การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที

DESIGN AND APPLICATION OF A SMART FARM BASE ON IoT

ธีระชัย หลำเนียม

TEERACHAI LUMNIAM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ.2559

การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที

DESIGN AND APPLICATION OF A SMART FARM BASE ON IoT

ธีระชัย หลำเนียม

TEERACHAI LUMNIAM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
พ.ศ.2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที
DESIGN AND APPLICATION OF A SMART FARM BASE ON IoT

ชื่อ นามสกุล นายธีระชัย หลำเนียม

ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพันธ์ ยิ้มมั่น)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ฤทธิ์ทอง)
วันที่ 29 เดือน เมษายน พ.ศ. 2559

ชื่อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที
ชื่อ สกุล นายธีระชัย หลำเนียม
ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาและออกแบบการนำเทคโนโลยี IoT หรือ Internet of Thing เข้ามาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีทางการเกษตร โดยการนำเทคโนโลยีเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ไปเก็บพารามิเตอร์ต่างๆในการควบคุมดูแลสวนผลไม้จากหลายๆสวนให้สามารถเฝ้ามองและควบคุมระบบได้อย่างอัตโนมัติพร้อมกันและแสดงผลด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟน คือ ค่าความเค็มของน้ำ แรงดันและอัตราการไหลของระบบการจ่ายน้ำ ระดับของน้ำในบ่อน้ำ คุณภาพของน้ำที่นำมาใช้ประโยชน์ และรวมสัญญาณทั้งหมดส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตให้ผู้ใช้งานสามารถเฝ้ามองสภาวะของสวนผลไม้ได้ตลอดเวลา จากผลการทดลองพบว่าระบบแสดงผลและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มสามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขของตัวควบคุมและสามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายข้อมูลได้ในเวลาจริง

คำสำคัญ : ไอโอที, การเฝ้ามอง, การรวมสัญญาณ

Thesis title Design and Application of a Smart Farm Base on IoT

Author Mr.Teerachai Lumniam

Degree Master of Electric Engineering

Major program Electrical Engineering, Faculty of Engineering

Academic Year 2015

ABSTRACT

Thesis was studied and designed to merge IoT (Internet of Thing) in agricultural technology. By the IoT technology used the sensor and transducer technology to record parameters for monitoring automatically many orchard. The data will show on your smart phone. We can see temperature, pressure of water supply system, level of water in pond this article was studied and designed to merge the IoT technology in agricultural technology. By the IoT used the sensor and transducer technology to record parameters for monitoring automatically many orchard. The data will show on your smart phone. You can see temperature, pressure of water supply system, level of water in pond and signal integrate to transmit data by network internet for any user can monitor from anywhere and all time. The result shown that the water control system can work actually as condition of controller and can transmit by network internet in real time.

Keywords : Internet of Thing, Monitoring, Signal Integrate

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับคำแนะนำ ข้อเสนอแนะและความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านในการทำวิจัย

บริษัท ไตรรุ่งเจริญกิจวิศวภัณฑ์ จำกัด และคณะกรรมการ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือวิศวกรรมเพื่อประกอบการทำวิจัยนี้ และเพื่อนๆ ในสาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกคนที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้

บิดา มารดา ภรรยา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียนตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ธีระชัย หลำเนียม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(ก)
Abstract	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญภาพ	(ซ)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 กรอบแนวความคิด	3
1.5 วิธีการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 นิยามศัพท์	4
1.8 คำสำคัญ	4
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 บทนำ	5
2.2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	5
2.3 ระบบเครือข่ายไอโอที	7
2.3.1 ความหมายและความสำคัญของ Internet of Things	7
2.3.2 การประยุกต์ใช้ Internet of Things	9
2.3.3 ข้อควรตระหนักของ Internet of Things	12
2.4 ระบบคราวด์	16
2.4.1 ความหมายของ Cloud Computing	16

2.4.2 เอกลักษณ์เฉพาะตัวของ Cloud Computing 19
2.4.3 คำนิยาม Cloud Computing 19
2.4.4 ทำความรู้จัก Grid Computing, Utility Computing และ SaaSv 20
2.4.5 ความสำคัญของระบบคราวด์ Cloud Computing 22
2.4.6 โครงสร้างการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ
2.5 อุปกรณ์สมาร์ทโฟน 23
2.5.1 เทคโนโลยี 4G (Forth Generation) 23
2.5.2 ประวัติของเทคโนโลยี 4G 24
2.5.3 หลักการทำงานพื้นฐานของเทคโนโลยี 4G 28
2.5.4 การนำเทคโนโลยี 4G มาประยุกต์ใช้ 32
2.6 เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ 33
2.6.1 ชนิดของเซนเซอร์การแบ่งชนิดของทรานสดิวเซอร์ 35
2.6.2 เครื่องมือวัดค่าความเค็ม 36
2.6.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Temperature Instrument) 38
2.6.4 เครื่องมือวัดความดัน (Pressure Instrument) 46
2.6.5 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำชนิดอัลตร้าโซนิค 50
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย
3.1 บทนำ 55
3.2 การออกแบบระบบเครือข่าย 56
3.2.1 อุปกรณ์บันทึกค่าและส่งข้อมูลผ่านระบบ GSM 57
3.2.2 การใช้งานเครื่องบันทึกค่าและส่งสัญญาณ CL27 59
3.2.3 วิธีการต่อใช้งานอุปกรณ์บันทึกค่าและส่งข้อมูล 59
3.2.4 ขั้นตอนการถอดและใส่ SIM CARD 60
3.2.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์บันทึกค่ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ 61
3.2.6 สัญญาณไฟแสดงสถานการณ์ทำงานของเครื่อง CL27 62
3.3 การออกแบบระบบแสดงผล 64
3.3.1 ระบบฐานข้อมูลของวิสเซิร์ฟ (WisServ Database) 65
3.4 อุปกรณ์ตรวจวัดและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็ม 67

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและเงื่อนไข 70
3.6 การติดตั้งในพื้นที่จริง 73
3.7 การออกแบบ ปรับปรุงและการนำไปใช้งานกับระบบจ่ายน้ำในสวนทุเรียน 76
3.8 การเผยแพร่ผลงาน 79
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล
4.1 บทนำ 82
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความเค็มของน้ำ 82
4.3 ผลการทดสอบจากระบบไอโอที (IoT) ที่นำเสนอ 85
4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าแรงดันน้ำและอัตราการไหลของน้ำในสวนทุเรียน 89
4.5 ผลการทดลองระบบการแสดงผลบนเครือข่ายไอโอที (IoT) 93
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 99
5.2 ข้อเสนอแนะและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย 99
เอกสารอ้างอิง 101
ภาคผนวก 102
ภาคผนวก ก เครื่องบันทึกข้อมูลและส่งสัญญาณ 104
ภาคผนวก ข เครื่องวัดค่าความเค็มของน้ำ 107
ภาคผนวก ข เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ 108
ประวัติการศึกษาและการทำงาน 103

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง 3G กับ 4G	32
2.2	อิออนหลักและอิออนรองในน้ำทะเลที่ความเค็ม 35 ส่วนในพัน	37
2.3	ระดับความเค็มของน้ำเค็ม	38
2.4	คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำ RTD	40
2.5	ข้อเปรียบเทียบระหว่าง Thermocouple และ RTD	46
3.1	แสดงสถานการณ์ทำงานของหลอดไฟ	62
3.2	สาเหตุและวิธีการแก้ไขปัญหาของ CL27 GPRS Data Logger	63
4.1	ปริมาณความเค็มแม่น้ำเจ้าพระยา ระหว่างวันที่ เดือนกุมภาพันธ์2559	87
4.2	การบันทึกค่าระบบแรงดันน้ำและอัตราการไหลของน้ำในสวนทุเรียน	92

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	การเชื่อมต่อระบบตรวจวัดและแสดงผลผ่านเครื่องข่ายไอโอที	8
2.2	รูปแบบการจัดการแบบ IoT	15
2.3	แผนภูมิระบบคราวด์	17
2.4	ผู้ให้บริการแก่ลูกค้าทั่วโลกCloud Server Hosting	18
2.5	การทำงานของ Cloud Computing Works	18
2.6	การเปิดตัวการใช้งานเทคโนโลยี 4G	23
2.7	4G ที่เกิดจากการรวม WiMax เข้ากับ 3G	24
2.8	เทคโนโลยีที่ใช้กันในยุค 1G	25
2.9	เทคโนโลยีที่ใช้กันในยุค 2G	26
2.10	เทคโนโลยีที่ใช้กันในยุค 2.5G	26
2.11	เทคโนโลยีที่ใช้กันในยุค 3G	27
2.12	พัฒนาการตั้งแต่ยุค 1G มาจนถึงยุค 4G	28
2.13	การทำงานของระบบเครือข่ายต่างๆ	32
2.14	ระบบการวัด (ชั่ง) น้ำหนัก	34
2.15	กราฟความต้านทานของวัสดุชนิดต่างๆ	39
2.16	กราฟความแม่นยำ	42
2.17	RTD แบบ Wire Wound	43
2.18	RTD แบบ Thin Film	44
2.19	RTD แบบ 2 สาย	44
2.20	RTD แบบ 3 สาย	45
2.21	RTD แบบ 4 สาย	45
2.22	ชนิดของความดัน	47
2.23	ชนิดของความดัน	48
2.24	ระดับของสภาวะ Vacumm	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
2.25	หลักการทำงานแบบ Covnterpropagating	51
2.26	การทดสอบค่า Flow ด้วยวิธีใช้คลื่นอัลตร้าโซนิค	53
3.1	การออกแบบระบบเครือข่ายการบันทึกค่าและแสดงค่าผ่าน Internet	56
3.2	เครื่องบันทึกข้อมูลและส่งสัญญาณระบบ GPRS Datalogger CL27	57
3.3	การออกแบบระบบเครือข่ายในการใช้งานจริง	58
3.4	การแสดงระบบ Centralized Data Logging System	58
3.5	การเชื่อมต่อ Power Supply 24 VDC	59
3.6	การเชื่อมต่อ Digital Output	60
3.7	การเชื่อมต่อ Digital Input	60
3.8	การเชื่อมต่อ Analog Input	60
3.9	ขั้นตอนการถอด SIM CARD	60
3.10	ขั้นตอนการใส่ SIM CARD	60
3.11	การเชื่อมต่อ CL27 กับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทาง USB Port	61
3.12	การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์และโปรแกรมฐานข้อมูล	65
3.13	แสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลวิสเซิร์ฟ	66
3.14	หน้าต่างการเข้าโปรแกรมแสดงผล WisServ Web Application	67
3.15	ชุดแสดงผลและส่งสัญญาณ CON3000 Salinity Transmitter	68
3.16	เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าน้ำเค็ม CS3500 Process Conductivity Sensor	69
3.17	รูปแบบการต่อวงจรเครื่องวัดค่าน้ำเค็ม CON3000	69
3.18	ไดอะแกรมการใช้งานของเครื่องวัดน้ำเค็ม CON3000	70
3.19	การประชุมเพื่อรับทราบปัญหาและหาแนวทางช่วยเหลือเกี่ยวกับน้ำเค็ม	71
3.20	วงจรการต่ออุปกรณ์ชุดตรวจวัดและแจ้งเตือนน้ำเค็ม	72
3.21	ทดสอบความสมบูรณ์ของระบบตรวจวัดและแสดงผลผ่านระบบฯ	73
3.22	ทดสอบความสมบูรณ์ของระบบตรวจวัดและแสดงผลผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน	73
3.23	ชุดตู้อุปกรณ์ตรวจวัดและส่งสัญญาณแจ้งเตือนค่าน้ำเค็ม	74

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
3.24	ทดลองระบบแสดงผลผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟนของเกษตรกร	74
3.25	จุดติดตั้งชุดตรวจวัดและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็ม สถานีวัดบางอ้อยช้าง	75
3.26	จุดติดตั้งเซ็นเซอร์วัดค่าน้ำเค็ม สถานีวัดบางอ้อยช้าง	75
3.27	ตำแหน่งติดตั้งชุดตรวจวัดและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็ม สถานีวัดบางอ้อยช้าง	76
3.28	การตรวจวัดค่าอัตราการไหลของน้ำด้วยเครื่องวัดชนิดอัลตร้าโซนิค	78
3.29	การตรวจวัดค่าแรงดันและอัตราการไหลของน้ำ	78
3.30	จัดแสดงผลงานวิจัย ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	79
3.31	หม่อมหลวงปนัดดา ดิศกุล และคณะผู้บริหารให้การเยี่ยมชมผลงานวิจัย	80
3.32	คณาจารย์เข้าเยี่ยมชมผลงานวิจัย ณ มทร.พระนคร	80
3.33	นักศึกษาเยี่ยมชมผลงานวิจัย ณ มทร.พระนคร	81
4.1	รายงานสถานการณ์ค่าน้ำเค็ม แม่น้ำเจ้าพระยา	83
4.2	ค่าความเค็มแม่น้ำเจ้าพระยา เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2559	84
4.3	กราฟแสดงค่าความเค็มแม่น้ำเจ้าพระยา เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2559	85
4.4	หน้าต่างการแสดงผลของระบบตรวจวัดน้ำเค็มที่นำเสนอ ณ สถานีบางอ้อยช้าง	86
4.5	กราฟเปรียบเทียบค่าน้ำเค็ม เดือนกุมภาพันธ์	88
4.6	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดน้ำเค็มวัดบางอ้อยช้างและสถานีท่าน้ำนนทบุรี	89
4.7	ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย	90
4.8	การทดสอบค่าแรงดันน้ำและอัตราการไหลของน้ำ	91
4.9	ไดอะแกรมการแบ่งพื้นที่จ่ายน้ำของสวนทุเรียนตัวอย่าง	91
4.10	การแสดงผลแบบ Real Time Monitoring	94
4.11	การแสดงผลแบบ Graph Real Time Monitoring	94
4.12	การแสดงผลแบบ History	95
4.13	การอัพโหลดข้อมูลการตรวจวัด	96
4.14	ตัวอย่างข้อมูลการตรวจวัดหลังทำการอัพโหลดข้อมูล	96
4.15	ตัวอย่างการแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์	96

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
4.16	ตัวอย่างการแสดงผลผ่านอุปกรณ์ Android	97
4.17	ตัวอย่างการแสดงผลผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน iOS	97
5.1	การจำลองตำแหน่งติดตั้งสถานีตรวจวัดน้ำเค็ม	100
5.2	ตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลที่คาดหวังเมื่อพัฒนาได้สมบูรณ์	100

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ทำการเกษตรมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มากกว่าร้อยละ 50 ของคนไทยประกอบอาชีพเกษตรกร ทำสวน ทำไร่ ทำนา ตามสภาพของภูมิประเทศที่อาศัยอยู่ จนถือได้ว่าประเทศไทยเป็นอู่ข้าวอู่น้ำของโลกก็ว่าได้ เพราะสามารถปลูกพืชผักนานาพันธุ์ได้เองตลอดทั้งปีทุกฤดูกาล และยังสามารถนำผลิตผลส่งออกไปขายยังต่างประเทศได้อีกด้วย โดยมีข้าวหอมมะลิที่เคยเป็นสินค้าส่งออกอันดับหนึ่งของประเทศไทย และผลไม้ที่มีชื่อเสียง เช่น ทุเรียน ที่มีชื่อเสียงโด่งดังไปทั่วโลก แต่ในศตวรรษที่ 20 นี้ การแข่งขันในด้านการเพาะปลูกจากประเทศเพื่อนบ้านมีสูงมาก เกษตรกรจึงต้องหันมาพึ่งเทคโนโลยีสมัยใหม่มากขึ้น เพื่อทำให้ได้มีผลผลิตทางการเกษตรที่มากขึ้น สามารถขยายส่วนแบ่งการตลาดที่สูงขึ้นได้ในตลาดโลกได้อย่างกว้างขวาง

มีนักวิจัยมากกมายทั้งในทวีปเอเชีย ยุโรป และอเมริกาได้ผสมผสานเทคโนโลยีด้านการเกษตรเข้ากับเทคโนโลยีด้านไอที (Information Technology) และอุปกรณ์สื่อสารเข้าไว้ด้วยกันเพื่อใช้เป็นการวางแผนการเพาะปลูกให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เช่นการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในพื้นที่เพาะปลูก เซนเซอร์ควบคุมระดับความชื้นเพื่อควบคุมความชื้นในโรงเรือน ทรานสดิวเซอร์วัดอัตราการไหลของท่อส่งน้ำในสวน เซนเซอร์วัดปริมาณแสงเพื่อควบคุมแสงตามความต้องการของพืช โดยที่ผู้ใช้งานจะเก็บบันทึกค่าจากเซนเซอร์ทั้งหมดเข้ากับส่วนกลาง แล้วนำพารามิเตอร์ต่างๆไปประมวลผลเพื่อนำไปออกแบบขั้นตอนการควบคุมต่อไป ด้วยเทคโนโลยีการส่งข้อมูลแบบต่างๆขึ้นอยู่กับความต้องการ โดยระบบที่นำเข้าไปผสมผสานนี้จะทำให้สวนผลไม้ธรรมดาๆ กลายเป็น “สวนอัจฉริยะ” หรือ Smart Farm.

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาน้ำเค็มรุกเข้าพื้นที่ทำการเกษตร เกิดจากระดับน้ำทะเลที่หนุนจากทะเลเข้ามาสู่แม่น้ำเจ้าพระยา เนื่องจากปริมาณน้ำจืดที่ปล่อยจากเขื่อนหรือน้ำต้นทุนมีน้อย ทำให้น้ำทะเลหนุนเข้ามามากกว่าปกติ ส่งผลให้เขตพื้นที่การเกษตรของจังหวัดนนทบุรีและพื้นที่ภาคกลางตอนล่างหลาย จังหวัดที่ใช้น้ำจากระบบชลประทานจากแม่น้ำเจ้าพระยาได้รับผลกระทบ

ปัญหาน้ำเค็มหรือน้ำทะเลหนุนเป็นปัญหาที่เคยเกิดขึ้นกับเมืองนนทบุรีมา เป็นเวลานานหลายสิบปีมาแล้ว จึงไม่ใช่เรื่องใหม่ของเกษตรกร แต่ภาวะน้ำเค็มในปัจจุบันแตกต่างจากอดีต เพราะในอดีตน้ำเค็มจะหนุนเพียงบางปีและกินระยะเวลาเพียง 7-10 วันซึ่งเป็นระยะเวลาที่ไม่ยาวนานและยังไม่ส่งผลกระทบต่อการทำสวนทุเรียน แต่หลังน้ำท่วม 2554 ตั้งแต่ปี 2555 ช่วงประมาณเดือนกุมภาพันธ์ น้ำเค็มรุกเข้ามาประมาณ 7 วัน แต่หลังจากนั้น(2556-2558) น้ำเค็มหนุนรุกเข้ามาทุกปีและกินระยะเวลายาวนานถึง 7-10 เดือนใน 1 ปี ตั้งแต่ช่วงเดือนกุมภาพันธ์เป็นต้นมา ทำให้ชาวสวนที่ใช้น้ำจากระบบชลประทานแม่น้ำเจ้าพระยา ปลูกทุเรียนแล้วตาย ปลูกอีกก็ตายอีกเช่นกัน ขณะที่สวนที่เหลือรอดอยู่ได้นั้น ส่วนหนึ่งเป็นเพราะใช้น้ำประปาและมีวิธีการรับมือกับน้ำเค็มอย่างถูกต้อง เกษตรกรควรวัดค่าน้ำอย่างสม่ำเสมอ โดยน้ำที่สามารถนำมาใช้ทางการเกษตรต้องมีค่าความเค็มของน้ำไม่เกิน 2 g/L สำหรับน้ำที่ใช้รดต้นทุเรียนได้จะต้องอยู่ที่ค่าต่ำกว่า 0.3 g/L นอกจากนี้อีกสิ่งหนึ่งที่ต้องระวังคือ “น้ำฝน” กล่าวคือ โดยปกติน้ำฝนที่ตกลงมาจากท้องฟ้าเป็นน้ำที่ไม่มีความเค็ม แต่เมื่อน้ำฝนนั้นได้ชะผ่านหน้าดินที่มีความเค็มสะสมอยู่ลงสู่ท้องร่องสวน จะทำให้น้ำในท้องร่องมีความเค็มได้ ดังนั้น เกษตรกรจึงควรวัดค่าน้ำก่อนที่จะนำมาใช้รดต้นทุเรียนทุกครั้ง

วิทยานิพนธ์นี้ จึงนำเสนอการออกแบบระบบแสดงผลและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็ม ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสวนทุเรียนและช่วยบริหารจัดการน้ำคุณภาพสำหรับใช้เพื่อการเกษตรที่มีจำกัด ทำให้ชาวสวนสะดวกสบาย รวดเร็วในการรับข้อมูลข่าวสารน้ำเค็มและการวางแผนทำการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการนำเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหา โดยนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ตรวจวัดได้ส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบเน็ทเวิร์ดเพื่อส่งข้อมูลค่าไปยังฐานข้อมูลส่วนกลางหรือแสดงผลไปยังอุปกรณ์สื่อสารไร้สายส่วนบุคคลของเกษตรกรหรือเจ้าของสวนผลไม้ เพื่อนำค่าการตรวจวัดที่ได้เก็บบันทึกเป็นฐานข้อมูลทางสถิติในการประเมินหรือวิเคราะห์การบริหารจัดการสวนผลไม้ให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในปัจจุบันและการวางแผนการจัดการสวนผลไม้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ร่วมกับสวนผลไม้

1.2.2 เพื่อศึกษาการนำเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์อุตสาหกรรมมาใช้ร่วมกับระบบ IoT

1.2.3 เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของการจัดการส่วนผลไม้จากระบบ IoT

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในการตรวจวัดค่าความเค็มของน้ำ แรงดันน้ำและอัตราการไหลน้ำ

1.3.2 ส่งข้อมูลการตรวจวัดเข้าสู่ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตและส่งผ่านข้อมูลไปยังอุปกรณ์แม่ข่ายเพื่อเก็บบันทึกค่าที่ฐานข้อมูลส่วนกลางหรือแสดงข้อมูลการตรวจวัดไปยังผู้ดูแลสวนหรือเกษตรกรเจ้าของสวนด้วยระบบสื่อสารไร้สายส่วนบุคคล

1.3.3 พื้นที่ดำเนินงานวิจัย ณ แหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร แปลงอนุรักษ์ทุเรียนนนท์ชุมชนบางรักน้อย ที่อยู่ 34/2 หมู่ที่ 3 ตำบลบางรักน้อย อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี และบริเวณริมคลองบางกอกน้อย บ้านบางอ้อยช้าง ต.บางสีทอง อ.บางกรวย จ.นนทบุรี

1.4 กรอบแนวความคิด

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีแนวคิดในการออกแบบระบบแสดงผลการตรวจวัดและจัดเก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์บริเวณสวนทุเรียนนนทบุรีผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยนำอุปกรณ์ตรวจวัดและทรานสดิวเซอร์ในงานระบบวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเข้ามาช่วยเหลือภาคการเกษตรของประเทศไทยให้มีการพัฒนารูปแบบการทำเกษตรของเกษตรกรและชาวสวนให้ทันสมัยและมีประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลสำหรับวางแผนการทำสวนให้ดียิ่งขึ้น

1.5 วิธีการวิจัย

ออกแบบระบบแสดงผลและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยจัดเตรียมชุดตู้ควบคุมที่ประกอบไปด้วยเครื่องวัดค่าน้ำเค็มและอุปกรณ์บันทึกค่าและส่งสัญญาณไปติดตั้ง ณ วัดบางอ้อยช้าง ซึ่งเป็นพื้นที่เฝ้าระวังน้ำเค็มรุกล้ำเข้าพื้นที่ชาวสวนทุเรียนนนทบุรี และสร้างหน้าต่างการแสดงผลให้สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มเกษตรกรในการเข้าใช้งาน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ร่วมกับสวนผลไม้

1.6.2 นำเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์อุตสาหกรรมมาใช้ร่วมกับระบบ IoT

1.6.3 เพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการส่วนผลไม้ผ่านระบบ IoT

1.7 นิยามศัพท์

IoT (Internet of Things) : อินเตอร์เน็ทในทุกสิ่ง

Cloud Computing : การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ

g/L : หน่วยวัดค่าความเค็มของน้ำ (กรัม/ลิตร)

CL27 เครื่องบันทึกข้อมูลและส่งสัญญาณเข้าระบบอินเตอร์เน็ต

1.8 คำสำคัญ

ไอโอที, การเฝ้ามอง, การรวมสัญญาณ, น้ำเค็ม, ระบบตรวจวัดน้ำเค็ม, สถานีวัดน้ำเค็ม, Internet of Thing, Monitoring, Signal Integrate, Salinity Station

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

เป็นที่ยอมรับกันดีอยู่แล้วว่าการสื่อสารประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างสูงสุดจากผู้คนทั่วโลกคือ “การสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต” ด้วยเหตุผลง่ายๆ เพียงไม่กี่ประการที่ทำให้อินเทอร์เน็ตได้รับการยอมรับ เช่น สามารถติดต่อสื่อสารได้อย่างรวดเร็วง่ายดาย ราคาประหยัด อีกทั้งยังสื่อสารได้ทุกที่ทุกเวลาตามที่ต้องการ ดังนั้นทุกวันนี้เราจึงพบเห็นการสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ตกลายเป็นวิถีในการใช้ชีวิตของบุคคลทุกกลุ่ม โดยไม่ได้มีข้อจำกัดในกลุ่มวัยรุ่นหรือเฉพาะกลุ่มคนในวัยทำงานเช่นในอดีตที่ผ่านมา ซึ่งสามารถยืนยันได้จากปริมาณผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตในโลกที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่อย่างสม่ำเสมอ โดยในปี 2555 จำนวนผู้ใช้อินเทอร์เน็ตทั่วโลก คิดเป็นร้อยละ 35.5 ปี 2556 ร้อยละ 37.9 และในปี 2557 ยังคงมีปริมาณผู้ใช้งานเพิ่มขึ้นตามลำดับ คิดเป็นจำนวนผู้ใช้งานถึงร้อยละ 40.4 ของประชากรโลก

ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่ไม่หยุดยั้ง แนวความคิดในการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารเพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตของมนุษย์จึงมีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่อง โดยบริษัทวิจัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศชั้นนำของโลกอย่าง Garther ได้วิเคราะห์ถึงกลยุทธ์ทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับ ปี 2558 นี้ไว้ว่าหนึ่งในแนวโน้มของวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีการสื่อสารที่จะเข้ามามีบทบาทกับชีวิตมนุษย์ นั่นคือ เทคโนโลยีภายใต้แนวความคิดที่เรียกว่า Internet of Things: IoT คือ แนวทางที่เกิดขึ้นจากการรวมกันของข้อมูล การบริการที่สร้างขึ้นบนรากฐานของทุกสิ่งทุกอย่างที่เชื่อมต่อกันด้วยระบบดิจิตอลนั่นเอง และในทิศทางเดียวกันบริษัทผู้ผลิตสินค้าเทคโนโลยีและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รายใหญ่ของโลกอย่าง Sumsung ก็ได้กำหนดรูปแบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์ว่าภายในปี 2560 นี้ผลิตภัณฑ์ของบริษัทร้อยละ 90 จะต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเชื่อมต่อกับ IoT ได้อีกด้วย

2.2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

วอนชนก ไชยสุนทร. (2015). “Internet of Things เมื่อทุกสิ่งเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตInternet of Things When Everything is Connected to The Internet” : บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์

เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงลักษณะการใช้งานและแนวทางการประยุกต์ในด้านต่างๆ รวมถึงประเด็นด้านความปลอดภัยและข้อควรตระหนัก ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ตระหนักถึงคุณประโยชน์ที่จะได้รับพร้อมไปกับการเตรียมการรับมือกับยุคสมัยที่เทคโนโลยีเจริญก้าวหน้ามามีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตประจำวัน แนวโน้มเทคโนโลยีที่เรียกว่า Internet of Things : IoT โดย IoT นี้พัฒนาขึ้นมาจากแนวความคิดที่ต้องการให้อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ทั่วไป สามารถเชื่อมต่อ สื่อสารและสั่งการกันเองได้อย่างอัตโนมัติ โดยไม่ต้องอาศัยมนุษย์ ซึ่งแน่นอนว่า Internet of Things พัฒนาขึ้นมาจากวัตถุประสงค์ที่ต้องการสร้างความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้งาน ไปพร้อมกับการสร้างความได้เปรียบทางธุรกิจ เนื่องจากระบบงานดังกล่าวจะยังสามารถจัดเก็บและรวบรวมข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อเนื่องได้อย่างมหาศาล

นางสาวสุภาวดี หอมพลู. (2013). “Cloud Computing” : บทความนี้กล่าวถึงระบบจัดเก็บและบริหารข้อมูลบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ตที่สามารถฝากไฟล์ข้อมูลหรือการทำงานผ่านระบบฐานข้อมูลองค์กรหรือฐานข้อมูลส่วนบุคคล ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านั้นได้ทุกที่ทุกเวลา เพียงแค่มีอินเตอร์เน็ตและเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สื่อสารไร้สาย เพียงแค่นี้ก็สามารถเข้าถึงข้อมูลที่เราต้องการผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงได้นำมาใช้ในการจัดเก็บและบันทึกค่าผลการตรวจวัดน้ำเค็มเพื่อให้เกษตรกรได้เข้าถึงข้อมูลของน้ำเค็มได้ตลอดเวลาและตรงกับสถานการณ์จริง ณ ปัจจุบัน

Anun Katelue. (2013). “เทคโนโลยียุค 4G (Forth Generation)” [Online]. Available : http://datacommunicationand.blogspot.com : บทความนี้กล่าวถึงพัฒนาการของระบบสื่อสารไร้สายตั้งแต่ยุค 1G ในอดีตจนถึงปัจจุบันที่พัฒนามาถึงระบบ 4G ซึ่งมีความสามารถในการอัพโหลดข้อมูลหรือการได้รับข่าวสารอย่างรวดเร็วและความแตกต่างของระบบ 4G เมื่อเปรียบเทียบกับระบบในอดีต ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ประโยชน์จากการศึกษาระบบการสื่อสารแบบไร้สายเพื่อนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่ติดตั้งสถานีตรวจวัดน้ำเค็ม เนื่องจากผู้ดำเนินงานวิจัยเลือกใช้การส่งสัญญาณข้อมูลผ่านเครือข่ายแบบไร้สาย “ GSM “ ไปยังอุปกรณ์สื่อสารของทางเกษตรกรโดยตรง

นายกิตติวุฒิ จีนนะบุตร. (2010). " เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ " : บทความนี้ได้อธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ตามแบบเรียนหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ ผู้ดำเนินงานวิจัยได้นำมาค้นคว้าศึกษาถึงหลักการทำงานและความเหมาะสมในการเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่เหมาะสมกับงานวิจัย

2.3 ระบบเครือข่ายไอโอที (IoT)

2.3.1 **ความหมายและความสำคัญของ** Internet of Things หากจะกล่าวถึง Internet of Things หรือ IoT นั้นอาจยังไม่คุ้นหูกับคนไทยในบางกลุ่ม แต่สำหรับบุคลากรทางเทคโนโลยีหรือผู้ที่ให้ความสนใจในเทคโนโลยีหรือนวัตกรรม ต้องเคยได้รับทราบแนวความคิดดังกล่าวนี้มาก่อนอย่างแน่นอน โดยความหมายของ Internet of Things นั้นหากจะแปลอย่างตรงตัว คือ “อินเทอร์เน็ตของทุกสิ่ง” ซึ่ง “ทุกสิ่ง” หรือ "Things" ในที่นี้หมายถึง วัตถุ สิ่งของ เครื่องใช้ต่างๆ ที่ไม่ใช่เพียงแค่อุปกรณ์สื่อสาร คอมพิวเตอร์ แท็ปเลต สมาร์ทโฟน หรือโน้ตบุค เท่านั้นที่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ตได้ แต่ขยายความสามารถไปยังวัตถุ เครื่องมือเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันอย่างหลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น โทรทัศน์ ตู้เย็น รถยนต์ นาฬิกาข้อมือ แว่นตา หรือแม้กระทั่งเครื่องประดับร่างกาย เช่น รองเท้า กำไลข้อมือ ก็จะสามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต หรือระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ชนิดต่างๆ ได้ โดยการเชื่อมต่อนี้จะก่อให้เกิดการสื่อสารกันอย่างอัตโนมัติ ตลอดเวลา เป็นผลให้เกิดข้อมูลปริมาณมหาศาล ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้เหล่านั้น ไปใช้ให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้นได้อีกมากมาย

โดยแนวความคิดในการใช้ประโยชน์และการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับการประมวลผลข้อมูลของ Internet of Things จะคล้ายคลึงกับการทำงานของระบบธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence System) ซึ่งจะยิ่งผลักดันให้ระบบธุรกิจอัจฉริยะมีศักยภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากผู้ใช้งานอุปกรณ์หรือวัตถุในกลุ่ม Internet of Things จะสามารถเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ของตนเองได้ในระยะเวลาอันสั้น ผ่านเบราว์เซอร์หรือแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ตลอดเวลา

นอกเหนือจากการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็วแล้ว การที่สิ่งของเครื่องใช้เหล่านี้ถูกนำมาเพิ่มกลไกความฉลาดหรือสมองเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของการทำงาน ผนวกความสามารถในการสื่อสารข้อมูลไปยังอุปกรณ์ภาครับหรือเครื่องมืออื่นๆ ที่สื่อสารโต้ตอบกันได้ พร้อมกับการรวบรวมจัดเก็บและประมวลผลอย่างเป็นระบบได้ เป็นเหตุให้อุปกรณ์เหล่านี้กลายเป็นเครื่องมืออัจฉริยะที่เรามักได้ยินคำว่า Intelligence หรือคำว่า Smart นำหน้าชื่อของอุปกรณ์เหล่านี้อยู่ตลอดเวลา เช่น Smart TV, Smart Watch, Smart home รวมทั้งสิ่งประดิษฐ์จำพวก Intelligence sensor ที่ติดตั้งในเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ มากมาย

ภาพ 2.1 การเชื่อมต่อระบบตรวจวัดและแสดงผลผ่านเครือข่ายไอโอที

ที่มา: http://mook1222.blogspot.com (2558)

ในปัจจุบันเราสามารถพบเห็น Intelligence sensor ติดตั้งอยู่ในอุปกรณ์ที่ใช้งานในชีวิตประจำวันต่างๆ มากยิ่งขึ้น โดยสาเหตุของความนิยมในกระแส Internet of Things นั้นมาจากการที่ราคาอุปกรณ์ในกลุ่มของ Sensor ลดลงไปถึง ร้อยละ 60 ในขณะที่ขนาดของช่องทางในการสื่อสารและการประมวลผลข้อมูลมีศักยภาพสูงขึ้น แต่มีค่าใช้จ่ายต่ำลง ประกอบกับความนิยมในการใช้งานอุปกรณ์สื่อสารในกลุ่มสมาร์ทโฟนสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และในอุปกรณ์สื่อสารเหล่านั้นมักติดตั้งระบบจัดการตำแหน่งบนพื้นโลก (Geographic Position System: GPS) มีความแม่นยำและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย

ความนิยมของ Internet of Things ในมุมมองของ Cisco ในฐานะบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ทางด้านการสื่อสารและเทคโนโลยีรายใหญ่ของโลก ได้อธิบายถึงสาเหตุของความก้าวหน้าของ Internet of things ว่ามาจาก 3 ประการด้วยกัน คือ 1) การก้าวหน้าของการวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อนและแม่นยำมากยิ่งขึ้นและยังสามารถพึ่งพาข้อมูลจากระบบ Cloud Computing มาใช้ในการวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว 2) การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องมือ เครื่องใช้ เครื่องจักรชนิดต่างๆ กับอุปกรณ์ส่วนบุคคล เช่น สมารท์โฟน มีเพิ่มมากยิ่งขึ้น และ 3) แอพพลิเคชั่นที่สามารถเชื่อมต่อระหว่างระบบงานสารสนเทศทางธุรกิจในกลุ่ม Supply Chain Management System ที่เชื่อมต่อคู่ค้าและลูกค้าเข้าด้วยกันอย่างใกล้ชิดมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ด้วยสาเหตุต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น เป็นเหตุให้ในปัจจุบันมีบริษัทชั้นนำของโลกมากมายได้สร้างนวัตกรรมในกลุ่มนี้ขึ้นมา เพื่อตอบความความต้องการของผู้บริโภคที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงไป เช่น Google ได้พัฒนาแว่นตา Google Glasses ที่สามารถแจ้งเตือนนัดหมาย

แนะนำเส้นทางและข้อมูลการเดินทางที่เหมาะสมได้เพียงแค่ผู้ใช้สวมใส่แว่นตาและออกคำสั่งกับอุปกรณ์ชิ้นนั้น แล้วผลลัพธ์จะแสดงผ่านเลนส์ของแว่นตานั่นเอง บริษัท Apple ที่พัฒนานาฬิกาข้อมือ Apple watch ที่มีความสามารถมากมาย อาทิ ความสามารถจากโปรแกรมด้านสุขภาพ ที่จะตรวจสอบจำนวนก้าวในการเดิน วิ่ง ระยะทาง ตลอดจนวิเคราะห์สุขภาพและเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับการแนะนำวิธีการออกกำลังกายที่เหมาะสมให้แก่ผู้สวมใส่ได้ จึงจะเห็นได้ว่าสอดคล้องกับมุมมองของสมเกียรติ ปุ่ยสูงเนิน ที่ได้อธิบายว่า Internet of Things เกิดขึ้นจากการประสานงานร่วมกันระหว่าง คน กระบวนการ ข้อมูล และ สิ่งของต่างๆ ให้ทำงานร่วมกันได้อย่างสอดคล้องนั่นเอง

2.3.2 **การประยุกต์ใช้** Internet of Things ในความเป็นจริงแนวความคิด Internet of Things เกิดขึ้นมานานมากกว่า 10 ปีแล้ว เพียงแต่ในอดีตยังคงไม่สามารถทำให้ผู้คนเห็นอย่างเป็นรูปธรรมว่าจะมีลักษณะหน้าตาเป็นอย่างไร แต่ด้วยวิวัฒนาการของการสื่อสารที่พัฒนาขึ้นไปมากบวกกับความสามารถของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เพิ่มมากขึ้นและที่สำคัญคือราคาที่ลดลงของฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ ที่เป็นหนึ่งในกลไกการทำงาน จึงเป็นการเปิดโอกาสให้เกิดการประยุกต์ใช้อุปกรณ์อัจฉริยะและเทคโนโลยีนี้ ในด้านต่างๆ ได้แก่

2.3.2.1 การประยุกต์ใช้ในธุรกิจคมนาคม ในภาคธุรกิจคมนาคมขนส่งสินค้าหลายคนจะเคยเห็นคำว่า “รถคันนี้ควบคุมด้วยระบบ GPS” แต่เดิมระบบ GPS: Geographic Positioning System เป็นเพียงแค่ระบบที่ใช้ในการระบุตำแหน่งของวัตถุหรืออุปกรณ์ชิ้นนั้นๆ ว่าอยู่ ณ พิกัดใดของโลกใบนี้ (อยู่ ณ ละติจูด ลองติจูดที่เท่าใด) แต่เมื่อเพิ่มความสามารถของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS: Geographic Information System) ในกลุ่มของแผนที่เข้าไปให้ทำงานร่วมกัน ระบบจะให้คำตอบได้ว่ารถคันนี้อยู่ ณ ตำแหน่งใดบนแผนที่ และสามารถอธิบายออกเป็นภาพได้อย่างชัดเจน หากยิ่งใส่ความสามารถในการสื่อสารผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์หรือเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ ผู้ดูแลจะทราบทันทีว่ารถคันนั้น อยู่ที่แห่งใดในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งความสามารถนี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวางแผนเส้นทางในการขนส่งสินค้า การติดตามกระบวนการขนส่งสินค้า ตลอดจนการติดตามยานพาหนะที่สูญหายได้อย่างง่ายดาย หากเป็นการประยุกต์ใช้งานทางคมนาคมในระดับประเทศ ประเทศศรีลังกาได้นำระบบ Sensor Network ซึ่งเป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่ได้รับแนวความคิดมาจาก Internet of things มาใช้เพื่อตรวจสอบความหนาแน่นของการจราจร จัดเก็บ รวมรวม และสื่อสารข้อมูลไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การวางแผนระบบการจราจรภายในประเทศ ไปพร้อมกับการประเมินระดับมลภาวะในสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

อีกหนึ่งตัวอย่างสำหรับการประยุกต์ใช้ Internet of Things ในภาคการคมนาคมของประเทศไทย คือการใช้งานระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection System: ETC) หรือระบบ EasyPass ที่ใช้สำหรับชำระค่าผ่านทางพิเศษ เพียงแค่ผู้ใช้ติดตั้งอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการสื่อสารข้อมูลระหว่างรถยนต์และเครื่องอ่านข้อมูล เมื่อรถยนต์วิ่งผ่าน อุปกรณ์ที่อยู่ในรถยนต์และไม้กั้นอัตโนมัติที่เสมือนเป็นเครื่องอ่านข้อมูล ซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณด่านเก็บค่าผ่านทาง จะทำการเชื่อมต่อเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน เช่น จำนวนเงินคงเหลือ อัตราค่าผ่านที่ต้องชำระ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสื่อสารเหล่านี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อเนื่องได้ เช่น ใช้ในการอธิบายพฤติกรรมการใช้ทางพิเศษได้ เช่น ปริมาณผู้ใช้งานทางพิเศษในแต่ละช่วงเวลา เป็นต้น ตลอดจนการนำไปใช้ศึกษาข้อมูลรายบุคคลว่า ได้เดินทางไปใช้บริการทางพิเศษที่ใด เวลาใด หรือมีความถี่ในการใช้ทางพิเศษมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการดำเนินธุรกิจในปัจจุบัน

นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีที่ออกแบบมาเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์ในด้านการคมนาคมอีกมากมาย เช่น ระบบลานจอดรถอัจฉริยะ ที่สามารถนำรถเข้าไปจอดได้อย่างอัตโนมัติโดยไม่ต้องใช้คนในการขับเคลื่อน ถนนอัจฉริยะ ที่สามารถบอกปริมาณความหนาแน่นของการจราจรไปพร้อม กับการแสดงผลข้อมูลด้านมลพิษในช่วงเวลานั้นๆ ได้อีกด้วย

2.3.2.2 การประยุกต์ใช้ในธุรกิจการค้า ในภาคธุรกิจการจำหน่ายสินค้าพัฒนาการของ Internet of Things สามารถเข้ามาช่วยในกระบวนการทำงานได้อย่างหลากหลายอาทิ การติดป้ายสินค้าอัจฉริยะประเภท RFID Tags ไว้ที่ตัวสินค้าหรือชั้นวางสินค้า ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบปริมาณสินค้าได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากการส่งสัญญาณของ RFID สามารถแจ้งว่ามีสินค้าคงเหลืออยู่มากน้อยเพียงใด หรือมีการเคลื่อนย้ายสินค้าไปยังตำแหน่งใดบ้าง นอกเหนือจากนั้นด้วยความสามารถในการสื่อสารของอุปกรณ์ที่ออกแบบมาให้ทำงานแทนมนุษย์ จะช่วยส่งคำสั่งซื้อไปยังผู้ผลิตหรือคู่ค้าในกลุ่มต่างๆ หากตรวจพบว่ามีสินค้าคงเหลือในระดับต่ำกว่าที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการจำหน่ายได้

ยิ่งไปกว่านั้นด้วยความพยายามที่ต้องการลดต้นทุนด้านแรงงานในธุรกิจการค้าจึงออกแบบอุปกรณ์และเทคโนโลยีต่างๆ ให้ทำงานแทนคนได้มากที่สุด เช่น แนวความคิดในการติดตั้ง RFID Tags ไว้ที่สินค้าทุกชิ้น เมื่อลูกค้าเลือกซื้อสินค้าและหยิบสินค้าแต่ละชิ้นลงสู่ตะกร้าหรือรถเข็นของห้างสรรพสินค้า RFID Tags ที่ติดอยู่กับสินค้าสามารถส่งสัญญาณไปยังรถเข็นหรือเครื่องคำนวณเงินค่าสินค้าได้ทันที ว่าสินค้าทั้งหมดที่อยู่ในรถเข็นคันนั้นรวมเป็นมูลค่าเท่าใด พร้อมให้ผู้ซื้อชำระเงินผ่านบัตรเครดิตหรือเปิดโมบายแอพพลิเคชั่นที่เชื่อมต่อกับระบบธนาคาร

อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อทำการชำระเงินค่าสินค้าได้ทันที ก่อให้เกิดความรวดเร็วในกิจกรรมการซื้อสินค้า เพิ่มความแม่นยำในการคำนวณและสามารถจัดเก็บข้อมูลพฤติกรรมการซื้อสินค้าของลูกค้าในแต่ละราย เพื่อนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้า ตลอดจนช่วยกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดได้เป็นอย่างดี

2.3.2.3 การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ในภาคการดำรงชีวิตประจำวันของบุคคลนั้น หลักการของ Internet of Things เองก็ไม่ได้ไกลจากเกินความเป็นจริง อาทิ ระบบบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) ที่ผู้อยู่อาศัยสามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่ภายในบ้าน ผ่านอุปกรณ์สื่อสารประเภทโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ ยกตัวอย่างการทำงานในระบบรักษาความปลอดภัย ที่เริ่มตั้งแต่การเปลี่ยนวิธีการเข้าออกประตู จากเดิมที่ใช้กุญแจบ้านไปสู่ระบบ Smart Lock ที่เสมือนเป็นตั้งรหัสหรือข้อมูลชนิดพิเศษมาทดแทน เพียงการติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณไว้ที่ประตูบ้าน เมื่อผู้อยู่อาศัยเดินเข้ามาใกล้ในระยะที่กำหนดไว้ โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีแอพพลิเคชั่น Smart Lock ไว้แล้ว จะทำการส่งสัญญาณรหัสผ่านหรือคำสั่งให้ปลดล๊อคไปยังเครื่องอ่านที่ประตู เพียงเท่านี้ประตูก็จะเปิดออกโดยไม่ต้องพกกุญแจอีกต่อไป นอกเหนือจากนั้นยังสามารถกำหนดระดับความปลอดภัยในการเข้าออกได้มากมาย เช่น กรณีที่มีผู้มาเยี่ยมบ้าน เจ้าของบ้านสามารถส่งข้อมูลรหัสผ่านซึ่งคล้ายกับการส่งมอบกุญแจประตูบ้านผ่านแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้วส่งให้แก่ผู้ที่มาเยี่ยมได้ทันที ทำให้สามารถเข้าบ้านได้โดยไม่ต้องออกมาเปิดประตูเพื่อต้อนรับ ยิ่งไปกว่านั้นคือ เจ้าของบ้านสามารถตรวจสอบการเข้าออกบ้าน ในขณะที่ตนเองไม่อยู่ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ หากมีการบุกรุก ระบบเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ในบริเวณบ้าน จะส่งสัญญาณไปยังแจ้งยังเจ้าของบ้านผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้อย่างทันทีทันใด

ซึ่งจากตัวอย่างที่กล่าวมานี้หากพิจารณาย้อนกลับไปจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีพัฒนาการมาจากระบบ Smart Card ที่ใช้ในการตรวจสอบการเข้าออกสำนักงานคอนโดหรือสถานที่ต่างๆ ทั่วไป เพียงแต่เพิ่มความสามารถในการสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ตให้แก่อุปกรณ์หลากหลายที่ติดตั้งอยู่ เพื่อให้เกิดการกระจายส่งต่อข้อมูลไปยังอุปกรณ์ชิ้นอื่นๆ ให้ทำงานร่วมกันได้อย่างอัตโนมัติและจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ประเด็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อไปได้มากยิ่งขึ้น

ความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องของเทคโนโลยีอัจฉริยะเหล่านี้ กำลังจะเกิดเป็นนวัตกรรม ตู้เย็นอินเทอร์เน็ต ที่สามารถสแกนและจัดเก็บข้อมูล ก่อนนำอาหารเข้าไปบรรจุได้ เมื่อถึงวันใกล้หมดอายุของอาหารเหล่านั้น ตู้เย็นจะแสดงผลแจ้งเตือนให้แก่ผู้ใช้ทราบ เพื่อให้นำมา

อาหารนั้นมาออกมารับประทาน ตลอดจนความสามารถในการตรวจสอบปริมาณอาหารที่จัดเก็บอยู่ในตู้ จำพวกที่ใช้เป็นประจำว่าใกล้หมดหรือมีน้อยกว่าปริมาณที่เหมาะสมหรือไม่ หากน้อยกว่าปริมาณที่เหมาะสม ตู้เย็นจะส่งข้อมูลไปยังแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อให้ผู้ใช้กดยืนยันการสั่งสินค้าหรืออาหารชนิดนั้นมาเพิ่มตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ทันที

2.3.2.4 การประยุกต์ใช้ในด้านสุขภาพและการแพทย์ในทางสุขภาพการแพทย์อุปกรณ์ที่ได้รับอิทธิพลมาจากแนวความคิดของ Internet of Things ซึ่งได้รับความนิยมในปัจจุบัน ได้แก่ สายรัดข้อมืออัจฉริยะหรืออุปกรณ์ในกลุ่ม Wearable devices ที่เพียงแค่ผู้ใช้สวมใส่สายรัดข้อมือไว้ตลอดระยะเวลาในการดำเนินชีวิตประจำวัน สายรัดข้อมือนี้ จะสามารถตรวจสอบกิจกรรมที่เกิดขึ้นกับบุคคลนั้นได้อย่างละเอียด เช่น เดินกี่ก้าวระยะทางเท่าใด คิดเป็นอัตราการใช้พลังงานมากน้อยแค่ไหน ความดันโลหิตปกติหรือไม่ อุณหภูมิร่างกายในแต่ละช่วงเวลาเป็นอย่างไร ตลอดจนระยะเวลาในการพักผ่อนเหมาะสมหรือไม่ เป็นต้น โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งไปประมวลผลยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ติดตั้งแอพพลิเคชั่นที่เกี่ยวข้องหรือส่งไปจัดเก็บไว้ในระบบงานประเภท Cloud เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลและเสนอแนวทางในการดำรงชีวิตที่เหมาะสมได้ผนวกกับความก้าวหน้าของการสื่อสาร ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการดำรงชีวิตของแต่ละบุคคล สามารถเชื่อมโยงไปยังระบบการแพทย์ได้อย่างรวดเร็ว ช่วยให้แพทย์สามารถวิเคราะห์โรคได้แม่นยำมากยิ่งขึ้นจากข้อมูลพฤติกรรมที่จัดเก็บไว้อย่างละเอียด รวมทั้งแพทย์สามารถให้คำแนะนำได้อย่างทันทีที่ระบบตรวจสอบข้อมูลแล้วพบความผิดปกติของระบบการทำงานของร่างกาย ช่วยลดอัตราความเสี่ยงฉุกเฉินได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับกลุ่มผู้สูงอายุ ที่อาจมีความเสี่ยงทางสุขภาพมากกว่าคนในกลุ่มอายุอื่นๆ

2.3.3 **ข้อควรตระหนักของ** Internet of Things ลักษณะการประยุกต์ใช้และประโยชน์หลากหลายที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เป็นเพียงแค่นวัตกรรมเริ่มต้นของการพัฒนาเทคโนโลยีบนรากฐานของ Internet of Things เท่านั้น หากแต่คุณประโยชน์และการอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้อย่างมากมายในยุคที่ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณข้อมูลสารสนเทศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งหากพิจารณาในอีกแง่มุมหนึ่งจะเห็นถึงความเสี่ยงและภัยคุกคามต่างๆ ที่อาจเป็นผลพวงมาจากความสามารถในการสื่อสารของอุปกรณ์ชนิดต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และการจัดเก็บข้อมูลพฤติกรรมของแต่ละบุคคลอย่างละเอียดทุกก้าวการดำเนินชีวิต โดยความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การนำข้อมูลส่วนบุคคลไปใช้งานโดยผู้ใช้งานไม่อนุญาต การถูกติดตามหรือการสะกดรอยจากการใช้งานอุปกรณ์อัจฉริยะที่มีระบบแสดงตำแหน่ง ตลอดจนการถูกก่อกวน การพยายามทำลาย ลบ หรือขัดจังหวะการทำงานของทั้ง

ระบบและอุปกรณ์ต่างๆ โดยกลุ่มคนที่ไม่ประสงค์ดี เป็นต้น ดังนั้น เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการรับมือกับยุคที่แนวโน้มของอุปกรณ์ Internet of Things เกิดขึ้นใหม่เป็นจำนวนมาก ทั้งผู้ใช้งานและผู้พัฒนาเทคโนโลยีควรตระหนักถึงประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.3.3.1 ข้อควรตระหนักด้านความปลอดภัย แน่นอนว่าความเสี่ยงลำดับต้นๆ ที่มักจะเกิดขึ้นจากการใช้งานอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ นั่นคือ ความเสี่ยงในเรื่องความปลอดภัยของข้อมูลและการทำงาน อุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานของเทคโนโลยี Internet of Things เองก็เช่นกัน เมื่อมีระบบการทำงานเช่นเดียวกันกับคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่ง ดังนั้นความเสี่ยงที่เกิดอาจเกิดขึ้นได้กับอุปกรณ์เหล่านี้ ก็จะได้แก่ ไวรัส มัลแวร์ สปายแวร์ ตลอดจนโปรแกรมประเภท Phishing ที่พยายามหลอกลวงให้ผู้ใช้งานเกิดความเข้าใจผิด จนกระทำการบางอย่างที่ก่อให้เกิดความเสียหายได้ ดังนั้นวิธีการป้องกันอันตราย สามารถกระทำได้โดยผู้ใช้งานต้องทำการอัพเดทซอฟท์แวร์ ให้มีความทันสมัย เพื่ออุดช่องโหว่จากการทำงานของอุปกรณ์และการสื่อสารไปยังเครื่องมือชนิดอื่น นอกเหนือจากนั้น การติดตั้งโปรแกรมประเภทแอนตี้ไวรัส ไฟล์วอลล์ รวมทั้งโปรแกรมที่ช่วยตรวจสอบ คัดกรองการนำเข้าและส่งออกข้อมูล สิ่งเหล่านี้จะเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้ผู้ใช้งาน สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

2.3.3.2 ข้อควรตระหนักด้านความเป็นส่วนบุคคลของข้อมูล ด้วยความสามารถในการสื่อสารและเชื่อมต่อข้อมูลอย่างอัตโนมัติของเทคโนโลยี Internet of Things จึงอาจเป็นเหตุให้เกิดการล่วงละเมิดความเป็นส่วนบุคคลได้ง่าย เนื่องจาก Internet of Things ออกแบบให้ทุกคนสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ตนเองใช้งาน เข้ากับเครือข่ายชนิดต่างๆ ซึ่งในระบบการสื่อสารเหล่านั้นจะมีข้อมูลปริมาณมหาศาลถูกจัดเก็บไว้ เช่น ข้อมูลวัน เดือน ปีเกิด ข้อมูลที่อยู่อาศัย หมายเลขโทรศัพท์ รวมถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเงิน เช่น หมายเลขบัตรเครดิต เลขบัญชีธนาคาร เป็นต้น ดังนั้นในการใช้งาน ผู้ใช้จำเป็นต้องคำนึงถึงการรักษาความปลอดภัยและความเป็นส่วนบุคคลเสมอ ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการ

ก) ตรวจสอบความน่าเชื่อถือผู้พัฒนาเทคโนโลยี ว่ามีการกำหนดนโยบายหรือมาตรการในการรักษาความเป็นส่วนบุคคลของข้อมูลผู้ใช้งานอย่างไร

ข) ตรวจสอบการตั้งค่าระดับความปลอดภัยให้กับอุปกรณ์ทุกชิ้นที่สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องมีการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ไว้ในระบบและควรตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ หากพบความผิดปกติใด จะได้ดำเนินการปรับปรุงได้ทันเวลา

ค) กำหนดขอบเขตของข้อมูล ว่าข้อมูลชุดใดสามารถจัดเก็บไว้ในระบบเครือข่ายได้ ข้อมูลชุดใดควรจัดเก็บเฉพาะในพื้นที่ส่วนบุคคลเท่านั้น และพยายามหลีกเลี่ยงการจัดเก็บข้อมูลที่อาจก็ให้เกิดความเสี่ยงด้านความปลอดภัย

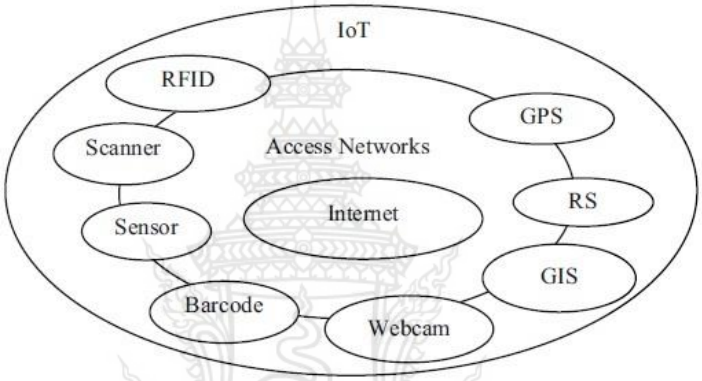
ง) หากต้องเปลี่ยนอุปกรณ์หรือเครื่องมือ เครื่องใช้ใดๆ ที่สามารถส่งข้อมูลเชื่อมต่อกับเครือข่ายได้ หลังจากทำการสำรองหรือโอนย้ายข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ควรทำการลบข้อมูลและการตั้งค่าทุกชนิด ออกจากเครื่องมือชิ้นเดิมทันที

2.3.3.3 ข้อควรตระหนักด้านเทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคม ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์และเครื่องมือในกลุ่มเทคโนโลยี Internet of Things นี้ มีความจำเป็นที่ต้องอาศัยความสามารถในการสื่อสารข้อมูลกับระบบเครือข่ายอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นระบบเครือข่ายที่มีความปลอดภัยและช่องทางการสื่อสารข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อพัฒนาการที่ดีของ Internet of Things เป็นเหตุให้ทั้งผู้พัฒนาเทคโนโลยีและผู้ใช้งานต้องคำนึงถึงศักยภาพของระบบการสื่อสารผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ทั้งในด้านความเร็วในการสื่อสาร ความน่าเชื่อถือ ความปลอดภัย และความแม่นยำในการประมวลผลของผู้ให้บริการระบบโครงข่าย เพื่อให้การนำแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ชนิดต่างๆ สามารถดำเนินงานได้อย่างมีคุณภาพตามที่ต้องการ

2.3.3.4 ข้อควรตระหนักด้านมาตรฐานและวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีในอนาคต นอกเหนือจากข้อตระหนัก 3 ด้านที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น ด้วยกระแสความนิยมในเทคโนโลยี Internet of Things ที่เริ่มเกิดขึ้นได้ไม่นาน ดังนั้นความสามารถของอุปกรณ์ต่างๆ ยังต้องการพัฒนาการเพิ่มเติมอีกมาก เช่น การทำงานที่ต้องเชื่อมต่อกับเครือข่ายและสื่อสารข้อมูลอยู่ตลอดเวลา จะเป็นสาเหตุให้ต้องใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ค่อนข้างมาก ซึ่งอุปกรณ์พกพามักมีขนาดเล็ก จึงจัดเก็บพลังงานได้ไม่มากเท่าที่ควร หากจำเป็นต้องชาร์ตบ่อยครั้งจนเกินไป ก็อาจก่อให้เกิดอุปสรรคต่อการใช้งานได้

ยิ่งไปกว่านั้นอุปกรณ์เหล่านี้ เสมือนเป็นนวัตกรรมทางเทคโนโลยีที่ถูกคิดค้นมาจากผู้ผลิตที่หลากหลาย ดังนั้นในแง่ของมาตรฐานการติดต่อสื่อสาร แลกเปลี่ยนข้อมูล มาตรฐานของระบบประมวลผล ทั้งในระดับฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ รวมทั้งมาตรฐานการรักษาความปลอดภัยในทุกๆ ด้าน ยังคงต้องการความร่วมมือกันอย่างแข็งขันจากทั้งองค์กรอิสระด้านเครือข่ายและความปลอดภัย นักประดิษฐ์ บริษัทผู้ผลิตเทคโนโลยี และทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดการกำหนดมาตรฐานที่เหมาะสมกับเทคโนโลยีนี้ ซึ่งจะนำไปสู่การก่อให้เกิดประโยชน์ควบคู่กับความปลอดภัยให้แก่ ผู้ใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต

ดังนั้นแนวคิดของนักวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ไอโอที หรือ Internet of Thing (IoT) มีมากมาย แต่ในบทความวิจัยนี้จะสรุปแนวคิดของ IoT ได้ดังนี้ IoT จะเป็นการส่งข้อมูลที่มีหลายรูปแบบจากอุปกรณ์เซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์หลากหลายชนิด ให้สามารถมารวมกันได้อย่างมีนัยสำคัญ เช่น เซนเซอร์ความดัน เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ อาร์เอฟไอดี (RFID) ระบบระบุตำแหน่งบนพิกัดโลก (GPS) และเซนเซอร์อินฟราเรด เป็นต้น และรวบรวมเอาสัญญาณที่ได้มาประมวลผลเข้าด้วยกัน และส่งข้อมูลผ่านระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ต และสามารถเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวได้ทุกที่ทุกเวลา ดังภาพที่ 2.2



ภาพ 2.2 รูปแบบการจัดการแบบ IoT

ที่มา: http://mook1222.blogspot.com (2558)

ดังนั้นเมื่อนำอุปกรณ์เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ชนิดต่างๆ ไปติดตั้งจริงที่สวน ตัวอย่าง อุปกรณ์ชนิดต่างๆ จะทำการสื่อสารและแสดงผลการตรวจวัดให้เกษตรกรชาวสวนสามารถเข้าไปดูผลการตรวจวัดจากอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

ในด้านเกษตรกรรมอัจฉริยะ (IoT for Smart Agriculture) ค้นกูเกิล พบกว่า 473,000 รายการ แล้วจากบทความ “ความท้าทายด้านเกษตรกรรมอัจฉริยะ (IoT Challenges for Smart Agriculture)” ระบุว่า ไอโอทีจะช่วยให้อุตสาหกรรมการเกษตรและชาวนาชาวไร่สามารถปรับตนให้เข้ากับ ความท้าทายต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างมโหฬาร อาทิ การขาดน้ำ การขาดพื้นที่ การจัดการกับต้นทุน และ การผลิตให้พอกับความต้องการของประชากรโลกที่จะเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 70 ภายใน พ.ศ. 2593 เป็นต้น ไอโอทีที่ใช้ในเกษตรกรรมอัจฉริยะจะช่วยให้ไร่นาสามารถทราบความชื้นในดิน ทราบการเจริญเติบโตของพืช และ ทราบระดับการกินอาหารของสัตว์ แล้วยังสามารถจัดการควบคุมเครื่องมือเก็บเกี่ยวและเครื่องมือชลประทาน แล้วยังสามารถใช้ระบบ

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence)ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการในไร่นา อาทิ การพยากรณ์อากาศ เป็นต้น เพื่อให้ตัดสินใจได้ดีขึ้น

จากบทความ “เกี่ยวกับเกษตรกรรมอัจฉริยะ (Towards Smart Farming: Agriculture Embracing the IoT Vision)” มีการเสนอการประยุกต์ให้ไอโอทีในด้านเกษตรกรรม 7 รายการ รายการที่ 1 คือ การติดตามยานพาหนะที่ใช้ในไร่นา รายการที่ 2 คือ การติดตามปศุสัตว์ รายการที่ 3 คือ การเกษตรในไร่นาขนาดใหญ่และขนาดเล็ก รายการที่ 4 คือ การเกษตรในร่มและเรือนกระจก รายการที่ 5 คือ การเลี้ยงปลา รายการที่ 6 คือ การทำป่าไม้ และ รายการที่ 7 คือ การตรวจสอบข้อมูล

2.4 ระบบคราวน์ (Cloud Computing)

2.4.1 ความหมายของ Cloud Computing คำว่า Cloud Computing มีผู้ได้ให้คำนิยามไว้หลากหลาย เช่น ”การประมวลผลที่อิงกับความต้องการของผู้ใช้ โดยผู้ใช้สามารถระบุความต้องการไปยังซอฟต์แวร์ของระบบ Cloud Computing จากนั้นซอฟต์แวร์จะร้องขอให้ ระบบจัดสรรทรัพยากรและบริการให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ โดยระบบสามารถเพิ่มหรือลดจำนวนทรัพยากรให้พอเหมาะกับความต้องการของผู้ใช้โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องทราบการทำงานเบื้องหลังว่าเป็นอย่างไร”

โดย JavaBoom Collection ให้ความหมายตามหลักของ Wikipedia ได้ให้ความหมายของ cloud computing ไว้ว่า :Cloud computing refers to computing resources being accessed which are typically owned and operated by a third-party provider on a consolidated basis in Data Center locations. Consumers of cloud computing services purchase computing capacity on-demand and are not generally concerned with the underlying technologies used to achieve the increase in server capability. There are however increasing options for developers that allow for platform services in the cloud where developers do care about the underlying technology.

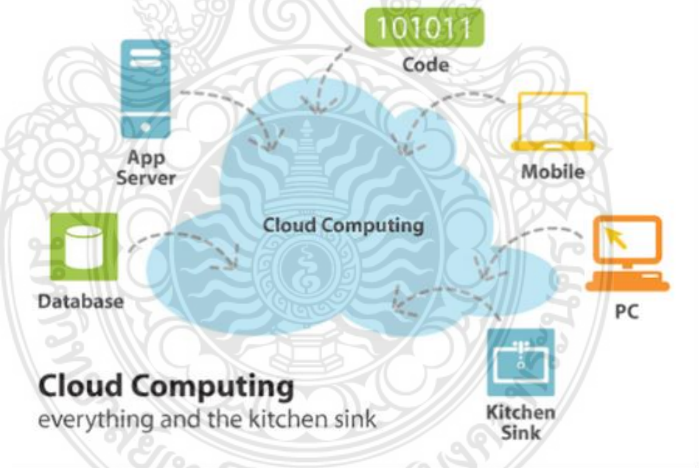
แปลได้ว่า: Cloud Computing หมายถึงทรัพยากรสำหรับการประมวลผลที่จัดเตรียมและจัดการโดยบุคคลหรือองค์กรที่สาม (Third Party) โดยทรัพยากรเหล่านี้ถูกจัดเตรียมไว้ที่Data Center จากนั้น ผู้ใช้ของCloud Computing สามารถเข้าไปใช้งานทรัพยากรเหล่านี้โดยการซื้อ(หรือเช่า)ได้ตามที่ต้องการโดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องคำนึง(หรือแม้แต่กังวล)เลยว่าทางผู้ให้บริการทรัพยากร

จะบริหารทรัพยากรให้มีความสามารถขยายตัวด้วยวิธีอะไร (หรือว่าได้หรือไม่ เพราะยังไงก็ต้องทำให้ได้)

แต่ประโยคสุดท้ายเขาได้กล่าวว่า การที่ Cloud Computing จัดเตรียมความสามารถที่ระบบสามารถขยายตัวได้ตามความต้องการของผู้ใช้ (increasing option) ก็เป็นเรื่องท้าทายที่ผู้พัฒนาระบบจำเป็นจะต้องเป็นห่วงเป็นกังวลแทน นั่นหมายความว่า ถ้าหากผู้ใช้ต้องการทรัพยากรมากกว่าที่ผู้ให้บริการจะเตรียมให้ได้ ผู้ให้บริการจะต้องค้นหาวิธีใดๆก็ตามเพื่อสนองต่อความต้องการที่เพิ่มมาแบบฉับพลันนี้ให้ได้ อย่างเช่น ผู้ให้บริการอาจจะต้องกลายเป็นผู้ใช้หรือลูกค้าของผู้ให้บริการเจ้าอื่นๆเป็นทอดๆ เป็นต้น

เพราะฉะนั้น ความหมายของ cloud computing **นั้น จึงสรุปได้ว่า** :

Cloud Computing คือวิธีการประมวลผลที่อิงกับความต้องการของผู้ใช้ โดยผู้ใช้สามารถระบุความต้องการไปยังซอฟต์แวร์ของระบบ Cloud computing จากนั้นซอฟต์แวร์จะร้องขอให้ระบบจัดสรรทรัพยากรและบริการให้ตรงกับความต้องการผู้ใช้ ทั้งนี้ระบบสามารถเพิ่มและลดจำนวนของทรัพยากร รวมถึงเสนอบริการให้พอเหมาะกับความต้องการของผู้ใช้ได้ตลอดเวลา โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทราบเลยว่าการทำงานหรือเหตุการณ์เบื้องหลังเป็นเช่นไร



ภาพ 2.3 แผนภูมิระบบคราวน์

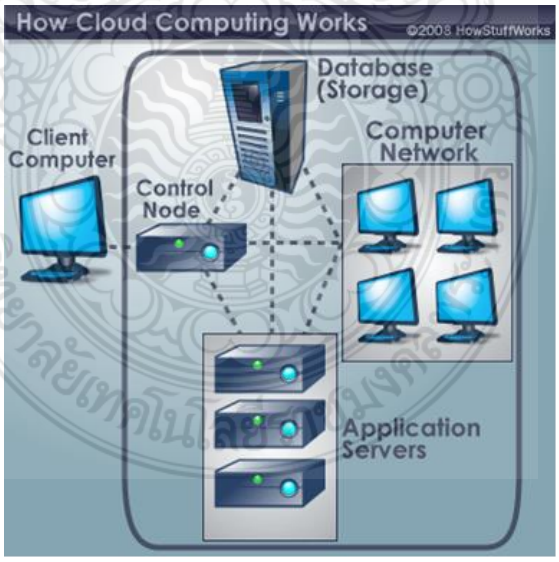
ที่มา: http://thaiopensource.org/article (2555)

กล่าวได้ง่ายๆก็คือ Cloud computing นั้นเป็น "Anywhere! Anytime!" คือทุกที่ทุกเวลา ไม่ว่าคุณจะอยู่ตรงไหนก็ตาม ขอแค่มี Internet กับ Computer สักตัว คุณก็ทำงานได้แบบ 24/7 (24 ชั่วโมง 7 วัน)

ภาพ 2.4 ผู้ให้บริการแก่ลูกค้าทั่วโลก Cloud Server Hosting

ที่มา: http://www.hostingitrust.net/website-hosting-guide (2558)

ภาพที่เห็นนี้เป็น server ผู้ให้บริการเพื่อให้สามารถให้บริการ Client ได้ทั่วโลกพร้อมๆกัน โดย Cloud Computing นั้นมีหลักการคือจะมี Client กับ Server โดยในฝั่ง Server จะมีหน้าที่ในการประมวลผลคำสั่งต่างๆที่ถูกร้องของจาก Client โดยการทำงานง่ายๆก็คือ เพียงแค่ใช้ internet browser ในการทำงาน ก็เรียกใช้งานได้โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมใดๆ



ภาพ 2.5 การทำงานของ Cloud Computing

ที่มา: hathairat meesang (2557)

2.4.2 เอกลักษณ์เฉพาะตัวของ Cloud Computing ประกอบไปด้วย

2.4.2.1 Agility (ว่องไวไร้ที่ติ) ผู้ใช้จะรู้สึกเหมือนทุกอย่างผ่านไปอย่าง

2.4.2.2 Cost (ลดค่าใช้จ่าย) ช่วยลดค่าใช้จ่ายในองค์กร และอาจฟรีสำหรับ Client

2.4.2.3 Device and location independence (ห่างไกลไร้พันธนาการ) ใช้ได้ทุกที่ ทุกเวลา

2.4.2.4 Multi-tenancy (แบ่งกันใช้งาน) สามารถแบ่งทรัพยากรไปให้ผู้ใช้จำนวนมาก เช่น Centralization สร้างจุดศูนย์รวมบริการอย่าง Real estate ขายบ้าน เป็นต้น

2.4.2.5 Reliability (ยิ่งใหญ่) ในทางธุรกิจแล้ว ความน่าเชื่อถือ เป็นสิ่งดึงดูดกำไรเข้าองค์การเลยก็ว่าได้ มีความพร้อมสำหรับการรับมือกับภัยคุกคามข้อมูลต่างๆมากแค่ไหน

2.4.2.6 Scalability (ยืดหยุ่นได้) พร้อมสำหรับการปรับเปลี่ยนไปตามความต้องการของผู้ใช้ และเตรียมรองรับเทคโนโลยีหลายๆรูปแบบ

2.4.2.7 Security (ปลอดภัย) สิ่งสำคัญที่ขาดไม่ได้ และยิ่งใน Cloud Computing แล้วข้อมูลรวมอยู่ที่เดียวกัน ก็ยิ่งต้องเพิ่มความปลอดภัยให้มากยิ่งขึ้น

2.4.2.8 Sustainability (มั่นคง) โครงสร้างที่แข็งแรง

2.4.3 คำนิยามของ Cloud Computing

2.4.3.1 ความต้องการ (Requirement) คือโจทย์ปัญหาที่ผู้ใช้ต้องการให้ระบบคอมพิวเตอร์แก้ไขปัญหาหรือตอบปัญหาตามที่ผู้ใช้กำหนดได้ ยกตัวอย่างเช่น ความต้องการพื้นที่จัดเก็บข้อมูลขนาด 1,000,000 GB, ความต้องการประมวลผลโปรแกรมแบบขนานเพื่อค้นหายารักษาโรคไข้หวัดนกให้ได้สูตรยาภายใน 90 วัน, ความต้องการโปรแกรมและพลังการประมวลผลสำหรับสร้างภาพยนต์แอนนิเมชันความยาว 2 ชั่วโมงให้แล้วเสร็จภายใน 4 เดือน, และความต้องการค้นหาข้อมูลท่องเที่ยวและโปรแกรมทัวร์ในประเทศอิตาลีในราคาที่ถูกที่สุดในโลกแต่ปลอดภัยในการเดินทางด้วย เป็นต้น

2.4.3.2 ทรัพยากร (Resource) หมายถึง ปัจจัยหรือสรรพสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลหรือเกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาตามโจทย์ที่ความต้องการของผู้ใช้ได้ระบุไว้ อาทิเช่น CPU, Memory (เช่น RAM), Storage (เช่น harddisk), Database, Information, Data, Network, Application Software, Remote Sensor เป็นต้น

2.4.3.3 บริการ (Service) ถือว่าเป็นทรัพยากร และในทางกลับกันก็สามารถบอกได้ว่าทรัพยากรก็คือบริการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านCloud Computingแล้ว เราจะใช้คำว่าบริการแทนคำว่าทรัพยากร คำว่าบริการหมายถึงการกระทำ (operation) เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่

สนองต่อความต้องการ (requirement) แต่การกระทำของบริการจะเกิดขึ้นได้จำเป็นต้องพึ่งพาทรัพยากร โดยการใช้ทรัพยากรที่เกี่ยวข้องเพื่อแก้ปัญหาให้เกิดผลลัพธ์สนองต่อความต้องการ

สำหรับ Cloud Computing แล้ว ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องสนใจเลยว่าระบบเบื้องล่างทำงานอย่างไร ประกอบไปด้วยทรัพยากร(resource) อะไรบ้าง ผู้ใช้แค่ระบุความต้องการ (requirement) จากนั้นบริการ (service) ก็เพียงให้ผลลัพธ์แก่ผู้ใช้ ส่วนบริการจะไปจัดการกับทรัพยากรอย่างไรนั้น ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องสนใจ สรุปได้ว่า ผู้ใช้มองเห็นเพียงบริการซึ่งทำหน้าที่เสมือนซอฟต์แวร์ที่ทำงานตามโจทย์ของผู้ใช้ โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรับทราบถึงทรัพยากรที่แท้จริงว่ามีอะไรบ้างและถูกจัดการเช่นไร หรือไม่จำเป็นต้องทราบว่าทรัพยากรเหล่านั้นอยู่ที่ไหน

เนื่องจากมีความหลากหลายในเรื่องวิธีและแนวทางในการพัฒนาระบบ Cloud Computing ดังนั้น จึงเป็นสาเหตุให้ผู้คนนิยามคำว่าCloud Computingแตกต่างกันไปตามแต่เทคโนโลยีหรือวิธีการที่ใช้พัฒนาหรือแม้แต่มุมมองของแต่ละบุคคล ยกตัวอย่างเช่น จากblogของคุณsoowoiได้ทำการค้นคว้านิยามภาษาไทยของคำว่าCloud Computing(ที่แปลโดยทีม blognone) ไว้ดังนี้

ก) บริษัท Gartner กล่าวว่า ระบบการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆคือ แนวทางการประมวลผลที่พลังของโครงสร้างทางไอทีขนาดใหญ่ที่ขยายตัวได้ถูกนำเสนอยังลูกค้าภายนอกจำนวนมหาศาลในรูปแบบของบริการ

ข) ฟอเรสเตอร์กรุ๊ป กล่าวว่า การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆคือ กลุ่มของโครงสร้างพื้นฐานที่ถูกบริหารจัดการและขยายตัวได้อย่างมาก ซึ่งมีขีดความสามารถในการรองรับโปรแกรมประยุกต์ต่างๆของผู้ใช้และเก็บค่าบริการตามการใช้งาน

นิยามแรกของ Gartner นั้นอิงตามวิธีการประมวลผลแบบกระจาย(Distributed Computing) โดยเน้นไปที่คุณสมบัติที่เรียกว่าความสามารถในการขยายตัวได้ของระบบ (Scalability) ส่วนนิยามจากฟอเรสเตอร์ (Forrester)ก็คล้ายๆกับของGartnerที่กล่าวถึงความสามารถในการขยายตัวได้ และยังเสริมอีกว่ารองรับโปรแกรมประยุกต์และเก็บค่าบริการตามการใช้งานจริง (Pay per use หรือ Post paid นั่นเอง) สำหรับประโยคหลังนี้ที่แตกต่างไปจากของ Gartner โดยการอิงหลักการของ Grid Computing, Utility Computing และ SaaS

2.4.4 **ทำความรู้จัก Grid Computing, Utility Computing และ SaaSv** คือวิธีการประมวลผลที่เกิดจากการแชร์ทรัพยากร (อย่างเช่น CPU สำหรับการประมวลผล) ระหว่างองค์กรหรือหน่วยงานที่ใช้นโยบายแตกต่างกันไป (คนละบริษัทหรือคนละแผนก) อย่างเช่น องค์กร A กับองค์กร B ต้องการแชร์คอมพิวเตอร์ส่วนหนึ่งเพื่อประมวลผลโปรแกรมหรือระบบงานเดียวกัน เมื่อ

องค์กรที่แตกต่างแชร์ทรัพยากรร่วมกันย่อมมีนโยบายที่ไม่เหมือนกัน เช่นการกำหนดสิทธิและขอบเขตในการใช้ทรัพยากรที่แตกต่างกัน เป็นต้น และจำเป็นต้องอาศัยระบบรักษาความปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพ รวมไปถึงความต้องการระบบ Single-Sign-On (หรือการล็อกอินครั้งเดียว แต่สามารถเข้าถึงคอมพิวเตอร์ได้หลายเครื่องหรือใช้โปรแกรมได้หลายโปรแกรม) ทั้งนี้ เนื่องจากมีคอมพิวเตอร์ขององค์กรที่แตกต่างกันเข้ามาเกี่ยวข้อง ระบบuser accountในการล็อกอินเข้าใช้งานระบบย่อมไม่เหมือนกัน จึงต้องพึ่งพาระบบ Single-Sign-On นั่นเอง

2.4.4.1) Utility Computing เป็นหลักการแชร์ทรัพยากรที่คล้ายกับGrid Computing เพียงแต่ว่าทรัพยากรจะถูกมองเสมือนว่าเป็นบริการสาธารณูปโภค (เช่น ไฟฟ้า น้ำประปา และโทรศัพท์) โดยบริการเหล่านี้ ผู้ใช้สามารถจ่ายเงินเพื่อใช้งานได้ตามที่ต้องการ และเวลาจ่ายเงิน ก็จ่ายตามจำนวนหรือช่วงเวลาที่ใช้งานจริง

2.4.4.2) SaaS ย่อมาจาก Software as a Service เป็นรูปแบบการให้บริการซอฟต์แวร์หรือapplicationบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ทำให้ลูกค้าที่ออนไลน์บนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตใช้บริการซอฟต์แวร์เหล่านี้ได้โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ไว้ที่หน่วยงานหรือคอมพิวเตอร์ของลูกค้า โดย SaaS เป็นหลักการที่ตรงกันข้ามกับ On-premise software อันเป็นการติดตั้งซอฟต์แวร์ไว้ที่ทำงานหรือคอมพิวเตอร์ของลูกค้า

2.4.5 **ความสำคัญของระบบคราวด์** สาเหตุที่มีชื่อว่า Cloud Computing ก็มาจากสัญลักษณ์รูปเมฆ(Cloud)ที่เราใช้แทนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ลองดูตัวอย่างได้จากโปรแกรม Microsoft Visio อย่างเวลาเราจะวาดแผนผังเครือข่าย สัญลักษณ์ของเครือข่ายอินเตอร์เน็ตก็คือรูปเมฆ

เมื่อรูปเมฆแทนอินเตอร์เน็ต แล้วทำไมอินเตอร์เน็ตจึงไปเกี่ยวกับCloud Computingได้? คำตอบมาจากการที่เราต่อคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ต่างๆเข้ากับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เราก็สามารถได้บริการหรือได้ใช้ทรัพยากรที่อยู่ระยะไกลเพื่อสนองต่อความต้องการของเราได้นั่นเอง นี่จึงเป็นสาเหตุที่เขามองว่า Cloud Computing คือเมฆที่ปกคลุมทรัพยากรและบริการอยู่มากมาย เทียบได้กับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่ต่อกับบริการและทรัพยากรจำนวนมหาศาล เมื่อเป็นCloud Computing เราจะมองว่าอินเตอร์เน็ตคือเมฆ และเมื่อไหร่ที่เราต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับเมฆแล้ว เราก็สามารถเข้าถึงและใช้ทรัพยากรจำนวนมหาศาลที่ต่อกับเมฆ...เทียบได้กับเมฆปกคลุมทรัพยากรคอมพิวเตอร์และผู้ใช้จำนวนมหาศาลไว้อยู่ ทั้งนี้ผู้ใช้มองเห็นเมฆผ่านทางบริการที่จะนำพาผู้ใช้เข้าถึงพลังในการประมวลผลและทรัพยากรต่างๆที่อยู่ใต้เมฆ หรือภายใต้ท้องฟ้าเดียวกันคือเครือข่ายอินเตอร์เน็ตนั่นเอง

มีผู้เชี่ยวชาญหลายท่านกล่าวว่าเนื่องด้วย Web 2.0 อันเป็นยุคของอินเตอร์เน็ตที่รุ่งเรืองในเรื่องของสมาคมออนไลน์หรือสังคมดิจิตอล เป็นเหตุให้ผู้คนจำนวนมากเข้าถึงบริการ World Wide Web (WWW) เพื่อขอใช้บริการที่มีความหลากหลาย และการใช้บริการเริ่มจะทวีคูณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆและถี่ขึ้นเรื่อยๆ เราจะพบว่าเราอยู่หน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อใช้งานอินเตอร์เน็ตมากขึ้น ไม่ใช่แค่เพียง chat, เช็ค email,และเปิดหน้าเว็บเพื่ออ่านข่าวเท่านั้น หากแต่เป็นการใช้งานเพื่อเข้าสังคมผ่านGroup และ Web board รวมไปถึงBlogส่วนตัว และ Community อย่าง Hi5 หรือ Facebook รวมไปถึงการแชร์ไฟล์ต่างๆไม่ว่าจะแชร์รูปภาพผ่านFlickr แชร์วิดีโอผ่าน Youtube รวมไปถึงการเข้าไปใช้งานapplicationต่างๆที่ออนไลน์บนโลกอินเตอร์เน็ต อย่างที่ Hi5 และ Facebook ได้บริการ application แบบต่างๆไว้ให้ผู้ใช้สามารถติดตั้งไว้บนหน้าเว็บส่วนตัวได้ และอย่างที่ Google ได้เตรียม Google Doc ไว้เป็นโปรแกรมสร้างเอกสารที่สามารถเข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา

เราจะเห็นตัวอย่างของ Web 2.0 ที่เป็นจุดพลิกผลันให้เกิด Cloud Computing ได้จาก Google Apps ที่รวมapplicationต่างๆผ่านจุดเดียว รวมไปถึงบริการที่มีอยู่มากมาย ตั้งแต่ search engine, gmail, picasa, google video, google doc, google calendar, youtube,google maps, google reader และ blogger เป็นต้น และเมื่อไหร่ก็ตามที่บริการและ applicationต่างๆเหล่านี้ทำงานร่วมกันเสมือนเป็นระบบเดียว รวมไปถึงสามารถแชร์ทรัพยากรและใช้งานร่วมกันระหว่างผู้ใช้อื่นๆได้ก็จะทำให้เกิด Cloud computing ขึ้นมาในที่สุด และตัวอย่างของความสำเร็จนี้เกิดขึ้นจริงแล้ว ในกรณีระหว่าง Salesforce.com และ Google ได้ร่วมมือกันสร้างเครือข่ายดังกล่าวขึ้นเพื่อการทำงานร่วมกันระหว่างพนักงานขายของบริษัทเดียวกันหรือแม้แต่ระหว่างบริษัท ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการขายสินค้าและบริการได้มากยิ่งขึ้น

2.4.6 โครงสร้างการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ Cloud Computing การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆจะมีโครงสร้างดังนี้ ระบบจะประกอบไปด้วย

2.4.6.1 กลุ่มเมฆของเซอร์ฟเวอร์ (cloud server) ซึ่งเป็นเซอร์ฟเวอร์จำนวนมหาศาลนับหมื่นนับแสนเครื่องที่ตั้งอยู่ในที่เดียวกัน กลุ่มเมฆนี้ต่อเชื่อมเข้าหากันด้วยเครือข่ายเป็นระบบกริด ในระบบนี้จะใช้ซอฟต์แวร์เวอร์ชัวไลเซชั่นในการทำงานเพื่อให้โปรแกรมประยุกต์ขึ้นกับระบบน้อยที่สุด

2.4.6.2 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User interaction interface) ทำหน้าที่รับคำขอบริการจากผู้ใช้ในรูปแบบเว็บโปรโตคอล

2.4.6.3 ส่วนจัดเก็บรายการบริการ (Services Catalog) เก็บและบริหารรายการของบริการ ผู้ใช้สามารถค้นดูบริการที่มีจากที่นี่

2.4.6.4 ส่วนบริหารงาน (system management) ทำหน้าที่กำหนดทรัพยากรที่เหมาะสมเมื่อผู้ใช้เรียกใช้บริการ เมื่อมีการขอใช้บริการ ข้อมูลการขอ request จะถูกส่งผ่านให้ส่วนนี้

2.4.6.5 ส่วนจัดหาทรัพยากร (provisioning services) จากนั้นส่วนบริหารงานจะติดต่อกับส่วนนี้ เพื่อจองทรัพยากรจากกลุ่มเมฆและเรียกใช้โปรแกรมประยุกต์แบบเว็บที่เหมาะสมให้ เมื่อโปรแกรมประยุกต์ทำงานแล้วก็จะส่งผลที่ได้ให้ผู้ใช้ที่เรียกใช้บริการต่อไป

2.4.6.6 ส่วนตรวจสอบข้อมูลการใช้งาน (Minitoring and Metering) เพื่อใช้ในการเก็บค่าบริการหรือเก็บข้อมูลสถิติเพื่อปรับปรุงระบบต่อไป

2.5 อุปกรณ์สมาร์ทโฟน

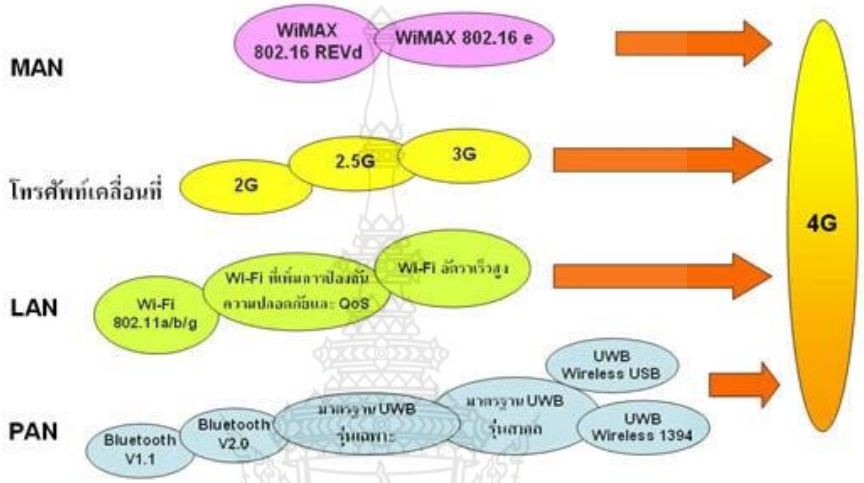
2.5.1 **เทคโนโลยียุค** 4G (Forth Generation)

ภาพ 2.6 การเปิดตัวการใช้งานเทคโนโลยี 4G

ที่มา: http://datacommunicationand.blogspot.com (2556)

เทคโนโลยี 4G เป็นเครือข่ายไร้สายความเร็วสูงชนิดพิเศษ หรือเป็นเส้นทางด่วนสำหรับข้อมูลที่ไม่ต้องอาศัยการลากสายเคเบิล โดยระบบเครือข่ายใหม่นี้ จะสามารถใช้งานได้แบบไร้สาย รวมถึงคุณสมบัติการเชื่อมต่อเสมือนจริงในรูปแบบสามมิติ (three-dimensional) ระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์ด้วยกันเอง นอกจากนั้น สถานีฐาน ซึ่งทำหน้าที่ในการส่งผ่านสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่จากเครื่องหนึ่งไปยังอีก เครื่องหนึ่ง และมีต้นทุนการติดตั้งที่แพงลิ่วในขณะนี้ จะมีให้เห็นกันอย่างแพร่หลายเช่นเดียวกับหลอดไฟฟ้าตามบ้านเลยทีเดียว สำหรับ 4G จะสามารถส่งผ่านข้อมูลแบบ

ไร้สายด้วยระดับความเร็วสูงที่เพิ่มขึ้นถึง 100 เมกะไบต์ต่อวินาที ซึ่งห่างจากความเร็วของชุดอุปกรณ์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ที่ระดับ 10 กิโลบิตต่อวินาที เราคงได้รู้ถึงความพิเศษของ 4G กันแล้ว แต่นี่เป็นเพียงความพิเศษเบื้องต้นเท่านั้น ต่อไปเราจะมาศึกษารายละเอียดความเป็นมาของเทคโนยีที่น่าอัศจรรย์นี้ว่ามีความน่าสนใจอย่างไรบ้าง



ภาพ 2.7 4G ที่เกิดจากการรวม WiMax เข้ากับ 3G

ที่มา: http://datacommunicationand.blogspot.com (2556)

2.5.2 **ประวัติของเทคโนโลยี** 4G "Alwin Toffler นักอนาคตศาสตร์ที่มีชื่อเสียงกล่าวว่า “อนาคตมักจะมาเร็วเสมอ” การสื่อสารไร้สายก็เป็นตัวอย่างที่เห็นได้อย่างชัดเจน โดยขณะที่ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G กำลังขยายไปทั่วโลก แต่ก็ยังช้ากว่าแผนที่วางไว้ประมาณสองปี และขณะนี้กลุ่มของเทคโนโลยีสื่อสารเคลื่อนที่ใหม่ ที่กำลังถาโถมเข้ามาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็คือ 4G"

4G คือ คำย่อของระบบการสื่อสารไร้สายรุ่นที่ 4 (Fourth-Generation Wireless) เป็นอีกขั้นของการสื่อสารเคลื่อนที่แบบ Broadband ที่จะออกตามหลังระบบ 3G สิ่งที่น่าสนใจที่จะพัฒนาเทคโนโลยี 4G ก็เป็นผลมาจากจุดอ่อนของระบบ 3G นั่นเอง โดยที่ผู้ประกอบการธุรกิจโทรคมนาคมทั่วโลกได้ลงทุนเป็นจำนวนเงินสูงถึงหนึ่ง แสนล้านดอลล่าร์ เพื่อซื้อใบอนุญาตใช้สิทธิในการประกอบการโทรคมนาคมเครือข่าย 3G เพียงเพื่อให้ได้เทคโนโลยีที่สามารถสื่อสารแบบมัลติมีเดียแบบเคลื่อนที่ได้ แต่การนำมาใช้จริงกลับกลายเป็นทำได้ยากกว่าที่คาดไว้ และยังมีการลงทุนทางด้านเครือข่ายและการบำรุงรักษาเครือข่ายที่สูง จึงสร้างความไม่มั่นใจให้กับผู้ประกอบกิจการที่กำลังจะพัฒนาระบบจาก 2.5G สู่ 3G

ก่อนอื่นเรามาทราบถึงประวัติของระบบการสื่อสารไร้สายแต่ละรุ่นกันก่อนดีกว่า

ยุค 1G เป็นยุคที่ใช้ระบบอะนาล็อก คือใช้สัญญาณวิทยุในการส่งคลื่นเสียง โดยไม่รองรับการส่งผ่านข้อมูลใดๆทั้งสิ้นซึ่งนั่นก็หมายความว่าสามารถใช้งาน ทางด้าน Voice ได้อย่างเดียว คือ โทรออก-รับสาย เท่านั้น ไม่มีการรองรับการใช้งานด้าน Data ใดๆ ทั้งสิ้น แม้แต่การรับ-ส่ง SMS ก็ยังทำไม่ได้ในยุค 1G แต่จริงๆแล้ว ในยุคนั้นผู้บริโภคก็ยังไม่มีความต้องการในการใช้งานอื่นๆนอกจากเสียง (Voice) อยู่แล้วโดยปริมาณผู้ใช้โทรศัพท์ มือถือยังอยู่ในขอบเขตที่จำกัดมาก และจะพบว่าผู้ใช้มักจะเป็นนักธุรกิจที่ มีรายได้สูงเสียส่วนใหญ่ ยุค 1G จึงเป็นยุคแรกของการพัฒนาระบบโทรศัพท์แบบเซลลูลาร์ วิธีการมอดูเลตสัญญาณอะนาล็อกเข้าช่อง สื่อ สารโดยใช้การแบ่งความถี่ออกมาเป็นช่องเล็กๆด้วยวิธีการนี้มีข้อจำกัดใน เรื่องจำนวนช่องสัญญาณ และการใช้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ติดขัดเรื่องการขยายจำนวนเลขหมาย และการขยายแถบความถี่โทรศัพท์เซลลูลาร์ ยังมีขนาดใหญ่ ใช้กำลังงานไฟฟ้ามากในภายหลังจึงมีการเปลี่ยน

ภาพ 2.8 เทคโนโลยีที่ใช้กันในยุค 1G
ที่มา: http://datacommunicationand.blogspot.com (2556)

ยุค 2G จะเปลี่ยนจากการส่งคลื่นวิทยุแบบล็อกมาเป็นการเข้ารหัสDigitalแทน เป็นการส่งคลื่นทาง Microwave ซึ่งในยุคนี้เองที่เราเริ่มใช้งานทางด้าน Data ได้นอกเหนือจากการใช้เสียงเพียงอย่างเดียว ยุคนี้เราสามารถรับ-ส่ง ข้อมูล ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นจนมีการกำหนดเส้นทางการเชื่อมกับสถานีฐาน หรือที่เข้าใจว่าcall site การติดต่อจากสถานีลูกกับสถานีเบสใช้วิธีการสองแบบ คือ การแบ่งช่องเวลาออกเป็นช่องเล็กๆ แบ่งกันใช้ทำให้ช่องสัญญาณ

ความถี่เพิ่มขึ้นจากเดิม เกิดระบบGSM(Global System for Mobilization)ซึ่งโทรศัพท์เครื่องเดียวสามารถใช้ได้ทั่วโลก เรียกว่า Roaming

ภาพ 2.9 เทคโนโลยีที่ใช้กันในยุค 2G

ที่มา: http://datacommunicationand.blogspot.com (2556)

ยุค2.5G เป็นยุคก้ำกึ่งระหว่าง 2G และ 3G ซึ่งก็คือ 2.5G ซึ่ง 2.5G นี้ เป็นยุคที่กำเนิดเทคโนโลยี GPRS (General Packet Radio Service) นั่นเอง เพื่อเพิ่มความเร็วในการรับส่งข้อมูลให้มากกว่ายุค 2G ซึ่งตามหลักการแล้ว เทคโนโลยี GPRS นี้สามารถส่งข้อมูลได้ที่ความเร็วสูงสุดถึง 115 Kbps เลยทีเดียว แต่เอาเข้าจริงๆ ความเร็วของ GPRS จะถูกจำกัดให้อยู่ที่ประมาณ 40 kbps เท่านั้น ซึ่งในยุค 2.5G นั้นจะเป็นยุคที่เริ่มมีการใช้บริการ ในส่วนของข้อมูลมากขึ้น และการส่งข้อความก็พัฒนาจาก SMS มาเป็น MMS โทรศัพท์มือถือก็เริ่มเปลี่ยนจากจอขาวดำมาเป็นจอสี เสียงเรียกเข้า จากเดิมที่เป็นเพียง Monotone ก็เปลี่ยนมาเป็น Polyphonic รวมไปถึง True tone ต่างๆ ด้วย

ภาพ 2.10 เทคโนโลยีที่ใช้กันในยุค 2.5G

ที่มา: http://datacommunicationand.blogspot.com (2556)

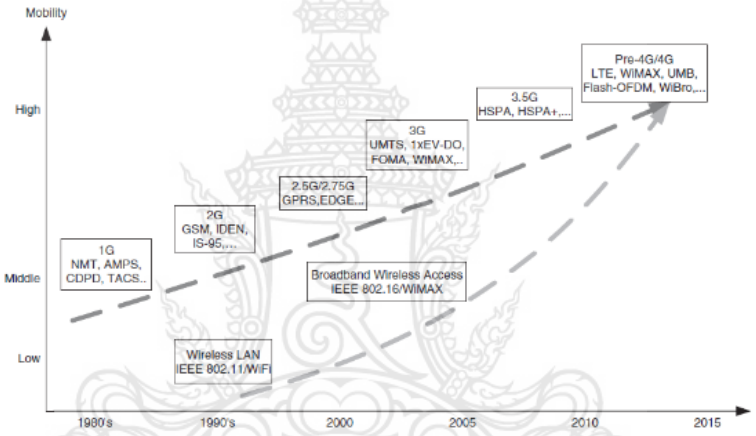
ยุค 2.75G ก่อนจะมาถึงยุค 3G เราก็ยังมี 2.75G ด้วยนะ ซึ่งเป็นช่วงที่เริ่มมีการใช้เทคโนโลยี EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution)นั่นเอง EDGE นั้นถือเป็นเทคโนโลยีต่อยอดของ GPRS และถูกเรียกกันว่าเทคโนโลยียุค 2.75 G (อย่างไม่เป็นทางการ) ลักษณะการทำงานของ EDGE นั้นจะเป็นการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพความเร็วจากพื้นฐานของ GPRS ให้มีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลได้สูงขึ้นแต่ว่า ยุค 2.75G ของ EDGE นั้น ไม่ได้ถูกกำหนดขึ้นอย่างเป็นทางการนะคะ เพียงแค่ยกขึ้นมาเปรียบเทียบช่วงคาบเกี่ยวระหว่างยุค 2.5G และ 3G เพื่อให้เห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น 3G

ยุค 3G หรือ Third Generation ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารในยุคที่ 3 จุดเด่นที่สุดของ 3G นั้น เป็นเรื่องของความเร็วในการเชื่อมต่อและการรับ-ส่งข้อมูลโดยเน้นการเชื่อม ต่อแบบไร้สายด้วยความเร็วสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลต่างๆ รวดเร็วมากขึ้น พร้อมทั้งสามารถใช้บริการ Multimedia ได้อย่างสมบูรณ์แบบ และ มีประสิทธิภาพแบบมากยิ่งขึ้น เช่น การรับ-ส่ง File ที่มีขนาดใหญ่, การใช้บริการ Video/Call Conference, Download เพลง, ดู TV Streaming ต่างๆ ซึ่งถ้าเปรียบเทียบเทคโนโลยี 2G กับ 3G แล้ว 3G มีช่องสัญญาณความถี่ และ ความจุในการรับส่งข้อมูลที่มากกว่าเยอะเลย คุณสมบัติหลักที่เด่นๆ อีกอย่างหนึ่งของระบบ 3G ก็คือ Always On คือมีการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายของ 3G ตลอดเวลาที่เราเปิดโทรศัพท์ด้วย 3G เป็นยุคแห่งอนาคตอันใกล้ โดยการสร้างระบบใหม่ให้รองรับระบบเก่า และเรียกว่า Universal Mobile Telecommunication Systems (UMTS) การเข้าถึงเครือข่ายแบบไร้สายมาสามรถกระทำได้ด้วยอุปกรณ์หลากหลาย เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ระบบยังคงใช้การเข้าช่องสัญญาณเป็นแบบ CDMA ซึ่งสามารถบรรจุช่องสัญญาณได้มากกว่าแต่ใช้แบบแถบกว้าง ระบบนี้จึงมีอีกชื่อหนึ่งว่า WCDMA มีแนวโน้มเชื่อมโยงกับระบบอินเตอร์เน็ตได้อย่างสมบูรณ์

ภาพ 2.11 เทคโนโลยีที่ใช้กันในยุค 3G

ที่มา: http://datacommunicationand.blogspot.com (2556)

ยุค4G หรือ 4G (Forth Generation) เทคโนโลยี 4จี เป็นเครือข่ายไร้สายความเร็วสูงชนิดพิเศษ หรือเป็นเส้นทางด่วนสำหรับข้อมูลที่ไม่ต้องอาศัยการลากสายเคเบิล โดยระบบเครือข่ายใหม่นี้ จะสามารถใช้งานได้แบบไร้สาย รวมถึงคุณสมบัติการเชื่อมต่อเสมือนจริงในรูปแบบสามมิติ (three-dimensional) ระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์ด้วยกันเอง นอกจากนั้น สถานีฐาน ซึ่งทำหน้าที่ในการส่งผ่านสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่จากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง และมีต้นทุนการติดตั้งที่แพงลิ่วในขณะนี้ จะมีให้เห็นกันอย่างแพร่หลายเช่นเดียวกับหลอดไฟฟ้าตามบ้านเลยทีเดียว สำหรับ 4จี จะสามารถส่งผ่านข้อมูลแบบไร้สายด้วยระดับความเร็วสูงที่เพิ่มขึ้นถึง 100 เมกะไบต์ต่อวินาที ซึ่งห่างจากความเร็วของชุดอุปกรณ์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ที่ระดับ 10 กิโลบิตต่อวินาที



ภาพ 2.12 พัฒนาการตั้งแต่ยุค 1G มาจนถึงยุค 4G

ที่มา: http://datacommunicationand.blogspot.com (2556)

2.5.3 **หลักการทำงานพื้นฐานของเทคโนโลยี** 4G จากความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของระบบเครือข่ายสื่อสารไร้สายทำให้มีการคาด หมายไว้ว่า ระบบเครือข่ายไร้สายในยุคที่ 4 จะเข้ามาในอีกไม่เกิน 8-10 ปี ซึ่งจะเป็นวิวัฒนาการที่แตกต่างไปจากการพัฒนาในยุค 2.5G และ 3G โดยจะเน้นไปที่การรวมเอาเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายที่มีอยู่ทั้งหมดเข้าด้วยกัน อย่างลงตัวไม่ว่าจะเป็น GSM แลนไร้สาย บลูทูธ หรือแม้กระทั่ง RFID ถ้าจะเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีในยุค 3G ที่มุ่งเน้นด้านการพัฒนามาตรฐานใหม่และวิวัฒนาการด้านฮาร์ดแวร์ของเครื่อง โทรศัพท์มือถือแล้วนั้นเทคโนโลยีในยุค 4G จะเน้นทางด้านการใช้งานและรูปแบบบริการส่วนบุคคลรวมถึงความเสถียรและคุณภาพ ในการให้บริการเป็นหลักแต่อย่างไรก็ตามเส้นทางในการก้าวไปสู่ยุค 4G นั้นก็ยังมีความท้าทายที่รออยู่หลายด้านอันจะได้กล่าวถึงต่อไป ในช่วงสิบปีที่ผ่านมา เราได้เห็น

ความสำเร็จของระบบโทรศัพท์มือถือในยุค 2G ที่ได้ขยายตัวไปทั่วทุกมุมโลกอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นเหตุให้มีการพัฒนา เทคโนโลยีสำหรับยุค 3G ตามมาอย่างรวดเร็วเช่นกัน โดยตัวอย่างเทคโนโลยียุค 2G ที่เป็นที่รู้จักและมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายนั้นได้แก่ GSM, IS-95 และ cdmaOne ซึ่งทั้งหมดนี้ได้ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการสื่อสารด้านเสียงและการส่ง ข้อมูลแบบ low-bit-rate ส่วนระบบในยุค 3G นั้นได้ถูกออกแบบมาให้รองรับบริการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงสำหรับการรับ-ส่งข้อมูลและวิดีโอ

และในช่วงกลางระหว่างการเปลี่ยนแปลงจากยุค 2G ไปเป็นยุค 3G นั้นก็ได้มีวิวัฒนาการด้านระบบสื่อสารไร้สายมากมายหรือที่เรามักจะเรียกกัน ว่าเป็นเทคโนโลยีในยุค 2.5G ซึ่งมีความสามารถในการรองรับการสื่อสารและบริการด้านข้อมูลมากขึ้น เช่น GPRS, IMT-2000, บูลทูธ, แลนไร้สาย IEEE 802.11, ไฮเปอร์แลน และ ไวแม็ก (WIMAX) โดยแต่ละเทคโนโลยีนั้นได้ถูกพัฒนาขึ้นมาให้มีความสามารถเฉพาะเจาะจงกับการ ใช้งานและการบริการเฉพาะทาง ซึ่งต่างก็มีจุดเด่นที่ไม่สามารถที่จะหาเอาเทคโนโลยีอันหนึ่งอันใดมาแทนการ ใช้งานของเทคโนโลยีเหล่านี้ได้

ดังนั้น สำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีในยุค 4G นั้นแทนที่จะมุ่งพัฒนาในด้านเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุอย่างที่เคยทำมาทั้ง กับเทคโนโลยีในยุค 2.5G และ 3G ก็ได้มีแนวคิดใหม่สำหรับระบบโทรศัพท์มือถือในยุค 4G ซึ่งน่าจะเป็นการรวมเอาเทคโนโลยีไร้สายต่างๆ ให้สามารถทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวและน่าจะเป็นวิธีที่มีความเป็นไปได้มาก ที่สุดโดยในปัจจุบันนี้ทีมวิจัยของบริษัทชั้นนำอย่าง NTT DoCoMo ก็กำลังดำเนินการวางกรอบของเทคโนโลยียุค 4G ในอนาคตอยู่เช่นกันแต่สุดท้ายแล้วจะออกมาเป็นแบบใดก็คงต้องติดตามกัน ถ้าจะลองนึกภาพของเทคโนโลยียุค 4G นั้นก็น่าจะเป็นระบบเครือข่ายที่เป็น IP-based ทั้งหมดซึ่งจะทำให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าถึงระบบได้ทุกที่ทุกเวลาโดยอาศัย เครื่องโทรศัพท์ที่สามารถใช้งานได้กับทุกเทคโนโลยีและแอพพลิเคชันต่างๆบน โครงข่ายไร้สายทุกประเภทเหมือนๆ กับแนวคิดของโทรศัพท์มือถือที่ใช้งานได้แบบ Quad-Band ในปัจจุบัน แต่จะมีความสามารถมากกว่าในการรวมเอาหลากหลายเทคโนโลยีเข้ามาใช้งานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับการใช้งานของผู้ใช้

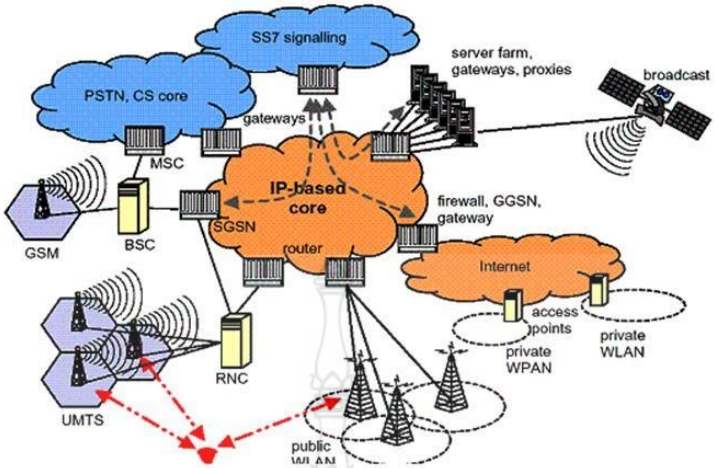
นอกจากนี้ เทคโนโลยียุค 4G นั้นควรที่จะเน้นในการให้บริการด้านโทรคมนาคมรวมถึงการสื่อสารข้อมูลและ มัลติมีเดียด้วยโดยมีปัจจัยหลักในการให้บริการมัลติมีเดียที่ต้องการบริการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงผ่านระบบที่มีความเสถียรรวมทั้งการบริการด้านเสียง และแอพพลิเคชันแบบ low-bit-rate ที่จะต้องทำงานไปด้วยกันได้อย่างปกติด้วย ทุกวันนี้จำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์มือถือได้มีการเพิ่มขึ้นอย่างมากและถ้า คิดไปถึงอีก 5 ปีข้างหน้าก็เป็นไปได้ว่าคงจะมีอัตราการใช้งานมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของประชากรที่จะมีโทรศัพท์แบบพกพาใช้กัน ซึ่งนี่จะเป็น

อีกจุดหนึ่งที่เทคโนโลยีในยุค 4G ต้องมีการเตรียมการสำหรับรูปแบบการให้บริการที่เหมาะสมของผู้ใช้แต่ละบุคคล คือ จะเป็นการสร้างรูปแบบบริการต่างๆ ให้กับกลุ่มผู้ใช้แบบเฉพาะเจาะจงหรือที่เรียกว่า Personalized Service ทั้งนี้ เนื่องจากว่าเมื่อฐานผู้ใช้บริการกว้างขึ้นก็จะทำให้เกิดความหลากหลายของวัย อาชีพ รสนิยม วิถีชีวิตที่แตกต่างกัน ดังนั้น ผู้ให้บริการจึงมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างรูปแบบบริการที่สามารถสนองตอบต่อ ความต้องการของลูกค้าทุกกลุ่มให้ได้ ลองจินตนาการดูว่าถ้าผู้ใช้โทรศัพท์ยุค 4G ที่กำลังมองหาข้อมูลเกี่ยวกับตารางเวลาภาพยนตร์จากโรงภาพยนตร์ที่ใกล้ที่สุด ซึ่งผู้ใช้นั้นสามารถที่จะใช้โทรศัพท์มือถือทำการเชื่อมต่อกับระบบไร้สายภายนอกหลายๆ ระบบได้ ซึ่งอาจจะประกอบไปด้วยระบบพิกัดสถานที่ (Global Positioning System, GPS) สำหรับระบุตำแหน่งของผู้ใช้ในการเลือกโรงภาพยนตร์ที่ใกล้ที่สุด และระบบแลนไร้สายที่สามารถเชื่อมต่อกับฮอตสปอตที่ใกล้ที่สุดในการโหลด ตัวอย่างภาพยนตร์ และตารางฉายขึ้นมาดู รวมไปถึงระบบโทรศัพท์มือถือแบบซีดีเอ็มเอ (Code-Division Multiple Access, CDMA) สำหรับการโทรศัพท์ไปสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกับโรงภาพยนตร์นั้นๆ ตัวอย่างการใช้งานที่ได้กล่าวไปนั้นแท้จริงแล้วเป็นการใช้บริการต่างๆ จากหลากหลายผู้ให้บริการซึ่งแอพพลิเคชั่นแต่ละอย่างก็มีความแตกต่างทั้งใน ส่วนของระดับความปลอดภัยของข้อมูล การตั้งค่าของเครื่องลูกข่าย วิธีการคิดค่าใช้บริการซึ่งจริงๆ แล้วก็น่าจะเป็นการดีถ้าทุกสิ่งทุกอย่างนี้สามารถรวมกันได้ในแอพพลิเคชั่นของเทคโนโลยีในยุค 4G แต่ก็ต้องรอให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านฮาร์ดแวร์ของเครื่องโทรศัพท์มือถือ ที่สามารถสื่อสารได้กับทุกเทคโนโลยีไม่ว่าจะเป็น GSM GPRS CDMA UMTS หรือแลนไร้สาย ตลอดจนต้องมีส่วนเชื่อมต่อที่สามารถใช้งานได้กับ สมาร์ตการ์ดหรือการ์ดหน่วยความจำต่างๆ ซึ่งทั้งหมดนี้ก็คงต้องมีการใช้ซอฟต์แวร์ในการควบคุมการทำงานที่สามารถปรับ ให้เครื่องลูกข่ายสื่อสารกับทุกๆ เทคโนโลยีให้ได้ การโรมมิ่งระหว่างเครือข่ายผู้ให้บริการต่างๆ เช่น จากแลนไร้สายภายในอาคารสำนักงานออกไปสู่ระบบ GSM เมื่อก้าวออกนอกสำนักงานและผ่านระบบแลนไร้สายอีกครั้งเมื่อนั่งอยู่ใน รถไฟฟ้าใต้ดินโดยทั้งหมดนี้จะต้องมีการกำหนดวิธีการส่งต่อ (hand-off) ระหว่างโครงข่ายต่างๆ ซึ่งเทคโนโลยีเครือข่ายที่ได้มีการพัฒนามาช่วยในเรื่องนี้ก็คือ Mobile IPv6 (MIPv6) โดยนับได้ว่าเป็นมาตรฐานโพรโตคอลสำหรับ IP-Based ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ภายใต้หลักการมาตรฐานของ IP version 6 (IPv6) ซึ่งคาดว่าจะเริ่มมีการใช้งานใช้เชิงพาณิชย์ภายในไม่เกิน 1-2 ปีข้างหน้า ส่วนระบบการเรียกเก็บค่าบริการของผู้ให้บริการที่หลากหลายนั้นก็ต้องมีการ เตรียมการล่วงหน้า ซึ่งดูแล้วคงจะไม่ใช่เรื่องง่ายๆ อย่างในปัจจุบันที่จะคิดค่าบริการแบบเหมาจ่าย คิดตามจำนวนเวลาหรือปริมาณข้อมูลที่รับ-ส่ง เพราะเมื่อมีบริการ

มากมายจากหลากหลายผู้ให้บริการแล้วความซับซ้อนของระบบ Billing System ที่อยู่เบื้องหลังนั้นคงจะเป็นเรื่องปวดหัวไม่เบาสำหรับนักการตลาดและนัก พัฒนาโปรแกรม

ทั้งนี้ เนื่องจากว่าผู้ใช้บริการไม่ได้ผูกติดอยู่กับผู้ให้บริการรายใดรายหนึ่ง อย่างในปัจจุบันแต่จะเป็นลูกค้าของผู้ให้บริการทุกรายที่รวมอยู่ในระบบ 4G และแนวทางหนึ่งที่น่าจะเป็นไปได้ก็คือต้องมีบริษัทกลางที่ทำหน้าที่เป็น Broker ในการรับชำระค่าใช้บริการและนำไปแบ่งจ่ายให้กับผู้ให้บริการแต่ละรายต่อไป ซึ่งก็คงจะคล้ายๆ กับบริษัท Broker ในการซื้อ-ขายหุ้นในปัจจุบันนั่นเอง สำหรับอัตราค่าใช้บริการนั้นเป็นอีกเรื่องหนึ่งที่มีความซับซ้อนและอ่อนไหว มากเพราะจะต้องเหมาะสมในด้านธุรกิจ การตลาดและระบบ Billing System ที่จะต้องมีความคล่องตัวมากพอในการปรับแต่งค่าต่างๆ ตามโปรโมชั่นและแผนการตลาดของผู้ให้บริการแต่ละราย นอกจากนี้ยังมีอีกแนวความคิดหนึ่งที่เทคโนโลยีในยุค 4G น่าจะมีออกมาให้บริการได้ซึ่งนั่นก็คือ Personal Mobility ที่การสื่อสารไม่ได้ยึดติดอยู่กับอุปกรณ์ PDA โน้ตบุ๊ก หรือโทรศัพท์มือถือแต่จะเป็นการติดตามตัวผู้ใช้บริการเอง เช่น ถ้ามีการส่งวิดีโอเมล์ไปให้ผู้รับตัวระบบจะตรวจสอบว่าในเวลานั้นๆ ผู้ใช้กำลังทำอะไรและอยู่ที่ใดแล้วจึงค่อยส่งวิดีโอเมล์นั้นไปยังอุปกรณ์ที่ กำลังทำงานอยู่ ซึ่งเมื่อถึงเวลานั้นไม่ว่าผู้ใช้จะอยู่ที่ใดหรือกำลังใช้อุปกรณ์อะไรอยู่ก็ ตามข้อความก็จะสามารถส่งถึงผู้รับได้อย่างถูกต้อง

ถึงจุดนี้ก็น่าที่จะสรุปได้ว่าการพัฒนาไปสู่เทคโนโลยีเครือข่ายใน ยุค 4G นั้นต้องมีการศึกษาและพัฒนาในด้านต่างๆ ซึ่งอาจจะจัดหมวดหมู่ได้เป็นสามกลุ่มใหญ่คือเทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ของเครื่อง โทรศัพท์มือถือที่จะต้องมีความสามารถในการเลือกสื่อสารกับระบบไร้สายต่าง ได้ และสำหรับในส่วนที่สองคือ ด้านระบบที่จะต้องมีการส่งต่อการให้บริการ (hand-off) ระหว่างโครงข่ายตลอดจนสามารถรักษาระดับคุณภาพของแอพพลิเคชั่นต่างๆ ได้ไม่ว่าจะมีการส่งต่อการให้บริการไปอย่างไร ในส่วนสุดท้ายก็คือ ระบบ Billing System และบริการติดตามผู้ใช้ Personal Mobility ที่จะต้องอาศัยความสามารถของซอฟต์แวร์ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทุกชิ้น ในระบบเครือข่ายเพื่อให้สามารถบรรลุจุดประสงค์ในการสร้างบริการรูปแบบใหม่ๆ ต่อไปได้



ภาพ 2.13 การทำงานของระบบเครือข่ายต่างๆ

ที่มา: http://datacommunicationand.blogspot.com (2556)

2.5.4 **การนำเทคโนโลยี 4G มาประยุกต์ใช้** ประโยชน์ ของ 4G ที่มากกว่า 3G เปรียบเทียบให้เห็นตามตารางข้างล่าง 4G มีการปรับปรุงมากกว่า 3G อย่างมีนัยสำคัญนอกจากเรื่องคลื่นความถี่ ความครอบคลุม และความสามารถ และยังมีประโยชน์อื่นๆอีกมาก อาทิเช่น คุณภาพของการบริการ QoS (Quality of Service) รูปแบบการใช้งานระบบเคลื่อนที่ที่มากขึ้น และการสนับสนุนด้านความปลอดภัย

ตาราง 2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง 3G กับ 4G

	ระบบ 3G	**ระบบ 4G**
การขับเคลื่อน (Driving force)	เน้นความสำคัญด้านเสียงเป็นหลัก การรับส่งข้อมูลเป็นอันดับรอง	ทั้งข้อมูลและมัลติมีเดีย ไปด้วยกันบนบริการเครือข่ายของ IP
สถาปัตยกรรมเครือข่าย (Network architecture)	Wide area network	เป็นการรวมกันระหว่าง เครือข่ายไร้สายกับ Wide area network
Bandwidth (bps)	384K – 2M	100 M สำหรับการเคลื่อนที่และ 1G สำหรับสถานี(อยู่กับที่)
Frequency band (GHz)	1.8 – 2.4	2 – 8

ตาราง 2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง 3G กับ 4G (ต่อ)

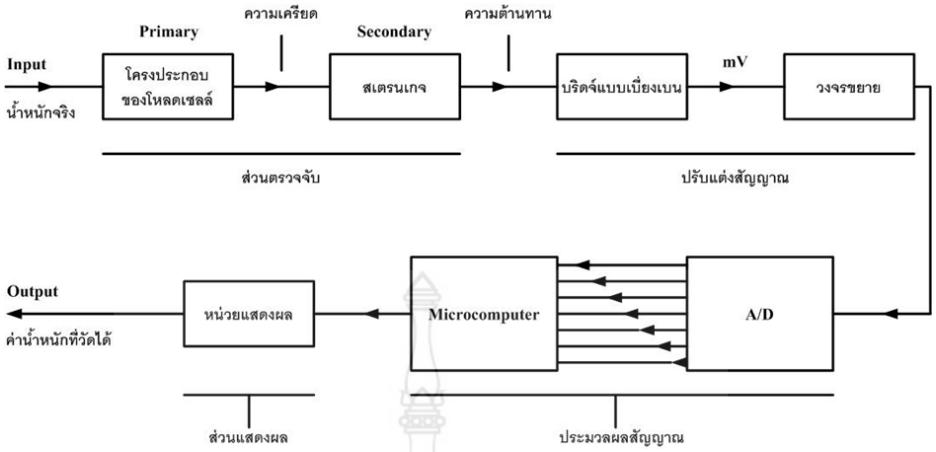
	ระบบ3G	ระบบ4G
Switching	การส่งข้อมูลใช้แบบ Circuit switched และ packet switched	ส่งข้อมูลแบบ packet switched
Access technology	CDMA family	OFDMA family
QoS และความปลอดภัย	ไม่สนับสนุน	สนับสนุน
เทคนิค Multi-antenna	สนับสนุนอย่างจำกัด	สนับสนุน
การบริการด้าน Multicast/broadcast	ไม่สนับสนุน	สนับสนุน

ที่มา: http://datacommunicationand.blogspot.com (2556)

เชื่อว่าในอนาคตอันใกล้ผู้บริโภคคงจะได้รับประโยชน์ จากความสามารถของ 4G ผู้บริโภคจะมีความสะดวกสบายมากขึ้น ทั้งในด้านการติดต่อสื่อสาร ความบันเทิง ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน

2.6 เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) คือ อุปกรณ์แปลงข้อมูลหรือพลังงานรูปแบบต่าง ๆ ให้เป็นข้อมูลหรือพลังงานไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานรูปแบบหนึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง โดยที่ทรานสดิวเซอร์อาจรวมทั้งอุปกรณ์ตรวจจับและปรับแต่งสัญญาณ เช่น ทรานสดิวเซอร์ชั่งน้ำหนักจะหมายรวมทั้ง 4 ส่วนคือ ส่วนการตรวจจับ ส่วนปรับแต่งสัญญาณ ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผลดังรูป



ภาพ 2.14 ระบบการวัด (ชั่ง) น้ำหนัก

เซนเซอร์ (Sensor) คือตัวอุปกรณ์ตรวจรู้ตัวแรกในระบบการวัด ซึ่งใช้ตรวจจับหรือรับรู้การเปลี่ยนแปลงปริมาณทางกายภาพของตัวแปรต่างๆ เช่น ความร้อน แสง สี เสียง ระยะทาง การเคลื่อนที่ ความดัน การไหล เป็นต้น แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณหรือข้อมูลที่สอดคล้องและเหมาะสมกับส่วนของการกำหนดเงื่อนไขทางสัญญาณ

ถ้าเป็นการวัดแบบสัมผัสกับตัวแปรโดยตรงเรียกตัวตรวจรู้แบบปฐม (Primary sensors) หรือตัวตรวจรู้ชั้นต้น หากมีการตรวจรู้โดยผ่านส่วนอื่นก่อน เช่น สเตรนเกจตรวจรับแรงกดที่ต้องรับแรงถ่ายถอดจากแท่งโลหะที่รับแรงโดยตรงอีกทอด โดยใช้เตรนเกจแปะติดกับแท่งโลหะดังกล่าวเพื่อวัดแรงนั้น เราจะเรียกสเตรนเกจในกรณีนี้ว่าเป็น ตัวตรวจรู้ทุติยภูมิ (Secondary sensor) หรือตัวตรวจจับชั้นรอง การตรวจรู้จะอาศัยผลการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ในตัวเซนเซอร์เองที่สามารถตรวจวัดได้ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เช่น แรงดัน กระแส ความต้านทาน ความจุ และความเหนี่ยวนำ เป็นต้น

เมื่อค่าตัวแปรเปลี่ยนแปลงแล้วพารามิเตอร์ดังกล่าวจะเปลี่ยนตาม ทำให้สามารถวัดและทราบค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนตามได้ ซึ่งเราอาจวัดได้โดยใช้มิเตอร์หรือวงจรบริดจ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นการวัดตัวแปรด้วยวิธีทางไฟฟ้าโดยเราจะทำการเทียบหรือปรับแต่งปริมาณทางไฟฟ้านี้แทนค่าตัวแปรที่ทำการวัดอีกที เราจึงอาจเรียกว่าเป็นการวัดโดยวิธีอ้อมได้ กระบวนการนี้เรียกว่าการตรวจจับ (Sensing) กรณีนี้คำว่าทรานสดิวเซอร์จะถูกเรียกว่า เซนเซอร์ จะเห็นว่าทรานสดิวเซอร์และเซนเซอร์แท้จริงคืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เดียวกันต่างตรงที่เราจะกล่าวถึงหลักการทำงานหรือกล่าวถึงลักษณะการใช้งาน

ปัจจุบันทรานสดิวเซอร์และเซนเซอร์เป็นคำกลางๆ ที่ใช้ร่วมกันโดยทรานสดิวเซอร์อาจจะรวมทั้งตัวเซนเซอร์และวงจรการปรับแต่งสัญญาณต่างๆ เข้าเป็นหน่วยเดียวกัน แล้วนำไปใช้ได้ทันที เช่น ทรานสดิวเซอร์ความดัน (Pressure Transducer) เมื่อมีความดันเข้ามาจะให้เอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสที่แปรเป็นสัดส่วนกับความดัน เป็นต้น

2.6.1 ชนิดของเซนเซอร์การแบ่งชนิดของทรานสดิวเซอร์ แบ่งโดยอาศัยหลักเกณฑ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้คือแบ่งตามความต้องการพลังงาน

2.6.1.1 แบบแอคทีฟ (Active sensors) เป็นทรานสดิวเซอร์ที่สามารถปล่อยพลังงานเองได้ เช่น เทอร์โมคัปเปิ้ล เพียซโซ เซลล์แสงอาทิตย์ ออปโตไดโอด เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้ไม่ต้องมีแหล่งจ่ายกำลังจากภายนอกให้ก็สามารถให้สัญญาณแรงดันหรือกระแสที่แปรตามตัวแปรได้เอง

2.6.1.2 แบบพาสซีฟ (Passive sensors) แบบนี้จะต้องใช้แหล่งจ่ายจากภายนอกจึงจะทำการตรวจรู้ได้ เช่น เซ็นเซอร์ที่ใช้หลักการเปลี่ยนค่าความต้านทาน ค่าความจุ ค่าความเหนี่ยวนำ ฯลฯ เป็นต้น

ก) แบ่งตามลักษณะกลไกในการทำงาน

- การเปลี่ยนแปลงค่าความจุ (Variable capacitance transducer)
- การเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ (Variable inductance transducer)
- การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน (Variable resistance transducer)

ข) แบ่งตามชนิดของการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

- เปลี่ยนพลังงานกลเป็นไฟฟ้า
- เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล
- เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า
- เปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า

ค) แบ่งตามชนิดของสัญญาณที่ใช้

- แบบอนาลอก ให้สัญญาณเป็นแบบต่อเนื่อง
- แบบไบนารี ให้สัญญาณแบบเปิด-ปิด (ON-OFF)
- ดิจิตอล ให้สัญญาณเป็นแบบดิจิตอล

ง) แบ่งตามตำแหน่งที่ใช้ในระบบ

- ทรานสดิวเซอร์ด้านเข้า (Input transducer) อยู่ทางด้านเข้าของระบบเครื่องมือเช่น ไมโครโฟน เป็นต้น

- ทรานสดิวเซอร์ด้านออก (Output transducers) เช่น ลำโพงของระบบเครื่องขยายเสียง เป็นต้น

จ) แบ่งตามข้อมูลหรือวัตถุประสงค์ในการวัด

- เช่น ทรานสดิวเซอร์วัดการเคลื่อนที่ วัดอุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล ตำแหน่ง เป็นต้น

2.6.2 **เครื่องมือวัดค่าความเค็ม** (Salinity) ความเค็มของน้ำเกิดจากเกลือต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ คำจำกัดความของความเค็ม คือ ปริมาณเป็นกรัมของเกลืออนินทรีย์ที่มีอยู่น้ำในน้ำทะเล 1 กิโลกรัม เมื่ออนุมูลคาร์บอเนตทั้งหมดถูกเปลี่ยนเป็นออกไซด์ อนุมูลโบรไมด์ และไอโอไดด์ทั้งหมดถูกแทนที่ด้วยอนุมูลคลอไรด์ และสารอินทรีย์ทั้งหมดถูกออกซิไดซ์ (มนูวดี, 2532) การวัดความเค็มด้วยวิธีนี้กระทำได้ด้วยการระเหยน้ำทะเลให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนักเกลือที่เหลือ ต่อมาพบว่า ค่าความเค็มของน้ำมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบหลักของน้ำทะเล ซึ่ง William Dittmar ได้เสนอให้ใช้ปริมาณคลอไรด์หรือโบรไมด์ ค่า chlorinity เป็นปริมาณฮาโลเจนอิออนทั้งหมดในหน่วยเป็นกรัมในน้ำทะเล 1 กิโลกรัม เมื่อธาตุในหมู่ฮาโลเจนทั้งหมดถูกแทนที่ด้วยคลอไรด์ ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มและคลอไรด์เป็นดังนี้

$$S(ppt) = 0.03 + 1.805\, Cl(ppt) \qquad (2.1)$$

ความเค็มที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดังกล่าวมีหน่วยเป็นส่วนในพันส่วน (part per thousand) หรือใช้สัญลักษณ์ ppt สมการนี้มีผู้ใช้ติดต่อกันมาประมาณ 65 ปี แต่จากสมการข้างต้นพบว่าเมื่อค่า chlorinity เป็นศูนย์ ความเค็มจะมีค่าเท่ากับ 0.03 ซึ่งชี้ให้เห็นว่ามีปัญหาในการวัดจากห้องปฏิบัติการ เนื่องจากสมการดังกล่าวได้จากน้ำตัวอย่างเพียง 9 ตัวอย่าง ต่อมาในปี 1969 คณะกรรมการร่วมทางสมุทรศาสตร์ของยูเนสโก (UNESCO) จึงได้ตัดสินเปลี่ยนสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มและคลอไรด์ใหม่ดังนี้

$$S(ppt) = 1.80655\, Cl(ppt) \qquad (2.2)$$

ต่อมาได้มีการทบทวนคำนิยามของความเค็มอีกครั้งเมื่อได้มีการพัฒนาเทคนิคการหาความเค็มจากการวัดค่าความนำไฟฟ้า อุณหภูมิ และความดัน โดย The Practical Salinity Scale

of 1978 เรียกความเค็มใหม่ว่า Practical Salinity ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนของค่าความนำไฟฟ้าของน้ำทะเลต่อค่าความนำไฟฟ้าของความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายโปแทสเซียมคลอไรด์ (Segar, 1998)

จากนิยามนี้จะไม่ใช้สัญลักษณ์ ppt เป็นหน่วยวัดความเค็มของน้ำอีกต่อไป แต่จะใช้หน่วย practical salinity unit หรือ psu แสดงถึงค่าความเค็มที่วัดได้ อย่างไรก็ตามค่าความเค็ม 35 practical salinity unit (psu) จะเท่ากับ 35 การวัดความเค็มจากค่าความนำไฟฟ้าเป็นวิธีที่เที่ยงตรง และใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน (Segar, 1998)

ตาราง 2.2 อิออนหลักและอิออนรองในน้ำทะเลที่ความเค็ม 35 ส่วนในพัน

อิออน	**สัญลักษณ์เคมี**	**ความเข้มข้น (ppt)**	**หมายเหตุ**
คลอไรด์	Cl^-	19.3	อิออนหลัก
โซเดียม	Na^+	10.6	อิออนหลัก
ซัลเฟต	SO_4^{2-}	2.7	อิออนหลัก
โปแทสเซียม	K^+	0.4	อิออนหลัก
ไบคาร์บอเนต	HCO^{3-}	0.1	อิออนหลัก
โบรไมด์	Br^-	0.066	อิออนรอง
บอเรต	H_3BO_3	0.027	อิออนรอง
สทรอนเทียม	Sr^{2+}	0.0013	อิออนรอง
ฟลูออไรด์	F^-	0.001	อิออนรอง
ซิลิกา	$FSi(OH)_4$	0.001	อิออนรอง
แคลเซียม	Ca^{2+}	0.4	อิออนหลัก
แมกนีเซียม	Mg^{2+}	1.3	อิออนหลัก
ธาตุที่เกิดตามธรรมชาติอื่นๆ			

ที่มา : Sumich (2535)

น้ำตามแหล่งน้ำต่างๆ จะมีค่าความเค็มต่างๆ กันไป น้ำในมหาสมุทรมีความเค็มค่อนข้างคงที่เฉลี่ย 35 psu ส่วนความเค็มของน้ำบริเวณชายฝั่งมีค่าต่ำกว่าและผันแปรสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณเอสทูรี (estuary) ความเค็มของน้ำบริเวณเอสทูรีขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำจืดจากแม่น้ำและปริมาณน้ำทะเล ดังนั้นความเค็มของน้ำบริเวณเอสทูรีจึงผันแปรทั้งเวลาและระยะห่างจากทะเล

ประเภทของน้ำตามระดับความเค็มดังนี้ น้ำจืด (freshwater) มีความเค็มอยู่ในช่วง 0.0-0.21 psu น้ำกร่อย (brackishwater) มีความเค็มอยู่ในช่วง 0.21-30 psu และน้ำทะเล (seawater) มีความเค็มมากกว่า 30 psu ความเค็มมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำมาก ความเค็มของน้ำจะมีผลต่อการควบคุมปริมาณน้ำภายในร่างกาย ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติกภายในตัวสัตว์น้ำกับน้ำภายนอก สัตว์ทะเลมีความเข้มข้นของอิออนต่างๆ ในร่างกายต่ำกว่าน้ำทะเล น้ำภายในตัวจึงซึมออกนอกร่างกายได้ง่าย ในทางตรงข้ามสัตว์น้ำจืดมีความเข้มข้นของอิออนต่างๆ ในร่างกายสูงกว่าน้ำภายนอกตัว น้ำภายนอกจึงสามารถแทรกซึมสู่ร่างกายได้ง่าย ส่วนสัตว์น้ำที่อาศัยตามแหล่งน้ำกร่อยซึ่งอาศัยอยู่ในเขตที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มมาก จัดเป็นสัตว์น้ำที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงกว้าง (euryhaline) ซึ่งสามารถนำมาเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มผันแปรในช่วงกว้างได้ อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำในวัยต่างกันอาจต้องการความเค็มแตกต่างกัน และสัตว์น้ำแต่ละชนิดและระยะต่างกันทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันได้ต่างกัน

ตาราง 2.3 ระดับความเค็มของน้ำเค็ม

Water salinity			
Fresh water	Brackish water	Saline water	Brine
< 0.05%	0.05 – 3%	3 – 5%	> 5%
< 0.5 ‰	0.5 – 30 ‰	30 – 50 ‰	> 50 ‰

ที่มา : Sumich (2535)

2.6.3 **เครื่องมือวัดอุณหภูมิ** (Temperature Instrument)

2.6.3.1 RTD (Resistance Temperature Detector) RTD เป็นความต้านทานที่มีความไวในการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน เมื่ออุณหภูมิรอบตัวเปลี่ยนไป โดยจะมีค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) การเปลี่ยนแปลงความต้านทานต่ออุณหภูมิมีค่าเป็นบวก นั่นคือค่าความต้านทานของวัสดุจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิขึ้นดังแสดงในภาพ 2.15

ค่าความต้านทานจะถูกกำหนดด้วยความยาวและพื้นที่หน้าตัดของวัสดุที่ใช้ทำตัว RTD ซึ่งจะเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับความยาวและจะเป็นอัตราส่วนกลับกับพื้นที่หน้าตัด ดังแสดงในความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 2.3

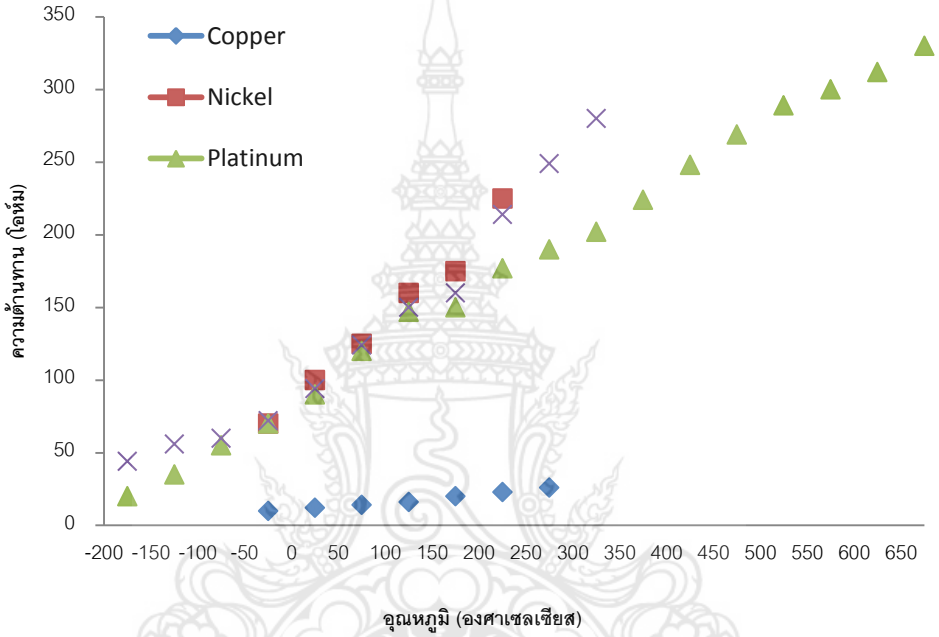
$$R = \rho L/A \qquad (2.3)$$

เมื่อ R = ค่าความต้านทาน (Ω)

ρ = ค่าความต้านทานวัสดุ (Resistivity in Ω)

L = ความยาว (Length)

A = พื้นที่หน้าตัด (Area)



ภาพ 2.15 กราฟความต้านทานของวัสดุชนิดต่างๆ

2.6.3.2 วัสดุที่ใช้ทำ RTD นอกจากค่าความต้านทานของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำตัว RTD แล้วยังมีตัวแปรอื่นๆที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติมสำหรับการเลือกใช้วัสดุ เป็นดังนี้

- ต้องเปลี่ยนแปลงรูปได้ง่าย เพื่อสามารถนำไปทำเป็นเส้นเล็กๆได้
- ต้องมีค่าความต้านทานที่คงที่
- ต้องทนต่อการกัดกร่อน
- ต้องมีราคาถูก
- มีค่าความต้านทานที่เป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิ

วัสดุที่นิยมนำมาใช้ทำ RTD จะมีอยู่ 4 ชนิดดังนี้ คือ Copper, Nickel, Platinum และ Nickel-Ironสำหรับวัสดุที่นิยมนำมาใช้ทำตัว RTD ที่จะนำมาใช้วัดอุณหภูมิในอุตสาหกรรมจะเป็นชนิด Platinum Platinum ที่มีใช้งานจะมีอยู่ 2 ชนิดคือ

1) IEC/DIN Grade

2) Reference Grade

ตาราง 2.4 คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำ RTD

Material	Temperature Coefficient	Temperature Range	Description	Primary use
Platinum	0.00385 to 0.003926 Ω/Ω/°C	-269 °C to 593 °C	Best accuracy and stability. Resistance vs.Temperature is linear. Wind range and high resistivity.	Primary choice for most industrial
Nickel	0.0067 Ω/Ω/°C	-40 °C to 300 °C	Highest temperature coefficient. Highest output unit.	Used for some old Navy shipboard
Copper	0.0043 Ω/Ω/°C	-73 °C to 149 °C	Most linear, but has limited temperature range. Very low resistivity.	Used for electric motor and generator
Nickel/Iron (70/30)	0.0051 Ω/Ω/°C	-46 °C to 343 °C	Like Nickel, has slight variations in temperature coefficient from one batch to next time.	Used for windshield temperature measurment

ที่มา : หนังสือ Pressure Measurment (มนตรี ไล้สมบูรณ์)

IEC/DIN Grade จะเป็นชนิดที่ใช้ Platinum บริสุทธิ์ ที่มีส่วนผสมของโลหะเล็กน้อย เพื่อใช้ควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิ RTD ชนิดนี้จะถูกใช้อ้างอิงเป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิต สำหรับ Reference Grade เป็นชนิดที่ใช้ Platinum บริสุทธิ์ที่ 99.999% สัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิและความแม่นยำ (Temperature coefficient and Accuracy)

ชนิดของ Platinum จะมีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิของ RTD โดยค่าความชันของกราฟของความต้านทานกับอุณหภูมิตั้งแต่ 0 °C ถึง 100 °C จะถูกแสดงได้ดังสมการ 2.4

$$\alpha = \frac{(R_{100} - R_0)}{R_0 \times t} \qquad (2.4)$$

เมื่อ α = สัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิของ RTD

R_{100} = ความต้านทานที่ 100 °C

R_0 = ความต้านทานที่ 0 °C

t = ค่าอุณหภูมิที่ค่าต่างๆ

Platinum RTD ที่ทำมาจาก IEC/DIN Grade จะมีค่าคามต้านทานเท่ากับ 100 Ω ที่อุณหภูมิ 0 °C และจะมีค่าความต้านทานเท่ากับ 138.5 Ω ที่อุณหภูมิ 100 °C ซึ่งจะแตกต่างกับ Platinum RTD ที่ทำมาจาก Reference Grade จะมีค่าความต้านทานเท่ากับ 100 Ω ที่อุณหภูมิ 0 °C แต่จะมีความต้านทานเท่ากับ 139.26 Ω ที่อุณหภูมิ 100 °C จะเห็นได้ว่าจะมีค่าความต้านทานแตกต่างกันที่อุรหภูมิ 100 °C ทั้งสองชนอดจะมีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิดังนี้

- IEC/DIN Grade จะมีค่า α = 0.00385 Ω/Ω/°C
- Reference Grade จะมีค่า α = 0.003926 Ω/Ω/°C

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิสามารถประมาณค่าได้โดยใช้สมการของ Callender Van Dusen ที่ถูกทำให้สมการง่ายขึ้นดังสมการ 2.5

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100°C)]t^3 \qquad 2.5)$$

สำหรับการหาค่าความต้านทานของ RTD สำหรับค่าอุณหภูมิที่มากกว่า 0 °C ขึ้นไป สามารถหาค่าได้ดังสมการ 2.6

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2] \qquad (2.6)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ของ A, B และ C จะขึ้นอยู่กับวัสดุที่ทำเส้นโลหะ RTD และความบริสุทธิ์ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของ Platinum RTD ตามมาตรฐาน IEC 751-2 (ITS90) จะเป็นดังนี้

$$A = 3.90833 * 10^{-3}\ C^{-1}$$

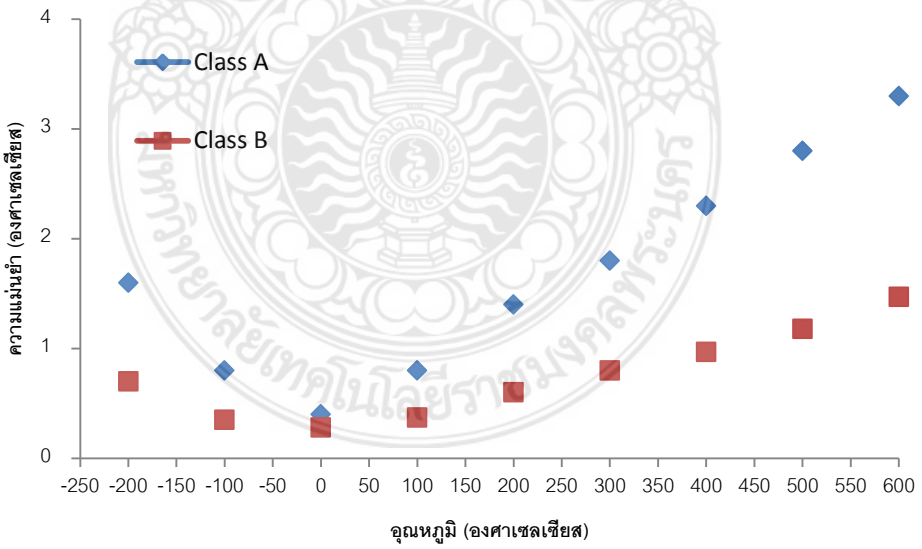
$$B = -5.77353 * 10^{-7}\ C^{-2}$$

$$C = -4.1833 * 10^{-12}\ C^{-3}$$

มาตรฐาน IEC 751 ได้แสดงความแม่นยำของ Platinum RTD สำหรับ DIN Grade ไว้ 2 Class คือ Class A และ Class B

Class A จะมีค่าความแม่นยำสูง โดยจะมีค่าความผิดพลาดที่ ±0.06 Ω เมื่อเทียบกับจุดเยือกแข็ง (Ice-Point) สำหรับ Class B จะมีค่ามาตรฐานความผิดพลาดที่ ±0.12 Ω เมื่อเทียบกับจุดเยือกแข็ง ซึ่ง Class B จะมีการใช้งานกันทั่วไปในอุตสาหกรรมและจะครอบคลุมย่านอุณหภูมิตั้งแต่ -200 °C ถึง 850 °C สำหรับ Class A จะครอบคลุมย่านตั้งแต่ -200 °C ถึง 650 °C และจะมีเฉพาะ RTD ที่เป็นแบบ 3 สาย (3 wires) และ 4 สาย (4 wires) เท่านั้น

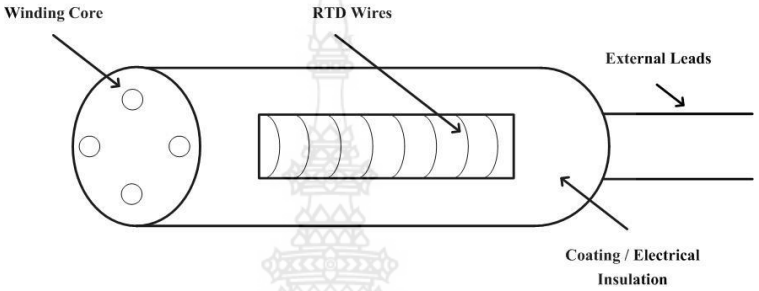
RTD จะมีค่าความแม่นยำที่ลดลงเนื่องจากอุณหภูมิ สำหรับ Class A จะมีค่าความแม่นยำที่ ±0.43 Ω (±1.45 °C) ที่อุณหภูมิ 600 °C ส่วน Class B จะมีค่าความแม่นยำที่ ±1.06 Ω (±3.3 °C) ที่อุณหภูมิ 600 °C สามารถแสดงกราฟความแม่นยำของทั้งสองชนิดได้ดังรูปที่ 2



ภาพ 2.16 กราฟความแม่นยำ

2.6.3.3 การออกแบบตัว RTD Platinum RTD จะมีรูปแบบที่ถูกนำมาใช้งานด้วยกันอยู่ 2 แบบคือ Wire Wound และ Thin Film ซึ่งแต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป

ก) RTD แบบ Wire Wound มีการออกแบบง่ายและเป็นรูปแบบที่สามารถนำมาใช้กับวัสดุที่เป็น Copper, Nickel, Nickel/Iron และ Platinum เส้นวัสดุเหล่านี้จะถูกพันรอบอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนและจะถูกปิดทับด้วยฉนวนอีกชั้นหนึ่ง ดังแสดงในภาพ 2.17

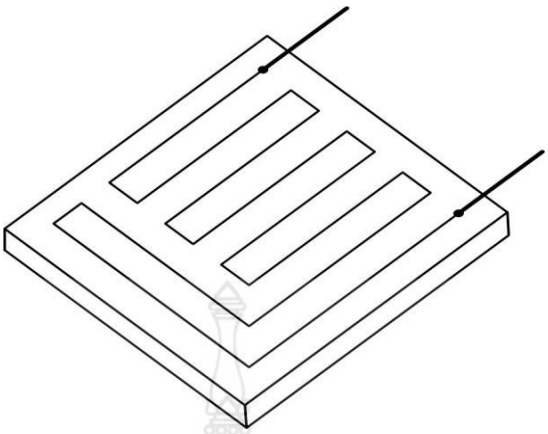


ภาพ 2.17 RTD แบบ Wire Wound

สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางอุณหภูมิของวัสดุที่ใช้ทำแกนต้องมีความเหมาะสมกับการขยายตัวของเส้นวัสดุ RTD เพื่อป้องกันการตึงตัวเส้นวัสดุ RTD ที่พันอยู่บนแกน ความตึงตัวของเส้นวัสดุจะมีผลต่อความแม่นยำในการวัด

เส้นวัสดุ RTD ที่พันอยู่บนแกนจะถูกต่อออกไปยังภายนอกด้วยสายไฟขนาดใหญ่ สายไฟที่จะนำมาต่อนี้ต้องไม่มีการกำเนิด Thermal EMF ตรงบริเวณที่เชื่อมต่อกัน ซึ่งจะส่งผลต่อการวัด

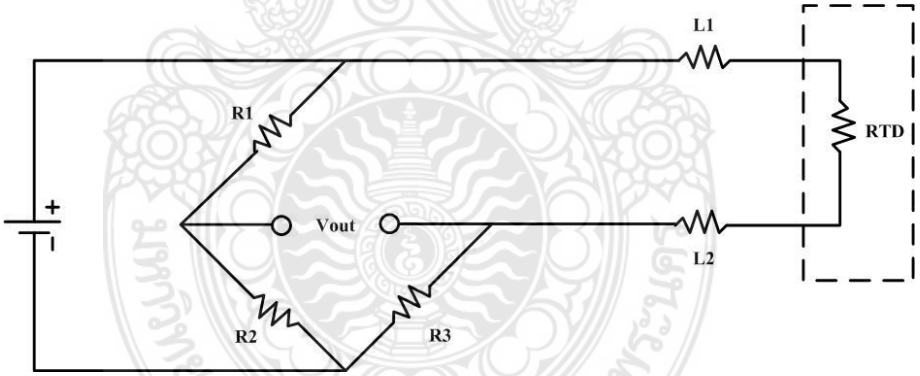
ข) RTD แบบ Thin Film ถูกออกแบบขึ้นโดยการวางแผ่น Platinum บางๆ ลงบนฐานรองที่เป็นเซรามิค แผ่น Platinum จะมีความหนาประมาณ 10^{-8} เซนติเมตร จากนั้นทำการเคลือบผิวด้านหน้าด้วย Epoxy หรือกระจก เพื่อป้องกันความเสียหายของแผ่น Platinum ช่วงแรกในการนำไปใช้งานจะมีปัญหาเกี่ยวกับการกระแทกและการขาดของแผ่น Platinum ในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงให้แข็งแรงขึ้น แต่ก็ยังไม่เทียบเท่ากับแบบ Wire Wound และจะมีเฉพาะ DIN Grade เท่านั้น ดังแสดงในภาพ 2.18



ภาพ 2.18 RTD แบบ Thin Film

2.6.3.4 รูปแบบการต่อสาย RTD การต่อสายไฟไปยังภายนอกของเส้นวัสดุ RTD ที่มีใช้งานกันทั่วไปในอุตสาหกรรมจะมีอยู่ด้วยกันอยู่ 3 แบบคือ 2 สาย (2 wires), 3 สาย (3 wires), 4 สาย (4 wires) การจะเลือกใช้งานแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับความแม่นยำที่ต้องการ

ก) RTD แบบ 2 สาย จะเป็นพื้นฐานที่ง่ายในการต่อสาย โดยที่ปลายทั้งสองของเส้นวัสดุ RTD จะถูกต่อออกมายังภายนอก ดังแสดงในภาพ 2.19

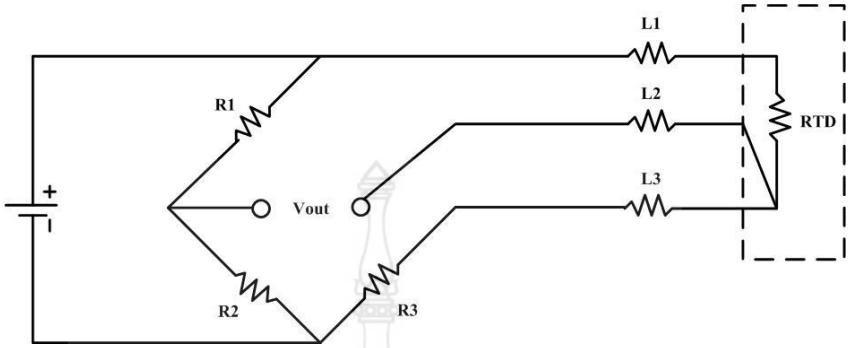


ภาพ 2.19 RTD แบบ 2 สาย

แบบนี้จะมีความแม่นยำต่ำในการนำไปใช้วัดอุณหภูมิ เพราะสายไฟที่นำมาต่ออนุกรมกับเส้นวัสดุ RTD จะมีคุณลักษณะระหว่างอุณหภูมิและความต้านทานที่ต่างกัน ในการใช้งานสายไฟจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างจากเส้นวัสดุ RTD ถ้ามีการใช้สายไฟที่ยาวมากก็จะส่งผลกระทบมากขึ้นไปด้วย

ข) RTD แบบ 3 สาย จะเป็นแบบที่มีการใช้งานกันในอุตสาหกรรม เนื่องจากมีความแม่นยำในอุณหภูมิที่สูงขึ้น ด้วยการชดเชยค่าความต้านทานของสายไฟที่ต่อ

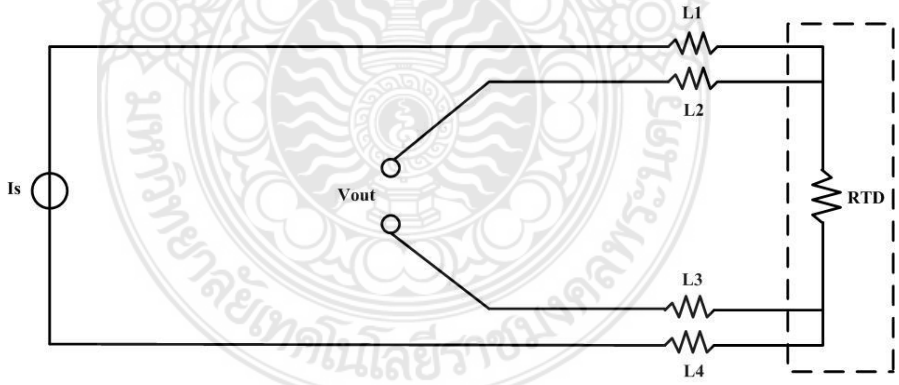
อนุกรมอยู่กับเส้นวัสดุ RTD การชดเชยกระทำโดยการต่อสายไฟ 2 เส้นที่ปลายด้านหนึ่งและต่อสายไฟเพียง 1 เส้นที่ปลายอีกด้านหนึ่ง ดังแสดงในภาพ 2.20



ภาพ 2.20 RTD แบบ 3 สาย

จากรูปจะเห็นได้ว่าความต้านทานของสายไฟ L1 และ L3 ต้องมีคุณลักษณะที่เหมือนกันเพื่อชดเชยความต้านทานที่เกิดขึ้น สายไฟที่นำมาต่อจะมีการกำหนดเป็นสีแดง 2 เส้น และสีขาว 1 เส้น

ค) RTD แบบ 4 สาย จะเป็นแบบที่มีความแม่นยำมากที่สุด ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในห้องทดลองและไม่ค่อยนิยมใช้ในอุตสาหกรรม รูปแบบการต่อสายจะชดเชยความไม่เหมาะสมกันของความต้านทาน ดังแสดงในภาพ 2.21



ภาพ 2.21 RTD แบบ 4 สาย

ในการทำงานจะทำให้กระแสคงที่ไหลผ่าน L1 และ L4 จากนั้นจะทำการวัดแรงดันที่ตกคร่อมตัว RTD ผ่านเส้น L2 และ L3 สายไฟที่นำมาต่อจะมีการกำหนดเป็นสีแดง 2 เส้น และสีขาว 2 เส้น

2.6.3.5 **ข้อเปรียบเทียบระหว่าง Thermocouple และ RTD**

ตาราง 2.5 ข้อเปรียบเทียบระหว่าง Thermocouple และ RTD

Criterion	TC	RTD
Temperature Range	-450 °F to 5,000 °F	-300 °F to 1,000 °F
Accuracy of Reading	0.75 %	0.5 %
Response Time :	Grounded: 2 sec.	
	Ungrounded: 4 sec.	5 sec.
In TW :	23 sec.	26 sec.
Tip Sensitivity	Yes	No
Signal Output	Small	Large
Tolerance of Mechanical Vibration	Excellent	Fair

ที่มา : หนังสือ Pressure Measurment (มนตรี ไล้สมบูรณ์)

2.6.4 เครื่องมือวัดความดัน (Pressure Instrument)

2.6.4.1 Introduction ความหมายของความดัน คือแรงที่กระทำต่อพื้นที่

$$P = F/A \qquad (2.7)$$

เมื่อ F คือกระทำซึ่งอาจเกิดจากของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซก็ได้ มีหน่วยมาตรฐานเป็น Newton

A คือพื้นที่หน้าตัดที่ถูกแรงกระทำ มีหน่วยมาตรฐานเป็น ตารางเมตร

2.6.4.2 ความดันที่เกิดจากของเหลว (Liquid Pressure)

$$P = \rho g h \qquad (2.8)$$

เมื่อ P คือความดัน มีหน่วยมาตรฐานเป็น N/m^2 ซึ่งเป็น Static Head

ρ คือความหนาแน่นของของเหลว มีหน่วยมาตรฐานเป็น kg/m^3

h คือความสูงของของเหลว มีหน่วยมาตรฐานเป็น m

g คือแรงโน้มถ่วงของโลก มีหน่วยมาตรฐานเป็น m/s^2

สำหรับ Dynamic Head (Velocity Pressure) นั้นจะถูกกำหนดโดยสมการของ Bernoulli ซึ่งกล่าวไว้ในเรื่องการวัดอัตราการไหล

ความดันแบบ Static จากของเหลวเป็นรูปแบบที่จะพบเห็นมากที่สุดในระบบเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม Velocity Pressure = Total Pressure – Static Pressure

2.6.4.3 ความดันที่เกิดจากก๊าซ (Gas Pressure)

$$P = 1nmv^2 \qquad (2.9)$$

เมื่อ P คือความดัน มีหน่วยมาตรฐานเป็น N/m^2

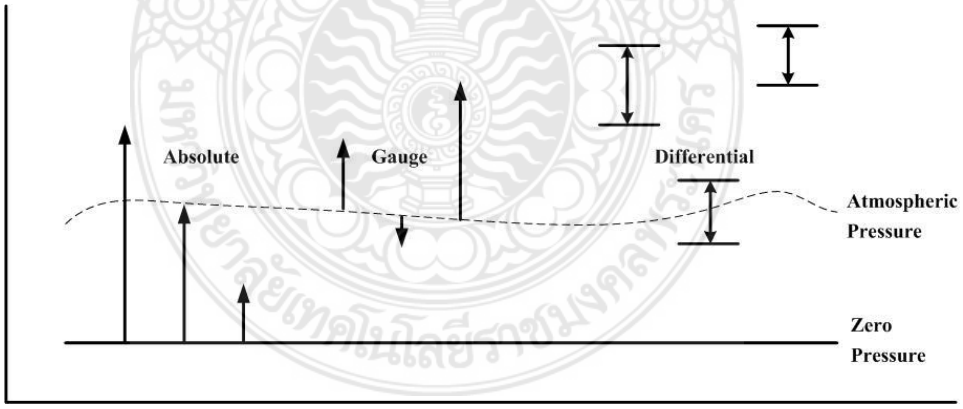
n คือจำนวนโมเลกุลของก๊าซใน $1 m^3$ มีหน่วยมาตรฐานเป็น $Number/m^3$

v คือความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซ มีหน่วยมาตรฐานเป็น m/s

m คือมวลโมเลกุลของก๊าซ มีหน่วยมาตรฐานเป็น kg

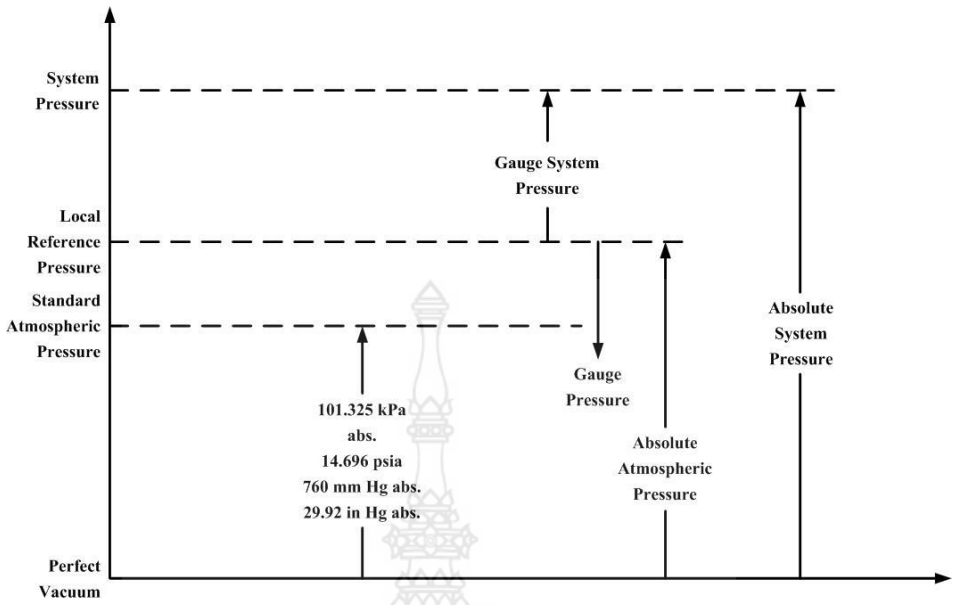
ตัวอย่างเช่น การวัดความดันของอากาศอัด (Compressed Air)

2.6.4.4 ประเภทของความดัน (Types of Pressure) มี 4 ประเภท



ภาพ 2.22 ชนิดของความดัน

ที่มา: GUIDE TO THE MEASUREMENT OF PRESSURE AND VACUUM, THE INSTITUTE OF MEASUREMENT AND CONTROL, LONDON, ISBN : 090-445-729X ,PUBLISHED (1998)



ภาพ 2.23 ชนิดของความดัน

ที่มา: THEORY AND DESIGN FOR MECHANICAL MEASUREMENTS (THIRD EDITION), BY RICHARD S. FIGLIOLA , DONALD E. BEASLEY, ISBN 047-135-0834

<u>อธิบายเพิ่มเติม</u>

1. ณ จุดความดันบรรยากาศหรือ Standard Atmospheric Pressure จะพบว่าเข็มของ Pressure Gauge จะชี้ที่เลขศูนย์ หมายความว่าความดันเกจมีค่าเป็นศูนย์ ณ ที่บรรยากาศปกติ

2. Perfect Vacuum หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Zero Absolute (จุดศูนย์ความดันสัมบูรณ์) มีค่า Pabs = 0 หรืออยู่ในสภาวะสุญญากาศสมบูรณ์นั่นเอง

Pabs = Patm + Pg ที่ Pabs = 0 Pg = -Patm หมายความว่า Pressure gauge จะชี้ค่าที่ -101325 kPaโดยประมาณ

3. ความดันเกจ (Gauge Pressure) เป็นค่าที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมโดย Gauge Pressure มีค่าเป็นศูนย์ที่ความดันบรรยากาศ สัญลักษณ์ที่ใช้คือ Pg หน่วยวัดที่ใช้จะมีตัวอักษร g กำกับอยู่ เช่น Barg, Psig เป็นต้น

4. ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure) สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ Pa หรือ Pabs หน่วยวัดที่ใช้จะมีอักษร abs หรือ a กำกับอยู่ เช่น bar (abs), Psia เป็นต้น ความดันสัมบูรณ์มีค่า

เท่ากับ 101.325 kPa ที่ความดันบรรยากาศ (1atm) ค่าความดันสัมบูรณ์จะใช้สำหรับในการคำนวณทาง Thermodynamic เป็นส่วนใหญ่ เช่น การหา Boiler Efficiency เป็นต้น

5. ความดันแตกต่าง (Differential Pressure) สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ ΔP หน่วยวัดที่ใช้มักมีอักษร d, D กำกับอยู่ เช่น Psid เป็นต้น

6. สภาวะสูญญากาศ (Vacuum Pressure) สัญลักษณ์ที่ใช้ไม่ปรากฏแน่ชัด แต่ส่วนมากจะใช้เครื่องหมายลบกำกับหน้าตัวเลข นอกจากนี้ยังใช้ abs หรือ Pabs ได้ด้วยแต่อาจเกิดความสับสนได้ง่าย วิธีที่ดีที่สุดคือควรกำหนดเป็นค่าตัวเลขติดลบ เช่น P = -10 Psig หน่วยวัดที่ใช้โดยทั่วไปจะมีอักษร Vac กำกับอยู่ เช่น 750 mmHg vac เป็นต้น

การกำหนดในรูปแบบของ Pabs เช่น 50 kPa (abs) หมายถึงอยู่ในสภาวะ Vacuum เท่ากับ 50- 101.325 = - 50.325 Kpa หรือ 50.325 kPaVac จะเห็นว่าการกำหนดในรูปแบบ Pabs อาจสร้างความสับสนให้แก่ผู้ใช้งานได้ง่าย จากประสบการณ์ของผู้เขียนพบว่าการเรียกแบบมีเครื่องหมายลบ (-) สามารถสื่อความหมายได้ดีกว่า

<u>หมายเหตุ</u> จุดศูนย์ของความดันเกจหรือสภาวะบรรยากาศ จะมีค่าแตกต่างประมาณ 5% แต่ในทางปฏิบัติถือว่ามีค่าเท่ากัน (Average Atmospheric Pressure)

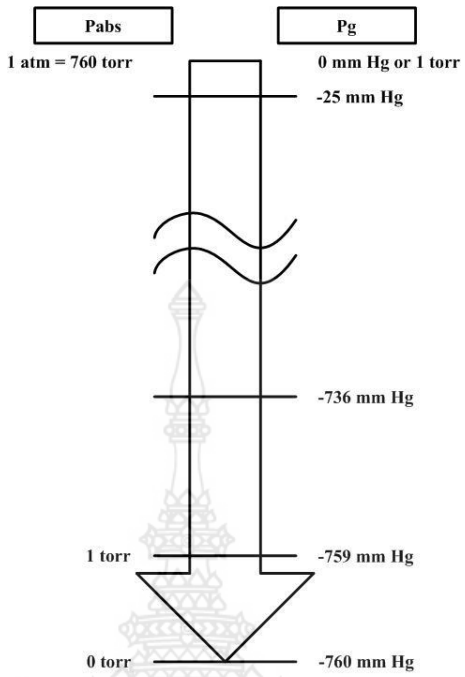
2.6.4.5 ระดับของสภาวะ Vacuum

ก) ระดับต่ำ (Low level) อยู่ในช่วง -25 จนถึง -736 mmHg

ข) ระดับกลาง (Medium Level) อยู่ในช่วง 1 จนถึง -10^{-3} torr หรือ -759 mmHg จนถึง -759.999 mmHg

ค) ระดับสูง (High Level) อยู่ในช่วง 10^{-3} จนถึง 10^{-7} torr หรือ -759.999 mmHg จนถึง -759.9999999 mmHg

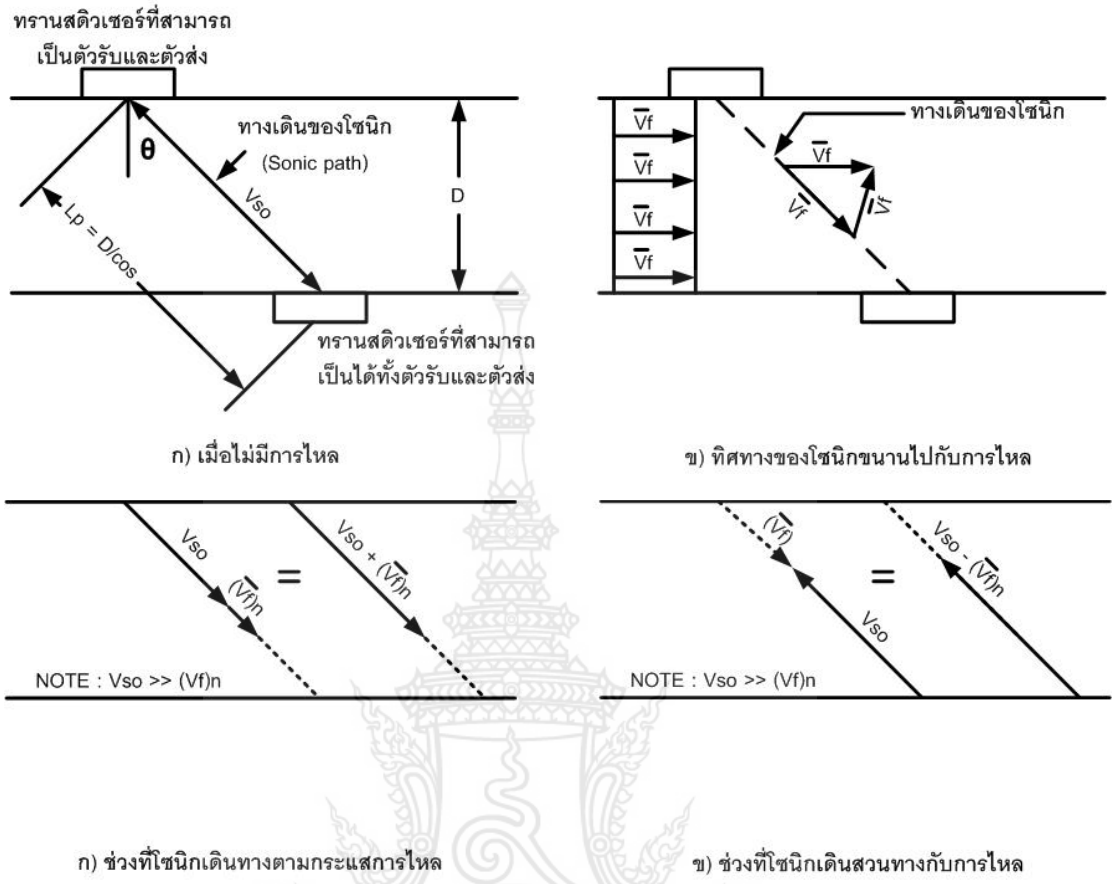
ง) ระดับสูงพิเศษ (Extreme high Level) อยู่ในช่วง 10^{-7} torr ลงไป โดยที่ 1 torr มีค่าเท่ากับ 1 mmHg ส่วนมากใช้กับระบบที่เป็น Vacuum 1 บรรยากาศ (1 atm) = 760 torr



ภาพ 2.24 ระดับของสภาวะ Vacumm

2.6.5 **เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำชนิดอัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Flow Meter)** อัลตร้าโซนิก Flowmeter มีหลักการวัด Flow โดยอาศัยคลื่นความถี่เหนือเสียง มีอยู่หลายแบบ แต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบ Counterpropagating และ แบบ Doppler ทั้งสองแบบใช้วัด Flow ขอของเหลว โดย Counterpropagating ใช้สำหรับ Liquid ที่สะอาด ส่วน Doppler ใช้สำหรับ Liquid ที่มีสารแขวนลอยปะปนอยู่ด้วยเพื่อใช้เป็นตัวสะท้อนคลื่น ดังแสดงในภาพ 2.25

สามารถกำหนดค่า Flow ได้โดยอาศัยหลักความแตกต่างของความเร็วในการเดินทางของคลื่นความถี่เหนือเสียง โดยความเร็วจะมากขึ้นเมื่อทิศทางการไหลและทิศทางของคลื่นความถี่เป็นไปในทางเดียวกัน และจะลดลงเมื่อทิศทางกลับกัน ด้วยผลต่างของช่วงเวลาทั้งสอง จึงสามารถกำหนดความเร็วในการไหลของ Fluid ในท่อได้ โปรดพิจารณาตามภาพที่ 2.24



ภาพ 2.25 หลักการทำงานแบบ Covnterpropagating

ถ้ากำหนดให้ ø ของท่อคือ D เมื่อติดตั้งตัวรับและตัวส่งด้านล่างและด้านบนเยื้องกันดังแสดงในภาพ 2.25 ระยะที่คลื่นจะเดินทางจากตัวส่งถึงตัวรับจึงเท่ากับ Dcosθ เรียกย่อว่า L_P, ความเร็วในการเดินทางของคลื่นจากตัวส่งถึงตัวรับเป็น V_{SO} เมื่อ Fluid ไหลอยู่ในท่อด้วยความเร็ว V_f การทำงานของ Flow meter กำหนดให้ทรานสดิวเซอร์ทั้งสองตัวสลับกันเป็นตัวรับและตัวส่ง จากทฤษฎีดังกล่าวข้างต้น เมื่อทรานสดิวเซอร์ด้านบนเป็นตัวส่งความเร็วของ Fluid และคลื่นความถี่จะเสริมกัน ทำให้ความเร็วรวมเป็น $V_{SO} + V_f$ และเมื่อทรานสดิวเซอร์ตัวล่างเป็นตัวส่งความเร็วของ Fluid ในท่อและคลื่นความถี่จะหักล้างกัน ทำให้ได้ความเร็วรวมเป็น $V_{SO} - V_f$ เขียนเป็นสมการดังนี้

ช่วงเวลาที่ทรานสดิวเซอร์ตัวบนส่งถึงตัวล่าง $$t_{dn} = \frac{L_p}{V_{so}+V_f\cos\theta} \quad (2.10)$$

ช่วงเวลาที่ทรานสดิวเซอร์ตัวล่างส่งถึงตัวบน $$t_{up} = \frac{L_p}{V_{so}-V_f\cos\theta} \quad (2.11)$$

จากความสัมพันธ์ของสมการ (1) และสมการ (2) จะได้

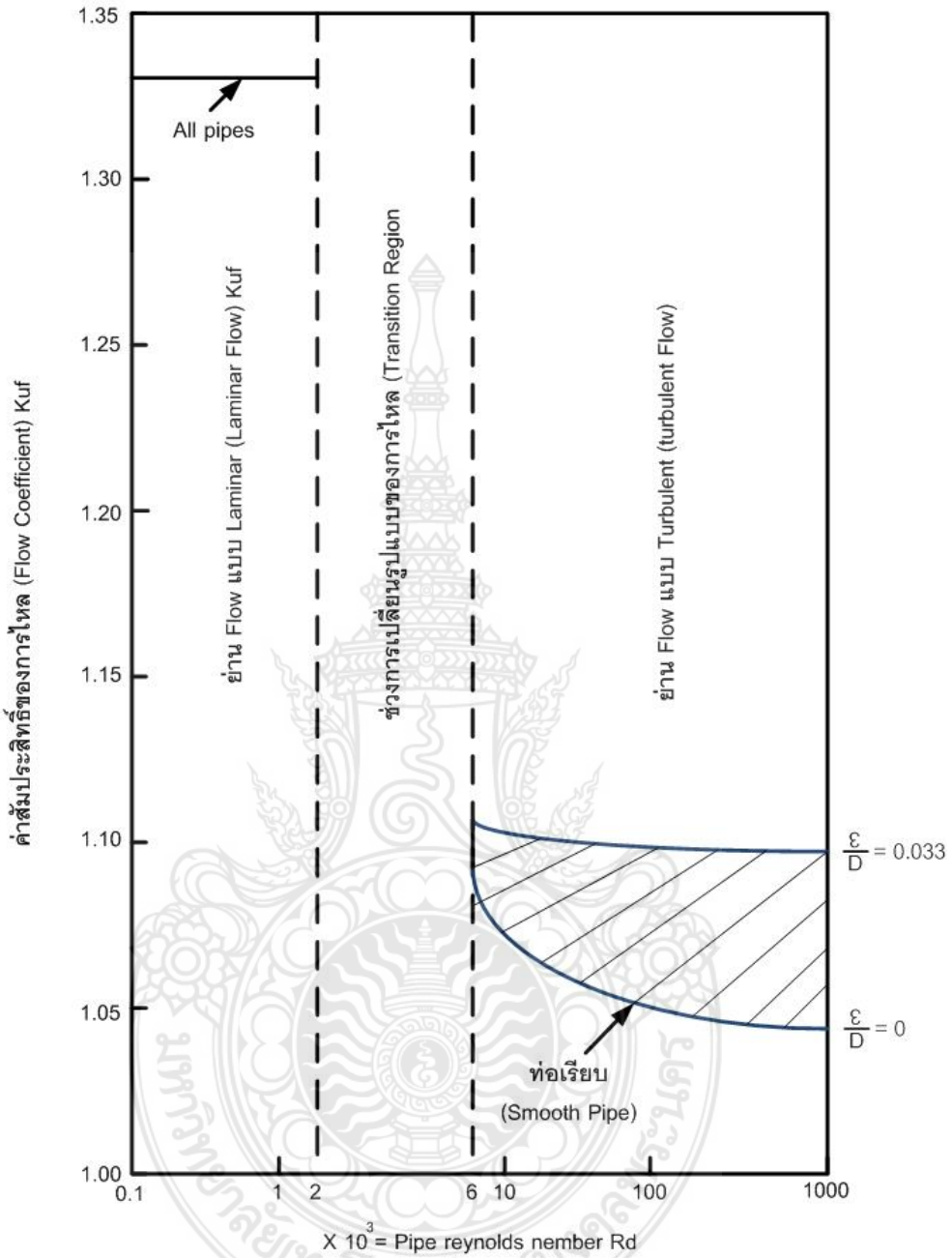
$$\frac{1}{t_{dn}} - \frac{1}{t_{up}} = \frac{t_{up} - t_{dn}}{t_{up} \cdot t_{dn}} = \frac{2\cos\theta \cdot V_f}{L_p} \tag{2.12}$$

จะได้ $$V_f = \frac{L_p}{2\cos\theta}\left(\frac{t_{up} - t_{dn}}{t_{up} \cdot t_{dn}}\right) \tag{2.13}$$

ค่า Flow ที่วัดเป็นปริมาตร

$$Q = A \cdot V_f = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{L_p}{2\cos\theta}\left(\frac{t_{up} - t_{dn}}{t_{up} \cdot t_{dn}}\right) \tag{2.14}$$

แต่ $L_p = D\cos\theta$ เพราะฉะนั้น $$Q = \frac{\pi D^3}{8\cos^2\theta} \cdot \left(\frac{t_{up} - t_{dn}}{t_{up} \cdot t_{dn}}\right) \tag{2.15}$$



ภาพ 2.26 การทดสอบค่า Flow ด้วยวิธีใช้คลื่นอัลตร้าโซนิค

ดังสมการ 2.16 ถ้าเราจะกำหนดให้ t_{up} และ t_{dn} อยู่ในรูปของความถี่ f เมื่อแทนค่าลงในสมการ 2.16 จะได้

$$Q = \frac{\pi D^3}{8\cos^2\theta} \cdot \left(f_{dn} - f_{up}\right) \qquad 2.16)$$

$$t_{up} = \frac{1}{f_{up}} \text{ และ } t_{dn} = \frac{1}{f_{dn}} \quad (2.17)$$

จากการทดลองวัดค่า Flow ด้วยวิธีใช้คลื่นอัลตราโซนิก ค่า Reynolds Number และสภาพความเรียบภายในท่อจะมีผลต่อค่า Flow ที่วัดด้วย Vignos (1981) ได้กำหนดตารางซึ่งในดังแสดงในภาพ 2.26 สำหรับแบบที่ใช้ทรานสดิวเซอร์คู่เดียว (Single Path)

ถ้ากำหนดให้ K_{uf} จากสมการ 2.16 จะได้

$$Q = K_{uf} \frac{\pi D^3}{8 \cos^2\theta} (f_{up} - f_{dn}) \quad (2.18)$$

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

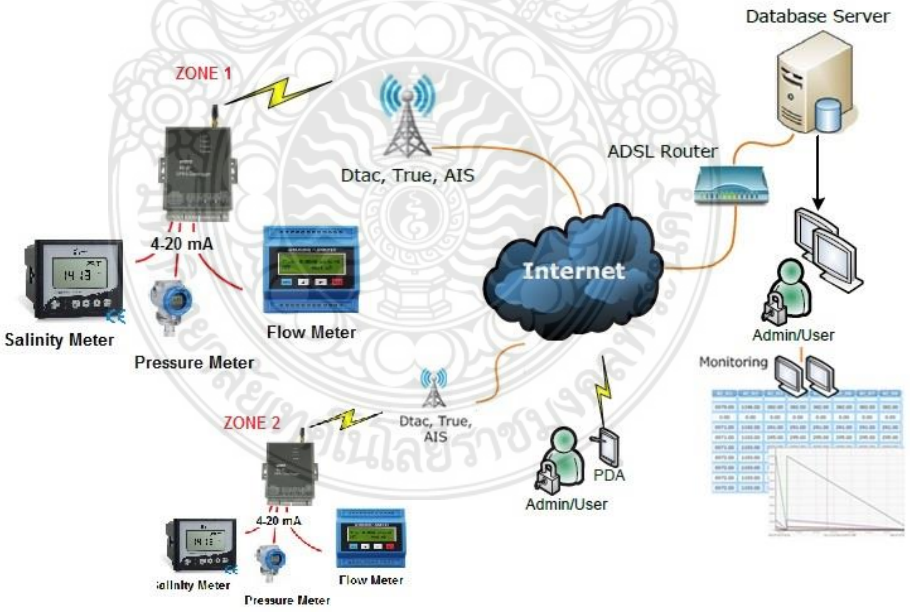
3.1 บทนำ

การวิจัยนี้ดำเนินการออกแบบและนำเทคโนโลยี IoT หรือ Internet of Thing เข้ามาเพื่อช่วยแก้ปัญหาทางการเกษตร โดยการนำอุปกรณ์ที่บันทึกข้อมูลผ่านสัญญาณระบบ GPRS เข้าสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยใช้อุปกรณ์บันทึกข้อมูล ยี่ห้อ“WISCO” GPRS Data Logger รุ่น CL27 มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ อาทิ เครื่องวัดค่าความเค็มของน้ำ และเครื่องวัดค่าอุณหภูมิน้ำ ยี่ห้อ“CLEAN” Salinity meter รุ่น CON3000 ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าว ถูกติดตั้งจริงอยู่บริเวณริมคลองบางกอกน้อย บ้านบางอ้อยช้าง ต.บางสีทอง อ.บางกรวย จ.นนทบุรี ซึ่งเป็นชุมชนชาวสวนทุเรียนที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาน้ำเค็ม และเครื่องวัดค่าแรงดันน้ำ ยี่ห้อ “WISCO” Pressure Transmitter รุ่น DT21, เครื่องวัดค่าอัตราการไหลของน้ำชนิดอัลตร้าโซนิค ยี่ห้อ “ALIA” Ultrasonic Flowmeter รุ่น ALSONIC-EG ถูกติดตั้งอยู่บริเวณแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร แปลงอนุรักษ์ทุเรียนนนท์ ของนางมะลิวัลย์ หาญใจไทย ซึ่งตั้งอยู่เลขที่ 34/2 หมู่ที่ 3 ตำบลบางรักน้อย อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี ในการตรวจวัดและแสดงผลเพื่อนำค่าจากการตรวจวัดไปควบคุมการจ่ายน้ำของสวนทุเรียนให้มีประสิทธิภาพ สามารถเฝ้ามองและควบคุมระบบได้อย่างอัตโนมัติพร้อมกันและแสดงผลด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟน อาทิ ค่าอุณหภูมิ ความดันของระบบการจ่ายน้ำ คุณภาพของน้ำที่นำมาใช้ประโยชน์ และรวมสัญญาณทั้งหมดส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตให้ผู้ใช้งานสามารถเฝ้ามองสภาวะของสวนทุเรียนได้ตลอดเวลา จากผลการทดลองพบว่าระบบการควบคุมน้ำสามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขของตัวควบคุมและสามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายข้อมูลได้ในเวลาจริง

3.2 การออกแบบระบบเครือข่าย

(CL27 : GPRS DATA LOGGER. [Online]. Available : http://www.wisco.co.th/main/model/cl27

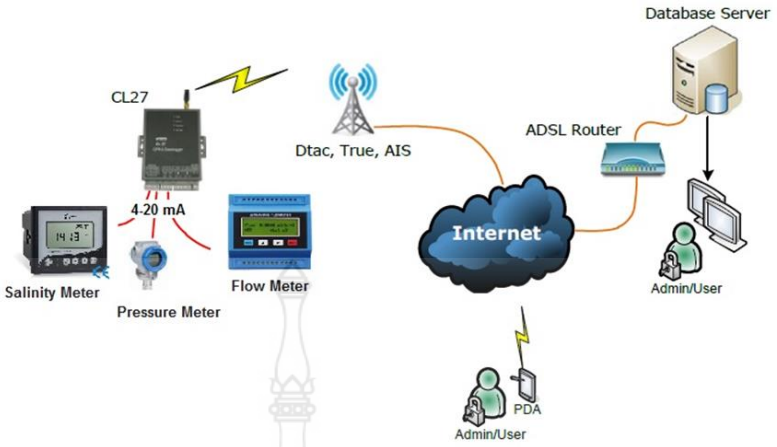
ในการออกแบบและดำเนินการ โดยใช้อุปกรณ์ส่งสัญญาณการตรวจวัดเข้าสู่ระบบอินเตอร์เน็ตโดย GPRS Data Logger CL27 เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ภาคสนาม (Field Devices) เช่น PLC, Power Meter, Flow Meter, Analog Module ฯลฯ ที่สื่อสารไร้สายด้วยระบบ GSM คล้ายกับการทำงานของโปรแกรม SCADA และทำการส่งข้อมูลให้กับเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพื่อจัดเก็บลงฐานข้อมูล โดยอาศัยโมเด็ม UMTS/HSDPA (3G Modem) ที่ถูกติดตั้งไว้ภายในตัวเครื่องส่งสัญญาณ ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ไร้สายระบบ GSM (ซึ่งมีผู้ให้บริการภายในประเทศหลายรายเช่น AIS, DTAC, TRUE, TOT ฯลฯ) เพื่อให้สะดวกต่อพื้นที่การทำงานของสวนตัวอย่าง ซึ่งไม่มีอุปกรณ์รับสัญญาณอินเตอร์เน็ตและสะดวกต่อการรวมรวบข้อมูลการตรวจวัดจากอุปกณ์ต่างๆ เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลในการวิเคราะห์และนำข้อมูลไปพัฒนาเพื่อให้สวนตัวอย่างมีศักยภาพในการบริหารจัดการได้สูงสุดและเชื่อมโยงข้อมูลของสวนต่างๆ เข้าด้วยกัน



ภาพ 3.1 การออกแบบระบบเครือข่ายการบันทึกค่าและแสดงค่าผ่าน Internet

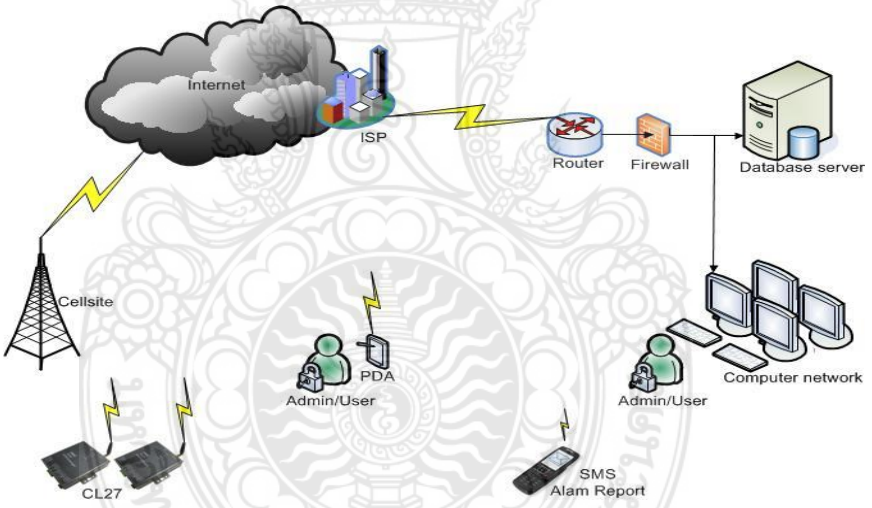
3.2.1 **อุปกรณ์บันทึกค่าและส่งข้อมูลผ่านระบบ GSM** GPRS Data Logger CL27 เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลค่าวัดต่างๆ CL27 สามารถรับสัญญาณได้ทั้งแบบ Analog และ Digital (Pluse) โดย CL27 จะบันทึกค่าวัดอย่างต่อเนื่องลงใน Flash Memory การบันทึกข้อมูลทุกครั้งจะมีเวลาและวันที่ในการบันทึกข้อมูลกำกับไว้และจะส่งข้อมูลที่บันทึกได้นั้นผ่านสัญญาณ GPRS เข้าสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ต ไปยังเซิร์ฟเวอร์ของระบบ Centralized Data Logging System (รายละเอียด) ซึ่ง CL27 สามารถเลือกโหมดการบันทึกข้อมูลได้ 3 แบบ คือ Continuous, Schedule และ Appointment และสามารถตั้งค่าจากระยะไกลให้กับ CL27 ผ่านทาง GSM Modem ได้ Analog Input สามารถเลือกสัญญาณการวัดไม่ว่าจะเป็นสัญญาณ 4-20mA, 0-100 mVdc, 1-5Vdc, 0-5Vdc, 0-10Vdc โดย CL27 จะบันทึกค่าวัดอย่างต่อเนื่องเก็บไว้ โดยการบันทึกทุกครั้งจะมีเวลาและวันที่ในการบันทึกกำกับไว้ Digital Input สามารถรับสัญญาณได้ทั้งแบบ Logic และ Counter โดย Logic จะแสดงการ "ON" หรือ "OFF" ส่วน Counter จะแสดงค่าผลรวม (Totalized) ของจำนวน Input Pulse เช่น ใช้บันทึกค่า Totalized ของ Flow หรือบันทึกค่า Kwh. ของการใช้ไฟฟ้า

ภาพ 3.2 เครื่องบันทึกข้อมูลและส่งสัญญาณระบบ GPRS Datalogger CL27



ภาพ 3.3 การออกแบบระบบเครือข่ายในการใช้งานจริง

Centralized Data Logging System



ภาพ 3.4 การแสดงระบบ Centralized Data Logging System

จากรูป เป็นการแสดงระบบ Centralized Data Logging System ที่พัฒนามาจากระบบฐานข้อมูลบนเซอร์ฟเวอร์ทั่วไป ที่สามารถเข้าใจง่ายคือ CL27 จะส่งข้อมูลสัญญาณ GPRS เข้าสู่ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ไปยังเซอร์ฟเวอร์ของระบบ และข้อมูลที่อยู่บนเซอร์ฟเวอร์นั้นสามารถเรียกดูหรือจัดการได้ทุกที่ ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์, พีดีเอ, โทรศัพท์เคลื่อนที่หรืออื่นๆ ที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตได้

กล่าวคือ Centralized Data Logging System เป็นระบบจัดเก็บข้อมูลบนเครือข่ายและเป็นระบบการจัดเก็บข้อมูลแบบรวมศูนย์ โดยนำเอาความสามารถของเซอร์ฟเวอร์และระบบอินเตอร์เน็ตมาใช้ โดยข้อมูลต่างๆ จะมารวมกันที่เซอร์ฟเวอร์ และใช้ระบบอินเตอร์เน็ตเป็นตัวกระจายข้อมูล ทำให้ง่ายต่อการจัดการและเข้าถึงได้ทุกที่ที่มีอินเตอร์เน็ต โดยไม่จำเป็นต้องมาดึงเอาข้อมูลที่ตัวอุปกรณ์

3.2.2 การใช้งานเครื่องบันทึกค่าและส่งสัญญาณ CL27

3.2.2.1 GPRS Data Logger CL27 เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูล ที่สามารถบันทึกข้อมูลแบบ Analog และ Counter (Totalizer) ได้ในเวลาเดียวกัน

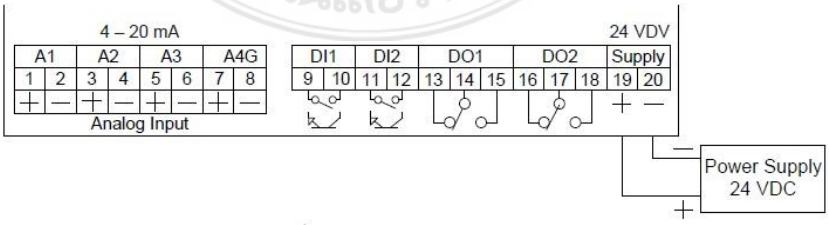
3.2.2.2 การบันทึกข้อมูลแบบ Analog CL27 สามารถบันทึกสัญญาณ Analog (4-20mA, 1-5Vdc, 0-5Vdc, 0-10Vdc) ได้ 4 channel โดยจะบันทึกค่า Analog Input อย่างต่อเนื่องเก็บไว้ใน Memory โดยค่าที่บันทึกทุกค่า จะมีเวลาและวันที่กำกับ สามารถ Remote config และ Monitor ได้

3.2.2.3 การบันทึกข้อมูลแบบ Counter CL27 จะนับจำนวน Input Pulse แล้วเก็บบันทึกค่าจำนวนนับลงใน Memory อย่างต่อเนื่องตามช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนด ตัวอย่างการใช้งาน เช่น ใช้บันทึกค่า Totalizer ของ Flow, บันทึกค่า Kwh. ของการใช้ไฟฟ้า

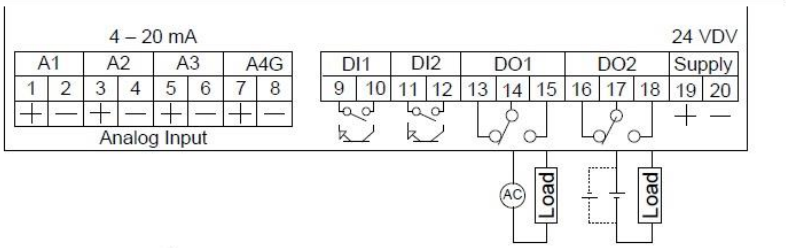
3.2.2.4 CL27 สามารถโอนถ่ายข้อมูลที่บันทึกไว้ใน CL27 ไปยัง Server ที่กำหนดโดยผ่านทางเครือข่าย GPRS แบบอัตโนมัติจากตารางการกำหนดวันและเวลาล่วงหน้า

3.2.2.5 Function Alarm เมื่อเกิด Alarm CL27 จะส่ง SMS ไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่กำหนดไว้

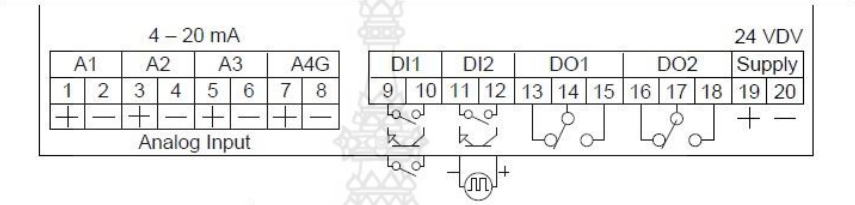
3.2.3 วิธีการต่อใช้งานอุปกรณ์บันทึกค่าและส่งข้อมูล



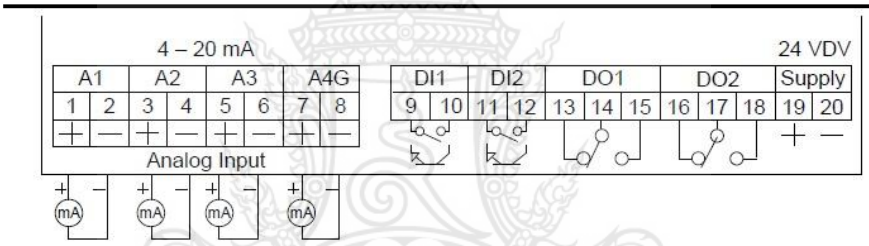
ภาพ 3.5 การเชื่อมต่อ Power Supply 24 VDC



ภาพ 3.6 การเชื่อมต่อ Digital Output (250VAC @6A, 30VDC @6A)



ภาพ 3.7 การเชื่อมต่อ Digital Input (Dry Contact, Pulse)



ภาพ 3.8 การเชื่อมต่อ Analog Input (4-20 mA)

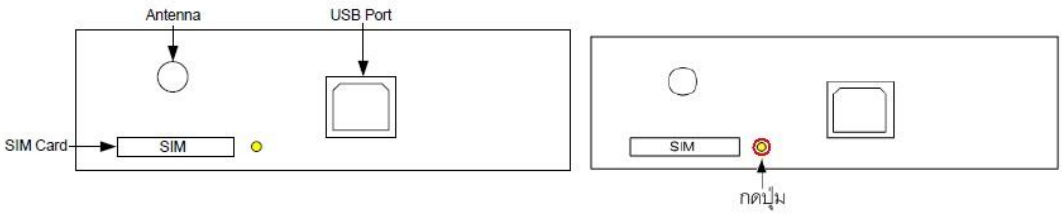
3.2.4 ขั้นตอนการถอดและใส่ SIM CARD เมื่อต้องการใส่หรือถอด SIM Card ควรปิด Power Supply ก่อน และควรใส่ถาด SIM Card ให้ตรงกับช่องของถาดเสมอ ตามขั้นตอนดังนี้

3.2.4.1 กดปุ่มสีเหลือง

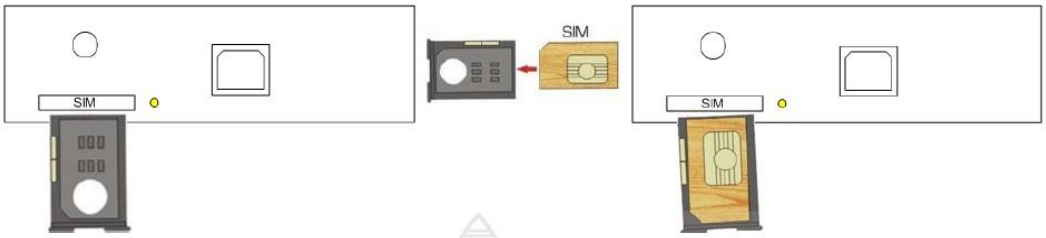
3.2.4.2 นำถาดใส่ SIM Card ออกมา

3.2.4.3 ใส่ SIM Card ลงในถาด

3.2.4.4 จากนั้นนำถาด SIM Card ใส่กลับเข้าไปในช่อง SIM Card



ภาพ 3.9 ขั้นตอนการถอด SIM CARD

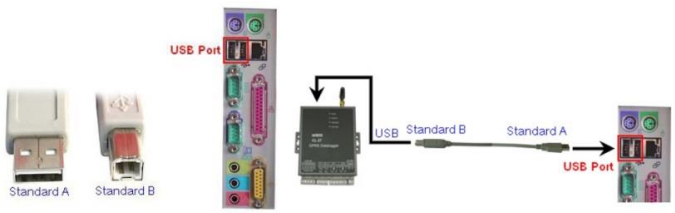


ภาพ 3.10 ขั้นตอนการใส่ SIM CARD

จากภาพที่ 3.9 และ 3.10 ขั้นตอนการใส่ซิมการ์ด ผู้ดำเนินการวิจัยได้ทำการติดตั้งสถานีตรวจวัดน้ำเค็ม ณ บริเวณบ้านของเกษตรกรในกลุ่มชาวสวนทุเรียนนนท์รายหนึ่ง ริมคลองบางกอกน้อย ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวไม่มีอุปกรณ์รับสัญญาณอินเตอร์ ผู้ดำเนินงานวิจัยจึงวางแผนและออกแบบการบันทึกข้อมูลและรับ-ส่งสัญญาณการตรวจวัดผ่านระบบ GSM โดยจัดหาซิมการ์ดในการเชื่อมต่อสัญญาณอินเตอร์จากผู้ให้บริการเครือข่าย TRUEMOVE 4G ซึ่งกลุ่มเกษตรกรต้องเฉลี่ยค่าใช้จ่ายรายเดือนตามแพ็คเกจที่เลือกใช้ เพื่อรองรับการทำงานของสถานีตรวจวัดให้เป็นไปอย่างเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานจริง

3.2.5 **การเชื่อมต่ออุปกรณ์บันทึกค่ากับเครื่องคอมพิวเตอร์** ก่อนที่จะนำอุปกรณ์ CL27 ไปใช้งานได้นั้น จำเป็นที่จะต้องมีการตั้งค่า (Configuration) ก่อน โดยใช้โปรแกรมในการตั้งค่าต่างๆ เช่น Server & Device, Input, Record, Alarm, Upload และ SMS Command เป็นต้น หลังจากนั้นจึงนำ CL27 ไปใช้งาน

การเชื่อมต่อ CL27 กับเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำการเชื่อมต่อผ่านทาง USB Port การเชื่อมต่อผ่านทาง USB Port สาย USB จะมีหัวอยู่ 2 แบบ คือ Standard A และ Standard B ให้นาหัวแบบ Standard B ต่อเข้าที่ช่องUSB ของ CL27 และนาหัวแบบ Standard A ต่อเข้ากับช่อง USB Port ของ เครื่องคอมพิวเตอร์ (USB Port จะอยู่ด้านหลังหรือด้านหน้าของเครื่องคอมพิวเตอร์)



ภาพ 3.11 การเชื่อมต่อ CL27 กับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทาง USB Port ของเครื่องคอมพิวเตอร์

3.2.6 สัญญาณไฟแสดงสถานการณ์ทำงานของเครื่อง CL27

ตารางที่ 3.1 แสดงสถานะการทำงานของหลอดไฟ

ไฟแสดง	สีหลอด	กระพริบ	ความหมาย
POWER	-	ดับ	เครื่องปิด
	แดง	ติดค้าง	เครื่องเปิด
MODEM	แดง	ดับ	Modem ไม่ทำงาน
	แดง	64/800 ms	ไม่มี SIM CARD, เชื่อมต่อ Network ไม่ได้
	แดง	64/3000 ms	ระบบทำงานปกติ
	แดง	64/300 ms	กำลังเชื่อมต่อ GPRS
RECORD	แดง	กระพริบเร็ว	ไม่เจอ Memory
	แดง	ติดค้าง	Memory เต็ม
	เขียว	ติดค้าง	รอการบันทึกข้อมูล
	เขียว	กระพริบช้า	กำลังบันทึกข้อมูล
NETWORK	-	ดับ	ไม่เจอ SIM CARD
	เขียว	ติดค้าง	เจอ SIM CARD และรอการเชื่อมต่อกับเครื่อง Server
	เขียว	กระพริบเร็ว	Upload Data ไปยังเครื่อง Server
	เขียว	ติดค้าง	เชื่อมต่อ GPRS ไม่ได้, เชื่อมต่อกับเครื่อง Server ไม่ได้
	แดง	กระพริบช้า	Webserver Reply ERROR
	แดง	กระพริบเร็ว	Wisserv ERROR

หมายถึง หลอดไฟดับ

หมายถึง หลอดไฟติดค้าง

หมายถึง หลอดไฟกระพริบช้า (ทุกๆ 1.5 วินาที)

หมายถึง หลอดไฟกระพริบเร็ว (ทุกๆ 0.1 วินาที)

หมายถึง หลอดไฟติดสลับ (ทุกๆ 0.5 วินาที)

64/800 ms หมายถึง หลอดไฟติด 64 ms และดับ 800 ms

ตารางที่ 3.2 สาเหตุและวิธีการแก้ไขปัญหาของ CL27 GPRS Data Logger

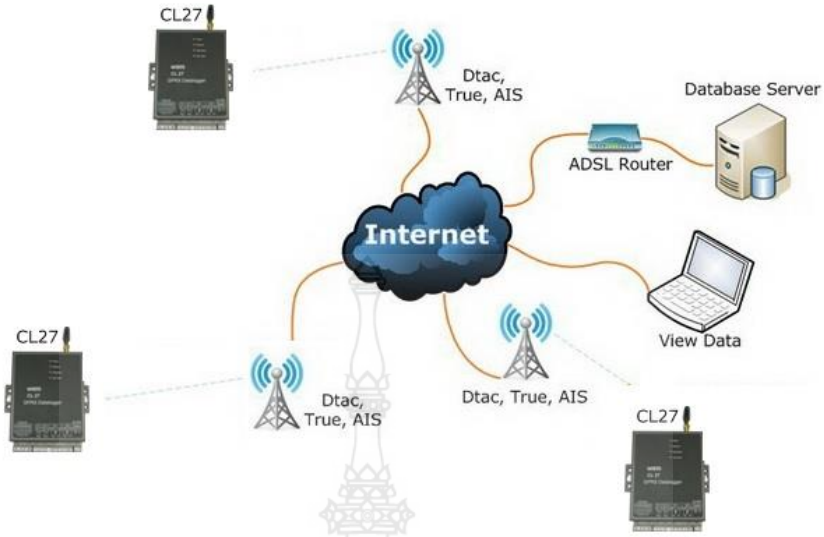
อาการ	สาเหตุ	วิธีการแก้ปัญหา
ไฟ Power ดับ	เครื่องไม่ทำงาน	- ตรวจสอบมีไฟเลี้ยงให้กับ CL27 หรือไม่ - ตรวจสอบขั้ว Terminal เชื่อมต่อสนิทหรือไม่
ไฟ Modem ดับ	Modem ไม่ทำงาน	- Reset CL27 - ส่งอุปกรณ์มาให้ทางบริษัทตรวจสอบ
ไฟ Modem แดง กระพริบ 64/800 ms	เชื่อมต่อ Network ไม่ได้	- ตรวจสอบถาดใส่ SIM ใส่สนิทหรือไม่ - ตรวจสอบระดับสัญญาณเครือข่ายของ SIM ที่ใช้งาน (ดูจากโปรแกรม Utility, Monitor ผ่านทาง SMS หรือดูจากโทรศัพท์มือถือ) - ตรวจสอบวันของ SIM หมดอายุหรือไม่
ไฟ Record แดง กระพริบเร็ว	ไม่เจอ Memory	- Reset CL27 - ส่งอุปกรณ์มาให้ทางบริษัทตรวจสอบ
ไฟ Record แดง ติดค้าง	Memory เต็ม	- Upload ข้อมูลที่อยู่ใน Memory ไปยังเครื่อง Server - ลบข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ใน Memory (โดยใช้โปรแกรม Utility และกดปุ่ม Wirte เลือก Wirte & Clear Data)
ไฟ Network ดับ	ไม่เจอ SIM CARD	- ตรวจสอบถาดใส่ SIM ใส่สนิทหรือไม่
ไฟ Network แดง ติดค้าง	เชื่อมต่อ GPRS ไม่ได้, เชื่อมต่อกับเครื่อง Server ไม่ได้	- ตรวจสอบโปรโมชั่นของ GPRS - ตรวจสอบการตั้งค่าของ CL27 หน้า Server & Device ระบุ Host Name และ Port ของเครื่อง Server ถูกหรือไม่ - ตรวจสอบการทางานของเครื่อง Server (การตั้งค่า Port และ Firewall)

ตารางที่ 3.2 สาเหตุและวิธีการแก้ไขปัญหาของ CL27 GPRS Data Logger (ต่อ)

อาการ	สาเหตุ	วิธีการแก้ปัญหา
ไฟ Network แดงกระพริบช้า	Webserver Reply ERROR, HTTP ERROR (404, 400)	- ตรวจสอบการตั้งค่าของ CL27 หน้า Server & Device ระบุ Path และ Command Script File ของเครื่อง Server ถูกหรือไม่
ไฟ Network แดงกระพริบเร็ว	Wisserv ERROR	- ตรวจสอบการตั้งค่าของ CL27 หน้า Server & Device ระบุ Group Name, Group Key ถูกหรือไม่ - ตรวจสอบการ Sync. กับฐานข้อมูล โดยการใช้งานครั้งแรกจะต้องทาการสร้างอุปกรณ์ให้กับฐานข้อมูล (โปรแกรม Utility ที่ Tab Sync. Database เลือก Create New Device) - ตรวจสอบการตั้งค่า Input หลังจากการ Sync. ครั้งแรกนั้น ถ้ามีการแก้ไข Input เช่น เพิ่มหรือลดจานวน Input ที่ใช้งาน (ใน Tab Record ที่ช่อง Enable Record) จะต้องทาการ Sync. กับฐานข้อมูลอีกครั้ง

3.3 การออกแบบระบบแสดงผล

ปริญญานิพนธ์นี้ ผู้ดำเนินงานวิจัยเลือกใช้โปรแกรม WisServ Web Application ซึ่งเป็นโปรแกรมแสดงผลชนิดสำเร็จรูปที่เขียนขึ้นจาก PHP Script เพื่อความสะดวก รวดเร็วในการออกแบบโครงสร้างและฟังก์ชั่นการแสดงผลให้มีความเหมาะสมและตรงกับความต้องการใช้งาน เพื่อให้สวนทุเรียนของเกษตรกรเป็นสวนอัจฉริยะที่สามารถเชื่อมต่อข้อมูลและแสดงผลการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด เข้าหากันได้อย่างมีนัยยะบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต



ภาพ 3.12 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์และโปรแกรมฐานข้อมูล

โปรแกรมวิสเซิร์ฟ (WisServ Web Application) เป็นเว็บแอพพลิเคชั่นที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่างตัวอุปกรณ์ตรวจวัด กับฐานข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยมีหน้าที่สำคัญอยู่ 3 อย่างคือ

- ❖ รับข้อมูลจากตัวอุปกรณ์ และ จัดเก็บลงฐานข้อมูลแบบระเบียนข้อมูล (Record)
- ❖ รับข้อมูลจากตัวอุปกรณ์ และ อัพเดทสถานะของข้อมูล
- ❖ ส่งข้อมูลกลับไปยังตัวอุปกรณ์ ตามที่อุปกรณ์มีการร้องขอมา

ภาพรวมการทางานของโปรแกรมวิสเซิร์ฟนั้น จะเริ่มเมื่อมีการส่งข้อมูลจากตัวอุปกรณ์มายังเครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมวิสเซิร์ฟจะถูกเรียกขึ้นมาทางาน (ผ่านกลไกของเว็บเซิร์ฟเวอร์) โดยจะทาการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและสิทธิ์ในการเข้าถึงฐานข้อมูล หลังจากนั้นโปรแกรมจะตรวจสอบคาสั่ง (หรือการร้องขอ) ของตัวอุปกรณ์และดาเนินการตามนั้นจนเสร็จ และรายงานผลกลับไปยังตัวอุปกรณ์ เป็นอันสิ้นสุดกระบวนการ

3.3.1 **ระบบฐานข้อมูลของวิสเซิร์ฟ (WisServ Database)** ฐานข้อมูลของวิสเซิร์ฟสามารถใช้กับโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลได้หลายโปรแกรม เช่น MySQL, Microsoft SQL Server, Oracle และ PostgeSQL เป็นต้น โดยความต้องการพื้นฐานของโปรแกรมฐานข้อมูล คือ ต้องมีความสามารถในการทาความสัมพันธ์ของข้อมูลได้

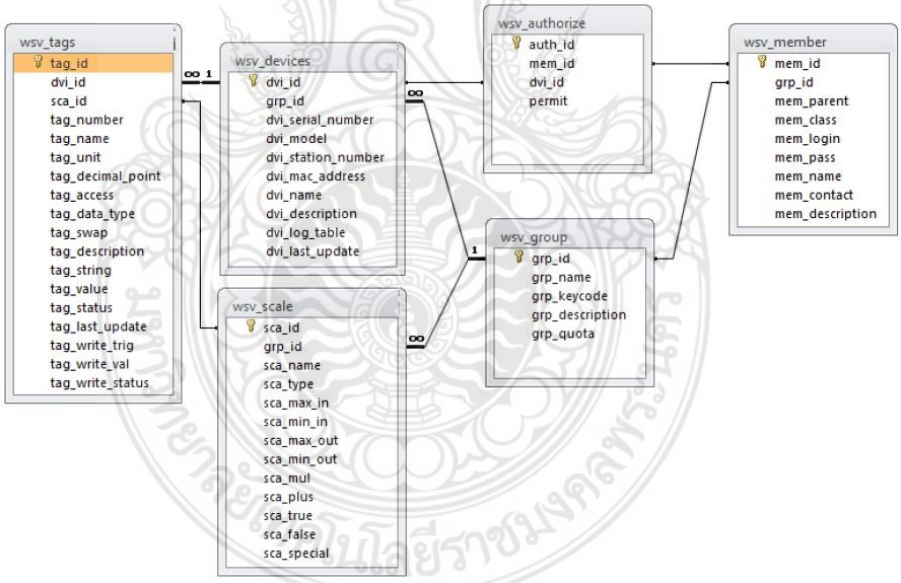
ฐานข้อมูลของวิสเซิร์ฟ จะแบ่งเป็นตารางย่อยตามกลุ่มของข้อมูล และมีการทาความสัมพันธ์ของข้อมูลไว้ โดยแบ่งกลุ่มของตารางออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

ตารางที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมจัดการอุปกรณ์ ซึ่งเป็นกลุ่มหลัก

- wsv_tags
- wsv_devices
- wsv_group
- wsv_scale

และตารางที่เกี่ยวข้องกับบริหารจัดการผู้ใช้ (หากไม่เลือกใช้โปรแกรมวิสเซิร์ฟยูทิลลิตี้ ในตอนติดตั้ง จะไม่มีตารางกลุ่มนี้)

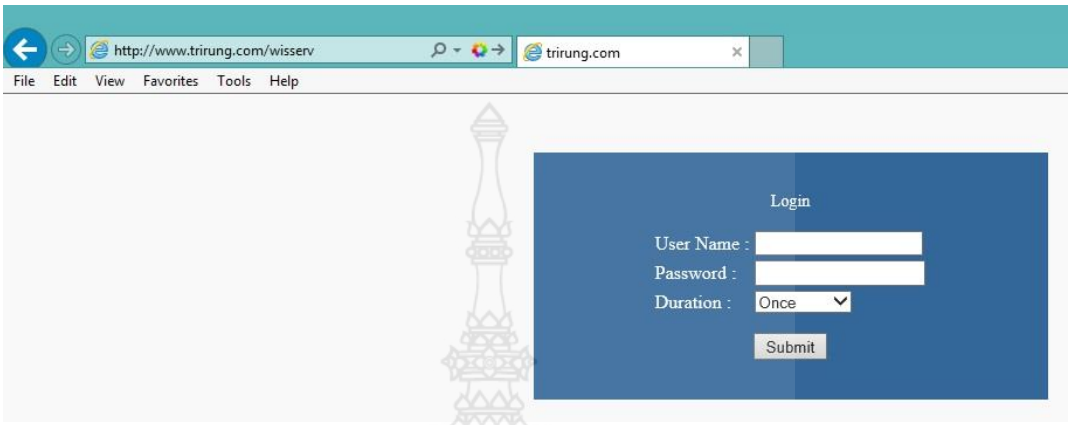
- wsv_authorize
- wsv_member



ภาพ 3.13 แสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลวิสเซิร์ฟ

เนื่องจากปัจจุบันเกษตรกรยังไม่มีระบบฐานข้อมูลส่วนกลางในการเก็บบันทึกข้อมูลการตรวจวัด ผู้ดำเนินงานวิจัยจึงออกแบบและสร้างหน้าต่างแสดงผลผ่านเว็บไซด์ของบริษัท ไตรรุ่งเจริญกิจวิศวภัณฑ์ จำกัด ซึ่งผู้ดำเนินงานวิจัยทำงานอยู่ เพื่อใช้ในการจัดเก็บบันทึกข้อมูลลงระบบ

และใช้เป็นเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางในการให้เกษตรกรเข้าถึงการแสดงผลค่าการตรวจวัดผ่านอินเตอร์เน็ต



ภาพ 3.14 หน้าต่างการเข้าโปรแกรมแสดงผล WisServ Web Application

จากภาพที่ 3.14 งานวิจัยนี้ใช้โดเมนเนม (domain name) ในการเข้าสู่หน้าต่างแสดงผลผ่าน www.trirung.com/wisserv เมื่อหน้าจอแสดงการ Login เข้าสู่โปรแกรม เกษตรกรที่แจ้งชื่อไว้กับโครงการวิจัยจะได้รับ Password ในการเข้าถึงข้อมูลการตรวจวัดผ่านระบบอินเตอร์เน็ตจากอุปกรณ์สื่อสารของแต่ละท่านหรือการอัพโหลดข้อมูลย้อนหลังจากไฟล์ที่ถูกเก็บบันทึกไว้บน Cloud Computing ในการนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวางแผนการบริการจัดการ

ผู้ดำเนินงานวิจัยจะทำการโอนย้ายข้อมูลทั้งหมดจากระบบจัดเก็บข้อมูลปัจจุบันไปยังฐานข้อมูลของกลุ่มเกษตรกรอีกครั้ง พร้อมอบรมการใช้งานและการดูแลรักษาระบบอย่างถูกต้อง เมื่อทางกลุ่มทำการจัดเตรียมคอมพิวเตอร์ส่วนกลางสำหรับวางระบบฐานข้อมูลใหม่และทำการจดโดเมนเนม เพื่อจัดตั้งเป็นเซิร์ฟเวอร์เฉพาะของกลุ่มชาวสวนทุเรียนนนทบุรี

3.4 อุปกรณ์ตรวจวัดและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็ม

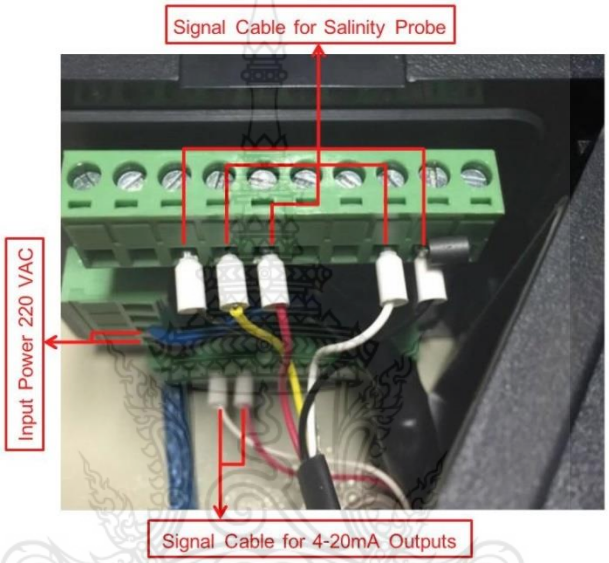
ปัญหาน้ำเค็มรุกเข้าพื้นที่ทำการเกษตร เกิดจากระดับน้ำทะเลที่หนุนจากทะเลเข้ามาสู่แม่น้ำเจ้าพระยา เนื่องจากปริมาณน้ำจืดที่ปล่อยจากเขื่อนหรือน้ำต้นทุนมีน้อย ทำให้น้ำทะเลหนุนเข้ามามากกว่าปกติ ส่งผลให้เขตพื้นที่การเกษตรของจังหวัดนนทบุรีและพื้นที่ภาคกลางตอนล่างหลาย จังหวัดที่ใช้น้ำจากระบบชลประทานจากแม่น้ำเจ้าพระยาได้รับผลกระทบ

ปัญหาน้ำเค็มหรือน้ำทะเลหนุนเป็นปัญหาที่เคยเกิดขึ้นกับเมืองนนทบุรีมา เป็นเวลานานหลายสิบปีมาแล้ว จึงไม่ใช่เรื่องใหม่ของเกษตรกร แต่ภาวะน้ำเค็มในปัจจุบันแตกต่างจากอดีต เพราะในอดีตน้ำเค็มจะหนุนเพียงบางปีและกินระยะเวลาเพียง 7-10 วันซึ่งเป็นระยะเวลาที่ไม่ยาวนานและยังไม่ส่งผลกระทบต่อการทำสวนทุเรียน แต่หลังน้ำท่วม 2554 ตั้งแต่ปี 2555 ช่วงประมาณเดือนกุมภาพันธ์ น้ำเค็มรุกเข้ามาประมาณ 7 วัน แต่หลังจากนั้น(2556-2558) น้ำเค็มหนุนรุกเข้ามาทุกปีและกินระยะเวลายาวนานถึง 7-10 เดือนใน 1 ปี ตั้งแต่ช่วงเดือนกุมภาพันธ์เป็นต้นมา ทำให้ชาวสวนที่ใช้น้ำจากระบบชลประทานแม่น้ำเจ้าพระยา ปลูกทุเรียนแล้วตาย ปลูกอีกก็ตายอีกเช่นกัน ขณะที่สวนที่เหลือรอดอยู่ได้นั้น ส่วนหนึ่งเป็นเพราะใช้น้ำประปาและมีวิธีการรับมือกับน้ำเค็มอย่างถูกต้อง เกษตรกรควรวัดค่าน้ำอย่างสม่ำเสมอ โดยน้ำที่สามารถนำมาใช้ทางการเกษตรต้องมีค่าความเค็มของน้ำไม่เกิน 2 g/L สำหรับน้ำที่ใช้รดต้นทุเรียนได้จะต้องอยู่ที่ค่าต่ำกว่า 0.3 g/L นอกจากนี้อีกสิ่งหนึ่งที่ต้องระวังคือ “น้ำฝน” กล่าวคือ โดยปกติน้ำฝนที่ตกลงมาจากท้องฟ้าเป็นน้ำที่ไม่มีความเค็ม แต่เมื่อน้ำฝนนั้นได้ชะผ่านหน้าดินที่มีความเค็มสะสมอยู่ลงสู่ท้องร่องสวน จะทำให้น้ำในท้องร่องมีความเค็มได้ ดังนั้น เกษตรกรจึงควรวัดค่าน้ำก่อนที่จะนำมาใช้รดต้นทุเรียนทุกครั้ง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงนำอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความเค็มและวัดค่าอุณหภูมิน้ำ ยี่ห้อ “CLEAN” Salinity meter รุ่น CON3000 ไปติดตั้ง ณ บริเวณริมคลองบางกอกน้อย บ้านบางอ้อยช้าง ต.บางสีทอง อ.บางกรวย จ.นนทบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ประสบปัญหาน้ำเค็มอย่างต่อเนื่อง และเป็นชุมชนที่ได้รับผลกระทบค่อนข้างมากเมื่อน้ำเค็มเดินทางมาถึงเพื่อแจ้งเตือนและแสดงผลค่าความเค็มของน้ำให้เกษตรกรได้ระมัดระวังและเตรียมพร้อมรับมือได้อย่างทันสถานการณ์และลดผลกระทบจากน้ำเค็มที่จะเข้าไปสร้างความเสียหายให้สวนทุเรียนและพันธุ์พืชต่างๆ

ภาพ 3.15 ชุดแสดงผลและส่งสัญญาณ CON3000 Salinity Transmitter

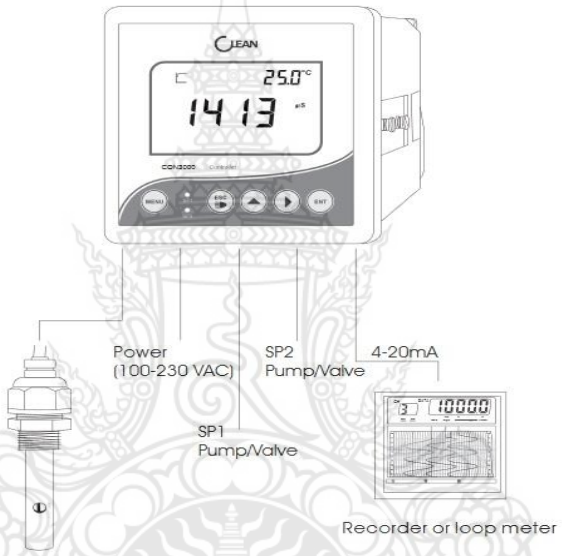
ภาพ 3.16 เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าน้ำเค็ม CS3500 Process Conductivity Sensor



ภาพ 3.17 รูปแบบการต่อวงจรเครื่องวัดค่าน้ำเค็ม CON3000

เครื่องมือวัด CON3000 จะมีย่านการวัดค่าความเค็มของน้ำ(Salinity) อยู่ที่ 0.0-400.0 g/L โดยตัวเครื่องจะแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกคืออุปกรณ์แสดงผลและส่งสัญญาณค่าน้ำเค็ม ตามรูปที่ 3.10 และส่วนที่สองคือหัววัดค่าน้ำเค็มและอุณหภูมิของน้ำ ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ชนิด 2-Electrode Conductivity Sensor และ PT1000 ตามรูปที่ 3.11 นอกจากนี้ตัวเครื่องมือดังกล่าวยังฟังก์ชั่นในการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ (Conductivity) และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ซึ่งการทำงานของเครื่องเริ่มจากการต่อสายสัญญาณจากหัววัดน้ำเค็ม CS3500 เข้ากับ Terminal Block ด้านหลังของเครื่อง CON3000 โดยเชื่อมต่อสายสัญญาณตามคู่สีที่กำหนดไว้ให้ถูกต้อง จากนั้นเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ามายังตัวเครื่อง โดยกำหนดแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้งานไว้ที่ 100-230 VAC

นอกจากการตรวจวัดค่าน้ำเค็ม (Salinity) เครื่องมือวัด CON3000 ยังมีฟังก์ชั่นในการตรวจวัดค่า Conductivity / TDS / Temperature และแสดงผลค่าการตรวจวัดที่ได้ผ่านหน้าจอหลักของเครื่องและยังสามารถทำหน้าที่เป็น Controller ในการกำหนดค่าที่ได้จากการตรวจวัดไปควบคุมการหรือสั่งเปิด-ปิดการทำงานของอุปกรณ์อาทิ ปั๊ม วาล์ว หรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่สามารถรับสัญญาณแบบรีเลย์ควบคุมได้และยังมีการส่งสัญญาณออกชนิด Signal Output 4-20 mA ซึ่งสามารถนำค่าที่ได้จากการตรวจวัดส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์บันทึกข้อมูล Datalogger หรือระบบแสดงและระบบควบคุมผลอื่นๆ ที่สามารถรับสัญญาณมาตรฐานชนิดเดียวกัน



ภาพ 3.18 ไดอะแกรมการใช้งานของเครื่องวัดน้ำเค็ม CON3000

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและเงื่อนไข

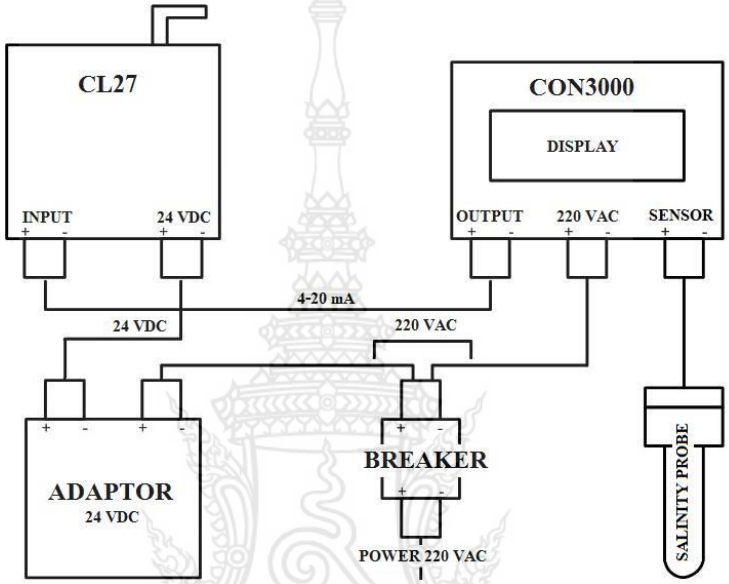
ที่มาของปัญหาได้มาจากการให้ข้อมูลจากนายกสมาคมชาวสวนทุเรียนนนทบุรีและกลุ่มเกษตรกรชาวสวนทุเรียนนนทบุรี ผู้ดำเนินงานวิจัยจึงได้รับทราบปัญหาต่างๆ และลำดับความสำคัญและปัญหาหลักที่เกษตรชาวสวนทุเรียนประสบปัญหาอยู่ เพื่อนำมาประยุกต์และออกแบบระบบที่สามารถใช้ในการทำงานวิจัยชิ้นนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเหลือและบรรเทาปัญหาที่เกษตรได้รับ อันจะเป็นการช่วยอนุรักษ์สวนทุเรียนนนท์ ซึ่งเป็นผลไม้ประจำจังหวัดนนทบุรีและเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่มีความต้องการจากตลาดเป็นอย่างสูงให้คงอยู่คู่ชาวนนทบุรีสืบไป

ภาพ 3.19 การประชุมเพื่อรับทราบปัญหาและหาแนวทางช่วยเหลือเกี่ยวกับน้ำเค็ม

จากการประชุมร่วมกับเกษตรกรชาวสวนทุเรียนนนท์ในเขตอำเภอบางกรวย บางใหญ่ ซึ่งมีพื้นที่การทำสวนทุเรียนในแนวบริเวณใกล้เคียงกับคลองสาขาหลักของแม่น้ำเจ้าพระยาและได้รับผลกระทบโดยตรงจากปัญหาน้ำทะเลหนุนและน้ำเค็มที่คืบคลานเข้ามาบุกรุกพื้นที่ทำการเกษตร ทำให้ผลผลิตของชาวสวนได้รับผลกระทบ เสียหายล้มตายอย่างต่อเนื่อง จึงเล็งเห็นว่าปัญหาน้ำเค็มคือผลกระทบหลักที่ชาวสวนทุเรียนนนท์ได้รับปัญหาอย่างหนักและต้องการให้ช่วยออกแบบระบบแสดงผลและแจ้งเตือนเมื่อค่าความเค็มของน้ำในคลองบางกอกน้อยอยู่ในเกณฑ์ที่สูงเกินค่ามาตรฐานที่ 2 g/L

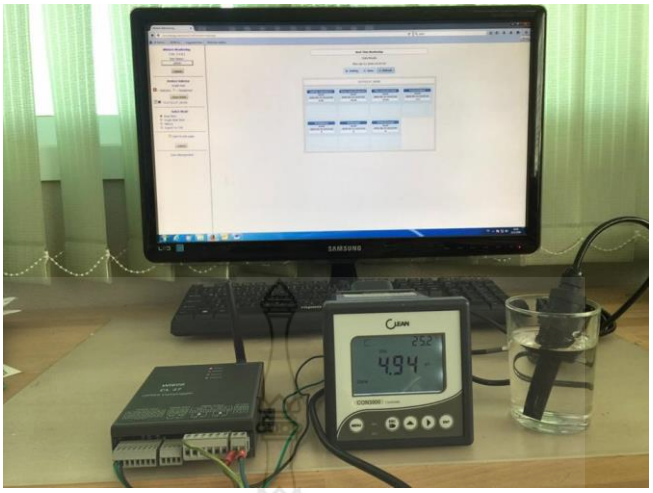
ผู้ดำเนินงานวิจัยจึงออกแบบระบบเครือข่ายและเลือกใช้อุปกรณ์บันทึกข้อมูลผ่านสัญญาณระบบ GPRS ยี่ห้อ“WISCO” GPRS Data Logger รุ่น CL27 และเครื่องวัดค่าความเค็มของน้ำ ยี่ห้อ“CLEAN” Salinity meter รุ่น CON3000 ต่อเข้ากับชุดอุปกรณ์จ่ายไฟ จากนั้นทำการประกอบชุดตรวจวัดและบันทึกข้อมูลลงในตู้ควบคุม เพื่อนำไปติดตั้งและกำหนดให้เป็นสถานีตรวจวัดวัดและแจ้งเตือนน้ำเค็มวัดบางอ้อยช้าง อยู่บริเวณริมคลองบางกอกน้อย บ้านบางอ้อยช้าง ต.บางสีทอง อ.บางกรวย จ.นนทบุรี เพื่อให้เกษตรกรในกลุ่มชาวสวนทุเรียนนนท์ที่ประสบปัญหา สามารถเข้าถึงการแสดงผลค่าน้ำเค็มและเฝ้ามองระดับความเค็มของน้ำผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน หรืออุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สายส่วนบุคคลในช่วงเวลาจริง หรือที่เรียกว่าการแสดงผล

แบบ Real time สำหรับการเข้าดูค่าและเข้าถึงข้อมูลการตรวจวัดไม่ว่าจะอยู่ที่ใด และมี Alarm massage แจ้งเตือนเมื่อค่าน้ำเค็มเกินกำหนด เพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับเกษตรกรบางท่านที่ใช้งานโทรศัพท์มือถือรุ่นเก่า หรือไม่ใช้งานอุปกรณ์สมาร์ทโฟน ให้สามารถรับข้อความแจ้งเตือนเมื่อค่าน้ำเค็มที่สถานีตรวจวัดมีค่าเกินจากที่กำหนดไว้



ภาพ 3.20 วงจรการต่ออุปกรณ์ชุดตรวจวัดและแจ้งเตือนน้ำเค็ม

เมื่อทำการต่อสายสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมต่างๆ เรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการลงโปรแกรมแสดงผลและปรับตั้งระบบอุปกรณ์บันทึกค่าและส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ส่วนกลางหรือ Database เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลกลางในการเก็บบันทึกค่าให้กับสถานีตรวจวัดน้ำเค็มและการเรียกดูค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการตรวจวัดอื่นๆ จากนั้นทดสอบระบบตรวจวัดค่าเซ็นเซอร์วัดน้ำเค็มและระบบส่งสัญญาณและบันทึกค่า ซึ่งได้ผลการดำเนินการเป็นที่เรียบร้อยและเมื่อทดสอบการส่งสัญญาณค่าน้ำเค็มเข้าระบบอินเตอร์เน็ตเพื่อให้แสดงข้อมูลการตรวจวัดที่คอมพิวเตอร์ส่วนกลาง ได้ผลดำเนินการเป็นที่เรียบร้อยตามรูปที่ 3.16 และ 3.17



ภาพ 3.21 ทดสอบความสมบูรณ์ของระบบตรวจวัดและแสดงผลผ่านระบบฯ

ภาพ 3.22 ทดสอบความสมบูรณ์ของระบบตรวจวัดและแสดงผลผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน

3.6 การติดตั้งในพื้นที่จริง

เมื่ออุปกรณ์ตรวจวัดและแสดงผลผ่านการทดสอบการใช้งานเป็นที่เรียบร้อย จึงนำอุปกรณ์บันทึกข้อมูล ยี่ห้อ“WISCO” GPRS Data Logger รุ่น CL27 และเครื่องวัดค่าความเค็มของน้ำ ยี่ห้อ“CLEAN” Salinity meter รุ่น CON3000 ประกอบลงในตู้ควบคุมและนำไปติดตั้งบริเวณริมคลองบางกอกน้อยเพื่อใช้เป็นสถานีตรวจวัดและแจ้งเตือนน้ำเค็ม

ภาพ 3.23 ชุดตู้อุปกรณ์ตรวจวัดและส่งสัญญาณแจ้งเตือนค่าน้ำเค็ม

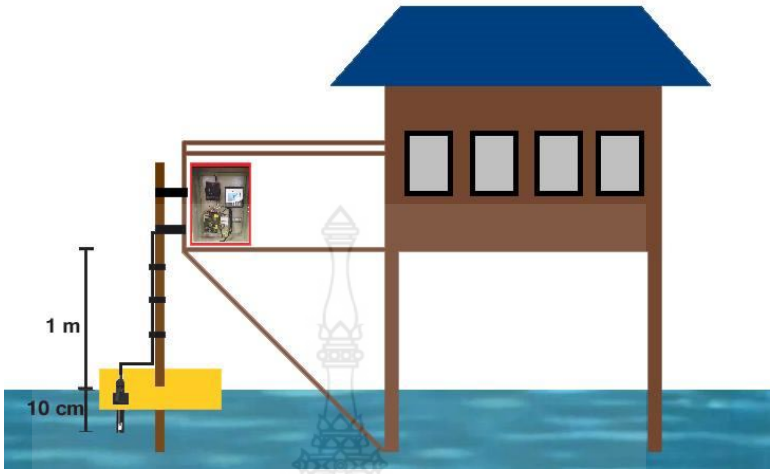
เมื่อนำชุดตู้อุปกรณ์ตรวจวัดและส่งสัญญาณแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มไปติดตั้ง บริเวณสถานีตรวจวัดน้ำเค็ม วัดบางอ้อยช้าง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี ได้มีตัวแทนเกษตรกรกลุ่มชาวสวนทุเรียนนนท์มาร่วมรับฟังคำแนะนำและการทำงานเบื้องต้นของระบบตรวจวัด จากนั้นทำการทดสอบการแสดงผลและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สายและสมาร์ทโฟนของเกษตรกรก่อนทำการติดตั้ง

ภาพ 3.24 ทดลองระบบแสดงผลผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟนของเกษตรกร

ภาพ 3.25 จุดติดตั้งชุดตรวจวัดและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็ม สถานีวัดบางอ้อยช้าง

เมื่อนำชุดตรวจวัดและแจ้งเตือนน้ำเค็มไปติดตั้งที่บ้านริมน้ำของเกษตรกรชาวสวนทุเรียน นนท์ บริเวณใกล้เคียงวัดบางอ้อยช้าง จึงทำการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดค่าน้ำเค็มเข้ากับทุ่นลอยน้ำ โดยให้หัววัดน้ำเค็มจุ่มลึกลงไปในน้ำ 10 เซนติเมตร แล้วจึงผูกทุ่นลอยน้ำเข้ากับเสาไม้ด้านริมบ้านอย่างให้ตัวได้ตามระดับน้ำและแรงดันจากที่ได้รับการทระทบจากเรือโดยสารที่ผ่านไปมา จากการเฝ้าทดสอบการทำงานของหัววัดน้ำเค็มและทุ่นลอยน้ำทำงานได้ดีเป็นไปตามเงื่อนไข

ภาพ 3.26 จุดติดตั้งเซ็นเซอร์วัดค่าน้ำเค็ม สถานีวัดบางอ้อยช้าง



ภาพ 3.27 ตำแหน่งติดตั้งชุดตรวจวัดและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็ม สถานีวัดบางอ้อยช้าง

ทั้งนี้การดำเนินการติดตั้งเป็นไปด้วยความเรียบร้อย ทางผู้ทำการวิจัยจึงทำการอธิบายรายละเอียดและขั้นตอนการทำงานของชุดตรวจวัดและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มให้เกษตรกรอย่างละเอียดอีกครั้งเพื่อให้เกษตรกรเข้าใจถึงหลักการทำงานของชุดแจ้งเตือนและขอบเขาการทำงานที่เกษตรกรจะได้รับ จากนั้นทำการมอบ Password และอธิบายการทำงานของระบบแสดงผลผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สายและอุปกรณ์สมาร์ทโฟน สำหรับให้ตัวแทนเกษตรกรนำไปแจกจ่ายและส่งต่อให้เกษตรกรในกลุ่มชาวชวนทุเรียนนนท์ต่อไป

3.7 การออกแบบ ปรับปรุงและการนำไปใช้งานกับระบบจ่ายน้ำในสวนทุเรียน

จากการสำรวจพื้นที่จริง ณ ชุมชนบางรักน้อย ต.บางรักน้อย อ.เมือง จังหวัดนนทบุรี พบว่าชุมชนดังกล่าวมีการพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร แปลงอนุรักษ์มีการวางผังของสวนโดยแบ่งออกเป็น 2 แปลงตามแนวทางเดิน โดยแปลงด้านหนึ่งปลูกทุเรียนสลับ มังคุด ส้มโอสลับกันไป ส่วนอีกด้านหนึ่งปลูกทุเรียน มะม่วง และกล้วยสลับกับไปเช่นเดียวกัน วิธีการปลูกโดยเป็นการปลูกแบบยกร่อง มีคันคูน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วมจะขุดเป็นร่องสวน ลึกลงไปเกือบ 2 เมตรเพื่อเก็บกักน้ำ ดินที่ขุดใช้ถมให้สูงเป็นแนวคันดินกว้างประมาณ 1.50 เมตร และจะปลูกผลไม้ต่างๆ เรียงตามแถวคันดิน แปลงด้านที่ปลูกทุเรียนสลับ มังคุด ส้มโอ สลับกันไปนั้นจะมีต้นไม้ปลูกอยู่บนคันดิน 12 แถว ยาว 50 เมตร ส่วนอีกด้าน ที่ปลูกทุเรียน มะม่วง และกล้วย ถูกปลูกอยู่บนคันดินยาวประมาณ 100 เมตร มี 3 แถว และมีบ่อน้ำขนาดประมาณ 64 ลูกบาศก์เมตร อยู่ด้านหน้าสวน

วิธีการให้น้ำพบว่า ระบบการให้น้ำเป็นแบบต่อท่อจากเครื่องยนต์ดีเซลปั๊มน้ำไปยังหัวสปริงเกอร์ที่ต่อแยกออกจากท่อหลัก มีจำนวนทั้งสิ้นมากกว่า 200 หัว ซึ่งพบปัญหาว่า ระดับแรงดันของน้ำที่ปลายท่อด้านไกลลดลงต่ำมากจนทำให้ไม่สามารถให้น้ำแก่ต้นทุเรียนที่อยู่ไกลได้เพียงพอ เจ้าของสวน กล่าวว่า ปัญหาที่พบเกิดจากต้นกำลัง ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ดีเซลมีขนาดกำลังที่เล็กเกินกว่าจะสร้างแรงดันน้ำที่สูงพอเพียงได้ ต้องอาศัยวิธีการแยกปิดวาล์วน้ำส่วนหนึ่งก่อนเพื่อให้ระดับแรงดันจากต้นกำลังส่งแรงเพียงพอกับหัวสปริงเกอร์ที่อยู่ปลายท่อ ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้เสียเวลาในการให้น้ำเป็นเวลานานมาก

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จะนำเสนอระบบและวิธีการจัดการน้ำที่ทำให้ชาวสวนสะดวกสบาย ประหยัดแรงงานและมีเวลาว่างมากขึ้น ด้วยการนำเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหา กล่าวคือ จะนำเทคโนโลยีการควบคุมด้วยระบบ PLC (Programmable Logic Control) มาประยุกต์ใช้ โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการจ่ายน้ำของปั๊มน้ำไฟฟ้าให้กับหัวสปริงเกอร์ให้ทำงานเรียงกันอย่างเป็นมีรูปแบบ และสามารถตั้งเวลาการทำงานได้เองโดยอัตโนมัติ โดยที่ชาวสวนไม่ต้องมาควบคุมการให้น้ำอีกต่อไป และการติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ, ความชื้น, ปริมาณแสง, ค่าความเค็มและคุณภาพของน้ำและดิน, อัตราการไหลและปริมาณน้ำ, แรงดันน้ำเพื่อนำค่าพารามิเตอร์ต่างที่ตรวจวัดได้ส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบเน็ทเวิร์คเพื่อส่งข้อมูลค่าไปยังฐานข้อมูลส่วนกลางหรือแสดงผลไปยังอุปกรณ์สื่อสารไร้สายส่วนตัวของเกษตรกรหรือเจ้าของสวนผลไม้ เพื่อนำค่าการตรวจวัดที่ได้เป็นฐานข้อมูลทางสถิติในการประเมินหรือวิเคราะห์การบริหารจัดการสวนผลไม้ให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในปัจจุบันและการวางแผนการจัดการสวนผลไม้ในอนาคต

เมื่อระบบแสดงผลค่าน้ำเค็มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในการนำน้ำไปใช้ทางการเกษตร เกษตรกรจึงสามารถผันน้ำจากคลองบางจากน้อยเข้าสู่คลองสาขาในพื้นที่ของเกษตรกรแต่ล่ะรายเพื่อนำน้ำเข้าไปใช้ในการนำผลผลผลิตทางการเกษตร โดยงานวิจัยนี้ได้รับการอนุเคราะห์จากแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร แปลงอนุรักษ์ทุเรียนนนท์ ของนางมะลิวัลย์ หาญใจไทย ซึ่งตั้งอยู่เลขที่ 34/2 หมู่ที่ 3 ตำบลบางรักน้อย อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี ในการเข้าไปดำเนินงานวิจัยนี้ โดยการทดสอบระบบจ่ายน้ำของสวนทุเรียน ซึ่งผู้ดำเนินงานวิจัยเล็งเห็นถึงความจำเป็นในการใช้น้ำที่มีคุณภาพและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถนำไปใช้งานทางเกษตร จึงติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าแรงดันน้ำและตรวจวัดค่าอัตราการไหลของน้ำเพื่อวิเคราะห์และวางแผนการจัดการน้ำของสวนทุเรียนตัวอย่าง ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร แปลงอนุรักษ์ทุเรียนนนท์ ให้สามารถบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดผลประโยชน์อย่างสูงสุด

ภาพ 3.28 การตรวจวัดค่าอัตราการไหลของน้ำด้วยเครื่องวัดชนิดอัลตร้าโซนิค

ภาพ 3.29 การตรวจวัดค่าแรงดันและอัตราการไหลของน้ำ

จากรูป 3.28 ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าอัตราการไหลของน้ำและเครื่องวัดค่าแรงดันน้ำ เพื่อตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้น้ำในสวนทุเรียนตัวอย่างเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงระบบการจัดการน้ำ ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองเป็นอุปกรณ์ที่สามารถวัดค่าและส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์บันทึกค่าและส่งข้อมูล เพื่อให้เกษตรกรสามารถตรวจดูค่าการตรวจวัดจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

3.8 การเผยแพร่ผลงาน

หลังจากที่ได้ทำการทดสอบความพร้อมของระบบแสดงผลและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มเรียบร้อยแล้ว งานวิจัยนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ให้มีโอกาสในการนำผลงานวิจัยไปจัดแสดงภายในงานครบ 11 ปี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เมื่อวันที่ 18 มกราคม 2559 ซึ่งภายในงานมีท่านรัฐมนตรีประจำสำนักนายกรัฐมนตรี หม่อมหลวงปนัดดา ดิศกุล เป็นประธานในพิธีและคณะผู้บริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครให้การเยี่ยมชมผลงานวิจัย ซึ่งได้รับคำชมเชย เนื่องจากเป็นงานวิจัยด้านนวัตกรรมที่สามารถช่วยเหลือชุมชนและเกษตรกรในการแจ้งเตือนค่าน้ำเค็ม

ภาพ 3.30 จัดแสดงผลงานวิจัย ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาพ 3.31 หม่อมหลวงปนัดดา ดิศกุล และคณะผู้บริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครให้การเยี่ยมชมผลงานวิจัย ระบบแสดงผลและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็ม

ซึ่งในงานดังกล่าวได้รับความสนใจจากทั้งคณาจารย์และนักศึกษาและผู้ที่สนใจเป็นจำนวนมากให้การสอบถามถึงโครงสร้างการออกแบบ การทำงานของระบบแจ้งเตือนน้ำเค็ม และขอบเขตการทำงานในการช่วยเหลือเกษตรกร

ภาพ 3.32 คณาจารย์เข้าเยี่ยมชมผลงานวิจัย ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาพ 3.33 นักศึกษาเยี่ยมชมผลงานวิจัย ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

4.1 บทนำ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเทคโนโลยีทางวิศวกรรมเข้ามาปรับใช้กับสวนผลไม้ โดยการนำอุปกรณ์ที่บันทึกข้อมูลผ่านสัญญาณระบบ GPRS เข้าสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยใช้อุปกรณ์บันทึกข้อมูล ยี่ห้อ“WISCO” GPRS Data Logger รุ่น CL27 มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ อาทิ เครื่องวัดค่าความเค็มของน้ำและเครื่องวัดค่าอุณหภูมิน้ำ ยี่ห้อ“CLEAN” Salinity meter รุ่น CON3000 ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าว ถูกติดตั้งอยู่บริเวณริมคลองบางกอกน้อย บ้านบางอ้อยช้าง ต.บางสีทอง อ.บางกรวย จ.นนทบุรี ซึ่งเป็นชุมชนชาวสวนทุเรียนที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาน้ำเค็ม และเครื่องวัดค่าแรงดันน้ำ ยี่ห้อ “WISCO” Pressure Transmitter รุ่น DT21, เครื่องวัดค่าอัตราการไหลของน้ำชนิดอัลตร้าโซนิค ยี่ห้อ “ALIA” Ultrasonic Flowmeter รุ่น ALSONIC-EG ถูกติดตั้งอยู่บริเวณสวนทุเรียน ของนางมะลิวัลย์ หาญใจไทย ซึ่งตั้งอยู่ ตำบลบางรักน้อย อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี ในการตรวจวัดและแสดงผลเพื่อนำค่าจากการตรวจวัดไปควบคุมการจ่ายน้ำของสวนทุเรียนให้มีประสิทธิภาพ สามารถเฝ้ามองและควบคุมระบบได้อย่างอัตโนมัติพร้อมกันและแสดงผลด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟน อาทิ ค่าอุณหภูมิ ความดันของระบบการจ่ายน้ำ คุณภาพของน้ำที่นำมาใช้ประโยชน์ และรวมสัญญาณทั้งหมดส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตให้ผู้ใช้งานสามารถเฝ้ามองสภาวะของสวนทุเรียนได้ตลอดเวลา จากผลการทดลองพบว่าระบบการควบคุมน้ำสามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขของตัวควบคุมและสามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายข้อมูลได้ในเวลาจริง

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความเค็มของน้ำ

(ฝ่ายตะกอนและคุณภาพน้ำ กรมชลประทาน). [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :

http://water.rid.go.th/hwm/swq/sediment

ปัญหาน้ำเค็มที่เกษตรกรชาวสวนทุเรียนนนท์ได้รับผลกระทบ ในอดีตเกษตรกรจะใช้วิธีการสังเกตสภาพแวดล้อมของน้ำในคลองที่เปลี่ยนแปลงไป ปัจจุบันเกษตรกรบางท่านสามารถเข้าถึงการตรวจสอบค่าน้ำเค็มของกรมชลประทานผ่านระบบแสดงผลบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต และการจัดหาอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำเค็มแบบพกพาได้เนื่องจากมีจัดจำหน่ายในราคาย่อมเยา ปริญญานิพนธ์นี้จึงนำเสนอระบบตรวจวัดน้ำเค็มชนิดติดตั้งถาวรพร้อมระบบส่งสัญญาณการแสดงผลและบันทึกค่าผลการตรวจวัดน้ำเค็มผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟนบนระบบอินเตอร์เน็ตและระบบส่งข้อความแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มสำหรับอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย

เนื่องจากปัญหาน้ำเค็มที่เกิดขึ้นและลุกลามไปส่งผลกระทบให้กับชาวสวนทุเรียนนนท์ ทางเกษตรกรไม่สามารถควบคุมน้ำที่มีความเค็มได้โดยตรง แต่หากเกษตรกรได้รับการแจ้งเตือนค่าน้ำเค็ม จะทำให้เกษตรกรสามารถปิดกั้นประตูน้ำหรือการผันน้ำเข้าสวนเพื่อใช้ในทางการเกษตร ซึ่งเมื่อเกษตรกรได้น้ำที่มีค่าความเค็มอยู่ในเกณฑ์ใช้งานได้ไปไว้ในบ่อพักหรือร่องสวน ก็จะมีระบบวัดแรงดันน้ำและอัตราการไหลของน้ำเพื่อประเมินการใช้น้ำและแรงดันน้ำว่าเพียงพอต่อการใช้รดน้ำต้นไม้หรือไม่ อีกทั้งยังช่วยบริหารจัดการน้ำให้เหมาะสมและใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด และยังสามารถนำค่าการตรวจวัดระบบแรงดันและอัตราการไหลของน้ำมาส่งสัญญาณเข้าระบบแสดงผลแบบ Real time เพื่อเก็บบันทึกค่าเชิงสถิติหรือเฝ้ามองการทำงานผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟนได้ตลอดเวลา

ภาพ 4.1 รายงานสถานการณ์ค่าน้ำเค็ม แม่น้ำเจ้าพระยา

ที่มา: ฝ่ายตะกอนและคุณภาพน้ำ กรมชลประทาน

จากภาพ 4.1 ระบบแสดงผลการตรวจวัดน้ำเค็มแบบออนไลน์ของกรมชลประทานที่มีสถานีตรวจวัดน้ำเค็มตามจุดต่างๆ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผล ซึ่งเกษตรกรบางส่วนที่สามารถเข้าถึงหรือใช้งานระบบอินเตอร์เน็ต สามารถตรวจสอบค่าความเค็มของน้ำในเว็บไซต์ของกรมชลประทานในแต่ละวัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงความสามารถใช้น้ำในช่วงเวลานั้นได้หรือไม่

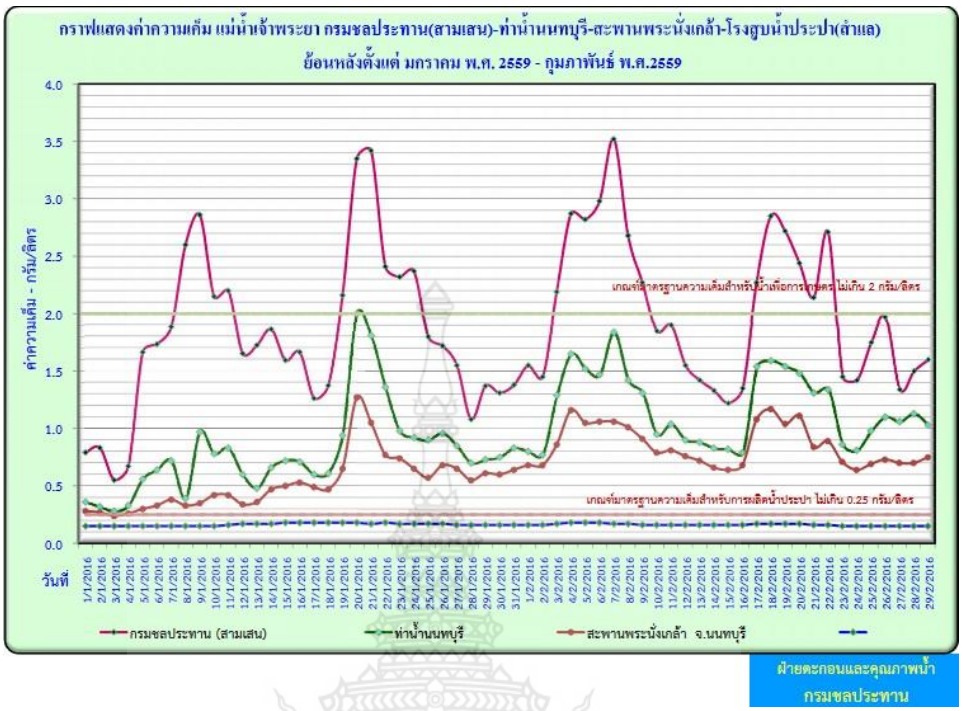
ค่าความเค็มแม่น้ำเจ้าพระยา เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559(กรัม/ลิตร)

สถานี / วัน/เดือน/ปี	โรงสูบน้ำประปา (สำแล) จ.ปทุมธานี	สะพานพระนั่งเกล้า จ.นนทบุรี	ท่าน้ำนนท์ จ.นนทบุรี	กรมชลประทาน (สามเสน)	ปริมาณน้ำบางไทร (ลบ.ม./วินาที)	ปริมาณน้ำเขื่อนเจ้าพระยา (ลบ.ม./วินาที)
1 กุมภาพันธ์ 2559	0.16	0.68	0.80	1.55		75
2 กุมภาพันธ์ 2559	0.16	0.68	0.77	1.45		75
3 กุมภาพันธ์ 2559	0.17	0.86	1.29	2.19		75
4 กุมภาพันธ์ 2559	0.18	1.16	1.65	2.87		80
5 กุมภาพันธ์ 2559	0.18	1.05	1.52	2.82		85
6 กุมภาพันธ์ 2559	0.18	1.06	1.47	2.98	85	85
7 กุมภาพันธ์ 2559	0.17	1.06	1.84	3.52	84	85
8 กุมภาพันธ์ 2559	0.17	1.01	1.42	2.68	83	85
9 กุมภาพันธ์ 2559	0.16	0.91	1.31	2.27	85	85
10 กุมภาพันธ์ 2559	0.16	0.79	0.95	1.85	87	85
11 กุมภาพันธ์ 2559	0.16	0.81	1.04	1.90	85	85
12 กุมภาพันธ์ 2559	0.16	0.76	0.90	1.55	84	80
13 กุมภาพันธ์ 2559	0.16	0.72	0.88	1.42	83	80
14 กุมภาพันธ์ 2559	0.16	0.66	0.83	1.33	84	75
15 กุมภาพันธ์ 2559	0.16	0.64	0.82	1.22	85	75
16 กุมภาพันธ์ 2559						

ภาพ 4.2 ค่าความเค็มแม่น้ำเจ้าพระยา เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2559

ที่มา: ฝ่ายตะกอนและคุณภาพน้ำ กรมชลประทาน

จากภาพ 4.2 แสดงตัวอย่างการจัดเก็บข้อมูลการตรวจวัดค่าความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาแบบรายวัน ในแต่ละสถานี เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ของกรมชลประทาน จากการเข้าดูรายงานการแสดงผล พบว่าข้อมูลของกรมชลประทานจะแสดงค่าความเค็มของน้ำที่สถานีต่างๆ ลงในเว็บไซต์เพื่อให้เกษตรกรหรือบุคคลภายนอกได้เข้ามาสำรวจตรวจสอบเพียงวันละ 1 ค่า การตรวจวัดต่อวัน ซึ่งจะมีการอัพเดทค่าในเวลา 08.00 น. ของทุกวัน สำหรับเกษตรกรการสำรวจค่าความเค็มของน้ำเพียงวันละ 1 ครั้ง อาจไม่เพียงพอต่อการเฝ้าระวังน้ำเค็ม เนื่องจากไม่สามารถทราบถึงการเปลี่ยนแปลงค่าในช่วงเวลาต่างๆ ให้ทราบได้ จึงอาจเกิดความผิดพลาดในการผันน้ำไปใช้เพื่อการเกษตร หากตรวจสอบค่าความเค็มของน้ำผ่านระบบออนไลน์ของกรมชลประทานในรูปแบบกราฟ จะมองเห็นความแตกต่างในแต่วันได้อย่างชัดเจน ตามภาพ 4.3



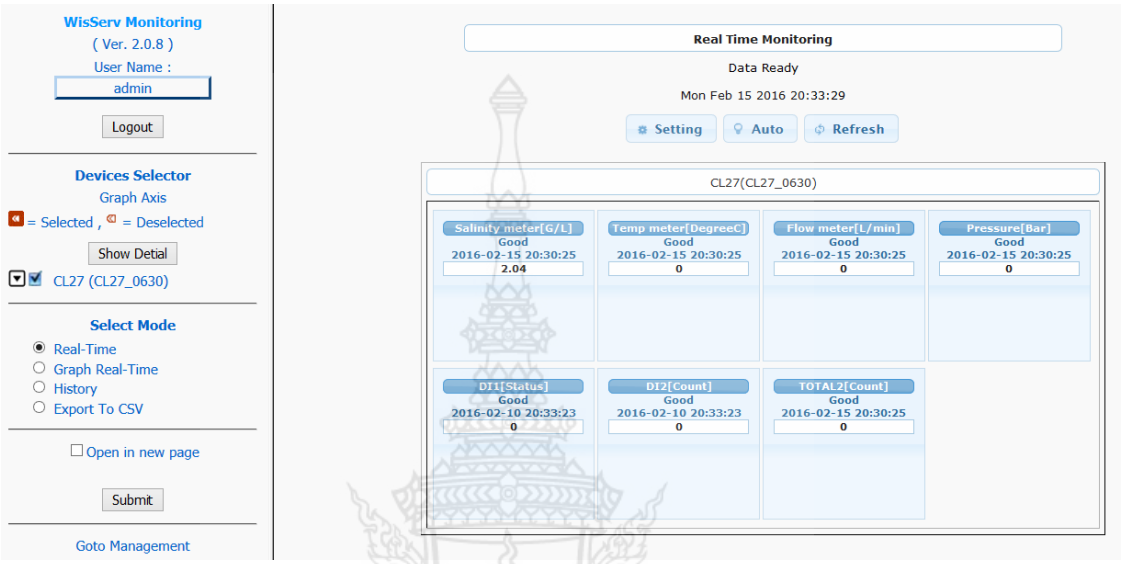
ภาพ 4.3 กราฟแสดงค่าความเค็มแม่น้ำเจ้าพระยา เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2559
ที่มา: ฝ่ายตะกอนและคุณภาพน้ำ กรมชลประทาน

จากภาพ 4.2 ภาพ 4.3 และภาพ 4.4 แสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลการตรวจวัดค่าความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาและความแตกต่างของผลการตรวจวัดค่าน้ำเค็มแต่ละสถานี เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ของกรมชลประทาน จากการเข้าดูรายงานการแสดงผล พบว่าข้อมูลของกรมชลประทานจะแสดงค่าความเค็มของน้ำที่สถานีต่างๆ ลงในเว็บไซต์เพื่อให้เกษตรกรหรือบุคคลภายนอกได้เข้ามาสำรวจตรวจสอบค่าเพียงวันละ 1 ค่าการตรวจวัดต่อวัน ซึ่งจะมีการอัพเดทค่าในเวลา 08.00 น. ของทุกวัน สำหรับเกษตรกรการสำรวจค่าความเค็มของน้ำเพียงวันละ 1 ครั้ง อาจไม่เพียงพอต่อการเฝ้าระวังน้ำเค็ม เนื่องจากไม่สามารถทราบถึงการเปลี่ยนแปลงค่าในช่วงเวลาต่างๆ ให้ทราบได้ จึงอาจเกิดความผิดพลาดในการผันน้ำไปใช้ทางการเกษตร

4.3 ผลการทดสอบจากระบบไอโอที (IoT) ที่นำเสนอ

เนื่องจากสถานีตรวจวัดน้ำเค็มของกรมชลประทานถูกติดตั้งอยู่บริเวณริมแม่น้ำเจ้าพระยา เมื่อมีการผันน้ำเข้าสู่คลองบางกอกน้อยเกษตรกรเกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ค่าความถูกต้องและเกิดความผิดพลาดในการผันน้ำไปใช้งานในสวนทุเรียน จากการประชุมเพื่อรับฟังปัญหาร่วมกับเกษตรกร ผู้จัดทำงานวิจัยจึงนำเสนอการออกแบบและประยุกต์ใช้งานเซ็นเซอร์และ

ทรานสดิวเซอร์ให้สามารถใช้งานระบบไอโอที (IoT) เพื่อให้เกษตรกรสามารถรับทราบผลและการแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มบนระบบอินเตอร์เน็ตผ่านชุดตรวจวัดและแจ้งเตือนน้ำเค็มที่จัดทำขึ้น



ภาพ 4.4 หน้าต่างการแสดงผลของระบบตรวจวัดน้ำเค็มที่นำเสนอ ณ สถานีวัดบางอ้อยช้าง

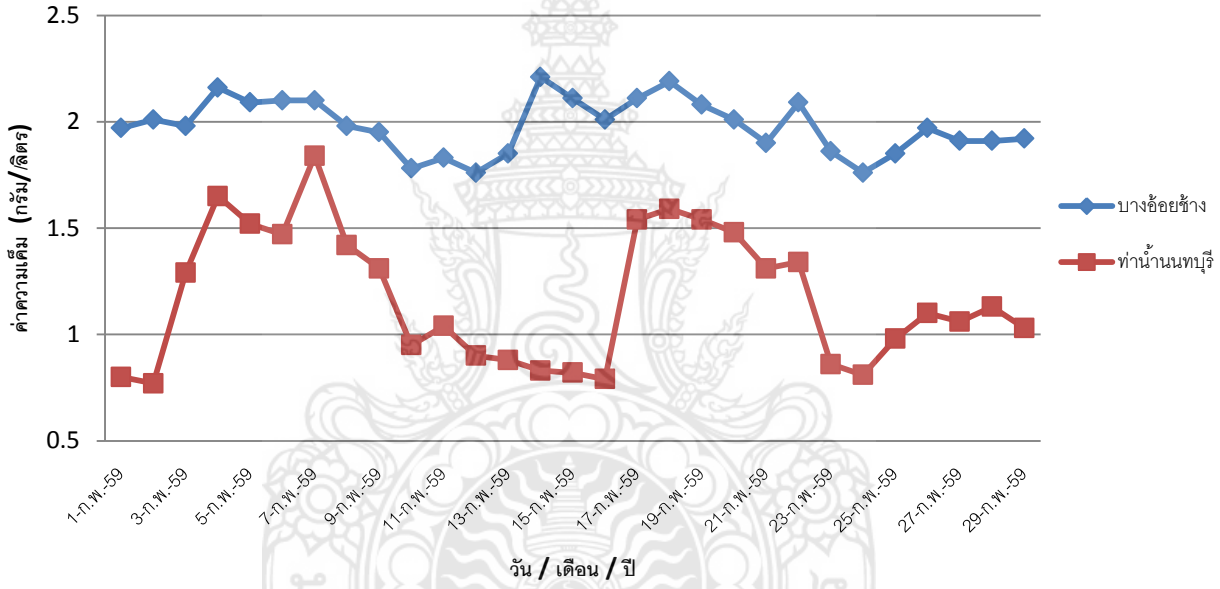
จากภาพ 4.4 ระบบแสดงผลการตรวจวัดน้ำเค็มที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น ณ สถานีวัดบางอ้อยช้าง ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ผู้ดำเนินงานวิจัยทำการติดตั้งชุดตรวจวัดและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็ม จากข้อมูลการแสดงผลสามารถตรวจสอบได้ถึงค่าความแตกต่างของผลการตรวจวัดค่าน้ำเค็มในช่วงวันและเวลาเดียวกันกับสถานีตรวจวัดน้ำเค็มบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา ของกรมชลประทาน ระหว่างสถานีได้อย่างชัดเจน ซึ่งสถานีตรวจวัดที่ผู้ดำเนินงานวิจัยจัดทำขึ้นจะสามารถแสดงผลค่าน้ำเค็มในคลองบางกอกน้อย บริเวณวัดบางอ้อยช้าง ซึ่งเป็นสถานีที่ติดตั้งตามที่เกษตรกรกำหนดจากการร่วมประชุมและเป็นจุดติดตั้งก่อนที่น้ำเค็มจะเดินทางถึงบริเวณคลองสาขาและสวนของเกษตรกร เพื่อทำการแจ้งเตือนเมื่อค่าความเค็มเกินค่ามาตรฐานในการใช้งานทางการเกษตรที่ค่าความเค็มของน้ำ 2 g/L สำหรับแจ้งให้เกษตรรับทราบถึงความเปลี่ยนแปลงค่าน้ำเค็มได้อย่างตลอดเวลา

ตาราง 4.1 ปริมาณความเค็มแม่น้ำเจ้าพระยา ระหว่างวันที่ เดือนกุมภาพันธ์ 2559 (g/L)

สถานี / วัน / เดือน / ปี	**สถานีบางอ้อยช้าง (g/L) (สถานี ดำเนินงานวิจัย)**	**สถานีท่าน้ำนนทบุรี (g/L) (อ้างอิง รูปที่ 4.2)**
1 ก.พ. 2559	1.97	0.80
2 ก.พ. 2559	2.01	0.77
3 ก.พ. 2559	1.98	1.29
4 ก.พ. 2559	2.16	1.65
5 ก.พ. 2559	2.09	1.52
6 ก.พ. 2559	2.10	1.47
7 ก.พ. 2559	2.10	1.84
8 ก.พ. 2559	1.98	1.42
9 ก.พ. 2559	1.95	1.31
10 ก.พ. 2559	1.78	0.95
11 ก.พ. 2559	1.83	1.04
12 ก.พ. 2559	1.76	0.90
13 ก.พ. 2559	1.85	0.88
14 ก.พ. 2559	2.21	0.83
15 ก.พ. 2559	2.11	0.82
16 ก.พ. 2559	2.01	0.79
17 ก.พ. 2559	2.11	1.54
18 ก.พ. 2559	2.19	1.59
19 ก.พ. 2559	2.08	1.54
20 ก.พ. 2559	2.01	1.48
21 ก.พ. 2559	1.90	1.31
22 ก.พ. 2559	20.9	1.34
23 ก.พ. 2559	1.86	0.86
24 ก.พ. 2559	1.76	0.81
25 ก.พ. 2559	1.85	0.98
26 ก.พ. 2559	1.97	1.10

ตาราง 4.1 ปริมาณความเค็มแม่น้ำเจ้าพระยา ระหว่างวันที่ เดือนกุมภาพันธ์ 2559 (g/L)(ต่อ)

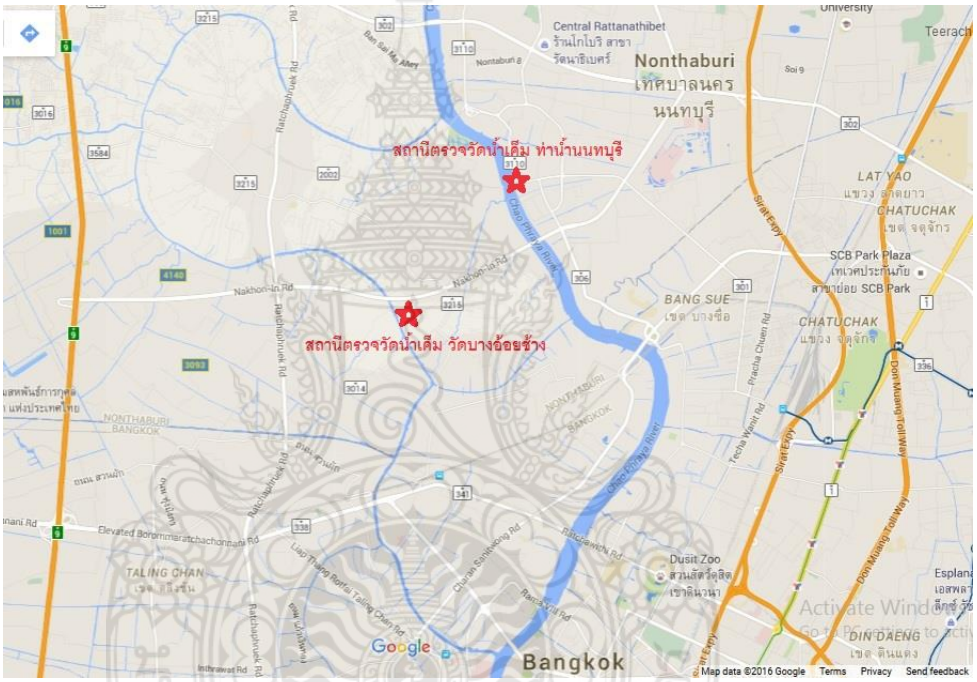
สถานี / วัน / เดือน / ปี	สถานีบางอ้อยช้าง (g/L) (สถานี ดำเนินงานวิจัย)	สถานีท่าน้ำนนทบุรี (g/L) (อ้างอิง รูปที่ 4.2)
27 ก.พ. 2559	1.91	1.06
28 ก.พ. 2559	1.91	1.13
29 ก.พ. 2559	1.92	1.03



ภาพ 4.5 กราฟเปรียบเทียบค่าน้ำเค็ม เดือนกุมภาพันธ์ ระหว่างสถานีบางอ้อยช้างและสถานีท่าน้ำนนทบุรี

จากตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.5 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของค่าน้ำเค็มที่เกษตรกรใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเดิมจากสถานีตรวจวัดน้ำเค็มของกรมชลประทาน ณ สถานีท่าน้ำนนทบุรี ซึ่งเกษตรกรใช้อ้างอิงในการผันน้ำเข้าไปใช้เพื่อการเกษตรและเกิดความผิดพลาดในการผันน้ำเค็มเข้าสู่แปลงสวนทุเรียน ความแตกต่างของค่าการตรวจวัดน้ำเค็มเกิดจากการเดินทางของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยามีการไหลเวียนน้ำที่ดีตลอดเวลา อีกทั้งค่าความเค็มมีปริมาณลดลงตามระยะทางที่ห่างไกลจากปากแม่น้ำ แต่ในคลองบางกอกน้อยพื้นที่อำเภอบางกรวยที่เกษตรกรประสบปัญหา

ได้รับการผันน้ำจากปากคลองบางกอกน้อยบริเวณใกล้เคียงโรงพยาบาลศิริราช ซึ่งมีระยะทางห่างจากปากแม่น้ำน้อยกว่าสถานีท่าน้ำนนทบุรีค่อนข้างมากจึงมีค่าความเค็มสูง อีกทั้งเมื่อน้ำเค็มเดินทางเข้ามาในคลองบางกอกน้อยตลอดเวลา ประกอบกบการไหลเวียนของน้ำในคลองบางกอกน้อยอยู่ในเกณฑ์ไม่ดี ทำให้เกิดค่าความเค็มตกค้างในคลองบางกอกน้อยสูง ซึ่งสถานีตรวจวัดน้ำเค็มที่ผู้ดำเนินงานวิจัยจัดทำขึ้น สามารถแสดงค่าสถานการณ์น้ำเค็มและแจ้งเตือนเพื่อให้เกษตรกรระมัดระวังและควบคุมการผันน้ำไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพ ลดความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นกับแปลงสวนทุเรียนได้อย่างทันสถานการณ์



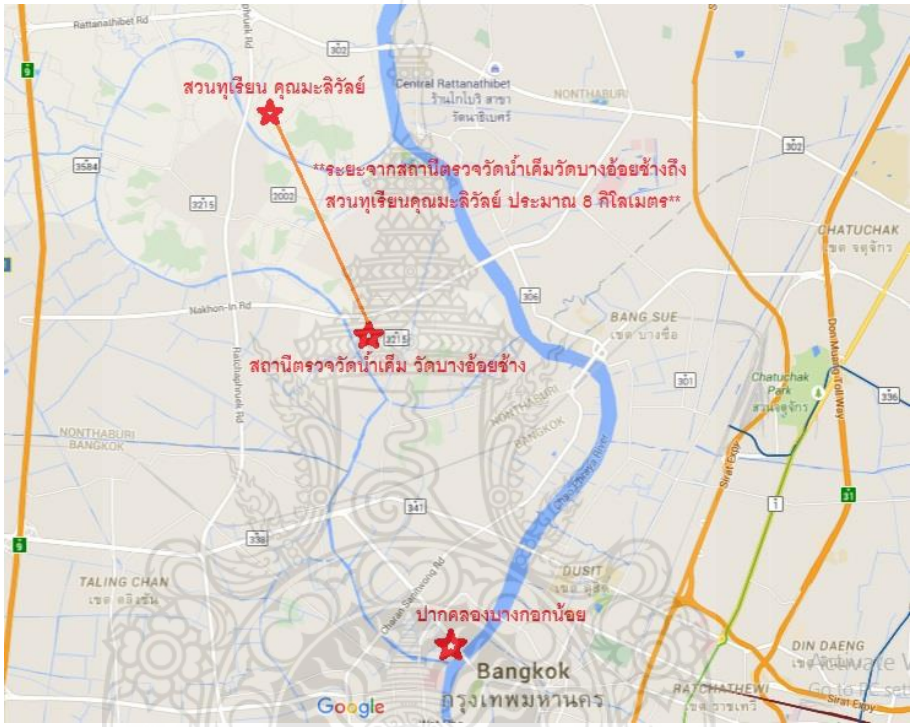
ภาพ 4.6 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดน้ำเค็มวัดบางอ้อยช้างและสถานีท่าน้ำนนทบุรี

จากภาพ 4.6 แสดงตำแหน่งของสถานีตรวจวัดน้ำเค็มวัดบางอ้อยช้างที่ผู้ดำเนินงานวิจัยจัดทำขึ้น ซึ่งอยู่ในพื้นที่หลักของเกษตรกรชาวสวนทุเรียนนนทบุรี เปรียบเทียบกับสถานีตรวจวัดน้ำเค็มท่าน้ำนนทบุรีของกรมชลประทาน ที่เดิมทีเกษตรกรใช้ในการอ้างอิงค่าน้ำเค็ม เพื่อนำมาวิเคราะห์และบริการจัดการน้ำ

4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าแรงดันน้ำและอัตราการไหลของน้ำในสวนทุเรียน

ผู้ดำเนินงานวิจัยเล็งเห็นถึงความจำเป็นในการใช้น้ำที่มีคุณภาพและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถนำไปใช้งานทางเกษตร จึงติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าแรงดันน้ำและตรวจวัดค่า

อัตราการไหลของน้ำเพื่อวิเคราะห์และวางแผนการจัดการน้ำของสวนทุเรียนตัวอย่าง ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร แปลงอนุรักษ์ทุเรียนนนท์ ของนางมะลิวัลย์ หาญใจไทย ซึ่งตั้งอยู่เลขที่ 34/2 หมู่ที่ 3 ตำบลบางรักน้อย อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี ให้สามารถบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดผลประโยชน์อย่างสูงสุดและสามารถเชื่อมโยงการแสดงผลเข้ากับระบบตรวจวัดน้ำเค็ม

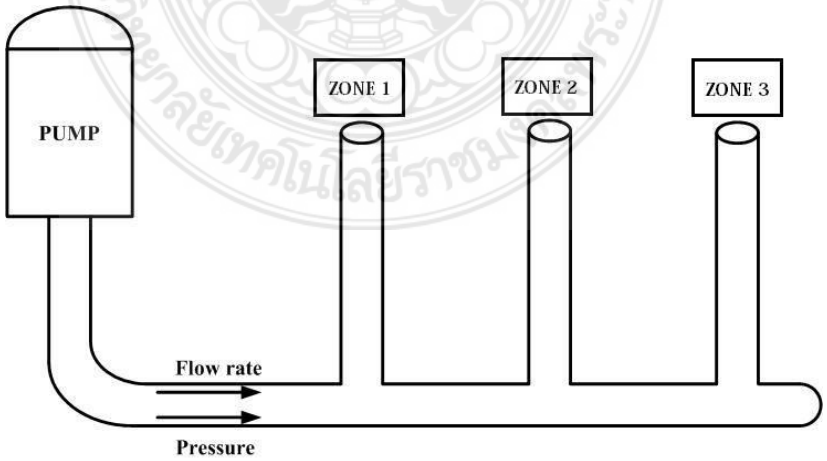


ภาพ 4.7 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย

จากภาพ 4.7 แสดงตำแหน่งของสถานีตรวจวัดน้ำเค็มและสวนทุเรียนตัวอย่างที่เข้าไปดำเนินงานวิจัย โดยการออกแบบให้สวนทุเรียนตัวอย่าง สามารถเชื่อมโยงข้อมูลและแสดงผลข้อมูลการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดระบบไอโอที เพื่อเกษตรกรสามารถเข้าถึงผลการตรวจวัดค่าต่างๆ ผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สายได้ทุกที่ ทุกเวลา

ภาพ 4.8 การทดสอบค่าแรงดันน้ำและอัตราการไหลของน้ำ

จากภาพ 4.8 การตรวจวัดค่าแรงดันน้ำและอัตราการไหลของน้ำเพื่อต้องการออกแบบและวางระบบการจ่ายน้ำให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถนำค่าการตรวจวัดที่ได้เก็บบันทึก เพื่อเฝ้ามองสภาวะการทำงานของระบบน้ำเพื่อหาจุดผิดพลาดและปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งสามารถนำข้อมูลการตรวจวัดที่ได้ ส่งสัญญาณไปยังอุปกณ์บันทึกค่าและส่งสัญญาณเข้าระบบอินเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์หนึ่งของระบบไอโอที (IoT) ในการเฝ้ามองการทำงานได้ตลอดเวลาผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย



ภาพ 4.9 ไดอะแกรมการแบ่งพื้นที่จ่ายน้ำของสวนทุเรียนตัวอย่าง

ตารางที่ 4.2 การบันทึกค่าระบบแรงดันน้ำและอัตราการไหลของน้ำในสวนทุเรียน

NO.	Zone 1		Zone 2		Zone3	
1	O		X		X	
	Flow rate	Pressure	Flow rate	Pressure	Flow rate	Pressure
	378.00	0.73	0	0	0	0
2	X		O		X	
	Flow rate	Pressure	Flow rate	Pressure	Flow rate	Pressure
	0	0	346.27	0.71	0	0
3	X		X		O	
	Flow rate	Pressure	Flow rate	Pressure	Flow rate	Pressure
	0	0	0	0	386.98	0.64
4	O				X	
	Flow rate		Pressure		Flow rate	Pressure
	471.64		0.42		0	0
5	O		X		O	
	Flow rate		Flow rate	Pressure	Pressure	
	494.34		0	0	0.36	
6	X		O			
	Flow rate	Pressure	Flow rate		Pressure	
	0	0	467.11		0.40	
7	O					
	Flow rate			Pressure		
	507.87			0.30		

*Flow Rate Unit = L/min

*Pressure Unit = Bar

*สถานะ O = **เปิดระบบจ่ายน้ำ**

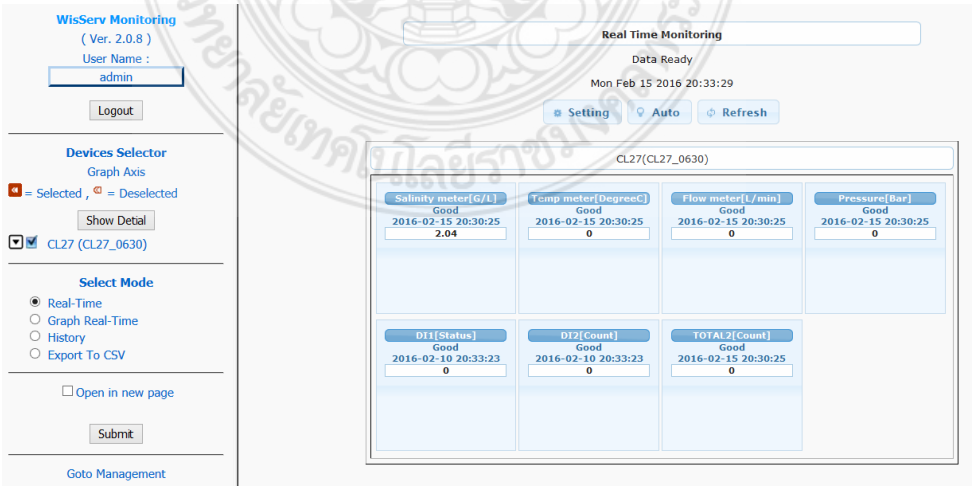
*สถานะ X = **ปิดระบบจ่ายน้ำ**

จากภาพ 4.9 สวนทุเรียนตัวอย่างมีพื้นที่ขนาด 4 ไร่ ทำการปลูกทุเรียนหลากหลายสายพันธุ์รวม 136 ต้น อาทิ ทุเรียนก้านยาว หมอนทอง ชะนี เป็นต้น ปัจจุบันมีการจัดทำบ่อพักน้ำขนาด 64 ลูกบาศก์เมตร ในการสำรองน้ำเพื่อใช้ทางเกษตร และใช้ปั๊มน้ำไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า

เป็นต้นกำลังในระบบจ่ายน้ำ ผู้ดำเนินงานวิจัยจึงให้คำแนะนำในการจัดแบ่งโซนการจ่ายน้ำให้ต้นทุเรียนเพื่อให้เหมาะสมกับระบบการจ่ายน้ำในปัจจุบัน และการติดตั้งระบบบันทึกข้อมูลและส่งสัญญาณค่าการตรวจวัดแบบถาวรเพื่อเก็บบันทึกค่าพารามิเตอร์จากอุปกรณ์เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ต่างๆ ให้เกษตรกรหรือคณะผู้วิจัยด้านอื่น ใช้เป็นข้อมูลประกอบการนำไปวิเคราะห์หรือใช้ประโยชน์สำหรับการพัฒนาต่อไปในด้านต่างสาขา และเฝ้ามองการแสดงผลผ่านอุปกรณ์ระบบสื่อสารไร้สายร่วมกับระบบเครือข่ายน้ำเค็มที่ติดตั้งอยู่ในปัจจุบัน เพื่อสังเกตสถานการณ์ความเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมที่อาจส่งผลกระทบต่อสวนทุเรียน ซึ่งเป็นการปรับปรุงการทำการเกษตรรูปแบบเดิมให้เป็นสวนอัจฉริยะที่เกษตรกรสามารถเข้าถึงการเฝ้ามองสภาวะความเปลี่ยนแปลงของสวนผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

4.5 ผลการทดลองระบบการแสดงผลบนเครือข่ายไอโอที (IoT)

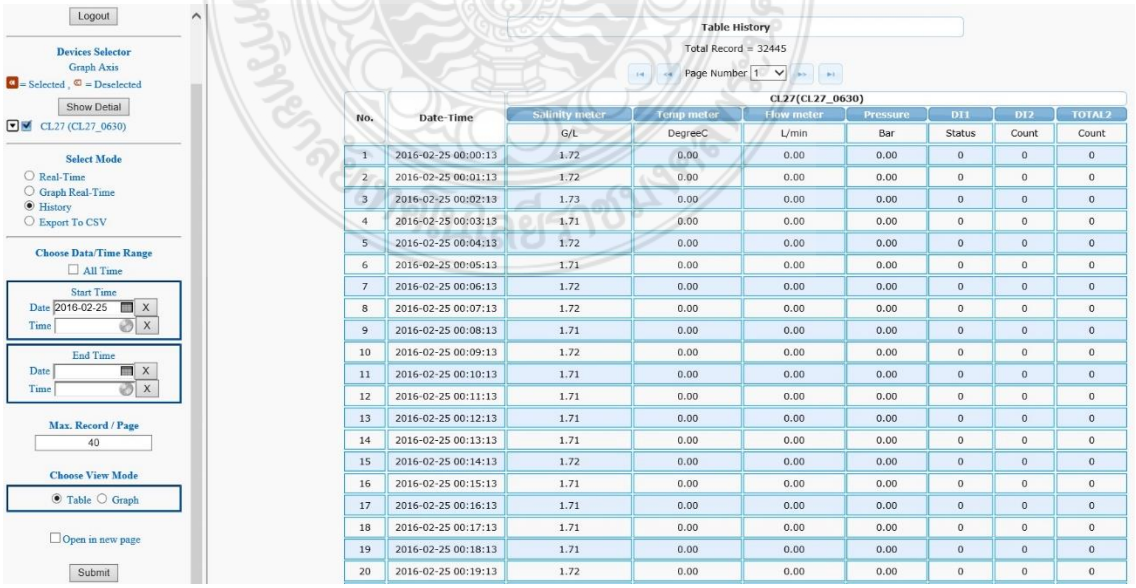
ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มมีรูปแบบในการแสดงผลที่หน้าจอหลักหลากหลายรูปแบบ เพื่อให้เกษตรกรสามารถตรวจดูค่าการตรวจวัดได้ตามเวลาจริงหรือการเรียกดูค่าการตรวจวัดย้อนหลัง ไปจนถึงการดาวน์โหลดข้อมูลการตรวจวัดที่ถูกเก็บบันทึกไว้บนระบบเครือข่ายมาตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง เพื่อจัดทำรายงานสภาวะน้ำเค็มสำหรับการจัดทำข้อมูลเชิงสถิติ ซึ่งเกษตรกรชาวสวนทุเรียนนนท์ทุกท่านที่เข้าร่วมโครงการ จะได้รับรหัสผ่านในการเข้าถึงข้อมูลการตรวจวัดต่างๆ ได้ผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์สมาร์ทโฟนหรืออุปกรณ์ระบบสื่อสารไร้สายได้ทุกที่ ทุกเวลา ซึ่งเป็นการอำนวยความสะดวกและเกษตรมีความพร้อมในการรับมือกับภาวะน้ำเค็มในคลองบางกอกน้อยได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ



ภาพ 4.10 การแสดงผลแบบ Real Time Monitoring

จากภาพ 4.10 การแสดงผลแบบ Real Time Monitoring คือการแสดงผลค่าการตรวจวัดตามเวลาจริงที่ผู้ใช้งานเปิดดูผ่านระบบแสดงผล ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ทำการปรับตั้งค่าเวลาในการอัพเดทหรือเปลี่ยนแปลงค่าการแสดงผลในทุก 5 นาที เพื่อให้ระบบเซิฟเวอร์ที่ให้บริการเป็นไปอย่างราบรื่น ไม่เกิดปัญหาระบบล่มในกรณีมีผู้ลงทะเบียนเข้าใช้งานพร้อมกันจำนวนมาก เนื่องจากสถานีตรวจวัดน้ำเค็มวัดบางอ้อยช้างทำการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์วัดค่าน้ำเค็มเพียงชนิดเดียว จึงทำให้หน้าจอแสดงผลเพียงค่าน้ำเค็มตำแหน่งเดียวเท่านั้น ในอนาคตหากกลุ่มเกษตรกรชาวสวนทุเรียนนนทบุรีได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐหรือองค์กรที่เกี่ยวข้อง สามารถติดตั้งหัวเซ็นเซอร์วัดค่าน้ำในคลองชนิดอื่นๆเพิ่มเติม เพื่อให้ระบบแสดงค่าการตรวจวัดตามพารามิเตอร์ที่เกษตรกรต้องการ

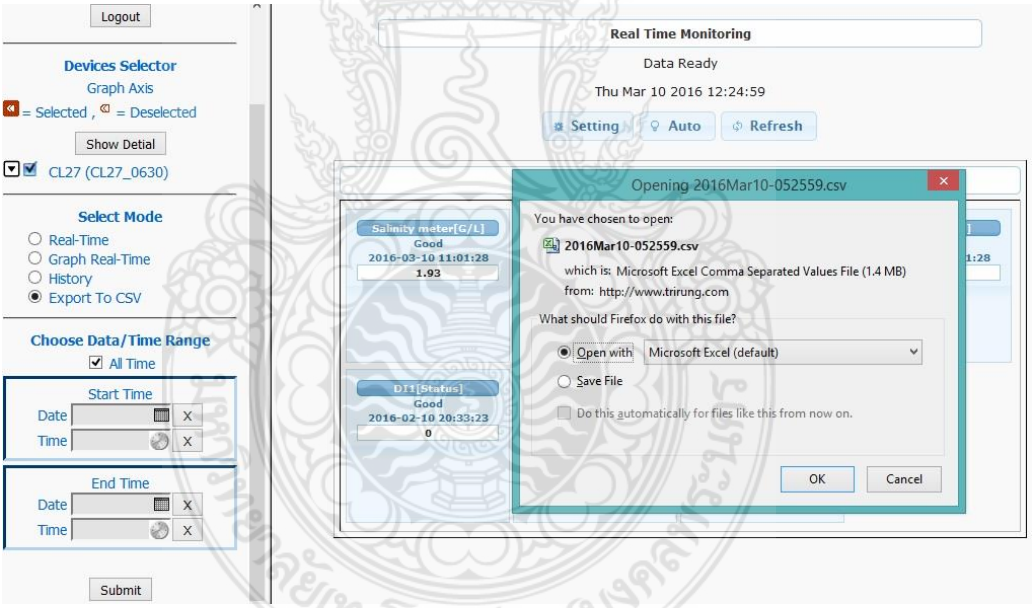
ภาพ 4.11 การแสดงผลแบบ Graph Real Time Monitoring



ภาพ 4.12 การแสดงผลแบบ History

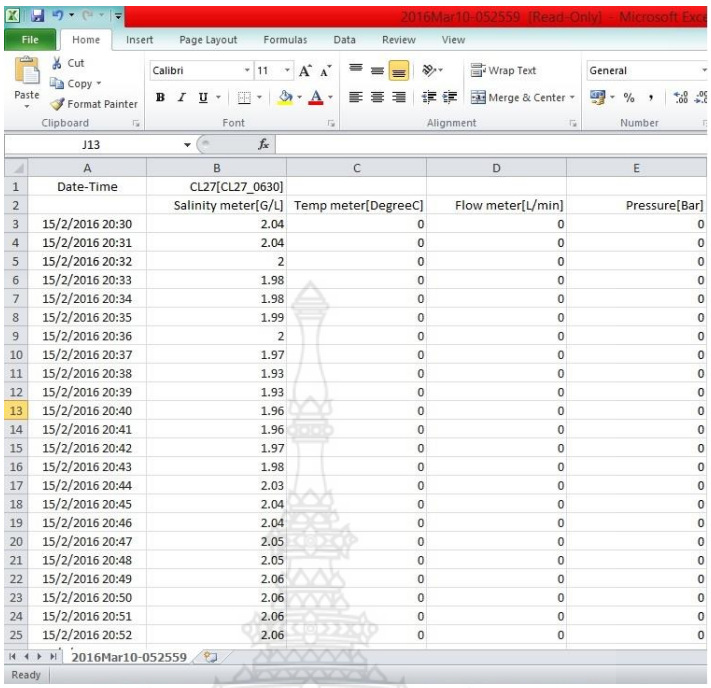
จากภาพ 4.11 การแสดงผลแบบ Graph Real Time Monitoring คือการแสดงผลค่าน้ำเค็มตามเวลาจริงในรูปแบบกราฟเพื่อให้ผู้ใช้งานได้เห็นค่าความเปลี่ยนแปลงของน้ำเค็มตามเวลาจริงและค่าน้ำเค็มย้อนหลังไปในระยะเวลา 30 นาที เพื่อความสะดวกสำหรับผู้ใช้งานที่เพิ่งเข้าระบบแสดงผลและต้องการเรียกดูค่าความเปลี่ยนแปลงย้อนหลังในช่วงเวลาครึ่งชั่วโมง

จากภาพ 4.12 การแสดงผลแบบ History คือการแสดงผลค่าการตรวจวัดทั้งหมดที่ถูกเก็บบันทึกไว้ในระบบจัดเก็บข้อมูล ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเรียกดูค่าย้อนหลังที่ถูกบันทึกไว้และกำหนดช่วงเวลาหรือวันที่ต้องการทราบค่าเพื่อเข้าถึงข้อมูลการตรวจวัดย้อนหลังตามช่วงวันและเวลาที่ต้องการ ทั้งนี้ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ทำการปรับตั้งค่าอุปกรณ์บันทึกค่าและส่งสัญญาณการตรวจวัดให้เก็บบันทึกค่าน้ำเค็มทุก 1 นาที ต่อ 1 ค่าการตรวจวัด เพื่อให้ทราบความเปลี่ยนแปลงสถานการณ์น้ำเค็มอย่างต่อเนื่องและมีความละเอียดในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบการดำเนินการวิจัยนี้



ภาพ 4.13 การอัพโหลดข้อมูลการตรวจวัด

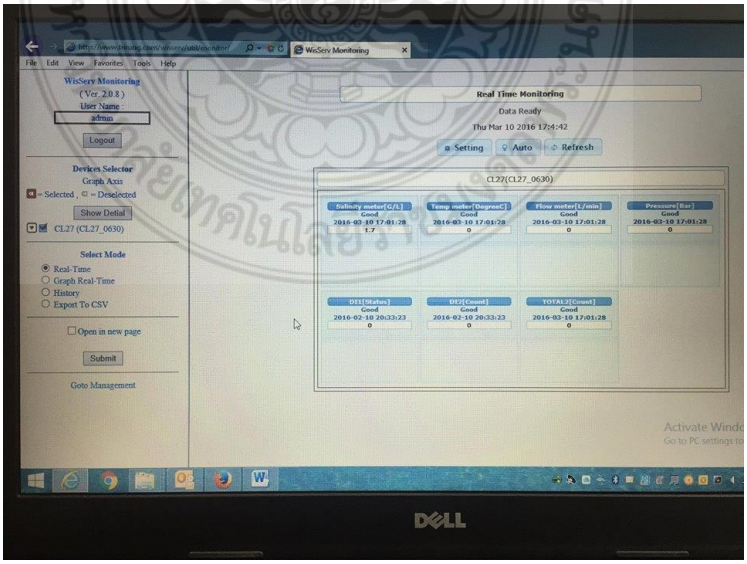
จากภาพ 4.13 การอัพโหลดข้อมูลการตรวจวัด คือการถ่ายโอนข้อมูลการตรวจวัดค่าที่ถูกบันทึกลงบนระบบฐานข้อมูล เพื่อเกษตรกร นักวิชาการหรือหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องต้องการเข้ามาช่วยเหลือหรือพัฒนาระบบต่อในอนาคต ได้นำข้อมูลการตรวจวัดที่ถูกเก็บบันทึกไว้ ไปวิเคราะห์ จัดทำรายงานหรือหามาตรการในการช่วยเหลือเกษตรกรเกี่ยวกับภาวะน้ำเค็มต่อไป



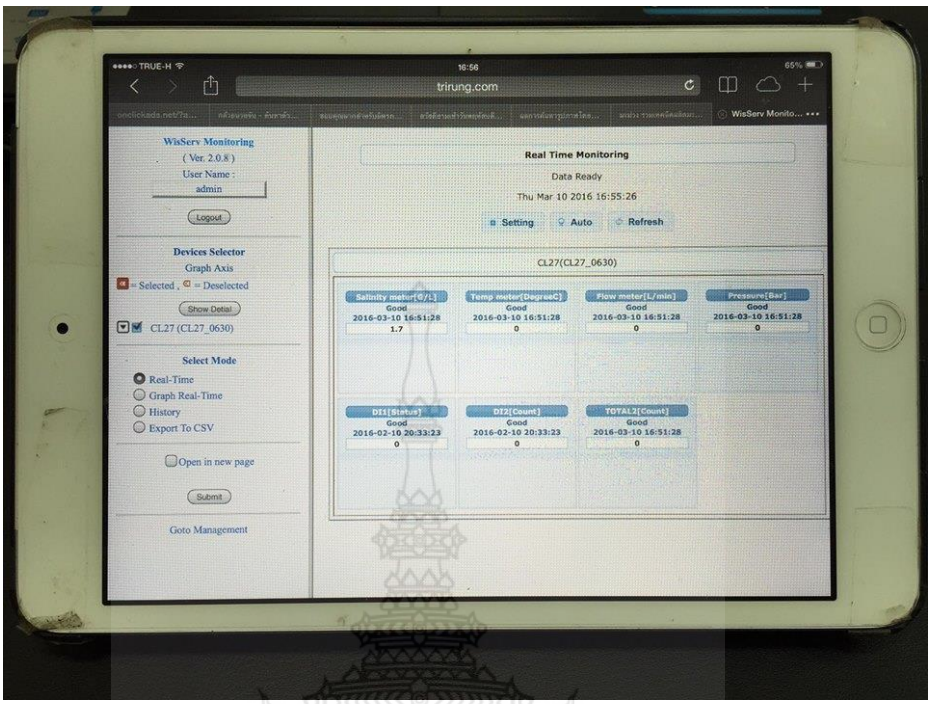
	A	B	C	D	E
1	Date-Time	CL27[CL27_0630]			
2		Salinity meter[G/L]	Temp meter[DegreeC]	Flow meter[L/min]	Pressure[Bar]
3	15/2/2016 20:30	2.04	0	0	0
4	15/2/2016 20:31	2.04	0	0	0
5	15/2/2016 20:32	2	0	0	0
6	15/2/2016 20:33	1.98	0	0	0
7	15/2/2016 20:34	1.98	0	0	0
8	15/2/2016 20:35	1.99	0	0	0
9	15/2/2016 20:36	2	0	0	0
10	15/2/2016 20:37	1.97	0	0	0
11	15/2/2016 20:38	1.93	0	0	0
12	15/2/2016 20:39	1.93	0	0	0
13	15/2/2016 20:40	1.96	0	0	0
14	15/2/2016 20:41	1.96	0	0	0
15	15/2/2016 20:42	1.97	0	0	0
16	15/2/2016 20:43	1.98	0	0	0
17	15/2/2016 20:44	2.03	0	0	0
18	15/2/2016 20:45	2.04	0	0	0
19	15/2/2016 20:46	2.04	0	0	0
20	15/2/2016 20:47	2.05	0	0	0
21	15/2/2016 20:48	2.05	0	0	0
22	15/2/2016 20:49	2.06	0	0	0
23	15/2/2016 20:50	2.06	0	0	0
24	15/2/2016 20:51	2.06	0	0	0
25	15/2/2016 20:52	2.06	0	0	0

ภาพ 4.14 ตัวอย่างข้อมูลการตรวจวัดหลังทำการอัพโหลดข้อมูล

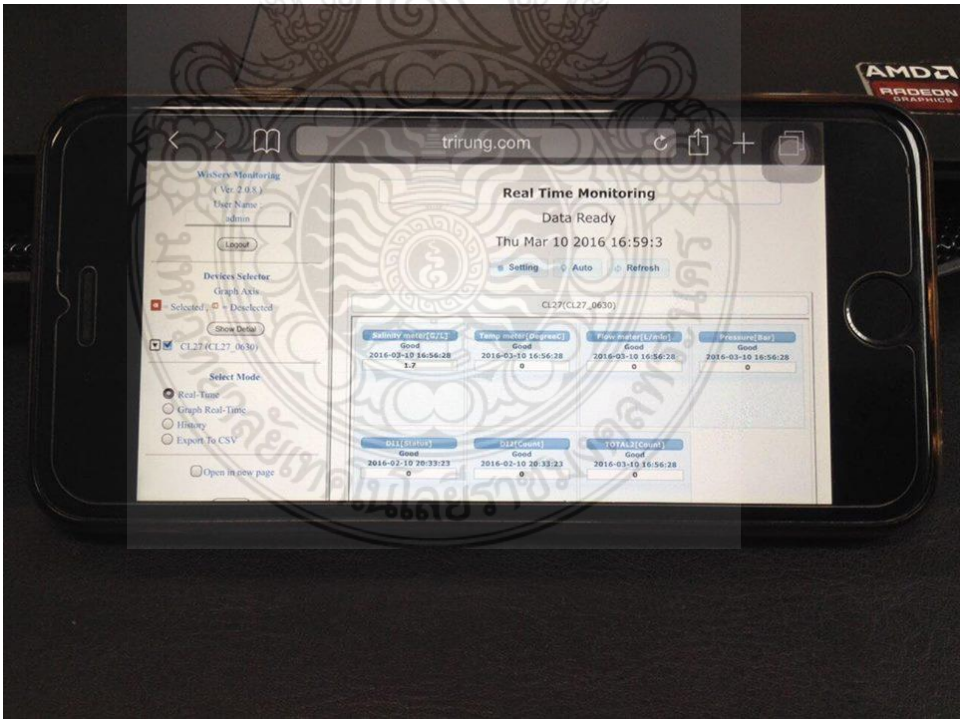
จากภาพ 4.14 แสดงตัวอย่างไฟล์ข้อมูลการตรวจวัดค่าน้ำเค็มที่ถูกอัพโหลดจากระบบบันทึกค่า เอกสารดังกล่าวจะถูกแปลงออกมาในรูปแบบ CSV File หรือไฟล์รายงานผลการตรวจวัด จากตัวอย่างจะแสดงผลเพียงค่าการตรวจวัดน้ำเค็ม เนื่องจากเป็นหัวเซ็นเซอร์ชนิดเดียวที่ถูกติดตั้งอยู่ในขณะนี้ และมีการเก็บบันทึกค่าในทุกช่วงเวลา 1 นาที ต่อ 1 ค่า การตรวจวัด



ภาพ 4.15 ตัวอย่างการแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์



ภาพ 4.16 ตัวอย่างการแสดงผลผ่านอุปกรณ์ Android



ภาพ 4.17 ตัวอย่างการแสดงผลผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน iOS

ผลการดำเนินงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการออกแบบระบบแสดงผลการตรวจวัดและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อสารไร้สายต่างๆ อาทิ สมาร์ทโฟน อุปกรณ์สื่อสาร iPad Tablet ฯลฯ เพื่อช่วยให้เกษตรกรเข้าถึงระบบแสดงค่าการตรวจวัดน้ำเค็มได้ทุกที่ ทุกเวลา ซึ่งเพิ่มความสะดวกสบายในการรับข่าวสารและระมัดระวังการผันน้ำไปใช้เพื่อการเกษตร เพื่อให้เกษตรกรชาวสวนทุเรียนนนท์สามารถวางแผนการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 5

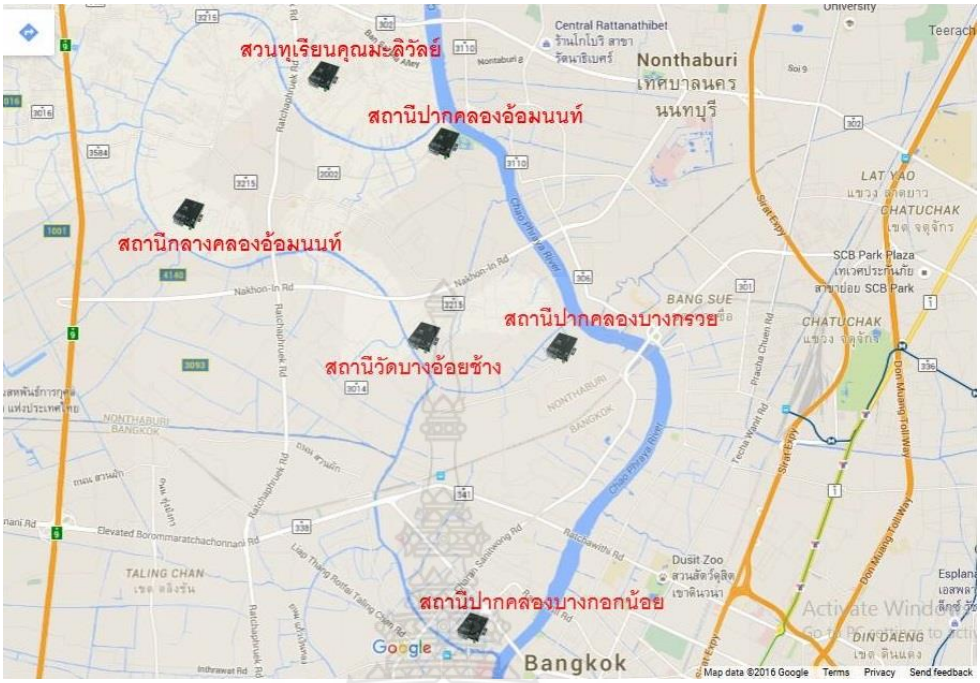
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

วิทยานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นตามเงื่อนไขการออกแบบระบบไอโอที (Internet of Things-IoT) หรือ อินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง เพื่อช่วยเหลือกลุ่มเกษตรกรชาวสวนทุเรียนนนทบุรี ซึ่งประสบปัญหาน้ำเค็มในการจัดทำระบบแสดงผลและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มในคลองบางกอกน้อย อำเภอบางกรวย จังหวังนนทบุรี พื้นที่ทำการเกษตรของชาวสวนทุเรียนนนทบุรี ให้สามารถรับข่าวสารและการแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มผ่านระบบอินเตอร์เน็ต โดยการแสดงผลและแจ้งเตือนผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟนหรืออุปกรณ์สื่อสารไร้สาย เพื่อความสะดวก รวดเร็วในการวางแผนการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความแม่นยำสูงสุด

5.2 ข้อเสนอแนะและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย

เนื่องจากชุดอุปกรณ์เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดและอุปกรณ์บันทึกค่าและส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบอินเตอร์เน็ตมีราคาสูง จึงทำให้เกษตรกรขาดงบประมาณในการจัดหาและสร้างเครือข่ายระบบตรวจวัดให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ประสบปัญหา จึงต้องประสานงานเพื่อขอรับช่วยเหลือด้านแหล่งทุนจากองค์กรภาครัฐหรือหน่วยงานในพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง ในการสนับสนุนงบประมาณในการวางระบบป้องกันน้ำเค็มผ่านระบบอินเตอร์เน็ต อีกทั้งอุปกรณ์ดังกล่าวยังเป็นยังเครื่องมือเฉพาะทางที่มักใช้ในงานด้านวิศวกรรมและภาคอุตสาหกรรม จึงทำให้กลุ่มเกษตรกรมีเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของระบบค่อนข้างน้อย หากมีการพัฒนาเป็นระบบเน็ตเวิร์คที่มีจำนวนสถานีตรวจวัดเพิ่มขึ้นในอนาคต



ภาพ 5.1 การจำลองตำแหน่งติดตั้งสถานีตรวจวัดน้ำเค็ม

หน้าแรก | ค้นหาข้อมูล | กราฟ | แผนที่จุดติดตั้ง | เว็บบอร์ด | เข้าสู่ระบบ

สถานี	ระยะทาง	วันที่	เวลา	กรด-ด่าง pH	ความเค็ม Salinity (g/l)	ความขุ่น Turbidity (NTU)	ความนำไฟฟ้า Conductivity (µS/cm)	สารละลาย TDS (mg/l)	คลอโรฟิลล์ Chlorophyll (µg/l)	ออกซิเจนในน้ำ DO (mg/l)	อุณหภูมิ Temp (°C)	ความลึก Depth (Meters)	ความนำไฟฟ้า 25 °C Conductivity 25 °C (µS/cm)
แม่น้ำเจ้าพระยา													
ปากคลองอ้อมนนท์	111	14/03/2559	21:20	7.21	0.12	17.10	280	170	1.20	5.31	29.27	2.79	258.00
ปากคลองบางกรวย	102	14/03/2559	21:20	7.35	0.13	26.90	302	180	2.90	5.40	29.04	0.49	279.00
กลางคลองอ้อมนนท์	96	14/03/2559	21:20	7.51	0.14	19.40	327	200	1.60	5.64	29.25	1.67	301.00
วัดบางอ้อยช้าง	64	14/03/2559	21:30	n/a	0.93	n/a	2003	1200	n/a	n/a	29.59	1.50	1,835.00
ปากคลองบางกอกน้อย	50	14/03/2559	21:20	n/a	2.40	n/a	4810	2940	n/a	n/a	28.33	1.80	4,510.00

ภาพ 5.2 ตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลที่คาดหวังเมื่อพัฒนาได้สมบูรณ์

จากรูปที่ 5.1 แสดงการจำลองตำแหน่งติดตั้งสถานีตรวจวัดน้ำเค็มและรูปที่ 5.2 หน้าต่างแสดงผลการตรวจวัดชนิดเต็มรูปแบบที่ผู้ดำเนินงานวิจัยคาดหวัง หากเกษตรกรได้รับการพัฒนาเพิ่มขึ้นหรือได้รับการสนับสนุนด้านแหล่งทุนจากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้ดำเนินการวิจัยและชาวสวนทุเรียน ให้ความสำคัญกับการติดตั้งสถานีบริเวณปากคลองสาขาหลักที่ได้รับการผันน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยา เพื่อให้ระบบเครือข่ายไอโอที (IoT) ที่ถูกออกแบบขึ้นมีประสิทธิภาพสูงสุดในการให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบค่าความเปลี่ยนแปลงหรือความเคลื่อนไหวของสถานการณ์น้ำเค็มแบบออนไลน์ผ่านระบบอินเตอร์เน็ตได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารอ้างอิง

Jicheng Cheng, Shanzhen Yi. Digital Agriculture--One of Application Domain of Digital Earth [J]. Proceedings of the International Symposium on Digital Earth. Science Press, 1999

Yong Liang, Xiu-shan Lu, De-gui Zhang, Fu Liang. Study on the Framework System of Digital Agriculture [J]. Chinese Geographical Science. 2003, 1(13): 15-19

Xuanli Liu, Macon Nelson, Mohammed Ibrahim. The Value of Information in Precision Farming. Paper of the Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, 2008

Su-bin Shen, Qu-li Fan, Ping Zong. Study on the Architecture and Associated Technologies for Internet of Things. Journal of Nanjing University of Posts and Telecommunications (Natural Science).2009, 29(6):1-11

ITU. ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things.

Christos Goumopoulos, Achilles D. Kameas, Alan Cassells. Ontology-driven system architecture for precision agriculture applications. Int. J. Metadata, Semantics and Ontologies. 2009, 1(4): 72-84

M. Narayana Reddy, N. H. Rao. Integrating Geo-spatial Information Technologies and Participatory Methods in Agricultural Development. CURRENT SCIENCE. 2009, 1(96):23-25

F. L. LEWIS. Wireless Sensor Networks. Smart Environments: Technologies, Protocols, and Applications. New York, 2004: 1-14

ทวิช ชูเมือง. 2558. Industrial Instrumentation Engineering and Design (Part II : Instrument Engineering and Selection), การออกแบบระบบเครื่องมือวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรม (เล่ม2 : การเลือกใช้และออกแบบระบบเครื่องมือวัด).

มนตรี ไล้สมบูรณ์. Pressure Instrumentation, เครื่องมือวัดความดัน.

สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์. 2555. หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่31. พิมพ์ดีการพิมพ์, กรุงเทพฯ

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เครื่องบันทึกข้อมูลและส่งสัญญาณ
ภาคผนวก ข เครื่องวัดค่าความเค็มของน้ำ
ภาคผนวก ค เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ
ภาคผนวก ง บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

ภาคผนวก ก
เครื่องบันทึกข้อมูลและส่งสัญญาณ

GPRS Data Logger

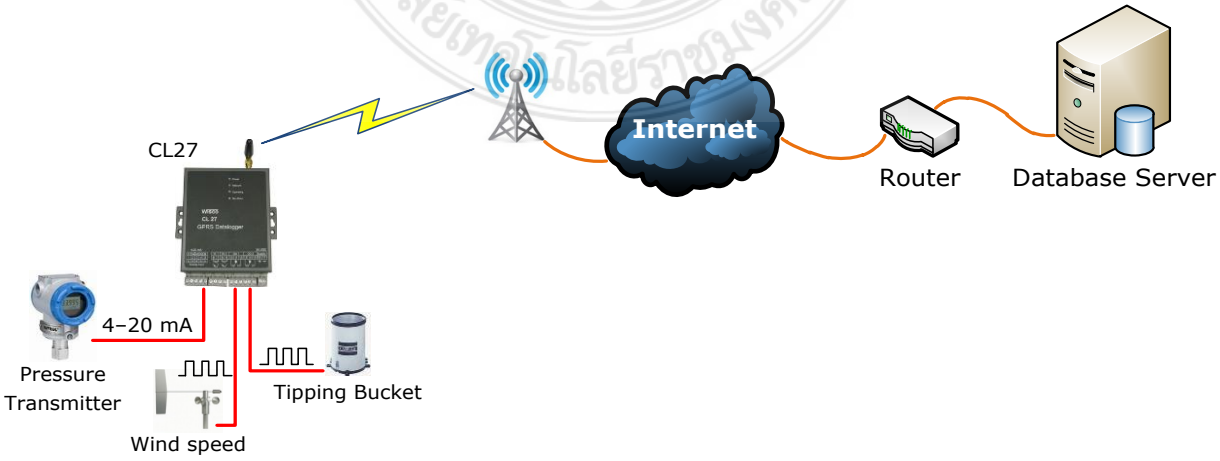
CL27

- 4 Channels Analog Input
- 2 Channels Totalizer
- UMTS/HSDPA Data Transfer
- Centralize data logger (Logger on common Database)
- Flash memory 8 MByte
- SMS Alarm (Send alarm to define number)
- Two Relay Output Control VIA SMS

GPRS Data Logger CL27 เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลค่าวัดต่างๆ CL27 สามารถวัดสัญญาณได้ทั้งแบบ Analog และ Digital (Pulse) โดย CL27 จะบันทึกค่าวัดอย่างต่อเนื่องลงใน Flash Memory การบันทึกข้อมูลทุกครั้งจะมีเวลาและวันที่ในการบันทึกข้อมูลกำกับไว้และจะส่งข้อมูลที่บันทึกได้นั้นผ่านสัญญาณ GPRS เข้าสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ต ไปยังเซิร์ฟเวอร์ของระบบ Centralized Data Logging System ซึ่ง CL27 สามารถเลือกโหมดการบันทึกข้อมูลได้ 3 แบบ คือ Continuous, Schedule และ Appointment และสามารถตั้งค่าจากระยะไกลให้กับ CL27 ผ่านทาง GSM Modem ได้

Analog Input สามารถเลือกสัญญาณการวัดไม่ว่าจะเป็นสัญญาณ 4-20 mA, 0-100 mVDC, 1-5 VDC, 0-5 VDC, 0-10 VDC โดย CL27 จะบันทึกค่าวัดอย่างต่อเนื่องเก็บไว้ โดยการบันทึกทุกครั้งจะมีเวลาและวันที่ในการบันทึกกำกับไว้

Digital Input สามารถรับสัญญาณได้ทั้งแบบ Logic และ Counter โดย Logic จะแสดงการ "ON" หรือ "OFF" ส่วน Counter จะแสดงค่าผลรวม (Totalized) ของจำนวน Input Pulse เช่น ใช้บันทึกค่า Totalized ของ Flow หรือบันทึกค่า Kwh. ของการใช้ไฟฟ้า



Wisnu and Supak Co., Ltd 102/111-112 Tessabansongkroh Rd., Ladyao, Jatujak, Bangkok 10900
Tel (662)591-1916, (662)954-3280-1, Fax (662)580-4427, www.wisco.co.th, E-mail info@wisco.co.th

Specifications

Cellular Interface

Dual Band: UMTS/HSDPA (900/2100 MHz)
Quad Band: GSM/GPRS/EDGE (850/900/1800/1900 MHz)
GPRS Multi - Slot: Class 12
EDGE Multi - Slot: Class 12
WCDMA 3GPP: Release 5
Output Power:
UMTS 850/1900: 0.25W
UMTS 900/2100: 0.25W
GSM 850/GSM 900: 2W
DCS 1800/PCS 1900: 1W
Data Transfer (Max.):
HSDPA: 3.6 Mbps (DL)
WCDMA: 384 Kbps (DL), 384 Kbps (UL)
EDGE Class: 236.8 Kbps (DL), 118 Kbps (UL)
GPRS: 85.6 Kbps (DL), 42.8 Kbps (UL)
CSD: GSM Data Rate 14.4 Kbps

USB Interface

Compliance: USB 1.1/2.0
Connector: USB Type B
Speed: 12 Mbps (Full - Speed USB)
Class: CDC

Analog Input

Number of Channel: 4 Channels
Input Type: Current, Voltage
Input Range:
Current (4 to 20 mA)
Voltage (0 to 5, 1 to 5, 0 to 10 VDC Optional)
ADC Resolution: 16 Bits
Accuracy: ± 0.2 % of Span

Digital Input

Number of Channel: 2 Channels
Sensor Type: NPN Open - Collector or Dry Contact
I/O Mode: DI or Even Counter
Dry Contact:
ON : Short to GND
OFF : Open
Counter Frequency: 20 Hz
Minimum Pulse Width: 50 msec

Relay Output

Number of Channel: 2 Channels
Relay Type: N.O. or N.C.
Contact Rating:
6 A @ 250 VAC
6 A @ 30 VDC

Recording

Storage Internal: Flash Memory 8 MByte
Recording Interval: 1 sec to 18 Hours (Programmable)
Recording Mode: Stop When Full
Recording by: Interval, Schedule, Appointment
Data Format: Can be Exported to MS Excel
Data Capacity: 260,000 Records

Power Requirements

Power Supply: 12 to 24 VDC

Power Consumption

Standby: 130 mA @ 12 VDC
GPRS Link: 300 mA @ 12 VDC

Environmental Limits

Operating Temperature: 0 to 55 °C
Operating Humidity: 5 to 95% RH
Storage Temperature: 0 to 70 °C

Physical Characteristics

Dimension: W100 x H123 x D30 mm.

Warranty

Warranty Period: 5 Year

Ordering Information Specify Input Range
Example CL27/4-20mA

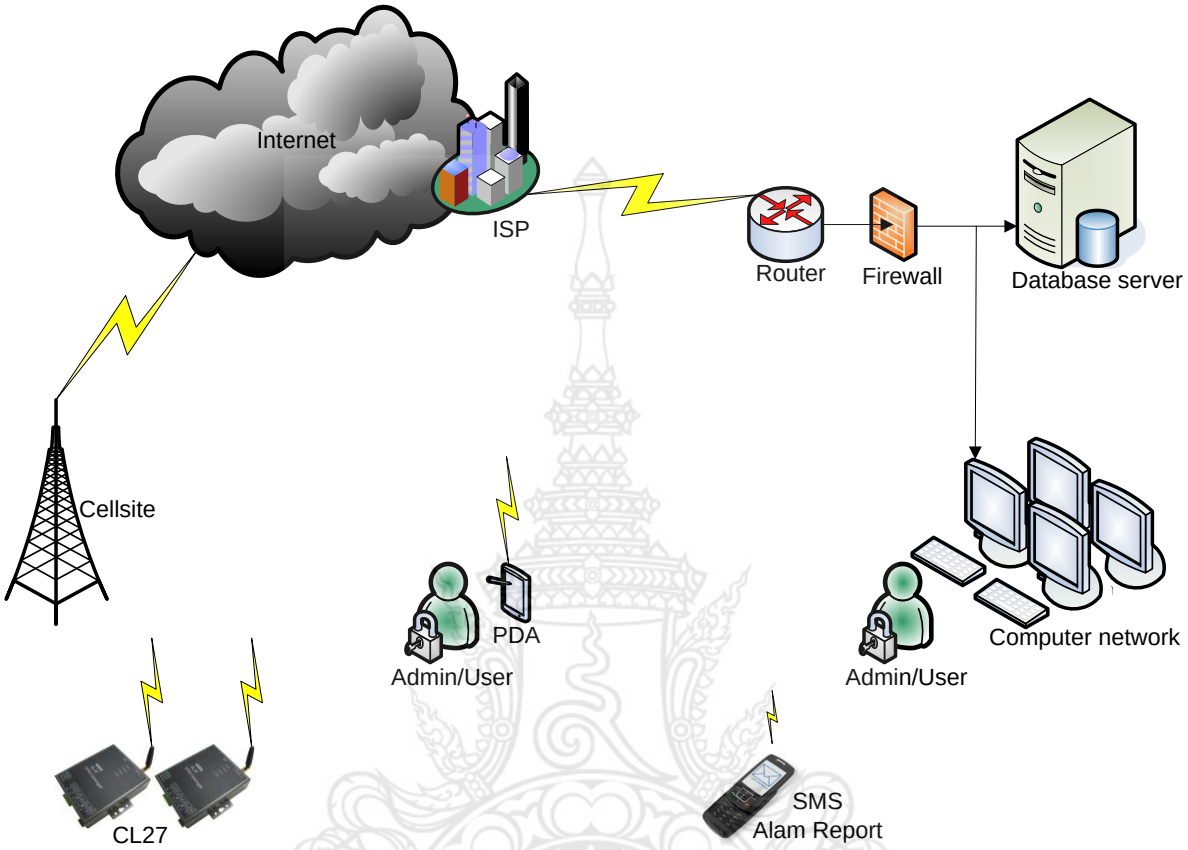
Package Checklist

1. CL27 2. Antenna 3. USB Cable 4. Manual 5. CD-ROM

บริษัท วิศณุและสุภัค จำกัด 102/111-112 หมู่บ้านสินพัฒนาธานี ถนนเทศบาลสงเคราะห์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร. (02)591-1916, (02)954-3280-1, แฟกซ์ (02)580-4427, www.wisco.co.th, อีเมล์ info@wisco.co.th

Centralized Data Logging System

ภาพรวมของระบบ



รูปที่ 1. แสดงภาพโดยรวมของระบบ Centralized Data Logging System

จากรูปที่ 1. เป็นการแสดงระบบ Centralized Data Logging System ที่พัฒนามาจากระบบฐานข้อมูลบนเซอร์ฟเวอร์ทั่วไป ที่สามารถเข้าใจง่ายคือ CL27 จะส่งข้อมูลสัญญาณ GPRS เข้าสู่ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ไปยังเซอร์ฟเวอร์ของระบบ และข้อมูลที่อยู่บนเซอร์ฟเวอร์นั้นสามารถเรียกดูหรือจัดการได้ทุกที่ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์, พีดีเอ, โทรศัพท์เคลื่อนที่หรืออื่นๆ ที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตได้

กล่าวคือ Centralized Data Logging System เป็นระบบจัดเก็บข้อมูลบนเครือข่ายและเป็นระบบการจัดเก็บข้อมูลแบบรวมศูนย์ โดยนำเอาความสามารถของเซอร์ฟเวอร์และระบบอินเตอร์เน็ตมาใช้ โดยข้อมูลต่างๆ จะมารวมกันที่เซอร์ฟเวอร์ และใช้ระบบอินเตอร์เน็ตเป็นตัวกระจายข้อมูล ทำให้ง่ายต่อการจัดการและเข้าถึงได้ทุกที่ที่มีอินเตอร์เน็ต โดยไม่จำเป็นต้องมาดึงเอาข้อมูลที่ตัวอุปกรณ์

ภาคผนวก ข
เครื่องวัดค่าความเค็มของน้ำ

CON3000 Economical

Conductivity / TDS/ Salinity Controller / Transmitter

- Designed for precision conductivity / TDS / Salinity control at complex industrial sites or in harsh environment.
- NEMA4X, IP65 rated: waterproof and airproof.
- High protection against electromagnetic interference.
- Control modes: on / off limited control (LIT).
- Separately adjustable high and low set-points.
- Scaleable isolated 4 -20 mA Outputs.
- Large LCD,with high luminance LED backlight.

Specification

Conductivity	Range	0.000 µS/cm-400.0 mS/cm
	Resolution	0.001 µS/cm-0.1 mS/cm
	Accuracy	±0.5% F.S.
	Cell Constant	K=0.01,0.1,1.0,10.0
	reference Temperature	15.0-25.0 °C
	Temperature Factor	0.00-4.00%
Salinity	Range	0.0-400.0 g/L
	Resolution	0.1 g/L
	Accuracy	±0.5% F.S.
TDS	Range	0.000 ppm-400.0 ppt
	Resolution	0.001 ppm-0.1 ppt
	Accuracy	±0.5% F.S.
	TDS Factor	0.40-1.0
Temperature	Range	-10.0-110.0 °C
	Resolution	0.1 °C
	Accuracy	±0.3 °C
	Temperature Sensor	Pt1000
Signal Output / load	Signal Output	4-20 mA(Adjustable)
	Current Accuracy	±1% F.S.
	Load	< 500 Ω
Relay Output	On/Off	2 SPST Relays
	Output	2.5A
Others	Power	100-230 VAC
	Working Temperature	0-60 °C
	Humidity	< 85%
	Installation	Panel Mounting
	Dimensions	108(W)×108(H)×160(D) mm
	Panel Cut Size	94×94 mm
	Weight	0.5kg

CS3521 Conductivity sensor

Range: 0 - 30.0 mS/cm
Cell constant: K=1.0 cm^{-1}
2-electrode Conductivity cell,
Temp: -10°C - 80°C
Pressure:0 - 8 bar

Temp sensor:Pt1000
Length : 50 mm,Φ13 mm
Graphite body
Thread:3/4",NPT 1/2", PG13.5 (optional)
Cable:5 m

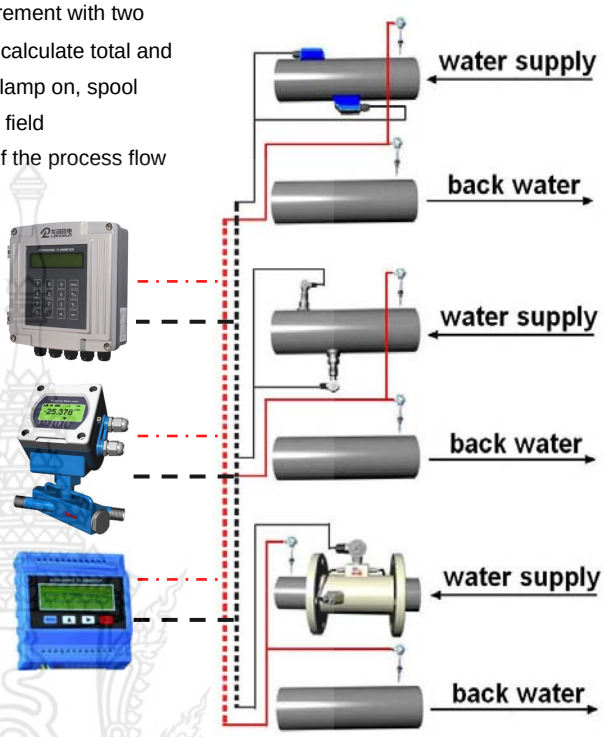
ภาคผนวก ค
เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ

LONGRUN-LRF

Ultrasonic Thermal Energy Meter
Model. LRF-2000S Series

GENERAL

LRF-2000S meters features transit-time ultrasonic flow measurement with two PT 100 temperature sensors or customer-supplied RTD sensors. to calculate total and instantanious energy measurement. Flow measurement comes in clamp on, spool piece or insertion sensors. Our microprocessor based,user friendly, field programmable flow measurement technique allows no interruption of the process flow energy, temperature and has low instalation costs.



FEATURES

- Energy consumption rate and total
- Compact or wall mount version
- Reliable Ultrasonic technology for flow and Pt 100 for temperature
- Featureing clamp on, spool piece or insrtion flow measurement
- Wide range velocities of 0.1 ~ +/- 32 m/s.
- Transducers for pipe size form 15 to 6000 mm.
- High accuracy of +/-0.5% of reading.
- Featuring RS485 and Modbus protocals
- 4-20mA and pulse outputs with relays and alarms
- Data logger function, include date, totalizer, signal condition.. Etc.
- Response time less than 1 second.

SPECIFICATION

- Flow measurement : Transit time Ultrasonic
- Transducer type : clamp, spool piece or insertion
- Temperature measure : Platnium 100 RTDs
- Pipe Size : 15-6000mm (1/2"- 240")
- Pipe Material : Cast Iron, Stainless Steel, Ductle Iron Copper, PVC, Aluminum, Asbestos Fiberglass… etc.
- Liner Material : Tar Epoxy, Rubber, Mortar, Polypropylene, Polystryal, Ploystryene, Polyester, Ebonite, Polyethylene, Teflon… etc.
- Flow Velocity : 0.1 ~ +/- 32 m/s
- Resolution : 0.0001 m/s
- Liquid temperature : -40 ~ +155°(-40F ~ +312F)
- Suspended solids : <2% particle size smaller than 75um
- Engineer Unit : Metric or English (US)
- Accuracy : +/- 1% ~ +/- 2% of reading(0.5 ~ 30 m/s) +/- 0.5% of reading (online calibration)
- Repeatability : +/-0.5% of reading
- Digital communication : Insolated RS 485. MODBUS, GPRS/GSM
- Measurement period : 0 to 99s
- Ambient Temperature : -20 ~ +50 deg C
- Display : LCD with backlight. 2 x 20 characters
- Keypad : 4 x 4 tactile-feedback membrane keypad Displays energy rate, total consumption temperature,instantaneous flow rate accumulated flow rate, velocity, time, etc.
- Mounting : wall mounting or integral
- Max. Cable Length : can be extended to 500m (not recommended)
- Power : Less than 2W
- Power Supply (AC) : 90 ~ 260Vac 50/60 Hz
- Power Supply (DC) 8~36 VDC
- Data Storage : Totalized data up 64 days Time and corresponding flow rates of the last 64 times power on/off events
- : Manual or automatic flow loss consumption
- Signal outputs : 4-20 mA , Impedance 0-1k, pulse, relays Isolated OCT for alarms (on/off with buzzer)
- Signal inputs Two RTD channels, and additional inputs
- Response Time : Less than 1 second
- Enclosure : NEMA 4X (IP65)
- Sensor : IP68(Submersible)
- Weight : 2kg (4lb) wall mount, 1Kg (2lb) integral

Trirung Charoenkit Engineering Product Co.,Ltd.
11/2 Moo 7 Bangrakpattana, Bangbuathong, Nonthaburi 11110 THAILAND
Tel : +66 (0) 2834 2672 Fax : +66 (0) 2597 3859

URL : www.trirung.com
www.flowmeterdee.com
E-mail : info@trirung.com

TRANSDUCER SPECIFICATION

Standard-Transducers

Fluid Temperature : -30 ~ +90 ℃

Accuracy: 1%

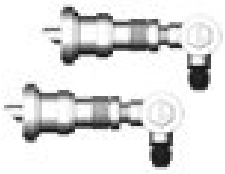
Model	SCS (Small Size)	SCM (Medium Size)	SCL- (Large Size)
Pipe Size	DN15-100mm	DN50-1000mm	DN300-6000mm
A*B*C	45mm*23mm*25mm	64mm*32mm*35mm	98mm*45mm*49mm

Insertion Transducers

Fluid Temperature : -40 ~ +160 ℃

Accuracy: 1%

Model	SIS (Standard)	SIL (Large Size)
Pipe Size	DN80-1000mm	DN300-6000mm



High Temperature Transducers

Fluid Temperature : -30~160 ℃

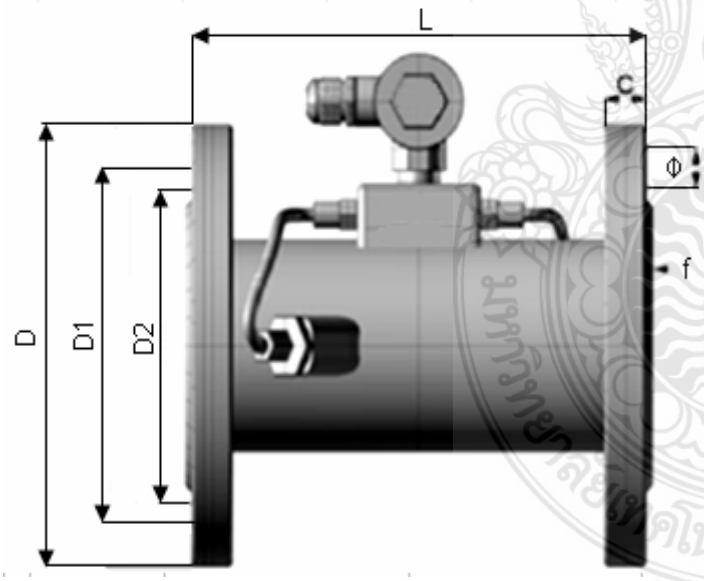
Accuracy: 1%

Model	STS (Small Size)	SHL (Medium Size)
Pipe Size	DN15-100mm	DN50-1000mm

Inline Type

Fluid Temperature : -40~90 ℃

Accuracy: 0.5%



DN	L	D	D1	φ×n	D2	f	C
50	200	165	125	18×4	99	3	20
65	200	185	145	18×4	118	3	20
80	225	200	160	18×4	132	3	20
100	250	220	180	18×8	156	3	22
125	250	250	210	18×8	184	3	22
150	300	285	240	22×8	211	3	24
200	350	340	295	22×12	266	3	24
250	450	405	355	26×12	319	3	26
300	500	460	410	26×12	370	4	28
350	550	520	470	26×12	429	4	30
400	600	580	525	26×16	480	4	32
450	700	640	585	30×20	548	4	34
500	800	715	650	33×20	609	4	36
600	1000	840	770	36×20	720	5	38
700	1100	910	840	36×24	794	5	40
800	1200	1025	950	39×24	901	5	42
900	1300	1125	1050	39×28	1001	5	44
1000	1400	1255	1170	42×28	1112	5	46

Note: all dimensions are mm unless stated

ACCESSORY

Pt-100 RTD

Measuring Tape

Mounting Belt

Silicone grease

Thickness gauge

Transducer cable

Energy Ultrasonic Flowmeter

Wall Mount

Size: 180×170×56mm
Marterial: cast aluminium
Setting data: flow unit, zero, clear total flow, K-factor, date, passwords, linearity factor, etc….
Input: 3 channel 4-20mA analog input, 2 channel resistance signal input
Output: Isolation RS232/RS485 output, MODBUS
2 channel isolation OCT output
1 channel isolation 4-20mA output (two-wire)
Protection: IP65

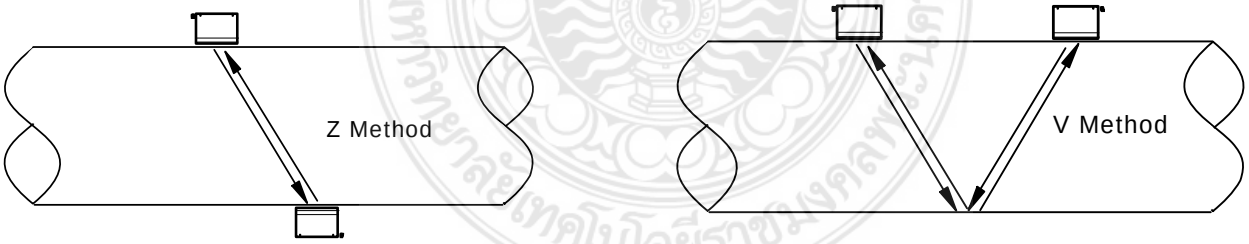
In-line Compact

Display: 1. status
2. error time
3. temperature difference
4. temperature
5. energy flow
6. total flow
7. flow rate
8. positive total flow
Size: 96×96×129mm
Input: 3 channel 4-20mA analog input, 2 channel resistance signal input
Output: Isolation RS232/RS485 output, 2 channel isolation OCT output
1 channel isolation 4-20mA output (two-wire), MODBUS
Protection: IP68
DC Power: 24VDC

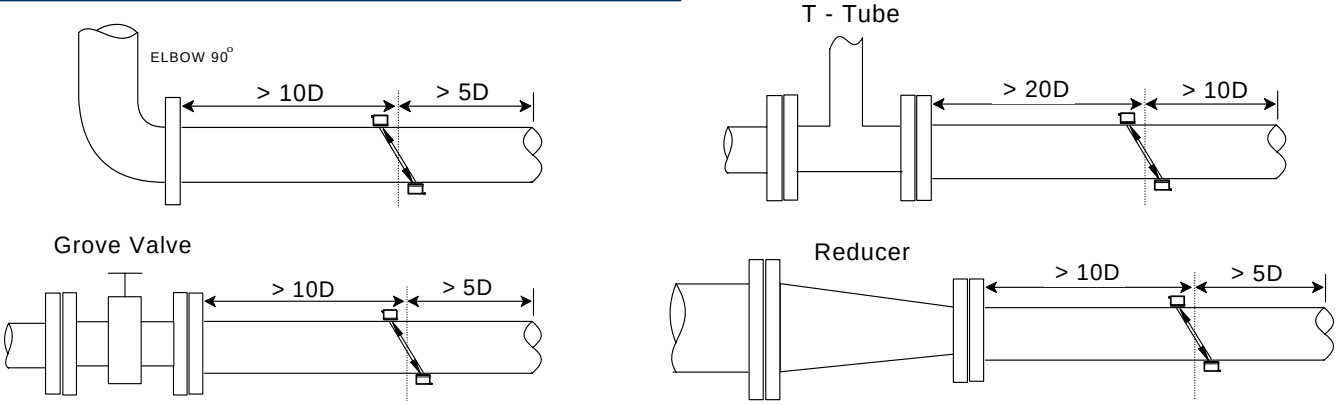
Remote Module

Size: 120×80×30mm
Display: 1. status 2. error time 3. temperature difference
4. temperature 5. energy flow 6. total energy flow
7. flow rate 8. positive total flow
Input: 3 channel 4-20mA analog input,
2 channel resistance signal input
Output: Isolation RS232/RS485 output
2 channel isolation OCT output
1 channel isolation 4-20mA output

INSTALLATION



STRAIGHT RUN PIPING REQUIREMENT



**** Please contact your local LONGRUN application engineer**

You also need to provide the following information:

Type of Fluid	**We need the name of your fluid, including operating density and viscosity**
Line Size	**pipe size and sensor connection type (insertion,clamp, etc..)**
Process Pressure and Temperature	**We calibration your Flowmeter as close to your application as possible**
Type of Electronics	**output and install type (compact, wallmount, panelmount,etc..)**
Pipe Material	**We need the name of your pipe material**

Model Selection Guide

LONGRUN-LRF-Energy							
Example 1: LONGRUN-LRF-WLE-TM-C1							
LONGRUN-LRF-	**	**	**	**	**		**Description**
Compact-multichannel with display,RS232/RS485,OCT output,4-20mA output	CPE						Flow Meter
Module-Energy, 4-20mA, RTD input, RS-232/RS-485, OCT, 4-20mA output	MUE						
Wall mount with display, mulitchanel input/outputs	WLE						
Pair of Pt 100 RTDs		RTD					RTD
Small clamp sensor, 15 ~ 100 mm			TS				Transducers
Middle clamp sensor, 50 ~ 1000 mm			TM				
Large clamp sensor, 300 ~ 6000 mm			TL				
High Temperature clamp sensor (-30-160℃), 15 ~ 100 mm			HTS				
High Temperature clamp sensor (-30-160℃), 50 ~ 1000 mm			HTM				
Standard insertion sensor			SIS				
Long insertion sensor			SIL				
Inline spool piece please state size in mm			SN-**"				
5M, 2 Cables				C1			Signal Cable Length
10M, 2 Cables				C2			
15M, 2 Cables				C3			
Addional wall mount transmitter					TW		Options
Additional panel mount transmitter					TP		
thinkness gague					P1		

ภาคผนวก ง
บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

ธีระชัย หลำเนียม และ ณัฐพงศ์ พันธุนะ

“การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่7 (EENET 2015): 456-459.

RMUTK
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 7
EENET2015

EENET2015

Creative Technology for Green Energy

27-29 May 2015, A-one The Royal Cruise Hotel

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7

The 7th Conference of Electrical Engineering Network
of Rajamangala University of Technology

Conference Topics

- ไฟฟ้ากำลัง (PW)
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)
- อิเล็กทรอนิกส์ (EL)
- ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
- ระบบควบคุมและการวัด (CT)
- การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (DS)
- พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน (ES)
- งานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
- นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ (IN)

คณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ

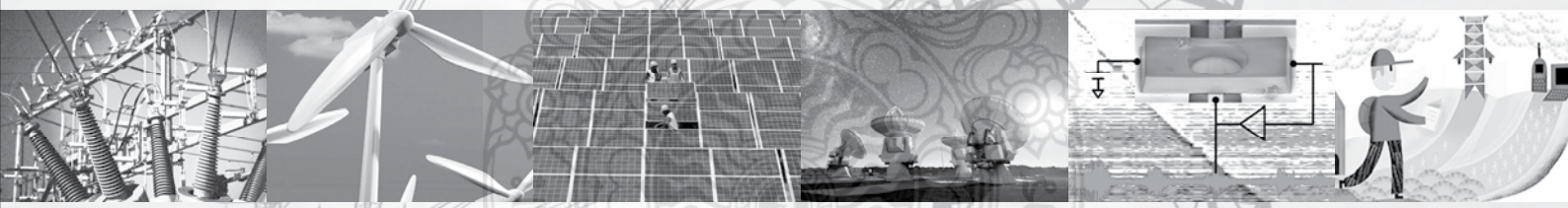
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพ 10120
http://www.eenet2015.org

EENET2015

27-29 May 2015, A-one The Royal Cruise Hotel

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7

The 7th Electrical Engineering Network 2015
of Rajamangala University of Technology



Conference Topics

- ไฟฟ้ากำลัง (PW)
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)
- อิเล็กทรอนิกส์ (EL)
- ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
- ระบบควบคุมและการวัด (CT)
- การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (DS)
- พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน (ES)
- งานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
- นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ (IN)

คณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพ 10120
http://www.eenet2015.org

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7
Proceedings of the 7th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2015 (EENET 2015)

การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที

Design and Application of a Smart Farm base on IoT

ธีระชัย หลำเนียม และ ณัฐพงศ์ พันธุนะ
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ สาย1 บางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: teerachai@trirung.com, nattapong100@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ได้ศึกษาและออกแบบการนำเทคโนโลยี IoT หรือ Internet of Thing เข้ามาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีทางการเกษตร โดยการนำเทคโนโลยีเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ไปเก็บพารามิเตอร์ต่างๆ ในการควบคุมดูแลสวนผลไม้จากหลายๆสวนให้สามารถเฝ้ามองและควบคุมระบบได้อย่างอัตโนมัติพร้อมกันและแสดงผลด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟน คือ อุณหภูมิ ความดันของระบบการจ่ายน้ำ ระดับของน้ำในบ่อน้ำ คุณภาพของน้ำที่นำมาใช้ประโยชน์ และรวมสัญญาณทั้งหมดส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตให้ผู้ใช้งานสามารถเฝ้ามองสภาวะของสวนผลไม้ได้ตลอดเวลา จากผลการทดลองพบว่าระบบการควบคุมน้ำสามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขของตัวควบคุมและสามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายข้อมูลได้ในเวลาจริง

คำสำคัญ: ไอโอที, การเฝ้ามอง, การรวมสัญญาณ

Abstract

This article was studied and designed to merge the IoT technology (Internet of Thing) in agricultural technology. By the IoT technology used the sensor and transducer technology to record parameters for monitoring automatically many orchard. The data will show on your smart phone. You can see temperature, pressure of water supply system, level of water in pond this article was studied and designed to merge the IoT technology in agricultural technology. By the IoT technology used the sensor and transducer technology to record parameters for monitoring automatically many orchard. The data will show on your smart phone. You can see temperature, pressure of water supply system level of water in pond and signal integrate to transmit data by network internet for any user can monitor from anywhere and all time. The result shown that the water control system can work actually as condition of controller and can transmit by network internet in real time.

Keywords: Internet of Thing, Monitoring, Signal Integrate

1. บทนำ

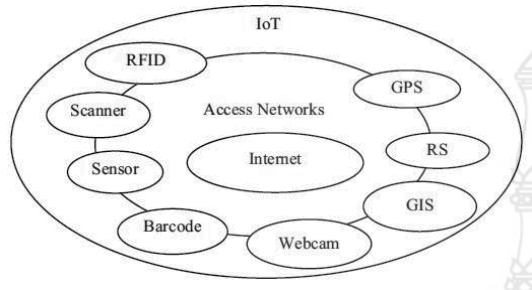
ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ทำการเกษตรมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มากกว่าร้อยละ 50 ของคนไทยประกอบอาชีพเกษตรกร ทำสวน ทำไร่ ทำนา ตามสภาพของภูมิประเทศที่อาศัยอยู่ จนถือได้ว่าประเทศไทยเป็นอู่ข้าวอู่น้ำของโลกก็ว่าได้ เพราะสามารถปลูกพืชผักนานาพันธุ์ได้เองตลอดทั้งปีทุกฤดูกาล และยังสามารถนำผลิตผลส่งออกไปขายยังต่างประเทศได้อีกด้วย โดยมีข้าวหอมมะลิที่เคยเป็นสินค้าส่งออกอันดับหนึ่งของประเทศไทย และผลไม้ที่มีชื่อเสียง เช่น ทุเรียน ที่มีชื่อเสียงโด่งดังไปทั่วโลก แต่ในศตวรรษที่ 20 นี้ การแข่งขันในด้านการเพาะปลูกจากประเทศเพื่อนบ้านมีสูงมาก เกษตรกรจึงต้องหันมาพึ่งเทคโนโลยีสมัยใหม่มากขึ้น เพื่อทำให้ได้มีผลผลิตทางการเกษตรที่มากขึ้น สามารถขยายส่วนแบ่งการตลาดที่สูงขึ้นได้ในตลาดโลกได้อย่างกว้างขวาง

มีนักวิจัยมากกมายทั้งในทวีปเอเชีย ยุโรป และอเมริกาได้ผสมผสานเทคโนโลยีด้านการเกษตรเข้ากับเทคโนโลยีด้านไอที (Information Technology) และอุปกรณ์สื่อสารเข้าไว้ด้วยกันเพื่อใช้เป็นการวางแผนการเพาะปลูกให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เช่นการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในพื้นที่เพาะปลูก เซนเซอร์ควบคุมระดับความชื้นเพื่อควบคุมความชื้นในโรงเรือน ทรานสดิวเซอร์วัดอัตราการไหลของท่อส่งน้ำในสวน เซนเซอร์วัดปริมาณแสงเพื่อควบคุมแสงตามความต้องการของพืช โดยที่ผู้ใช้งานจะเก็บบันทึกค่าจากเซนเซอร์ทั้งหมดเข้ากับส่วนกลาง แล้วนำพารามิเตอร์ต่างๆไปประมวลผลเพื่อนำไปออกแบบขั้นตอนการควบคุมต่อไป ด้วยเทคโนโลยีการส่งข้อมูลแบบต่างๆขึ้นอยู่กับความต้องการ โดยระบบที่นำเข้าไปผสมผสานนี้จะทำให้สวนผลไม้ธรรมดาๆ กลายเป็น “สวนอัจฉริยะ” หรือ Smart Farm.

2. องค์ประกอบของไอโอที

แนวคิดของนักวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ไอโอที หรือ Internet of Thing (IoT) มีมากมาย แต่ในบทความวิจัยนี้จะสรุปแนวคิดของ IoT ได้ดังนี้ IoT จะเป็นการส่งข้อมูลที่มีหลายรูปแบบจากอุปกรณ์เซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์หลากหลายชนิด ให้สามารถมารวมกันได้อย่างมีนัยสำคัญ

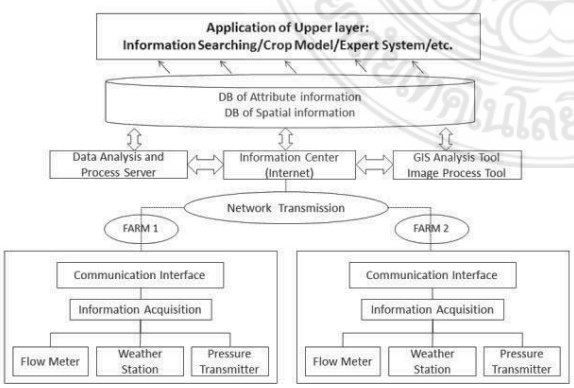
เช่น เซนเซอร์ความดัน เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ อาร์เอฟไอดี (RFID) ระบบระบุตำแหน่งบนพิกัดโลก (GPS) และเซนเซอร์อินฟราเรด เป็นต้น และรวบรวมเอาสัญญาณที่ได้มาประมวลผลเข้าด้วยกัน และส่งข้อมูลผ่านระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ต และสามารถเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวได้ทุกที่ทุกเวลา ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปแบบการจัดการแบบ IoT

3. การออกแบบระบบการจัดการสวนอัจฉริยะ

ในบทความวิจัยนี้ได้นำข้อมูลจากสวนทุเรียนจำนวน 3 สวน จาก 14 สวน ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดนนทบุรีมาออกแบบ และสร้างโปรแกรมในภาพรวม เนื่องจากสวนต่างๆต้องใช้ทรัพยากรร่วมกันตามธรรมชาติ เช่น แหล่งน้ำ คือน้ำที่ไหลจากแม่น้ำเจ้าพระยาและแยกเข้าตามสวนต้องให้มีคุณภาพดีและใช้งานได้ ระบบการรดน้ำให้ครอบคลุมทั่วพื้นที่ในสวน ดังนั้น การใช้งานจึงต้องนำข้อมูลจากแต่ละสวนเข้ามาประมวลผลพร้อมกันบนเซิร์ฟเวอร์กลางก่อน แล้วจึงทำการส่งข้อมูลให้เกษตรกรนำไปใช้งานต่อไป ตามรูปที่ 2 เป็นการออกแบบระบบการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ต่างๆของแต่ละสวน เข้าไปประมวลผลบนเซิร์ฟเวอร์กลาง (Data Analysis and Information Center) ก่อนจะเก็บข้อมูลลงบนฐานข้อมูลและให้เกษตรกรเข้าไปดูข้อมูลต่างๆได้ด้วยคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สมาร์ทโฟนทั่วไปได้



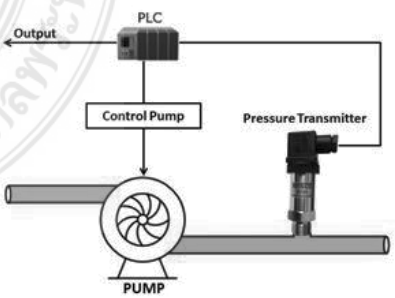
รูปที่ 2 รูปแบบการจัดการสวนอัจฉริยะ

ในการออกแบบระบบการจัดการระบบน้ำในงานวิจัยนี้ จะควบคุมด้วย Programmable logic Control หรือ PLC โดยจะมุ่งเน้นแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับแรงดันน้ำที่ไม่ต่อเนื่องและอัตราการไหลของน้ำที่ไม่สม่ำเสมอ ไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการน้ำของต้นทุเรียน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการเจริญเติบโตของต้นทุเรียน โดยการติดตั้งเซนเซอร์วัดแรงดันน้ำและเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำมาช่วยในการตรวจวัดค่าและส่งสัญญาณค่าที่ได้ไปยัง PLC เพื่อสั่งการปรับปรุงและควบคุมการทำงานของระบบจ่ายน้ำแบบใหม่ให้ทำงานได้อย่างเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ตามสภาพแวดล้อมของสวน ณ เวลานั้น เช่น ออกแบบใหม่ให้แบ่งพื้นที่การรดน้ำเป็นโซนนิ่ง และปริมาณน้ำให้ตามความต้องการ ณ เวลาจริง และหากอุณหภูมิโดยรอบของสวนเกินกว่า 40 องศาเซลเซียส ระบบจะหยุดการทำงาน เพราะหากให้น้ำเมื่ออุณหภูมิสูงจะทำให้เป็นอันตรายกับต้นทุเรียนได้

3.1 การติดตั้งระบบวัดแรงดันน้ำในท่อส่งน้ำ

เนื่องจากระบบการจ่ายน้ำเดิมของสวนทุเรียนเดิม เป็นการใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นตัวต้นกำลังในการส่งแรงดันน้ำเข้าสู่ระบบโดยไม่มีการแบ่งโซน ซึ่งมีข้อเสียในด้านของกำลังส่งน้ำไม่เพียงพอและไม่สม่ำเสมอ สิ้นเปลืองพลังงานสูง มีมลพิษจากควัน แรงดันน้ำของหัวจ่าย (Springer) ไม่แรงพอสำหรับหัวจ่ายที่อยู่ห่างไกลเครื่องยนต์

ดังนั้นนอกจากการแบ่งโซนการรดน้ำใหม่แล้ว ยังใช้ระบบควบคุมการจ่ายน้ำด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ (PLC) และใช้ปั๊มน้ำไฟฟ้าร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดแรงดันน้ำแบบดิจิตอล (Pressure Transmitter) ซึ่งสามารถตรวจวัดค่าแรงดันน้ำและส่งสัญญาณค่าแรงดันที่ได้ เข้าระบบควบคุมอัตโนมัติ เพื่อสั่งการและควบคุมระบบจ่ายน้ำให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ไปยังเซิร์ฟเวอร์ของระบบ



รูปที่ 3 การติดตั้งทรานสมิทเตอร์วัดความดันน้ำ

ข้อมูลที่อยู่บนเซิร์ฟเวอร์ สามารถเรียกดูหรือจัดการได้ทุกที่ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์, พีดีเอ, โทรศัพท์เคลื่อนที่หรืออื่นๆ ที่เชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ต เพื่อเฝ้ามองข้อมูลและวิเคราะห์ค่าหรือปัญหาของ

ระบบได้อย่างรวดเร็ว ดังข้อมูลการตรวจวัดค่าความแตกต่างของแรงดันน้ำในระบบก่อนและหลังปรับปรุงตามตารางที่ 1 ซึ่งจากผลการทดสอบค่าแรงดันน้ำจะพบว่าเมื่อปรับปรุงระบบจ่ายน้ำให้มีประสิทธิภาพแล้ว แรงดันน้ำในสวนทุเรียนมีอัตราการจ่ายน้ำที่คงที่ สม่ำเสมอและมีประสิทธิมากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิมของเกษตรกร ซึ่งระดับน้ำปลายทางมีระยะการกระจายน้ำของหัวจ่ายเพียงแค่ 20-30 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับระบบอัตโนมัติแบบใหม่ที่มีระยะการกระจายน้ำของหัวจ่ายถึง 1.5 เมตร

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบแรงดันของน้ำก่อนและหลังการปรับปรุง

ความยาวท่อ (M.)	แรงดันท่อหลัก 3" ก่อนปรับปรุง (PSI)	แรงดันท่อหลัก 3" หลังปรับปรุง (PSI)
5	3.7	6.6
10	3.7	6.6
20	3.6	6.6
40	3.4	6.5
60	3.2	6.4
90	2.8	6.4

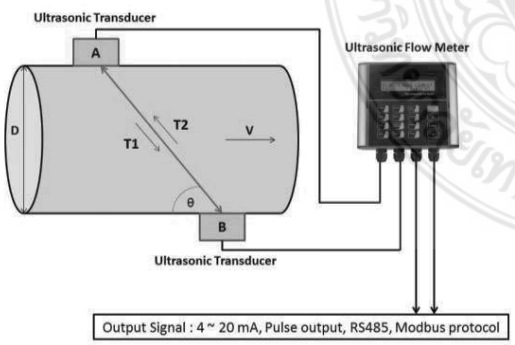
หลักการของเครื่องวัดอัตราการไหลของของเหลวแบบอัลตร้าโซนิค โดยใช้การวัดค่าความต่างของเวลาจากการส่งคลื่นอัลตร้าโซนิคแบบพัลส์ไปตามทิศทางของกระแสน้ำและนับค่าอัตราการไหลผ่านตัวส่งและตัวรับสัญญาณคลื่นอัลตร้าโซนิคที่วิ่งผ่านของเหลวที่ถูกวัดในท่อ หลักการวัดแสดงตามรูปที่ 4 ผลการวัดอัตราการไหลของน้ำก่อนและหลังการปรับปรุงตามตารางที่ 2 จะพบว่าอัตราการไหลหลังปรับปรุงมีค่าสูงขึ้นและคงที่มากขึ้น

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำก่อนและหลังการปรับปรุง

ความยาวท่อ (M.)	อัตราการไหลท่อหลัก 3" ก่อนปรับปรุง (L/Min)	อัตราการไหลท่อหลัก 3" หลังปรับปรุง (L/Min)
5	320	532
10	316	535
20	290	528
40	277	512
60	248	508
90	221	516

3.2 การติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราการไหลในท่อส่งน้ำ

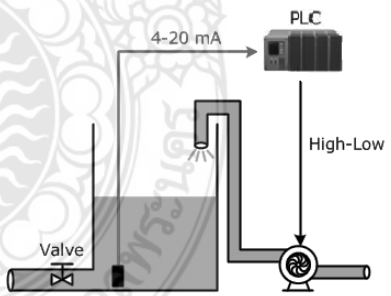
การวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ โดยจะใช้เป็นข้อมูลวิเคราะห์ร่วมกับการวัดความดันของน้ำในท่อเช่นกัน โดยอาศัยการควบคุมจาก PLC เป็นหลัก ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องวัดอัตราการไหลด้วยหลักการอัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Flow Meter) เพื่อความสะดวกรวดเร็วและแม่นยำในการวัด อีกทั้งเป็นเครื่องมือที่มีมาตรฐานในการตรวจวัดสูงมาก ใช้ในการตรวจวัดค่าตามจุดต่างๆ เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในงานระบบวิศวกรรมอย่างแพร่หลาย



รูปที่ 4 การวัดอัตราการไหลของของเหลวแบบอัลตร้าโซนิค

3.3 การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับในบ่อพักน้ำ

ก่อนการเริ่มใช้งาน ระบบจะทำการตรวจวัดระดับของน้ำในบ่อพักก่อน แล้วคำนวณปริมาณน้ำว่าเพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่ หากไม่พอระบบจะแจ้งเตือนก่อนการทำงานต่อไป

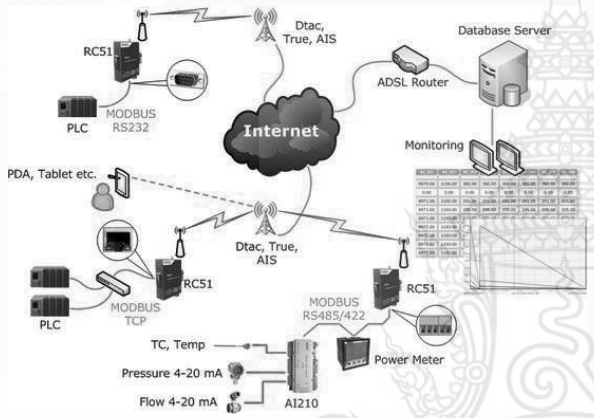


รูปที่ 5 การติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับในบ่อพักน้ำ

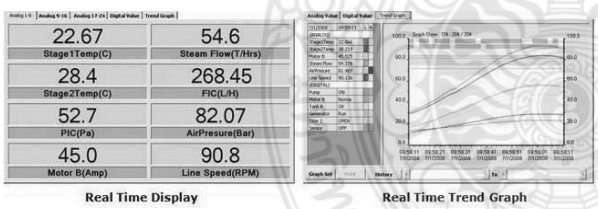
Level Transmitter เป็นอุปกรณ์วัดระดับของของเหลว โดยใช้ค่ากระแสมาตรฐาน 4-20 mA เปลี่ยนแปลงตามระดับของของเหลว การติดตั้งทำโดยหย่อนเครื่องวัดระดับลงไป ให้อยู่ที่ระดับต่ำสุดของบ่อ ดังรูปที่ 5 ซึ่งในการทดสอบ ได้นำอุปกรณ์วัดระดับน้ำ Level Transmitter รุ่น LT20 ยี่ห้อ WISCO เพื่อตรวจวัดและส่งสัญญาณค่าปริมาณน้ำในบ่อ และนำข้อมูลมาวิเคราะห์และบริหารจัดการน้ำให้เพียงพอต่อการใช้งานต่อไป

3.4 การออกแบบและการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย

ระบบการรับส่งข้อมูลของสวนอัจฉริยะ มีโครงสร้างจากอุปกรณ์ตรวจวัดเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ต่างๆ ที่ส่งค่าพารามิเตอร์ในการตรวจวัดผ่านสัญญาณอนาล็อคเอาท์พุท 4-20mA ไปยังอุปกรณ์ควบคุม PLC หรือ Analog input module แล้วแปลงสัญญาณเป็นแบบ MODBUS เพื่อส่งต่อไปยังอุปกรณ์รวบรวมข้อมูลและส่งข้อมูลระยะไกลแบบ 3G Modbus Data Center ที่ติดตั้งไว้ในสวนทุเรียนต่างๆ แล้วส่งข้อมูลการตรวจวัดค่าที่ได้เข้าสู่ระบบอินเตอร์เน็ตไปยังฐานข้อมูลส่วนกลางหรือ PDA, Tablet, อุปกรณ์สื่อสารของชาวสวนตามแสดงในรูปที่ 6 และมีรูปแบบการแสดงค่าผลการตรวจวัดจากเซนเซอร์ต่างๆ ตามโปรมแสดงผลดังรูปภาพที่ 7



รูปที่ 6 การส่งข้อมูล



รูปที่ 7 ตัวอย่างโปรแกรมการแสดงผลข้อมูล

4. สรุป

ระบบการทำงานเดิมของชาวสวนใช้เครื่องยนต์ทางการเกษตรขับปั๊มน้ำเพียงอย่างเดียวและไม่มีการบริหารจัดการสวนทุเรียนอย่างเป็นระบบ ทำให้เกิดปัญหาหลายด้าน อาทิ แรงดันน้ำ ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการรดน้ำต้นทุเรียนและไม่มีข้อมูลทางการเกษตรเพื่อการวางแผนหรือปรับปรุงการทำสวนในอนาคต

ซึ่งเมื่อทำการติดตั้งระบบการจัดการน้ำในแบบอัตโนมัติให้กับสวนทุเรียนแล้ว โดยการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าและออกแบบระบบการจ่ายน้ำภายในสวนใหม่พร้อมกับติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์เพื่อตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆภายในสวนที่มีองค์ประกอบเกี่ยวเนื่องกับการเจริญเติบโตและการบริหารจัดการข้อมูลทางการเกษตรของสวนทุเรียนแล้ว ทำให้เกษตรกรพึงพอใจที่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและสะดวกสบายในการดูแลสวนอีกทั้งมีข้อมูลทางการเกษตรเพื่อใช้ในการวางแผนและบริหารจัดการสวนทุเรียนให้มีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท ไตรรุ่งเจริญกิจวิศวภัณฑ์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือ และเซนเซอร์ในการตรวจวัด และขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการจัดทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Jicheng Cheng, Shanzhen Yi. Digital Agriculture--One of Application Domain of Digital Earth [J]. Proceedings of the International Symposium on Digital Earth. Science Press, 1999

[2] Yong Liang, Xiu-shan Lu, De-gui Zhang, Fu Liang. Study on the Framework System of Digital Agriculture [J]. Chinese Geographical Science. 2003, 1(13): 15-19

[3] Xuanli Liu, Macon Nelson, Mohammed Ibrahim. The Value of Information in Precision Farming. Paper of the Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, 2008

[4] Su-bin Shen, Qu-li Fan, Ping Zong. Study on the Architecture and Associated Technologies for Internet of Things. Journal of Nanjing University of Posts and Telecommunications (Natural Science).2009, 29(6):1-11

[5] ITU. ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things.

[6] Christos Goumopoulos, Achilles D. Kameas, Alan Cassells. Ontology-driven system architecture for precision agriculture applications. Int. J. Metadata, Semantics and Ontologies. 2009, 1(4): 72-84

[7] M. Narayana Reddy, N. H. Rao. Integrating Geo-spatial Information Technologies and Participatory Methods in Agricultural Development. CURRENT SCIENCE. 2009, 1(96):23-25

[8] F. L. LEWIS. Wireless Sensor Networks. Smart Environments: Technologies, Protocols, and Applications. New York, 2004: 1-14

คณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพ 10120
http://www.eenet2015.org

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล นาย ธีระชัย หลำเนียม

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 11 พฤษภาคม พ.ศ.2528

ภูมิลำเนา 11 หมู่ 7 ตำบลบางรักพัฒนา อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี 11110

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยสยาม	2550

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

กรรมการผู้จัดการ บริษัท ไตรรุ่งเจริญกิจวิศวภัณฑ์ จำกัด

ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ (ถ้ามี)

-

ทุนการศึกษา (ถ้ามี)

-