



บทความวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพของโปรโตคอล ป้องกันการชนกันในระบบอาร์เอฟไอดี

Efficiency Enhancement of Anti-Collision Protocol in RFID System

สิริวัจน ก้าวพนิก

วท.ม. (การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ)

Sirivajana Kaewpanug

M.Sc. (Management of Information Technology)

สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาสารสนเทศศาสตร์

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ท่าศาลา นครศรีธรรมราช 80160

School of Informatics, Walailak University, Thasala, Nakhon Si Thammarat, 80160

พูลพงษ์ บุญพราหมณ์

ปร.ด. (ฟิสิกส์)

Poonpong Boonbrahm

Ph.D. (Physics)

รองศาสตราจารย์ ดร. , สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาสารสนเทศศาสตร์

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ท่าศาลา นครศรีธรรมราช 80160

School of Informatics, Walailak University, Thasala, Nakhon Si Thammarat, 80160

คำสำคัญ : อาร์เอฟไอดี การป้องกันการชนกัน สล็อต อโลฮา คิวรีทรี อีพีซี คลาส 1 เจนเนเรชัน 2

Keywords : RFID, Anti-collision, Slotted ALOHA, Query-Tree, EPC Class1 Generation 2

Abstract

Radio Frequency identification (RFID) system is an automatic identification method. An RFID reader recognizes objects through wireless communications with tags having unique ID and information attached to the objects. The reader must be able to identify tags as quickly as possible. If only one tag responds, the reader will receive one response. But if there is more than one tag response, their responses will collide on the communication channel, and thus cannot properly be received by the reader. The problem is called Tag collision. This paper, we approach the problem of identifying a set of objects in the



RFID system. We propose a modified version of EPC Class 1 Generation 2 using Slotted ALOHA Protocol to reduce the number of transmission collision. All tags select a slot to transmit their ID by generating a random number. If there is collision in the slot, the reader will broadcast the next identification request only to the tag which collided in that slot. Simulation results show our approach performs better than EPC Class1 Generation 2 in terms of identification time.

บทคัดย่อ

อาร์เอฟไอดีเป็นระบบที่ใช้ในการระบุข้อมูลโดยอัตโนมัติด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านกับแท็กซึ่งติดอยู่กับวัตถุโดยมีข้อมูลรหัสประจำตัวแท็กและข้อมูลที่จัดเก็บ เครื่องอ่านต้องมีความสามารถในการระบุแท็กหลายแท็กได้อย่างรวดเร็ว ในกรณีที่ไม่มีเพียงแท็กเดียวตอบกลับมายังเครื่องอ่าน การระบุแท็กก็จะทำงานได้โดยไม่มีปัญหา แต่หากมีมากกว่าหนึ่งแท็กส่งข้อมูลมาพร้อมกันในเวลาเดียวกันก็จะเกิดปัญหาซึ่งเรียกว่า การชนกันของแท็กเกิดขึ้น รายงานวิจัยฉบับนี้ ทำการศึกษาถึงปัญหาในการระบุแท็กหลายแท็ก โดยมีการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของ EPC Class1 Generation2 ซึ่งใช้โปรโตคอลแบบ Slotted ALOHA โดยลดจำนวนเวลาในการระบุแท็กให้น้อยลง ซึ่งวิธีการคือ หากมีการชนกันเกิดขึ้นในสล็อตเครื่องอ่านจะทำการส่งคำร้องขอในรอบถัดไปเฉพาะสล็อตที่เกิดการชนกันเท่านั้น ผลการทดสอบ พบว่า โปรโตคอลที่ทำการพัฒนามีประสิทธิภาพมากกว่า EPC Class 1 Generation 2 ในประเด็นเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการระบุแท็ก

บทนำ

ด้วยความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีในปัจจุบัน ส่งผลให้การดำเนินชีวิตของคนในสังคมเปลี่ยนแปลงไป เทคโนโลยีสมัยใหม่ล้วนมีส่วนผลักดันและส่งเสริมให้การดำเนินกิจกรรมของมนุษย์เราสะดวกสบาย และรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

อาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification) เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้แทนบาร์โค้ด ในการลดข้อจำกัดต่างๆ ของบาร์โค้ด และช่วยเสริมให้การดำเนินการต่างๆ สะดวกรวดเร็วและเกิดความคล่องตัวมากยิ่งขึ้นสามารถรองรับความต้องการบางอย่างที่บาร์โค้ดไม่สามารถทำได้ เช่นในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงหรือทำการบันทึกข้อมูลที่อยู่ในแท็กได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน นอกจากนี้แท็กและเครื่องอ่านสามารถที่จะสื่อสารผ่านตัวกลางได้หลายอย่างเช่น น้ำ พลาสมิก กระเจก หรือวัสดุที่โปร่งแสงอื่นๆ อีกทั้งในเรื่องของความเร็วในการอ่านข้อมูล ความถูกต้องแม่นยำ อายุการใช้งาน ความทนต่อสภาพแวดล้อมและสนามแม่เหล็ก การมีระบบ

รักษาความปลอดภัย รวมทั้งสามารถติดตามตำแหน่งของวัตถุได้นอกจากนี้จุดเด่นที่สำคัญที่สุดของอาร์เอฟไอดีคือ การอ่านข้อมูลได้ทีละหลายแท็กพร้อมกันซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งโดยเฉพาะงานด้านสินค้าคงคลังที่มีสินค้าจำนวนมาก หากมีการส่งข้อมูลมายังเครื่องอ่านพร้อมกันในเวลาเดียวกัน อาจทำให้ข้อมูลเกิดการสูญหายหรือเครื่องอ่านไม่สามารถระบุถึงวัตถุหรือสินค้านั้นได้ การที่จะสามารถอ่านข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำ น่าเชื่อถือ และเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด จึงเป็นเรื่องที่จำเป็นอย่างยิ่ง งานวิจัยฉบับนี้เป็นการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่ใช้ในการป้องกันการชนกันของข้อมูลในด้านเวลาที่ใช้ในการระบุแท็กแต่ละแท็ก (Identification Time)

ระบบอาร์เอฟไอดี

อาร์เอฟไอดี เป็นเทคโนโลยีที่ใช้สัญญาณคลื่นวิทยุในการระบุลักษณะ วัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้ในการติดตามและใช้ประโยชน์ในการควบคุมการเข้าถึงวัสดุต่างๆ โดย

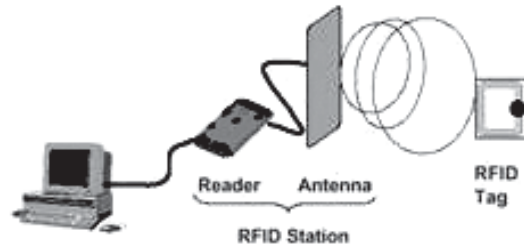
อาศัยคลื่นวิทยุในการตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายซึ่งมีประสิทธิภาพสูง เป็นระบบที่ถูกนำมาใช้แทนรหัสแท่งหรือบาร์โค้ด ประกอบด้วย

1. แท็กหรือทรานสปอนเดอร์ (Tag หรือ Transponder) ใช้สำหรับติดกับวัสดุ ประกอบด้วยไมโครชิพที่มีหน่วยความจำตั้งแต่ 32 บิต จนถึง 1 เมกะไบต์ และขดลวดซึ่งทำหน้าที่เป็นเสาอากาศรับ-ส่งสัญญาณ แท็กแบ่งออกเป็นสองชนิด ได้แก่ (1) แอ็กทีฟแท็ก (Active Tag) เป็นแท็กชนิดที่มีแบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานติดอยู่ภายในแท็ก สามารถสร้างความถี่และกระจายสัญญาณออกสู่เครื่องอ่านได้เอง และ (2) พาสซีฟแท็ก (Passive Tag) เป็นแท็กที่ไม่มีแหล่งพลังงานในตัวเอง การส่งข้อมูลไปสู่เครื่องอ่านทำได้โดย เครื่องอ่านจะส่งคลื่นวิทยุในความถี่ที่กำหนดไว้ไปยังแท็ก เมื่อคลื่นวิทยุกระทบแท็กจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นบนแท็ก วงจรภายในจะใช้กำลังไฟฟ้านี้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อสร้างความถี่วิทยุที่เข้ารหัสข้อมูลส่งกลับไปยังเครื่องอ่าน

2. เครื่องอ่านสัญญาณความถี่วิทยุ (Reader or Interrogator) หน้าที่ของเครื่องอ่านคือ สร้างสัญญาณความถี่วิทยุขึ้นแล้วส่งไปทางสายอากาศ โดยความถี่นี้จะมีขนาดเท่ากับที่แท็กสามารถตอบสนองได้ โดยอาศัยหลักการการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Induction) เมื่อคลื่นวิทยุตกกระทบกับแท็ก จะทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้นภายในแท็ก คลื่นวิทยุที่ส่งจากเครื่องอ่านมายังแท็กนี้จะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวกลางส่งพลังงานให้แท็กใช้เท่านั้น ไม่ได้ทำหน้าที่อ่านข้อมูล

หลักการทำงานของอาร์เอฟไอดี

เครื่องอ่านจะส่งสัญญาณวิทยุออกมาอยู่ตลอดเวลา เมื่อมีการนำแท็กผ่านเครื่องอ่านในรัศมีที่กำหนด คลื่นวิทยุที่เครื่องอ่านส่งมาจะกระตุ้นให้แท็กส่งข้อมูลที่เก็บไว้ให้เครื่องอ่านได้รับรู้ด้วยความถี่เดียวกัน เมื่อเครื่องอ่านรับข้อมูลจากแท็กแล้ว ก็จะส่งข้อมูลต่อไปให้ระบบคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมอยู่



รูปที่ 1 การทำงานของระบบอาร์เอฟไอดี
(วัชรกร หนูทองและคณะ, 2547)

การชนกันของข้อมูล (Collision)

การชนกันของข้อมูลคือ การที่เครื่องอ่านหรือแท็กไม่สามารถบอกได้ว่าข้อมูลที่ได้รับมานั้นมาจากเครื่องอ่านหรือแท็กใด เพราะมีการส่งสัญญาณพร้อมกันในเวลาเดียวกัน สามารถแบ่งประเภทของการเกิดการชนกันของข้อมูลได้ 2 แบบดังนี้ (Myung and Lee, 2005)

1. Reader Collision การที่เครื่องอ่านมากกว่าหนึ่งเครื่องส่งสัญญาณมาที่แท็กเพียงแท็กเดียวหรือเกิดการซ้อนทับกันของสัญญาณซึ่งอาจใช้คลื่นวิทยุความถี่เดียวกัน ส่งสัญญาณมาพร้อมกันในเวลาเดียวกัน ทำให้แท็กไม่สามารถสื่อสารหรือส่งข้อมูลกลับไปยังเครื่องอ่านได้

2. Tag Collision เมื่อแท็กมีพลังงานเพียงพอแต่ละแท็กจะส่งข้อมูลมาที่เครื่องอ่านพร้อมกันในเวลาเดียวกัน ทำให้เครื่องอ่านไม่สามารถแยกแยะได้ว่าข้อมูลที่ส่งมานั้น เป็นของแท็กใด ซึ่งวิธีการในการแก้ไขปัญหานี้ต้องใช้โปรโตคอลช่วยในการจัดการข้อมูลที่เกิดการชนกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบดังนี้

- 2.1 ALOHA base protocol เป็นเทคนิคที่อาศัยความต่างของเวลาในการทำอย่างไรให้แท็กตอบกลับมาในช่วงเวลาที่ต่างกัน เช่น ALOHA, Slotted ALOHA, Frame Slotted ALOHA เป็นต้น

- 2.2 Tree base protocol ลักษณะของ Tree base จะมีการแบ่งออกเป็นสาขาหรือเป็นกลุ่มย่อย และจะใช้การสุ่มตัวเลขโดยเลือก 0 หรือ 1 จนกระทั่ง

เครื่องอ่านสามารถระบุแท็กได้โดยไม่เกิดการชนกัน เช่น Binary Tree, Query Tree เป็นต้น

โดยพื้นฐานของ ALOHA based จะเป็นการลดความน่าจะเป็นของการเกิดการชนกันของแท็ก โดยไม่รับรองว่าแต่ละแท็กจะได้รับการระบุครบทุกแท็กหรือไม่ ซึ่งแตกต่างจาก Tree Based ซึ่งสนใจว่าทุกแท็กต้องได้รับการระบุ รวมถึงความรวดเร็วในการระบุแท็กแต่ละแท็กด้วย จากประเด็นนี้เอง งานวิจัยครั้งนี้จึงได้ปรับปรุงประสิทธิภาพของ EPC Class 1 Generation 2 ซึ่งใช้ Slotted ALOHA เป็นอัลกอริทึมที่ใช้แก้ไขการชนกัน เรียกว่า Q-Selection Protocol โดยมีการนำแนวคิดการจัดการการชนกันแบบ Tree based เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ

โปรโตคอลแบบ Slotted ALOHA

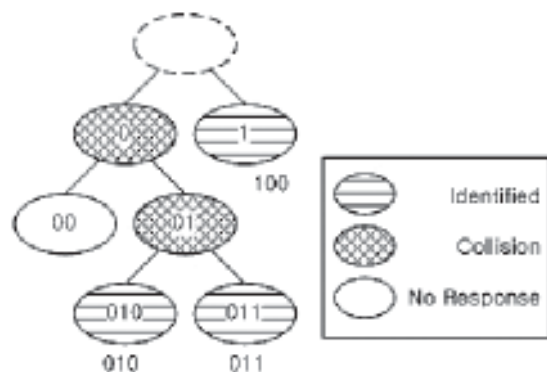
แต่ละแท็กจะส่งรหัสประจำตัวแท็กไปยังเครื่องอ่านในสล็อตของเฟรมโดยการสุ่มค่าขึ้นมาค่าหนึ่ง และทำการส่งไปยังเครื่องอ่าน เครื่องอ่านจะสามารถระบุแท็กได้ก็ต่อเมื่อ เวลาถูกใช้โดยแท็กเพียงแท็กเดียว แต่ถ้ามีมากกว่าหนึ่งแท็กอยู่ในสล็อตเดียวกัน เครื่องอ่านจะไม่สามารถระบุแท็กได้ จึงต้องสร้างเฟรมใหม่ และให้แท็กที่ยังไม่ได้รับการระบุสุ่มตัวเลขเพื่อทำการส่งใหม่อีกครั้ง

READER	1 st REQ	Slot 1	Slot2	Slot3	Slot4	2 nd REQ
STATE		1011	IDLE	COLL	0101	
TAG1(1011)		→ 1011				
TAG2(1010)				→ 1010		1010
TAG3(0011)				→ 0011		0011
TAG4(0101)					→ 0101	

รูปที่ 2 การทำงานของ Slotted ALOHA
(Cha and Kim, 2006)

โปรโตคอลแบบ Query-Tree Algorithm

ลักษณะการทำงานจะแบ่งออกเป็นสาขาหรือกลุ่มย่อย แต่ละแท็กจะมีรหัสประจำตัวแท็กเป็นของตัวเองยาว k bits ค่าพารามิเตอร์ k จะขึ้นอยู่กับจำนวนของวัตถุ มีค่าเท่ากับ 2^k โดยในแต่ละรอบเครื่องอ่าน ทำการส่งสัญญาณ และรอคอยการตอบกลับจากแท็ก โดยสังเกตจาก prefix หากมีมากกว่าหนึ่งแท็กตอบกลับ เครื่องอ่านจะทราบทันทีว่า มีอย่างน้อยสองแท็กที่มี prefix นั้น เครื่องอ่านก็จะทำการส่ง 0 หรือ 1 ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมีเพียงแท็กเดียวที่ได้รับการระบุอย่างถูกต้อง

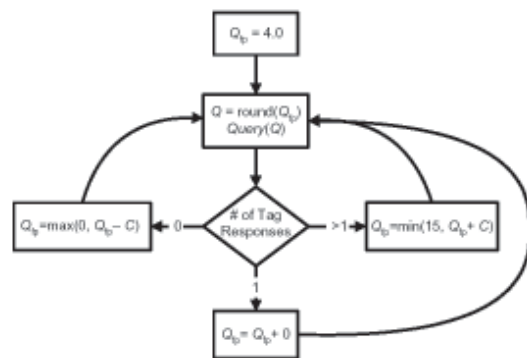


รูปที่ 3 การทำงานของ Query-Tree
(Myung and Lee, 2005)

EPC Class1 Generation 2

งานวิจัยครั้งนี้นำเสนอการทดสอบประสิทธิภาพ โดยอยู่บนมาตรฐานของ EPC Global ซึ่งเลือกที่จะทำการศึกษาในส่วนของ EPC Class1 Generation 2 ซึ่งเป็นเวอร์ชันล่าสุดของ EPC UHF Class 1 หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า “Gen 2 protocol” ทำงานในย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra-High Frequency) 860-960 เมกะเฮิร์ตซ์

การทำงานในส่วนของการจัดการการชนกันของ EPC Class 1 Gen2 นี้จะใช้โปรโตคอลในตระกูล ALOHA คือ Slotted ALOHA Protocol โดยใช้อัลกอริทึมที่มีชื่อว่า Q-Selection Protocol



รูปที่ 4 การทำงานของ Q-Selection
(EPCglobal, 2006)

หลักการทำงานของ Q-Selection Protocol คือ มีการกำหนดค่าจำนวนรอบเท่ากับ 2^Q สล็อต ในตอนเริ่มต้นแท็กจะตั้งค่าหมายเลขสล็อตโดยใช้วิธีการสุ่มตัวเลขจากช่วง 0 ถึง $2^Q - 1$ เครื่องอ่านทำการส่งคำสั่งเพื่อเริ่มสล็อต แท็กที่มีหมายเลขสล็อตเท่ากับ 0 จะส่งค่า Reply และทุกแท็กจะลดค่า Slot counter ลงไป 1 กระบวนการนี้ทำจนกระทั่งครบทุก 2^Q สล็อต โดยใช้การเปลี่ยนแปลงค่า Q เครื่องอ่านสามารถกำหนดจำนวนสล็อตต่อรอบ และปรับปรุงจำนวนแท็กในช่วงของการทำงานได้

การออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้ในการป้องกันการชนกันด้วยเทคนิค Adaptive Slotted ALOHA

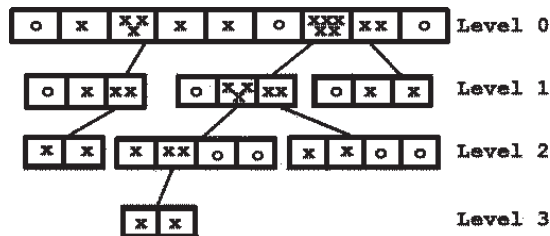
เทคนิคที่ผู้วิจัยนำเสนอในรายงานวิจัยนี้คือ Adaptive Slotted ALOHA เป็นการนำเอาลักษณะของการจัดการการชนกันโดยรวมเอาประสิทธิภาพของ Query-tree algorithm และ Slotted ALOHA มารวม

กัน พื้นฐานแนวคิด เป็นการแก้ไขปัญหาของการเกิดการชนกัน โดยหลีกเลี่ยงการเกิดการชนกันในสล็อต จะมีเพียงแท็กที่เกิดการชนกันเท่านั้นที่ถูกส่งใหม่ในรอบถัดไป วัตถุประสงค์หลัก คือ ลดจำนวนการเกิดการชนกันของแท็ก โดยการเลือกเฉพาะแท็กที่เกิดการชนกันในสล็อตเดียวกันเท่านั้น

การทำงานของ Adaptive Slotted ALOHA

ในขั้นตอนแรก เครื่องอ่านทำการส่งสัญญาณโดยกำหนดขนาดของเฟรมในตอนเริ่มต้นเท่ากับ L_0 เมื่อแท็กได้รับสัญญาณก็จะทำการสุ่มค่าตัวเลขเพื่อเลือกสล็อตที่จะทำการส่งโดยอยู่ในช่วง $[1, \dots, L_0]$ และส่งรหัสประจำตัวแท็กไปในสล็อตนั้น หากสล็อตมีเพียงแท็กเดียว เครื่องอ่านจะทำการระบุรหัสประจำตัวแท็กของแท็กที่ได้รับ แต่หากในสล็อตมีมากกว่าหนึ่งแท็กจะทำการวนซ้ำโดยเพิ่มค่า Level และเข้าสู่ฟังก์ชันการจัดการการชนกัน

ขั้นตอนที่สองในส่วนของการจัดการการชนกัน ลักษณะของการจัดการการชนกันเป็นการค้นหาแท็กตามโครงสร้างแบบ Tree structure โดยโหนดราก คือเฟรมที่อยู่ในรอบของการอ่านในครั้งแรก ซึ่งก็คือ L_0 เป็นขนาดของเฟรมในตอนเริ่มต้น ส่วน N_i เป็นจำนวนแท็กที่ส่งรหัสประจำตัวแท็กไปในสล็อต i ซึ่งมีค่าเท่ากับ $i \leq L_0$, $N_i \geq 0$, $\sum_i N_i = n$ ถ้า $N_i \geq 2$ เมื่อมีการชนกันของแท็กเกิดขึ้นในสล็อต i โดยที่ i คือหมายเลขสล็อตและ n เป็นจำนวนแท็กทั้งหมด ในตอนท้ายของแต่ละรอบของการอ่าน ถ้าเครื่องอ่านเจอการชนกันเกิดขึ้น จะเริ่มรอบใหม่เฉพาะสล็อตที่เกิดการชนกันเท่านั้น โดยการเพิ่มโหนดใหม่เข้าไปในทรี เครื่องอ่านจะส่งขนาดไปพร้อมกับจำนวนสล็อตของเฟรมและระดับของทรีเฉพาะแท็กที่เกิดการชนกันเท่านั้น โดยในแต่ละรอบแท็กจะเก็บค่าที่ได้จากการสุ่มเพื่อที่จะใช้ในการส่งรหัสประจำตัวแท็กไปยังเครื่องอ่าน และเพิ่มค่าเข้าไปเพื่อใช้เป็นตัวนับระดับของทรี ซึ่งกระบวนการทั้งหมดจะทำให้จำนวนแท็กที่ได้รับการระบุจนครบ



รูปที่ 5 การทำงานของ Adaptive Slotted ALOHA

การคำนวณขนาดของเฟรมและจำนวนแท็กที่ใช้ในการส่งแต่ละรอบ

ขนาดของเฟรมในแต่ละรอบการอ่านคำนวณคล้ายกับสูตรของ Vogt โดยกำหนดให้ $\langle C_0, C_1, C_k \rangle$ หมายถึง สล็อตที่ว่าง สล็อตที่ส่งแท็กไปเพียงหนึ่งแท็ก และสล็อตที่เกิดการชนกัน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะใช้ในการประมาณค่าจำนวนแท็กที่ใช้ในการส่ง ซึ่งก็คือค่า n นั่นเอง ดังสมการที่ 1

$$(N, C_0, C_1, C_k) = \min_n \left[\begin{pmatrix} A_0^{N,n} \\ A_1^{N,n} \\ A_k^{N,n} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} C_0 \\ C_1 \\ C_k \end{pmatrix} \right] \quad (1)$$

จากสมการ $\langle a_0, a_1, a_k \rangle$ เป็นค่าที่คาดหวังของจำนวนสล็อตที่ว่าง สล็อตที่มีเพียงหนึ่งแท็ก และสล็อตที่เกิดการชนกัน โดยที่ N เป็นขนาดของเฟรมในแต่ละรอบ และ n เป็นจำนวนแท็กโดยที่ค่า n อยู่ในช่วง $[C_1 + 2C_k, \dots, 2(C_1 + 2C_k)]$ โดย $C_1 + 2C_k$ ให้ค่า n ที่เป็นไปได้น้อยที่สุด หมายถึงหาก C_1 คือแท็กที่ได้รับการระบุ จะต้องมียังน้อย $2C_k$ ที่เกิดการชนกันขึ้นในสล็อต โดยตั้งค่าสูงสุดของช่วงนี้ไว้ที่ $2(C_1 + 2C_k)$

เมื่อเครื่องอ่านใช้ขนาดของเฟรมที่มีขนาดเท่ากับ N และจำนวนของแท็กที่ตอบกลับมีค่าเป็น n ทำการคำนวณค่า r คือจำนวนของเฟรมที่จะสร้างในรอบต่อไปมีค่าดังสมการที่ 2

$$a_r^{N,n} = N \times \binom{n}{r} \left(\frac{1}{N} \right)^r \left(1 - \frac{1}{N} \right)^{n-r} \quad (2)$$

ส่วนขนาดของเฟรมในรอบใหม่ คำนวณจากสมการที่ 3

$$l_{i+1} = \left\lfloor \frac{n^i - c_1^i}{c_k^i} \right\rfloor \quad (3)$$

เมื่อ n^i, c_1^i และ c_k^i เป็นค่าที่ได้จากการประมาณ โดย n^i คือจำนวนแท็กที่ส่งไปในแต่ละรอบ, c_1^i คือจำนวนแท็กที่ได้รับการระบุ และ c_k^i คือจำนวนสล็อตที่แท็กเกิดการชนกัน

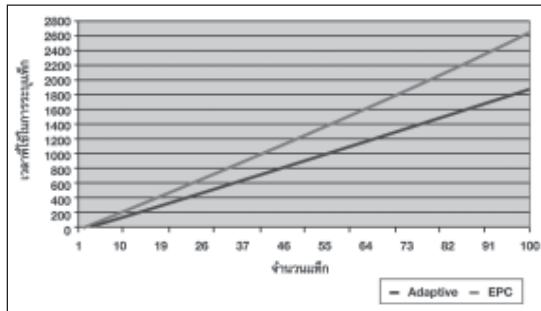
เมื่อนำมาคำนวณหาค่าโดยนำจำนวนแท็กที่ส่งไปในแต่ละรอบ (n^i) มาลบกับจำนวนแท็กที่ได้รับการระบุ (c_1^i) จะได้จำนวนแท็กที่ยังไม่ได้รับการระบุในรอบที่ $i+1$ ซึ่งสามารถประมาณได้ว่ามีแท็กที่เกิดการชนกันในรอบที่ i จำนวนเท่าใด โดยนำค่าที่ได้มาหารด้วยจำนวนสล็อตที่เกิดการชนกัน (c_k^i) ซึ่งการคำนวณนี้จะนำมาใช้ในทุกๆ รอบของการทำงาน

การทดสอบระบบ

ในการทดสอบประสิทธิภาพระบบ ผู้วิจัยทำการพัฒนาอัลกอริทึมที่ปรับปรุงใหม่ โดยเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของ Class1 EPC Generation 2 ซึ่งใช้โปรโตคอล Slotted ALOHA เช่นเดียวกันแต่ต่างกันตรงเทคนิคของการแก้ไขปัญหการชนกันโดย Class1 EPC Generation 2 ใช้เทคนิคของ Q-Selection แต่ Adaptive Slotted ALOHA เป็นการนำเอาเทคนิคของ Query-tree Protocol เข้ามาช่วยในการจัดการแก้ไขปัญหการชนกัน

การทดสอบระบบได้ใช้การจำลองการทำงานระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก เพื่อที่จะทดสอบประสิทธิภาพของโปรโตคอลที่ได้ปรับปรุงขึ้น โดยใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรม และทำงานอยู่บนเครื่องเครื่อง

คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก หน่วยประมวลผลเพนเทียม M
ความเร็ว 1.6 GHz หน่วยความจำหลัก 512 MB
ฮาร์ดดิสก์ 60 GB



รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการระบุแท็ก
ของโปรโตคอลทั้ง 2 แบบ

สรุป

จากการศึกษาวิจัย พบว่า EPC Class 1 Generation 2 ใช้เวลาในการระบุแท็กมากกว่า Adaptive Slotted ALOHA เมื่อทดสอบกับแท็กจำนวน 100 แท็ก โดยมีขนาดของเฟรมเท่ากับ 16 สล็อต เนื่องจากโปรโตคอลที่ปรับปรุงขึ้นใหม่นี้อาศัยข้อดีของโปรโตคอลแบบทรี ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่มีความสามารถในการระบุแท็กแบบรวดเร็ว และเลือกเอาเฉพาะสล็อตที่เกิดการชนกันเท่านั้น มาทำการส่งใหม่ในรอบถัดไป นอกจากนี้ในการประมาณค่าจำนวนแท็กและขนาดของเฟรมที่ใช้ในรอบถัดไปก็มีความถูกต้องและเหมาะสม โดยไม่ต้องเสียเวลาในการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์เช่นเดียวกับ Q-Selection protocol

เอกสารอ้างอิง

- วัชรกร หนูทอง, อนุกุล น้อย ไม้ และ ปรีณันท์
วรรณสว่าง. (2547).RFID เทคโนโลยีสารสนเทศ
ประโยชน์. สาร NECTEC . 11(60), 15-22.
Cha ,Jae-Ryong and Kim, Jae-Hyun.(2006).
Dynamic framed slotted ALOHA algorithms

using fast tag estimation method for RFID system. Retrieved September 2,2006, from the World Wide Web <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/dynhome.jsp>

EPCglobal.(2005). EPC Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communication at 860 MHz-960 MHz Version 1.0.9. Retrieved March10, 2006, from the World Wide Web <http://www.epcglobalinc.com>.

Finkenzeller ,Klaus.(2003). RFID Handbook : Fundamentals and Applications in Contactless Smart Card and Identification. 2nd ed. West Sussex: John Wiley&Sons.

Myung, Jihoon and Lee, Wonjun. (2005). An Adaptive Memoryless Tag Anti-Collision Protocol for RFID Networks. Retrieved May 17,2006, from the World Wide Web <http://dawn.cs.umbc.edu/INFOCOM2005/lee-myung-abs.pdf>

Vogt , Harald.(2002). Efficient Object Identification with Passive RFID Tags. Retrieved June 23, 2006, from the World Wide Web <http://www.springerlink.com/index/VDGUE6WAUG981GPF.pdf>