

ระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติบนบ่อคัตโนมีค่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ

THE AUTOMATIC DISASTER MONITORING SYSTEMS USING LOW  
EARTH ORBIT SATELLITE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2544

ISBN 974-7988-61-5

ระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติแบบอัตโนมัติผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ

THE AUTOMATIC DISASTER MONITORING SYSTEMS USING LOW  
EARTH ORBIT SATELLITE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

เลขหมู่.....สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขทะเบียน 40632

พ.ศ. 2544

วัน, เดือน, ปี 18 ต.ค. 2544

ISBN 974-7988-61-5

.b.....  
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE AUTOMATIC DISASTER MONITORING SYSTEMS USING LOW  
EARTH ORBIT SATELLITE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2001

ISBN 974-7988-61-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2001

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติ แบบอัตโนมัติผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ  
THE AUTOMATIC DISASTER MONITORING SYSTEMS USING LOW  
EARTH ORBIT SATELLITE  
ชื่อนักศึกษา นายธันยวัต พึ่งแสงโชติช่วง  
รหัสประจำตัว 38061258  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า  
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชิวสุวิทย์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์	
รศ.พิพัฒน์ เลหาสงคราม	
รศ.ณรงค์ เหมกรณ์	
รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ	
รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชิวสุวิทย์	

วัน/เดือนปี ที่สอบ 23 กรกฎาคม 2544 เวลา 13.30-15.30 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร 12 ชั้น 4 (ห้อง E12-404)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว  
(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัคร)  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 15 เดือน สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๔๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติแบบอัตโนมัติผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ
นักศึกษา	นายธันยวัต พึ่งแสงโชติช่วง
รหัสประจำตัว	38061258
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2544
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. พุศัคดี ชิวสุวิทย์

#### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสนอการออกแบบระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติแบบอัตโนมัติผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ โดยเป็นระบบที่ประกอบด้วยสายอากาศ, เครื่องรับ-ส่ง, TNC และไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะรับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและความชื้นแล้วส่งข้อมูลเหล่านี้กลับไปยังสถานีหลักโดยผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ เพื่อนำไปประมวลผลและทำนายโอกาสการเกิดภัยธรรมชาติ โดยเฉพาะไฟป่า และระบบนี้ยังเป็นระบบที่มีขนาดเล็กสามารถนำไปติดตั้งในพื้นที่เป้าหมายได้เป็นเวลานานซึ่งจะช่วยทำงานแทนมนุษย์ที่มีข้อจำกัดในการทำงาน จากการทดลองพบว่าให้ผลการทำงานที่มีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูงในการส่งข้อมูล

<b>Thesis Title</b>	The automatic disaster monitoring systems using low earth orbit satellite
<b>Student</b>	Mr. Thanyawat Phungsangchotchung
<b>Student ID.</b>	38061258
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Programme</b>	Electrical Engineering
<b>Year</b>	2001
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Fusak Cheevasvit

### ABSTRACT

This thesis proposes "The automatic disaster monitoring systems using low earth orbit satellite". The systems comprise of the antenna, transceiver, TNC&MODEM and microcontroller. Microcontroller receives the data from sensor devices such as temperature and moisture. The designed systems will compile the data and send them to satellite. The data will be received and download to the main station which will be used for process and predict disaster. It is obviously that this system has several advantages when compared with the human. Moreover, the experimental results demonstrate that the system gives a high level of reliability and high speed sending data.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก รศ.ดร. พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุเจตน์ จันทร์รังษ์ ผู้จัดการโครงการดาวเทียมไทยพัฒน์ คุณภาวิณี ฮงประยูร คุณวิทยา วงศ์อนิษฐ์ วิศวกรประจำศูนย์ควบคุมดาวเทียมไทยพัฒน์ ที่ช่วยเหลือและให้ คำแนะนำในส่วนที่เกี่ยวข้องรวมทั้งให้ความช่วยเหลือในการทดสอบระบบ

ขอขอบคุณคุณ พิเชษฐ์ สนิจเหลือ ผู้ให้คำแนะนำในด้านเทคนิคของระบบสายอากาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VIII
สารบัญตาราง.....	XI
<b>บทที่ 1 บทนำ</b> .....	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ .....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย .....	1
1.4 ขอบเขตการวิจัย .....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b> .....	<b>3</b>
2.0 บทนำ .....	3
2.1 การสื่อสารผ่านดาวเทียม .....	3
2.1.1 ภาคอวกาศ .....	4
2.1.1.1 ชนิดของวงโคจร .....	4
2.1.1.2 พื้นที่ครอบคลุมการให้บริการของดาวเทียม .....	5
2.1.2 ภาคพื้นดิน .....	9
2.1.2.1 Path Loss .....	9
2.2 คุณสมบัติของดาวเทียมและสถานีภาคพื้นดิน .....	11
2.2.1 การสื่อสารแบบเก็บและส่งต่อ.....	12
2.2.2 โหมดการสื่อสาร.....	12
2.2.3 สายอากาศของดาวเทียม.....	13
2.2.4 สายอากาศสำหรับสถานีภาคพื้นดิน .....	16
2.2.4.1 สายอากาศแบบเฮลิค .....	17
2.2.4.2 สายอากาศแบบที่มีโพลาริเซชันแบบวงกลมที่สร้างจากแบบ ลิเนียร์ลาโรเซชันด์ .....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตี IV อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.4.3 สายอากาศแบบ Cross Yagi.....	18
2.3 Satellite Tracking .....	23
2.4 รูปแบบการสื่อสาร .....	27
2.4.1 PACKET Radio .....	27
2.4.2 PACSAT File .....	28
2.4.3 Upload Transaction .....	29
2.4.4 เวลา .....	31
2.5 ส่วน Terminal .....	34
2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C320 .....	34
2.5.2 อุปกรณ์ต่อเชื่อมเพื่อทำหน้าที่ขยายพอร์ท .....	35
2.5.3 แอลซีดีกราฟฟิก .....	38
<b>บทที่ 3 การออกแบบ .....</b>	<b>40</b>
3.0 บทนำ .....	40
3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์ส่วน Terminal .....	41
3.1.1 การออกแบบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์และหน่วยความจำ .....	42
3.1.2 การออกแบบส่วนชิพสนับสนุนและวงจรถอดรหัสตำแหน่ง .....	44
3.1.3 การออกแบบวงจรฐานเวลาจริง .....	46
3.1.4 การออกแบบวงจร Watchdog Timer .....	47
3.1.5 การออกแบบส่วนคีย์บอร์ดและการเชื่อมต่อคีย์บอร์ด .....	47
3.1.6 การออกแบบวงจรเชื่อมต่อกับ TNC & PACSAT MODEM .....	49
3.1.7 การออกแบบวงจรตรวจวัดความชื้นในอากาศ .....	49
3.1.8 การออกแบบวงจรตรวจวัดอุณหภูมิ .....	51
3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์ .....	53
3.2.1 การออกแบบซอฟต์แวร์ของโปรแกรมหลัก .....	53
3.2.2 การออกแบบซอฟต์แวร์ของโปรแกรมย่อย .....	54
3.2.2.1 ขบวนการและการทำงานของที่ตั้งเวลาการติดต่อดาวเทียม .....	57
3.2.2.2 ขบวนการและการทำงานของที่ตั้งเวลา RTC .....	58
3.2.2.3 ขบวนการและการทำงานของ การแสดงสถานะของระบบ .....	59

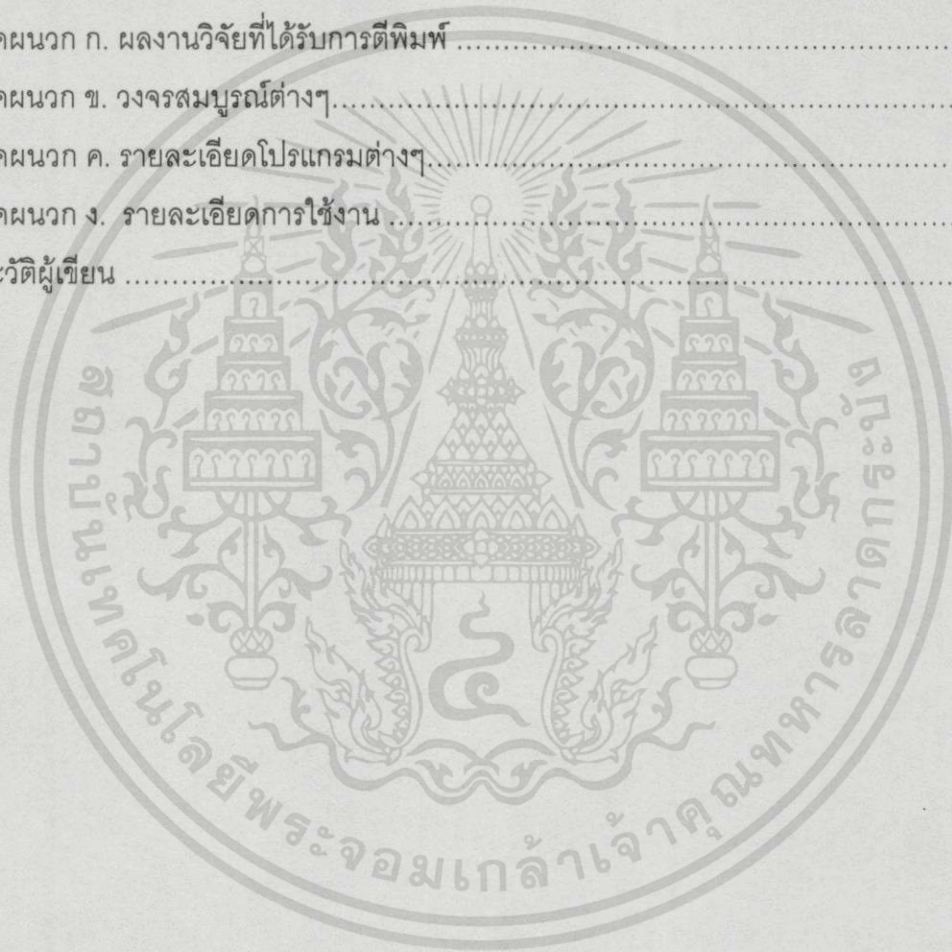
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อVอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2.4 ขบวนการและการทำงานแสดงสภาวะการทำงานของระบบ .....	60
3.2.2.5 ขบวนการและการทำงานของตั้งเวลาการเก็บข้อมูล .....	62
3.2.2.6 ขบวนการ การดาวน์โหลดข้อมูลกับ PC .....	63
3.2.2.7 ขบวนการ การสร้าง PACSAT File .....	64
3.3 การออกแบบตัวอักษรเพื่อแสดงผลใน LCM .....	65
3.3.1 การออกแบบตัวอักษร .....	65
3.3.2 การจัดเก็บข้อมูลตัวอักษร .....	67
3.3.3 การจัดเรียงข้อมูลตัวอักษรเพื่อทำการแสดงผล .....	69
3.4 การออกแบบสายอากาศ .....	71
3.4.1 ชุดสายอากาศภาคส่ง .....	71
3.4.2 ชุดสายอากาศภาครับ .....	71
3.4.3 การออกแบบตัวควบคุมเฟสและแมทซิ่งของสายอากาศภาครับ .....	72
3.4.4 การออกแบบตัวควบคุมเฟสและแมทซิ่งของสายอากาศภาคส่ง .....	72
<b>บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง .....</b>	<b>74</b>
4.0 บทนำ .....	74
4.1 การทดลองวัดคุณสมบัติของสายอากาศแบบ Cross Yagi .....	74
4.1.1 การวัดค่า SWR, Return Loss และ Impedance .....	75
4.1.1 การวัดโพลาไรเซชันของคลื่นที่แพร่กระจายออกจากสายอากาศ Cross Yagi ..	78
4.2 การทดลองสร้าง PACSAT File .....	80
4.3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่อ่านจากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณ ...	81
4.3.2 การตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้าง PACSAT File .....	81
4.3 การทดลองการทำงานของระบบในการส่งข้อมูล.....	83
4.4 ผลการทดลองการใช้งาน .....	85
4.4.1 การทดลองส่งข้อมูลกับดาวเทียมที่ตำแหน่งต่างๆ .....	85
4.4.2 การทดลองตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล.....	89
4.4.3 การทดลองการดาวน์โหลดข้อมูลกับ PC.....	90

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	91
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง .....	91
5.2 สรุปผลการทดลอง .....	92
5.4 ข้อควรปรับปรุงและข้อเสนอแนะ.....	92
เอกสารอ้างอิง.....	93
ภาคผนวก ก. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ .....	94
ภาคผนวก ข. วงจรสมบูรณืต่างๆ.....	99
ภาคผนวก ค. รายละเอียดโปรแกรมต่างๆ.....	101
ภาคผนวก ง. รายละเอียดการใช้งาน .....	132
ประวัติผู้เขียน .....	136



# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 โหมดการสื่อสาร.....	12
2.2 พิกัดความถี่ของแต่ละย่านความถี่.....	13
2.3 PACSAT File Header Identifier.....	29
2.4 Packet Type.....	30
2.5 เวลาในหน่วยวินาที .....	32
2.6 เวลาในหน่วยวินาทีใน 1 รอบปี .....	33
2.7 การเลือกโหมดการทำงานของ 8255 .....	38
3.1 การถอดรหัสตำแหน่ง .....	45
3.2 การควบคุมจาก 80C320 .....	46
3.3 ความถี่ที่ได้จากวงจรตรวจวัดความถี่.....	51
3.4 ค่าตัวเก็บประจุ C2 เปรียบเทียบกับค่าความถี่ .....	51
3.5 รูปแบบการแสดงค่าอุณหภูมิของ DS1620 .....	52
4.1 ข้อมูลจากเครื่องมือวัดเปรียบเทียบกับข้อมูลใน PACSAT File .....	81
4.2 ค่า Free Space Loss ที่ระยะทางต่างๆ .....	84
4.3 ผลการทดลองการติดต่อกับดาวเทียมเมื่อใช้มุม elevation = 20° .....	87
4.4 ผลการทดลองการติดต่อกับดาวเทียมเมื่อใช้มุม elevation = 30° .....	87
4.5 ผลการทดลองการติดต่อกับดาวเทียมเมื่อใช้มุม elevation = 50° .....	87

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะการโคจรของดาวเทียม).....	4
2.2 ภาพตัดขวางของพื้นที่ใช้งาน (Foot print).....	6
2.3 ช่วงเวลาการติดต่อระหว่างดาวเทียมวงโคจรต่ำกับสถานีภาคพื้นดิน .....	8
2.4 Access Time ของสถานีรับสัญญาณที่ตำแหน่งต่างๆ.....	8
2.5 ดาวเทียมไทยพัฒน์และตำแหน่งการติดตั้งสายอากาศ).....	14
2.6 สายอากาศแบบโมโนโพล).....	14
2.7 รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแบบโมโนโพล).....	15
2.8 รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแบบไดโพล).....	15
2.9 แพทเทิร์นการกระจายสนามไฟฟ้าของสายอากาศที่วางในแนวนอน).....	15
2.10 แพทเทิร์นการกระจายสนามไฟฟ้าของสายอากาศที่วางในแนวตั้ง).....	16
2.11 สายอากาศแบบเฮลิค).....	17
2.12 แพทเทิร์นการกระจายสนามไฟฟ้ารวมของสายอากาศแบบครอสไดโพล.....	18
2.13 โครงสร้างของสายอากาศแบบ Yagi ขนาด 2 อีลีเมนต์.....	18
2.14 โครงสร้างของสายอากาศแบบ Yagi ขนาด 3 อีลีเมนต์.....	19
2.15. โครงสร้างของสายอากาศ Cross Yagi แบบแกนร่วม.....	19
2.16. โครงสร้างของสายอากาศ Cross Yagi แบบ 2 แกน.....	20
2.17 บล๊อคไดอะแกรมของตัวควบคุมเฟสและเมทซิง.....	20
2.18 ลักษณะทางกายภาพของตัวควบคุมเฟสและเมทซิงสายอากาศชนิดที่วางตำแหน่งตรงกัน...	22
2.19 โครงสร้างสายอากาศ Cross Yagi แบบแกนร่วมและห่างกัน $\lambda/4$ .....	23
2.20 ลักษณะทางกายภาพเมทซิงสายอากาศชนิดที่วางสายอากาศห่างกัน $\lambda/4$ .....	23
2.21 บล๊อคไดอะแกรมของสถานีรับส่งสัญญาณแบบแค้คเกิดเรดิโอ.....	27
2.22 PACSAT File header syntax.....	28
2.23 Upload transaction.....	29
2.24 Packet syntax.....	30
2.25 โครงสร้างภายในของ MCS-51.....	34
2.26 โครงสร้างของ 8255.....	35
2.27 บิทควบคุม 8255.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตี IX อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติแบบอัตโนมัติผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ..	40
3.2 วงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์และหน่วยความจำ.....	43
3.3 การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก.....	43
3.4 การเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำภายนอก.....	44
3.5 วงจรส่วนชิพสนับสนุนและวงจรถอดรหัส.....	45
3.6 วงจร RTC.....	46
3.7 วงจร Watchdog Timer.....	47
3.8 วงจรเชื่อมต่อคีย์บอร์ด.....	48
3.9 ไดอะแกรมการวางตำแหน่งคีย์บอร์ด.....	48
3.10 วงจรเชื่อมต่อกับ TNC & PACSAT MODEM.....	49
3.11 ตัวเก็บประจุชนิดไดอิเล็กทริกเป็นอากาศ.....	50
3.12 วงจรตรวจวัดความชื้นอย่างง่าย.....	50
3.13 วงจรตรวจวัดอุณหภูมิ DS 1620.....	52
3.14 Flowchart โปรแกรมหลัก.....	55
3.15 Flowchart โปรแกรมการตั้งเวลาการติดต่อกับดาวเทียม.....	57
3.16 Flowchart ของโปรแกรมของการตั้งเวลา RTC.....	58
3.17 Flowchart ของโปรแกรม การแสดงสถานะของระบบ.....	59
3.18 Flowchart ของโปรแกรมแสดงสภาวะการทำงานของระบบ.....	61
3.19 Flowchart ของโปรแกรมการตั้งเวลาการเก็บข้อมูล.....	62
3.20 Flowchart ของโปรแกรมการดาวน์โหลดข้อมูล.....	63
3.21 การแบ่งพื้นที่สำหรับการสร้างตัวอักษร.....	66
3.22 โปรแกรม Font Editer และการออกแบบตัวอักษร.....	67
3.23 อักษร B และข้อมูล.....	68
3.24 ข้อมูลอักษร B ที่ถูกจัดเก็บ เพื่อใช้กับโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี.....	68
3.25 การผสมตัวพยัญชนะกับสระบนและวรรณยุกต์.....	69
3.26 การจัดวางสายอากาศ.....	70
3.27 บล็อกไดอะแกรมของการจัดเฟสและการแมทชิงสายอากาศภาครับ.....	71

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.28 บล็อกไดอะแกรมของการจัดเฟสและแมทซิงสายอากาศภาคส่ง.....	72
3.39 สายอากาศของระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติแบบอัตโนมัติผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ.....	73
4.1 การต่อสายอากาศเพื่อวัด SWR, Return Loss และ Impedance.....	75
4.2 ค่า return Loss ของสายอากาศภาครับ.....	75
4.3 ค่า Impedance ของสายอากาศภาครับ.....	76
4.4 ค่า SWR ของสายอากาศภาครับ.....	76
4.5 ค่า return Loss ของสายอากาศภาคส่ง.....	77
4.6 ค่า Impedance ของสายอากาศภาคส่ง.....	77
4.7 ค่า SWR ของสายอากาศภาคส่ง.....	77
4.8 การวัดหาโพลาริเซชันของสายอากาศ Cross Yagi .....	78
4.9 แพทเทิร์นของ Right Hand Circular Polarization ของสายอากาศภาคส่ง.....	79
4.10 แพทเทิร์นของ Right Hand Circular Polarization ของสายอากาศภาครับ.....	80
4.11 PACSAT File ที่สร้างขึ้นจากระบบที่ออกแบบ .....	82
4.12 PACSAT File ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม PFHadd .....	82
4.13 การต่อเครื่องมือและชุดทดสอบ .....	83
4.14 กราฟ BER เมื่อค่า Free space Loss เปลี่ยนไปตามระยะทาง .....	84
4.15 เครื่องมือและการต่อขณะทำการทดลอง .....	85
4.16 สภาวะของดาวเทียม เมื่อรับการติดต่อจากสถานีภาคพื้นดิน .....	86
4.17 สถานะของวงจรส่วนต่างๆ ของดาวเทียม .....	87
4.18 เส้นวงโคจรที่สามารถติดต่อได้.....	88
4.19 ข้อมูลที่มาถึงสถานีหลัก .....	89
4.20 ข้อมูลภายหลังดาวนิโหลดมาบนเครื่องคอมพิวเตอร์.....	90

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไฟป่าเป็นภัยธรรมชาติอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียของทรัพยากรธรรมชาติ อย่างมากมายในแต่ละครั้งที่เกิดขึ้น สาเหตุของการเกิดไฟป่านั้นมีทั้งที่เกิดจากมนุษย์และจากธรรมชาติ ไฟป่าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาตินั้นสามารถหาทางป้องกันและควบคุมได้ หากมีการตรวจสอบและเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา โดยการรวบรวมข้อมูลจากปัจจัยต่างๆ ที่เป็นต้นเหตุของการเกิดไฟป่าแล้วนำมาวิเคราะห์ จะทำให้สามารถทำนายถึงโอกาสที่จะเกิดขึ้น ของไฟป่าได้

### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและออกแบบระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติโดยเฉพาะไฟป่า ที่มีสาเหตุจากธรรมชาติ โดยระบบนี้จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากพื้นที่เป้าหมายและส่งข้อมูลเหล่านั้นผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำกลับมายังสถานีหลักเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป การทำงานทั้งหมด จะเป็นแบบอัตโนมัติ สามารถติดตั้งระบบนี้เพื่อทำหน้าที่แทนมนุษย์ เนื่องจากระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติแบบอัตโนมัติผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำนี้ จะทำการส่งข้อมูลที่จัดเก็บจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ ขึ้นสู่อาวเทียมขนาดเล็กวงโคจรต่ำโดยตรง ซึ่งดาวเทียมวงโคจรต่ำนี้จะโคจรผ่านวันละประมาณ 4-6 ครั้ง ทำให้สามารถส่งข้อมูลกลับเข้าสู่ส่วนกลางได้ทุก ๆ วัน ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่ถือว่าทันสมัยตลอดเวลา ทำให้การวิเคราะห์เพื่อทำนายโอกาสการเกิดของภัยธรรมชาติ โดยเฉพาะไฟป่านั้นมีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วกว่าแบบเดิม ซึ่งก็จะทำให้การเตรียมการป้องกันสามารถทำได้ทันกาล

### 1.3 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย

1. ศึกษารูปแบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม
2. ศึกษารูปแบบการสื่อสารแบบ PACKET radio และ PACSAT Protocol
3. ศึกษาโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C320
4. ศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C320
5. นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาออกแบบวงจรหลัก เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สื่อสารแบบ PACKET radio
6. เขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีเพื่อรองรับการสื่อสารแบบ PACSAT protocol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ทดลองการสร้าง PACSAT File จากวงจรตรวจจับสัญญาณ
8. ทดสอบการติดต่อและส่งสัญญาณผ่านดาวเทียม
9. รวบรวมข้อมูลที่สถานีหลัก และนำข้อมูลไปประมวลผลทำนายโอกาสการเกิดไฟฟ้า
10. สรุปผลการทดลอง

#### 1.4 ขอบเขตการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายหลักอยู่ที่การศึกษาถึงการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ มาใช้ในการออกแบบระบบการส่งข้อมูลผ่านดาวเทียมขนาดเล็กวงโคจรต่ำ ซึ่งจะแสดงขั้นตอนและวิธีการต่างๆ ของการสื่อสารแบบ PACSAT Protocol ซึ่งใช้ในการสื่อสารแบบเก็บและส่งต่อ (store and forward) ของดาวเทียมในกลุ่ม UoSAT รวมทั้งการออกแบบระบบสายอากาศชนิดที่มีขั้วคลื่นแบบวงกลม (circular polarization) จากสายอากาศที่มีขั้วคลื่นแบบทางเดียว (linear polarization)

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การนำระบบโครงข่ายการสื่อสารที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้เป็นบริเวณกว้างอย่างเช่น การใช้โครงข่ายการสื่อสารผ่านดาวเทียมขนาดเล็กวงโคจรต่ำนี้ จะเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการสื่อสารยุคใหม่ และเมื่อสามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาเป็นตัวควบคุมหลักในการติดต่อสื่อสารแทนการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) แล้ว การออกแบบให้เป็นระบบการส่งข้อมูลเพื่อหาทางป้องกันการเกิดไฟไหม้ป่าจากสาเหตุธรรมชาตินั้น ก็จะมีข้อดีกว่าระบบเดิมหลายประการ เช่น

1. สามารถนำระบบนี้ไปติดตั้งได้ในทุกพื้นที่
2. สามารถลดความเสี่ยงในด้านของการสูญเสียบุคลากรที่อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ต้องไปเก็บข้อมูลในพื้นที่
3. เป็นระบบที่ถูกออกแบบโดยมุ่งเน้นให้มีรูปแบบการใช้งานที่จำเป็นเท่านั้น จึงทำให้ส่วนควบคุมหลักของระบบนี้มีขนาดเล็กและง่ายในการใช้งาน
4. ข้อมูลจากพื้นที่เป้าหมายจะถูกส่งมาถึงสถานีหลักได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2. บทนำ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยในส่วนที่หนึ่งนั้นจะกล่าวถึงลักษณะการของสื่อสารผ่านดาวเทียม รูปแบบการสื่อสารกับดาวเทียม คุณสมบัติของดาวเทียมและตัวสถานีภาคพื้นดิน ส่วนที่สองจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบส่วน Terminal ซึ่งเป็นส่วนควบคุมหลักของระบบ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทำหน้าที่ในการประมวลผลและส่งคำสั่งในการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์สื่อสาร รวมทั้งอุปกรณ์ต่อร่วมอื่นๆ

#### 2.1 การสื่อสารผ่านดาวเทียม

ดาวเทียมสื่อสารถูกส่งขึ้นสู่อวกาศเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2508 โดยองค์การโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Satellite Organization) หรือ INTELSAT ซึ่งจัดตั้งขึ้นเพื่อจัดสร้างดาวเทียม ปล่องดาวเทียม และกำหนดมาตรฐานสถานีภาคพื้นดิน เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อวัตถุประสงค์หลักคือทำให้ทั่วโลก สามารถติดต่อสื่อสารถึงกันโดยอาศัยให้ดาวเทียมทำหน้าที่เป็นสถานีทวนสัญญาณ

ขอบข่ายการสื่อสารโดยผ่านดาวเทียมสามารถครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลกได้ โดยใช้ดาวเทียม 3 ดวงโคจรอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรที่ความสูง 35,786 กิโลเมตร เหนือพื้นผิวโลก และทำมุมซึ่งกันและกัน 120 องศา ซึ่งเมื่อดาวเทียมเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วเท่ากับการหมุนรอบตัวเองของโลก จะทำให้ตำแหน่งของดาวเทียมคงที่ตลอด เมื่อเทียบกับตำแหน่งบนพื้นโลก

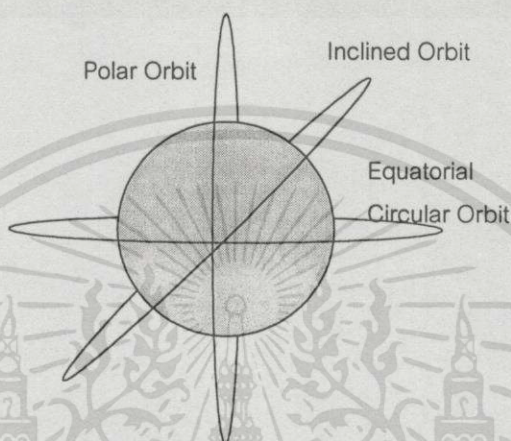
ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญคือ

1. ภาคอวกาศ (Space Segment)
2. ภาคพื้นดิน (Ground Segment)

การทำงานร่วมกันที่สมบูรณ์ขององค์ประกอบทั้งสองดังที่กล่าวมาจะทำให้การสื่อสารผ่านดาวเทียมสามารถสื่อสารถึงกันได้เป็นผลสำเร็จ โดยภาคอวกาศจะหมายถึงตัวดาวเทียม ซึ่งถูกส่งขึ้นไปอยู่บนวงโคจรในอวกาศตามตำแหน่งที่ต้องการ โดยในตัวดาวเทียมจะมีส่วนประกอบที่สำคัญในการติดต่อสื่อสารทำหน้าที่ในการรับส่งสัญญาณสื่อสารกับสถานีภาคพื้นดินได้แก่ transponder ส่วนภาคพื้นดินก็จะหมายถึงส่วนของสถานีรับส่งภาคพื้นดินที่ใช้สำหรับติดต่อสื่อสารกับดาวเทียมและผู้ใช้งานโดยทั่วไป

### 2.1.1 ภาคอวกาศ

ปัจจุบันนี้ดาวเทียมได้มีการพัฒนาและถูกนำไปใช้งานในด้านต่างๆ มากมาย รวมทั้งมีรูปแบบการโคจรที่แตกต่างกันออกไปแล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งาน รูปแบบของวงโคจรจะแบ่งโดยมุมของแนวโคจรที่ทำกับเส้นศูนย์สูตร (Incline Angle) ดังในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะการโคจรของดาวเทียม

1. การโคจรในแนวขั้วโลก (Polar Orbit) ดาวเทียมจะเคลื่อนที่รอบโลกจากขั้วโลกใต้ ไปยังขั้วโลกเหนือทำมุมตั้งฉากกับเส้นศูนย์สูตร เพื่อให้สามารถทำการสื่อสารในบริเวณขั้วโลกได้ โดยทั่วไปดาวเทียมมีขนาดเล็ก จะใช้ในการโคจรในลักษณะนี้

2. การโคจรในลักษณะทำมุมเอียงกับเส้นศูนย์สูตร (Inclined orbit) ดาวเทียมจะเคลื่อนที่จากขั้วโลกใต้ขึ้นไปทางขั้วโลกเหนือในลักษณะทำมุมเอียงกับเส้นศูนย์สูตร การโคจรในลักษณะทำมุมเอียงอาจมีวงโคจรแบบวงกลมหรือแบบวงรี แล้วแต่ความเหมาะสมในการใช้งาน

3. การโคจรในแนวเส้นศูนย์สูตร (Equatorial Circular Orbit) ดาวเทียมจะเคลื่อนที่ไปตามแนวเส้นศูนย์สูตร ซึ่งมีความเอียงศูนย์องศา

#### 2.1.1.1 ชนิดของวงโคจร

ดาวเทียมที่ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรรอบโลกนั้นเพื่อจุดประสงค์ที่แตกต่างกันออกไปเช่น ดาวเทียมเพื่อการสื่อสาร ดาวเทียมเพื่อการสำรวจ ดาวเทียมเพื่อกิจการทางทหาร เป็นต้น ซึ่งระดับความสูงของวงโคจรของดาวเทียมเพื่องานแต่ละประเภทนั้นจะแตกต่างกันไป ดังนั้นจึงแบ่งวงโคจรของดาวเทียมออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

วงโคจรระดับต่ำ (Low Earth Orbit) หรือ LEO วงโคจรระดับต่ำเป็นวงโคจรที่อยู่สูงจากพื้นดินไม่เกิน 2,000 กิโลเมตร มีวงโคจรเป็นรูปวงกลมโดยจะผ่านขั้วโลกเหนือ ขั้วโลกใต้ด้วยเหตุที่ดาวเทียมในวงโคจรนี้อยู่ในระดับต่ำ และโคจรรอบโลกได้โดยไม่ตกมาสู่พื้น เนื่องจากแรงดึงดูดของโลก ดาวเทียมจึงต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงถึงประมาณ 2,8000 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดาวเทียมบางดวงเคลื่อนที่รอบโลกโดยใช้เวลารอบละเพียงประมาณ 90 นาที เท่านั้น

วงโคจรระดับกลาง (Medium Earth Orbit) หรือ MEO เป็นวงโคจรของดาวเทียมที่อยู่เหนือพื้นโลกประมาณ 8,000 – 12,000 กิโลเมตร มีวงโคจรเป็นรูปวงรีโดยจะผ่านขั้วโลกเหนือ ขั้วโลกใต้ ตัวอย่างของดาวเทียมในวงโคจรระดับกลางคือ ดาวเทียมโครงการโอดีสซี(ODESSY) ประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 12 ดวง ให้บริการทางด้านโทรศัพท์เคลื่อนที่

วงโคจรค้างฟ้า (Geostationary orbit) หรือ GEO เป็นวงโคจรของดาวเทียมที่อยู่เหนือพื้นโลกประมาณ 35,870 กิโลเมตร มีวงโคจรเป็นวงกลมรอบเส้นศูนย์สูตร ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีผลทำให้ดาวเทียมเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วในการหมุนรอบตัวเองของโลกคือ 24 ชั่วโมงต่อรอบ ดังนั้นตำแหน่งของดาวเทียมจะคงที่ตลอดเวลาเมื่อมองจากพื้นโลก วงโคจรแบบนี้เหมาะที่จะนำมาใช้งานด้านสื่อสารโทรคมนาคม ตัวอย่างของดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าคือ ดาวเทียมไทยคม1, 2, 3 เป็นต้น แต่ดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าจะมีข้อเสียคือพื้นที่ครอบคลุมการให้บริการหรือฟุตพริ้น (Footprint) ของดาวเทียมไม่สามารถที่จะครอบคลุมไปถึงบริเวณขั้วโลกได้

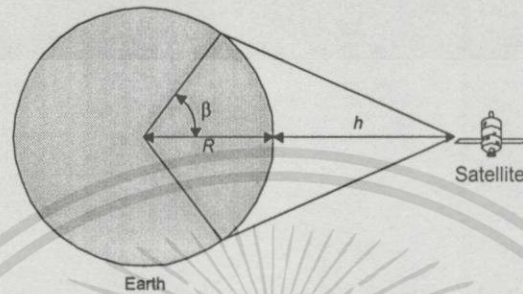
วงโคจรแบบเอียงระดับสูง (Highly Elliptical Orbit) หรือ HEO วงโคจรแบบนี้จะโคจรรอบโลกในลักษณะวงรีทำมุมเอียงกับแนวเส้นศูนย์สูตร 63.4 องศา โดยมีจุดที่ดาวเทียมโคจรอยู่ห่างจากพื้นโลกมากที่สุด (Apogee) ประมาณ 4,000 กิโลเมตร ที่ค่อนข้างไปทางขั้วโลกเหนือ และจุดที่ดาวเทียมโคจรใกล้โลกมากที่สุด (Perigee) ประมาณ 1,000 กิโลเมตร ที่ค่อนข้างมาทางขั้วโลกใต้ วงโคจรแบบเอียงระดับสูงใช้เวลาในการโคจรรอบโลกประมาณ 12 ชั่วโมง ประเทศรัสเซียเป็นประเทศแรกที่น่าวงโคจรในลักษณะนี้มาใช้ เพราะเหตุที่ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศนี้ตั้งอยู่บริเวณขั้วโลกเหนือ ซึ่งวงโคจรค้างฟ้าไม่สามารถจะครอบคลุมไปถึง

สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้กับดาวเทียมที่มีวงโคจรต่ำแนวขั้วโลก

#### 2.1.1.2 พื้นที่ครอบคลุมการให้บริการของดาวเทียม

เนื่องจากโลกมีลักษณะเป็นรูปทรงกลม ทำให้พื้นที่ซึ่งดาวเทียมจะให้บริการการสื่อสารหรือพื้นที่บริการได้นั้น ขึ้นอยู่กับตำแหน่งวงโคจรและลักษณะของวงโคจรของดาวเทียม รวมทั้งรูปแบบและชนิดของสายอากาศของดาวเทียมด้วย

รูปที่ 2.2 เป็นภาพตัดขวางของพื้นที่ให้บริการของดาวเทียม ซึ่งโคจรอยู่เหนือพื้นโลก และสายอากาศของดาวเทียมหันเข้าหาโลกโดยตรง การคำนวณหาพื้นที่ให้บริการของดาวเทียม สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1 และ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงภาพตัดขวางของพื้นที่ให้บริการ (Footprint)

ค่ามุม  $\beta$  ซึ่งจะเป็นตัวบอกระยะของ Footprint หาได้จาก

$$\beta = \cos^{-1}\left(\frac{R}{R+h}\right) \quad (2.1)$$

เมื่อ  $R$  = รัศมีของโลก มีค่าประมาณ 6370 กิโลเมตร

$h$  = ความสูงของดาวเทียมวัดจากพื้นโลก

สำหรับดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าจะมีค่า  $\beta$  ประมาณ  $81^\circ$  และสำหรับดาวเทียมแบบวงโคจรต่ำนั้น ขนาดของ Footprint จะเล็กกว่าของดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าเช่นที่ความสูง 775 กิโลเมตรจะมีค่า  $\beta$  ประมาณ  $27^\circ$

ขนาดความกว้างของ Footprint นั้นสามารถคำนวณได้จาก

$$d = 2R\beta \quad (2.2)$$

โดยคิดค่า  $\beta$  ในหน่วยเป็นเรเดียน

จะเห็นว่าสำหรับดาวเทียมแบบวงโคจรค้างฟ้า นั้นจะมีค่าความกว้างของ Footprint ประมาณ 18000 กิโลเมตร ขณะที่ดาวเทียมวงโคจรต่ำความกว้างของ Footprint มีค่าประมาณ 6000 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ Footprint ของดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าจะอยู่กับที่ ในขณะที่ Footprint ของดาวเทียมวงโคจรต่ำ จะเป็นแบบเคลื่อนที่ กล่าวคือ Footprint จะเคลื่อนที่ไปตามแนวการโคจรของดาวเทียม ซึ่งในแต่ละรอบของวงโคจรนั้นไม่ได้ซ้ำที่เดิมทั้งนี้เนื่องจาก โลกเรามีการหมุนรอบตัวเอง ในแต่ละรอบของวงโคจรที่ตำแหน่งของวงโคจรได้เปลี่ยนแปลงไปนั้นเรียกว่า Longitudinal Increment ( $I$ ) ซึ่งมีค่าเท่ากับมุมที่ โลกหมุนรอบตัวเองต่อ 1 รอบวงโคจร

$$I = T \left( \frac{d\theta}{dt} \right) \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} \text{โดยที่ } \left( \frac{d\theta}{dt} \right) &= \text{ความเร็วเชิงมุมของโลกมีค่าประมาณ } 0.25^\circ / \text{นาที่} \\ T &= \text{เวลาที่ใช้ในการโคจรต่อรอบ} \end{aligned}$$

สำหรับดาวเทียมวงโคจรต่ำที่ความสูง 775 กิโลเมตร มีค่าเวลาที่ใช้ในการโคจรต่อรอบ 100 นาที นั้นให้ค่า  $I$  ประมาณ  $25^\circ$

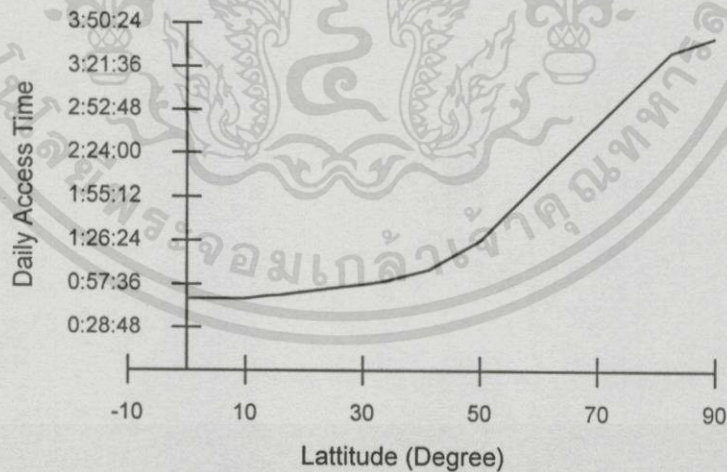
โดยทั่วไปแล้วดาวเทียมวงโคจรต่ำนี้ จะกำหนดให้ค่า  $I$  มีค่าน้อยกว่า  $2\beta$  เพื่อให้ Footprint ในแต่ละรอบวงโคจรรอบใหม่ซ้อนทับกับ Footprint ของวงโคจรในรอบที่ผ่านมา สาเหตุที่ต้องให้มีการซ้อนทับกัน โดยเฉพาะบริเวณรอบนอกของ Footprint นี้ ก็เพื่อไม่ให้เกิดช่องว่างของพื้นที่ให้บริการนั่นเอง

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าตัวสถานีภาคพื้นดินของดาวเทียมเพื่อการรับส่งข้อมูลกับดาวเทียมวงโคจรต่ำนี้ จะมีความแตกต่างอย่างมากเมื่อเทียบกับสถานีของดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า ทั้งนี้เพราะว่าดาวเทียมที่วงโคจรค้างฟ้า นั้นจะมีตำแหน่งคงที่เมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นโลก ระบบสายอากาศของตัวสถานีสำหรับดาวเทียมค้างฟ้า จึงถูกติดตั้งให้หันไปในมุมที่ตรงกับตำแหน่งของดาวเทียม ทำให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ตลอดเวลา แต่ดาวเทียมวงโคจรต่ำนั้นจะมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นโลก ดังนั้นการรับส่งข้อมูลของสถานีสำหรับดาวเทียมวงโคจรต่ำ จึงกระทำได้เฉพาะในกรณีที่ดาวเทียมโคจรผ่านมาเท่านั้น สำหรับที่ความสูงของวงโคจร 775 กิโลเมตร จะให้เวลาในการติดต่อเพื่อรับส่งข้อมูลได้สูงสุดประมาณ 15 นาที รูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นถึงช่วงเวลาที่ สามารถติดต่อกับดาวเทียมได้ (Access Time) ซึ่งจะเห็นว่าช่วงการติดต่อกับดาวเทียมได้นั้นจะมีอยู่ 2 ช่วงเวลา ในแต่ละช่วงเวลสามารถติดต่อได้ 2-3 ครั้งหรือ 2-3 รอบวงโคจร

Day	Hour																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1										##	##	#						##	##	##	##			
2										##	##	##	#							##	##	##	##	
3										##	##	##						##	##	##	##	##		
4											##	##	##						##	##	##	##	#	
5											#	##	##	#						##	##	##	##	
6	#									##	##	##							#	##	##	##	##	
7										##	##	##	#							#	##	##	##	##
8	#									##	##	##								##	##	##	##	#

รูปที่ 2.3 ช่วงเวลาการติดต่อกับดาวเทียมวงโคจรต่ำกับสถานีภาคพื้นดินตำแหน่งเส้นรุ้งที่ 53° เหนือ

รูปที่ 2.3 นี้เป็นข้อมูลของสถานีที่ตั้งอยู่ในบริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรก่อนไปทางขั้วโลก หากพิจารณาจากการโคจรของดาวเทียมแบบ Polar Orbit นี้ จะพบว่าหากสถานีตั้งอยู่บริเวณขั้วโลกหรือแถบขั้วโลก จะมีช่วงเวลาในการติดต่อกับดาวเทียมมากกว่า โดยเฉพาะบริเวณขั้วโลกนั้นในบางจุดสามารถติดต่อกับดาวเทียมได้ในทุกรอบวงโคจรของดาวเทียม นั่นคือจะมีเวลาติดต่อกับดาวเทียมมากกว่าบริเวณแถบเส้นศูนย์สูตรดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 AccessTime ของสถานีรับสัญญาณที่ตำแหน่งต่างๆ กับดาวเทียมวงโคจรต่ำ

### 2.1.2 ภาคพื้นดิน

ส่วนภาคพื้นดินหรือส่วนสถานีภาคพื้นดินมีเป็นส่วนประกอบสำคัญในการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่ทำหน้าที่ติดต่อกับดาวเทียมและเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน ซึ่งสถานีสำหรับรับสัญญาณจากดาวเทียมแต่ละแบบนั้นก็มีความแตกต่างกันของอุปกรณ์ที่เลือกใช้ ตัวอย่างเช่นสำหรับดาวเทียมวงโคจรต่ำซึ่งโคจรอยู่ที่ระดับความสูงไม่เกิน 1,000 กิโลเมตร เมื่อเทียบกับดาวเทียมแบบวงโคจรค้างฟ้าซึ่งโคจรอยู่ที่ระดับความสูงกว่า 30,000 กิโลเมตร กำลังที่ต้องใช้ของเครื่องส่งของสถานีก็แตกต่างกันอย่างมาก การเคลื่อนที่ของดาวเทียมวงโคจรต่ำที่มีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา ในขณะที่ดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าจะอยู่กับที่ ระบบควบคุมสายอากาศก็จะทำงานแตกต่างกัน นอกจากนี้ความถี่และรูปแบบของการแพร่กระจายคลื่นสัญญาณก็ทำให้ชนิดของสายอากาศที่เลือกใช้มีลักษณะที่แตกต่างกันไป

การติดต่อสื่อสารระหว่างตัวสถานีภาคพื้นดินกับดาวเทียม ใช้คลื่นวิทยุเป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลถึงกัน ซึ่งในการส่งสัญญาณนั้นจะมีองค์ประกอบหลายด้านที่ทำให้กำลังส่งเกิดการสูญเสียหรือถูกลดทอนลงไปในระหว่างการส่ง ตัวอย่างของการสูญเสียเช่นการกระจายตัวของสัญญาณในชั้นบรรยากาศ หรือสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์ส่งสัญญาณที่มีความถี่ใกล้เคียงกันเป็นต้น ค่าการสูญเสียต่างๆ เหล่านี้จำเป็นต้องถูกนำมาพิจารณาเพื่อให้ได้ระบบการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพตามต้องการ

#### 2.1.2.1 Path Loss

สัญญาณส่งผ่านไปสู่อวกาศนั้นจะมีการสูญเสียกำลังงาน เนื่องจากมีการกระจายตัวของสัญญาณในอวกาศ การสูญเสียกำลังงานนี้เรียกว่า Free space path loss ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$Loss = 10 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (2.4)$$

เมื่อ  $d$  = ระยะห่างสถานีกับดาวเทียม

$\lambda$  = ความยาวคลื่น

ความแตกต่างระหว่างการสื่อสารกับดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าและดาวเทียมวงโคจรต่ำ ที่เห็นได้ชัดเจนคือค่าการสูญเสียกำลังงานนี้ ซึ่งหาได้จาก

$$\Delta loss = 20 \log \left( \frac{d_1}{d_2} \right) \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยให้  $d_1$  มีค่าเท่ากับ 36000 กิโลเมตร ซึ่งเป็นความสูงของดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า และให้  $d_2$  มีค่าประมาณ 775 กิโลเมตรเป็นความสูงของดาวเทียมวงโคจรต่ำ พบว่ามีความแตกต่างกันถึง 33.4 dB ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก ซึ่งค่าความแตกต่างนี้เป็นการคิดเฉพาะที่จุดซึ่งใกล้กับดาวเทียมที่สุดของ Footprint โดยถ้าหากเป็นการคิดที่บริเวณอื่นตัวอย่างเช่นบริเวณรอบนอกของ Footprint ซึ่งระยะทางก็จะไกลจากดาวเทียมมากขึ้นกว่าเดิม ค่าการสูญเสียกำลังงานนี้ก็จะมีมากขึ้น

จากรูปที่ 2.2 ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับสถานีที่อยู่บริเวณขอบนอกของ Footprint หาได้จาก

$$\rho_{\max} = \sqrt{((R+h)^2 - R^2)} \quad (2.6)$$

จากสมการที่ 2.6 และสมการที่ 2.5 พบว่าที่บริเวณขอบ Footprint ของดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าจะมีระยะห่างจากดาวเทียมประมาณ 41,888.4 กิโลเมตร ส่วนของดาวเทียมวงโคจรต่ำจะมีระยะทางประมาณ 3,236.4 กิโลเมตร ความแตกต่างของการสูญเสียกำลังงานจะเหลือเพียง 22 dB

นอกจากนี้แล้วหากเรากำหนดให้สายอากาศของดาวเทียมมีรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นที่ครอบคลุมทั่วทั้ง footprint แล้ว จากรูปที่ 2.2 มุมการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศต้องมีค่าประมาณ 2 เท่า ของ  $\alpha$  โดยที่

$$\alpha = 90 - \beta \quad (2.7)$$

สำหรับดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าจะมีค่าประมาณ  $18^\circ$  และสำหรับดาวเทียมวงโคจรต่ำที่ความสูง 775 กิโลเมตร จะมีค่าประมาณ  $126^\circ$  และเราสามารถคำนวณหาค่ากำลังขยายของสายอากาศเพื่อให้ได้กำลังสูงสุดในมุมการแพร่กระจายคลื่นตามนี้จาก

$$G = 10 \log \left( \frac{2}{1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)} \right) \quad (2.8)$$

เมื่อ  $\theta =$  มุมการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ

$G =$  อัตราขยายของสายอากาศเทียบกับสายอากาศแบบ Isotropic

จากสมการนี้เราต้องใช้สายอากาศที่มีกำลังขยาย 22.1 dBi สำหรับดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า และ 5.6 dBi สำหรับดาวเทียมวงโคจรต่ำ แต่ในทางปฏิบัติแล้วกำลังของสายอากาศที่ใช้จริงจะต่ำกว่านี้

ดาวเทียมวงโคจรต่ำมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ค่าการสูญเสียกำลังงานนี้จะไม่คงที่ ค่าการสูญเสียกำลังงานต่ำสุดจะเกิดขึ้นเมื่อดาวเทียมอยู่เหนือสถานีหรือตำแหน่งที่สถานีอยู่ตรงจุดกึ่งกลางของ Footprint เท่านั้น ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ดาวเทียมอยู่ใกล้กับสถานีมากที่สุด ในช่วงที่ดาวเทียมกำลังโคจรเคลื่อนเข้าใกล้และออกห่างจากสถานี ตำแหน่งของสถานีจะอยู่ห่างจากดาวเทียมมากกว่าตำแหน่งที่จุดกึ่งกลาง จากสมการที่ 2-7 และ 2.6 เราสามารถหาค่าความแตกต่างของค่าการสูญเสียกำลังงาน ระหว่างจุดที่สถานีอยู่ใกล้และไกลดาวเทียมที่สุดใน footprint เดียวกันได้เท่ากับ

$$20 \log \left( \frac{775}{3236} \right) = 12.37 \text{ dBi} \quad (2.9)$$

## 2.2 คุณสมบัติของดาวเทียมและสถานีภาคพื้นดิน

ในปัจจุบันดาวเทียมวงโคจรต่ำที่อยู่บนอวกาศมีอยู่มากกว่า 1,000 ดวงทั้งที่เปิดเผยและไม่เปิดเผยวัตถุประสงค์ของภารกิจ ในวงโคจรที่มีความสูงและรูปแบบการโคจรที่แตกต่างกัน สำหรับในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้งานกับดาวเทียมในกลุ่ม UOSAT [1] ซึ่งออกแบบและสร้างโดย SSTL (Surrey Satellite Technology Limited) ดาวเทียมดวงแรกในกลุ่มนี้คือ UOSAT 1 มีน้ำหนักประมาณ 50 กิโลกรัม จัดเป็นดาวเทียมขนาดเล็ก (Microsatellite) สร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1980 ส่งขึ้นสู่วงโคจรในปี ค.ศ. 1981 ปัจจุบัน SSTL ได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีการสร้างดาวเทียมขนาดเล็กนี้ให้แก่หลายๆ ประเทศ อาทิเช่น ประเทศโปรตุเกส ประเทศเกาหลี ประเทศชิลี ประเทศไทย และประเทศมาเลเซีย เป็นต้น ทำให้ปัจจุบันมีดาวเทียมที่มีโครงสร้างพื้นฐานตามแบบของ SSTL โคจรอยู่มากกว่า 20 ดวง และในจำนวนนี้มีอยู่ 5 ดวงที่ใช้คลื่นความถี่ในย่านวิทยุสมัครเล่น (Amateur band) คือ UOSAT 3, UOSAT 5, KITSAT1, KITSAT2, THAIPUT (TMSAT1), ทำให้นักวิทยุสมัครเล่นทั่วโลกสามารถใช้บริการจากดาวเทียมทั้ง 5 ดวงนี้ได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น

ดาวเทียมในกลุ่ม UOSAT นอกจากจะมีโครงสร้างภายนอกที่ใกล้เคียงกันแล้ว วงจรภายในระบบควบคุมการทำงานและรูปแบบการสื่อสารก็เป็นชนิดเดียวกัน โดยจะแตกต่างกันที่ความถี่ในการใช้งานเท่านั้น

### 2.2.1 การสื่อสารแบบเก็บและส่งต่อ (Store and Forward Communication )

ดาวเทียมวงโคจรต่ำในกลุ่ม UOSAT นี้จะมีช่องสัญญาณแบบดิจิทัล (Digital Transponder) ให้บริการด้วย ซึ่งช่องสัญญาณดิจิทัลนี้จะให้บริการในลักษณะเป็นเหมือนตู้จดหมาย (Mailbox) คือผู้ให้บริการสามารถที่จะส่งข้อความในลักษณะที่เป็นแฟ้มข้อมูล (Data File) ขึ้นมาบนดาวเทียม (Uplink) และดาวเทียมจะเก็บข้อความนั้นไว้ในหน่วยความจำ สถานีภาคพื้นดินสามารถที่จะร้องขออ่านข้อความนี้ได้ ซึ่งก็ทำได้โดยการขอถ่ายโอนข้อความจากดาวเทียม (Downlink) เมื่อดาวเทียมเคลื่อนที่ผ่าน เมื่อข้อความนี้ถูกอ่านแล้วหรือถูกขอถ่ายโอนข้อมูลไปแล้ว ข้อความนี้ก็จะยังคงอยู่ในหน่วยความจำต่อไป สถานีภาคพื้นดินสถานีอื่นก็ยังสามารถร้องขอเพื่ออ่านข้อความนี้ได้อีก ข้อความนี้จะถูกลบออกเมื่อดาวเทียมต้องการพื้นที่เพื่อใช้ในการบันทึกข้อความใหม่ หรือตามกำหนดเวลาที่ผู้ส่งข้อความกำหนดไว้ว่าจะให้เก็บไว้เป็นเวลานานเท่าไร เรียกวิธีการให้บริการการสื่อสารแบบนี้ว่า การสื่อสารแบบเก็บและส่งต่อ (Store and Forward Communication )

### 2.2.2 โหมดการสื่อสาร

ช่องการสื่อสารบนดาวเทียมที่ใช้ย่านความถี่หนึ่งในการรับสัญญาณ (Receive) และใช้อีกย่านความถี่หนึ่งในการส่งสัญญาณ (Transmit) จะถูกจัดให้เป็นโหมด (Mode) ไว้ ดังในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 โหมดการสื่อสาร

Mode	Ground Station transmit band (uplink)	Ground Station receive band (downlink)
A	145 MHz	29 MHz
B	435 MHz	145 MHz
J	145 MHz	435 MHz
JA*	145 MHz	435 MHz
JD**	145 MHz	435 MHz
JL	145 MHz & 1.2 GHz	435 MHz
K	21 MHz	29 MHz
KA	21 MHz & 145 MHz	29 MHz
KT	21 MHz	29 MHz & 145 MHz
L	1.2 GHz	435 MHz
S	1.2 GHz	2.4 GHz
T	21 MHz	145 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หมายเหตุ

\*JA จะหมายถึง J(A)nalog

\*\*JD จะหมายถึง J(D)igital

ในการใช้งานจริงดาวเทียมแต่ละดวงจะถูกกำหนดความถี่ในการใช้งานในแต่ละย่านแตกต่างกันไป โดยที่ในแต่ละย่านจะมีรายละเอียดของความถี่ใช้เป็นไปดังตารางที่ 2.2

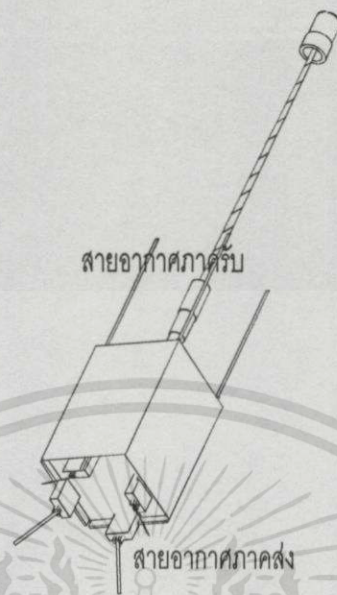
ตารางที่ 2.2 พิกัดความถี่ของแต่ละย่านความถี่

Band (Frequency)	Frequency Limit	Band (wavelength)
21 MHz	21.000 - 21.450 MHz	15 Meters
29 MHz	28.000 - 29.700 MHz	10 Meters
145 MHz	144.000 - 146.000 MHz	2 Meters
435 MHz	435.000 - 438.000 MHz	70 cm
1.2 GHz	1.260 - 1.270 GHz	24 cm
2.4 GHz	2.400 - 2.450 GHz	13 cm

สำหรับในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้งานกับดาวเทียมที่มีโหมด JD ซึ่งจะใช้ความถี่ในช่วง 144.000 – 146.000 MHz เป็นความถี่ Uplink และใช้ความถี่ในช่วง 435.000 – 438.000 MHz เป็นความถี่ Downlink

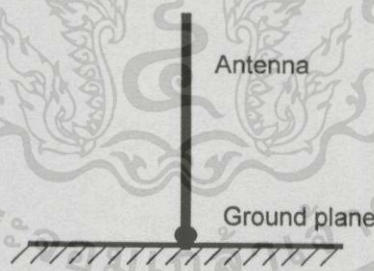
### 2.2.3 สายอากาศของดาวเทียม

ดาวเทียมในกลุ่ม UOSAT จัดเป็นดาวเทียมขนาดเล็ก (MicroSatellite) ดังนั้นคุณลักษณะของสายอากาศจึงถูกจำกัดด้วยพื้นที่การติดตั้งสายอากาศไปด้วย ดาวเทียมกลุ่ม UOSAT ใช้สายอากาศแบบโมโนโพล (Monopole) ทั้ง 2 ย่านความถี่ โดยติดตั้งอยู่บริเวณมุมทั้ง 4 ด้านของตัวดาวเทียม ดังในรูปที่ 2.5



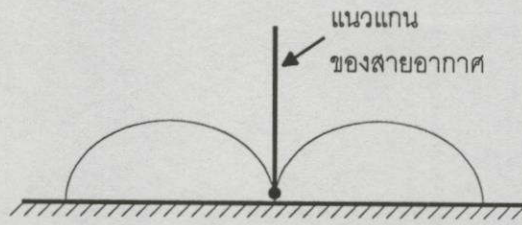
รูปที่ 2.5 ดาวเทียมไทยพัฒน์และตำแหน่งการติดตั้งสายอากาศ

สายอากาศแบบโมโนโพล เป็นสายอากาศแบบรอบตัว ประกอบด้วยแท่งโลหะที่วางในแนวตั้ง (หรือแนวนอน) 1 แท่งเป็นตัวสายอากาศและใช้แผ่นวัสดุที่เป็นสื่อไฟฟ้ามาวางในแนวระนาบตั้งฉากกับตัวสายอากาศ ทำหน้าที่เป็นกราวด์เพลน (Ground Plane) ดังในรูปที่ 2.6

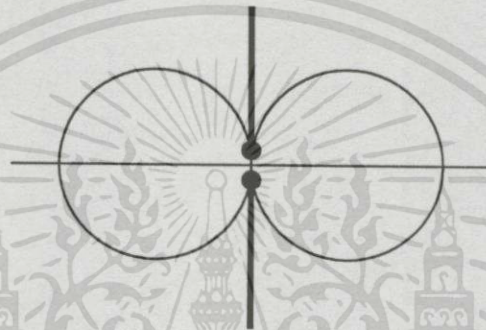


รูปที่ 2.6 สายอากาศแบบโมโนโพล

รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแบบโมโนโพลจะเป็นครึ่งหนึ่งของสายอากาศแบบไดโพล (Dipole) ที่มีความยาวเท่ากัน ดังในรูปที่ 2.7



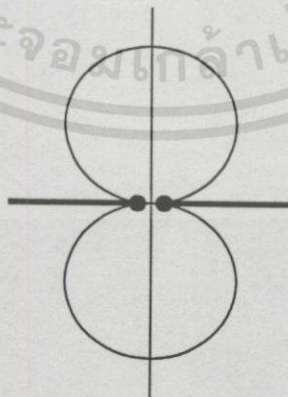
รูปที่ 2.7 รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแบบโมโนโพล



รูปที่ 2.8 รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแบบไดโพล

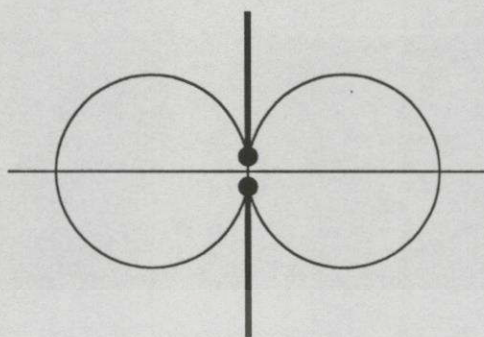
สายอากาศแบบโมโนโพลเป็นสายอากาศลิเนียร์โพลาริเซชัน (Linearly polarization) กล่าวคือการหมุนของยอดของเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าที่แปรผันกับเวลาจะเป็นเส้นตรงเสมอ หรืออาจจะเรียกว่าเป็นโพลาริเซชันแบบเส้นตรงก็ได้

ลิเนียร์โพลาริเซชันจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะคือโพลาริเซชันแบบแนวนอน (Horizontal polarization) และโพลาริเซชันแบบแนวตั้ง (Vertical polarization) ดังในรูปที่ 2.9 และ 2.10



รูปที่ 2.9 แพทเทิร์นการกระจายสนามไฟฟ้าของสายอากาศไดโพลที่วางในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



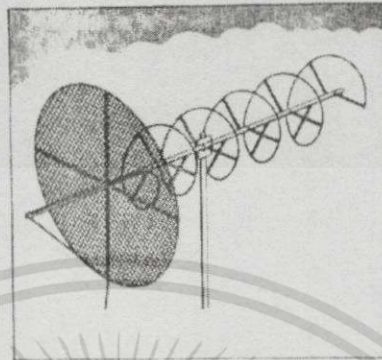
รูปที่ 2.10 แพทเทิร์นการกระจายสนามไฟฟ้าของสายอากาศไดโพลที่วางในแนวตั้ง

ผลจากการเลือกใช้สายอากาศแบบลิเนียร์โพลาริเซชันบนดาวเทียม ประกอบกับการที่ดาวเทียมมีการหมุนรอบตัวเองในขณะโคจรอยู่ ทำให้ลักษณะของสัญญาณจากดาวเทียมเมื่อทำการส่งข้อมูลลงมายังพื้นโลกจะมีการหมุนของโพลาริเซชัน หากที่สถานีรับสัญญาณใช้สายอากาศแบบลิเนียร์โพลาริเซชันมารับสัญญาณจะทำให้มีการลดทอนของสัญญาณลงไป 3 dB ทั้งนี้เพราะจะสามารถรับสัญญาณได้เต็มที่เมื่อโพลาริเซชันของสายอากาศทั้งรับและส่งตรงกันเท่านั้น ตัวอย่างเช่นหากใช้สายอากาศแบบลิเนียร์โพลาริเซชันวางในแนวตั้ง ก็จะได้รับสัญญาณได้ดีในกรณีที่สัญญาณจากดาวเทียมหมุนมาในตำแหน่งที่โพลาริเซชันเป็นแนวตั้งเท่านั้น ซึ่งสัญญาณจะมีการหมุนไปตลอดเวลาดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นเพื่อให้สามารถรับสัญญาณได้ตลอดเวลา อาจทำได้โดยการหมุนสายอากาศของตัวสถานีรับสัญญาณเพื่อให้ได้โพลาริเซชันตรงกันตลอดเวลา ซึ่งวิธีการนี้จะค่อนข้างยุ่งยากในทางปฏิบัติ สายอากาศที่มีโพลาริเซชันแบบวงกลมจึงเป็นแบบของสายอากาศที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสถานีภาคพื้นดิน

#### 2.2.4 สายอากาศสำหรับสถานีภาคพื้นดิน

ด้วยเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว สายอากาศสำหรับสถานีรับ-ส่งสัญญาณดาวเทียมจึงควรเป็นสายอากาศที่มีโพลาริเซชันเป็นแบบวงกลม สายอากาศที่ให้โพลาริเซชันแบบวงกลมนั้นจะได้มาจากสายอากาศที่มีโครงสร้างเฉพาะเช่นสายอากาศแบบเฮลิค (Helix Antenna) แต่ก็สามารถใช้สายอากาศแบบลิเนียร์โพลาริเซชัน มาดัดแปลงให้เป็นสายอากาศที่มีโพลาริเซชันเป็นแบบวงกลมได้เช่นกัน

2.2.4.1 สายอากาศแบบเฮลิค (HELIX Antenna)

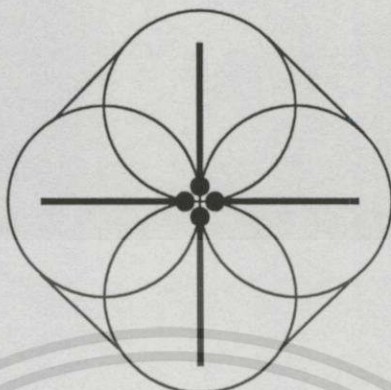


รูปที่ 2.11 สายอากาศแบบเฮลิค

สายอากาศแบบเฮลิค เป็นสายอากาศชนิดที่ให้โพลาริเซชันเป็นแบบวงกลมได้ด้วยโครงสร้างของสายอากาศเอง โดยไม่ต้องอาศัยเทคนิคการป้อนสัญญาณที่ซับซ้อนใดๆ โดยตัวสายอากาศจะมีลักษณะเป็นขด มีโลหะวางเป็นกราวด์เพลนไว้ด้านหลัง ดังในรูปที่ 2.11 สายอากาศแบบเฮลิคนี้เป็นสายอากาศแบบมีทิศทางคือต้องหันด้านขดสายอากาศไปยังต้นทางหากต้องการรับสัญญาณ โดยด้านที่เป็นกราวด์เพลนนี้จะเป็นด้านหลังของสายอากาศ ค่าทวิกำลังของสายอากาศเฮลิคจะขึ้นกับจำนวนรอบของขดสายอากาศ

2.2.4.2 สายอากาศแบบที่มีขั้วคลื่นแบบวงกลมที่สร้างจากแบบลิเนียร์โพลาริเซชัน

นอกจากสายอากาศแบบเฮลิคที่มีโพลาริเซชันแบบวงกลมแล้ว ยังสามารถสร้างสายอากาศที่ให้โพลาริเซชันแบบวงกลมได้ โดยการให้สายอากาศแบบลิเนียร์โพลาริเซชัน จากรูปที่ 2.9 และ 2.10 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงรูปแบบการกระจายสนามไฟฟ้าของสายอากาศแบบไดโพลที่วางในแนวตั้งและแนวนอน ทำให้พบว่าหากเราทำการรวมสนามไฟฟ้าของสายอากาศไดโพลทั้ง 2 แกนเข้าด้วยกัน โดยกำหนดเงื่อนไขว่าขนาดของสัญญาณที่ป้อนเข้าสายอากาศไดโพลทั้ง 2 แกนต้องมีขนาดเท่ากัน และสัญญาณทั้งสองมีเฟสต่างกัน  $90^\circ$  เราจะได้รูปแบบการกระจายสนามไฟฟ้างดรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แพทเทิร์นการกระจายสนามไฟฟ้ารวมของสายอากาศแบบครอสไดโพล

#### 2.2.4.3 สายอากาศแบบ Cross Yagi

สายอากาศแบบ Cross Yagi คือการนำสายอากาศแบบ Yagi [2] ที่มีคุณสมบัติเหมือนกันจำนวน 2 ต้นมาประกอบเข้าด้วยกัน โดยวางสายอากาศในแนวแกนตั้งและแนวนอนอย่างละต้น แล้วทำการรวมสนามไฟฟ้าของสายอากาศทั้ง 2 แขนเข้าด้วยกัน และหากขนาดของสัญญาณที่ป้อนเข้าสายอากาศไดโพลทั้ง 2 แขนมีขนาดเท่ากัน และสัญญาณทั้งสองมีเฟสต่างกัน  $90^\circ$  และก็จะทำให้ได้โพลาริเซชันของสายอากาศเป็นแบบวงกลม

สายอากาศแบบ Yagi เป็นสายอากาศแบบลิเนียร์โพลาไรเซชันที่ได้รับความนิยมแบบหนึ่ง เนื่องจากเป็นสายอากาศที่ออกแบบและสร้างค่อนข้างง่าย มีโครงสร้างดังในรูป 2.13

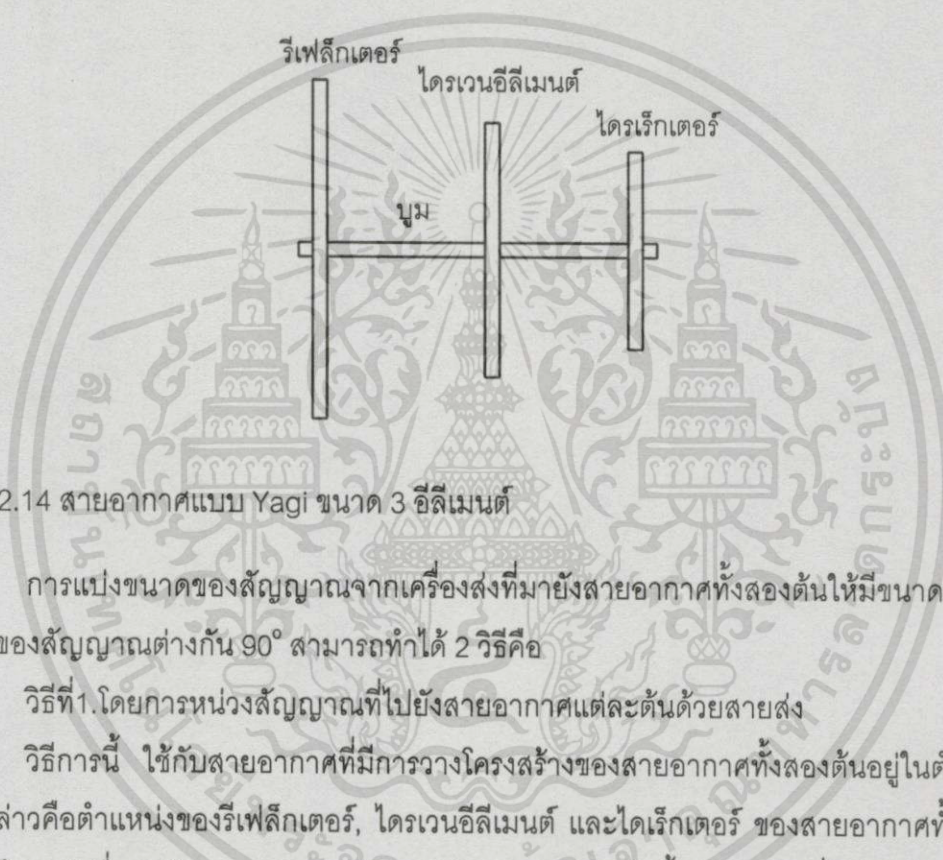


รูปที่ 2.13 โครงสร้างของสายอากาศแบบ Yagi ขนาด 2 อีลีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างหลักของสายอากาศแบบ Yagi นั้น ประกอบด้วยรีเฟล็กเตอร์ (Reflector) และไดรเวนอีลีเมนต์ (Driven Element) โดยที่ไดรเวนอีลีเมนต์จะทำหน้าที่ในการป้อนสัญญาณและรีเฟล็กเตอร์ทำหน้าที่สะท้อนคลื่นสัญญาณ

สายอากาศที่ประกอบขึ้นด้วยรีเฟล็กเตอร์และไดรเวนอีลีเมนต์นั้นให้อัตราขยายได้ไม่มากนัก การเพิ่มอัตราขยายของสายอากาศแบบ Yagi สามารถทำได้โดยการเพิ่มส่วนที่เรียกว่าไดเรกเตอร์ (Director) เข้าไปบริเวณด้านหน้าของไดรเวนอีลีเมนต์ ดังในรูปที่ 2.14

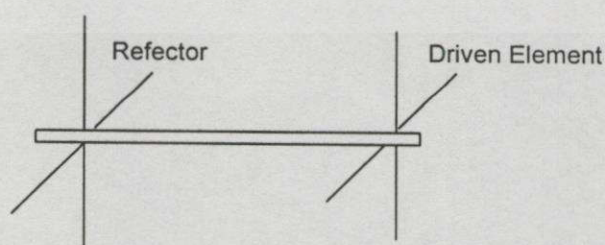


รูปที่ 2.14 สายอากาศแบบ Yagi ขนาด 3 อีลีเมนต์

การแบ่งขนาดของสัญญาณจากเครื่องส่งที่มายังสายอากาศทั้งสองต้นให้มีขนาดที่เท่ากันและมีเฟสของสัญญาณต่างกัน  $90^\circ$  สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

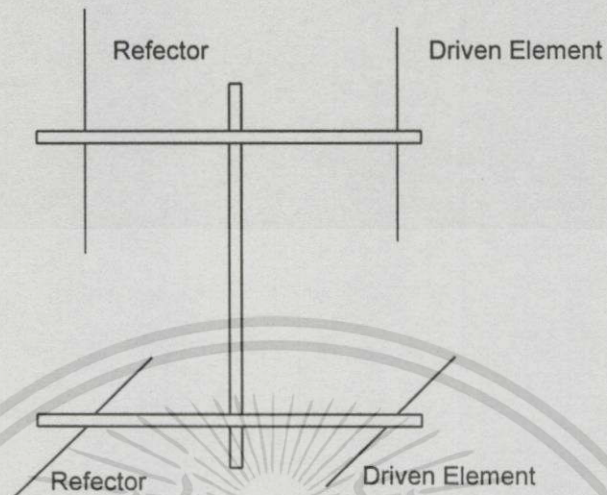
วิธีที่ 1. โดยการหวนสัญญาณที่ไปยังสายอากาศแต่ละต้นด้วยสายส่ง

วิธีการนี้ ใช้กับสายอากาศที่มีการวางโครงสร้างของสายอากาศทั้งสองต้นอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน กล่าวคือตำแหน่งของรีเฟล็กเตอร์, ไดรเวนอีลีเมนต์ และไดเรกเตอร์ ของสายอากาศทั้ง 2 แขนจะอยู่ในตำแหน่งที่ตรงกัน และการวางตัวของสายอากาศแต่ละต้นนั้น สามารถที่จะวางบนบูม (Boom) เดียวกัน ดังในรูปที่ 2.15 หรือจะวางแยกอิสระ 2 บูม ดังในรูปที่ 2.16. ก็ได้

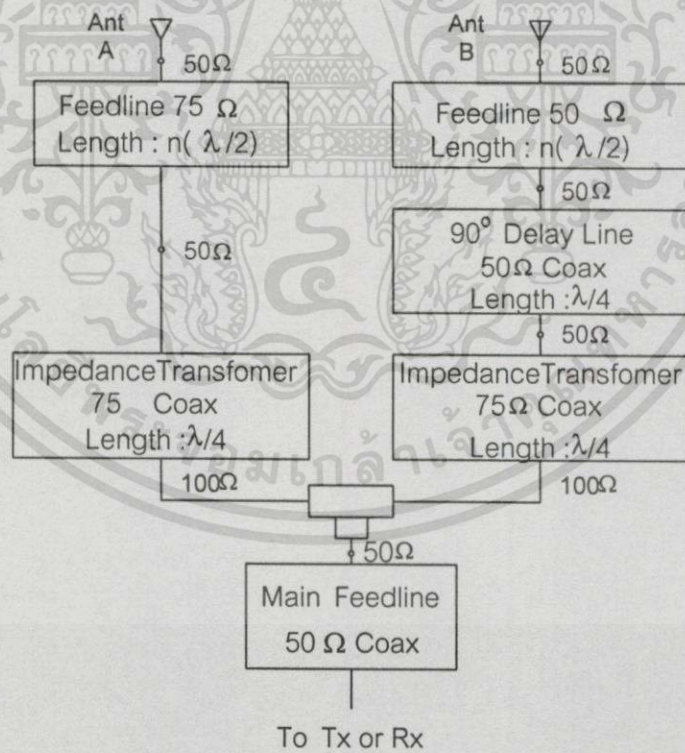


รูป 2.15. โครงสร้างสายอากาศ Cross Yagi แบบบูมร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.16. โครงสร้างสายอากาศ Cross Yagi แบบ 2 บูม



รูปที่ 2.17 บล็อกไดอะแกรมของตัวควบคุมเฟสและแมทชิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.17 เป็นบล็อกไดอะแกรมของการแมทซิงและจัดเฟส จะเห็นการแยกสายออกเป็น 2 แขน ซึ่งแต่ละแขนก็คือสายอากาศแต่ละต้นนั่นเอง โดยที่แต่ละบล็อกจะมีหน้าที่ต่างๆ ดังนี้คือ

บล็อก Feedline  $75 \Omega$  Coax Length =  $n \lambda/2$  ในส่วนนี้จะมียาวตามที่ผู้ใช้งานต้องการคือยาวเป็นจำนวน  $n \lambda/2$  เนื่องจากสายนำสัญญาณที่มีความยาว  $\lambda/2$  จะมีอินพุทอิมพีแดนซ์เท่ากับโหลดเสมอ ดังนั้นเมื่อมองผ่านสายนำสัญญาณที่ยาว  $\lambda/2$  เข้าไปก็จะได้อิมพีแดนซ์เท่ากับ  $50 \Omega$  ซึ่งก็คืออิมพีแดนซ์ของสายอากาศนั่นเอง ในส่วนสายอากาศ B นั้นใช้สายนำสัญญาณ  $50 \Omega$  เนื่องจากในบล็อกถัดไปซึ่งเป็นบล็อก  $90^\circ$  delay Line ใช้สายนำสัญญาณ  $50 \Omega$  จึงเลือกใช้สายนำสัญญาณชนิดเดียวกันเพื่อลดจุดต่อนั่นเอง

สายนำสัญญาณใดๆ ที่ยาว  $\lambda/2$  จะมีค่าอินพุทอิมพีแดนซ์เท่ากับอิมพีแดนซ์ของโหลด สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$Z_m = Z_o \frac{Z_l + jZ_o \tan \beta l}{Z_o + jZ_l \tan \beta l} \quad (2.9)$$

โดยที่

$Z_o =$  อิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณ

$Z_l =$  อิมพีแดนซ์ของโหลด

$Z_m =$  อินพุทอิมพีแดนซ์

$\beta =$  ค่าคงตัวของเฟส =  $2\pi/\lambda$

$l =$  ความยาวของสายนำสัญญาณ

ให้  $Z_l = 50 \Omega$

$l = \lambda/2$

$$\text{จะได้ } \beta l = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{2} = \pi$$

$$\tan \beta l = \tan \pi = 0$$

แทนค่าลงในสมการ จะได้

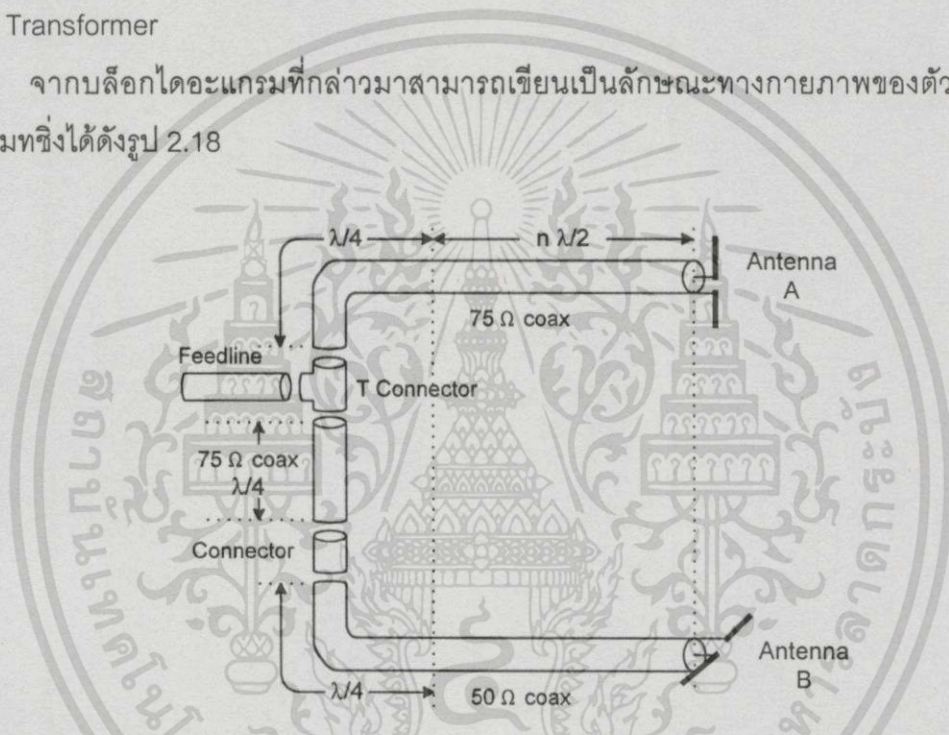
$$Z_m = Z_o \frac{Z_l}{Z_o} = Z_l$$

นั่นคือ  $Z_m = Z_l$  เสมอ

บล็อก  $90^\circ$  Delay line ส่วนนี้จะอยู่ที่แกนสายอากาศแกนใดแกนหนึ่งเท่านั้น เป็นการหน่วงสัญญาณของสายอากาศแกนนั้นให้มีเฟสต่างไป  $90^\circ$  ซึ่งจะมีผลทำให้ลักษณะการหมุนของโพลาริเซชันเปลี่ยนไป

บล็อก Impedance Transformer บล็อกนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวปรับอิมพีแดนซ์จาก  $50 \Omega$  ให้เป็น  $100 \Omega$  จะเห็นว่ามีที่ทั้งสองแกนสายอากาศ ทั้งนี้เพื่อให้เมื่อนำทั้งสองจุดนี้มาต่อเข้าด้วยกันในลักษณะขนานกัน ทำให้ได้อิมพีแดนซ์เท่ากับ  $50 \Omega$  ซึ่งการปรับอิมพีแดนซ์นี้ใช้หลักการของ Quarter wave Transformer

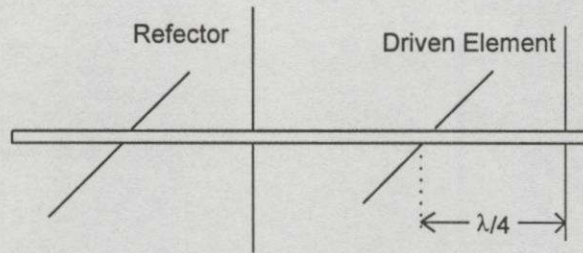
จากบล็อกไดอะแกรมที่กล่าวมาสามารถเขียนเป็นลักษณะทางกายภาพของตัวควบคุมเฟสและแมทชิงได้ดังรูป 2.18



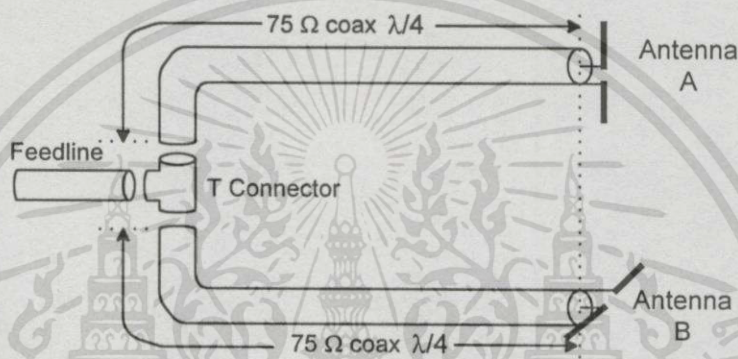
รูปที่ 2.18 ลักษณะทางกายภาพของตัวควบคุมเฟสและแมทชิงสำหรับสายอากาศที่วางตำแหน่งตรงกัน

วิธีที่ 2. โดยการให้สัญญาณที่ออกจากสายอากาศมีความแตกต่างกันของเวลาเนื่องจากโครงสร้างของสายอากาศทั้งสองต้นที่มีระยะห่างกัน  $\lambda/4$

วิธีการในแบบที่ 2 นี้จะอาศัยการจัดโครงสร้างของสายอากาศของทั้ง 2 ต้นให้เกิดการแตกต่างกัน โดยสายอากาศจะถูกวางให้มีระยะห่างกันเป็น  $\lambda/4$  ซึ่งสายอากาศทั้ง 2 ต้นอาจจะอยู่บนมุมเดียวกันดังในรูปที่ 2.19 หรือจะอยู่ต่างกันได้



รูปที่ 2.19 โครงสร้างสายอากาศแบบครอสยาก็ที่วางสายอากาศแต่ละแกนให้ห่าง  $\lambda/4$



รูปที่ 2.20 ลักษณะทางกายภาพของแมทซ์สำหรับสายอากาศที่วางสายอากาศแต่ละแกนให้ห่าง  $\lambda/4$

จากโครงสร้างของสายอากาศในแบบวิธีที่ 2 ทำให้ไม่ต้องใช้การห้วงสัญญาณของสายนำสัญญาณในส่วนของการแมทซ์สายอากาศ เหมือนกับสายอากาศในแบบวิธีที่ 1 ดังนั้นส่วนของการแมทซ์สายอากาศแบบนี้จึงเป็นไปดังรูปที่ 2.20 คือจะใช้สายสัญญาณ 75 Ω ยาว  $\lambda/4$  เพื่อปรับอิมพีแดนซ์ของสายอากาศแต่ละต้นให้กลายเป็น 100 Ω ซึ่งเมื่อนำมาต่อรวมกันแบบขนานก็จะทำให้เมื่อมองจากทางเครื่องรับหรือเครื่องส่งจะเห็นสายอากาศมีค่าอิมพีแดนซ์เป็น 50 Ω

### 2.3 Satellite Tracking

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าดาวเทียมวงโคจรต่ำนั้นจะมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาเมื่อเทียบกับสถานีรับสัญญาณดาวเทียมบนภาคพื้นดิน ดังนั้นทางสถานีภาคพื้นดินจึงจำเป็นที่จะต้องทราบว่าดาวเทียมจะโคจรเข้ามาและสามารถให้บริการได้ (In rang) ในเวลาใด (Acquisition of Signal :AOS) รวมทั้งจะมีเวลาในการติดต่อได้นานเท่าไรหรือดาวเทียมจะเคลื่อนออกและสิ้นสุดการให้บริการในเวลาอีกนานเท่าไร (Loss of Signal : LOS) นอกจากนี้แล้วก็จะยังต้องทราบด้วยว่าตำแหน่งของดาวเทียมในขณะนั้นเมื่ออ้างอิงกับสถานีแล้วจะต้องให้สายอากาศของสถานีทำมุมเงย (Azimuth) และมุมกวาด (Elevation)

เป็นเท่าไรเพื่อให้ทิศทางของสายอากาศหันตรงไปยังดาวเทียมมากที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในการรับส่งข้อมูล แต่อย่างไรก็ตามในบางกรณีอาจจะไม่มีความจำเป็นทั้งนี้ขึ้นกับขนาดและประเภทของสายอากาศของตัวสถานีภาคพื้นดินเป็นสำคัญ

การจะทราบตำแหน่งของดาวเทียมดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น สามารถทำได้ 2 แบบ แบบแรกจะใช้การพล็อตตำแหน่งและเส้นทางการโคจรของดาวเทียมลงบนแผนที่โลกอ้างอิงกับตำแหน่งที่ตั้งของสถานี ซึ่งจะยุ่งยากและซับซ้อน ส่วนแบบที่สองจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณหา ซึ่งสะดวก แม่นยำและรวดเร็วกว่าแบบแรกมาก

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณเพื่อหาตำแหน่งและข้อมูลที่สำคัญในการติดตามและติดต่อกับดาวเทียมวงโคจรต่ำนี้ จะต้องป้อนข้อมูลที่สำคัญต่างๆ ของดาวเทียมดวงนั้นๆ ที่ต้องการติดต่อให้แก่โปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณ อาทิเช่นความเร็วในการโคจรของดาวเทียม, ค่ามุมของระนาบวงโคจรที่ทำกับแกนโลก เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะได้รับการวัดของหน่วยงานอวกาศเช่น NASA ฯลฯ โดยข้อมูลเหล่านี้จะมีการปรับปรุงทุกๆ 7 วัน เพื่อให้ได้ผลการคำนวณที่ถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลบางอย่างของดาวเทียมอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงเช่นค่ามุมของระนาบวงโคจรที่ทำกับแกนโลกอาจจะเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากผลจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น ข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณเหล่านี้เรียกว่าเคียเพอเรียลอีลีเมนต์ (Keplerian Elements) จะมีการเขียนเป็น 2 ลักษณะคือ

1. NASA Two-Line Format ลักษณะของ NASA 2 Line คือจะประกอบไปด้วยข้อมูล 2 บรรทัด โดยรูปแบบจะเป็นดังนี้

```
1 AAAAAU 00 0 0 BBBB.BBBBBBBB .CCCCCCC 00000-0 00000-0 0 DDDZ
2 AAAAA EEE.EEEE FFF.FFFF GGGGGG HHH.HHHH III.IIII JJ.JJJJJJJKKKKZ
```

เมื่อ

A-CATALOGNUM B-EPOCHTIME C-DECAY D-ELSETNUM E-INCLINATION F-RAAN  
G-ECCENTRICITY H-ARGPERIGEE I-MNANOM J-MNMOTION K-ORBITNUM Z-CHECKSUM

ตัวอย่างเช่น Keplerian Elements แบบ NASA 2 Line ของดาวเทียม ไทยพัฒน์

TO-31

```
1 25396U 98043C 99125.15762103 -.00000044 00000-0 00000-0 0 01430
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 25396 098.7580 198.9600 0003328 164.3367 195.7926 14.22360544042504

### บรรทัดที่ 1

หมายเลขบรรทัด= 1

25396 = NASA Catalog number

U = Unclassified

98043C = Launch year (ส่งขึ้นสู่อวกาศเป็นลำดับที่ 43 ในปี 1998)

99125.15762103 = Epoch (วันที่ 125 ของปี 1999)

0.00000044 = Decay Rate

### บรรทัดที่ 2

หมายเลขบรรทัด= 2

25396 = NASA Catalog number

098.7580 = Inclination Angle (degrees)

198.96 = RAAN

3328 = Eccentricity

164.3367 = Argument of Perigee

195.7926 = Mean anomaly

14.22360544 = REV/day

4250 = 4250 รอบที่เวลาอ้างอิง

2. AMSAT Format จะเขียนโดยการแยกรายละเอียดของแต่ละค่าออกมาให้เห็นอย่างชัดเจน ทำให้สะดวกในการนำไปใช้งานกับโปรแกรมคำนวณแบบง่ายๆ ซึ่งจำเป็นต้องป้อนข้อมูลแต่ละค่าให้แก่โปรแกรม ตัวอย่างการเขียนข้อมูลแบบ AMSAT

SATELLITE	AO-10
CATALOG NUMBER	14129U
EPOCH TIME	98172.939680498
ELEMENT SET	539
INCLINATION	26.8182
RAAN	82.02369

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ECCENTRICITY	6001096
ARG OF PERIGEE	226.7619
MEAN ANAMOLY	64.1950
MEAN MOTION	2.0588061
DECAY RATE	3e-07
EPOCH REV	50787
CHECKSUM	850

โดยที่

NASA Catalog number คือหมายเลขอ้างอิงซึ่ง NASA จะเป็นผู้กำหนดให้แก่วัตถุอวกาศแต่ละชิ้นที่โคจรอยู่ในอวกาศ

Epoch time คือเวลาอ้างอิงของข้อมูลองค์ประกอบวงโคจร

Orbital Inclination คือมุมระหว่างวงโคจรกับแนวระนาบของเส้นศูนย์สูตร

RAAN (Right Ascension of Ascending Node) ค่านุมระหว่างจุดอ้างอิง VERNAL EQUINOX กับจุดที่วงโคจรข้ามเส้นศูนย์สูตร

Argument of Perigees เป็นมุมระหว่างแนวเส้นศูนย์สูตรกับจุดตัดของแกนหลักวงโคจร กับจุดที่ดาวเทียมโคจรใกล้โลกที่สุด (Perigee)

Mean anomaly หมายถึงตำแหน่งของดาวเทียมในแนววงโคจร ณ เวลาอ้างอิง (Epoch) ค่า 0 หมายถึงตำแหน่งที่ใกล้โลกที่สุด (Perigee) และ 180 หมายถึงตำแหน่งที่ไกลจากโลกที่สุด (Apogee) ค่า 0-180 หมายถึงดาวเทียมเคลื่อนขึ้น (Perigee to Apogee) ค่า 180-360 หมายถึงดาวเทียมเคลื่อนลง (Apogee to Perigee)

Mean Motion หมายถึงจำนวนรอบของวงโคจรในแต่ละวัน

Decay rate ค่าความผิดพลาดของ Mean Motion

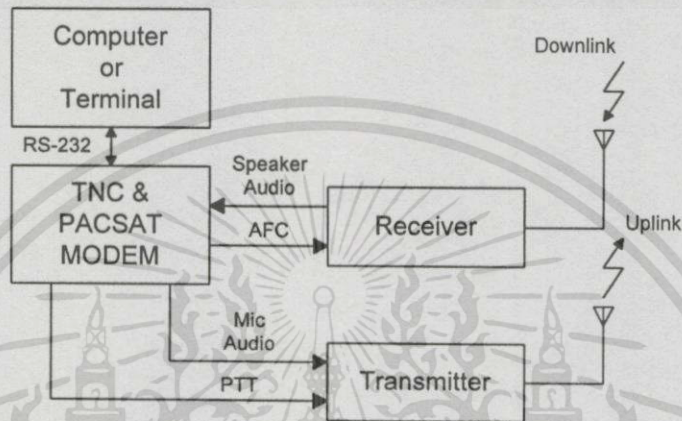
Epoch Rev จำนวนรอบที่ได้โคจรไปแล้วของดาวเทียม ณ เวลาอ้างอิง (Epoch)

ในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลแบบ 2 line ในการคำนวณหาตำแหน่งของดาวเทียม

## 2.4 รูปแบบการสื่อสาร

### 2.4.1 PACKET Radio

แพ็คเกจเรดิโอ (PACKET radio) คือรูปแบบการสื่อสารข้อมูลดิจิทัลผ่านเครือข่ายวิทยุ มีโครงสร้างการใช้งานดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 บล็อกไดอะแกรมของสถานีรับ-ส่งสัญญาณแบบแพ็คเกจเรดิโอ

Computer or Terminal ทำหน้าที่จัดการข้อมูลที่มีการรับ-ส่ง ข้อมูลเหล่านี้จะอยู่ในรูปแบบเฉพาะที่มีการกำหนดขึ้นเป็นมาตรฐาน ดังนั้นในส่วนนี้จึงต้องมีโปรแกรมเฉพาะเพื่อทำหน้าที่ดังกล่าวมา

TNC & PACSAT MODEM TNC หรือ Terminal Node Control จะบรรจุโปรโตคอล AX-25 ไว้ ซึ่งเป็นโปรโตคอลสื่อสารที่ปรับปรุงมาจาก X-25 ของ CCITT (International Telegraph and Telephone Consultative Committee) โดยทั่วไปแล้ว ใน TNC มักจะมีโมเด็ม(MODEM) รวมกันอยู่ด้วยแต่ก็มักจะเป็นโมเด็มที่มีอัตราบิตประมาณ 1200 บิต/วินาที เท่านั้น แต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโมเด็มให้มีความเร็วสูงขึ้น โดยโมเด็มอัตราบิต 9600 ถือเป็นความเร็วมาตรฐานของการสื่อสารแบบแพ็คเกจเรดิโอผ่านดาวเทียมหรือแพ็คเกจ (PACSAT) ในปัจจุบัน

#### 2.4.2 PACSAT File

PACSAT File คือรูปแบบของแฟ้มข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารกับดาวเทียมในกลุ่ม UOSAT โดย Dr. Jeffrey W. Ward ในปี 1986 เริ่มใช้ครั้งแรกกับดาวเทียม UOSAT-3 มีคุณสมบัติที่ดีหลายข้อเช่น ข้อมูลหรือข้อความสามารถรับ-ส่งโดยสถานีต่างๆ ได้แบบอิสระ รูปแบบของ PACSAT File นั้นจะมีการ สร้างข้อกำหนดเพื่อเป็น Header ของส่วนประกอบต่างๆ ที่จำเป็นต้องมีในการส่งข้อมูลแต่ละครั้ง รวมเรียกว่า PACSAT File Header

PACSAT File จะเริ่มต้นด้วย AA แล้วตามด้วย 55 เสมอ แล้วจึงตามด้วยข้อมูลต่างๆ ซึ่งไม่ได้มีเพียงแค่ข้อมูลหรือข้อความที่ผู้ส่งต้องการส่งไปให้ผู้รับเท่านั้น ใน PACSAT File 1 แฟ้มข้อมูลนั้น จะประกอบด้วยข้อมูลย่อยๆ อีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นข้อมูลที่จำเป็นในการส่งข้อมูลจาก ต้นทางไปยังปลายทางทั้งสิ้น อาทิเช่น ชื่อผู้ส่ง ผู้รับ ขนาดความยาวของแฟ้มข้อมูล ฯลฯ ซึ่งข้อมูล ย่อยๆ เหล่านี้จะมีรูปแบบเฉพาะที่ได้ถูกกำหนดขึ้น รูปแบบทั่วไปของข้อมูลย่อยใน PACSAT File จะเป็นดังรูปที่ 2.22

Identifier	Length	Data
2 bytes	1 byte	0-255 bytes

รูปที่ 2.22 PACSAT File Header syntax

Identifier มีขนาด 2 ไบท์จะเป็นส่วนที่บอกถึงชนิดหรือประเภทของข้อมูลย่อยที่จะตามมา ซึ่งมีรายละเอียดดังในตารางที่ 2.3

Length มีขนาด 1 ไบท์ จะบอกขนาดหรือความยาวของข้อมูล (Data) โดยจะบอกเป็นจำนวนไบท์ data มีได้ระหว่าง 0-255 ไบท์

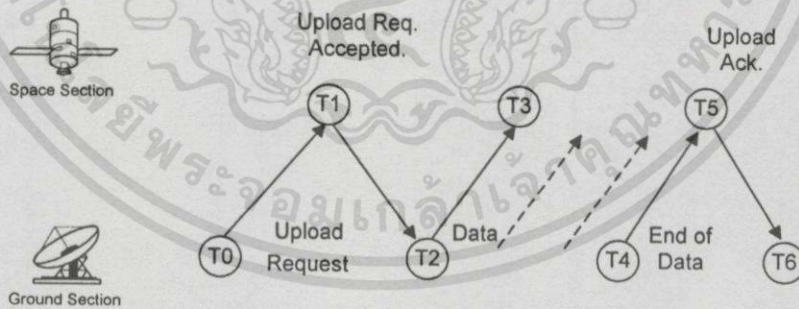
PACSAT File จะถูกปิดท้ายด้วย Header ที่เป็น 00 00 และ Length เป็น 00

ตารางที่ 2.3 PACSAT File Header Identifier

Id. No.	Length	Interpretation	Id. No.	Length	Interpretation
0x01	4	file number	0x13	1	download count
0x02	8	file name	0x14	variable	destination
0x03	3	file ext	0x15	6	ax25 downloader
0x04	4	file size	0x16	4	download time
0x05	4	create time	0x17	4	expire time
0x06	4	last modified time	0x18	1	priority
0x07	1	single even flag	0x19	1	compression type
0x08	1	file type	0x20	1	bbs message type
0x09	2	body checksum	0x21	variable	bulletin id number
0x0a	2	header checksum	0x22	variable	title
0x0b	2	<body offset>	0x23	variable	keywords
0x10	variable	source	0x24	variable	file description
0x11	6	ax25 uploader	0x25	variable	
0x12	4	upload time	0x26	variable	user file name

2.4.3 Upload transaction

Upload Transaction คือขบวนการส่งเพิ่มข้อมูลขึ้นสู่ดาวเทียม เมื่อดาวเทียมเคลื่อนเข้ามาและอยู่ในตำแหน่งที่สามารถติดต่อได้แล้ว โดยเพิ่มข้อมูลนี้ก็คือข้อมูลที่จัดรูปแบบเป็น PACSAT File ไว้แล้วนั่นเอง โดยขั้นตอนการส่งข้อมูลจะมีรูปแบบดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 Upload transaction

Upload Request จะเป็นการแจ้งให้ดาวเทียมรับทราบการขอส่งข้อมูลขึ้นมายังดาวเทียม ซึ่งดาวเทียมเมื่อได้รับข้อมูลในส่วนนี้แล้ว จะมีการตอบ Upload Request Accepted กลับไปยังสถานีภาคพื้นดินพร้อมกับไฟล์นามเบอร์ (File Number) หรือหมายเลขของเพิ่มข้อมูลที่จะจัดเก็บไว้บนดาว

เทียม ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในกรณีที่มีการส่งข้อมูลในครั้งแรกไม่สมบูรณ์ การติดต่อครั้งต่อไปจะใช้หมายเลขเพิ่มข้อมูลนี้ในการติดต่อส่งข้อมูล หลังจากนั้นก็จะเริ่มต้นส่งข้อมูลขึ้นสู่ดาวเทียม และปิดท้ายข้อมูลด้วย End of File ข้อมูลในแต่ละ PACKET จะมีรูปแบบดังรูปที่ 2.24

Length	Type	Data
11 bits	5 bits	0-2047 bytes

รูปที่ 2.24 Packet syntax  
เมื่อ

Length เป็นตัวบอกจำนวนบิตของข้อมูลใน PACKET มีขนาด 11 บิต ซึ่งเป็น 8 บิตของ 1 ไบท์แรก กับ อีก 3 บิตบนของไบท์ที่ 2

Type เป็นตัวบอกชนิดของประเภทหรือชนิดของ PACKET มีด้วยกัน 18 Type ดังในตารางที่ 2.4 โดยใช้ 5 บิตล่างของไบท์ที่ 2

Data คือส่วนของข้อมูล สามารถบรรจุข้อมูลได้ทั้งหมด 2047 ไบท์

ตารางที่ 2.4 Packet Type

Type	Packet Interpretation
0	Upload Data
1	End Of Data
2	Login Respond
3	Upload Request
4	Upload Request Acp.
5	Upload Error Resp.
6	Upload File Ack.
7	Upload Failure
9	Download Request Acp
10	Download Aboarded
11	Download Completed
12	Download File Acknowledged
13	Download File Corrupted
14	Request terse Directory
15	Request Verbose Directory
16	Request Directory Search
17	Directory Search Result

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบางกรณีการใช้งานอาจสามารถลดขั้นตอนให้น้อยลงได้เช่นอาจจะนำ PACKET ทั้ง 3 PACKET คือ Upload Request, Data, และ End of File มาต่อเรียงกันแล้วส่งขึ้นไปพร้อมกัน โดยไม่สนใจหมายเลขของไฟล์ข้อมูลก็ได้ ซึ่งจะเหมาะกับกรณีที่ขนาดของแฟ้มข้อมูล (Data) มีขนาดเล็ก และสามารถส่งได้สมบูรณ์ในครั้งเดียว

#### 2.4.4 เวลา

เวลาเป็นข้อมูลที่สำคัญในการติดต่อระหว่างสถานีภาคพื้นดินกับดาวเทียม เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันในการติดต่อกับดาวเทียมจึงมีการกำหนดให้ใช้เวลา UTC (Universal Coordinated Time) หรือที่รู้จักกันในชื่อเวลา GMT ซึ่งเป็นเวลา ณ เส้นแวงที่ 0 องศา ส่วนเวลาท้องถิ่น (Local Time) ของแต่ละแห่งนั้นหาได้โดยการบวกหรือลบจากเวลา UTC ทั้งนี้ขึ้นกับตำแหน่งที่ตั้ง ของสถานีนั้นๆ โดยเวลาท้องถิ่นของประเทศไทย ได้จากเวลา UTC +7.00

นอกจากนี้แล้วค่าของเวลาที่ใช้ติดต่อกับดาวเทียม อาทิเช่น Create time , Expire Time ต่างๆ เหล่านี้ ถูกกำหนดให้ใช้งานในลักษณะ "เวลาในหน่วยวินาที" กล่าวคือข้อมูลของวันเดือนปี ชั่วโมง นาที วินาที จะถูกเปลี่ยนเป็นจำนวนวินาทีนับจากวันเวลาอ้างอิงคือ เวลา 00:00:00 ของวันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1970

สำหรับในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการสร้างตารางเวลาในหน่วยวินาทีขึ้นมา เพื่อใช้ในการเปลี่ยนจากเวลาในแบบปกติให้เป็นเวลาในหน่วยวินาที ดังในตารางที่ 2.6 และ 2.6

#### ตารางที่ 2.5 เวลาในหน่วยวินาที

ค.ศ.	จำนวนวัน	จำนวนวันรวมก่อนเริ่ม ค.ศ.	จำนวนวันรวมสิ้น ค.ศ.	จำนวนวินาทีถึงสิ้น ค.ศ.
1970	365	0	365	31536000
1971	365	365	730	63072000
1972	366	730	1096	94694400
1973	365	1096	1461	126230400
1974	365	1461	1826	157766400
1975	365	1826	2191	189302400
1976	366	2191	2557	220924800
1977	365	2557	2922	252460800
1978	365	2922	3287	283996800
1979	365	3287	3652	315532800
1980	366	3652	4018	347155200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

1981	365	4018	4383	378691200
1982	365	4383	4748	410227200
1983	365	4748	5113	441763200
1984	366	5113	5479	473385600
1985	365	5479	5844	504921600
1986	365	5844	6209	536457600
1987	365	6209	6574	567993600
1988	366	6574	6940	599616000
1989	365	6940	7305	631152000
1990	365	7305	7670	662688000
1991	356	7670	8026	693446400
1992	366	8026	8392	725068800
1993	365	8392	8757	756604800
1994	365	8757	9122	788140800
1995	365	9122	9487	819676800
1996	366	9487	9853	851299200
1997	365	9853	10218	882835200
1998	365	10218	10583	914371200
1999	365	10583	10948	945907200
2000	366	10948	11314	977529600
2001	365	11314	11679	1009065600
2002	365	11679	12044	1040601600
2003	365	12044	12409	1072137600
2004	366	12409	12775	1103760000
2005	365	12775	13140	1135296000
2006	365	13140	13505	1166832000
2007	365	13505	13870	1198368000
2008	366	13870	14236	1229990400
2009	365	14236	14601	1261526400
2010	365	14601	14966	1293062400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติในหนึ่งปีจะมี 365 วันหรือ 31,536,000 วินาที ยกเว้นปีอธิกสุรทิน (Leap Year) ซึ่งจะมี 366 วันหรือ 31,622,400 วินาที ซึ่งจำนวนวินาทีในรอบ 1 ปี หาได้จากตาราง 2.6

ตารางที่ 2.6 เวลาในหน่วยวินาทีใน 1 รอบปี

เดือน	จำนวนวันถึงสิ้นเดือน	จำนวนวินาทีถึงสิ้นเดือน (ปีอธิกสุรทิน)
มกราคม	31	2678400
กุมภาพันธ์	59 (60)	5097600 (5184000)
มีนาคม	90 (91)	7776000 (7862400)
เมษายน	120 (121)	10368000 (10454400)
พฤษภาคม	151 (152)	13046400 (13132800)
มิถุนายน	181 (182)	15638400 (15724800)
กรกฎาคม	212 (213)	18316800 (18403200)
สิงหาคม	243 (244)	20995200 (21081600)
กันยายน	273 (274)	23587200 (23673600)
ตุลาคม	304 (305)	26265600 (26352000)
พฤศจิกายน	334 (335)	28857600 (28944000)
ธันวาคม	365 (366)	31536000 (31622400)

ตัวอย่างเช่น Create time ของแฟ้มข้อมูลคือวันที่ 1 สิงหาคม 1998 เวลา 9:20:41 UTC สามารถหาเวลา ในหน่วยของวินาทีได้ดังนี้

1. ส่วนของ วัน เดือน ปี (1 สิงหาคม 1998)

จากตารางที่ 2.5 ถึงสิ้นปี 1998 = 883,612,800 วินาที

จากตารางที่ 2.6 ถึงสิ้นเดือนกรกฎาคม = 18,316,800 วินาที

ดังนั้นที่เวลา 00:00:00 ของวันที่ 1 สิงหาคม = 901,929,600 วินาที

2. ส่วนของเวลา (09 : 20 : 41)

9 ชั่วโมง = 32,400 วินาที

20 นาที = 1,200 วินาที

เวลา 09: 20 :41 = 33,641 วินาที

ดังนั้นค่าเวลา Create Time = 901,963,241 วินาที

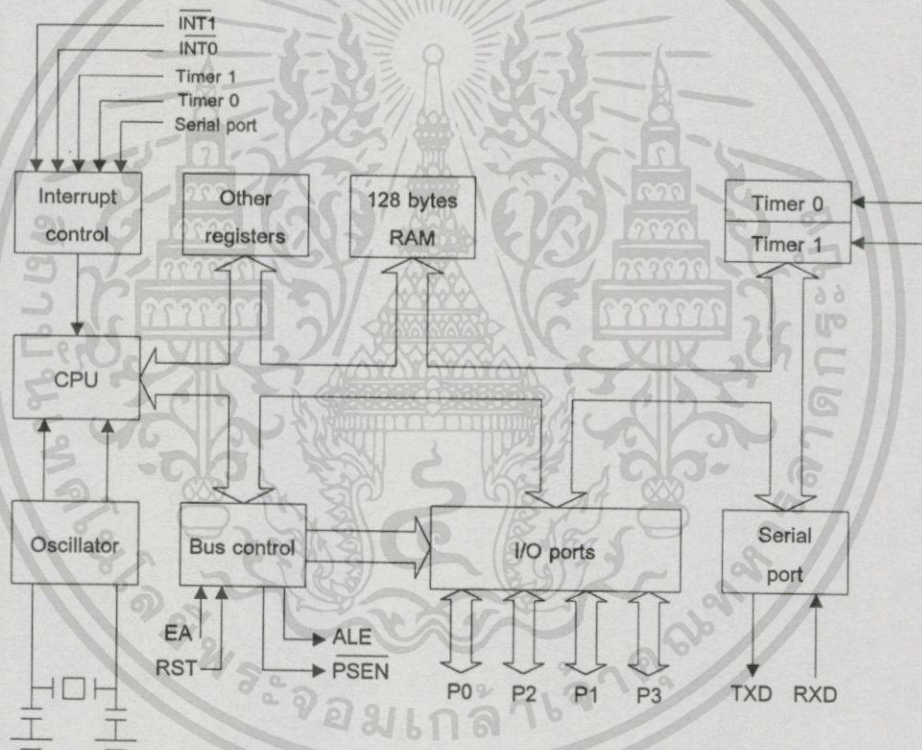
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 การออกแบบส่วน Terminal

ส่วน Terminal ของระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติแบบอัตโนมัติผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งทำหน้าที่ในส่วนควบคุมหลัก จอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟฟิก ส่วนเชื่อมต่อเพื่อขยายพอร์ต วงจรฐานเวลา เป็นต้น

### 2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C320

80C320 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีลักษณะทางโครงสร้างเหมือนกับ 8031 ดังในรูปที่ 2.25 แต่มี Serial Port 2 Serial Port



รูปที่ 2.25 โครงสร้างภายในของ 8031

โครงสร้างภายในของ MCS-51 จะเป็นดังนี้

- ซีพียู ขนาด 8 บิต
- รีจิสเตอร์ A (Accumulator) หรือ ACC และรีจิสเตอร์ B
- โปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC) และดาต้าพอยน์เตอร์ (data pointer; DPTR) ขนาด 16 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรมสแตตัสเวิร์ด (program status word; PSW) ขนาด 8 บิต

- สแต็กพอยน์เตอร์ (stack pointer; SP) ขนาด 8 บิต

- หน่วยความจำรอม (ROM) หรือ อีพรอม (EPROM)

- หน่วยความจำแรมภายใน (Internal RAM) ขนาด 128 ไบต์ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. รีจิสเตอร์แบงก์ 4 แบงก์ แต่ละแบงก์ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตจำนวน 8 รีจิสเตอร์ (แต่ละรีจิสเตอร์มีชื่อกำกับเรียงกันไปเป็น R0 ถึง R7)

2. มีหน่วยความจำจำนวน 16 ไบต์ ที่สามารถอ้างแอดเดรสเพื่อควบคุมการทำงานในระดับบิตได้

3. มีหน่วยความจำสำหรับใช้งานทั่วไป 80 ไบต์

- ขารับสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต 32 ขา แบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ละ 8 บิต ได้สี่กลุ่ม เรียกรวมเรียงกันไป คือ P0, P1, P2, P3

- ไทม์เมอร์/เคาท์เตอร์ขนาด 16 บิต สองชุดคือ T0 และ T1

- พอร์ตอนุกรมที่ใช้รับส่งสัญญาณแบบฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex)

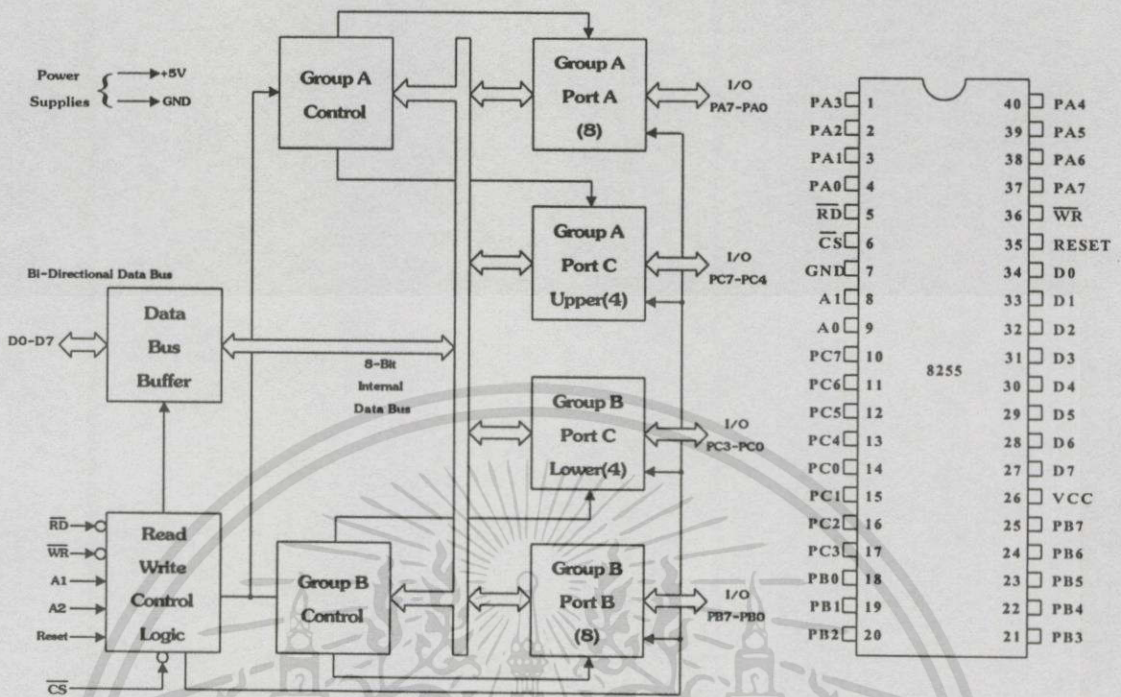
- รีจิสเตอร์ควบคุมอุปกรณ์ภายใน ได้แก่ TCON, TMOD, SCON, PCON, IP และ IE

- สามารถทำการอินเทอร์รัปต์ ได้ทั้งภายในและภายนอก

- ส่วนของฮอสทิลเลเตอร์ และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป

### 2.5.2 อุปกรณ์ต่อเชื่อมเพื่อทำหน้าที่ขยายพอร์ท

8255 เป็นอุปกรณ์ที่ถูกนำมาใช้ในการเชื่อมต่อเพื่อทำหน้าที่ขยาย I/O พอร์ททำให้มีพอร์ทใช้งานมากขึ้น ภายใน 8255 มีพอร์ทขนาด 8 บิต อยู่ 3 พอร์ท คือ พอร์ท A, B และ C โดยแต่ละพอร์ทนั้นสามารถกำหนดการใช้งานแยกเป็นอิสระต่อกันได้ จากโครงสร้างของ 8255 ดังในรูปที่ 2.26 นั้นจะเห็นว่าที่พอร์ท C นั้นถูกแยกย่อยออกเป็น 4 บิตบนและ 4 บิตล่าง และการที่พอร์ท C สามารถแยกการใช้งานในลักษณะดังที่กล่าวมานี้จึงมักจะนิยมนำพอร์ท C นี้ไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ต้องใช้เทคนิคการสแกน (Scan) แบบแถวและคอลัมน์ขนาด  $4 \times 4$  เช่น คีย์บอร์ด เป็นต้น



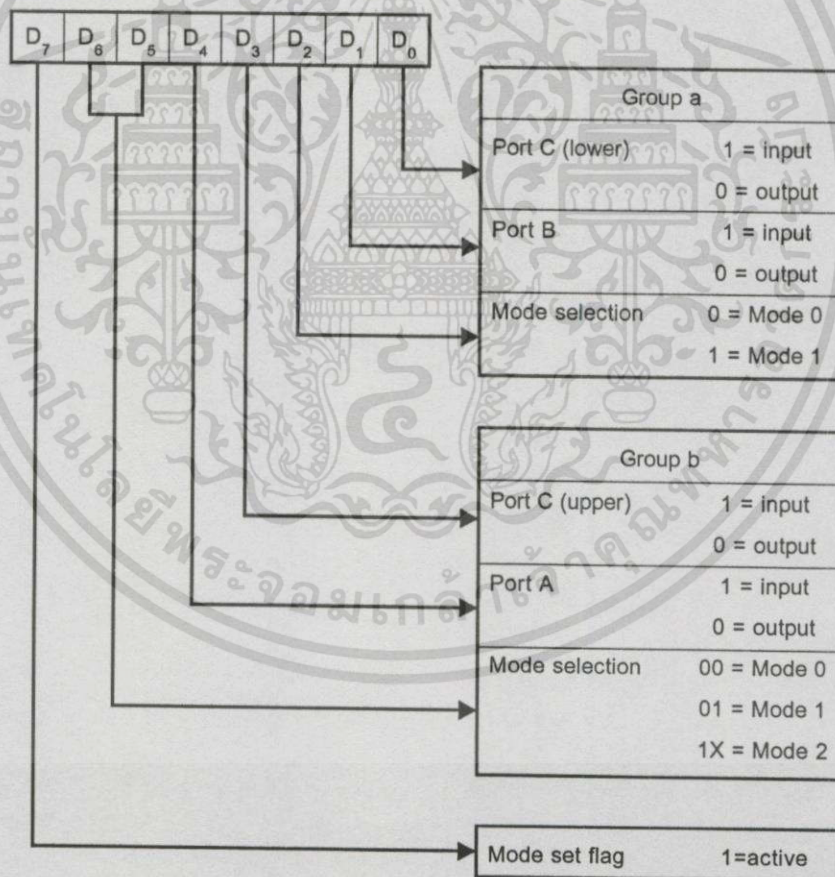
รูปที่ 2.26 โครงสร้างของ 8255

รายละเอียดของขาสัญญาณ

- DO-D7 เป็นบัสข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตแบบสองทิศทาง ใช้สำหรับเป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างพอร์ทต่างๆ ของ 8255 กับบัสข้อมูลของไมโครโปรเซสเซอร์
- CS สัญญาณเลือกใช้ชิพ (Chip Select) เป็นสัญญาณอินพุต เมื่อขานี้มีสถานะเป็นลอจิก '0' ไมโครโปรเซสเซอร์ จะสามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ 8255 ได้
- RD สัญญาณอ่านข้อมูล (Read) เป็นสัญญาณอินพุต เมื่อขานี้มีสถานะเป็นลอจิก '0' และสัญญาณ เป็นลอจิก '0' ข้อมูลจาก 8255 จะวางออกมาทางบัสข้อมูล ซึ่งต่อไปยังไมโครโปรเซสเซอร์ (ในการตั้งชื่อของขาสัญญาณนี้จะถือเอาไมโครโปรเซสเซอร์เป็นหลัก)
- WR สัญญาณเขียนข้อมูล (Write) เป็นสัญญาณเอาต์พุต เมื่อขานี้เป็นลอจิก '0' และขาสัญญาณเป็นลอจิก '0' ข้อมูลจากบัสข้อมูลจะถูกเขียนเข้าไปยัง 8255 ได้
- A0-A1 สัญญาณตำแหน่ง A0-A1 (Address A0-A1) เป็นสัญญาณอินพุต จะเป็นตัวกำหนดการเลือกใช้รีจิสเตอร์ภายในของ 8255 ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในภายหลัง
- RESET สัญญาณรีเซ็ต (Reset) เป็นสัญญาณอินพุต เมื่อขานี้เป็นลอจิก '1' 8255 จะอยู่ในสภาวะรีเซ็ต ทุกๆ พอร์ทของ 8255 จะถูกเซ็ตให้อยู่ในโหมดอินพุต

- PA0-PA7   ขาอินพุต / เอาต์พุตของพอร์ต A ขาสัญญานเหล่านี้จะถูกใช้เป็นพอร์ตขนาด 8 บิต  
ใช้ต่อไปยังอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ
- PB0-PB7   ขาอินพุต / เอาต์พุตของพอร์ต B ขาสัญญานเหล่านี้จะถูกใช้เป็นพอร์ต ขนาด 8 บิต  
ใช้ต่อไปยังอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ
- PC0-PC7   ขาอินพุต / เอาต์พุตของพอร์ต C ขาสัญญานนี้ถูกใช้เป็นพอร์ตขนาด 8 บิต เช่นเดียวกับ  
PA0-PA7 และ PB0-PB7 แต่ขาสัญญานของพอร์ต C สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดย  
แต่ละกลุ่มมีขนาด 4 บิต คือพอร์ต C สี่บิตด้านสูง (PC7 - PC4) และ พอร์ต C สี่บิตด้าน  
ต่ำ(PC3 - PC0)

การที่จะกำหนดให้พอร์ต A, B หรือ C เป็น อินพุตหรือเอาต์พุตขึ้นกับคำสั่งควบคุมที่ส่งไปยังรีจิสเตอร์ควบคุม รายละเอียดของแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ควบคุม ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 การควบคุม 8255

### บิต รายละเอียด

- D0 กำหนดให้ พอร์ต C4 บิตด้านต่ำ เป็น อินพุต หรือ เอาท์พุต โดย 0 = เอาท์พุต, 1 = อินพุต
- D1 กำหนดให้ พอร์ต B ทั้ง 8 บิต เป็นอินพุต หรือ เอาท์พุต โดย 0 = เอาท์พุต, 1 = อินพุต
- D2 กำหนดโหมดการทำงานของกลุ่ม B โดย 0 = โหมด 0, 1 = โหมด 1
- D3 กำหนดให้ พอร์ต C 4 บิตด้านสูง เป็น อินพุต หรือ เอาท์พุต โดย 0 = เอาท์พุต, 1 = อินพุต
- D4 กำหนดให้ พอร์ต A ทั้ง 8 บิต เป็น อินพุต หรือ เอาท์พุต โดย 0 = เอาท์พุต, 1 = อินพุต
- D5 และ D6 กำหนดโหมดการทำงานของกลุ่ม A ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 การเลือกโหมดการทำงานของ 8255

D6	D5	Mode	Function
0	0	0	Basic I/O
0	1	1	Strobe Input, Strobe Output
1	X	2	Strobe Bidirection Input / Output

### D7 แฟลกระบบคำสั่งควบคุม

- 1 = คำสั่งควบคุม สำหรับกำหนดโหมดและอินพุต/เอาท์พุต
- 0 = คำสั่งควบคุม สำหรับการกระทำบิตเซ็ทหรือรีเซ็ท

### 2.5.3 แอลซีดีกราฟฟิก

ส่วนของการแสดงผล ในงานวิจัยนี้ใช้จอแอลซีดีกราฟฟิกรุ่น SG12864 ขนาด 128\*64 จุด ซึ่งมี คอลโทรลเลอร์ (Controller) ภายใน โดยการทำงานของคอลโทรล (Control) จะมีลักษณะการแบ่งการควบคุมได้ดังนี้

ไลน์ (line) คือ การอ้างอิงถึงบรรทัดของข้อมูลภายใน จะแบ่งเป็น 64 แถว (com1-com64)

เพจ (x-address)เป็นการอ้างอิงถึงหน้าต่างของการแสดงผลภายในหนึ่งเพจ (page) จะประกอบไปด้วย 8 line ซึ่งจะเป็นการอ้างอิงถึงข้อมูลโดยตรงภายในของ LCD จะประกอบด้วย 8 page ซึ่งถูกชี้โดย x-register โดยเมื่อต้องการให้ LCD แสดงผลที่หน้าต่างใดของจอ เราจะต้องตั้งค่า x ให้กับ LCD แล้วค่า x นั้นจะไม่มีเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งจะมีการตั้งค่าใหม่ให้กับ LCD

เซกเมนต์ (y-address) เป็นค่าพอยท์เตอร์ ในการชี้ที่อยู่ของข้อมูล ซึ่งภายใน LCD จะถูกควบคุมการชี้ข้อมูล โดย HD61202 จะสามารถชี้ที่อยู่ของข้อมูลได้ 64 เซกเมนต์ (segment) ซึ่งทั้ง 2 ตัวก็จะสามารถทำการอ้างเซกเมนต์ ได้รวมเป็น 128 เซกเมนต์



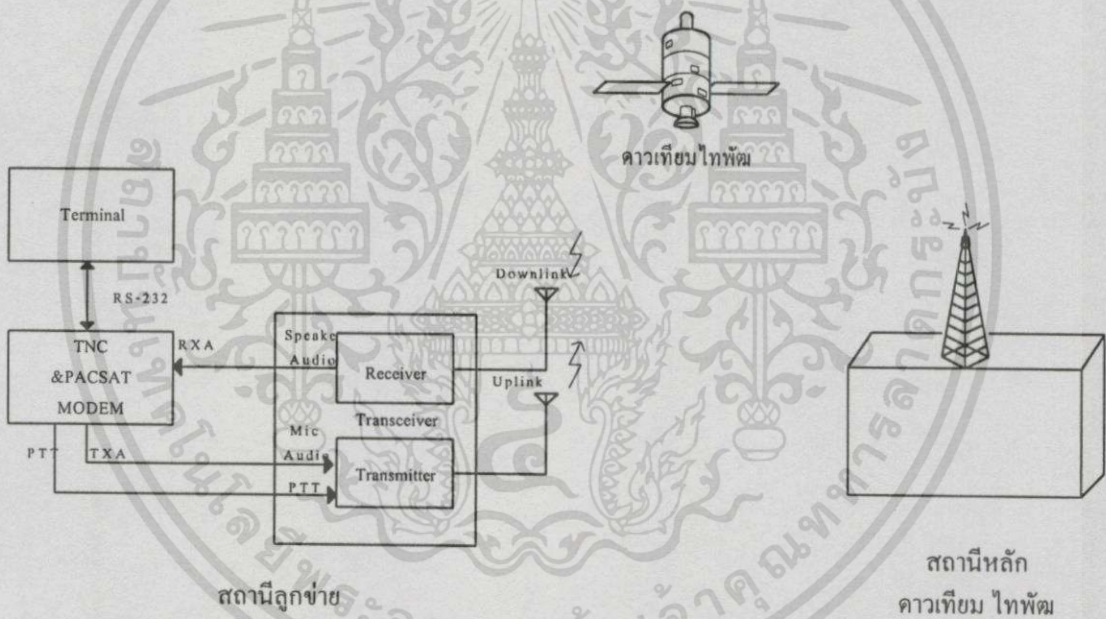
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## การออกแบบ

### 3. บทนำ

ระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติแบบอัตโนมัติผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ มีลักษณะของการทำงานแบ่งออกได้ เป็น 2 ส่วน คือในส่วนของสถานีลูกข่ายและส่วนของสถานีหลัก โดยส่วนของสถานีลูกข่ายจะทำหน้าที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นทำการจัดข้อมูลให้อยู่ในรูปของ PACSAT โปรโตคอล แล้วนำข้อมูลที่ได้อัดส่งผ่านดาวเทียมไทยคมไปยังสถานีหลัก เพื่อรวบรวมข้อมูลแล้วนำไปวิเคราะห์ทำนายผลต่อไป สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเน้นในส่วนของการทำงานออกแบบสถานีลูกข่ายเป็นหลัก โดยในส่วนของสถานีหลักนั้นจะใช้สถานีควบคุมดาวเทียมไทยคมในการรับและเก็บรวบรวมข้อมูล



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติแบบอัตโนมัติผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ

สถานีลูกข่ายของระบบมีโครงสร้าง ดังรูปที่ 3.1 โดยลักษณะของโครงสร้างสามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

- Terminal
- PACSAT MODEM & TNC
- Transceiver
- สายอากาศ

ส่วน Terminal จะประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (Sensor) โดยจะใช้อุปกรณ์ตรวจจับ 2 ชนิดด้วยกันคืออุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor) และอุปกรณ์ตรวจจับวัดความชื้นในอากาศ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับ มาประมวลผลโดยไม่โครคอลโทรลเลอร์ เพื่อสร้างเป็น PACSAT file แล้วนำข้อมูลที่ได้ผ่านไป PACSAT MODEM & TNC เพื่อส่งข้อมูลไปที่ดาวเทียมไทพ์มและสถานีหลักต่อไป ในส่วนของการแสดงผลของ Terminal สำหรับผู้ใช้งานได้ใช้ LCM (Liquid Crystal Display Module) ซึ่งจะทำหน้าที่แสดงผลของระบบ ในขณะที่ทำงาน ในการทำงานจะมีการตรวจสอบเวลาของระบบ (Real Time Clock) เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลเวลาที่ดาวเทียมจะเคลื่อนเข้ามาในรัศมีทำการของระบบ (Inrange time data base) ซึ่งในส่วนของฐานข้อมูลเวลา จะถูกโปรแกรมไว้ก่อนจะนำออกไปใช้งาน ถ้าทำการตรวจสอบพบว่าดาวเทียมเคลื่อนเข้ามาในรัศมีทำการ (Inrange) ระบบจะเริ่มทำการส่งค่าเริ่มต้นต่างๆ ให้แก่ PACSAT MODEM & TNC และเปิดเครื่องรับ - ส่ง (Transceiver) จากนั้นจะเริ่มทำการตรวจสอบสัญญาณ Beacon จากดาวเทียม หากรับสัญญาณ Beacon ได้ จะทำการส่งสัญญาณขอติดต่อและส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อไป ถ้าหาก Terminal พบว่าการติดต่อไม่สำเร็จ จะทำการติดต่อครั้งต่อไปจนถึงหมดช่วงเวลาตามที่กำหนด

PACSAT MODEM & TNC ซึ่งเป็นอุปกรณ์มาตรฐานในการสื่อสารแบบ PACKET Radio ที่รองรับการสื่อสารแบบ Asynchronous RS - 232 และ Synchronous AX-25 ในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้ PACSAT MODEM & TNC ของ PACCOM รุ่น TINY - 2 ซึ่งใช้อัตราการรับส่งข้อมูล 9600 bps เชื่อมต่อกับ Terminal ตาม มาตรฐาน RS-232

Transceiver จะเชื่อมต่อกับ PACSAT MODEM & TNC โดยภาคส่ง (Transmitter) ของ Transceiver จะรับข้อมูลจากขาสัญญาณ Transmitter Audio (TXA) ของ PACSAT MODEM & TNC เข้าไปทาง Microphone Audio (ดังรูป 3.1) โดยมีสัญญาณ PTT (Push To Talk) เป็นสัญญาณควบคุมการส่งข้อมูลแต่ละครั้ง โดยสัญญาณ PTT นี้จะมาทุกๆ ครั้งที่มีการส่งข้อมูลกับ PACSAT MODEM & TNC ในส่วนของภาครับ (Receiver) จะนำสัญญาณจากขา Speaker Audio เชื่อมต่อกับ RXA ของ PACSAT MODEM & TNC

### 3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์ส่วน Terminal

การออกแบบฮาร์ดแวร์ในส่วนของ Terminal ประกอบด้วยวงจรหลายส่วนด้วยกัน สำหรับวงจรควบคุม การประมวลผลได้ใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 เบอร์ 80C320 ซึ่งเป็นเบอร์ที่สามารถทำงานด้วยความเร็วสูงถึง 33 MHZ และหนึ่งวงรอบการทำงานใช้ 4 ลูกคลื่นสัญญาณนาฬิกา ทำให้สามารถทำงานได้เร็วกว่าปกติถึง 3 เท่า ที่วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่เท่ากัน ในการออกแบบหน่วยความจำที่ใช้จะมี 2 ส่วนด้วยกันคือหน่วยความจำโปรแกรม และหน่วย

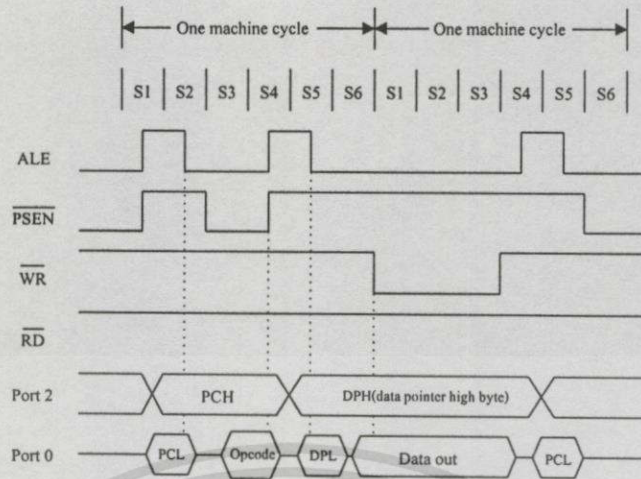
ความจำข้อมูล โดยหน่วยความจำ โปรแกรมใช้ Flash ROM เบอร์ 29C512 ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่มีขนาด 64 Kbytes และหน่วยความจำข้อมูลใช้ RAM เบอร์ 62256 ขนาด 32 Kbytes ในขณะที่ระบบทำงานได้มีการใช้ Watchdog Timer เบอร์ MAX1232 เพื่อป้องกันการทำงานผิดพลาดของไมโครคอนโทรลเลอร์ และยังสามารถตรวจสอบระดับของแรงดันไฟได้อีกด้วย ในการออกแบบระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จำเป็นต้องทราบในส่วนของวัน/เวลา เพื่อจะใช้เป็นข้อมูลในการติดต่อกับดาวเทียมไทยคม ได้ใช้ไอซีเบอร์ DS12887 ซึ่งเป็นไอซีเบอร์เดียวกับที่ใช้บนเมนบอร์ดของเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่เป็น RTC (Real Time Clock) สาเหตุที่นำเบอร์นี้มาใช้เพราะว่าเป็นไอซีที่มีขนาด 8 บิตทำให้ง่ายในการออกแบบอีกทั้งมีระบบไฟสำรองในตัว ทำให้เมื่อมีปิดการทำงานของระบบ ข้อมูลในส่วนนี้จะยังคงอยู่ นอกจากนี้ยังได้มีการออกแบบคีย์บอร์ดขนาด 4 x 4 สำหรับควบคุมการทำงานของงาน และ LCM แบบกราฟฟิก ที่สามารถแสดงสถานะการทำงานของระบบได้ทั้งภาษาอังกฤษ และภาษาไทย ทำให้ง่ายแก่การใช้งาน

### 3.1.1 การออกแบบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ และหน่วยความจำ

ในส่วนของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จะประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 80C320 หน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลโดยใช้ IC เบอร์ 29C512 และ 62256 ดังในรูปที่ 3.2 การวางตำแหน่งของหน่วยความจำนี้จะวางแบบทับซ้อนกัน กล่าวคือตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูลจะอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยใช้สัญญาณ PSEN\* และสัญญาณแอดเดรส A15 สัญญาณ WR\* , RD\* เป็นสัญญาณในการควบคุมการทำงานของหน่วยความจำ ตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมจะอยู่ที่ตำแหน่ง 0000H-FFFFH และตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลจะอยู่ที่ตำแหน่ง 0000H - 7FFFH

หน่วยความจำโปรแกรม 29C512 เป็นหน่วยความจำแบบ Flash ROM ขนาด 64 กิโลไบต์ เป็นที่เก็บคำสั่งขบวนการทำงานของระบบ ซึ่งจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ใช้สัญญาณ PSEN\* (Program store enable) จาก 80C320 มาต่อเข้าที่ขา CS\* (Chip Select) ซึ่งเป็นขา Active Low ด้วยกันทั้งคู่ โดยขา PSEN\* นี้จะ Active คือเป็นลอจิก 0 เมื่ออยู่ในสถานะการเฟตช์ (Fetch) คำสั่งจาก ROM ที่ต่ออยู่ภายนอก





รูปที่ 3.4 การเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

### 3.1.2 การออกแบบวงจรชิพสนับสนุนและวงจรถอดรหัสตำแหน่ง

วงจรสนับสนุนไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วย 8255 ทำหน้าที่ในการขยายพอร์ท ,RTC เบอร์ DS12887 สำหรับใช้เป็นเวลาอ้างอิง และ LCM สำหรับการแสดงผล โดยทั้งหมดนี้ทำการต่อเหมือนกับการต่อหน่วยความจำภายนอก การใช้งานก็จะเหมือนกับการเขียนและอ่านข้อมูลหน่วยความจำ ซึ่งเรียกการต่อใช้งานในลักษณะนี้ว่า Memory mapped I/O โดยทำการวางอุปกรณ์ต่างๆ ไว้ในตำแหน่งดังนี้

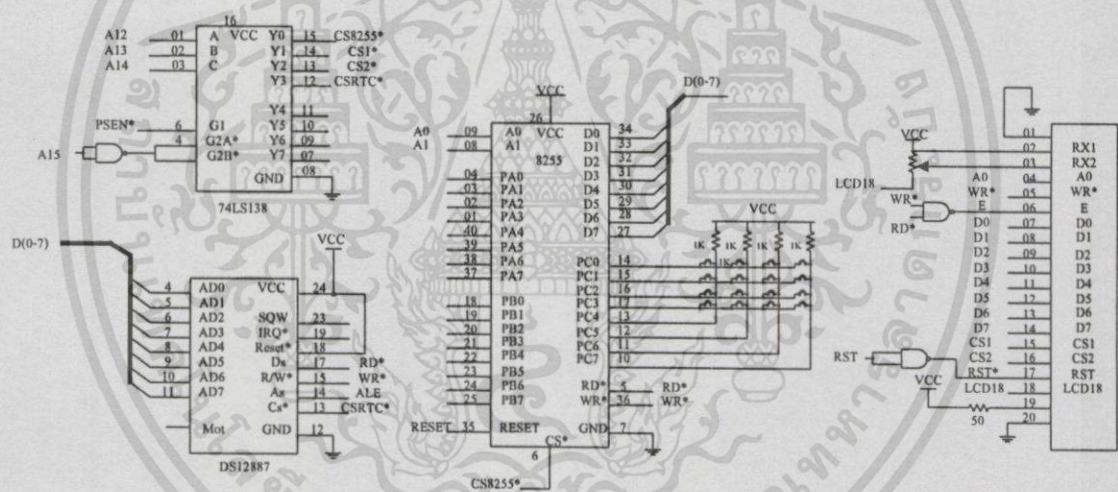
ตำแหน่ง	อุปกรณ์
8000H- 8XX3H	8255
9000H- 9XXXH	LCM (CS1)
A000H-AXXXH	LCM (CS2)
B000H- BXXXH	RTC (DS12887)

จากตำแหน่งของการถอดรหัส นำมาแปลงเป็นเลขฐานสอง เพื่อหาสายสัญญาณที่จะทำการถอดรหัสเป็นดังในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การถอดรหัสตำแหน่ง

	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	HEX
8255	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8000
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	8003
LCM	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9000
	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9000
LCM	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A000
	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A000
DS12887	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B000
	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B000

จากข้อมูลที่ได้ จะเลือกใช้สัญญาณแอดเดรส A12 - A15 มาต่อร่วมกับไอซี 74LS138 ซึ่งเป็นวงจรถอดรหัส 3 ออก 8 โดยวงจรที่ออกแบบแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรชิพสนับสนุนและวงจรถอดรหัส

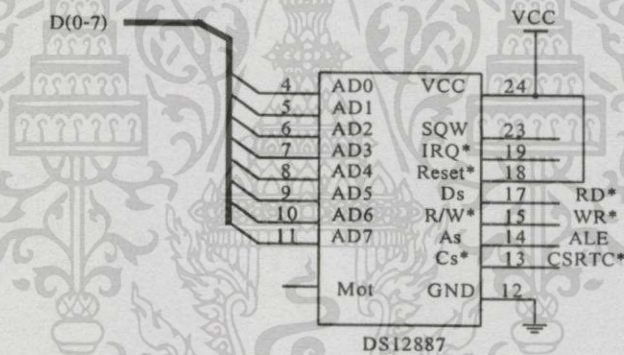
จากวงจรในรูปที่ 3.5 เมื่อสัญญาณ PSEN\* เป็นลอจิก "1" และสัญญาณแอดเดรส A15 เป็นลอจิก "1" จะทำให้ ไอซีถอดรหัส 74LS138 ทำงาน สัญญาณที่ควบคุมการทำงานของเอาต์พุตของ 74LS138 คือสัญญาณแอดเดรส A12, A13, A14 ถ้าสัญญาณ A12, A13, A14 เป็นลอจิก "0" จะหมายถึง เป็นการให้เอาต์พุต Y0 ของ 74LS138 เป็นลอจิก "0" ส่วน Y1 - Y7 เป็นลอจิก "1" ส่งผลให้ 8255 ทำงาน ส่วนถ้า A12, A13, A14 เป็นลอจิก "1", "0", "0" ก็ทำให้ Y1 เป็นลอจิก "0" หมายถึงการเลือกแอดเดรส 0 ( column 0 - 63) ของ LCM ส่วนถ้า A12, A13, A14 มีลอจิกเป็น "0", "1", "0" ตามลำดับก็ทำให้ Y2 เป็นลอจิก "0" หมายถึงการเลือกแอดเดรส 1 ( column 64 - 127) ของ

LCM และตำแหน่งสุดท้ายที่ทำการถอดรหัสคือ A12 ,A13,A14 เป็นลอจิก "0","1","1", จะทำให้ Y3 เป็นลอจิก "0" ส่งผลให้ RTC ทำงาน

ตารางที่ 3.2 การควบคุมจาก 80C320

PSEN	A15	A14	A13	A12	74138	
1	1	0	0	0	Y0	8255
1	1	0	0	1	Y1	LCM CS1
1	1	0	1	0	Y2	LCM CS2
1	1	0	1	1	Y3	DS12887

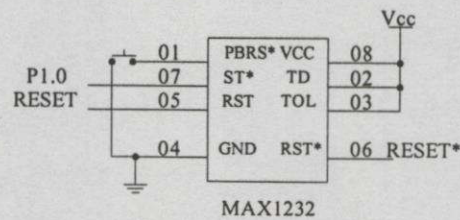
3.1.3 การออกแบบวงจร ฐานเวลาจริง ( RTC )



รูปที่ 3.6 วงจร RTC

จากวงจรรูปที่ 3.6 เป็นการออกแบบการใช้งาน RTC เลือกการใช้งาน แบบ Intel format โดยการปล่อยลอยที่ขา Mot นำสัญญาณที่ได้จากการถอดรหัสของไอซี 74LS138 ต่อเข้ากับขา Cs\* เป็นการเลือกให้ DS12887 ทำงาน สัญญาณ RD\*/WR\* ของ 80C620 ต่อกับขาสัญญาณ Ds และ RW\* ของ DS12887 เพื่อควบคุมการอ่านและการเขียน

### 3.1.4 การออกแบบวงจร Watchdog Timer



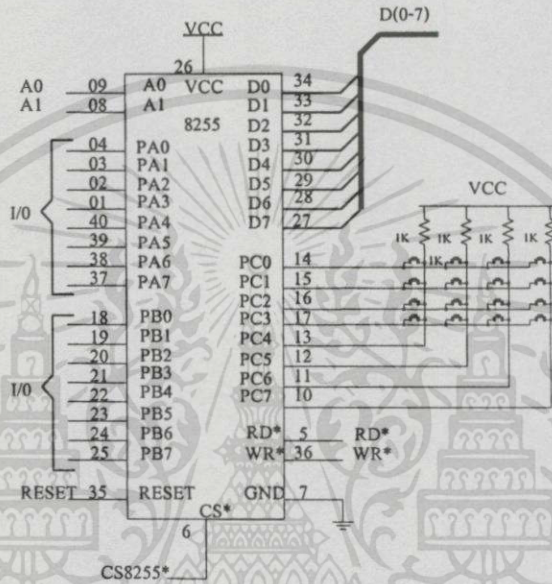
รูปที่ 3.7 วงจร Watchdog Timer

จากวงจรในรูปที่ 3.7 วงจร Watchdog Timer มีหน้าที่ในการตรวจสอบ เพื่อป้องกันความผิดพลาด จากการทำงานและแรงดันไฟของคอลโทรลเลอร์ โดยลักษณะการทำงานคือคอลโทรลเลอร์จะต้องป้อนสัญญาณสโตป (ST\*) ให้แก่ Watchdog Timer เพื่อให้ Watchdog Timer ทราบว่าขณะนี้ไมโครคอลโทรลเลอร์กำลังทำงานอยู่ โดยช่วงเวลาของสัญญาณสโตปสามารถตั้งได้จากขาสัญญาณ TD ถ้าต่อขาสัญญาณนี้ลงกราวด์ จะหมายถึงไมโครคอลโทรลเลอร์จะต้องส่งสัญญาณสโตปให้แก่ Watchdog Timer ภายในเวลา 150 mS แต่ถ้าปล่อยลอยหรือต่อเข้ากับ Vcc ช่วงเวลาจะมากขึ้นเป็น 600 mS และ 1.2 Sec ตามลำดับ ขาสัญญาณ TOL มีหน้าที่ในการตรวจเช็คระดับของแรงดันไฟที่ป้อนให้ขาสัญญาณ Vcc ถ้าระดับแรงดันไฟต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ Watchdog Timer จะทำการรีเซ็ตไมโครคอลโทรลเลอร์ ลักษณะการทำงานคือถ้าขาสัญญาณนี้ถูกต่อลงกราวด์ จะหมายถึงระดับของแรงดันไฟที่ขา Vcc จะต้องไม่น้อยกว่า  $V_{cc} - \left(\frac{5}{100} \times V_{cc}\right)$  เช่น Vcc เท่ากับ 5 โวลท์ แรงดันไฟต่ำสุดที่ยังคงสภาวะการทำงานได้คือ 4.75 โวลท์ และหากต่อเข้ากับ Vcc จะหมายถึงระดับของแรงดันไฟที่ขา Vcc จะต้องไม่น้อยกว่า  $V_{cc} - \left(\frac{10}{100} \times V_{cc}\right)$

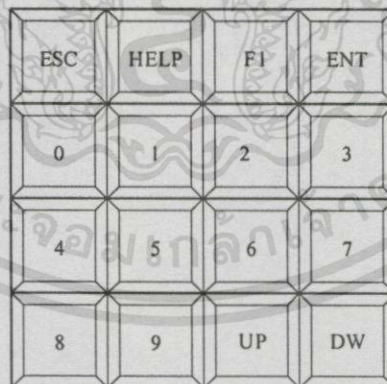
### 3.1.5 การออกแบบส่วนคีย์บอร์ดและการเชื่อมต่อคีย์บอร์ด

การเชื่อมต่อคีย์บอร์ดเข้ากับระบบไมโครคอลโทรลเลอร์ มีอยู่ 2 รูปแบบคือเชื่อมต่อแบบมัลติเพล็กซ์และแบบเชื่อมต่อสวิทช์เข้ากับพอร์ตโดยตรง การเชื่อมต่อแบบมัลติเพล็กซ์จะใช้ในกรณีที่มีสวิทช์คีย์บอร์ดจำนวนมากๆ เพื่อส่งวนจำนวนพอร์ตไว้ใช้งานด้านอื่น ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้คีย์บอร์ดสวิทช์จำนวน 16 สวิทช์เชื่อมต่อกับพอร์ตแบบมัลติเพล็กซ์ ดังในรูป 3.8 โดยเชื่อมต่อที่พอร์ต C ของ 8255 กำหนดให้ 4 บิตบนเป็นอินพุทพอร์ต และ 4 ล่างเป็นเอาต์พุทพอร์ต ทางด้านอินพุทพอร์ตจะมีตัวต้านทานต่อในลักษณะ Pull Up ไว้ ซึ่งจะทำให้สัญญาณที่อินพุทพอร์ตนี้เป็นลอจิกหนึ่งในขณะที่ไม่มีการกดคีย์ วิธีการอ่านค่าว่ามีการกดคีย์ใดๆ จะใช้วิธีการ"สแกน" โดยจะทำการส่งค่าลอจิก 0 ออกมาทางเอาต์พุทพอร์ตครั้งละ 1 บิต และอื่นๆ จะเป็น "1" ทั้งหมด ดัง

นั่นหากมีการกดสวิทช์ตัวใดตัวหนึ่งในแถวที่ตรงกับบิตที่เป็นลอจิก 0 ก็จะทำให้เกิดลอจิก 0 ที่อินพุทพอร์ทบิตใดบิตหนึ่ง โดยเราจะทราบได้ว่ามีการกดคีย์ตำแหน่งใด ได้จากการหาจุดตัดของการส่งค่าลอจิก 0 ที่เอาท์พุทพอร์ทกับลอจิก 0 ที่อ่านได้จากอินพุทพอร์ท เช่นหากมีการส่งค่าลอจิก 0 ออกมาที่บิต PC0 แล้วมีการกดสวิทช์ตัวที่ 1 (ปุ่ม ESC) เมื่อทำการอ่านค่าเข้าไปก็จะทำให้บิต PC4 เป็นลอจิก 0 แต่หากการอ่านได้เป็นลอจิก 0 ที่บิต PC5 ก็หมายความว่ามีการกดสวิทช์ตัวที่ 2 (ปุ่ม HELP) ซึ่งถ้าหากไม่มีการกดคีย์ใดๆ เลย ทางอินพุทพอร์ทก็จะลอจิก 1 ทั้ง 4 บิต



รูปที่ 3.8 วงจรเชื่อมต่อกับคีย์บอร์ด



รูปที่ 3.9 ไดอะแกรมการวางตำแหน่งคีย์บอร์ด

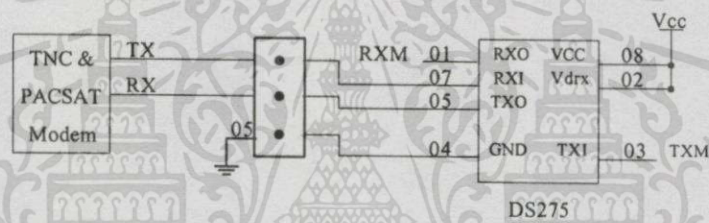
คีย์บอร์ดทั้ง 16 คีย์ถูกจัดวางตำแหน่งดังในรูปที่ 3.9 แต่ละคีย์มีหน้าที่ดังนี้

1. คีย์ ESC ใช้ในการยกเลิกหน้าจอในการแสดงผลที่จอ LCM ปัจจุบันให้ย้อนกลับมาแสดงผลที่หน้าจอหลัก
2. คีย์ HELP อธิบายการทำงานของฟังก์ชันคีย์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คีย์ F1 ไม่ใช้งาน
4. คีย์ ENT คีย์ Enter ใช้ในการเคาะคั่นสุดข้อมูล
5. คีย์ 0 เลข 0
6. คีย์ 1 เลข 1
7. คีย์ 2 เลข 2
8. คีย์ 3 เลข 3
9. คีย์ 4 เลข 4
10. คีย์ 5 เลข 5
11. คีย์ 6 เลข 6
12. คีย์ 7 เลข 7
13. คีย์ 8 เลข 8
14. คีย์ 9 เลข 9
15. คีย์ UP ใช้ในการเลื่อนหน้าจอของ LCM ขึ้นหนึ่งหน้าจอ
16. คีย์ DW ใช้ในการเลื่อนหน้าจอของ LCM ลงหนึ่งหน้าจอ

### 3.1.6 การออกแบบวงจรเชื่อมต่อกับ TNC & PACSAT MODEM



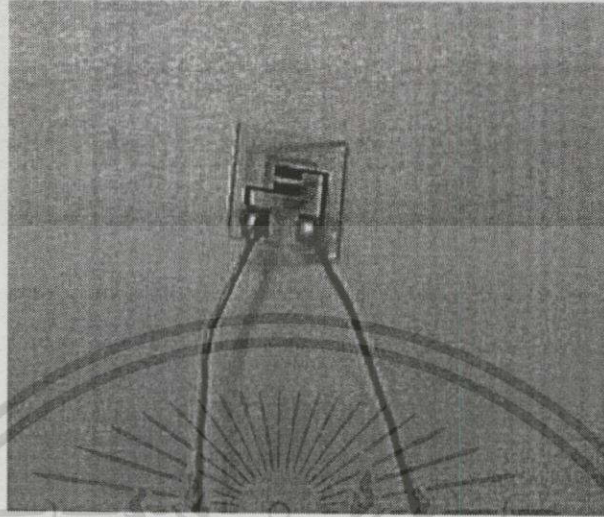
รูปที่ 3.10 วงจรเชื่อมต่อกับ TNC & PACSAT MODEM

รูปที่ 3.10 แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง TNC & PACSAT Modem กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ในงานวิจัยนี้ใช้การเชื่อมต่อพอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าทางพอร์ท RS 232 ของ TNC & PACSAT MODEM จึงใช้ไอซีเบอร์ DS275 เป็นตัวแปลงจากสัญญาณที่มีระดับสัญญาณเป็นที่ทีแอล (TTL) จากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นมาตรฐาน RS-232 ให้แก่ TNC & PACSAT MODEM และแปลงจากมาตรฐาน RS-232 ที่มาจาก TNC & PACSAT MODEM มาเป็นระดับที่ทีแอลให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์

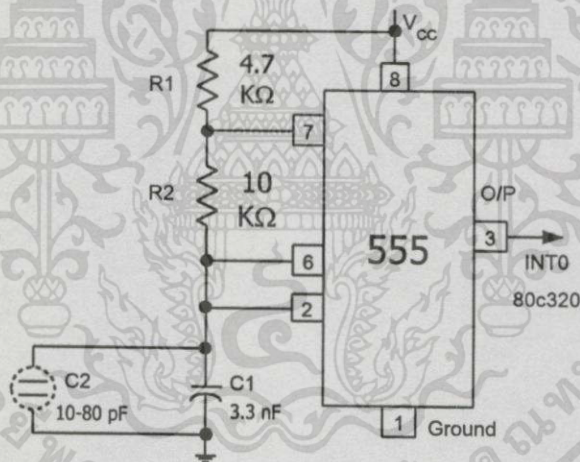
### 3.1.7 การออกแบบวงจรตรวจวัดความชื้นในอากาศ

วงจรตรวจวัดความชื้นในอากาศสำหรับใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นั้นเป็นวงจรอย่างง่ายซึ่งจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าไดโอดทรานซิสเตอร์ของตัวเก็บประจุ ของตัวเก็บประจุชนิดไดโอดทรานซิสเตอร์เป็นอากาศดังในรูปที่ 3.11 เมื่ออากาศที่อยู่รอบๆ ตัวเก็บประจุนี้มีค่าความชื้นแตกต่างกัน ก็จะส่งผลให้ค่าของตัวเก็บประจุนี้มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย และเพื่อให้สามารถทราบถึงค่าการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในอากาศ ก็จะประยุกต์วงจรกำเนิดความถี่แบบ Astable Multivibrator ซึ่งเป็นวงจร

กำเนิดความถี่ที่ความถี่จะแปรผันตามค่าความต้านทานและตัวเก็บประจุ โดยการอ่านค่าความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวเก็บประจุที่เปลี่ยนแปลงตามความชื้น



รูปที่ 3.11 ตัวเก็บประจุชนิดไดอิเล็กตริกเป็นอากาศ



รูปที่ 3.12 วงจรตรวจวัดความชื้นอย่างง่าย

วงจรในรูปที่ 3.12 เป็นวงจรถ่ายความถี่ที่เปลี่ยนแปลงตามความชื้น โดยความถี่ที่ได้จากวงจรมีจะเป็นไปตามสมการที่ 3.1

$$f = \frac{1}{(R_1 + 2R_2)(C_1 + C_2) \ln 2} \quad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเก็บประจุ  $C_2$  ที่ใช้เป็นตัวตรวจวัดความชื้นจะมีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง 10–60 pF เมื่อความชื้นมีค่าระหว่าง 40-96 %RH นำมาต่อขนานกับตัวเก็บประจุ  $C_1$  ค่า 3.3 nF ซึ่งจะให้ความถี่ออกมาเป็นดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ความถี่ที่ได้จากวงจรตรวจวัดความชื้น

$R_1$	$R_2$	$C_1$	$C_2$	ความถี่ (Hz)
4.7E+3	10.0E+3	3.300E-09	1.00E-11	17646.13
4.7E+3	10.0E+3	3.300E-09	2.00E-11	17592.98
4.7E+3	10.0E+3	3.300E-09	3.00E-11	17540.15
4.7E+3	10.0E+3	3.300E-09	4.00E-11	17487.64
4.7E+3	10.0E+3	3.300E-09	5.00E-11	17435.43
4.7E+3	10.0E+3	3.300E-09	6.00E-11	17383.54
4.7E+3	10.0E+3	3.300E-09	7.00E-11	17331.96
4.7E+3	10.0E+3	3.300E-09	8.00E-11	17280.68

ตารางที่ 3.4 ค่าตัวเก็บประจุ  $C_2$  เปรียบเทียบกับค่าความชื้น

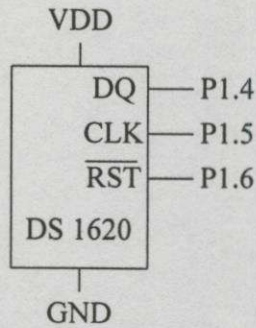
$C_2$ (pF)	ความชื้น (%RH)
14	46
22	58
30	66
39	77
48	85
52	95

ความถี่ที่ได้จากวงจร จะถูกป้อนเข้าที่ขา INTO ของ 80C320 ซึ่งจะทำหน้าที่ในการนับพัลส์ แล้วคำนวณเป็นความถี่ จากนั้นจึงไปเปิดตารางเทียบเป็นความชื้นอีกทีหนึ่ง

### 3.1.8 การออกแบบวงจรตรวจวัดอุณหภูมิ

วงจรตรวจวัดอุณหภูมิใช้ชิพสำเร็จรูปเบอร์ DS1620 ดังแสดงในรูปที่ 3.14 ซึ่งเป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิที่ให้ข้อมูลออกมาเป็นเลขฐานสองขนาด 8 บิต มีความละเอียดของอุณหภูมิ 0.5 องศา สามารถวัดอุณหภูมิได้ระหว่าง  $-55^{\circ}\text{C}$  ถึง  $125^{\circ}\text{C}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 วงจรตรวจวัดอุณหภูมิ DS 1620

การต่อใช้งาน DS 1620 นี้ได้ทำการต่อโดยตรงกับ Port 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนี้คือ  
 DQ (ขา 1) เป็นขาที่จะให้สัญญาณข้อมูลอุณหภูมิออกมา ซึ่งจะเป็นสัญญาณแบบอนุกรมขนาด 9 บิต ต่อกับขา 5 (P1-4) ของ 80C320  
 CLK (ขา 2) เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาเพื่อใช้ในการแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ต่อกับขา 6 (P1-5) ของ 80C320  
 RST (ขา 3) เป็นขา reset ซึ่งจะให้ข้อมูลออกมาเป็น 00 หลังจากข้อมูลบิตที่ 9 (MSB) ถูกส่งออกมาที่ขา DQ แล้ว ต่อกับขา 7 (P1-6) ของ 80C320

ตารางที่ 3.5 รูปแบบการแสดงค่าอุณหภูมิของ DS1620

TEMP	Digital Output
+125°C	0 11111010
+25°C	0 00110010
+0.5°C	0 00000001
+0°C	0 00000000
-0.5°C	1 11111111
-25°C	1 11001110
-55°C	1 10010010

ในงานวิจัยนี้จะใช้อุณหภูมิเป็นค่าจำนวนเต็ม โดยจะเพิ่มค่าขึ้น 0.5 องศาหากค่าอุณหภูมิที่อ่านได้มีค่าเป็นเลขทศนิยม เช่นหากค่าที่อ่านได้จาก DS1620 เป็น 0 00110010 ค่า 8 บิตล่างจะถูกแปลงเป็นเลขฐานสิบมีค่าเท่ากับ 50 แล้วนำไปหารด้วยสองจะได้เป็นค่าอุณหภูมิคือ 25 องศา แต่ถ้าหากค่าที่อ่านได้เป็น 0 00110001 (บิต LSB = 1) ก็จะถูกบวกเพิ่มเข้าไปอีก 1 แล้วจึงแปลงเป็นฐานสิบก่อนจะหารด้วยสองออกมาเป็นอุณหภูมิ

## 3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์ของระบบ

โปรแกรมของระบบจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือส่วนของโปรแกรมควบคุมหลัก และส่วนโปรแกรมย่อย

### 3.2.1 การออกแบบซอฟต์แวร์โปรแกรมหลัก

โปรแกรมหลักจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

#### 1. กำหนดค่าเริ่มต้น

- กำหนดค่าเริ่มต้น การใช้งาน Serial Port
- กำหนดค่าเริ่มต้น การใช้งาน TNC
- กำหนดค่าเริ่มต้น การใช้งาน 8255
- กำหนดค่าเริ่มต้น การใช้งาน LCM
- กำหนดค่าเริ่มต้นเวลาในการเก็บข้อมูลจาก Sensor เพื่อทำ PACSAT ไฟล์

#### 2. แสดงฟังก์ชันคีย์ ตรวจสอบการกดสวิทช์เพื่อเลือกการใช้งานโปรแกรมย่อย

- ตั้งเวลา RTC
- ตั้งเวลาการติดต่อดาวเทียม
- สถานะของระบบ
- สถานะการทำงาน
- ตั้งเวลาการเก็บข้อมูล
- ดาวน์โหลดข้อมูล

#### 3. ตรวจสอบเวลาในการเก็บข้อมูลจาก Sensor

- เก็บข้อมูลจาก Sensor เพื่อจัดทำ PACSAT ไฟล์

#### 4. ตรวจสอบช่วงเวลาในการติดต่อกับดาวเทียม

#### 5. ติดต่อ TNC

#### 6. ติดต่อ ดาวเทียม

#### 7. ส่งข้อมูล PACSAT ไฟล์ (ตามลำดับ) ไปที่ดาวเทียม

#### 8. รอสัญญาณ ส่งข้อมูลสำเร็จ

#### 9. บันทึกการส่งข้อมูล

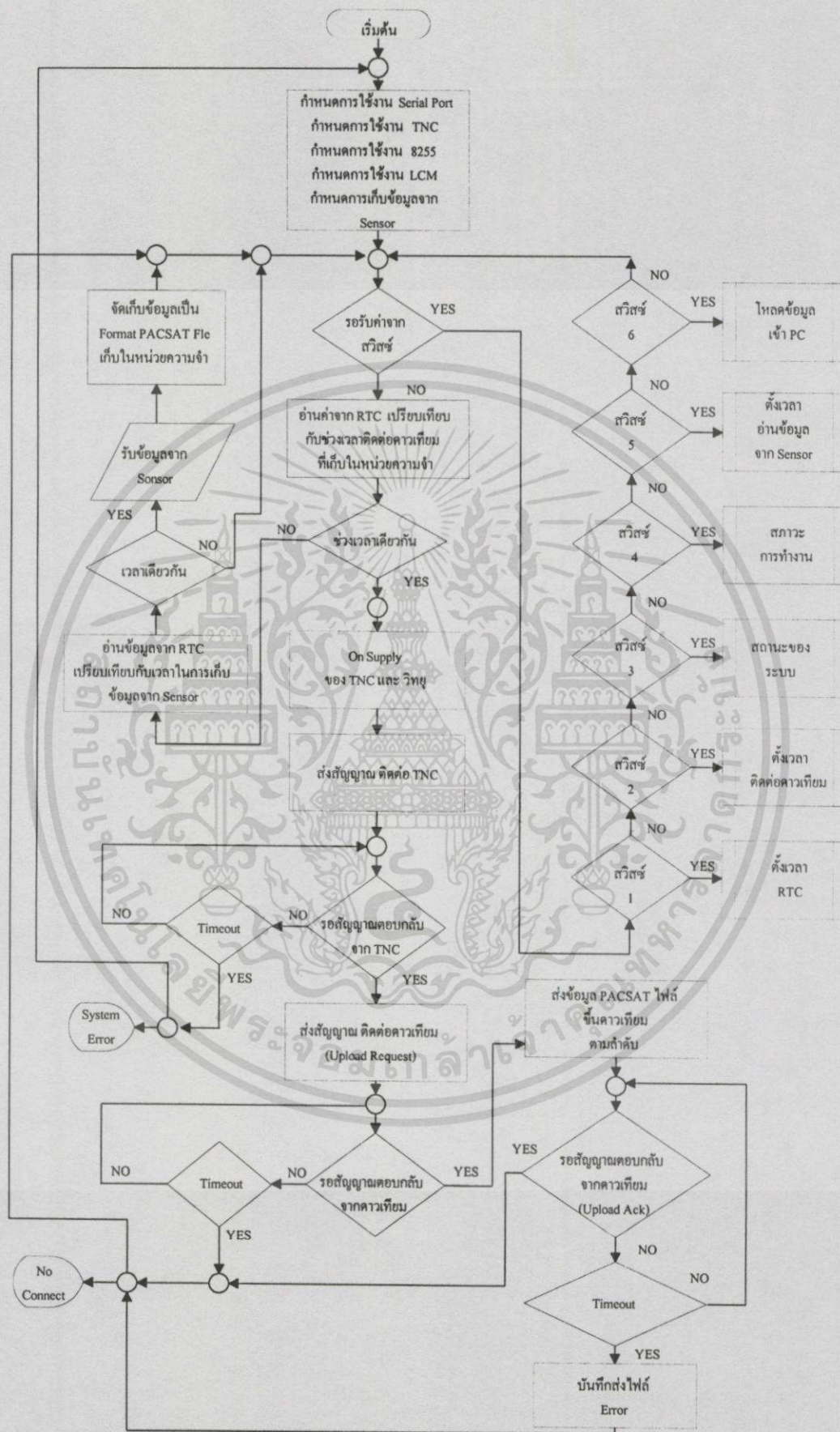
ขบวนการในการทำงานขั้นตอนแรกจะเป็นขั้นตอนการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับอุปกรณ์ต่างๆ กำหนดใช้งานของ Serial Port ให้มีอัตราการรับส่ง 9600 bps สำหรับใช้ในการติดต่อกับ TNC เพื่อทำการรับ-ส่งข้อมูลสำหรับดาวเทียม กำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับ TNC กำหนดการใช้งาน PPI เบอร์ 8255 โดยกำหนดให้พอร์ท C ล่าง (PC0-PC3) เป็นเอาท์พุทและพอร์ท C บน (PC4-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PC7) เป็นอินพุทและให้พอร์ท A กับพอร์ท B เป็นเอาต์พุท กำหนดการใช้งาน LCM ในการแสดงผลข้อมูลสำหรับผู้ใช้งาน ซึ่งการแสดงผลจะได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ กำหนดเวลาในการอ่านข้อมูลจาก Sensor เพื่อจัดทำ PACSAT ไฟล์ เก็บไว้ในหน่วยความจำ โดยค่าเริ่มต้นกำหนดไว้ 30 นาที ภายหลังจากการกำหนดค่าเริ่มต้นเรียบร้อยแล้วโปรแกรมหลักจะแสดงเมนูสำหรับการใช้งาน โดยเมนูที่แสดงจะประกอบด้วย

- เมนูที่ 1. ตั้งเวลา RTC
- เมนูที่ 2. ตั้งเวลาการติดต่อดาวเทียม
- เมนูที่ 3. สถานะของระบบ
- เมนูที่ 4. สภาวะการทำงาน
- เมนูที่ 5. ตั้งเวลาการเก็บข้อมูล
- เมนูที่ 6. ดาวนิโกลดข้อมูล

จากนั้นโปรแกรมจะทำการตรวจสอบการกดสวิตช์ ถ้าไม่มีการกดสวิตช์โปรแกรมจะทำการตรวจสอบช่วงเวลาที่ใช้ได้ทำการตั้งไว้สำหรับติดต่อดาวเทียม ถ้ายังไม่ถึงเวลาติดต่อดาวเทียมโปรแกรมจะตรวจสอบช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ เมื่อถึงเวลาจะทำการอ่านข้อมูลต่างๆ จากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณจากนั้นรวบรวมข้อมูลที่ได้จัดให้อยู่ในรูปของ PACSAT file เก็บในหน่วยความจำตามลำดับต่อไป



รูปที่ 3.14 Flowchart ของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมจะทำการตรวจสอบการกดสวิตช์อยู่ตลอดเวลา ถ้ามีการกดสวิตช์โปรแกรมจะกระโดดไปทำงานโปรแกรมย่อย ซึ่งในแต่ละโปรแกรมย่อยจะอธิบายในหัวข้อถัดไป เมื่อโปรแกรมหลักตรวจสอบได้ว่าถึงช่วงเวลาในการติดต่อกับดาวเทียมแล้ว ก็จะเปิดแหล่งจ่ายพลังงานให้กับวิทยุและ TNC แล้วส่งสัญญาณติดต่อกับ TNC รอการตอบกลับ ถ้าไม่มีการตอบกลับโปรแกรมจะกระโดดไปทำงานที่จุดเริ่มต้นเพื่อ กำหนดค่าเริ่มต้นใหม่ ถ้า TNC ตอบกลับ โปรแกรมจะส่งข้อมูลติดต่อกับดาวเทียม ร้องขอการส่งข้อมูล (Upload Request) จากนั้นรอสัญญาณการตอบกลับ (Upload Accept) ถ้าไม่มีการตอบกลับ โปรแกรมจะทำขบวนการ ช้างต้นใหม่ ยกเว้นขั้นตอนของการกำหนดค่าเริ่มต้น ถ้าดาวเทียมตอบกลับ ( Upload Request ) ขั้นตอนต่อจากนั้น จะเป็นขั้นตอนของการอัปโหลดข้อมูล เมื่อส่งข้อมูลครบแล้วจะตามด้วย ข้อมูลที่เป็น End of Data จากนั้นรอสัญญาณ การอัปโหลดสำเร็จจากดาวเทียม ( Upload Ack ) ( การส่งข้อมูลตามขั้นตอนนี้เป็น การส่งทีละไฟล์ หลังจากส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้วจะเริ่มต้นขบวนการตั้งแต่การติดต่อ TNC ทุกครั้ง )

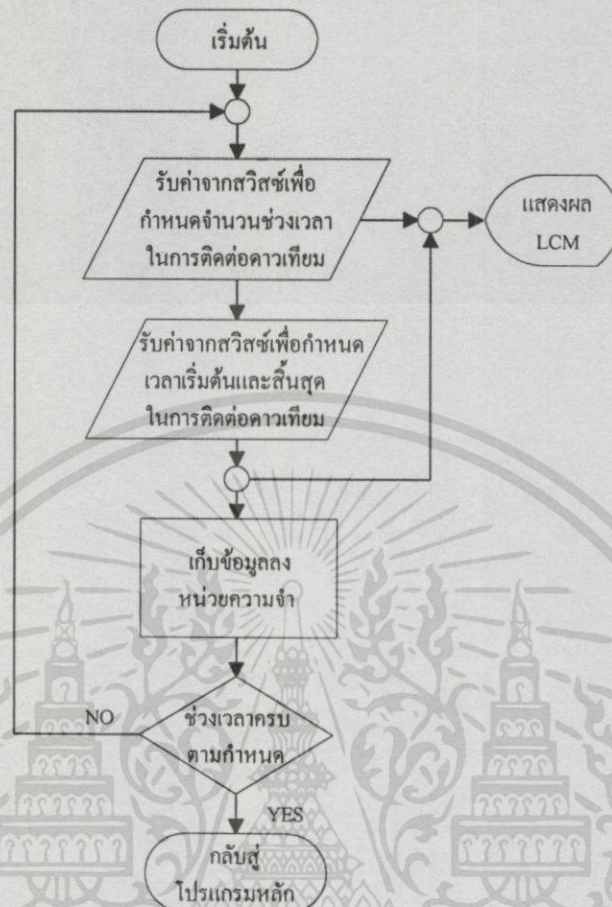
ในกรณีที่ภายหลังจากส่งข้อมูล End of Data เสร็จสิ้นแล้ว จะมีช่วงเวลาในการรอสัญญาณ Upload Ack ช่วงเวลาหนึ่ง ถ้าไม่มีสัญญาณ Upload Ack ตอบกลับโปรแกรมจะส่งไฟล์ต่อไปจนหมดช่วงเวลาที่ตั้งไว้

### 3.2.2 การออกแบบซอฟต์แวร์โปรแกรมย่อย

โปรแกรมย่อยจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ตั้งเวลา RTC
  - วัน \ เดือน \ ปี
  - ชั่วโมง \ นาที \ วินาที
2. ตั้งเวลาการติดต่อดาวเทียม
  - ชั่วโมง \ นาที
3. สถานะของระบบ
  - ชื่อของระบบ
  - ระยะเวลาทำงาน
4. สภาวะการทำงาน ( ย้อนหลัง 30 วัน)
5. ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจาก Sensor
  - ชั่วโมง \ นาที

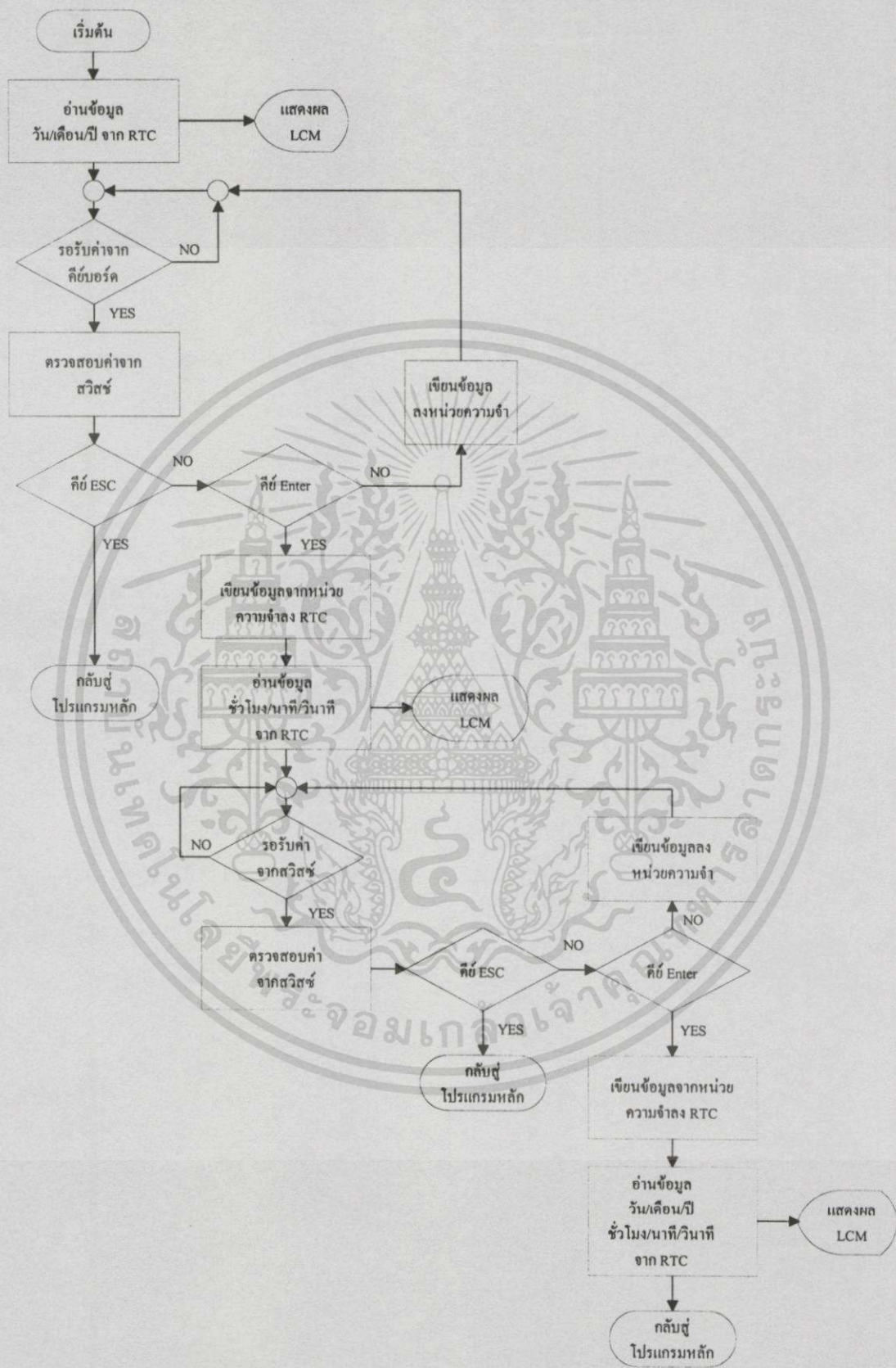
### 3.2.2.1 ขบวนการและการทำงานของการทำงานของเวลาการติดต่อดาวเทียม



รูปที่ 3.15 Flowchart ของโปรแกรมของการตั้งเวลาการติดต่อดาวเทียม

ขบวนการในการทำงาน ของการตั้งเวลาในการที่จะรับ-ส่งข้อมูลกับดาวเทียม เริ่มต้นด้วยการกดสวิทช์ หมายเลข 2 ในการเลือกใช้งานเมนูนี้ จากนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่การทำงานโปรแกรมย่อย ขั้นตอนนี้จะเริ่มต้นด้วยการรับค่าจากสวิทช์ เพื่อกำหนดจำนวนครั้งในการติดต่อดาวเทียม สำหรับค่าเริ่มต้นที่กำหนดไว้ในโปรแกรม กำหนดไว้ 1 ช่วงเวลา จากนั้นรับข้อมูลที่กำหนดช่วงเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุด โดยเวลาที่รับจะเป็นชั่วโมงนาที โดยโปรแกรมจะรับค่าช่วงเวลานี้ตามจำนวนครั้งที่ต้องการติดต่อกับดาวเทียม ภายหลังจากรับข้อมูลแล้วจะนำข้อมูลที่ได้เก็บไว้ในหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมหลักในการตรวจสอบ

3.2.2.2 ขบวนการและการทำงานของการทำงานของเวลา RTC

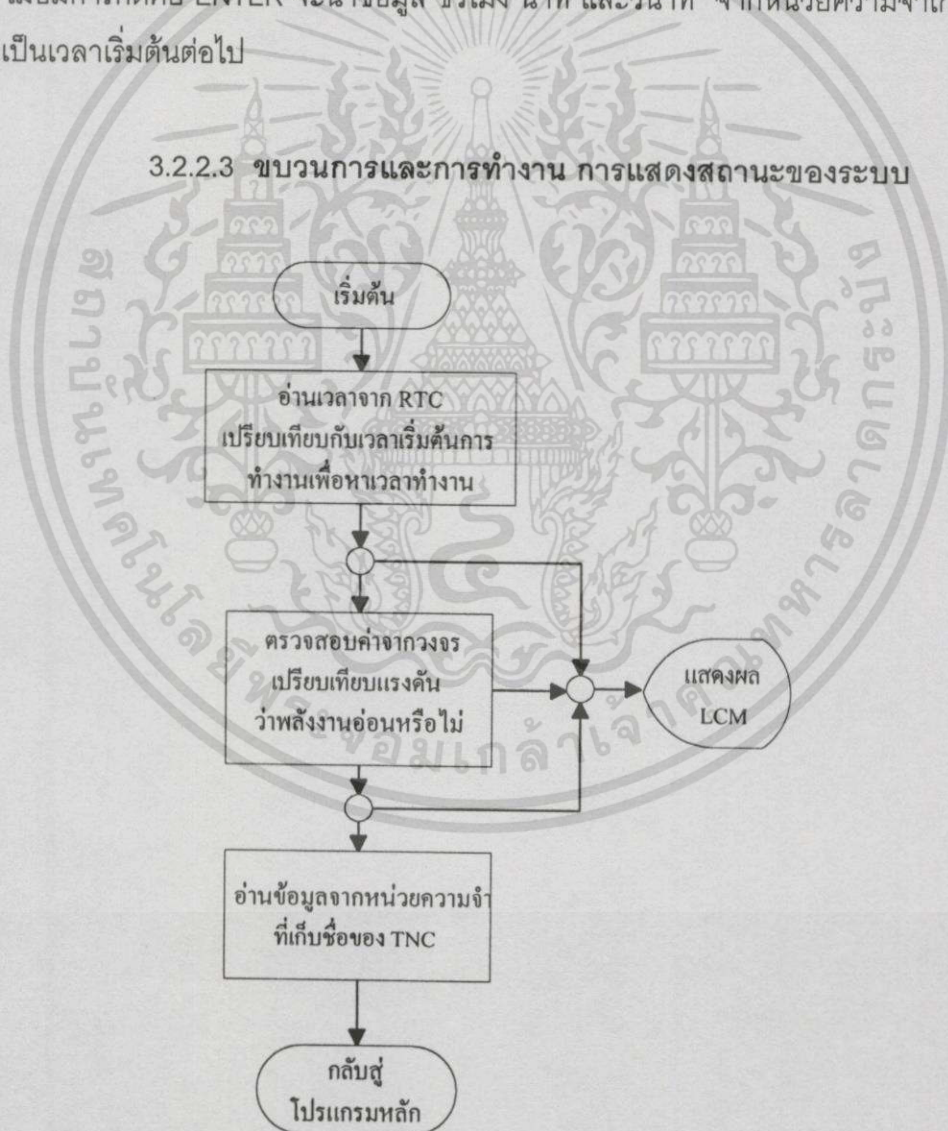


รูปที่ 3.16 Flowchart ของโปรแกรมของการตั้งเวลา RTC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขบวนการในการทำงานของการตั้งเวลา RTC เริ่มต้นด้วยการกดสวิทช์ หมายเลข 1 ในการเลือก ใช้งานเมนูนี้ จากนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่การทำงานโปรแกรมย่อย ขั้นตอนนี้จะเริ่มต้นด้วยการอ่านข้อมูลเดิมจาก RTC โดยข้อมูลที่ทำการอ่านจะเป็นข้อมูลของ วัน เดือนและปี และนำข้อมูลที่ได้อ่านไปแสดงผลที่ LCM จากนั้นรอรับข้อมูลจากสวิทช์ ถ้ากดคีย์ ESC จะหมายถึงการกลับสู่โปรแกรมหลัก ถ้ากดคีย์ Enter จะหมายถึงขบวนการถัดไป ถ้าไม่ใช้คีย์ทั้งสองคีย์จะเก็บข้อมูลที่ได้อ่านหน่วยความจำ เมื่อมีการกดคีย์ ENTER จะนำข้อมูล วัน เดือน และปี จากหน่วยความจำ เก็บลง RTC เพื่อเป็นเวลาเริ่มต้น จากนั้นทำการอ่านข้อมูล ชั่วโมง นาที และวินาที และนำข้อมูลที่ได้อ่านไปแสดงผลที่ LCM จากนั้นรอรับข้อมูลจากสวิทช์ถ้ากดคีย์ ESC จะหมายถึงการกลับสู่โปรแกรมหลัก ถ้ากดคีย์ Enter จะหมายถึงขบวนการถัดไป ถ้าไม่ใช้คีย์ทั้งสองคีย์จะเก็บข้อมูลที่ได้อ่านหน่วยความจำ เมื่อมีการกดคีย์ ENTER จะนำข้อมูล ชั่วโมง นาที และวินาที จากหน่วยความจำเก็บลง RTC เพื่อเป็นเวลาเริ่มต้นต่อไป

### 3.2.2.3 ขบวนการและการทำงาน การแสดงสถานะของระบบ



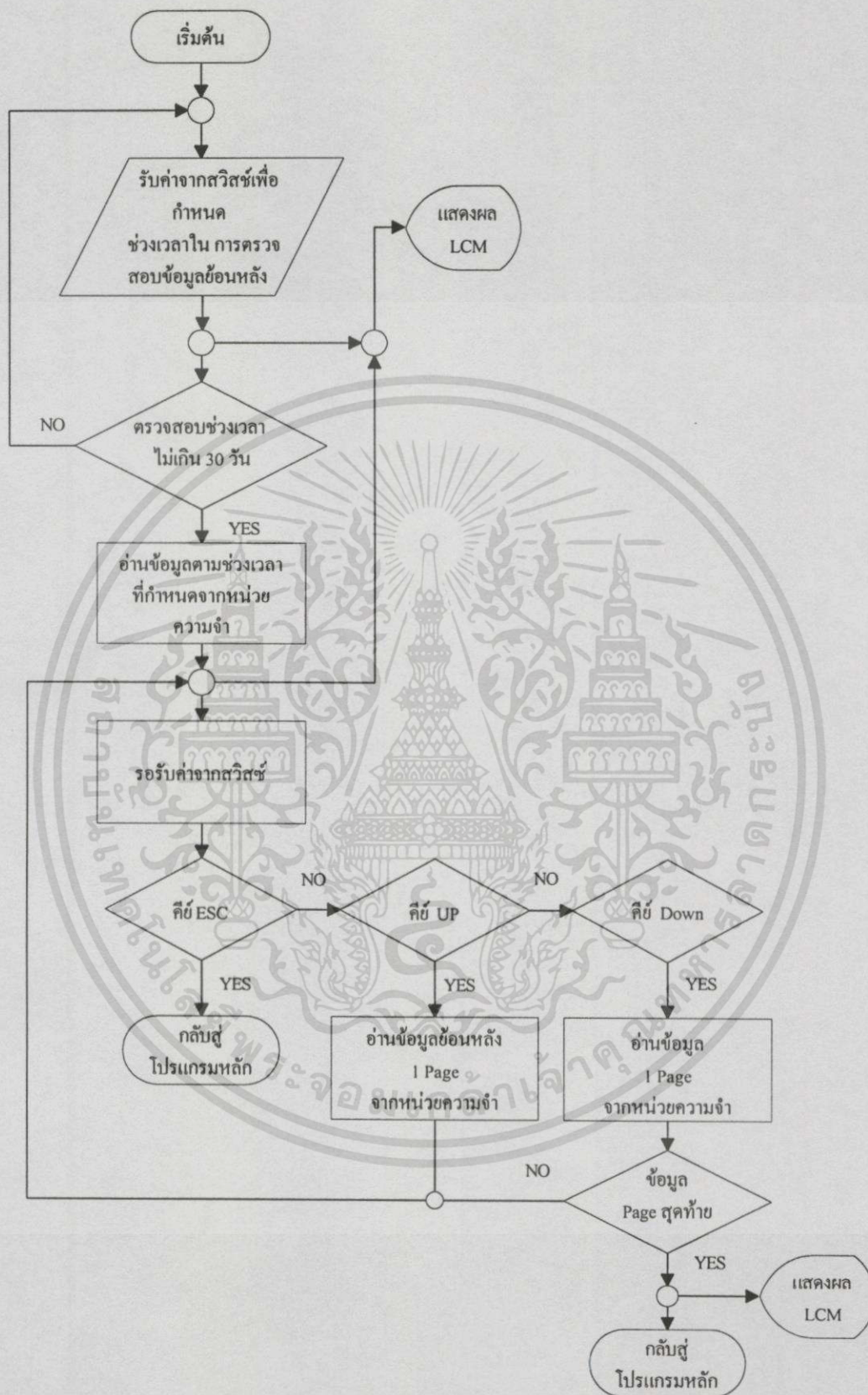
รูปที่ 3.17 Flowchart ของโปรแกรม การแสดงสถานะของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขบวนการในการทำงาน แสดงสถานะของระบบเริ่มต้นด้วยการกดสวิตช์หมายเลข 3 ในการเลือกใช้งานเมนูนี้ จากนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่การทำงานโปรแกรมย่อย ขั้นตอนนี้จะเริ่มต้นด้วยการอ่านข้อมูลเวลา ปัจจุบันจาก RTC จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับเวลาเริ่มต้นการทำงานของระบบ ซึ่งเวลานี้จะเก็บไว้ในช่วงการเปิดแหล่งจ่ายพลังงานให้แก่ระบบ จากนั้นตรวจสอบระดับแรงดันของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันเพื่อตรวจสอบ แรงดันไฟที่จ่ายให้แก่ระบบว่ามีค่ามากหรือน้อย จากนั้นอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำที่แสดงชื่อของ TNC หลังจากได้ข้อมูลทั้งหมดนำข้อมูลที่ได้ไปแสดงผลที่ LCM

#### 3.2.2.4 ขบวนการและการทำงานแสดงสถานะการทำงานของระบบ

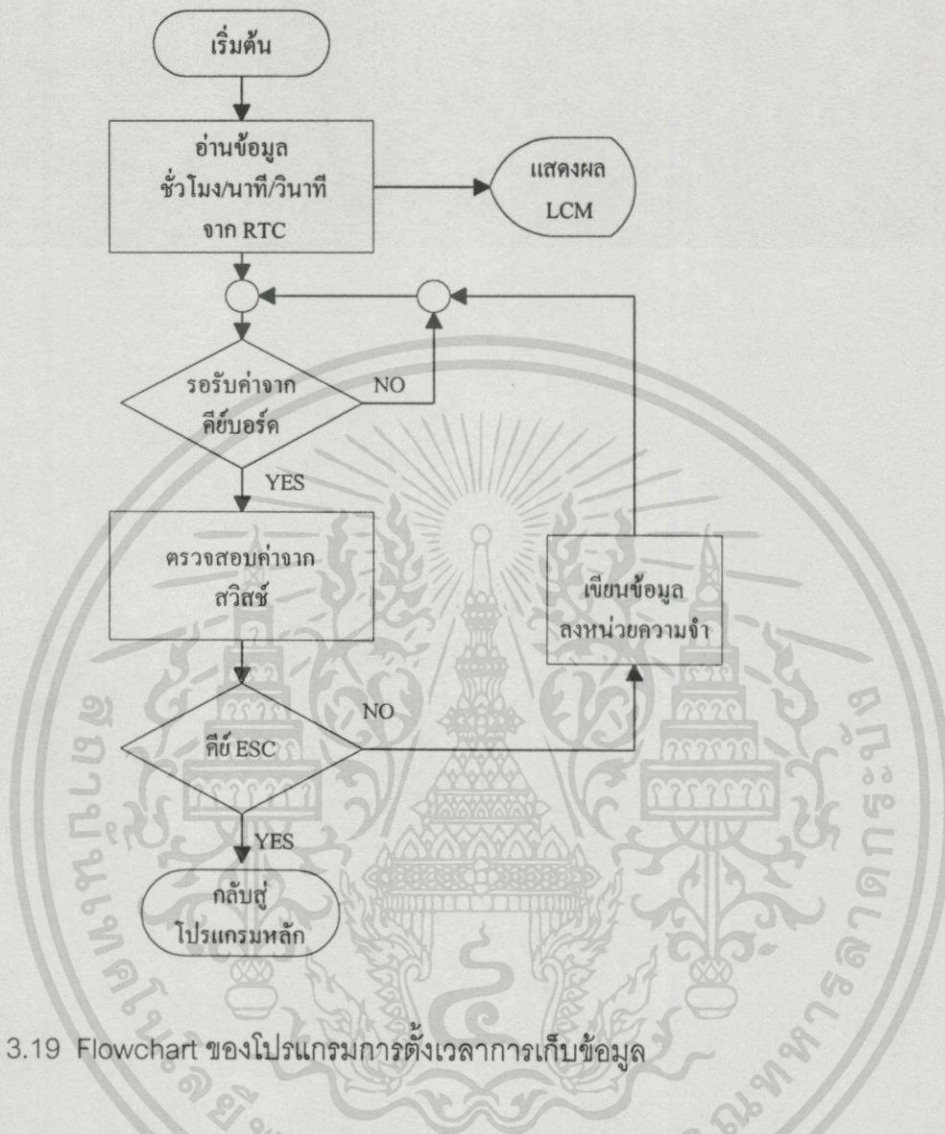
ขบวนการในการทำงาน การแสดงสถานะการทำงานของระบบเริ่มต้นด้วยการกดสวิตช์หมายเลข 4 ในการเลือกใช้งานเมนูนี้ จากนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่การทำงานโปรแกรมย่อย ขั้นตอนนี้จะเริ่มต้นด้วยการ รับค่าจากสวิตช์ เพื่อกำหนดช่วงเวลาในการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง โดยข้อมูล ที่ทำการตรวจสอบ จะเป็นข้อมูลย้อนหลังไม่เกิน 30 วัน จากนั้นทำการอ่านข้อมูล PACSAT ไฟล์ ตามช่วงเวลาที่กำหนด ที่เก็บไว้ในหน่วยความจำมาแสดงผลที่ LCM ถ้าต้องการดูข้อมูลหน้าจอ LCM ถัดไปหรือย้อนหลัง ได้โดยการกดสวิตช์ DOWN หรือ UP ตามลำดับ



รูปที่ 3.18 Flowchart ของโปรแกรมแสดงสถานะการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

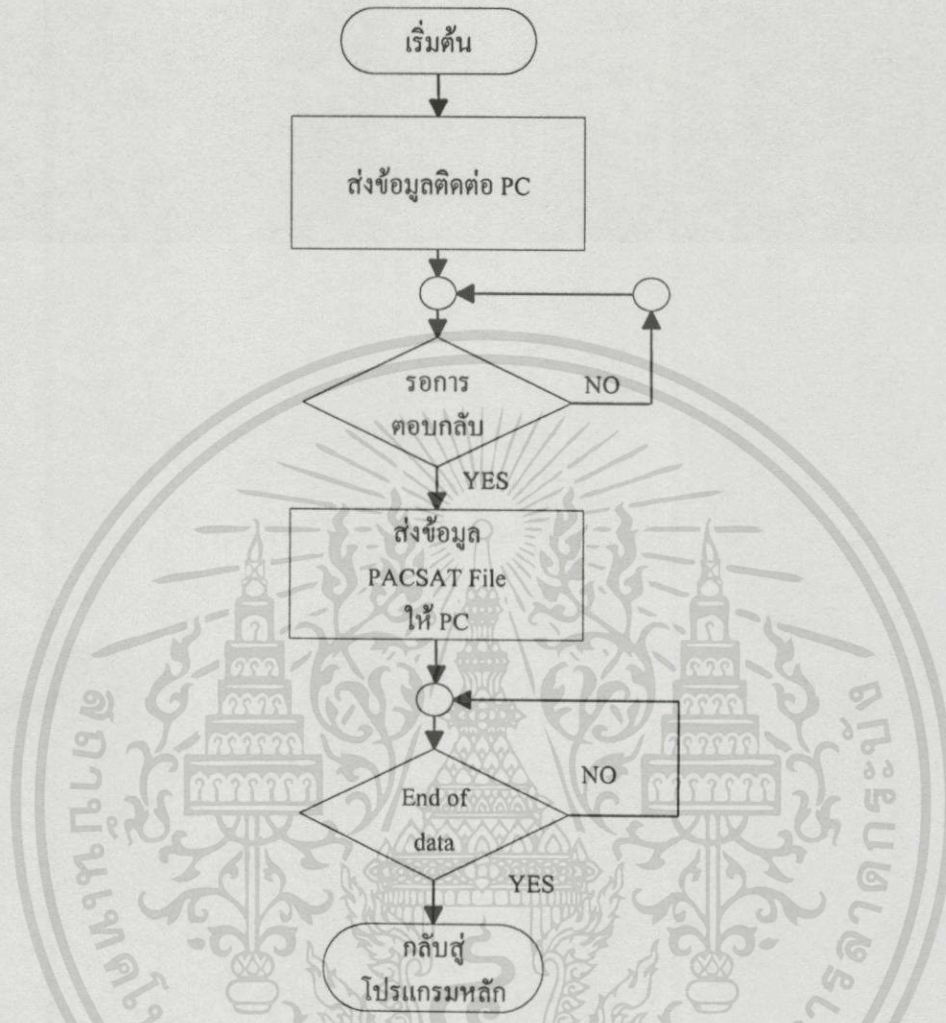
### 3.2.2.5 ขบวนการและการทำงานของตั้งเวลาการเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.19 Flowchart ของโปรแกรมการตั้งเวลาการเก็บข้อมูล

ขบวนการในการทำงานของการตั้งเวลาการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณ เริ่มต้นด้วยการกดสวิตช์ หมายเลข 5 ในการเลือกใช้งานเมนูนี้ จากนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่การทำงาน โปรแกรมย่อย ขั้นตอนนี้จะเริ่มต้นด้วยการอ่านข้อมูลเดิมจากหน่วยความจำ โดยข้อมูลที่ทำการอ่านจะเป็นข้อมูลของ ชั่วโมงและนาที นำข้อมูลที่ได้ไปแสดงผล ที่ LCM จากนั้นรอรับข้อมูลจาก สวิตช์ ถ้ากดคีย์ ESC จะหมายถึงกลับสู่โปรแกรมหลักถ้าไม่ใช้จะเก็บข้อมูล ชั่วโมง/นาทีที่ได้ลง หน่วยความจำ

### 3.2.2.6 ขบวนการ การดาวน์โหลดข้อมูลกับ PC



รูปที่ 3.20 Flowchart ของโปรแกรมการดาวน์โหลดข้อมูล

ขบวนการในการดาวน์โหลดข้อมูล PACSAT ไฟล์เพื่อนำข้อมูลที่ได้ออกไปเก็บไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ วิธีการคือต้องต่อสายระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับระบบ โดยใช้มาตรฐาน RS-232 จากนั้นกดเมนูหมายเลข 6 เพื่อเป็นการเลือกใช้งานการดาวน์โหลดข้อมูล จากนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่การทำงานของโปรแกรมย่อย จากนั้นทำการส่งข้อมูลเพื่อทำการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์และรอการตอบกลับ เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ตอบกลับ จะทำการส่งข้อมูล PACSAT ไฟล์ ที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำ จนกระทั่งหมดชุดข้อมูล

### 3.2..2.7 การสร้าง PACSAT File

ในงานวิจัยนี้จะสร้าง PACSAT File เลียนแบบ PACSAT File ที่สร้างจากโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในสถานีวิจัยดาวเทียม โดยจะคงข้อมูลหลักๆ ไว้ เช่น file header, file number, เป็นต้น แล้วทำการเปลี่ยนแปลงเฉพาะส่วนของข้อมูลบางส่วนเท่าที่มีโครงสร้างหลักของ PACSAT File เป็นดังนี้

AA 55	Header
01 00 04 00 00 00 00	File number
02 00 08 20 20 20 20 20 20 20	File name
03 00 03 20 20 20	File extender
04 00 04 A5 00 00 00	File size
05 00 04 CT CT CT CT	Create time
06 00 04 LT LT LT LT	Last Modify time
12 00 04 00 00 00 00	Upload time
07 00 01 00	Seu Flag
08 00 01 00	File type
09 00 02 BC BC	Body Check sum
0A 00 02 HC HC	Header Check sum
0B 00 02 9D 00	Body Offset
10 00 06 48 53 30 45 43 51	Source = HS0ECQ
11 00 06 20 20 20 20 20 20	AX25 Uploader
13 00 01 00	Download Count
14 00 05 48 53 30 41 4D	Destination = HS0AM
15 00 06 20 20 20 20 20 20	AX25 Downloader
16 00 04 00 00 00 00	Download time
17 00 04 ET ET ET ET	Expire Time
18 00 01 00	Priority
19 00 01 00	Compression type
26 00 06 41 52 49 41 30 30	User file name = ARIA00
22 00 04 44 41 54 41	Title = DATA
00 00 00	End of PACSAT File Header
xx xx xx	Data 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

xx xx xx

Data 2

0D 0A

ข้อมูลที่ถูกกำหนดเป็นค่าคงที่มีดังนี้

Source	=	HS0ECQ
Destination	=	HS0AM (สถานีควบคุมของดาวเทียมไทยพัฒ)
File Size	=	A5 00 00 00 (165 ไบท์)
Body Offset	=	9D 00

ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงมีดังนี้

Create time	=	คิดจากเวลาจริงในขณะที่ทำการเก็บข้อมูล
Last Modify time	=	ใช้เวลาเดียวกับ Create time
Expire time	=	กำหนดไว้ 2 วัน โดยการบวกเพิ่มจาก Create time อีก 172800 วินาที
Data1	=	ข้อมูลจาก DS 1620
Data2	=	ข้อมูลจาก วงจรตรวจวัดความชื้น
Body Checksum	=	ผลบวกของข้อมูล Data1 และ Data2
Header Checksum	=	ผลบวกของส่วนต้นของแฟ้มข้อมูล

### 3.3 การออกแบบตัวอักษรเพื่อการแสดงผลใน LCM

การออกแบบตัวอักษรเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในการใช้งานจอแสดงผล LCM แบบกราฟฟิก ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้สามารถแสดงผลได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ กรณีที่ตัวอักษรเป็นภาษาอังกฤษขั้นตอนของการออกแบบและการแสดงผลจะง่ายกว่าตัวอักษรที่เป็นภาษาไทยเพราะว่าภาษาอังกฤษมีเพียงระดับเดียว แต่ภาษาไทยจะแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ วรรณยุกต์ สระบน พยัญชนะ และสระล่าง เพราะฉะนั้นการออกแบบตัวอักษรภาษาไทยจึงต้องคำนึงถึงขั้นตอนที่จะนำข้อมูลไปแสดงผลด้วย

#### 3.3.1 การออกแบบตัวอักษร

สำหรับในงานวิจัยนี้กำหนดขนาดตัวอักษรไว้ที่ขนาด 16x8 จุด โดยทางแนวตั้ง 16 จุด จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังในรูปที่ 3.21 โดยในแต่ละส่วนจะถูกกำหนดให้เป็นดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่หนึ่ง คือแถวที่ 1-2 จะเป็นอักษรภาษาไทยเฉพาะวรรณยุกต์  
 ส่วนที่หนึ่ง คือแถวที่ 4-5 จะเป็นอักษรภาษาไทยเฉพาะสระบน  
 ส่วนที่สาม คือแถวที่ 7-13 จะเป็นส่วนของพยัญชนะ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ  
 ส่วนที่สาม คือแถวที่ 15-16 จะเป็นส่วนของอักษรภาษาไทย โดยจะเป็นสระล่าง  
 ส่วนแถวที่ 4, 6 และ 14 จะเป็นช่องว่างสำหรับคั่นระหว่างแต่ละส่วน

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		เฉพาะภาษาไทยสำหรับ วรรณยุกต์						
2								
3								
4		เฉพาะภาษาไทยสำหรับ สระบน						
5								
6								
7		 พยัญชนะ สำหรับทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ						
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15		เฉพาะภาษาไทยสำหรับ สระล่าง						
16								

รูปที่ 3.21 การแบ่งพื้นที่สำหรับการสร้างตัวอักษร

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Font Editor ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนไว้สำหรับออกแบบตัวอักษรโดยเฉพาะ สามารถกำหนดขนาดของตัวอักษรได้ตามต้องการ และสามารถสร้างและจัดเก็บตัวอักษรที่ออกแบบเสร็จแล้วซึ่งจะเป็นข้อมูลแบบเลขฐานสิบหกให้อยู่ในรูปของแฟ้มข้อมูลได้ ซึ่งทำให้ง่ายในการนำไปใช้งาน

รูปที่ 3.22 เป็นจอขณะทำการออกแบบตัวอักษรของโปรแกรม Font Edit ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นรูปแบบ ของตัวอักษรในการแสดงผล และส่วนที่เป็นข้อมูลที่ใช้แสดงผล

ส่วนที่เป็นรูปแบบของตัวอักษรในการแสดงผล เมื่อมีการเลือกหรือกำหนดให้จุดใดต้องแสดงผลหรือการติดสว่างของ LCM ตำแหน่งหรือจุดนั้นก็จะเป็นสีดำ และให้ข้อมูลให้เป็น "1" ส่วนช่องที่ไม่มีการเลือกให้แสดงผลก็จะเป็นช่องสีเหลี่ยมสีขาวและให้ข้อมูลเป็น "0"

The screenshot shows a window titled 'Kor-Kal' with a menu bar (File, KeyAscii, Col & Row, Hex, Clear All, Make Asm File). On the left is a 16x8 grid with a character 'B' drawn using black dots. On the right is a data table with columns: '<===', '===>', 'Col', 'Up', and 'Down'.

	<===	===>	Col	Up	Down
0	0		1	0	0
1	0		2	100	80
2	0		3	2F8	1F40
3	0		4	200	40
4	0		5	200	40
5	0		6	200	40
6	3E	7C	7	3F8	1FC0
7	42	42	8	0	0
8	22	44	9	0	0
9	22	44	10	0	0
10	22	44	11	0	0
11	22	44	12	0	0
12	22	44	13	0	0
13	0	0	14	0	0
14	0	0	15	0	0
15	0	0	16	0	0
16	0	0	16	0	0

รูปที่ 3.22 การออกแบบตัวอักษร

ข้อมูลของตัวอักษรที่ออกแบบไว้ สามารถถูกอ่านมาเรียงกันในแบบของข้อมูลเลขฐาน 16 ได้ 4 แบบ คือ

<=== นับข้อมูลจาก ซ้ายไปขวา

===> นับข้อมูลจาก ขวาไปซ้าย

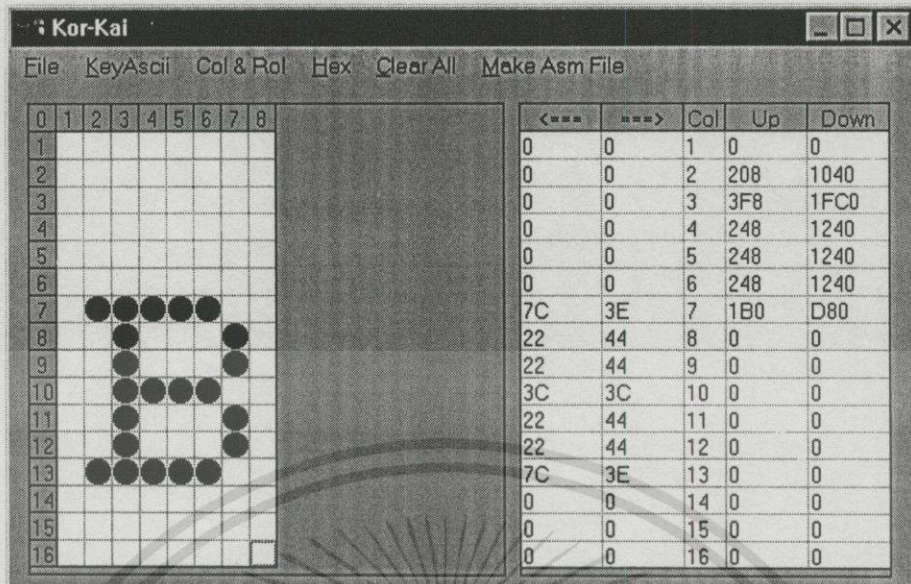
UP นับข้อมูลจาก ล่างขึ้นบน

DOWN นับข้อมูลจาก บนลงล่าง

ข้อมูลในแต่ละแบบจะมีความเหมาะสมและยากง่ายแตกต่างกันในการใช้งาน ซึ่งต้องพิจารณาควบคู่กับลักษณะโครงสร้างของวงจรและเทคนิคการเขียนโปรแกรมแสดงผล

### 3.3.2 การจัดเก็บข้อมูลตัวอักษร

เมื่อทำการออกแบบตัวอักษรเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำข้อมูล ซึ่งอยู่ในรูปของเลขฐานสิบหกมาทำการจัดเก็บให้อยู่ในรูปของแฟ้มข้อมูล ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีได้ทันที สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลที่มองจากบนลงล่าง ดังในรูปที่ 3.23 และ 3.24 เป็นตัวอย่างของการออกแบบและจัดเก็บข้อมูลของตัวอักษร "B"



รูปที่ 3.23 อักขร B และข้อมูล

\*\*\*\*\* B \*\*\*\*\* DOWN , (LSB ----->MSB)

DFB 000H,040H,0C0H,040H,040H,040H,080H,000H

DFB 000H,010H,01FH,012H, 012H,012H,00DH,000H

รูปที่ 3.24 ข้อมูลของอักขร B ที่ทำการจัดเก็บเพื่อใช้กับโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี

ข้อมูลในแต่ละคอลัมน์ซึ่งมีทั้งหมด 16 จุดตามจำนวนแถว จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด แถวที่ 1-8 เป็นชุดที่ 1 เมื่อใช้วิธีการอ่านข้อมูลจากบนลงล่าง ข้อมูลชุดนี้จะเป็นไบต์ต่ำ แถวที่ 9-16 เป็นชุดที่ 2 และเป็นไบต์สูง การเก็บข้อมูลจะเก็บข้อมูลของไบต์ต่ำของแต่ละคอลัมน์ก่อน โดยเริ่มจากคอลัมน์ที่ 1 ไปจนถึงคอลัมน์ที่ 8 ได้ข้อมูลส่วนนี้มาจำนวน 8 ไบต์ จากนั้นก็จะเก็บข้อมูลไบต์สูง โดยเริ่มจากคอลัมน์ที่ 1 ไปจนถึงคอลัมน์ที่ 8 ได้ข้อมูลส่วนนี้มาอีกจำนวน 8 ไบต์ ดังนั้นข้อมูลของตัวอักษร 1 ตัวที่ออกแบบไว้ จะมีข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ 16 ไบต์

ข้อมูลของตัวอักษรทั้งหมดที่ออกแบบไว้จะถูกนำมาเรียงกันก่อนหลังตามรูปแบบการจัดเรียงตัวอักษรในรหัสแอสกี เพื่อให้ง่ายในการค้นหาข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผล

### 3.3.3 การจัดเรียงข้อมูลตัวอักษรเพื่อทำการแสดงผล

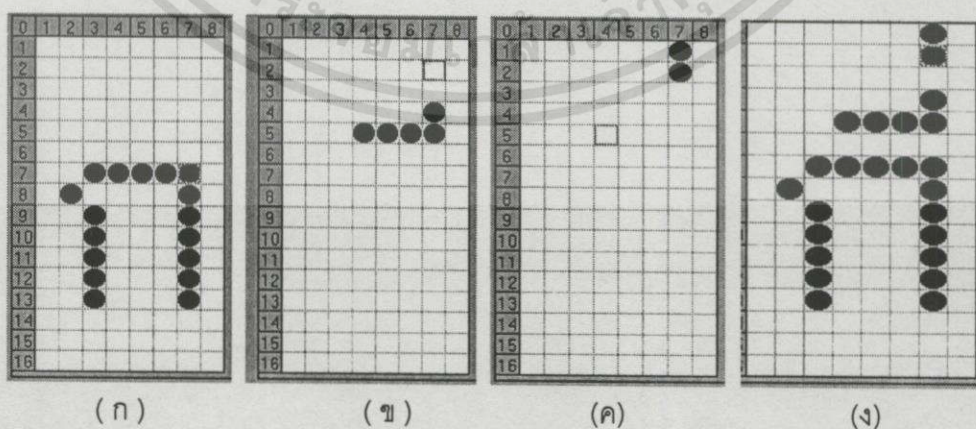
ข้อมูลที่จะนำมาแสดงผลเป็นได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ดังนั้นก่อนที่จะทำการแสดงผลข้อมูล LCM จะต้องมีการจัดเรียงข้อมูลให้เหมาะสมและถูกต้องเสียก่อน โดยก่อนอื่นจะต้องตรวจสอบว่าตัวอักษรที่จะแสดงผลตัวนั้นเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

- ภาษาอังกฤษ กรณีที่เป็นภาษาอังกฤษจะไม่มีปัญญยากในการจัดเรียง สามารถชี้ตำแหน่งของข้อมูลที่ได้ทำการออกแบบเอาไว้ตามหมายเลขรหัสแอสกีของตัวอักษรนั้นๆ แล้วนำข้อมูลไปเก็บไว้ในพื้นที่หน่วยความจำที่จัดไว้สำหรับการแสดงผลได้ทันที

- ภาษาไทย กรณีที่เป็นภาษาไทยจะมีความยุ่งยากในการจัดเรียงมากกว่า เพราะภาษาไทยต้องคำนึงถึงสระและวรรณยุกต์ด้วย ซึ่งหากเป็นสระล่างเพื่อความสวยงามก็ต้องวางอยู่ใต้พยัญชนะ และหากเป็นสระบนก็ต้องวางอยู่บนพยัญชนะ และหากเป็นวรรณยุกต์ก็ขึ้นอยู่กับสระบน ซึ่งการจัดการกับตัวอักษรภาษาไทยนี้ก็แตกต่างกันแล้วแต่กรณี ดังนี้คือ

กรณีที่ 1 ถ้าข้อมูลเป็นพยัญชนะหรือสระหน้า แล้วข้อมูลทีตามหลังมาไม่ใช่ สระบน วรรณยุกต์ หรือสระล่างก็สามารถชี้ตำแหน่งของข้อมูลที่ได้ทำการออกแบบเอาไว้ตามหมายเลขรหัสแอสกีของตัวอักษรนั้นๆ แล้วนำข้อมูลไปเก็บไว้ในพื้นที่หน่วยความจำที่จัดไว้สำหรับการแสดงผลที่แฉงแสดงผลได้ในทันทีเช่นกัน

กรณีที่ 2 ถ้าหากข้อมูลเป็นพยัญชนะแล้วข้อมูลตัวที่ตามหลังมาเป็นสระบน สระล่าง หรือวรรณยุกต์ แล้วจะต้องนำข้อมูลของสระบน สระล่างหรือวรรณยุกต์ตัวนั้นๆ ที่ได้ออกแบบไว้มาทำการผสมกับข้อมูลของพยัญชนะนั้นเสียก่อน เพื่อให้สระหรือวรรณยุกต์ตัวนั้นๆ ไปขึ้นอยู่กับบนหรือล่างของพยัญชนะ ซึ่งวิธีการผสมก็คือการนำข้อมูลแต่ละไบต์มาทำการออร์ (OR) กันทางลอจิก จากนั้นจึงนำข้อมูลไปเก็บไว้ในพื้นที่หน่วยความจำที่จัดไว้สำหรับการแสดงผล



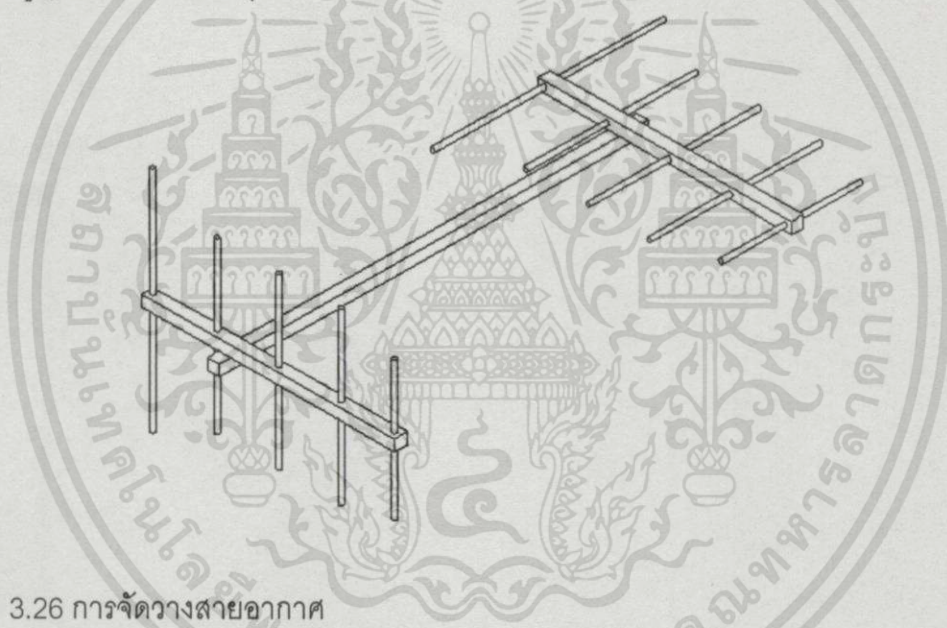
รูปที่ 3.25 การผสมตัวพยัญชนะกับสระบนและวรรณยุกต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.25 เป็นตัวอย่างข้อมูลที่เป็นพยานและตัวที่ตามหลังเป็นระบบ และวรรณยุกต์ ถ้านำข้อมูล ในรูปที่ 3.25 (ก) มาผสมกับข้อมูลในรูปที่ 3.25 (ข) และ ข้อมูลในรูปที่ 3.25(ค) ในลักษณะของการออร์แกนทางลอจิกของข้อมูล ผลที่ได้จะได้รูปแบบของการแสดงผล และข้อมูลที่ได้จากการผสม ดังรูปที่ 3.25 (ง)

### 3.4 การออกแบบสายอากาศ

สายอากาศสำหรับระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติแบบอัตโนมัติผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ ประกอบด้วยชุดอากาศสำหรับภาคส่งและชุดสายอากาศสำหรับภาครับ สายอากาศทั้ง 2 ชุด เป็นสายอากาศแบบ Cross Yagi Right hand Polarization โดยใช้หลักการจัดเฟสแบบ Dual Boom Array คือให้สายอากาศทั้ง 2 ต้นวางแยกอิสระกันดังในรูปที่ 3.26 เพื่อให้สามารถรับ-ส่งสัญญาณได้โดยสูญเสียกำลังน้อยที่สุด



รูปที่ 3.26 การจัดวางสายอากาศ

#### 3.4.1 ชุดสายอากาศภาคส่ง

ภาคส่งของระบบใช้ความถี่ 145.925 MHz ชุดสายอากาศภาคส่งเป็นสายอากาศแบบ Cross Yagi Right Hand Polarization ที่ได้จากการใช้สายสายอากาศ Yagi แบบ Linear Polarization ขนาด 5 อีลีเมนต์ ของ Club Station ซึ่งมีอัตราทวีกำลังของสายอากาศประมาณ 5.5 dBd จำนวน 2 ต้น มาจัดเฟสของสัญญาณ โดยใช้หลักการจัดเฟสแบบ Dual Boom Array

### 3.4.2 ชุดสายอากาศภาครับ

ภาครับของระบบใช้ความถี่ 435.125 MHz ชุดสายอากาศเป็นสายอากาศแบบ Cross Yagi Right Hand Polarization ได้จากการใช้สายสายอากาศ Yagi แบบ Linear Polarization ขนาด 5 อีลีเมนต์ จำนวน 2 ต้น ของ Club Station ซึ่งมีอัตราทวีกำลังของสายอากาศประมาณ 6 dBd จำนวน 2 ต้น มาจัดเฟสของสัญญาณ โดยใช้หลักการจัดเฟสแบบ Dual Boom Array เช่นกัน

### 3.4.3 การออกแบบตัวควบคุมเฟสและแมทชิงของสายอากาศภาครับ

สายอากาศภาครับใช้งานที่ความถี่ 435.125 MHz มีความยาวคลื่น = 68.94 ซม.

ในการสร้างใช้สายโคแอกเชียล RG-8 ซึ่งมีอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม และสาย RG-11 ซึ่งมีอิมพีแดนซ์ 75 โอห์ม ซึ่งมีค่า  $k = 0.66$

ที่ความยาว  $\lambda$  จะได้สายนำสัญญาณยาว =  $68.94 \times 0.66 = 45.5$  ซม.

ที่ความยาว  $\lambda/2$  จะได้สายนำสัญญาณยาว =  $(68.94/2) \times 0.66 = 22.75$  ซม.

ที่ความยาว  $\lambda/4$  จะได้สายนำสัญญาณยาว =  $(68.94/4) \times 0.66 = 11.375$  ซม.

เพราะฉะนั้นความยาวของสายนำสัญญาณที่ใช้ต่อกับสายอากาศต้นที่วางตัวทางแนวนอน จึงมีดังนี้

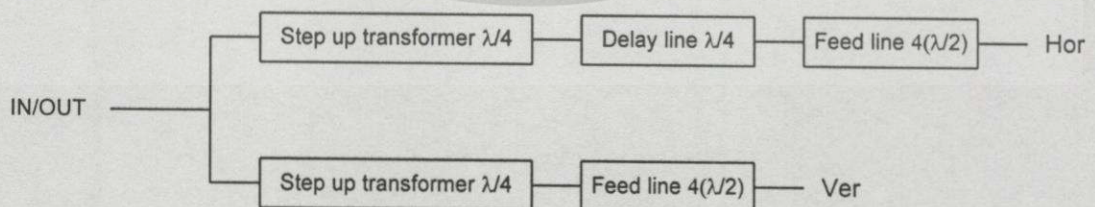
- สาย RG-11 ความยาว 11.375 ซม.

- สาย RG-8 ความยาว 11.375 ซม.

และความยาวของสายนำสัญญาณที่ใช้ต่อกับสายอากาศต้นที่วางตัวทางแนวตั้งจะมีดังนี้

- สาย RG-11 ความยาว 11.375 ซม.

เนื่องจากสายอากาศไม่ได้อยู่บนแกนร่วมกัน ดังนั้นเพื่อให้สะดวกในการใช้งานและติดตั้ง จึงได้เพิ่มความยาวของสายแต่ละด้านขึ้นอีก  $4(\lambda/2) = 4 \times 22.75 = 91$  ซม.



รูปที่ 3.27 บล็อกไดอะแกรมของการจัดเฟสและการแมทชิงสายอากาศภาครับ

### 3.4.4 การออกแบบตัวควบคุมเฟสและแมทซิ่งของสายอากาศภาคส่ง

สายอากาศภาครับใช้งานที่ความถี่ 145.925 MHz มีความยาวคลื่น = 205.58 ซม.

ในการสร้างใช้สายโคแอกเชียล RG-8 ซึ่งมีอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม และสาย RG-11 ซึ่งมีอิมพีแดนซ์ 75 โอห์ม ซึ่งมีค่า  $k = 0.66$

ที่ความยาว  $\lambda$  จะได้สายนำสัญญาณยาว =  $205.58 \times 0.66 = 135.68$  ซม.

ที่ความยาว  $\lambda/2$  จะได้สายนำสัญญาณยาว =  $(205.58/2) \times 0.66 = 67.84$  ซม.

ที่ความยาว  $\lambda/4$  จะได้สายนำสัญญาณยาว =  $(205.58/4) \times 0.66 = 33.92$  ซม.

เพราะฉะนั้นความยาวของสายนำสัญญาณที่ใช้ต่อกับสายอากาศต้นที่วางตัวทางแนวนอน จึงมีดังนี้

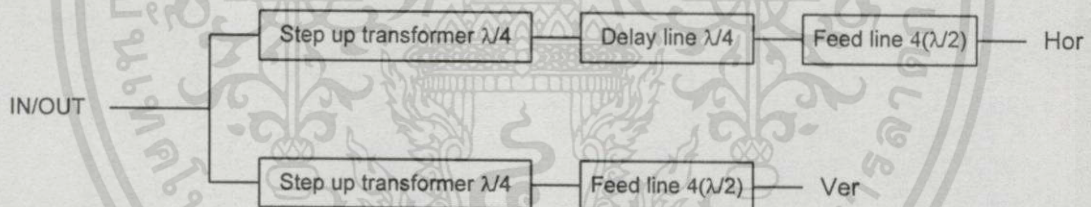
- สาย RG-11 ความยาว 33.92 ซม.

- สาย RG-8 ความยาว 33.92 ซม.

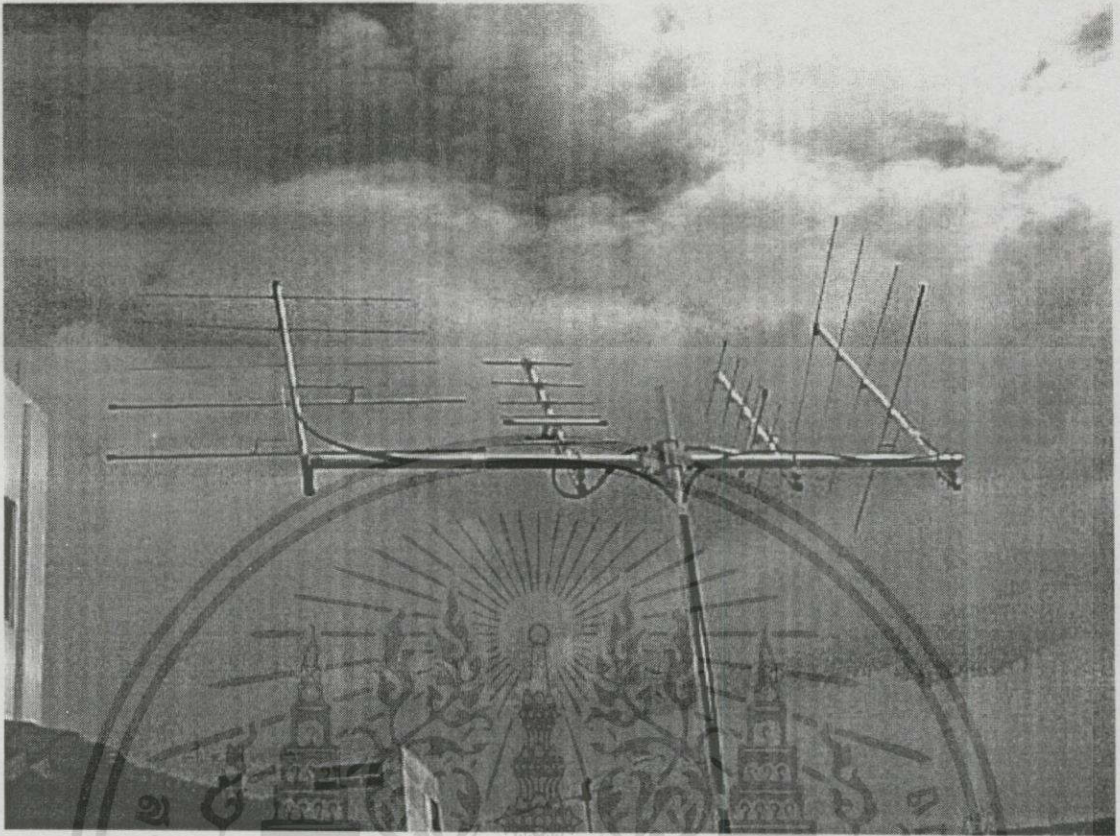
และความยาวของสายนำสัญญาณที่ใช้ต่อกับสายอากาศต้นที่วางตัวทางแนวตั้งจะมีดังนี้

- สาย RG-11 ความยาว 33.92 ซม.

เนื่องจากสายอากาศไม่ได้อยู่บนแกนร่วมกัน ดังนั้นเพื่อให้สะดวกในการใช้งานและติดตั้ง จึงได้เพิ่มความยาวของสายแต่ละด้านขึ้นอีก  $2(\lambda/2) = 2 \times 67.84 = 135.68$  ซม.



รูปที่ 3.28 บล็อกไดอะแกรมของการจัดเฟสและแมทซิ่งสายอากาศภาคส่ง



รูปที่ 3.29 ระบบสายอากาศของระบบเฝ้าระวังภัยธรรมชาติแบบอัตโนมัติผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4. บทนำ

ในการทดลองจะแยกการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ การทดลองในส่วนของระบบที่ได้ ออกแบบไว้แต่ละส่วน จากนั้นจึงทำการทดลองระบบจริงทั้งระบบ

#### 4.1 การวัดคุณสมบัติของสายอากาศแบบ Cross Yagi

การวัดคุณสมบัติของสายอากาศนี้มีองค์ประกอบที่ต้องคำนึงถึงอยู่ 2 ประการคือ

1. สภาพแวดล้อมในการวัด วิธีการวัดคุณสมบัติสายอากาศให้ได้ค่าถูกต้องนั้น จะต้องกระทำในสถานที่ซึ่งมีผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบจากการสะท้อนสัญญาณจากสิ่งแวดล้อม อาทิเช่นผนังอาคารและพื้นผิวโลกเป็นต้น โดยผลกระทบนี้จะมีผลมากเมื่อระยะห่างระหว่างสายอากาศกับผนังอาคารหรือพื้นผิวโลกมีน้อยกว่าความยาวคลื่น

2. ระยะห่างที่ใช้ในการวัด เนื่องจากในการใช้งานสายอากาศเป็นการใช้สนามไฟฟ้าที่จุดห่างไกล ดังนั้นการวัดคุณสมบัติของสายอากาศจึงต้องทำการวัดสนามที่อยู่ห่างไกลจึงจะเป็นการวัดที่ถูกต้อง โดยหาได้จากสมการข้างล่างนี้

$$R = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (4.1)$$

เมื่อ R คือ ระยะห่างระหว่างสายอากาศตัวรับและตัวส่ง  
D คือ ส่วนที่กว้างที่สุดของสายอากาศ  
 $\lambda$  คือ ความยาวคลื่น

สำหรับในระบบที่ออกแบบนี้จากการคำนวณระยะห่างของสายอากาศสำหรับการทดลองวัดสัญญาณสำหรับสายอากาศความถี่ 435 MHz มีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} R &= \frac{2(32.9)^2 \text{ cm}}{68.94 \text{ cm}} \\ &= 31.41 \text{ cm} \end{aligned}$$

เลือกใช้ระยะห่างของสายอากาศในการทดลองเป็น 2 เมตร

และสำหรับสายอากาศความถี่ 145 MHz จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ

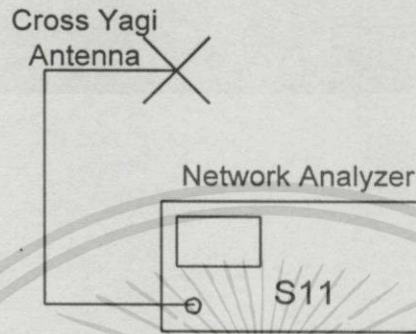
$$\begin{aligned} R &= \frac{2(98.8)^2 \text{ cm}}{205.58 \text{ cm}} \\ &= 94.96 \text{ cm} \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงใช้ระยะห่างในการทดลองที่ 2 เมตร เช่นเดียวกับสายอากาศความถี่ 435 MHz

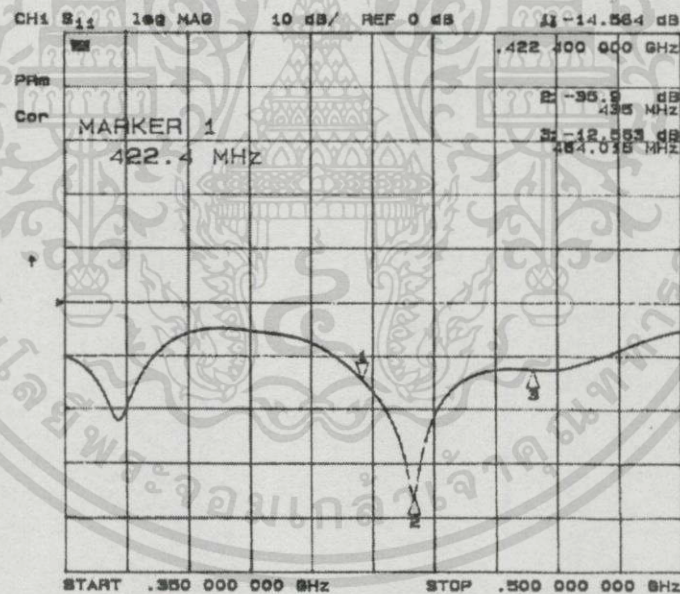
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.1 การวัดค่า SWR, Return Loss และ Impedance

การวัด SWR, Return Loss และ Impedance ใช้ Network Analyzer เป็นตัวอ่าน โดยต่อวงจรดังรูปที่ 4.1 กำหนดย่านความถี่ตามชนิดของสายอากาศทำการปรับสายอากาศให้มีค่า SWR ไม่เกิน 1.5:1

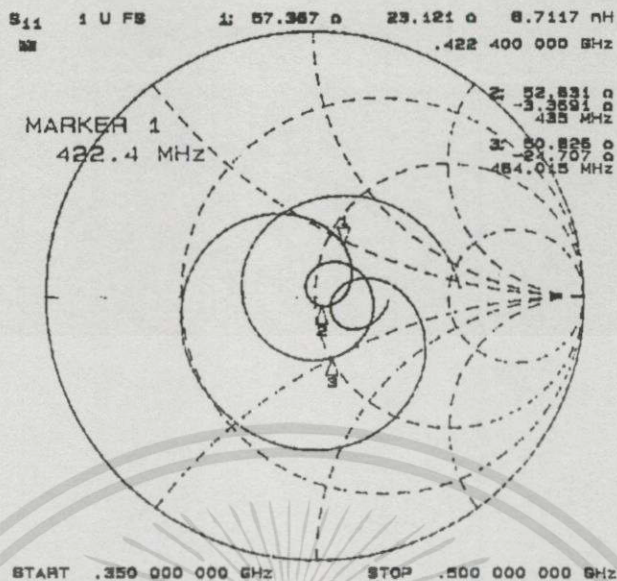


รูปที่ 41 การต่อสายอากาศเพื่อวัด SWR Return Loss และ Impedance

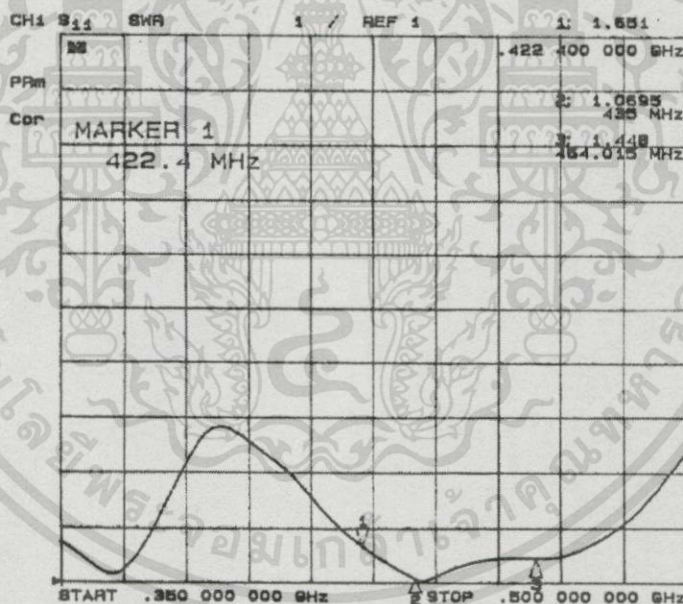


รูปที่ 4.2 ค่า Return Loss ของสายอากาศภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ค่า Impedance ของสายอากาศภาครับ

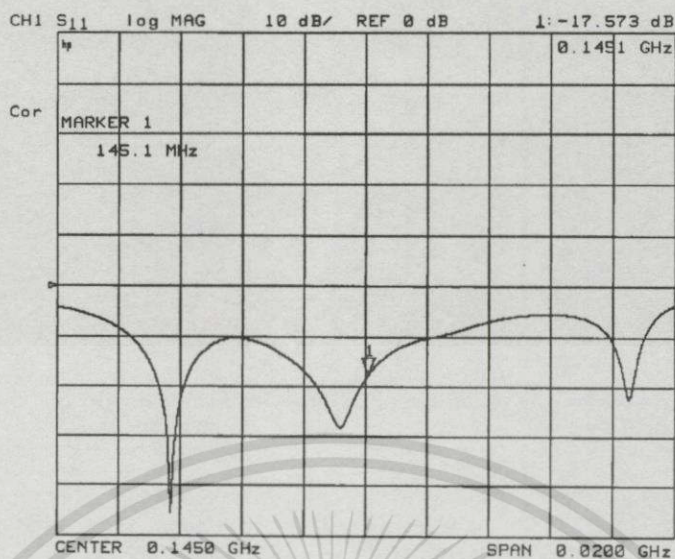


รูปที่ 4.4 ค่า SWR ของสายอากาศภาครับ

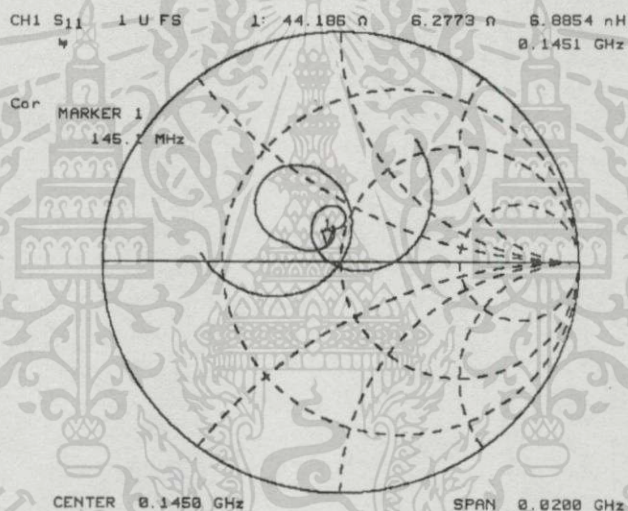
ผลการทดลองจากรูปที่ 4.2-4.4 เป็นภาพแสดงคุณสมบัติของสายอากาศภาครับความถี่ 435 MHz มีค่าต่างๆ ดังนี้

- ค่า Return Loss ที่ความถี่ 435 MHz = -35.9 dB
- ค่า Impedance ของสายอากาศ = 52.63-j3.69 Ω
- ค่า SWR ของสายอากาศ = 1.069:1

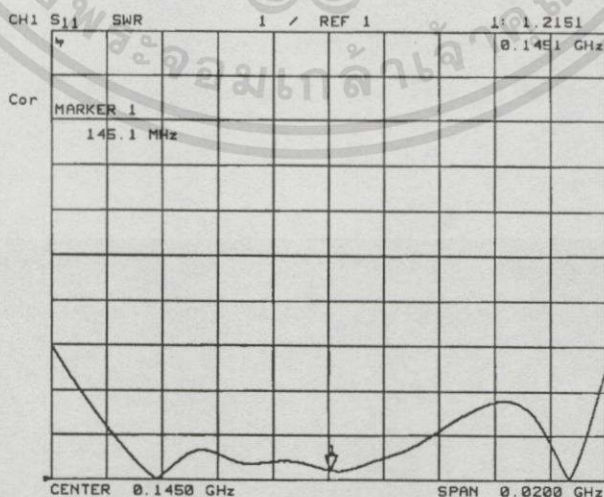
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ค่า Return Loss ของสายอากาศภาคส่ง



รูปที่ 4.6 ค่า Impedance ของสายอากาศภาคส่ง



รูปที่ 4.7 ค่า SWR ของสายอากาศภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองจากรูปที่ 4.5-4.7 เป็นภาพแสดงคุณสมบัติของสายอากาศภาคส่งความถี่ 145 MHz มีค่าต่างๆดังนี้

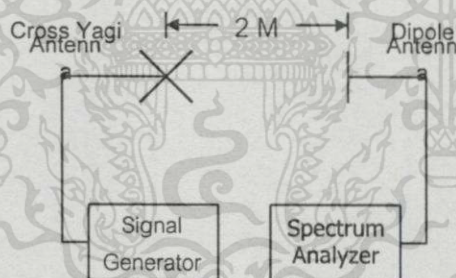
ค่า Return Loss ที่ความถี่ 145 MHz = -17.573 dB

ค่า Impedance ของสายอากาศ =  $44.186 j6.277\Omega$

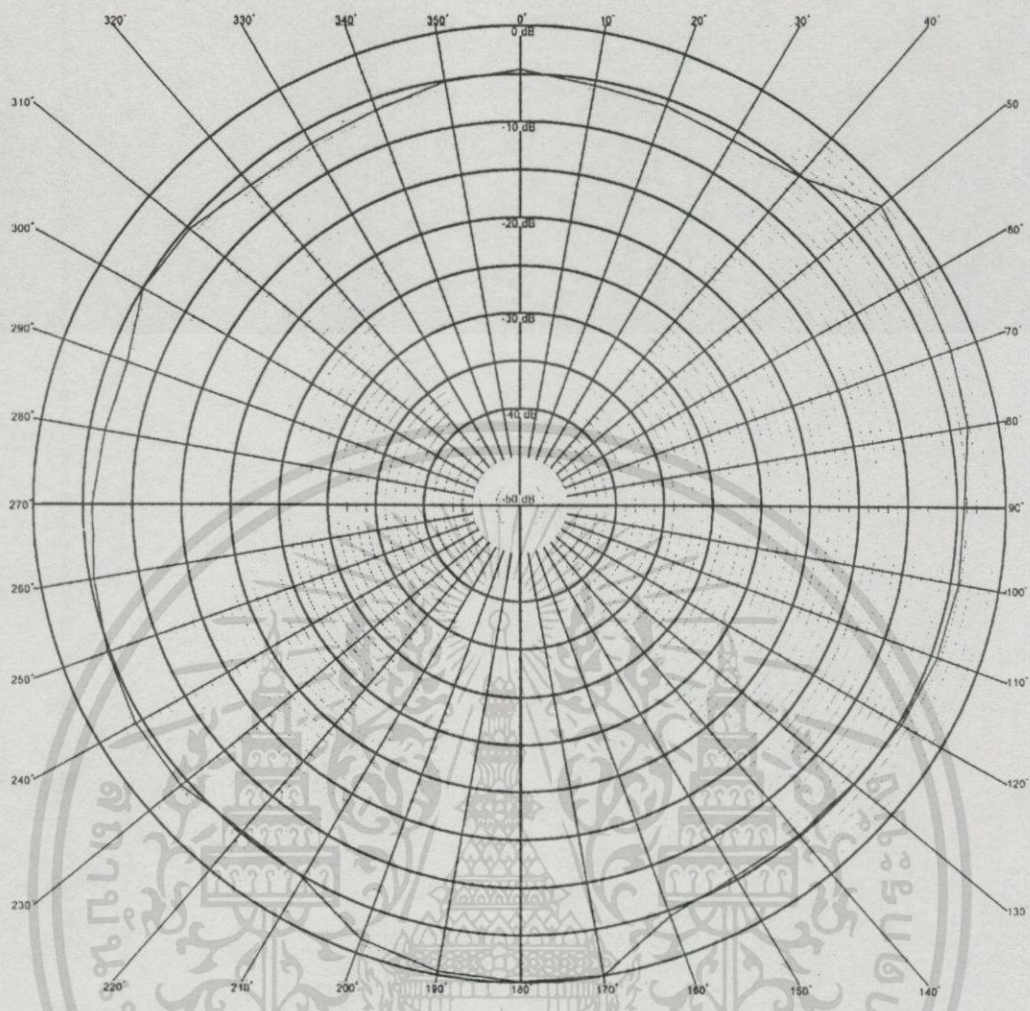
ค่า SWR ของสายอากาศ = 1.21:1

4.1.2 การวัดโพลาไรเซชันของคลื่นที่แพร่กระจายออกจากสายอากาศ Cross Yagi สายอากาศที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นสายอากาศแบบ Cross Yagi ที่ได้จากการนำสายอากาศแบบ Yagi ธรรมดาที่มีคุณสมบัติเหมือนกันจำนวน 2 ต้น มาจัดขั้วคลื่นให้เป็นแบบวงกลม (Circular Polarization) ดังที่ได้อธิบายไว้แล้วในบทที่ผ่านมา ดังนั้นในการทดลองนี้จึงจะมุ่งเน้นไปที่การวัดหาโพลาไรเซชันของคลื่นที่แพร่กระจายออกจากสายอากาศเป็นสำคัญ

วิธีการวัดโพลาไรเซชันของสายอากาศทำการต่อวงจรดังในรูปที่ 4.8 โดยใช้สายอากาศไดโพลมารับคลื่นที่ส่งออกจากสายอากาศครอสยาคิ แล้วทำการหมุนสายอากาศไดโพลไปในลักษณะหมุนรอบตัวเอง แล้วทำการบันทึกขนาดของสนามไฟฟ้าที่วัดได้ที่มุมต่างๆ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปพล็อตในโพลาร์กราฟ เพื่อดูลักษณะโพลาไรเซชันของคลื่น

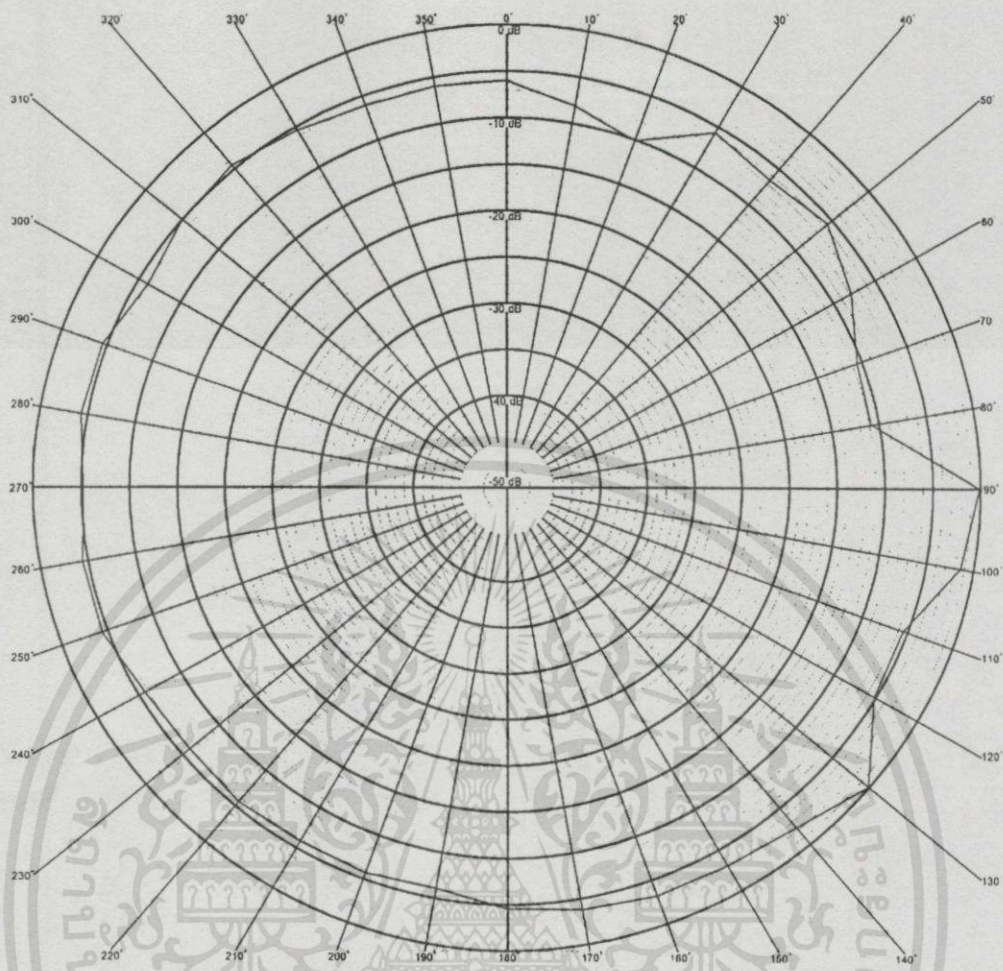


รูปที่ 4.8 การวัดหาโพลาไรเซชันของสายอากาศ Cross Yagi



รูปที่ 4.9 แพทเทิร์นของ Right Hand Circular Polarization ของสายอากาศภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แพทเทอรันของ Right Hand Circular Polarization ของสายอากาศภาครับ

จากแพทเทอรันผลการทดลองในรูปที่ 4.9 และ 4.10 แสดงให้เห็นว่าสายอากาศแบบ Cross Yagi ทั้งสองชุด มีประสิทธิภาพในการรับสัญญาณที่ส่งมาแบบมีการเปลี่ยนระนาบตลอด 360 องศา โดยในทุกระนาบสามารถรับคลื่นได้ใกล้เคียงกัน

#### 4.2 การทดลองสร้าง PACSAT File

การทดลองสร้าง PACSAT File นี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการคือ ต้องการตรวจสอบความถูกต้องของค่าคุณภูมิและความขึ้นที่อ่านจากวงจรถอดวัดสัญญาณเมื่ออยู่ในรูปของ PACSAT File แล้วว่ามีความถูกต้องหรือไม่เมื่อเทียบกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือตรวจวัดจริงคือเทอร์โมมิเตอร์ และเครื่องวัดความขึ้น และประการที่สองคือต้องการตรวจสอบโครงสร้างของ PACSAT File ที่สร้างขึ้นว่าถูกต้องหรือไม่เมื่อเทียบกับ PACSAT File ที่สร้างโดยโปรแกรมของสถานีดาวเทียมเมื่อข้อมูลมีลักษณะเดียวกัน โดยทำการทดลองดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1 การตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่อ่านจากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณ

โดยการรับค่าจาก DS 1620 และจากวงจรตรวจวัดความชื้น จากนั้นให้ระบบทำการสร้าง PACSAT File แล้วจึงเรียก PACSAT ที่สร้างเสร็จแล้ว มาแสดงผลที่หน้าจอแอลซีดี อ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นซึ่งอยู่ในรูปของรหัสแอสกี จากตำแหน่งของ Data1 ซึ่งเป็นอุณหภูมิ และตำแหน่ง Data 2 ซึ่งเป็นข้อมูลความชื้น บันทึกลงในตารางเพื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ได้จากเครื่อง Digital Thermo-Hygrometer รุ่น AZ-TFC-9606 ซึ่งสามารถวัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้นในตัวเดียวกัน จากนั้นทำซ้ำแบบเดิม แต่เพิ่มอุณหภูมิและความชื้นขึ้น

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจากเครื่องมือวัดเปรียบเทียบกับข้อมูลใน PACSAT File

ข้อมูลจากเครื่องมือวัด		ข้อมูลใน PACSAT File	
อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%RH)	Data 1	Data 2
28.1	39	028	038
29.3	46	029	047
30.0	60	030	062
30.8	71	031	069
31.9	82	032	082
33.0	95	033	097

จากการทดลองได้ผลการทดลองเป็นดังในตารางที่ 4.1 ค่าความชื้นที่ได้จากวงจรวัดในระบบที่ออกแบบ ให้ค่าที่แตกต่างจากเครื่องมือวัดเล็กน้อย ส่วนค่าอุณหภูมินั้นให้ผลที่ถูกต้องตามทีออกแบบไว้

#### 4.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้าง PACSAT File

1. ใช้เครื่องมือวัดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นปกติในขณะที่ทำการทดลอง
2. ใช้โปรแกรม PFHadd ซึ่งเป็นโปรแกรมหลักของสถานีดาวเทียมไทยพัฒน์ สร้าง PACSAT File โดยใช้ข้อมูล 2 ค่าคืออุณหภูมิและความชื้นจากที่วัดได้โดยเครื่องมือวัด และกำหนดข้อมูลดังนี้คือ

source = HS0ECQ

Destination = HS0AM

Expire time = 2 วัน

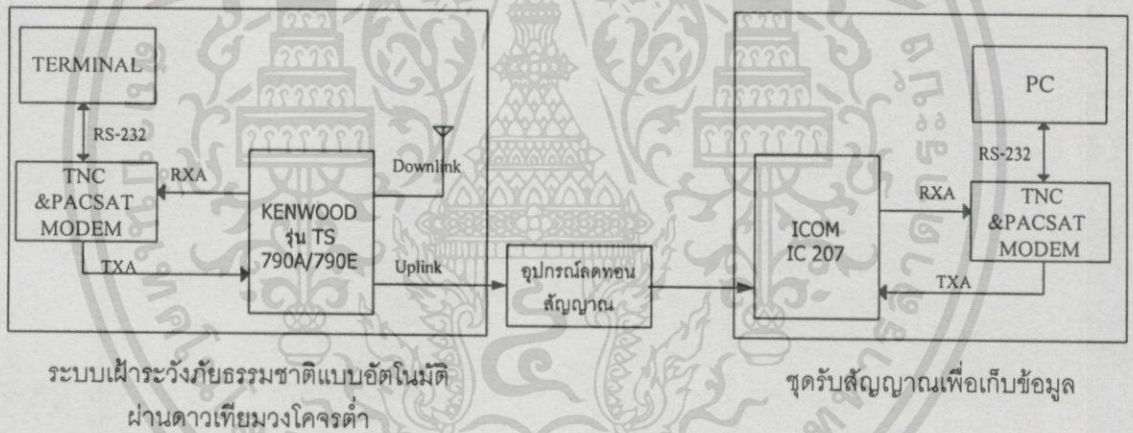
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 4.3 การทดลองการทำงานของระบบในการส่งข้อมูล

การทดลองนี้เพื่อหาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดในการสื่อสารข้อมูล และเป็นการบอกถึงความสามารถ (Performance) ของเครื่องส่งในระบบดิจิทัล โดยการประยุกต์เอาวิธีการหาบิตเออร์เรท (Bit Error Rate :BER) มาใช้ในการทดลอง การทดลองนี้จะการทดลองที่ค่า Free space loss ต่างๆ กัน

วงโคจรแบบ Polar Orbit ของดาวเทียมวงโคจรต่ำ จะทำให้มีระยะทางระหว่างดาวเทียมกับสถานีภาคพื้นดินแตกต่างกันไปเมื่อดำเนินการมองเห็นดาวเทียมแตกต่างกัน ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ดังนั้นเราจึงพบว่าที่ค่ามุม Elevation = 90 องศา จะเป็นตำแหน่งที่ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับสถานีภาคพื้นดินจะมีค่าน้อยที่สุด และมีค่า Free Space loss น้อยที่สุดด้วยเช่นกัน ในการทดลองนี้จึงเป็นการทดลองหาความผิดพลาดของสัญญาณที่ไปถึงเครื่องรับเมื่อส่งด้วยกำลังส่งคงที่ ในขณะที่ค่า Free space loss เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4.13 การต่อเครื่องมือและชุดทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ระบบระวังภัยธรรมชาติแบบอัตโนมัติ
2. อุปกรณ์ลดทอนสัญญาณ
3. ชุดรับสัญญาณและโปรแกรมเก็บข้อมูล

ในการทดสอบความสามารถในการส่งข้อมูลของระบบ ได้ทำการสร้าง PACSAT File ที่ประกอบด้วยข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิเป็น 29 องศา และจากอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในอากาศเป็น 46 มีขนาด 165 ไบท์ สำหรับเป็น File ในการทดลอง

## วิธีการทดลอง

1. กำหนดกำลังงานในการส่งจากเครื่องส่งที่ 10 วัตต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$10 \log \frac{10 \text{ W}}{1 \text{ mW}} = 40 \text{ dBm}$$

2. กำหนดให้ไม่มีสัญญาณรบกวน

3. ปรับค่าอุปกรณ์ลดทอนสัญญาณตามค่า Free space loss ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่า Free Space Loss ที่ระยะทางต่างกัน

Distance (KM)	3400	2890	2469	1858	1473	1226	1067	962
Free Space Loss (dB)	146.36	144.94	143.57	141.11	139.09	137.50	136.29	135.4

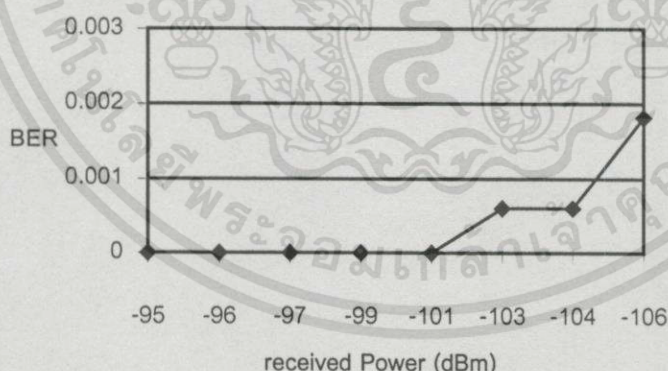
4. ทำการส่งและรับไฟล์ข้อมูล 10 ครั้ง รวมเป็นข้อมูลจำนวน 1650 บิต

5. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลหาบิตที่แตกต่าง

6. บันทึกจำนวนบิตที่แตกต่าง

7. หาค่า BER จาก

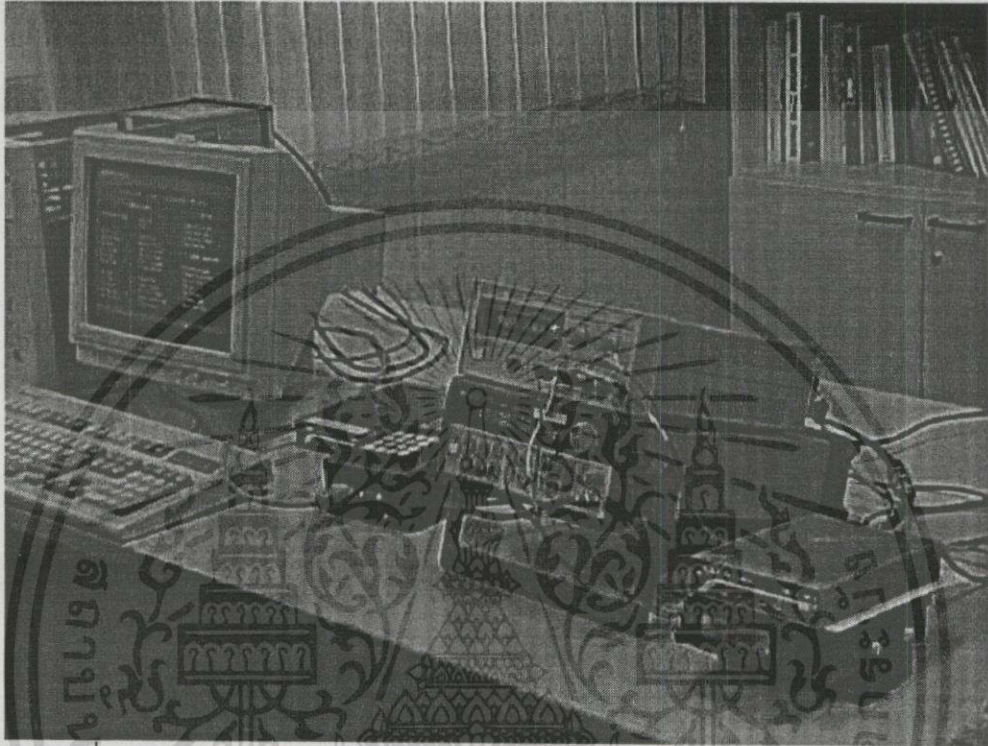
$$\text{BER} = \frac{\text{จำนวนบิตข้อมูลที่ผิดพลาด}}{\text{จำนวนบิตข้อมูลทั้งหมดที่ส่ง}}$$



รูปที่ 4.14 กราฟ BER เมื่อค่า Free Space loss เปลี่ยนไปตามระยะทาง

กราฟผลการทดลองในรูปที่ 4.14 แสดงผลของจำนวนบิตข้อมูลที่ผิดพลาดต่อจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ทำการส่งของแต่ละขนาดสัญญาณที่มาถึงเครื่องรับ ขนาดของสัญญาณที่มาถึงเครื่องรับจะถูกลดทอนลงไปตามค่า Free Space loss จากผลการทดลองนี้พบว่าข้อมูลที่มาถึงเครื่องรับมีความถูกต้องทุกบิต ถ้าหากขนาดของสัญญาณที่ไปถึงเครื่องรับมีมากกว่า -101 dBm และผิด

พลาด 1 บิต เมื่อขนาดสัญญาณที่เครื่องรับมีค่า  $-103$  dBm และ  $-104$  dBm ตามลำดับ ได้ค่า BER =  $6.06 \times 10^{-4}$  และผิดพลาด 3 บิต เมื่อขนาดของสัญญาณที่มาถึงเครื่องรับเหลือ  $-106$  dBm ได้ค่า BER =  $1.8 \times 10^{-3}$



รูปที่ 4.15 เครื่องมือและการต่อขณะทำการทดลอง

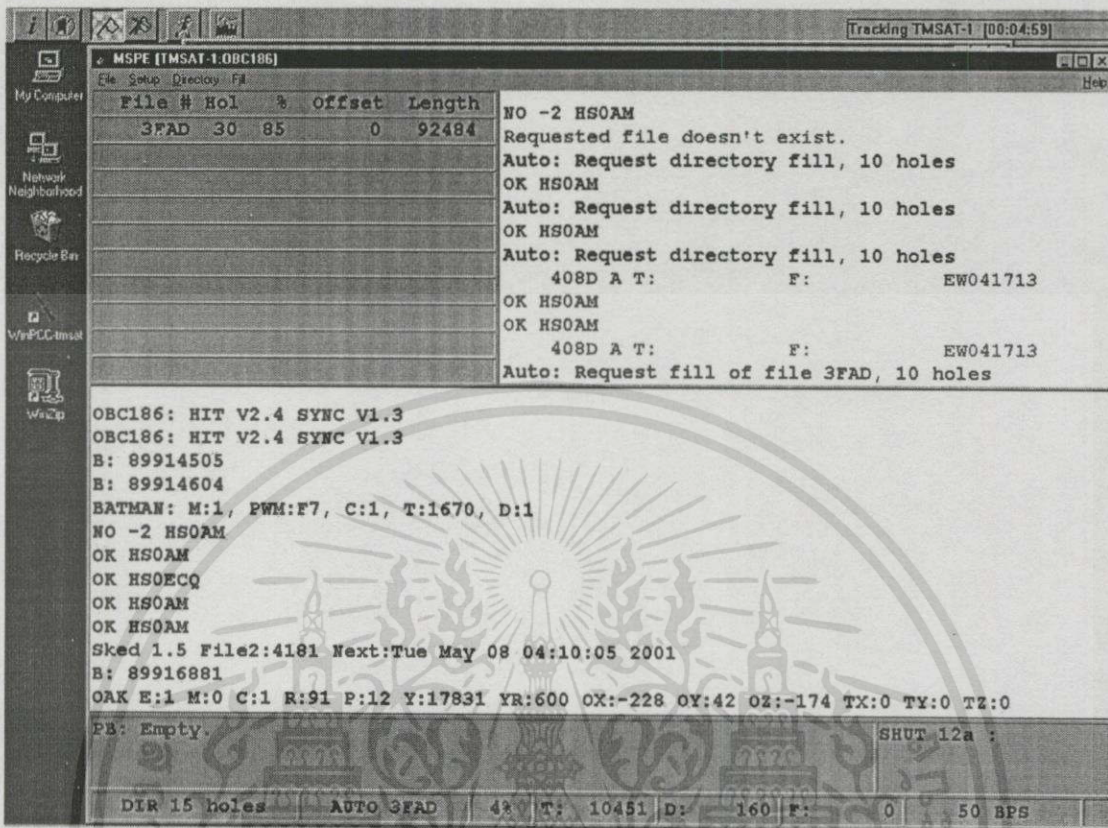
#### 4.4 ผลการทดลองการใช้งาน

สำหรับในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลที่ได้จากการนำระบบที่ได้ทำการออกแบบไว้มาใช้งาน และเนื่องจากว่าสายอากาศของระบบที่ออกแบบไว้เป็นแบบทิศทาง ในการทดลองใช้งานจึงทำการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

##### 4.4.1 การทดลองส่งข้อมูลกับดาวเทียมที่ตำแหน่งต่างๆ

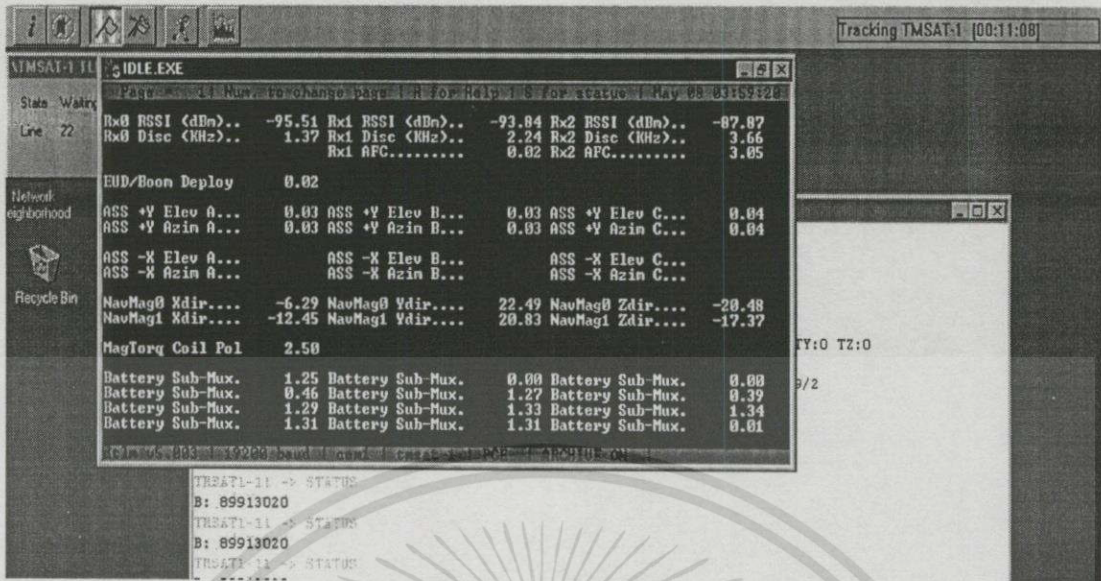
การทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาตำแหน่งของมุมของสายอากาศที่ดีที่สุดในการรับส่งข้อมูล ทำการทดลองโดยใช้มุม Elevation หรือมุมเงยเป็นค่าคงที่ 2 มุมคือ  $20^\circ$  และ  $30^\circ$  จากแนวระนาบพื้นดิน ส่วนมุม Azimuth หรือมุมกวาด ได้ใช้มุมต่างๆ กัน ระหว่าง  $0-360^\circ$  ทำการติดต่อแต่ละตำแหน่งเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยในการติดต่อแต่ละครั้งจะเลือกติดต่อเมื่อเส้นวงโคจรของดาวเทียมมีค่าแตกต่างกับมุม Azimuth ไม่เกิน  $15^\circ$  ซึ่งอาศัยโปรแกรมทำนายตำแหน่งดาวเทียมช่วยในการเปรียบเทียบตำแหน่งจริงของดาวเทียมในขณะทำการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 สภาวะของดาวเทียม เมื่อรับการติดต่อจากสถานีภาคพื้นดิน

การทดลองติดต่อกับดาวเทียมนั้น เพื่อจะสามารถบันทึกประสิทธิภาพของการติดต่อว่ามีประสิทธิภาพเพียงใดนั้น จะดูจากคอมพิวเตอร์ของสถานีควบคุมดาวเทียมไทยพัฒน์ในส่วนของ การแสดงภาวะการติดต่อจากสถานีภาคพื้นดินต่างๆ ซึ่งจะแสดงให้เห็นในช่วงเวลาขณะที่ดาวเทียมอยู่ ในรัศมีการติดต่อกับสถานีควบคุมนั้น ได้มีสถานีภาคพื้นดินอื่นใดบ้างที่กำลังใช้งานดาวเทียมร่วม อยู่ด้วย ดังในรูปที่ 4.16 ซึ่งปรากฏ Call sign HS0ECQ ซึ่งเป็น Call sign ของระบบที่ออกแบบไว้ ขึ้นอยู่ในรายชื่อสถานีที่ติดต่อกับดาวเทียมในขณะนั้น ภายหลังจากการส่งสัญญาณขอติดต่อออกไป รวมทั้งดูจากสถานะการทำงานของดาวเทียมในส่วนของวงจรถอดรับ ดังในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 สถานะของวงจรถ่วงต่างๆ ดาวเทียม

รูปที่ 4.17 เป็นหน้าจอของเครื่องคอมพิวเตอร์ของสถานีควบคุมดาวเทียมซึ่งแสดงสถานะการทำงานของวงจรถ่วงต่างๆ ของดาวเทียม สถานะของ Rx0 RSSI (dBm) จะบอกความขนาดของสัญญาณที่รับได้ที่ช่องสัญญาณความถี่ 145.925 MHz

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการติดต่อกับดาวเทียมเมื่อใช้มุม elevation = 20°

มุม Azimuth (องศา)	20	50	80	110	140	170	200	230	260	290	320	350
โอกาสติดต่อ (ครั้ง/สัปดาห์)	15-20	10-15	3-5	3-5	5-8	15-20	10-15	15-20	3-5	3-5	15-20	15-20
การติดต่อสำเร็จ (%)	70	60	20	20	20	70	80	90	60	20	60	60

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการติดต่อกับดาวเทียมเมื่อใช้มุม elevation = 30°

มุม Azimuth (องศา)	20	50	80	110	140	170	200	230	260	290	320	350
โอกาสติดต่อ (ครั้ง/สัปดาห์)	15-20	10-15	3-5	3-5	5-8	15-20	10-15	15-20	3-5	3-5	15-20	15-20
การติดต่อสำเร็จ (%)	70	70	30	20	20	80	90	100	70	20	70	70

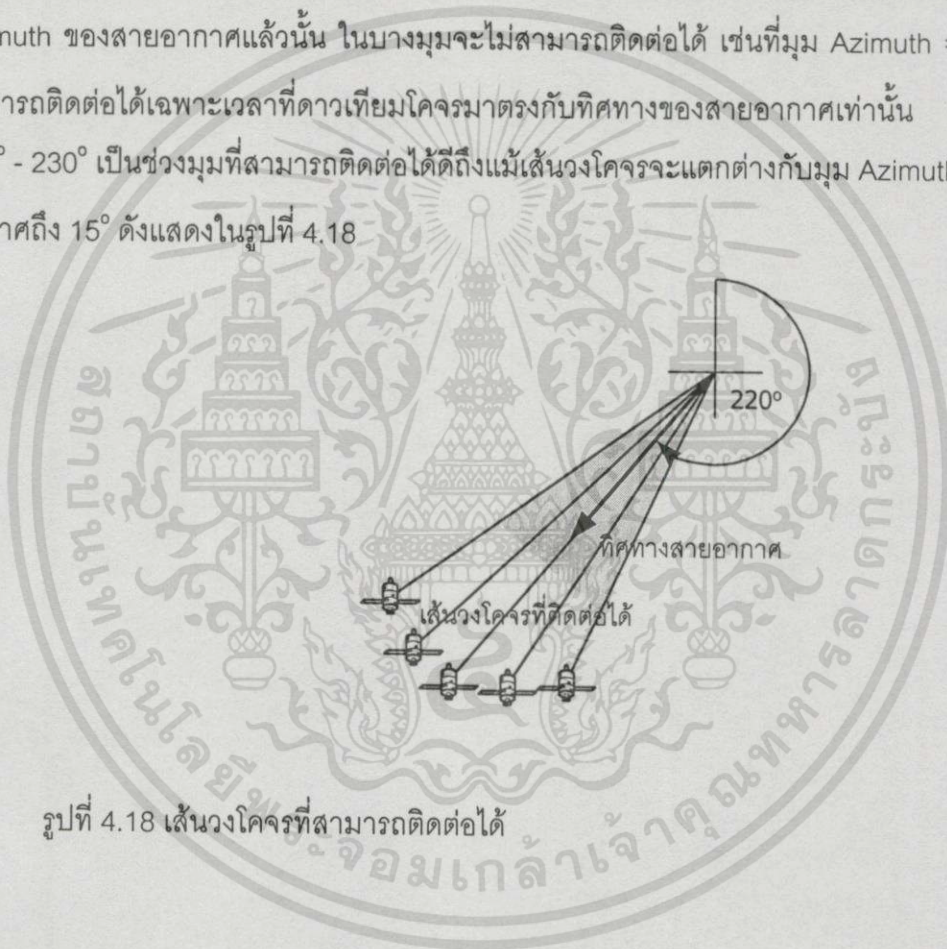
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการติดต่อกับดาวเทียมเมื่อใช้มุม elevation = 50°

มุม Azimuth (องศา)	20	50	80	110	140	170	200	230	260	290	320	350
โอกาสติดต่อ (ครั้ง/สัปดาห์)	15-20	10-15	3-5	3-5	5-8	15-20	10-15	15-20	3-5	3-5	15-20	15-20
การติดต่อสำเร็จ (%)	30	20	10	0	0	50	40	60	40	10	30	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองดังในตารางที่ 4.3 –4.5 พบว่าองค์ประกอบที่จะทำให้การติดต่อสำเร็จหรือไม่นั้น มีอยู่ 2 ประการคือตำแหน่งของดาวเทียมในขณะนั้นและระยะเวลาที่สามารถติดต่อได้ในการทดลองแต่ละครั้ง ค่ามุม Elevation ที่ทำการเปลี่ยนแปลงไประหว่าง  $20^{\circ}$  และ  $30^{\circ}$  นั้นให้ผลที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งในด้านของช่วงเวลาการติดต่อและประสิทธิภาพของการติดต่อสำเร็จ โดยค่ามุม  $30^{\circ}$  ให้ผลที่ดีกว่าเล็กน้อย ส่วนที่มุม  $50^{\circ}$  หรือมากกว่าให้ผลการติดต่อไม่ดี

ส่วนมุม Azimuth นั้นหากเป็นมุมที่ตรงกับเส้นทางโคจรของดาวเทียมในขณะนั้นพอดี ก็ทำให้การติดต่อครั้งนั้นสำเร็จเสมอ แต่ถ้าหากว่าดาวเทียมไม่ได้โคจรมาในเส้นทางโคจรที่ตรงกับมุม Azimuth ของสายอากาศแล้วนั้น ในบางมุมจะไม่สามารถติดต่อได้ เช่นที่มุม Azimuth =  $50^{\circ}$  นั้นสามารถติดต่อได้เฉพาะเวลาที่ดาวเทียมโคจรมาตรงกับทิศทางของสายอากาศเท่านั้น แต่ที่มุม  $200^{\circ}$  -  $230^{\circ}$  เป็นช่วงมุมที่สามารถติดต่อได้ดีถึงแม้เส้นทางโคจรจะแตกต่างกับมุม Azimuth ของสายอากาศถึง  $15^{\circ}$  ดังแสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 เส้นทางโคจรที่สามารถติดต่อได้

#### 4.4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

การทดลองนี้เพื่อต้องการดูความถูกต้องของการส่งข้อมูลเมื่อส่งจากต้นทางมาถึงยังปลายทางแล้ว ทำการทดลองโดยใช้มุมสายอากาศดังนี้คือ มุม Elevation = 30 , Azimuth = 220 ส่งข้อมูลจากระบบที่ออกแบบไว้ขึ้นสู่อาวเทียมไทยพัฒน์ ซ้ำๆ กันเป็นจำนวน 15 ครั้ง และใช้สถานีควบคุมดาวเทียมไทยพัฒน์ทำหน้าที่ในการรับข้อมูล

FileNum	S	To	From	Upload Time	F	Size	Title
10AC	N	HSUAM	H90ECO	0425 19Apr01		165	DATA
40A0	A			0327 19Apr01		80	AL010419
409F	A			0330 19Apr01		45222	EW041922
4099	A			1759 18Apr01		92484	EW041819
4097	A			1159 18Apr01		92484	EW041817
4094	A			0327 19Apr01		436	AL010418
4092	A			0034 19Apr01		2996	EL010418
4090	A	HSUAM	H90ECO	0559 18Apr01		165	DATA
408C	A			1330 17Apr01		45222	EW041712
408B	A			1159 17Apr01		92484	EW041711
408A	A			0445 18Apr01		528	BL010417
4089	A			0329 17Apr01		2894	CL010417
4084	A			0559 17Apr01		92420	EW041709
407D	A			0329 17Apr01		442	BL010416
407C	A			0840 16Apr01		2894	CL010416
4079	A			0330 16Apr01		45222	EW041604
4075	A			0559 16Apr01		92484	EW041603
4074	A			2359 15Apr01		92484	EW041502
4072	A			1330 15Apr01		45222	EW041500
4070	A			0840 16Apr01		528	BL010415

รูปที่ 4.19 ข้อมูลที่มาถึงสถานีหลัก

ที่สถานีหลักจะได้รับข้อมูลดังในรูปที่ 4.19 เมื่อดาวเทียมโคจรเข้ามายังพื้นที่ให้บริการ ข้อมูลที่ทดลองส่งจะถูกเลือกและดาวรีโหนดลงมาในเครื่องคอมพิวเตอร์ของสถานี

จากการทดลองนี้ เมื่อนำข้อมูลที่รับได้ที่สถานีหลักมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้ส่งมานั้น พบข้อมูลมีความถูกต้องทุกครั้ง

#### 4.4.3 การทดลองการดาวรีโหนดข้อมูลกับ PC

การทดลองนี้เป็นการดาวรีโหนดข้อมูลในหน่วยความจำของระบบซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของ PACSAT File ข้อมูลทั้งหมดที่เก็บไว้สามารถดาวรีโหนดมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลโดยใช้โปรแกรม XTALK ในการเชื่อมต่อผ่านทาง Serial Port ตามมาตรฐาน RS 232 ด้วยอัตราการส่ง 9600 บิตต่อวินาที



## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลอง โดยให้ระบบระบบเผื่อระยะรังสีธรรมชาติแบบอัตโนมัติ ผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำที่ออกแบบไว้ ทำการเก็บข้อมูลและส่งข้อมูลขึ้นสู่อาวเทียม แล้วใช้สถานีควบคุมดาวเทียมไทยพัฒน์ทำหน้าที่ในการรับข้อมูล ด้วยกำลังส่งขนาด 10 วัตต์ ผ่านสายอากาศแบบ Cross Yagi ที่มีค่าทวิกำลังประมาณ 5.5 dBm โดยใช้มุมการส่งต่างๆ กันดังในตารางที่ 4.3 -4.5 พบว่า สามารถติดต่อส่งข้อมูลขึ้นสู่อาวเทียมได้ดีในบางมุมและไม่สามารถติดต่อได้ในบางมุม ส่วนการรับข้อมูลและความถูกต้องของข้อมูลที่รับได้ที่สถานีหลักนั้น พบว่าสถานีหลักสามารถรับข้อมูลได้และข้อมูลที่รับได้มีความถูกต้องทุกครั้ง

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทดลองเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณ 2 ชนิดคืออุณหภูมิและความชื้นมาทำเป็นเพิ่มข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะที่เรียกว่า PACSAT File แล้วทำการส่งขึ้นสู่อาวเทียมไทยพัฒน์ซึ่งเป็นดาวเทียมวงโคจรต่ำ โดยในการส่งได้ทำการเปลี่ยนมุมของสายอากาศทั้งมุม Azimuth และมุม Elevation รวมทั้งทดลองส่งข้อมูลที่แตกต่างกันไปยังสถานีหลัก สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

1. จากตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นตารางข้อมูลที่ได้จากวงจรตรวจวัดสัญญาณทั้ง 2 ชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าจากเครื่องมือวัดนั้น ในส่วนของอุณหภูมิมีความถูกต้องตรงกัน แต่ข้อมูลในส่วนของความชื้นในอากาศนั้น ยังมีความผิดพลาดอยู่ แต่ก็ให้ผลที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ความผิดพลาดของข้อมูลที่ได้จากวงจรตรวจวัดความชื้นนั้น มีสาเหตุจากการที่บางครั้งการเปลี่ยนแปลงค่าของผลรวมของตัวเก็บประจุทั้ง 2 ตัวในวงจรตรวจวัดความชื้น ไม่ได้เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของตัวเก็บประจุ  $C_2$  เพียงตัวเดียว กล่าวคือมีการเปลี่ยนแปลงค่าของ  $C_1$  ซึ่งเป็นตัวเก็บประจุหลักอันเนื่องจากสิ่งแวดล้อมด้วย
2. จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.14 ซึ่งเป็นผลจากการทดลองส่งสัญญาณไปยังเครื่องรับ โดยการจำลองการลดทอนของสัญญาณอันเนื่องจากระยะทาง โดยการคำนวณระยะทางจากตำแหน่งของดาวเทียมที่อยู่ห่างจากสถานีในมุม Elevation ที่แตกต่างกัน พบว่าควรใช้มุม Elevation มากกว่า 15 องศา ในการติดต่อกับดาวเทียม เนื่องจากที่มุม Elevation ต่ำกว่า 15 องศาจะไป จะมีค่า Free Space Loss สูง จนทำให้ข้อมูลที่ไปถึงเครื่องรับเกิดความผิดพลาด

3. จากตารางที่ 4.3-4.5 และรูปที่ 4.18 ซึ่งเป็นตารางและรูปซึ่งแสดงผลของมุมของสายอากาศที่สามารถติดต่อกับดาวเทียมได้นั้น ส่วนหนึ่งเป็นผลจากคุณสมบัติของการแพร่กระจายคลื่นสัญญาณของสายอากาศที่เลือกใช้
4. จากการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งจากต้นทางด้วยระบบที่ออกแบบไว้มาถึงสถานีปลายทาง พบว่าข้อมูลไม่มีความผิดพลาดเลย ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบของการสื่อสารข้อมูลที่ใช้คือ PACSAT Protocol นี้มีการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลอยู่แล้ว

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเห็นได้ว่าระบบที่ออกแบบนี้สามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลจากพื้นที่ที่ต้องการแทนมนุษย์ได้อย่างดี โดยจากการส่งข้อมูลที่เก็บจากวงจรตรวจวัดความชื้น และตรวจวัดอุณหภูมิจากพื้นที่เป้าหมาย มายังสถานีหลักอย่างต่อเนื่องทำให้สามารถคาดเดาสภาวะอากาศของพื้นที่เป้าหมายล่วงหน้าได้โดยง่าย อีกทั้งหากต้องการทราบข้อมูลด้านอื่นเพิ่มเติมก็สามารถที่จะเพิ่มอุปกรณ์ตรวจวัดชนิดนั้นๆ เพิ่มเข้าไปได้

### 5.2 ข้อควรปรับปรุงและเสนอแนะ

เนื่องจากระบบที่ออกแบบนี้ นำไปใช้กับดาวเทียมที่ใช้ความถี่ในโหมด JD ซึ่งความถี่ขาขึ้นหรือความถี่อัปลิงค์ ซึ่งเป็นความถี่ที่ใช้ในการส่งสัญญาณขึ้นสู่อวกาศนั้นเป็นความถี่ย่าน VHF ทำให้ไม่สามารถใช้สายอากาศที่มีอัตราทวีกำลังมากๆ ได้ เพราะจะทำให้สายอากาศมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ประกอบกับความถี่ที่ใช้เป็นความถี่ย่านนักวิทยุสมัครเล่น ในบางพื้นที่หรือบางมุมการใช้งานนั้นมีสัญญาณรบกวนมากจนทำให้ค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (S/N) ต่ำจนทำให้ประสบปัญหาในการส่งสัญญาณคือไม่สามารถติดต่อกับดาวเทียมได้ถึงแม้จะหันสายอากาศไปในทิศทางเดียวกับดาวเทียมแล้วก็ตาม ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาที่นั่นสามารถทำได้โดยการใช้กำลังส่งของเครื่องส่งให้สูงขึ้น แต่ก็จะทำให้กำลังงานของแหล่งจ่ายกำลังงานคือแบตเตอรี่นั้นหมดเร็วขึ้นอายุการใช้งานในแต่ละครั้งก็จะลดลงด้วย แต่หากใช้วิธีการเพิ่มขนาดของสายอากาศให้มีอัตราทวีกำลังมากขึ้น ก็สามารถเพิ่มค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนให้สูงขึ้นได้ โดยมีอัตราสิ้นเปลืองกำลังงานเท่าเดิม

## เอกสารอ้างอิง

- [1] J. W. Ward, "Design, Implementation and In-Orbit Demonstration of a Store-and-Forward Digital Communication System for Low Earth Orbit Microsatellites," Ph.D. Thesis, Centre for Satellite Engineering Research, University of Surrey, UK. 1993
- [2] M. Davidoff, *The Satellite Experimenter's Handbook*, The American Radio Relay League, 1990
- [3] J. Ward, "PG PACSAT FILE UPLOADER," Documentation for PG., 1992.
- [4] J. Ward and H. E. Price, "PACSAT FILE HEADER DEFINATION," Documentation for PFH., Centre for Satellite Engineering Research, University of Surrey, UK., 1992
- [5] J. Sellers et.al., *Understanding space an introduction to Astronautics*, McGraw-Hill, Inc., 1994.
- [6] ฉัตรเพชร นุณยเกตุ และคณะ "สถานีภาคพื้นดินของดาวเทียม TMSAT," การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 19, หน้า CM151 - CM154 , พ.ศ. 2539
- [7] สามารถคอร์เปอร์เรชั่น บริษัท เปิดโลกทัศน์สู่การสื่อสารผ่านดาวเทียม : เนชั่น พับลิชชิ่ง
- [8] PacComm Packet Radio System, Inc., TINNY-2 MK-2, Technical Reference Manual 1995
- [9] Phillips Semiconductors, "80C51-Based 8-bit Microcontrollers," Phillips Semiconductors, pp.3-869 - 3-968, 1996.
- [10] S. Haykin. *Digital Comunication*, John Wiley & Sons Inc, 1998.

ภาคผนวก ก.

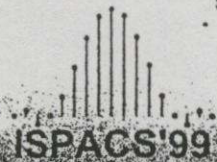
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# PROCEEDINGS



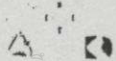
95

## 1999 IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems



### *Signal Processing and Communications Beyond 2000*

December 8-10, 1999



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## The automatic disaster monitoring systems using low earth orbit satellite

Sujate Jantarang\*, Thanyawat Phungsangchotchung\*\* and Fusak Chewasuwit\*\*

\* Mahanakorn university of technology, 51 CheumSampan Rd., Nongchok, Bangkok Thailand 10530

\*\* King Mongkut's Institute of Technology Chaokhunthaharn Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520

Email: wat@mut.ac.th

### Abstract

The environmental protection from disaster especially natural forest fire in the remote area is major concern around the world. The images from satellites are used to monitor the change of the target area. The major difficulties of this technique are the revisit time of satellite, cost, image quality and weather. This paper presents the designing and construction of the automatic disaster monitoring systems using low earth orbit satellite. The system consists of antenna, transmitter/receiver, TNC, an 80592 microcontroller and sensors. The sensors used to measure temperature, moisture and wind speed. The data acquired will be sending via store-and-forward payload of the low earth orbit microsattellites to the groundstation for further processing. This technique is low cost, reliable and does not limit by weather.

### 1. Introduction

The natural resource problems such as forestry destruction and water resources become much more serious in many countries especially in Asia. The forestry destruction can be human or natural causing the draught problem. The natural forest fire usually happens during summer because of dry and hot wind. The way to reduce the damage caused by the fire is to monitor the areas that have a high risk, but some areas are not easy to access regularly. The remote sensing image from a satellite can be used to monitor the evolution of forest such as colour in the suspect area [1]. The limitation of this method is the revisit time of the satellite to that area. In addition the cost of getting an image is quite high, and there needs to be a post-processing to analyse the data. The other limitation is the areas around the equator are usually very cloudy, and this will block the satellite from taking an image over the target areas.

This research is to develop a smart automatic disaster monitoring system using low earth orbit satellites to improve the above limitation. The low earth orbit satellites working with this system are Thai-Puht, Kitsat-2, Kitsat-3 and Uosat-5, all of which have the orbit altitude between 750-1310 kms. These satellites have the capability of store-and-forward communications using a packet protocol [2, 3, 4]. In the store-and-forward system, data will be send from a ground station to satellite and kept until other ground station want to download. The system architecture has shown in Fig. 1. Thailand, which locates between the latitude 5°N - 21°N will have those four satellites come in range 12-16 times a day. The satellite such as Thai-Puht having the average height of 815 kms above ground will have the maximum

period of 17 minutes per orbit for the ground station with a tracking antenna to communicate with. The developed system can be placed in a remote area that needs to be monitored such as the highly risky area of having fire.

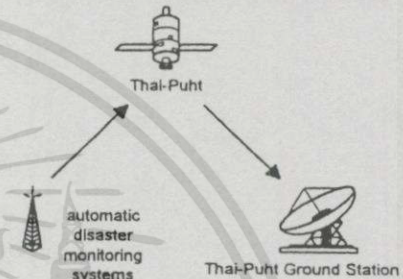


Fig.1. The store-and forward communication

### 2. The systems design

The temperature sensor (Sensor 1) and the humidity sensor (Sensor 2) will be connected to the system depicted as the block diagram shown in the Fig.2.

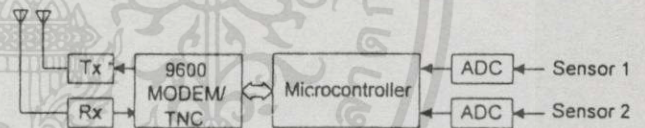


Fig.2 Block diagram of the automatic disaster monitoring systems

The microcontroller will be in idle mode until satellite come in range. The systems know these times from schedule file in the monitor program and will updated by download from the satellite every 2 weeks. These schedule files calculate from the 2-lines Keplerian element [6], antenna's pattern and the location of each system. The data will be send or receive through Terminal Node Controller (TNC), 9600 bit/sec modem [7] and 10 watts transmitter (TX). The signal from the transmitter will be fed to the VHF (145 MHz) Yagi antenna [8, 9] which has a gain of 10 dBd and has the beamwidth of 40 degree. The signal from a satellite will be received by an UHF (436 MHz) cross-Yagi antenna with 8 dBd gain and 45 degree beamwidth. Then, it is fed to the receiver (RX), the TNC, the 9600 bit/sec modem and the microcontroller. The transmitting and receiving antenna patterns are shown in Fig.3a. and Fig.3b. respectively. This receiver will be used during the protocol handshaking and downloading the schedule file. The antennas in this system will not track the satellite but will point to an optimum

azimuth and elevation to reduce the complexity and the power consumption of the system. The microcontroller 83C592 [5] which has a 10-bit A/D converter and an 8-channel multiplexer will convert voltage from the sensors every 10 minutes and kept in the memory. The file header such as receiver and sender's name will be attach to the acquired data to arrange as a file before sending to satellite. The header format is shown in Fig.4.

id. No	Length	Interpretation	id. Ng.	Length	Interpretation
0x01	4	file number	0x13	1	download count
0x02	8	file name	0x14	variable	destination
0x03	3	file ext	0x15	6	ax25 downloader
0x04	4	file size	0x16	4	download time
0x05	4	create time	0x17	4	expire time
0x06	4	last modified time	0x18	1	priority
0x07	1	single even flag	0x19	1	compression type
0x08	1	file type	0x20	1	bbs message type
0x09	2	body checksum	0x21	variable	bulletin id number
0x0a	2	header checksum	0x22	variable	title
0x0b	2	<body offset>	0x23	variable	keywords
0x10	variable	source	0x24	variable	file description
0x11	6	ax25 uploader	0x25	variable	user file name
0x12	4	upload time	0x26	variable	

Fig.4 PACSAT File Header syntax

The file transfers protocol between microsatellite and the design system using PACSAT protocol, which is widely use in most of amateur radio satellites. The file will be divided into blocks of 2048 bytes called packet. Each packet has leading of 11 bits for length of data and 5 bits for type of data followed as shown in Fig.5.

Length	Type	Data
11 bits	5 bits	0-2047 bytes

Type	Packet Interpretation
0	Upload Data
1	End Of Data
2	Login Respond
3	Upload Request
4	Upload Request Acp.
5	Upload Error Resp.
6	Upload File Ack.
7	Upload Failure

Fig.5 Packet header format and description

The upload as shown in Fig.6 starting when satellite comes in range that the system can receive signal. The ground section will start upload file after the satellite acknowledges to request from the groundstation until end of file. Only the packets that have error called hole will requested by satellite to repeat upload until the entire file upload complete. The download of schedule from satellite will initiate when the designing systems send request to download any file from satellite. The satellite will send acknowledge and start sending packets of data. The download will complete when all the holes are filled.

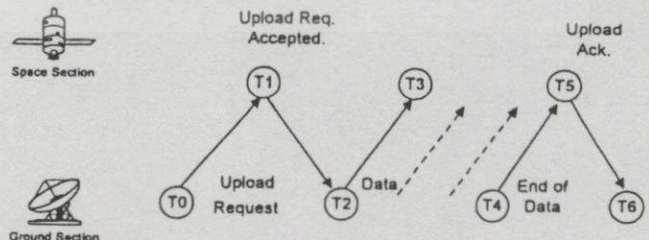


Fig.6 Data transfer protocol

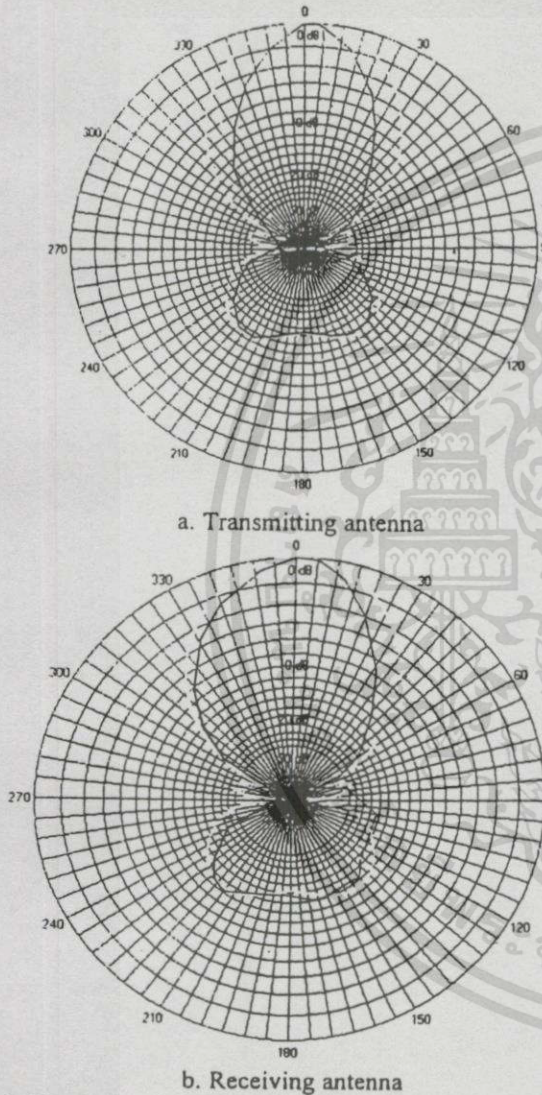


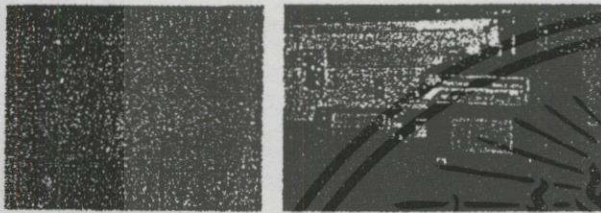
Fig.3. The transmitting and receiving antenna pattern.

Identifier	Length	Data
2 bytes	1 byte	0-255 bytes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 248 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. Experimental

The actual systems had shown in Fig.7. This system operates with 12 V 70Ahr for 4 months without charging any battery. The test system installed at latitude 13°50'42" N longitude 100°51'26" W. The transmit power is 10 watts. The elevation angle is 30 degree and the azimuth angle reference to the earth north varies from 0 to 360 degrees with 30 degrees step size. This system had test with Thai-Paht satellite for 1 months. The result shown that at 225 degrees of azimuth the satellite has the highest of successful link.



a. The antennas                      b. The computer system

Fig.7. The actual systems

### 4. Conclusion

This presented system is at low cost. There are only the equipment cost and no need of human monitoring. The data will be monitored all the time. The RF interference in a remote area that will block the communication is very low. The reliability of getting data every day is very high due to the numbers of satellite pass in each day. The protected area can be divided into cells and the monitoring system in each cell does not need to communicate with the satellite but can send the data to central system for an uplink. The system can have up to 8 sensors. More sensors such as rainfall measurement and wind speed can be connected. The data can be used to predict the water resources more precisely.

### References

- [1] T. Lillesand and R. Kiefer, "Remote sensing and image interpretation," John Wiley & Sons, Inc., 1994.
- [2] Jeffrey W. Ward. "Design, Implementation and In-Orbit Demonstration of a Store-and-Forward Digital Communication System for Low Earth Orbit Microsatellites," Ph.D. Thesis, Centre for Satellite Engineering Research, University of Surrey, UK. 1993
- [3] Jeff Ward. "PG PACSAT FILE UPLOADER," Documentation for PG., 1992.
- [4] Jeff Ward and Harold E. Price "PACSAT FILE HEADER DEFINATION", Documentation for PFH., Centre for Satellite Engineering Research, University of Surrey, UK. 1992
- [5] Phillips Semiconductors, "80C51-Based 8-bit Microcontrollers," Phillips Semiconductors, pp.3-869 - 3-968, 1996.
- [6] J. Sellers and et.al., "Understanding space an introduction to Astronautics," McGraw-Hill, Inc., 1994.
- [7] PacComm Packet Radio System, Inc. "TINNY-2 MK-2 Technical Reference Manual," 1995.

[8] Martin davidoff, "The Satellite Experimenter's Handbook," The American Radio Relay League, 1990

[9] R. Dean Straw, "The ARRL antenna book 17<sup>th</sup> edition", The American Radio Relay League, 1994.

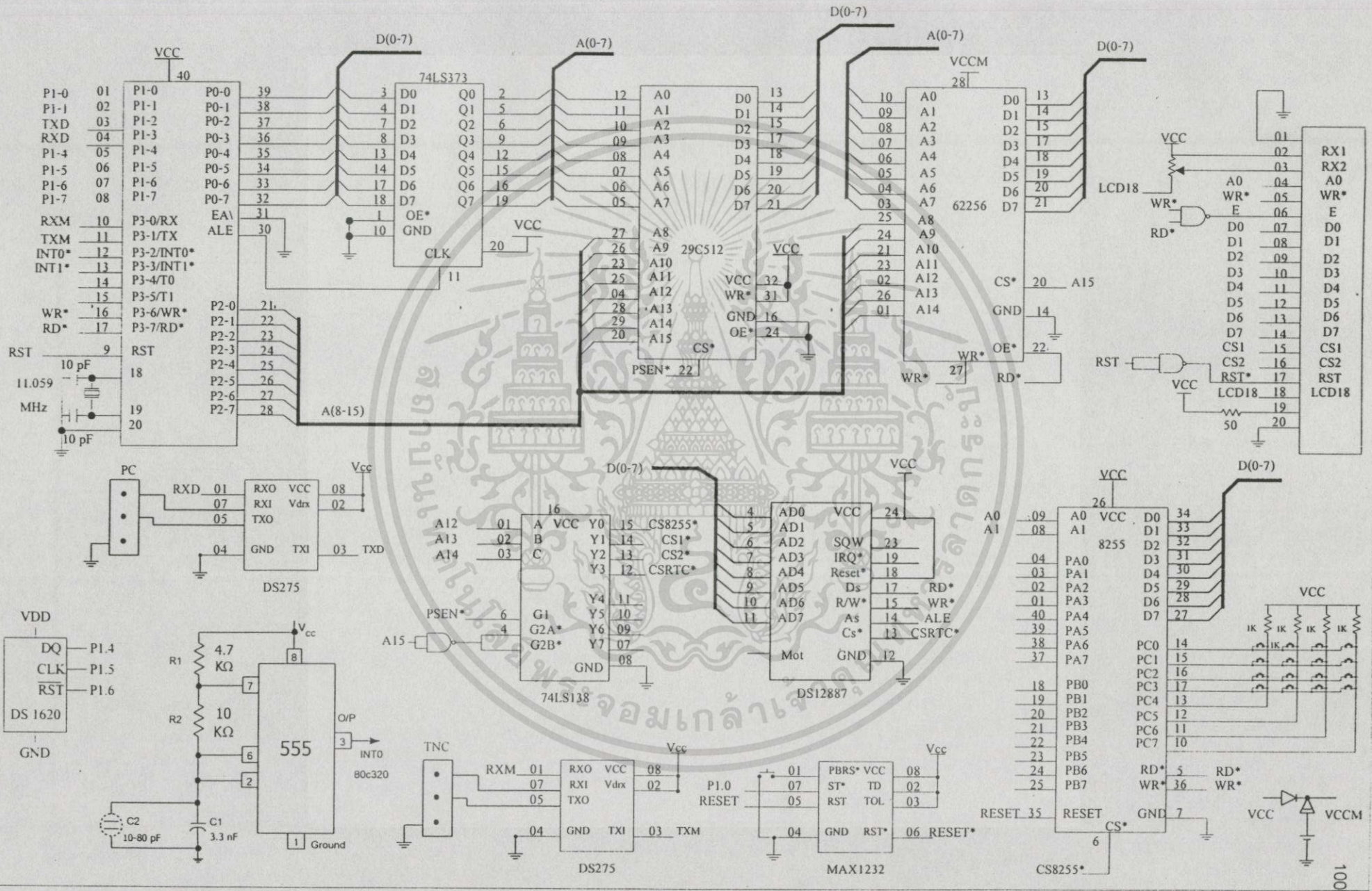
[10] C. Bunyakate, P. Hongprayoon, Chris Jackson and S. Jantarang, "TMSAT Groundstation," Proceeding. EECOM 19th," pp. CM151-154, 1996.

ภาคผนวก ข.

วงจรมบูรณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค.

รายละเอียดโปรแกรมต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CPU*8051.TBL*
HOF*INT8*
INCL*HEAD51.H*

:
SCON1: EQU 0C0H ;SERIAL CONTROL
RI1: EQU 0C0H
TI1: EQU 0C1H
SBUF1: EQU 0C1H
SMOD_1: EQU 0DFH
T2CON: EQU 0C8H
T2MOD: EQU 0C9H
RCAP2L: EQU 0CAH
RCAP2H: EQU 0CBH
TR2: EQU 0CAH
TL2: EQU 0CCH
TH2: EQU 0CDH

:
:MODULE SHOW ANY MESSAGE THAT BE DISPLAYED
:
FG_BICO: EQU 14H
FG_MSG: EQU 15H
BUFFER: EQU 40H
BUFFER1: EQU 41H
DROP: EQU 42H
KEY_OLD: EQU 43H
SECONDS: EQU 44H
MINUTES: EQU 45H
HOURS: EQU 46H
DAY_WEEK: EQU 47H
DAY_MONTH: EQU 48H
MONTH: EQU 49H
YEARS: EQU 4AH
BUF: EQU 4BH
BUF1: EQU 4CH
BUF2: EQU 4DH
BUF3: EQU 4EH
C_CS: EQU 4FH
SENSOR_C: EQU 50H
SENSOR_T: EQU 51H
ADD_PACL: EQU 52H
ADD_PACH: EQU 53H

:
:***** BIT ADDRESS *****
FLAG_SERIAL: EQU 00H
:***** EQU VALUE *****
BUF_SENSOR: EQU 500H ;(0FFFH)
PACSAT: EQU 1000H ;(7FFFH) ;1 FILE = 165D
BUFFER_DATA: EQU 0000H ;(04FFH)
COUNT: EQU 0A00DH ;จำนวนครั้ง ติดต่อกว่าเทียม
:ADD A00EH - 21H KEEP TIME
:CONNECT SAT
:ADD 22H - 24H ;KEEP STATUS
:KEEP NAME 25H
:KEEP TIME IN SENSOR 26H-27H
:
:
ORG 0000H
LJMP MAIN_P
ORG 0003H
LJMP EX0ISR
ORG 0030H

EX0ISR: MOV A,C_CS
CJNE A,#00,EX0ISR1
SETB TR0
INC C_CS
SJMP EX0_OUT
EX0ISR1: .. MOV A,C_CS
CJNE A,#01,EX0_OUT
CLR TR0
INC C_CS
EX0_OUT:
RETI
:
:SUB ROUTINE INI SERIAL PORT 1
:BUAD 9600 bps
:
INI_SERIAL1::CONNECT TO PC
MOV SCON,#52H
MOV T2MOD,#21H
MOV TH1,#253D
SETB TR1
DFB 22H
:
:SUB ROUTINE INI SERIAL PORT 2
:BUAD 4800 bps
:CONNECT TNC
:
INI_SERIAL2:
MOV SCON1,#52H ;SERIAL1 NEW
MOV T2CON,#20H ;USE SERIAL1 ALSO RCLK=1,C/T2=0
MOV RCAP2L,#0B8H ;SERIAL0 9600B.S
MOV RCAP2H,#0FFH
SETB TR2 ;START TIMER2
MOV SBUF1,#00
RET
:
:SUB ROUTINE RECEIVE PC
:INPUT NONE
:OUT BUFFER
:
RECEIVE_PC: MOV BUFFER,#0FFH
JNB RI,RECEIVE_POUT
CLR RI
MOV BUFFER,SBUF
RECEIVE_POUT:
DFB 22H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

.....
:SUB ROUTINE SEND PC
:INPUT BUFFER
:OUTPUT NONE
.....
SEND_PC:
    JNB TI,$
    CLR TI
    MOV SBUF,BUFFER
    DFB 22H
.....
:RECEIVE FORM SLAVE
:RECEIVE TNC
:INPUT NONE
:OUTPUT BUFFER1
.....
RECEIVE_SL:
    MOV BUFFER1,#0FFH
    JNB RI1,REC1_OUT
    CLR RI1
    MOV BUFFER1,SBUF1
REC1_OUT:
    DFB 22H
.....
:SEND TO TNC
:INPUT BUFFER1
:OUTPUT NONE
.....
SEND_SL:
    JNB TI1,$
    CLR TI1
    MOV SBUF1,BUFFER1
    RET
.....
:SUB ROUTINE SEND DATA FROM RAM
:KEEP STATUS TO PC
:INPUT NONE
:OUT NONE
.....
SEND_DATA:
    MOV DPTR,#BUFFER_DATA
PC_RAM:
    MOVX A,@DPTR
    CJNE A,#$*,PC1_RAM
    SJMP PC2_RAM
PC1_RAM:
    MOV BUFFER,A
    LCALL SEND_PC
    INC DPTR
    SJMP PC_RAM
PC2_RAM:
    DFB 22H
.....
:NAME TNC
.....
MY_NAME:
    LCALL CMD_ENTER
    LCALL C_CMD
    LCALL DELAY
    MOV DPTR,#MY
    LCALL DISP_LCMT
    LCALL C_CMD
    LCALL DELAY
    MOV DPTR,#NAME_IS
    LCALL DISP_LCMT
    LCALL C_CMD
    MOV DPTR,#0A025H
    MOV A,#A
    MOVX @DPTR,A
    LCALL DELAY
    DFB 22H
.....
DELAY:
    MOV R0,#00
    MOV R1,#00
DELAY1:
    DJNZ R0,$
    DJNZ R1,DELAY1
    DFB 22H
.....
:ROUTINE SCAN KEY
:INPUT NONE
:OUTPUT A
.....
SCAN_KEY:
    MOV R0,#11111110B
NOTPRESS:
    LCALL CHKROW
    LCALL SCAN
    JZ NOTPRESS
    MOV B,A
    LCALL DLAYKEY
    LCALL SCAN
    CJNE A,B,NOTPRESS
    LCALL FROW
    LCALL FCOL
    LCALL FSCODE
    RET
.....
CHKROW:
    PUSH A
    MOV A,R0
    RL A
    CJNE A,#11101111B,ROT_L
    MOV R0,#11111110B
    SJMP OUT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ROT_L:                                CLR TR0
MOV R0,A                               RET
OUT:
POP A
RET
SCAN:
MOV A,R0
MOV DPTR,#8003H
MOVX @DPTR,A
MOVX A,@DPTR
SWAP A
ORL A,#0FH
CPL A
RET
FROW:                                LCALL SCAN_KEY
PUSH A
MOV A,R0
CLR C
CPL A
MOV R6,#00
F_RLP:                                CHECK_ESC:
RRC A                                  CJNE A,#'E',CHECK_HELP
JC OUTF                                LCALL CLRSCRN
INC R6                                  LCALL SHOW_MANU
SJMP F_RLP                              MOV KEY_OLD,A
OUTF:                                  DFB 22H
POP A
RET
FCOL:                                CHECK_HELP:
PUSH A                                  CJNE A,#'H',CHECK_HELP
MOV A,B                                  LCALL CLRSCRN
SWAP A                                  MOV DPTR,#HELP
CLR C                                    LCALL DISP_LCMT
MOV R7,#00                              MOV KEY_OLD,A
FCLP:                                  DFB 22H
RRC A
JC OUTC
INC R7
SJMP FCLP
OUTC:                                CHECK_F1:
POP A                                  CJNE A,#'F',CHECK_UP
RET                                     DFB 22H
FSCODE:                                CHECK_UP:
MOV A,R6                                  CJNE A,#'U',CHECK_ENTER
RL A                                      LCALL CLRSCRN
RL A                                      LCALL SHOW_MANU1
ORL A,R7                                  MOV KEY_OLD,A
MOV R5,A                                  DFB 22H
RET                                       MOV KEY_OLD,A
DLAYKEY:                                CHECK_ENTER:
MOV TH0,#0D7H                            CJNE A,#'T',CHECK_DOWN
MOV TL0,#0EFH                            MOV KEY_OLD,A
SETB TR0
JNB TF0,$
CLR TF0
CHECK_DOWN:
CJNE A,#'D',CHECK_NUM1
LCALL CLRSCRN
LCALL SHOW_MANU
MOV KEY_OLD,A
DFB 22H
CHECK_NUM1:
CJNE A,#1,CHECK_NUM2
MOV KEY_OLD,A
LCALL SETTIME
DFB 22H
CHECK_NUM2:

```

```

CJNE A,#2,CHECK_NUM3
MOV KEY_OLD,A
LCALL TIME_SAT
DFB 22H
CHECK_NUM3:
CJNE A,#3,CHECK_NUM4
MOV KEY_OLD,A
LCALL STATUS
DFB 22H
CHECK_NUM4:
CJNE A,#4,CHECK_NUM5
MOV KEY_OLD,A
LCALL KEEP_PACSAT
DFB 22H
CHECK_NUM5:
CJNE A,#5,CHECK_NUM6
LCALL TIME_SENSOR
MOV KEY_OLD,A
DFB 22H
CHECK_NUM6:
CJNE A,#6,CHECK_NUM7
LCALL DOWN_LOAD
MOV KEY_OLD,A
DFB 22H
CHECK_NUM7:
MOV KEY_OLD,A
DFB 22H
TABLE_KEY:
DFB "E",00H,04H,08H,"H",01H,05H,09H,
DFB "F",02H,06H,"U","T",03H,07H,"D",
:
;E = ESC ;H = HELP ;F = F1 ;U = UP ;T = ENTER ;D = DOWN
;.....
;DOWN LOAD DATA TO PC MANU 6
;.....
DOWN_LOAD: LCALL CLRSCRN
MOV DPTR,#LOAD_PC
LCALL DISP_LCMT
DOWN_LOAD1:
MOV BUFFER,#0AAH
LCALL SEND_PC
LCALL RECEIVE_PC
MOV A,BUFFER
CJNE A,#0FFH,DOWN_LOAD2
SJMP DOWN_LOAD1
MOV R0,#30
MOV B,#165
MOV DPTR,#0A00DH
MOVX A,@DPTR
MUL AB
MOV BUF,A
MOV BUF1,B
MOV DPTR,#PACSAT
DOWN_LOAD2:
MOVX A,@DPTR
INC DPTR
LCALL SEND_PC
DJNZ BUF,DOWN_LOAD2
DJNZ BUF1,DOWN_LOAD2
DJNZ R0,DOWN_LOAD2
LCALL CLRSCRN
LCALL SHOW_MANU
DFB 22H
;.....
; KEEP PACSAT FILE **
;MANU 4
;.....
KEEP_PACSAT:
MOV DPTR,#0A022H
MOVX A,@DPTR ;DAY_MONTH
MOV BUF,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR ;HOUR
MOV BUF1,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR ;MINUTE
MOV BUF2,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

KEEP1_PACSAT:
    LCALL CLRSCRN
    MOV  CURROW,#00H
    MOV  CURCOL,#00H
    MOV  DPTR,#D_PACSAT
    LCALL DISP_LCMT
    LCALL SCAN_KEY
    CJNE A,#0FFH,KEEP2_PACSAT
    SJMP KEEP1_PACSAT

KEEP2_PACSAT:
    CLR  C
    SUBB A,BUF
    MOV  BUF,A
    LCALL FIND_ADDRESS
    MOV  DPH,R1
    MOV  DPL,R0
    LCALL DISP1_LCM

KEEP22_PACSAT:
    LCALL SCAN_KEY
    CJNE A,#'E',KEEP3_PACSAT
    LCALL CLRSCRN
    LCALL SHOW_MANU
    DFB  22H

KEEP3_PACSAT:
    CJNE A,#'U',KEEP4_PACSAT
    LCALL CLRSCRN
    LCALL DISP1_LCM
    SJMP KEEP22_PACSAT

KEEP4_PACSAT: CJNE A,#'D',KEEP22_PACSAT
    LCALL SUB_ADDRESS
    LCALL CLRSCRN
    LCALL DISP1_LCM
    DFB  22H

SUB_ADDRESS:
    MOV  R0,DPL
    MOV  R1,DPH
    MOV  A,R0
    CLR  C
    SUBB A,#165
    MOV  DPL,A
    MOV  A,R1
    SUBB A,#00
    MOV  DPH,A
    DFB  22H

FIND_ADDRESS:
    MOV  DPTR,#0A00DH
    MOVX A,@DPTR
    MOV  B,A
    MOV  DPTR,#PACSAT
    MOV  A,#165
    MUL  AB

FIND_ADDRESS1: MOV  R0,#00
                MOV  R1,#00

FIND_ADDRESS2:
    ADD  A,R0
    MOV  R0,A
    MOV  B,A
    ADDC A,R1
    MOV  R1,A
    DJNZ BUF,FIND_ADDRESS2
    DFB  22H

;.....
;STATUS OF SYSTEM
;.....
STATUS:
    LCALL READ_TIME
    MOV  A,DAY_MONTH
    MOV  B,A
    MOV  DPTR,#0A022H
    MOVX A,@DPTR
    INC  DPTR
    CLR  C
    XCH  A,B
    SUBB A,B
    MOV  R0,A
    ;
    MOV  A,HOURS
    MOV  B,A
    MOVX A,@DPTR
    INC  DPTR
    CLR  C
    SWAP A,B
    SUBB A,B
    MOV  R1,A
    ;
    MOV  A,MINUTES
    MOV  B,A
    MOVX A,@DPTR
    CLR  C
    SWAP A,B
    SUBB A,B
    MOV  R2,A
    ;
    LCALL CLRSCRN
    MOV  CURROW,#00H
    MOV  CURCOL,#00H
    MOV  A,R0
    LCALL WRCHR
    MOV  A,#20H
    LCALL WRCHR
    MOV  DPTR,#D_DAY
    LCALL DISP_LCMT
    ;
    MOV  CURROW,#01H
    MOV  CURCOL,#00H
    MOV  A,R0
    LCALL WRCHR

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,#20H
LCALL WRCHR
MOV DPTR,#D_DAY
LCALL DISP_LCMT
MOV CURROW,#02H
MOV CURCOL,#00H
MOV A,R0
LCALL WRCHR
MOV A,#20H
LCALL WRCHR
MOV DPTR,#D_HOUR
LCALL DISP_LCMT
MOV CURROW,#03H
MOV CURCOL,#00H
MOV A,R0
LCALL WRCHR
MOV A,#20H
LCALL WRCHR
MOV DPTR,#D_MON
LCALL DISP_LCMT
MOV CURROW,#04H
MOV CURCOL,#00H
MOV DPTR,#NAME_IS
LCALL DISP_LCMT
DFB 22H
;.....
;TIME SAT
;SET TIME TO CONNECT SAT
;INPUT NONE
;OUT NONE
;.....
TIME_SAT:
TIME1_SAT:
    LCALL SCAN_KEY
    LCALL NUM_KEY
    CJNE A,#0FFH,TIME2_SAT
    SJMP TIME1_SAT
TIME2_SAT:
    MOV DPTR,#0A00DH
    MOVX @DPTR,A
    CJNE A,#5,TIME22_SAT
TIME22_SAT:
    JNC TIME2_SAT
    MOV BUF,A
    MOV DPTR,#CONNECT_SAT
    LCALL DISP_LCMT
    MOV CURROW,#00
    MOV CURCOL,#10
    MOV DPTR,#0A00DH
    MOVX A,@DPTR
    LCALL WRCHR
    MOV CURROW,#1
    MOV CURCOL,#0
    MOV A,#31H
    MOV BUF1,A
    LCALL WRCHR
    MOV DPTR,#0A00EH
    MOV BUF2,DPL
    MOV BUF3,DPH
    MOV R7,#4
TIME3_SAT:
    LCALL SCAN_KEY
    LCALL NUM_KEY
    CJNE A,#0FFH,TIME_SAT4
    SJMP TIME3_SAT
TIME4_SAT:
    MOV DPL,BUF2
    MOV DPH,BUF3
    MOVX @DPTR,A
    INC DPTR
    MOV DPL,BUF2
    MOV DPH,BUF3
    LCALL WRCHR
    DJNZ R7,TIME3_SAT
    MOV R7,#4
    INC CURROW
    MOV CURCOL,#00
    INC BUF1
    MOV A,BUF1
    LCALL WRCHR
    DJNZ BUF,TIME3_SAT
    DFB 22H
;.....
;DISPALY DATA IN RAM TO LCM
;.....
DISP_LCM:
    LCALL CLRSCRN
    MOV DPTR,#BUFFER_DATA
DISP1_LCM:
    MOVX A,@DPTR
    INC DPTR
    CJNE A,#5,DISP2_LCM
    DFB 22H
DISP2_LCM:
    LCALL WRCHR
    SJMP DISP1_LCM
;.....
;DISPALY DATA IN RAM TO LCM
;.....
DISP_LCMT:
    LCALL CLRSCRN
DISP1_LCMT:
    MOVX A,@DPTR
    INC DPTR
    CJNE A,#0FFH,DISP2_LCMT
    DFB 22H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DISP2_LCMT:
    LCALL WRCHR
    SJMP DISP1_LCMT
:
:.....
: CHECK VALUE 0-9
: INPUT A
: OUTPUT A
:.....
NUM_KEY:
    CJNE A,#09,NUM1_KEY
    SJMP NUM_OUT
NUM1_KEY:
    JC NUM_OUT
    CJNE A,#"E",NUM2_KEY
    SJMP NUM_OUT
NUM2_KEY:
    MOV A,#0FFH
NUM_OUT:
    DFB 22H
:.....
: SUB ROUTINE SET TIME RTC
:.....
SETTIME:
    LCALL CLRSCRN
    MOV CURROW,#0
    MOV CURCOL,#0
    MOV DPTR,#D_DAY
    LCALL DISP_LCMT
    MOV DPTR,#D_MONTH
    LCALL DISP_LCMT
    MOV DPTR,#D_YEAR
    LCALL DISP_LCMT
    MOV CURROW,#0
    MOV CURCOL,#62
    MOV DPTR,#OLD
    LCALL DISP_LCMT
:
    MOV CURROW,#1
    MOV CURCOL,#62
    MOV DPTR,#NEW
    LCALL DISP_LCMT
:
    LCALL READ_TIME
    LCALL DISP_LCM
SETTIME1:
    LCALL SCAN_KEY
    LCALL NUM_KEY
    CJNE A,#0FFH,SETTIME2
    SJMP SETTIME1
SETTIME2: .DAY MONTH
    CJNE A,#"E",SETTIME22
    LJMP DEF_TIMESEC
SETTIME22:
    MOV DAY_MONTH,A
    LCALL WRCHR
:
SETTIME3:
    LCALL SCAN_KEY
    LCALL NUM_KEY
    CJNE A,#0FFH,SETTIME4
    SJMP SETTIME3
SETTIME4: .MONTH
    CJNE A,#"E",SETTIME44
    LJMP_DEF_TIMESEC
SETTIME44:
    MOV MONTH,A
    LCALL WRCHR
:
SETTIME5:
    LCALL SCAN_KEY
    LCALL NUM_KEY
    CJNE A,#0FFH,SETTIME6
    SJMP SETTIME5
SETTIME6: .YEAR
    CJNE A,#"E",SETTIME66
    LJMP_DEF_TIMESEC
SETTIME66:
    MOV YEARS,A
    LCALL WRCHR
:
    LCALL CLRSCRN
    MOV CURROW,#0
    MOV CURCOL,#0
    MOV DPTR,#D_HOUR
    LCALL DISP_LCMT
    MOV DPTR,#D_MIN
    LCALL DISP_LCMT
    MOV DPTR,#D_SEC
    LCALL DISP_LCMT
    MOV CURROW,#0
    MOV CURCOL,#82
    MOV DPTR,#OLD
    LCALL DISP_LCMT
    MOV CURROW,#1
    MOV CURCOL,#62
    MOV DPTR,#NEW
    LCALL DISP_LCMT
:
:.....
    LCALL READ_TIME
    LCALL DISP_LCM
:.....
SETTIME7:
    LCALL SCAN_KEY
    LCALL NUM_KEY
    CJNE A,#0FFH,SETTIME8
    SJMP SETTIME7

```

```

SETTIME8: ;HOURS
    CJNE A,#'E',SETTIME88
    LJMP DEF_TIMESEC

SETTIME88:
    MOV HOURS,A
    LCALL WRCHR

SETTIME9:
    LCALL SCAN_KEY
    LCALL NUM_KEY
    CJNE A,#0FFH,SETTIME10
    SJMP SETTIME9

SETTIME10: ;MIN
    CJNE A,#'E',SETTIME101
    SJMP DEF_TIMESEC

SETTIME101:
    MOV MINUTES,A
    LCALL WRCHR

SETTIME11:
    LCALL SCAN_KEY
    LCALL NUM_KEY
    CJNE A,#0FFH,SETTIME12
    SJMP SETTIME11

SETTIME12: ;SEC
    CJNE A,#'E',SETTIME121
    LJMP DEF_TIMESEC

SETTIME121:
    MOV SECONDS,A
    LCALL WRCHR
    LCALL WRITE_TIME
    DFB 22H

DEF_TIMESEC:
    LCALL CLRSCRN
    LCALL SHOW_MANU
    DFB 22H

;.....
; PROGRAM RTC
;.....

READ_TIME:
    MOV DPTR,#BUFFER_DATA
    MOV R1,DPH
    MOV R0,DPL
    ;
    MOV DPTR,#0B00AH
    MOVX A,@DPTR
    JB A.7,READT_OUT
    ;
    MOV DPTR,#0B007H ;DAY OF MONTH
    MOVX A,@DPTR
    MOV DAY_MONTH,A
    MOV DPH,R1
    MOV DPL,R0
    MOVX @DPTR,A
    INC DPTR

    MOV DPTR,#0B009H ;YEARS
    MOVX A,@DPTR
    MOV YEARS,A
    MOV DPH,R1
    MOV DPL,R0
    MOVX @DPTR,A
    INC DPTR
    MOV R1,DPH
    MOV R0,DPL
    ;
    MOV DPTR,#0B008H ;MONTH
    MOVX A,@DPTR
    MOV MONTH,A
    MOV DPH,R1
    MOV DPL,R0
    MOVX @DPTR,A
    INC DPTR
    MOV R1,DPH
    MOV R0,DPL
    ;
    MOV DPTR,#0B006H ;DAY OF WEEK
    MOVX A,@DPTR
    MOV DAY_WEEK,A
    MOV DPH,R1
    MOV DPL,R0
    MOVX @DPTR,A
    INC DPTR
    MOV R1,DPH
    MOV R0,DPL
    ;
    MOV DPTR,#0B004H ;HOURS
    MOVX A,@DPTR
    MOV HOURS,A
    MOV DPH,R1
    MOV DPL,R0
    MOVX @DPTR,A
    INC DPTR
    MOV R1,DPH
    MOV R0,DPL
    ;
    MOV DPTR,#0B002H ;MINUTES
    MOVX A,@DPTR
    MOV MINUTES,A
    MOV DPH,R1
    MOV DPL,R0
    MOVX @DPTR,A
    INC DPTR
    MOV R1,DPH
    MOV R0,DPL
    ;
    MOV DPTR,#0B000H ;SECONDS
    MOVX A,@DPTR

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV SECONDS,A
MOV DPH,R1
MOV DPL,R0
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,#"$"
MOV @DPTR,A
MOV R1,DPH
MOV R0,DPL

MOV DPTR,#LOGO_MSG3
MOV CURROW,#2
MOV CURCOL,#0
LCALL DSPTHAI
MOV DPTR,#LOGO_MSG4
MOV CURROW,#3
MOV CURCOL,#0
LCALL DSPTHAI
DFB 22H
    
```

READT\_OUT:

```
DFB 22H
```

SHOW MANU

```

;SUB.ROUTINE WRITE TIME IN RTC
;
    
```

SHOW\_MANU:

WRITE\_TIME:

```

MOV DPTR,#0B009H ;YEARS
MOV A,YEARS
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#0B008H ;MONTH
MOV A,MONTH
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#0B007H ;DAY OF MONTH
MOV A,DAY_MONTH
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#0B006H ;DAY OF WEEK
MOV A,DAY_WEEK
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#0B004H ;HOURS
MOV A,HOURS
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#0B002H ;MINUTES
MOV A,MINUTES
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#0B000H ;SECONDS
MOV A,SECONDS
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#0B00BH ;REGISTER B
MOV A,#00001010B
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#0B00AH ;REGISTER A
MOV A,#00101110B
MOVX @DPTR,A
DFB 22H
    
```

```

MOV DPTR,#MAIN_MANU1
MOV CURROW,#0
MOV CURCOL,#0
LCALL DSPTHAI
MOV DPTR,#MAIN_MANU2
MOV CURROW,#1
MOV CURCOL,#0
LCALL DSPTHAI
MOV DPTR,#MAIN_MANU3
MOV CURROW,#2
MOV CURCOL,#0
LCALL DSPTHAI
MOV DPTR,#MAIN_MANU4
MOV CURROW,#3
MOV CURCOL,#0
LCALL DSPTHAI
DFB 22H
    
```

SHOW\_MANU1:

```

MOV DPTR,#MAIN_MANU5
MOV CURROW,#0
MOV CURCOL,#0
LCALL DSPTHAI
MOV DPTR,#MAIN_MANU6
MOV CURROW,#1
MOV CURCOL,#0
LCALL DSPTHAI
MOV DPTR,#MAIN_MANU7
MOV CURROW,#2
MOV CURCOL,#0
LCALL DSPTHAI
MOV DPTR,#MAIN_MANU8
MOV CURROW,#3
MOV CURCOL,#0
LCALL DSPTHAI
DFB 22H
    
```

SHOW\_LOGO:

```

MOV DPTR,#LOGO_MSG1
MOV CURROW,#0
MOV CURCOL,#0
LCALL DSPTHAI
MOV DPTR,#LOGO_MSG2
MOV CURROW,#1
MOV CURCOL,#0
LCALL DSPTHAI
    
```

INC TIME FORM SENSOR

INC\_SENSOR:

```

LCALL READ_TIME
MOV DPTR,#0A026H
    
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,@DPTR
ADD A,HOURS
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,MINUTES
MOVX @DPTR,A
DFB 22H
;.....
: READ TIME FORM SENSOR
;.....
READ_SENSOR:
    LCALL READ_TIME
    MOV DPTR,#0A026H
    MOVX A,@DPTR
    CJNE A,HOURS,READ_SOUT
    INC DPTR
    MOVX A,@DPTR
    CJNE A,MINUTES,READ_SOUT
    LCALL KEEP_T_C
    LCALL INC_SENSOR
READ_SOUT:
    DFB 22H
;.....
: CHECK TIME SEND DATA TO SAT
;.....
;0A00DH ;จำนวนครั้ง ติดต่อกาเทียม
;ADDD A00EH - 21H KEEP TIME
;CONNECT SAT
CH_TIME: LCALL READ_TIME
    MOV DPTR,#0A00DH
    MOV A,@DPTR
    MOV BUF,A
    INC DPTR
CH_TIME1: MOVX @DPTR,A
    MOV BUF1,A
    INC DPTR
    MOVX @DPTR,A
    MOV BUF2,A
    MOV A,BUF1
    CJNE A,HOURS,CH_TIME2
    MOV A,BUF2
    CJNE A,MINUTES,CH_TIME3
    LCALL MANAGE_PACSAT
    LCALL SEND_SAT
    DFB 22H
CH_TIME3: DJNZ BUF,CH_TIME1
    DFB 22H
;.....
: PROGRAM FINE CREATE TIME
;.....
;OUT KEEP IN BYTE 36D -39D
CREATE_TIME:
    LCALL READ_TIME
    MOV A,YEARS
    MOV B,#4
    MUL AB
    MOV DPTR,#Y2000
    MOV R7,A
    MOVC A,@A+DPTR
    MOV BUF3,A
    INC DPTR
    MOV A,R7
    MOVC A,@A+DPTR
    MOV BUF2,A
    INC DPTR
    MOV A,R7
    MOVC A,@A+DPTR
    MOV BUF1,A
    INC DPTR
    MOV A,R7
    MOVC A,@A+DPTR
    MOV BUF,A
    ;.....
;CHECKING THE DAY IN FEB (28 or 29)
;.....
    MOV A,YEARS
    CJNE A,#00,CREATE0_TIME
    MOV DPTR,#MM1
    SJMP CREATE1_TIME
CREATE0_TIME:
    MOV B,#4
    DIV AB
    MOV A,B
    CJNE A,#00,CREATE1_TIME
    MOV DPTR,#MM1
    ;FEB HAVE 29 DAY
CREATE1_TIME: ;FEB HAVE 28 DAY
    MOV DPTR,#M1
    MOV A,MONTH
    DEC A
    MOV B,#4
    MUL AB
    MOV R7,A
    MOVC A,@A+DPTR
    MOV R3,A
    INC DPTR
    MOV A,R7
    MOVC A,@A+DPTR
    MOV R2,A
    INC DPTR
    MOV A,R7
    MOVC A,@A+DPTR
    MOV R1,A
    INC DPTR
    MOV A,R7
    MOVC A,@A+DPTR

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV R0,A
ADD_Y_M:
MOV A,BUF
ADD A,R0
MOV BUF,A
:
MOV A,BUF1
ADDC A,R1
MOV BUF1,A
:
MOV A,BUF2
ADDC A,R2
MOV BUF2,A
:
MOV A,BUF3
ADDC A,R3
MOV BUF3,A
:
MOV A,#D1
DEC A
MOV B,#4
MUL AB
MOV R7,A
MOVC A,@A+DPTR
MOV R3,A
INC DPTR
MOV A,R7
MOVC A,@A+DPTR
MOV R2,A
INC DPTR
MOV A,R7
MOVC A,@A+DPTR
MOV R1,A
INC DPTR
MOV A,R7
MOVC A,@A+DPTR
MOV R0,A
ADD_Y_M_D:
MOV A,BUF
ADD A,R0
MOV BUF,A
:
MOV A,BUF1
ADDC A,R1
MOV BUF1,A
:
MOV A,BUF2
ADDC A,R2
MOV BUF2,A
:
MOV A,BUF3
ADDC A,R3
MOV BUF3,A
:
MOV A,HOURS
MOV R3,#00
MOV R2,#00
MOV R1,#00
MOV R0,#00
ADD_Y_M_D_H:
MOV A,R0
ADD A,#10H
MOV R0,A
MOV A,R1
ADD A,#0EH
MOV R1,A
DJNZ HOURS,ADD_Y_M_D_H
MOV A,BUF
ADD A,R0
MOV BUF,A
:
MOV A,BUF1
ADDC A,R1
MOV BUF1,A
:
MOV A,BUF2
ADDC A,R2
MOV BUF2,A
:
MOV A,BUF3
ADDC A,R3
MOV BUF3,A
:
MOV A,MINUTES
MOV B,#60
MUL AB
MOV R3,#00
MOV R2,#00
MOV R1,B
MOV R0,A
MOV A,SECONDS
ADD A,R0
MOV R0,A
MOV A,BUF
ADD A,R0
MOV BUF,A
:
MOV A,BUF1
ADDC A,R1
MOV BUF1,A
:
MOV A,BUF2
ADDC A,R2
MOV BUF2,A
:
MOV A,BUF3
ADDC A,R3
MOV BUF3,A
:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV DPTR,#36D		D3: DFB 000H,003H,0F4H,080H ;	259200 SEC
MOV A,BUF		D4: DFB 000H,005H,046H,000H ;	345600 SEC
MOVX @DPTR,A		D5: DFB 000H,006H,097H,080H ;	432000 SEC
INC DPTR		D6: DFB 000H,007H,0E9H,000H ;	518400 SEC
MOV A,BUF1		D7: DFB 000H,009H,03AH,080H ;	604800 SEC
MOVX @DPTR,A		D8: DFB 000H,00AH,08CH,000H ;	691200 SEC
INC DPTR		D9: DFB 000H,00BH,0D8H,080H ;	777600 SEC
MOV A,BUF2		D10: DFB 000H,00DH,02FH,000H ;	864000 SEC
MOVX @DPTR,A		D11: DFB 000H,00EH,080H,080H ;	950400 SEC
INC DPTR		D12: DFB 000H,00FH,0D2H,000H ;	1036800 SEC
MOV A,BUF3		D13: DFB 000H,011H,023H,080H ;	1123200 SEC
MOVX @DPTR,A		D14: DFB 000H,012H,075H,000H ;	1209600 SEC
DFB 22H		D15: DFB 000H,013H,0C6H,080H ;	1296000 SEC
.....		D16: DFB 000H,015H,018H,000H ;	1382400 SEC
Y2000: DFB 03AH,043H,0EBH,000H ;	977529600 SEC	D17: DFB 000H,016H,069H,080H ;	1468800 SEC
Y2001: DFB 03CH,025H,01EH,080H ;	1009065600 SEC	D18: DFB 000H,017H,0BBH,000H ;	1555200 SEC
Y2002: DFB 03EH,006H,052H,000H ;	1040601600 SEC	D19: DFB 000H,019H,00CH,080H ;	1641600 SEC
Y2003: DFB 03FH,0E7H,085H,080H ;	1072137600 SEC	D20: DFB 000H,01AH,05EH,000H ;	1728000 SEC
Y2004: DFB 041H,0CAH,00AH,080H ;	1103760000 SEC	D21: DFB 000H,01BH,0AFH,080H ;	1814400 SEC
Y2005: DFB 043H,0ABH,03EH,000H ;	1135296000 SEC	D22: DFB 000H,01DH,001H,000H ;	1900800 SEC
Y2006: DFB 045H,08CH,071H,080H ;	1166832000 SEC	D23: DFB 000H,01EH,052H,080H ;	1987200 SEC
Y2007: DFB 047H,06DH,0A5H,000H ;	1198368000 SEC	D24: DFB 000H,01FH,0A4H,000H ;	2073600 SEC
Y2008: DFB 049H,050H,02AH,000H ;	1229904000 SEC	D25: DFB 000H,020H,0F5H,080H ;	2160000 SEC
Y2009: DFB 04BH,031H,05DH,080H ;	1261526400 SEC	D26: DFB 000H,022H,047H,000H ;	2246400 SEC
Y2010: DFB 04DH,012H,091H,000H ;	1293062400 SEC	D27: DFB 000H,023H,098H,080H ;	2332800 SEC
:		D28: DFB 000H,024H,0EAH,000H ;	2419200 SEC
M1: DFB 000H,028H,0DEH,080H ;	2678400 SEC	D29: DFB 000H,026H,03BH,080H ;	2505600 SEC
M2: DFB 000H,04DH,0C8H,080H ;	5097600 SEC	D30: DFB 000H,027H,08DH,000H ;	2592000 SEC
M3: DFB 000H,076H,0A7H,000H ;	7776000 SEC	D31: DFB 000H,028H,0DEH,080H ;	2678400 SEC
M4: DFB 000H,09EH,034H,000H ;	10368000 SEC	.....	
M5: DFB 000H,0C7H,012H,080H ;	13046400 SEC	: LAST MODIFY TIME	
M6: DFB 000H,0EEH,09FH,080H ;	15638400 SEC	: KEEP ADDRESS 43D - 46D	
M7: DFB 001H,017H,07EH,000H ;	18316800 SEC	.....	
M8: DFB 001H,040H,05CH,080H ;	20995200 SEC	MODIFY_TIME:	
M9: DFB 001H,067H,0E9H,080H ;	23587200 SEC	MOV DPTR,#43D	
M10: DFB 001H,090H,0C8H,000H ;	26265600 SEC	MOV A,BUF	
M11: DFB 001H,0B8H,055H,000H ;	28857600 SEC	MOVX @DPTR,A	
M12: DFB 001H,0E1H,033H,080H ;	31536000 SEC	INC DPTR	
:		MOV A,BUF1	
MM1: DFB 000H,028H,0DEH,080H ;	2678400 SEC	MOVX @DPTR,A	
MM2: DFB 000H,04FH,01AH,000H ;	5184000 SEC	INC DPTR	
MM3: DFB 000H,077H,0F8H,080H ;	7862400 SEC	MOV A,BUF2	
MM4: DFB 000H,09FH,085H,080H ;	10454400 SEC	MOVX @DPTR,A	
MM5: DFB 000H,0C8H,064H,000H ;	13132800 SEC	INC DPTR	
MM6: DFB 000H,0EFH,0F1H,000H ;	15724800 SEC	MOV A,BUF3	
MM7: DFB 001H,018H,0CFH,080H ;	18403200 SEC	MOVX @DPTR,A	
MM8: DFB 001H,041H,0AEH,000H ;	21081600 SEC	DFB 22H	
MM9: DFB 001H,069H,03BH,000H ;	23673600 SEC	.....	
MM10: DFB 001H,092H,019H,080H ;	26352000 SEC	: BODY CHECK SUM 65D - 66D	
MM11: DFB 001H,0B9H,0A6H,080H ;	28944000 SEC	.....	
MM12: DFB 001H,0E2H,085H,000H ;	31622400 SEC	BODY_SUM:	
:		MOV A,SENSOR_C	
D1: DFB 000H,001H,051H,080H ;	86400 SEC	ADD A,SENSOR_T	
D2: DFB 000H,002H,0A3H,000H ;	172800 SEC	CPL A	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV R0,A
MOV A,B
ADDC A,#00
MOV B,A
ADD A,#1
MOV R0,A
MOV A,B
ADDC A,#00
MOV B,A
MOV DPTR,#65
MOVX @DPTR,A
MOV A,B
INC DPTR
MOVX @DPTR,A
DFB 22H
;.....
;EXPIRE TIME 126 - 129
;.....
EXPIRE_TIME:
MOV A,BUF
ADD A,#00
MOV BUF,A
;
MOV A,BUF1
ADDC A,#0A3H
MOV BUF1,A
;
MOV A,BUF2
ADDC A,#2
MOV BUF2,A
;
MOV A,BUF3
ADDC A,#00
MOV BUF3,A
MOV DPTR,#126
MOV A,BUF
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,BUF1
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,BUF2
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,BUF3
MOVX @DPTR,A
DFB 22H
;.....
; HEADER CHECK SUM
; 70D - 71D
;.....
HEADER_SUM:
MOV DPTR,#BUFFER_DATA
MOVX A,@DPTR
MOV B,A
INC DPTR
MOVX @DPTR,A
MOV B,A
ADDC A,#00
MOV B,A
MOV DPTR,#70
MOVX @DPTR,A
MOV B,A
ADDC A,#00
MOV B,A
MOV DPTR,#71
MOVX @DPTR,A
MOV B,A
ADDC A,#00
MOV B,A
DFB 22H
;.....
; FORMAT PACSAT FILE
;.....
MANAGE_PACSAT:
LCALL CREATE_TIME
LCALL MODIFY_TIME
LCALL EXPIRE_TIME
LCALL BODY_SUM
MOV DPTR,#BUFFER_DATA
MOV R0,DPL
MOV R1,DPH
MOV DPTR,#PACFILE
MOV R2,DPL
MOV R3,DPH
MANAGE_PACSAT1:
MOV DPL,R2
MOV DPH,R3
MOV A,#00
MOVC A,@A+DPTR
CJNE A,#0FFH,MANAGE_PACSAT2
INC DPTR
MOV R2,DPL
MOV R3,DPH
MOV DPL,R0
MOV DPH,R1
INC DPTR
MOV R0,DPL
MOV R1,DPH
SJMP MANAGE_PACSAT1
MANAGE_PACSAT2:
INC DPTR
MOV R2,DPL
MOV R3,DPH
;
MOV DPL,R0
MOV DPH,R1
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV R0,DPL

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV R1,DPH
CJNE A,#0AH,MANAGE_PACSAT1
LCALL HEADER_SUM
DFB 22H

LCALL SEND_SL
MOV BUFFER1,#"M"
LCALL SEND_SL
MOV BUFFER1,#0DH
LCALL SEND_SL
LCALL C_CMD
LCALL DELAY
LCALL DELAY
MOV R3,#00
MOV R4,#00
MOV R5,#100
CHECK2_DATA:
LCALL RECEIVE_SL
MOV R2,BUFFER1
CJNE R2,#0FFH,CHECK3_DATA
DJNZ R3,$
DJNZ R4,CHECK_DATA1
DJNZ R5,CHECK_DATA1
MOV A,#"S"
MOVX @DPTR,A
LCALL SWAP_DATA
SJMP CHECK_OUT
CHECK3_DATA:
LCALL UPLOAD
LCALL SWAP_DATA
CHECK_OUT:
RET
SWAP_DATA: MOV R0,#00
MOV R1,#00
MOV R2,#166
SWAP1_DATA: MOV DPL,R0
MOV DPH,R1
MOVX A,@DPTR
INC DPTR
MOV R0,DPL
MOV R1,DPH
MOV DPL,ADD_PACL
MOV DPH,ADD_PACH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV ADD_PACL,DPL
MOV ADD_PACH,DPH
DJNZ R2,SWAP1_DATA
DFB 22H

:UP LOAD DATA TO SAT
UPLOAD:
MOV DPTR,#0000H
MOV R0,#165
UPLOAD1:
MOVX A,@DPTR

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

INC DPTR
LCALL SEND_SL
DJNZ R0,UPLOAD1
MOV R3,#00
MOV R4,#00
MOV R5,#100
UPLOAD2:
LCALL RECEIVE_SL
MOV R2,BUFFER1
CJNE R2,#".,UPLOAD3
LCALL UPLOAD
SJMP UPLOAD4

UPLOAD3:
DJNZ R3,$
DJNZ R4,UPLOAD2
DJNZ R5,UPLOAD2
MOV A,#"$
MOVX @DPTR,A
UPLOAD4:
RET
: SEND PACSAT FILE TO SAT
:-----
SEND_SAT:
LCALL CHECK_DATA
DFB 22H
:
INI_G:
MOV IE,#80H
SETB IT0
MOV DPTR,#8003H
MOV A,#88H
MOVX @DPTR,A
:
MOV TMOD,#01H
DFB 22H
:
BEGIN_TIME:
LCALL READ_TIME
MOV DPTR,#0A022H
MOV A,DAY_MONTH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,HOURS
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,MINUTES
MOVX @DPTR,A
DFB 22H
:
:-----
: ROUTINE SEN TEMP SENSOR
:INPUT A
:-----
SE_SERIAL: CLR C

MOV R0,#8
SE1_SERIAL:
RRC A
SETB P1.5
MOV P1.4,C
CLR P1.5
NOP
NOP
SETB P1.5
DJNZ R0,SE1_SERIAL
DFB 22H
:
:-----
:***** ROUTINE RECEIVE SERIAL TO A
:OUTPUT A
:-----
RE_SERIAL: CLR C
CLR A
MOV R0,#9
RE1_SERIAL:
SETB P1.5
NOP
NOP
CLR P1.5
NOP
NOP
SETB P1.5
NOP
NOP
MOV C,P1.4
RRC A
DJNZ R0,RE1_SERIAL
DFB 22H
:
KEEP_T_C: ;P1.4 DATA ;P1.5 CLK ;1.6 RST*
CLR P1.6
CLR C
MOV A,#0CH
LCALL SE_SERIAL
MOV A,#3
LCALL SE_SERIAL
MOV A,#0AAH
LCALL SE_SERIAL
LCALL RE_SERIAL
MOV SENSOR_T,A
:
MOV C_CS,#00H ;KEEP HUMIDITY
MOV TH0,#00H
MOV TL0,#00H
SETB EX0 ;
MOV A,C_CS
CJNE A,#100,$ ;
CLR EX0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

DFB "นาที", DFB 022H,000H,004H,044H,041H,054H,041H :TITLE
DFB 0FFH DFB 000H,000H,000H :END OF PACSAT
D_SEC: :DATA 1
DFB "วินาที", DFB 00DH,00AH :DATA 2
DFB 0FFH
OLD: INCL "JLCD.ASM"
DFB "OLD", END
DFB 0FFH
NEW:
DFB "NEW",
DFB 0FFH

```

```

D_PACSAT: DFB "วันที่ ต้องการตรวจสอบ",0FFh

```

MY:

```
DFB "my",0dh,"$"
```

NAME\_IS:

```
DFB "my A",0dh,"$"
```

```

:-----
: PACSAT FILE
:-----

```

PACFILE:

```

DFB 0AAH,055H :HEADER
DFB 001H,000H,004H,000H,000H,000H,000H :FILE NUMBER
DFB 002H,000H,008H,020H,020H,020H,020H,020H,020H,020H
: FILE NAME
DFB 003H,000H,003H,020H,020H,020H :FILE EXTENDER
DFB 004H,000H,004H,0A5H,000H,000H,000H :FILE SIZE
:
DFB 005H,000H,004H,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH :CREATE TIME :4 BYTE
: :0FFH CHECK END DATA
DFB 006H,000H,004H,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH :LAST MODIFY TIME
:
DFB 012H,000H,004H,000H,000H,000H,000H :UPDATE TIME
DFB 007H,000H,001H,000H :SEU FLAG
DFB 008H,000H,001H,000H :FILE TYPE
:
DFB 009H,000H,002H,0FFH,0FFH :BODY CHECK SUM
DFB 00AH,000H,002H,0FFH,0FFH :BODY CHECK SUM
:
DFB 00BH,000H,002H,09DH,000H :BODY OFFSET
DFB 010H,000H,006H,048H,053H,030H,045H,043H,051H :SOURCE
DFB 011H,000H,006H,020H,020H,020H,020H,020H,020H :AX25 UPLOADER
DFB 013H,000H,001H,000H :DOWNLOAD COUNT
DFB 014H,000H,005H,048H,053H,030H,041H,04DH :DESTINATION
DFB 015H,000H,006H,020H,020H,020H,020H,020H,020H :AX25 DOWNLOAD
DFB 016H,000H,004H,000H,000H,000H,000H :DOWN LOAD TIME
:
DFB 017H,000H,004H,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH :EXPIRE TIME
:
DFB 018H,000H,001H,000H :PRIORITY
DFB 019H,000H,001H,000H :COMPRESSION TYPE
DFB 026H,000H,006H,041H,052H,049H,041H,030H,030H
: :USER FILE NAME

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

.....
;LCD MODULE DISPLAY
;.....
;GENERAL SPECIFICATION
;LMG - SS12A64DRG
;NUMBER OF DOTS 128 X 64 DOTS
;GRAPHIC DISPLAY FOR THAI AND ENGLISH PATTERN
;.....
;EXTERNAL HARDWARE DEFINE LCD PORT
;.....
LCDDAT1: EQU 09001H
LCDDAT2: EQU 0A001H
LCDINST1: EQU 09000H
LCDINST2: EQU 0A000H
;.....
;INTERNAL MEMORY DEFINE (30H - 55H)
;.....
BUF_GEN3: EQU 30H
BUF_GEN6: EQU BUF_GEN3+1
BUF_GEN7: EQU BUF_GEN6+1
CURROW: EQU BUF_GEN7+1
CURCOL: EQU CURROW+1
BYTECNT: EQU CURCOL+1
BUFFNT: EQU BYTECNT+1 ;RESERVE 16 BYTE
RANGE: EQU BUFFNT+16
COUNTD: EQU RANGE+1
;.....
;EXTERNAL HARDWARE DEFINE DISPLAY MEMORY
;RAM 0000H - 0400H (DISPLAY RAM)
;.....
LINE0: EQU 0000H
LINE1: EQU LINE0+100H
LINE2: EQU LINE1+100H
LINE3: EQU LINE2+100H

DATA_BUF: EQU 400H
;.....
;INTERNAL BIT ADDRESS FOR USING AS FLAG
;.....
FG_OVERL: EQU 10H
FG_SARAL: EQU FG_OVERL+1
FG_FULL: EQU FG_SARAL+1
FG_MEND: EQU FG_FULL+1
;.....
;CONSTANT VALUE DEFINE
;.....
ONINST: EQU 3FH
OFFINST: EQU 3EH

TSTLCD1:
    LCALL DELAYL
    LCALL ONLCD
    LCALL CLRSCRN
    MOV RANGE,#20H

LPTSTLCD0:
    MOV CURROW,#0
    MOV BUFFNT,#4

LPTSTLCD1:
    MOV CURCOL,#0
    MOV BYTECNT,#16

LPTSTLCD2:
    MOV A,RANGE
    LCALL WRCHR
    INC RANGE
    LCALL DELAYL
    DJNZ BYTECNT,LPTSTLCD2
    DJNZ BUFFNT,LPTSTLCD1
    MOV A,RANGE
    RET
    CJNE A,#0FFH,LPTSTLCD0
    MOV RANGE,#20H
    LJMP LPTSTLCD0
    RET

TSTLCD:
    LCALL DELAYL
    LCALL ONLCD
    LCALL CLRSCRN
    LCALL SHWLOGO
    RET

;ROUTINE DISPLAY DATA (THAI) FORM WRITE IN CURSOR POSITION
;INPUT : DPTR
;.....
DSPTHAI:
    LCALL LORAML
    LCALL CLRBUFCD
    LCALL LDLN
    LCALL WRLN
    RET

;ROUTINE CLEAR BUFFER LCD
;INPUT :
;.....
CLRBUFCD:
    PUSH DPH
    PUSH DPL
    MOV DPTR,#LINE0

LPCLRBUFCD:
    MOV A,#0
    MOVX @DPTR,A
    INC DPTR
    MOV A,DPH
    CJNE A,#4,LPCLRBUFCD ;change 18h 10 4
    POP DPL
    POP DPH
    RET

```

```

.....
:ROUTINE LOAD DATA FROM TABLE TO DATA RAM
:REGISTER : R0,R1,R2,R3,R4
:INPUT : DPTR
.....
LDRAML:
  MOV R0,#00
  MOV R1,DPL ;SAVE ADDRESS OF MESSAGE
  MOV R2,DPH
  MOV DPTR,#DATA_BUF
LPLDRAML:
  MOV R3,DPL ;SAVE DATA BUFFER
  MOV R4,DPH
  MOV A,R0
  MOV DPL,R1
  MOV DPH,R2
  MOVC A,@A+DPTR ;LOAD MESSAGE
  MOV DPL,R3
  MOV DPH,R4 ;GET ADDRESS DATA BUFFER
  MOVX @DPTR,A
  INC DPTR
  INC R0
  CJNE A,#04,LPLDRAML
  RET
.....
:ROUTINE LOAD DATA FROM BUFFER TO DATA RAM
:REGISTER : R1,R2,R3,R4
:INPUT : DPTR
.....
LDRAMB:
  MOV R1,DPL ;SAVE ADDRESS OF MESSAGE
  MOV R2,DPH
  MOV DPTR,#DATA_BUF
LPLDRAMB:
  MOV R3,DPL ;SAVE DATA BUFFER
  MOV R4,DPH
  MOV DPL,R1
  MOV DPH,R2
  MOVX A,@DPTR ;LOAD MESSAGE
  INC DPTR
  MOV R2,DPH
  MOV R1,DPL
  MOV DPL,R3
  MOV DPH,R4 ;GET ADDRESS DATA BUFFER
  MOVX @DPTR,A
  INC DPTR
  CJNE A,#04,LPLDRAMB
  RET
.....
:ROUTINE DISPLAY DATA THAT IS IN MEMORY TO LCM
:REGISTER : dptr,a
:INPUT : CURROW (LINE),CURCOL,BYTECNT
.....
WRLN:
  PUSH DPL
  MOV DPTR,#LINE0
  MOV A,CURROW
  ADD A,DPH
  MOV DPH,A
  LPWRLN:
  LCALL WRHEXA
  DJNZ BYTECNT,LPWRLN
  POP DPL
  POP DPH
  RET
.....
:ROUTINE DISPLAY DATA THAT IS IN MEMORY TO LCM
:REGISTER : dptr,a
:INPUT : CURROW (LINE),CURCOL,BYTECNT
.....
WRLNL:
  JB FG_FULL,WRLNL1
  MOV DPTR,#LINE0
  MOV A,CURROW
  ADD A,DPH
  MOV DPH,A
  SJMP LPWRLNL
WRLNL1:
  CLR FG_FULL
  MOV DPL,BUF_GEN6
  MOV DPH,BUF_GEN7
  LPWRLNL:
  LCALL WRHEXA
  JB FG_FULL,QWRLNL
  DJNZ BYTECNT,LPWRLNL
  QWRLNL:
  MOV BUF_GEN6,DPL ;SAVE ADDRESS
  MOV BUF_GEN7,DPH
  RET
.....
:ROUTINE WRITE 16 BYTES AT CURSOR POSITION
:REGISTER : R0,R1,R2,R3,R4
:INPUT : CURROW,CURCOL,DPTR
:OUTPUT : DPTR+16
.....
WRHEXA:
  MOV R3,DPL
  MOV R4,DPH
  MOV A,CURROW
  MOV B,#2
  MUL AB
  MOV R1,A ;SAVE PAGE ADDRESS
  MOV R2,#2 ;WRITE 2 PAGE
  LPWRHEXA1:
  MOV R0,#0
  MOV A,R1
  LCALL SETPAGE
  MOV A,CURCOL
  MOV B,#8

```

```

MUL AB
CLR C
SUBB A,#64D
JNC NXTWRHEXA ;JUMP IF RIGHT SIDE
ADD A,#64D
LCALL SETADD1
MOV DPH,R4
MOV DPL,R3
LPWRHEXA1_1: ;WRITE LEFT
MOVX A,@DPTR ;READ TABLE
LCALL WRBYTEL1
INC R0
INC DPTR
CJNE R0,#8,LPWRHEXA1_1
INC R1 ;INCREASE PAGE
MOV R4,DPH
MOV R3,DPL
DJNZ R2,LPWRHEXA1
LJMP QWRHEXA
NXTWRHEXA:
LCALL SETADD2
MOV DPH,R4
MOV DPL,R3
LPWRHEXA1_2: ;WRITE RIGHT
MOVX A,@DPTR ;READ TABLE
LCALL WRBYTEL2
INC R0
INC DPTR
CJNE R0,#8,LPWRHEXA1_2
INC R1
MOV R4,DPH
MOV R3,DPL
DJNZ R2,LPWRHEXA1
QWRHEXA:
INC CURCOL
MOV A,CURCOL
CJNE A,#16,QWRHEXA1
MOV CURCOL,#00
INC CURROW
MOV A,CURROW
CJNE A,#4,QWRHEXA1
SETB FG_FULL
QWRHEXA1:
RET
;.....
;ROUTINE LOAD DATA FROM TABLE TO EXTERNAL DISPLAY RAM
;REGISTER : R0,R1,R2,R3,A
;INPUT : CURROW
;OUTPUT: BYTECNT (NUMBER OF CHARATER IN STRING)
;.....
LDLN:
MOV DPTR,#DATA_BUF
MOV R2,DPL
MOV R3,DPH
MOV DPTR,#LINE0
MOV A,CURROW
ADD A,DPH
MOV DPH,A
MOV R4,DPL ;LOW ADDRESS BYTE OF DISPLAY RAM
MOV R5,DPH ;HIGH ADDRESS BYTE OF DISPLAY RAM
LCALL CLRDSPLN ;CLEAR DATA IN DISPLAY RAM
MOV BYTECNT,#00
MOV DPL,R2 ;RESTORE ADDRESS OF MESSAGE
MOV DPH,R3
LPLDLN:
MOVX A,@DPTR ;GET CHARACTER
CJNE A,#",NXTLDLN1
LJMP LEVEL1L
NXTLDLN1:
CJNE A,#",NXTLDLN2
LJMP LEVEL1L ;SARA LANG
NXTLDLN2:
CJNE A,#",NXTLDLN3
LJMP LEVEL3L ;SARABON KLANG
NXTLDLN3:
CJNE A,#",NXTLDLN4
LJMP LEVEL3L
NXTLDLN4:
CJNE A,#",NXTLDLN5
LJMP LEVEL3L
NXTLDLN5:
CJNE A,#",NXTLDLN6
LJMP LEVEL3L
NXTLDLN6:
CJNE A,#",NXTLDLN7
LJMP LEVEL3L
NXTLDLN7:
CJNE A,#",NXTLDLN8
LJMP LEVEL3L
NXTLDLN8:
CJNE A,#",NXTLDLN9
LJMP LEVEL4L ;SARA BON SOONG
NXTLDLN9:
CJNE A,#",NXTLDLN10
LJMP LEVEL4L
NXTLDLN10:
CJNE A,#",NXTLDLN11
LJMP LEVEL4L
NXTLDLN11:
CJNE A,#",NXTLDLN12
LJMP LEVEL4L
NXTLDLN12:
CJNE A,#",NXTLDLN13
LJMP LEVEL3L
NXTLDLN13:
CJNE A,#04,NXTLDLN14
RET
NXTLDLN14:
LJMP LEVEL2L ;PAYANCHANA OR ENGLISH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LEVEL1L:
    LCALL GETFNT
    MOV A,R4      :SUB POISTION OF RAM
    JZ NXTLEVEL1L
    CLR C
    SUBB A,#16
    MOV R4,A      :RETURN BACK 1 CHAR
NXTLEVEL1L:
    LCALL ORL16   :MIX SARA WITH PAYAN AND SAVE
                  :IN MEMORY
    INC DPTR
    LJMP LPLDLN  :GOTO LOOP

LEVEL2L:
    INC BYTECNT  :INCREASE BYTECOUNT OF CHARACTER
    LCALL GETFNT
    LCALL ORL16   :MIX SARA WITH PAYAN AND SAVE
                  :IN MEMORY
    INC DPTR      :POINT TO NEXT CHARACTER
    LJMP LPLDLN  :GOTO LOOP

LEVEL3L:
    LCALL GETFNT
    MOV A,R4      :SUB POISTION OF RAM
    JZ NXTLEVEL3L
    CLR C
    SUBB A,#16
    MOV R4,A      :RETURN BACK 1 CHAR
NXTLEVEL3L:
    LCALL ORL16   :MIX SARA WITH PAYAN AND SAVE
                  :IN MEMORY
    INC DPTR
    LJMP LPLDLN  :GOTO LOOP

LEVEL4L:
    LCALL GETFNT
    MOV A,R4      :SUB POISTION OF RAM
    JZ NXTLEVEL4L
    CLR C
    SUBB A,#16
    MOV R4,A      :RETURN BACK 1 CHAR
NXTLEVEL4L:
    LCALL ORL16   :MIXSARA WITH PAYAN AND SAVE IN MEMORY
    INC DPTR
    LJMP LPLDLN  :GOTO LOOP

LDLN_:
    MOV COUNTD,#00
    MOV R2,DPL    :SAVE ADDRESS OF MESSAGE
    MOV R3,DPH
    MOV DPTR,#LINE0
    MOV A,CURROW
    ADD A,DPH
    MOV DPH,A
    MOV R4,DPL    :LOW ADDRESS BYTE OF DISPLAY RAM
    MOV R5,DPH    :HIGH ADDRESS BYTE OF DISPLAY RAM
    LCALL CLRDSPLN :CLEAR DATA IN DISPLAY RAM
    MOV ,BYTECNT,#00
    MOV DPL,R2    :RESTORE ADDRESS OF MESSAGE
    MOV DPH,R3

LPLDLN_1:
    MOVX A,@DPTR  :GET CHARACTER
    CJNE A,#",NXTLDLN_11
    LJMP LEVEL11L
NXTLDLN_11:
    CJNE A,#",NXTLDLN_12
    LJMP LEVEL11L :SARA LANG
NXTLDLN_12:
    CJNE A,#",NXTLDLN_13
    LJMP LEVEL13L :SARABON KLANG
NXTLDLN_13:
    CJNE A,#",NXTLDLN_14
    LJMP LEVEL13L
NXTLDLN_14:
    CJNE A,#",NXTLDLN_15
    LJMP LEVEL13L
NXTLDLN_15:
    CJNE A,#",NXTLDLN_16
    LJMP LEVEL13L
NXTLDLN_16:
    CJNE A,#",NXTLDLN_17
    LJMP LEVEL13L
NXTLDLN_17:
    CJNE A,#",NXTLDLN_18
    LJMP LEVEL13L
NXTLDLN_18:
    CJNE A,#",NXTLDLN_19
    LJMP LEVEL14L :SARA BON SOONG
NXTLDLN_19:
    CJNE A,#",NXTLDLN_110
    LJMP LEVEL14L
NXTLDLN_110:
    CJNE A,#",NXTLDLN_111
    LJMP LEVEL14L
NXTLDLN_111:
    CJNE A,#",NXTLDLN_112
    LJMP LEVEL14L
NXTLDLN_112:
    CJNE A,#",NXTLDLN_113
    LJMP LEVEL13L
NXTLDLN_113:

```

;ROUTINE LOAD DATA FROM RAM TO EXTERNAL DISPLAY RAM  
 ;REGISTER : R0,R1,R2,R3,A  
 ;INPUT : CURROW  
 ;OUTPUT: BYTECNT (NUMBER OF CHARACTER IN STRING)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CJNE A,#04,NXTLDLN_114 :END OF MESSAGE          MOV R4,A          :RETURN BACK 1 CHAR
SETB FG_MEND          LCALL ORL16          :MIX SARA WITH PAYAN AND SAVE IN MEMORY
RET          INC DPTR
NXTLDLN_114:          LJMP CHKLDLN_1          :GOTO LOOP

LEVEL11L:          CHKLDLN_1:
LCALL GETFNT          INC COUNTD
MOV A,R4          :SUB POISTION OF RAM          LJMP LPLDLN_1
JNZ NXTLEVEL11L
DEC R5
NXTLEVEL11L:          QLDLN_1:
CLR C          RET
SUBB A,#16          :ROUTINE MIXSARA AND PAYANCHANA AND SAVE BACK IN DISPLAY MEMORY
MOV R4,A          :RETURN BACK 1 CHAR          :REGISTER : R0,R1,R4,R5,R7,DPTR
LCALL ORL16          :MIX SARA WITH PAYAN AND IN MEMORY          :INPUT: R4,R5
INC DPTR          :OUTPUT: R4,R5
LJMP CHKLDLN_1          :GOTO LOOP          :*****

LEVEL12L:          ORL16:
INC BYTECNT          :INCREASE BYTE COUNT OF CHARACTER          PUSH DPH
PUSH A          PUSH DPL
MOV A,BYTECNT          MOV R1,#16
CJNE A,#43,LEVEL12L_1          MOV R0,#BUFFNT
POP A          MOV DPH,R5
DEC BYTECNT          MOV DPL,R4          :LOAD DISPLAY ADDRESS
RET          LPORL16:
LEVEL12L_1:          MOVX A,@DPTR
POP A          ORL A,@R0          :MIX
LCALL GETFNT          MOVX @DPTR,A
LCALL ORL16          :MIXSARA WITH PAYAN AND SAVE IN MEMORY          INC R0          :NEXT DATA
INC DPTR          :POINT TO NEXT CHARACTER          INC DPTR
LJMP CHKLDLN_1          :GOTO LOOP          DJNZ R1,LPORL16

LEVEL13L:          MOV R4,DPL          :SAVE CURRENT DISPLAY ADDRESS
LCALL GETFNT          MOV R5,DPH
MOV A,R4          :SUB POISTION OF RAM          POP DPL
JNZ NXTLEVEL13L          POP DPH
DEC R5
NXTLEVEL13L:          CLR C
CLR C          SUBB A,#16
SUBB A,#16          MOV R4,A          :RETURN BACK 1 CHAR
MOV R4,A          :RETURN BACK 1 CHAR          :*****
LCALL ORL16          :MIXSARA WITH PAYAN AND SAVE IN MEMORY          :ROUTINE GET FONT AND SAVE IN INTERNAL MEMORY
INC DPTR          :REGISTER : R0,R1
LJMP CHKLDLN_1          :GOTO LOOP          :INPUT : A (CHARACTER)
          :*****

LEVEL14L:          GETFNT:
LCALL GETFNT          PUSH DPH
MOV A,R4          :SUB POISTION OF RAM          PUSH DPL
JNZ NXTLEVEL14L
DEC R5
NXTLEVEL14L:          MOV DPTR,#SMOTAB
CLR C          MOV B,#16
SUBB A,#16          MUL AB
          ADD A,DPL

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV DPL,A
MOV A,DPH
ADDC A,B
MOV DPH,A ;DPTR - START TABLE
MOV R1,#BUFFNT
MOV R0,#16
LPGETFNT1:
MOV A,#00
MOVC A,@A+DPTR ;READ DATA FROM TABLE
MOV @R1,A
INC R1
INC DPTR
DJNZ R0,LPGETFNT1
QGETFNT:
POP DPL
POP DPH
RET

:ROUTINE CLEAR DISPLAY LINE
:REGISTER : R0,A
:INPUT : CURROW(0-3)
:
CLRDSPLN:
PUSH DPH
PUSH DPL
MOV A,#00
MOV R0,#00
LPCLRDSPLN:
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
DJNZ R0,LPCLRDSPLN
POP DPL
POP DPH
RET

:ROUTINE WRITE ONE CHARACTER AT CURSOR POSITION
:REGISTER : R0,R1
:INPUT : A (CHARACTER),CURROW,CURCOL
:
WRCHR:
PUSH DPH
PUSH DPL
MOV DPTR,#SMOTAB ;FIND START ASCII TABLE
MOV B,#16D
MUL AB
ADD A,DPL
MOV DPL,A
MOV A,B
ADDC A,DPH
MOV DPH,A

MOV A,CURROW
MOV B,#2
MUL AB
MOV R1,A
MOV R2,#2 ;WRITE 2 PAGE
LPWRCHR1:
MOV R0,#0
MOV A,R1
LCALL SETPAGE
MOV A,CURCOL
MOV B,#8
MUL AB
CLR C
SUBB A,#64D
JNC ,NXTWRCHR ;JUMP IF RIGHT SIDE
ADD A,#64D
LCALL SETADD1
LPWRCHR1_1: ;WRITE LEFT
MOV A,#00
MOVC A,@A+DPTR ;READ TABLE
LCALL WRBYTEL1
INC R0
INC DPTR
CJNE R0,#8,LPWRCHR1_1
INC R1
DJNZ R2,LPWRCHR1
LJMP QWRCHR
NXTWRCHR:
LCALL SETADD2
LPWRCHR1_2: ;WRITE RIGHT
MOV A,#00
MOVC A,@A+DPTR ;READ TABLE
LCALL WRBYTEL2
INC R0
INC DPTR
CJNE R0,#8,LPWRCHR1_2
INC R1
DJNZ R2,LPWRCHR1
QWRCHR:
INC CURCOL ;POINT TO NEXT COLUMN
MOV A,CURCOL
CJNE A,#16,QWRCHR1
MOV CURCOL,#00
INC CURROW ;POINT TO NEXT ROW
CJNE A,#4,QWRCHR1
MOV CURROW,#00
QWRCHR1:
POP DPL
POP DPH
RET

:ROUTINE FOR WRITE DATA TO LCD MODULE 1
:
WRBYTEL1:
PUSH DPH
PUSH DPL
MOV DPTR,#LCDDAT1
MOVX @DPTR,A

```

```

POP DPL
POP DPH
RET
.....
;ROUTINE FOR WRITE DATA TO LCD MODULE 2
.....
WRBYTEL2:
PUSH DPH
PUSH DPL
MOV DPTR,#LCDDAT2
MOVX @DPTR,A
POP DPL
POP DPH
RET
.....
;ROUTINE FOR TURN ON LCD MODULE
.....
ONLCD:
MOV DPTR,#LCDINST1 ;ON DISPLAY#1
MOV A,#ONINST
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#LCDINST2 ;ON DISPLAY#2
MOVX @DPTR,A
RET
.....
;ROUTINE FOR TURN OFF LCD
.....
OFFLCD:
MOV DPTR,#LCDINST1 ;ON DISPLAY#1
MOV A,#ONINST
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#LCDINST2 ;ON DISPLAY#2
MOVX @DPTR,A
RET
.....
;CHECK LCD BUSY FLAG AND WAIT
.....
CHKBUSYL:
PUSH DPH
PUSH DPL
PUSH A
MOV DPTR,#LCDINST1
LPCHKBUSYL1:
MOVX A,@DPTR
JB A OR 5,LPCHKBUSYL1 ;WAIT FOR NOT BUSY
MOV DPTR,#LCDINST2
LPCHKBUSYL2:
MOVX A,@DPTR
JB A OR 5,LPCHKBUSYL2 ;WAIT FOR NOT BUSY
POP A
POP DPL
POP DPH
RET
.....
;ROUTINE SET PAGE
;INPUT : A PAGE NUMBER (0 -7)
.....
SETPAGE:
LCALL SETPAGE1
LCALL SETPAGE2
RET
.....
;ROUTINE SET PAGE TO LCD BANK 1
;INPUT : A INSTRUCTION B8H - BFH
.....
SETPAGE1:
PUSH DPH
PUSH DPL
PUSH A
ADD A,#0B8H ;ADJUST TO INSTRUCTION
MOV DPTR,#LCDINST1
MOVX @DPTR,A
POP A
POP DPL
POP DPH
RET
.....
;ROUTINE SET PAGE TO LCD BANK 2
;INPUT : A INSTRUCTION B8H - BFH
.....
SETPAGE2:
PUSH DPH
PUSH DPL
PUSH A
ADD A,#0B8H ;ADJUST TO INSTRUCTION
MOV DPTR,#LCDINST2
MOVX @DPTR,A
POP A
POP DPL
POP DPH
RET
.....
;ROUTINE SET ADDRESS
;INPUT : A (0 - 63)DECIMAL
.....
SETADD:
LCALL SETADD1
LCALL SETADD2
RET
.....
;ROUTINE SET ADDRESS TO LCD BANK 1
;INPUT : A INSTRUCTION 40H - 7FH
.....
SETADD1:
PUSH DPH
PUSH DPL
PUSH A
ADD A,#40H ;ADJUST TO INSTRUCTION

```

```

MOV DPTR,#LCDINST1
MOVX @DPTR,A
POP A
POP DPL
POP DPH
RET
.....
:ROUTINE SET ADDRESS TO LCD BANK2
:INPUT : A INSTRUCTION 40H - 7FH
.....
SETADD2:
PUSH DPH
PUSH DPL
PUSH A
ADD A,#40H :ADJUST TO INSTRUCTION
MOV DPTR,#LCDINST2
MOVX @DPTR,A
POP A
POP DPL
POP DPH
RET
.....
:DELAY FOR LCD TEST
.....
DELAY:
MOV R6,#00
MOV R7,#00H
LPDELAY:
DJNZ R6,LPDELAYL
DJNZ R7,LPDELAYL
RET
.....
:ROUTINE CLEAR SCREEN OF LCD MODULE
:REGISTER : R0,R1,A
.....
CLRSCRN:
MOV R0,#0
LPCLRSCRN0:
MOV A,R0
LCALL SETPAGE :SET PAGE ADDRESS
MOV A,#0
LCALL SETADD :SET Y ADDRESS(COLUMN)
MOV A,#0H
MOV R1,#64D
LPCLRSCRN1:
LCALL WRBYTEL1 :WRITE LEFT SIDE
DJNZ R1,LPCLRSCRN1
MOV R1,#64D
LPCLRSCRN2:
LCALL WRBYTEL2 :WRITE RIGHT SIDE
DJNZ R1,LPCLRSCRN2
INC R0
DJNZ R2,LPCLRSCRN_0
RET
CLRSCRN23:
MOV BUF_GEN3,#42
MOV CURROW,#1
MOV CURCOL,#6
LPCLRSCRN23:
MOV A,#0
LCALL WRCHR
DJNZ BUF_GEN3,LPCLRSCRN23
RET
INCL "THAISMO.ASM"
.....
MOV A,#0H
MOV R1,#64D
LPCLRSCRN1:
LCALL WRBYTEL1
DJNZ R1,LPCLRSCRN1
MOV R1,#64D
LPCLRSCRN2:
LCALL WRBYTEL2
DJNZ R1,LPCLRSCRN2
INC R0

```

: THAI PATTERN FOR SMO STANDARD

: NOT REVERT

SMOTAB:

DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-000,00H, LETTER NONE
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-001,01H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-002,02H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-003,03H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-004,04H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-005,05H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-006,06H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-007,07H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-008,08H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-009,09H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-010,0AH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-011,0BH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-012,0CH
DFB 00H,80H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-013,0DH LOCK ICON
DFB 80H,80H,80H,80H,80H,80H,80H,80H,1FH,11H,12H,14H,12H,11H,1FH	: code-014,0EH MESSAGE ICON
DFB 60H,0A0H,20H,0E0H,20H,0A0H,60H,00H,00H,00H,01H,1FH,01H,00H,00H,00H	: code-015,0FH ATTENA ICON
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-016,10H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-017,11H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-018,12H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-019,13H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-020,14H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-021,15H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-022,16H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-023,17H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00	: code-024,18H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-025,19H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-026,1AH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-027,1BH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-028,1CH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-029,1DH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-030,1EH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-031,1FH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-032,20H
DFB 00H,00H,00H,00H,0C0H,0C0H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,1BH,1BH,00H,00H	: code-033,21H
DFB 00H,0C0H,0C0H,00H,00H,0C0H,0C0H,00H,00H,01H,01H,00H,00H,01H,01H,00H	: code-034,22H
DFB 00H,00H,00H,80H,40H,00H,80H,40H,15H,0DH,07H,15H,0DH,07H,05H,05H	: code-035,23H.#
DFB 00H,00H,80H,40H,0E0H,40H,80H,00H,00H,00H,09H,12H,3FH,12H,0CH,00H	: code-036,24H.\$
DFB 00H,80H,80H,00H,00H,00H,80H,00H,00H,11H,09H,04H,02H,19H,18H,00H	: code-037,25H.%
DFB 00H,80H,40H,40H,40H,80H,00H,00H,00H,0DH,12H,16H,1AH,19H,04H,00H	: code-038,26H.&
DFB 00H,00H,00H,0C0H,0C0H,00H,00H,00H,00H,00H,01H,01H,00H,00H,00H,00H	: code-039,27H.'
DFB 00H,00H,00H,80H,40H,40H,00H,00H,00H,00H,07H,08H,10H,10H,00H,00H	: code-040,28H,(
DFB 00H,00H,40H,40H,80H,00H,00H,00H,00H,00H,10H,10H,08H,07H,00H,00H	: code-041,29H.)
DFB 00H,40H,80H,00H,0C0H,00H,80H,40H,00H,12H,0AH,07H,1FH,07H,0AH,12H	: code-042,2AH,*
DFB 00H,00H,00H,80H,00H,00H,00H,00H,00H,02H,02H,0FH,02H,02H,00H,00H	: code-043,2BH#,+
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,14H,1CH,1CH,00H	: code-044,2CH,.
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,02H,02H,02H,02H,02H,00H,00H	: code-045,2DH,-
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,18H,18H,00H	: code-046,2EH,.
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,80H,00H,00H,10H,08H,04H,02H,01H,00H,00H	: code-047,2FH,/
DFB 00H,80H,40H,40H,40H,40H,80H,00H,00H,0FH,18H,14H,12H,11H,0FH,00H	: code-048,30HH,0
DFB 00H,00H,00H,80H,40H,0C0H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,10H,1FH,10H,00H	: code-049,31HH,1
DFB 00H,80H,40H,40H,40H,40H,80H,00H,00H,08H,14H,12H,12H,12H,19H,00H	: code-050,32HH,2
DFB 00H,80H,40H,40H,40H,40H,80H,00H,00H,08H,10H,12H,12H,12H,0DH,00H	: code-051,33HH,3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DFB 00H.00H.00H.80H.40H.0C0H.00H.00H.00H.06H.05H.04H.14H.1FH.14H.00H	: code-052.34HH.4
DFB 00H.80H.40H.40H.40H.40H.40H.00H.00H.09H.11H.11H.11H.11H.0EH.00H	: code-053.35HH.5
DFB 00H.80H.40H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.0FH.12H.12H.12H.12H.0CH.00H	: code-054.36HH.6
DFB 00H.80H.40H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.00H.00H.1CH.02H.01H.00H	: code-055.37HH.7
DFB 00H.80H.40H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.0DH.12H.12H.12H.12H.0DH.00H	: code-056.38HH.8
DFB 00H.80H.40H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.09H.12H.12H.12H.12H.0FH.00H	: code-057.39HH.9
DFB 00H.00H.00H.80H.80H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.0DH.0DH.00H.00H.00H	: code-058.3AHH.;
DFB 00H.00H.00H.80H.80H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.0DH.1DH.00H.00H.00H	: code-059.3BHH.;
DFB 00H.00H.00H.80H.40H.00H.00H.00H.00H.02H.05H.08H.10H.00H.00H.00H	: code-060.3CHH.<
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.05H.05H.05H.05H.05H.05H.00H	: code-061.3DHH.=
DFB 00H.00H.00H.40H.80H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.10H.08H.05H.02H.00H	: code-062.3EHH.>
DFB 00H.80H.40H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.00H.01H.01H.14H.16H.01H.00H	: code-063.3FHH.?
DFB 00H.80H.40H.40H.0C0H.40H.80H.00H.00H.0FH.10H.17H.14H.13H.09H.00H	: code-064.40HH.@
DFB 00H.80H.40H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.1FH.02H.02H.02H.02H.1FH.00H	: code-065.41HH.A
DFB 00H.40H.0C0H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.10H.1FH.12H.12H.12H.0DH.00H	: code-066.42HH.B
DFB 00H.80H.40H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.0FH.10H.10H.10H.10H.08H.00H	: code-067.43HH.C
DFB 00H.40H.0C0H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.10H.1FH.10H.10H.10H.0FH.00H	: code-068.44HH.D
DFB 00H.40H.0C0H.40H.40H.40H.00H.00H.10H.1FH.12H.12H.12H.10H.00H	: code-069.45HH.E
DFB 00H.40H.0C0H.40H.40H.40H.00H.00H.10H.1FH.12H.02H.02H.00H.00H	: code-070.46HH.F
DFB 00H.80H.40H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.0FH.10H.10H.12H.12H.0EH.00H	: code-071.47HH.G
DFB 00H.0C0H.00H.00H.00H.00H.0C0H.00H.00H.1FH.02H.02H.02H.02H.1FH.00H	: code-072.48HH.H
DFB 00H.00H.40H.0C0H.0C0H.40H.00H.00H.00H.00H.10H.1FH.1FH.10H.00H.00H	: code-073.49HH.I
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.40H.0C0H.40H.00H.00H.08H.10H.10H.10H.0FH.00H.00H	: code-074.4AHH.J
DFB 00H.40H.0C0H.00H.80H.40H.40H.00H.00H.10H.1FH.07H.08H.10H.10H.00H	: code-075.4BHH.K
DFB 00H.40H.0C0H.40H.00H.00H.00H.00H.10H.1FH.10H.10H.10H.18H.00H	: code-076.4CHH.L
DFB 00H.80H.0C0H.80H.80H.0C0H.80H.00H.00H.1FH.00H.03H.03H.00H.1FH.00H	: code-077.4DHH.M
DFB 00H.00H.0C0H.0C0H.00H.00H.0C0H.40H.00H.10H.1FH.00H.07H.19H.1FH.00H	: code-078.4EHH.N
DFB 00H.80H.40H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.0FH.10H.10H.10H.10H.0FH.00H	: code-079.4FHH.O
DFB 00H.40H.0C0H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.10H.1FH.12H.02H.02H.01H.00H	: code-080.50HH.P
DFB 00H.80H.40H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.0FH.10H.18H.14H.16H.1FH.20H	: code-081.51HH.Q
DFB 00H.40H.0C0H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.10H.1FH.12H.06H.0AH.11H.00H	: code-082.52HH.R
DFB 00H.80H.40H.40H.40H.40H.80H.00H.00H.09H.12H.12H.14H.14H.0CH.00H	: code-083.53HH.S
DFB 00H.00H.0C0H.40H.0C0H.40H.0C0H.00H.00H.00H.00H.10H.1FH.10H.00H.00H	: code-084.54HH.T
DFB 00H.0C0H.00H.00H.00H.00H.0C0H.00H.00H.0FH.10H.10H.10H.10H.0FH.00H	: code-085.55HH.U
DFB 00H.0C0H.00H.00H.00H.00H.0C0H.00H.00H.01H.06H.18H.18H.06H.01H.00H	: code-086.56HH.V
DFB 00H.0C0H.00H.00H.00H.00H.0C0H.00H.00H.0FH.10H.1EH.1EH.10H.0FH.00H	: code-087.57HH.W
DFB 00H.40H.80H.00H.00H.80H.40H.00H.00H.10H.08H.07H.07H.08H.10H.00H	: code-088.58HH.X
DFB 40H.0C0H.80H.00H.00H.00H.0C0H.40H.00H.00H.11H.1FH.1FH.11H.00H.00H	: code-089.59HH.Y
DFB 00H.0C0H.40H.40H.40H.40H.0C0H.00H.00H.10H.18H.14H.12H.11H.18H.00H	: code-090.5AHH.Z
DFB 00H.00H.0C0H.40H.40H.00H.00H.00H.00H.00H.1FH.10H.10H.00H.00H.00H	: code-091.5BHH.[
DFB 00H.40H.80H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.01H.02H.04H.08H.00H	: code-092.5CHH.\
DFB 00H.00H.00H.40H.40H.0C0H.00H.00H.00H.00H.10H.10H.1FH.00H.00H	: code-093.5DHH.]
DFB 00H.00H.80H.40H.80H.00H.00H.00H.00H.01H.00H.00H.00H.01H.00H.00H	: code-094.5EHH.`
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.10H.10H.10H.10H.10H.10H.10H.10H	: code-095.5FHH._
DFB 00H.00H.40H.80H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.01H.00H.00H.00H	: code-096.60HH.`
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.09H.15H.15H.1DH.1EH.10H.00H	: code-097.61HH.a
DFB 00H.40H.0C0H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.10H.1FH.0EH.11H.11H.0EH.00H	: code-098.62HH.b
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.0EH.11H.11H.11H.11H.12H.00H	: code-099.63HH.c
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.00H.0C0H.40H.00H.00H.0EH.11H.11H.0EH.1FH.10H.00H	: code-100.64HH.d
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.0EH.1FH.15H.15H.15H.12H.00H	: code-101.65HH.e
DFB 00H.00H.00H.80H.40H.40H.40H.00H.00H.10H.1FH.12H.02H.00H.00H	: code-102.66HH.f
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.80H.80H.00H.00H.12H.15H.15H.15H.0FH.00H.00H	: code-103.67HH.g
DFB 00H.40H.0C0H.00H.00H.00H.00H.00H.10H.1FH.01H.01H.1EH.10H.00H	: code-104.68HH.h
DFB 00H.00H.00H.40H.40H.00H.00H.00H.00H.10H.1FH.1FH.10H.00H.00H	: code-105.69HH.i
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.40H.40H.00H.04H.0CH.10H.10H.0FH.0FH.00H	: code-106.6AHH.j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DFB 00H,40H,0C0H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,10H,1FH,04H,0AH,11H,11H,00H	: code-107,6BHH,k
DFB 00H,00H,00H,40H,0C0H,00H,00H,00H,00H,00H,1FH,10H,00H,00H	: code-108,6CHH,l
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,01H,1FH,01H,1EH,01H,1FH,00H	: code-109,6DHH,m
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,01H,1FH,04H,03H,1FH,10H,00H	: code-110,6EHH,n
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,0EH,11H,11H,11H,11H,0EH,00H	: code-111,6FHH,o
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,11H,1FH,06H,09H,09H,06H,00H	: code-112,70HH,p
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,06H,09H,09H,06H,1FH,11H,00H	: code-113,71HH,q
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,01H,1FH,02H,01H,01H,02H,00H	: code-114,72HH,r
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,12H,15H,15H,15H,0DH,0DH,00H	: code-115,73HH,s
DFB 00H,00H,00H,0C0H,00H,00H,00H,00H,00H,01H,1FH,11H,10H,00H,00H	: code-116,74HH,t
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,01H,0FH,10H,08H,1FH,10H,00H	: code-117,75HH,u
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,01H,07H,18H,18H,07H,01H,00H	: code-118,76HH,v
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,01H,0FH,10H,0CH,0CH,10H,0FH,01H	: code-119,77HH,w
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,11H,0AH,04H,04H,0AH,11H,00H	: code-120,78HH,x
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,01H,13H,14H,14H,14H,0FH,00H	: code-121,79HH,y
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,19H,19H,15H,15H,13H,1BH,00H	: code-122,7AHH,z
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,04H,0EH,11H,11H,00H,00H,00H	: code-123,7BHH,{
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,1FH,1FH,00H,00H,00H	: code-124,7CHH,
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,11H,11H,0EH,04H,00H	: code-125,7DHH,}
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,04H,02H,01H,02H,04H,02H,01H	: code-126,7EHH,~
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-127,7FH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-128,80H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-129,81H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-130,82H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-131,83H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-132,84H
DFB 00H,06H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-133,85H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-134,86H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-135,87H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-136,88H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-137,89H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-138,8AH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-139,8BH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-140,8CH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-141,8DH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-142,8EH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-143,8FH
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-144,90H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-145,91H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-146,92H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-147,93H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-148,94H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-149,95H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-150,96H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-151,97H
DFB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-152,98H
DFB 00H,00H,00H,1FH,10H,10H,10H,10H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-153,99H
DFB 00H,00H,00H,0F0H,10H,10H,10H,10H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-154,9AH
DFB 10H,10H,10H,1FH,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-155,9BH
DFB 10H,10H,10H,0F0H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-156,9CH
DFB 10H,10H,10H,10H,10H,10H,10H,10H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-157,9DH
DFB 10H,10H,10H,1FH,10H,10H,10H,10H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-158,9EH
DFB 10H,10H,10H,0F0H,10H,10H,10H,10H,00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H	: code-159,9FH
DFB 0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH,0FFH	: smd-160,ADHH,all black
DFB 00H,80H,80H,80H,80H,80H,00H,00H,00H,1EH,01H,00H,00H,00H,1FH,00H	: smd-161,A11HH,kokai



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DFB 00H.00H.80H.80H.00H.80H.00H.00H.00H.00H.0EH.11H.10H.0FH.00H.00H	: smo-162,A2HH.khokhai
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.00H.80H.00H.00H.10H.08H.04H.02H.01H.00H.0CH	: smo-163,A3HH.khokhuad
DFB 00H.00H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.00H.1FH.10H.0CH.04H.00H.1FH.00H	: smo-164,A4HH.korkwai
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H	: smo-165,A5HH.korkon
DFB 80H.00H.80H.00H.00H.00H.80H.00H.00H.19H.18H.1FH.08H.10H.0FH.00H	: smo-166,A6HH.korrakang
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.80H.80H.00H.00H.00H.06H.08H.10H.10H.0FH.00H	: smo-167,A7HH.ngomngoo
CFB 00H.00H.80H.80H.80H.80H.0CH.00H.00H.01H.00H.04H.1CH.10H.0FH.00H	: smo-168,A8HH.jorjam
CFB 00H.00H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.00H.05H.1CH.10H.08H.08H.1FH.18H	: smo-169,A9HH.chorching
DFB 00H.80H.80H.80H.00H.80H.40H.00H.00H.00H.0EH.11H.11H.0FH.00H.00H	: smo-170,AAHH.chorchang
DFB 80H.00H.80H.80H.00H.80H.40H.00H.00H.01H.0CH.13H.11H.0FH.00H.00H	: smo-171,ABHH.sorso
DFB 00H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.80H.00H.1EH.11H.00H.18H.1FH.10H.1FH	: smo-172,ACHH.chorkachur
DFB 00H.80H.80H.80H.80H.00H.80H.00H.00H.1EH.11H.00H.2FH.28H.3FH.00H	: smo-173,ADHH.yorying
DFB 00H.00H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.00H.10H.1EH.0C0H.40H.0A0H.0FFH.20H	: smo-174,AEHH.chorchadar
DFB 00H.00H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.00H.90H.5EH.81H.60H.0A0H.0FFH.20H	: smo-175,AFHH.lorpatok
DFB 00H.00H.80H.80H.80H.80H.40H.00H.00H.81H.42H.8AH.5AH.92H.0CCH.00H	: smo-176,B0HH.tortam
DFB 0C0H.80H.40H.0C0H.80H.40H.0C0H.00H.00H.1EH.01H.01H.00H.00H.1FH.00H	: smo-177,B1HH.tomangmonto
DFB 00H.00H.80H.00H.80H.00H.00H.80H.00H.1FH.14H.0DH.10H.1FH.10H.1FH	: smo-178,B2HH.lorpootoa
DFB 00H.80H.80H.80H.80H.00H.80H.00H.00H.1EH.11H.00H.1FH.10H.1FH.18H	: smo-179,B3HH.normand
DFB 00H.00H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.00H.1FH.14H.0CH.00H.00H.1FH.00H	: smo-180,B4HH.dordax
DFB 00H.00H.80H.00H.00H.80H.00H.00H.00H.1FH.14H.0DH.01H.00H.1FH.00H	: smo-181,B5HH.tortoa
DFB 00H.80H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.00H.1EH.11H.00H.80H.00H.1FH.00H	: smo-182,B6HH.tortung
DFB 00H.80H.80H.00H.80H.80H.00H.00H.00H.1EH.11H.08H.07H.00H.1FH.00H	: smo-183,B7HH.tortaham
DFB 00H.80H.40H.40H.40H.40H.00H.00H.00H.11H.11H.11H.11H.0EH.00H	: smo-184,B8HH.tortong
DFB 00H.80H.80H.00H.00H.80H.80H.06H.00H.1EH.11H.08H.09H.1FH.18H.80H	: smo-185,B9HH.normoo
DFB 00H.80H.80H.00H.00H.80H.80H.00H.0EH.11H.10H.10H.10H.0FH.00H	: smo-186,BAHH.borbainai
DFB 00H.80H.80H.00H.00H.00H.0C0H.0CH.00H.0EH.11H.10H.10H.10H.0FH.00H	: smo-187,BBHH.porpla
DFB 00H.80H.80H.00H.00H.00H.80H.00H.00H.0FH.10H.0CH.0CH.10H.0FH.00H	: smo-188,BCHH.porpaung
DFB 00H.80H.80H.00H.00H.00H.0C0H.00H.00H.0FH.10H.0CH.0CH.10H.0FH.00H	: smo-189,BDHH.torta
DFB 00H.80H.80H.00H.00H.00H.80H.00H.00H.0EH.11H.0CH.0CH.10H.0FH.00H	: smo-190,BEHH.porpari
DFB 00H.80H.80H.00H.00H.00H.0C0H.00H.00H.0EH.11H.0CH.0CH.10H.0FH.00H	: smo-191,BFHH.lorfun
DFB 00H.80H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.00H.10H.1EH.01H.00H.00H.1FH.00H	: smo-192,C0HH.porsampo
DFB 00H.80H.80H.00H.00H.00H.80H.00H.00H.18H.1FH.08H.10H.10H.0FH.00H	: smo-193,C1HH.morma
CFB 00H.80H.80H.00H.00H.00H.80H.00H.00H.0DH.12H.10H.10H.10H.0FH.00H	: smo-194,C2HH.yoryak
DFB 00H.00H.80H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.01H.02H.02H.12H.1CH.80H.00H	: smo-195,C3HH.rorru
DFB 00H.80H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.00H.1EH.11H.00H.00H.00H.7FH.00H	: smo-196,C4HH.lorru
DFB 00H.80H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.00H.1CH.12H.02H.0EH.10H.0FH.00H	: smo-197,C5HH.loring
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.1CH.1CH.1CH.00H	: smo-198,C6HH.lorru
DFB 00H.00H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.00H.01H.00H.00H.00H.10H.1FH.00H	: smo-199,C7HH.vorvan
DFB 00H.00H.80H.80H.80H.80H.0C0H.00H.00H.0FH.10H.0EH.02H.00H.1FH.00H	: smo-200,C8HH.sorsalar
DFB 00H.80H.80H.00H.00H.00H.80H.00H.00H.0EH.11H.10H.16H.14H.1FH.00H	: smo-201,C9HH.sorsu
DFB 00H.80H.80H.80H.80H.80H.0C0H.00H.00H.1CH.12H.02H.0CH.10H.0FH.00H	: smo-202,CAHH.sorsua
DFB 90H.80H.80H.00H.80H.80H.80H.00H.00H.0EH.11H.08H.05H.02H.1DH.00H	: smo-203,CBHH.horheep
DFB 90H.80H.80H.00H.00H.80H.80H.40H.00H.0EH.11H.18H.18H.11H.0FH.00H	: smo-204,CHHH.lorular
DFB 00H.80H.80H.80H.80H.80H.09H.00H.00H.0EH.12H.10H.10H.10H.0FH.00H	: smo-205,CDHH.orang
DFB 00H.80H.80H.80H.80H.80H.0C0H.00H.00H.0EH.12H.10H.10H.10H.0FH.00H	: smo-206,CEHH.hornokhook
DFB 00H.80H.80H.00H.00H.80H.80H.00H.00H.03H.12H.12H.11H.10H.0FH.00H	: smo-207,CFHH.payannoi
DFB 90H.80H.80H.00H.80H.40H.00H.00H.00H.0DH.0DH.09H.04H.02H.00H.00H	: smo-208,D0HH.SARA-A
DFB 00H.00H.30H.30H.20H.20H.10H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H	: smo-209,D1HH.MAIHANARGARD
DFB 00H.00H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.00H.01H.00H.00H.00H.00H.1FH.80H	: smo-210,D2HH.SARA-AR
DFB 30H.30H.80H.80H.80H.80H.00H.00H.00H.01H.09H.00H.00H.00H.1FH.80H	: smo-211,D3HH.SARA-AM
DFB 00H.20H.30H.30H.30H.30H.20H.00H.00H.90H.00H.00H.00H.00H.00H.00H	: smo-212,D4HH.SARA-I
DFB 00H.20H.30H.30H.30H.20H.30H.00H.00H.90H.00H.00H.00H.00H.00H.00H	: smo-213,D5HH.SARA-E
DFB 00H.20H.20H.20H.30H.20H.30H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H	: smo-214,D6HH.SARA-AU
DFB 00H.20H.20H.20H.30H.20H.30H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H	: smo-215,D7HH.SARA-AUU
DFB 00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H.00H	: smo-216,D8HH.SARA-II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

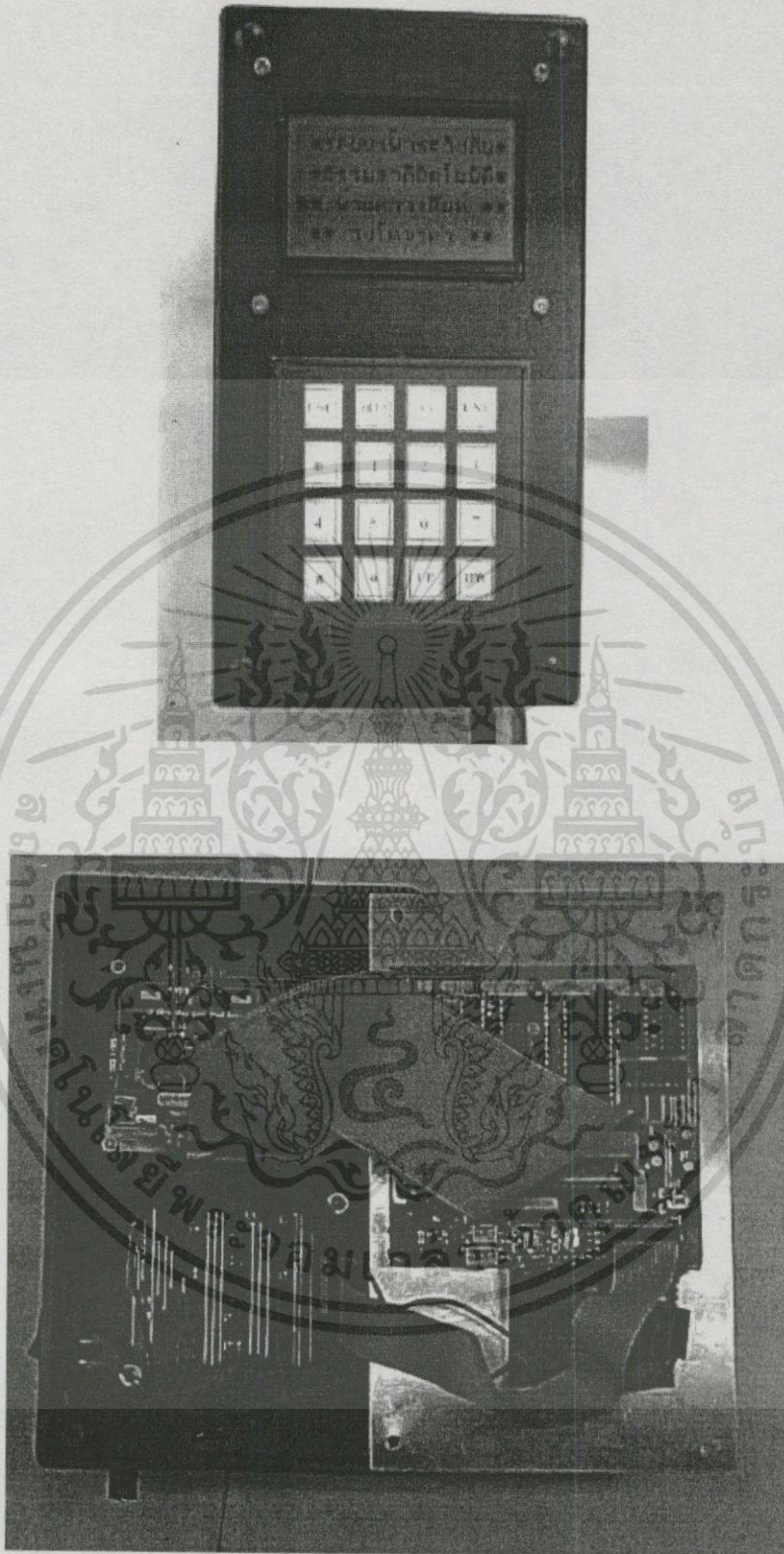


ภาคผนวก ง.

รายละเอียดการใช้งาน

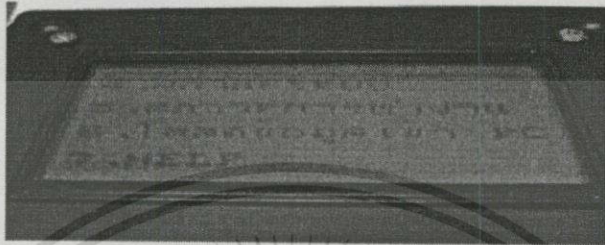
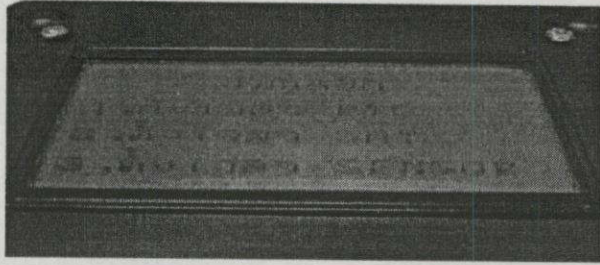


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพแสดงส่วน Terminal ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



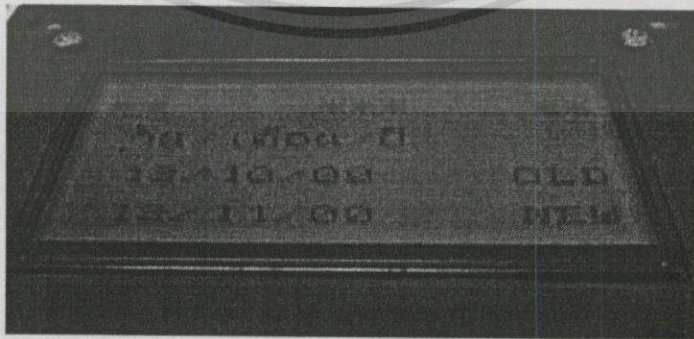
ภาพแสดงหน้าจอหลัก

### การตั้งเวลา RTC

ขั้นตอนการตั้งเวลา RTC เริ่มต้นด้วยการกดสวิทช์ หมายเลข 1 ขั้นตอนนี้จะเริ่มต้น ด้วยการอ่านข้อมูล วัน / เดือน / ปี เดิมจาก RTC เพื่อแสดงผลที่ LCM และทำการรอรับค่าการกดคีย์ เพื่อตั้งเวลา วัน เดือน / ปี ใหม่ เมื่อรับข้อมูลครบนำข้อมูลที่ได้เขียนลง RTC จากนั้นนำข้อมูลมา แสดงผลที่ LCM ดังรูป



ภาพ แสดง การตั้งเวลา วัน / เดือน / ปี ของ RTC

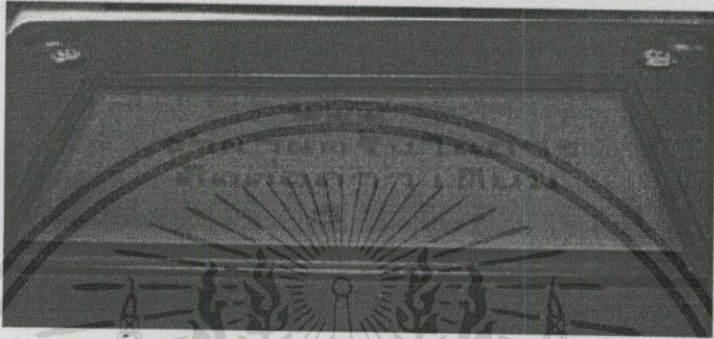


ภาพ แสดง การตั้งเวลา ชั่วโมง / นาที / วินาที ของ RTC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การตั้งเวลาในการติดต่อดาวเทียม

การตั้งเวลาในการติดต่อดาวเทียม เริ่มต้นเป็นการแสดงข้อมูล ให้ผู้ใช้งานใส่ จำนวนครั้งที่ต้องการให้ระบบติดต่อกับดาวเทียม จากนั้นทำการกำหนดช่วงเวลา ตามจำนวนที่กำหนดไว้โดยแต่ละช่วงเวลาจะประกอบด้วย ชั่วโมงและนาที เมื่อใส่ข้อมูลครบตามจำนวนที่กำหนดโปรแกรมจะนำข้อมูลที่ได้เก็บในหน่วยความจำเพื่อใช้เป็นเวลาอ้างอิง ในการติดต่อดาวเทียมต่อไป



ภาพแสดง จำนวนช่วงเวลาในการติดต่อกับดาวเทียม



ภาพแสดงเวลาในการติดต่อกับดาวเทียมตามช่วงเวลาที่กำหนด



ภาพแสดงเครื่อง Digital Thermo-Hygrometer สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

นายธันยวัต พึ่งแสงโชติช่วง เกิดเมื่อวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2510 ที่จังหวัดสงขลา สำเร็จ การศึกษาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (ไฟฟ้า) จากวิทยาลัยมหานคร ปีการศึกษา 2536 และ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (อิเล็กทรอนิกส์) จากวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขต พระนครเหนือ ปีการศึกษา 2531

ปี พ.ศ. 2536 เข้าทำงานในตำแหน่งอาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยมหา นคร และปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรม ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

