บทที่ 3

การพัฒนาระบบเชื่อมโยงสัญญาณสำหรับเฝ้าระวังทางรังสี

3.1 ข้อมูลพื้นฐานของการพัฒนาระบบเชื่อมโยงสัญญาณ

จากการศึกษาข้อมูลของศูนย์ควบคุมสภาพอากาศและการเฝ้าระวังทางรังสีในประเทศที่มีการใช้พลังงานนิวเคลียร์ พบว่าการสร้างเครือข่ายตรวจวัดปริมาณรังสีในสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องมีการวางสถานีตรวจวัดไว้ทั่วภูมิภาค โดยเฉพาะบริเวณที่มีการเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จำเป็นต้องจัดการวัดปริมาณรังสีตามข้อบังคับสากล ขณะเดียวกันการประมวลผลการวัดปริมาณรังสีในสิ่งแวดล้อมที่แม่นยำจะต้องใช้ข้อมูลทางสภาพอุตุนิยมวิทยามาประมวลผลพร้อมกันด้วย เพื่อสร้างโมเดลการกระจายของกัมมันตภาพรังสีเมื่อมีการตรวจพบปริมาณรังสีที่สูงกว่าปกติ

ข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่า การเฝ้าระวังทางรังสีในระบบเครือข่ายให้ครอบคลุมพื้นที่นั้นต้องมีสถานีตรวจวัดย่อยหรือสถานีลูกข่ายตามภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศ และรายงานผลการตรวจวัดเข้าสู่ศูนย์ควบคุมและจัดการในส่วนกลาง ซึ่งเป็นสถานีแม่ข่าย

3.1.1 ข้อมูลในการเลือกและออกแบบระบบเชื่อมโยงสัญญาณ

ก. การใช้ระบบสื่อสารทางโทรศัพท์ส่งข้อมูลสัญญาณจากสถานีตรวจวัดนั้นเป็นการลงทุนที่ประหยัด แต่ยังมีปัญหาที่จะต้องคำนึงถึง 3 ประการ คือ

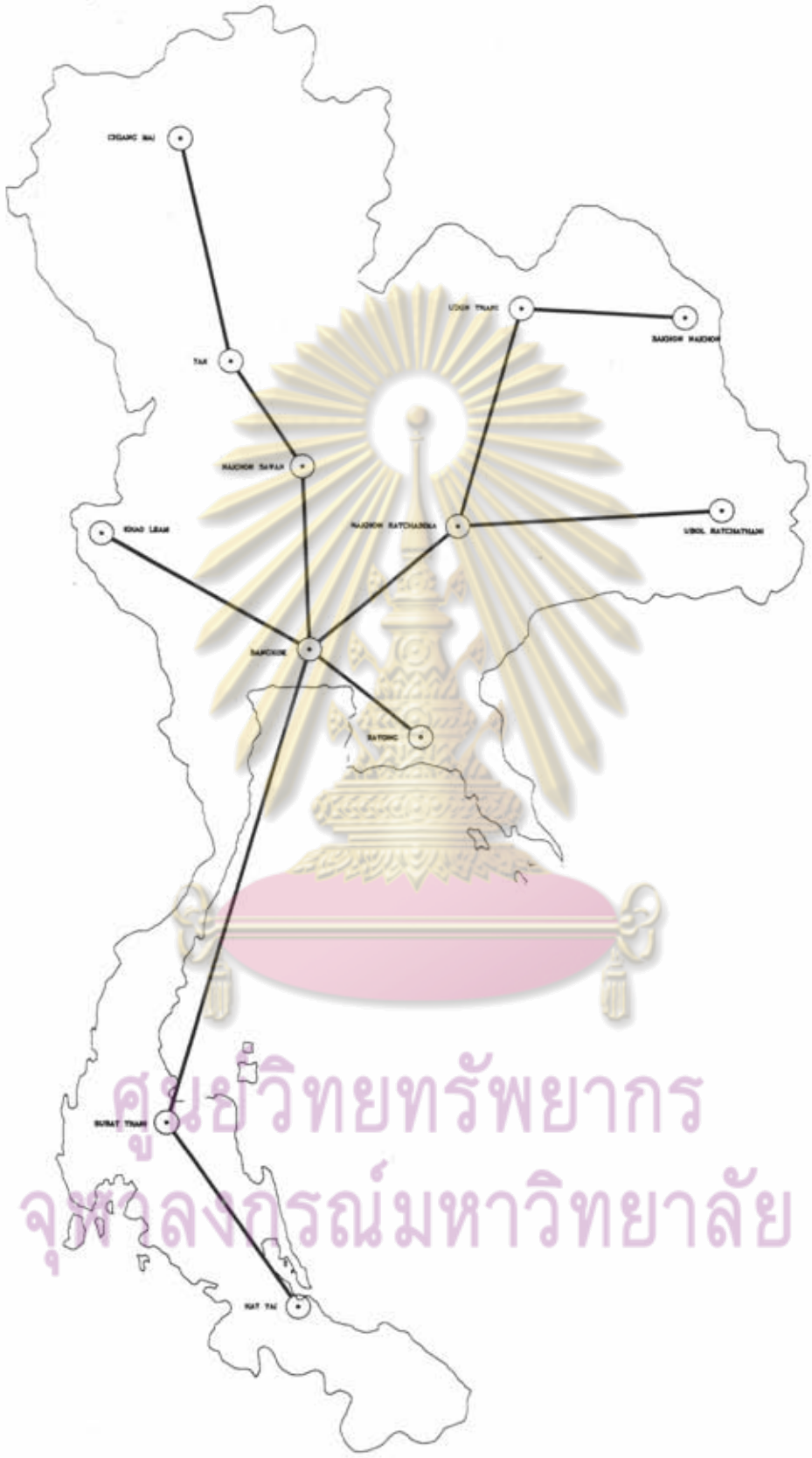
1.ในบางพื้นที่ซึ่งต้องการตั้งสถานีตรวจวัดยังไม่มีการวางเคเบิลโทรศัพท์ไปถึง

2.การติดตามข้อมูลวัดในภาวะผิดปกติ ศูนย์ควบคุมจำเป็นจะต้องเรียกข้อมูลจากลูกข่ายบริเวณพื้นที่นั้นต่อเนื่องโดยตรง ถ้าสายโทรศัพท์ขัดข้องหรือเลขหมาย ไม่ว่างขณะนั้นจะสูญเสียข้อมูลปัจจุบันทันที

3.ระบบเครือข่ายควรจะเป็นระบบอิสระไม่ขึ้นกับการจัดการขององค์กรอื่น

ข. การใช้ระบบสื่อสารทางวิทยุแม้จะลงทุนสูงแต่จะทำให้การวางเครือข่ายตรวจวัดมีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้ระบบเครือข่ายผ่านชุมสายโทรศัพท์กลาง ในส่วนนี้เนื่องจากในประเทศมีหน่วยงานที่วางระบบสื่อสารทางวิทยุไว้ทั่วภูมิภาคแล้ว ยังมีช่องสัญญาณเหลือพอที่จะฝากสัญญาณได้โดยไม่ต้องลงทุนใหม่ แต่จัดเป็นโครงการความร่วมมือก็น่าจะทำได้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเป็นหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องและมีระบบวิทยุสื่อสารที่มี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

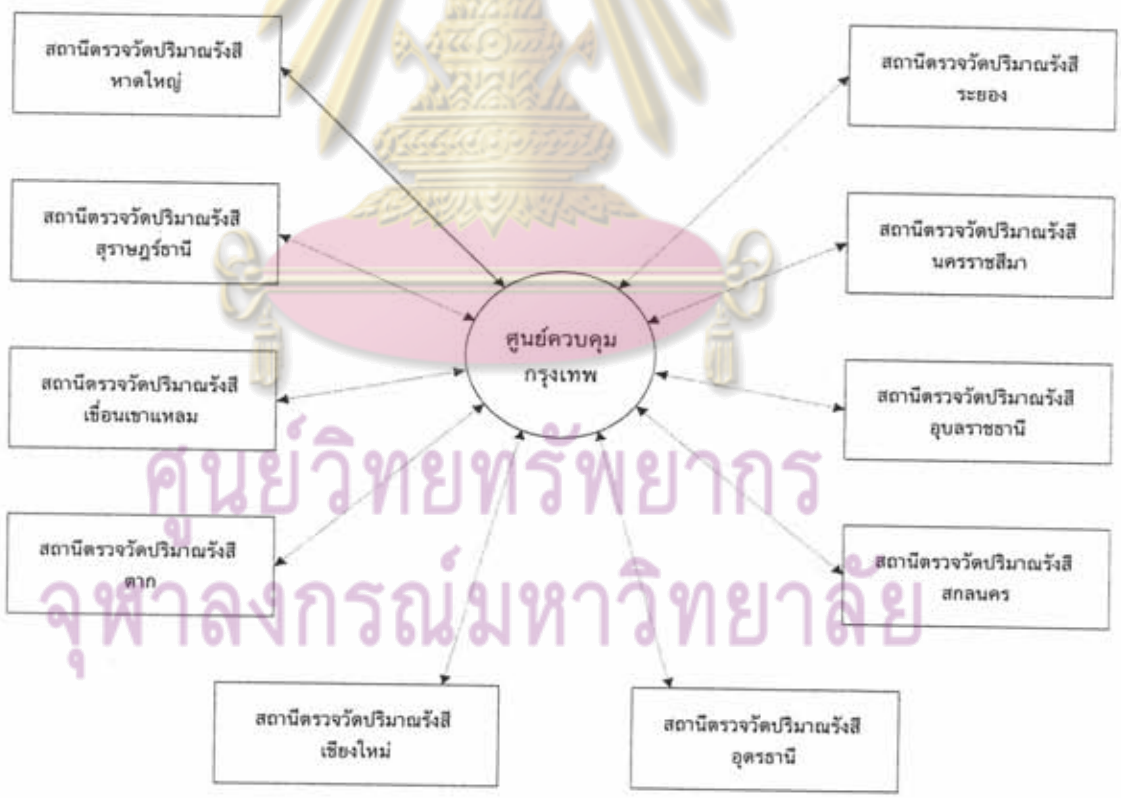
รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงตำแหน่งของความเป็นไปได้ในการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณรังสี

ประสิทธิภาพ มีสถานีเครือข่ายวิทยุอยู่ทั่วภูมิภาคของประเทศ ดังแผนที่แสดงตำแหน่งสถานีในรูปที่ 3.1 และในบริเวณที่ยังไม่มีสถานีถาวรสามารถใช้วิทยุรับส่งขนาดเล็กเชื่อมโยงเข้าสถานีประจำภูมิภาคได้ โดยไม่ต้องวางสายเคเบิล

ค. จากการศึกษาข้อมูลของเครื่องมือตรวจวัด พบว่าเครื่องมือตรวจวัดมีทั้งเครื่องมือรุ่นเก่า เครื่องมือที่ได้จากการช่วยเหลือ และเครื่องมือที่จัดหาเองของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น การส่งข้อมูลวัดจากเครื่องจึงมีรูปแบบหลายรูปแบบ ทั้งมาตรฐาน BCD, IEEE-488, RS-232 และสัญญาณอนาลอกจากเรตมิเตอร์ จึงจำเป็นต้องออกแบบระบบเชื่อมโยงสัญญาณที่สถานีลูกข่ายเพื่อรองรับสัญญาณข้อมูลในมาตรฐานต่าง ๆ

3.1.2 แนวทางในการวางระบบเครือข่ายและระบบเชื่อมโยงสัญญาณ

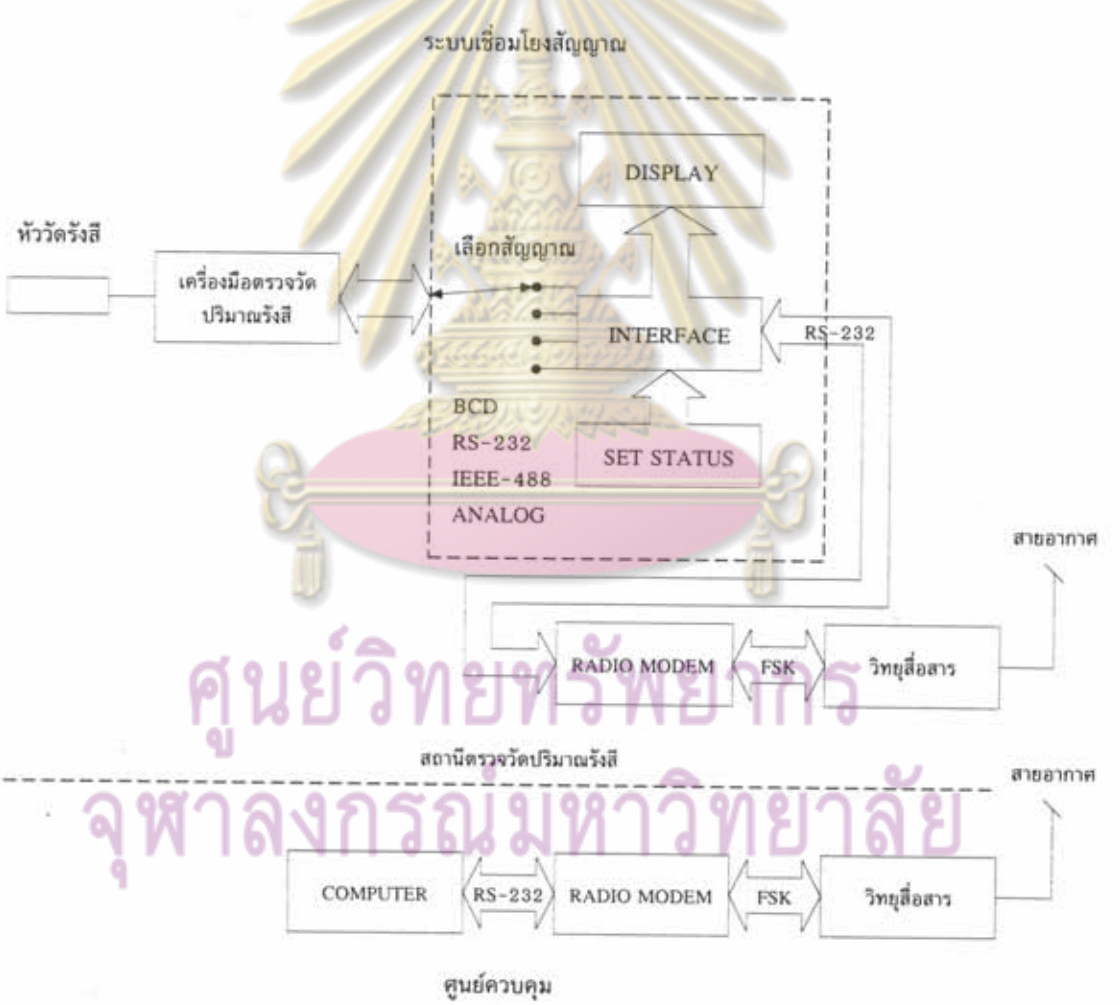
จากข้อมูลในแผนที่เครือข่ายระบบวิทยุสื่อสารของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยสามารถจะวางตำแหน่งสถานีลูกสำหรับเป็นเครือข่ายการตรวจวัดปริมาณรังสีและสภาพอากาศ 10 สถานี ครอบคลุมทั่วภูมิภาคของประเทศโดยมีศูนย์ควบคุมการประเมินผลในกรุงเทพฯ ได้ดังนี้



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงการติดต่อระหว่างศูนย์ควบคุมกับสถานีตรวจวัดปริมาณรังสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในกรณีที่สถานีตรวจวัดสถานีใด วัดค่าปริมาณรังสีได้สูงกว่าที่กำหนดไว้ในแต่ละภูมิภาค สถานีตรวจวัดปริมาณรังสีนั้น ๆ จะทำการส่งข้อมูลมายังศูนย์ควบคุม เพื่อแสดงผลและมีการเตือนความผิดปกติให้ทราบ ทำให้ศูนย์ควบคุมสามารถแจ้งให้หน่วยงานที่รับผิดชอบสามารถดำเนินการต่อไปได้ พร้อมกันนั้นศูนย์ควบคุมยังสามารถติดตามผลของการตรวจวัดปริมาณรังสีจากสถานีตรวจวัดใด ๆ เพียงสถานีหนึ่งสถานีใดก็ได้ ในการจัดการติดต่อสื่อสารแบบนี้เรียกว่า การ “polling” จากข้อมูลพื้นฐานดังกล่าวสามารถออกแบบระบบเชื่อมโยงสัญญาณทั้งในส่วนของสถานีตรวจวัดปริมาณรังสี (ลูกข่าย) และศูนย์ควบคุม (แม่ข่าย) ดังแสดงในแผนภาพรูปที่ 3.3 และการควบคุมขั้นตอนการรับส่งข้อมูลในภาวะต่าง ๆ จะทำงานด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.3 แผนภาพการทำงานของระบบตรวจวัดปริมาณรังสีผ่านวิทยุสื่อสาร

การทำงานทางด้านสถานีตรวจวัดปริมาณรังสี ข้อมูลสัญญาณจากเครื่องมือตรวจวัดปริมาณรังสีจะส่งเข้าวงจรเชื่อมโยงสัญญาณตามมาตรฐานการส่งข้อมูลของเครื่องวัด สัญญาณข้อมูลจะส่งออกจากวงจรเชื่อมโยง เข้าโมเด็มเพื่อแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณ FSK วงจรเชื่อมโยงจะตรวจรหัสเรียกประจำตัวและรายงานผลกลับมายังศูนย์ควบคุมการทำงานของวงจรเชื่อมโยงพร้อมทั้งแสดงผลบนจอ LCD

ในส่วนของศูนย์ควบคุม เมื่อรับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดตามรหัสประจำสถานีแล้วโปรแกรมจัดการจะนำข้อมูลไปบันทึกและตรวจสอบตามตำแหน่งข้อมูลภายในคอมพิวเตอร์ของสถานีนั้นและแสดงผลบนจอภาพ ในกรณีที่ตรวจพบความผิดปกติจะส่งรหัสเรียกข้อมูลไปยังสถานีตรวจวัดปริมาณรังสีในเครือข่ายนั้น ๆ

3.2 การออกแบบวงจรเชื่อมโยงสัญญาณด้านสถานีตรวจวัด

แผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณในส่วนนี้จะต้องออกแบบให้รองรับการส่งสัญญาณจากเครื่องวัดปริมาณรังสีในมาตรฐานต่าง ๆ ดังนี้

1. สัญญาณแบบ IEEE-488
2. สัญญาณแบบ BCD
3. สัญญาณแบบ ANALOG
4. สัญญาณแบบ RS-232

การจัดการมาตรฐานข้อมูลนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ช่วยจัดการสัญญาณทุกมาตรฐานให้ออกมาอยู่ในรูปของ RS-232 ดังแผนภาพโครงสร้างของระบบเชื่อมโยงสัญญาณสำหรับเฝ้าระวังทางรังสีในรูปที่ 3.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร

โครงสร้างของระบบเชื่อมโยงสัญญาณและระบบรับส่งข้อมูลของสถานีตรวจวัดประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. ส่วนควบคุมการทำงานของระบบเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล (MCS-51) เนื่องจากสะดวกในการออกแบบและลดการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ล้วนลง

2. ระบบรับข้อมูลจะติดต่อกับเครื่องมือตรวจวัดปริมาณรังสีต่าง ๆ ได้แก่ การรับข้อมูลแบบ RS-232 ใช้ IC เบอร์ MAX232 ทำหน้าที่รับข้อมูล การรับข้อมูลแบบ BCD และการรับข้อมูลแบบ IEEE-488 ใช้ IC เบอร์ 74245 2 ชุด ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) หลัง

การติดต่อรับข้อมูลแล้วจะทำการส่งข้อมูลให้ CPU MCS-51 ทางบัสข้อมูล (Data Bus) และการติดต่อรับข้อมูลแบบอนาลอกใช้ IC เบอร์ ADC0809 ทำหน้าที่แปลงข้อมูลจากอนาลอกไปเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข และทำการส่งข้อมูลเชิงตัวเลขให้ CPU ทางบัสข้อมูลของไอซี เบอร์ 8155 (Parallel Port)

3. การติดต่อรับ-ส่งข้อมูลกับโมเด็มวิทยุเป็นตามมาตรฐาน RS-232 ใช้ไอซีเบอร์ MAX232 ติดต่อผ่านทางพอร์ต 3 ของ CPU

4. หน่วยความจำถาวรของระบบใช้ไอซีเบอร์ 2764 ซึ่งมีความจุ 8 กิโลไบต์ บรรจุโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบเพื่อให้ CPU เรียกไปใช้ และทำการควบคุมการทำงานของวงจรต่าง ๆ ผ่านบัฟเฟอร์และพอร์ต 8155 ที่จัดไว้

5. การตั้งพารามิเตอร์ของการส่งสัญญาณมาตรฐาน RS-232 และรหัสประจำเครื่องสามารถเลือกจากสวิตช์รหัสขนาดเล็กที่จัดไว้ โดยตรวจสอบสถานะได้จากวงจรแสดงผล LCD

3.2.1 การออกแบบระบบสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐาน RS-232

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมอยู่ภายใน จึงสามารถทำงานได้ในแบบ Full Duplex และสามารถใช้รับสัญญาณจากเครื่องมือมาตรฐาน RS-232 ได้ โดยเลือกรูปแบบการทำงานดังนี้

พอร์ตสื่อสารรับข้อมูลแบบอนุกรมใน MCS-51 ประกอบด้วย รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต จำนวน 2 ตัว แต่ละตัวมีชื่อเรียกตามหน้าที่ดังนี้

- รีจิสเตอร์สำหรับรับข้อมูลใช้รับข้อมูลที่ส่งเข้ามาจากภายนอก
- รีจิสเตอร์สำหรับส่งข้อมูล (Transmit Register) ใช้ส่งข้อมูลจาก MCS-51 ออกไปภายนอก

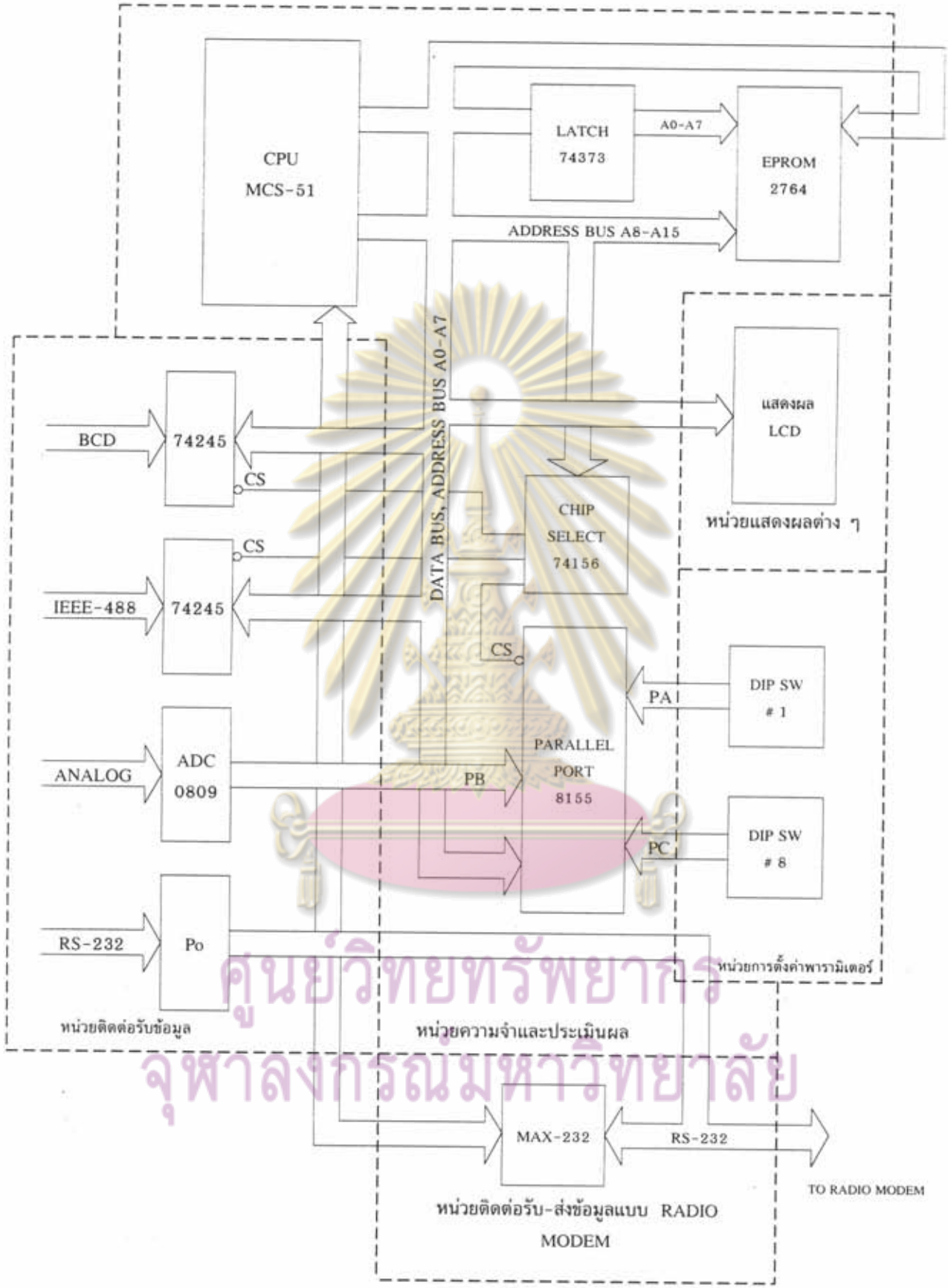
ศูนย์วิทยทรัพยากร

รีจิสเตอร์ทั้งสองมีตำแหน่งแอดเดรสเดียวกันในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ คือ SBUF (ตำแหน่ง 99H) ในหน่วยความจำซึ่งกำหนดไว้เก็บข้อมูลของรีจิสเตอร์ภายในชิฟ(Chip) โดยเฉพาะการส่งหรือรับข้อมูลจะต้องอ่านข้อมูลภายนอกมาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมใน MCS-51 สามารถกำหนดการทำงานแตกต่างกันได้ถึง 4 แบบ โดยสามารถกำหนดได้จากค่าของบิตในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON พอร์ตอนุกรมของ MCS-51 โดยโปรแกรมให้ทำงานได้ดังนี้

ก. โหมด 0 ข้อมูลจะเข้าและออกทางขา RXD โดยการเลื่อนสัญญาณนาฬิกาออกที่ขา TXD ข้อมูลจะเป็น 8 บิต โดยจะส่งบิตนัยสำคัญ (LSB) ก่อน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

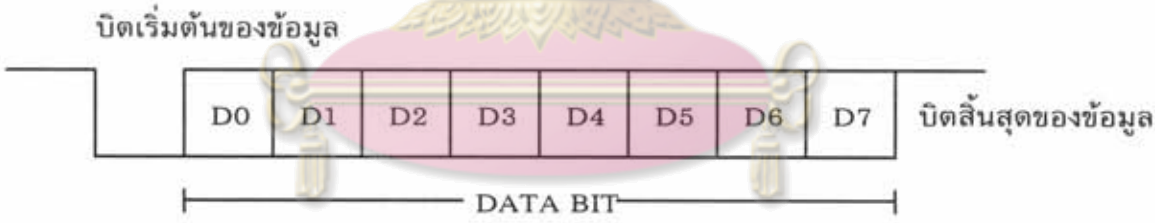
รูปที่ 3.4 แผนภาพโครงสร้างของระบบเชื่อมโยงสัญญาณสำหรับเฝ้าระวังทางรังสี NT.2612

ข. โหมด 1 เป็นการรับ-ส่งข้อมูลขนาด 10 บิต โดยการส่งออกทางขา TXD และรับเข้าทางขา RXD รูปแบบบิตจะประกอบด้วย 1 บิต เริ่มต้น เป็นลอจิก “0”, 8 บิต ข้อมูล และ 1 บิตสุดท้ายหรือบิตหยุด เป็นลอจิก “1”

ค. โหมด 2 เป็นการรับ-ส่งข้อมูลขนาด 11 บิต เข้าทางขา RXD และออกทางขา TXD ประกอบด้วย 1 บิตเริ่มต้น มีค่าเป็น “0”, 9 บิตข้อมูล และ 1 บิตสุดท้าย โดยการรับข้อมูลบิทที่ 9 จะถูกนำมาเก็บที่บิต RB8 ใน SCON ส่วนการส่งจะต้องในบิตที่ 9 ไว้ใน TB8 ของ SCON ก่อน

ง. โหมด 3 จะเหมือนกับโหมด 2 ทุกอย่าง ยกเว้น BAUD RATE จะแปรผันตามการตั้งในวงจรไทม์เมอร์ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้งานโหมด 1 เนื่องจากการทำงานของพอร์ตอนุกรมนี้จะสอดคล้องกับโปรโตคอล (Protocols) N, 8, 1 คือ NON PARITY BIT, 8 BIT ข้อมูล 1 บิตสิ้นสุด การรับส่งข้อมูลครั้งละ 10 บิต ข้อมูลถูกส่งออกไปภายนอกผ่านทางขา TXD และรับข้อมูลมาทางขา RXD ข้อมูล 10 บิต ประกอบด้วยบิตเริ่มต้นของข้อมูล 1 บิต มีค่าเป็น “0” เสมอ, บิตข้อมูล 8 บิต (รับและส่งบิตต่ำสุดก่อน) และบิตสิ้นสุดของข้อมูลอีก 1 บิต มีค่าเป็น “1” เสมอ ในขณะทำการรับข้อมูล ค่าในบิตสุดท้ายของข้อมูลที่รับได้จะอยู่ใน บิต RB8 ของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON



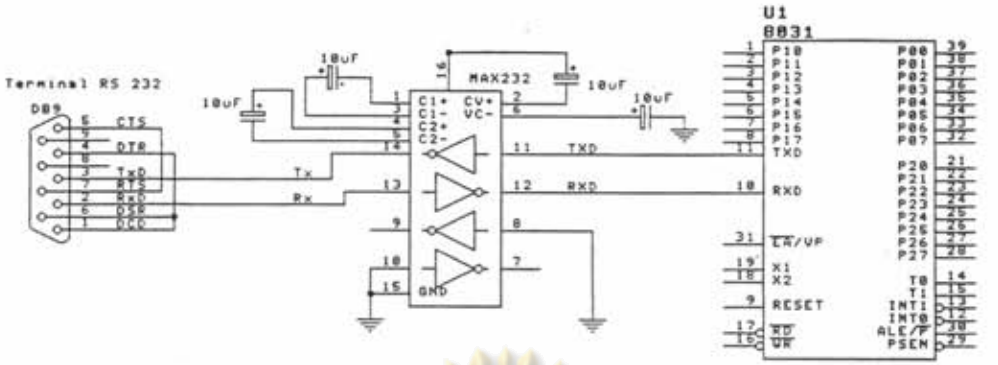
ศูนย์วิทยทรัพยากร

รูปที่ 3.5 แผนภาพเวลาแสดงข้อมูลที่รับส่งในการทำงานของพอร์ตอนุกรมโหมด 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.5 แสดงการรับส่งข้อมูลในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 1 การรับส่งข้อมูลของ MCS-51 จะใช้งานผ่านทางขา 11 คือ TXD และขา 10 คือ RXD ซึ่งเป็นพอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 โดยการใช้ IC เบอร์ MAX232 ดังแสดงในรูป 3.6

I17417514



รูปที่ 3.6 วงจรแปลงสัญญาณข้อมูลแบบ TTL ให้เป็นสัญญาณในมาตรฐาน RS-232

อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลหรืออัตราบิตข้อมูลในโหมดที่ 1 และ 3 ขึ้นอยู่กับการทำงานในแต่ละโหมดของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม โดยการใช้รีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 เป็นตัวกำหนด เมื่อไทม์เมอร์ 1 เป็นตัวกำหนดการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 1 และโหมด 3 ค่าของอัตราบิตข้อมูลที่ได้จะถูกกำหนดด้วยอัตราการเกิด Over flow ของไทม์เมอร์ 1 และขึ้นอยู่กับค่าที่โหลดในบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (10)

$$\text{Baud Rate} = \frac{2^{\text{SMOD}} \times \text{ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ที่ใช้}}{32 \times 12 \times \left[256 - (\text{TH1})\right]} \qquad (1)$$

ดังนั้น จากสมการที่ 1 ค่าที่ต้องโหลดไปไว้ยังรีจิสเตอร์ (TH1) เพื่อให้ได้ค่าอัตราบิตข้อมูล (Baud rate) จะสามารถคำนวณได้ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\text{TH 1} = 256 - \left[\frac{2^{\text{SMOD}} \times \text{ความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้}}{384 \times \text{Baud Rate}}\right] \qquad (2)$$

ในการกำหนดอัตราบิตข้อมูลค่าต่ำ ๆ ด้วยไทม์เมอร์ 1 สามารถปล่อยให้ไทม์เมอร์ 1 อินเตอร์รัปต์ CPU ได้ โดยกำหนดการทำงานให้เป็นไทม์เมอร์เป็นขนาด 16 บิต และใช้ไทม์เมอร์ 1 อินเตอร์รัปต์ CPU เพื่อโหลดค่าใหม่ด้วยซอฟต์แวร์ขณะเกิด Over flow เนื่องจากการทำงานโหมด 1 ของไทม์เมอร์ 1 ไม่สามารถโหลดค่าใหม่ด้วยวงจรภายนอกได้

ตารางที่ 3.1 ค่าที่ต้องนำไปไว้ในรีจิสเตอร์ของไทม์เมอร์ 1
เมื่อใช้ BAUD RATE ค่ามาตรฐานต่าง ๆ (10)

BAUD RATE	ความถี่ของคริสตอล	บิต SMOD	ไทม์เมอร์ 1		
			C/T	โหมด	ค่าที่ใช้โหลด
Mode 0 Max: 1 MHz	12 MHz	X	X	X	X
Mode 2 Max: 375KHz	12 MHz	1	X	X	X
Modes 1.3: 62.5KHz	12 MHz	1	0	2	FFH
19.2KHz	11.059 MHz	1	0	2	FDH
9.6KHz	11.059 MHz	0	0	2	FDH
4.8KHz	11.059 MHz	0	0	2	FAH
2.4KHz	11.059 MHz	0	0	2	F4H
1.2KHz	11.059 MHz	0	0	2	E8H
137.5KHz	11.986 MHz	0	0	2	1DH
110KHz	6 MHz	0	0	2	72H
110KHz	12 MHz	0	0	1	FEEBH

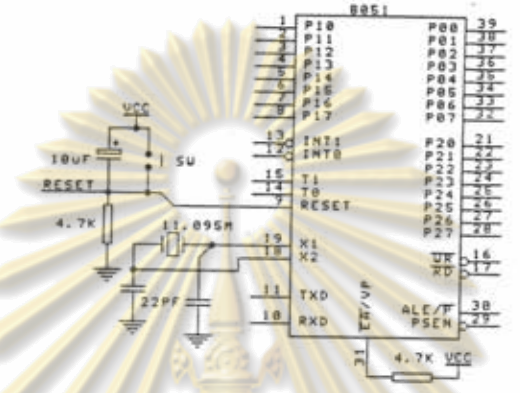
จากตารางที่ 3.1 จะเห็นว่า การทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม โหมด 0 จะมีความเร็วในการส่งมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับโหมดอื่นที่ความถี่ของคริสตอลเดียวกัน และจะเห็นว่า หากเลือกใช้คริสตอลความถี่ 11.059 MHz จะสามารถตั้งค่าอัตราบิตข้อมูลในโหมด 1 และ 3 เป็นค่ามาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป เช่น 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 bps จึงเหมาะที่จะใช้คริสตอลความถี่ 11.059 MHz

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 การออกแบบระบบสื่อสารข้อมูลแบบ BCD

สัญญาณแบบ BCD CODE หรือเรียกว่า "Binary Coded Decimal" เป็นรหัสข้อมูลแทนตัวเลขปกติที่ใช้กันอยู่ในระบบเลขฐานสิบ แต่ละตัวเลขแทนด้วยรหัสไบนารี 4 บิต ในที่นี้ออกแบบสำหรับการรับข้อมูลแบบ BCD 2 หลัก ใช้สายข้อมูลในการรับส่ง จำนวน 8 บิต เริ่มต้นจาก D_0-D_7 โดยการใช้งานพอร์ต 0 ของ CPU MC5-51 ตามปกติไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 จะมีพอร์ตที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ต ๆ ละ 8 บิต ตำแหน่งขาพื้นฐานและพอร์ตต่าง ๆ แสดงไว้ในรูปที่ 3.7 พอร์ตทั้ง 4 พอร์ต ได้แก่

- พอร์ต 0 ได้แก่ ขา $P_{0.0}$-$P_{0.7}$
- พอร์ต 1 ได้แก่ ขา $P_{1.0}$-$P_{1.7}$
- พอร์ต 2 ได้แก่ ขา $P_{2.0}$-$P_{2.7}$
- พอร์ต 3 ได้แก่ ขาควบคุมการทำงานของระบบ

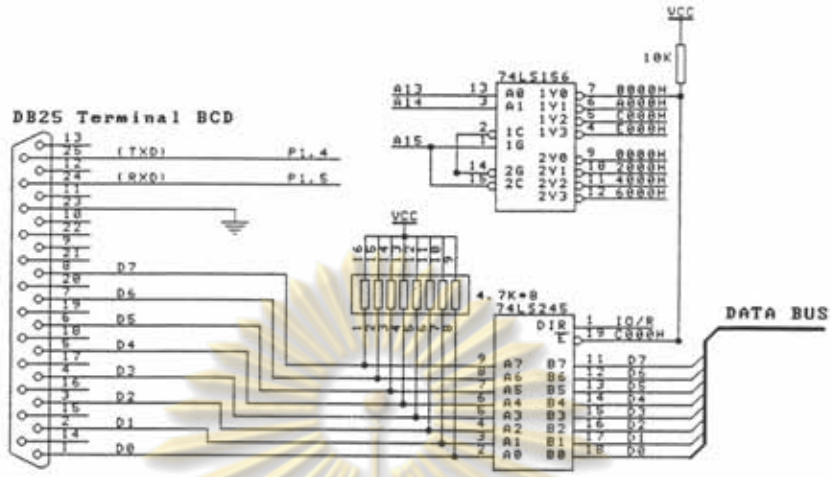


รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

พอร์ต 0 (ขา 32-39) ขนาด 8 บิต ($P_{0.0}$-$P_{0.7}$) มีการทำงานแบบสองทิศทาง (Bidirectional) พอร์ตนี้ใช้เป็นทางเข้าออกทั่วไปและใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิฟ (Chip) ในลักษณะบัสร่วมระหว่างแอดเดรสและข้อมูลใช้งานโดยส่งค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (A_0-A_7) มัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูล (D_0-D_7)

ในการติดต่อรับ-ส่งข้อมูลทางรหัส BCD จะใช้ไอซีเบอร์ 74245 เป็นบัฟเฟอร์เพื่อใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกดังวงจรในรูป 3.8 บัฟเฟอร์จะมีสัญญาณ IO/R ขา 1 และการอ้างแอดเดรส C000H จากไอซีเบอร์ 74156 เป็นตัวถอดรหัส ไอซีบัฟเฟอร์เบอร์ 74245 จะทำหน้าที่เลือกติดต่อสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกเพื่อเชื่อมต่อเข้ากับขาบัสข้อมูลทางพอร์ต 0 ในการควบคุมการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกจะมีสัญญาณควบคุม 2 เส้น จากพอร์ต 1 ที่ขา P1.4 เป็นขา Control TX และขา P1.5 เป็น Control RX ถ้าสัญญาณ TX เป็น "1" แสดงว่าเป็นการส่งสัญญาณข้อมูลจาก CPU ไปยังอุปกรณ์ภายนอกและถ้าสัญญาณ RX เป็น "1" แสดงว่าเป็นการรับสัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก

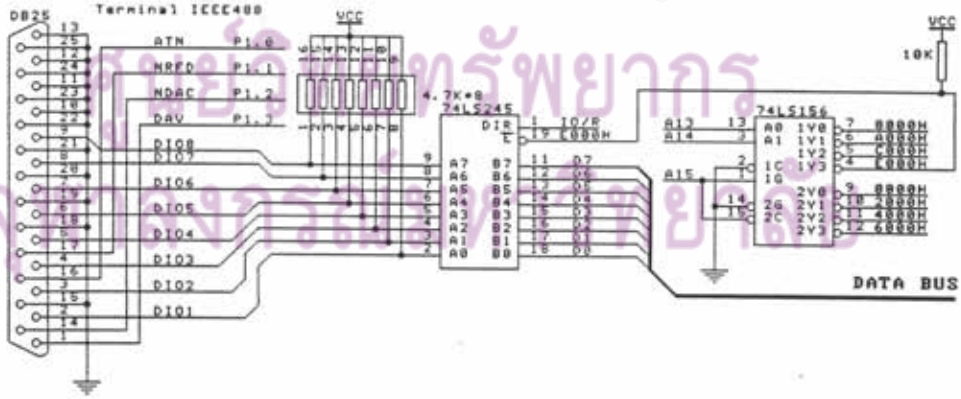
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.8 วงจรบัฟเฟอร์ของการรับข้อมูลสัญญาณแบบ BCD CODE

3.2.3 การออกแบบระบบสื่อสารข้อมูลแบบ IEEE-488

สัญญาณแบบ IEEE-488 เป็นข้อมูลขนาด 8 บิต-ไบต์ การออกแบบกำหนดให้การรับส่งข้อมูลติดต่อกับ CPU MCS-51 ทางพอร์ต 0 ซึ่งเป็นการรับข้อมูลขนาด 8 บิต ผ่านไอซีบัฟเฟอร์ 74252 การติดต่อรับส่งข้อมูลทาง IEEE-488 นั้น CPU MCS-51 จะส่งสัญญาณ IO/R และกำหนดตำแหน่งแอดเดรส $E000_H$ จากไอซีเบอร์ 74156 ทำการถอดรหัสเพื่อให้ไอซีบัฟเฟอร์เลือกติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ดังแสดงในวงจรรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรรับส่งแบบ IEEE-488

การตอบรับข้อมูล (Handshake) จะใช้สายควบคุมระหว่างรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเพียง 4 เส้น ได้แก่

NRFD (Not Ready For Data) ใช้ในการแฮนด์เช็คค่า NRFD มีสัญญาณเป็น LOW "0" แสดงว่าเครื่องยังไม่พร้อมรับข้อมูล

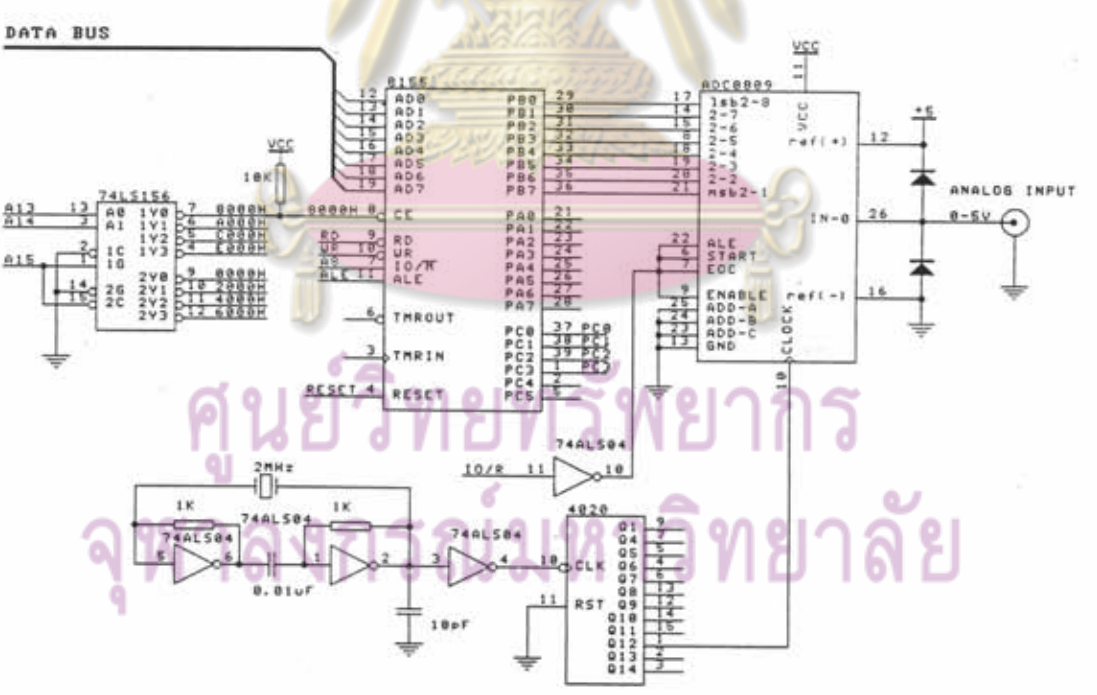
NDAC (Not Data Accepted) ค่า NDAC มีสัญญาณเป็น LOW "0" แสดงว่าตัวรับ (LISTENER) ยังไม่ได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง

DAV (Data Valid) ใช้บอกความถูกต้องของข้อมูลบนสายสัญญาณข้อมูลบิต 0-7 ถ้า DAV มีสัญญาณเป็น LOW "0" แสดงว่าตัวรับสามารถถ่ายโอนข้อมูลไปใช้ได้

ATN (Attention) เป็นชุดควบคุมค่า ATN มีสัญญาณ LOW "0" แสดงว่าข้อมูลเป็นแอดเดรส แต่เมื่อมีสัญญาณ HIGH "1" จะเป็นข้อมูลจากผลการวัดของเครื่องมือ

3.2.4 การออกแบบระบบรับข้อมูลแบบอนาลอก

การรับสัญญาณข้อมูลแบบอนาลอกจำเป็นต้องแปลงข้อมูลไปเป็นสัญญาณเชิงตัวเลขก่อนส่งข้อมูลเข้าบัสสัญญาณของระบบเชื่อมโยงสัญญาณ วงจรแปลงข้อมูลเลือกใช้



รูปที่ 3.10 วงจรแปลงข้อมูลอนาลอกเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไอซีเบอร์ ADC0809 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกขนาด 0-5 โวลต์ เป็นข้อมูลเชิงตัวเลขขนาด 8 บิต ดังวงจรในรูปที่ 3.10 เนื่องจากสัญญาณจากเครื่องวัดรังสีในแบบเรตมิเตอร์จะมีสัญญาณทางออกขนาด 0-100 มิลลิโวลต์ จึงต้องมีวงจรขยายสัญญาณที่อัตราขยาย 50 เท่าก่อนส่งสัญญาณเข้าวงจรแปลงสัญญาณ

3.2.5 การออกแบบวงจรกำหนดพารามิเตอร์ในวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ

ในวงจรเชื่อมโยงสัญญาณของสถานีตรวจวัดแต่ละแห่งนั้น จะต้องออกแบบให้สามารถเลือกพารามิเตอร์ของการส่งข้อมูลอันดับในมาตรฐาน RS-232 ให้เหมาะกับโมเด็มทางวิทยุ (Radio Modem) และจะต้องส่งรหัสประจำสถานีให้ทางศูนย์ควบคุมทราบที่ตั้งของสถานีได้ รวมทั้งสามารถถอดรหัสประจำตัวได้เมื่อศูนย์ควบคุมเรียกข้อมูลสถานีลูกข่าย การกำหนดพารามิเตอร์เหล่านี้จะใช้ดิพสวิตช์ (Dip Switch) ขนาด 8 หลัก 2 ชุด เป็นตัวตั้งพารามิเตอร์ ดังนี้

3.2.5.1 สวิตช์ตั้งพารามิเตอร์การรับส่งข้อมูลในระบบเชื่อมโยงสัญญาณ

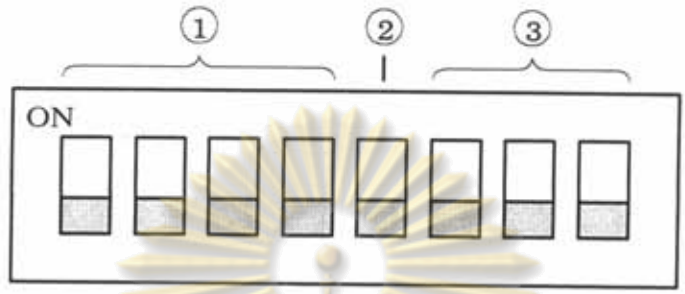
- การตั้งค่าพารามิเตอร์ของการทำงานของระบบเชื่อมโยงสัญญาณ จะใช้ดิพสวิตช์ 8 หลักเป็นรหัสสั่งงานให้หน่วยประเมินผล (CPU) ทำงานตามคำสั่งต่าง ๆ ที่จัดเตรียมไว้ในรูปแบบของโปรแกรมภายใน EPROM
- ตำแหน่งของดิพสวิทช์ชุดที่ 1 ขนาด 8 หลัก เริ่มจากทางซ้ายมือกำหนดให้ตำแหน่งสวิตช์ ON มีค่าเท่ากับสภาวะ “1” ในแผนภาพรูปที่ 3.12 แสดงตำแหน่งของดิพสวิทช์เมื่อทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องดิพสวิทช์ขนาด 8 หลัก แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 เป็นการตั้งการทำงานเพื่อเลือกชนิดของการรับข้อมูลแบบ RS-232, IEEE-488, BCD หรือ อนาลอก

กลุ่มที่ 2 เป็นการเลือกโหมด การทำงานปกติจะใช้โหมด Request To Send, RST เป็นการทำงานแบบรอรหัสที่ส่งมาจากศูนย์ควบคุม ถ้ารหัสที่ส่งมาตรงกับค่าแอดเดรสที่ตั้งไว้ก็จะทำการส่งข้อมูลไปยังศูนย์ควบคุมโหมด Send ใช้ในการทดสอบอุปกรณ์ เมื่อใช้โหมดนี้เครื่องจะทำการส่งข้อมูลไปยังศูนย์ควบคุมตลอดเวลาและยังใช้ในกรณีฉุกเฉิน เมื่อตั้งการทำงานในโหมด RTS ถ้าเครื่องตรวจวัดปริมาณรังสีวัดค่าของปริมาณรังสีได้สูงกว่าที่กำหนดไว้ เครื่องจะทำการเปลี่ยนโหมดทำให้มีการส่งข้อมูลกลับไปยังศูนย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลุ่มที่ 3 เป็นการตั้งอัตราบิตข้อมูล (Baud Rate) ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับโมเด็มวิทยุด้วยมาตรฐาน RS-232 อัตราบิตข้อมูลที่กำหนดไว้มีดังต่อไปนี้ 150 bps, 300 bps, 600 bps, 1200 bps, 2400 bps, 4800 bps และ 9600 bps



ON = 1, OFF = 0 X = don't care

รูปที่ 3.11 แผนภาพแสดงตำแหน่งของดิพสวิทช์

1000XXXX เป็นการติดต่อรับ-ส่งข้อมูลแบบ RS-232
0100XXXX เป็นการติดต่อรับ-ส่งข้อมูลแบบ IEEE-488
0010XXXX เป็นการติดต่อรับ-ส่งข้อมูลแบบ BCD
0001XXXX เป็นการติดต่อรับ-ส่งข้อมูลแบบอนาลอก
XXXX1XXX เป็นการตั้ง mode การทำงานแบบ reqest to send
XXXX0XXX เป็นการตั้งค่า mode การทำงานแบบ send
XXXXX001 เป็นการตั้งค่าอัตราบิตข้อมูลเท่ากับ 150 bps
XXXXX010 เป็นการตั้งค่าอัตราบิตข้อมูลเท่ากับ 300 bps
XXXXX011 เป็นการตั้งค่าอัตราบิตข้อมูลเท่ากับ 600 bps
XXXXX100 เป็นการตั้งค่าอัตราบิตข้อมูลเท่ากับ 1200 bps
XXXXX101 เป็นการตั้งค่าอัตราบิตข้อมูลเท่ากับ 2400 bps
XXXXX110 เป็นการตั้งค่าอัตราบิตข้อมูลเท่ากับ 4800 bps
XXXXX111 เป็นการตั้งค่าอัตราบิตข้อมูลเท่ากับ 9600 bps

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.5.2 สวิตช์ตั้งรหัสของสถานีตรวจวัดปริมาณรังสี

ตำแหน่งของดิพสวิตช์ชุดที่ 2 ขนาด 8 หลัก จะใช้งานเพียง 4 หลัก ทางซ้ายมือ เป็นการตั้งค่ารหัสของสถานีวัดปริมาณรังสี เพื่อสอดคล้องกับการเรียกขาน "Polling" ในกรณีที่ศูนย์ควบคุมจะต้องทำการติดต่อกับสถานีตรวจวัดปริมาณรังสีทั้ง 10 สถานี ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าแอดเดรสไว้ดังนี้

สถานีที่ # 1 CH1 ค่าแอดเดรส คือ 0F1
สถานีที่ # 2 CH2 ค่าแอดเดรส คือ 0F2
สถานีที่ # 3 CH3 ค่าแอดเดรส คือ 0F3
สถานีที่ # 4 CH4 ค่าแอดเดรส คือ 0F4
สถานีที่ # 5 CH5 ค่าแอดเดรส คือ 0F5
สถานีที่ # 6 CH6 ค่าแอดเดรส คือ 0F6
สถานีที่ # 7 CH7 ค่าแอดเดรส คือ 0F7
สถานีที่ # 8 CH8 ค่าแอดเดรส คือ 0F8
สถานีที่ # 9 CH9 ค่าแอดเดรส คือ 0F9
สถานีที่ # 10 CH10 ค่าแอดเดรส คือ 0F0

การตั้งดิพสวิตช์ชุดที่ 2 เพื่อกำหนดค่าแอดเดรสของสถานีตรวจวัดมีดังต่อไปนี้ เริ่มจากตำแหน่งของดิพสวิตช์ทางซ้ายมือ กำหนดให้ตำแหน่งสวิตช์ ON มีค่าเท่ากับสภาวะ "0" ในรูปที่ 3.12 แสดงตำแหน่งของดิพสวิตช์เพื่อทำการตั้งค่าแอดเดรส มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รูปที่ 3.12 แผนภาพแสดงตำแหน่งของดิพสิวตช์เพื่อตั้งค่าแอดเดรส

0000XXXX เป็นการตั้งค่าแอดเดรสสำหรับ CH0
0001XXXX เป็นการตั้งค่าแอดเดรสสำหรับ CH1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

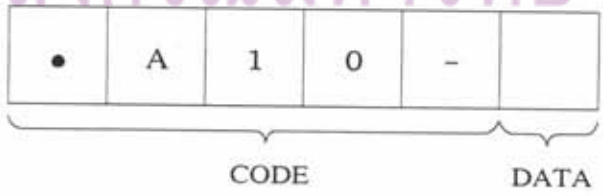
0010XXXX เป็นการตั้งค่าแอดเดรสสำหรับ CH3
0011XXXX เป็นการตั้งค่าแอดเดรสสำหรับ CH4
0100XXXX เป็นการตั้งค่าแอดเดรสสำหรับ CH5
0101XXXX เป็นการตั้งค่าแอดเดรสสำหรับ CH6
0110XXXX เป็นการตั้งค่าแอดเดรสสำหรับ CH7
0111XXXX เป็นการตั้งค่าแอดเดรสสำหรับ CH8
1000XXXX เป็นการตั้งค่าแอดเดรสสำหรับ CH9
1001XXXX เป็นการตั้งค่าแอดเดรสสำหรับ CH10

- หน่วยแสดงผลของการทำงานของเครื่องทำหน้าที่แสดงผลของการตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่อง ใช้จอ LCD ขนาด 16 ตัวอักษร เพื่อทำการตั้งค่าพารามิเตอร์แล้วจะแสดงผลบนจอ LCD รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

- ชุดข้อมูลที่ 1 แสดงการรับข้อมูลแบบ RS-232, IEEE-488, BCD หรืออนาลอก
- ชุดข้อมูลที่ 2 แสดงการตั้งอัตราบิตข้อมูล 150 bps, 300 bps, 600 bps, 1200 bps, 2400 bps, 4800 bps และ 9600 bps
- ชุดข้อมูลที่ 3 แสดงการกำหนดค่าแอดเดรสของสถานี
- ชุดข้อมูลที่ 4 แสดงการทำงานแบบ Mode Request To Send หรือ Mode Send

การส่งข้อมูลเชิงตัวเลขจากสถานีตรวจวัดปริมาณรังสีไปยังศูนย์ควบคุม จะแบ่งข้อมูลที่ส่งเป็นชุด ๆ เรียกว่า "แพคเกต" (Packet) มีความยาวของแต่ละแพคเกตแน่นอน รูปแบบของการส่งข้อมูลนี้จะต้องใส่รหัสประจำสถานีก่อนข้อมูลเสมอ เพื่อให้ทางศูนย์ควบคุมตรวจสอบตำแหน่งที่ตั้งและนำข้อมูลเข้าประมวลผลได้ถูกต้อง ในรูปที่ 3.13 แสดงข้อมูลแพคเกตที่ส่งจากสถานีตรวจวัดหรือลูกข่าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.13 แผนภาพของข้อมูลในแพคเกตที่ส่งแต่ละครั้ง

รหัสประจำของแต่ละสถานีตรวจวัดปริมาณรังสี กำหนดไว้ให้ใช้รหัสที่มีความยาวเท่ากับ 5 ไบต์ คือ

รหัสของสถานีที่ 1	คือ .A0 -
รหัสของสถานีที่ 2	คือ .A1 -
รหัสของสถานีที่ 3	คือ .A2 -
รหัสของสถานีที่ 4	คือ .A3 -
รหัสของสถานีที่ 5	คือ .A4 -
รหัสของสถานีที่ 6	คือ .A5 -
รหัสของสถานีที่ 7	คือ .A6 -
รหัสของสถานีที่ 8	คือ .A7 -
รหัสของสถานีที่ 9	คือ .A8 -
รหัสของสถานีที่ 10	คือ .A9 -

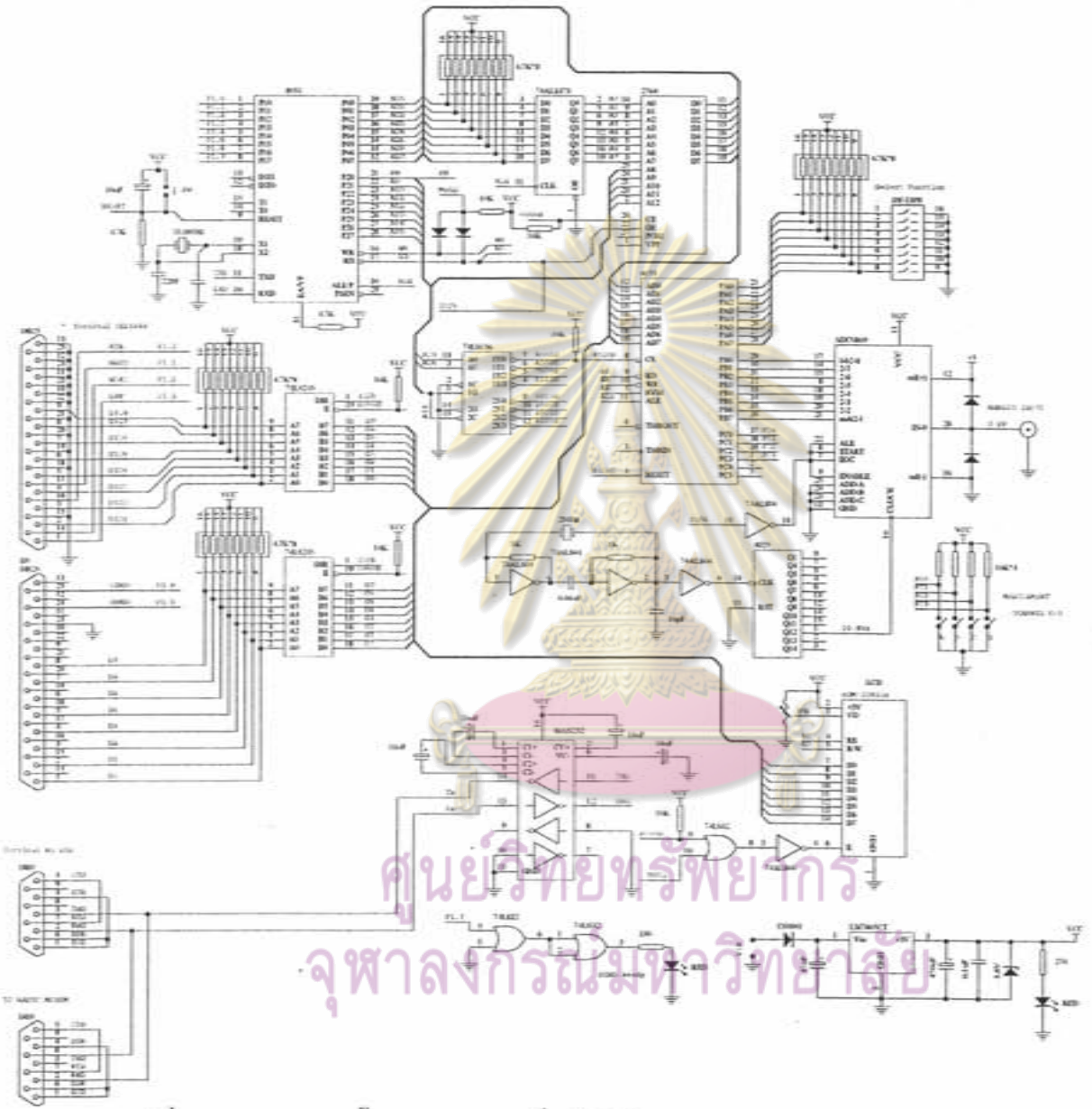
แล้วตามด้วยข้อมูลของปริมาณรังสีที่ตรวจวัดได้ความยาวเท่า 1 ไบต์ ทำให้คอมพิวเตอร์ที่ศูนย์ควบคุมทราบได้ว่าเป็นผลของการตรวจวัดปริมาณรังสีของสถานีใด

ในรูปที่ 3.14 เป็นวงจรรวมทั้งหมดของวงจรเชื่อมโยงสัญญาณของสถานีตรวจวัดปริมาณรังสีที่พัฒนาขึ้น

3.3 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับระบบเฝ้าระวังทางรังสี

โปรแกรมสำหรับระบบเฝ้าระวังทางรังสีแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบเชื่อมโยงสัญญาณทางสถานีตรวจวัด ซึ่งบรรจุลงในหน่วยความจำถาวร (EPROM) และโปรแกรมรายงานผลการวัดสำหรับคอมพิวเตอร์ที่ศูนย์ควบคุมข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

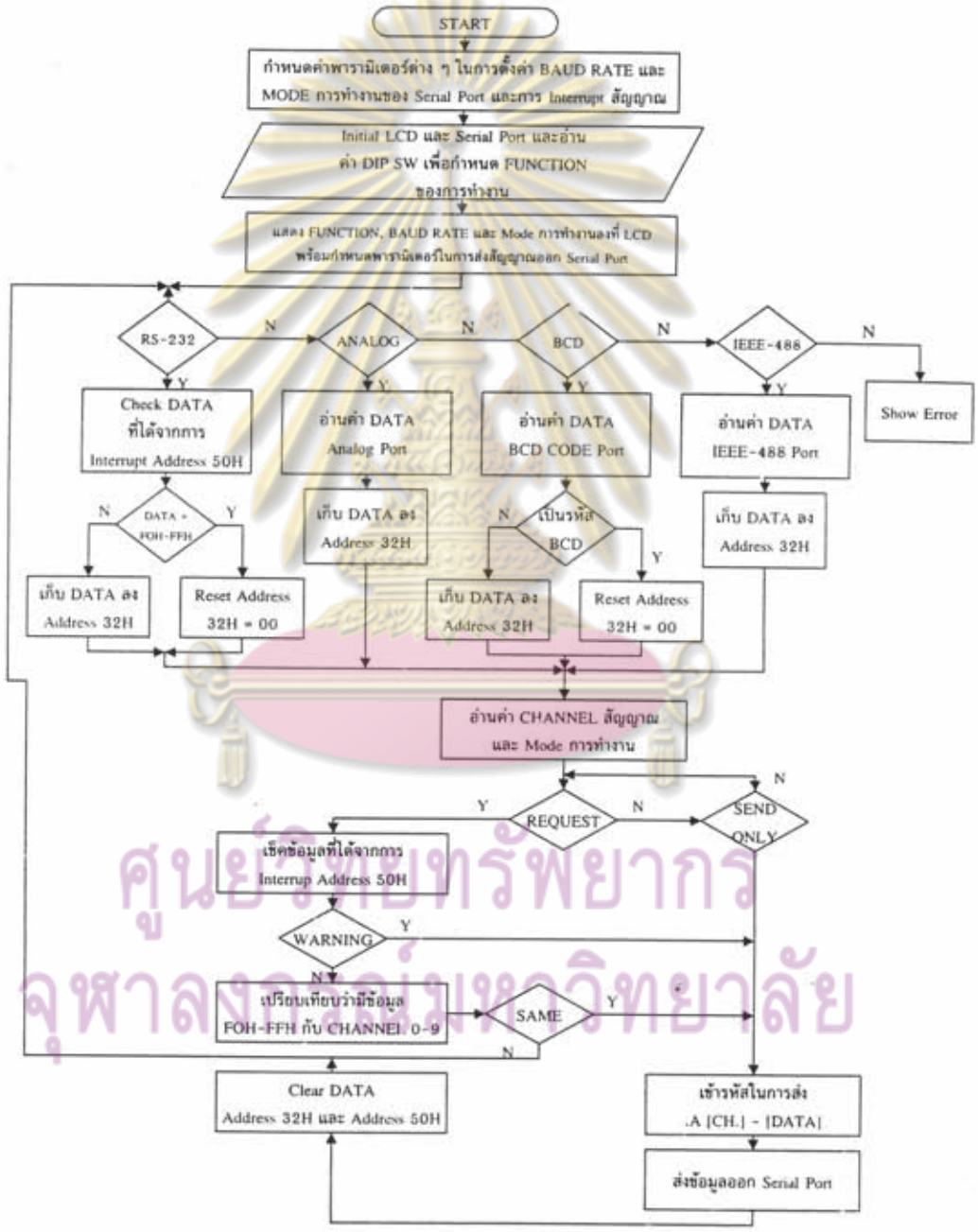


รูปที่ 3.14 วงจรรวมทั้งหมดของวงจรเชื่อมโยงสัญญาณของสถานีตรวจวัดปริมาณรังสี NT.2612

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.1 โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบเชื่อมโยงสัญญาณทางสถานีตรวจวัด

การทำงานของระบบเชื่อมโยงสัญญาณกับสถานีตรวจวัดซึ่งเป็นลูกข่ายจะควบคุมด้วยโปรแกรมซึ่งเขียนด้วยภาษาแอสแซมบลี มีโฟลวชาร์ตการทำงานตามรูปที่ 3.15 เป็นโปรแกรมขนาด 8 กิโลไบต์ (รายละเอียดของโปรแกรมในภาคผนวก ก.1) บรรจุในหน่วยความจำถาวร (EPROM)

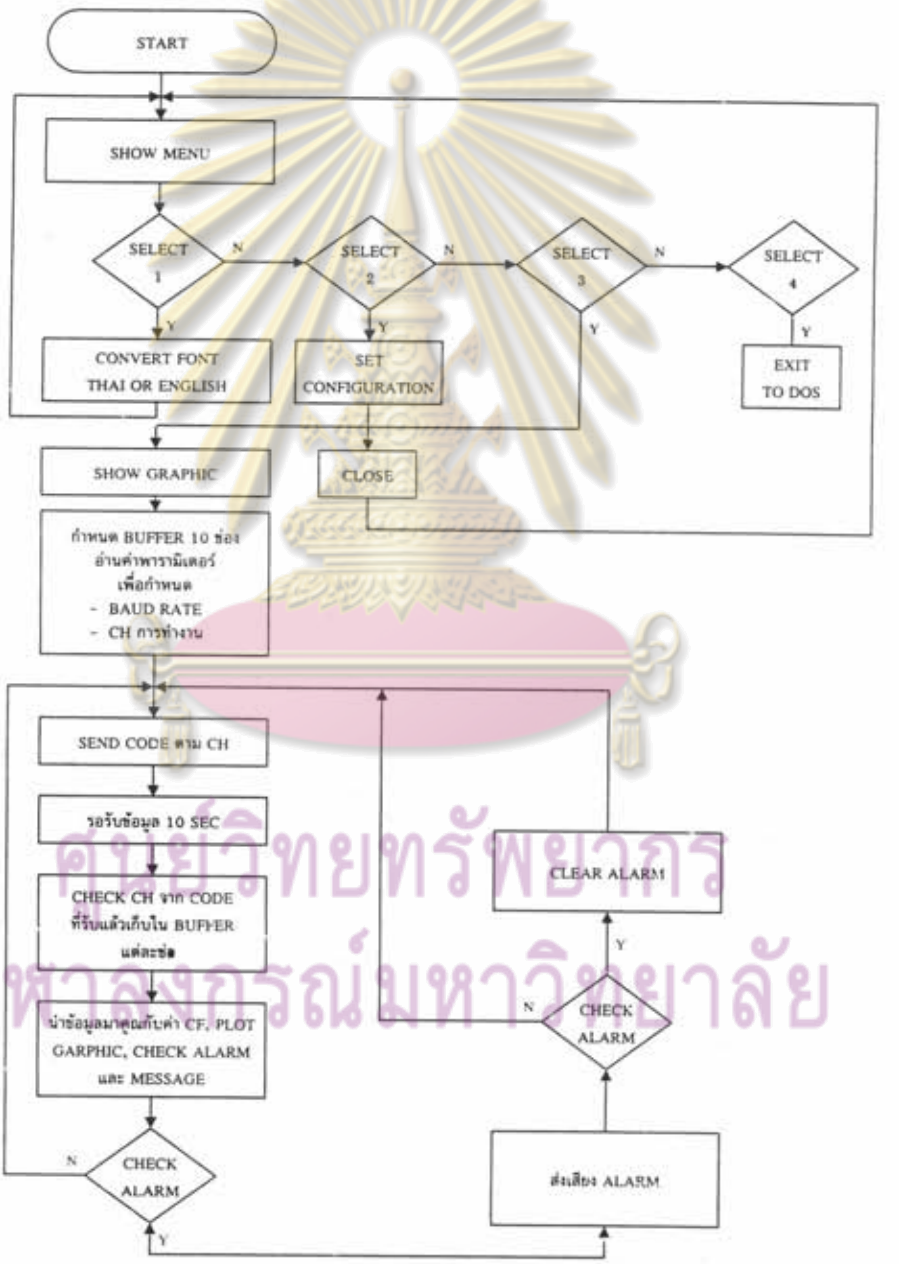


รูปที่ 3.15 โฟลวชาร์ตขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2 โปรแกรมรายงานผลการวัดที่ศูนย์ควบคุม

ในการรายงานผลของการตรวจวัดปริมาณรังสีที่ส่งจากการตรวจวัดของสถานีตรวจวัดทั้ง 10 สถานี จะมีระบบเชื่อมโยงในการติดต่อสื่อสารทางวิทยุผ่านโมเด็มวิทยุ และต่อเชื่อมโยงกับไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตมาตรฐาน RS-232 และมีโปรแกรมซึ่งเขียนโดยใช้ภาษา C ทำหน้าที่จัดการข้อมูลทั้งหมดในระบบเชื่อมโยงสัญญาณสำหรับเฝ้าระวังทางรังสีโดยใช้วิทยุสื่อสาร ลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรมที่ออกแบบขึ้นนี้แสดงในโฟลวชาร์ตรูปที่ 3.16 (รายละเอียดของโปรแกรมที่เขียนโดยใช้ภาษา C ในภาคผนวก ก.2)



รูปที่ 3.16 โฟลวชาร์ตขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการรายงานผลการตรวจวัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทำงานของโปรแกรมรายงานผลเริ่มจากเมื่อเรียกโปรแกรมมาใช้งานการแสดงภาพแรกจะเป็นการเลือกการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.17 ซึ่งจะมีการเลือกเมนู (Menu) ต่าง ๆ 3 แบบ

ก. เมนูที่ 1 จะเป็นตัวเลือกการเปลี่ยนหน้าจอเมนูเป็นแบบภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.17 ภาพที่หน้าจอเมนูเป็นภาษาไทย เมื่อทำการเปลี่ยนเป็นภาษาอังกฤษจะได้ภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.18

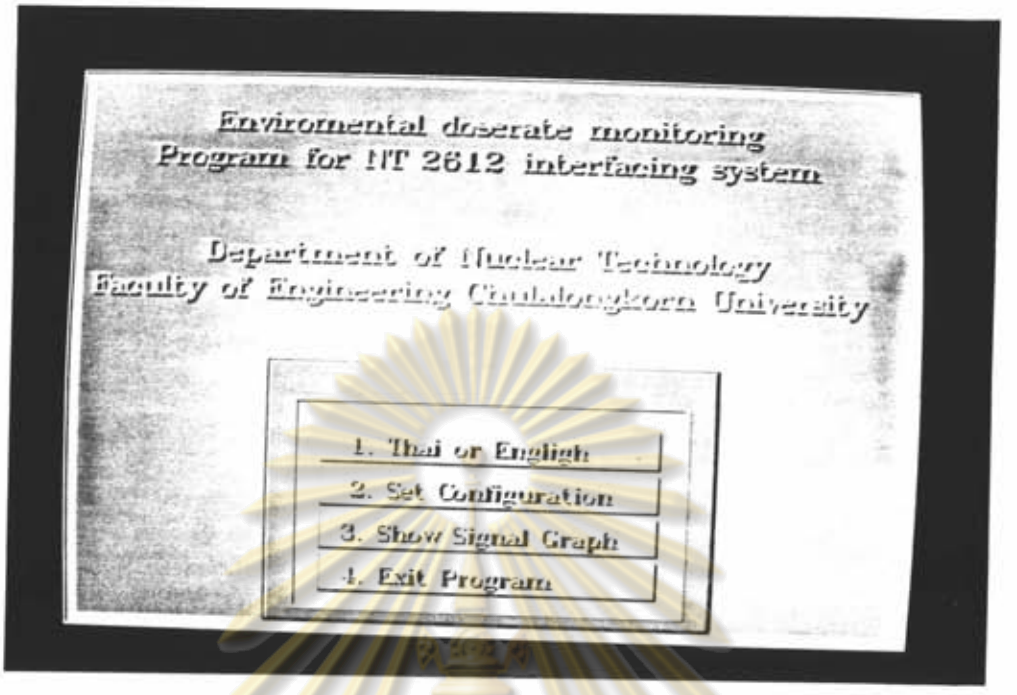
ข. เมนูที่ 2 เป็นการ Set Configuration เพื่อการใช้งานที่เหมาะสมมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- การตั้งชื่อสถานี เป็นการตั้งชื่อของสถานีตรวจวัดทั้ง 10 สถานี สามารถตั้งชื่อของสถานีได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- การตั้งค่าพอร์ต เป็นการตั้งค่าพอร์ตแบบอนุกรมในการติดต่อสื่อสารกับโมเด็มวิทยุทางพอร์ตอนุกรม COM1 หรือพอร์ตอนุกรม COM2
- การตั้งค่า S_CODE เป็นการเลือกฐานข้อมูลในการแปลงค่าเพื่อนำข้อมูลที่รับมาทำการแสดงผล สามารถเลือก S_CODE ได้ 2 แบบ คือ 1. ASCII, 2. BCD
- การตั้งค่า Alarm level เป็นการตั้งขีดจำกัดระดับปริมาณรังสีเพื่อเตือนอันตรายเมื่อปริมาณรังสีเกิน สามารถตั้งค่า Alarm Level ได้ตั้งแต่ 00.00-99.99 μSv/hr
- การตั้งค่า Calibration Factor เป็นการตั้งค่าปรับแก้ค่าของเครื่องมือตรวจวัดปริมาณรังสีแต่ละสถานี ซึ่งมีหน่วยต่างกันให้มีปริมาณเดียวกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือตรวจวัดปริมาณรังสีที่นำมาใช้งานในระบบ สามารถใส่ค่า Calibration Factor ได้ตั้งแต่ -9.99 ถึง +9.99
- การตั้งค่า Time Scan เป็นการตั้งเวลาในการติดต่อเมื่อเรียกขอข้อมูลกับสถานีตรวจวัดปริมาณรังสีทุกสถานีที่มีการติดตั้งใช้งาน ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบ “Polling” ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.1.2 สามารถตั้งเวลาของ Time Scan ใส่ค่าได้ตั้งแต่ 10 วินาที ถึง 20 นาที ภาพที่ 3.20 แสดงภาพหน้าจอเมนู การ Set Configuration

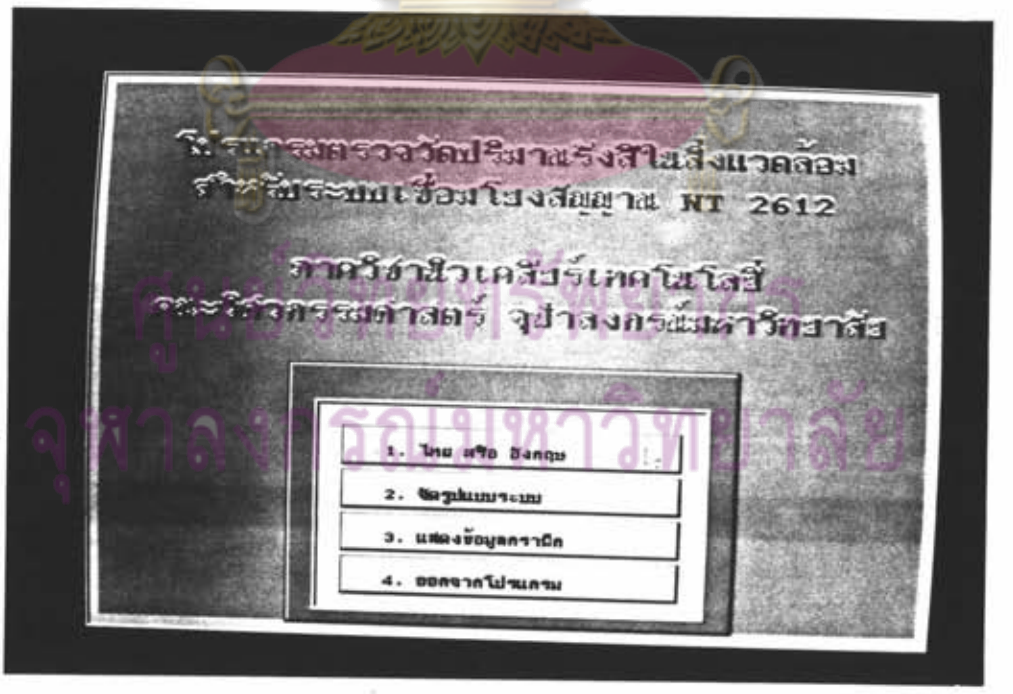
ค. เมนูที่ 3 เป็นหน้าจอซึ่งแสดงสภาวะการทำงานของระบบ ประกอบด้วย

- ชื่อของสถานีตรวจวัดทั้ง 10 สถานี พร้อมทั้งแสดงค่า Calibration Factor ของแต่ละสถานี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

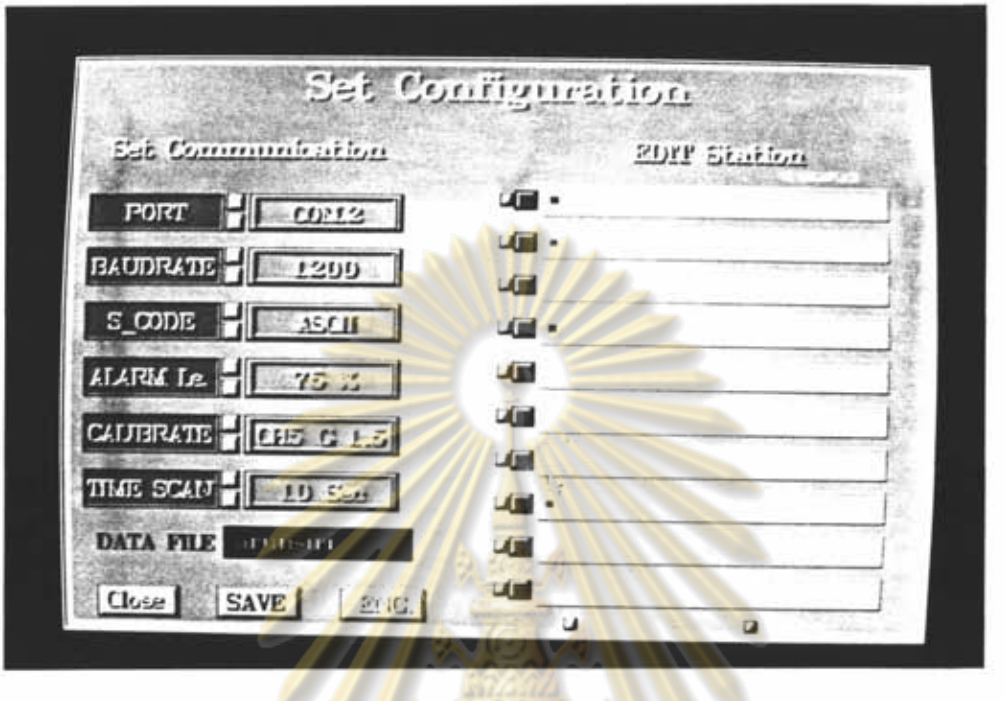


รูปที่ 3.17 ภาพหน้าจอเมนูแบบภาษาอังกฤษ



รูปที่ 3.18 ภาพหน้าจอเมนูแบบภาษาไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.19 ภาพหน้าจอแสดงการ Set Configuration

- TIME ค่าของเวลานี้จะนำไปบันทึกในฐานข้อมูลพร้อมกับข้อมูลที่รับเข้ามาทำให้ทราบเวลาที่ตรวจวัดปริมาณรังสีนั้น

- DATA เป็นการแสดงผลการตรวจวัดปริมาณรังสีของแต่ละสถานีที่ส่งเข้ามาก่อนที่จะนำข้อมูลนี้มาเขียนกราฟ ซึ่งกราฟนี้จะแบ่งไว้ตามสีของแต่ละสถานีและข้อมูลนี้จะเปลี่ยนใหม่เสมอเมื่อมีการรับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดปริมาณรังสีที่ส่งเข้ามา

- PRN เป็นคำสั่งพิมพ์ข้อมูลปริมาณรังสีออกทางเครื่องพิมพ์

- ACK เป็นตำแหน่งรับทราบการเตือนอันตรายเมื่อปริมาณรังสีของสถานีตรวจวัดใดมีระดับรังสีสูงกว่าที่กำหนดไว้

- STOP เป็นคำสั่งเริ่มทำงานหรือหยุดการทำงาน

- CLOSE เป็นคำสั่งยกเลิกการทำงานทั้งหมด โดยจะทำการเปลี่ยนหน้าจอไปอยู่ในเมนูที่ 1

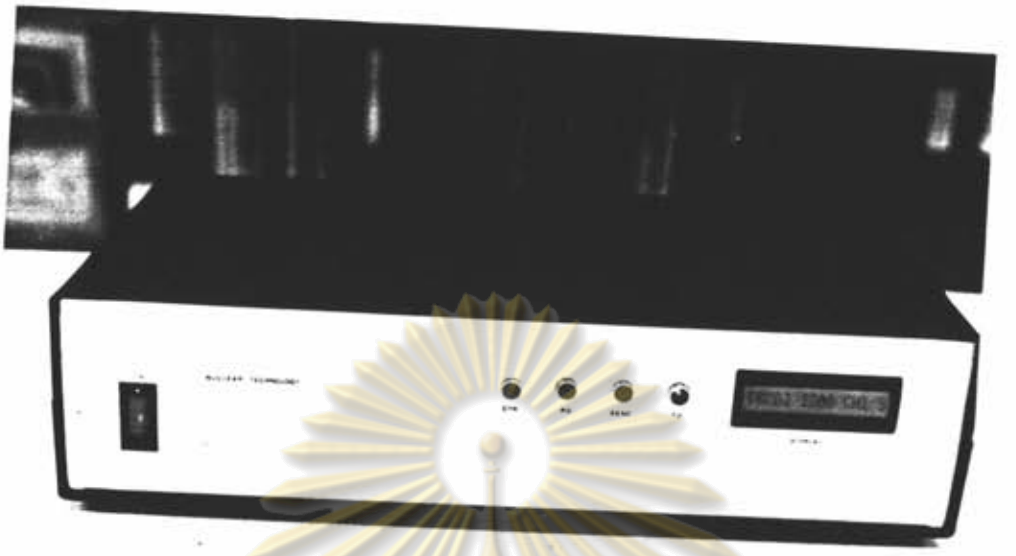
- EXP เป็นตำแหน่งสั่งการทำงานขยายภาพของกราฟสถานีใดสถานีหนึ่ง เพื่อจะติดตามผลของการตรวจวัดรังสีของสถานีตรวจวัดนั้น ๆ ในรูปที่ 3.20 และรูปที่ 2.21 ภาพหน้าจอเมนูสภาวะการทำงานของระบบแบบภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

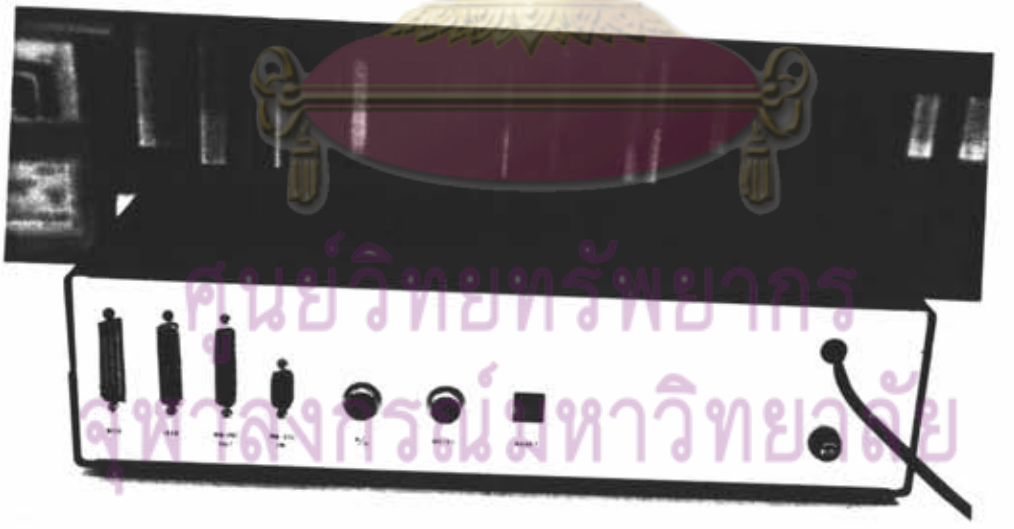
รูปที่ 3.20 ภาพหน้าจอแสดงสภาวะการทำงานของระบบแบบภาษาอังกฤษ

รูปที่ 3.21 ภาพหน้าจอแสดงสถานะการทำงานของระบบแบบภาษาไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



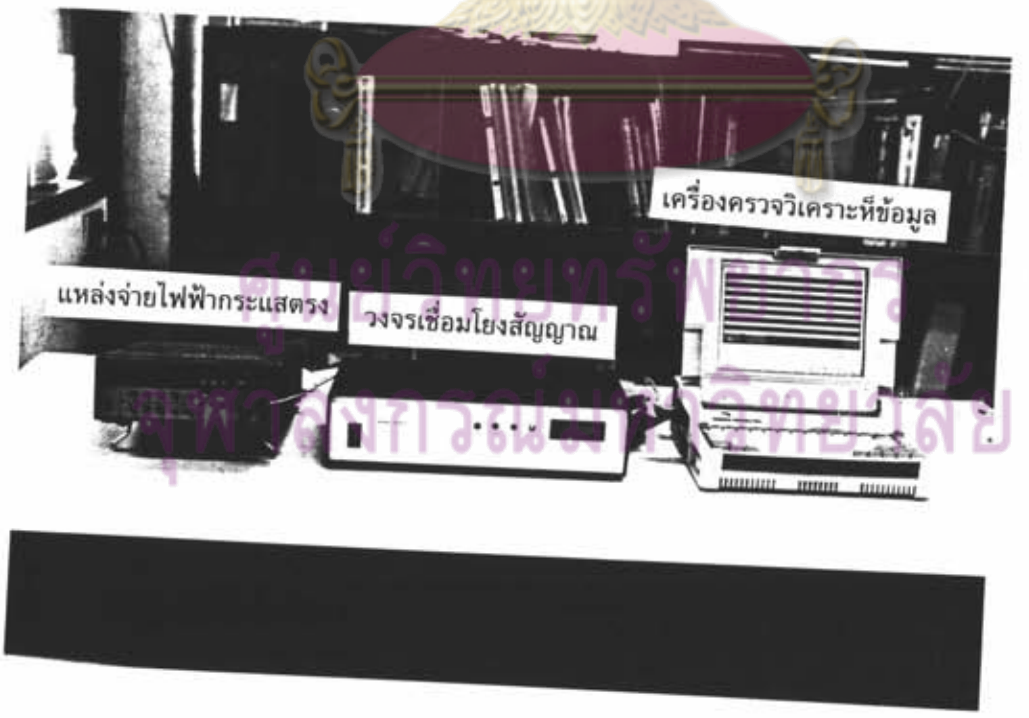
รูปที่ 3.22 ภาพด้านหน้าอุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณด้านสถานีตรวจวัดปริมาณรังสี NT.2612



รูปที่ 3.23 ภาพด้านหลังอุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณด้านสถานีตรวจวัดปริมาณรังสี NT.2612

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.24 ภาพภายในอุปกรณ์เชื่อมโยงสัญญาณ NT.2612



รูปที่ 3.25 ภาพการทดสอบความผิดพลาดของการส่งข้อมูล