สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# สื่อช่วยการเรียนการสอน : หลักการสื่อสารโทรคมนาคมผ่านทางอินเตอร์เน็ต

รัชพิณ จรรยาพรทิพย์
วาสนา รติมาศ
ศิริรัตน์ จตุวีรพงษ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43944
วัน, เดือน, ปี 18 ต.ค. 2545

.b.....
.i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประจำปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Computer Aided Instruction for Principle of Communication via Internet

Ratchapin Janyaporntip
Wassana Ratimas
Sirirat Chatuweerapong

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Degree of Bachelor of Science
Department of Applied Physics
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| หัวข้อโครงงานพิเศษ | สื่อช่วยการเรียนการสอน : หลักการสื่อสารโทรคมนาคมผ่านทางอินเตอร์เน็ต |
| โดย | นางสาวรัชพิณ จรรยาพรทิพย์ |
| | นางสาววาสนา รติมาศ |
| | นางสาวศิริรัตน์ จตุวีรพงษ์ |
| ภาควิชา | ฟิสิกส์ประยุกต์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รศ.ดร.ปรีชา ยุพาพิน |
| | ผศ.เครือวัลย์ คีตะจิตต์ |
| | ผศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล |

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

(ผศ.วิชาญ เตชิตธีระ) หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

(รศ.ดร.ปรีชา ยุพาพิน) ประธานคณะกรรมการ

(ผศ.เครือวัลย์ คีตะจิตต์) กรรมการ

(ผศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล) กรรมการ

(อาจารย์ภัทรียา กิตติเดชาชาญ) กรรมการ

(อาจารย์สุรศักดิ์ พิพัฒน์ศาสตร์) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| หัวข้อโครงงานพิเศษ | สื่อช่วยการเรียนการสอน : หลักการสื่อสารโทรคมนาคมผ่านทางอินเตอร์เน็ต |
| นักศึกษา | นางสาวรัชพิณ จรรยาพรทิพย์ |
| | นางสาววาสนา รติมาศ |
| | นางสาวศิริรัตน์ จตุวีรพงษ์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รศ.ดร.ปรีชา ยุพาพิน |
| | ผศ.เครือวัลย์ คีตะจิตต์ |
| | ผศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล |
| ภาควิชา | ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ |
| ปีการศึกษา | 2544 |


บทคัดย่อ

เนื่องจากในโลกยุคโลกาภิวัฒน์ การสื่อสารได้ทวีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากขึ้น การมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการสื่อสารจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นเช่นกัน ดังนั้นโครงงานนี้จึงเป็นการนำเสนอภาพรวมและพื้นฐานต่างๆของระบบการสื่อสารที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ตั้งแต่พื้นฐานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ จนถึงการประยุกต์ใช้งานทางด้านการสื่อสาร ซึ่งจะนำเสนอผ่านสื่อช่วยการเรียนการสอนในรูปแบบของเว็บไซต์


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| Special Project Title | Computer Aided Instruction for Principle of Communication via Internet |
| Name | Miss Ratchapin Janyaporntip<br>Miss Wassana Ratimas<br>Miss Sirirat Chatuweerapong |
| Special Project Advisor | P.Dr. Precha Yupapin<br>AP. Kruawan Keetachit<br>Mr. Teerawat Prakorbpol |
| Department | Applied Physics Faculty of Science |
| Acadamic Year | 2001 |



Abstract

This project presents an introduction of communication closing to common life such as basic electronics and related topics , including applications.This would be presentated by the education media that called " Computer Aided Instruction " or CAI via internet.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ในมุมมองของผู้จัดทำหน้ากิตติกรรมประกาศนี้คือหน้าที่มีความสำคัญมากจนอาจกล่าวได้ว่าเป็นหน้าที่ทำให้โครงงานพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดเวลา 1 ปีในการทำงาน บุคคลหลายท่านได้ช่วยให้โครงงานนี้สามารถผ่านพ้นอุปสรรคต่างๆไปได้และเมื่อถึงช่วงเวลาแห่งความสำเร็จสิ่งแรกที่ต้องทำคือขอขอบพระคุณบุคคลเหล่านี้

| | |
|---|---|
| รศ.ดร.ปรีชา ยุพาพิน | ผู้ซึ่งให้โอกาสและความไว้วางใจมอบหมายโครงงานพิเศษและงานต่าง ๆ ให้รับผิดชอบ รวมทั้งได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ ประสบการณ์และคำปรึกษาในการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้อภัยในความผิดพลาดทั้งหลายที่ได้เกิดขึ้น |
| ผศ.เครือวัลย์ คีตะจิตต์ | ผู้ซึ่งคอยชี้แนะแนวทางการทำงาน ให้คำปรึกษา อบรมสั่งสอนและว่ากล่าวตักเตือน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ได้บ่งบอกถึงความเอาใจใส่ และความห่วงใยอย่างแท้จริง |
| ผศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล | ผู้ซึ่งถ่ายทอดวิชาความรู้และให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ในการดำเนินโครงงานพิเศษนี้ |
| ผศ.วิชาญ เตชิตธีระ | หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ผู้ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ในทุก ๆ ด้าน ทั้งในด้านการให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่าง ๆ |
| อาจารย์เบญจพล ตันฮู้ | ผู้ซึ่งให้คำแนะนำทางด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ |
| อาจารย์ทุกๆท่าน | ผู้ซึ่งอบรมสั่งสอนทั้งด้านวิชาการและโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านจริยธรรมตลอดระยะเวลา 4 ปี ณ สถาบันแห่งนี้ |
| คุณทนงศักดิ์ สีมา | ผู้ซึ่งให้กำลังใจและคำปรึกษาเป็นอย่างดี รวมทั้งให้การสนับสนุนอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงาน |
| คุณชูพงศ์ นพพลกรัง | สำหรับกำลังใจและความช่วยเหลือต่าง ๆ ที่เคยให้ในช่วงเวลาที่ผ่านมา |
| คุณชั่งคุณ ศิริเทียรทอง | ผู้ซึ่งให้กำลังใจและคำปรึกษาที่ดีในช่วงเวลาที่ผ่านมา |
| คุณกฤษดา ชื่นงูเหลือม | ผู้ซึ่งสอนให้รู้จักคำว่าน้ำใจ การให้อภัย ความอดทนและความจริงใจ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อนๆรุ่น 17 สำหรับมิตรภาพและทุกสิ่งที่มีให้กันตลอดเวลา

และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา ผู้ซึ่งมีให้ความรัก กำลังใจ และการอุปการะคุณ รวมทั้งรอคอยความสำเร็จนี้

แม้ว่าหน้ากิตติกรรมประกาศนี้จะไม่ได้ถูกนำเสนอเป็นหน้าแรกแต่จะเป็นสิ่งแรกที่คณะผู้จัดทำได้ระลึกถึง

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ | ข |
| กิติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | จ |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญรูป | ช |
| บทที่1 บทนำ | |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ | 1 |
| 1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับ | 2 |
| บทที่2 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการสื่อสาร | |
| 2.1 การแพร่กระจายของคลื่น | 3 |
| 2.2 สายอากาศ | 5 |
| 2.3 เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง | 9 |
| 2.4 การมอดดูเลต | 11 |
| 2.5 ดีมอดดูเลเตอร์ | 14 |
| 2.6 พาสซีฟ ฟิลเตอร์ | 15 |
| 2.7 วงจรเรโซแนนซ์ | 24 |
| 2.8 โมบายล์คอมมูนิเคชัน | 27 |
| 2.9 การมัลติเพลกซ์ | 32 |
| 2.10 การสื่อสารข้อมูล | 36 |
| บทที่3 ความหมายและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน | |
| 3.1 ความหมายและประโยชน์ของเว็บไซต์ | 56 |
| 3.2 ความหมายของสื่อช่วยการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ | 56 |
| 3.3 องค์ประกอบของสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนผ่านทางอินเตอร์เน็ต | 57 |
| 3.4 ประเภทของสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอน | 58 |
| บทที่4 ขั้นตอนในการดำเนินงานและรายละเอียดของเว็บไซต์ | |
| 4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน | 59 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 4.2 ลักษณะของเว็บไซต์ | 60 |
| 4.3 แผนผังโครงสร้างของเว็บไซต์ | 61 |
| 4.3.1 ตัวอย่างของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน | 63 |
| บทที่5 การทดสอบการใช้งาน | |
| 5.1 ผลการทดสอบการใช้งาน | 69 |
| บทที่6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ | |
| 6.1 บทสรุป | 71 |
| 6.2 ข้อเสนอแนะ | 71 |
| ภาคผนวก | |
| การใช้โปรแกรมสื่อช่วยการเรียนการสอนผ่านทางอินเตอร์เน็ต | 72 |
| เอกสารอ้างอิง | 79 |
| ประวัติผู้จัดทำ | 81 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของสายสัญญาณทั้ง 4 ชนิด 49

ตารางที่2.2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการทำงานของแต่ละชั้นการสื่อสาร ระหว่าง Protocol TCP/IP กับ OSI 55

ตารางที่5.1 แสดงผลที่ค่าความละเอียดต่างๆ 69

ตารางที่5.2 แสดงผลการทดสอบบนบราวเซอร์ต่างๆ 70

ตารางที่5.3 แสดงผลการที่ได้จากการคำนวณเวลาที่ใช้ในดาวน์โหลดจากหน้าเว็บเพจบางส่วน 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| | | หน้า |
|---|---|---|
| รูปที่2.1 | แสดงการแพร่ของคลื่นในอากาศ | 3 |
| รูปที่2.2 | แสดงชั้นย่อยต่างๆของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ | 4 |
| รูปที่2.3 | แสดงกระแสและแรงดันของสายอากาศไดโพล | 7 |
| รูปที่2.4 | แสดงสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าของสายอากาศไดโพล | 7 |
| รูปที่2.5 | แสดงสัญญาณคลื่นเอเอ็ม | 11 |
| รูปที่2.6 | แสดงสัญญาณคลื่นเอฟเอ็ม | 13 |
| รูปที่2.7 | แสดงความสัมพันธ์ของค่ารีแอคแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุกับค่าความถี่ | 16 |
| รูปที่2.8 | แสดงวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ | 16 |
| รูปที่2.9 | กราฟแสดงการทำงานของโลว์พาสฟิลเตอร์ | 17 |
| รูปที่2.10 | แสดงวงจรไฮพาสฟิลเตอร์ | 17 |
| รูปที่2.11 | กราฟแสดงการทำงานของไฮพาสฟิลเตอร์ | 18 |
| รูปที่2.12 | แสดงวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมต่ออนุกรมกับโหลด กลายเป็นฟิลเตอร์แบบแบนด์พาส | 18 |
| รูปที่2.13 | แสดงวงจรเรโซแนนซ์แบบขนานต่อขนานกับโหลด กลายเป็นฟิลเตอร์แบบแบนด์พาส | 18 |
| รูปที่2.14 | แสดงความสัมพันธ์ของช่วงความถี่ยอมให้ผ่านกับสัญญาณเอาท์พุต ของฟิลเตอร์แบบแบนด์พาส | 19 |
| รูปที่2.15 | แสดงวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมต่อขนานกับโหลด กลายเป็นฟิลเตอร์แบบแบนด์รีเจกต์ | 20 |
| รูปที่2.16 | แสดงวงจรเรโซแนนซ์แบบขนานต่ออนุกรมกับโหลด กลายเป็นฟิลเตอร์แบบแบนด์รีเจกต์ | 20 |
| รูปที่2.17 | แสดงเอาท์พุตของฟิลเตอร์แบบแบนด์รีเจกต์ | 20 |
| รูปที่2.18 | แสดงสัญลักษณ์ของคริสตัล | 21 |
| รูปที่2.19 | แสดงวงจรสมมูลของคริสตัล | 21 |
| รูปที่2.20 | แสดงช่วงความกว้างของช่วงความถี่ยอมให้ผ่าน | 22 |
| รูปที่2.21 | แสดงวงจรเครื่องรับโทรทัศน์ | 24 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)


| | | หน้า |
|---|---|---|
| รูปที่2.22 | แสดงค่าอิมพีแดนซ์ของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ | 25 |
| รูปที่2.23 | แสดงโครงสร้างของระบบจีเอสเอ็ม | 27 |
| รูปที่2.24 | แสดงพื้นที่ให้บริการของระบบจีเอสเอ็ม | 29 |
| รูปที่2.25 | แสดงหลักการมัลติเพลกซ์และดีมัลติเพลกซ์ | 32 |
| รูปที่2.26 | แสดงแบนด์วิดท์ภายในช่องสัญญาณ | 33 |
| รูปที่2.27 | แสดงขั้นตอนการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความถี่ | 33 |
| รูปที่2.28 | แสดงขั้นตอนการดีมัลติเพลกซ์ | 34 |
| รูปที่2.29 | แสดงเบสิคกรุ๊ปและซุปเปอร์กรุ๊ป | 35 |
| รูปที่2.30 | แสดงการเชื่อมต่อแบบบัส | 42 |
| รูปที่2.31 | แสดงการเชื่อมต่อแบบวงแหวน | 42 |
| รูปที่2.32 | แสดงลักษณะการเชื่อมต่อของเครือข่ายวงกว้าง | 42 |
| รูปที่2.33 | แสดงการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบบัส | 45 |
| รูปที่2.34 | แสดงการเชื่อมต่อแบบวงแหวน | 46 |
| รูปที่2.35 | แสดงการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบสตาร์ | 46 |
| รูปที่2.36 | แสดงการเชื่อมต่อแบบวงแหวนรูปดาว | 51 |
| รูปที่2.37 | แสดงโครงสร้างของเครือข่าย OSI | 51 |
| รูปที่2.38 | แสดงโครงสร้างของเครือข่าย TCP/IP | 53 |
| รูปที่4.1 | แสดงแผนผังโครงสร้างเว็บไซต์ | 61 |
| รูปที่4.2 | แสดงแผนผังโครงสร้างเว็บไซต์ | 62 |
| รูปที่4.3.1 | แสดงหน้าหลักของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน | 63 |
| รูปที่4.3.2 | แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องสายอากาศไดโพล ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน | 63 |
| รูปที่4.3.3 | แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องการมอดดูเลตสัญญาณเอเอ็ม ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน | 64 |
| รูปที่4.3.4 | แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องฟิลเตอร์ ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน | 64 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)


| | | หน้า |
|---|---|---|
| รูปที่4.3.5 | แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องพื้นที่ให้บริการ GSM ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน | 65 |
| รูปที่4.3.6 | แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องการ Call จากโทรศัพท์มือถือ ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน | 65 |
| รูปที่4.3.7 | แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องการมัลติเพลกซ์ ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน | 66 |
| รูปที่4.3.8 | แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องการเชื่อมต่อแบบ Ring ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน | 67 |
| รูปที่4.3.9 | แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่อง Protocol TCP/IP ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน | 67 |
| รูปที่4.3.10 | แสดงหน้ารายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างสื่อช่วยการเรียน การสอนนี้ (About Us) ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน | 68 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ

เนื่องจากในปัจจุบันระบบโทรคมนาคมสื่อสารได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตจนอาจกล่าวได้ว่ากลายมาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของคนทั่วไปแล้ว เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่,วิทยุโทรทัศน์, อินเตอร์เน็ต (Internet) ดังนั้นความรู้ความเข้าใจในเรื่องของระบบโทรคมนาคมสื่อสารจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะความรู้ความเข้าใจในส่วนที่เป็นพื้นฐานของระบบโทรคมนาคมสื่อสาร ซึ่งเมื่อเรามีความเข้าใจในพื้นฐานของสิ่งเหล่านี้แล้วย่อมทำให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากแนวความคิดเหล่านี้ทำให้เกิดการศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับพื้นฐานของระบบโทรคมนาคมสื่อสาร เพื่อให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้นจึงจะเผยแพร่ความรู้เหล่านี้ออกมาในรูปแบบของเว็บไซต์ (Web Site) และสื่อช่วยการเรียนการสอนซึ่งจะมีการจัดทำให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการเข้าใจและสะดวกต่อการใช้งาน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับหลักการและความรู้ของระบบโทรคมนาคมสื่อสารทั้งหลักการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนถึงการนำมาประยุกต์ใช้ในการสื่อสารทั้งในรูปแบบเก่าและรูปแบบใหม่

1.2.2 เพื่อนำเสนอหลักการและความรู้เกี่ยวกับระบบโทรคมนาคมสื่อสารให้แก่ผู้ที่สนใจในรูปของสื่อช่วยการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Macromedia Flash 5 , Macromedia Dreamweaver 4 , Macromedia Firework 4 และAdobe Photoshop 6 ในการสร้างโดยจะนำเสนอผ่านทางเว็บไซต์ในโครงข่ายอินเตอร์เน็ต

1.2.3 เพื่อให้สามารถนำความรู้ความเข้าใจในหลักการของระบบโทรคมนาคมสื่อสารนี้ ไปประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีใหม่ๆทางด้านการสื่อสารที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

## 1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.3.1 ทำให้ทราบถึงหลักการที่ใช้ในระบบโทรคมนาคมสื่อสารในรูปแบบต่างๆทั้งในอดีตและปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 ทำให้มีความรู้และความเข้าใจในหลักการที่ใช้ในระบบโทรคมนาคมสื่อสารและสามารถเผยแพร่ออกมาในรูปของสื่อช่วยการเรียนการสอนได้

1.3.3 สามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างสื่อช่วยการเรียนการสอนที่สามารถใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการสื่อสาร

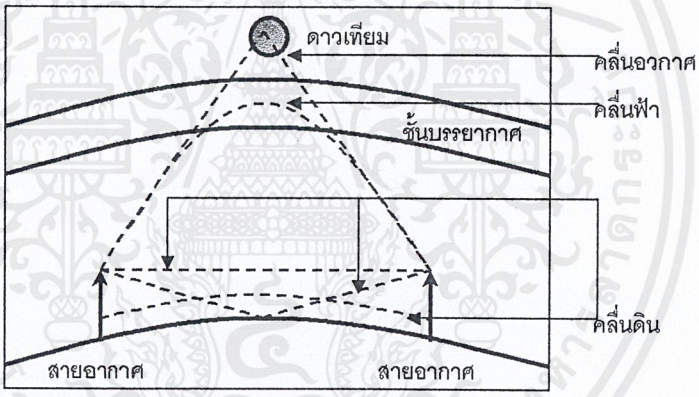
## 2.1 การแพร่กระจายของคลื่น (Wave Propagation)

การที่สัญญาณหรือคลื่นจะแพร่กระจายออกจากสายอากาศนั้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ เช่น มุมของสัญญาณที่ถูกส่งออกไป , ความถี่ , เสียงรบกวนต่างๆและการสะท้อนของคลื่นตามชั้นบรรยากาศซึ่งชั้นบรรยากาศจะมีส่วนสำคัญมากในการกระจายของคลื่น โดยคลื่นสามารถแพร่กระจายและเดินทางได้ 3 รูปแบบดังนี้

1.คลื่นดิน (Ground Wave)

2.คลื่นฟ้า (Sky Wave)

3.คลื่นดาวเทียม (Satellite Wave)




**รูปที่ 2.1 แสดงการแพร่ของคลื่นในอากาศ**

2.1.1 คลื่นดิน (Ground Wave)

คลื่นดินเป็นคลื่นวิทยุที่เดินทางไปบนผิวโลก สามารถใช้คลื่นดินติดต่อสื่อสารได้ในย่านความถี่ต่ำ (LF) และความถี่กลาง (MF) คลื่นดินที่มีความยาวคลื่นยาวกว่าจะเดินทางได้ไกลกว่า และในคลื่นดินที่มีความถี่สูงกว่าจะเดินทางได้ไม่ไกลเนื่องจากถูกลดทอนจากสิ่งกีดขวาง เมื่อความถี่สูงขึ้น ความยาวคลื่นจะสั้นลง สิ่งกีดขวางที่มีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นจึงมีผลต่อการแพร่ของคลื่นอาจแยกคลื่นดินออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้

1.คลื่นผิว (Surface Wave) คือ คลื่นที่เดินทางไปตามผิวโลกซึ่งอาจเป็นดินหรือน้ำก็ได้

2.คลื่นตรง (Direct Wave) คือ คลื่นที่เดินทางออกไปเป็นเส้นตรงโดยไม่มีการสะท้อน

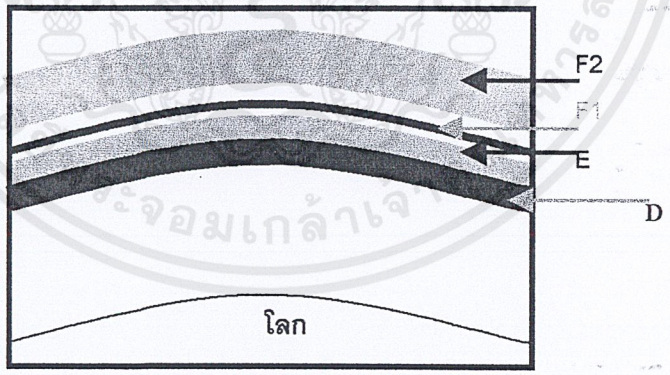
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.คลื่นสะท้อนดิน (Ground Reflected Wave) คือคลื่นที่เดินทางจากสายอากาศโดยเกิดการสะท้อนกับผิวโลกก่อนจะเดินทางไปถึงตัวรับ

2.1.2 คลื่นฟ้า (Sky Wave)

เหนือผิวโลกขึ้นไปประมาณ 50-400 กิโลเมตร การแผ่รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) ของดวงอาทิตย์ทำให้อนุภาคของก๊าซในชั้นบรรยากาศแตกตัวเป็นอิออน (Ion) เกิดประจุบวกและประจุลบรวมทั้งอิเล็กตรอนอิสระขึ้น ซึ่งเรียกชั้นบรรยากาศนี้ว่าชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เดินทางเข้ามาในชั้นบรรยากาศนี้จะหักเหเนื่องจากสนามไฟฟ้า การหักเหจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความถี่ของคลื่น , มุมที่คลื่นเดินทางและปริมาณความหนาแน่นของอิออน ถ้าคลื่นที่ยิงขึ้นไปมีความถี่และมุมที่เหมาะสมก็จะหักเหกลับมายังพื้นโลก หรือคลื่นฟ้าก็คือคลื่นอวกาศที่เดินทางขึ้นไปหักเหกับชั้นบรรยากาศ ซึ่งมักใช้คลื่นฟ้าในการติดต่อสื่อสารย่านความถี่สูง (HF) และความถี่กลาง (MF)

ชั้นไอโอโนสเฟียร์สามารถแบ่งเป็นชั้นๆ ได้ตามปริมาณการแตกตัวของอิออนที่ความสูงต่างๆกัน ซึ่งการแตกตัวของอิออน จะขึ้นอยู่กับหลายๆองค์ประกอบด้วยกัน เช่น ช่วงเวลาเช้า , กลางวัน , เย็น , กลางคืนและฤดูกาล ซึ่งดวงอาทิตย์จะมีผลอย่างยิ่ง อีกทั้งชั้นย่อยต่างๆของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ก็มีผลต่อการแพร่ของคลื่น ซึ่งชั้นย่อยต่างๆของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ มีดังนี้




**รูปที่ 2.2 แสดงชั้นย่อยต่าง ๆของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์**

ชั้น D อยู่ในช่วงความสูงประมาณ 50-90 กิโลเมตร จะเกิดขึ้นเฉพาะเวลากลางวัน เนื่องจากอยู่ไกลจากดวงอาทิตย์ปริมาณอิออนจึงมีน้อย ทำให้เกิดการหักเหของคลื่นน้อย และจะมีการดูดกลืนคลื่นที่ลดน้อยลง คลื่นในย่าน MF จะถูกดูดกลืนจนหมด คลื่นจึงสามารถเดินทางแบบคลื่นฟ้าได้เฉพาะในเวลากลางคืนเนื่องจากชั้นนี้จะหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น E อยู่ในช่วงความสูงประมาณ 90-130 กิโลเมตร จะมีปริมาณอิออนหนาแน่นที่สุดในเวลากลางวันและมีน้อยมากในเวลากลางคืน

ชั้น F อยู่ในช่วงความสูงประมาณ 180-400 กิโลเมตร จะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด เนื่องจากอยู่สูงที่สุดหรือใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด สามารถแบ่งเป็นชั้นย่อยๆได้อีกสองชั้นคือ

ชั้น F1 อยู่ในช่วงความสูงประมาณ 130-250 กิโลเมตร

ชั้น F2 อยู่ในช่วงความสูงประมาณ 140-300 กิโลเมตรในฤดูหนาว และสูง 250-350 กิโลเมตรในฤดูร้อน

2.1.3 คลื่นดาวเทียม (Satellite Wave)

คลื่นจะเดินทางจากเครื่องส่งในอวกาศ ผ่านชั้นบรรยากาศมายังเครื่องรับบนโลก ซึ่งคลื่นจะเดินทางได้ระยะไกลมาก

**2.2 สายอากาศ**

สายอากาศถือเป็นส่วนหนึ่งในการรับส่งคลื่นวิทยุหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นสายอากาศก็คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นคลื่นวิทยุทางด้านเครื่องส่ง หรือเปลี่ยนคลื่นวิทยุเป็นสัญญาณไฟฟ้าทางด้านเครื่องรับนั่นเอง

คุณสมบัติของสายอากาศนั้น พิจารณาจาก

1.รูปแบบการกระจายของคลื่น (Pattern)

2.การขยายสัญญาณ (Gain)

3.การกำหนดทิศทาง (Directivity)

4.ประสิทธิภาพการแผ่ของคลื่น (Radiation Efficiency)

5.อิมพีแดนซ์ (Impedance)

6.กระแส (Current)

7.การเกิดขั้ว (Polarization)

2.2.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการโพลาไรเซชัน

ในคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นจะมีสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำในลักษณะตั้งฉากกัน และระนาบของคลื่นที่อ้างอิงกับผิวโลกจะเรียกว่า โพลาไรเซชันซึ่งจะอ้างอิงถึงระนาบของสายอากาศด้วย

การไหลของกระแสเข้าไปในสายอากาศจะเหนี่ยวนำทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ลักษณะของการกระจายคลื่นของสายอากาศเป็นสิ่งสำคัญในการเลือกใช้สายอากาศ ถ้าสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศมีการกระจายคลื่นที่ดีแล้ว ที่สายอากาศจะเกิดสนามไฟฟ้ามากที่สุดและจะลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น

2.2.2 รูปแบบการกระจายคลื่นของสายอากาศ

ทิศทางที่สายอากาศจะแผ่กระจายคลื่นออกไปนั้นอาจพุ่งขึ้นสู่ท้องฟ้าหรือพุ่งไปในทิศทางต่างๆทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบสายอากาศให้มีรูปแบบการแผ่ความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในทิศทางต่างๆ โดยปกติแล้วการกระจายของคลื่นจะมีลักษณะเป็น 3 มิติแต่การแสดงเป็น 3 มิตินั้นทำได้ลำบากจึงนิยมแสดงในรูป 2 มิติคือในระนาบแนวนอน และในระนาบแนวตั้ง

การกระจายของคลื่นรูปแบบนี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่าแบบ Omni-Direction คือมีคลื่นออกทุกทิศทางเท่าๆกันในแนวระนาบหนึ่ง (ระนาบที่ตั้งฉากกับสายอากาศ) และมีทิศทางที่พุ่งแยกออกไปสองข้างในอีกระนาบหนึ่ง (ระนาบที่ตัดตามความยาวของสายอากาศ)

กรณีที่ความเข้มของพลังงานที่กระจายออกไปจากสายอากาศในแต่ละทิศทางนั้นมีค่าต่างกันแล้วก็ย่อมมีทิศทางที่พลังงานสามารถพุ่งกระจายออกไปได้มากที่สุด ทิศทางที่พลังงานสามารถกระจายออกไปจากสายอากาศได้มากที่สุดนี้โดยปกติจะถือว่าคือทิศทางของสายอากาศนั้น ค่าที่ช่วยบอกให้เรารู้ว่าสายอากาศนั้นมีสมรรถภาพในการกระจายคลื่นออกไปในทิศทางที่ได้กำหนดไว้ได้มากหรือน้อยคือค่าการขยายสัญญาณโดยตรง และการกำหนดทิศทางของสายอากาศ ค่าการขยายสัญญาณโดยตรงของสายอากาศนั้นคือ อัตราส่วนของความเข้มของสนามไฟฟ้าจากสายอากาศในทิศทางที่กำหนดต่อความเข้มของสนามไฟฟ้าจากสายอากาศมาตราฐาน เมื่อกำลังคลื่นทั้งหมดที่กระจายออกจากสายอากาศทั้งสองมีค่าเท่ากัน สายอากาศมาตราฐานซึ่งก็คือสายอากาศที่สามารถกระจายคลื่นออกจากตัวมันไปได้เท่ากันหมดในทุกทิศทางรอบตัวมันเอง และถือว่ามีการกำหนดทิศทางในทุกทิศทางเท่ากับ 1

2.2.3 กำลังขยายของสายอากาศ

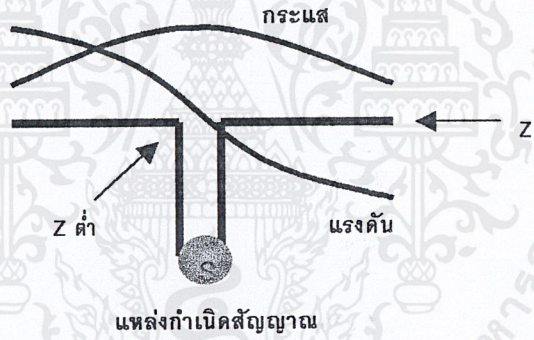
กำลังขยายของสายอากาศเป็นตัวแปรที่ใช้แสดงให้เรารู้ว่าสายอากาศนั้นมีความสามารถที่จะบีบรวมเอาพลังงานของคลื่นที่กระจายออกมาจากสายอากาศนั้นให้พุ่งออกไปในทิศทางที่เราต้องการได้มากน้อยเพียงใด

กำลังขยายของสายอากาศ คำนวณได้จากอัตราส่วนของค่ากำลังสัญญาณที่ป้อนให้กับสายอากาศมาตราฐานต่อค่ากำลังสัญญาณที่ป้อนให้กับสายอากาศที่เราต้องการจะรู้ค่ากำลังขยาย เพื่อที่จะทำให้เกิดความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ณ ตำแหน่งที่เราต้องการจะรู้ค่ากำลังขยายนั้นได้เท่ากับความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศมาตราฐาน

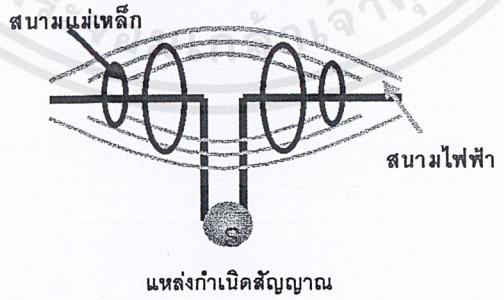
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 สายอากาศไดโพล (Dipole Antenna)

ถ้าเรามีสายส่งสัญญาณที่มีปลายข้างหนึ่งต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดสัญญาณ และมีปลายอีกข้างหนึ่งเปิดอยู่ ที่ปลายด้านที่เปิดอยู่ย่อมมีค่าอิมพีแดนซ์ที่สูง จะพบว่าถ้าทำการหาอิมพีแดนซ์ตามตำแหน่งต่างๆบนสายส่ง โดยเริ่มจากปลายเปิดย้อนลงไปตามสายนั้นจะพบว่าค่าอิมพีแดนซ์จะลดลง และจะมีค่าต่ำสุด ณ ตำแหน่งที่ห่างจากปลายเปิด ¼ ของความยาวคลื่นและเมื่อทำการแผ่สายทั้งสองออกจากกัน จะเห็นว่ามีกระแสไหลเข้าสู่ตรงจุดนี้ได้มากที่สุด เนื่องมาจากค่าอิมพีแดนซ์ที่ต่ำสุด ซึ่งก็คือจะมีพลังงานไหลเข้าในส่วนนี้มากที่สุด และในทางกลับกันเนื่องจากไม่มีกระแสไหลออกไปจากปลายเปิดของสายส่งได้ ดังนั้นจึงทำให้แรงดันที่เกิดขึ้นที่ปลายเปิดมีค่าสูงสุด ความแรงของกระแสและแรงดันตามจุดต่างๆบนสายส่งที่ได้ทำการแผ่ออกไปแล้ว จะพบว่าการแผ่สายสัญญาณออกในตำแหน่งนี้มีการกระจายของแรงดันได้มากที่สุด จะเกิดการกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาจากสายส่งสัญญาณส่วนนี้ได้มากที่สุด ดังนั้นสายส่งสัญญาณส่วนนี้จะกลายเป็นสายอากาศขึ้นมา




**รูปที่ 2.3 แสดงกระแสและแรงดันของสายอากาศไดโพล**




**รูปที่ 2.4 แสดงสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าของสายอากาศไดโพล**

2.2.5 สายอากาศชนิดต่างๆ

สายอากาศนั้นมีอยู่หลายประเภท ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภทหลักๆดังนี้

1.สายอากาศแบบแนวนอน

สายอากาศในเครื่องรับโทรทัศน์แทบทั้งหมดจะเป็นแบบแนวนอน ½ ความยาวคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์อย่างง่ายจะเป็นสายไดโพลแบบ ½ ความยาวคลื่น

2.สายอากาศเชิงแนวดิ่ง

สายอากาศเชิงแนวดิ่งที่รู้จักกันมากที่สุดคือสายอากาศแบบมาโคนี (Maconi Antenna) หรือสายอากาศแนวดิ่งแบบ ¼ ของความยาวคลื่นที่ต่อกราวด์ (Grounded Quarter-Wave Vertical Antenna) รูปแบบการกระจายคลื่นจะคล้ายกับ ½ ของรูปโดนัท โดยการปักสายอากาศไว้ตรงกลางรูของโดนัทรูปแบบการกระจายคลื่นในระนาบจึงเป็นรูปวงกลม สายอากาศแบบนี้นิยมใช้ในการสื่อสารขนาดเล็กเคลื่อนที่ได้

3.สายอากาศแบบอะเรย์ (Array Antenna)

คือสายอากาศแบบมัลติอิลิเมนท์ (Multi-Element Antenna) กล่าวคือประกอบด้วยสายอากาศย่อยๆนำมาทำงานร่วมกัน

4.สายอากาศแบบคอลลิเนียร์ อะเรย์ (Collinear Array Antenna)

เป็นสายอากาศที่มีทิศการกระจายคลื่นได้สูงสุดในแนวตั้งฉากกับแนวเส้นตรงที่ต่อกับสายอากาศเหล่านั้น

5.สายอากาศแบบพิเศษต่างๆ

5.1 สายอากาศที่ใช้ในช่วงความถี่ต่ำมาก (VLF Antenna)

สายอากาศที่ใช้ในย่าน LF จนถึงย่าน VLF จัดเป็นสายที่มีโครงสร้างยุ่งยากเพราะสัญญาณที่เกี่ยวข้องมีความยาวคลื่นที่ยาวมากซึ่งมีข้อดีคือสามารถเดินทางไปตามแนวโค้งของพื้นโลกและถูกดูดกลืนได้น้อยกว่าคลื่นที่มีความถี่สูง

5.2 สายอากาศแบบลองไวร์ (Long-Wire Antenna)

5.3 สายอากาศแบบวี (Vee Antenna)

เมื่อนำไปใช้กับโทรทัศน์ ขาทั้งสองจะมีความยาวน้อย รูปแบบการกระจายคลื่นจะทำให้เกิดการรวมวงรอบการรับคลื่นสองทิศทาง ซึ่งนอกเหนือวงรอบหลัก 2 วงแล้วยังมีวงรอบเล็กๆอีกจำนวนหนึ่ง ทำให้รับคลื่นได้หลายทิศทาง สายแบบนี้จะมีแบนด์วิดท์ (Bandwidth) กว้างจึงใช้ได้ดีทั้งในย่านความถี่สูงมาก (VHF) และความถี่สูงมากเป็นพิเศษ (UHF)

5.4 สายอากาศแบบรอมบิก (Rhombic Antenna)

จัดเป็นสายอากาศแบบเฉพาะทิศทางที่มีอัตราการขยายสูงและมีแบนด์วิดท์กว้าง ถ้ามีความยาวมากขึ้นอัตราขยายจะสูงและการรับทิศทางจะแคบลง ดังนั้นสายแบบนี้จะมีอัตราการขยายสูงขึ้นเมื่อความถี่สูงขึ้น

5.5 สายอากาศแบบพาราซิติก (Parasitic Antenna)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 สายอากาศแบบยากิ (Yaki Antenna)

เป็นสายอากาศที่มี Dipole Antenna เป็นสายหลักเพียงต้นเดียวและมีสายเสริมขึ้นไป 2 อันคือ รีเฟลกเตอร์และไดเรกเตอร์ (Refrector & Director) จะรวมกันเป็นสายอากาศแบบยากิ ซึ่งได้ชื่อมาจากนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นที่คิดค้นสายอากาศแบบนี้เป็นคนแรก

5.7 สายอากาศแบบวงก้นหอย (Helical Antenna)

**2.3 เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง** (Radio Transmitter)

2.3.1 บทนำ

เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงมีหน้าที่นำส่งข้อมูลและแปลงข้อมูลเหล่านี้ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าให้เหมาะสมกับตัวกลาง องค์ประกอบหลักๆของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง คือตัวกำเนิดคลื่นพาหะ , มอดดูเลเตอร์ (Modulator) , และตัวขยายสัญญาณ (Amplifier)

เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง มีหน้าที่หลักๆ 3 ประการคือ

1.จะต้องกำเนิดสัญญาณที่มีความถี่ที่เหมาะสมกับช่วงแบนด์วิดท์ที่กำหนด

2.จะต้องทำให้เกิดการมอดดูเลต (Modulation) ซึ่งทำให้สัญญาณข้อมูลเกิดการรวมกับสัญญาณพาหะ

3.จะต้องให้ค่ากำลังขยายที่มีค่าเพียงพอในการส่งสัญญาณในระยะทางไกลๆได้

2.3.2 ตัวอย่างของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง

สามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆได้ 3 ประเภทดังนี้

1.เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงเอเอ็ม (AM Transmitter)

2.เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงเอฟเอ็ม (FM Transmitter)

3.เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงแบบไซด์แบนด์เดี่ยว (SSB Transmitter)

2.3.2.1 เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงเอเอ็ม (AM Transmitter)

เริ่มจากสัญญาณเสียงผ่านไมโครโฟนถูกส่งต่อไปขยายกับส่วนขยายออดิโอ (Audio Amplifier) กำลังต่ำจากนั้นสัญญาณที่ถูกขยายแล้วก็จะถูกส่งต่อไปยังวงจรสปีชโพรเซสซิง (Speech-Processing) วงจรนี้เป็นฟิลเตอร์ที่ยอมให้เฉพาะความถี่ค่าหนึ่งผ่านเท่านั้นเพื่อทำให้ลดแบนด์วิดท์ลงซึ่งความถี่ที่ยอมให้ผ่านนี้จะอยู่ในช่วงความถี่เสียงคือ 300-3,000 เฮิรตซ์ (Hz) นอกจากนี้วงจร Speech-Processing ยังประกอบด้วยวงจรที่จำกัดให้แอมพลิจูด (Amplitude) มีค่าที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการมอดดูเลตเกิน (Over-Modulation) หลังจากส่วนวงจร Speech-Processing สัญญาณจะไปยังส่วนขยายไดรเวอร์ (Driver Amplifier) ซึ่งจะเพิ่มกำลังของสัญญาณเพื่อนำไปขับส่วนขยายมอดดูเลต (Modulation Amplifier) กำลังสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกส่วนหนึ่งของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงเอเอ็มคือส่วนคลื่นความถี่วิทยุ (RF) เริ่มจากออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) ซึ่งจะใช้คริสตัลออสซิลเลเตอร์ (Crystal Oscillator) กำเนิดความถี่พาหะเพราะมีความถูกต้องในการกำเนิดความถี่ที่ต้องการใช้ จากนั้นความถี่พาหะนี้จะถูกป้อนให้กับส่วนขยายบัฟเฟอร์ (Buffer Amplifier) ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงโหลด (Load) เนื่องจากความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่เปลี่ยนไป จากนั้นสัญญาณจะถูกป้อนให้กับตัวขับ ซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนขยาย โดยจะให้สัญญาณกำลังระดับกลาง (IF) เพื่อเป็นกำลังขับให้กับส่วนขยายสุดท้าย ส่วนขยายสุดท้ายจะให้สัญญาณที่มีกำลังสูง ซึ่งสถานีกระจายเสียงเอเอ็มจะใช้กำลังสัญญาณ 250 , 500 , 1,000 , 5,000 ถึง 50,000 วัตต์ (Watt)

2.3.2.2 เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงเอฟเอ็ม (FM Transmitter)

วิธีการของเครื่องส่งเอฟเอ็มในส่วนคลื่นความถี่วิทยุคือ หลังจากคริสตัลออสซิลเลเตอร์ (กำเนิดความถี่พาหะ ผ่านการขยายโดยส่วนขยายบัฟเฟอร์ แล้วสัญญาณจะถูกป้อนให้กับตัวเฟสมอดดูเลเตอร์ (Phase Modulator) ซึ่งจะได้สัญญาณเอฟเอ็มออกมา

เนื่องจากเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงเอฟเอ็มจะใช้กับย่าน VHF และย่าน UHF แต่คริสตัลออสซิลเลเตอร์ไม่สามารถกำเนิดความถี่นี้ได้โดยตรงจึงต้องมีตัวคูณความถี่ (Frequency Multiplier) ซึ่งความถี่ที่ได้ออกมาจะเป็นจำนวนเท่าของความถี่ที่ป้อนเข้าไป โดยจะเป็น 2 , 3 , 4 และ 5 เท่า นอกจากนี้ Frequency Multiplier นี้ยังช่วยเพิ่มความถี่ของสัญญาณที่ออกจากเฟสมอดดูเลเตอร์ด้วยเนื่องจากสัญญาณที่ออกจากมอดดูเลเตอร์ยังคงเป็นสัญญาณความถี่ต่ำกว่าความถี่สุดท้ายที่ต้องการ หลังจากผ่าน Frequency Multiplier แล้วสัญญาณจะถูกป้อนไปยังตัวขับที่ทำหน้าที่เป็นส่วนขยายเพื่อเพิ่มกำลังไปขับส่วนขยายสุดท้ายซึ่งจะได้สัญญาณสุดท้ายที่มีความถี่ที่เพียงพอที่จะส่งไปยังเครื่องรับปลายทาง

2.3.2.3 เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงแบบไซด์แบนด์เดี่ยว (SSB Transmitter)

หลังจากคริสตัลออสซิลเลเตอร์กำเนิดความถี่พาหะ (Carrier) จะผ่านการขยายโดยส่วนขยายบัฟเฟอร์ จากนั้นสัญญาณจะถูกป้อนให้กับบาลานซ์มอดดูเลเตอร์ (Balance Modulator) ในขณะเดียวกันสัญญาณจากวงจรขยายเสียงและวงจร Speech-Processing ก็ป้อนให้กับบาลานซ์มอดดูเลเตอร์ ซึ่งสัญญาณที่ออกมาจะป้อนให้กับตัวไซด์แบนด์ฟิลเตอร์ (Sideband Filter) เพื่อเลือกสัญญาณไซด์แบนด์ด้านบน (USB) หรือไซด์แบนด์ด้านล่าง (LSB)

สัญญาณไซด์แบนด์ที่ถูกเลือกแล้วจะป้อนให้กับตัวมิกเซอร์ (Mixer) ซึ่งจะทำการแปลงสัญญาณให้มีความถี่สุดท้ายที่ต้องการ โดยปกติแล้วสัญญาณไซด์แบนด์จะเป็นสัญญาณในย่าน LF เมื่อสัญญาณนี้เข้าสู่ตัวมิกเซอร์และไปรวมกับความถี่จากโลคอลออสซิลเลเตอร์ (LO) แล้วจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่มีความถี่ที่ต้องการ แล้วผ่านวงจรจูน (Tuner Circuit) เพื่อเลือกความถี่ผลรวมหรือความถี่ผลต่าง หลังจากนั้นสัญญาณก็ถูกป้อนให้กับตัวขับเพื่อเป็นกำลังขับให้กับส่วนขยายสุดท้าย ซึ่งจะได้กำลังเพียงพอที่จะส่งไปยังปลายทางได้

## 2.4 **การมอดดูเลต** (Modulation)

การมอดดูเลตคือการฝากสัญญาณข้อมูลไปกับคลื่นพาหะ ซึ่งคลื่นพาหะนี้จะเป็นตัวช่วยนำสัญญาณข้อมูลนั้น ผ่านสายอากาศของเครื่องส่งออกอากาศไปยังสายอากาศของเครื่องรับ การมอดดูเลตที่นิยมใช้ในระบบวิทยุและโทรทัศน์ทั่วไปนั้นมีอยู่ 2 รูปแบบด้วยกันดังนี้

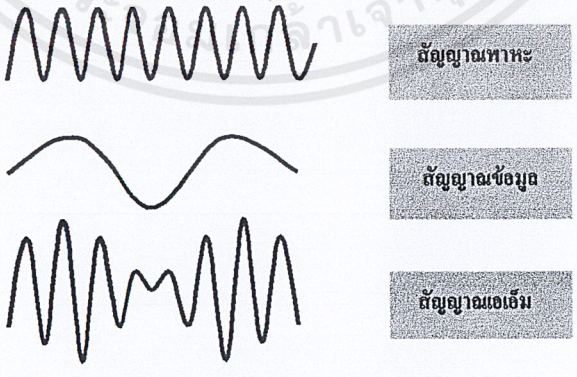
1.การมอดดูเลตเชิงขนาด (Amplitude Modulation : AM)

2.การมอดดูเลตเชิงความถี่ (Frequency Modulation : FM)

### 2.4.1 การมอดดูเลตเชิงขนาด (AM)

#### 2.4.1.1 ลักษณะของคลื่นเอเอ็ม

การมอดดูเลตเชิงขนาดนั้นเป็นการฝากข้อมูลไปกับขนาด (Amplitude) ของคลื่นพาหะทำให้แอมพลิจูดของคลื่นพาหะเปลี่ยนแปลงไปตามความแรงของสัญญาณ โดยยังคงรักษาความถี่ของคลื่นพาหะนั้นให้มีค่าคงที่อยู่ตลอดเวลาแสดงถึงการนำสัญญาณข้อมูลรูปไซน์หรือสัญญาณข้อมูลไปผสมกับความถี่พาหะที่มอดดูเลเตอร์ แล้วได้สัญญาณเอเอ็มออกมา ซึ่งแอมพลิจูดของคลื่นพาหะจะเปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณข้อมูลคือ เมื่อแอมพลิจูดของสัญญาณข้อมูลเพิ่มขึ้น แอมพลิจูดของสัญญาณเอเอ็มก็จะเพิ่มตาม และถ้าแอมพลิจูดของสัญญาณข้อมูลลดลงแล้วแอมพลิจูดของสัญญาณเอเอ็มก็จะลดลงตามไปด้วย




**รูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณเอเอ็ม**

#### 2.4.1.2 เปอร์เซ็นต์การมอดดูเลต (Percent Modulation)

แอมพลิจูดของคลื่นพาหะเมื่อถูกมอดดูเลตออกมาจะมีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยอย่างไรขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของสัญญาณข้อมูลเพื่อให้ได้สัญญาณมอดดูเลตที่มีความเหมาะสมจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรที่เรียกว่า แฟกเตอร์การมอดดูเลต (Modulation Factor) หรือเปอร์เซ็นต์การมอดดูเลต (Percent Modulation) หรือระดับการมอดดูเลต (Degree of Modulation) ซึ่งก็คืออัตราส่วนระหว่างแอมพลิจูดของสัญญาณที่เข้าผสมต่อแอมพลิจูดของคลื่นพาหะหรือ

$$\%M = \left( \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max} + E_{min}} \right) \times 100$$

ปกติแล้วจะต้องการให้เปอร์เซ็นต์การมอดดูเลตมีค่าสูงสุด เพื่อสัญญาณที่ได้รับที่เครื่องรับจะมีกำลังแรงอย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์การมอดดูเลตต้องไม่สูงเกินไป (ไม่เกิน 100 %) เพราะจะทำให้สัญญาณเสียงที่รับได้ที่เครื่องรับเกิดความเพี้ยน การมอดดูเลตที่มากเกินไปเรียกว่าการมอดดูเลตเกิน (Over-Modulation)

2.4.1.3 ไซด์แบนด์เอเอ็ม (AM Sideband)

คลื่นที่ได้รับการมอดดูเลตทางแอมพลิจูดแล้ว จะประกอบด้วยคลื่นพาหะและพบว่ามีไซด์แบนด์ ถ้านำมาวิเคราะห์เชิงความถี่ดูจะพบว่ามีไซด์แบนด์ก็คือความถี่ข้างเคียงความถี่พาหะของสัญญาณเอเอ็ม ไซด์แบนด์ที่เกิดขึ้นจะเกิดเป็นไซด์แบนด์คู่ประกอบด้วย USB ซึ่งมีความถี่เท่ากับความถี่ของคลื่นพาหะรวมกับความถี่ของข้อมูลและ LSB จะมีความถี่ของสัญญาณเท่ากับผลต่างของความถี่ของคลื่นพาหะกับความถี่ของข้อมูล

2.4.1.4 แบนด์วิดท์ของสัญญาณเอเอ็ม (AM Bandwidth)

จากที่ผ่านมาจะพบว่าสัญญาณเอเอ็มประกอบด้วยความถี่หลายๆความถี่ หรือเป็นแถบของความถี่ซึ่งข้อมูลจะไม่ได้อยู่ในคลื่นพาหะแต่จะอยู่ในไซด์แบนด์ทั้งสองข้าง ถ้าเราส่งคลื่นพาหะเพียงอย่างเดียวก็จะไม่มีข้อมูลส่งไปด้วย ดังนั้นในระบบเอเอ็มทั้งคลื่นพาหะและไซด์แบนด์จะถูกส่งไปให้เครื่องรับด้วย

แบนด์วิดท์ของเอเอ็มจะเริ่มจาก LSB ไปยัง USB หรือแถบความถี่ของสัญญาณเอเอ็มจะมีค่าเท่ากับสองเท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณการมอดดูเลต

2.4.1.5 รูปแบบการส่งคลื่นเอเอ็ม

การส่งคลื่นในรูปแบบของเอเอ็มจะมีอยู่หลายรูปแบบด้วยกันโดยขึ้นอยู่กับตัวแปร เช่น การนำไปใช้งาน , คุณสมบัติของอุปกรณ์ , แบนด์วิดท์ของคลื่นและอีกหลายๆองค์ประกอบจึงมีวิธีการส่ง 4 แบบที่ต่างกันดังนี้

1.ไซด์แบนด์คู่ (Double Sideband : DSB)

การส่งในวิธีนี้คลื่นเอเอ็มจะประกอบด้วยคลื่นพาหะและไซด์แบนด์ทั้งสองด้านซึ่งจะใช้ในการส่งวิทยุกระจายเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ไซด์แบนด์คู่โดยไม่มีคลื่นพาหะ (Double Sideband Suppressed Carrier)

ในการส่งวิธีการนี้ความถี่ในส่วนของคลื่นพาหะจะถูกตัดออกไป ทำให้เหลือแต่ความถี่ในช่วงไซด์แบนด์เท่านั้นเพราะสัญญาณข้อมูลจะอยู่ในไซด์แบนด์ทั้งหมด การส่งแบบนี้จะใช้งานในการส่งวิทยุกระจายเสียงระบบสเตอริโอมัลติเพลกซ์

3.เวสทิกัลไซด์แบนด์ (Vestigial Sideband : VSB)

จะใช้ในการส่งสัญญาณโทรทัศน์เนื่องจากมีย่านความถี่กว้างมากกว่า 5 MHz ซึ่งถ้าใช้การส่งแบบ DSB ทำให้ต้องใช้แบนด์วิดท์มากกว่า 10 MHz ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองย่านความถี่ ดังนั้นจึงตัด LSB ออกไปบางส่วนเพื่อลดย่านความถี่ที่ใช้ซึ่งจะต้องไม่มีผลต่อสัญญาณข้อมูลหรือไม่ให้เกิดการเพี้ยนของสัญญาณ

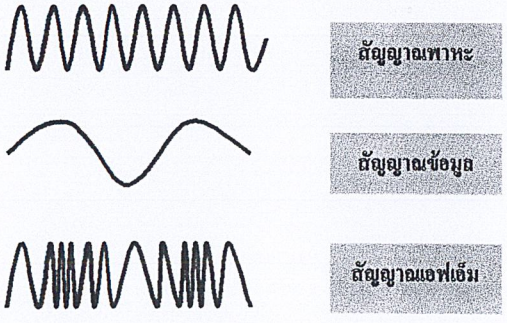
4.ไซด์แบนด์เดี่ยว (Single Sideband : SSB)

วิธีการนี้ไซด์แบนด์ด้านใดด้านหนึ่งกับคลื่นพาหะจะถูกตัดทิ้ง จึงเหลือไซด์แบนด์ด้านเดียว ไซด์แบนด์ด้านที่ไม่รวมกับความถี่ของคลื่นพาหะเท่านั้นที่ถูกส่งออกไป ทำให้แบนด์วิดท์ที่ใช้แคบกว่าวิธีการส่งแบบอื่น ซึ่งเป็นการประหยัดย่านความถี่ แต่จะมีข้อเสียคือคุณภาพของสัญญาณการมอดดูเลตที่ได้รับจะมีคุณภาพต่ำและมีความเพี้ยนของข้อมูลมากที่สุด จึงมักนิยมใช้กันในกิจการสื่อสารทั่วไปที่ไม่ต้องการความละเอียดของสัญญาณมากนัก

2.4.2 การมอดดูเลตเชิงความถี่ (FM)

2.4.2.1 ลักษณะของคลื่นเอฟเอ็ม

การมอดดูเลชันเชิงความถี่เป็นการมอดดูเลตวิธีการหนึ่ง ซึ่งความถี่ของคลื่นพาหะจะเปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณข้อมูลและแอมพลิจูดของคลื่นพาหะจะคงที่ ดังนั้นถ้าแอมพลิจูดของสัญญาณข้อมูลเป็นศูนย์แล้ว ความถี่ของคลื่นพาหะจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงและความถี่ของคลื่นพาหะจะมีค่าสูงสุดเมื่อแอมพลิจูดของสัญญาณข้อมูลมีค่าสูงสุด เช่นเดียวกันความถี่ของคลื่นพาหะจะมีค่าต่ำสุดเมื่อแอมพลิจูดของสัญญาณข้อมูลมีค่าต่ำสุดด้วย




**รูปที่ 2.6 แสดงสัญญาณคลื่นเอฟเอ็ม**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในคลื่นเอฟเอ็มความถี่ของคลื่นพาหะที่เปลี่ยนแปลงไปจากความถี่เดิม เรียกว่าความถี่เบี่ยงเบน (Frequency Deviation) ถ้าแอมพลิจูดของสัญญาณข้อมูลเปลี่ยนแปลงจะทำให้ค่าความถี่เบี่ยงเบนนี้เปลี่ยนแปลงไปด้วย

การเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณข้อมูล เป็นตัวกำหนดอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ของคลื่นพาหะ ถ้าความถี่ของสัญญาณข้อมูลมากอัตราการเปลี่ยนแปลงความถี่ของคลื่นพาหะก็จะมากไปด้วย

2.4.2.2 ดัชนีการมอดดูเลต

ในระบบเอฟเอ็มค่าดัชนีการมอดดูเลตเป็นค่าที่บ่งบอกถึงจำนวนของไซด์แบนด์ เราสามารถหาค่านี้ได้จากอัตราส่วนระหว่างช่วงความถี่เบี่ยงเบนกับความถี่ของสัญญาณข้อมูล และค่าดัชนีการมอดดูเลตในระบบเอฟเอ็มขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามามอดดูเลต ในทางปฏิบัติเราสามารถวัดเป็นอัตราส่วนการเบี่ยงเบนหรือก็คืออัตราส่วนระหว่างความถี่เบี่ยงเบนสูงสุดกับความถี่สูงสุดของสัญญาณที่เข้ามอดดูเลต

2.4.2.3 เปอร์เซ็นต์การมอดดูเลต (Percent Modulation)

เปอร์เซ็นต์การมอดดูเลตคือค่าที่ระบุถึงค่าสูงสุดของการเบี่ยงเบนความถี่ซึ่งค่านี้จะเปลี่ยนแปลงตามแอมพลิจูดของสัญญาณข้อมูลในภาวะที่แอมพลิจูดสัญญาณข้อมูลต่ำ การเบี่ยงเบนค่าความถี่ของคลื่นพาหะค่อนข้างน้อย ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การมอดดูเลตจึงมีค่าต่ำ

2.4.2.4 ไซด์แบนด์เอฟเอ็ม (FM Sideband)

ในระบบเอเอ็มเมื่อทำการมอดดูเลตด้วยสัญญาณข้อมูลจะเกิด USB กับ LSB แต่ในระบบเอฟเอ็มการมอดดูเลตจะทำให้เกิดไซด์แบนด์จำนวนอนันต์ เนื่องจากการเบี่ยงเบนความถี่ของพาหะทำให้เกิดความถี่เพิ่มขึ้นมากมาย แต่ในความจริงแล้วไซด์แบนด์ที่อยู่ห่างจากความถี่กลางมากๆมักจะมีแอมพลิจูดน้อยมากจนไม่ต้องคำนึงถึง

ในระบบเอเอ็มไซด์แบนด์อาจเสริมหรือหักล้างจากคลื่นพาหะที่มีแอมพลิจูดคงที่ แต่ในระบบเอฟเอ็มสัญญาณเอฟเอ็มจะรักษาแอมพลิจูดไว้ให้คงที่เสมอ

ความสัมพันธ์ของคลื่นพาหะกับไซด์แบนด์ในระบบเอฟเอ็ม จะขึ้นอยู่กับดัชนีหักเหของการมอดดูเลตเนื่องจากดัชนีการมอดดูเลตจะเป็นตัวกำหนดจำนวนของไซด์แบนด์ , ขนาดของไซด์แบนด์และแอมพลิจูดของคลื่นพาหะ

## 2.5 **ดีมอดดูเลเตอร์** (Demodulator)

ดีมอดดูเลเตอร์หรือส่วนที่ทำหน้าที่แยกความถี่ของสัญญาณข้อมูลออกจากคลื่นพาหะหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจเรียกส่วนนี้ว่าดีเทกเตอร์ (Detector) ซึ่งดีเทกเตอร์นี้จะแบ่งได้ 2 รูปแบบหลักๆคือ

1.ดีเทกเตอร์สัญญาณเอเอ็ม (AM Detector)

2.ดีเทกเตอร์สัญญาณเอฟเอ็ม (FM Detector)

สัญญาณที่รับได้จากสายอากาศจะป้อนเข้าสู่วงจรความถี่วิทยุ (RF Circuit) เพื่อทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้นซึ่งมีผลให้ความไวในการรับสัญญาณดีขึ้น ซึ่งวงจรขยายความถี่วิทยุ (RF Amplifier) ที่ดีควรมีสัญญาณรบกวนต่ำและสามารถตัดสัญญาณเงาได้ วงจรถัดไปคือวงจรมิกเซอร์ (Mixer Circuit) ทำหน้าที่ผสมสัญญาณจากวงจรขยายความถี่วิทยุกับสัญญาณจากวงจรโลคอลออสซิลเลเตอร์ วงจรมิกเซอร์นี้ออกแบบให้ทำงานในช่วงที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear) ทำให้เกิดผลลัพธ์เป็นสัญญาณความถี่ผลต่างกับสัญญาณความถี่ผลรวมซึ่งตัดทิ้งไป ความถี่ผลต่างจะมีค่าเท่ากับความถี่กลาง (IF) ที่ป้อนเข้าสู่วงจรขยายความถี่กลาง (IF Amplifier) วงจรขยายความถี่กลางนี้เป็นวงจรขยายจูนเนอร์ (Tuner Amplifier) ที่มีความถี่ตายตัวไม่ว่าจะจูนวงจรขยายความถี่วิทยุเพื่อรับสัญญาณความถี่ใดก็ตาม สัญญาณที่ออกมาจากวงจรขยายความถี่กลางจะเหมือนกับสัญญาณที่รับได้ที่วงจรขยายความถี่วิทยุเว้นแต่ความถี่จะลดลงจาก RF เป็น IF หลังจากผ่านวงจรขยายความถี่กลางแล้ว สัญญาณนี้จะถูกนำไปดีมอดดูเลตเพื่อคืนสัญญาณเสียงที่เข้ามอดดูเลตกลับมาดังเดิม สัญญาณเสียงจะถูกขยายให้มีความดังมากขึ้นออกสู่ลำโพงต่อไป

## 2.6 **พาสซีฟ ฟิลเตอร์** (Passive Filter)

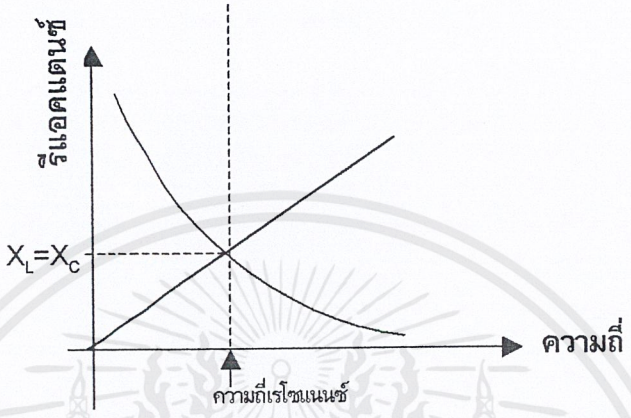
ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วๆไปจะประกอบไปด้วยความถี่ค่าต่างๆมากมาย ตัวอย่างเช่น สัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่เข้าไปยังวงจรเสียงจะมีทั้งความถี่ต่ำและความถี่สูงมากมาย หรือจะเป็นวงจรความถี่วิทยุซึ่งจะประกอบไปด้วย ความถี่อินพุตที่มีช่วงความถี่วิทยุหลายค่าและมีความถี่เสียงที่แตกต่างกันสำหรับความถี่เอาท์พุต

จากตัวอย่างเหล่านี้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะมีองค์ประกอบของความถี่มากมายหลายค่าจึงจำเป็นจะต้องมีตัวกรองหรือฟิลเตอร์ (Filter) ในการแยกความถี่ต่ำและความถี่สูงออกจากกัน

ฟิลเตอร์ในทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แยกความถี่ที่เราไม่ต้องการออกจากความถี่ที่เราต้องการ เช่น สัญญาณรบกวน หรือช่วงกรองเอาแถบความถี่ที่ไม่ต้องการออกไปจากวงจร ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นการแยกย่านความถี่เสียง (AF) ออกจากย่าน RF หรือ เป็นการกรองเอาสัญญาณรบกวนออกไปจากสัญญาณที่เราต้องการ ในวงจรฟิลเตอร์โดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำ (L) และตัวเก็บประจุ (C) เนื่องจากอุปกรณ์ 2 ชนิดนี้ตอบสนองต่อความถี่ลักษณะตรงกันข้าม นั่นคือ ตัวเหนี่ยวนำจะยอมให้ความถี่ต่ำและสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ผ่านเท่านั้น และค่ารีแอคแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำ ($X_L$) จะยิ่งมากเมื่อความถี่สูงขึ้นหรือค่าความเหนี่ยวนำมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

($X_L = 2\pi fL$) ในขณะที่ตัวเก็บประจุยอมให้ความถี่สูงและสัญญาณ AC ผ่านเท่านั้นและค่ารีแอคแตนซ์ของตัวเก็บประจุ ($X_C$) จะลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้นหรือค่าความจุมากขึ้น ($X_C = \frac{1}{2\pi fc}$) ดังรูป




**รูปที่ 2.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่ารีแอคแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุกับค่าความถี่**

ประเภทหลักๆของฟิลเตอร์จะแบ่งเป็นทั้งหมด 4 ประเภท คือ

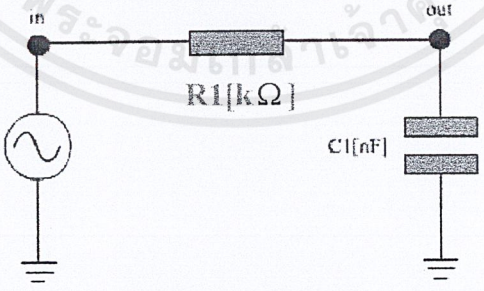
1.โลว์พาสฟิลเตอร์ (Low-Pass Filter)

2.ไฮพาสฟิลเตอร์ (High-Pass Filter)

3.แบนด์พาสฟิลเตอร์ (Band-Pass Filter)

4.แบนด์รีเจกท์ฟิลเตอร์ (Band-Reject Filter)

2.6.1 โลว์พาสฟิลเตอร์ (Low-Pass Filter)




**รูปที่ 2.8 แสดงวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์**

เป็นฟิลเตอร์ที่ยอมให้ย่านความถี่ต่ำผ่านเท่านั้น โดยใช้ C บายพาส (C-Bypass) ในการกรองความถี่สูงทิ้งไป

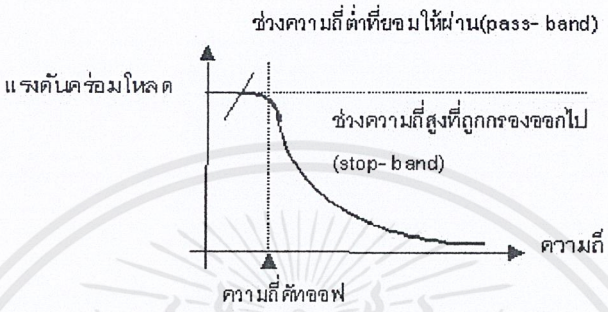
C-Bypass คือ ตัว C1 (ดังรูป) ที่ต่อขนานกับโหลดเนื่องจากตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ที่ยอมให้ความถี่สูงผ่านดังนั้นอินพุตที่เป็นความถี่สูงจะถูก C-Bypass นี้ลัดวงจรเหลือแต่ความถี่ต่ำที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ผ่านไปถึงโหลด ถ้าหากว่าความถี่อินพุตยิ่งมีค่ามากค่า $X_C$ จะยิ่งน้อยลงซึ่งจะเป็นการทำให้ค่าความถี่สูงผ่าน C-Bypass มากขึ้น (เนื่องจากสัญญาณจะเลือกผ่านอุปกรณ์ที่มีค่าความต้านทานต่ำ) ดังนั้นจึงกำจัดสัญญาณความถี่สูง (ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ต้องการออก) ให้เหลือเพียงสัญญาณค่าความถี่ต่ำที่ผ่านไปยังเอาท์พุตได้




**รูปที่ 2.9 กราฟแสดงการทำงานของโลว์พาสฟิลเตอร์**

1.ช่วงยอมให้ผ่าน (Pass-Band) หมายถึงช่วงความถี่อินพุตใดๆที่ต่ำกว่าความถี่คัทออฟ (Cut-off Frequency) จะสามารถผ่านไปยังเอาท์พุตได้

2.ช่วงไม่ยอมให้ผ่าน (Stop-Band) หมายถึงช่วงความถี่อินพุตที่มีค่าสูงกว่าความถี่คัทออฟเป็นต้นไปถือว่าเป็นช่วงความถี่ที่ถูกกรองออกไปเรียกว่าความถี่ลดทอน (Attenuate Frequency)

ตัวอย่างของวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ของเครื่องรับวิทยุ คือการแยกย่าน AF ซึ่งเป็นสัญญาณที่เราต้องการออกจากย่าน RF ที่เป็นคลื่นพาหะและนำสัญญาณเสียงเข้าสู่เครื่องรับวิทยุ

2.6.2 ไฮพาสฟิลเตอร์ (High-Pass Filter)

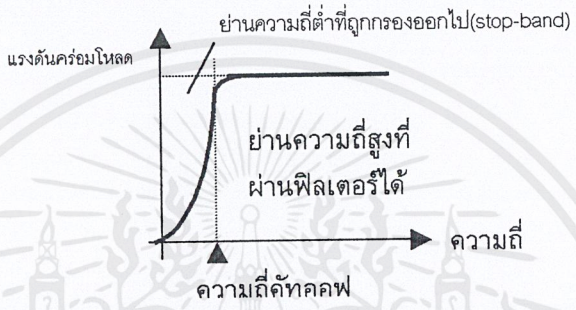
**รูปที่ 2.10 แสดงวงจรไฮพาสฟิลเตอร์**

เป็นฟิลเตอร์ที่ยอมให้ย่านความถี่สูงผ่านเท่านั้นโดยใช้ C คัปปลิ้ง (C-Coupling) ในการกรองความถี่สูงทิ้งไป C-Coupling คือตัว C1 (ดังรูป) ที่ต่ออนุกรมกับโหลดเนื่องจากความถี่สูงเท่านั้นที่จะผ่านตัวเก็บประจุได้ ดังนั้นความถี่สูงจะผ่านตัวเก็บประจุไปยังเอาท์พุต (โหลด R1) ได้ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
43944

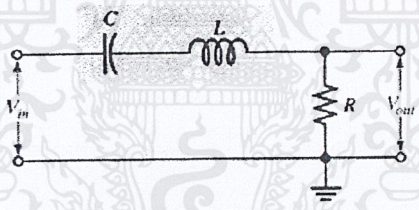
ความถี่ต่ำจะถูกลัดวงจรโดยตัวเหนี่ยวนำที่ต่อขนานกับโหลด ถ้าความถี่อินพุตยิ่งมากจะมีผลให้ค่า $X_C$ ยิ่งน้อยความถี่สูงจึงผ่านตัวเก็บประจุได้มากในขณะที่ความถี่ต่ำก็ผ่านไปที่ตัวเหนี่ยวนำมากเช่นกันเนื่องจากค่า $X_L$ ยิ่งน้อยจึงทำให้กำจัดความถี่ต่ำได้เหลือแต่ความถี่สูงที่ไปยังเอาท์พุต

จากรูปย่านความถี่ที่ฟิลเตอร์ยอมให้ผ่านคือย่านความถี่สูงโดยความถี่คัทออฟคือค่าความถี่ขีดเริ่มที่ฟิลเตอร์ยอมให้ผ่าน (จากรูปคือ Pass-Band) ความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่คัทออฟ (จากรูปคือ Stop-Band) จะถูกกรองทิ้งไป

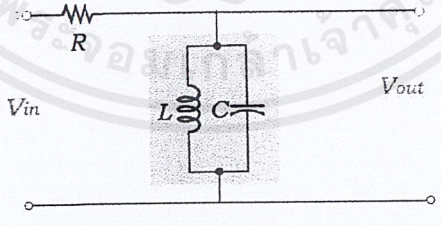



**รูปที่ 2.11 กราฟแสดงการทำงานของไฮพาสฟิลเตอร์**

2.6.3 ฟิลเตอร์แบบแบนด์พาส (Band-Pass Filter)




**รูปที่ 2.12 แสดงวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมต่ออนุกรมกับโหลด**




**รูปที่ 2.13 แสดงวงจรเรโซแนนซ์แบบขนานต่อขนานกับโหลด**

เป็นฟิลเตอร์ที่ยอมให้ความถี่เรโซแนนซ์ (Resonant Frequency) และย่านความถี่ที่ใกล้เคียงค่าความถี่เรโซแนนซ์ ทั้งต่ำกว่าและสูงกว่าผ่านได้ส่วนความถี่ที่นอกเหนือจากความถี่เหล่านี้จะถูกฟิลเตอร์กรองออกไป

ฟิลเตอร์แบบแบนด์พาสคือวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม (Series Resonance) ที่ต่ออนุกรมกับโหลดและวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน (Parallel Resonance) ที่ต่อขนานกับโหลด

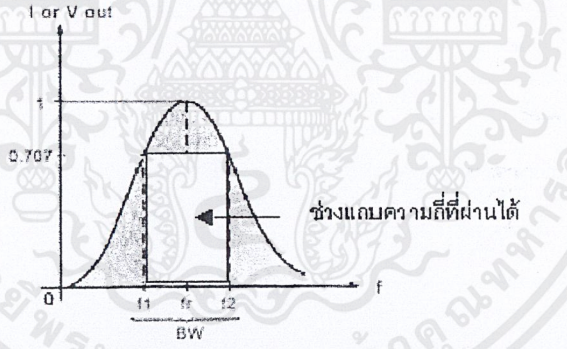
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3.1 ฟิลเตอร์แบบแบนด์พาสที่ใช้วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม (Series Resonance Band-Pass Filter)

เนื่องจากวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมมีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำมาก (ทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรเท่ากับค่าความต้านทานของโหลด) แรงดันส่วนใหญ่จะตกคร่อมที่โหลด ($R_L$) และขณะที่วงจรเรโซแนนซ์ (Resonant Circuit) ต่ออนุกรมกับโหลด ($R_L$) กระแสที่ไหลผ่านทั้งวงจรเรโซแนนซ์และโหลด ($R_L$) มีค่าเท่ากันแต่เนื่องจากแรงดันตกคร่อมโหลด ($R_L$) มีค่ามากจึงทำให้กำลังเอาท์พุตที่โหลด ($R_L$) มีค่ามากด้วยจึงมีลักษณะเป็นฟิลเตอร์แบบแบนด์พาส

2.6.3.2 ฟิลเตอร์แบบแบนด์พาสที่ใช้วงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน (Parallel Resonance Band-Pass Filter)

เนื่องจากวงจรเรโซแนนซ์แบบขนานมีค่าอิมพีแดนซ์ที่สูงมากดังนั้นเมื่อต่อขนานกับโหลด ($R_L$) กระแสส่วนใหญ่จึงไหลผ่านเอาท์พุตโหลด ($R_L$) และขณะที่วงจรเรโซแนนซ์ต่อขนานกับโหลด ($R_L$) แรงดันตกคร่อมต้องเท่ากันแต่กระแสที่ไหลผ่านโหลดมีมากทำให้กำลังเอาท์พุตสูงดังนั้นจึงเป็นฟิลเตอร์แบบแบนด์พาส



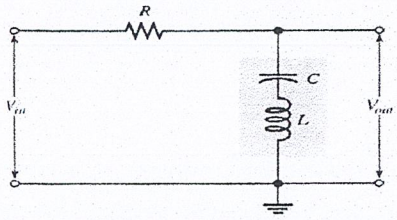

**รูปที่ 2.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของย่านความถี่ยอมให้ผ่านกับสัญญาณเอาท์พุตของฟิลเตอร์แบบแบนด์พาส**

2.6.4 ฟิลเตอร์แบบแบนด์รีเจกต์ (Band-Reject Filter or Band-Stop Filter)

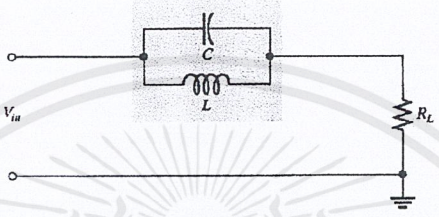
เป็นฟิลเตอร์ที่ทำงานในลักษณะตรงกันข้ามกับแบนด์พาสฟิลเตอร์หมายความว่าที่ความถี่เรโซแนนซ์หรือย่านความถี่ใกล้เคียงจะถูกกรองทิ้งไป แต่ส่วนความถี่ที่มีค่านอกเหนือจากนี้จะผ่านฟิลเตอร์ได้

ฟิลเตอร์แบบแบนด์รีเจกต์คือวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมที่ต่อขนานกับโหลดและวงจรเรโซแนนซ์แบบขนานที่ต่ออนุกรมกับโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.15 แสดงวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมต่อขนานกับโหลด**



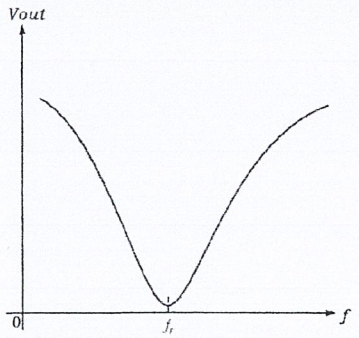

**รูปที่ 2.16 แสดงวงจรเรโซแนนซ์แบบขนานต่ออนุกรมกับโหลด**

2.6.4.1 ฟิลเตอร์แบบแบนด์รีเจกต์ที่ใช้วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม (Series Resonance Band-Reject Filter)

เนื่องจากวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมนั้นมีอิมพีแดนซ์ที่ต่ำมากทำให้โหลด ($R_L$) ถูกลัดวงจรโดยวงจรเรโซแนนซ์ลงกราวด์ทำให้มีกระแสส่วนน้อยเท่านั้นที่ไหลผ่านโหลด และเนื่องจากวงจรเรโซแนนซ์ต่อขนานอยู่กับโหลด ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อมจึงมีค่าเท่ากัน แต่กระแสของวงจรเรโซแนนซ์มากกว่าโหลดกำลังเอาท์พุตจึงน้อย ฉะนั้นจึงมีลักษณะเป็นฟิลเตอร์แบบแบนด์รีเจกต์

2.6.4.2 ฟิลเตอร์แบบแบนด์รีเจกต์ที่ใช้วงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน (Parallel Resonance Band-Reject Filter)

เนื่องจากวงจรเรโซแนนซ์แบบขนานนั้นมีอิมพีแดนซ์ที่สูงมาก ทำให้กระแสส่วนใหญ่ไหลผ่านโหลด ($R_L$) และขณะที่วงจรเรโซแนนซ์ต่ออนุกรมกับโหลดทำให้กระแสทั้งคู่เท่ากันแต่เนื่องจากกระแสไหลผ่านโหลดมากดังนั้นกำลังเอาท์พุตจึงมากซึ่งก็คือฟิลเตอร์แบบแบนด์รีเจกต์




**รูปที่ 2.17 กราฟแสดงเอาท์พุตของฟิลเตอร์แบบแบนด์รีเจกต์**

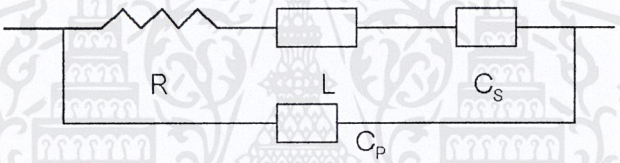
จะเห็นว่าค่าเอาท์พุตจะต่ำที่สุดที่ความถี่เรโซแนนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 คริสตัลฟิลเตอร์ (Crystal Filter)

เป็นฟิลเตอร์ที่เป็นแผ่นควอทซ์ (Quartz) บางๆที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ได้เช่นเดียวกันกับวงจรเรโซแนนซ์ เนื่องจากปรากฏการณ์ของคริสตัลที่เรียกว่าเปียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric) ซึ่งจะทำให้ความถี่มีค่าคงที่ที่ปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ แต่คริสตัลฟิลเตอร์จะตอบสนองต่อช่วงความถี่แคบกว่าเรโซแนนซ์ฟิลเตอร์ซึ่งมีความเสถียรต่อความถี่ค่าหนึ่งมากกว่า (เนื่องจากค่า Q-factor สูงมาก) นอกจากวัสดุพวกควอทซ์แล้วยังมีวัสดุจำพวกเซรามิค เช่น ลีดส์ไททาเนต (Leads Titanate) ซึ่งเกิดปรากฏการณ์เปียโซอิเล็กทริกเช่นกัน

**รูปที่ 2.18 แสดงสัญลักษณ์ของคริสตัล**




**รูปที่ 2.19 แสดงวงจรสมมูลของคริสตัลฟิลเตอร์**

ฟิลเตอร์แบบแบนด์พาส , ฟิลเตอร์แบบแบนด์รีเจกต์และคริสตัลฟิลเตอร์สามารถเรียกรวมกันได้ว่า เรโซแนนซ์ฟิลเตอร์ (Resonant Filter) เพราะฟิลเตอร์เหล่านี้เป็นวงจรเรโซแนนซ์โดยอาศัยลักษณะการตอบสนองต่อความถี่ของวงจรเรโซแนนซ์ในการกรองความถี่

2.6.6 คุณสมบัติของเรโซแนนซ์ฟิลเตอร์ (Resonance Filter)

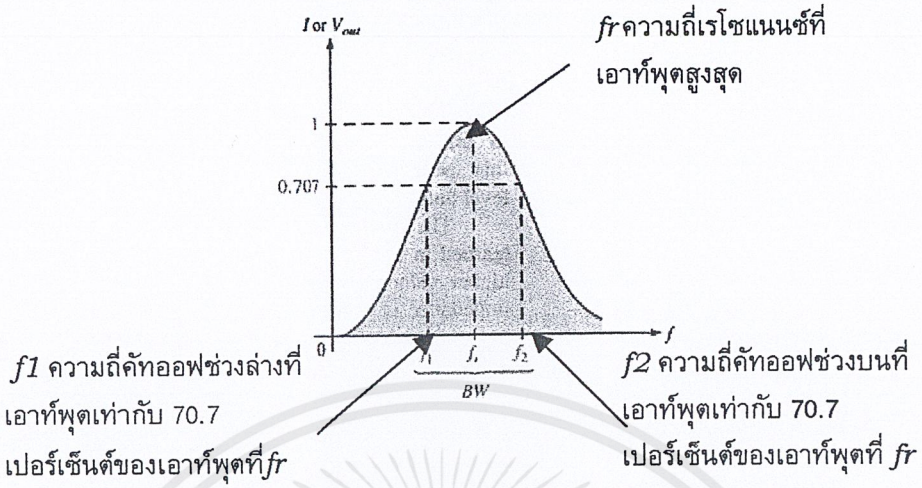
2.6.6.1 แบนด์วิดท์ของช่วงความถี่ยอมให้ผ่าน (Bandwidth of the Passband)

ช่วงความถี่ยอมให้ผ่านของฟิลเตอร์คือช่วงความถี่ที่ทำให้เอาท์พุต (กระแสหรือแรงดัน) มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 70.7 เปอร์เซ็นต์ของค่าเอาท์พุตสูงสุดที่ความถี่เรโซแนนซ์ ดังนั้นความถี่ที่ให้ค่าเอาท์พุตเท่ากับ 70.7 เปอร์เซ็นต์ของเอาท์พุตสูงสุด เราเรียกว่าค่าความถี่คัทออฟหรือความถี่วิกฤต จากรูปช่วงความถี่ยอมให้ผ่านคือช่วงจากความถี่ f1 ถึง f2

ความถี่ f1 คือความถี่คัทออฟช่วงล่าง ที่ค่าความถี่ต่ำกว่า f1 จะผ่านฟิลเตอร์ไม่ได้

ความถี่ f2 คือความถี่คัทออฟช่วงบน ที่ค่าความถี่สูงกว่า f2 จะผ่านฟิลเตอร์ไม่ได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.20 กราฟแสดงแบนด์วิดท์ของย่านความถี่ยอมให้ผ่าน**

ซึ่ง 70.7 เปอร์เซ็นต์ของค่าเอาท์พุตสูงสุดมีค่าเท่ากับ –3 เดซิเบล (dB) และแบนด์วิดท์ของช่วงความถี่ยอมให้ผ่านคำนวณได้จาก

$$BW = f2 - f1$$

2.6.6.2 ค่าซีเลคติวีตีของฟิลเตอร์แบบแบนด์พาส (Selectivity of a Band-Pass Filter)

ค่าซีเลคติวีตีเป็นค่าที่บอกถึงความละเอียดและความไวของวงจรเรโซแนนซ์ในการตอบสนองและแยกความถี่ ซึ่งหากแบนด์วิดท์ของช่วงความถี่ยอมให้ผ่านแคบลงจะทำให้ค่าซีเล็คติวีตีมากขึ้นด้วย

2.6.6.3 ค่าควอลิตีแฟคเตอร์ของวงจรเรโซแนนซ์ (Q-factor : Q)

ค่าควอลิตีแฟคเตอร์ (Q-factor : Q) เป็นค่าที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในวงจรเรโซแนนซ์ ถ้า Q-factor มากจะทำให้แบนด์วิดท์ของช่วงความถี่ยอมให้ผ่านแคบลงตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$BW = f1 - f2$$

Q-factor เป็นอัตราส่วนระหว่างพลังงานสะสมในตัวเหนี่ยวนำกับพลังงานสะสมเนื่องจากความต้านทานในขดลวดของตัวเหนี่ยวนำหรือค่าความต้านทานที่ต่ออนุกรมกับขดลวด

$$Q = I^2X_L / I^2R$$

หรือ $$Q = X_L / R$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.7 การนำฟิลเตอร์ไปประยุกต์ใช้งานด้านการสื่อสาร

ฟิลเตอร์นั้นเป็นอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งในอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับ-ส่งสัญญาณ ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณเสียง , ภาพหรือแม้แต่ในการสื่อสารยุคใหม่

2.6.7.1 ฟิลเตอร์แบบเอสเอสบี (SSB Filter) ในเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง

เมื่อสัญญาณข้อมูลได้มอดดูเลตกับคลื่นพาหะด้วยวิธีเอเอ็มแล้ว จะเกิดไซด์แบนด์ขึ้นทั้งสองข้างของแถบความถี่ของคลื่นพาหะซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองแบนด์วิดท์ ดังนั้นการทำให้สัญญาณ DSB กลายเป็น SSB โดยใช้วิธีการกรองสัญญาณผ่านฟิลเตอร์แบบ SSB ทำให้สามารถส่งสัญญาณได้โดยไม่สิ้นเปลืองย่านความถี่ ซึ่งถือเป็นการเพิ่มช่องการสื่อสารให้มากขึ้นอีกด้วย

ฟิลเตอร์แบบ SSB เป็นฟิลเตอร์แบบแบนด์พาสที่มีค่าซีเลคติวีตีสูง หลักการในการกำจัดสัญญาณ DSB ให้กลายเป็นสัญญาณ SSB คือเลือกให้สัญญาณผ่านได้เฉพาะ USB หรือ LSB พร้อมๆกันนั้นคลื่นพาหะจะถูกกำจัดทิ้งไป

ฟิลเตอร์แบบ SSB ส่วนใหญ่จะเป็นคริสตัลฟิลเตอร์ เนื่องจากมีความถูกต้องในการเลือกช่วงความถี่ให้ผ่านได้หรือมีค่าซีเลคติวีตีสูง โดยฟิลเตอร์ต่างๆที่ใช้เป็นฟิลเตอร์แบบ SSB ที่ใช้ในเชิงพาณิชย์จะมีความถี่ช่วง 0.46 , 3.35 และ 9 MHz

การที่เราสามารถเลือกใช้เพียงไซด์แบนด์ข้างใดข้างหนึ่ง เนื่องจากว่าข้อมูลของทั้งสองไซด์แบนด์เหมือนกันขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของช่วงความถี่ที่ใช้ในการสื่อสาร

การใช้ฟิลเตอร์ช่วยทำการเลือกไซด์แบนด์สามารถทำได้ 2 วิธีการดังนี้

1.ใช้ฟิลเตอร์แบบ SSB 2 ตัว โดยตัวหนึ่งจะให้ผ่านเฉพาะสัญญาณ USB และอีกตัวจะให้ผ่านเฉพาะสัญญาณ LSB

2.ใช้ความถี่คลื่นพาหะ 2 ค่า จากคริสตัล 2 ตัวซึ่งทำหน้าที่กำเนิดคลื่นโดยให้ค่าความถี่พาหะแตกต่างกัน จากนั้นใช้สวิตช์เป็นตัวเลือกค่าความถี่พาหะที่ต้องการใช้ผ่านทางออสซิลเลเตอร์

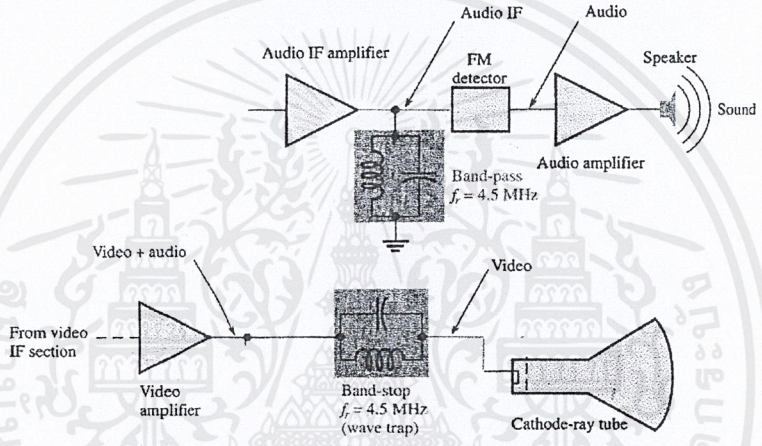
2.6.7.2 วงจรขยายจูนเนอร์ (Tune Amplifier)

วงจรขยายจูนเนอร์เป็นวงจรที่ใช้สำหรับขยายเฉพาะช่วงสัญญาณที่ต้องการ โดยใช้วงจรเรโซแนนซ์แบบขนานซึ่งจะอยู่หลังส่วนวงจรขยาย ในการเลือกให้ผ่านเฉพาะช่วงความถี่ที่ต้องการซึ่งเป็นเอาท์พุตจากวงจรขยาย ในวงจรเรโซแนนซ์ฟิลเตอร์นี้จะใช้ตัวเก็บประจุปรับค่าได้ จึงทำให้สามารถเลือกความถี่ที่จะให้ผ่านได้ IF วงจรขยายจูนเนอร์ใช้ในเครื่องรับโทรทัศน์สำหรับเป็นตัวเลือกช่องสถานีตามที่ผู้ดูต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.7.3 ฟิลเตอร์ในภาคเอาท์พุตของเครื่องรับโทรทัศน์

ช่วงความถี่ IF ที่ออกจากวงจรขยายจูนเนอร์นั้นจะมีทั้งสัญญาณภาพและเสียง ก่อนที่สัญญาณภาพจะผ่านไปยังหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์จะมีฟิลเตอร์แบบแบนด์รีเจกต์ (Band-Reject Filter หรือ Wave Trap) กรองความถี่ 4.5 MHz ซึ่งเป็นความถี่ของสัญญาณเสียงออกเพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนต่อสัญญาณภาพ ในขณะเดียวกันสัญญาณเสียงก็จะไปยังวงจรขยายเสียงซึ่งจะผ่านฟิลเตอร์แบบแบนด์พาสที่ยอมให้พาหะของเสียงที่มีค่าความถี่ 4.5 MHz ผ่านแล้วสัญญาณจึงถูกไปยังกระบวนการต่อไปแล้วจึงผ่านออกไปทางลำโพง



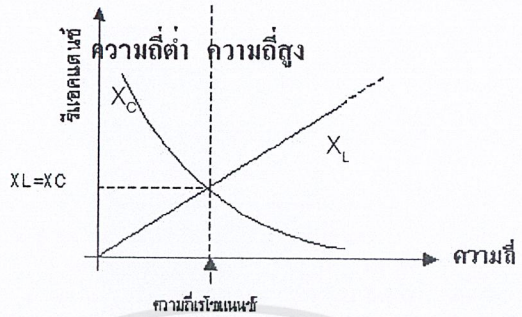

**รูปที่ 2.21 แสดงวงจรเครื่องรับโทรทัศน์**

## 2.7 วงจรเรโซแนนซ์ (Resonant Circuit)

วงจรเรโซแนนซ์ คือ วงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ (วงจร RLC) ที่ค่า $X_L$ และค่า $X_C$ เท่ากัน เนื่องจากความถี่อินพุตค่าหนึ่ง โดยความถี่ที่จะทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ได้นั้นเรียกว่า ความถี่เรโซแนนซ์ (Resonant Frequency : $f_r$)

ค่า $X_L$ และ ค่า $X_C$ ในวงจร RLC จะมีการตอบสนองต่อความถี่ในทางตรงกันข้าม (เฟสต่างกัน 180 องศา) คือ ที่ความถี่ต่ำค่า $X_C$ จะมีค่ามาก ($X_C=\frac{1}{2\pi fc}$) แสดงว่าตัวเก็บประจุยอมให้ความถี่ต่ำผ่านได้ ในทางตรงกันข้ามค่า $X_L$ จะมีค่าน้อยที่ค่าความถี่ต่ำนั่นคือความถี่ต่ำสามารถผ่านตัวเหนี่ยวนำได้ ($X_L=2\pi fL$) (ค่ารีแอคแตนซ์ หมายถึง ค่าความต้านทานในตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ) แต่ที่ความถี่สูงค่า $X_C$ จะลดลงอย่างชัดเจน ในขณะที่ค่า $X_L$ จะเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่สูงขึ้น ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.22 กราฟแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ**

จากรูปจะเห็นว่าเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นค่า $X_C$ จะลดลงตลอด ในขณะที่ค่า $X_L$ จะเพิ่มขึ้นสวนทางกันวงจรเรโซแนนซ์ก็เหมือนกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆคือมีทั้งวงจร RLC แบบอนุกรมและแบบขนาน

2.7.1 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม (Series Resonance)

2.7.1.1 ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม ที่ปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ค่ารีแอคแตนซ์ของตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากัน แต่จะมีเฟสต่างกัน 180 องศาจึงหักล้างกันหมด ดังนั้นค่าอิมพีแดนซ์ในวงจรจึงเหลือเพียงค่าความต้านทานในวงจร

2.7.1.2 ค่าแรงดันและค่ากระแสของวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม

โดยเปรียบเทียบขณะที่ให้ความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่เรโซแนนซ์ , ให้ความถี่ที่เท่ากับค่าความถี่เรโซแนนซ์ และขณะให้ความถี่ที่สูงกว่าความถี่เรโซแนนซ์ (ทุกปรากฏการณ์มีผลมาจากค่า $X_L$ , ค่า $X_C$ และเป็นผลให้กระแสเกิดการเปลี่ยนแปลง)

2.7.1.2.1 เมื่อค่าความถี่ต่ำกว่าความถี่เรโซแนนซ์

เมื่อความถี่เท่ากับศูนย์ ตัวเก็บประจุจะเสมือนเป็นวงจรเปิด ดังนั้นค่า $X_C$ จึงสูงมากทำให้ไม่มีกระแสไหลผ่าน เป็นผลให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำเป็นศูนย์ แต่เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ค่าอิมพีแดนซ์ในวงจรจะลดลงมีผลทำให้กระแสไหลมากขึ้น แรงดัน $V_R$ , $V_C$ และ $V_L$ แต่ละตัวจะเพิ่มขึ้น แต่ค่าแรงดันรวมที่ตกคร่อมวงจรตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุจะมีค่าลดลง

2.7.1.2.2 เมื่อค่าความถี่เท่ากับความถี่เรโซแนนซ์

เมื่อความถี่อินพุตมีค่าเท่ากับค่าความถี่เรโซแนนซ์ และเมื่อเราพิจารณาเฉพาะส่วนที่เป็นวงจร LC จะได้ว่า ค่าแรงดัน $V_C$ และ $V_L$ ที่ตกคร่อมเฉพาะที่ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุที่มีขนาดเท่ากันและมีขนาดมากกว่า จากแหล่งจ่ายแรงดันเสมือนการนำถ่าน 2 ก้อนมาต่ออนุกรมกันโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หันขั้วเดียวกันเข้าหากัน เมื่อวัดค่าแรงดันของถ่านแต่ละก้อนจะได้ค่าแรงดัน 1.5 โวลต์ แต่ถ้าวัดค่าแรงดันระหว่างถ่านทั้งสองจะได้แรงดันเท่ากับศูนย์ เนื่องจากค่ารีแอคแตนซ์และค่ากระแสเมื่อต่ออนุกรมแล้วมีค่าเท่ากัน ($IX_C = IX_L$) แต่แรงดัน $V_C$ และ $V_L$ มีเฟสต่างกัน 180 องศา ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อมวงจร LC จะมีค่าเป็นศูนย์ เมื่อมองทั้งวงจรแล้วค่าอิมพีแดนซ์รวมของวงจรก็คือค่าความต้านทานของตัวต้านทานนั่นเอง ดังนั้นวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมจึงให้ค่าอิมพีแดนซ์ต่ำที่สุดและให้ค่ากระแสมากที่สุด

2.7.1.2.3 เมื่อค่าความถี่สูงกว่าความถี่เรโซแนนซ์

ที่ความถี่สูงค่า $X_L$ จะเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่า $X_C$ ลดลงทำให้ค่า $X_L$- $X_C$ เพิ่มขึ้น ค่าอิมพีแดนซ์ก็จะเพิ่มขึ้นทำให้กระแสไหลผ่านได้น้อยลงเป็นผลให้แรงดัน $V_R$ , $V_C$ และ $V_L$ ลดลงด้วย และผลต่างระหว่างแรงดัน $V_C$ กับ $V_L$เพิ่มขึ้น ($I*(X_L - X_C)$) ซึ่งทำให้แรงดัน $V_{CL}$เพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อความถี่มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ทั้งค่ากระแสและค่าแรงดัน $V_R$ กับ $V_C$ มีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากขึ้น นอกจากนี้แรงดัน $V_L$จะเท่ากับ $V_S$

2.7.2 วงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน (Parallel Resonance)

2.7.2.1 ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน (Parallel Resonance)

เมื่อค่า $X_L$ เท่ากับค่า $X_C$ กระแสที่แยกไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุมีขนาดเท่ากันแต่เฟส ตรงกันข้ามจึงทำให้กระแสหักล้างกันหมด ในขณะที่แรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุเท่ากันค่าอิมพีแดนซ์จึงมีค่ามากเข้าใกล้อนันต์

2.7.2.2. ค่าแรงดันและค่ากระแสของวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน

2.7.2.2.1 ขณะที่ให้ความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่เรโซแนนซ์

ที่ความถี่ต่ำค่า $X_C$ จะสูงมาก ดังนั้นกระแสส่วนใหญ่จึงไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ แต่เมื่อความถี่สูงขึ้น ค่า $X_C$ จะลดลงกระแสจึงสามารถไหลผ่านตัวเก็บประจุทำให้กระแสรวมในวงจรลดลง (เนื่องจากกระแสทั้งสองมีเฟสตรงข้ามกันจึงหักล้างกัน) และค่าอิมพีแดนซ์มีค่าเพิ่มขึ้น

2.7.2.2.2 เมื่อค่าความถี่เท่ากับความถี่เรโซแนนซ์

$$Vs/I\ L_C = ZT$$

ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุเท่ากัน แต่เนื่องจากเฟสตรงข้ามกันจึงหักล้างกันเป็นศูนย์ เมื่อกระแสเป็นศูนย์ทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ในวงจรมากจนเข้าใกล้อนันต์

2.7.2.2.3 เมื่อค่าความถี่สูงกว่าความถี่เรโซแนนซ์

ค่า $X_L$ สูงมากกระแสส่วนใหญ่จึงไหลผ่านตัวเก็บประจุ ดังนั้นกระแสรวมในวงจรจึงเพิ่มขึ้นและค่าอิมพีแดนซ์ลดลง ($I_L$ นำ $I_C$ 90 องศา ดังนั้น $I_L$-$I_C$ >0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

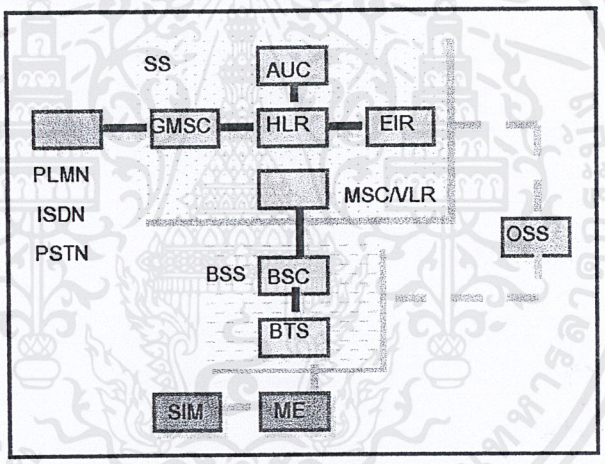
## 2.8 โมบายล์คอมมูนิเคชัน (Mobile Communication)

2.8.1 ประวัติความเป็นมาของระบบ GSM

เมื่อกล่าวถึงระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบันนี้ ก็คือระบบ Digital GSM ดังนั้นเนื้อหาที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะเน้นการอ้างอิงถึงระบบ GSM เป็นหลัก

GSM ย่อมาจาก Global System for Mobile เป็นมาตราฐานของระบบโทรศัพท์ไร้สายรูปแบบหนึ่งที่มีเครือข่ายมากกว่า 80 ประเทศทั่วโลก ระบบ GSM เป็นระบบโทรศัพท์แบบดิจิตอลที่ใช้เทคนิคการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา (TDMA) ซึ่งทำให้แต่ละความถี่สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 8 ไทม์สลอต (Time Slot) ซึ่งเครื่องโทรศัพท์จะมีการรับและการส่งสัญญาณบน Time Slot เดียวกัน การส่งสัญญาณแบบดิจิตอลนี้มีความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนดีกว่า

2.8.2.โครงสร้างของระบบ GSM




**รูปที่ 2.23 แสดงโครงสร้างของระบบ GSM**

โดยพื้นฐานแล้วระบบ GSM สามารถแบ่งได้เป็นระบบสวิตชิง (Switching System : SS) และระบบสถานีฐาน (Base Station System : BSS) ซึ่งในแต่และส่วนจะมีหน้าที่ต่างกันและมีอุปกรณ์ที่แตกต่างกันออกไปดังนี้

2.8.2.1 ภายในระบบ SS ประกอบด้วย

Gateway Mobile Service Switching Center (GMSC) ใช้สำหรับเมื่อมีการเรียกข้ามเครือข่าย เช่น จากเครือข่าย PSTN ไปยังเครือข่าย GSM หรือทำหน้าที่เชื่อมต่อไปยังเครือข่ายอื่นๆ

Mobile Service Switching Center (MSC) เป็นชุมสาย GSM ทำหน้าที่สวิตชิงในการเรียกเมื่อ Mobile Station (MS) เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งอื่นจะต้องทำการลงทะเบียนรายละเอียดต่างๆไว้ในฐานข้อมูลซึ่งฐานข้อมูลที่สำคัญที่สุดคือ HLR เมื่อมีผู้ขอใช้บริการรายใหม่ก็จะต้องมาลงทะเบียนที่ HLR นอกจากนี้ยังมีรายละเอียดเกี่ยวกับตำแหน่งของ MS ว่าอยู่ในพื้นที่ของ MSC ใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งรายละเอียดนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อ MS มีการเคลื่อนที่ไปยัง MSC ใหม่และ MS จะส่งรายละเอียดของตำแหน่งที่มันอยู่ไปยัง HLR โดยผ่าน MSC/VLR และข้อมูลบางส่วนจะเก็บไว้ที่ VLR นี้ด้วย

2.8.2.2 Visitor Location Register (VLR) เป็นฐานข้อมูลผู้มาเยือนซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลตำแหน่งปัจจุบันของ MS และเมื่อ MS มีการเคลื่อนที่ไปยัง MSC ใหม่ VLR ตัวใหม่จะขอข้อมูลของ MS นั้นจาก HLR

2.8.2.3 Home Location Register (HLR) เป็นฐานข้อมูลทะเบียนผู้ใช้ซึ่งจะเก็บรายละเอียดต่างๆของ Subscriber และรายละเอียดเกี่ยวกับตำแหน่งของ MS ข้อมูลบางส่วนจะถูกเก็บไว้ใน VLR

2.8.2.4 Authentication Center (AUC) เป็นฐานข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของผู้ใช้ , จัดเตรียมตัวแปรต่างๆสำหรับตรวจเช็คความถูกต้องและการเข้ารหัสเพื่อความปลอดภัยของข้อมูล

2.8.2.5 Equipment Identity Register (EIR) เป็นฐานข้อมูลเครื่องโทรศัพท์มือถือ

2.8.3 ภายใน BSS ประกอบด้วย

2.8.3.1 Base Station Controller (BSC) เป็นตัวควบคุมสถานีทำหน้าที่ควบคุม Traffic ในการใช้งานและควบคุมการทำงานของกลุ่ม BTS ซึ่ง BSC จะมีฟังก์ชันควบคุมการทำงาน เช่น Handover และการควบคุมกำลังส่ง กลุ่มของ BSC กลุ่มหนึ่งจะได้รับบริการจาก MSC เช่น การ Call ไปยังเครือข่ายอื่นๆ

2.8.3.2 Base Transceiver Station (BTS) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุม Traffic ในการใช้งานภายใน Cell หนึ่งๆระบบเครือข่ายจะประกอบไปด้วย Cell ต่างๆที่ภายในพื้นที่การให้บริการของแต่ละ Cell จะมี BTS ควบคุมการทำงาน

2.8.2.3 Mobile Station (MS) ประกอบด้วย Mobile Equipment (ME) ตัวเครื่องโทรศัพท์โดยที่ ME จะมีหมายเลขที่เป็นหมายเลขเฉพาะเครื่อง คือ IMEI (International Mobile Equipment Identity)

2.8.2.4 Subscriber Identity Module (SIM) เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้โทรศัพท์และจะต้องมีความสัมพันธ์กันระหว่างผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ , บริการต่างๆที่มีและข้อมูลเกี่ยวกับระบบโทรศัพท์ระบบอื่นๆ MS จะสามารถทำงานได้ก็ต่อเมื่อมี SIM Card ที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2.5 Operation and Support System (OSS) จะมีการเชื่อมโยงกับอุๆปกรณ์ทั้งหมดใน SS และ BSC ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียก OSS นี้ว่า OMC (Operation and Maintenance Center)

ภายใน SS นี้นอกจากจะมี MSC แล้วยังประกอบด้วยฐานข้อมูลอื่นๆอีกโดยจะเก็บข้อมูลต่างๆไว้ใน HLR เนื่องจาก MS สามารถที่จะเคลื่อนย้ายไปในสถานที่ต่างๆได้ จะต้องมีการเก็บตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันของ MS ไว้ใน HLR นี้ด้วยซึ่ง HLR นี้อาจจะเป็นระบบคอมพิวเตอร์แบบแยกต่างหาก (Stand Alone) ที่ไม่มีหน้าที่ในการสวิตชิงหรือรวมอยู่กับ MSC ก็ได้ ฟังก์ชันย่อยๆของมันคือจะนำข้อมูลจาก HLR ไปใช้กับ AUC ซึ่งมีหน้าที่ในการจัดการเรื่องความปลอดภัยในการใช้งาน

ฐานข้อมูลต่อมาคือ VLR จะเชื่อมเข้ากับ MSC ตัวเดียวหรือหลายๆตัวซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวกับค่าใช้โทรศัพท์จะมีการเก็บไว้ชั่วคราวในนี้ด้วย นอกจากนี้ยังมีการเก็บข้อมูลตำแหน่งที่อยู่ของ MS ที่ถูกต้องและเป็นปัจจุบันมากกว่าที่เก็บไว้ใน HLR และเมื่อมีการ Call Setup ไปยังผู้ใช้ GSM จะต้องมีการกำหนดเส้นทางไปยัง Gateway Switch เสมอ

2.8.3 การรับส่งสัญญาณ

การรับส่งสัญญาณระหว่างเครือข่ายของ MS อย่างง่าย

1.สัญญาณเสียงที่พูดจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วย A/D Converter (Analog –to-Digital)

2.มอดดูเลตสัญญาณดิจิตอลเข้ากับคลื่นพาหะ

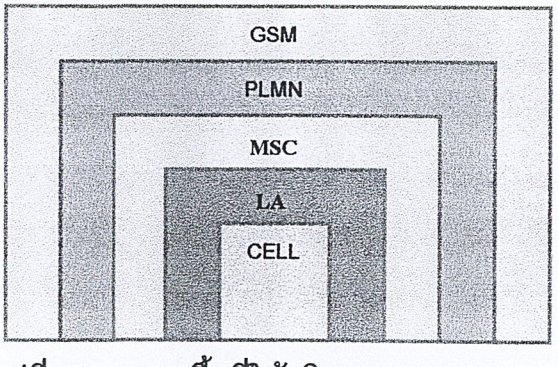
3.ส่งสัญญาณออกทางสายอากาศของโทรศัพท์ไปยังเครือข่าย

4.เครือข่ายมีการส่งสัญญาณไปยังเครื่องโทรศัพท์ปลายทาง

5.ดีมอดดูเลตสัญญาณแยกเอาสัญญาณเสียงในลักษณะดิจิตอลออกมา

6.แปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก

2.8.4 พื้นที่ให้บริการของระบบ GSM (GSM Service Area)




**รูปที่ 2.24 แสดงพื้นที่ให้บริการของระบบ GSM**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่การใช้งานในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มีชื่อเรียกและมีหน้าที่ต่างๆดังนี้

Cell ภายใน LA จะถูกแบ่งออกเป็น Cell หลายๆ Cell ซึ่งเป็นพื้นที่ครอบคลุมของคลื่นวิทยุ MS จะสามารถจำแนก Cell ต่างๆที่ใช้ความถี่คลื่นพาหะเดียวกัน

พื้นที่ให้บริการของ MSC/VLR แต่ละส่วนจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆที่เรียกว่า Location Area หรือ LA โดยแต่ละ LA เป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งของพื้นที่ให้บริการซึ่ง MS จะสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระโดยไม่ต้องทำ Location Update ข้อมูลไปยัง MSC/VLR ที่ควบคุม LA นั้นๆ LA เป็นพื้นที่ซึ่งมีการกระจายคลื่นข่าวสารการหาตัวเพื่อค้นหา MS ที่ต้องการ ภายใน LA สามารถที่จะมีหลายๆ Cell และขึ้นกับ BSC หลายๆตัวได้แต่จะขึ้นกับหนึ่ง MSC/VLR เท่านั้น การอ้างถึง LA นี้ทำเพื่อค้นหา MS ที่ต้องการ

พื้นที่การบริการของ MSC คือส่วนหนึ่งของเครือข่ายที่ครอบคลุมโดยหนึ่ง MSC ทำหน้าที่กำหนดเส้นทางไปยัง MS ที่ต้องการและจะเชื่อมต่อไปยัง MS ที่ควบคุม Coverage Area ที่ MS นั้น Roaming อยู่

การเชื่อมโยงระหว่างเครือข่าย GSM กับเครือข่ายอื่นๆจะต้องมีการเชื่อมต่อในระดับชุมสาย International หรือระดับ National Transit การ Call จาก GSM ไปยัง PLMN จะใช้เส้นทางผ่านทาง GMSC หนึ่งตัวหรือหลายๆตัว GMSC ที่มีอยู่ซึ่งเป็นที่ซึ่งสามารถสอบถามเส้นทางเพื่อที่จะสามารถกำหนดเส้นทางไปถึง MS ได้

2.8.5 การ Call จาก MS ไปยังโทรศัพท์บ้าน

1.MS ใช้ RACH (Random Access Channel) เพื่อสอบถามช่องสัญญาณและใช้ SDCCH (Stand Alone Dedicated Control Channel) ด้วย

2.BSC จะจับจองช่องสัญญาณโดยการใช้ AGCH (Access Grant Channel)

3.MS ร้องขอการ Call Setup ผ่านทาง SDCCH ไปยัง MSC/VLR ทุกๆสัญญาณจะถูกส่งผ่านทาง SDCCH เมื่อเกิด Call และทำเครื่องหมายที่ MS ว่าอยู่ในสภาวะ Busy ภายใน MSC/VLR และ Authentication Procedure เริ่มทำการ Ciphering Equipment Identification ส่งหมายเลขของผู้ที่ถูก Call ปลายทางและทำการตรวจเช็คผู้ใช้บริการว่าอยู่ในสถานะ Activate หรือไม่

4.MSC/VLR สอบถาม BSC เพื่อที่จะจับจอง TCH (Traffic Channel) ที่ว่างแล้ว TCH ที่ว่างจะถูกส่งต่อไปให้ BTS และ MS ให้ทำการ Activate TCH นั้นๆ

5.MSC/VLR ส่งต่อเลขหมายที่ถูกเรียกไปยังชุมสายใน PSTN ที่มีเลขหมายที่เรียกนั้นอยู่ถ้ามีการตอบ จะทำการติดตั้งการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.7 การ Call จากโทรศัพท์บ้านไปยัง MS

ข้อแตกต่างระหว่างการ Call ไปยัง MS กับการ Call จาก MS ไปยังผู้ใช้บริการใน PSTN นั้นเราจะต้องรู้ตำแหน่งของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือดังนั้นเราต้องหาตำแหน่งและทำการเรียกไปยัง MS ก่อนที่จะทำการ Call Setup ลำดับขั้นตอนของการ Call Setup จาก PSTN ไปยังผู้ใช้โทรศัพท์มือถือมีดังต่อไปนี้

1.ผู้ใช้ PSTN ป้อนหมายเลขโทรศัพท์มือถือแล้วจะถูกวิเคราะห์ในชุมสายของ PSTN ซึ่งทำให้เราเข้าใจว่าการ Call เป็นการ Call ไปยัง ผู้ใช้เครือข่าย GSM แล้วจะได้รับการเชื่อมต่อไปยัง GMSC

2.GMSC วิเคราะห์ว่าหมายเลขโทรศัพท์มือถือนั้นลงทะเบียนอยู่และสอบถามข้อมูลจาก HLR เกี่ยวกับเส้นทางที่จะ Call ไปยัง MSC/VLR ที่ให้บริการตัว MS ที่ต้องการได้อย่างไร

3.HLR จะแปลความหมายของหมายเลขโทรศัพท์มือถือนั้นให้เป็น IMSI และค้นหาว่า MSC/VLR ใดที่กำลังให้บริการตัว MS นั้นๆ ปกติ HLR จะตรวจสอบการบริการ Call Forwarding to ถ้าบริการนี้สามารถใช้งานได้ การ Call อาจจะต้อง Reroute ผ่าน GMSC ไปยังหมายเลขนั้นๆซึ่งบางทีอาจจะเป็นหมายเลขของผู้ใช้งานใน PSTN ก็ได้

4.HLR จะร้องขอหมายเลข Roaming จาก MSC/VLR ที่กำลังให้บริการอยู่

5.MSC/VLR จะส่งหมายเลข Roaming ผ่าน HLR กลับไปยัง GMSC

6.GMSC จะทำการ Reroute การ Call ไปยัง MSC/VLR โดยตรงหรือผ่าน PSTN

7.MSC/VLR นี้จะรู้ว่า LA ใดที่ MS นั้นอยู่และส่งข้อความเรียกไปยัง BSCs ที่ควบคุม LA นั้น

8.BSCs นั้นๆจะกระจายข้อความเรียกไปยัง BTS ต่างๆใน LA ที่ต้องการซึ่ง BTS เหล่านี้จะส่งข้อความเรียกผ่านทางอากาศด้วยการใช้ PCH ( Paging Channel ) เพื่อที่จะเรียก MS

9.เมื่อ MS ตรวจพบข้อความเรียกมันจะส่งสัญญาณร้องขอช่องสัญญาณผ่านทาง SDCCH

10.BSC จัดเตรียม SDCCH ด้วยการใช้ AGCH

11.SDCCH ถูกใช้สำหรับขั้นตอนการ Call Setup เช่นเดียวกับในกรณี Call จาก MS เมื่อทำการจับจอง TCH แล้ว SDCCH จะถูกยกเลิกเกิดเสียงเรียกที่โทรศัพท์มือถือและเมื่อผู้ใช้งานตอบรับการเชื่อมต่อจึงสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

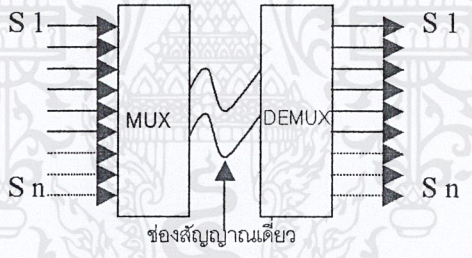
## 2.9 การมัลติเพลกซ์ (Multiplexing)

2.9.1 ประโยชน์ของการมัลติเพลกซ์ (Multiplexing)

โดยปกติแล้วการติดต่อสื่อสารถึงกัน จะสามารถส่งข้อมูลไม่ว่าเสียงหรือภาพได้เพียงข้อมูลรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งในเวลาเดียวกันต่อหนึ่งช่องสัญญาณ ดังนั้นการเพิ่มช่องสัญญาณเช่น การใช้สายเคเบิล (Cable) ร่วมกันจะทำให้สามารถส่งข้อมูลไปพร้อมๆกันได้ซึ่งเป็นวิธีแก้ไขปัญหานี้ แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นวิธีที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ดังนั้นจึงมีวิธีการที่สามารถรับส่งข้อมูลจำนวนมากพร้อมกันได้ โดยใช้เพียงช่องสัญญาณเดียวนั่นคือวิธีการมัลติเพลกซ์ ซึ่งเป็นวิธีการที่ประหยัดทั้งค่าใช้จ่ายและช่วงแบนด์วิดท์

2.9.2 หลักการมัลติเพลกซ์ (Multiplexing)

การมัลติเพลกซ์เป็นกระบวนการที่สามารถทำให้สามารถรับส่งข้อมูลจำนวนมากได้พร้อมๆกันในช่วงเวลาและช่องสัญญาณเดียวกัน การมัลติเพลกซ์มีประโยชน์มากในการสื่อสารที่ต้องการใช้ช่องสัญญาณมากกว่า 1 ช่องและประหยัดค่าใช้จ่าย เช่นระบบโทรศัพท์ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป




**รูปที่ 2.25 แสดงหลักการมัลติเพลกซ์และดีมัลติเพลกซ์**

2.9.3 ประเภทของการมัลติเพลกซ์

การมัลติเพลกซ์ มีด้วยกัน 2 ประเภทหลัก คือ

1.การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiplexing , FDM)

2.การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplexing , TDM )

กล่าวโดยสรุปแล้วการมัลติเพลกซ์แบบ FDM จะเป็นวิธีการที่ใช้กับข้อมูลประเภทอนาลอก ในขณะที่การมัลติเพลกซ์แบบ TDM จะใช้กับข้อมูลประเภทดิจิตอล

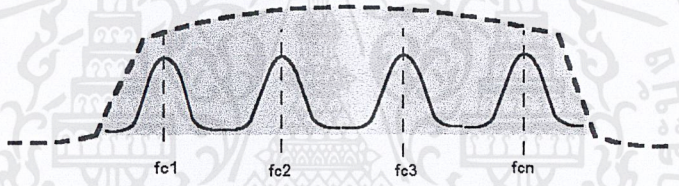
ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างวิธีการมัลติเพลกซ์แบบ FDM และวิธีการมัลติเพลกซ์แบบ TDM คือวิธีการมัลติเพลกซ์แบบ FDM ใช้หลักการส่งข้อมูลโดยผ่านช่องสัญญาณเดี่ยวที่แต่ละข้อมูลในช่องสัญญาณจะถูกมอดดูเลตให้มีค่าความถี่ที่แตกต่างกันแล้วส่งออกไปพร้อมกันหมด ในขณะที่วิธีการมัลติเพลกซ์แบบ TDM ข้อมูลแต่ละข้อมูลในช่องสัญญาณเดี่ยวจะไม่ได้ถูกส่งไปใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

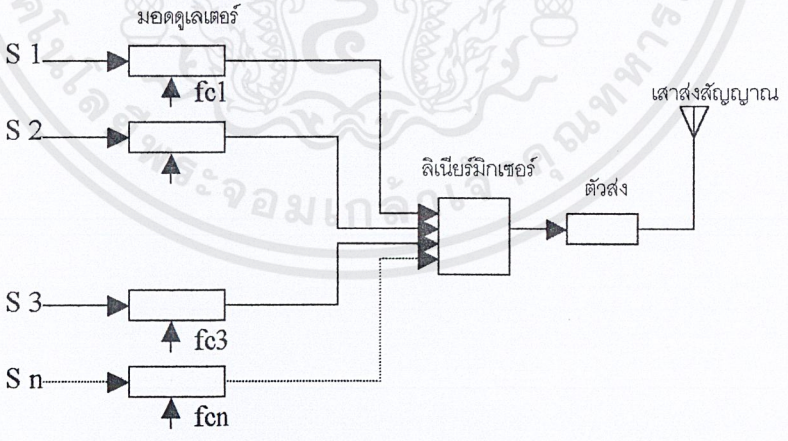
ช่วงเวลาเดียวกันหมดแต่จะถูกส่งเรียงลำดับตาม Time Slot ที่แตกต่างกัน แต่ในที่นี้จะขอกล่าวถึงการมัลติเพลกซ์แบบ FDM เป็นตัวอย่างเพื่อใช้อธิบายการมัลติเพลกซ์

2.9.3.1 การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiplexing : FDM)

การมัลติเพลกซ์แบบ FDM อาศัยหลักว่าข้อมูลจำนวนมากสามารถใช้แบนด์วิดท์ร่วมกันได้ในช่องสัญญาณเดียวกัน โดยแต่ละข้อมูลจะมีค่าความถี่ของตัวเองที่แตกต่างกันด้วยการมอดดูเลตความถี่พาหะต่างๆให้กับแต่ละข้อมูลซึ่งวิธีการมอดดูเลต เช่น เอเอ็ม ,เอสเอสบี , เอฟเอ็ม ,พีเอ็ม เป็นต้น หลังการมอดดูเลตข้อมูลพร้อมกับความถี่พาหะของแต่ละข้อมูลจะถูกทำการรวมกันที่ตัวมิกเซอร์แบบเชิงเส้น (Linear Mixer) ซึ่งเป็นการรวมแบบพีชคณิตธรรมดาไม่มีการมอดดูเลตความถี่พาหะใดๆ หลังจากนั้นข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปทำการมอดดูเลตกับความถี่RF ที่ตัวส่ง จากนั้นจะถูกส่งพร้อมกันในช่องสัญญาณเดียวไปยังภาครับหรืออาจจะส่งไปเพื่อทำการมัลติเพลกซ์ต่อไป



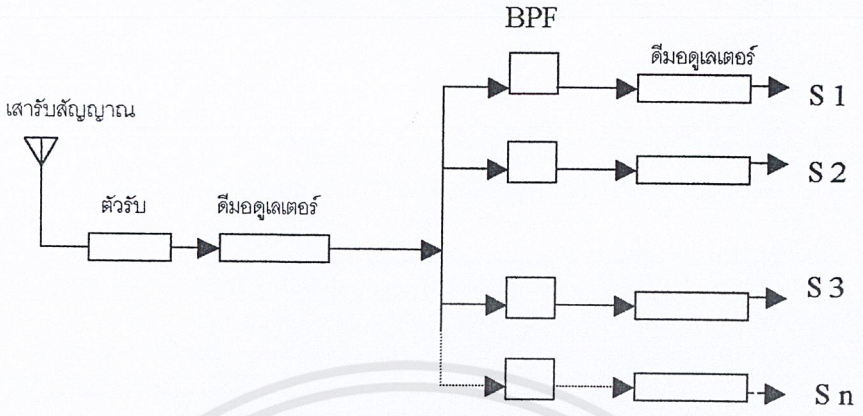

**รูปที่ 2.26 แสดงแบนด์วิดท์ภายในช่องสัญญาณ**




**รูปที่ 2.27 แสดงขั้นตอนการมัลติเพลกซ์แบบ FDM**

ส่วนภาครับซึ่งเป็นกระบวนการดีมัลติเพลกซ์ (Demultiplexing) เริ่มจากตัวรับจะรับกลุ่มสัญญาณที่ส่งมาจากนั้นจะส่งสัญญาณผ่านไปยังดีมอดดูเลเตอร์ เพื่อแยกกลุ่มสัญญาณออกเป็นสัญญาณแต่ละชุด จากนั้นจะผ่านฟิลเตอร์แบบแบนด์พาสที่ยอมให้ผ่านเฉพาะความถี่ค่าหนึ่ง แล้วสัญญาณที่ผ่านฟิลเตอร์แต่ละชุดจะผ่านดีมอดดูเลเตอร์อีกตัวเพื่อแยกข้อมูลเสียงออกจากความถี่พาหะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.28 แสดงขั้นตอนการดีมัลติเพลกซ์**

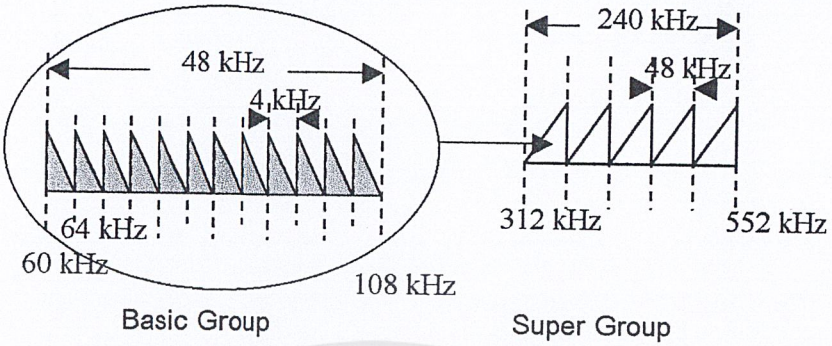
ระบบโทรศัพท์เป็นตัวอย่างหนึ่งของการใช้วิธีการมัลติเพลกซ์แบบ FDM เนื่องจากจำนวนหมายเลขโทรศัพท์ที่มีมากมายทั่วโลก นั่นหมายถึงความต้องการสายสัญญาณหรือช่องสัญญาณและต้นทุนสำหรับติดต่อสื่อสารระหว่างกันเป็นจำนวนมหาศาล ดังนั้นผู้ให้บริการระบบโทรศัพท์จึงใช้วิธีการมัลติเพลกซ์แบบ FDM เพื่อใช้จำนวนช่องสัญญาณและค่าใช้จ่ายให้น้อยที่สุด

สำหรับหลักการก็เช่นเดียวกับการมัลติเพลกซ์แบบ FDM นั่นคือเริ่มจากกลุ่มข้อมูลเสียง (เสียงมีความถี่ในช่วง 300 - 3,000 Hz) จะมอดดูเลตกับคลื่นพาหะที่มีความถี่แตกต่างกัน สัญญาณที่ออกจากมอดดูเลเตอร์แต่ละตัวจะถูกรวมเป็นกลุ่มสัญญาณที่ตัวลิเนียร์มิกเซอร์ แต่กลุ่มสัญญาณที่ออกจากลิเนียร์มิกเซอร์จะไม่ได้ส่งไปยังปลายทางในทันที แต่จะผ่านการมัลติเพลกซ์กับกลุ่มสัญญาณอื่นๆที่ผ่านการมัลติเพลกซ์ในขั้นแรกมาแล้ว ซึ่งการมัลติเพลกซ์เป็นระดับเช่นนี้จะเป็นการเพิ่มจำนวนข้อมูลที่ส่งไปยังปลายทางพร้อมๆกันโดยผ่านช่องสัญญาณเดียว

เสียง 12 เสียงซึ่งถูกมอดดูเลตแบบ SSB จากบาลานซ์มอดดูเลเตอร์ด้วยความถี่พาหะตั้งแต่ 60 - 108 kHz ซึ่งเอาท์พุตจากมอดดูเลเตอร์จะมีทั้ง LSB และ USB โดย USB จะถูกเลือกให้ผ่านฟิลเตอร์แบบแบนด์พาส จากนั้นไซด์แบนด์ทั้ง12 จะถูกรวมกันเป็นกลุ่มสัญญาณเดียวที่ลิเนียร์มิกเซอร์เรียกกลุ่มสัญญาณนี้ว่า เบสิคกรุ๊ป (Basic Group)

เมื่อนำ Basic Group 5 กลุ่มผ่านการมัลติเพลกซ์แบบ FDM ร่วมกันอีกครั้งโดยผ่านการมอดดูเลตแบบ SSB กับ Basic Group แต่ละกลุ่มด้วยความถี่พาหะที่สูงขึ้นในช่วง 360 - 552 kHz และเลือกใช้ LSB เอาท์พุตสุดท้ายที่ได้เป็นกลุ่มสัญญาณที่มีจำนวนข้อมูลเสียงทั้งหมด 5x12 = 60 เสียง และเรียกกลุ่มสัญญาณนี้ว่า ซุปเปอร์กรุ๊ป (Super Group)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 2.29 แสดง Basic Group และ Super Group**

Super Group 10 กลุ่มสามารถนำมาผ่านการมัลติเพลกซ์แบบ FDM ร่วมกันอีกครั้งด้วยความถี่พาหะที่สูงขึ้นไปอีกในช่วง 60 - 2,540 kHz ทำให้เอาท์พุตสุดท้ายได้จำนวนข้อมูลเสียงทั้งหมด 10x60 = 600 เสียง เรียกกลุ่มสัญญาณนี้ว่า มาสเตอร์กรุ๊ป (Master Group) และถ้านำ Master Group มาผ่านการมัลติเพลกซ์แบบ FDM ร่วมกัน 6 กลุ่มจะได้กลุ่มสัญญาณที่มีจำนวนข้อมูลเสียงทั้งหมด 6x600 = 3,600 เสียง เรียกว่า จัมโบ้กรุ๊ป (Jumbo Group) และถ้านำ Jumbo Group มาผ่านการมัลติเพลกซ์ FDM ร่วมกัน 3 กลุ่มจะได้กลุ่มสัญญาณทั้งหมด 3x3600 = 10,800 เสียง

จะเห็นได้ว่าระดับการมัลติเพลกซ์ที่ยิ่งสูงขึ้นยิ่งต้องการความถี่พาหะสูงขึ้น และช่วงแบนด์วิดท์ที่กว้างขึ้นเพื่อรองรับจำนวนข้อมูลที่เพิ่มมากขึ้นในการมัลติเพลกซ์แต่ละระดับเช่น จำนวนข้อมูลเสียง 10,800 เสียงต้องใช้ช่วงแบนด์วิดท์รองรับหลายเมกะเฮิรตซ์ด้วยกัน

ทางด้านระบบปลายทางซึ่งเป็นการดีมัลติเพลกซ์จะประกอบด้วย ฟิลเตอร์แบบแบนด์พาส จะกรองแยกกลุ่มสัญญาณแยกเป็นสัญญาณแต่ละชุด หลังจากนั้นผ่านดีมอดดูเลเตอร์จะแยกความถี่พาหะเหลือเพียงข้อมูลเสียงที่ส่งจากต้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.10 การสื่อสารข้อมูล (Data Communication)

การสื่อสารข้อมูล (Data Communication) คือ การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ที่ต้องการทำการสื่อสาร โดยจะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่านทางอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ เช่น อุปกรณ์บันทึกข้อมูล , สายสัญญาณ , หรือผ่านทางระบบเครือข่าย ฯลฯ ในปัจจุบันรูปแบบของการสื่อสารข้อมูลนั้นมีอยู่มากมายโดยสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งรูปแบบของการสื่อสารที่กำลังจะกล่าวถึงนี้เป็นรูปแบบของการสื่อสารแบบดิจิตอลนั่นคือการสื่อสารข้อมูลระหว่างผู้ใช้โดยอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์และทำการสื่อสารกันผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) ซึ่งเป็นการสื่อสารที่เข้ามามีบทบาทอย่างยิ่งในปัจจุบัน เนื่องจากการส่งไม่ยุ่งยากซับซ้อน , สะดวกรวดเร็ว , อีกทั้งยังมีรูปแบบของการสื่อสารให้เลือกใช้ได้มากมายตามต้องการอีกด้วย

2.10.1 ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network)

ก่อนที่จะไปทำความรู้จักกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์สิ่งหนึ่งที่ควรรู้ก็คือกฎการสื่อสารที่เรียกว่า โปรโตคอล (Protocol) ที่ใช้ในการสื่อสารบนเครือข่ายต่างๆ

โปรโตคอล (Protocol) คือ กฎการสื่อสารที่ตั้งขึ้นเพื่อให้การสื่อสารมีรูปแบบและการสื่อสารระหว่างกันจะสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อโปรโตคอลที่ใช้เป็นชนิดเดียวกันเท่านั้น ดังเช่นในชีวิตจริงการที่มนุษย์จะสามารถสื่อสารกันได้ก็ต้องใช้ภาษาเดียวกัน หรือไม่ผู้สื่อสารก็ต้องรู้ภาษาที่ใช้ในการสื่อสารดังกล่าวเท่านั้น นั่นก็คือการที่ใช้โปรโตคอลชนิดเดียวกันนั่นเองเพียงแต่โปรโตคอลนั้นเป็นกฎการสื่อสารระหว่างเครือข่ายคอมพิวเตอร์เท่านั้น

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) คือ การเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นอิสระต่อกันตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปให้สามารถทำการติดต่อสื่อสารถึงกันได้ โดยไม่คำนึงถึงระยะทางระหว่างเครื่องทั้ง 2 และการเชื่อมต่อว่าเป็นการเชื่อมต่อแบบใดซึ่งลักษณะของระบบเครือข่ายสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะดังนี้

1.ระบบเครือข่ายในองค์กร

2.ระบบเครือข่ายสำหรับคนทั่วไป

2.10.1.1 ระบบเครือข่ายในองค์กร

เป็นการสร้างระบบเครือข่ายขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกภายในองค์กร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ข้อมูล , โปรแกรมและอุปกรณ์ต่างๆร่วมกัน ซึ่งเครือข่ายลักษณะดังกล่าวมีใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบันเนื่องจากการสร้างระบบเครือข่ายขึ้นใช้ภายในองค์กร นั้นไม่เพียงแต่จะอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้เท่านั้น แต่ยังสามารถสร้างความไว้วางใจให้แก่ผู้ใช้ได้อีกด้วย เนื่องจากมีแหล่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำรองหากแหล่งข้อมูลหลักเกิดเสียหายอีกทั้งยังสามารถสร้างความน่าเชื่อถือให้แก่ระบบเครือข่ายด้วยการเชื่อมต่อ ซึ่งระบบเครือข่ายนี้จะมีการเชื่อมต่ออยู่ 2 ลักษณะคือ

1.การเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) เข้ากับเครื่องเมนเฟรม (Mainframe)

2.การเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) หลายๆเครื่องเข้าด้วยกัน แล้วทำการกำหนดให้บางเครื่องในระบบการเชื่อมต่อทำหน้าที่เป็น Server ทำหน้าที่เฉพาะเป็นอย่างๆไป

ซึ่งการเชื่อมต่อทั้ง 2 ลักษณะนั้นมีความสามารถในการให้บริการที่ต่างกัน ดังนั้นองค์กรที่เป็นเจ้าของเครือข่ายการใช้งานจึงควรเลือกใช้ให้เหมาะกับการใช้งานภายในองค์กรแต่ด้วยราคาที่สูงมากของเครื่อง Mainframe ประกอบกับการเชื่อมต่อในลักษณะแรกนั้น หากเกิดการชำรุดขึ้นภายในเครือข่าย จะทำให้ไม่สามารถใช้งานเครือข่ายได้เลย จึงเป็นเหตุให้การเชื่อมต่อในลักษณะที่ 2 ได้รับความนิยมมากกว่าลักษณะแรกมาก ถึงแม้ว่าความสามารถของเครื่อง PC นั้นจะด้อยกว่าเครื่อง Mainframe ก็ตาม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเชื่อมต่อในลักษณะที่ 2 ดีกว่าเนื่องจาก

1.เครือข่ายที่เชื่อมต่อขึ้นราคาต่ำกว่ามาก

2.มีความคล่องตัวในการใช้งานมากกว่า

3.การตรวจสอบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องหรือชำรุดและการดูแลรักษาเครือข่ายทำได้ง่ายกว่า

4.การขยายหรือลดขนาดของเครือข่ายทำได้ง่ายกว่าอีกทั้งการเพิ่มหรือลดจำนวนของอุปกรณ์ภายในเครือข่ายทำได้ง่ายกว่า

2.10.1.2 ระบบเครือข่ายสำหรับคนทั่วไป

เป็นการเชื่อมต่อเครื่อง PC ของผู้ที่ต้องการใช้งานเข้ากับเครือข่ายภายนอกที่ผู้ใช้ได้รับอนุญาตให้สามารถเข้าใช้ได้ ซึ่งเครือข่ายภายนอกนี้ก็คืออินเตอร์เน็ต เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการเชื่อมต่อในเครือข่ายนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ว่าต้องการใช้งานในด้านใด โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบด้วยกันคือ

1.การรับบริการข้อมูลข่าวสารต่างๆ

คือการรับข้อมูลข่าวสารต่างๆผ่านทางเครือข่ายที่ให้บริการข่าวสารดังกล่าว เช่น การรับข้อมูลข่าวจากเครือข่ายข่าวต่างๆ , ข้อมูลทางเทคโนโลยีต่างๆจากเครือข่ายของผู้ผลิต ,หรือการข้อมูลทางการเงินจากสถาบันการเงินที่เกี่ยวข้อง ฯลฯ

2.การสื่อสารระหว่างบุคคลต่อบุคคล

คือการสื่อสารกันผ่านทางเครือข่าย ซึ่งเป็นที่นิยมในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นการส่งจดหมายทางอินเตอร์เน็ต (E - Mail) , การคุยกันผ่านทางเว็บ (Web) ที่เรียกว่า Chat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.บริการความบันเทิงส่วนบุคคล

คือการรับบริการความบันเทิงต่างๆผ่านทางเครือข่ายเป็นต้นว่า ฟังเพลง , ดูหนังหรือแม้แต่การเลือกซื้อสินค้าผ่านทางเครือข่าย

2.10.2 สื่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสาร (Network Hardware)

คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ในที่หนึ่งไปยังอุปกรณ์ในอีกที่หนึ่งซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภทดังนี้

1.สื่ออุปกรณ์ชนิดแม่เหล็กและอุปกรณ์บันทึกแสง

2.สายคู่ตีเกลียว (Twisted Pair)

3.โคแอกเชียล (Coaxial Cable)

4.สายโคแอกเชียลช่วงสัญญาณกว้าง (Broadband Coaxial)

5.เส้นใยแก้วนำแสง (Fiber Optic)

2.10.2.1 สื่ออุปกรณ์ชนิดแม่เหล็กและอุปกรณ์บันทึกแสง

อุปกรณ์ชนิดนี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลที่ต้องการลงบนแถบแม่เหล็ก ซึ่งเราเรียกว่า แผ่นดิสก์เก็ตหรือแผ่นดิสก์ ซึ่งในปัจจุบันมีขนาดของความจุอยู่ที่ 1.44 MBต่อแผ่น และอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งคือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกแถบแสงนั่นคือ แผ่นซีดี (CD) และแผ่นดีวีดี (DVD) โดยจะมีค่าความจุอยู่ที่ประมาณ 650 MB และความจุของแผ่น DVD จะมีมากกว่าแผ่นซีดีประมาณ 4 เท่าของ ดังนั้นสื่อชนิดนี้จึงถือเป็นสื่อที่มีความจุในการบันทึกข้อมูลได้มาก แต่ไม่เหมาะกับการส่งข้อมูลที่ต้องการความรวดเร็ว ดังนั้นในการส่งข้อมูลที่ต้องการความเร็วควรใช้การเชื่อมต่อเข้ากับแหล่งรับ-ส่งเข้ากับสายส่งโดยตรง

2.10.2.1.1 สายคู่ตีเกลียว (Twisted Pair)

เป็นสายสัญญาณที่ทำจากการนำสายทองแดง 2 เส้น ซึ่งหุ้มด้วยฉนวนไฟฟ้านำมาตีเกลียวเข้าด้วยกันเรียกสายสัญญาณชนิดนี้ว่าสายยูทีพี (Unshield Twisted Pair : UTP) ซึ่งสายสัญญาณนี้สามารถใช้ส่งได้ทั้งสัญญาณอนาลอกและดิจิตอล

2.10.2.1.2 โคแอกเชียล (Coaxial Cable)

เป็นสายสัญญาณที่ประกอบไปด้วยลวดทองแดงแข็ง 1 เส้นแล้วหุ้มด้วยฉนวนไฟฟ้าจากนั้นนำมาหุ้มด้วยลวดไฟฟ้าที่ถักเป็นตาข่ายร่างแหและหุ้มด้วยฉนวนพลาสติกเป็นชั้นนอกสุด สายสัญญาณชนิดนี้มี 2 แบบคือ

1.สายสัญญาณแบบช่วงแคบ 50 โอห์ม

2.สายสัญญาณใช้สำหรับสัญญาณอนาลอก 75 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2.1.3 สายโคแอกเชียลช่วงสัญญาณกว้าง (Broadband Coaxial)

เป็นสายสัญญาณที่ใช้กับสัญญาณอนาลอกซึ่งสายสัญญาณประเภทนี้มีอยู่ 2 แบบคือ

1.ระบบสายคู่ คือเส้นหนึ่งเป็นสายส่งอีกเส้นเป็นสายรับ

2.ระบบสายเดียว คือใช้สายเพียงเส้นเดียวในการรับ-ส่งแต่จะแบ่งช่วงสัญญาณออกเป็น 2 ช่วง คือช่วงความถี่ต่ำใช้ในการส่ง ส่วนช่วงความถี่สูงใช้ในการรับ

2.10.2.1.4 เส้นใยแก้วนำแสง (Fiber Optic)

เป็นสายสัญญาณที่มีลักษณะคล้ายๆกับสายโคแอกเชียล (Coaxial) แตกต่างกันตรงที่ไม่มีลวดตาข่ายและแกนกลางเป็นเส้นใยแก้วนำแสงแทนที่จะเป็นลวดทองแดง เส้นใยแก้วนำแสงแบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้ตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางคือ

1.ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ไมโครเมตร เป็น Multi Mode

2.ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8-10 ไมโครเมตร เป็น Single Mode

ในปัจจุบันสายสัญญาณชนิดนี้ได้รับความนิยมในการใช้งานเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความสามารถที่สอดคล้องกับความต้องการในการสื่อสารในปัจจุบันที่ต้องการความเร็วสูงและความผิดพลาดน้อยที่สุด

2.10.3 อุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อเครือข่าย

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อเพื่อให้เครือข่ายต่างๆสามารถทำการติดต่อสื่อสารถึงกันได้ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อนั้นมีอยู่หลายประเภทและแต่ละประเภท ก็จะมีความสามารถที่แตกต่างกันไป ดังนั้นในการเชื่อมต่อจึงควรเลือกใช้ในเหมาะสมกับลักษณะของการใช้งาน โดยในที่นี้จะขอกล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อเครือข่าย 5 ประเภทดังนี้

1.ฮับหรืออุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Hub or Repeator)

2.สวิตซ์และบริดจ์ (Switch and Bridge)

3.เราเตอร์ (Router)

4.เลเยอร์-3สวิตซ์ (Layer-3 Switch)

5.ประตูการสื่อสาร (Gateway)

2.10.3.1 ฮับหรืออุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Hub or Repeator)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณที่ได้รับมาแล้วเพื่อส่งต่อให้กับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออยู่กับตัวมัน ซึ่งการเชื่อมต่อ Hub นั้นทำเพื่อเพิ่มระยะทางของการสื่อสารให้ได้ระยะทางที่ไกลมากขึ้นและเพื่อใช้เป็นจุดทวนสัญญาณให้มีความแรงมากพอในการส่งผ่านในระยะทางที่มากขึ้นนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.3.2 สวิตช์และบริดจ์ (Switch and Bridge)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อเครือข่ายเฉพาะบริเวณ (LAN) เข้าด้วยกัน โดยมีข้อจำกัดอยู่ที่ว่า LAN ดังกล่าวจะต้องมีการเชื่อมต่อแบบเดียวกันและใช้โปรโตคอลในการสื่อสารชนิดเดียวกันเท่านั้น อุปกรณ์ชนิดนี้จึงจะสามารถทำงานได้ และในการทำงานของสวิตช์นั้นเนื่องจากภายในจะมีตารางการรับ-ส่งข้อมูลอยู่ทำให้ สามารถตรวจสอบการรับ-ส่งข้อมูลได้ว่าส่งจาก IP Address ใดและปลายทางเป็นที่ใด ดังนั้นเมื่อมีการรับ-ส่งข้อมูลไปยังปลายทางเดิมอีก สวิตช์จะทำการส่งข้อมูลให้กับเครื่องลูกข่ายเครื่องนั้นโดยตรงไม่ต้องส่งกระจายไปทั่วเครือข่าย ซึ่งถือเป็นการแบ่งแยกข้อมูลและสามารถแบ่ง Lan Traffic ได้อีกด้วยแต่มีข้อจำกัดที่ว่าสวิตช์จะใช้งานได้ไม่ดีในกรณีที่เครือข่ายมีเครื่องลูกข่ายเป็นจำนวนมาก

2.10.3.3 เราเตอร์ (Router)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อเครือข่ายหลายๆเครือข่ายเข้าด้วยกันโดยไม่คำนึงถึงรูปแบบของการเชื่อมต่อว่าเป็นแบบใด แต่มีข้อจำกัดที่ว่าเครือข่ายที่เชื่อมต่อจะต้องใช้โปรโตคอลในการสื่อสารชนิดเดียวกันเท่านั้น อุปกรณ์นี้จึงจะสามารถทำงานได้ และอุปกรณ์นี้ยังมีความสามารถในการเลือกเส้นทางเดินของข้อมูลที่เหมาะสม แต่เนื่องจากระบบการควบคุมของ Router นั้นเป็นซอฟต์แวร์ จึงทำให้การทำงานนั้นช้ากว่าสวิตช์ที่ควบคุมด้วยฮาร์ดแวร์ ถึงแม้จะทำงานช้าแต่ Router นั้นยังมีความสามารถในการแบ่ง Lan Traffic ของเครือข่ายซึ่งสามารถทำงานได้แม้ในเครือข่ายที่มีเครื่องลูกข่ายมากจึงทำให้เราเตอร์มีราคาที่สูงกว่าสวิตช์และบริดจ์

2.10.3.3.4 เลเยอร์-3สวิตช์ (Layer-3 Switch)

เป็นอุปกรณ์ที่รวมเอาข้อดีของทั้ง Switch&Router เข้าด้วยกันนั่นคือ ความสามรถในการแบ่ง Lan Traffic ของเครือข่ายที่มีเครื่องลูกข่ายมากของ Router และความสามารถในการแบ่งแยกข้อมูลด้วยความเร็วที่สูงของ Switch อีกทั้งยังติดตั้งได้ง่ายและมีราคาที่ถูกกว่า Router ดังนั้นด้วยคุณสมบัติเหล่านี้เองทำให้เลเยอร์-3สวิตช์ ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางซึ่งฟังก์ชันหลักๆมี 3 ฟังก์ชั่นดังนี้

1.การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างพอร์ตต่างๆเพื่อแบ่งแยก Lan Traffic ของกลุ่มย่อยๆออกจากกัน

2.เพื่อกำหนดเส้นทางเดินในการรับ-ส่งข้อมูลข้ามเครือข่ายเรียกว่าRouter-Processing Function

3.เพื่อใช้ในการจัดการกับระบบเครือข่ายทั้งในด้านการลำดับความสำคัญ ในการรับ-ส่งข้อมูลและในด้านความปลอดภัยภายในเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.3.5 ประตูการสื่อสาร (Gateway)

เป็นอุปกรณ์การสื่อสารที่ใช้ในการเชื่อมต่อเครือข่ายต่างๆเข้าด้วยกันโดยที่อุปกรณ์นี้เป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถมากที่สุดในการเชื่อมต่อ เนื่องจากไม่มีข้อจำกัดใดๆในการเชื่อมต่ออุปกรณ์นี้เข้ากับเครือข่าย อุปกรณ์นี้สามารถทำงานได้แม้ถูกเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายที่รูปแบบการเชื่อมต่อต่างๆกันและใช้โปรโตคอลในการสื่อสารต่างชนิดกัน เนื่องจากอุปกรณ์ชนิดนี้มีความสามารถในการแปลงโปรโตคอลที่ใช้งานให้ตรงกับปลายทางและเหมาะสมกับฮาร์ดแวร์ที่ใช้งานอยู่ อีกทั้งยังสามารถเลือกเส้นทางเดินที่เหมาะสมให้กับข้อมูลได้ จึงทำให้อุปกรณ์ชนิดนี้มีราคาที่สูงมาก และในเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นประตูสื่อสารอาจจะรวมเอาฟังก์ชันการทำงานของ Firewall ซึ่งทำหน้าที่เป็นกำแพงที่ป้องกันการลักลอบนำข้อมูลออกไปใช้ โดยผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตอีกด้วย

2.10.4 ประเภทของระบบเครือข่าย (Varies of Network)

ระบบเครือข่ายนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภท โดยแบ่งตามขนาดของเครือข่ายได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

1.เครือข่ายเฉพาะบริเวณ (Local Area Network : LAN)

2.เครือข่ายในเขตเมือง (Metropolitan Area Network : MAN)

3.เครือข่ายวงกว้าง (Wide Area Network : WAN)

4.เครือข่ายสากล (Inter Network)

ส่วนเครือข่ายสุดท้ายนอกเหนือจากทั้ง 4 เครือข่ายคือ

5.เครือข่ายไร้สาย (Wireless)

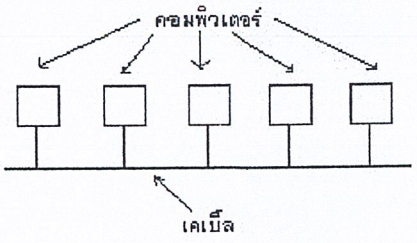
2.10.4.1 เครือข่ายเฉพาะบริเวณ (Local Area Network : LAN)

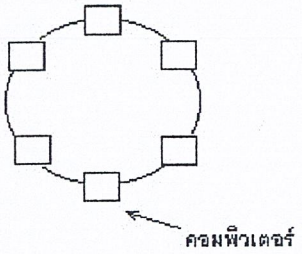
หมายถึงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่จำกัดขอบเขตของเครือข่ายและผู้ใช้ให้อยู่ในพื้นที่ขนาดเล็กคือมีระยะทางที่ใช้ในการเชื่อมต่อไม่เกิน 2-3 กิโลเมตร และมีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลอยู่ระหว่าง 1-10 Mbps โดยทั่วไปการเชื่อมต่อเครือข่ายนี้มักมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้อุปกรณ์ส่วนกลางหรือโปรแกรมการใช้งานและข้อมูลต่างๆร่วมกัน ซึ่งมักจะมีรูปแบบของการเชื่อมต่อใน 2 ลักษณะคือ

1.แบบบัส (Bus)

2.แบบวงแหวน (Ring) ตามลำดับดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.30 แสดงการเชื่อมต่อแบบ Bus** **รูปที่ 2.31 แสดงการเชื่อมต่อแบบ Ring**

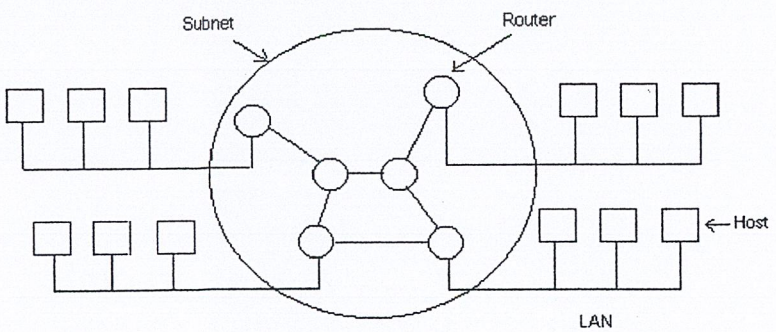
ซึ่งเครือข่ายเฉพาะบริเวณนี้จะพบเป็นลักษณะของเครือข่ายภายในห้องคอมพิวเตอร์ ,อาคารต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยและในองค์กรต่างๆ

2.10.4.2 เครือข่ายในเขตเมือง (Metropolitan Area Network : MAN)

หมายถึงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะคล้ายกับเครือข่ายเฉพาะบริเวณ (LAN) แต่มีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลที่ช้ากว่าและมีขนาดใหญ่กว่าเครือข่ายแบบ LAN ซึ่งเครือข่ายในเขตเมือง (MAN) จะมีความสามารถมากกว่านั่นคือสามารถรับ-ส่งข้อมูลและโทรศัพท์ไปพร้อมๆกันได้ เครือข่ายรูปแบบนี้จะเป็นเครือข่ายที่เชื่อมต่อระหว่างเมืองหรือกล่าวได้ว่าเป็นเครือข่ายที่เชื่อมต่อเครือข่ายแบบ LAN หลายๆเครือข่ายเข้าด้วยกันเพื่อเชื่อมต่อและขยายพื้นที่การให้บริการการสื่อสารข้อมูล

2.10.4.3 เครือข่ายวงกว้าง (Wide Area Network : WAN)

หมายถึงเครือข่ายที่เชื่อมต่อเครือข่ายแบบ LAN เข้ากับเครือข่ายย่อย (Subnet) และภายในเครือข่ายย่อยสายสื่อสารแต่ละเส้นจะเชื่อมต่อเข้าสู่อุปกรณ์สลับช่องสื่อสารในที่นี้คือ Router ซึ่งเครือข่ายรูปแบบนี้จะพบเป็นลักษณะของเครือข่ายการสื่อสารระหว่างประเทศ โดยเครือข่ายย่อยนั้นเทียบได้กับเครือข่ายการสื่อสารภายในประเทศแต่ละประเทศที่ทำการเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายการสื่อสารระหว่างประเทศผ่านทาง Router นั่นเอง




**รูปที่ 2.32 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อของเครือข่ายวงกว้าง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.4.4 เครือข่ายสากล (Inter network)

หมายถึงเครือข่ายที่เชื่อมต่อทั่วโลกให้สามารถสื่อสารกันได้ และในการเชื่อมต่อให้ทั่วโลกสามารถเชื่อมต่อถึงกันและสื่อสารกันได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อคือ ประตูการสื่อสาร (Gateway) ซึ่งลักษณะของเครือข่ายนี้จะเป็นการเชื่อมต่อเครือข่ายวงกว้างหลายๆเครือข่ายเข้าด้วยกัน รูปแบบของเครือข่ายนี้ก็คือ อินเตอร์เน็ตนั่นเอง

2.10.4.5 เครือข่ายไร้สาย (Wireless)

เครือข่ายนี้เป็นเครือข่ายการสื่อสารที่ไม่ต้องอาศัยสายสัญญาณในการติดต่อสื่อสาร แต่จะอาศัยการส่งสัญญาณผ่านคลื่นพาหะแทน โดยอาศัยอุปกรณ์ในการรับ-ส่งที่มีความสามารถในการแยกคลื่นสัญญาณข้อมูลออกจากคลื่นพาหะ รูปแบบเครือข่ายนี้เช่น เครือข่ายของโทรศัพท์มือถือระบบต่างๆ , เครือข่ายการสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นต้น

2.10.5 รูปแบบของการส่งข้อมูล (Signal Transferring)

รูปแบบของการส่งข้อมูลมีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบคือ

1.การส่งข้อมูลแบบกระจาย (Broadcast )

2.การส่งข้อมูลแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point)

2.10.5.1 การส่งข้อมูลแบบกระจาย (Broadcast )

เป็นการส่งข้อมูลในลักษณะของการส่งออกไปทุกทิศทาง กล่าวคือ การส่งข้อมูลแบบนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่เชื่อมต่ออยู่บนเครือข่ายจะได้รับข้อมูลที่ส่งออกมาเหมือนกันหมดทุกเครื่อง เพียงแต่เครื่องปลายทางจะมีเพียงเครื่องที่ถูกกำหนดให้ใช้ข้อมูลเท่านั้นที่จะนำข้อมูลที่ได้รับนั้นไปใช้

2.10.5.2 การส่งข้อมูลแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point)

เป็นการส่งข้อมูลที่จะเกิดขึ้นเฉพาะระหว่างเครื่องที่ถูกกำหนดให้ทำการติดต่อสื่อสารกันเท่านั้น เครื่องอื่นๆที่เชื่อมต่ออยู่บนเครือข่ายเดียวกันแต่ไม่ได้ถูกกำหนดทำการสื่อสารจะไม่ได้รับข้อมูลที่ส่งออกไป ดังนั้นจึงมีเพียงเครื่องที่ถูกกำหนดให้ทำการสื่อสารเท่านั้นที่จะได้รับข้อมูลและสามารถใช้ข้อมูลที่ได้รับมาได้ ดังนั้นถ้าเครือข่ายมีขนาดเล็กก็ควรเลือกแบบกระจายส่วนแบบจุดต่อจุดนั้นเหมาะสำหรับเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่

2.10.6 รูปแบบของการส่งข้อมูลภายในสายสัญญาณ (Transferring Form)

รูปแบบของการส่งข้อมูลภายในสายสัญญาณนั้นมีอยู่ 3 ลักษณะคือ

1.การส่งสัญญาณแบบทางเดียว (Simplex)

2.การส่งสัญญาณแบบกึ่งสองทาง (Half-Duplex)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การส่งสัญญาณแบบสองทาง (Full-Duplex)

2.10.6.1 การส่งสัญญาณแบบทางเดียว (Simplex)

การส่งสัญญาณลักษณะนี้สายส่งสัญญาณเส้นหนึ่งจะสามารถส่งสัญญาณได้ทิศทางเดียวเท่านั้น ดังนั้นในการสื่อสารจึงต้องใช้สายสัญญาณ 2 เส้นเพื่อใช้ในการรับข้อมูลหนึ่งเส้นและเพื่อส่งข้อมูลอีกหนึ่งเส้น

2.10.6.2 การส่งสัญญาณแบบกึ่งสองทาง (Half-Duplex)

การส่งสัญญาณลักษณะนี้สายส่งสัญญาณเส้นหนึ่งจะสามารถส่งสัญญาณได้ 2 ทิศทาง แต่จะต้องเป็นคนละช่วงเวลากัน กล่าวคือ ในช่วงเวลาหนึ่งๆสายสัญญาณจะสามารถส่งสัญญาณได้ทิศทางเดียวเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องแบ่งช่วงเวลาในการรับ-ส่งให้เป็นคนละเวลากัน

2.10.6.3 การส่งสัญญาณแบบสองทาง (Full-Duplex)

การส่งสัญญาณลักษณะนี้สายส่งสัญญาณเส้นหนึ่งจะสามารถส่งสัญญาณได้ 2 ทิศทางในเวลาเดียวกัน แต่ในการใช้งานจะใช้สายส่งสัญญาณ 2 เส้นพร้อมกันเพื่อใช้เส้นหนึ่งในการส่งและอีกเส้นในการรับ จึงทำให้สามารถทำการรับ-ส่งสัญญาณพร้อมกันในเวลาเดียวกันได้

2.10.7 การเชื่อมต่อเครือข่าย (Physical Networking)

การเชื่อมต่อเครือข่ายนั้นมีอยู่หลายรูปแบบด้วยกัน โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆดังนี้

1.การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบบัส (Bus)

2. การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบวงแหวนหรือริง (Ring)

3.การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบสตาร์ (Star)

2.10.7.1 การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบบัส (Bus)

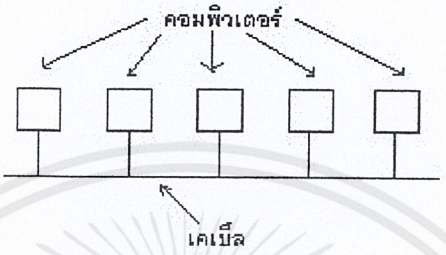
เป็นการเชื่อมต่อเครือข่ายโดยทำการเชื่อมต่อเครื่องลูกข่ายทุกเครื่องถึงกัน ผ่านทางสายสัญญาณเส้นหนึ่งซึ่งถือเป็นสายสัญญาณหลัก และมีตัวกำจัดสัญญาณ (Terminator) อยู่ที่ปลายของสายสัญญาณแต่ละข้างเพื่อทำการกำจัดสัญญาณที่เดินทางไปถึงปลายสุดของสายสัญญาณเพื่อไม่ให้เกิดการสะท้อนของสัญญาณกลับเข้าสู่สายสัญญาณอีกครั้ง ลักษณะของการส่งสัญญาณภายในเครือข่ายแบบ Bus นี้มีอยู่ 2 ลักษณะคือ

2.10.7.1.1 บัส (Bus)

การส่งสัญญาณจะเป็นในรูปแบบ Broadcast ซึ่งการส่งข้อมูลรูปแบบนี้ในการเชื่อมต่อแบบ Bus ก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องการชนกันของข้อมูล (Data Crash) เมื่อมีเครื่องลูกข่ายบนเครือข่ายที่ต้องการส่งข้อมูลมากกว่า 1 เครื่องในเวลาเดียวกัน โดยหลังจากเกิดการชนกันของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครือข่ายจะทำการสุ่มเวลาที่จะอนุญาตให้มีการส่งข้อมูลใหม่ได้อีกครั้ง โดยอาศัยความสามารถของ Protocol CSMA/CD ซึ่งเครื่องลูกข่ายแต่ละเครื่องจะได้รับช่วงเวลาที่ได้จากการสุ่มโดยโปรโตคอลดังกล่าวที่แตกต่างกันเพื่อป้องกันการชนกันของข้อมูลซ้ำ และจะทำการสุ่มเวลาใหม่อีกครั้งเมื่อเกิดการชนกันของข้อมูลขึ้นอีก




**รูปที่ 2.33 แสดงการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ Bus**

2.10.7.1.2 โทเกนบัส (Token Bus)

การส่งสัญญาณจะเป็นในรูปแบบ Broadcast โดยภายในเครือข่ายจะมีโทเกน (Token) วิ่งอยู่ตลอด ซึ่งเครื่องที่ครอบครอง Token อยู่เท่านั้นจึงจะสามารถทำการส่งข้อมูลออกมาได้ เมื่อมีความต้องการในการส่งข้อมูลเครื่องลูกข่ายเครื่องนั้นจะทำการร้องขอไปยังเครือข่าย จากนั้นจะได้รับ Token จากเครือข่ายและสามารถส่งข้อมูลออกมาได้ตราบใดที่ยังครอบครอง Token นั้นอยู่ ซึ่งเครือข่ายจะกำหนดช่วงเวลาที่เครื่องลูกข่ายจะสามารถครอบครองToken ไว้ได้ และเมื่อครบกำหนดเวลาเครื่องลูกข่ายเครื่องนั้นจะต้องคืน Token กลับสู่เครือข่ายไม่ว่าการส่งข้อมูลในครั้งนั้นๆจะเสร็จสิ้นหรือไม่ก็ตาม เพื่อให้เครื่องลูกข่ายเครื่องอื่นๆในเครือข่ายได้ทำการส่งข้อมูลด้วยเช่นกัน และจะสามารถทำการส่งข้อมูลที่ยังไม่เสร็จสิ้นนั้นได้อีกครั้งเมื่อได้รับ Token อีกครั้งจากเครือข่าย ซึ่งการส่งสัญญาณภายในเครือข่ายแบบ Token Bus นี้จะไม่เกิดปัญหาของการชนกันของข้อมูลเนื่องจากในช่วงเวลาหนึ่งๆจะมีเครื่องลูกข่ายที่สามารถทำการส่งข้อมูลได้เพียงเครื่องเดียวเท่านั้น

2.10.7.1.3 การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบวงแหวนหรือริง (Ring)

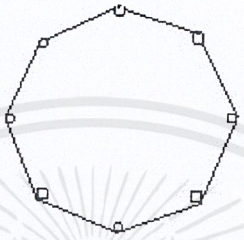
การเชื่อมต่อรูปแบบนี้จะทำการเชื่อมต่อเครื่องลูกข่ายเข้าด้วยกันในลักษณะเชื่อมต่อเป็นวงโดยไม่ต้องอาศัยสายสัญญาณหลักเหมือนการเชื่อมต่อแบบ Bus โดยการเชื่อมต่อแบบ Ring นี้มี 2 ลักษณะเช่นกันดังนี้

2.10.7.1.4 วงแหวนหรือริง (Ring)

การเชื่อมต่อแบบ Ring ลักษณะของการส่งข้อมูลจะเป็นในรูปแบบ Broadcast โดยลักษณะของการส่งข้อมูลจะเป็นแบบทิศทางเดียวเช่น ตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา (วนขวาหรือวนซ้ายนั่นเอง) ซึ่งเครือข่ายแบบ Ring นี้ก็ประสบปัญหาเดียวกันกับแบบ Bus นั่นคือการชนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของข้อมูล ซึ่งเครือข่ายก็จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการสุ่มเวลาเช่นเดียวกันกับเครือข่ายแบบ Bus แต่เครือข่ายแบบ Ring นี้ยังประสบกับปัญหาเกี่ยวกับสายส่งอีกด้วย นั่นคือหากเกิดการชำรุดของสายสัญญาณไม่ว่าจะเป็น ณ จุดใดก็ตามภายในเครือข่ายจะทำให้การส่งสัญญาณภายในเครือข่ายล้มเหลวทันทีนอกจากนี้การแก้ไขและการหาจุดชำรุดภายในเครือข่ายแบบ Ring นี้ก็ทำได้ยากมากอีกด้วย



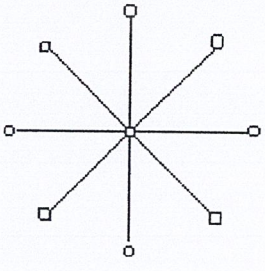
**รูปที่ 2.34 แสดงการเชื่อมต่อแบบ Ring**

2.10.7.1.5 โทเกนริง (Token Ring)

การเชื่อมต่อแบบนี้ลักษณะของการส่งข้อมูลจะเป็นในรูปแบบ Broadcast ซึ่งการเชื่อมต่อในลักษณะนี้จะไม่ประสบปัญหาในเรื่องของการชนกันของข้อมูล โดยมีลักษณะของการแก้ปัญหาเป็นเช่นเดียวกันกับแบบ Token Bus คือ การที่เครื่องลูกข่ายใดจะสามารถส่งข้อมูลได้นั้นจะต้องครอบครอง Token ไว้รวมทั้งจะต้องคืน Token กลับสู่เครือข่ายเมื่อครบกำหนดเวลา ไม่ว่าการส่งข้อมูลในครั้งนั้นๆจะเสร็จสิ้นหรือไม่ก็ตามและจะสามารถทำการส่งข้อมูลที่ยังไม่เสร็จสิ้นนั้นได้อีกครั้งเมื่อได้รับ Token อีกครั้งจากเครือข่าย

2.10.7.1.6 การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบสตาร์ (Star)

การเชื่อมต่อรูปแบบนี้จะทำการเชื่อมต่อเครื่องลูกข่ายเข้าด้วยกันในเป็นรูปดาวที่มีจุดรวมของเครือข่ายอยู่ ณ จุดเดียวกัน ซึ่งจะมีลักษณะของการส่งข้อมูลเป็นแบบการกระจายข้อมูลหากจุดรวมเครือข่ายเป็น Hub และจะเป็นการส่งข้อมูลแบบจุดต่อจุด หากที่จุดรวมเป็นสวิตช์หรือบริดจ์



**รูปที่ 2.35 แสดงการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ Star**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.8 มาตราฐานของระบบเครือข่าย (Standard Networking)

การกำหนดมาตราฐานของระบบเครือข่ายนั้นถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากมีบริษัทอยู่มากมายที่มีความสามารถในการผลิตอุปกรณ์ที่นำมาใช้งานในด้านการติดต่อสื่อสาร ซึ่งหากไม่มีการกำหนดมาตราฐานแล้วนั้น อาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับการไม่สามารถใช้งานร่วมกันได้ของอุปกรณ์ที่ไม่ได้ผลิตขึ้นจากบริษัทเดียวกัน ดังนั้นการกำหนดมาตราฐานจึงถือเป็นการควบคุมเพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำการติดต่อสื่อสารถึงกันได้ อีกทั้งยังเป็นการช่วยในด้านการตลาดให้สินค้าที่ผลิตได้นั้นมีราคาถูกลงอีกด้วย ซึ่งผู้ที่รับผิดชอบในด้านการจัดมาตราฐานนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1.ผู้รับผิดชอบด้านการจัดมาตราฐานสากล

สำหรับผู้รับผิดชอบในด้านนี้คือ (International Standard Organization : ISO) ซึ่งจะเป็นผู้กำหนดมาตราฐานเกี่ยวกับโครงสร้างและเรื่องต่างๆเกี่ยวกับการสื่อสาร

2.ผู้รับผิดชอบด้านอินเตอร์เน็ต (Internet)

สำหรับผู้รับผิดชอบด้านอินเตอร์เน็ตนั้นจะเป็นในรูปของคณะกรรมการที่ทำการจัดตั้งขึ้นเพื่อกำหนดมาตราฐานต่างๆเพื่อให้ระบบอินเตอร์เน็ตนั้นสามารถทำการติดต่อสื่อสารถึงกันได้ทั่วโลก คณะกรรมการดังกล่าวก็เช่น Internet Activities Board : IAB , Internet Engineering Task Force : IETF เป็นต้น

2.10.9 ระบบเครือข่ายมาตราฐานIEEE 802 (IEEE Standard 802)

หมายถึงมาตราฐานของกฎการสื่อสารที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้งานในระบบ LAN โดยองค์กร IEEE ซึ่งจะกล่าวถึงมาตราฐานนี้ใน 3 รูปแบบด้วยกันคือ

2.10.9.1 ระบบเครือข่ายมาตรฐานIEEE802.3 และระบบอีเธอร์เน็ต (Ethernet)

ก่อนที่จะไปรู้จักกับมาตราฐานนี้ เราควรรู้เสียก่อนว่า ระบบอีเธอร์เน็ต คืออะไร ระบบอีเธอร์เน็ต (Ethernet) คือ ระบบเครือข่ายที่ใช้ในการเชื่อมต่อภายในองค์กรใดองค์กรหนึ่งเท่านั้นหรือเรียกอีกอย่างได้ว่าเป็นเครือข่ายที่ทำการเชื่อมต่อขึ้นเพื่อใช้เฉพาะภายในองค์กรนั้นๆเท่านั้น ซึ่งจะแตกต่างจากเครือข่าย LAN ตรงที่ อีเธอร์เน็ตจะมีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลภายในเครือข่ายเท่ากับ 10 Mbps และจะเป็นระบบที่มีข้อกำหนดตามมาตราฐานIEEE 802.3 เท่านั้น

สำหรับมาตราฐานIEEE 802.3 นี้นั้นออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับการเชื่อมต่อเครือข่าย LAN ที่ใช้ Protocol CSMA/CD หรือที่เรียกว่า 1-persistent กล่าวคือ สถานีที่ต้องการทำการส่งนั้นจะต้องฟังสัญญาณในสายสัญญาณ หากพบว่าไม่มีสถานีใดทำการส่ง สถานีนั้นจะทำการส่งข้อมูลออกมา หากขณะทำการส่งพบว่ามีสัญญาณการส่งซ้อนกัน (เกิดการชนกันของข้อมูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจะหยุดการทำงานทันทีและทำการสุ่มเวลา (ซึ่งมีค่าไม่แน่นอนและแต่ละสถานีจะได้ค่าที่ไม่เท่ากัน)เพื่อให้สามารถทำการส่งข้อมูลได้อีกครั้งหนึ่ง จากนั้นจึงเริ่มการส่งใหม่อีกครั้ง

2.10.9.2 สายสื่อสารที่ใช้ตามมาตราฐานIEEE 802.3

สำหรับอีเธอร์เน็ต (Ethernet) นั้นจะเกี่ยวข้องกับสายสื่อสารโดยตรงซึ่งจะขอกล่าวถึงสายสัญญาณ 4 ชนิดที่เกี่ยวข้องกับระบบอีเธอร์เน็ตดังนี้

1.สาย10 base 5

2.สาย10 base 2

3.สาย 10 base–T

4.สาย10 base-F

2.10.9.2.1 สาย10 base 5

เป็นสายสัญญาณที่ได้รับการพัฒนาขึ้นใช้เป็นประเภทแรก เรียกว่า สายอีเธอร์เน็ตแบบหนา (Thick Ethernet) ซึ่งสายสัญญาณชนิดนี้จะมีลักษณะภายนอกคล้ายกับสายยางรดน้ำต้นไม้ ตัวสายจะมีสีเหลืองและมีแถบสีบอกระยะเป็นระยะๆทุกๆ 2.5 เมตร สำหรับคำว่า 10 base 5 นั้นเป็นการบอกว่าสายสัญญาณชนิดนี้มีความเร็วในการส่งข้อมูล 10 Mbps ในการส่งแบบ Baseband และมีความยาวในแต่ละส่วนไม่เกิน 500 เมตร

2.10.9.2.2 สาย10 base 2

เป็นสายสัญญาณที่มีขนาดเล็กและสามารถทำการดัดให้โค้งงอได้ง่ายกว่าสายสัญญาณในแบบแรก เราจึงเรียกสายสัญญาณชนิดนี้ว่า สายอีเธอร์เน็ตแบบบาง (Thin Ethernet) และลักษณะที่แตกต่างอีกอย่างหนึ่งคือ ขั้วต่อที่ออกแบบเป็นขั้วต่อ 3 ทางแบบ BNC และยังมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าจึงทำให้สายสัญญาณนี้ได้รับความนิยม ซึ่งสาย 10 base 2 ก็มีข้อจำกัดแม้จะสามารถทำการส่งข้อมูลในระดับความเร็ว 10 Mbps เท่าเดิมแต่ความยาวในแต่ละส่วนนั้นถูกลดลงเหลือเพียง 200 เมตร อีกทั้งสามารถทำการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องผู้ใช้ได้เพียง 30 เครื่องต่อ 1 ส่วนเท่านั้น

สายสัญญาณทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวมาแล้วทั้ง 10 base 5 และ 10 base 2 นั้นจะประสบกับปัญหาในเรื่องของการเชื่อมต่อที่ทำได้ไม่สมบูรณ์ เช่น เมื่อสายเกิดการชำรุดหรือการเชื่อมต่อทำได้ไม่สนิทจะทำให้การติดต่อสื่อสารของระบบล้มเหลวทั้งหมด อีกทั้งการตรวจสอบเพื่อค้นหาและแก้ไขจุดที่เกิดปัญหานั้นทำได้ยากมาก ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาจึงได้มีการพัฒนาสายสัญญาณชนิดใหม่ขึ้นโดยจะอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Hub เป็นศูนย์กลางในการสื่อสารในเครือข่าย โดยจะทำการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้เข้ากับ Hub โดยตรงซึ่งสายสัญญาณชนิดนี้เรียกว่าสาย 10 base–T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.9.2.3 สาย 10 base–T

สายสัญญาณชนิด 10 base–T นี้หมายถึงการใช้สายโทรศัพท์เป็นสายสัญญาณนั่นเอง เพราะตัว T ในชื่อของสายสัญญาณมาจากคำว่า Telephone ในการเชื่อมต่อนั้นทำได้ง่ายเพียงทำการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการใช้งานเข้ากับ Hub โดยตรงเท่านั้น และการตรวจสอบหากเกิดการชำรุดก็ทำได้ง่ายอีกทั้งผลกระทบที่เกิดจากการชำรุดนั้น จะส่งผลเฉพาะเพียงเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้สายสัญญาณเส้นนั้นเพียงเครื่องเดียว ทำให้การติดต่อสื่อสารของระบบสามารถดำเนินต่อไปได้ แต่สายสัญญาณนี้ก็มีข้อจำกัดหลายประการได้แก่ ระยะในการเชื่อมต่อจะต้องไม่เกิน 100–150 เมตร อีกทั้งการที่จะเชื่อมต่อ Hub เข้ากับผู้ใช้จำนวนมากนั้นจะต้องอาศัย Hub ที่มีคุณภาพสูงทำให้ราคาของ Hub นั้นสูงตามไปด้วย

2.10.9.2.4 สาย10 base-F

เป็นสายสัญญาณที่เกิดขึ้นใหม่ล่าสุด และกำลังเป็นทางเลือกใหม่ในการเชื่อมต่อในระยะทางไกลๆ ซึ่งสาย10 base-F นี้เป็นสายสัญญาณที่ทำขึ้นจากเส้นใยแก้วนำแสงนั่นเอง ทำให้การเชื่อมต่อที่ทำโดยใช้สายสัญญาณชนิดนี้มีสัญญาณรบกวนที่ต่ำมากอีกทั้งสามารถทำการสื่อสารได้ระยะทางที่ไกลกว่า แต่การเชื่อมต่อโดยสายสัญญาณ 10 base-F นั้นยังคงไม่เป็นที่แพร่หลายเนื่องจากราคาที่สูงมากและในการเชื่อมต่อจะต้องอาศัยความชำนาญ

**ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของสายสัญญาณทั้ง 4 ชนิด**

| ชื่อ | ชนิดของสาย | ระยะเชื่อมต่อที่มากที่สุด (เมตร) | การเชื่อมต่อในแต่ละส่วน (เครื่อง) | ลักษณะเด่น |
|---|---|---|---|---|
| 10 base 5 | โคแอกเชียลแบบหนา | 500 | 100 | ใช้เป็นสายสื่อสารหลักในระบบเครือข่าย |
| 10 base 2 | โคแอกเชียลแบบบาง | 200 | 30 | ราคาถูก |
| 10 base-T | สายคู่ตีเกลียว | 100 | 1,024 | ง่ายในการดูแลรักษา |
| 10 base-F | เส้นใยแก้วนำแสง | 2,000 | 1,024 | ใช้ในการสื่อสารในระยะไกลๆ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

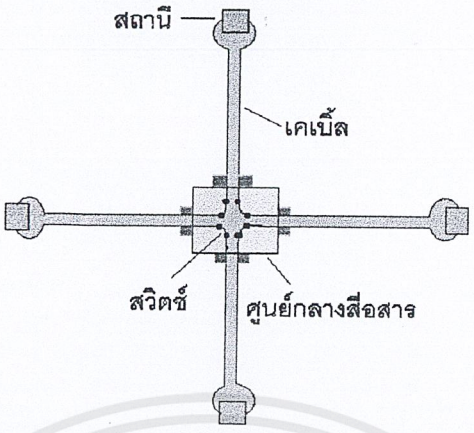
2.10.9.3 ระบบเครือข่ายมาตรฐานIEEE 802.4 โทเกนบัส (Token Bus)

เป็นระบบมาตราฐานที่ทำการพัฒนาขึ้นให้เหมาะสมเพื่อนำไปใช้งานกับเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตราฐานIEEE 802.3 โดยสามารถลดเวลาในการรอคอยเมื่อเกิดปัญหาเรื่องสัญญาณซ้อน อีกทั้งมาตราฐานIEEE 802.4 นี้ยังสามารถใช้งานแบบเรียลไทม์ได้อีกด้วย การออกแบบการเชื่อมต่อที่นำมาใช้ในมาตราฐานIEEE 802.4 นี้เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อแบบ Bus แต่เป็นการเชื่อมต่อแบบ Token Bus เท่านั้น ซึ่งสำหรับการทำงานของการเชื่อมต่อแบบ Token Bus นั้นได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นในหัวข้อการเชื่อมต่อแบบ Token Bus และในมาตราฐานIEEE 802.4 การเชื่อมต่อแบบ Token Bus นี้จะใช้สาย Broadband Coaxial เป็นสายสัญญาณและมีความเร็วในการส่งข้อมูลตั้งแต่ 1, 5 และ10 Mbps

2.10.9.4 ระบบเครือข่ายมาตรฐานIEEE 802.5 โทเกนริง (Token Ring)

เป็นระบบมาตราฐานที่ทำการพัฒนาขึ้นให้เหมาะสมเพื่อนำไปใช้งานกับเครือข่ายทั้งในเครือข่าย LAN และเครือข่าย WAN เนื่องจากลักษณะเด่นของเครือข่ายแบบ Ring คือ การที่สามารถทำการคำนวณระยะเวลาในการรอคอยที่ค่อนข้างคงที่ได้ เช่น เครือข่ายมีความเร็วในการส่งสัญญาณ L Mbps เพราะฉะนั้นข้อมูลในแต่ละบิตจะถูกส่งออกมาเป็นระยะเวลา 1/L $\mu$s ด้วยความเร็วในการถ่ายทอดสัญญาณภายในระบบ 200 m/$\mu$s ดังนั้นข้อมูล 1Bit จึงครอบครองเนื้อที่ 200/Lเมตร บนสายสัญญาณ ถ้าเครือข่ายมีความเร็วในการส่งข้อมูล 1 Mbps และมีระยะทางของสายสัญญาณรวม 1,000 เมตร จะมีจำนวนบิตอยู่บนสายสัญญาณ ณ. เวลาใดๆไม่เกิน 5 Bit เท่านั้น สำหรับระบบเครือข่ายมาตรฐานIEEE 802.5 นี้เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อแบบ Ring แต่เป็นการเชื่อมต่อแบบ Token Ring เท่านั้น ซึ่งสำหรับการทำงานของการเชื่อมต่อแบบ Token Ring นั้นได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นในหัวข้อการเชื่อมต่อแบบ Token Ring แต่เนื่องจากการเชื่อมต่อแบบ Ring นั้นจะประสบกับปัญหาคือการเกิดการชำรุด ณ ที่ใดก็ตามในเครือข่ายจะทำให้การติดต่อสื่อสารในเครือข่ายนั้นล้มเหลวทั้งหมด จึงได้คิดทางแก้ปัญหาดังกล่าวและใช้งานในมาตราฐานIEEE 802.5 การเชื่อมต่อจะใช้สายคู่ตีเกลียวร่วมกับ Hub โดยจะมีรูปแบบการเชื่อมต่อเป็นแบบ " วงแหวนรูปดาว (Star-Sharped Ring) " ซึ่งการเชื่อมต่อแบบ Ring นั้นจะเชื่อมต่อเครื่องลูกข่ายทุกเครื่องถึงกันเป็นวงอยู่แล้วแต่จะทำการเชื่อมต่อเพิ่มเติมโดยเชื่อมต่อเครื่องลูกข่ายทั้งหมดเข้ากับศูนย์กลาง สื่อสารด้วยดังภาพ และภายในศูนย์กลางสื่อสารจะมีสวิตซ์ เปิด-ปิดเพื่อในการเลือกเส้นทางในการสื่อสาร หากเกิดการชำรุด ณ จุดใดสวิตซ์ที่เชื่อมต่ออยู่จะอยู่ในสภาวะปิด และสัญญาณจะถูกส่งไปยังสถานีต่อไปโดยไม่ผ่านไปยังสถานีนั้นอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่2.36แสดงการเชื่อมต่อแบบ** Star-Sharped Ring

2.10.10.โปรโตคอล (Protocol)

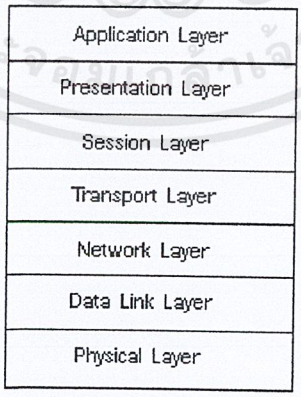
ในการสื่อสารข้อมูลนั้นมี Protocol ที่ใช้งานอยู่มากมาย ซึ่งในจำนวนนั้นมี Protocolอยู่ 2 ชนิดที่ควรรู้ เนื่องจากเป็น Protocol ที่มีความสำคัญและมีบทบาทมากในงานด้านการสื่อสารข้อมูล ซึ่ง Protocol ทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวถึงนี้คือ

1.โปรโตคอลโอเอสไอ (OSI)

2.โปรโตคอลทีซีพี/ไอพี (TCP/IP)นั่นเอง

2.10.10.1 โปรโตคอลโอเอสไอ (OSI)

OSI หรือ (Open Systems Interconnection) ถูกกำหนดขึ้นโดย ISO โดยถือได้ว่า OSI นี้เป็นโมเดล รูปแบบระบบเครือข่ายมาตราฐานสากลเนื่องจากโครงสร้างที่สมบูรณ์สามารถใช้ในการอ้างอิงได้ ซึ่ง OSI เองนั้นแบ่งการทำงานออกเป็นชั้นการสื่อสาร (Layer) ทั้งหมด 7 Layers ดังนี้




**รูปที่** 2.37 **แสดงโครงสร้างของเครือข่าย** OSI

2.10.10.1.1 ชั้นการสื่อสารกายภาพ (Physical Layer)

เป็น Layer ที่อยู่ล่างสุดและทำการเชื่อมต่อโดยตรงเข้ากับอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ในระดับ Bit เช่น ต้องใช้ระยะเวลาในการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นานเท่าใดในแต่ละ Bit , ใช้กำลังไฟเท่าใดและควบคุมรูปแบบในการส่งข้อมูลว่าเป็นการสื่อสารทางเดียว , สองทางหรือกึ่งสองทางเป็นต้น

2.10.10.1.2 ชั้นสื่อสารเชื่อมต่อข้อมูล (Datalink Layer)

เป็น Layer ที่อยู่ถัดขึ้นมาจาก Physical Layer ทำหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูลจากชั้นการสื่อสารกายภาพ และทำการตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูล จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลที่ปราศจากข้อผิดพลาดนั้นไปให้แก่ Layer ถัดไป

2.10.10.1.3 ชั้นสื่อสารควบคุมเครือข่าย (Network Layer)

เป็น Layer ที่อยู่ถัดขึ้นมาจาก Datalink Layer หน้าที่ควบคุมการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องให้เป็นไปอย่างเรียบร้อย โดยจะทำการกำหนดเส้นทางของการส่งข้อมูลโดยจะเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด อีกทั้งยังต้องทำหน้าที่ปรับแก้ความแตกต่างของเครือข่ายให้สามารถทำการติดต่อสื่อสารถึงกันได้

2.10.10.1.4 ชั้นจัดการนำส่งข้อมูล (Transport Layer)

Layer นี้จะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลมาจาก Transport Layer โดยจะนำข้อมูลที่ได้รับมาจาก Session Layer นั้น มาทำการยุบและรวมกันไว้เป็นชุดๆแล้วทำการส่งข้อมูลซึ่งโปรแกรมในชั้นนี้จะเป็นผู้กำหนดประเภทของการส่งข้อมูลแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบดังนี้

1.การส่งแบบ Point-to-Point ซึ่งจะประกันความถูกต้องของข้อมูลเป็นสำคัญ

2.การส่งแบบ Packet ซึ่งจะถือความคล่องตัวเป็นสำคัญไม่ประกันความถูกต้องของข้อมูล

3.การส่งแบบ Broadcast ซึ่งถือประโยชน์จากการสามารถส่งข้อมูลชุดเดียวกันได้พร้อมกันทีละหลายๆจุด

2.10.10.1.5 ชั้นสื่อสารควบคุมหน้าต่างสื่อสาร (Session Layer)

เป็น Layer ที่อยู่บน Transport Layer ทำหน้าที่ในการควบคุมการเชื่อมต่อผู้รับและผู้ส่งตั้งแต่เริ่มทำการส่งจนกระทั่งเสร็จสิ้นการส่งข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นการจัดลำดับของการส่งข้อมูล , การจัดช่วงเวลาในการครอบครอง Token หรือทำการแทรกจุดตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

2.10.10.1.6 ชั้นสื่อสารนำเสนอข้อมูล (Presentation Layer)

เป็น Layer ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมรูปแบบและการแปลความหมายของข้อมูลในระดับ Bit ให้เกิดความหมายขึ้นโดยใช้การเข้ารหัสหรือการถอดรหัสข้อมูล

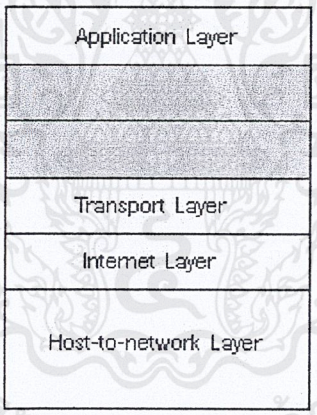
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.10.1.7 ชั้นสื่อสารการประยุกต์ (Application Layer)

เป็น Layer ที่อยู่บนสุดของการทำงานของโมเดล OSI เป็นชั้นที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อผู้ใช้เข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ โดยจะทำการรับคำสั่งจากผู้ใช้และทำการแปลความหมายจากคำสั่งดังกล่าวในระดับ Application Program จากนั้นจึงทำตามคำสั่งที่รับ เช่นการแปลความหมายจากการกดปุ่มบน Keyboard หรือการกด Mouse นั่นเอง

2.10.10.2 โปรโตคอลทีซีพี/ไอพี (TCP/IP)

Trasmission Control Protocol / Internet Protocol หรือที่รู้จักกันในนามของ TCP/IP นั้นเป็น Protocol ที่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากเป็น Protocol ที่เป็นที่นิยมและใช้เป็น Protocol พื้นฐานบนอินเตอร์เน็ต/อินทราเน็ต (Internet and Intranet) ต่างๆ โดย Protocol TCP/IP นี้เป็นกลุ่มของ Protocol ที่มักใช้งานผ่านทาง Application ต่างๆ ซึ่งลักษณะของการทำงานภายใน Protocol จะแบ่งออกเป็น Layer หลาย Layer เรียงต่อกันไป สำหรับ Protocol TCP/IP นี้จะแบ่งออกเป็น 4 Layers โดยในแต่ละ Layer จะทำงานสัมพันธ์กันตามลำดับดังนี้




**รูปที่2.38แสดงโครงสร้างเครือข่าย** TCP/ IP

2.10.10.2.1 ชั้นโฮสต์-เครือข่าย (Host-to-Network Layer)

Layer นี้จะทำหน้าที่ในการข้อมูลมาจาก Internet Layer แล้วส่งไปยังเครื่องที่ถูกระบุไว้ในทางเดินข้อมูลหรือในทางกลับกันจะรับข้อมูลจากสายสื่อสารแล้วทำการส่งข้อมูลไปยัง Internet Layer

2.10.10.2.2 ชั้นสื่อสารอินเตอร์เน็ต (Internet Layer)

Layer นี้จะทำการกำหนดรูปแบบ Packet และกฎการสื่อสารที่เรียกว่า IP (Internet Protocol) ซึ่งรูปแบบการส่งดังกล่าวนั้นจะเป็นการปล่อยให้แพ็กแก็ตของข้อมูล (Data Packet) นั้นสามารถไหลไปตามจุดต่างๆภายในระบบได้อย่างอิสระจนไปถึงผู้รับถือเป็นการส่งข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Connectionless) และหน้าที่ที่สำคัญอีกหน้าที่คือการจัดเรียง Packet ที่ได้รับนั้นให้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลชุดนั้นๆให้กับผู้รับ เนื่องจาก Packet ที่มาถึงก่อนอาจไม่ใช่ข้อมูลชุดแรกที่ต้องการส่งก็ได้

2.10.10.2.3 ชั้นสื่อสารนำส่งข้อมูล (Transport Layer)

Layer นี้จะอยู่เหนือ Internet Layer ซึ่งการทำงานของ Layer นี้จะแบ่งการทำงานออกเป็น Protocol 2 ประเภทดังนี้

1.TCP / IP (Transmission Control Protocol)

จะมีการกำหนดช่วงการสื่อสารตลอดระยะเวลาการสื่อสาร ซึ่งสามารถทำการส่งข้อมูลในระดับ Byte ได้ โดยไม่มีข้อผิดพลาด และหากข้อมูลมีปริมาณมากจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนเล็กๆ ที่เรียกว่า Message อีกทั้งยังมีความสามารถในการควบคุมอัตราเร็วในการส่งข้อมูลได้อีกด้วย

2.UDP (User Datagram Protocol)

จะเป็นลักษณะของการส่งข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่องและจะไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ดังนั้นจึงมีข้อดีตรงที่มีความรวดเร็วในการส่งข้อมูลจึงนิยมในการใช้กับระบบการติดต่อสื่อสารแบบถาม-ตอบระหว่างผู้ให้บริการกับผู้ใช้ อีกทั้งยังสามารถทำการส่งข้อมูลที่เป็นลักษณะของรูปภาพหรือเสียงได้อีกด้วย

2.10.10.2.4 ชั้นสื่อสารการประยุกต์ (Application Layer)

เป็นที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อผู้ใช้เข้ากับระบบคอมพิวเตอร์แล้วนั้น ยังต้องทำหน้าที่ในการควบคุมรูปแบบและการแปลความหมายของข้อมูลรวมทั้งทำหน้าที่ในการควบคุมการเชื่อมต่อผู้รับและผู้ส่งตั้งแต่เริ่มทำการส่งข้อมูลจนกระทั่งเสร็จสิ้นการส่งข้อมูลอีกด้วย

จะเห็นได้ว่าการทำงานของ Protocol TCP/IP ทั้ง 4 Layers นั้นสามารถทำงานได้เช่นเดียวกับการทำงานของ Protocol OSI ทั้ง 7 Layers ดังนั้นจึงทำให้สามารถทำการเปรียบเทียบลักษณะการทำงานของแต่ละ Layers ของโปรโตคอล TCP/ IP กับโปรโตคอล OSI ได้ แต่เนื่องจากจำนวน Layers ที่ไม่เท่ากันทำให้การทำงานในบาง Layers ของ Protocol TCP/IP จะสามารถทำงานเทียบได้กับการทำงานของ Protocol OSI ในหลาย Layers ดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบ**
**ลักษณะการทำงานในแต่ละ Layers ระหว่าง Protocol TCP/IP กับ OSI**

| โปรโตคอล TCP/IP | โปรโตคอล TCP/IP |
|---|---|
| ชั้นสื่อสารการประยุกต์ | ชั้นสื่อสารการประยุกต์ |
| | ชั้นสื่อสารนำเสนอข้อมูล |
| | ชั้นสื่อสารควบคุมหน้าต่างสื่อสาร |
| ชั้นสื่อสารนำส่งข้อมูล | ชั้นสื่อสารนำส่งข้อมูล |
| ชั้นสื่อสารอินเตอร์เน็ต | ชั้นสื่อสารควบคุมเครือข่าย |
| ชั้นโฮสต์ – เครือข่าย | ชั้นสื่อสารเชื่อมต่อข้อมูล |
| | ชั้นสื่อสารกายภาพ |

นอกจากนี้เครือข่ายทั้งสองยังมีทั้งส่วนที่เหมือนและแตกต่างกันอีก โดยส่วนที่เหมือนกันคือการสร้าง Layers ขึ้นมาโดยเป็นอิสระต่อกันอย่างสิ้นเชิง อีกทั้งการทำงานของ Layers ยังมีความใกล้เคียงกันมากอีกด้วยแต่ส่วนที่แตกต่างกันคือ OSI นั้นจะมีการแยกความหมายและหน้าที่ของส่วนการให้บริการ , ส่วนการติดต่อและ Protocol ไว้อย่างชัดเจน อีกทั้งได้รับการออกแบบมาอย่างอิสระไม่ขึ้นกับ Protocol ใดและมีการจำกัดจำนวนของเครือข่ายย่อย และเนื่องจาก OSI นี้เกิดขึ้นก่อนที่จะมีการพัฒนาของ Protocol ซึ่งก็ถือเป็นข้อเสียอย่างหนึ่งเนื่องจากทำให้การพัฒนาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในปัจจุบันนั้นทำได้ยาก ส่วน TCP นั้นไม่มีการแยกความหมายและหน้าที่ของส่วนการให้บริการ , ส่วนการติดต่อและ Protocol อย่างชัดเจน อีกทั้ง TCP เองก็เกิดขึ้นหลังจาก Protocol ได้ถูกพัฒนาขึ้นแล้วจึงทำให้การผสมผสานเกิดขึ้นได้ง่ายกว่า OSI และด้วยเหตุผลนี้เองที่ทำให้ในปัจจุบันความนิยมในการใช้งาน TCP/IP จึงมีมากกว่า OSI นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# ความหมายและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

## 3.1 ความหมายและประโยชน์ของเว็บไซต์

3.1.1 ความหมายเว็บไซต์

เว็บไซต์ คือสถานที่ที่ใช้สำหรับเก็บเอกสาร HTMLหรือเก็บเว็บเพจ (Web Page) ที่มีการจัดทำขึ้นเพื่อใช้สำหรับเผยแพร่ข่าวสารบนอินเตอร์เน็ตนั่นเอง โดยมักจะขึ้นต้นด้วย " http:// " เป็นต้นว่า

http://www.kmitl.ac.th เป็นเว็บไซต์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

http://www.sanook.com เป็นเว็บไซต์ของผู้ให้บริการข้อมูลแบบต่างๆ

http://www.nectec.or.th เป็นเว็บไซต์ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

http://www.yahoo.com เป็นเว็บไซต์ของผู้ให้บริการค้นหาข้อมูลและเว็บไซต์ตามที่ต้องการ

จากตัวอย่างที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่าเว็บไซต์นั้นมีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับประเภทของข่าวสารที่ผู้จัดทำเว็บไซต์ นำขึ้นไปเผยแพร่ไว้ในเว็บไซต์นั้นๆบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

3.1.2 ประโยชน์ของเว็บไซต์

เว็บไซต์มีไว้สำหรับเพื่อใช้ในการเผยแพร่เอกสาร HTML หรือข่าวสารที่ผู้จัดทำต้องการที่จะเผยแพร่ให้ผู้สนใจหรือผู้ที่เข้ามาเยี่ยมชมเว็บไซต์ได้ทราบถึงข้อมูลดังกล่าวซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่ต้องการค้นหาข้อมูลที่หลากหลายจากทั่วทุกมุมโลกอย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องการที่จะเดินทางหรือใช้เวลาในห้องสมุด เพราะการค้นหาข้อมูลผ่านทางเว็บไซต์บนอินเตอร์เน็ตนั้นต้องการเพียงสายโทรศัพท์ , โมเด็ม (Modem) และโปรแกรมเว็บบราวเซอร์ เช่น IE (Internet Explorer) , Netscape เท่านั้น

## 3.2 ความหมายของสื่อช่วยการเรียนการสอนผ่านคอมพิวเตอร์

สื่อช่วยการเรียนการสอนผ่านคอมพิวเตอร์ หรือ Computer Aided Instruction : CAI หมายถึงการนำคอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนช่วยเหลือในการเรียนการสอนโดยที่คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่เป็นผู้นำเสนอบทเรียนแทนผู้สอน นอกจากนั้นคอมพิวเตอร์ยังมีความสามารถในการตอบสนองต่อข้อมูลที่ผู้เรียนป้อนเข้าไปในทันที และการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้เรียนนี้เองที่ทำให้สื่อช่วยการเรียนการสอนชนิดนี้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยส่งผลให้ผู้เรียนนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดความรู้ความเข้าใจในบทเรียนที่ทำการศึกษา นอกจากนั้นคอมพิวเตอร์สื่อช่วยการเรียนการสอน ในปัจจุบันได้มีการนำเอาความสามารถในด้านมัลติมีเดียเข้ามามีส่วนร่วมในการนำเสนอบทเรียนซึ่งสามารถเพิ่มความน่าสนใจและช่วยให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

**3.3 องค์ประกอบของสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนผ่านทางอินเตอร์เน็ต**

ในการใช้คอมพิวเตอร์สื่อช่วยการเรียนการสอนผ่านทางอินเตอร์เน็ตนั้นจำเป็นจะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่างๆดังต่อไปนี้

3.3.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) คือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นสื่อกลางในการนำเสนอบทเรียนแก่ผู้เรียน ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้จำเป็นจะต้องมีความสามารถเพียงพอในการสนับสนุนการทำงานของซอฟต์แวร์ และ อุปกรณ์เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตเพื่อเข้าไปยังเว็บไซต์ เช่น โมเด็ม เป็นต้น

3.3.2 ซอฟต์แวร์ (Software) คือ โปรแกรมปฏิบัติการและโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างบทเรียนของคอมพิวเตอร์สื่อช่วยการเรียนการสอน

3.3.3 คอร์สแวร์ (Courseware) คือ เนื้อหาบทเรียนที่ต้องการนำเสนอในรูปแบบของคอมพิวเตอร์สื่อช่วยการเรียนการสอน

3.3.4 พีเพิลแวร์ (Peopleware) คือ ผู้ที่สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์สื่อช่วยการเรียนการสอนขึ้นมา

**3.4 ประเภทของสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอน**

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภทด้วยกัน คือ

3.4.1 สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทแบบฝึกหัด

สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทนี้เป็นรูปแบบที่พบเห็นกันทั่วไป โดยจะมีการให้โจทย์แล้วตั้งคำถามให้ตอบ ถ้าตอบผิดก็จะอธิบายจุดที่ผิดและให้ทำการตอบอีกครั้ง ถ้าตอบถูกก็จะขึ้นคำถามถัดไปให้

3.4.2 สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทแบบทบทวนความรู้

เป็นสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทที่พยายามใช้คอมพิวเตอร์สอนแทนครูในการทำการทบทวนเนื้อหาวิชาที่ได้เรียนไปแล้วเหมือนกับการเรียนเสริมพิเศษนอกชั่วโมงเรียนปกติ ลักษณะของบทเรียนนี้มักเป็นการให้เนื้อหาและรูปภาพประกอบบนจอภาพ และมีคำถามให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอบหรือมีโจทย์ให้ทำ ถ้าผู้เรียนตอบถูกคอมพิวเตอร์จะทำการสอนเนื้อหาต่อไป แต่ถ้าตอบผิดคอมพิวเตอร์อาจจะย้อนกลับมาเนื้อหาของบทเรียนที่เรียนไปแล้ว หรือไปยังเนื้อหาส่วนซ่อมเสริม

3.4.3 สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทสถานการณ์จำลอง

เป็นสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทที่พยายามเลียนแบบกระบวนการจริง โดยจะจำลองสถานการณ์นั้นให้ปรากฏ เช่น จำลองการขับเครื่องบิน , จำลองการประกอบธุรกิจ , จำลองการสร้างอาคารบ้านเรือนหรือจำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาคของอะตอม เป็นต้น สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทสถานการณ์จำลองนี้ จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งที่ยากต่อการเรียนรู้ และช่วยให้เกิดความปลอดภัยในกรณีที่เป็นการเรียนรู้ที่ต้องเสี่ยงกับอันตรายหรือความเสียหาย อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างมาก และสามารถยืดหยุ่นเวลาเรียนให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคนได้อีกด้วย

3.4.4 สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทเกม

สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทเกม จะอาศัยพื้นฐานความเป็นคนชอบการแข่งขันของผู้เรียนมาเป็นเทคนิคที่นำมาใช้ในการจูงใจให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และอยากเรียนรู้เพิ่มเติม เช่น การเพิ่มความสามารถการจดจำโดยเล่นเกมให้หาวัตถุเป้าหมาย เมื่อวัตถุเป้าหมายถูกสลับสับเปลี่ยนที่ไปเรื่อยๆ เป็นต้น

3.4.5 สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ จะเป็นการจำลองหนังสือแบบเรียน ซึ่งทำให้สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทนี้ มีส่วนคล้ายคลึงกับส่วนประกอบของหนังสือแบบเรียนคือมี ปก , คำนำ , สารบัญและแบบฝึกหัด เป็นต้น

3.4.6 สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทกำหนดสถานการณ์ให้แก้ปัญหา

สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทกำหนดสถานการณ์ให้ผู้เรียนต้องทำการแก้ปัญหา เป็นการสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้ฝึกแก้ปัญหาในสถานการณ์นั้นๆ

3.4.7 สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทวินิจฉัยข้อบกพร่อง

สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนประเภทวินิจฉัยข้อบกพร่อง จะเป็นการถามคำถามหรือทดสอบนักเรียน เพื่อดูว่าผู้เรียนมีจุดบกพร่องต่อเรื่องนั้นๆอย่างไร แล้วดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องที่พบนั้น

จากข้างต้นจะพบว่าสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนมีด้วยกันอยู่หลากหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ โดยจัดทำอยู่ในรูปแบบของเว็บไซต์ ซึ่งจะทำให้สามารถเข้าถึงผู้เรียนได้หลากหลายระดับและสะดวกมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่4
# ขั้นตอนในการดำเนินงานและรายละเอียดของเว็บไซต์

## 4.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างเว็บไซต์

- เป้าหมายหลักของเว็บไซต์
- กลุ่มผู้ใช้งาน
- ความพร้อมของผู้สร้าง

ขั้นตอนที่2 รวบรวมและศึกษาข้อมูลที่จะนำไปสร้างบนเว็บไซต์

- ขอบเขตของข้อมูล
- ความถูกต้องของข้อมูล
- การจัดระเบียบและโครงสร้างของข้อมูล

ขั้นตอนที่3 ออกแบบและสร้างเว็บไซต์

- กำหนดรูปแบบและการใช้งานของเว็บไซต์
- วางแผนผังโครงสร้างเว็บไซต์
- ออกแบบลักษณะหน้าตาของเว็บเพจ
- จัดทำเว็บไซต์

ขั้นตอนที่4 ทดสอบการใช้งานและตรวจหาข้อผิดพลาดของเว็บไซต์

- ทดสอบการใช้งาน
- สรุปผลการใช้งาน
- ตรวจหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนที่5 แก้ไขข้อบกพร่องและพัฒนาเว็บไซต์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

- แก้ไขข้อบกพร่อง
- พัฒนาเว็บไซต์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

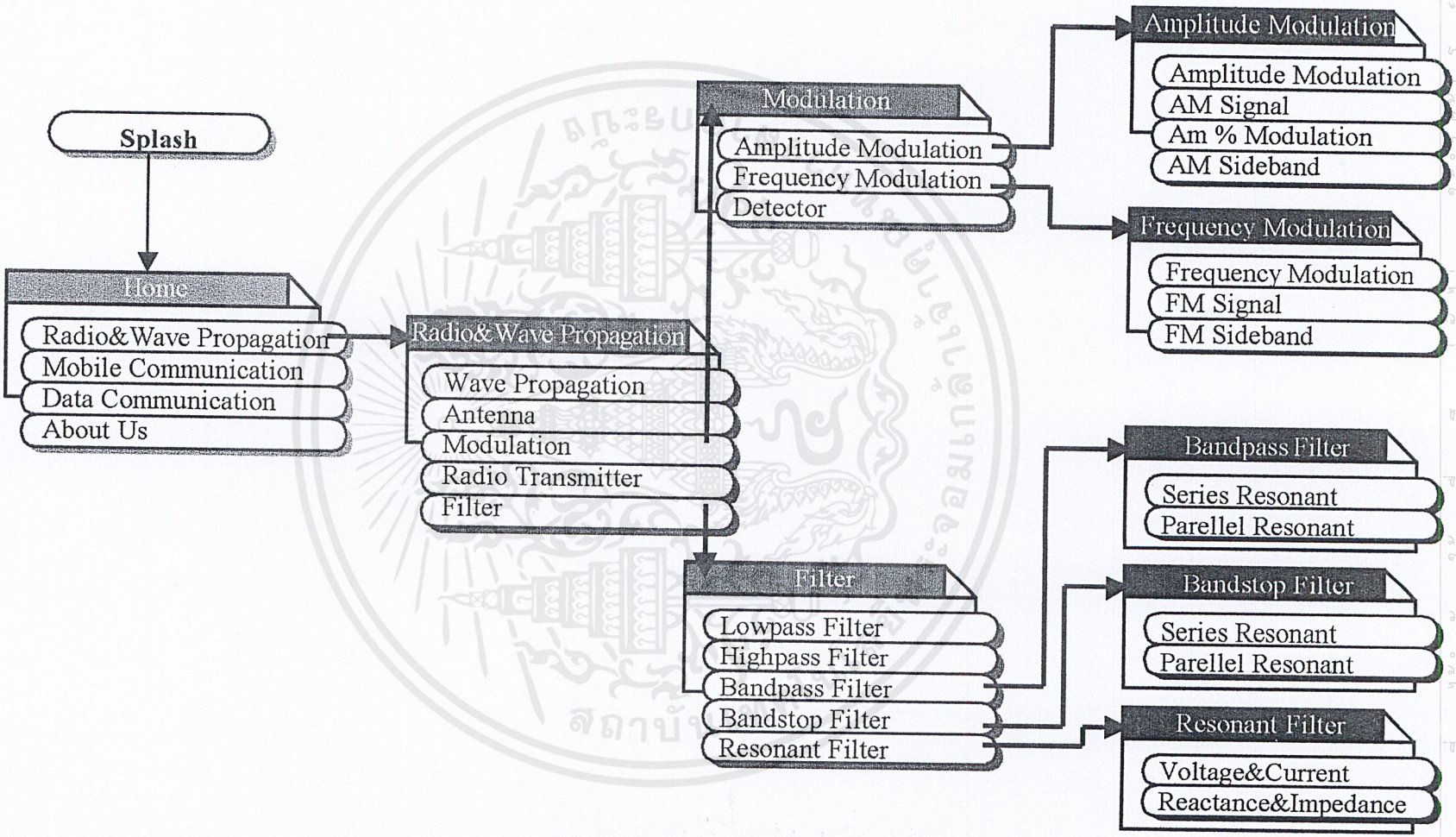
**4.2 ลักษณะของเว็บไซต์**

รูปแบบของสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนในโครงงานพิเศษนี้ จะเป็นสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนในประเภทกึ่งทบทวนความรู้ ซึ่งจะมีรูปแบบสำหรับช่วยในการสอนของผู้สอน โดยจะอาศัยการนำเสนอในลักษณะของภาพเคลื่อนไหวประกอบคำบรรยายเป็นหลัก เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้สอนและสร้างแรงจูงใจให้แก่ผู้เรียน



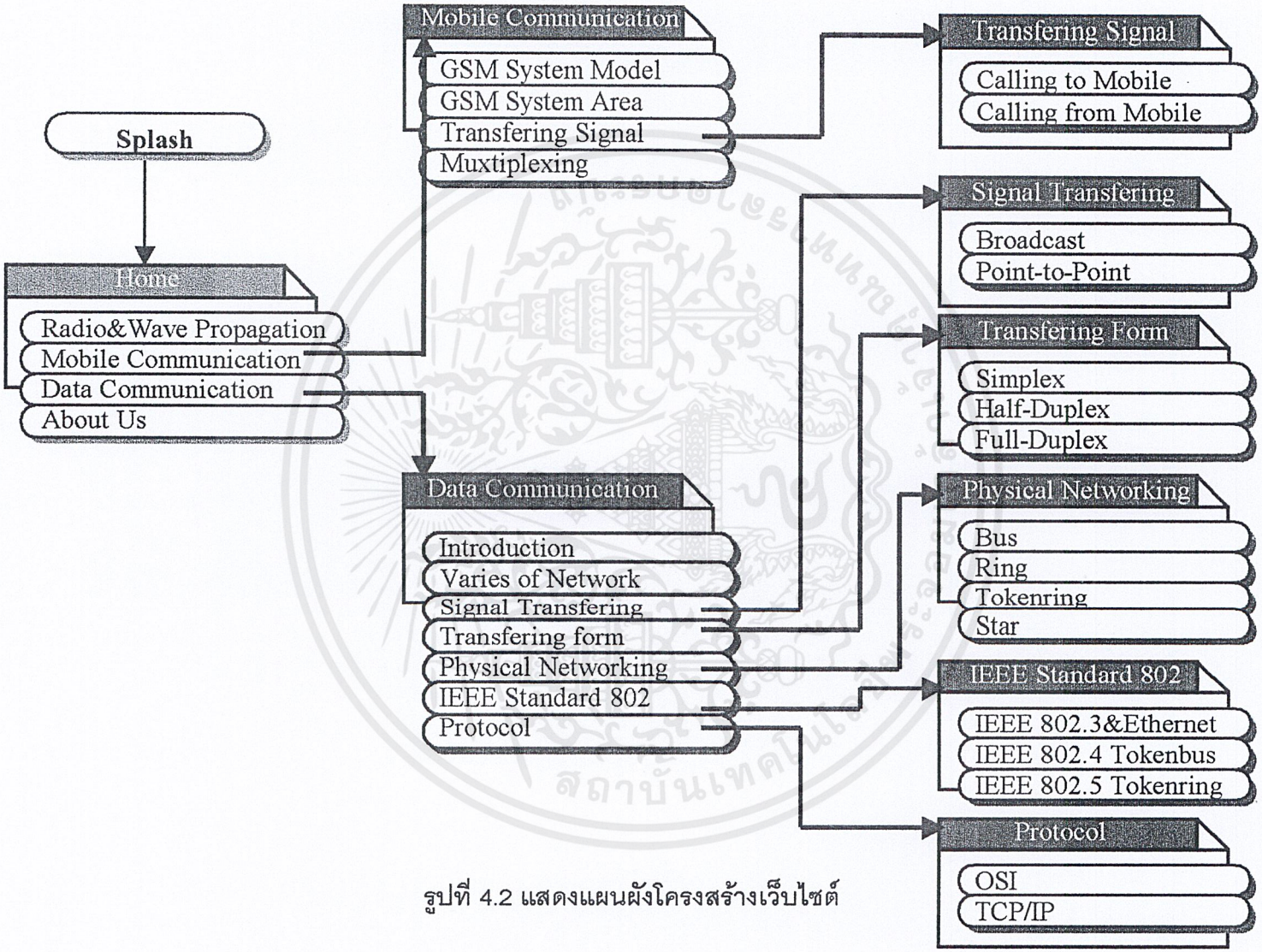
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 แผนผังโครงสร้างเว็บไซต์ (Web Site)




รูปที่ 4.1 แสดงแผนผังโครงสร้างเว็บไซต์

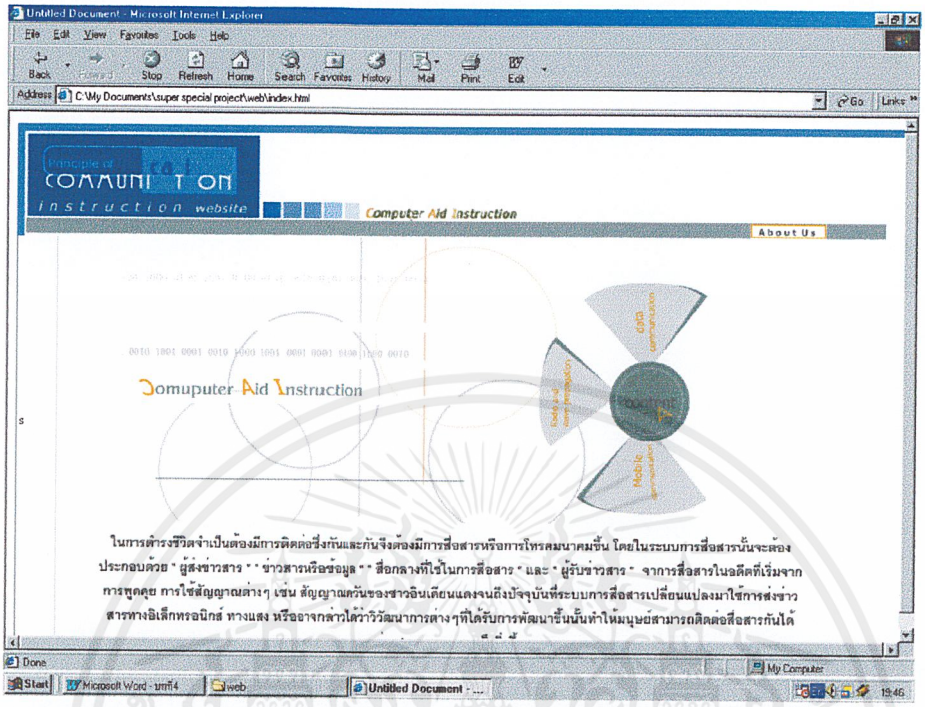
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



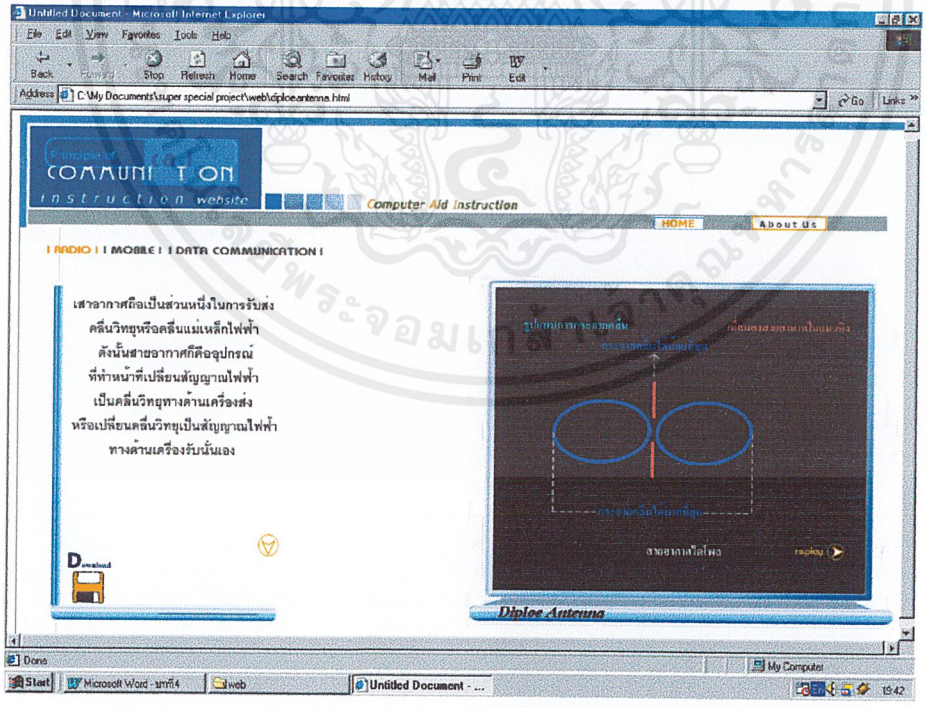

รูปที่ 4.2 แสดงแผนผังโครงสร้างเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.1 ตัวอย่างของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน

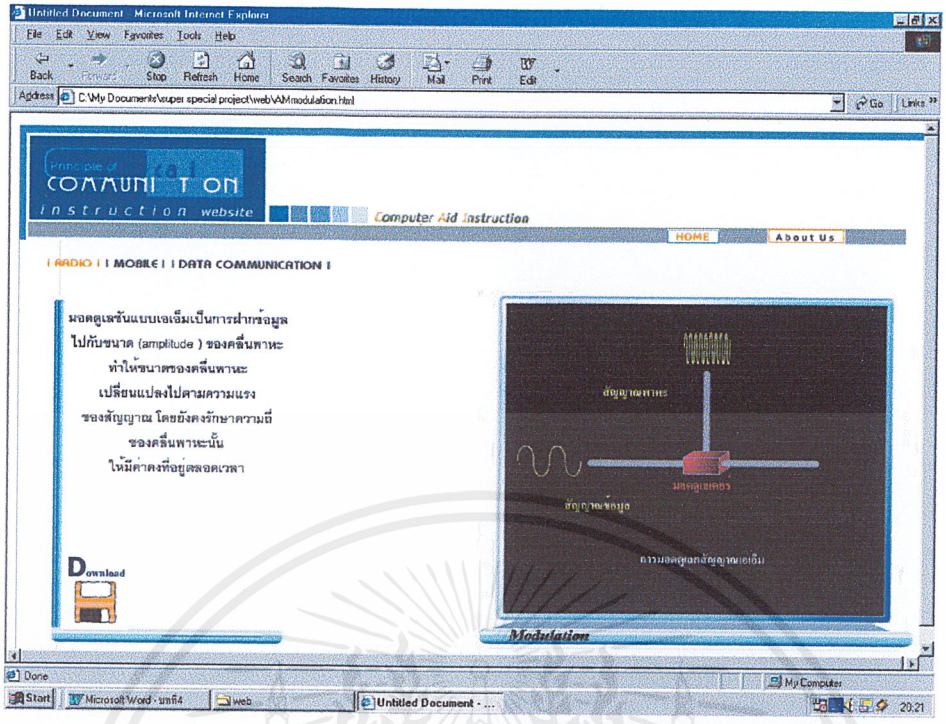



รูปที่ 4.3.1 แสดงหน้าหลักของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน

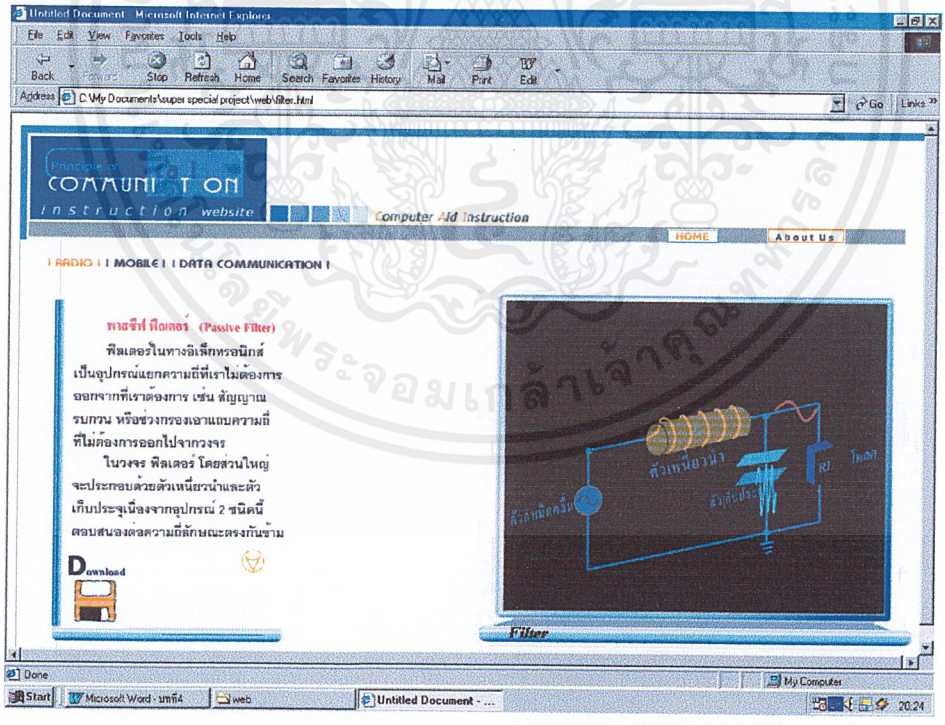



รูปที่ 4.3.2 แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องสายอากาศไดโพล
ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

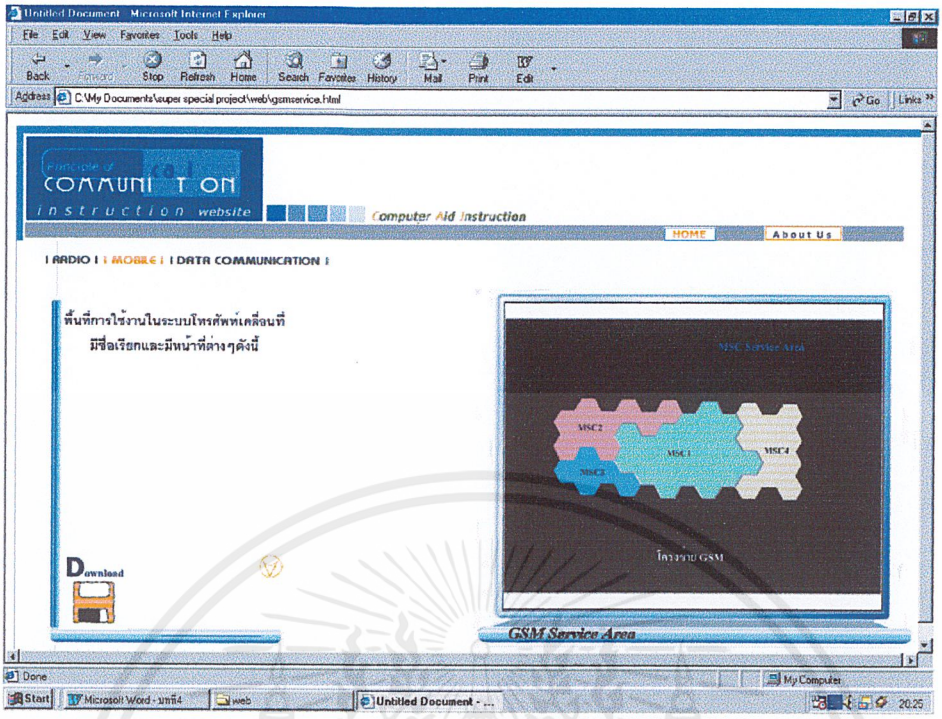



**รูปที่ 4.3.3 แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องการมอดดูเลตสัญญาณเอเอ็ม ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน**

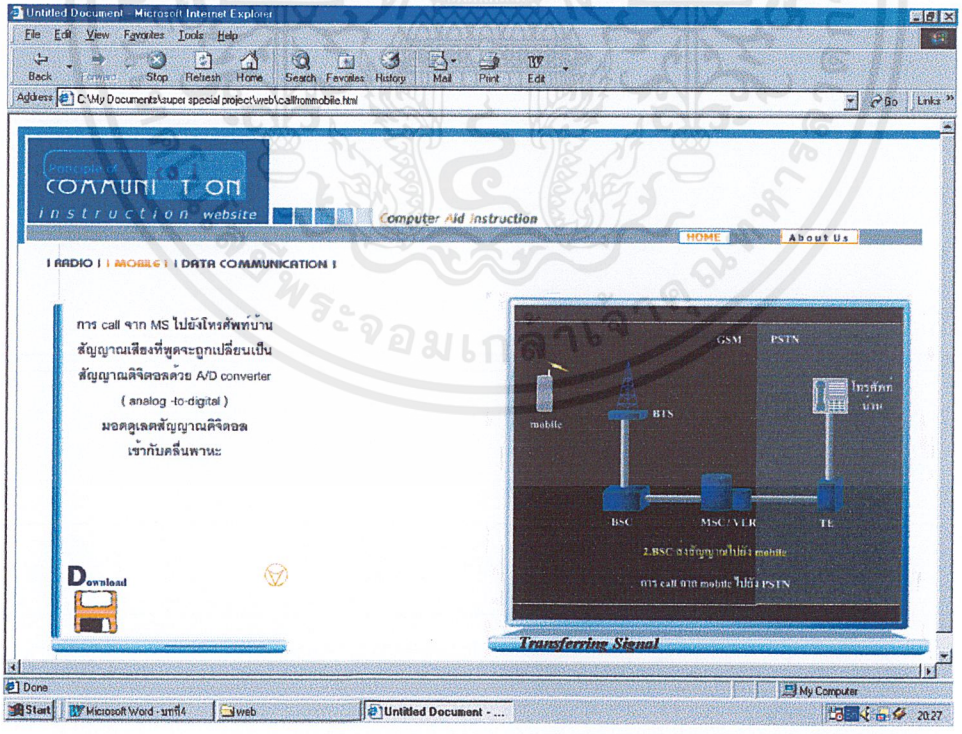



**รูปที่ 4.3.4 แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องฟิลเตอร์ ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

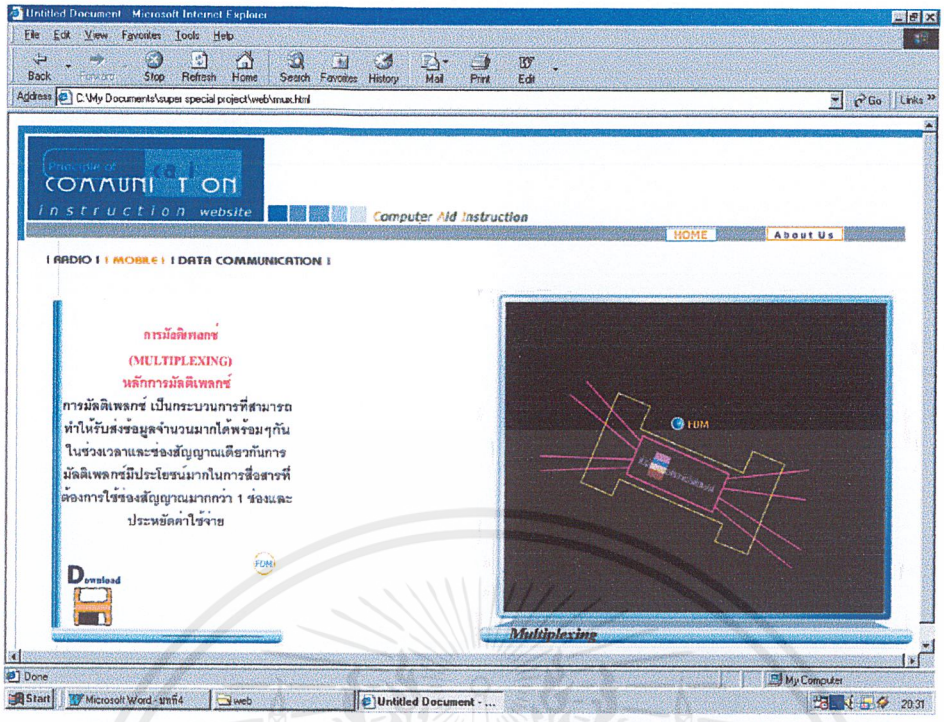



**รูปที่ 4.3.5 แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องพื้นที่ให้บริการ GSM ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน**

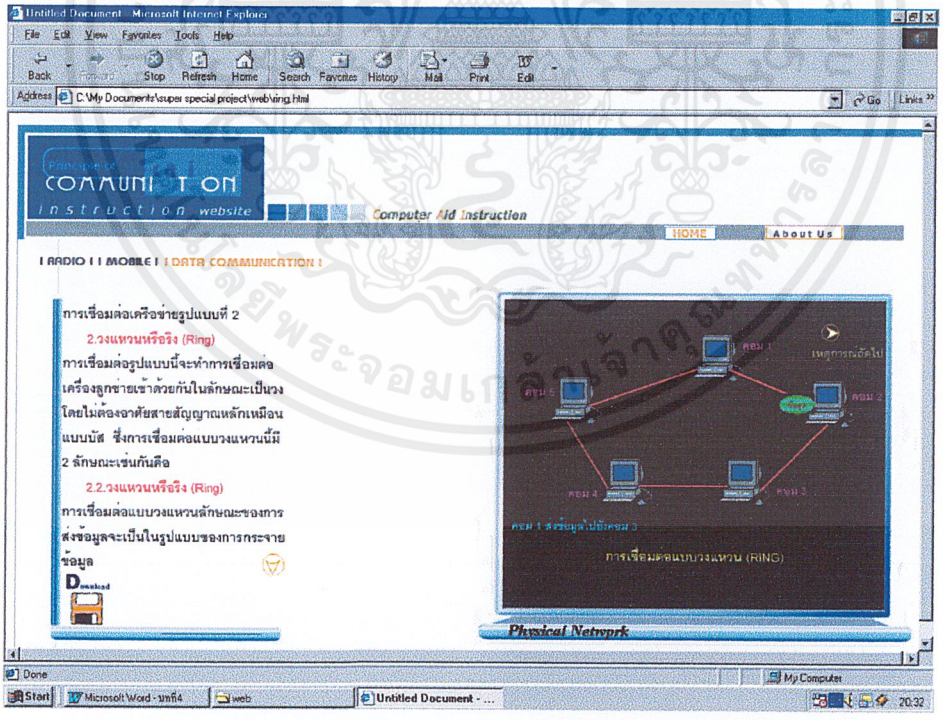



**รูปที่ 4.3.6 แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องการ Call จากโทรศัพท์มือถือ ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

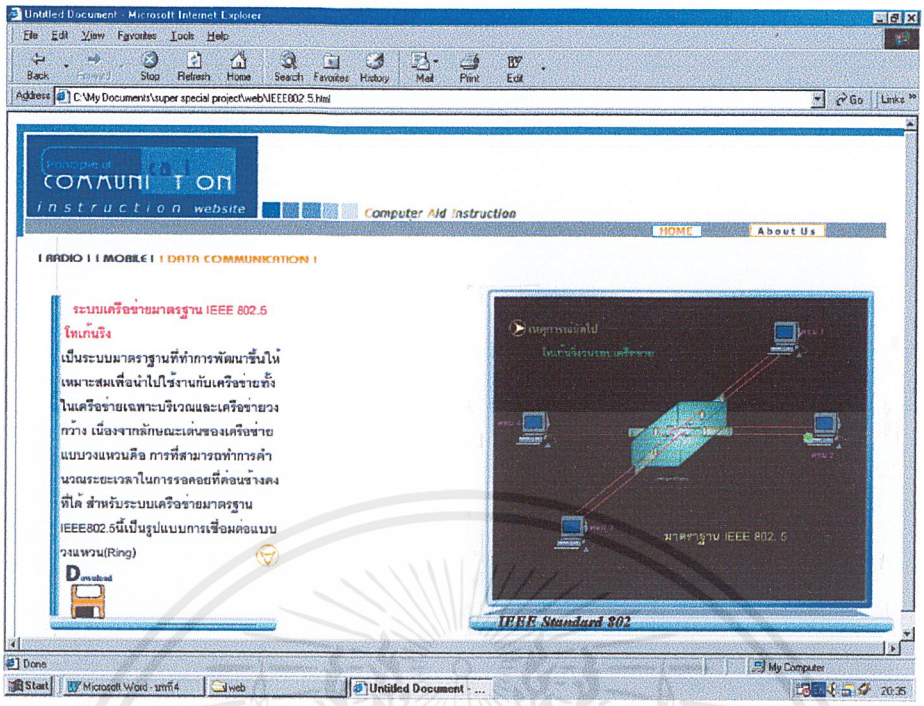



**รูปที่ 4.3.7 แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องการมัลติเพลกซ์ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน**

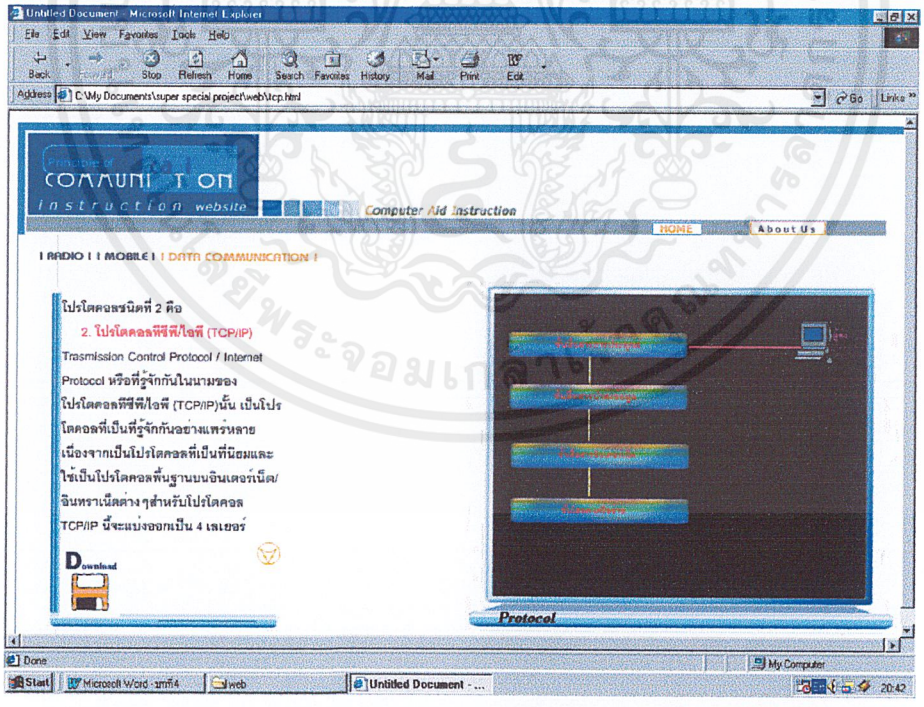



**รูปที่ 4.3.8 แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องการเชื่อมต่อแบบ Ring ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

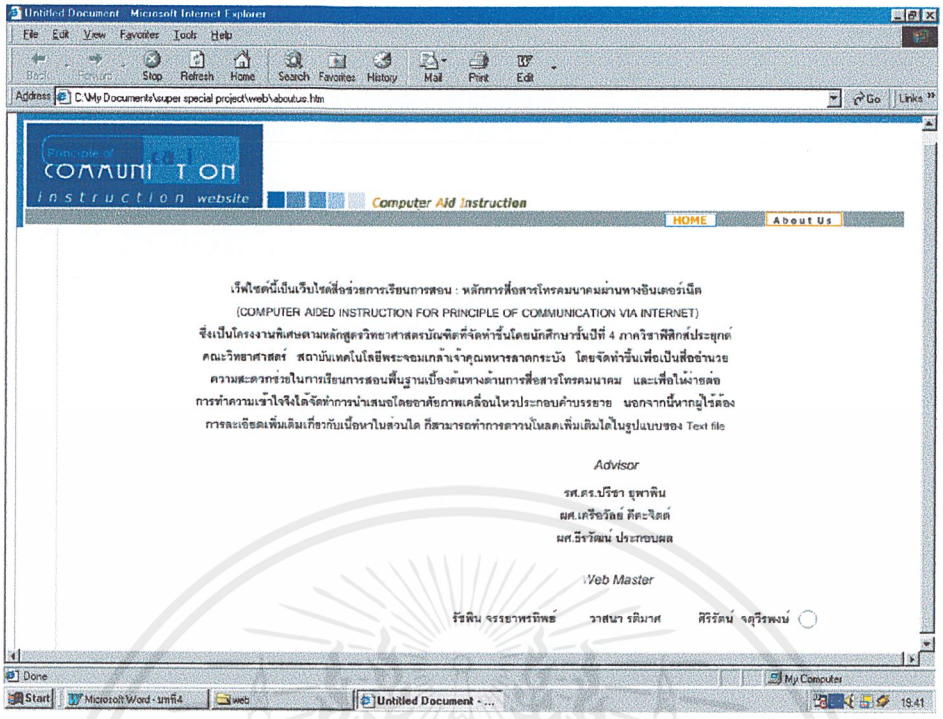



รูปที่ 4.3.8 แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่องมาตราฐานIEEE802.5 TokenRing ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน




รูปที่ 4.3.9 แสดงหน้าเนื้อหาในหัวข้อเรื่อง Protocol TCP/IP ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.3.10 แสดงหน้ารายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างสื่อช่วยการเรียนการสอนนี้ (About Us) ของเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# การทดสอบการใช้งาน

ในการใช้งานเว็บไซต์สื่อช่วยการเรียนการสอนนี้จะมีปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการใช้งาน ปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการแสดงผลประกอบด้วย

1. ระบบปฏิบัติการ
2. ความละเอียดของหน้าจอ
3. จำนวนสีที่ใช้ในการแสดงผล
4. ชนิดและรุ่นของบราวเซอร์
5. ความเร็วในการรับและส่งข้อมูล
6. ความชำนาญของผู้ใช้งาน

## 5.1 ผลการทดสอบการใช้งาน

5.1.1 ระบบปฏิบัติการ

ระบบปฏิบัติการที่ใช้ทดสอบกับเว็บไซต์นี้ได้แก่วินโดวส์ และยูนิกส์ซึ่งเว็บไซต์นี้สามารถแสดงผลได้ตามปกติบนระบบปฏิบัติการทั้งสองระบบ

5.1.2 ความละเอียดของหน้าจอ

เว็บไซต์นี้ได้ออกแบบและทดสอบโดยเมื่อใช้กับจอที่มีความละเอียด 800 x 600 Pixels ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานได้เนื้อหาในเว็บเพจที่มีขนาด 760 x 420 ( 800 x 600 , Maximized ) Pixels ดังต่อไปนี้

**ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดสอบที่ค่าความละเอียดต่าง ๆ**

| ความละเอียด (Pixels) | ผลที่ได้จากการทดสอบ |
|---|---|
| 640 x 480 | จะเห็นเนื้อหาไม่ครบในหนึ่งหน้าทำให้ต้องมีการเลื่อนจอ |
| 800 x 600 | จะเห็นเนื้อหาได้ครบในหนึ่งหน้าจอโดยไม่ต้องเลื่อนจอ |
| 1,024 x 768 | จะเห็นเนื้อหาได้ครบในหนึ่งหน้าจอโดยหน้าจอเว็บเพจจะเล็กกว่าหน้าจอเล็กน้อย |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 จำนวนสีที่ใช้ในการแสดงผล

จากการทดสอบได้ใช้งานกับจอที่มีความสามารถในการแสดงสีของจอมอนิเตอร์หรือจำนวนสีที่ใช้ในการแสดงผลที่ค่าต่างๆทำให้พบว่าเว็บไซต์นี้สามารถแสดงผลได้ดีกับจอมอนิเตอร์ที่มีความสามารถในการแสดงสีตั้งแต่ 256 สีขึ้นไป

5.1.4 ชนิดและรุ่นของบราวเซอร์

บราวเซอร์ที่เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีอยู่ 2 ชนิดคือ Internet Explorer (IE) และ Netscape Navigator จึงได้ทำการทดสอบกับบราวเซอร์สองชนิดนี้ที่รุ่นต่างๆได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

**ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดสอบบนบราวเซอร์ต่าง ๆ**

| Browsers | Tables | Flash | Font Size | Font Color |
|---|---|---|---|---|
| IE 5.5 | S | S | S | S |
| IE 5.0 | S | S | S | S |
| Netscape 6 | S | S | S | S |

**S = แสดงผลได้ตามปกติ**

5.1.5 ความเร็วในการรับและการส่ง

ความเร็วในการรับส่งข้อมูลเป็นปัจจัยหลักในการใช้งานซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของ File , ชนิดของสายเชื่อมต่อ , ระยะทางและความเร็วของโมเด็ม จากการคำนวณเมื่อใช้โมเด็มที่มีความเร็ว 56 kbps เชื่อมต่อเข้ากับระบบของผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต (ISP) แล้วความเร็วในการดาวน์โหลดจะอยู่ในช่วง 1-4 kBps ซึ่งตารางต่อไปนี้จะใช้ความเร็วในการดาวน์โหลดเฉลี่ยที่ 3 kbps

**ตารางที่ 5.3 แสดงผลที่ได้จากการคำนวณเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดหน้าเว็บเพจบางส่วน**

| หน้าเว็บเพจ | ขนาดไฟล์ของหน้าเว็บเพจ (kB) | เวลาในการดาวน์โหลด (วินาที) |
|---|---|---|
| Splash | 1.257 | 0.419 |
| Home | 64.684 | 21.561 |
| About Us | 29.688 | 9.896 |
| Wave Propagation | 102.024 | 34.008 |
| Dipole Antenna | 111.543 | 37.181 |
| Radio Transmitter | 127.077 | 42.359 |
| GSM System Model | 118.799 | 39.600 |
| TCP/IP | 118.605 | 39.535 |
| Download | 91.183 | 30.394 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 6
# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

## 6.1 บทสรุป

โครงงานพิเศษสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนหลักการสื่อสารโทรคมนาคมผ่านทางอินเตอร์เน็ตนี้ ถือได้ว่าเป็นสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนที่สามารถเข้าถึงผู้เรียนได้หลายระดับและสะดวกต่อการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ด้วยรูปแบบของสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนที่ถ่ายทอดเนื้อหาในลักษณะของภาพเคลื่อนไหวซึ่งจะสร้างแรงจูงใจและช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่นำเสนอได้ง่ายยิ่งขึ้น รวมทั้งคำบรรยายประกอบภาพเคลื่อนไหวที่ปรากฏในหน้าเว็บเพจนั้นเป็นการอธิบายแบบสรุปใจความสำคัญ และสามารถดาวน์โหลดเนื้อหาในส่วนที่ทำการอธิบายเพิ่มเติมได้ในรูปแบบของ Text File

แต่ด้วยความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในปัจจุบันทำให้ระบบการสื่อสารมีการพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้ง การที่จะก้าวตามให้ทันในสิ่งเหล่านี้จะต้องอาศัยการศึกษาและค้นคว้าอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นในส่วนของโครงงานพิเศษนี้จึงอาจไม่เพียงพอสำหรับผู้ที่ต้องการความรู้ในระดับที่ลึกซึ้งยิ่งกว่านี้ ซึ่งอย่างไรก็ตามโครงงานพิเศษนี้ก็ได้พยายามที่จะสื่อให้ผู้เรียนรู้ได้เกิดความเข้าใจอย่างมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

## 6.2 ข้อเสนอแนะ

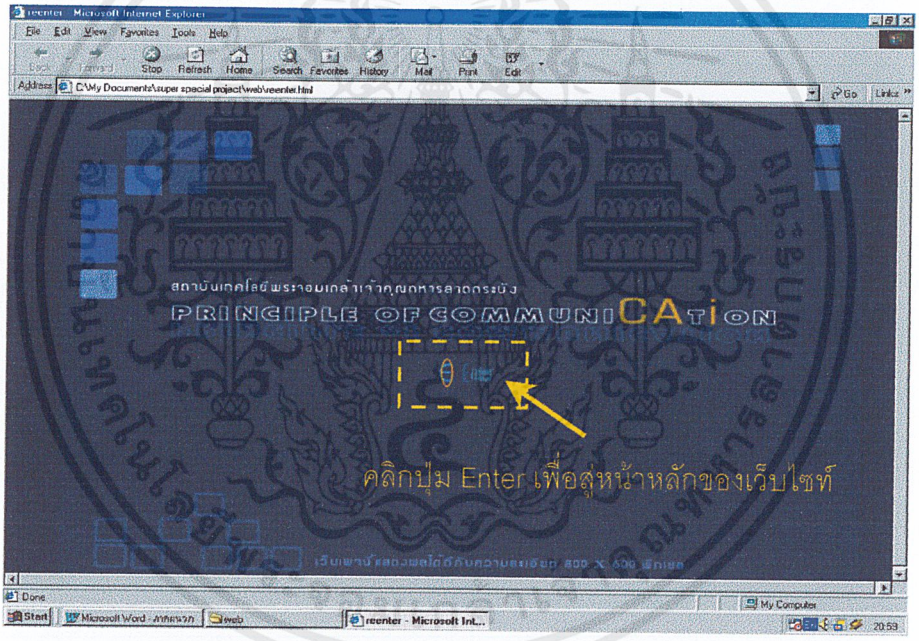
สำหรับข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาเว็บไซต์ในขั้นต่อไปนั้นสรุปได้ดังนี้

1. เพิ่มเติมมัลติมีเดียด้านภาพให้สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น และทางด้านเสียงในบางส่วน เช่น เสียงที่ปุ่มต่างๆ ในเว็บไซต์เพื่อเพิ่มความสนใจแก่ผู้เรียนมากขึ้น
2. เพิ่มเติมรายละเอียดของเนื้อหาเกี่ยวกับการสื่อสารโทรคมนาคมที่ทันสมัย และเจาะลึกรายละเอียดทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ของอุปกรณ์ต่างๆทางด้านการสื่อสาร
3. เพิ่มเติมเปลี่ยนแปลงเนื้อหาในเว็บไซต์ให้มีความทันสมัยตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก
# การใช้โปรแกรมสื่อช่วยการเรียนการสอนผ่านทางอินเตอร์เน็ต

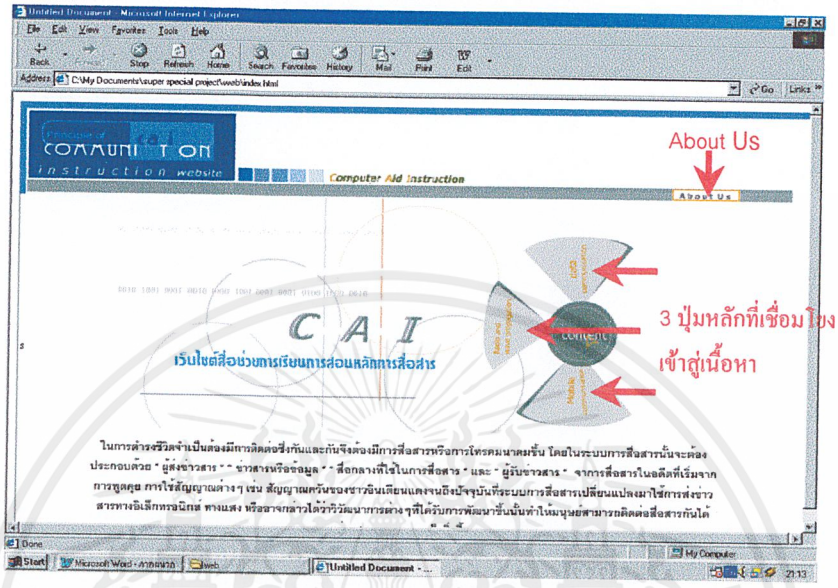
ขั้นตอนที่ 1 หน้าจอนี้จะเป็นหน้าที่บอกให้ผู้ใช้ได้ทราบว่าได้เข้ามาถึงเว็บไซต์แล้วและจะเป็นหน้าจอที่สามารถทำการดาวน์โหลด (Download) ได้รวดเร็วที่สุดภายในเว็บไซต์ ซึ่งหน้าจอนี้จะปรากฏขึ้นเป็นหน้าจอแรกเมื่อผู้ใช้ทำการพิมพ์ที่อยู่ของเว็บไซต์ลงบนบราวเซอร์ ถ้าต้องการเข้าสู่เว็บไซต์ให้ทำการคลิกที่ปุ่ม ENTER ดังภาพที่ 7.1




**รูปที่ 7.1แสดงหน้าจอโฮมเพจ และการเข้าสู่เว็บไซต์**

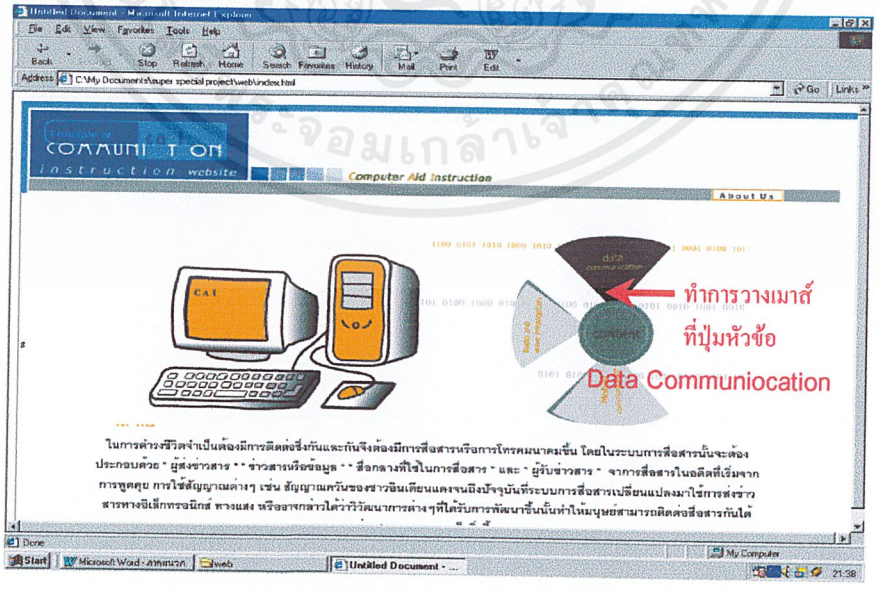
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อเข้าสู่หน้าหลักของเว็บไซต์แล้วจะประกอบด้วยเนื้อหา 3 ส่วนหลัก ซึ่งจะสามารถเข้าถึงได้โดยคลิกที่ 3 ปุ่มหลักและมีปุ่ม About Us ที่จะกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับเว็บไซต์นี้




**รูปที่ 7.2 แสดงหน้าจอเมนเพจ (Main Page)**

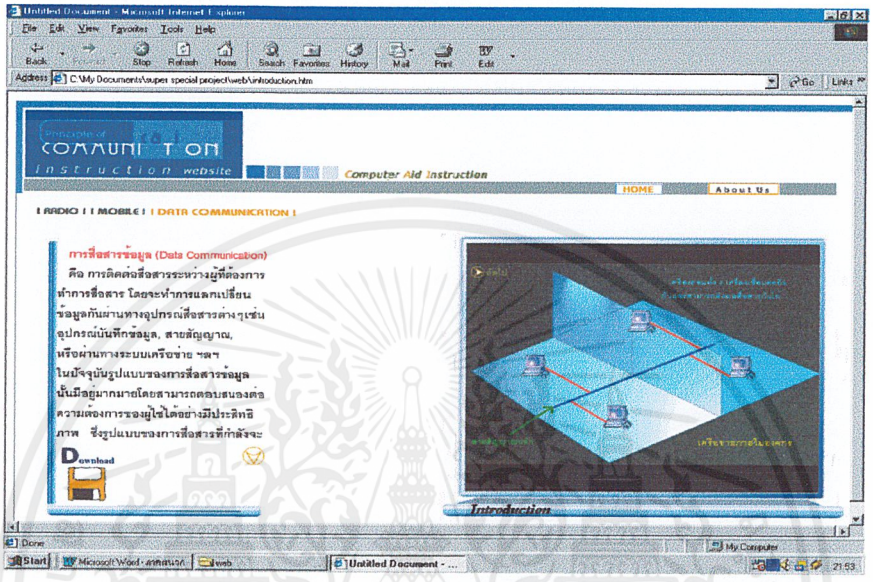
ขั้นตอนที่ 3 เมื่อทำการวางเมาส์บนปุ่มจะปรากฏภาพที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อนั้นๆ เช่นเมื่อวางเมาส์ที่ปุ่มของหัวข้อเรื่อง Data Communication จะปรากฏรูปคอมพิวเตอร์ และเมื่อคลิกจะเชื่อมโยงเข้าสู่หน้าจอเนื้อหาในหัวข้อดังกล่าว




**รูปที่ 7.3 แสดงวิธีการเข้าสู่เนื้อหาหลัก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 หลังจากทำการคลิกปุ่มจากหน้าหลักแล้วจะเข้าสู่หน้าจอเนื้อหาในหัวข้อนั้น ดังนั้น จากขั้นตอนที่ 3 จะเข้าสู่หน้าจอเนื้อหาของหัวข้อ Data Communication




**รูปที่ 7.4 แสดงหน้าเว็บเพจในส่วนเนื้อหา**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในหน้าเนื้อหาจะประกอบไปด้วยปุ่มหลักๆ 5 ปุ่มดังนี้

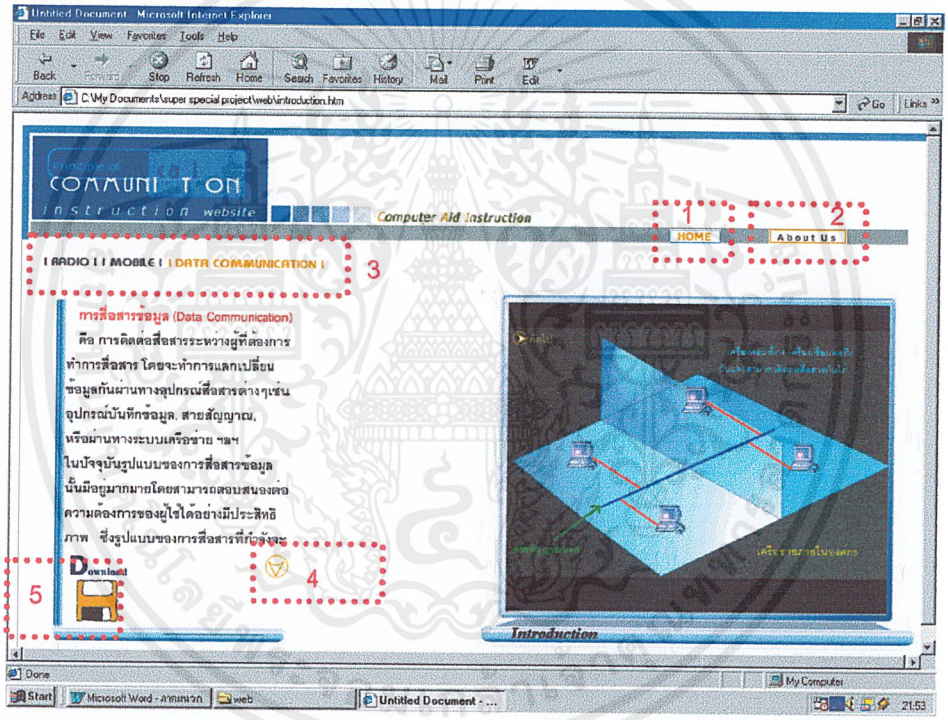
ปุ่มที่ 1 คือ ปุ่ม Home เป็นปุ่มที่เชื่อมโยงกลับไปสู่หน้าหลัก

ปุ่มที่ 2 คือ ปุ่ม About Us เป็นปุ่มที่ทำการเชื่อมโยงเข้าสู่หน้า About Us

ปุ่มที่ 3 คือ ปุ่มการเชื่อมโยงหลักเข้าสู่เนื้อหาทั้ง 3 หัวข้อซึ่งสามารถเข้าถึงได้โดยตรง

ปุ่มที่ 4 คือ ปุ่มที่ใช้การควบคุมการแสดงผลของเนื้อหาที่บรรยายประกอบภาพเคลื่อนไหว

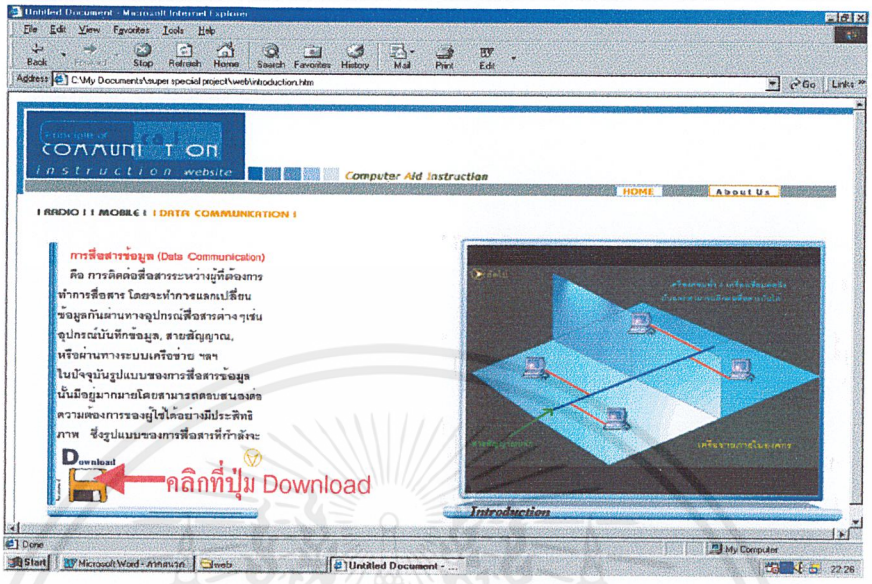
ปุ่มที่ 5 คือ ปุ่มที่ใช้ในการเชื่อมโยงเข้าสู่หน้าดาวน์โหลด เนื้อหาเพิ่มเติม ซึ่งจะแบ่งหัวข้อในการดาวน์โหลดตามปุ่มการเชื่อมโยงหลัก




**รูปที่ 7.5 แสดงลักษณะการทำงานของปุ่มในหน้าเนื้อหา**

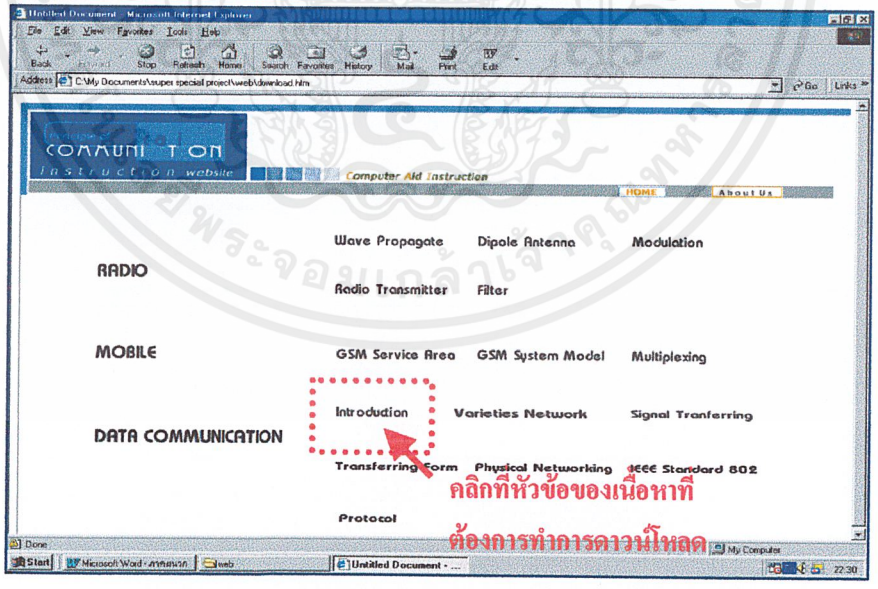
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อต้องการทำการดาวน์โหลด เนื้อหาเพิ่มเติม ให้คลิกที่ปุ่ม Download




**รูปที่ 7.6 แสดงปุ่มดาวน์โหลด (Download)**

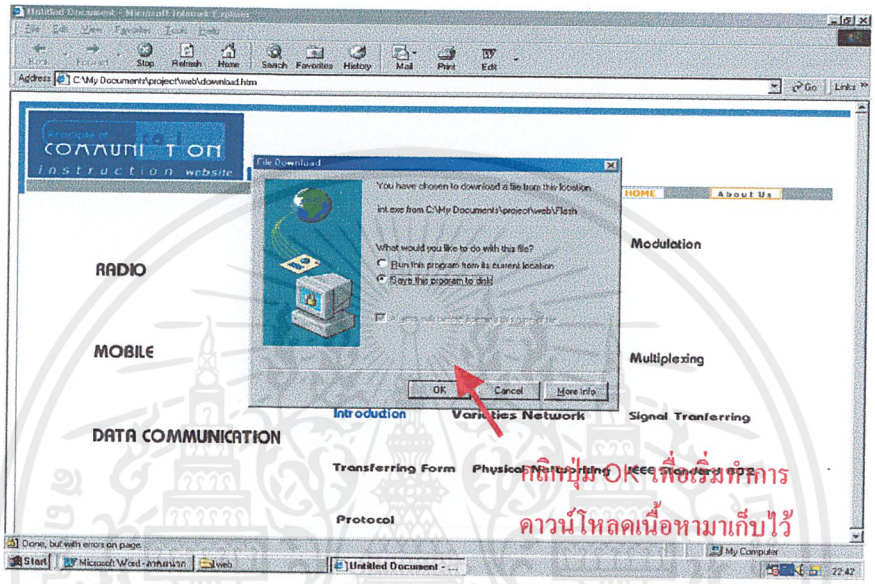
หลังจากนั้นจะเข้าสู่หน้าดาวน์โหลด ซึ่งจะสามารถทำการดาวน์โหลดเนื้อหาได้ตามหัวข้อปรากฏ ซึ่งจะแบ่งหัวข้อการดาวน์โหลดตามปุ่มการเชื่อมโยงหลัก




**รูปที่ 7.7แสดงหน้าจอที่สามารถดาวน์โหลดเนื้อหาเพิ่มเติมได้**

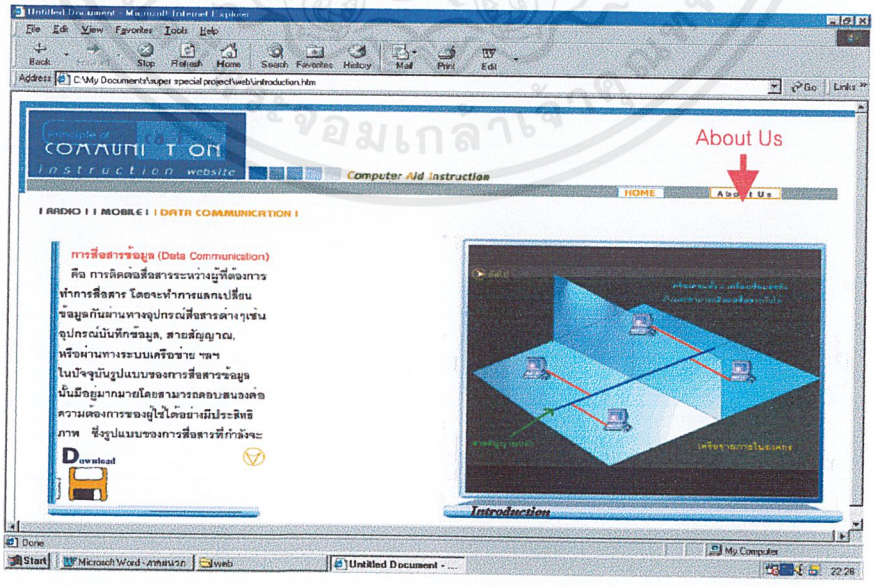
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสามารถทำการดาวน์โหลด ได้โดยทำการคลิกที่หัวข้อที่ต้องการทำการดาวน์โหลด ซึ่งหลังจากทำการคลิกแล้วจะปรากฏหน้าต่าง Download ขึ้นหลังจากนั้นให้ติ๊กที่ Save This Program in Disk แล้วคลิกปุ่ม OK ไฟล์ที่ทำการเลือกไว้ก็จะถูก Download มาเก็บไว้ภายในเครื่องคอมที่ใช้งานอยู่




รูปที่ 7.8 แสดงวิธีการดาวน์โหลด (Download)

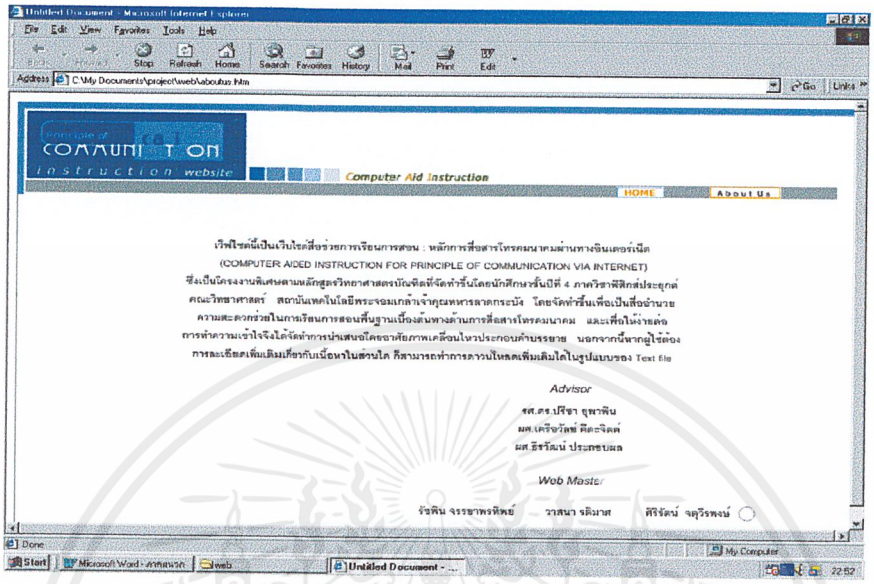
ขั้นตอนที่ 6 จากหน้าจอที่แสดงเนื้อหาในขั้นตอนที่ 4 เมื่อทำการคลิกที่ปุ่ม About Us




รูปที่ 7.9 แสดงวิธีการเข้าสู่หน้าที่ถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับเว็บไซต์ (About Us)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นจะเชื่อมโยงเข้าสู่หน้า About Us ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับเว็บไซต์




**รูปที่ 7.10 แสดงหน้าจอที่แสดงถึงถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับเว็บไซต์ About Us**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง


1. กฤษณะ สถิต , " สร้างเว็บไซต์แบบมืออาชีพด้วย Dreamweaver " , อินโฟเพรส , กรุงเทพมหานคร , 2543.
2. กาย กำเหนิดรัตน์ , คมกริช ประกอบธรรม , ธารา วงศ์สิริสิน , พันจันทร์ ธนวัฒนเสถียร "Macromedia Dreamweaver Version 3 ฉบับสมบูรณ์ " , ซัคเซสมีเดีย , กรุงเทพมหานคร .
3. กำพล ลีลาภรณ์ , " Advanced FLASH ActionScript " , โปรวิชั่น , กรุงเทพมหานคร , 2544.
4. ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ , พิชัย ภักดีพาณิชเจริญ , " ระบบสื่อสารวิทยุ " ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ , กรุงเทพมหานคร.
5. ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ , " หลักการระบบการสื่อสาร " , ซีเอ็ดยูเคชั่น 2533.
6. ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ , " หลักการสื่อสาร " , ซีเอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพมหานคร , 2542.
7. ประเสริฐ จริงโพธิ์ , พงษ์ศักดิ์ สุสัมพันธ์ไพบูลย์ , " เรื่องน่ารู้ โมบายล์โทรคมนาคม " , ซีเอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพมหานคร , 2543.
8. ฟ้าฟื้น เบญจดล , " พื้นฐานโทรคมนาคม " , สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี.
9. ยุทธชัย รุจิรวิมล , " คู่มือการเรียนรู้และการใช้งาน Macromedia Flash 5 " , ซัสเซส มีเดีย , 2521.
10. วิวัฒน์ กิรานนท์ , " พื้นฐานการสื่อสาร " , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2530.
11. วิวัฒน์ กิรานนท์ , " วิศวกรรมการสื่อสาร " , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2540.
12. สัลยุทธ์ สว่างวรรณ , " เครือข่ายคอมพิวเตอร์ " , เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า , กรุงเทพมหานคร , 2542.
13. สุชาติ กังวารจิตต์ , " เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร " , ซีเอ็ดยูเคชั่น 2541.
14. สุธีร์ นวกุล , " แต่งศิลป์ให้เว็บสวยด้วย Macromedia Flash " , วิตตี้กรุ๊ป , กรุงเทพมหานคร , 2543.
15. ธวัชชัย ศรีสุเทพ , " คัมภีร์ Web Design คู่มือออกแบบเว็บไซท์ฉบับมืออาชีพ " , โปรวิชั่น , กรุงเทพมหานคร , 2544.
16. Floyd , Thomas , " Electronics Fundamentals , circuits , devices , applications " , Prentice-Hall , 1995.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. Frenzel , Louis , " Communication Electronics " , McGraw-Hill , 1989.

18. Grob , Bemard , " Basic Electronics " , McGraw-Hill , 1989.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้จัดทำ

นางสาวรัชพิณ จรรยาพรทิพย์ เกิดเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2523 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนอนุบาลปราจีนบุรี อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี เข้าศึกษาต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่โรงเรียนเซนต์โยเซฟบางนา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 3 ได้ย้ายมาศึกษาต่อที่โรงเรียนปราจีนกัลยาณี อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนปราจิณราษฎรอำรุง อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี จากนั้นจึงเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2544

นางสาววาสนา รติมาศ เกิดเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2523 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนโกศลวิทยา เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร เข้าศึกษาต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาที่โรงเรียนสตรีมหาพฤฒาราม ในพระบรมราชินูปถัมภ์ เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร จากนั้นจึงเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการ 2544

นางสาวศิริรัตน์ จตุวีรพงษ์ เกิดเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2524 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนอำนวยศิษย์ศึกษา เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร เข้าศึกษาต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาที่โรงเรียนศึกษานารี เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร จากนั้นจึงเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการ 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้