Internet of Things Platform – An Essential Foundation for Creating Digital Innovation
แพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ฐานรากสำคัญสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมดิจิทัล

พนิตา พงษ์ไพบูลย์ เอมอัชนา นิรันตสุขรัตน์ กุลชาติ มีทรัพย์หลาก
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

บทคัดย่อ

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งหรือ IoT เป็นเทคโนโลยีที่ต้องผสมผสานทักษะการพัฒนาทั้งด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และการสื่อสาร บริการ IoT Platform เป็นเสมือนโครงสร้างพื้นฐานที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้นักพัฒนาสามารถสร้างสรรค์ผลงานด้าน IoT ได้อย่างรวดเร็ว ลดภาระการติดตั้งดูแลระบบสื่อสาร ระบบเซิร์ฟเวอร์ หรือฐานข้อมูลใดๆ บทความนี้อธิบายหลักการทำงานและองค์ประกอบพื้นฐานของ IoT Platform ในท้องตลาด และนำเสนอ NETPIE IoT Platform ที่พัฒนาและให้บริการโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ บริการแพลตฟอร์ม NETPIE กระตุ้นให้เกิดการสร้างสรรค์พัฒนา IoT ขึ้นภายในประเทศ นำไปสู่การสร้างขีดความสามารถและความเข้มแข็งด้าน IoT ให้กับประเทศไทย

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คลาวด์ แพลตฟอร์ม เน็ตพาย

Abstract

Internet of Things (IoT) cloud platforms are revolutionizing businesses and are gaining rapid adoption. IoT cloud platforms relieve a burden of server and database provisioning, and offer a ready-to-use software infrastructure and services necessary to enable IoT solutions. By providing back-end as a service as an alternative to building and managing IoT back-end from scratch, IoT cloud platforms let IoT solution providers focus their effort solely on their devices and applications, hence shortening their time to market. This paper discusses necessary components of an IoT platform and proposes NETPIE, an IoT platform developed and serviced by NECTEC.

Keywords: Internet of Things, IoT, Cloud Computing, Platform as a service, MQTT, NETPIE

บทนำ

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือ Internet of Things (IoT) เป็นเทรนด์ที่เติบโตอย่างรวดเร็วทั่วโลก และมีการพัฒนาวิทยาการมากมายเพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกอย่างเข้าด้วยกัน IoT ได้รับประโยชน์โดยตรงจากการเติบโตของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง เทคโนโลยีการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ และเทคโนโลยีการประมวลผลแบบคลาวด์ IoT เป็นการเชื่อมต่อโลกแห่งความจริงเข้าสู่โลกไซเบอร์ (Cyber-physical System) ซึ่งตลาดและผู้นำของเทคโนโลยี IoT จะไม่ได้อยู่ในซีกโลกตะวันตกอีกต่อไป ทุกประเทศมีโอกาสแข่งขันในเทคโนโลยีนี้เท่าๆ กัน เนื่องจาก IoT เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ต้องลงทุนสูง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันมีสมรรถภาพสูงในราคาที่ทุกคนเข้าถึงได้ ดังนั้นจึงเป็นโอกาสของผู้พัฒนาชาวไทยและประเทศไทยที่จะเข้ามามีบทบาท ไม่ใช่ในฐานะผู้ใช้เท่านั้น แต่ยังสามารถมีส่วนกำหนดทิศทาง สร้างนวัตกรรม บริการ ผลิตภัณฑ์หรือมาตรฐานใหม่ เพื่อก้าวขึ้นไปเป็นผู้นำด้าน IoT ของโลกได้

IoT เป็นเทคโนโลยีที่ต้องผสมผสานทักษะการพัฒนาทั้งด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และการสื่อสาร แม้ว่าประเทศไทยมีศักยภาพสูงในด้านการพัฒนาอุปกรณ์ไฟฟ้า ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และสมองกลฝังตัว และมีอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ที่เข้มแข็ง แต่บุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์นั้นมีจำนวนจำกัด อันเนื่องมาจากหลักสูตรการศึกษาที่แยกกันในอดีต จากเหตุผลดังกล่าวศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติจึงได้พัฒนาบริการพื้นฐานสำหรับการเชื่อมต่อของสรรพสิ่ง หรือบริการแพลตฟอร์ม IoT ในชื่อ NETPIE เพื่ออำนวยความสะดวกให้นักพัฒนาฮาร์ดแวร์ได้ทำในสิ่งที่ตัวเองถนัด นั่นคือพัฒนาอุปกรณ์ โดยไม่ต้องกังวลเรื่องการติดตั้งดูแลระบบสื่อสาร ระบบเซิร์ฟเวอร์ หรือฐานข้อมูลใดๆ ในขณะเดียวกันแพลตฟอร์มนี้ยังช่วยให้นักพัฒนาซอฟต์แวร์เข้าถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้ง่ายขึ้น ผ่านไลบรารี่สำเร็จรูปที่แพลตฟอร์มเตรียมไว้ให้ ดังนั้นบริการแพลตฟอร์ม NETPIE จึงเป็นเสมือนสะพานเชื่อมระหว่างนักพัฒนาฮาร์ดแวร์และนักพัฒนาซอฟต์แวร์ เพื่อนำไปสู่การสร้างขีดความสามารถและความเข้มแข็งด้าน IoT ให้กับประเทศไทย

บทความนี้ จะแนะนำองค์ประกอบของระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คุณลักษณะและประเภทของแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT Platform) และอธิบายหลักการทำงานของ NETPIE ซึ่งเป็น IoT Platform สัญชาติไทยที่พัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ และกล่าวถึงสถานะการให้บริการ การประยุกต์ใช้งาน และเปรียบเทียบความสามารถกับแพลต์ฟอร์มอื่นในตลาด

องค์ประกอบของระบบ Internet of Things (IoT)

IoT มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนหลักได้แก่

1) **อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์** ซึ่งอาจมาในรูปแบบของคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต อุปกรณ์สมองกลฝังตัว (embedded device) หรืออุปกรณ์เซนเซอร์ต่างๆ
2) **การสื่อสาร**เพื่อเชื่อมโยงอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ในข้อ 1 ให้สื่อสารกันได้ การสื่อสารในที่นี้อาจผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสาธารณะหรือเป็นการสื่อสารภายในเครือข่ายส่วนตัว ทางเลือกในการเชื่อมต่อเครือข่ายมีตั้งแต่ระบบ LAN แบบเดินสาย ไปจนถึงการสื่อสารแบบไร้สาย ไม่ว่าจะเป็น 3G/4G WiFi Bluetooth Zigbee Z-Wave Lora ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดด้าน ระยะทางสื่อสาร อัตรารับส่งข้อมูล และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน
3) **ระบบเซิฟเวอร์หลังบ้าน** (Backend Server) ส่วนนี้คือระบบเบื้องหลังที่จัดการการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ดูแลการส่งต่อข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง ดูแลเรื่องความปลอดภัยของการสื่อสาร การตรวจสอบสิทธิ์ รวมถึงการจัดการ Library หรือ API เพื่ออำนวยความสะดวกในการพัฒนา IoT Application **ระบบหลังบ้านของ IoT นี้เองคือหัวใจของบริการ IoT Platform**

IoT Platform คืออะไร

IoT Platform คือส่วนสำคัญในระบบเซิฟเวอร์หลังบ้านซึ่งเป็นองค์ประกอบข้อ 3 ของระบบ IoT IoT Platform เป็นบริการที่อำนวยความสะดวกให้กับนักพัฒนาหรือผู้ประกอบธุรกิจ IoT ไม่ต้องจัดซื้อ ไม่ต้องติดตั้งระบบ ไม่ต้องดูแลเรื่องเซิฟเวอร์หลังบ้านเอง IoT Platform ช่วยลดขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ IoT และลดภาระให้กับบริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ IoT

ปัจจุบันมีผู้ให้บริการแพลตฟอร์มสำหรับการสื่อสารเชื่อมโยงอุปกรณ์ IoT เข้าด้วยกันและให้บริการเครื่องมือและระบบหลังบ้านเพื่ออำนวยความสะดวกต่อการพัฒนาแอปพลิเคชั่น IoT มากกว่า 450 รายทั่วโลก [3]

แพลตฟอร์มแต่ละบริการมีจุดเด่น และลักษณะการให้บริการที่แตกต่างกัน การศึกษาจุดเด่นและข้อจำกัดของแต่ละบริการของแพลตฟอร์มจึงเป็นสิ่งจำเป็น สำหรับนักพัฒนาที่จะเลือกใช้บริการได้เหมาะสมกับงานและความต้องการของตน

องค์ประกอบและคุณลักษณะของ IoT Platform

องค์ประกอบพื้นฐานที่ทุก IoT Platform ต้องมีคือการจัดการการเชื่อมต่อ (Connectivity Management) อย่างไรก็ตาม IoT Platform ในตลาดส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบฎื่นเพิ่มเติมเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ อาทิ การจัดการอุปกรณ์ (Device Management) การเก็บข้อมูล การแสดงผลข้อมูลแบบกราฟฟิก การวิเคราะห์ข้อมูล เราสามารถจำแนกองค์ประกอบที่สำคัญของ IoT Platform ได้ 7 ส่วน ทั้งนี้ IoT Platform ที่มีในตลาดอาจมีไม่ครบทุกองค์ประกอบก็ได้

1. การจัดการการเชื่อมต่อ (Connectivity Management)

คือส่วนจัดการการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ IoT เป็นส่วนที่ดูแลจัดการเมื่ออุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายครั้งแรก หรือเมื่อการเชื่อมต่อหลุดไป หรือเมื่ออุปกรณ์มีการเคลื่อนย้ายเครือข่าย เปลี่ยน IP address แพลตฟอร์มจะต้องดูแลให้การรับส่งข้อมูลเป็นไปอย่างต่อเนื่องราบรื่น

2. การจัดการอุปกรณ์ (Device Management)

คือส่วนที่บริหารจัดการว่ามีอุปกรณ์ใดได้รับสิทธิให้เชื่อมต่อกับแพลตฟอร์มบ้าง มีการยืนยันตัวตนของอุปกรณ์เพื่อป้องการการลักลอบใช้งานของอุปกรณ์ที่ไม่ได้รับอนุญาต (Authentication) มีการจัดการว่าอุปกรณ์ใดมีสิทธิสื่อสารกับอุปกรณ์ใดบ้าง (Authorization) และระบุรายละเอียดของสิทธิในระดับการอ่านหรือเขียนและระบุหัวข้อที่ได้รับอนุญาตอ่านหรือเขียน (Access Control)

3. การสร้างกฎเกณฑ์เงื่อนไข (Rule Engine)

คือส่วนที่อนุญาตให้ผู้ใช้สร้างกฎเกณฑ์ เงื่อนไขว่าเมื่อมีเหตุการณ์หรือข้อมูลนี้เกิดขึ้นให้ดำเนินการอย่างไรต่อ กลไกนี้สามารถนำข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ หรือข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูลมาประมวลผลในฝั่งแพลตฟอร์ม เมื่อพบเหตุการณ์ตรงตามเงื่อนไข สามารถส่งการแจ้งเตือน หรือส่งคำสั่งควบคุม หรือบันทึกข้อมูลพิเศษ ตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ เช่น เมื่อเซนเซอร์ GPS พบว่าอุปกรณ์ขยับออกนอกบริเวณบ้านให้ส่งคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดในบ้าน

4. การจัดเก็บข้อมูล (Data Storage)

คือส่วนเก็บข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่จัดเก็บอาจเป็นการบันทึกค่าของเซนเซอร์ตามช่วงเวลา หรืออาจเป็นไฟล์ข้อมูลหรือข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลจาก Rule Engine แล้ว รูปแบบการเก็บข้อมูลเป็นได้ทั้งฐานข้อมูล ไฟล์ข้อมูล ส่วนเก็บข้อมูลของ IoT Platform จำเป็นต้องออกแบบเพื่อรองรับข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) ที่มีข้อมูลหลากหลายรูปแบบไหลเข้าตลอดเวลา เทคโนโลยีฐานข้อมูลที่ใช้เป็นได้ทั้งแบบ SQL และ noSQL นอกจากนี้ส่วนเก็บข้อมูลควรเป็นลักษณะกระจายตัว (Distributed Storage) เพื่อกระจายภาระการจัดเก็บข้อมูลจำนวนมากและเพื่อทนทานต่อความผิดพลาด

5. การแสดงผลข้อมูล (Data Visualization)

คือส่วนที่นำข้อมูลดิบมาแสดงผลในรูปแบบที่มนุษย์เข้าใจได้ง่าย อาจเป็นการแสดงผลในรูปแบบกราฟ แผนที่ ข้อความ หรือ กราฟฟิกอื่นๆ ข้อมูลที่นำมาแสดงอาจเป็นข้อมูลดิบ ณ เวลานั้น หรือชุดข้อมูลย้อนหลัง หรือข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลจาก Rule Engine หรือ Data Analytics แล้ว นอกจากนี้ การทำ Visualization ยังหมายความรวมถึง GUI ที่ใช้ส่งคำสั่งควบคุมไปยังอุปกรณ์ IoT ได้ด้วย IoT Platform ที่ดีควรมี Data Visualization ที่ยืดหยุ่นให้ผู้ใช้ปรับแต่งจัดวางองค์ประกอบได้เอง และควรแสดงผลได้ดีบนอุปกรณ์หลากหลายรูปแบบ ทั้งบนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพา

6. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analytics)

คือส่วนที่นำข้อมูลดิบที่จัดเก็บใน Data Storage มาวิเคราะห์ต่อให้กลายเป็นองค์ความรู้ เพื่อเรียนรู้ความสัมพันธ์ เรียนรู้พฤติกรรม หรือเพื่อวิเคราะห์ต้นเหตุของปัญหา หรือเพื่อแนะนำทางเลือกเพื่อช่วยในการตัดสินใจ หรือเพื่อคาดการณ์ความผิดปกติล่วงหน้า เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล IoT เป็นได้ทั้งการวิเคราะห์แบบ Deep Learning, Data Clustering, Anomaly Detection, Trend Forecast

7. การเชื่อมต่อกับระบบภายนอก (External Interfaces)

เพื่อให้ระบบหรืออุปกรณ์ IoT ทำงานร่วมกับระบบภายนอกอื่นได้ IoT Platform ควรจัดให้มีมีช่องทางนำเข้าและส่งออกข้อมูลผ่านทาง Application Programming Interface (API) หรือ Software Development Kit (SDK) หรือ Libraries ตัวอย่างเช่น เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลเข้ากับโปรแกรมวางแผนทรัพยากรของหน่วยงาน (ERP) หรือเพื่อสื่อสารกับอุปกรณ์ IoT ที่อยู่บน IoT Platform อื่น

8. องค์ประกอบอื่นๆ

ในบางแพลตฟอร์มอาจมีความสามารถอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น การสร้างรายงานในรูปแบบ .csv .json การอัพโหลดเฟิร์มแวร์เข้าอุปกรณ์ IoT ผ่านเครือข่าย (over-the-air update) หรือแม้กระทั่งเครื่องมือช่วยสร้างแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน เพื่อควบคุมอุปกรณ์ IoT

การแบ่งประเภทของ IoT Platform

ปัจจุบันหลายบริการเรียกตัวเองว่าเป็น IoT Platform อย่างไรก็ตามแต่ละบริการมีคุณลักษณะ และมุมมองการให้บริการที่แตกต่างกันมาก บางแพลตฟอร์มเน้นที่การวิเคราะห์ข้อมูล บางแพลตฟอร์มเน้นการให้บริการ Visualization บางแพลตฟอร์มเน้นรองรับอุปกรณ์ IoT เฉพาะด้าน เช่นแพลตฟอร์มสำหรับ Smart Home ดังนั้นการแบ่งประเภทและจัดหมวดหมู่ของ IoT Platform สามารถทำได้ในหลายมุมมอง ดังนี้

1. มุมการประยุกต์ใช้งาน (Solution Platform vs. Generic Platform)

IoT Platform มีทั้งแบบที่เป็นแพลตฟอร์มที่รองรับการใช้งานเฉพาะด้าน เช่น Smart Home Platform, Smart City Platform, Industrial IoT Platform, Connected Car Platform และแพลตฟอร์มที่รองรับการใช้งานทั่วไป คือมีฟังก์ชั่นพื้นฐานกว้างๆ ให้นักพัฒนานำไปเลือกใช้เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชั่นเฉพาะด้านเอง

แพลตฟอร์มเฉพาะด้านเป็นแนวคิดที่มีมานานแล้ว เป็นแนวคิดการพัฒนาแนวตั้ง (Vertical Platform) คือ ให้บริการแพลตฟอร์มที่ตอบโจทย์แต่ละด้านอย่างสมบูรณ์ เช่นถ้าเป็น smart home platform ก็ออกแบบมารองรับอุปกรณ์ Smart Home รองรับมาตรฐานการสื่อสารในบ้านโดยเฉพาะ มี Dashboard ควบคุมที่ออกแบบมาโดยคำนึงถึงความต้องการของเจ้าของบ้านโดยเฉพาะ

ในขณะที่แพลตฟอร์มที่รองรับการใช้งานทั่วไป จะรองรับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไป มีฟังก์ชั่นการเรียกใช้งานแบบพื้นฐานเช่น รับส่งเก็บข้อมูล ฟังก์ชั่นแสดงผลก็เป็นแบบพื้นฐาน เช่น ปุ่ม กราฟ ที่ต้องไปปรับแต่งต่อโดยผู้พัฒนาหรือผู้ที่จะสร้าง solution

2. มุมการให้บริการแบบแพลตฟอร์มสาธารณะ (Public Platform) vs. แพลตฟอร์มส่วนตัว (Private Platform)

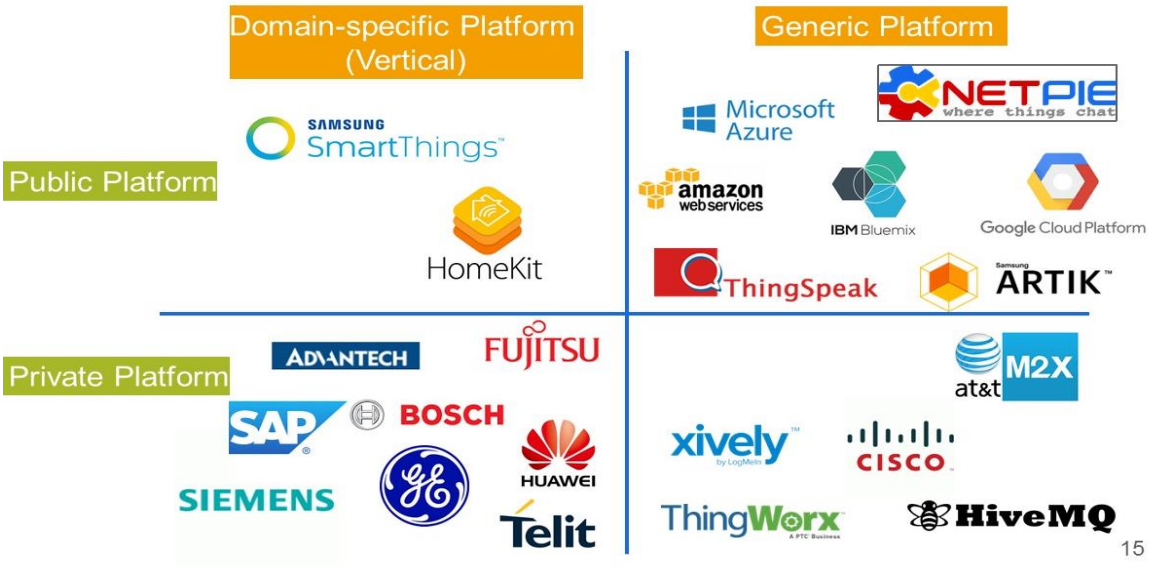
แนวคิดการให้บริการแพลตฟอร์มสาธารณะและแพลตฟอร์มส่วนตัว มีที่มาจากรูปแบบการให้บริการคลาวด์สาธารณะและบริการคลาวด์ส่วนตัว ความหมายของแพลตฟอร์มสาธารณะ คือแพลต์ฟอร์มที่ผู้ใช้ทุกคนใช้ทรัพยากรของคลาวด์หรือเซิฟเวอร์ร่วมกัน โดยเบื้องหลังผู้ให้บริการแพลตฟอร์มเป็นผู้จัดการขอบเขตสิทธิ์ไม่ให้การใช้บริการของผู้ใช้รายหนึ่งส่งผลกระทบต่อผู้ใช้รายอื่น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด บริการลักษณะนี้จึงมีค่าบริการที่ต่ำและส่วนใหญ่คิดค่าบริการตามการใช้งานจริง (pay-per-user)

แพลตฟอร์มส่วนตัวหมายถึงแพลตฟอร์มที่มีการกำหนดของเขตทรัพยากรของผู้ใช้แต่ละรายออกจากกัน เช่น แยกเซิฟเวอร์ แยกพื้นที่ดิสก์ แยกแบนด์วิดท์ที่ให้บริการลูกค้าแต่ละราย แพลตฟอร์มส่วนตัวอาจให้บริการบนเครื่องเซิฟเวอร์ภายในองค์กรของลูกค้า เรียกว่าบริการแบบ On-Premise หรือให้บริการบนเครื่องเซิฟเวอร์ที่แยกต่างหากภายในคลาวด์ที่ผู้ให้บริการดูแลให้ เรียกว่าบริการแบบ Off-Premise การให้บริการแพลตฟอร์มส่วนตัวต้องจัดสรรและดูแลทรัพยากรแยกออกมา จึงมีต้นทุนการให้บริการสูงกว่าบริการลักษณะแพลตฟอร์มสาธารณะ

เมื่อนำทั้งสองมุมมองมาพิจารณาร่วมกันจะสามารถแบ่ง IoT Platform ออกเป็น 4 กลุ่มย่อย คือ

1) **แพลตฟอร์มสาธารณะ สำหรับการประยุกต์ใช้งานเฉพาะด้าน** -- แพลตฟอร์มในกลุ่มนี้มีไม่มาก ตัวอย่างทั้ง Samsung SmartThings และ Apple HomeKit เป็นแพลตฟอร์มสาธารณะสำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoT ภายในบ้าน (Smart Home Platform) โดยแพลตฟอร์มทั้งสองอาศัยความเป็นแพลตฟอร์มสาธารณะ ดึงดูดให้อุปกรณ์ Smart Home ยี่ห้อต่างๆ เข้ามามีส่วนร่วม เสมือนเป็นการสร้างมาตรฐานการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ต่างยี่ห้อ
2) **แพลตฟอร์มสาธารณะ สำหรับการประยุกต์ใช้งานทั่วไป** -- แพลตฟอร์มในกลุ่มนี้ มีทั้งที่ให้บริการโดยบริษัทข้ามชาติขนาดใหญ่และบริษัท Startup สำหรับบริษัทขนาดใหญ่ที่ให้บริการแพลตฟอร์มสาธารณะมักมีพื้นฐานมาจากการเป็นผู้ให้บริการ Cloud Infrastructure มาก่อน และการมี Cloud Infrastructure เป็นของตนเองก็เป็นข้อได้เปรียบ ทำให้มีบริการเสริมได้หลากหลายมากกว่าแพลตฟอร์มที่ให้บริการโดยบริษัท Startup แพลตฟอร์มในกลุ่มนี้ได้แก่ Microsoft Azure IoT Hub, AWS IoT, IBM Watson IoT, NETPIE เป็นต้น

3) **แพลตฟอร์มส่วนตัว สำหรับการประยุกต์ใช้งานเฉพาะด้าน** -- แพลตฟอร์มในกลุ่มนี้มีจำนวนมากที่สุด บางครั้ง ไม่อาจเรียกว่าแพลตฟอร์มเพราะเป็นการขายทั้ง Solution ที่รวมทั้งอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ แพลตฟอร์ม และแอปพลิเคชั่นสำเร็จรูป ตัวอย่างเช่น แพลตฟอร์มในกลุ่ม Industrial IoT เช่น Advantech, Bosch, Siemens แพลตฟอร์มในกลุ่ม Smart City เช่น Huawei
4) **แพลตฟอร์มส่วนตัว สำหรับการประยุกต์ใช้งานทั่วไป** -- แพลตฟอร์มในกลุ่มนี้บางรายเคยเป็นแพลตฟอร์มสาธารณะที่ให้บริการแก่นักพัฒนาทั่วไปมาก่อนที่จะมาเปลี่ยนมาให้บริการแพลตฟอร์มส่วนตัวระดับ Enterprise เช่น Xively บางแพลตฟอร์มเป็นลักษณะการขาย License Software มาติดตั้งใช้งานที่เซิฟเวอร์ของลูกค้า เช่น Thingworx HiveMQ และ Cisco Jasper



15

รูปภาพที่ 1 *การจัดกลุ่มของ IoT Platform จำแนกตามความเป็นแพลตฟอร์มสาธารณะหรือแพลตฟอร์มส่วนตัว และ การรองรับการใช้งานทั่วไปหรือเฉพาะด้าน พร้อมตัวอย่าง IoT Platform ในแต่ละกลุ่ม*

NETPIE IoT Platform

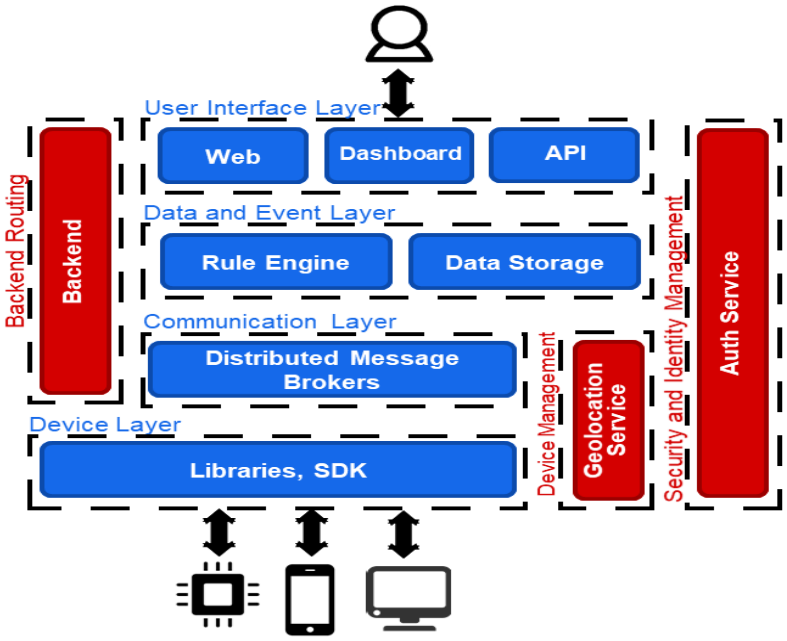
NETPIE คือ IoT Platform สำหรับอำนวยความสะดวกให้กับนักพัฒนา ช่วยดูแลการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ ช่วยดูแลเรื่องความปลอดภัย (Security) ความพร้อมใช้ (Availability) และการขยายตัวของระบบ (Scalability) นักพัฒนาจึงไม่ต้องกังวลเรื่องการบริหารจัดการระบบและการสื่อสารที่อยู่เบื้องหลัง ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ เปิดให้บริการ NETPIE ต่อสาธารณะตั้งแต่ 16 กันยายน 2558 NETPIE IoT Platform เป็นแพลตฟอร์มในกลุ่มแพลตฟอร์มสาธารณะสำหรับการประยุกต์ใช้งานทั่วไป (Generic Public IoT Platform) ประเภทเดียวกับ Amazon AWS IoT, Microsoft Azure IoT. Thingspeak และ Blynk

หลักการออกแบบและพัฒนา NETPIE

NETPIE เป็นระบบกระจายตัวขนาดใหญ่ มีองค์ประกอบที่ต้องทำงานร่วมกันจำนวนมาก การออกแบบจึงมีความซับซ้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับระบบรวมศูนย์ เพราะมีประเด็นปลีกย่อยทางเทคนิคเพิ่มเติมอีกเป็นจำนวนมากที่ต้องคำนึงถึงเช่น Clustering/Replication, Time Stamp, Atomicity, Data Rate Regulation, Backend Message Routing and Database นอกจากนี้การมีโครงสร้างพื้นฐานกายภาพทั้งในและต่างประเทศซึ่งก่อให้เกิด Delay ของการสื่อสารระหว่างแต่ละองค์ประกอบ ความแปรผันและความคับคั่งของเส้นทางโทรคมนาคม ยิ่งทวีความยุ่งยากในการจัดการประเด็นเหล่านี้ขึ้นไปอีก ดังนั้นการออกแบบระบบจึงไม่ได้อยู่บนพื้นฐานของการตอบสนองความต้องการเชิงฟังก์ชั่น (Functional Requirement) เพียงอย่างเดียว แต่ยังต้องรวมไปถึงการคาดการณ์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นและปิดช่องโหว่ล่วงหน้าให้ได้มากที่สุด เพราะการแก้ไขย้อนหลังเมื่อได้เปิดให้บริการแพลตฟอร์มแก่สาธารณะไปแล้วนั้นเป็นสิ่งที่ยากมากกว่าหลายเท่า

เทคโนโลยีหลักที่ใช้ในการพัฒนา NETPIE คือเทคโนโลยีการประมวลผลแบบคลาวด์ และเทคโนโลยีการออกแบบแบบ Distributed System ทุกองค์ประกอบของ NETPIE ได้รับการออกแบบด้วยสถาปัตยกรรมแบบคลาวด์ กล่าวคือทรัพยากรทุกอย่างจะถูกบริหารจัดการให้เกิดการใช้งานร่วมกันแบบหลอมรวม มีการกระจายโหลดอัตโนมัติผ่าน Load Balancer ผู้ใช้ทุกคนจะใช้ทรัพยากรบนแพลตฟอร์มร่วมกัน (Multi-tenant, resource-sharing) การออกแบบหน่วยเก็บข้อมูลและหน่วยประมวลผลทุกส่วนเป็นแบบแยกส่วน (Modular) โดยคำนึงถึงความสะดวกในการขยายตัวแบบ Scale Out เป็นหลัก ส่วนการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ใช้การส่งข้อความตามมาตรฐานโพรโทคอล MQTT ซึ่งเป็นหนึ่งในโพรโทคอลหลักที่นักพัฒนา IoT นิยมใช้เนื่องจากใช้ทรัพยากรประมวลผลต่ำ <u>แต่ในทางสถาปัตยกรรม ทีมวิจัยได้พัฒนาระบบสื่อสารเบื้องหลัง ให้ทำงานแบบคลัสเตอร์ที่กระจายตัว กล่าวคือมีเครื่องให้บริการมากกว่า 1 จุด เพื่อแบ่งภาระการให้บริการอุปกรณ์จำนวนมากจากทั้งในและนอกประเทศ (บริการสื่อสารผ่าน MQTT โดยทั่วไปจะกำหนดเครื่องให้บริการเพียง 1 เครื่องต่อผู้ใช้)</u> และเราได้พัฒนากระบวนการยืนยันตัวตน (Authentication) และกระบวนการจัดการสิทธิ์ (Authorization) ให้กับอุปกรณ์ ในรูปแบบที่คงความปลอดภัยในการสื่อสารไว้ในขณะที่สามารถรองรับอุปกรณ์ขนาดเล็กที่มีกำลังประมวลผลต่ำ (Very constrained device) ได้ (แพลตฟอร์มอื่นที่มีกระบวนการจัดการความปลอดภัยในระดับเดียวกันจะใช้งานได้กับอุปกรณ์ที่มีกำลังประมวลผลสูงเท่านั้น)

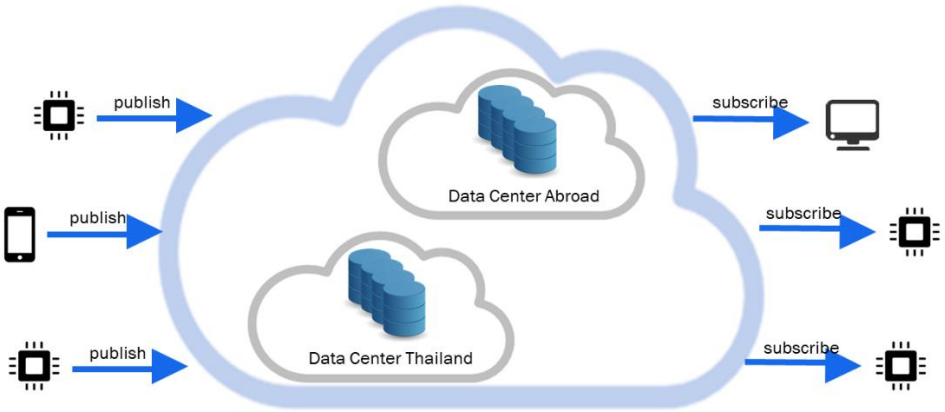
โครงสร้างของสถาปัตยกรรมคลาวด์เบื้องหลังของ NETPIE แบ่งได้เป็น Layer แนวนอน 4 ชั้น (สีน้ำเงิน) และส่วน Cross-cutting 3 ส่วน (สีแดง) ดังแสดงในภาพ โดยมีองค์ประกอบในแต่ละชั้นดังนี้



รูปภาพที่ 2 *ภาพรวมของสถาปัตยกรรมระบบ NETPIE*

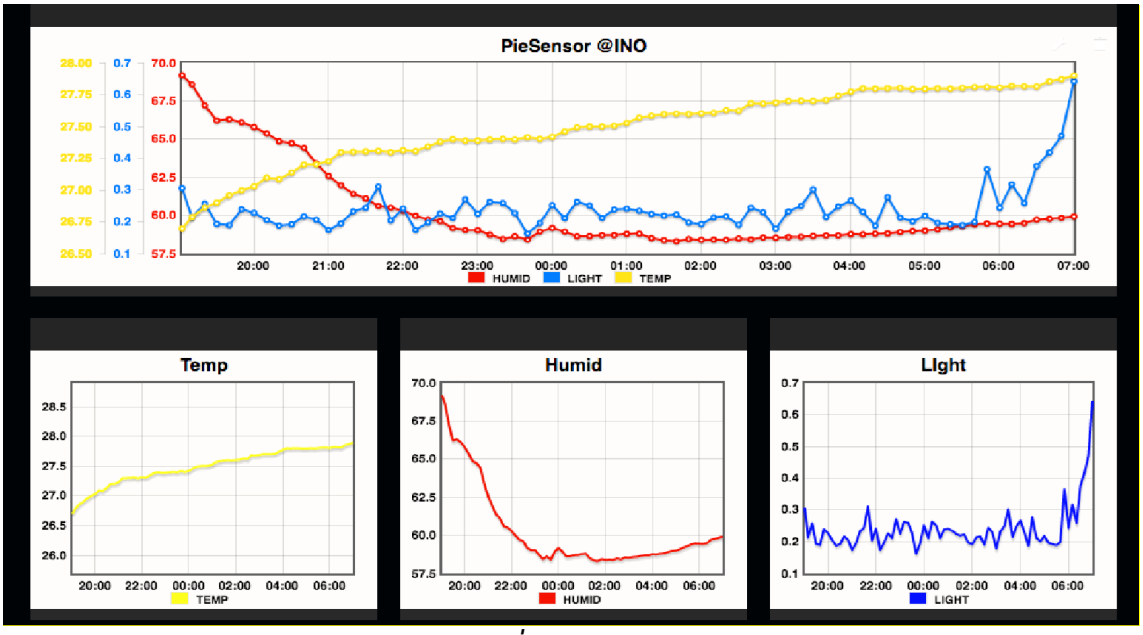
1) NETPIE Libraries หรือ Microgears - เป็นซอฟต์แวร์ไลบรารี่สำหรับติดตั้งบนอุปกรณ์ IoT ประกอบด้วยฟังก์ชันในการเชื่อมต่อสื่อสารกับแพลตฟอร์ม ยืนยันตัวตนของอุปกรณ์ เข้ารหัสช่องสื่อสาร และประสานงานกับอุปกรณ์อื่น การสื่อสารผ่าน Microgear จะเป็นการสื่อสารบนโพรโทคอล MQTT และอนุญาตให้ใช้งานแบบ open-source ด้วยสัญญาอนุญาตให้ใช้สิทธิแบบ ISC นักพัฒนาสามารถดาวน์โหลด Microgear ได้ที่ http://github.com/netpieio ในช่วงแรกทีมวิจัยพัฒนาไลบรารี่ Microgear สำหรับการเขียนโปรแกรมภาษา Node.js, Python, HTML5, C, C++, C#, Java, JavaScript, Android และรองรับฮาร์ดแวร์ Raspberry Pi, Arduino-Ethernet-shield, ESP8266, ESP32, Android Phone และคอมพิวเตอร์ทั่วไป ความท้าทายของการออกแบบ Microgear คือการพัฒนา Microgear ในแต่ละภาษาเพื่อรองรับอุปกรณ์ IoT ที่มีหลากหลายประเภทให้ส่งข้อความที่สามารถถอดความออกมาในมาตรฐานเดียวกันและสื่อสารกันได้ จากความท้าทายนี้ในปี 2563 ทีมวิจัยได้ปรับปรุงให้ NETPIE สามารถใช้ไลบรารี่ MQTT แบบมาตรฐาน ทำให้ NETPIE สามารถรองรับภาษาคอมพิวเตอร์และฮาร์ดแวรีที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

2) Distributed Message Broker – เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนข้อความระหว่างอุปกรณ์ ใช้วิธีสื่อสารแบบ Publish-Subscribe แยกกระบวนการส่งข้อความออกจากกระบวนการรับข้อความ (Asynchronous Communication) รองรับโพรโทคอล MQTT, MQTTS, MQTT over WebSocket, และ MQTT over Secure WebSocket ส่วนโบรกเกอร์นี้ถือเป็นหัวใจของแพลตฟอร์ม และมีความท้าทายสูงสุดในการออกแบบพัฒนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานได้แบบกระจายตัว กล่าวคือ มีโบรกเกอร์หลายตัว แต่ทำงานได้แบบหลอมรวมกัน โดยที่ทั้งหมดไม่จำเป็นต้องติดตั้งอยู่ในศูนย์ข้อมูลเดียวกัน ในขณะที่หากมองจากฝั่งอุปกรณ์จะต้องเห็นเสมือนเป็นโบรกเกอร์เดียว คือจะส่งข้อความผ่านโบรกเกอร์ตัวใดก็ได้ ไม่ต้องผูกติดกับตัวใดตัวหนึ่ง (นี่เป็นส่วนที่ NETPIE แตกต่างจากบริการ IoT Message Broker ทั่วไป ซึ่งให้บริการเพียง 1 โบรกเกอร์ต่อผู้ใช้) นอกจากนี้ทีมวิจัยยังได้พัฒนากลไกในการจำกัดอัตราการส่งข้อความ (Rate Limit) ของอุปกรณ์ด้วยวิธี Token Bucket เพื่อรับประกันคุณภาพของบริการและป้องกันระบบจากการถูกโจมตี เพื่อให้ NETPIE มีความพร้อมใช้สูงสุด



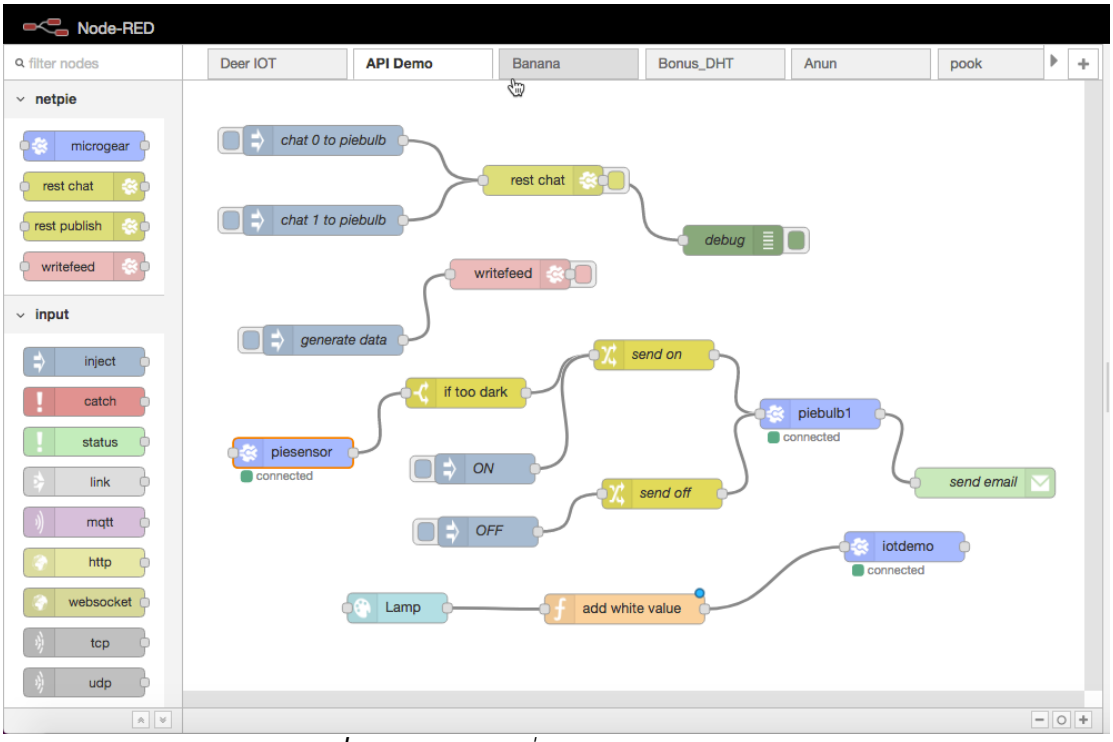
รูปภาพที่ 3 *NETPIE Distributed Message Brokers*

3) Data Storage (Feed) – คือกลุ่มของฐานข้อมูลชนิดอนุกรมเวลา (Time-series Database) ที่ทำงานในแบบคลัสเตอร์ ในการพัฒนา ทีมวิจัยใช้ฐานข้อมูล Kairosdb/Cassandra จัดเก็บข้อมูลข้อมูลเซนเซอร์จากอุปกรณ์ ผู้ใช้สามารถเข้าถึง Feed ได้พร้อมกันมากกว่าหนึ่งรายผ่านช่องทาง Microgear Library หรือผ่าน API



รูปภาพที่ 4 *NETPIE Feed*

4) Rule Engine (Node-PIE) – เป็นเครื่องมือให้นักพัฒนาใช้กำหนดเงื่อนไข ตรรกะ ของการสื่อสารระหว่างสิ่งของหรืออุปกรณ์ โดยที่มนุษย์ไม่ต้องช่วยตัดสินใจ เช่นเมื่อมีเหตุการณ์หนึ่งเกิดขึ้น (เช่นวัดค่าอุณหภูมิได้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด) ให้เริ่มทำกิจกรรมที่สอง (เช่นเปิดพัดลม) Rules Engine นับเป็นส่วนที่สำคัญเพราะเป็นส่วนช่วยดึงประโยชน์สูงสุดจากการใช้งาน IoT ทีมวิจัยเลือกใช้ Node-RED Framework ในการพัฒนา เพราะใช้งานได้ง่ายและเห็นภาพชัดเจน ด้วยลักษณะการลากวางและเชื่อมต่อโมดูล และยังมีขนาดเล็ก สามารถนำไปลงในอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ขอบของเครือข่าย เกิดเป็น Edge computing device ได้



รูปภาพที่ 5 *Node-PIE ที่พัฒนาต่อยอดจาก Node-RED*

5) NETPIE Web – เป็นบริการเว็บไซต์ netpie.io ที่เป็นส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของ NETPIE ผู้ใช้จะใช้งานผ่านเว็บเพื่อบริหารจัดการ IoT application ของตนเอง เช่นการสร้างแอปพลิเคชั่นใหม่ การกำหนดสิทธิ์ให้อุปกรณ์ ข้อมูลของผู้ใช้และข้อมูลที่จำเป็นต่อการแสดงผลบนเว็บจะถูกเรียกจากฐานข้อมูล ในรูปแบบ API แทนการดึงจากฐานข้อมูลโดยตรง เซิฟเวอร์ที่ให้บริการเว็บจะอยู่หลัง Load balancer เพื่อป้องกันปัญหาคอขวดและรองรับการขยายตัวเมื่อมีผู้เรียกใช้บริการพร้อมกันจำนวนมาก

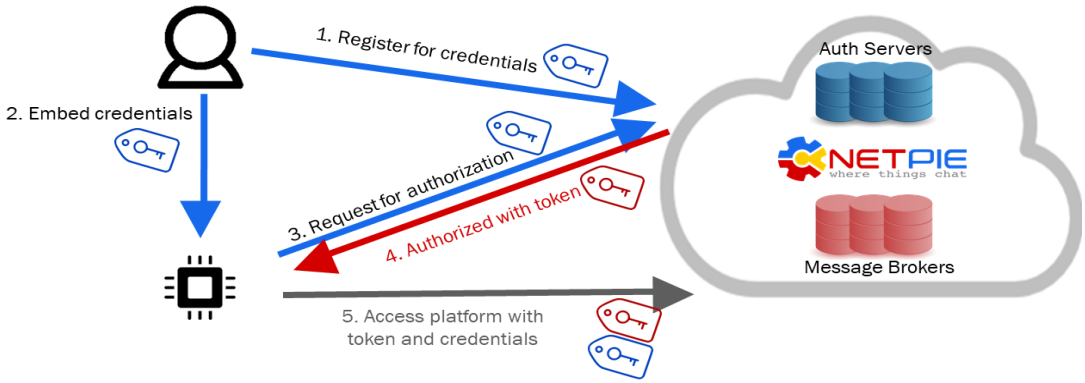
6) NETPIE Freeboard – คือ Dashboard สำหรับการควบคุมและการแสดงผล (Visualization) ข้อมูลที่ดึงมาจากอุปกรณ์ที่ต่อกับ NETPIE โดยเป็นการพัฒนาต่อยอดจาก Open-source ชื่อ Freeboard ซึ่งเป็น Web Application ที่สามารถสร้าง Dashboard สามารถวางปุ่มกดสวิตช์ไว้ใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์ หรือวางหน้าปัดเพื่อแสดงผลข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากอุปกรณ์ เช่น เซนเซอร์ในระบบ IoT นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลเป็นกราฟได้ ส่วนหน้ากระดานหรือ Dashboard นั้น สามารถปรับแต่งได้โดยง่าย เพียงแค่ป้อนข้อมูลเข้าหรือกำหนดคำสั่งก็สามารถทำงานได้แล้ว โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องเขียน HTML Web Page เองและที่สำคัญคือข้อมูลนั้นมีการอัพเดทแบบ Real-time ทีมงานได้พัฒนา Freeboard Widget Plugins ขึ้นมาให้ผู้ใช้งานสามารถทำตามความต้องการได้หลากหลาย เช่น ปุ่มควบคุม สไลด์บาร์ และกราฟแสดงผลข้อมูลใน Feed

รูปภาพที่ 6 *NETPIE Freeboard*

7) API – NETPIE ให้บริการ REST API ที่ api.netpie.io สำหรับอุปกรณ์ที่ไม่สะดวกที่จะเชื่อมต่อสื่อสารผ่าน Message Broker เช่นอุปกรณ์ที่ไม่มี Microgear รองรับ หรืออุปกรณ์รุ่นเก่าที่ใช้โพรโทคอล MQTT ไม่ได้ นอกจากนี้ API ยังให้บริการกับระบบภายในด้วย เช่นการสื่อสารระหว่าง NETPIE Web, NETPIE Freeboard และ NETPIE Feed ความท้ายทายของการออกแบบ API คือการออกแบบให้สามารถทำงานแบบกระจายตัว เครื่องที่ให้บริการ API จะอยู่ภายใต้ API Gateway ซึ่งมีหน้าที่กระจายภาระงาน และตรวจสอบ Rate Limit เพื่อป้องกันการโจมตีระบบ

8) Geolocation Service – เนื่องจาก NETPIE โบรกเกอร์ถูกออกแบบให้ทำงานได้แบบกระจายตัว กล่าวคือ มีโบรกเกอร์หลายตัว แต่ทำงานได้แบบหลอมรวมกัน โดยที่ทั้งหมดไม่จำเป็นต้องติดตั้งอยู่ในศูนย์ข้อมูลเดียวกัน ในบางกรณีผู้ใช้อาจระบุความต้องการเชื่อมต่อที่โบรกเกอร์ในบริเวณที่ใกล้ที่สุดเพื่อลดระยะเวลาในการสื่อสารให้สั้นที่สุด เช่น ผู้ผลิตอุปกรณ์ IoT ที่ขายให้กับผู้ใช้ภายในประเทศไทยสามารถระบุให้อุปกรณ์เชื่อมต่อกับโบรกเกอร์ในประเทศไทย ในขณะที่อุปกรณ์ IoT ที่ขายให้กับผู้ใช้ในประเทศ A สามารถเชื่อมต่อกับโบรกเกอร์ที่ตั้งในศูนย์ข้อมูลในประเทศ A เป็นต้น ทีมวิจัยได้เตรียมฟังก์ชั่นการระบุ preference ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการเลือกการเชื่อมต่อตามพื้นที่ใช้งาน หากไม่ระบุแพลตฟอร์มจะเลือกเชื่อมต่อกับโบรกเกอร์ที่มีภาระงานต่ำที่สุดเพื่อเป็นการกระจายภาระงานในภาพรวม

9) Auth Service – ทำหน้าที่ตรวจสอบสิทธิ์ยืนยันตัวตน การเข้าใช้งานและการสื่อสาร (authentication & access control & authorization) ของแต่ละอุปกรณ์ โดยความท้าทายคือการออกแบบและพัฒนาโพรโทคอล OAuth ให้เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมของ IoT เนื่องจากอุปกรณ์ IoT มีกำลังประมวลผลและหน่วยความจำที่จำกัด อีกทั้งไม่มีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (ไม่มี keyboard, mouse) การตรวจสอบสิทธิและยืนยันตัวตนจะเป็นกลไก 3 เส้า (ผู้ใช้ อุปกรณ์ และ แพลตฟอร์ม) และใช้ชุด Credential 2 ชุด คือ Credential ที่สร้างจากฝั่งผู้ใช้ และ Credential ที่ออกให้โดยแพลตฟอร์ม ส่งผลให้วิธีที่ออกแบบขึ้นมีความปลอดภัยมากกว่าการใช้ user/password ธรรมดาที่ใช้ในระบบ IoT ทั่วไป โดยปกติกลไกแบบ 3 เส้านี้จำเป็นต้องทำบนอุปกรณ์ที่มีกำลังประมวลผลสูง เช่นคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟน แต่ทีมวิจัยได้ออกแบบกลไกใหม่ให้สามารถรองรับอุปกรณ์ขนาดเล็กที่มีกำลังประมวลผลต่ำมาก เช่น ESP8266 ได้ แพลตฟอร์ม IoT อื่นที่มีกลไกความปลอดภัยในระดับเดียวกันไม่สามารถรองรับได้ สำหรับรายละเอียดเทคนิคการตรวจสอบสิทธิ์ยืนยันตัวตน การเข้าใช้งานและการสื่อสารนี้ ได้ถูกตีพิมพ์ในบทความวิชาการนานาชาติ [9] และได้ยื่นคำขอสิทธิบัตรเลขที่ 1601003026 [11] แล้ว



รูปภาพที่ *7 กลไกการทำงานของระบบจัดการสิทธิ์และยืนยันตัวตนใน NETPIE*

10) Backend – เป็นส่วนกลางที่ดูแลการทำงานของทุกองค์ประกอบของแพลตฟอร์ม ทุกองค์ประกอบจะมีการเชื่อมต่อและสื่อสารมายัง Backend Service ด้วยรูปแบบการสื่อสารแบบ Service-Oriented Architecture การสื่อสารระหว่างแต่ละองค์ประกอบจะไม่สื่อสารโดยตรง แต่เป็นรูปแบบการส่งข้อความผ่านตัวกลางหรือโบรกเกอร์ด้วยโพรโทคอล AMQP (Advance Message Queue Protocol) ความท้าทายคือ การออกแบบการสื่อสารระหว่างทุกองค์ประกอบภายในแพลตฟอร์มให้เป็นแบบ Stateless และลดการพึ่งพากันให้มากที่สุด (loose-coupling) เพื่อเวลาจะขยายตัวขององค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่ง สามารถทำได้ทันที โดยไม่ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบอื่น

สถานะการให้บริการ NETPIE ในประเทศไทย

นับตั้งแต่เริ่มให้บริการในปี 2558 ถึงปัจจุบัน (กรกฎาคม 2563) NETPIE ได้รับความนิยมในหมู่นักพัฒนาไทยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ มีชุมชนนักพัฒนาที่เข้มแข็ง รฟรีภายใต้การสนับสนุนจากกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ ในโครงการขยายผล NETPIE IoT Platform สู่ภาคอุตสาหกรรมตั้งแต่พฤษภาคม 2560 ถึง กรกฎาคม 2563 ทำให้เกิดการจัดกิจกรรมฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานให้กับครูผู้สอนและผู้สนใจทั่วไปอย่างต่อเนื่อง จนทำให้ NETPIE เป็นแพลตฟอร์มหลักของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และวิทยานิพนธ์สำหรับนักเรียนนักศึกษาทั่วประเทศ เว็บไซต์ NETPIE ระบุจำนวนผู้ใช้บริการสะสม 41,164 คน มีจำนวนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อทั้งหมด 118,243 อุปกรณ์ ผู้ใช้ที่มีอุปกรณ์เชื่อมต่อมากที่สุดได้แก่บริษัทนิเดคชิบาอุระอิเล็คโทรนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (ข้อมูล ณ วันที่ 9 กรกฎาคม 2563) [7]

ตารางที่ 1 สถิติการใช้งาน NETPIE ระหว่างปีพ.ศ. 2560-2563

เดือนปีที่เก็บข้อมูล	จำนวนสมาชิก	จำนวนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ
พฤษภาคม 2560	5,667	17,044
พฤษภาคม 2561	15,440	41,290
พฤษภาคม 2462	25,978	69,091
พฤษภาคม 2563	40,919	117,152
อัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปี	1.4 เท่าต่อปี	1.3 เท่าต่อปี

เปรียบเทียบ NETPIE กับ IoT Platform ในตลาด

หัวใจของการเป็นแพลตฟอร์ม IoT สาธารณะคือ Interoperability และ Inclusivity ดังนั้นทีมวิจัยจึงเปรียบเทียบภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชั่น IoT หรือเขียน Firmware ของอุปกรณ์ IoT ที่แพลตฟอร์มต่างๆ รองรับ สรุปผลได้ดังตารางที่ 2 หลังจาก NETPIE ปรับมาใช้ไลบรารี่แบบมาตรฐาน MQTT ในปี 2563 ทำให้แพลตฟอร์มสามารถรองรับการพัฒนาด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ที่หลากหลายที่สุด และเมื่อพิจารณาความสามารถรองรับการเชื่อมต่อเครือข่าย IoT แบบต่างๆ พบว่า NETPIE มีความสามารถเทียบได้กับแพลตฟอร์มอื่นๆ ในตลาด

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบ NETPIE กับ IoT Platform อื่นๆ ในตลาด

แพลตฟอร์ม / ภาษา	NETPIE 2020	NETPIE 2015	Bluemix		Azure IoT Hub		AWS IoT	ThingSpeak	Blynk
			Device	App	Device	Service			
C++	✓	✓	✓		✓		✓*		✓
C#	✓	✓	✓		✓				
Embedded C	✓		✓						
Node.js	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
JavaScript	✓	✓					✓		✓
Java	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
.NET	✓				✓	✓			
Python	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Ruby	✓			✓				✓	
PHP	✓			✓					
Go	✓			✓					
Android	✓	✓							
Swift	✓								
Rust	✓								
Node-Red	✓	✓					✓		✓
REST API	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓
ความสามารถในการเชื่อมต่อเครือข่าย									
NB-IoT	✓				✓			✓	✓
LoraWAN	✓				✓			✓	✓
WiFi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

*เฉพาะ Arduino Yun

บทสรุป

แม้ว่าในปัจจุบันจะมีแพลตฟอร์ม IoT ที่ให้บริการโดยบริษัทต่างประเทศหลายบริการ บริการดังกล่าวยังมีต้นทุนสูง ปรับแต่งให้เข้ากับความต้องการของนักพัฒนาในประเทศได้ยาก และการเชื่อมต่อสื่อสารของอุปกรณ์ IoT จากในประเทศไปยังแพลตฟอร์ม IoT ในต่างประเทศนำมาซึ่ง delay ของการสื่อสารที่สูงขึ้นและการสิ้นเปลืองแบนด์วิดท์ออกต่างประเทศโดยไม่จำเป็น การมีแพลตฟอร์ม IoT ที่ให้บริการภายในประเทศ เช่น NETPIE จะเอื้อต่อผู้ประกอบการในประเทศ ในการเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) และธุรกิจเกิดใหม่ (Startup) สามารถพัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชั่นหรือผลิตภัณฑ์ IoT ได้อย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้ ประเทศไทยจึงควรเตรียมระบบพื้นฐานหรือแพลตฟอร์ม IoT ไว้ เพื่อช่วยลดการพึ่งพาระบบของต่างประเทศ เพิ่มทางเลือกในการเข้าถึงแพลตฟอร์ม IoT ที่หลากหลายมากขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรโทรคมนาคมในประเทศ ขยายโอกาสสร้างนวัตกรรมดิจิทัล ลดการพึ่งพาเทคโนโลยีต่างชาติ และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับนานาประเทศ

บรรณานุกรม

[1] IoT Analytics, “IoT Platforms The central backbone for the Internet of Things,” White Paper, November 2015. Accessible from https://iot-analytics.com/product/iot-platforms-white-paper/. Last accessed August 16, 2017.

[2] IoT Analytics, “IoT Platforms: Market Report 2015-2021,” Market report excerpt, January 2016. Accessible from https://www.ptc.com/en/internet-of-things/analyst-reports. Last accessed August 15, 2017.

[3] MachNation, “2016 IoT Application Enablement Platform Scorecard,” Executive Summary, December 2016. Accessible from https://www.machnation.com/2016/12/. Last accessed August 16, 2017.

[4] IoT Analytics, “IoT Platform Comparison: How the 450 providers stack up,” July 2017. Accessible from https://iot-analytics.com/iot-platform-comparison-how-providers-stack-up/. Last accessed August 16, 2017.

[5] Gartner, “Gartner's 2016 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies Three Key Trends That Organizations Must Track to Gain Competitive Advantage,” August 2016. Accessible from http://www.gartner.com/newsroom/id/3412017. Last accessed August 16, 2017.

[6] Gartner, “Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017,” August 2017. Accessible from http://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/. Last accessed August 16, 2017.

[7] NETPIE, “NETPIE Main Page,” Accessible from https://netpie.io. Last accessed July 9, 2020.

[8] NECTEC, “นิเด็ค ชิบาอุระ อีเลคโทรนิกส์ (ประเทศไทย) มุ่งสู่เป้าหมาย industry 4.0 ภายในปี 2561,” Accessible from https://www.nectec.or.th/news/news-pr-news/netpie-nidec.html. Last accessed August 16, 2017.

[9] Niruntasukrat, A., Issariyapat, C., Pongpaibool, P., Meesublak, K., Aiumsupucgul, P., & Panya, A. (2016, May). Authorization mechanism for mqtt-based internet of things. In Communications Workshops (ICC), 2016 IEEE International Conference on (pp. 290-295). IEEE.

[10] คำขอสิทธิบัติ "ระบบให้บริการเชื่อมต่อสรรพสิ่ง" เลขที่คำขอ 1501005546 วันที่ยื่นคำขอ 15 กันยายน 2558

[11] คำขอสิทธิบัติ "ระบบตรวจสอบและอนุญาตการเข้าถึงทรัพยากรระหว่างอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายข้อมูลและวิธีการดังกล่าว" เลขที่คำขอ 1601003026 วันที่ยื่นคำขอ 26 พฤษภาคม 2559