



An Interfacing System for Radiation Surveillance Using a Radio Communication Network

Thanakorn Arunsiri Suvit Punnachaiya and Attaporn Pattarasumun

Department of Nuclear Technology, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Tel. 218-6782. Fax 218-6770

ABSTRACT

The development of an interfacing system for environmental radiation surveillance using radio communication network is aimed to improve a way by which environmental radiation measurement is transmitted and reported from the regional area monitoring station network. This also includes an automatic warning of beacon status via the radio link network to the center of environmental radiation control when an abnormal radiation level is detected. The interfacing system was developed by simulating the EGAT radio link network, the NT 2612, and can be separated into two parts. The first part was for a mobile station which can manage the output data from the radiation measurement system in the standard form of RS-232, IEEE-488, BCD and analog signal. This was accomplished by modulating the signal in selected baud rates ranging from 150 to 9600 bps using an economical radio packet capable of identifying and recalling the station code number. The other part is the linking system between the output data and the microcomputer equipped with a software to manage and evaluate the data from 10 surveillance stations for convenient handing of data output, statistical analysis and transmitting warning signal. Data transmission was tested using a baud rate of 1200 bps and was found to contain no detectable error when digital signal was transmitted while analog signal transmission resulted in deviations of less than $\pm 0.003\%$

The development of this radio link system provides a future trend for the environmental radiation monitoring network for countries with nuclear power plants or neighboring countries needed to continuously monitor for any abnormal radiation level in the environment. In case that the radiation surveillance system detects a high level of radiation, a warning signal will be transmitted and appropriate actions may be immediately exercised to control impacts of radiation on environment and living things according to international guidelines.

1. บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าประเทศในกลุ่มอุตสาหกรรม และประเทศที่มีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มในอัตราสูง ขอมรับการใช้พลังงานนิวเคลียร์เป็นแหล่งพลังงานในการผลิตไฟฟ้าร่วมกับฐานการผลิตไฟฟ้าด้วยแหล่งพลังงานอื่นที่มีอยู่เดิม เนื่องจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีกำลังผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยสูงและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ ประเทศในแถบเอเชีย เช่น จีน ญี่ปุ่น ไต้หวัน เกาหลี ล้วนแล้วแต่ใช้พลังงานนิวเคลียร์ทั้งสิ้น อย่างไรก็ตามโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ถึงแม้จะมีความปลอดภัยสูงก็มีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุเล็กน้อย (incidence) ได้ ดังนั้นโดยหลักสากลแล้วประเทศที่มีการใช้พลังงานนิวเคลียร์ จะมีการตรวจวัดรังสีในสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง หรือถ้าประเทศนั้นไม่มีการใช้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ แต่ประเทศเพื่อนบ้านใช้ก็จำเป็นต้องมีการตรวจวัดเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเกิดอุบัติเหตุทางรังสีขึ้นสารกัมมันตรังสีสามารถจะฟุ้งกระจายตามกระแสลมที่พัดพากระจายออกสู่อากาศได้ การที่ภูมิภาคใดมีระบบตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงระดับรังสีที่สูงกว่าปกติได้ รวดเร็วและแม่นยำ จะช่วยให้หน่วยงานที่มีหน้าที่ควบคุมดูแลความปลอดภัยของประชาชนด้านรังสีและสิ่งแวดล้อมสามารถดำเนินการตรวจหาแหล่งที่มา พร้อมทั้งวางแผนแก้ไข ตลอดจนควบคุมวัฏจักรของการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีได้ถูกต้องตามหลักสากล และทันเวลาที่

อย่างไรก็ตามการตรวจวัดรังสีในสิ่งแวดล้อมนั้นจะต้องมีการวางสถานีเครือข่ายให้ครอบคลุมพื้นที่ซึ่งจะตรวจวัด ในทางปฏิบัติเครื่องมือตรวจวัดในระหว่างที่มีการจัดหาเพื่อขยายเครือข่ายมักจะมีระบบรายงานสัญญาณข้อมูลในมาตรฐานต่าง ๆ กัน ตามวัตถุประสงค์ของบริษัทผู้ผลิต ทำให้เกิดอุปสรรคในการสื่อสารข้อมูลเข้าสู่ศูนย์ควบคุมสถานีตรวจวัด จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบกลางขึ้น เพื่อรองรับรูปแบบของการส่งและรับข้อมูลในมาตรฐานต่าง ๆ ที่คิดตั้งมาพร้อมกับเครื่องมือ ดังนั้นการศึกษาแนวทางในการสร้างระบบเชื่อมโยงสัญญาณของระบบตรวจวัดรังสีแบบต่างๆ ให้เป็นเครือข่ายทั่วภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งจะช่วยให้มีการประเมินระดับรังสีได้แม่นยำรวดเร็ว จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อที่จะรองรับความต้องการของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในอนาคต สำหรับงานวิจัยนี้มีแนวคิดว่าการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีระบบสื่อสารด้วยเครือข่ายวิทยุที่มีประสิทธิภาพสูงอยู่แล้วและเป็นหน่วยงานที่จำเป็นต้องเตรียมการสร้างระบบตรวจกัมมันตภาพรังสีในสิ่งแวดล้อมแบบต่อเนื่อง หากมีการใช้พลังงานนิวเคลียร์ในการผลิตไฟฟ้า อีกทั้งยังสามารถนำระบบวัดกัมมันตภาพรังสีในสิ่งแวดล้อมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่นเข้าโยกกับระบบวิทยุสื่อสาร อันอาจเป็นเครือข่ายที่ร่วมมือกันในอนาคตเพื่อเป็นการประหยัดและสามารถพัฒนาระบบได้รวดเร็ว จึงทำการศึกษาและพัฒนาระบบดังกล่าว โดยอาศัยข้อมูลเครือข่ายวิทยุสื่อสารของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย รวมทั้งเครื่องมือตรวจวัดที่มีอยู่เดิมภายในประเทศ

และเครื่องมือรุ่นใหม่จากผู้ผลิตที่นิยมใช้กันในกลุ่มประเทศที่ใช้พลังงานนิวเคลียร์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นข้อมูลพื้นฐาน

2. วัตถุประสงค์และวิธีการ

2.1 ข้อมูลพื้นฐานของการพัฒนาระบบเชื่อมโยงสัญญาณ

2.1.1 แนวทางในการใช้ระบบวิทยุสื่อสารรายงานผลการวัดปริมาณรังสี

จากการศึกษาข้อมูลของศูนย์ควบคุมสภาพอากาศและการแผ่รังสีทางรังสีในประเทศที่มีการใช้พลังงานนิวเคลียร์ (1),(2) พบว่าการสร้างเครือข่ายตรวจวัดปริมาณรังสีในสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องมีการวางสถานีตรวจวัดไว้ทั่วภูมิภาค โดยเฉพาะบริเวณที่มีการเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ จำเป็นต้องจัดการวัดปริมาณรังสีในโซนต่างๆ ตามข้อบังคับสากล ขณะเดียวกันการประมวลผลการวัดปริมาณรังสีในสิ่งแวดล้อมที่แม่นยำจะต้องใช้ข้อมูลทางสภาพอุณหภูมิมิเทียมามาประมวลผลพร้อมกันด้วยเพื่อสร้างโมเดลการกระจายของกัมมันตภาพรังสีเมื่อมีการตรวจพบปริมาณรังสีที่สูงกว่าปกติ ในการหาทิศทางและแหล่งที่มาพร้อมทั้งสามารถรายงานผลไปยังศูนย์รับข้อมูลสำหรับเจ้าหน้าที่ควบคุมสถานการณ์ฉุกเฉินทางรังสีโดยอัตโนมัติผ่านทางเครื่องเรียกประจำบุคคล (pager)

ข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่า การจัดระบบแผ่รังสีทางรังสีในระบบเครือข่ายให้ครอบคลุมพื้นที่นั้นต้องมีสถานีตรวจวัดย่อยหรือสถานีลูกข่ายตามภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศและรายงานผลการตรวจวัดเข้าสู่ศูนย์ควบคุมและจัดการในส่วนกลางซึ่งเป็นสถานีแม่ข่าย การใช้ระบบสื่อสารทางวิทยุแม้จะลงทุนสูงแต่จะทำให้การวางเครือข่ายตรวจวัดมีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้ระบบเครือข่ายผ่านชุมสายโทรศัพท์กลาง ในส่วนนี้เนื่องจากในประเทศมีหน่วยงานที่วางระบบสื่อสารวิทยุไว้ทั่วภูมิภาคแล้วยังมีช่องสัญญาณเหลือพอที่จะฝากสัญญาณได้โดยไม่ต้องลงทุนใหม่ เพียงแต่จัดเป็นโครงการความร่วมมือก็น่าจะทำได้ โดยเฉพาะการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเป็นหน่วยงานที่มีระบบวิทยุสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ มีสถานีเครือข่ายวิทยุอยู่ทั่วภูมิภาคของประเทศ ดังแผนที่แสดงตำแหน่งสถานีในรูปแบบที่ 1 สำหรับในบริเวณที่ยังไม่มีสถานีถาวรและควรที่จะวางตำแหน่งสถานีตรวจวัดรังสีก็สามารถใช้วิทยุรับส่งขนาดเล็กเชื่อมโยงเข้าสถานีประจำภูมิภาคได้ โดยไม่ต้องวางสายเคเบิล

2.1.2 เครื่องมือตรวจวัดสำหรับงานด้านเฝ้าระวังทางรังสี

เครื่องมือตรวจวัดที่ติดตั้งตามสถานีตรวจวัดปริมาณรังสี จะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ในการตรวจวัด ซึ่งอาจต้องการวัดปริมาณรังสีแกมมาในบรรยากาศ ปริมาณรังสีในน้ำ ปริมาณรังสีจากปล่องควัน และปริมาณรังสีบริเวณใกล้พื้นที่ตั้งของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เป็นต้น เครื่องวัดแต่ละประเภทจะเลือกใช้หัววัดรังสีชนิดต่างๆ เช่น หัววัดไกเกอร์แบบวัดฟลักซ์สูงและต่ำ หัววัดโซเดียมไอโอไดค์ หัววัดไออินเซชันแชนเบอร์ ในงานวัดรังสีรวมและใช้หัววัดรังสีกึ่งตัวนำชนิด HPGe ในการวัดไอโซโทปรังสี โดยสามารถแบ่งชนิดของเครื่องมือตรวจวัดรังสีในสิ่งแวดล้อมนี้เป็นกลุ่มใหญ่ได้ 2 กลุ่ม คือ

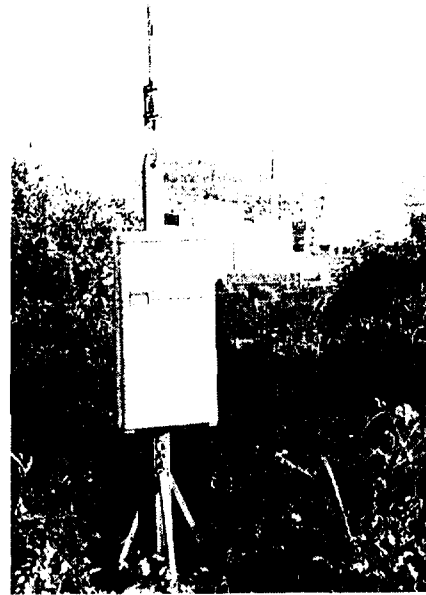
ก. Nuclide Specific Monitor เป็นระบบตรวจวัดรังสีซึ่งออกแบบให้วัดรังสีอัลฟา เบตา และแกมมา และสามารถวิเคราะห์ชนิดของไอโซโทปและปริมาณรังสี โดยวัดทั้งปริมาณรังสีจากสิ่งแวดล้อม ด้วยการสูบอากาศผ่านเส้นเทปกระดาษกรองแบบต่อเนื่อง บางเครื่องอาจออกแบบให้วัดไอโซโทปเฉพาะของไอโอดีน และซีเซียม-137 ซึ่งจะพบในการรั่วไหลของรังสีจากแท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ หรือออกแบบให้วัดเฉพาะตรีเทียมในบริเวณปฏิบัติการด้านเครื่องเร่งอนุภาค หรือเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูแบบฟิวชัน เป็นต้น ลักษณะรูปร่างเครื่องแสดงในรูปที่ 2.ก. ซึ่งอาจจะติดตั้งอยู่กับสถานีภาคพื้นดิน หรือแบบเคลื่อนที่ก็ได้

ข. Doserate Monitor เป็นระบบตรวจวัดรังสีซึ่งออกแบบให้วัดปริมาณรังสีรวมในสภาพแวดล้อม โดยสามารถเลือกชนิดของหัววัดตามความไวในการวัดรังสี มีการออกแบบเครื่องวัดให้สามารถติดตั้งภายนอกอาคารได้ดังรูปที่ 2.ข. หรือออกแบบให้สามารถวัดปริมาณรังสีรวมในช่วงพลังงานต่างๆ โดยเป็นเครื่องที่ติดตั้งภายในอาคาร (Indoor) ดังแสดงในรูปที่ 2.ค.

จากการศึกษาข้อมูลของเครื่องมือตรวจวัดรังสี พบว่าเครื่องมือตรวจวัดมีทั้งเครื่องมือรุ่นเก่า เครื่องมือที่ได้จากการช่วยเหลือจากโครงการความร่วมมือระหว่างประเทศ และเครื่องมือที่จัดหาเองของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นการส่งข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดรังสีจึงมีรูปแบบหลายรูปแบบ ทั้งมาตรฐาน BCD, IEEE-488, RS-232 และสัญญาณอนาล็อกจากเรตมิเตอร์ จึงจำเป็นต้องออกแบบระบบเชื่อมโยงสัญญาณที่สถานีลูกข่ายเพื่อรองรับสัญญาณข้อมูลในมาตรฐานต่าง ๆ แบบอนาล็อกและจัดระบบผสมสัญญาณผ่าน radio modem พร้อมทั้งสามารถกำหนดรหัสเรียกขานของสถานีแม่ข่ายกับลูกข่ายได้ เพื่อสะดวกในการจำแนกข้อมูลและติดตามข้อมูลวัดปริมาณรังสีเฉพาะสถานีลูกแบบต่อเนื่องเมื่อจำเป็น



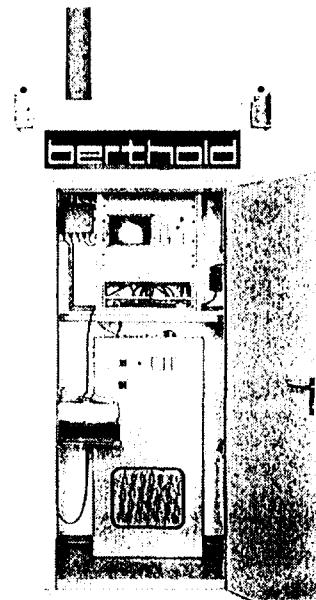
ก. Nuclide specific monitor



ข. Outdoor doserate monitor



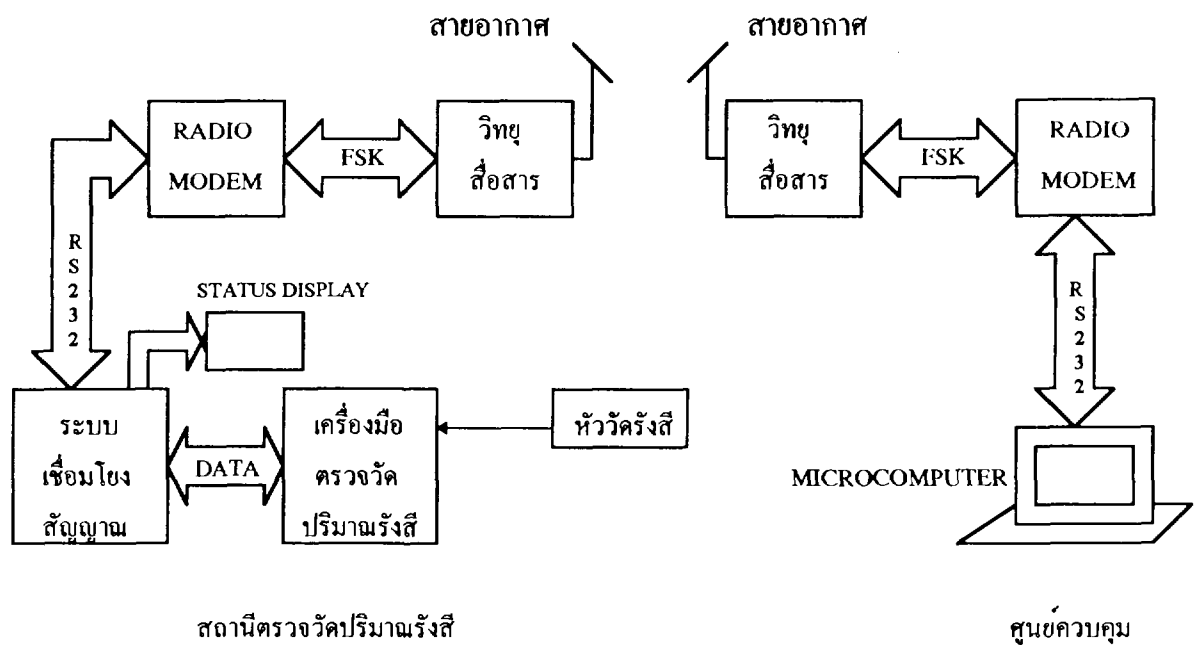
ค. Indoor Doserate Monitor



รูปที่ 2 แสดงเครื่องตรวจวัดปริมาณรังสีแบบต่าง ๆ (3)

2.2 การพัฒนาระบบเชื่อมโยงสัญญาณและโปรแกรมควบคุมการทำงาน

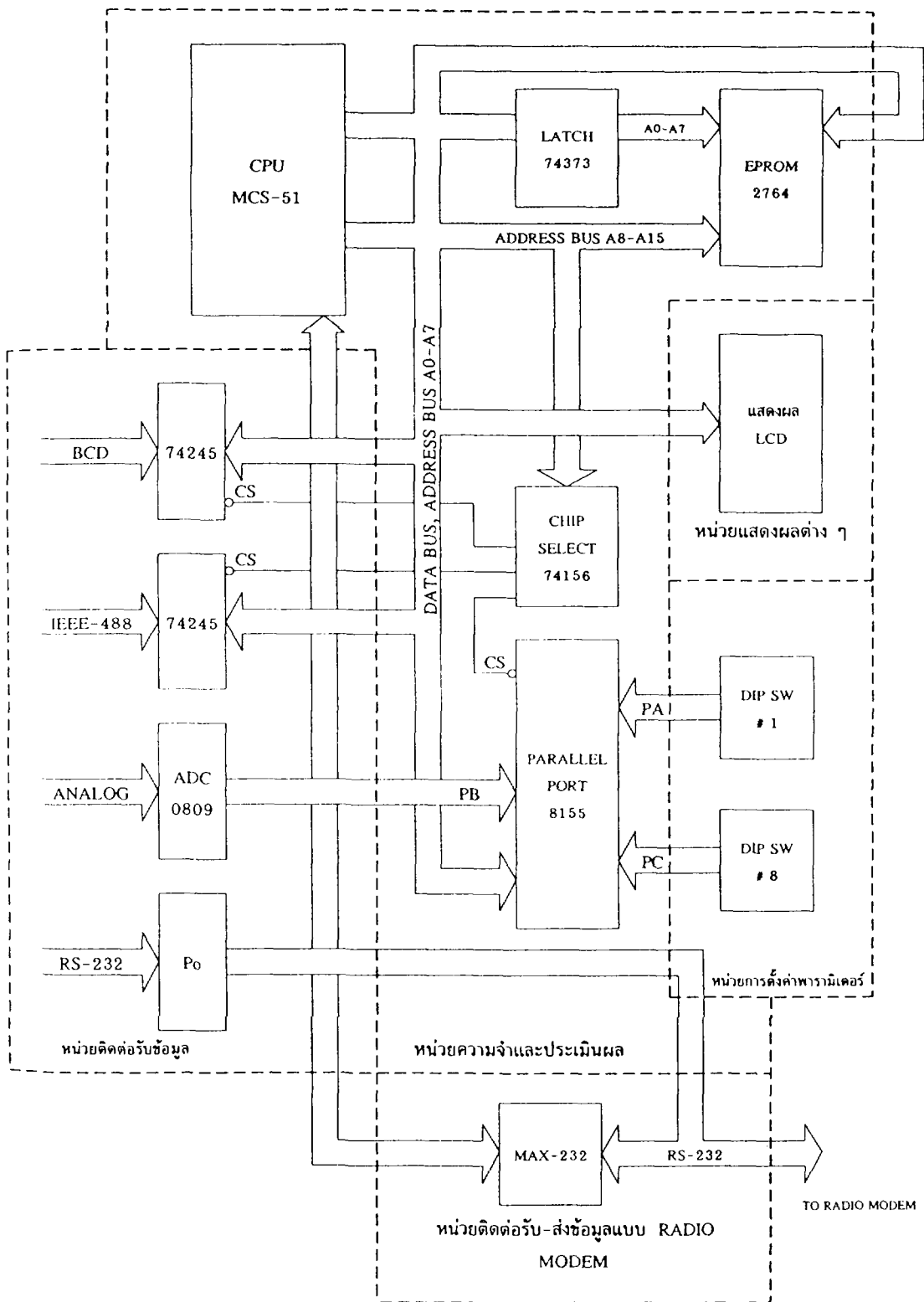
ระบบตรวจวัดเพื่อการเฝ้าระวังทางรังสีผ่านเครือข่ายวิทยุสื่อสารที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นการออกแบบระบบเชื่อมโยงสัญญาณที่สถานีตรวจวัดปริมาณรังสี (ลูกข่าย) พร้อมทั้งโปรแกรมการรับและจัดการข้อมูลที่ศูนย์ควบคุม (แม่ข่าย) ดังแสดงการทำงานในแผนภาพรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพการทำงานของระบบสื่อสารข้อมูล

การทำงานด้านสถานีตรวจวัดปริมาณรังสีเริ่มจากข้อมูลวัดปริมาณรังสีจากเครื่องตรวจวัดรังสีจะถูกส่งเข้าระบบเชื่อมโยงสัญญาณตามมาตรฐานการส่งข้อมูลของเครื่องแต่ละชนิดเก็บไว้ในหน่วยความจำที่เตรียมไว้ในรูป (packet) ร่วมกับรหัสของสถานีวัด เพื่อรอสัญญาณ RTS (Request To Send) จากสถานีควบคุม เมื่อได้รับสัญญาณ RTS ข้อมูลจากระบบเชื่อมโยงสัญญาณจะถูกส่งเข้าโมเด็มแปลงสัญญาณในระบบ FSK (Frequency Shift Key)(4) เพื่อนำไปผสมสัญญาณในระบบวิทยุสื่อสารส่งออกอากาศ ทางด้านศูนย์ควบคุมเมื่อรับข้อมูลจากสถานีวัดโปรแกรมควบคุมจะทำการจัดลำดับทำงาน โดยตรวจสอบรหัสประจำสถานี นำข้อมูลไปบันทึกตามตำแหน่งข้อมูลที่จัดไว้ พร้อมทั้งสร้างเส้นกราฟแสดงผลของแต่ละสถานีเพื่อรอการเรียกอ่านข้อมูล ในกรณีที่พบความคิดปกติจะส่งสัญญาณ RTS ไปยังสถานีตรวจวัดนั้นและติดตามข้อมูลในลักษณะ “polling”

โครงสร้างของระบบเชื่อมโยงสัญญาณและระบบรับส่งข้อมูลของสถานีตรวจวัด แสดงในแผนภาพรูปที่ 4 ประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ ดังนี้

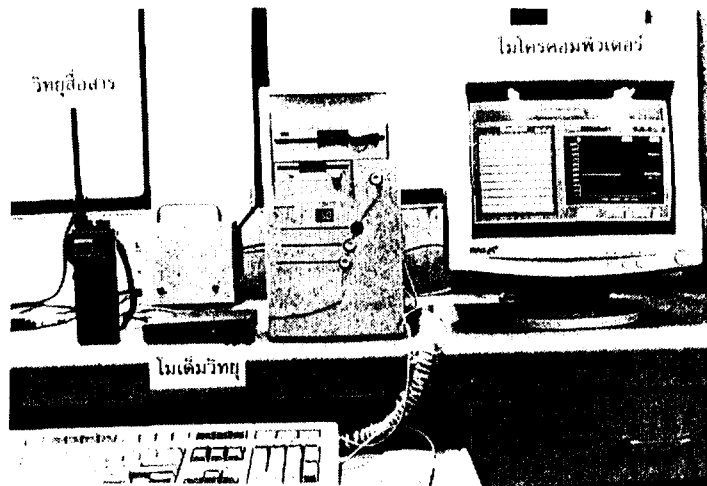


รูปที่ 4 แผนภาพโครงสร้างของระบบเชื่อมโยงสัญญาณสำหรับแผ่ระวางทางรังสี NT.2612

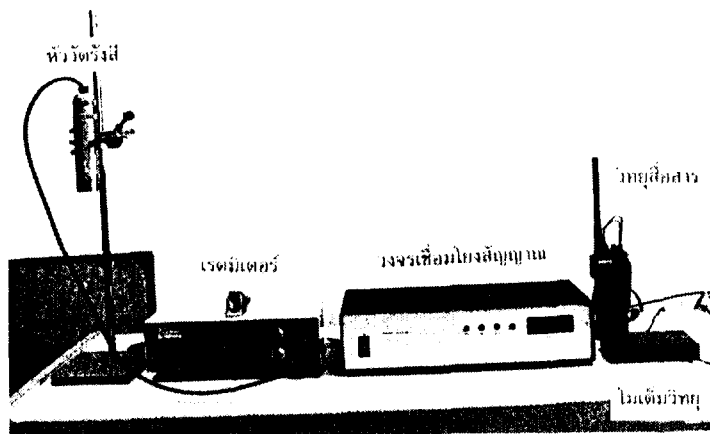
1. ส่วนควบคุมการทำงานของระบบเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล (MCS-51) เนื่องจากสะดวกในการออกแบบและลดการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนลง
2. ระบบรับข้อมูลจากเครื่องมือตรวจวัดปริมาณรังสีต่าง ๆ ได้แก่ การรับข้อมูลแบบ RS-232 ใช้ IC เบอร์ MAX232 ทำหน้าที่รับข้อมูล การรับข้อมูลแบบ BCD และการรับข้อมูลแบบ IEEE-488 ใช้ IC เบอร์ 74245 2 ชุด ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) หลังการติดต่อบริการรับข้อมูลแล้ว จะทำการส่งข้อมูลให้ CPU MCS-51 ทางบัสข้อมูล (Data Bus) และการติดต่อบริการรับข้อมูลแบบอนุลอกใช้ IC เบอร์ ADC0809 ทำหน้าที่แปลงข้อมูลจากอนุลอกไปเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข และทำการส่งข้อมูลเชิงตัวเลขให้ CPU ทางบัสข้อมูลของไอซี เบอร์ 8155 (Parallel Port)
3. การติดต่อบริการ-ส่งข้อมูลผ่านโมเด็มวิทยุเป็นตามมาตรฐาน RS-232 ใช้ไอซีเบอร์ MAX232 ติดต่อบริการผ่านทางพอร์ต 3 ของ CPU ด้วยอัตราข้อมูล 1200 bps
4. หน่วยความจำถาวรของระบบใช้ไอซีเบอร์ 2764 ซึ่งมีความจุ 8 กิโลไบต์ บรรจุโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรต่างๆ ผ่านบัฟเฟอร์และพอร์ต 8155 ที่จัดไว้
5. การพารามิเตอร์ของการส่งสัญญาณมาตรฐาน RS-232 และรหัสประจำเครื่องสามารถเลือกจากสวิตช์รหัสขนาดเล็กที่จัดไว้ โดยตรวจสอบสถานะได้จากวงจรแสดงผล LCD

3. ผลการศึกษาวิจัย

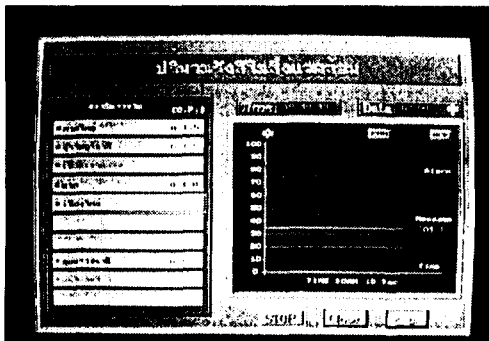
จากการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 เป็นส่วนควบคุมการทำงานและใช้ไอซี MAX232 จัดการด้านระบบรับส่งข้อมูลมาตรฐาน RS-232 ทำให้การปรับสมรรถนะระบบทำได้สะดวกรวดเร็ว และผลทดสอบการทำงานของสถานีลูกข่ายในการรายงานผลการตรวจวัดรังสีในรูปแบบของสัญญาณต่างๆ ผ่านโมเด็มวิทยุ (radio modem) ด้วยอัตราการส่งสัญญาณ 1200 bps ไม่พบข้อผิดพลาดของข้อมูลเชิงตัวเลข สามารถเรียกขานรหัสสัญญาณที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมควบคุมจากศูนย์ควบคุมแม่ข่ายได้ถูกต้อง คงมีส่วนของการแปลงข้อมูลอนุลอกจากเรตมิเตอร์ต้องปรับปรุงการใช้ไอซี ADC ที่มีคุณภาพสูงกว่านี้ เพื่อให้ข้อมูลเชิงตัวเลขมีความเป็นเชิงเส้นสูงขึ้น แผนภาพการจัดระบบทดสอบแสดงในรูปที่ 5 และ 6 รูปแบบการแสดงผลข้อมูลตรวจวัดรังสีบนหน้าจอที่ศูนย์ควบคุมแสดงในรูปที่ 7



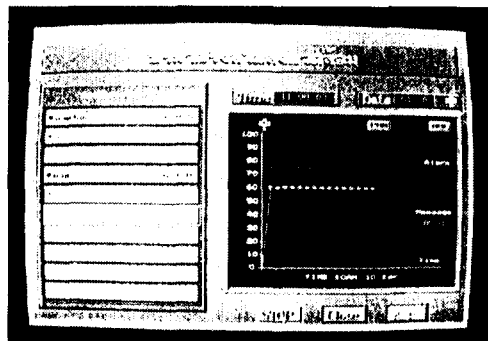
รูปที่ 5 การจัดอุปกรณ์ทดสอบของสถานีแม่ข่าย (ศูนย์ควบคุม)



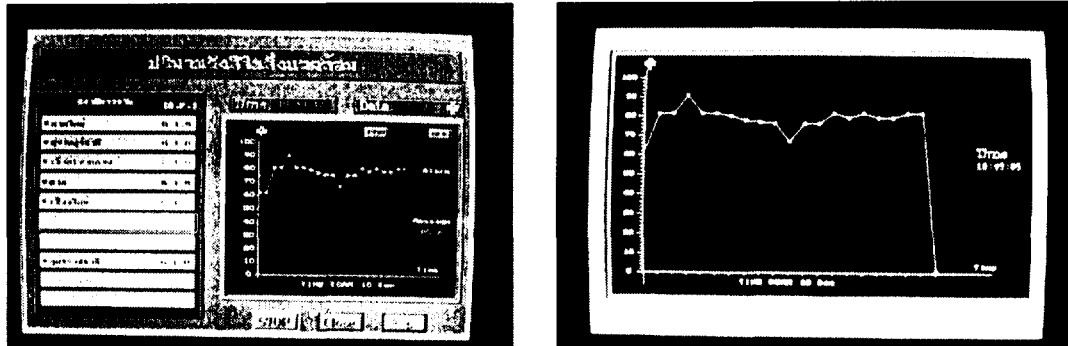
รูปที่ 6 การจัดอุปกรณ์ทดสอบของสถานีลูกข่าย (สถานีตรวจวัดปริมาณรังสี)



ก. การเรียกขานสถานี A4



ข. การเรียกขานสถานี A5



ค. เมื่อตรวจพบปริมาณรังสีสูงกว่าปกติ

ง. แม้ข่ายกับลูกข่ายจะติดตามข้อมูลต่อเนื่อง

รูปที่ 7 ผลทดสอบการเรียกขานรหัสสถานีแม่ข่ายกับลูกข่าย

4. บทวิจารณ์และสรุปผล

4.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการพัฒนาระบบเชื่อมโยงสัญญาณสำหรับเฟ้าระวางทางรังสีผ่านทางเครือข่ายวิทยุสื่อสาร โดยจำลองการทำงานระบบเครือข่ายด้วยวิทยุสื่อสารมือถือ ได้ข้อมูลสรุปดังนี้

1. ระบบเชื่อมโยงสัญญาณที่พัฒนาขึ้นสามารถรับสัญญาณจากเครื่องตรวจวัดปริมาณรังสีที่มีการส่งข้อมูลทางออกในมาตรฐานต่าง ๆ และกำหนดรหัสเรียกขานเพื่อรับการเรียกข้อมูลจากสถานีแม่ข่ายผ่านโมเด็มวิทยุแบบประหยัดด้วยอัตราส่งข้อมูล 1200 bps ได้ถูกต้อง

2. โปรแกรมควบคุมการรายงานผลการวัดที่ศูนย์ควบคุมทำงานบน DOS สามารถรองรับข้อมูลได้ 10 สถานี และกำหนดรหัสเรียกขานในภาวะปกติ รวมทั้งสามารถเกาะกับสถานีลูกข่ายเมื่อตรวจพบปริมาณรังสีผิดปกติโดยอัตโนมัติพร้อมเสียงเตือน การแสดงผลการวัดรังสีออกแบบให้แสดงเส้นกราฟเฉพาะสถานีหรือเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละสถานีได้

3. ระบบเชื่อมโยงสัญญาณที่พัฒนาขึ้นใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายภายในประเทศล้วน ทำให้มีราคาประหยัดและบำรุงรักษาง่าย

4. การใช้เครือข่ายวิทยุสื่อสารรายงานข้อมูลจะมีความเป็นอิสระกว่าการรายงานข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์ ซึ่งมักจะพบปัญหาเรื่อง สัมรับกวน สายไม่ว่างในช่วงการใช้โทรศัพท์หนาแน่น การเกิด cross talk เป็นต้น

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. ระบบเชื่อมโยงสัญญาณที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นแนวทางในการสร้างระบบเครือข่ายในการควบคุมสิ่งผิดปกติทางรังสี การที่จะประเมินแหล่งที่มาและการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในบริเวณต่าง ๆ จะต้องใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาประกอบ และใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการสร้างโมเดลการกระจายของภาวะอากาศ ซึ่งต้องเกิดความร่วมมือกันระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
2. ข้อจำกัดของการส่งข้อมูลของระบบเชื่อมโยงสัญญาณนี้คืออัตราความเร็วในการส่งข้อมูลที่ 1200 bps ซึ่งถ้าจะปรับให้เร็วกว่านี้จะต้องใช้ radio modem ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่านี้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแผนกระบบวิทยุ ฝ่ายระบบสื่อสาร การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์สื่อสารสำหรับการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือวัดนิวเคลียร์ ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้งบุคลากรของหน่วยที่ให้การช่วยเหลือและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

1. IEEE Transactions on nuclear science, Vol. Ns-35, No.1, february, 1987.
2. Environmental radiation monitoring around tokai reprocessing plant.
environmental protection section, health and safety division, tokai work,
power reactor and nuclear fuel development corporation.
3. Nuclear and radiation protection system, berthold, EG&G. nuclear instruments
division.
4. Winch, Robert G. Telecommunication transmission systems. New York:
McGraw-Hill, Inc, 1993.