

บทที่ 7

การออกแบบเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี

การออกแบบระบบ RFID ให้เหมาะสมกับตามความต้องการของแต่ละงานประยุกต์เป็นสิ่งที่ทำนาย เพราะว่าผู้ใช้งานต้องเข้าใจโครงสร้างโดยรวมของระบบ RFID ทั้งหมดก่อน ทั้งนี้ระบบ RFID เป็นการติดต่อสื่อสารระหว่างป้าย RFID (tag) และเครื่องอ่าน (reader) ที่ใช้คลื่นความถี่เดียวกัน อย่างไรก็ตาม ระบบ RFID มีความถี่หลายความถี่ให้เลือกใช้งาน ดังนั้นผู้ใช้งานจะต้องเข้าใจในประสิทธิภาพของตัวแปรต่างๆ เช่น ระยะเวลาอ่าน, ระยะเวลาที่ป้าย RFID จะทำการตอบสนอง, และพื้นที่การส่งข้อมูล ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามความถี่ที่ใช้งาน ความเข้าใจในเรื่องเหล่านี้จะทำให้สามารถเลือกใช้งานอุปกรณ์ RFID เช่น เครื่องอ่าน, ป้าย RFID, และสายอากาศได้เหมาะสมกับความต้องการ และเนื่องจากป้าย RFID จะติดอยู่กับวัตถุที่จะทำการระบุตัวตนหรือติดตาม ดังนั้นเครื่องอ่านจะต้องติดตั้งให้ถูกที่และใช้คุณสมบัติต่างๆ อย่างเหมาะสมจึงจะทำให้การระบุตัวตนหรือติดตามนั้นได้ผลมากยิ่งขึ้น

ในบทนี้จะอธิบายตัวแปรต่างๆ ที่สำคัญสำหรับการออกแบบระบบ RFID ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ การเลือกใช้งานความถี่, การเลือกใช้งานป้าย RFID, และการเลือกเครื่องอ่าน RFID นอกจากนี้จะขอยกตัวอย่างการออกแบบเครื่องอ่านที่ใช้งานย่านความถี่ต่ำเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงขั้นตอนในการออกแบบเครื่องอ่านย่านความถี่ต่ำ ก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องอ่านย่านความถี่อื่นๆ

ตารางที่ 7.1 ย่านความถี่วิทยุที่ใช้งานในระบบ RFID

ความถี่	ช่วงความถี่	ช่วงความยาวคลื่น	ความถี่ ISM	ระยะการอ่าน (ป้ายแทสซิฟ)
ความถี่ต่ำ (LF)	30 – 300 kHz	10 km – 1 km	125 – 135 kHz	< 50 cm
ความถี่สูง (HF)	3 – 30 MHz	100 m – 10 m	6.78, 8.11, 13.56, และ 27.12 MHz	< 3 m
ความถี่สูงยิ่ง (UHF)	300 – 3000 MHz	1 m – 10 cm	433, 869, 915 MHz	< 9 m
ความถี่ไมโครเวฟ	1 – 300 GHz	30 cm – 1 mm	2.44, 5.89 GHz	> 10 m

7.1 ย่านความถี่ใช้งานในระบบ RFID

ป้าย RFID และเครื่องอ่านใช้ความถี่วิทยุในการติดต่อสื่อสารซึ่งเรียกความถี่นี้ว่าความถี่ใช้งาน (operating frequency) ความถี่วิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมความถี่แม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเรียกว่าสเปกตรัมความถี่วิทยุ (radio frequency spectrum) เนื่องจากระบบ RFID สร้างและส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งอยู่ในสเปกตรัมความถี่วิทยุ ดังนั้นจึงต้องมีระบบจัดสรรคลื่นความถี่วิทยุสำหรับใช้งานประยุกต์ต่างๆ เช่น วิทยุ, โทรทัศน์, และโทรศัพท์มือถือ เพราะฉะนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดความถี่ที่ใช้งานของระบบ RFID เพื่อไม่ไปรบกวนการทำงานของระบบอื่นๆ

ตารางที่ 7.1 แสดงให้เห็นความถี่ที่ใช้งานในระบบ RFID ซึ่งมีหลายคลื่นความถี่ภายในช่วงสเปกตรัมความถี่วิทยุ แต่ส่วนมากที่ใช้งานกันจะอยู่ใน 4 ช่วงความถี่หลักๆ คือ ความถี่ต่ำ (LF: 30 – 300 KHz), ความถี่สูง (HF: 3 – 30 MHz), ความถี่สูงยิ่ง (UHF: 300 MHz – 3 GHz), และความถี่ไมโครเวฟ (1 – 300 GHz) นอกจากนี้ตารางที่ 7.1 ยังแสดงให้เห็นถึงระยะการอ่านของป้าย RFID แบบแทสซิฟในแต่ละความถี่ ส่วนป้าย RFID แบบแอ็กทิฟนั้นสามารถมีระยะการอ่านได้สูงถึง 100 เมตร ตัวอย่างเช่นการนำป้าย RFID แบบแอ็กทิฟไปใช้งานกับวัตถุขนาดใหญ่ เช่น ตู้สินค้า, รถราง, และตู้คอนเทนเนอร์สามารถใช้ได้ที่ความถี่ 455 MHz, 2.45 GHz, หรือ 5.8 GHz ซึ่งมีระยะการอ่านตั้งแต่ 20 ถึง 100 เมตร

โดยทั่วไปการใช้งานความถี่ย่าน UHF นั้นแตกต่างกันในแต่ละส่วนของโลกตามตารางที่ 7.2 ซึ่งแต่ละประเทศจะกำหนดความถี่ที่ใช้งาน 3 แถบความถี่ต่อไปนี้

- ย่านความถี่ที่ 1: 865-868 MHz เช่น ประเทศในแถบอินเดีย และยุโรป
- ย่านความถี่ที่ 2: 902-928 MHz เช่น ประเทศอเมริกา และออสเตรเลีย

ตารางที่ 7.2 ย่านความถี่ UHF ที่ใช้งานในระบบ RFID

พื้นที่	ย่านความถี่ UHF ที่จัดสรรให้ระบบ RFID	กำลังงานสูงสุดที่แพร่กระจายได้
สหรัฐอเมริกา	902 – 928 MHz	4 วัตต์ (EIRP)
ออสเตรเลีย	918 – 926 MHz	1 วัตต์ (ERP)
ยุโรป	865 – 868 MHz	2 วัตต์ (ERP)
ฮ่องกง	865 – 868 MHz	2 วัตต์ (ERP)
	920 – 925 MHz	4 วัตต์ (EIRP)
อินเดีย	865 – 867 MHz	4 วัตต์ (EIRP)
ญี่ปุ่น	950 – 956 MHz	4 วัตต์ (EIRP)
สิงคโปร์	923 – 925 MHz	2 วัตต์ (EIRP)

- ย่านความถี่ที่ 3: 950-954 MHz เช่น ประเทศญี่ปุ่น

นอกจากนี้ยังได้มีการกำหนดกำลังงาน (มีหน่วยเป็นวัตต์) ที่ใช้ในการส่งสัญญาณในย่านความถี่ UHF ตามตารางที่ 7.2 โดยแต่ละประเทศจะกำหนดไม่เหมือนกัน ตัวอย่างเช่น ประเทศอเมริกาจะกำหนดการแพร่ของสัญญาณตามพารามิเตอร์ EIRP ส่วนยุโรปจะใช้พารามิเตอร์ ERP (1 ERP = 1.64 EIRP)

ดังนั้นระบบ RFID จะทำงานอยู่ในย่านความถี่ 4 แบบ คือ LF, HF, UHF, และไมโครเวฟ โดยที่ ย่านความถี่ใช้งานนี้จะมีผลกระทบต่อ ความเร็ว, ระยะเวลาอ่าน, และความแม่นยำในการใช้งานระบบ

7.2 ประสิทธิภาพของย่านความถี่ใช้งาน

ในการที่ออกแบบระบบ RFID สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือการเลือกใช้งานย่านความถี่ของระบบ RFID ซึ่งย่านความถี่แต่ละย่านมีคุณสมบัติและประสิทธิภาพแตกต่างกันดังนี้

7.2.1 ย่านความถี่ต่ำ

ย่านความถี่ต่ำ (LF) จะอยู่ในช่วงความถี่ 30 – 300 KHz ระบบ RFID ที่ใช้ย่านความถี่ต่ำมีคุณสมบัติดังนี้

- ระยะเวลาอ่านที่สั้น ระยะเวลาอ่านของระบบ RFID ที่ใช้งานในย่านความถี่ LF นั้นมีระยะเวลาอ่านที่สั้น (น้อยกว่าครึ่งเมตร)

- **ความเร็วในการอ่านที่ช้า** เป็นที่ทราบกันว่าถ้าใช้ความถี่ที่สูง ระยะการอ่านก็จะสูงและการส่งข้อมูลก็จะรวดเร็วยิ่งขึ้น ดังนั้นถ้าใช้งานย่านความถี่ต่ำ ความเร็วในการอ่านข้อมูลก็จะช้า
- **มีการดูดกลืนน้อย** ความยาวคลื่นเป็นส่วนกลับของความถี่ ดังนั้นถ้าใช้ความถี่ต่ำในระบบ RFID ก็จะทำให้ความยาวคลื่นนั้นสูงขึ้น เมื่อความยาวคลื่นนั้นสูงขึ้นสัญญาณที่ใช้ความถี่ LF ก็จะถูกดูดกลืนได้ยากในชั้นบรรยากาศ atmosphere และสามารถเดินทางทะลุผ่านโลหะได้ จึงทำให้ระบบ RFID ที่ใช้ความถี่ต่ำเหมาะกับการใช้งานในน้ำและโลหะ

เนื่องจากระบบ RFID ที่ใช้ความถี่ต่ำจะมีระยะการอ่านที่สั้นและถูกดูดกลืนน้อย จึงนิยมนำไปใช้ในงานที่ต้องการการใชงานอย่างหนัก เช่น การควบคุมการเข้าถึง (access control), การติดตามสัตว์และคน (animal and personnel tracking), และ vehicle immobilizer เป็นต้น

7.2.2 ย่านความถี่สูง

ย่านความถี่สูงมีช่วงความถี่ 3 – 30 MHz ซึ่งในระบบ RFID จะใช้ความถี่ 13.56 MHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป ระบบ RFID ที่ใช้ย่านความถี่สูงมีคุณสมบัติดังนี้

- ระยะการอ่านจะอยู่ประมาณ 3 เมตร
- เนื่องจากความถี่สูงมีความยาวคลื่นที่สั้นจึงทำให้ไม่สามารถแพร่กระจายผ่านโลหะได้
- มีความเร็วในการส่งข้อมูลที่เพิ่มขึ้นมากกว่าระบบ RFID ที่ใช้ความถี่ต่ำ

จากคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้ระบบ RFID ที่ใช้ในย่านความถี่สูงจึงเหมาะกับการใช้งานทางด้านการควบคุมการเข้าออกอาคาร (building access control), การติดตามสินค้า (item-level tracking), และห้องสมุด เป็นต้น ในปัจจุบันนี้ย่านความถี่ 13.56 MHz ถือเป็นความถี่มาตรฐานที่ใช้กันในระบบ RFID ย่านความถี่สูงที่ใช้กันทั่วไปอย่างกว้างขวาง

7.2.3 ย่านความถี่สูงยิ่ง

ย่านความถี่สูงยิ่ง (UHF) มีช่วงความถี่อยู่ที่ 300 MHz ถึง 3 GHz โดยระบบ RFID จะใช้ความถี่ 344 MHz และ 860-960 MHz ซึ่งถือว่าเป็นความถี่ที่มีความเร็วในการอ่านข้อมูลที่สูง สำหรับคุณสมบัติโดยทั่วไปของระบบ RFID ที่ใช้ย่านความถี่สูงยิ่งมีดังนี้

- เนื่องจากมีความยาวคลื่นที่สั้นทำให้ถูกดูดกลืนได้ง่ายด้วยของเหลวและโลหะทำให้ระยะการอ่านนั้นลดลง
- สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้รวดเร็วทำให้มีโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดมากขึ้น
- จากตารางที่ 7.2 เห็นได้ว่าความถี่ UHF ในแต่ละประเทศนั้นมีความแตกต่างกัน ทำให้ไม่สามารถนำระบบ RFID ไปใช้งานได้ในทุกประเทศ
- มีอุปกรณ์หลายอย่างที่ทำงานในความถี่นี้ ทำให้อาจเกิดการแทรกแซงด้วยความถี่จากอุปกรณ์อื่นๆได้ง่าย

อย่างไรก็ตามเนื่องจากระบบ RFID ที่ทำงานย่านความถี่สูงยังมีความเร็วในการอ่านที่สูงและมีระยะการอ่านที่มาก ทำให้เหมาะสำหรับนำไปใช้งานทางด้าน การเก็บเงินอัตโนมัติ (automated toll collection), การจัดการคลังสินค้า (warehouse management), และ การติดตามรายการสินค้า เป็นต้น

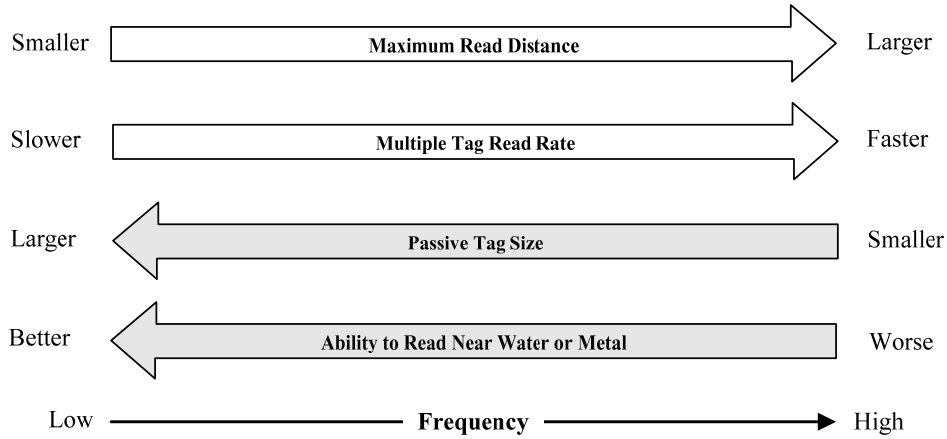
7.2.4 ย่านความถี่ไมโครเวฟ

ย่านความถี่ไมโครเวฟมีช่วงความถี่อยู่ที่ 1 GHz ถึง 300 GHz โดยระบบ RFID จะใช้ความถี่ 2.44 GHz และ 5.80 GHz ซึ่งเป็นความถี่ที่มีความเร็วในการอ่านข้อมูลที่สูงมาก ระบบ RFID ที่ใช้ย่านความถี่ไมโครเวฟมีคุณสมบัติดังนี้

- มีความเร็วในการอ่านที่สูง และสามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว
- สามารถอ่านข้อมูลได้ในระยะไกล
- มีประสิทธิภาพต่ำเมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีน้ำและโลหะ เนื่องจากมีความยาวคลื่นสั้นมาก

จากคุณสมบัติที่กล่าวมานั้นจึงทำให้ระบบ RFID ที่ใช้งานย่านความถี่ไมโครเวฟ เหมาะสำหรับ การนำไปใช้งานทางด้าน การควบคุมการเข้าถึงระยะไกลของพาหนะ, การระบุยานพาหนะ, การเก็บเงินค่าทางด่วนอัตโนมัติ, และห่วงโซ่อุปทาน (supply chain) เป็นต้น ดังนั้นจากข้อดีและข้อเสียที่พบในระบบ RFID ที่ใช้งานในย่านความถี่ต่างๆ สามารถสรุปได้ตามภาพที่ 7.1 และตารางที่ 7.3

ในทางปฏิบัติระบบ RFID มีความถี่ใช้งานหลายความถี่ โดยที่แต่ละความถี่จะมีความแตกต่างกันในทางด้านต่างๆ เช่น ระยะการอ่าน ความเร็วในการอ่าน และการใช้งานในสภาพแวดล้อมต่างๆ เป็นต้น จึงนำไปสู่การใช้งานที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปประสิทธิภาพของระยะการอ่านของระบบ RFID จะขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างดังนี้



ภาพที่ 7.1 คุณสมบัติของระบบ RFID เมื่อใช้งาน ณ ย่านความถี่ต่างๆ

ตารางที่ 7.3 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบ RFID ที่ใช้งานในย่านความถี่ต่างๆ

ความถี่	ข้อดี	ข้อเสีย	การใช้งาน
LF	ใช้งานได้ทั่วไปและดีในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำและโลหะ	ระยะการอ่านต่ำและความเร็วในการอ่านข้อมูลช้า	ระบบบังคับซื้อ/สิ่งของ การอ่านวัสดุที่มีน้ำอยู่ภายใน
HF	ความแน่นอนและความเร็วในการอ่าน และสามารถเก็บข้อมูลได้มากขึ้น	ต้องการพลังงานที่มากขึ้น	ระบบการเข้าออกอาคาร การจับเก็บกระเป๋าในสายการบิน การยืมหนังสือในห้องสมุด
UHF	ความเร็วในการอ่านข้อมูลสูง ระยะการอ่านที่ไกล และสามารถเก็บข้อมูลได้มาก	ทำงานได้ไม่มีในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำและโลหะ	การเข้าออกที่จอดรถ ห่วงโซ่อุปทาน
Microwave	อ่านข้อมูลที่รวดเร็วมาก และระยะการอ่านที่ไกล	ทำงานได้ไม่มีในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำและโลหะ	การระบุตัวตนพาหนะ ห่วงโซ่อุปทาน

- พลังงานที่ส่งออกมาจากเครื่องอ่าน เนื่องจากป้าย RFID แบบพาสซีฟต้องการพลังงานจากเครื่องอ่านในการทำงาน ดังนั้นถ้าพลังงานจากเครื่องอ่านส่งออกมาน้อย ก็ทำให้ระยะการอ่านลดลงไปอีก

- **ความถี่ใช้งาน** พลังงานที่ป้ายได้รับนั้นมาจากสายอากาศ เมื่อความถี่ที่ทำงานเปลี่ยนไปก็จะทำให้ขนาดของสายอากาศเปลี่ยนไปทำให้พลังงานที่ได้รับนั้นเปลี่ยนไปด้วย
- **ความไวของป้าย RFID** ระยะการอ่านสูงสุดจะขึ้นกับความต้องการพลังงานของป้าย RFID ซึ่งจะขึ้นกับชนิดของป้าย RFID และขนาดของสายอากาศภายในป้าย RFID
- **เทคนิคการติดต่อสื่อสาร** ระยะการอ่านจะขึ้นกับเทคนิคการติดต่อสื่อสารว่าเป็นแบบคู่ควบแบบเหนี่ยวนำ (inductive coupling) หรือแบบการกระจายย้อนกลับ (backscattering)

7.3 การเลือกความถี่ใช้งาน

จากหัวข้อที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าอุปกรณ์ RFID มีมากมายหลายความถี่ โดยที่แต่ละความถี่ก็จะมีประสิทธิภาพต่างกัน ในส่วนนี้จะอธิบายสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการตัดสินใจเลือกความถี่ใช้งานดังนี้

7.3.1 ประเภทของงานประยุกต์

โดยทั่วไปงานประยุกต์ (application) แต่ละแบบ เช่น ธุรกิจค้าปลีก, การเก็บเงินค่าทางด่วนอัตโนมัติ, และการติดตามตัวสัตว์ เป็นต้น จะมีความต้องการพื้นฐานทางด้านเทคนิคแตกต่างกัน ซึ่งมักจะมีการระบุไว้ในแต่ละมาตรฐานว่าต้องใช้งานในย่านความถี่ใด

7.3.2 ระยะการอ่าน

ระยะการอ่าน (read range) จะขึ้นอยู่กับความถี่ใช้งานและตัวแปรอื่นๆ ดังนั้นระยะการอ่านของแต่ละงานประยุกต์จะทำให้ผู้ใช้งานทราบว่าควรใช้ความถี่อะไรในการใช้งานในระบบ RFID

7.3.3 เงื่อนไขการทำงาน

เงื่อนไขการทำงาน (operating condition) มีผลกับการเลือกใช้งาน เช่น การทำงานของระบบในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำหรือโลหะก็ควรที่จะใช้งานที่ความถี่ LF หรือ HF ซึ่งสามารถใช้งานในสภาพแวดล้อมเหล่านี้ได้

7.4 การเลือกใช้งานป้าย RFID

การเลือกใช้งานป้าย RFID ให้เหมาะสมกับงานประยุกต์ที่ใช้งาน จะต้องทราบถึงตัวแปรต่างๆ ของป้าย เช่น ประเภทของป้าย, ลำดับชั้นของป้าย, ความถี่ที่ทำงาน, ระยะการอ่าน, จำนวนหน่วยความจำ, รูปร่างของป้าย, สภาพแวดล้อมที่จะนำป้ายไปใช้งาน, และมาตรฐานของป้าย ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 ในส่วนนี้จะสรุปเกี่ยวกับตัวแปรต่างๆ เพื่อใช้ในการเลือกป้าย RFID

7.4.1 ชนิดของป้าย RFID

การเลือกชนิดของป้าย RFID จะขึ้นอยู่กับความต้องการของแต่ละงานประยุกต์ ตัวอย่างเช่น

- *ประเภทของป้าย RFID* ถ้างานประยุกต์เป็นแบบง่ายๆ เช่น ถ้าต้องการป้าย RFID เพื่อเก็บข้อมูลรหัสประจำตัวและถูกใช้งานเมื่อมีการร้องขอ ก็สามารถใช้ป้าย RFID แบบแพสซีฟก็ได้ แต่ถ้าต้องการระบุตัวตนแบบเรียลไทม์ (real-time) หรือต้องการวัดอุณหภูมิ อาจต้องเลือกใช้ป้าย RFID แบบแอ็กทีฟเพราะรองรับการทำงานแบบเรียลไทม์
- *ระดับของป้าย RFID* ลำดับชั้นของป้ายนั้นจะบ่งบอกว่าป้ายนั้นสามารถอ่านได้อย่างเดียว เขียนได้ครั้งเดียว หรือสามารถอ่านและเขียนได้ ซึ่งถ้างานประยุกต์นั้นต้องการเก็บค่ารหัสประจำตัวเพื่อระบุตัวตน ก็อาจเลือกใช้ป้ายที่สามารถอ่านได้อย่างเดียวหรือเขียนได้หนึ่งครั้งมาใช้งานก็ได้

7.4.2 ความถี่ใช้งาน

การตัดสินใจเลือกใช้ความถี่ใดมาใช้งานขึ้นกับปัจจัยดังนี้

- ความแตกต่างของความถี่ที่อนุญาตให้ใช้งานในแต่ละส่วนของโลก
- จากการที่สามารถเลือกใช้ความถี่ใดๆ ก็ได้ตามข้อกำหนด จึงทำให้สามารถเลือกใช้ความถี่ที่เหมาะสมกับงานประยุกต์ต่างๆ ได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการระยะการอ่านที่ไกล ก็เลือกความถี่ที่สูงขึ้นมาใช้งาน

7.4.3 ประสิทธิภาพการอ่าน

ประสิทธิภาพการอ่านของป้ายจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้