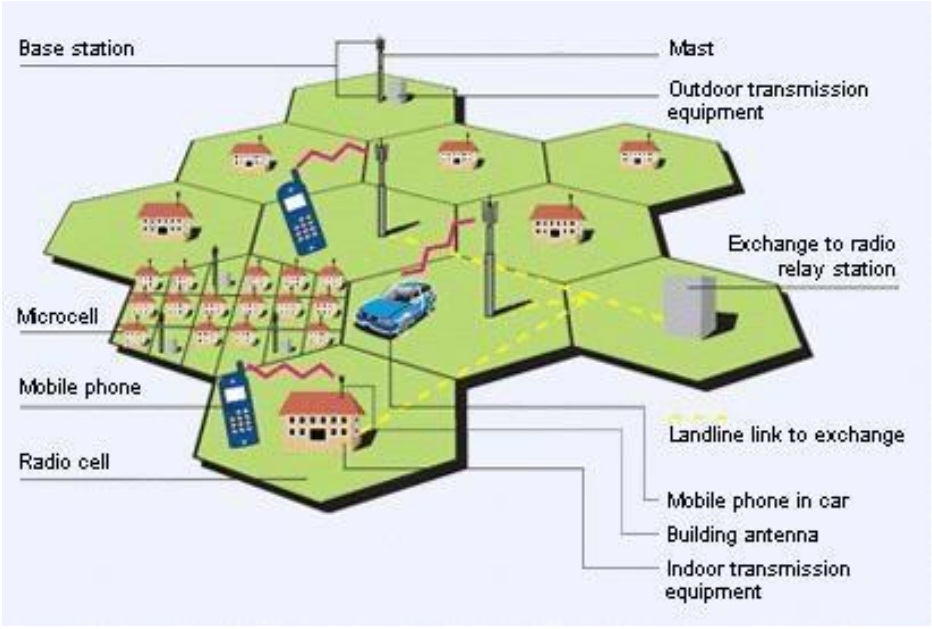
บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

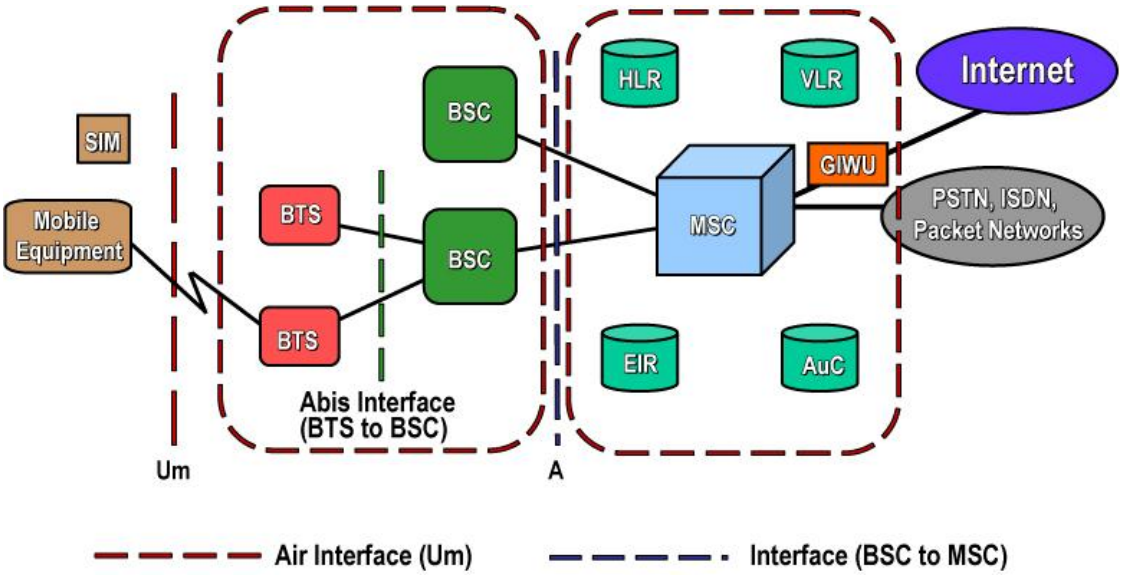
2.1 ระบบ GSM

ระบบ GSM ย่อมาจาก Global System for Mobile Communications คือ มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่จัดทำโดยกลุ่มประเทศยุโรปตะวันตก เป็นหนึ่งในระบบเซลลูลาร์ดิจิทัล (digital cellular) โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์ หมายถึงโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ติดต่อกับเครือข่ายซึ่งจำแนกพื้นที่การใช้งานโดยแบ่งเป็นเซลล์ (cell) ถ้าจะเปรียบเทียบลักษณะการใช้งานกับระบบแอนะล็อกเซลลูลาร์ (analog cellular) แล้วมีข้อดีกว่ากันมาก เช่น ความปลอดภัยจากการดักฟัง และด้านการโทรข้ามประเทศหรือ International Roaming (เพราะเนื่องจากมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบแอนะล็อกได้ออกมาตรฐานจากหลายประเทศ และไม่สามารถใช้งานร่วมกันได้ ทำให้โทรข้ามเครือข่ายไปยังประเทศอื่นไม่ได้) เป็นต้น ทำให้ระบบ GSM ได้รับความเชื่อถือจากประเทศต่างๆ ทั่วโลก ระบบ GSM ใช้เทคนิคการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบแบ่งเวลา (Time Division Multiple Access: TDMA) ซึ่งอนุญาตให้โทรได้ 8 สายในแถบความถี่วิทยุเดียวกัน โดยใช้งานการโทรคนละช่องเวลา (time slot) ระบบ GSM มีการใช้งานในหลายย่าความถี่ ได้แก่ 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz และ 1900 MHz รูปที่ 2.1 แสดงภาพรวมของสถาปัตยกรรมระบบ GSM



รูปที่ 2.1 ภาพรวมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM [3]

2.1.1 โครงสร้างของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM



รูปที่ 2.2 โครสร้างของระบบ GSM [4]

โครงสร้างของระบบ GSM

โครงสร้างของระบบ GSM ประกอบไปด้วย 4 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

1) อุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station: MS) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนย่อยคือ

- **เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Equipment: ME)**

เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทำหน้าที่เก็บ International Mobile Equipment Identity (IMEI) คือหมายเลขประจำเครื่อง Mobile phone ซึ่งจะเป็นหมายเลขที่ไม่ซ้ำกับเครื่องอื่น มี 15 หลัก

IMEI = TAC + FAC + SNR + SPARE

TAC	คือ Type Approval Code 6 หลัก กำหนดโดยองค์กรกลาง GSM
FAC	คือ Final Assembly Code 2 หลัก กำหนดโดยผู้ผลิต Mobile
SNR	คือ Serial Number 6 หลัก กำหนดโดยผู้ผลิต Mobile
SPARE	คือ ตัวเลขเพื่อเอาไว้ 1 หลัก

IMEI สามารถตรวจสอบในเครื่องโทรศัพท์ได้โดยการกด *#06#

การมี IMEI จะช่วยให้ผู้ให้บริการ (operator) สามารถติดตามการใช้เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ถูกขโมยได้ แม้ว่าจะใช้ SIM อื่น และสามารถระงับการใช้งานเฉพาะเครื่องได้ รวมทั้งสามารถตรวจสอบเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เฉพาะที่ไม่ได้รับอนุญาตให้นำเข้ามาใช้ในเครือข่ายได้

- **ซิมการ์ด (SIM card)**

ซิมการ์ด เป็นสมาร์ทการ์ด ที่ใส่ในเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อให้เครื่องสามารถติดต่อกับเครือข่ายได้ ย่อมาจาก Subscriber Identity Module ในซิมการ์ดจะเก็บรหัส International Mobile Subscriber Identity (IMSI) ซึ่งประกอบด้วย

IMSI = MCC + MNC + MSIN

MCC	คือ Mobile Country Code 3 หลัก
MNC	คือ Mobile Network Code 1 – 2 หลัก
MSIN	คือ Mobile Station Identification Number

MCC ของประเทศไทยคือ 520

MNC ของ AIS GSM คือ 01, DTAC คือ 18, GSM1800 คือ 23, True Move คือ 99

ตัวอย่างหมายเลข IMSI: ถ้าเบอร์โทรศัพท์ คือ 0812345678

ถ้าเป็น SIM AIS หมายเลข IMSI เท่ากับ: 520 01 0812345678

ถ้าเป็น SIM DTAC หมายเลข IMSI เท่ากับ: 520 18 0812345678

ถ้าเป็น SIM TRUE หมายเลข IMSI เท่ากับ: 520 99 0812345678

หน้าที่ของ SIM card

1. เก็บหมายเลข IMSI (International Mobile Subscriber Identity) ซึ่งเป็นหมายเลขที่ไม่ซ้ำกับ SIM อื่น ๆ ทั่วโลก หมายเลขนี้จะผูกกับหมายเลขโทรศัพท์ของเจ้าของ SIM โดยเก็บที่ HLR (HLR เป็นเสมือนที่เก็บข้อมูลครับ)
2. เก็บรหัสที่ใช้ป้องกันการปลอมแปลง SIM
3. เก็บข้อมูลสำคัญของ ผู้ให้บริการเครือข่าย เช่น ย่านความถี่ใช้งาน application เสริม
4. เก็บข้อมูลส่วนตัวของเราได้ เช่น phone book
5. เก็บรหัส Lock SIM คือ PIN และ PUK
    - PIN ย่อมาจาก Personal Identification Number เป็นรหัส 4-8 หลัก ใช้ป้องกันผู้อื่นมาใช้งานSIM โดยไม่ได้รับอนุญาต หากกดผิดเกิน 3 ครั้ง เครื่องจะถูกล็อค ต้องใช้รหัส PUK สำหรับปลดล็อค จึงจะทำงานได้ตามปกติ
    - PUK ย่อมาจาก PIN Unlock Key เป็นรหัส 8 หลัก ที่ใช้ปลดล็อค SIM โดยปัจจุบันทางผู้ให้บริการเครือข่าย ไม่ส่งรหัสนี้ให้ลูกค้าเก็บไว้แล้ว หากลูกค้าต้องการทราบ ให้ติดต่อไปที่ call center ของแต่ละผู้ให้บริการ หาก กด

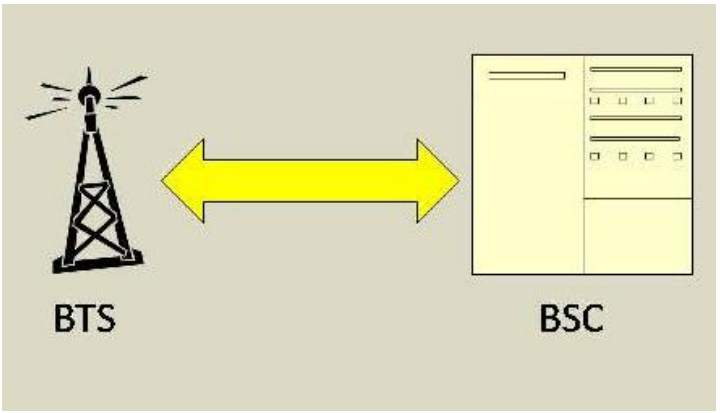
PUK ผิด 10 ครั้ง SIM จะทำลายตัวเอง ไม่สามารถใช้ได้อีก ข้อมูลต่าง ๆ จะหายหมด รวมถึงข้อมูลของผู้ให้บริการ

2) ระบบสถานีฐาน (Base Station System: BSS)

ระบบสถานีฐาน ประกอบด้วย 2 ส่วนคือสถานีฐาน (Base Transceiver Station: BTS) และส่วนควบคุมสถานีฐาน (Base Station Controller: BSC)

- สถานีฐาน (BTS) คือเสาสัญญาณที่ติดตั้งอยู่ตามตึก หรือตามข้างถนน ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างผู้ใช้งาน (MS) กับ BSC โดยใช้คลื่นวิทยุเป็นสื่อกลางในการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ใช้งาน
- ส่วนควบคุมสถานีฐาน (BSC) คือชุมสายย่อยที่ควบคุมดูแลการทำงานของ BTS ในการทำงานนั้น MSC แต่ละ MSC จะควบคุม BSC 1 BSC หรือมากกว่า และในแต่ละ BSC จะควบคุม BTS หลายๆ BTS

รูปที่ 2.3 แสดงการเชื่อมต่อการทำงานระหว่างสถานีฐานและส่วนควบคุมสถานีฐาน



รูปที่ 2.3 ระบบสถานีฐาน (BSS) [5]

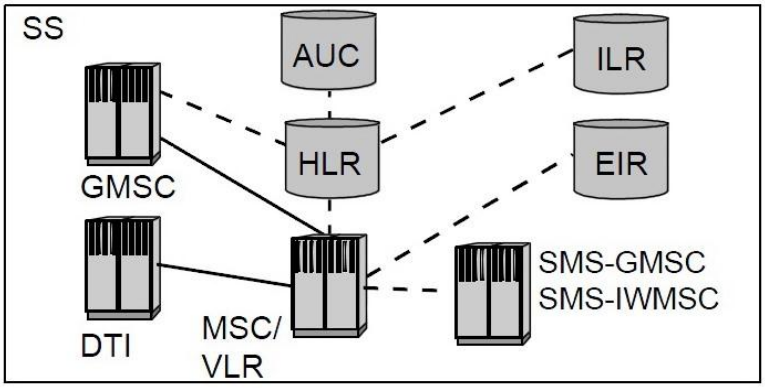
3) ระบบชุมสายโทรศัพท์ (Switching System: SS)

ระบบชุมสายโทรศัพท์ จะทำหน้าที่สลับสัญญาณจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งรวมถึงการเชื่องโยงกับชุมสายอื่นๆ ด้วย ตลอดจนเก็บข้อมูลตำแหน่งของเครื่องลูกข่ายในเครือข่าย ระบบชุมสายโทรศัพท์ประกอบไปด้วย 5 ส่วนดังนี้

- **ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Services Switching Center: MSC)** ทำหน้าที่ตัดต่อจุดเชื่อมต่อสัญญาณเข้าออกชุมสาย ควบคุมการติดต่อสื่อสารส่งข้อมูลเชื่อมต่อกับชุมสายอื่น เก็บข้อมูลการใช้บริการ และควบคุมการย้ายข้ามพื้นที่

- **หน่วยเก็บข้อมูลท้องถิ่น หรือ ฐานข้อมูลผู้ใช้บริการท้องถิ่น (Visiting Location Register: VLR)** ทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลชั่วคราวของเครื่องโทรศัพท์ เคลื่อนที่ที่ใช้บริการข้ามเขตต่างชุมสายรวมทั้งบอกตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่
- **หน่วยเก็บข้อมูลหลักของผู้ใช้บริการ หรือฐานข้อมูลหลักของผู้ใช้บริการ (Home Location Register: HLR)** ทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลเก็บข้อมูลของผู้ใช้บริการ (ข้อมูลในซิมการ์ด) เช่นหมายเลขโทรศัพท์ในซิมการ์ด ยอดเงิน บริการที่ใช้ บริการเสริมต่างในซิมการ์ด (ถ้าซิมการ์ดหาย) ผู้ใช้สามารถแจ้งผู้ให้บริการเพื่อขอซิมใหม่เบอร์เดิมได้ และข้อมูลต่างๆ ในซิมการ์ดเหมือนเดิมทุกอย่าง
- **ศูนย์ตรวจสอบการใช้งานหรือศูนย์ตรวจสอบพารามิเตอร์ต่างๆ (Authentication Center: AUC)** ทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของโทรศัพท์ ป้องกันการดักสัญญาณ
- **หน่วยเก็บข้อมูลเลขหมายประจำเครื่อง (Equipment Identity Register: EIR)** ทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูล ที่เก็บข้อมูล Identity ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อป้องกันไม่ให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ไม่ลงทะเบียน หรือได้มาอย่างไม่ถูกต้องตามกฎหมายเข้ามาใช้งานในระบบได้ การติดตั้ง EIR ส่วนใหญ่จะอยู่ร่วมกับ AUC

รูปที่ 2.4 แสดงภาพรวมและการเชื่อมต่อของแต่ละส่วนของระบบชุมสายโทรศัพท์



รูปที่ 2.4 ระบบชุมสายโทรศัพท์ [6]

4) ศูนย์ควบคุมการทำงานและบำรุงรักษาระบบ (Operation and Maintenance Center: OMC)

ศูนย์ควบคุมการทำงานและบำรุงรักษาระบบ ทำหน้าที่ควบคุมและบริหารการทำงานของระบบโครงข่ายโดยรวม จัดการกับปัญหาของอุปกรณ์บางส่วนที่อาจเกิดความเสียหาย การปรับตั้ง

ค่าต่างๆภายในระบบให้เหมาะสมกับการจัด การเรื่องสมาชิกผู้ใช้บริการของระบบซึ่งรวมไปถึงการคิดค่าบริการและออกบิลเก็บค่าบริการการทำงาน OMC ส่วนใหญ่แล้วจำต้องมีการติดต่อสื่อสารกับฐานข้อมูล HLR

2.2 เทคโนโลยี GPRS (General Packet Radio Service (GPRS) Technology)

GPRS ย่อมาจาก General Packet Radio Services เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นบนเครือข่าย GSM เดิม ซึ่งเป็นบริการเสริมแบบใหม่ที่รองรับการรับส่งข้อมูลข่าวสาร เพื่อให้การส่งข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็ว และสะดวกยิ่งขึ้น โดยเป็นการเพิ่มความสามารถในการให้บริการแบบ packet switching คือข้อมูลที่รับส่งผ่านเครือข่าย GPRS จะถูกแบ่งออกเป็นส่วนเล็กๆ เรียกว่าแพคเกต (packet) ทำให้มีการส่งข้อมูลโครงข่ายได้ดีกว่าแบบเดิม ซึ่งสามารถตรวจสอบความผิดพลาดในการส่งและยังช่วยเพิ่มอัตราการส่งข้อมูลสูงขึ้นอีกด้วย

จุดเด่นของระบบนี้คือ การโอนถ่ายข้อมูลที่มีความสามารถในการรับ-ส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้สูงถึง 9 - 40 kbps และสามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลา (always on) โดยไม่เสียค่าบริการ และยังสามารถโทรออกและรับสายโทรเข้าได้ ในขณะที่ทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตอยู่ การเสียค่าบริการจะคิดต่อเมื่อมีการรับหรือส่งข้อมูล (download หรือ upload) เท่านั้น โดยคิดตามขนาดข้อมูลไม่ได้คิดตามเวลาการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต (airtime) เหมือนเมื่อก่อน จึงทำให้ประหยัดค่าบริการได้มาก นอกจากนั้น ยังสามารถใช้โทรศัพท์มือถือที่มีระบบ GPRS เชื่อมต่อกับ PDA หรือ Computer Notebook ก็สามารถเข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ตได้อย่างง่ายได้และยังสามารถรับข้อมูลในรูปแบบของ Multimedia ได้ เช่นการชม Video การใช้ Video Conference ข่าว ละคร กีฬา ข้อมูลการจราจรซึ่งจะทำให้ผู้ใช้ทันต่อเหตุการณ์ในโลกปัจจุบันเสมอ

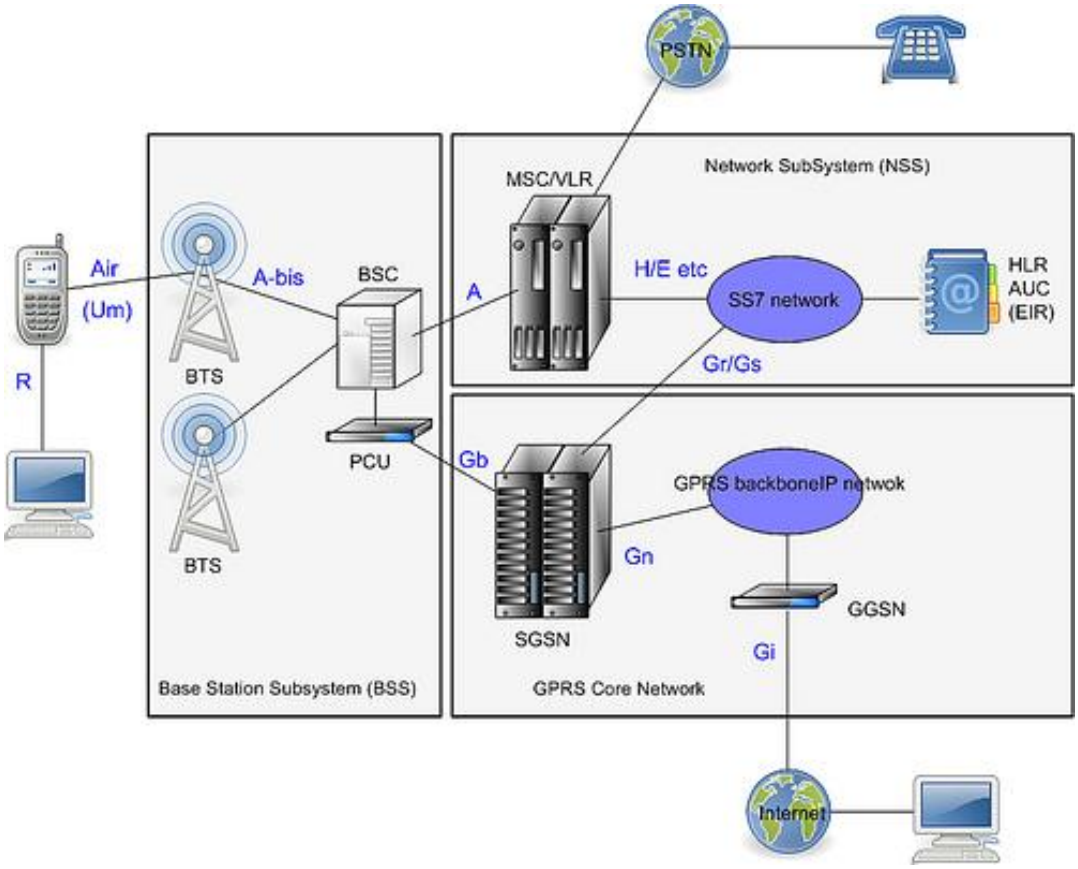
GPRS ไม่ได้เป็นลักษณะที่จะสามารถให้บริการได้ด้วยตัวของระบบเอง แต่ตัวมันเองเป็นเพียงแค่ Bearer ให้กับ Application ต่าง ๆ ที่ต้องการใช้ความเร็วที่เพิ่มมากกว่าปกติในระบบ GSM ที่เคยรองรับอยู่เดิมมาก่อน และระบบ GPRS จะต้องต่อไปยัง Packet Data Network ที่เป็น IP Network อีกต่อหนึ่ง ดังนั้นเพื่อรองรับการให้บริการ GPRS บนเครือข่าย GSM นั้นผู้ให้บริการจำเป็นต้องเพิ่มโมดูลหลักใหม่อีก 2 โมดูลคือ

1. SGSN (Serving GPRS Supports Node) ทำหน้าที่เป็น Gateway เชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย GPRS กับเครือข่ายข้อมูลทั่วไปเช่น IP และ X.25 ซึ่งรวมถึงการเชื่อมต่อกับเครือข่าย GPRS อื่นๆ เพื่อทำการ Roaming ด้วย มีรูปแบบการรับส่งข้อมูลแบบ packet- switched

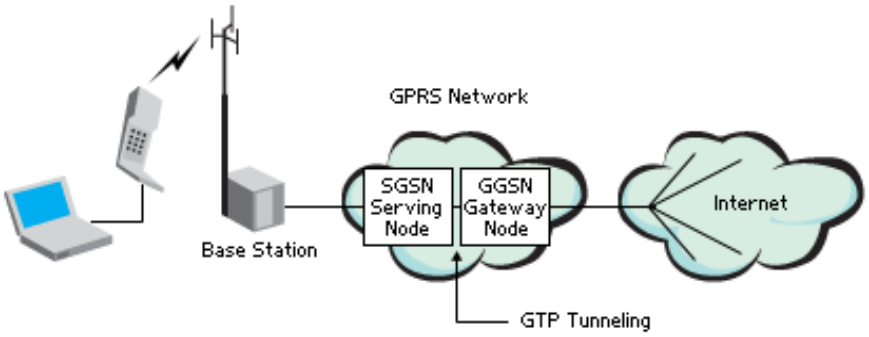
2. GGSN (Gateway GPRS Supports Node) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเชื่อมต่อเส้นทาง (Routing) ระหว่าง SGSN ในแต่ละพื้นที่สำหรับผู้ใช้ทุกคนในพื้นที่ให้บริการ

การเพิ่มโมดูล SGSN และ GGSN ในระบบ GSM แสดงได้ดังรูปที่ 2.5 และรูปที่ 2.6 โดยทั้ง 2 โมดูลหลักขององค์ประกอบนี้จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยมีอุปกรณ์อื่นๆ เป็นตัวช่วยเพื่อไปร่วมใช้ Radio Interface จากสถานีฐานโดยผ่านตัวควบคุม ที่เรียกว่า PCU (Packet Control Unit) ที่

ติดตั้งไว้ที่ BSC โดยทั้งนี้อาจมองเครือข่ายเป็นอีกเครือข่ายหนึ่ง ซึ่งเชื่อมต่อเข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านทาง Radio Interface ของระบบ GSM เดิมโดยเป็นบริการที่เกี่ยวเนื่องกับการรับส่งข้อมูลเป็นแพคเกตโดยตรง



รูปที่ 2.5 สถาปัตยกรรมของ GPRS [7]



รูปที่ 2.6 การรองรับการให้บริการ GPRS บนเครือข่าย GSM [8]

2.2.1 การประยุกต์ใช้งาน GPRS

- Chat ได้รับความนิยมใช้งานอย่างมากในปัจจุบันและด้วยเทคโนโลยี GPRS การใช้งาน Chat บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ก็จะเป็นเรื่องที่ง่ายดายมาก อย่างไรก็ตาม ประมาณกันว่าในช่วงแรกของการให้บริการนั้น การ Chat น่าจะใช้เทคโนโลยีของ SMS มาเป็นหลักในการให้บริการก่อนที่จะเข้าสู่รูปแบบของ GPRS ต่อไป

- Textual and Visual Information ข่าวสารต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นแบบตัวอักษรหรือรูปภาพนั้นได้รับความนิยมในการใช้งานอย่างแพร่หลายพอสมควรไม่ว่าจะเป็นการรายงานราคาหุ้น ผลการแข่งขันกีฬา รายงานอากาศ ข้อมูลตารางการบิน หัวข้อข่าว ผลล็อตเตอรี่ ดูดวงรายวัน ข้อมูลจราจร และอื่นๆอีกมากมาย ในกรณีของ SMS ซึ่งมีความยาวของข้อความได้ 160 ตัวอักษรนั้นจะเพียงพอสำหรับการข้อมูลเชิงปริมาณเช่น ราคาหุ้น ผลกีฬา หรืออุณหภูมิ แต่ถ้าข้อมูลเป็นแบบเชิงคุณภาพ (จะมีรายละเอียดของข้อมูลมาก) เช่น ดูดวงรายวัน หรือข่าวนั้น 160 ตัวอักษรจะถือว่าไม่เพียงพอกับการใช้งาน ดังนั้นจึงมีการวางแผนที่จะนำ GPRS มาแก้ปัญหานี้ แต่ทั้งนี้คาดกันว่า SMS ก็ยังคงถูกใช้งานสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณอยู่

- Still Images ภาพนิ่ง เช่น ภาพถ่าย โปสการ์ด หรือ Greeting Card สามารถถูกส่งบนโครงข่าย GPRS ได้เช่นกัน ที่มากกว่านั้นคือ ด้วย GPRS จะทำให้เราสามารถทำการส่งภาพถ่ายที่ถ่ายจาก Digital Camera เข้าไปยังอินเทอร์เน็ตได้ทันทีโดยผ่านทางอุปกรณ์ GPRS นั่นเอง Moving Images ตลอดระยะเวลานั้น ผู้ผลิตอุปกรณ์ไร้สายได้มุ่งที่จะพัฒนาการ ส่งข้อมูลที่เป็นลักษณะของกราฟฟิคมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนจากการส่ง Text Message ไปเป็น Icon หรือการเปลี่ยนจากการส่ง Picture Message ไปเป็น Photograph หรือการเปลี่ยนจาก Blueprint ไปเป็น Video Message นั้น ต่างก็แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการของการส่งกราฟฟิคบนระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

- Web Browsing จากข้อมูลที่ผ่านมานั้น คงแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนแล้วว่าการใช้งาน Web Browser บนระบบ GPRS นั้น เป็นเรื่องที่เหมาะสมมาก ยิ่งเมื่อเทียบกับโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเดิมที่เป็นแบบ Circuit Switched ซึ่งจะใช้เวลานานมากในการที่จะส่งข้อมูลจาก Internet Server ไปยัง Browser ที่อยู่บนโทรศัพท์เคลื่อนที่

- Document Sharing / Collaborative Working ด้วยคุณสมบัติที่เรียกว่า "Document Sharing" นั้น จะช่วยให้ผู้ร่วมงานนั้นสามารถทำงานร่วมกันในเวลาเดียวกันได้โดยไม่จำเป็นต้องอยู่ในที่เดียวกัน โดยจะสามารถมีได้ทั้งเสียง, ตัวหนังสือและรูปภาพ อย่างไรก็ตามมีสิ่งหนึ่งที่ต้องพึงระวังในกรณีนี้คือ ระบบนั้นจะต้องมี Bandwidth สำหรับการใช้งานเหล่านี้อย่างเพียงพอ Audio ที่ผ่านมานั้นแม้ว่าจะมีการปรับปรุงเพื่อให้การใช้งานใน

รูปแบบของเสียงนั้นสามารถทำได้อย่างมีระสิทธิภาพเมื่อส่งภาพโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ อาทิเช่นเทคนิค Enhanced Full Rate (EFR) แล้วก็ตาม แต่คุณภาพของเสียงที่ได้นั้นก็ยังไม่เพียงพอสำหรับการส่งแบบกระจายเสียง (Broadcasting)

- E-mail สิ่งที่จะลืมเสียมิได้ในการติดต่อสื่อสารถึงกันในปัจจุบันทั้ง Corporate Email หรือ Internet Email นั้นก็สามารถถูกใช้งานโดยผ่านอุปกรณ์ที่รัน GPRS ได้เช่นกัน

- Vehicle positioning โดยทำงานร่วมกับ GPS (Global Positioning Systems) ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งไม่ว่าจะเป็น Latitude, Longitude หรือ Altitude นั้น สามารถถูกส่งให้กับอุปกรณ์ในระบบ GPRS ได้ด้วย

- Remote LAN Access เชื่อกันว่าในอนาคตอันใกล้นี้คงเป็นการไม่สะดวกที่จะนั่งทำงานกับอุปกรณ์ที่จะต้องตั้งอยู่กับที่ ดังนั้นด้วยคุณสมบัติของ GPRS ก็จะช่วยให้การทำงานต่างๆ ในรูปแบบของ LAN Connection ไม่ว่าจะเป็นการใช้งาน Mail การใช้งานไฟล์ที่อยู่ในเซิร์ฟเวอร์ หรือ การเข้าสู่อินทราเน็ต (Intranet) นั้นสามารถทำได้โดยไม่มีปัญหาเรื่องของความเร็ว และการล่าช้าของสัญญาณแต่อย่างใด

- Home Automation ในอนาคตการใช้งานในรูปแบบของ Home Automation จะมีมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การตรวจดูความเรียบร้อยของบ้านในขณะที่อยู่บนถนนที่ทำงาน หรือแม้กระทั่งในขณะที่ไปเที่ยวพักผ่อนอยู่ สามารถทำได้โดยผ่านระบบสื่อสารข้อมูลที่ความเร็วสูง นอกจากนี้การใช้งานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมอุปกรณ์ในครัวเรือนโดยอัตโนมัติผ่านทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Bluetooth นั้น ก็ล้วนแต่ต้องการการเชื่อมต่อที่ความเร็วสูง ดังนั้น GPRS จึงเป็นหนึ่งในคำตอบสำหรับความต้องการดังกล่าวนี้

2.2.2 ประโยชน์ของระบบ GPRS

- GPRS เป็นระบบที่ทำให้สามารถรับส่งข้อมูลความเร็วสูง (non voice) ด้วยความเร็วสูงสุดถึง 40 Kbps ทำให้การใช้บริการ internet การใช้ WAP และ mms สามารถทำงานได้รวดเร็ว เป็นผลให้เกิดการพัฒนา เทคโนโลยีการบริการ non voice กันมากขึ้น เช่นการใช้บริการ WAP เพื่อการโหลดรูปภาพ เสียงเรียกเข้า การรับส่งข้อความแบบ mms และการใช้งานระบบอินเทอร์เน็ต ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่กับคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก และเครื่อง PDA เพื่อใช้งาน Web browsing และ E-mail

- ระบบ GPRS เป็นระบบที่มีความสามารถในการใช้งานแบบ always on คือในการเชื่อมต่อสามารถเชื่อมต่อเข้ากับ Gateway ของระบบเครือข่ายได้โดยอัตโนมัติ ไม่จำเป็นต้องทำการโทรออกเหมือนกับระบบ CSD ทำให้การเชื่อมต่อสามารถทำได้อย่างรวดเร็วไม่สูญเสียการ

ติดต่อขณะใช้งาน ระบบ GPRS อยู่เราจะไม่สูญเสียการติดต่อกับผู้อื่น เนื่องจาก GPRS ไม่มีการ Dial up ดังนั้นขณะใช้งานอยู่สามารถมีผู้โทรเข้าหาเราและรับสายสนทนาได้ทันที และขณะเดียวกันก็สามารถโทรออกเพื่อสนทนาได้ทันทีเช่นเดียวกัน

- ค่าใช้จ่ายในการใช้งานที่ถูกลง และมีความเป็นธรรม เพราะการคิดค่าใช้จ่ายจะคิดตามปริมาณของข้อมูล ที่เรารับและส่ง ผ่านเครือข่าย เรียกว่าสามารถเชื่อมต่อทิ้งไว้ทั้งวันได้โดยไม่เสียเงินหากไม่มีการรับส่งข้อมูล

2.3 AT Command

AT COMMAND คือชุดคำสั่งมาตรฐานที่ใช้ติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ เช่น โมเดม หรือ อุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) เพื่อโต้ตอบตั้งค่าหรือสั่งงานอุปกรณ์เหล่านั้น ให้ทำงานตามที่ต้องการ และสำหรับการติดต่อกับโทรศัพท์มือถือ จะใช้ชุดคำสั่งที่เรียกว่า GSM AT COMMAND ในชุดคำสั่งพื้นฐานนั้นบริษัท Hayes ได้เป็นผู้ออกแบบคิดค้นเพื่อใช้กับโมเดมของตน และต่อมาบริษัทผู้ผลิตมือถือยี่ห้อต่างๆได้พัฒนามาใช้กับผลิตภัณฑ์ของตน เป็นเหตุให้คำสั่งพิเศษบางคำสั่งไม่เหมือนกันในผลิตภัณฑ์ต่างยี่ห้อกัน และความสามารถโทรศัพท์บางรุ่นจะไม่ยอมรับคำสั่งดังกล่าว เนื่องจากไม่มีวงจรส่วนของโมเดมบรรจุอยู่ภายใน

2.3.1 หลักการรับส่ง SMS ของโทรศัพท์มือถือ

SMS ย่อมาจาก Short Massage Service เป็นบริการส่งข้อความสั้นๆจากโทรศัพท์มือถือต้นทางผ่านชุมสายไปยังโทรศัพท์มือถือปลายทาง โดยสามารถส่งได้สูงสุด 160 ตัวอักษรต่อครั้ง ตามข้อกำหนดมาตรฐานขององค์การ ETSI (European Telecommunications Standards Institute)

2.3.2 โหมดของการรับส่งข้อมูล SMS

โหมดของการรับส่งข้อมูล SMS แบ่งออกเป็น 2 โหมดคือ Text Mode และ PDU Mode (Protocol Description Unit Mode) การส่งข้อความใน Text Mode นั้นจะเป็นการนำข้อความที่ต้องการส่งมาเข้ารหัสก่อน (โดยตัวเครื่องเอง) แล้วจึงส่งข้อมูลในรูป PDU Mode อีกครั้งหนึ่ง แต่ในบางเครื่องก็ไม่สนับสนุนการส่งแบบ Text Mode ผ่านทาง AT Command แต่หากเป็น PDU Mode จะสามารถส่งได้ เนื่องจากเครื่องจะไม่ต้องทำอาศัยการแปลงข้อมูลอีกชั้น

2.3.3 รูปแบบในการส่งข้อมูลในรูป SMS ผ่าน AT Command มี 2 รูปแบบดังนี้

- Text Mode เป็นการส่งข้อมูลในรูปของตัวอักษรได้โดยตรง ซึ่งตัวเครื่องส่วนใหญ่ไม่รองรับการส่งข้อมูลรูปแบบนี้ผ่านทาง AT Command จึงไม่สามารถใช้งานได้สมบูรณ์

- PDU Mode PDU ย่อมาจาก Protocol Description Unit เป็นรูปแบบการส่งข้อความ SMS อีกรูปแบบหนึ่งที่ต้องมีการเข้ารหัสข้อมูลที่สลับซับซ้อนแต่ตัวเครื่องจะสามารถรับรู้ได้ทุกเครื่องที่รับคำสั่ง AT Command ได้

2.3.4 ตัวอย่าง คำสั่งที่เป็น BASIC AT COMMAND

AT ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ ถ้าสามารถติดต่อกันได้อุปกรณ์จะตอบกลับมาว่า OK

ATDT phone number; โทรไปยังเลขหมายปลายทาง (phone number)

ATH วางสาย

ATA รับสาย

2.3.5 AT COMMAND ที่เกี่ยวข้องกับการรับ-ส่ง SMS

ชุดคำสั่ง AT COMMAND ที่ใช้กับโทรศัพท์มือถือได้มีอยู่มากมาย ทั้งการอ่านรุ่นโทรศัพท์มือถือ, ตรวจสอบระดับแบตเตอรี่, ตรวจสอบระดับสัญญาณ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียงคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการรับ-ส่ง SMS เท่านั้น

- Message Format (AT+CMGF) เป็นคำสั่งกำหนดรูปแบบของข้อความที่จะให้แสดงออกมาโดย

  AT+CMGF = 1 คือ แสดงข้อความในรูปแบบ TEXT

  AT+CMGF = 0 คือ แสดงข้อความในรูปแบบ PDU CODE

- List Message (AT+CMGL) เป็นคำสั่งที่ให้แสดงข้อความในสถานะต่างๆ

โดยจะแสดงข้อความทั้งหมด มีลักษณะการใช้คำสั่งดังนี้

AT+CMGL=0 คือ แสดงข้อความที่ได้รับแต่ยังไม่ได้อ่าน (“REC UNREAD”)

AT+CMGL=1 คือ แสดงข้อความที่ได้รับและอ่านแล้ว (“REC READ”)

AT+CMGL=2 คือ แสดงข้อความที่เก็บไว้และยังไม่ได้ส่ง (“STO UNSENT”)

AT+CMGL=3 คือ แสดงข้อความที่เก็บไว้และส่งออกไปแล้ว (“STO SENT”)

AT+CMGL=4 คือ แสดงข้อความทั้งหมด (“ALL”)

หมายเหตุ หากกำหนด Message Format เป็น PDU CODE จะต้องเลือกสถานะโดยใช้ตัวเลข 0 ถึง 4 แต่หากกำหนด Message Format เป็น Text จะต้องเลือกสถานะโดยใช้ตัวอักษรที่วงเล็บด้านหลัง

- Read Message (AT+CMGR) เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านข้อความที่เฉพาะเจาะจงได้โดยระบุตำแหน่งที่ข้อความนั้นถูกเก็บไว้

- Send Message (AT+CMGS= “XX”) เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับส่งข้อความซึ่ง “XX” คือจำนวน Octet ของเลขฐาน 16 ที่ต้องการจะส่งทั้งหมด ยกเว้น Octet แรกที่เป็น “00”

2.4 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

RS-232 ย่อมาจาก recommended Standard - 232 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Port) สามารถรับและส่งข้อมูลได้ พร้อมกัน (Full-duplex) ใช้ในการสื่อสารระหว่างจุดสองจุด กำหนดโดย สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association: EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเนคเตอร์เป็นแบบ DB-25 มีค่าระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -12 V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และค่าระดับสัญญาณ +3 ถึง +12 V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space) ตัวอย่างพอร์ตอนุกรม RS-232 แสดงได้ดังรูปที่ 2.7

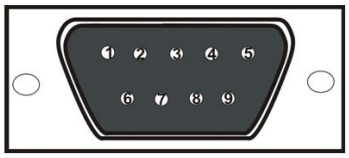
รูปที่ 2.7 พอร์ตอนุกรม RS-232 เพื่อเชื่อมต่อกับพอร์ต USB [9]

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating: DCE) ไว้ว่า DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์แบบ DCE จะทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดย การส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะทำผ่านมาตรฐาน RS - 232 ข้อแตกต่างระหว่างอุปกรณ์ DTE และ DCE คือ คอนเนคเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเนคเตอร์ที่อยู่ที่โมเดมจะเป็นแบบ DCE

มาตรฐาน RS-232 จำกัดการส่งข้อมูลที่ระยะ 50 ฟุต (ประมาณ 15 เมตร) ขึ้นอยู่กับชนิดของ สายสัญญาณ ระยะทาง และปริมาณสัญญาณรบกวน และมีอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุดไม่เกิน 20 kbps มาตรฐาน RS-232 มี 2 แบบคือแบบ 9 PIN (DB9) และแบบ 25 PIN (DB25) แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้ DB9 ในที่นี้จึงขอกล่าวถึง DB9 เพียงอย่างเดียว รูปที่ 2.8 แสดงพอร์ต RS-232 แบบ DB9 และรูปที่ 2.9 แสดงหมายเลขของแต่ละพินของ DB9

รูปที่ 2.8 DB9 ด้านซ้ายคือตัวผู้ (Male) ส่วนด้านขวาคือตัวเมีย (Female) [10]

- พอร์ตอนุกรมของ PC (DTE) จะเป็นคอนเนคเตอร์แบบ DB9 ตัวผู้ (Male)
- พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก (DCE) จะเป็นคอนเนคเตอร์แบบ DB9 ตัวเมีย(Female)



รูปที่ 2.9 DB9 ด้านหลัง [11]

ประเภทและหน้าที่ของแต่ละขาของพอร์ต DB9 คือ

Pin	Description	Type
1	Data Carrier Detect (DCD)	Input
2	Received Data (RXD)	Input
3	Transmitted Data (TXD)	Output
4	Data Terminal Ready (DTR)	Output
5	Signal Ground (GND)	Input
6	Data Set Ready (DSR)	Input
7	Requests to Send (RTS)	Output
8	Clear to Send (CTS)	Input
9	Ring Indicator (RI)	Input

2.4.1 หน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232

DCD หรืออาจจะเรียกว่า Carrier Detect: CD ขานี้จะactive เมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเช่นโมเดม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ถูกใช้งานมากนัก

RXD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์

TXD ใช้ส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป

DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่า ต้องการติดต่อด้วยโดยขา DTR นี้ต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ทางต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบ Null Modem ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาร์

GND กราวด์ระบบ

DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันของคอมพิวเตอร์ กับอุปกรณ์ปลายทางซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR

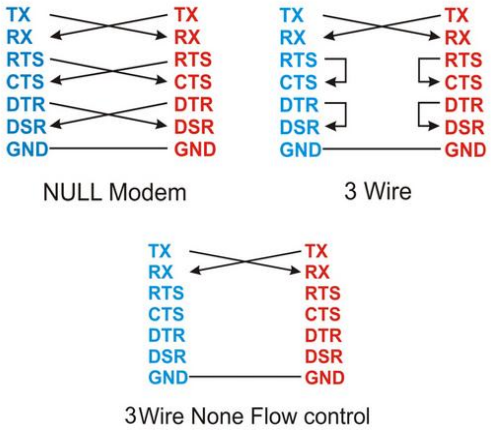
RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมาทางคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกันเพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ข้อมูลที่ขา TXD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเดม และโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

2.4.2 การเชื่อมต่อสาย DB9

การเชื่อมต่อสาย DB9 โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 แบบดังรูปที่ 2.10



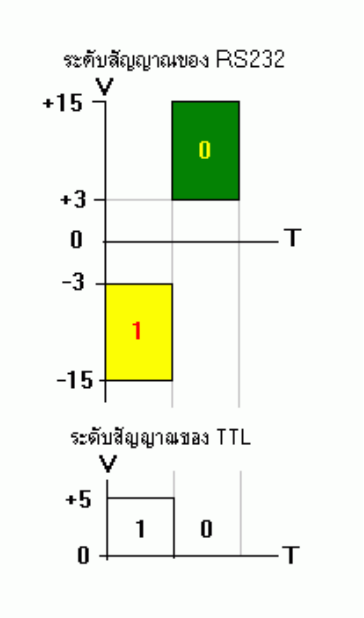
รูปที่ 2.10 รูปแบบการเชื่อมต่อสาย DB9 [11]

2.4.3 ระดับสัญญาณของ RS232

สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น ในสายนำสัญญาณ มักจะมีแรงดันเป็นบวก เมื่อเทียบกับกราวด์

- เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนนี้ จึงออกแบบแรงดัน ของโลจิก "1" เป็นลบ คืออยู่ในช่วง -3V ถึง -15V ส่วนแรงดัน ของโลจิก "0" อยู่ในช่วง +3V ถึง +15V
- เหตุที่ระดับสัญญาณของ RS232 อยู่ในช่วง +15V ถึง -15V ก็เพื่อให้ต่อสายสัญญาณไปได้ไกลขึ้น

ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีวงจรเปลี่ยนระดับแรงดันของ RS232 มาเป็นระดับแรงดันของ TTL โดยรูปที่ 2.11 แสดงระดับสัญญาณของ RS232 และระดับสัญญาณของ TTL



รูปที่ 2.11 ระดับสัญญาณของ RS232 และระดับสัญญาณของ TTL [12]

2.4.4 อัตราการส่งข้อมูล (Baud rate)

- อัตราการส่งข้อมูลคือความเร็วของการรับ-ส่งข้อมูล เป็นจำนวนบิตต่อวินาที (bits per second: bps) เช่น 300, 1,200, 2,400, 4,800, 9,600, 14,400, 19,200, 38,400, 56,000 เป็นต้น
- การเลือกอัตราการส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับชนิดของสายสัญญาณ ระยะทาง และปริมาณสัญญาณรบกวน

2.5 การสื่อสารข้อมูลอนุกรมผ่านโมดูล USART

2.5.1 โมดูล USART แบงออกเป็น 3 ส่วนคือ

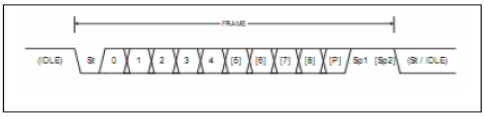
- สวนสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock Generator) เพื่อใช้ในการกำหนดอัตราบอตในการรับส่งข้อมูล โดยสามารถกำหนดไดทั้งภายในและภายนอก ผ่านทางขา XCK (Transfer Clock)
- ส่วนส่งข้อมูลอนุกรม (Transmitter) โดยส่งข้อมูลออกทางขาพอรต TxD
- สวนรับข้อมูลอนุกรม (Receiver) โดยการรับข้อมูลจากขาพอรต RxD

2.5.2 รีจิสเตอร์และรูปแบบการส่งข้อมูล

รีจีสเตอรควบคุมการทำงาน 3 ตัวประกอบไปดวย UCSRA, UCSRB และ UCSRC การส่งขอมูลอนุกรมในรูปแบบอะซิงโครนัส จะเปนการสงขอมูลเปนเฟรมลักษณะของเฟรมข้อมูลอนุกรมนี้ประกอบไปดวย

- บิตเริ่มตนข่อมูล (Start bit)
- บิตขอมูล (Data bit)
- พาริตี้บิต (Parity bit)
- บิตหยุดขอมูล (Stop bit)

รูปแบบเฟรมขอมูลในการสงข่อมูลแบบ USART แสดงได้ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 รูปแบบเฟรมข่อมูลในการสงข่อมูลแบบ USART [13]

2.5.3 คุณสมบัติที่สำคัญของโมดูล USART

- การสื่อสารข่อมูลแบบฟูลดูเพลกซ (Full Duplex) ตัวรับและตัวสงแยกอิสระต่อกัน สามารถรับและสงขอมูลไดในเวลาเดียวกัน
- ทำงานไดทั้งในโหมดซิงโครนัสและอะซิงโครนัส
- มีคุณสมบัติของพอรตอนุกรมครบถวน เชนการกำหนดบิตข่อมูลกำหนดบิตหยุดและกำหนดพาริตี้ เปนตน
- มีสวนตรวจสอบความผิดพลาดของเฟรมขอมูลและขอมูลโอเวอรรัน (Framing Error and Data Over Run Detection)
- โหมดการสื่อสารแบบมัลติโปรเซสเซอร
- โหมดทวีคูณความเร็วในการสื่อสารขอมูลแบบอะซิงโครนัส

2.6 GSM/GPRS Module

GSM Module มีความสามารถในการทำงานเหมือนกับโทรศัพท์มือถือระบบ GSM ทั่วไป คือสามารถทำงานได้เช่นเดียวกับโทรศัพท์มือถือคือ การโทรออก การรับสายเรียกเข้า และส่ง SMS โดยการใช้ SIM CARD จากเครือข่ายผู้ให้บริการที่สามารถรับสัญญาณโทรศัพท์ในท้องถิ่นนั้นๆ และได้มีการเพิ่มการทำงานแบบ สแกนโหมด เข้าไปเพื่อตอบสนองการสั่งงานจากปุ่มกดสวิตช์เดี่ยวเพื่อเลือกการสั่งงานบนแป้นของโทรศัพท์ ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ GSM Module รุ่น SIM300CZ (แสดงได้ดังรูปที่ 2.13) มีรายละเอียดดังนี้

ET-GSM SIM300CZ V1.0 เป็นบอร์ดพร้อมมอดูลโทรศัพท์ รุ่น SIM300CZ ของบริษัท SIMCOM รองรับความถี่โทรศัพท์ มือถือ TRI-BAND คือ EGSM900, DCS1800, PCS1900 รองรับระบบของผู้ให้บริการทั้ง TRUE MOVE, DTAC, AIS ติดต่อสั่งงานกับมอดูลโทรศัพท์ทาง PORT RS232 ในรูปแบบ AT COMMAND โดยบนบอร์ดจะมีส่วนขั้วต่อมอดูล POWER SUPPL ขั้วต่อ RS232 ทั้งแบบ 9 PIN สำหรับต่อใช้งานและแบบ 4 PIN สำหรับ DEBUGใช้ต่อกับบอร์ดของทางอีทีที สายอากาศและเสาอากาศแบบ TRI-BAND ให้ครบชุด สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้มากมาย เช่น ส่งข้อมูล GPS จากรถยนต์ ส่ง SMS แจ้งเตือน ระบบตู้เติมเงินมือถือ

รูปที่ 2.13 GSM Module รุ่น SIM300CZ [14]

2.6.1 คุณสมบัติของโมดูล SIM300CZ

- POWER: 3.4 - 4.5V, SLEEP MODE 2.5mA
- FREQUENCY: TRI - BAND EGSM900, DCS1800, PCS1900
- TRANSMIT POWER: CLASS 4 (2W), CLASS 1 (1W)

- DATA GPRS
  : GPRS DATA DOWNLINK TRANSFER MAX. 85.6 KBPS
  : GPRS DATA UPLINK TRANSFER MAX. 42.8 KBPS
  : SUPPORT THE PROTOCOLS PAP, TCP/IP
- FAX: GROUP 3 CLASS 1
- SIM: SUPPORT SIM CARD 1.8, 3 V

2.6.2 คุณสมบัติของ บอร์ด ET-GSM SIM300CZ V1.0

- มี SW กด สั่ง เปิด-ปิด การทำงานของโมดูลภายในบอร์ด
- มี SOCKET SIM รองรับ SIM CARD พร้อมวงจร ESD กัน SIM เสียหาย
- มีวงจร REGULATE จำนวน 2 ชุด ใช้งานกับ DC ADAPTER ตั้งแต่ +5VDC ขึ้นไป
  - มีวงจร REGULATE ขนาด 4.2V/3A สามารถใช้งานในระบบ GSM900 MHz แบบ 2-WATT ได้อย่างไม่เกิดปัญหา
  - มีวงจร REGULATE ขนาด 3.3V/1A สำหรับจ่ายให้กับวงจรภายนอก แยกจากไฟที่จ่ายให้ตัวโมดูล SIM300CZ
- มี LINE DRIVER แปลงสัญญาณจาก SIM300CZ ให้เป็น RS232 ครบทุกเส้นสัญญาณ รวมทั้งสายสัญญาณในการ Debug
- พร้อม LED แสดงสถานะการทำงานในบอร์ด การเชื่อมต่อกับNETWORK และสถานะ POWER ON/OFF ของโมดูล
- มีขั้วต่อ HAND SET (คือชุดปากพูด และหูฟังของโทรศัพท์บ้าน) แบบ RJ11 ใช้สำหรับพูดคุยโทรออก และรับเสียง
- มีจุดต่อสัญญาณอื่นๆ ที่เหลือจากโมดูล เช่น KEYBOARD, DISPLAY, GPIO, BATTERY CHARGER, A TO D ฯลฯ
- POWER SUPPLY 5 - 12VDC (กระแสขึ้นอยู่กับการใช้งานว่า ใกล้ หรือ ไกลสถานี รวมทั้งระบบของผู้ให้บริการ
- ขนาด PCB 9 x 9 cm.

2.7 ET-BASE PIC8722 (ICD2)

ET-BASE PIC8722 (ICD2) (แสดงได้ดังรูปที่ 2.14) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC ของบริษัท Microchip ซึ่งในเวอร์ชันนี้ได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC18F8722 ขนาด 80-Pin แบบ TQFPมาจัดวงจรใช้งานให้มีขนาดกะทัดรัดโดยเน้นการใช้งานทรัพยากรของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เองเป็นหลัก นอกจากนี้ยังออกแบบให้สนับสนุนการนำไปใช้งานร่วมกับบอร์ดทดลอง “ET-BASIC IO” อีกด้วย

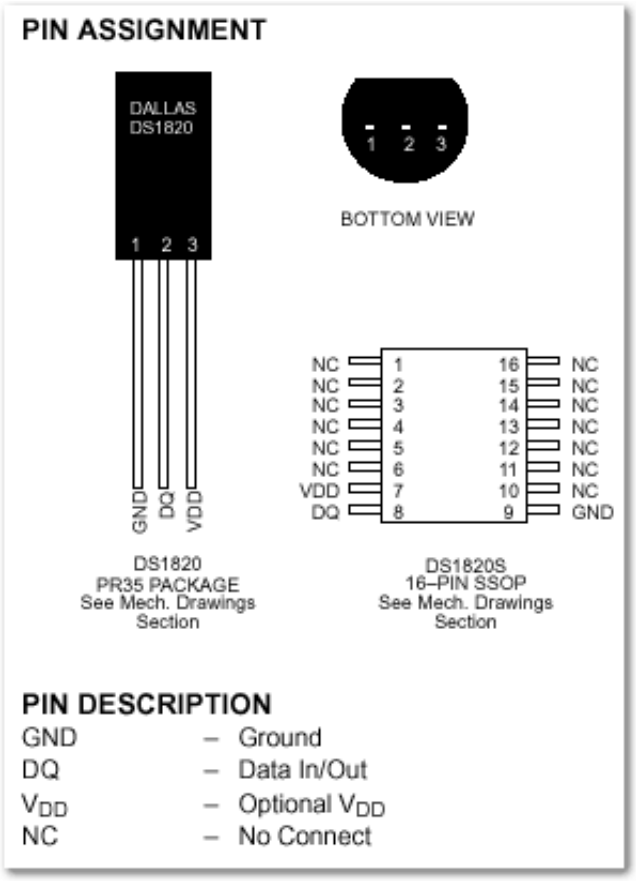
รูปที่ 2.14 ET-BASE PIC8722 (ICD2) [15]

2.7.1 คุณสมบัติของบอร์ด ET-BASE PIC8722 (ICD2)

- รองรับการใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์ขนาด 80 PIN คือ PIC18F8722
- สัญญาณนาฬิกาคริสตอลออสซิลเลเตอร์ขนาด 10 MHz สำหรับ PIC18F8722 (สามารถใช้ x4 จาก PLLได้ 40 MHz)
- I/O Port ขนาด 10 PIN (จัดเรียงตามมาตรฐานของ อีทีที) จำนวน 7 พอร์ต
- I/O Port ขนาด 2 PIN จำนวน 3 พอร์ต
- ชุดวงจรไดร์เวอร์ RS232 จำนวน 2 พอร์ต
- พอร์ตสำหรับต่อ LCD เรียงตามมาตรฐานของ อีทีที (ET-CLCD) จำนวน 1 พอร์ต
- พอร์ตดาวน์โหลดแบบ ICD2 รองรับเครื่องโปรแกรมจากภายนอก (ET-PGMPIC USB)
- ขั้วต่อแรงดันไฟ VCC และ GND

2.8 DS1820 สำหรับการวัดอุณหภูมิ

ไอซี DS1820 มีคุณสมบัติในการตรวจจับค่าอุณหภูมิ เป็นไอซีที่มีระบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ 1 สาย ซึ่งถือได้ว่าเป็นระบบที่มีความชาญฉลาดและใช้จำนวนสายสัญญาณเพียง 1 เส้นเท่านั้น โดยไม่ต้องมีสายสัญญาณ Clock มาควบคุมการถ่ายทอดข้อมูล เหมือนกับระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมในแบบอื่นๆ สายข้อมูลจะทำหน้าที่เสมือนเป็นสัญญาณ Clock ในตัว ส่วนค่าของข้อมูลจะพิจารณาจากลักษณะของรูปสัญลักษณ์ ที่ปรากฏบนสายสัญญาณ ในแต่ละช่องของเวลาซึ่งเรียกว่า “Time - Slot” โดยคาบเวลาต่ำสุดและสูงสุดของสถานะต่างๆ ในการสื่อสารข้อมูลในแต่ละ Time-Slot มีการกำหนดขอบเขตไว้อย่างชัดเจน การถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นในแต่ละ Time-Slot นั้น รูปแบบการถ่ายทอดข้อมูลจะเป็นแบบ Asynchronous ในระดับบิต ไม่มีการกำหนดความยาวของข้อมูลเป็นระดับ byte ระบบสื่อสารแบบนี้เหมาะที่จะใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างไอซีบนแผงวงจรเดียวกัน โครงสร้างและขาการใช้งานของ DS1820 แสดงได้ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 โครงสร้างและขาการใช้งานของ DS1820 [16]

2.8.1 คุณสมบัติเด่นของ DS1820

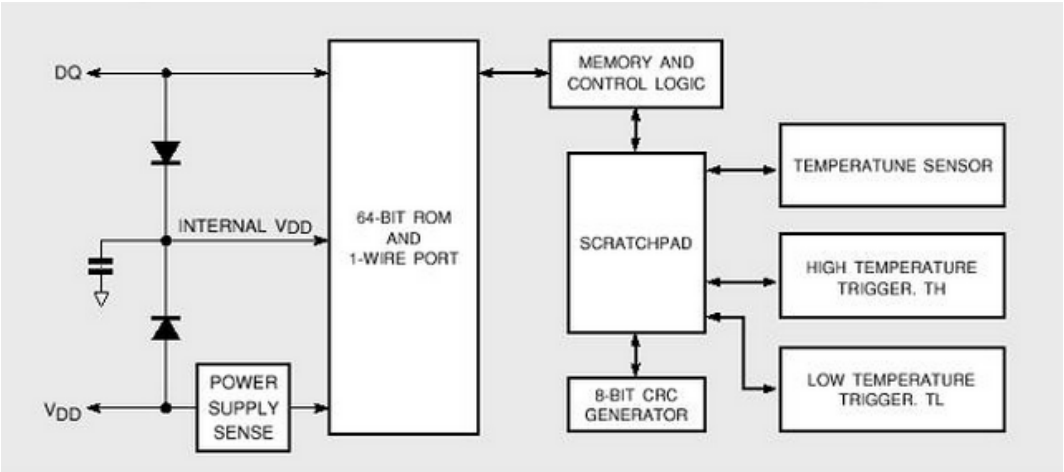
- อินเตอร์เฟสสัญญาณผ่านขาเอาต์พุตเพียงพอร์ตเดียวแบบ 1 สายข้อมูล (1 - Wire TM)
- ขยายจุดตรวจจับอุณหภูมิได้หลายๆ จุดบนสายข้อมูลเพียง 1 สายข้อมูล
- ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ภายนอกมาต่อร่วม
- สามารถควบคุมการทำงานเพาเวอร์ออนได้ผ่านทางสายข้อมูล
- เพาเวอร์ขณะสแตนด์บายเป็นศูนย์
- ย่านการวัดอุณหภูมิตั้งแต่ -55 องศาเซลเซียสถึง +125 องศาเซลเซียสที่ 0.5 องศาต่อสเต็ป หรือตั้งแต่ย่าน -67 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง +257 องศาฟาเรนไฮต์ที่ 0.9 องศาฟาเรนไฮต์ต่อสเต็ป
- อุณหภูมิจะถูกอ่านออกมาเป็นค่าทางดิจิทัล 9 บิต
- อัตราความเร็วในการแปลงจากอุณหภูมิมาเป็นค่าตัวเลขทางดิจิทัลเท่ากับ 200 มิลลิวินาที
- ผู้ใช้งานสามารถกำหนดการเซตค่าเตือนย่านอุณหภูมิได้ในแบบ non – volatile
- การเตือนย่านอุณหภูมินั้นสามารถกำหนดรหัสผ่านการสั่งการ และแอดแดรสของอุปกรณ์ได้จากภายนอกพื้นที่ตรวจวัดอุณหภูมิผ่านทางโปรแกรมภายนอก
- เหมาะกับการประยุกต์ใช้งานตรวจวัดอุณหภูมิ และติดตั้งไว้ในอุปกรณ์ควบคุมเทอร์โมสแตติก, ระบบโรงงานอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ เทอร์โมมิเตอร์ หรือระบบอื่นๆ ที่มีส่วนตรวจจับอุณหภูมิทำงานร่วมอยู่

2.8.2 บล็อกไดอะแกรมภายในของ DS1820

ในรูปที่ 2.16 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของการทำงานต่างๆ ภายในตัว DS1820 มีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วนด้วยกันคือ หน่วยความจำเลเซอร์รอมขนาด 64 บิต, ส่วนเซ็นเซอร์อุณหภูมิ และส่วนกระตุ้นเตือนอุณหภูมิแบบ non – volatile (TH และ TL) โดยอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมินี้จะถูกควบคุมสภาวะการเพาเวอร์ออน และเพาเวอร์ออฟจากไลน์ข้อมูลเพียง 1 สายข้อมูล จากการเก็บรักษากำลังงานสำรองไว้ในตัวเก็บประจุภายในในช่วงระหว่างคาบเวลาเมื่อสัญญาณภายในไลน์มีสถานะเป็น high และจะทำงานต่อเนื่องไปเรื่อยๆ และการหยุดการทำงานก็จะเกิดขึ้นจากการหยุดจ่ายแหล่งจ่ายในช่วงระหว่างค่าเวลานั้นเป็น low ของไลน์ข้อมูลและจะหยุดอยู่เช่นนั้นจนกว่าขาไลน์ข้อมูลจะกลับมาเป็น high อีกครั้ง และแหล่งจ่ายไฟหลักนี้ก็จะได้จากแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ภายนอก

การติดต่อข้อมูลกับ DS1820 จะติดต่อผ่านพอร์ตเพียงพอร์ตเดียวคือ 1 – Wire port ภายในพอร์ต 1 – Wire นี้ในส่วนของหน่วยความจำและควบคุมฟังก์ชันโปรโตคอลของรอมจะถูกทำ

การเซตค่าเสียก่อน ในส่วนสำคัญของการทำงานฟังก์ชันอันดับแรกซึ่งเป็นหนึ่งในห้าลำดับของการสั่งการฟังก์ชันในรอมก็คือ การอ่านหน่วยความจำรอม ทำการแมตช์รอม ค้นหารอม กระโดดข้ามรอม และเตือนการค้นหา



รูปที่ 2.16 บล็อกไดอะแกรมภายในของ DS1820 [17]

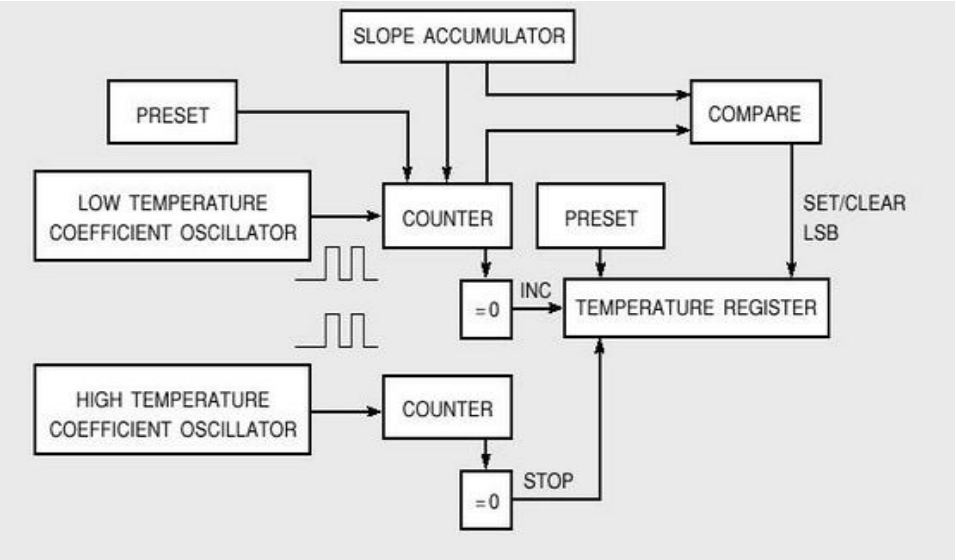
การทำงานของระบบการสั่งการนี้จะทำงานบนพื้นที่หน่วยความจำเลเซอร์รอมขนาด 64 บิต ผ่านพอร์ตไอซีแต่ละตัวและสามารถให้เอาต์พุตเดี่ยวเพื่อการกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมินี้หลายๆ ตัวก็ทำได้โดยสั่งการผ่านไลน์ข้อมูล 1- wire นี้ หลังจากฟังก์ชันในรอมถูกลำดับการทำงานแล้ว ก็พร้อมที่จะถูกใช้งาน และสามารถที่จะเข้าถึงการทำงานภายในตัวไอซีได้ทั้งหมด หน่วยความจำและส่วนควบคุมฟังก์ชันก็จะถูกเข้าถึงการทำงานได้ และส่วนจัดเก็บค่าที่เซตไว้สามารถหรืออาจจะถูกเก็บไว้ในพื้นที่ 1 ส่วนจากทั้งหมด 6 ส่วนของหน่วยความจำและส่วนควบคุมฟังก์ชันการสั่งการ

ส่วนควบคุมฟังก์ชันการสั่งการหนึ่งส่วนจะถูกกำหนดคุณสมบัติของ DS1820 ให้อยู่ในรูปแบบของการวัดค่าของอุณหภูมิซึ่งผลของการวัดนี้จะถูกบันทึกไว้ใน DS1820 ในส่วนของหน่วยความจำส่วนหนึ่ง (scratchpad) และบางครั้งก็จะอ่านออกมาได้จากตารางสารบัญของหน่วยความจำฟังก์ชันการสั่งการซึ่งเป็นการอ่านออกมาเฉพาะหัวข้อที่ถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำ scratchpad สัญญาณกระตุ้นเตือนค่าอุณหภูมิสูงเกินและต่ำเกิน (TH และ TL) จะประกอบด้วย 1 ไบต์ EEPROM ถ้าสัญญาณการเตือนการค้นหาไม่ถูกจ่ายเข้าไปยัง DS1820 รีจิสเตอร์เหล่านี้บางครั้งจะถูกใช้ได้อย่างทั่วๆ ไปจากหน่วยความจำที่ผู้อ่านกำหนดได้ และการเขียนเข้าไปในส่วนของการเตือน TH และ TLจะไม่ใช้หน่วยความจำฟังก์ชันการสั่งการและการเข้าไปถึงรีจิสเตอร์นี้จะอ่านผ่านหน่วยความจำ scratchpad และข้อมูลอื่นๆ ที่ต้องการอ่านและเขียนจะกระทำได้ในบิตแรกของ LSB

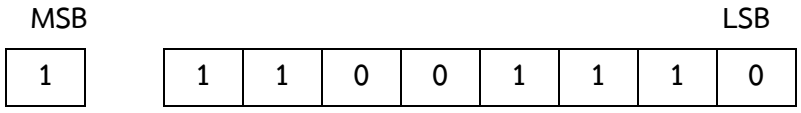
2.8.3 การวัดอุณหภูมิ

DS1820 จะทำการวัดค่าวัดอุณหภูมิโดยอาศัยเทคนิคการวัดแบบออนบอร์ดพิเศษซึ่งเป็นเทคนิคการวัดโดยเฉพาะของอุปกรณ์ชนิดนี้ ในรูปที่ 2.17 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวัดค่าอุณหภูมิของ DS1820 ซึ่งจะอาศัยการวัดอุณหภูมิโดยการนับจำนวนวงรอบของสัญญาณนาฬิกาที่ออสซิลเลเตอร์ผลิตขึ้นมา ช่วงเวลาเกตของสัญญาณนาฬิกาที่ออสซิลเลเตอร์ผลิตขึ้นมาจะเป็นการกำหนดได้จากช่วงคาบเวลาที่ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำสุด ไปจนถึงค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ซึ่งจะมีค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ไม่เท่ากัน โดยที่ค่าการนับตัวเลขจะเริ่มนับที่ค่าอุณหภูมิต่ำสุดพื้นฐาน คือ –55 องศาเซลเซียส ถ้าการนับสัญญาณนาฬิกามาถึงค่าศูนย์ก่อนที่เวลาเกตจะเกินมา รีจิสเตอร์อุณหภูมิก็จะแสดงผลที่ค่า –55 องศาเซลเซียส ถ้าหากค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น การแสดงผลของอุณหภูมิขณะนั้นก็จะสูงกว่า –55 องศาเซลเซียส

ในทำนองเดียวกันนี้ การตั้งค่าของการนับจะกำหนดได้จากการเพิ่มความลาดลงของวงจรนับ ซึ่งวงจรนี้ต้องการการชดเชยสำหรับการแสดงคุณสมบัติของส่วนโค้งของออสซิลเลเตอร์ที่อุณหภูมิมีค่าเกินมา วงจรนับก็จะนับสัญญาณนาฬิกาอีกครั้งจนกว่ามันจะได้ค่าเป็นศูนย์ ถ้าคาบเวลาเกตอยู่ในสภาวะสงบนิ่งไม่มีการปรับแต่งก็จะเกิดการประมวลผลใหม่อีกครั้งหนึ่งการคำนวณค่าภายใน DS1820 จะให้ความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียสต่อสเต็ปของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการอ่านค่าอุณหภูมิจะถูกกำหนดไว้ภายใน 16 บิตโดยมีนัยสำคัญ 2 ส่วนประกอบการอ่าน ในตารางที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะรายละเอียดความสัมพันธ์ของข้อมูลทางเอาต์พุตกับการจัดอุณหภูมิ ข้อมูลจะถูกส่งออกมาเป็นอนุกรมบนการอินเตอร์เฟสกับสายข้อมูล 1- wire ซึ่ง DS1820 สามารถทำการวัดค่าอุณหภูมิได้เกินย่านตั้งแต่ –55 ถึง +125 องศาเซลเซียสที่ 0.5 องศาต่อสเต็ป ค่าอุณหภูมิที่ถูกทำการปรับตั้งไว้ใน DS1820 ในเทอมของ 1/ 2 องศาเซลเซียส LSB ซึ่งจะเป็นไปตามรูปแบบของข้อมูล 9 บิต



รูปที่ 2.17 บล็อกไดอะแกรมการวัดค่าอุณหภูมิ [17]



= -25 องศาเซลเซียส

ณ ตำแหน่ง MSB บิตเป็นคู่เปรียบเทียบกับทุกบิตใน MSB สูงสุดของรีจิสเตอร์อุณหภูมิขนาด 2 ไบต์ ในหน่วยความจำซึ่งการอ่านค่าอุณหภูมิแบบ 16 บิต ในลักษณะสำคัญต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับข้อมูลดิจิทัลเอาต์พุต

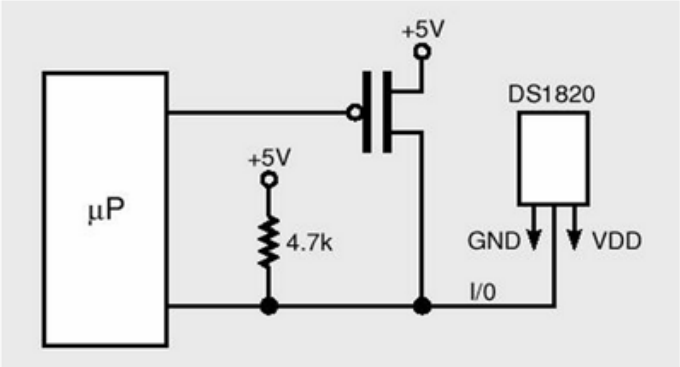
ค่าอุณหภูมิ	ดิจิทัลเอาต์พุต (Binary)	ดิจิทัลเอาต์พุต (Hex)
+ 125 ° C	00000000 11111010	00FA
+ 25 ° C	00000000 00110010	0032h
+ 1/2 ° C	00000000 00000001	0001h
+0° C	00000000 00000000	0000h
- 1/2 ° C	11111111 11111111	FFFFh
- 25 ° C	11111111 11001110	FFCEh
-55 ° C	11111111 10010010	FF92h

2.8.4 การทำงานของสัญญาณเตือน

หลังจากที่ DS1820 มีการตรวจวัดอุณหภูมิเกิดขึ้นแล้วค่าของอุณหภูมิก็จะทำการเปรียบเทียบเพื่อทำเป็นสัญญาณกระตุ้น การการเปรียบเทียบค่าของอุณหภูมิจะเปรียบเทียบกับค่าที่ถูกบันทึกหรือกำหนดไว้ของค่าอุณหภูมิสูงสุด (TH) และค่าอุณหภูมิต่ำสุด (TL) ตลอดย่านอุณหภูมิที่วัดได้ โดยจะใช้พื้นที่รีจิสเตอร์ 8 บิต สำหรับการทำงานนี้ใน MSB ของ TH หรือ TL ที่ตรงกันก็จะถูกส่งไปยัง SB ของรีจิสเตอร์อุณหภูมิขนาด 16 บิต ถ้าผลของการวัดอุณหภูมิมีค่าสูงเกินกว่า TH หรือต่ำกว่า TL ลำดับสัญญาณเตือนภายในอุปกรณ์ก็จะถูกเซต ซึ่งลำดับของสัญญาณเตือนนี้จะถูกอัพเดตทุกครั้งที่มีการวัดค่าอุณหภูมิ เมื่อลำดับสัญญาณเตือนถูกเซต DS1820 จะมีการตอบสนองนำไปสู่การค้นหาสัญญาณเตือนการสั่งการและจะยอมให้ทำการต่อ DS1820 ในลักษณะขนานกันหลายตัวได้ เพื่อทำการจำลองการวัดค่าอุณหภูมิแล้วนำมาเฉลี่ยค่าของการวัดในครั้งนั้นอีกขั้นตอนหนึ่ง

2.8.5 บิตเลเซอร์รอม

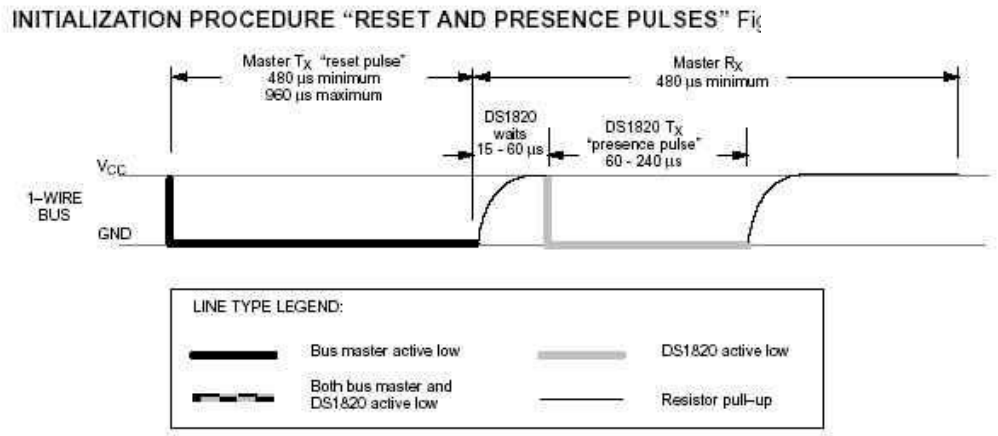
ใน DS1820 นั้นจะประกอบด้วยส่วนของรหัสหน่วยความจำรอมที่มีความยาวถึง 64 บิต โดยใน8 บิตแรกจะเป็นรหัสระบุตระกูล (family code) 1 – Wire ของ DS1820 (DS1820 มีรหัสเป็น 10h) และอีก 48 บิตต่อมาเป็นส่วนระบุอนุกรมตัวเลข (serial number) และอีก 8 บิตสุดท้ายคือส่วนบันทึก CRC ของ 56 บิตแรก หน่วยความจำรอมขนาด 64 บิต และส่วนควบคุมฟังก์ชันรอมนี้จะยอมให้ DS1820 สามารถทำงานเป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟสแบบ 1 – Wire ได้ และมีรายละเอียดตามโปรโตคอลของระบบบัส 1 – Wire ซึ่งฟังก์ชันและส่วนควบคุมต่างๆใน DS1820 จะยังไม่สามารถทำงานหรือเข้าถึงได้จนกว่าจะมีการเซตอัพโปรโตคอลฟังก์ชันในหน่วยความจำรอมเสียก่อน โดยในการอินเตอร์เฟสในส่วนหลักของฟังก์ชัน การสั่งการในหน่วยความจำรอมจะต้องมีลำดับฟังก์ชันหลังจากที่มีการเซตลำดับฟังก์ชันรอมดังข้างต้นเสร็จแล้ว ฟังก์ชันต่างๆ ของ DS1820 ก็จะสามารถเข้าถึงได้ รูปที่ 2.18 แสดงการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ DS 1820 ใน 1 – Wire



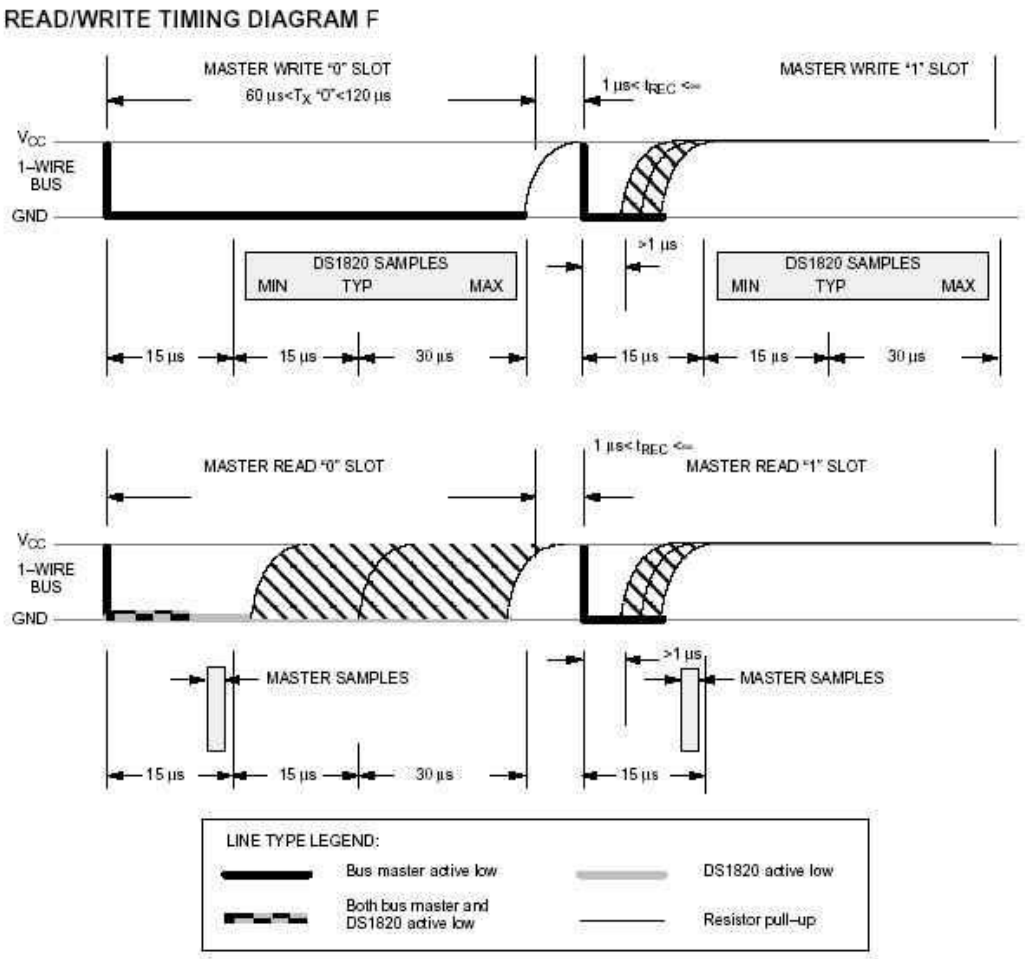
รูปที่ 2.18 แสดงการจัดหาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ DS 1820 ใน 1 – Wire [17]

2.8.6 สัญญาณ RESET

ในการเริ่มติดต่อกับ DS1820 จะต้องเริ่มด้วยสัญญาณ RESET ก่อนทุกครั้งครับ จากรูป 2.19 เส้นสีดำคือสัญญาณ RESET จากตัว MCU ครับ ส่วนสีเทาคือ สัญญาณที่ DS1820 จะ RESPONSE กลับมา ความกว้างของสัญญาณต้องทำให้แม่นยำโดยปรับ delay times หลายครั้ง เพราะภาษา C มักจะมีปัญหาเรื่องความแม่นยำของ Delay times ที่เป็นช่วงสั้นมากๆ



รูปที่ 2.19 สัญญาณ RESET DS1820 [16]



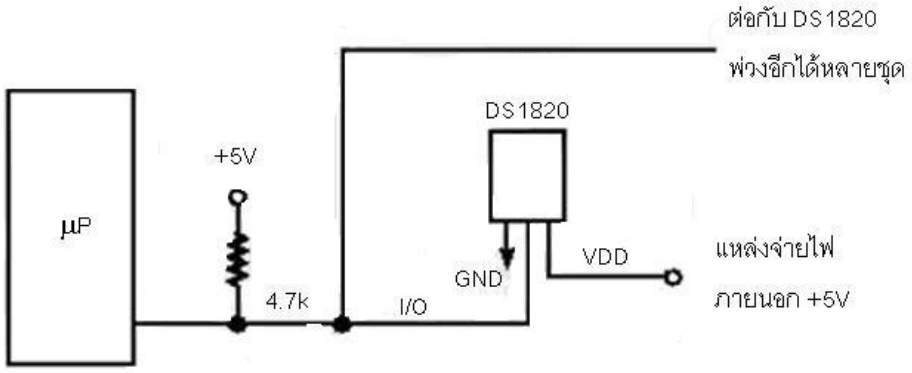
รูปที่ 2.20 สัญญาณ READ/WRITE DS1820 [16]

2.8.7 สัญญาณ READ/WRITE

รูปแบบของสัญญาณ READ/WRITE ก็จะเป็นดังรูปที่ 2.20 โดย MIN, MAX time ของ DS1820 SAMPLES นั่นคือเวลาที่ DS1820 ต้องใช้ในการอ่านข้อมูลบิตเมื่อมีการส่งค่าให้

2.8.8 การต่อแหล่งจ่ายไฟ

ในรูปที่ 2.21 เป็นการต่อ DS1820 ร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อการควบคุมจากระยะไกล จะสังเกตเห็นว่าที่ขารับไฟเลี้ยง VDD ของ DS1820 นั้นจะต่อกับกราวด์ แต่จะได้รับไฟเลี้ยงมาทางขา I/O ข้อมูลในแบบ 1 – Wire จากระบบควบคุมหลักไมโครโปรเซสเซอร์แทน ซึ่งวิธีนี้จะใช้สำหรับการควบคุมจากระยะไกลและไม่ต้องจัดหาแหล่งจ่ายไฟภายนอกให้กับ DS1820 ให้ยุ่งยากเพราะในการอินเตอร์เฟสแบบ 1 – Wire นี้สามารถที่จะทำการกำหนดการทำงาน (power on) ของไอซีให้จ่ายไฟเลี้ยงวงจรภายในตัวไอซีแทน ส่วนในรูปที่ 6 เป็นการจัดแหล่งจ่ายไฟภายนอกให้กับ



รูปที่ 2.21 การจัดแหล่งจ่ายไฟภายนอกและการอินเตอร์เฟสร่วม
ของ DS1820 หลายตัวบนบัส 1 – Wire [17]

DS1820 ณ จุดที่ติดตั้งใช้งาน และการสั่งการจากไมโครโปรเซสเซอร์ยังทำงานได้เหมือนเดิม และสามารถที่จะต่อ DS1820 ขนานกันโดยใช้การอินเตอร์เฟสผ่านบัส 1–Wire เดียวกันได้หลายตัว จึงเหมาะกับเป็นการตรวจวัดอุณหภูมิหลายจุดที่ควบคุมได้จากระยะไกลผ่านระบบไมโครโปรเซสเซอร์

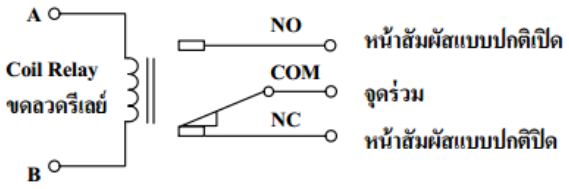
2.9 รีเลย์ควบคุม (Control Relay)

รีเลย์ควบคุม (Control Relay) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ ตัด-ต่อวงจร คล้ายกับสวิตช์ โดยอาศัยหลักการของอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงของหน้าสัมผัสรีเลย์

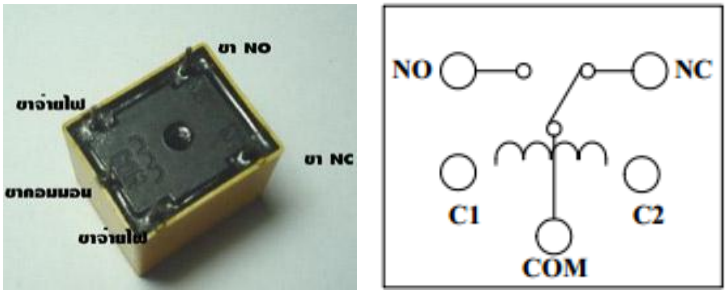
มีความหมายในแบบของนักอิเล็กทรอนิกส์ว่า“ตัวถ่ายทอดกำลัง” เพราะเป็นป้อนกำลังงานไฟฟ้าให้แก่รีเลย์เพียงเล็กน้อยก็สามารถควบคุมวงจรกำลังงานสูงๆที่ต่อยู่กับหน้าสัมผัสของรีเลย์ได้ของ รีเลย์ได้ โดยเมื่อทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดรีเลย์ (Coil) จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบขดลวด ซึ่งอำนาจแม่เหล็กชั่วคราวที่เกิดขึ้น จะมีค่าเพียงพอที่จะชนะแรงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่หน้าสัมผัส รีเลย์ควบคุมมีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

2.9.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของรีเลย์

โครงภายในโครงสร้างของรีเลย์จะประกอบไปด้วยขดลวด 1 ชุด และหน้าสัมผัสซึ่งในหน้าสัมผัส 1 ชุด ซึ่งจะประกอบไปด้วย หน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close หรือ NC) และหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open หรือ NO) ในสภาวะปกติขานี้จะต่ออยู่ NC นี้จะต่อกับขาร่วม (Common หรือ COM) และเมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าในปริมาณที่เพียงพอเข้าที่ขดลวดรีเลย์หรือมีแรงดันตกคร่อมขดลวด จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่หน้าสัมผัสทำให้จุด COM ต่อกับหน้าสัมผัส NO ในรีเลย์ 1 ตัวอาจมีหน้าสัมผัสมากกว่า 1 ชุด ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ผลิต สัญลักษณ์แสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 สัญลักษณ์ของรีเลย์ [18]



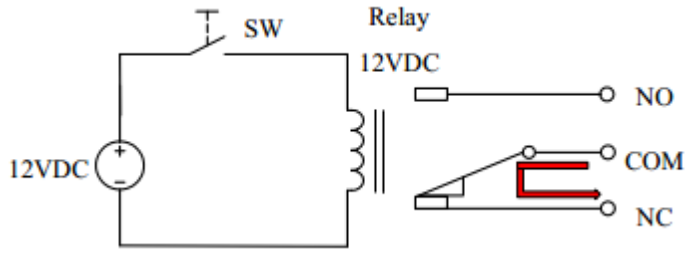
รูปที่ 2.23 ตำแหน่งขาของรีเลย์แบบ 5 ขา [18]

ตำแหน่งขาของรีเลย์ แสดงได้ดังรูปที่ 2.23 และประกอบไปด้วยตำเหน่งต่างๆดังนี้

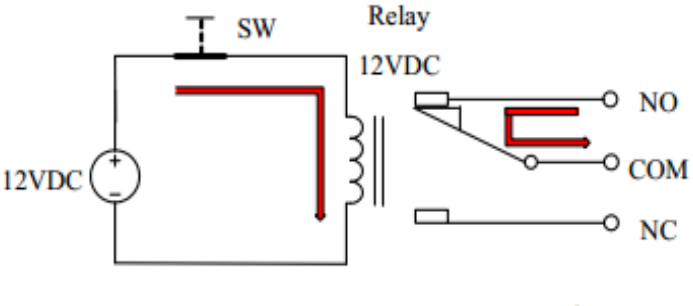
- ขาจ่ายแรงดันใช้งาน ซึ่งจะมีอยู่ 2 ขา จากรูปจะเห็นสัญลักษณ์ขดลวดแสดงตำแหน่งขา coil หรือขาต่อแรงดันใช้งาน
- ขา C หรือ COM หรือ ขาคอมมอน จะเป็นขาต่อระหว่าง NO และ NC
- ขา NO (Normally opened หรือ ปกติเปิด) โดยปกติขานี้จะเปิดเอาไว้จะทำงานเมื่อเราป้อนแรงดันให้รีเลย์
- ขา NC (Normally closed หรือ ปกติปิด) โดยปกติขานี้จะต่อกับขา C ในกรณีที่ไม่ได้จ่ายแรงดัน หน้าสัมผัสของ C และ NC จะต่อถึงกัน

2.9.2 หลักการทำงานของรีเลย์

หลักการทำงานของรีเลย์ อธิบายประกอบรูปที่ 2.24 ได้ดังนี้ จากรูปที่ 2.24 (ก) เมื่อไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดรีเลย์ทำให้จุดร่วมต่ออยู่กับหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (NC) แต่เมื่อทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดรีเลย์ (coil) จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบขดลวด ซึ่งอำนาจแม่เหล็กชั่วคราวที่เกิดขึ้นมีค่าเพียงพอที่จะชนะแรงสปริง เกิดการเปลี่ยนแปลงที่หน้าสัมผัสทำให้จุดร่วมต่ออยู่กับหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (NO) ดังแสดงในรูปที่ 2.24 (ข) และเมื่อไม่ได้จ่ายกระแสไฟฟ้า สปริงจะดึงหน้าสัมผัสกลับมาต่อกับหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (NC) อีกครั้งหนึ่ง



(ก) ขณะที่ไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ขดลวดรีเลย์



(ข) ขณะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ขดลวดรีเลย์

รูปที่ 2.24 การเปลี่ยนแปลงหน้าสัมผัสของตัวรีเลย์ [18]

2.10 การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vanamei)

2.10.1 กุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vanamei)

กุ้งขาว ลิโทพีเนียส แวนนาไม มีลักษณะดังรูปที่ 2.25 เป็นสายพันธุ์กุ้งทะเลในกลุ่มกุ้งขาวแปซิฟิก กุ้งขาวแวนนาไม หรือลิโทพีเนียสแวนนาไม ถูกค้นพบโดย Boome ในปี ค.ศ. 1931 มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Litopenaeus vanamei ชื่อสามัญที่ F.A.O. รับรองและใช้เรียกกันทั่วโลกคือ White leg shrimp กุ้งขาวที่ทำการเพาะเลี้ยงกันอยู่ในปัจจุบันนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามสภาพภูมิศาสตร์ของโลกได้แก่กุ้งขาวตะวันตก คือกุ้งขาวลิโทพีเนีย แวนนาไม กุ้งสีน้ำเงิน และกุ้งขาวตะวันออกคือกุ้งแชบ๊วย กุ้งขาวจีน กุ้งขาวอินเดีย

ประเทศไทยเริ่มนำกุ้งขาวมาเลี้ยงในปี 2541 ซึ่งเป็นช่วงแรกของการทดลองเลี้ยงจึงไม่ค่อยได้รับความสนใจเท่าที่ควร ประกอบกับการจัดหาพันธุ์กุ้งขณะนั้นมีความยากลำบากและมีราคาแพง ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งกุลาดำประสบปัญหา ผู้เลี้ยงกุ้งจึงหันมาเลี้ยงกุ้งขาวกันมากขึ้น

รูปที่ 2.25 กุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vanamei) [19]

2.10.2 พฤติกรรมการดำรงชีวิตของกุ้งขาว แวนนาไม

- กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่มีความสามารถในการปรับตัวสูง จึงสามารถอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้าง เช่น ความเค็ม กุ้งขาวแวนนาไมสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีระดับความเค็มตั้งแต่ 0 - 35 ppt. แต่ไม่ควรต่ำกว่า 3 ppt. ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง
- กุ้งขาวมีการเจริญเติบโตที่เร็วเมื่อ และมีการลอกคราบบ่อยๆ กุ้งขาวจึงต้องการแร่ธาตุสูงโดยเฉพาะ แมกนีเซียม และแคลเซียม ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความกระด้าง และค่าอัล-คาไลนิตี้ของน้ำ

- กุ้งขาวแวนนาไม มีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้เร็วและว่ายน้ำอยู่ตลอดเวลาจึงต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิตสูงกว่ากุ้งกุลาดำ ระบบการให้อากาศในการเลี้ยงกุ้งขาวจึงต้องเพียงพอกุ้งขาวแม้ว่าจะว่ายน้ำเป็นฝูงแต่ไม่ใช่สัตว์สังคมจึงมีนิสัยก้าวร้าวและทำร้ายกุ้งตัวอื่น
- กุ้งขาวมีความสามารถในการกินอาหารได้หลายชนิดตั้งแต่อาหารเม็ดสำเร็จรูปซากแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ แต่อาหารที่สำคัญที่สุดคืออาหารที่มีปริมาณโปรตีนวิตามินและแร่ธาตุอย่างครบถ้วนไม่ใช่ซากแพลงก์ตอนหรือขี้แดด หากเราพบกุ้งกินขี้แดดหรือซากแพลงก์ตอนเต็มลำไส้นั้นแสดงว่าเราให้อาหารแก่กุ้งไม่เพียงพอ

2.10.3 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยง

- **อุณหภูมิ**

ทฤษฎี : อุณหภูมิเป็นตัวควบคุมปฏิกิริยาเคมีรวมทั้งในบ่อกุ้ง รวมทั้งกระบวนการเผาผลาญและดูดซึมอาหารของสิ่งมีชีวิตในบ่อกุ้ง

การจัดการที่ดี : ควบคุมความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิให้เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด จึงควรทำบ่อให้ลึกดีกว่าบ่อตื้น (ความลึกของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งทั่วไปโดยเฉลี่ย 1.5 เมตร) เนื่องจากบ่อที่มีความลึกมากกว่า จะควบคุมอุณหภูมิให้เปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ และสามารถเก็บความเค็มของน้ำไว้ได้นานในช่วงหน้าฝน

ข้อควรแนะนำ : ช่วงที่เหมาะสมของอุณหภูมิในบ่อกุ้งควรอยู่ระหว่าง 28 – 32 องศาเซลเซียส

- **ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)**

ทฤษฎี : ปริมาณ DO เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการเลี้ยงกุ้ง สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำไม่ใช่มีแต่กุ้งอย่างเดียว แต่จะมีทั้งแพลงก์ตอน แบคทีเรีย และสิ่งมีชีวิตอื่นๆอีกมากมายที่ต้องการใช้ออกซิเจน กุ้งต้องการใช้ออกซิเจนเพียง 5 – 15% ในการหายใจ เพื่อไปเผาผลาญ และดูดซึมอาหารไปเลี้ยงร่างกายให้เจริญเติบโต ส่วนอกซิเจนที่เหลืออีกประมาณ 85 – 95% จะถูกใช้ไปโดยสิ่งมีชีวิตอื่นๆ รวมทั้งแบคทีเรียที่ช่วยในการย่อยสลายของเสียในบ่อกุ้ง ดังนั้นเมื่อมีของเสียเกิดขึ้นมาก ออกซิเจนจะถูกแย่งไปใช้ในปริมาณมากขึ้นเช่นกัน กุ้งจะอยู่ได้โดยปกติสุขโดยอาศัยระดับความอิ่มตัวของปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนที่เหมาะสม โดยระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเค็ม และความกดอากาศ ดังนั้นการเพิ่มออกซิเจนในบ่อกุ้งระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนจึงเป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้เครื่องเติมอากาศทำงานได้ผลถึง 100% และประสิทธิภาพจะลดลงตามลำดับเมื่อออกซิเจนที่ละลายในน้ำใกล้ถึงจุดอิ่มตัว ดังนั้น

ถ้าต้องการประหยัดพลังงาน เกษตรกรควรตีน้ำในระดับออกซิเจนอยู่ในระดับที่ 70% ของจุดอิ่มตัวเท่านั้น ทั้งนี้อุณหภูมิในบ่อกุ้งควรอยู่ระหว่าง 28 – 32 องศาเซลเซียส

การจัดการที่ดี : การให้อากาศอย่างเพียงพอและเหมาะสม ต้องให้แน่ใจว่าตีน้ำให้เกิดการหมุนเวียน และคลุกเคล้าผสมผสานกันอย่างทั่วถึง จนปริมาณออกซิเจนส่งผ่านถึงตัวกุ้งและตะกอนเลน โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางคืน และควรลดพื้นที่ที่มีออกซิเจนต่ำในบริเวณกลางบ่อ โดยการจัดติดตั้งเครื่องเติมอากาศในตำแหน่งที่เหมาะสม

ข้อแนะนำ : ค่าต่ำสุดของออกซิเจนในบ่อกุ้ง โดยเฉลี่ย70%ของจุดอิ่มตัวของออกซิเจน ณ สภาพนั้นๆ แต่ทั้งนี้ไม่ควรต่ำกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร หรือ 4 พีพีเอ็ม (ppm)

- **ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)**

การจัดการที่ดี : ควรมีการตรวจสอบค่า pH อย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง ในช่วงเช้าระหว่าง 6.00 น. และในช่วงบ่าย 15.00 น. อาจเพิ่มการตรวจเวลา 21.00 น.ด้วย จะได้รู้ว่าเกิดการหมักหมมในบ่อผิดปกติหรือไม่ โดยในช่วงเช้า pH อยู่ระหว่าง7.5 - 7.8 ช่วงบ่าย 15.00 น. ควรไม่ให้เกิน 8.3

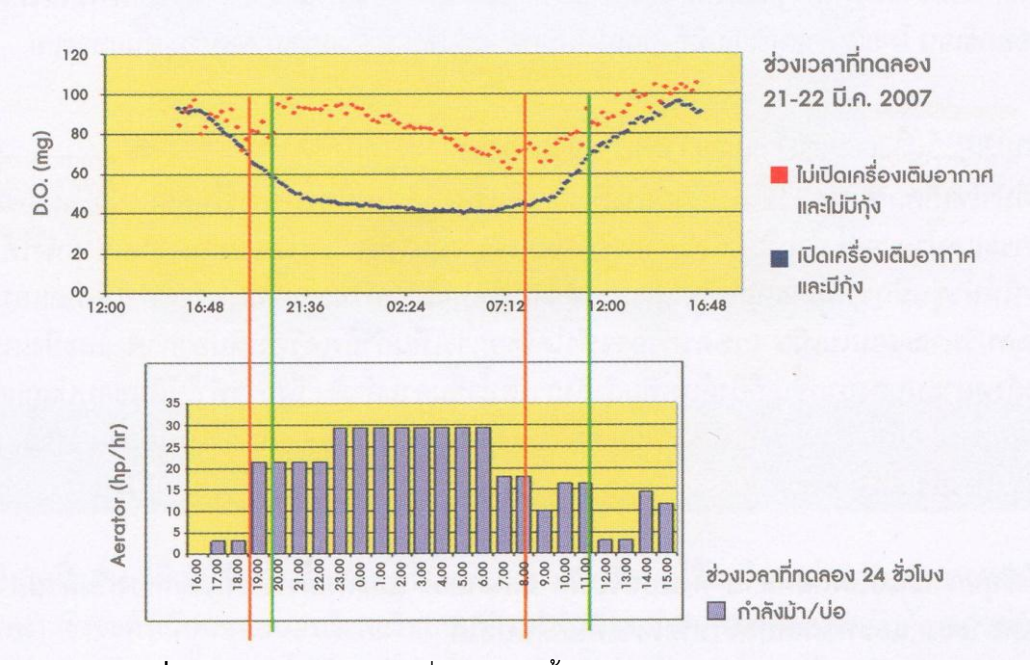
ข้อแนะนำ : ควรควบคุม pH โดยใส่ปูนขาวหรือวัสดุอื่นๆ แต่ต้องระวังอย่าให้ pH มีค่าเกิน 8.3

2.10.4 ระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำแต่ละช่วงเวลา

จากรูปที่ 2.26 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับออกซิเจนที่อิ่มตัวในเวลากลางวันจะค่อยๆ ลดลงในช่วงหัวค่ำและจะลดต่ำลงมากตลอดช่วงเวลากลางคืน และออกซิเจนจะค่อยๆสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อตอนที่มีแสงในช่วงเช้า ซึ่งระยะตั้งแต่ดี 2 ถึงตี 5 เป็นช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงมากเพราะแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในบ่อต้องการใช้ออกซิเจนหายใจ ถ้าไม่เปิดเครื่องเติมอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่แพลงก์ตอนพืชอย่างเพียงพอ ออกซิเจนจะถูกแย่งไปใช้จนหมด ทำให้กุ้งขาดออกซิเจนและตายได้

ในบ่อเลี้ยงจริงมักจะพบว่า ปริมาณออกซิเจนในตอนกลางวันที่มีแสงแดดจะอยู่ในระดับที่เหมาะสมคือสูงกว่า 4 พีพีเอ็ม เนื่องจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะฟาร์มที่มีแผลงก์ตอนพืชหนาแน่น (สังเกตจากสีน้ำที่เข้มมาก) ปริมาณออกซิเจนในตอนบ่ายอาจสูงกว่า 10 พีพีเอ็ม ซึ่งจะพบได้ทั่วไปในบ่อที่มีกุ้งหนาแน่น น้ำความเค็มไม่สูงมาก และปิดเครื่องให้อากาศในตอนกลางวัน เนื่องจากมีแสงแดดตลอดทั้งวัน บ่อที่มีระดับออกซิเจนสูงมากเช่น ตอนกลางคืนหลังจากประมาณ 21 นาฬิกา (3ทุ่ม) เป็นต้นไป ระดับออกซิเจนจะลดต่ำลงเรื่อยๆเนื่องจากการหายใจของแพลงก์ตอนพืชและกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ ดังนั้นระดับออกซิเจนตั้งแต่ประ มาณเกือบเที่ยงคืนจนถึงเช้ามืดจะอยู่ในระดับที่ต่ำ สำหรับบางฟาร์มแม้ว่าจะมีการเปิดเครื่องให้อากาศอย่างเต็มที่ตลอดเวลา ออกซิเจนจะอยู่ในระดับประมาณ 3-4 พีพีเอ็ม บาง

ฟาร์มจะอยู่ในระดับ 2 – 3 พีพีเอ็มหรือบางฟาร์มอาจจะต่ำกว่า 2 พีพีเอ็ม ซึ่งเป็นเหตุให้กุ้งจะมีการเจริญเติบโตช้าและมีอัตราการรอดตายต่ำกว่ากุ้งที่เลี้ยงในบ่อที่มีระดับออกซิเจนสูงกว่า



รูปที่ 2.26 ระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำในแต่ละช่วงเวลาในรอบวัน [1]

2.11 การวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกละลาย (Dissolve Oxygen)

หลักการนี้ใช้สำหรับการวัดแก๊สออกซิเจนแบบโพลาโรกราฟิกอิเล็กโทรด (Polarographic) เป็นการวัดค่าโดยอาศัยการสลายตัวของออกซิเจน (การลดออกซิเจน) ที่เกิดขึ้นที่แคโทดซึ่งเป็นโลหะ ออกซิเจนที่อยู่ในกลุ่มแก๊สที่ต้องการวัดจะถูกทำให้ผ่านเนื้อเยื่อ เพื่อทำให้มันไปอยู่ในรูปของเซลล์ O_2 ที่อิเล็กโทรด หลังจากนั้นมันจะซึมเข้าไปอยู่ในเนื้อเยื่อชั่วระยะเวลาหนึ่งจนสามารถอ่านค่าได้ การวัดแบบนี้ต้องป้อนศักย์ไฟฟ้าค่าหนึ่งเข้าไปในโพลาโรกราฟิกอิเล็กโทรด เพื่อทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานี้จะเปลี่ยนการนำไฟฟ้าของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ศักย์ไฟฟ้าบริเวณดังกล่าวจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเฉพาะกับออกซิเจน เกิดกระแสไฟฟ้าที่ไหลแปรผันตรงกับปริมาณออกซิเจนในสารละลายนั้น ในการวัดแบบโพลาโรกราฟิกดังกล่าว จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนเอาต์พุตคงที่ออกมาค่าหนึ่งอันเนื่องจากอิเล็กโทรด DO ที่หมักซึ่งจัดเป็นกระบวนการสเตอริไลซ์แล้วทำให้เกิดค่าความร้อนและกลายเป็นค่าความต้านทานไปในที่สุด