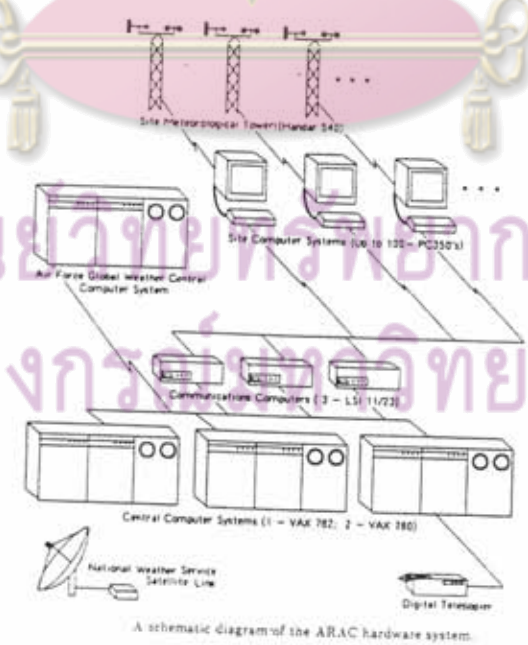
บทที่ 2

การเฝ้าระวังอุบัติภัยทางรังสี

2.1 หลักการตรวจวัดสำหรับเฝ้าระวังทางรังสี

จากการศึกษาข้อมูลของศูนย์ควบคุมสภาพอากาศของสหรัฐอเมริกาที่ Lawrence Liver More National Laboratory ในโครงการ Atmospheric Release Advisory Capability "ARAC" ซึ่งสนับสนุนโดย DOE (Department of Energy) อันเป็นระบบเครือข่ายการตรวจวัดสภาพอากาศ ซึ่งรับข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยา สถานีตรวจวัดสภาพบรรยากาศ รวมทั้งสถานีตรวจวัดรังสี ผ่านระบบสื่อสาร ทางโทรศัพท์ ทางระบบอินเตอร์เนท (INTERNET) และระบบสื่อสารดาวเทียม ทั่วบริเวณภาคพื้นอเมริกาและยุโรปเข้าสู่ระบบประมวลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ในลักษณะของโมเดลการแพร่กระจาย 3 มิติ (3-Dimensional Atmospheric Dispersion Model) เพื่อประเมินสภาวะมลพิษในบรรยากาศ รวมทั้งการแพร่กระจายของกัมมันตภาพรังสี ดังแสดงแผนภาพของระบบในรูปที่ 2.1 สถานีควบคุมสภาพอากาศนี้มีบทบาทในการประเมินอุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เชอร์โนบิล (Chernobyl) ประเทศรัสเซีย จากการรับข้อมูลปริมาณรังสีผ่านทางระบบเครือข่าย ประกอบกับข้อมูลสภาวะอุตุนิยมวิทยาในขณะเกิดอุบัติเหตุได้อย่างแม่นยำ (1)

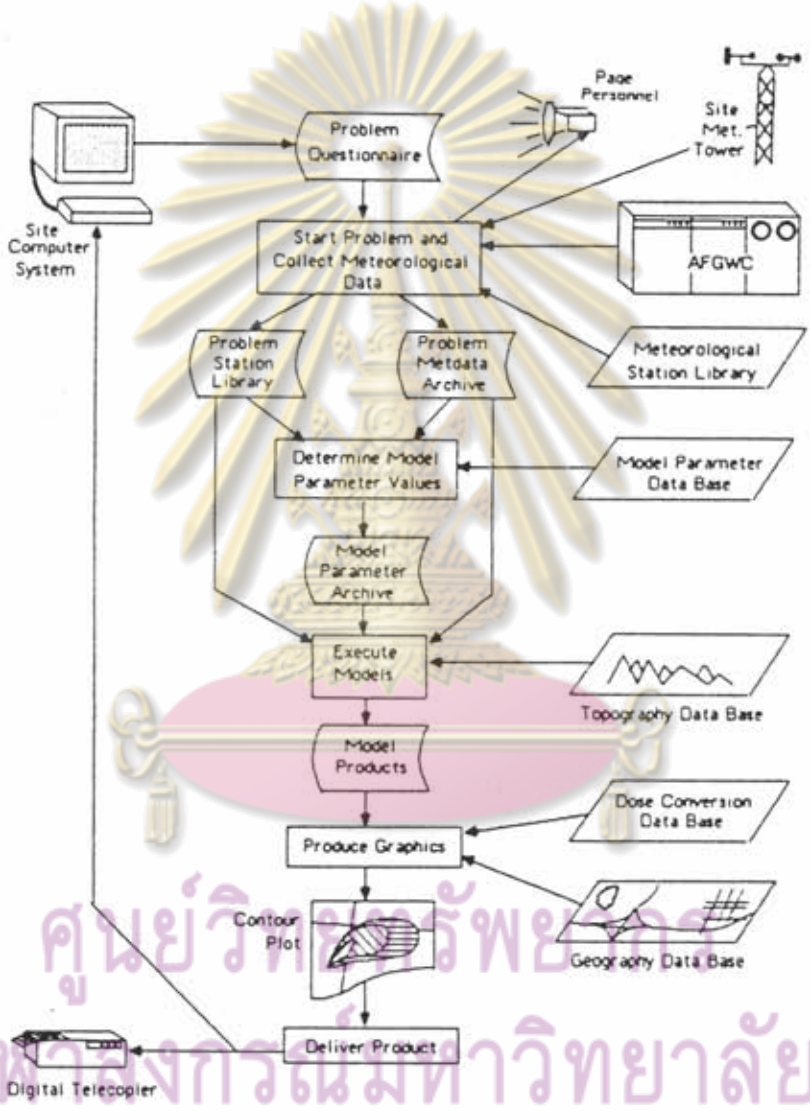


รูปที่ 2.1 แผนภาพของระบบเครือข่ายศูนย์ควบคุมสภาพอากาศ ARAC

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในรูปที่ 2 แสดงกระบวนการประเมินสภาวะอากาศเมื่อเกิดการแพร่กระจายมลพิษรวมทั้งกัมมันตภาพรังสีจากระบบประมวลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ DEC-based VAX Cluster ซึ่งประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ VAX 11/782 (8 Mb), VAX 11/780 (16 Mb) และ VAX 11/780 4 Mb) และรายงานผลไปยังศูนย์รับข้อมูลเครือข่ายทางเครื่องโทรสาร และเรียกเจ้าหน้าที่ควบคุมสถานการณ์ในกรณีที่เกิดภาวะฉุกเฉินโดยอัตโนมัติทางเครื่องเรียกประจำบุคคล (Pager)

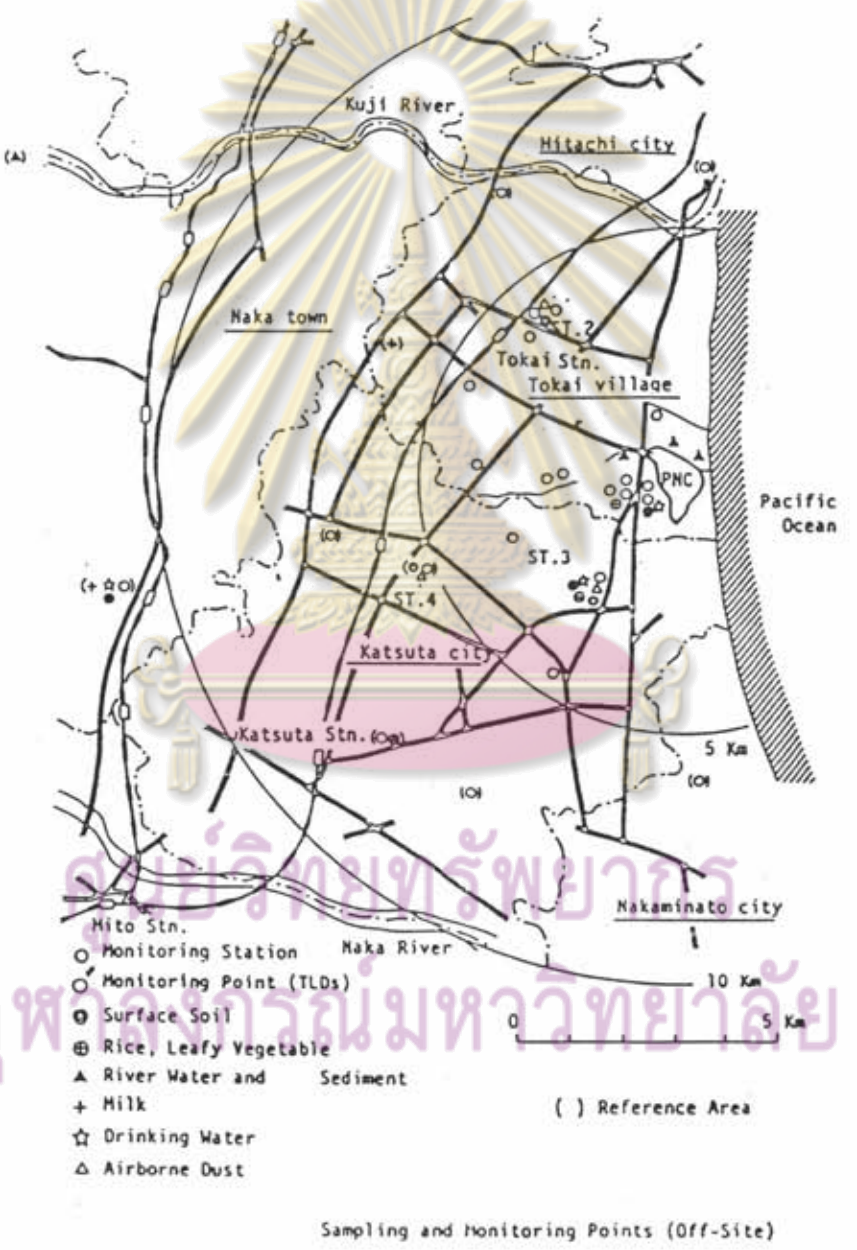


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.2 แผนผังการประเมินสภาวะอากาศของศูนย์ ARAC

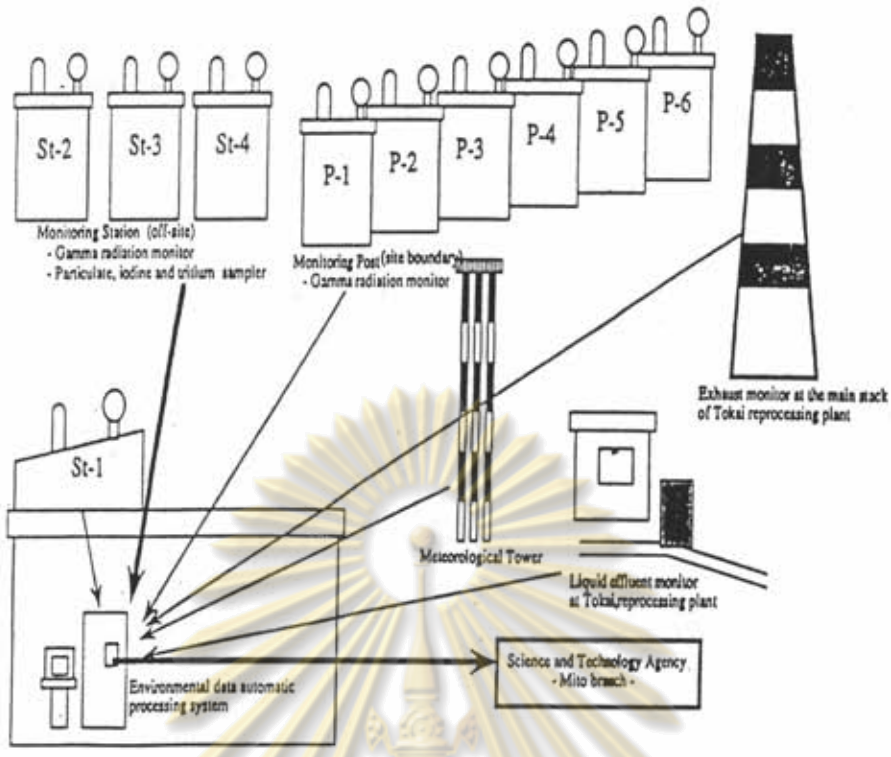
ในประเทศญี่ปุ่นนั้น พื้นที่ซึ่งทางรัฐบาลจัดไว้สำหรับการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ที่เมืองโตไก (Tokai) จะต้องมีแผนกเฉพาะกิจที่ทำหน้าที่ควบคุมและป้องกันผลกระทบของรังสีต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Section) ซึ่งขึ้นอยู่กับกองสุขภาพ

และความปลอดภัยทางรังสี (Health and Safety Division) มีการวางสถานีเครือข่าย รวมทั้ง สุ่มเก็บตัวอย่างพืชผักและสิ่งของปัจจัยในชีวิตประจำวันของประชากรในรัศมีควบคุมมาทำการตรวจวัดและประเมินระดับรังสีตามจุดต่าง ๆ ดังแผนที่ในรูปที่ 2.3 และสถานีเครือข่ายสำหรับตรวจวัดปริมาณรังสีที่จัดไว้จะรายงานผลข้อมูลวัดเข้าศูนย์ประมวลข้อมูลอัตโนมัติ (Environmental Data Automatic Processing System) ดังแผนภาพในรูปที่ 2.4 โดยแต่ละสถานีวัดจะติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัดชนิดของรังสีและสารรังสีที่แตกต่างกันไปดังตารางที่ 2.1 และหน่วยงานด้านความปลอดภัยจะต้องรายงานระดับรังสีที่ประเมินได้เป็นประจำทุก 3 เดือน หรือ 1 ปี



รูปที่ 2.3 แผนที่แสดงตำแหน่งของสถานีตรวจวัดและตำแหน่งเก็บตัวอย่างตรวจวัดภายนอกของบริเวณ PNC

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Tokai Environmental Data Automatic Processing System.

รูปที่ 2.4 แผนภาพของระบบเฝ้าระวังทางรังสีแบบเครือข่ายที่ PNC (Tokai) ต่อคณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางนิวเคลียร์ (Nuclear Safety Commission) และเผยแพร่ต่อสาธารณชน (2)

ตารางที่ 2.1 แสดงการตรวจวัดของสถานีต่าง ๆ ที่ติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์เฉพาะของ PNC

Routine Environmental Monitoring Program in the Terrestrial Environment Around Tokai Reprocessing Plant

Sample	Sampling		Measurement	
	Location	Frequency	Nuclide	Frequency
Exposure dose rate	in-site : 7 off-site : 3	continuously	Gamma ray	continuously
Cumulative Exposure dose	in-site : 15 off-site : 25	continuously for three months	Gamma ray	quaterly
Airborne Particulates	in-site : 3	continuously for a week	Gross alpha Gross beta Sr-90 Cs-137 Pu-239,240	weekly weekly quaterly as composite sample quaterly as composite sample quaterly as composite sample

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

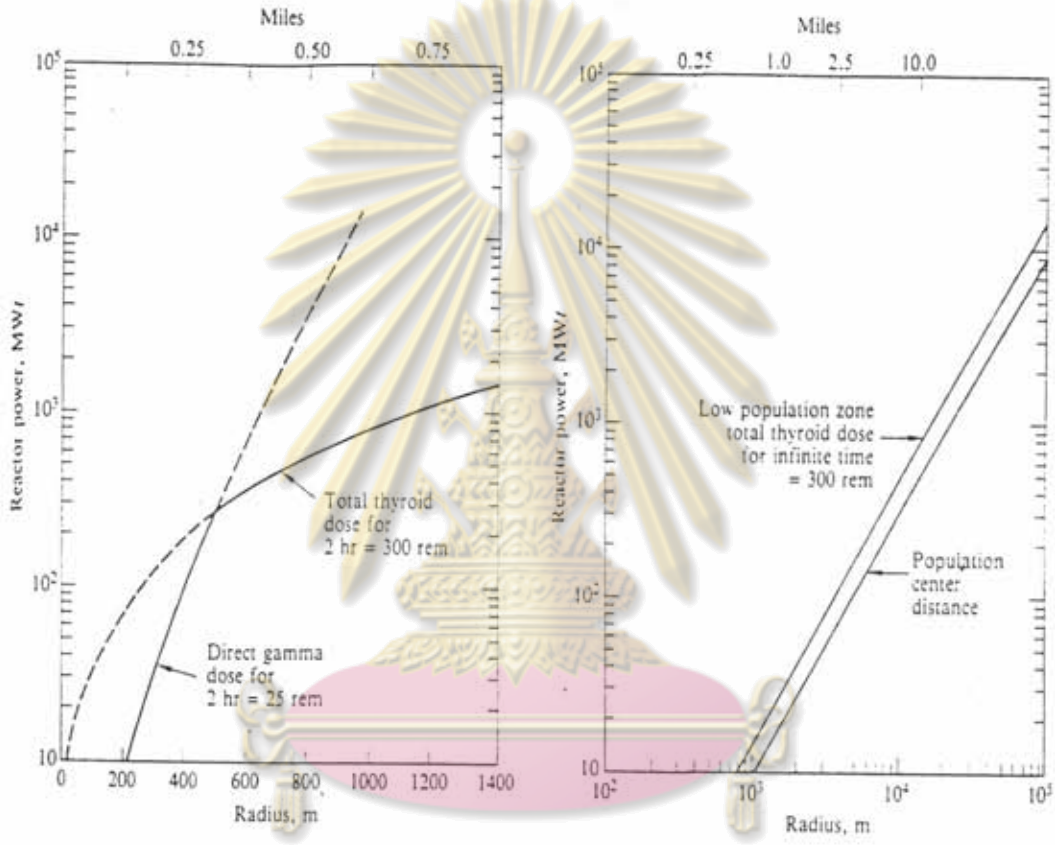
Sample	Sampling		Measurement	
	Location	Frequency	Nuclide	Frequency
Airborne iodine	in-site : 1 off-site : 3	continuously for a week	I-131	weekly
Rare gas	in-site : 1 off-site : 3	continuously	Kr-85	continuously
Rain water	in-site : 1	continuously for a month	H-3	monthly
Fallout	in-site : 1 off-site : 3	continuously for a month	Gross beta	monthly
Drinking water	in-site : 1 off-site : 3	quaterly	Gross beta H-3	quaterly quaterly
Leafy vegetables	off-site : 3	quaterly	I-131 Sr-90 Cs-137 Pu-239,240	quaterly annually annually annually
Polished rice	off-site : 3	quarterly	Sr-90	annually
Milk	off-site : 3	quarterlySr-90	I-131 Sr-90	quarterly annually
Surface soil	in-site : 2 off-site : 3	annually	Sr-90 Cs-137 Pu-239,240	annually annually annually
River bed	Shin-kawa : 3 Kuji-gawa : 1	semiannually	Gross beta H-3	semi-annually semi-annually
sediment	Shin-kawa : 3 Kuji-gawa : 1	semiannually	Gross beta	semi-annually

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในประเทศสหรัฐอเมริกาบริเวณที่เป็นที่ตั้งของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ก็จำเป็นต้องมีการติดตั้งสถานีตรวจวัดระดับรังสีอันเป็นไปตามข้อบังคับของ NRC (Nuclear Regulatory Commission) ในการเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ซึ่งจะต้องมีการรายงานผลของระดับรังสีในสิ่งแวดล้อมบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง (Off-site Radiological Environmental Monitoring Reports) ทุก 6 เดือน หรือ 3 เดือน ต่อคณะกรรมการควบคุมการเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ โดยมีการแบ่งพื้นที่ควบคุมออกเป็น 2 โซน ตามกฎข้อบังคับที่ (10C FR 100.3) ดังนี้ (3)

ก. โซนเอ็กคลูชัน (Exclusion Zone) เป็นพื้นที่โดยรอบสถานที่ตั้งเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ซึ่งไม่อนุญาตให้มีผู้อยู่อาศัยถาวร รัศมีของพื้นที่โดยรอบพิจารณาจากเส้นกราฟในรูปที่ 2.5ก ขึ้นอยู่กับขนาดกำลังของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์และผลการคำนวณปริมาณรังสีจากไอโซโทปรังสีของไอโอดีน (I131-213) ที่ตรวจพบในต่อมไทรอยด์ (Total Thyroid Dose)

ข. โซนที่ให้มีประชากรอยู่น้อย (Low Population Zone, LPZ) เป็นพื้นที่รอบนอกของโซนเอ็กคูลชัน โดยรัศมีของพื้นที่โดยรอบพิจารณาได้จากเส้นกราฟในรูปที่ 2.5ข



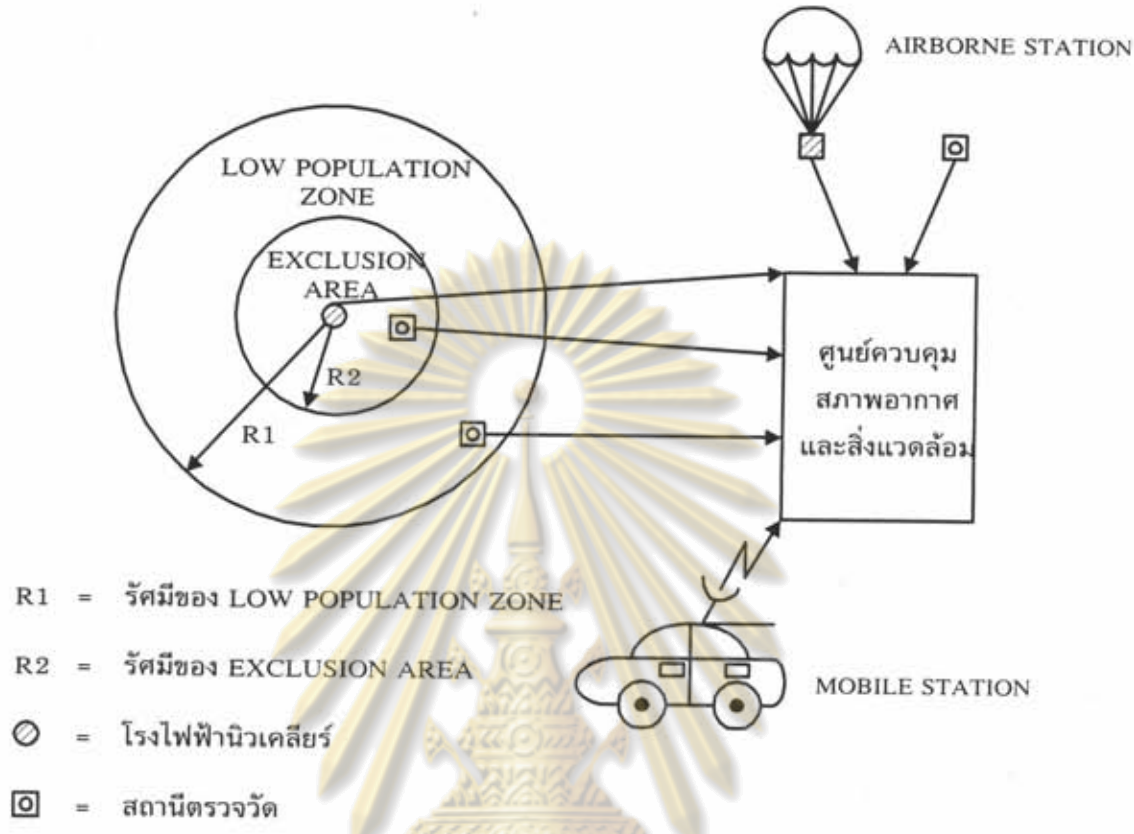
ก. Exclusion area radius determination. (From J. J. Dinunno, et al., USAEC report TID-44844, 1962.)

ข. Population zone determination. (From J. J. DiNunno, et al., USAEC report TID-14844, 1962.)

รูปที่ 2.5 เส้นกราฟการหารัศมีของพื้นที่ควบคุม

การตรวจวัดระดับรังสีในบริเวณที่มีการเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ อาจจะมีการส่งข้อมูลเข้าศูนย์ควบคุมสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมร่วมกับการตรวจวัดรังสีตามภูมิภาคต่าง ๆ และการสำรวจปริมาณรังสีแบบเคลื่อนที่ (Mobile) ทั้งภาคพื้นดินและบนอากาศ ซึ่งในลักษณะนี้มักจะใช้การสื่อสารด้วยระบบวิทยุ ดังแผนภาพในรูปที่ 2.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

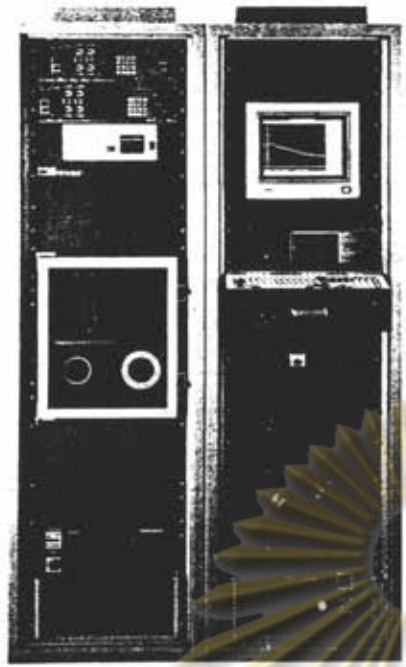


รูปที่ 2.6 แสดงสถานีตรวจสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อม

2.2 เครื่องมือตรวจวัดเพื่อเฝ้าระวังทางรังสี

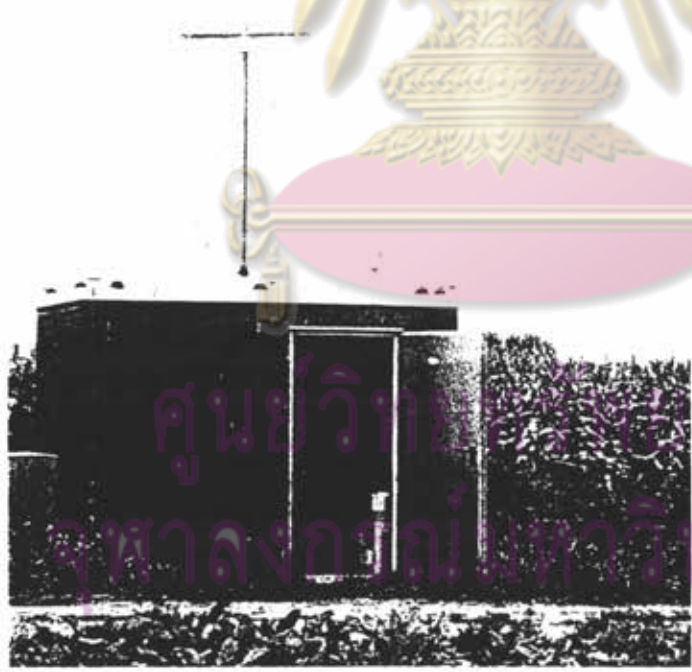
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องมือตรวจวัดที่ติดตั้งตามสถานีตรวจวัดปริมาณรังสี จะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ในการตรวจวัด ซึ่งอาจจะต้องการวัดปริมาณรังสีแกมมาในบรรยากาศ ปริมาณรังสีในน้ำ ปริมาณรังสีจากปล่องควัน และปริมาณรังสีบริเวณใกล้พื้นที่ตั้งของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เป็นต้น เครื่องวัดแต่ละประเภทจะเลือกใช้หัววัดรังสีชนิดต่าง ๆ เช่น หัววัดไกเกอร์แบบวัดฟลักซ์สูงและฟลักซ์ต่ำ หัววัดโซเดียมไอโอไดด์ หัววัดไอออไนเซชันแชมเบอร์ ในงานวัดรังสีรวม และใช้หัววัดรังสีกึ่งตัวนำชนิด HPGe ในการวัดไอโซโทปรังสี โดยสามารถแบ่งชนิดของเครื่องมือตรวจวัดรังสีในสิ่งแวดล้อมนี้เป็นกลุ่มใหญ่ได้ 2 กลุ่ม คือ



ก. Nuclide specific monitor

ข. Outdoor doserate monitor



ค. Indoor Doserate Monitor

รูปที่ 2.7 แสดงเครื่องตรวจวัดปริมาณรังสีแบบต่าง ๆ (4)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. Nuclide Specific Monitor เป็นระบบตรวจวัดรังสีซึ่งออกแบบให้วัดรังสีอัลฟา เบตา และแกมมา และสามารถวิเคราะห์ชนิดของไอโซโทปและปริมาณรังสี โดยวัดทั้งปริมาณรังสีจากสิ่งแวดล้อม และการสูบอากาศผ่านเส้นเทปกระดาษกรองแบบต่อเนื่อง บางเครื่องอาจออกแบบให้วัดไอโซโทปเฉพาะของไอโอดีน และซีเซียม-137 ซึ่งจะพบในการรั่วไหลของรังสีจากแท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ หรือออกแบบให้วัดเฉพาะทริเตรียมในบริเวณปฏิบัติการด้านเครื่อง เร่งอนุภาค หรือเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูแบบฟิวชัน เป็นต้น มีลักษณะเครื่องดังในรูปที่ 2.7ก.ซึ่งอาจจะติดตั้งอยู่กับสถานีภาคพื้นดิน หรือแบบเคลื่อนที่ก็ได้

ข. Doserate Monitor เป็นระบบตรวจวัดรังสีซึ่งออกแบบให้วัดปริมาณรังสีรวมในสภาพแวดล้อม โดยสามารถเลือกชนิดของหัววัดตามความไวในการวัดรังสีได้ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.2 มีการออกแบบเครื่องวัดให้สามารถติดตั้งภายนอกอาคารได้ดังรูปที่ 2.7ข. หรือออกแบบให้สามารถวัดปริมาณรังสีรวมในช่วงพลังงานต่าง ๆ โดยเป็นเครื่องที่ติดตั้งภายในอาคาร (Indoor) ดังแสดงในรูปที่ 2.7ค.

ตารางที่ 2.2 แสดงความไวของหัววัดรังสีชนิดต่าง ๆ (4)

Detectors	Ionization chambers		
Detector type	LB 6701	LB 6701	LB 6701
Doserate range	10^{-5} to 10^{1} Svh^{-1}	10^{-4} to 10^{2} Svh^{-1}	10^{-3} to 10^{3} Svh^{-1}
Energy range	45 keV to 3 MeV		

Detectors	Proportional counter probes		GM probes	
Detector type	LB 6123	LB 6121	LB 6500-4	LB 6500-3
Doserate range	10^{-2} to 10^{2} $uSvh^{-1}$	10^{-5} to 10^{0} Svh^{-1}	10^{-5} to 10^{0} $uSvh^{-1}$	10^{-5} to 10^{0} Svh^{-1}
Energy range	20 keV to 2 MeV	50 KeV to 2 MeV	55 keV to 2 MeV	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 ทฤษฎีการติดต่อสื่อสาร

2.3.1 การสื่อสารสัญญาณข้อมูล

สัญญาณข้อมูล (Data Signal) หมายถึง ข่าวสารในรูปของสัญญาณจากผู้ส่งต้นทาง ซึ่งต้องการส่งให้ผู้รับปลายทางได้รับทราบ การส่งข้อมูลระยะไกลจำเป็นต้องมีสื่อหรือตัวกลางที่ทำหน้าที่เป็นพาหะ (Carrier) ในการรับฝากข้อมูลไปยังปลายทาง ด้วยการผสมสัญญาณข้อมูลกับตัวกลางเรียกว่า การฝากสัญญาณ (Modulation) สื่อกลางของพาหะนำสัญญาณข้อมูล ได้แก่ คลื่นวิทยุ คลื่นแสง ไฟฟ้า เป็นต้น การส่งสัญญาณข้อมูลสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

ก. การส่งกระจายข้อมูลรอบทิศทาง (Broadcasting) การส่งประเภทนี้กำหนดทิศทางไม่ได้ ไม่เจาะจงผู้รับ ได้แก่ การกระจายคลื่นออกอากาศ

ข. การส่งแบบเจาะจงผู้รับ (Linking) การส่งประเภทนี้เป็นการส่งข่าวสารที่กำหนดทิศทางได้ เช่น การส่งสัญญาณทางระบบโทรศัพท์ด้วยสายเคเบิล หรือเส้นใยนำแสง (Optical Fiber) การส่งด้วยคลื่นแสงอินฟาเรด การเชื่อมโยงสัญญาณด้วยระบบไมโครเวฟ และการสื่อสารดาวเทียม

ทางด้านผู้รับสัญญาณจะรับคลื่นพาห์ที่ผสมสัญญาณแล้วนำมาแยกเอาสัญญาณข้อมูลออกเรียกว่า “การแยกสัญญาณข้อมูล (Demodulation)” ดังแสดงในแผนภาพรูปที่ 2.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

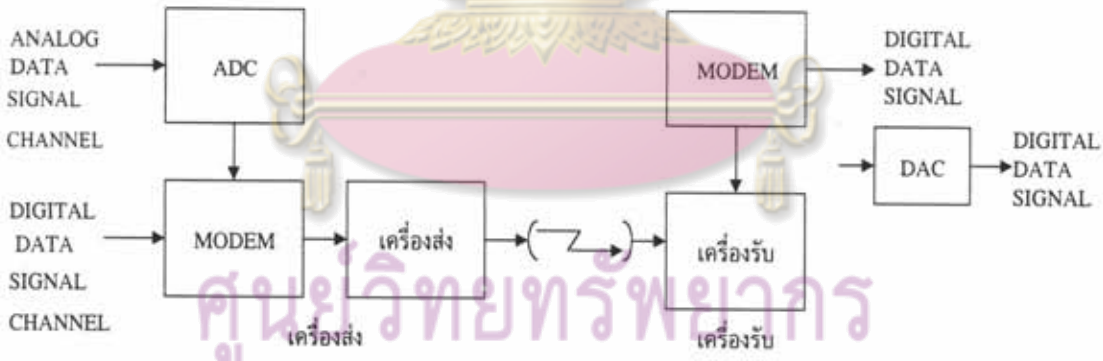
รูปที่ 2.8 แผนภาพการสื่อสารข้อมูลเบื้องต้น

สัญญาณข้อมูลในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ สัญญาณอนาลอก (Analog) และสัญญาณเชิงตัวเลข (Digital) สัญญาณทั้ง 2 มีความแตกต่างกันดังนี้

ก. สัญญาณอนาลอก เป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นจากการวัดสภาพตามธรรมชาติ มีข้อมูลสัญญาณในเชิงขนาดสัญญาณ (Amplitude) การแสดงปริมาณอยู่ในระบบเลขฐานสิบ (Decimal number) เช่น การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่วัดได้ในรูปของปริมาณศักดาไฟฟ้า หรือกระแสไฟฟ้า

ข. สัญญาณเชิงตัวเลข เป็นสัญญาณโดด (Discrete) ที่มีขนาดสัญญาณคงที่และมีข้อมูลสัญญาณเป็นองค์ประกอบของสัญญาณลอจิก (Logic) ในช่วงเวลาเฉพาะ การแสดงปริมาณอยู่ในระบบเลขฐานสอง (Binary number)

เนื่องจากข้อได้เปรียบในการส่งสัญญาณได้ในระยะไกลและการเก็บข้อมูลในระบบหน่วยความจำของกระบวนการสัญญาณเชิงตัวเลข กล่าวคือ การส่งสัญญาณระยะไกลแม้จะมีการสูญเสียขนาดของสัญญาณลงไปบ้างก็ยังคงปริมาณของข้อมูลนั้น และการประมวลข้อมูลทำได้สะดวกรวดเร็ว เป็นต้น จึงทำให้กระบวนการส่งและรับสัญญาณข้อมูลในปัจจุบันนิยมใช้การสื่อสารในระบบเชิงตัวเลข ซึ่งจำเป็นต้องมีการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข (Analog to Digital Conversion, ADC) และการแปลงสัญญาณเชิงตัวเลขเป็นสัญญาณอนาลอก (Digital to Analog Conversion, DAC) ดังนั้น ในกระบวนการเชื่อมโยงสัญญาณ (Interfacing) ของระบบการรับส่งข้อมูลสัญญาณ จึงต้องปรับวิธีการฝากสัญญาณเชิงตัวเลขที่แปลงได้ให้เหมาะกับกระบวนการส่งและรับสัญญาณด้วยอุปกรณ์การฝากสัญญาณและแยกสัญญาณเชิงความถี่ (Modulation and Demodulation, MODEM) ดังแสดงในแผนภาพรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แผนภาพการจัดการสัญญาณระบบเชิงตัวเลขด้านเครื่องรับและส่ง

ในระบบการส่งจึงมักมีการจัดช่องสัญญาณ (Channel) ไว้รองรับการฝากสัญญาณข้อมูลเฉพาะ กล่าวคือ สัญญาณอนาลอกจะผ่านวงจรแปลงข้อมูล (ADC) ก่อน ส่วนช่องสัญญาณเชิงตัวเลขจะผสมสัญญาณเข้าโมเด็ม (MODEM) โดยตรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

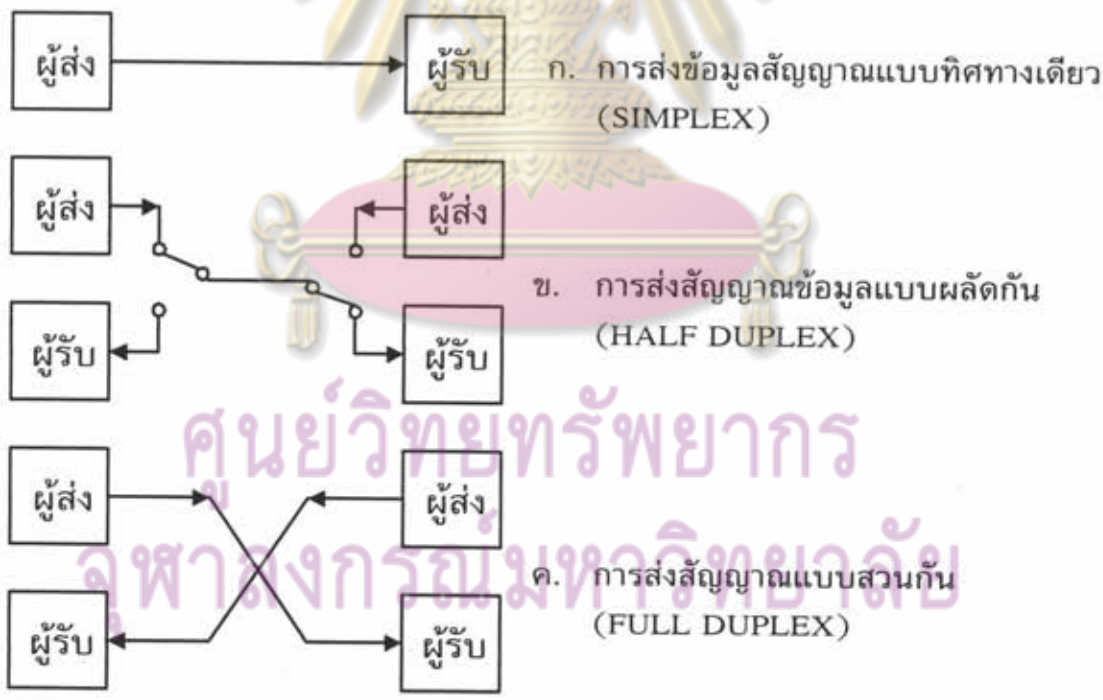
2.3.2 รูปแบบของการรับส่งข้อมูลสัญญาณ

การสื่อสารสัญญาณข้อมูลสามารถจัดรูปแบบการรับส่งข้อมูลให้เหมาะกับงานแต่ละงานได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

ก. การส่งสัญญาณข้อมูลแบบทิศทางเดียว (One way หรือ Simplex) เป็นการส่งข้อมูลทิศทางเดียว จากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ ไม่มีการโต้ตอบข้อมูลหรือคำสั่งใด ๆ เช่น การกระจายเสียงของสถานีวิทยุ และการแพร่ภาพทางโทรทัศน์ เป็นต้น

ข. การส่งสัญญาณข้อมูลแบบผลัดกันส่ง (Half Duplex) เป็นการสื่อสารในสองทิศทางโดยใช้ช่องส่งรับร่วมกันแต่สลับกันส่ง ทำการส่งและรับในเวลาเดียวกันไม่ได้ เช่น การสื่อสารในวิทยุวอล์กกี-ทอล์กกี (Walky-Talky) การใช้งานต้องสลับสวิตช์ของระบบส่งและรับเข้าสู่ช่องส่งสัญญาณร่วมกัน อาจจะเป็นสายร่วมกันหรือช่องความถี่ร่วมกัน

ค. การส่งสัญญาณแบบสวนทางกัน (Full Duplex) เป็นการสื่อสารสองทิศทางระหว่างคู่สนทนาได้ในเวลาเดียวกัน โดยไม่ต้องสลับสวิตช์ระบบรับส่งสัญญาณ เช่น การสื่อสารทางโทรศัพท์ตามบ้านและโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น



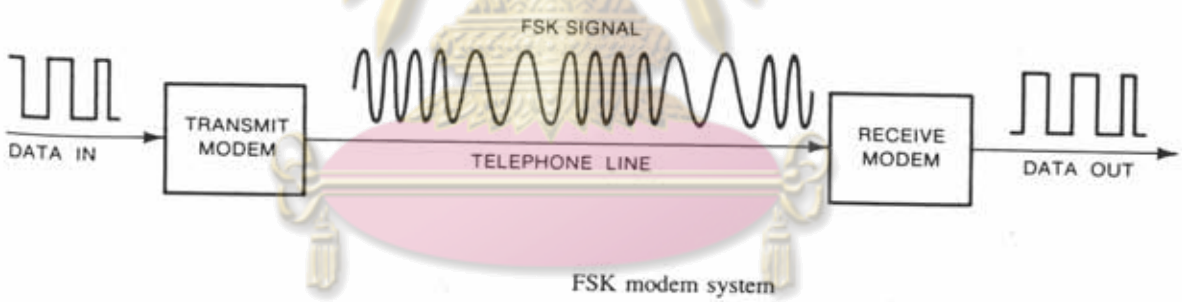
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.10 แผนภาพรูปแบบการส่งสัญญาณข้อมูลแบบต่าง ๆ

2.3.3 การสื่อสารสัญญาณข้อมูลผ่านชุมสายโทรศัพท์

การสื่อสารผ่านชุมสายโทรศัพท์ เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้จัดการส่งรับข้อมูลในระบบเครือข่าย (Data Communication Network) เนื่องจากมีการเชื่อมโยงระหว่างชุมสายในภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศ ด้วยการวางสายเคเบิลสัญญาณและเคเบิลใยแก้วนำแสง รวมทั้งการเชื่อมโยงสัญญาณด้วยสถานีทวนสัญญาณซึ่งอาจใช้ย่านความถี่ UHF หรือไมโครเวฟ ผู้รับส่งสัญญาณสามารถสื่อสารข้อมูลผ่านชุมสายเดียวกัน หรือต่างชุมสายได้ โดยการจัดระบบสวิตช์ที่ชุมสายเฉพาะเลขหมายโทรศัพท์ให้ต่อเชื่อมกันตลอดเวลา เรียกว่า "ระบบ On Line" หรือเป็นแบบเรียกเลขหมายประจำผู้รับส่งเมื่อต้องการสื่อสารข้อมูลเฉพาะช่วงเวลาก็ได้

ในระบบสื่อสารทางโทรศัพท์จะออกแบบไว้สำหรับงานสื่อสารย่านความถี่เสียงจึงมีย่านตอบสนองคลื่นสัญญาณ (Bandwidth) ในช่วง 0.3 ถึง 3.4 kH_z (5) เท่านั้น การนำสัญญาณข้อมูลระบบเชิงตัวเลขฝากสัญญาณไฟฟ้าในชุมสายโทรศัพท์ จะต้องผสมสัญญาณในเชิงความถี่ผ่านโมเด็ม เปลี่ยนเป็นสัญญาณในลักษณะ "Frequency Shift Keying (FSK)" จึงจะส่งสัญญาณความถี่ผ่านชุมสายได้ โดยที่ต้นทางโมเด็มด้านส่งจะจัดการสัญญาณเชิงตัวเลขที่มีระดับ "1" และ "0" ให้มีความถี่ต่างกันในรูปสัญญาณ FSK และที่ปลายทางนั้นโมเด็มด้านรับจะแปลงสัญญาณ FSK มาเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขตามเดิม ดังแสดงในแผนภาพรูปที่ 2.11



FSK modem system

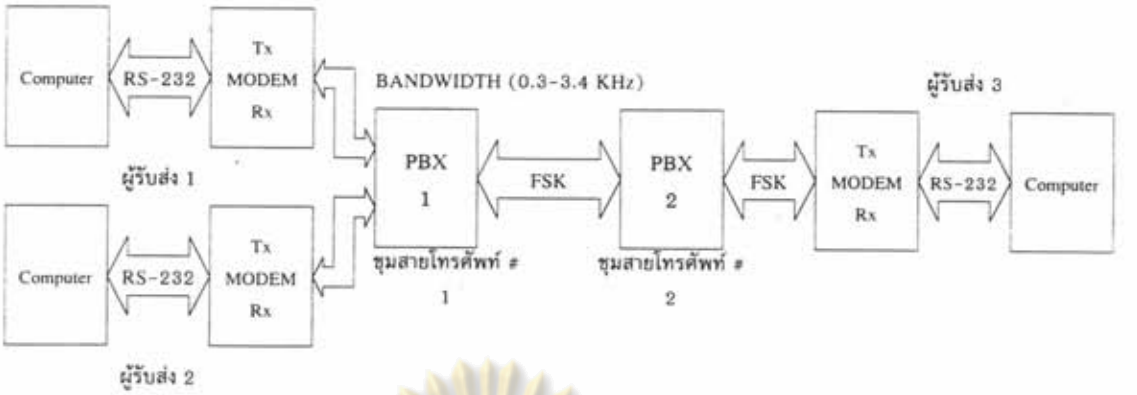
รูปที่ 2.11 แผนภาพการทำงานของโมเด็ม

สำหรับการสื่อสารระบบเครือข่ายการส่งและรับข้อมูลในระบบที่ทันสมัยจะจัดการผ่านไมโครคอมพิวเตอร์ ทั้งการเรียกหมายเลขอัตโนมัติ ส่งและรับข้อมูลผ่านโมเด็มในรูปแบบการส่งแบบสวนทางกัน (Full Duplex) ในมาตรฐานการส่งข้อมูลแบบ RS-232

2.3.4 การสื่อสารสัญญาณข้อมูลด้วยระบบวิทยุเชื่อมโยง

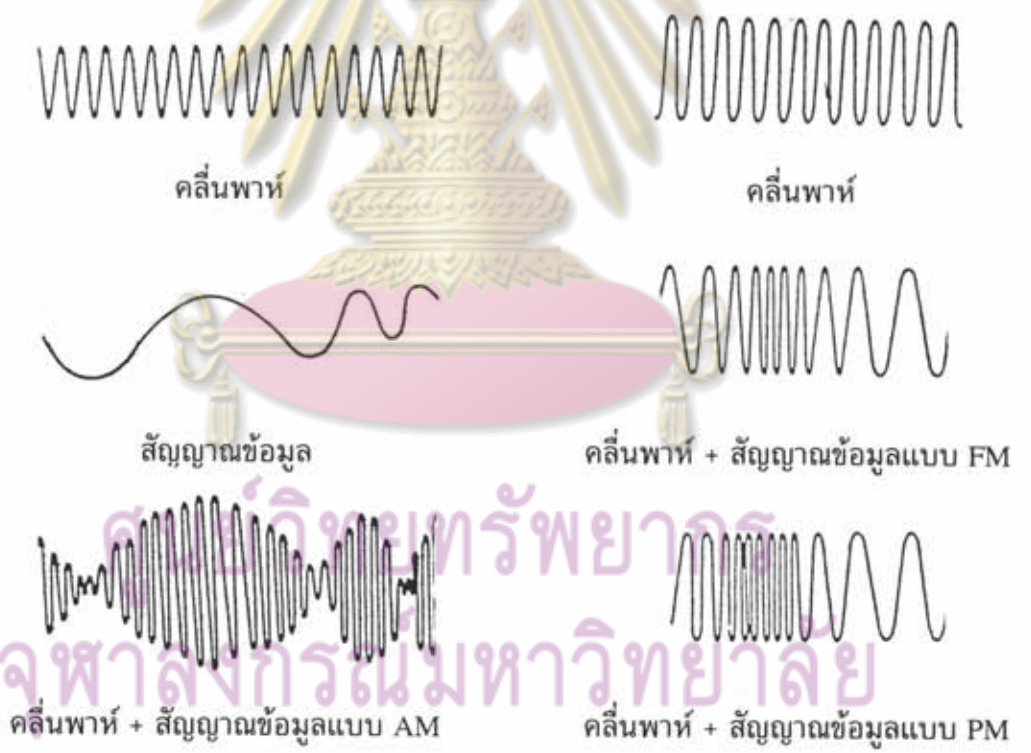
การสื่อสารทางวิทยุ เป็นวิธีการรับส่งข้อมูลแบบระบบเครือข่ายอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงมาก อาศัยคลื่นวิทยุเป็นพาหะในการนำสัญญาณข้อมูลออกอากาศไปยังจุดหมายปลายทาง การฝากสัญญาณไปกับคลื่นพาห์ (Carrier Wave) กระทำได้ 3 วิธีหลัก ได้แก่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.12 แผนภาพการสื่อสารสัญญาณข้อมูลผ่านชุมสายโทรศัพท์

ก. การฝากสัญญาณทางแอมปลิจูด (Amplitude Modulation, AM) เป็นวิธีฝากสัญญาณข้อมูลเข้ากับคลื่นพาห์ แล้วมีผลให้แอมปลิจูดของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับรูปคลื่นของสัญญาณข้อมูล ดังแสดงรูปคลื่นด้านผู้ส่งในรูปที่ 2.13.ก. ทางด้านรับจะต้องจัดการแยกสัญญาณทางแอมปลิจูด (AM Demodulation) ด้วย



ก. การฝากสัญญาณทางแอมปลิจูด ข. การฝากสัญญาณทางความถี่และเฟส

รูปที่ 2.13 รูปสัญญาณของคลื่นพาห์ของการฝากสัญญาณแบบต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. การฝากสัญญาณทางความถี่ (Frequency Modulation, FM) เป็นวิธีการฝากสัญญาณข้อมูลเข้ากับคลื่นพาห์ แล้วมีผลให้ความถี่ของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับรูปคลื่นของสัญญาณข้อมูล ดังแสดงรูปคลื่นด้านผู้ส่งในรูปที่ 2.13ข. ทางด้านรับจะต้องจัดการแยกสัญญาณทางความถี่ (FM Demodulation) ด้วย

ค. การฝากสัญญาณทางเฟส (Phase Modulation, PM) เป็นวิธีการฝากสัญญาณข้อมูลเข้ากับคลื่นพาห์ แล้วมีผลให้เฟสของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับรูปคลื่นของสัญญาณข้อมูล ดังแสดงรูปคลื่นด้านผู้ส่งในรูปที่ 2.13ข. ทางด้านรับจะต้องจัดการแยกสัญญาณทางเฟส (PM Demodulation) ด้วย

การจะใช้วิธีการฝากความถี่ใดนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการคุณภาพของการส่งและระบบของเครื่องส่งนั้น ๆ

ย่านความถี่ของคลื่นพาห์ที่ใช้ในการสื่อสารจะมีคณะกรรมการนานาชาติ ได้แก่ FCC (Federal Communication Commission) และ ITU (International Telecommunication) ควบคุมการแบ่งย่านความถี่ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ดังตารางที่ 2.2 และแต่ละประเทศจะมีองค์กรบริหารการใช้ความถี่ของหน่วยงานและสถานีวิทยุกระจายเสียงต่าง ๆ ให้เป็นไปตามมาตรฐานนานาชาตินี้

ตารางที่ 2.3 การแบ่งย่านความถี่วิทยุสากล (6)

ลำดับของแบนด์	ย่านความถี่	ชื่อย่านความถี่	อักษรย่อ	ชื่อย่านความถี่ในระบบเมตริก
2	30-300 Hz	Extremely-low frequency	ELF	Megametric wave
3	300-3000 Hz	Voice frquency	VF	Megametric wave
4	3-30 KHz	Very-low frquency	VLF	Megametric wave
5	30-300 KHz	Low frquency	LF	Kilometric wave
6	300-3000 KHz	Medium frquency	MF	Hectrometric wave
7	3-30 MHz	High frquency	HF	Decametric wave
8	30-300 MHz	Very-high frequency	VHF	Metric wave
9	300-MHz	Ultra-high frequency	UHF	Decimetric wave
10	3-30 GHz	Super-high frequency	SHF	Centimetric wave
11	30-300 GHz	Extremely-high frequency	EHF	Millimetric wave
12	300-3000 GHz	-	-	Decimillimetric wave

การสื่อสารเชื่อมโยงทางวิทยุ สำหรับจัดเป็นระบบเครือข่ายเฉพาะกิจจะมีการจัดเป็น 2 รูปแบบใหญ่ ๆ ได้แก่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. ระบบสื่อสารเชื่อมโยงทางวิทยุแบบเฉพาะกลุ่ม เป็นระบบเครือข่ายเชื่อมโยงสัญญาณข้อมูลแต่ละสถานีในย่านความถี่ VHF หรือ UHF ซึ่งอาจจะเป็นการติดต่อระหว่างสถานีแม่ข่าย (Base Station) กับสถานีลูกข่ายหรือสถานีเคลื่อนที่ (Mobile) รัศมีในการติดต่อสื่อสารจะอยู่ในระดับสายตา (Line-of-sight, LOS) ขึ้นกับชนิดของเครื่องรับส่งวิทยุกำลังส่ง ดังตารางที่ 2.4 (6)

ตารางที่ 2.4 แนวทางการเลือกเครื่องรับส่งวิทยุและระยะทางติดต่อสื่อสาร

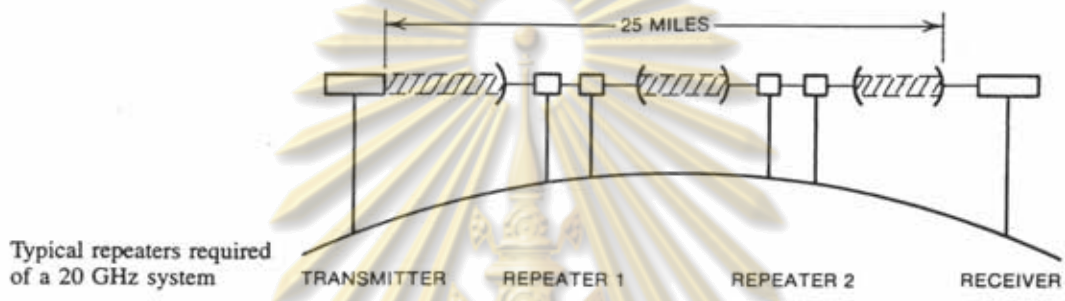
ระยะที่ติดต่อสื่อสาร ไมล์	กิโลเมตร	ชนิดของเครื่องรับส่งวิทยุ	ย่านความถี่และกำลังส่ง
1-2	1.6-3.2	มือถือกับมือถือ	VHF หรือ UHF 1 วัตต์
2-5	3.2-8	มือถือกับมือถือ	VHF 1-5 วัตต์
0-10	0-16	โมบายส์กับโมบายส์	VHF หรือ UHF 25 วัตต์
0-20	0-30	โมบายส์กับเบส	VHF หรือ UHF 25 วัตต์
0-30	0-48	โมบายส์กับเบส	VHF 50 วัตต์
0-35	0-56	โมบายส์กับโมบายส์	VHF 25 วัตต์ ผ่าน รีพีตเตอร์

เนื่องจากการสื่อสารในย่านความถี่ 132 ถึง 174 MHz และ 430 ถึง 470 MHz ได้กำหนด ให้ใช้ย่านตอบสนองความถี่หรือแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณไว้แคบเพียง 25 KHz จึงทำให้สามารถแบ่งช่องสัญญาณได้จำนวนมาก และนิยมส่งในระบบ FM แบบ NBFM (Narrow Band FM) ดังในรูปที่ 2.14 ซึ่งแสดงลักษณะของช่องสัญญาณแบบแบนด์วิดท์แคบ การส่งสัญญาณในรูปแบบนี้สถานี 1 สถานีจะส่งข้อมูลเฉพาะ 1 ช่องสัญญาณ

รูปที่ 2.14 แสดงแบนด์วิดท์ของระบบ FM ชนิด NBFM

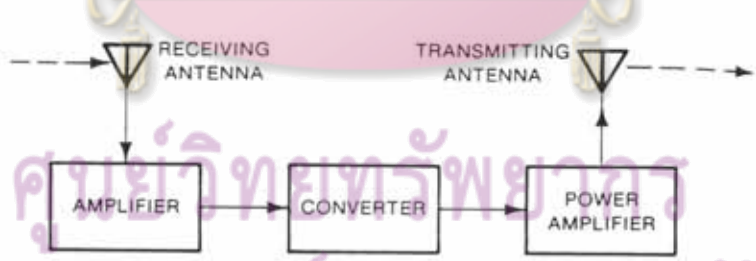
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. ระบบสื่อสารเชื่อมโยงทางวิทยุแบบเจาะจงผู้รับ เป็นระบบเครือข่ายเชื่อมโยงเฉพาะทิศทาง อาจจะใช้ความถี่เชื่อมโยง UHF ซึ่งใช้ความถี่ 1 GHz ขึ้นไป หรือความถี่ไมโครเวฟในย่าน 3 ถึง 30 GHz การส่งในย่านความถี่สูงนี้สามารถบรรจุช่องสัญญาณ หรือสถานีต่อช่องได้จำนวนมาก จึงเหมาะกับการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างสถานีแม่ข่ายของกลุ่ม ระยะทางติดต่อสื่อสารภาคพื้นดินจะอยู่ในระดับสายตาเช่นกัน ดังนั้นจึงต้องมีสถานีทวนสัญญาณเป็นระยะ ๆ ที่สัญญาณเริ่มอ่อนลง ดังแสดงในรูปที่ 2.15 และรูปที่ 2.16 การเชื่อมโยงแบบเจาะจงผู้รับทางวิทยุย่านความถี่ไมโครเวฟนี้ ยังใช้ในการติดต่อเชื่อมโยงสัญญาณดาวเทียมทั้งส่ง (Up Link) และรับ (Down Link) สัญญาณข้อมูลอีกด้วย



รูปที่ 2.15 ระยะห่างระหว่างสถานีทวนสัญญาณเมื่อใช้ความถี่ไมโครเวฟ 20 GHz

ย่านความถี่ที่กำหนดไว้สำหรับกลุ่มงานสื่อสารต่าง ๆ ที่ใช้ความถี่ย่านไมโครเวฟจะเป็นไปตามตารางที่ 2.5



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.16 แผนภาพระบบของสถานีทวนสัญญาณ

แม้ว่าการสื่อสารข้อมูลในระบบเครือข่ายด้วยคลื่นวิทยุจะลงทุนสูง เนื่องจากเป็นการสร้างเครือข่ายเฉพาะกิจ เมื่อเทียบกับการร่วมใช้ระบบเครือข่ายผ่านชุมสายโทรศัพท์กลาง แต่การสื่อสารข้อมูลในระบบเครือข่ายด้วยคลื่นวิทยุจะมีข้อดีกว่าวิธีอื่น ๆ ดังนี้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. มีความสะดวกในการใช้งานและอิสระในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของสถานีส่งและรับ ไม่ขึ้นกับระบบกลางของโทรศัพท์

2. ไม่มีปัญหาของการขัดข้องในระบบสายส่งจากอุบัติภัยธรรมชาติซึ่งต้องใช้เวลาแก้ไขนาน

3. สามารถติดตั้งสถานีรับส่งในบริเวณภูมิประเทศทุรกันดารที่โทรศัพท์ไปไม่ถึง

4. สามารถจัดเครือข่ายผสมผสาน ทำให้ส่งสัญญาณจากกลุ่มไปยังสถานีกลางได้ครั้งละหลายช่องสัญญาณ

ตารางที่ 2.5 ย่านความถี่ที่กำหนดในย่านไมโครเวฟ (7)

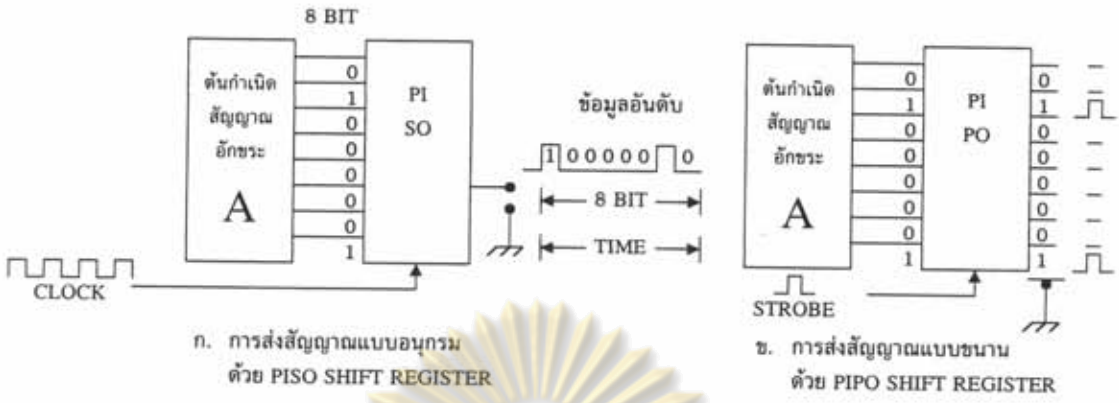
Service	Frequency (GHz)
Military	1.710–1.850
Operational Fixed	1.850–1.990
Studio Transmitter Link	1.990–2.110
Common Carrier	2.110–2.130
Operational Fixed	2.130–2.150
Common Carrier	2.160–2.180
Operational Fixed	2.180–2.200
Operational Fixed (TV)	2.500–2.690
Common Carrier and Satellite Downlink	3.700–4.200
Military	4.400–4.990
Military	5.250–5.350
Common Carrier and Satellite Uplink	5.925–6.425
Operational Fixed	6.575–6.875*
Studio Transmitter Link	6.875–7.125
Common Carrier and Satellite Downlink	7.250–7.750
Common Carrier and Satellite Uplink	7.900–8.400*
Common Carrier	10.7–11.7
Operational Fixed	12.2–12.7
CATV Studio Link	12.7–12.95
Studio Transmitter Link	12.95–13.2
Military	14.4–15.25
Common Carrier	17.7–19.3

*Frequencies assigned by international treaty.

2.3.5 การสื่อสารผ่านสายเคเบิล (Cable) เฉพาะกลุ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสื่อสารสัญญาณข้อมูลเชิงตัวเลขระหว่างเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์กับอุปกรณ์พ่วง (Pheripherals) ในระยะใกล้ รวมทั้งการสื่อสารในระบบคอมพิวเตอร์ภายในเครือข่ายบริเวณใกล้ ๆ (Local Area Network, LAN) จะใช้การส่งสัญญาณ (Data Transmission) ผ่านสายเคเบิล ทั้งในแบบสัญญาณข้อมูลอนุกรม (Serial Data) และสัญญาณของข้อมูลแบบขนาน (Parallel Data) เช่น การส่งรหัสแอสกี (ASCII) ของตัวอักขระ “A” ซึ่งแทนด้วยรหัสไบนารี “01000001” จำนวน 8 บิต สามารถส่งข้อมูลจากต้นกำเนิดสัญญาณอย่างง่าย ๆ ด้วยการเลื่อนข้อมูลบนวงจรรีจิสเตอร์ (Shift Register, SR) ใน 2 ลักษณะ ดังในรูปที่ 2.17ก. และ 2.17ข.



ก. การส่งสัญญาณแบบอนุกรม ด้วย PISO SHIFT REGISTER

ข. การส่งสัญญาณแบบขนาน ด้วย PIPO SHIFT REGISTER

รูปที่ 2.17 แสดงการส่งข้อมูลเบื้องต้น

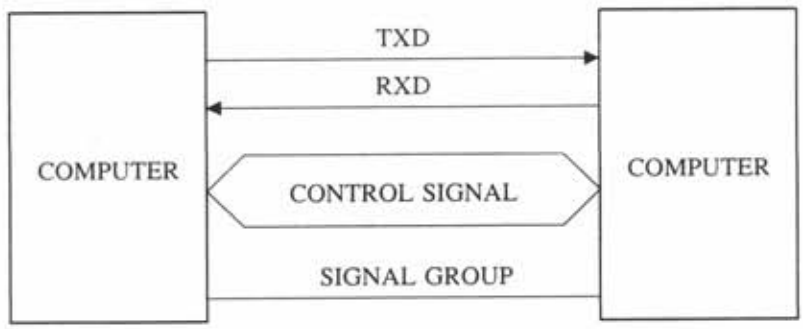
รูปที่ 2.17ก. เป็นการส่งข้อมูลจากแหล่งกำเนิดสัญญาณแบบอนุกรมผ่านริจิสเตอร์ชนิดข้อมูลทางเข้าขนานและข้อมูลทางออกอนุกรม (PISO) ข้อมูลทางออกไปยังปลายทางต้องการสายส่งสัญญาณเพียง 2 เส้น แต่จะใช้เวลาเป็น 8 เท่าของการส่งข้อมูล 1 บิต ในขณะที่การส่งข้อมูลแบบขนานในรูปที่ 2.17ข. ข้อมูลจากแหล่งกำเนิดแบบขนานผ่านรีจิสเตอร์ชนิดข้อมูลทางเข้าและออกแบบขนาน จะเห็นว่าข้อมูลทางออกไปยังปลายทางต้องการสายถึง 9 เส้น แต่ใช้เวลาส่งสัญญาณต่ออักขระเท่ากับการส่ง 1 บิต ของแบบอนุกรม การที่จะส่งข้อมูลแบบใดขึ้นอยู่กับการจัดระบบให้เหมาะสมกับงานนั้น ๆ

อย่างไรก็ตามเพื่อให้การส่งและรับสัญญาณข้อมูลในระบบต่าง ๆ มีมาตรฐานสากลเดียวกัน คณะกรรมการควบคุมมาตรฐานการส่งข้อมูลนานาชาติจึงได้มีการตกลงกำหนดมาตรฐานการส่งข้อมูลในแบบอันดับและแบบขนานไว้ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

มาตรฐานการส่งข้อมูลแบบอนุกรม กำเนิดขึ้นโดยสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ EIA (Electronic Industries Association) ในระยะแรกได้กำหนดมาตรฐานการส่งข้อมูลอันดับมาตรฐาน EIA (8) และต่อมาได้พัฒนาเป็นมาตรฐาน RS (Recommended Standard) ได้แก่ RS-449, RS-422 และ RS-232 ฯลฯ แต่ที่ใช้กันมาก คือ มาตรฐาน RS-232C การส่งข้อมูลแบบอนุกรมนี้สามารถส่งได้ในรูปแบบของการส่งข้อมูลสวนทางกัน (Full Duplex) ดังในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 การส่งข้อมูลแบบ RS-232 ในลักษณะ Full Duplex

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะมีความเร็วมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความเร็วของสัญญาณนาฬิกา (Clock) ในการเลื่อนข้อมูลที่ส่งออก หรือจำนวนบิตต่อวินาที โดยนิยามไว้ว่า อัตราบิตข้อมูล "Baud Rate" ซึ่งจะมีมาตรฐานจาก 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800 และ 9600 bps เป็นต้น ลักษณะการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมได้มีการกำหนดรูปแบบการรับส่งไว้ 2 แบบ คือ

1. การรับส่งข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous)
2. การรับส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

ก.1 การรับส่งข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส

เป็นการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์อื่น ๆ หรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน โดยผู้ใช้งานต้องการอัตราการส่ง (Baud Rate) สูง ต้องการความถูกต้องแม่นยำของข้อมูล จำเป็นต้องการตรวจสอบการเข้าจังหวะรับส่งและความผิดพลาดของข้อมูล ดังนั้นชุดสัญญาณบนสายส่งสัญญาณ (Bus) จึงประกอบด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. Signal Ground (GND) เป็นสายกราวนด์ของสัญญาณต้นทางและปลายทาง
2. Transmitted (Tx) เป็นสายส่งข้อมูลสัญญาณออก
3. Received (Rx) เป็นสายรับข้อมูลสัญญาณเข้า
4. Request to Send (RTS) เป็นสายส่งสถานะสัญญาณความต้องการส่งข้อมูลไปปลายทาง
5. Clear to Send (CTS) เป็นสายรับสถานะสัญญาณตอบรับข้อมูลจากปลายทาง

6. Data Terminal Ready (DTR) เป็นสายแสดงสถานะการรับข้อมูลปลายทางแต่ละชุดข้อมูล

7. Data Carrier Detection (DCD) เป็นสายแสดงสถานะการรับข้อมูลที่ส่งมาได้แล้ว เนื่องจากการสื่อสารข้อมูลอนุกรมด้วยวิธีนี้สิ้นเปลืองจำนวนหลายเส้น จึงไม่เหมาะสมกับการรับส่งสัญญาณระยะไกล

ก.2 การรับส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

การส่งข้อมูลเชิงตัวเลขในอัตราสูงโดยไม่ต้องการความแม่นยำสูง จะส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส โดยใช้สายสัญญาณข้อมูลเท่านั้น ไม่ต้องการชุดสายควบคุมข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส โครงสร้างของข้อมูลที่ส่งจะมีลักษณะเป็นบล็อกหรือเฟรม ซึ่งแต่ละบล็อกประกอบด้วยบิตเริ่มต้น (Start Bit) ส่วนของบิตข้อมูลและบิตสุดท้ายคือ บิตสิ้นสุดข้อมูล (Stop Bit) โดยบิตเริ่มต้นจะแสดงถึงการเริ่มต้นของกลุ่มข้อมูล แล้วตามด้วยส่วนของกลุ่มข้อมูล และบางกรณีอาจจะมีการเพิ่มบิตพาริตี้ (Parity) เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลสุดท้ายจะเป็นบิตสิ้นสุดข้อมูลเป็น 1 ชุดข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2.19

รูปแบบของบิตที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงค์โครนัส ขณะที่ยังไม่ทำการส่งข้อมูลสัญญาณในสายจะมีค่าเป็นลอจิก "HIGH" หรือเรียกว่า "Marking State" การเริ่มต้นของการส่งข้อมูลเริ่มจากสัญญาณ "HIGH" ของ Marking State เปลี่ยนเป็นลอจิก "LOW" ขนาด 1 บิต สถานะที่เปลี่ยนจากลอจิก "HIGH" มาเป็นลอจิก "LOW" เรียกว่าบิตเริ่มต้น (Start Bit) หลังจากบิตเริ่มต้นแล้วบิตข้อมูลจะถูกส่งตามมา เริ่มด้วยบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant Bit)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.19 รูปแบบของบิตที่ใช้สำหรับส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

ซึ่งจำนวนของบิตข้อมูลอาจเป็น 5, 6, 7 หรือ 8 บิต ขึ้นอยู่กับระบบ แต่ที่นิยมใช้คือ 7 หรือ 8 บิต หลังจากบิตข้อมูลถูกส่งออกมาครบแล้วจะตามด้วย "บิตพาริตี้" (Parity Bit) บิตพาริตี้จะช่วยในการตรวจสอบว่าบิตข้อมูลที่อุปกรณ์ปลายทางรับเข้ามานั้นเกิดความผิดพลาดขึ้น หรือไม่ โดยอุปกรณ์ปลายทางจะนำเอาบิตข้อมูลทั้งหมดมารวมกันเพื่อตรวจค่าที่ได้ว่าตรงกับ

บิตพาริตี้ที่รับเข้ามาหรือไม่ ถ้าค่าที่ได้ตรงกันแสดงว่า ข้อมูลที่รับเข้ามาถูกต้อง แต่ถ้าค่าที่ได้ไม่ตรงกับบิตพาริตี้ หมายถึง บิตข้อมูลที่รับเข้ามาเกิดความผิดพลาด ผู้ใช้สามารถกำหนดบิตพาริตี้ให้มีลักษณะเป็นบิตคู่ (Even) บิตคี่ (Odd) หรือไม่สนใจ (Non) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการในระบบ

หลังจากบิตข้อมูลและพาริตี้แล้ว สัญญาณในสายจะถูกเปลี่ยนให้กลับมาสู่ลอจิก "HIGH" สภาวะนี้อย่างน้อยที่สุดต้องมีขนาด 1 บิต เพื่อกำหนดการสิ้นสุดของการส่งอักขระบิตสุดท้ายนี้ต้องมีลอจิกเป็น "HIGH" เสมอ เรียกบิตนี้ว่า บิตสิ้นสุด (Stop Bit)

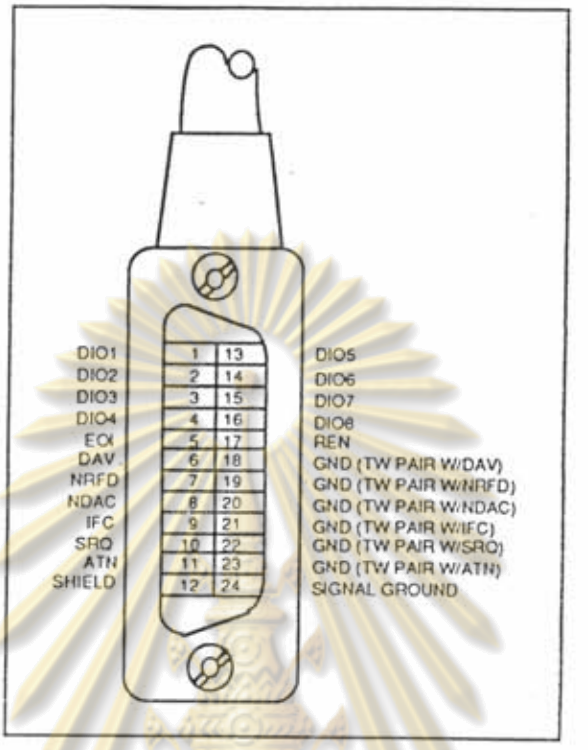
1	Input	Data Carrier detect (DCD)
2	Input	Receive Data (RX)
3	Output	Transmit Data (TX)
4	Output	Data Terminal Ready (DTR)
5	GND	Signal Ground
6	Input	Data Set Ready (DSR)
7	Output	Request To Send (RTS)
8	Input	Clear To Send (CTS)
9	Input	Ring Indicator (RI)

รูปที่ 2.20 แสดงการกำหนดขาหัวต่อสายสัญญาณ RS232-C

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. การรับส่งข้อมูลแบบขนาน

การส่งข้อมูลแบบขนาน ชนิดส่งออกไปยังอุปกรณ์ข่างด้านเดียวไม่มีการรับ ได้แก่ การส่งข้อมูลแบบ BCD8421 และการส่งข้อมูลเข้าเครื่องพิมพ์แบบ Centronics สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบขนานอัตราส่งสูง ได้แก่ มาตรฐานการส่งแบบ IEEE-488 ซึ่งต่อมานำมาตรฐานนี้มาใช้กับระบบเชื่อมโยงในคอมพิวเตอร์ จึงนิยมเรียนชื่อกันใหม่ว่า เป็น GPIB (General Purpose Interface Bus) (9) การสื่อสารข้อมูลแบบขนาน IEEE-488 นี้สามารถจัดรูปแบบการรับส่งข้อมูลสัญญาณในแบบผลัดกันรับส่ง (Half Duplex) มีมาตรฐานของสายสัญญาณมี ทั้งหมด 16 เส้น ดังแสดงการกำหนดขาหัวต่อสายในรูปที่ 2.21 ประกอบด้วย



รูปที่ 2.21 แสดงการกำหนดขาของหัวต่อสายสัญญาณ IEEE-488

รายละเอียดของสายสัญญาณแบบขนาน IEEE-488 มีดังนี้

DATA LINE คือ สายข้อมูลสัญญาณใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลมี 8 เส้น เพื่อรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต มีการทำงานแบบ Active Low คือ สายสัญญาณทั้ง 8 เส้น จะมีระดับลอจิก ที่ค่า $\geq$ 2V ตลอดเวลา

HANDSHAKE LINE มีสายสัญญาณจำนวน 3 เส้น ใช้ในการควบคุมการส่งข้อมูลในแต่ละไบต์จะเป็นการควบคุมอะซิงโครนัส เพื่อเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดของการรับส่งข้อมูลในกระบวนการนี้เรียกสายสัญญาณทั้ง 3 เส้นนี้ว่า "Interlocked Handshake"

NRFD (Not Ready For Data) จัดอยู่ในกลุ่มทรานส์เฟอร์ไลน์ (Transfer Line) ใช้ในการตรวจสถานะสัญญาณ ถ้า NRED มีสัญญาณต่ำ (LOW) "0" แสดงว่าเครื่องยังไม่พร้อมรับข้อมูล

NDAC (Not Data Accepted) จัดอยู่ในกลุ่มทรานส์เฟอร์ไลน์ (Transfer Line) ถ้า NDAC มีสัญญาณต่ำ (LOW) "0" แสดงว่าอุปกรณ์ปลายทางยังไม่พร้อมรับข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DAV (Data Valid) จัดอยู่ในกลุ่มทรานส์เฟอร์ไลน์ (Transfer Line) ใช้ในการบ่งบอกความถูกต้องของข้อมูลบนสายข้อมูลบิต 0-7 เมื่อ DAV มีสัญญาณต่ำ (LOW) "0" แสดงว่า อุปกรณ์ปลายทางรับถ่ายโอนข้อมูลได้

INTERFACE MANAGEMENT LINE มีสายสัญญาณ 5 เส้น ใช้ในการจัดการรับส่งข้อมูลเพื่อทำการควบคุมอุปกรณ์อื่นที่เชื่อมโยงแบบ IEEE-488 เข้ากับคอมพิวเตอร์

ATN (Attention) จัดอยู่ในชุดควบคุมใช้โดยร่วมกับวงจรควบคุมการทำงานด้าน I/O ในไมโครคอมพิวเตอร์แพคนั่นเอง ATN มีความสำคัญในการบ่งบอกข้อมูลบนบัส ทั้ง 8 เส้น กล่าวคือ เมื่อ ATN มีสัญญาณต่ำ (LOW) "0" แสดงว่าข้อมูลเป็นแอดเดรส เมื่อ ATN มีสัญญาณสูง (HIGH) "1" แสดงว่าเป็นข้อมูลจากอุปกรณ์ต่อเชื่อมต่าง ๆ

IFC (Interface Clean) จัดอยู่ในกลุ่ม System Controller Drives ใช้ในการตรวจสอบสภาวะของ Data Line ว่าเป็นการตรวจเช็คเวลาในการรับส่งข้อมูลหรือ ในการควบคุมการส่งข้อมูล

REN (Remote Enable) จัดอยู่ในกลุ่ม System Controller Drives ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์อื่นจากโปรแกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์

SRQ (Service Request) ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์อื่นที่มีสัญญาณควบคุมเป็นแบบอะซิงโครนัสโดยการต่อเข้ากับสาย SRQ

EOI (End Or Identify) ใช้ในการบอกให้ทราบถึงข้อมูลไบต์สุดท้ายหรือจบข้อมูล และใช้ในการส่งสัญญาณให้อุปกรณ์อื่นทราบว่าเป็นการตอบสนองแบบ "Parallel Poll"

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย