คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง

COMPUTER AIDED INSTRUCTION IN FIBER OPTIC COMMUNICATIONS

ทวีศักดิ์ บุญรักษา

TAWEESAK BOONRAGSA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาที่ศึกษาปรัชญกร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

ISBN 974-622-908-7

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง

COMPUTER AIDED INSTRUCTION IN FIBER OPTIC COMMUNICATIONS

T 037664

ทวีศักดิ์ บุญรักษา

TAWEESAK BOONRAGSA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

ISBN 974 – 622 – 908 - 7

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 37664
วัน, เดือน, ปี 19 ก.ย. 2543

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTER AIDED INSTRUCTION IN FIBER OPTIC COMMUNICATIONS

TAWEESAK BOONRAGSA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN APPLIED PHYSICS

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

ISBN 974 – 622 – 908 - 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2000

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGHUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง
COMPUTER AIDED INSTRUCTION IN FIBER OPTIC COMMUNICATIONS

ชื่อนักศึกษา พันโท ทวีศักดิ์ บุญรักษา

รหัสประจำตัว 36064161

หลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ปรีชา ยุพาพิน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.สุวรรณ	คูสำราญ	
รศ.ดร.ปรีชา	ยุพาพิน	
ดร.นันทิกา	เบญจเทพานันท์	
ดร.รัชภาคย์	จิตต์อารี	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 19 พฤษภาคม 2543 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง 307 ตึกจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ คณะวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 31 **เดือน** กรกฎาคม **พ.ศ.** 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง COMPUTER AIDED INSTRUCTION IN FIBER OPTIC COMMUNICATIONS
ชื่อนักศึกษา	พันโท ทวีศักดิ์ บุญรักษา
รหัสประจำตัว	36064161
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
พ.ศ.	2543
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ปรีชา ยุพาพิน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาและสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสงเบื้องต้น โดยการใช้โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีชื่อเรียกว่าออเธอร์แวร์ การสร้างบทเรียนในครั้งนี้ ได้แบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็น 6 บท คือ บทนำ พฤติกรรมของแสง เส้นใยนำแสง แหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์รับแสง และบทสรุป ซึ่งเนื้อหาของบทเรียนในแต่ละตอนจะประกอบด้วยเนื้อหาวิชาที่มีทั้ง รูปภาพ ตัวอักษร เสียงพูด และเสียงดนตรี ในลักษณะที่สามารถโต้ตอบกับผู้เรียนได้ นอกจากนี้เมื่อเรียนจบในแต่ละตอน จะมีคำถามท้ายบทสำหรับทดสอบและประเมินผลการเรียนรู้ได้อีกด้วย ดังนั้นการสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสงเบื้องต้นที่เป็นภาษาไทยนี้ จะทำให้นิสิตนักศึกษาตลอดจนผู้สนใจทั่วไป สามารถที่จะศึกษาหรือทบทวนความรู้ในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสงเบื้องต้น จากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ได้ด้วยตนเอง อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลของการประเมินคุณภาพบทเรียนที่สร้างขึ้นในด้าน การนำเข้าสู่บทเรียน การนำเสนอบทเรียน และแบบฝึกหัด อยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนด้านการปฏิสัมพันธ์ อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Computer Aided Instruction in Fiber Optic Communications
Student	Lt.Col. Taweesak Boonragsa
Student ID.	36064161
Degree	Master of Science
Programme	Applied Physics
Year	2000
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Preecha Yupapin

ABSTRACT

This research is the study and development of Computer Aided Instruction (CAI) in Fiber Optic Communications by using the multimedia authoring tools such as Authorware software. The contents are devided into 6 sections ; Introduction, Behavior of Light, Fiber Optic, Light Sources, Optical Receivers and Summary. Each section is incorperated with text, graphics, sounds, animation and evaluation test into highly effective learning. This CAI's is suitable for anyone who needs to learn or refresh his knowledge in Fiber Optic Communications.

The result of the CAI's evaluations found that the introduction, the presentation and the exercises of the CAI are in good level and the interaction of the CAI is in suitable level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเพราะได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ.ดร.ปรีชา ยุพาพิน อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้กรุณาให้แนวทางในการทำวิจัยรวมทั้งการตรวจสอบแก้ไข ตั้งแต่ต้นจนสำเร็จเป็นรูปเล่ม

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้ช่วยพิจารณา ให้คำแนะนำ ตรวจทาน แก้ไข และอนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และการสื่อสารเส้นใยนำแสง ที่ได้เผยแพร่ความรู้ด้วยเอกสาร ตำรา และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ให้ผู้วิจัยได้ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

ขอขอบคุณ เพื่อนและน้อง ๆ ทุกคนที่คอยให้การช่วยเหลือ

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา และขอขอบคุณครอบครัวที่ได้ห่วงใยและคอยให้กำลังใจเสมอมา จนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

พันโท ทวีศักดิ์ บุญรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 5

1.4 ขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย 7

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 8

บทที่ 2 มัลติมีเดีย (Multimedia) 9

2.1 ความหมายของมัลติมีเดีย 9

2.2 องค์ประกอบของระบบมัลติมีเดีย 9

2.3 มาตรฐานต่าง ๆ ทางด้านมัลติมีเดีย 13

บทที่ 3 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน 19

3.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 19

3.2 โครงสร้างทั่วไปของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 20

3.2.1 การนำเสนอ (Presentation) 20

3.2.2 การปฏิสัมพันธ์ (Interactive) 20

3.2.3 การประเมินผล (Evaluation) 21

3.3 คุณลักษณะสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 21

3.3.1 สารสนเทศ (Information) 22

3.3.2 ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individualization) 22

3.3.3 การโต้ตอบ (Interaction) 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.4 การให้ผลป้อนกลับโดยทันที (Immediate Feedback) 23

3.4 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 24

3.4.1 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ (Tutorials) 24

3.4.2 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัด (Drill and Practice) 25

3.4.3 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทการจำลอง (Simulation) 26

3.4.4 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกมส์ (Instructional Games) 26

3.4.5 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบทดสอบ (Test) 27

3.5 หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 28

3.5.1 การเร้าความสนใจ (Gain Attention) 28

3.5.2 การบอกวัตถุประสงค์ (Define Objectives) 29

3.5.3 การทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge) 30

3.5.4 การเสนอเนื้อหาใหม่ (Present Information) 31

3.5.5 การชี้แนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning) 32

3.5.6 การกระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Responses) 33

3.5.7 การให้ผลป้อนกลับ (Provide Feedback) 34

3.5.8 การทดสอบความรู้ (Access Performance) 35

3.5.9 การจำและนำไปใช้ (Promote Rentention and Transfer) 36

3.6 โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 37

3.7 การจัดหาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 38

3.7.1 การใช้บทเรียนที่มีผู้สร้างไว้แล้ว 38

3.7.2 การสร้างบทเรียนขึ้นใช้เอง 38

3.7.3 การจ้างโปรแกรมเมอร์ 39

บทที่ 4 วิธีการดำเนินการวิจัย 40

4.1 การวิเคราะห์เนื้อหาวิชา 40

4.2 การออกแบบบทเรียน 43

4.3 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 46

4.4 การทดลองใช้และประเมินผล 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 ผลของการวิจัย 48

5.1 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น 48

5.1.1 ไฟล์องค์ประกอบหลัก 48

5.1.2 การนำเข้าสู่บทเรียน 49

5.1.3 ลักษณะหน้าจอของบทเรียน 50

5.1.4 เมนูหลัก 50

5.1.5 จำนวนเนื้อหาและแบบฝึกหัด 55

5.1.6 ตัวอย่างของเนื้อหาบทเรียนและแบบฝึกหัด 55

5.2 การทดลองใช้และประเมินผล 64

5.3 สรุปผลการวิจัย 66

5.4 ข้อเสนอแนะ 66

บรรณานุกรม 68

ภาคผนวก 71

ภาคผนวก ก. เนื้อหา-คำบรรยาย และแบบฝึกหัด ประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง 71

ภาคผนวก ข. โปรแกรม Authorware 169

ภาคผนวก ค. แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 178

ประวัติผู้เขียน 181

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 การเรียนรู้จากแหล่งความรู้ประเภทต่าง ๆ 2

1.2 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 7

2.1 เปรียบเทียบมาตรฐาน MPC 1 และ MPC 2 15

2.2 ข้อดี-ข้อเสีย ของมัลติมีเดียบน CD-ROM 18

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนผังการทำงานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 44

5.1 จำนวนเนื้อหาและแบบฝึกหัดในคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น 55

5.2 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 64

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.1 องค์ประกอบหลักในการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 21
3.2 โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ 24
3.3 โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัด 25
3.4 โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทการจำลอง 26
3.5 โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกมส์ 27
3.6 โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบทดสอบ 27
4.1 ผังการทำงานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 45
5.1 หน้านำเรื่องของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น 48
5.2 ลักษณะหน้าจอของบทเรียน 49
5.3 เมนูเนื้อหาบทเรียน 51
5.4 เมนูวัตถุประสงค์ 52
5.5 เมนูการค้นหา 53
5.6 เมนูการช่วยเหลือ 54
5.7 เมนูการเลิกใช้งาน 54
5.8 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องการสูญเสียตำ 55
5.9 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องสเปคตรัมทางแสง 56
5.10 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องแบนด์วิดธ์ 56
5.11 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องพฤติกรรมของแสง 57
5.12 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องพฤติกรรมของแสง 57
5.13 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องเส้นใยนำแสง 58
5.14 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องเส้นใยนำแสง 58
5.15 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องเส้นใยนำแสง 59
5.16 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องเส้นใยนำแสง 59
5.17 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องแหล่งกำเนิดแสง 60
5.18 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องแหล่งกำเนิดแสง 60
5.19 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องแหล่งกำเนิดแสง 61
5.20 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องแหล่งกำเนิดแสง 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.21 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องอุปกรณ์รับแสง 62

5.22 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องอุปกรณ์รับแสง 62

5.23 ตัวอย่างแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 63

5.24 ตัวอย่างแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 63

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของคนเรา เป็นอย่างมาก หน่วยงานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานของรัฐบาลหรือภาคเอกชน ต่างก็เล็งเห็นความจำเป็นที่จะต้องนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการปฏิบัติงาน ทั้งนี้เนื่องจากคอมพิวเตอร์สามารถช่วยงานต่าง ๆ ทำให้เกิดความคล่องตัว รวดเร็ว และถูกต้องยิ่งขึ้น นักการศึกษาได้หันมาสนใจที่จะนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการศึกษากันมากขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะของการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการศึกษาออกเป็น 5 ลักษณะ ได้แก่ คอมพิวเตอร์กับการบริหาร คอมพิวเตอร์กับการจัดการการสอน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน คอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์การเรียนการสอน และคอมพิวเตอร์กับการติดต่อสื่อสารและการค้นหาข้อมูล (ถนอมพร เลาหจรัสแสง. 2541 : 3 - 6)

การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนที่เรียกว่า " คอมพิวเตอร์ช่วยสอน " หรือที่เรียกทั่วไปว่า " CAI " (Computer Assisted / Aided Instruction) นั้น กำลังได้รับความนิยม ทั้งนี้เพราะได้มีการขยายตัว ในเรื่องการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน ประกอบกับราคาของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ถูกลง จึงทำให้ผู้เรียนสามารถมีคอมพิวเตอร์ไว้ใช้เองที่บ้าน สถาบันการศึกษาต่าง ๆ ก็มีกำลังซื้อพอที่จะหาเครื่องคอมพิวเตอร์มาไว้ใช้ในการเรียนการสอน ปัจจุบันเราจึงพบเห็นเครื่องคอมพิวเตอร์ในสถานศึกษาทุกระดับ ตั้งแต่อนุบาลถึงมหาวิทยาลัย นักการศึกษาหลายท่านต่างได้มองเห็นว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนน่าจะเป็นคำตอบสำหรับการพัฒนาการเรียนการสอนในศตวรรษนี้ เพราะคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการใช้คอมพิวเตอร์แสดงบทเรียน ตามด้วยแบบฝึกหัดให้ผู้เรียนได้คิดและทำตาม เราเรียกการเรียนแบบนี้ว่าเป็นการเรียนแบบปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ซึ่งได้ผลดีกว่าการใช้สิ่งตีพิมพ์หรือหนังสือตำราเรียน เพราะคอมพิวเตอร์สามารถโต้ตอบ และให้ผลป้อนกลับได้ในทันที (ศิโรจน์ วัฒนา. 2542 : 1 – 2)

ในบรรดากระบวนการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ผ่านมาในอดีตนั้น การเรียนรู้โดยการถ่ายทอดโดยตรงจากครู-อาจารย์ นับว่าเป็นวิธีการที่ใช้กันมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามในยุคโลกาภิวัฒน์ คือโลกไร้พรมแดน จะอยู่ที่ไหน ๆ ก็ถึงกันได้หมด แหล่งเนื้อหาวิชาความรู้หรือครู-อาจารย์ และผู้เรียนอาจจะอยู่กันคนละมุมโลก การเรียนรู้จึงไม่จำเป็นต้องได้รับการถ่ายทอดโดยตรงจากครู-อาจารย์อีกต่อไป ทั้งนี้เพราะการเรียนรู้ซึ่งเป็นการสื่อสารชนิดหนึ่งที่มีการส่งข้อมูลข่าวสารหรือความรู้จากแหล่งความรู้ไปยังเป้าหมายหรือผู้เรียน โดยอาศัยตัวกลางชนิดต่าง ๆ ที่สามารถกระทำได้ในหลายรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 การเรียนรู้จากแหล่งความรู้ประเภทต่าง ๆ

แหล่งความรู้	ตัวกลาง	เป้าหมาย/ผู้เรียน
การสอนแบบการบรรยาย	ครู-อาจารย์	อ่าน ฟัง ดู เขียน โต้ตอบ
เอกสารตำรา	ตัวอักษรหรือรูปภาพ	อ่าน ดู
โสตทัศนูปกรณ์	รูปภาพและเสียง	ดู อ่าน ฟัง
บทเรียนคอมพิวเตอร์	คอมพิวเตอร์ช่วยสอน	อ่าน ฟัง ดู โต้ตอบ

จากตารางที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าการเรียนรู้จากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จะได้ผลคล้ายกับการเรียนรู้จากครู-อาจารย์มากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับสื่อการเรียนการสอนแบบเดิมที่เขียนบนกระดาน การฉายแผ่นใส หรือการบรรยายให้นักศึกษาฟัง คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีข้อได้เปรียบอยู่หลายประการ ซึ่งได้แก่

- ด้านสีสัน บทเรียนที่มีสีสัน ย่อมที่จะดึงดูดความสนใจของผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนมีความตั้งใจในการเรียนได้ดีกว่าภาพขาวดำ ปัจจุบันจอภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถแสดงสีได้เป็นจำนวนมาก จึงทำให้เราสามารถที่จะวางรูปแบบของการใช้สีในบทเรียนคอมพิวเตอร์ ได้ในหลายลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นสีของพื้นหลัง พื้นหน้า และกรอบนอก
- ด้านเสียง นับว่าเป็นสิ่งเร้าอีกอย่างหนึ่ง ที่สามารถดึงดูดความสนใจผู้เรียนได้เป็นอย่างดี เช่น เสียงพูด เสียงเครื่องยนต์ และเสียงดนตรี ฯลฯ เป็นต้น
- ด้านกราฟิก ทั้งในตำราเรียนและคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่างก็มีรูปภาพประกอบแต่ถ้ามองในแง่ของการทำให้ภาพเคลื่อนไหวได้แล้ว คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะได้เปรียบในเรื่องนี้อยู่มาก
- การศึกษารายบุคคล การที่ผู้เรียนได้มีโอกาสหาความรู้ด้วยตนเอง ย่อมจะทำให้เกิดการพัฒนาทางด้านปัญญาเพิ่มขึ้น ความรู้ที่ได้รับจากครู-อาจารย์เพียงอย่างเดียว อาจจะไม่เพียงพอ และสามารถพิจารณาได้เป็น 2 กรณี คือ กรณีแรก การถ่ายทอดความรู้ให้กับผู้เรียนหลาย ๆ คน ในเวลาเดียวกันนั้นอาจจะทำให้ผู้เรียนแต่ละคนรับความรู้ได้ไม่เท่ากัน กรณีที่สอง ครู-อาจารย์อาจจะถ่ายทอดความรู้ให้ผู้เรียนไม่ถูกต้องหรือสมบูรณ์เพียงพอ ซึ่งจะทำให้นักศึกษาได้รับความรู้ที่ผิดผลาดหรือไม่สมบูรณ์ไปด้วย และถ้าหากมีการเปลี่ยนตัวครู-อาจารย์ผู้สอน จะทำให้เทคนิคการสอนเปลี่ยนไปด้วย แต่สำหรับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว เหตุการณ์เหล่านี้จะไม่เกิดขึ้น
- การโต้ตอบ การให้ข้อมูลป้อนกลับ หรือการโต้ตอบระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนนั้นถือว่าเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะนอกจากจะบอกให้ผู้เรียนได้ทราบว่า สิ่งที่ตนทำหรือตอบไปนั้นผิดหรือถูกอย่างไรแล้ว การให้ข้อมูลป้อนกลับยังช่วยเป็นตัวเสริมแรงอีกทางหนึ่งด้วย คอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถให้ข้อมูลป้อนกลับได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากบทความของผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่าน (ไพศาล หุ่นแก้ว. 2531 : 11–16 ; สมชัย ชินะตระกูล. 2531 : 42–43 ; กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. 2536 : 138 ; ศักดา ไชกิจภิญโญ. 2536 : 11 ; โรงเรียนสยามคอมพิวเตอร์และภาษา. 2536 : 27 และ บูรณะ สมชัย. 2542 : 14) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการนำเอาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาใช้ในการเรียนการสอน ดังนี้

1. สามารถใช้ในการเรียนรู้ตามลำพังด้วยตนเอง

2. ผู้เรียนสามารถควบคุมความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของตนเองได้

3. สามารถนำติดตัวไปเรียนในสถานที่ต่าง ๆ ที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่

4. ความสนใจของผู้เรียนจะมีสูง เพราะผู้เรียนจะมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนคอมพิวเตอร์อย่างแท้จริง กล่าวคือ มีการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับบทเรียนอยู่ตลอดเวลา จึงสามารถควบคุมหรือช่วยเหลือให้ผู้เรียนติดตามบทเรียนได้

5. ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมในการเรียนรู้สูง ทำให้มีความประทับใจมากกว่าการอ่านเพียงอย่างเดียว เป็นผลให้เกิดความจำและการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว

6. ผู้เรียนสามารถใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ ในการทบทวนเนื้อหาบทเรียนที่เคยได้เรียนมาแล้วในห้องเรียน

7. เป็นบทเรียนที่ให้ความเป็นส่วนตัวแก่ผู้เรียน เป็นการช่วยให้ผู้เรียนที่เรียนช้า สามารถเรียนได้ตามความสามารถของตนเอง และไม่ต้องอายผู้อื่นเมื่อตอบผิด

8. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถสอนมโนทัศน์และทักษะที่เป็นการยากต่อการสอนโดยครู-อาจารย์หรือการเรียนรู้จากตำราเรียน ซึ่งการจำลองสถานการณ์โดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายยิ่งขึ้น

9. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถเสนอรูปภาพที่เคลื่อนไหวได้และมีเสียงประกอบ ทำให้มีความเหมือนจริงมากที่สุด จึงเป็นการเพิ่มแรงจูงใจและศักยภาพในการเรียนรู้อีกทางหนึ่งด้วย

10. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถบันทึกและประเมินผลการเรียนได้

11. เหมาะสำหรับการเรียนการสอนผ่านการสื่อสาร เช่น การศึกษาทางไกล (Distance Learning) ผ่านทางดาวเทียมหรือเครือข่ายอินเทอร์เนต เป็นต้น

กิดานันท์ มลิทอง (2531 : 157) ได้สรุปว่า การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการสร้างบทเรียนให้อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ กันเพื่อความสมบูรณ์ต่อการเรียนการสอน จะทำให้เป็นสื่อการเรียนการสอนที่สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้เป็นอย่างดี ซึ่งการนำเอาโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียน (Authoring System) มาพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีลักษณะมัลติมีเดีย (Multimedia) ที่ประกอบด้วยภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง ตัวอักษรแบบต่าง ๆ และการมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักเทคโนโลยีทางการศึกษาจากสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ได้ศึกษาและสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อใช้ในการเรียนการสอนในวิชาต่าง ๆ ขึ้น เช่น ผศ.นิแวเต๊ะ หะยีวามิง จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้สร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาหลักอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น นายประสิทธิ์ สารภี จากภาควิชาวิศกรรมคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้สร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาคณิตศาสตร์ นายศิโรจน์ วัฒนา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้สร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในเรื่องวงจรและอุปกรณ์ไฟฟ้าในเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก และ พันเอกพร้อมพงษ์ พีระบูล จากภาควิชาศัลยศาสตร์ วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า ได้สร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในเรื่องการรักษาเนื้องอกในสมอง ฯลฯ เป็นต้น

วิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง ก็เป็นอีกวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการศึกษาเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาประเทศชาติ ซึ่งจะเห็นได้จากประเทศที่เจริญแล้วเกือบทุกประเทศล้วนได้มีการนำเอาเส้นใยนำแสงเข้ามาใช้ในการติดต่อสื่อสารเกือบทั้งสิ้น ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยนำแสงสามารถรองรับกับความต้องการทั้งในด้านความเร็ว ปริมาณ และคุณภาพของข้อมูลข่าวสาร ที่นับวันจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ แต่การศึกษาเรียนรู้ในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสงในประเทศไทยนั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลาย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสงขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการในการศึกษาเรียนรู้ในเรื่องดังกล่าว อันจะเป็นอีกหนทางหนึ่งที่จะทำให้นิสิตนักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจทั่วไป สามารถที่จะศึกษาหาความรู้ในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสงจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ด้วยตนเอง อย่างมีประสิทธิภาพได้โดยง่าย และปราศจากข้อจำกัดทั้งในด้านเวลาและสถานที่

การสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง ผู้สร้างจะต้องมีความรู้ในเรื่องการสื่อสารเส้นใยนำแสง ซอฟต์แวร์สำหรับใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเทคนิคหรือศิลปะในการถ่ายทอดความรู้ นำเสนอข้อมูล การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่มีคุณภาพความยาวเพียง 1 ชั่วโมง อาจจะใช้เวลาในการสร้างถึง 300 ชั่วโมง ดังนั้นถ้าการสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสงครั้งนี้ได้สำเร็จ ก็จะเป็นการศึกษาวิจัยสร้างซอฟต์แวร์ทางด้านการศึกษาเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อนำประโยชน์มาใช้ในการพัฒนาประเทศชาติสืบต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง โดยจะทำการแบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็น 6 บท คือ บทนำ พฤติกรรมของแสง เส้นใยนำแสง แหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์รับแสง และบทสรุป ซึ่งเนื้อหาของบทเรียนในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาวิชาที่มีทั้งรูปภาพ ตัวอักษร เสียงพูด และเสียงดนตรีประกอบ ในลักษณะที่สามารถโต้ตอบกับผู้เรียนได้ พร้อมกับคำถามท้ายบท สำหรับทดสอบและประเมินผลของการเรียนรู้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ จะเป็นโปรแกรมความรู้ขั้นพื้นฐานในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง ที่ประกอบเนื้อหาแบ่งออกเป็น 6 บท ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ (Introduction)

- ข้อดีของเส้นใยนำแสง
- คุณสมบัติของแสง
- สเปคตรัมทางแสง
- ความยาวคลื่น
- แบนด์วิดธ์ (Bandwidth)
- การแพร่กระจาย (Dispersion)
- การผิดเพี้ยนของสัญญาณ (Distortion)
- การผสมคลื่นสัญญาณ
- การมัลติเพลกซ์

บทที่ 2 พฤติกรรมของแสง (Behavior of Light)

- การหักเห
- ความเร็วกลุ่ม
- ค่าดัชนีหักเห
- การสะท้อน
- กฎของสเนล (Snell's Law)
- การสะท้อนกลับหมดภายใน
- การเลี้ยวเบน
- ระบบซิงเกิลโหมดและมัลติโหมด

บทที่ 3 เส้นใยนำแสง (Fiber Optic)

- ส่วนประกอบของเส้นใยนำแสง
- คุณสมบัติของเส้นใยนำแสง
- รหัสสี (Color coding)
- แรงตึง (Tensile loads)
- รัศมีการโค้งงอ
- เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนำแสง
- เส้นใยนำแสงแบบสเตปอินเด็กซ์ (Step Index Fibers)
- เส้นใยนำแสงแบบเกรดอินเด็กซ์ (Graded Index Fibers)
- แก้วและพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เคเบิ้ลเส้นใยนำแสงแบบต่าง ๆ เช่น ลูสบัฟเฟอร์ (loose buffer) ไทต์บัฟเฟอร์ (tight buffer) และใต้ทะเล (undersea) ฯลฯ

บทที่ 4 แหล่งกำเนิดแสงของเส้นใยนำแสง (Fiber Optic Light Sources)

- แหล่งกำเนิดแสง
- เซมิคอนดักเตอร์ พีเอ็นจังค์ชั่น
- ไดโอดเปล่งแสง (LED)
- เลเซอร์ (LASER)
- การเปรียบเทียบไดโอดเปล่งแสงกับเลเซอร์
- คุณภาพของแสงที่ผลิตได้
- ความกว้างของสเปคตรัม
- รูปแบบของเอาต์พุตและอายุการใช้งาน
- การทำงานของเครื่องส่ง (Transmitter)
- การประกอบชุดเครื่องส่ง

บทที่ 5 อุปกรณ์รับแสง (Optical Reception)

- ดีเทกเตอร์ (Detectors) และคุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ความไวต่อสัญญาณกระแสดาร์คเคอร์เรนต์ (Dark current) การรบกวน ความเร็ว แบนด์วิดธ์ และเวลาการตอบสนอง
- บิตเออเรอร์เรต (BER)
- ช่วงไดนามิก
- พีเอ็นโฟโต้ไดโอด (PN Photodiodes)
- พินโฟโต้ไดโอด (PIN Photodiodes)
- อะวาแลนช์โฟโต้ไดโอด (Avalanche Photodiodes)
- PIN-FET และวงจรเครื่องรับ (Receivers)
- การทำงานของเครื่องรับ

บทที่ 6 บทสรุป (Summary)

- ทำไมต้องใช้เส้นใยนำแสง
- แหล่งกำเนิดแสง
- ไดโอดเปล่งแสง
- เลเซอร์
- เคเบิ้ลเส้นใยนำแสง
- ดีเทกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น มีลักษณะ ดังนี้

1.3.2.1 เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ (Tutorial) คือ เป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นมาในลักษณะของบทเรียนตามขั้นตอนการสอน ที่ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ เนื้อหา และแบบฝึกหัด / ทดสอบ อยู่ในโปรแกรม โดยที่ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนของตนเองได้ตามความต้องการ

1.3.2.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นนี้ จะบรรจุอยู่ในแผ่นซีดีรอม สามารถใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ที่มีส่วนประกอบตามมาตรฐานมัลติมีเดียระดับ 2 ขึ้นไป (MPC2 : Multimedia Personal Computer) ซึ่งประกอบด้วย หน่วยความจำ 4 MB หน่วยประมวลผลกลาง 486 SX 25MHz ฮาร์ดดิสก์ 160 MB ซีดีรอมที่มีอัตราส่งถ่ายข้อมูล 300 kbit/sec การ์ดเสียง 16 บิต การ์ดจอแสดงผลที่ความละเอียด 640 x 480 จำนวน 65,536 สี (pixel)

1.4 ขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย

ได้แบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์เนื้อหาวิชา
- ขั้นที่ 2 การออกแบบบทเรียน
- ขั้นที่ 3 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- ขั้นที่ 4 การทดลองใช้และประเมินผล
- ขั้นที่ 5 สรุปผลการวิจัย เขียนรายงานการวิจัย และจัดพิมพ์รายงาน

ตารางที่ 1.2 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการ	มี.ค.41	เม.ย.41	พ.ค.41	พ.ย.42	ธ.ค.42	ม.ค.43
1. การวิเคราะห์เนื้อหาวิชา						
2. การออกแบบบทเรียน						
3. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน						
4. การทดลองใช้และประเมินผล						
5. สรุปผลการวิจัย เขียนรายงานและจัดพิมพ์รายงาน						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 จะได้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย (Multimedia) ที่เป็นภาษาไทย เพื่อใช้ในการเรียนการสอนหรือทบทวนความรู้ในเรื่องการสื่อสารเส้นใยนำแสง

1.5.2 สามารถใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้แทนผู้สอน ซึ่งจะสามารถช่วยแก้ปัญหาในเรื่องการขาดแคลนครู/อาจารย์ผู้สอนได้เป็นอย่างดี

1.5.3 ใช้แก้ปัญหาในเรื่องความแตกต่างระหว่างครู/อาจารย์ผู้สอน ทั้งนี้เนื่องจากผู้เรียนที่ได้มีโอกาสเรียนกับครู/อาจารย์ผู้สอนที่มีความรู้ ประสบการณ์ และทักษะสูง ย่อมจะได้รับความรู้ที่ดีกว่าการเรียนรู้กับครู/อาจารย์ที่มีความรู้ ประสบการณ์ และทักษะที่น้อยกว่า

1.5.4 เป็นการใช้เทคโนโลยีทางการศึกษา ที่สนองต่อความแตกต่างของผู้เรียน เพื่อให้บรรลุผลกันหมดทุกคน ไม่ว่าผู้เรียนจะแตกต่างกันในด้านขีดความสามารถของการรับรู้ วิธีการเรียน ความสนใจ และสิ่งที่ชอบ เป็นต้น

1.5.5 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และเป็นอิสระต่อคนอื่น ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนรู้จักรับผิดชอบในการเรียนรู้ การแก้ไขปัญหา และการตัดสินใจด้วยตนเอง

1.5.6 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถสอนมโนทัศน์และทักษะที่เป็นการยากต่อการสอนโดยครู/อาจารย์ ซึ่งคอมพิวเตอร์จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนตามขั้นตอนจากง่ายไปหายาก ทำให้เกิดความจำและการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว ดียิ่งขึ้น

1.5.7 สอดคล้องกับแผนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.240 - 2544) ที่มุ่งเน้นการพัฒนา " ทรัพยากรบุคคล " เป็นสำคัญ

1.5.8 สามารถเผยแพร่วิชาความรู้ในเรื่องการสื่อสารเส้นใยนำแสง ให้กระจายไปทั่วประเทศได้เป็นจำนวนมากอย่างรวดเร็ว ทั้งในรูปแบบของแผ่นซีดีรอมและ/หรือการให้บริการบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.5.9 เป็นตัวอย่างในการสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในเรื่องอื่น ๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

มัลติมีเดีย (Multimedia)

2.1 ความหมายของมัลติมีเดีย

มัลติมีเดียเป็นสื่อชนิดใหม่ ที่ได้ผนวกงานทางด้านการศึกษาและความบันเทิงเข้าไว้ด้วยกัน เป็นการรวมความสามารถทางด้านคอมพิวเตอร์กับวิทยาการแขนงต่าง ๆ เชื่อกันว่ามีซีดีรอมในรูปแบบมัลติมีเดีย ออกมาสู่สาธารณะ ประมาณ 200 เรื่องต่อสัปดาห์ (ดารา แพรัตน์. 2538 : 4) แต่ละคนอาจจะให้ความหมายของ " มัลติมีเดีย " แตกต่างกันไปตามความเข้าใจ ในสมัยก่อนถ้ากล่าวถึงมัลมีเดีย จะหมายถึงการนำสื่อหลาย ๆ อย่างมาใช้ร่วมกัน เช่น เครื่องฉายแผ่นใส เทปบันทึกเสียง รูปภาพ วีดิทัศน์ เป็นต้น เพื่อให้การเสนอผลงานหรือการเรียนการสอนสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการเสนอเนื้อหาในรูปแบบต่าง ๆ นอกเหนือจากการบรรยายเพียงอย่างเดียว โดยที่ผู้ฟังหรือผู้เรียนมิได้มีปฏิสัมพันธ์ต่อสื่อนั้นโดยตรง แต่ในปัจจุบันบทบาทเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้มีเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้ความหมายของมัลติมีเดียเปลี่ยนไป มัลติมีเดียจะหมายถึง " สื่อประสมปฏิสัมพันธ์ " (Interactive Multimedia) โดยการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสื่อกับผู้ใช้ ซึ่งเป็นการนำอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องเล่นซีดีรอม เครื่องออดิโอ-ดิจิไทเซอร์ (Audio-digitizer) และเครื่องเล่นเลเซอร์ดิสก์ (Laser disc) เป็นต้น ฯลฯ มาใช้ร่วมกันเพื่อเสนอเนื้อหาข้อมูลที่เป็นตัวอักษร ภาพกราฟิก ภาพถ่าย ภาพเคลื่อนไหวแบบวีดิโอ และเสียงในระบบสเตริโอ โดยการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต และการนำเสนอเนื้อหา ผู้ใช้สามารถควบคุมคอมพิวเตอร์ให้ทำงานในการตอบสนองต่อคำสั่ง และให้ข้อมูลป้อนกลับในรูปแบบต่าง ๆ เนื้อหาในสื่อประสมปฏิสัมพันธ์ จะมีลักษณะไม่เรียงลำดับเป็นเส้นตรง และสามารถเชื่อมโยงถึงกันได้ตลอดเวลา โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องอ่านตามลำดับของเนื้อหา

กิดานันท์ มลิทอง. (2538 : 83-84) ได้สรุปความหมายของมัลติมีเดีย ไว้ดังนี้ " มัลติมีเดียเป็นการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการผลิต หรือเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ร่วมต่าง ๆ เพื่อการนำเสนอในรูปแบบของตัวอักษร ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถค้นหาและเรียกดูข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว ในลักษณะไม่เรียงลำดับเป็นเส้นตรง และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับสื่อ "

2.2 องค์ประกอบของระบบมัลติมีเดีย

2.2.1 ด้านฮาร์ดแวร์

ฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวกับมัลติมีเดีย แบ่งออกได้เป็น ส่วนที่ใช้ทำงาน ส่วนที่ใช้ทดสอบ และส่วนที่ใช้แสดงงาน ส่วนที่ใช้ทดสอบนั้นสามารถทำการทดสอบได้บนเครื่องที่ใช้ทำงานและเครื่องที่ใช้แสดงงาน ดังนั้นจึงจะขอกล่าวถึงฮาร์ดแวร์มัลติมีเดียเพียงสองแบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1 ฮาร์ดแวร์มัลติมีเดียที่ใช้สร้างงาน ประกอบด้วย

- คอมพิวเตอร์
- หน่วยขับซีดี-รอม
- อุปกรณ์นำเข้าภาพนิ่ง
- อุปกรณ์นำเข้าเสียง
- อุปกรณ์นำเข้าวีดิโอ
- อุปกรณ์แสดงผล
- สื่อบันทึกข้อมูลสำรอง

2.2.1.2 ฮาร์ดแวร์มัลติมีเดียที่ใช้แสดงงาน ประกอบด้วย

- คอมพิวเตอร์
- หน่วยขับซีดีรอม
- อุปกรณ์ส่งออกเสียง
- อุปกรณ์แสดงวีดิโอ
- อุปกรณ์แสดงผล

2.2.2 ด้านซอฟต์แวร์

2.2.2.1 ซอฟต์แวร์ที่ใช้เป็นพื้นฐาน

- ซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการ
- ซอฟต์แวร์ที่ใช้เชื่อมโยงกับระบบ
- คลังภาพ เสียง และวีดิโอ

2.2.2.2 ซอฟต์แวร์ก่อนการทำออโธริ่ง (Authoring)

- ซอฟต์แวร์เกี่ยวกับภาพนิ่ง

ภาพนิ่งนี้ ถือเป็นงานหลักทางด้านมัลติมีเดีย ซึ่งอาจได้มาจากการสแกน (Scan) หรือวาดขึ้นมาเอง หรือสแกนภาพแล้วนำมาตกแต่งใหม่ด้วยคอมพิวเตอร์ ภาพนิ่งสามารถแบ่งตามลักษณะของการสร้างได้ 2 ชนิด คือ ภาพนิ่งชนิดบิตแมป (Bit-map) และภาพนิ่งชนิดเวคเตอร์ (Vector)

ภาพนิ่งชนิดบิตแมป มักเป็นภาพที่ได้จากการสแกน หรือการวาดภาพชนิดนี้จะประกอบด้วยจุดสีที่มีสีแตกต่างกัน ซึ่งเรียกว่า พิกเซล (pixel) คุณภาพของภาพนิ่งจะดูได้จากความละเอียดของจุดและจำนวนบิต เช่น ภาพนิ่ง 8 บิต จะเก็บได้ 256 โทนเทาหรือสี ภาพนิ่ง 24 บิต จะเก็บได้ 16.7 ล้านสี ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการสร้างภาพนิ่งแบบนี้จะมีคุณสมบัติให้ผู้ใช้สามารถเลือกตกแต่งบริเวณของภาพได้ โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดขอบเขตของพื้นที่ สามารถแก้ไขสีได้ถึงระดับจุดใด ๆ ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพนิ่งชนิดเวคเตอร์ จะมีลักษณะการเก็บข้อมูลโดยใช้หลักการทางเรขาคณิตในการสร้างภาพ เก็บข้อมูลเป็นส่วน ๆ การเปลี่ยนแปลงแก้ไข เช่น ย้ายตำแหน่ง ปรับขนาด สามารถทำแต่ละส่วนได้อย่างอิสระ การขยายภาพจะไม่ทำให้ภาพแตกหรือหยาบ ซึ่งจะต่างจากภาพนิ่งชนิดบิตแมป (เมื่อขยายภาพจะทำให้ภาพแตก เกิดรอยหยักอย่างชัดเจน)

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวาดและแก้ไขภาพนิ่ง ควรจะมีคุณลักษณะดังนี้

- มีอุปกรณ์ระบายสีครบตามที่นักออกแบบต้องการ เช่น จานสี พู่กันขนาดต่าง ๆ ถังสี แปรงทาสีแอร์บรัช ฯลฯ เป็นต้น
- มีอุปกรณ์ช่วยเหลือ เช่น กรรไกร ดินสอปากกา ยางลบ ไม้บรรทัด แว่นขยาย แผ่นเพลตรูปทรงเรขาคณิตเบื้องต้น และการใส่ตัวอักษรเข้าไป เป็นต้น
- มีเอฟเฟค (Effect) หลายรูปแบบ เช่น การทำลวดลาย การเปลี่ยนสี การเปลี่ยนโทน การทำโมเสค การทำฟิลเตอร์ การปรับขนาดของภาพ การยืด การขยาย การหด การเปลี่ยนแสงและเงา เป็นต้น
- สามารถนำเข้า ส่งออก และบันทึกรูปแบบไฟล์ ได้หลายชนิด

- ซอฟต์แวร์เกี่ยวกับตัวอักษร

ตัวอักษรเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งของงานมัลติมีเดีย ซอฟต์แวร์ที่เป็นออโธริ่งจะมีส่วนที่นำอักษรเข้าไปและสามารถแก้ไขได้โดยตรง อย่างไรก็ตาม เราสามารถใช้ซอฟต์แวร์ประมวลผลคำ เพื่อช่วยในการเตรียมข้อมูล โดยซอฟต์แวร์เหล่านี้ ควรมีลักษณะเบื้องต้นดังนี้

- ต้องแสดงอักษรบนจอ ได้หลายรูปแบบ (Font) และหลายขนาด
- นำไฟล์อักษรจากซอฟต์แวร์ต่าง ๆ เข้ามาใช้งานได้
- มีซอฟต์แวร์ช่วยตรวจแก้คำผิด การตัดคำ
- สามารถใส่ภาษา และสัญญลักษณ์ที่ต้องการได้
- มีอุปกรณ์ช่วยจัดหน้า
- มีอุปกรณ์ช่วยเหลือในการพิมพ์ เช่น ลบ เพิ่ม ตัดต่อ และทำสำเนา เป็นต้น

- ซอฟต์แวร์เกี่ยวกับวีดิโอ

วีดิโอ อาจจะมีความจำเป็นต้องใช้ในมัลติมีเดียบางเรื่อง งานวีดิโอบนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียนี้ จะสามารถผสมภาพนิ่ง อักษร หรือเสียงบรรยาย เสียงดนตรี เข้าไปได้ใหม่ นอกจากใช้งานได้ง่ายแล้ว คุณลักษณะที่ซอฟต์แวร์ตัดต่อวีดิโอ ควรจะต้องมี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถใช้ได้กับไฟล์ ได้หลายรูปแบบ
- ปรับลดจำนวนเฟรม มีพารามิเตอร์เกี่ยวกับภาพ ความละเอียด สี แสง และเสียง ให้ปรับแต่งได้
- เพิ่มเติม ผสม ภาพ เสียง และตัวอักษร จากไฟล์มาตรฐาน ได้
- แยกจัดการ วีดิโอ และเสียง ตามบนเส้นเวลา (Time Line) ได้ทีละหลาย ๆ แทรค
- สามารถจัดการเรื่องตำแหน่งในการตัดต่อ
- แก้ไขปรับปรุงภาพในระดับเฟรมได้
- บันทึกเป็นรูปแบบของภาพนิ่งได้
- สามารถบีบอัดข้อมูลได้หลายรูปแบบ
- การทำสเปเชียลเอฟเฟค ได้ใกล้เคียงกับการทำงานในโรงถ่ายภาพยนตร์

- ซอฟต์แวร์เกี่ยวกับอานิเมชั่น (Animation)

มีหลายวิธีที่จะทำให้ภาพเกิดขึ้นมาบนจอแล้วเคลื่อนไหว แต่ที่ง่ายที่สุดคือ เอาภาพนิ่งขึ้นมาบนจอทีละภาพแล้วเปลี่ยนแปลงไป คือ ลบภาพเก่า วาดภาพใหม่ ขยับตำแหน่งทีละนิด ซึ่งจะทำให้ดูเป็นภาพเคลื่อนไหวได้ งานแบบนี้เป็นอานิเมชั่นแบบสองมิติ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ภาพนิ่งชนิดราสเตอร์ ส่วนอานิเมชั่นแบบสามมิตินั้น มักจะใช้หลักการของภาพนิ่งชนิดบิตแมปร่วมกับภาพนิ่งชนิดเวคเตอร์ ซอฟต์แวร์เกี่ยวกับอานิเมชั่น ควรจะมีคุณสมบัติ ดังนี้

- สามารถกำหนดเส้นทางการเคลื่อนไหว
- สามารถสร้างอาร์ตเวิร์คเบื้องต้น คือ คีย์เฟรม (Key Frame) และทวีนนิ่ง (Tweening) เพื่อให้ภาพที่ดูลื่นไหล อย่างต่อเนื่อง
- มีอุปกรณ์ช่วยวาดภาพนิ่งเบื้องต้น เช่น ปากกา พู่กันและแอร์บรัช
- มีสเปเชียลเอฟเฟคเช่น การทำโปร่งใสและการทำกลับด้าน เป็นต้น
- แต่ละชุด สามารถกำหนดจำนวนเฟรมได้
- บันทึกและนำเข้าไฟล์ได้หลายรูปแบบ

- ซอฟต์แวร์เกี่ยวกับเสียง

มัลติมีเดียสำหรับวินโดว์ (Windows) ประสบความสำเร็จได้อย่างรวดเร็วก็เพราะเสียง แต่ก่อนนั้นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมีเสียงบี๊บ ๆ เท่านั้น ตั้งแต่มีการ์ดเสียงแล้วจะใส่เสียงอะไรลงไปก็ได้ โปรแกรมมัลติมีเดียเอ็กซ์เทนชั่น (Multimedia Extension) สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานกับเสียงได้ในหลายรูปแบบ เช่น เวฟฟอร์ม (.WAV) มิดิ (.MID) และ ออดิโอ-ซีดี (Audio CD)

การแก้ไขตกแต่งเสียง มีซอฟต์แวร์จำนวนมากที่ใช้ในการทำงานเช่นนี้ ซึ่งส่วนมากจะให้มาพร้อมกับการ์ดเสียง ซอฟต์แวร์เหล่านี้ จะมีคุณลักษณะดังนี้

- สามารถตัดช่องว่าง (Dead Air หรือ Blank Space) เพราะทำให้ไฟล์มีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็น
- นำไฟล์อื่น ๆ มารวมเข้าด้วยกันได้
- ตัดแต่งและประกอบใหม่ บนเส้นเวลาได้
- ปรับแต่งเสียงที่ไม่สม่ำเสมอได้
- ปรับปรุงรูปแบบไฟล์ได้หลายรูปแบบ
- เปลี่ยนพารามิเตอร์ เช่น ปรับบิต ความถี่ระบบสเตริโอหรือโมโน
- ทำให้การขึ้น-ลง สวยงามขึ้น (Fade-in และ Fade-out)
- ปรับความถี่ ทำให้เสียงใสและ/หรือเสียงทึบได้
- ปรับเวลา ยืดหดเสียงให้เร็วขึ้น หรือช้าลงได้
- มีเอฟเฟค เช่น การทำเสียงสะท้อนหรือเสียงก้องได้

2.2.2.3 ซอฟต์แวร์ออโธริ่ง

ในอดีตที่ผ่านมามัลติมีเดียจะถูกสร้างโดยโปรแกรมเมอร์ผู้เชี่ยวชาญ แต่ถ้าให้ผู้ที่มีความชำนาญด้านอื่น เช่น นักศิลปกรรม มาสร้างก็อาจจะทำไม่ได้ ซอฟต์แวร์ออโธริ่งจึงถูกสร้างมาด้วยจุดประสงค์นี้ โดยเน้นให้คนที่เขียนโปรแกรมไม่เป็น สามารถสร้างได้โดยง่าย

ซอฟต์แวร์ออโธริ่งไม่เหมือนซอฟแวร์ประเภทอื่น ที่เรียกขึ้นมาก็ป้อนข้อมูลทำงานได้ทันที แต่ซอฟต์แวร์ออโธริ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ต้องให้ซอฟต์แวร์อื่นช่วยในการเตรียมข้อมูลมาก่อน ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ใช้เตรียมข้อมูลนี้ บางครั้งอยู่ในรูปของซอฟต์แวร์ย่อยภายในซอฟต์แวร์ออโธริ่งเอง บางครั้งเราก็ใช้ซอฟต์แวร์อิสระแล้วจึงเอาซอฟต์แวร์ออโธริ่งนี้เข้าไปจัดการ ซอฟต์แวร์ออโธริ่งมีหลายรูปแบบ แต่ต้องเลือกให้เหมาะสมกับงาน และบางทีการสร้างมัลติมีเดียอาจจะต้องใช้ซอฟต์แวร์ออโธริ่งมากกว่าหนึ่งโปรแกรม เพื่อให้ได้งานตามที่ต้องการ

2.3 มาตรฐานต่าง ๆ ทางด้านมัลติมีเดีย

2.3.1 มาตรฐาน MPC

มาตรฐานของคอมพิวเตอร์ที่กำหนดไว้ คือ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) จากการผลิตและกลไกของตลาดนั้น ถือได้ว่าในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ที่ใช้ CPU ของบริษัทอินเทล และซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการของไมโครซอฟต์วินโดว์ (Microsoft Windows) เป็นมาตรฐาน ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มัลติมีเดียนั้น เกิดขึ้นมาภายหลังซึ่งก็ได้มีการกำหนดมาตรฐานไว้เช่นกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นหลักประกันว่าผู้ใช้และผู้ผลิตสามารถใช้โปรแกรมและสื่อต่าง ๆ ที่สามารถเล่นและใช้ร่วมกันได้ บนเครื่องมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งเป็นมาตรฐานของมัลติมีเดียถูกกำหนดไว้ โดยกลุ่มผู้ขายที่รวมตัวกัน

องค์ประกอบขั้นต้นที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในมัลติมีเดียนั้น ได้แก่ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หน่วยขับซีดีรอม การ์ดเสียง และโปรแกรมไมโครซอฟต์วินโดว์ ที่มี Multimedia Extensions คอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ที่ระบุไว้ข้างต้นนี้ จะสามารถเล่นมัลติมีเดียซีดีรอมที่มีตราสัญลักษณ์ MPC ติดไว้ และในปัจจุบัน ได้กำหนด MPC 2 เพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งมาตรฐาน ตารางที่ 2.1 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบมาตรฐาน MPC 1 และ MPC 2

2.3.1.1 ข้อกำหนดของ MPC 1

- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) 80386 SX 16 เมกกะเฮิรตซ์ (MHz)
- หน่วยความจำหลัก อย่างน้อย 2 เมกกะไบต์ (MB)
- ฮาร์ดดิสก์ อย่างน้อย 30 เมกกะไบต์
- หน่วยแสดงผลแบบ VGA ที่มีความละเอียด 480x640 จำนวน 16 สี (pixel)
- หน่วยแสดงเสียง ชนิด 8 บิต
- มีช่องต่อ เข้า-ออก ชนิดมิดิ (MIDI)
- หน่วยขับซีดีรอม ที่มีอัตราการส่งผ่านข้อมูล 150 กิโลไบต์ต่อวินาที

2.3.1.2 ข้อกำหนดของ MPC 2

- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) 80486 SX 25 เมกกะเฮิรตซ์ (MHz)
- หน่วยความจำหลัก อย่างน้อย 4 เมกกะไบต์
- ฮาร์ดดิสก์ อย่างน้อย 160 เมกกะไบต์
- หน่วยแสดงผลแบบ VGA ที่มีความละเอียด 480x640 จำนวน 65,536 สี (pixel)
- หน่วยแสดงเสียง ชนิด 16 บิต
- มีช่องต่อ เข้า-ออก ชนิด มิดิ (MIDI)
- หน่วยขับซีดีรอม ที่มีอัตราการส่งผ่านข้อมูล 300 กิโลไบต์ต่อวินาที และอ่านข้อมูลได้หลายรูปแบบ (Multisession capable)

MPC 2 จะมีรายละเอียดของลักษณะอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระดับสูงกว่า MPC 1 และถ้าจะใช้มัลติมีเดียให้ได้ประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ก็ควรจะเพิ่มลักษณะที่สูงกว่าเดิม ตามรายละเอียดที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบมาตรฐาน MPC 1 และ MPC 2

	มาตรฐาน MPC 1	**มาตรฐาน MPC 2**
RAM	2 MB	4 MB
Processor	386SX 16 MHz	486 SX 25 MHz
Hard Drive	30MB	160MB
CD-ROM Drive	150KB/sec sustained transfer rate , maximum everage seek time < 1 sec	300 KB/sec sustained transfer rate, maximum everage seek time < 400 ms , XA Ready, Multisession capable
Sound	8-bit digital, 8- note synthesizer, MIDI playback	16-bit digital, 8-note synthesizer, MIDI playback
Video	640 X 480, 16 colors	640X480, 65,536 colors
Ports	MIDI , I/O , joystick	MIDI , I/O , joystick
Recommended		
RAM		8 MB
CD-ROM	64 K buffer on drive	64 K buffer on drive
Sound		CD-ROM XA audio Capability , support for IMA ADPCM
Video		640 X 480 , 256 colors , must deliver 1.2 megpixels per second with 40% of CPU bandwidth

2.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างงานมัลติมีเดีย

คือ อุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ ที่ช่วยให้การสร้างงานมัลติมีเดียได้ง่ายขึ้น

2.3.2.1 การ์ดวีดิโอ (Digital Video-Capture Board) ประกอบด้วย

- โปรเซสเซอร์ที่ใช้เป็นตัวบีบอัดข้อมูล ส่วนใหญ่จะเป็น Intel 1750 chip และ C-Cube Microsystems CL – 550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรเซสเซอร์ที่ใช้ควบคุมเคลื่อนไหว อาจใช้ Zoran chip
- โปรเซสเซอร์ที่ใช้เปลี่ยนอะนาล็อกเป็นดิจิตอล เช่น SAA7196
- อาจจะมี Chip แบบ motion-JPEG เช่น LSI รุ่น L 64702
- Chip ที่ช่วยคลี่ข้อมูล MPEG ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ C- Cube รุ่น CL450 หรือ 550 MPEG playback chip
- ช่องรับสัญญาณวีดิโอ มาตรฐานแบบคอมโพสิต
- ช่องส่งออกสัญญาณวีดิโอ และ Chip ชุดที่ใช้แปลสัญญาณให้กลับเป็นอะนาล็อก (S-Video-out หรือ Composite VIDEO out VGA- to NTSC encoding hardware)

2.3.2.2 สแกนเนอร์ (Scanner)

สแกนเนอร์เป็นอุปกรณ์นำเข้าภาพนิ่งชนิดบิตแมป โดยใช้หลักการของแสงในการกวาดภาพ นำเข้าภาพนิ่งจากภาพพิมพ์แล้วเปลี่ยนเป็นดิจิตอล สแกนเนอร์มีทั้งชนิดเก็บภาพขาวดำ และชนิดที่เก็บได้ทั้งสีและขาวดำ สแกนเนอร์มี 4 แบบ คือ

- แบบตั้งโต๊ะ เป็นแบบที่ตั้งไว้อยู่กับที่ ภาพที่จะนำมาสแกนวางไว้คงที่ มีเพียงหัวอ่านที่ทำหน้าที่กวาดภาพ เคลื่อนไหวอยู่ภายใน สแกนเนอร์แบบนี้ เป็นที่นิยมใช้ในงานมัลติมีเดียมากที่สุด
- แบบมือถือ เป็นแบบที่ต้องเคลื่อนตัวเครื่องไปบนภาพที่ต้องการกวาดภาพ โดยใช้มือลากไปทีละแถบ เครื่องแบบนี้จะมีราคาถูก แต่มีข้อเสีย คือความเที่ยงตรงและความละเอียดไม่ดีพอ
- แบบดรัม (Drum) เป็นแบบที่นำภาพไปวางแปะบนดรัม แล้วจึงให้เครื่องอ่าน โดยจะใช้กับเครื่องอ่านขนาดใหญ่ที่มีความละเอียดสูงมาก ซึ่งสามารถใช้กับต้นฉบับได้หลายขนาด และอ่านได้ครั้งละหลาย ๆ ภาพ
- สแกนเนอร์อเนกประสงค์ เป็นสแกนเนอร์ที่มีซอฟต์แวร์ประยุกต์ใส่ไว้ให้ทำหน้าที่เฉพาะงาน เช่น เครื่องอ่านบาร์โคด และเครื่องอ่านโอซีอาร์ เป็นต้น

2.3.2.3 กล้องถ่ายภาพดิจิตอล

เป็นกล้องถ่ายภาพที่เกิดจากกล้องถ่ายภาพเดิม แล้วมาเพิ่มส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลเป็นดิจิตอล เพื่อเก็บข้อมูลได้เป็นไฟล์คอมพิวเตอร์ได้โดยตรง

2.3.2.4 กล้องจับภาพวีดิโอ

เป็นกล้องที่จับภาพนิ่งหรือภาพต่อเนื่องแบบวีดิโอ แล้วผ่านอินเตอร์เฟส (ในตัวหรือเสียบอยู่บนคอมพิวเตอร์) เพื่อแปลงข้อมูลเป็นไฟล์คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.3.3 อุปกรณ์ที่ช่วยให้เครื่องใช้งานมัลติมีเดีย

2.3.3.1 การ์ดเสียงและอุปกรณ์ประกอบ ควรมีคุณลักษณะ ดังนี้

- มีทั้งภาคที่สามารถบันทึกเป็นไฟล์ และเล่นเป็นเสียงออกมาได้
- สามารถเล่นและบันทึกข้อมูลได้หลายรูปแบบ เช่น 8 , 16 หรือ 32 บิต
- สามารถเล่นและบันทึกข้อมูลได้หลายความถี่ เช่น 11.025 , 22.04, 44.1 กิโลเฮิร์ตซ์
- สามารถเล่นและบันทึกข้อมูลได้ทั้งแบบโมโนและสเตริโอ
- มีอุปกรณ์การส่งเสียง นั่นคือ นอกจากจะมีลำโพงแล้วอาจจะมีภาคขยายอยู่ในตัว
- มีช่องต่อลำโพง ไมโครโฟนและมิดิ

การเลือกการ์ดเสียงที่ดี นอกจากจะทำให้เราได้ตัวแปรที่ต้องการแล้ว ยังมีโปรเซสเซอร์ในการแปลงเป็นดิจิตอลที่มีคุณภาพอีกด้วย

2.3.3.2 หน่วยขับซีดีรอม (CD-ROM Drive)

CD-ROM เป็นคำย่อมาจาก " Compact Disc-Read Only Memory " มีลักษณะเป็นแผ่นพลาสติกกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.75 นิ้ว (12 เซนติเมตร) ทำจากสารโพลีคาร์บอเนต (polycarbonate) ด้านหนึ่งจะฉาบสารสีเงินหรือสีทองเพื่อให้สะท้อนแสง อีกด้านหนึ่งจะเป็นแนวของหลุมเล็ก ๆ สลับกับพื้น ขดวนจากวงแหวนด้านในไปด้านนอก เป็นส่วนที่บันทึกข้อมูลไว้ โดยแทรคแรกเรียกว่า ลิดอิน (Lead-in) ซึ่งคล้ายกับสารบัญ จากนั้นก็เก็บข้อมูลไปเรื่อย ๆ แล้วจบด้วยลีดเอาท์ (Lead-out) เป็นการบอกว่าสิ้นสุด มีความจุข้อมูลได้มากถึง 680 เมกกะไบต์

การอ่านข้อมูลจาก CD-ROM จะใช้แสงเลเซอร์กวาดไปบนแผ่นด้านที่เป็นพื้นกับหลุม แล้วดูการสะท้อนของแสง แปลออกมาเป็นสัญญาณ

คุณลักษณะของ หน่วยขับซีดีรอม ที่ควรจะต้องพิจารณา

- สามารถใช้กับการเชื่อมต่อ ที่มีอยู่บนคอมพิวเตอร์ได้
- มีความเร็วในการส่งผ่านข้อมูล เช่น 300 กิโลไบต์ต่อวินาที
- มีความเร็วเฉลี่ยในการเข้าถึงข้อมูล เช่น น้อยกว่า 1 วินาที
- มีหน่วยความจำบัฟเฟอร์ที่ใช้อ่านข้อมูลล่วงหน้า
- กำหนดการใส่แผ่นเป็นแบบถาดหรือกลัก ใส่ได้ครั้งละกี่แผ่น
- มีรูปแบบมาตรฐานของซีดีรอมที่อ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37664

- มีปุ่มปรับเสียง และส่วนที่อำนวยความสะดวกในการเล่นเพลงได้ ทั้งนี้เนื่องจากแผ่น ซีดี-ออดิโอ จะมีแทรคเป็นออดิโอ เมื่อนำมาเล่นกับเครื่องอ่านซีดีรอม ซึ่งมักจะอ่านได้ทั้ง ซีดีรอม และซีดี-ออดิโอ ข้อมูลตรงส่วนเฮดเดอร์อินฟอร์เมชั่น (header information) จะทำให้รู้ได้ว่าเป็น ซีดี-ออดิโอ

ตาราง 2.2 ข้อดี-ข้อเสีย ของมัลติมีเดียบน CD-ROM

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ความสามารถในการสื่อสารที่ทำให้เกิดมโนภาพ 2. ค้นหาสิ่งที่ต้องการต่าง ๆ ได้รวดเร็ว 3. ความจุสูง 4. การเก็บรักษาและความคงทน 5. ต้นทุนการผลิตต่ำ 6. ง่ายต่อการแก้ไขและการนำไปใช้	1. ต้องใช้เครื่องอ่านพิเศษมีราคาสูง 2. ผู้ใช้งานต้องมีทักษะพื้นฐานเชิงคอมพิวเตอร์อยู่บ้าง

จากคุณสมบัติต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่า มัลติมีเดียบน CD-ROM เป็นสื่อที่ได้เปรียบกว่าสื่อประเภทอื่น ๆ เป็นอย่างมากทั้งในด้านของลักษณะแผ่น ความทนทาน ความรวดเร็วในการสืบค้นข้อมูล สามารถสื่อได้ทั้งการอ่าน การฟัง การเห็นภาพ และทำให้จดจำได้ง่ายขึ้น มัลติมีเดียบน CD-ROM จึงเป็นอุปกรณ์สำหรับผู้ที่ต้องการก้าวไกลไปกับเทคโนโลยีในปัจจุบันและอนาคตทั้งประเภทความรู้และความบันเทิง ที่ไม่มีสื่ออื่นใดเทียบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หรือ CAI เป็นการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการนำเสนอบทเรียน นิยามของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นอาจมีผู้ให้ไว้แตกต่างกันไปดังเช่น นักเทคโนโลยีทางการศึกษาบางท่านให้ความหมายไว้อย่างกว้าง ๆ ว่า คือ การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งตรงกับความหมายของคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา หรือในภาษาอังกฤษว่า Computer Based Training (CBT) หรือ Computer Based Education (CBE) หรือ Instructional Computing (IC) หรือ Instructional Applications of Computer (IAC) เพราะฉะนั้นคำว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในความหมายนี้จึงกว้างมาก และครอบคลุมการใช้คอมพิวเตอร์ทางการศึกษาเกือบทั้งหมด เหลือไว้ก็แต่การเรียนการสอนที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์เท่านั้น

อย่างไรก็ตาม คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในระยะหลัง ๆ นี้ มีความหมายที่แคบลง กล่าวคือ จะถูกใช้ในความหมายของบทเรียนทางคอมพิวเตอร์ที่ผู้สอนนำมาใช้ช่วยในการสอน นำเสนอบทเรียนต่าง ๆ และที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในความหมายนี้ตรงกับคำว่า Courseware หรือ Computer Based Instruction (CBI) หรือ Computer Assisted Learning (CAL) โดย CAL นี้เป็นคำที่นิยมใช้กันในหมู่นักเทคโนโลยีทางการศึกษาในยุโรป

สไตล์เบิร์ก (1991) ได้ให้คำนิยามคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ว่า เป็นการนำเสนอการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์ โดยมุ่งเน้นลักษณะสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ การตอบสนองความแตกต่างรายบุคคล การนำเสนอในลักษณะเชิงโต้ตอบ และการชี้แนะแนวทาง

ถนอมพร (2541) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการนำเสนอบทเรียน โดยผู้สอนสามารถนำบทเรียนทางคอมพิวเตอร์ หรือ CAI นี้ไปใช้ช่วยสอนเสริมการสอนในห้องเรียนหรือสอนแทนผู้สอนเองก็ได้ และผู้เรียนก็สามารถนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ไปใช้ในการทบทวนเนื้อหาที่ได้เรียนมาแล้วจากห้องเรียน หรือเรียนรู้ด้วยตนเองจากโปรแกรมก็ได้

บูรณะ (2542) CAI คือ โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยครูสอน โดยทำหน้าที่เป็นสื่อการเรียนการสอนเหมือนแผ่นใส สไลด์ หรือวิดีโอ ที่ใช้ประกอบการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายในเวลาอันจำกัด และตรงตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน แต่เนื่องจากโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ได้ครบทุกสื่อในเวลาเดียวกัน และควบคุมการนำเสนอได้ด้วยตัวของมันเอง จึงเรียกว่า มัลติมีเดีย ซึ่งสามารถนำเสนอได้ทั้ง ข้อความ รูปภาพ กราฟิก ภาพเคลื่อนไหว หรืออานิเมชั่น (Animation) เสียง และวีดิโอ นอกจากนี้ยังจะต้องสามารถโต้ตอบ (Interactive) กับผู้เรียนได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โครงสร้างทั่วไปของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3.2.1 การนำเสนอ (Presentation) คือ การนำเสนอข้อมูลหรือเนื้อหาบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ ตามวัตถุประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งไม่ว่าจะเป็นขั้นความรู้ (Cognitive Domain) ขั้นความจำ (Effective Domain) หรือขั้นนำไปใช้ (Psycho-motive Domain) การที่จะนำเสนอให้มีประสิทธิภาพ จะต้องนำเสนอด้วยระบบมัลติมีเดีย ซึ่งได้แก่

- สไลด์โชว์ คือ การพลิกไปทีละหน้า หรือเลื่อนขึ้น – ลง เหมือนอ่านหนังสือ มีการเชื่อมโยงไปหน้าอื่นที่ต้องการความหมายหรือคำอธิบายเพิ่มเติม โดยไม่จำเป็นต้องเรียงตามลำดับหน้าที่เรียกกันว่า ไฮเปอร์เท็กซ์ (Hyper text) และอาจจะมีเสียงบรรยาย หรือเสียงดนตรีประกอบ

- อานิเมชั่น คือ การนำเสนอที่มีภาพเคลื่อนไหวในลักษณะเคลื่อนทั้งภาพ และภาพเคลื่อนไหว เช่น การ์ตูน หรือการทำงานของชิ้นส่วน หรือการทำงานของเครื่องยนต์ เป็นต้น ในความเป็นจริงเราไม่สามารถที่จะมองเห็นภาพการทำงานของลูกสูบได้ แต่ถ้าสามารถสร้างสถานการณ์จำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และมีเสียงประกอบด้วยแล้ว ก็ย่อมจะดึงดูดความสนใจผู้เรียนและเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น

- วีดิโอและภาพยนตร์ คือ การนำเสนอด้วยลักษณะของภาพยนตร์ โดยจะมีความเหมือนจริงทั้งภาพและเสียง ในบางตอนอาจนำเอาภาพเคลื่อนไหวมาประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย เช่น การทำสื่อโฆษณาทางโทรทัศน์เป็นต้น

3.2.2 การปฏิสัมพันธ์ (Interactive) คือ การโต้ตอบกับผู้เรียน ในกระบวนการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพที่สุดนั้นจะต้องเป็นแบบสื่อสารสองทาง เช่น นักเรียนในห้องสามารถถามครูผู้สอนได้เมื่อไม่เข้าใจเนื้อหา หรือครู–อาจารย์ซักถามนักเรียนเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนได้ แต่ถ้าดูการเสนอเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการโต้ตอบหรือสอบถาม เช่น การดูโทรทัศน์เป็นต้น ซึ่งเรียกว่าการสื่อสารทางเดียว ก็จะมีความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนได้ระดับหนึ่ง ขึ้นอยู่กับอายุและสมาธิของผู้เรียน ดังนั้น การปฏิสัมพันธ์จึงจัดเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งได้แก่

- การคลิกด้วยเมาส์ (Mouse-Click) คือ ใช้เมาส์คลิกที่ออบเจ็กต์ เช่น พลิกหน้าเลื่อนหน้าขึ้น-ลง เลื่อนซ้าย-ขวา เชื่อมโยงไปหน้าอื่น หรือไปยังสื่ออื่น เป็นต้น

- กดแป้นคีย์บอร์ดลัด เช่น แป้นลูกศร แป้นอักษร Y = Yes (True) และ N = No (False) เป็นต้น

- Text-Matching คือ การพิมพ์ข้อความตามเงื่อนไข ถ้าตรงตามเงื่อนไขจะเป็นจริง (True) ถ้าไม่ตรงก็จะเป็นเท็จ (False) เช่น เติมคำในช่องว่าง และการพิมพ์ตัวเลขเพื่อนำไปประมวลผล เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เวลา (Time) คือ การกำหนดเวลาให้กระทำ ซึ่งจะเป็นตัวเร่งให้ผู้เรียนมีความสนใจ ต่อเนื้อหาบทเรียน

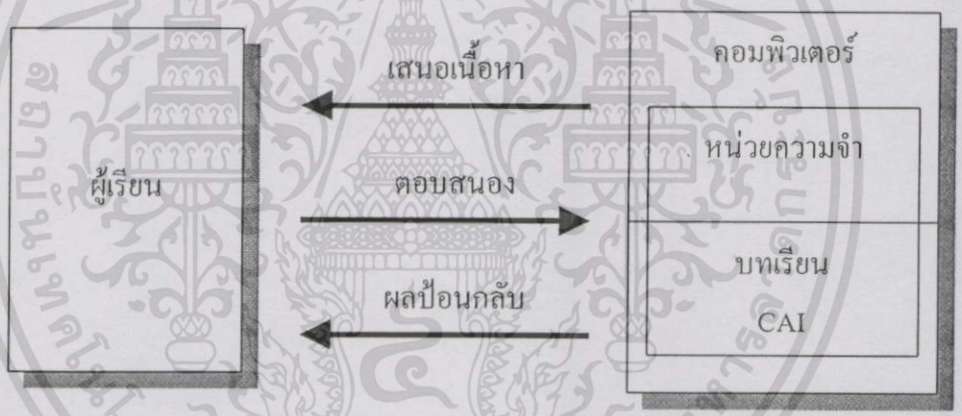
- เสียง (Sound) คือ การใช้เสียงเป็นสื่อโต้ตอบกับบทเรียน เช่น ฝึกการอ่านภาษา ถ้าอ่านไม่ถูกหรือเสียงเพี้ยนก็จะให้ทบทวนใหม่หรือผ่านไปหน้าต่อไปไม่ได้ เป็นต้น

3.2.3 การประเมินผล (Evaluation) คือ การประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยจะรวบรวมผลของการโต้ตอบที่ต้องการแล้วคำนวณผลลัพธ์ออกมา ซึ่งอาจจะเป็น " เปอร์เซ็นต์ " , " เกณฑ์ " หรือ " เกรด " ตามปกติแล้วจะประมวลผลเพื่อเหตุผลต่อไปนี้

- วัดผลการสอบ หรือวัดผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้

- หาความเป็นมาตรฐานของข้อสอบ เช่น หาคำตอบเชื่อมั่นของข้อสอบมาตรฐาน เป็นต้น

- หาเกณฑ์ตัดสิน เช่น ผ่าน-ไม่ผ่าน หรือไปเรียนในระดับหรือหน่วยต่อไปได้



รูปที่ 3.1 องค์ประกอบหลักในการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3.3 คุณลักษณะสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในปัจจุบัน ได้มีการผลิตสื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์ ที่ใช้มัลติมีเดียในการนำเสนอเนื้อหาออกมาเป็นจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของซีดีรอม จนทำให้เกิดความสับสนว่าสื่อเหล่านั้นเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือไม่อย่างไร เนื่องจากหากพิจารณาอย่างละเอียดแล้วจะพบว่ามีสื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์อยู่เป็นจำนวนมาก ที่จัดว่าเป็นเพียงแค่สื่อที่ใช้ในการนำเสนอเท่านั้น เนื่องจากสื่อเหล่านั้นได้ขาดคุณลักษณะสำคัญ 4 ประการของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งได้แก่ สารสนเทศ ความแตกต่างระหว่างบุคคล การโต้ตอบ และการให้ผลป้อนกลับโดยทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 สารสนเทศ (Information)

สารสนเทศในที่นี้ หมายถึง เนื้อหาสาระที่ได้รับการเรียบเรียงแล้วเป็นอย่างดี ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ หรือได้รับทักษะอย่างหนึ่งอย่างใดตามที่ได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ การนำเสนอเนื้อหานี้อาจจะเป็นการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งอาจจะเป็นในลักษณะทางตรงหรือทางอ้อมก็ได้ ตัวอย่างของการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะทางตรง ได้แก่ การนำเสนอเนื้อหาในคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ ซึ่งจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับเนื้อหาสาระและทักษะอย่างตรงไปตรงมาจากการอ่าน การจำ การทำความเข้าใจ และการฝึกฝน ตัวอย่างของการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะทางอ้อม ได้แก่ การนำเสนอเนื้อหาในคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกมส์ และการจำลอง ซึ่งเนื้อหาสาระหรือทักษะที่ผู้เรียนได้รับจะถูกแฝงเอาไว้ในรูปแบบของเกมส์ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะทางการคิด การจำ การสำรวจสิ่งต่าง ๆ รอบตัว และเพื่อสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนานเพลิดเพลิน และจูงใจผู้เรียนให้มีความต้องการที่อยากจะเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

3.3.2 ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individualization)

การตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคล คือ ลักษณะสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกันทางการเรียนรู้ซึ่งเกิดจาก บุคลิกภาพ สติปัญญา ความสนใจและความรู้พื้นฐานที่แตกต่างกันออกไป คอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งเป็นสื่อการเรียนการสอนรายบุคคลประเภทหนึ่ง จึงต้องได้รับการออกแบบ ให้มีลักษณะที่ตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลให้มากที่สุด กล่าวคือ จะต้องมีความยืดหยุ่นมากพอที่ผู้เรียนจะมีอิสระในการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง รวมทั้งการเลือกรูปแบบการเรียนที่เหมาะสมกับตนเองได้ การควบคุมการเรียนรู้นี้มีอยู่หลายลักษณะด้วยกัน ซึ่งได้แก่

- การควบคุมเนื้อหา การเลือกที่จะเรียนส่วนใด ข้ามส่วนใด ออกจากบทเรียนเมื่อใดหรือย้อนกลับมาเรียนในส่วนที่ยังไม่ได้ศึกษา เช่น มีเมนูหรือรายการที่แยกเนื้อหาตามหัวข้ออย่างชัดเจนหรือปุ่มควบคุมต่าง ๆ ในการติดตามบทเรียน

- การควบคุมลำดับของการเรียน การเลือกที่จะเรียนส่วนใด ก่อนหลัง หรือการสร้างลำดับการเรียนด้วยตนเอง เช่น ในลักษณะการเรียนเนื้อหาแบบโยงใย หรือไฮเปอร์มีเดีย (Hypermedia) ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมกันอยู่ในปัจจุบัน โดยอาจอยู่ในรูปของส่วนของการเชื่อมโยงแบบฮอตเวิร์ด (Hotword) หรือไฮเปอร์เท็กซ์ (Hypertext) ก็ได้ ซึ่งผู้เรียนสามารถที่กดเลือกข้อมูลที่ต้องการเรียนตามความสนใจ ความถนัดหรือตามพื้นฐานความรู้ของตนได้

- การควบคุมการฝึกปฏิบัติหรือการทดสอบ ความต้องการที่จะฝึกปฏิบัติ หรือเลือกทำแบบทดสอบ โดยการทำจะทำมากน้อยเพียงใด เช่น การมีปุ่มควบคุมต่าง ๆ จัดไว้ทุกหน้าที่จำเป็น เช่น ปุ่มเลิกทำ และปุ่มกลับไปหน้าเดิม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สมบูรณ์แบบ อาจที่จะต้องมีการนำระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) หรือระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) มาประยุกต์ใช้ เพื่อที่จะสามารถตอบสนองต่อความแตกต่างของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การจัดเสนอเนื้อหา หรือแบบฝึกหัดในระดับความยากง่ายที่ตรงพื้นฐานความสามารถ และความสนใจของผู้เรียน เป็นต้น

3.3.3 การโต้ตอบ (Interaction)

การโต้ตอบในที่นี้ คือ การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน รูปแบบการเรียนการสอนที่ดี จะเป็นการเรียนการสอนในลักษณะที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียน ได้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนได้มากที่สุด ดังนั้น คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับการออกแบบมาอย่างดี จะต้องเอื้ออำนวยให้เกิดการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างต่อเนื่อง และตลอดทั้งบทเรียน การให้ผู้เรียนเพียงแค่ได้คลิกเปลี่ยนหน้าจอไปเรื่อย ๆ ทีละหน้า ไม่ถือว่าเป็นปฏิสัมพันธ์ที่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้

มีซอฟต์แวร์จำนวนมากที่โฆษณาว่าเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แต่เมื่อเปิดใช้งานจริง ๆ แล้วไม่น่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทั้งนี้ก็เพราะการที่ผู้สร้างไม่ได้นำคุณลักษณะสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในส่วนของปฏิสัมพันธ์นี้ไปประยุกต์ใช้ ในการออกแบบซอฟต์แวร์ทางการเรียนการสอนที่ได้รับการออกแบบให้ผู้ใช้กดเมาส์เพื่อเปลี่ยนหน้าไปเรื่อย ๆ นั้นไม่ถือว่าเป็นการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบระหว่างผู้เรียนและผู้สอนที่มีความหมาย การที่จะทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์โต้ตอบระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ผู้สร้างซอฟต์แวร์จำเป็นต้องใช้เวลาในส่วนของการสร้างความคิดวิเคราะห์และสร้างสรรค์เพื่อให้ได้มาซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ หรืองานที่ก่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ ซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับบทเรียนและเอื้ออำนวยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3.4 การให้ผลป้อนกลับโดยทันที (Immediate Feedback)

ลักษณะที่ขาดไม่ได้อีกประการหนึ่งของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ก็คือ การให้ผลป้อนกลับโดยทันทีตามแนวคิดของสกินเนอร์ (Skinner) ผลป้อนกลับหรือการให้คำตอบนี้ถือเป็นการเสริมแรง (Reinforcement) อย่างหนึ่ง ซึ่งการให้ผลป้อนกลับแก่ผู้เรียนโดยทันทีนี้จะรวมไปถึงคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สมบูรณ์จะต้องมีการทดสอบหรือประเมินความเข้าใจของผู้เรียนในเนื้อหาหรือทักษะต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ด้วย ซึ่งเป็นวิธีที่อนุญาตให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบการเรียนของตนเองได้ ทั้งนี้ได้มีงานวิจัยจำนวนมากที่สนับสนุนว่าการให้ผลป้อนกลับแก่ผู้เรียน จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนได้เป็นอย่างดี ความสามารถในการให้ผลป้อนกลับโดยทันทีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ถือได้ว่าเป็นจุดเด่น หรือ ข้อได้เปรียบประการสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับสื่อประเภทอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นสื่อสิ่งพิมพ์หรือโสตทัศนอุปกรณ์ เนื่องจากสื่ออื่น ๆ นั้น ไม่สามารถที่จะประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

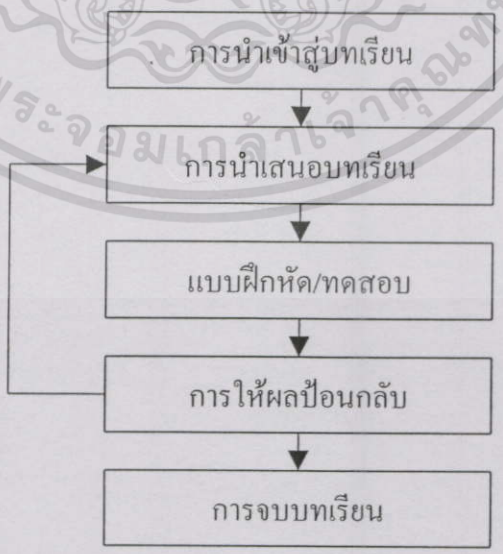
พร้อมกับการให้ผลป้อนกลับโดยทันทีได้เช่นเดียวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ลักษณะของการให้ผลป้อนกลับนี้เป็นสิ่งที่ทำให้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแตกต่างไปจากมัลติมีเดียซีดีรอมส่วนใหญ่ ซึ่งได้มีการรวบรวมและนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องราวของสิ่งต่าง ๆ หรือเหตุการณ์สำคัญต่าง ๆ โดยมัลติมีเดียซีดีรอมไม่ได้มีการประเมินความเข้าใจของผู้ใช้แต่อย่างใดไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบทดสอบแบบฝึกหัด หรือการตรวจสอบความเข้าใจในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ซึ่งทำให้มัลติมีเดียซีดีรอมเหล่านั้นถูกจัดว่าเป็นสื่อสำหรับการนำเสนอ ไม่ใช่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแต่อย่างใด

3.4 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภทด้วยกัน คือ ประเภทติวเตอร์ ประเภทแบบฝึกหัด ประเภทเกมส์ ประเภทการจำลอง และประเภทแบบทดสอบ

3.4.1 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ (Tutorials)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ เป็นบทเรียนทางคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการออกแบบ โดยมีเป้าหมายที่จะนำเสนอเนื้อหาและถ่ายทอดความรู้ เสมือนกับเป็นผู้สอนคนหนึ่ง โดยมีการใช้สื่อต่าง ๆ เช่น ข้อความ เสียง ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และกราฟ ในการนำเสนอเนื้อหาแก่ผู้เรียนไม่ว่าจะเป็นเนื้อหาใหม่หรือการทบทวนเนื้อหาเดิมก็ตาม ส่วนใหญ่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์นี้จะมีแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบเพื่อทดสอบความเข้าใจของผู้เรียนอยู่ด้วย อย่างไรก็ตามผู้เรียนมีอิสระพอที่จะเลือกตัดสินใจว่าจะทำแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัดหรือจะเลือกเรียนเนื้อหาส่วนไหน เรียงลำดับในรูปแบบใด เพราะการเรียนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นผู้เรียนจะสามารถควบคุมการเรียนของตนเองได้ตามความต้องการ



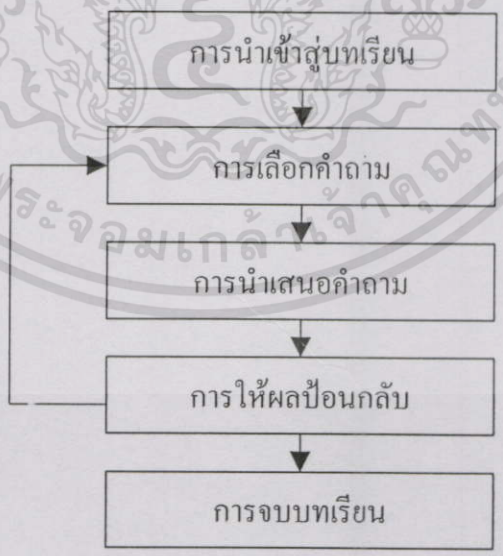
รูปที่ 3.2 โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัด (Drill and Practice)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัด เป็นบทเรียนทางคอมพิวเตอร์ที่นำเสนอคำถามโดยใช้วิธีการและรูปแบบต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนฝึกฝนและปฏิบัติจนสามารถเข้าใจหรือจดจำเนื้อหานั้น ๆ ได้ ซึ่งคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัดนี้ จะมีความหลากหลายแตกต่างกันไปตามวิธีการในการตั้งข้อคำถาม เช่น การให้ผู้เรียนจับคู่ (Paired Associate) เติมคำ (Sentence Completion) ปรนัย (Multiple-Choice) แสดงส่วนประกอบ (Part Identification) ถูกผิด (True-False) และการตอบคำถามสั้น ๆ (Short-Answer Question) หรือตามรูปแบบของการนำเสนอข้อคำถาม ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของข้อความหรือการใช้สื่ออื่น ๆ เช่น ภาพ เสียง หรือภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัดนี้เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับความนิยมมากโดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ที่เรียนอ่อน หรือเรียนไม่ทันคนอื่น ๆ ได้มีโอกาสทำความเข้าใจบทเรียน โดยที่ครูผู้สอนไม่ต้องเสียเวลาในชั้นเรียนอธิบายเนื้อหาเดิมนั้นซ้ำอีก

โครงสร้างทั่ว ๆ ไป ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัดนั้นจะคล้ายกับโครงสร้างของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ อย่างไรก็ตามความแตกต่างที่เห็นได้ชัด คือ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัดนั้นจะเป็นการเลือกและการนำเสนอข้อคำถามแทนการนำเสนอเนื้อหาบทเรียน

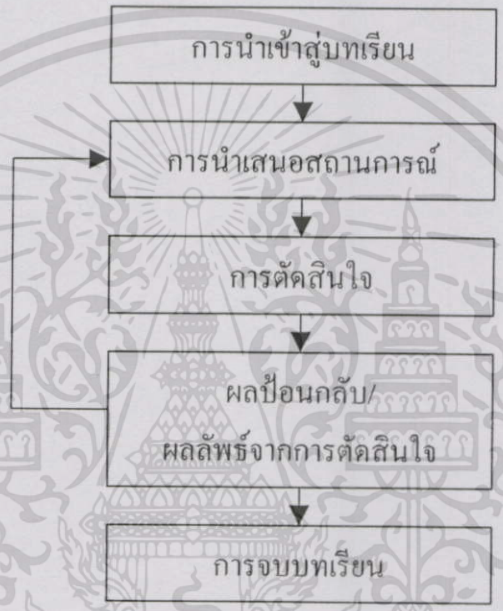


รูปที่ 3.3 โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทการจำลอง (Simulation)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทการจำลอง เป็นบทเรียนทางคอมพิวเตอร์ที่มีการนำเสนอบทเรียนในรูปแบบของการจำลองสถานการณ์ที่เหมือนจริงขึ้น กิจกรรมต่าง ๆ จะบังคับให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนจนกระทั่งเกิดการเรียนรู้ขึ้น โดยในตัวบทเรียนจะมีคำแนะนำเพื่อช่วยในการตัดสินใจของผู้เรียนและแสดงผลลัพธ์ในการตัดสินใจนั้น ๆ ข้อดีของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทการจำลอง คือ การลดค่าใช้จ่าย และการลดอันตรายอันอาจเกิดขึ้นได้จากการเรียนรู้ในสถานการณ์จริง



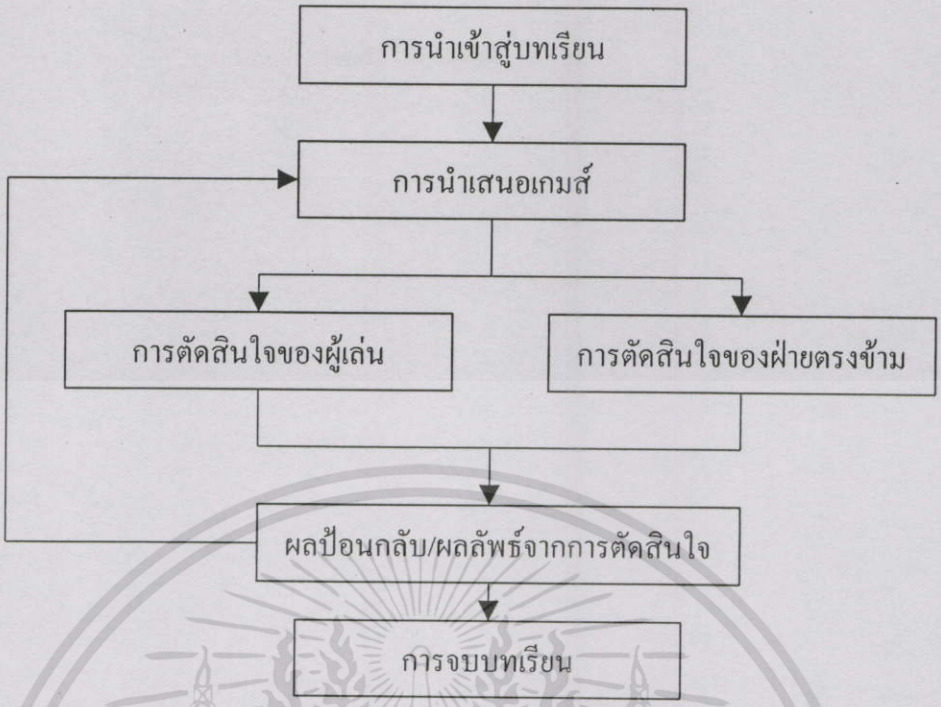
รูปที่ 3.4 โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทการจำลอง

3.4.4 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกมส์ (Instructional Games)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกมส์นี้เป็นบทเรียนทางคอมพิวเตอร์ ที่ทำให้ผู้เรียนมีความสนุกสนานเพลิดเพลิน จนลืมไปว่ากำลังเรียนอยู่กับเกมส์คอมพิวเตอร์ทางการศึกษา

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกมส์ เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่กระตุ้นให้เกิดความสนใจในการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามไม่ได้ครอบคลุมซอฟต์แวร์เกมส์ทั้งหมด โดยเฉพาะซอฟต์แวร์เกมส์ที่มีลักษณะมุ่งเน้นแต่ความเพลิดเพลิน โดยไม่ได้ให้ความรู้หรือทักษะอย่างหนึ่งอย่างใดแก่ผู้เรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้ นิยมใช้กับเด็กตั้งแต่ระดับประถมศึกษาไปจนถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกมส์

3.4.5 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบทดสอบ (Test)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบทดสอบ เป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบทดสอบ การจัดการการสอบ การตรวจให้คะแนน การคำนวณผลสอบ ข้อดีของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบทดสอบ คือ การที่ผู้เรียนได้รับผลป้อนกลับโดยทันที ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการทดสอบที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป นอกจากนี้การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณผลสอบก็ยังมีความแม่นยำ และรวดเร็วอีกด้วย

รูปที่ 3.6 โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนออกเป็น 5 ประเภทนี้ ไม่ได้หมายความว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับการพัฒนาสร้างขึ้นมานั้นจะต้องเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทใดประเภทหนึ่งเสมอไป ซึ่งอาจจะเริ่มต้นด้วยลักษณะของประเภทติวเตอร์แล้วตามด้วยประเภทฝึกหัด หรือประเภทเกมส์ ดังนั้นการแบ่งคอมพิวเตอร์ช่วยสอนออกเป็น 5 ประเภท จึงเป็นเพียงแนวความคิดพื้นฐานสำหรับผู้ที่ต้องการจะพัฒนาและออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีประสิทธิภาพเท่านั้น โดยไม่ได้มุ่งหวังให้เป็นเกณฑ์ตายตัวแต่อย่างใด (ถนอมพร, 2541 : 11 - 12)

3.5 หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

Gagne et al. (1988) ได้เสนอ 9 ขั้นตอนการสอน หรือ Events of Instruction ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ในหนังสือ Principles of Instructional Design โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นและสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ภายในของผู้เรียน ซึ่ง Gagne ได้อธิบายไว้ว่าขั้นตอนการสอนทั้ง 9 ขั้นนี้ แท้จริงไม่ได้จำกัดเฉพาะเพื่อการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเท่านั้น แต่เพื่อการเรียนการสอนในห้องเรียนตามปกติ

หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งดัดแปลงมาจากขั้นตอนการสอนของ Gagne มีดังนี้

3.5.1 การเร้าความสนใจ (Gain Attention)

ก่อนที่จะเริ่มเรียนนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เรียนควรจะได้รับแรงกระตุ้นและแรงจูงใจที่อยากจะเรียน ดังนั้นบทเรียนควรจะเริ่มด้วยลักษณะของการใช้ภาพ แสง สี เสียงหรือการประกอบกันหลาย ๆ อย่าง โดยสิ่งที่สร้างขึ้นมานั้นจะต้องเกี่ยวข้องกับเนื้อหาและน่าสนใจ ซึ่งจะมีผลต่อความสนใจจากผู้เรียน และเป็นการเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะศึกษาเนื้อหาต่อไป

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรเริ่มด้วยการนำเสนอชื่อเรื่อง (Title) ที่มีการใช้ภาพ สี หรือภาพเคลื่อนไหวต่าง ๆ เพื่อดึงดูดความสนใจจากผู้เรียน ที่นิยมใช้กันได้แก่ การแสดงชื่อของบทเรียน ชื่อผู้สร้างบทเรียน และแนะนำเนื้อหาทั่วไปในบทเรียน เป็นต้น การใช้มัลติมิเดียในการช่วยเร้าความสนใจเป็นสิ่งสำคัญ อย่างไรก็ตามถ้าใช้มากเกินไปก็อาจก่อให้เกิดผลในทางตรงกันข้ามขึ้นได้ นอกจากนี้การใช้กราฟิก หรือภาพเคลื่อนไหวที่ค่อนข้างนาน สลับซับซ้อนและมีเสียงประกอบ เมื่อใช้ไปบ่อย ๆ ครั้งก็อาจจะเกิดความเบื่อหน่ายให้กับผู้เรียนขึ้นได้ ดังนั้นผู้ออกแบบควรจัดหาทางเลือกให้ผู้เรียนสามารถข้าม หรือหยุดการใช้กราฟิกหรือภาพเคลื่อนไหวนั้นไว้ด้วยเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่ควรพิจารณาในการเร้าความสนใจของผู้เรียน มีดังนี้

- ใช้กราฟิกที่เกี่ยวข้องกับส่วนของเนื้อหาและกราฟิกนั้น ควรจะมีขนาดใหญ่ ง่าย และไม่ซับซ้อน
- ใช้ภาพเคลื่อนไหว หรือเทคนิคอื่น ๆ เข้าช่วยเพื่อแสดงการเคลื่อนไหว ที่สั้นและง่าย
- ควรใช้สีเข้าช่วยโดยเฉพาะสีเขียว แดง น้ำเงิน หรือสีเข้มอื่น ๆ ที่ตัดกับสีพื้นอย่างชัดเจน
- ใช้เสียงให้สอดคล้องกับกราฟิก
- กราฟิกควรจะค้างบนจอภาพจนกระทั่งผู้เรียนกดคีย์บอร์ดหรือแป้นเว้นวรรค
- ในกราฟิกดังกล่าว ควรบอกชื่อเรื่องบทเรียนไว้ด้วย
- ควรใช้เทคนิคการเขียนกราฟิกที่แสดงบนจอได้อย่างรวดเร็ว
- กราฟิกนั้นนอกจากจะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาแล้ว จะต้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียนอีกด้วย

3.5.2 การบอกวัตถุประสงค์ (Define Objectives)

การบอกวัตถุประสงค์ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น เป็นการบอกให้ผู้เรียนได้ทราบถึงเป้าหมายในการเรียนโดยรวม หรือสิ่งต่าง ๆ ที่ผู้เรียนจะสามารถทำได้หลังจากที่เรียนจบ การบอกวัตถุประสงค์นี้อาจจะอยู่ในรูปของวัตถุประสงค์กว้าง ๆ หรือวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากหลักฐานทางการวิจัยพบว่าการบอกวัตถุประสงค์แก่ผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนทำความเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ตามทฤษฎี ARCS ของเคลเลอร์และซูซุกิ (Keller and Suzuki) การที่ผู้เรียนได้ทราบถึงเป้าหมายของการเรียนรู้ จะเป็นการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้อีกด้วย เนื่องจากผู้เรียนตระหนักในเป้าหมายของตน จึงเกิดความพยายามมากขึ้นในการที่จะไปให้ถึงเป้าหมายนั้น ๆ

การบอกวัตถุประสงค์ของบทเรียนนี้ควร สั้น กระชับ ได้ใจความ และใช้ข้อความซึ่งเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย นอกจากนี้การบอกวัตถุประสงค์ไม่จำเป็นจะต้องเขียนเป็นข้อ ๆ หรือใช้รูปแบบเดียวกับในตำราเสมอไป ผู้ออกแบบควรที่จะใช้ความคิดสร้างสรรค์ เทคนิคการบอกวัตถุประสงค์ในลักษณะที่น่าสนใจ เช่น หากกลุ่มเป้าหมายเป็นเด็ก การบอกวัตถุประสงค์อาจจะอยู่ในรูปของการใช้กราฟิกและเสียง เป็นต้น

สิ่งที่ควรพิจารณาในการบอกวัตถุประสงค์ มีดังนี้

- ใช้คำสั้น ๆ และเข้าใจได้ง่าย
- หลีกเลี่ยงคำที่ยังไม่เป็นที่รู้จักและเป็นที่เข้าใจโดยทั่วไป
- ในแต่ละบทเรียนไม่ควรกำหนดวัตถุประสงค์มากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผู้เรียนควรมีโอกาสทราบว่าหลังจากการเรียนจบแล้วจะนำไปใช้ทำอะไรได้บ้าง
- กรณีที่บทเรียนนั้นมีบทเรียนย่อยหลาย ๆ บทเรียน หลังจากบอกวัตถุประสงค์กว้าง ๆ แล้ว ควรจะตามด้วยเมนู และหลังจากนั้นควรจะเป็นวัตถุประสงค์ของบทเรียนย่อย
- สามารถกำหนดให้วัตถุประสงค์ปรากฏบนจอทีละข้อ ๆ ก็ได้ แต่ควรคำนึงด้านเวลาระหว่างช่วงให้เหมาะสม หรือให้ผู้เรียนกดแป้นพิมพ์เพื่อดูวัตถุประสงค์ต่อไปทีละข้อ
- เพื่อให้วัตถุประสงค์น่าสนใจยิ่งขึ้น อาจใช้กราฟิกง่าย ๆ เข้าช่วย เช่น กรอบลูกศร และรูปทรงเรขาคณิต แต่ไม่ควรใช้การเคลื่อนไหวเข้าช่วยโดยเฉพาะกับตัวหนังสือ

3.5.3 การทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge)

ตามทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (Schema Theory) การรับรู้เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ เนื่องจากไม่มีการเรียนรู้ใดเกิดขึ้นโดยปราศจากการรับรู้ นอกจากนี้การรับรู้ข้อมูลนั้นเป็นการสร้างความหมาย โดยการเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิม ภายในกรอบความรู้เดิมที่มีอยู่ และจากการกระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้นั้นเข้าด้วยกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปูความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการรับความรู้ใหม่ให้แก่ผู้เรียน

โดยปกติแล้วผู้เรียนจะมีพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกันออกไป ในการที่จะทราบว่าผู้เรียนมีพื้นฐานที่จำเป็นในการรับความรู้ใหม่มาก่อนหรือไม่นั้น จำเป็นต้องมีการประเมินความรู้เดิม (Pretest) การประเมินความรู้ผู้เรียนนี้ นอกจากจะเป็นการทดสอบความรู้พื้นฐานที่จำเป็นของผู้เรียนแล้วยังถือเป็นการกระตุ้นให้เกิดการระลึกถึงความรู้เก่า เพื่อเตรียมพร้อมในการเชื่อมโยงความรู้เก่านี้เข้ากับความรู้ใหม่ด้วย เมื่อประเมินแล้วพบว่าผู้เรียนขาดความรู้พื้นฐานที่จำเป็น ก็ควรจะจัดให้มีการให้ความรู้พื้นฐาน (Blackground Knowledge) ในส่วนที่จำเป็นนั้นแก่ผู้เรียนด้วย นอกจากนี้ การประเมินความรู้ก่อนเรียนยังสามารถใช้ทดสอบว่าผู้เรียนมีความพร้อมมากน้อยแค่ไหนในส่วนของเนื้อหาใหม่ที่จะเรียนด้วย หากประเมินแล้วพบว่าผู้เรียนมีความรู้ในส่วนของเนื้อหาใหม่แล้วก็อาจที่ให้ผู้เรียนข้ามไปเรียนบทเรียนอื่น ๆ ต่อไปได้

สิ่งที่ควรพิจารณาในการทบทวนความรู้เดิม มีดังนี้

- ไม่ควรคาดเดาเอาว่า ผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานก่อนศึกษาเนื้อหาใหม่เท่ากัน ควรมีการทดสอบหรือให้ความรู้เพื่อเป็นการทบทวนให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรับความรู้ใหม่
- การทบทวนหรือทดสอบ ควรกระชับและตรงตามวัตถุประสงค์ให้มากที่สุด
- ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกจากเนื้อหาใหม่หรือออกจากการทดสอบ เพื่อไปศึกษาทบทวนได้ตลอดเวลา
- หากไม่ได้มีการทดสอบความรู้เดิม ผู้เขียนโปรแกรมควรหาทางกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนกลับไปคิดถึงสิ่งที่ศึกษาไปแล้ว หรือสิ่งที่มีประสบการณ์ผ่านมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การเสนอเนื้อหาใหม่ (Present Information)

การเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาประกอบคำพูดหรือข้อความที่สั้นง่าย และได้ใจความ เป็นหัวใจสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การใช้ภาพประกอบจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น และมีความคงทนในการจำจะดีกว่าการใช้คำพูดหรือข้อความเพียงอย่างเดียว ภายใต้หลักการพื้นฐานที่ว่าภาพจะช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ง่ายต่อการรับรู้ ถึงแม้ในเนื้อหาบางช่วงจะมีความยากในการที่จะคิดสร้างภาพประกอบ แต่ก็ควรพิจารณาวิธีการหลาย ๆ วิธีที่จะนำเสนอด้วยภาพให้ได้ แม้แต่จำนวนน้อยก็จะยังดีกว่าข้อความทั้งหมด

ในปัจจุบันด้วยศักยภาพของคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยให้มีการนำเสนอข้อมูลเนื้อหาต่าง ๆ ในลักษณะของมัลติมีเดีย จึงไม่ใช่เรื่องยากเหมือนในอดีต อย่างไรก็ตามการนำเสนอข้อมูลเนื้อหาต่าง ๆ ในลักษณะของมัลติมีเดียควรที่จะมีการเลือกใช้อย่างเหมาะสมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งควรที่จะคำนึงถึงลักษณะและความสามารถทางการเรียนของผู้เรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย เป็นปัจจัยสำคัญ

สิ่งที่ควรพิจารณาในการเสนอเนื้อหาใหม่ มีดังนี้

- ใช้ภาพประกอบการเสนอเนื้อหาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นเนื้อหาสำคัญ
- พยายามใช้ภาพเคลื่อนไหวในส่วนของเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นลำดับขั้นตอน
- ใช้แผนภูมิ แผนภาพ แผนสถิติ สัญลักษณ์ หรือภาพเปรียบเทียบ
- ในการเสนอเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน ให้เน้นในส่วนของข้อความสำคัญซึ่งอาจเป็นการขีดเส้นใต้ การตีกรอบ การกระพริบ การเปลี่ยนสีพื้น การโยงลูกศร การใช้สี หรือเป็นการชี้แนะด้วยคำพูด เช่น ดูที่ด้านล่างของภาพ
- ไม่ควรใช้กราฟิกที่เข้าใจยาก และไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา
- จัดรูปแบบของคำให้น่าอ่าน กรณีที่เนื้อหายาวควรจัดกลุ่มคำอ่านให้จบเป็นตอน
- คำที่ใช้ในตัวอย่างควรกระชับและเข้าใจง่าย
- กรณีที่เครื่องแสดงกราฟิกได้ช้า ควรเสนอเฉพาะกราฟิกที่จำเป็นเท่านั้น
- หลีกเลี่ยงการใช้สีพื้นสลับไปสลับมาในแต่ละเฟรม และไม่ควรเปลี่ยนสีไปมาโดยเฉพาะสีหลักของตัวอักษร
- คำที่ใช้ควรเป็นคำที่ผู้เรียนระดับนั้น ๆ คุ้นเคยและเข้าใจตรงกัน
- ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำอย่างอื่น แทนที่จะให้กดแป้นเว้นวรรคอย่างเดียว เช่น โต้ตอบบทเรียนด้วยการพิมพ์ หรือการใช้เมาส์ร่วมกับแป้นพิมพ์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 การชี้แนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning)

ในการเรียนการสอนในชั้นเรียนตามปกตินั้น จะพบว่าบ่อยครั้งที่ครูผู้สอนจะไม่บอกคำตอบหรือนำเสนอแนวคิดหรือเนื้อหาโดยตรงแก่ผู้เรียน ในทางตรงข้ามครูผู้สอนจะใช้การสอนแบบค้นพบหรือการสอนแบบอุปมาน ตัวอย่าง เช่น การยกตัวอย่างหรือตั้งคำถามชี้แนะกว้าง ๆ และแคบลงเรื่อย ๆ เพื่อให้ผู้เรียนพยายามคิดวิเคราะห์ เพื่อหาคำตอบหรือค้นพบแนวคิดหรือเนื้อหาใหม่นั้นได้ด้วยตนเอง การสอนแบบค้นพบและการสอนแบบอุปมานนี้ ถือว่าเป็นการชี้แนวทางการเรียนรู้ การที่ครูผู้สอนจะชี้แนวทางการเรียนรู้แก่ผู้เรียนมากน้อยเพียงใดนั้น จะแตกต่างกันไปตามลักษณะของเนื้อหาและความสามารถทางการเรียนของผู้เรียน หากเป็นเนื้อหาในลักษณะที่ไม่ต้องการการค้นพบ เช่น การเรียนคำศัพท์ใหม่ ๆ การชี้แนวทางอาจมีความจำเป็นน้อยหรือไม่มีเลย และผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนรู้สูง ย่อมที่จะต้องการชี้แนวทางการเรียนรู้น้อยกว่าผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำเป็นต้น นอกจากนี้ ลักษณะของผู้เรียนยังเป็นตัวกำหนดรูปแบบของการเรียนรู้ได้อีกด้วย กล่าวคือ หากผู้เรียนมีประสิทธิภาพทางการอ่านต่ำ การใช้ภาพและเสียงในการชี้แนวทางการเรียนรู้ จะเหมาะสมกว่าการใช้ข้อความเพียงอย่างเดียว

สำหรับการชี้แนวทางการเรียนรู้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น แทนที่จะออกแบบให้บทเรียนนำเสนอเนื้อหาโดยตรงแก่ผู้เรียน ผู้ออกแบบควรที่จะใช้เวลาในการสร้างสรรค์เทคนิคเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบด้วยตนเอง เช่น การออกแบบกิจกรรมงานต่าง ๆ เช่น การถามคำถามให้ผู้เรียนตอบ หรือการใช้ภาพในการนำเสนอตัวอย่างต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา และให้ผู้เรียนได้ทดลองหรือมีการโต้ตอบกับตัวอย่างนั้น ๆ จนผู้เรียนสามารถค้นพบแนวคิดด้วยตนเองก่อนที่บทเรียนจะมีการสรุปแนวคิดให้ผู้เรียนอีกครั้งเป็นต้น นอกจากนี้การชี้แนวทางการเรียนรู้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อาจอยู่ในรูปของการให้คำแนะนำ ซึ่งคำแนะนำส่วนใหญ่ก็จะเหมือนกันกับคำแนะนำในการเรียนจากตำราทั่วไป กล่าวคือ เป็นการแนะนำเกี่ยวกับลำดับของการเรียนรู้ที่ผู้สอนคิดว่าดีที่สุดสำหรับผู้เรียน ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามลักษณะและโครงสร้างเนื้อหา นอกจากนี้ยังมีคำแนะนำในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่อีกลักษณะหนึ่ง ซึ่งได้แก่ คำแนะนำในลักษณะของคำชี้แจง ซึ่งถือว่าเป็นองค์ประกอบหลักอย่างหนึ่งของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื่องจากผู้ใช้บทเรียนสามารถใช้ประโยชน์จากส่วนของคำแนะนำ เพื่อการติดตามในบทเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้พัฒนาบทเรียนจึงควรที่จะจัดให้มีคำแนะนำในการใช้บทเรียนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถดูข้อมูลคำแนะนำได้โดยสะดวก

สิ่งที่ควรพิจารณาในการชี้แนวทางการเรียนรู้ มีดังนี้

- แสดงให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความสัมพันธ์ของเนื้อหาความรู้ และช่วยให้เห็นว่าสิ่งย่อยนั้นมีความสัมพันธ์กับสิ่งใหญ่อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งใหม่กับสิ่งที่ผู้เรียนมีความรู้ หรือประสบการณ์มาแล้ว

- พยายามให้ตัวอย่างแตกต่างกันออกไปเพื่อช่วยอธิบายมโนทัศน์ (Concept) ใหม่ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

- ให้ตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่างที่ถูกต้องเพื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ถูกต้อง เช่น ให้ดูภาพกระป๋องน้ำ ภาพของจาน และบอกว่าภาพเหล่านี้ไม่ใช่ถ้วย เป็นต้น

- การเสนอเนื้อหาที่ยากควรให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมไปนามธรรม ถ้าเป็นเนื้อหาที่ไม่ยากนัก ให้เสนอตัวอย่างจากนามธรรมไปรูปธรรม

- กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดถึงความรู้และประสบการณ์เดิม

3.5.6 การกระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Responses)

หลังจากที่ผู้เรียนได้รับการชี้แนวทางการเรียนรู้แล้ว ขั้นต่อไปก็คือ การการกระตุ้นการตอบสนอง เพื่อให้ผู้สอนได้มีโอกาสทดสอบว่าผู้เรียนเข้าใจในสิ่งที่ตนกำลังสอนอยู่หรือไม่ และผู้เรียนก็จะได้มีโอกาสได้ทดสอบความเข้าใจของตนในเนื้อหาที่กำลังศึกษาอยู่

ทฤษฎีการเรียนรู้หลายทฤษฎีได้กล่าวว่า การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดนั้นเกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับและขั้นตอนของการประมวลข้อมูล หากผู้เรียนได้มีโอกาสร่วมคิดร่วมกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับเนื้อหา การถาม การตอบ ในด้านของการจำนั้นย่อมจะดีกว่าผู้เรียนโดยการอ่านหรือการคัดลอกข้อความจากผู้อื่นเพียงอย่างเดียว

คอมพิวเตอร์มีข้อได้เปรียบเหนืออุปกรณ์อื่น ๆ เช่น วีดิโอ ภาพยนตร์ สไลด์ เทป หรือสื่อการสอนอื่น ๆ ซึ่งจัดเป็นสื่อการสอนแบบไม่มีการโต้ตอบ (Non-Interactive) โดยการเรียนจากคอมพิวเตอร์นั้น ผู้เรียนสามารถมีกิจกรรมร่วมได้ในหลายลักษณะ ถึงแม้จะเป็นการแสดงความคิดเห็น การเลือกกิจกรรมและการโต้ตอบกับเครื่อง ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้เองที่ทำให้ผู้เรียนไม่รู้สึกเบื่อหน่าย และเมื่อมีส่วนร่วมก็ย่อมมีส่วนผูกประสานให้โครงสร้างของการจำดีขึ้น

สิ่งที่จะต้องพิจารณาเพื่อให้การจำของผู้เรียนดีขึ้น ผู้ออกแบบบทเรียนจึงควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกระทำในกิจกรรมขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- พยายามให้ผู้เรียนได้ตอบสนองด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งตลอดการเรียน

- ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพิมพ์คำตอบหรือข้อความสั้น ๆ เพื่อเร้าความสนใจ แต่ไม่ควรให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบที่ยาวเกินไป

- ถามคำถามเป็นช่วง ๆ ตามความเหมาะสมของเนื้อหา

- เร้าความคิด และจินตนาการด้วยคำถาม

- ไม่ควรถามครั้งเดียวหลาย ๆ คำถาม หรือถามคำถามเดียว แต่ตอบได้หลายคำตอบ ถ้าจำเป็นควรให้เลือกตอบตามตัวเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หลีกเลี่ยงการตอบสนองซ้ำ ๆ หลายครั้ง เมื่อทำผิดซักครั้งสองครั้งก็ควรจะให้ผลป้อนกลับ (Feedback) และเปลี่ยนไปทำกิจกรรมอื่นต่อไป

- ในการตอบสนองที่มีผิดพลาดด้วยความเข้าใจผิด เช่น การพิมพ์ตัว L กับเลข 1 หรือช่องว่างในการพิมพ์อาจเกินไปหรือขาดหาย บางครั้งใช้ตัวพิมพ์ใหญ่หรือตัวพิมพ์เล็ก

- ควรจะแสดงการตอบสนองของผู้เรียนบนเฟรมเดียวกับคำถาม และการตรวจคำตอบจะต้องอยู่บนเฟรมเดียวกันด้วย ซึ่งอาจจะเป็นเฟรมซ้อนขึ้นมาในเฟรมหลักก็ได้

3.5.7 การให้ผลป้อนกลับ (Provide Feedback)

การให้ผลป้อนกลับหรือการให้ข้อมูลย้อนกลับไปยังผู้เรียนนี้จะเกี่ยวกับความถูกต้องและระดับความถูกต้องของคำตอบ การให้ผลป้อนกลับนี้ถือว่าเป็นการเสริมแรงอย่างหนึ่ง นอกจากจะทำให้ผู้เรียนทราบว่าสิ่งที่ตนเข้าใจนั้นถูกต้องมากน้อยเพียงใดแล้ว ยังทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้อีกด้วย การวิจัยพบว่าการให้ผลป้อนกลับนั้นกระตุ้นให้เกิดความสนใจการเรียน

เราสามารถแบ่งการให้ผลป้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ออกเป็น 2 ประเภท ได้ดังนี้

3.5.7.1 ผลป้อนกลับตามลักษณะการปรากฏ

3.5.7.1.1 แบบไม่เคลื่อนไหว (Passive Feedback) หมายถึงการเสริมแรงด้วยการแสดงคำหรือข้อความว่า ถูกต้อง ผิด ข้อความว่า ตอบอีกครั้ง และคำเฉลยหรือข้อความที่บอกเป็นนัย ๆ

3.5.7.1.2 แบบเคลื่อนไหว (Active Feedback) หมายถึงการเสริมแรงด้วยการแสดงภาพหรือกราฟิก เช่น ภาพหน้ายิ้ม หน้าเสียใจ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วมักจะออกแบบให้มีลักษณะเคลื่อนไหวได้ นอกจากนั้นยังครอบคลุมถึงการใช้ภาพอธิบายคำตอบของผู้เรียน ซึ่งในบางครั้งการใช้ข้อความอธิบายอาจไม่ชัดเจนพอ

3.5.7.1.3 แบบโต้ตอบ (Interactive Feedback) หมายถึง การเสริมแรงด้วยการให้ผู้เรียนได้มีกิจกรรมเชิงโต้ตอบกับบทเรียน ซึ่งกิจกรรมนั้น ๆ ไม่ใช่เนื้อหาโดยตรง เช่น การเล่นเกมส์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เป็นต้น

3.5.7.1.4 แบบทำเครื่องหมาย (Markup Feedback) หมายถึง การทำเครื่องหมายบนคำตอบของผู้เรียนเมื่อคำตอบของผู้เรียนถูกแค่เพียงบางส่วน ซึ่งเครื่องหมายมักจะอยู่ในรูปของการขีดเส้นใต้ การใช้สีที่แตกต่าง เป็นต้น การทำเครื่องหมายนี้จำกัดเฉพาะข้อคำถามประเภทเติมคำหรือข้อความให้สมบูรณ์

3.5.7.2 ผลป้อนกลับตามธรรมชาติของเนื้อหา

3.5.7.2.1 ผลป้อนกลับพร้อมคำอธิบาย (Constructive Feedback) หมายถึง ผลป้อนกลับซึ่งช่วยให้คำอธิบายแก่ผู้เรียนว่าผู้เรียนทำถูกหรือผิด ถูกและผิดอย่างไร เพราะอะไร ซึ่งข้อมูลจากผลป้อนกลับ อาจอยู่ในลักษณะของการชี้ข้อผิดพลาดของคำตอบของผู้เรียน หรืออาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการบอกแนวทางให้แก่ผู้เรียนในการได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งผลป้อนกลับในลักษณะนี้นอกจากจะเป็นการเสริมแรงแล้ว ยังเป็นการให้ข้อมูลเพิ่มเติมแก่ผู้เรียนในการพยายามคิดหา หรือสร้างคำตอบที่ถูกต้องในการพยายามครั้งต่อไปอีกด้วย

3.5.7.2.2 ผลป้อนกลับไร้คำอธิบาย (Non-Constructive Feedback) ซึ่งหมายถึง ผลป้อนกลับซึ่งไม่ได้นำเสนอข้อมูลเพิ่มเติมอะไรแก่ผู้เรียน นอกจากข้อมูลว่าคำตอบที่ผู้เรียนเลือกนั้นถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง

สิ่งที่ควรพิจารณาในการให้ผลป้อนกลับ มีดังนี้

- ให้ผลป้อนกลับทันทีหลังจากผู้เรียนโต้ตอบ
- บอกให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูกหรือผิด โดยแสดงคำถาม คำตอบ และ ให้ผลป้อนกลับ บนเฟรมเดียวกัน
- ถ้าใช้ภาพในการให้ผลป้อนกลับ ควรเป็นภาพที่ง่ายและเกี่ยวข้องกับเนื้อหา
- หลีกเลี่ยงผลทางภาพหรือการให้ผลป้อนกลับที่ตื่นตา หากผู้เรียนทำผิด
- อาจใช้ภาพกราฟิกที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา หากภาพที่เกี่ยวข้องไม่สามารถกระทำได้
- อาจจะใช้เสียงสำหรับการให้ผลป้อนกลับ เช่น คำตอบที่ถูกต้อง และคำตอบที่ผิด โดยใช้เสียงแตกต่างกัน
- เฉลยคำตอบที่ถูก หลังจากผู้เรียนทำผิด 2 - 3 ครั้ง
- อาจจะใช้การให้คะแนนหรือภาพ เพื่อบอกความใกล้ - ไกลจากเป้าหมายก็ได้
- พยายามสุ่มการให้ผลป้อนกลับเพื่อเร้าความสนใจ

3.5.8 การทดสอบความรู้ (Access Performance)

การทดสอบความรู้ เป็นการประเมินว่าผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ตามที่ได้ตั้งเป้าหมายหรือไม่อย่างไร ซึ่งอาจจะเป็นการทดสอบหลังจากผู้เรียนได้เรียนจบวัตถุประสงค์หนึ่ง หรืออาจจะเป็นการทดสอบหลังจากผู้เรียนได้เรียนจบทั้งบทแล้วก็ได้ โดยการทดสอบความรู้นั้นนอกจากจะเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินตนเองแล้วผู้สอนก็ยังสามารถนำประโยชน์ของการทดสอบความรู้ไปใช้ในการประเมินว่า ผู้เรียนได้รับความรู้และความเข้าใจเพียงพอ ที่จะผ่านไปศึกษาในบทเรียนต่อไปหรือไม่ อย่างไร

ดังนั้น การทดสอบความรู้จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและขาดไม่ได้ ผู้ออกแบบบทเรียนควรใช้เวลาในการออกแบบการทดสอบความรู้ให้มาก เพื่อให้ได้มาซึ่งการทดสอบความรู้ที่เชื่อถือได้

สิ่งที่ควรพิจารณาในการทดสอบความรู้ มีดังนี้

- ต้องแน่ใจว่าสิ่งที่ต้องการวัดนั้นตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน
- ข้อทดสอบ คำตอบ และการให้ผลป้อนกลับ ควรอยู่บนเฟรมเดียวกัน และขึ้นต่อเนื่องกันอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หลีกเลี่ยงการให้ผู้เรียนพิมพ์คำที่ยาวเกินไป เว้นแต่จะต้องการทดสอบการพิมพ์
- ให้ผู้เรียนตอบครั้งเดียวในแต่ละคำถาม ยกเว้นในหนึ่งคำถามมีคำถามย่อยอยู่ด้วยให้แยกเป็นหลาย ๆ คำถาม
- บอกผู้เรียนด้วยว่า ควรจะตอบคำถามด้วยวิธีใด เช่น ให้กด T ถ้าเห็นว่าถูก และกด F เมื่อเห็นว่า ผิด เป็นต้น
- คำนึงถึงความแม่นยำและความเชื่อถือได้ของแบบทดสอบ
- อย่าด่วนรีบตัดสินคำตอบว่าผิดถ้าการตอบนั้นไม่ชัดแจ้ง เช่น ถ้าคำตอบที่ต้องการเป็นตัวอักษรแต่ผู้เรียนพิมพ์ตัวเลข ควรจะบอกให้ผู้เรียนตอบใหม่ไม่ใช่บอกว่าตอบผิด
- อย่าทดสอบโดยใช้ข้อเขียนเพียงอย่างเดียว ควรใช้ภาพประกอบการทดสอบบ้าง
- ไม่ควรตัดสินคำตอบว่าผิดหากผิดพลาดหรือเว้นวรรคผิด หรือใช้ตัวพิมพ์เล็กแทนที่จะเป็นตัวใหญ่

3.5.9 การจำและนำไปใช้ (Promote Rentention and Transfer)

สิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความคงทนในการจำความรู้ใดความรู้หนึ่ง นั้น ก็คือ การทำให้เกิดบริบทที่มีความหมายต่อผู้เรียน (Meaningful context) ทำให้ผู้เรียนตระหนักว่าข้อมูลความรู้ใหม่ที่ได้เรียนรู้ไปนั้น มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่ผู้เรียนมีความคุ้นเคยอย่างไร สำหรับขั้นตอนการสอนในส่วนของการนำไปใช้นั้น ผู้สอนจะต้องหากิจกรรมใหม่ ๆ และหลากหลายไว้ให้สำหรับผู้เรียน โดยกิจกรรมที่จัดหามานี้จะต้องเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ที่เพิ่งเรียนรู้มาที่แตกต่างไปจากตัวอย่างที่ใช้ในบทเรียน

ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จึงควรที่จะนำเสนอการสรุปแนวคิดที่สำคัญซึ่งครอบคลุมถึงการเชื่อมโยงข้อมูลความรู้ใหม่กับข้อมูลความรู้เดิมของผู้เรียน รวมทั้งการยกตัวอย่างสถานการณ์อื่น ๆ ที่แตกต่างไปจากตัวอย่างที่ใช้ในบทเรียน และนอกจากนี้ยังควรจัดให้มีคำแนะนำเกี่ยวกับแหล่งความรู้เพิ่มเติมอีกด้วย

สิ่งที่ควรพิจารณาในการจำและนำไปใช้ มีดังนี้

- สรุปกับผู้เรียนว่า ความรู้ใหม่มีส่วนสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์ที่ผู้เรียนคุ้นเคยมาแล้วอย่างไร
- ทบทวนแนวคิดที่สำคัญของเนื้อหาเพื่อเป็นการสรุป
- เสนอแนะเนื้อหาที่ความรู้ใหม่อาจถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้
- บอกผู้เรียน ถึงแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาต่อไป

ขั้นการสอน 9 ขั้นของ Gagne นี้เป็นเทคนิคการออกแบบบทเรียนที่ใช้ได้กว้าง ๆ แต่โดยวัตถุประสงค์ของเทคนิคดังกล่าว ก็เพื่อการวางแผนการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ เทคนิคอย่างหนึ่งในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ก็คือ การพยายามทำให้ผู้เรียนได้เกิดความรู้สึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใกล้เคียงกับการเรียนรู้จากผู้สอนโดยตรง โดยดัดแปลงขั้นการสอนนี้ ให้สอดคล้องกับสมรรถนะของคอมพิวเตอร์ จึงไม่จำเป็นต้องแยกเป็นลำดับตามที่เรียงไว้และไม่จำเป็นว่าจะต้องมีครบทั้ง 9 ขั้น ใครจะออกแบบบทเรียน โดยใช้เทคนิคการนำเสนอแบบใด หรือครอบคลุมขั้นการสอนอย่างไร ซึ่งขึ้นอยู่กับเทคนิคการนำเสนอและเนื้อหาของบทเรียนนั้น ๆ การยึดถือขั้นการสอนทั้ง 9 ขั้นนี้เป็นหลักและในขณะเดียวกันก็พยายามปรับเทคนิคการนำเสนอไม่ให้ซ้ำ ๆ กันจนน่าเบื่อหน่าย จึง เป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนควรจะต้องคำนึงถึง

3.6 โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI Authoring System) หมายถึง โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างบทเรียน ที่มีชุดคำสั่งให้ผู้ใช้สามารถเลือกทำงานได้หลายหลาก ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านภาษาคอมพิวเตอร์ ชุดคำสั่งนั้นอาจจะอยู่ในรูปของเมนูคำสั่ง หรือสัญลักษณ์ ผู้สร้างจะต้องทำการจัดเตรียมและออกแบบเนื้อหาไว้ก่อน โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะอ่านเนื้อหาบทเรียนที่จัดเตรียมไว้และแสดงเนื้อหานั้น ๆ ทีละหน้าจอ เนื้อหาของบทเรียนที่ได้รับการออกแบบนั้น มิได้จำกัดเฉพาะในรูปแบบของตัวอักษรและภาพนิ่งเหมือนกับสื่อสิ่งพิมพ์ แต่จะประกอบไปด้วยสื่อประสมต่าง ๆ ซึ่งอาจจะเป็น ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก ตาราง กราฟ ข้อมูลเสียง ภาพเคลื่อนไหว ภาพวีดิโอ หรือภาพสามมิติ โดยที่ผู้สร้างสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงข้อมูลสื่อประสมเหล่านี้ให้ทันสมัยได้อย่างง่ายดาย รวมทั้งสามารถใช้ในการสร้างแบบฝึกหัด/แบบทดสอบ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ และประเมินผลการเรียนของผู้เรียนได้อีกด้วย

สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับความนิยมแพร่หลายที่สุดในขณะนี้ ได้แก่ โปรแกรมออเธอร์แวร์ (Authorware) , โปรแกรมมัลติมีเดียทูลบุค (Multimedia ToolBook) และ โปรแกรมแมคโครมีเดียไดเร็คเตอร์ (Macromedia Director)

- โปรแกรม Authorware เป็นโปรแกรมที่ออกแบบให้มีการทำงานเป็นแบบโฟลว์ไลน์ (Flow line) ทำให้ดูใกล้เคียงกับโฟลว์ชาร์ต (Flow chart) ซึ่งง่ายต่อการออกแบบ และกำหนดให้การควบคุมวัตถุต่าง ๆ ที่จะปรากฏบนจอภาพเป็นแบบวิชวลกราฟิก (Visual Graphics) เกือบจะทั้งหมด ทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องกังวลในการจดจำคำสั่งต่าง ๆ

- โปรแกรม Multimedia ToolBook จะเน้นให้มีการควบคุมวัตถุ ด้วยภาษาสคริปต์เป็นหลัก ซึ่งดูยากกว่า Authorware แต่ความยืดหยุ่นในการใช้งานจะดีกว่า สามารถนำไปพัฒนาโปรแกรมประยุกต์หรือโปรแกรมสำเร็จรูปได้ในตัวเอง ทำให้สามารถสร้างโปรแกรมย่อย ๆ สำหรับผู้ใช้ทั่วไป และสามารถสร้างเนื้อหาจากโปรแกรมได้ทันที

- โปรแกรม Macromedia Director ทำการควบคุมวัตถุด้วยภาษาสคริปต์ เช่นเดียวกับโปรแกรม Multimedia Toolbook แต่จะเป็นแนวคิดของการสร้างภาพยนตร์ ซึ่งมีตารางแสดงช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา (Time Duration) และการแสดง (Action) ของแต่ละวัตถุ จึงมีความยืดหยุ่นได้มากกว่าและเหมาะสำหรับผู้ที่มีความชำนาญ หรือคุ้นเคยกับโปรแกรม Authorware และ Multimedia Toolbook มาก่อนแล้ว

สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์แมคอินทอช (Macintoch) โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับความนิยมแพร่หลายมากที่สุด ได้แก่ โปรแกรมไฮเปอร์คาร์ด (Hypercard) และโปรแกรมซุปเปอร์คาร์ด (Supercard)

โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เป็นภาษาไทยนั้น ได้มีผู้พัฒนาโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่หลายโปรแกรมด้วยกัน เช่น โปรแกรมจุฬา CAI , ไทยทัศน์ และไทยโชว์ เป็นต้น

ส่วนใหญ่แล้ว โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะมีลักษณะการใช้งานที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ผู้เรียนจะต้องเริ่มจากการสร้างวัตถุต่าง ๆ เช่น เฟรมหรือหน้าจอของบทเรียน กรอบใส่ข้อความ ภาพ หรือปุ่มในการควบคุมบทเรียน ฯลฯ แล้วนำวัตถุต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นมาประกอบเชื่อมโยงและจัดลำดับเข้าด้วยกัน สิ่งที่สำคัญคือการที่ผู้สร้างจะต้องรู้จักการออกแบบบทเรียนในลักษณะที่เอื้ออำนวยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งตอบสนองต่อความแตกต่างรายบุคคลของผู้เรียน รวมทั้งให้เกิดการโต้ตอบ ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียนให้มากที่สุด สำหรับบางโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นอกจากผู้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือต่าง ๆ ของโปรแกรมแล้ว ผู้สร้างจะต้องเรียนรู้วิธีการเขียนสคริปต์ของโปรแกรมอีกด้วย การเขียนสคริปต์สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จะมีความคล้ายคลึงกับการเขียนภาษาโปรแกรม ดังนั้น ผู้ใช้จึงจำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม หรือชุดคำสั่งในขั้นพื้นฐานบ้าง เช่น ในเรื่องของโครงสร้างการตัดสินใจ การเขียนผังงาน หลักในการเขียนสคริปต์ของโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นต้น

3.7 การจัดหาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การจัดหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาใช้ในการเรียนการสอนนั้นมีอยู่ 3 วิธีด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีจะมีข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบ ดังนี้

3.7.1 การใช้บทเรียนที่มีผู้สร้างไว้แล้ว ข้อได้เปรียบของวิธีการนี้คือ ประหยัดเวลาและนำมาใช้ได้ทันที แต่ข้อเสียคือ อาจได้งานที่ไม่ตรงกับความต้องการทีเดียวนัก จึงต้องประเมินคุณค่าของบทเรียนเสียก่อน

3.7.2 การสร้างบทเรียนขึ้นใช้เอง

3.7.2.1 ใช้โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI Authoring System) ข้อได้เปรียบของวิธีนี้ก็คือ โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นโปรแกรมที่เรียนรู้ได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งยังใช้เวลาในการเรียนรู้ไม่มากนัก การใช้โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะเร็วกว่าการสร้างจากภาษาคอมพิวเตอร์ทั่วไป 10 – 50 เท่า (Bramble and Mason, 1995) และข้อได้เปรียบที่สำคัญก็คือโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถรองรับการนำเสนอแบบมัลติมีเดียได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ข้อเสีย คือ ไม่เหมาะกับงานที่สลับซับซ้อน และมีราคาแพง

3.7.2.2 ใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ เช่น ภาษาซี ภาษาแอสเซมบลี และภาษาปาสคาล ฯลฯ ข้อได้เปรียบของวิธีนี้ คือสามารถสร้างบทเรียนที่สลับซับซ้อนได้ และได้ซอฟต์แวร์ที่ทำงานเร็ว แต่ข้อเสีย คือใช้เวลานาน (ข้อเสนอแนะ : ควรทำงานเป็นทีมและมีโปรแกรมเมอร์เข้าช่วย)

3.7.3 การจ้างโปรแกรมเมอร์ ข้อได้เปรียบของวิธีนี้ คือ การได้งานซึ่งมีคุณภาพสูง และตรงกับความต้องการ แต่ข้อเสียก็คือ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก

การจัดหาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้ง 3 วิธีนี้ ควรคำนึงถึงความเหมาะสมเป็นหลัก ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อช่วยสอนหรือทบทวนทักษะพื้นฐานของนักเรียน ในวิชาพิมพ์ดีดและวิชาคณิตศาสตร์ ฯลฯ วิธีที่ 1 น่าจะเป็นทางเลือกที่น่าสนใจที่สุด เนื่องจากบทเรียนที่เกี่ยวกับทักษะพื้นฐานนั้นมักจะมีผู้สร้างได้แล้ว อย่างไรก็ตามถ้าไม่มีผู้ใดสร้างไว้หรือมีแล้วแต่ไม่ตรงกับความต้องการ วิธีที่ 2 ก็เป็นทางเลือกที่น่าสนใจ (หากบทเรียนไม่ต้องการความสลับซับซ้อนมากนัก ควรเลือกใช้โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแทนการพัฒนาบทเรียนด้วยภาษาคอมพิวเตอร์) ส่วนวิธีการที่ 3 น่าจะเป็นทางเลือกสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสงในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอน คือ การวิเคราะห์เนื้อหาวิชา การออกแบบบทเรียน การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การทดลองใช้และการประเมินผลและสรุปผลการวิจัย เขียนรายงานการวิจัย และจัดพิมพ์รายงาน

4.1 การวิเคราะห์เนื้อหาวิชา

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหาวิชา โดยศึกษาค้นคว้าข้อมูลจาก หนังสือ เอกสารตำรา และสื่อต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการสื่อสารเส้นใยนำแสง แล้วนำมาสรุปรวบรวมกำหนดเป็นวัตถุประสงค์ จัดลำดับเนื้อหาให้มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน และเขียนหัวข้อเรื่องตามลำดับเนื้อหาวิชาที่จะนำมาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

จากการดำเนินการ ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์และหัวข้อเนื้อหาวิชา ของแต่ละบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ (Introduction)

<u>วัตถุประสงค์</u> เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

- บอกข้อดีของเส้นใยนำแสง
- บอกคุณลักษณะที่สำคัญของแสงที่ใช้ในการสื่อสารเส้นใยนำแสง
- อธิบายประเภทการสูญเสียที่สำคัญในการส่งข้อมูลด้วยแสง
- บอกวิธีการผสมคลื่นสัญญาณ (Modulation) ที่ใช้ในการสื่อสารเส้นใยนำแสงอย่างน้อย 3 วิธี รวมทั้งข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธี
- อธิบายถึงประโยชน์ของการมัลติเพลกซ์ทางแสง และการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (wavelength division multiplexing)

<u>เนื้อหา</u>

ประกอบด้วย ข้อดีของเส้นใยนำแสง คุณสมบัติของแสง สเปคตรัมทางแสง ความยาวคลื่น แบนด์วิดธ์ (Bandwidth) การแพร่กระจาย (Dispersion) การผิดเพี้ยนของสัญญาณ (Distortion) การผสมคลื่นสัญญาณ และการมัลติเพลกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 พฤติกรรมของแสง (Behavior of Light)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

- นิยาม การหักเห การสะท้อน และการเลี้ยวเบน และอธิบายว่าสิ่งเหล่านี้สามารถใช้ในการอธิบายการเดินทางของแสงได้อย่างไร
- อธิบายข้อแตกต่างและคล้ายคลึงกัน ระหว่าง การหักเห การสะท้อน และการเลี้ยวเบน
- อธิบายถึงการสะท้อนกลับหมดภายในเส้นใยนำแสง ว่าสามารถรักษาลำแสงให้อยู่ภายในตัวกลางได้อย่างไร
- อธิบายและเปรียบเทียบการสื่อสารเส้นใยนำแสง แบบซิงเกิลโหมด (Single mode) และแบบมัลติโหมด (Multimode)

เนื้อหา

ประกอบด้วย การหักเห ความเร็วกลุ่ม ค่าดัชนีหักเห การสะท้อน กฎของสเนล (Snell's Law) การสะท้อนกลับหมดภายใน การเลี้ยวเบน แสงซิงเกิลโหมดและมัลติโหมด

บทที่ 3 เส้นใยนำแสง (Fiber Optic)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

- จำแนกและอธิบายถึงส่วนประกอบของเส้นใยนำแสง
- บอกคุณลักษณะของเส้นใยนำแสง และความสำคัญเมื่อเลือกเส้นใยนำแสงสำหรับใช้งานประเภทต่าง ๆ
- อธิบายความสำคัญของเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนกลางเส้นใยนำแสง (core) ที่ใช้ในการสื่อสารเส้นใยนำแสง
- บอกปัญหาที่ได้แก้ไขได้โดยการใช้เส้นใยนำแสงแบบเกรดอินเด็กซ์ (graded index) และอธิบายว่าแก้ปัญหาได้อย่างไร
- จำแนกข้อแตกต่างที่สำคัญ ระหว่างเส้นใยนำแสงที่ทำมาจากแก้วกับเส้นใยนำแสงที่ทำมาจากพลาสติก และจะใช้แต่ละประเภทเมื่อไหร่

เนื้อหา

ประกอบด้วย ส่วนประกอบของเส้นใยนำแสง คุณสมบัติของเส้นใยนำแสง รหัสสี (Color coding) แรงตึง (Tensile loads) รัศมีการโค้งงอ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนำแสง เส้นใยนำแสงแบบสเตปอินเด็กซ์ (Step Index Fibers) เส้นใยนำแสงแบบเกรดอินเด็กซ์ แก้วและพลาสติก เคเบิลเส้นใยนำแสงแบบต่าง ๆ เช่น ลูสบัฟเฟอร์ (loose buffer) ไทต์บัฟเฟอร์ (tight buffer) และใต้ทะเล (undersea) ฯลฯ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 แหล่งกำเนิดแสง (Fiber Optic Light Sources)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

- อธิบายคุณลักษณะทั่วไปของแหล่งกำเนิดแสง ที่ใช้ในการสื่อสารเส้นใยนำแสง
- นิยามและอธิบายถึงความสำคัญของแหล่งกำเนิดแสง ชนิดเซมิคอนดักเตอร์พีเอ็นจังค์ชั่น
- อธิบายและเปรียบเทียบข้อแตกต่างและคล้ายคลึงกัน ระหว่างไดโอดเปล่งแสง (LED) และเลเซอร์ (LASER) ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารเส้นใยนำแสง
- เขียนผังการทำงานของทรานสมิตเตอร์เส้นใยนำแสงได้อย่างถูกต้อง

เนื้อหา

ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสง เซมิคอนดักเตอร์พีเอ็นจังค์ชั่น ไดโอดเปล่งแสง เลเซอร์ การเปรียบเทียบไดโอดเปล่งแสงกับเลเซอร์ คุณภาพกำลังแสงเอาต์พุต ความกว้างของสเปคตรัมแสง ลักษณะของเอาต์พุตและอายุการใช้งานแหล่งกำเนิดแสง การทำงานและการประกอบวงจรชุดส่งสัญญาณแสง

บทที่ 5 อุปกรณ์รับแสง (Optical Reception)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

- อธิบายถึงคุณลักษณะทั่วไปของอุปกรณ์รับสัญญาณแสง ที่ใช้ในการสื่อสารเส้นใยนำแสง
- อธิบายองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อความไวของอุปกรณ์รับสัญญาณแสง
- อธิบายถึงสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ที่สามารถก่อให้เกิดปัญหาในอุปกรณ์รับสัญญาณแสง
- อธิบายประเภทต่าง ๆ ของโฟโตไดโอดที่ใช้ในการสื่อสารเส้นใยนำแสง และข้อแตกต่างและคล้ายคลึงกัน อย่างน้อย 3 ประเภท
- เขียนผังการทำงานของอุปกรณ์รับสัญญาณแสงได้อย่างถูกต้อง

เนื้อหา

ประกอบด้วย ดีเทกเตอร์ (Detectors) และคุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ความไวต่อสัญญาณ กระแสดาร์คเคอร์เรนต์ (Dark current) สัญญาณรบกวน ความเร็ว แบนด์วิดธ์ และเวลาการตอบสนอง บิตเออเรอร์เรต (BER) ช่วงไดนามิก พีเอ็นโฟโตไดโอด (PN photodiodes) พินโฟโตไดโอด (PIN photodiodes) อะวาแลนช์โฟโตไดโอด (Avalanche photodiodes) และการทำงานของชุดอุปกรณ์รับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 บทสรุป (Summary)

<u>วัตถุประสงค์</u> เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

- สรุปข้อดี 7 ประการของเส้นใยนำแสง
- อธิบายการใช้งานของไดโอดเปล่งแสง และเลเซอร์ ที่ใช้ในการสื่อสารเส้นใยนำแสง
- อธิบายเคเบิลเส้นใยนำแสงประเภทต่าง ๆ และองค์ประกอบที่สำคัญ
- อธิบายถึงบทบาทของแหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์รับแสง

<u>เนื้อหา</u>

ประกอบด้วย ทำไมต้องใช้เส้นใยนำแสง แหล่งกำเนิดแสง ไดโอดเปล่งแสง เลเซอร์ เคเบิลเส้นใยนำแสง และดีเทกเตอร์

4.2 การออกแบบบทเรียน

การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ เป็นการทำงานกับคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกับการสร้างบทภาพยนตร์ ซึ่งประกอบด้วยการเขียนบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) ผังการทำงาน (Flowchart) และ งานเชิงศิลป์ (Art Proofs)

4.2.1 บทดำเนินเรื่อง (Storyboard) เป็นการเขียนรายละเอียดของบทคำบรรยายเนื้อหาวิชาและแบบฝึกหัด ซึ่งได้แก่ ข้อความอธิบายรูปภาพ บทสนทนาวีดิโอ การบอกจังหวะของการปรากฏรูปภาพ เสียง และข้อความตัวอักษร รวมถึงเอฟเฟคต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็นเฟรม ๆ เรียงตามลำดับตั้งแต่เฟรมแรกจนถึงเฟรมสุดท้ายของบทเรียน ตามวัตถุประสงค์และเนื้อหาวิชาที่ได้วิเคราะห์ไว้เป็นหลัก รูปแบบของการนำเสนอจะมีลักษณะเช่นเดียวกับบทสคริปต์ของการถ่ายทำสไลด์ หรือภาพยนตร์ เนื่องจากบทดำเนินเรื่องนี้จะใช้เป็นแนวทางในการสร้างบทเรียนในขั้นต่อไป ดังนั้นการสร้างบทดำเนินเรื่องจะต้องมีความละเอียด รอบคอบ และสมบูรณ์ เพื่อให้การสร้างบทเรียนในขั้นตอนต่อไปสามารถกระทำได้ง่าย เป็นระบบ และสะดวกต่อการแก้ไขบทเรียนในภายหลัง

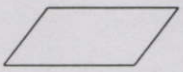
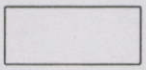
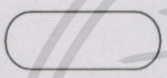
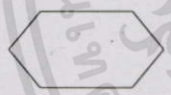
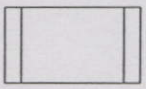
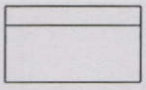
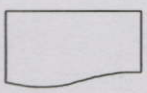
คำบรรยายเนื้อหาวิชาและแบบฝึกหัด ประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสงตาม ผนวก ก.

4.2.2 ผังการทำงาน เป็นแผนภูมิที่แสดงความสัมพันธ์ของบทดำเนินเรื่อง ซึ่งเป็นการจัดลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาในแต่ละส่วน การเชื่อมโยงบทเรียน หรือโมดุลย่อยของแต่ละส่วนจากไหนไปไหนมีความสัมพันธ์กันอย่างไร การเดินหน้าและถอยหลัง ซึ่งฝ่ายศิลป์และคอมพิวเตอร์ต้องทำงานร่วมกันอย่างมาก เพราะบางครั้งในการออกแบบจะมีข้อจำกัดทางด้านอุปกรณ์ที่เลือกใช้รวมทั้งข้อจำกัดทางด้านซอฟต์แวร์ต่าง ๆ อีกด้วย

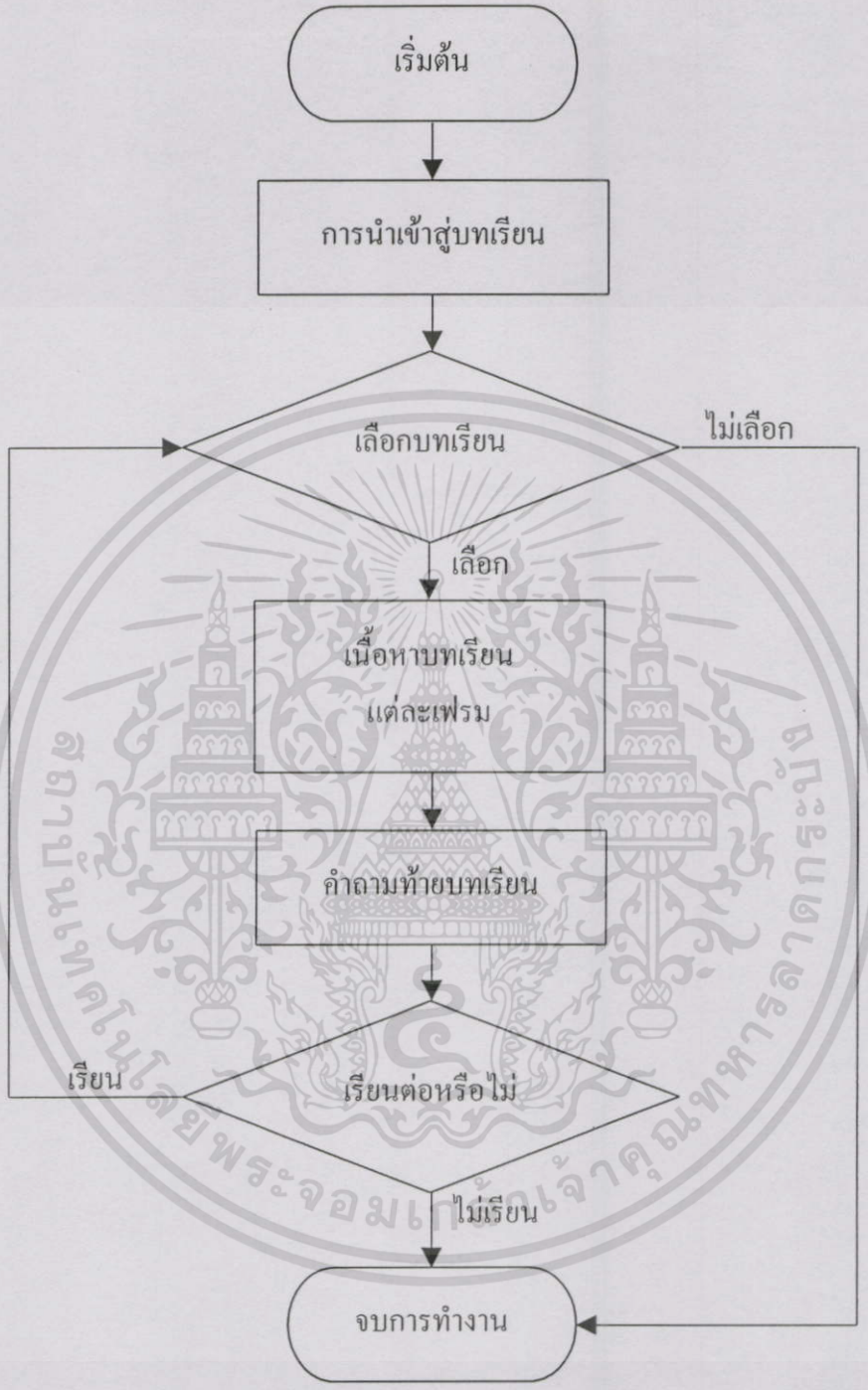
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนผังการทำงานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จะอาศัยหลักการของการเขียนโปรแกรมมาใช้ ซึ่งมีสัญลักษณ์ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนผังการทำงานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ใช้แสดงคำสั่งที่เกี่ยวกับอินพุตและเอาต์พุต
	ใช้แสดงกิจกรรมประมวลผล เช่น การคำนวณ
	แสดงทิศทาง
	แสดงจุดเริ่มต้นหรือจุดสุดท้ายของกิจกรรม
	แสดงการตัดสินใจ
	แสดงการเชื่อมโยง
	แสดงการเตรียมการ
	แสดงการเชื่อมต่อระหว่างกิจกรรม
	แสดงหมายเหตุ
	แสดงโปรแกรมย่อยภายนอก
	แสดงโปรแกรมย่อยภายใน
	แฟ้มข้อมูล
	เอกสารสิ่งพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ผังการทำงานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4.2.3 งานเชิงศิลป์ (Art Proofs) เป็นการออกแบบปุ่มสัญลักษณ์ ตัวอักษร ฉากหลัง สี เสียง และส่วนประกอบที่ละเอียดอ่อนต่าง ๆ ให้กลมกลืนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในขั้นนี้ จะยึดถือตามขั้นตอนที่ดำเนินการมาแล้วทั้งหมด เพื่อสร้างบทเรียนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำได้ 2 ลักษณะตามที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับสร้างบทเรียนโดยเฉพาะในลักษณะของระบบนิพนธ์บทเรียน ซึ่งการใช้โปรแกรมประเภทนี้เหมาะสำหรับผู้สอนทั่ว ๆ ไป โดยไม่จำเป็นต้องมีทักษะทางด้านการเขียนโปรแกรมมาก่อน ส่วนอีกลักษณะหนึ่งนั้น ก็คือการใช้โปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ วิธีการสร้างบทเรียนแบบนี้จะเป็นการใช้ภาษาคอมพิวเตอร์สร้างบทเรียน โดยที่ผู้สร้างจะต้องอาศัยความชำนาญ และมีประสบการณ์ในด้านการเขียนโปรแกรมต่าง ๆ มาแล้วเป็นอย่างดี

ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Authoring System) ที่มีชื่อเรียกว่า ออเธอร์แวร์ (Authorware 5.1) เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อการใช้งาน สนับสนุนงานด้านมัลติมีเดีย และสามารถเผยแพร่บทเรียนคอมพิวเตอร์ไปบนเครือข่ายอินเทอร์เนตได้ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

4.3.1 การเตรียมการในด้านบุคลากรและอุปกรณ์ ซึ่งได้แก่ การศึกษาโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและโปรแกรมสนับสนุนต่าง ๆ การจัดหาเครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ประกอบ เพื่อใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นต้น

- โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ได้ศึกษาและนำมาใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ โปรแกรม Macromedia Authorware 5.1 รายละเอียดตาม ผนวก ข.

- โปรแกรมสนับสนุนต่าง ๆ ได้แก่ โปรแกรมโฟโตชอป (Adobe PhotoShop), โปรแกรมวิสิโอ (Visio), โปรแกรมเจต-ออดิโอ (Jet-Audio) ใช้สำหรับการบันทึกเสียง, โปรแกรมพรีเมียร์ (Adobe Premiere) ใช้สำหรับการตัดต่อเสียงและวีดิโอ, โปรแกรมไดเรกเตอร์ (Macromedia Director), โปรแกรมกิฟอานิเมเตอร์ (Ulead Gif Animator) ใช้สำหรับสร้างภาพเคลื่อนไหว, โปรแกรมแฟรส (Macromedia Flash) และโปรแกรมไมโครซอฟต์เวิร์ด (Microsoft Word 97) ฯลฯ

4.3.2 การศึกษาบทดำเนินเรื่องและผังการทำงานของบทเรียน เพื่อที่จะได้ทราบถึงขอบเขตของบทเรียน ลักษณะของเนื้อหาวิชา รูปภาพ เสียงประกอบ และองค์ประกอบอื่น ๆ

4.3.3 การออกแบบหน้าจอ ปกติหน้าจอของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะประกอบด้วย ชื่อเรื่อง รายการเมนูหลัก แป้นควบคุมบทเรียน พื้นที่แสดงเนื้อหาบทเรียน พื้นที่การตอบสนองผู้เรียน และส่วนประกอบอื่น ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้พัฒนาบทเรียนว่าจะออกแบบอย่างไรจึงจะเร้าความสนใจ และส่งเสริมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้ดีที่สุด

4.3.4 การสร้างข้อความ รูปภาพ และเสียงประกอบ ในส่วนนี้ จะหมายถึงการสร้างเนื้อหาในแต่ละเฟรมตามบทดำเนินเรื่องของบทเรียนที่ได้ออกแบบไว้ ให้อยู่ในรูปของไฟล์คอมพิวเตอร์ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- งานด้านกราฟิก ตั้งแต่การจัดวาดรูปบนกระดาษ วาดบนคอมพิวเตอร์ การนำภาพนิ่งเข้ามาจากหนังสือ จากสไลด์ การตกแต่งแก้ไขภาพ การทำภาพ 2 มิติ 3 มิติ หรืออานิเมชั่น โดยจัดทำเป็นไฟล์กราฟิก ในรูปแบบต่าง ๆ

- งานด้านวีดีโอ การถ่ายทำ การตัดต่อ การตกแต่ง แก้ไขภาพ แทรก ตัวอักษร การซ้อนภาพ การบีบอัด การทำ ดิจิตอลวีดีโอรูปแบบต่าง ๆ (JPEG , MPEG , QPEG) ให้เรียบร้อย อยู่ในรูปของไฟล์ทางคอมพิวเตอร์

- งานด้านเสียง การแต่งดนตรีประกอบ การตัดต่อ การอัดเสียงบทพากย์ การแก้ไข ดัดแปลงเสียง การผสมเสียง การบีบอัด การทำเสียงทุกอย่างให้เป็นไฟล์ทางคอมพิวเตอร์

- งานด้านอักษร การตรวจแก้ไขลำดับ การสะกดคำ การแบ่งช่วง เว้นวรรค และการเลือกลักษณะตัวอักษร เป็นต้น

4.3.5 การจัดการดำเนินการเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในขั้นนี้จะเป็นการนำเนื้อหาแต่ละเฟรม มาดำเนินการให้เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ โดยการทำตามผังการงานของบทเรียนที่ได้ออกแบบไว้ ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่มีชื่อเรียกว่า ออเธอร์แวร์ มาทำหน้าที่จัดการทั้งหมด เพื่อสร้างเป็นบทเรียนตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ข้างต้น

งานนิพนธ์บทเรียน นี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการนำข้อมูลที่เป็นไฟล์คอมพิวเตอร์ทั้งหมดมาจัดเรียงเพื่อเพิ่มคำสั่งต่าง ๆ ให้ทำงานต่อเนื่องกัน หรือโต้ตอบกับผู้ใช้งาน การเริ่มใช้งาน การเลิกใช้งาน การให้ความช่วยเหลือ การติดตั้งซอฟต์แวร์ การทดสอบ การตรวจสอบขั้นตอนย่อย (Debug)

4.3.6 การทดสอบบทเรียนขั้นต้น เป็นส่วนที่จะต้องกระทำภายหลังที่ได้สร้างบทเรียนเสร็จแล้ว ซึ่งได้ทำการทดสอบเป็นส่วน ๆ เพื่อทดสอบความถูกต้องของเนื้อหา และวิธีการใช้งาน นอกจากนี้ยังเป็นการพิจารณาความสมบูรณ์ของบทเรียนไปในตัวอีกด้วย

4.4 การทดลองใช้และประเมินผล

เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งก่อนที่จะทำการประเมินผลบทเรียน จะต้องทำการทดลองใช้บทเรียนเสียก่อน เพื่อทดสอบหาความถูกต้องและสมบูรณ์ของบทเรียน ความชัดเจนทางด้านภาษา รูปภาพ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของบทเรียน

สำหรับการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง ที่ได้สร้างขึ้นนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบประเมินผลคุณภาพบทเรียนใน 5 ด้าน ได้แก่ การนำเข้าสู่บทเรียน การนำเสนอบทเรียน การปฏิสัมพันธ์ แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ และองค์ประกอบทั่วไป รายละเอียดตาม ผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลของการวิจัย

การทดลองวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาและสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสงเบื้องต้น ที่มีเนื้อหาวิชาประกอบด้วย รูปภาพ ตัวอักษร เสียงบรรยาย และเสียงดนตรี ในลักษณะที่สามารถโต้ตอบกับผู้เรียนได้ โดยใช้เวลาในการวิจัยทั้งสิ้นประมาณ 2 ปี (นอกเวลาราชการ)

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของหัวข้อเรื่องต่อไปนี้ คือ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น การทดลองใช้และประเมินผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

รูปที่ 5.1 หน้านำเรื่องของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น

5.1 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น

5.1.1 ไฟล์องค์ประกอบหลัก

5.1.1.1 ไฟล์ CAIFOC.EXE เป็นไฟล์หลักที่ประกอบด้วยเนื้อหาวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง บทเรียนที่ 1 – 6 มีขนาด 7.96 เมกะไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1.2 ไฟล์ DRILL1.EXE เป็นไฟล์แบบฝึกหัดของบทเรียนที่ 1 มีขนาด 2.15 เมกะไบต์

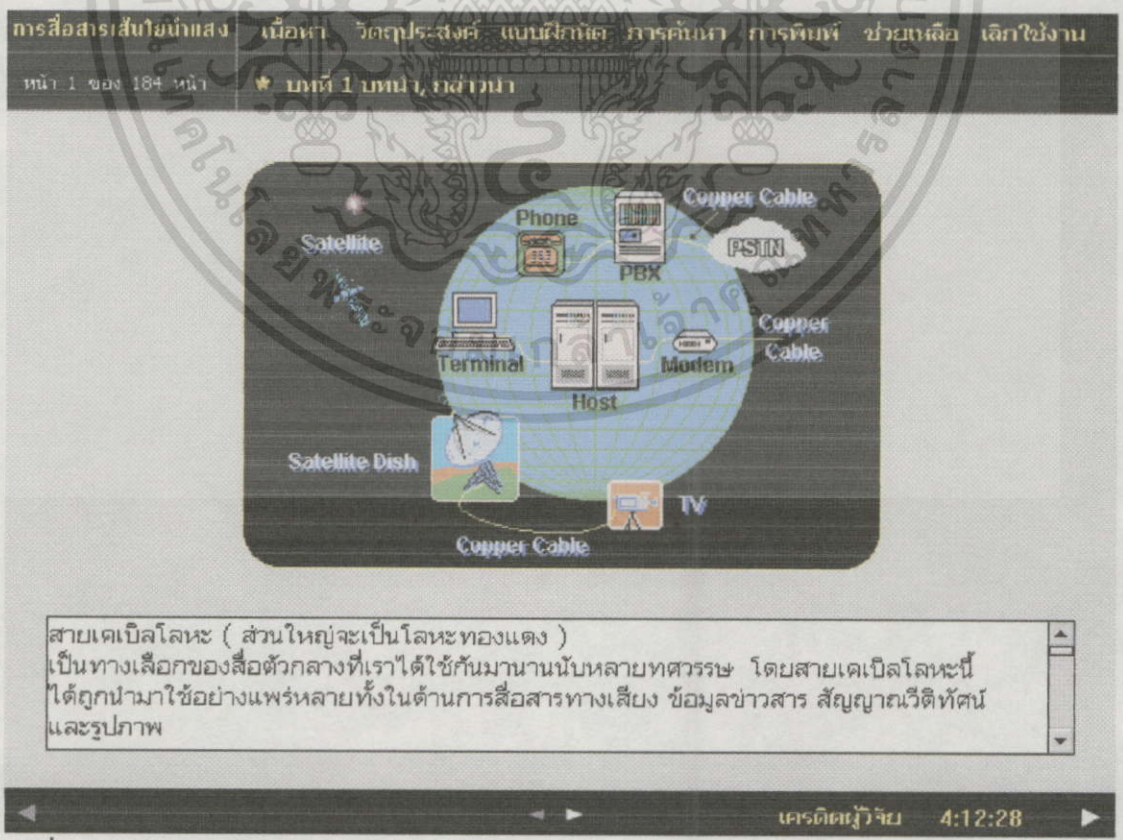
5.1.1.3 ไฟล์ DRILL2.EXE เป็นไฟล์แบบฝึกหัดของบทเรียนที่ 2 มีขนาด 1.00 เมกะไบต์

5.1.1.4 ไฟล์ DRILL3.EXE เป็นไฟล์แบบฝึกหัดของบทเรียนที่ 3 มีขนาด 1.52 เมกะไบต์

5.1.1.5 ไฟล์เสียงบรรยาย (*.WAV) จำนวน 679 ไฟล์ มีขนาดรวมทั้งสิ้น 300 เมกะไบต์

5.1.2 การนำเข้าสู่บทเรียน

เมื่อเข้าสู่โปรแกรม (โดยการกดดับเบิลคลิกไฟล์ CAIFOC.EXE) จะปรากฏหน้านำเรื่อง (Title Page) ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 5.1 ซึ่งประกอบด้วย ชื่อเรื่องของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หัวข้อเนื้อหาในบทเรียน ผู้วิจัย อาจารย์ที่ปรึกษา พร้อมกับรูปภาพกราฟิกที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารเส้นใยนำแสงและเสียงดนตรีประกอบ ต่อจากนั้นจะให้ผู้เรียนป้อนข้อมูลเบื้องต้นซึ่งประกอบด้วย ชื่อ นามสกุล และรหัสผ่าน (ป้อนรหัสผ่านยาวได้ไม่เกิน 12 ตัวอักษร) เมื่อป้อนข้อมูลครบถ้วนและถูกต้องแล้ว หน้าจอจะเปลี่ยนเป็นดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ลักษณะหน้าจอของบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ลักษณะหน้าจอของบทเรียน

การออกแบบหน้าจอสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในเรื่องการสื่อสารเส้นใยนำแสงในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดความละเอียดในการแสดงผลไว้ที่ 640 x 480 จุด โดยได้แบ่งพื้นที่หน้าจอ ออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

5.1.3.1 ส่วนด้านบน

- บรรทัดแรก จะเป็นชื่อเรื่องของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามด้วยเมนูหลัก
- บรรทัดที่สอง จะบอกหมายเลขหน้าของบทเรียน (หน้า ..... ของ ..... หน้า) แล้วตามด้วยชื่อของบทเรียน และหัวข้อเนื้อหาวิชาตามลำดับ

(การเลื่อนเมาส์ไปตามรายการในเมนูหลัก จะทำให้สีตัวอักษรของเมนูในรายการนั้น ๆ เปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีแดง)

5.1.3.2 ส่วนตรงกลาง

จะใช้เป็นพื้นที่สำหรับแสดงเนื้อหาบทเรียน แบบฝึกหัด และการโต้ตอบกับผู้เรียน โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่สำหรับแสดงรูปภาพ-กราฟิก และพื้นที่สำหรับคำบรรยายเนื้อหาวิชา

คำบรรยายเนื้อหาวิชา จะมีลักษณะเป็นข้อความตัวอักษรอยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าในลักษณะที่เรียกว่า Scrolling Text ซึ่งจะมีปุ่มศรชี้ขึ้น-ลง ให้ผู้เรียนสามารถใช้ในการเลื่อนบรรทัดตัวอักษรให้เลื่อนขึ้น-ลง ได้ (ในกรณีที่มีคำบรรยายมากเกินกรอบสี่เหลี่ยม)

5.1.3.3 ส่วนด้านล่าง

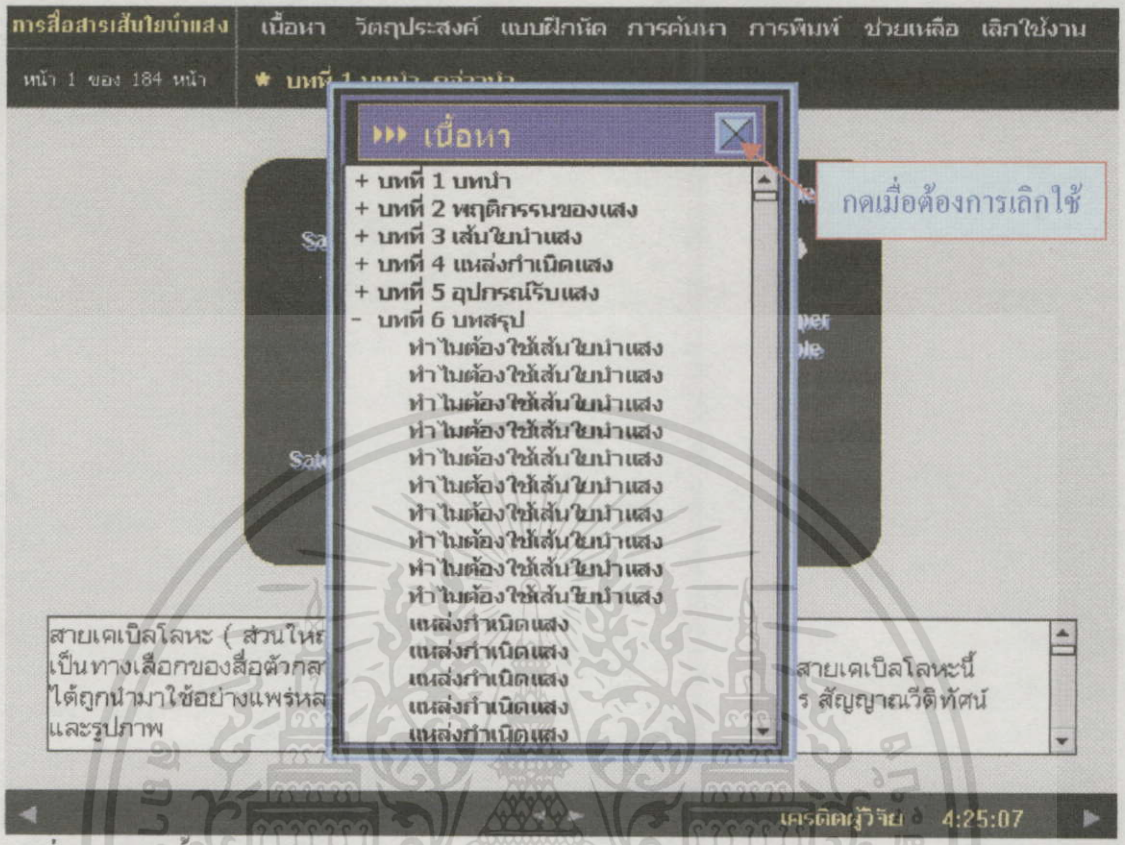
เป็นพื้นที่สำหรับการควบคุมบทเรียน เช่น ปุ่มบทเรียนต่อไป ปุ่มบทเรียนที่ผ่านมา (ปุ่มสามเหลี่ยมขวา – ซ้าย ขนาดใหญ่) ปุ่มหน้าต่อไป ปุ่มหน้าที่ผ่านมา (ปุ่มสามเหลี่ยมขวา – ซ้าย ขนาดเล็ก) และส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ปุ่มปิด-เปิดเสียงบรรยาย เครดิตของผู้วิจัย และนาฬิกาบอกเวลา เป็นต้น

การใช้งานปุ่มควบคุมบทเรียน ให้เลื่อนเมาส์ไปยังปุ่มนั้น ๆ แล้วกดปุ่มเมาส์ด้านซ้ายหนึ่งครั้ง (ปุ่มที่พร้อมทำงานจะมีสีขาวและเมื่อเลื่อนเมาส์ไปยังปุ่มนั้น ๆ สีขาวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแทน ส่วนปุ่มที่ไม่พร้อมทำงานจะมีสีเทา)

5.1.4 เมนูหลัก

เมนูหลักจะประกอบด้วยเมนูเนื้อหาบทเรียน วัตถุประสงค์ แบบฝึกหัด การค้นหา การพิมพ์ การช่วยเหลือ และการเลิกใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 เมนูเนื้อหาบทเรียน

5.1.4.1 เมนูเนื้อหาบทเรียน

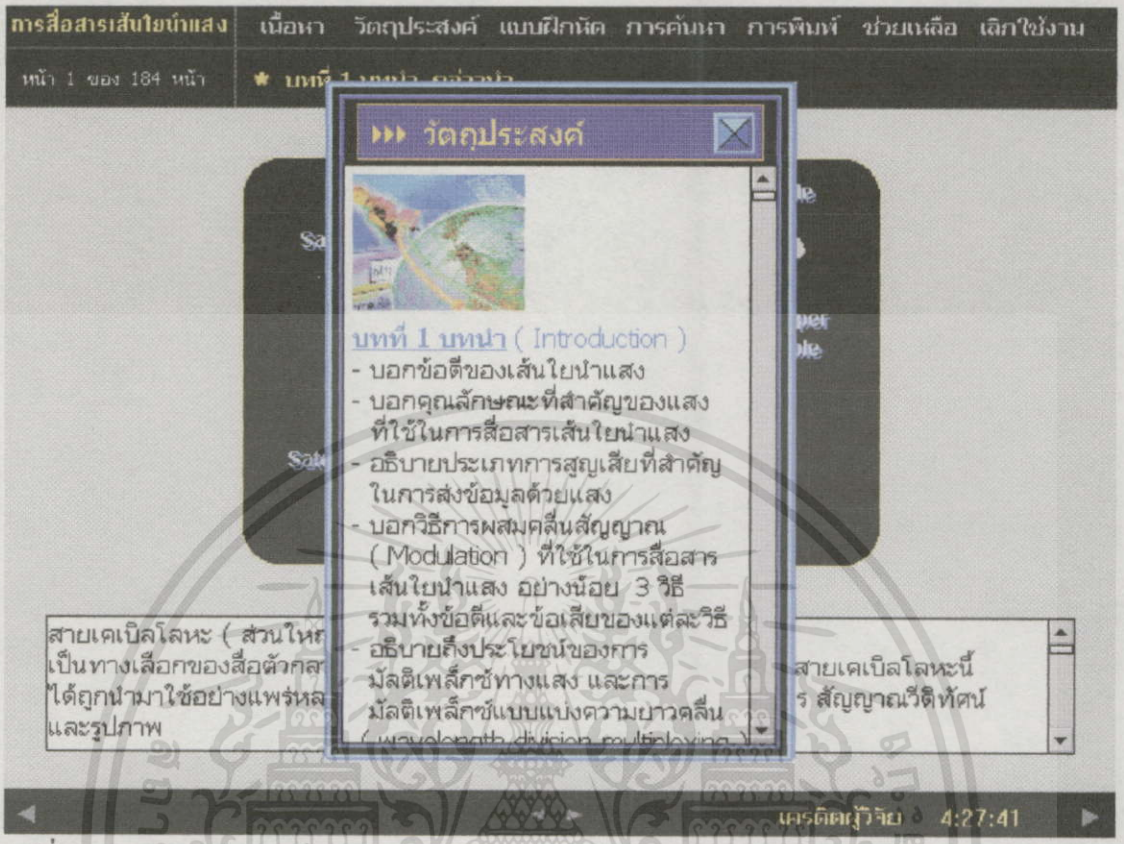
เมื่อใช้เมาส์คลิกตรงเมนูเนื้อหา หน้าจอจะปรากฏกรอบสี่เหลี่ยมของรายการเนื้อหาบทเรียนให้เลือกซึ่งจะประกอบไปด้วยบทที่ 1 – 6 โดยในแต่ละบทจะมีเครื่องหมายบวก (+) อยู่ด้านหน้า เมื่อใช้เมาส์คลิกจะทำให้เครื่องหมายบวกเปลี่ยนเป็นเครื่องหมายลบ (-) แทน พร้อมกับมีรายการย่อย (หัวข้อเนื้อหาวิชาในบทนั้น ๆ) ปรากฏขึ้น ผู้เรียนสามารถที่จะเลื่อนปุ่มศรชี้ขึ้น-ลง เพื่อดูรายการทั้งหมด เมื่อต้องการจะไปรายการไหนก็ให้ใช้เมาส์คลิกในรายการนั้น หน้าจอก็จะปรากฏเนื้อหาวิชาในหน้าที่ต้องการในทันที (ในการเลื่อนหน้าหรือบทเรียนนั้น ผู้เรียนสามารถใช้ปุ่มควบคุมบทเรียนที่อยู่ด้านล่างของจอภาพ ได้อีกทางหนึ่งด้วย)

เมื่อต้องการเลิกใช้เมนูเนื้อหาวิชา ให้ผู้เรียนใช้เมาส์คลิกตรงกากบาท (X) ในกรอบสี่เหลี่ยมเล็ก (ดูรูปที่ 5.3 ประกอบ)

5.1.4.2 เมนูวัตถุประสงค์

เมนูวัตถุประสงค์จะประกอบด้วยวัตถุประสงค์ของแต่ละบทเรียน ในกรอบสี่เหลี่ยมดังรูปที่ 5.4 ผู้เรียนสามารถเลื่อนปุ่มศรชี้ขึ้น-ลง เพื่อดูรายการทั้งหมด เมื่อต้องการเลิกใช้เมนูวัตถุประสงค์ให้ใช้เมาส์กดตรงกากบาทในกรอบสี่เหลี่ยมเล็ก (เหมือนกับเมนูเนื้อหาบทเรียน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 เมนูวัตถุประสงค์

5.1.4.3 เมนูแบบฝึกหัด

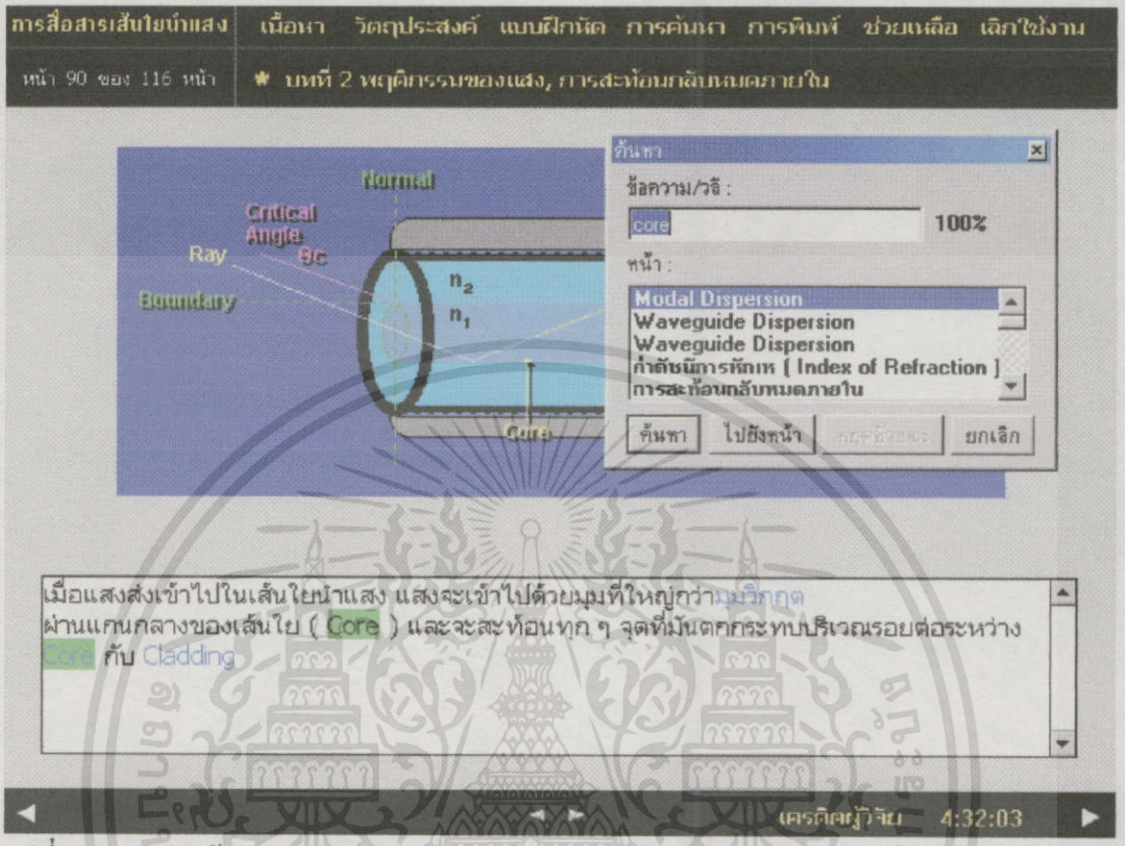
เมนูแบบฝึกหัด จะเป็นเมนูให้ผู้เรียนสามารถเลือกทำแบบฝึกหัดในบทเรียนต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นแบบฝึกหัดประเภทเลือกข้อตอบและถูก-ผิด หลังจากที่ได้ทำแบบฝึกหัดเสร็จแล้ว ผู้เรียนสามารถที่จะตรวจเช็คคำตอบ และทราบผลคะแนนได้ในทันที

5.1.4.4 เมนูการค้นหา

เมื่อใช้เมาส์คลิกตรงเมนูการค้นหา หน้าจอจะปรากฏกรอบสี่เหลี่ยมขึ้น ดังรูปที่ 5.5 ให้ผู้เรียนพิมพ์คำที่ต้องการจะค้นหาลงในช่องข้อความ/วลี จากนั้นให้กดตรงปุ่มค้นหา เครื่องจะดำเนินการค้นหาคำนั้น ๆ ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้ เมื่อค้นหาเจอตรงกรอบสี่เหลี่ยมจะแสดงหัวข้อเนื้อหาวิชาทั้งหมดที่มีคำนั้น ๆ อยู่ ต่อจากนั้นเมื่อผู้เรียนใช้เมาส์กดดับเบิลคลิกตรงหัวข้อเนื้อหาวิชาใด เครื่องก็จะแสดงเนื้อหาวิชาในหน้านั้น ๆ พร้อมกับทำแถบสีในคำที่ต้องการค้นหาโดยทันที

การยกเลิกเมนูการค้นหา ให้กดปุ่มยกเลิกหรือปุ่มเครื่องหมายกากบาท ตรงมุมขวาบนของกรอบการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 เมนูการค้นหา

5.1.4.5 เมนูการพิมพ์

เมนูการพิมพ์ เป็นเมนูให้ผู้เรียนสามารถเลือกพิมพ์เนื้อหาในบทเรียนต่าง ๆ ออกทางเครื่องพิมพ์โดยผ่านโปรแกรมไมโครซอฟต์เวิร์ด (Microsoft Word)

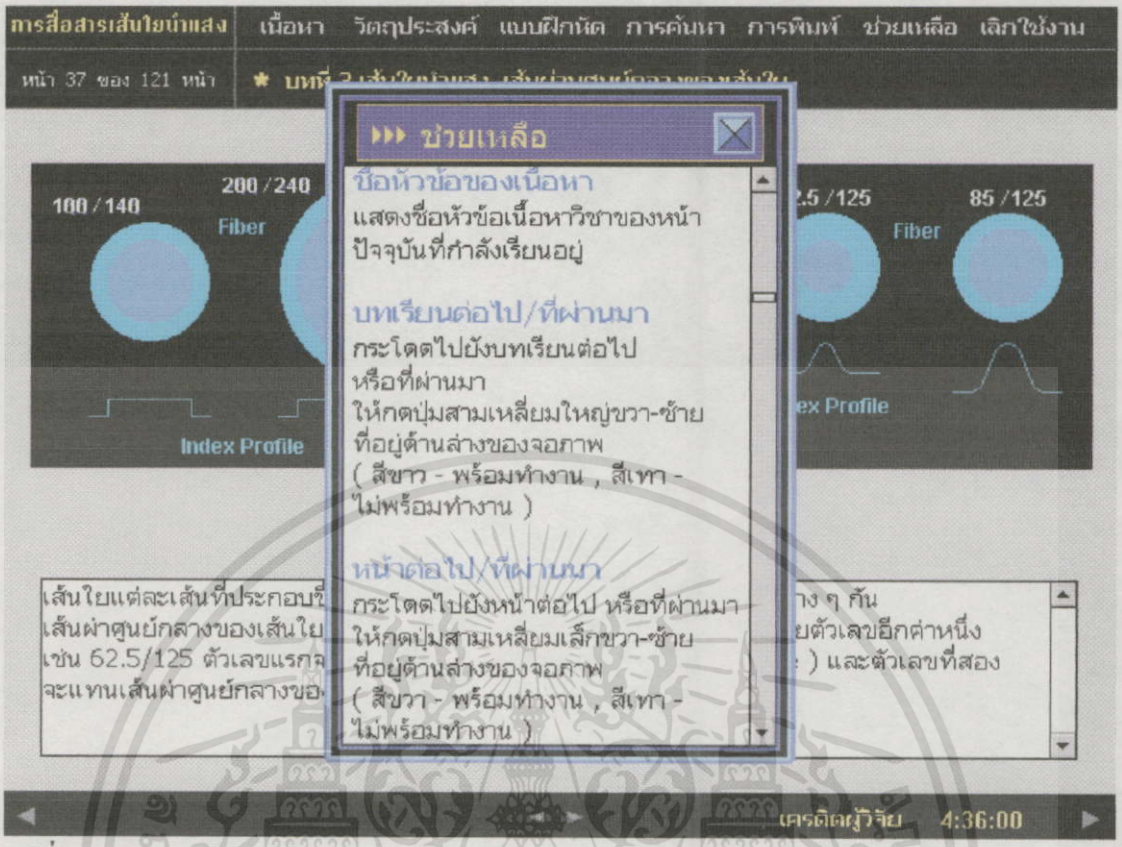
5.1.4.6 เมนูการช่วยเหลือ

เมนูการช่วยเหลือ เป็นคำแนะนำในการใช้งานปุ่มควบคุมบทเรียนต่าง ๆ ตลอดจนเมนูรายการหลักและสิ่งที่ปรากฏอยู่บนหน้าจอ เมื่อใช้เมาส์คลิกตรงเมนูการช่วยเหลือ หน้าจอจะปรากฏกรอบสี่เหลี่ยมการช่วยเหลือขึ้น ดังรูปที่ 5.6

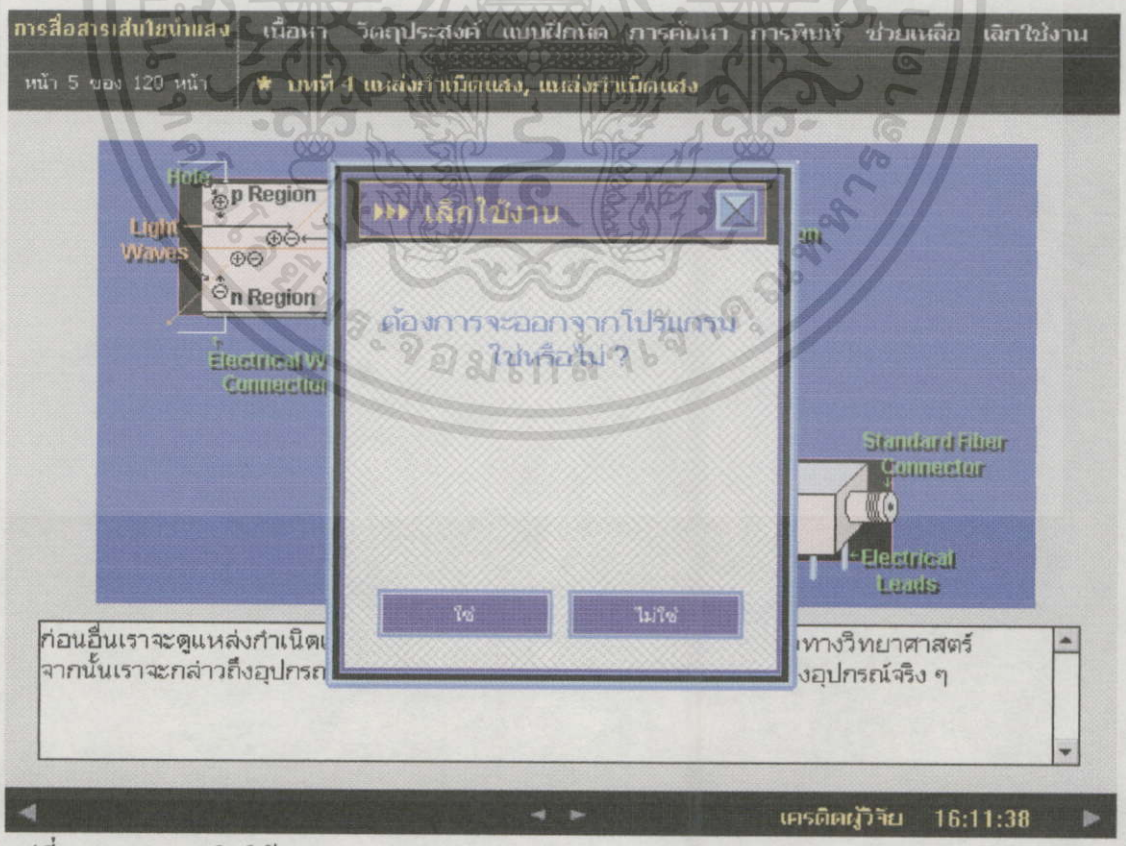
5.1.4.7 เมนูการเลิกใช้งาน

เมื่อใช้เมาส์คลิกตรงเมนูการเลิกใช้งาน หน้าจอจะปรากฏกรอบสี่เหลี่ยมถามยืนยันว่า " ต้องการจะออกจากโปรแกรมใช่หรือไม่ ? " ดังรูปที่ 5.7 ถ้าต้องการเลิกใช้งานจริงก็ให้กดตรงปุ่ม " ใช่ " เครื่องจะมีเสียงดนตรีเกิดขึ้นแล้วทำการปิดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 เมนูการช่วยเหลือ



รูปที่ 5.7 เมนูการเลิกใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

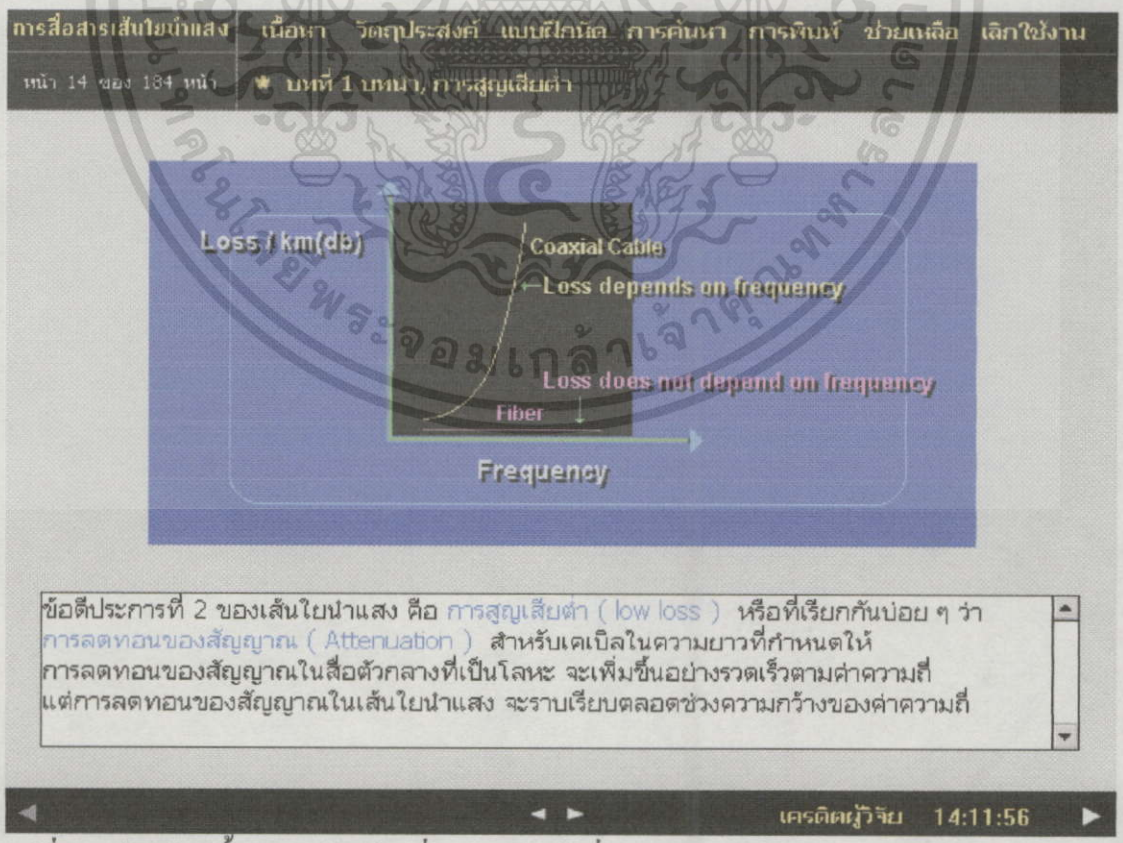
5.1.5 จำนวนเนื้อหาและแบบฝึกหัด

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสงที่สร้างขึ้นนี้ จะประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 679 หน้า และแบบฝึกหัดจำนวน 177 ข้อ ดังรายละเอียดในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 จำนวนเนื้อหาและแบบฝึกหัดในคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น

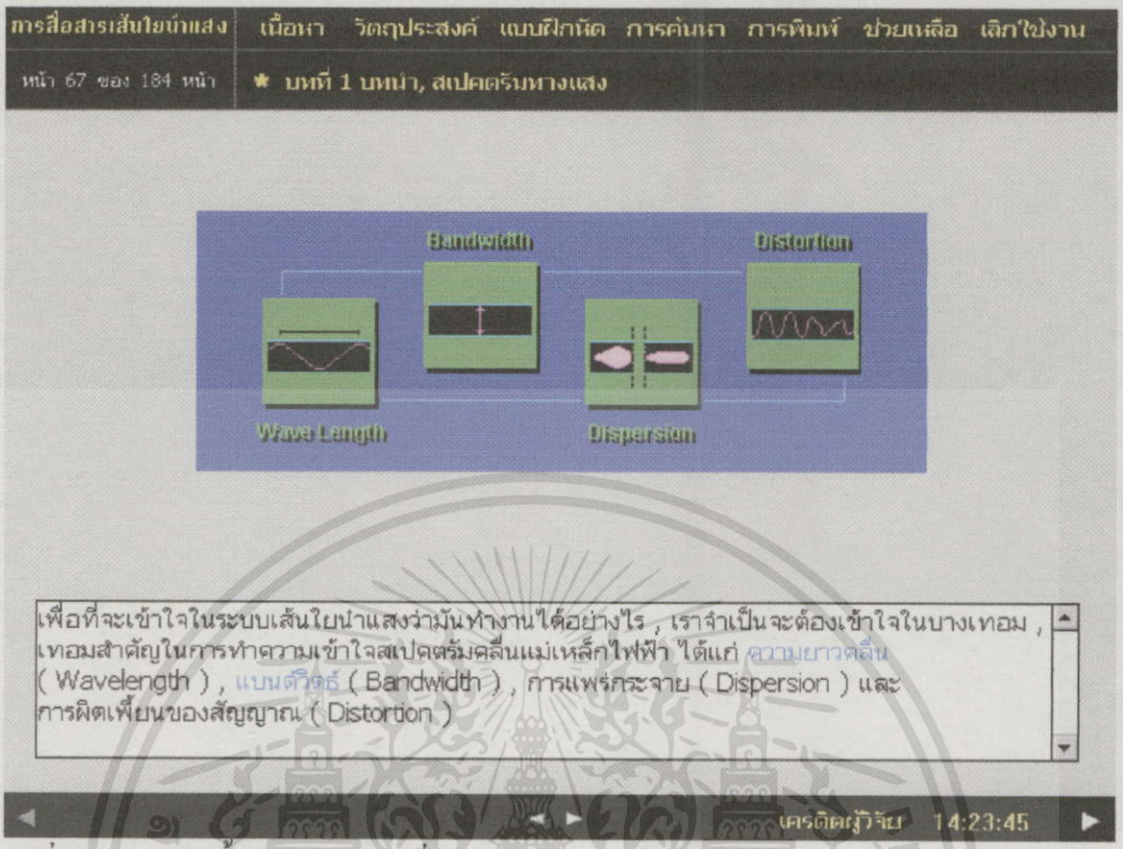
บทที่	ชื่อบทเรียน	จำนวนเนื้อหา (หน้า)	จำนวนแบบฝึกหัด (ข้อ)	หมายเหตุ
1	บทนำ	184	83	- แบบฝึกหัดของบทที่ 4 และ 5 ยังไม่สมบูรณ์
2	พฤติกรรมของแสง	116	36	
3	เส้นใยนำแสง	121	58	
4	แหล่งกำเนิดแสง	120	-	
5	อุปกรณ์รับแสง	85	-	
6	บทสรุป	53	-	
	รวมทั้งสิ้น	679	177	

5.1.6 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนและแบบฝึกหัด

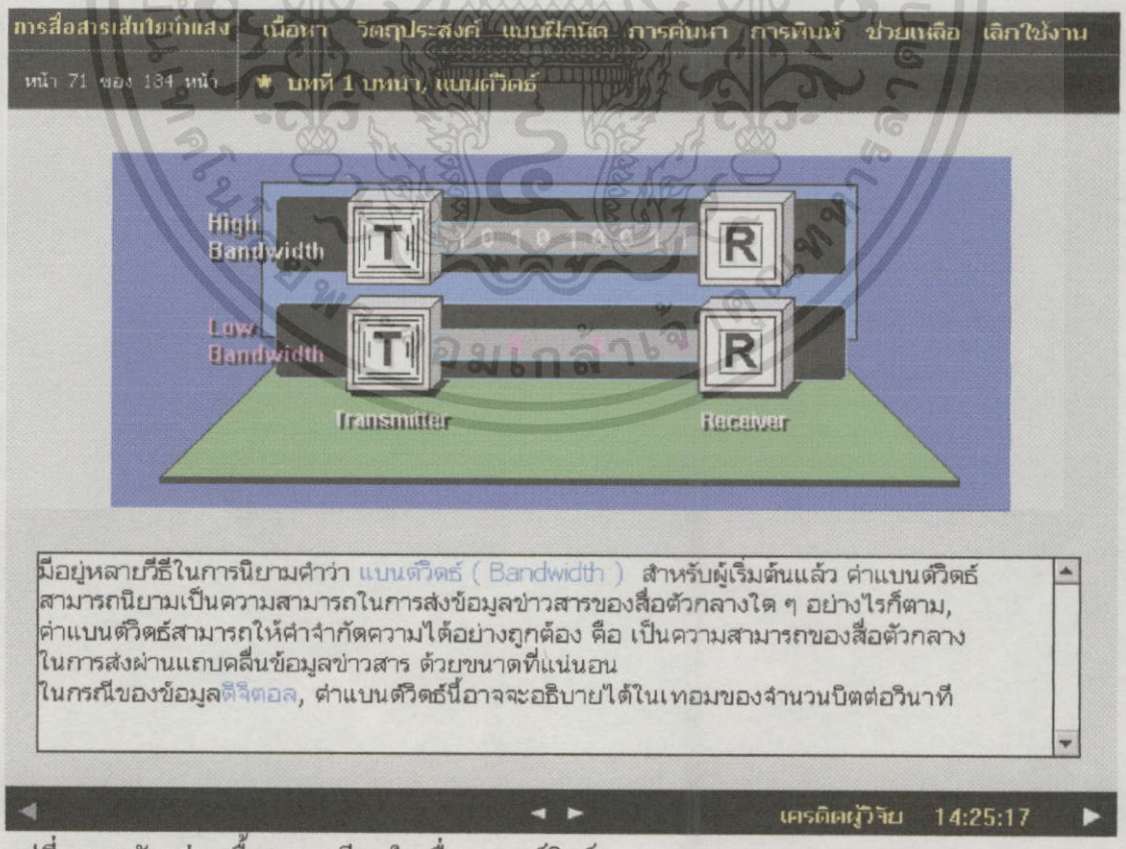


รูปที่ 5.8 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องการสูญเสียต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

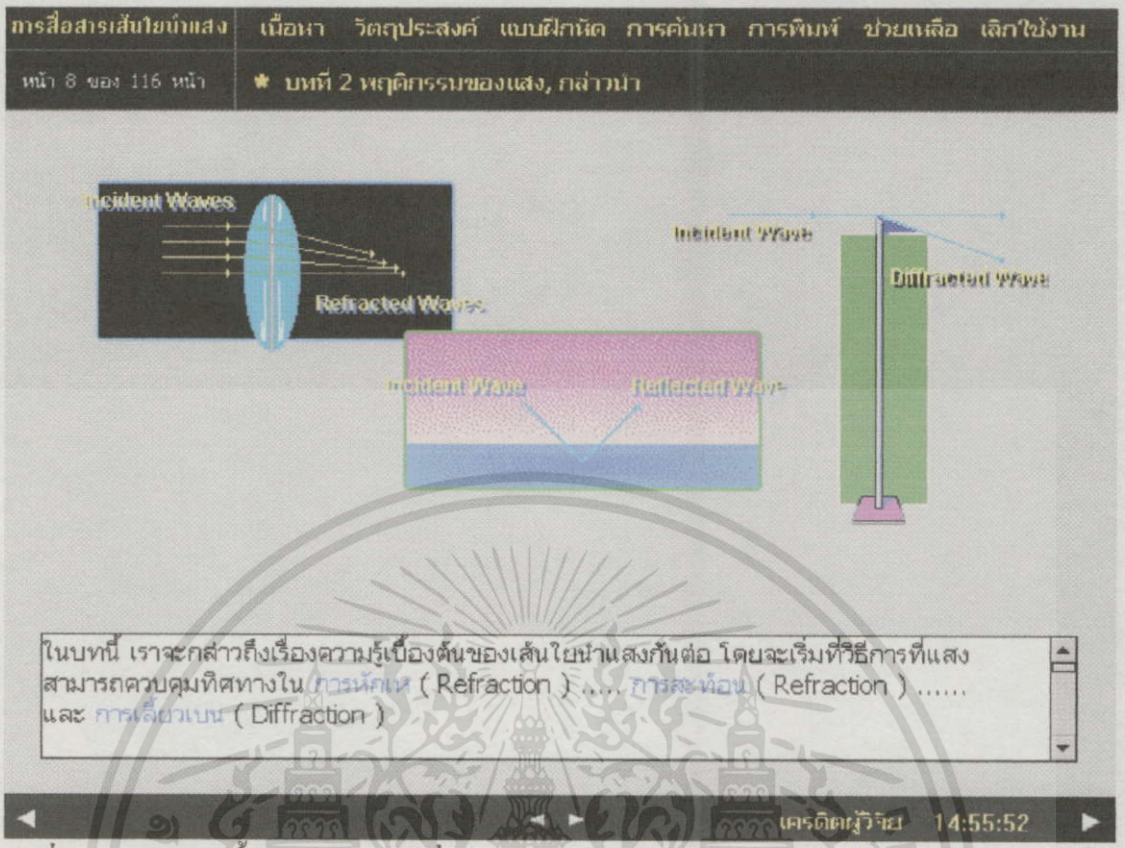


รูปที่ 5.9 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องสเปคตรัมทางแสง

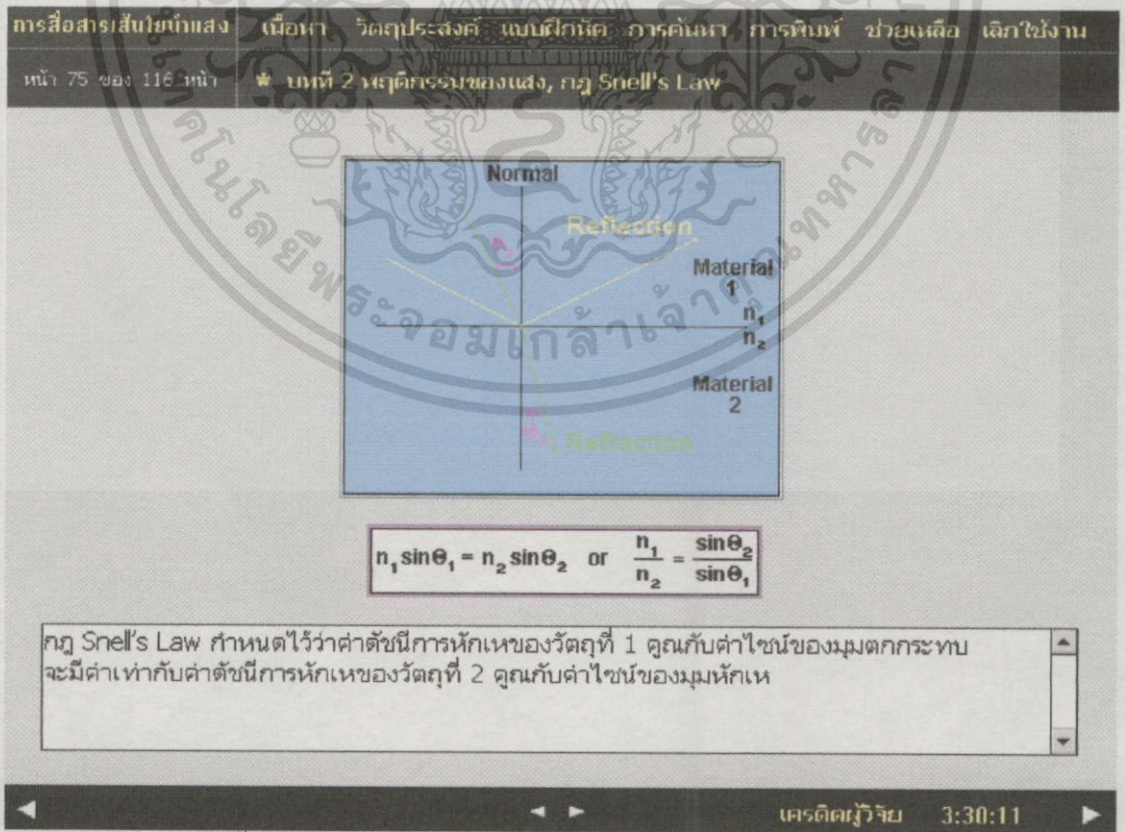


รูปที่ 5.10 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องแบนด์วิดธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

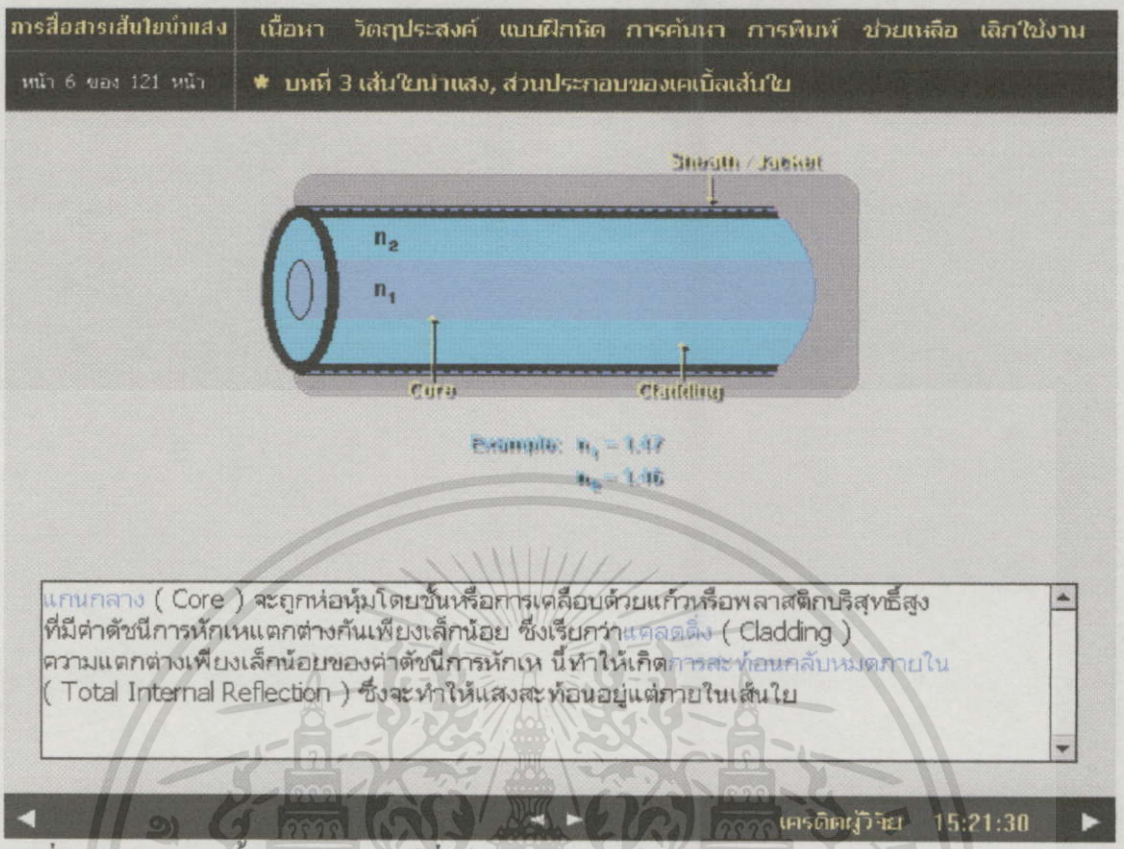


รูปที่ 5.11 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องพฤติกรรมของแสง

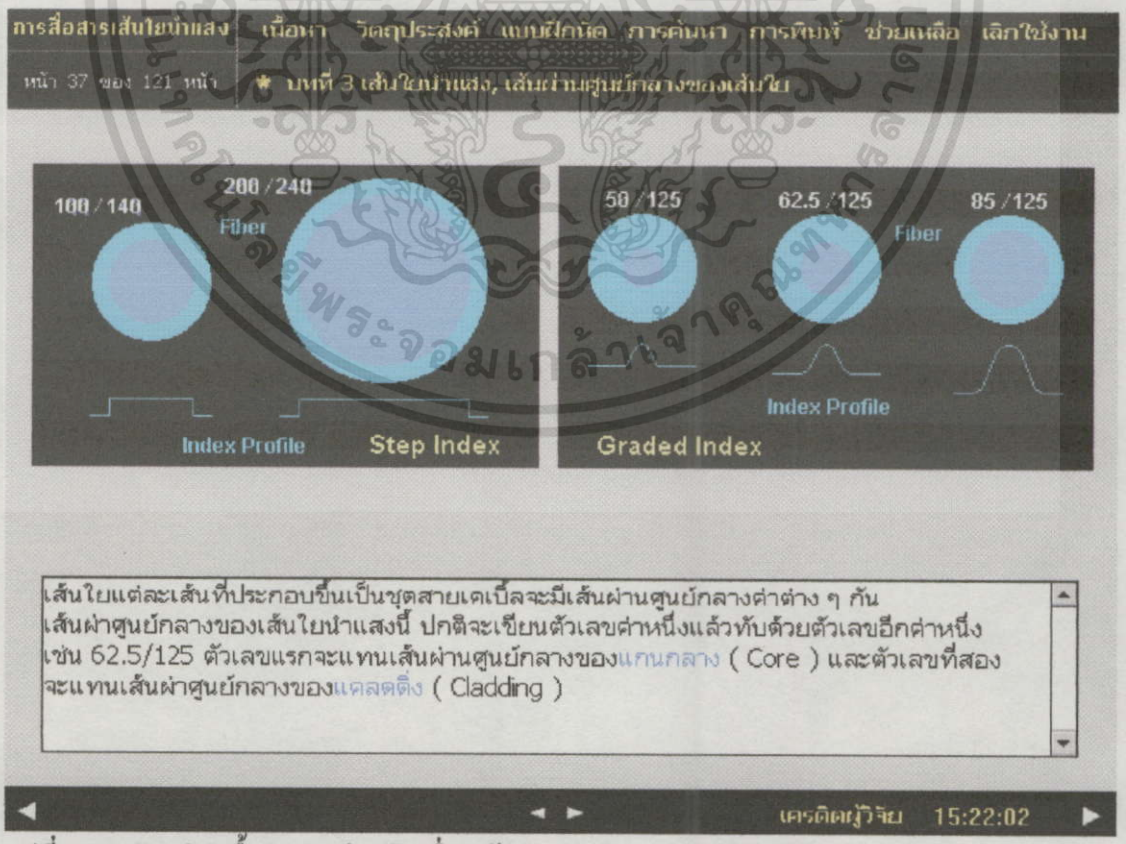


รูปที่ 5.12 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องพฤติกรรมของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

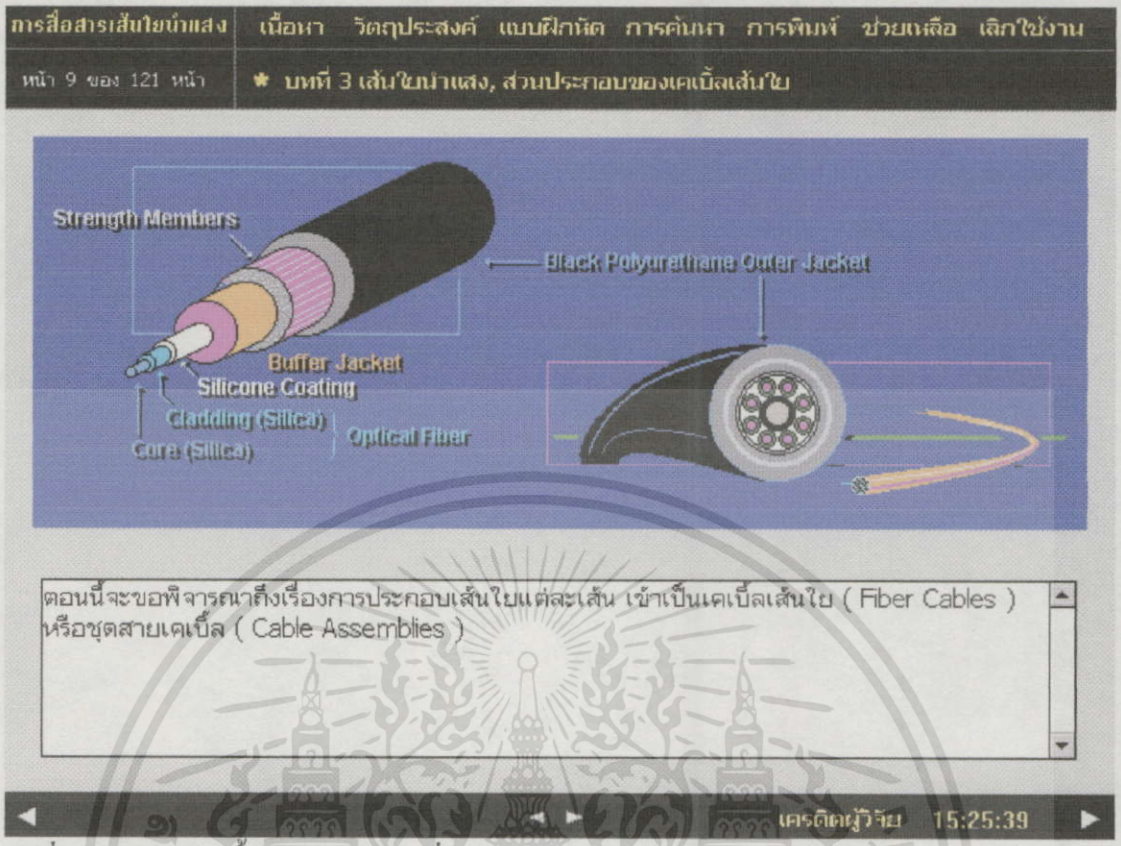


รูปที่ 5.13 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องเส้นใยนำแสง

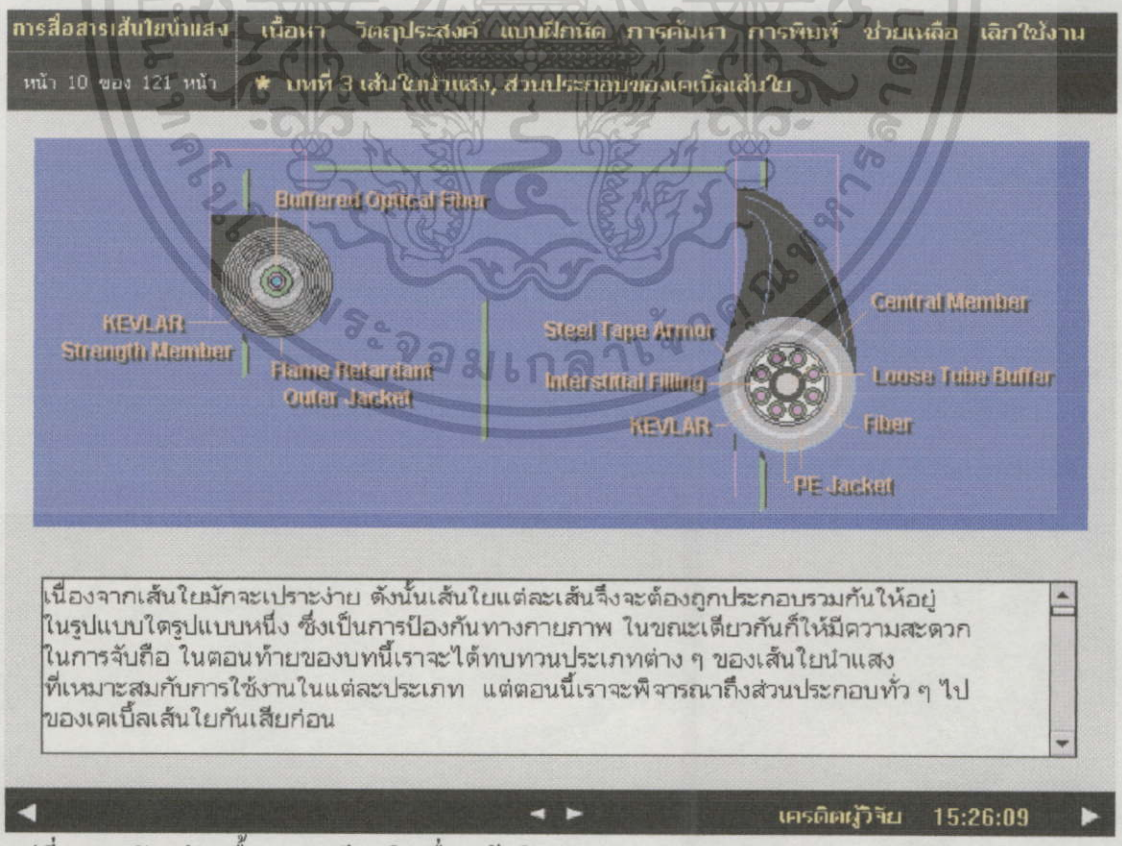


รูปที่ 5.14 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

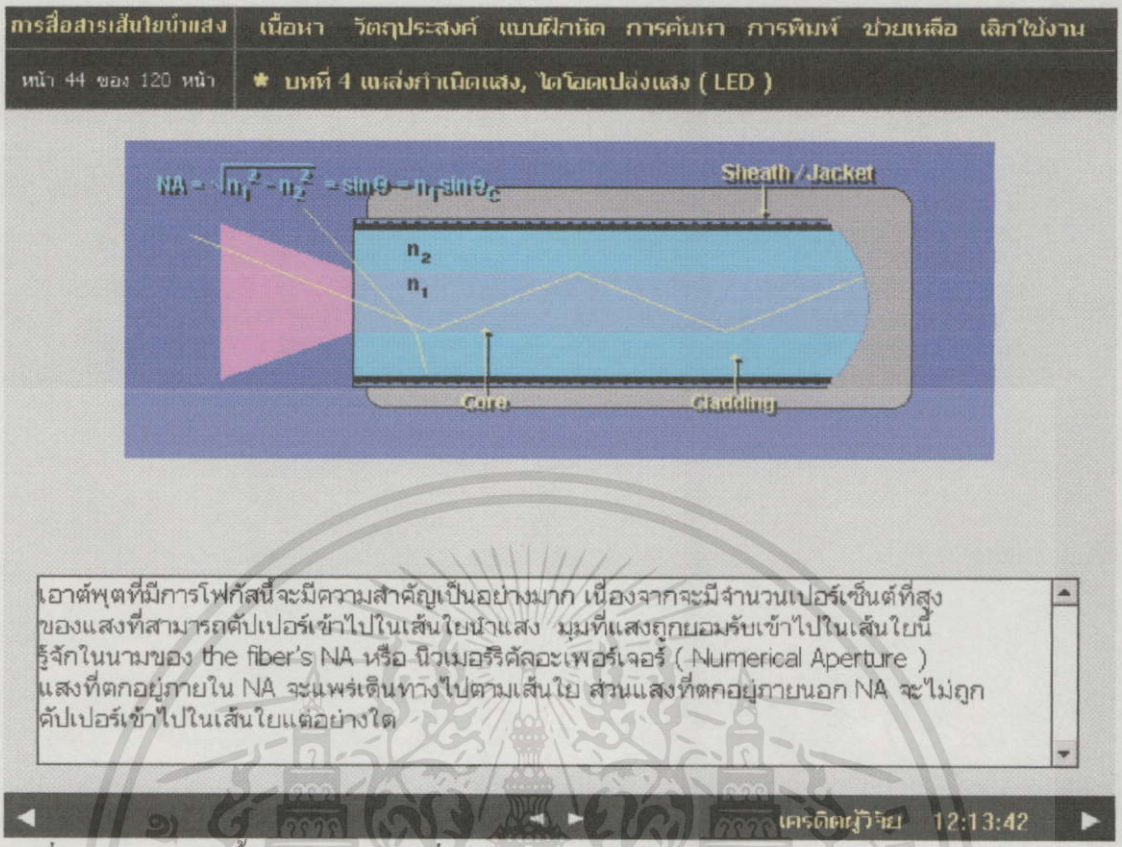


รูปที่ 5.15 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องเส้นใยนำแสง

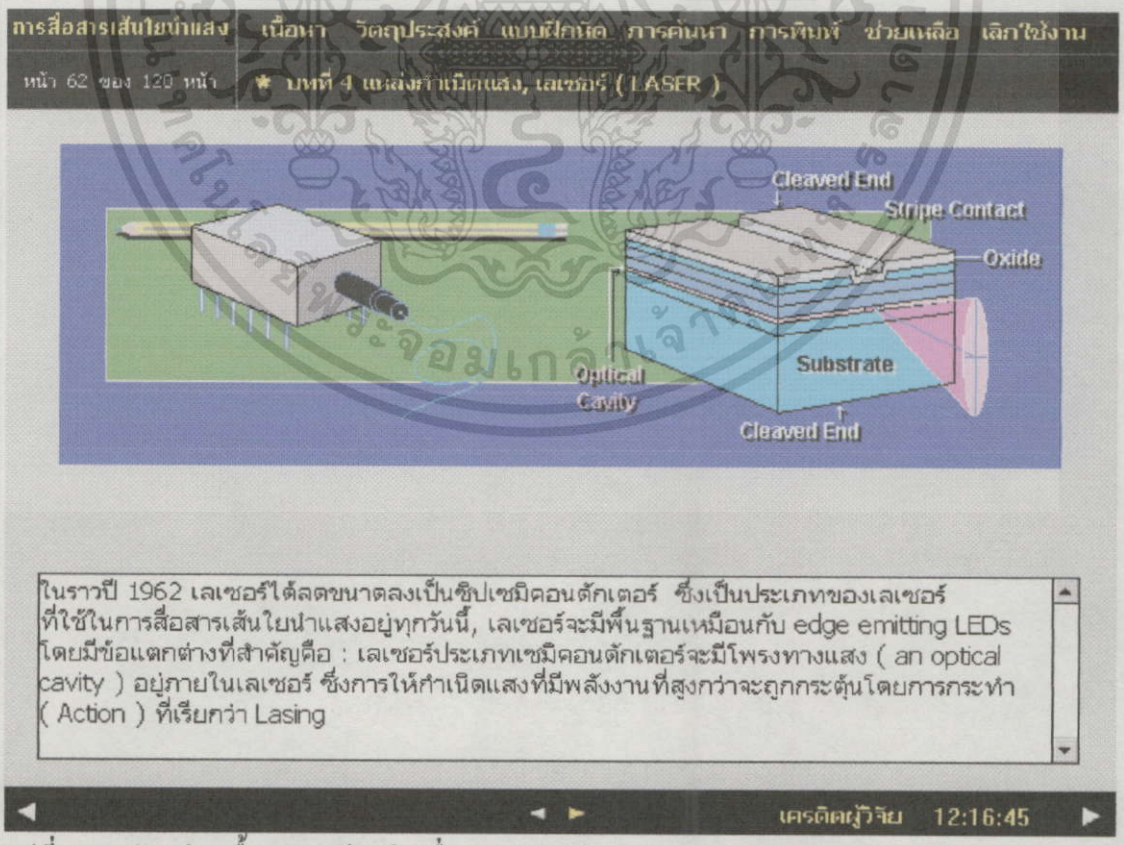


รูปที่ 5.16 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

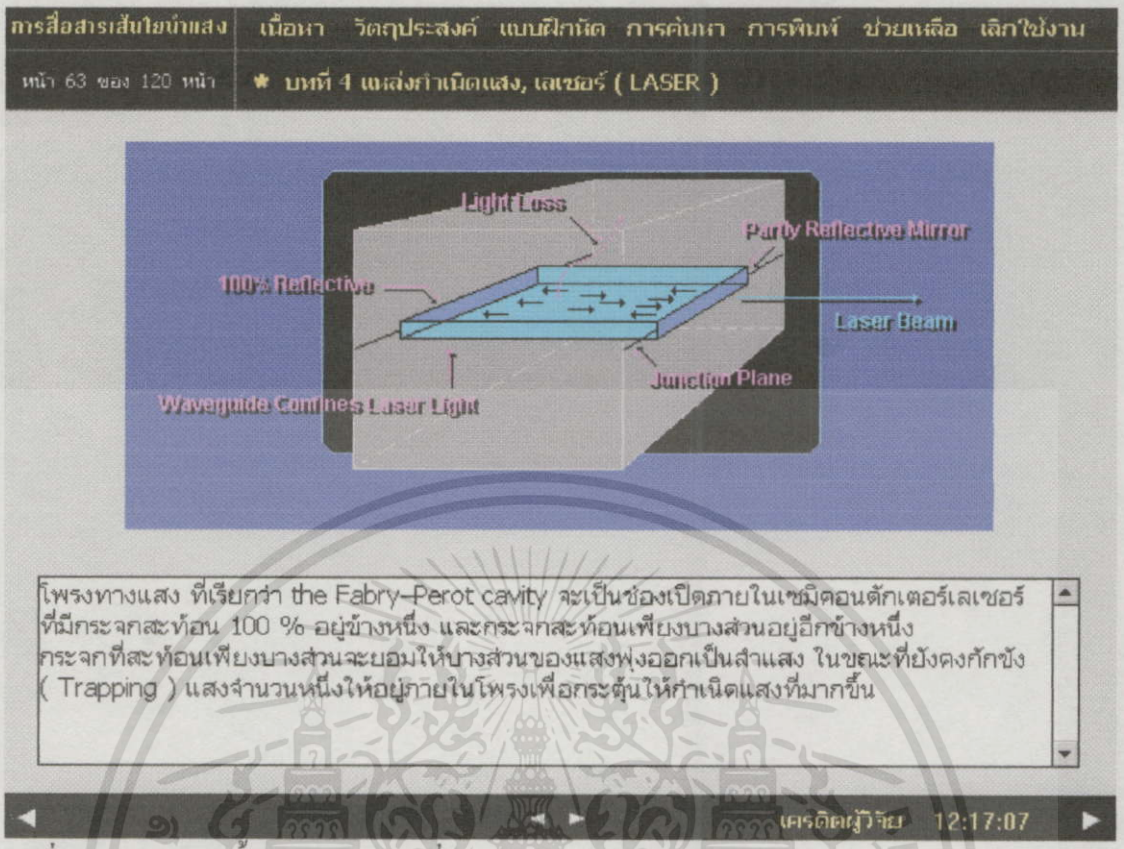


รูปที่ 5.17 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องแหล่งกำเนิดแสง

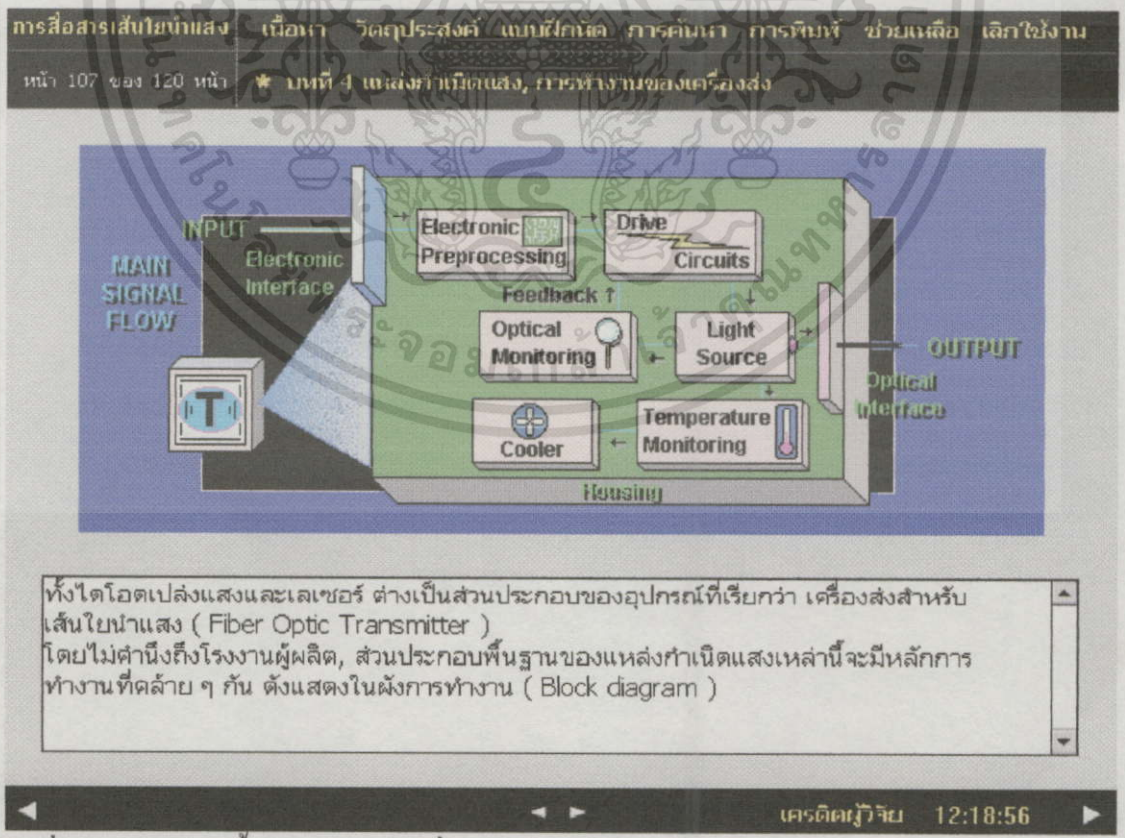


รูปที่ 5.18 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องแหล่งกำเนิดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

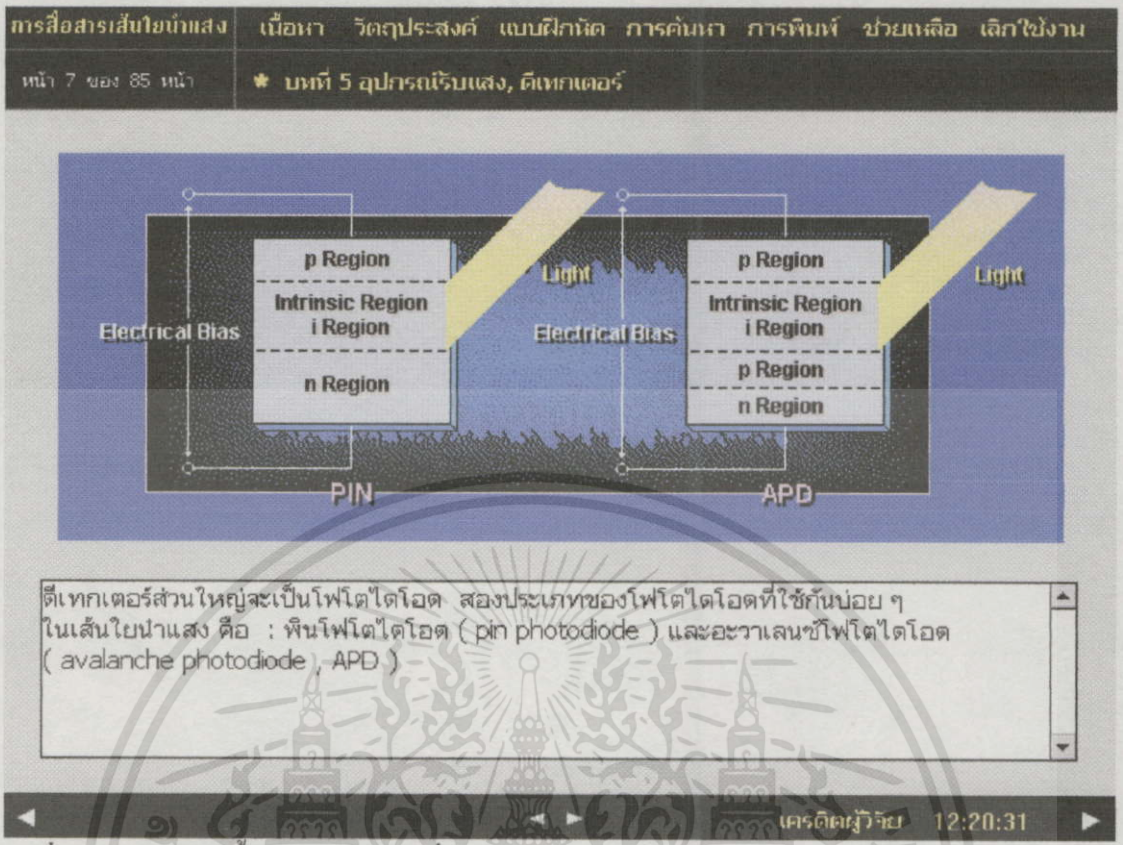


รูปที่ 5.19 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องแหล่งกำเนิดแสง

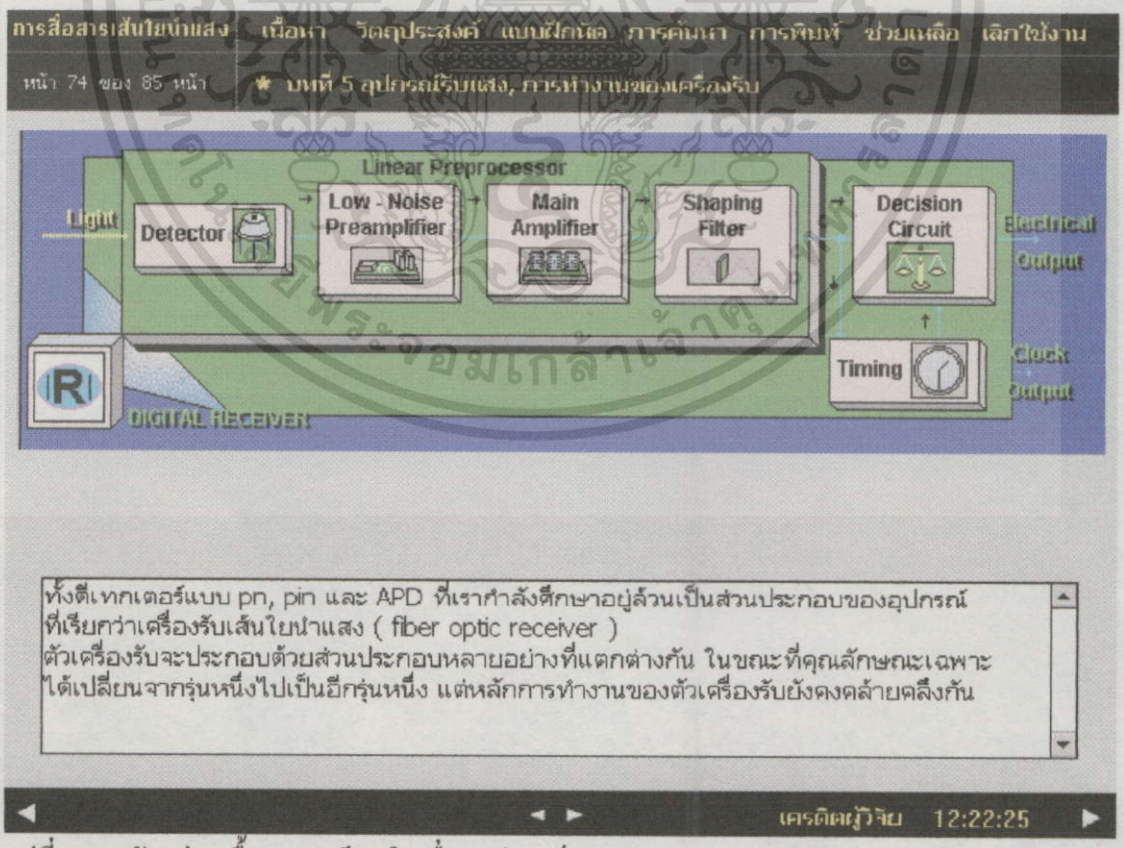


รูปที่ 5.20 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องแหล่งกำเนิดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

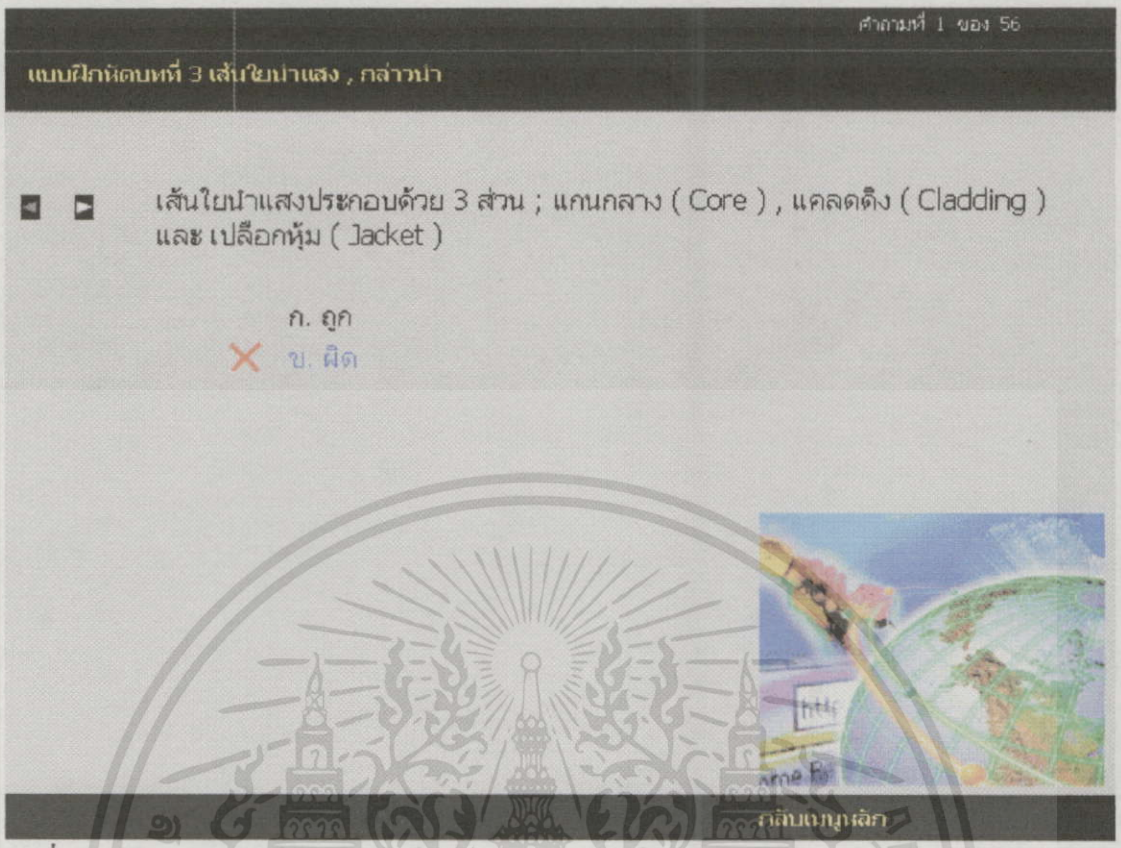


รูปที่ 5.21 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องอุปกรณ์รับแสง

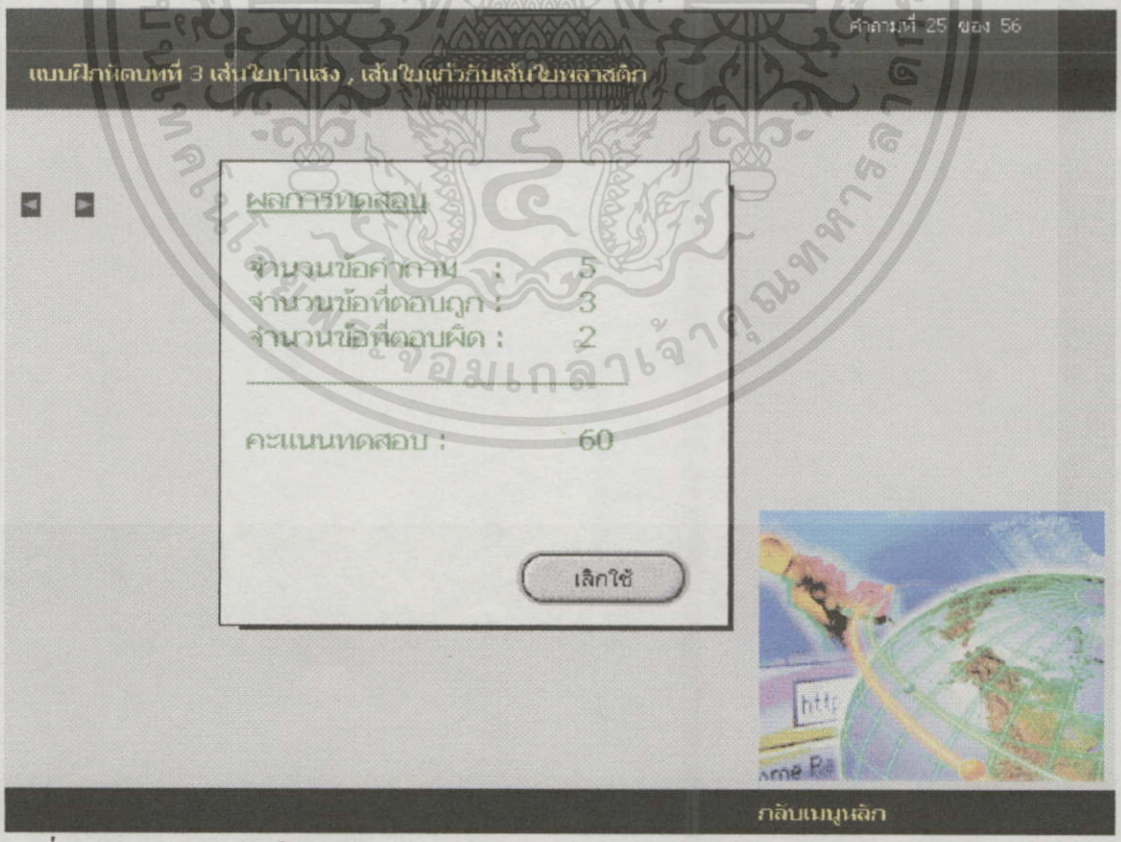


รูปที่ 5.22 ตัวอย่างเนื้อหาบทเรียนในเรื่องอุปกรณ์รับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.23 ตัวอย่างแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน



รูปที่ 5.24 ตัวอย่างแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดลองใช้และประเมินผล

เมื่อสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสร็จ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้ในเบื้องต้น เพื่อตรวจสอบหาความถูกต้องสมบูรณ์ของบทเรียน แล้วนำข้อผิดผลาดที่พบมาแก้ไขปรับปรุงบทเรียนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จากนั้นได้นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญในด้านบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำนวน 3 คน ทำการทดลองใช้และประเมินคุณภาพบทเรียนใน 4 ด้าน ได้แก่ การนำเข้าสู่บทเรียน การนำเสนอบทเรียน การปฏิสัมพันธ์ และแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ รายละเอียดตาม ผนวก ค. ซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 5.2 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

(ระดับการประเมิน : 5 = ดีมาก, 4 = ดี, 3 = ปานกลาง, 2 = พอใช้, 1 = ไม่พอใช้)

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน			ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
<u>การนำเข้าสู่บทเรียน</u>				
1. การเร้าความสนใจ	4	5	4	4.3
2. วิธีการบอกวัตถุประสงค์	3	4	2	3.0
3. การให้ข้อมูลหรือคำแนะนำในการใช้บทเรียน	3	3	3	3.0
4. ความง่ายและความน่าสนใจในการใช้บทเรียน	4	4	4	4.0
				3.6
<u>การนำเสนอบทเรียน</u>				
1. ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์	3	4	3	3.3
2. ความถูกต้องของเนื้อหา	4	4	4	4.0
3. เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4	5	4	4.3
4. ปริมาณของเนื้อหาบทเรียน	3	4	4	3.7
5. ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหาบทเรียน	4	5	4	4.3
6. ความเหมาะสมในการใช้ภาพ เสียง และกราฟิก	4	4	3	3.7
7. ขนาดและรูปแบบของตัวอักษร	4	4	3	3.7
8. การออกแบบจอภาพและการใช้สี	4	4	4	4.0
9. การควบคุมบทเรียน เช่น การใช้แป้นพิมพ์ในการควบคุมทิศทางและความช้า/เร็วของการเรียน	4	4	4	4.0
10. ปริมาณของข้อมูลที่นำเสนอในแต่ละหน้าจอ	4	4	5	4.3
11. ภาษาที่ใช้ถูกต้องเหมาะสมกับผู้เรียน	3	4	3	3.3
				3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน			ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
<u>การปฏิสัมพันธ์</u>				
1. การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในบทเรียน	3	3	3	3.0
2. ความหลากหลายของรูปแบบในการโต้ตอบ	3	2	2	2.3
3. ความเหมาะสมและความถูกต้องตามหลักการของการให้ผลป้อนกลับ	4	4	3	3.7
				3.0
<u>แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</u>				
1. มีแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบเป็นระยะ ๆ เพื่อประเมินความรู้/ความเข้าใจของผู้เรียน	4	4	3	3.7
2. ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์	4	2	2	2.7
3. การออกแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบถูกต้องตามหลักการวัดและประเมินผล	4	4	3	3.7
4. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบความรู้ก่อนหรือหลังการเรียน	4	5	4	4.3
5. ผู้เรียนสามารถทราบระดับความรู้ของตนเอง	4	5	5	4.3
				3.7

การนำเข้าสู่บทเรียน - มีค่าเฉลี่ยของระดับการประเมินเท่ากับ 3.6 อยู่ในเกณฑ์ดี ควรปรับปรุงวิธีการบอกวัตถุประสงค์ และการให้คำแนะนำในการใช้บทเรียน

การนำเสนอบทเรียน - มีค่าเฉลี่ยของระดับการประเมินเท่ากับ 3.9 อยู่ในเกณฑ์ดี ควรปรับปรุงความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์ และภาษาที่ใช้

การปฏิสัมพันธ์ - มีค่าเฉลี่ยของระดับการประเมินเท่ากับ 3.0 อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ควรปรับปรุงการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในบทเรียน และความหลากหลายของรูปแบบในการโต้ตอบ

แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ - มีค่าเฉลี่ยของระดับการประเมินเท่ากับ 3.7 อยู่ในเกณฑ์ดี ควรปรับจำนวนแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาบทเรียนในบทที่ 4 และ 5

จุดเด่นของบทเรียน - จำนวนเนื้อหาวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง ที่มีรูปภาพและเสียงบรรยายประกอบเนื้อหาครบทุกหน้า (จำนวน 679 หน้า)

สิ่งที่ควรได้รับการแก้ไข - ภาพเคลื่อนไหว และการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้าวิจัยในครั้งนี้ ทำให้ได้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ ในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสงที่ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ เนื้อหา และแบบฝึกหัด มีความยาวประมาณ 12 - 15 ชั่วโมง บรรจุอยู่ในแผ่นซีดีรอมจำนวน 1 แผ่น ผู้เรียน (นิสิตนักศึกษาหรือบุคคลทั่วไป) สามารถนำไปใช้ในการศึกษาหรือทบทวนความรู้ในเรื่องการสื่อสารเส้นใยนำแสงได้ด้วยตนเองกับเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับส่วนบุคคล ที่ใช้ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดว์ 95 ขึ้นไป

เนื้อหาในบทเรียนประกอบด้วย 6 บท ได้แก่ บทนำ พฤติกรรมของแสง เส้นใยนำแสง แหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์รับแสง และบทสรุป โดยมีเนื้อหาจำนวนทั้งสิ้น 679 หน้า (เฟรม) และแบบฝึกหัดจำนวน 177 ข้อ

ผลของการประเมินคุณภาพบทเรียนในด้านการนำเข้าสู่บทเรียน การนำเสนอบทเรียน และแบบฝึกหัด อยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนผลของการประเมินในด้านการปฏิสัมพันธ์ อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ในครั้งต่อไป เห็นควรมีการเพิ่มเมนูคำอภิธานศัพท์ (Glossary) ที่สามารถเชื่อมโยง (Link) กับคำหรือข้อความในเนื้อหาบทเรียนได้

5.4.2 ควรใช้ฟอนต์ตัวอักษรภาษาไทยมาตรฐาน ที่มากับโปรแกรมไมโครซอฟต์วินโดว์เท่านั้น โดยกำหนดให้เป็นมาตรฐานทั่วทั้งบทเรียนตั้งแต่ในขั้นตอนการออกแบบหน้าจอ ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาในการอ่านข้อความภาษาไทยไม่ออก เมื่อนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นไปใช้กับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นที่มีฟอนต์ภาษาไทยไม่ตรงกัน

5.4.3 กราฟิกหรือภาพเคลื่อนไหวที่จะใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ควรสร้างโดยโปรแกรม Macromedia Flash 4.0 เนื่องจากทำให้ได้ไฟล์ที่มีขนาดเล็ก

5.4.4 ภาษาที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ควรเป็นภาษาพูด ที่อ่านหรือฟังแล้วเข้าใจได้ง่าย เพราะจะทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกว่าตนเองได้มีส่วนร่วม มีความเป็นกันเอง สนุกเพลิดเพลิน และอยากจะติดตามบทเรียนอยู่ตลอดเวลา

5.4.5 ควรแยกเสียงบรรยายออกจากตัวโปรแกรม หรือแปลงไฟล์เสียง (*.WAV) ในอยู่ในรูปแบบ Voxware Encoder (*.VOX) เพราะจะทำให้ไฟล์มีขนาดเล็กลง

5.4.6 หลังจากที่ได้เสนอเนื้อหาวิชาในแต่ละหัวข้อย่อยแล้ว ควรจะมีทางเลือกให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำแบบฝึกหัดโดยทันที เพราะจะทำให้ผู้เรียนสามารถวัดระดับความรู้/ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ ได้

5.4.7 การควบคุมบทเรียน ควรออกแบบให้ผู้เรียนสามารถใช้ได้ทั้งคีย์บอร์ดและเมาส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.8 ในการแสดงความคืบหน้าของการเรียน นอกจากจะมีหมายเลขหน้าแสดงให้ผู้เรียนได้ทราบแล้ว ก็ควรจะมีตัวชี้ (Indicator) เช่น สไลด์บาร์ ให้ผู้เรียนได้เห็นหรือใช้ในการควบคุมตำแหน่งเนื้อหาของบทเรียนได้อีกด้วย นอกจากนี้เมื่อเลิกใช้บทเรียนในแต่ละครั้ง ก็ควรจะมีการบันทึกความคืบหน้าในการเรียนไว้ด้วยเช่นกัน

5.4.9 ควรได้มีการนำเอาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น ไปทดลองให้บริการบนอินเทอร์เนต หรือบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ท้องถิ่น (Local Area Network, LAN) เพื่อที่จะเผยแพร่ความรู้ในเรื่องการสื่อสารเส้นใยนำแสงได้กว้างขวางยิ่งขึ้น

5.4.10 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ควรทำงานเป็นทีมที่ประกอบด้วยผู้ที่มีความรู้ทั้งในด้านเนื้อหาวิชา ซอฟต์แวร์ และงานศิลป์ (สำหรับงานวิจัยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ต้องการจะนำเอาผลงานวิจัยไปใช้งานจริง ควรจะประกอบด้วยผู้วิจัยอย่างน้อย 2 คน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. 2536. เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

กิดานันท์ มลิทอง. 2531. เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. 2538. ซีดี-รอม. กรุงเทพฯ : ภาควิชาโสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และคณะ. 2542. Authorware 4. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ไทยเจริญการพิมพ์.

กำพล ดำรงค์วงศ์. 2540. " การพัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบอัจฉริยะเพื่อสอนการสร้างผังมโนทัศน์. " วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อการศึกษา ภาควิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คัลแบก อชา. 2542. คอมพิวเตอร์กราฟิกและภาพเคลื่อนไหว. แปลโดย พุทธิพงศ์ จิตรปฏิมา. นานมีบุ๊ค.

ครรชิต มาลัยวงศ์. 2539. " ปรัชญาการศึกษาในยุค ไอที. " วารสารเนคเทคศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. 8 : 30-36.

จันนิภา อิศรัตน์. 2542. " การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ระบบมัลติมีเดียเรื่องสารกึ่งตัวนำไดโอดและทรานซิสเตอร์. " วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เชาวเลิศ เลิศชโลฬาร. 2531. " ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. " เอกสารประกอบการฝึกอบรมสำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

โชติพงษ์ ศรีสวัสดิ์. 2537. " การพัฒนาระบบสร้างบทเรียน. " วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดารา แพรัตน์. 2538. " มัลติมีเดีย " หน้า 4-19. ในการสัมมนาเรื่องการผลิตและการใช้มัลติมีเดียเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิแวเต๊ะ หะยีวามิง. 2538. " โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. " ในการประชุมวิชาการครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บูรณะ สมชัย. 2542. การสร้าง CAI Multimedia ด้วย AUTHORWARE 4.0. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ประสิทธิ์ สารภี. 2542. " ไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. " วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรีชา ยุพาพิน. 2543. เครือข่ายใยแก้วนำแสง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).

_____. 2543. วิศวกรรมใยแก้วนำแสง. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).

พร้อมพงษ์ พีระบูล พ.อ. 2538. " การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนโดยการวิเคราะห์ผลการเรียนของนักศึกษาแพทย์ทหารที่เรียนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับกลุ่มที่เรียนโดยใช้อาจารย์สอนตามปกติ. " วิทยานิพนธ์วิทยาลัยการทัพบก สถาบันวิชาการทหารบกชั้นสูง.

ไพศาล หุ่นแก้ว. 2531. " สภาพปัจจุบันและศักยภาพการใช้งานคอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน. " วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เยาวลักษณ์ ลาภเลิศสุขและพงษ์ระพี เตชพาหพงษ์. 2538. คู่มือการใช้ PHOTOSHOP 3. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ศักดา ไชกิจภิญโญ. 2536. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หน่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น : ขอนแก่นการพิมพ์.

ศิโรจน์ วัฒนา. 2542. " การสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องวงจรและอุปกรณ์ไฟฟ้าในเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก. " วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สมชัย ชินะตระกูล. 2531. คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ : กรมการศาสนา.

สานิตย์ กายาผาด. 2542. การเขียนโปรแกรมมัลติมีเดียด้วย Multimedia ToolBook. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สุริโยทัย สุปัญญาพงษ์. 2540. " การสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ. " วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุวัฒน์ ตั้งศรีพงศ์. 2541. Authorware 4.0. กรุงเทพฯ : คอมกราฟ เพรส.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุรัตน์ ขันธวิธิ. 2540. " การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์สอนเสริมวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักศึกษาวิทยาลัยเทคนิค. " ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะเทคโนโลยีทางการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

อภินันท์ มัณยานนท์. 2535. รวมคำถาม-คำตอบ เทคโนโลยีการสื่อสารเส้นใยแสง. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

_____. 2536. การสื่อสารเส้นใยนำแสง. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Ference, Pamela R. and Edward L. VocKell. W. 1994. " Adult Learning Characteristics Software Instruction. " Educational Technology. 25-31; July – August.

Fredenberg, Virgil Grant. 1994. " Supplemental Visual Computer-Assisted Instruction and Student Achievement in Freshman College Calculus (Visualization). " Dissertation Abstracts Internation. 55(01) : 59-A.

Gerd Keiser. 1991. Optic Fiber Communications. Singapore : McGraw-Hill.

Hall, Keith A. 1982. " Computer –Based Education. " Encyclopedia of Education Research. 3 : 362.

H. Marte. 1989. Fiber Optic Standard Dictionary. New York : Van Nostrand Reinhold.

J. M. Senior. 1992. Optical Fiber Communications. New York : Prentice Hall.

Liu , His –Chui. 1975. " Computer-Assisted Instruction in Teaching College Physics. " Dissertation Abstracts International. 36(3) : 1411-1412-A

Macromedia. 1999. Authorware features. [Online]. Available : http://www.macromedia.com/software/authorware/productinfo/main.html

Seastar Optics Inc. 1993. Optical Devices & Lazer Diode Instrumentation (product catalog).

Teletutor. 1996. Fiber Optic Communications. [CD-ROM]. Portsmouth : Cooper & Associates, Inc.

_____. 1999. Fiber Optic Communications. [Online]. Available : http://www.teletutor.com

Valsler R.A.,Mouaziz Z.,Yupapin P.V.P. and Srongprapa A. 1993. Fiber Optic Technology. Bangkok : Department Of Applied Physics Faculty of Science, KMITL.

W. J.Mooney. 1991. Optoelectronic Devices and Principles. NewYork : Prentice-Hall.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนวก ก.
คำบรรยายเนื้อหาวิชาและแบบฝึกหัด ประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำบรรยายเนื้อหาวิชาและแบบฝึกหัด
ประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

- บอกข้อดีของเส้นใยนำแสง
- บอกคุณลักษณะที่สำคัญของแสงที่ใช้ในการสื่อสารเส้นใยนำแสง
- อธิบายประเภทการสูญเสียที่สำคัญในการส่งข้อมูลด้วยแสง
- บอกวิธีการผสมคลื่นสัญญาณ (Modulation) ที่ใช้ในการสื่อสารเส้นใยนำแสง อย่างน้อย 3 วิธี รวมทั้งข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธี
- อธิบายถึงประโยชน์ของการมัลติเพลกซ์ทางแสง และการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (Wavelength Division Multiplexing)

หน้า 1

ข้อต้อนรับเข้าสู่โลกของการสื่อสารเส้นใยนำแสง โลกที่ข้อมูลข่าวสารอยู่ในรูปของพัลส์แสงและถูกส่งผ่านเส้นใยขนาดเล็กของแก้วหรือพลาสติก

หน้า 2

เริ่มต้นด้วยหัวข้อทำไมต้องใช้เส้นใยนำแสง ? โดยจะดูที่ความเหมาะสมในการใช้งาน และข้อแตกต่างระหว่างเส้นใยนำแสงกับตัวกลางอื่น ๆ ที่เป็นโลหะ

หน้า 3

สายเคเบิลโลหะเป็นตัวกลางที่ใช้กันมานานหลายทศวรรษ โดยสายเคเบิลโลหะนี้ (ส่วนใหญ่จะเป็นทองแดง) ได้ถูกนำมาใช้ในการสื่อสารอย่างแพร่หลาย ทั้งในด้านเสียง ข้อมูล วีดิทัศน์ และรูปภาพ

หน้า 4

สายคู่ตีเกลียว (Twisted Pair Cable) ได้ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์เข้ากับตู้ชุมสาย ฯ

หน้า 5

สายโคแอกเชียล (Coaxial Cable) ได้ใช้ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์(Local Area Networks , LAN) และเคเบิลทีวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 6

สายริบบอน (Ribbon Cable) ได้ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายเคเบิลโลหะนี้มีอยู่รอบ ๆ ตัวเรา ทุกหนทุกแห่ง

หน้า 7

เนื่องจากราคาถูก ง่ายต่อการติดตั้ง และมีอยู่หลายรูปแบบในการใช้งาน สายเคเบิลโลหะจึงไม่ใคร่ถูกท้าทายในการเป็นตัวกลางสำหรับการสื่อสารทางสาย จนกระทั่งมาถึงในปัจจุบันนี้

หน้า 8

เส้นใยนำแสงได้กลายเป็นที่รู้จักมากขึ้นเรื่อย ๆ เส้นใยนำแสง เส้นใยขนาดเล็กของแก้วหรือพลาสติกที่มีความบริสุทธิ์สูง ส่งผ่านข้อมูลข่าวสารในรูปของพัลส์แสง (แทนที่จะเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์) ได้มีมาหลายปีแล้ว แต่เมื่อไม่นานมานี้ เส้นใยนำแสงได้ท้าทายความสำคัญอันยิ่งใหญ่ของสายโลหะที่มีใช้งานมาช้านาน

หน้า 9

เหตุผลสำคัญ 2 ประการ คือ ราคาและการหาได้ง่าย แต่เดิมนั้นอุปกรณ์ เส้นใยนำแสง และเครื่องมือที่ใช้มีราคาที่ไม่แน่นอน และไม่สามารถหาได้อย่างกว้างขวาง ไม่มีการอบรมทางเทคนิคและการติดตั้งอย่างแพร่หลาย ดังนั้นเส้นใยนำแสงจึงได้ถูกปฏิเสธในการใช้งานเสียเป็นส่วนใหญ่ แต่กำลังจะเปลี่ยนแปลง ในปัจจุบันเส้นใยนำแสงได้ถูกใช้งานในด้านการสื่อสารต่าง ๆ ที่มีความถี่ที่สูงกว่า และด้วยราคาที่สามารถแข่งขันกับสายเคเบิลโลหะประเภทต่าง ๆ ได้

หน้า 10

ในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงข้อดี 7 ประการของเส้นใยนำแสง และขณะเดียวกันก็จะเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยนำแสงกับตัวกลางที่เป็นโลหะ

คำถาม

เส้นใยนำแสง เป็นทางเลือกหนึ่งของตัวกลางมานานนับหลายทศวรรษ เนื่องจากมีราคาถูก และง่ายต่อการติดตั้ง

ก. ถูก

ข. ผิด √

คำถาม

เส้นใยนำแสงเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นใหม่ ซึ่งได้พัฒนาขึ้นมาเร็ว ๆ นี้ ภายในทศวรรษที่ผ่านมา

ก. ถูก

ข. ผิด √

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

เหตุผลสำคัญสองประการ ที่เส้นใยนำแสงไม่ได้ถูกใช้งานอย่างแพร่หลายในการสื่อสารที่ผ่านมา คือ ราคา และ

ก. การขาดแคลนพลาสติกที่บริสุทธิ์

ข. ราคาแพง

ค. การหาได้ง่าย √

ง. ความจุข่าวสารไม่เพียงพอ

จ. ไม่มีข้อใดถูก

หน้า 11

ระบบการสื่อสารเส้นใยนำแสง สามารถใช้ในการส่งข้อมูลข่าวสารปริมาณมาก โดยอาศัยการดำเนินกรรมวิธีข้อมูลแบบใหม่ ข้อมูลข่าวสารที่ส่งผ่านระบบเส้นใยนำแสงนี้อาจจะเป็นอะนาล็อก (Analog) หรือไม่ก็เป็นดิจิตอล (Digital)

หน้า 12

ขณะที่ได้มีการใช้งานในด้านอะนาล็อกเป็นจำนวนมากในเส้นใยนำแสง (เช่น การส่งสัญญาณวีดิโอ) , เทคนิคด้านดิจิตอลได้ถูกนำมาใช้ที่เห็นได้ชัดคือด้านการสื่อสารที่เป็นเสียงและข้อมูล ดังนั้นเราจะจำกัดขอบเขตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้เฉพาะการสื่อสารดิจิตอลเท่านั้น และเนื่องจากการสื่อสารระบบดิจิตอลเป็นเลขฐานสอง (หนึ่งและศูนย์) เราจึงต้องสนใจในจำนวนของตัวเลขฐานสองหรือบิตที่ระบบสามารถส่งผ่านได้ในแต่ละวินาที

หน้า 13

ก่อนที่จะเข้าไปลึกในเรื่องของเส้นใยนำแสง จะขอกล่าวถึงค่าช่วงตัวเลขที่เกี่ยวข้อง ซึ่งก็จะเหมือนกับหลายสาขาวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์ กล่าวคือเส้นใยนำแสงจะเกี่ยวข้องกับขนาดใหญ่ (เช่น ความเร็วในการส่งข้อมูล) และขนาดเล็กมาก ๆ (เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนำแสง)

หน้า 14

นักวิทยาศาสตร์และนักคณิตศาสตร์ได้กำหนดมาตรฐานของคำอุปสรรค (Prefix) เพื่อเติมนำหน้าของหน่วยการวัดเพื่อแสดงจำนวนเท่าของตัวเลขหรือเศษส่วนของค่านั้น ๆ เช่น จำนวนบิตต่อวินาที โดยการแทนคำอุปสรรค " Mega " อยู่ข้างหน้าเพื่อแสดงให้ทราบว่า เมกะบิตต่อวินาที ซึ่งหมายถึงจำนวนหนึ่งล้านบิตต่อวินาที จากตารางข้างบน สัญลักษณ์ของ " Mega " คือ M ดังนั้น บิตต่อวินาทีหรือ bps จึงสามารถเปลี่ยนเป็นเมกะบิตต่อวินาทีหรือ Mbps เพียงแต่เพิ่ม M ลงไปข้างหน้าเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 15

ในทำนองเดียวกันคำอุปสรรค " Micro " สามารถใช้วางข้างหน้าของหน่วยการวัด เพื่อแสดงเป็นไมโครเมตรหรือจำนวนหนึ่งในล้านส่วนของเมตร ในขณะที่ " Mega " แสดงถึงจำนวนหนึ่งล้านเท่า

หน้า 16

คำอุปสรรคบางคำที่ใช้แสดงในสิ่งที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ เช่น ค่าแบนด์วิดธ์ (Bandwidth) เช่น เทอร์ร่า (หนึ่งล้านล้านเท่า) และ เมกะ (หนึ่งล้านเท่า) คำอุปสรรคใช้แสดงสิ่งที่มีขนาดเล็ก เช่น ความยาวคลื่น (Wavelength) และเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนำแสง ได้แก่ ไมโคร (หนึ่งในล้าน) ซึ่งจะพบเห็นได้โดยทั่วไปในหน่วยวัด เช่น ไมโครเมตรหรือในเทอมของไมครอน

หน้า 17

ในทางทฤษฎี เคเบิลเส้นใยนำแสงจะมีความสามารถในการส่งสัญญาณได้ประมาณ 100 เทอร์ร่าเฮิร์ตซ์ (THz) บนพื้นฐานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ในปัจจุบันและข้อพิจารณาอื่น ๆ แล้ว ค่าประมาณ 1 THz นี้นับเป็นค่าแบนด์วิดธ์ที่มีประโยชน์มาก ซึ่งเป็นความสามารถในการส่งผ่านสัญญาณหลายล้านบิตในแต่ละวินาที (จิกะบิต/วินาที) เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว ตัวกลางที่เป็นโลหะทองแดงจะถึงค่าขีดจำกัดที่ประมาณ 100 ล้านบิตต่อวินาที (เมกะบิต/วินาที)

คำถาม

การศึกษาการสื่อสารเส้นใยนำแสงนี้ จะเกี่ยวข้องเฉพาะการสื่อสารดิจิตอลเท่านั้น เนื่องจาก

ก. การใช้งานด้านอะนาล็อกมีน้อย

ข. การใช้งานในปัจจุบันมีเพียงดิจิตอล

ค. การสื่อสารดิจิตอลได้ถูกใช้งานอย่างกว้างขวางทั้งในด้านเสียงและข้อมูล √

ง. ถูกทั้งข้อ ข. และ ค.

จ. ไม่มีข้อใดถูก

คำถาม

คำอุปสรรคใช้นำหน้าหน่วยวัดเพื่อแสดงค่าตัวเลขซึ่งมีค่าจำนวนมาก การวัดโดยทั่วไปเราอาจจะพบคำอุปสรรคที่ใช้ในเส้นใยนำแสง ได้แก่

ก. เทอร์ร่าบิตต่อวินาที (ล้านล้านล้านบิตต่อวินาที)

ข. จิกะบิตต่อวินาที (พันล้านบิตต่อวินาที)

ค. เมกะบิตต่อวินาที (ล้านบิตต่อวินาที)

ง. ถูกทุกข้อ √

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

ตัวกลางที่เป็นโลหะทองแดงสามารถส่งผ่านข้อมูลได้สูงสุดประมาณ 100 เมกะบิตต่อวินาที ในขณะที่เส้นใยนำแสงสามารถส่งผ่านได้หลายพันล้านบิตต่อวินาที

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 18

ข้อดีประการที่ 2 ของเส้นใยนำแสง คือ การสูญเสียต่ำ (low loss) หรือที่เรียกกันบ่อย ๆ ว่าการลดทอนของสัญญาณ (Attenuation) สำหรับความยาวเคเบิลที่กำหนดให้ การลดทอนของสัญญาณในตัวนำที่เป็นโลหะจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามค่าความถี่ แต่การลดทอนของสัญญาณในเส้นใยนำแสงจะราบเรียบตลอดช่วงความกว้างของค่าความถี่

หน้า 19

การสูญเสียที่ต่ำตลอดช่วงความกว้างของค่าความถี่นี้เป็นข้อดีที่สำคัญมากของเส้นใยนำแสง เพราะว่าความถี่ที่สูงกว่า ปริมาณจำนวนบิตที่มากกว่าจะถูกส่งผ่านในช่วงเวลาที่เท่ากัน

หน้า 20

แผนภูมินี้แสดงถึงการสูญเสียของสัญญาณ หรือการลดทอนของสัญญาณของตัวกลางชนิดต่าง ๆ ในช่วงค่าความถี่ที่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นคุณภาพของสายเคเบิลประเภทต่าง ๆ

หน้า 21

เริ่มจากแถบความถี่ด้านซ้ายสุด สายโทรศัพท์มาตรฐานแบบสายคู่ตีเกลียวทำงานอยู่ ณ ความถี่ประมาณ 10^5 ถึง 10^6Hz เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น การลดทอนของสัญญาณก็จะเพิ่มขึ้นด้วย : จากค่าประมาณ 5 เดซิเบล/กิโลเมตร ไปจนถึง 30 เดซิเบล/กิโลเมตร

หน้า 22

สายคู่ตีเกลียวชนิดความถี่สูงในช่วงถัดมา จะมีการลดทอนของสัญญาณที่ต่ำกว่าสายคู่ตีเกลียวมาตรฐาน ณ ความถี่เดียวกัน แต่ก็ยังคงมีการลดทอนของสัญญาณขึ้นอยู่กับค่าความถี่ และมีเส้นโค้งที่คล้ายคลึงกันมาก

หน้าที่ 23

ดูตรงแถบความถี่ของเคเบิลโคแอกเชียลอีกครั้งหนึ่ง เราจะเห็นว่าในชุดความถี่ที่กำหนดให้ การลดทอนของสัญญาณ (Attenuation) จะสูงชันขึ้น เหตุผลที่คุณสมบัติของเส้นโค้งเหล่านี้มีความคล้ายคลึงกัน แม้ว่าจะเคลื่อนไปในความถี่ ซึ่งก็คือเส้นโค้งเหล่านี้เป็นการแสดงคุณสมบัติการลดทอนของสัญญาณของตัวกลางที่เป็นโลหะทองแดง ซึ่งจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตามฟังก์ชันของค่าความถี่นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 24

แต่เมื่อดูตรงแถบความถี่ของตัวกลางที่เป็นเส้นใยนำแสง (ซึ่งแบ่งออกเป็นแบบมัลติโหมด และซิงเกิลโหมด) เราจะเห็นได้ว่า การลดทอนของสัญญาณจะมีค่าคงที่ตลอดช่วงค่าความถี่ จนถึง 10^8 Hz เนื่องจากค่าการวัดเหล่านี้เกิดจากการใช้ตัวกลางที่มีความยาวแน่นอน แผนภูมินี้แสดงให้เห็นได้ว่า การลดทอนของสัญญาณสำหรับเส้นใยนำแสงจะมีค่าต่ำกว่าโลหะทองแดงตลอดช่วงค่าความถี่ นั่นคือ สำหรับการสื่อสารระยะไกลและความถี่ที่สูงกว่า เส้นใยนำแสงจะเป็นตัวกลางที่ดีกว่าโลหะทองแดง

หน้า 25

เนื่องจากสูญเสียของสัญญาณเป็นความจริงที่เกิดขึ้น ดังนั้นระบบการส่งสัญญาณจึงจำเป็นที่จะต้องหลีกเลี่ยงจากการสูญเสียของสัญญาณ การที่จะป้องกันการลดทอนของสัญญาณก่อนที่จะส่งถึงสถานีปลายทางนั้น เราจะต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า " รีพีตเตอร์ " (Repeater) รีพีตเตอร์จะอ่านสัญญาณก่อนที่จะไม่สามารถตรวจจับได้ แล้วส่งสัญญาณซ้ำอีกครั้งด้วยความแรงของสัญญาณเต็มที่

หน้า 26

ในความเป็นจริงการใช้รีพีตเตอร์แทนที่จะเป็นแอมปลิฟายเออร์นี้ เป็นข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างระบบอะนาล็อก (Analog) และระบบดิจิตอล (Digital) กล่าวคือระบบอะนาล็อกจะใช้การแอมปลิฟายเออร์ซึ่งจะทำหน้าที่ขยายสัญญาณภายหลังที่ได้สูญเสียความแรงของสัญญาณไปแล้วเป็นจำนวนมาก

หน้า 27

เมื่อแอมปลิฟายเออร์ขยายสัญญาณอินพุตและส่งสัญญาณเอาต์พุตต่อไปนั้น ไม่มีวิธีการใดที่จะแยกแยะให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างสัญญาณที่ส่งแรกเริ่มกับสัญญาณรบกวนแบคกราวด์ หรือการรบกวนอื่น ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในตลอดเส้นทางได้

หน้า 28

ดังนั้น การรบกวนหรือสัญญาณรบกวนอื่น ๆ ก็จะถูกขยายไปด้วยพร้อมกับสัญญาณแรกเริ่มด้วยเช่นกัน ซึ่งเป็นเหตุผลว่าทำไมโทรศัพท์ทางไกลที่ใช้ระบบอะนาล็อกจึงมีเสียงรบกวนอยู่บ่อย ๆ และยากแก่การรับฟัง

หน้า 29

อย่างไรก็ตามในระบบดิจิตอลนั้นจะใช้รีพีตเตอร์ในการกำเนิดใหม่ (Regenerate) ของคลื่นสัญญาณบนพื้นฐานของสัญญาณที่เข้ามา (อินพุต) ในระบบการส่งสัญญาณแบบดิจิตอลนั้นเราเพียงแต่รู้ว่าสัญญาณที่เข้ามานั้นเปิดหรือปิด (1 หรือ 0) ดังนั้นรูปแบบของคลื่นเอาต์พุตที่ออกมาจึงเป็นสัญญาณที่ถูกต้องของเลขฐานสองที่อ่านได้จากด้านอินพุตของรีพีตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 30

ด้วยการส่งสัญญาณแบบดิจิตอล จึงเป็นไปได้ที่จะกำหนดว่าอะไรคือสัญญาณอินพุต และทำให้การผลิตสัญญาณใหม่เป็นไปได้อย่างถูกต้อง อัตราความคลาดเคลื่อนที่ต่ำมากนี้ก็เป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งว่า ทำไมระบบดิจิตอลได้รับความนิยมมากกว่าระบบอะนาล็อก

หน้า 31

การใช้รีพีตเตอร์นั้นย่อมต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงในการติดตั้งและบำรุงรักษา โดยรีพีตเตอร์แต่ละตัวจะชี้ให้เห็นถึงความล้มเหลวที่เป็นไปได้ของวงจรจากปลายด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่ง ดังนั้นจึงควรลดจำนวนรีพีตเตอร์ในระบบให้เหลือน้อยที่สุด

หน้า 32

เนื่องจากการลดทอนของสัญญาณ สำหรับตัวกลางที่เป็นเส้นใยนำแสง จะมีค่าต่ำกว่าตัวกลางที่เป็นโลหะอยู่มาก รีพีตเตอร์จึงถูกวางให้อยู่ห่างกันมากขึ้น ดังที่แสดงในแผนภูมิ ระบบที่ใช้สายโลหะความเร็วสูงต้องการรีพีตเตอร์วางห่างกันทุก ๆ 1 – 2 กิโลเมตร ในขณะที่ระบบที่ใช้เส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมด ต้องการรีพีตเตอร์ทุก ๆ 6 – 15 กิโลเมตร และระบบที่ใช้เส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมดต้องการรีพีตเตอร์ทุก ๆ 30 – 40 กิโลเมตรหรือมากกว่า

หน้า 33

ในระบบการส่งสัญญาณที่กำหนดให้นั้น รีพีตเตอร์ที่เป็นโลหะจะมีจำนวนเป็น 3 – 8 เท่าของรีพีตเตอร์ทางแสง ถ้าใช้เส้นใยแบบมัลติโหมด และ 15 – 20 เท่า ถ้าใช้เส้นใยแบบซิงเกิลโหมด

หน้า 34

แม้ว่าราคาต่อหน่วยของรีพีตเตอร์ทางแสงจะมีค่าสูงกว่ารีพีตเตอร์ที่ใช้สายส่งเป็นโลหะ แต่ราคารวมทั้งสิ้นก็ยังต่ำกว่าอยู่มาก เนื่องจากใช้รีพีตเตอร์จำนวนน้อย นอกจากนี้ความสามารถในด้านการจัดการและความน่าเชื่อถือของระบบก็ได้เพิ่มพูนขึ้นอีกด้วย เนื่องจากจำนวนของอุปกรณ์ได้ลดลงไปนั่นเอง

คำถาม

สำหรับเคเบิลที่มีความยาวเท่ากัน การสูญเสียของสัญญาณ (การลดทอนของสัญญาณ) ในสายเคเบิลทองแดงจะมีค่า (เท่ากับ / น้อยกว่า / มากกว่า) การลดทอนของสัญญาณในเคเบิลเส้นใยนำแสงตลอดช่วงกว้างของค่าความถี่

ก. เท่ากับ

ข. น้อยกว่า

ค. มากกว่า √

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

สำหรับการสื่อสารทางไกลความจุสูง เส้นใยนำแสงจะดีกว่าตัวกลางที่เป็นทองแดง เนื่องจากเส้นใยนำแสงเหมาะสมกับสัญญาณที่มีความถี่ที่สูง และมีการลดทอนของสัญญาณที่ต่ำกว่า

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

รีพีตเตอร์ที่ใช้ในการสื่อสารดิจิตอลจะดีกว่าแอมปลิฟายเออร์ที่ใช้ในการสื่อสารอะนาล็อก เนื่องจากรีพีตเตอร์ทำหน้าที่ (ขยาย / กำเนิดใหม่ / ลดทอน) สัญญาณ

ก. ขยาย (Amplify)

ข. กำเนิดใหม่ (Regenerate) √

ค. ลดทอน (Attenuate)

ง. ถูกทุกข้อ

หน้า 35

การรบกวนของแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) และการรบกวนของความถี่วิทยุ (RFI) เป็นการรบกวนที่สำคัญของระบบการส่งสัญญาณที่ใช้สายโลหะ ซึ่งทั้ง EMI และ RFI จะเกิดจากอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องคิดเลข คอมพิวเตอร์ วีดิโอเกมส์ มอเตอร์ไฟฟ้า และหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งสามารถรบกวนหรือเปลี่ยนแปลงรูปคลื่นที่ใช้ในระบบสายโลหะในการส่งข้อมูลข่าวสาร

หน้า 36

เนื่องจากเส้นใยนำแสงส่งข้อมูลข่าวสารในรูปของพัลส์แสง (แทนที่จะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดังในระบบสายโลหะ) ซึ่งทนทานต่อ EMI และ RFI การสื่อสารเส้นใยนำแสงจึงเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ตามโรงงาน แม้ว่าค่าแบนด์วิดธ์ที่กว้างและการสูญเสียที่ต่ำของเส้นใยนำแสง จะไม่เป็นที่ต้องการ

หน้า 37

ด้วยเหตุผลดังกล่าว เคเบิลเส้นใยนำแสงจึงอาจใช้ติดตั้งขนานคู่ไปกับสายไฟฟ้าแรงสูง สายล่อฟ้า และบริเวณใด ๆ โดยปราศจากการรบกวนของ EMI และ RFI การติดตั้งของสายเคเบิลโลหะที่ไม่มีฉนวนป้องกัน ซึ่งในสภาพแวดล้อมเช่นนี้ อาจจะเกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดขึ้นได้

คำถาม

EMI และ RFI หมายถึง

ก. Electro-Mechanical Interference and Radio Frequency Interference

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. Electro-Magnetic Interference and Radio Frequency Interference √

ค. Electro-Magnetic Interference and Radom Frequency Interference

ง. ไม่มีข้อใดถูก

คำถาม

EMI และ RFI ทำให้เกิดปัญหาในการส่งสัญญาณทางไฟฟ้า แต่จะไม่มีผลต่อการสื่อสารเส้นใยนำแสง เนื่องจาก

ก. เส้นใยนำแสงมีขนาดเท่ากับเส้นผมของมนุษย์โดยประมาณ

ข. เส้นใยนำแสงถูกทำให้พ้นจากอำนาจแม่เหล็กก่อนที่จะทำการติดตั้ง

ค. เส้นใยนำแสงจะสะท้อนสัญญาณไฟฟ้าทั้งหมด กำหนดโดยค่าคงที่ของแพลงค์

ง. การสื่อสารเส้นใยนำแสงทำการส่งสัญญาณโดยพัลส์แสง ซึ่งทนทานต่อ EMI และ RFI √

จ. เส้นใยนำแสงมีราคาแพงกว่าทองแดงตามอัตราส่วนราคาต่อน้ำหนัก

คำถาม

ความทนทานต่อ EMI และ RFI หมายถึง เคเบิลเส้นใยนำแสงอาจจะใช้ติดตั้งในพื้นที่ซึ่งมีการรบกวนทางไฟฟ้าที่สูง โดยที่เคเบิลทองแดงไม่สามารถใช้ติดตั้งได้

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 38

ข้อดีประการที่ 4 ของเส้นใยนำแสง คือ มีขนาดเล็กมาก เมื่อเทียบกับปริมาณข่าวสารที่ส่ง เส้นใยนำแสงมักจะอ้างถึง " Hair thin fibers " ในอันที่จริงแล้วจะคล้ายกับเส้นใยในแปรงทำความสะอาดมากกว่า แม้ว่าเส้นใย 1 คู่ (หนึ่งเส้นสำหรับการส่งและหนึ่งเส้นสำหรับการรับ) และถูกมัดไว้รวมกันกับเส้นใยอื่น ๆ แล้วห่อหุ้มด้วยฉนวนป้องกันภายนอก ซึ่งก็ยังมีขนาดที่เล็กกว่าสายเคเบิลโลหะอยู่มาก และสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าหลายเท่า

หน้า 39

เคเบิลเส้นใยนำแสงอาจจะใช้เดินสายผ่านในพื้นที่ที่มีขนาดเล็กเกินไปที่จะใช้สายเคเบิลโลหะ หรืออาจจะใช้แทนตัวกลางที่เป็นโลหะและให้ความจุข้อมูลข่าวสารมากกว่าหลายเท่า และยังคงให้พื้นที่ว่างเหลือสำหรับการขยายระบบอีกด้วย นอกจากนี้อาจจะใช้เส้นใยแทนสายโลหะทองแดงในระบบที่มีอยู่แล้ว โดยการดึงเคเบิลเส้นใยผ่านท่อเดินสาย (Conduits) ในขณะที่ตัวกลางที่เป็นโลหะกำลังถูกเอาออก

หน้า 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาตัวอย่างของขนาดและความจุของเคเบิลเส้นใยนำแสง เคเบิลโลหะขนาดใหญ่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 นิ้ว และสามารถส่งสัญญาณได้ 40,300 คู่สาย เทียบกับเคเบิลเส้นใยนำแสง 0.5 นิ้ว ที่มีเส้นใย 72 คู่ โดยแต่ละคู่สามารถส่งสัญญาณได้ 24,192 คู่สาย รวมเป็นทั้งสิ้น 1.7 ล้านคู่สาย และสามารถส่งสัญญาณได้ไกลกว่าเคเบิลโลหะอีกด้วย

คำถาม

เส้นใยนำแสงมีขนาดเท่ากับเส้นผมของมนุษย์

ก. ถูก

ข. ผิด √

ค. เส้นใยแบบซิงเกิลโหมด

คำถาม

ขนาดที่เล็กของเส้นใยนำแสงเมื่อเปรียบเทียบกับความสามารถในการนำส่งสัญญาณ ทำให้เส้นใยนำแสงนิยมใช้ในพื้นที่พิเศษ

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

ในหลายกรณีที่การมีขนาดเล็กของเส้นใยนำแสง ซึ่งทำให้ถูกใช้ติดตั้งขนานคู่ไปกับสายเคเบิลทองแดงในพื้นที่ที่เล็กเกินไปที่จะใช้สายเคเบิลทองแดงติดตั้งเพิ่มเติมได้

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 41

ข้อดีประการที่ 5 คือ ง่ายต่อการปรับปรุงหรืออัพเกรดเส้นทาง (Easy to Upgrade Path) ขณะที่เคเบิลเส้นใยแบบใหม่ชนิดต่าง ๆ ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง เส้นใยมีความบริสุทธิ์ได้ดังที่ต้องการและจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นเส้นใยที่ใช้ในวันนี้จะสามารถใช้ได้อีกเป็นเวลาหลายปี

หน้า 42

การปฏิวัติทางเทคโนโลยีในเส้นใยนำแสง จะไม่อยู่ในเขตจำกัดของตัวกลางแบบใหม่หรือแตกต่างไปจากเดิม แต่จะอยู่ในตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งพัลส์แสงเข้าไปในตัวกลาง และแปรความหมายของพัลส์แสงที่รับได้

หน้า 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดมาตรฐานของเส้นใยนำแสง อาจจะกำหนดไว้สำหรับบริการในปัจจุบัน และอุปกรณ์ปลายทาง (Termination Equipment) จะสามารถอัพเกรดได้ตลอดไป

คำถาม

เส้นใยนำแสงที่ใช้ในการบริการในวันนี (อาจจะ / อาจจะไม่) ต้องถูกแทนที่ตามการเปลี่ยนแปลงใหม่ในเทคโนโลยีเส้นใยนำแสงที่อาจจะเกิดขึ้น

ก. อาจจะ

ข. อาจจะไม่ √

คำถาม

การเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่ที่สำคัญและรวดเร็วของเทคโนโลยีเส้นใยนำแสง จะเกิดขึ้นในขอบเขตของ (อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ณ ปลายทาง / เคเบิลเส้นใยนำแสง)

ก . อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ณ ปลายทาง √

ข. เคเบิลเส้นใยนำแสง

หน้า 44

ข้อดีประการที่ 6 คือ การรักษาความปลอดภัย (Security) แต่เราจะเรียกว่า " การตรวจจับการลักลอบใช้สัญญาณ " (Tampering Detection) เนื่องจากไม่มีอะไรที่จะปลอดภัยอย่างแท้จริง ซึ่งรวมทั้งเส้นใยนำแสง อย่างไรก็ตามเส้นใยนำแสงไม่ได้ส่งคลื่นไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เส้นใยนำแสงยากแก่การแอบดักฟังได้มากกว่าระบบที่ใช้สายโลหะ

หน้า 45

ข้อสำคัญประการหนึ่งในการพิจารณาถึงการรักษาความปลอดภัยของเส้นใยนำแสง คือ เมื่อพัลส์แสงถูกแปลงกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า ณ เครื่องรับ และ ณ จุดดังกล่าวนี้จะง่ายต่อการตรวจจับได้เช่นเดียวกับข้อมูลข่าวสารทางไฟฟ้าอื่น ๆ

หน้า 46

เนื่องจากเส้นใยนำแสงไม่สามารถที่จะเชื่อมต่อหรือบัดกรีในวิธีแบบเดียวกันกับตัวกลางโลหะได้ ดังนั้นจึงไม่ปล่อยให้สัญญาณถูกขโมยโดยปราศจากการตรวจจับได้ พิจารณาการจ่ายสัญญาณเคเบิลทีวีประจำบ้านด้วยสายเคเบิลโคแอกเชียล การลอบต่อสัญญาณสามารถกระทำได้โดยง่าย ซึ่งเป็นการยากและต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงมากในการกระทำกับเส้นใยนำแสง และอาจจะถูกตรวจจับได้โดยง่ายอีกด้วย

คำถาม

เคเบิลเส้นใยนำแสงมีการรักษาความปลอดภัยในทุกด้าน จึงรอดพ้นจากการแอบดักฟัง (Eavesdropping) และการเข้าไปยุ่งเกี่ยว (Tampering)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ถูก

ข. ผิด √

คำถาม

ส่วนของระบบเส้นใยนำแสงซึ่งง่ายต่อการเข้าไปยุ่งเกี่ยวด้วย คือ

ก. เคเบิลเส้นใยนำแสงใช้งานอยู่ภายนอกตัวอาคาร

ข. ตำแหน่งที่ซึ่งสัญญาณทางแสงได้ส่งผ่านบนสายเคเบิลโคแอกเชียล

ค. จุดปลายตรงที่สัญญาณถูกแปลงจากพัลส์แสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า √

คำถาม

ขณะที่ระบบเส้นใยนำแสงก็ยังไม่มีความปลอดภัยอย่างแท้จริง และมีความเสี่ยงต่อการเข้าไปยุ่งเกี่ยว (มี / ไม่มี) ความปลอดภัยมากกว่าระบบที่ใช้โลหะ

ก. มี √

ข. ไม่มี

ค. เพียงเส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมดเท่านั้น

หน้า 47

ข้อดีประการที่ 7 คือ ความปลอดภัย เส้นใยที่เป็นแก้วหรือพลาสติกจะไม่นำสัญญาณทางไฟฟ้า ยกเว้นเคเบิลเส้นใยนำแสงที่ใช้เส้นโลหะเป็นแกนเสริมความแข็งแกร่ง (Strength member) ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ เส้นใยนำแสงจึงนิยมใช้ในพื้นที่ที่ซึ่งสายเคเบิลอาจจะสัมผัสกับแหล่งกำเนิดทางไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงไฟฟ้าหรือแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้ผู้ติดตั้งหรือวิศวกรเกิดความปลอดภัย

หน้า 48

การไม่เป็นตัวนำทางไฟฟ้านี้เอง ทำให้เส้นใยนำแสงเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่หมดโอกาสที่จะใช้สายโลหะได้ เช่น ผ่านถังเก็บน้ำมันหรือในบริเวณที่ซึ่งมีไอควันที่จุดติดไฟได้ง่าย

หน้า 49

นอกจากนี้ยังมีข้อพิจารณาพิเศษสำหรับการติดตั้งของตัวกลางที่อยู่เหนือพื้นดิน : สื่อไฟฟ้าที่เป็นโลหะโดยเฉพาะที่มีความยาวมาก ๆ มีคุณสมบัติในการดึงดูดให้เกิดฟ้าผ่า ซึ่งจะทำความเสียหายแก่สายเคเบิลโลหะ ทำลายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ปลายทาง และทำให้เกิดไฟไหม้ที่ร้ายแรงขึ้นได้

หน้า 50

ความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ก็ได้รับการปรับปรุงขึ้นด้วยเช่นกัน ทั้งในระหว่างการติดตั้ง หรือการซ่อมบำรุงรักษา ซึ่งอาจจะต้องสัมผัสกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เคเบิลเส้นใยนำแสงจะไม่นำไฟฟ้าไปยังช่างซ่อมได้เหมือนกับสายเคเบิลโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

โดยทั่วไปแล้ว เคเบิลเส้นใยนำแสง (นำ / ไม่นำ) ไฟฟ้า

ก. นำ

ข. ไม่นำ √

ค. เส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมด

ง. เส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมด

คำถาม

ข้อความที่ว่า " เคเบิลเส้นใยนำแสงทำจากแก้วหรือพลาสติก ด้วยวัตถุที่ไม่เป็นตัวนำทางไฟฟ้า " เป็นข้อยกเว้นสำหรับเคเบิลเส้นใยที่ใช้เส้นโลหะเป็นแกนเสริมความแข็งแกร่ง (Strength member)

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

ในหลายกรณีที่สายเคเบิลเส้นใยไม่ได้ใช้เพียงเพื่อความสามารถในการส่งข้อมูลได้จำนวนมาก แต่ยังมีความปลอดภัยในพื้นที่ซึ่งสายเคเบิลโลหะอาจจะก่อให้เกิดอันตรายได้

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 51

คลิกตรงปุ่มตัวเลขเพื่อสรุปข้อดี 7 ประการ ของเส้นใยนำแสง

1. แบนด์วิธด์กว้าง – เส้นใยนำแสงสามารถส่งข่าวสารข้อมูลได้มากกว่าระบบที่ใช้สายโลหะ
2. การสูญเสียของสัญญาณที่ต่ำ – เส้นใยนำแสงสามารถส่งข่าวสารข้อมูลในระยะทางที่ไกลกว่า ซึ่งลดจำนวนของรีพีตเตอร์ที่ต้องการ ทำให้ราคารวมของระบบทั้งหมดต่ำและเพิ่มพูนความน่าเชื่อถือได้อีกด้วย
3. ปราศจากการรบกวนสัญญาณ – ในการส่งสัญญาณทางแสง ข้อมูลข่าวสารจะอยู่ในรูปพัลส์แสงแทนที่จะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้ข้อมูลข่าวสารในเส้นใยนำแสงทนทานต่อการรบกวนของ EMI และ RFI
4. มีขนาดเล็ก – ทำให้เคเบิลเส้นใยนำแสงสามารถใช้ในบริเวณพื้นที่ซึ่งเล็กเกินไปสำหรับสายเคเบิลแบบเดิมหรือใช้แทนสายเคเบิลโลหะที่มีอยู่เดิม แล้วยังคงเหลือพื้นที่ไว้สำหรับการขยายระบบได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ง่ายแก่การอัพเกรดเส้นทาง – เนื่องจากจะมีเพียงอุปกรณ์ปลายทางเท่านั้นที่จะต้องถูกเปลี่ยนเพื่อที่จะอัพเกรดขีดความสามารถของระบบ ซึ่งการอัพเกรดเส้นทางนี้กระทำได้โดยง่าย
6. การตรวจจับการลักลอบใช้สัญญาณ – การเข้าไปยุ่งเกี่ยวกับสัญญาณเส้นใยนำแสงเป็นสิ่งที่ยากมากและสามารถตรวจจับได้ง่ายกว่าระบบที่ใช้สายส่งโลหะ ซึ่งจะทำให้ระบบที่ใช้เส้นใยนำแสงนี้สามารถรักษาความปลอดภัยได้กว้างไกล
7. ความปลอดภัย – โดยทั่วไปแล้ว เคเบิลเส้นใยนำแสงจะไม่นำสัญญาณไฟฟ้า จึงเหมาะสมที่จะใช้ในพื้นที่ซึ่งอาจจะมีประกายไฟหรือข้อจำกัดที่เป็นอันตรายทางไฟฟ้า ล่อฟ้าผ่าหรืออาจจะทำให้ช่างซ่อมอยู่ในอันตรายเมื่อทำงานอยู่กับสายโลหะ

หน้า 52

ให้คลิกตรงเส้นเวลาเพื่อดูเหตุการณ์ทางประวัติศาสตร์ ของการสื่อสารทางแสง

ยุคก่อนประวัติศาสตร์ – มนุษย์ในสมัยก่อนได้ใช้ไฟเป็นสัญญาณตามยอดเขาเพื่อส่งข้อมูลข่าวสารในระยะทางไกล ๆ

ก่อนคริสตศักราช 1184 ปี – พระราชินีไคลเตมเนสตรา (Clytemnestra) แห่งเมืองทรอย และพระสวามีได้ใช้แนวกระโจมไฟยาว 900 กิโลเมตร เพื่อเป็นจุดอ้างในการเดินทาง

ค.ศ.1621 – วิลลีบอร์ด สเนลล์ (Willebrod Snell) ได้ตั้งกฎเกี่ยวกับพฤติกรรมของแสงเมื่อเดินทางหนึ่งจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง

ค.ศ.1775 – โคมแขวนในหอระฆังนอร์ธเชอร์ช (North Church) แห่งเมืองบอสตัน (Boston) ได้ถูกใช้เป็นสัญญาณให้แก่พอล รีแวร์ (Paul Revere) เพื่อเริ่มต้นการขี่ม้าที่มีชื่อเสียงของเขา

ในทศวรรษที่ 1790 – คลูเดอร์ ชาเปอ (Claude Chappe) ได้สร้างโทรศัพท์ทางแสงบนหอสูง เป็นชุดยาว 230 กิโลเมตร จากเมืองปารีสถึงเมืองลีล์ โดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที

ค.ศ.1870 – จอห์น ไทน์ดอล (John Tyndall) นักปราชญ์ชาวอังกฤษได้สาธิตแก่บรรดาราชวงค์ให้เห็นว่าแสงสามารถทำให้สะท้อนกลับภายใน ไปตามทางโค้งของลำน้ำที่กำลังไหลออกจากปลายท่อได้ ปรากฏการณ์สะท้อนกลับภายในนี้ เป็นสิ่งที่ทำให้เส้นใยนำแสงทำงานได้

ค.ศ.1880 – อเล็กซานเดอร์ กาแฮม เบลล์ (Alexander Garham Bell) ได้ประดิษฐ์โฟโตโฟน อุปกรณ์ที่ใช้แสงในการส่งคำพูด โฟโตโฟนสามารถส่งเสียงผ่านอากาศได้ไกลถึง 200 เมตร

ค.ศ.1880 – วิลเลียม วีลเลอร์ (Willium Wheeler) นักวิศวกรแห่งบริษัทคอนคอร์ด มลรัฐแมซซาชูเซตต์ ได้รับสิทธิบัตร 274,229 ในการประดิษฐ์เครื่องให้แสงสว่างแก่ที่อยู่อาศัยและโครงสร้างอื่น ๆ ซึ่งส่งแสงไปตามท่อจากแหล่งกำเนิดไปยังห้องอื่น ๆ ผ่านท่อกลวงที่มีพื้นผิวภายในสะท้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับ Wheeler เชื่อว่ามันเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของหลอดไฟฟ้าของโทมัส เอดิสัน (Thomus Edison)

ค.ศ.1897 – จอห์น วิลเลียม สตรัต (John Willium Strutt) หรือบารอนเรย์ลีห์ที่ 3 (Baron Rayleigh) ได้คิดสูตรการแพร่กระจายของแสง

ค.ศ.1900 –แมกซ์ แพลงค์ (Max Planck) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้พัฒนาทฤษฎีการแผ่รังสีในรูป ซึ่งภายหลังเรียกว่าโฟตอน (Photon) และค่าคงที่ของแพลงค์ (Planck's Constant) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของพลังงานอิเล็กตรอนและโฟตอน

ค.ศ.1905 – อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) ได้เสนอทฤษฎีโฟตอน ดังอธิบายในปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก (Photoelectric Effects)

ค.ศ.1930 – วิลลิส แลมบ์ จูเนียร์ (Willis Lamb, Jr.) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการส่งแสงไปตามเส้นใยแก้ว

ในทศวรรษที่ 1950 – กล้องไฟเบอร์สโคป (Fiberscope) ได้ถูกพัฒนาขึ้นซึ่งใช้แท่งแก้วที่อ่อน ทำให้นายแพทย์มองเห็นภายในร่างกายของคนไข้ได้

ค.ศ.1951 – กลุ่มนักวิจัยในสหรัฐอเมริกา ได้สาธิตการส่งรูปภาพผ่านกลุ่มเส้นใยนำแสง

ค.ศ.1953 – นารินเดอร์ ไซน์ คาปานี (Narinder Singh Kapany) ได้พัฒนาเส้นใยด้วยแคลดดิง ซึ่งสามารถปรับปรุงคุณสมบัติในการส่งให้ดีขึ้นเป็นอย่างมาก

ค.ศ.1960 – ธีโอดอร์ มายแมน (Theodore Maiman) แห่งห้องวิจัยฮิวจ์ (Hughes) ได้สาธิตเลเซอร์เป็นเครื่องแรก

ค.ศ.1962 – ธีโอดอร์ มายแมน ได้ประดิษฐ์เลเซอร์แบบเซมิคอนดักเตอร์

ค.ศ.1966 – ชาร์ลส์ เกา (Charles Kao) และชาร์ลส์ ฮอกแกม (Charles Hockham) แห่งห้องปฏิบัติการสแตนดาร์ด เทเลคอมมูนิเคชัน (Standard Telecommunication) ประเทศอังกฤษ ได้ตีพิมพ์บทความว่าเส้นใยนำแสงสามารถใช้เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลได้ ถ้าการสูญเสียสามารถลดลงเหลือ 20 dB/Km

ค.ศ.1970 – โรเบิร์ติ มูเรอร์ (Robert Maurer) และผู้ร่วมงานของบริษัทคอนนิง เมืองนิวยอร์ก ได้ผลิตเส้นใยนำแสงที่มีการสูญเสียต่ำกว่า 20 dB/Km ได้เป็นครั้งแรก

ค.ศ.1977 – บริษัท GTE และ AT&T ได้ติดตั้งระบบโทรศัพท์เส้นใยนำแสงในขั้นทดลอง

ค.ศ.1978 – บริษัทเคเบิลคอม เยนเนอรัล (Cablecom General) ได้ติดตั้งเคเบิลทีวีเส้นใยนำแสงเป็นครั้งแรก : ใช้เส้นใยนำแสงในช่วง 3 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.ศ.1979 – บริษัทเยนเนอรัล เทเลโฟน (General Telephone) แห่งเมืองฟลอริด้า ได้ติดตั้งระบบการสื่อสารเส้นใยนำแสงใต้น้ำเป็นครั้งแรก

ค.ศ.1980 – จากความสำเร็จในการทดลอง บริษัท AT&T ได้ประกาศแผนการติดตั้งระบบเส้นใยนำแสงระยะไกลจากเมืองบอสตัน มลรัฐแมซซาชูเซส ถึงเมืองริชมอนด์ มลรัฐเวอร์จิเนีย

ค.ศ.1981 – บริษัทคอร์นนิง กลาส (Corninig Glass) ได้แนะนำเส้นใยแบบซิงเกิลโหมดทางเชิงการค้าเป็นครั้งแรก ด้วยค่าแบนด์วิดธ์ที่สูงและการลดทอนของสัญญาณที่ต่ำ

ค.ศ.1981 – บริษัทคอนติเนนตัล เทเลโฟน (Continental Telephone) แห่งเวอร์จีเนีย ได้ติดตั้งเคเบิลเส้นใย 17 กิโลเมตร ซึ่งทำงานที่อัตรา T3 45 เมกะบิต/วินาที

ค.ศ.1982 – บริษัท Kauai Telephone ได้ติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสง ทำงานที่อัตรา T3 45 เมกะบิต/วินาที ตลอดระยะทาง 32 กิโลเมตร โดยไม่ใช้รีพีตเตอร์

ค.ศ.1982 – บริษัท MCI ได้ติดตั้งเคเบิลเส้นใยนำแสงทำงานที่ 135 เมกะบิต/วินาที เชื่อมต่อในนิวยอร์ก

ค.ศ.1983 – บริษัท MCI AT&T Sprint และ อื่น ๆ ได้เริ่มติดตั้งการสื่อสารแห่งชาติ โดยใช้ตัวกลางเส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมด

ค.ศ.1983 – บริษัท MCI ได้ติดตั้งเคเบิลเส้นใย ทำงานที่ 405 เมกะบิต/วินาที

ค.ศ.1988 – ทรานซ์ แอตแลนติก เคเบิล (TAT-8) เคเบิลเส้นใยนำแสงข้ามมหาสมุทรครั้งแรกถูกนำมาใช้ให้บริการ เป็นระยะทาง 3,607 ไมล์ ระหว่างเมืองทักเคอร์ตัน (Tuckerton) มลรัฐนิวเจอร์ซี่ และเมืองไวด์เมาธ์ (Widemouth) ประเทศอังกฤษ / เมืองแปงมาร์ช (Penmarch) ประเทศฝรั่งเศส

หน้า 53

พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้ามีอยู่ในทุกหนทุกแห่ง โดยเกี่ยวข้องกับเสียงที่เราได้ยิน วิทยุเอเอ็ม (AM) และเอฟเอ็ม (FM) โทรทัศน์และแสงที่เรามองเห็น ในขณะเมื่อเราหยุด ณ ไฟสัญญาณจราจร ไฟสีแดงก็จะให้สัญญาณหยุด สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งสิ้น โดยจะแตกต่างกันในคุณลักษณะ 2 ประการ ที่ใช้อธิบายพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าคือ ความถี่และความยาวคลื่น

หน้า 54

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ายังใช้สำหรับการเอ็กซเรย์ ซึ่งนายแพทย์ได้ใช้สำหรับการมองทะลุเนื้อและกระดูก รังสีคอสมิกซึ่งมาจากห้วงอวกาศภายนอกได้ก่อให้เกิดพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นเช่นกัน โดยรูปแบบของพลังงานไฟฟ้าเหล่านี้ล้วนได้แตกต่างกันในความถี่และความยาวคลื่นทั้งสิ้น

หน้า 55

แสงสามารถอธิบายได้ 2 รูปแบบ คือ คลื่น หรืออนุภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 56

ทวิภาคของคลื่น/อนุภาคนี้ เป็นที่ถกเถียงกันมาเป็นเวลาหลายปี ในปัจจุบันนักฟิสิกส์ส่วนใหญ่ได้เห็นว่าทั้งคลื่นและอนุภาคนี้ ต่างเหมาะสมสำหรับการอธิบายคุณลักษณะของแสง

หน้า 57

เราเรียกอนุภาคของแสงว่าโฟตอน ซึ่งเป็นควอนตัม (Quantum) หรือกลุ่มก้อนของพลังงาน ควอนตัมเป็นหน่วยจำนวนเต็มของพลังงาน นั่นคือ จะไม่มี 1.35 Quanta หรือ 3.42 Quanta มีเพียงเลขจำนวนเต็มของหน่วย Quanta เท่านั้น (ให้ดึงเชือกเพื่อดูโฟตอน)

หน้า 58

ปริมาณของพลังงานที่ควบคุมโดยโฟตอนจะขึ้นอยู่กับความถี่ของแสง โดยความถี่ที่สูงกว่าให้พลังงานที่สูงกว่า ในขณะที่ความถี่ที่ต่ำกว่าให้พลังงานที่น้อยกว่า

หน้า 59

สิ่งหนึ่งที่สามารถคิดโดยสัญชาตญาณ เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความถี่หรือพลังงาน โดยการพิจารณาลูกบอลที่กำลังเด้งอยู่บนพื้นห้องของโรงยิม ลูกบอลที่มีพลังงานมากก็จะเด้งได้ไปทั่วทุกพื้นที่ พลังงานที่สูงกว่าก็เท่ากับความถี่ที่สูงกว่า ในขณะที่ลูกบอลที่มีพลังงานน้อยกว่าก็จะเด้งได้ไม่เท่า (ให้คลิกตรงปุ่มลูกศรเพื่อเปลี่ยนระดับพลังงานของลูกบอล เสร็จแล้วให้คลิกตรงปุ่ม Launch)

หน้า 60

พลังงาน E มีหน่วยเป็นวัตต์ ซึ่งควบคุมโดยโฟตอนที่กำหนดโดยสมการ $E = hf$ เมื่อ f คือ ความถี่ของแสง และ h เป็นค่าคงที่ของแพลงค์

หน้า 61

ค่าคงที่ของแพลงค์ (h) เป็นค่าคงที่ที่หาได้มาจากการคำนวณโดยแมกซ์ แพลงค์ นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันเมื่อปลายศตวรรษที่ 19 ค่าคงที่ของแพลงค์นี้จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของโฟตอนกับความถี่ของแสงที่ส่งออกจากโฟตอน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.626×10^{-34} จูล-วินาที

หน้า 62

เนื่องจากค่า h ในสมการ $E = hf$ เป็นค่าคงที่ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจึงเป็นฟังค์ชั่นของค่าความถี่เพียงอย่างเดียว

หน้า 63

โฟตอนเป็นสิ่งเล็ก ๆ ที่ยากแก่การเข้าใจ เนื่องจากเมื่อโฟตอนหยุดเคลื่อนที่ก็จะหายไปและจะเปลี่ยนมวลเป็นพลังงาน โดยที่จริงแล้วโฟตอนจะไม่อยู่ในสถานะ “ ไม่มีพลังงาน ” แต่เมื่อถึงจุดหนึ่งจะแปลงเป็นพลังงานแล้วหายตัวไป (ดึงเชือกเพื่อดูเหตุการณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 64

กฎทางฟิสิกส์ที่เรียกว่า กฎของการอนุรักษ์ (Law of Conservation) ซึ่งสสารและพลังงานไม่สามารถสร้างขึ้นมาใหม่หรือสูญหายไป แต่สามารถจะเปลี่ยนจากสสารเป็นพลังงาน หรือพลังงานเป็นสสารได้

หน้า 65

โดยทั่วไปจะพิจารณาการเปล่งแสงเป็นการกำเนิดของโฟตอน การเปล่งแสงมักจะเรียกว่าการให้กำเนิดแสงหรือการแผ่รังสี โฟตอนอาจจะเกิดขึ้นเมื่ออิเล็กตรอนซึ่งจะมีอยู่ในวงโคจรในระดับพลังงานใด ๆ รอบนิวเคลียสของอะตอมนั้น เคลื่อนที่จากระดับพลังงานที่สูงกว่าไปยังระดับพลังงานที่ต่ำกว่า (คลิกตรงปุ่มเพื่อกำเนิดโฟตอน)

หน้า 66

สิ่งที่ควรจะจำไว้ ก็คือไม่ใช่ว่าอิเล็กตรอนทุกตัวจะให้กำเนิดโฟตอนได้ ระดับพลังงานจะมีค่าอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า แถบพลังงาน (Energy Band) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของอิเล็กตรอนในโครงสร้างของอะตอม อิเล็กตรอนที่ด้านนอกจะมีพลังงานที่สูงกว่าและได้รับอิทธิพลจากแรงของนิวเคลียสที่น้อยกว่า

หน้า 67

แถบพลังงานจะมีความสัมพันธ์กับการเปล่งของโฟตอน เช่นเดียวกับการให้กำเนิดแสง ซึ่งได้แก่ แถบคอนดักชั่น (Conduction Band) และแถบวาเลนซ์ (Valence Band) โดยที่แถบพลังคอนดักชั่นจะบรรจุอิเล็กตรอนอิสระที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหล จึงเรียกว่าอิเล็กตรอนตัวนำ " Conduction Electron "

หน้า 68

ภายในเครื่องเลเซอร์ซึ่งให้กำเนิดแสงสำหรับการสื่อสารเส้นใยนำแสง โฟตอนจะถูกสร้างขึ้นมาและการเคลื่อนที่ของโฟตอนจะกระตุ้นโฟตอนด้วยกันทำให้เกิดโฟตอนอีกจำนวนมาก เกิดปรากฏการณ์คาสเคด (Cascade) หรืออะวาเลนซ์เอฟเฟค (Avalence Effect)

หน้า 69

การวางขอบกั้นบริเวณที่เกิดโฟตอน จะทำให้เกิดขบวนการ Cascade ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในภายหลัง

คำถาม

ทั้งคลื่นวิทยุ AM และ FM รังสีเอ็กเรย์ แสงสีแดงที่มองเห็นได้ และรังสีคอสมิก ล้วนเป็นตัวอย่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามเทอมของ

ก. จำนวนของวาเลนซ์อิเล็กตรอนในชั้นนอกสุด

ข. ค่าคงที่ของแพลงค์

ค. ค่าความถี่และค่าความยาวคลื่น √

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. ความหนาแน่นสเปคตรัมเฉลี่ย

คำถาม

แสงสามารถอธิบายได้ในสองวิธีการที่แตกต่างกันและถูกต้องพอ ๆ กัน ซึ่งแสงสามารถอธิบายได้ในเทอมของ

ก. คลื่นและอนุภาค √

ข. อนุภาคและโฟตอน

ค. เมซอน ควาก แอนติควาก กลูออน และมิวออน

ง. โฟตอนและควอนตา

คำถาม

อนุภาคของแสงเรียกว่า (โฟตอน / ควอนตา) และพลังงานสามารถวัดได้ในเทอมของ

ก. โฟตอน / ควอนตา √

ข. ควอนตา / โฟตอน

คำถาม

เมื่อโฟตอนเกิดขึ้นมวลจะแปลงเป็น (พลังงาน / การหมุนของอะตอม / โปรตอน) ซึ่งตรงกับกฎการอนุรักษ์ของสสารและพลังงาน

ก. พลังงาน √

ข. การหมุนของอะตอม

ค. โปรตอน

คำถาม

การปลดปล่อยโฟตอนจะเป็นผลในการให้กำเนิดแสงหรือการแผ่รังสี ซึ่งการปลดปล่อยโฟตอนนี้จะเป็นผลจากการที่อิเล็กตรอนสูญเสียพลังงานเมื่อ

ก. เคลื่อนที่จากระดับพลังงานที่สูงกว่าไปยังระดับพลังงานที่ต่ำกว่า √

ข. เคลื่อนที่จากระดับพลังงานที่ต่ำกว่าไปยังระดับพลังงานที่สูงกว่า

ค. ถูกดูดกลืนเข้าไปในชั้นอิเล็กตรอนอิสระ

ง. ถูกแยกเป็นโฟตอนและอิเล็กตรอน

คำถาม

การกระตุ้นให้ปลดปล่อยโฟตอนในพื้นที่ปิดโดยรอบ จะกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยโฟตอนที่ (น้อยกว่า / มากกว่า)

ก. น้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. มากกว่า √

หน้า 70

พลังงานแม่เหล็กจะมีค่าต่อเนื่องตั้งแต่พลังงานต่ำกว่าเสียง (Subsonic Energy) ไปจนถึงคลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ รังสีแกมม่า รังสีคอสมิก และอื่น ๆ ซึ่งต่างล้วนมีความถี่และความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน

หน้า 71

โปรดสังเกตว่า สเปคตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งสัญญาณวิทยุ จะอยู่ในย่านตั้งแต่ต่ำกว่า 1 MHz ไปจนถึง 1 GHz

หน้า 72

เมื่อเราเคลื่อนที่จากทางด้านล่าง (Subsonic range) ของสเปคตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังด้านบน ความถี่ของสัญญาณจะเพิ่มขึ้น นั่นคือ สามารถพูดได้ว่า มีจำนวนคลื่นเกิดเพิ่มมากขึ้นในแต่ละหน่วยเวลา

หน้า 73

ในส่วนของการได้ยินเสียงสัญญาณ เราจำได้ว่าความถี่เป็นดังเช่นกับระดับเสียง ความถี่ต่ำจะมีเสียงต่ำ ซึ่งมีเสียงทุ้มมากกว่าและเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ก็จะทำให้ระดับของเสียงแหลมคมยิ่งขึ้นจนกระทั่งเราไม่สามารถตรวจจับได้ยินด้วยหูของเราอีกต่อไป เมื่อความถี่มีค่าเพิ่มมากขึ้นค่าความยาวคลื่นจะมีค่าลดลง (คลิกตรงกล่องเพื่อฟังเสียง)

หน้า 74

พิจารณาเปคตรัมอินฟราเรดในช่วงความถี่ 1 THz ระบบเส้นใยนำแสงส่วนใหญ่จะใช้แสงอินฟราเรด เนื่องจากว่าส่งในเส้นใยนำแสงได้ดีกว่าแสงที่เรามองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

หน้า 75

เพื่อที่จะเข้าใจในระบบเส้นใยนำแสงว่าทำงานได้อย่างไร จึงเราจำเป็นจะต้องเข้าใจในบางเทอม โดยเทอมสำคัญในการทำความเข้าใจสเปคตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้แก่ ความยาวคลื่น (Wavelength) แบนด์วิดธ์ (Bandwidth) , การแพร่กระจาย (Dispersion) และการผิดเพี้ยนของสัญญาณ (Distortion)

คำถาม

พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีค่าพลังงาน (ต่อเนื่อง / แยกเป็นกลุ่มก้อน) ตั้งแต่พลังงานต่ำกว่าเสียงไปจนถึงรังสีคอสมิก

ก. ต่อเนื่อง √

ข. แยกเป็นกลุ่มก้อน (Discrete quanta)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

ความแตกต่างพื้นฐานระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คือ ความถี่ และความยาวคลื่น

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

เมื่อความถี่ (ซึ่งเรารู้จักกันในนามของ " ระดับเสียง ") มีค่าเพิ่มมากขึ้น ความยาวคลื่นจะมีค่า

ก. เพิ่มขึ้น

ข. ลดลง √

ค. คงที่

ง. เข้าใกล้ค่าสัมประสิทธิ์มายแมน (Maiman's Coefficient)

คำถาม

ช่วงสเปคตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่น่าสนใจสำหรับการสื่อสารเส้นใยนำแสง คือช่วงอินฟราเรดซึ่งอยู่ในช่วง 1 THz

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 76

ความยาวคลื่นนิยามเป็นระยะทางที่คลื่นเดินทางครบ 1 รอบ วัดได้ระหว่างสองจุดใด ๆ ที่เป็นเอกลักษณ์กันบนคลื่น ซึ่งปกตินักฟิสิกส์จะวัดระยะจากยอดคลื่นลูกหนึ่งถึงยอดคลื่นลูกถัดไป

หน้า 77

ในการสื่อสารเส้นใยนำแสง เราจะพูดถึงความยาวคลื่นเช่นกับระยะทาง ซึ่งในหน่วยของไมโครเมตร (μm) และนาโนเมตร (nm) จะเป็นหน่วยวัดที่ใช้มากที่สุด โดยเทอมอื่นที่หมายถึงไมโครเมตร คือ ไมครอน

หน้า 78

ความยาวคลื่นของสเปคตรัมอินฟราเรดที่ใช้ในการสื่อสารเส้นใยนำแสง จะมีค่าอยู่ระหว่าง 800 nm และ 1600 nm (นาโนเมตรหรือหนึ่งในล้านของเมตรหรือ 10^{-9} เมตร)

หน้า 79

สเปคตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในส่วนของอินฟราเรดจะมีความถี่ที่สูงกว่า และมีความยาวคลื่นที่สั้นกว่าคลื่นวิทยุ เนื่องจากมีการส่งสัญญาณที่มากกว่า ณ ความถี่ที่สูงกว่าหรือแบนด์วิดธ์มากกว่า ดังนั้นคลื่นอินฟราเรดจึงใช้ส่งข้อมูลข่าวสารได้มากกว่าคลื่นวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

ความยาวคลื่นสามารถกำหนดได้ในเทอมของระยะทางหรือเวลา ในเส้นใยนำแสงเราจะพิจารณาความยาวคลื่นในเทอมของ

ก. ระยะทาง √

ข. เวลา

คำถาม

ความยาวคลื่นในการสื่อสารเส้นใยนำแสง ปกติจะอยู่ในช่วงไมโครเมตรหรือนาโนเมตร โดยในย่าน 800 nm ถึง 1600 nm ซึ่งเป็นช่วงที่ได้ให้ความสนใจมากเป็นพิเศษ

ก. ถูกต้อง √

ข. ผิด

คำถาม

ความถี่ที่สูงกว่าจะมีความยาวคลื่นที่สั้นกว่า ดังนั้นจำนวนคลื่นจะปรากฏมากขึ้นในระยะทางที่กำหนดให้ ซึ่งหมายความว่าคลื่นที่มีความถี่ที่สูงกว่าจะสามารถส่งข้อมูลข่าวสารต่อวินาทีได้ (มากกว่า / น้อยกว่า) คลื่นที่มีความถี่ที่ต่ำกว่า

ก. มากกว่า √

ข. น้อยกว่า

หน้า 80

ในการนิยามคำว่า แบนด์วิดธ์ (Bandwidth) มีอยู่หลายวิธี สำหรับผู้เริ่มต้นค่าแบนด์วิดธ์สามารถนิยามเป็นความสามารถในการส่งข้อมูลข่าวสารของตัวกลางใด ๆ อย่างไรก็ตาม ค่าแบนด์วิดธ์สามารถให้คำจำกัดความได้อย่างถูกต้อง คือ เป็นความสามารถของตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูลข่าวสารด้วยขนาดที่แน่นอน ในกรณีของข้อมูลดิจิตอลค่าแบนด์วิดธ์นี้อาจจะอธิบายได้ในเทอมของจำนวนบิตต่อวินาที

หน้า 81

ถ้าค่าแบนด์วิดธ์ของตัวกลางมีค่าน้อยมาก เช่น เส้นลวดทองแดงที่เล็กมากและไม่บริสุทธ์จะสามารถส่งผ่านข้อมูลได้เพียง 9,600 บิตต่อวินาที

หน้า 82

ในทางตรงกันข้าม ถ้าแบนด์วิดธ์ของตัวกลางมีขนาดใหญ่มาก ๆ เช่น เส้นใยนำแสง มันอาจจะสามารถส่งผ่านข้อมูลได้ 1 ล้านบิตต่อวินาที ซึ่งทำให้เพียงพอสำหรับการสนทนาทางเสียงและข้อมูลได้หลายพันคู่สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 83

ประการที่ 3 ในการนิยามของแบนด์วิดธ์เส้นใยนำแสง คือ เป็นช่วงของความถี่ที่สามารถครอบครองได้โดยมีการผิดเพี้ยนทางอัมปลิจูดน้อยที่สุด ประการที่ 4 นิยามที่ถูกต้องยิ่งขึ้น คือแบนด์วิดธ์เป็นช่วงความถี่ระหว่างจุด 2 จุดที่กำลังเอาท์พุตทางแสงลดเหลือ 50% ของค่าสูงสุด โดยค่าลดลง 50 % จะหมายถึงการสูญเสียสัญญาณไป 3 dB

หน้า 84

กำลังเอาต์พุตทางแสงจะเป็นการวัดค่าในเทอมของสเปคตรัมกำลัง (Power Spectral Density , S (F)) สำหรับพัลส์เดี่ยวรูปสี่เหลี่ยมในช่วงเวลา Tua (T)

หน้า 85

เมื่อพัลส์แสงเดินทางผ่านเส้นใยนำแสง จะเกี่ยวข้องกับการผิดเพี้ยนของสัญญาณและการแพร่กระจาย ยิ่งพัลส์แสงเดินทางไปได้ไกลเท่าไหร่ ก็ยิ่งจะมีผลจากองค์ประกอบทั้งสองนี้มากขึ้น

หน้า 86

เนื่องจากการผิดเพี้ยนและการแพร่กระจายของพัลส์เป็นฟังก์ชั่นของระยะทาง ดังนั้นสำหรับเส้นใยนำแสงประเภทเดียวกันและขนาดเดียวกัน เส้นใยนำแสงที่ยาวกว่าจะมีแบนด์วิดธ์ที่ต่ำกว่า และเส้นใยนำแสงที่สั้นกว่าจะมีค่าแบนด์วิดธ์ที่สูงกว่า (ดูตัวอย่าง)

หน้า 87

สมมติว่าได้ติดตั้งเส้นใยนำแสงยาว 6 กิโลเมตร ด้วยแบนด์วิดธ์ 45 MHz เราจะออกแบบแบนด์วิดธ์ – ความยาว ได้โดยการคูณ 6 กิโลเมตร ด้วย 45 MHz ซึ่งจะได้ 270 MHz – km ปกติค่าแบนด์วิดธ์ต่อกิโลเมตรนี้จะทราบจากโรงงานผู้ผลิต จึงทำให้สามารถคำนวณได้ในหลายรูปแบบและจะช่วยให้สามารถกำหนดความเหมาะสมของเคเบิลเส้นใยนำแสง ที่จะใช้ในการส่งผ่านข้อมูลตามที่ต้องการได้

หน้า 88

เราสามารถที่จะใช้ค่าแบนด์วิดธ์ – ความยาว ในการกำหนดส่วนที่สั้นกว่าของเส้นใยนำแสงได้ เช่น 2.5 km นั้นอาจจะเอาค่าแบนด์วิดธ์ที่มีค่ามากกว่า 45 MHz เนื่องจากแบนด์วิดธ์มีค่าเท่ากับ แบนด์วิดธ์ – ความยาว หารด้วยความยาว ดังนั้นเมื่อหาร 270 MHz – km ด้วย 2.5 km ก็จะเหลือเพียงค่าแบนด์วิดธ์ 108 MHz

หน้า 89

การคำนวณจะทำให้สามารถใช้ประโยชน์ในการกำหนดระยะห่างของรีพีตเตอร์ บนพื้นฐานของความสามารถในการนำส่งข้อมูลข่าวสารที่ได้ออกแบบไว้ ในที่นี้จะสามารถเปรียบเทียบระยะห่างของรีพีตเตอร์ สำหรับระบบ T1 ด้วยค่า 1.544 เมกะบิต/วินาที กับระบบ T3 ด้วยค่า 45 เมกะบิต/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

แบนด์วิดธ์จะเป็นความจุของตัวกลางในการส่งข้อมูลข่าวสาร โดยสามารถกำหนดให้ถูกต้องยิ่งขึ้น คือ

ก. ความสามารถของตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูลข่าวสารที่มีขนาดแน่นอน √

ข. ความกว้างของแถบความถี่

ค. จำนวนของบิตที่จำเป็นสำหรับการสื่อสาร

คำถาม

สาเหตุ 2 ประการ ที่ทำให้ความเสียหายในการส่งข้อมูลข่าวสารของเส้นใยนำแสง คือ

ก. Pulse Disruption and Pulse Distortion

ข. Perturbation and Standing Waves

ค. Pulse Distortion and Pulse Dispersion √

ง. Pulse Distortion and Phtonic Dispersion

คำถาม

ปกติโรงงานผู้ผลิตเส้นใยนำแสงจะให้ข้อมูลค่า Bandwidth-Km เพื่อทำให้วิศกรสามารถคำนวณหาค่าอะไร

ก. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง

ข. ค่าโดยประมาณของการผิดเพี้ยนและการกระจายของพัลส์

ค. อัตราส่วนแบนด์วิดธ์ - ความยาว

ง. แบนด์วิดธ์ - ความยาว √

จ. สัมประสิทธิ์แบนด์วิดธ์ - ความยาว

คำถาม

ค่าแบนด์วิดธ์ – ความยาว จะมีประโยชน์ในการกำหนดช่องว่างระหว่างรีพีตเตอร์ และความสามารถของเส้นใยนำแสงในการครอบครอง

ก. ความถี่ที่ต้องการ

ข. ความต้องการในการส่งข้อมูลข่าวสารสำหรับระยะทางที่ต้องการในการออกแบบ √

ค. แบนด์วิดธ์ที่ต้องการ

ง. ไม่มีข้อใดถูก

หน้า 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนนี้ให้หันความสนใจมายังเรื่องการแพร่กระจาย (Dispersion) การแพร่กระจายเป็นผลที่เกิดขึ้นเมื่อพัลส์แสงเดินทางผ่านตัวกลางเส้นใยนำแสง การแพร่กระจายเป็นการขยายกว้างออก (Broadening) ของพัลส์แสงในขณะที่มันเดินทางผ่านตัวกลาง และการแพร่กระจายนี้จะเพิ่มขึ้นตามระยะทาง

หน้า 91

เนื่องจากพัลส์แสงได้ยืดออกด้วยปริมาณที่แน่นอนในแต่ละกิโลเมตรของเส้นใยที่เดินทางไป การแพร่กระจายของพัลส์แสงนี้จะเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นกับระยะทาง เมื่อพัลส์แสงยืดออกมากเกินไป ก็จะเริ่มไม่สามารถที่จะแยกแยะออกจากพัลส์อื่น ๆ ได้ และทำให้ความสามารถในการนำส่งข้อมูลข่าวสารมีค่าลดน้อยลงไป

หน้า 92

การแพร่กระจายแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ : การแพร่กระจายเชิงโหมด (Modal Dispersion) การแพร่กระจายเชิงวัสดุ (Material Dispersion) และการแพร่กระจายเชิงท่อนำคลื่น (Waveguide Dispersion)

คำถาม

การแพร่กระจายเป็นการ (ขยายให้กว้างออก / ทำให้สั้นลง / ทำให้แบนราบ) ของพัลส์แสง และจะเพิ่มขึ้นเป็น (ทวีคูณ / เชิงเส้น) กับระยะทางที่เดินทางไป

ก. ขยายให้กว้างออก / ทวีคูณ

ข. ทำให้สั้นลง / ทวีคูณ

ค. ทำให้แบนราบ / ทวีคูณ

ง. ขยายให้กว้างออก / เชิงเส้น √

จ. ทำให้สั้นลง / เชิงเส้น

ฉ. ทำให้แบนราบ / เชิงเส้น

ช. ไม่มีข้อใดถูก

คำถาม

ขณะที่พัลส์แสงขยายกว้างออกเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางเส้นใยนำแสง ความสามารถในการนำส่งข้อมูลข่าวสารจะ

ก. ลดน้อยลงไป √

ข. ยังคงที่

ค. เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

การแพร่กระจายในระบบเส้นใยนำแสง มีอยู่ 3 ประเภทใหญ่ ๆ ซึ่งได้แก่

ก. Nodal Material and Waveguide

ข. Nodal Material and Standing Wave

ค. Modal Material and Waveguide √

ง. Nodal Marginal and Waveguide

จ. ถูกทุกข้อ

หน้า 93

จะกล่าวถึงเรื่องการแพร่กระจายแบบ Modal Dispersion เป็นอันดับแรก เส้นทางที่เป็นไปได้ที่แสงเดินผ่านตัวกลางเส้นใยนำแสงโดยอ้างอิงตามโหมด (Modes) ซึ่งอาจจะคิดเป็นเส้นทางเพื่อความง่าย เส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมด เป็นเส้นใยที่พัลส์แสงใช้เพียงเส้นทางเดียวในการผ่านตัวกลาง

หน้า 94

เส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมด เป็นเส้นใยที่พัลส์แสงได้ใช้หลายเส้นทางในการผ่านตัวกลาง จำนวนโหมดหรือเส้นทาง สามารถคำนวณได้อย่างแม่นยำสำหรับแต่ละประเภทของเส้นใยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางของแกนเส้นใย และมุมของแหล่งกำเนิดแสงที่สัมพันธ์กับแกนเส้นใย

หน้า 95

การแพร่กระจายแบบ Modal Dispersion จะเกิดขึ้นเพียงในเส้นใยแบบมัลติโหมดเท่านั้น เนื่องจากเมื่อเดินทางในหลายโหมดผ่านเส้นใย ความยาวของเส้นทางของพัลส์แสงที่ผ่านตัวกลางจะแตกต่างกัน ซึ่งเป็นสาเหตุให้แสงแต่ละพัลส์ถึงเครื่องรับในเวลาที่ไม่เท่ากัน และเป็นเหตุทำให้พัลส์แสงที่ได้รับมีความยาวมากกว่าพัลส์ที่ส่งมา

คำถาม

ในเส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมดนั้นแสงจะเดินทางเพียงหนึ่งโหมด ดังนั้นเพื่อความง่ายเราจะพิจารณาโหมด เป็นเช่นเดียวกับ

ก. วิธีการของการส่งแสง

ข. การส่งอินฟราเรด

ค. เส้นทางที่แสงเดินทางผ่านเส้นใยนำแสง √

คำถาม

ขณะที่แสงเดินทางเพียงหนึ่งเส้นทางในเส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมดนั้น แสงอาจจะเดินทางในหลาย ๆ เส้นทางที่แตกต่างกันในเส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ถูก √

ข. ผิด

<u>คำถาม</u>

การแพร่กระจายแบบ Modal Dispersion จะเกิดขึ้นเพียงในเส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมดเท่านั้น เนื่องจากแสงแต่ละโหมดจะเดินทางถึงภาครับในเวลาที่แตกต่างกัน

ก. ถูก √

ข. ผิด

<u>หน้า 96</u>

การแพร่กระจายแบบที่สอง คือ Material Dispersion ซึ่งเกิดขึ้นจากคุณสมบัติของเนื้อสาร ปริมาณการแพร่กระจายแบบ Material Dispersion นี้จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลัก 2 ประการ คือ : ความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิด และช่วงของความยาวคลื่นที่ส่งเข้าไปในเส้นใย จากรูปจะเห็นว่าการกระจายแบบ Material Dispersion นั้น ความชันของเส้นโค้ง ณ จุดที่มีความยาวคลื่นที่สั้นจะมีค่ามากกว่าจุดที่มีความยาวของคลื่นที่ยาว

<u>หน้า 97</u>

ความยาวคลื่นที่แตกต่างกันจะเดินทางผ่านเส้นใยนำแสงด้วยอัตราเร็วที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นความยาวคลื่นหนึ่ง ๆ จะไปถึงเครื่องรับในเวลาที่แตกต่างกัน ช่วงสเปคตรัม (Spectral Width) ที่กว้างกว่าจะมีความแตกต่างกันในเวลาที่มาถึงมากขึ้นตามไปด้วย (ไม่มีเครื่องส่งใดในปัจจุบันที่สามารถให้กำเนิดแสงความถี่เดียวอย่างถูกต้อง แม้ว่าบางเครื่องส่งจะให้กำเนิดแสงที่มีโคฮีเรนต์มากกว่าเครื่องอื่น)

<u>หน้า 98</u>

แผนภูมิแสดงการกระจายแบบ Material Dispersion (M) ณ ความยาวคลื่น 850 nm โดยการแพร่กระจายแบบ Material Dispersion จะมีค่า 110 ps/nm–km ถ้าค่า Spectral Width มีค่าเพียง 10 nm ดังนั้น M = 110 x 10 =1,100 ps/km ซึ่งค่า 1.1 ns นี้อาจจะดูไม่มากนักแต่ตลอดทั่วเส้นใยนำแสง 10 km นั้นจะเพิ่มการกระจายพัลส์ได้ถึง 10 ns ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้

<u>หน้า 99</u>

ณ ความยาวคลื่นที่มากกว่า เช่น 1,550 nm M จะมีค่าที่น้อยกว่า 17 ps/nm–km ผลในการกระจายของพัลส์จะมีเพียง 1.7 ns สำหรับความกว้าง Spectral Width 10 nm ตลอดทั่วเส้นใย 10 km ที่เหมือนกัน ค่า Spectral Width ของแหล่งกำเนิดที่แคบกว่า จะมีการแพร่กระจาย (Material Dispersion) ที่ต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 100

แผนภูมิแสดงจุดตัดที่ประมาณ 1,330 nm ใต้จุดนี้ความยาวคลื่นที่ยาวจะเดินทางเร็วกว่าความยาวคลื่นที่สั้น ; เหนือ 1,330 nm ความยาวคลื่นที่สั้นจะเดินทางเร็วกว่าความยาวคลื่นที่ยาว ; ณ ประมาณ 1,330 nm มันจะเดินทางด้วยความเร็วที่เท่ากัน และการแพร่กระจายแบบ Material Dispersion จะมีค่าเท่ากับศูนย์ ถ้าไม่มีการออกแบบหรือข้อพิจารณาอื่นใด การสื่อสารเส้นใยนำแสงทั้งหมดอาจจะกระทำ ณ ความยาวคลื่น 1,330 nm แต่ .....

หน้า 101

การแพร่กระจายแบบ Material Dispersion จะเป็นหนึ่งในข้อเสียอื่น ๆ ที่จะต้องนำมาพิจารณาด้วยเมื่อพิจารณาถึงประเภทของเส้นใยนำแสง เครื่องส่ง และเครื่องรับ ที่ใช้ในระบบเส้นใยนำแสงที่มีค่าแบนด์วิดธ์ต่ำ ๆ เช่น ระบบเครือข่ายเส้นใยนำแสงแบบอีเธอร์เนต (Ethernet) และโทเคน ริง (Token Ring) หรือในระบบที่มีระยะทางสั้น ๆ เช่น ในตัวอาคาร หรือบริเวณภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งค่าการกระจายแบบ Material Dispersion นี้สามารถที่จะตัดทิ้งได้

คำถาม

การแพร่กระจายแบบ Material Dispersion เป็นฟังก์ชั่นของช่วงคลื่นแสงที่ส่งเข้าไปในเส้นใยนำแสงและความถี่ของคลื่น

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

การแพร่กระจายแบบ Material Dispersion จะมีค่าเป็นศูนย์ ณ จุดที่ความยาวคลื่นยาวและความยาวคลื่นสั้นเดินทางด้วยความเร็วเท่ากัน ซึ่งเกิดขึ้น ณ ความยาวคลื่นประมาณ

ก. 850 nm

ข. 1,300 nm

ค. 1,330 nm √

ง. 1,550 nm

คำถาม

การแพร่กระจายแบบ Material Dispersion จะเป็นข้อพิจารณาที่สำคัญมากในการใช้งานเส้นใยนำแสงที่มีระยะทางสั้น ๆ และ แบนด์วิดธ์สูง เช่น ในระบบเครือข่าย (LAN)

ก. ถูก

ข. ผิด √

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 102

การแพร่กระจายในแบบต่อไป คือ Waveguide Dispersion ซึ่งเป็นผลมาจากโครงสร้างของเส้นใย ส่วนที่อยู่ตรงกลางของเส้นใย เรียกว่า Core

หน้า 103

แกน (Core) จะเคลือบด้วยวัตถุทางแสงที่มีคุณสมบัติทางแสงแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยชั้นนอกนี้จะเรียกว่าแคลดดิง (Cladding) ซึ่งมีค่าดัชนีการหักเหต่างจากแกนและทำให้แสงที่ถูกส่ง สะท้อนอยู่ภายในเส้นใยนำแสง

หน้า 104

การใช้วัตถุที่มีความแตกต่างของค่าดัชนีการหักเหนี้ จะเป็นเหตุให้เกิดการแพร่กระจายแบบ Waveguide Dispersion ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อแสงเดินทางใน Cladding มันจะเดินทางด้วยความเร็วที่แตกต่างกันทำให้แสงเกิดการแพร่กระจายเนื่องด้วยเส้นใยนำแสงหรือท่อนำคลื่น (Waveguide) ด้วยตัวของมันเอง

หน้า 105

ในเส้นใยแบบมัลติโหมดนั้น จะพบว่าแสงเดินทางในหลายเส้นทางหรือหลายโหมด และสามารถชดเชยความแตกต่างของเวลาที่มาถึงของแสงได้ แต่ในเส้นใยแบบซิงเกิลโหมดแสงจะเดินทางในเส้นทางเดียว ดังนั้นเมื่ออยู่ในเส้นใยแบบซิงเกิลโหมดเราจะเห็นปัญหาส่วนใหญ่เป็นการแพร่กระจายแบบ Waveguide Dispersion แทบทั้งสิ้น

คำถาม

ข้อแตกต่างระหว่าง (ดัชนีการหักเห / ดัชนีการสะท้อน) ของ (Core และ Cladding / Core และ Sheathing) ทำให้แสงเดินทางอยู่ภายในเส้นใยนำแสง

ก. ดัชนีการหักเห / Core และ Cladding √

ข. ดัชนีการสะท้อน / Core และ Cladding

ค. ดัชนีการหักเห / Core และ Sheathing

ง. ดัชนีการสะท้อน / Core และ Sheathing

คำถาม

ความแตกต่างระหว่างดัชนีการหักเหของ Core และ Cladding เป็นเหตุให้เกิดการแพร่กระจายแบบ Waveguide Dispersion

ก. ถูก √

ข. ผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

การแพร่กระจายแบบ Waveguide Dispersion ได้ถูกชดเชยสำหรับในเส้นใยนำแสงประเภทหนึ่ง แต่ไม่ได้ชดเชยสำหรับประเภทอื่น ดังนั้นการแพร่กระจายแบบ Waveguide Dispersion จึงเป็นปัญหาที่ใหญ่มากสำหรับใน

ก. ระบบมัลติโหมด

ข. ระบบซิงเกิลโหมด √

ค. ไดโอดเปล่งแสง

ง. เลเซอร์

จ. ไม่มีข้อใดถูก

หน้า 106

การผิดเพี้ยนของสัญญาณเป็นผลที่เกิดขึ้นเมื่อคลื่นผ่านระบบส่ง หรืออุปกรณ์ที่ไม่ได้ผลิตซ้ำขึ้นมาใหม่ (not reproduce) อย่างถูกต้อง หรืออีกทางหนึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของคลื่น ซึ่งระบบอะนาล็อกจะอ่อนไหว (susceptible) ต่อการผิดเพี้ยนของสัญญาณได้มากกว่าระบบดิจิตอล ทั้งนี้เนื่องจากระบบอะนาล็อกจะต้องผลิตคลื่นซ้ำขึ้นมาใหม่อย่างถูกต้อง

หน้า 107

แต่ในระบบดิจิตอลนั้น เราจะพิจารณาเฉพาะการส่งผ่านของสัญญาณระหว่างสองส่วนเพียงเท่านั้น

หน้า 108

ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ การผิดเพี้ยนของสัญญาณจึงเป็นเพียงสิ่งสำคัญที่อยู่รอบนอก (Peripheral Importance) ของระบบดิจิตอลที่จะกล่าวถึงเท่านั้น

คำถาม

การผิดเพี้ยนของสัญญาณเป็นเพียงสิ่งสำคัญที่อยู่รอบนอก เนื่องจาก

ก. มีผลเพียงต่อระบบอะนาล็อกเท่านั้น

ข. มีผลเพียงเล็กน้อยในระบบดิจิตอล √

ค. เกี่ยวข้องกับการ Degradation ของคลื่นอะนาล็อก

ง. ถูกทุกข้อ

จ. ไม่มีข้อใดถูก

หน้า 109

กลับมาที่ระบบการส่งสัญญาณแบบดิจิตอล และดูว่าข้อมูลข่าวสารได้ถูกแปลงให้อยู่ในรูปของแสงได้อย่างไร ขั้นตอนแรกคือการแปลงข้อมูลข่าวสารให้อยู่ในรูปของเลขฐานสอง (Binary) ที่ใช้บิต 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ บิต 0 ขั้นตอนที่สองจะแทนบิต 1 และ บิต 0 ให้อยู่ในรูปแบบที่จะสามารถส่งผ่านไปในเส้นใยนำแสงด้วยความเร็วสูงและอย่างถูกต้อง เราเรียกขบวนการนี้ว่า การผสมคลื่นสัญญาณ (Modulation)

หน้า 110

ขั้นตอนแรก การแปลงข้อมูลข่าวสารให้อยู่ในรูปของเลขฐานสองหรือบิตซึ่งส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับชนิดของข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ปกติข้อมูลคอมพิวเตอร์จะอยู่ในรูปของตัวเลขอยู่แล้ว ซึ่งอาจใช้รหัสแอสกี้ (ASCII) สำหรับข้อมูลคอมพิวเตอร์ระดับบุคคลหรือมินิคอมพิวเตอร์ ....

หน้า 111

นอกจากนี้อาจจะใช้รหัส EBCDIC (Extended Binary Code Decimal Interchange Code) สำหรับข้อมูลคอมพิวเตอร์แบบเมนเฟรม ....

หน้า 112

การใช้รหัสที่มีประสิทธิภาพแบบ 5–Bit Baudot Code ในการส่งสัญญาณของเทเลไทป์ (Teletype) และโฮสต์ (Host) ของการใช้รหัสแบบอื่น ๆ สำหรับคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะด้าน

หน้า 113

ข้อมูลเสียงซึ่งเป็นสัญญาณอะนาล็อก ก็สามารถที่จะแปลงให้อยู่ในรูปของดิจิตอลใน 2 วิธีการที่รู้จักกัน คือ การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Pulse Code Modulation (PCM) ซึ่งจะวัดความสูงของคลื่นและแปลงให้อยู่ในรูปของรหัส 8 - บิต

หน้า 114

การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM) ซึ่งจะวัดการเปลี่ยนแปลงในความสูงของคลื่นและแปลงให้อยู่ในรูปของรหัส 4 - บิต

หน้า 115

นอกจากนี้ยังมีวิธีการอื่น ๆ ที่แทนข้อมูลข่าวสารในรูปของเลขฐานสอง จากที่ได้ยกตัวอย่างนั่นคือหลังจากที่ข้อมูลข่าวสารได้ถูกแสดงในรูปของเลขฐานสองหรือบิต ขั้นตอนที่ 2 จะเกิดขึ้น โดยบิตต่าง ๆ จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถส่งได้เร็วและมีความถูกต้องที่สุด เราเรียกการแปลงบิตสำหรับการสื่อสารนี้ว่า การผสมคลื่นสัญญาณเชิงดิจิตอล (Digital Modulation)

คำถาม

สองขั้นตอนอะไรที่จะเกิดขึ้น ก่อนที่ข้อมูลข่าวสารจะถูกส่งผ่านทางพัลส์แสง

ก. การแปลงอะนาล็อกเป็นดิจิตอล และการเข้ารหัสทางแสง

ข. การแปลงให้อยู่ในรูปของเลขฐานสอง และการผสมคลื่นสัญญาณ √

ค. การแปลงทางไฟฟ้า และการแปลงทางแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. การแปลง ADPCM เป็น ASCII และการผสมคลื่นสัญญาณ

<u>คำถาม</u>

EBCDIC และ ASCII เป็น

ก. หน่วยงานมาตรฐาน

ข. รูปแบบของการเข้ารหัสข้อมูล

ค. การเข้ารหัสแบบ Baudot Codes

ง. รูปแบบของการแทนข้อมูลข่าวสารดิจิตอลที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ √

จ. ถูกทุกข้อ

<u>คำถาม</u>

PCM และ ADPCM เป็น

ก. การเข้ารหัสข้อมูลที่ใช้ในมินิคอมพิวเตอร์

ข. รูปแบบของการเข้ารหัสข้อมูล

ค. วิธีการของการแทนเสียงในรูปแบบดิจิตอล √

ง. วิธีการส่งเสียงในรูปแบบอะนาล็อก

จ. ไม่มีข้อใดถูก

<u>คำถาม</u>

การผสมคลื่นเชิงดิจิตอล จะหมายถึง

ก. การแปลงเลขฐานสอง บิต 1 และ บิต 0 ให้อยู่ในรูปแบบที่จะให้ผลดีที่สุดสำหรับการส่ง √

ข. การแปลงเลขฐานสอง บิต 1 และ บิต 0 ให้เป็นอะนาล็อกสำหรับการส่งข้อมูล

ค. การแปลงอะนาล็อก ให้อยู่ในรูปแบบดิจิตอล ก่อนที่จะทำการส่ง

<u>หน้า 116</u>

ข้อมูลข่าวสารจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของเลขฐานสอง และแทนด้วยชุดอนุกรมเลข 1 และ 0 ซึ่งสามารถมอดูเลตได้ทางไฟฟ้า จากนั้นสัญญาณทางไฟฟ้านี้จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของพัลส์แสงและส่งผ่านตัวกลางเส้นใยนำแสง

<u>หน้า 117</u>

ขบวนการทั้งหมดนี้ดูเหมือนเป็นการเล่นกล แต่แท้จริงแล้วตรงไปตรงมา ข้อมูลข่าวสารจะถูกแปลงโดยคอมพิวเตอร์เป็น PCM หรือ ADCPM หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ในรูปแบบของเลขฐานสอง จากนั้นชุดตัวเลขฐานสอง 1 และ 0 นี้จะถูกมอดูเลตกับสัญญาณทางไฟฟ้าในวิธีการที่สามารถขับให้มีการกำเนิดแสงและการส่งของพัลส์แสงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 118

ขบวนการผสมคลื่นสัญญาณทางไฟฟ้านี้ ไม่จำเป็นต้องเข้าใจอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ แต่จะมองภาพทั่ว ๆ ไปและดูว่ามีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันได้อย่างไร ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจในการออกแบบเครื่องส่งเส้นใยนำแสง (Fiber Optic Transmitter) ได้ดียิ่งขึ้น

หน้า 119

มีทางเลือกอีกจำนวนมากที่ใช้ในการผสมคลื่นสัญญาณเชิงดิจิตอล (Digital Modulation) แต่ในที่นี้จะให้ความสนใจเพียง 5 วิธีการ และเปรียบเทียบการใช้งานในด้านการสื่อสารเส้นใยนำแสง

หน้า 120

ในการที่จะดูจุดแข็งและจุดอ่อนของแต่ละวิธี จะพิจารณาตัวอย่างของการส่งสัญญาณเลขฐานสองจำนวน 12 หลักหรือบิต ที่มีลำดับของบิต คือ 111011001000 ซึ่งจะส่งบิตจากด้านซ้ายไปด้านขวา นั่นคือ ในรูปแบบ 1110 .... จะปรากฏในทางกลับกัน (ดูรูป) ทั้งนี้เนื่องจากบิต 1 ตัวแรกจะถูกส่งเป็นอันดับแรก

หน้า 121

เราจะใช้รูปแบบสัญญาณนาฬิกา (Clock Pattern) ซึ่งจะทำให้สามารถซิงโครไนซ์ (Synchronise) กับการส่งของแต่ละบิตภายในช่วงเวลาบิตได้

คำถาม

การผสมคลื่นสัญญาณจะเปลี่ยนบิตของรหัสสัญญาณดิจิตอล ให้อยู่ในรูปแบบที่จะทำให้ข้อมูลข่าวสารสามารถผ่านตัวกลางได้ผลดีที่สุด

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

การผสมคลื่นสัญญาณเชิงดิจิตอล มีอยู่เพียง 5 วิธี เท่านั้น

ก. ถูก

ข. ผิด √

คำถาม

การเข้าใจอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ของรูปแบบการผสมคลื่นสัญญาณนั้น เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการเข้าใจในเรื่องเส้นใยนำแสง

ก. ถูก

ข. ผิด √

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 122

การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Nonreturn-to-Zero (NRZ) จะมีอยู่ 4 วิธีคือ ; Nonreturn-to-Zero-Level (NRZ-L), Nonreturn-to-Zero-Mark (NRZ-M), Nonreturn-to-Zero-Space (NRZ-S) และ Nonreturn-to-Zero Inverted (NRZ-I)

หน้า 123

การผสมคลื่นสัญญาณวิธี Nonreturn-to-Zero-Level (ปกติจะเรียกว่า Nonreturn-to-Zero) จะเป็นการผสมคลื่นสัญญาณแบบง่าย ๆ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่สูงหรือบวกจะใช้แทนบิต 1 และค่าแรงดันไฟฟ้าศูนย์จะใช้แทนบิต 0 โดยค่าระดับแรงดันไฟฟ้านี้จะคงที่ในแต่ละช่วงเวลาบิต

หน้า 124

การผสมคลื่นสัญญาณวิธี NRZ-L นี้จะมีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากค่าสัญญาณจะต้องเปรียบเทียบกับค่าศูนย์จริง ๆ การเลื่อนอย่างช้า ๆ ของค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้อ้างอิง อาจจะเป็นสาเหตุให้การอ่านความหมายของบิตผิดไปได้ เช่น สัญญาณ 111011001000 จะอ่านเป็น 111011000000 หรืออาจจะเป็น 111010000000 เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าในสองบิต 1 สุดท้ายจะต่ำกว่าระดับเส้นแรงดันศูนย์

หน้า 125

NRZ จะใช้การเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้า มากกว่าจะเป็นค่าสมบูรณ์ในการแปลงบิตสัญญาณใน NRZ–M โดยการเปลี่ยนระดับสัญญาณ ณ การเริ่มต้นของช่วงเวลาบิตเป็นการแสดงบิตใด ๆ ที่ตามด้วยบิต 1 แต่จะไม่เปลี่ยนระดับใด ๆ ที่ตามด้วยบิต 0

หน้า 126

NRZ-S จะเปลี่ยนระดับสัญญาณ ณ การเริ่มต้นของช่วงเวลาบิตใด ๆ ที่ตามด้วยบิต 0 โดยจะไม่มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณเกิดขึ้นสำหรับบิตใด ๆ ที่ตามด้วยบิต 1

หน้า 127

ทั้ง NRZ-M และ NRZ-S จะพิจารณาเป็นการผสมคลื่นแบบดิฟเฟอร์เรนเชียล (Differential) เนื่องจากค่าแรงดันไฟฟ้าจะถูกเปรียบเทียบกับค่าแรงดันสัญญาณข้างหน้า แทนที่จะเป็นการอ้างอิงกับค่าคงที่ดังเช่นใน NRZ-L ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ NRZ-M และ NRZ-S อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันน้อยกว่าใน NRZ-L

หน้า 128

วิธีการสุดท้ายของ NRZ คือ Nonreturn-to-Zero-Inverted (NRZ-I) เป็นการเปลี่ยนระดับสัญญาณเมื่อบิต 0 ถูกส่ง ถ้าสัญญาณมีค่าเป็นบวกและบิต 0 ถูกตรวจพบไม่ว่าจะตามด้วยบิต 1 หรือบิต 0 สัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเปลี่ยนระดับ โดยสัญญาณจะไม่เปลี่ยนแปลงโดยการเกิดขึ้นของบิต 1 ถ้าสัญญาณปัจจุบันมีค่าเป็นบวกจะยังคงมีค่าเป็นบวก และเมื่อมีค่าเป็นศูนย์ก็จะยังคงมีค่าเป็นศูนย์

คำถาม

การผสมคลื่นสัญญาณแบบ NRZ-L จะมีปัญหาเนื่องจาก ..... จะเป็นเหตุให้การแปลความหมายของบิตที่ถูกส่งผิดไป

ก. การเลื่อนในเฟส

ข. การเลื่อนในสัญญาณนาฬิกา

ค. การเลื่อนในแรงดันไฟฟ้า √

ง. การเลื่อนในกระแส

จ. ถูกทุกข้อ

คำถาม

NRZ-M และ NRZ-S จะพิจารณาเป็นการผสมคลื่นแบบดิฟเฟอร์เรนเชียล เนื่องจากค่าแรงดันไฟฟ้าจะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันสัญญาณก่อนหน้าแทนที่จะเป็นการอ้างอิงกับค่าคงที่ ดังเช่นใน NRZ-L

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

Nonreturn-to-Zero-Inverted (NRZ-I) จะเปลี่ยนระดับสัญญาณเมื่อบิต ..... ถูกส่งและจะไม่มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณเกิดขึ้นสำหรับการส่งบิต .....

ก. ศูนย์ / หนึ่ง √

ข. หนึ่ง / ศูนย์

ค. ศูนย์ / ศูนย์

ง. หนึ่ง / หนึ่ง

หน้า 129

ไม่เหมือนกับ NRZ ซึ่งจะรักษาระดับสัญญาณไว้คงที่ตลอดช่วงเวลาบิต การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Return-To-Zero (RZ) จะเกี่ยวข้องกับครึ่งช่วงเวลาบิต สำหรับบิต 1 RZ จะเปลี่ยนระดับสัญญาณจากศูนย์ไปเป็นระดับบวกสำหรับครึ่งช่วงเวลาบิต และจะเปลี่ยนกลับไปสู่ระดับศูนย์จนระทั่งเกิดบิต 1 ถัดไป ระดับสัญญาณจะยังคงอยู่ที่ระดับศูนย์สำหรับการส่งบิต 0

หน้า 130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าการผสมคลื่นสัญญาณแบบ RZ จะเป็นวิธีการที่ง่าย แต่การซิงโครไนซ์ (Synchonization) จะถูกทำลายโดยง่ายด้วยชุดบิต 0 ที่ยาว ๆ ได้ ดังนั้นการผสมคลื่นสัญญาณแบบ RZ นี้จึงไม่นิยมใช้กันบ่อยนัก

คำถาม

เทคนิคการผสมคลื่นสัญญาณแบบ Return-To-Zero (RZ) จะถูกนำมาใช้น้อยมาก เนื่องจาก

ก. การซิงโครไนซ์จะง่ายแก่การถูกทำลายโดยการส่งชุดบิต 1 ที่ยาว ๆ

ข. การซิงโครไนซ์จะง่ายแก่การถูกทำลายโดยการส่งชุดบิต 0 ที่ยาว ๆ √

ค. จำเป็นจะต้องมีแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่มีราคาแพงมาก

ง. การตั้งจังหวะด้วยสัญญาณนาฬิกาเป็นวิธีการที่เก่าแก่และได้ถูกเลิกใช้ไปนานแล้ว

หน้า 131

รูปแบบการผสมคลื่นสัญญาณแบบ Nonreturn-to-Zero และ Return-To-Zero จะง่ายแก่การเพิ่มพูน (Implement) และทนทาน (Suffer) กับปัญหาพื้นฐานสองประการ คือ ชุดที่ยาว ๆ ของหนึ่งหรือศูนย์จะไม่เปลี่ยนระดับสัญญาณให้กับเครื่องรับซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียการซิงโครไนซ์ไป นอกจากนี้การผสมคลื่นสัญญาณแบบ NRZ และ RZ ยังไม่มีความหมายใด ๆ ในการตรวจจับความคลาดเคลื่อนที่มีอยู่ในการผสมคลื่นสัญญาณแบบอื่นมี

หน้า 132

เนื่องจาก NRZ และ RZ เครื่องรับจะไม่ทราบว่าเมื่อไหร่จะมีการเปลี่ยนระดับสัญญาณ ดังนั้นการเปลี่ยนระดับสัญญาณจะเกิดขึ้นอย่างจำกัดบนพื้นฐานรูปแบบของบิตที่ส่งมา อย่างไรก็ตามในการผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase Modulation การเปลี่ยนระดับสัญญาณจะเกิดขึ้นอยู่เสมออย่างน้อยหนึ่งครั้งในช่วงเวลาบิต การไม่มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณหรือมีมากกว่าจำนวนที่คาดไว้ ก็ย่อมเป็นสิ่งที่บอกได้ว่าสัญญาณได้ถูกดัดแปลงในระหว่างการส่ง และมีความคลาดเคลื่อนได้เกิดขึ้น

หน้า 133

ความคลาดเคลื่อนชนิดเดียวที่ไม่สามารถตรวจจับได้โดยวิธีดังกล่าว คือ ความคลาดเคลื่อนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนระดับควบคู่กัน (Complementary Transitions) ในช่วงเวลาของการส่ง ทั้งนี้เนื่องจากผลของความคลาดเคลื่อนนั้น ๆ ได้หักล้างซึ่งกันและกัน

คำถาม

การผสมคลื่นสัญญาณแบบ NRZ และ RZ จะ Suffer ปัญหาอะไรบ้าง

ก. การสูญเสียการซิงโครไนซ์และไม่มีการตรวจจับความคลาดเคลื่อน √

ข. ไม่สามารถใช้ในโทโปโลยี่ (Topology) รูปวงแหวนหรือรูปดาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. ความคลาดเคลื่อนบิตเดียวและหลายบิต

คำถาม

ในการผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase Modulation นั้นการเปลี่ยนระดับสัญญาณจะเกิดอย่างน้อยหนึ่งครั้งต่อช่วงเวลาบิต การเปลี่ยนระดับสัญญาณที่เกินหรือไม่มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณตามที่คาดหวังไว้สามารถเป็นเครื่องบ่งชี้ได้ว่า

ก. อัตราการส่งสัญญาณ (Baud Rate) ได้ถูกเปลี่ยนแปลง ณ เครื่องส่ง

ข. ความคลาดเคลื่อนได้เกิดขึ้น √

ค. ไม่มีอะไรเกิดขึ้น เป็นปกติของการผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase Modulation

คำถาม

มีเพียงความคลาดเคลื่อนแบบเดียวที่การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase Modulation ไม่สามารถตรวจจับได้ คือ ความคลาดเคลื่อนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนระดับสัญญาณควบคู่กันในช่วงเวลาของการส่ง เมื่อผลของความคลาดเคลื่อนนั้นได้หักล้างซึ่งกันและกัน

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 134

การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase Encoding มีอยู่ 4 รูปแบบ คือ Biphase-L , (บางครั้งก็เรียกว่า Manchester Coding) , Biphase-M , Biphase-S และ Differential Manchester

หน้า 135

ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดเจนของการผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase Encoding คือสัญญาณจะมีค่าอยู่ใน 2 สถานะอยู่เสมอในช่วงเวลาบิต ซึ่งทำให้สัญญาณมีรูปแบบที่แน่นอน โดยอาจจะถูกนำไปใช้โดยเครื่องรับในการให้เวลาหรือสัญญาณนาฬิกาแก่สัญญาณที่เข้ามา เราเรียกสัญญาณประเภทนี้ว่าสัญญาณนาฬิกาในตัว (Self-Clocking) และมีประโยชน์ตรงที่ไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณภายนอกหรือสัญญาณที่สองในการให้จังหวะเวลา

หน้า 136

การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase รูปแบบแรก คือ Biphase-L เมื่อบิต 1 ถูกส่ง ระดับสัญญาณจะมีสถานะบวกสำหรับครึ่งแรกของเวลาบิตแล้วเปลี่ยนเป็นสถานะศูนย์ หรือไม่มีระดับสัญญาณสำหรับครึ่งเวลาบิตที่สอง

หน้า 137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอีกทางหนึ่งการส่งบิต 0 ใน Biphase-L จำเป็นจะต้องมีการลดลงของระดับสัญญาณให้อยู่ในระดับศูนย์หรือปล่อยให้อยู่อย่างนั้นในครึ่งช่วงเวลาบิตแรก แล้วเปลี่ยนเป็นสถานะบวกในครึ่งช่วงเวลาบิตหลัง

หน้า 138

การผสมคลื่นสัญญาณรูปแบบถัดไป คือ Biphase-M วิธีนี้แต่ละเวลาบิตจะเริ่มด้วยการเปลี่ยนระดับ ถ้าบิต 1 กำลังถูกส่ง การเปลี่ยนระดับสัญญาณแบบเพิ่มเติม (Addition Transition) จะปรากฏขึ้น ณ ครึ่งเวลาบิต

หน้า 139

ถ้าบิต 0 กำลังถูกส่ง จะไม่มีการเปลี่ยนระดับเพิ่มเติมเกิดขึ้นและระดับสัญญาณจะยังคงอยู่ในตำแหน่งบวกหรือตำแหน่งศูนย์ จนกระทั่งการเริ่มต้นของช่วงเวลาบิตถัดไป ใน Biphase-M นั้น สัญญาณที่ถูกใช้ในการส่งบิต 1 จะเป็นได้ทั้งบวกและศูนย์ ในขณะที่สัญญาณที่ถูกใช้ในการส่งบิต 0 จะเป็นบวกหรือศูนย์ ก็ได้ แต่จะไม่เป็นทั้งคู่พร้อมกันในช่วงเวลาบิต

หน้า 140

การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase-S จะตรงกันข้ามกับ Biphase-M ใน Biphase-S นั้นการเปลี่ยนระดับสัญญาณจะเกิดขึ้นอยู่เสมอ ณ การเริ่มต้นของเวลาบิต อย่างไรก็ตาม Biphase-S (ไม่เหมือนกับ Biphase-M) การเปลี่ยนระดับสัญญาณ ณ ครึ่งเวลาบิต เมื่อบิต 0 ถูกส่ง แต่จะไม่เกิดขึ้นเมื่อบิต 1 ถูกส่ง

หน้า 141

ใน Biphase-S นั้นสัญญาณที่ใช้ในการส่งบิต 0 จะเป็นทั้งบวกและศูนย์ ในขณะที่สัญญาณที่ใช้ในการส่งบิต 1 จะเป็นบวกหรือศูนย์ก็ได้ แต่จะไม่พร้อมกันในช่วงเวลาบิต

หน้า 142

วิธีการผสมคลื่นสัญญาณแบบที่สี่ และเป็นแบบสุดท้ายของการผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase คือ Differential Manchester การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Differential Manchester การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ณ การเริ่มต้นของช่วงเวลาบิตจะไม่อยู่ในการควบคุมเช่นกับใน Biphase-M และ Biphase-S

หน้า 143

การใช้การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Differential Manchester นั้น สถานะของสัญญาณจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่การเริ่มต้นของช่วงเวลาบิต เมื่อบิต 1 ถูกส่ง แต่จะเปลี่ยนระดับเมื่อบิต 0 ถูกส่ง ในขณะที่วิธีการผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase อื่น ๆ สัญญาณจะเปลี่ยนระดับ ณ ครึ่งเวลาบิตอยู่เสมอไม่ว่าจากบวกไปศูนย์ หรือจากศูนย์ไปบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase มีอยู่ 4 รูปแบบ ได้แก่

ก. Biphase-L, Biphase-M, Biphase-N, Biphase-O

ข. Biphase-L (Manchester Coding), Biphase-M, Biphase-S, Exponential Manchester

ค. Biphase-L (Manchester Coding), Biphase-M, Biphase-S, Differential Manchester √

ง. Bipolar-L, Bipolar-S, Bipolar-M, Bipolar-P (Bipolarized Manchester Coding)

คำถาม

ประโยชน์ที่เห็นได้อย่างเด่นชัดของการผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase Encoding คือสัญญาณมีค่าในสองสถานะอยู่เสมอในช่วงเวลาบิต ซึ่งทำให้สัญญาณ

ก. ส่งข้อมูลข่าวสารได้มากกว่าถึงสองเท่า

ข. ส่งข้อมูลข่าวสารได้มากกว่าถึงสามเท่า

ค. ถูกใช้ในการสื่อสารแบบมัลติโหมด

ง. มีรูปแบบแน่นอนซึ่งอาจจะถูกใช้โดยเครื่องรับในการให้เวลา หรือสัญญาณนาฬิกาแก่สัญญาณที่เข้ามา √

จ. ไม่มีข้อใดถูก

คำถาม

ประโยชน์ของสัญญาณ Self-Clocking คือ ทำให้ความต้องการของสัญญาณภายนอก หรือสัญญาณนาฬิกาที่แยกต่างหาก

ก. ละทิ้งไปได้ √

ข. ลดลง

ค. ยังคงมีอยู่

หน้า 144

การผสมคลื่นสัญญาณแบบที่สี่จากห้าแบบ คือ Delay Modulation หรือเรียกกันว่า Miller Coding หรือ Miller Encoding การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Delay Modulation เป็นการพัฒนาการผสมคลื่นสัญญาณแบบ NRZ โดยขณะเดียวกันก็รวมเข้าไว้ด้วยข้อดีในการซิงโครไนซ์ของการผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase ซึ่งจะเห็นได้ว่าการผสมคลื่นสัญญาณแบบ Delay Modulation นี้จะไม่มีการส่งสัญญาณเกิดขึ้นในช่วงเวลาบิต และในบางกรณีจะไม่มีการส่งสัญญาณเกิดขึ้นเลย

หน้า 145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาการผสมคลื่นสัญญาณแบบ Delay Modulation ถ้าบิตที่ถูกส่งเป็นบิต 1 แล้วการเปลี่ยนระดับสัญญาณจะเกิดขึ้นที่ครึ่งเวลาบิต (½ Bit Time) แต่สำหรับบิต 0 การเปลี่ยนระดับสัญญาณจะเกิดขึ้นที่การเริ่มต้นของช่วงเวลาบิต เมื่อบิต 0 เป็นบิตเลขคู่ของชุดเท่านั้น นอกนั้นจะไม่มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณเกิดขึ้นแต่อย่างใด

หน้า 146

การเปลี่ยนระดับสัญญาณระหว่างบิต 0 และบิต 1 จะทำให้หลีกเลี่ยงปัญหาการซิงโครไนซ์ใน NRZ แต่เนื่องจากบางบิต 0 นั้นไม่จำเป็นจะต้องมีการเปลี่ยนระดับ การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Delay Modulation จะมีการเปลี่ยนระดับสัญญาณน้อยมากตลอดการส่งข้อมูลข่าวสาร

คำถาม

การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Delay Modulation จะรู้จักกันในนามของ

ก. Miller Coding หรือ Miller Encoding √

ข. Mueller Coding หรือ Mueller Encoding

ค. Never-Return-To-Zero Modulation

คำถาม

การผสมคลื่นสัญญาณแบบ Delay Modulation เป็นการพัฒนาการผสมคลื่นสัญญาณแบบ NRZ ขณะเดียวกันก็รวมข้อดีในการซิงโครไนซ์ไว้ด้วยในการผสมคลื่นสัญญาณแบบ Biphase

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 147

เนื่องจากทุก ๆ การเปลี่ยนระดับสัญญาณจะให้กำเนิดพัลส์แสง ดังนั้นเทคนิคการผสมคลื่นทางไฟฟ้าที่ถูกนำมาใช้ในเส้นใยนำแสง จึงมีผลต่อสมรรถนะและการทำงานของระบบเส้นใยนำแสง การเข้าใจเทคนิควิธีการผสมคลื่นสัญญาณแบบต่าง ๆ จะช่วยในการเลือกอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เส้นใยนำแสงได้เป็นอย่างดี

หน้า 148

พิจารณาความแตกต่างระหว่างอัตราสัญญาณ (Signal Rate) และอัตราข้อมูล (Data Rate) ของระบบเส้นใยนำแสง

หน้า 149

อัตราข้อมูล (Data Rate) เป็นจำนวนของบิตข้อมูลที่ถูกส่งโดยระบบในช่วงเวลาหนึ่ง ปกติจะวัดในหน่วยบิต/วินาที เช่น กิโลบิต/วินาที เมกกะบิต/วินาที จิกะบิต/วินาที เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 150

อัตราสัญญาณ (Signal Rate) เป็นจำนวนของสัญลักษณ์หรือสัญญาณที่ถูกส่งต่อวินาที และวัดในหน่วยบอด (Baud) สัญลักษณ์ ที่ว่านี้ เป็นการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณมอดูเลตทางไฟฟ้า อัตราสัญญาณ (Baud Rate) อาจจะเหมือนกับอัตราข้อมูล (Data Rate) ในบางรูปแบบของการผสมคลื่นสัญญาณ

หน้า 151

แผนภูมินี้จะสรุปให้เห็นถึงจำนวนของสัญลักษณ์ต่อบิตที่ต้องการในแต่ละเทคนิควิธีการ พิจารณาเมื่อภายหลังจากที่ข้อมูลเลขฐานสอง (ASCII , EBCDIC , PCM, ADPCM , ฯลฯ) ถูกผสมทางไฟฟ้า โดย NRZ , Miller หรือ Manchester แล้ว จำนวนของการส่งสถานะสัญญาณอาจจะไม่เท่ากับจำนวนของบิต

หน้า 152

ในกรณีของ NRZ , NRZ-I และ Miller Encoding จะใช้หนึ่งสัญญาณต่อบิต ดังนั้นความเร็วในการส่งสัญญาณ 10 เมกะบิต/วินาที จึงจะต้องการความจุ 10 Mbaud

หน้า 153

กรณีของ RZ , Biphase – L และ Biphase – M จะใช้สองสัญญาณต่อบิต ดังนั้นความเร็วในการส่งสัญญาณ 10 เมกะบิต/วินาที จะต้องการความจุถึง 20 Mbaud บนพื้นฐานของความต้องการความจุจะเห็นได้ว่า NRZ , NRZ-I และ Miller Encoding เป็นทางเลือกที่ดีกว่า เนื่องจากใช้ความจุในการส่งบิตของตัวกลางที่มีประสิทธิภาพมากกว่า

หน้า 154

อย่างไรก็ตามก็ยังคงพิจารณาด้านราคาและความง่ายด้านอิเล็กทรอนิกส์ด้วย โดยนักออกแบบส่วนใหญ่จะเห็นว่า NRZ เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด รองลงมาคือ NRZ – I และ Miller เป็นอันดับสุดท้าย

หน้า 155

จากแผนภูมิจะขอเพิ่มคอลัมน์ทางด้านขวาของตารางเพื่อแสดงให้เห็นถึงทางเลือกในประเด็นอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ การเซลฟ์ คลอกกิง (Self – Clocking) ซึ่งจะเป็นการใช้สัญญาณนาฬิกาหรือข้อมูลเวลา ในการผสมคลื่นสัญญาณพร้อมกับข้อมูลที่จะส่ง ถ้าหากไม่มี Self-Clocking แล้ว ก็จะต้องใช้สัญญาณนาฬิกาหรือสัญญาณที่สองจากแหล่งภายนอก เพื่อใช้เป็นสัญญาณบอกเวลา

หน้า 156

โดยข้อมูลสัญญาณนาฬิกานี้มีความสำคัญต่อเครื่องรับเป็นอย่างมาก วัตถุประสงค์ของเครื่องรับก็คือการกำเนิดสัญญาณใหม่ให้เหมือนกับสถานะแรกเริ่มตามที่ได้ส่งด้วยเครื่องส่ง การที่จะทำเช่นนี้ได้เครื่องรับจำเป็นจะต้องรู้จักข้อมูลเวลา (Timing Information)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 157

ทางเลือกจาก 3 วิธีของ Clock/Timing ที่ดีที่สุด คือ การผสมคลื่นสัญญาณที่บรรจุข้อมูลเวลาอยู่ในตัว (Modulation Scheme Includes Clock) ด้วยการมีจังหวะเวลา (Timing) อยู่ในตัวซึ่งจะทำให้เครื่องรับทำงานได้อย่างซิงโครไนซ์กับเครื่องส่ง

หน้า 158

ทางเลือกที่สอง คือ การส่งสัญญาณนาฬิกาหรือข้อมูลเวลาบนเส้นทางที่สอง (Clocking On Second Line) ซึ่งจะมีราคาแพงเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบทางไกล

หน้า 159

ทางเลือกที่สามซึ่งไม่ปลอดภัยในการข้อมูล คือ วิธีนี้ยอมให้เครื่องรับมีสัญญาณนาฬิกาได้เป็นของตนเอง นั่นคือถ้าหากเครื่องส่งและเครื่องรับไม่มีการซิงโครไนซ์กันแล้ว ภายในไม่ช้าข้อมูลก็จะใช้ไม่ได้

หน้า 160

พิจารณาตามการให้สัญญาณนาฬิกา (Clocking) และอัตราสัญญาณ (Signal rate) แล้ว วิธีการผสมสัญญาณแบบ Miller Encording น่าจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

หน้า 161

เมื่อพิจารณาดูองค์ประกอบสุดท้ายที่เรียกว่าดิวตี ไซเคิล (Duty Cycle) ซึ่งจะมีความสำคัญเป็นอย่างมากเมื่อนำมาพิจารณาในการออกแบบเครื่องรับเส้นใยนำแสง โดย Duty cycle หรือ Duty Factor จะเป็นอัตราส่วนของช่วงเวลาที่สัญลักษณ์ในสัญญาณมีค่าสูง (High) ต่อช่วงเวลาที่มีค่าต่ำ (Low)

หน้า 162

จากตารางและพิจารณาดูค่า Duty Cycle ของ 0 จะหมายถึงสัญลักษณ์ทั้งหมดมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งอาจไม่เกิดขึ้นในการทำงานตามปกติ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งของสเปกตรัมของ ค่า Duty Cycle ของ 100 จะหมายถึงสัญลักษณ์ทั้งหมดมีค่าเป็นบวก และอาจจะไม่ปรากฏด้วยเช่นกัน

หน้า 163

อย่างไรก็ตาม จากตารางเราจะเห็นว่าทั้งวิธี Manchester และ Biphase – M จะมีค่า Duty cycle เท่ากับ 50 พอดี อันเนื่องจากได้มีจำนวนที่เท่ากันของสัญญาณค่าบวกและค่าศูนย์ รูปแบบทั้งสองนี้การส่งสัญญาณจะเกิดขึ้นสำหรับแต่ละบิต ได้ไม่ว่าจะเป็นบิต 1 หรือบิต 0

หน้า 164

และที่นิยมกันคือหนึ่งสัญลักษณ์ต่อบิต และมีสัญญาณนาฬิกาด้วยตนเอง Miller Encording จะมีช่วง Duty Factor Range ตั้งแต่ 33 – 67 ในส่วนต่อไปจะแสดงความสัมพันธ์กันของ Duty Cycle กับปริมาณของพลังงานทางแสงที่ถูกดูดกลืนโดยเครื่องรับ ซึ่งจะเห็นว่าค่าประมาณ 50 เป็นค่าที่ได้ผลดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 165

จากการวิเคราะห์ที่ผ่านมานั้น สามารถสรุปได้ว่า Miller Encoding สามารถทำอะไรได้หลายอย่าง ด้วยเหตุผลดังกล่าว Miller Encoding จึงถูกใช้อย่างกว้างขวางในระบบสื่อสารเส้นใยนำแสง

คำถาม

อัตราสัญญาณ (Signal Rate) และอัตราข้อมูล (Data Rate) เป็นค่าของเทอมที่เหมือนกัน

ก. ถูก

ข. ผิด √

คำถาม

อัตราข้อมูล (Data Rate) เป็นจำนวนของบิตข้อมูลที่ถูกส่งต่อหน่วยเวลา ซึ่งปกติจะวัดในหน่วย

ก. กิโลบิต/วินาที

ข. เมกกะบิต/วินาที

ค. จิกะบิต/วินาที

ง. เทอร่าบิต/วินาที

จ. ถูกทุกข้อ √

คำถาม

อัตราสัญญาณ (Signal Rate) เป็นจำนวนของสัญลักษณ์ (Symbols) ที่ถูกส่งต่อวินาทีและวัดในหน่วย

ก. บิต/วินาที

ข. Baudot Code

ค. Baud √

ง. ถูกทุกข้อ

จ. ไม่มีข้อใดถูก

คำถาม

สัญลักษณ์ (Symbols) ได้ถูกนิยามให้เป็น

ก. การเปลี่ยนสถานะในสัญญาณมอดูเลตทางไฟฟ้า √

ข. การแทนสัญลักษณ์ของข้อมูลเลขฐานสอง

ค. การแทนอะนาล็อกของข้อมูลเลขฐานสอง

คำถาม

จำนวนสัญลักษณ์ (Symbols) ที่ต้องการในการส่งบิตข้อมูลมีความสำคัญมาก เนื่องจากยิ่งสัญลักษณ์มาก ย่อมต้องการเทคนิคการผสมคลื่นสัญญาณที่มีประสิทธิภาพ (มากกว่า / น้อยกว่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. มากกว่า

ข. น้อยกว่า √

คำถาม

ในการประเมินค่ารูปแบบของการผสมคลื่นสัญญาณนั้น การให้สัญญาณนาฬิกานับว่าเป็นข้อพิจารณาที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากมันจะควบคุมบิตของสัญญาณว่าจะถูกแปลความหมายออกมาอย่างไร เมื่อถึงเครื่องรับ

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

Duty cycle เป็นอัตราส่วนของช่วงเวลาที่สัญลักษณ์ในสัญญาณมีค่าสูง (High) ต่อช่วงเวลาที่มีค่าต่ำ (Low) Duty cycle มีความสำคัญมาก เนื่องจากมีผลกระทบต่อ

ก. เครื่องส่ง

ข. เครื่องรับ √

ค. ตัวกลางเส้นใยนำแสง

หน้า 166

เนื่องจากเครื่องส่งและเครื่องรับทางแสงและอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนตัวกลางที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งสองเข้าด้วยกันมีราคาที่แพงมาก ดังนั้นจึงมีความต้องการที่จะทำให้อุปกรณ์เครื่องส่งและเครื่องรับได้ใช้อุปกรณ์และตัวกลางร่วมกัน ซึ่งเรียกว่าการมัลติเพลกซ์ (Multiplexing) การมัลติเพลกซ์หมายถึงการรวมสัญญาณ 2 สัญญาณหรือมากกว่าบนตัวกลางเดียวกัน ในวิธีการที่สามารถแยกออกจากกันได้โดยเครื่องรับ

หน้า 167

การมัลติเพลกซ์ธรรมดาแบบหนึ่งคือ การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplexing) หรือ TDM ดังเช่นที่ใช้ในระบบการส่งผ่านแบบ T1 แต่ละ 24 ผู้ส่ง จะมีช่องเวลาที่มีความยาวคงที่ และอาจจะส่งหนึ่ง 8 บิต (ไบท์) ของข้อมูลในแต่ละครั้ง

หน้า 168

เทคนิคการมัลติเพลกซ์ธรรมดาอีกแบบหนึ่งคือการมัลติเพลกซ์แบบเชิงสถิติ (Statistical Multiplexing) ผู้ส่งแต่ละคนจะมีแบนด์วิดธ์บนช่องสัญญาณที่ต้องการ รูปแบบของการจัดเรียงที่กำหนดที่มาของผู้ส่งการมัลติเพลกซ์แบบแบบเชิงสถิตินี้เป็นแบบหนึ่งของการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา ซึ่งจะกำหนดช่องเวลาที่แน่นอน จึงเรียกว่า Statistical Time Multiplexing หรือ STDM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 169

การมัลติเพลกซ์ธรรมดาอีกแบบหนึ่งคือ การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiplexing) หรือ FDM ซึ่งหลายเครื่องจะส่งข้อมูลที่ความถี่แตกต่างกัน โดยแต่ละเครื่องส่งจะส่งด้วยความถี่ที่กำหนด ดังนั้นจึงแยกแยะสัญญาณออกจากกันได้

หน้า 170

ในการสื่อสารเส้นใยนำแสง มีเทคนิคการมัลติเพลกซ์ธรรมดาอยู่ 2 แบบ แบบแรกก็คือ TDM , FDM หรือ Statistical Multiplexing วิธีนี้จะทำการผสมคลื่นสัญญาณข้อมูลทางไฟฟ้าก่อนที่จะแปลงให้อยู่ในรูปแบบทางแสงเพื่อการส่งออก

หน้า 171

วิธีการแรกนี้การมัลติเพลกซ์จะกระทำก่อนที่สัญญาณทางไฟฟ้าจะถูกแปลงเป็นสัญญาณทางแสง และการส่งโดยเส้นใยนำแสงจะเกิดขึ้น

หน้า 172

สัญญาณที่ถูกมัลติเพลกซ์เรียบร้อยแล้วอาจจะถูกรวมเข้ากับสัญญาณเส้นใยนำแสงอื่น ๆ และถูกมัลติเพลกซ์ต่อไปอีก

หน้า 173

การมัลติเพลกซ์แบบพิเศษที่จะใช้ในการรวมสัญญาณทางแสง คือ การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (Wavelength Division Multiplexing หรือ WDM) ใน WDM จะใช้ความยาวคลื่นแสง 2 ค่าหรือมากกว่า ในการส่งสัญญาณบนตัวกลางเดียวกัน

หน้า 174

ตัวอย่าง ช่องของสัญญาณที่แตกต่างกัน 3 ช่องจะถูกมัลติเพลกซ์ผ่านตัวกลางเส้นใยนำแสง โดยแต่ละเครื่องส่งจะส่งข้อมูลที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน เครื่องส่งที่ 1 ส่งความยาวคลื่น 755 nm เครื่องส่งที่ 2 ส่งความยาวคลื่น 820 nm และ เครื่องส่งที่ 3 ส่งความยาวคลื่น 1,300 nm เป็นต้น

หน้า 175

คัปเปลอร์ (WDM Coupler) ทางด้านส่งจะรวมการส่งสัญญาณทั้งสามเข้าด้วยกัน แล้วส่งผ่านตัวกลางเส้นใยนำแสงเดียวกัน

หน้า 176

คัปเปลอร์ (WDM Coupler) ทางด้านรับจะแยกสัญญาณกลับไปสู่ 3 การส่ง ทั้งนี้เพื่อส่งให้กับเครื่องรับต่อไป

หน้า 177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการพิจารณาเทคโนโลยีการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น ก็จะมีความสำคัญอยู่ระหว่างความจุและราคา แหล่งกำเนิดแสงแบบไดโอดเปล่งแสง (LED) มีราคาถูก จะมีแถบสเปคตรัม (Spectral Width) ที่กว้างมาก นั่นหมายถึงจำนวนช่องสัญญาณที่น้อยกว่าจะถูกรวมผ่าน WDM

หน้า 178

แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ (Laser) มี แถบสเปคตรัมที่แคบกว่าไดโอด (LED) แต่จะมีราคาแพงกว่า เลเซอร์จะมีช่วงกว้างของความยาวคลื่นแคบ จึงทำให้มีความยาวคลื่นจำนวนมากถูกรวมอยู่บนเส้นใยเดียวกันได้

หน้า 179

ขณะที่การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น สามารถเพิ่มความจุในการส่งข้อมูลผ่านตัวกลางเส้นใยนำแสง ราคาและความยุ่งยากของระบบมักจะถูกนำมาพิจารณาอยู่บ่อย ๆ กับการติดตั้งอย่างง่ายของเส้นใยจำนวนมาก

หน้า 180

การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น ทำให้มีการปรับปรุงด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่จะขยายความจุของตัวกลางเส้นใยนำแสง ทั้งนี้เนื่องจากฮาร์ดแวร์ขด WDM จะมีการพัฒนาต่อไปอย่างต่อเนื่องในการที่จะรวมสัญญาณจำนวนที่มากขึ้นให้สามารถส่งไปตามลำเส้นใยนำแสงได้

คำถาม

การมัลติเพลกซ์เป็นการรวม 2 สัญญาณหรือมากกว่าบนตัวกลางเดียวกัน ด้วยวิธีการที่สามารถแปลความหมายได้โดยเครื่องรับ การมัลติเพลกซ์แบบทั่วไป ได้แก่

ก. การมัลติเพลกซ์แบบเชิงสถิติ (Statistical Multiplexing)

ข. การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplexing)

ค. การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiplexing)

ง. ถูกทุกข้อ √

จ. ไม่มีข้อใดถูก

คำถาม

ในการสื่อสารเส้นใยนำแสงนั้น การมัลติเพลกซ์ธรรมดาสองแบบ ที่อาจจะใช้ร่วมกันหรือแยกกันได้แก่

ก. การมัลติเพลกซ์สัญญาณจำนวนมากก่อนที่จะการผสมคลื่นสัญญาณ และการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความยาวคลื่นของสัญญาณทางแสง √

ข. การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา และ เฟรมรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลาอะซิงโครนัส และ เซลล์รีเลย์

คำถาม

แหล่งกำเนิดแสงแบบ (เลเซอร์ / ไดโอดเปล่งแสง) จะให้ความจุที่น้อยกว่าในการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น เนื่องจากมีแถบสเปคตรัมที่กว้าง

ก. เลเซอร์

ข. ไดโอดเปล่งแสง √

ค. ไม่มีข้อใดถูก

คำถาม

เหตุผลของการใช้การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น คือ

ก. ส่งข้อมูลข่าวสารที่น้อยกว่า

ข. การติดตั้งที่ง่ายเส้นใยนำแสงที่มาก √

ค. ยึดติดอย่างใกล้ชิดกับมาตรฐานอื่น ๆ

หน้า 181

ในส่วนนี้จะศึกษาความสำคัญของเส้นใยนำแสงและวิธีใช้สำหรับการสื่อสารดิจิตอลนั้น ข้อดี 7 ประการ ของการสื่อสารเส้นใยนำแสง ได้แก่

1. แบนด์วิดธ์กว้าง – เส้นใยนำแสงสามารถส่งข้อมูลข่าวสารที่มีขนาดใหญ่กว่าระบบที่ใช้ตัวกลางสายโลหะ

หน้า 182

2. การสูญเสียที่ต่ำ – เส้นใยนำแสงสามารถส่งข้อมูลในระยะทางที่ไกลกว่า ซึ่งจะลดจำนวนของรีพีตเตอร์ จึงทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งระบบต่ำ และมีความเชื่อถือสูง

หน้า 183

3. การส่งข้อมูลทางแสง – การส่งข้อมูลในรูปแบบของพัลส์แสงแทนที่จะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จึงทำให้ข้อมูลทางแสงปราศจากการรบกวนจากคลื่น RFI และ EMI

หน้า 184

4. มีขนาดเล็ก – ทำให้เส้นใยนำแสงสามารถใช้ในพื้นที่ที่เล็กเกินไปสำหรับการเดินสายทั่ว ๆ ไป หรือใช้แทนสายโลหะแล้วยังคงมีพื้นที่ว่างเหลือสำหรับการขยายระบบได้อีกด้วย

หน้า 185

5. ง่ายแก่การอัปเกรดเส้นทาง – เนื่องจากมีเพียงอุปกรณ์ปลายทางเท่านั้นที่จะถูกสับเปลี่ยนเพื่อที่จะเพิ่มขีดความสามารถของระบบ ซึ่งการอัปเกรดเส้นทางนี้ สามารถทำได้โดยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 186

6. ตรวจจับการลักลอบการใช้สัญญาณ – การเข้าไปยุ่งเกี่ยว กับสัญญาณเส้นใยนำแสงนั้นทำได้ยากมาก และสามารถตรวจจับได้ง่ายกว่าในระบบโลหะเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงทำให้เส้นใยนำแสงมีระบบการรักษาความปลอดภัยที่ดีมาก

หน้า 187

7. ความปลอดภัย – โดยปกติแล้วชุดเส้นใยนำแสงจะไม่นำสัญญาณทางไฟฟ้า จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในพื้นที่ที่มีประกายไฟหรือพื้นที่อันตรายทางไฟฟ้า ซึ่งอาจจะทำให้เกิดฟ้าผ่าหรืออาจจะเป็นอันตรายต่อช่างซ่อมที่กำลังทำงานกับชิ้นส่วนโลหะได้

หน้า 188

นอกจากนี้ยังได้เรียนรู้เกี่ยวกับประวัติของการสื่อสารทางแสง ตั้งแต่ยุคกรีกจนถึงการติดตั้งเส้นใยนำแสงสมัยใหม่

หน้า 189

เราได้กล่าวถึงเรื่องของแสง และสเปกตรัมทางแสง

หน้า 190

คลื่น / อนุภาค ทวิภาคของแสง

หน้า 191

และได้ทราบถึงวิธีการผสมบิตข้อมูลทางดิจิตอล

หน้า 192

และจบด้วยการมัลติเพลกซ์ วิธีการรวมสองสัญญาณหรือมากกว่าในตัวกลางเดียวกัน

หน้า 193

บทต่อไป เราจะได้กล่าวถึงวิธีการควบคุมทิศทางของแสง และการใช้งาน

บทที่ 2

พฤติกรรมของแสง (Behavior of Light)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

- นิยาม การหักเห การสะท้อน และการเลี้ยวเบน และอธิบายว่าสิ่งเหล่านี้สามารถใช้ในการอธิบายการเดินทางของแสงได้อย่างไร
- อธิบายข้อแตกต่างและคล้ายคลึงกันระหว่าง การหักเห การสะท้อน และการเลี้ยวเบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อธิบายถึงการสะท้อนกลับหมดภายในเส้นใยนำแสงว่าสามารถรักษาลำแสงให้อยู่ภายในตัวกลางได้อย่างไร
- อธิบายและเปรียบเทียบการสื่อสารเส้นใยนำแสง แบบซิงเกิลโหมด (Single mode) และแบบมัลติโหมด (Multimode)

หน้า 1

ในบทที่ 1 เราได้เรียนรู้เกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างตัวกลางที่เป็นโลหะกับเส้นใยนำแสง และหลาย ๆ เหตุผลที่แสดงให้เห็นว่าทำไมเส้นใยนำแสงจึงปรากฏตัวด้วยความถี่อันยิ่งใหญ่กว่า แม้ว่าจะมีขนาดเล็ก

หน้า 2

เราได้เรียนรู้ถึงข้อดี 7 ประการ ของเส้นใยนำแสง และ . . .

หน้า 3

ได้ทราบถึงประวัติศาสตร์ของการใช้แสงในการติดต่อสื่อสาร

หน้า 4

มีการทบทวนในเรื่องสเปคตรัมทางแสง (Optical Spectrum) และ

หน้า 5

และยังได้ทราบถึงวิธีการของเลขฐานสอง (0 และ 1) ที่สามารถนำมาใช้ในการผสมคลื่นสัญญาณ (Modulated) เพื่อการส่งสัญญาณได้

หน้า 6

ในบทนี้ เราจะกล่าวถึงเรื่องความรู้เบื้องต้นของเส้นใยนำแสงกันต่อ โดยจะเริ่มที่วิธีการที่แสงสามารถควบคุมทิศทางในการหักเห (Refraction) .....

หน้า 7

..... การสะท้อน (Reflection)

หน้า 8

..... และการเลี้ยวเบน (Diffraction)

หน้า 9

เราจะกล่าวถึงเลนส์ (Lenses) ดูว่าสามารถนำมาใช้งานอย่างไรในการสื่อสารเส้นใยนำแสง และ .....

หน้า 10

เรียนรู้พื้นฐานของการนำทิศทางของแสง (Lightguides) และเรียนรู้ลึกยิ่งขึ้นในระบบซิงเกิลโหมด (Single Mode) และมัลติโหมด (Multimode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 11

ได้เรียนรู้มาแล้วว่าแบบจำลองคลื่นมีประโยชน์ในการอธิบายถึงลักษณะต่าง ๆ ของแสง เช่น ความยาวคลื่น, ความถี่ ดังได้เห็นในการวิเคราะห์สเปคตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

หน้า 12

และได้ทราบว่าแบบจำลองอนุภาคมีประโยชน์ในการอธิบายลักษณะอื่น ๆ ของแสง เช่น การให้กำเนิดของแสง

หน้า 13

ตอนนี้จะเพิ่มวิธีการที่สามในการอธิบายในเรื่องแสง : ทฤษฎีรังสี (Ray Theory) ในทฤษฎีดังกล่าวนี้ แสงจะถือเป็นเหมือนกับเส้นตรงเส้นหนึ่งที่มีทิศทางของการเดินทางแสดงโดยหัวลูกศร ทฤษฎีรังสีนี้จะมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการอธิบายต่อไป

หน้า 14

ทฤษฎีรังสีนี้ได้ละทิ้งแรงย่อยของโฟตอน ที่จะต้องนำมาพิจารณาในแบบจำลองอนุภาค เช่นเดียวกับลักษณะการเดินทางของแสงที่จะต้องนำมาเกี่ยวข้องด้วยในแบบจำลองคลื่น ทฤษฎีรังสีจะเป็นการมองภาพของแสงที่ง่ายกว่า และยอมให้การเคลื่อนที่ของแสงในระบบเส้นใยนำแสงถูกวิเคราะห์และจำลองได้โดยการใช้วิชาเรขาคณิตอย่างง่าย ๆ

หน้า 15

อย่างไรก็ตามเราจะไม่ละทิ้งแบบจำลองคลื่น หรือแบบจำลองอนุภาคเสียเลยทีเดียว เรายังคงเรียกใช้เมื่อจำเป็น แต่ขณะที่อธิบายถึงการหักเหและการสะท้อน ทฤษฎีรังสี (Ray Theory) จะเป็นวิธีการที่ง่ายและเหมาะสมที่สุด

คำถาม

ตอนนี้เราได้ทราบถึง 3 วิธีการที่แตกต่างกัน ในการแทนและการกล่าวถึงเรื่อง " แสง " ซึ่งได้แก่

ก. แบบจำลองรังสี แบบจำลองอนุภาค และแบบจำลองแสง

ข. แบบจำลองอะตอม แบบจำลองอะตอมย่อย และแบบจำลองโมเลกุล

ค. แบบจำลอง LASER แบบจำลอง LED และแบบจำลองสเปคตรัม

ง. แบบจำลองรังสี แบบจำลองอนุภาค และแบบจำลองคลื่น √

จ. สมการแมกซ์เวล สัมประสิทธิ์ของจอห์นสัน และกฎของสเนล

คำถาม

ในทฤษฎีรังสี แสงจะถือปฏิบัติเช่นเดียวกับ ..... ที่มี .....

ก. เส้นตรงเส้นหนึ่ง / มุมของการเดินทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. เส้นตรงเส้นหนึ่ง / มุมวิกฤติ

ค. เส้นตรงเส้นหนึ่ง / ทิศทางของการเดินทาง √

ง. มุมวิกฤติ / กรวยการยอมรับ

คำถาม

ในปัจจุบัน เรามีวิธีการที่ง่ายในการแทนแสงด้วยรังสี ดังนั้นเราจึงละทิ้งแบบจำลองคลื่นและอนุภาค

ก. ถูก

ข. ผิด √

หน้า 16

เราจะเริ่มด้วยการพิจารณาในเรื่องความเร็วของแสง

หน้า 17

สิ่งที่ขาดหายไปเมื่อเราพูดถึงคำว่า " ความเร็วของแสง " คือ ตัวกลางที่แสงเดินทางผ่าน สิ่งนี้มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากเมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่ต่างกันจะมีความเร็วไม่เท่ากัน เมื่อแสงเดินทางผ่านสูญญากาศหรือใกล้เคียงกับสูญญากาศ มันจะมีความเร็วประมาณ 300,000 กิโลเมตร/วินาที ซึ่งสามารถแทนได้ด้วย 3×10^8 เมตร/วินาที

หน้าที่ 18

เมื่อแสงเดินทางผ่านอากาศ จะมีความเร็วประมาณ 300,000 กิโลเมตร/วินาที (3×10^8 เมตร/วินาที) เช่นเดียวกัน

หน้าที่ 19

เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางอื่น ๆ จะเดินทางช้ากว่า เช่น ในน้ำแสงจะเดินทางด้วยความเร็วประมาณ 225,000 กิโลเมตร/วินาที และในแก้ว ประมาณ 200,000 กิโลเมตร/วินาที

หน้า 20

เมื่อแสงเดินทางผ่านวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เกิดขึ้นจะเป็นสาเหตุให้แสงเปลี่ยนทิศทางในการเดินทางตรงรอยต่อระหว่างวัตถุทั้งสอง การเปลี่ยนมุมหรือทิศทางของลำแสงนี้เรียกว่าการหักเห (Refraction)

หน้า 21

ตัวอย่างหนึ่งของการหักเห คือ ความไม่สมหวังที่เกิดขึ้นเมื่อเราพยายามจะจับปลาในตู้เลี้ยงปลา การหักเหทำให้ตำแหน่งของปลาที่ปรากฏและตำแหน่งที่แท้จริงแตกต่างกัน (จะไม่ขอกล่าวถึงตัวปลาที่กำลังว่ายน้ำหนีอย่างรวดเร็วเพื่อหลีกเลี่ยงการจับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 22

เมื่อแสงสะท้อนจากตัวกลางผ่านน้ำ มันจะเดินทางเป็นแนวเส้นตรง

หน้า 23

เมื่อแสงชนกับรอยต่อระหว่างน้ำกับแก้ว มันจะเปลี่ยนความเร็ว (จาก 225,000 กิโลเมตร/วินาที เป็น 200,000 กิโลเมตร/วินาที) และการเปลี่ยนแปลงในความเร็วนี้จะเป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางของการเดินทาง ซึ่งเรียกว่าการหักเห (Refraction)

หน้า 24

เมื่อแสงเดินทางเป็นแนวเส้นตรงผ่านแก้วจนกระทั่งชนกับรอยต่อระหว่างแก้วกับอากาศ แสงจะเปลี่ยนความเร็ว (จาก 200,000 กิโลเมตร/วินาที เป็น 300,000 กิโลเมตร/วินาที) เป็นเหตุให้ทิศทางของการเดินทางเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นการหักเหของแสงในครั้งที่สอง

หน้า 25

ตอนนี้แสงจะเดินทางผ่านอากาศเป็นแนวเส้นตรงเข้าสู่สายตา แล้วส่งข้อมูลให้แก่สมอง พยายามคิดคำนวณว่าปลาตัวจริงอยู่ตรงไหน

หน้า 26

เพื่อให้มองเห็นถึงสิ่งที่เราพูดถึง ให้คลิ๊กตรงรูปลูกตา โปรดสังเกตว่าการเลื่อนตำแหน่งที่ปรากฏของตัวปลาจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของลูกตา

หน้า 27

โชคดีที่ปลากำลังนอนหลับ ดังนั้นตำแหน่งที่แท้จริงของตัวปลาจึงไม่ได้เปลี่ยนแปลง ขอบคุณการหักเหที่ทำให้ตำแหน่งที่ปรากฏเปลี่ยนไปตามตำแหน่งของผู้สังเกตที่ได้สร้างขึ้น

หน้า 28

เราจะกล่าวถึงความสัมพันธ์ของมุมเหล่านี้และลักษณะต่าง ๆ ของแสงที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น หลังจากที่ได้ขยายความของการหักเห และให้คำจำกัดความในบางเทอมกันเสียก่อน

คำถาม

แสงเดินทางด้วยความเร็วเท่ากันเสมอ โดยไม่คำนึงถึงตัวกลางที่กำลังเดินทางผ่าน (เช่น แก้ว น้ำทะเล อากาศ อวกาศและน้ำมัน)

ก. ถูก

ข. ผิด √

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

การเปลี่ยนแปลงทิศทางของแสงจากสาเหตุการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เมื่อแสงเดินทางผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีดัชนีการหักเหต่างกัน เรียกว่า

ก. การหักเห (refraction) √

ข. การสะท้อน (reflection)

ค. การดูดกลืน (absorption)

ง. ไม่มีข้อใดถูก

คำถาม

ปลาที่อยู่ในน้ำจะมีตำแหน่งที่ปรากฏแตกต่างจากของจริงเนื่องจาก

ก. ว่ายน้ำช้ามากและอยู่ในจุดที่แตกต่างกัน

ข. อยู่กับที่ แต่ผู้สังเกตเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ

ค. เนื่องจากน้ำเบาบางกว่าอากาศ

ง. แสงที่สะท้อนจากตัวปลาถูกเบี่ยงเบนตรงรอยต่อระหว่างน้ำและอากาศ √

หน้า 29

ความแตกต่างของความยาวคลื่นแสงที่เดินทางด้วยความเร็วที่ไม่เท่ากันในตัวกลางเดียวกันนี้ เป็นความยุ่งยากในการที่จะพยายามเข้าใจผลของการหักเห ในที่นี้แสงสีขาวเป็นแสงที่ประกอบด้วยความยาวคลื่นที่สามารถมองเห็นได้ เมื่อแสงสีขาวเข้าไปในแท่งแก้วปริซึมมันจะเปลี่ยนความเร็วจากความเร็วที่ผ่านอากาศไปยังค่าใหม่ : ความเร็วเมื่อผ่านแก้ว

หน้า 30

แสงสีขาวไม่ได้เปลี่ยนความเร็วเหมือนกันทั้งหมด โดยแต่ละองค์ประกอบของความยาวคลื่นจะเดินทางผ่านแท่งแก้วด้วยความเร็วที่ต่างกัน เนื่องจากความเร็วต่างกันจึงทำให้มุมของการหักเหของแต่ละองค์ประกอบแตกต่างกันไปด้วย

หน้า 31

เมื่อพิจารณาเพียงส่วนที่มองเห็นได้ของสเปคตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงสีแดงซึ่งมีความถี่ต่ำสุด จะมีพลังงานน้อยที่สุดและเดินทางช้าที่สุดด้วย ดังนั้นการหักเหน้อยที่สุดจึงเป็นแสงสีแดง

หน้า 32

ณ ปลายอีกข้างหนึ่งของสเปคตรัม แสงสีม่วงจะมีความถี่สูงสุด ดังนั้นจึงมีพลังงานสูงสุด ด้วยเหตุนี้ผลของการหักเหสูงสุดจึงเป็นแสงสีม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 33

และเหมือนกับตัวอย่างของตู้เลี้ยงปลา การหักเหครั้งที่ 2 จะเกิดขึ้นเมื่อแสงออกจากแท่งแก้วปริซึม นั่นคือตรงรอยต่อระหว่างแก้วปริซึมกับอากาศ แสงจะมีการเปลี่ยนความเร็วและทิศทาง

หน้า 34

แม้ว่าภายในแสงสีเดียวกันเช่น แสงสีม่วงจะมีกลุ่มของแสงพร้อมด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ในตัวอย่างนี้ความเร็วของแต่ละกลุ่มแสงซึ่งประกอบด้วยแสงสีขาวจะเรียกว่า ความเร็วกลุ่ม

หน้า 35

จะมีกลุ่มของแสงอยู่ภายในกลุ่มของแสงอยู่เสมอ แต่ในบางจุดความแตกต่างของความเร็วจะมีค่าน้อยมาก จึงไม่ได้นำมาพิจารณา

หน้า 36

เป็นที่น่าสังเกตได้ว่าความเร็วกลุ่มนี้จะมีผลต่อความเร็วของแสง และความเร็วค่าหนึ่งจะถือเป็นมาตรฐานของการวัดความเร็วของแสง โดยความเร็วแสงมาตรฐานนี้จะอยู่บนพื้นฐานของความเร็วของแสงสีเหลืองโซเดียม (Sodium Yellow) ที่มีความยาวคลื่น 589 นาโนเมตร

หน้า 37

ความเร็วกลุ่มนี้จะเริ่มมีความสำคัญเมื่อมีการพิจารณาดูอย่างใกล้ชิดว่า แสงถูกส่งได้อย่างไร และข้อมูลข่าวสารถูกรับและแปลงโดยเครื่องรับได้อย่างไร

คำถาม

แสงสีขาวจะเป็นแสงโคฮีเรนต์ ซึ่งประกอบด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นเพียงหนึ่งค่า

ก. ถูก

ข. ผิด √

คำถาม

แสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน จะเดินทางด้วยความเร็วเท่ากันในตัวกลางโปร่งแสงใด ๆ

ก. ถูก

ข. ผิด √

คำถาม

ความเร็วกลุ่ม เป็นความเร็วของ

ก. แสงสีขาว

ข. แสงสีเหลือง

ค. กลุ่มของแสงสีเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. กลุ่มของแสงสีต่าง ๆ √

จ. ไม่มีข้อใดถูก

หน้า 38

การหักเหเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญมากในเส้นใยนำแสง การหักเหจะเป็นผลเสียเมื่อเกิดขึ้นในหนทางที่ไม่ต้องการ เมื่อนั้นเราจะสูญเสียข้อมูลข่าวสารถ้าแสงหักเหออกจากเส้นใยนำแสงเข้าไปในเปลือกหุ้ม (sheath)

หน้า 39

ในทางตรงกันข้ามการหักเหจะดีมากเมื่อเกิดขึ้นในหนทางที่ถูกควบคุมในระบบเส้นใยนำแสงที่ได้ออกแบบมาอย่างถูกต้อง และทำในสิ่งที่เราต้องการได้ วิธีการควบคุมการหักเหอย่างหนึ่งคือ การใช้เลนส์

หน้า 40

เลนส์ (Lens) เป็นอุปกรณ์แสงเชิงรับ ซึ่งทำมาจากแก้วหรือพลาสติกคุณภาพสูง และถูกใช้ในการควบคุมการหักเหของแสง

หน้า 41

เลนส์อาจจะเป็นแบบง่าย (Simple) หรือแบบซับซ้อน (Complex) เลนส์แบบง่ายจะสร้างขึ้นโดยการหลอมและการปั้นขึ้นรูปตรงส่วนปลายของเส้นใยนำแสงให้เป็นเลนส์ ...

หน้า 42

ส่วนเลนส์แบบซับซ้อนจะมีองค์ประกอบเช่นเดียวกับเลนส์ทรงกลม (Discrete spherical lenses) ที่ใช้ในคัปเปลอร์ทางแสง (Optical Coupler)

หน้า 43

จุดสำคัญเกี่ยวกับเลนส์ 2 ประการ คือ ทำให้การหักเหของแสงที่เป็นระเบียบ และเป็นส่วนสำคัญของระบบเส้นใยนำแสง

คำถาม

วิธีการอย่างหนึ่งในการควบคุมการหักเหคือ การใช้เลนส์ เราจะใช้เลนส์เพื่อให้มั่นใจว่า

ก. การดูดกลืนโดยเนื้อสารได้ถูกกระทำให้น้อยที่สุด

ข. การเชื่อมต่อเส้นใยนำแสงได้กระทำอย่างถูกต้อง

ค. แสงได้ถูกหักเหในทางที่ทำให้เกิดการสื่อสารได้ดีที่สุด √

ง. แสงได้ถูกหักเหเข้าไปในเปลือกหุ้มที่ซึ่งสามารถเดินทางได้ในหลายโหมด

จ. การเท่าเทียมกันระหว่างระบบเส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมดและมัลติโหมดได้รับการรับรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

เลนส์เป็นอุปกรณ์แสงเชิงรับซึ่งอาจจะเป็นแบบง่ายหรือแบบซับซ้อน ตัวอย่างของเลนส์แบบง่าย ได้แก่

ก. ส่วนปลายของเส้นใยที่ถูกหลอมและปั้นขึ้นรูป √

ข. เลนส์นูนที่ทำมาจากพลาสติกอัดแข็ง

ค. ชุดเลนส์ไดโครอิก (Dichroic Lens)

คำถาม

ตัวอย่างของเลนส์แบบซับซ้อน ได้แก่

ก. ส่วนปลายของเส้นใยนำแสงที่ถูกหลอมและปั้นขึ้นรูป

ข. เลนส์รูปทรงกลมที่ใช้ในคัปเปลอร์ทางแสง (Optical Coupler) √

ค. ชุดเลนส์ไดโครอิก

หน้า 44

การเปรียบเทียบและการคำนวณหลายอย่างที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสื่อสารเส้นใยนำแสง จะใช้ตัวเลขที่เรียกว่าค่าดัชนีการหักเห (Index of Refraction)

หน้า 45

ค่าดัชนีการหักเหจะเป็นอัตราส่วนซึ่งเปรียบเทียบความเร็วของแสงในสูญญากาศ (C) กับความเร็วของแสงในตัวกลางใด ๆ (V) เนื่องจากทั้ง C และ V จะมีค่าในหน่วยเดียวกัน ดังนั้นค่าดัชนีการหักเหจึงมีเพียงตัวเลข (n)

หน้า 46

โดยการกำหนดค่า V เท่ากับความเร็วของแสง (C) จะได้ว่าค่าดัชนีการหักเหสำหรับแสงในสูญญากาศมีค่า n = 1 เนื่องจากแสงไม่สามารถที่จะเดินทางได้เร็วกว่าในตัวกลางใด ๆ เท่ากับในตัวกลางที่เป็นสูญญากาศ ค่า V ไม่สามารถมีค่ามากกว่าค่า C ได้ ค่าของ n จึงไม่สามารถจะมีค่าน้อยกว่า 1 ได้ ดังนั้นค่าดัชนีหักเหของวัตถุใด ๆ จะต้องมีค่ามากกว่า 1 เสมอ

หน้า 47

ความเร็วของแสงในอากาศเท่ากับ 299,900 กิโลเมตร/วินาที ดังนั้นค่าดัชนีการหักเห (n) สำหรับอากาศจะมีค่าเท่ากับ 1.0003

หน้า 48

ความเร็วของแสงในน้ำบริสุทธิ์มีค่าเท่ากับ 225,000 กิโลเมตร/วินาที ดังนั้นค่าดัชนีการหักเห (n) สำหรับน้ำบริสุทธิ์จะมีค่าเท่ากับ 1.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 49

แม้ว่าแก้วทั้งหมดจะไม่เหมือนกัน จะขอกล่าวว่าความเร็วของแสงในแก้วมีค่าเท่ากับ 200,000 กิโลเมตร / วินาที ดังนั้นค่าดัชนีการหักเห (n) สำหรับ แก้วจะมีค่าเท่ากับ 1.5

หน้า 50

และสุดท้ายแต่ไม่ใช่น้อยที่สุด สำหรับผู้ซึ่งอาศัยอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา , ความเร็วของแสงผ่านน้ำมันบริสุทธิ์จาก The North Atlantic Cod ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซนติเกรด ด้วยความเร็วของแสง 202,565 กิโลเมตร/วินาที ดังนั้นค่าดัชนีการหักเห n จะมีค่าเท่ากับ 1.481

คำถาม

ค่าดัชนีการหักเห เป็นอัตราส่วนซึ่งเปรียบเทียบความเร็วของแสงในสูญญากาศ (C) กับความเร็วของแสงในตัวกลางใด ๆ (V)

ก. ถูก

ข. ผิด √

คำถาม

เนื่องจากแสงไม่สามารถที่จะเดินทางได้เร็วกว่าในตัวกลางใด ๆ เท่ากับในตัวกลางที่เป็นสูญญากาศ

ก. รังสีคอสมิกเท่านั้นที่เร็วกว่าแสง

ข. ค่าดัชนีการหักเหของแสงในสูญญากาศจะมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ √

ค. ค่าดัชนีหักเหของวัตถุใด ๆ จะต้องมีค่ามากกว่า 1 เสมอ

ง. ไม่มีข้อใดถูก

คำถาม

ค่าดัชนีการหักเหของแสง สามารถคำนวณได้สำหรับวัตถุใด ๆ ที่แสงทะลุผ่าน

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 51

ขณะที่กำลังติดตั้งตัวกลางเส้นใยนำแสง นั้นอาจมีความจำเป็นจะต้องมีการเชื่อมต่อสายอยู่บ่อย ๆ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากเส้นใยนำแสงมีความยาวไม่เพียงพอ หรือเส้นใยนำแสงแตกขาด

หน้า 52

มีอยู่สองวิธีของการเชื่อมต่อสายเส้นใยนำแสง วิธีแรกทำได้โดยการให้ความร้อนตรงจุดที่จะหลอมและรวมเส้นใยนำแสงทั้งสองเข้าด้วยกัน เราเรียกการเชื่อมต่อสายแบบนี้ว่าการเชื่อมต่อสายแบบการหลอมรวม (Fusion Splicing) (ให้กดปุ่มเพื่อดูการเชื่อมต่อสาย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 53

วิธีที่สองเป็นการจับยึดปลายทั้งสองเส้นเข้าด้วยกันอย่างประณีต เพื่อให้แสงเดินทางจากข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่ง วิธีดังกล่าวนี้เรียกว่าการเชื่อมต่อสายแบบเชิงกล (Mechanical Splicing)

(ให้กดปุ่มเพื่อดูการเชื่อมต่อสาย)

หน้า 54

โดยไม่คำนึงถึงวิธี Machanical Splice ว่าดีอย่างไร เราต้องจำไว้อยู่เสมอว่าเราได้เกี่ยวข้องกับระยะห่างที่แคบมาก (หนึ่งในล้านนิ้ว) มันเป็นไปไม่ได้ที่จะจับยึดปลายทั้งสองของเส้นใยให้อยู่ใกล้ชิดกันเพียงพอที่จะไม่ให้มีเกิดอากาศขึ้นในระหว่างรอยต่อของเส้นใยนำแสงได้

หน้า 55

บนพื้นฐานของการหักเห เราได้ทราบมาแล้วว่าแสงจากเส้นใยนำแสงจะเปลี่ยนความเร็วเมื่อออกจากเส้นใยนำแสงเข้าสู่อากาศ ซึ่งจะทำให้แสงเปลี่ยนทิศทางในการเดินทาง ซึ่งเหตุการณ์เดียวกันนี้จะเกิดขึ้นอีกเมื่อแสงเดินทางจากอากาศเข้าสู่เส้นใยนำแสงเส้นที่สองได้เช่นเดียวกัน

หน้า 56

เหตุการณ์ 3 อย่าง ที่อาจเกิดขึ้นได้เมื่อแสงชนกับผิวของเส้นใยนำแสงเส้นที่สอง ประการแรก แสงสามารถเดินทางเข้าไปในเส้นใยนำแสงถัดไปได้ แต่ด้วยมุมที่แตกต่างไปจากในเส้นใยนำแสงเส้นแรก ประการที่สอง มุมหักเหอาจเป็นเหตุทำให้แสงเข้าไปเส้นใยนำแสงเส้นใหม่ได้ทั้งหมด หรือไม่ก็เดินทางเข้าไปในแคลดดิงหรือเปลือกหุ้มของเส้นใยนำแสงเส้นใหม่ ประการที่สาม แสงอาจจะเกิดการสะท้อนและไม่มีโอกาสเข้าไปในเส้นใยนำแสงเส้นใหม่ได้เลย

หน้า 57

ตามที่เราคาดเดา การโค้งงอ (bending and rebending) ของแสงอาจจะเป็นสิ่งที่ไม่อาจยอมรับได้ : แต่มันได้เกิดขึ้นแล้ว และก็ไม่ได้เป็นปัญหาที่ไม่มีคำตอบ คำตอบคือ Index Matching

Index Matching จะเป็นการวาง Special Gel ที่มีค่าดัชนีการหักเหเช่นเดียวกับเส้นใยนำแสง ขณะทำการเชื่อมต่อให้วาง Special Gel อยู่ในช่องว่างที่อากาศอยู่ (ให้คลิ้กตรง Index Matching Gel เพื่อดูตัวอย่าง)

หน้า 58

Gel จะโปร่งใสและมีค่าดัชนีการหักเหเช่นเดียวกับ Core โดยที่ Gel ไม่ได้กำจัดการสูญเสียของแสงทั้งหมด แต่ก็เป็นการลดการสูญเสียที่น่าได้รับการพิจารณา

คำถาม

วิธีพื้นฐานสองวิธีในการเชื่อมต่อสายเส้นใยนำแสง ได้แก่

ก. ใช้เทป (tape) และ กาว (glue)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การเชื่อม (welding) และ การผูกมัด (binding)

ค. Fusion Splicing และ Mechanical Splicing √

ง. Fission Splicing และ Mechanical Splicing

จ. Fusion Splicing และ Electrical Splicing

คำถาม

การเชื่อมต่อสายเส้นใยนำแสงแบบ Mechanical Splicing นี้จะยังคงมีอากาศจำนวนหนึ่งอยู่ระหว่างรอยต่อ เว้นแต่ ..... จะถูกนำมาใช้

ก. Index Matching Gel √

ข. Index Modulating Gel

ค. Index Molding Gel

ง. Index Imaging Gel

จ. Larger Acceptance Cone

คำถาม

เมื่อแสงเดินทางจากเส้นใยเส้นหนึ่งผ่านอากาศแล้วเข้าไปในเส้นใยอีกเส้นหนึ่ง เหตุการณ์ 3 อย่างที่สามารถเกิดขึ้นได้ คือ

ก. การทำให้เสียหาย (detraction) การหักเห (refraction) และ การหดตัว (retraction)

ข. การหักเห (refraction) การสะท้อน (reflection) และ การดูดกลืน (absorption) √

ค. การหักเห (refraction) การหดตัว (retraction) และ การดูดกลืน (absorption)

หน้า 59

โดยทั่วไปแล้วแสงอาจจะไม่ได้ผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งเสมอไป นั่นคือถ้าแสงไม่ได้ผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง มันจะไม่มีการหักเห ถ้าแสงไม่ได้ผ่านเข้าไปในตัวกลางที่สอง จะเกิดการสะท้อน (Reflection)

หน้า 60

ก่อนที่เราจะพูดถึงเรื่องต่อไป จะขอกล่าวถึงบางเทอมที่มีประโยชน์ต่อการพิจารณา โดยแทนรอยต่อระหว่างวัตถุตัวกลางสองชนิด ด้วยเส้นตรงที่ลากจากซ้ายไปขวา

หน้า 61

เขียนเส้นตรงเพื่อแสดงวัตถุด้านบนเป็นวัตถุที่ 1 (Material 1) มีค่าดัชนีการหักเห n_1 และวัตถุด้านล่างวัตถุที่ 2 (Material 2) มีค่าดัชนีการหักเห n_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 62

เพิ่มเส้นตรงสมมติอีกเส้นหนึ่งให้ตั้งฉากกับเส้นแรกที่อยู่ระหว่างวัตถุทั้งสอง ให้ชื่อเส้นตรงสมมตินี้ว่า เส้นปกติ (Normal Line)

หน้า 63

ลากเส้นรังสีของแสงที่เดินทางเป็นเส้นตรงผ่านวัตถุที่ 1 เส้นรังสีนี้จะเรียกว่า รังสีตกกระทบ และมุมระหว่างเส้นปกติกับรังสีตกกระทบจะเรียกว่า มุมตกกระทบ (Angle of Incidence)

หน้า 64

ปกติเมื่อเส้นรังสีแสงตกกระทบผิวรอยต่อระหว่างวัตถุที่ 1 / วัตถุที่ 2 อาจจะเกิดเหตุการณ์ขึ้น ดังนี้

ประการที่ 1 : รังสีแสงจะสามารถเข้าไปในวัตถุที่ 2 แล้วเกิดหักเห ดังที่เราได้เห็นมาแล้วก่อนหน้านี้ ถ้าดัชนีการหักเหของวัตถุทั้งสองมีค่าแตกต่างกัน

หน้า 65

ประการที่ 2 : รังสีแสงสามารถผ่านวัตถุที่ 2 และต่อเนื่องเป็นเส้นตรง ถ้าดัชนีการหักเหของวัตถุที่ 1 และวัตถุที่ 2 มีค่าเท่ากัน

หน้า 66

ประการที่ 3 : รังสีแสงสามารถผ่านเข้าไปในวัตถุที่ 2 และถูกดูดกลืน ถ้าวัตถุที่ 2 ไม่เป็นวัตถุที่ส่งผ่านแสง

หน้า 67

ประการที่ 4 : รังสีแสงจะถูกสะท้อน

เมื่อมุมของรังสีตกกระทบมีค่าน้อยกว่ามุมวิกฤต (Critical Angle) รังสีแสงจะเข้าไปในตัวกลางที่ 2 แล้วเกิดการหักเห มุมระหว่างเส้นปกติกับรังสีหักเห เรียกว่ามุมหักเห (Angle of Refraction)

หน้า 68

แต่เมื่อมุมตกกระทบมีค่ามากกว่ามุมวิกฤต รังสีแสงจะถูกสะท้อน มุมระหว่างเส้นปกติกับรังสีสะท้อนจะเรียกว่ามุมสะท้อน (Angle of Reflection) ซึ่งมุมตกกระทบจะเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ

คำถาม

แสงซึ่งไม่ได้ผ่านจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง แต่สะท้อนออก เราเรียกว่า

ก. การหักเห

ข. การเลี้ยวเบน

ค. การสะท้อน √

ง. การตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

ถ้ามุมตกกระทบของแสง มีค่ามากกว่ามุมวิกฤติ แสงจะ .....

ก. สะท้อน √

ข. หักเห

ค. ถูกดูดกลืน

ง. เบี่ยงเบน

หน้า 69

แสงจะประกอบไปด้วยกลุ่มของแสงต่าง ๆ ซึ่งจะเดินทางด้วยความเร็วกลุ่มที่แตกต่างกันไป และมีความยาวคลื่นต่างกันด้วย เราสามารถแยกกลุ่มออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ จนกระทั่งเหลือแสงที่มีความยาวคลื่นค่าเดียว เมื่อเรากล่าวถึงการสะท้อนและการหักเหเราจะพูดในเทอมของรังสีหนึ่งเส้น (และสมมติว่ามีความยาวคลื่นเพียงหนึ่งค่า)

หน้า 70

เราจะศึกษาลึกลงไปอีกและพิจารณาเหตุการณ์จริง ซึ่งไม่ได้ใช้แสงบริสุทธิ์ที่มีความยาวคลื่นเพียงค่าเดียว เราจะพบว่าแสงสามารถทำให้เกิดเหตุการณ์ได้หลายอย่าง – การส่งแสงครั้งหนึ่ง อาจจะมีทั้งการหักเห การสะท้อนและการดูดกลืน ได้ในเวลาเดียวกัน

หน้า 71

เมื่อแสงเดินทางระหว่างวัตถุซึ่งมีค่าดัชนีการหักเหเท่าเทียมกัน (Index Matching) แสงบางส่วนอาจจะสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับเข้าไปในวัตถุที่ถูกส่งมาได้ การสะท้อนดังกล่าวนี้เรียกว่าการสะท้อนเฟรสเนล (Fresnel Reflection) และอาจจะหรืออาจจะไม่สำคัญต่อสมรรถนะของระบบเส้นใยนำแสง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าระบบได้ถูกออกแบบและถูกติดตั้งมาอย่างไร

หน้า 72

ในการเชื่อมต่อสายเส้นใยนำแสงที่ซึ่งมีการเท่าเทียมกันทางดัชนีการหักเห การสูญเสียอันเนื่องจาก Fresnel Reflection จะมีค่าเล็กน้อย และสามารถตัดทิ้งได้

หน้า 73

อย่างไรก็ตาม ในระบบที่การเท่าเทียมของดัชนีการหักเหได้กระทำอย่างไม่ถูกต้อง หรือในระบบที่มีการเชื่อมต่อสายแบบเชิงกลที่ไม่ได้ใช้ Index Matching Gel การสูญเสียอันเนื่องจาก Fresnel Reflection นี้จะมีค่ามากพอที่จะนำมาคิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 74

ตัวอย่างเช่น การสะท้อนกลับ Fresnel Reflection ตรงรอยต่อระหว่างอากาศและวัตถุอื่น ๆ แทนค่าโดยสูตร ถ้าวัตถุเป็นแก้ว ค่าดัชนีการหักเห (n) มีค่าเท่ากับ 1.5 ดังนั้นค่าการสะท้อนกับ Fresnel Reflection , Rho จะมีค่าเท่ากับ 0.04 และ ...

หน้า 75

เราจะใช้ค่าของ Rho มาตรฐานเป็นเดซิเบล (dB) เพื่อกำหนดการสูญเสียของแสงอันเนื่องจาก Fresnel Reflection ในกรณีนี้จะได้ค่า 0.17 dB เนื่องจากแสงเดินทางจากแก้วไปสู่อากาศและกลับสู่แก้วอีกครั้งหนึ่งตรงรอยเชื่อมต่อแบบเชิงกล ซึ่งทำให้การสูญเสียจริงต่อการเชื่อมต่อสายอันเนื่องมาจาก Fresnel Reflection เป็น -0.17 x 2 หรือ -0.34 dB

หน้า 76

การสูญเสีย -0.34 dB อาจจะดูมีค่าไม่มากเมื่อเทียบกับค่า -10 dB หรือค่าปกติในวงจรไฟฟ้า แต่อย่างไรก็ตาม ค่า -0.34 dB นี้จะเป็นการสูญเสียที่มากเมื่อเราพูดถึงระบบที่มีกำลังการส่งออก ซึ่งปกติจะมีค่าอยู่ในช่วง -8 dBm ถึง -16 dBm และเมื่อคูณกับค่าการสูญเสีย -0.34 dB ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ตลอดความยาวของเคเบิลเส้นใยนำแสง

คำถาม

การส่งแสงทั้งหมดจะเป็นความยาวคลื่นค่าเดียวและสามารถสะท้อน หักเห และถูกดูดกลืน

ก. ถูก

ข. ผิด √

คำถาม

การสะท้อนแบบ Fresnel reflections จะเกิดขึ้นตรงจุดที่เส้นใยนำแสง

ก. มีการเชื่อมต่อสายแบบ Mechanically Spliced √

ข. มีการเชื่อมต่อสายแบบ Optically Spliced

ค. มีการเชื่อมต่อสายแบบ Fusion Spliced

ง. โค้งงอ

หน้า 77

กฎการสะท้อนเป็นที่รู้จกกันมาตั้งแต่ยุคกรีกตอนต้น แต่กฎการหักเหเพิ่งได้ค้นพบจากการทดลองของ Willebrod Snell ในปี ค.ศ.1621 ซึ่งรู้จักกันดีในนาม Snell's Law หรือ Descartes' Law ในภาษาฝรั่งเศส

หน้า 78

กฎ Snell's Law เป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ ที่กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างรังสีตกกระทบกับรังสีหักเห

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 79

กฎ Snell's Law ยังได้ให้พื้นฐานของหลักการทางคณิตศาสตร์และกฎเรขาคณิต ในการคำนวณหาค่ามุมวิกฤตที่แสงจะสะท้อนได้

หน้า 80

กฎ Snell's Law ได้แสดงให้เห็นว่ามุมของการหักเห ขึ้นอยู่กับค่าดัชนีการหักเหของวัตถุทั้งสอง

หน้า 81

กฎ Snell's Law กำหนดไว้ว่าค่าดัชนีการหักเหของวัตถุที่ 1 คูณกับค่าไซน์ของมุมตกกระทบจะมีค่าเท่ากับค่าดัชนีการหักเหของวัตถุที่ 2 คูณกับค่าไซน์ของมุมหักเห

หน้า 82

นอกจากนี้ ยังเป็นไปได้ที่จะจัดรูปและพัฒนาสูตรเสียใหม่เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่ามุมวิกฤตของรังสีตกกระทบได้

หน้า 83

ณ มุมที่ใหญ่กว่าหรือเท่ากับมุมวิกฤตของรังสีตกกระทบ แสงจะสะท้อนกลับ แต่ ณ มุมที่น้อยกว่ามุมวิกฤตของรังสีตกกระทบ แสงจะเข้าไปในวัตถุที่ 2 และเกิดการหักเห เพื่อให้เห็นถึงองค์ประกอบเหล่านี้ เราจะทดลองในหน้าถัดไปซึ่งจะสามารถเปลี่ยนวัตถุตัวกลางและมุมตกกระทบของแสง เพื่อดูว่าจะเกิดอะไรขึ้นได้

คำถาม

กฎ Snell's Law เป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างรังสีตกกระทบกับรังสีหักเห

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

มุมวิกฤติสามารถคำนวณได้โดยสมการ Maxwell's equations เท่านั้น

ก. ถูก

ข. ผิด √

หน้า 84

ให้ใช้เมาส์เปลี่ยนค่าองค์ประกอบอินพุตทางด้านซ้าย เพื่อดูพฤติกรรมของแสงที่จะเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 85

เราได้มาถึงจุดที่รู้เข้าใจว่าแสงเดินทางในเส้นใยได้อย่างไร ในบทที่ 1 เราได้ทราบว่าใน ค.ศ.1870 นักปราชญ์ชาวอังกฤษชื่อ John Tyndall ได้แสดงสาธิตแก่บรรดาราชวงศ์ให้เห็นว่า แสงสามารถบังคับให้เดินทางไปตามลำน้ำที่กำลังไหลออกจากท่อได้

หน้า 86

แนวความคิดการสาธิตของ Tyndall ก็คือการสะท้อนกลับหมดภายใน มีองค์ประกอบพื้นฐาน 2 ประการที่มีผลต่อการหักเหหรือการสะท้อนของแสงเมื่อเดินทางอยู่ในวัตถุทั้งสอง องค์ประกอบเหล่านี้ คือ ดัชนีการหักเหของวัตถุทั้งสอง และมุมวิกฤตที่คำนวณโดยการใช้กฎ Snell's Law

หน้า 87

ในกรณีนี้วัตถุทั้งสอง คือ อากาศและน้ำ ค่าดัชนีการหักเหของอากาศมีค่าเท่ากับ 1 และดัชนีการหักเหของน้ำมีค่าเท่ากับ 1.33 ในกรณีดังกล่าว แสงจะเดินทางอยู่ภายในลำน้ำแล้วอาจจะไปตามทางโค้งหรือหนีออกจากทางโค้งก็ได้

หน้า 88

การใช้กฎ Snell's Law จะทำให้เราสามารถคำนวณหาค่ามุมวิกฤตได้ เมื่อแทนค่า 1.33 สำหรับ n_1 (น้ำ) และ 1.0003 สำหรับ n_2 (อากาศ) เมื่อเราหาร n_2 ด้วย n_1 เราจะได้ 0.7521 และค่า Arcsin ของ 0.7521 จะมีค่าเท่ากับ 48.77 องศา

หน้า 89

กฎ Snell's Law จะบอกให้ทราบว่ามุมวิกฤตมีค่าเท่ากับ 48.77 องศา รังสีแสงใด ๆ ที่มีมุมตกกระทบที่มีค่าน้อยกว่า 48.77 องศา จะผ่านออกไปนอกลำน้ำแล้วเข้าไปในอากาศ ในขณะที่รังสีแสงที่มีมุมตกกระทบมากกว่าหรือเท่ากับ 48.77 องศา จะสะท้อนกลับเข้าไปในตัวกลางลำน้ำ

หน้า 90

การแสดงสาธิตของ Tyndall's ประสบกับความสำเร็จก็เนื่องมาจาก ขณะที่รังสีแสงจำนวนมากอาจจะหลุดออกจากน้ำเข้าสู่อากาศ นั่นก็คือการวางตำแหน่งที่ถูกต้องของแหล่งกำเนิดแสงทำให้แสงส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในลำน้ำแม้ว่ามันจะโค้งตรงมุมก็ตาม

หน้า 91

นี้เป็นหลักการเดียวกันที่ใช้ในสื่อตัวกลางเส้นใยนำแสง เส้นใยนำแสงจะมีโครงสร้างของแกนกลางซึ่งทำมาจากแก้วหรือพลาสติกที่มีความบริสุทธิ์สูง ที่เรียกว่าแกน (Core)

หน้า 92

Core จะล้อมรอบด้วยชั้นทรงกลมที่เป็นวัตถุทางแสงที่คล้ายคลึงกัน เรียกว่า Cladding

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 93

ทั้ง Core และ Cladding จะล้อมรอบด้วยชั้นป้องกันภายนอกที่เรียกว่า Jacket หรือ Sheath

หน้า 94

แสงจะอยู่ภายใน Core โดยการสะท้อนกลับหมดภายใน โดยทั่วไปแล้วดัชนีการหักเหของ Core (n_1) จะมีค่าเท่ากับ 1.47 ...

หน้า 95

ขณะที่ดัชนีการหักเหของ Cladding (n_2) จะมีค่าเท่ากับ 1.46 ค่าดัชนีการหักเหของวัตถุทั้งสองนี้มีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเป็นการสร้างเส้นใยนำแสงในอุดมคติ เพื่อให้เกิดการสะท้อนกลับหมดภายในให้มากที่สุด

หน้า 96

เมื่อแสงถูกส่งเข้าไปในเส้นใยนำแสง แสงจะเข้าไปด้วยมุมที่มากกว่ามุมวิกฤต ผ่านแกนกลางของเส้นใยนำแสง (Core) และจะสะท้อนทุก ๆ จุดที่มันตกกระทบบริเวณรอยต่อระหว่าง Core กับ Cladding

หน้า 97

เมื่อแสงเข้าไปยังเส้นใยนำแสงด้วยมุมที่น้อยกว่าหรือเท่ากับมุมวิกฤต มันจะผ่านจาก Core เข้าไปใน Cladding แล้วเกิดการหักเหและถูกดูดกลืนอยู่ในเปลือกหุ้มภายนอก (Jacket or Sheathing)

หน้า 98

ที่ผ่านมาเป็นการมองภาพในสองมิติของการหักเหและการสะท้อนกลับ แต่ปกติแล้วการหักเหและการสะท้อนกลับจะเกิดขึ้นในสามมิติคล้ายกับรูปกรวย (Acceptance Cone) โดยมีมุมของผิวกรวยเป็นมุมวิกฤต

หน้า 99

กรวยสามมิตินี้ทำให้เกิดภาพได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อขอบรอยต่อ n_1/n_2 ที่ได้กล่าวถึงเป็นรูปวงกลมที่ Core พบกับ Cladding ของเส้นใย การคำนวณมุมวิกฤตสำหรับทุก ๆ จุดบนวงกลมจะทำให้เกิดเป็นรูปทรงกรวยขึ้น

หน้า 100

การสะท้อนกลับหมดภายในของแสงควรจะอยู่ภายในแกนกลางทั้ง 100 เปอร์เซ็นต์เท่าที่เป็นไปได้ ทั้งนี้เพื่อลดปริมาณของแสงที่ผ่านทะลุ Cladding ออกมาแล้วถูกดูดกลืน คุณสมบัติของเส้นใยที่กำหนดโดยโรงงานผู้ผลิต จะบอกถึงค่าการลดทอนสูงสุดของสัญญาณที่วัด ณ ความยาวคลื่นที่แน่นอน ค่าการลดทอนสูงสุดของสัญญาณนี้ จะเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ควรจะพิจารณาและนำมาเปรียบเทียบ เมื่อเลือกใช้เส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

ใน ค.ศ.1870 นักปราชญ์ชาวอังกฤษชื่อ John Tyndall ได้สาธิตให้เห็นว่าแสงสามารถบังคับให้เดินทางไปตามลำน้ำที่กำลังไหลรินออกจากท่อได้ แนวความคิดการสาธิตของ Tyndall คือ

ก. การตรวจจับภายใน

ข. ทฤษฎีคลื่นของแสง

ค. การหาที่มาของสัมประสิทธิ์ Maiman's Coefficient

ง. การสะท้อนกลับหมดภายใน √

คำถาม

เส้นใยนำแสงจะมีโครงสร้างที่ประกอบด้วย วงแหวนของแก้วหรือพลาสติกอย่างน้อยสองวง ที่มี ..... แตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งเป็นเหตุให้เกิด ..... ขึ้นภายในเส้นใยนำแสง และยอมให้แสงเดินทางอยู่ภายในเส้นใยนำแสง

ก. ดัชนีการหักเห/การเลื่อนทางแสง

ข. ดัชนีการหักเห/การส่งผ่านของอิเล็กตรอน

ค. ดัชนีการสะท้อน/การสะท้อนกลับหมดภายใน

ง. ดัชนีการหักเห/การสะท้อนกลับหมดภายใน √

จ. เส้นผ่านศูนย์กลาง/การแผ่โฟตอน

คำถาม

..... เป็นการแทนพื้นที่สามมิติ ภายในมุมวิกฤติที่รับเอาแสงเข้าไปในเส้นใย

ก. บริเวณโซนการยอมรับ (Acceptance Zone)

ข. กรวยการยอมรับ (Acceptance Cone) √

ค. บริเวณเส้นใย

ง. กรวยแสง

จ. มุมวิกฤติ

หน้า 101

ปรากฏการณ์สุดท้ายที่มีผลต่อการเดินทางของแสงคือ การเลี้ยวเบน (Diffraction) การเลี้ยวเบนของแสงจะเกิดขึ้นเมื่อหน้าคลื่นถูกขวางกั้นโดยวัตถุแหลมคม หรือเมื่อแสงผ่านรูหรือช่องเล็ก ๆ ซึ่งมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความยาวคลื่นแสง การเลี้ยวเบนจะมีประโยชน์มากในการแยกความยาวคลื่นแสงหลาย ๆ ค่า ออกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 102

การเลี้ยวเบนนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้งานเป็นจำนวนมากในการสื่อสารเส้นใยนำแสง การประยุกต์ใช้งานอันหนึ่งก็คือ การใช้งานในการแยกความยาวคลื่นหลาย ๆ ค่า ที่ส่งด้วยวิธีการผสมคลื่นแบบแบ่งความยาวคลื่น (Wavelength Division Multiplexer , WDM)

หน้า 103

ตามที่เราได้ศึกษามาจากบทที่ 1 การผสมคลื่นแบบแบ่งความยาวคลื่น (WDM) จะรวมแสงมากกว่าหนึ่งแหล่งกำเนิด (แต่ละแหล่งกำเนิดแสงจะมีความยาวคลื่นเป็นของตนเอง) เข้าไปในหนึ่งระบบของการส่งทางแสง

หน้า 104

เรายังได้ศึกษาว่า WDM นี้มีความสำคัญมากเนื่องจากค่าแบนด์วิดธ์ทั้งหมด ได้สร้างขึ้นมาเพื่อทำให้การส่งข้อมูลข่าวสารเป็นผลรวมของแบนด์วิดธ์ของแต่ละการส่งทางแสง

หน้า 105

แต่เมื่อแสงเดินทางถึงปลายทางแล้ว เราจะต้องสามารถแยกออกได้ตามความยาวคลื่น การเลี้ยวเบนเป็นวิธีการหนึ่งในการกระทำดังกล่าว (การใช้ฟิลเตอร์ทางแสงที่เคลือบด้วยสารไดโครอิกก็เป็นอีกวิธีการอันหนึ่ง)

หน้า 106

การเลี้ยวเบนของแสงจะเกิดขึ้นเมื่อหน้าคลื่นถูกขวางกั้นโดยวัตถุที่แหลมคม มุมของการเลี้ยวเบนจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ

หน้า 107

นอกจากนี้การเลี้ยวเบนยังได้เกิดขึ้นเมื่อคลื่นแสงเดินทางผ่านรูหรือช่องเล็ก ๆ (Slit) ที่ซึ่งมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความยาวคลื่นแสง อุปกรณ์ที่ใช้ในกรณีดังกล่าวนี้เรียกว่าเกรติงเลี้ยวเบน (Diffraction Grating) ซึ่งจะมีอยู่สองชนิด

หน้า 108

ผลของการเลี้ยวเบนสามารถกำหนดได้ในทางคณิตศาสตร์ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความยาวคลื่นของแสงที่กำลังถูกเลี้ยวเบน มุมของแสงตกกระทบ และขนาดและระยะห่างของช่อง Slits (ถ้า a Diffraction Grating ถูกนำมาใช้) ผลของการเลี้ยวเบนจะเป็นตัวเลขและอ้างได้เป็นการเลี้ยวเบนอันดับ 0 , การเลี้ยวเบนอันดับ 1 , การเลี้ยวเบนอันดับ 2 ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 109

ชนิดแรกของ Diffraction Grating เรียกว่า Transmissive มันจะยอมให้แสงเลี้ยวเบนผ่านช่องเล็ก ๆ ไปยังอีกด้านหนึ่ง

หน้า 110

ชนิดที่สองของ Diffraction Grating เรียกว่า Reflective เนื่องจากมันจะสะท้อนแสงที่เลี้ยวเบนจากพื้นผิวที่สะท้อน

คำถาม

การเลี้ยวเบนของแสงจะเกิดขึ้น เมื่อ

ก. หน้าคลื่นถูกขวางกั้นโดยวัตถุ หรือเมื่อแสงผ่านหลุมดำและรบกวนกับบรรยากาศ

ข. หน้าคลื่นถูกขวางกั้นโดยวัตถุแหลมคม หรือเมื่อแสงผ่านรูหรือช่องเล็ก ๆ ซึ่งมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความยาวคลื่นแสง √

ค. หน้าคลื่นถูกทำให้แตกโดยการเดินทางของคลื่นในทิศทางตรงกันข้าม หรือเมื่อแสงผ่านรูหรือช่องเล็ก ๆ ซึ่งมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความยาวคลื่นแสง

คำถาม

การประยุกต์ใช้งานของเลี้ยวเบนในการสื่อสารเส้นใยนำแสงอย่างหนึ่ง คือ การแยก ..... ที่ส่งด้วยวิธีการผสมคลื่น .....

ก. ความยาวคลื่นหลาย ๆ ค่า / แบบแบ่งความยาวคลื่น (WDM) √

ข. อนุภาคแสง/แสง

ค. ความยาวคลื่นหลาย ๆ ค่า / เส้นใยแบบมัลติโหมด

ง. ไม่มีข้อใดถูก

คำถาม

Diffraction Grating สองชนิด ได้แก่

ก. Transmissive และ Permissive

ข. Transmissive และ Refractive

ค. Transmissive และ Reflective √

ง. Permissive และ Reflective

หน้า 111

พิจารณาวิธีการที่แสงถูกแพร่เดินทาง (Propagated) แสงจะเดินทางในเส้นทางชัดเจนที่เรียกว่าโหมด (Modes) หัวข้อเรื่องของโหมดนี้สามารถเป็นไปได้ทั้งอย่างยุ่งยากและอย่างง่าย ถ้าเราเริ่มต้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการของแมกซ์เวล (Maxwell's Equation) และหาที่มาของสูตร จะพบว่าโหมด (Modes) จะยุ่งยากเป็นอย่างมาก

หน้า 112

หรืออีกหนทางหนึ่ง ถ้าเรายอมรับโดยการใช้สูตรที่ง่ายมาก ดังที่เห็น

หน้า 113

ในการใช้วิธีการอย่างง่าย เราจำเป็นต้องทราบบสิ่งสำคัญที่เกี่ยวกับโหมด ในมุมมองที่ง่ายของเรา โหมด (Mode) จะเป็นเส้นทางที่แสงอาจจะเดินทางไปตามเส้นใยนำแสง จะมีเพียงเส้นทางเฉพาะจำนวนหนึ่งที่อยู่บนพื้นฐานองค์ประกอบของเส้นใยนำแสง

หน้า 114

จากการอธิบายอย่างง่ายนี้ เราสามารถคำนวณได้ว่าเส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมดจะเป็นเส้นใยที่ยอมให้แสงเดินทางได้เพียงเส้นทางเดียว และเส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมดจะเป็นเส้นใยนำแสงที่ยอมให้แสงเดินทางได้หลายเส้นทางในเวลาเดียวกันได้

หน้า 115

ข้อแตกต่างสำคัญทางกายภาพ ระหว่างเส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมดกับแบบมัลติโหมด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Core เส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมดจะทำจากแก้วหรือพลาสติกบริสุทธิ์ เช่นเดียวกับเส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมด แต่ขนาดของ Core ของเส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมดจะเล็กกว่าอยู่มาก ดังนั้นเส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมดจึงสามารถสะสมได้เพียงแสงโหมดเดียว แสงโหมดอื่น ๆ จะตกกระทบอยู่นอกกรวยการยอมรับและไม่ได้เข้าไปในเส้นใยนำแสงแต่อย่างใด

หน้า 116

เนื่องจากเส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมด สามารถส่งแบนด์วิดธ์ข้อมูลข่าวสารที่กว้างด้วยจำนวนรีพีตเตอร์ที่น้อยกว่าในเส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมด เส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมดจึงเป็นที่นิยมใช้กันในการสื่อสารระยะไกล เช่น เคเบิ้ลใต้ทะเล หรือข้ามประเทศ

คำถาม

ในบทนี้ เราได้กล่าวถึง โหมด (Mode) เป็น

ก. วิธีการแยกแยะจำนวนเส้นทางที่เส้นใยนำแสงอาจจะใช้ (นั่นคือ ซิงเกิลหรือมัลติเปิล)

ข. วิธีการทั่วไปของการใช้เส้นใยนำแสง

ค. จะเป็นเส้นทางที่แสงอาจจะเดินทางไปตามเส้นใยนำแสง √

ง. เส้นทางที่แสงอาจจะใช้ ซึ่งอยู่กับความเร็วกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

ข้อแตกต่างสำคัญทางกายภาพ ระหว่างเส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมดกับแบบมัลติโหมด คือ

ก. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Core √

ข. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Cladding

ค. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก

ง. ประเภทของเปลือกหุ้มที่ใช้

คำถาม

เส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมด สามารถส่งข้อมูลข่าวสารระยะไกลด้วยจำนวนรีพีตเตอร์ที่น้อยกว่าใน เส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมด เส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมดจึงเป็นที่นิยมสำหรับ

ก. การสื่อสารระยะไกล

ข. ภายในประเทศ

ค. การใช้งานใต้ทะเล

ง. ถูกทุกข้อ √

หน้า 117

ในบทนี้เราได้กล่าวถึงวิธีการต่าง ๆ ในการควบคุมทิศทางของแสง เราได้เห็นภาพของการหักเห (Refraction)

หน้า 118

การสะท้อน (Reflection)

หน้า 119

และการเลี้ยวเบน (Diffraction)

หน้า 120

เรายังได้เห็นภาพของแสงที่ถูกเบี่ยงเบนโดยเลนส์ (Lens)

หน้า121

ซิงเกิลโหมดและมัลติโหมด คืออะไร

หน้า 122

ในบทต่อไป เราจะกล่าวถึงประเภทต่าง ๆ และคุณลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

เส้นใยนำแสง (Fiber Optic)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

- จำแนกและอธิบายถึงส่วนประกอบของเส้นใยนำแสง
- บอกคุณลักษณะของเส้นใยนำแสง และความสำคัญเมื่อเลือกเส้นใยนำแสง สำหรับใช้งานประเภทต่าง ๆ
- อธิบายความสำคัญของเส้นผ่านศูนย์กลางของแกน (Core) ที่ใช้ในการสื่อสารเส้นใยนำแสง
- บอกปัญหาที่ได้แก้ไขได้โดยการใช้เส้นใยนำแสงแบบเกรดอินเด็กซ์ (Graded Index) และอธิบายว่าแก้ปัญหาได้อย่างไร
- จำแนกข้อแตกต่างที่สำคัญ ระหว่างเส้นใยนำแสงที่ทำมาจากแก้ว กับเส้นใยนำแสงที่ทำมาจากพลาสติก และการนำไปใช้งาน

หน้า 1

ในบทนี้ จะกล่าวถึงประเภทและคุณลักษณะทางกายภาพของเส้นใยนำแสง ซึ่งจะเกี่ยวกับเส้นใยที่ทำมาจากแก้ว (Glasss Fiber) เส้นใยที่ทำมาจากพลาสติก (Plastic Fiber) และสาระอื่น ๆ ...

หน้า 2

สาระอื่น ๆ ได้แก่ เส้นใยนำแสงประเภทซิงเกิลโหมด (Single Mode Fiber) และเส้นใยนำแสงประเภทมัลติโหมด (Multimode Fiber) ...

หน้า 3

เส้นใยนำแสงแบบสเตปอินเด็กซ์ (Step Index) และเส้นใยนำแสงแบบเกรดอินเด็กซ์ (Graded Index)

หน้า 4

ในบทก่อนหน้านี้ เราได้ทราบว่าเส้นใยนำแสงจะประกอบด้วย 3 ส่วน : แกนกลาง (Core) แคลดดิง (Cladding) และ เปลือกหุ้ม (Sheath or Jacket)

หน้า 5

แกนกลาง ทำมาจากแก้วหรือพลาสติกที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก และเป็นตัวกลางหลักที่แสงจะเดินทางผ่าน

หน้า 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกนกลาง จะถูกห่อหุ้มโดยชั้นหรือการเคลือบด้วยแก้วหรือพลาสติกบริสุทธิ์สูง ที่มีค่าดัชนีการหักเหแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งเรียกว่าแคลดดิง ความแตกต่างเพียงเล็กน้อยของค่าดัชนีการหักเหนี้ทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมดภายใน (Total Internal Reflection) ซึ่งจะทำให้แสงสะท้อนอยู่แต่ภายในเส้นใยนำแสง

หน้า 7

แคลดดิง จะถูกล้อมรอบโดยเปลือกหุ้มป้องกัน ที่เรียกว่า Sheath หรือ Jacket

หน้า 8

การสื่อสารสองทิศทาง (Two-way Communication) จำเป็นจะต้องมีเส้นใยนำแสงอยู่หนึ่งคู่ โดยเส้นหนึ่งสำหรับการเดินทางของข้อมูลจากจุด A ถึงจุด B และอีกเส้นหนึ่งสำหรับการเดินทางของข้อมูลจากจุด B ถึงจุด A หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า เส้นหนึ่งสำหรับการส่งและอีกเส้นหนึ่งสำหรับการรับ

หน้า 9

พิจารณาถึงเรื่องการประกอบเส้นใยแต่ละเส้น เข้าเป็นเคเบิลเส้นใยนำแสง (Fiber Cables) หรือชุดสายเคเบิล (Cable Assemblies)

หน้า 10

เนื่องจากเส้นใยนำแสงมักจะเปราะง่าย ดังนั้นเส้นใยนำแสงแต่ละเส้นจึงจะต้องถูกประกอบรวมกันให้อยู่ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง เพื่อเป็นการป้องกันทางกายภาพ ในขณะเดียวกันก็มีความสะดวกในการจับถือ ในตอนท้ายของบทนี้เราจะได้ทบทวนประเภทต่าง ๆ ของเส้นใยนำแสงที่เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละประเภท แต่ตอนนี้เราจะพิจารณาถึงส่วนประกอบทั่ว ๆ ไปของเคเบิลเส้นใยนำแสงกันเสียก่อน

หน้า 11

เคเบิลเส้นใยนำแสง อาจจะประกอบด้วยเส้นใยเพียงเส้นเดียวหรือหลายเส้น ซึ่งอาจจะใช้เพียงเส้นเดียวสำหรับการสื่อสารอย่างง่าย (Simplex หรือ One Way) หรือใช้เป็นคู่สำหรับการสื่อสารสองทิศทาง (Duplex หรือ Two Way)

หน้า 12

เคเบิลเส้นใยนำแสงจำนวนมากอาจจะประกอบด้วยแกนกลาง (Central Member) ที่ทำมาจากเหล็กกล้าหรือวัตถุฉนวนไฟฟ้า (Dielectric Material) ซึ่งจะให้ความแข็งแรงเป็นพิเศษสำหรับการนำไปใช้งานภายนอก ในบริเวณที่เคเบิลเส้นใยนำแสงอาจจะถูกดึงด้วยแรงจำนวนมากหรืออาจจะถูกจับถืออย่างสมบุกสมบัน ถ้าเหล็กกล้าที่นำมาใช้เป็น Central Member นั้นห่อหุ้มด้วยพลาสติก ก็จะไม่มีการนำไฟฟ้าแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 13

กลุ่มของเส้นใยนำแสงจะถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกหุ้มที่เป็นพลาสติกชนิดหนัก การใช้เปลือกหุ้มภายนอกนี้มีวัตถุประสงค์เช่นเดียวกันกับฉนวนภายนอกของสายโลหะ คือ ป้องกันการขูดขีด น้ำมัน ออกซิเจน กรด ด่าง และสารละลาย ฯลฯ เป็นต้น

หน้า 14

วัสดุที่ใช้ทำเปลือกหุ้มภายนอกของเส้นใยนำแสงนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นโพลียูรีเธน (Polyurethane) โพลีไวนิล-คลอไรด์ (Polyvinyl – Chloride) โพลีโพรไพลีน (Polypropylene) ไนลอน (Nylon) หรือ เทฟลอน (Teflon) ก็อาจจะถูกนำมาใช้ได้เช่นเดียวกัน ในตารางได้แสดงถึงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่นำมาใช้เป็นเปลือกหุ้ม ซึ่งจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกเปลือกหุ้มให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

หน้า 15

นอกจากนี้เคเบิลเส้นใยนำแสงบางประเภทอาจจะหุ้มด้วยเหล็กกล้า เพื่อป้องกันหนูจากการกัดแทะเข้าไปในเส้นใย เคเบิลเส้นใยนำแสงอาจจะใช้สีที่ไม่น่าดึงดูดใจสำหรับปลาฉลาม หรืออาจจะมีสีส้มสว่างเพื่อให้ง่ายแก่การค้นหา

คำถาม

เส้นใยนำแสงประกอบด้วย 3 ส่วน ; แกนกลาง (Core) แคลดดิง (Cladding) และ เปลือกหุ้ม (Jacket)

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

โดยทั่วไปแล้วเส้นใยนำแสงจำเป็นจะต้องถูกบรรจุห่อ (Packaged) ให้อยู่ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง เนื่องจาก

ก. มีขนาดเล็กและสูญหายได้ง่าย

ข. การใช้รหัสสีทำให้แยกแยะได้ง่าย

ค. ตามข้อกำหนดมาตรฐาน ANSI

ง. มีขนาดเล็กและเปราะง่าย √

จ. ง่ายแก่การติดตั้ง

คำถาม

Strength member เป็นส่วนประกอบของชุดสายเคเบิลที่ให้ความแข็งแกร่ง และทำให้ไม่มีแรงตึงพิเศษ (Extra Strain) เกิดขึ้นเมื่อมีการดึงเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 16

มีแง่คิดเพิ่มเติมของการวางสายเคเบิลเส้นใยนำแสงอยู่หลายประการ ซึ่งประกอบด้วยความยาวของสายเคเบิล การใช้รหัสสี (Color Coding) แรงตึง (Tensile Loads) รัศมีการโค้งงอ (Bend Radius) และเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนำแสง

หน้า 17

ดูเหมือนว่าความยาวของเคเบิลจะเป็นเรื่องเล็กน้อยที่ไม่มีความสำคัญ แต่แท้ที่จริงแล้วไม่ได้เป็นอย่างนั้น เคเบิลเส้นใยนำแสงอาจจะอยู่ในรูปของม้วน (Spools) ที่มีความยาวแตกต่างกันไป จากหลายฟุต หรือหลายหลาเป็นหลาย ๆ กิโลเมตร

หน้า 18

ถ้าเป็นไปได้ เคเบิลเส้นใยนำแสงเส้นหนึ่งควรจะใช้สำหรับหนึ่งการเชื่อมต่อ (A Single Connection) การเชื่อมต่อสาย (Splicing) ด้วยการใช้เส้นใยที่มีขนาดสั้นหลาย ๆ เส้นจะเป็นการเพิ่มการสูญหายของสัญญาณ (Splice Loss) และลดคุณภาพของการติดตั้งเส้นใยลงไป

หน้า 19

ในด้านค่าใช้จ่ายนั้นการรวมเส้นใยขนาดสั้นหลาย ๆ เส้นเข้าด้วยกันต้องพิจารณาในสิ่งเหล่านี้

1) ค่าใช้จ่ายของคนงานในการดึงสาย การเชื่อมต่อสาย และการสิ้นสุดของสาย (Terminate) จะสูงกว่าราคาของเส้นใยนำแสง

หน้า 20

2) บ่อยครั้งที่เส้นใยนำแสงแต่ละสายการผลิต จะมีค่าดัชนีการหักเหแตกต่างกันอยู่บ้างเล็กน้อย โดยความแตกต่างเหล่านี้จะเป็นเหตุทำให้เกิดการสะท้อนเพิ่มเติมของสัญญาณ ณ จุดเชื่อมต่อสาย

หน้า 21

3) เส้นลำใยแสงที่มีการเชื่อมต่อสาย มีท่าทีว่าจะแตกหรือแยกเสียหายได้ง่ายกว่าเคเบิลที่มีความยาวต่อเนื่อง

หน้า 22

4) การตรวจสอบเพื่อหาข้อบกพร่อง และการซ่อมบำรุงภายหลังการติดตั้ง จะมีค่าสูงกว่าการทำงานในครั้งแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 23

5) เนื่องจากการเดินก้าวต่อไปของเส้นใย ส่วนใหญ่จะมาจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ปลายทาง ไม่ใช่สื่อตัวกลางของมันเอง เราต้องการให้เส้นใยนำแสงที่ติดตั้งในวันนี้ยังคงใช้การได้อีกเป็นเวลาหลาย ๆ ปีในวันข้างหน้า ทุกเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าการติดตั้งเส้นใยนำแสงที่ไม่มีการเชื่อมต่อสายจะมีความน่าเชื่อถือมากกว่าระบบที่มีการเชื่อมต่อสาย

หน้า 24

ดังนั้นจึงควรจะวางแผนอย่างรอบคอบ เพื่อให้แน่ใจว่ามีการใช้เคเบิลเส้นใยนำแสงเพียงเส้นเดียวในการวางสายทุกครั้งที่เป็นไปได้ : ควรรักษาจำนวนการเชื่อมต่อสายให้เหลือน้อยที่สุด

คำถาม

ความยาวของเคเบิ้ลเส้นใยนำแสงเป็นเรื่องเล็กน้อยที่ไม่มีความสำคัญ เนื่องจากเส้นใยนำแสงสามารถส่งข้อมูลข่าวสารได้เป็นปริมาณจำนวนมาก

ก. ถูก

ข. ผิด √

คำถาม

ถ้าเป็นไปได้ เส้นใยที่มีความยาวต่างกันควรจะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดความอ่อนตัวในการติดตั้ง

ก. ถูก

ข. ผิด √

คำถาม

อะไรที่ควรจะถูกนำมาพิจารณา เมื่อคิดถึงการเชื่อมต่อสาย

ก. ค่าจ้างแรงงานมีค่าสูงเมื่อเทียบกับราคาของเส้นใยนำแสง

ข. เส้นใยนำแสงจากคนละสายการผลิต จะมีความแตกต่างกันอยู่เล็กน้อย

ค. จุดที่มีการเชื่อมต่อสายจะเป็นจุดที่แตกหักได้ง่าย

ง. การตรวจเช็คเพื่อหาข้อบกพร่องและการซ่อมบำรุงเส้นใยนำแสงที่มีการเชื่อมต่อสาย จะมีมูลค่าในการใช้จ่ายสูงและใช้เวลามาก

จ. เส้นใยนำแสงจะใช้ได้อีกเป็นเวลานาน ดังนั้นค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมบางอย่างที่ไม่มากนัก จึงถือได้ว่าเหมาะสมดีแล้ว

ฉ. ถูกทุกข้อ √

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 25

ทั้งการติดตั้งและการซ่อมบำรุงเส้นใยนำแสงสามารถทำให้ง่ายขึ้นได้โดยการใช้รหัสสี (Color Coding)

หน้า 26

ถ้าปราศจากการใช้รหัสสีแล้ว เมื่อแสงถูกส่งจากปลายข้างหนึ่งของลำเส้นใยนำแสงไปยังปลายอีกข้างหนึ่ง ในระหว่างการติดตั้งจะต้องปิดป้ายภายนอกเอาไว้ (แม้ว่าจะมีการใช้รหัสสี การเขียนป้ายติดไว้ภายนอก ถือเป็นความคิดที่ดี)

คำถาม

รหัสสี (Color Coding) ของลำเส้นใยนำแสง

ก. แสดงให้เห็นถึงประเภทของข้อมูลที่ส่ง

ข. แสดงถึงเส้นผ่านศูนย์กลางของ Core

ค. ทำให้ง่ายแก่การแยกแยะ √

ง. ลดการลดทอนของสัญญาณ

จ. ถูกทุกข้อ

คำถาม

รหัสสีและการเขียนป้ายติดไว้ภายนอก เป็นความคิดที่ดี

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

การติดป้ายภายนอกเส้นใยนำแสงและเคเบิลเส้นใยนำแสง จะทำให้

ก. แยกแยะได้ถูกต้องและรวดเร็ว

ข. ตรวจเช็คหาข้อบกพร่องได้ดีขึ้น

ค. แยกแยะเส้นใยที่เผื่อไว้ใช้ในอนาคต (Dark Fiber) ได้อย่างรวดเร็ว

ง. ถูกทุกข้อ √

จ. ไม่มีข้อใดถูก

หน้า 27

ปริมาณแรงตึง (Tensile Load) ที่ใช้กับเคเบิลเส้นใยนำแสง ก็เป็นข้อพิจารณาที่สำคัญประการหนึ่ง ทั้งนี้ไม่ใช่เพียงแต่ในขณะที่กำลังติดตั้งเท่านั้น ยังรวมไปถึงภายหลังการติดตั้งอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 28

ปกติแล้ว โรงงานผู้ผลิตจะกำหนดค่าแรงตึงสูงสุดไว้ 2 ค่า คือ Installation Load และ Static Load ค่า Installation Load เป็นปริมาณสูงสุดของแรงตึงที่ยอมให้ได้ในระหว่างการติดตั้ง ซึ่งเกิดขึ้นในขณะทำการวางสาย

หน้า 29

ส่วนค่า Static Load บ่อยครั้งจะเรียกว่า Operating Load จะเป็นปริมาณของแรงตึงที่เกิดขึ้นทั่วเส้นใยนำแสงภายหลังที่ชุดเส้นใยนำแสงได้ติดตั้งเสร็จแล้ว โดยค่า Static Load นี้จะเกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลกและจากค่าแรงตึงใด ๆ ที่เหลืออยู่ในสายเคเบิล

หน้า 30

นอกจากแรงที่ใช้ในระหว่างการติดตั้ง (การดึงสายโดยเคเบิลผ่านท่อวางหรือร้อยสาย) ปริมาณของแรงตึงนี้จะเพิ่มตามความยาวของเคเบิล โดยชุดเคเบิลที่ยาวกว่าก็ยิ่งจะมีน้ำหนักที่มากกว่า ดังนั้นแรงตึงที่มากกว่าย่อมจะเกิดขึ้นกับชุดสายเคเบิล ผู้ติดตั้งสามารถลดผลที่เกิดขึ้นนี้ได้โดยการผูกมัดเคเบิลเป็นช่วง ๆ เพื่อลดแรงตึงบนสายเคเบิล

หน้า 31

ค่าแรงตึงสูงสุดจากโรงงานนี้ควรจะยึดถืออย่างเคร่งครัด ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจคุณภาพสูงสุดในการติดตั้งและหลีกเลี่ยงความเสียหาย หรือการแตกหักของเส้นใยนำแสงที่อาจจะเกิดขึ้นได้

คำถาม

ค่าแรงตึง (Tensile Loads) จะอ้างอิงถึง

ก. กำหนดมาตรฐานสเทร็งธ์ เมมเบอร์ (Strength Member) ของชุดสายเคเบิล

ข. ปริมาณของแรงที่สามารถใช้กับชุดสายเคเบิลโดยที่ไม่ได้ทำให้เสียหาย √

ค. ปริมาณของแรงที่สามารถทำให้ชุดสายเคเบิลเสียหาย

ง. จำนวนแรงดัน ฟุต-ปอนด์ ที่สามารถทนได้ของวัตถุเปลือกหุ้มที่กำหนดให้ ก่อนที่จะพังทลาย

คำถาม

ค่า Installation Load จะอ้างอิงถึง

ก. ปริมาณของเส้นใยนำแสงที่จะสามารถติดตั้งได้ในเวลาหนึ่ง

ข. จำนวนของการติดตั้งเส้นใยนำแสงที่อาจจะเกิดขึ้นได้พร้อม ๆ กัน

ค. ปริมาณของแรงตึงสูงสุดที่สามารถทนได้ในระหว่างการติดตั้ง ก่อนที่ความสูญเสียจะเกิดขึ้น √

ง. ปริมาณของแรงตึงสูงสุดของอุปกรณ์ หารด้วยจำนวนเส้นใยบวกกับอัตรา ฟุต-ปอนด์ ของ Strength Member

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

ค่าแรงตึงแบบ Static Load หรือ Operating Load จะสามารถลดลงได้ในหลายกรณี โดย

ก. การใช้เส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมด

ข. การใช้เส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมด

ค. การไม่ใช้ทั้งเส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมดและซิงเกิลโหมด

ง. การผูกมัดเคเบิลเส้นใยเพื่อช่วยรับน้ำหนักกด √

จ. อุปกรณ์โลหะต่อลงดินเพื่อใช้กำจัดไฟฟ้าสถิตย์

หน้า 32

รัศมีของการโค้งงอ เป็นการวัดองศาที่ชุดเคเบิลอาจจะโค้งงอซึ่งจะเหมือนกับแรงตึง โดยค่ารัศมีของการโค้งงอที่ยอมรับได้ในระหว่างการติดตั้งจะแตกต่างจากค่ารัศมีของการโค้งงอหลังการติดตั้ง

หน้า 33

การโค้งงอของสายเคเบิลในระหว่างการติดตั้ง (Dynamic Bend Radius) จะโค้งงอได้มากกว่าหลังการติดตั้ง (Static Bend Radius) เนื่องจากยังไม่ได้ส่งผ่านแสง (ดังนั้นการลดทอนของสัญญาณที่เกิดขึ้นตรงการโค้งงอจึงไม่มีความสำคัญ) และ ....

หน้า 34

เนื่องจากสายเคเบิลสามารถทนต่อการโค้งงอได้ในช่วงสั้น ๆ แล้วกลับคืนสู่สภาพเดิมได้โดยปราศจากความเสียหาย

หน้า 35

ในค่าแรงตึง เราจะกังวลใจเกี่ยวกับการเกินค่ากำหนดของโรงงานผู้ผลิต (เราไม่ปรารถนาที่จะทำให้เกิดค่าแรงดึงที่มากเกินกว่าค่าคุณลักษณะของชุดเคเบิ้ลเส้นใย) ....

หน้า 36

ในกรณีของรัศมีความโค้งงอนั้นเราไม่ปรารถนาที่จะทำให้โค้งงอที่น้อยกว่าค่าที่กำหนด

หน้า 37

เช่นเดียวกับแรงตึง รัศมีการโค้งงอก็เป็นข้อพิจารณาที่สำคัญ ซึ่งจะได้กล่าวถึงอีกครั้งในภายหลัง

คำถาม

รัศมีการโค้งงอจะเป็นค่ารัศมี (ต่ำสุด / สูงสุด) ที่เส้นใยสามารถรับได้ ก่อนที่จะเสียหายหรือแตกหัก

ก. ต่ำสุด √

ข. สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

รัศมีการโค้งงอตามคุณลักษณะของโรงงานผู้ผลิต ได้แก่

ก. ต่ำสุดและสุดสุด

ข. ใหญ่สุดและเล็กสุด

ค. Installation and Resting

ง. Dynamic and Static √

คำถาม

เส้นใยนำแสงสามารถถูกโค้งงอได้มากในช่วงเวลาสั้น ๆ ในระหว่างการติดตั้ง เนื่องจาก

ก. เส้นใยถูกโค้งงอไว้นาน ๆ ยิ่งจะแตกเปราะง่าย

ข. เส้นใยจะกลับคืนสภาพปราศจากผลที่จะเกิดขึ้น

ค. การลดทอนของสัญญาณจะเกิดขึ้นตรงจุดโค้งงอ แต่จะไม่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในระหว่างการติดตั้ง

ง. การลดทอนของสัญญาณจะเป็นเหตุให้เกิดการแตกหักในเส้นใยนำแสง

จ. ถูกทั้งข้อ ข. และ ค. √

หน้า 38

เส้นใยนำแสงแต่ละเส้นที่ประกอบขึ้นเป็นชุดสายเคเบิลจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางค่าต่าง ๆ กัน เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนำแสงนี้ปกติจะเขียนตัวเลขค่าหนึ่งแล้วทับด้วยตัวเลขอีกค่าหนึ่ง เช่น 62.5/125 ตัวเลขแรกจะแทนเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนกลาง (Core) และตัวเลขที่สองจะแทนเส้นผ่านศูนย์กลางของแคลดดิง (Cladding)

หน้า 39

หน่วยการวัดสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยนำแสง (แม้ว่าจะไม่เขียนไว้บ่อยก็ตาม) จะมีค่าเป็นไมโครเมตร หรือหนึ่งในล้านเมตร

หน้า 40

เพื่อให้มองเห็นภาพของหน่วยไมโครเมตร ขอให้พิจารณาดูเส้นผมของมนุษย์ เส้นผมเส้นหนึ่งจะวัดค่าเส้นผ่านศูนย์กลางได้ใกล้เคียงกับค่า 100 ไมโครเมตร

หน้า 41

โดยปกติ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนำแสงจะมีค่า 8/125, 10/125, 50/125, 62.5/125, 85/125, 100/140 และ 200/240

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนำแสงจะเขียนเป็น xxx/yyy เมื่อ

ก. xxx เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของ Core และ yyy เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเส้นใยนำแสง

ข. xxx เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของ Cladding และ yyy เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของ Core

ค. xxx เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของ Core และ yyy เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของ Cladding √

ง. xxx เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของซิงเกิลโหมด และ yyy เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของมัลติโหมด

คำถาม

หน่วยปกติของการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย คือ ไมโครเมตร หรือ

ก. หนึ่งในล้านของเมตร √

ข. หนึ่งในร้อยล้านของเมตร

ค. หนึ่งในพันล้านของเมตร

ง. ไม่มีข้อใดถูก

คำถาม

ปกติ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนำแสงคือ 8/125, 10/125, 50/125, 62.5/125, 85/125, 100/140 และ 200/240

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 42

เทอมที่จะใช้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีการหักเหของแกนกลาง (Core) และแคลดดิง (Cladding) ของเส้นใยนำแสงนี้จะเรียกว่า Refractive Index Profile ซึ่งมีอยู่ 3 รูปแบบ ได้แก่ : มัลติโหมดสเตปอินเด็กซ์ไฟเบอร์ (Multimode Step Index Fiber) มัลติโหมดเกรดอินเด็กซ์ไฟเบอร์ (Multimode Graded Index Fiber) และซิงเกิลโหมดสเตปอินเด็กซ์ไฟเบอร์ (Single Mode Step Index Fiber)

หน้า 43

เส้นใยนำแสงแบบสเตปอินเด็กซ์นั้น จะมีค่าดัชนีการหักเหสองค่าที่เห็นได้ชัด คือค่าดัชนีการหักเหของ Core (n_1) และค่าดัชนีการหักเหของ Cladding (n_2) รูปภาพนี้จะแสดงเส้นใยนำแสงแบบ Single Mode Step Index Fiber

หน้า 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยนำแสงแบบนี้เรียกว่าสเตปอินเด็กซ์ เนื่องจากมีค่าดัชนีการหักเหเป็นขั้น (Step) จากค่าดัชนีการหักเหของ Core ไปยังค่าดัชนีการหักเหของ Cladding

หน้า 45

ทั้งเส้นใยนำแสงแบบ Single Mode Step Index และ Multimode Step Index จะมีแกนกลางและแคลดดิงที่มีค่าดัชนีการหักเหแตกต่างกันไป

หน้า 46

เส้นใยนำแสงแบบ Multimode Step Index จะมีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนกลางได้ตั้งแต่ 100 ถึง 970 ไมโครเมตร พร้อมด้วยแคลดดิงที่เป็นชั้นหนา 40 ไมโครเมตร

หน้า 47

ดังที่เราได้เห็นมาแล้วก่อนหน้านี้ว่า แสงจะมีทางเดินหลายเส้นทาง (เดินทางในหลายโหมด) เมื่อแพร่หรือเดินทางอยู่ในเส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมด ทั้งนี้เนื่องจากแต่ละเส้นทางจะให้มุมสะท้อนที่แตกต่างกันตรงรอยต่อ n_1 / n_2 จึงทำให้แต่ละเส้นทางจะมีความยาวที่แตกต่างกันไปด้วย

หน้า 48

และเนื่องจากเส้นทางมีความยาวไม่เท่ากัน ดังนั้นแสงที่เดินทางบนเส้นทางที่ยาวกว่าจะถึงช้ากว่าแสงที่เดินทางบนเส้นทางที่สั้นอยู่หลายเศษส่วนล้านวินาที

หน้า 49

การแพร่กระจายของพัลส์ (Pulse Spreading) ที่มีสาเหตุมาจากเวลาที่มาถึงแตกต่างกันนี้ เรียกว่าโมเดลดิสเปอร์ชัน (Modal Dispersion) แม้ว่าค่าแตกต่างของเวลาที่มาถึงนี้ดูเหมือนจะมีค่าไม่มาก แต่ถ้าเกี่ยวข้องกับแสงและความเร็วในการส่งผ่านจิกะบิตต่อวินาทีแล้ว นับว่ามีความสำคัญมาก

คำถาม

เทอมที่จะใช้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีการหักเหของแกนกลางและแคลดดิง ของเส้นใยนำแสง เรียกว่า

ก. Refractive Index Coefficient

ข. Refractive Index Ratio

ค. Refractive Index Boundary

ง. Refractive Index Profile √

จ. Refractive Index Summary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม ▬▪▮▪▬▪▬ ▬▪ ▮▬ ▮▮ ▮▮ ▮▮ ▮▮ ▮▮ ▮▮ ▮▮ ▮▮

เส้นใ นำแสงแบบสเตปอินเด็กซ์จะมีแกนกลางที่มีค่าดัชนีการหักเหหนึ่งค่า และแคลดดิงที่มีค่าดัชนีการหักเห มากกว่าหนึ่งค่าที่แตกต่างกันเพี งเล็กน้อ

ก. ถูก

ข. ผิด √

คำถาม

เส้นใ แบบ Step Index Multimode Fibers เป็นเหตุให้เกิดการแพร่กระจา แบบ Modal Dispersion

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 50

เพื่อที่จะช่ว แก้ปัญหาของการแพร่กระจา แบบModal Dispersion เส้นใ นำแสงแบบGraded Index Fiber จึงได้ประดิษฐ์แคลดดิงของเส้นใ นำแสงแบบGraded Index Fiber นี้จะมีดัชนีการหักเหเพี ง หนึ่งค่า แต่แกนกลางจะประกอบด้ว ชั้นรูปกรว โด แต่ละชั้นจะมีค่าดัชนีการหักเหน้อ กว่ากันเพี ง เล็กน้อ

หน้า 51

ชั้นของแกนกลางจะดูเหมือนกับวงแหวนรูปกรว (Concentric Rings) ที่เกิดจากการโ นก้อนหินลงไปในบ่อน้ำ จึงทำให้การส่งสัญญาณราบเรี บจากค่าดัชนีการหักเหตรงจุดศูน ์กลางไป งค่าดัชนีการหักเหของวงแหวนนอกสุดของแกนกลาง

หน้า 52

เกือบจะส่วนใหญ่ของเส้นใ นำแสงแบบGraded Index Fibers จะเป็น Multimode Fiber แม้ว่าจะมีเพี ง ส่วนน้อ ที่เป็น Single Mode Fiber

หน้า 53

เนื่องจากวงแหวนรูปกรว ของแกนกลางนั้นมีค่าดัชนีการหักเหน้อ กว่ากันอ ่างต่อเนื่องดังนั้นจึงทำให้แสงเดินทางในวงนอกมีความเร็วมากกว่าวงใน

หน้า 54

วงแหวนที่วางซ้อนกันอ ู่นี้ได้ถูกออกแบบขึ้นมาอ ่างรอบคอบ ดังนั้นการเดินทางของแสงบนเส้นทางที่ าวกว่าจึงเดินทางได้เร็วเมื่ออ ู่ในวงนอก ข้อแตกต่างในความเร็วของการเดินทางนี้ได้ชดเช สำหรับความแตกต่างด้านความ าวของเส้นทาง

หน้า 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวได้ว่า แสงที่เดินทางผ่านเส้นทางที่ยาวจะเดินทางได้เร็วกว่า และถึงจุดปลายของเส้นใยนำแสงได้ในเวลาเดียวกันกับแสงที่เดินทางผ่านเส้นทางที่สั้น

คำถาม

เส้นใยนำแสงแบบ Graded Index Fiber ได้ออกแบบขึ้นมา เพื่อแก้ปัญหาของการแพร่กระจายแบบ Modal Dispersion ในเส้นใยนำแสงแบบ Multimode Step Index

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

วงแหวนที่ซ้อนกันอยู่ของแกนกลางที่มีค่าดัชนีการหักเหต่างกันเล็กน้อย จะทำให้แสงในเส้นทางที่ยาวเดินทางได้เร็วกว่าในเส้นทางที่สั้น

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

เนื่องจากแสงในเส้นทางที่ยาวเดินทางได้เร็วกว่าในเส้นทางที่สั้น จึงทำให้แสงทั้งหมดเดินทางถึงปลายทางของเส้นใยนำแสงได้ในเวลาเดียวกัน

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 56

เส้นใยนำแสงสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ขึ้นอยู่กับวัตถุที่ใช้ทำ ซึ่งได้แก่ แก้ว (Glass) ซิลิก้าเปลือกพลาสติก (Plastic-Clad Silica Fiber , PCS) และพลาสติก (Plastic)

หน้า 57

เส้นใยแก้ว (Glass Fibers) เป็นประเภทธรรมดาที่สุดที่ใช้กันมานาน ซึ่งประกอบด้วยแกนกลางและแคลดดิงที่ผลิตมาจากแก้วบริสุทธิ์สูง (ซิลิกอนไดออกไซด์)

หน้า 58

เส้นใยซิลิกาเปลือกพลาสติกจะมีแกนกลางที่ทำจากแก้วที่มีความบริสุทธิ์สูงและแคลดดิงทำจากลาสติก

หน้า 59

เส้นใยพลาสติกจะมีแกนกลางและแคลดดิงทำจากพลาสติก วัตถุที่ใช้ทำแกนกลางจะเป็นสารโพลีเมทธีลเมตาครายเลต (Polymethyl Metacrylate, PMMA) ส่วนแคลดดิงจะเป็นสารฟลูออรีน คอนเทนนิงโพลีเมอร์ (Flourine Containing Polymers)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 60

เส้นใยพลาสติกมีหลายสิ่งที่เหนือกว่าเส้นใยแก้ว นั่นคือเส้นใยพลาสติกจะมีราคาที่ถูกกว่า มีความอ่อนตัวมากกว่าเส้นใยแก้ว และเส้นใยพลาสติกจะง่ายกว่าในการจับถือ สิ้นสุดสาย และการเชื่อมต่อสาย

หน้า 61

มองในแง่ลบ เส้นใยพลาสติกจะมีการลดทอนของสัญญาณที่สูงกว่า และแบนด์วิดธ์ที่ต่ำกว่าเส้นใยแก้ว นอกจากนี้เส้นใยพลาสติกยังใช้งานได้ไม่ดีในสภาพที่อุณหภูมิสูงเกิน 125 องศาเซลเซียส

หน้า 62

อย่างไรก็ตามเส้นใยซิลิกาเปลือกพลาสติก (PCS) นั้นจะมีสมรรถนะไม่เท่ากับเส้นใยแก้ว โดยจะมีสมรรถนะปานกลาง ราคาต่ำ จำไว้ว่าเส้นใยนำแสง PCS แสงจะเดินทางในแก้วที่มีความบริสุทธิ์สูงเพียงแต่ที่แคลดดิงที่ทำมาจากพลาสติก

หน้า 63

ตารางนี้จะเป็นการเปรียบเทียบคุณลักษณะบางประการของเส้นใยนำแสงประเภทต่าง ๆ โปรดสังเกตว่าแบนด์วิดธ์จะเป็น Bandwidth-Distance Product ตามที่เราได้กล่าวถึงมาก่อนหน้า นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างในการลดทอนของสัญญาณระหว่างเส้นใยแก้ว เส้นใย PCS และเส้นใยพลาสติก

คำถาม

เส้นใยนำแสงสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ขึ้นอยู่กับวัตถุที่ใช้ผลิต :

ก. Multimode, Single Mode และ Glass Mode

ข. แก้ว (Glass) ซิลิก้าเปลือกพลาสติก (Plastic-Clad Silica Fiber, PCS) และพลาสติก (Plastic) √

ค. Optical Glass, Plastic Glass หรือ Glass-Plastic

ง. ไม่มีข้อใดถูก

คำถาม

เส้นใยแก้วจะง่ายกว่าในการจับถือ ติดตั้ง และการเชื่อมต่อสายมากกว่าเส้นใยพลาสติก

ก. ถูก

ข. ผิด √

คำถาม

เส้นใยพลาสติกเป็นตัวกลางในอุดมคติที่สามารถนำมาใช้งานหลาย ๆ ด้าน เนื่องจากมีราคาถูกและง่ายต่อการจับถือ

ก. ถูก √

ข. ผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 64

นอกจาก Sheathing หรือ Jacket ที่ได้กล่าวถึงไปแล้ว ชุดสายเคเบิลส่วนใหญ่มักจะมีชั้นป้องกันเพิ่มเติมอยู่ภายนอกอีกชั้นหนึ่ง ชั้นป้องกันเหล่านี้รู้จักกันในนามของบัฟเฟอร์ (Buffer) ซึ่งจะเป็นการประกอบขั้นสุดท้ายและจะแตกต่างกันไปตามบริษัทผู้ผลิต

หน้า 65

เส้นใยนำแสงที่ผลิตโดยบริษัทคอร์นนิง (Corning) จะรวมเป็นชุดสายเคเบิลโดยโรงงานผู้ผลิต เช่น AMP, Andrew, Belden Wire and Cable, Siecor Coporation, Optical Cable Corporation และผู้ผลิตเส้นใยอื่น ๆ อีกกว่า 24 บริษัท

หน้า 66

บัฟเฟอร์ที่ผลิตโดยโรงงานนั้นอาจจะเป็นส่วนหนึ่งในสองประเภทนี้ คือ Loose Tube (Loose Buffer) หรือ Tight Buffer

หน้า 67

ใน Loose Buffer จะมีการจัดเรียงเส้นใยนำแสงหนึ่งเส้นหรือมากกว่า ล้อมรอบโดยท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางซึ่งโตเป็นหลายเท่าของเส้นใยนำแสง เส้นใยนำแสงจะอยู่ภายในท่อและไม่ถูกกระแทกได้โดยง่ายภายใต้เรือนป้องกัน (Protective Housing)

หน้า 68

อากาศที่อยู่ภายในท่อจะถูกแทนที่โดยเจล (Gel) ซึ่งทำหน้าที่ต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับงานที่ใช้ เจลจะสามารถป้องกันน้ำไม่ให้ไหลซึมเข้าไปในบัฟเฟอร์

หน้า 69

ในการใช้งานอื่น ๆ ของเจล เช่น สามารถช่วยให้สายเคเบิลทนต่อความดันที่เพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ใต้ทะเลลึก และช่วยป้องกันก๊าซ (Detrimental Gasses) เข้าไปในเส้นใยนำแสงจากความดันที่เพิ่มขึ้น

คำถาม

บัฟเฟอร์ (Buffer) จะเป็นชั้นป้องกันภายนอกอีกชั้นหนึ่งของเคเบิลเส้นใยนำแสง ปกติจะกำหนดไว้โดย

ก. ผู้ผลิตเส้นใยนำแสง

ข. ผู้ผลิตชุดสายเคเบิลเส้นใยนำแสง √

ค. ผู้ติดตั้งสายเคเบิล

ง. ถูกทุกข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

สายเคเบิลแบบ Loose Buffer จะประกอบด้วยเส้นใยนำแสงอยู่ภายในท่อข้างในชุดสายเคเบิล

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

เจลชนิดพิเศษจะถูกใช้เติมลงไปใน Loose Buffer เพื่อป้องกันน้ำและก๊าซไม่ให้ไหลซึมเข้าไปในเส้นใยนำแสง

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 70

ในเคเบิลแบบ Tight Buffer ชั้นบัฟเฟอร์จะถูกใช้โดยตรงตลอดเส้นใยนำแสง เหมือนกับ Loose Buffer กล่าวคือ Tight Buffer จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตเป็นหลายเท่าของเส้นใยนำแสง และจะช่วยป้องกันความเสียหายให้แก่เส้นใยนำแสงแต่ละเส้น

คำถาม

ในเคเบิลแบบ Tight Buffer วัตถุที่เป็นบัฟเฟอร์จะถูกใช้โดยตรงต่อวัตถุเส้นใยนำแสง โดยมีแนวความคิดจะเหมือนกับ Loose Buffer คือ ใช้ Buffer เพื่อเป็นชั้นป้องกันเพิ่มเติม

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 71

ข้อดีและข้อเสียของบัฟเฟอร์ทั้งสองแบบตามตารางที่แสดง เคเบิลเส้นใยนำแสงแบบ Loose Tube จะไม่ปล่อยให้มีรัศมีการโค้งงอที่น้อยกว่าเหมือนกับเส้นใยนำแสงแบบ Tight Buffer ซึ่งแสดงว่าเคเบิลแบบ Tight Buffer อาจจะดีกว่าสำหรับการใช้งานภายในอาคาร หรือในที่ซึ่งรัศมีการโค้งงอที่แน่นกว่ามีความจำเป็น

หน้า 72

นอกจากนี้เคเบิลเส้นใยนำแสงแบบ Tight Buffer ยังมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กกว่าเคเบิลเส้นใยนำแสงแบบ Loose Buffer ที่มีจำนวนเส้นใยนำแสงที่เท่ากัน โดยขนาดที่เล็กกว่านี้จะมีประโยชน์สำหรับการใช้งานภายในตัวอาคาร

หน้า 73

โปรดสังเกตว่า แรงดึงในการติดตั้งของ Loose Tube จะมีค่าสูงกว่าใน Tight Buffer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 74

ซึ่งหมายความว่า Loose Tube จะสามารถทนต่อแรงตึงที่มากกว่า ซึ่งมีความจำเป็นอยู่บ่อย ๆ ในการติดตั้งเคเบิลนอกอาคาร ซึ่งอาจจะถูกดึงด้วยมนุษย์ รถแทรกเตอร์ หรืออุปกรณ์ลากสายผ่านท่อเดินสายที่ยาว ๆ

หน้า 75

เนื่องจาก Loose Buffer Tube จะเติมด้วยอากาศหรือเจล จึงทนต่อการกระแทกได้ดีกว่าเคเบิลแบบ Tight Buffer ซึ่งใช้วัตถุที่เป็นของแข็ง

หน้า 76

การเปรียบเทียบในจุดสุดท้าย : การเปลี่ยนแปลงในการลดทอนของสัญญาณที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เนื่องจาก Tight Buffer จะเคลือบโดยตรงกับตัวเส้นใยนำแสง ดังนั้นผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจึงมีผลอย่างแรงในโครงสร้างเคเบิ้ลแบบ Tight Buffer มากกว่าในโครงสร้างแบบ Loose Buffer

คำถาม

เคเบิลแบบ Tight Buffer จะมีรัศมีการโค้งงอ (มากกว่า / น้อยกว่า) เคเบิลแบบ Loose Buffer

ก. มากกว่า

ข. น้อยกว่า √

คำถาม

แรงตึงของเคเบิลแบบ Loose Buffer จะมีค่า (มากกว่า / น้อยกว่า) เนื่องจากการดึงบนชุดสายเคเบิลนั้น จะกระทบต่อเส้นใยนำแสงแต่ละเส้นน้อยกว่าในเส้นใยนำแสงแบบ Tight Buffer

ก. มากกว่า √

ข. น้อยกว่า

คำถาม

เคเบิลแบบ Tight Buffer จะอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (มากกว่า / น้อยกว่า / เท่ากับ) เคเบิลแบบ Loose Buffer

ก. มากกว่า √

ข. น้อยกว่า

ค. เท่ากับ

หน้า 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคเบิลเส้นใยนำแสงจะมีอยู่ใน 3 รูปแบบพื้นฐาน : Simplex, Duplex หรือ Multifiber ชุดสายเคเบิลแบบ Simplex จะมีเส้นใยนำแสงเพียงเส้นเดียว โดยมีบัฟเฟอร์ซึ่งอาจจะมี Strength Member และเปลือกหุ้ม เคเบิลแบบ Simplex นี้จะใช้สำหรับการสื่อสารทางเดียว

หน้า 78

ชุดสายเคเบิลแบบ Simplex จะมีความจำเป็นในการใช้งานบางอย่าง เช่น วีดิโอทางเดียว การอ่านรีโมท เซ็นเซอร์ (Remote Sensor Reading) หรือการรวบรวมข้อมูลทางไกล

หน้า 79

อย่างไรก็ตามการใช้งานส่วนใหญ่จะต้องการการสื่อสารสองทิศทาง และต้องใช้เส้นใยนำแสงสองเส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับการส่งและอีกเส้นสำหรับการรับ แม้ว่าเราจะสามารถใช้สายเคเบิลแบบ Simplex สองเส้นที่แยกจากกันได้ก็ตาม แต่สายเคเบิลแบบ Duplex หนึ่งเส้นจะมีความสะดวกในการใช้งาน มากกว่า

คำถาม

Simplex หมายถึง อย่างง่าย หรือ ทางเดียว (One-Way)

ก. ถูก √

ข. ผิด

ค. ถูกต้องสำหรับซิงเกิลโหมดเท่านั้น

คำถาม

ตัวอย่างการใช้งานของเคเบิลแบบ Simplex ได้แก่

ก. การอ่านรีโมทเซ็นเซอร์

ข. วีดิโอทางเดียว

ค. รวบรวมข้อมูลทางไกล

ง. ถูกทุกข้อ √

คำถาม

การใช้งานทางแสง ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ Simplex

ก. ถูก

ข. ผิด √

หน้า 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายเคเบิลแบบ Duplex จะเป็นแบบที่ง่ายที่สุดในการใช้งาน ซึ่งสายเคเบิลแบบ Duplex จะประกอบด้วยเส้นใยสองเส้นและใช้สำหรับการสื่อสารสองทิศทาง นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นการสื่อสารทิศทางเดียว 2 เส้นทาง ได้อีกด้วย

หน้า 81

สายเคเบิลแบบ Duplex นี้จะพบบ่อยบ่อย ๆ ภายในอาคารหรือในมหาวิทยาลัยที่ต้องการเพียงหนึ่งคู่ของเส้นใยนำแสงในการใช้งาน

คำถาม

การใช้งานเส้นใยนำแสงส่วนใหญ่จะเป็นเคเบิลเส้นใยนำแสงแบบ

ก. Simplex Cable

ข. Complex Cable

ค. Duplex Cable √

ง. ไม่มีข้อใดถูก

คำถาม

เคเบิลเส้นใยนำแสงแบบ Duplex Cable อาจจะใช้สำหรับงานแบบ Simplex

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

เคเบิลเส้นใยนำแสงแบบ Duplex Cable เป็นที่นิยมสำหรับการใช้ภายในตัวอาคารและมหาวิทยาลัย

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 82

สายเคเบิลแบบ Multifiber จะประกอบด้วยเส้นใยนำแสงมากกว่าสองเส้น ใช้งานอย่างกว้างขวางในมหาวิทยาลัย และการสื่อสารระยะไกล

หน้า 83

ส่วนใหญ่สายเคเบิลแบบ Multifiber จะประกอบด้วยหลายกลุ่มของ Loose Buffer ที่ห่อมัดไว้ตามรหัสสี ซึ่งการใช้รหัสสีนี้จะทำให้การจำแนกกลุ่มต่าง ๆ กระทำได้ง่าย

หน้า 84

นอกจาก Loose Buffer จะห่อหุ้มเส้นใยนำแสงแล้ว เคเบิลแบบ Multifiber จะมี Strength Member ที่เป็นพลาสติกเสริมเหล็กหรือวัสดุที่ไม่ใช้โลหะแต่มีความแข็งแรงอย่างน้อยหนึ่งหรือหลายชุดอยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

สายเคเบิลแบบ Multifiber จะประกอบด้วยเส้นใยนำแสงมากกว่าสองเส้น ใช้งานอย่างกว้างขวางใน

ก. โรงเรียน

ข. การสื่อสารดาวเทียม

ค. มหาวิทยาลัยและการสื่อสารระยะไกล √

ง. การวัดระยะไกล

คำถาม

รหัสสีของห่อมัดเส้นใยนำแสง

ก. ทำให้ง่ายต่อการจำแนกเส้นใย √

ข. มีความจำเป็นที่ถูกกำหนดโดยการใช้งาน

ค. ทำให้ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูงขึ้น

คำถาม

เคเบิลแบบ Multifiber จะมี Strength Member หนึ่งชุดหรือมากกว่าที่เป็นเหล็กกล้าหรือวัสดุอื่นที่แข็งแรง

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 85

เมื่อติดตั้งเคเบิ้ลเส้นใยภายในตัวอาคาร ที่ว่างพลีนัม (Plenum Area) มักจะถูกนำใช้อยู่บ่อย ๆ พลีนัมเป็นที่ว่างที่อยู่บนเหนือเพดานหรืออยู่ใต้พื้นห้องที่ยกขึ้นสูงหรือในพื้นที่ปิดที่อากาศสามารถหมุนเวียนได้สะดวก คุณลักษณะประการหนึ่งของที่ว่างพลีนัม คือเป็นพื้นที่เปิดที่มีการไหลของอากาศอย่างแรงและเป็นสถานที่เหมาะสมต่อการเดินสายเคเบิ้ล

หน้า 86

การเดินสายเคเบิลผ่านพื้นที่เปิดพลีนัมนั้นเป็นสิ่งที่ดี แต่ในกรณีของไฟไหม้จะทำให้มีปัญหา คือ เมื่อฉนวนหรือเปลือกหุ้มภายนอกของสายเคเบิลถูกเผาไหม้ มันจะผลิตสารพิษ ควันไฟและ / หรือความมืดและควันดำหนาทึบ

หน้า 87

ด้วยเหตุผลในความปลอดภัย The National Electrical Code จึงได้มีการกำหนดประเภทของฉนวนหรือสารที่ใช้ทำเป็นเปลือกหุ้มสายเคเบิลที่ใช้ในพื้นที่พลีนัม วัตถุที่ใช้คือ เทฟลอน (Teflon)

หน้า 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเดินสายที่เคลือบด้วยเทฟลอนนี้จะมีราคาแพงกว่าเคเบิลธรรมดาอยู่มาก และไม่ได้เพิ่มค่าใด ๆ ในความสามารถนำส่งข้อมูลข่าวสารหรือง่ายต่อการติดตั้งแต่อย่างใด เนื่องจากการเดินสายที่เคลือบด้วยเทฟลอนเป็นที่ต้องการในพื้นที่พลีนัม อย่างไรก็ตามได้มีทางเลือกอยู่ 4 ประการ

หน้า 89

ทางเลือกเหล่านี้ ได้แก่

1) ใช้เคเบิลแบบ Plenum Cable ในพื้นที่ที่เป็น Plenum Area
2) ไม่ใช้ Plenum Area โดยใช้เคเบิลที่ไม่ใช่ Plenum Cable เท่านั้น
3) ใช้เคเบิลที่ไม่ใช่ Plenum Cable ในท่อเดินสายในพื้นที่ Plenum Area
4) ทำพื้นที่ Plenum Area ให้เป็นพื้นที่ Non – Plenum Area

หน้า 90

ทางเลือกที่ 1 คือ ติดตั้งเคเบิลในพื้นที่พลีนัม ตามข้อกำหนดของ The National Electrical Code ทุกประการและข้อกำหนดของเจ้าของอาคาร

หน้า 91

ทางเลือกที่ 2 คือ ติดตั้งเคเบิลธรรมดาในพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่พลีนัม เช่น ในผนัง และตามพื้นห้อง (Baseboards)

หน้า 92

ทางเลือกที่ 3 คือ ติดตั้งเคเบิลธรรมดาในพื้นที่พลีนัมภายในท่อเดินสายที่เป็นโลหะ ซึ่งจะป้องกัน (Isolate) เคเบิลจากไฟและบรรจุพีวีซีเหลว หรือการเคลือบหุ้มภายนอกอื่น ๆ

หน้า 93

ทางเลือกที่ 4 คือ ทำพื้นที่พลีนัมให้เป็นพื้นที่ไม่ใช่พลีนัม (Non – Plenum Area) โดยการติดตั้งท่ออากาศเข้า (Ducts) และท่ออากาศออก (Vents) เพื่อเคลื่อนย้ายอากาศเสียให้ผ่านพื้นที่เปิดขนาดใหญ่โดยไม่ได้ใช้พื้นที่ทั้งหมด

หน้า 94

ค่าใช้จ่ายในแต่ละทางเลือกจะเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่, ประเภทและอายุของตัวอาคาร, National Code ,Local Code และองค์ประกอบอื่น ๆ

คำถาม

พลีนัม (Plenum) คือ

ก. คำลาติน หมายถึง " การพบปะ " หรือ " การประชุม "

ข. ท่อพิเศษหรือพื้นที่สงวนสำหรับการเดินสายเคเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. โปรเซสเซอร์ความเร็วสูงที่ใช้ในคอมพิวเตอร์

ง. พื้นที่เปิดเหนือเพดานหรือใต้พื้นห้อง ที่มีการไหลเวียนของอากาศอย่างแรง √

คำถาม

ปัญหาต่อการเดินสายเคเบิลในพื้นที่ว่างพลีนัม ในกรณีของไฟไหม้ คือ

ก. ควันดำหนาทึบ มีอันตราย ควันไฟที่เกิดจากเปลือกหุ้มสายเคเบิลจะกระจายไปทั่วอาคารอย่างรวดเร็วในพื้นที่พลีนัม √

ข. การเดินสายเคเบิลในพื้นที่พลีนัมนั้น จะทำให้ยากในการเคลื่อนย้ายรถดับเพลิง และอุปกรณ์อื่นเข้าและออกพื้นที่พลีนัม

ค. พื้นที่พลีนัมจะถูกบล็อกด้วยสายเคเบิลที่หลอมละลายและกีดขวางทางเดินของน้ำที่ใช้ดับไฟ

หน้า 95

เคเบิลที่ออกแบบใช้สำหรับการกลบฝังโดยตรง (Direct Burial) จะมีชั้นป้องกันเพิ่มเติม โดยชั้นพิเศษนี้เป็นสิ่งที่มีความจำเป็น เนื่องจากเคเบิลจะถูกกลบฝังอยู่ในดิน

หน้า 96

เคเบิลที่ถูกฝังดินจะยังคงสภาพอยู่เป็นเวลานาน จึงจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งในปัจจุบันและการเติบโตในอนาคต ดังนั้นเคเบิลที่ออกแบบมาสำหรับฝังดินจะประกอบด้วยมัดเส้นใยนำแสงสำรอง (เส้นใยจำนวนมากจะเผื่อไว้ใช้ในอนาคต)

หน้า 97

นอกจากการเสริม Strength Members ที่เป็นเหล็กกล้าหรือไฟเบอร์กลาสแล้ว เคเบิลชนิดฝังดินนี้จะมีชั้นภายนอกที่ทำจากเหล็กกล้าหรือโพลียูรีเธนอย่างหนา ทั้งนี้เพื่อทำให้การตัดหรือการเจาะทะลุสายเคเบิลกระทำได้ยากยิ่งขึ้น

หน้า 98

ปกติเคเบิลเส้นใยนำแสงจะฝังดินลึกประมาณ 3 หรือ 4 ฟุต พร้อมด้วยป้ายพลาสติกสีส้มขนาด 12 นิ้ว อยู่เหนือพื้นดิน โดยป้ายดังกล่าวจะมีข้อความเช่น " WARNING – FIBER OPTIC CABLE BELOW – STOP DIGGING ! " บางครั้งเส้นใยนำแสงที่ฝังดินนี้อาจจะฝังกลบด้วยคอนกรีต

หน้า 99

เคเบิลสำหรับฝังดินโดยตรง จะเป็นรุ่นพิเศษของเคเบิลแบบมัลติไฟเบอร์ เคเบิล (Multifiber Cables)

คำถาม

เนื่องจากเคเบิลที่ออกแบบใช้สำหรับฝังดินโดยตรง จะถูกกลบฝังอยู่ในดินเป็นเวลานาน จึง

ก. ถูกทำให้เป็นกลาง (grounded) ได้ดีกว่าเคเบิลอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ถูกทาด้วยสีเหลืองเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหาย

ค. ถูกป้องกันเป็นอย่างดีและมีเส้นใยนำแสงสำรองเพื่อใช้สำหรับขยายระบบในอนาคต √

ง. ถูกป้องกันจากผลของรังสีคอสมิก

คำถาม

วิธีการป้องกันเคเบิลฝังดิน ได้แก่

ก. ทาด้วยสีเหลืองและลงทะเบียนกับ FIFO

ข. ติดตั้งตามทางรถไฟและทางด่วนเท่านั้น โดยมีการขุดให้น้อย

ค. การวางป้ายประกาศ 12 ถึง 18 นิ้ว อยู่เหนือบริเวณที่ขุด และ/หรือ ฝังกลบด้วยคอนกรีต √

ง. ถูกทุกข้อ

คำถาม

เคเบิลสำหรับฝังดินโดยตรง จะเป็นรุ่นพิเศษของ Multifiber Cables

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า 100

ชนิดพิเศษอื่น ๆ ของเคเบิลแบบ Multifiber Cable ได้แก่ เคเบิลเส้นใยนำแสงเหนือศีรษะ (Overhead Cable) เช่นเดียวกับเคเบิลที่ใช้ฝังดิน เคเบิลแบบเหนือศีรษะนี้จะมีองค์ประกอบพิเศษที่ทนทานต่อภายนอก เช่น สภาพอากาศ แรงตึง (Tensile Stress) และโอกาสที่จะถูกเกี่ยวโดยรถบรรทุก

หน้า 101

ข้อพิจารณาอย่างหนึ่งสำหรับเคเบิลที่ใช้ภายนอกอาคาร คือ การใช้เปลือกหุ้มภายนอกที่ปลอดภัยจากสภาพแวดล้อม เช่น โพลีไวนิล-คลอไรด์ (PVC) หรือ โพลี-เออรีเธน (PE)

หน้า 102

เคเบิลที่ใช้ภายนอกอาคารนี้จะเติม Loose Tube Buffer ด้วยเจลชนิดพิเศษ เพื่อป้องกันน้ำไม่ให้เข้าไปในเส้นใยนำแสง

หน้า 103

บ่อยครั้งที่เคเบิลที่ใช้ภายนอกอาคาร จะใช้เปลือกหุ้มที่เป็นเหล็กกล้า ดังเช่นในกรณีที่ป้องกันการเกี่ยวโดยรถบรรทุก เปลือกหุ้มที่เป็นเหล็กกล้านี้ยังใช้เพื่อป้องกันสัตว์ เช่น กระรอก กัดแทะเข้าไปในเส้นใยนำแสงอีกด้วย

หน้า 104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ติดตั้งจำนวนมากจะทำเครื่องหมายเคเบิลเส้นใยอย่างชัดเจน หรือจะทำป้ายตามท่อเดินสายที่บรรจุเคเบิลเส้นใยนำแสง ป้ายเหล่านี้มีความสำคัญทุก ๆ จุดที่เคเบิลเดินสายไป เช่น อยู่ใต้ทางข้าม อยู่ใต้สะพานทางด่วน หรือทางข้ามรถไฟ

หน้า 105

เหตุผลในการทำป้ายก็เพื่อที่จะแยกเคเบิลเส้นใยนำแสงออกจากเคเบิลที่เป็นโลหะทองแดง ซึ่งไม่ใช่เพื่อเหตุผลทางเทคนิคแต่ค่อนข้างจะเป็นเหตุผลทางสังคมจิตวิทยา โดยทองแดงบริสุทธิ์จะถูกตัดเพื่อนำไปขายซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ได้เกิดขึ้นอยู่บ่อย ๆ ในการทำงานกับระบบการสื่อสารระยะไกล

หน้า 106

ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้เคเบิ้ลเส้นใยซึ่งไม่มีมูลค่าในการซื้อขายของเก่า จึงได้ถูกแยกแยะจากเคเบิ้ลทองแดงที่มีราคาสูง (เมื่อเทียบกับราคากระดาษหนังสือพิมพ์ หรือกระป๋องอะลูมิเนียม)

คำถาม

เคเบิลเหนือศีรษะ (Overhead Cable) จะต้องถูกออกแบบขึ้นเป็นพิเศษ เนื่องจาก

ก. จะต้องเจอกับสภาพอากาศ แรงตึงจำนวนมาก และแรงทางกายภาพในบางครั้ง √

ข. ยากแก่การติดตั้ง

ค. คนมักจะคิดว่าเป็นโลหะทองแดงและกลัวจะเป็นมะเร็งจากปริมาณ EMI

ง. ถูกทุกข้อ

คำถาม

เคเบิลที่ใช้ภายนอกอาคาร จะใช้วัสดุทนต่อสภาพอากาศ เช่น

ก. Strength Members ชนิดกันน้ำได้

ข. การเติมท่อสายเคเบิลด้วยเจล

ค. โพลีไวนิล-คลอไรด์ (PVC) หรือ โพลี-เออรีเธน (PE) √

ง. ถูกทุกข้อ

หน้า 107

แม้ว่าเคเบิลเส้นใยนำแสงแบบริบบอน (Ribbon Cables) จะไม่ได้ใช้อย่างแพร่หลายในทุกวันนี้ แต่ก็ได้ถูกใช้ในระบบเส้นใยนำแสงเชิงพาณิชย์ครั้งแรก โดย AT& T ในปี ค.ศ.1977

หน้า 108

เคเบิลเส้นใยนำแสงแบบริบบอนนี้จะเป็นเคเบิลที่แบนราบ กว้าง 14 / 100 นิ้ว บรรจุเส้นใยนำแสงจำนวน 12 เส้น

หน้า 109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยนำแสงจะวางแบนราบแล้วหุ้มด้วยโปลีเอสเทอร์เทป (Polyester Tape) และจะมีเส้นลวดเหล็กกล้าจำนวน 14 เส้น ในแต่ละเคเบิลริบบอน ทำหน้าที่เป็น Strength Member

หน้า 110

เคเบิลเส้นใยนำแสงแบบมัลติเพิลริบบอน จะวางซ้อนกันเพื่อการติดตั้ง โดยชั้นที่วางซ้อน ๆ กันของเคเบิลริบบอนที่สูง 12 ชั้น จะมีเส้นใยนำแสงจำนวน (12 X 12) 144 เส้น หรือพอเพียงสำหรับการเชื่อมต่อแบบสองทิศทางได้ถึง 72 คู่สาย

คำถาม

เคเบิลริบบอน (Ribbon Cables) ได้ถูกใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และถูกใช้ครั้งแรกโดย AT& T ในปี ค.ศ.1977

ก. ถูก

ข. ผิด √

คำถาม

เคเบิลริบบอนจะเป็นเคเบิลที่แบนราบ ซึ่งจุเส้นใยนำแสง 12 เส้น และเส้นลวด 14 เส้นซึ่งทำหน้าที่เป็น Strength Member เคเบิลริบบอนอาจจะวางซ้อนกันเพื่อทำให้ได้เคเบิลที่มีความจุที่สูงขึ้น

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

เคเบิลริบบอนที่วางซ้อนกันสูง 12 ชั้น จะพอเพียงสำหรับการเชื่อมต่อแบบสองทิศทางได้ .... คู่สาย

ก. 12

ข. 6

ค. 72 √

ง. 144

หน้า 111

คำว่า " ใต้ทะเล (Undersea) " ถูกใช้เพื่อแยกเคเบิลใต้ทะเลที่ออกแบบขึ้นมาโดยเฉพาะออกจากเคเบิลใต้น้ำอย่างง่าย (Underwater)

หน้า 112

เคเบิลที่ใช้อยู่ใต้น้ำในระยะทางสั้นถึงปานกลาง เช่น ระหว่างเกาะใหญ่ ๆ ของญี่ปุ่น หรืออังกฤษกับฝรั่งเศส ซึ่งจะมีคุณลักษณะเหมือนกับเคเบิลเหนือศีรษะที่ใช้ภายนอกอาคาร เพียงแต่จะถูกวางสายอยู่ใต้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 113

เคเบิลใต้ทะเลที่แท้จริงนั้นจะมีโครงสร้างที่แตกต่างอยู่มาก โดยจะต้องมีความแข็งแรงในกรณีที่ต้องเจอกับตะขอเบ็ดตกปลา หรือสมอเรือ

หน้า 114

นอกจากนี้เคเบิลใต้ทะเลจะต้องมีความอ่อนตัวเพียงพอที่จะนอนยุบตัวอยู่ตามก้นมหาสมุทร และวางทอดไปตามรูปร่างลักษณะของพื้นมหาสมุทรได้

หน้า 115

เนื่องจากเคเบิลใต้ทะเลจะมีความยาวหลายพันกิโลเมตร ดังนั้นเส้นใยนำแสงที่มีความจุสูงสุดจึงถูกนำมาใช้ ด้วยเหตุผลในด้านราคาและความน่าเชื่อถือ จะใช้รีพีตเตอร์จำนวนน้อยที่สุด นอกจากนี้เคเบิลใต้ทะเลยังได้บรรจุเอาเส้นใยนำแสงสำรอง (Dark Strand) ไว้สำหรับการเติบโตในอนาคตอีกด้วย

หน้า 116

รีพีตเตอร์สำหรับใต้ทะเลจะต้องมีความน่าเชื่อถือมากกว่ารีพีตเตอร์ที่ใช้อยู่บนบก เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการกู้สายเคเบิลสำหรับซ่อมรีพีตเตอร์

หน้า 117

ตัวอย่างในกรณีของเคเบิล The Trans-Atlantic-8 (TAT-8) คำตอบของปัญหาเหล่านี้ ก็คือสายเคเบิลเส้นใยนำแสงชนิดพิเศษที่แกนกลางจะประกอบด้วยเส้นใยนำแสง 6 เส้น ซึ่งจะพันวนเป็นเกลียวรอบเส้นลวดเหล็กกล้าตรงกลางที่หุ้มด้วยโลหะทองแดง

หน้า 118

จากนั้นเส้นใยนำแสงจะฝังตัวอยู่ในพลาสติก ซึ่งกันการกระแทกให้กับเส้นใยและจำกัดการสูญเสียอันเนื่องจากไมโครเบนดิง (Microbending) แกนกลางนี้จะหุ้มด้วยไนลอน (Nylon) และฝังตัวอยู่ในชุดเส้นเหล็กกล้า ซึ่งทำให้มีความแข็งแกร่งเชิงกลศาสตร์ โดยชุดทั้งหมดนี้จะหุ้มล้อมรอบด้วยท่อทองแดงอีกชั้น ซึ่งจะนำไฟฟ้าเพื่อให้พลังงานแก่รีพีตเตอร์

หน้า 119

ชั้นโพลีอีเทลีนด้านนอก (Outer Polyethelyne) จะเป็นฉนวนให้กับเคเบิลและป้องกันจากการสึกกร่อน โดยเคเบิลจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.1 ซม. ซึ่งเล็กกว่าเหรียญควอเตอร์ (Quarter) เพียงเล็กน้อย และมีความเหมาะสมในการใช้งานในน้ำลึก

คำถาม

เคเบิลใต้ทะเลจะแตกต่างจากเคเบิลใต้น้ำ เนื่องจากเคเบิลใต้ทะเลจะต้องแข็งแรง แต่ยังคงมีความอ่อนตัว (Flexibility)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ถูก √

ข. ผิด

คำถาม

เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการกู้สายเคเบิลสำหรับการซ่อม ดังนั้นปกติเคเบิลใต้ทะเลจะใช้

ก. เส้นใยนำแสงที่มีความจุสูง

ข. รีพีตเตอร์ที่มีความน่าเชื่อถือสูงกว่า

ค. เส้นใยส่วนเกิน (Dark Strand) จำนวนมาก

ง. ถูกทุกข้อ

จ. ถูกทั้งข้อ ก. และ ข. √

คำถาม

เคเบิลใต้ทะเล เช่น TAT-8 จะใช้การออกแบบหลายชั้น (Multilayer Design) โดยจะมีชั้นทองแดง ซึ่งจะนำไฟฟ้าเพื่อให้ทำหน้าที่จ่ายไฟให้แก่รีพีตเตอร์

ก. ถูก √

ข. ผิด

หน้า120

ในบทนี้เราได้กล่าวถึงองค์ประกอบของเคเบิลเส้นใยนำแสง .....

หน้า 121

และการจัดประเภทอย่างกว้าง ๆ ของเคเบิลเส้นใยนำแสง

หน้า 122

ในบทต่อไปเราจะกล่าวถึงแหล่งกำเนิดแสง LED และ LASER ที่ส่งสัญญาณแสงเข้าไปในเส้นใยนำแสงเหล่านี้

(คำบรรยายเนื้อหาวิชาของบทที่ 4 – 6 จะบันทึกอยู่ในแผ่นซีดีรอมประกอบวิทยานิพนธ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมออเธอร์แวร์ (Authorware)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมออเธอร์แวร์ (Authorware)

โปรแกรม Authorware เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทแมคโครมีเดีย (Macromedia) แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา นับเป็นวิวัฒนาการอีกขั้นหนึ่งของโปรแกรมประเภทออเธอริงซิสเต็ม (Authoring System) ที่ใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในระบบมัลติมีเดีย ด้วยการออกแบบการทำงานในลักษณะแผนภูมิ ที่ทำให้แม้แต่ผู้ที่ไม่ได้เป็นโปรแกรมเมอร์ก็สามารถสร้างบทเรียนขึ้นได้เอง โดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับภาษาโปรแกรม

โปรแกรม Authorware มีลักษณะเด่นหลายประการ ที่สนับสนุนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในระบบมัลติมีเดีย รวมทั้งการกระจายบทเรียนที่พัฒนาแล้วไปยังผู้ใช้ ได้แก่

1. ออบเจ็กต์ออเธอริง (Object Authoring) การออกแบบโปรแกรมด้วยเทคนิค Object Authoring ทำให้ผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับการออกแบบโปรแกรม หรือผู้ที่มีประสบการณ์มาแล้วก็ตาม สามารถทุ่มเทความสนใจไปยังรายละเอียดของเนื้อหาบทเรียนและวิธีการโต้ตอบของผู้ใช้ โดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม การใช้สัญลักษณ์ (Icon) แทนคำสั่ง ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างโปรแกรมที่มีคุณภาพสูงได้โดยง่าย

2. มัลติมีเดียทูล (Multimedia Tool) ในโปรแกรม Authorware ประกอบด้วยเครื่องมือด้านมัลติมีเดียอย่างพร้อมมูล ทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างบทเรียนที่ประกอบด้วย ข้อความ รูปภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว และภาพวีดิโอ เข้าด้วยกัน จึงทำให้เป็นบทเรียนที่มีประสิทธิภาพที่จะใช้ในการเรียนการสอน การฝึกอบรม การจำลองการทำงาน การนำเสนอสินค้า และการโฆษณาได้เป็นอย่างดี

3. การออกแบบโปรแกรมให้สามารถใช้ได้หลายระบบ ทำให้ผู้ใช้ไม่ว่าจะเป็นบนเครื่อง Macintosh หรือ ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows ที่อยู่บนเครื่อง PC มีการทำงานที่เหมือนกันและสามารถที่จะติดต่อไปยังภายนอกระบบ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ระบบฐานข้อมูล หรือระบบคอมพิวเตอร์เครือข่าย คำสั่งในการทำงานต่าง ๆ ไม่ว่าในเครื่อง Macintosh หรือเครื่องที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก

4. สนับสนุนการทำงานแบบมัลติมีเดียอื่น ๆ สามารถทำงานร่วมกับซอร์ฟแวร์มัลติมีเดียของบริษัทผู้พัฒนาซอฟท์แวร์อื่นได้ด้วย เช่น PowerPoint, GIF Animator หรือ Microsoft Word เป็นต้น

5. สร้างเอกสาร WWW (World Wide Web) บทเรียนที่สร้างด้วย Authorware สามารถเผยแพร่บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ในลักษณะเอกสาร WWW โดยการใช้โปรแกรม Authorware Afterbumer (ซึ่งมีอยู่ใน Authorware ตั้งแต่รุ่น 4.0 เป็นต้นมา) โปรแกรมจะทำการแพ็ค (Pack) และทำให้ได้ไฟล์ข้อมูลที่เปิดดูด้วยเว็บบราวเซอร์ (Web Browser) เช่นอินเทอร์เนตเอ็กซ์พลอเรอร์ (Internet Explorer) และเนตสเคปคอมมูนิเคเตอร์ (Netscape Communicator) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวได้ว่าสิ่งหนึ่งที่ทำให้โปรแกรม Authorware เป็นโปรแกรมที่ใช้ง่ายก็คือ การออกแบบคำสั่งต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ (Icon) การสร้างโปรแกรมทำได้ด้วยการวางสัญลักษณ์เรียงไว้บนเส้นโฟลว์ไลน์ (FlowLine) ด้วยวิธีนี้ผู้สร้างบทเรียนจึงไม่มีความจำเป็นต้องเรียนรู้การใช้คำสั่งในลักษณะของภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แต่อย่างใด

โปรแกรม Authorware มีคุณลักษณะเฉพาะ ดังนี้

1. การทำงานด้วยการใช้สัญลักษณ์

คำสั่งที่ใช้ในโปรแกรม Authorware ได้ออกแบบไว้ในรูปของสัญลักษณ์ ซึ่งสัญลักษณ์แต่ละตัวจะใช้แทนคำสั่งในการพัฒนาบทเรียนได้อย่างสมบูรณ์ อีกทั้งยังมีความง่ายในการใช้งาน เมื่อเลือกสัญลักษณ์หรือคำสั่งใดคำสั่งหนึ่ง โปรแกรมจะแสดงรายละเอียด หรือคำสั่งเพิ่มเติมที่จำเป็นในการทำงานของสัญลักษณ์นั้น ๆ ให้เลือก

ลักษณะการทำงานของโปรแกรมประกอบด้วยสัญลักษณ์ (Icon) ที่จะเรียงลงบนเส้น Flowline เป็นการกำหนดขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีคำสั่งที่เป็นเมนูเพื่อกำหนดรายละเอียดของการทำงาน สามารถกำหนดรายละเอียดของโปรแกรม เช่น ขนาดหรือรูปแบบของจอภาพที่นำเสนอ (Presentation Windows) เลือกลักษณะการทำงานของโปรแกรมว่าให้ทำต่อจากที่ค้างไว้หรือเริ่มต้นใหม่ทุกครั้งที่เรียก รวมทั้งสามารถกำหนดชื่อของโปรแกรม โดยมีคำสั่งที่สำคัญ ได้แก่

1.1 คำสั่ง " Try it " ทำให้ผู้ที่พัฒนาโปรแกรม สามารถทดสอบการทำงานของโปรแกรมได้โดยง่าย

1.2 คำสั่ง Start Flag, Stop Flag ช่วยให้การทดสอบและการแก้ไขโปรแกรมในส่วนต่าง ๆ ได้ รวมทั้งการเลือกทดสอบโปรแกรมแต่ละส่วน

1.3 คำสั่ง Package ใช้สำหรับการจัดเตรียมบทเรียนสำหรับผู้ใช้ โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมระบบลงไปด้วย ทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างสะดวก หรือในกรณีที่ต้องการลดขนาดของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนลงก็สามารถทำได้เช่นเดียวกัน แต่การเรียกใช้งานต้องเรียกผ่านระบบของ โปรแกรม Authorware

2. การอำนวยความสะดวกในการทำงาน

ลักษณะที่เอื้ออำนวยในการทำงานของโปรแกรม Authorware มีดังนี้

2.1 สามารถทดสอบ และแก้ไขโปรแกรมได้ในเวลาเดียวกัน

2.2 ความสามารถในการแก้ไขและเปลี่ยนแปลง ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมได้โดยตรง ซึ่งทำให้ง่ายต่อการพัฒนาและบำรุงรักษาโปรแกรม อีกทั้งโครงสร้างของโปรแกรมสามารถเปลี่ยนแปลงและนำกลับมาใช้ได้

2.3 สามารถกำหนดวิธีการโต้ตอบกับผู้ใช้ได้หลายวิธี ซึ่งได้แก่ การป้อนข้อความผ่านคีย์บอร์ด การสร้างปุ่มกดบนจอภาพ การกำหนดพื้นที่บนจอภาพที่ตอบสนอง เมื่อกดปุ่มเมาส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลื่อนภาพไปยังตำแหน่งที่กำหนด การตรวจสอบแป้นพิมพ์ ด้วยการกำหนดเงื่อนไขการทำงาน การกำหนดจำนวนครั้งที่ผิด การกำหนดวัตถุบนจอภาพที่ตอบสนองเมื่อกดปุ่มเมาส์ หรือกำหนดเวลาในการทำงาน เป็นต้น

2.4 คุณสมบัติที่เอื้ออำนวยอื่น ๆ ได้ผสมผสานสื่อต่าง ๆ เข้าด้วยกัน รวมทั้งคำแนะนำการใช้งานที่มีอยู่ในแต่ละคำสั่ง

3. ไฟล์ไลบรารี (Library)

ส่วนของไฟล์ข้อมูลไลบรารีที่สนับสนุนการทำงาน โปรแกรมจะมีระบบไฟล์ไลบรารีที่สนับสนุนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในระบบมัลติมีเดีย ดังนี้

3.1 ไฟล์ไลบรารี ได้แก่ ภาพเคลื่อนไหว ภาพกราฟิก ภาพจากวีดีโอ เสียง และอื่น ๆ

3.2 มีไฟล์โครงสร้างที่ผู้ใช้สามารถนำไปใช้งานได้ ประกอบตัวอย่างโปรแกรม เช่น ระบบ Pull-down Menu สมุดโน๊ต โปรแกรมบันทึกการทำงาน ขั้นตอนในการทำงาน ข้อแนะนำทางเทคนิค และโปรแกรมยูทิลิตี้ต่าง ๆ

3.3 ผู้ใช้สามารถสร้างโมเดลการทำงานที่สามารถนำกลับมาใช้ได้

4. ตัวแปรและฟังก์ชัน

โปรแกรม Authorware มีตัวแปรระบบและฟังก์ชันสนับสนุนการทำงานจำนวนมาก ซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการ เก็บค่า แก้ไข หรือแสดงข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งการควบคุมการทำงานของโปรแกรม ซึ่งมีข้อดีในการทำงาน ได้แก่

4.1 ความสามารถในการใช้ตัวแปร ทำให้สามารถติดตามการใช้โปรแกรม และเรียกใช้ฟังก์ชันการทำงานที่เหมาะสม เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ รวมทั้งการเก็บข้อมูลสำหรับการทำงาน

4.2 มีคำสั่งสำหรับดูรายละเอียดของ ฟังก์ชัน และตัวแปร รวมทั้งสามารถคัดลอกตัวแปรและฟังก์ชันไปยังส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรมที่เกี่ยวข้องได้

4.3 สามารถควบคุมรูปแบบการแสดงผลของตัวแปรได้ ช่วยให้สามารถทดสอบระดับความรู้พื้นฐานของผู้ใช้ได้

5. เครื่องมือทางด้านมัลติมีเดีย

โปรแกรม Authorware มีเครื่องมือในการที่จะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดียให้อย่างสมบูรณ์ รวมทั้งความสามารถในการเรียกใช้และแก้ไขสื่อ (Media) ที่จะนำเข้ามาจากโปรแกรมอื่น ดังนี้

5.1 ข้อความ

5.1.1. สามารถใช้ตัวอักษรหลายแบบผสมกันได้ รวมทั้งสีและขนาด

5.1.2. สามารถกำหนดตัวอักษรเป็น Outline เงา ตัวเอียง และขีดเส้นใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3. รูปแบบของข้อความให้มีการตัดคำ ตั้งระยะทั้งข้อความและตัวเลข รวมทั้งกำหนดกรอบ

5.1.4. จัดคำให้ชิดซ้าย ขวา หรืออยู่กลางได้

5.1.5. สามารถใช้ตัวอักษรแบบมาตรฐาน ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows ได้

5.2 กราฟิก

5.2.1. มีคำสั่งในการวาดรูปวงกลม วงรี สี่เหลี่ยม และลากเส้น รวมทั้งแสดงเส้นตาราง

5.2.2. คำสั่งลากเส้นสามารถลากเส้นตั้ง เส้นนอน เส้นเอียง 45 องศา รวมทั้งใส่ลูกศร และกำหนดความหนาของเส้นได้ 5 ระดับ

5.2.3. สามารถกำหนดรูปแบบการเติมสี (Fill Pattern) ได้ทั้งหมด 36 รูปแบบ ซึ่งเพียงพอสำหรับการตกแต่งภาพกราฟิกทั่วไป

5.2.4. กำหนดการแสดงผลของภาพเป็นชั้น (Layer) สามารถที่จะรวมภาพเข้าด้วยกัน และแก้ไขภาพเป็นกลุ่มได้

5.2.5. สามารถขอดูภาพก่อน (Preview) ที่จะนำเข้าใช้ได้

5.2.6. ไฟล์กราฟิกที่จะนำมาใช้ทั้งที่เป็น TIF, PIC, PNT, WMF, EPS, BMP, DIB, RLE, PCX, PICT และ Paint ของเครื่อง Macintosh รวมทั้ง Windows Meta File

5.3 เสียง

5.3.1 ควบคุมการเล่นซ้ำ เริ่ม และหยุดได้

5.3.2 สามารถเล่นไฟล์ PCM ของเครื่อง Macintosh ไฟล์ WAV ของ Windows และเล่นไฟล์ MIDI โดยผ่าน Microsoft's Multimedia Extentions ได้

5.3.2.1 สามารถเรียกใช้ไฟล์เสียงของเครื่อง Macintosh โดยผ่านโปรแกรม Sound Wave หรือ Macromedia's Sound Edit ได้

5.3.2.2 การใส่เสียงให้กับโปรแกรมจะต้องมีการ์ดเสียง (Sound Card) ที่เล่นภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows

5.4 ภาพเคลื่อนไหว (Animation)

5.4.1. กำหนดทิศทางในการเคลื่อนที่ของวัตถุได้หลายแบบ เช่น Scaled Path, Fixed Destination, Fixed Path, Linear Scale และ Scale X/Y

5.4.2 กำหนดทิศทาง เวลา และความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุได้

5.4.3 ควบคุมจำนวนเฟรม ความเร็ว และจำนวนรอบของการเล่น Movie File ได้

5.4.4 กำหนดชั้นในการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ ในกรณีที่มีวัตถุมากกว่าหนึ่งเคลื่อนที่มาอยู่ในตำแหน่งที่ซ้อนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ภาพวีดีทัศน์

5.5.1 สามารถเล่นได้ทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว

5.5.2 แสดงผลวีดิโอเต็มจอภาพได้

5.5.3 สามารถเปลี่ยนขนาด และย้ายวินโดวส์ได้

5.5.4 ควบคุมการเล่นและการหยุดภาพได้

5.5.5 เลือกเฟรมการเล่นภาพได้

5.5.6 ปรับความเร็วในการเล่นภาพได้

5.5.7 ควบคุมสัญญาณเสียงได้สองช่องแยกจากช่องสัญญาณวีดีโอ

5.5.8 ผู้ใช้สามารถควบคุมภาพวิดีโอจากจอภาพได้ แต่จะต้องมีการ์ดวีดิโอที่ทำงานภายใต้ระบบการปฏิบัติการ Microsoft Windows

5.6 การแสดงเอฟเฟคพิเศษ (Special Effect)

5.6.1 ควบคุมการเล่น วีดิโอ เสียง และภาพเคลื่อนไหว ได้เป็น Concurrent , Perpetual และ Wait Unit Done

5.6.2 สามารถใช้สี เป็น 4 หรือ 8 บิต ได้

5.6.3 แสดงผลข้อความ และกราฟิกได้เป็น Opaque, Transparent, Inverse, Matted และ Erase

5.6.4 มีเอฟเฟคพิเศษสำหรับแสดงผลหรือลบกราฟิก ได้หลายรูปแบบ

6. สถาปัตยกรรมในการออกแบบที่ใช้ได้ในหลายระบบ

6.1 สภาพแวดล้อมที่อ่อนตัว (Flexible Environment)

6.1.1 สามารถกระจายบทเรียนที่พัฒนาแล้ว ในสื่อได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นแผ่นดิสก์, ฮาร์ดดิสก์, ซีดีรอม หรือไฟล์เซอร์เวอร์ของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

6.1.2 สามารถกระโดดไปใช้ไฟล์อื่น เพื่อใช้ข้อมูลร่วมกันได้

6.1.3 บทเรียนที่พัฒนาเสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถนำไปใช้ได้ไม่ว่าจะเป็นเครื่องเดี่ยว (Stand Alone) หรือในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

6.1.4 สามารถขยายความสามารถโดยเรียกใช้ไดนามิกลิงค์ไลบรารี (Dynamic Link Libraries , DLL) ของระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows ได้

6.2 ความสามารถในการทำงานข้ามแพลตฟอร์ม (Platform)

6.2.1 บทเรียนที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Authorware สำหรับ Macintosh นั้น สามารถที่จะแก้ไขปรับปรุงได้ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows

6.2.2 สามารถเปรียบเทียบตัวอักษรระหว่างระบบ Microsoft Windows และ Macintosh เพื่อใช้แทนกัน ในกรณีที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน

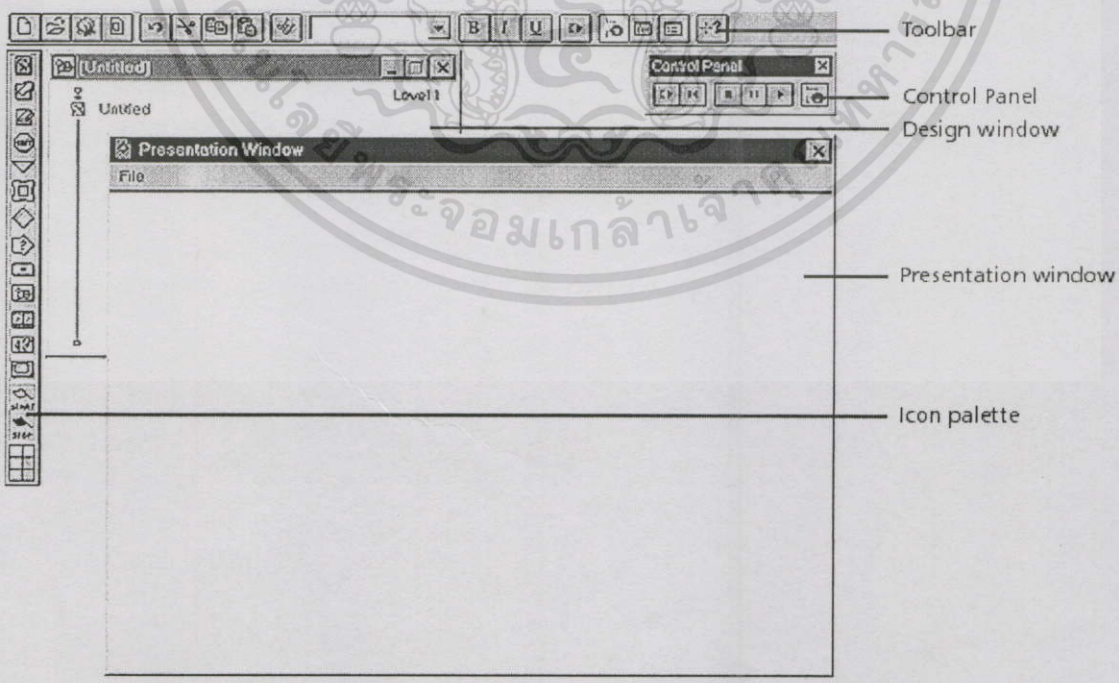
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ความต้องการของระบบ (System requirements)

ตารางที่ ข-1 ความต้องการขั้นต่ำของโปรแกรม Authorware

อุปกรณ์	การสร้างบทเรียน (Authoring)	การใช้บทเรียน (Playback)
โปรเซสเซอร์ (CPU)	Pentium with floating-point coprocessor	486DX/66 or SX with floating-point coprocessor
หน่วยความจำ	RAM อย่างน้อย 16 MB แนะนำ 24 MB	RAM อย่างน้อย 8 MB แนะนำ 12 MB
ระบบปฏิบัติการ	Windows 95, Windows 98, or Windows NT 4.0	Windows 3.1 or later Windows NT 4.0 or later
เครื่องขับ (Drive)	ฮาร์ดดิสก์มีที่ว่างอย่างน้อย 25MB และเครื่องขับซีดีรอม (CD-ROM drive)	Not applicable

8. หน้าจอของโปรแกรม Authorware ประกอบด้วย Menu, Toolbar, Icon Palette, Design Window และ Presentation Window ซึ่งในส่วนของ Presentation Window ในครั้งแรกที่มีการเข้าสู่โปรแกรม Authorware จะยังไม่ปรากฏจนกว่าจะมีการ Run โปรแกรม จึงจะปรากฏ Presentation Window มาให้



รูปที่ ข-1 หน้าจอของโปรแกรม Authorware

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. สัญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม Authorware

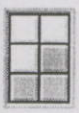
โปรแกรม Authorware ได้จัดเตรียมสัญลักษณ์ (Icon) ไว้ให้ถึง 15 ชนิด ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะเป็นผู้เลือกใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ เพื่อนำไปวางบน Flowline ตามผังการทำงานของบทเรียน ความหมายของสัญลักษณ์แต่ละชนิด แสดงตามตารางที่ 1.2

ตารางที่ ข-2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม Authorware

สัญลักษณ์	ชื่อเรียก	การใช้ประโยชน์
	Display Icon	ใช้สำหรับแสดงกราฟฟิก ข้อความ หรือรูปภาพที่สร้างขึ้นด้วยเครื่องมือภายใน Authorware
	Motion Icon	ใช้สำหรับสร้างการเคลื่อนที่ ให้กับวัตถุที่แสดงอยู่ใน Presentation Window โดยการระบุตำแหน่งปลายทาง หรือสร้างเป็นเส้นทางสำหรับการเคลื่อนที่
	Erase Icon	ใช้สำหรับลบวัตถุที่ได้สร้างขึ้น หรือ Icon ที่ได้แสดงผลไปแล้ว สามารถกำหนดรูปแบบการลบวัตถุ ได้หลายลักษณะจาก Transition Effect
	Wait Icon	ใช้สำหรับหน่วงเวลา ในการนำเสนอ เป็นการชั่วคราว หรือหยุดเวลาการนำเสนอในเวลาที่กำหนด นอกจากนั้นยังสามารถกำหนดเงื่อนไขของการหยุดรอได้อีกด้วย
	Navigate Icon	ใช้สำหรับสร้างการเชื่อมโยง ระหว่างชิ้นส่วนที่อยู่ภายใน Icon Framwork โดยไอคอน Navigate จะมีหลาย Options ให้เลือก
	Framework Icon	ใช้สร้างโครงสร้างหลัก ให้กับชิ้นส่วนต่าง ๆ มีลักษณะคล้าย ๆ กับเมนูที่มีทางเลือกอยู่ภายใน มีส่วนควบคุมสำหรับ Paging , Navigation
	Decision Icon	ใช้สำหรับสร้างเส้นทางเลือกสำหรับการตัดสินใจ ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขและเหตุการณ์
	Interaction Icon	ใช้สำหรับตรวจสอบการตอบสนองจากผู้ใช้ ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ โดยที่ผู้ออกแบบบทเรียนกำหนดไว้ เช่น การคลิกเมาส์ หรือ Hot Spots

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ชื่อเรียก	การใช้ประโยชน์
	Calculation Icon	ใช้สำหรับสร้าง Script โดย Script อาจเป็นสมการ ฟังก์ชัน หรือการตรวจสอบคำของตัวแปร รวมทั้งการใช้ฟังก์ชันพิเศษเรียกใช้โปรแกรมภายนอก
	Map Icon	ใช้สำหรับจัดกลุ่มให้กับไอคอนต่าง ๆ บน Flowline โดยการจัดกลุ่มไอคอนนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อการทำงาน และลำดับการปฏิบัติงาน
	Digital Movie Icon	ใช้สำหรับควบคุมการแสดงผล ในส่วนที่เป็น Digital Movie และภาพเคลื่อนไหว ตามรูปแบบของไฟล์ข้อมูล เช่น Macromedia Director, AVI, MOV, FLC, และ QuickTime digital movies
	Sound Icon	ใช้สำหรับควบคุมการแสดงผลของ Sound แบบดิจิตอล ที่ได้บันทึก หรือแก้ไขด้วยโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับ Sound
	Video Icon	ใช้สำหรับควบคุมการแสดงผลของแต่ละเฟรม ของวีดิโอภายนอกที่ต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยควบคุมให้แสดงผลบน Monitor ของคอมพิวเตอร์ หรือแสดงผลที่ Monitor ภายนอกได้
	Start and Stop Flag	ใช้สำหรับกำหนดการทำงานโปรแกรมเฉพาะส่วน หรือเฉพาะช่วงที่ต้องการใน Flowline โดยกำหนด Flag start สำหรับกำหนดจุดเริ่มต้น ส่วน Flag Stop สำหรับกำหนดจุดสิ้นสุด
	Icon color palette	ใช้สำหรับกำหนดสี ให้กับไอคอนต่าง ๆ ที่วางอยู่บน Flowline เพื่อเน้นไอคอนที่ต้องการให้เด่นขึ้น ทำให้สะดวกและง่ายต่อการค้นหา ปกติจะมีสีขาวและดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน					ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ไม่พอใช้	
<u>การนำเข้าสู่บทเรียน</u>						
1. การเร้าความสนใจ	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2. วิธีการบอกวัตถุประสงค์	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3. การให้ข้อมูลหรือคำแนะนำในการใช้บทเรียน	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4. ความง่ายและความน่าสนใจในการใช้บทเรียน	.....	.....	.....	.....	.....	.....
<u>การนำเสนอบทเรียน</u>						
1. ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2. ความถูกต้องของเนื้อหา	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3. เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4. ปริมาณของเนื้อหาบทเรียน	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5. ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหาบทเรียน	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6. ความเหมาะสมในการใช้ภาพ เสียง และกราฟิก	.....	.....	.....	.....	.....	.....
7. ขนาดและรูปแบบของตัวอักษร	.....	.....	.....	.....	.....	.....
8. การออกแบบจอภาพและการใช้สี	.....	.....	.....	.....	.....	.....
9. การควบคุมบทเรียน เช่น การใช้แป้นพิมพ์ ในการควบคุมทิศทางและความช้า/เร็วของการเรียน	.....	.....	.....	.....	.....	.....

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน					ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ไม่พอใช้	
10. ปริมาณของข้อมูลที่นำเสนอในแต่ละหน้าจอ	.....	.....	.....	.....	.....	.....
11. ภาษาที่ใช้ถูกต้องเหมาะสมกับผู้เรียน	.....	.....	.....	.....	.....	.....
<u>การปฏิสัมพันธ์</u>						
1. การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในบทเรียน	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2. ความหลากหลายของรูปแบบในการโต้ตอบ	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3. ความเหมาะสมและความถูกต้องตามหลักการของการให้ผลป้อนกลับ	.....	.....	.....	.....	.....	.....
<u>แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ</u>						
1. มีแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบเป็นระยะ ๆ เพื่อประเมินความรู้/ความเข้าใจของผู้เรียน	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2. ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3. การออกแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบถูกต้องตามหลักการวัดและประเมินผล	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบความรู้ก่อนหรือหลังการเรียน	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5. ผู้เรียนสามารถทราบระดับความรู้ของตนเอง	.....	.....	.....	.....	.....	.....

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน					ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ไม่พอใช้	
<u>องค์ประกอบทั่วไป</u>						
1. ความง่ายในการติดตั้งโปรแกรมหรือการใช้งาน	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2. การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือก Options ต่าง ๆ	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3. ความสามารถให้บริการบนอินเทอร์เนต	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4. ความเหมาะสมของบทเรียน Hard ware ที่มีอยู่ในปัจจุบัน	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5. คู่มือให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์	.....	.....	.....	.....	.....	.....

☐ จุดเด่นของบทเรียน .....

.....

☐ สิ่งที่ควรได้รับการแก้ไข .....

.....

.....

.....

.....

ประวัติผู้เขียน

พันโท ทวีศักดิ์ บุญรักษา เกิดเมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2503 ที่อำเภอสา จังหวัดน่าน สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์) จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2525

ปี พ.ศ. 2526 บรรจุเข้ารับราชการทหารบก ณ ศูนย์การทหารปืนใหญ่ ค่ายพหลโยธิน อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ในขณะที่ดำรงตำแหน่งอาจารย์โรงเรียนทหารปืนใหญ่ ได้มีโอกาสไปศึกษาและดูงานด้านการทหารในประเทศต่าง ๆ ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา สิงคโปร์ ออสเตรเลีย และเกาหลีใต้ นอกจากนี้ยังเคยเป็นอาจารย์สอนวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ในหลักสูตรต่าง ๆ ของโรงเรียนทหารปืนใหญ่อีกด้วย

ปี พ.ศ. 2530 สมรสกับ นางปัทมพร บุญรักษา มีบุตรชาย 2 คน คือ เด็กชาย ชินบุตร บุญรักษา และ เด็กชาย ภัทร บุญรักษา

ปี พ.ศ. 2536 เข้ารับการศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปี พ.ศ. 2541 เข้ารับการศึกษา ณ โรงเรียนเสนาธิการทหารบก ในหลักสูตรหลักประจำชุดที่ 76 และเมื่อสำเร็จการศึกษาแล้ว ได้เลือกรับราชการ ณ กองการศึกษา กรมยุทธศึกษาทหารบก จนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้