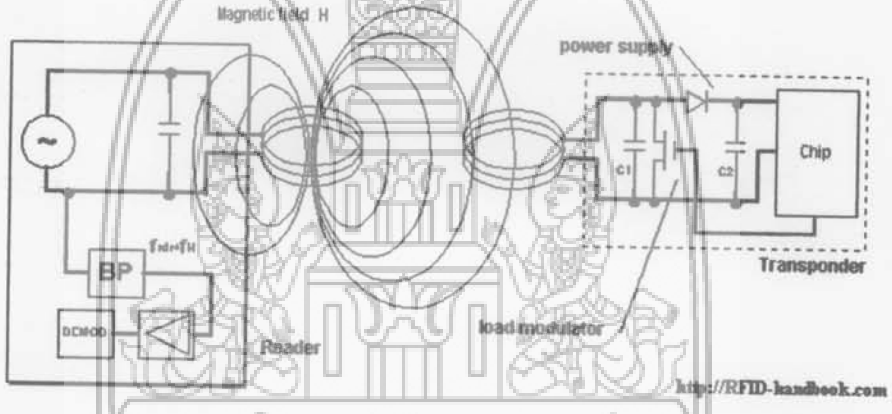
บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1.1 เทคโนโลยี RFID [2]

RFID (Radio Frequency Identification) คือ ระบบที่ใช้คลื่นวิทยุเป็นคลื่นพาหะเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย (Wireless) ระหว่างอุปกรณ์สองชนิดที่เรียกว่า ป้ายระบุอิเลคทรอนิกส์ หรือ Tag และตัวอ่านข้อมูล (Reader หรือ Interrogator) โดยข้อมูลที่ต้องการส่งจะต้องผ่านการมอดูเลต (Modulation) กับคลื่นวิทยุแล้วจึงส่งออกผ่านทางสายอากาศที่อยู่ในตัวรับข้อมูล แผนผังการทำงานของระบบ RFID (ภาพที่ 2)



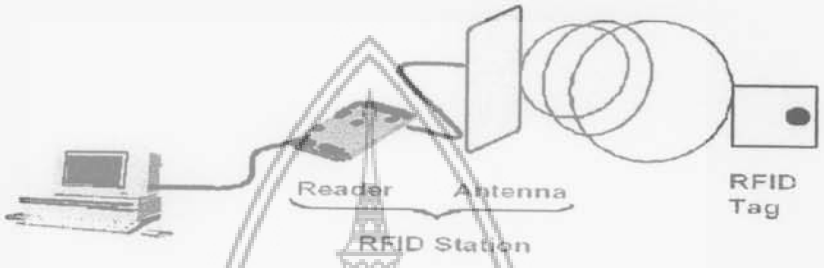
ภาพที่ 2 แผนผังการทำงานของระบบ RFID

การประยุกต์ใช้งาน RFID มีลักษณะการใช้งานที่คล้ายกับบาร์โค้ด (Barcode) และสามารถรองรับความต้องการที่บาร์โค้ดไม่สามารถตอบสนองได้ เนื่องจากบาร์โค้ดเป็นระบบที่อ่านได้อย่างเดียว (Read Only) ไม่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่อยู่บนบาร์โค้ดได้ แต่ Tag ของระบบ RFID สามารถอ่านและบันทึกข้อมูลได้ ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนแปลง หรือทำการบันทึกข้อมูลที่อยู่ใน Tag ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน นอกจากนี้ระบบ RFID ยังสามารถใช้งานได้แม้ในขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ เช่น สินค้าที่กำลังเคลื่อนที่อยู่บนสายพานการผลิต (Conveyor) เป็นต้น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1.1.1 องค์ประกอบของ RFID

ระบบ RFID ประกอบไปด้วยฮาร์ดแวร์ที่สำคัญได้แก่ Tag และ เครื่องอ่าน (Reader) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 องค์ประกอบของ RFID

(1) Tag หรือ ทรานสปอนเดอร์ (Transponder) มาจากคำว่า ทรานสมิตเตอร์ (Transmitter) ผสมกับคำว่า เรสปอนเดอร์ (Responder) โดย Tag ทำหน้าที่ส่งสัญญาณหรือข้อมูลที่บันทึกอยู่ภายใน ตอบสนองไปที่เครื่องอ่านข้อมูล การสื่อสารระหว่าง Tag และเครื่องอ่านข้อมูลเป็นแบบไร้สายผ่านอากาศ ภายใน Tag ประกอบไปด้วยชิปสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Chip) ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับสายอากาศ

Tag มีได้หลายรูปแบบ เช่น มีลักษณะเป็นกระดาษ, แผ่น, ฟิล์มและพลาสติก รวมถึงการมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาติด EPCglobal ได้แบ่งแยก tag ออกเป็นคลาสต่างๆตามความสามารถ ดังตาราง ต่อไปนี้

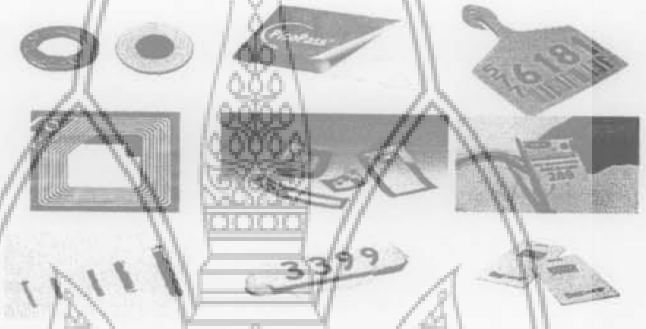
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางที่ 1 คลาสของป้ายระบุอิเลคทรอนิกส์ [3]

EPC Tag Class	Tag Class Capabilities
Class 0	อ่านได้อย่างเดียว (EPC จะถูกเข้ารหัสเมื่อมีการผลิต tag นี้ขึ้นมา และสามารถถูกอ่านได้โดย Readers)
Class 1	อ่านและเขียนได้ครั้งเดียว(tag จะถูกผลิตโดยที่ยังไม่มีการเข้ารหัสและสามารถเข้ารหัสได้ภายหลัง)
Class 2	สามารถอ่าน/เขียนได้หลายครั้ง

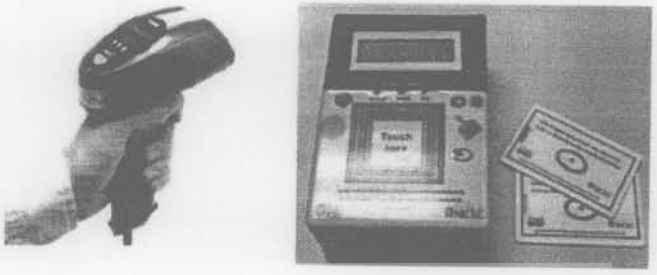
ตารางที่ 1 คลาสของป้ายระบุอิเลคทรอนิกส์ (ต่อ)

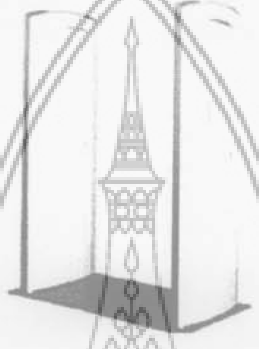
EPC Tag Class	Tag Class Capabilities
Class 3	มีความสามารถของคลาส2 แต่มีการเพิ่มขอบเขตของการรับสัญญาณได้
Class 4	มีความสามารถของคลาส 3 แต่มีการเพิ่มความสามารถในการติดต่อสื่อสารกับ active tag อื่นๆ
Class 5	มีความสามารถของคลาส 4 แต่มีการเพิ่มความสามารถในการติดต่อสื่อสารกับ passive tag



ภาพที่ 4 Tag หรือ Transponder ในรูปแบบต่างๆ

(2) เครื่องอ่านข้อมูล หรือ Interrogator ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลที่ส่งมาจาก Tag แล้วทำการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล ถอดรหัสข้อมูล ก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลเข้าสู่กระบวนการต่อไป นอกจากนี้ตัวอ่านข้อมูลที่ดีต้องมีความสามารถในการป้องกันการอ่านข้อมูลซ้ำ เช่น ในกรณีที่ Tag ถูกวางทิ้งอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตัวอ่านข้อมูลสร้างขึ้น หรืออยู่ในระยะการรับส่ง ก็อาจทำให้ตัวอ่านข้อมูลทำการรับหรืออ่านข้อมูลจาก Tag ซ้ำอยู่เรื่อยๆ ไม่สิ้นสุด ดังนั้นตัวอ่านข้อมูลที่ดีต้องมีระบบป้องกันเหตุการณ์เช่นนี้ เรียกว่าระบบ "Hands Down Polling" โดยตัวอ่านข้อมูลจะสั่งให้ Tag หยุดการส่งข้อมูลในกรณีเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว ในกรณีที่มี Tag จำนวนมากอยู่ภายในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเดียวกันหรือที่เรียกว่า "Batch Reading" เครื่องอ่านต้องมีความสามารถในการจัดลำดับคิวในการอ่านข้อมูลจาก Tag ได้





ภาพที่ 1 เครื่องอ่านป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์

1.2 เทคโนโลยีเว็บเซอร์วิส [4]

เว็บเซอร์วิส (Web Service) คือ Software Application ที่อนุญาตให้โปรแกรมอื่นๆ สามารถเรียกใช้งานได้ผ่านทาง URL โดยมีการรับส่งข้อมูลด้วยเอกสาร XML บนข้อกำหนดของโปรโตคอล HTTP เว็บเซอร์วิสสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

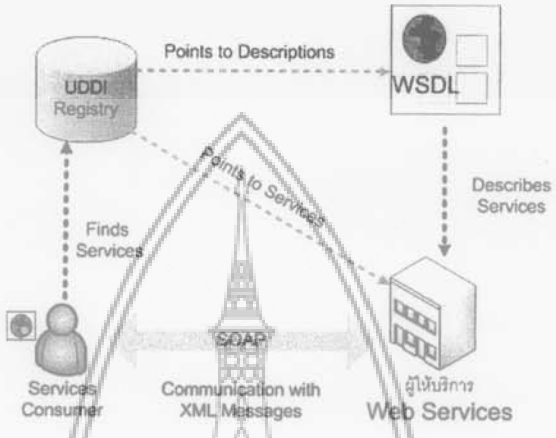
(1) Simple Service เป็นเว็บเซอร์วิสที่ทำหน้าที่ในการให้บริการง่ายๆ เช่น การดึงข้อมูลหรือการคำนวณต่างๆ

(2) Application Integration Service เป็นเว็บเซอร์วิสที่ใช้ในการบูรณาการApplication ที่มีแพลตฟอร์มแตกต่างกัน

(3) Framework Service เป็นเซอร์วิสที่ทำหน้าที่เป็นอินเตอร์เฟสในการใช้งาน Framework นั้นๆ โดยผู้พัฒนาจะต้องทำการพัฒนา Plug-In ในการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เฟสของ Framework

1.2.1 องค์ประกอบของเว็บเซอร์วิส

เว็บเซอร์วิสประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

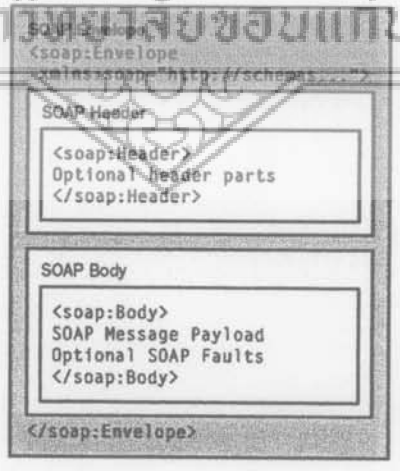


ภาพที่ 6 องค์ประกอบของเว็บเซอร์วิส

(1) SOAP (Simple Object Access Protocol)

SOAP คือ รูปแบบของข้อความที่สร้างจากภาษา XML และอนุญาตให้โปรแกรมที่มีแพลตฟอร์มแตกต่างกันสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ เว็บเซอร์วิสใช้ SOAP ในการห่อหุ้มข้อมูลและทำการส่งข้อความ SOAP จากผู้ร้องขอ (Service Requestor) ไปยังผู้ให้บริการ (Service Provider) และส่งผลลัพธ์กลับมาให้ผู้ร้องขอ โดยกลไกของเว็บเซอร์วิสจะทำการห่อหุ้มข้อมูลให้อยู่ในรูปของข้อความ SOAP ก่อนที่มีการส่งผลลัพธ์ไปยังผู้ร้องขอ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น



ภาพที่ 7 โครงสร้างของ SOAP Message

ข้อความ SOAP ประกอบด้วย 1) SOAP Envelope เป็นส่วนที่ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมดของเอกสาร 2) SOAP Header เป็นส่วนเพิ่มเติมของเอกสารซึ่งจะมีหรือไม่ก็ได้ และ 3) SOAP Body เป็นส่วนเรียกใช้เว็บเซอร์วิสและผลลัพธ์ที่ได้จากเว็บเซอร์วิส

```
<s:Envelope
 xmlns:s="http://www.w3.org/2001/06/soap-envelope">
    <s:Header>
       <m:transaction xmlns:m="soap-transaction"
                      s:mustUnderstand="true">
           <transactionID>1234</transactionID>
       </m:transaction>
    </s:Header>
    <s:Body>
       <n:purchaseOrder xmlns:n="urn:OrderService">
          <from><person>Christopher Robin</person>
                <dept>Accounting</dept></from>
          <to><person>Pooh Bear</person>
              <dept>Honey</dept></to>
          <order><quantity>1</quantity>
                 <item>Pooh Stick</item></order>
       </n:purchaseOrder>
    </s:Body>
</s:Envelope>
```

ภาพที่ 8 ตัวอย่างข้อความ SOAP

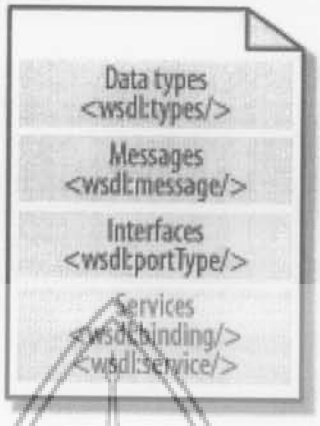
(2) XML เป็นภาษามาตรฐานที่ใช้ในการนิยามข้อมูล โดยอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถกำหนดแท็กขึ้นมาเองและสามารถนำข้อมูลนั้นไปประมวลผลได้

(3) HTTP (Hypertext Transfer Protocol)

HTTP คือระเบียบหรือข้อกำหนดในการรับและส่งข้อมูลระหว่างบราวเซอร์และเว็บเซิร์ฟเวอร์ โปรโตคอล SOAP ได้ใช้ประโยชน์ของ โปรโตคอล HTTP ในการรับและส่งข้อมูลระหว่างผู้ให้บริการและผู้ร้องขอ

(4) WSDL (Web Service Description Language)

WSDL คือ ภาษาที่ใช้ภาษา XML เป็นพื้นฐานในการอธิบายการใช้งานเว็บเซอร์วิส การส่งข้อความ SOAP, URL ของเว็บเซอร์วิส, รายการเซอร์วิสที่สามารถเรียกใช้ได้ รวมถึงโปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกันระหว่างเว็บเซอร์วิส โดย WSDL จะทำงานร่วมกับ SOAP และ UDDI เพื่อให้เว็บเซอร์วิสสามารถทำงานร่วมกับเว็บเซอร์วิสอื่นๆได้



ภาพที่ 9 รายละเอียดของเว็บเซอร์วิสที่ถูกอธิบายในเอกสาร WSDL

ตารางที่ 2 อธิบายอิลิเมนท์ต่างๆในเอกสาร WSDL

Element	Description
Definitions	กำหนดรายละเอียดของเซอร์วิส โดยมีแอตทริบิวต์ ดังนี้ • Name(optional) • targetNamespace : เป็น logical namespace สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับเซอร์วิส เอกสาร WSDL สามารถเรียกใช้ เอกสาร WSDL อื่นและกำหนด tragetNamespace ให้เป็นค่าที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวเพื่อไม่ให้เกิดปัญหา การใช้ชื่อ namespace เดียวกัน • xmlns : เป็น default namespace ของเอกสาร WSDL ถูกกำหนดค่าให้เป็น http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/ เพื่อใช้ อิลิเมนท์มาตรฐาน เช่น <definition>,<type> และ <message > • xmlns:xsd และ xmlns:soap เป็น standard namespace ที่ใช้ในการระบุข้อมูล SOAP • xmlns:tns หมายถึง namespace ในเอกสารนี้(this namespace)
Types	เป็นการให้รายละเอียดเกี่ยวกับ data type
message	อธิบาย data element ของ operation
PortType	อธิบาย operation และ message ที่ เว็บเซอร์วิสมี เทียบได้กับ function library
operation	อธิบายเมธอดที่ให้บริการ โดยใน web service หนึ่งจะมีกี่เมธอดก็ได้

ตารางที่ 2 อธิบายอิลิเมนท์ต่างๆในเอกสาร WSDL (ต่อ)

Element	Description
binding	อธิบายรูปแบบของ operation และ protocol details ในแต่ละ port
service	ระบุ port address ของการ binding
port	กำหนด single endpoint ให้เป็นเหมือน address สำหรับ binding

(5) UDDI (Universal Description ,Discovery and Integration)

ไดเรคทอรีที่เก็บรวบรวมเว็บเซอร์วิสที่ได้ทำการลงทะเบียนไว้และอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถทำการค้นหาเซอร์วิสที่ต้องการได้ได้

1.3 ระบบแถวคอย [5]

สภาพการรอคอยเป็นเหตุการณ์ที่พบเห็นอยู่ในชีวิตประจำวันไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานของรัฐบาล หรือเอกชน ตัวอย่าง เช่น การจ่ายเงินตามร้านสรรพสินค้า การนำรถเข้าเติมน้ำมันที่สถานีบริการ การเข้าแถวเพื่อตรวจสอบเอกสารที่สนามบิน การเข้าแถวรอรับการตรวจรักษาตามโรงพยาบาล การชำระเงินบนทางด่วน เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วระบบแถวคอยประกอบไปด้วยผู้รับบริการและส่วนให้บริการ การเข้าแถวเพื่อรอรับบริการใด ๆ จะเกิดขึ้นเสมอเมื่อความต้องการบริการมีมากกว่าขีดความสามารถของผู้ให้บริการ การที่มีลูกค้า (ผู้รับบริการ) เข้าแถวรอรับบริการเป็นจำนวนมาก ลูกค้าจะเกิดความรู้สึกเบื่อหน่ายไม่พอใจ และอาจออกจากแถวคอยไปก่อนที่จะได้รับบริการหรืออาจจะไม่กลับมารับบริการอีกในอนาคต เหตุการณ์เช่นนี้สามารถทำให้ธุรกิจขาดรายได้ และ/หรือสูญเสียลูกค้า ปัญหาของผู้บริหารการให้บริการก็คือ จะต้องจัดเตรียมการให้บริการอยู่ในระดับใดจึงจะพอเหมาะ

1.3.1 องค์ประกอบของระบบแถวคอย

ระบบแถวคอยประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

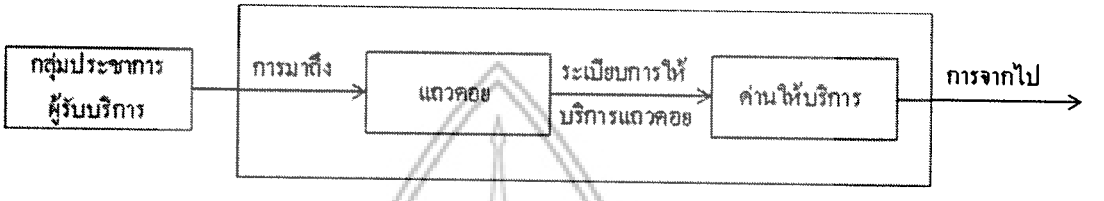
(1) ลูกค้า หรือผู้รับบริการ

(2) แถวคอย

(3) หน่วยให้บริการ หรือ ส่วนให้บริการ

กระบวนการของการรอคอยโดยทั่วไปจะประกอบด้วยองค์ประกอบและเหตุการณ์ที่สำคัญ คือ การมาถึง (Arrival) ของผู้รับบริการ การตั้งแถวคอย การเข้ารับบริการและการจากไป กระบวนการจะเริ่มต้นจากมีผู้รับบริการจากกลุ่มประชากรผู้รับบริการเข้ามาในระบบแถวคอยเพื่อรับบริการ ถ้าส่วนให้บริการว่างผู้รับบริการก็จะได้รับบริการทันทีจนเสร็จเรียบร้อย

แล้วจึงออกไปจากระบบแถวคอย แต่ถ้าส่วนบริการกำลังให้บริการผู้รับบริการอื่นอยู่ ผู้รับบริการที่เข้ามาใหม่จะต้องเข้าแถวคอยเพื่อรอรับบริการ ลูกค้าที่อยู่ในแถวคอยจะได้รับบริการตามระเบียบการให้บริการแถวคอย เมื่อรับบริการเสร็จแล้วจึงออกจากระบบแถวคอย (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 แผนผังแสดงกระบวนการของระบบแถวคอย

1.3.2 ขนาดของกลุ่มประชากรผู้รับบริการ

ประชากร คือ กลุ่มของสิ่งของหรือคนที่มีโอกาสจะเข้ามาใช้บริการในระบบ ตัวอย่าง เช่น คลินิกรักษาคนไข้ ประชากรผู้รับบริการหมายถึง กลุ่มของผู้ป่วยที่จะเข้ามารักษายังคลินิกนั้น ๆ ลักษณะของกลุ่มประชากรผู้รับบริการจำแนกตามขนาดได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

(1) กลุ่มประชากรจำนวนจำกัด ได้แก่ กลุ่มประชากรที่มีจำนวนสมาชิกได้คงที่จำนวนหนึ่ง เช่น จำนวนผู้ที่จะมาใช้บริการถ่ายสำเนาในบริษัทแห่งหนึ่งที่มีพนักงานไม่กี่คน

(2) กลุ่มประชากรไม่จำกัดจำนวน ได้แก่กลุ่มประชากรที่มีจำนวนสมาชิกมากหรือนับไม่ถ้วน หรือไม่ทราบจำนวนที่แน่นอน เช่น ผู้ที่จะมาสถานีบริการน้ำมัน คลินิกแพทย์ หรือซูเปอร์มาร์เกตเป็นต้น

1.3.3 ลักษณะการมาถึง

"การมาถึง" เป็นเหตุการณ์ที่แสดงว่าลูกค้ามีความต้องการ การบริการ โดยมากจะเรียกสิ่งที่มา (คน หรือสิ่งของ) ว่า "ลูกค้า" หรือผู้รับบริการลักษณะของการมาถึง จะมี 2 ลักษณะดังนี้

(1) แบบคงที่ ลูกค้าเข้ามารับบริการเป็นจำนวนเท่า ๆ กันในแต่ละช่วงเวลาเช่น วันละ 30 คน ชั่วโมงละ 5 เครื่อง หรือลูกค้าแต่ละรายมาห่างกันคนละ 5 นาที เป็นต้น ลักษณะเช่นนี้จะพบในสายการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ระบบอัตโนมัติ เช่น โรงงานผลิตอาหารกระป๋อง

(2) แบบสุ่ม ลูกค้าเข้ามาในลักษณะที่ไม่แน่นอน ไม่สามารถทราล่วงหน้าและการเข้ามาของลูกค้าแต่ละรายเป็นอิสระต่อกัน เช่น เครื่องจักรของโรงงานเกิดขัดข้องและต้องใช้บริการฝ่ายช่าง ลูกค้าที่มาเบิกเงินที่เครื่องฝากถอนอัตโนมัติ ลูกค้าที่นำรถยนต์มาเติมน้ำมันที่สถานี

บริการน้ำมัน เป็นต้น ซึ่งในบางเวลาอาจมีลูกค้าเข้ามามากราย บางเวลาอาจมีน้อยราย หรืออาจไม่มีเลยก็ได้

1.3.4 พฤติกรรมของผู้รับบริการ

ผู้รับบริการแต่ละคนมีพฤติกรรมต่างกันในการเข้าแถวรอคอย ส่วนใหญ่จะไม่มีความอดทนรอคอยเพื่อซื้อสินค้าหรือรอรับบริการจากร้านค้า เมื่ออยู่ในสถานการณ์ที่มีคนรอคอยเป็นจำนวนมาก

1.3.5 ระเบียบการให้บริการแถวคอย

ระเบียบการให้บริการแถวคอย หมายถึง กฎเกณฑ์ หรือวิธีการจัดลำดับลูกค้าในแถวคอยเพื่อเข้ารับบริการก่อนหลัง ซึ่งมีหลายวิธี ดังนี้

(1) ลูกค้าที่มาก่อนจะได้รับบริการก่อน (First Come, First Serve: FCFS)

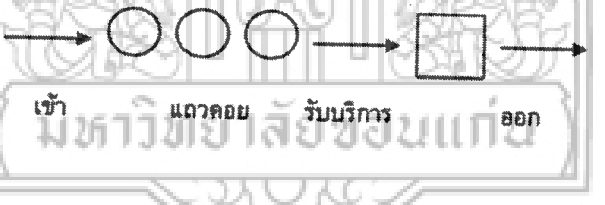
(2) ลูกค้าที่มาทีหลังจะได้รับบริการก่อน (Last Come, First Serve: LCFS)

(3) ลูกค้าที่มีความจำเป็นมากกว่าจะได้รับบริการก่อน

การจัดอันดับมีได้หลายวิธีจึงควรคำนึงถึงความเหมาะสมในสถานการณ์ของระบบแถวคอยนั้น ๆ เป็นสำคัญ

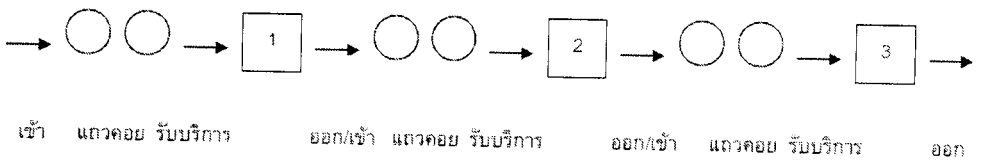
1.3.6 การจัดวางผังระบบแถวคอย

(1) ระบบแถวคอยที่มีหนึ่งขั้นตอน รูปแบบที่มีผู้ให้บริการเพียงช่องเดียว และมีแถวคอยเพียงแถวเดียว เป็นรูปแบบระบบแถวคอยที่ง่ายและพบเห็นทั่วไป (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 ระบบหนึ่งช่องให้บริการหนึ่งแถวคอย

(2) ระบบแถวคอยที่มีหลายขั้นตอน รูปแบบอนุกรมซึ่งมีหลายขั้นตอนโดยแต่ละขั้นตอนมีช่องให้บริการเพียงช่องเดียว เช่น ระบบงานหนังสือของราชการ การรับสมัครสอบ ระบบงานนี้ลูกค้าเมื่อรับบริการจากจุดหนึ่งแล้วต้องไปรับบริการจุดอื่นต่อไปจนกว่าจะเสร็จงาน (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 ระบบแบบอนุกรม และมี 1 แถวคอยทุกขั้นตอน

1.3.7 ลักษณะการให้บริการ (Service Characteristic)

อาจเป็นแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

(1) แบบคงที่ คือ การให้บริการลูกค้าได้จำนวนเท่า ๆ กันในแต่ละช่วงเวลา เช่น วันละ 100 คน ชั่วโมงละ 15 เครื่อง หรือใช้เวลาในการปิดฝาขวดน้ำอัดลมแต่ละขวดใช้เวลา 1 วินาทีเท่า ๆ กัน ส่วนใหญ่จะเป็นการบริการของระบบอัตโนมัติต่าง ๆ หรือ ลักษณะบริการเหมือน ๆ กัน เช่น การจ่ายเงินค่าทางด่วน (ถ้าเตรียมเงินให้พอดี)

(2) แบบสุ่ม คือ การให้บริการที่ลูกค้าแต่ละรายไม่เหมือนกันจึงใช้เวลาในการให้บริการไม่เท่ากัน มากน้อยตามความต้องการของลูกค้า เช่น ลูกค้าที่ใช้บริการฝากถอนเงินในธนาคาร การพบแพทย์ อู่ซ่อมรถยนต์ เป็นต้น สำหรับลูกค้าหรือผู้รับบริการแต่ละคน จะแตกต่างกันออกไป ตัวอย่างเช่น ระยะเวลาในการพูดโทรศัพท์ เวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันเวลาที่ใช้ในการซ่อมเครื่องจักร เป็นต้น

1.3.8 การเก็บข้อมูลระบบแถวคอย

เมื่อพิจารณาลักษณะพื้นฐานของระบบแถวคอยแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือ การเก็บข้อมูลข้อมูลที่สำคัญก็คือ การเข้ามารับบริการและข้อมูลการให้บริการ ซึ่งอาจจะเป็นแบบคงที่หรือแบบสุ่มในกรณีที่เป็นแบบคงที่ การเก็บข้อมูลจะไม่เสียเวลามากเนื่องจากมีความสม่ำเสมอหรือมีความแน่นอน แต่ถ้าลักษณะการเข้ามารับบริการ หรือลักษณะการให้บริการ เป็นแบบสุ่มที่มีความไม่แน่นอน มากน้อยต่างกันไปแต่ละช่วงเวลาหรือ ลูกค้าแต่ละคน จึงต้องใช้ค่าเฉลี่ยและค่าการแจกแจงความน่าจะเป็น

1.3.9 การเก็บข้อมูลการเข้ามารับบริการ

(1) อัตราการเข้ารับบริการ คือจำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการในหนึ่งหน่วยเวลา ทั้งนี้ ต้องกำหนดหน่วยเวลาที่จะเก็บข้อมูล เช่น วัน ชั่วโมง หรือ นาที และทำการบันทึกจำนวนลูกค้าที่มาถึงระบบบริการในแต่ละหน่วยเวลา โดยต้องเก็บข้อมูลให้มากพอที่จะใช้หาค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็นตัวแทนที่ดีของจำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการ เช่น ถ้าเก็บข้อมูล 20 วัน วันละ 8

ชั่วโมง รวม 160 ชั่วโมง นับ จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการรวม 3,500 คน แสดงว่าลูกค้าเข้ามารับบริการในอัตราเฉลี่ย 21.875 คน/ชั่วโมง

(2) เวลาเฉลี่ยระหว่างการเข้ารับบริการ คือเวลาที่ลูกค้า แต่ละคนมาห่างกัน เช่น การเก็บข้อมูลลูกค้าจำนวน 50 ราย ในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง รวมเวลาที่ ลูกค้า 50 ราย ห่างกัน 120 นาที สามารถหาค่าเฉลี่ยเวลาที่ลูกค้ามาห่างกัน 2.4 นาที/ลูกค้า 1 ราย

1.3.10 การเก็บข้อมูลการให้บริการ

(1) อัตราการให้บริการ คือ จำนวนลูกค้าที่ให้บริการในหนึ่งหน่วยเวลา โดยจะทำการบันทึกจำนวนลูกค้าที่ให้บริการในแต่ละหน่วยเวลาบริการ เช่น ในเวลา 20 ชั่วโมง สามารถให้บริการลูกค้าได้ 100 คน แสดงให้บริการลูกค้าได้ในอัตราเฉลี่ย 5 คน/ชั่วโมง

(2) เวลาในการให้บริการ คือ เวลาที่ใช้ในการบริการลูกค้าแต่ละราย เช่น จากการเก็บข้อมูลการให้บริการลูกค้า 500 ราย ใช้เวลารวม 750 นาที ดังนั้นเฉลี่ยลูกค้าแต่ละรายใช้เวลา 1.5 นาที

1.3.11 ต้นทุนของระบบแถวคอย

ค่าใช้จ่ายในระบบแถวคอยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

(1) ค่าใช้จ่ายในการให้บริการ หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน เช่น ค่าจ้างคนทำหน้าที่ให้บริการ หรือค่าใช้จ่ายในการเช่าหรือซื้ออุปกรณ์ให้บริการและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายในการให้บริการคำนวณได้ง่ายเพราะเป็นจำนวนเงินที่จ่ายจริง

(2) ค่าใช้จ่ายในการรอคอย เป็นค่าใช้จ่ายอันเป็นผลมาจากการที่ลูกค้าต้องเสียเวลารอคอยเพื่อรับบริการค่าใช้จ่ายในการรอคอยประเมินได้ยากกว่าเพราะต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างของระบบแถวคอย เป็นต้นว่า อาชีพ สถานการณ์ทางเศรษฐกิจ สังคมและความอดทนของลูกค้าเป็นที่ทราบดีว่าการเพิ่มค่าระดับการบริการให้มากขึ้น เช่น เพิ่มอุปกรณ์การให้บริการ เพิ่มพนักงานให้บริการ จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการให้บริการสูงขึ้นไปด้วย

ปัญหาการตัดสินใจเกี่ยวกับระบบแถวคอย คือ การพยายามทำให้เกิดความสมดุลระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งสองด้าน ได้แก่ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการรอคอยและค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการให้บริการ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของผู้ตัดสินใจ คือ การกำหนดระดับบริการที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำสุด โดยค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ยคำนวณได้ดังนี้

ค่าเสียหายในการรอคอย = เวลาที่เสียในการรอคอย x อัตราค่าจ้างของนายช่าง

1.3.12 พฤติกรรมของระบบแถวคอยที่การมารับบริการและเวลาให้บริการมีสภาพแน่นอนระบบแถวคอยที่มารับบริการและเวลาให้บริการมีสภาพแน่นอนด้วยอัตราคงที่ จะมีสถานการณ์ 3 อย่างที่เป็นไปได้ ได้แก่

(1) อัตราการมารับบริการเท่ากับอัตราการให้บริการ ($\lambda = \mu$) สถานการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อลูกค้ามารับบริการในอัตราที่เท่ากับอัตราการให้บริการของส่วนบริการ เช่น ชิ้นส่วนอะไหล่ถูกนำเข้ามาประกอบทุก ๆ 10 นาที นั่นคือในหนึ่งชั่วโมงจะมีชิ้นส่วนอะไหล่เข้ามาประกอบ 6 ชุด ($\lambda = 6$) ในขณะเดียวกันเครื่องจักรสามารถประกอบได้เสร็จภายในเวลา 10 นาที นั้นคืออัตราการให้บริการ เท่ากับ 6 ชุด/ชั่วโมง ($\mu = 6$) เมื่ออัตราการมาเท่ากับอัตราการให้บริการเช่นนี้ การประกอบชิ้นส่วนอะไหล่จะทำแล้วเสร็จทันพอดีกับการนำเข้าชิ้นส่วนอะไหล่ชุดถัดไป ในสถานการณ์เช่นนี้การทำงานประกอบชิ้นส่วนอะไหล่เป็นไปอย่างราบรื่นไม่มีการรอคอยและเครื่องจักรทำงานเต็มที่ไม่มีเวลาว่าง

(2) อัตราการมารับบริการน้อยกว่าอัตราการให้บริการ ($\lambda < \mu$) เป็นกรณีที่เครื่องจักรทำงานได้เร็วขึ้นกว่าในกรณีแรก เช่นสามารถประกอบชิ้นส่วนได้เสร็จ 10 ชุดภายในเวลาหนึ่งชั่วโมง ($\mu = 10$) หรือใช้เวลาประกอบ 6 นาที/ชุดส่วนอัตราการการนำเข้าชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องจักรคงเดิม คือ 6 ชุด/ชั่ว โมง ($\lambda = 6$) หรือนำเข้ามาประกอบทุก 10 นาที แสดงว่าเมื่อชิ้นส่วนอะไหล่ ชุดแรกมาถึงเครื่องประกอบอะไหล่จึงจะมาถึงและใช้เวลาประกอบอีก 6 นาทีจึงประกอบเสร็จ หลังจากนั้นอีก 4 นาที ชิ้นส่วนอะไหล่ชุดที่สองจึงจะมาถึงและใช้เวลาประกอบอีก 6 นาทีเช่นกัน

(3) อัตราการมารับบริการมากกว่าอัตราการให้บริการ ($\lambda > \mu$) เป็นกรณีที่อัตราการนำ เข้าของชิ้นส่วนอะไหล่มีมากขึ้น เช่น จะมีการนำเข้า ทุกๆ 4 นาที หรือ 15 ชุด/ชั่วโมง ($\lambda = 15$) ส่วนเครื่องประกอบอะไหล่ทำงานในอัตราเดิม คือ ใช้เวลา 6 นาที/ชุด ($\mu = 10$) เมื่อชิ้นส่วนอะไหล่ชุดแรกมาถึงจะใช้เวลาประกอบเป็นเวลา 6 นาที แต่เมื่อหมดนาทีที่ 4 ชิ้นส่วนชุดที่สองสองจะเข้ามา แต่เครื่องจักรยังทำงานไม่เสร็จชิ้นส่วนอะไหล่ชุดที่สองจะต้องรออีก 2 นาทีก่อนที่จะถูกนำเข้าเครื่องจักรและจะเป็นดังนี้เรื่อยไปสำหรับชิ้นส่วนอะไหล่ชุดที่ 3, 4

พฤติกรรมของระบบแถวคอยที่การมารับบริการ และเวลาให้บริการมีสภาพแน่นอนด้วยอัตราคงที่สรุปได้ดังนี้

(1) ถ้าอัตราการมารับบริการเท่ากับอัตราการให้บริการ ($\lambda = \mu$) จะไม่มีการรอคอยและส่วนบริการไม่มีเวลาว่าง

(2) ถ้าอัตราการมารับบริการต่ำกว่าอัตราการให้บริการ ($\lambda < \mu$) จะไม่มีการรอคอยและส่วนบริการมีเวลาว่าง

(3) ถ้าอัตราการมารับบริการสูงกว่าอัตราการให้บริการ ($\lambda > \mu$) ส่วนบริการจะถูกใช้งานเต็มกำลังและมีการเข้าแถวรอคอยเกิดขึ้น โดยความยาวแถวคอยจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 A Development of Active Monitoring System for Intelligent RFID Logistics Processing Environment [6]

การวิจัยการติดตามสำหรับระบบการจัดการโลจิสติกส์อัจฉริยะด้วย RFID โดยเน้นที่การใช้เทคโนโลยี RFID ในการจัดการคลังสินค้า ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบสินค้าที่รับเข้าหรือส่งออกได้แบบ Real Time ครอบคลุมกระบวนต่างๆ ดังนี้

(1) รถขนส่งสินค้าเข้าโรงงาน เมื่อมีรถขนส่งวัตถุดิบเข้าโรงงาน ระบบทำการอ่านข้อมูลจากแท็กที่ติดไว้ที่รถบรรทุกพร้อมทั้งหาประตูในการส่งวัตถุดิบที่เหมาะสมให้กับรถขนส่งวัตถุดิบ

(2) การตรวจสอบสินค้า เมื่อวัตถุดิบถูกนำเข้าคลังสินค้าจะต้องผ่านการตรวจสอบโดยทำการติดเครื่องอ่าน RFID ไว้ที่รถยกสินค้า งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบ VMC (Vehicle Monitoring Control) ในการติดตามและควบคุมรถส่งวัตถุดิบ โดยการรายงานข้อมูลรถที่ขนส่งวัตถุเข้าโรงงาน ระบบจะทำการตรวจสอบวัตถุดิบและเมื่อตรวจสอบเสร็จสิ้น รถยกวัตถุดิบจะทำการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบไปสายพานการผลิตโดยอัตโนมัติ

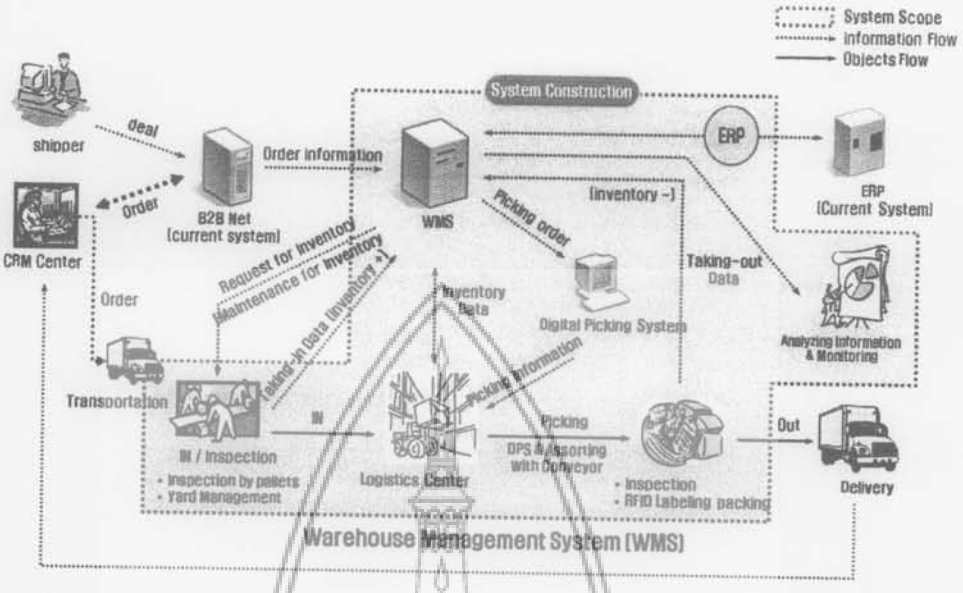
(3) การอัพโหลดและอัพเดทข้อมูล เมื่อรับวัตถุดิบเข้าโรงงาน ระบบจะทำการอัพเดทข้อมูลและลถานะของรถและวัตภุดิบที่รับเข้าโรงงาน

(4) การแยกประเภทสินค้า ที่สายพานการผลิตจะทำการติดตั้งเครื่องอ่าน RFID เพื่อใช้ในการแยกประเภทวัตถุดิบและส่งวัตถุดิบทำการผลิตสินค้าตามประเภทที่เหมาะสมได้อย่างอัตโนมัติ

(5) การรับสินค้า เครื่องอ่านจะทำการ อ่านข้อมูลจำนวนสินค้าจากแท็กก่อนที่ จะมีการขนถ่ายสินค้าขึ้นรถส่งสินค้า

(6) การส่งออกสินค้า เมื่อขนถ่ายสินค้าขึ้นรถส่งสินค้า ระบบจะทำการปรับปรุงข้อมูลเพื่อใช้ในการติดตามสินค้าที่ส่งไปยังห่วงโซ่อุปทานอื่นๆ

แสดงแผนภาพการไหลของข้อมูล (ภาพที่ 13)

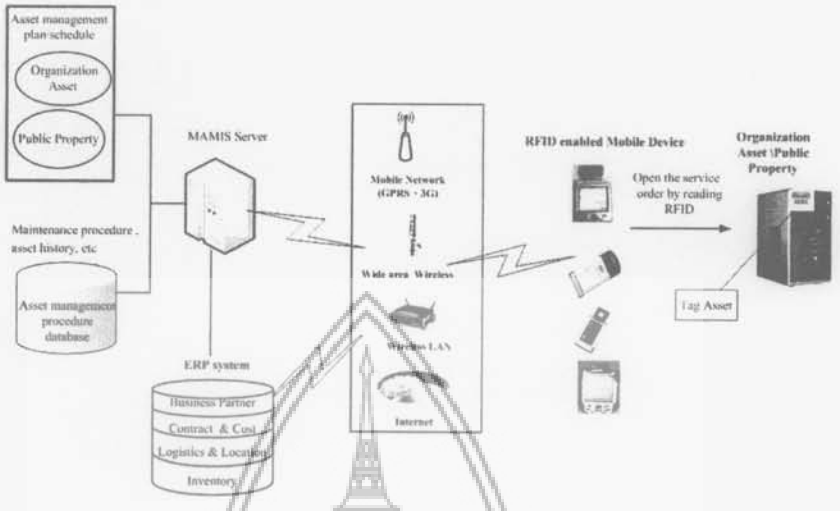


ภาพที่ 13 แผนภาพการไหลของข้อมูลและวัตถุภายในโรงงาน

2.2 Effective Mobile Assets Management System Using RFID and ERP Technology [7]

การศึกษาวิจัยเรื่องระบบการจัดการทรัพย์สินด้วย RFID และ ระบบ ERP โดยงานวิจัยนี้ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า Asset คือทรัพย์สินที่สามารถแตะต้องได้ของธุรกิจโดยที่คาดว่าภายในอนาคตจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงทรัพย์สินนั้นให้อยู่ในรูปของเงินสด เช่น เครื่องมือภายในโรงงาน เป็นต้น โดย Mobile Asset ไม่ได้จำกัดว่าเครื่องมือนั้นต้องติดตั้งอยู่ภายในโรงงานเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงการติดตั้งเครื่องมือที่ฝั่งลูกค้าอีกด้วย

ระบบการจัดการเครื่องมือ (Mobile Asset Management System: MASM) คือระบบในการดูแลรักษา ตรวจสอบให้เครื่องมือนั้นมีประสิทธิภาพอยู่เสมอ องค์กรต่างๆที่มีการวางแผนในการจัดการทรัพย์สินขององค์กรเองนั้นต่างพยายามที่จะควบคุมค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาและการสร้างบริการให้แก่ลูกค้า แต่ข้อเสียของระบบ MASM คือการที่ ไม่สามารถที่จะมั่นใจได้ว่ากระบวนการทำงานของการจัดการเครื่องมือนั้นมีความถูกต้องรวมทั้งการไม่มีการปฏิบัติการในการดูแลรักษาแบบ Real Time ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนา ระบบการจัดการเครื่องมือด้วย RFID และระบบ ERP (RFID-Based Mobile Asset Management Information Systems with ERP Support: REMAIS) โดยมีวัตถุประสงค์คือพัฒนาการจัดการเครื่องมืออย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การระบุที่ตั้งของเครื่องมือ การติดตามการใช้งานของเครื่อง และความน่าเชื่อถือในการดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือโดยการบูรณาการ RFID และ ERP โดยข้อมูลของเครื่องมือจะถูกทำการจัดเก็บ, ส่งข้อมูลและปรับปรุงข้อมูลที่มีการเชื่อมโยงกับระบบ ERP



ภาพที่ 14 สถาปัตยกรรมของระบบ REMAIS

เครื่องมือทุกชิ้นจะต้องทำการติด Tag ที่ถูกระบุด้วย หมายเลข UID (Unique Identification Number) ซึ่งทำการเก็บไว้ในหน่วยความจำของ Tag เมื่อเจ้าหน้าที่ใช้เครื่อง RFID อ่าน หมายเลข UID จากเครื่องมือ จะทำเชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูลและส่งหมายเลข UID นั้นเพื่อขอข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือนั้น เช่น ชื่อของเครื่องมือ, ประวัติการดูแลรักษา, ชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบของเครื่องมือนั้น ไปยังส่วนแสดงผล ในกรณีที่ RFID ไม่สามารถทำงานได้ เจ้าหน้าที่จะทำการถ่ายรูปเครื่องมือนั้นส่งไปที่ REMAIS Server เพื่อให้ผู้ดูแลระบบส่งรหัสผ่านในการเข้าดูข้อมูลของเครื่องมือนั้นกลับมาให้แก่เจ้าหน้าที่ นอกจากนั้น ระบบ REMAIS ที่มีการเชื่อมโยงกับระบบ ERP ช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถหาข้อมูลอื่นๆ ภายในระบบ ERP ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือนั้นได้ เช่น สัญญาว่าจ้างระหว่างลูกค้าและบริษัท ,ประวัติของลูกค้าหรือรวมถึงอะไหล่ของเครื่องมือนั้น เป็นต้น ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถได้ข้อมูลที่รวดเร็วและครบถ้วนในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเครื่องมือ

2.3 Study of integration RFID middleware with enterprise applications based on SOA [8]

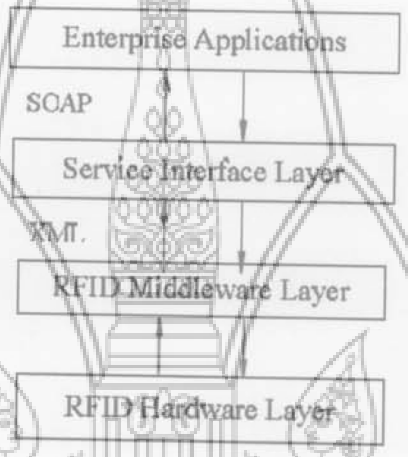
การศึกษางานวิจัยเรื่องการบูรณาการเทคโนโลยี RFID และ Enterprise Application ด้วยการใช้แนวทางของ SOA โดยนำเสนอ Framework ในการบูรณาการเทคโนโลยี RFID ประกอบด้วย 4 เลเยอร์ ได้แก่

(1) RFID Equipment Layer ประกอบไปด้วย Tag และ Reader ในการบ่งชี้วัตถุ

(2) RFID Middleware Layer รับข้อมูลจากที่อ่านได้จาก Tag ทำการกรองหรือจัดกลุ่ม งานวิจัยนี้ได้ใช้ RFID Middleware ชื่อว่า RAE (RFID Application Enablement) ที่พัฒนาจาก E-business Technology Institute ประเทศฮ่องกง

(3) Service Interface Layer อยู่ระหว่าง RFID Middleware และ Enterprise Application เป็นชั้นที่รวบรวม บริการที่ทำงานร่วมกับกระบวนการทางธุรกิจ และเป็นชั้นให้บริการทั้ง Enterprise Application ภายในและภายนอก และใช้ Web Service แทนโอเปอเรชันต่างๆ เช่น ฟังก์ชันการคำนวณ และการเข้าถึงข้อมูล

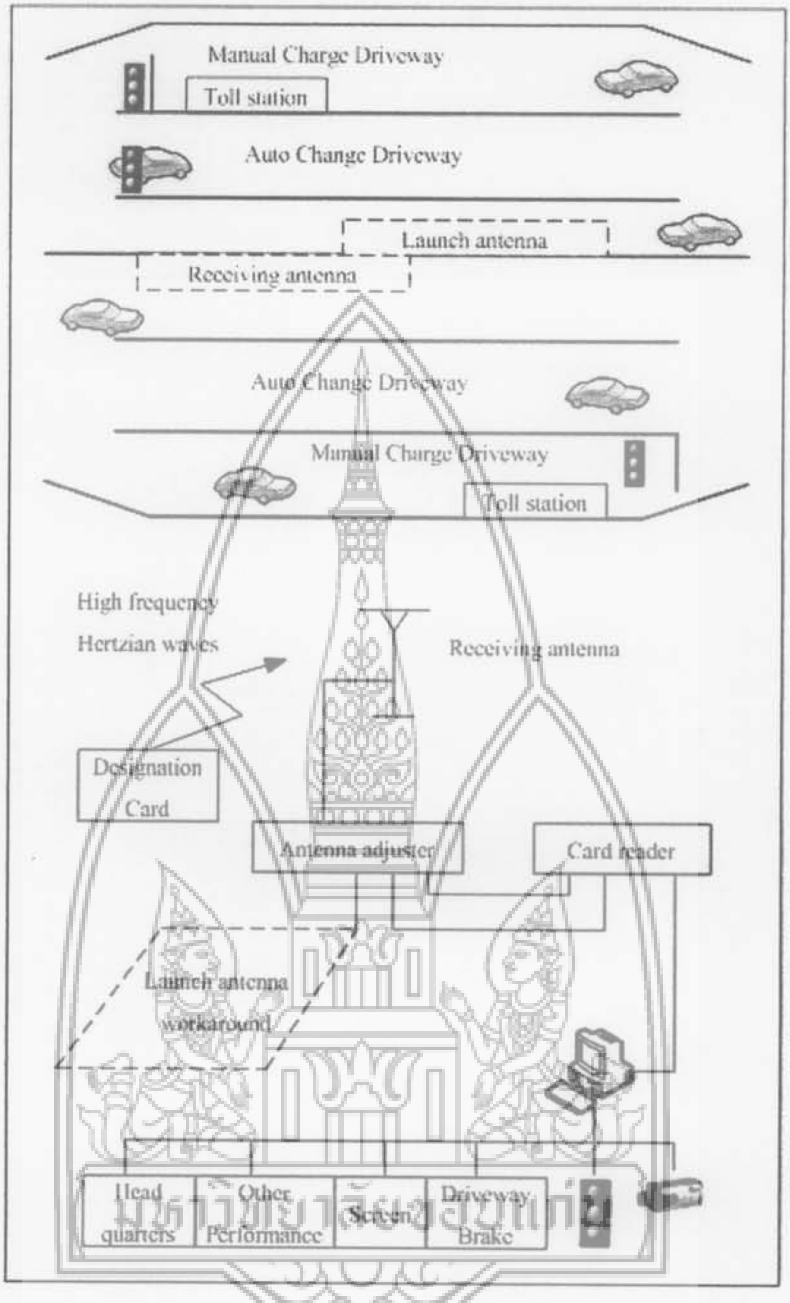
(4) Enterprise Application System เป็นระบบสารสนเทศภายในของระบบวัตถุประสงค์หลักของการบูรณาการ RFID Middleware ร่วมกับ Enterprise Application คือการใช้ RFID Middleware เป็นส่วนหนึ่งของ IT Infrastructure ส่งผลให้โพรเซสของธุรกิจสามารถใช้ RFID Middleware ได้อย่างยืดหยุ่นและรวดเร็ว



ภาพที่ 15 แสดง RFID Application Integration Framework

2.4 The Application of RFID in Logistics Information System [9]

การศึกษางานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ RFID ในระบบโลจิสติกส์ ได้แสดงให้เห็นการใช้ RFID และบัตร RFID (Passive Tag) ในการ เก็บค่าบริการทางด่วน (ภาพที่ 16)

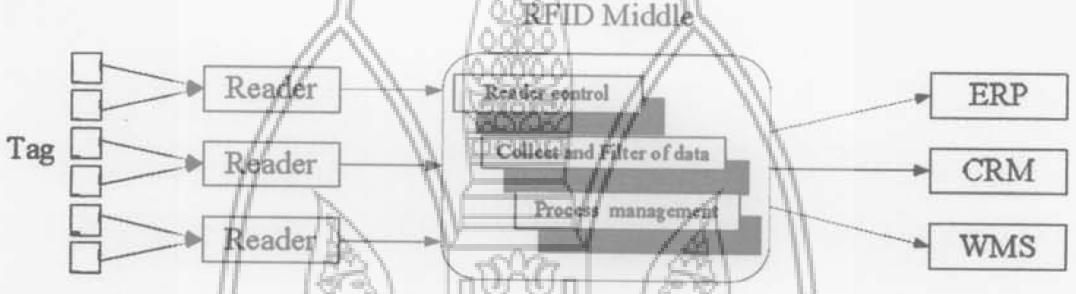


ภาพที่ 16 ระบบคิดค่าบริการทางด่วน

จากภาพ เปรียบเทียบการทำงานระหว่างการใช้ระบบแมนนวลและระบบการใช้ RFID พร้อมทั้งแสดงแผนภาพการเชื่อมโยงระหว่าง RFID และระบบการคิดค่าบริการทางด่วน ในระบบการใช้ RFID เมื่อรถวิ่งผ่านเครื่องอ่าน RFID ระบบจะทำการอ่านข้อมูลยอดเงินที่เหลือในบัตร RFID และทำการหักค่าบริการโดยอัตโนมัติ โดยมีมีข้อจำกัดในตำแหน่งของบัตร RFID และระยะการอ่านของเครื่องอ่าน RFID จะต้องอยู่ในตำแหน่งและมีระยะการอ่านที่เหมาะสม

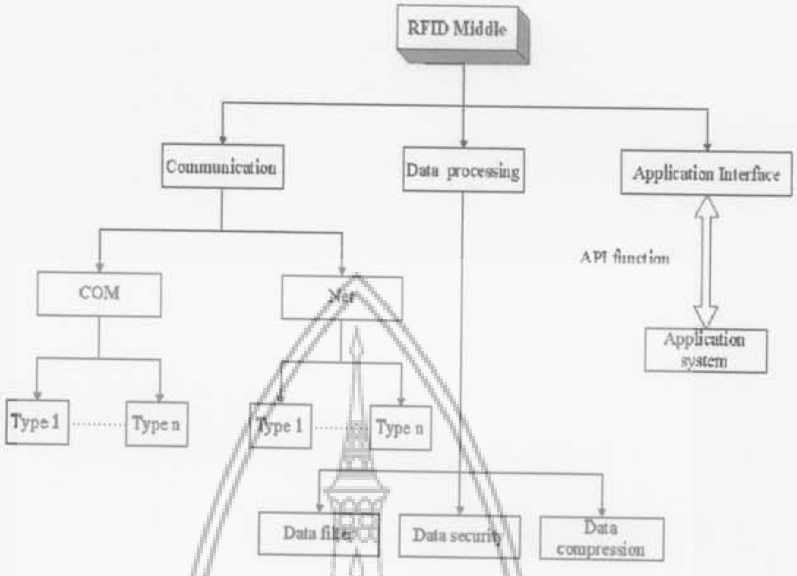
2.5 The Research of RFID Middleware's Data Management Model [10]

การศึกษางานวิจัยเรื่องแบบจำลองข้อมูลของ RFID Middleware ได้กล่าวถึงความสำคัญของการนำ RFID Middleware มาใช้ในธุรกิจที่มีการใช้เทคโนโลยี RFID ว่าทำอย่างไรจึงจะทำให้ระบบสารสนเทศภายในที่มีอยู่เดิมนั้นสามารถทำงานร่วมกับเครื่องอ่าน RFID ได้และทำอย่างไรข้อมูลที่ได้จากเครื่องอ่านนั้นจะมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ แนวทางแก้ปัญหาคือการพัฒนา RFID Middleware เพื่อทำการเชื่อมต่อระหว่าง Business Application และ RFID Hardware ในงานวิจัยชิ้นนี้ ได้นิยาม RFID Middleware ไว้ว่า "RFID Middleware คือ ระบบซอฟต์แวร์ที่อำนวยความสะดวกในการสื่อสารของข้อมูลระหว่างเครื่องอ่าน และ Enterprise Application" ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำ RFID Middleware ไปใช้อย่างแพร่หลายและมีการค้นคว้า วิจัยอย่างต่อเนื่อง ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอ สถาปัตยกรรมของ RFID Middleware (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 สถาปัตยกรรมของ RFID Middleware

จากภาพ อธิบายได้ว่า RFID Middleware ทำการรับข้อมูลจากแท็กที่ถูกอ่านโดยเครื่องอ่าน และทำการรวบรวม,คัดกรอง และจัดกลุ่มให้กับข้อมูลนั้น ก่อนที่จะทำการส่งไปยัง Application เช่น ERP,CRM,WMS เป็นต้น ช่วยให้ลดภาระในเรื่องของการจราจรของข้อมูลภายในระบบ และมีความน่าเชื่อถือของข้อมูล งานวิจัยนี้ได้แสดงฟังก์ชันการทำงานของ RFID Middleware (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 แสดงฟังก์ชันการทำงานของ RFID Middleware

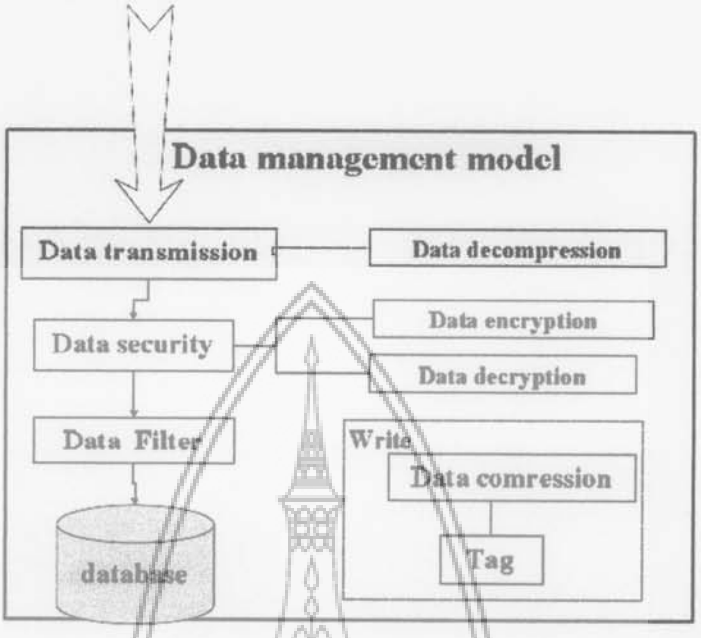
ภาพที่ 18 อธิบายได้ว่า RFID มีฟังก์ชัน ในการทำงาน 3 ส่วนหลัก ได้แก่

(1) Communication เป็นส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง RFID Middleware และอุปกรณ์ทางด้าน RFID

(2) Data Processing เป็นการทำงานที่เกิดขึ้นใน RFID Middleware ได้แก่การคัดกรองความปลอดภัยของข้อมูลและการบีบอัดของข้อมูล

(3) Application Interface จะมีส่วน API Function ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการทำงานร่วมกับโปรแกรมประยุต์อื่นๆ

วัตถุประสงค์ของเครื่องอ่าน RFID คือการเน้นความสะดวกในการอ่านข้อมูลจากวัตถุต่างๆ แต่ไม่ได้คำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูล ในขณะที่บทบาทของ RFID Middleware คือการส่งข้อมูลแบบ Real Time รวมถึงคำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูลที่ได้มาด้วย นอกจากฟังก์ชันการทำงานดังที่กล่าวมาแล้ว งานวิจัยนี้ได้นำเสนอส่วนสำคัญ ของ RFID Middleware คือ แบบจำลองการจัดการข้อมูล (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 แสดงแบบจำลองข้อมูลของ RFID Middleware

ภาพที่ 16 แบบจำลองข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

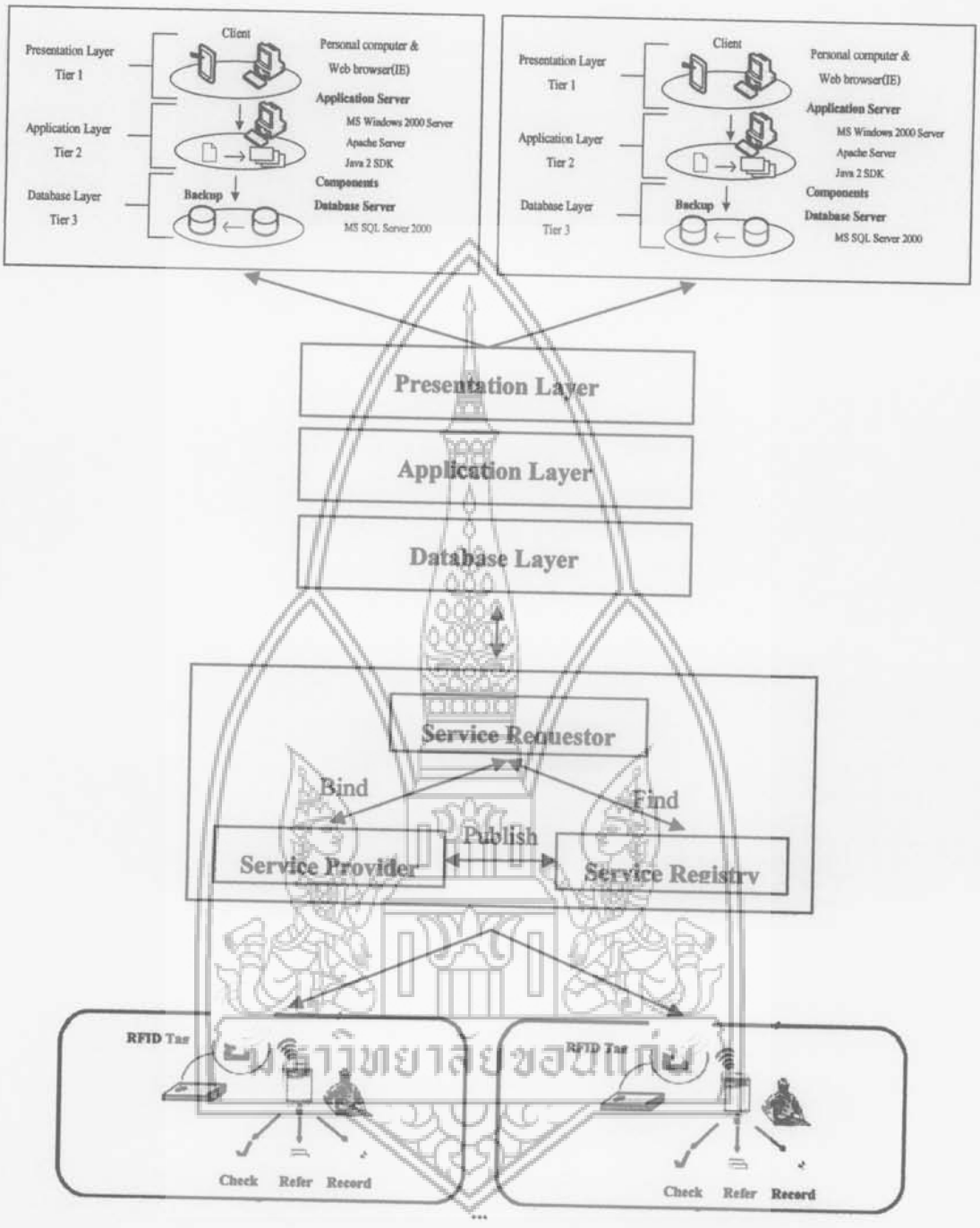
(1) Data transmission คือการสื่อสารของข้อมูล ซึ่งจะต้องมีกระบวนการในการบีบอัดข้อมูลเพื่อการลดการจราจรของข้อมูลที่เกิดขึ้นในเครือข่าย

(2) Data Security คือความปลอดภัยของข้อมูล โดยข้อมูลที่อยู่ในระบบจะผ่านการเข้ารหัส เพื่อความปลอดภัย

(3) Data Filter เป็นการจัดการข้อมูลที่ทำการอ่านซ้ำซ้อนเพื่อลดปริมาณข้อมูลที่จะทำการส่งให้กับ Enterprise Application

2.6 Web Service Application Research in a RFID-based Logistics Management System [11]

การศึกษางานวิจัยเรื่องการใช้เว็บเซอร์วิสในการระบบการจัดการโลจิสติกส์ด้วย RFID งานวิจัยนี้ได้พัฒนา ระบบ RLM (RFID-based logistics management system) ที่มีความสามารถตั้งแต่การรับข้อมูล การเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลและการติดตามข้อมูล โดยการใช้คุณสมบัติของเว็บเซอร์วิสในความเป็นอิสระต่อแพลตฟอร์มและภาษาที่ใช้ในการพัฒนาในการทำงานร่วมกับระบบงานเดิมครอบคลุม ระบบสินค้าคงคลัง ระบบการขายและระบบการใช้ข้อมูลการขายร่วมกันในต่างองค์กร แสดงสถาปัตยกรรมระบบ (ภาพที่ 20)



ภาพที่ 20 สถาปัตยกรรมของระบบ