การออกแบบและสร้างระบบอาร์เอฟไอดีสำหรับดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าแบบชำระเงินล่วงหน้า

Design and Implementation RFID System for Digital Electricity Meter Prepayment

นภดล วรรณีย์, ทักษิณ ศักดิ์เย็น, ธวัชชัย ทองเหลี่ยม, สัญญา ควรคิด และ วีระศักดิ์ ชื่นตา
โปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
85 ถนนมาลัยแมน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000 โทรศัพท์ : 034-261021-30 ต่อ1827 , 758
E-mail: mimkung_2@hotmail.com, thaksin_tum@hotmail.com, sanya@npru.ac.th, tony_tct@yahoo.com and weerasak@mail2.npru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบอาร์เอฟไอดีสำหรับดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าแบบชำระเงินล่วงหน้า โดยมีส่วนที่สำคัญสองส่วนได้แก่ ระบบประมวลผลส่วนกลางซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆ ที่สำคัญจากดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าแต่ละเครื่อง พร้อมทั้งสามารถเติมเงินลงในบัตรอาร์เอฟไอดีได้แบบอัตโนมัติ และส่วนประกอบที่สองได้แก่ระบบอาร์เอฟไอดี สำหรับเชื่อมต่อกับดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยไมโครคอนโทรเลอร์และเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี จากผลการทดลอง ชุดทดลองต้นแบบสามารถเก็บข้อมูลที่สำคัญของดิจิตอลมิเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้องและครบถ้วน และเติมเงินจากบัตรอาร์เอฟไอดีลงในดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้องเช่นเดียวกัน

คำสำคัญ: เทคโนโลยีระบบบ่งชี้ด้วยคลื่นวิทยุ, เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี, ไอบีเอส, ดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้า

Abstract

This paper presents the design and implementation RFID system for digital electricity meter prepayment. The main system consists of two parts. The first part is central processing unit which interfaces with a RFID reader. A set of data from each digital electricity meters is stored. In this unit, user can refill money into RFID card automatically. The second part is RFID system which link to digital multi meter. This unit comprises with microcontroller and RFID reader. The experimental results show that the proposed system can record the important data from digital multi meter correctly. Finally, the prototype model can add money accurately.

Keywords: Radio Frequency Identification, RFID Technology, IBS, Digital Electricity Meter

1. บทนำ

เทคโนโลยีระบบบ่งชี้ด้วยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency Identification : RFID) เป็นเทคโนโลยีที่สำคัญในการส่งผ่านข้อมูลแบบไร้สาย ซึ่งในปัจจุบัน ทั่วโลกมีการใช้งานเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีกันอย่างแพร่หลาย. เนื่องจากเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีมีข้อดีหลายประการดังที่ได้กล่าวไว้ใน [1,2] เช่น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของบริษัทและเป็นประโยชน์ทั้งบริษัทและผู้ค้า, มีความปลอดภัยมากกว่าในการสื่อสารเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีอื่น และมีความสำคัญสำหรับโรงงานที่ใช้เทคโนโลยีการตรวจสอบการผลิต.

เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีสามารถประยุกต์ใช้งานกับระบบ Intelligent Building System (IBS) ซึ่งก็คือการนำเทคโนโลยีมาทำให้มนุษย์มีการใช้ชีวิตได้อย่างสะดวกสบาย มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้น โดยหลักการของ IBS ก็ได้มาจากทฤษฎีของ AI (Artificial Intelligent) ซึ่งได้นำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ด้านการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ ระบบ IBS ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ [3,4].

Luo, Lin และ Su [5] ได้นำเสนอระบบ IBS เพื่อใช้สำหรับระบบความปลอดภัย โดยได้พัฒนาระบบที่เรียกว่าระบบรักษาความปลอดภัยแบบ multiagent multisensor based ซึ่งสามารถตรวจสอบเหตุการณ์ที่เกิดอันตรายได้จากเซนเซอร์ Cao, Tian และ Jiang [6] นำเสนอระบบความปลอดภัยสำหรับ IBS บนเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย และออกแบบระบบสมองกลฝังตัว โดยใช้เซนเซอร์สำหรับการตรวจสอบ และมีการส่งข้อมูลไปยังโฮสหรือตำรวจเพื่อเป็นการแจ้งเหตุได้

งานวิจัย [7] และ [8] ได้ทำการออกแบบมิเตอร์ไฟฟ้าที่สามารถชำระเงินล่วงหน้าด้วยบัตรสมาร์ทการ์ด โดยบัตรสมาร์ทการ์ดได้ถูกบันทึกจำนวนเงินไว้ล่วงหน้าแล้ว ผู้ใช้บริการซื้อบัตรสมาร์ทการ์ดจากผู้ให้บริการแล้วไปเติมที่มิเตอร์ไฟฟ้า แต่ระบบดังกล่าวมีปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือบัตรสมาร์ทการ์ดไม่สามารถป้องกันการปลอมแปลงได้ ซึ่งทำให้มีการปลอมแปลงบัตรสมาร์ทการ์ดเพื่อนำไปเติมเงินให้กับมิเตอร์ไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อผู้ให้บริการได้

CM-17

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการใช้ระบบอาร์เอฟไอดีและการประยุกต์ใช้ระบบ IBS เพื่อนำมาสร้างระบบอาร์เอฟไอดีสำหรับดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าในการชำระค่าไฟฟ้าล่วงหน้าเพื่อเพิ่มความสะดวกสำหรับผู้ให้เช่าและผู้เช่าในการชำระค่าไฟฟ้า จากข้อดีของระบบอาร์เอฟไอดีคือบัตรอาร์เอฟไอดีมีเลขประจำบัตร โดยที่ตัวบัตรทุกบัตรมีเลขประจำบัตรที่ไม่ซ้ำกัน ทำให้ไม่สามารถปลอมแปลงบัตรได้ จากข้อดีดังกล่าวจึงสามารถแก้ปัญหาการละเว้นการชำระค่าไฟฟ้า โดยในหัวข้อที่ 2 กล่าวถึงการออกแบบระบบอาร์เอฟไอดีสำหรับการชำระเงินล่วงหน้า, หัวข้อ 3 ได้กล่าวถึงโครงสร้างของระบบอาร์เอฟไอดี, หัวข้อที่ 4 ได้กล่าวถึงอัลกอริทึมในการจัดการระบบ อาร์เอฟไอดีในการชำระค่าไฟฟ้าล่วงหน้า, ผลของการทำงานของโครงสร้างที่ได้นำเสนอได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 5, และสรุปผลงานวิจัยไว้ในหัวข้อที่ 6

2. การออกแบบระบบอาร์เอฟไอดีสำหรับการชำระเงินล่วงหน้า

ระบบอาร์เอไอดี (RFID) ประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วนได้แก่

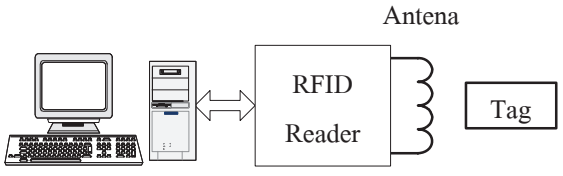
- เครื่องอ่าน (reader หรือ interrogator) ทำหน้าที่ในการติดต่อสื่อสารกับป้าย RFID โดยสามารถที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลเข้าไปในป้าย RFID ได้โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ
- บัตร RFID (tag หรือ transponder) ซึ่งถูกออกแบบให้มีรูปแบบและขนาดต่างๆ ตามความเหมาะสม ของแต่ละงานประยุกต์

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดรูปแบบ RFID Tag อยู่สองรูปแบบได้แก่

- Master Tag - ทำหน้าที่เก็บข้อมูลไอดีประจำเครื่องมิเตอร์, จำนวนค่ากำลังไฟฟ้าจากดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าของผู้เช่า และยอดเงินคงเหลือ
- Normal Tag - ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของจำนวนเงินที่ใช้เติมเงินเข้าไปในดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้า

2.1 ระบบประมวลผลส่วนกลางของผู้ให้เช่า

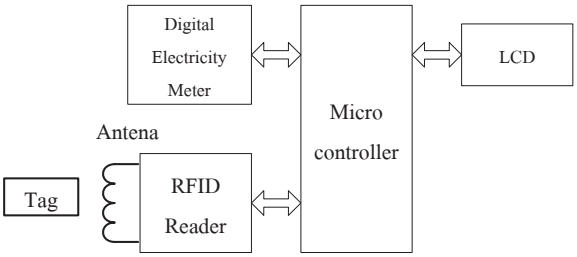
ระบบประมวลผลส่วนกลางของผู้ให้เช่าที่ได้ออกแบบแสดงในรูปที่ 2 ประกอบไปด้วยไมโครคอมพิวเตอร์เชื่อมโยงกับ RFID Reader ผ่านพอร์ตอนุกรมหรือพอร์ตยูเอสบี ทำหน้าที่เก็บข้อมูลหมายเลขประจำตัวของมิเตอร์ ค่ากำลังไฟฟ้า และยอดเงินคงเหลือจากมิเตอร์ของผู้เช่าแต่ละเครื่อง โดยจะใช้ Master Tag เก็บข้อมูลดังกล่าวจาก RFID Reader ของผู้เช่าแต่ละเครื่อง จากนั้นนำ Master Tag มาอ่านข้อมูลที่ระบบประมวลผลส่วนกลาง เพื่อเข้าไปเก็บในฐานข้อมูลของระบบคอมพิวเตอร์ และระบบประมวลผลส่วนกลางยังเป็นตัวควบคุม RFID Reader ในการเติมเงินลงใน Normal Tag สำหรับผู้เช่าแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 1 แสดงระบบประมวลผลส่วนกลางของผู้ให้เช่า

2.2 ระบบ RFID สำหรับเชื่อมต่อกับดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าของผู้เช่า

ในการประยุกต์เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีและระบบ IBS เพื่อนำมาใช้กับดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าประกอบด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ทำหน้าที่รับข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าแล้วส่งข้อมูลไปแสดงผลที่ LCD พร้อมกับ RFID Reader ดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้น RFID Reader ทำหน้าที่เขียนหมายเลขประจำตัวมิเตอร์ไฟฟ้า, กำลังไฟฟ้าและยอดเงินคงเหลือ ลงใน Master Tag



รูปที่ 2 แสดงระบบ RFID เชื่อมต่อกับดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าของผู้เช่า

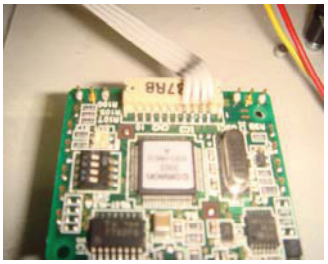
ในการทำงานของ RFID Reader อีกส่วนหนึ่งคือ การเติมเงินเข้าไปในระบบประมวลผลของดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าของผู้เช่าโดย RFID Reader จะทำหน้าที่อ่านข้อมูลที่เป็นจำนวนเงินจาก Normal Tag ที่ได้รับการเติมเงินมาจากระบบประมวลผลส่วนกลางของผู้ให้เช่าก่อนหน้านี้ เพื่อนำไปเก็บไว้เป็นยอดเงินสะสมสำหรับผู้เช่า โดยนำค่าจำนวนเงินที่อ่านได้ไปเก็บไว้ในส่วนประมวลผลของดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าของผู้เช่า หลังจากนั้นก็ทำการเคลียร์ข้อมูลใน Normal Tag เพื่อรอการเติมเงินต่อไป

3. โครงสร้างของระบบ RFID สำหรับดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้า

3.1 RFID Reader

งานวิจัยนี้ได้ใช้อุปกรณ์ RFID Reader ของ บริษัท OMRON รุ่น V720S-HMC73 แสดงดังรูปที่ 3 มีคุณสมบัติดังนี้

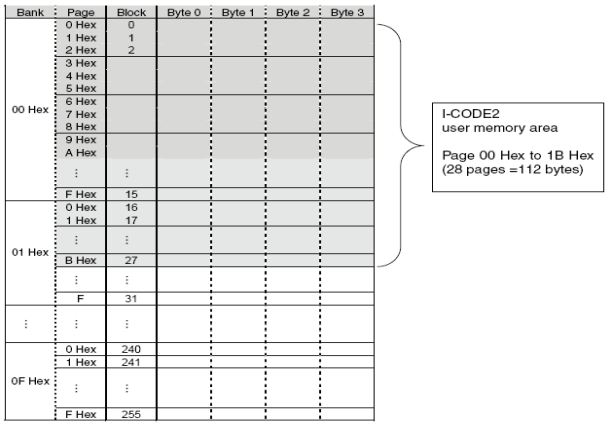
- หัวอ่านอาร์เอฟไอดีใช้ย่านความถี่ 13.56 MHz
- สามารถทำงานร่วมกับบัตรอาร์เอฟไอดีที่มาตรฐาน ISO15693
- ช่องทางในการเชื่อมต่อกับบอร์ดประมวลผลหลักผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS232 และ USB



รูปที่ 3 หัวอ่านอาร์เอฟไอดี บริษัท OMRON รุ่น V720S-HMC73

3.2 RFID Tag

งานวิจัยนี้ใช้บัตรอาร์เอฟไอดีรุ่น I-CODE2 ISO/IEC 15693 ซึ่งมีโครงสร้างและรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งการเก็บข้อมูลของบัตรอาร์เอฟไอดี โครงสร้างดังกล่าวได้ถูกนำไปใช้บันทึกข้อมูลของบัตร Master Tag และ Normal Tag



รูปที่ 4 แสดงโครงสร้าง และรายละเอียดของบัตรอาร์เอฟไอดี รุ่น I-CODE2 ISO/IEC 15693

4. อัลกอริทึม และการทำงานของระบบ RFID สำหรับดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้า

4.1 รูปแบบการสื่อสารของ RFID Reader

การเชื่อมต่อระหว่างRFID Reader กับ ส่วนประมวลผล สามารถทำได้ด้วยการสื่อสารแบบอนุกรม RS232 โดยแบ่งรูปแบบของชุดคำสั่งในการสื่อสารออกได้ 2 รูปแบบด้วยกันคือ CR control กับ Number-of-characters control แสดงดังตารางที่ 1 โดยในการทดลองจะเน้นเฉพาะการสื่อสารแบบ CR control ซึ่งกำหนดค่า Baud rate เท่ากับ 9,600, ขนาดข้อมูล 8 บิต, บิตตรวจสอบ (parity) เป็นแบบคู่ และบิตหยุดเท่ากับหนึ่งบิต

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติในการสื่อสารระหว่างเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีกับส่วนประมวลผล

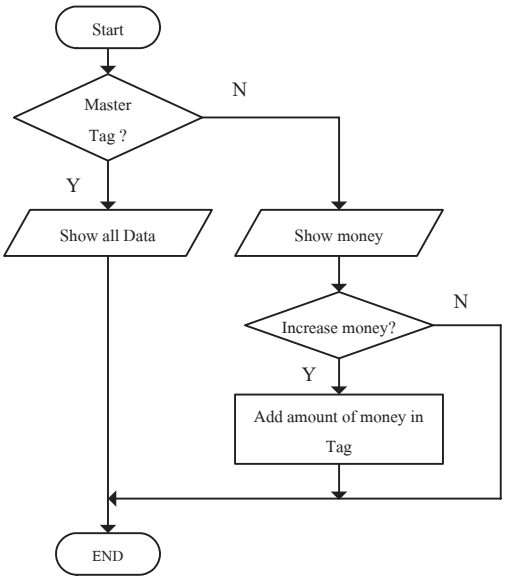
Character format	Baud rate	Data bits	Parity	Stop bits
CR Control	9,600	8	Even	1
Number of CR control	38,400	8	None	1

4.2 การทำงานของระบบ RFID สำหรับดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้า

4.2.1 ระบบของผู้ให้เช่า

ระบบประมวลผลส่วนกลางของผู้ให้เช่าได้ถูกออกแบบโดยใช้โปรแกรม Visual Basic 2005 ออกแบบระบบการเก็บข้อมูลของผู้เช่าและเป็นส่วนปฏิบัติการในการเติมเงินลง Normal Tag โดยอัลกอริทึมของระบบ IBS ส่วนกลางของผู้ให้เช่า ระบบทำการบันทึกค่าไอดีของ RFID Tag โดยจำแนก Normal Tag กับ Master Tag จากไอดีของบัตรที่ถูกบันทึกมากับบัตร ซึ่งเป็นหมายเลขที่ใช้ป้องกันการปลอมแปลงบัตร ไอดีของ Normal Tag กับ Master Tag ถูกแยกเก็บเป็น 2 ฐานข้อมูลไว้เพื่อใช้ตรวจสอบ RFID Tag ว่าเป็น Normal Tag หรือ Master Tag หรือไม่ใช่บัตรของผู้ให้เช่า

การทำงานของระบบ RFID Reader ส่วนกลาง สามารถอธิบายได้ตามโฟล์วชาร์ตในรูปที่ 5 เริ่มทำงานจากการตรวจสอบบัตรอาร์เอฟไอดี เมื่อมีบัตรอาร์เอฟไอดีมาแตะที่ RFID Reader ไมโครคอนโทรลเลอร์จะตรวจสอบว่าเป็น Master Tag หรือไม่ โดยตรวจสอบจากไอดีที่อยู่ในบัตรอาร์เอฟไอดี ถ้าใช่ Master Tag, ข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ใน Master Tag ถูกอ่านแล้วนำไปแสดงที่เครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วทำการบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในฐานข้อมูลของระบบ ในกรณีที่ตรวจสอบบัตรอาร์เอฟไอดีแล้วว่าไม่ใช่ Master Tag ให้แสดงยอดเงินที่มีอยู่ใน Normal Tag ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ ในส่วนของการเติมเงินลง Normal Tag จะใส่จำนวนเงินที่ต้องการเติม โปรแกรมจะสอบถามว่าเพื่อยืนยันการเติมเงินอีกครั้ง ถ้าต้องการ ให้ใส่จำนวนเงินที่จะเติมลงใน Normal Tag แล้วกดยืนยัน RFID Reader ก็จะทำการบันทึกข้อมูลจำนวนเงินลงใน Normal Tag, แต่ถ้าไม่ต้องการ ให้รอการทำงานผู้ใช้ต่อไป ดังโฟล์วชาร์ตในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ไดอะแกรมการทำงานของระบบ RFID Reader ส่วนกลาง

4.2.2 ระบบของผู้เช่า

ดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าทำหน้าที่ตรวจจับกระแสและแรงดันไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าถูกแปลงเป็นแรงดันด้วยไอซีที่ทำหน้าที่แปลงกระแสเป็นแรงดัน แรงดันไฟฟ้าถูกป้อนเข้าที่อินพุตของดิจิตอลมิเตอร์ไฟฟ้า ดิจิตอลมิเตอร์ไฟฟ้าทำการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลและทำการคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ถูกใช้งานดังสมการที่ (1)

$$\text{กิโลวัตต์-ชั่วโมง} = (\text{Watt} \times \text{ชั่วโมง}) / 1000 \text{ หน่วย} \qquad (1)$$

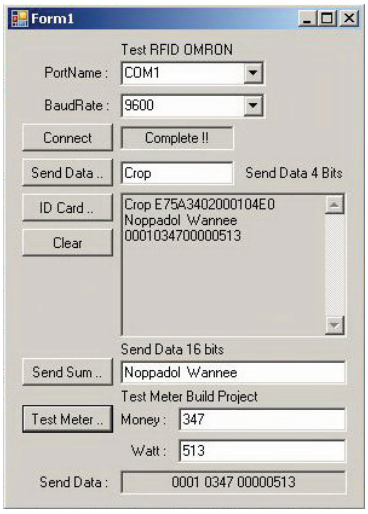
กระแส, แรงดันไฟฟ้า และปริมาณไฟฟ้าที่ดิจิตอลมิเตอร์ไฟฟ้าวัดได้ถูกแสดงผลที่จอแอลซีดี และปริมาณไฟฟ้าที่ถูกใช้งานถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อคำนวณค่าไฟฟ้า และหักค่าไฟฟ้าจากยอดเงินรวมที่ถูกบันทึกไว้ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการหักยอดเงินออกตามอัตราค่าไฟฟ้าจำนวนบาทที่ตั้งไว้ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

ในส่วนของอาร์เอฟไอดีผู้เช่าทำหน้าที่บันทึกปริมาณไฟฟ้าที่ดิจิตอลมิเตอร์ไฟฟ้าวัดได้ และยอดเงินคงเหลือลงในบัตร Master Tag และทำหน้าที่ดึงจำนวนเงินจากบัตร Normal Tag เมื่อผู้ใช้ต้องการเติมเงินลงในระบบ และบันทึกจำนวนเงินคงเหลือของผู้เช่าเมื่อผู้เช่าต้องการคืนเงินคงเหลือ

5. การทดลอง และผลการทดลองระบบ RFID สำหรับดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้า

5.1 การทดลองการรับส่งข้อมูลของโปรแกรมกับ RFID Tag

ในการทดลองชุดทดลองต้นแบบระบบ RFID สำหรับเชื่อมต่อกับดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าของผู้เช่านั้นได้ใช้ RFID Tag ซึ่งทำหน้าที่เก็บค่าไอดี, จำนวนเงิน และจำนวนค่ากำลังไฟฟ้าจากดิจิทัลมิเตอร์ไฟฟ้าของผู้เช่า โดยได้ทำการกำหนดรูปแบบการสื่อสารเป็นแบบ CR control ใช้ทดลองการเชื่อมต่อระหว่าง RFID Reader กับหน่วยประมวลผล เพื่อทดลองอ่านค่าไอดี, การอ่านและเขียนค่าข้อมูลในตำแหน่งต่าง ๆ ของบัตรอาร์เอฟไอดี โดยโปรแกรมสามารถให้แสดงหมายเลขประจำบัตรเป็นระบบเลขฐานสิบหก จำนวน 16 ตัวอักษร, แสดงจำนวนเงินที่ต้องการ และแสดงจำนวนค่ากำลังไฟฟ้าที่บันทึกลงในบัตร ซึ่งผลการทดลองการเชื่อมต่อระหว่าง RFID Reader กับ ส่วนประมวลผลนั้นสามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงโปรแกรมการเชื่อมต่อระหว่าง RFID Reader กับหน่วยประมวลผล

5.3 ผลการทดลองโปรแกรมระบบประมวลผลส่วนกลางของผู้ให้เช่า

โปรแกรมระบบประมวลผลส่วนกลางของผู้ให้เช่า ได้ทำการทดลองสองส่วน โดยการบันทึกจำนวนเงินลงใน Normal Tag และการทดลองการอ่านข้อมูลจาก Master Tag จากการทดลองพบว่าข้อมูลได้ถูกส่งไปแสดงที่ฐานข้อมูลได้อย่างถูกต้อง และสามารถเรียงลำดับไอดีของเครื่องผู้เช่าไม่มีผิดพลาด แสดงโปรแกรมการทำงานได้ดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 แสดงโปรแกรมระบบประมวลผลส่วนกลางของผู้ให้เช่า

6. สรุป

ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีสำหรับการชำระค่าไฟฟ้าล่วงหน้า จากผลการทดลองพบว่า ชุดทดลองต้นแบบสามารถส่งข้อมูลจากบัตรอาร์เอฟไอดีมาเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล โดยเรียงลำดับไอดีของเครื่องผู้เช่าไม่มีผิดพลาด และสามารถบันทึกจำนวนเงินลงไปในบัตรได้ถูกต้องเช่นกัน ผลการทดลองนี้ทำให้การจัดเก็บค่าไฟฟ้าล่วงหน้าได้สะดวก, รวดเร็ว และถูกต้อง

ในอนาคต หากได้นำชุดทดลองต้นแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีสำหรับการชำระค่าไฟฟ้าไปใช้งานร่วมกับระบบการชำระค่าประปา, ค่าโทรศัพท์ ฯลฯ ก็จะทำให้เกิดระบบ IBS ที่มีการชำระค่าบริการล่วงหน้าทุกระบบร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ส่วนหนึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากโครงการ IRPUS สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

เอกสารอ้างอิง

[1] K. Jamrita, P. Kaluskar and L. Wolfe, “Advances in Smart Sensor Technology” IEEE Fourtieth IAS Annual Meeting Industry Application Conference, 2005, pp.2059-2062.

[2] T. Sanchez Lopez, K. Daeyoung, M. Kyungseon and L. Joonho, “Dynamic Context Networks of Wireless Sensors and RFID tags,” IEEE International Symposium on Wireless Pervasive Computing, 2007, pp.59-64.

[3] F. Barry, “Intelligent Building,” IEEE communication Magazine, 1991, pp.24-27.

[4] H. Teoh Chee, S. Manjit, S. Yap Keen and A. Abdul Rahim bin , “Building Low-Cost Intelligent Building Components with Controller Area Network (CAN) Bus,” IEEE International Conference on Electrical and Electronic Technology, 2001, pp.466-468.

[5] C. Luo, Y. Lin and L. Su “A Multiagent Multisensor Based Security System for Intelligent Building,” IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration of Intelligent System, 2003, pp.311-316.

[6] C. Liting, T. Jingwen and J. Wei, “Distributed Security System for Intelligent Building Based on Wireless Communication Network,” IEEE International Conference on Information Aquisition, 2006, pp.177-182.

[7] M.C.S Simpson “Smart Power; a smart card electricity payment system”. UK Electricity Prepayment Systems, IEE Colloquium on Volume, Issue, 23 Jan 1996 pp. 3/1 - 3/4.

[8] ธวัชชัย บุญส่ง, มนัส เกื้อกูลกิจการ และสาวิตร์ ตัณฑนุช, “มาตรวัดไฟฟ้าแบบชำระเงินล่วงหน้า”, งานประชุมวิชาการการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 3, 8-9 ธันวาคม 2547