

การออกแบบของสายอากาศแท็กสำหรับการถ่ายโอนกำลังงานแบบไร้สายด้วยระบบอาร์เอฟไอดี ที่ความถี่ 13.56 MHz

A Design of Tag Antenna for Wireless Power Transfer with RFID Systems at 13.56 MHz

พัชราธรณ์ พูนเกตู กมลชนก จันทรทองศรี นิพนธ์ เลิศมโนกุล และ ศุภกิต แก้วดวงตา*

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

Patcharathorn Poonkate, Kamonchanok Janthongsri, Nipon Lertmanokul and Supakit Kawdungta*

Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna

128 HuayKaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

*ผู้รับผิดชอบบทความ: supakitting@rmutl.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 086-565-9485

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบการสร้างและการทดสอบสายอากาศแท็กเพื่อการส่งผ่านกำลังงานแบบไร้สายด้วยระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูง (13.56 MHz) โดยออกแบบสายอากาศแท็กแบบวงให้มีขนาดใกล้เคียงกับบัตรสมาร์ตการ์ดมาตรฐาน ISO (5.4 cm x 8.6 cm) สำหรับชิปไอซี 2 เบอร์ คือ MF1S5000 และ M24LR04 จากผลการทดสอบการรับส่งกำลังงานระยะการอ่านข้อมูลและระยะการส่งผ่านกำลังงานพบว่าแท็กต้นแบบทั้ง 2 ตัวสามารถรับส่งกำลังงานได้ซึ่งระยะของการอ่านและการส่งผ่านกำลังงานสูงสุดจะอยู่ที่ระยะ 4 cm และระยะที่สามารถส่งกำลังงานได้สูงที่สุดอยู่ที่ระยะ 0-3 cm และสามารถเปลี่ยนพลังงานมาเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ในช่วงเท่ากับ 3-7 Vdc

คำสำคัญ การส่งผ่านกำลังงานแบบไร้สาย การสื่อสารไร้สายระยะใกล้ อาร์เอฟไอดี

Abstract

This paper presents the designation, fabrication and measurement for wireless power transfer (WPT) with high frequency radio frequency identification systems (HF-RFID : 13.56 MHz). Tag antennas are designed as loop antenna with size of ISO card (5.4 cm x 8.6 cm) for two chips that are MF1S5000 and M24LR04. From measured results of power transfer, read range and power transfer range, the prototype tags can be transferred power. They can be read and transferred power at the distance of 4 cm and can be transferred maximum power at 0-3 cm with 3-7 Vdc.

Keywords; wireless power transfer (WPT), near field communication (NFC), radio frequency identification (RFID).

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารระยะใกล้ด้วยเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สื่อสารระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายการสื่อสารระยะใกล้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ได้หลากหลายรูปแบบโดยเฉพาะการเชื่อมต่อสื่อสารของระบบอาร์เอฟไอดี (radio frequency identification system: RFID System) ซึ่งเป็นการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 2 ตัวคือแท็ก (tag) และเครื่องอ่านข้อมูล (reader) และเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยสนามระยะใกล้หรือเอ็นเอฟซี (near field communication : NFC) [1]-[3] โดยทั้ง 2 เทคโนโลยี

นี้ถูกออกแบบมาให้ใช้คลื่นวิทยุความถี่ย่าน 13.56 MHz ซึ่งเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีและเอ็นเอฟซีมีความคล้ายคลึงกันมาก นั่นก็คือการสื่อสารระหว่างแท็กและเครื่องอ่านข้อมูลโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กแต่อย่างไรก็ตามทั้งสองเทคโนโลยีนี้มีความแตกต่างกันคือเอ็นเอฟซีสามารถที่จะทำการติดต่อสื่อสารระหว่างแท็กและเครื่องอ่านข้อมูลในแบบทางเดียวหรือสองทางก็ได้ซึ่งจากบทความวิจัยที่มีมาก่อนได้มีการนำเสนอการออกแบบสายอากาศสำหรับแท็กของระบบอาร์เอฟไอดีสองย่านความถี่คือย่านความถี่สูง (HF) และย่านความถี่สูงยิ่งยวด (ultra high frequency : UHF) ซึ่งแท็กดังกล่าวสามารถทำงานได้ในสองย่านความถี่พร้อมกันซึ่ง

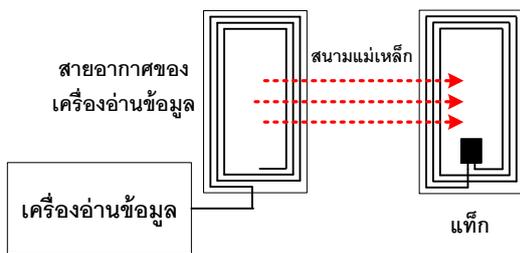


ถูกนำเสนอ โดย Nishioka และคณะ [4] อีกทั้ง Phatarachaisakul และคณะ[5] ได้นำเสนอสายอากาศแบบแผ่นพิมพ์สำหรับแท็กเพื่อใช้งานในสองย่านความถี่เช่นกันคือ ย่านความถี่ 13.56MHz และย่านความถี่ 920-925MHz ฉะนั้นในบทความนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบการสร้างและการทดสอบสายอากาศแบบวงสำหรับแท็กของระบบอาร์เอฟไอดีและเอ็นเอฟซีในย่านความถี่ 13.56MHz เพื่อที่จะใช้สำหรับส่งผ่านข้อมูลและกำลังงานได้ระหว่างแท็กและเครื่องอ่านข้อมูล

โดยส่วนต่อไปของบทความนี้จะถูกแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้หัวข้อที่สองจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องหัวข้อที่สามจะกล่าวถึงการออกแบบหัวข้อที่สี่จะกล่าวถึงผลการทดสอบและหัวข้อที่ห้าจะเป็นการสรุปผล

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากหลักการการสื่อสารด้วยสนามแม่เหล็กในย่านความถี่ 13.56 MHz ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือระบบอาร์เอฟไอดีและระบบเอ็นเอฟซีซึ่งมีหลักการคือเป็นระบบที่มีการติดต่อสื่อสารกันแบบไร้สายด้วยสนามแม่เหล็กที่อยู่ในระยะใกล้โดยจะมีการส่งผ่านข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์สองตัวคือเครื่องอ่านข้อมูลและแท็กดังแสดงในรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าเนื่องจากการติดต่อสื่อสารที่ใช้เป็นลักษณะของการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กสายอากาศที่ใช้จึงมีลักษณะเป็นสายอากาศแบบวงทั้งสายอากาศของเครื่องอาร์เอฟไอดี

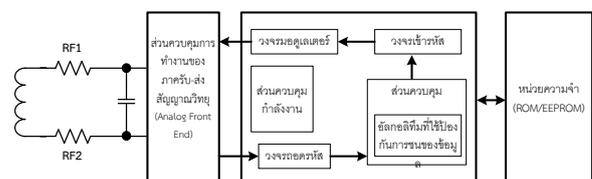


รูปที่ 1 ลักษณะการติดต่อสื่อสารของระบบและเอ็นเอฟซีอ่านข้อมูลและแท็กซึ่งในทั้งสองระบบนี้จะมี ความถี่ใช้งานที่ 13.56MHz ซึ่งอยู่ในย่านความถี่สูงสาเหตุที่เลือกใช้นี้เพราะเป็นความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปในย่านความถี่สูงและอาศัยหลักการส่งผ่านข้อมูลด้วยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก (inductive coupling) ซึ่งเป็นวิธีการส่งผ่านพลังงานแบบไร้สายผ่านสนามแม่เหล็กที่เกิดจากไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดในสนามระยะใกล้ (near field) มีระยะทางการติดต่อสื่อสารอยู่ที่ประมาณ 2-10 cm สำหรับแท็กแบบพาสซีฟโดยวิธีการนี้จะใช้งานในย่านความถี่สูงซึ่งมักจะใช้สายอากาศแบบวงทั้งกับเครื่องอ่านข้อมูลและแท็กเนื่องจากสามารถกระจายและรับสนามแม่เหล็กได้ดีโดยใน

บทความนี้จะมุ่งเน้นไปที่การออกแบบสายอากาศสำหรับแท็กแบบพาสซีฟของทั้งสองระบบซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

2.1 อาร์เอฟไอดีแท็ก

แท็กของระบบอาร์เอฟไอดีโดยปกติจะมีขนาดเล็กซึ่งสามารถติดตั้งเข้ากับผลิตภัณฑ์สินค้าสัตว์และบุคคลได้ โครงสร้างภายในของแท็กอาร์เอฟไอดีจะประกอบด้วยสองส่วนได้แก่ขดลวดขนาดเล็กทำหน้าที่เป็นสายอากาศสำหรับรับส่งคลื่นความถี่วิทยุและไมโครชิป (microchip) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆดังแสดงในรูปที่ 2 [6]-[7] แท็กของระบบอาร์เอฟไอดีแบ่งได้เป็นสองประเภทคือแท็กอาร์เอฟไอดีแบบแอคทีฟ (active RFID tag) แท็กชนิดนี้จะอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอกเพื่อจ่ายพลังงานให้กับวงจรภายในทำงานสามารถอ่านได้ในระยะไกลสูงสุดประมาณ 10 m มีขนาดค่อนข้างใหญ่มีราคาต่อหน่วยแพงและมีระยะเวลาในการทำงานที่จำกัดและแท็กอาร์เอฟไอดีแบบพาสซีฟ (passive RFID tag) แท็กชนิดนี้ไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอกภายในแท็กจะมีวงจรเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟในตัวอยู่ทำให้การอ่านข้อมูลทำได้ไม่ไกลมากนักระยะอ่านสูงสุด 1 m ขึ้นอยู่กับความแรงของเครื่องอ่านข้อมูล และคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้ปกติแท็กชนิดนี้มักมีหน่วยความจำขนาดเล็กโดยทั่วไปประมาณ 16 ถึง 1,024 ไบต์มีขนาดเล็กน้ำหนักเบา โครงสร้างภายในที่เป็นไอซีของแท็กนั้นจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆได้แก่ส่วนควบคุมการทำงานของภาครับ-ส่งสัญญาณวิทยุ (analog front-end) ส่วนควบคุมภาคลอจิก (digital control unit) ส่วนของหน่วยความจำ (memory) ซึ่งอาจจะเป็นแบบROM หรือ EEPROM



รูปที่ 2 โครงสร้างของแท็กอาร์เอฟไอดีแบบพาสซีฟ[7]

2.2. เอ็นเอฟซีแท็ก

แท็กเอ็นเอฟซี (NFC tag) เป็นแท็กมาตรฐาน ISO 14443 สำหรับใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้งานกับเอ็นเอฟซีด้วยกันสามารถส่งข้อมูลได้เร็วและยังใช้พลังงานต่ำ หากเปรียบเทียบเทคโนโลยีเอ็นเอฟซีกับเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันจะพบว่าเอ็นเอฟซีมีรูปแบบการสื่อสารคล้ายๆกับบลูทูธ (bluetooth) แต่ใช้งานง่ายกว่า และมีความเสถียรของการรับส่งข้อมูลมากกว่าเทคโนโลยีเอ็นเอฟซีถูกพัฒนาโดยอ้างอิงพื้นฐานมาจากระบบอาร์เอฟไอดี ลักษณะการทำงานของเอ็นเอฟซีจึงใกล้เคียงกับอาร์เอฟไอดี ความแตกต่างหลักๆของเอ็นเอฟซีกับอาร์เอฟไอดีคือเอ็นเอฟซี

สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเอ็นเอฟซีด้วยกันได้ซึ่งในอาร์เอฟไอดีนั้นสามารถอ่านข้อมูลได้อย่างเดียวแต่ระยะการทำงานของเอ็นเอฟซีนั้นสั้นกว่าอาร์เอฟไอดีมากแท็กของเอ็นเอฟซีจะเป็นลักษณะอุปกรณ์แบบพาสซีฟโดยแท็กเอ็นเอฟซีนี้จะประกอบด้วยชิปประมวลผลหน่วยความจำและสายอากาศสำหรับรับส่งสัญญาณแท็กเอ็นเอฟซีจะมีแหล่งพลังงานในตัวเองหรือใช้พลังงานจากการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มาจากแท็กเอ็นเอฟซีหรือเครื่องอ่านข้อมูลที่จะติดต่อสื่อสารด้วยก็ได้การทำงานของเอ็นเอฟซีมีด้วยกัน 3 โหมด [1] คือ 1. ระบบอ่านหรือเขียน (reader/writer mode หรือ active mode) อุปกรณ์เอ็นเอฟซีจะทำงานในโหมดแอคทีฟทำงานเป็นเครื่องอ่านข้อมูลอาร์เอฟไอดีสามารถอ่านและเขียนข้อมูลในแท็กเอ็นเอฟซีได้และสามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลกับแท็กอาร์เอฟไอดีแบบพาสซีฟที่ใช้ทั่วไปได้ 2. โหมดการจำลองการ์ด (card emulation mode หรือ passive mode) ในโหมดนี้ อุปกรณ์เอ็นเอฟซีจะทำงานในลักษณะคล้ายกับสมาร์ทการ์ด (smart card) ที่ใช้ในการทำธุรกรรมหรือคีย์การ์ด (key card) ที่ใช้ในการเข้าถึงตัวอาคาร และ 3. โหมดเครือข่ายขนาดเล็ก (peer-to-peer (P2P) mode) ในโหมดนี้ อุปกรณ์เอ็นเอฟซีสองตัวจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยตรงเมื่อต้องการส่งข้อมูล

2.3. มาตรฐานของอาร์เอฟไอดีและเอ็นเอฟซี

มาตรฐานระหว่างประเทศสำหรับการใช้งานอาร์เอฟไอดีมีอยู่ 2 หน่วยงานหลัก ได้แก่ International Organization of Standard หรือ ISO และ EPC Global โดยที่มาตรฐานของอาร์เอฟไอดีมีการกำหนดไว้ 4 ด้านได้แก่ 1. มาตรฐานด้านเทคโนโลยี (technology) 2. มาตรฐานรูปแบบของข้อมูล (data format) 3. มาตรฐานวิธีการทดสอบ (conformance) 4. มาตรฐานการใช้งาน (applications) และสำหรับการใช้งานแท็กเอ็นเอฟซีได้มีการกำหนดแท็กพื้นฐานไว้ 4 แบบ (Type 1-Type 4) เพื่อให้เหมาะสมกับรูปแบบการสื่อสารและความจุข้อมูลที่ต้องการใช้โดยรูปแบบทั้งหมดของแท็กเอ็นเอฟซีจะอิงตามมาตรฐานของ ISO 14443 แบบ A B และ Sony FeliCa

2.4. แท็กสำหรับระบบอาร์เอฟไอดี

องค์ประกอบภายในของแท็กจะประกอบด้วยขดลวดขนาดเล็กซึ่งทำหน้าที่เป็นสายอากาศและไมโครชิปซึ่งขดลวดขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศนั้นจะใช้สำหรับเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและรับสัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งมาทางคลื่นความถี่วิทยุสายอากาศของแท็กที่นำมาทำเป็นตัวรับกำลังงานในย่านความถี่สูงโดยทั่วไปจะเป็นสายอากาศแบบบ่วงรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าเนื่องจากสายอากาศแบบบ่วงลักษณะนี้มีโครงสร้างที่ง่ายในการออกแบบและสามารถกระจายสนามแม่เหล็กได้ดีจึงทำให้เป็นที่นิยมใช้ในระบบอาร์เอฟไอดีในย่านความถี่สูง

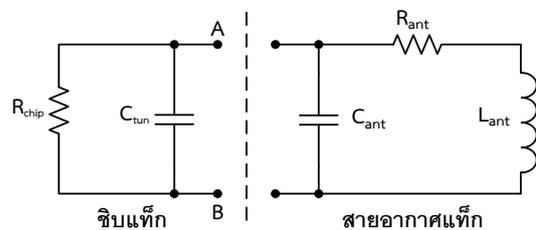
3. การออกแบบ

การออกแบบสายอากาศสำหรับในบทความนี้จะทำการออกแบบสายอากาศของแท็กสำหรับชิปไอซีทั้งหมด 2 เบอร์คือ

1. เบอร์ MF1S5000X/V1 เป็นชิปอาร์เอฟไอดีใช้งานที่ความถี่ในช่วง 13.56 MHz ตามมาตรฐาน ISO/IEC 14443 Type A [8] มีการถ่ายโอนข้อมูล 106 kbit/s มีหน่วยความจำแบบ EEPROM ขนาด 1-kbit และมีค่าความจุภายในเท่ากับ 16.9 pF

2. เบอร์ M24LS04E-R เป็นชิปแบบไดนามิกเอ็นเอฟซี/อาร์เอฟไอดีใช้งานความถี่ในช่วง 13.56 MHz ตามมาตรฐาน ISO 15693 และ ISO 18000-3 mode 1 [8] มีหน่วยความจำแบบ EEPROM ขนาด 4-Kbit มีโหมดการเก็บเกี่ยวพลังงาน (energy harvesting) และมีค่าความจุภายในเท่ากับ 27.5 pF

อย่างไรก็ตามการเชื่อมต่อกันระหว่างชิปไอซีและสายอากาศสามารถพิจารณาในลักษณะของวงจรไฟฟ้าเพื่อเป็นวงจรไฟฟ้าเทียบเคียง (equivalent circuit) ได้เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ [9]



รูปที่ 3 วงจรเทียบเคียงการเชื่อมต่อระหว่าง ชิปไอซีและสายอากาศ [9]

จากรูปที่ 3 แสดงวงจรเทียบเคียงของชิปไอซีและสายอากาศโดยในตัวของชิปไอซีจะมีค่าความจุภายในในตัวแปร C_{tun} และค่าความต้านทานของชิปในตัวแปร R_{chip} และเปรียบเทียบกับสายอากาศเป็นลวดทองแดงที่จะมีค่าความต้านทานภายในโดยในตัวแปร R_{ant} และค่าความจุของสายอากาศในตัวแปร C_{ant} นอกจากนี้สายอากาศยังมีค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดโดยในตัวแปรแทนด้วย L_{ant}

เมื่อนำชิปไอซีและสายอากาศมาต่อกันจะเปรียบเสมือนวงจรแอลซี (LC circuit) แบบขนานโดยการออกแบบสายอากาศของแท็กจะต้องทำให้ค่าความเหนี่ยวนำของสายอากาศและค่าความจุภายในของชิปเกิดการเรโซแนนซ์ (resonant) กันและทำให้ค่าความต้านทานภายในของสายอากาศมีค่าเป็นศูนย์นั่นคือจะทำให้ค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์ (XL) มีค่าเท่ากับค่าคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ (XC) จึงจะเกิดการส่งกำลังงานสูงสุดระหว่างชิปกับสายอากาศ

โดยในการออกแบบสายอากาศแบบบ่วงนั้นสามารถออกแบบได้หลากหลายรูปทรงขึ้นอยู่กับความต้องการและ

ลักษณะการใช้งานเช่นทรงกลมทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสทรงกลมเหลี่ยมทรงแปดเหลี่ยม เป็นต้นในที่นี้จะเลือกออกแบบสายอากาศเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งจะพิจารณาค่าความเหนี่ยวนำของสายอากาศ (L_{ant}) หาได้จากสมการ

$$L_{ant} = \frac{0.0276(CN)^2}{1.908C + 9b + 10h} \quad (\mu H) \quad (1)$$

$$C = x + y + 2h \quad (2)$$

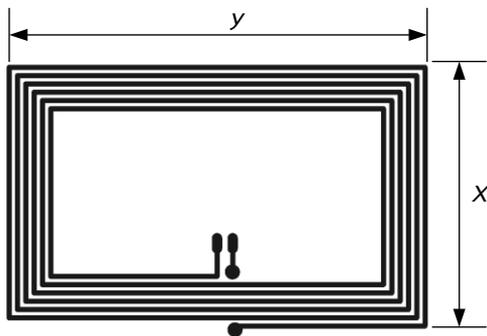
เมื่อ N คือจำนวนรอบของสายอากาศ

x คือความกว้างของขดลวดสายอากาศมีหน่วยเป็น cm

y คือความยาวของขดลวดสายอากาศมีหน่วยเป็น cm

b คือความกว้างของเส้นลวดตัวนำมีหน่วยเป็น cm

h คือความสูงของเส้นลวดตัวนำบนแผ่นวงจรพิมพ์มีหน่วยเป็น cm



รูปที่ 4 แสดงการจำลองแบบสายอากาศรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

การออกแบบแท็กนี้จะทำการออกแบบโดยใช้ค่าความจุ (capacitance) ของชิปไอซีในแต่ละเบอร์ในการคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำของสายอากาศเพื่อนำไปหาจำนวนรอบของสายอากาศและจะทำการออกแบบสายอากาศสำหรับชิปไอซี 2 เบอร์สายอากาศที่ออกแบบจะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 5 cm ยาว 8 cm ซึ่งทั้งสองเบอร์มีผลการออกแบบดังนี้

การออกแบบสายอากาศสำหรับชิปไอซีเบอร์ MF1S5000X/V1 ภายในชิปมีค่าความจุ 16.9 pF และสามารถคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำของสายอากาศที่ทำให้เกิดสถานะเรโซแนนซ์ได้เท่ากับ 8.151 μ H และจากการออกแบบมีจำนวนรอบของขดลวดสายอากาศที่ได้จาก (1) ได้จำนวนรอบ 6.622 รอบหรือประมาณ 7 รอบ โดยในที่นี้จะใช้เป็นสายอากาศที่อยู่บนแผ่นพิมพ์ (PCB) และเพื่อที่จะให้แท็กดังกล่าวสามารถเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กมาใช้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้จึงออกแบบให้สายอากาศสองตัววางอยู่สองด้านของแผ่นพิมพ์คือด้านหน้าจะมีสายอากาศต่อกับชิปไอซีใช้ทำหน้าที่เป็นแท็กและด้านหลังเป็นสายอากาศสำหรับรับกำลัง

งานและวงจรเรียงกระแสสำหรับแปลงสัญญาณที่ได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

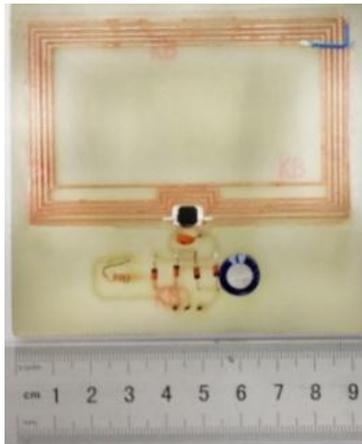
การออกแบบสายอากาศสำหรับชิปไอซีเบอร์ M24LS04E-R ชิปไอซีที่ใช้เป็นชิปแบบเอ็นเอฟซีภายในชิปมีค่าความจุ 27.5 pF และสามารถคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำของสายอากาศที่ทำให้เกิดสถานะเรโซแนนซ์ได้เท่ากับ 5.0094 μ H และจากการออกแบบมีจำนวนรอบของขดลวดสายอากาศที่ได้จาก (1) ได้จำนวนรอบ 5.211 รอบหรือประมาณ 6 รอบและชิปไอซีนี้จะมีโหมดการเก็บเกี่ยวพลังงาน (energy harvesting) โดยควบคุมการทำงานในโหมดนี้ด้วยการกำหนดค่าบิต (enable bit) ที่หน่วยความจำ EEPROM ซึ่งจะอยู่ที่ไบต์ F4h จะมีทั้งหมด 7 บิตคือ บิต 0 และ บิต 1 กำหนดค่ากระแสสูงสุด บิต 2 กำหนดการเปิดใช้งานโหมดการเก็บเกี่ยวพลังงาน (EH_mode) ถ้ากำหนดค่าเป็น 0 คือเปิดใช้งาน ถ้ากำหนดค่าเป็น 1 คือปิดใช้งาน บิต 3 กำหนดการทำงานของโหมดความถี่วิทยุ (RF mode) บิต 4 ถึง บิต 7 ไม่ต้องกำหนดค่าเมื่อเปิดใช้งานโหมดนี้แล้วจะสามารถส่งพลังงานที่ได้จากการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กออกทางขาเอาต์พุตของชิปไอซี (vout) ได้โดยไม่ต้องต่อกับวงจรรักษาระดับแรงดัน

4. ผลการทดสอบ

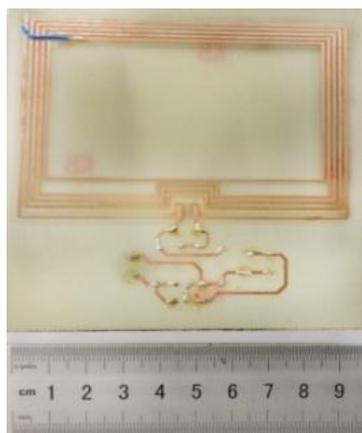
จากผลการออกแบบได้นำมาทำการสร้างสายอากาศต้นแบบโดยใช้แผ่นพิมพ์ชนิด FR4 และออกแบบให้สามารถวางชิปไอซีทั้งสองได้ดังแสดงในรูปที่ 5 จากนั้นได้ทำการทดสอบกับเครื่องอ่านข้อมูลรุ่น M24LR ของบริษัท STMicroelectronics

จากการทดสอบการอ่านข้อมูลและการส่งผ่านกำลังงานพบว่าแท็กต้นแบบทั้งสองสามารถที่จะติดต่อสื่อสารกับเครื่องอ่านข้อมูลได้และสามารถส่งผ่านกำลังงานได้ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยแท็กอาร์เอฟไอดีสามารถอ่านข้อมูลได้ที่ระยะ 0-4 cm และส่งผ่านกำลังงานมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้ที่ระดับ 1-7 Vdc และแท็กเอ็นเอฟซีสามารถอ่านข้อมูลได้ที่ระยะ 0-4 cm และส่งผ่านกำลังงานมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้ที่ระดับ 3.25 Vdc ดังแสดงในรูปที่ 6

การออกแบบของสายอากาศแท็กสำหรับการถ่ายโอนกำลังงานแบบไร้สายด้วยระบบอาร์เอฟไอดี ที่ความถี่ 13.56 MHz สามารถส่งผ่านกำลังงานมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้ เมื่อเทียบกับงานอื่นๆ เช่น งานวิจัย Printed antenna for HF and UHF RFID tag [5] ซึ่งเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการจ่ายค่าผ่านทางในระบบบนทางหลวงโทรเวทย์

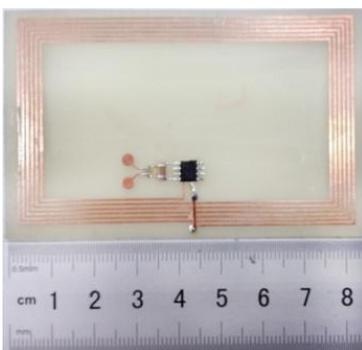


(ด้านหน้า)



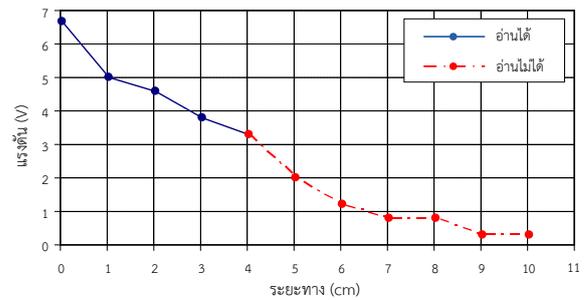
(ด้านหลัง)

(ก) สายอากาศแท็กอาร์เอฟไอดี

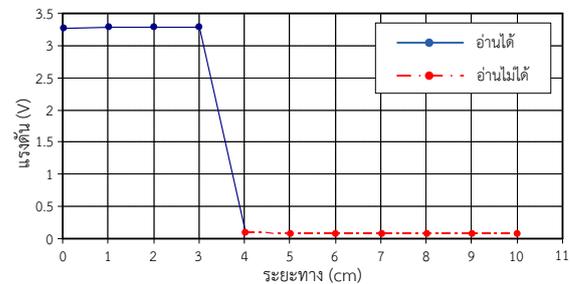


(ข) สายอากาศแท็กเอ็นเอฟซี

รูปที่ 5 สายอากาศต้นแบบแท็กอาร์เอฟไอดีและแท็กเอ็นเอฟซี



(ก) แท็กอาร์เอฟไอดี



(ข) แท็กเอ็นเอฟซี

รูปที่ 6 ผลการทดสอบระยะทางการอ่านข้อมูลและกาส่งผ่านกำลังงานระหว่างเครื่องอ่านข้อมูลกับแท็ก

5. สรุป

สายอากาศแท็กแบบบ่วงที่มีขนาดใกล้เคียงกับบัตรสมาร์ทการ์ดมาตรฐาน ISO (5.4 cm x 8.6 cm) ของทั้งสองระบบสามารถที่จะติดต่อสื่อสารกับเครื่องอ่านข้อมูลและสามารถส่งผ่านกำลังงานได้โดยแท็กอาร์เอฟไอดีสามารถอ่านข้อมูลได้ที่ระยะ 0-4 cm และส่งผ่านกำลังงานมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้ที่ระดับ 1-7 Vdc และแท็กเอ็นเอฟซีสามารถอ่านข้อมูลได้ที่ระยะ 0-4 cm และส่งผ่านกำลังงานมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้ที่ระดับ 3.25 Vdc

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์งานสร้างสรรค์และงานบริการชุมชนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Kovintavewat. P, Cheunta. W, Kuankid. S, Buangam, W and Dinsakul. H. *Radio Frequency Identification (RFID) System*, Pathumthani: National Science and Technology Development Agency: NSTDA; 2009.
- [2] Sresangnum. S. *NFC and Related Threats*, Available from : <https://www.thaicert.or.th/papers/general/2013/pa2013ge001.html> [Accessed 19th September 2015]. (Thai)



- [3] Sra-ium. N and Pattanatadapong T. *The tendency to use technology Near Field Communication (NFC) in Thailand*, Available from:<http://161.246.18.199/telecom/download-document/nfc.html> [Accessed 19th September 2015]. (Thai)
- [4] Nishioka Y, Hitomi K, Okegawa H, Mizuno T, Fukasawa T, Miyashita H and Iida Y. *Design and Evaluation of HF/UHF dual-band RFID tag utilizing HF-Coil as UHF antenna conductor*, *IEEE Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)*; 2014, p. 225 – 228.
- [5] Phatarachaisakul T, Pumpoung T, Wongsiritorn P, Pansoonboon R, Phongcharoenpanich C. *Printed antenna for HF and UHF RFID tag*, *Antennas and Propagation (ISAP)*; 2014, p. 513 – 514. Thai
- [6] *The structure of the radio-frequency identification (Tag)*, Available from :<http://www.id.co.th/component/content/article/57-support/74-rfid-knowledge-structure-rfid-tag> [Accessed 5th December 2014]. (Thai)
- [7] Cheunta. W, Kuankid. S and Kovintavewat. P. *Radio frequency identification technology and applications*. Faculty of Science and Technology, NPRU, Available from: <http://www.ectithailand.org/Emagazine/views/60> [Accessed 5th December 2015]. (Thai)
- [8] Chusri. T, Charoentaveepon. N and A. Kunwongsarom, *RFID Standard*, Available from:http://seminaritm26.blogspot.com/p/rfid_386.html [Accessed 19th September 2015]. (Thai)
- [9] AN2972. *Application note Designing an antenna for the M24LRxx-R and M24LRxxE-R*, Available from : http://www.st.com/weweb/en/resource/technical/document/application_note/CD00232630.pdf [Accessed 21st August 2014].