บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 LoRa

LoRa [1] หมายถึง โปรโตคอลการเชื่อมต่อเฉพาะในส่วนของ Link ในขณะที่ LoRaWAN จะหมายถึง การเชื่อมต่อในลักกษณะของการเป็นโครงข่าย LoRa ถือเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่เหมาะสำหรับการใช้งาน IOT เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย ซึ่งมีจุดเด่นการสื่อสารได้ระยะทางไกล แต่ใช้พลังงานต่ำ ราคาประหยัด ถ้าเปรียบเทียบระยะการเชื่อมต่อจากที่เคยคุ้นเคยกัน และมีการใช้งานแพร่หลายในปัจจุบัน

คำว่า LoRa ย่อมาจากคำว่า Long Range ถือเป็นเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นใหม่เพื่อรองรับสื่อสารในช่วงคลื่นความถี่ไม่เกิน 1 GHz ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี 1940 เพื่อใช้ในการทหาร เนื่องจากรับส่งข้อมูลได้ในระยะไกล และป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดี (Interference Robustness) จึงมีการริเริ่มนำเทคโนโลยี LoRa มาประยุกต์ใช้ในระบบ Iot เพิ่มมากขึ้น

องค์ประกอบสำคัญของเทคโนโลยีระบบสื่อสารแบบ LoRa มีดังนี้

- สื่อสารทางไกลระยะ 15-20 กิโลเมตร
- มีช่องรับสัญญาณนับล้าน
- มีอายุการใช้งานแบตเตอรี่ยาวนาน มากถึง 10 ปี

ตารางที่ 2.1 ช่วงความถี่ LoRa ที่ใช้งานในแต่ละประเทศ

โซนหรือประเทศ	ช่วงความถี่ที่ใช้งานได้
ไทย	920 – 925 MHz
ยุโรป	867 – 869 MHz
อเมริกาเหนือ	902 – 928 MHz
จีน	470 – 510 MHz
เกาหลี	920 – 925 MHz
ญี่ปุ่น	920 – 925 MHz
อินเดีย	865 – 870 MHz

Computer Science Department
Faculty of Informatics Mahasarakham University

การนำเทคโนโลยี LoRa มาใช้งานจำเป็นต้องคำนึงถึงเขตโซนหรือประเทศเนื่องจากมีข้อกำหนดให้แต่ละประเทศสามารถใช้งานอุปกรณ์ LoRa ตามความถี่ที่ได้ระบุไว้ดังแสดงในตารางที่ 2.1 สำหรับประเทศไทยถูกระบุไว้ที่ความถี่ช่วง 920 – 925 MHz ซึ่งถือเป็นความถี่ที่ไม่ต้องมีใบอนุญาต (unlicensed) โดยมีกำลังส่ง (EIER) ไม่เกิน 20 dBm (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 มิลลิวัตต์)

LoRa ส่งข้อมูลได้ระยะไกล ใช้พลังงานน้อย ฟีเจอร์นี้เหมาะเป็นอย่างมากสำหรับเซนเซอร์ที่ใช้พลังงานต่ำ เช่น IoT, สมาร์ทฟาร์ม, การสื่อสารระหว่างเครื่องจักร

ดังนั้น LoRa จึงเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับ โหนดเซนเซอร์ ทำงานได้เพียงแค่แบตเตอร์รี่ก้อนเล็ก ๆ ก้อนเดียว หรือแม้กระทั้งใช้พลังงานจากโซล่าเซลล์ ก็สามารถส่งข้อมูลข้อมูลเล็ก ๆ ระหว่างอุปกรณ์ได้

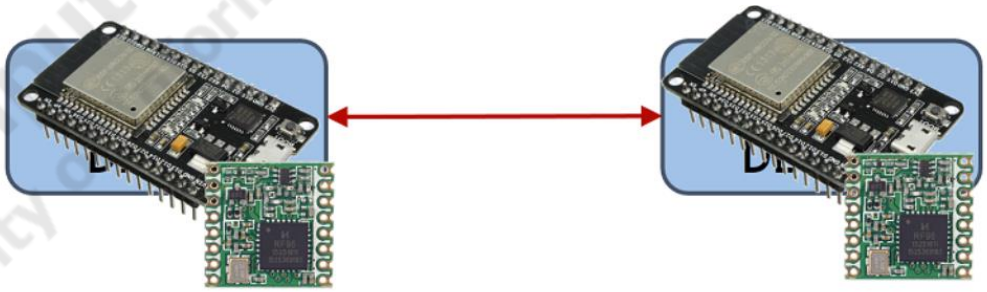
LoRa ไม่เหมาะสำหรับโปรเจคที่

- ต้องการส่งข้อมูลจำนวนมาก
- มีการส่งข้อมูลบ่อย ๆ
- เชื่อมต่อกับเครือข่ายสื่อสารจำนวนมาก

สามารถใช้ LoRa ในรูปแบบ

- สื่อสารแบบ Point to Point
- สื่อสารแบบเครือข่าย LoRa network โดยใช้ LoRaWAN

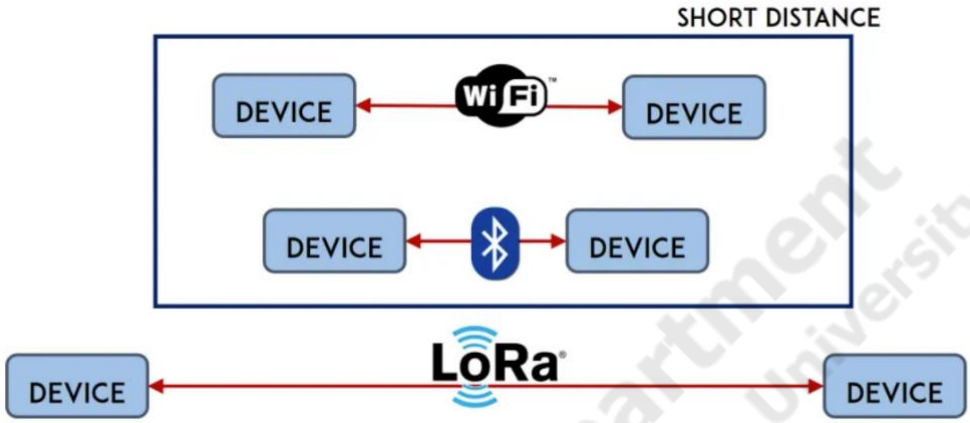
การสื่อสารแบบ Point to Point [2]



ภาพประกอบที่ 2.1 การสื่อสารแบบ Point to Point

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

การสื่อสารแบบ LoRa สามารถส่งข้อมูลได้ไกลกว่า Wi-Fi หรือ Bluetooth



ภาพประกอบที่ 2.2 การสื่อสารแบบ LoRa สามารถส่งข้อมูลได้ไกลกว่า Wi-Fi หรือ Bluetooth

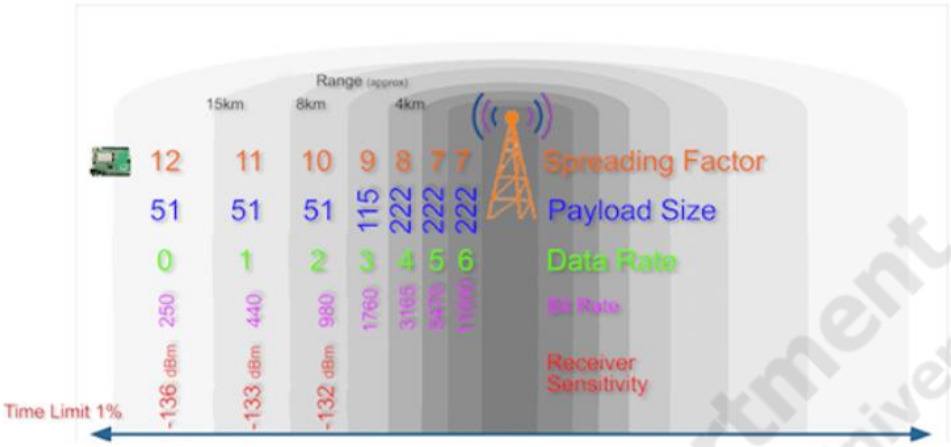
การส่งข้อมูลผ่าน Wi-Fi ได้โดยทั่วไปได้ระยะประมาณ 100-200 เมตร ในขณะที่ LoRa สามารถส่งข้อมูลได้มากกว่า 30 กิโลเมตร

ส่วนประกอบของ LoRa Protocol Stack

โปรโตคอล LoRa แบ่ง layer ออกได้เป็น 2 layer หลัก ได้แก่ส่วนของ Physical layer (PHY) และ MAC layer การสื่อสารใน physical layer (PHY) ของ LoRa รองรับการส่งระยะไกล ใช้พลังงานต่ำ โดยสามารถส่งข้อมูลที่ความเร็วสูงสุดที่ 50 Kbps เพื่อการใช้งานที่เหมาะสม เราสามารถปรับพารามิเตอร์ในส่วนของ physical layer เพื่อให้ได้อัตราเร็วของการส่งข้อมูล (Data Rate) และค่าความไวต่อการรับสัญญาณให้เหมาะสมด้วยการปรับค่าแบนวิดท์ (BW) สเปรดแฟกเตอร์ (Spreading Factor : SF)

โดยค่า Spreading Factor สามารถตั้งค่าได้ตั้งแต่ SF7-SF12 ซึ่งหากเราต้องการใช้งานด้วย Bandwidth ที่สูงจะต้องตั้งค่าเป็น SF7 ซึ่งจะทำให้ระยะทางของการส่งข้อมูลต่ำ แต่อัตราการส่งข้อมูลสูง (Bit rate) แต่ถ้าเราต้องการให้การส่งข้อมูลได้ระยะทางที่ไกลก็จะต้องตั้งค่าเป็น SF12 ซึ่งจะส่งผลต่ออัตราการส่งข้อมูลน้อยที่สุดแต่ได้ระยะทางไกลที่สุดโดยการตั้งค่าพารามิเตอร์ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ออกแบบระบบ

Computer Science Department
Faculty of Informatics Mahasarakham University



ภาพประกอบที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของการตั้งค่า
พารามิเตอร์แบนวิดก์ (Bandwidth) และ Spreading Factor [3]

2.1.2 LoRa Node

LoRa ปลายทางในที่นี่ขอเรียกว่า LoRa-Node [4] จะสามารถสื่อสารกับ Network Server ได้ LoRa-Node จำเป็นต้องเปิดใช้งานเสียก่อนและต้องผ่านกระบวนการเชื่อมต่อเครือข่ายให้สมบูรณ์ กลไกลนี้เป็นวิธีการจัดการควบคุมการเชื่อมต่อ LoRa-Node ไปยัง Network Server โดย LoRa-Node จำเป็นต้องพิสูจน์ตัวตนและตรวจสอบสิทธิ์การเชื่อมต่อเครือข่าย LoRaWAN เสียก่อน จึงสามารถรับส่งข้อมูลได้ ขั้นตอนนี้จะทำทุกครั้งที่เปิดอุปกรณ์ขึ้นมาใหม่ มีให้เลือกอยู่สองแบบ แบบแรกคือ OTAA (Over-The-Air Activation) และแบบที่สองคือ ABP (Activation-By-Personalisation) สำหรับเรื่องของความปลอดภัยของข้อมูล OTAA มีปลอดภัยมากกว่าในกระบวนการเชื่อมต่อระหว่าง LoRa-Node กับ Network Server และเป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบันเพราะมีความสามารถจัดการกับตัวโหนดที่มีจำนวนมาก ๆ ได้ดีกว่ามาก

ข้อมูลที่ LoRa-Node ส่งไปให้ Network Server ประกอบไปด้วย

DevEUI [4] เป็นหมายเลขจำนวน 16 ตัว ฐาน 16 (HEX) คือมีตัวอักษร 1-F และ 0–9 เท่านั้น ตัวเลขนี้จะไม่ซ้ำกัน (Uniquely Identifies) คล้าย ๆ กับ MAC Address ในอุปกรณ์ Network ที่คุ้นเคยกันดี ที่เอาไว้อ้างอิงว่าเป็นอุปกรณ์ตัวไหนกำหนดโดยโรงงานผู้ผลิต แต่สำหรับ DevEUI แล้ว เราสามารถกำหนดเองได้ ยังไม่มีหน่วยงานไหนดูแลแบบจริงจัง เอาเป็นว่าในเครือข่าย LoRaWAN เดียวกันขอให้ไม่ซ้ำกันก็พอ

JoinEUI [4] ตัวนี้เปลี่ยนชื่อมาจาก AppEUI ตามมาตรฐาน LoRaWAN 1.0/1.0.2 เอาไว้ใช้เพื่อ

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

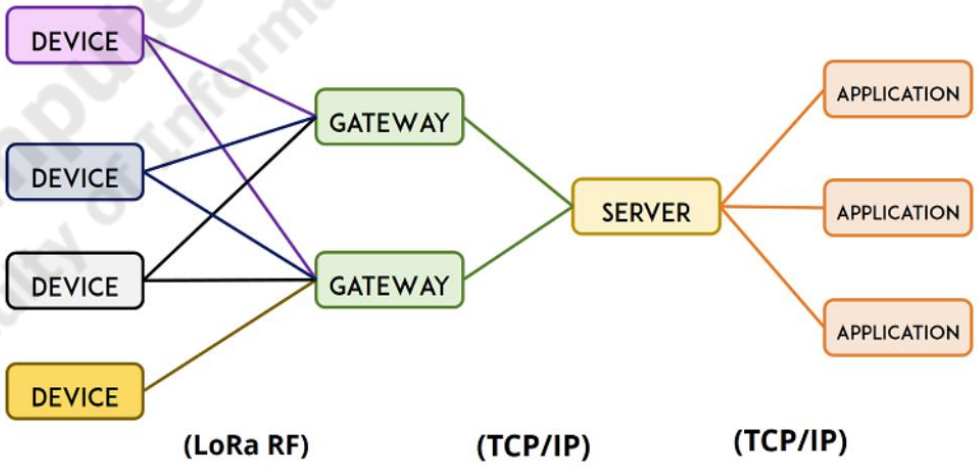
บอกให้กับ Network Server รู้ว่าจะใช้ Join-Server ตัวไหนสำหรับการพิสูจน์ตัวตนให้กับแพคเกจ Join-Request สำหรับเครือข่ายของ CAT LoRaWAN ในประเทศไทย จำเป็นต้องกำหนดคีย์นี้ด้วย แต่สำหรับ Network Server บางตัวที่อื่นอาจไม่สนใจก็ได้ ไม่ต้องกำหนดคีย์นี้ก็ได้ถ้ามันมี JoinServer อยู่แค่ตัวเดียว

DevNonce [4] คือเลขหมายที่เกิดจากการสุ่มสร้างขึ้นมาจากตัวโหนด เพื่อส่งไปให้ Network Server เกิดขึ้นมาในช่วงกระบวนการ Join-Request เพื่อป้องกันการปลอมตัวตอบกลับแพคเกจ JoinRequest เลขหมายที่สร้างขึ้นมาจะไม่ซ้ำกันระหว่างตัวโหนดกับ Network Server

MIC [4] คำนวณมาจาก LoRa-Node มันจะอาศัยใช้ AppKey สร้างรหัส MIC (Message Integrity Code) ขึ้นมาใหม่ เพื่อรับรองความถูกต้องของข้อความ (integrity of the message) ที่ส่งไปยัง Network Server ว่าไม่มีใครมาแอบเปลี่ยนแก้ไขข้อมูลระหว่างทาง

2.1.3 LoRaWAN

LoRaWAN ย่อมาจาก Low Power Wide Area Network (LPWAN) เป็นมาตรฐานโลกที่ปลอดภัยส าหรับอุปกรณ์ IoT สื่อสารกันผ่าน IoT LPWAN connectivity LoRaWAN เป็นรูปแบการสื่อสารโดยใช้พื้นฐานจาก LoRa นั้นเอง หรือที่เรียกว่า LoRaWAN Protocolและ LoRaWAN ยังถูกออกแบบมาส าหรับการสื่อสารไร้สายแบบวงกว้างที่ใช้พลังงานน้อย นอกจากนั้นยังสื่อสาระยะไกลระหว่าง node กับ gateway ในระยะทาง 2 - 15 กิโลเมตร โดย LoRaWAN มีอัตราการรับส่งข้อมูลตั้งแต่ 0.3 kbps ถึง 50 kbps



ภาพประกอบที่ 2.4 สถาปัตยกรรม LoRaWAN Network

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

LoRa network แบ่งส่วนประกอบในการเชื่อมต่อออกเป็น 4 ส่วนได้แก่

1) End-Devices : อุปกรณ์เซนเซอร์ ส่งสัญญาณแบบ LoRa
2) Gateway : อุปกรณ์รับข้อมูลแบบ LoRa
3) Network Server : สำหรับส่งข้อมูงบน Server
4) Application Server : สำหรับประมวลผล/แสดงผลข้อมูล

วิธีการขอ join network ของ End-Device

กระบวนการเชื่อมต่อเข้าระบบเน็ตเวิคจะมีอยู่สองวิธีได้แก่

1. Over-the-Air Activation (OTAA) เป็นกระบวนการที่ใช้ Globally Unique Identifier และมีการแชร์ key ผ่านกระบวนการ Hand shaking ในระหว่างการเชื่อมต่อ กระบวนการในขั้นตอนแรกจึงยุ่งยากกว่าแบบ ABP โดยมีขั้นตอนในการเชื่อมต่อดังต่อไปนี้

- End-device จะส่ง Join Request ไปที่ Server โดยในข้อมูลประกอบไปด้วย Globally Unique End-Device Identifier (DevEUI), Application Identifier (AppEUI) และ Application key (AppKey) เพื่อขอ Session Key จาก Server
- Server จะคำนวณ session keys เช่น NetworkSKey,AppSKey และส่ง Join Accept กลับไป
- End-device จะได้รับ Join Accept
- End-device ถอดข้อมูล Join Accept
- End-device นำข้อมูล DevAddr ที่ได้รับมาเก็บไว้ใหน่วยความจำ
- End-device ได้รับ Network Session Key และ Application Session Key

2. Activation By Rationalization (ABP) กระบวนการนี้จำเป็นจะต้อง share key ลง ไปที่อุปกรณ์ ในตอนผลิตหรือตอนดาวน์โหลดโปรแกรม วิธีการนี้เป็นวิธีที่สะดวกในการเชื่อมต่อเข้าระบบเน็ตเวิค เพราะ End-Device สามารถเชื่อมต่อเข้าระบบได้เลยโดยไม่ต้อง hand shaking เพื่อเชื่อมต่อ แต่ข้อเสียจะเป็นการ Locked ระบบ Network ให้ใช้ได้เฉพาะ Key นี้เท่านั้น

จุดแข็งของ LoRaWAN [5]

ระยะทางไกล

- ใช้ย่านความถี่ไม่สูงมาก จึงมีความทนต่อสิ่งกีดขวางได้มาก (long range up to 15km)
- สัญญาณต่ำสุดของเครื่องลูกข่ายที่สามารถใช้งานได้คือ -137 dBm (End point Sensitivity up to -137 dBm)
- กระจายสัญญาณเข้าไปใน Indoor ที่ดี (up to 20dB penetrate for deep indoor)

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

ประหยัดพลังงาน

- เครื่องลูกข่ายใช้ไฟแบตเตอรี่น้อยทำให้สามารถใช้งานได้หลายปี
- กำลังส่งของสถานีฐานต่ำเนื่องจากใช้ความถี่ต่ำ ทนต่อสัญญาณรบกวน

รองรับปริมาณเครื่องลูกข่ายได้เยอะ

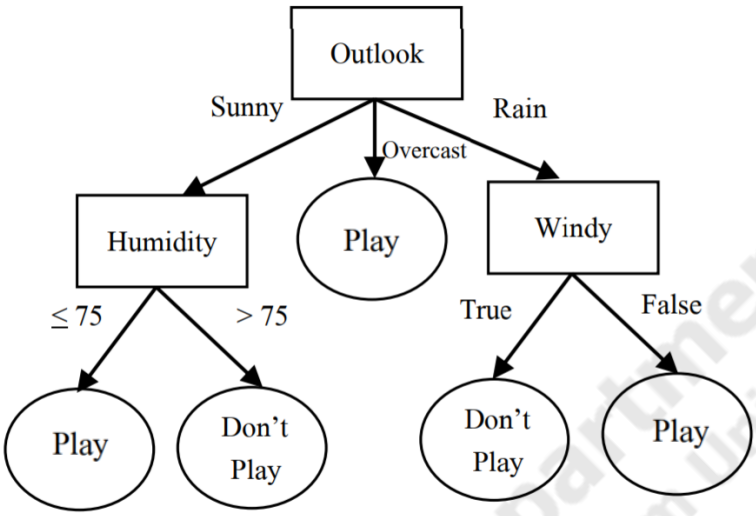
- ย่านความถี่เป็น Light-License จึงทำให้ต้นทุนต่ำ
- ระบบเครือข่ายการให้บริการไม่ยุ่งยากซับซ้อน (เมื่อเทียบกับ 3G, 4G LTE)
- อุปกรณ์สถานีฐาน เช่น ระบบส่งสัญญาณ สายอากาศ มีราคาถูก
- 1 สถานีฐาน สามารถให้บริการได้พื้นที่กว้าง
- ปัจจุบันมีเครื่องลูกข่ายในตลาดมากมาย หลากหลายยี่ห้อ Economies of Scale มาก

2.1.4 ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจเป็นเทคนิคหนึ่งของการจำแนกประเภท (Classification) [6] ซึ่งเป็นวิธีการ แบ่งประเภทหรือแยกหมวดหมู่ข้อมูล โดยการจำแนกประเภทนั้นเป็นเทคนิคหนึ่งของเหมืองข้อมูล

กระบวนการทางด้านเหมืองข้อมูลนั้น (Data mining) ได้นำการตัดสินใจ แบบโครงสร้างต้นไม้มาาช่วยในการทำงานด้านการตัดสินใจต่างๆไม่ว่าจะเป็นทางด้านระบบธุรกิจหรือด้านอื่น ๆโดยปกติมักประกอบด้วยกฎใน รูปแบบ “ถ้า เงื่อนไข แล้ว ผลลัพธ์” เช่น “If Income = High and Married = No THEN Risk = Poor” โดยลักษณะของการตัดสินใจแบบโครงสร้าง ต้นไม้นั้นมีลักษณะคล้ายกับ ต้นไม้กลับ หัวโดยโหนดแรกสุดจะเป็นรากของ ต้นไม้ (Root node) แต่ละโหนดแสดงคุณลักษณะ (attribute) แต่ละกิ่งจะ แสดงค่าผลในการทดสอบ และโหนดใบ (Leaf node)แสดงคลาสที่กำหนด ภาพประกอบที่ 2.5 ตัวอย่างต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

Computer Science Department
Faculty of Information Technology
Mahasarakham University



ภาพประกอบที่ 2.5 ตัวอย่างต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

ขั้นตอนวิธี ID3 (ID3 Algorithm)

ขั้นตอนวิธีID3 เป็นขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ โดยนำหลักการของทฤษฎีข่าวสารมาใช้ค่าที่ วัดได้จะนำมาตัดสินใจว่าจะใช้ตัวแปรใดในการแบ่งข้อมูลโดยวิธีการกำหนดโครงสร้างต้นไม้ตัดสินใจจะเป็นการเลือกข้อมูลตามลำดับของตัวชี้วัดหรือค่าเกน (Gain) สูงที่สุดเป็น ข้อมูลเริ่มต้นและข้อมูลถัดไปที่มีค่าลดหลั่นกันตามลำดับตัวอย่างเช่น การพิจารณาจากกลุ่มข้อมูล 2 คลาสคือ P และ N โดยจำนวนตัวอย่างในคลาส P คือ p ตัวและจำนวนตัวอย่างในคลาส N คือ n ตัว ส่วนค่าของกลุ่มข้อมูลคือค่าคาดคะเนที่กลุ่มตัวอย่างต้องใช้จำนวนบิตในการแยกคลาส P และ N โดยนิยามตามสมการที่ (2.1)

$$I(p,n) = -\frac{p}{p+n} log_2\left(\frac{p}{p+n}\right) - \left(\frac{n}{p+n}\right) log_2\left(\frac{n}{p+n}\right) \qquad (2.1)$$

ค่าคาดคะเนของข้อมูล (Entropy) เป็นค่าที่แยกโดยการใช้ลักษณะประจำ A ซึ่งกำหนด A คือลักษณะประจำที่ แบ่ง S ออกเป็น {S1 , S2 ,… , Sv } โดยให้ S1 มีตัวอย่างจากคลาส P จำนวน P1 และตัวอย่างจากคลาส N จำนวน n1 ดัง สมการที่ (2.2)

$$E(A) = \sum_{i=1}^{v} \frac{p_1 + n_1}{p+n} I(p_1, n_1) \qquad (2.2)$$

ดังนั้นค่าเกนข้อมูล (Data Gain) ที่ได้จากการแยกข้อมูลด้วย ลักษณะประจำ A จะได้ดังสมการที่ (2.3)

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

$$Gain(A) = I(p,n) - E(A) \quad (2.3)$$

ขั้นตอนการสร้างโมเดล Decision Tree ID3 [7]

การสร้างโมเดล decision tree ID3 จะทำการคัดเลือกแอตทริความสัมพันธ์กับคลาสมากที่สุดขึ้นมาเป็นโหนดบนสุดของ tree (root node) หลังจากนั้นก็จะหาแอตบิวต์ที่มีทริบิวต์ถัดไปเรื่อยๆ ในการหาความสัมพันธ์ของแอตทริบิวต์นี้จะใช้ตัววัด ที่เรียกว่า Information Gain (IG) ค่านี้คำนวณได้จาก (2.4) และ (2.5)

$$IG(parent, child) = entropy(parent) - [p(c_1) * entropy(c_1) + p[c_1] * entropy(c_1)] \quad (2.4)$$

$$\text{entropy(c1)} = -\text{p(c1)} \log \text{p(c1)} \quad (2.5)$$

ตารางที่ 2.2 แสดงข้อมูล weather

No	outlook	temperature	humidity	windy	play
1	sunny	hot	high	FALSE	no
2	sunny	hot	high	TRUE	no
3	overcast	hot	high	FALSE	yes
4	rainy	mild	high	FALSE	yes
5	rainy	cool	normal	FALSE	yes
6	rainy	cool	normal	TRUE	no
7	overcast	cool	normal	TRUE	yes
8	sunny	mild	high	FALSE	no
9	sunny	mild	normal	FALSE	yes
10	rainy	mild	normal	FALSE	yes
11	sunny	mild	normal	TRUE	yes
12	overcast	mild	high	TRUE	yes
13	overcast	hot	normal	FALSE	yes
14	rainy	mild	high	TRUE	no

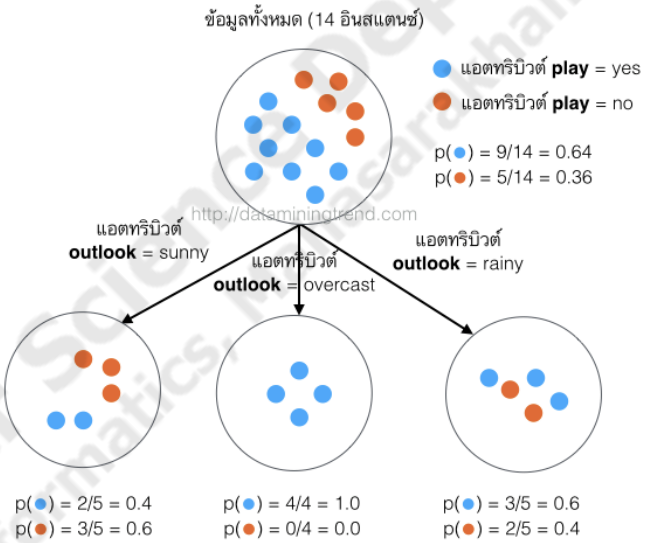
Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

จากข้อมูลใน ตารางที่ 2.2 ประกอบด้วย 5 แอตทริบิวต์ คือ

- **outlook** : แสดงสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย 3 ค่า คือ sunny, overcast, rainny
- **temperature** : แสดงอุณหภูมิ ประกอบด้วย 3 ค่า คือ hot, mild, cool
- **humidity** : แสดงค่าความชื้นในอากาศ ประกอบด้วย 2 ค่า คือ high, normal
- **windy** : แสดงว่าเป็นวันที่ลมแรงหรือไม่ ประกอบด้วย 2 ค่า คือ TRUE, FALSE
- **play** : แสดงการจัดแข่งขันกีฬา ซึ่งเป็นคลาส ประกอบด้วย 2 ค่า คือ yes, no

ต่อไปคำนวณค่าแต่ละแอตทริบิวต์เทียบกับคลาสเพื่อหาแอตทริบิวต์ที่มีค่า IG มากที่สุดมาเป็น root ของ decision tree

1) คำนวณค่า IG ของแอตทริบิวต์ outlook



ภาพประกอบที่ 2.6 แสดงค่าความน่าจะเป็นเมื่อใช้แอตทริบิวต์ outlook

จาก ภาพประกอบที่ 2.6 สามารถคำนวณค่า IG ได้ดังนี้

entropy (parent) = - p(yes) × log_2p(yes) – p(no) × log_2p(no)

= - [0.64 × log_2(0.64) + 0.36 × log_2(0.36)]

= - [0.64 × - 0.64 + 0.36 × - 1.47]

= 0.94

entropy (outlook = sunny) = - p(yes) × log_2p(yes) – p(no) × log_2p(no)

= - [0.4 × log_2(0.4) + 0.6 × log_2(0.6)]

= - [0.4 × - 1.32 + 0.6 × - 0.74]

= 0.97

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

entropy (outlook = overcast) = - p(yes) × log_2p(yes) – p(no) × log_2p(no)

= - [0.6 × log_2 (0.6) + 0.4 × log_2(0.4)]

= - [0.6 × - 0.74 + 0.4 × - 1.32]

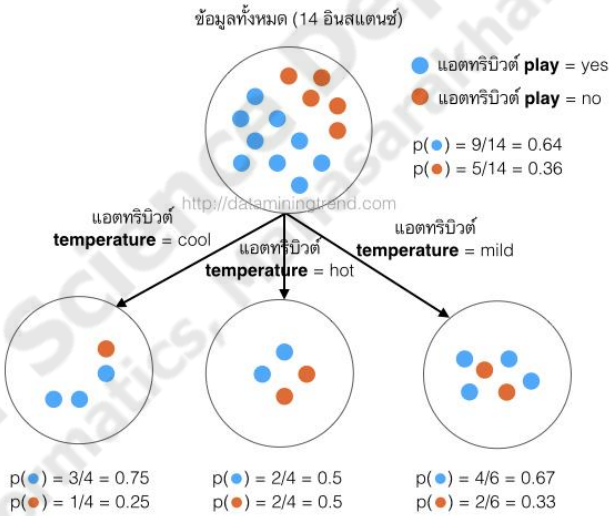
= 0.97

IG(parent, child) = entropy (parent) – [p(outlook = sunny) × entropy(outlook = sunny)+p(outlook = overcast) × entropy(outlook = overcast)+p(outlook = rainy) × entropy(outlook = rainy)]

= 0.94 – [0.35 × 0.97 + 0.30 × 0 + 0.35 × 0.97]

= 0.96 – 0.68 = 0.26

2) คำนวณค่า IG ของแอตทริบิวต์ temperature



ภาพประกอบที่ 2.7 แสดงค่าความน่าจะเป็นเมื่อใช้แอตทริบิวต์ temperature

entropy (temperature = cool) = - p(yes) × log_2p(yes) – p(no) × log_2p(no)

= - [0.75× log_2(0.75) + 0.25 × log_2 (0.25)]

= 0.81

entropy (temperature = hot) = - p(yes) × log_2p(yes) – p(no) × log_2p(no)

= - [0.5× log_2(0.5) + 0.5 × log_2 (0.5)]

= 1

entropy (temperature = mild) = - p(yes) × log_2p(yes) – p(no) × log_2p(no)

= - [0.67× log_2(0.607) + 0.33 × log_2 (0.33)]

= 0.91

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

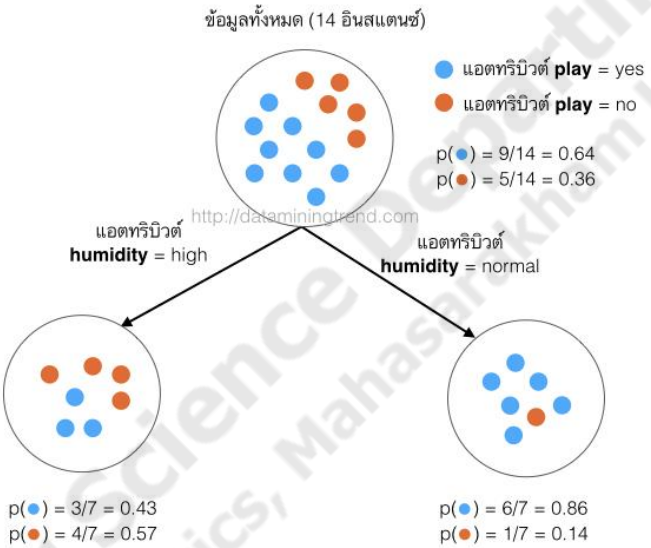
IG(parent, child) = entropy (parent) – [p(temperature = cool) × entropy(temperature = cool) + p(temperature = hot) × entropy(temperature = hot)+p(temperature = mild) × entropy(temperature = mild)]

= 0.94 – [0.29 × 0.81 + 0.29 × 1 + 0.42 × 0.91]

= 0.96 – 0.91

= 0.05

3) คำนวณค่า IG ของแอตทริบิวต์ humidity



ภาพประกอบที่ 2.8 แสดงค่าความน่าจะเป็นเมื่อใช้แอตทริบิวต์ humidity

entropy (humidity = high) = - p(yes) × log_2p(yes) – p(no) × log_2p(no)

= - [0.43× log_2(0.43) + 0.57 × log_2 (0.57)]

= 0.99

entropy (humidity = normal) = - p(yes) × log_2p(yes) – p(no) × log_2p(no)

= - [0.86× log_2(0.86) + 0.14 × log_2 (0.14)]

= 0.58

IG (parent, child) = entropy (parent) – [p(humidity = cool) × entropy(humidity = cool)+p(humidity = hot) × entropy(humidity = hot)]

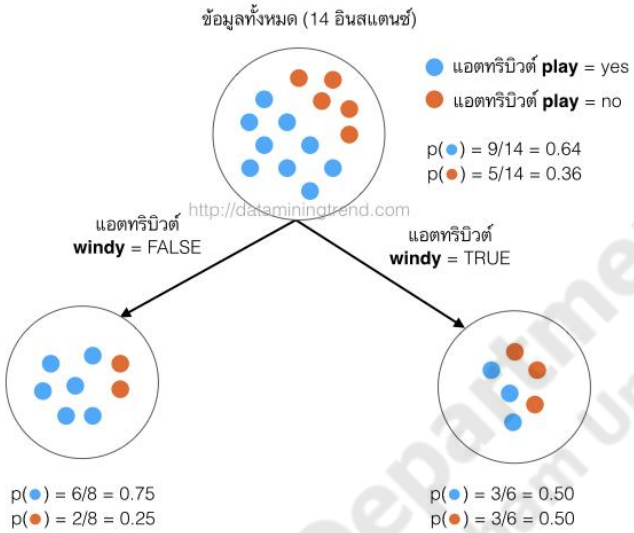
= 0.94-[0.5 × 0.99 + 0.5 × 0.58]

= 0.96 – 0.79

= 0.17

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

4) คำนวณค่า IG ของแอตทริบิวต์ windy



ภาพประกอบที่ 2.9 แสดงค่าความน่าจะเป็นเมื่อใช้แอตทริบิวต์ windy

entropy (windy = FALSE) = - p(yes) × log_2p(yes) – p(no) × log_2p(no)

= - [0.75× log_2(0.75) + 0.25 × log_2 (0.25)]

= 0.81

entropy (windy = TRUE) = - p(yes) × log_2p(yes) – p(no) × log_2p(no)

= - [0.5× log_2(0.5) + 0.5 × log_2 (0.5)]

= 1

IG (parent, child) = entropy (parent) – [p (windy = FALSE) × entropy (windy = FALSE) + p (windy = TRUE) × entropy (windy = TRUE)]

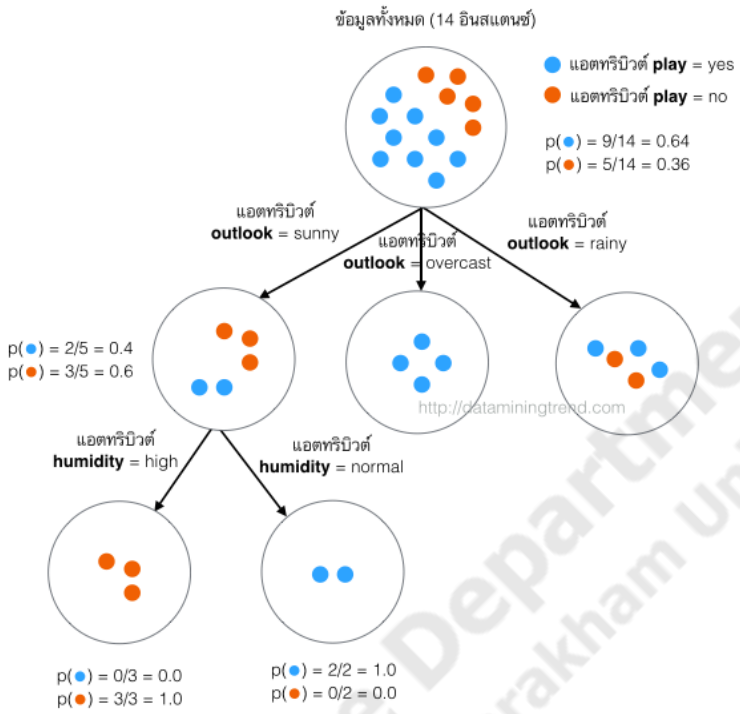
= 0.94-[0.57 × 0.81 + 0.43 × 1]

= 0.96 – 0.89

= 0.07

5) จากการคำนวณค่า IG ของทุกแอตทริบิวต์พบว่าค่า IG ของแอตทริบิวต์ outlook มีค่ามากที่สุด (0.28) ดังนั้นจึงเลือกแอตทริบิวต์ outlook ขึ้นมาเป็นโหนด root ณ ขั้นนี้เราจะเห็นว่าข้อมูลที่อยู่ในโหนดที่แอตทริบิวต์ outlook = overcast มีคลาสเดียวกันหมดคือ play = yes ดังนั้นโหนดนี้ไม่ต้องทำการแตกกิ่งต่อไปอีกแล้ว แต่โหนดอื่น ๆ จะต้องทำการแตกกิ่งออกไปจนข้อมูลในแต่ละโหนดมีคลาสคำตอบเดียวกันโดยจะขอยกตัวอย่างการแตกกิ่งออกจากโหนดที่มีแอตทริบิวต์ outlook = sunny ดัง ภาพประกอบที่ 2.10

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University



ภาพประกอบที่ 2.10 แสดง decision tree เมื่อแตกกิ่งโดยใช้แอตทริบิวต์ humidity

จากภาพประกอบที่ 2.10 จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่อยู่ในโหนด outlook = sunny และ humidity = high มีคลาสเป็น no และ ข้อมูลที่อยู่ในโหนด outlook = sunny และ humidity = normal มีคลาสเป็น yes เมื่อเป็นแบบนี้แล้วก็แสดงว่าสามารถหยุดทำการแตกกิ่งต่อจากโหนดเหล่านี้ได้

จากภาพประกอบที่ 2.10 สามารถคำนวณค่า IG ได้ดังนี้

entropy (parent) = - p(yes) × log_2p(yes) – p(no) × log_2p(no)

= - [0.4 × log_2(0.4) + 0.6 × log_2(0.6)]

= 0.97

entropy (humidity = high) = - p(yes) × log_2p(yes) – p(no) × log_2p(no)

= - [0.0× log_2(0.0) + 1.0 × log_2 (1.0)]

= 0

entropy (humidity = normal) = - p(yes) × log_2p(yes) – p(no) × log_2p(no)

= - [1.0× log_2(1.0) + 0.0 × log_2 (0.0)]

= 0

IG(parent, child) = entropy (parent) – [p(humidity = high) × entropy(humidity = high) + p(humidity = normal) × entropy(humidity = normal)]

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

= 0.97 - [0.60 × 0.0 + 0.40 × 0.0]

= 0.97 – 0.0

= 0.97

ขั้นตอนวิธี J48 หรือ C4.5 (C4.5 Algorithm)

ขั้นตอนวิธีC4.5 เป็นส่วนขยายของขั้นตอนวิธีID3 ถูกพัฒนาโดย Ross Quinlan ใช้ในการสร้างต้นไม้ประกอบการตัดสินใจสำหรับใช้ในการ จำแนกประเภทข้อมูล มีการใช้ค่าเกน (Gain) และค่าคาดคะเนของข้อมูล (Entropy) เช่นเดียวกับ ID3 แต่จะมีส่วนที่ เพิ่มเติมจากขั้นตอนวิธีID3 ที่สำคัญดังนี้

1. สามารถใช้งานได้ทั้งข้อมูลที่มีคุณลักษณะแบบต่อเนื่อง (Continuous) และแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) โดยในส่วนของข้อ มูลแบบต่อเนื่อง ขั้นตอนวิธี C4.5 จะสร้างจุดเริ่ม (Threshold) และแยกคุณลักษณะนั้นออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่มีค่ามากกว่า และน้อยกว่าและเท่ากับค่าที่ใช้ใน การสร้างจุดเริ่ม

2. สามารถใช้กับข้อมูลฝึกสอน (Training Data) ที่ไม่มีค่าของคุณลักษณะ ได้โดยจะทำการทำเครื่องหมายในคุณลักษณะนั้นเป็น “ ? ” และไม่นำค่านั้นมาคำนวณหาค่าคาดคะเนของข้อมูล (Entropy)

3. สามารถใช้งานได้กับ ค่าที่มีความผิดปกติหรือมีความเสียหาย

4. สามารถทำการปรับแต่งต้นไม้ประกอบการตัดสินใจ (Pruning Trees) ในขณะสร้างได้

2.1.5 Webservice

Web Services [8] คือระบบซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมา เพื่อสนับสนุนการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย โดยที่ภาษาที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ คือ XML เว็บเซอร์วิสมีอินเทอร์เฟส ที่ใช้อธิบายรูปแบบข้อมูลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผลได้ ลักษณะการให้บริการของ Web Services นั้น จะถูกเรียกใช้งานจาก application อื่น ๆ ในรูปแบบ RPC (Remote Procedure Call) ซึ่งการให้บริการจะมีเอกสารที่อธิบายคุณสมบัติของบริการกำกับไว้ โดยภาษาที่ถูกใช้เป็นสื่อในการแลกเปลี่ยนคือ XML ทำให้เราสามารถเรียกใช้ Component ใด ๆ ก็ได้ ใน ระบบ หรือ Platform ใด ๆ ก็ได้ บน Protocol HTTP ซึ่งเป็น Protocol สำหรับ World Wide Web หรืออินเทอร์เน็ต อันเป็นช่องทางที่ได้รับการยอมรับทั่วโลกในการติดต่อสื่อสารกันระหว่าง Application กับ Application ในปัจจุบัน

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

ประโยชน์ของ Web Services

1. Web Services ช่วยให้การเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศจากแอปพลิเคชันที่ต่างกันเป็นไปโดยง่าย โดยแอปพลิเคชันนั้น ๆ สามารถเขียนด้วย Java และรันอยู่บน Sun Solaris Application Server หรืออาจจะเขียนด้วย C++ และรันอยู่บน Windows NT หรืออาจะเขียนด้วย Perl และรันอยู่บนเครื่อง Linux ซึ่งมาตรฐานของ Web Service ทำให้อินเทอร์เฟสของแอปพลิเคชันเหล่านี้ ถูกอธิบายโดย WSDL และทำให้อยู่ในมาตรฐานของ UDDI หลังจากนั้น จึงสามารถติดต่อสื่อสารถึงกันโดย XML ผ่าน SOAP อินเตอร์เฟส

2. Web Services สามารถถูกเรียกใช้ภายในองค์กรเองหรือจากภายนอกองค์กร โดยผ่านไฟร์วอล์ ดังนั้นจึงมีองค์กรใหญ่ๆ มากมาย กำลังพัฒนาระบบที่มีอยู่ของตน ให้เข้ากับ Web Services ซึ่งนับเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า เนื่องจาก Web Services สามารถเพิ่มศักยภาพในการทำงานขององค์กร อีกทั้งลดค่าใช้จ่ายในการจัดการทรัพยากรขององค์กรได้อีกทางหนึ่ง

3. นอกจากนั้น Web Services ยังสามารถใช้ร่วมกับ Web Application โดยส่งผ่านข้อมูลทางอินเตอร์เน็ตได้อีกด้วยซึ่งนับเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการติดต่อสื่อสารกับลูกค้าหรือหุ้นส่วน ถึงแม้จะต้องคำนึงถึงระบบรักษาความปลอดภัย และการจัดการรายการของข้อมูลอยู่ก็ตาม แต่ Web Services ได้ใช้มาตรฐานทั่วไปของ internet เรื่องดังกล่าวจึงนับเป็นเรื่องธรรมดาของการสื่อสารผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์

การทำงานของ Web Services ประกอบไปด้วย มาตรฐานหลัก 4 อย่าง ดังนี้

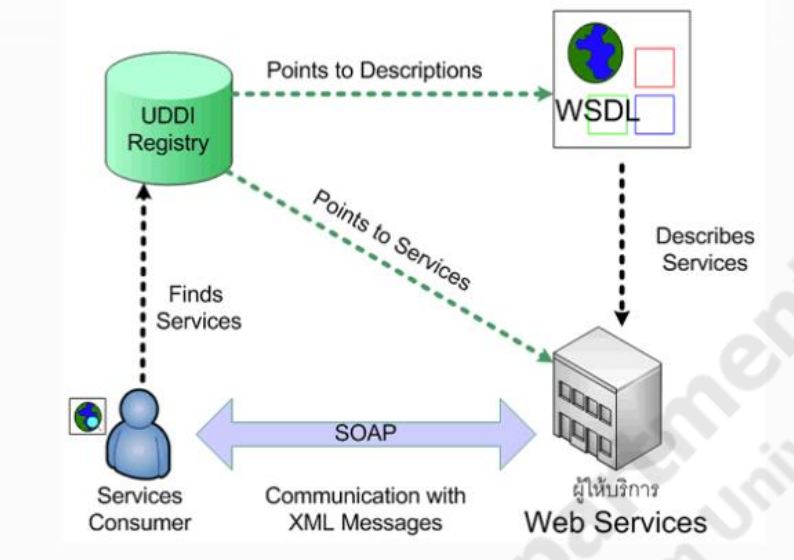
1. XML (Extensible Markup Language) เป็น format ที่จะบอกแหล่างที่มา และรายละเอียดข้อมูลได้

2. SOAP (Simple Object Access Protocol) หรือ REST เป็น protocol ที่ใช้แลกเปลี่ยนข้อมูล

3. WSDL (Web Services Description Language) ใช้ในการอธิบายโครงสร้างของ service ทั้งหมด หรือ คู่มือการใช้งาน

4. UDDI (Universal Description, Discovery, and Integration) เป็นส่วนกลางให้ระบบอื่นมาลงทะเบียนไว้ โดยใช้ WSDL file ทำให้ฝั่ง Client สามารถดึงเอาข้อมูลไปใช้ติดต่อกับ web service ได้

Computer Science Department Faculty of Informatics, Mahasarakham University



ภาพประกอบที่ 2.11 การทำงาน Web Services

ข้อดีของ Webservice [8]

มีมาตรฐานในการใช้งาน

- มีความยืนหยุ่นในการใช้งาน สามารถปรับแต่งตามความต้องการ และใช้งานกันแพร่หลาย
- สามารถทำการ upgrade ได้อัตโนมัติ
- ลดค่าใช้จ่ายในการเชื่อต่อหรือสื่อสาร
- ทำงานได้หลายหลายภาษา
- มีมาตรฐานความปลอดภัยเพียงพอกับองค์กรขนาดใหญ่

2.1.6 RESTful หรือ REST

Representational state transfer [9] หรือ REST คือ การสร้าง Webservice ชนิดหนึ่งที่ใช้สื่อสารกันบน Internet ใช้หลักการแบบ stateless คือไม่มี session ซึ่งต่างจาก webservice แบบอื่น เช่น WSDL และ SOAP การทำงานของ RESTful Webservice จะอาศัย URI/URL ของ request เพื่อค้นหาและประมวลผลแล้วตอบกลับไปในรูป XML,HTML,JSON โดย response ที่ตอบกลับจะเป็นการยืนยันผลของคำสั่งที่ส่งมา และสามารถพัฒนาด้วยภาษา programming ได้หลากหลาย คำสั่งก็จะมีตาม HTTP verbs ซึ่งก็คือ

- GET ทำกการดึงข้อมูลภายใน URI ที่กำหนด
- POST สำหรับสร้างข้อมูล
- PUT ใช้แก้ไขข้อมูล
- DELETE สำหรับลบข้อมูล

Computer Science Department Faculty of Informatics, Mahasarakham University

- และทำงานแบบ Stateless

ข้อดี

- ทำการอยู่บน HTTP และทำตามมาตรฐานของ HTTP จึงทำให้พัฒนาได้ง่าย
- สนับสนุนรูปแบบข้อมูลมากมาย เช่น XML, JSON, Plain Text และอื่น ๆ อีกมากมาย
- รองรับการขยายระบบได้ง่าย
- มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดี
- รองรับเรื่อง caching ข้อมูล

ข้อเสีย

- ทำงานได้เฉพาะ HTTP protocol เท่านั้น
- ไม่มีเรื่องของ security และ reliability มาให้ในตัว ดังนั้นต้องทำเอง
- รูปแบบข้อมูลที่ส่งไปมาระหว่าง client-server ไม่มีข้อจำกัดอะไรเลย

2.1.7 Python

Python [10] คือชื่อภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่ง ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม กล่าวคือสามารถรันภาษา Python ได้ทั้งบนระบบ Unix, Linux , Windows NT, Windows 2000, Windows XP หรือแม้แต่ระบบ FreeBSD อีกอย่างหนึ่งภาษาตัวนี้เป็น OpenSource เหมือนอย่าง PHP ทำให้ทุกคนสามารถที่จะนำ Python มาพัฒนาโปรแกรมของเราได้ฟรีๆโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และความเป็น Open Source ทำให้มีคนเข้ามาช่วยกันพัฒนาให้ Python มีความสามารถสูงขึ้น และใช้งานได้ครบคุมกับทุกลักษณะงาน

โค้ดของ Python ถูกสร้างขึ้นมาจากภาษาซี การประมวลผลจะทำในแบบอินเทอร์พรีเตอร์ คือจะประมวลผลไปทีละบรรทัดและปฏิบัติตามคำสั่งที่ได้รับ Python เวอร์ชันแรกคือเวอร์ชัน 0.9.0 ออกมาเมื่อปี 2533 และเวอร์ชันปัจจุบันคือ 3.8

คุณลักษณะเด่นของภาษา Python

1. สนับสนุนแนวแบบคิด (Object Oriented Programming : OOP)
2. เป็น Open Source
3. โค้ดที่เขียนด้วย Python สามารถนำไปรันบนระบบปฏิบัติการได้หลากหลาย
4. สนับสนุนเทคโนโลยี COM ของ Ms-windows
5. Python รวมมาตรฐานการอินเตอร์เฟส Tkinter ซึ่งสนับสนุนบนระบบ X windows, Ms-windows และ Macintosh การใช้คำสั่ง Tkinter API ช่วยให้โปรแกรมเมอร์ไม่ต้องแก้ไขโค้ดเมื่อนำไปรันบนระบบปฏิบัติการอื่น ๆ
6. เป็น Dynamic typing คือ สามารถเปลี่ยนชนิดข้อมูลได้ง่ายและสะดวก

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

7. มี Buil-in Object Types คือ โครงสร้างของข้อมูลที่สามารถใช้ได้ใน Python ประกอบด้วย ลิสต์, ดิกชันนารี, สตริง ที่ง่ายต่อการใช้งานและมีประสิทธิภาพสูง
8. มีเครื่องมือต่าง ๆ มากมาย เช่น การประมวลผลเท็กซ์ไฟล์ การเรียงข้อมูล การเชื่อต่อสตริง การตรวจสอบเงื่อนไขของข้อความ การแทนคำ เป็นต้น
9. มีมอดูลสำหรับจัดการ Regular Expresion
10. มีมอดูลที่สร้างขึ้นจากนักพัฒนาสนับสนุนมากมาย ได้แก่ COM, Image, CORBA, ORBs, XML เป็นต้น
11. จัดการหน่วยความจำอย่างอัตโนมัติ สามารถจักการพื้นที่หน่วยความจำที่ไม่ต่อเนื่องให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
12. อนุญาตให้ฝังชุดคำสั่งของ Python เอาไว้ภายในโค๊ดภาษา C/C++ ได้
13. อนุญาตให้โปรแกรมเมอร์สร้าง Dynamic Link Libray (DLL) เพื่อใช้ร่วมกับ Python
14. มีมอดูลสนับสนุนเกี่ยวกับเน็ตเวิร์ก โปรเซส เธรด regular, expression, xml, GUI และอื่น ๆ
15. ประกอบด้วยมอดูลสำหรับสร้าง Internet Script และติดต่อกับอินเทอร์เน็ตผ่าน Sockets, และทำหน้าที่
16. สามารถประมาลผมทางด้านวิยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
17. มีฟังก์ชันสนับสนุนฐานข้อมูล เช่น MySQL, Sybase, Oracle, Informix, ODBC และอื่น ๆ
18. มีไลบรารีสนับสนุนด้านการสร้างภาพกราฟฟิก เช่น ทำภาพเบลอ หรือภาพชัด หรือเขียนข้อความบนภาพ ตลอดจนบันถึกไฟล์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ
19. มีไลบรารีสนับสนุนด้านปัญยาประดิษฐ์
20. มีไลบรารีสำหรับสร้างเอกสาร PDF โดยไม่ต้องติดตั้ง Acrobat Writer
21. มีไลบรารีสำหรับสร้าง Shockwaves Flash (SWF) โดยไม่ต้องติดตั้ง Macromedia Flash

2.1.8 InfluxDB

InfluxDB [11] คือ open-source ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของ Time Series Database ที่พัฒนาขึ้นโดย InfluxData ซึ่ง InfluxDB ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา Go เหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูงและการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งจะใช้เป็นที่เก็บข้อมูลสำหรับกรณีการใช้งานใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีการ timestamp เป็นจำนวนมาก เช่น การวัดอัตราการเต้นหัวใจ การทำงานของข้อมูลเซ็นเซอร์ Internet of Things (IoT) และการวิเคราะห์แบบเรียลไทม์ การใช้

Computer Science Department Faculty of Informatics, Mahasarakham University

InfluxDB ในการเก็บข้อมูลจะทำให้เราสามารถประหยัดเนื้อที่ได้มากยิ่งขึ้น ด้วยการกำหนดค่า InfluxDB เพื่อเก็บข้อมูลไว้เป็นระยะเวลาที่กำหนดโดยอัตโนมัติ เมื่อหมดอายุจะสามารถลบข้อมูลที่ไม่ต้องการออกจากระบบได้ InfluxDB ยังมีภาษาแบบสอบถามคล้าย SQL สำหรับการโต้ตอบกับข้อมูล อีกทั้ง InfluxDB ยังสนับสนุนการประมวลผลข้อมูลจาก Graphite การใช้งาน InfluxDB สามารถจัดเก็บข้อมูล จัดเก็บการตรวจสอบการแสดงภาพและการแจ้งเตือนข้อมูลชุดข้อมูลตามเวลา รูปแบบข้อมูล InfluxDB ค่อนข้างแตกต่างจากรูปแบบอื่น ๆ เช่น Graphite, RRD หรือ OpenTSDB โดย InfluxDB มีโปรโตคอลในการส่งข้อมูลของ Time series database

Time series database (TSDB) โดยทั่วไปแล้วข้อมูลที่ได้ถูกรวบรวมจะถูก timestamp และจัดการด้วยวิธีแบบหลายในช่วงเวลา ซึ่ง Time series database (TSDB) เปรียบได้เสมือนระบบจัดการข้อมูลในช่วงของเวลา โดยจะมีการเก็บข้อมูลสถานะของเวลาหนึ่งที่มีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องที่ทำจากแหล่งเดียวกันในช่วงเวลานั้น ซึ่งจะทำให้ได้เห็นการเปลี่ยนแปลง โดยที่วัตถุนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การวัดในรูปแบบของ Time series database นั้นจะมีการวัดในลักษณะเหตุการณ์ที่ติดตาม , ตรวจสอบ, สุ่มตัวอย่างและรวบรวมข้อมูลตามเวลา ซึ่งจะสามารถพบได้ในการนำไปใช้กับ การวัดอัตราการเต้นหัวใจ , ข้อมูลการทำงานของเซนเซอร์ , การซื้อขายในตลาดหุ้น , การขนส่งที่ตอบสนองการส่งมอบในวันเดียวกันอย่างรวดเร็ว การเก็บข้อมูลในหน่วยของ CPU และการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ของ Internet of Things (IoT) เป็นต้น

2.2 อุปกรณ์ LoRa

Board ESP32 [12] มี Interface WiFi ,BLE low-power Bluetooth และสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายผ่าน โปรแกรม Arduino IDE ซึ่งมี Free Libraries ทั้งยังมีตัวอย่าง Code อยู่มากมายใน Internet ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

ESP32 ถูกพัฒนาต่อจาก ESP8266 โดยเพิ่มความสามารถหลายๆด้านให้เหนือกว่า ESP8266 ที่เห็นได้ชัด คือ มีพอร์ต DAC , Blutooth และยังมีเซ็นเซอร์ติดมากับตัวบอร์ด นั้นก็คือเซ็นเซอร์สัมผัส เซ็นเซอร์อุณหภูมิ และเซ็นเซอร์วัดคลื่นแม่เหล็กรบกวน แต่ ESP32 ไม่สามารถเขียน Code แบบอนาล็อค PWM เหมือน ESP8266 ได้ เช่น analogWrite (5, 1023);

- **MicroPython-ESP32** รองรับการใช้งานพื้นฐานภาษา Python ส่วนใหญ่ได้ รองรับการจัดการ WiFi การเชื่อมต่อต่างๆ ของ ESP32
- **Espruino on ESP32** ใช้ภาษา JavaScript ในการสั่งงานและรองรับการเขียนโปรแกรมแบบ Text
- **ภาษาบล็อก (Block) และ LuaNode** ก็รองรับคำสั่งที่ใช้บน Lua จริง ๆ แทบทุกคำสั่ง และรองรับการควบคุม WiFi ได้เต็มรูปแบบ

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

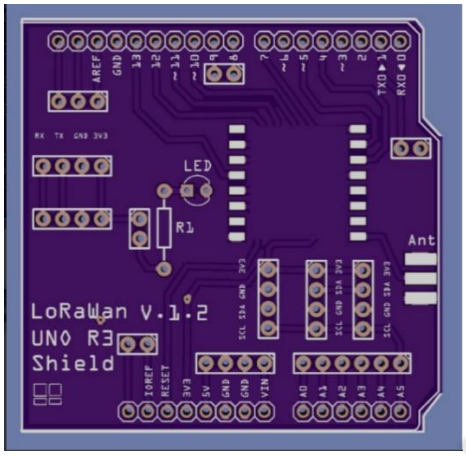
จาก Spec จะเห็นว่ามันก็คืออุปกรณ์ ESP32 ที่มี WiFi และ Bluetooth แต่เพิ่ม Module การสื่อสาร LoRa SX1276 แถม Board ตัวนี้ยังต่อจอขนาด OLED 0.96 นิ้ว มาให้ในตัวอีกด้วย

อุปกรณ์ LoRaWAN Shield V.1.2

ภาพประกอบที่ 2.12 LoRaWAN Shield V.1.2

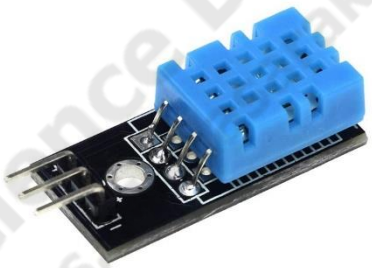
LoRaWAN Shield V.1.2 [13] เป็น Shield ซึ่งไม่สามารถทำงานได้ จำเป็นต้องใช้ร่วมกับ MCU Arduino UNO R3 เท่านั้นและโดยให้โปรแกรมที่ Arduino UNO R3 เพื่อสั่งให้ทำงาน เหมาะกับใช้ในการเรียน การสอน หรือศึกษาการทำงาน LoRaWan ระยะทางการส่งหากไม่มีอะไรบังทดสอบได้ไม่ต่ำกว่า 5 กม. ที่กำลังส่ง 25mW สามารถนำไปวางซ้อนบน Arduino UNO R3 และโหลดโปรแกรม เพื่อทำเป็น Node ของ LoRaWan สามารถใช้ Sketch Generator เพื่อสร้าง Sketch .ino โดยให้แก้ตัวเลข Lmic Pins

แถมเสาอากาศ ใช้ได้ทันทีกับ Sketch ที่สร้างจาก Sketch Generator หากไม่ต้องการให้ LED ติดเพื่อประหยัดพลังงานให้ดึง Jumper ออก ให้ใช้กำลังส่งต่ำกว่า 50mW ตามกฎหมายกำหนด Sketch ที่ Gen ตั้งไว้ตามกฎหมายอยู่แล้วที่ 14dBm ไม่ควรปรับแก้



ภาพประกอบที่ 2.13 แผงวงจร

อุปกรณ์เซนเซอร์ DHT11



ภาพประกอบที่ 2.14 DHT11

DHT11 [14] โมดูลหรือเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ที่ ใช้งานง่ายและสามารถใช้งานกับ Arduino Uno R3 ได้ ซึ่งจะมีอยู่สองแบบ คือแบบที่มาเป็นโมดูลกับแบบที่มีแต่เซ็นเซอร์มาให้อย่างเดียว โดยการรับส่งข้อมูลจาก DHT11 นั้นจะใช้สายสัญญาณเส้นเดียวกันและเป็นสัญญาณแบบดิจิตอลใช้แรงดันไฟฟ้า 3 ถึง 5V เหมาะสำหรับวัดอุณหภูมิ 0-50°C โดยมีความผิดพลาดในการวัดไม่เกิน ±2°C

Computer Science Department
Faculty of Informatics
Mahasarakham University

อุปกรณ์เซนเซอร์ HC-SR501

ภาพประกอบที่ 2.15 Motion Sensor Module (HC-SR501)

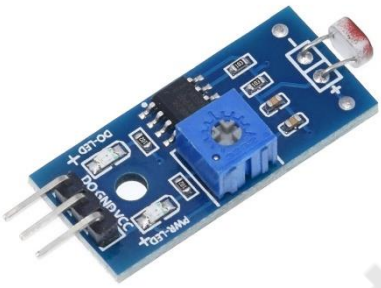
PIR เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว Motion Sensor Module HC-SR501 [15] ตรวจจับความเคลื่อนไหวจากความร้อน เมื่อมีคนเดินผ่านก็จะจับค่าความร้อนที่เปลี่ยนแปลง แล้วส่งค่าสัญญาณมีไฟออกมา เราสามารถนำค่านี้ไปสั่งควบคุม Arduino ได้ สามารถปรับเวลาหน่วงเวลาในการตรวจจับครั้งต่อไปได้ ปรับระยะทางการตรวจจับได้ 3-7 เมตร มีช่องให้ต่อ LDR เพิ่ม เพื่อให้ทำงานตรวจจับแค่ตอนกลางคืน ขา OUT จะให้เอาต์พุตออกมาในรูปของดิจิตอล สามารถปรับลักษณะของสัญญาณขาออกได้จากการเปลี่ยนจั้มเปอร์ มีรูปแบบสัญญาณเอาต์พุต 2 แบบ คือ

- สัญญาณแบบคลื่นพัลส์ต่อเนื่อง
- สัญญาณลอจิก 1 ค้างไว้ จนกว่าจะไม่สามารถจับความเคลื่อนไหวได้ จึงจะกลับมาเป็นลอจิก 0

ปุ่มปรับ Delay Time Adjust ใช้ปรับการหน่วงเวลาตรวจจับ หากปรับไวมาก จะทำให้ค้างสถานะ 1 ไว้นาน เนื่องจากการตรวจจับไม่ให้ผลแบบทันทีทันใด เมื่อตรวจจับพบ จะให้สถานะทางเอาต์พุตเป็น 1 ค้างไว้ เวลาที่ค้างไว้ขึ้นอยู่กับการปรับ Delay Time Adjust เมื่อหมดเวลาจึงตรวจจับอีกครั้ง หากตรวจจับไม่เจอก็จะให้สถานะเป็น 0 แต่หากจับเจอ จะค้างสถานะ 1 ไว้

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

อุปกรณ์เซนเซอร์ LDR Photoresistor Sensor Module



ภาพประกอบที่ 2.16 LDR Photoresistor Sensor Module

เซนเซอร์วัดความสว่างความเข้มแสง LDR Photoresistor Sensor Module [16] โมดูลเซนเซอร์แสง โดยใช้เซนเซอร์ แอลดีอาร์ ในการตรวจจับ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจะทำให้ความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามโมดูลนี้ให้สัญญาณออกมาเป็นแบบดิจิตอลและanalogสามารถปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ ว่าจะให้สว่างเท่าใดจึงจะส่งค่าเอาต์พุตออกมา ได้ตามต้องการ

อุปกรณ์เซนเซอร์ Ultrasonic Sensor Module (HC-SR04)

ภาพประกอบที่ 2.17 Ultrasonic Sensor Module (HC-SR04)

Ultrasonic Sensor Module (HC-SR04) [17] โมดูลอัลตร้าโซนิคเป็นโมดูลที่ถูกใช้ในงานด้านการตรวจหาวัตถุ, หลบสิ่งกีดขวาง หรือวัดระยะทาง ฯลฯ โดยมีหลักการเบื้องต้นคือ ใช้การจับเวลาใน

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University

การเดินทางของคลื่นเสียงจากจากตัวส่ง ตกกระทบยังวัตถุ แล้วสะท้อนกลับมายังตัวรับ แล้วนำมาคำนวณออกมาเป็นระยะทาง

HC-SR04 เป็นโมดูลอัลตร้าโซนิคยอดนิยมโมดูลหนึ่ง มีความสามารถวัดระยะได้อย่างแม่นยำ ใช้งานง่าย เพียงทำการส่งสัญญาณลอจิก High เข้าไปที่ขา Trig Input เป็นเวลาอย่างน้อย 10 us สักครู่หนึ่ง ขา Out ก็จะตอบสนองเอาท์พุตลอจิก High ออกมา โดยมีช่วงเวลาที่สัมพันธ์กับระยะทางที่คลื่นสะท้อนวัตถุกลับมา อย่างไรก็ตาม หากวัตถุอยู่นอกเหนือขอบเขตที่ตรวจจับได้ ความกว้างสัญญาณที่ส่งกลับจะมีค่า 38 ms ทำงานที่แรงดัน 5V และความถี่คลื่นอัลตร้าโซนิค 40 KHz

Computer Science Department
Faculty of Informatics, Mahasarakham University