ชื่อหนังสือ ระบบสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์
บาร์โค้ด 9789748323756
ISBN 974-8323-75-7

ระบบสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์

เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการเริ่มต้นศึกษาระบบสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์

โดย... สุริยัน ศรีสวัสดิ์กุล

ระบบสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์

โดย

สุริยัน ศรีสวัสดิ์กุล

SKYBOOK COMPANY LIMITED
บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
815/276-8 ถ.รังสิต-ปทุมธานี ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
โทรศัพท์: 5675105, 5675119, 9581125-7 โทรสาร: 5675105

ระบบสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์

พิมพ์ครั้งที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2540

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย
ห้ามคัดลอกถ่ายเอกสารหรือพิมพ์
หรือวิธีหนึ่งวิธีใดของหนังสือเล่มนี้ก่อนได้รับอนุญาต
จากบริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

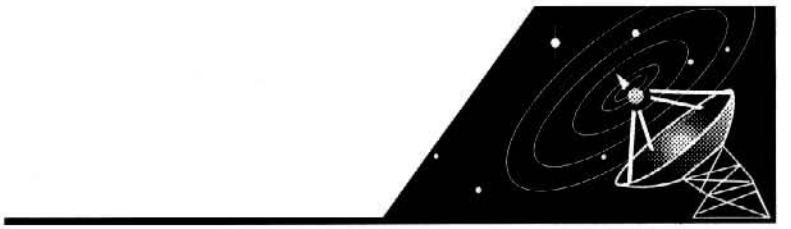
สุริยัน ศรีสวัสดิ์กุล
ระบบสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ -- พิมพ์ครั้งที่ 2 -- กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์, 2540.
252 หน้า
1. ข่ายงานคอมพิวเตอร์ 2. ระบบสื่อสารข้อมูล I. ชื่อเรื่อง
004 . 6
ISBN 974-8323-75-7
S7902-30-07-97

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย

บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
SKY BOOK COMPANY LIMITED
515/276-8 ถ.รังสิต-ปทุมธานี ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
โทรศัพท์: 5675119, 9581125-7
โทรสาร: 5675105

พิมพ์ที่ บริษัทสยามสปอร์ต ซินดิเคท จำกัด
1776-1784 ถนนพระราม 4 แยกเกษมราษฎร์ คลองเตย พระโขนง กรุงเทพฯ 10110
โทรศัพท์: 2490250, 2490447, 2490295, 2490299

ตัวอย่าง



คำนำ

ความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร ซึ่งเป็นไปอย่างรวดเร็วและเคียงคู่กันมาตลอดเวลา ทำให้มวลมนุษย์ได้รับประโยชน์อย่างมหาศาลจากเทคโนโลยีสองสาขานี้ แต่การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ให้มีประโยชน์มากยิ่งขึ้นก็คือ การเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์หลาย ๆ ระบบเข้าเป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) เพื่อประโยชน์ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือข่าวสารซึ่งกันและกัน การใช้ฐานข้อมูลและทรัพยากรอื่น ๆ ที่มีอยู่อย่างจำกัดร่วมกัน และในทำนองเดียวกันเครือข่ายการสื่อสารจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดก็โดยนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมกลไกของการสื่อสารนั้น จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีทั้งสองสาขานี้ต้องพึ่งพาอาศัยกันจึงจะทำให้ทั้งสองระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในขณะนี้มีนักคอมพิวเตอร์เป็นจำนวนมากที่ทราบแต่หลักวิชาทางด้านคอมพิวเตอร์เพียงอย่างเดียว แต่ถ้ากล่าวถึงระบบสื่อสารข้อมูลของคอมพิวเตอร์แล้วปรากฏว่ามีผู้ที่รู้เรื่องนี้ไม่มากนัก ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ ได้แก่ ยังเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่ ขาดตำราภาษาไทยที่จะศึกษา การศึกษาเรื่องนี้ต้องอาศัยพื้นฐานความรู้วิชาอื่น ๆ นอกเหนือจากวิชาคอมพิวตอร์อีกหลายสาขา ดังนั้น นักคอมพิวเตอร์ที่ต้องการศึกษาเรื่องนี้จึงมีเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะการออกแบบระบบคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะเป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ผู้เขียนจึงได้พยายามเขียนตำราเล่มที่ท่านกำลังถืออยู่นี้ขึ้นมาและเน้นการใช้คำที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และลำดับเรื่องจากง่าย ๆ ขึ้นไป แม้แต่ผู้ที่ไม่มีความรู้พื้นฐานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มาก่อนเลยก็สามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง ด้วยเหตุนี้ตำราเล่มนี้จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ที่ต้องการเริ่มต้นศึกษาระบบสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์

ตัวอย่าง

สุดท้ายนี้ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งที่จะให้ตำราเล่มนี้เสมือนกุญแจที่จะเปิดประตูบานแรกที่จะทำให้ท่านก้าวเข้าสู่เทคโนโลยีด้านการสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ และนำวิชาการเหล่านี้มาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ต่อการงานและสังคมส่วนรวมต่อไป

สุริยัน ศรีสวัสดิ์กุล

ตัวอย่าง

สารบัญ

บทที่ 1 ทฤษฎีเบื้องต้นของการสื่อสาร 9

- การสื่อสารข้อมูล 11
- ความหมายของการส่งสัญญาณ 13
- รหัสที่ใช้ในการส่งสัญญาณ 18
- การส่งผ่านข้อมูลในแบบต่าง ๆ 36
- สรุปความหมายของตัวอักขระพิเศษที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล 52

บทที่ 2 เครือข่ายการสื่อข้อมูล 57

- ประเภทของการเชื่อมโยงเพื่อสื่อสารข้อมูล 57
- มัลติเพลกเซอร์และคอนเซนเตรเตอร์ 62
- รูปแบบของเครือข่ายสื่อสาร 70
- ประเภทของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง 75
- การจำแนกเทอร์มินอลตามลำดับชั้น 79
- โมเดมและอินเตอร์เฟซ 85
- การส่งผ่านกลุ่มข้อมูลแต่ละกลุ่ม 95
- ประเภทของการมอดูเลต 114
- อะคูสติคคัพเลอร์ 116

ตัวอย่าง

บทที่ 3 เทคนิคในการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลที่ส่งผ่าน ____ 117

- อัตราการเกิดข้อผิดพลาด 118
- เงื่อนไขของการใช้สายส่ง 120
- อีควอไลเซชัน 121
- การตรวจความผิดพลาด 121
- การแก้ไขข้อผิดพลาดของข้อมูล 130

บทที่ 4 กฎระเบียบและวิธีการของข่ายสื่อสาร ____ 133

- กฎระเบียบและวิธีการของข่ายสื่อสาร 133
- การออกแบบข่ายสื่อสาร 139
- โปรโตคอลในระดับสูงขึ้นไป 141
- ระดับชั้นของโปรโตคอลตามรูปแบบของ ISO 142
- ส่วนควบคุมระบบสายสื่อสาร 146
- การควบคุมในระดับสายสื่อสารที่เชื่อมโยงหลายจุด 147
- รูปแบบของการจัดลำดับการแลกเปลี่ยนข่าวสารและการวิเคราะห์ระบบ 155
- การทำงานของ HDLC ด้วยการเชื่อมโยงแบบหลายจุดบนสายสื่อสารเดียวกัน 212

บทที่ 5 พาหะนำสัญญาณ ____ 215

- ข่ายสายโทรศัพท์ 216
- ข่ายสายเทเลกซ์ 221
- ข่ายสายโทรเลข 222
- ระบบสวิตชิงข่าวสาร 222
- การเช่าสายสื่อสาร 224
- สิ่งอำนวยความสะดวกในการส่งผ่านข้อมูล 225
- ข่ายสายสำหรับการส่งผ่านข้อมูลแบบใหม่ 230
- ข่ายสายส่งผ่านสัญญาณดิจิตอล 231

ตัวอย่าง

- แพคเกตสวิตชิง 235
- เทคนิคของแพคเกตสวิตชิง 236

ดัชนี ____ 241

หนังสืออ้างอิง ____ 252

ตัวอย่าง

ตัวอย่าง

1 ทฤษฎีเบื้องต้นของการสื่อสาร

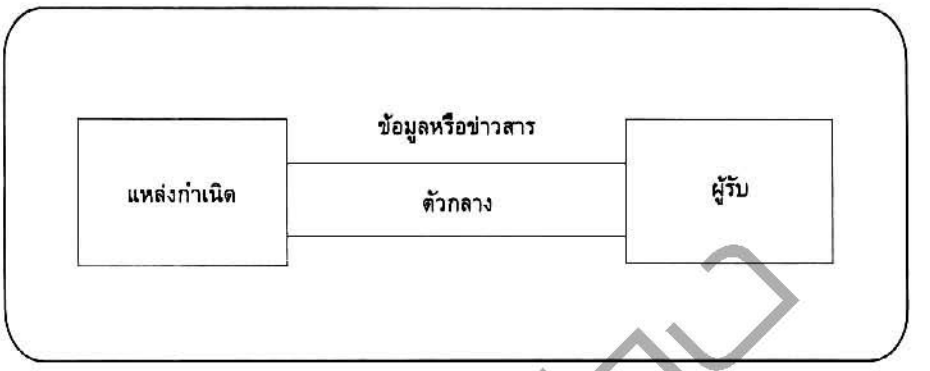
มีนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวไว้ว่า "การสื่อสารถือได้ว่า เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์" เราลองพิจารณากันดูซิว่าคำกล่าวของนักวิชาการนี้จริงหรือไม่ โดยพิจารณาจากรูปแบบการสื่อสารทั้งหลาย เช่น

- การสนทนาระหว่างบุคคล 2 คนหรือมากกว่านั้น
- การอ่านหนังสือ
- การรับหรือส่งจดหมาย
- การสนทนากันทางโทรศัพท์
- การดูภาพยนตร์หรือโทรทัศน์
- การดูภาพวาดต่าง ๆ
- การฟังการบรรยาย

จากตัวอย่างที่หยิบยกขึ้นมานี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของรูปแบบการสื่อสารเท่านั้น ซึ่งยังมีอีกนับพันรูปแบบของการสื่อสารที่เราจะพบได้ในชีวิตประจำวัน และการสื่อสารข้อมูล (Data Communications) จัดเป็นแขนงหนึ่งของการสื่อสาร โดยมีวิธีการและขั้นตอนที่เฉพาะเจาะจง สำหรับตัวอย่างที่กล่าวถึงจะสังเกตได้ว่าแต่ละรูปแบบก็จะมีเอกลักษณ์ของตัวเอง แต่ทุกรูปแบบจะต้องมีคุณสมบัติพื้นฐานหลักก็คือ ทุกรูปแบบจะมีวัตถุประสงค์ที่จะส่งข้อความหรือข่าวสารจากที่แห่งหนึ่งไปยังที่แห่งอื่น ๆ ส่วนในกรณีของระบบการสื่อสารข้อมูลเราเรียกสิ่งที่ถูกส่งไปว่า "ข้อมูล" หรือ "ข้อความ"

ในการส่งข้อความหรือข้อมูลใด ๆ จากจุด ๆ หนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งเป็นเป้าหมายของการส่งนั้นไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารในรูปแบบใดก็ตามจะต้องมีองค์ประกอบขั้นต่ำ 3 อย่างด้วยกันคือ จะต้องมีแหล่งกำเนิดซึ่งเป็นแหล่งสร้างหรือให้ข้อมูลหรือข่าวสาร จากนั้น

จะต้องส่งผ่านเข้าไปยังตัวกลาง ซึ่งทำหน้าที่เป็นพาหะนำเอาข้อมูลหรือข่าวสารนั้นไปยังผู้รับ (หรือเครื่องรับก็ตาม) ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 *แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของการสื่อสาร*

ดังตัวอย่างเช่น

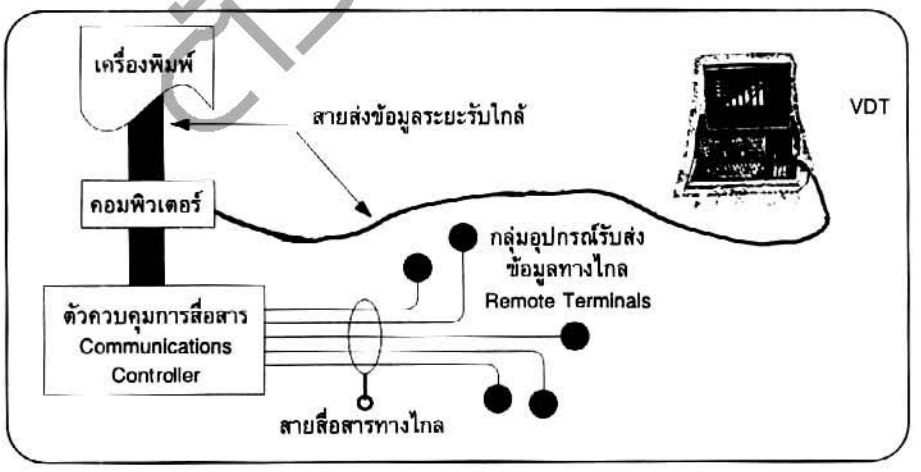
- นายจ้อยกำลังพูดให้นายมาฟัง ในกรณีเช่นนี้นายจ้อยจะเป็นแหล่งกำเนิด (Source) อากาศจะเป็นตัวกลาง (Medium) ซึ่งนำเอาคลื่นเสียงไปยังนายมา โดยที่นายมาเป็นผู้รับ (Receiver)
- การสนทนาระหว่างคุณอา ซึ่งอยู่ในกรุงเทพ ฯ กับคุณชม้อย ซึ่งอยู่ในอิตาลี โดยใช้โทรศัพท์ทางไกล ในกรณีเช่นนี้ คุณอาจะเป็นต้นกำเนิดของข่าวสาร ส่วนผู้รับข่าวสารคือคุณชม้อย ส่วนตัวกลางก็คือเครือข่ายสื่อสารของโทร-ศัพท์
- หรือกรณีที่อาจารย์กำลังบรรยายคำสอน อาจารย์ผู้สอนก็จะเป็นต้นกำเนิดของข่าวสารและอากาศเป็นตัวกลาง และนักศึกษาจำนวนหลายคนก็จะกลายเป็นผู้รับหลาย ๆ จุด

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาองค์ประกอบที่ใช้ในระบบสื่อสารนี้เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องศึกษาถึงคุณสมบัติและประสิทธิภาพ ตลอดจนความเหมาะสมของข้อดีข้อเสียของแต่ละระบบด้วย โดยการพิจารณาดังนี้

- ผลที่ได้จากการสื่อสารนั้นจะต้องเป็นที่เข้าใจกันได้ระหว่างผู้ส่งและผู้รับ
- เอกลักษณ์รวมของระบบสื่อสารจะต้องถูกกำหนดและสร้างขอบเขตขึ้นมาด้วยตัวของมันเองโดยเฉพาะ โดยจะขึ้นกับต้นกำเนิดข่าวสาร ตัวกลาง และผู้รับ
- ในระบบสื่อสารจะต้องพิจารณาและป้องกันการแทรกแซงจากภายนอก และสภาพแวดล้อม ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้เสมอในขณะทำการสื่อสาร

การสื่อสารข้อมูล (Data Communications)

จากความรู้พื้นฐาน ซึ่งสามารถทำความเข้าใจกันได้โดยง่ายว่า "การสื่อสารข้อมูล" นั้นจะต้องประกอบด้วย ต้นกำเนิดของข่าวสาร ตัวกลางหรือสื่อข้อมูล และตัวรับข่าวสาร ซึ่งมีรูปแบบที่แตกต่างกันไปอย่างมาก ภายในข่ายการสื่อสารทั้งหมดที่เกิดขึ้น ในสภาพความเป็นจริงในปัจจุบันสำหรับคำว่า "ข่ายการสื่อสาร" มีความหมายว่า จุดของคู่การสื่อสาร ซึ่งมีตั้งแต่ 1 คู่ขึ้นไปและเชื่อมโยงกันเป็นระบบ ดังรูปที่ 1.2 ซึ่งแสดงข่ายการสื่อสารของระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีเครื่องคอมพิวเตอร์อยู่ 1 เครื่อง เครื่องพิมพ์สำหรับคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง และอุปกรณ์รับส่งข้อมูลประเภทแสดงผลทางจอภาพ (Visual Display Terminals หรือเขียนย่อว่า VDT) โดยทั้งชุดนี้ติดตั้งอยู่ยังสถานที่แห่งหนึ่ง



รูปที่ 1.2 *ข่ายการสื่อสารของระบบคอมพิวเตอร์อย่างง่าย*

นอกจากนี้ยังเชื่อมโยงการสื่อสารไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูลทางไกล ซึ่งเรียกว่า Remote Terminals (อาจใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มาดัดแปลงก็ได้) อีกจำนวนหนึ่งซึ่งอาจติดตั้งอยู่ในสถานที่ซึ่งไกลออกไปจากจุดที่ติดตั้งเครื่องคอมพิวตอร์ และทั้งระบบนี้เชื่อมโยงติดต่อถึงกันทั้งหมดด้วยสายสื่อสาร สำหรับตัวอย่างที่ยกขึ้นมานี้เป็นเพียงข่ายการสื่อสารของระบบคอมพิวเตอร์อย่างง่าย ๆ ข่ายการสื่อสารอาจมีระบบที่สลับซับซ้อนกว่านี้อีกก็เป็นได้ ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ข่ายการสื่อสารนั้น ๆ

สำหรับการสื่อสารข้อมูลนั้นไม่จำเป็นต้องใช้สายโทรศัพท์ หรือสายส่งข้อมูลชนิดพิเศษเสมอไป เพราะความเป็นจริงแล้วขึ้นอยู่ว่าองค์กรนั้นต้องการจะสื่อสารข้อมูลไปยังจุดไหน และอย่างไรเป็นปริมาณเท่าใดต่างหาก สมมติว่า ถ้าเราต้องการสื่อสารข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เราก็อาจเลือกตัวกลางหรือสื่อข้อมูล ซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิด เช่น เราอาจใช้บริการขององค์กรทางการสื่อสารเพื่อส่งเอกสาร เทปตลับ หรือแผ่นจานแม่เหล็กอย่างอ่อน (Floppy Disk) นอกจากนี้เรายังสามารถเลือกวิธีการรูปแบบต่าง ๆ ของการบริการขององค์กรทางการสื่อสารได้อีกด้วย เช่น ส่งแบบธรรมดาหรือส่งด่วนทางอากาศ หรือเลือกการสื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ หรือเราอาจจะเลือกวิธีเดินไปส่งให้ถึงจุดหมายปลายทางก็ได้ แต่จะเห็นว่าทุกวิธีมีจุดประสงค์อย่างเดียวกันคือ นำข่าวสารนั้นจากจุดหนึ่งส่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ส่วนความเหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับกรณีเป็นราย ๆ ไปโดยการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ด้วย เช่น ความเร็ว ค่าใช้จ่าย ความถูกต้องของข่าวสารที่จัดส่ง และความเป็นไปได้ของตัวกลางในแต่ละท้องถิ่นด้วย เมื่อพิจารณาด้วยความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนี้ เราจะตัดสินกันด้วยเหตุผล 2 ประการคือ

1. ให้ได้คุณสมบัติครบถ้วนตามความต้องการและเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด

2. มีระบบการจัดเก็บสำเนา (Back-up) ที่ดี และ/หรือมีระบบสำรอง เมื่อเกิดอุบัติเหตุหรือระบบสื่อสารที่กำลังใช้อยู่นั้นหยุดทำงาน

เช่น เราส่งข้อมูลซึ่งอยู่ในแผ่นดิสเกตต์ทางไปรษณีย์อากาศ เราจะทำอย่างไรถ้าเกิดว่าสายการบินนัดหยุดงาน ซึ่งเราอาจจะต้องมีเส้นทางการสื่อสารสำรอง ในการสื่อสารข้อมูลนั้นไปยังจุดหมายปลายทางเป็นการฉุกเฉิน อันได้แก่ การส่งผ่านทางสายโทรศัพท์ ซึ่งจะต้องทำความตกลงกับองค์การโทรศัพท์ไว้ก่อนโดยขอใช้เป็นกรณีฉุกเฉินเท่านั้น

สำหรับหนังสือเล่มนี้ ผู้เขียนจะกล่าวเฉพาะการวิเคราะห์ระบบการสื่อสารข้อมูลที่ใช้ตัวกลางหรือสื่อข้อมูลประเภทสายโทรศัพท์ และสายสื่อสารที่ใช้ส่งข้อมูลโดยเฉพาะ (Special-purpose data line) เท่านั้น เพราะโดยทั่วไปแล้วเทคนิคในการวิเคราะห์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบสื่อสารนั้นจะมีกฎเกณฑ์รากฐานอยู่ที่ระบบสายโทรศัพท์ และระบบสายสื่อสารที่ใช้ส่งข้อมูลโดยเฉพาะ ส่วนการวิเคราะห์ระบบสื่อสารที่มีตัวกลางเป็นอย่างอื่นนอกเหนือไปจาก 2 ระบบที่กล่าวถึงนี้แล้ว จะอาศัยหลักเกณฑ์จาก 2 ระบบนี้ไปประยุกต์ในการวิเคราะห์ระบบอื่น ๆ ได้เช่นกัน

เมื่อใดที่มีการกล่าวถึง ข่ายการสื่อสารข้อมูลส่วนใหญ่มักจะหมายถึง การสื่อสารข้อมูลของคอมพิวเตอร์นั่นเอง เช่นกรณีมีเครื่องคอมพิวเตอร์อยู่ 1 เครื่องแล้วต่อพ่วงเข้ากับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง (Terminals) โดยพ่วงเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์เพียงจุดเดียวหรือมากกว่านั้น โดยใช้สายส่งสัญญาณในการสื่อสาร ซึ่งสายส่งสัญญาณนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวนำเอาข้อมูลหรือข่าวสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางที่ต่อพ่วงกันเข้าเป็นระบบ สำหรับคำว่า "อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง" นั้นมีความหมายว่า เป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้หลายชนิด เช่น เครื่องพิมพ์ติดตั้งทางไกลสำหรับคอมพิวเตอร์ (Teleprinter) แป้นพิมพ์สำหรับป้อนข้อมูลหรือข้อความให้แก่คอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ติดตั้งระยะไกลสำหรับคอมพิวเตอร์ เครื่องอ่านและเจาะบัตร เครื่องแสดงผลทางจอภาพ หรืออาจเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์อีกตัวหนึ่งก็ได้ โดยทั่วไปสายส่งสัญญาณในการสื่อสาร (ทางไกล) ก็คือ สายโทรศัพท์ แต่อาจมีบางกรณีที่สร้างเครือข่ายการสื่อสารโดยการใช้สายส่งสัญญาณที่สร้างขึ้นมา เพื่อใช้ส่งข้อมูลโดยเฉพาะ และจะได้มีการกล่าวถึงเรื่องของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางต่อไปตามชนิดของมันว่าระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางกับเครื่องคอมพิวเตอร์ มีการปฏิบัติต่อกันอย่างไร

ความหมายของการส่งสัญญาณ (Transmission Definitions)

การส่งสัญญาณหมายถึง การที่สายส่งสัญญาณในการสื่อสารจะเป็นตัวกลางที่จะนำเอาข้อมูลหรือข่าวสารจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในระบบการสื่อสารข้อมูล สายส่งสัญญาณนี้จะอยู่ในรูปของเครือข่ายสายโทรศัพท์ หรือที่เรียกกันติดปากว่าสายโทรศัพท์นั่นเอง และเมื่อเกิดการส่งข้อมูลไปตามสายนี้บางครั้งเราก็เลยเรียกว่า สายข้อมูล (Data-

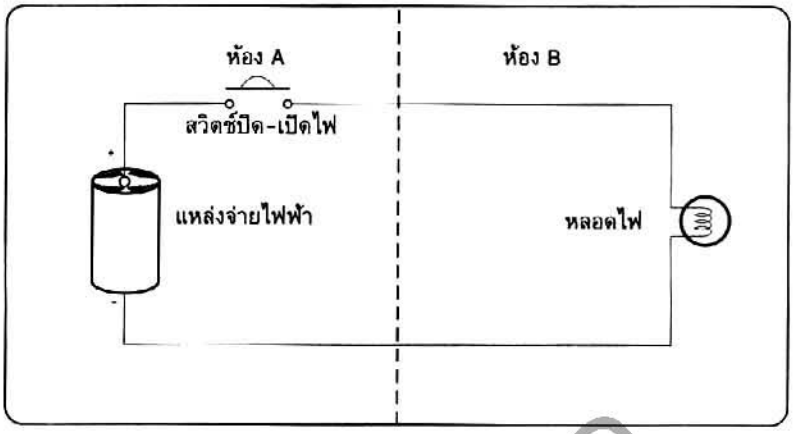
line) แต่ในบางครั้งก็อาจจะเรียกว่า สายเชื่อมโยงในการส่งข้อมูล (Data link) ก็มี ซึ่งที่กล่าวมาถึงนี้ก็คือสายส่งสัญญาณสื่อสารนั่นเอง จากความหมายของการส่งสัญญาณอย่างกว้าง ๆ ทำให้มีรูปแบบของการส่งสัญญาณอยู่หลายรูปแบบดังนี้

1. การส่งสัญญาณทางเดี่ยว (One-way Transmission หรือ Simplex)

การส่งสัญญาณนั้น อาจประกอบด้วยหนึ่งช่องทางการส่ง (One channel) หรือมีได้หลายช่องทางการส่ง (Multi channels) ก็ได้ ในเมื่อหนึ่งช่องทางการส่งถูกกำหนดให้มีความหมายถึงการส่งสัญญาณทางเดี่ยว โดยหมายถึงว่าหนึ่งช่องทางการส่งสามารถให้ข้อมูลหรือข่าวสารผ่านไปได้ซึ่งอาจเป็นทิศทางใดก็ได้ แต่ในเวลาใดเวลาหนึ่งจะเป็นไปได้ทิศทางเดียวเท่านั้น ส่วนคำว่าทิศทางที่ช่องทางการส่งนั้นเชื่อมอุปกรณ์ที่ปลายทั้งสองไว้ เช่น ระหว่างช่องทาง A. (Channel A.) ที่ปลายของช่องทางส่งมีอุปกรณ์ที่ 1 และอุปกรณ์ที่ 2 พ่วงอยู่ ดังนั้นทิศทางของการส่งผ่านข้อมูลจะมีได้ 2 ทิศทางคือ จาก 1 ไป 2 และจาก 2 ไป 1 แต่ถูกจัด (Set) ให้มีทิศทางคงที่ตลอดเวลาไม่เปลี่ยนแปลงอีกต่อไป ซึ่งข้อจำกัดของการกำหนดให้มีทิศทางเดียวอาจเกิดจากความต้องการ สายสื่อสาร และตัวอุปกรณ์รับส่งก็ได้

ตัวอย่างที่ดีที่จะทำให้เห็นได้ชัดเจนก็คือ ถ้าเราเปรียบเทียบเอาท่อน้ำเป็นช่องทางการส่งและท่อน้ำนี้ที่ปลายทั้งสองเชื่อมติดกับแทงค์น้ำ A และ B น้ำอาจไหลจาก A ไปสู่ B หรือจะไหลจาก B มาสู่ A ก็ได้ ขึ้นกับการส่ง แต่ในเวลาใดเวลาหนึ่งน้ำในท่อจะมีเพียงทิศทางเดียว ในการไหลจะไม่มีการไหลของน้ำสวนทางกันในเวลาเดียวกันเป็นอันขาด ซึ่งที่กล่าวมาแล้วนี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจในความหมายของคำว่า ช่องทางการส่งสัญญาณ

สำหรับการส่งสัญญาณทางเดี่ยว (Simplex) หรือเขียนย่อว่า SPX) หมายถึงว่าผู้ส่งสามารถส่งข้อมูลหรือข่าวสารไปให้แก่ผู้รับได้เพียงฝ่ายเดียว ส่วนผู้รับไม่สามารถจะโต้ตอบกลับไปได้ ตัวอย่างของการส่งสัญญาณทางเดี่ยวได้แก่ การส่งวิทยุกระจายเสียง การแพร่ภาพโทรทัศน์ เป็นต้น โดยสถานีส่งจะเป็นต้นกำเนิดของข่าวสารสู่ผู้ที่อยู่ตามบ้าน ซึ่งมีเครื่องรับจะเป็นผู้รับ สำหรับวงจรทางไฟฟ้าที่สร้างให้เป็นวงจรการส่งสัญญาณทางเดี่ยวที่ง่ายที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 *วงจรการส่งสัญญาณทางเดียวอย่างง่าย*

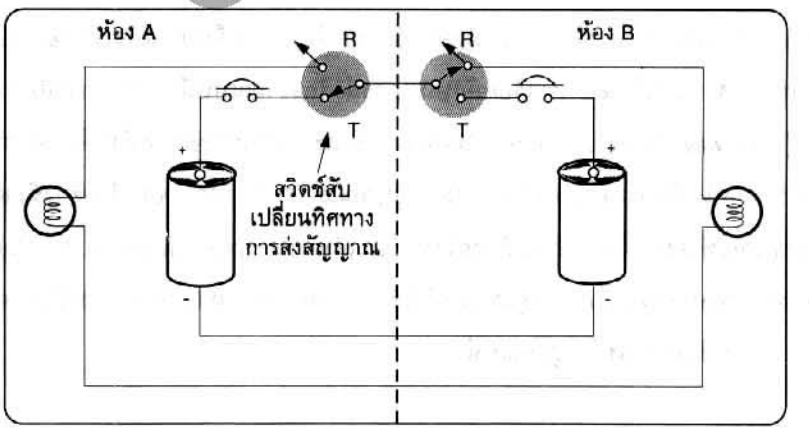
จากรูปที่ 1.3 จะมีคนอยู่คนหนึ่งอยู่ในห้อง A และอีกคนหนึ่งอยู่ในห้อง B และมีวงจรการส่งสัญญาณดังรูป โดยในห้อง A จะมีแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Battery) และสวิตช์ปิดเปิดไฟฟ้าเพื่อให้กระแสไฟฟ้าเดินได้ครบวงจร ส่วนในห้อง B มีหลอดไฟฟ้าโดยต่อเข้ากับวงจรและวงจรนี้ต่อกันเข้าด้วยสายไฟฟ้า 2 เส้นดังรูป จากองค์ประกอบนี้ทำให้ A สามารถส่งข่าวสารไปให้ B ได้ด้วยการกดสวิตช์ไฟฟ้า ไฟฟ้าปิด-เปิดเป็นจังหวะสั้นยาวแตกต่างกันไป ส่วน B จะต้องสามารถตีความหมายของสัญญาณไฟฟ้าปิด-เปิดเป็นจังหวะสั้นยาวได้ และแปลออกมาเป็นความหมายต่อไป ขอให้สังเกตว่า การที่ไฟฟ้าปิด-เปิดเป็นจังหวะสั้นยาวอย่างไรนั้น ทั้ง A และ B จะต้องเป็นที่ทราบกันดี เพราะเป็นรหัสที่ทั้งสองฝ่ายเข้าใจ ในโอกาสเช่นนี้ A สามารถส่งข่าวสารให้แก่ B ได้แต่ฝ่ายเดียว ส่วน B ไม่มีโอกาสที่จะโต้ตอบข้อความใด ๆ ให้แก่ A ทราบได้เลย เราเรียกลักษณะการส่งสัญญาณแบบนี้ว่าระบบการสื่อสารทางเดียว (One-way Communication System) ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งก็คือ อย่าเข้าใจว่าสายไฟฟ้าหนึ่งเส้นจะแทนช่องทางการส่งสัญญาณได้ 1 ช่องทาง จากตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นถึงกฎเกณฑ์โดยทั่วไปว่า การใช้สายไฟฟ้า 2 เส้นสามารถแทนช่องทางการส่งสัญญาณได้เพียงหนึ่งช่องทางเท่านั้น แต่กฎเกณฑ์นี้ก็มีข้อยกเว้นบางประการ ซึ่งจะกล่าวถึงอีกครั้งในบทที่ 2 ซึ่งเป็นข้อยกเว้นของกฎเกณฑ์นี้

2. การส่งสัญญาณกึ่งทางคู่ (Half-duplex หรือ Either-way)

สำหรับระบบนี้เป็นการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมที่สามารถสลับทิศทางการส่งผ่านข้อมูลหรือข่าวสารได้ ซึ่งจะทำให้ A สามารถส่งข่าวสารไปยัง B ได้ และถ้าสลับทิศทางจะทำให้ B สามารถส่งข่าวสารไปยัง A ได้แต่ในขณะใดขณะหนึ่งจะเกิดขึ้นได้เพียงกรณีเดียวคือ ไม่สามารถส่งข่าวสารสวนทางกันได้ในเวลาเดียวกันนั่นเอง ดังนั้น ระบบนี้จึงได้ชื่อว่าระบบการส่งสัญญาณกึ่งทางคู่ (Half-duplex system หรือใช้คำย่อว่า HDX)

สำหรับตัวอย่างที่ใช้การส่งสัญญาณในระบบนี้ ได้แก่ วิทยุที่ทางเจ้าหน้าที่ตำรวจใช้ เช่น ตำรวจที่อยู่ในสถานที่เกิดเหตุพูดวิทยุรายงานไปยังสถานีตำรวจ ในขณะเช่นนี้ตำรวจที่อยู่ในสถานที่เกิดเหตุก็จะเป็นผู้ส่งข่าวสาร ซึ่งขณะนี้ตำรวจที่อยู่ที่สถานีตำรวจไม่สามารถพูดสวนทางมาได้ และเมื่อพูดเสร็จแล้วจะเปลี่ยน ซึ่งหมายถึง สลับทิศทางการส่งสัญญาณให้ตำรวจที่สถานีตำรวจเป็นผู้พูดโต้ตอบมาบ้าง จะเห็นได้ว่าวิทยุเช่นนี้จะใช้พูดโต้ตอบกันได้ก็จริง แต่ต้องรอให้อีกฝ่ายหนึ่งพูดจบก่อนจึงเปลี่ยนให้อีกฝ่ายหนึ่งพูดได้บ้าง จะพูดสวนทางกันในเวลาเดียวกันไม่ได้เลย

จากระบบเดิมซึ่งเป็นการส่งสัญญาณทางเดียว เราดัดแปลงระบบวงจรสื่อสารเสียใหม่ดังรูปที่ 1.4 เราจะได้วงจรส่งสัญญาณกึ่งทางคู่ โดยที่ A จะต้องเพิ่มหลอดไฟฟ้าและสวิตช์สับเปลี่ยนทิศทางการส่งสัญญาณ (Transmit/receiver switch) และที่ B จะต้องเพิ่มแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Battery) สวิตช์สับเปลี่ยนทิศทางการส่งสัญญาณ และสวิตช์ปิด-เปิดไฟฟ้า เราก็จะได้วงจรที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณกึ่งทางคู่อย่างง่ายขึ้นมา 1 ชุด

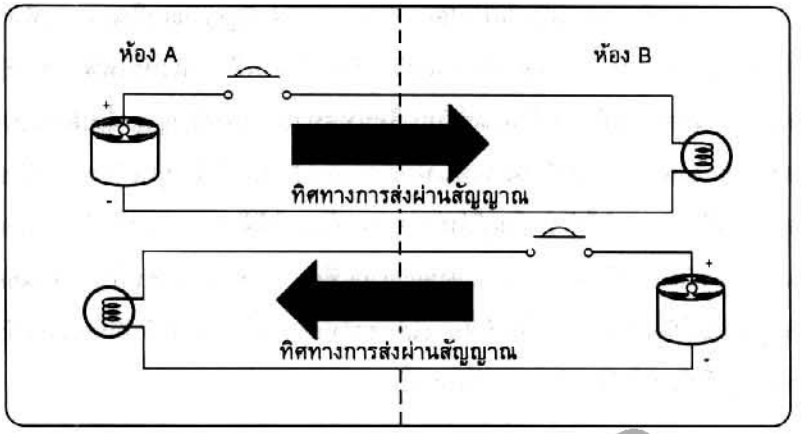


รูปที่ 1.4 *วงจรการส่งสัญญาณกึ่งทางคู่*

จากรูปที่ 1.4 สวิตช์สับเปลี่ยนทิศทางการส่งสัญญาณอยู่ในสภาวะที่ทำให้ A สามารถส่งข่าวสารไปยัง B ได้ด้วยการกดสวิตช์ปิด-เปิดไฟฟ้าเป็นรหัสไฟฟ้าปิด-เปิดด้วยสัญญาณสั้นยาวต่างกันได้ แต่ถ้าสวิตช์สับเปลี่ยนทิศทางการส่งสัญญาณนี้เปลี่ยนแปลงเสียใหม่ โดยตัวที่อยู่ในห้อง A เปลี่ยนตำแหน่งจาก T เป็น R และตัวที่อยู่ในห้อง B เปลี่ยนตำแหน่งจาก R เป็น T จะทำให้ B เป็นผู้ส่งข่าวสารมายัง A ได้ด้วยการกดสวิตช์ปิด-เปิดไฟฟ้าเช่นกัน จากกรณีนี้เราก็ใช้ช่องทางการส่งสัญญาณเพียง 1 ช่องทางเช่นกัน แต่ในช่องทางการส่งสัญญาณนี้ดัดแปลงให้เปลี่ยนทิศทางได้ ขอให้สังเกตว่าสายไฟฟ้าที่เชื่อมระหว่างห้อง A และห้อง B ก็ใช้สายไฟฟ้าเพียง 2 เส้นเท่านั้น

3. การส่งสัญญาณทางคู่ (Full-duplex หรือ Both-way Transmission)

ถ้ามีจุด 2 จุด ที่เราต้องการสร้างระบบการส่งสัญญาณระหว่าง 2 จุดนี้ โดยการเชื่อมจุด 2 จุดนี้ด้วยช่องทางการส่งสัญญาณ 2 ช่องทางจะทำให้สามารถส่งสัญญาณได้ทั้งสองทิศทางในเวลาเดียวกัน โดยช่องทางการส่งสัญญาณที่ 1 เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณในทิศทางหนึ่ง และช่องทางการส่งสัญญาณที่ 2 เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณในอีกทิศทางหนึ่ง ดังนั้นจึงทำให้จุดปลายทั้งสองของระบบนี้โต้ตอบข่าวสารกันได้ในเวลาเดียวกัน เราจึงเรียกว่าระบบการส่งสัญญาณทางคู่ (Full-duplex system หรือเขียนย่อว่า FDX) ดังแสดงในรูปที่ 1.5 จะเห็นได้ว่า A จะกดสวิตช์ปิด-เปิดไฟฟ้า เพื่อเป็นการส่งข่าวสารไปให้แก่ B ได้ตลอดเวลา ส่วน B ก็สามารถจะกดสวิตช์ปิด-เปิดไฟฟ้า เพื่อส่งข่าวสารไปให้แก่ A ได้ตลอดเวลาเช่นกัน เราจะสังเกตได้ว่า ในระบบนี้ใช้สายไฟฟ้าเชื่อมโยงระหว่าง A กับ B ถึง 4 เส้น ตัวอย่างเช่น การที่บุคคล 2 คนพูดจาโต้ตอบกันทางโทรศัพท์ เป็นต้น แต่กรณีที่การสื่อสารข้อมูลที่ต้องใช้รหัส เช่น ใช้รหัสของสัญญาณไฟปิด-เปิดสั้นยาวเป็นจังหวะแล้ว การใช้ระบบสื่อสารนี้จะทำได้ไม่สมบูรณ์ เช่นทั้ง A และ B จะต้องคอยดูสัญญาณที่อีกฝ่ายหนึ่งส่งมาแล้วตีความหมาย ซึ่งในขณะเดียวกันนี้ถ้าเขาส่งข่าวสารเป็นรหัสไปด้วยจะทำได้ลำบากอย่างยิ่ง ทั้ง A และ B จะต้องเป็นบุคคลที่ชำนาญอย่างยิ่งจึงจะสามารถทำงาน 2 อย่างในเวลาเดียวกันนี้ได้ ซึ่งเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่เคยกล่าวมาแล้วว่า เอกลักษณ์รวมของระบบจะต้องถูกกำหนด และสร้างขอบเขตขึ้นมาด้วยระบบสื่อสารนั้น ๆ โดยเฉพาะในกรณีนี้ก็เช่นกัน ขอบเขตของระบบถูกขีดขั้นไว้ด้วยความชำนาญของผู้ติดต่อสื่อสารนั่นเอง



รูปที่ 1.5 *วงจรการส่งสัญญาณทางคู่*

ในทางปฏิบัติจริง ๆ แล้วเราอาจพบว่า อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางประเภทการส่งสัญญาณกึ่งทางคู่ แต่เวลาติดตั้งกลับใช้ช่องทางการส่งสัญญาณถึง 2 ช่องทาง สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็ด้วยเหตุผลที่ว่า

- ในข่ายสื่อสารทางโทรศัพท์ จะใช้ 2 ช่องทางในการส่งสัญญาณอยู่แล้วและเราต้องพึ่งสายโทรศัพท์ จึงใช้ 2 ช่องทางเสียเลย
- เมื่อใช้ระบบดังกล่าวจะทำให้ประหยัดเวลาลงได้เล็กน้อย

รหัสที่ใช้ในการส่งสัญญาณ (Transmission Codes)

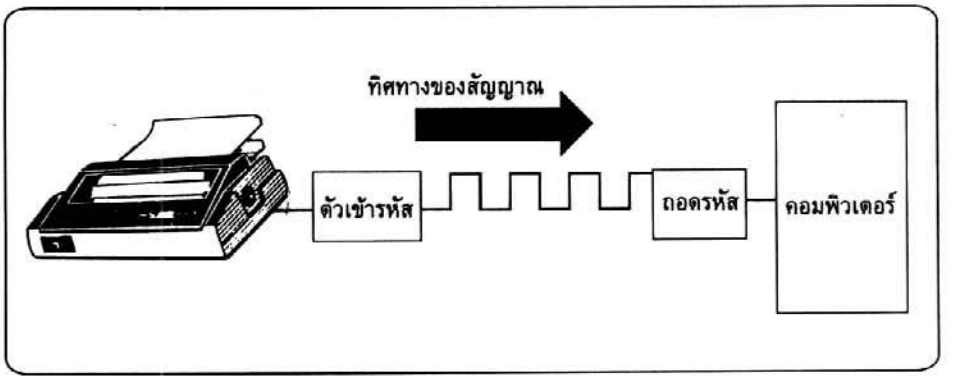
ในปัจจุบันนี้เราอาจแบ่งการส่งสัญญาณในการสื่อสารออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

- ข่าวสารหรือสัญญาณที่เป็นแบบอะนาลอก (Analog Information) เช่น การพูดกันทางโทรศัพท์ การส่งสัญญาณวิทยุ-โทรทัศน์ เป็นต้น
- ข่าวสารหรือสัญญาณแบบดิจิตอล (Digital Information) ซึ่งเป็นข่าวสารที่ได้กำหนดรหัสไว้เป็นที่แน่นอนอย่างหนึ่ง

การติดต่อส่งข่าวสารกันโดยใช้สัญญาณที่เป็นอะนาลอกนั้น ส่วนใหญ่เป็นการติดต่อระหว่างคนกับคนด้วยกัน (Man to Man Communications) ได้แก่ การได้ยิน การ

มองเห็น ซึ่งสามารถเข้าใจเรื่องราวต่าง ๆ ได้โดยทันที ส่วนการติดต่อสื่อสารแบบใช้สัญญาณที่เป็นดิจิตอลนั้นส่วนใหญ่เป็นการติดต่อระหว่างเครื่องจักรด้วยกัน (Machine to Machine Communications) เพื่อใช้ถ่ายทอดข้อมูลบางอย่างซึ่งกันและกัน

ในระบบการสื่อสารข้อมูลนั้นเราจะพบว่า จะต้องเกิดการส่งข้อมูลไม่ว่าจะเป็นตัวอักษร ตัวเลข หรือสัญลักษณ์พิเศษ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง และพบว่าการสื่อสารทั้งหมดนั้นกำลังมีแนวโน้มที่จะเกิดการสื่อสารของข้อมูล ซึ่งอยู่ในรูปของรหัสไบนารี่มากขึ้นทุกที โดยทั่วไปแล้วข่าวสารมักจะมีจุดเริ่มต้นอยู่ในรูปแบบซึ่งมนุษย์เข้าใจได้โดยทันทีหรือที่เราเรียกว่า ข่าวสารแบบอะนาลอก แต่ข่าวสารแบบนี้มักจะถูกเปลี่ยนจากรูปแบบที่มนุษย์เข้าใจให้กลายเป็นข่าวสารที่เครื่องคอมพิวเตอร์จัดเก็บไว้ได้ รูปแบบนี้ก็คือ การเปลี่ยนจากข่าวสารอะนาลอกไปสู่ข่าวสารดิจิตอลนั่นเอง จากตัวอักษรใด ๆ หนึ่งตัวอักษรที่เรามองเห็นได้นี้จะไม่สามารถส่งผ่านตามวิธีการสื่อสารได้ เมื่อยังคงรูปแบบที่เรามองเห็นอยู่ ดังรูปที่ 1.6 เมื่อเราต้องการป้อนข้อมูลให้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยพิมพ์ข้อมูลนั้นผ่านทางแป้นพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ ตัวอักษรที่เราพิมพ์เข้าไปจะต้องมีการเข้ารหัส ด้วยตัวเข้ารหัส (Encoder) จากรูปแบบที่เราเคยมองเห็นแล้วเข้าใจให้อยู่ในรูปที่สามารถส่งไปตามสายส่งสัญญาณได้ และไปยังเครื่องรับซึ่งเครื่องรับจะตีความหมายของสัญญาณที่เข้ามาได้เช่นกัน จากนั้นเครื่องรับก็จะทำการถอดรหัสด้วยเครื่องถอดรหัส (Decodes) ให้กลับมาอยู่ในรูปแบบที่เราเห็นแล้วอ่านเข้าใจได้โดยทันทีว่าเป็นอักษรตัวเดิม แต่บางทีก็ไม่ได้ถอดรหัสให้อยู่ในรูปแบบที่เราเข้าใจแต่ถอดรหัสให้กลายเป็นรูปแบบที่สามารถจัดเก็บได้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 1.6 นั้นเป็นการถอดรหัสให้อยู่ในรูปแบบที่เครื่องคอมพิวเตอร์จัดเก็บได้



รูปที่ 1.6 *การส่งผ่านสัญญาณด้วยการเข้ารหัสและถอดรหัส*

รหัสที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลทั้งหมดจะอยู่ในรูปแบบของระบบไบนารี่ โดยที่ไบนารี่ (Binary) มีความหมายว่าสอง และในการสื่อสารข้อมูลก็ใช้เงื่อนไขของความแตกต่างกันของสัญญาณ 2 ระดับในการเข้ารหัส ตัวอย่างเช่น เรามีหลอดไฟฟ้าอยู่หนึ่งดวง ถ้าเราเปิดไฟแล้วถือว่ามีสัญญาณเป็น 1 และถ้าปิดไฟแล้วถือว่ามีสัญญาณเป็น 0 ดังนั้น การเข้ารหัสก็คือการเปลี่ยนรูปแบบตัวอักขระต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปของขบวนตัวเลข 1 และ 0 ส่วนขบวนที่ใช้แทนหนึ่งตัวอักษรจะยาวเท่าไร (ยาวกี่หลัก) ขึ้นอยู่กับระบบซึ่งจะเป็นข้อตกลงที่มนุษย์ได้ตกลงกันไว้ว่า ระบบของเราจะใช้ขบวนตัวเลข 1 และ 0 ยาวกี่หลัก เช่น ยาว 7 หลัก ถ้ากำหนดอย่างนี้ลองพิจารณาว่าเราจะสร้างขบวนตัวเลข 1 และ 0 ได้กี่ลักษณะที่ไม่ซ้ำกันเลย คำตอบก็คือ จะสร้างได้เท่ากับ 2 ยกกำลัง 7 ขบวนหรือเท่ากับ 128 ขบวน แต่ละขบวนนำไปแทนตัวอักษรได้ 1 ตัว ดังนั้น ระบบที่เราสร้างขึ้นมานี้จะต้องเป็นที่เข้าใจกันทั้งสองฝ่ายทั้งผู้ส่งและผู้รับ เช่น จะนำขบวนใดมาแทนตัวอักษร A เป็นต้น จากกรณีตัวอย่างที่เราสมมติขึ้นมานี้แต่ละขบวนของเรายาว 7 หลัก ในทางคอมพิวเตอร์เรียกหลักว่าบิต (Bit) ซึ่งเป็นคำย่อของคำร่วมกันคือ Binary digit หรือเลขฐาน 2 และเราถือว่า บิต คือ หน่วยที่เล็กที่สุดของข้อมูล

ลองพิจารณาอีกครั้ง ถ้าเรามี 1 บิต เราใช้แทนตัวอักษรจะได้เพียง 2 ตัวเช่น ให้สภาวะ 1 แทนตัว A และสภาวะ 0 แทนตัว B แต่ถ้าเราเพิ่มเป็น 2 บิต เราจะแทนได้ 4 ตัวอักษร เช่นให้ 00 = A, 01 = B, 10 = C และ 11 = D จะเห็นว่าไม่มีจุดไหนซ้ำกันเลย ซึ่งเข้าหลักที่ว่าถ้าเราใช้ชุดของตัวเลข 1, 0 ยาว n หลักแล้ว เราจะแทนตัวอักษรได้เท่ากับจำนวน (2 ยกกำลัง n) ตัวอักษร

เป็นที่ทราบกันดีว่า ภาษาอังกฤษเป็นภาษาที่ใช้กันทั่วโลก ดังนั้น ถ้าเขาใช้ตัวอักขระภาษาอังกฤษในการสื่อสารก็ย่อมจะใช้ได้ทั่วโลกเช่นกัน มีรหัสมาตรฐานที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลอยู่หลายรูปแบบ (คำว่ารหัสมาตรฐานนี้ก็คือ ข้อตกลงที่มนุษย์ได้ตกลงกันไว้ และมีอยู่ 2 รูปแบบที่เราพบมากที่สุดก็คือ รหัสบอโด (Baudot Code) และรหัสแอสกี (ASCII Code) ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดของรหัสมาตรฐานทั้งสองนี้ต่อไป

รหัสบอโด (Boudot Code)

คำว่าบอโดเป็นชื่อของวิศวกรไปรษณีย์ของฝรั่งเศส ซึ่งเข้าทำงานที่ไปรษณีย์โทรเลขของฝรั่งเศสราวปี ค.ศ. 1874 และมีชื่อแบบอเมริกันว่า มูเร่ ดังนั้น จึงมีคนบางกลุ่มเรียกรหัสบอโดนี้ว่ารหัสมูเร่ก็มี สำหรับการสื่อสารสากลมีคณะกรรมการอยู่ชุดหนึ่ง มีชื่อว่า "The Consultative Committe on International Telephones and Telegraphs" หรือมีชื่อย่อว่า CCITT ซึ่งคณะกรรมการชุดนี้ได้ประชุมตกลงกันถึงมาตรฐานของการส่งโทรเลขและโทรศัพท์ และในขณะเดียวกันก็ทำการกำหนดมาตรฐานของรหัสสื่อสารข้อมูลไปด้วย และถ้ารหัสแบบใดได้รับการรับรองจาก CCITT แล้วเราจะถือเป็นมาตรฐานของ CCITT ไปด้วย สำหรับรหัสบอโดนั้นถือว่าเป็นมาตรฐานของ CCITT หมายเลข 2 (CCITT Alphabet No.2) และรหัสนี้ได้ถูกนำมาใช้ในระบบเทเลกซ์ทั่วโลก จึงมีบางคนเรียกว่า รหัสเทเลกซ์

รหัสบอโดประกอบด้วย รหัสขนาด 5 บิต (5 หลัก) ดังนั้น จึงใช้แทนตัวอักษรได้ 32 รูปแบบ ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่เพียงพอที่จะใช้ส่งตัวอักขระได้ทั้งหมด ดังนั้น เขาจึงเพิ่มตัวอักขระพิเศษขึ้นมา 2 ตัว เพื่อเป็นตัวบอกเครื่องรับว่า กำลังใช้กลุ่มตัวอักษรกลุ่มใด (ดูรูปที่ 1.7 ประกอบ) จากรูปที่ 1.7 แถวซ้ายมือสุด เป็นกลุ่มเลขฐาน 2 ขนาด 5 บิต (5 หลัก) เพื่อแสดงการนำไปแทนตัวอักขระอื่น ๆ ในบรรทัดที่ตรงกัน ส่วนแถวที่ 2 เป็นกลุ่มของอักขระที่อยู่ในรูปของตัวอักษร (Letters Characters) ส่วนแถวที่ 3 เป็นกลุ่มของอักขระพิเศษซึ่งอาจอยู่ในลักษณะของรูปภาพก็มี จึงเรียกว่า อักขระรูปภาพ (Figures Characters) จากที่กล่าวมาแล้วตอนต้นว่าเราได้สร้างอักขระพิเศษ 2 ตัว เพื่อบอกให้เครื่องรับทราบว่ากำลังใช้รหัสของตัวอักขระกลุ่มใด (คือบอกว่ากำลังใช้แถวที่ 2 หรือแถวที่ 3) ตัวอักขระพิเศษที่กล่าวถึงนี้คือ "ตัวเลื่อนเข้าสู่กลุ่มตัวอักษร" หรือ Letter shift character เขียนโดยย่อว่า LTRS หรือ LS ส่วนอีกตัวหนึ่งคือ "ตัวเลื่อนเข้าสู่กลุ่มรูปภาพ" หรือ Figure shift character เขียนโดยย่อ ว่า FIGS หรือ FS โดยที่ LS มีรหัสคือ 11111 ส่วน FS มีรหัส 11011 และอาจแทน FS ด้วยรูปของลูกศรชี้ขึ้น (↑) ส่วน LS แทนด้วยรูปของลูกศรชี้ลง (↓)

สำหรับผู้ที่เคยใช้เครื่องพิมพ์ดีดพอจะนึกภาพออกว่าขณะที่เรากดปุ่ม "shift lock" ไว้แล้วพิมพ์ตัวอักษรจะกลายเป็นตัวอักษรตัวใหญ่ทั้งหมด ในทำนองเดียวกันนี้แป้นที่ใช้ในการสื่อสารก็จะมีการทำงานคล้ายคลึงกัน เช่น ปุ่มที่มีตัวอักษร "Z" และเครื่องหมาย "+"

อยู่ถ้าเรากด LS ก่อนแล้วพิมพ์เครื่องจะตีความว่าเป็น "Z" แต่ถ้าเรากด FS ก่อนแล้วพิมพ์เครื่องจะตีความหมายว่าเป็น "+"

ตารางที่ 1.1 *การเข้ารหัสมาตรฐานบอโด (Baudot Code)*

รหัสเลขฐานสอง (Binary)	กลุ่มตัวอักษร (Letters Characters)	กลุ่มรูปภาพ (Figures Characters)
00000	ว่าง (Blank)	ว่าง (Blank)
00001	E	3
00010	≡	≡ เลื่อนบรรทัด (Line feed)
00011	A	-
00100	SP	SP ช่องว่าง (Space)
00101	S	'
00110	I	8
00111	U	7
01000	<	< ปัดแคร่ (Carriage Return)
01001	D	+ Who are you ?
01010	R	4
01011	J	เสียงกริ่ง (Bell)
01100	N	,
01101	F	%
01110	C	:
01111	K	(
10000	T	5
10001	Z	+
10010	L	)
10011	"	2
10100	H	L
10101	Y	6
10110	P	0
10111	Q	1
11000	O	9
11001	B	?

ตัวอย่าง

รหัสเลขฐานสอง (Binary)	กลุ่มตัวอักษร (Letters Characters)	กลุ่มรูปภาพ (Figures Characters)
11010	G	$
11011	↑	↑ (FS)
11100	M	.
11101	X	/
11110	V	=
11111	↓	↓ (LS)

ตัวอย่าง เมื่อเราต้องการส่งข้อความข้างล่างนี้ไปยังจุดหมายปลายทาง

444/55 SILOM RD. BANGRAK BANGKOK 10500

เราจะต้องกดแป้นพิมพ์ดังนี้

(FS)444/55 (LS)SILOM RD(FS) (LS)BANGRAK BANGKOK (FS)10500

เราจึงจะส่งข้อความไปได้ถูกต้องตามความประสงค์ของเรา เราจะเห็นว่าก่อนที่จะพิมพ์ตัวเลขจะต้องกดปุ่ม FS หรือ ↑ เสียก่อน หรือสรุปได้ว่าเมื่อต้องการพิมพ์กลุ่มตัวอักษรหรือรูปภาพ ซึ่งอยู่ในกลุ่มขวาสุดของรูปที่ 1.7 จะต้องกด FS และกรณีต้องการพิมพ์กลุ่มตัวอักษรซึ่งอยู่แถวกลางของรูปที่ 1.7 จะต้องกด LS

เนื่องจากรหัสบอโดใช้เพียง 5 บิตแทนหนึ่งตัวอักษรนี้เอง ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบความถูกต้องและครบถ้วนของข้อมูลที่ทำการส่งผ่านได้จึงไม่เป็นที่นิยมที่จะนำมาใช้ในการสื่อสารข้อมูลของคอมพิวเตอร์ เพราะในเครือข่ายการสื่อสารของคอมพิวเตอร์ต้องการข้อมูลที่มีความถูกต้องสูง แต่อย่างไรก็ตามรหัสบอโดถูกนำมาใช้ในการส่งโทรพิมพ์ (Telex) และโทรเลข (Telegraph) กันอย่างกว้างขวาง สำหรับรหัสบอโดที่ใช้ในกิจการสื่อสารของประเทศไทยได้มีการพัฒนาให้เป็นรหัส 6 บิต เพื่อให้เข้ารหัสตัวอักษรได้มากพอที่จะส่งข้อความได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

อาจจะมีหลายคนที่สงสัยว่า ทำไมจึงใช้การเข้ารหัสเพียง 5 บิต เพื่อแทน 1 ตัวอักษร ทำไมไม่เข้ารหัสเป็น 6 บิตแทน 1 ตัวอักษรเสียเลย ซึ่งจะทำให้ไม่ต้องคอยกดปุ่ม FS

หนังสืออ้างอิง

1. Computer Networks.
   by Andrew S.Tanenbaum.

2. Data Communications.
   by Kenneth Sherman.

3. Data Communications and Teleprocessing Systems.
   by Jrevor Housley.

4. Systems Analysis for Data Transmission.
   by James Martin.

5. Telecommunications and The Computer.
   by James Martin.

6. Teleprocessing Network Organization.
   by James Martin.

7. เทคโนโลยีโทรคมนาคม.
   โดย ดร. โกศล เพ็ชร์สุวรรณ์ และ ชิเงกิ โซจิ.

8. ระบบคอมพิวเตอร์ 2.
   โดย พอ. เสนิส อดุลยพันธ์

ตัวอย่าง