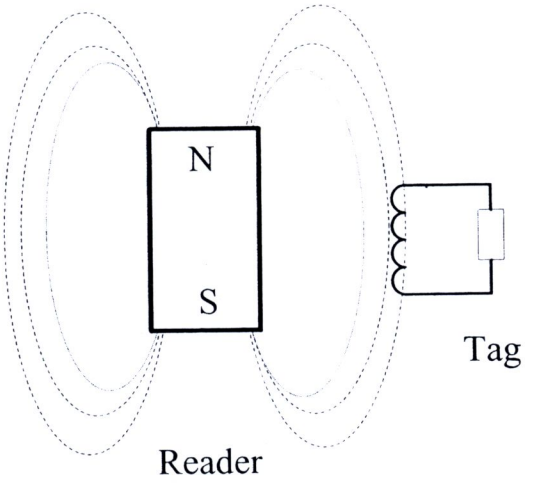
บทที่ 1
บทนำ

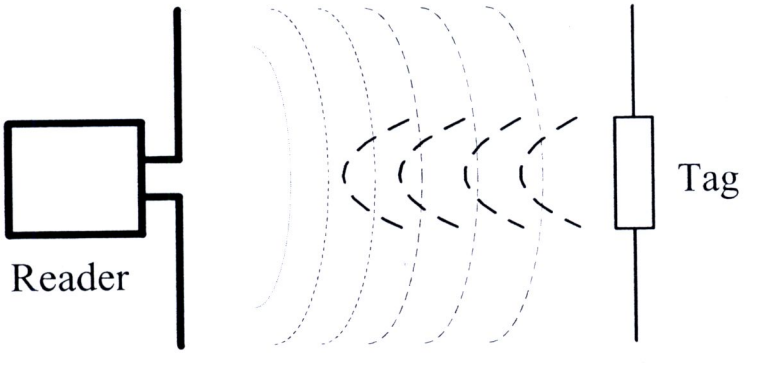
1.1 ความเป็นมาของโครงการวิจัย

ระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุ (Radio frequency identification : RFID) ถูกพัฒนามาในยุค ค.ศ. 1970 อุปกรณ์ RFID ที่มีการประดิษฐ์ขึ้นใช้งานเป็นครั้งแรกนั้น เป็นผลงานของ Leon Theremin เพื่อนำไปใช้ในการบ่งชี้วัตถุในระยะไกล และ สามารถอ่านข้อมูลจากป้าย (RFID Tag) ได้พร้อม ๆ กันหลายป้าย โดยที่เครื่องอ่านไม่ต้องสัมผัสกับตัวป้าย(RFID Tag) การอ่านข้อมูลสามารถอ่านได้แม้ในสภาพที่ทัศนะวิสัยไม่ดี ยุคเริ่มแรกของการใช้ RFID ในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ ระบบกันขโมย ในห้างสรรพสินค้า โดยที่ตัวสินค้าจะมีการติด RFID แบบ 1 บิต (ซึ่งจะมีค่าเป็น '0' หรือ '1') เมื่อมีการชำระเงินค่าสินค้าเครื่องอ่านและเขียนข้อมูล RFID จะทำการเปลี่ยนค่าบิต เป็น '0' ทำให้สามารถนำสินค้าออกจากร้านได้ แต่หากมีการนำสินค้าออกจากร้านโดยที่วัตถุที่ติด RFID มีบิตเป็น '1' สัญญาณเตือนจะดังขึ้นในช่วงต้นปี ค.ศ. 1990 บริษัท ไอบีเอ็มได้พัฒนาและจดสิทธิบัตร RFID ในย่าน UHF (ย่านความถี่ตั้งแต่ 300 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 3 กิกะเฮิรตซ์) แต่เมื่อบริษัทไอบีเอ็ม มีปัญหาด้านการเงิน จึงได้ขายสิทธิบัตรเกี่ยวกับ RFID ให้กับบริษัท Intermec ในช่วงกลาง ค.ศ. 1990 ซึ่งในขณะนั้นการใช้งานอุปกรณ์ RFID ยังไม่แพร่หลายมากนักเนื่องจากอุปกรณ์มีราคาสูง RFID กลับมาได้รับความนิยมอีกครั้ง ในปี ค.ศ. 1999 เมื่อ UCC (Uniform Code Council) EAN International บริษัท Procter & Gamble และ บริษัท Gillette ได้ร่วมก่อตั้งศูนย์ Auto-ID ขึ้นที่สถานบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (MIT) ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อพัฒนาแนวทางการใช้ RFID ในห่วงโซ่อุปทาน สำหรับติดตามสินค้าที่ส่งในสายใยอุปทานของตนเอง ภายหลังได้มีการนำ RFID มาประยุกต์ใช้กับงานด้าน ๆ กันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นการเก็บค่าทางด่วนอัตโนมัติ โดยนำ RFID Tag ติดกับรถ และ ติดเครื่องอ่านที่ด่วนเก็บเงิน หรือในทางด้านการเกษตรของสหรัฐ มีการนำป้ายแบบ Passive ชนิดความถี่ 25 กิโลเฮิรตซ์ สำหรับติดที่ตัววัว เพื่อใช้เก็บข้อมูลการฉีดวัคซีนของวัวแต่ละตัว เป็นต้น

RFID เป็นเทคโนโลยีที่ใช้คลื่นวิทยุในการระบุลักษณะของคน สัตว์ หรือวัตถุโดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless communications) การสื่อสารข้อมูลของระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุ คือการสื่อสารระหว่างเครื่องอ่าน (Reader) กับ แท็ก (Tag) โดยแบ่งออกเป็นสองหลักการคือ วิธีแรกเป็นวิธีเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Inductive coupling หรือ Proximity electromagnetic) วิธีที่สองเป็นวิธีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic propagation coupling) ซึ่งขึ้นอยู่กับความถี่ที่ใช้งานในระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุ [1] ดังแสดงในรูปที่ 1.1



(ก) วิธีเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในย่านความถี่ LF และ HF



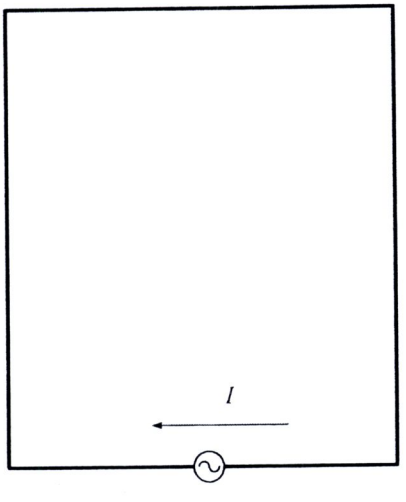
(ข) วิธีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในย่านความถี่ UHF และ Microwave

รูปที่ 1.1 ลักษณะการสื่อสารข้อมูลระหว่างสายอากาศของเครื่องอ่านข้อมูลกับแท็ก [1]

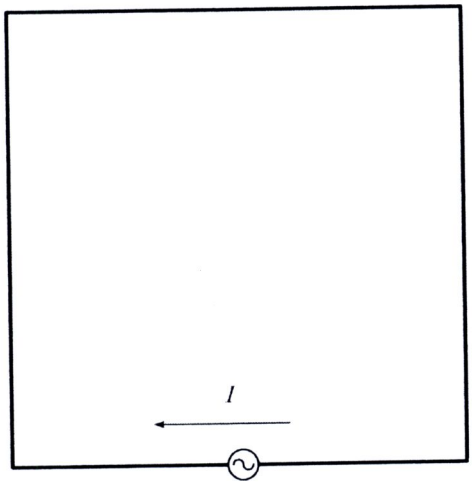
ปัจจุบันระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุในย่านความถี่สูงนิยมนำมาประยุกต์ใช้งานกับระบบการจัดการหนังสือและการจัดการคลังสินค้าเนื่องจากมีการประมวลผลที่รวดเร็วและมีความแม่นยำสูง อันจะทำให้เป็นการเพิ่มความสามารถในการทำงาน ตรวจสอบและควบคุมให้กับห้องสมุดและผู้ประกอบการร้านค้า ซึ่งระบบการทำงานที่รวดเร็วแม่ยำ มีการควบคุมและระบบตรวจสอบที่ดีก็จะเป็นพื้นฐานให้กับการจัดการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับระบบนั้นๆ ในระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุ สายอากาศเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญเพราะเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องอ่านข้อมูลและแท็กที่ติด

อยู่กับตัวสินค้า โดยที่แท็กส่วนใหญ่สำหรับการติดที่ตัวสินค้าจะเป็นแบบพาสซีฟ (Passive tag) ซึ่งไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอก และมีทิศทางการวางตัวที่แน่นอนในการใช้งานจริง

สำหรับสายอากาศของระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุของเครื่องอ่านข้อมูลในย่านความถี่สูงที่ความถี่ 13.56 MHz ในการประยุกต์ใช้งานในระบบการบ่งชี้และการจัดการสินค้าโดยทั่วไปมีรูปร่างเป็นแบบบ่วงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular loop) ดังแสดงในรูปที่ 1.2 เป็นแบบบ่วงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square loop) ดังแสดงในรูปที่ 1.3 หรือเป็นแบบบ่วงวงกลม (Circular loop) [1]-[2] ซึ่งบ่วงลักษณะนี้ใช้งานกับแท็กได้ในบางลักษณะการจัดวางเท่านั้น ซึ่งถ้าสายอากาศของแท็กไม่ได้วางตัวอยู่ในแนวขนานกับระนาบสายอากาศของเครื่องอ่านก็จะทำให้ประสิทธิภาพของการติดต่อสื่อสารด้อยลง [1]-[2] นอกจากนี้รูปแบบของสายอากาศก็จะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสมกับการใช้งานในด้านต่าง ๆ ซึ่งลักษณะการติดตั้งสายอากาศแบบที่นิยมใช้ทั่วไปเช่น สายอากาศมีลักษณะเป็นแบบบ่วงอย่างเดียวที่ไม่มีเกลียว เนื่องจากสายอากาศลักษณะนี้สามารถติดต่อกับแท็กได้ในบางลักษณะการจัดวางเท่านั้น ดังนั้นการออกแบบสายอากาศสำหรับเครื่องอ่านข้อมูลจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้สายอากาศมีโครงสร้างที่เหมาะสมกับการใช้งานในสถานที่ที่มีลักษณะการติดตั้งแบบต่าง ๆ และให้เครื่องอ่านและแท็กสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ในทุกลักษณะการจัดวางและเพียงพอกับความต้องการของระบบ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเวลาและลดความผิดพลาดในการตรวจสอบหนังสือหรือตัวสินค้า

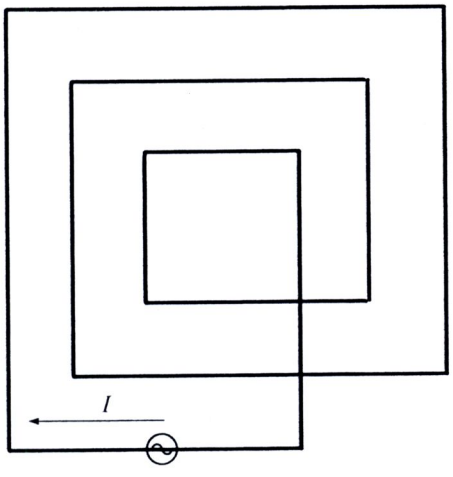


รูปที่ 1.2 สายอากาศบ่วงสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่ 1.3 สายอากาศบ่วงสี่เหลี่ยมจัตุรัส

สายอากาศที่ดีจะต้องสามารถติดต่อสื่อสารกับแท็กได้หลากหลายลักษณะการจัดวาง ซึ่งพิจารณาจากการส่งผ่านข้อมูลของเครื่องอ่านข้อมูลกับแท็ก โดยใช้สนามแม่เหล็กที่กระจายออกจากสายอากาศของเครื่องอ่านข้อมูลและการที่เครื่องอ่านข้อมูลจะสามารถติดต่อกับแท็กได้นั้น แท็กจะต้องสามารถรับความเข้มสนามแม่เหล็กอย่างน้อยเท่ากับค่าความเข้มสนามแม่เหล็กกระตุ้น (Activation magnetic field strength) ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่แท็กจะสามารถรับได้นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวางของแท็ก และลักษณะการกระจายสนามแม่เหล็กของสายอากาศ จึงจำเป็นต้องหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสายอากาศของเครื่องอ่านข้อมูลแบบบ่วงคู่ เริ่มจากการพิจารณาแบบรูปการกระจายความเข้มสนามแม่เหล็กก่อน จากนั้นจึงนำมาหาค่าเปอร์เซ็นต์เชิงปริมาตร (Percentage of volume: P_v) ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์เชิงปริมาตรสามารถหาได้จากค่าเปอร์เซ็นต์เชิงพื้นผิว (Percentage of surface: P_s) และค่าเปอร์เซ็นต์เชิงเส้น (Percentage of line: P_l) โดยที่ค่าเปอร์เซ็นต์เชิงปริมาตรเป็นค่าคุณสมบัติที่บอกถึงความสามารถในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องอ่านข้อมูลและแท็กในบริเวณหรือปริมาตรที่พิจารณา เมื่อค่าเปอร์เซ็นต์เชิงปริมาตรมีค่าสูง เครื่องอ่านข้อมูลและแท็กสามารถติดต่อสื่อสารได้อย่างทั่วถึง



รูปที่ 1.4 สายอากาศบ่วงสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบขดเกลียว

อย่างไรก็ตามลักษณะการจัดวางของแท็กก็มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์เชิงปริมาตร ดังนั้นในทางปฏิบัติการคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์เชิงปริมาตรจะทำการวิเคราะห์สำหรับการจัดวางของแท็กในสามทิศทางหลักที่ตั้งฉากกัน คือค่าเปอร์เซ็นต์เชิงปริมาตรของความเข้มสนามแม่เหล็กในแนวแกน x (P_{v,H_x}) ค่าเปอร์เซ็นต์เชิงปริมาตรของความเข้มสนามแม่เหล็กในแนวแกน y (P_{v,H_y}) และค่าเปอร์เซ็นต์เชิงปริมาตรของความเข้มสนามแม่เหล็กในแนวแกน z (P_{v,H_z}) โดยที่สายอากาศของเครื่องอ่านข้อมูลที่ต้องการให้ติดต่อสื่อสารได้อย่างทั่วถึงจะต้องมีค่าเปอร์เซ็นต์เชิงปริมาตรเหล่านี้ที่สูงในทุกแนวแกน อย่างไรก็ตามกระบวนการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสายอากาศต้องการระเบียบขั้นตอนที่มีความยืดหยุ่นเพียงพอสำหรับการประยุกต์ในการใช้งานแต่ละชนิด เนื่องจากพารามิเตอร์ของสายอากาศมีหลายตัวแปร ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอการหาค่าที่เหมาะสมของสายอากาศ

1.2 ความสำคัญของโครงการวิจัย

เนื่องจากการออกแบบงานด้านวิศวกรรมเพื่อให้ได้ผลงานที่มีลักษณะตามความต้องการมีความยุ่งยาก โดยเฉพาะงานด้านวิศวกรรมการออกแบบสายอากาศเพราะเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของตัวสายอากาศและคุณลักษณะการแพร่กระจายคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและเกี่ยวเนื่องกับรูปร่างของสายอากาศ ฉะนั้นหากสายอากาศมีโครงสร้างที่ซับซ้อนมากก็ยิ่งทำให้เกิดจำนวนตัว

แปรที่ต้องทำการออกแบบมากขึ้นเป็นเหตุให้การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสายอากาศทำได้ยาก จากการออกแบบสายอากาศแบบบ่วงเพื่อให้ได้ค่าเปอร์เซ็นต์เชิงปริมาตรมากที่สุดในทุกแนวแกนนั้น ในรายงานฉบับนี้ได้ทำการออกแบบสายอากาศบ่วงเกลียวโดยพัฒนาจากสายอากาศแบบบ่วงสี่เหลี่ยม มีข้อดีคือสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของสายอากาศทั้งสามแนวแกนหลักได้ ดังนั้นรายงานฉบับนี้จึงเลือกที่จะศึกษาสายอากาศแบบบ่วงที่มีเกลียวเพื่อให้ได้สายอากาศที่มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน ออกแบบง่ายและมีคุณสมบัติเหมาะสมมากที่สุด

1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตโครงการวิจัย

ในการออกแบบสายอากาศแบบบ่วงหรือสายอากาศแบบใด ๆ นั้นความซับซ้อนและยุ่งยากในการออกแบบจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสายอากาศ ฉะนั้นในการหาค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สายอากาศมีคุณสมบัติตามต้องการจึงต้องใช้เวลานานและอาศัยบุคลากรในการจำลองแบบเพื่อค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสายอากาศแบบบ่วง จากกรณีการนำระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุย่านความถี่สูงมาประยุกต์ใช้งานกับระบบตู้เก็บของอัจฉริยะ เช่นระบบจัดการสินค้า ระบบจัดการหนังสือ จำเป็นต้องใช้สายอากาศแบบบ่วงที่สามารถติดต่อสื่อสารกับแท็กได้หลากหลายลักษณะการจัดวาง ดังนั้นรายงานนี้จึงมีวัตถุประสงค์

1. สร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมเพื่อใช้สำหรับการออกแบบสายอากาศแบบบ่วง
2. ใช้หลักการเพิ่มบ่วงให้กับสายอากาศเพื่อพัฒนาคุณสมบัติของสายอากาศแบบบ่วงให้สามารถติดต่อสื่อสารกับแท็กได้ดีทั้งสามแนวแกนหลัก
3. พัฒนาสายอากาศแบบบ่วงให้มีระยะการสื่อสารระหว่างเครื่องอ่านข้อมูลและแท็กได้ไกลที่สุด

1.4 เนื้อหาของโครงการวิจัย

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมา ความสำคัญของปัญหาและวัตถุประสงค์ของการเพิ่มบ่วงในการออกแบบสายอากาศแบบบ่วงสำหรับระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุย่านความถี่สูง

บทที่ 2 ในบทนี้ได้นำเสนอทฤษฎีและหลักการของระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุย่านความถี่สูงไม่ว่าจะเป็นลักษณะและประเภทของแท็ก การทำงานของเครื่องอ่าน ข้อพิจารณาในการเลือกใช้อุปกรณ์ นอกจากนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบสายอากาศขดลวดที่นิยมใช้กันทั่วไปในระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุ

บทที่ 3 ในบทนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์และการจำลองแบบเพื่อหาโครงสร้างและค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสายอากาศ ซึ่งรูปแบบของสายอากาศจะเป็นลวดตัวนำเส้นเดียวจัดวางเป็นบ่วงสี่เหลี่ยมจัตุรัส

เพื่อปรับปรุงความสามารถในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องอ่านกับแท็กให้มีค่าเปอร์เซ็นต์เชิงปริมาตรเข้าใกล้ 100% ทั้งสามแนวแกนหลัก และทำการวิเคราะห์ความสามารถของการติดต่อสื่อสารของสายอากาศแบบบ่วงเกลียวที่มีระยะห่างของบ่วงและจำนวนบ่วงที่ต่างกัน ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ได้กำหนดขึ้นเป็นกรณีศึกษา เพื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เชิงปริมาตรของสายอากาศแต่ละแบบ ซึ่งในการวิเคราะห์นั้นได้ใช้โปรแกรม NEC มาวิเคราะห์

บทที่ 4 กล่าวถึงการทดสอบสายอากาศเบื้องต้น เพื่อพิจารณาความสามารถในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องอ่านข้อมูลกับแท็กของสายอากาศต้นแบบ ซึ่งดูจากความสามรถในการอ่านแท็กในลักษณะการจัดวางทั้งสามแนวแกนหลัก และพิจารณาความเป็นไปได้ที่จะนำสายอากาศไปประเมินผลเพื่อประยุกต์ใช้งานกับระบบ RFID ย่านความถี่สูง

บทที่ 5 กล่าวถึงการนำสายอากาศจากบทที่ 4 มาประเมินผลโดยให้อ่านแท็กจำนวนมากๆในเวลาเดียวกันเพื่อพิสูจน์ให้เห็นว่าสายอากาศต้นแบบในรายงานฉบับนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบ RFID ย่านความถี่สูงได้ ตัวอย่างเช่นระบบการจัดการหนังสือและการจัดการสินค้าเป็นต้น

บทที่ 6 สรุปเนื้อหาทั้งหมดของรายงานฉบับนี้ รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต