ซึ่งเกิดจากบุคลิกภาพ สติปัญญา ความสนใจ พื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกันออกไป คอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งเป็นเรื่องการเรียนการสอนรายบุคคลประเภทหนึ่งจึงต้องได้รับการออกแบบให้มีลักษณะที่ตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลให้มากที่สุด กล่าวคือคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องมีความยืดหยุ่นมากพอที่ผู้เรียนจะต้องมีอิสระในการควบคุมการเรียนของตัวเอง รวมทั้งการเลือกรูปแบบการเรียนที่เหมาะสมกับตัวเองได้ การควบคุมการเรียนของตนนี้มีอยู่หลายลักษณะด้วยกัน ลักษณะที่สำคัญๆ ได้แก่

2.1) การควบคุมเนื้อหา การเลือกที่จะเรียนส่วนใด ข้ามส่วนใด ออกจากบทเรียน เมื่อใด หรือย้อนกลับมาเรียนในส่วนที่ยังไม่ได้ศึกษา เช่น การมีเมนูหรือรายการที่แยกเนื้อหา ปุ่มควบคุมต่างๆ ในการสืบไป (Navigate) ในบทเรียน

2.2) การควบคุมลำดับของการเรียน การเลือกที่จะเรียนส่วนใดก่อนหลังหรือการสร้างลำดับการเรียนด้วยตนเองเช่น ในลักษณะการเรียนเนื้อหาแบบ โยงใยหรือสื่อหลายมิติ (Hypermedia) ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งผู้เรียนสามารถที่จะกดเลือกข้อมูลที่ต้องการเรียนตามความสนใจหรือความถนัด หรือตามพื้นฐานความรู้ของตนเองได้

2.3) การควบคุมการฝึกฝนปฏิบัติหรือการทดสอบ ความต้องการที่จะฝึกหรือทำแบบทดสอบหรือไม่ หากทำจะทำมากน้อยเพียงใด เช่นการมีปุ่มควบคุมต่างๆ จัดหาไว้ทุกหน้าที่จำเป็นเช่นปุ่มเลิกทำ ปุ่มย้อนกลับ เป็นต้น

นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สมบูรณ์แบบอาจจะต้องมีการนำเอาระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) หรือระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) มาประยุกต์ใช้ เพื่อที่จะสามารถตอบสนองความแตกต่างของผู้เรียน ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่นการจัดเสนอเนื้อหาแบบฝึกหัดในระดับความยากง่ายตรงกับพื้นฐานความสามารถและความสนใจของผู้เรียน เป็นต้น

3.) การโต้ตอบ

คือการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื่องจากการเรียนที่ดีที่สุดคือการเรียนการสอนในลักษณะที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนให้มากที่สุด ดังนั้นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับการออกแบบมาอย่างดีจะต้องเอื้ออำนวยให้เกิดการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนและคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างต่อเนื่องและตลอดทั้งบทเรียน การอนุญาตให้ผู้เรียนเพียงแต่คลิกเปลี่ยนหน้าจอไปเรื่อยๆ ทีละหน้าไม่ถือว่าเป็นการปฏิสัมพันธ์ที่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้

อย่างไรก็ตามซอฟต์แวร์มากมายที่โฆษณาว่าเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแต่เมื่อเปิดใช้กันจริงแล้ว ไม่น่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้เลย ทั้งนี้เพราะการที่ผู้สร้างไม่ได้นำคุณลักษณะสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในส่วนของปฏิสัมพันธ์นี้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ ซอฟต์แวร์ทางการศึกษาที่ได้รับการออกแบบให้ผู้ใช้กดเมาส์เพื่อพลิกเปลี่ยนหน้าไปเรื่อยๆ นั้นไม่ถือว่าเป็นการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ผู้สร้างซอฟต์แวร์จำเป็นต้องใช้เวลาในส่วนของ การสร้างความคิด วิเคราะห์และสร้างสรรค์เพื่อให้ได้มาซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ หรืองานที่ก่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับบทเรียนและเอื้ออำนวยให้เกิดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ

4.) การให้ผลป้อนกลับในทันที

ตามแนวความคิดของสกินเนอร์ (Skinner) แล้วผลป้อนกลับหรือการให้คำตอบนี้ถือเป็นการเสริมแรง (reinforcement) อย่างหนึ่ง การให้ผลป้อนกลับแก่ผู้เรียนในทันทีหมายถึงไปถึง การ

ที่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สมบูรณ์จะต้องมีการทดสอบหรือประเมินความเข้าใจของผู้เรียนในเนื้อหาหรือทักษะต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งเอาไว้ด้วย ซึ่งการให้ผลป้อนกลับแก่ผู้เรียนเป็นวิธีที่อนุญาตให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเองได้ ทั้งนี้มีงานวิจัยหลายชิ้นสนับสนุนว่าการให้ผลป้อนกลับแก่ผู้เรียนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนได้เป็นอย่างดี ความสามารถในการให้ผลป้อนกลับโดยทันทีถือเป็นข้อได้เปรียบประการสำคัญเมื่อเทียบกับสื่อสิ่งพิมพ์, สื่อโสตทัศนวัสดุ เนื่องจากสื่ออื่นๆ ไม่สามารถให้ผลป้อนกลับโดยฉับพลันได้เช่นเดียวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.3 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภทด้วยกัน คือ ประเภทคิวเตอร์ ประเภทแบบฝึกหัด ประเภทเกม ประเภทการจำลองและประเภทแบบทดสอบ

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทคิวเตอร์ คือ บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ซึ่งนำเสนอเนื้อหาแก่ผู้เรียน ไม่ว่าจะเป็นเนื้อหาใหม่ หรือทบทวนความรู้เดิมก็ตาม ส่วนใหญ่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทคิวเตอร์จะมีแบบทดสอบเป็นแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ เพื่อทดสอบความเข้าใจของผู้เรียนอยู่ด้วย อย่างไรก็ตามผู้เรียนมีอิสระพอที่จะเลือกตัดสินใจได้ว่าจะทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบนั้นหรือไม่/อย่างไร หรือจะเลือกเรียนเนื้อหาส่วนไหน เรียงลำดับในรูปแบบใด เพราะการเรียนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นผู้เรียนสามารถจะควบคุมการเรียนรู้ของตนเองได้ตามความต้องการของตนเอง

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัด คือ บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดจนสามารถเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนนั้นๆ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นที่นิยมมากโดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษาทั้งนี้เนื่องจากการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนที่เรียนอ่อน หรือไม่ทันคนอื่นได้มีโอกาสทำความเข้าใจบทเรียนสำคัญๆ ได้โดยที่ครูผู้สอนไม่ต้องเสียเวลาอธิบายเนื้อหาในชั้นเรียนซ้ำแล้วซ้ำอีก

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทการจำลอง คือบทเรียนทางคอมพิวเตอร์ที่ทำการเสนอบทเรียนในรูปของการจำลองแบบ (Simulation) โดยการจำลองสถานการณ์ที่เหมือนจริงขึ้น และบังคับให้ผู้เรียนตัดสินใจแก้ไขปัญหาในควบบทเรียน จะมีคำแนะนำเพื่อช่วยในการตัดสินใจและแสดงผลของการตัดสินใจนั้น ข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบนี้ คือ การลดลงของค่าใช้จ่ายและลดอันตรายซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้จากสถานการณ์จริง คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกม คือ บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ที่ทำให้ผู้เรียนมีความสนุกสนาน เพลิดเพลิน จนลืมไปว่ากำลังเรียนอยู่ เกมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษาเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สำคัญประเภทหนึ่ง เนื่องจากเป็น

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้ นิยมใช้กับเด็กตั้งแต่ระดับประถมศึกษา ไปจนถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นอกจากนี้ยังสามารถใช้กับ ผู้เรียนระดับอุดมศึกษา เพื่อเป็นการปูทางให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึที่ดีกับการเรียนทางคอมพิวเตอร์ ได้อีกด้วย

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบทดสอบ คือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้าง แบบทดสอบ การจัดการสอบ การตรวจให้คะแนน การคำนวณผลสอบ ข้อดีของการใช้คอมพิวเตอร์ ช่วยสอนประเภทแบบทดสอบคือ การที่ผู้เรียนได้รับผลป้อนกลับในทันทีทันใด ซึ่งเป็นข้อจำกัด ของแบบทดสอบโดยทั่วไป นอกจากนี้การใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณผลสอบก็ยังมีความแม่นยำ และรวดเร็วอีกด้วย

อย่างไรก็ตามการแบ่งคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นประเภทต่างๆ เป็นการแบ่งตามลักษณะ เฉพาะตัวที่โดดเด่นของแต่ละประเภท จึงไม่ได้หมายความว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทุกโปรแกรมต้อง เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทใดประเภทหนึ่งเสมอไป คอมพิวเตอร์ช่วยสอนหลายโปรแกรม ด้วยกันที่เริ่มต้นด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ แล้วตามด้วยลักษณะของคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนประเภทแบบทดสอบ นอกจากนี้ยังอาจนำลักษณะของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกม มาทำการผสมผสานกันเพื่อความสนุกสนาน และเพลิดเพลินด้วย ดังนั้นการแบ่งประเภทของ คอมพิวเตอร์นี้จึงเป็นเสมือนแนวคิดสำหรับผู้ที่ต้องการออกแบบและพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ให้มีประสิทธิภาพได้ยึดถือเป็นหลักเกณฑ์ในการแบ่งเท่านั้น ไม่ได้มุ่งหวังให้เป็นหลักเกณฑ์ตายตัว แต่อย่างใด

2.1.4 ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเกิดจากความพยายามในการที่จะช่วยผู้เรียนที่เรียนอ่อนสามารถใช้ เวลานอกเวลาเรียนในการฝึกฝนทักษะและเพิ่มเติมความรู้เพื่อที่จะปรับปรุงการเรียนของตนให้ทันผู้ อื่นได้ ดังนั้นผู้สอนจึงสามารถนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ช่วยในการสอนเสริมหรือทบทวนการ สอนปกติในชั้นเรียนได้ โดยที่ผู้สอนไม่จำเป็นต้องเสียเวลาสอนซ้ำกับผู้เรียนที่เรียนไม่ทัน
2. ผู้เรียนก็สามารถนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ในการเรียนด้วยตนเองในเวลาและสถานที่ ที่ตนเองสะดวก เช่นแทนที่จะต้องเดินทางมายังชั้นเรียนปกติ ผู้เรียนสามารถที่จะเรียนด้วยตนเอง จากที่บ้านได้ นอกจากนี้ยังสามารถที่จะเรียนเวลาใดก็ได้ตามต้องการ
3. ข้อได้เปรียบสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็คือคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับการออกแบบ มาอย่างดีถูกต้องตามหลักการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นสามารถที่จะจูงใจให้เกิดการ

กระตือรือร้นที่จะเรียนและสนุกสนาน ไปด้วยกับการเรียนตามแนวความคิดการเรียนรู้ในปัจจุบันว่า “Learn Is Fun” ซึ่งหมายถึงการเรียนรู้เป็นเรื่องสนุก

2.1.5 คุณค่าทางการศึกษาของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนไม่ใช่สื่อการศึกษาที่ใหม่แต่อย่างใด ในสหรัฐอเมริกา นับเป็นเวลากว่า 3 ทศวรรษแล้วที่ได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาช่วยในการเรียนการสอน สำหรับประเทศไทยก็มีการนำมาใช้ประมาณ 10 กว่าปีได้แล้ว สาเหตุที่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้รับความนิยมเรื่อยมาและยังมีแนวโน้มที่จะเป็นสื่อการศึกษาที่สำคัญต่อไปในอนาคตก็เนื่องจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณค่าทางการศึกษา อีกนัยหนึ่งคือการที่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเข้ามาช่วยแก้ปัญหาทางการศึกษาได้นั่นเอง ปัญหาที่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเข้ามาช่วยแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี ได้แก่ ปัญหาการสอนแบบตัวต่อตัว

ในปัจจุบันด้วยอัตราส่วนของครูต่อนักเรียนที่สูงมาก การสอนแบบตัวต่อตัวในชั้นเรียนปกติเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยาก คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงเปรียบเสมือนทางเลือกใหม่ที่จะช่วยทดแทนการสอนแบบตัวต่อตัวซึ่งนับว่าเป็นรูปแบบการสอนที่ดีที่สุด เนื่องจากเป็นรูปแบบการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนมากที่สุด ผู้สอนก็สามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้ทันที

ปัญหาเรื่องภูมิหลังที่แตกต่างกันของผู้เรียน

ผู้เรียนแต่ละคนย่อมมีพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกันออกไป คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถศึกษาตามความรู้ความสามารถของตนเอง โดยการเลือกลักษณะรูปแบบการเรียนที่เหมาะสมกับตนเอง เช่น ความเร็วช้าของการเรียน เนื้อหาและลำดับของการเรียน เป็นต้น

ปัญหาการขาดแคลนเวลา

ผู้เรียนมักจะประสบปัญหาการมีเวลาไม่เพียงพอในการทำงาน ดังนั้นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งที่ที่น่าสนใจ เนื่องจากมีงานวิจัยหลายชิ้นพบว่าเมื่อเปรียบเทียบการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนด้วยวิธีปกติแล้ว การสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะใช้เวลาเพียง 2 ใน 3 ของการสอนด้วยวิธีปกติ

ปัญหาการขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญ

สถานที่อยู่ห่างไกลจากชุมชนมักประสบปัญหาการขาดแคลนครูผู้สอน ดังนั้นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงเป็นทางออกให้ผู้เรียนได้มีโอกาสศึกษาจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ นอกจากนี้สถานศึกษาที่ขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านนั้น ก็ยังสามารถนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ช่วยในการสอนได้ ในขณะที่ตัวกันผู้เชี่ยวชาญเองแทนที่จะต้องเดินทางไปสอนหรือเผยแพร่ความรู้ไปยัง

สถานศึกษาต่างๆ ก็สามารถถ่ายทอดความลงในคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและเผยแพร่ให้กับสถานศึกษาอื่นๆ ได้ เพราะคอมพิวเตอร์ช่วยสอนพร้อมที่จะทำงานตลอดเวลา

2.1.6 ข้อพึงระวังของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

แม้จะดูเหมือนว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเต็มไปด้วยประโยชน์มากมาย แต่การนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้อาจเป็นในลักษณะดาบสองคมได้เช่นกัน กล่าวคือ หากไม่ได้มีการวางแผนให้รอบคอบก่อนการนำไปใช้นั้น คอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อให้เกิดโทษได้เช่นการเพียงแต่กำหนดให้ผู้เรียนไปใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยไม่มีการเตรียมพร้อมใดๆ เสียก่อนอาจส่งผลลบแก่ผู้เรียนแทนการเรียนรู้ก็ได้ ในกรณีนี้ผู้สอนจึงจำเป็นต้องเตรียมการวางแผนการนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ อย่างเหมาะสมด้วย นอกจากการวางแผนการนำไปใช้แล้ว การผลิตคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้มาตรฐานไว้ใช้งานเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ไม่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมตามหลักการจิตวิทยาและทฤษฎีการเรียนรู้ เช่น คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนน้อยเกินไป หรือมีกิจกรรมที่ไม่สร้างสรรค์ไม่เอื้ออำนวยให้เกิดการเรียนรู้แก่ผู้เรียน หรือการที่โครงสร้างของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไม่ยืดหยุ่นพอสำหรับการควบคุมการเรียนรู้ของคนได้ทำให้รู้สึกเบื่อหน่าย และไม่ต้องการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นอีกต่อไป ยิ่งไปกว่านั้นผู้สนใจสร้างควรคำนึงไว้ด้วยว่าการผลิตคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้มาตรฐานนั้นใช้เวลานานพอสมควร จากงานวิจัยพบว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ออกแบบเพื่อการสอน 1 คาบเรียน จะต้องใช้เวลาในการผลิตประมาณ 60 – 100 ชั่วโมงเลยทีเดียว นอกจากเวลาในการผลิตแล้ว ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นนับว่าสูงเมื่อเทียบกับสื่อการศึกษาอื่น ดังนั้นผู้ที่สนใจในการสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงต้องใช้เวลาพิจารณาในช่วงของการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มาก ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งงานที่คุ้มค่ากับเวลาและค่าใช้จ่ายที่ใช้ไป

2.1.7 การจัดหาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การจัดหาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาใช้ในการเรียนการสอนมีอยู่ 3 วิธีด้วยกัน ซึ่งมีข้อได้เปรียบเสียเปรียบต่างกันออกไปดังนี้

1.) การใช้บทเรียนที่มีผู้สร้างไว้แล้ว

ข้อได้เปรียบของวิธีนี้คือ ประหยัดเวลาและนำมาใช้ได้ทันที แต่ข้อเสียก็คือ อาจได้งานที่ไม่ตรงกับความต้องการนัก จึงต้องประเมินคุณค่าของบทเรียนก่อน ดังนั้นครูผู้สอนที่เลือกใช้วิธีนี้จึงต้องรู้จักประเมินค่าของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดีและไม่ดีได้ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดีจะต้องได้รับการออกแบบที่ถูกต้องตามหลักวิชา

การและได้มาตรฐาน สำหรับผู้ที่ไม่เชี่ยวชาญในด้านนี้ควรใช้เวลาลองศึกษาบทเรียนนั้นๆ ดู หรือถ้าเป็นไปได้ก็ควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญทางคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อขอคำแนะนำหรือให้ช่วยประเมินคุณค่าของบทเรียนนั้น

2.) การสร้างบทเรียนขึ้นมาเอง

ในที่นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะกว้างๆ ได้แก่ การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI Authoring System) และการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยการเขียนโปรแกรมขึ้นเอง

2.1) การสร้างบทเรียนขึ้นเองโดยโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI Authoring System) ข้อได้เปรียบของวิธีนี้คือ โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นโปรแกรมที่เรียนรู้ได้ง่าย ใช้เวลาในการเรียนรู้ไม่มากนัก เนื่องจากการใช้งานของโปรแกรมไม่ซับซ้อนและการเขียนสคริปต์ในโปรแกรมประเภทนี้จะใช้ภาษาใกล้เคียงกับภาษาที่ใช้กันปกติมาก ผู้ใช้จึงไม่จำเป็นต้องเรียนรู้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ หรือมีความรู้ในการเขียนโปรแกรมมากมายนัก นอกจากนี้ยังได้ผลงานที่ดูดีและใช้งานง่ายในเวลาไม่นานนัก โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับ การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาอื่น การใช้โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะเร็วกว่าการสร้างจากภาษาคอมพิวเตอร์อื่น 10 – 50 เท่าและข้อได้เปรียบที่สำคัญก็คือโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถสื่อผสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ข้อเสียคือไม่เหมาะกับงานที่สลับซับซ้อนและโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีราคาแพง โดยโปรแกรมยังมีศักยภาพมากเท่าใดก็ยิ่งแพงขึ้นมากเท่านั้น ครูที่ไม่มีพื้นฐานการเขียนโปรแกรม แต่สนใจในการจัดสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบการเรียนการสอนจำเป็นต้องศึกษาการทำงานของโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนจะลงมือสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขึ้น

2.2) การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยการเขียนโปรแกรมขึ้นเอง โดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ เช่น ภาษาซี แอสเซมบลี และ ภาษาปาสคาล ฯลฯ ข้อได้เปรียบของวิธีนี้คือสามารถสร้างบทเรียนที่สลับซับซ้อนได้ และได้ซอฟต์แวร์ที่ทำงานเร็วที่ทำงานเร็ว แต่ข้อเสียคือ ใช้เวลานานกว่า 2 วิธีแรก สำหรับครูที่สนใจจะใช้วิธีนี้ ขอแนะนำให้ทำกันเป็นทีม และมีโปรแกรมเมอร์เข้าช่วยเนื่องจากการเขียนโปรแกรมขึ้นเองนั้นต้องอาศัยความชำนาญ และประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรม

3.) การจ้างโปรแกรมเมอร์พัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ข้อได้เปรียบของวิธีนี้เหมือนวิธีที่ 2.2 คือการได้มาซึ่งคุณภาพสูงและตรงกับความต้องการ แต่ข้อเสียก็คือจะต้องเสียค่าใช้จ่ายมากในการว่าจ้าง โปรแกรมเมอร์ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขึ้นหนึ่งๆ

การเลือกใช้วิธีที่ 3 ที่กล่าวมาควรคำนึงถึงความเหมาะสมเป็นหลัก ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อช่วยสอนและทบทวนทักษะพื้นฐานของนักศึกษา เช่นวิชาพิมพ์ดีด วิชาคณิตศาสตร์ ฯลฯ วิธีที่ 1 น่าจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด เนื่องจากบทเรียนที่เกี่ยวกับทักษะพื้นฐานมักจะมีผู้สร้างไว้แล้ว แต่ถ้าไม่มีผู้ใดสร้างไว้ก่อนหรือมีแล้วแต่ไม่ตรงกับความต้องการ วิธีที่ 2 ก็เป็นทางเลือกที่น่าสนใจ หากบทเรียนไม่ต้องการความซับซ้อนมากนักควรเลือกใช้โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแทนการพัฒนาบทเรียนด้วยภาษาโปรแกรม โดยควรศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสียก่อน เช่น กราฟฟิก ภาพเคลื่อนไหว เสียง เป็นต้น และเลือกโปรแกรมให้ตรงกับความต้องการ ส่วนวิธีการที่ 3 น่าจะเป็นทางเลือกสุดท้าย เพราะอาจไม่คุ้มกันที่จะจ้างโปรแกรมเมอร์มาสร้าง โปรแกรมอย่างสลับซับซ้อน แต่ถ้ายังไม่แน่ใจก็อาจปรึกษากับนักเทคโนโลยีทางการศึกษาเพื่อช่วยหาวิธีการที่เหมาะสมได้

2.1.8 โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คำว่า โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI Authoring System) หมายถึง โปรแกรมประเภทหนึ่งที่ใช้ในการสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การทำงานของโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ผู้สร้างจะต้องทำการจัดเตรียมและออกแบบเนื้อหาลงบนโปรแกรมไว้ก่อนและโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้จะอ่านเนื้อหาบทเรียนที่ผู้สร้างบทเรียนจัดเตรียมขึ้นแสดงเนื้อหานั้นที่หน้าจอภาพ เนื้อหาของบทเรียนที่ได้รับการออกแบบนั้นมีได้จำกัดเฉพาะในรูปตัวอักษรและภาพนิ่งเหมือนสื่อสิ่งพิมพ์ หากยังประกอบไปด้วยสื่อประสมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟฟิก ตาราง กราฟ ข้อมูล ภาพเคลื่อนไหว ภาพวิดิทัศน์หรือภาพสามมิติ โดยที่ผู้สร้างสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงข้อมูลสื่อผสมเหล่านี้ให้ทันสมัยได้อย่างง่ายดายรูปแบบต่างๆ ของเนื้อหานอกจากจะสามารถกระตุ้นความสนใจของผู้ใช้แล้วยังมีลักษณะพิเศษ กล่าวคือเนื้อหาข้อมูลที่ได้จะมีลักษณะไม่ตายตัว หากข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงในที่ใดที่หนึ่ง ข้อมูลในส่วนอื่นๆ เช่นตารางหรือกราฟเป็นต้น ซึ่งใช้ข้อมูลนั้นๆ ร่วมกันก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยโดยทันที นอกจากนี้โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังสามารถช่วยผู้สร้างในการจัดเรียงเนื้อหาในลำดับต่างๆ รวมทั้งสามารถช่วยในการสร้างแบบฝึกหัดและแบบทดสอบเพื่อตรวจสอบความเข้าใจรวมทั้งประเมินผลการเรียนได้อีกด้วย

โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายโปรแกรม สำหรับเครื่องพีซี โปรแกรมที่ดูเหมือนว่าจะได้รับความนิยมแพร่หลายที่สุดในขณะนี้ได้แก่โปรแกรม Authorware และโปรแกรม Multimedia Toolbook สำหรับเครื่องแมคอินทอช โปรแกรมที่ดูเหมือนจะได้รับความนิยมสูงสุดได้แก่โปรแกรม Hypercard และ Supercard ส่วนในบ้านเรานั้นก็มีผู้พัฒนา

โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่หลายโปรแกรมด้วยกัน เช่น โปรแกรม จูฬา ซี เอ ไอ ไทยทัศน์ และไทยโซว์ เป็นต้น

คำว่าโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีความหมายเดียวกับคำว่า โปรแกรมสร้างบทเรียน แต่แตกต่างจากคำว่า Authoring language กล่าวคือคำว่า Authoring language จะหมายความเฉพาะถึงภาษาระดับสูงที่ใช้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยภาษาระดับสูงนี้จะมีความใกล้เคียงกับภาษามนุษย์มากและมีคำสั่งน้อย ไวยากรณ์ไม่สลับซับซ้อน โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับภาษาโปรแกรม เช่น ภาษาซี ภาษาเบสิก เป็นต้น

โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มีลักษณะการใช้งานในส่วนหลักที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ผู้ใช้เริ่มจากการสร้างวัตถุต่างๆ ขึ้น ตัวอย่างเช่นเฟรมหรือหน้าจอภาพหนึ่งของบทเรียน กรอบใส่ข้อความ ภาพหรือปุ่มในการควบคุมบทเรียน และนำวัตถุต่างๆ ที่สร้างขึ้นมานำมา ประกอบเชื่อมโยงและจัดลำดับเข้าด้วยกัน สิ่งที่สำคัญก็คือ การที่ผู้สร้างจะต้องรู้จักการออกแบบบทเรียนในลักษณะที่เอื้ออำนวย ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพพร้อมทั้งตอบสนองความแตกต่างรายบุคคลของผู้เรียน รวมทั้งให้เกิดการโต้ตอบระหว่างบทเรียนกับผู้เรียนให้มากที่สุด สำหรับบางโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนอกจากผู้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะต้องทำความเข้าใจกับเครื่องมือต่างๆ ของโปรแกรมแล้ว ในบางโปรแกรม เช่น Multimedia Toolbook ผู้สร้างจะต้องเรียนรู้วิธีการเขียนสคริปต์ (Script) ของโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วย การเขียนสคริปต์สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีความคล้ายคลึงกับการเขียนภาษาโปรแกรมนั่นเอง ดังนั้นผู้ใช้จึงจำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมหรือชุดคำสั่งในขั้นพื้นฐานบ้าง ตัวอย่างเช่นในเรื่องของ โครงสร้างการตัดสินใจ การเขียนผังงาน หลักในการเขียนสคริปต์ของโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นต้น

2.1.9 ขั้นตอนการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยไม่มีขั้นตอนที่แน่นอน นอกจากจะทำให้เสียเวลามากและผลงานที่ได้อาจไม่ตรงกับวัตถุประสงค์อีกด้วย ขั้นตอนในการออกแบบประกอบด้วย 7 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการเตรียม (Preparation)

- กำหนดวัตถุประสงค์
- เก็บข้อมูล
- เรียนรู้เนื้อหา
- สร้างความคิด

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน (Design Instruction)

- ทอนความคิด
- วิเคราะห์งานและแนวคิด
- ออกแบบบทเรียนขั้นแรก
- ประเมินแก้ไขการออกแบบ

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการเขียนผังงาน

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการสร้างสตอรี่บอร์ด

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการสร้าง/เขียนโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นตอนการการผลิตเอกสารประกอบบทเรียน

ขั้นตอนที่ 7 ขั้นตอนการประเมินแก้ไขบทเรียน

1.) ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการเตรียม (Preparation)

- กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ คือการตั้งเป้าหมายว่าผู้เรียนจะสามารถใช้บทเรียนนี้เพื่อศึกษาในเรื่องใด กล่าวคือ เป็นบทเรียนหลัก เป็นบทเรียนเสริม หรือเป็นแบบทดสอบ เป็นต้น รวมทั้ง เมื่อผู้เรียนเรียนจบแล้วจะสามารถทำอะไร ได้บ้าง

- รวบรวมข้อมูล หมายถึงการเตรียมในส่วนของสารสนเทศทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง

- เรียนรู้เนื้อหา ผู้ออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องมีความรู้ในบทเรียนนั้นด้วย

- สร้างความคิด คือการระดมสมองนั่นเอง การระดมสมองมีกติกาอยู่ 4 ข้อด้วยกันคือ การ

ห้ามวิจารณ์ การคิด โดยอิสระ การเน้นปริมาณ และการกระตุ้นความคิดอย่างต่อเนื่อง

2.) ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน

- ทอนความคิด นำความคิดที่ได้จากการระดมสมองมาประเมินดูว่าข้อคิดใดน่าสนใจ คัดเอาข้อคิดที่ไม่สามารถปฏิบัติได้ออกไป

- การวิเคราะห์งานและแนวคิด เป็นการวิเคราะห์ซึ่งจะนำไปสู่หลักการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหานั้นๆ และเพื่อให้ได้มาซึ่งแผนงานสำหรับการออกแบบบทเรียนที่มีประสิทธิภาพ

- ออกแบบบทเรียนขั้นแรก นำงานและแนวความคิดที่ได้มาทำการออกแบบให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ออกแบบลำดับในการเรียนรู้บทเรียน รูปร่างหน้าตาของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ออกแบบกิจกรรมต่างๆ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากต่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3.) ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการเขียนผังงาน

ผังงาน จะเป็นการอธิบายขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ซึ่งการเขียนผังงานจะทำให้การเขียนโปรแกรม สามารถทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพที่ดี การเขียนผังงานจะไม่แสดงรายละเอียดหน้าจอเหมือนสตอรี่บอร์ด

4.) ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการสร้างสตอรี่บอร์ด

เป็นขั้นตอนการเตรียมนำเสนอข้อความภาพ รวมทั้งสื่อมัลติมีเดียอื่นๆ ลงบนกระดาษเพื่อให้นำเสนอเป็น ไปอย่างเหมาะสมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ต่อไป รวมไปถึงการเขียนข้อความในบทเรียน ที่ผู้เรียนจะเห็นบนหน้าจอ ซึ่งได้แก่ ข้อมูล คำถาม ผลป้อนกลับ คำแนะนำ คำชี้แจง

ในขั้นตอนนี้จะมีการประเมินและทบทวนแก้ไขจนกระทั่งพอใจต่อทุกฝ่าย ผู้เรียนที่อยู่ในกลุ่มเป้าหมายซึ่งไม่สันทัดในเนื้อหาควรมีส่วนในการร่วมประเมินด้วย

5.) ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการสร้าง/เขียนโปรแกรม

เป็นการเปลี่ยนสตอรี่บอร์ดให้เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนปัจจุบันมีโปรแกรมที่ช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เช่น Multimedia ToolBook ,Authorware เป็นต้น โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแต่ละโปรแกรมมีข้อได้เปรียบเสียเปรียบกัน แตกต่างกันไป แต่โดยทั่วไปแล้วการใช้โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนจะสนับสนุนการพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทคิวเตอร์และแบบฝึกหัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกมหรือคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีความสลับซับซ้อนมาก การใช้โปรแกรมภาษาก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งสามารถที่จะเขียนได้ตามต้องการและมีศักยภาพที่ดี

6.) ขั้นตอนที่ 6 ขั้นตอนการผลิตเอกสารประกอบบทเรียน

เอกสารประกอบบทเรียนมีความสำคัญอย่างยิ่ง เอกสารประกอบบทเรียนอาจแบ่งได้ 4 ประเภทคือ คู่มือการใช้ของผู้เรียน คู่มือการใช้ของผู้สอน คู่มือสำหรับแก้ปัญหาทางเทคนิคต่างๆ และเอกสารเพิ่มเติม เนื่องจากผู้เรียนและผู้สอนมีความต้องการไม่เหมือนกัน เช่นผู้สอนก็จะต้องการ

วิธีการลงโปรแกรม ส่วนผู้เรียนก็จะต้องการวิธีการใช้ และหากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนใดที่มีการใช้ อุปกรณ์ที่สลับซับซ้อนเช่น ระบบแลน ทำให้อาจเกิดปัญหาขึ้น ได้จึงต้องมีคู่มือสำหรับแก้ปัญหาทางเทคนิคเพื่อแก้ปัญหานั้นๆ

7.) ขั้นตอนที่ 7 ขั้นตอนการประเมินและแก้ไขบทเรียน

ผู้ที่ควรจะทำกาประเมินคือผู้ที่มีประสบการณ์มาก่อน ผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในบทเรียนนี้ และผู้เรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้ได้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

2.1.10 การออกแบบการสอนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งซึ่งทำให้เกิดการสอนที่มีประสิทธิภาพก็ได้แก่ การเตรียมการสอนของผู้สอน ซึ่งหมายถึงการที่ผู้สอนใช้เวลาในการวางแผนการสอนอย่างเป็นขั้นตอน ขั้นตอนการสอนจึงถือเป็นแนวทางการสอนซึ่งได้ยึดปฏิบัติหรือนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการสอนของตน ขั้นตอนการสอนเป็นเสมือนแบบตรวจสอบให้ผู้สอนได้ใช้ในการประเมินว่าการสอนนั้นได้ครอบคลุมเนื้อหาครบถ้วนหรือไม่ อย่างไร มีวิธีการประเมินความเข้าใจของผู้เรียนใหม่ ผู้เรียนมีการ ปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนระหว่างการเรียนบ้างหรือไม่ และที่สำคัญก็คือ ขั้นตอนการสอนยังเป็นการจูงประกายให้ผู้สอนใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเวลาที่ผู้สอนใช้ในการวางแผนขั้นตอนการสอนก็คือ เวลาที่ผู้สอนออกแบบการสอนไปด้วยนั่นเอง ในบทนี้จะอธิบายถึงขั้นตอนการสอน 9 ขั้น พร้อมทั้งแนะนำการประยุกต์ขั้นตอนการสอนทั้ง 9 นี้ในการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.11 ขั้นตอนการออกแบบการสอนในคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ขั้นตอนการสอนประกอบไปด้วยการสอน 9 ขั้นตอน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นและสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ภายในของผู้เรียน ขั้นตอนการสอนทั้ง 9 ขั้นนี้ ไม่ได้ออกแบบมาเฉพาะเพื่อการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการเรียนด้วยตนเองเท่านั้น อันที่จริงแล้วขั้นตอนการสอนนี้ออกแบบมาเพื่อการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ ซึ่งการเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการที่ผู้เรียน ได้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนและกับสื่อการสอนต่างๆ นั่นเอง อย่างไรก็ตามในโลกปัจจุบันซึ่งการเรียนการสอนไม่ได้จำกัดอยู่ในห้องเรียนเท่านั้น ผู้เรียนจึงจำเป็นต้องรู้จักการเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้นดังนั้นขั้นตอนการสอนนี้จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนด้วยตนเองกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้

ขั้นตอนการสอนประกอบไปด้วยขั้นตอน 9 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนที่ 1 ดึงดูดความสนใจ
- ขั้นตอนที่ 2 บอกวัตถุประสงค์
- ขั้นตอนที่ 3 ทวนความรู้เดิม
- ขั้นตอนที่ 4 การเสนอเนื้อหาใหม่
- ขั้นตอนที่ 5 ชี้แนวทางการเรียนรู้
- ขั้นตอนที่ 6 กระตุ้นการตอบสนอง
- ขั้นตอนที่ 7 ให้ผลป้อนกลับ
- ขั้นตอนที่ 8 ทดสอบความรู้
- ขั้นตอนที่ 9 การจำและการนำไปใช้

1.) ดึงดูดความสนใจ

ขั้นตอนแรกของการสอนคือ การดึงดูดความสนใจจากผู้เรียน ทั้งนี้เพื่อเป็นการกระตุ้นและการจูงใจให้ผู้เรียนมีความต้องการที่จะเรียน ผู้เรียนที่มีแรงจูงใจในการเรียนสูงย่อมจะเรียนได้ดีกว่า ผู้ที่มีแรงจูงใจน้อยหรือไม่มีแรงจูงใจเลย ตามหลักการจิตวิทยาแล้วการจูงใจถือเป็นกระบวนการที่นำพฤติกรรมไปสู่เป้าหมายในที่สุด

ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรเริ่มต้นด้วยหน้านำเรื่อง (Title page) ซึ่งมีการใช้ภาพ สี ภาพเคลื่อนไหวต่างๆ เพื่อดึงดูดความสนใจจากผู้เรียน โดยมีเงื่อนไขว่าหน้านำเรื่องจะต้องเกี่ยวข้องกับบทเรียนด้วย ที่นิยมทำกันก็คือ การแสดงชื่อของบทเรียน ชื่อผู้สร้างบทเรียน แนะนำตัวนำเรื่องในบทเรียนหรือแนะนำเนื้อหาทั่วไปในบทเรียนเป็นต้น จากประสบการณ์การออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผ่านมาพบว่าการใช้มัลติมีเดียในการดึงดูดความสนใจเป็นสิ่งสำคัญ แต่หากใช้มากเกินไปอาจให้ผลตรงกันข้ามได้ นอกจากนี้การใช้กราฟฟิกหรือภาพเคลื่อนไหวที่ค่อนข้างนาน สลับซับซ้อน มีเสียงประกอบต่างๆ จะทำให้ผู้ใช้รำคาญได้หลังจากการเข้าใช้ 2-3 ครั้ง ดังนั้นผู้ออกแบบควรจะจัดหาทางเลือกให้ผู้ใช้ในการข้ามหรือหยุดการใช้กราฟฟิกหรือหยุดการใช้กราฟฟิกนั้นๆ ไว้เสมอ

2.) บอกวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่สองของการสอนก็คือ การบอกวัตถุประสงค์แก่ผู้เรียน ทั้งนี้เพื่อเป็นการให้ผู้เรียนได้ทราบถึงเป้าหมายในการเรียนโดยรวมหรือสิ่งต่างๆ ที่ผู้เรียนจะสามารถทำได้หลังจากที่เรียนจบบทเรียน การบอกวัตถุประสงค์นี้อาจจะอยู่ในรูปของวัตถุประสงค์กว้างๆ จนถึงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากหลักฐานทางการวิจัยพบว่าการบอกวัตถุประสงค์แก่ผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญซึ่งช่วยให้ผู้

เรียนทำความเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น นอกจากนี้ตามทฤษฎีของ ARCS ของเคลเลอร์และซุซูกิ (Keller and Susuki) แล้วการที่ผู้เรียนได้ทราบถึงเป้าหมายของการเรียนของตนยังนับว่าเป็นการสร้างแรงจูงใจในการเรียน เนื่องจากผู้เรียนตระหนักในเป้าหมายของตน จึงเกิดความพยายามมากขึ้นในการที่จะไปให้ถึงเป้าหมายนั่นเอง

การบอกวัตถุประสงค์ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นควรที่จะสั้นกระชับ ได้ใจความ และใช้ข้อความซึ่งเหมาะสมกับระดับของกลุ่มเป้าหมาย นอกจากนี้การบอกวัตถุประสงค์ไม่จำเป็นต้องเขียนเป็นข้อๆ หรือใช้รูปแบบเดียวกันกับในหนังสือเสมอไป นักออกแบบควรใช้ความคิดสร้างสรรค์เทคนิคการบอกวัตถุประสงค์ในลักษณะที่น่าสนใจ เช่น หากกลุ่มเป้าหมายเป็นเด็กการบอกวัตถุประสงค์อาจจะอยู่ในรูปของกราฟฟิกและเสียงเข้าช่วยแทน

3.) ทวนความรู้เดิม

ขั้นตอนที่สามของการสอนก็คือ การทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียน ตามทฤษฎีโครงสร้างการรับรู้เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ เนื่องจากไม่มีการเรียนรู้ใดๆ เกิดขึ้นได้โดยปราศจากการรับรู้ นอกจากนี้การรับรู้ข้อมูลนั้นเป็นการสร้างความหมายโดยการเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิม ภายในกรอบความรู้เดิมที่มีอยู่ และจากการกระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ที่เข้าด้วยกัน ดังนั้นการปูความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการรับความรู้ใหม่ให้แก่ผู้เรียนจึงเป็นสิ่งจำเป็น

โดยปกติแล้วผู้เรียนจะมีพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกันออกไป ในการที่จะทราบว่าผู้เรียนมีพื้นฐานที่จำเป็นในการรับความรู้ใหม่มาก่อนหรือไม่จำเป็นต้องมีการประเมินความรู้เดิม การประเมินความรู้ผู้เรียนนั้นนอกจากจะเป็นการทดสอบความรู้พื้นฐานที่จำเป็นของผู้เรียนแล้ว ยังถือเป็นการกระตุ้นให้เกิดการระลึกถึงความรู้เก่าเพื่อเตรียมพร้อมในการรับความรู้ใหม่ด้วย หากประเมินแล้วพบว่าผู้เรียนขาดความรู้พื้นฐานที่จำเป็น ดังนั้นจึงเป็นการจำเป็นอย่างยิ่งในการจัดให้มีความรู้พื้นฐานในส่วนที่จำเป็นนั้นแก่ผู้เรียนด้วย นอกจากนี้การประเมินความรู้ก่อนเรียนยังสามารถทดสอบว่าผู้เรียนมีความพร้อมมากน้อยขนาดไหนในส่วนเนื้อหาของเนื้อหาใหม่ที่จะเรียนได้ด้วย หากประเมินแล้วพบว่าผู้เรียนมีความรู้ในส่วนเนื้อหาของเนื้อหาใหม่แล้วก็อาจให้ผู้เรียนข้ามไปเรียนบทเรียนอื่นๆ ต่อไปได้

สรุปได้ว่า การออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนควรออกแบบให้มีการทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนก่อนเรียนและทางเลือกในการเข้าถึงความรู้พื้นฐานในส่วนที่จำเป็นสำหรับที่จะรับความรู้ใหม่ อย่างไรก็ตามก็สำหรับการออกแบบในส่วนการประเมินความรู้เดิมและการให้ความรู้พื้นฐานผู้ออกแบบควรจะใช้เวลาให้มากในการพิจารณาเนื้อหาของบทเรียนว่า การประเมินความรู้ก่อนเรียนนั้นและการปูความรู้พื้นฐานนั้น มีความจำเป็นสำหรับเนื้อหานั้นมากน้อยเพียงใด ควรที่จะบังคับให้ผู้เรียนทุกคนต้องผ่านการประเมินความรู้ก่อนเรียนและการปูพื้นฐานหรือไม่ หรือจะเป็น

เพียงทางเลือกทางหนึ่งของผู้เรียน ซึ่งการพิจารณานี้จะส่งผลในการออกแบบโครงสร้างของโปรแกรมและทำให้โปรแกรมมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4.) การนำเสนอเนื้อหาใหม่

ขั้นตอนที่สี่ของการสอนก็คือ การเสนอเนื้อหาใหม่ การเสนอเนื้อหาใหม่โดยการกระตุ้นที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญในการสอน ทั้งนี้เพื่อให้การรับรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รูปแบบในการนำเสนอเนื้อหานั้นมีด้วยกันหลายลักษณะ ตั้งแต่การใช้ข้อความ ภาพนิ่ง ตารางข้อมูล กราฟ แผนภูมิ ไปจนถึงการใช้ภาพเคลื่อนไหว จากการวิจัยพบว่า การนำเสนอเนื้อหาโดยใช้สื่อหลายรูปแบบหรือรวมเรียกว่า มัลติมีเดีย นั้นนับเป็นการนำเสนอที่มีประสิทธิภาพ เพราะนอกจากจะสร้างความสนใจของผู้เรียนแล้ว ยังช่วยในการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ดีขึ้น กล่าวคือ ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้นและทำให้ผู้เรียนมีความคงทนในการจำมากขึ้นอีกด้วย

ในปัจจุบันด้วยศักยภาพของคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว การออกแบบและพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยให้มีการนำเสนอเนื้อหาต่างๆ ในลักษณะมัลติมีเดีย จึงไม่ใช่เรื่องยากเหมือนในอดีตอย่างไรก็ตาม การนำเสนอเนื้อหาต่างๆ ในลักษณะมัลติมีเดียควรมีการเลือกใช้อย่างเหมาะสมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งควรคำนึงถึงลักษณะความสามารถทางการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายเป็นปัจจัยสำคัญ

5.) ชี้นำทางการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ห้าของการสอนก็คือ การชี้นำทางการเรียนรู้ ในการเรียนการสอนในชั้นเรียนตามปกตินั้น บ่อยครั้งที่เราสังเกตว่า ครูผู้สอนจะไม่บอกคำตอบหรือนำเสนอเนื้อหาโดยตรงแก่ผู้เรียน แต่ในทางตรงกันข้ามครูผู้สอนจะใช้การสอนแบบค้นพบหรือการสอนแบบอุปมาน ตัวอย่างเช่น การยกตัวอย่างหรือการตั้งคำถามชี้แนะกว้างๆ และแคบลงไปเรื่อยๆ เพื่อให้ผู้เรียนพยายามคิดวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบหรือค้นพบแนวคิดหรือเนื้อหาใหม่นั้นได้ด้วยตนเองนั้น การสอนแบบค้นพบและการสอนแบบอุปมานนี้ ถือว่าเป็นการชี้นำทางการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามวิธีการที่ครูผู้สอนชี้นำทางการเรียนรู้แก่ผู้เรียนมากน้อยเพียงใดนั้นก็แตกต่างกันไปตามเนื้อหาและความสามารถทางการเรียนรู้ของผู้เรียน หากเนื้อหาเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการค้นพบ เช่น การเรียนคำศัพท์ใหม่ๆ การชี้นำทางการเรียนรู้อาจมีความจำเป็นน้อยหรือไม่มีเลย และผู้เรียนที่มีความสามารถในการเรียนรู้สูงย่อมจะต้องการการชี้นำทางการเรียนรู้น้อยกว่าผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนรู้ต่ำ เป็นต้น นอกจากนี้ลักษณะของผู้เรียนยังเป็นตัวกำหนดรูปแบบของการชี้นำทางการเรียนรู้ได้อีกด้วย หากผู้เรียนมีประสิทธิภาพทางการเรียนต่ำ การใช้ภาพและเสียงในการชี้นำทางถือว่าเป็นทางเลือกของการชี้นำทางการเรียนรู้ที่เหมาะสมกว่าการใช้ข้อความเพียงอย่างเดียว

สำหรับการชี้แนะทางการเรียนรู้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น แทนที่จะออกแบบให้บทเรียนนำเสนอเนื้อหาโดยตรงแก่ผู้เรียน ผู้ออกแบบควรที่จะใช้เวลาในการสร้างสรรค์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบเอง เช่นการออกแบบกิจกรรมต่างๆ เช่นการถามคำถามให้ผู้เรียนตอบหรือการใช้ภาพในการนำเสนอตัวอย่างต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาและให้ผู้เรียนได้ทดลองหรือมีการโต้ตอบกับตัวอย่างนั้นๆ จนผู้เรียนสามารถค้นพบแนวคิดด้วยตัวเองก่อนที่บทเรียนจะสรุปแนวความคิดให้อีกครั้ง เป็นต้น นอกจากนี้การชี้แนะทางการเรียนรู้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอาจอยู่ในรูปของการให้คำแนะนำในการเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งคำแนะนำส่วนใหญ่ก็จะเหมือนกับคำแนะนำจากตำราเรียนทั่วไป กล่าวคือเป็นการแนะนำเกี่ยวกับลำดับการเรียนรู้ที่ผู้สอนคิดว่าดีที่สุดในสำหรับผู้เรียนที่แตกต่างกันไปตามลักษณะและโครงสร้างเนื้อหา นอกจากนี้ยังมีคำแนะนำในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอีกลักษณะหนึ่ง ซึ่งได้แก่ คำแนะนำในลักษณะคำชี้แจงในการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การให้คำแนะนำในการใช้บทเรียนนี้ถือว่าเป็นองค์ประกอบหลักอย่างหนึ่งของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื่องจากผู้ใช้บทเรียนสามารถใช้ประโยชน์จากส่วนของคำแนะนำในการใช้บทเรียนเพื่อการสืบไปในบทเรียนอย่างมีประสิทธิภาพได้ ดังนั้นผู้พัฒนาบทเรียนจึงควรที่จะจัดให้มีคำแนะนำในการใช้บทเรียนเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลคำแนะนำได้โดยสะดวกด้วย

6.) การกระตุ้นการตอบสนอง

ขั้นตอนที่หกของการสอนก็คือ การกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองจากผู้เรียน ซึ่งเป็นขั้นตอนต่อจากขั้นของการชี้แนะทางการเรียนรู้ กล่าวคือหลังจากที่ผู้เรียนได้รับการชี้แจงแนวทางการเรียนรู้แล้ว ขั้นต่อไปก็คือ การอนุญาตให้ผู้สอนหรือครูได้มีโอกาสทดสอบว่าผู้เรียนเข้าใจในสิ่งที่ตนกำลังสอนอยู่หรือไม่และผู้เรียนก็จะได้มีโอกาสทดสอบความเข้าใจของตนเองในเนื้อหาที่กำลังศึกษาอยู่

สำหรับการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น การกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองนี้มักจะออกมาในรูปของกิจกรรมต่างๆ ที่ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการคิดและปฏิบัติในเชิงโต้ตอบโดยมีวัตถุประสงค์ หลักในการที่ให้ผู้เรียนแสดงความเข้าใจในสิ่งที่กำลังเรียน ดังนั้นการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ผู้ออกแบบจึงควรจัดให้มีกิจกรรมที่สร้างสรรค์ต่างๆ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาเพื่อให้เกิดการกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองจากผู้เรียน ตัวอย่างเช่น การออกแบบปุ่มคำถามหรือกิจกรรมสร้างสรรค์อื่นๆ ไว้เพื่อให้ผู้เรียนตอบคำถามสั้นๆ ระหว่างที่กำลังเรียนอยู่เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสตรวจสอบความเข้าใจถูกต้องมาน้อยเพียงใด

7.) ให้ผลป้อนกลับ

หลังจากที่ผู้เรียนได้มีโอกาสได้ทดสอบความเข้าใจของตนเองในเนื้อหาที่กำลังศึกษาจากขั้นตอนของการกระตุ้นการตอบสนองแล้ว ขั้นตอนที่เจ็ดของการสอนก็คือการให้ผลป้อนกลับหรือ

การให้ข้อมูลย้อนกลับไปยังผู้เรียนเกี่ยวกับความถูกต้องและระดับความถูกต้องของคำตอบนั้นๆ การให้ผลป้อนกลับถือเป็นการเสริมแรงอย่างหนึ่งซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้ในตัวผู้เรียน การให้ผลป้อนกลับนอกจากจะทำให้ผู้เรียนทราบว่าสิ่งที่ตนเองเข้าใจนั้นถูกต้องมากน้อยเพียงใดแล้ว ยังทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนอีกด้วย มีงานวิจัยหลายชิ้นสนับสนุนความคิดที่ว่า การให้ผลป้อนกลับนั้น กระตุ้นให้เกิดความสนใจในการเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานวิจัยที่เกี่ยวกับการให้ผลป้อนกลับของ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกม ดังนั้นการให้ผลป้อนกลับจึงกลายเป็นองค์ประกอบ หลักอย่างหนึ่งของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เราสามารถแบ่งผลป้อนกลับได้เป็น 4 ประเภทตามลักษณะการปรากฏได้ดังนี้

1. แบบไม่เคลื่อนไหว หมายถึง การเสริมด้วยการแสดงหรือข้อความว่า ถูกต้อง ผิด คอบอีก ครั้ง และคำเฉลยที่บอกเป็นนัย
2. แบบเคลื่อนไหว หมายถึง การเสริมแรงด้วยการแสดงภาพเคลื่อนไหวหรือ กราฟฟิก เช่น ภาพหน้ายิ้ม ภาพหน้าเสียใจ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วมักจะออกแบบให้มีลักษณะเคลื่อนไหวได้ นอกจากนี้ ยังครอบคลุมถึงการใส่ภาพอธิบายคำตอบของผู้เรียน ซึ่งบางครั้งการใส่ข้อความอธิบายอาจไม่ชัดเจนพอ
3. แบบโต้ตอบ หมายถึง การเสริมแรงด้วยการให้ผู้เรียนได้มีกิจกรรมเชิงโต้ตอบกับบทเรียน ซึ่งกิจกรรมนั้นๆ ไม่ใช่เนื้อหาโดยตรง เช่น การเล่นเกมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เป็นต้น
4. แบบทำเครื่องหมาย หมายถึง การทำเครื่องหมายบนคำตอบของผู้เรียนเมื่อคำตอบของผู้เรียนถูกเพียงบางส่วน ซึ่งเครื่องหมายมักจะอยู่ในรูปของการขีดเส้นใต้ การใช้สีที่แตกต่าง เป็นต้น การทำเครื่องหมายนี้จำกัดเฉพาะ ข้อคำถามประเภทเติมคำให้สมบูรณ์

นอกจากนี้เรายังสามารถแบ่งผลป้อนกลับออกตามธรรมชาติของเนื้อหาเป็น 2 ลักษณะ กว้างๆ ได้แก่

1. ผลป้อนกลับพร้อมคำอธิบาย หมายถึงผลป้อนกลับซึ่งช่วยให้คำอธิบายแก่ผู้เรียนว่าผู้เรียนทำผิดหรือถูก ถูกอย่างไร ผิดอย่างไร เพราะอะไร ซึ่งข้อมูลที่ได้จากผลป้อนกลับนี้อาจอยู่ในลักษณะของการชี้ข้อผิดพลาดของคำตอบของผู้เรียน หรืออาจเป็นการบอกใบ้ให้แก่ผู้เรียนในการได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งผลป้อนกลับในลักษณะนี้นอกจากจะเป็นการเสริมแรงแล้ว ยังเป็นการให้ข้อมูลเพิ่มเติมแก่ผู้เรียนในการพยายามคิดหาหรือสร้างคำตอบที่ถูกต้องในการพยายามครั้งต่อไปอีกด้วย
2. ผลป้อนกลับไร้คำอธิบาย หมายถึงผลป้อนกลับซึ่งไม่ได้นำเสนอข้อมูลเพิ่มเติมอะไรแก่ผู้เรียน นอกจากข้อมูลว่าคำตอบที่ผู้เรียนเลือกนั้นถูกต้องหรือไม่ จะไม่ให้เหตุผลว่าทำไมจึงถูกหรือ ผิดอย่างไร เพราะอะไร

ผู้ออกแบบบทเรียนควรที่จะจัดหาประเภทของการให้ผลป้อนกลับที่สร้างสรรค์และเหมาะสมกับลักษณะความสามารถทางการเรียนรู้ของผู้เรียน

8.) ทดสอบความรู้

ขั้นตอนที่แปดของการสอนได้แก่ การทดสอบความรู้ซึ่งเป็นการประเมินว่าผู้เรียนนั้นได้เกิดการเรียนรู้คั้งที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้หรือไม่อย่างไร การทดสอบความรู้นั้นอาจจะเป็นการทดสอบหลังจากผู้เรียนได้เรียนจบวัตถุประสงค์หนึ่ง ซึ่งอาจอยู่ระหว่างบทเรียนหรือ อาจจะเป็นการทดสอบหลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนจบทั้งบทแล้วก็ได้ โดยการทดสอบความรู้ นั้น นอกจากจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองแล้ว ผู้สอนก็ยังสามารถนำประโยชน์ของการทดสอบความรู้ไปใช้ในการประเมินว่าผู้เรียนนั้น ได้รับความรู้และความเข้าใจเพียงพอที่จะผ่านไปศึกษาบทเรียนต่อไปหรือไม่อย่างไร

ดังนั้นการทดสอบความรู้จึงเป็นสิ่งจำเป็นและขาดไม่ได้เลยในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้ออกแบบบทเรียนควรใช้เวลาในการออกแบบการทดสอบความรู้ให้มากเพื่อให้ได้มาซึ่งการทดสอบความรู้ที่เชื่อถือได้ นอกจากนี้ผู้ออกแบบควรหลีกเลี่ยงข้อจำกัดในเรื่องของความยืดหยุ่นของโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการสร้างแบบทดสอบ ในขณะที่เดียวกันก็ควรพยายามใช้ข้อได้เปรียบของโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โปรแกรมที่มีลักษณะที่ช่วยในการสร้างแบบทดสอบ

9.) การจำและนำไปใช้

ขั้นตอนสุดท้ายของการสอนได้แก่ การจำและนำไปใช้ สิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนมีความคงทนในการจำข้อมูลความรู้ใดข้อมูลความรู้หนึ่งนั้น ก็คือการทำให้เกิดบริบทที่มีความหมายต่อผู้เรียน การทำให้เกิดบริบทที่มีความหมายต่อผู้เรียนนั้นหมายถึง การทำให้ผู้เรียนตระหนักว่าข้อมูลความรู้ใหม่ที่ได้เรียนรู้ไปนั้นมีส่วนสัมพันธ์กับความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่ผู้เรียนมีความคุ้นเคยอย่างไร สำหรับขั้นตอนการสอนในส่วนการนำไปใช้นั้น ผู้สอนก็ต้องจัดหากิจกรรมใหม่ๆ และหลากหลายไว้ให้สำหรับผู้เรียน โดยกิจกรรมที่จัดหามา นี้จะต้องเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ที่เพิ่งได้เรียนมาที่แตกต่างไปจากบทเรียน

ดังนั้นในขั้นตอนสุดท้ายนี้ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรที่จะนำเสนอการสรุปแนวความคิดที่สำคัญซึ่งครอบคลุมการเชื่อมโยงข้อมูลความรู้ใหม่กับความรู้เดิมของผู้เรียน รวมทั้งตัวอย่างการยกสถานการณ์หรือบริบทอื่นๆ ที่แตกต่างไปจากตัวอย่างที่ใช้ในบทเรียนด้วย และนอกจากนี้ยังควรจัดให้มีคำแนะนำเกี่ยวกับแหล่งความรู้เพิ่มเติมอีกด้วย

2.1.12 ทฤษฎีการเรียนรู้ของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องเนื่องกับการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การออกแบบโครงสร้างหรือลำดับของการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน บทหนึ่งๆ นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สร้างจะต้องพิจารณาถึงหลักเกณฑ์ในการออกแบบซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้ของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ทฤษฎีหลักๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของมนุษย์และส่งผลกระทบต่อแนวคิดและการออกแบบโครงสร้างของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้แก่ ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม (Behaviorism) ทฤษฎีปัญญานิยม (Cognitivism) ทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (Schema theory) และทฤษฎีความยืดหยุ่นทางปัญญา (Cognitive Flexibility)

1.) ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม

ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม (Behaviorism) เป็นทฤษฎีซึ่งเชื่อว่าจิตวิทยาเสมือนการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ของพฤติกรรมมนุษย์ และการเรียนรู้ของมนุษย์เป็นสิ่งที่สามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมภายนอก นอกจากนี้ยังมีแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง ซึ่งเชื่อว่าการตอบสนองกับสิ่งเร้าของมนุษย์จะเกิดขึ้นควบคู่กันในเวลาที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังเชื่อว่าการเรียนรู้ของมนุษย์เป็นพฤติกรรมแบบแสดงอาการกระทำ ซึ่งมีการเสริมแรงเป็นตัวการ โดยทฤษฎีพฤติกรรมนิยมนี้จะไม่พูดถึงความนึกคิดภายในของมนุษย์ ความทรงจำ ภาพความรู้สึก โดยถือว่าคำเหล่านั้นเป็นคำต้องห้าม ซึ่งทฤษฎีนี้ส่งผลต่อการเรียนการสอนที่สำคัญในยุคนั้น ในลักษณะที่การเรียนเป็นชุดของพฤติกรรมซึ่งจะต้องเกิดขึ้นตามลำดับที่แน่ชัด การที่ผู้เรียนจะบรรลุวัตถุประสงค์ได้นั้นจะต้องมีการเรียนตามขั้นตอน เป็นวัตถุประสงค์ไป ผลที่ได้จากการเรียนขั้นแรกนี้จะเป็นที่พื้นฐานของการเรียนในขั้นต่อๆ ไปในที่สุด

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ออกแบบตามแนวความคิดของทฤษฎีพฤติกรรมนิยมนี้จะมีโครงสร้างของบทเรียนในลักษณะเชิงเส้นตรง โดยที่ผู้เรียนทุกคนจะได้รับคำแนะนำในลำดับที่เหมือนกันและตายตัว ซึ่งเป็นลำดับที่ผู้สอนได้พิจารณาแล้วว่าเป็นลำดับการสอนที่ดี และผู้เรียนจะสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด นอกจากนั้นจะมีการตั้งคำถามผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ โดยหากผู้เรียนตอบถูกก็จะได้รับผลตอบสนองทางบวกหรือรางวัล ในทางตรงกันข้ามถ้าหากผู้เรียนตอบผิดก็จะได้รับการตอบสนองในรูปของผลป้อนกลับทางลบและคำอธิบายหรือการลงโทษ ซึ่งผลป้อนกลับนี้ถือเป็นการเสริมแรงเพื่อให้เกิดพฤติกรรมที่ต้องการ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ออกแบบตามแนวความคิดของทฤษฎีพฤติกรรมนิยมจะบังคับให้ผู้เรียนผ่านการประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ตามวัตถุประสงค์เสียก่อน จึงจะสามารถผ่านไปศึกษาเนื้อหาวัตถุประสงค์ต่อไปได้ หากไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผู้เรียนจะต้องกลับไปศึกษาในเนื้อหาเดิมอีกครั้งจนกว่าจะผ่านการประเมิน

2.) ทฤษฎีปัญญานิยม

ทฤษฎีปัญญานิยม (Cognitivism) เกิดขึ้นจากแนวความคิดของชอมสกี (Chomsky) ที่ไม่เห็นด้วยกับสกินเนอร์ (Skinner) บิดาของทฤษฎีพฤติกรรมนิยม ในการมองพฤติกรรมมนุษย์ว่าเป็นเสมือนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ชอมสกีเชื่อว่า พฤติกรรมมนุษย์นั้นเป็นเรื่องของภายในจิตใจ มนุษย์ไม่ใช่ผ้าขาวที่เมื่อใส่สีอะไรไปก็จะกลายเป็นสีนั้น มนุษย์มีความนึกคิด มีอารมณ์จิตใจและความรู้สึกภายในที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการออกแบบการสอนก็ควรที่จะคำนึงถึงความแตกต่างภายในของมนุษย์ด้วย ในช่วงนี้มีความคิดต่างๆ มากมาย เช่นแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องความทรงจำ ได้แก่ ความแตกต่างระหว่างความทรงจำระยะสั้น ระยะยาวและความคงทนของความทรงจำ แนวคิดเกี่ยวกับการแบ่งประเภทของความรู้ออกเป็น 3 ลักษณะ คือความรู้ในลักษณะเป็นขั้นตอน ซึ่งได้แก่ความรู้ที่อธิบายว่าทำอะไรและเป็นองค์ความรู้ที่ต้องการลำดับการเรียนรู้ที่ชัดเจน ความรู้ในลักษณะเป็นการอธิบาย ซึ่งได้แก่ความรู้ที่อธิบายว่าคืออะไร และความรู้ในลักษณะเป็นเงื่อนไข ซึ่งได้แก่ความรู้ที่อธิบายว่าเมื่อไร ทำไม ซึ่งความรู้ 2 ประเภทหลังนี้ ไม่ต้องการลำดับการเรียนรู้ที่ตายตัว

ทฤษฎีปัญญานิยมนี้ส่งผลต่อการเรียนการสอนที่สำคัญในยุคนั้น กล่าวคือทฤษฎีปัญญานิยมทำให้เกิดแนวความคิดเกี่ยวกับการออกแบบในลักษณะสาขา หากเมื่อเปรียบเทียบกับบทเรียนที่ออกแบบตามแนวความคิดของพฤติกรรมนิยมแล้ว จะทำให้ผู้เรียนมีอิสระมากขึ้นในการควบคุมการเรียนของตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีอิสระในการเลือกลำดับของการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนที่เหมาะสมกับตน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ออกแบบตามทฤษฎีปัญญานิยมนี้ก็จะจะมีโครงสร้างของบทเรียนในลักษณะสาขาเช่นเดียวกัน โดยผู้เรียนแต่ละคนจะได้รับการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะที่ไม่เหมือนกัน โดยเนื้อหาที่จะได้รับการนำเสนอต่อไปนี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถ ความถนัด และความสนใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ

ความแตกต่างระหว่างแนวคิดแบบพฤติกรรมนิยมและปัญญานิยม สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงความแตกต่างระหว่างพฤติกรรมนิยมและปัญญานิยม

พฤติกรรมนิยม (Behaviorism)	ปัญญานิยม (cognitivism)
เรื่องของการกระทำภายใน (behavior)	เรื่องของภายในจิตใจ (Wholes)
รูปธรรม	นามธรรม
องค์ประกอบ	ภาพรวม
ความรู้เป็นสิ่งที่ค้นพบและเรียกกลับมาใช้ได้	ความรู้เป็นสิ่งที่สร้างขึ้นและสร้างขึ้นใหม่
จิตเป็นเสมือนโรงงาน	จิตใจเป็นเสมือนคอมพิวเตอร์
ผลลัพธ์	กระบวนการ

3.) ทฤษฎีโครงสร้างความรู้

ภายใต้ทฤษฎีปัญญานิยมนี้ยังได้เกิดทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (Schema Theory) ขึ้น ซึ่งเป็นแนวความคิดที่เชื่อว่า โครงสร้างภายในความรู้มนุษย์ที่มีอยู่จะมีลักษณะเป็นกลุ่มที่มีการเชื่อมโยงกันอยู่ ในการที่มนุษย์จะเรียนรู้อะไรใหม่ๆ มนุษย์จะนำความรู้ที่ได้ใหม่นั้นไปเชื่อมโยงกับกลุ่มความรู้ที่มีอยู่เดิม รูเมลฮาร์ทและออร์ทอนี (Rumelhart and Ortony) ได้ให้นิยามของคำว่าโครงสร้างความรู้ไว้ว่าเป็น โครงสร้างข้อมูลภายในสมองซึ่งรวบรวมความรู้เกี่ยวกับวัตถุ ลำดับเหตุการณ์ รายการกิจกรรมต่างๆ เอาไว้ หน้าที่ของโครงสร้างความรู้ก็คือ การนำไปสู่การรับรู้ข้อมูล การรับข้อมูลนั้นจะไม่เกิดขึ้นได้หากเกิดโครงสร้างความรู้เดิม ภายในกรอบความรู้เดิมที่มีอยู่และจากการกระตุ้นโดยเหตุการณ์หนึ่งๆ ที่ช่วยให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้นั้นๆ เข้าด้วยกัน การรับรู้ เป็นสิ่งที่สำคัญทำให้เกิดการเรียนรู้ เนื่องจากไม่มีการเรียนรู้ใดเกิดขึ้นได้โดยปราศจากการรับรู้ นอกจากโครงสร้างความรู้จะช่วยในการรับรู้และการเรียนรู้แล้วนั้น โครงสร้างความรู้ยังช่วยในการระลึกถึงสิ่งต่างๆ ที่เราเคยเรียนมา

4.) ทฤษฎีความยืดหยุ่นทางปัญญา

นอกจากทฤษฎีโครงสร้างความรู้แล้ว เมื่อไม่นานมานี้ได้เกิดทฤษฎีใหม่มีชื่อว่าทฤษฎีความยืดหยุ่นทางปัญญา (Cognitive Flexibility) ซึ่งเป็นแนวคิดที่เชื่อว่าความรู้แต่ละองค์ความรู้มีโครงสร้างที่แน่นชัดและสลับซับซ้อนมากน้อยแตกต่างกันออกไป โดยองค์ความรู้บางประเภทสาขาวิชา เช่นคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์กายภาพนั้น ถือว่าเป็นองค์ความรู้ที่มีโครงสร้างตายตัว ไม่สลับซับซ้อน เพราะตรรกะและความเป็นเหตุผลที่แน่นอนของธรรมชาติขององค์ความรู้ ในขณะที่เดียวกัน องค์ความรู้บางประเภทสาขาวิชา เช่นจิตวิทยาถือว่าเป็นองค์ความรู้ที่มีโครงสร้างไม่ตายตัวและสลับซับซ้อน เพราะความไม่เป็นเหตุผลของธรรมชาติขององค์ความรู้ อย่างไรก็ตามการแบ่งลักษณะโครงสร้างความรู้ตามสาขาวิชาไม่สามารถหมายรวมไปถึงองค์ความรู้บางประเภทสาขาวิชา

ที่มีโครงสร้างตายตัวก็สามารถเป็นองค์ความรู้ที่มีโครงสร้างไม่ตายตัวได้เช่นกัน แนวคิดในเรื่องความยืดหยุ่นทางปัญญานี้ส่งผลให้เกิดการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อตอบสนองต่อโครงสร้างขององค์ความรู้ที่แตกต่างกัน ซึ่งได้แก่ แนวคิดในเรื่องการออกแบบบทเรียนแบบสื่อหลายมิติ นั่นเอง

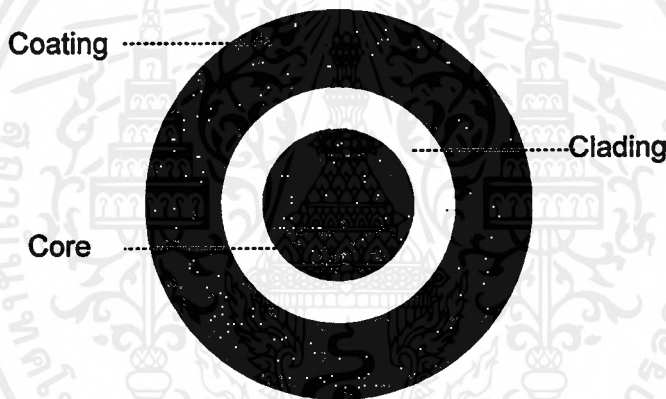
แม้ว่าทฤษฎีโครงสร้างความรู้และความยืดหยุ่นทางปัญญาที่กล่าวถึงนี้จะมีความแตกต่างกันในเรื่องแนวคิดอยู่มาก แต่ทฤษฎีทั้งสองต่างส่งผลต่อการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในปัจจุบันในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือทฤษฎีทั้งสองต่างสนับสนุนแนวคิดเกี่ยวกับการจัดระเบียบโครงสร้างการนำเสนอเนื้อหาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในลักษณะสื่อหลายมิติ เพราะมีงานหลายชิ้นสนับสนุนว่า การจัดระเบียบโครงสร้างการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนในสื่อหลายมิติ จะตอบสนองต่อการเรียนรู้ของมนุษย์ ในความพยายามที่จะเชื่อมโยงความรู้ใหม่ๆ กับความรู้ที่มีอยู่เดิมได้เป็นอย่างดี ซึ่งตรงกับทฤษฎีโครงสร้างความรู้ นอกจากนี้การนำเสนอเนื้อหาบทเรียนในลักษณะสื่อหลายมิติยังสามารถที่จะตอบสนองความแตกต่างของโครงสร้างองค์ความรู้ที่ไม่ชัดเจนหรือมีความสลับซับซ้อน ซึ่งเป็นแนวความคิดของทฤษฎีความยืดหยุ่นทางปัญญาได้อีกด้วย โดยการจัดระเบียบโครงสร้างการนำเสนอบทเรียนในลักษณะสื่อหลายมิติจะอนุญาตให้ผู้เรียนทุกคนสามารถที่จะมีอิสระในการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง ตามความสามารถ ความถนัด และพื้นฐานความรู้ของตนเองได้อย่างเต็มที่ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ออกแบบตามแนวคิดของทฤษฎีทั้งสองนี้ ก็จะมีโครงสร้างของบทเรียนแบบสื่อหลายมิติ ในลักษณะโยงใยเหมือนแมงมุม โดยผู้เรียนทุกคนจะได้รับการเสนอเนื้อหาในลำดับที่ไม่เหมือนกันและไม่ตายตัว โดยเนื้อหาที่จะได้รับการนำเสนอจะขึ้นอยู่กับความสามารถ ความถนัด และความสนใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการออกแบบตามแนวความคิดของทฤษฎีทั้งสองนี้กับการออกแบบตามทฤษฎีปัญญานิยมคือคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ออกแบบตามทฤษฎีทั้งสองนี้จะให้อิสระแก่ผู้เรียนในการควบคุมการเรียนรู้ของตนเองมากกว่า เนื่องจากการออกแบบที่สนับสนุนโครงสร้างความสัมพันธ์ของเนื้อหาที่สลับซับซ้อนมากกว่านั่นเอง

การออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ผู้ออกแบบไม่จำเป็นต้องยึดแนวคิดหรือทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่งเพียงอย่างเดียว ในทางตรงกันข้ามผู้ออกแบบควรที่จะผสมผสานแนวคิดหรือทฤษฎีต่างๆ ให้เหมาะสมตามลักษณะเนื้อหาและโครงสร้างขององค์ความรู้ในสาขาวิชาต่างๆ เช่น ในการออกแบบโครงสร้างหรือลำดับของการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหนึ่งๆ ผู้ออกแบบสามารถประยุกต์การออกแบบในลักษณะเชิงเส้นตรงในส่วนของเนื้อหาความรู้ซึ่งเป็นลักษณะขององค์ความรู้ที่ต้องการลำดับการเรียนรู้ที่ตายตัวหรือองค์ความรู้ที่มีโครงสร้างไม่ตายตัว ไม่สลับซับซ้อน ในขณะที่เดียวกันก็สามารถที่จะประยุกต์การออกแบบในลักษณะของสาขาหรือสื่อหลายมิติได้

ในเนื้อหาความรู้ซึ่งเป็นลักษณะสื่อหลายมิติสำหรับองค์ความรู้ประเภทที่มีโครงสร้างไม่ตายตัวและมีความสัมพันธ์ภายในที่ซับซ้อน เป็นต้น

2.2 เส้นใยแสง (Fiber Optics)

เส้นใยแสงคือ เส้นใยขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เป็นตัวนำแสง โครงสร้างสำคัญของเส้นใยแสงประกอบด้วย Core คือส่วนที่แสงเดินทางผ่าน และ Cladding คือส่วนที่หุ้ม ทั้ง Core และ Cladding เป็นสาร Dielectric ใส (แก้วหรือพลาสติก เป็นต้น) และทั้ง Core และ Cladding จะถูกหุ้มด้วย Coating ซึ่งเป็นป้องกันแสงจากภายนอก ป้องกันการกระทบกระเทือน และเพื่อประโยชน์ในการเชื่อมต่ออีกด้วย



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเส้นใยแสง

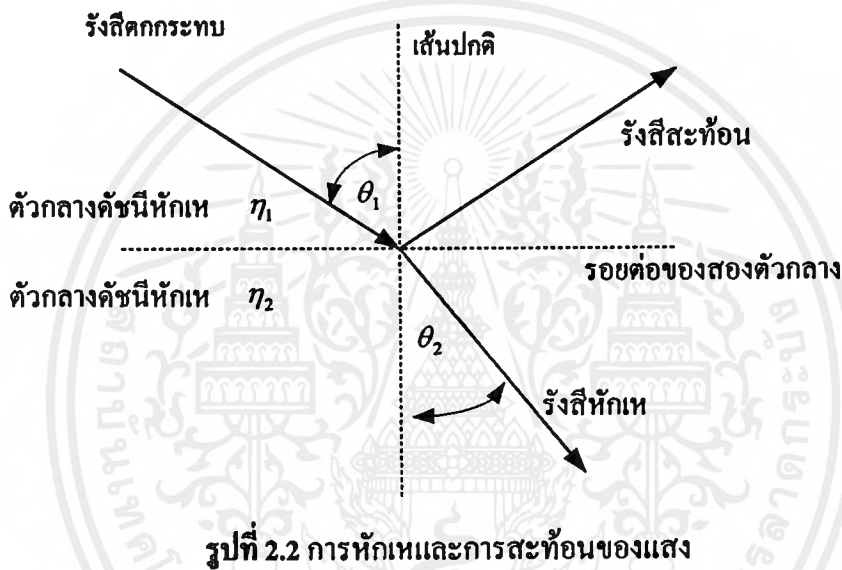
2.2.1 ความรู้เบื้องต้นทางแสง

ปรากฏการณ์ทางแสงจะกล่าวถึงปรากฏการณ์พื้นฐานที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการใช้งานใยแก้วนำแสง เช่น การหักเหของแสง (Refraction) การสะท้อนกลับหมดของแสง (Total Internal reflection) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้แสงสามารถเดินทางอยู่ในเส้นใยแก้วนำแสงได้ เราจึงจำเป็นต้องศึกษาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแสงด้วย

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เดินทางด้วยความเร็วประมาณ 3×10^8 เมตร/วินาที ในอากาศ ซึ่งความเร็วของแสงในอากาศสำหรับทุกๆ ความยาวคลื่นมีค่าเท่ากัน อย่างไรก็ตามความเร็วของแสงจะเปลี่ยนไปเมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีความหนาแน่นไม่เท่าเดิม จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการหักเห

แสงจะสามารถเดินทางเป็นเส้นตรงได้ยาวเท่าที่มันยังคงอยู่ในตัวกลางที่สม่ำเสมอ แต่เมื่อแสงเดินทางในตัวกลางอื่น แสงจะเกิดการหักเห ตัวกลางของแสงแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ แบบ โปร่ง

แสง แบบฝ้ามัว แบบทึบแสง การแบ่งลักษณะของตัวกลางจะขึ้นอยู่กับว่าแสงจะสามารถเดินทางผ่านไปได้มากน้อยเพียงใด ถ้าแสงสามารถเดินทางผ่านไปได้มากโดยมีผลกระทบเล็กน้อย ไม่อาจเห็นได้ชัดเจน เราเรียกเป็น วัตถุโปร่งแสง เช่น น้ำ อากาศ พลาสติกใส แก้ว ซึ่ง พลาสติกและแก้วจะใช้ในการทำเลนส์แสง ถ้าแสงไม่สามารถผ่านวัตถุนั้นไปได้เราเรียกว่า วัตถุทึบแสง สำหรับวัตถุแบบฝ้ามัว แสงจะสามารถผ่านไปได้บางส่วน วัตถุแบบฝ้ามัวนี้จะสามารถเป็นวัตถุทึบแสงได้โดยเพิ่มความหนาของวัตถุ เช่นน้ำบริเวณขอบของทะเลสาบจะมีลักษณะเป็นแบบโปร่งแสง แต่ที่จุดกึ่งกลางของทะเลสาบที่ลึกมากจะไม่มีแสงผ่านเข้าไปได้จึงเป็นแบบทึบแสง



จากรูปที่ 2.2 แสดงการตกกระทบของแสง เส้นที่ตั้งฉากกับรอยต่อของตัวกลางทั้งสองเรียกว่า เส้นปกติ θ_1 คือ มุมตกกระทบ θ_2 คือ มุมหักเหที่ทำกับเส้นปกติ ส่วนค่าดัชนีหักเห η คือค่าอัตราส่วนของความเร็วแสงในอากาศเทียบกับความเร็วของแสงในตัวกลางนั้น โดยที่

$$\eta = \frac{c}{v}$$

เมื่อ c คือความเร็วของแสงในสุญญากาศ และ v คือความเร็วของแสงในตัวกลาง

ในตัวกลางที่มีดัชนีหักเหต่างกันความเร็วในการเดินทางของแสงจะไม่เท่ากัน เช่นในอากาศมีดัชนีหักเหเป็น 1 มีความเร็วของแสง 3×10^8 เมตรต่อวินาทีแต่ในตัวกลางอื่น ความเร็วของแสงจะลดลง ความเร็วของแสงที่ต่างกันในตัวกลางที่ต่างกันนี้ ทำให้เกิดการหักเหขึ้นได้

การหักเหและการสะท้อนของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางที่มีดัชนีหักเห สามารถอธิบายได้ด้วยกฎของสเนลล์ (Snell's Law) คือ

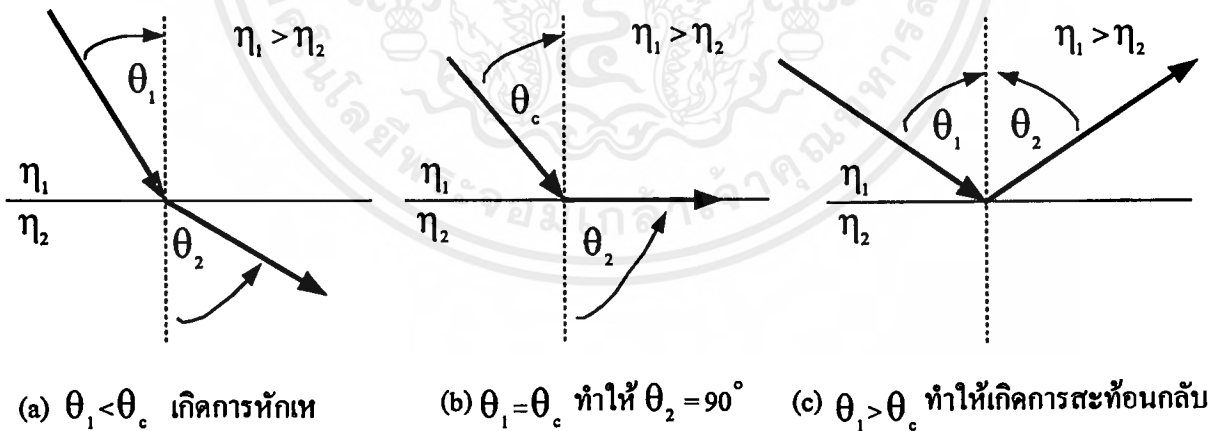
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\eta_2}{\eta_1}$$

จากรูปที่ 2.2 โดยอาศัยกฎของสเนลล์ จะเห็นว่าถ้าหักเหในดักกลางที่ 1 มีค่ามากกว่าดักกลางที่ 2 รังสีหักเหจะเบี่ยงเบนออกจากเส้นปกติ แต่ถ้า หักเหในดักกลางที่ 1 มีค่าน้อยกว่าดักกลางที่ 2 รังสีหักเหจะเบี่ยงเบนเข้าหาเส้นปกติ ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะกรณีที่ดัชนีหักเหในดักกลางที่ 1 มากกว่าเท่านั้น

จาก Snell's Law พิจารณาแสงที่เดินทางจากดักกลางที่มีค่าดัชนีหักเหมากไปยังดักกลางที่มีดัชนีหักเห น้อย เมื่อมุมตกกระทบ θ_1 มีค่ามากขึ้น ก็จะทำให้มุมหักเห θ_2 มีค่าเข้าใกล้ 90° องศา เรียกมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 90° องศาว่า มุมวิกฤต (Critical Angle, θ_c) เราสามารถหาค่าของ θ_c นี้ได้จากสมการ

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{\eta_2}{\eta_1}$$

และหากเพิ่มมุมตกกระทบ θ_1 อีกจนกระทั่งมากกว่ามุมวิกฤต ($\theta_1 > \theta_c$) ก็จะทำให้แสงไม่สามารถเดินทางเข้าไปในดักกลางที่ 2 ได้เลย นั่นคือเกิดการสะท้อนกลับหมดดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ผลของมุมและการหักเหของแสงที่รอยต่อของดักกลาง

2.2.2 การเดินทางของแสงในเส้นใยแสง

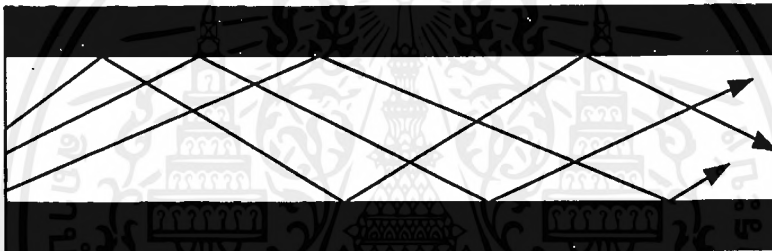
จากความรู้ทางแสงทำให้ทราบว่าแสงสามารถเดินทางในเส้นใยแสงได้ โดยที่ค่าดัชนีหักเหของ Core จะมีค่ามากกว่าค่าดัชนีหักเหของ Clad เล็กน้อย (ประมาณ 0.2-3%) แสงที่เดินทางภายในเส้นใยแสงนี้จะสะท้อนกลับไปมาและไปข้างหน้าจนกระทั่งถึงปลายอีกข้างหนึ่ง

Mode การเดินทางของแสงภายในเส้นใยแสง

Mode การเดินทางของแสงในเส้นใยแสง หรือ Propagation Mode คือจำนวนของแสงที่ป้อนเข้าไปในเส้นใยแสง แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Single mode และ Multi Mode ดังแสดงในรูปที่ 2.4



(ก) รูปแสดงเส้นใยแสงแบบ Single Mode



(ข) รูปแสดงเส้นใยแสงแบบ Multi Mode

รูปที่ 2.4 เส้นใยแสง Single Mode และ Multi Mode

2.2.3 ชนิดของเส้นใยแสง

การแบ่งชนิดของเส้นใยแสงสามารถแบ่งได้หลายวิธี

1.) แบ่งตามชนิดของสาร Dielectric ที่ใช้

- Silica glass optic fiber ใช้สาร Dielectric เป็น Silica glass ที่เรียกว่า (SiO_2) ซึ่งเป็นแก้วบริสุทธิ์ โดยอาจเติมสารอื่นลงไปเพื่อให้ค่าดัชนีหักเหเปลี่ยนแปลงตามต้องการ นิยมใช้ในการสื่อสารโทรคมนาคม เนื่องจากมีการสูญเสียต่ำ และมีคุณสมบัติการส่งคงที่
- Multi component glass optic fiber เป็นแก้วหลายชนิดปนกัน ส่วนมากได้แก่ Soda Calcium, Silica, Silica ที่มี Boron และ Silicon ทั้งหมดนี้เติมด้วยสาร sodium, calcium มีคุณสมบัติดีกว่าแบบแรก

- Plastic optic fiber ทำจากพลาสติก เหมาะสำหรับงานที่ต้องการคุณสมบัติที่ด้อยลงมา มีข้อดีคือ ใช้งานง่าย ต่ออายุ หักขาด ใช้ในการสื่อสารระยะใกล้ เช่น การเดินสายภายในรถยนต์

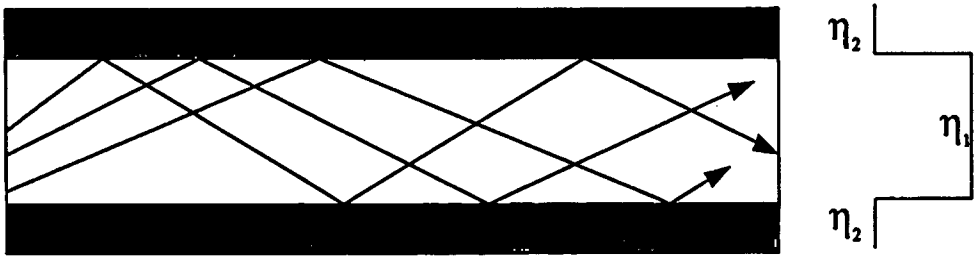
2.) แบ่งตามจำนวน Propagation Mode

- Single Mode optic fiber (SM-fiber) แสงสามารถเดินทางไปในเส้นใยแสงได้เพียงโหมดเดียว โดยจะมีขนาดของ Core ที่เล็กกว่าแบบ Multi mode เส้นใยแสงชนิดนี้เหมาะสำหรับการสื่อสารระยะไกลที่ความเร็วสูง เพราะมีการสูญเสียของสัญญาณต่ำ และมี Dispersion น้อยมาก
- Multi Mode optic fiber (MM-fiber) แสงสามารถเดินทางในเส้นใยแสงได้หลายโหมด เส้นใยแสงแบบนี้มี Core ที่ใหญ่กว่าแบบ SM-Fiber เหมาะสำหรับการสื่อสารที่ไม่ไกลมากนัก หรือระบบที่มีความเร็วต่ำ เพราะค่าใช้จ่ายถูกกว่า

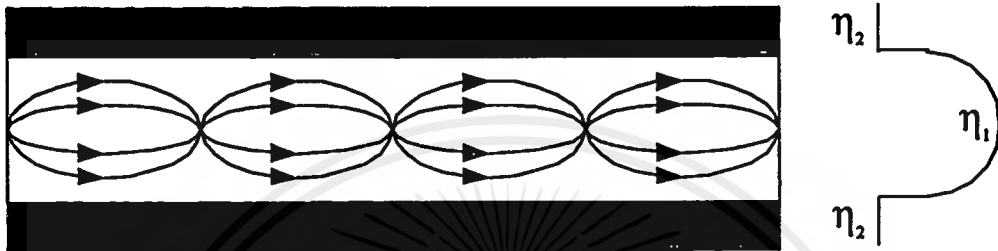
3.) แบ่งตามลักษณะของดัชนีหักเหของ Core

- Step Index optic fiber (SI-fiber) ดัชนีหักเหมีลักษณะเป็นแบบขั้นที่ทันใด กล่าวคือเป็นขั้นบันได เมื่อนำเส้นใยแสงแบบนี้ไปใช้เป็น MM-Fiber จะทำให้เกิด Modal Dispersion ดังนั้นเส้นใยแสงแบบ Graded Index จึงเกิดขึ้นเพื่อแก้ไข Modal Dispersion นี้
- Graded Index optic fiber (GI-fiber) ดัชนีหักเหมีการเปลี่ยนแปลงค่อยๆ ลดลงทีละน้อย เพื่อลดผลของ Modal Dispersion ในเส้นใยแสงแบบ MM-Fiber การเคลื่อนที่ของแสงในเส้นใยแสงทุกเส้นทางจะใช้เวลาพอๆ กันถึงแม้ว่าระยะทางของจะไม่เท่ากัน เนื่องจากแสงที่เดินทางสั้นที่สุดจะเคลื่อนที่ได้ช้าที่สุด และแสงที่เดินทางไกลที่สุดจะเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด ซึ่งการเคลื่อนที่แบบนี้ทำให้แสงเดินทางไปถึงปลายทางได้พร้อมกัน ช่วยลดปัญหา Modal Dispersion ได้

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดัชนีหักเหของ Core สามารถอธิบายได้เป็นด้วยรูปที่ 2.5 ซึ่งเรียกว่า Index Profile เส้นใยแสงแบบ SM-fiber ถือว่าเป็น SI-fiber ด้วย เพราะว่ามี การเปลี่ยนแปลงของดัชนีหักเหเป็นขั้นบันได



(ก) เส้นใยแสงแบบ SI-Type (Multi Mode) และ Index Profile



(ข) เส้นใยแสงแบบ GI-Type (Multi Mode) และ Index Profile

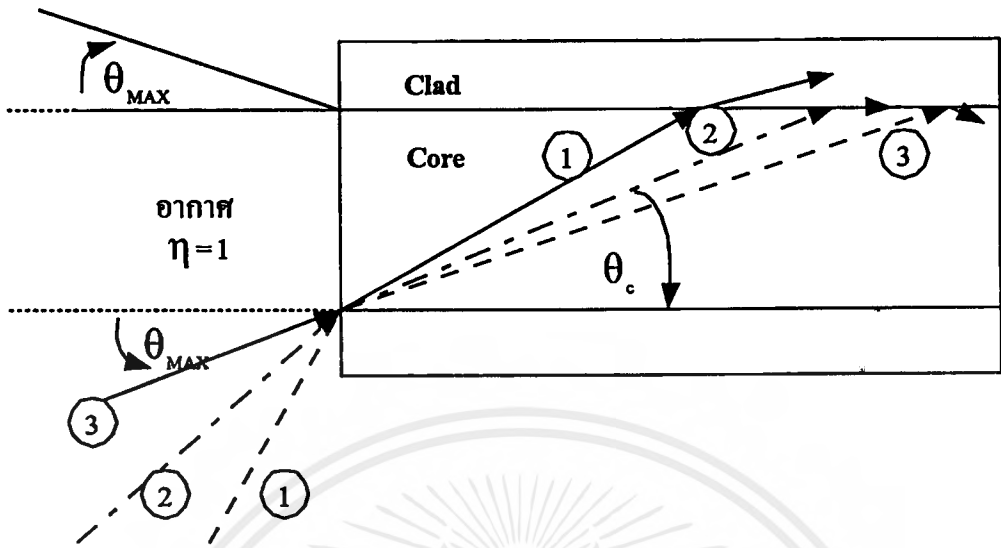
รูปที่ 2.5 Index profile และการเดินทางของแสงในเส้นใยแสงทั้งสองแบบ

เนื่องจากเส้นใยแสงแบบ SM-Fiber เป็นที่นิยมในการสื่อสารมาก เนื่องจากมีข้อดีมากกว่าแบบ MM-Fiber หลายประการดังนี้

- มี Dispersion น้อยมาก ทำให้มีความจุของข้อมูลมาก ความเร็วสูง และระยะห่างของระบบมาก
- ราคาถูกกว่าแบบ MM-Fiber
- สามารถ Upgrade ระบบได้ง่าย
- ไม่มี Modal Dispersion

2.2.4 การป้อนแสงเข้าไปในเส้นใยแสง

จากความรู้เบื้องต้นทางแสงในเรื่องการหักเหของแสง การสะท้อนของแสง และมุมวิกฤต ทำให้ทราบว่าแสงที่ป้อนให้กับเส้นใยแสงไม่สามารถเข้าไปในเส้นใยแสงได้หมด จากรูปจะเป็นการแสดงการป้อนแสงเข้าไปในเส้นใยแสง



รูปที่ 2.6 การป้อนแสงเข้าไปในเส้นใยแสง

จากรูปแสงที่ป้อนเข้าไปในเส้นใยแสง แสงหมายเลข 1 เมื่อป้อนเข้าไปในเส้นใยแสงทำให้เกิดการหักเหที่รอยต่อ Core และ Clad แสงจะเดินทางเข้าไปใน Clad แทนที่จะสะท้อนกลับออกมา ส่วนแสงหมายเลข 2 เมื่อเกิดการหักเหที่รอยต่อของอากาศและ Core แล้ว มีค่ามุมเท่ากับมุมวิกฤตของ Core และ Clad จึงทำให้แสงเดินทางขนานรอยต่อ Core และ Clad ส่วนแสงหมายเลข 3 เมื่อป้อนเข้าไปในเส้นใยแสงแล้วจะสะท้อนกลับที่รอยต่อ Core และ Clad จึงสามารถเดินทางไปในเส้นใยแสงถึงปลายอีกข้างหนึ่งได้ ดังนั้นมุมของแสงที่ป้อนเข้าจึงถูกกำหนดด้วยค่า θ_{MAX} ซึ่งก็คือมุมที่ใหญ่ที่สุดที่ทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมดในเส้นใยแสง จากกฎของสเนลล์ สามารถหาค่าของ θ_{MAX} ได้จากสมการ

$$\sin \theta_{MAX} = \sqrt{\frac{(\eta_1^2 - \eta_2^2)}{\eta_1^2}} = \eta_1 \sqrt{2\Delta}$$

โดยที่

$$\Delta = \frac{\eta_1 - \eta_2}{\eta_1}$$

สำหรับค่าของ $\sin \theta_{MAX}$ นี้จะถูกเรียกว่า NA (Numerical Aperture) ซึ่งถือว่าเป็นพารามิเตอร์พื้นฐานของเส้นใยแสง

2.2.5 คุณสมบัติของเส้นใยแสง

ระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการสื่อสารด้วยสายเคเบิลที่ทำด้วยโลหะแล้วมีข้อดีต่างๆ ดังนี้

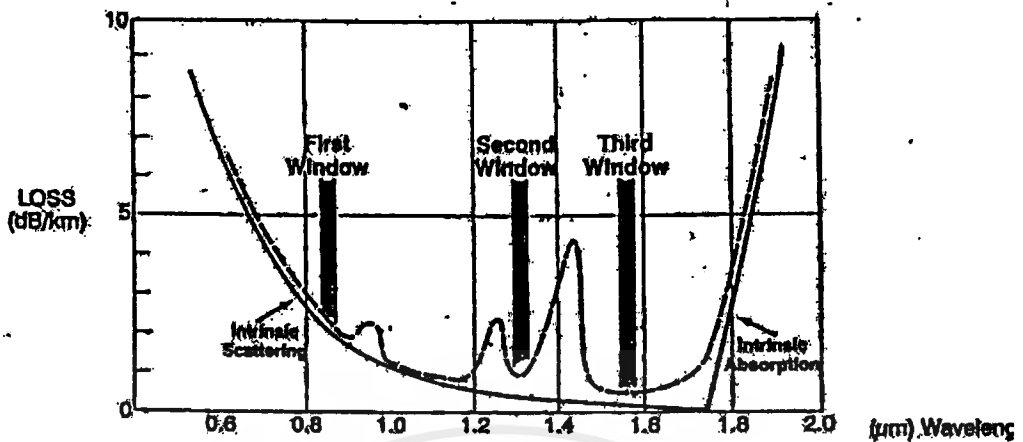
- ให้แบนด์วิดท์ที่กว้าง ทำให้สามารถ Modulate สัญญาณข่าวสารได้จำนวนมาก โดยเส้นใยแสงใช้งานในช่วงความถี่ 10^{13} – 10^{14} ซึ่งกว้างกว่าระบบที่ใช้สายเคเบิลโลหะมาก
- ขนาดเล็กน้ำหนักเบา ขนาดของเคเบิลเส้นใยแสง มีขนาดเล็กกว่ามาก เช่น สายเคเบิลโทรศัพท์ 1000 คู่สายมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7-10 ซม. ในขณะที่เคเบิลใยนำแสงมีขนาด 1.5 ซม. สามารถส่งสัญญาณได้เท่ากัน
- การสูญเสียต่ำ ทำให้ลดจำนวน Repeater ลงได้มาก
- ไม่ถูกรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากใช้แสงเป็นพาหะ
- คงทนไม่ถูกรบกวนโดยสภาพภูมิอากาศ
- มีความปลอดภัย ไม่มีอันตรายจากการลัดวงจร เนื่องจากใช้แสง
- ราคาถูก เส้นใยแสงมีราคาค่าลงมากๆ

2.2.6 การสูญเสียในเส้นใยแสง (Optical Loss)

การสูญเสียในเส้นใยแสงเป็นสาเหตุที่ทำให้สัญญาณ Output มีขนาดลดลงจากสัญญาณ Input การสูญเสียเกิดได้หลายสาเหตุดังนี้

1.) การสูญเสียจากการดูดแสง (Absorption Loss)

เกิดจากการดูดแสงของวัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแสงนั้นมีสารอินเจปนอยู่ด้วย สำหรับการดูดแสงของแก้วนั้นมันจะดูดแสง Ultraviolet และ Infrared โดยจะดูดแสงมากที่สุดที่ความยาวคลื่นใกล้กับ $0.1 \mu\text{m}$ และ $10 \mu\text{m}$ ตามลำดับ



รูปที่ 2.7 กราฟแสดงการสูญเสียของเส้นใยแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ

จากกราฟจะเห็นว่าการสูญเสียแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ มีค่าการสูญเสียที่ลดลงในทันทีทันใดอยู่ 3 ช่วงคือ ที่ความยาวคลื่นประมาณ 0.85 μm , 1.3 μm , 1.55 μm ในช่วงความยาวคลื่นทั้ง 3 ช่วงนี้ถูกเรียกว่า Windows ของแสง โดยวินโดว์ที่ 1, 2 และ 3 นี้เองถูกนำมาใช้ในการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง เนื่องจากการสูญเสียจากการดูดแสงต่ำ

2.) การสูญเสียจากการกระจัดกระจายแสงแบบเรย์ลีย์ (Rayleigh Scattering Loss)

เป็นปรากฏการณ์ที่แสงเดินทางไปกระทบกับวัตถุที่มีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่นของแสงทำให้เกิดการแตกกระจาย ซึ่งผู้ที่อธิบายปรากฏการณ์นี้คือนักฟิสิกส์ชื่อ Rayleigh ดังนั้นจึงใช้ชื่อของเขาเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Rayleigh Scattering สำหรับในขั้นตอนการผลิตเส้นใยแสง จะเกิดความสม่ำเสมอของความหนาแน่นขึ้น เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิด Rayleigh Scattering จัดเป็นสาเหตุของการสูญเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ในขั้นตอนการผลิต ขนาดของการสูญเสียแบบ Rayleigh นี้จะเป็นสัดส่วนกลับกับความยาวคลื่นแสงยกกำลัง 4 () ด้วยเหตุนี้ความยาวของคลื่นยิ่งมากจะทำให้เกิด

Rayleigh Scattering loss น้อยลง ตัวอย่างเช่นที่ความยาวคลื่น 1 μm จะมีค่า Rayleigh Scattering loss ประมาณ 1 dB/km และเมื่อความยาวคลื่นเป็น 1.6 μm จะมีค่า Rayleigh Scattering loss ประมาณ 0.1 dB/km

3.) การสูญเสียจากโค้งงอ (Bending Loss)

การโค้งงอของเส้นใยแสงมี 2 แบบ คือ Macro bending และ Micro bending การโค้งงอแบบ Macro bending คือการโค้งงอเกินกว่ารัศมีที่ยอมให้ได้ จะทำให้แสงบางส่วนมีค่ามุมน้อยกว่ามุมวิกฤต และแสงจะเดินทางกระจายออกไปนอก Core เป็นสาเหตุของการสูญเสีย หรืออาจทำให้เส้นใยแสงหักได้ ส่วนการโค้งงอแบบ Microbending คือการสูญเสียที่เกิดจากแรงกระทบด้านข้าง

ทำให้เส้นใยแสงบิดงอไปเล็กน้อย ทำให้เกิดการสูญเสีย ด้วยเหตุนี้การออกแบบโครงสร้างของเส้นใยแสงจึงต้องป้องกันแรงกดจากทางด้านนอก เช่นทำเป็นชั้นป้องกันการกระแทกหุ้มเส้นใยแสงไว้เป็นต้น

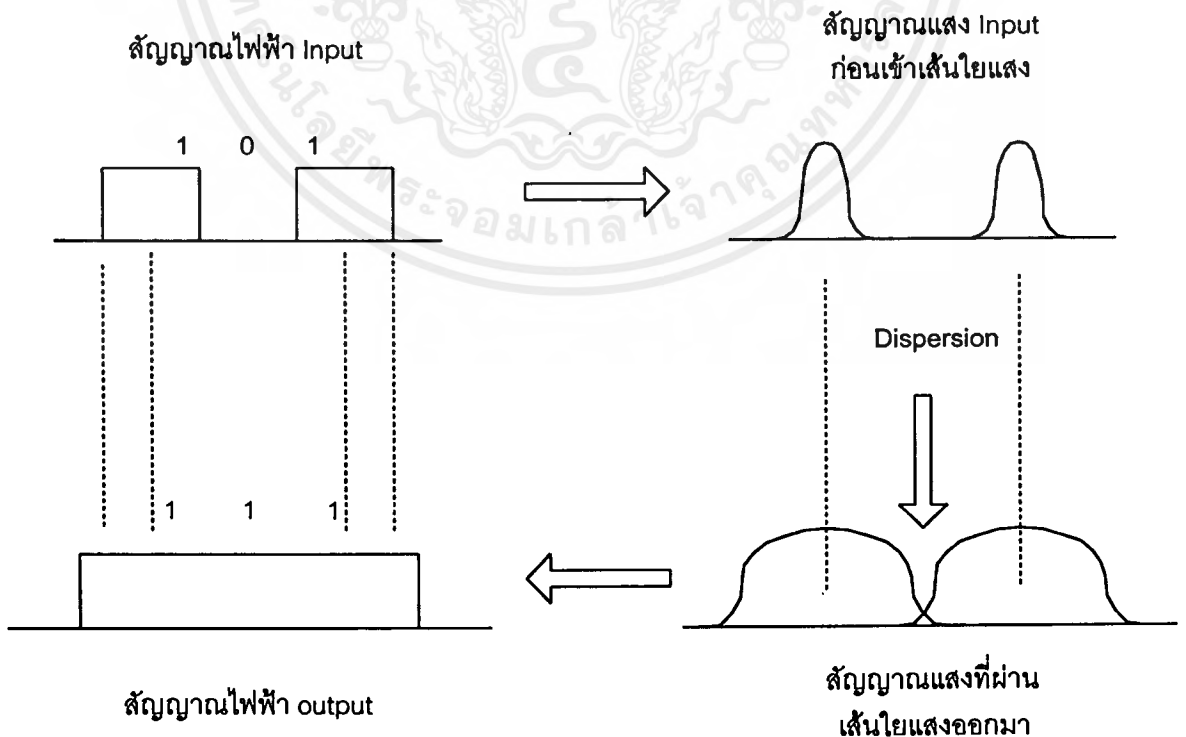
4.) การสูญเสียจากการเชื่อมต่อระหว่างเส้นใยแสงกับอุปกรณ์กำเนิดแสงและรับแสง

แสงที่ปล่อยออกมาจากอุปกรณ์กำเนิดแสงนั้นมีเงื่อนไขในการที่จะป้อนเข้าไปในเส้นใยแสง นั่นคือค่า NA (Numerical Aperture) ซึ่งจะเห็นว่าเส้นใยแสงไม่สามารถรับแสงได้ทั้งหมดจึงเกิดการสูญเสีย อุปกรณ์กำเนิดแสงแต่ละแบบมีความกว้างของลำแสงที่ปล่อยออกมาไม่เท่ากัน ค่าของ NA ที่มากกว่าจะสามารถรับแสงได้มากกว่า นอกจากนี้โครงสร้างของเส้นใยแสงแบบ SM และแบบ GI มีขนาดของ Core ต่างกัน ขนาดของ Core กว้างจะทำให้สามารถรับแสงได้มากกว่า การสูญเสียจะน้อยกว่า

5.) การสูญเสียที่เกิดจากการต่อเส้นใยแสง (Connection Loss)

เป็นการสูญเสียที่มากที่สุด เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ขนาดของ Core ไม่เท่ากัน, มุมไม่ตรงกัน, ผิวหน้าของ Core ไม่เรียบ, เส้นใยแสงต่างชนิดกัน, ระยะห่างของ Core ทั้งสองข้าง, เป็นต้น (รายละเอียดอยู่ในหัวข้อต่อไป)

2.2.7 การขยายกว้างออก (Dispersion)

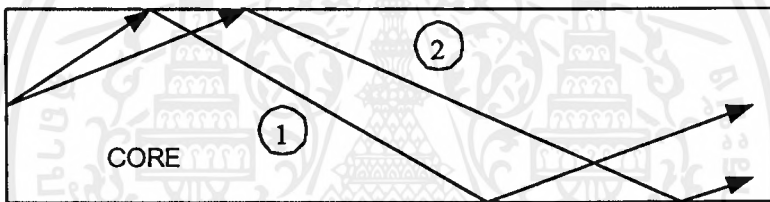


รูปที่ 2.8 การขยายกว้างออก

Dispersion เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สัญญาณ Output ไม่เหมือน Input โดยสัญญาณที่ได้จะมีลักษณะกว้างออก ดังรูป ซึ่งผลของ Dispersion นี้ทำให้สัญญาณที่ได้จากเส้นใยแสงมีลักษณะที่กว้างออก ทำให้เมื่อเปลี่ยนกลับไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าจะได้สัญญาณที่ผิดพลาด Dispersion มีสาเหตุหลายอย่างคือ

1.) การขยายกว้างออกของ Mode (Mode Dispersion)

สำหรับเส้นใยแสงแบบ Multi Mode การเดินทางของแสงในเส้นใยแสงจะมีหลาย Mode แต่ละ Mode จะมีระยะเวลาการเดินทางของคลื่นไม่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อแสงเดินทางไปถึงปลายทาง ความกว้างของสัญญาณจึงขยายกว้างออก การขยายกว้างออกของโหมดนี้จะไม่เกิดขึ้นกับสายแบบ Single Mode เนื่องจากสามารถส่งแสงไปได้เพียงโหมดเดียว การขยายกว้างออกแบบนี้จะเกิดกับสายแบบ Multi mode



รูปที่ 2.9 การเดินทางของแสงที่โหมดต่างกัน

จากรูปที่ 2.9 จะเห็นว่าระยะทางในการเดินทางของแสงในโหมดทั้ง 2 โหมดไม่เท่ากัน ดังนั้นแสงในแต่ละโหมดจะเดินทางไปถึงปลายอีกข้างหนึ่ง โดยใช้เวลาไม่เท่ากันทำให้สัญญาณที่ได้มีการขยายกว้างออก

อย่างไรก็ตามเส้นใยแสงแบบ Graded Index จะสามารถลดการขยายกว้างออกของโหมดนี้ลงได้มาก เนื่องจากโครงสร้างของดัชนีหักเหทำให้แสงที่เดินทางในระยะทางที่ไกลที่สุดมีความเร็วในการเดินทางสูงที่สุด และแสงที่เดินทางในระยะทางที่ใกล้ที่สุดมีความเร็วในการเดินทางน้อยที่สุด ทำให้แสงในแต่ละโหมดเดินทางไปถึงปลายอีกข้างหนึ่งพร้อมกันได้

2.) การขยายกว้างออกของความยาวคลื่น (Wave Length Dispersion)

ในตัวกลางชนิดเดียวกัน แต่ถ้าหากความยาวคลื่นต่างกันแล้ว ดัชนีหักเหจะเปลี่ยนไปตามความยาวคลื่น เป็นผลให้ความเร็วในการเดินทางต่างกันตามค่าความยาวคลื่น ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่พบเห็นได้คือ การกระจายของแสงออกเป็นสีต่างๆ ของ Prism การเกิดรุ้งกินน้ำสีที่มี 7 สี เป็นต้น แสงที่ใช้ในการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงนี้ ความจริงแล้วไม่ใช่แสงที่มีความยาวคลื่นเดียว ด้วยเหตุนี้จึงเกิดความแตกต่างของความเร็วในการเดินทางที่ต่างกันตามความยาวคลื่นที่ต่างกัน

(ความยาวคลื่นยิ่งมากเท่าใดดัชนีจะน้อยลงเท่านั้น) ดังนั้นเมื่อสัญญาณออกไปที่ปลายสายจึงมีการขยายกว้างออกของความยาวคลื่น การขยายกว้างออกของความยาวคลื่นนี้เป็นเหตุให้ Bandwidth ถูกจำกัด เช่นเดียวกับ Model Dispersion และสาเหตุนี้เรียกว่า Material Dispersion

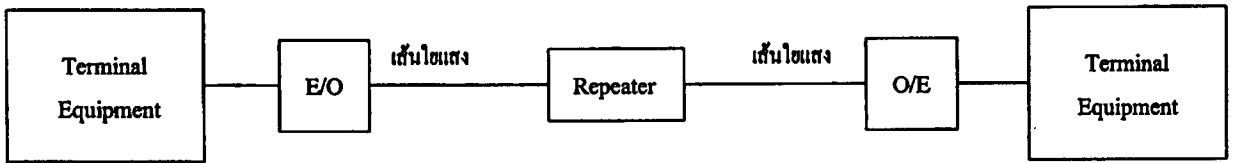
นอกจากนั้นการสะท้อนที่รอยต่อของ Core และ Cladding จะไม่เหมือนกับที่เกิดกับกระจกเงา กล่าวคือ ส่วนหนึ่งของแสงจะทะลุเข้าไปใน Cladding ก่อนแล้วจึงสะท้อนกลับออกมาและขนาดการทะลุเข้าไปนี้จะแตกต่างกันตามความยาวคลื่น เป็นผลให้ระยะทางในการเดินทางของแสงขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น การขยายกว้างออกของความยาวคลื่นจากสาเหตุนี้เรียกว่า Structure Dispersion

ความสัมพันธ์ระหว่าง Mode Dispersion, Material Dispersion และ Structure Dispersion จะเป็นดังนี้

Mode Dispersion \gg Material Dispersion $>$ Structure Dispersion ดังนั้น Mode Dispersion จึงมีผลมากที่สุดที่จะกำหนด Bandwidth ของเส้นใยแสงมากที่สุด



2.2.8 ส่วนประกอบของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง



รูปที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง

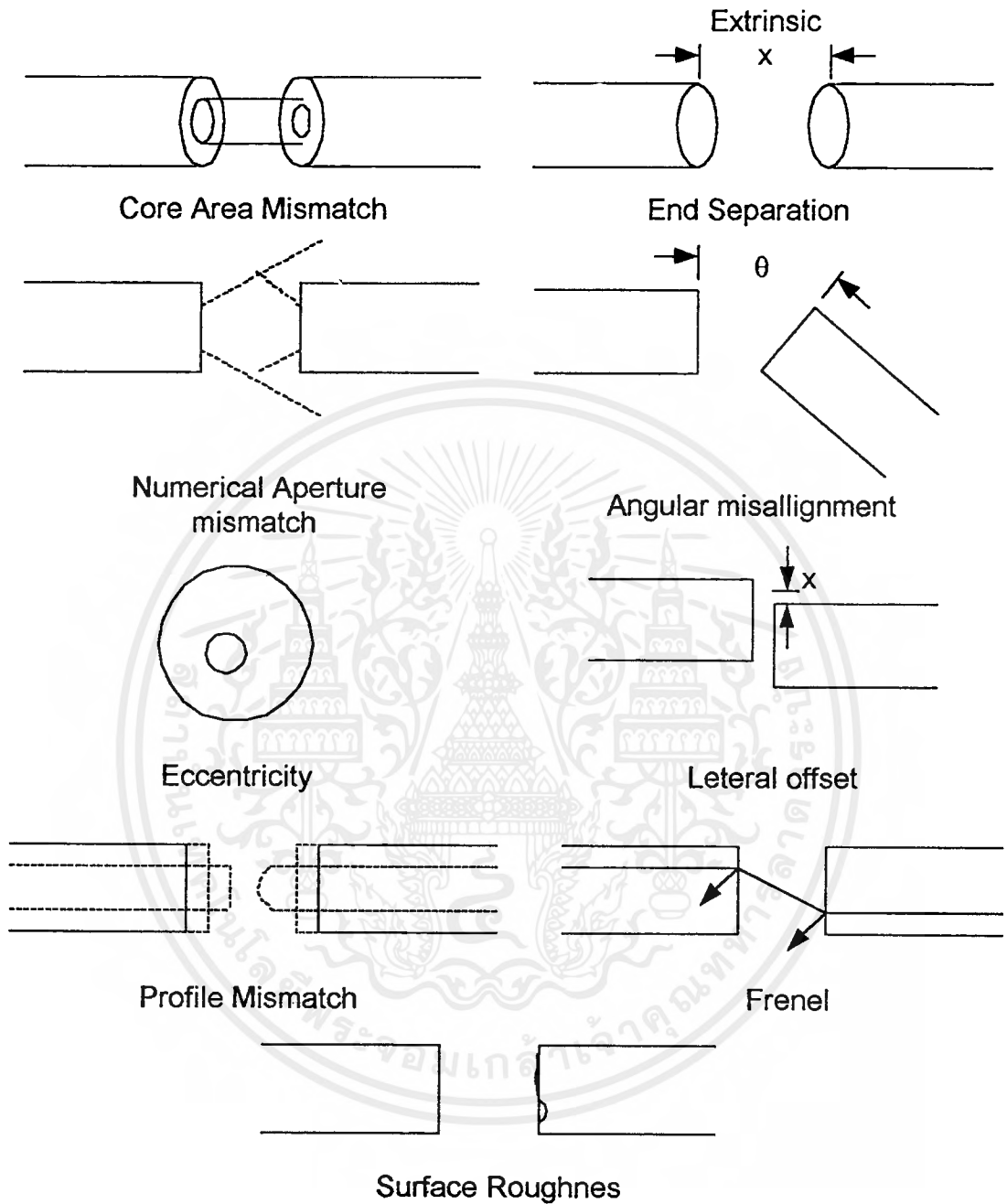
ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงแสดงดังรูปที่ 2.10 ประกอบด้วย Terminal Equipment คืออุปกรณ์ปลายทางเช่น โทรศัพท์ เครื่องป้อนข้อมูล โทรสาร เป็นต้น, E/O คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ ไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณแสงเพื่อส่งไปในเส้นใยแสง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้ได้แก่ Laser Diode เป็นต้น, Repeater คืออุปกรณ์ทวนสัญญาณเพื่อให้สัญญาณแสงมีความแรงเพียงพอทำให้ส่งได้ไกลขึ้น ส่วน O/E คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงกลับมาเป็นสัญญาณไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่ง (เช่น Photo Detector) เพื่อส่งให้กับอุปกรณ์ปลายทางต่อไป

2.3 การเชื่อมต่อเส้นใยแสง

การเชื่อมต่อเส้นใยแสงมีหลักการเชื่อมต่อแตกต่างกับกรณีของสายเคเบิลโลหะ สายเคเบิลโลหะจะเห็นว่าเชื่อมต่อง่ายและไม่มีปัญหาอะไรเป็นพิเศษ แต่กรณีของเส้นใยแสงจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ การเชื่อมต่อที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดการสูญเสียขึ้น โดยการสูญเสียที่เกิดจากการเชื่อมต่อนี้เป็นการสูญเสียที่มากที่สุดในระบบ

2.3.1 สาเหตุของการสูญเสียจากการเชื่อมต่อ

ในการสื่อสารเส้นใยแสงนำแสงต่างๆ ไปนั้น จะหลีกเลี่ยงการเชื่อมต่อเส้นใยแสงไม่ได้ วิธี การเชื่อมต่อนั้นจึงสำคัญมาก เพราะถ้าต่อไม่สนิทกันจะเกิด Loss หลายๆอย่าง เนื่องจากสาเหตุของขนาดของ Core ไม่เท่ากัน, ค่า NA: Numerical Aperture ไม่เท่ากัน, การคลาดเคลื่อนของ Core, ผิวหน้าของ Core ไม่สม่ำเสมอ ฯลฯ ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ลักษณะต่างๆ ของการวางตัวของเส้นใยแสงที่ทำให้เกิดการสูญเสีย

2.3.2 วิธีการเชื่อมต่อเส้นใยแสง

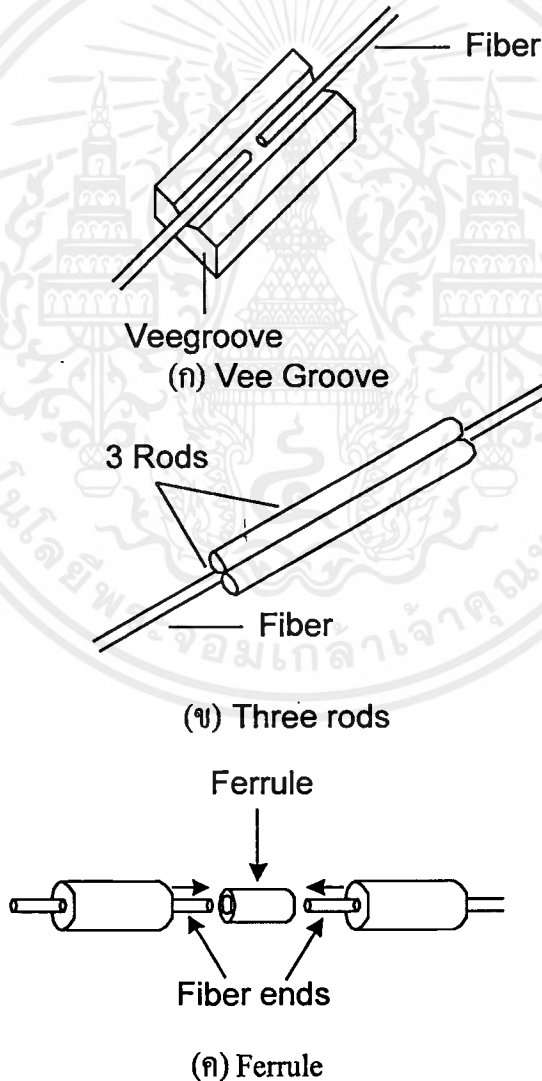
การเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงมีหลายวิธีการ ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมกับงานต่างๆ ที่ต้องการติดตั้งในระบบสื่อสาร วิธีการเชื่อมต่อเส้นใยแสงได้แก่

1. การเชื่อมต่อด้วยวิธีการเชื่อมต่อทางกล (Mechanical splice)

2. การเชื่อมต่อด้วยวิธีการหลอมรวม (Fusion splice)
3. การเชื่อมต่อด้วยหัวเชื่อมต่อ (Connector)

2.3.3 การเชื่อมต่อด้วยวิธีการเชื่อมต่อเชิงกล (Mechanical splice)

หลักการต่างๆ ไปคือ การวางสายเส้นใยแสงโดยใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมให้เส้นใยแสงให้อยู่ในแนวเดียวกันและชิดกันมากที่สุด อาจมีการใช้เจลช่วยในบริเวณรอยต่อด้วย เจลที่ใช้ในการเชื่อมต่อ เป็นของเหลวใสที่มีค่าดัชนีหักเหใกล้เคียงกับดัชนีหักเหของเส้นใยแสง รูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างของการเชื่อมต่อเชิงกล



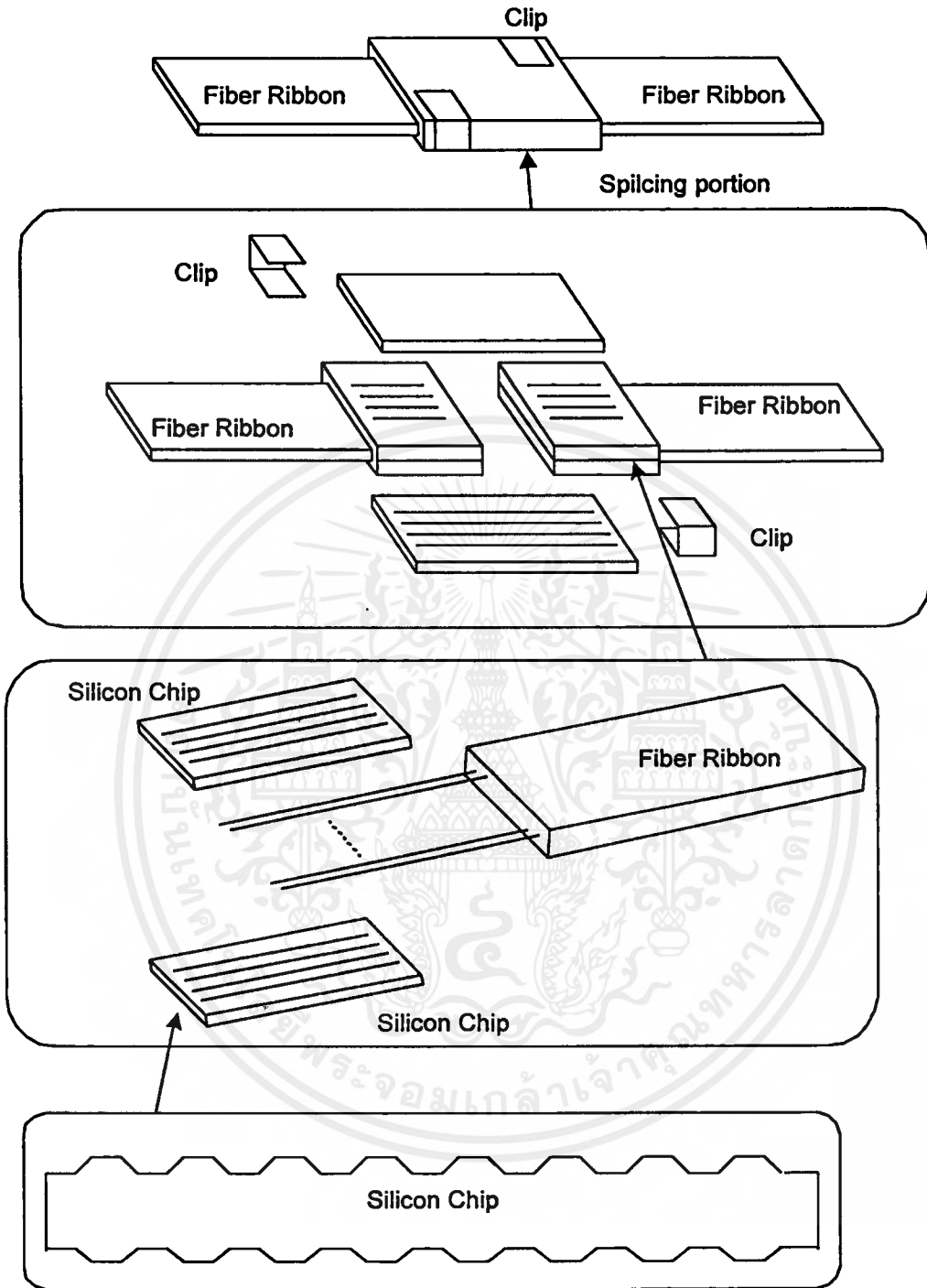
รูปที่ 2.12 แบบต่างๆของการเชื่อมต่อใยแก้วเชิงกล

ซึ่งจะมีอุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้ช่วยในวิธีเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงแบบนี้คือ

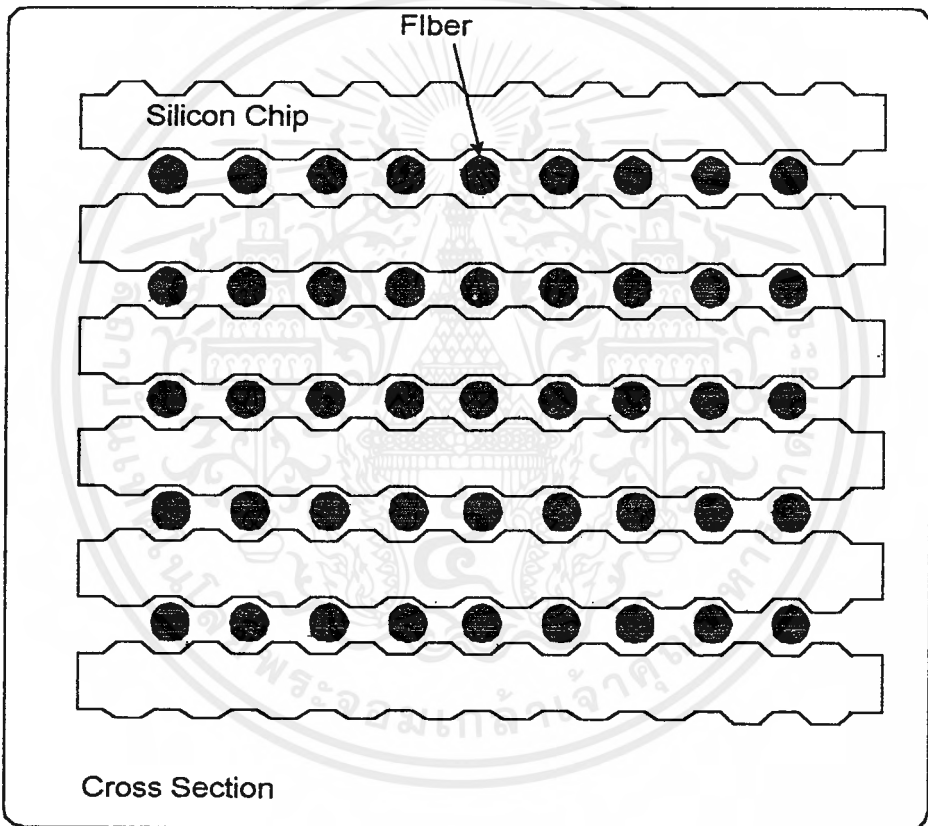
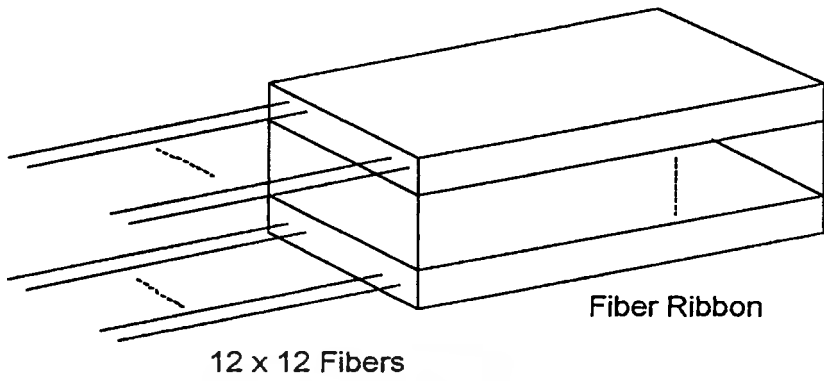
- V-grooves มีสองแบบคือทำด้วยโลหะแข็งและทำด้วยวัสดุอ่อน สำหรับแบบที่ทำด้วยวัสดุอ่อนมีข้อเสียคือจะทำให้เส้นใยแก้วเคลื่อนไปจากจุดศูนย์กลาง ดังนั้นจึงใช้วิธีเหมือนการบีบเส้นใยแก้วนำแสงให้อยู่ที่ศูนย์กลางมากที่สุดดังแสดงดังรูปที่ 2.12 (ข) สำหรับวัสดุที่ใช้ทำฐานรอง V-grooves นั้นมีหลายอย่างเช่น Silicon, Metal, Plastics and Steel ในตารางแสดงถึงสัมประสิทธิ์การขยายตัวในการใช้งาน (Thermal expansion coefficient)

- Silicon V-grooves ใช้ในการต่อเส้นใยแก้วแบบรบบินซึ่งมีเส้นใยแก้วหลายเส้นภายในสายรบบินดังรูปที่ 2.13 และ รูปที่ 2.14



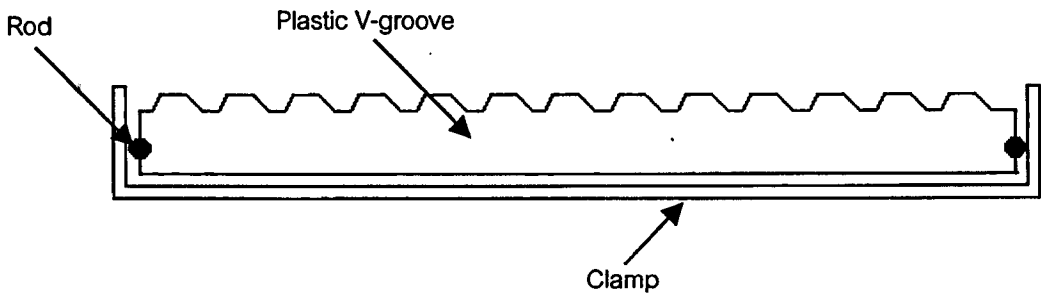


รูปที่ 2.13 Mechanical array splice using silicon chips



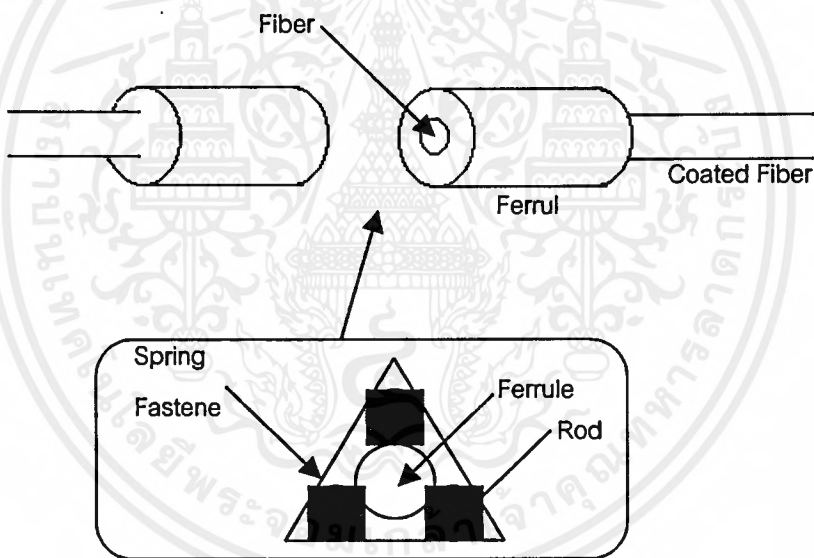
รูปที่ 2.14 Mechanical stacked array splice using silicon chips

- ข้อดีของ Plastic V-groove ที่ใช้ plastic ก็คือ มีราคาถูก จากรูปที่ 2.15 เป็น plastic. ที่ทำจาก glass-filled polymer resin



รูปที่ 2.15 Mechanical array splice using plastic V-groove substrate

- glass จะยึดเส้นใยแก้วโดยใช้ Rod (วัสดุยาวๆกลมๆ) 3 อันเพื่อยึดเส้นใยแก้วให้ตรงกัน
 ดังรูปที่ 2.16

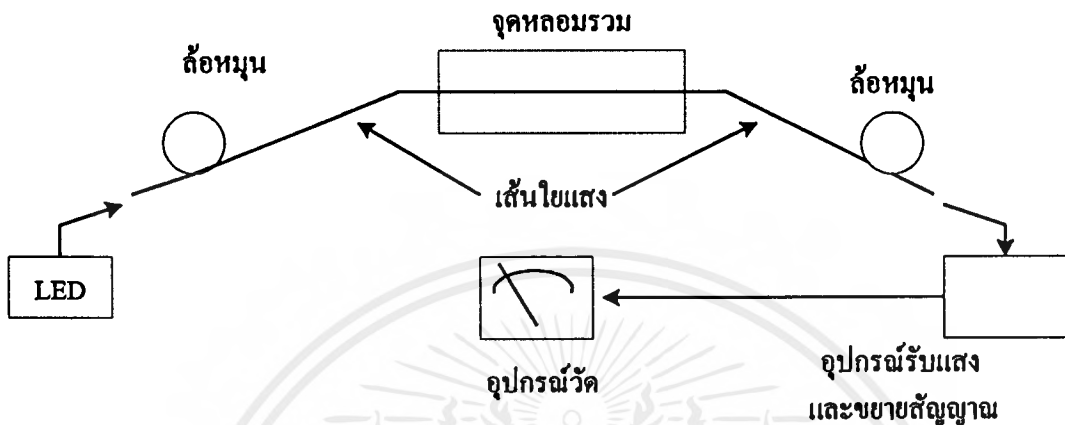


รูปที่ 2.16 การใช้ Glass ยึดเส้นใยแสง

2. 3.4 การเชื่อมต่อด้วยวิธีการหลอมรวม (Fusion Splice)

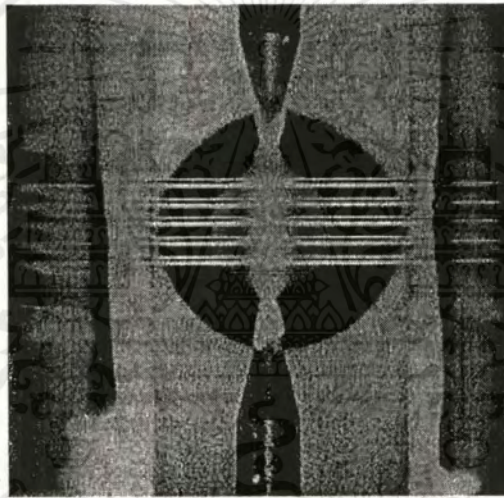
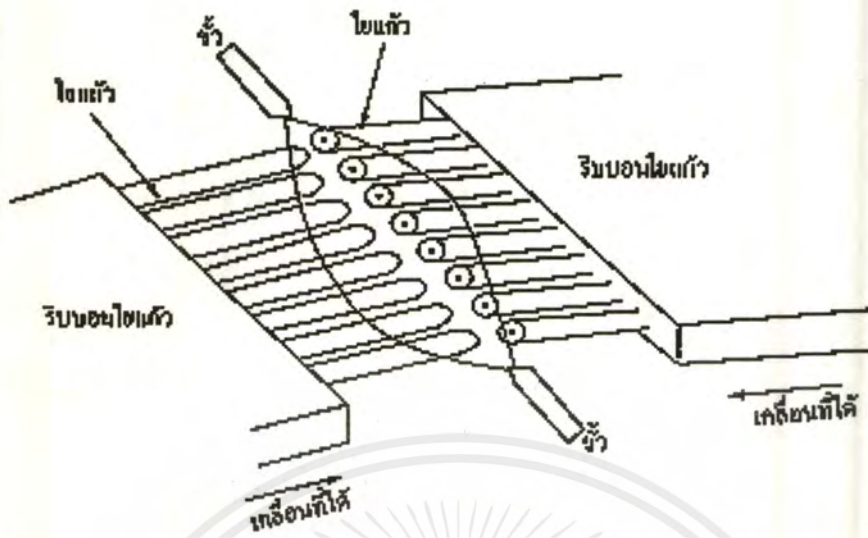
การเชื่อมต่อด้วยวิธีการหลอมรวมเป็นวิธีการเชื่อมต่อเส้นใยแสงสองเส้นเข้าด้วยกัน โดยการให้ความร้อนปลายเส้นใยแก้ว จากนั้นปลายของเส้นใยแก้วนำแสงจะถูกดันมาเชื่อมต่อกัน การเชื่อมต่อลักษณะนี้เป็นการเชื่อมต่อแบบถาวร เส้นใยแก้วนำแสงที่เชื่อมต่อกันแล้วดูเหมือนว่าเป็นเส้นเดียวกัน การสูญเสียที่เกิดจากการเชื่อมต่อด้วยวิธีนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.2 dB ในขั้นตอน

ของการเชื่อมต่อนั้นความร้อนที่ทำให้ปลายเส้นใยแสงอ่อนตัวมาจากประกายไฟที่เกิดจากการอาร์ก
ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดในการหลอมรวม



รูปที่ 2.17 การหลอมรวมซึ่งใช้หลักการแอลไอดีในการจัดเรียงเส้นใยแก้วนำแสง

สำหรับการเชื่อมต่อแบบหลอมรวมแบบเดิมนั้นการปรับตำแหน่งการวางตัวของเส้นใยแก้ว
นำแสง 2 เส้น อาศัยวิธีการปรับฐานรองด้วยการสังเกตผ่านกล้องขยาย แต่ในปัจจุบันมีการใช้วิธี
การทางแสงมาช่วยในการจัดวางดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างอัตโนมัติ วิธีการ
นี้มีชื่อว่า แอลไอดี (Light Injection and Detection, LID) รูปที่ 2.17 โดยอาศัยหลักการตรวจวัด
ปริมาณแสงที่ได้จากเส้นใยแก้วนำแสงเส้นที่ 2 ซึ่งส่งผ่านมาจากเส้นใยแก้วเส้นที่ 1 ถ้าพบว่าการวาง
ตัวของเส้นใยแก้วทั้งสองอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ปริมาณแสงที่ตรวจวัดได้จะให้ค่ามากที่สุด
พร้อมที่จะทำการหลอมรวม แสงที่ใช้ในการตรวจสอบมาจากการส่งผ่านแสงของแอลอีดี (LED)
เข้าไปในบริเวณที่เส้นใยแก้วถูกทำให้โค้ง โดยท่อทรงกระบอกซึ่งมีรัศมีเล็ก(ประมาณ 2-3
มิลลิเมตร) และการตรวจวัด แสงก็อาศัยอุปกรณ์รับแสงซึ่งวางชิดกับบริเวณที่ถูกทำให้โค้งของเส้น
ใยแก้วนำแสง วิธีการฉายแสงและตรวจวัดแสงดังกล่าว อาศัยคุณสมบัติของเส้นใยแก้วนำแสง
เกี่ยวกับการโค้งงอของเส้นใยแก้วที่ทำให้เกิดการสูญเสียแสงขึ้น รูปที่ 2.18 เป็นลักษณะของการ
เชื่อมต่อใยแก้วหลายๆเส้นพร้อมกัน (Ribbon Fiber) ซึ่งสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้นด้วย



รูปที่ 2.18 การหลอมรวมในกรณีที่ต้องการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงหลายเส้น

2.3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อด้วยการหลอมรวม

1. เส้นใยแสง
2. เครื่องหลอมรวม (Splice)
3. ท่อป้องกัน (Protection tube)
4. อุปกรณ์ตัดปลอกและทำความสะอาด
5. เครื่องตัดเส้นใยแสง (Fiber cutter)

2.3.6 ขั้นตอนในการเชื่อมต่อด้วยการหลอมรวมโดยละเอียด

- 1.) ทำการปลอกเอาวัสดุที่หุ้มเส้นใยแสงออกก่อน โดยใช้อุปกรณ์สำหรับปลอก (Fiber Stripper)
- 2.) ตัดเส้นใยแสง เนื่องจากความสม่ำเสมอของหน้าตัดมีผลอย่างมากต่อการสูญเสียในการเชื่อมต่อ จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญ จึงควรใช้เครื่องมือตัดเส้นใยแสงโดยเฉพาะ (Fiber Cutter) จะได้ผิวหน้าตัดที่เรียบ
- 3.) สอดเส้นใยแสงเข้าไปใน Protection tube
- 4.) วางเส้นใยแสงที่ตัดแล้วทั้งสองเส้นเข้าเครื่องหลอมรวม โดยวางเส้นใยแสงในร่องรูปตัว V และจัดระยะห่างของปลายเส้นใยแสงทั้งสองให้เหมาะสม (ประมาณ 1 mm) ปิดฝาเครื่อง
- 5.) เมื่อปิดฝาเครื่อง เครื่องจะทำการตรวจสอบ ระยะห่าง ผิวหน้าตัดของเส้นใยแสงทั้งสอง และตำแหน่งการวางเส้นใยแสงทั้งสองว่าตรงกันหรือไม่ ถ้าหากมีข้อผิดพลาดเครื่องจะแจ้งออกมา เช่น CUT ERROR แสดงว่าผิวของหน้าตัดเส้นใยแสงไม่เรียบไม่สามารถทำการเชื่อมต่อได้
- 6.) ทำการหลอมรวม โดยการเลือกที่เมนูของเครื่อง
- 7.) เมื่อเครื่องทำการหลอมรวมเสร็จแล้วจะทำการประมาณการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมต่อนี้ออกมา ซึ่งค่าการสูญเสียที่ใช้งานจะต้องไม่เกิน 0.05 dB

หมายเหตุ

ค่าการสูญเสียที่ได้จากเครื่องหลอมรวมเป็นค่าประมาณซึ่งอาจคลาดเคลื่อน ดังนั้นหากต้องการทราบค่าการสูญเสียจริงจะต้องใช้การทดสอบ โดยการส่งแสงผ่านรอยต่อนั้นและวัดความแรงของสัญญาณที่ผ่านรอยต่อนั้นไป เพื่อหาค่าการสูญเสีย

- 8.) ก่อนที่จะนำเส้นใยแสงออก เครื่องจะทำการทดสอบความแข็งแรงของรอยต่อเส้นใยแสงโดยการดึงเล็กน้อย
- 9.) เนื่องจากการเชื่อมต่อแบบหลอมรวมจะต้องปอกเอาส่วนห่อหุ้มออกทั้งหมด ทำให้ความแข็งแรงลดน้อยลง จึงต้องเพิ่มความแข็งแรงโดยใช้ปลอกที่ใช้หุ้มสาย (Sleeve) ที่สามารถหดตัวได้เมื่อได้รับความร้อน ซึ่งเครื่องหลอมรวมจะมีส่วนที่ใช้อบปลอกนี้ไปด้วยแล้ว อุณหภูมิที่ใช้ในการอบประมาณ 80 องศา เส้นใยแสงที่ทำการเชื่อมต่อเสร็จแล้วแสดงดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 แสดงเส้นใยแสงที่เชื่อมต่อด้วยการหลอมรวมเสร็จแล้ว

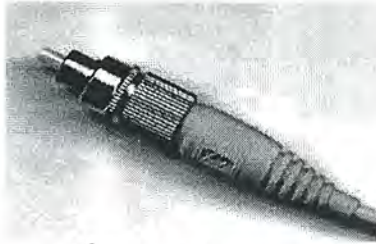
2.3.7 การเชื่อมต่อด้วยหัวเชื่อมต่อ (Connector)

นอกจากการเชื่อมต่อแบบเชิงกลและแบบหลอมรวมแล้ว การเชื่อมต่อเส้นใยแสงยังสามารถทำได้โดยใช้หัวเชื่อมต่ออีกด้วย การเชื่อมต่อเส้นใยแสงแบบใช้หัวเชื่อมต่อนี้อำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ในการถอดเปลี่ยนได้ตามความจำเป็น ในปัจจุบันมีการผลิตหัวเชื่อมต่อออกมาหลายแบบ โดยออกแบบให้ปลายทั้งสองข้างอยู่ใกล้กันมากที่สุดเพื่อการสูญเสียที่น้อยที่สุด นอกจากนี้หัวเชื่อมต่อยังมีคุณสมบัติอื่นๆ เช่น แข็งแรง ทนทาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามราคาของหัวเชื่อมต่อยังมีราคาแพง และหากใช้ผิดวิธีจะทำให้เสียหัวเชื่อมต่อขึ้นไป หัวเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติคือ

1. มีการสูญเสียต่ำ ไม่มากกว่า 1 dB
2. สามารถคาดเดาพารามิเตอร์ได้ นั่นคือ ค่าการสูญเสียไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก
3. มีอายุการใช้งานนาน
4. เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม แข็งแรง ทนทานต่อ อุณหภูมิ ความร้อน เป็นต้น
5. มีโครงสร้างง่าย ทำให้สามารถถอดและใส่ได้ง่าย
6. ราคาถูก
7. สามารถเตรียมเส้นใยแสงมาใส่เข้ากับหัวเชื่อมต่อได้ง่าย และใช้เวลาสั้น

หัวเชื่อมต่อเส้นใยแสงสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายแบบได้แก่

- 1.) หัวต่อเอฟซี (FC) หัวต่อเอฟซี ได้รับการออกแบบและผลิตออกมารั้งแรกโดยบริษัท เอ็นทีที ของญี่ปุ่น ซึ่งนอกจากจะได้รับความนิยมในญี่ปุ่นแล้วยังได้รับความนิยมในอเมริกาอีกด้วย หัวต่อชนิดนี้ใช้เกลียวในการยึดติดกับหัวปรับ ทำให้การเชื่อมต่อแน่นหนาแต่ข้อเสียคือเสียเวลามาก ดังนั้นหัวต่อชนิดนี้จึงเหมาะจะนำไปใช้งานด้านเครือข่ายโทรศัพท์ มีข้อดีคือ การเชื่อมต่อที่แน่นหนา แต่ข้อเสียก็คือ การเชื่อมต่ออาจเสียเวลามาก



รูปที่ 2.20 หัวต่อแบบเอฟซี

2.) หัวต่อเอสที (ST) ได้รับการออกแบบโดยบริษัท เอ ที แอนด์ ที สำหรับใช้เชื่อมต่อเส้นใยแสงภายในตึกหรือสำนักงาน ซึ่งเครื่องข่ายท้องถิ่นชนิดนี้เหมาะกับงานที่ต้องการถอดเปลี่ยนหัวต่ออย่างรวดเร็วโดยไม่สนใจความแน่นหนาของหัวต่อ



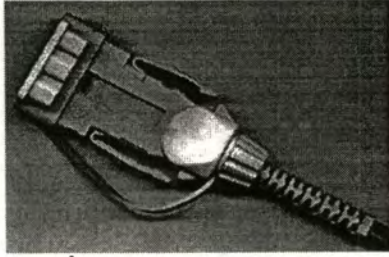
รูปที่ 2.21 หัวต่อแบบเอสที

3.) หัวต่อเอสซี (SC) ได้รับการออกแบบโดยบริษัท เอ็นทีที ของญี่ปุ่น หัวต่อชนิดนี้ใช้งานง่ายแค่ดันหัวต่อเข้าไปก็ใช้งานได้แล้ว หัวต่อชนิดนี้ถูกออกแบบมาให้ใช้งานแทนหัวต่อ FC ในงานด้านสื่อสารและเครือข่ายคอมพิวเตอร์อีกด้วย



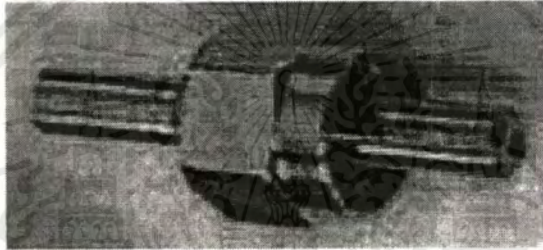
รูปที่ 2.22 หัวต่อแบบเอสซี

4.) หัวต่อเอฟดีดีไอ (FDDI) ถูกออกแบบโดยสถาบันมาตรฐานอเมริกัน (American National Standard Institute, ANSI) มาสำหรับใช้กับเครือข่าย FDDI (Fiber Optic Distributed Data Interfacing) ดังแสดงในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 หัวต่อแบบเอฟดีดีไอ

5.) หัวต่อ SMA เป็นหัวต่อเป็นหัวต่ออีกชนิดที่นิยมใช้กันมาก โดยเฉพาะในงานของนาโต (NATO) และงานทางการทหารของ สหรัฐอเมริกา ได้รับการออกแบบโดยบริษัทแอมพีเนอล คอร์เปอเรชัน (Amphenol Corporation)

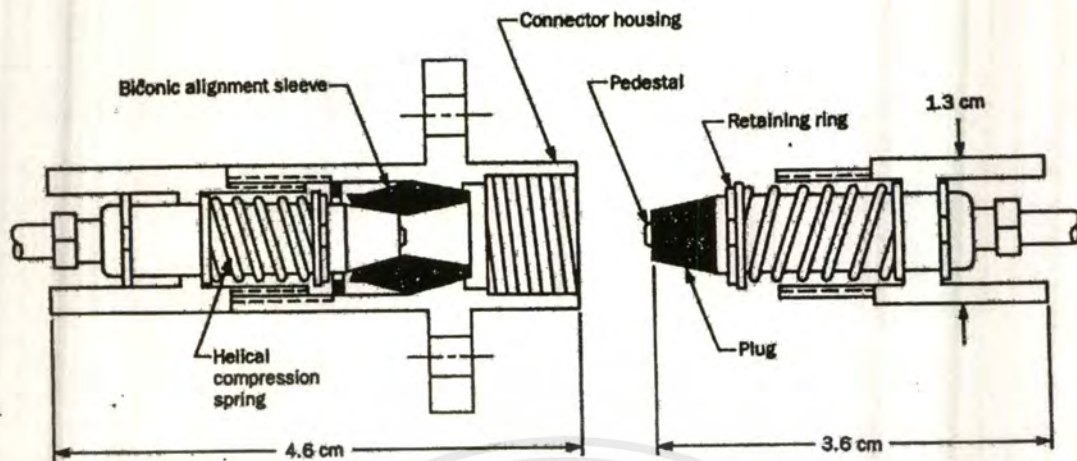


รูปที่ 2.24 หัวต่อแบบเอสเอ็มเอ็ม

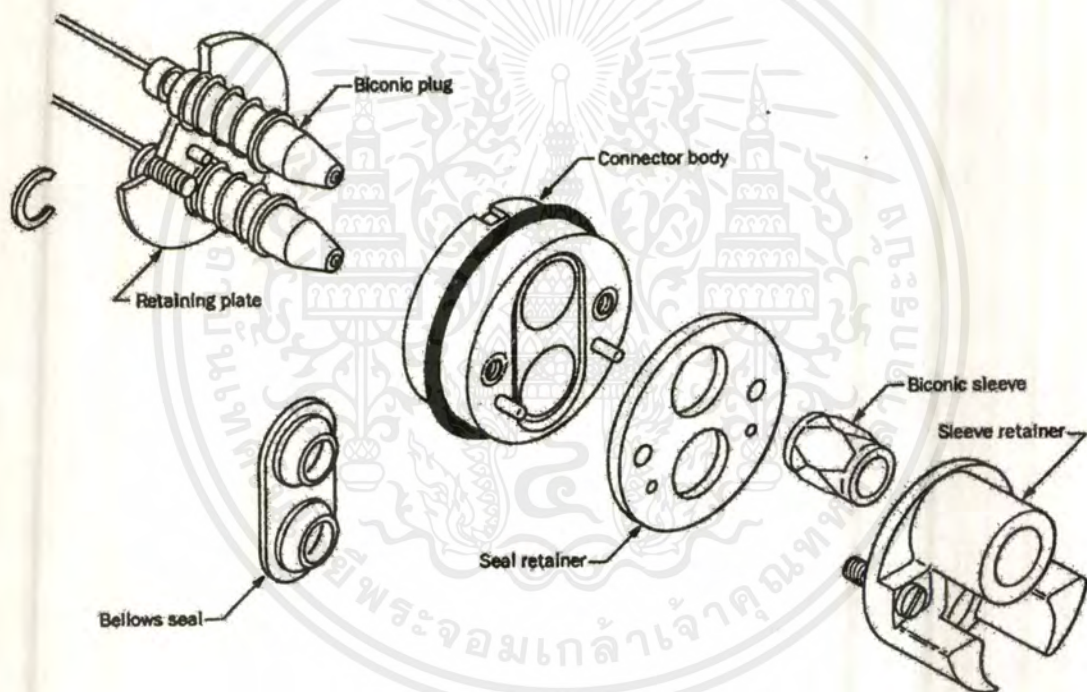
ตัวอย่างโครงสร้างของหัวเชื่อมต่อ

ในที่นี้จะใช้ตัวอย่างหัวเชื่อมต่อของบริษัท AT&T บางส่วน

1. Biconic Connector เป็นหัวเชื่อมต่อที่มีตัวจัดลักษณะการวางของเส้นใยแสงเป็นรูปกรวย 2 ข้างดังรูป 2.25 (ก) มีสปริงเพื่อใช้บีบให้เส้นใยแสงแนบกันสนิท หัวเชื่อมต่อแบบนี้มีทั้งแบบที่ใช้กับสาย SM และ MM รูป 2.25 (ข) เป็นหัวเชื่อมต่อแบบสองทิศทางแบบ Biconic มีการลดทอนสูงสุด 0.05 dB และมีความแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักได้ 400 ปอนด์ และสามารถรับแรงดึงได้ 999 ปอนด์



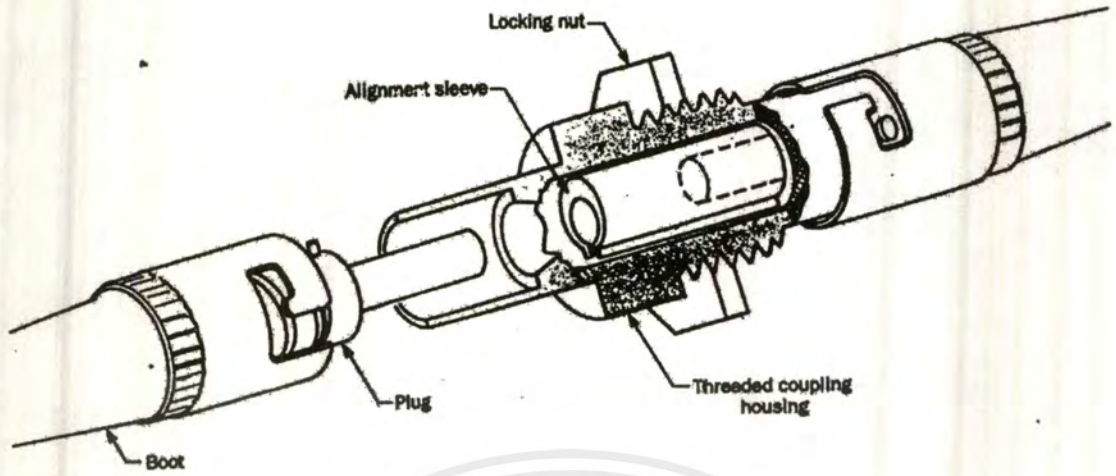
(ก) Biconic Connector



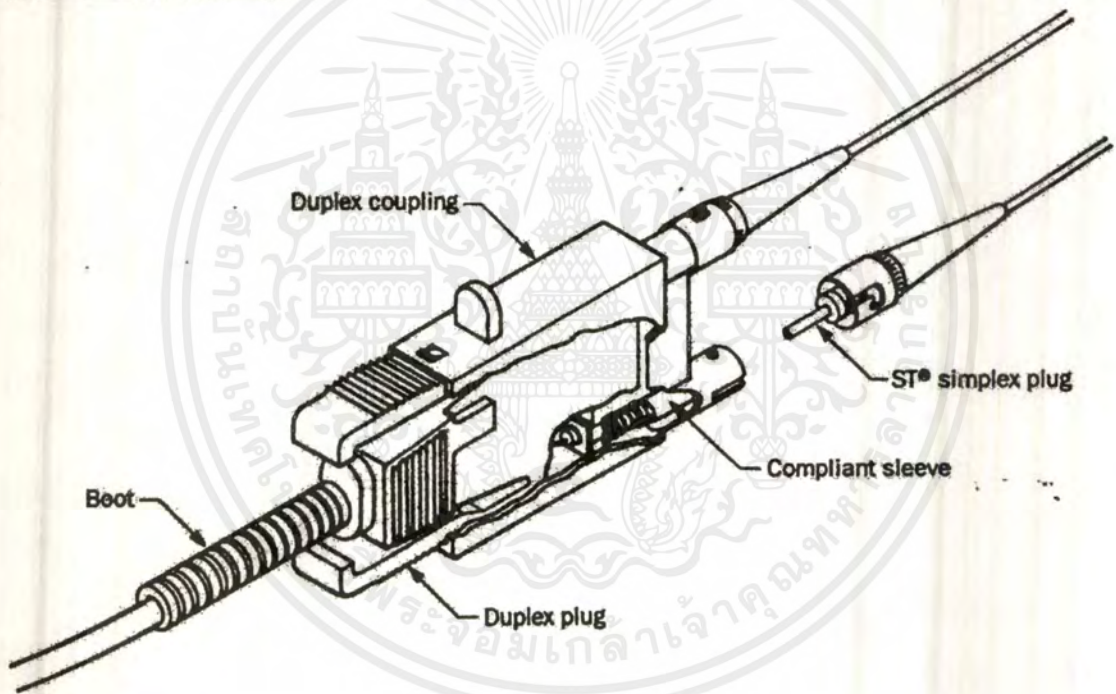
(ข) Biconic Duplex connector

รูปที่ 2.25 หัวเชื่อมต่อแบบ Biconic

2. ST Conector ได้รับการออกแบบโดย Bell Laboratory โครงสร้างของหัวเชื่อมต่อแสดงดังรูปข้างล่าง 2.26 (ก) มีขนาดเล็กกว่าและมีราคาถูกกว่าแบบ Biconic หัวเชื่อมต่อแบบนี้สามารถส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 50 – 200 Mb/s เหมือนหัวเชื่อมต่อแบบ Biconic ส่วนรูป 2.26 (ข) เป็นตัวอย่างหัวเชื่อมต่อแบบ ST แบบสองทิศทาง



(ก) ST Series Connector



(ข) ST Duplex Connector

รูปที่ 2.26 หัวเชื่อมต่อแบบ ST

2.3.8 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อด้วยหัวเชื่อมต่อ

1. หัวเชื่อมต่อ (Connector)
2. เส้นใยแสง
3. อุปกรณ์ในการปอกและตัดคือไฟเบอร์สตริปปเปอร์ (Fiber stripper) และคัตเตอร์ (cutter)
4. คอนเน็คเตอร์ชาร์ต (Connector Chart)
5. แอลกอฮอล์ สำหรับทำความสะอาดเส้นใยแสง
6. อีพอกซีซี (Epoxy) สลิ๊งค์ (syringe) และ จานผสม
7. แครมทูล (Crimp tool)
8. รีเซปทาเคิล (Receptacle) เตาอบ (Oven) และเครื่องวัดอุณหภูมิ
9. อุปกรณ์ตัด (Sapphire)
10. ไมโครสโคปและพรีคอนเน็คเตอร์ (Microscope and preconnector)
11. แผ่นขัดและฐานรองขัด (Polishing tool)

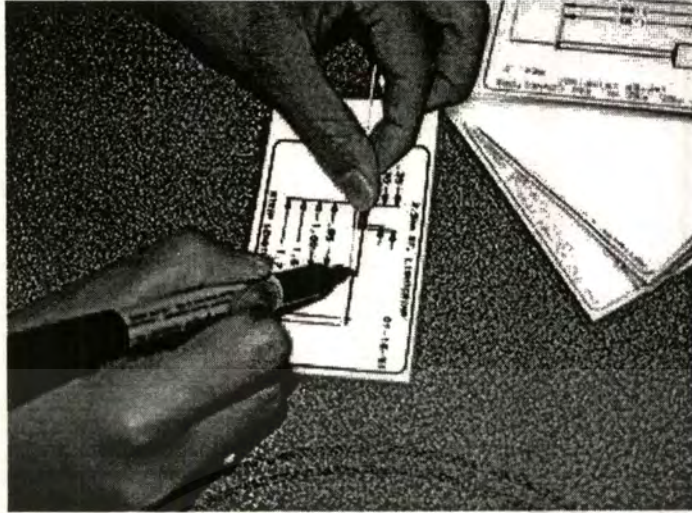
2.3.9 ตัวอย่างวิธีการเข้าหัวเชื่อมต่อแบบ ST โดยละเอียด

1. เตรียมใยแก้วนำแสงที่ต้องการนำมาทำการเชื่อมต่อ



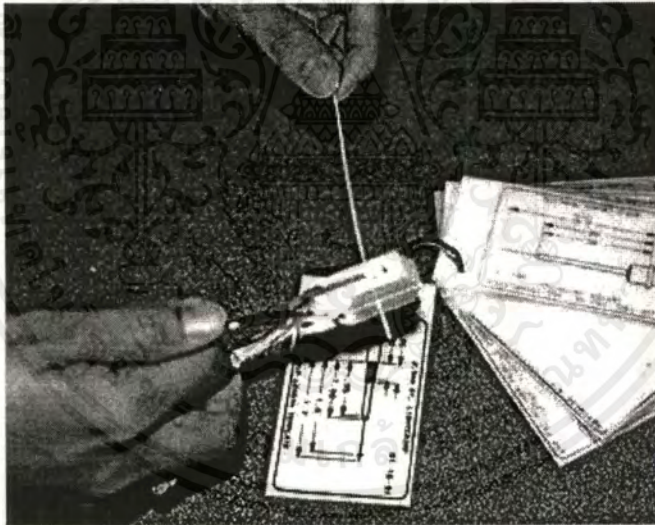
รูปที่ 2.27 เตรียมเส้นใยแสง

2. วัดขนาดความยาว jacket ที่ต้องการปอกโดยเทียบกับ connector charts สำหรับการต่อ connector แต่ละชนิด (ในรูปแสดงการเตรียม connector แบบ ST style)



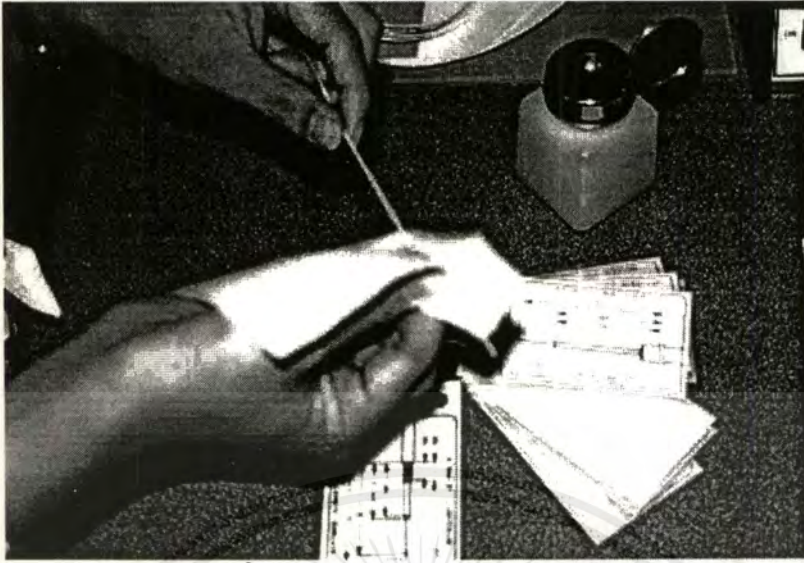
รูปที่ 2.28 วัดความยาวของเส้นใยแสงเทียบกับคอนเน็คเตอร์ชาร์ต

3. ให้ทำการปอก jacket ที่หุ้มเส้นใยแก้วนำแสงด้วย fiber stripper โดยเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับชนิดของเส้นใยแก้วนำแสงที่ใช้ (ในรูป เส้นใยแก้วนำแสงที่ใช้เป็นแบบ single mode)



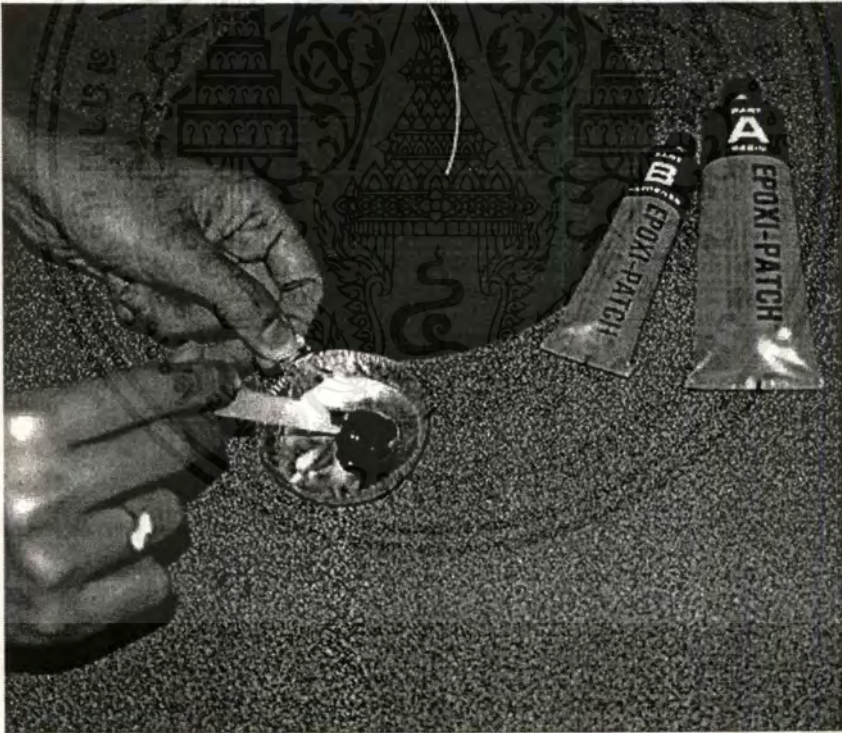
รูปที่ 2.29 ปลอกเส้นใยแสงด้วยไฟเบอร์สตริปปเปอร์

4. ทำความสะอาดเส้นใยแก้วนำแสงในส่วนที่ปอกด้วยอัลกอฮอล์



รูปที่ 2.30 ทำความสะอาดเส้นไขแสง

5. เตรียม epoxy ตามอัตราส่วนที่ระบุไว้บนฉลาก



รูปที่ 2.31 การเตรียมอีพอกซี

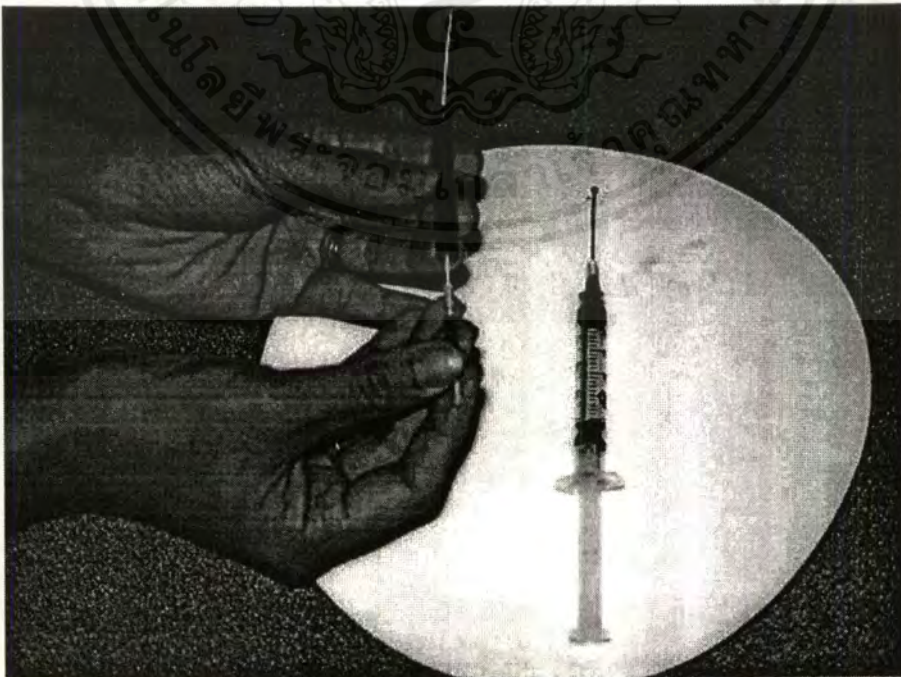
6. ใช้ syringe คูด epoxy เพื่อเตรียมจะนำไปใช้ต่อไป(ในขณะเดียวกันให้ทำการปรับอุณหภูมิที่เตาให้ได้ 100 องศาเซลเซียส
โดยใช้ thermometer ที่เตรียมไว้ให้ วัดอุณหภูมิ)



รูปที่ 2.32 ใช้สรีงค์ดัดอ็อกซ์ซี่

7. สอดเส้นใยแก้วนำแสงที่ทำความสะอาดแล้วเข้าไปในชุด connector (แบบ ST style) ซึ่ง
ในภาพประกอบด้วย

- (1)strain relief boot (black tube),(2)Clear Tubing (clear plastic turbe),
- (2)crimp eyelet (metalic tube)



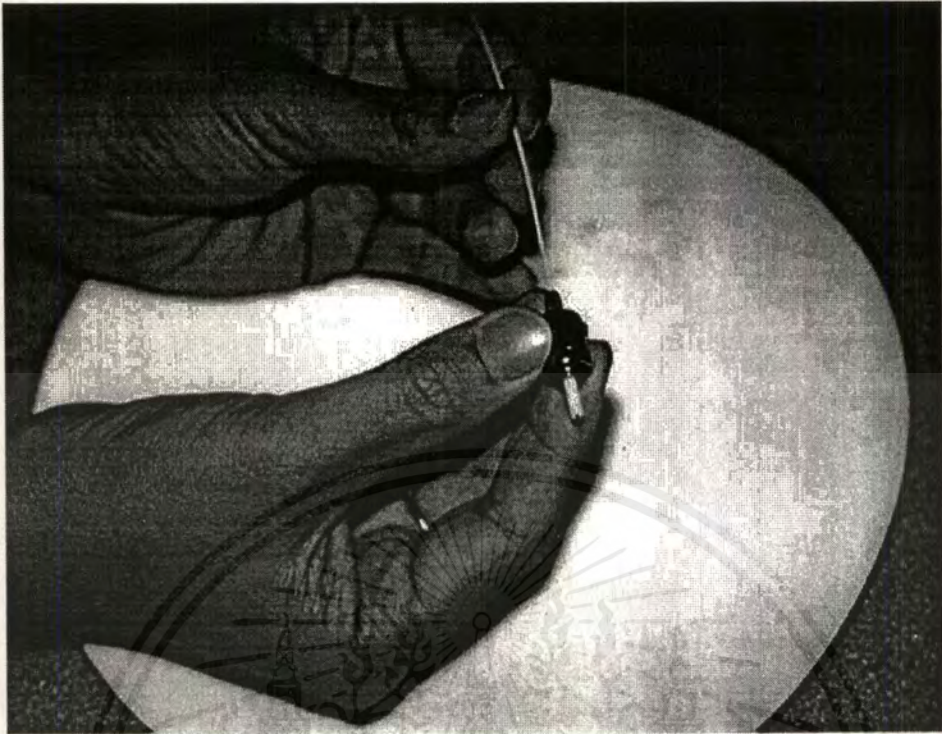
รูปที่ 2.33 สอดเส้นใยแสงเข้าไปในหัวเชื่อมต่อ

8. นำส่วนที่เหลือของชุด connector (connector assembly) มาทำการฉีดยก epoxy โดยการฉีดยก epoxy จนเต็ม



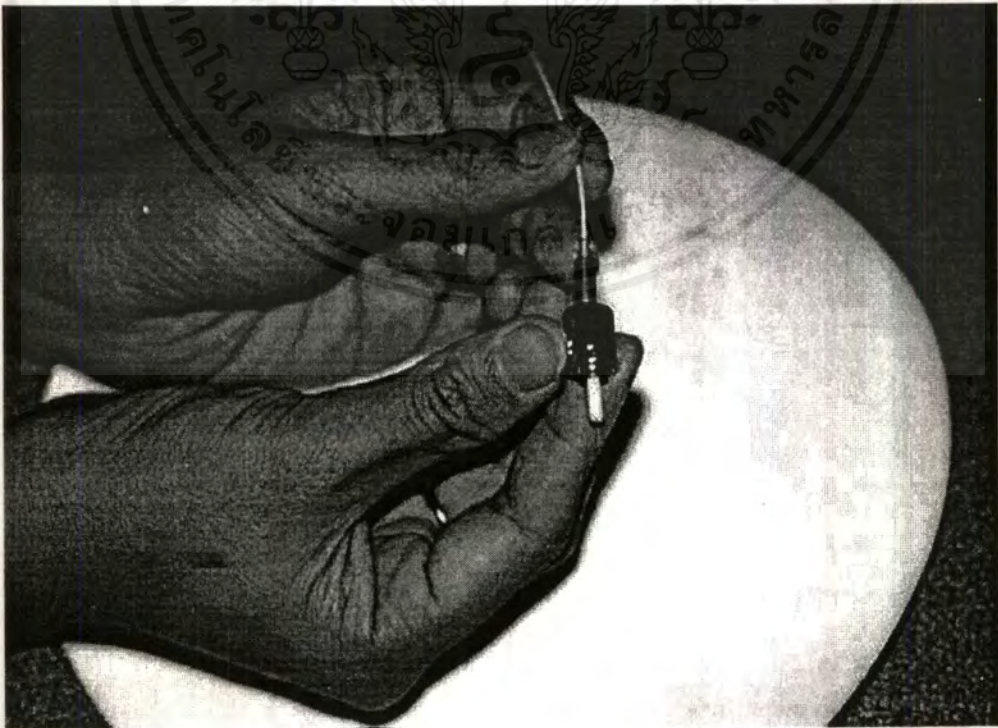
รูปที่ 2.34 ฉีดยก epoxy เข้าไปในหัวเชื่อมต่อ

9. ค่อยๆสอดปลายของเส้นใยแก้วนำแสงลงไป connector assembly อย่างระมัดระวัง โดยให้ปลายของเส้นใยแก้วลอดผ่านปลายของของ connector assembly ออกมาเล็กน้อย (สังเกตเส้นสีน้ำเงินที่ลอดออกมาจากปลายของ connector assembly)



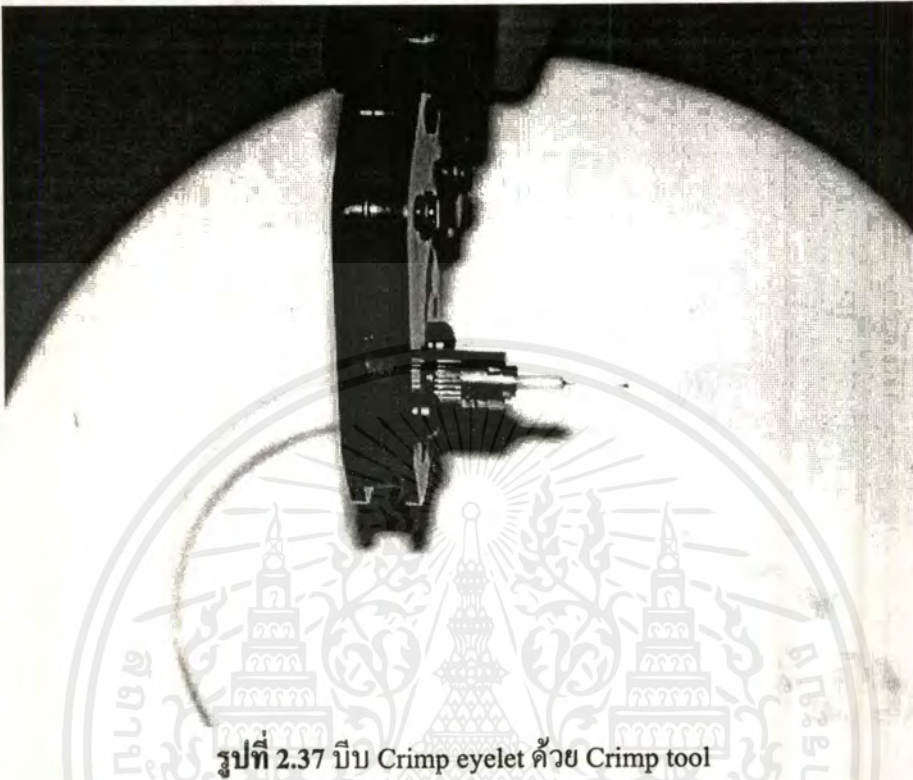
รูปที่ 2.35 สอดเส้นใยแสงให้เลยออกมาเล็กน้อย

10. เลื่อน crimp eyelet ขึ้นมาสวมที่อีกปลายด้านหนึ่งของ connector assembly



รูปที่ 2.36 เลื่อนแครมทูลมาสวมหัวเชื่อมต่อ

11. ใช้ crimp tool บีบ crimp eyelet ที่หัว connector assembly เพื่อความแน่นหนาจากนั้นจัด strain relief ให้เข้าที่ (หมายเหตุ:ขนาดของปาก crimp tool สามารถเปลี่ยนได้ตามเหมาะสม)



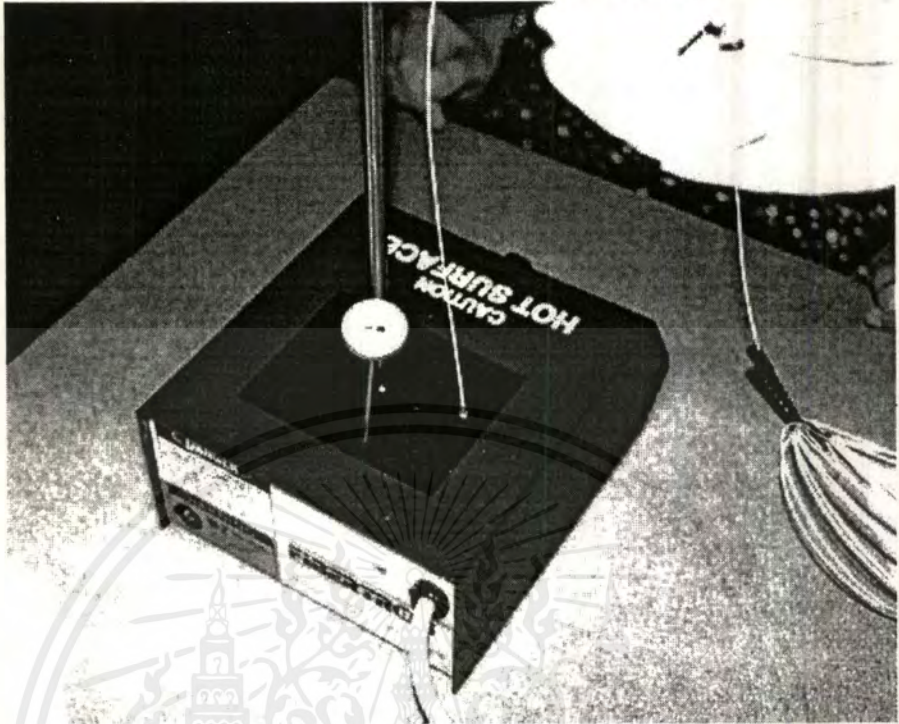
รูปที่ 2.37 บีบ Crimp eyelet ด้วย Crimp tool

12. นำ receptacle มาสวม connector assembly เพื่อใช้เป็นฐานรองในขณะที่ทำการอบ



รูปที่ 2.38 สวม Receptacle เพื่อทำการอบ

13. หย่อบนชุด assembly/receptacle ลงในช่องอบอุณหภูมิ (เมื่ออุณหภูมิได้ที่แล้ว)



รูปที่ 2.39 หย่อบนหัวเชื่อมต่อลงในเตาอบเมื่ออุณหภูมิได้ที่แล้ว

14. ใช้เวลาในการอบประมาณ 30 นาที (ต้องรักษาอุณหภูมิไว้ให้คงที่ ประมาณ 100 องศา C

15. เมื่อครบกำหนดให้นำ assembly/receptacle (ระวัง! ร้อน) ออกจากช่องอบแล้วถอด

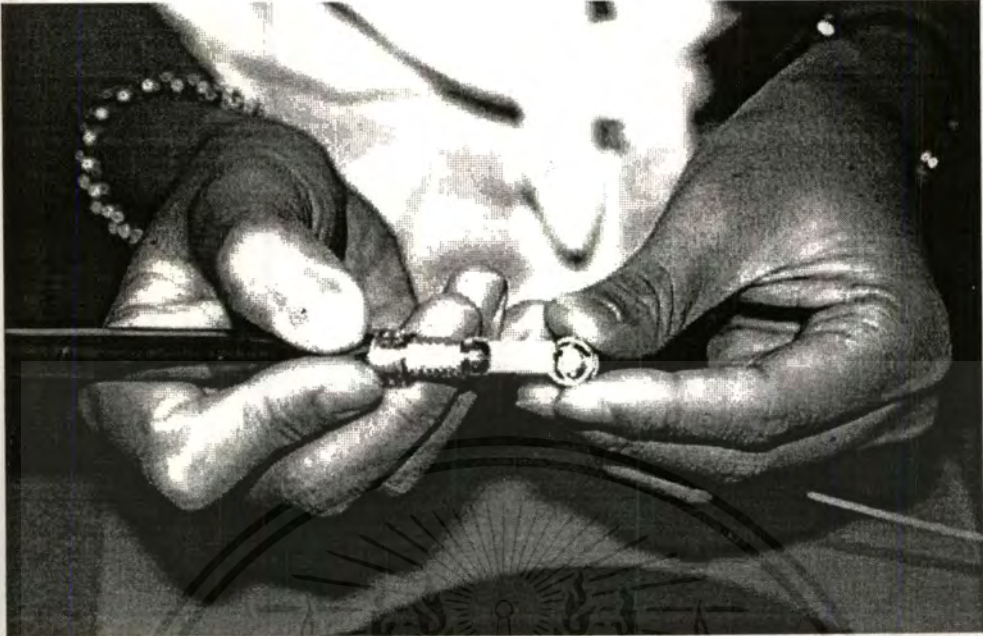
assembly ออกจาก receptacle

(ทิ้งไว้ให้เย็น) เสร็จแล้วให้นำ sapphire มาเชื่อมเส้นใยแก้วส่วนเกินที่โผล่ออกมาจาก

connector assembly

โดยในการเชื่อมควรจะหลีกเลี่ยงสายใยแก้วไว้เล็กน้อยเพื่อป้องกันสายใยแก้วหักเข้าไป

ในหัว connector



รูปที่ 2.40 เลื่อนเส้นใยแสงที่เกินออกมาโดยใช้ Sapphire

16. ทำการตรวจสอบลักษณะของเส้นใยแก้วนำแสงที่หัว connector assembly โดยใช้กล้อง microscope

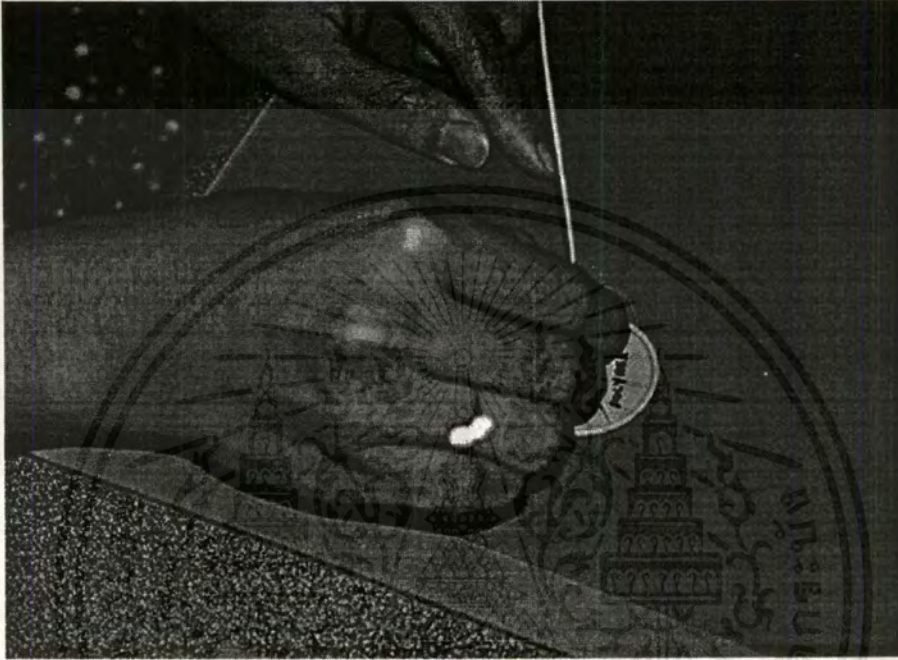
(ให้ทำการเลือก preconnector ที่ microscope ให้เหมาะสมกับชนิดของ connector ที่ใช้)



รูปที่ 2.41 ใช้ Microscope ตรวจสอบผิวหน้าของเส้นใยแสง

17.นำหัว connector สอดเข้าไปใน polishing tool เพื่อทำการขัดผิวหน้า ของconnector กับ แผ่นขัด(polishing films)โดยเริ่ม

จากขนาดที่หยาบที่สุด (5 μ m,แผ่นสีเทา) โดยให้หมั่นตรวจสอบลักษณะของพื้นผิว โดยใช้ microscope ส่องดู



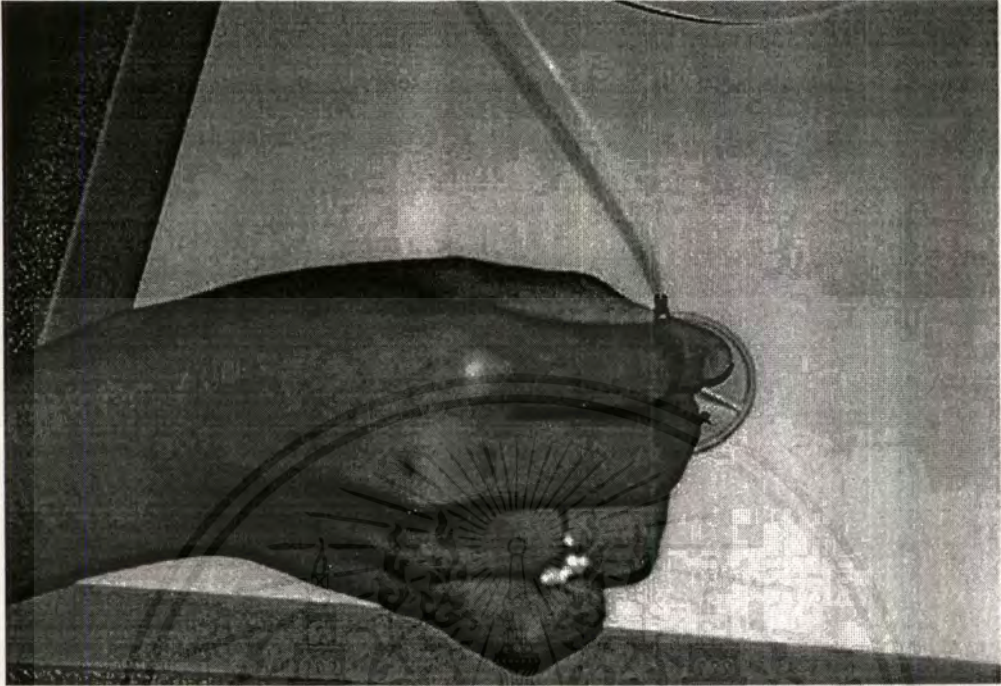
รูปที่ 2.42 ขัดผิวหน้าด้วยแผ่นขัดสีเทา

18.เปลี่ยนมาใช้แผ่นขัดขนาด (1 ไมโครm,แผ่นสีเหลือง)



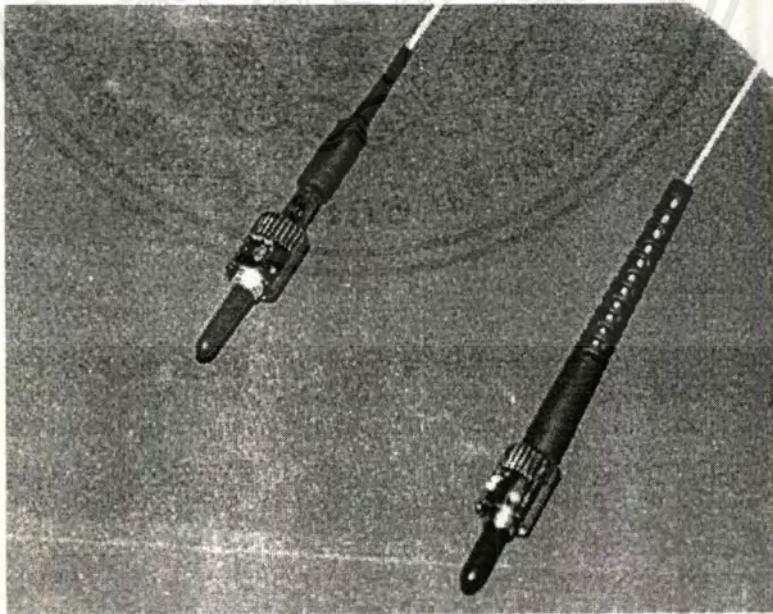
รูปที่ 2.43 เปลี่ยนมาใช้แผ่นขัดสีเหลือง

19.เปลี่ยนมาใช้แผ่นขัดขนาด (0.3 ไมโครm,แผ่นสีขาว)



รูปที่ 2.44 เปลี่ยนมาใช้แผ่นขัดสีขาว

20.รูปแสดงconnector ชนิด ST style ที่ทำการต่อเรียบร้อยและพร้อมจะใช้งาน



รูปที่ 2.45 แสดงหัวเชื่อมต่อพร้อมจะใช้งาน

2.3.10 ข้อเปรียบเทียบระหว่างการเชื่อมต่อโดยใช้หัวเชื่อมต่อการหลอมรวม

ข้อเปรียบเทียบระหว่างการเชื่อมต่อทั้งสองวิธีแสดงดังตารางที่ 2.2 ซึ่งการเลือกใช้งานควรจะดูข้อได้เปรียบและเสียเปรียบ เพื่อเลือกใช้วิธีที่ดีที่สุด

ตารางที่ 2.2 ข้อเปรียบเทียบระหว่างการเชื่อมต่อโดยใช้หัวเชื่อมต่อการหลอมรวม

Connector	Splice
<ul style="list-style-type: none"> ● สามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย ● ง่ายต่อการใช้งาน ● มีขั้นตอนที่ยุ่งยากในการเข้าหัวเชื่อมต่อกับเส้นใยแสง ● มีการสูญเสียสูงกว่า ● ราคาของหัวเชื่อมต่อสูง 	<ul style="list-style-type: none"> ● เป็นการเชื่อมต่อแบบถาวร ● รอยต่อของเส้นใยแสง มีความแข็งแรง ● ราคาต่อการเชื่อมต่อ 1 ครั้งถูกกว่า ● มีการสูญเสียน้อยกว่า

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

ในการออกแบบโปรแกรมสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นโฮมเพจ ซึ่งจะเป็นส่วนแนะนำโปรแกรม ให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเส้นใยแสง ดึงดูดความสนใจและให้ผู้ใช้ดาวน์โหลดโปรแกรมเพื่อนำไปใช้ต่อไป ส่วนที่สองจะเป็นส่วนของโปรแกรมช่วยสอนซึ่งจะเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการเชื่อมต่อเส้นใยแสง สำหรับโปรแกรมที่ใช้ ผู้จัดทำเลือกใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 และโปรแกรม Macromedia flash 4.0 ซึ่งโปรแกรมทั้งสองมีความสามารถพิเศษหลายประการ

3.1 โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 (VB6)

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ที่มีประสิทธิภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็วและสะดวก เนื่องจาก VB6 มีการทำงานเป็นแบบ Visual นั่นคือสามารถออกแบบหน้าจอที่แสดงผลได้ในขั้นตอนของการออกแบบ

VB6 ใช้การเขียนโปรแกรมแบบ Event-driven คือการเขียนโปรแกรมตอบสนองต่อเหตุการณ์ (Event) ที่เกิดขึ้น เช่น การกดเมาส์ การกดคีย์บอร์ด หรือเหตุการณ์ที่เกิดจากระบบปฏิบัติการ

VB6 สามารถออกแบบหน้าจอแสดงผลได้ง่ายโดยใช้ตัวควบคุม (Control) ซึ่งมีอยู่มากมายในโปรแกรม ตัวควบคุมพื้นฐาน เช่น ปุ่มคำสั่ง (Command Button), ลาเบล (Label), แท็กซ์บ็อกซ์ (Text box), ฟอร์ม (form), รูปภาพ (Image), ไทม์เมอร์ (Timer), เมนู (Menu), ป๊อปอัพเมนู (Popup Menu) ฯลฯ ตัวควบคุมขั้นสูง เช่น คอมมอนไดอะล็อกซ์ (Command Dialog), ริชแท็กซ์บ็อกซ์ (Rich text box), ทูลบาร์ (Toolbar), สเตตัสบาร์ (Statusbar), แท็บสตริป (Tabstrip) ฯลฯ

VB6 มีความสามารถในการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตได้เป็นอย่างดี โดยใช้ตัวควบคุมที่มีชื่อว่า เว็บเบราว์เซอร์ (WebBrowser) และตัวควบคุมอินเทอร์เน็ตทรานซ์เฟอร์ (Internet Transfer Control) ทำให้เราสามารถเปิดเว็บเพจ ความเคลื่อนไหว อ็พโหลดไฟล์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้

นอกจากนี้ VB6 ยังมีความสามารถอีกมากมาย เช่น การติดต่อกับฐานข้อมูล การติดต่อฐานข้อมูลผ่านระบบเน็ตเวิร์ค การสร้าง ActiveX การสร้างแอปพลิเคชันบนเว็บเพจ เป็นต้น

3.1.1 ขั้นตอนในการสร้างแอปพลิเคชันด้วย Microsoft Visual Basic 6.0

1. ออกแบบหน้าจอแสดงผล ส่วนต่างๆ ที่ต้องการติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยการเลือกตัวควบคุมที่ต้องการวางลงบนฟอร์ม จัดตำแหน่ง กำหนดคุณสมบัติของตัวควบคุมตามความเหมาะสม ด้วยความสามารถในการออกแบบโปรแกรมในแบบวิซวล ทำให้การออกแบบหน้าจอแสดงผลมีความสวยงามและสะดวกมาก
2. เขียนคำสั่งโปรแกรมที่ต้องการ จากความสามารถในการเขียนโปรแกรมตอบสนองต่อเหตุการณ์ทำให้เขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้น เร็วขึ้น และสามารถตรวจสอบแก้ไขได้ง่าย

3.1.2 ตัวควบคุมเว็บเบราว์เซอร์

ตัวควบคุมเว็บเบราว์เซอร์จะอาศัยความสามารถของ “Internet Explorer” มาใช้ ทำให้สามารถเขียนเบราว์เซอร์ได้โดยง่าย เมคธอดที่สำคัญของตัวควบคุมเว็บเบราว์เซอร์ที่สำคัญคือ เมคธอด “Navigate” เป็นเมคธอดที่กำหนด URL ที่ต้องการให้กับเว็บเบราว์เซอร์ เมคธอด “Goback” เป็นเมคธอดที่กำหนดตัวควบคุมเว็บเบราว์เซอร์ย้อนกลับ เมคธอด “Goforward” เป็นเมคธอดที่กำหนดตัวควบคุมเว็บเบราว์เซอร์ไปข้างหน้า เมคธอด “Gohome” เป็นเมคธอดที่กำหนดตัวควบคุมเว็บเบราว์เซอร์ไปยัง “home url” เมคธอด “Gosearch” เป็นเมคธอดที่กำหนดตัวควบคุมเว็บเบราว์เซอร์ค้นหาข้อความที่ต้องการ

เหตุการณ์ที่สำคัญของตัวควบคุมเว็บเบราว์เซอร์ก็คือ เหตุการณ์ “NavigationComplete2” เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่ออ่านเอกสารมาแสดงเรียบร้อยแล้ว

3.1.3 ตัวควบคุมอินเทอร์เน็ตทรานซเฟอร์

เป็นตัวควบคุมที่ทำหน้าที่ในการดาวน์โหลด และอัปโหลดไฟล์ โดยตัวควบคุมนี้สามารถติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างๆ ที่ต่ออยู่กับระบบอินเทอร์เน็ต ทั้งในโปรโตคอลแบบ HTTP และแบบ FTP ด้วยตัวควบคุมนี้เราจะสามารถสร้างโปรแกรม FTP Browser ได้ หรือใช้แสดงเว็บเพจได้อีกด้วยเมคธอด (Method) ที่สำคัญของตัวควบคุมอินเทอร์เน็ตทรานซเฟอร์

เมคธอด “OpenURL” ใช้สำหรับกำหนด URL ของคอมพิวเตอร์ปลายทาง ผลลัพธ์ที่ได้จากเมคธอดนี้ ถ้าหากไม่มีข้อผิดพลาดจะได้ค่าของพรอบพอร์ทดีของ “URL” ของตัวควบคุม ซึ่งจะมีค่าตามค่าของ URL ที่กำหนดในเมคธอด “OpenURL” นี้ ชนิดของไฟล์ข้อมูลที่ได้จากการดาวน์โหลดจะขึ้นอยู่กับโปรโตคอลที่ใช้ ถ้าเป็น HTTP จะได้ไฟล์ที่เป็นเอกสารเว็บเพจ (HTML)

รูปแบบของเมคธอดนี้คือ

Object.OpenURL url [,datatype]

โดยที่

url คือ URL ปลายทางของปลายทาง
datatype คือประเภทข้อมูล อาจจะไม่กำหนดก็ได้

เมธอด “Execute” เป็นเมธอดที่ใช้ร่วมกับเมธอดอื่นๆ เพื่อใช้ส่งสัญญาณอย่างใดอย่างหนึ่งไปที่เครื่อง Server โดยที่มีรูปแบบของคำสั่งคือ

Object.Execute url [, operation] [, data] [, requestheaders]

โดยที่

Object หมายถึง ชื่อของตัวควบคุมอินเทอร์เน็ตทรานซ์เฟอร์
url หมายถึง url ที่ต้องการติดต่อ
Operation หมายถึง คำสั่งที่ต้องการให้ทำงาน ซึ่งจะกำหนดหรือไม่ก็ได้ เช่นในการอ่านข้อมูลจาก Server Operation จะเป็น GET เป็นต้น
Data หมายถึง ข้อมูลที่ใช้ร่วมกับคำสั่ง
Requestheaders หมายถึง ส่วนหัวที่ส่งไปยัง Server ซึ่งกำหนดหรือไม่ก็ได้ สำหรับเหตุการณ์ที่สำคัญของอินเทอร์เน็ตทรานซ์เฟอร์

เหตุการณ์ที่สำคัญของอินเทอร์เน็ตทรานซ์เฟอร์คือ “StateChanged” จะเกิดขึ้นเมื่อมีการถ่ายโอนข้อมูล ภายในเหตุการณ์นี้จะมีอาร์กิวเมนต์คือ “State” กำกับไว้เพื่อบอกสถานะการทำงานของตัวควบคุมอินเทอร์เน็ตทรานซ์เฟอร์ ซึ่งเราสามารถนำมาตรวจสอบว่าการถ่ายโอนข้อมูลนั้นเสร็จสมบูรณ์หรือไม่

3.2 โปรแกรม Marcomedia Flash 4.0

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างเว็บเพจที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถสร้างภาพเคลื่อนไหว สร้างภาพยนต์ สร้างปุ่มคำสั่ง สร้างเมนู สร้างป๊อปอัพเมนู สามารถสร้างเป็น ActiveX เพื่อใช้ในเว็บเพจได้อีกด้วย Marcomedia Flash สามารถส่งออก (Export) เป็นรูปแบบของ ภาพยนตร์ (Shock wave flash file, Movie file) รูปภาพ (JPEG file, GIF file, PNG file) และสามารถส่งออกเป็นเว็บเพจได้ (HTML file)

การทำงานของโปรแกรม Marcomedia Flash จะแบ่งออกเป็นชั้นๆ (Layer) แต่ละชั้นจะประกอบด้วยเฟรมของภาพ เราสามารถสร้างเฟรมแต่ละเฟรมมาต่อกัน (Frame by frame) เป็นภาพยนตร์ได้ นอกจากนี้ยังแบ่งออกเป็นฉากโดยในหนึ่งไฟล์อาจจะมีหลายๆ ฉากได้

นอกจากนี้ Marcomedia Flash ยังมีคำสั่งที่ใช้ช่วยในการสร้างภาพเคลื่อนไหวได้สะดวกรวดเร็วขึ้น เช่น คำสั่งสร้างการเคลื่อนไหว (Motion Tweening) ใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวโดยเปลี่ยนสถานที่ และคำสั่งสร้างการเปลี่ยนรูปร่าง (Shape Tweening) ใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวที่เปลี่ยนรูปร่างของสิ่งที่เคลื่อนไหวไปด้วย

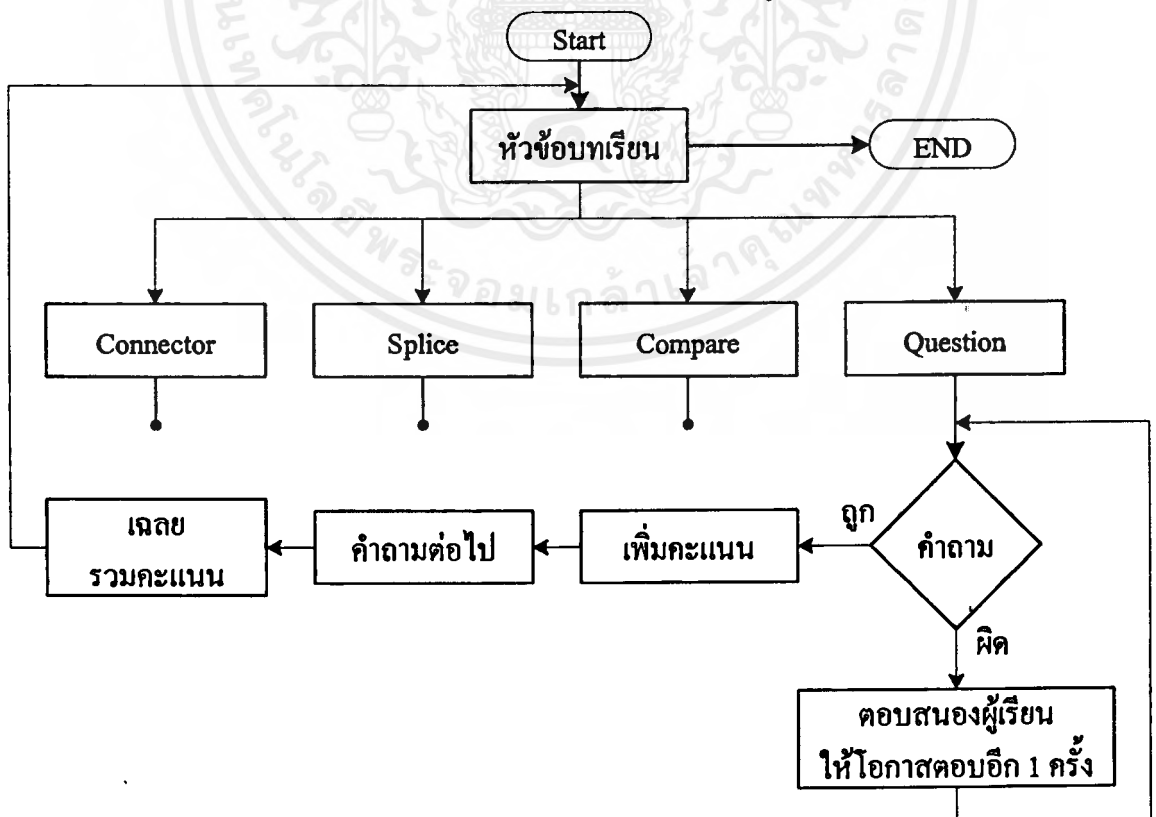
3.3 การออกแบบและเขียนโปรแกรม

1. เตรียมเนื้อหา

เนื้อหาจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นพื้นฐานของเส้นใยแสง และส่วนของการเชื่อมต่อเส้นใยแสง โดยส่วนที่เป็นพื้นฐานของเส้นใยแสงจะอยู่บนเว็บเพจ และส่วนที่เป็นการเชื่อมต่อเส้นใยแสงจะอยู่ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2. ออกแบบการสอน

การออกแบบลำดับการสอนแสดงผังการทำงานดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังการทำงานของบทเรียน

3. เลือกใช้โปรแกรม

จากหัวข้อที่กล่าวมาข้างต้น ผู้จัดทำได้นำเอาโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 มาสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เป็นฟอร์มหลักของโปรแกรม ซึ่งจะใช้เป็นฟอร์มบราวเซอร์แสดงเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และใช้โปรแกรม Macromedia Flash 4.0 มาสร้างเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยแสดงเป็นภาพเคลื่อนไหวเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น และส่งออกเป็นไฟล์ในรูปแบบของ HTML ไฟล์เพื่อให้ฟอร์มหลักซึ่งเป็นบราวเซอร์แสดงผลต่อไป

4. สร้างเว็บเพจ

นำเนื้อหาส่วนที่เป็นพื้นฐานความรู้เรื่องเส้นใยแสงมาแสดง โดยผู้จัดทำเน้นให้มีความสวยงาม เพื่อการดึงดูดความสนใจของผู้เรียน และทำการดาวน์โหลดโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้งานต่อไป โดยเว็บเพจนี้คือ “<http://www.kmitl.ac.th/~s1012043>” และ “<http://www.kmitl.ac.th/~s1012078>”

ซึ่งเนื้อหาเกี่ยวกับเส้นใยแสงจะประกอบไปด้วย โครงสร้างของเส้นใยแสง, การเดินทางของแสงในเส้นใยแสง, ชนิดของเส้นใยแสง, สายเคเบิลเส้นใยแสง, ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบการสื่อสารเส้นใยแสงกับระบบการสื่อสารด้วยสายเคเบิลโลหะ และเว็บเพจสำหรับดาวน์โหลดโปรแกรม



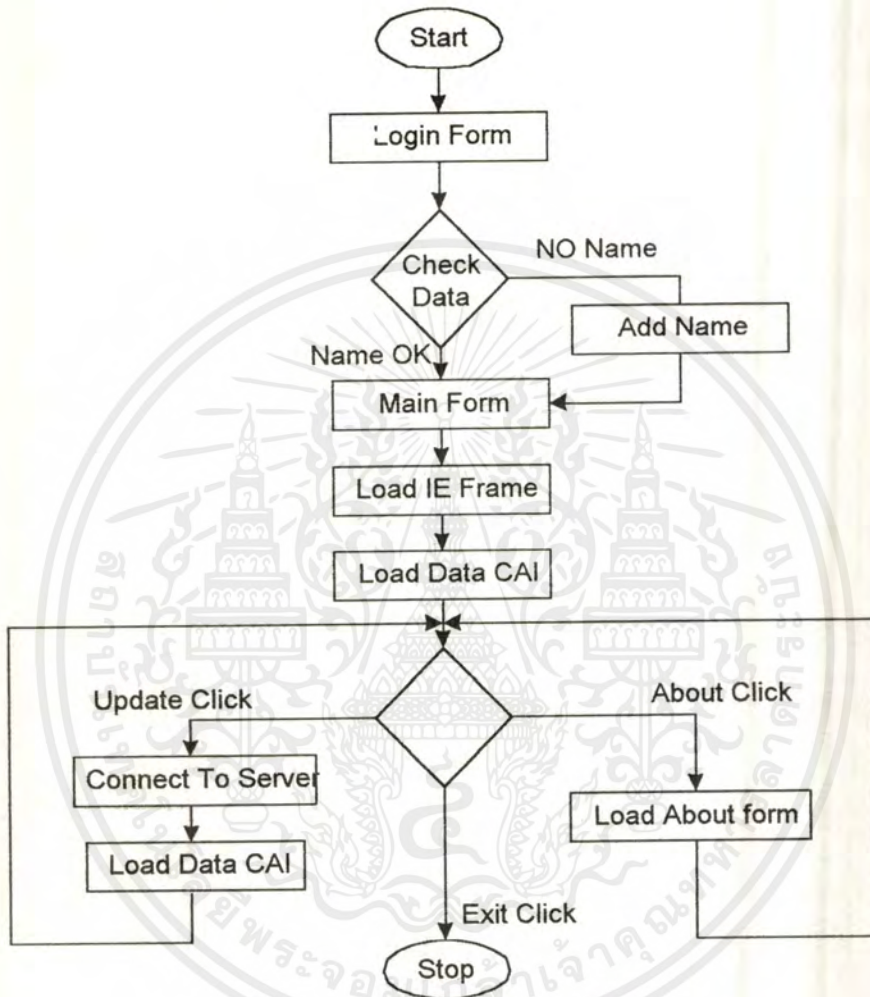
รูปที่ 3.2 แสดงหน้าแรกของเว็บเพจ

5. สร้างโปรแกรมในส่วนที่ใช้ Visual Basic

โปรแกรมที่สร้างจาก Visual Basic จะประกอบไปด้วยฟอร์มต่าง ๆ คือ

- ฟอร์มบราวเซอร์ เป็นฟอร์มหลักของโปรแกรมใช้ในการแสดงเนื้อหาของบทเรียนที่สร้างจากโปรแกรม Macromedia Flash โดยใช้คุณสมบัติของตัวควบคุมเว็บบราวเซอร์มาใช้แสดงเนื้อหาที่เป็น HTML
- ฟอร์มล็อกอิน เป็นหน้าจอให้ผู้เรียนใส่ชื่อเพื่อตรวจสอบกับข้อมูลในฐานข้อมูล
- ฟอร์มเกี่ยวกับผู้จัดทำ แสดงเนื้อหาเกี่ยวกับผู้จัดทำ โดยจะมีฟอร์มย่อยลงไปอีกเพื่อแสดงเนื้อหาของผู้จัดทำแต่ละคน โดยละเอียด
- ฟอร์มแสดงข้อผิดพลาด

สำหรับการทำงานของโปรแกรมสามารถแสดงได้ในรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นผังการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.3 แสดงผังการทำงานของโปรแกรม

เมื่อเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็จะพบกับฟอร์มล็อกอิน เป็นหน้าจอให้ผู้เรียนใส่ชื่อเพื่อตรวจสอบกับข้อมูลในฐานข้อมูล ว่าผู้เรียนเคยเรียนแล้วหรือยัง โดยที่ถ้าหากผู้เรียนไม่เคยเรียน เมื่อใส่ชื่อ เข้าไปโปรแกรมจะไปสร้างข้อมูลใหม่โดยจะเก็บชื่อไว้ และไปกำหนดค่าให้คะแนนในการตอบคำถามในการเรียนเป็นศูนย์ ส่วนถ้าหากผู้เรียนเคยเรียนแล้ว โปรแกรมจะแจ้งให้ทราบว่าผู้เรียน เรียนหัวข้อใดแล้ว และยังไม่ได้เรียนหัวข้อใด รูปที่ 3.4 แสดงฟอร์มล็อกอิน

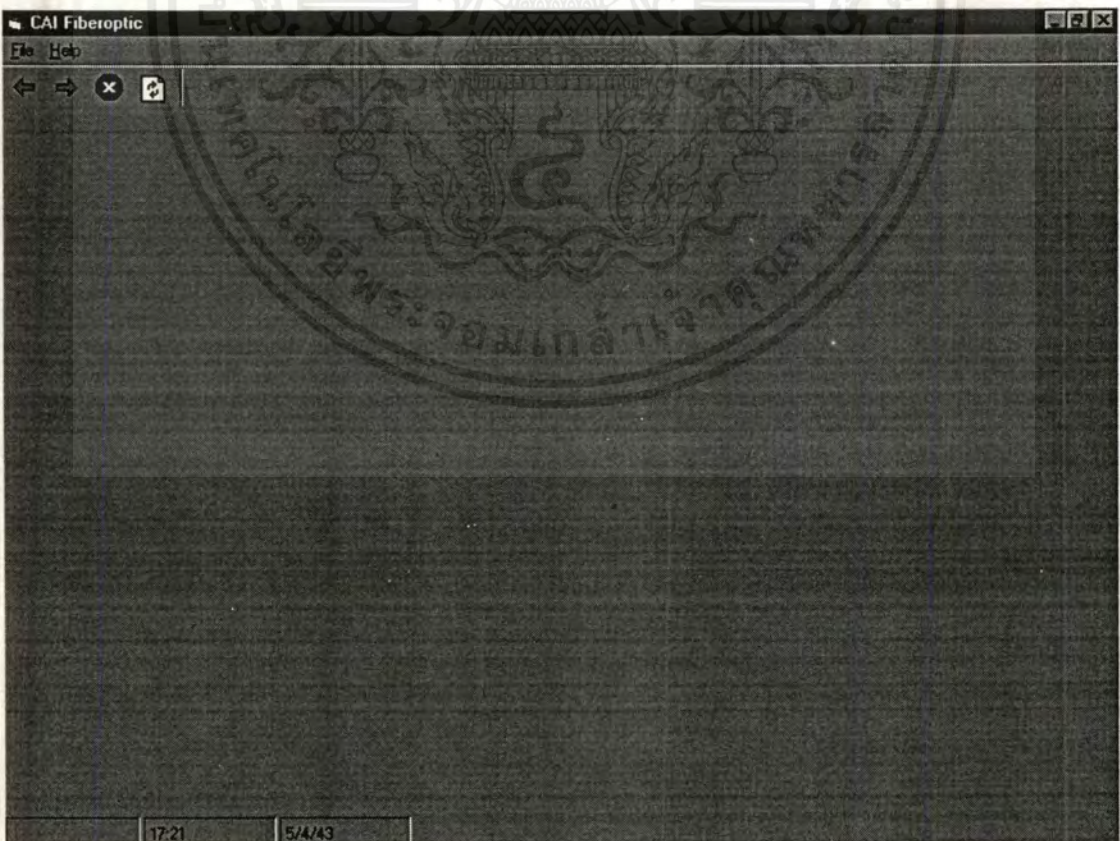
สำหรับฐานข้อมูลที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจะใช้ฐานข้อมูลของ Microsoft Access และใช้ตัวควบคุมฐานข้อมูล (Data Control) ในการติดต่อกับฐานข้อมูล



รูปที่ 3.4 แสดงฟอร์มล็อกอิน

เมื่อผู้เรียนใส่ชื่อแล้ว คลิกปุ่ม “OK” แล้วโปรแกรมจะเข้าสู่หน้าหลักของโปรแกรมคือฟอร์มบราวเซอร์

ฟอร์มบราวเซอร์ เป็นฟอร์มหลักของโปรแกรมใช้ในการแสดงเนื้อหาของบทเรียนที่สร้างจากโปรแกรม Macromedia Flash โดยใช้คุณสมบัติของตัวควบคุมเว็บบราวเซอร์มาใช้ในการแสดงเนื้อหาที่เป็น HTML แต่ในการ Update เนื้อหาผ่าน Internet นั้นผู้จัดทำได้ดึงความสามารถของตัวควบคุมอินเทอร์เน็ตทรานซเฟอร์ โดยใช้โปรโตคอล FTP มาเป็นตัวดาวน์โหลดข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 3.5 แสดงฟอร์มบราวเซอร์

จากรูปที่ 3.5 จะประกอบไปด้วยเมนูไฟล์ (File) และเมนูช่วยเหลือ (Help) เมนูไฟล์ประกอบด้วยเมนูย่อยคือ เมนูอัปเดต (Update CAI) และเมนูออกจากโปรแกรม (Exit) และเมนูช่วยเหลือจะประกอบด้วยเมนูย่อยคือ เมนูช่วยเหลือ (Help) และเมนูเกี่ยวกับผู้จัดทำ (About) นอกจากนี้ยังมีทูลบาร์ซึ่งประกอบด้วย

ปุ่ม Back เป็นปุ่มที่ใช้เรียกดูหน้าที่เปิดผ่านมา

ปุ่ม Next เป็นปุ่มที่ใช้เรียกดูหน้าที่ Back กลับมา

ปุ่ม Stop ใน Program นี้ ปุ่มนี้จะทำหน้าที่ เป็นตัวหยุดการทำงานเมื่อเกิดการผิดพลาดขึ้น เนื่องจากการอ่านข้อมูลผิดพลาด เช่น เมื่อ Load เนื้อหาขึ้นมา แต่ File ที่ Load มานั้นเสียหรืออาจมีขนาดใหญ่จนทำให้ Buffer เต็ม ทำให้ Program Load ไปเรื่อยๆ สังเกตได้จาก Status BAR จะขึ้นคำว่า Load CAI แต่ไม่เสร็จสักที

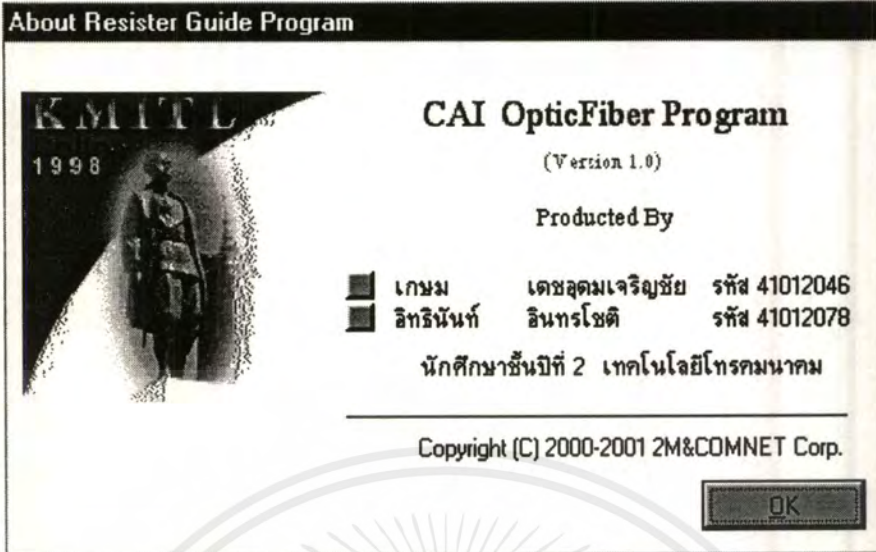
ปุ่ม Refresh เป็นปุ่มที่ใช้ Reload ข้อมูลเมื่อผู้ใช้ต้องการ

Status Bar จะมีสองสถานะคือ ขณะกำลังเปิดเนื้อหา จะแสดงข้อความว่า Getting Page และตอนเปิดเนื้อหาเสร็จแล้ว จะแสดงข้อความว่า Complete..

เมนูไฟล์ -> อัปเดตจะสามารถทำงานได้ก็ต่อเมื่อต่ออยู่กับระบบอินเทอร์เน็ตเท่านั้น หลักการทำงานคือ เมื่อผู้ใช้เลือกเมนูนี้ โปรแกรมจะทำการเชื่อมต่อไปยัง Server โดยผ่านทางตัวควบคุมอินเทอร์เน็ตทรานซเฟอร์ (ใช้โปรโตคอล Ftp) จากนั้นโปรแกรมจะไปดาวน์โหลดไฟล์ "Update.txt" มาเก็บไว้ในเครื่องก่อน แล้วไปเปิดไฟล์นี้ขึ้นมาตรวจสอบว่ามีการปรับปรุงเนื้อหาหรือไม่ ถ้ามีโปรแกรมจะไปลบไฟล์ที่มีการเดิมทิ้ง ก่อนที่จะไป Download File ที่มีการปรับปรุงแล้วมาเก็บไว้ที่เดิม

หมายเหตุ วิธีการใช้งาน โปรแกรมโดยละเอียด รวมทั้งซอร์สโค้ดของโปรแกรมสามารถอ่านได้จากภาคผนวก

เมื่อผู้เรียนเลือกเมนูเกี่ยวกับผู้จัดทำจะปรากฏฟอร์มเกี่ยวกับผู้จัดทำขึ้น รูปที่ 3.6 แสดงฟอร์มเกี่ยวกับผู้จัดทำ



รูปที่ 3.6 แสดงฟอร์มเกี่ยวกับผู้จัดทำ

6. ส่วนของเนื้อหาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในส่วนนี้จะใช้โปรแกรม Macromedia Flash ในการสร้างเนื้อหา จุดเด่นของ Program นี้คือ สามารถสร้าง ภาพเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ อย่างที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่แล้ว สามารถสร้าง การเชื่อมต่อเหมือนกับ HTML ด้วยจุดเด่นสองอย่างนี้ จึงทำให้โปรแกรมนี้ เหมาะกับการสร้าง คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื้อหาของบทเรียนที่อยู่ในส่วนนี้ได้แก่ การเชื่อมต่อเส้นใยแสงด้วยวิธีการ หลอมรวม (Fusion Splice) วิธีการเชื่อมต่อเส้นใยแสงด้วยหัวเชื่อมต่อ (Connector) ข้อเปรียบเทียบ ระหว่างทั้งสองวิธี และคำถามทดสอบความเข้าใจ รูปที่ 3.7 แสดงหน้าหลักของบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน



รูปที่ 3.7 แสดงหน้าหลักของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

จากรูป เมื่อนำ Mouse ไปวางบนปุ่ม ปุ่มก็จะขยายใหญ่ขึ้นมา แล้วจะมีตัวหนังสือวิ่งมาเพื่อบอกรายละเอียดต่างๆ ของหัวข้อ นั้นๆ ที่มุมขวาล่างของหน้าจอ เมื่อคลิกที่ปุ่ม โปรแกรมจะเปลี่ยนหน้าไปยังเนื้อหาที่เลือก ตัวอย่างของหน้าอื่นแสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขั้นตอนที่ 1 และ 2

ปุ่ม Main ใช้เรียกหน้าหลักของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ปุ่ม Back เป็นปุ่มที่ใช้เรียกดูหน้าที่เปิดผ่านมา

ปุ่ม Next เป็นปุ่มที่ใช้เรียกดูหน้าต่อไป

จะเห็นว่าปุ่มทั้งสองนี้ จะทำงานคล้ายๆกับ ปุ่ม Back ปุ่ม Next ในโปรแกรมส่วนที่ 2 จะแตกต่างกันคือ ปุ่ม Back ปุ่ม Next โปรแกรมส่วนนี้จะเชื่อมต่อแบบเรียงตามเนื้อหาเท่านั้น แต่ปุ่ม Back ปุ่ม Next ใน Program ส่วนที่ 2 นั้นสามารถเชื่อมต่อไปยังหน้าจอที่ผ่านมาได้

บทที่ 4

สรุปปัญหา แนวทางการแก้ไขและพัฒนา

4.1 สรุปการทำงานของโปรแกรม

หลังจากเขียนโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้วก็ทำการอัปโหลดขึ้นไปให้เป็นเว็บเพจ และทดลองเปิดเว็บเพจด้วยโปรแกรม Internet Explorer และโปรแกรม Netscape Navigator ได้ผลดีทั้งสองโปรแกรม

หลังจากนั้นทดลองดาวน์โหลดโปรแกรมส่วนที่เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทำการติดตั้งโปรแกรมและทดสอบโปรแกรมโดยโปรแกรมสามารถทำงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้เป็นอย่างดี ความเร็วที่ใช้เป็นที่น่าพอใจ สามารถอัปเดตเสร็จสรุปได้ว่าโปรแกรมทั้งหมดสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี

4.2 ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

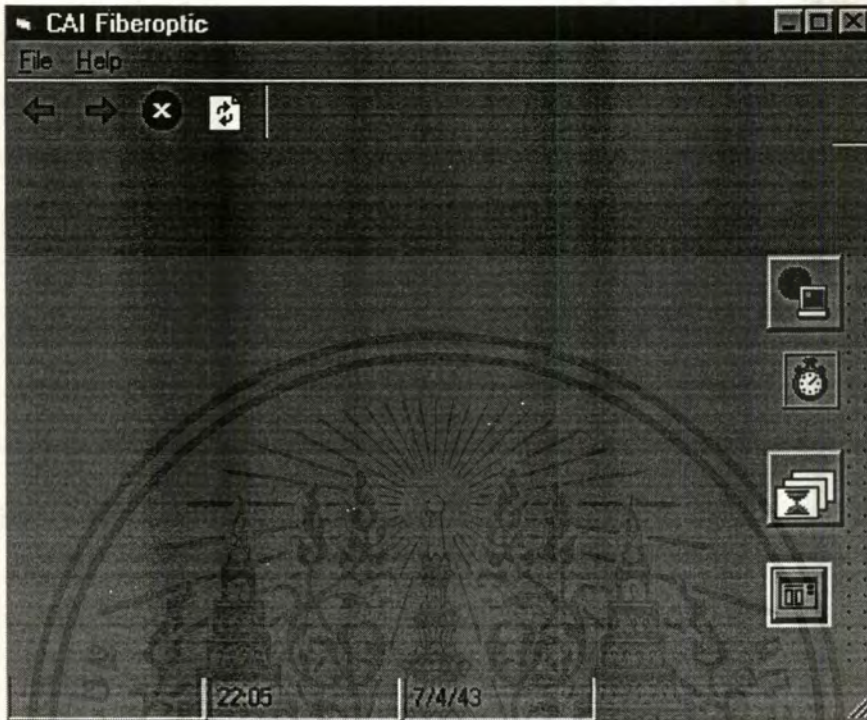
ปัญหาที่เกิดขึ้นมีหลายประการ คือ การเลือกใช้โปรแกรม เนื่องจากไม่ทราบว่าโปรแกรมใดจึงจะเหมาะสมในการสร้าง จึงต้องทดลองใช้โปรแกรมต่างๆทำให้เสียเวลา อีกประการหนึ่งคือการหาข้อมูลในเรื่องของการเชื่อมต่อเส้นใยแสง เพราะเป็นเนื้อหาในภาคปฏิบัติ จึงหาหนังสือได้ยากมาก

4.3 แนวทางการแก้ไขและพัฒนา

สามารถที่จะนำโปรแกรม Visual Basic และ โปรแกรม Macromedia Flash ไปใช้ในการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอื่นๆ ได้ ซึ่งจะทำได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีภาพเคลื่อนไหว มีความสวยงามมากขึ้น



1. ฟอรัมหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



รูปที่ 1 ฟอรัมหลักของโปรแกรม

ซอร์สโค้ดของฟอรัมหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

VERSION 5.00

Object = "{EAB22AC0-30C1-11CF-A7EB-0000C05BAE0B}#1.1#0"; "SHDOCVW.DLL"

Object = "{831FDD16-0C5C-11D2-A9FC-0000F8754DA1}#2.0#0"; "MSCOMCTL.OCX"

Object = "{F9043C88-F6F2-101A-A3C9-08002B2F49FB}#1.2#0"; "COMDLG32.OCX"

Object = "{48E59290-9880-11CF-9754-00AA00C00908}#1.0#0"; "MSINET.OCX"

Begin VB.Form frmBrowser

Caption = "CAI Fiberoptic"

ClientHeight = 5130

ClientLeft = 3060

ClientTop = 3630

ClientWidth = 6405

LinkTopic = "Form1"

```
ScaleHeight = 5130
ScaleWidth  = 6405
WindowState = 2 'Maximized
```

```
Begin InetCtlsObjects.Inet Inet1
```

```
Left      = 5640
Top       = 1320
_ExtentX  = 1005
_ExtentY  = 1005
_Version  = 393216
Protocol  = 2
RemoteHost = "khaesad.kmitl.ac.th"
RemotePort = 21
URL       = "ftp://s1012078:ittinan_32@khaesad.kmitl.ac.th"
UserName  = "s1012078"
Password  = "ittinan_32"
```

```
End
```

```
Begin MSComDlg.CommonDialog cmd
```

```
Left      = 5640
Top       = 3600
_ExtentX  = 847
_ExtentY  = 847
_Version  = 393216
```

```
End
```

```
Begin MSComctlLib.ImageList imlToolbarIcons
```

```
Left      = 5640
Top       = 2760
_ExtentX  = 1005
_ExtentY  = 1005
BackColor = -2147483643
ImageWidth = 24
```

ImageHeight = 24

MaskColor = 12632256

_Version = 393216

BeginProperty Images {2C247F25-8591-11D1-B16A-00C0F0283628}

NumListImages = 6

BeginProperty ListImage1 {2C247F27-8591-11D1-B16A-00C0F0283628}

Picture = "frmBrowser.frx":0000

Key = ""

EndProperty

BeginProperty ListImage2 {2C247F27-8591-11D1-B16A-00C0F0283628}

Picture = "frmBrowser.frx":0712

Key = ""

EndProperty

BeginProperty ListImage3 {2C247F27-8591-11D1-B16A-00C0F0283628}

Picture = "frmBrowser.frx":0E24

Key = ""

EndProperty

BeginProperty ListImage4 {2C247F27-8591-11D1-B16A-00C0F0283628}

Picture = "frmBrowser.frx":1536

Key = ""

EndProperty

BeginProperty ListImage5 {2C247F27-8591-11D1-B16A-00C0F0283628}

Picture = "frmBrowser.frx":1C48

Key = ""

EndProperty

BeginProperty ListImage6 {2C247F27-8591-11D1-B16A-00C0F0283628}

Picture = "frmBrowser.frx":235A

Key = ""

EndProperty

EndProperty

End

Begin VB.Timer timTimer

Enabled = 0 'False

Interval = 5

Left = 5760

Top = 2040

End

Begin SHDocVwCtl.WebBrowser brwWebBrowser

CausesValidation= 0 'False

Height = 3975

Left = 0

TabIndex = 0

TabStop = 0 'False

Top = 480

Width = 6135

ExtentX = 10821

ExtentY = 7011

ViewMode = 1

Offline = 0

Silent = 0

RegisterAsBrowser= 0

RegisterAsDropTarget= 0

AutoArrange = -1 'True

NoClientEdge = 0 'False

AlignLeft = 0 'False

ViewID = "{0057D0E0-3573-11CF-AE69-08002B2E1262}"

Location = ""

End

Begin MSComctlLib.StatusBar StatusBar1

Align = 2 'Align Bottom

Height = 375
 Left = 0
 TabIndex = 3
 Top = 4755
 Width = 6405
 _ExtentX = 11298
 _ExtentY = 661
 _Version = 393216

BeginProperty Panels {8E3867A5-8586-11D1-B16A-00C0F0283628}

NumPanels = 3

BeginProperty Panel1 {8E3867AB-8586-11D1-B16A-00C0F0283628}

EndProperty

BeginProperty Panel2 {8E3867AB-8586-11D1-B16A-00C0F0283628}

Style = 5

TextSave = "1:02"

EndProperty

BeginProperty Panel3 {8E3867AB-8586-11D1-B16A-00C0F0283628}

Style = 6

TextSave = "5/4/43"

EndProperty

EndProperty

End

Begin MSComctlLib.Toolbar tbToolBar

Align = 1 'Align Top

Height = 480

Left = 0

TabIndex = 1

Top = 0

Width = 6405

_ExtentX = 11298

```

_ExtentY      = 847
ButtonWidth   = 820
ButtonHeight  = 794
AllowCustomize = 0 'False
Appearance    = 1
HelpContextID = 1
Style         = 1
ImageList     = "imlToolBarIcons"
DisabledImageList= "imlToolBarIcons"
HotImageList  = "imlToolBarIcons"
_Version      = 393216
BeginProperty Buttons {66833FE8-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
  NumButtons   = 5
  BeginProperty Button1 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
    Key        = "Back"
    Object.ToolTipText = "Back"
    ImageIndex = 1
  EndProperty
  BeginProperty Button2 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
    Key        = "Forward"
    Object.ToolTipText = "Forward"
    ImageIndex = 2
  EndProperty
  BeginProperty Button3 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
    Key        = "Stop"
    Object.ToolTipText = "Stop"
    ImageIndex = 3
  EndProperty
  BeginProperty Button4 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
    Key        = "Refresh"

```

```

Object.ToolTipText = "Refresh"
ImageIndex = 4
EndProperty
BeginProperty Button5 {66833FEA-8583-11D1-B16A-00C0F0283628}
Style = 3
EndProperty
EndProperty
End
Begin MSComctlLib.Toolbar Toolbar1
Align = 1 'Align Top
Height = 645
Left = 0
TabIndex = 2
Top = 480
Width = 6405
_ExtentX = 11298
_ExtentY = 1138
ButtonWidth = 609
ButtonHeight = 979
Appearance = 1
_Version = 393216
End
Begin VB.Menu file
Caption = "&File"
Begin VB.Menu load_offline
Caption = "Load Cai"
End
Begin VB.Menu update
Caption = "Update CAI"
End

```

Begin VB.Menu line

 Caption = "-"

End

Begin VB.Menu exit

 Caption = "&Exit"

 Shortcut = ^C

End

End

Begin VB.Menu help

 Caption = "&Help"

Begin VB.Menu help_cai

 Caption = "Help"

End

Begin VB.Menu about

 Caption = "About"

End

End

End

Attribute VB_Name = "frmBrowser"

Attribute VB_GlobalNameSpace = False

Attribute VB_Creatable = False

Attribute VB_PredeclaredId = True

Attribute VB_Exposed = False

Public StartingAddress As String

Dim mbDontNavigateNow As Boolean

Dim datavar As String

Private Sub about_Click()

 About_frm.Show

End Sub

```
Private Sub brwWebBrowser_DownloadBegin()
```

```
    StatusBar1.Panels(1).text = " Getting Page..."
```

```
End Sub
```

```
Private Sub exit_Click()
```

```
    Response = MsgBox("คุณต้องการปิดโปรแกรมแน่หรือ !!", vbYesNo + vbExclamation +  
vbDefaultButton2, "คำเตือน")
```

```
    If Response = vbYes Then ' User chose Yes.
```

```
    End
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Function get_file() As Boolean
```

```
    If Inet1ready Then
```

```
        Inet1.Execute , "GET " & datavar & " " & App.Path & "\data\" & datavar
```

```
        Debug.Print "GET " & datavar & " " & App.Path & "\data\" & datavar
```

```
        Do
```

```
        DoEvents
```

```
        Loop Until Inet1ready
```

```
    End If
```

```
End Function
```

```
Function Inet1ready() As Boolean
```

```
    If Inet1.StillExecuting Then
```

```
        'MsgBox "not ready"
```

```
        Inet1ready = False
```

```
    Else: Inet1ready = True
```

```
    End If
```

```
End Function
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    On Error Resume Next
```

```
    Me.Show
```

```
    tbToolBar.Refresh
```

```
    Form_Resize
```

```
    cboAddress.Move 50, lblAddress.Top + lblAddress.Height + 15
```

```
    If Len(StartingAddress) > 0 Then
```

```
        cboAddress.text = StartingAddress
```

```
        cboAddress.AddItem cboAddress.text
```

```
        'try to navigate to the starting address
```

```
        timTimer.Enabled = True
```

```
        brwWebBrowser.Navigate StartingAddress
```

```
    End If
```

```
    a = App.Path & "\data\main.html"
```

```
    brwWebBrowser.Navigate (a)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub brwWebBrowser_DownloadComplete()
```

```
    On Error Resume Next
```

```
    Me.Caption = brwWebBrowser.LocationName
```

```
    StatusBar1.Panels(1).text = "Compleat"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub brwWebBrowser_NavigateComplete2(ByVal pDisp As Object, URL As Variant)
```

```
    On Error Resume Next
```

```
    Dim i As Integer
```

```
    Dim bFound As Boolean
```

```
    'Me.Caption = brwWebBrowser.LocationName
```

```
    For i = 0 To cboAddress.ListCount - 1
```

```
        If cboAddress.List(i) = brwWebBrowser.LocationURL Then
```

```

    bFound = True
    Exit For
End If
Next i
mbDontNavigateNow = True
If bFound Then
    cboAddress.RemoveItem i
End If
cboAddress.AddItem brwWebBrowser.LocationURL, 0
cboAddress.ListIndex = 0
mbDontNavigateNow = False
End Sub

Private Sub cboAddress_Click()
    If mbDontNavigateNow Then Exit Sub
    timTimer.Enabled = True
    brwWebBrowser.Navigate cboAddress.text
End Sub

Private Sub cboAddress_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    On Error Resume Next
    If KeyAscii = vbKeyReturn Then
        cboAddress_Click
    End If
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    On Error Resume Next
    cboAddress.Width = Me.ScaleWidth - 100
    brwWebBrowser.Width = Me.ScaleWidth ' - 100

```

```
brwWebBrowser.Height = Me.ScaleHeight - 860
```

```
End Sub
```

```
Private Sub load_Click()
```

```
    a = App.Path & "\flash\main.html"
```

```
    brwWebBrowser.Navigate (a)
```

```
    'text1.text = Inet1.OpenURL(a)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub load_offline_Click()
```

'Opens a file for editing In text1 and places filename in text3 so that the
'string or path for the file can be used for a requested preview at any time

```
Dim strFilename As String
```

```
    cmd.CancelError = True
```

```
    On Error GoTo errhandler
```

```
    cmd.Filter = _
```

```
    "HTML Files .htm|*.htm|HTML Files .html|*.html|Text Files .txt|*.txt"
```

```
    cmd.ShowOpen
```

```
    frm = cmd.FileName
```

```
    brwWebBrowser.Navigate (frm)
```

```
Exit Sub
```

```
errhandler:
```

```
End Sub
```

```
Private Sub save_as_Click()
```

```
Dim strFilename As String
```

```
cmd.CancelError = True
```

```
On Error GoTo errhandler
```

```
    cmd.Filter = _
```

```

"HTML Files .htm|*.htm|HTML Files .html|*.html|Text Files .txt|*.txt*"
cmd.ShowSave
strFilename = cmd.FileName
Open strFilename For Output As #1
Print #1, brwWebBrowser.Document.All(0)
'text3.text = strFilename
'Form1.Caption = "HTML Editor (" & UCase(strFilename) & ") saving..."
'Timer1.Enabled = True
Close #1
Exit Sub
errhandler:
End Sub

Private Sub Text1_Click()
'text1.text = brwWebBrowser.Document.
End Sub

Private Sub timTimer_Timer()
If brwWebBrowser.Busy = False Then
timTimer.Enabled = False
Me.Caption = brwWebBrowser.LocationName
Else
Me.Caption = "Working..."
End If
End Sub

Private Sub tbToolBar_ButtonClick(ByVal Button As Button)
On Error Resume Next

```

```
timTimer.Enabled = True
```

```
Select Case Button.Key
```

```
Case "Back"
```

```
    brwWebBrowser.GoBack
```

```
Case "Forward"
```

```
    brwWebBrowser.GoForward
```

```
Case "Refresh"
```

```
    brwWebBrowser.Refresh
```

```
Case "Home"
```

```
    brwWebBrowser.GoHome
```

```
Case "Search"
```

```
    brwWebBrowser.GoSearch
```

```
Case "Stop"
```

```
    timTimer.Enabled = False
```

```
    brwWebBrowser.Stop
```

```
    Me.Caption = brwWebBrowser.LocationName
```

```
End Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub update_Click()
```

```
    On Error Resume Next
```

```
    Dim ifilemum As Integer
```

```
    If Inet1ready Then
```

```
        Inet1.Execute , "CD public_html/update"
```

```
    Do
```

```
        DoEvents
```

```
    Loop Until Inet1ready
```

```
End If
```

If Inet1ready Then

Inet1.Execute , "GET update.txt c:\update.txt"

Do

DoEvents

Loop Until Inet1ready

'Text1.Text = ""

End If

ifilenum = FreeFile

Open "c:\update.txt" For Input As #ifilenum

Do While Not EOF(ifilenum)

Line Input #ifilenum, datavar

Debug.Print App.Path & "\" & datavar

Kill App.Path & "data\" & datavar

get_file

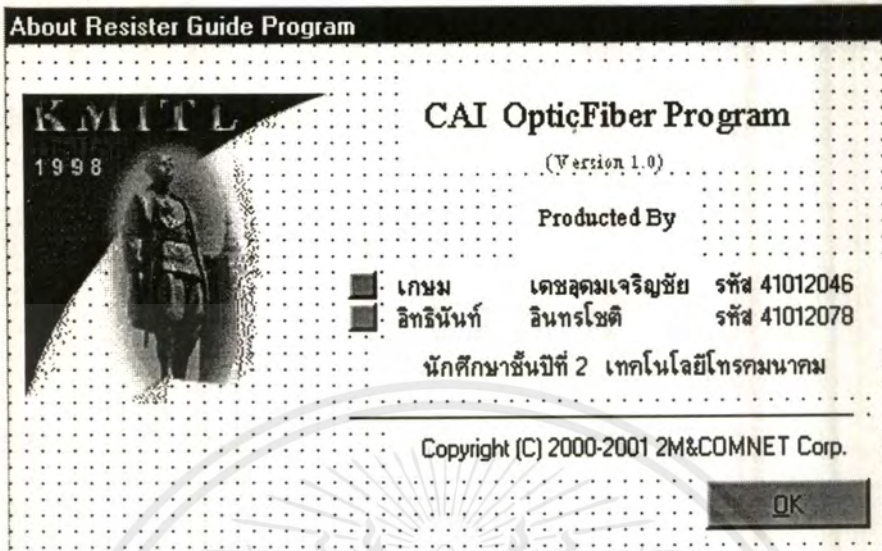
Loop

Close #ifilenum

Kill "c:\update.txt"

End Sub

2. ฟอรัมเกี่ยวกับผู้จัดทำ



ซอร์สโค้ดของฟอรัมเกี่ยวกับผู้จัดทำ

VERSION 5.00

Begin VB.Form About_frm

BackColor = &H00FFFFFF&

BorderStyle = 1 'Fixed Single

Caption = "About Resister Guide Program"

ClientHeight = 3780

ClientLeft = 1965

ClientTop = 1950

ClientWidth = 6525

ControlBox = 0 'False

LinkTopic = "Form1"

MaxButton = 0 'False

MinButton = 0 'False

MousePointer = 3 'I-Beam

PaletteMode = 1 'UseZOrder

ScaleHeight = 3780

ScaleWidth = 6525

Begin VB.CommandButton kom

Height = 210

Left = 2520

MousePointer = 1 'Arrow

TabIndex = 8

Top = 1920

Width = 210

End

Begin VB.CommandButton SeM

Height = 210

Left = 2520

MousePointer = 1 'Arrow

TabIndex = 7

Top = 1680

Width = 210

End

Begin VB.CommandButton ok

Caption = "&OK"

Height = 375

Left = 5160

MousePointer = 1 'Arrow

TabIndex = 3

Top = 3240

Width = 1215

End

Begin VB.Line Line1

X1 = 2520

X2 = 6240

Y1 = 2760

Y2 = 2760

End

Begin VB.Label Label1

Alignment = 2 'Center

BackColor = &H00FFFFFF&

Caption = "Copyright (C) 2000-2001 2M&&COMNET Corp."

Height = 255

Left = 2880

TabIndex = 9

Top = 2880

Width = 3495

End

Begin VB.Label text1

Alignment = 2 'Center

BackColor = &H00FFFFFF&

Caption = "CAI OpticFiber Program"

BeginProperty Font

Name = "Angsana New"

Size = 20.25

Charset = 222

Weight = 400

Underline = 0 'False

Italic = 0 'False

Strikethrough = 0 'False

EndProperty

ForeColor = &H00FF0000&

Height = 495

Left = 3000

TabIndex = 6

Top = 240

Width = 2895

End

Begin VB.Label text2

Alignment = 2 'Center
 BackColor = &H00FFFFFF&
 Caption = "(Version 1.0)"

BeginProperty Font

Name = "Angsana New"
 Size = 12
 Charset = 222
 Weight = 400
 Underline = 0 'False
 Italic = 0 'False
 Strikethrough = 0 'False

EndProperty

ForeColor = &H008080FF&
 Height = 255
 Left = 3000
 TabIndex = 5
 Top = 705
 Width = 2895

End

Begin VB.Label text4

Alignment = 2 'Center
 BackColor = &H00FFFFFF&
 Caption = "นักศึกษาชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีโทรคมนาคม"
 Height = 255
 Left = 2760
 TabIndex = 4
 Top = 2280
 Width = 3615

End

Begin VB.Image Image

Height = 2295
 Left = 120
 Picture = "about.frx":0000
 Stretch = -1 'True
 Top = 360
 Width = 2295

End

Begin VB.Label text_kom

BackColor = &H00FFFFFF&
 Caption = "อิทธินันท์ อินทรโชติ รหัส 41012078"
 Height = 255
 Left = 2880
 TabIndex = 2
 Top = 1920
 Width = 3615

End

Begin VB.Label text_ple

BackColor = &H00FFFFFF&
 Caption = "เกษม เดชอุดมเจริญชัย รหัส 41012046"
 Height = 255
 Left = 2880
 TabIndex = 1
 Top = 1680
 Width = 3615

End

Begin VB.Label text3

Alignment = 2 'Center
 BackColor = &H00FFFFFF&

Caption = "Produced By"

BeginProperty Font

Name = "Angsana New"

Size = 14.25

Charset = 222

Weight = 400

Underline = 0 'False

Italic = 0 'False

Strikethrough = 0 'False

EndProperty

Height = 495

Left = 3840

TabIndex = 0

Top = 1080

Width = 1215

End

End

Attribute VB_Name = "About_frm"

Attribute VB_GlobalNameSpace = False

Attribute VB_Creatable = False

Attribute VB_PredeclaredId = True

Attribute VB_Exposed = False

Private Sub Command1_Click()

End Sub

Private Sub nu_Click()

nu.Show

End Sub

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    frmBrowser.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub kom_Click()
```

```
    ' AboutData.Pic.Picture = LoadPicture("IMAGE\kom.bmp")
```

```
    AboutData.Caption = "ก๋อม่กรั้บ..ยึนคึ่ทึ่คั้ร้จ้ก"
```

```
    AboutData.I_name.Caption = "อิทริ่นนั้ทึ่   อิทร โชคึ (ก๋อม่)"
```

```
    AboutData.I_nic.Caption = "Kom"
```

```
    AboutData.I_pager.Caption = ""
```

```
    AboutData.I_tel.Caption = "01-4065224"
```

```
    AboutData.I_home.Caption = "แม่กลอง สมุทรสงคราม"
```

```
    AboutData.I_icq.Caption = "4773013"
```

```
    AboutData.I_mail.Caption = "ittinan@hotmail.com"
```

```
    AboutData.text.Caption = "Programer"
```

```
    AboutData.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub ok_Click()
```

```
    Unload About_frm
```

```
    frmBrowser.Enabled = True
```

```
    frmBrowser.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub SeM_Click()
```

```
    'AboutData.Pic.Picture = LoadPicture("IMAGE\ple.bmp")
```

```
    AboutData.Caption = "เกษมกรั้บ..ยึนคึ่ทึ่คั้ร้จ้ก"
```

```
    AboutData.I_name.Caption = "เกษม   เศชอุคึมเจริญชั้ย (เกษม)"
```

```
    AboutData.I_nic.Caption = "SeM"
```

```
    AboutData.I_pager.Caption = "-"
```

AboutData.I_tel.Caption = "038825355"

AboutData.I_home.Caption = "ชลบุรี"

AboutData.I_icq.Caption = "-"

AboutData.I_mail.Caption = "s1012043@kmitl.ac.th"

AboutData.text.Caption = "CAI Designer"

AboutData.Show

End Sub



3. ฟอรัมรายละเอียดผู้จัดทำ

ข้อมูลส่วนตัว

ชื่อ-สกุล

Nick in IRC

หมายเลขเพจ

เบอร์โทร

ที่อยู่

เบอร์ ICQ

E-Mail Address

OK

ซอร์สโค้ดของฟอรัมรายละเอียดผู้จัดทำ

VERSION 5.00

Begin VB.Form AboutData

BorderStyle = 3 'Fixed Dialog

ClientHeight = 2550

ClientLeft = 2730

ClientTop = 1395

ClientWidth = 6255

ControlBox = 0 'False

LinkTopic = "Nu"

MaxButton = 0 'False

MinButton = 0 'False

MousePointer = 3 'I-Beam

PaletteMode = 1 'UseZOrder

Picture = "nu.frx":0000

ScaleHeight = 2550

ScaleWidth = 6255

ShowInTaskbar = 0 'False

Begin VB.Frame Frame1

BackColor = &H00C0C0C0&

```
Caption    = "ข้อมูลส่วนตัว"  
ForeColor  = &H00800000&  
Height     = 2055  
Left       = 1920  
TabIndex   = 2  
Top        = 0  
Width      = 4215
```

```
Begin VB.Label I_nic
```

```
    Height     = 255  
    Left       = 1440  
    TabIndex   = 17  
    Top        = 480  
    Width      = 2655
```

```
End
```

```
Begin VB.Label pager
```

```
    Caption    = "หมายเลขเพจ"  
    Height     = 255  
    Left       = 120  
    TabIndex   = 4  
    Top        = 720  
    Width      = 975
```

```
End
```

```
Begin VB.Label nic
```

```
    Caption    = "Nick in IRC"  
    Height     = 255  
    Left       = 120  
    TabIndex   = 16  
    Top        = 480  
    Width      = 975
```

```
End
```

Begin VB.Label name

Caption = "ชื่อ-สกุล"

Height = 255

Left = 120

TabIndex = 3

Top = 240

Width = 975

End

Begin VB.Label I_mail

Height = 255

Left = 1440

TabIndex = 15

Top = 1680

Width = 2655

End

Begin VB.Label I_icq

Height = 255

Left = 1440

TabIndex = 14

Top = 1440

Width = 2655

End

Begin VB.Label I_tel

Height = 255

Left = 1440

TabIndex = 13

Top = 960

Width = 2655

End

Begin VB.Label I_home

Height = 255
Left = 1440
TabIndex = 12
Top = 1200
Width = 2655

End

Begin VB.Label I_pager

Height = 255
Left = 1440
TabIndex = 11
Top = 720
Width = 2655

End

Begin VB.Label I_name

Height = 255
Left = 1440
TabIndex = 10
Top = 240
Width = 2655

End

Begin VB.Label mail

Caption = "E-Mail Address"
Height = 255
Left = 120
TabIndex = 8
Top = 1680
Width = 1095

End

Begin VB.Label icq

Caption = "เบอร์ ICQ"

```
Height = 255
Left = 120
TabIndex = 7
Top = 1440
Width = 855
```

End

Begin VB.Label home

```
Caption = "ที่อยู่"
Height = 255
Left = 120
TabIndex = 6
Top = 1200
Width = 855
```

End

Begin VB.Label tel

```
Caption = "เบอร์โทร"
Height = 255
Left = 120
TabIndex = 5
Top = 960
Width = 855
```

End

End

Begin VB.PictureBox Pic

```
Height = 1935
Left = 90
MousePointer = 3 'I-Beam
ScaleHeight = 1875
ScaleMode = 0 'User
ScaleWidth = 1545
```

```

TabIndex    = 1
Top         = 120
Width      = 1600

```

End

Begin VB.CommandButton ok

```

Caption     = "&OK"
Height     = 375
Left       = 5040
MousePointer = 1 'Arrow
TabIndex   = 0
Top        = 2160
Width     = 1095

```

End

Begin VB.Label text

```

Alignment   = 2 'Center
BeginProperty Font
    Name     = "Times New Roman"
    Size    = 14.25
    Charset = 0
    Weight  = 400
    Underline = 0 'False
    Italic   = 0 'False
    Strikethrough = 0 'False

```

EndProperty

```

ForeColor   = &H00800000&
Height     = 375
Left       = 120
TabIndex   = 9
Top        = 2160
Width     = 1575

```

End

End

Attribute VB_Name = "AboutData"

Attribute VB_GlobalNameSpace = False

Attribute VB_Creatable = False

Attribute VB_PredeclaredId = True

Attribute VB_Exposed = False

Private Sub Form_Load()

 About_frm.Enabled = False

End Sub

Private Sub ok_Click()

 Unload Me

 About_frm.Enabled = True

 About_frm.Show

End Sub

Private Sub Text1_Change()

End Sub

4. ฟอรัมแจ้งข้อผิดพลาด



ซอร์สโค้ดของฟอรัมแจ้งข้อผิดพลาด

VERSION 5.00

Begin VB.Form error

```

Caption      = "Error!"
ClientHeight = 1095
ClientLeft   = 60
ClientTop    = 345
ClientWidth  = 4680
LinkTopic    = "Form2"
ScaleHeight  = 1095
ScaleWidth   = 4680
StartPosition = 3 'Windows Default
  
```

Begin VB.CommandButton Exit

```

Caption      = "Exit"
Height       = 375
Left         = 3360
TabIndex     = 2
Top          = 600
Width        = 855
  
```

End

Begin VB.CommandButton Ok

```

Caption      = "Ok"
Height       = 375
  
```

```
Left      = 2280
TabIndex  = 1
Top       = 600
Width     = 855
```

```
End
```

```
Begin VB.Label Label1
```

```
Caption   = "คุณยังไม่เคยเข้าสู่บทเรียนเลข คุณต้องการจะเรียนหรือไม่"
Height    = 255
Left      = 240
TabIndex  = 0
Top       = 240
Width     = 4335
```

```
End
```

```
End
```

```
Attribute VB_Name = "error"
```

```
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
```

```
Attribute VB_Creatable = False
```

```
Attribute VB_PredeclaredId = True
```

```
Attribute VB_Exposed = False
```

```
Option Explicit
```

5. ฟอรั่มล็อกอิน



ซอร์สโค้ดของฟอรั่มล็อกอิน

VERSION 5.00

Begin VB.Form login_form

BorderStyle = 1 'Fixed Single

Caption = "ยินดีต้อนรับ.."

ClientHeight = 1875

ClientLeft = 150

ClientTop = 435

ClientWidth = 4860

ControlBox = 0 'False

Icon = "login.frx":0000

LinkTopic = "login_form"

MouseIcon = "login.frx":1272

Moveable = 0 'False

ScaleHeight = 1875

ScaleWidth = 4860

StartPosition = 2 'CenterScreen

Begin VB.CheckBox Check1

Caption = "Check1"

Height = 210

Left = 120

TabIndex = 4

Top = 1560

Width = 255

End

Begin VB.Data Record_name

Caption = "Data1"

Connect = "Access"

DatabaseName = "D:\proj.kom\vb_ie\data\login.cai"

DefaultCursorType= 0 'DefaultCursor

DefaultType = 2 'UseODBC

Exclusive = 0 'False

Height = 345

Left = 0

Options = 0

ReadOnly = 0 'False

RecordsetType = 1 'Dynaset

RecordSource = "login"

Top = 840

Visible = 0 'False

Width = 1065

End

Begin VB.CommandButton exit

Caption = "E&xit"

Height = 375

Left = 3240

TabIndex = 3

Top = 840

Width = 1335

End

Begin VB.CommandButton ok

Caption = "&Ok"

```
Enabled    = 0 'False
Height     = 375
Left       = 1200
TabIndex   = 2
Top        = 840
Width      = 1215
```

End

Begin VB.TextBox Text1

```
Height     = 375
Left       = 1200
TabIndex   = 1
Top        = 240
Width      = 3375
```

End

Begin VB.Label Label2

```
Caption    = "เช็กที่นี่ถ้าไม่ต้องการให้หน้านี้ขึ้นมาอีก"
Height     = 255
Left       = 600
TabIndex   = 5
Top        = 1560
Width      = 3975
```

End

Begin VB.Label Label1

```
Caption    = "กรุณาใส่ชื่อ :"
```

```
Height     = 255
Left       = 240
TabIndex   = 0
Top        = 240
Width      = 975
```

End

Begin VB.Menu MainMenu

 Caption = "&File"

 Begin VB.Menu by

 Caption = "&Exit"

 End

End

Begin VB.Menu help

 Caption = "&Help"

 Begin VB.Menu help_1

 Caption = "&Help"

 End

End

End

Attribute VB_Name = "login_form"

Attribute VB_GlobalNameSpace = False

Attribute VB_Creatable = False

Attribute VB_PredeclaredId = True

Attribute VB_Exposed = False

Private Sub Files_Click()

End Sub

Private Sub about_Click()

 'frm = "login_form"

 about_form.Show vbModal

End Sub

Private Sub by_Click()

```
Response = MsgBox("คุณต้องการปิดโปรแกรมแน่หรือ !!", vbYesNo + vbExclamation +
vbDefaultButton2, "คำเตือน")
```

```
If Response = vbYes Then ' User chose Yes.
```

```
End
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Data1_Validate(Action As Integer, save As Integer)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub exit_Click()
```

```
Response = MsgBox("คุณต้องการปิดโปรแกรมแน่หรือ !!", vbYesNo + vbExclamation +
vbDefaultButton2, "คำเตือน")
```

```
If Response = vbYes Then ' User chose Yes.
```

```
End
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub New_Click()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
'Open "E:\proj.kom\vb_ie\Log.Log" For Input As #1
```

```
'sts = Input(LOF(1), 1)
```

```
'Close #1
```

```
' If sts = 1 Then
```

```
' login_form.Hide
```

```
' frmBrowser.Show
```

```
'End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
```

```
'Sts = Check1.Value
```

```
If Check1.Value = 1 Then
```

```
Open "D:\proj.kom\vb_ie\data\log.log" For Output As #1
```

```
Print #1, "1"
```

```
Close #1
```

```
'Else
```

```
' Open "data\Log.Log" For Output As #1
```

```
' Print #1, "0"
```

```
' Close #1
```

```
End If
```

```
Exit Sub
```

```
errhandler:
```

```
End Sub
```

```
Private Sub help_1_Click()
```

```
Response = MsgBox("กรุณาใส่ชื่อ เพื่อให้ตัวโปรแกรมทำการบันทึก Data Base ")
```

```
End Sub
```

```
Private Sub ok_Click()
```

```
Dim a As String
```

```
user_name = text1.text
```

```
a = "name=" & text1.text & ""
```

```
Record_name.Recordset.FindFirst a
```

```
If Record_name.Recordset.NoMatch Then ' Check if record is found.
```

```
Response = MsgBox("คุณไม่เคยเรียนเลย! คุณต้องการเรียนหรือไม่", vbYesNo +  
vbExclamation + vbDefaultButton2, "คำเตือน")
```

```
If Response = vbNo Then ' User chose Yes.
```

```
End
```

```
End If
```

```
Record_name.Recordset.AddNew
```

```
Record_name.Recordset!name = text1.text
```

```
Record_name.Recordset!score = 0
```

```
Record_name.Recordset.update
```

```
End If
```

```
Unload Me
```

```
frmBrowser.Show
```

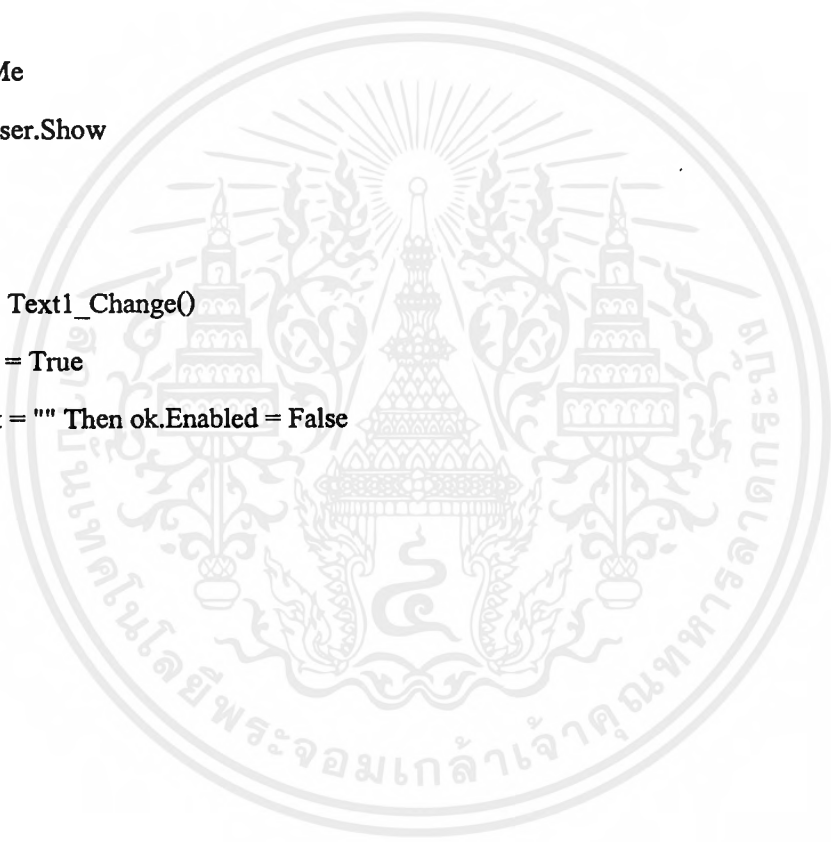
```
End Sub
```

```
Private Sub Text1_Change()
```

```
ok.Enabled = True
```

```
If text1.text = "" Then ok.Enabled = False
```

```
End Sub
```



ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานโปรแกรม



คู่มือการใช้งาน CAI Fiber Optics Program

(c) Copyright (C) 2000-2001 2M&&COMNET Corp. All rights reserved.

<http://www.kmitl.ac.th/~s1012078>

บทนำ

การ Download Program

อุปกรณ์พื้นฐานในการติดตั้งโปรแกรม

การติดตั้ง Program

การลงทะเบียนเพื่อการใช้งาน

การใช้งาน Program

บทนำ

ระบบการสื่อสารในปัจจุบันเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากสังคมจะสามารถดำเนินธุรกิจต่างๆ ได้ต้องอาศัยการสื่อสารเป็นสิ่งเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมต่างๆ การสื่อสารมีหลายแบบ เช่น การสื่อสารด้วยสายเคเบิลโลหะ การสื่อสารไร้สาย เป็นต้น การสื่อสารด้วยเส้นใยแสง เป็นการสื่อสารอีกแบบหนึ่งซึ่งกำลังจะเป็นที่นิยมในอนาคต เนื่องจากคุณสมบัติที่ดีกว่าระบบการสื่อสารด้วยสายเคเบิลโลหะหลายประการ เช่น ความเร็วในการส่งข้อมูล การสูญเสียที่น้อยกว่า เป็นต้น อย่างไรก็ตามในปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบการสื่อสารเส้นใยแสงนี้ยังเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพง และต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความรู้ทางด้านนี้โดยเฉพาะ

การสูญเสียในเส้นใยแสงอย่างหนึ่งคือ การสูญเสียจากการเชื่อมต่อเส้นใยแสง ซึ่งเป็นการสูญเสียที่มากที่สุดของเส้นใยแสง ซึ่งการเชื่อมต่อของเส้นใยแสงนี้ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีราคาแพง และต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความรู้ทางด้านนี้โดยเฉพาะ ดังนั้นโครงการนี้จึงมุ่งเน้นให้ความรู้ในเรื่องการเชื่อมต่อของเส้นใยแสง โดยนำเสนอในรูปแบบของ โปรแกรมช่วยสอนผ่านระบบอินเตอร์เน็ต ซึ่งจะทำให้ผู้ศึกษาสามารถเข้ามาใช้โปรแกรมช่วยสอนนี้ได้สะดวก

การ Download program มาใช้งาน

ผู้ที่สนใจสามารถ Download CAI Optic Fiber Program ได้จาก

<http://www.kmitl.ac.th/~s1012078>

อุปกรณ์พื้นฐานในการลงโปรแกรม

ระบบปฏิบัติการ Windows 95 or Windows NT 4.0

winzip Program

คอมพิวเตอร์ PC 32 megabytes of RAM

50 megabytes of free disk space

Super VGA monitor

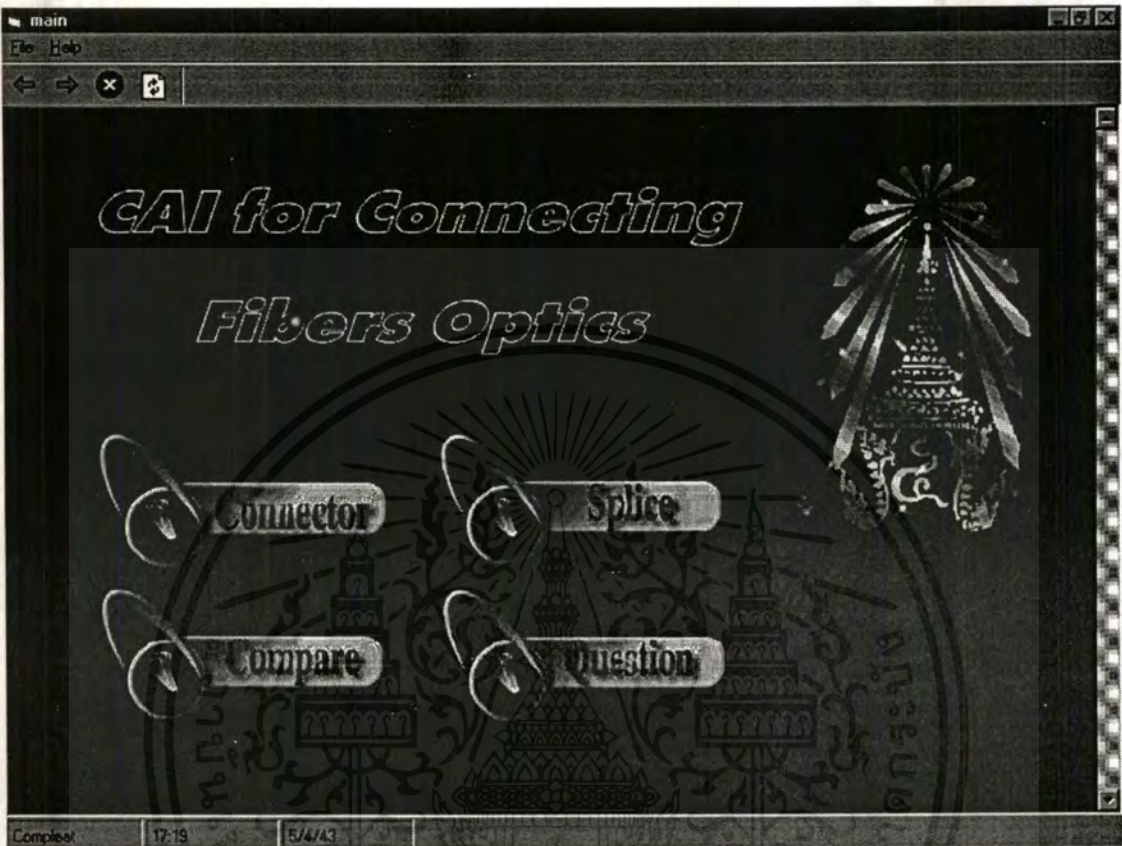
การติดตั้ง Program

1. กรุณา ใช้ Windows Explore เลือกไปที่ Subdirectory ที่ Download Program มาเก็บไว้ เช่น c:\temp\ จะปรากฏ File ชื่อ Optic.zip
2. ทำการ Unzip ก่อน จากนั้นให้ทำการเรียกใช้งาน File setup.exe ใน Subdirectory ที่ทำการ Unzip ไว้
3. รอสักครู่ ตัวติดตั้ง Program จะถามว่าจะเปลี่ยน Directory หรือไม่ ถ้าไม่ ให้คลิกปุ่ม OK (Directory ที่จะใช้เก็บ Program)
4. ตัวติดตั้งจะทำการติดตั้ง Program ให้โดยอัตโนมัติ
5. เมื่อติดตั้งเสร็จควร Restart Windows ใหม่อีกครั้ง
6. เรียก Program มาใช้งาน โดยเรียกที่ Start ->Programs -> CAI Optic Fiber

การลงทะเบียนเพื่อการใช้งาน

เมื่อเปิด CAI Optic Fiber Program มาหน้าแรกที่ผู้ศึกษาจะเห็นก็คือ หน้า Login ให้ผู้ศึกษาใส่ ชื่อจากนั้นให้กด OK Program จะทำการเก็บชื่อของคุณไว้ในฐานข้อมูลอย่างอัตโนมัติ

การใช้งาน Program



การเรียกดู Help ของ Program ผู้ศึกษาสามารถเรียกดู Help ได้โดย ไปที่ Menu Help แล้วเลือก Menu Help หรือกด F1 ที่ Keyboard ภายใน Help ของโปรแกรม จะแสดงถึงรายละเอียดของต่างๆ ของการใช้ Program และยังบอกถึงการเข้าถึง เนื้อหาต่างๆ อย่างละเอียด

การ Update ผ่าน ระบบ Internet ผู้ศึกษาสามารถ Update Program ได้อย่างง่ายดาย เพียงแต่เชื่อมต่อเข้าสู่ระบบ Internet และเรียกใช้ Menu File Update จากนั้น Program จะทำการ Connect ไปยัง Server และเช็คโดยอัตโนมัติ ถ้ามีการ Update Program จะทำการ Update โดยอัตโนมัติ แต่ถ้าไม่มีก็แสดง Message ขึ้นมาว่ายังไม่มีการ Update

ปุ่ม Back บน Toolbar เป็นปุ่มที่ใช้เรียกดูหน้าที่เปิดผ่านมา

ปุ่ม Next บน Toolbar เป็นปุ่มที่ใช้เรียกดูหน้าที่ Back กลับมา

ปุ่ม Stop บน Toolbar

ใน Program นี้ ปุ่มนี้จะทำหน้าที่ เป็นตัวหยุดการทำงานเมื่อเกิดการผิดพลาดขึ้นเนื่องจากการอ่านข้อมูลผิดพลาด เช่น เมื่อ Load เนื้อหาขึ้นมา แต่ File ที่ Load มานั้นเสียหรืออาจมี

ขนาดใหญ่จนทำให้ Buffer เต็ม ทำให้ Program Load ไปเรื่อยๆ สังเกตได้จาก Status BAR จะขึ้นคำว่า Load CAI แต่ไม่เสร็จสักที

ปุ่ม Refresh บน Toolbar เป็นปุ่มที่ใช้ Reload ข้อมูลเมื่อผู้ใช้ต้องการ

Status Bar จะมีสองสถานะคือ ตอนกำลังเปิดเนื้อหา จะแสดงข้อความว่า Getting Page และตอนเปิดเนื้อหาเสร็จแล้ว จะแสดงข้อความว่า Complete.. และใน Status Bar ยังแสดงวันที่กับเวลาปัจจุบันไว้ด้วย

ปุ่ม Connector เป็นปุ่มที่ใช้เรียกดูเนื้อหา การเข้าหัว Fiber Optic ด้วย Connector

ปุ่ม Splice เป็นปุ่มที่ใช้เรียกดูเนื้อหา การเชื่อมต่อ Fiber Optic ด้วย การหลอมรวม

ปุ่ม Compare เป็นปุ่มที่ใช้เรียกดูเนื้อหา การเปรียบเทียบการเชื่อมต่อ Fiber Optic ทั้ง

สองแบบ

ปุ่ม Question เป็นปุ่มที่ใช้เข้าไปทดสอบความรู้กับคำถามทดสอบความเข้าใจ

Last Updated: Sunday , April 9, 2000



ภาคผนวก ค

สำหรับผู้ดูแลระบบ

การ Update สำหรับผู้ดูแลระบบ

Server ที่ใช้เก็บ CAI Fiber optic Program

ftp://khaesad.kmitl.ac.th

User s1012078

Password abcd (สมมติ)

การ Update สื่อการสอน

ในการ Update นั้น ผู้จัดทำได้ทำการ สร้าง Data เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการ Update ไว้ใน Khaesad.kmitl.ac.th/s1012078/public_html/program/update/update.txt ใน File นี้จะแสดงข้อมูลว่า สื่อการสอนได้ถูก Update หรือไม่

ข้อมูลใน File

ถ้าแสดง คำว่า NoUpdate ที่บรรทัดแรก โดดยก็จะหมายความว่า ยังไม่มีการ Update เพราะ ที่ CAI Fiber Optic Program จะค้นหาข้อความนี้ถ้าเจอก็จะไม่ทำการ Update แต่ถ้าใน File นี้ แสดง ชื่อ File เช่น

Connector.cai

Connector.cai1

ก็จะแสดงว่ามีการ Update แล้ว โดย File ที่มีการ Update คือ File ที่ปรากฏใน File Update.txt นี้แน่นอนดังนั้นในการ Update นอกจาก ผู้ดูแลระบบจะต้อง เข้าไปเขียน File Update.txt นี้แล้ว ยังต้อง copy File ที่มีการ Update ไปไว้ใน “Khaesad.kmitl.ac.th/s1012078/public_html/program/update/” ด้วยเพื่อให้ CAI Fiber Optic Program สามารถทำงาน ได้อย่างอัตโนมัติโดยไม่มี การผิดพลาด ถ้าไม่ทำตามขั้นตอนทั้งหมดนี้ เมื่อมีการ Update CAI Fiber Optic Program ก็จะมี ปัญหาที่ขั้นตอนไหนและจะแสดงผล บอกการผิดพลาดนั้นว่าคืออะไรด้วย การสร้าง เนื้อหา หรือ File ที่ใช้ Update

การสร้างเนื้อหา นั้นทำได้โดยใช้ Program Macromedia Flash 4.0 สร้าง โดยเริ่มจากการ สร้างเนื้อหา ก่อนแล้ว Save เป็น ให้ Export เป็น File ในรูปแบบของ Html จะปรากฏ เป็น File.html หนึ่ง File และจะได้ File fla อีกหนึ่ง File โดยชื่อจะเหมือนกัน จากนั้นให้เปลี่ยนนามสกุล โดย เปลี่ยน File.html เป็น File.cai และเปลี่ยน File fla เป็น File.cai1 และก็ไปแก้ไข File.html โดยจะ ต้องเปลี่ยน Link จาก File fla ให้เปลี่ยนเป็น File.cai1 เท่านั้นก็จะได้ File ที่จะทำการ Update เรียบ ร้อยพร้อมใช้งานแล้ว การสร้างเนื้อหาโดยใช้ Program Macromedia Flash 4.0 ต้องศึกษาเอง

หมายเหตุ Source Code ของ Program ทั้งหมดสามารถขอได้จาก อ.นภพินท์ อนันตรศิริชัย

บรรณานุกรม

- [1] ถนอมพร ตันติพิพัฒน์. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพมหานคร: วงกลมโปรดักชั่น. 2541.
- [2] ปรีชา ยูพาพิน. เครื่องข่ายใยแก้วนำแสง. กรุงเทพมหานคร: ส. เอเชียเพรส. 2541.
- [3] Henry F.Taylor. **Advances in Fiber Optics Communications**. Boston London: Artech House, 1988.
- [4] กิตติ ภัคดีวัฒนกุล, จำลอง ครูอุสาหะ. **Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์**. กรุงเทพมหานคร: ไทยเจริญการพิมพ์. กรกฎาคม 2542.
- [5] อภินันท์ มัณฆานนท์. การสื่อสารเส้นใยแสง. กรุงเทพฯ. 2537.
- [6] Frederick C, Allard. **Fiber Optics Handbook for Engineers and scientists**. McGraw-Hill. 1990.
- [7] สัจจะ จรัสรุ่งรวีร์. **Internet Programming ด้วย Visual Basic 6.0 และ ASP**. นนบุรี: อินโฟเพรส. 2542.
- [8] ชัชวาล ศุกเกษม. การเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic 6.0 ภาคปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2542.