

การพัฒนาประสิทธิภาพของระบบ RFID ที่มีการสื่อสารแบบ Frame ALOHA

Development efficiency of RFID system in Frame ALOHA communication

สุริย์พร มั่งมี สุวิพล ลิทธิชีวะภาค

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ปัญหาที่สำคัญของระบบ RFID คือ ปัญหาที่เกิดจากการชนกันของข้อมูล ของแท็กส์หลายตัวที่ทำการตอบสนองพร้อมกันในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นจึงได้มีโปรโตคอลที่จะป้องกันการเกิดการชนกันของข้อมูล ซึ่งโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมได้แก่ โปรโตคอล อะโลฮา (ALOHA Protocol) ในบทความนี้ได้นำเสนอการพัฒนา รูปแบบการทำงานของโปรโตคอล frame slotted Aloha ที่มีการสร้างค่า P-persistent ให้กับระบบ และรูปแบบการเลือกสล็อตที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นการเพิ่มค่าวิสัยสามารถให้กับระบบ และลดการเกิดการชนกันของข้อมูล
คำสำคัญ: ระบบRFID, โปรโตคอลFrame Aloha, ค่า P-persistent

Abstract

The most important problems of Radio frequency identification (RFID) system is that the collision between tags which response within Reader's interrogation zone. One of the popular anti-collision protocols is ALOHA protocol. In this paper, we present the development Efficiency of RFID system in Frame ALOHA communication. We create P-persistent value to select slot. Additional, we studies the schemes of select slots randomly with two different methods for reduce collision data and increase much efficiency in the system.

Keywords: RFID system, Frame Aloha Protocol, P-persistent value

1. บทนำ

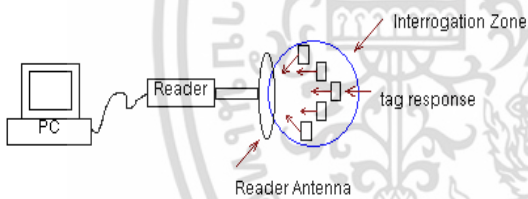
Radio Frequency Identification (RFID) คือระบบระบุลักษณะของวัตถุด้วยความถี่วิทยุ ที่มีการพัฒนามาจากระบบบาร์โค้ด โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยการสัมผัส (Contact-less) เป็นที่นิยมนำมาใช้ในระบบ การขนส่ง การพิสูจน์ตัวตน เอกสารราชการ และอื่นๆอีกมากมาย มีส่วนประกอบสำคัญสองส่วนคือ ตัวอ่านข้อมูล (reader) และ แท็กส์ (tag) โดยทั่วไปแล้ว แท็กส์จะแบ่งออกเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่าการฉ้อโกง ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามประเภทด้วยกันคือ แท็กส์ชนิดพาสซีฟ (passive tags) ซึ่งเป็นแท็กส์ที่ไม่มีแบตเตอรี่ในตัวเอง ทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากตัวอ่านข้อมูล อีกสองประเภทคือ แท็กส์ชนิดแอ็กทีฟ (active tags) และ แท็กส์ชนิดเซมิ พาสซีฟ (semi-passive tags) ซึ่งแท็กส์ทั้งสองชนิดนี้ จะมีแบตเตอรี่อยู่ภายใน ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟขนาดเล็ก เพื่อป้อนพลังงานไฟฟ้าให้แท็กส์ทำงานได้โดยปกติ

โดยส่วนมากปัญหาที่มักจะพบในระบบการทำงานของระบบนี้คือ การชนกันของข้อมูล ที่อยู่ภายในแท็กส์ ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในกรณีที่มีแท็กส์จำนวนมากเข้ามาอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของตัวเครื่องอ่าน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาโปรโตคอลที่จะป้องกันการเกิดการชนกันขึ้น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ารูปแบบโปรโตคอลที่นิยมนำมาใช้ในงาน คือ โปรโตคอล อะโลฮา (Aloha protocol) ได้แก่ pure Aloha, slotted Aloha และ frame slotted Aloha [1] ในบทความนี้เป็นการศึกษา ระบบ RFID ที่ใช้โปรโตคอล Frame slot Aloha ที่แตกต่างกันออกไปโดยมีการใช้หลักการการทำงานของ P-persistent [2], [3] และรูปแบบของการเลือกสล็อตให้กับแท็กส์ อีก 2 วิธีด้วยกัน เพื่อเป็นการพัฒนาระบบให้เกิดการชนกันลดน้อยลง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบ RFID



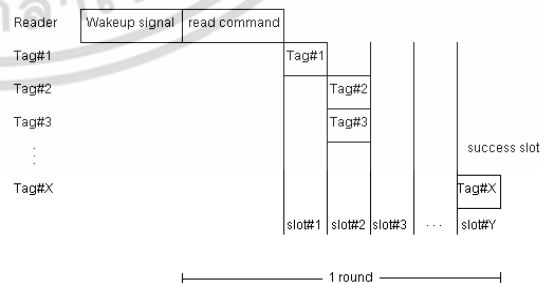
รูปที่ 1 โครงสร้างการติดต่อสื่อสารในระบบ RFID

Radio Frequency Identification คือ ระบบที่มีการสื่อสารระหว่างตัวอ่านข้อมูลและแท็กส์ โดยอาศัยช่องความถี่วิทยุผ่านโครงสร้างภายในแท็กส์ ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของ ไอซีชิพ และ เสาอากาศ สำหรับรับ ส่งข้อมูล โดยที่ทั้งสองส่วนนี้จะเชื่อมต่ออยู่ด้วยกัน โดยระบบRFID มีหลักการดำเนินงานเบื้องต้นคือ ตัวอ่านข้อมูลจะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาตลอดเวลา และคอยตรวจจับว่ามีแท็กส์เข้ามาอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าหรือไม่ หรืออีกนัยหนึ่งคือ การคอยตรวจจับว่ามี การมอดดูเลตสัญญาณ หรือไม่ เมื่อมีแท็กส์เข้ามาอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แท็กส์จะได้รับพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แท็กส์จะ

ทำการตอบสนองไปยังตัวเครื่องอ่าน และจะทำการส่งข้อมูลหน่วยความจำที่ผ่านการมอดดูเลต เกิดคลื่นพาหะออกมาทางเสาอากาศที่อยู่ภายในแท็กส์ คลื่นพาหะที่ถูกส่งออกมาจากแท็กส์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูด ความถี่ หรือเฟส ขึ้นอยู่กับวิธีการมอดดูเลต จากนั้นตัวอ่านข้อมูลจะคอยตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของคลื่นพาหะแปลงออกมาเป็นข้อมูล แล้วทำการถอดรหัสเพื่อนำข้อมูลไปใช้งานต่อไป โดยทั่วไปแล้ว ย่านความถี่ของคลื่นพาหะที่นิยมใช้งานกันคือ ย่านความถี่ต่ำ ย่านความถี่ปานกลาง และย่านความถี่สูง คือ 125 kHz, 13.56 MHz และ 2.4GHz ตามลำดับ

2.2 Frame Slotted Aloha (FSA)

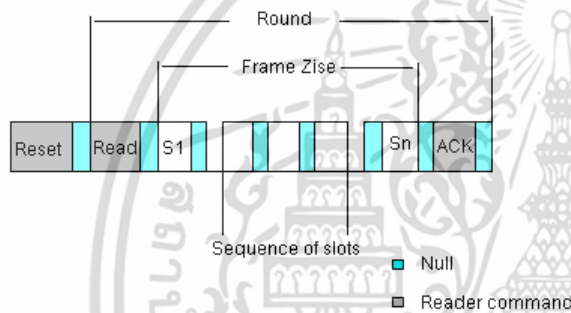
ในการที่จะรับข้อมูลจากแท็กส์หลายๆอัน ทั้งแท็กส์และตัวเครื่องอ่านต้องได้รับการออกแบบให้รองรับสถานะที่มีแท็กส์มากกว่า 1 ทำการตอบสนอง ไม่เช่นนั้นแล้ว สัญญาณพาหะก็จะมี การส่งออกในเวลาเดียวกันทำให้เกิดการชนกันของสัญญาณ (Collision) จะทำให้ไม่มีข้อมูลใดๆ ส่งถึงตัวเครื่องอ่านเลย ดังนั้นจึงได้มีการป้องกันการชนกัน [4]-[7] เพื่อนำมาแก้ปัญหา และยังเป็น การเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบ ซึ่งได้แก่ โปรโตคอล ทามควิชัน มัลติเพิล แอ็กเซส (Time Division Multiple Access based protocols) โดยโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมคือโปรโตคอล อะโลฮา (Aloha protocols)



รูปที่ 2 รูปแบบการเลือกสล็อตของโปรโตคอล Frame Slotted Aloha ในระบบ RFID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Frame slotted Aloha (FSA) เป็นโพรโทคอลที่ได้รับการพัฒนาหรือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบ Pure Aloha และ slotted Aloha โดยมีหลักการคือ จะมีการแบ่งช่วงเวลาสำหรับการส่งข้อมูลออกเป็นช่วงเวลาเล็กๆ (time slots) การส่งข้อมูลจะทำการส่งเมื่อมีการเริ่มต้นของสล็อตและต้องเสร็จสิ้นเมื่อสิ้นสุดในสล็อต นั้นๆ สำหรับโพรโทคอล FSA จะมีการรวมสล็อต เป็นกลุ่มเข้าไป เป็น 1 เฟรม ซึ่งแท็กส์แต่ละตัวจะทำการส่งข้อมูลได้ 1 ครั้ง ต่อเฟรม เมื่อมีการเกิดการชนกัน แท็กส์จะทำการหน่วงเวลาแบบสุ่มรอในเฟรมถัดไป โดยที่ขนาดของเฟรมจะเป็นแบบตายตัว หรือ เปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้งาน



รูปที่ 3 โครงสร้างของเฟรม

การติดต่อสื่อสารจากตัวอ่านข้อมูลไปยังแท็กส์ จะควบคุมการทำงานโดยคำสั่งจากตัวอ่านข้อมูล ในขั้นแรก กำหนดให้ แท็กส์ยังไม่มีการทำงาน หรือ ยังไม่มีกำลังงาน แท็กส์จะถูกกระตุ้นเมื่อได้รับคำสั่ง reset and calibration จากตัวเครื่องอ่าน เมื่อแท็กส์ได้รับการกระตุ้นแล้ว ตัวเครื่องอ่านจะส่งคำสั่ง read มายังแท็กส์ โดยจะระบุลักษณะของขนาดของเฟรม ในรอบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แท็กส์แต่ละตัวจะทำการตอบสนองโดยการเลือกสล็อตแบบสุ่ม และทำการส่ง ID [8] ที่มีความยาวเท่ากับ 16bits CRC ช่องว่างของสัญญาณ (null signals) คือการทำให้สำเร็จของคำสั่ง และการจบของสัญญาณ หลังจากทำการส่ง ID แล้ว แท็กส์จะรอ acknowledgement (ACK) ตอบกลับจากตัวเครื่องอ่าน คำสั่ง ACK คือ แถวของบิตซึ่งมีลักษณะเดียวกันกับขนาดของเฟรม

จากการวิเคราะห์หาสมรรถนะในส่วนของโพรโทคอล FSA จะมีขอบเขตการทำงานในส่วนของปริมาณจำนวนของแท็กส์ที่มีปริมาณมากเข้ามาอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (interrogation-zone) จึงทำให้เกิดการแข่งขันในการแย่งเข้าสล็อตมากขึ้น เป็นผลให้เกิดการชนกันของข้อมูลมากขึ้นตามลำดับ ทำให้สมรรถนะของระบบลดลง

ในรูปแบบการทำงานของโพรโทคอล FSA ในแต่ละรอบสามารถคำนวณการตอบสนองของระบบได้ ดังนี้ [9] เมื่อกำหนดให้ N คือ จำนวนของสล็อตในแต่ละเฟรม n คือ จำนวนของแท็กส์ที่อยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ความน่าจะเป็นของ (k) แท็กส์ที่ตอบสนองในสล็อต ของแต่ละรอบ (s^{th}) หาได้จาก

$$P_k(s) = \binom{n}{k} \left(\frac{1}{N}\right)^k \left(\frac{N-1}{N}\right)^{n-k} \quad (1)$$

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีการคิดค้นวิธีการที่จะลดการชนกันของข้อมูลขึ้นมา โดยการใช้หลักการสุ่มค่า P-persistent ให้กับแท็กส์ที่พร้อมที่จะทำการตอบสนอง

2.3 P-persistent FSA

จากข้างต้น จะเห็นได้ว่าโพรโทคอล frame slotted Aloha เป็นโพรโทคอลที่พัฒนามาเพื่อลดปัญหาการเกิดการชนกันของข้อมูล แต่ปัญหานี้ก็จะยังมีขึ้นอยู่ตราบดีที่แท็กส์ทุกตัวทำการตอบสนองต่อการเลือกสล็อตพร้อมกัน โอกาสที่จะเลือกสล็อตเดียวกันก็จะมากขึ้นด้วย ดังนั้น บทความนี้จึงได้มีการพัฒนาโพรโทคอลนี้ โดยการสุ่มค่าความน่าจะเป็น P ให้กับแท็กส์ หลักการของค่า P-persistent นี้คือ ระบบจะมีการสุ่มค่าความน่าจะเป็นของ P ที่มีทั้งหมด 9 ช่วงด้วยกัน ตั้งแต่ $P \geq 0.1$ - $P \geq 0.9$ ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีการสุ่มในช่วงค่า $P \geq 0.9$ หมายถึงแท็กส์แต่ละตัวจะมีการตอบสนองทันทีที่ได้รับคำสั่งจากตัวเครื่องอ่าน หากเกิดการชนกันของข้อมูลแท็กส์จะหยุดการทำงานทันที เป็นระยะเวลาที่ไม่แน่นอน และจะเริ่มทำการส่งข้อมูลใหม่ในเฟรมถัดไป แต่หากสุ่มในช่วงของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$P \geq 0.1$ นั้นหมายความว่าแท็กส์แต่ละตัวได้รับคำสั่งจากตัวเครื่องอ่านแล้ว จะยังไม่ทำการส่งในทันที แต่จะรอระยะเวลาหนึ่งที่มีค่าไม่เท่ากัน และไม่แน่นอนในแต่ละแท็กส์ก่อน แล้วจึงทำการส่ง ซึ่งระยะเวลาเหล่านี้จะเป็นไปตามการสุ่มค่า P ในแต่ละรอบ และจะมีผลต่อการเลือกสล็อต ซึ่งในบทความนี้ได้ทำการศึกษาสองรูปแบบด้วยกันคือ แบบที่ 1 มีการเลือกสล็อตแบบเรียงตามลำดับ และแบบที่ 2 มีการเลือกสล็อตแบบสวนทางกัน

3. การจำลองรูปแบบของการทำงานของ

P-persistent FSA

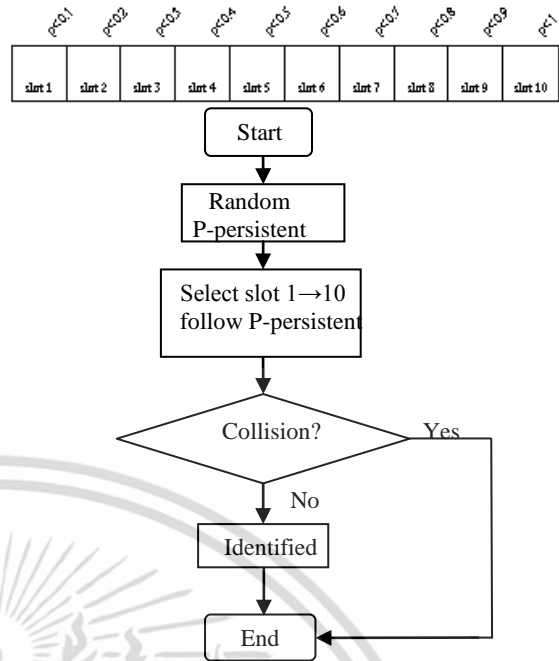
ในส่วนนี้จะกล่าวถึงรูปแบบจำลองการทำงานของ P-persistent FSA กล่าวคือ ระบบจะทำการสุ่มค่า P ให้กับแท็กส์แต่ละตัว สิ่งที่ได้คือ ทำให้แท็กส์แต่ละตัวมีความต้องการในการตอบสนองที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีระยะเวลาในการเลือกสล็อตต่างกัน โดยกำหนดให้แท็กส์แต่ละตัว มีการเลือกสล็อตเป็นแบบ uniform ค่าสมรรถนะของระบบจะมีการแปรผัน ตามค่าการสุ่มของ P-persistent และจำนวนของแท็กส์ที่ทำการทดลอง โดยกำหนดให้ขนาดของเฟรมคงที่ เท่ากับ 10 สล็อตและมีค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ของระบบดังนี้ จำนวนของแท็กส์ในระบบ (X) จำนวนของสล็อตต่อ 1 เฟรม (Y) จำนวนรอบการทำงานในระบบ (S) ดังนั้น ค่าวิสัยสามารถ หาได้จาก

$$T = \frac{X_1}{(Xi)(S)} \quad (5)$$

กำหนดให้ X_1 คือ จำนวนแท็กส์ทั้งหมดที่ทำการส่งสำเร็จ
 X_i คือ จำนวนแท็กส์ทั้งหมดที่ทำการส่งเข้ามาในระบบ
 S คือ จำนวนรอบการทำงานในระบบ

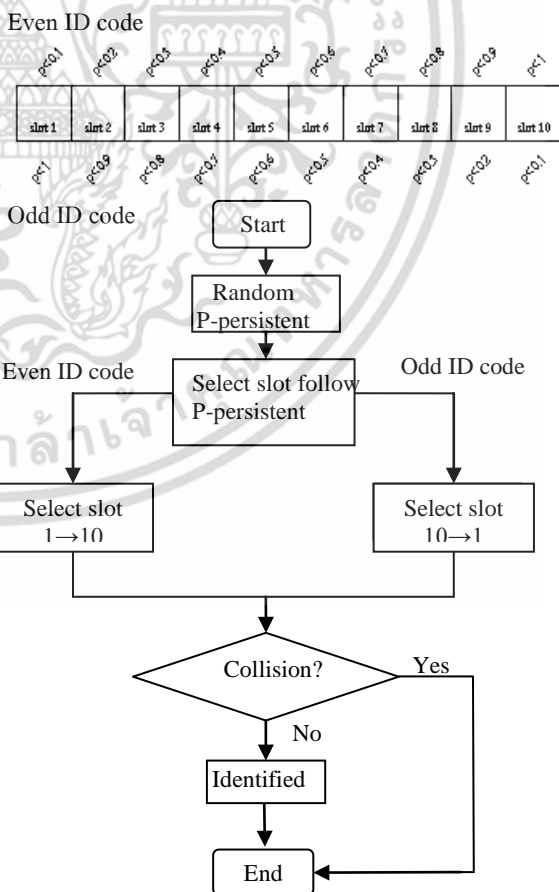
นอกจากนี้การสุ่มค่า P-persistent ยังมีผลต่อการเลือกสล็อตอีกด้วย ซึ่งในบทความนี้ได้มีวิธีการเลือกสล็อตของแท็กส์ที่แตกต่างกันออกไป อีก 2 วิธี เพื่อเป็นการศึกษาผลของสมรรถนะของระบบ

วิธีที่ 1 P-persistent FSA ที่มีการเลือกสล็อตตั้งแต่สล็อตที่ 1 ไปยังสล็อตที่ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 4 ขั้นตอนการเลือกสล็อตของวิธีที่ 1 ต่อ 1 รอบ

วิธีที่ 2 P-persistent FSA ที่มีการเลือกสล็อตแบบสลับทิศทาง

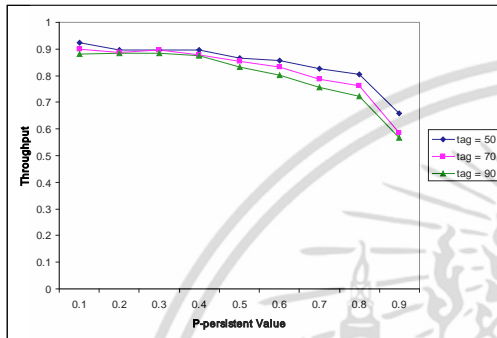


รูปที่ 5 ขั้นตอนการเลือกสล็อตของวิธีที่ 2 ต่อ 1 รอบ

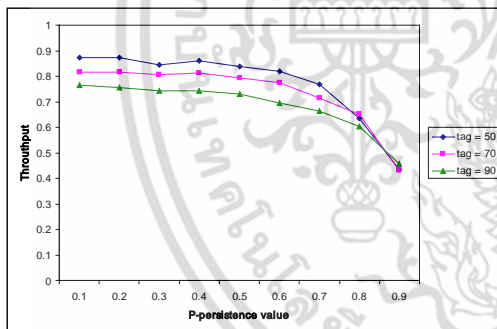
ใช้สล็อตเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลการจำลองแบบ

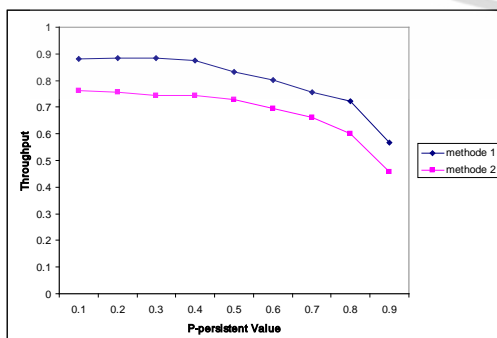
การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบจะทำการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เมื่อกำหนดอัตราการส่งข้อมูลคงที่ที่ 10Mbps และจำนวนสล็อตคงที่ที่ 10 สล็อตต่อเฟรม และให้ระบบมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนของแท็กส์ ค่าการสุ่มของ P-persistent และรูปแบบการเลือกสล็อตเพื่อที่จะศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติของระบบในรูปของค่าวิสัยสามารถ (Throughput)



รูปที่ 6 ค่าวิสัยสามารถของระบบ P-persistent FSA ที่มีการเลือกสล็อตแบบวิธีที่ 1



รูปที่ 7 ค่าวิสัยสามารถของระบบ P-persistent FSA ที่มีการเลือกสล็อตแบบวิธีที่ 2



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบค่าวิสัยสามารถของระบบที่มีการเลือกสล็อตต่างกัน

จากกราฟรูปที่ 6 และ 7 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีจำนวนแท็กส์ที่จะทำการส่งข้อมูลเพิ่มมากขึ้น ค่าวิสัยสามารถของระบบจะลดลง ซึ่งเป็นไปตามหลักการที่ว่าเมื่อมีการตอบสนองของแท็กส์มากขึ้น ต่อจำนวนสล็อตเท่าเดิม ผลที่ได้คือการชนกันของข้อมูลเพิ่มมากขึ้น และนอกจากนี้ยังได้แสดงถึงค่า P-persistent ที่มีผลต่อการทำงานของระบบ RFID ดังจะเห็นได้ว่าเมื่อมีค่า P-persistent ที่มีค่ามากจะทำให้ค่าวิสัยสามารถลดน้อยลงเป็นสาเหตุมาจาก การที่แท็กส์แต่ละตัวมีความต้องการในการตอบสนองเกือบจะทันที ทำให้แท็กส์แต่ละตัวเกิดการชนกันมากขึ้น แต่ในกรณีที่มีค่า P-persistent มีค่าน้อย แท็กส์แต่ละตัวจะมีการสุ่มค่าการหน่วงเวลาต่อการตอบสนองที่กว้างขึ้น โอกาสที่จะเกิดการส่งข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันก็จะน้อยลง และจากการศึกษาค่า P-persistent ในงานวิจัยนี้พบว่า ระบบจะให้ค่าวิสัยสามารถที่ดีที่สุดเมื่อมีค่า P-persistent < 0.1 ซึ่งนอกจากนี้วิธีการเลือกสล็อตที่แตกต่างกันออกไปก็มีผลต่อค่าวิสัยสามารถของระบบ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าในการเลือกสล็อตในวิธีที่ 1 จะให้ค่าวิสัยสามารถสูงกว่าวิธีที่ 2 อันเนื่องมาจาก ในวิธีที่ 2 แท็กส์ที่ได้รับการสุ่มค่า P-persistent ที่ไม่เท่ากันในแท็กส์กลุ่มแรก และกลุ่มที่หลัง อาจมีการเลือกส่งข้อมูลในสล็อตเดียวกันได้ นั่นจึงทำให้เกิดการชนกันของข้อมูลมากขึ้น จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถลดลง

5. สรุป

บทความนี้ได้เสนอวิธีการพัฒนาโปรโตคอล Frame slotted Aloha (FSA) มาเป็นในรูปแบบของ P-persistent FSA นอกจากนี้ยังได้มีการออกแบบการเลือกสล็อตที่ต่างกันออกไป 2 วิธีการ เพื่อเป็นการลดการเกิดการชนกันของข้อมูลในระบบ RFID ซึ่งจากการจำลองแบบพบว่า ค่าวิสัยสามารถของระบบจะแปรผกผันตาม ค่า P-persistent และจำนวนของแท็กส์ที่พร้อมจะทำการตอบสนองไปยังบริเวณการทำงานของตัวเครื่องอ่าน และวิธีการเลือกสล็อตก็ยังส่งผลต่อระบบด้วย โดยพบว่า P-persistent FSA ที่มีการเลือกสล็อตตั้งแต่สล็อตที่ 1 ไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สล็อตที่ 10 ตามลำดับให้ค่าวิสัยสามารถดีกว่า วิธีที่ 2 P-persistent FSA ที่มีการเลือกสล็อตตั้งแต่ สล็อตที่ 1 ไปยัง สล็อตที่ 10 และ สล็อตที่ 10 ไปยังสล็อตที่ 1 ตามลำดับ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] D.K. Klair, K. Chin and R. Read, On the Suitability of Framed Slotted Aloha based RFID Anti-collision Protocols for Use in RFID-Enhanced WSNs, Proceeding of the 16th International Conference on Computer Communications and Networks ICCCN 2007, page 583-590, 13-16 Aug, 2007.
- [2] Jain-Shing Liu Lin, C-H.R. Performance Improvements with a P-Persistent Enhanced DCF for WLANs. Proceeding of IEEE 63rd. Vehicular Technology Conference, 2006. VTC 2006- Spring, Vol. 3. page 1151-1155, 7-10 May 2006.
- [3] Wah Chun Chan. Performance Analysis of Telecommunication and Local Area Network. The Springer International Series in Engineering and Computer Science, Vol. 553. page 488, 15 Feb, 2000.
- [4] Bin Zhen, Mamoru Kobayashi and Masashi Shimizu, Frame ALOHA for Multiple RFID Objects Identification, Proceeding of IEICE Trans Communications, Vol. E88-B, No 3, page 991- 999, March, 2005.
- [5] S.-R. Lee, S.-D. Joo, and C.-W. Lee. An enhanced dynamic framed slotted ALOHA algorithm for RFID tag identification. Proceeding of the 2nd Intl. Annual Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, page 166-172, 17-21 July, 2005.
- [6] F. Zhou, C. Chen, D. Jin, C. Huang, and H. Min, Evaluation and Optimizing Power Consumption
- Of Anti-Collision Protocols for Applications in RFID Systems, Proceeding of ACM International Symposium on Low Power Electronics and Design (ISLPED), page 357-362, 2004.
- [7] C. Law, K. Lee, and K.-Y. Siu, Efficient memoryless protocol for tag identification, Proceeding of the 4th International Workshop on Discrete Algorithms and Methods for Mobile Computing and Communications (DIALM'00), page 75-84, Boston, Mass, USA, August, 2000.
- [8] Auto-ID Center. 13.56MHz ISM band class 1 radio frequency identification tag interface specification version 1.0 Standard. <http://www.epcglobalinc.org/standard/specs/>.
- [9] H. Vogt. Efficient object identification with passive RFID tags. Proceeding of International Conference on Pervasive Computing, LNCS, Vol. 2414. page 98-113, 01 Jan, 2002.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้