

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2555

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติ อรรถกิจมงคล และรองศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของสถานวิจัยสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และสถาบันวิจัยพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้ความสะดวกในด้านข้อมูล งานเอกสารแบบฟอร์มต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการดำเนินโครงการวิจัย จนทำให้งานเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ดำเนินไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นางสาวนภาพร พิมปรุ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยงานวิจัย ทำการทดลอง เก็บข้อมูลการวิจัย จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

ประโยชน์ คำสวัสดิ์

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายโดยประยุกต์ใช้เทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์รูปแบบเครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) จุดประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาความคับคั่งของข้อมูลที่ส่งผ่านเครือข่ายไร้สายที่ประยุกต์ใช้ในระบบฟาร์มอัจฉริยะ โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นในดิน และความเข้มแสง นำข้อมูลเหล่านี้มาทำการบีบอัดข้อมูลโดยการแปลงเวฟเลตชนิด Haar ด้วยอัตราการบีบอัดที่ 10% ถึง 90% และนำข้อมูลที่ได้มาใช้สำหรับฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมเพื่อหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเทคนิคการบีบอัดข้อมูลที่นำเสนอให้สัญญาณสร้างกลับที่มีคุณภาพดี เทคนิคนี้สามารถนำไปใช้กับการบีบอัดข้อมูลเพื่อลดจำนวนข้อมูลของการสื่อสาร ลดการใช้พลังงานของเซนเซอร์และสามารถยืดอายุการใช้งานของโนดเซนเซอร์ได้ด้วย

คำหลัก : การบีบอัดข้อมูล การแปลงเวฟเลต เครือข่ายตรวจรู้ไร้สาย เครือข่ายประสาทเทียม อัตราการบีบอัดที่เหมาะสม

Abstract

This research presents data compression in wireless sensor network by using artificial neural technique. The aim of this research is to reduce size of data transmission wireless network of smart farm system. An environmental data that affect the growth of plants such as temperature, relative humidity, soil moisture and light intensity have been collected for use in simulation study. To find the optimum compression ratio for Haar wavelet transform algorithm, the collected data are then used as input to the back propagation neural network in which the training process is done by different compression ratios 10% to 90%. The experimental results show that the proposed data compression technique yields recover signal with good quality. This technique can be applied to compress the collected data to reduce the data communication as well as the energy consumption of the sensor. So, the lifetime of sensor node can be extended.

Keywords : Data Compression, Neural Network, Optimal Compression Ratio, Wireless Sensor Network

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
 บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
 บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 บทนำ	5
2.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.3 ทฤษฎีเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย	8
2.4 เทคโนโลยีไร้สาย ZigBee.....	14
2.5 การบีบอัดข้อมูล	18
2.6 ระบบสมองกลฝังตัว.....	32
2.7 อุปกรณ์ตรวจจับ.....	41
2.8 เครือข่ายประสาทเทียม.....	45
2.9 สรุป.....	48
 บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 บทนำ	49
3.2 การออกแบบทางฮาร์ดแวร์.....	49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 การติดตั้งชุดต้นแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย.....	65
3.4 การออกแบบทางซอฟต์แวร์.....	70
3.5 สรุป.....	80
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 บทนำ	81
4.2 การออกแบบเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการหาอัตรา.....	84
การบีบอัดข้อมูลที่เหมาะสม.....	
4.3 ผลการหาอัตราการบีบอัดข้อมูลที่เหมาะสมโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียม.....	91
4.4 ผลการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบสมองกลฝังตัว.....	100
4.5 ผลการทดสอบการบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย.....	102
4.6 สรุป.....	109
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 สรุปผลงานวิจัย	110
5.2 แนวทางการวิจัยต่อไปในอนาคต	112
บรรณานุกรม	113
ภาคผนวก	116

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1	การกำหนดค่าคงที่ทางอุณหภูมิต่างกัน $d1$ และ $d2$ สำหรับคำนวณค่าอุณหภูมิจริงที่วัดได้ 54
3.2	การกำหนดค่าคงที่ซึ่งต้องใช้ในการคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์จริงที่วัดได้ 55
3.3	ค่าเวลาที่โมดูล SHT11 ต้องใช้ในการประมวลผลข้อมูล 55
3.4	การเปรียบเทียบเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน 58
3.5	ค่าความเข้มแสง หน่วยเป็นลักซ์ (LUX) 61
3.6	ข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 64
3.7	ค่าเฉลี่ย SNR ของข้อมูลที่ผ่านการบีบอัด จำนวน 10 ชุดข้อมูล 75
3.8	ค่าเฉลี่ย $RMSE$ ของข้อมูลที่ผ่านการบีบอัด จำนวน 10 ชุดข้อมูล 77
3.9	ค่าเฉลี่ยอัตราการบีบอัดของข้อมูลที่ผ่านการบีบอัด จำนวน 10 ชุดข้อมูล 79
4.1	การกำหนดฟังก์ชันการถ่ายโอนของแต่ละชั้น 86
4.2	ทดสอบความถูกต้องของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมของข้อมูลอุณหภูมิ 92
4.3	ทดสอบความถูกต้องของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมของความชื้นสัมพัทธ์ 95
4.4	ทดสอบความถูกต้องของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมของข้อมูลความชื้นในดิน 97
4.5	ทดสอบความถูกต้องของการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมของข้อมูลความเข้มแสง 99
4.6	คุณภาพการข้อมูลจากการบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย 106
4.7	การคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ในการส่งข้อมูล 108

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย.....	10
2.2 แสดงระดับชั้นเครือข่ายของเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย.....	11
2.3 ยานความถี่ใช้งานตามมาตรฐาน ZigBee	15
2.4 เครือข่ายแบบสตาร์	17
2.5 เครือข่ายแบบต้นไม้	17
2.6 เครือข่ายแบบเมช	18
2.7 ระบายและควมถี่การเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาและ	20
ควมถี่ที่สัมพันธ์กันของการแปลงเวฟเลิต	
2.8 การลดช่วงกว้างของควมถี่ทีละครั้งหนึ่งสำหรับค่าแต่ละค่าสเกล.....	21
2.9 การแตกกระจายสัญญาณและการรวมกลับสัญญาณของเวฟเลิต	23
2.10 ฟังก์ชันเวฟเลิตแม่ชนิดต่างๆ	24
2.11 คุณลักษณะของเวฟเลิตแบบ Haar	25
2.12 ขั้นตอนการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเลิตแบบ Multi Resolution.....	30
2.13 การแบ่งสัดส่วนควมถี่ในการกรองแต่ละลำดับชั้น	30
2.14 ขั้นตอนการแปลงเวฟเลิตแบบหลายระดับ	31
2.15 ระบบสมองกลฝังตัวในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย	33
2.16 บอร์ด FiO Std	33
2.17 FiO Std PCB LAYOUT	35
2.18 Add-On Modules	37
2.19 List of Add-On Modules Blocks	37
2.20 แสดง On-Chip Peripherals	38
2.21 บอร์ด STM32F4DISCOVERY	39
2.22 aMG F4Connect without STM32F4DISCOVERY	40
2.23 บอร์ด ET-GSM SIM300CZ	41

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.24 วงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น SHT11	43
2.25 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	43
2.26 วงจรเซนเซอร์วัดความเข้มแสง	44
2.27 (ก) เซนเซอร์วัดความเข้มแสง	44
(ข) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับความเข้มแสง	
2.28 โครงสร้างเครือข่ายประสาทเทียม	45
2.29 เครือข่ายประสาทเทียมแบบ ไปข้างหน้า	47
3.1 การทำงานของระบบโดยรวม	49
3.2 โครงสร้างการเชื่อมโยงอุปกรณ์เร้าเตอร์แบบเมช	50
3.3 การตั้งค่า Xbee ให้เป็นโนดโคออดิเนเตอร์ด้วยโปรแกรม X-CTU	51
3.4 การตั้งค่า Xbee ให้เป็นเร้าเตอร์ด้วยโปรแกรม X-CTU	52
3.5 การเชื่อมต่อ Xbee เข้ากับบอร์ด FiO Std	53
3.6 การเชื่อมต่อ Xbee เข้ากับ Waijung	53
3.7 การเชื่อมต่อเซนเซอร์ SHT11 กับบอร์ด FiO Std	56
3.8 เซนเซอร์วัดความชื้นในดินที่ใช้งานจริง	56
3.9 การเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดความชื้นในดินกับบอร์ด FiO Std	57
3.10 การเปรียบเทียบเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	59
3.11 วงจรเซนเซอร์วัดความเข้มแสง	59
3.12 (ก) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับความเข้มแสง	60
(ข) เซนเซอร์วัดความเข้มแสง	
3.13 การเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดความเข้มแสงเข้ากับบอร์ด FiO Std	60
3.14 การเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าความเข้มแสงในหน่วยของลักซ์ (LUX)	62
3.15 การเชื่อมต่อโมดูล GSM เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	63
3.16 เครือข่ายตรวจรู้ไร้สายที่ออกแบบขึ้น	63
3.17 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	64
3.18 อุปกรณ์ควบคุมการชาร์ตไฟฟ้าและอุปกรณ์คงค่าแรงดัน	65
3.19 การติดตั้งโนดเซนเซอร์ในพื้นที่เพาะปลูกจริง	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.20 การติดตั้งระบบในฟาร์ม.....	66
3.21 การติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์.....	67
3.22 การติดตั้งเซนเซอร์วัดความเข้มแสง.....	68
3.23 การติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน.....	68
3.24 การแสดงผลหน้าจอ LCD ของแต่ละ โหนด.....	69
3.25 การแสดงผลทางอินเตอร์เน็ต.....	70
3.26 การทำงานของโปรแกรมควบคุม โหนดโคออร์ดิเนเตอร์และ โหนดเรพอร์ทเตอร์.....	71
3.27 การแยกองค์ประกอบและการรวมกลับองค์ประกอบในการแปลงเวฟเลต 1 ระดับ.....	72
3.28 องค์ประกอบของการแปลงเวฟเลตหลายระดับ.....	72
3.29 (ก) สัญญาณต้นฉบับ (ข) สัมประสิทธิ์ของความถี่ต่ำ (ค) สัมประสิทธิ์ของความถี่สูง.....	73
(ง) สัญญาณที่ถูกสร้างกลับ	
3.30 ค่าเฉลี่ย SNR ของข้อมูลที่ผ่านการบีบอัด จำนวน 10 ชุดข้อมูล.....	76
3.31 ค่าเฉลี่ย RMSE ของข้อมูลที่ผ่านการบีบอัด จำนวน 10 ชุดข้อมูล.....	78
3.32 คุณภาพของการบีบอัดข้อมูลของข้อมูลที่ผ่านการบีบอัดจำนวน 10 ชุดข้อมูล.....	80
4.1 การแบ่งอัตราการบีบอัดข้อมูลที่ 10% ถึง 90%.....	81
4.2 การเปรียบเทียบข้อมูลของอัตราการบีบอัดที่ 10% และ 20% กับข้อมูลต้นฉบับ.....	82
4.3 การเปรียบเทียบข้อมูลของอัตราการบีบอัดที่ 30% และ 40% กับข้อมูลต้นฉบับ.....	82
4.4 การเปรียบเทียบข้อมูลของอัตราการบีบอัดที่ 50% และ 60% กับข้อมูลต้นฉบับ.....	83
4.5 การเปรียบเทียบข้อมูลของอัตราการบีบอัดที่ 70% และ 80% กับข้อมูลต้นฉบับ.....	83
4.6 การเปรียบเทียบข้อมูลของอัตราการบีบอัดที่ 90% กับข้อมูลต้นฉบับ.....	84
4.7 โครงสร้างของเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม.....	85
4.8 กราฟแสดงค่า Performance การเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทเทียม.....	87
4.9 ข้อมูลความเข้มแสงและความชื้นสัมพัทธ์ที่เก็บใน 1 วัน.....	88
4.10 ข้อมูลความชื้นในดินและอุณหภูมิที่เก็บใน 1 วัน.....	88
4.11 รูปแบบข้อมูลอินพุตของอุณหภูมิในการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียม.....	88
4.12 กราฟค่า RMSE ของแต่ละสภาพแวดล้อม.....	89
4.13 กราฟค่า SNR ของแต่ละสภาพแวดล้อม.....	90

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.14 กราฟค่า <i>CR</i> ของแต่ละสภาพแวดล้อม.....	91
4.15 การเรียนรู้เครือข่ายประสาทเทียมและกราฟ Performance ของการฝึกสอน เครือข่ายประสาทเทียมของอุณหภูมิ	92
4.16 การหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของอุณหภูมิ.....	93
4.17 การบีบอัดข้อมูลอุณหภูมิด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูลที่ 60 เปอร์เซนต์.....	94
4.18 การเรียนรู้เครือข่ายประสาทเทียมและกราฟ Performance ของการฝึกสอน เครือข่ายประสาทเทียมของความชื้นสัมพัทธ์	94
4.19 การหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์.....	95
4.20 การบีบอัดข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูลที่ 60 เปอร์เซนต์.....	96
4.21 การเรียนรู้เครือข่ายประสาทเทียมและกราฟ Performance ของการฝึกสอน เครือข่ายประสาทเทียมของความชื้นในดิน	96
4.22 การหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของข้อมูลความชื้นในดิน.....	97
4.23 การบีบอัดข้อมูลความชื้นในดินด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูลที่ 60 เปอร์เซนต์.....	98
4.24 การเรียนรู้เครือข่ายประสาทเทียมและกราฟ Performance ของการฝึกสอน เครือข่ายประสาทเทียมของความเข้มแสง	98
4.25 กราฟแสดงการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของความเข้มแสง.....	99
4.26 บีบอัดข้อมูลของความเข้มแสงด้วยอัตราการบีบอัดข้อมูลที่ 70 เปอร์เซนต์.....	100
4.27 โปรแกรมโนดเรทเตอร์.....	101
4.28 โปรแกรมโนดโคออร์ดิเนเตอร์.....	101
4.29 การเก็บข้อมูลของโนดเรทเตอร์.....	102
4.30 การเก็บข้อมูลของโนดโคออร์ดิเนเตอร์.....	102
4.31 การแสดงผลของโนดเรทเตอร์และโนดโคออร์ดิเนเตอร์.....	103
4.32 เปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับของอุณหภูมิ.....	103
4.33 เปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับของความชื้นสัมพัทธ์.....	104
4.34 เปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับของความชื้นในดิน.....	105
4.35 เปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับของความเข้มแสง.....	105
4.36 การใช้พลังงานในการส่งข้อมูล.....	108