

ภาพรวมและสถาปัตยกรรมของ มาตรฐาน IEEE 1888 สำหรับ โปรโตคอลเครือข่ายควบคุม ชุมชนสีเขียว

An Overview and Architecture of IEEE 1888 Standard for Ubiquitous Green Community Control Network Protocol

คุณากร คุณาวุฒิ (Kunagorn Kunavut)*

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันพลังงานถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยเฉพาะระบบพลังงานไฟฟ้าที่มีส่วนช่วยในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้าน อาคารสำนักงาน โรงงาน และสถานที่อื่นๆ ซึ่งความต้องการในการใช้งานพลังงานไฟฟ้านั้น มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในประเทศไทยและในประเทศต่างๆ ทั่วโลก ดังนั้นการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าจึงถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึง เพื่อช่วยในการประหยัดพลังงาน โดยมาตรฐาน IEEE 1888 นั้น เป็นมาตรฐานที่สร้างขึ้นมาเพื่อกำหนดสถาปัตยกรรมระบบของโปรโตคอลเครือข่ายที่ทำหน้าที่ในการเข้าควบคุมอุปกรณ์หรือองค์ประกอบต่างๆ รวมถึงเชื่อมโยงและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างตัวอุปกรณ์และระบบ เพื่อให้ระบบต่างๆ สามารถบูรณาการและทำงานรวมกันได้ ทั้งนี้เพื่อให้การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยในบทความฉบับนี้จะบรรยายถึงภาพรวมและสถาปัตยกรรมของมาตรฐาน IEEE 1888

คำสำคัญ: IEEE 1888 UGCCNet โปรโตคอลเครือข่ายการจัดการพลังงาน การประหยัดพลังงาน

* คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอีสต์สมิธซี

Abstract

Energy is an important factor for human living, especially the electrical energy which provides the power for equipment or devices in houses, buildings, factories and so on. In addition, the demand for electrical energy usage is exponentially growth all over the world including Thailand. Hence, electrical energy management is a key factor that must be taking into account in the energy conservation. The IEEE 1888 standard was developed in order to define the system architecture of the network protocol used to control the equipment or components, and provide the connection and data exchange between devices and system. This consequently results in system integration and compatibility. In this work, the overview and architecture of IEEE 1888 are discussed in detail.

Keywords: IEEE 1888, UGCCNet, Network Protocol, Energy Management, Energy Saving.

1. บทนำ

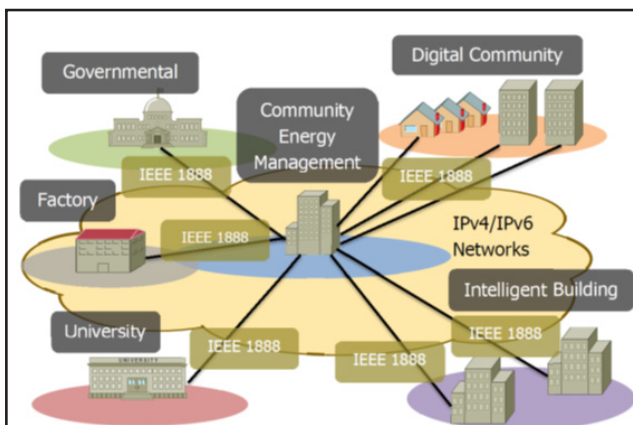
มาตรฐาน IEEE 1888 [1] เป็นมาตรฐานที่ได้ตั้งขึ้นเพื่อใช้อธิบายรายละเอียดและหลักการทำงานของสถาปัตยกรรมการควบคุมทางไกล (Remote Control Architecture) ของระบบต่างๆ ภายในอาคารอัจฉริยะ ชุมชนดิจิทัล หรือเครือข่ายดิจิทัล รวมถึงยังเป็นมาตรฐานที่ใช้เพื่ออ้างอิงโครงสร้างของข้อมูลที่ติดต่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์และระบบ ทั้งนี้เพื่อให้องค์ประกอบต่างๆ อาทิ อุปกรณ์ อินเทอร์เน็ต หรือข้อมูลภายในระบบเครือข่ายดิจิทัลเป็นไปตามมาตรฐาน และสามารถทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี โดยหลักการแล้วระบบเครือข่ายการควบคุมทางไกลนี้จะมีการเปิดอินเทอร์เน็ตเพื่ออนุญาตให้บริการต่างๆ อาทิ บริการสาธารณะและบริการส่วนบุคคลสามารถเข้ามาเชื่อมต่อได้ตามสิทธิที่ได้รับ ซึ่งจะมีผลทำให้ระบบและบริการดังกล่าวสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยการทำงานร่วมกันขององค์ประกอบต่างๆ ในระบบนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการติดต่อสื่อสารกันผ่านทางโปรโตคอลเครือข่ายพื้นฐาน อาทิ โปรโตคอล TCP/IP ทั้งนี้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบูรณาการและบริหารจัดการระบบ ทำให้

การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้านหรืออาคารขนาดใหญ่ นั้น เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ในแง่ของผู้ผลิต นั้น จะต้องมีการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ซึ่งจะให้เกิดการแข่งขันกันในตลาด และมีผลให้ราคาของอุปกรณ์ลดลง

โดยการอ้างอิงตามมาตรฐาน IEEE 1888 นี้ จะมีผลทำให้ระบบเครือข่ายภายในบ้าน อาคารสำนักงาน หรือโรงงานถูกใช้เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการบริหารจัดการพลังงาน เพื่อให้การใช้งานพลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักในการสร้างชุมชนสีเขียวหรือชุมชนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งมาตรฐาน IEEE 1888 จะมีส่วนช่วยชุมชนดังกล่าวในการลดการใช้งานพลังงาน โดยมีการเฝ้าระวังและตรวจสอบผ่านทางการใช้งาน Sensors รวมถึงอาจมีการสั่งงานหรือควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านทาง Actuators ซึ่งถือเป็นกลไกหรืออุปกรณ์หลักสำหรับการควบคุมการใช้งานระบบพลังงาน

หากแต่ระบบต่างๆ ในปัจจุบันนั้น มีการจัดสร้างโดยใช้เทคโนโลยีที่หลากหลาย ไม่ได้เป็นระบบเปิดและอาจไม่สอดคล้องกับมาตรฐาน ซึ่งทำให้การบริหารจัดการพลังงานร่วมกัน หรือการบูรณาการระบบนั้นไม่สามารถทำได้ หรือมีค่าใช้จ่ายสูง โดยการอ้างอิงตามมาตรฐาน IEEE 1888 จะสามารถทำให้เครือข่ายข้างต้นนี้ทำงานร่วมกันกับโปรโตคอล TCP/IP ได้ เพื่อรองรับการบริหารจัดการพลังงานร่วมกันในระดับต่างๆ อาทิ อาคาร เมือง หรือภูมิภาคดังแสดงตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การจัดการพลังงานตามมาตรฐาน IEEE 1888

โดยหลักการแล้วการบริหารจัดการพลังงานผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้น สามารถทำได้โดยการเข้าถึงและใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ (รวมถึง Sensor และ Actuator) ผ่านทาง Gateway โดยการควบคุมผ่านทาง Application ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์เหล่านี้ โดยการใช้งาน Application ดังกล่าวบนเครือข่ายขนาดใหญ่ อาทิ เครือข่ายอินเทอร์เน็ต นอกจากต้องสามารถเข้าถึงอุปกรณ์อย่างไม่ซับซ้อนแล้ว ยังต้องมี 1) แหล่งจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ในการจัดเก็บประวัติของการอ่านข้อมูลจาก Sensor 2) อินเทอร์เน็ตสำหรับติดต่อสื่อสารและสั่งการ 3) ระบบรายงาน และ 4) ระบบวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อที่จะรองรับการบริหารจัดการพลังงานในระดับอาคาร เมือง หรือภูมินิภาคนั้น คณะทำงาน IEEE 1888 ได้ตั้งโครงการชื่อ Ubiquitous Green Community Control Network (UGCCNet) เพื่อระบุและกำหนดสถาปัตยกรรมการควบคุมทางไกล (Remote Control Architecture) ของเครือข่ายสำหรับสิ่งอำนวยความสะดวกและอุปกรณ์ต่างๆ หรืออีกนัยหนึ่ง หมายถึงเป็นการจัดสร้างโครงสร้างพื้นฐานของเครือข่ายสำหรับสิ่งอำนวยความสะดวก ซึ่งองค์ประกอบของเครือข่ายนี้ (อาทิ Gateway Storage และ Application) สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้ในโครงการ UGCCNet นั้น จะเน้นในเรื่องของการทำงานร่วมกันขององค์ประกอบต่างๆ เป็นหลัก โดยจะมีการกำหนดมาตรฐานสำหรับองค์ประกอบต่างๆ และโปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน โดยในมาตรฐานนี้จะมีการเพิ่มองค์ประกอบ Registry เพื่อทำหน้าที่ในการสนับสนุนการทำงานร่วมกันระหว่างองค์ประกอบอื่นๆ และมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

2. ภาพรวมของมาตรฐาน IEEE 1888

ในมาตรฐาน IEEE 1888 มีการนำเอาเทคโนโลยีที่เป็นปัจจุบันและทันสมัย อาทิ Emerging Technology เข้ามาช่วยเพื่อรองรับการใช้งานบนเทคโนโลยีการสื่อสารต่างๆ ในระดับ Physical และ Data Link ไม่ว่าจะเป็นเครือข่ายไร้สาย (อาทิ Zigbee [2], WiMAX [3], Wireless LAN [4], 3G [5], 4G [6]) หรือเครือข่ายแบบใช้สาย (อาทิ Ethernet [7], Power Line Communication (PLC) [8]) นอกจากนี้มาตรฐาน IEEE 1888 ยังสนับสนุนการทำงานร่วมกันกับโปรโตคอล IP เพื่อ

ให้สามารถเข้าถึงเครือข่ายที่ใช้ทั้ง IPv4 เดิม และเครือข่ายที่ได้รับเปลี่ยนไปใช้งาน IPv6 แล้ว

มาตรฐานนี้จะมุ่งเน้นไปในการสนับสนุนการใช้งานและการทำงานร่วมกันของหน่วยงานต่าง ๆ อาทิ หน่วยงานราชการ ผู้ให้บริการ ผู้ดูแลระบบ ผู้ใช้งานทั่วไป เพื่อตรวจสอบใช้งาน และควบคุมสิ่งอำนวยความสะดวก หรืออุปกรณ์อื่นๆ ไม่ว่าจะเป็น Sensor ในระบบแสงสว่าง ระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบ Heating / Ventilation / Air Conditioning (HVAC) หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยในระบบสาธารณะ และสาธารณูปโภคต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการตรวจสอบและบริหารจัดการไฟฟ้า การตรวจสอบสิ่งแวดล้อม หรือการบริหารจัดการในเรื่องอื่นๆ เป็นต้น

กระบวนการในการจัดสร้างมาตรฐาน IEEE 1888 แสดงตามภาพที่ 2 เริ่มโดยการจัดตั้งกลุ่มสำหรับศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับการควบคุมทางไกลของระบบต่างๆ หลังจากนั้นในช่วงประมาณเดือนกันยายน 2551 ถึง พฤศจิกายน 2551 มีการจัดส่ง Project Authorization Request (PAR) เพื่อเป็นการเริ่มต้นของการจัดตั้งมาตรฐาน ซึ่งในระหว่างนี้จะมีการจัดตั้ง Board of Governors (BOG) และ Corporate Advisory Group (CAG) เพื่อบริหารจัดการนโยบาย รวมถึงเรื่องอื่นๆ ของ IEEE-Standard Association (IEEE-SA) สำหรับมาตรฐานที่ร้องขอ โดยมีการจัดตั้งคณะทำงานภายหลังที่ PAR ได้รับการอนุมัติโดยเป็นการรวมกลุ่มของ BII Group Holdings Ltd., Beijing University of Posts and Telecommunications, China Telecommunications Corporation, Intel Corporation, Beijing Jiaotong University, University of Tokyo และ Tsinghua University ในช่วงประมาณสิ้นปี 2551 และกระบวนการถัดมาได้แก่ การจัดสร้างและแก้ไขร่างมาตรฐาน IEEE 1888 ซึ่งได้รับการอนุมัติเป็นมาตรฐานขึ้นเมื่อวันที่ 13 เมษายน 2554 และมีการจัดตั้งมาตรฐานย่อยถัดมาในปี 2555 เพื่อครอบคลุมถึงรายละเอียดต่างๆ ในมาตรฐาน IEEE 1888

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่ามาตรฐาน IEEE 1888 ที่ได้มีการจัดตั้งในปี 2554 หรือที่เรียกว่า IEEE 1888 - 2011 นั้นนั้นได้แตกออกเป็น 3 มาตรฐานย่อย อาทิ 1) 1888.1 สำหรับการควบคุมและบริหารจัดการ 2) 1888.2 สำหรับเครือข่าย



ภาพที่ 2 กระบวนการจัดตั้งมาตรฐาน IEEE 1888

Heterogeneous และ 3) 1888.3 สำหรับการรักษาความปลอดภัย ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุมถึงรายละเอียดในทุกด้านที่มีความสำคัญต่อมาตรฐานดังกล่าว

ในส่วนของลักษณะการใช้งานของโปรโตคอลตามมาตรฐาน IEEE 1888 นั้น ทาง University of Tokyo หนึ่งในคณะทำงานการจัดสร้างมาตรฐาน IEEE 1888 มีการใช้งานโปรโตคอลดังกล่าว เพื่อเฝ้าระวังและตรวจสอบการใช้งานพลังงานของวิทยาเขตต่างๆ ของทางมหาวิทยาลัย [9-11] นอกจากนี้ทาง Tokyo Institute of Technology ยังมีการใช้งานโปรโตคอลดังกล่าว เพื่อควบคุมและบริหารจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ อาทิ การควบคุมอุณหภูมิ และการเปิด-ปิดระบบปรับอากาศ เป็นต้น [9]

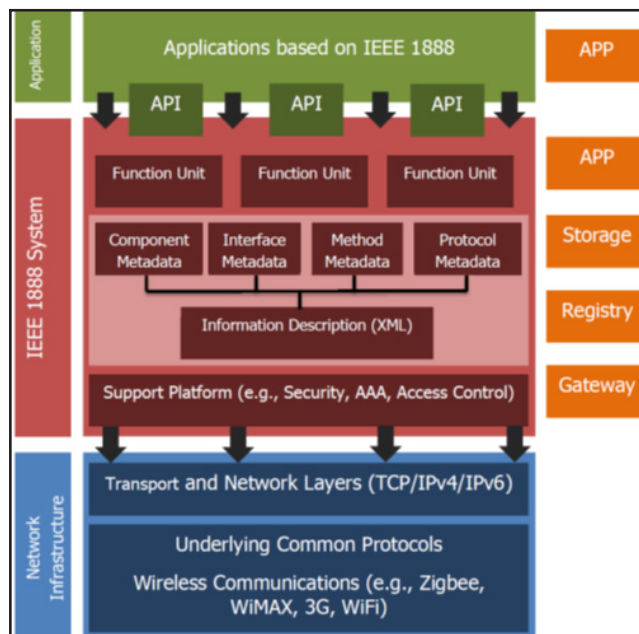
ในส่วนของการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐาน IEEE 1888 นั้น ทาง University of Tokyo ได้มีการจัดตั้งโครงการ Green University of Tokyo Project (GUTP) [11] ขึ้นในปี ค.ศ. 2008 เพื่อลดการใช้งานพลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) โดยมีการประยุกต์ใช้มาตรฐานดังกล่าวเพื่อช่วยในการบริหารจัดการพลังงาน ซึ่งหัวข้องานวิจัยบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงการ GUTP ได้แก่ Delay Tolerant Network (DTN) [12] Pub/Sub Message [13] และอื่นๆ ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและเสถียรภาพในการรับส่งข้อมูล/คำสั่งระหว่างระบบและอุปกรณ์

3. สถาปัตยกรรมของเครือข่าย UGCCNet (IEEE 1888)

3.1 รูปแบบของโปรโตคอลใน IEEE 1888

ระบบ IEEE 1888 นั้นสามารถอ้างอิงได้ทั้งกับ OSI Reference Model หรือ TCP/IP Reference Model โดยที่ตัวระบบเองนั้น จะทำงานและให้บริการในระดับชั้น Application ซึ่งเป็นระดับที่เป็นอินเตอร์เฟซระหว่าง Application กับเครือข่าย โดย Application สามารถติดต่อกับอุปกรณ์หรือองค์ประกอบอื่นๆ ได้ผ่านทาง Application Programming Interface (API) ดังแสดงตามภาพที่ 3

ในส่วนของระบบ IEEE 1888 เองนั้นจะประกอบไปด้วย องค์ประกอบต่างๆ อาทิ 1) Application 2) Storage และ 3) Gateway ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ผ่านทาง อินเตอร์เฟซประเภทเดียวกัน ในส่วนของ Registry นั้นจะเป็นเสมือนตัวกลางขององค์ประกอบ โดยจะมีหน้าที่หลักในการบริหารจัดการข้อมูล Meta Information ต่างๆ อาทิ Metadata สำหรับองค์ประกอบ อินเตอร์เฟซโปรโตคอล และอื่นๆ เป็นต้น โดยข้อมูล Metadata เหล่านี้สามารถแลกเปลี่ยนกันได้ผ่านทางภาษา eXtensible Markup Language (XML) นอกจากนี้ยังมีส่วนของ Support Platform มาเสริมเพื่อทำหน้าที่สนับสนุนระบบให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น อาทิ ในส่วนของการรักษาความปลอดภัยผ่านทางการควบคุมการเข้าถึง หรือ การพิสูจน์สิทธิ์ การอนุญาตให้ใช้งาน การจัดการสิทธิ์ ผ่านทางระบบ Authentication, Authorization และ Accounting (AAA)

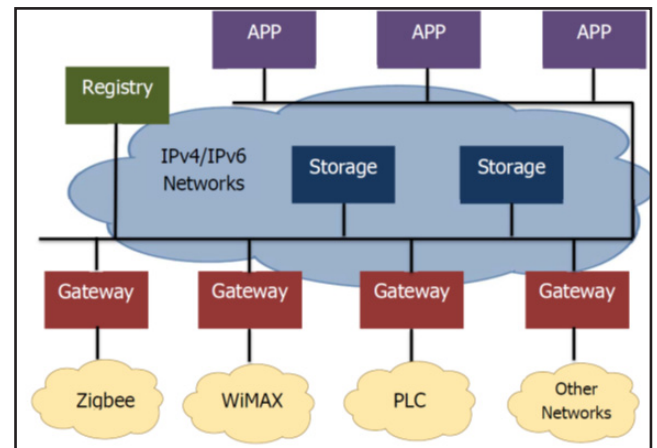


ภาพที่ 3 กรอบของโปรโตคอลสำหรับมาตรฐาน IEEE 1888

จากภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าข้อดีของ IEEE 1888 นั้นสามารถอนุญาตให้ Application สามารถเข้าตรวจสอบหรือสั่งงานอุปกรณ์หรือองค์ประกอบต่างๆ ได้ผ่านทางโปรโตคอล TCP/IP (รวมทั้ง IPv4 และ IPv6 ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ทำงานบนระดับชั้น Network) และบนเครือข่ายที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นเครือข่ายแบบใช้สาย หรือเครือข่ายไร้สาย อาทิ Zigbee, WiMAX, Ethernet, Power Line Communication (PLC) และอื่นๆ โดยสามารถติดต่อสื่อสารเครือข่ายเหล่านี้ได้โดยผ่านทาง Gateway ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของ IEEE 1888

3.2 องค์ประกอบใน IEEE 1888

สำหรับหน้าที่ขององค์ประกอบ (Component) ต่างๆ รวมถึง Registry ในระบบ IEEE 1888 นั้น สามารถแสดงได้ตามภาพที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้



ภาพที่ 4 สถาปัตยกรรมระบบสำหรับมาตรฐาน IEEE 1888

Application (APP) เป็นองค์ประกอบที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก Sensor หรือสั่งงาน Actuator โดยมีส่วนของอินเตอร์เฟซที่ทำหน้าที่ในการแสดงผลของข้อมูลล่าสุดที่อ่านมาได้ นอกจากนี้ยังสามารถอนุญาตให้ทางผู้ใช้งานสามารถเข้าไปสั่งงานหรือจัดการ Actuator รวมถึงวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จาก Sensor ในลักษณะที่เป็นปัจจุบัน (Real-time)

Gateway (GW) เป็นองค์ประกอบที่ประกอบไปด้วย Sensor และ Actuator ทำหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูลและระบุวิธีการเข้าถึงของอุปกรณ์ต่างๆ สามารถสั่งงาน Actuator ตามค่าที่ได้รับมาจากองค์ประกอบอื่นๆ อาทิ APP และสามารถอ่านค่าจาก Sensor ได้โดยตรงและส่งข้อมูลไปยังองค์ประกอบ Storage หรือ APP ได้

Storage คือแหล่งจัดเก็บข้อมูล ที่ใช้เก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ส่งมาจากองค์ประกอบต่างๆ ทั้งนี้เพื่อ

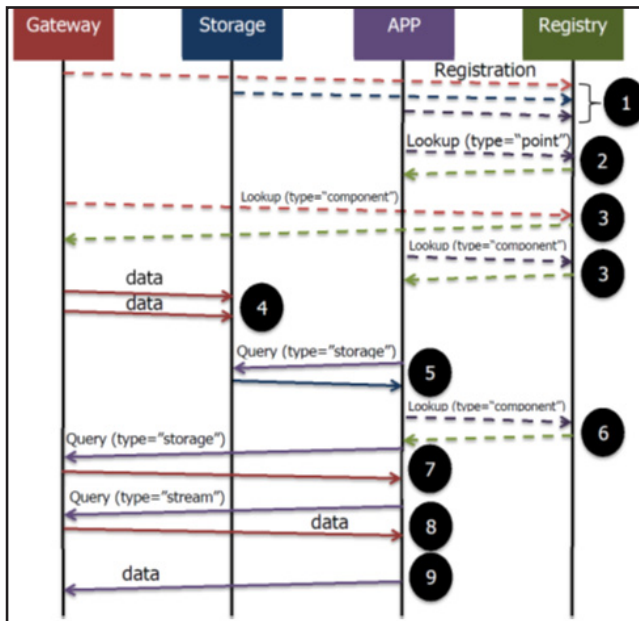
เก็บสำรองไว้ในกรณีที่มีการร้องขอจากองค์ประกอบอื่นๆ

Registry เป็นเสมือนตัวแทนหรือตัวกลางขององค์ประกอบต่างๆ อาทิ APP Gateway และ Storage และทำหน้าที่ในการบริหารจัดการข้อมูล Meta Information

โดยลักษณะการติดต่อสื่อสารระหว่างองค์ประกอบต่างๆ และ Registry นั้นแสดงได้ตามภาพที่ 5 โดยเส้นทึบแสดงการติดต่อสื่อสารระหว่างองค์ประกอบด้วยกันเอง (Component-to-Component) และเส้นประแสดงถึงการติดต่อสื่อสารระหว่างองค์ประกอบกับ Registry (Component-to-Registry)

โดยทั่วไป Registry จะทำหน้าที่ในการบริหารจัดการข้อมูลของ Point ID รวมถึงหน้าที่ขององค์ประกอบอื่นๆ ในกรณีที่องค์ประกอบหรืออินเทอร์เฟซต้องการข้อมูล Point ID จะมีการติดต่อกับ Registry โดยตรง ซึ่ง Registry จะตอบกลับเป็น Uniform Resource Identifier (URI) ขององค์ประกอบที่ทำหน้าที่จัดการ Point ID นั้นๆ

ในภาพที่ 5 แสดงลักษณะการติดต่อสื่อสารระหว่างองค์ประกอบ โดยแบ่งออกเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้



ภาพที่ 5 ลักษณะการติดต่อสื่อสารใน IEEE 1888 (UGCCNet)

กรณีที่ 1: เป็นการลงทะเบียนขององค์ประกอบต่างๆ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการลงทะเบียนได้แก่ 1) ข้อมูลของ Point ID ที่จัดการโดย Gateway 2) Point ID ที่จัดการโดย Storage และ 3) Point ID ที่อ่านและจัดเตรียมโดย APP

กรณีที่ 2: เป็นการค้นหา Point

กรณีที่ 3: เป็นการค้นหาลำดับประกอบ Storage สำหรับ

Point ซึ่งจะมีการตอบกลับเป็น URI ขององค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับ Point นั้นๆ

กรณีที่ 4: เป็นการส่งข้อมูล อาทิ Gateway ส่งข้อมูลที่ได้รับจาก Sensor แก่ Storage

กรณีที่ 5: เป็นการรับข้อมูล อาทิ APP ทำการร้องขอและรับข้อมูลจาก Storage หากข้อมูลที่ได้รับมีขนาดใหญ่ ข้อมูลจะถูกอ่านเป็นส่วนๆ โดยรับตามลำดับต่อเนื่องกันไป

กรณีที่ 6: เป็นการค้นหาลำดับประกอบ Gateway สำหรับ Point ที่ต้องการเข้าถึง ซึ่งจะมีการตอบกลับเป็น URI ขององค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับ Point นั้นๆ

กรณีที่ 7: เป็นการรับข้อมูล อาทิ APP รับข้อมูลจาก Gateway หากข้อมูลที่ได้รับมีขนาดเล็ก ข้อมูลจะถูกอ่านได้ภายในคราวเดียว

กรณีที่ 8: เป็นการแจ้งเตือนข้อมูล อาทิ Gateway ตอบกลับข้อมูล Update ในกรณีที่ร้องขอจาก APP

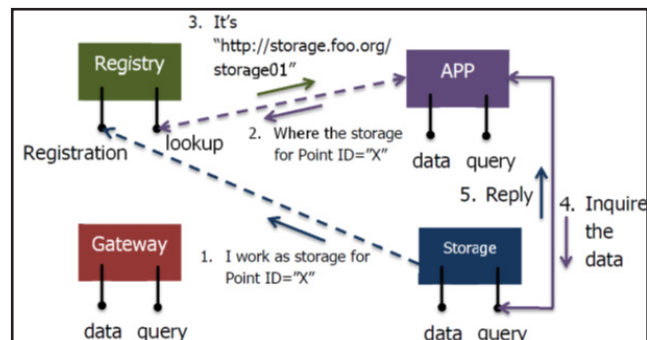
กรณีที่ 9: เป็นการเขียนข้อมูล อาทิ APP ออกคำสั่งไปยัง Actuator ผ่านทาง Gateway

องค์ประกอบต่างๆ ใน IEEE 1888 หรือ UGCCNet อาทิ APP Gateway และ Storage นั้น ใช้อินเทอร์เฟซลักษณะเดียวกันสำหรับร้องขอข้อมูล (Query) และส่งข้อมูล (Data) ซึ่งสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ผ่านทางโปรโตคอลชุดเดียวกันดังแสดงตามภาพที่ 6 โดยมีรายละเอียดดังนี้

การร้องขอ (Query) เป็นวิธีการร้องขอและรับข้อมูลจากองค์ประกอบ

การส่งข้อมูล (Data) เป็นวิธีการส่งข้อมูลไปยังองค์ประกอบ การลงทะเบียน (Registration) - เป็นการลงทะเบียนขององค์ประกอบและ Point ที่เกี่ยวข้อง

การสืบค้น (Lookup) เป็นวิธีการค้นหาลำดับประกอบและ Point



ภาพที่ 6 การติดต่อสื่อสารระหว่างองค์ประกอบและ Registry

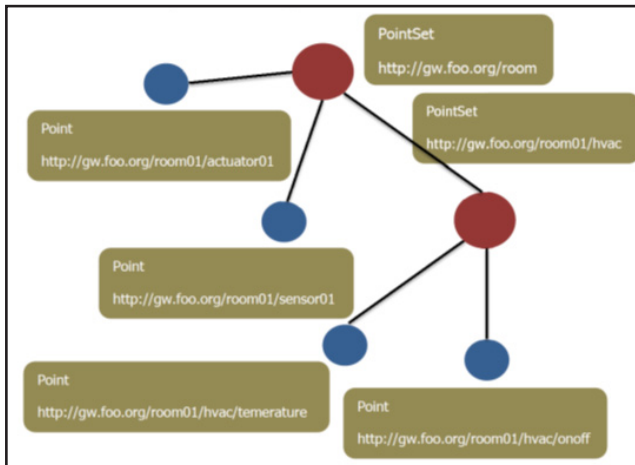
3.3 Point และ PointSet

โดย Point ในที่นี้หมายถึงช่องทางในการติดต่อสื่อสารกับองค์ประกอบต่างๆ ในระบบ อาทิ การอ่านข้อมูลจาก Sensor การสั่งงานแก่ Actuator และอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งสามารถทำได้ผ่านทางอินเตอร์เฟซขององค์ประกอบ อาทิ การร้องขอ (การอ่านข้อมูลจาก Point) และการส่งข้อมูล (การเขียนข้อมูลไปยัง Point)

Point จะต้องมีย่อเฉพาะ (Unique Identifier) เพื่อใช้ระบุ Point นั้นๆ ซึ่งใน IEEE 1888 นั้นมีการใช้งาน URI เป็นชื่อเฉพาะของ Point ดังแสดงตามภาพที่ 7 ตัวอย่างเช่น มีการกำหนด ID สำหรับอุปกรณ์ Sensor (<http://gw.foo.org/sensor01>) และอุปกรณ์ Actuator (<http://gw.foo.org/actuator01>) โดย ID นี้จะถูกใช้เป็น Point ID ของอุปกรณ์ดังกล่าวโดยทั่วไปแล้ว URI ควรเป็นชื่อของ Gateway (เพราะ Sensor และ Actuator จะสามารถติดต่อได้ผ่านทาง Gateway) ดังนั้นรูปแบบของ Point ID หรือ URI ของ Point ควรจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

Point ID = "http://<ชื่อของ Gateway>/<ชื่อของ Point ใน Gateway นั้นๆ>"

ซึ่ง Point ต่างๆ นั้นสามารถอ้างอิงได้ใน PointSet เดียวกัน โดยมีโครงสร้างแบบเป็นลำดับชั้น (Hierarchical) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสืบค้นและอ้างอิงดังแสดงตามภาพที่ 7



ภาพที่ 7 โครงสร้างของ PointSet

3.4 โพรโทคอลสำหรับการติดต่อสื่อสารทั่วไปใน IEEE 1888

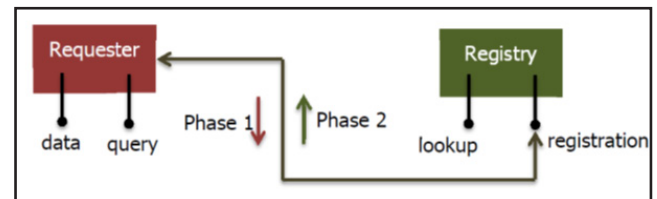
โพรโทคอลสำหรับการติดต่อสื่อสารใน IEEE 1888 นั้นสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ โพรโทคอลการติดต่อสื่อสารระหว่างองค์ประกอบกับ Registry

(Component-to-Registry) และโพรโทคอลการติดต่อสื่อสารระหว่างองค์ประกอบ (Component-to-Component)

3.4.1 โพรโทคอลการติดต่อสื่อสารระหว่างองค์ประกอบกับ Registry

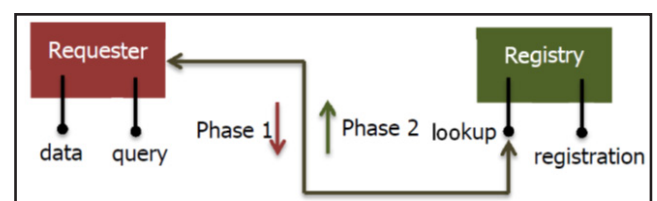
โพรโทคอลในหมวดนี้แบ่งออกเป็น 2 โพรโทคอลย่อยสำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างองค์ประกอบกับ Registry ได้แก่ โพรโทคอล REGISTRATION และ โพรโทคอล LOOKUP

ในส่วนของโพรโทคอล REGISTRATION เป็นโพรโทคอลที่ใช้สำหรับลงทะเบียนขององค์ประกอบ และ Point ที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะหลักดังแสดงตามภาพที่ 8 โดยในระยะแรกจะเป็นระยะที่องค์ประกอบที่จะลงทะเบียน (Registrant) นั้น เริ่มต้นกระบวนการ โดยส่งข้อมูลต่างๆ (ได้แก่ ชื่อ URI และชนิดของโพรโทคอลที่รองรับ) รวมถึงข้อมูลหน้าที่ (ได้แก่ข้อมูลที่จะระบุ Point ID ที่บริหารจัดการโดยองค์ประกอบนั้นๆ) ไปยัง Registry ซึ่งจะตอบกลับมาในระยะที่ 2 ว่าการลงทะเบียนสำเร็จหรือไม่ ในกรณีที่ไม่สำเร็จจะมีการส่งข้อความไปแจ้งเตือนขององค์ประกอบที่ทำการลงทะเบียน



ภาพที่ 8 โพรโทคอล REGISTRATION

โพรโทคอล LOOKUP เป็นโพรโทคอลที่อนุญาตให้องค์ประกอบสามารถค้นหาองค์ประกอบอื่นๆ หรือ Point ที่เกี่ยวข้องได้ โดยระยะแรกขององค์ประกอบที่ร้องขอ (Requester) จะทำการส่งชนิดของข้อมูลที่ต้องการ (อาทิ Component หรือ Point) ไปยัง Registry ดังแสดงในภาพที่ 9 โดย Registry จะทำการตอบรับกลับมาในระยะที่ 2 โดยส่งเป็น URI ขององค์ประกอบหรือ Point ที่ได้ร้องขอไปในตอนต้น

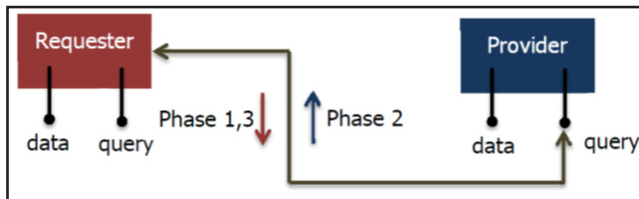


ภาพที่ 9 โพรโทคอล LOOKUP

3.4.2 โปรโตคอลการติดต่อสื่อสารระหว่างองค์ประกอบ

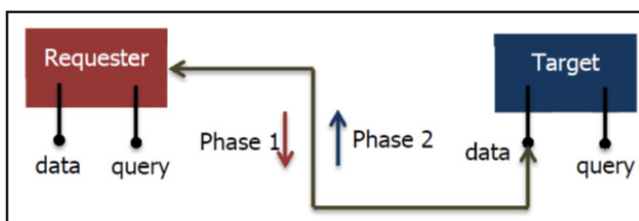
โปรโตคอลในหมวดนี้แบ่งออกเป็น 3 โปรโตคอลย่อยสำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างองค์ประกอบด้วยกันเอง ได้แก่ โปรโตคอล FETCH โปรโตคอล WRITE และโปรโตคอล TRAP

โปรโตคอล FETCH เป็นโปรโตคอลร้องขอข้อมูลจากองค์ประกอบอื่นๆ โดยในที่นี้จะเรียกองค์ประกอบที่ทำการร้องขอว่า Requester และองค์ประกอบที่ตอบกลับข้อมูลว่า Provider ในขั้นตอนการร้องขอข้อมูลนั้นแบ่งออกเป็น 3 ระยะดังแสดงตามภาพที่ 10 โดยในระยะแรกจะมีการส่งการร้องขอข้อมูลไปยัง Provider (ได้แก่ ช่วงของข้อมูลที่ต้องการ) รวมถึงขนาดของข้อมูลที่รองรับได้ โดยในระยะที่ 2 นี้ Provider จะทำการตอบกลับข้อมูลทั้งหมดจากที่ได้รับมาในตอนต้น หากข้อมูลมีขนาดใหญ่จน Requester ไม่สามารถรองรับได้ Provider จะทำการส่งข้อมูลเป็นช่วงของข้อมูล ซึ่ง Requester จะต้องทำการร้องขอข้อมูลในช่วงถัดมาในระยะที่ 3 จนกระทั่งเสร็จสิ้นกระบวนการ



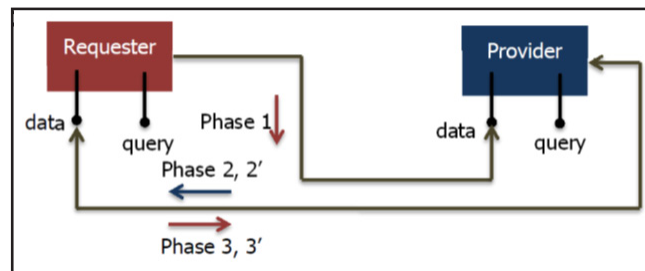
ภาพที่ 10 โปรโตคอล FETCH

โปรโตคอล WRITE เป็นโปรโตคอลที่ใช้สำหรับส่งข้อมูลไปยังองค์ประกอบอื่นๆ โดยในที่นี้จะเรียกองค์ประกอบที่ส่งข้อมูลว่า Requester และองค์ประกอบที่รับข้อมูลว่า Target โดยจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ระยะดังแสดงตามภาพที่ 11 ในระยะแรกจะเป็นการส่งข้อมูลไปยัง Target ซึ่งจะทำให้การตอบกลับมาในระยะที่ 2 ว่าการส่งข้อมูลเสร็จสิ้น หรือมีปัญหาระหว่างทำการส่งข้อมูลหรือไม่



ภาพที่ 11 โปรโตคอล WRITE

ในส่วนของโปรโตคอล TRAP นั้นเป็นโปรโตคอลที่ใช้สำหรับร้องขอข้อมูลในกรณีเฉพาะ โดยในระยะที่ 1 องค์ประกอบที่ร้องขอข้อมูลหรือ Requester ทำการส่งการร้องขอไปยังองค์ประกอบที่ส่งข้อมูลหรือ Provider ดังแสดงตามภาพที่ 12 โดยในระยะนี้ Requester จะมีการส่งการร้องขอ พร้อมทั้งระยะเวลาที่การร้องขอสามารถนำไปใช้ได้ หรือ Time To Live (TTL) รวมถึง URI ของผู้รับข้อมูล (มีการระบุ URI เพื่อในกรณีที่ Requester กับ ผู้รับข้อมูลไม่ได้อันเป็นองค์ประกอบเดียวกัน) โดยในระยะที่ 2 Provider จะมีส่งข้อมูล Update ให้แก่ URI ขององค์ประกอบที่ได้รับไว้ในตอนต้น ซึ่งองค์ประกอบที่ได้รับข้อมูลจะทำการตอบกลับว่าได้รับข้อมูลเสร็จสิ้นหรือไม่ในระยะที่ 3 ในกรณีที่เกิดข้อผิดพลาด (ซึ่งได้รับข้อผิดพลาดในระยะที่ 3) Provider จะทำการแจ้งเตือนองค์ประกอบที่ประสงค์จะรับข้อมูลในระยะที่ 2' ซึ่งจะมีการตอบกลับจากองค์ประกอบดังกล่าวในระยะ



ภาพที่ 12 โปรโตคอล TRAP

4. สรุป

มาตรฐาน IEEE 1888 เป็นมาตรฐานที่สร้างขึ้นเพื่อระบุและกำหนดสถาปัตยกรรมของโปรโตคอลเครือข่ายที่ใช้ในการควบคุมและจัดการอุปกรณ์ โดยมีการระบุประเภทองค์ประกอบ รวมถึงการกำหนดชนิดของโปรโตคอลต่างๆ ที่ใช้ในการอ่านหรือส่งงานขององค์ประกอบต่างๆ ภายในระบบ ซึ่งรวมถึงการระบุวิธีการในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้ระบบต่างๆ นั้นเป็นไปตามมาตรฐาน และสามารถทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี อาทิ รองรับการทำงานร่วมกับเครือข่าย IP หรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการบริหารจัดการพลังงานให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ



5. เอกสารอ้างอิง

- [1] "IEEE Standard for Ubiquitous Green Community Control Network Protocol." *IEEE Std 1888-2011*, April 2011.
- [2] "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)." *IEEE Std 802.15.4-2011*, June 2011.
- [3] "IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems." *IEEE Std 802.16-2012*, August 2012.
- [4] "IEEE Standard for Information Technology-Specific Requirements-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications." *IEEE Std 802.11-2012*, March 2012.
- [5] "Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT-2000 and Systems beyond IMT-2000." *Recommendation ITU-R M.1645*, June 2003.
- [6] "Detailed Specifications of the Terrestrial Radio Interfaces of International Mobile Telecommunications Advanced (IMT-Advanced)." *Recommendation ITU-R M.2012*, January 2012.
- [7] "IEEE Standard for Information technology-Specific Requirements-Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications." *IEEE Std 802.3-* 2008, December 2008.
- [8] S. Galli and O. Logvinov. "Recent Developments in the Standardization of Power Line Communications within the IEEE." *IEEE Communications Magazine*, Vol. 46, No. 7, pp. 64-71, July 2008.
- [9] Hideya O. "IEEE 1888: Open Standard Protocol for Smart Building, Campus and Community." Available online at <http://www.tronshow.org>, accessed November 2013.
- [10] E. Hiroshi and O. Hideya. "GUTP and IEEE1888 for Smart Facility Systems using Internet Architecture Framework." *IEEE Workshop on Holistic Building Intelligence through Sensing Systems (HOBSENSE)*, June 2011.
- [11] Green University of Tokyo Project. Available online at <http://www.gutp.jp>, accessed November 2013.
- [12] O. Hideya and E. Hiroshi. "Mobility Entropy and Message Routing in Community-Structured Delay Tolerant Networks." *In Proceedings of ACM SIGCOMM, Asian Internet Engineering Conference (AINTEC)*, November 2008.
- [13] C. Sergio and E. Hiroshi. "A Pub/Sub Message Distribution Architecture for Disruption Tolerant Networks." *IEICE Special Section of Transactions on Information and Systems*, Vol. E92-D, No. 10, pp.1888-1896, October 2009.