

## บทที่ 2

### กรอบแนวคิดทางทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 เทคโนโลยี RFID

RFID ย่อมาจาก Radio Frequency Identification เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ระบุลักษณะของวัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่ถูกพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำไปใช้งานแทนเทคโนโลยี Barcode โดยจุดเด่นของเทคโนโลยี RFID นั้นอยู่ที่การอ่านข้อมูลจากฉลากหรือ Tag ที่ติดกับตัวสินค้า ได้พร้อมกันที่ละหลายๆ Tag พร้อมกัน โดยไม่ต้องมีการสัมผัส และยังสามารถอ่านค่าได้แม้สภาพทัศนวิสัยไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้น แรงแดดสะท้อน การกระทบกระแทก สามารถอ่านข้อมูลด้วยความเร็วสูง โดยจะมีการจัดเก็บข้อมูลไว้ใน Microchip ในตัว Tag อีกด้วย

ในปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคโนโลยี RFID ไปประยุกต์ใช้งานกันหลากหลาย เช่น นำไปใช้ในบัตรชนิดต่างๆ อาทิ บัตรเข้าออกสถานที่ บัตรจอดรถ เป็นต้น นำไปใช้ติดสินค้า หรือแม้แต่ฝังลงไปในตัวสัตว์เพื่อบันทึกประวัติของสัตว์ตัวนั้นๆ

##### 2.1.1 องค์ประกอบของเทคโนโลยี RFID

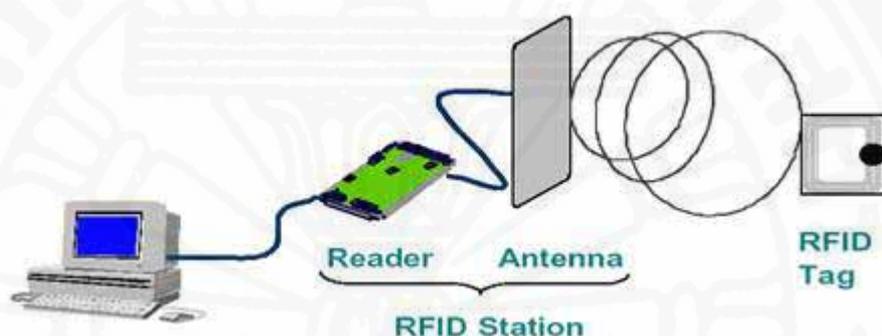
การใช้งานเทคโนโลยี RFID นั้นจะคล้ายกับ Barcode แต่เทคโนโลยี RFID จะสามารถรองรับความต้องการหลายอย่างที่ไม่สามารถทำได้ เช่น Barcode จะเป็นเทคโนโลยีที่อ่านข้อมูลได้อย่างเดียว แต่เทคโนโลยี RFID นั้นสามารถอ่านข้อมูลและเขียนข้อมูลใหม่ได้ อีกทั้งยังสามารถอ่านข้อมูลได้พร้อมกันหลายค่าและยังสามารถอ่านข้อมูลขณะที่อุปกรณ์หรือสินค้าเคลื่อนที่ได้ รวมถึงสัญญาณที่ใช้สามารถผ่านตัวกลางได้หลายชนิด ในขณะที่ Barcode ทำไม่ได้

องค์ประกอบของ RFID นั้นจะมีองค์ประกอบหลักๆอยู่ 2 ส่วน ส่วนแรก คือ ฉลากหรือ Tag จะเป็นวัตถุขนาดเล็กที่จะติดอยู่กับวัตถุที่เราสนใจ โดยจะทำการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้นเอาไว้ ส่วนที่สองคืออุปกรณ์สำหรับอ่านข้อมูลจาก Tag หรือเขียนข้อมูลลงใน Tag ด้วยคลื่นวิทยุ เรียกว่า Interrogator หรือ Reader ทั้งสองส่วนจะสื่อสารกันโดยอาศัยความถี่วิทยุ

โดยสัญญาณนี้ผ่านได้ทั้งโลหะและอโลหะ Reader จะส่งสัญญาณผ่านความถี่วิทยุ เมื่อ Tag เข้ามาอยู่ในบริเวณของสัญญาณที่ Reader ส่งออกมา Tag ก็ส่งข้อมูลไปยัง Reader และ Reader ก็ส่งข้อมูลต่อไปยังประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ โดย Reader จะติดต่อสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านเครือข่าย LAN หรือส่งผ่านทางความถี่วิทยุผ่านทางอุปกรณ์ไร้สาย

ภาพที่ 2.1

ภาพรวมของระบบ RFID



### 2.1.2 Tag

โครงสร้างภายในของ Tag จะประกอบไปด้วยสองส่วนใหญ่ ได้แก่ ขดลวดขนาดเล็กซึ่งทำหน้าที่เป็นสายอากาศ (Antenna) สำหรับรับและส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ และสร้างพลังงานป้อนให้อีกส่วนหนึ่งคือ ส่วนของไมโครชิป (Microchip) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของวัตถุเช่น รหัสสินค้า เป็นต้น โดยไมโครชิปของ Tag นั้นจะประกอบไปด้วยสองส่วนด้วยกัน คือ ส่วนแรกเป็นส่วนควบคุมภาครับส่งสัญญาณวิทยุ และส่วนที่สองเป็นส่วนควบคุมภาคดิจิทัลประกอบด้วย ส่วนบันทึกข้อมูล ส่วนการเข้ารหัส ส่วนตอบรับสัญญาณร้องขอ ส่วนควบคุมและประมวลผลทางคณิตศาสตร์ โดยทั่วไป Tag อาจอยู่ในรูปแบบทั้งเป็นกระดาษ แผ่นฟิล์ม พลาสติก มีขนาดและรูปร่างต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุที่จะเอาไปติด หรืออาจจะมีขนาดเล็กเพื่อใช้ฝังเข้าไปในผิวหนังสัตว์ในกรณีที่น่าไปใช้งานในงานปศุสัตว์

Tag จะประกอบไปด้วยสายอากาศที่มีขนาดเล็กที่จะช่วยให้ Tag ตอบสนองกับ Reader โดยสายอากาศจะแผ่สัญญาณวิทยุจำนวนหนึ่งออกมา เพื่อกระตุ้นให้ Tag อ่านหรือเขียนข้อมูลลงไป สายอากาศสามารถทำได้ทุกขนาดและรูปร่าง เพื่อที่จะสามารถออกแบบให้ติดตั้งได้ทุกที่และให้ครอบคลุมได้ดีที่สุด Tag นั้นยังมีส่วนประกอบอีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำ

ซึ่งสามารถจะมีได้ทั้งแบบอ่านได้อย่างเดียว (ROM) หรือทั้งอ่านทั้งเขียน (RAM) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน

ภาพที่ 2.2  
Tag ในรูปแบบต่างๆ



Tag สามารถแบ่งออกได้หลายประเภท โดยแบ่งตามรูปแบบต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

#### แบ่งตามชนิดของ Tag

1. Tag ชนิดพาสซีฟ (Passive Tags) Tag ชนิดนี้ไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอก เพราะภายใน Tag จะมีวงจรถูกกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดเล็กเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า ทำให้การอ่านข้อมูลทำได้ไม่ไกลนัก ระยะอ่านสูงสุดประมาณ 1.5 เมตร ขึ้นอยู่กับความแรงของเครื่องส่งและความถี่ที่ใช้ มีหน่วยความจำขนาดเล็ก โดยทั่วไป 32 ถึง 128 บิต และตัว Reader จะต้องมีความไวและกำลังที่สูง นอกจากนี้ Tag ชนิดนี้มักจะมีปัญหาเมื่อนำไปใช้งานในสิ่งแวดล้อมที่มีสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนสูงอีกด้วย แต่ข้อได้เปรียบในเรื่องราคาต่อหน่วยที่ต่ำกว่า Tag ชนิดแอ็คทีฟและอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าทำให้ Tag ชนิดพาสซีฟเป็นที่นิยมมากกว่า

Tag ชนิดพาสซีฟมีการผลิตออกมา จะมีทั้งขนาดและรูปร่างเป็นไปได้อย่างตั้งแต่แท่งหรือแผ่นขนาดเล็กจนแทบมองไม่เห็น ไปจนถึงขนาดใหญ่สะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับการใช้งานที่แตกต่างกัน

2. Tag ชนิดแอคทีฟ (Active Tags) Tag ชนิดนี้จะมีแบตเตอรี่อยู่ภายในซึ่งใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟขนาดเล็กให้ Tag ทำงาน โดย Tag ชนิดนี้สามารถอ่านข้อมูลและเขียนข้อมูลลงใน Tag ได้ และการที่ต้องใช้แบตเตอรี่ทำให้ Tag ชนิดนี้มีอายุการใช้งานจำกัดตามอายุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่หมดต้องทิ้ง ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากมีการซีล (Seal) ที่ตัว Tag จึงไม่สามารถเปลี่ยนแบตเตอรี่ได้ อย่างไรก็ตามถ้าสามารถออกแบบวงจรของ Tag ให้กินกระแสไฟน้อยๆ ก็อาจจะมีอายุการใช้งานนานนับสิบปี

Tag ชนิดแอคทีฟนี้มีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ มีกำลังส่งสูงและระยะการรับส่งข้อมูลสูงสุด 6 ถึง 10 เมตร นอกจากนี้ยังทำงานในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนได้ดี แม้ Tag ชนิดนี้จะมีข้อดีอยู่หลายข้อแต่ก็มีข้อเสียคือ ราคาแพง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และอายุการใช้งานที่จำกัด

#### แบ่งตามรูปแบบการใช้งาน

สามารถแบ่งได้ 3 รูปแบบคือ

1. แบบที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้อย่างอิสระ (Read-Write)
2. แบบเขียนได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นแต่อ่านได้อย่างอิสระ (Write-One, Read-Many หรือ WORM)
3. แบบอ่านได้เพียงอย่างเดียว (Read-Only)

#### แบ่งตาม Class

สามารถแบ่งตาม Class ได้ดังตารางที่ 2.1

สำนักหอสมุด

## ตารางที่ 2.1

### การแบ่งประเภท Tag ตาม Class

Explanation of EPC Global 'Classes'		
EPC Class	Definition	Programming
Class 0	"Read Only" passive tags	Programmed as part of the semiconductor manufacturing process
*Class 0+	"Write-Once, Read-Many" version of EPC Class 0	Programmed once by the customer then locked
Class 1	"Write-Once, Read-Many" passive tags	Programmed once by the customer then locked
Class 1 - Gen2	Addresses global interoperability, multiple read/write capabilities, and increased data-communication speeds.	Can be reprogrammed many times
Class 2	Rewritable passive tags	
Class 3	Semi-passive tags	
Class 4	Active tags	
Class 5	Readers	N/A

\* Not an EPC Global defined class

(ที่มา: [http://www.nje.ca/Index\\_RFIDStandards.](http://www.nje.ca/Index_RFIDStandards.))

#### แบ่งตามหน่วยความจำ

1. หน่วยความจำขนาด 1 Bit หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า EAS (Electronic Article Surveillance) Tag ชนิดนี้จะไม่มี Microchip จะใช้ตรวจสอบว่ามี Tag อยู่ในพื้นที่สัญญาณหรือไม่ จึงมีสถานะที่แสดงเป็นรหัส Digital 0 หรือ 1 คือ มีหรือไม่มีนั่นเอง ซึ่ง Tag ชนิดนี้จะไม่ซับซ้อนและมีราคาถูกมาก

2. ชนิดที่มีหน่วยความจำมากกว่า 1 Bit Tag ชนิดนี้จะมีหน่วยความจำหรือ Microchip เป็นส่วนประกอบสำคัญ ซึ่ง Tag บางประเภทสามารถเก็บข้อมูลได้สูงสุด ถึง 64 Kb ซึ่ง Tag ชนิดนี้จะมีราคาแพงกว่า Tag แบบ EAS

#### 2.1.3 Reader

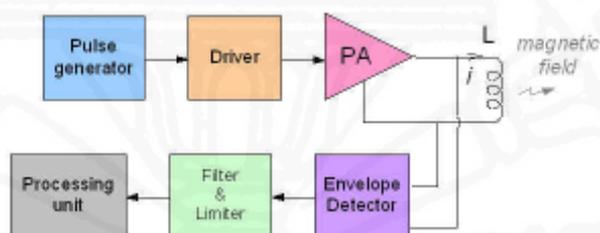
หน้าที่ของ Reader คือ เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อเพื่อเขียนข้อมูลหรืออ่านข้อมูลลงใน Tag ด้วยสัญญาณความถี่วิทยุ โดยใน Tag จะประกอบไปด้วย เสาอากาศที่ทำจากขดลวดทองแดงเพื่อใช้รับส่งสัญญาณภาครับและภาคส่งสัญญาณวิทยุ และวงจรควบคุมการอ่านและการเขียนข้อมูล พวกไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนของการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 2.3

นอกจากนี้ Reader ที่ดีนั้นต้องมีความสามารถในการป้องกันการอ่านข้อมูลซ้ำ เช่น ในกรณีที่ Tag ถูกวางทิ้งอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ Reader สร้างขึ้น หรืออยู่ในระยะการ

รับส่ง ก็อาจจะทำให้ Reader ทำการรับหรืออ่านข้อมูลจาก Tag ซ้ำไม่มีที่สิ้นสุด จึงมีระบบป้องกัน เหตุการณ์เช่นนี้เรียกว่า “Hands Down Polling” โดยตัวอ่านข้อมูล จะสั่งให้ Tag หยุดการส่ง ข้อมูลในกรณีเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว หรืออาจมีบางกรณีที่มี Tag หลายตัวอยู่ในบริเวณ สนามแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมกัน หรือที่เรียกว่า “Batch Reading” Reader ควรมีความสามารถที่จะ จัดลำดับการอ่าน Tag ที่ละตัวได้

ภาพที่ 2.3

โครงสร้างภายใน Reader



Reader นั้นจะมีลักษณะ ขนาด และรูปร่างที่แตกต่างกันออกไป ตามประเภทของ การใช้งาน เช่น แบบมือถือขนาดเล็ก หรือติดผนัง จนไปถึงขนาดใหญ่เท่าประตู (Gate Size) เป็น ต้น ดังภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.4

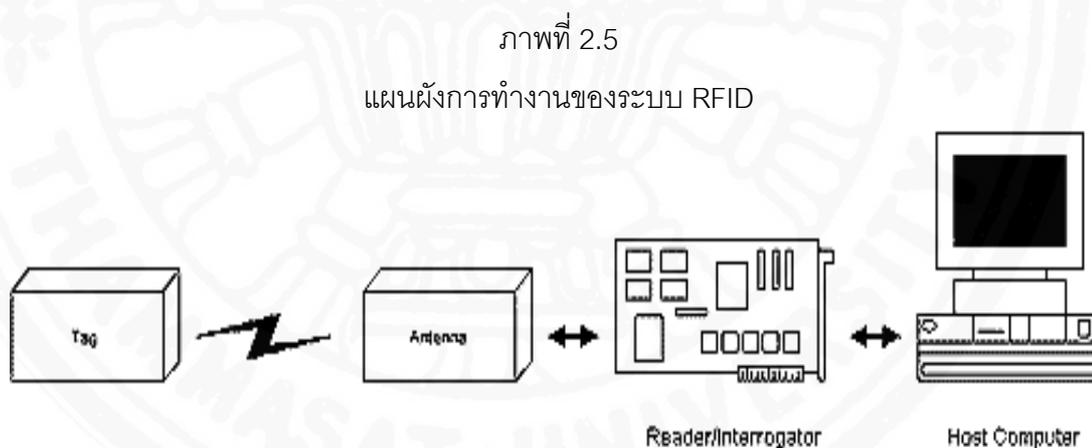
ตัวอย่าง Reader แบบต่างๆ



#### 2.1.4 การทำงานของระบบ RFID

หัวใจของเทคโนโลยี RFID ได้แก่ “Inlay” ที่บรรจุอุปกรณ์และวงจรรีเลย์ทรอนิกส์กับโลหะที่ยืดหยุ่นได้สำหรับการติดตามหรือทำหน้าที่เป็นเสาอากาศ ซึ่ง Inlay นั้นจะมีความหนาสูงสุดอยู่ที่ 0.375 มิลลิเมตร สามารถทำเป็นแผ่นบางอัดเป็นชั้นๆ ระหว่างกระดาษ แผ่นฟิล์ม หรือพลาสติก ซึ่งเป็นการผลิตเครื่องหมายหรือฉลากจากวัสดุที่มีราคาไม่แพงมากนัก ซึ่งจะเห็นว่า Inlay มีลักษณะรูปร่างที่บางมาก จึงทำให้ง่ายต่อการติดเป็นป้ายชื่อหรือฉลากของชิ้นงานหรือวัตถุนั้นๆ ได้สะดวก

RFID เป็นระบบที่นำเอาคลื่นวิทยุมาเป็นคลื่นพาหะเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่าง Tag และ Reader ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless) โดยการนำข้อมูลที่ต้องการส่ง ทำการมอดูเลต (Modulation) กับคลื่นวิทยุแล้วส่งออกผ่านทางสายอากาศที่อยู่ในตัวรับข้อมูล ดังภาพที่ 2.5



การประยุกต์ใช้งาน RFID จะมีลักษณะการใช้งานคล้าย Barcode และยังสามารถรองรับความต้องการได้อีกหลายอย่างที่ Barcode ไม่สามารถรองรับได้ เนื่องจาก Barcode จะเป็นระบบที่อ่านได้อย่างเดียว (Read-Only) ไม่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่อยู่บน Barcode ได้ แต่ Tag สามารถอ่านและบันทึกข้อมูลได้ ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนแปลง หรือทำการบันทึกข้อมูลที่อยู่ใน Tag ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

นอกจากนี้ระบบ RFID ยังสามารถใช้งานได้แม้ในขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ เช่น สินค้ากำลังเลื่อนอยู่ในสายพานการผลิต เป็นต้น และยังสามารถสื่อสารผ่านตัวกลางได้หลายอย่าง เช่น น้ำ พลาสติก กระดาษ หรือวัตถุทึบแสงอื่นๆ ในขณะที่ Barcode ไม่สามารถทำได้

#### 2.1.5 การรับส่งข้อมูลระหว่าง Tag และ Reader

โดยมากมักจะใช้วิธีการมอดูเลตทางแอมพลิจูดหรือใช้การมอดูเลตทางแอมพลิจูดบวกกับการเข้ารหัสแมนเชสเตอร์ (Manchester encoded AM) แต่ทว่าในปัจจุบันก็มี Tag ที่ใช้การมอดูเลตแบบอื่นๆ ด้วย เช่น การมอดูเลตแบบเฟสชิฟต์คีย์อิง (Phase Shift Keying : PSK) ฟรีควอนซ์ชิฟต์คีย์อิง (Frequency Shift Keying : FSK) หรือการใช้การมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation : FM)

ในการจะให้ได้การรับส่งข้อมูลระหว่าง Tag กับ Reader ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นจะต้องมีสายอากาศที่มีความยาวที่เหมาะสมกับความถี่พาหะที่ใช้ งาน เช่น เมื่อความถี่ที่ใช้เป็น 13.56 เมกะเฮิร์ตซ์ ความยาวเสาอากาศ (เป็นเส้นตรง) ที่เหมาะสมคือ 22.12 ซึ่งในทางปฏิบัติไม่สามารถนำเสาอากาศขนาดนั้นมาใช้กับ Tag ขนาดเล็กได้ สายอากาศที่เหมาะสมจะใช้กับ Tag มากที่สุดก็คือ สายอากาศที่เป็นขดลวดขนาดเล็กหรือที่เรียกว่า แบบแมกเนติกไดโพล (Magnetic dipole Antenna) รูปแบบของสายอากาศแบบนี้จะมีอยู่หลากหลายทั้งแบบที่เป็นขดลวดพันแกนอากาศหรือแกนเฟอร์ไรต์ แบบที่เป็นวงลูปที่ทำขึ้นจากลายทองแดงบนแผ่นวงจรพิมพ์ ทั้งที่เป็นลูปแบบวงกลมและสี่เหลี่ยม ทั้งนี้ความเหมาะสมในการใช้งานก็แตกต่างกันไปตามความถี่พาหะและประเภทของงานด้วยเช่นกัน นอกจากนี้การรับส่งข้อมูลแล้วสายอากาศก็ยังทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับ Tag อีกด้วย

#### 2.1.6 การป้องกันการชนของสัญญาณข้อมูล (Anti-Collision)

ในการที่จะรับข้อมูลจาก Tag หลายๆตัว ทั้ง Tag และ Reader ต้องได้รับการออกแบบให้รองรับสถานะที่มี Tag มากกว่าหนึ่งตัวทำงาน มิฉะนั้นแล้วสัญญาณพาหะก็จะมี การส่งออกในเวลาเดียวกัน ทำให้เกิดการชนของสัญญาณ (Collusion) จะทำให้ไม่มีข้อมูลใดๆส่งถึง Reader เลย การติดต่อระหว่าง Tag กับ Reader เปรียบเสมือน บัสแบบอนุกรม แต่บัสชนิดนี้จะใช้เสาอากาศเป็นตัวกลางในการส่งสัญญาณ ซึ่งบัสแบบที่เป็นสายเคเบิลนั้นก็ต้องมีการควบคุมไม่ให้

เกิดการชนกันของสัญญาณ เพราะฉะนั้น RFID ก็จำเป็นที่จะต้องมีการป้องกันไม่ให้เกิดการชนกันของสัญญาณจาก Tag หลายๆตัวเช่นกัน

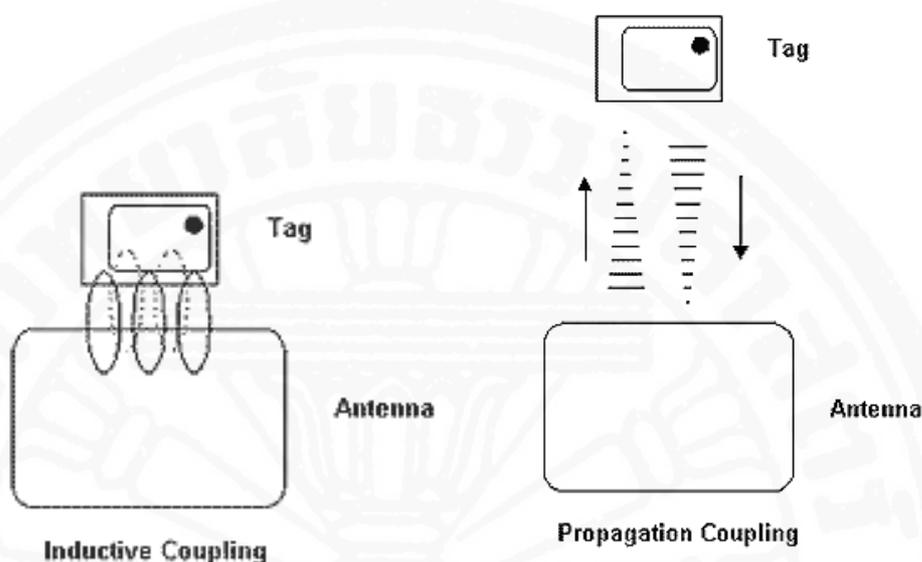
### 2.1.7 หลักการดำเนินงานเบื้องต้นของระบบ RFID

1. ตัวอ่านข้อมูลจะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาตลอดเวลา และคอยตรวจจับว่ามี Tag เข้ามาอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าหรือไม่
2. เมื่อมี Tag เข้ามาในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้า Tag จะได้รับพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำเพื่อให้ Tag เริ่มทำงาน และจะส่งข้อมูลจากหน่วยความจำออกมาทางสายอากาศที่อยู่ภายใน Tag
3. คลื่นที่ถูกส่งออกมาจากสายอากาศของ Tag จะเกิดการเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูด ความถี่ หรือเฟส ขึ้นอยู่กับวิธีการมอดูเลต
4. ตัวอ่านข้อมูลจะตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของคลื่นพาหะแปลงออกมาเป็นข้อมูลแล้วทำการถอดรหัสเพื่อนำข้อมูลไปใช้งานต่อไป

### 2.1.8 การสื่อสารแบบไร้สาย

การสื่อสารของ RFID นั้นจะเป็นการสื่อสารไร้สายระหว่าง Tag และ Reader โดยจะนำข้อมูลมามอดูเลตกับคลื่นพาหะที่เป็นคลื่นความถี่วิทยุ โดยมีสายอากาศที่อยู่ในตัวอ่านเป็นตัวรับและส่งคลื่นซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธีด้วยกัน คือ วิธีเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Inductive Coupling หรือ Proximity Electromagnetic) และวิธีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Propagation Coupling) ดังภาพที่ 2.6

ภาพที่ 2.6  
การสื่อสารระหว่าง Tag และตัวอ่านข้อมูล



การ Modulate ข้อมูลกับคลื่นวิทยุหลายวิธี เช่น ASK (Amplitude Shift Keying) FSK (Frequency Shift Keying) หรือ PSK (Phase Shift Keying) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภท

### 2.1.9 ความถี่ของคลื่นพาหะและมาตรฐานของ RFID

ในปัจจุบันได้มีการรวมกลุ่มระหว่างประเทศ เพื่อทำการกำหนดมาตรฐานความถี่ของเทคโนโลยี RFID โดยมี 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มประเทศในยุโรปและแอฟริกา (Region 1) กลุ่มประเทศอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ (Region 2) และกลุ่มประเทศตะวันออกไกลและออสเตรเลีย (Region 3) ซึ่งแต่ละกลุ่มจะกำหนดแนวทางในการเลือกใช้ความถี่ต่างๆ ให้แก่ประเทศสมาชิก

ในการเลือกใช้เทคโนโลยี RFID ความถี่ก็เป็นเรื่องสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาด้วย เนื่องจากเทคโนโลยี RFID นั้นมีย่านความถี่ให้เลือกใช้งานหลายย่านความถี่ ซึ่งในแต่ละย่านความถี่นั้น ก็มีความแตกต่างกันในเรื่องของ ความเร็วในการรับ ส่งข้อมูล ระยะทางในการรับ ส่งข้อมูล การทนต่อสัญญาณรบกวน และการดูดซับสัญญาณ และรวมถึงราคาด้วย ซึ่งย่านความถี่หลักๆ ที่ใช้ในเทคโนโลยี RFID นั้นแบ่งได้ดังนี้

1. ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency – LF) ต่ำกว่า 150 kHz
2. ย่านความถี่สูง (High Frequency – HF) 13.56 MHz
3. ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Frequency – UHF) 433, 860 – 890 MHz
4. ย่านความถี่ Microwave 2.4/5.8 GHz

อย่างไรก็ตาม ความถี่ที่นิยมใช้ในย่านความถี่ต่ำ ปานกลาง และสูง คือ 125 kHz 13.56 MHz และ 2.45 GHz ตามลำดับ ดังที่แสดงในตารางที่ 2.2 นอกจากนี้รัฐบาลของแต่ละประเทศอาจจะมีการออกกฎหมายเกี่ยวกับระเบียบการใช้งานย่านความถี่ต่างๆ รวมถึงระบบ RFID ด้วย

#### ตารางที่ 2.2

ระดับความถี่ต่างๆ ของเทคโนโลยี RFID และการใช้งาน

ระดับความถี่	คุณลักษณะ	การใช้งาน
ย่านความถี่ต่ำ 100-500 kHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปคือ 125 kHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ระยะการรับส่งข้อมูลใกล้</li> <li>- ต้นทุนไม่สูง</li> <li>- ความเร็วในการอ่านข้อมูลต่ำ</li> <li>- ความถี่ในย่านนี้เป็นที่แพร่หลายทั่วโลก</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Access Control</li> <li>- ปุศสัตว์</li> <li>- ระบบคลัง</li> <li>- รถยนต์</li> </ul>
ย่านความถี่ปานกลาง 10-15 MHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปคือ 13.56 MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ระยะการรับส่งข้อมูลปานกลาง</li> <li>- ราคามีแนวโน้มถูกลงในอนาคต</li> <li>- ความเร็วในการอ่านข้อมูลปานกลาง</li> <li>- ความถี่ในย่านนี้เป็นที่แพร่หลายทั่วโลก</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Access Control</li> <li>- สมาร์ทการ์ด</li> </ul>
ย่านความถี่สูง 850-950 MHz 2.4-5.8 GHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปคือ 2.45 GHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ระยะการรับส่งข้อมูลไกล(10 เมตร)</li> <li>- ความเร็วในการอ่านข้อมูลสูง</li> <li>- ราคาแพง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- รถไฟ</li> <li>- ระบบเก็บค่าผ่านทาง</li> </ul>

ในแง่ของราคาและความรวดเร็วในการสื่อสารข้อมูล เมื่อเทียบกันแล้ว RFID ซึ่งใช้คลื่นพาหะระดับความถี่สูงจะเป็นระบบที่มีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุดและมีราคาสูงสุดด้วยเช่นกัน ส่วน RFID ที่ใช้คลื่นพาหะระดับความถี่ต่ำก็จะมีความเร็วในการส่งข้อมูลต่ำและราคาก็จะต่ำลดหลั่นลงมาด้วย

ระยะทางในการรับ ส่งข้อมูล และความเร็วในการรับส่งข้อมูลในแต่ละย่านความถี่ แสดงได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3

ระยะทางและความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลของแต่ละย่านความถี่

ย่านความถี่	ระยะทางในการรับ ส่งข้อมูล	ความเร็วในการรับ ส่งข้อมูล
120 – 150 kHz (LF) (Passive)	<1m (ประมาณ 0.5 m)	ต่ำ
13.56 MHz (HF) (Passive)	<1m	ต่ำถึงปานกลาง
433 MHz (UHF) (Active)	1-100m	ปานกลาง
860-960 MHz (UHF) (Passive)	2-5m	ปานกลางถึงสูง
2.45 GHz (Microwave) (Passive)	1-2m	สูง

(<http://see.nectec.or.th/eport/>)

ความไวในการรับส่งข้อมูล ระยะทาง การดูดซับสัญญาณ แสดงได้ดังภาพที่ 2.7

สำนักหอสมุด

ภาพที่ 2.7

ความถี่ในการรับส่งข้อมูล การทำงาน ระยะทาง การดูดซับสัญญาณ

Frequency System	<135 kHz	13.56 MHz	868/915 MHz, 2.45 GHz
Transponder type	Passive Transponder		Active Transponder (with Battery Backup)
Functionality	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Read/Write</li> <li>• Anti-collision</li> <li>• Authentication, Encryption</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart card OS, Cryptographic coprocessor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Read/Write</li> <li>• Anti-collision</li> </ul>
Coupling Type	Inductive Coupling		Electromagnetic Field
System Type	Low-End, Medium-End systems	High-End System	Low-End, Medium-End, High-End systems
Transmission power	72 dBμA/m	42 dBμA/m	10 to 100 mW, 500 mW, Up to 4 W
Frequency System	135 kHz	13.56 MHz	868/915 MHz, 2.45 GHz
Sensitivity	Sensitivity to Electromagnetic Interference field		Resistant to Electromagnetic Interference field
Absorption Rate	Lower	Absorption Rate (Damping) for Water or non-conductive substances	Higher
Range	Proximity Range		Long range ( 2-15 m )
Penetration	Better	Penetration of Objects	Worse
Data Transmission Rate	Slow	Data Transmission Rate	Fast
Antennae Size	Larger	Antennae Size	Smaller
Memory Type	EEPROM		SRAM with battery backup

(ที่มา: [http://www.nectec.or.th/pressnews/bid/RFID/RFID\\_technology\\_final2.pdf](http://www.nectec.or.th/pressnews/bid/RFID/RFID_technology_final2.pdf))

#### 2.1.10 แนวความคิดของมาตรฐานระบบเปิดและระบบปิด

ระบบเปิด (Open System) คือ ระบบที่มีรูปแบบของข้อมูลที่ส่งในลักษณะกลุ่ม มีกฎระเบียบที่สามารถอ่านได้จาก Reader จำนวนมาก ความเป็นมาตรฐานจะถูกกำหนดจากเครื่องมือที่สร้างข้อมูล ผู้ใช้โดยทั่วไปสามารถอ่านข้อมูลดังกล่าวได้ ซึ่งอาจจะเกิดจากการใช้วิธีการหลายๆอย่างรวมกัน

ระบบปิด (Closed System) คือ ระบบที่กฎของการเข้ารหัส (Encode) และการถอดรหัส (Decode) ถูกกำหนดไว้โดยเฉพาะเจาะจง หรือรู้เฉพาะกลุ่มผู้ใช้ที่เป็นเจ้าของ

สำหรับ Tag RFID นั้นปัจจุบันนี้ยังถือว่าเป็นมาตรฐานระบบเปิด ดังนั้นผู้ขาย ต้องผลิตและสนับสนุนระบบของตนเอง ส่วนเทคโนโลยี Barcode เป็นระบบที่มีความเป็นมาตรฐานทั้งระบบเปิดและระบบปิด

อย่างไรก็ดี ปัจจุบันนี้มีอุตสาหกรรมและองค์กรมาตรฐานจำนวนมากที่พยายามพัฒนาเทคโนโลยี RFID ให้มีความเป็นมาตรฐานยิ่งขึ้น เช่น The International Standards

Organization (ISO) Sub-Committee (SC 31) ซึ่งเป็นข้อตกลงที่อยู่ภายใต้การสำรวจเทคโนโลยี Barcode และ RFID ของ ISO

ในปัจจุบัน Sub-Committee จะเน้นที่มาตรฐานแบบเปิด โดยประเด็นที่องค์กรมาตรฐานคำนึงถึงได้แก่

- วิธีการเปลี่ยน Tag ของระบบปิดไปเป็นระบบเปิด Reader ต้องสามารถแยกได้ทั้งสองระบบ
- เพราะ RFID สามารถอ่าน Tag ได้หลาย Tag ในเวลาเดียวกัน ดังนั้นความเป็นมาตรฐานต้องไม่มีความซ้ำซ้อนกันระหว่างข้อมูลหลากหลายที่มีเข้ามา
- RFID บางชนิดยอมให้อ่าน เขียนข้อมูลได้ แต่ Barcode ไม่สามารถทำได้ และข้อบังคับจะทำให้เกิดผลเล็กน้อยกับการติดตั้งภายนอก ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณา

ความสำคัญของการใช้ RFID จะเกี่ยวข้องกับการพัฒนาไปสู่ความเป็นมาตรฐาน ไม่ได้เน้นไปที่จำนวนองค์กรจากอุตสาหกรรมต่างๆ ว่ามีส่วนร่วม กับ SC 31 มากน้อยเพียงใด แม้ว่าส่วนใหญ่จะเป็นการทำงานร่วมกัน มีการแสดงให้เห็นถึงกลุ่มผลประโยชน์ต่างๆออกมา แต่ก็มีหลักฐานแสดงให้เห็นว่า มีองค์กรในอุตสาหกรรม RFID จำนวนมากที่ไม่ค่อยคำนึงถึงความเป็นมาตรฐาน ทำให้คนทั่วไปเชื่อว่านี่คือ การขาดความเป็นมาตรฐาน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ขัดขวางการพัฒนาเทคโนโลยี RFID

#### 2.1.11 อัตราการรับส่งข้อมูลและ Bandwidth

อัตราการรับส่งข้อมูล (Data Transfer Rate) จะขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นพาหะ โดยปกติถ้าความถี่สูงอัตราการรับส่งข้อมูลจะสูงตามไปด้วย ส่วนการเลือก Bandwidth หรือย่านความถี่นั้น จะมีผลต่อการรับส่งข้อมูลเช่นกัน โดย Bandwidth ควรจะมีค่ามากกว่าอัตราการรับส่งข้อมูลที่ต้องการอย่างน้อย 2 เท่า เช่น ถ้าใช้ Bandwidth ในช่วง 2.4 – 2.5 GHz จะสามารถรองรับอัตราการส่งข้อมูลได้ประมาณ 2 Mbps เป็นต้น แต่การใช้ Bandwidth ที่กว้างเกินไปก็อาจทำให้เกิดปัญหาจากสัญญาณรบกวนที่มาก ดังนั้นการเลือกใช้ Bandwidth ให้ถูกต้องก็เป็นส่วนสำคัญในการพิจารณา

### 2.1.12 ระยะการรับส่งข้อมูลและกำลังส่ง

ระยะการรับส่งข้อมูลของ RFID ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือ กำลังส่งของ Reader กำลังส่งของ Tag และสภาพแวดล้อม ส่วนการออกแบบสายอากาศของ Reader จะเป็นตัวกำหนดลักษณะของคลื่นไฟฟ้าที่แผ่กระจาย ดังนั้นระยะการรับส่งข้อมูลอาจจะขึ้นอยู่กับมุมของการรับส่งข้อมูลระหว่าง Tag และ Reader ด้วยเช่นกัน

ความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยทั่วไปจะลดลงตามระยะทางโดยแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง แต่ในบางสภาพแวดล้อมอาจจะมีการสะท้อนกลับของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสิ่งต่างๆรอบตัว เช่น โลหะอาจจะทำให้ความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็ว โดยอาจจะแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสี่ ปรากฏการณ์เช่นนี้เราเรียกว่า “Multi-path Attenuation” ซึ่งจะส่งผลให้ระยะการรับส่งข้อมูลนั้นสั้นลง ดังนั้นการนำเอาเทคโนโลยี RFID ไปใช้งานก็ควรจะคำนึงถึงสภาพแวดล้อม เพราะจะมีผลกระทบกับระยะการรับส่งข้อมูล และพยายามติดตั้งระบบให้ไกลจากโลหะ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้

กำลังส่งของ Tag ที่ส่งกลับมายัง Reader นั้น จะมีกำลังต่ำมากเมื่อเทียบกับกำลังส่งของ Reader ดังนั้นความไวในการตรวจจับสัญญาณของ Reader ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่จะต้องพิจารณาด้วยเช่นกัน

ถึงแม้ในทางเทคนิคเราจะสามารถทำให้ Reader มีกำลังส่งมากแค่ไหนก็ได้ แต่โดยทั่วไปก็จะถูกจำกัดโดยกฎหมายของแต่ละประเทศ เช่นเดียวกับความถี่ ดังนั้นในระบบ RFID โดยทั่วไปจะมีกำลังส่งเพียงระหว่าง 100 -500 mW

### 2.1.13 ความแตกต่างระหว่างเทคโนโลยี RFID และเทคโนโลยี Barcode

ตารางที่ 2.4

ความแตกต่างระหว่างเทคโนโลยี RFID และเทคโนโลยี Barcode

RFID	Barcode
อุปกรณ์มีราคาที่ยังสูงอยู่	อุปกรณ์มีราคาถูกกว่า
อ่านข้อมูลจากมุมใดก็ได้	ต้องอ่านข้อมูลให้มีมุมที่อ่านตามลำแสงเลเซอร์
สามารถอ่านข้อมูลทะลุวัตถุได้	ไม่สามารถอ่านข้อมูลได้หากมีวัตถุขวางอยู่
ประสิทธิภาพลดลงหากมีสัญญาณรบกวน	สัญญาณรบกวนไม่มีผลกระทบ
อ่านและเขียนข้อมูลใหม่ได้	อ่านข้อมูลได้อย่างเดียว
สามารถอ่านข้อมูลได้คราวละหลายๆชิ้น	อ่านข้อมูลได้ครั้งละ 1 ชิ้น
มีความคงทนในการใช้งาน	เสื่อมสภาพได้ง่าย ทำให้มีผลต่อการอ่านข้อมูล
ระยะทางในการอ่านข้อมูลที่ไกล	มีระยะทางในการอ่านข้อมูลใกล้
คราบสกปรกไม่มีผลกระทบต่อการอ่านข้อมูล	คราบสกปรกมีผลกระทบต่อการอ่านข้อมูลมาก
สามารถเก็บข้อมูลที่ต้องการได้มากกว่า ประมาณ 16 byte - 64 Kbytes	เก็บข้อมูลได้น้อยกว่า ประมาณ 1 - 100 byte
ไม่สามารถปลอมแปลงได้	ปลอมแปลงได้ง่าย
มีความเร็วในการอ่านข้อมูลมาก ประมาณ 0.5 - 0.8 วินาที	มีความเร็วในการอ่านข้อมูลช้ากว่า ประมาณ 2 - 4 วินาที

### 2.1.14 การนำเทคโนโลยี RFID ไปใช้งาน

เราสามารถนำเทคโนโลยี RFID ไปใช้งานได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นในอุตสาหกรรม การผลิต การค้า หรือการบริการต่างๆ ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลที่ต้องการได้ เช่น บันทึกเวลาทำงาน ของพนักงาน เก็บเงินค่าใช้บริการทางด่วน หรือระบบกันขโมยรถยนต์ แต่การพิจารณานำเทคโนโลยี RFID มาใช้งานยังคงต้องคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ ในการใช้งานไม่ว่าจะเป็นเรื่องของ สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสภาพแวดล้อม หรือกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับระเบียบการใช้คลื่นความถี่วิทยุ และกำลังส่งของแต่ละประเทศ

## 2.2 เทคโนโลยี Barcode

Barcode เป็นแถบรหัสรูปลายทางสีดำและแถบขาวเรียงขนานกัน ความหนาและระยะห่างมีลักษณะเป็นสัญลักษณ์เฉพาะที่กำหนดขึ้นตามเลขที่กำกับอยู่ ขนาดของ Barcode มีความยาวแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการใช้งาน

Barcode ที่ปรากฏบนสินค้าต่างๆ นั้นไม่ได้แสดงข้อมูลการขาย แต่เป็นตัวเลขอ้างอิงที่กำหนดขึ้นเพื่อแยกชนิดของสินค้านั้นๆ เท่านั้น ส่วนข้อมูลอื่นๆ จะถูกอ้างอิงจากฐานข้อมูลหลังจากที่อ่านข้อมูลจากแถบ Barcode โดย Barcode Reader

### 2.2.1 หลักการจัดระบบการทำงานของ Barcode

หลักการจัดระบบการทำงานของ Barcode มีส่วนประกอบของระบบดังนี้

1. ส่วนการเตรียมข้อมูล การเลือกโปรแกรม Barcode การจัดรหัสเลข การจัดทำแถบ Barcode การติดแถบ Barcode และการป้อนข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์
2. ส่วนของ Software การพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในทำงานของระบบ
3. ส่วนของ Hardware ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ และ Barcode Reader

### 2.2.2 ส่วนประกอบของ Barcode

สัญลักษณ์ของ Barcode ที่ใช้มีการกำหนดหลายรูปแบบ ตามมาตรฐานของแต่ละองค์กร และลักษณะการใช้งาน แต่โดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

1. Quiet Zone เป็นบริเวณที่ว่างเปล่าไม่มีการพิมพ์ข้อความใดๆ โดยจะอยู่ก่อนและหลัง Barcode
2. Start Stop Character เป็นบริเวณแถบแท่งหรือช่องว่าง เพื่อเตรียมสั่งให้ Censor เริ่มต้นหรือหยุด Barcode
3. Data เป็นบริเวณแถบแท่งหรือช่องว่างที่แทนข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการ
4. Check Digit เป็นบริเวณแถบแท่งที่ไว้สำหรับเก็บค่าตัวเลข เพื่อตรวจสอบในข้อมูลส่วน Data เพื่อให้มั่นใจว่าถูกต้องแม่นยำ

### 2.2.3 หลักการทำงานของ Barcode

รหัส Barcode ประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

1. ส่วนลายเส้น ซึ่งเป็นลายเส้นสีขาว (โปร่งแสง) และสีดำ มีขนาดความกว้างของลายเส้นตามมาตรฐานแต่ละชนิดของ Barcode
2. ส่วนข้อมูลตัวอักษร เป็นส่วนที่แสดงความหมายของชุดข้อมูลลายเส้นสำหรับอ่านข้อมูล
3. ส่วนแถบว่าง เป็นส่วนที่ Barcode Reader ใช้กำหนดขอบเขต Barcode และกำหนดค่าให้กับสีขาว (ความเข้มของการสะท้อนแสงของพื้นผิวแต่ละชนิดที่ใช้แทนสีขาว) โดยทุกเส้นจะมีความยาวเท่ากันเรียงตามลำดับในแนวนอนจากซ้ายไปขวา

แถบสีทั้งสีขาวและสีดำที่มีความกว้างจะแทนค่าเป็น 1 และแถบที่มีความแคบ (หรือมองด้วยตาเหมือนเส้นตรงเล็กๆ) ทั้งสีขาวและสีดำจะมีค่าเป็น 0 แถบสีขาวและสีดำมีลักษณะและชื่อที่ใช้คือ

- แถบสีดำที่มีความกว้างมากเรียกว่า Wide Bar ถ้ามีความกว้างน้อยเรียกว่า Narrow Bar
- ช่องว่างหรือแถบสีขาวที่มีความกว้างมากกว่าเรียกว่า Wide Space ถ้ามีความกว้างน้อยเรียกว่า Narrow Space

ภาพที่ 2.8

โครงสร้างของ Barcode

#### Structure of a Width - Based Bar Code



Barcode ประกอบด้วยแถบสีดำและสีขาว โดยความกว้างของแถบสีดำสลับขาว เป็นรหัสแทนข้อมูล เรียงจากซ้ายไปขวา การถอดรหัสจำเป็นต้องหาความกว้างของแถบสีดำและสีขาวนำไปเทียบกับตารางมาตรฐานของ Barcode Reader และทำการถอดรหัสและส่งข้อมูลตัวเลขที่ได้ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลต่อไป

#### 2.2.4 Barcode Reader

Barcode Reader สามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานดังนี้

1. Moving Bean Scanner เครื่องอ่านอยู่กับที่ แต่แสงฉายกวาดไปที่สินค้า เพื่อหา Barcode ที่กำกับบนสินค้านั้นๆ
2. Fix Bean Scanner Reader อยู่กับที่ลำแสงไม่เคลื่อนที่ สินค้าเคลื่อนผ่านจุดที่แสงฉาย
3. Hand Held Scanner Reader ที่ต้องใช้คนควบคุมและถือได้ เหมาะสำหรับการอ่าน Barcode ของสินค้าที่มีขนาดใหญ่และเคลื่อนที่ยาก
4. Wand Scanner Reader ที่ให้แสงสีแดงอินฟราเรดในการอ่านต้องใช้ Reader สัมผัสกับแถบ Barcode
5. Hand Held Laser Scanner Reader ที่มีหลักการทำงานแบบ Moving Bean Scanner แต่ให้แสง Laser

ภาพที่ 2.9

Barcode Reader ประเภทต่างๆ



### 2.2.5 เทคโนโลยีการพิมพ์

การพิมพ์ Barcode สามารถทำได้ 7 แบบ คือ

1. Thermal Transfer เป็นการพิมพ์ที่ใช้ความร้อนพิมพ์ลงกระดาษที่เคลือบด้วยสารไวความร้อน เรียกเครื่องพิมพ์ชนิดนี้ว่า Thermal Printer หรือ Bar Code Printer เหมาะสำหรับการพิมพ์งานจำนวนน้อยและต้องการความรวดเร็ว แต่จะเสื่อมคุณภาพได้ง่ายเมื่อถูกแสง
2. Direct Transfer เป็นการพิมพ์แบบไม่ต้องใช้ผ้าหมึก เส้นบาร์ใหญ่กว่าช่องว่าง ทำให้อ่านยากและคุณภาพเสื่อมลงเมื่อถูกความร้อน
3. Impact Dot Matrix การพิมพ์ชนิดนี้เส้นบาร์จะเล็กกว่าช่องว่าง ทำให้อ่านยาก
4. Laser Toner การพิมพ์ชนิดนี้ทั้งเส้นบาร์และช่องว่างจะใหญ่กว่าปกติ
5. Ink Jet ใช้สำหรับการพิมพ์ลงบนบรรจุภัณฑ์โดยตรง พิมพ์โดยการพ่นหมึกปริมาณมาก เพื่อให้ได้เส้นที่คมชัด
6. Laser Etching การพิมพ์ชนิดนี้เส้นบาร์จะเล็กกว่าช่องว่าง ทำให้อ่านยาก
7. Wet Ink เป็นการพิมพ์แบบออฟเซต ซึ่งจะมีปัญหาเส้นบาร์ใหญ่หรือบวม เพราะปล่อยหมึกมากเกินไป แต่สามารถทำให้คมชัดได้หากมีประสบการณ์ การพิมพ์ระบบนี้ต้องใช้ความประณีตมาก

### 2.2.6 มาตรฐาน Barcode

Barcode มาตรฐานที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีประมาณ 11 ระบบดังนี้

1. UPC – Uniform Product Code Barcode ระบบแรกของโลก พัฒนาโดยชาวอเมริกันและนิยมใช้ในแคนาดาและสหรัฐอเมริกา มี 4 ประเภทดังนี้
  - 1.1. แบบย่อ 8 หลัก ใช้กับสินค้าที่มีข้อมูลน้อย เรียกว่า UPC-E
  - 1.2. แบบมาตรฐาน 12 หลัก เรียกว่า UPC-A
  - 1.3. แบบเพิ่มตัวเลข 2 หลัก ถ้า UPC-A เก็บข้อมูลไม่พอ เรียกว่า UPC-A+2
  - 1.4. แบบเพิ่มตัวเลข 5 หลัก ถ้าต้องการเก็บข้อมูลจำนวนมาก เรียกว่า UPC-A+5
2. EAN – European Article เป็นระบบ Barcode ที่กลุ่มประเทศในแถบยุโรปพัฒนาขึ้นใช้ ระบบ EAN มี 4 ประเภทดังนี้

- 2.1. แบบย่อ 8 หลัก ใช้เก็บข้อมูลไม่มาก เรียกว่า EAN-8
  - 2.2. แบบมาตรฐาน 13 หลัก เรียกว่า EAN-13
  - 2.3. แบบเพิ่มตัวเลข 2 หลัก ถ้า EAN-13 เก็บข้อมูลไม่พอ เรียกว่า EAN-13+2
  - 2.4. แบบเพิ่มตัวเลข 5 หลัก ถ้าต้องการเก็บข้อมูลจำนวนมาก เรียกว่า EAN-13+5
3. Code 39 ระบบนี้สามารถใช้รวมกับอักษรได้เป็นระบบแรกและเก็บข้อมูลได้ปริมาณมาก
  4. ITF – Interleave 2 of 5 เรียกย่อๆว่า ITF เป็น Barcode ตัวใหญ่ใช้สำหรับบรรจุสินค้าหรือเรียกว่า Case Code
  5. Code Bar ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้กับธุรกิจเวชกรรม และนิยมใช้ในระบบงานห้องสมุด
  6. Code 128 นิยมใช้ในวงการ Designer และแพชั่น
  7. Code 93 เริ่มพัฒนาในปี ค.ศ. 1982 นิยมใช้ในสหรัฐอเมริกา
  8. Code 49 เริ่มพัฒนาในปี ค.ศ. 1987 ปรับปรุง Code 39 ให้บรรจุข้อมูลได้เพิ่มมากขึ้นด้วยพื้นที่เท่าเดิม
  9. Code 16k เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมผลิตสินค้าที่มีขนาดเล็กมากๆ มีพื้นที่ในการใส่ Barcode น้อย
  10. ISBN/ISSN – International Standard Book Number/ International Standard Serial Number ใช้สำหรับหนังสือและนิตยสาร
  11. EAN/UCC 128 (Shipping Container code) เป็นระบบใหม่ ซึ่งเป็นการร่วมมือกันระหว่าง EAN ของยุโรปและ UCC ของสหรัฐอเมริกา โดยนำเอาระบบ EAN มาใช้ร่วมกับ Code 128 เพื่อบอกรายละเอียดของสินค้ามากขึ้น  
(ที่มา: <http://www.student.chula.ac.th/~46801474/>)

### 2.3 แนวคิดของการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ เป็นการศึกษาโครงการในภาพรวมทั้งหมดทั้งในภาพกว้างและในรายละเอียดที่ลึกลงไป แต่การศึกษาอาจจะเป็นแบบมีระเบียบแบบแผน เป็นทางการหรือไม่เป็นทางการก็ได้ ขึ้นอยู่กับขนาดโครงการ หากเป็นโครงการขนาดใหญ่และต้อง

ลงทุนสูงก็ควรที่จะมีการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการอย่างมีระเบียบแบบแผนหรือเป็นทางการเพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับนั้นน่าสนใจ คຸ່ມค่าต่อการลงทุนหรือไม่ แต่หากเป็นโครงการที่มีขนาดเล็กและเงินลงทุนต่ำ รูปแบบการศึกษาอาจจะมีลักษณะไม่เป็นทางการ หรือไม่มีระเบียบแบบแผนที่แน่นอนนัก อาจจะเป็นเพียงการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโครงการมาประกอบการตัดสินใจเท่านั้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการไม่ว่าจะเป็นแบบเป็นทางการหรือไม่เป็นทางการก็ตาม ควรที่จะมีการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการทุกครั้งก่อนดำเนินการตัดสินใจลงทุนในโครงการ

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ จะแสดงถึงการศึกษาทางด้านการตลาด ด้านเทคนิค ด้านการเงิน และด้านอื่นๆ ที่เป็นลำดับขั้นตอนที่แน่นอน แต่ในบางครั้ง บางการศึกษา อาจจะเป็นไปตามขั้นตอนที่กล่าวมาก็ได้ ถ้าหากมีความแน่ใจว่าไม่จำเป็นก็อาจจะข้ามขั้นตอนนั้นไป หรือหากผลการศึกษาในขั้นตอนในขั้นตอนหนึ่งไม่น่าพอใจ แต่อาจมีช่องทางอื่น ก็ไม่จำเป็นจะต้องล้มเลิกโครงการเสมอไป เช่น หากมั่นใจว่าโครงการนั้นมีฐานตลาดที่แน่นอน และมั่นคงก็อาจจะข้ามขั้นตอนการวิเคราะห์ตลาดออกไป เป็นต้น

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการจะเน้นไปทางด้าน การวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค การวิเคราะห์ทางด้านการบริหารจัดการ และการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

#### 1. การวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค

การวิเคราะห์ทางด้านเทคนิคจะบอกถึงความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคในด้านต่างๆ และเป็นพื้นฐานในการคาดคะเนต้นทุนของโครงการด้วย

การวิเคราะห์ทางด้านเทคนิคจะพิจารณาในหัวข้อต่อไปนี้

- วิเคราะห์ถึงผลิตภัณฑ์ รายละเอียดต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ เทคโนโลยีเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
- สถานที่ติดตั้ง
- พิจารณาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อปัจจัยทางเทคนิค

## 2. การวิเคราะห์ทางด้านการบริหารจัดการ

จะเป็นการพิจารณาถึงรูปแบบการดำเนินงานขององค์กร เพื่อพิจารณาถึงรายละเอียดต่างๆ เช่น Workflow ของการทำงาน หน้าที่รับผิดชอบของบุคลากร การจัดการสถานที่ เป็นต้น

## 3. การวิเคราะห์ทางการเงิน

จะประมาณต้นทุนเงินลงทุนรวม ซึ่งจะประกอบด้วยเงินลงทุนถาวร และเงินลงทุนหมุนเวียนสุทธิ

- เงินลงทุนถาวรประกอบด้วยเงินลงทุนในทรัพย์สินถาวร และค่าใช้จ่ายก่อนการเปิดดำเนินงาน
- เงินลงทุนหมุนเวียนสุทธิ คือ สินทรัพย์หมุนเวียนลบด้วยหนี้สินหมุนเวียนเป็นเงินลงทุนที่ใช้หมุนเวียนเพื่อให้ดำเนินโครงการได้ตามตารางงาน

### 2.4 แนวคิดของการวิเคราะห์ Cost – Benefit

เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจว่าโครงการนั้นจะก่อให้เกิดผลประโยชน์ที่คุ้มค่าหรือไม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประโยชน์ที่จะได้รับเหนือกว่าต้นทุนหรือการลงทุนที่ลงไปหรือไม่ และยังทำให้ได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โครงการต่างๆ ด้วย และประโยชน์ที่สำคัญคือเพื่อให้มั่นใจได้ว่าทรัพยากรที่ลงไปนั้นได้ก่อให้เกิดความคุ้มค่าจริงหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ประโยชน์ที่จะได้นั้นจะต้องมีการคำนวณต้นทุนของโครงการ ซึ่งได้แก่ทรัพยากรต่างๆที่ลงไป ทั้งแรงงาน เครื่องจักร อุปกรณ์ วัสดุดิบ เป็นต้น จากนั้นวิเคราะห์ถึงประโยชน์ที่จะได้รับซึ่งอาจจะวิเคราะห์ทางการเงินหรือหากไม่สามารถหารายได้ที่แน่นอนในอนาคตเช่น โครงการของการเพิ่มประสิทธิภาพของการบริการ เป็นต้น ก็อาจจะพิจารณาถึงผลประโยชน์ของผู้ที่เกี่ยวข้อง (Stakeholders) ที่จะได้รับ โดยเริ่มต้นจากการระบุผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่สำคัญ (Key Stakeholders) เช่น ชาวบ้าน เกษตรกร พ่อค้าผู้ประกอบการ เป็นต้น พร้อมทั้งระบุถึงผลกระทบที่กลุ่มบุคคล หรือบุคคลดังกล่าวจะได้รับจากโครงการ (ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ) โดยใส่ผลกระทบที่จะได้ให้ตรงกับระดับความรุนแรงของผลกระทบ เพื่อให้ได้คะแนนออกมา จากนั้นเมื่อรวมคะแนนทั้งหมดออกมาจะได้ค่าประโยชน์ของโครงการ ซึ่งจะให้เห็นภาพว่าโครงการแต่ละโครงการได้มีประโยชน์มากน้อยเพียงใด ยิ่ง

โครงการที่ได้คะแนนมาก ยิ่งก่อให้เกิดประโยชน์มาก นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างโครงการได้อีกด้วย



สำนักหอสมุด