บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านเศรษฐศาสตร์

2.1.1 การวิเคราะห์การตัดสินใจในโครงการต่าง ๆ ด้วยเศรษฐศาสตร์

การศึกษาว่าโครงการใดน่าจะลงทุนหรือไม่นั้น จำเป็นต้องทราบขั้นตอนการวิเคราะห์รูปแบบของปัญหา ค่าที่เป็นเครื่องวัดในการตัดสินใจ และแหล่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ดังนี้

2.1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ขั้นตอนการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ 8 ข้อดังนี้

1. กำหนดรูปแบบของปัญหา โดยจะต้องศึกษาข้อมูลต้นเสียก่อนว่าอะไรเป็นสิ่งที่กำหนดให้เป็นปัญหา อะไรเป็นผลลัพธ์ และอะไรเป็นสิ่งที่จะต้องตัดสินใจ เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการเข้าใจตรงกัน
2. สร้างบรรทัดฐานในการประมาณค่าที่ใช้วัด การวิเคราะห์ทางเลือกหลาย ๆ ทางนั้นจะต้องสร้างเกณฑ์ในการวัด เช่น จะใช้ค่าใช้จ่าย กำไร และความสูญเสียเป็นเกณฑ์ในการวัดเป็นต้น
3. สร้างทางเลือกหลาย ๆ ทางเลือก และไม่ควรด่วนสรุปก่อนที่จะมีการตัดสินใจอย่างรัดกุม
4. สร้างความเข้าใจกับเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ของทางเลือกนั้น ๆ เช่น การคำนวณเกี่ยวกับความร้อนที่ใช้ในระบบการผลิต การศึกษารายละเอียด (Catalog) จากตัวแทนฝ่ายขายต่าง ๆ การคำนวณค่าแรง เป็นต้น
5. ทำการประมาณผลลัพธ์ของแต่ละทางเลือก โดยประเมินเป็นค่าใช้จ่าย ผลกำไรที่ได้ รายได้ อรรถประโยชน์ (Utility) เป็นต้น แล้ววิเคราะห์โดยวิธีการทางเศรษฐศาสตร์
6. เลือกทางเลือกที่ชอบมากกว่าทางเลือกอื่น ถ้าในกรณีที่ได้ผลลัพธ์ของ 2 โครงการเท่ากัน จะต้องทำข้อที่ 7 ต่อไป
7. การวิเคราะห์ความไวเพื่อดูผลกระทบของโครงการว่าเป็นอย่างไร ถ้าค่าที่ประมาณไว้เปลี่ยนแปลงไป เช่น อัตราดอกเบี้ย รายได้เปลี่ยนแปลง เป็นต้น
8. ตัดสินใจลงทุนโดยมีการแสดงเหตุผลสนับสนุนการลงทุนด้วย

2.1.3 รูปแบบของปัญหาที่ใช้ตัดสินใจ

รูปแบบของปัญหาในการตัดสินใจมี 3 แบบ แต่ละแบบมีลักษณะแตกต่างกันดังนี้

การตัดสินใจภายใต้ความแน่นอน (certainty)

เป็นรูปแบบของปัญหาที่เกิดขึ้นได้แน่นอน ข้อมูลที่ใช่ในการวิเคราะห์ถือว่าสมบูรณ์แน่นอน ความคลาดเคลื่อนจากค่าต่าง ๆ ที่ประมาณไว้ถือว่าน้อยมาก และไม่มีความเสี่ยงเกิดขึ้น ดังนั้นการวิเคราะห์ปัญหาแบบนี้จึงตรงไปตรงมา

การตัดสินใจภายในความเสี่ยง (risk)

รูปแบบของปัญหานี้มีความน่าจะเป็นเข้ามาเกี่ยวข้อง คือมีโอกาสที่จะเกิดในกรณีอื่นด้วย หรือมีโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ได้ไม่เท่ากัน รูปแบบอาจแยกได้อีก 2 ลักษณะคือการตัดสินใจที่จะต้องขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ภายหน้า การตัดสินใจลักษณะนี้ก็ต้องเรียงลำดับของเหตุการณ์ เช่น จะตัดสินใจลงทุนซื้อเครื่องจักร จะต้องขึ้นอยู่กับปริมาณการขาย ส่วนปริมาณการขายตะต้องขึ้นอยู่กับตลาด เป็นต้น อีกลักษณะหนึ่งคือการตัดสินใจจะสำเร็จในเหตุการณ์เดียวไม่มีเหตุการณ์อื่น ๆ เกิดขึ้นซ้ำซ้อนต่อจากเหตุการณ์นี้ เช่น บริษัทต้องการเลือกกลยุทธ์การขยายกำลังการผลิตเพื่อสนองตอบต่อความต้องการของตลาด ซึ่งมีสภาวะที่จะเกิดได้ 4 แนวทางคือ มีความต้องการสูง ปานกลาง ต่ำ และไม่ต้องการเลย แต่ละแนวทางมีโอกาสการเกิดที่แตกต่างกันไป เป็นต้น

การตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน (uncertainty)

รูปแบบของปัญหามีข้อมูลไม่ครบต่อการวิเคราะห์หรือไม่สามารถกำหนดค่าความน่าจะเป็นได้ บางครั้งไม่ทราบว่าจะเกิดเหตุการณ์ใดบ้าง การตัดสินใจมีความคลาดเคลื่อนสูงกว่า 2 แบบแรก

2.1.4 การวิเคราะห์ทางเลือกเพื่อการทดแทนใหม่

ในการวิเคราะห์การทดแทนทรัพย์สิน (Replacement analysis) เปรียบเทียบเพื่อเลือกโครงการใดโครงการหนึ่งมาทดแทนโครงการเดิมซึ่งนิยมใช้วิธีมูลค่ารายปีและวิธีมูลค่าปัจจุบัน แต่ว่าวิธีมูลค่ารายปีเหมาะสมกว่าเพราะใช้เปรียบเทียบโครงการที่มีอายุไม่เท่ากันได้สะดวก การทดแทนจะทำต่อเมื่ออายุโครงการใหม่เท่ากันหรือมากกว่าโครงการเดิม การทดแทนมีหลายลักษณะดังต่อไปนี้

1. ทดแทนเนื่องจากมีข้อเสนอดีกว่าเดิม การทดแทนเนื่องจากมีข้อเสนอดีกว่าเดิม โดยแยกตามสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้ต้องมีการทดแทน
2. ทดแทนเนื่องจากการล้าสมัย
3. ทดแทนเนื่องจากความสามารถไม่เพียงพอ
4. ทดแทนเนื่องจากค่าซ่อมบำรุงสูง
5. ทดแทนเนื่องจากประสิทธิภาพดีกว่าเดิม

2.1.5 การวิเคราะห์ต้นทุนทางอุตสาหกรรม

การวิเคราะห์ต้นทุนอุตสาหกรรม เป็นส่วนงานที่มีความสำคัญต่อการบริหารการผลิต ซึ่งต้องดูแลด้านประสิทธิภาพการผลิต โดยเฉพาะด้านการลดต้นทุนทางการผลิต ภายใต้ภาวะ การแข่งขันด้านการตลาดที่ทวีความรุนแรงมากขึ้น การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตจะเป็นการลงทุนซึ่งมีภาระค่าใช้จ่ายด้านดอกเบี้ยและเกิดเป็นส่วนของต้นทุนทางการการเงินในต้นทุนการผลิต การวิเคราะห์ต้นทุนเพื่อให้ทราบถึงโครงสร้างของต้นทุนการผลิตจะช่วยให้สามารถกำหนดนโยบายทางการผลิตและทางการเงิน ทำให้กำหนดและควบคุมต้นทุนการผลิตได้

การวิเคราะห์ต้นทุนเป็นกิจกรรมในระดับปฏิบัติการทางการผลิตและการขาย ปัจจัยทางการผลิตประกอบด้วยเครื่องจักร แรงงาน และวัสดุเป็นหลักดังนั้นการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตจึงเป็นการวิเคราะห์ต้นทุนค่าแรงงาน ค่าวัสดุ และค่าใช้จ่ายในโรงงาน ในด้านต้นทุนการขายจะประกอบไปด้วยต้นทุนการขายและการบริหาร ต้นทุนการผลิตจะมีส่วนที่เป็นต้นทุนสินค้าขายและส่วนที่ต้นทุนสินค้าคงคลังสำเร็จรูปและงานระหว่างทำ ซึ่งเมื่อมีการขายสินค้าในราคาที่สูงกว่าต้นทุนสินค้าขายก็จะเกิดกำไรขั้นต้นจากการขายและเมื่อหักค่าใช้จ่ายในการขายในการบริหาร ค่าดอกเบี้ย และค่าภาษีแล้ว ก็จะเป็นกำไรสุทธิของกิจการ เพื่อให้ได้ผลกำไรที่สูงขึ้น นอกเหนือจากการตั้งราคาสินค้าให้สูงขึ้น ซึ่งบ่อยครั้งก็ทำไม่ได้เนื่องจากปัจจัยการแข่งขันด้านการตลาด การควบคุมต้นทุนทางการผลิตเป็นอีกทางหนึ่งที่ทำให้ผลกำไรสูงสุด การวิเคราะห์ต้นทุนมีบทบาทสำคัญในการควบคุมและลดต้นทุนในการผลิต ทำให้ผลผลิตของกิจการมีความสามารถในการแข่งขันมากขึ้นและมีส่วนทำให้ผลกำไรของธุรกิจสูงมากขึ้น

การวิเคราะห์ต้นทุนเป็นกระบวนการรวบรวมแจกแจง วิเคราะห์ และรายงานเกี่ยวกับการสะสมและการจัดสรรค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นให้เป็นต้นทุนส่วนต่างๆของการผลิตที่มีประโยชน์ต่อการบริหารงาน ข้อมูลต้นทุนที่ได้จะมีประโยชน์ที่จะใช้ในการตัดสินใจดำเนินงานต่างๆตั้งแต่การกำหนดราคาขายการเสนอราคา การเพิ่ม ลด เลิกการผลิต การซื้อหรือทำเอง การเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรและการลงทุนอื่นๆ

การใช้การวิเคราะห์ต้นทุนเพื่อการตัดสินใจ

การใช้การวิเคราะห์ต้นทุนเพื่อการตัดสินใจนั้น มีกระบวนการวิเคราะห์ที่ใช้คือ

- การประมาณการต้นทุน
- การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน
- การวิเคราะห์ต้นทุนแตกต่าง

2.1.6 การวิเคราะห์ต้นทุนแตกต่าง : การวิเคราะห์เพื่อการเพิ่ม-ลด-เลิกกิจการ

ในการเพิ่ม-ลด-เลิกกิจกรรมหรือกิจการ เป็นการตัดสินใจที่ต้องอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งจะใช้ต้นทุนแตกต่างเป็นเกณฑ์ เมื่อเกิดกรณีที่มีความต้องการของสินค้าสูงขึ้น การเพิ่มขึ้นของกำลังการผลิตจะหมายถึง การเพิ่มขึ้นของต้นทุนคงที่ ต้นทุนแตกต่างจึงต้องพิจารณาส่วนที่เป็นต้นทุนคงที่ด้วย การตัดสินใจจะคำนึงถึงความเป็นไปได้ในระยะยาวที่จะสามารถครอบคลุมส่วนของต้นทุนคงที่ได้หมดสำหรับกรณีที่ราคาขายของการผลิตส่วนเพิ่มไม่ได้คำนึงถึงต้นทุนเต็ม แต่จะขายในราคาที่สูงกว่าต้นทุนแปรผันเป็นหลัก การตัดสินใจลดหรือเลิกจะส่งผลการวิเคราะห์ต้นทุนแตกต่างและต้นทุนเสียโอกาส

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานของการสื่อสารแบบดิจิตอล

2.2.1 การสื่อสารแบบดิจิตอล

สัญญาณอนาลอก

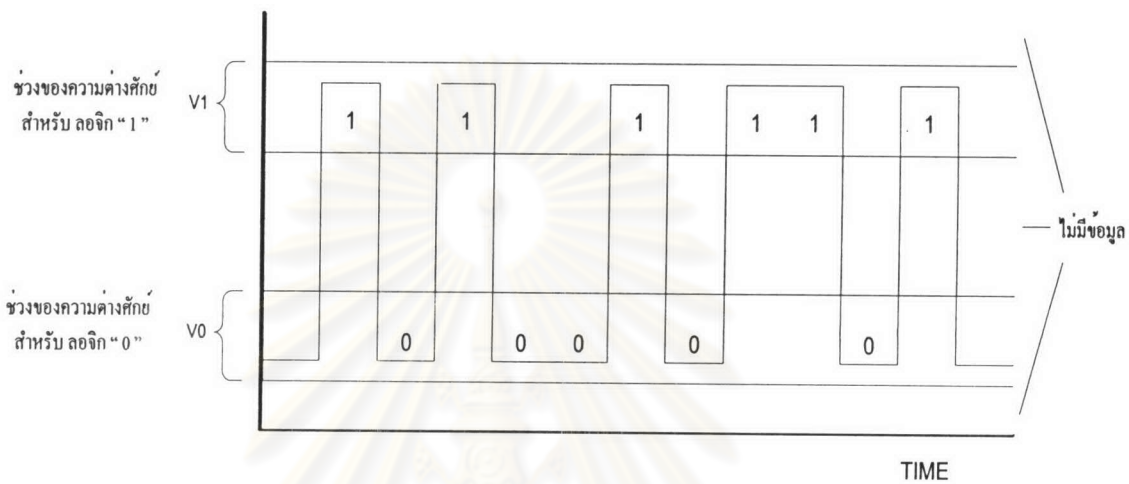
การส่งข้อมูลแบบอนาลอก คือการใช้คุณลักษณะของแรงดันที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาของสัญญาณ ตัวอย่าง เช่น การรับรู้ต่าง ๆ ของคน, การมองเห็น การได้ยินเสียง และการสัมผัสล้วนอยู่ในรูปของสัญญาณ อนาลอกรวมถึงการรับรู้เสียงดัง หรือนุ่มนวล สว่างหรือมืด, ร้อนหรือหนาว, หวานหรือเปรี้ยว ความรู้สึกเหล่านี้ทั้งหมด คือ ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาส่งผลถึงความเข้มของสิ่งที่กระตุ้น

ในกระบวนการทางวิศวกรรม สัญญาณ 4-20mA คือ การส่งสัญญาณในรูปแบบของอนาลอกอย่าง แท้จริง โดยสัดส่วนของกระแสที่วัดได้จะไหลระหว่างตัวส่ง และส่วนแสดงผลของเครื่องมือวัด หรือ I/O Card ของ Programmable Logic Controller (PLC) ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแส การเปลี่ยนแปลงจะถ่ายทอดโดยทันที ไปยังอุปกรณ์ที่นำเสนอในวงจรควบคุม

สัญญาณดิจิตอล

สัญญาณที่เราพบเห็นในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดเป็นสัญญาณอนาลอกแต่แนวโน้มของการใช้วงจรอิเล็กทรอนิคส์มาจัดการกับสัญญาณในปัจจุบันนิยมใช้ระบบดิจิตอล ดังนั้นจึงต้องมีการแปลงสัญญาณกลับในการสื่อสารแบบดิจิตอล โดยสัญญาณระดับเท่านั้น คือ ระดับลอจิก 1 และระดับลอจิก 0 ซึ่งอาจจะเป็นพัลซ์ต่อ ๆ กันไปก็ได้ สัญญาณอนาลอกนั้นระดับของสัญญาณในขณะใดขณะหนึ่ง จะมีระดับแตกต่างกันไปได้หลายค่า มิได้จำกัดอยู่เพียง 2 ระดับเท่านั้น

ในระบบดิจิตอลนั้นจะมีเพียง 2 สัญญาณจะประกอบด้วยอนุกรมของพัลส์ ความต่างศักย์ที่ส่งจากตัวส่งไปยังตัวรับบนตัวกลางที่ใช้ส่ง อาจจะเป็นสายโลหะ, ใยแก้ว หรือช่องทางการสื่อสารอื่น ๆ โดยข้อมูลประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงของ 2 ระดับความต่างศักย์ ซึ่งแทนได้ด้วยลอจิก "0" และลอจิก "1" โดย ลอจิก "0" ถูกแทนโดยความต่างศักย์ต่ำ และลอจิก "1" โดยความต่างศักย์สูง



รูปที่ 2.1 แสดงระดับของความต่างศักย์ แทน ลอจิก "1" และลอจิก "0"

บิตและไบท์ (Bits and Bytes)

ในระบบเลขฐานสอง "0" หรือ "1" เรียกว่า บิต โดยระบบเลขฐานสองถือเป็นหัวใจในส่วนของการคำนวณภายในตัวไมโครโปรเซสเซอร์ ในทุก ๆ กระบวนการวัดทางด้านดิจิตอล หรือ PLC บิตยังใช้ในการควบคุมลำดับของโปรแกรมเพื่อให้เป็นไปตามเส้นทางย่อย ๆ โดยแทนด้วย จริง (= 0) หรือ เท็จ (= 1) ซึ่งในกรณีนี้ เรียกว่า แฟกส์ (Flags)

เพียงแค่ 1 บิต ไม่เพียงพอสำหรับการดำเนินการของตัวเลข และตัวหนังสือด้วยเหตุผลนี้จึงมีการนำ 8 บิต มารวมกันเป็น 1 ไบท์ (byte) โดยไบท์แทนบล็อกที่สร้างขึ้นสำหรับการเข้าสู่การใช้เป็นสัญลักษณ์แทน ตัวเลขและตัวหนังสือซึ่งจะได้เป็นไปตามความต้องการของผู้ปฏิบัติงานในการสื่อสารกับไมโครโปรเซสเซอร์

1 กิโลไบท์ (kilobyte : kB) = 1,240 ไบท์ (bytes)

1 เมกะไบท์ (megabyte : MB) = 1,240 กิโลไบท์

2.2.2 โครงสร้างโครงข่าย (Network structures)

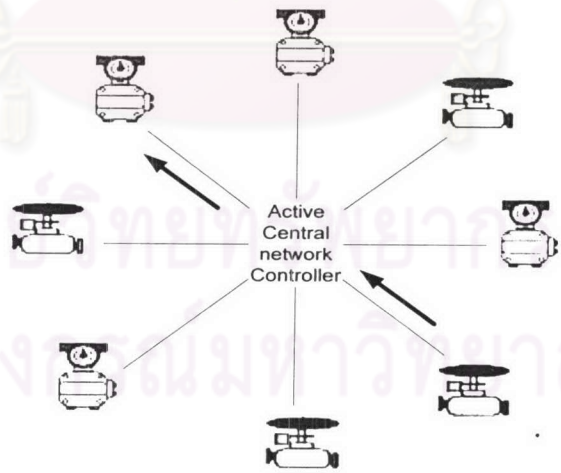
โครงข่าย (Network) คือ การเชื่อมโยงเครื่องมือหรืออุปกรณ์ 2 ชนิด หรือ มากกว่าเข้าด้วยกัน โดยอาศัยตัวกลางการเชื่อมต่อ ในกรณีของโครงข่ายของฟิลด์บัส จะเชื่อมโยงเครื่องมือวัดต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตที่ระดับฟิลด์ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสายลวดสัญญาณ (wire) แต่บางครั้งอาจจะเป็นเส้นใยแก้ว (Fibre optics) หรือ อาจจะเป็นระบบสื่อสารอื่น เช่น Radio ก็ได้ บ่อยครั้งทางเลือกของตัวกลางการส่งสัญญาณ จะขึ้นอยู่กับอินเตอร์เฟส และ อัตราการส่งสัญญาณที่ถูกกำหนดไว้แล้ว

รูปแบบโครงสร้างของโครงข่าย (Topology)

รูปแบบการเชื่อมโยงของอุปกรณ์ที่หลากหลายต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงกันบนโครงข่ายนั้น มีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับวิธีการต่อ ตามหลักเกณฑ์ 3 ประการ คือ ประโยชน์การใช้งาน , การขนานระบบตามวัตถุประสงค์ด้านความมั่นคงของระบบควบคุม หรือ ความสามารถในการยืดหยุ่นเพื่อต่อเติมขยายระบบ

รูปแบบมาตรฐานพื้นฐานของโครงสร้างโครงข่าย ได้แก่ การต่อแบบสตาร์ (star) แบบวงแหวน (ring) และแบบบัส (bus) ซึ่งสรุปลักษณะเด่นของแต่ละประเภทไว้ ดังตารางที่ 1 ส่วนรูปแบบอื่น ๆ ก็ถูกสร้างขึ้นโดยใช้หลักพื้นฐานมาจากรูปแบบข้างต้น

1. โครงสร้างแบบสตาร์ (Star)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างแบบ สตาร์

ข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งผ่านช่องทางสื่อสารของจุดศูนย์กลางควบคุม เช่น ผ่านคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมระบวนการ โดยอุปกรณ์แต่ละตัวจะถูกใช้โดยเชื่อมโยงในตัวเอง การแลกเปลี่ยนข้อมูล

ระหว่างอุปกรณ์ปลาย 2 ตัว จะ มีเพียงทางเดียวเท่านั้น ถ้าหากอุปกรณ์ในส่วนปลายของเคเบิลต้องการสื่อสารข้อมูลกัน โดยจะต้องสื่อสารผ่านศูนย์กลาง รูปแบบของโครงสร้างแบบนี้มีข้อได้เปรียบที่ว่า เมื่อสายสัญญาณใด สายหนึ่งมีการสอดแทรกของสัญญาณรบกวนภายนอก จะมีเพียงอุปกรณ์เพียงตัวเดียวที่ต่อบนสายนั้นเท่านั้นที่มีผลกระทบ ในทางตรงกันข้าม อุปกรณ์ควบคุมที่จุดศูนย์กลาง ต้องใช้งานได้อย่างเชื่อถือได้เป็นอย่างดี ถ้าอุปกรณ์ใช้งานไม่ได้หรือเกิดโอเวอร์โหลด อันเนื่องมาจากการถ่ายโอนข้อมูลที่มากเกินไประบบโดยรวมก็จะถูกตัดขาด(Fail)ได้ นอกจากนั้นเนื่องจากเคเบิลทั้งหมดถูกใช้ปฏิบัติงานที่บริเวณจุดศูนย์กลาง ดังนั้นจะต้องมีอุปกรณ์เสริมที่เพียงพอสำหรับการเชื่อมต่อระบบด้วย

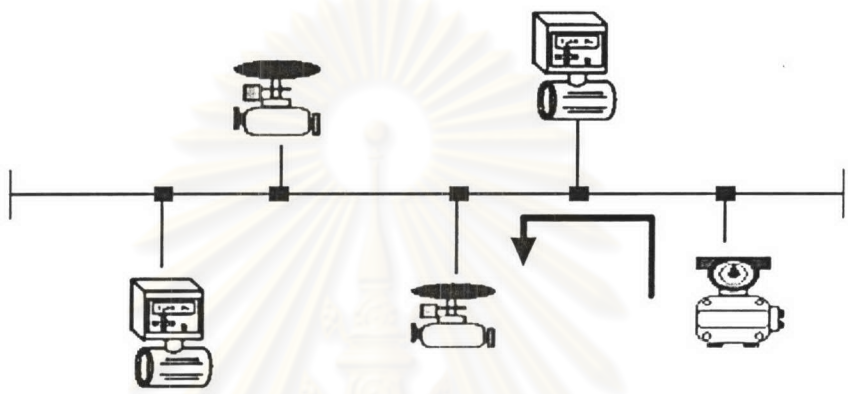
2. โครงสร้างแบบวงแหวน (Ring structure)

โครงสร้างแบบวงแหวน (Ring) ข้อมูลจะถูกผ่านจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอุปกรณ์หนึ่ง โดยไม่มีการใช้ระบบควบคุมแบบรวมศูนย์กลาง ซึ่งในทางทฤษฎีแล้ว ไม่มีข้อจำกัดในด้าน จำนวนของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ การขัดข้องหรือเสียหายของอุปกรณ์ใด ๆ เพียงชิ้นเดียว ก็สามารถเป็นอุปสรรคของการทำงานของรูปแบบวงแหวนนี้ และจะหยุดการสื่อสารทั้งหมด ทางที่จะหลีกเลี่ยงปัญหานี้ได้ โดยการติดตั้ง bypass switch เข้าไปในระบบ ซึ่งทำให้เกิดการ trip โดยอัตโนมัติ เมื่ออุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่งไม่สามารถทำงานได้ นอกจากนี้ ยังทำให้สามารถ เพิ่มอุปกรณ์ หรือเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ได้โดยไม่ขัดขวางการทำงานตามปกติของระบบ

รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างแบบวงแหวน

3. โครงสร้างแบบบัส (Bus structure)

สำหรับโครงสร้างแบบบัส (bus) อุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้จะถูกเชื่อมโยงกับสายส่งสัญญาณเพียงเส้นเดียว โดยข้อมูลการสื่อสารของแต่ละอุปกรณ์จะถูกส่งผ่านไปบนสายเส้นนั้น (แสดงดังรูปที่ 2.4) โดยถ้าเป็นโครงสร้างแบบบัสที่มีแขนงแยกออกไป จะเรียกว่า tree structure ซึ่งการรับส่งข้อมูลจะเป็นไปในทางตรงกันข้ามกับโครงสร้างแบบวงแหวน คือ จะสามารถทำได้โดยไม่ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ตัวอื่น (individual)



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างแบบบัส

ในกรณีที่ต้องการเพิ่มอุปกรณ์เข้าไปในระบบ ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์อินเตอร์เฟสมาเพิ่ม ฉะนั้นปัญหาของจำนวนอุปกรณ์ที่ถูกจำกัดในโครงสร้างแบบ สตาร์ ก็จะไม่เกิดขึ้น จำนวนของสายเคเบิลที่ต้องการก็น้อย อุปกรณ์ใหม่ก็สามารถนำเข้ามาติดตั้งภายหลังได้อย่างไม่มีปัญหา โครงสร้างแบบบัส อาจจะยอมให้มีการสื่อสารกันระหว่างตัวอุปกรณ์ใด ๆ ที่ถูกเชื่อมต่อ เนื่องจากทั้งหมดถูกเชื่อมต่อด้วยสายสัญญาณเพียงเส้นเดียว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะเด่น	Star	Ring	Bus
1. การนำไปใช้งาน (Availability)	- การควบคุมถูกเชื่อมโยงสู่ศูนย์กลาง, การเข้าสู่ระบบถูกควบคุมจากระบบปฏิบัติการส่วนกลาง	- การควบคุมเป็นแบบกระจายไปจากศูนย์กลางระบบ, การเข้าสู่ระบบถูกทำโดยผ่านจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอีกอุปกรณ์หนึ่ง	- การควบคุมสามารถทำได้ทั้งแบบการเชื่อมโยงสู่ศูนย์กลาง และ การกระจายออกจากศูนย์กลาง
2. การขนานระบบ (Redundancy)	- ถ้าศูนย์กลางการควบคุมขัดข้อง ระบบโครงข่ายก็จะขัดข้องด้วย, สายแต่ละสายของแต่ละอุปกรณ์ ไม่ขึ้นอยู่แก่กัน	- ถ้าสายสัญญาณของระบบเสียหาย หรือขัดข้องระบบโครงข่ายก็จะขัดข้องด้วย แต่ถ้าอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ในระบบโครงข่ายขัดข้อง จะมีสวิทช์บายพาสส์ซึ่งจะไม่ทำให้ระบบเสียหายไปด้วย	- ขึ้นอยู่กับรูปแบบของระบบควบคุมที่ใช้งาน - ใช้รูปแบบการเชื่อมโยงแบบ สตาร์ ระบบควบคุมก็จะเป็นแบบรวมสู่ศูนย์กลาง แต่ถ้าใช้แบบ Ring ระบบควบคุมก็จะเป็นแบบกระจายออกจากศูนย์กลาง - ความเสียหาย หรือ ขัดข้องของอุปกรณ์ แต่ ละตัว จะไม่มีผลกระทบต่อระบบโครงข่าย
3. ความสามารถในการขยายระบบ (Expandability)	- จำนวนของจุดเชื่อมต่ออุปกรณ์ไปยังส่วนประมวลผลกลางถูกจำกัด	- ไม่มีข้อจำกัด	- ไม่มีข้อจำกัด อย่างไรก็ตาม เวลาที่ใช้ในการสำรวจอุปกรณ์ทั้งหมดของระบบควบคุม จะเป็นข้อจำกัดในทางปฏิบัติ
4. คุณสมบัติสายสัญญาณที่ต้องการ (Cabling requirements)	Shielded cable	- ต้องเป็นสายที่ไม่มีการสอดแทรกของสัญญาณ - ใช้เคเบิลแบบ Coaxial หรือ แบบอื่น ๆ ที่เชื่อถือได้	- ต้องเป็นสายที่ไม่มีการ สอดแทรกของสัญญาณ - ใช้เคเบิลแบบมีเปลือกหุ้ม (Sheathed) หรือ แบบอื่น ๆ ที่เชื่อถือได้
5. คุณสมบัติของอินเตอร์เฟสที่ต้องการ	RS-232C	- อินเตอร์เฟส ต้องมีที่ป้องกันการสอดแทรกของสัญญาณในการส่ง	- อินเตอร์เฟส ต้องมีที่ป้องกันการสอดแทรกของสัญญาณในการส่ง

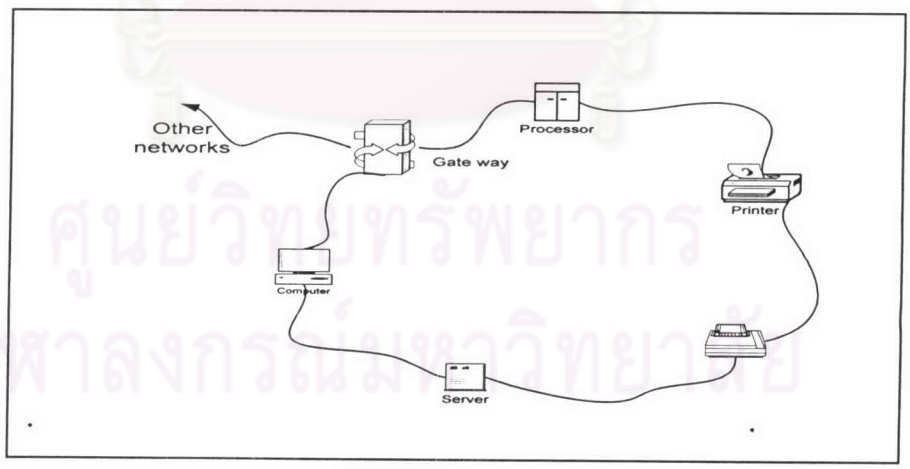
ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบรูปแบบโครงสร้างของโครงข่ายแบบต่าง ๆ

2.2.3 **ระบบโครงข่ายท้องถิ่น** (Local Area Network)

บางครั้งเรียกย่อๆ ว่า แลน (Lan) เป็นโครงข่ายการสื่อสารที่มีขอบเขตการใช้งานภายในพื้นที่เดียวกัน โดยอาจจะเป็นตึกเดียวกันหรือระหว่างตึกที่อยู่ใกล้ กันในธุรกิจเดียวกัน ตามปกติแล้ว LAN จะเป็นส่วนของโครงข่ายการสื่อสารที่ต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น คอมพิวเตอร์ เพื่อต่อไปยังโครงข่ายอื่นๆ นอกจากข้อกำหนดในขอบเขตการใช้งานที่อยู่ในพื้นที่แคบ ๆ แล้วระบบนั้นมีความเร็วในการส่งข้อมูลสูง ตามปกติแล้วระบบการส่งความเร็วต่ำนั้นมีบริการอยู่แล้วในบริการโทรศัพท์สาธารณะ แต่ระบบ LAN นั้นเพิ่มความสามารถในการส่งให้มีความเร็วสูงขึ้นตั้งแต่ 250 กิโลบิทต่อวินาที ถึง 10 เมกกะบิตต่อวินาทีหรืออาจจะสูงกว่า

ระบบ LAN นั้นทำงานอยู่นอกกฎเกณฑ์และข้อกำหนดมาตรฐานของการสื่อสาร ทำให้ความกว้างในช่วงความถี่ (Bandwidth) กว้างเพื่อสนับสนุนการส่งความเร็งสูงทำให้มีความสามารถเพียงพอกับข้อมูลการแสดงภาพเคลื่อนไหว หรือสัญญาณต้องการส่งด้วยความเร็วสูง

ในอุดมคตินั้นเราสามารถต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้าไปใน ระบบได้โดยไม่จำกัดจำนวนการใช้งานก็สามารถทำได้ได้โดยง่าย และผู้ทำความคุ้นเคยกับระบบได้ง่าย (User Friendly) ในระบบอาจมีตัวเปลี่ยนโปรโตคอลเพื่อให้อุปกรณ์ใดๆ สามารถติดต่อกับอุปกรณ์อื่นได้ และสามารถใช้งานได้ตลอดเวลา ข่าวสารที่จะส่งก็ไม่มีความผิดพลาด แต่ในทางปฏิบัติไม่อาจเป็นเช่นที่ต้องการได้จึงต้องมีการจัดการในโครงข่ายบางอย่างเพื่อสนองความต้องการเฉพาะของผู้ใช้



รูปที่ 2.5 แสดงโครงข่ายท้องถิ่น

ในรูปที่ 2.5 โครงข่ายถูกสร้างขึ้นมาให้มีการต่ออุปกรณ์สำนักงานหลายๆ เครื่องเข้าด้วยกันรวมทั้งไมโครโปรเซสเซอร์ มินิคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์หลัก ระบบฐานข้อมูล และอุปกรณ์

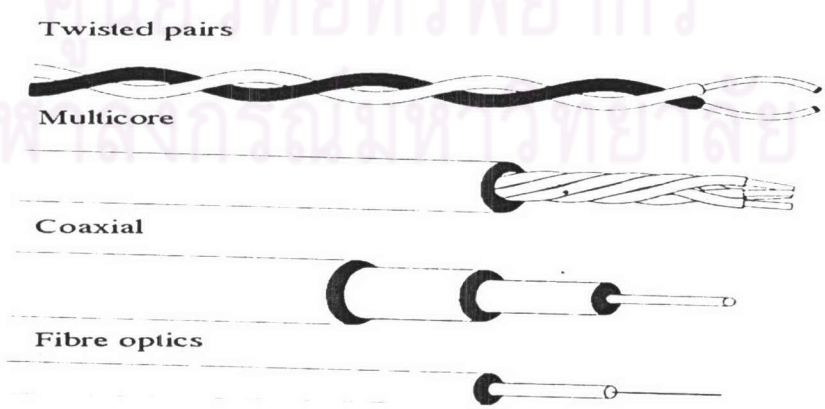
ปลายอื่น ๆในองค์กร หากไม่มีระบบ LAN ระบบสำนักงานอัตโนมัติก็ยากที่จะดำเนินงานไปได้ LAN เป็นระบบเฉพาะที่นำมาใช้โดยองค์กรใดๆ อย่างอิสระ ในปัจจุบันนี้มีบริษัทผู้ผลิตระบบโครงข่าย LAN เป็นจำนวนมากและดังได้กล่าวมาแล้วว่าโดยปกติแล้วระบบ LAN นั้นจะถูกจำกัดด้วยระยะทางการใช้งาน และระบบจะติดต่อกันด้วยเทคโนโลยีระดับสูง เช่น การสวิทช์เป็นแพ็คเก็จ

วิธีการอันหนึ่งที่ LAN ช่วยในเรื่องความประหยัดก็คือการที่มีการจัดการเกี่ยวกับการสื่อสารที่ศูนย์กลาง ในระบบที่เป็นอยู่นั้นเราอาจมีโครงข่ายสัญญาณเสียง โครงข่ายเกี่ยวกับเวิร์ดโปรเซสซิ่ง โครงข่ายคอมพิวเตอร์ โครงข่ายโทรสาร ซึ่งแต่ละโครงข่ายก็จัดการและใช้งานโดยคนละหน่วยงานหรือแผนกที่แยกจากกัน การติดต่อกันระหว่างหน่วยงานมีน้อยเพราะแนวโน้มในการใช้งานไม่เกี่ยวข้องกันมากนักแต่หากมีโครงข่ายร่วมกันเช่นที่กระทำโดย LAN ก็จะทำให้การจัดการใช้ทรัพยากรเหล่านี้อยู่ที่ศูนย์กลาง ซึ่งจะทำให้สามารถจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและโดยใช้ทรัพยากรน้อยลง

ข้อดีในด้านการประหยัดของ LAN อีกข้อหนึ่งก็คือการใช้ทรัพยากรร่วมกันในหน่วยงานภายในองค์กรต่างก็มีอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้งานกันเฉพาะในหน่วยงานของตน เช่น มีระบบเวิร์ดโปรเซสซิ่งที่มีหน่วยความจำ มีส่วนประมวลผลเป็นของตนเอง แต่หากมีการจัดเป็นระบบ LAN เราสามารถจัดความสามารถของคอมพิวเตอร์กลางที่มีอยู่ไม่ว่าจะเป็นความสามารถในการคำนวณ ความสามารถในการจัดการข่าวสาร หรือความสามารถในการเก็บข่าวสารหรือข้อมูลให้กับทุก ๆ ส่วนในองค์กรได้

ข้อดีข้อที่สามก็คือ เราสามารถนำระบบสื่อสารสัญญาณเสียง (โทรศัพท์)มาใช้ร่วมกันได้

2.2.4 **ตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล** (Transmission Medium)



รูปที่ 2.6 แสดง ชนิดต่าง ๆ ของสายเคเบิล

1. **สายคู่บิดเกลียว** (Twisted pairs)

สายคู่บิดเกลียว เป็นสายซึ่งถูกใช้สำหรับโทรศัพท์ เป็นคำตอบที่ประหยัดที่สุดสำหรับการสื่อสารข้อมูล และ ยอมให้อัตราการส่งข้อมูลได้ถึง 375 kBit/s ภายในความยาวของสาย 300 เมตร ไว้ใน หลาย ๆ กรณีที่ Twisted pair ถูกใช้ในสถานที่ที่ปลอดจากการรบกวนจากภายนอก โดยความยาวของสายสามารถไปได้ถึง 1200 เมตร

สายตัวนำคู่นี้ใช้ได้ทั้งสัญญาณอนาลอกและดิจิตอล แต่ถ้าสัญญาณข้อมูลที่ส่ง ๆ แบบอนาลอก ก็จะต้องใช้วงจรขยายหรือแอมพลิฟายเออร์ ทุก ๆ 5-6 กิโลเมตร แต่ถ้าเป็นสัญญาณดิจิตอลก็จะต้องใช้รีพีตเตอร์ทุก ๆ 2-3 กิโลเมตร

ในกรณีที่ส่งสัญญาณอนาลอก ช่วงก้าวความถี่ที่จะส่งได้ไม่สูงมากนัก และโดยทั่วไปความถี่เสียงมีค่าอยู่ระหว่าง 20 เฮริตซ์ ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ ช่องกว้างความถี่เสียงนี้นับว่าแคบ และถ้าเป็นกรณีของสายโทรศัพท์ เรายอมให้คลื่นเสียงผ่านในความถี่เพียง 300-3400 เฮิรตซ์ ดังนั้นเราจึงใช้หลักการของมัลติเพล็กซ์ความถี่ (FDM) โดยแต่ละความถี่มีช่วงกว้างเพียง 4 กิโลเฮริตซ์ สำหรับการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์ และกรณีของสายคู่นี้จะส่งมัลติเพล็กซ์ความถี่ได้ถึง 24 ช่อง หรือส่งได้ด้วยช่องกว้างแถบความถี่ได้ถึง 268 กิโลเฮิรตซ์

แต่สำหรับกรณีของการส่งข้อมูลแบบดิจิตอล โดยการใช้โมเด็มในการแปลงเป็นความถี่อนาลอก โดยใช้ PSK (phase-shift keying) ซึ่งใช้อัตราส่งได้ถึง 9600 บิตต่อวินาที และถ้าใส่ลงใน 24 ช่อง ของ FDM แล้ว เราจะส่งข้อมูลได้สูงถึง 230 kbps

ในกรณีที่ชิลล์ของสายเคเบิลเป็นแบบหลายแกน จะไม่มีการ cross-talk กันระหว่างแกน โดยเฉพาะที่เป็นแบบ 2 shield จะสามารถยอมให้มีอัตราการส่งของข้อมูลได้ถึง 1 MBit/s ด้วยความยาวของสายเคเบิลได้ถึง 2000 เมตร อย่างไรก็ดี สายสัญญาณประเภทนี้ควรเก็บไว้อย่างดีให้ห่างจากสายไฟฟ้าที่มีกำลังมาก ๆ

2. **เคเบิลแกนร่วม** (Coaxial cable)

เคเบิลแกนร่วมหรือที่ เรียกว่า โคแอคเชียลเคเบิล (Coaxial cable) ประกอบด้วย ตัวนำทองแดงเป็นแกนหลัก อยู่ภายในตัวนำอีกตัวหนึ่งที่กลวง โดยมีฉนวนรูปวงกลม เป็นตัวยึดที่ทำหน้าที่แยกตัวนำกลวง
ด้านนอก กับตัวนำที่อยู่ภายในออกจากกัน ในเคเบิลแกนร่วมเส้นหนึ่ง ๆ นั้น ภายในอาจประกอบด้วยเคเบิลแกนร่วมขนาดเล็ก หลาย ๆ เส้น ร่วมกันอยู่ก็ได้

สายโคแอกเชียลชนิด 50 โอห์ม ใช้สำหรับส่งสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตอล โดยให้อัตราการส่งได้สูงถึง 10 Mbps และสำหรับการส่งสัญญาณคลื่นในสายโคแอกเชียลนี้ นำมาใช้ส่ง

สัญญาณทีวีตามสายได้อย่างสบาย โดยความถี่ของสัญญาณที่ส่งนั้นอาจมีค่าได้สูงถึง 300-400 เมกะเฮิรตซ์ ดังนั้น ถ้าพิจารณาเฉพาะสัญญาณวิดีโอ จะมีช่องกว้างความถี่ประมาณ 6 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งก็หมายถึงเราส่งสัญญาณทีวีได้หลายช่อง สาย 75 โอห์มที่ใช้ในการส่งสัญญาณนี้ จึงใช้ระบบการส่งแบบบอร์ดแบนด์ และสามารถส่งแบบ FDM และถ้าคิดว่า 1 เฮิรตซ์ คือข้อมูลที่ส่งได้ 1 bps ดังนั้น ถ้าพิจารณาในหลักการว่า สัญญาณทีวีมีช่วงความถี่ได้ ถึง 6 เมกะเฮิรตซ์ ก็น่าจะส่งสัญญาณได้ไม่น้อยกว่า 5 Mbps แต่สำหรับอัตราส่วนที่ส่งมากเช่น 50 Mbps นี้จะส่งได้โดยไม่ต้อง FDM ได้ โดยการใช้ระบบ PSK (phase shift keying) หรือมอดูเลตกับสัญญาณพาหะ 150 เมกะเฮิรตซ์

สายโคแอกเชียลใช้สำหรับการต่อแบบจุดต่อจุด หรือแบบจุดต่อหลายจุด เช่น แบบบัส ในกรณีของการส่งแบบดิจิตอล ด้วยสายโคแอกเชียล 50 โอห์มสามารถต่อออกได้ถึง 100 จุด และเมื่อต้องการต่อให้เป็นโครงข่ายขนาดใหญ่ขึ้นก็ต้องใช้รีพีตเตอร์ (Repeater) แต่ถ้าหากใช้อัตราการส่งข้อมูลสูงมาก จะพบปัญหาทางเทคนิคที่ทำให้ใช้อุปกรณ์ที่ต่อเป็นโครงข่ายได้ไม่มากนัก

ลักษณะเด่น เคเบิลแกนร่วมก็คือ สามารถใช้ส่งข้อมูลด้วยอัตราการส่งที่สูง และ สามารถส่งครั้งละหลาย ๆ ข้อความในเวลาเดียวกัน ช่วงแบนด์วิดท์ สามารถได้ถึง 10 MHz มีความเพี้ยน (distortion) ครอสทอล์ค (cross talk) และการสูญเสีย (Loss) ของสัญญาณน้อยเมื่อเทียบกับเคเบิลธรรมดา แต่จะมีราคาแพงกว่า

3. **เส้นใยแสง** (Fibre optic cables)

ลักษณะของเส้นใยแสงนั้นเป็นแท่งแก้วคุณภาพสูงที่มีขนาดเล็กมาก (เล็กกว่าขนาดของเส้นผมมนุษย์) แท่งแก้วนี้จะโปร่งใสจนเราสามารถที่จะมองผ่านความหนาขนาด 1 กิโลเมตร ได้ และสามารถโค้งงอได้ และหากเราใช้แหล่งกำเนิดแสงส่งแสงเข้าไปที่ปลายด้านหนึ่ง แสงจะไปปรากฏที่ปลายอีกด้านหนึ่งได้ แม้ว่าเส้นใยแสงนั้นอยู่ในลักษณะโค้งงอ โดยเส้นใยแสงประกอบด้วยเส้นใยแก้ว ซึ่งถูกหุ้มด้วยวัสดุป้องกันที่หลากหลาย ด้วยเหตุผลทางด้านเสถียรภาพของข้อมูลที่ถูกส่งทำให้มีความหนาพอ ๆ กับเคเบิลแกนร่วม ความสามารถในการสื่อสารข้อมูลของเส้นใยแสง นั้นมากกว่าเป็น 5 เท่า ของสายเคเบิลแบบแกนร่วม โดยเคเบิลประเภทนี้จะง่ายในการติดตั้ง และปัจจัยที่ทำให้เกิดการกวนกันของสัญญาณ เช่น สนามแม่เหล็กไฟฟ้า จะไม่มีผลกระทบ เนื่องจากระหว่างการส่งข้อมูล ข้อมูลที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าจะถูกแปลงไปเป็นสัญญาณแสง

เคเบิลแบบเส้นใยแสง จะยอมให้มีอัตราการส่งของข้อมูลอยู่ในช่วง Gigabit/s แต่ด้วยความยุ่งยากในกรรมวิธีการเชื่อมต่อกันของสายสัญญาณนี้ ทำให้ปัจจุบันค่อนข้างมีราคาแพง ใน

ทำนองกลับกัน ยังคงเป็นระบบใหม่ ดังนั้น ยังคงมีการพัฒนาต่อไป จึงเป็นไปได้ที่ ในอนาคต มันอาจจะกลายเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาแทนสายเคเบิลที่เป็นทองแดง

4. **โมเด็ม** (Modem)

โมเด็มย่อมาจาก Modulator Demodulator ใช้ในการแปลงสัญญาณทางลอจิกให้เหมาะสมก่อนที่จะส่งผ่านตัวกลางที่มีความกว้างของแถบคลื่นต่าง ๆ อย่างเช่น สายโทรศัพท์ ทำไมสัญญาณทางลอจิกจึงส่งออกไปโดยตรงไม่ได้ อย่าลืมว่าสัญญาณลอจิกมีลักษณะเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม (square wave) “0” และ “1” ซึ่งอาจจะแทนด้วยค่าของแรงดันสองค่า คลื่นรูปสี่เหลี่ยมประกอบด้วยรูปคลื่นรูปซายน์หลายความถี่ ที่เป็นทวิคูณของความถี่พื้นฐาน หากผ่านตัวกลางที่มีแถบความกว้างของคลื่นต่ำแล้ว ความถี่สูง ๆ ก็จะหายไป เหลือสัญญาณที่ปลายทางผิดเพี้ยนไปจากเดิม โดยเฉพาะโทรศัพท์เขาออกแบบให้ใช้กับการสื่อสารที่เป็นเสียงมนุษย์เท่านั้น แถบความกว้างของคลื่นแค่ 3 กิโลเฮริตซ์เท่านั้น จำเป็นที่เราจะต้องเปลี่ยนสัญญาณลอจิกให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมก่อนที่จะส่งออกไป (ผจญกับโลกภายนอก) ข้างฝ่ายก็จำเป็นต้องเปลี่ยนสัญญาณที่ถูกแปลงมานี้กลับให้เป็นสัญญาณทางลอจิก และก็จะต้องมีขบวนการที่ตรงกันข้ามกับการฝ่ายส่ง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ทั้งสองอันนี้จึง เรียกว่า โมเด็ม (MODEM)

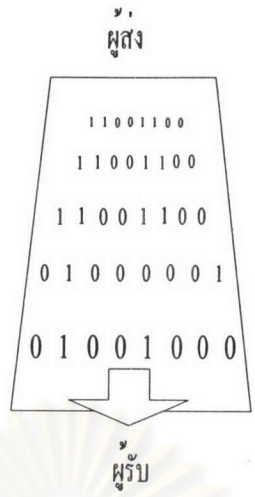
Modem ถูกใช้เป็นสะพานเชื่อมต่อสำหรับระยะทางไกล กล่าวคือ สัญญาณดิจิตอล จะถูกส่งผ่านระบบโครงข่ายโทรศัพท์ ผ่านสัญญาณวิทยุ (Radio) หรือ ดาวเทียม ไปยังจุดเชื่อมต่อปลายทางที่เป็น modem อีกตัวหนึ่ง เพื่อส่งไปสู่โครงข่ายข้อมูลต่อไป

2.2.5 **วิธีการส่งถ่ายของข้อมูล** (Transmission Mode)

เมื่อสัญญาณถูกส่งจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอีกอุปกรณ์หนึ่ง ขั้นแรกสัญญาณต้องผ่านอินเตอร์เฟสไปยังสื่อกลาง (สายสัญญาณ) โดยมี 2 วิธีพื้นฐานในการส่งผ่าน ดังนี้

การส่งถ่ายของข้อมูลแบบ (Byte-by-byte)

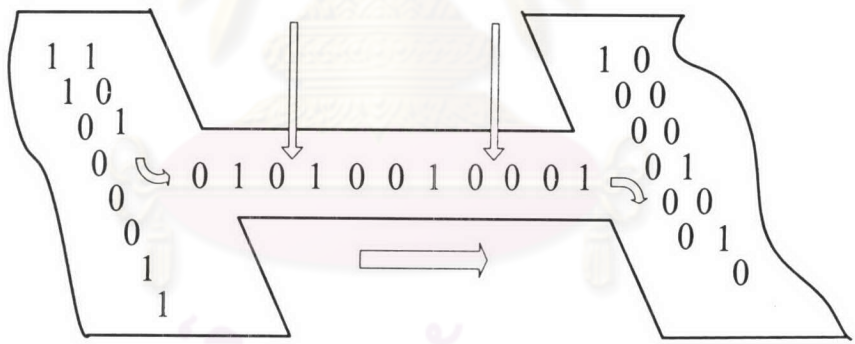
เป็นการส่งถ่ายของข้อมูลภายใต้ สายสัญญาณที่ขนานกันอย่างน้อยที่สุด 8 สายสัญญาณ โดยวิธีนี้เรียกว่า “parallel transmission over parallel interface” โดย parallel interface ที่เป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดี ได้แก่ อินเตอร์เฟส Centronic ที่ใช้สำหรับ printer



รูปที่ 2.7 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน

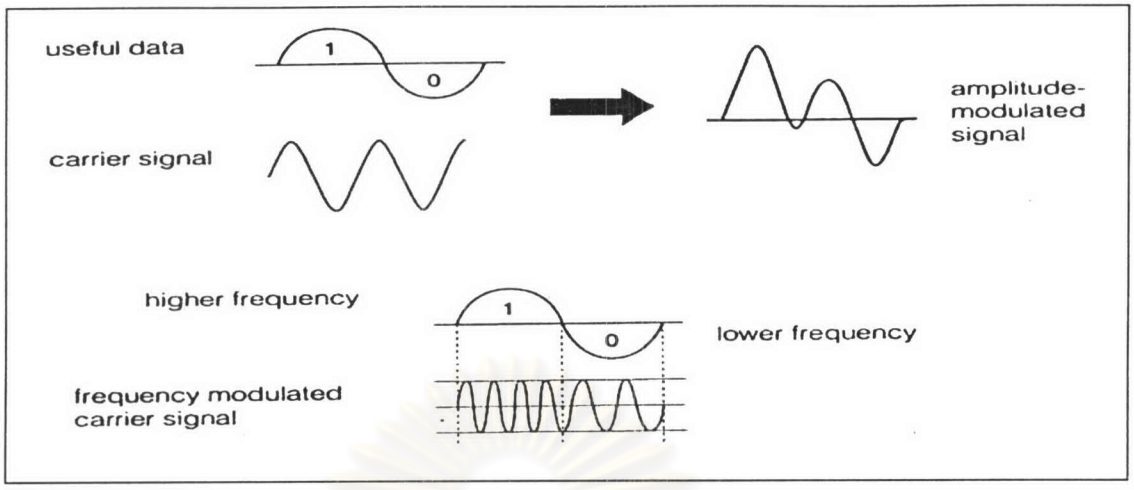
การส่งถ่ายของข้อมูลแบบ (Bit –by-bit)

ที่รู้จักกันในชื่อของ "Serial transmission over a serial Interface" การส่งข้อมูลประเภทนี้สายสัญญาณที่ต้องการจะน้อยกว่าการส่งข้อมูลแบบ parallel แต่ใช้เวลาเพิ่มขึ้นตามฟังก์ชั่นของความยาวของ bit string ที่ใช้ในการส่ง ตัวอย่าง เช่น RS-232C, และ RS-485



รูปที่ 2.8 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

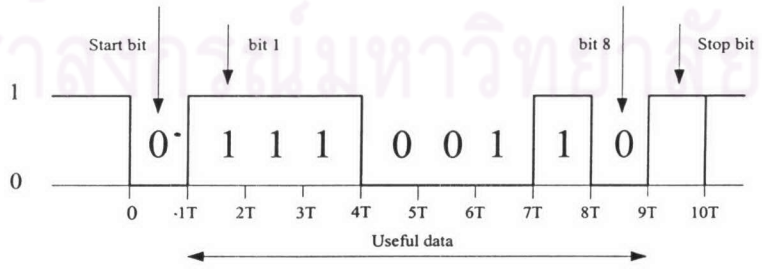
อินเตอร์เฟส มีหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณดิจิตอลที่กำเนิดมาจากอุปกรณ์โครงข่ายกับตัวกลางที่ใช้ในการส่ง (สายสัญญาณ) ส่วนใหญ่จะถูกส่งมา ในรูปของกระแสไฟฟ้า แบบ Amplitude – modulated หรือ frequency และ กระแสสลับแบบ phase – modulated หลังจากมีการรับข้อมูลของผู้ที่สื่อสารด้วย (partner) สัญญาณจะถูก demodulated โดยส่วนอินเตอร์เฟสอิเล็กทรอนิกส์ และ สัญญาณที่ถูกส่งมาก็จะกลับมาเป็นสัญญาณดั้งเดิม โดยโมดูลอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ modulation และ demodulation จะเป็นส่วนหนึ่งของทุก ๆ อินเตอร์เฟส และถูกสร้างภายใต้มาตรฐานเฉพาะ



รูปที่ 2.9 แสดง Amplitude and frequency modulated signal Transmission Timing

อินเตอร์เฟส อาจมีการส่งข้อมูลอยู่ในหนึ่งในสองโหมด คือ โหมดอะซิงโครนัส (Asynchronously) ซึ่งหมายถึง การสื่อสารข้อมูลพื้นฐาน อาจจะเกิดขึ้นเวลาใด ๆ ก็ได้ หรือโหมดซิงโครนัส (Synchronously) ซึ่งหมายถึง การสื่อสารข้อมูล ขึ้นอยู่กับ Common system clock

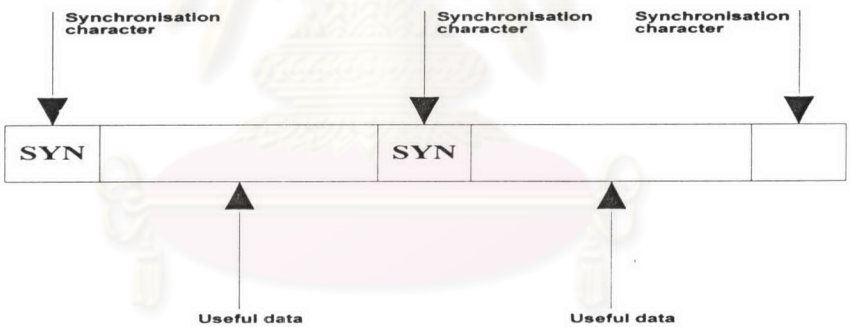
Asynchronous transmission มีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับข้อความสั้น ๆ (short message) และมักถูกพบบ่อยในระบบฟิลด์บัส แต่ละไบท์ของข้อมูลที่ถูกส่งจะแพคอยู่ระหว่างบิตเริ่มต้น (Start bit) และบิตสิ้นสุด (stop bit) และ บิตเริ่มต้น จะเป็นตัวบอกคู่สนทนา ว่าไบท์ของข้อมูลกำลังถูกส่งมา ส่วนบิตสิ้นสุด (Stop bit) บอกว่าการส่งของไบท์เสร็จสิ้นแล้ว โดยปกติเนื้อความของข้อความ (massage) อาจมีมากกว่า 1 ไบท์ ขึ้นอยู่กับข้อตกลงในการจัดลำดับ และชนิดของข้อมูลที่ต้องการ โดยที่ระบบแบบอะซิงโครนัสจะใช้ความรู้ ความสามารถทางเทคนิคเพียงเล็กน้อย และในทางปฏิบัติสามารถถูกพบได้ในทุกสถานการณ์



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของสัญญาณ Asynchronous

ข้อแตกต่างระหว่างวงจรส่งข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส และอะซิงโครนัส ก็คือความต่อเนื่องของข้อมูลที่ส่งในแบบซิงโครนัสข้อมูลที่ส่งออกมาแบบต่อเนื่อง ไม่มีบิตเริ่มต้นหรือบิตสิ้นสุดโดยที่ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส ระบบสัญญาณเวลา ทั้งในการส่งและรับข้อมูลต้องอยู่ในคาบเวลาของลูกคลื่นที่ตรงกัน ซึ่งวิธีการนี้รู้จักกันในชื่อของการ Preamble ของการส่งข้อมูลออก ก่อนที่การสื่อสารข้อมูลจะเริ่มต้นขึ้น ซึ่งการ การส่งข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส นี้ประกอบไปด้วยการเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดแบบชั่วคราวของสัญญาณพาหะในการทำให้คล้องจองเป็นจังหวะเดียวกับตัวรับและรูปแบบของบิต(Bit pattern) ในการทำให้คล้องจองเป็นจังหวะเดียวกับเวลาของบิต(Bit timing)ไปจนถึงรูปแบบของการควบคุม(Control pattern) เพื่อให้เป็นจังหวะเดียวกับข้อมูลข่าวสาร (message) ในขณะที่มีการส่งข้อความ Synchronization character (ASCII 22, รหัสเฉพาะ หรือสภาวะไม่มีข้อมูล) จะต้องถูกส่งซ้ำที่ช่วงเวลาที่เว้นช่วงตามปกติ (ดังแสดงในรูป 2.11)

ดังนั้นการส่งแบบซิงโครนัสจึงทำให้เกิดปัญหาทางด้านเทคนิคมากกว่าการส่งแบบอะซิงโครนัส แต่ถึงอย่างไรก็ตามข้อได้เปรียบของการส่งแบบนี้ก็คือ ประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลที่เป็นบล็อกของข้อมูลแบบ ยาว ๆ เช่น การส่งด้วยข้อมูลที่มีสัดส่วนของข้อมูลที่เป็นประโยชน์สูง



รูปที่ 2.11 แบบแสดงโครงสร้าง ของ Synchronous Signal

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.6 ประเภทของการสื่อสารข้อมูล

รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลซึ่งเป็นหนทางที่อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถสื่อสารซึ่งกันและกันโดยแบ่งออกเป็น 3 แบบ ที่เป็นไปได้ ดังนี้

การสื่อสารข้อมูลแบบทางเดียว (Simplex communication)

ตามปกติสายสัญญาณสำหรับส่งข้อมูลนั้นอาจจะประกอบด้วยช่องทางเดินหรือที่เรียกกันว่า แช็นแน็ล (Channel) สำหรับส่งซึ่งประกอบด้วยหนึ่งแช็นแน็ลหรือมากกว่าก็ได้ คำว่า หนึ่งแช็น

แน็ลนั้นหมายถึงทางเดินสำหรับการส่งในทิศทางเดียว (One-way Transmission) แซ็นแน็ลนั้นสามารถที่จะใช้สำหรับการส่งข่าวสารในทิศทางใดก็ได้เพียงทิศทางเดียวในเวลาหนึ่ง ทิศทางการไหลของข่าวสารนั้นสามารถหาได้จากคุณสมบัติของอุปกรณ์ ที่ปลายแต่ละข้างของแซ็นแน็ล ตัวอย่างเปรียบเทียบที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดก็คือ ท่อน้ำประปาที่น้ำในท่อสามารถจะไหลในทิศทางใดก็ได้ แต่ทิศทางการไหลจะขึ้นกับว่าปลายท่อข้างใดต่ออยู่กับก๊อกนั้น ปลายข้างใดต่อกับท่อส่งน้ำ ตัวอย่างการส่งแบบทิศทางเดียวในทางไฟฟ้าก็คือ การส่งกระจายเสียงวิทยุ-โทรทัศน์ สัญญาณที่สถานีส่งออกมาจะมาถึงเครื่องรับที่บ้านแต่เครื่องรับวิทยุหรือโทรทัศน์ที่บ้านจะไม่สามารถส่งสัญญาณกลับไปยังสถานีส่งได้ ทั้งนี้ ก็เพราะว่าเครื่องรับถูกออกแบบไว้ให้รับเพียงอย่างเดียวไม่สามารถที่จะส่งได้ ตัวอย่างเปรียบเทียบในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั่ว ๆ ไปก็คือ ถนนที่ให้รถเดินทางเดียวที่เรียกว่าถนนวันเวย์ (One-way Street) ถ้าหากมีรถวิ่งผิดทิศทางก็อาจจะเกิดชนกันเช่นเดียวกับในการสื่อสารข้อมูล สำหรับการส่งแบบทิศทางเดียวนั้น หากเราพยายามส่งข้อมูลไปตามแซ็นแน็ลทั้งสองในเวลาเดียวกัน ข่าวสารก็จะเกิดชนกันขึ้นและอาจจะรวมกันหรือหักล้างกันกลายเป็นข่าวสารที่ผิดพลาดได้

รูปที่ 2.12 ระบบทิศทางเดียว

การสื่อสารข้อมูลแบบทิศทางใดทิศทางหนึ่ง (Half-duplex communication)

สำหรับการส่งแบบทิศทางใดทิศทางหนึ่ง (Either-way Transmission) หรือที่เรียกว่าแบบกึ่งดิวเพล็กซ์ (Half-duplex Transmission: HDX) นั้น เราใช้ทางเดินหรือแซ็นแน็ล การเดินทางของข้อมูลชุดเดียว แต่เปลี่ยนหรือสลับทิศทางของการไหลของข้อมูลในแซ็นแน็ลให้กลับทิศทางกัน โดยใช้อุปกรณ์ปลายสายที่พัฒนาขึ้นมาให้มีความสามารถทั้งการรับและการส่งได้ในเครื่องเดียวกัน วิธีการส่งแบบทิศทางใดทิศทางหนึ่งแสดงในรูป 2.13

รูปที่ 2.13 การสื่อสารข้อมูลแบบทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

จากรูปในตอนแรก A ทำการส่งข่าวสารไปยัง B หลังจากส่งจนหมดแล้ว เราสามารถเปลี่ยนระบบให้ B ส่งข่าวสารกลับมายัง A ได้ โดยวิธีการนี้ทำให้เราสามารถส่งข่าวสารระหว่าง A และ B ได้ทั้ง 2 ทิศทางโดยการสลับกันส่ง ฉะนั้นในเวลาใด ๆ เราสามารถส่งข่าวสารได้ในทิศทางเดียว การสนทนากันระหว่างบุคคลสองคนเป็นการสื่อสารแบบกึ่งดิวเพล็กซ์โดยผู้พูดสลับกันพูด เมื่อบุคคลหนึ่งพูดเสร็จอีกคนหนึ่งจึงจะพูด ระบบวิทยุติดต่อของตำรวจก็เป็นแบบกึ่งดิวเพล็กซ์ ระบบติดต่อภายในสำนักงานที่เรียกว่า อินเตอร์คอม (Intercom) หรือแม้การเล่นปิงปอง แบดมินตัน เทนนิสก็เป็นแบบกึ่งดิวเพล็กซ์ เพราะผู้เล่นจะสลับกันตี ระบบรถไฟต่างจังหวัดที่มีรางรถไฟเส้นเดียวก็เป็นระบบกึ่งดิวเพล็กซ์เช่นเดียวกัน

การสื่อสารข้อมูลแบบสองทิศทาง (Duplex Communication)

ในการส่งทั้งสองแบบที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น เรามีแซ็นแน็ลในการติดรออยู่เพียงแซ็นแน็ลเดียวทำให้ไม่สามารถจะส่งสัญญาณจากทั้งสองด้านของแซ็นแน็ลพร้อม ๆ กันได้ หากเราเพิ่มแซ็นแน็ลของการสื่อสารขึ้นมาเป็น 2 แซ็นแน็ล ก็จะทำให้ทั้งสองด้านของแซ็นแน็ลสามารถส่งข้อมูลหรือข่าวสารออกมาได้ในเวลาเดียวกัน โดยใช้แซ็นแน็ลหนึ่งแซ็นแน็ลสำหรับการส่งในทิศทางหนึ่งและอีกหนึ่งแซ็นแน็ลสำหรับการส่งในอีกทิศทางหนึ่งที่ตรงกันข้าม หากอุปกรณ์ปลายทั้งสองด้านมีความสามารถในการรับหรือส่งได้ในเวลาเดียวกันตลอดเวลาก็จะทำให้ระบบนี้สามารถติดต่อกันได้ 2 ทิศทางตลอดเวลา ระบบในลักษณะนี้เรียกว่า ระบบสองทิศทาง (both-way transmission) หรือที่เรียกว่าระบบฟูลดิวเพล็กซ์ (Full-duplex System : FDX) ระบบการสื่อสารสองทิศทางแสดงในรูป 2.14

รูปที่ 2.14 การสื่อสารข้อมูลแบบ 2 ทิศทาง

การสื่อสารในแบบ 2 ทิศทางอย่างต่อเนื่องตลอดเวลานั้น จำเป็นต้องใช้สายจำนวน 4 เส้น (อาจจะมีกรณีพิเศษบางกรณีที่ไม่เป็นไปตามนี้บ้าง) ข้อที่น่าสังเกตสำหรับระบบนี้อีกข้อหนึ่งก็คือ แม้ว่าระบบจะถูกจัดให้เป็นแบบฟูลดิวเพล็กซ์อย่างสมบูรณ์แบบก็ตาม บางครั้งในการใช้งานจริงก็ไม่อาจจะกระทำได้ ทั้งนี้อาจจะมาจากข้อกำจัดหลายอย่าง เช่น ขีดจำกัดของความสามารถของโอเปอเรเตอร์ทั้งสองด้านที่ไม่สามารถรับและส่งข้อมูลพร้อมกันในเวลาเดียวกันได้ แม้ว่าโอเปอเรเตอร์ที่มีประสบการณ์อาจจะสามารถรับข้อมูลมาแปล และส่งข้อมูลตอบกลับออกไปในเวลาเดียวกันได้ก็ตาม แต่ก็มีเป็นจำนวนน้อย โอเปอเรเตอร์ส่วนมากจะทำได้ทีละอย่าง ฉะนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ระบบการส่งแบบนี้จะถูกจำกัดด้วยความสามารถของโอเปอเรเตอร์ โดยการ

จัดระบบการส่งแบบ 2 ทิศทางนี้ ทำให้เราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบขึ้นได้ โดยสามารถลดเวลาการสับเปลี่ยนการรับ/ส่งระหว่างทั้ง 2 ด้าน ของระบบที่จะต้องสูญเสียไปในกรณีที่เป็นการส่งแบบทิศทางใดทิศทางหนึ่ง แต่วิธีการนี้ก็ยังต้องเสียเวลาในตอนเริ่มต้นของการเริ่มส่งข่าวสารที่เรียกว่า เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) แต่อย่างไร ก็ตามการส่งแบบ 2 ทิศทางนี้จะเสียเวลาน้อยกว่ามาก ในระบบการสื่อสารข้อมูลนั้นมักจะนิยมนำเอาอุปกรณ์ปลายของระบบทิศทางใดทิศทางหนึ่งมาต่อกันโดยต่อให้มีแซ็นแน็ลสองแซ็นแน็ลทั้งนี้ก็เพราะเหตุผล 2 ข้อคือ (1) ตัวกลางที่ใช้สื่อสารมักเป็นสายโทรศัพท์ เพราะในระบบโทรศัพท์นั้นสายต่อเป็นแบบ 2 แซ็นแน็ล และ (2) โดยวิธีการดังกล่าวสามารถลดเวลาการสวิทซ์หรือการสับเปลี่ยนการรับ/ส่งลงได้มาก

อัตราการส่งข้อมูล (Transmission Rate)

อัตราการส่ง เป็นตัวบ่งบอกว่ามีจำนวนบิตต่อวินาทีเป็นเท่าไร ที่สามารถส่งข้อมูลระหว่างตัวส่งและตัวรับ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดบนระบบโครงข่ายจะต้องทำงานที่อัตราการส่งข้อมูลเดียวกัน อัตราสูงสุดถูกจำกัดโดยชนิดของอินเตอร์เฟส และตัวกลางของการส่งที่ถูกใช้งานอยู่

อัตราการส่งสูงสุดยังขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่นความยาวของสายด้วย เนื่องจากความเป็นไปได้ของการเพิ่มของคลื่นรบกวนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เพิ่มขึ้นตามความยาวของสายแต่การลดลงจะลดตามการลดลงของอัตราการส่งข้อมูล โดยมาตรฐานแล้วอัตราการส่งข้อมูลระหว่าง 1200 Bits/Sec และ 37.5 kBits/s จะสามารถเกิดขึ้นได้โดยวิธีง่าย ๆ ส่วนอัตราการส่งตั้งแต่ 1 Mbit ขึ้นไป จะต้องใช้สายเคเบิลทองแดงแบบพิเศษ หรือ สายเคเบิลแบบ เส้นใยแสง

2.2.7 อินเตอร์เฟส_ (Interface)

สิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นขั้นแรก คือ สายที่ใช้ในการส่งข้อมูลที่ถูกและมีเสถียรภาพ ซึ่งสิ่งนี้ไม่ได้สะท้อนเพียงแต่ชนิดของเคเบิลที่ใช้ แต่จะรวมถึงชนิดของอินเตอร์เฟสที่ถูกพัฒนาขึ้นด้วย ดังนั้น ถ้าต้องการได้อัตราการส่งที่เร็ว แต่ต้องใช้การขนาดของอินเตอร์เฟส เช่น มาตรฐาน IEC-625/IEEE-488 ที่ต้องมีถึง 16 สาย ในการส่งข้อมูลเพียงแค่ 1 Byte ก็เป็นการสิ้นเปลืองมากเกินไปที่จะติดตั้ง

2.2.7.1 20 mA Current Loop

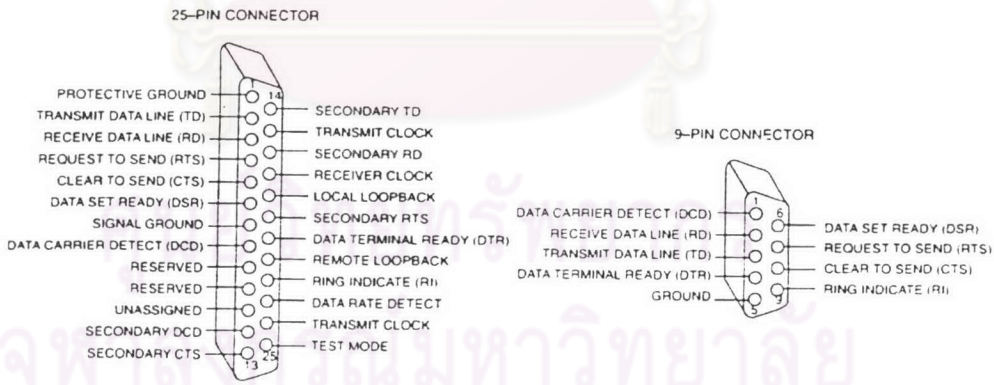
20 mA Current Loop เกิดขึ้นจากการส่งโทรเลข ซึ่งเป็นการสื่อสารที่เชื่อถือได้ในการสื่อสารระยะไกลที่รู้จักกัน โดยโทรเลขถูกใช้ด้วยกระแสไฟฟ้า 20 mA ในการกด ซึ่งถูกเปิด – ปิด ในช่วงเวลาที่เข้ากับจังหวะการส่งข้อมูล ดังนั้นทุก ๆ การสื่อสารก็จะมี 2 Loop คือ หนึ่งสำหรับการส่ง และอีก Loop สำหรับการรับ 20 mA Current Loop ถูกใช้ในฐานะเป็นทางเลือกหนึ่งแก่ RS-232C อินเตอร์เฟส ข้อได้เปรียบหลัก คือ ความไม่ไวต่อการสอดแทรกลบกวนจากภายนอก ดังนั้น

จึงสามารถถูกใช้สำหรับการสื่อสารระยะทางไกล ๆ หรือ เมื่อต้องเดินสายส่งสัญญาณผ่านเข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแรง ๆ

2.2.7.2 RS-232C Interface

RS-232C Interface ถูกใช้เพื่อเชื่อม 2 อุปกรณ์ เข้าด้วยกัน โดยผ่านสายเคเบิลแบบหลายแกน โดยทั่วไปจะเชื่อมระหว่างคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยรอบ หรือ ตัวโมเด็ม โดยจะต้องได้มาตรฐานทั้งในด้านไฟฟ้าและด้านกายภาพ สำหรับการส่ง บิต แบบอนุกรม ซึ่งมาตรฐานนี้เป็นมาตรฐานของสัญญาณที่ได้รับสำหรับเครื่องมือมาตรฐานในการควบคุมสำหรับสายโทรศัพท์ และ โมเด็มทางด้านไฟฟ้า ระบบจะอยู่บนฐานของสัญญาณพัลส์บวกและลบ 12 V ซึ่งข้อมูลจะถูกเข้ารหัส ส่วนทางด้านเครื่องกล มาตรฐาน RS-232C เป็นมาตรฐานของตัวเชื่อมต่อแบบ 9- หรือ 25-Pin

สัญญาณหลัก ประกอบด้วยข้อมูลจะถูกส่งจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยถูกนำส่งโดยสายของการส่งข้อมูลและรับข้อมูล เพื่อความเป็นไปได้ในการส่งสัญญาณ ดังนั้น จึงต้องใช้สายที่สามซึ่งเป็นสายของความ ต่างศักย์ไฟฟ้าอ้างอิง ส่วนสายที่เหลือซึ่งไม่ต้องมีก็ได้ในปัจจุบันจะเป็นส่วนที่นำข้อมูลที่เกี่ยวกับสถานภาพของจุดที่ใช้ในการสื่อสาร โมเด็มถูกควบคุมโดยสัญญาณ “request to send” และ สัญญาณ “clear to send” ซึ่งคำที่ใช้แสดงถึงความพร้อมของบล็อกข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ คือ “data terminal ready”



รูปที่ 2.15 แสดง RS-232 CONNECTOR PIN

2.2.7.3. RS-422 Interface

มาตรฐาน RS-422 จะครอบคลุมเพียงข้อกำหนดทางด้านไฟฟ้า และทางกายภาพสำหรับ การส่งข้อมูล โดยใช้กับสัญญาณแบบ Symmetrical ที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งจะยอมให้มีอัตราการส่งที่สูงไม่เกิน 10 Mbits/s เท่านั้นที่ผ่านได้

ณ. จุดสิ้นสุดของการรับความแตกต่างระหว่างระดับความต่างศักย์ จะถูกใช้สำหรับการถอดรหัสสัญญาณ (ความแตกต่างของความต่างศักย์ที่เป็นบวกมาก ๆ จะแทนด้วยลอจิก "0" และความแตกต่างที่น้อยจะแทนด้วยลอจิก "1") ข้อได้เปรียบ ก็คือ เมื่อมีสนามแม่เหล็กจากภายนอกมากระทบกับสาย ทั้ง 2 สัญญาณจะ ถูกรบกวน ณ เวลาเดียวกันและที่ระดับความแรงเดียวกัน ความแตกต่างในสัญญาณจะยังคงมีอยู่ โดยไม่มีสัญญาณรบกวนที่เป็นอิสระต่อกันบนสายเหมือน ๆ กัน ด้วยเหตุนี้ทำให้ความเป็นไปได้จะวางสายที่มีความยาวมากกว่า RS-232C Interface ยิ่งกว่านั้น เนื่องจากผลของการสอดแทรกของสัญญาณที่ถูกจำกัดลง ดังนั้น จึงเป็นไปได้สูงที่อัตราการส่งของข้อมูลสูงขึ้น

2.2.7.4 RS-485 Interface

มาตรฐาน RS-485 ระบุถึงข้อกำหนดทางไฟฟ้าและทางกายภาพ สำหรับการส่งข้อมูลแบบ Symmetrical (เหมือนกับ RS-422) ระหว่างอุปกรณ์หลาย ๆ อุปกรณ์ โดยที่อุปกรณ์ไม่เกิน 32 อุปกรณ์ ซึ่งกำลังทำงานอยู่ในสถานะผู้ส่งและผู้รับ สามารถถูกเชื่อมโยงได้ด้วยเคเบิลแบบ 2-wire แอดเดรสและการตอบสนองต่อคำสั่งจะถูกทำโดยใช้ ซอฟแวร์

ความยาวของสายมากที่สุดจะเปลี่ยนแปลงได้ในช่วงจาก 1.2 km สำหรับอัตราการส่งที่ 93.75 kBits/s จนถึง ความยาวสาย 200 เมตร สำหรับอัตราการส่ง 500 kBits/s อินเตอร์เฟสแบบ RS-485 จะใช้สถานะลอจิก 3 สถานะ คือ "0", "1" และ "non-data" ซึ่งสถานะลอจิก "1" ถูกใช้สำหรับการควบคุมหรือการ Synchronization ของการไหลของข้อมูล

คุณลักษณะ	RS 232C	RS 422	RS 485	20 mA current loop
จำนวนอุปกรณ์สูงสุด	1 Transmitter 1 Receiver	1 Transmitter 16 Receivers	32Transmitters 32 Receivers	1 Transmitter 1 Receiver
ตัวกลางที่ใช้	Grounded	Differential	Differential	Impressed current
ความยาวสายสูงสุด	15 m	1200 m	1200 m	1000 m
จำนวนสาย	min. 3	4	2	4
อัตราการส่งข้อมูลสูงสุด	· 19.2 kBits/s	10Mbits/s	10 Mbits/s	19.2 kBits/s
วิธีการสื่อสารข้อมูล	duplex	duplex	Half-duplex	duplex
ระดับของอินพุตของผู้รับ	-12.....+12 V	-5.....+5 V	-5.....+5 V	0.....20 mA

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณลักษณะของอินเตอร์เฟสแบบต่าง ๆ

Gate way **การอินเตอร์เฟสไปยังโครงข่ายอื่น ๆ**

หนึ่งในเป้าหมายของการสื่อสารแบบดิจิตอล คือ การสื่อสารแบบเปิดระหว่างทุก ๆ ระดับของส่วนต่าง ๆ ในโรงงาน เพื่อดูข้อมูลจาก Field ตัวอย่าง เช่น ระดับในถังจัดเก็บ (Storage tank) จะสามารถส่งผ่านไปถึงระดับของการจัดการ โดยโครงข่ายของระดับของการจัดการ (Management level) จะมีการส่งข้อมูลที่มีจำนวนมาก ซึ่งเวลาที่ใช้ในการส่งไม่ใช่เรื่องสำคัญ ในทางตรงข้ามฟิลด์บัสต้องส่ง short massage อย่างรวดเร็ว มีเสถียรภาพและมีการตอบกลับด้วยเวลาอันสั้น นอกจากนั้นยังต้องเป็นความลับภายใน ซึ่งเป็นข้อกำหนดหนึ่งที่ไม่สามารถพบได้ในส่วนใหญ่ของระบบบัส

Gate way จะขนถ่ายข้อมูลจากระดับของโครงข่ายหนึ่งไปยังโครงข่ายถัดไป ซึ่งก็คือชนิดหนึ่งของอินเตอร์เฟส โดย gate way จะทำหน้าที่ปรับให้เหมือนกันของอัตราการส่ง ความหมายของการควบคุมและรหัสของข้อมูล และบริการต่าง ๆ จากระดับหนึ่งกับส่วนอื่น ๆ บนระบบ

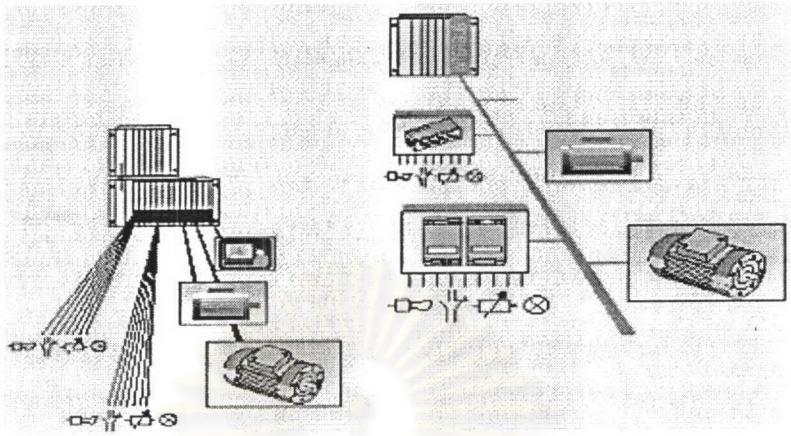
2.3 เทคโนโลยีฟิลด์บัส (Technology Fieldbus)

แนวคิดของฟิลด์บัส (Fieldbus) คือ ความสมดุลของระบบโครงข่ายท้องถิ่น (A local area network) สำหรับการควบคุมกระบวนการผลิต และ อุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ ซึ่งยอมให้อุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ในระบบสามารถเชื่อมโยงกันบนสายสัญญาณเพียงเส้นเดียว โดยที่การไหลของข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ทั้งไปและกลับจากจุดต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตของวงจรโครงข่าย (Network)

ระบบสัญญาณที่รับและส่ง จากตัวเซนเซอร์ และ Actuators ที่เป็นแบบดั้งเดิมจะใช้ระบบสัญญาณอนาลอก โดยปกติจะเป็น 4-20mA ซึ่งหมายความว่า การเดินสายจะต้องมีสายถึง 2 เส้นคู่กันไป ของแต่ละสัญญาณที่ใช้(อินพุต / เอาท์พุต) เพื่อจะเชื่อมต่อไปยังส่วนประมวลผล (Controller, PLC) ซึ่งด้วยความจำเป็นนี้เอง ทำให้เกิดความยุ่งยากและซับซ้อนมากในการเดินสายสัญญาณ เนื่องจากเครื่องจักร ในระบบอุตสาหกรรมในปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้ทำงานเป็นระบบอัตโนมัติมากยิ่งขึ้นทำให้ต้องใช้จำนวนสายไฟต่อขนานเพิ่มขึ้น เพราะต้องใช้จำนวนอินพุต และ เอาท์พุต (I/O Points) เพิ่มขึ้นตามความซับซ้อนส่งผลทำให้การออกแบบและติดตั้งยากขึ้น ใช้เวลาในการเริ่มต้น และบำรุงรักษาเพิ่มขึ้น นอกจากนั้น ข้อกำหนดสายไฟก็สูงขึ้น และต้องเป็นสายพิเศษเพื่อใช้สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลแบบอนาลอก

ด้วยแนวความคิดภายใต้ฟิลด์บัส ตัวอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในระบบสามารถเชื่อมต่อกันได้โดยการใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียวทั่วทั้งกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถต่อกับอุปกรณ์ได้ทุกระดับตั้งแต่ระดับฟิลด์ (Field) จนถึงระดับควบคุม (Control Level) โดยไม่จำเป็นต้องคำนึงว่า

PLCs หรือ Pc Based Control System จะผลิตมาจากบริษัทใด รวมถึงอุปกรณ์ส่งข้อมูลระดับฟิลด์บัสสำหรับโครงข่ายขนาดกลางอื่นๆ โดยระบบบัสสามารถติดต่อได้ทุกจุดการต่อในพื้นที่นั้น ๆ



รูปที่ 2.16 สายเคเบิลของระบบบัสเพียงเส้นเดียวสามารถแทนสายแบบเดิมๆ ที่ใช้ได้จำนวนมาก

2.3.1 ประเภทของเทคโนโลยีการสื่อสาร

2.3.1.1 การส่งสัญญาณแบบอนาลอก (Analog Transmission)

การส่งสัญญาณแบบอนาลอก คือ เทคโนโลยีที่ใช้ในการถ่ายทอดข้อมูล ผ่านสายเคเบิล โดยใช้สัญญาณทางไฟฟ้า 4-20mA โดยที่สัญญาณ 4-20mA เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารที่มีความมั่นคงและราคาถูก ซึ่งยังคงมีการนำมาใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

โดยที่สัญญาณอนาลอกยังมีข้อจำกัดอยู่ตรงที่ยอมให้มีการส่งผ่านข้อมูลเพียง 1 ข้อมูล ผ่านสายสัญญาณ และข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่งของการส่งสัญญาณแบบอนาลอก คือ ข้อจำกัดทางด้านการแยกแยะสัญญาณ (Resolution) ซึ่งในทางปฏิบัติค่าความน่าเชื่อถืออยู่ระหว่าง 10-12 bits

2.3.1.2 การสื่อสารแบบสมาร์ท (Smart Communication)

การสื่อสารแบบสมาร์ท (Smart Communication) ถูกแนะนำให้เป็นที่รู้จักครั้งแรกในปี 1984 โดยการปรับแต่งสัญญาณดิจิตอล (Modulated) บนสัญญาณ อนาลอกแบบ DC ซึ่งการสื่อสารแบบนี้ยอมให้มีการสื่อสารกันได้แบบ 2 ทิศทาง ระหว่างตัวอุปกรณ์ที่ฟิลด์ (field) และตัวอุปกรณ์สื่อสารหลัก คือ ตัวอุปกรณ์สื่อสารแบบมือถือ (Handheld) โดยมาตรฐานการสื่อสาร หรือโปรโตคอล ของแต่ละผู้ผลิตเป็นอิสระแตกต่างกันออกไป ซึ่งด้วยเหตุนี้เองทำให้เป็นการยากในการสร้างระบบควบคุมที่มาจากหลายผู้ผลิต

การสื่อสารแบบสมาร์ท (Smart Communication) จะทำงานบนสายสัญญาณ 4-20mA โดยไม่ยอมให้มีการส่งสัญญาณแบบความถี่สูง (High-frequency signal) และการรับส่งสัญญาณแบบสมาร์ทจะมีอัตราการ ส่งข้อมูลที่ต่ำ ตัวอย่างเช่น 1200 bps ซึ่งด้วยเหตุนี้เองการใช้สมาร์ทจึงเหมาะสมสำหรับการบำรุงรักษา และ ดูข้อมูลต่าง ๆ ไม่สนับสนุนการใช้สำหรับควบคุม โดยถ้าเป็นในส่วนของการวัดและการควบคุมจะใช้สัญญาณ 4-20mA แทน

2.3.1.3 ฟิลด์บัส

ฟิลด์บัส คือ การสื่อสารแบบดิจิตอล (full digital) บนความสมดุลของสายส่งสัญญาณ โดยมีแบนด์วิทท์ของข้อมูลถึง 100 KHz ซึ่งกว้างพอใช้ในการส่งถ่ายข้อมูลสำหรับระบบควบคุม

องค์กรระหว่างประเทศต่าง ๆ ได้ให้ความใส่ใจเป็นอย่างมาก ในการสร้างฟิลด์บัสให้เป็นมาตรฐานนานาชาติ เพื่อที่ให้อุปกรณ์ฟิลด์บัสสามารถใช้ร่วมกันได้ โดยไม่ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตรายใด

IEC (International Electrotechnical Commission) ได้กำหนดมาตรฐานแยกออกเป็น 7 มาตรฐาน ตามเครื่องหมายการค้าของแต่ละผู้ผลิต เพื่อใช้เป็นมาตรฐานนา ๆ ชาติของฟิลด์บัส ดังนี้

- FOUNDATION Fieldbus และ HSE
- ControlNet
- PROFIBUS และ PROFInet
- P-NET
- WorldFIP
- INTERBUS-S
- SwiftNet

Communication Type	Fieldbus	Smart	4-20mA Analog
Topology	Multi-drop	One-to-One	One-to-One
Signal transmission	Digital	Digital overlapped analog	Analog
Direction	Two-way	Partially two-way	One-way
Standardization	IEC, ISA	Proprietary	IES, ISA

ตารางที่ 2.3 แสดงเปรียบเทียบเทคโนโลยีการสื่อสารแต่ละประเภท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.2 ประวัติความเป็นมาของฟิลด์บัส

หลาย ๆ โครงข่ายการสื่อสาร ยังคงมีการใช้ระบบอนาล็อกแบบดั้งเดิม เช่น โทรศัพท์, วิทยุ และโทรทัศน์ แต่ทิศทางในอนาคตข้างหน้า การสื่อสารจะเป็นแบบดิจิตอลทั้งหมด โดยเฉพาะในโครงข่ายของการควบคุมแบบอัตโนมัติ จะมีการนำการสื่อสารแบบดิจิตอลในการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ เช่น Transmitter, Valve Positioners , Controllers, Workstations และ Servers

ข้อดีของการนำระบบสื่อสารแบบดิจิตอลมาใช้ก็คือความสามารถที่จะสื่อสารข้อมูลต่าง ๆ ได้บนสายสัญญาณเพียงเส้นเดียว โดยก่อนที่จะมีการสื่อสารแบบดิจิตอล การสื่อสารก็จะใช้สัญญาณอนาล็อก

เมื่อการสื่อสารด้วยดิจิตอลเริ่มมีขึ้น ผู้ขายหรือผู้ผลิตต่าง ๆ ก็ประดิษฐ์โพรโตคอลของตัวเองแบบอิสระไม่ขึ้นแก่กัน ต่อมาจึงมีโปรโตคอลของแต่ละบริษัทที่หลากหลายเกิดขึ้นในตลาดและผลิตภัณฑ์ที่มาจากบริษัทเดียวกันเท่านั้น ที่สามารถใช้งานร่วมกันได้ ยิ่งกว่านั้นข้อมูลในการใช้งานโปรโตคอลเหล่านี้ก็ไม่สามารถหาได้ และเทคโนโลยีก็ถูกปิดบังเพราะมีลิขสิทธิ์ ผู้ผลิตรายอื่น ๆ จะต้องจ่ายค่าใบอนุญาตที่สูงเพื่อจะใช้เทคโนโลยีที่อยู่ในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ (ถ้าได้รับอนุญาตให้ใช้ได้)

จากสถานการณ์เช่นนี้ ทำให้เกิดข้อเสีย ดังนี้

- ไม่มีผู้ขายรายใดที่จะมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายเพียงพอตามความต้องการ
- การเลือกใช้อุปกรณ์ ถูกจำกัด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องผสมผสานอุปกรณ์จากผู้ผลิตต่าง ๆ ยิ่งกว่านั้น ผู้ผลิตแต่ละผู้ผลิตก็ไม่ได้มีอุปกรณ์ที่ดีที่สุดในทุกๆระบบหรือประเภทอุปกรณ์ ทำให้ต้องซื้อแต่ละอุปกรณ์จากผู้ผลิตที่มีความเชี่ยวชาญในแต่ละสาขา แต่เนื่องจากอุปกรณ์ที่มาจากคนละผู้ผลิตก็ไม่สามารถใช้งานโปรโตคอลร่วมกันได้ จึงทำให้มีทางเลือกเหลือน้อย หรืออาจเลือกติดตั้งอุปกรณ์ที่มีคุณภาพต่ำลง เพื่อที่จะให้เชื่อมต่อกันได้ดีขึ้น แต่ส่วนมากมักจะเป็นไปได้ยากที่จะเชื่อมต่อระบบแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาของระบบควบคุม ทำให้ระบบย่อย ๆ นั้นถูกแยกออกจากกัน (Islands of automation) หรือ โดดเดี่ยว

ภาพที่เห็นบ่อย ๆ คือ ระบบควบคุมที่เป็น PLC และ DCS จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันแต่การรวมตัวกันของดิจิตอลของระบบก็เป็นไปไม่ได้ เนื่องจากแต่ละอุปกรณ์ถูกสื่อสารด้วยโปรโตคอลที่แตกต่างกัน ซึ่งถ้าผู้ผลิตให้ลิขสิทธิ์ และข้อมูลที่เหมาะสม ก็จะทำให้โปรแกรมย่อยที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์สื่อสาร (Communication driver) ก็จะสามารถถูกรวมเข้ากับ DCS เพื่อที่จะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ และยังไม่สามารถใช้งานร่วมกับ Handheld Terminal ของผู้ผลิตรายอื่น

หรือ ใช้งานร่วมกับ เครื่องมือที่เกี่ยวกับการ Configuration อื่น ๆ ที่ทำงานร่วมกับอุปกรณ์จากแหล่งอื่น ๆ ได้

เมื่อระบบถูกนำมาใช้งานในการควบคุมกระบวนการผลิตและเพื่อรักษาการทำงานร่วมกันเอาไว้ ในกรณีที่ต้องการขยายระบบ ทางโรงงานเอง จำเป็นจะต้องซื้ออุปกรณ์ หรือเครื่องมือวัดที่มาจากผู้ผลิตรายเดียวกับระบบที่มีอยู่ ดังนั้น จึงทำให้ผู้ผลิตของระบบนั้นไม่มีคู่แข่ง ชิ้นส่วนทดแทนและชิ้นส่วนเพิ่ม ก็จะมีราคาสูงกว่าถ้าเป็นจากการติดตั้งครั้งแรกหลาย ๆ โรงงานตระหนักถึงปัญหานี้ แต่ยังคงเต็มใจจ่ายในราคาที่ถูกตั้งโดยผู้ผลิตรายเดียวกัน เนื่องจากต้นทุนในการซื้อจากผู้ผลิตรายอื่น ก็ต้องจ่ายเงินในราคาที่สูงในการซื้อ Driver เพื่อมาเชื่อมต่อระบบเข้าด้วยกัน

สถานการณ์เช่นนี้ ไม่เป็นผลดีต่อผู้ผลิตเครื่องมือวัดรายอื่น ๆ เพราะว่าแม้เขาจะมีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงแต่ก็ไม่สามารถเข้าไปแข่งขันกับผู้ผลิตที่เป็นเจ้าของระบบควบคุมได้ เนื่องจากไม่สามารถใช้งานร่วมกันได้ ยิ่งกว่านั้นการปรับผลิตภัณฑ์ของเขาเพื่อให้ใช้ได้กับโปรโตคอล ที่หลากหลายก็ยังมีต้นทุนสูง เหตุการณ์เหล่านี้เกิดขึ้นบ่อยเมื่อขาดมาตรฐาน และไม่มีกฎระเบียบในตลาด

การสร้างมาตรฐาน (Standardization)

เนื่องจากความไม่มีมาตรฐาน ในปี 1985 ก็ได้มีการสร้างโครงข่ายที่เป็นองค์ประกอบหลักของระบบเปิด และนี่เป็นจุดสูงสุดของการพัฒนาฟิลด์บัส ซึ่งก็ได้รับการสนับสนุนจากผู้ขายหลายราย และยังเป็นมาตรฐานที่ไม่ต้องมีการได้รับลิขสิทธิ์ก็ใช้ได้

ความต้องการที่แตกต่างกันของสภาวะแวดล้อม ของกระบวนการที่ต้องควบคุม ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับเป็นมาตรฐาน เพื่อที่จะเพิ่มความสามารถที่จะสื่อสารได้ในระยะไกลเกินกว่าการเดินสายตามปกติจะทำได้ ขบวนการพัฒนานี้นำไปสู่การเป็น International fieldbus ซึ่งก็ไม่สามารถที่จะมีความเร็วในการส่งข้อมูลได้เท่ากับรูปแบบโครงข่ายอื่น ๆ ที่ใช้รูปแบบเดิมที่มีอยู่ (Telecommunication or automotive industry) แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาก็ยังคงจะต้องมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ผลิตจำนวนมาก ที่เข้าร่วมในการพัฒนามาตรฐานก็ยังคงให้ความสนใจในเทคโนโลยีเดิม ที่ตนเองเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ รวมไปถึงส่วนแบ่งตลาดในแบบที่เป็นของบริษัทเดิม เนื่องจากการมีมาตรฐาน. ทำให้คู่แข่งสามารถแย่งลูกค้าเดิมซึ่งเคยใช้เทคโนโลยีนั้นของแต่ละผู้ผลิต ดังนั้น ผู้ผลิต หรือเจ้าของเทคโนโลยีเหล่านี้ จึงต้องรับผิดชอบต่อผู้ถือหุ้น โดยไม่เห็นด้วยกับมาตรฐานฟิลด์บัส เพื่อจะหลีกเลี่ยงภาวะการแข่งขันที่สูงขึ้นได้ และต้องการให้เทคโนโลยีที่มีอยู่นั้นดำรงต่อไป

ปัจจัยเหล่านี้นำไปสู่ ความล่าช้าในการอนุมัติเพื่อใช้มาตรฐานเดียวฟิลด์บัสอย่างเป็นทางการ แต่ในระดับนา ๆ ชาติแล้วมาตรฐานเดียวของฟิลด์บัส กลับไม่ได้รับการยอมรับ เนื่องจากปัญหาทางการแข่งขัน และเทคโนโลยีบัสที่ไม่สามารถใช้ร่วมกันได้

กลุ่มของอุตสาหกรรม (Industry Groups)

เนื่องจากความล่าช้าในการพัฒนามาตรฐาน ทำให้ผู้ผลิตและผู้ใช้งาน ก่อตั้งองค์กรขึ้นเพื่อสร้างคุณสมบัติของระบบฟิลด์บัสแบบเปิด ขึ้นมา โดยในปี 1992 Interoperable Systems Project (ISP) ถูกสร้างขึ้นเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีซึ่งอยู่บนฐานของ PROFIBUS และ WorldFIP เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่อยู่บนฐานของ FIP การที่เป็นองค์กรเปิดที่มีหน้าที่พัฒนาและรักษาเทคโนโลยีเอาไว้ ดังนั้น จึงต้องมีการเปิดไปสู่การเป็นมาตรฐานนานาชาติ (International Standard) อย่างแท้จริง ต่อมามีการแตกแยกขึ้นในองค์กรและมีการรวมตัวกันสำหรับกลุ่มขององค์กร Process Industries ในปี 1994 โดยการสร้างเป็นรูปร่างไปสู่ Fieldbus Foundation และ Profibus International

Foundation Fieldbus และ PROFIBUS PA มีแนวคิดเกี่ยวกับ block, parameter, mode และ status ที่คล้ายคลึงกันมาก โดยเทคโนโลยี Foundation H1 ถูกนำออกสู่ตลาดและตามมาด้วย PROFIBUS PA ในปี 1996 Foundation HSE ถูกนำเสนอออกสู่สาธารณะในปี 2000 และ PROFINET ในปี 2001 ซึ่งคุณสมบัติฟิลด์บัสเหล่านี้ส่วนมากก็จะถูกใช้เป็นมาตรฐานนานาชาติในเวลาต่อมา

ในช่วงเวลาระหว่างที่มีการรอให้ฟิลด์บัส เป็นที่ยอมรับออกสู่สาธารณชนนั้น ที่มีโปรโตคอล เช่น HART และ Modbus ถูกนำออกมาและยอมให้ผู้ผลิตรายอื่น ๆ เข้ามาใช้ได้ ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาของช่องว่างที่เคยมีได้อย่างดี ปัจจุบันก็มีการนำมาเป็นฐานการติดตั้งที่หลากหลายขึ้น และยังมีการขายอยู่เป็นเวลาหลายปี

2.3.3 วิวัฒนาการของสถาปัตยกรรมทางระบบควบคุม (Evolution of Control System Architecture)

ระบบควบคุมกระบวนการผลิต เริ่มรู้จักครั้งแรกในรูปแบบระบบควบคุมแบบอนาล็อก ซึ่งเป็นลักษณะการควบคุมอุปกรณ์ง่าย ๆ และความต้องการเกี่ยวกับต้นทุนที่ต่ำ ต่อมาในช่วงทศวรรษ 90 ระบบควบคุมเริ่มไปสู่การควบคุมแบบอัตโนมัติ โดยในช่วงแรก ๆ จะเป็นการควบคุมแบบดิจิตอลโดยตรง (Direct Digital Control) ระหว่างคอมพิวเตอร์กับชุดอินพุต/เอาท์พุต (I/O) หลังจากนั้นระบบควบคุมมีการนำการควบคุมแบบการกระจายสู่ศูนย์กลาง (DCS) และ Programmable logic Control (PLC) ในการเชื่อมต่อระหว่างหน่วยประมวลผลกับชุดควบคุมของพนักงานเดินเครื่อง (Operator Console) อย่างไรก็ดีการสื่อสารแบบดิจิตอลยังคงมีการใช้เฉพาะในส่วนของอุปกรณ์หลัก ๆ ยังไม่มีการนำมาใช้กับอุปกรณ์เล็ก ๆ เช่น ตัว Transmitter จนกระทั่งช่วงปี 1980 การควบคุมจึงมีการนำระบบโครงข่ายแบบบัสมาใช้ โดยเฉพาะเครื่องมือวัดต่าง ๆ แต่ยังไม่เป็นการยอมรับอย่างกว้างขวาง จนกระทั่งช่วงปี 1990 ซึ่งในปัจจุบันระบบควบคุมได้มีการ

พัฒนาการมาเรื่อย ๆ โดยเฉพาะเริ่มมีการนำระบบอินเตอร์เน็ตและเทคโนโลยีด้านการสื่อสารสมัยใหม่มาใช้ในการควบคุมมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถของระบบ

Field signaling และ สถาปัตยกรรมของระบบ ถูกพัฒนาไปอย่างเกี่ยวเนื่องกัน การปรับปรุงสัญญาณที่ใช้ในการส่งทุกครั้ง จะนำไปสู่การเพิ่มระดับของการกระจายจากศูนย์กลางการควบคุมของระบบและทำให้เข้าสู่ข้อมูลของส่วนของเครื่องมืออุปกรณ์ในระดับฟิลด์ (Field)ได้ดีขึ้น ในยุคสมัยที่ระบบควบคุมเป็นแบบ Pneumatic ข้อมูลต่าง ๆ ทำได้เฉพาะที่ระดับฟิลด์ (Field) และการดำเนินงานต่าง ๆ ถูกใช้เป็นแบบ Local การใช้งาน Analog Current Loop ทำให้ง่ายขึ้นที่จะนำสัญญาณจากเครื่องมือวัดใน Field ไปยังหน่วยประมวลผลกลางในห้องควบคุม (Control room) และจากห้องควบคุมกลับไปยังวาล์ว หรือตัวอุปกรณ์อีกที ในสถาปัตยกรรมที่เป็นแบบการกระจายจากศูนย์กลางแบบสมบูรณ์ที่เรียกว่า Direct Digital Control (DDC)มีการนำคอมพิวเตอร์มาเน้นในฟังก์ชั่นการควบคุม ดังนั้น ระบบทั้งหมดที่มีการเชื่อมโยงต่อกันเป็นวงกลม (Loop) จะถูกตัดขาด(Fail)ได้ ถ้าเกิดมีความผิดพลาดเพียงอย่างเดียว ด้วยเหตุนี้ปกติแล้วจะมีการใช้ Local Pneumatic Controllers ที่มีอยู่ในฟิลด์ที่ Standby อยู่ ซึ่งพร้อมที่จะนำเข้าสู่การทำงานเมื่อ DDC ถูกตัดขาด(Fail)

2.3.3.1 **สถาปัตยกรรมของระบบควบคุม DCS และ PLC**

ในอดีตเมื่อ 20 กว่าปีผ่านมาระบบควบคุมการทำงานเครื่องจักรกลอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่จะใช้วงจรรีเลย์ และคอนแทคเตอร์เป็นตัวควบคุมและหลังจากนั้นระบบควบคุม ดังกล่าวก็ถูกแทนที่ด้วย โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic controller, PLC) เนื่องจาก PLC มีข้อดีกว่าวงจรรีเลย์และคอนแทคเตอร์ดังนี้

1. ใช้เขียนโปรแกรมสร้างฟังก์ชั่นการทำงานแทนการใช้สายไฟฟ้า ทำให้สามารถลดจำนวนสายไฟลงได้
2. มีความยืดหยุ่นและแก้ไขได้ง่าย เหมาะสำหรับงานที่ต้องการการเปลี่ยนแปลงแก้ไขฟังก์ชั่นการทำงานอยู่ตลอดเวลา
3. การดูแลรักษาและซ่อมบำรุงทำได้ง่าย
4. ราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้รีเลย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในช่วงแรกของการเริ่มต้นใช้ PLC นั้นอุปกรณ์ที่นำมาต่อใช้กับอินพุตและเอาท์พุตของ PLC จะไม่ค่อยมีความซับซ้อนมากนัก จะมีก็เฉพาะอุปกรณ์ง่ายๆ เช่น เซนเซอร์ หลอดไฟแสดงผล รีเลย์ และคอนแทคเตอร์

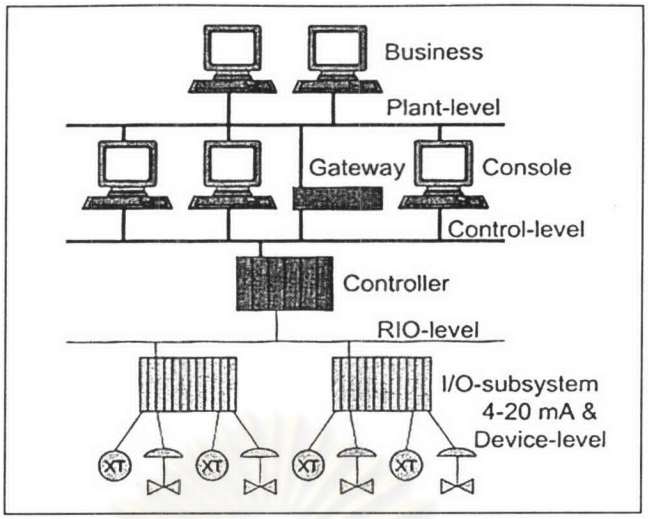
หลังจากนั้นอีกประมาณ 10 ปี กลไกทำงานของเครื่องจักรและกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมมีความเป็นระบบอัตโนมัติ มากขึ้นทำให้ระบบจำเป็นต้องใช้จำนวนอินพุต และเอาท์พุท (I/O) เพิ่มขึ้นตามความซับซ้อนของระบบ ซึ่งหากพิจารณาโดยหลักการแล้ว ส่วนใหญ่จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจะมีเพียงค่าใช้จ่ายสำหรับ I/O Modules เท่านั้น แต่ในเรื่องของความเป็นจริงส่วนใหญ่จะลืมคิดถึงเวลาที่ใช้ในการเดินสายไฟเพิ่มเติม และองค์ประกอบอื่น ๆ โดยเฉพาะของอุปกรณ์สนามอัจฉริยะที่มีความซับซ้อน(complex intelligent field device) ที่ต้องใช้เวลาในการปรับตั้งพารามิเตอร์ผ่านทางซอฟแวร์

DCS และ PLC เกิดขึ้นพร้อม ๆ กับ การสื่อสารข้อมูลแบบดิจิตอล แต่สถาปัตยกรรมเหล่านี้ ถูกออกแบบบนพื้นฐานของ 4-20mA อย่างไรก็ตาม DCS เป็นการพัฒนาขึ้นมาเหนือกว่าระบบแบบ DDC โดยใช้หลักการทำงานโดยการควบคุมระบบประมวลผล (Controller) ย่อย ๆ หลาย ๆ หน่วยประมวลผล ที่แบ่งหน้าที่การทำงานกันอยู่ โดย แต่ละหน่วยประมวลผล ก็จะรับผิดชอบดูแล Control Loops โดยรูปแบบนี้มีข้อดี คือ ความผิดพลาดเพียงประการเดียว จะส่งผลกระทบเพียงบางส่วนของโรงไฟฟ้า ไม่ใช่ทั้งหมด ซึ่งจะต่างกับที่เกิดขึ้นในระบบแบบ DDC อีกนัยหนึ่งก็คือ ระดับที่สูงขึ้นของการกระจายการควบคุม (แบ่งการควบคุมไปใน Control Loop) จะเป็นการเพิ่มความสามารถในการใช้ประโยชน์ให้แก่ระบบ

DCS มีการสร้างโครงข่าย (Networking) 4 ชั้นที่แตกต่างกัน ซึ่งในแต่ละชั้นก็มีเทคโนโลยีที่แตกต่างกันด้วย

- Device
- I/O Subsystem
- Controllers
- Plant – wide integration to business applications

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.17 สถาปัตยกรรมของระบบควบคุม DCS

เมื่อ DCS ถูกนำออกสู่สายตาสาธารณชน มันถูกเรียกว่า "Distributed" เนื่องจากมีลักษณะการควบคุมที่รวมที่ศูนย์กลางน้อยกว่าแบบ DDC architecture โดยมีการใช้หน่วยประมวลผลหลายตัว ต้องมี I/O – Subsystem Networking, I/O modules เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียการควบคุมทั้งหมดที่ศูนย์กลาง ซึ่งมีผลต่อระบบถูกตัดขาด(Fail) ซึ่งการ ที่ต้องใช้อุปกรณ์หลาย ๆ ตัวที่ทุก ๆ ระดับ ก็ทำให้เกิดความซับซ้อนของระบบและราคาสูงขึ้นด้วย

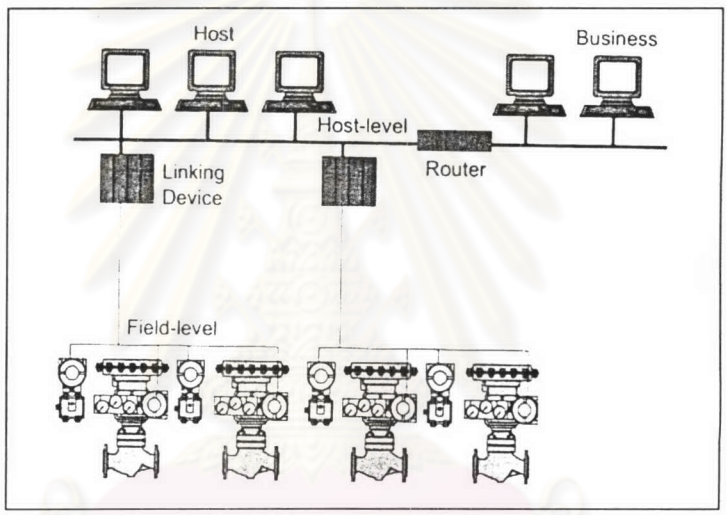
2.3.3.2 สถาปัตยกรรมของระบบควบคุมฟิลด์บัส

คุณสมบัติของฟิลด์บัส นั้นแตกต่างจากเทคโนโลยีโครงข่ายอื่น ๆ ในแง่ที่ว่ามันเป็นทั้ง Communication Protocol และยังเป็น Programming Language สำหรับสร้างกลยุทธ์ในการควบคุม ซึ่งสามารถกระจายความสามารถในการควบคุมไปสู่ยังอุปกรณ์ที่ฟิลด์มากกว่าการควบคุมที่ส่วนประมวลผลกลาง ยกตัวอย่าง เช่น Valve Positioner จะทำงานประมวลผลของ Loop ตัวเองเท่านั้น โดยทำหน้าที่ PID Function Block โดยไม่เกี่ยวกับ Loop Control อื่น ๆ สถาปัตยกรรมแบบใหม่ที่อยู่บนพื้นฐานของความสามารถของอุปกรณ์ Field Device นี้เรียกว่า Field Control System : FCS และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของ DCS (รูปที่ 2.3) โดยมีข้อดีง่าย ในการหามาใช้งานสามารถมีการเพิ่มลดอุปกรณ์ได้ง่ายมากขึ้น และมีต้นทุนการดำเนินงานที่ต่ำกว่า

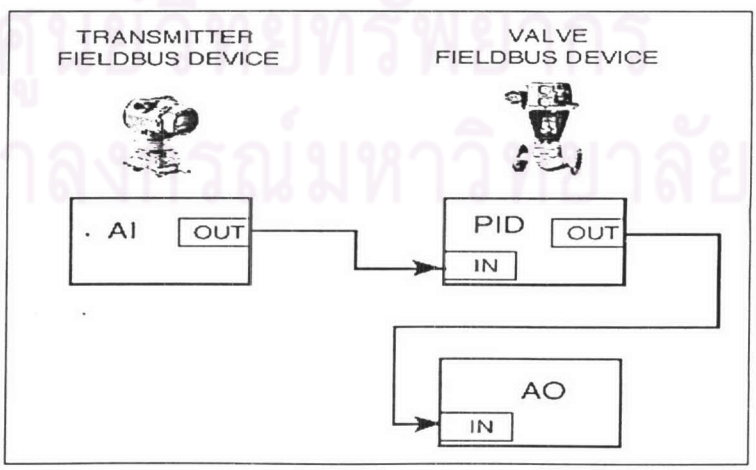
สถาปัตยกรรมแบบ FCS มีพัฒนาการจากแนวคิดของ DCS แบบดั้งเดิมเป็นผลให้ระบบมีการกระจายตัวของการควบคุมมากขึ้น ดังนั้น ผลกระทบจากความผิดพลาดต่าง ๆ น้อยลงในแง่ของการควบคุม โดยอุปกรณ์เครื่องมือวัด บนโครงข่าย Field-Level จะเชื่อมโยงกับ คอมพิวเตอร์ควบคุม ผ่านอุปกรณ์การเชื่อมโยงกับโครงข่าย Host-Level ดังนั้น จึงมีโครงข่ายเพียงแค่ 2 ชั้น ในระบบควบคุมแบบ FCS เมื่อระบบควบคุมถูกใช้ในส่วนของ Field Devices ดังนั้น จำนวนของ

หน่วยประมวลผลกลาง (Central Controllers) ที่ต้องการก็ลดลง และในบางกรณีอาจไม่ต้องมีเลย ซึ่งก็ทำให้ลดต้นทุนของระบบลงได้

เนื่องจากใน FCS ไม่มีหน่วยประมวลผลเข้ามาจัดการกับ Loop ต่าง ๆ ของกระบวนการ ดังนั้น ปัญหาของการเกิดความผิดพลาดเพียงครั้งเดียวก็จะส่งผลต่อส่วนใหญ่ของโรงไฟฟ้าก็หมดไป ส่วนของงานควบคุม ถูกแบ่งเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ และถูกกระจายออกไปใน Field devices ซึ่งทำงานในแบบที่ขนานกัน ที่มีแต่ละอุปกรณ์ทำงานให้กับแต่ละ Loop ของตัวเอง เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้ทำงานไปพร้อม ๆ กัน ดังนั้น จึงทำให้เกิด Multitasking System ดังนั้น ผลสุดท้ายที่ได้รับก็คือ การทำงานที่ดี อุปกรณ์ที่ถูกเพิ่มเข้ามามากขึ้น ก็จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 2.18 สถาปัตยกรรมของระบบควบคุมฟิลด์บัส



รูปที่ 2.19 แสดง Loop Control ของอุปกรณ์ฟิลด์บัส