

การใช้หลักการวิศวกรรมออนโทโลยีเพื่อพัฒนาฐานความรู้สำหรับการดำเนินการร่วมกันของการคำนวณแบบคลาวด์หลายแพลตฟอร์ม

THE USE OF ONTOLOGICAL ENGINEERING PRINCIPLE TO DEVELOP A KNOWLEDGE BASE FOR INTEROPERABILITY OF MULTI-CLOUD COMPUTING PLATFORMS

ผู้ช่วย หัวใจ

นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: surachai.rbac@gmail.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนวงศ์

อาจารย์ประจำหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
Email: thepparit.ba@spu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฐานความรู้ในรูปแบบของออนโทโลยีโดยใช้หลักการวิศวกรรมออนโทโลยีสำหรับสนับสนุนภาวะการดำเนินการร่วมกันของการคำนวณแบบคลาวด์ 3 แพลตฟอร์มโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ได้แก่โอเพนสแต็ก อาปาเช่คลาวด์สแต็ก และวีเอ็มแวร์ อีเอสเอ็กซ์ไอ ซึ่งจะลดต้นทุนในการขยายระบบและเพิ่มความสามารถในการตอบสนองต่อธุรกิจที่มีความต้องการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในการให้บริการทรัพยากรโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ได้ การพัฒนาออนโทโลยีที่เสนอเป็นไปตามขั้นตอนของวิศวกรรมออนโทโลยีซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ 1) ศึกษาความเป็นไปได้ 2) ขั้นตอนการเริ่มพัฒนา 3) การแบ่งละเอียด 4) การประเมิน และ 5) การประยุกต์ใช้และวิวัฒนาการ เครื่องมือที่ใช้พัฒนาออนโทโลยีคือซอฟต์แวร์โปรเตเจ้ (protégé) องค์ประกอบของออนโทโลยีที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 4 คลาสหลักที่สำคัญคือ คลาสอุปกรณ์การคำนวณกายภาพคลาสแพลตฟอร์มการคำนวณแบบคลาวด์คลาสแผนแบบเครื่องบริการ และคลาสการบริหารจัดการวัฏจักรชีวิตเครื่องเสมือนด้วยเทคโนโลยีเรสท์ และ 17 คลาสย่อยการประเมินออนโทโลยีที่เสนออาศัยชุดข้อคำถามที่ใช้บ่อยตลอดวัฏจักรชีวิตเครื่องเสมือนจำนวน 36 ข้อคำถามพบว่ามีความเที่ยง (precision) ร้อยละ 100 ค่าความระลึก (recall) ได้ร้อยละ 100 และค่าเอฟ-เมเชอร์ (F-Measure) ร้อยละ 100

คำสำคัญ : วิศวกรรมออนโทโลยี การคำนวณแบบคลาวด์ การทำงานร่วมกันของคลาวด์หลายแพลตฟอร์ม

ABSTRACT

The objective of this research is to develop a knowledge base in the form of ontology using ontological engineering principles for supporting interoperability of multi-cloud computing platforms of three Infrastructures-as-a-Service (IaaS) platforms such as OpenStack, Apache Cloud Stack and VMware Esxi. This will reduce costs in system expansion and improve capabilities in response to rapidly changing business demand for IaaS resources. The development of a proposed ontology is based on the 5 steps of ontological engineering: 1) feasibility, 2) kickoff, 3) refinement, 4) evaluation, and 5) application and evolution. An ontology development tool used in our

research is Protégé software. The developed ontology comprise four classes that represent the core components of Cloud platform, which are physical compute device, cloud computing platform, template server, and REST VM life cycle management. Under these four main classes, 17 subclasses are included in this ontology. The evaluation of the presented ontology is based on a set of 36 question items frequently used throughout virtual machine life cycle. It was found that the ontology delivered 100 % of precision, 100 % of recall and 100 % of F-Measure.

KEYWORDS : Ontology Engineering, Cloud Computing, Interoperability of Multi-Cloud Computing Platforms

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

Armbrust et al. (2009) กล่าวว่า การคำนวณแบบคลาวด์เป็นการเปลี่ยนรูปแบบการให้บริการคอมพิวเตอร์ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในวงการอุตสาหกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศในปัจจุบันและยังมียอดการธุรกิจขนาดใหญ่เป็นผู้ให้บริการการคำนวณแบบคลาวด์อันเป็นผลมาจากการยอมรับกระบวนทัศน์การคำนวณแบบคลาวด์ เช่น อาเมซอนเว็บเซอร์วิส (Amazon Web Services: AWS) ไมโครซอฟต์อาซัวร์ (Microsoft azure) และกูเกิลคลาวด์แพลตฟอร์ม (Google cloud platform) ส่วนทิศทางในอนาคตของการคำนวณแบบคลาวด์การ์ทเนอร์ (Gartner, 2016) ให้ข้อมูลว่าในปี ค.ศ. 2020 องค์การธุรกิจที่มีนโยบายไม่ใช้ระบบการคำนวณแบบคลาวด์ (“no-cloud”) จะหายากหรือไม่มี ทำนองเดียวกับในปัจจุบันที่องค์การซึ่งมีนโยบายไม่ใช้อินเทอร์เน็ต (“no-Internet”) ก็หาได้ยากการพยากรณ์นี้ยังได้รับการสนับสนุนโดยรายงานการจัดอันดับการตลาดของการคำนวณแบบคลาวด์ (ITA, 2016) ได้กล่าวถึงอัตราการเจริญเติบโตและการลงทุนทางด้านบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ (IaaS) และบริการแพลตฟอร์มคลาวด์ (PaaS) ภายในปี ค.ศ. 2020 มีแนวโน้มการลงทุนมากกว่า 55 ล้านเหรียญดอลลาร์และไอดีซี (IDC, 2015) ได้คาดการณ์ว่าภายในปี ค.ศ. 2020 ในองค์การธุรกิจจะมีการใช้การคำนวณแบบคลาวด์เป็นวิธีการในการดำเนินธุรกิจซึ่งทุกองค์การมีความจำเป็นเหมือนเป็นโครงสร้างพื้นฐานขององค์การ

การคำนวณแบบคลาวด์มีหลายแบบจำลองบริการ (service models) และงานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นแบบจำลองที่เรียกว่า บริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ (Infrastructure as a Service: IaaS) สถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติของ

สหรัฐอเมริกา (NIST) (Mell and Grance, 2011) นิยามแบบจำลองบริการโครงสร้างพื้นฐาน ว่าเป็นบริการทรัพยากรการคำนวณอันได้แก่ หน่วยประมวลผล, หน่วยเก็บข้อมูล, และเครือข่าย ซึ่งผู้ใช้บริการสามารถใช้ทรัพยากรเหล่านี้เพื่อติดตั้งระบบปฏิบัติการหรือโปรแกรมประยุกต์ใดๆ ได้ตามต้องการ ในปัจจุบันมีผู้ให้บริการคลาวด์สาธารณะของแบบจำลองบริการโครงสร้างพื้นฐานหลายรายเช่นอาเมซอนเว็บเซอร์วิสอีซีทู (Amazon Web Services, 2015) กูเกิลคอมพิวเอนจิน (Google, 2016) และแคทไอริส (CAT Telecom, 2015) ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการขององค์กรที่ผู้ใช้งานต้องการจัดตั้งใช้งานบริการคลาวด์ส่วนบุคคลแบบนอกที่ตั้ง (off-premise private cloud) ส่วนองค์กรที่มีเหตุผลความจำเป็นในด้านความมั่นคง มักมีความต้องการบริหารจัดการคลาวด์ส่วนบุคคลแบบในที่ตั้ง (on-premise private cloud) ซึ่งต้องจัดหาติดตั้งระบบหรือแพลตฟอร์มโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ด้วยตนเอง นอกจากนี้ บางองค์กรที่มีความต้องการใช้ระบบโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์หลายระบบเพื่อทำการเชื่อมต่อบริการคลาวด์ส่วนบุคคลแบบในที่ตั้งร่วมกับบริการคลาวด์ส่วนบุคคลแบบนอกที่ตั้งสำหรับกระจายภาระงานการประมวลผล กลายเป็นแบบจำลองคลาวด์ลูกผสม (hybrid cloud) ซึ่งในที่นี้หมายถึงโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ที่ประกอบด้วยคลาวด์ส่วนบุคคลแบบในที่ตั้งกับคลาวด์สาธารณะและมีความผูกพันเข้าด้วยกันโดยใช้ข้อกำหนดของเทคโนโลยีมาตรฐานหรือเทคโนโลยีเฉพาะที่ช่วยให้การทำงานของข้อมูลและซอฟต์แวร์ประยุกต์ ในการทำงานร่วมกัน (Mell and Grance, 2011)

การใช้งานแบบจำลองคลาวด์ลูกผสมมักประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ที่มีแพลตฟอร์มที่แตกต่างกันเพราะ

แต่ละแพลตฟอร์มมีคุณลักษณะที่เหมาะสมกับผู้ใช้งานแตกต่างกันไป และในการติดตั้งใช้งานแบบจำลองคลาวด์ที่ผสมผสานที่ประกอบด้วยแพลตฟอร์มคลาวด์หลายแพลตฟอร์มนี้มีข้อจำกัดบางประการที่สำคัญคือแพลตฟอร์มที่ใช้มีลักษณะเป็นระบบปิดที่ไม่ได้สร้างมาเพื่อสื่อสารหรือทำงานร่วมกับแพลตฟอร์มอื่นทำให้เกิดความยากลำบากในการทำงานร่วมกัน (Zhang, 2012) เช่น ปัญหาการทำงานร่วมกันระหว่างบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์นอกที่ตั้งที่ใช้แพลตฟอร์มคลาวด์วีเอ็มแวร์ อีเอสเอ็กซ์ไอ (VMware, Inc., 2016) และบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ในที่ตั้งที่ใช้แพลตฟอร์มโอเพนสแตก (OpenStack, 2015) ปัญหาการทำงานร่วมกันระหว่างบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์นอกที่ตั้งที่ใช้วีเอ็มแวร์ อีเอสเอ็กซ์ไอและบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ในที่ตั้งที่ใช้โออาปาเซคลาวด์สแตก (Apache CloudStack, 2015) หรือปัญหาการทำงานร่วมกันระหว่างบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์นอกที่ตั้งที่ใช้โอเพนสแตกและบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ในที่ตั้งที่ใช้โออาปาเซคลาวด์สแตก วิธีการหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาดังกล่าวคือ การใช้ระบบนายหน้าคลาวด์ (cloud broker) (Huapai and Banditwattanawong, 2015) ซึ่งเป็นระบบสำหรับการจัดการการทำงานร่วมกันระหว่างบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ การจัดการดังกล่าวมีรูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจครั้งนี้มุ่งเน้นคือการเลือกบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์จากหลายแพลตฟอร์มที่พร้อมใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้อย่างเป็นอัตโนมัติ ซึ่งในการทำงานร่วมกันของหลายแพลตฟอร์มคลาวด์มีทั้งส่วนที่คล้ายคลึงกันและส่วนที่แตกต่างกัน ทำให้ยากต่อการตัดสินใจเลือกบริการโดยระบบนายหน้าคลาวด์

ในบทความนี้ผู้วิจัยเสนอ การใช้หลักการวิศวกรรมออนโทโลยีในการพัฒนาฐานความรู้สำหรับการดำเนินการร่วมกันของการคำนวณแบบคลาวด์หลายแพลตฟอร์มซึ่งใช้สำหรับในการจัดการทรัพยากรโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์โดยใช้กรณีศึกษา 3 แพลตฟอร์มโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ คือ โอเพนสแตก โออาปาเซคลาวด์สแตก และ วีเอ็มแวร์ อีเอสเอ็กซ์ไอ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาออนโทโลยีฐานความรู้ในการจัดการทรัพยากรของระบบการคำนวณแบบคลาวด์สำหรับการดำเนินการร่วมกันของการคำนวณแบบคลาวด์หลายแพลตฟอร์ม

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณแบบคลาวด์

การคำนวณแบบคลาวด์ เป็นตัวแบบที่ทำให้การเข้าถึงแหล่งรวมทรัพยากรการคำนวณที่ใช้ร่วมกันและปรับแต่งโครงสร้างได้อันได้แก่ เครือข่าย, เครื่องให้บริการ, หน่วยเก็บ, โปรแกรมประยุกต์, และบริการ สามารถดำเนินการผ่านเครือข่ายตามคำขอได้อย่างสะดวก ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้สามารถจัดหาและคืนได้อย่างรวดเร็วโดยอาศัยการจัดการและการโต้ตอบกับผู้ให้บริการน้อยที่สุด (Mell and Grance, 2011) องค์ประกอบสำคัญของการคำนวณแบบคลาวด์ ได้แก่ บริการซอฟต์แวร์คลาวด์ และการคำนวณสาธารณะซึ่งหมายถึง การให้บริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์หรือบริการแพลตฟอร์มคลาวด์ (Armbrust et al., 2009)

สถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติของสหรัฐอเมริกาได้นิยามไว้ว่าการคำนวณแบบคลาวด์ เป็นตัวแบบที่มีการเปิดใช้งานแบบยูบิควิตัส (Ubiquitous) ที่ไม่ว่าผู้ใช้งานอยู่ที่ไหน ก็สามารถเข้าถึงสภาพแวดล้อมของระบบได้ผ่านอุปกรณ์การสื่อสารต่างๆ โดยมีลักษณะที่ง่ายต่อการใช้งานและมีการใช้งานโดยการใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ร่วมกันผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบตามความต้องการของผู้ใช้งาน (on-demand) โดยที่การบริหารจัดการสามารถทำได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว หรือการทำงานร่วมกันของผู้ใช้บริการบนระบบการคำนวณเดียวกัน โดยรูปแบบการคำนวณแบบคลาวด์นี้ประกอบด้วยลักษณะสำคัญดังนี้

ในการคำนวณแบบคลาวด์การรวมเครื่องคอมพิวเตอร์หลายๆ เครื่องไว้เป็นกลุ่มของเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับให้บริการ ซึ่งจะตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานโดยจำเป็นต้องมีคุณสมบัติ ที่สามารถขยายตัวได้อย่างยืดหยุ่นในการคอมพิวเตอร์ข้อมูลและการจัดเก็บข้อมูลโดยเน้นการจัดสรรทรัพยากรได้จากระยะไกลและง่ายต่อการเข้าถึง โดยการให้บริการคำนวณแบบคลาวด์สามารถแบ่งตัวแบบการบริการได้ตามลักษณะการให้บริการเป็น 3 ตัวแบบดังนี้ (NIST, 2015)

1) ตัวแบบบริการแพลตฟอร์ม (PaaS) เป็นการให้บริการในการอำนวยความสะดวกสำหรับการสนับสนุนการสร้างและการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ทำงานในรูปแบบที่กำหนด

2) ตัวแบบบริการซอฟต์แวร์ (SaaS) เป็นการให้บริการโดยวิธีการเสนอซอฟต์แวร์ที่ได้รับอนุญาตให้เข้าถึงซอฟต์แวร์ได้หลายเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกค้าจากระยะไกลเป็นบริการโดยส่วนใหญ่เป็นการให้บริการในรูปแบบเว็บ

3) ตัวแบบบริการโครงสร้างพื้นฐาน (IaaS) เป็นการให้บริการของระบบคอมพิวเตอร์เป็นการให้บริการที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการพื้นฐานด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์สำหรับผู้ให้บริการ โดยจะให้บริการแบบเสมือนจริงของอุปกรณ์ โดยที่ผู้ใช้บริการสามารถปรับเปลี่ยนขนาดได้ตามความต้องการใช้งาน โดยการคิดค่าบริการสามารถเรียกเก็บเงินตามการใช้งาน โดยระบบจะสามารถให้บริการได้หลายผู้ใช้งานในเวลาเดียวกัน สามารถจัดการให้บริการรองรับระบบปฏิบัติการ หรือซอฟต์แวร์ประยุกต์ได้หลายแพลตฟอร์มงานวิจัยนี้เน้นศึกษาตัวแบบบริการนี้

วิศวกรรมออนโทโลยี

Staab and Studer (2009) กล่าวว่าออนโทโลยีเป็นองค์ความรู้ที่ถูกกล่าวถึงอย่างมากในการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่ช่วยให้ระบบคอมพิวเตอร์สามารถคิดและตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการกำหนดข้อมูลเฉพาะวิชาที่เป็นลำดับขั้นของแนวคิดและออนโทโลยีเป็นชุดตัวแบบโดเมนขององค์ความรู้ที่ประกอบด้วยสมาชิกของข้อมูลในรูปแบบ มโนทัศน์ (concept) หรือคลาส (classes) ที่สามารถอธิบายคุณลักษณะของข้อมูลด้วยคุณสมบัติ (properties) (Gruber, 2009) โดยสามารถสรุปส่วนประกอบที่สำคัญของออนโทโลยีได้ดังนี้

1) คลาสหรือมโนทัศน์ เป็นขอบเขตของความรู้ (knowledge) ที่สามารถอธิบายรายละเอียดได้โดยจะมีความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกของคลาส ซึ่งแต่ละคลาสจะถูกกำหนดไว้อย่างชัดเจนและสามารถอธิบายความหมายของข้อมูลได้ถูกต้อง

2) พร็อพเพอร์ตี้ (properties) หรือแอททริบิวต์ (attributes) ใช้ประกอบการอธิบายลักษณะเฉพาะของคลาส และมีความสัมพันธ์กันในคลาส เช่น คลาสอาจารย์ประกอบด้วยตำแหน่ง วิชาที่สอน สถานที่ทำงาน ซึ่งเรียกว่าดาต้าพร็อพเพอร์ตี้ (data properties) กรณีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างคลาสจะใช้ อ็อบเจกต์พร็อพเพอร์ตี้ (object properties)

3) อินสแตนซ์ (instances) หรืออินดิวิดูอัล (Individuals) เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของออนโทโลยี ซึ่งจะกล่าวถึง

วัตถุที่เป็นรูปธรรมเช่น นักเรียนชื่อสมชาย รหัส 580001 เรียนปี 1 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยจะถูกระบุตามพร็อพเพอร์ตี้ของคลาส student โดยหนึ่งอินสแตนซ์แทนด้วยชุดข้อมูลหนึ่งคน Staab and Studer (2009) กล่าวว่าการพัฒนาออนโทโลยีมีความจำเป็นต้องมีขั้นตอนและวิธีการพัฒนาโดยมีหลักเกณฑ์ที่นำเชื่อถือทางวิศวกรรมเรียกว่า วิศวกรรมออนโทโลยี (ontology engineering) การทำวิศวกรรมออนโทโลยีจำเป็นต้องกำหนดการประยุกต์ใช้การจัดการความรู้ (knowledge management application) และพิจารณาอีก 3 ด้านคือ ด้านบุคคล (Human issues) ซึ่งเป็นการยอมรับในองค์ความรู้และสภาพแวดล้อมที่ต้องการใช้องค์ความรู้ ด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์ (software engineering) เพื่อการจัดการความรู้โดยมีข้อกำหนดของซอฟต์แวร์ กระบวนการผลิตซอฟต์แวร์ การประเมิน และการบำรุงรักษาให้เป็นไปตามหลักวิศวกรรม และด้านกระบวนการเมต้าความรู้ (knowledge meta process) ที่เป็นกระบวนการหลักในการพัฒนาออนโทโลยี

โดยกระบวนการเมต้าความรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก โดยสามารถอธิบายขั้นตอนในการพัฒนาออนโทโลยีได้ดังนี้

1) การศึกษาความเป็นไปได้ (feasibility study) เป็นการศึกษาประเด็นปัญหา เครื่องมือ วิธีการเทคโนโลยี รวมถึงสภาพแวดล้อมที่นำไปใช้ โดยคำนึงถึงปัจจัยความสำเร็จหรือความล้มเหลวของการพัฒนาองค์ความรู้ ซึ่งประกอบด้วยสี่ขั้นตอน เริ่มจากการกำหนดปัญหาและโอกาส ของขอบเขตปัญหาที่สนใจ โดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ เช่น การประหยัดค่าใช้จ่าย ข้อมูลทางเทคนิคที่รองรับ และความเป็นไปได้ของโครงการ จากนั้นกำหนดความสนใจเฉพาะที่จะนำไปใช้งาน แล้วทำการใช้เครื่องมือเพื่อทำการรวบรวมข้อมูลสำหรับจัดทำออนโทโลยีโดยพิจารณาที่สนับสนุนการทำงานร่วมกันและการนำกลับมาใช้ใหม่ของออนโทโลยี ขั้นตอนการบุคคล โดยกำหนดบุคคลที่เกี่ยวข้องหรือผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมก่อนนำมาใช้ในการสร้างออนโทโลยี

2) การเริ่มพัฒนา (kickoff) เป็นขั้นตอนการเริ่มสร้างออนโทโลยีโดยการกำหนดกรอบ (capture) ออนโทโลยีเพื่อกำหนดคุณลักษณะของออนโทโลยีในรูปแบบเอกสาร โออาร์เอสดี หรือเอกสารข้อกำหนดคุณลักษณะออนโทโลยี

จากนั้นทำการสร้างเซมิฟอร์มอลรายละเอียดของออนโทโลยี ซึ่งอาจใช้มายด์แมพ หรือยูเอ็มแอล ในการอธิบายคุณลักษณะของออนโทโลยี

3) การแบ่งละเอียด (refinement) เป็นขั้นตอนการปรับแต่งรายละเอียดก่อนที่จะสร้างออนโทโลยีต้นแบบ โดยนำออนโทโลยีแบบกึ่งทางการ (semi-formal ontology) มาพิจารณาจากแหล่งความรู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อปรับแต่งโดยเพิ่มเข้าหรือตัดออกจากออนโทโลยี เพื่อได้ออนโทโลยีที่มีคุณภาพสูงทางวิศวกรรม โดยขั้นตอนการปรับแต่งใช้วิธีการพิจารณาเซมิฟอร์มอลออนโทโลยีจากบนลงล่าง (top-down) และพิจารณาจากล่างขึ้นบน (bottom-up) เพื่อพิจารณาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องแล้วทำการปรับปรุงโดยทำซ้ำจนกว่าจะได้ออนโทโลยีที่มีคุณภาพสูง จากนั้นเซมิฟอร์มอลที่ได้แปลงเป็นออนโทโลยีตามจุดมุ่งหมาย (target ontology) โดยการกำหนดความหมาย เช่น “is-a” ของแต่ละคลาส โดยพิจารณาจากโน้ตส์ คุณสมบัติและความสัมพันธ์ของความหมายของคำ แล้วทำการสร้างต้นแบบ (create prototype) ซึ่งสามารถใช้ซอฟต์แวร์ประยุกต์ เช่น ซอฟต์แวร์โปรเตจี้ ช่วยการสร้างโดยการเข้ารหัสออนโทโลยี (ontology coding) และเลือกภาษาที่รองรับออนโทโลยี เช่น ภาษาไอบีดับเบิลยูแอล เพื่อกำหนดโครงสร้างโดเมนขององค์ความรู้ตามตัวแบบโมโนทัศน์ (conceptual model) โดยจะมีลักษณะเป็นออนโทโลยีแบบลำดับชั้น

4) การประเมิน (evaluation) เป็นกระบวนการในการตัดสินคุณค่าของออนโทโลยีที่สร้างขึ้น ในการประเมินออนโทโลยีมีประเด็นที่ให้ความสนใจ เช่น การประเมินการใช้ออนโทโลยีในโปรแกรมประยุกต์ เป็นการประเมินออนโทโลยีตามกรอบที่ต้องนำไปใช้ประโยชน์โดยกำหนดคำสั่งที่ต้องการทดสอบในรูปแบบภาษาสอบถาม (query language) เพื่อทำการทดสอบความสามารถของออนโทโลยีในการอธิบายองค์ความรู้ที่นำเสนอเช่น ครอบคลุมเนื้อหาในโดเมนที่สนใจ สามารถนำออนโทโลยีกลับมาใช้ใหม่ความยืดหยุ่นของออนโทโลยี และความสะดวกในการใช้ซึ่งการประเมินตามที่กล่าวจะต้องกำหนดกรณีที่ต้องการใช้งาน ที่จะอธิบายลักษณะความต้องการของความรู้เป้าหมาย เช่นกรณีที่ต้องการออนโทโลยีแบบเฉพาะเจาะจง จะใช้ตำรา หรือ เอกสารอื่นๆ เพื่อกำหนดความต้องการในการประเมิน (Obrst et al., 2007)

การประเมินเปรียบเทียบกับออนโทโลยีกับแหล่งที่มาของเขตข้อมูลเป็นการประเมินออนโทโลยีจากการเปรียบเทียบข้อมูลกับแหล่งที่มาของข้อมูลโดยการจำแนกประเภทข้อมูลออกเป็นประเด็นต่างๆ แล้วทำการเปรียบเทียบกับออนโทโลยีเพื่อวัดความครอบคลุมประเด็นที่สนใจ ซึ่งออนโทโลยีต้องสามารถจับคู่กับข้อมูลประเด็นที่สนใจได้โดยอัตโนมัติ (Obrst et al., 2007)

การประเมินโดยมนุษย์กับชุดของเกณฑ์เป็นการประเมินที่มีการใช้อย่างกว้างขวางในการสร้างออนโทโลยี โดยชุดของคำถามที่ใช้ในการประเมินโดยส่วนใหญ่มาจากความคิดเห็นร่วมกันของผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่ต้องการใช้ออนโทโลยีเพื่อประเมินการตอบโต้ของออนโทโลยีตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ หรือประเมินความสัมพันธ์ของคลาสในออนโทโลยี เช่น is_a และ part_of (Obrst et al., 2007)

5) การประยุกต์ใช้และวิวัฒนาการ เป็นการประยุกต์ออนโทโลยีที่ได้ เพื่อใช้งานตามวัตถุประสงค์ โดยมีการจัดการวิวัฒนาการและการบำรุงรักษาตามกระบวนการของกระบวนการความรู้ (knowledge process) ที่มีวงจรของกระบวนการความรู้เริ่มจากการการนำเข้าเอกสารเมตาดาต้า เช่น เอกสารไอบีดับเบิลยูแอลในรูปแบบเอ็กซ์เอ็มแอล จากนั้นทำการแคปเจอร์เพื่อบันทึกองค์ความรู้เพื่อเตรียมพร้อม แล้วทำการเข้าถึงและการค้นคืนองค์ความรู้ตามคำร้องขอเพื่อนำความรู้ที่ได้ไปใช้งานแล้วได้ความรู้ใหม่แล้วทำตามวงจรของกระบวนการความรู้ต่อไป

งานวิจัยนี้เน้นใช้วิศวกรรมออนโทโลยีในการออกแบบองค์ความรู้สำหรับเป็นฐานความรู้ในการให้บริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์หลายแพลตฟอร์ม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของการทำงานร่วมกันของการคำนวณแบบคลาวด์หลายแพลตฟอร์มและออนโทโลยีการคำนวณแบบคลาวด์ โดยกล่าวถึงแนวคิดและวิธีการโดยมีรายละเอียดดังนี้

Alfazi et. al. (2015) ได้เสนอสถาปัตยกรรมของโปรแกรมค้นหาบริการการคำนวณแบบคลาวด์โดยใช้ออนโทโลยีสำหรับการระบุประเภทของบริการการคำนวณแบบคลาวด์โดยมุ่งเน้นการจัดประเภทของบริการการคำนวณแบบคลาวด์

โดยอัตโนมัติ ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้เสนอแนวคิดให้ลงทะเบียนผู้ให้บริการ จากนั้นผู้ใช้บริการป้อนข้อความความต้องการใช้ผ่านส่วนต่อประสานที่กำหนด ระบบจะทำการระบุหมวดหมู่ความต้องการใช้บริการ โดยพิจารณา 3 กรณี 1) ความคล้ายคลึงกันที่มีบริการตรงความต้องการของผู้ใช้ 2) การถ่วงน้ำหนักซึ่งพิจารณาจากกรณีที่มีการใช้บริการ และ 3) การตรวจสอบซึ่งจะมีการบันทึกการใช้บริการเพื่อทำการตรวจสอบว่ามีบริการใดพร้อมใช้งาน แล้วนำมาเปรียบเทียบกับออนไลน์ที่สร้างไว้ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้เสนอการสร้างออนไลน์ที่ครอบคลุมทั้งสามตัวแบบบริการประกอบด้วย 1) คลาสบริการซอฟต์แวร์ 2) คลาสบริการแพลตฟอร์มคลาวด์และ 3) คลาสบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ ซึ่งรายละเอียดของออนไลน์ดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการออกแบบออนไลน์สำหรับการวิจัยครั้งนี้

Ngo et. al. (2015) ได้เสนอออนไลน์สำหรับการกำหนดการเข้าถึงการใช้บริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ที่กำหนดนโยบายการเข้าถึงด้วยลักษณะประจำโดยอัตโนมัติที่มีความสัมพันธ์กับทรัพยากรโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ของผู้ให้บริการที่ให้บริการการคำนวณแบบคลาวด์และอินเทอร์เน็ตคลาวด์โดยมีการให้บริการผู้เช่าหลายคน ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวใช้ออนไลน์โอเอ็นดีแอล (Ghijssen, et. al., 2012) สำหรับจัดการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวเป็นการประยุกต์ใช้ออนไลน์กับการกำหนดการเข้าถึงการใช้บริการซึ่งต่างจากการวิจัยครั้งนี้ที่เป็นการจัดการทรัพยากรโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์หลายแพลตฟอร์ม

Ali et. al. (2014) ได้เสนอฐานความรู้ออนไลน์สำหรับตัวแบบบริการคลาวด์ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงองค์ประกอบแนวคิดของบริการการคำนวณแบบคลาวด์สำหรับการจัดการการคำนวณแบบคลาวด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำองค์ความรู้ออนไลน์กลับมาใช้ใหม่ได้โดยงานวิจัยได้กล่าวถึงตัวแบบออนไลน์สามโดเมนหลักที่ครอบคลุมการทำงานของระบบการคำนวณแบบคลาวด์โดยทั่วไปประกอบด้วยตัวแบบบริการแพลตฟอร์ม ตัวแบบบริการซอฟต์แวร์ และตัวแบบบริการโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งรายละเอียดเหล่านี้ถูกนำมาช่วยในการออกแบบออนไลน์สำหรับการวิจัยครั้งนี้

Ghijssen et. al. (2013) ได้เสนอตัวแบบส่วนประกอบโหนดภายใน โดยใช้ออนไลน์โอเอ็นดีแอล (Ghijssen et. al.,

2012) สำหรับการเฝ้าสังเกตการทำงานและการจัดการทรัพยากรโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ ซึ่งได้อธิบายทรัพยากรโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ในรูปแบบของเว็บเชิงความหมายโดยจำแนกโดเมนของออนไลน์ประกอบด้วย หน่วยเก็บตัวประมวลผลและหน่วยความจำ โดยแต่ละชั้นคลาสจะเก็บข้อมูลของขนาดความเร็ว แบนการประมวลผล ซึ่งจัดเก็บในรูปแบบของดาต้าหรือพอร์ทัลของอินสแตนซ์ ซึ่งแนวคิดการลงทะเบียนทรัพยากรโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ในอินสแตนซ์ของออนไลน์ที่เสนอโดยงานวิจัยข้างต้นได้ถูกนำมาใช้สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

Quinton et. al. (2013) ได้เสนอตัวแบบสำหรับการปรับแต่งคลาวด์ถูกผสมโดยคำนึงถึงลักษณะเด่นของระบบการคำนวณแบบคลาวด์ และความต้องการใช้ทรัพยากรโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ที่แตกต่างกันของผู้ใช้งาน โดยตัวแบบที่เสนอได้สร้างออนไลน์ตัวแบบฟีเจอร์ (Feature Model) ซึ่งจะมีการกำหนดฟีเจอร์ของระบบการคำนวณแบบคลาวด์ของแต่ละแพลตฟอร์มโดยพิจารณาจาก ภาษาโปรแกรมที่รองรับบริการเว็บ บริการฐานข้อมูลที่มีความแตกต่างกันแต่ละแพลตฟอร์มซึ่งมีความสัมพันธ์กับทรัพยากรโครงสร้างพื้นฐานของคลาวด์ซึ่งแนวคิดการกำหนดความต้องการใช้ฟีเจอร์ที่ต่างกันของบริการคลาวด์ถูกนำมาใช้ในการออกแบบออนไลน์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ด้วย

Zhang et al. (2012) ได้เสนอตัวแบบออนไลน์การคำนวณแบบคลาวด์ (Cloud Computing Ontology) ที่เป็นออนไลน์สำหรับบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์โดยกำหนดโดเมนที่สนใจของบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์เป็นสามโดเมนหลักประกอบด้วย โดเมนของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และโดเมนของหน่วยเก็บข้อมูล ซึ่งออนไลน์ที่สร้างขึ้นสามารถรองรับบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์หลายแพลตฟอร์มที่ให้บริการเช่น อาเมซอน วินโดวส์เซอร์ และโก กริด ซึ่งแนวคิดของการกำหนดโดเมนเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในการออกแบบออนไลน์สำหรับบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

Kang et. al. (2011) ได้เสนอกรอบแนวคิดในการนำเว็บเชิงความหมายมาช่วยในการจัดการการคำนวณแบบคลาวด์โดยสร้าง 4 ออนไลน์ได้แก่ 1) ออนไลน์กระบวนการ 2) โลจิมัลติโดเมน 3) โดเมนออนไลน์ และ 4) ออนไลน์โอดับบลิวเอสที่เก็บข้อมูลการบริการของการคำนวณแบบคลาวด์

ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวนี้ได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้งาน
ออนโทโลยีทั้ง 4 เพื่อทำการจับคู่โดเมนและเลือกบริการ
การคำนวณแบบคลาวด์ จากนั้นส่งชุดคำสั่งที่ได้ผ่านบริการของ
เว็บที่ประกอบ ด้วยยูติลิโอ ดับบลิวเอสดีแอล และเอสโอเอพี
ซึ่งจะส่งข้อมูลการปฏิบัติเพื่อให้บังเกิดผลกับการคำนวณแบบ
คลาวด์ ในงานวิจัยครั้งนี้ได้นำแนวคิดการใช้เว็บเซอร์วิสใน
การส่งชุดคำสั่งสำหรับการจัดการบริการโครงสร้างพื้นฐาน
คลาวด์มาใช้แต่เป็นเว็บเซอร์วิส แบบเรสท์เพราะเป็นเทคโนโลยี
ที่ใหม่กว่า และรองรับโดยคลาวด์แพลตฟอร์มทั้ง โอเพนสแตก
และอาปาเช่คลาวด์สแตก

โดยงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นยังไม่มีการพัฒนา
ออนโทโลยีที่ใช้หลักการวิศวกรรมออนโทโลยีสำหรับการแก้
ปัญหาการดำเนินการร่วมกันของการคำนวณแบบคลาวด์ทั้ง 3
แพลตฟอร์ม คือ โอเพนสแตก อาปาเช่คลาวด์สแตก
และวีเอ็มแวร์ อีเอสเอ็กซ์ไอ

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเป็นการพัฒนาฐานความรู้ใน
รูปแบบของออนโทโลยีโดยใช้หลักการวิศวกรรมออนโทโลยี
สำหรับสนับสนุนภาวะการดำเนินการร่วมกันของการคำนวณ
แบบคลาวด์โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

1) การศึกษาความเป็นไปได้โดยศึกษาค้นคว้าเอกสาร
ตำรา งานวิจัย และคู่มือแพลตฟอร์มบริการโครงสร้างพื้นฐาน
คลาวด์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดปัญหาและโอกาส ของขอบเขต
ปัญหาที่สนใจโดยพิจารณาจาก 3 ปัจจัย ประกอบด้วย ข้อมูล
ทางเทคนิคที่รองรับการประหยัดค่าใช้จ่าย และความเป็นไปได้
ของโครงการจากนั้นกำหนดความสนใจเฉพาะองค์ความรู้ที่
จะนำไปใช้งาน แล้วทำการออกแบบออนโทโลยีเบื้องต้นเพื่อทำ
การตรวจสอบความถูกต้องโดยพิจารณาจากสนับสนุนการทำงาน
ร่วมกันและการนำกลับมาใช้ใหม่ของออนโทโลยีโดยกำหนด
บุคคลที่เกี่ยวข้องหรือผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบข้อมูลที่ได้จาก
การรวบรวมก่อนนำมาใช้ในการสร้างออนโทโลยีจำนวน 5 ท่าน

2) เริ่มพัฒนาออนโทโลยีจากความต้องการที่รวบรวม
มาจากการงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และเอกสารคู่มือการใช้งานของ
แต่ละแพลตฟอร์ม ได้แก่ โอเพนสแตก (OpenStack, 2015)
อาปาเช่คลาวด์สแตก (Apache CloudStack, 2016) และ

วีเอ็มแวร์ อีเอสเอ็กซ์ไอ (VMware, 2016) จากนั้นใช้ซอฟต์แวร์
โปรเตเจ้ จัดทำฐานความรู้ที่รวบรวมมาให้อยู่ในรูปแบบของ
เอกสารโอดับเบิลยูแอลในรูปแบบเอกซ์เอ็มแอลแล้วทำการตรวจ
สอบความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยแสดงออนโทโลยีในรูปแบบ
กราฟ จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องทางตรรกะของ
ออนโทโลยีใช้รีเซนเนอร์ ของเฮอร์มิตี (Hermit) และ
เพลเล็ต (Pellet)

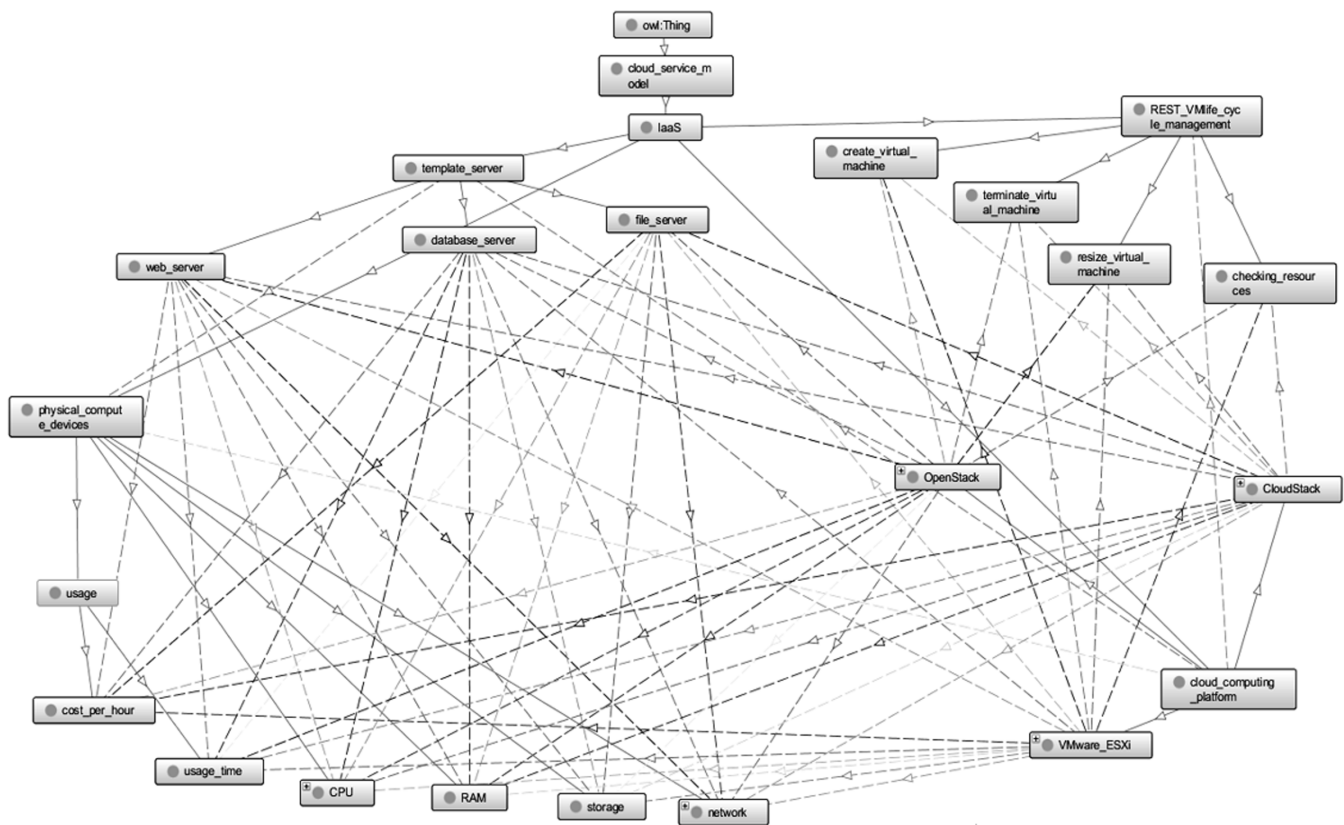
3) ทำการปรับแต่งออนโทโลยีด้วยวิธีการแบ่งละเอียด
โดยการทำออนโทโลยีจากขั้นตอนก่อนหน้ามาพิจารณาเพื่อ
ปรับแต่งโดยเพิ่มหรือตัดออก โดยทำซ้ำจนกว่าจะได้ออนโทโลยี
ที่มีคุณภาพสูง โดยพิจารณาจากมโนทัศน์ คุณสมบัติ และ
ความสัมพันธ์ของความหมายของคำ กำหนดโครงสร้างโดเมน
ขององค์ความรู้ตามตัวแบบมโนทัศน์ โดยจะมีลักษณะเป็น
ออนโทโลยีแบบลำดับขั้นแล้วสร้างออนโทโลยีด้วยซอฟต์แวร์
โปรเตเจ้

4) ทำการประเมินออนโทโลยีการประเมินโดยใช้
ซอฟต์แวร์โปรเตเจ้โดยอาศัยชุดข้อคำถามที่กำหนดชุดข้อคำถาม
ในรูปแบบภาษาสเปคิวแอล (SPARQL) ซึ่งกำหนดเงื่อนไข
ครอบคลุม 3 แพลตฟอร์มโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ คือ
โอเพนสแตก อาปาเช่คลาวด์สแตก และ วีเอ็มแวร์ อีเอสเอ็กซ์ไอ
เงื่อนไขการเลือกใช้บริการครอบคลุม 3 แผ่นแบบเครื่องบริการ
คือ เครื่องบริการ เครื่องบริการไฟล์ และเครื่องบริการเว็บ
และเงื่อนไขครอบคลุม 4 ชุดคำสั่งคือ ชุดคำสั่งตรวจสอบการใช้
ทรัพยากร ชุดคำสั่งในการสร้างเครื่องเสมือน ชุดคำสั่ง
การเปลี่ยนแปลงขนาดเครื่องเสมือน และชุดคำสั่งสิ้นสุด
การทำงานเครื่องเสมือน รวมจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 36 ข้อ

5) นำออนโทโลยีที่ได้จากการประเมินไปประยุกต์ใช้
งานโดยกำหนดให้ใช้เป็นฐานความรู้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ
ระบบนายหน้าโดยใช้ออนโทโลยีเพื่อการดำเนินการร่วมกัน
ของการคำนวณแบบคลาวด์หลายแพลตฟอร์ม

ผลการวิจัย

จากการออกแบบออนโทโลยีโดยใช้หลักการวิศวกรรม
ออนโทโลยีสำหรับสนับสนุนภาวะการดำเนินการร่วมกันของ
การคำนวณแบบคลาวด์ทั้ง 3 แพลตฟอร์มสามารถแสดง
ออนโทโลยีในรูปแบบกราฟตามภาพที่ 1 และได้ทำการประเมิน



ภาพที่ 1 โครงสร้างออนโทโลยีสำหรับการดำเนินการร่วมกันของการคำนวณแบบคลาวด์หลายแพลตฟอร์ม

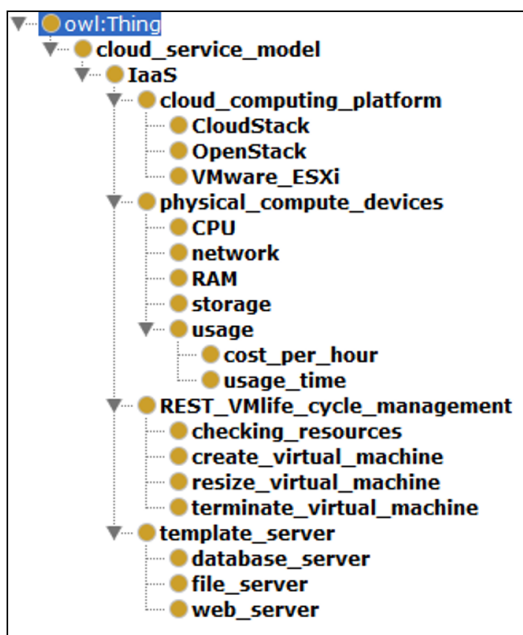
จากบุคคลที่เกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยการได้ผลการประเมินแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งอธิบายระดับความคิดเห็นของการประเมินออนโทโลยี พบว่าโดยส่วนใหญ่มีเนื้อหาครอบคลุม

บริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ มีความเหมาะสมการตั้งชื่อการกำหนดชนิดข้อมูล และภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.40$)

ตารางที่ 1 ผลการประเมินออนโทโลยี

ระดับความคิดเห็น	$\bar{X}$	S.D.
1. ครอบคลุมเนื้อหาของบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ทั้ง 3 แพลตฟอร์ม	4.40	0.89
2. ครอบคลุมชุดคำสั่งจัดการวัฏจักรชีวิตเครื่องเสมือนด้วยเทคโนโลยีเรสท์	4.20	0.83
3. ครอบคลุมความต้องการใช้บริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ของผู้ใช้บริการ	3.80	0.83
4. การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของคลาสมีความสอดคล้องกับบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์	4.20	0.44
5. ชื่อของคลาสเหมาะสม	4.20	0.83
6. คุณสมบัติข้อมูลของคลาสเหมาะสม	4.40	0.89
7. การกำหนดชนิดข้อมูลเหมาะสม	4.40	0.89
8. คุณสมบัติวัตถุของคลาสเหมาะสม	4.40	0.89
9. ชื่อสมบัติวัตถุเหมาะสม	4.40	0.54
10. ภาพรวมของออนโทโลยีมีความเหมาะสมพร้อมใช้	4.40	0.54
รวม	4.26	0.64

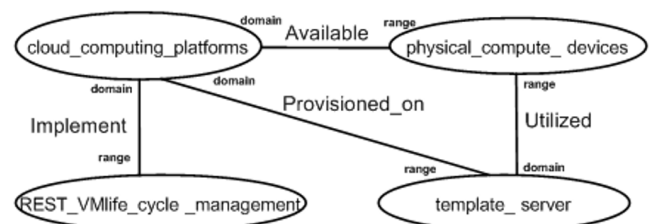
โดยออนโทโลยีที่สร้างจะอยู่ภายใต้ตัวแบบบริการคลาวด์ (cloud_service_model) โดยเลือกเฉพาะบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ (IaaS) ประกอบด้วย 4 คลาสหลักที่สำคัญคือ 1) คลาสแพลตฟอร์มการคำนวณแบบคลาวด์ (cloud_computing_platforms) 2) คลาสอุปกรณ์การคำนวณกายภาพ (physical_compute_devices) 3) คลาสการบริหารจัดการวัฏจักรชีวิตเครื่องเสมือนด้วยเทคโนโลยีเรสท์ (REST_VMLife_cycle_management) และ 4) คลาสแผ่นแบบเครื่องบริการ (template_server) ซึ่งแต่ละคลาสจะประกอบด้วยคลาสย่อยรวม 17 คลาส ซึ่งแสดงลักษณะของข้อมูลฐานความรู้ที่ครอบคลุมการทำงานร่วมกันของการบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ทั้ง 3 แพลตฟอร์มได้แก่โอเพนสแตก อาปาเช่คลาวด์สแตก และวีเอ็มแวร์ อีเอสเอ็กซ์ไอ ซึ่งสามารถอธิบายในรูปแบบลำดับชั้นได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 คลาสออนโทโลยีแบบลำดับชั้น

จากภาพที่ 2 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของคลาสย่อยโดยเริ่มจาก 1) คลาสแพลตฟอร์มการคำนวณแบบคลาวด์ประกอบด้วย สามแพลตฟอร์ม ได้แก่ โอเพนสแตก อาปาเช่คลาวด์สแตก และวีเอ็มแวร์ อีเอสเอ็กซ์ไอ ซึ่งเก็บข้อมูลของผู้ให้บริการของแต่ละแพลตฟอร์มในรูปแบบ อินสแตนซ์ 2) คลาสอุปกรณ์การคำนวณกายภาพ ประกอบด้วย

หน่วยประมวลผลกลาง(CPU)เครือข่าย(network)หน่วยความจำ(RAM) หน่วยเก็บข้อมูล (storage) และการใช้งาน (usage) ซึ่งกำหนดไว้สองแบบได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการใช้บริการต่อชั่วโมง (cost_per_hour) และ ระยะเวลาที่ใช้บริการ(usage_time) มีหน่วยเป็นวัน 3) คลาสการบริหารจัดการวัฏจักรชีวิตเครื่องเสมือนด้วยเทคโนโลยีเรสท์ ประกอบด้วยชุดคำสั่งที่ใช้ในการจัดการวัฏจักรชีวิตเครื่องเสมือนโดยอาศัยเทคโนโลยีเรสท์ ได้แก่ ชุดคำสั่งตรวจสอบการใช้ทรัพยากร (checking_resources) ชุดคำสั่งในการสร้างเครื่องเสมือน (create_virtual_machine) ชุดคำสั่งการเปลี่ยนแปลงขนาดเครื่องเสมือน (resize_virtual_machine) และชุดคำสั่งสิ้นสุดการทำงานเครื่องเสมือน (terminate_virtual_machine) และ 4) คลาสแผ่นแบบเครื่องบริการทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลรูปแบบการให้บริการของเครื่องบริการที่ใช้อยู่ประกอบด้วย เครื่องบริการฐานข้อมูล (database_server) เครื่องบริการไฟล์ (file_server) และเครื่องบริการเว็บ (web_server) ซึ่งแต่ละแผ่นแบบเครื่องบริการจะเก็บข้อมูลตามฟังก์ชันการให้บริการและต้องการใช้งานทรัพยากรโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์อันได้แก่ 1) จำนวนเลขที่อยู่ไอพี 2) ค่าใช้จ่ายในการใช้บริการต่อชั่วโมง 3) จำนวนหน่วยประมวลผลกลาง 4) หน่วยความจำหลัก 5) ขนาดพื้นที่หน่วยเก็บข้อมูล 6)ขนาดพื้นที่หน่วยเก็บข้อมูลสูงสุด 7) ช่วงเวลาให้บริการ 8) ปริมาณการถ่ายโอนข้อมูลสูงสุดต่อเดือน และ 9) ระยะเวลาที่ต้องการใช้งานสูงสุด ซึ่งทั้งสี่คลาสหลักที่สำคัญมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบของสมบัติอ็อบเจกต์ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 สมบัติอ็อบเจกต์ของออนโทโลยี

จากภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลาสหลักสำคัญประกอบด้วย 1) การใช้ประโยชน์ (Available) ระหว่างคลาแพลตฟอร์มการคำนวณแบบคลาวด์เป็นโดเมนและคลาอุปกรณ์การคำนวณกายภาพเป็นเรนจ์ 2) การดำเนินการ

(Implement) ระหว่างคลาสแพลตฟอร์มการคำนวณแบบคลาวด์เป็นโดเมนและคลาสการบริหารจัดการวัฏจักรชีวิตเครื่องเสมือนด้วยเทคโนโลยีเรสท์เป็นเรนจ์ 3) การจัดหา (Provisioned_on) ระหว่างคลาสแพลตฟอร์มการคำนวณแบบคลาวด์เป็นโดเมนและคลาสแผ่นแบบเครื่องบริการเป็นเรนจ์ 4) การนำไปใช้ (Utilized) ระหว่างแผ่นแบบเครื่องบริการเป็นโดเมนและคลาสอุปกรณ์กายภาพเป็นเรนจ์

4) ทำการประเมินออนโทโลยีโดยอาศัยชุดข้อคำถามที่กำหนดในรูปแบบภาษาสเปคิวแอล (SPARQL) ซึ่งมีเงื่อนไขในการเลือกอินสแตนซ์ภายใต้สี่คลาสหลักตามความสัมพันธ์ของสมบัติอ็อบเจกต์ที่กำหนดไว้ โดยกำหนดคำถามทั้งหมด 36 ข้อคำถาม ซึ่งผลลัพธ์จะได้ชุดคำสั่งเรสท์ที่กำหนดไว้ในดาต้ารีพอร์เตอร์ของอินสแตนซ์ที่ถูกเลือกและเป็นไปตามเงื่อนไข โดยทำการทดสอบทั้งหมด 36 ข้อคำถามด้วยซอฟต์แวร์โปรเตจและมีการคาดการณ์ผลลัพธ์ไว้ก่อน พบว่า มีค่าความเที่ยงร้อยละ 100 ค่า ความระลึกร้อยละ 100 และค่าเอฟ-เมเชอร์ร้อยละ100 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลประเมินออนโทโลยี โดยเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่คาดการณ์ไว้ (predicted) และสิ่งที่เป็นจริง (actual)

ที่คาดการณ์ไว้/ ที่เป็นจริง	ค่าจริง	ค่าเท็จ
ค่าจริง	36	0
ค่าเท็จ	0	0

5) นำออนโทโลยีที่ได้จากการประเมินไปประยุกต์ใช้งานโดยกำหนดให้ใช้เป็นฐานความรู้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบนายหน้าโดยใช้ออนโทโลยีเพื่อการดำเนินการร่วมกันของการคำนวณแบบคลาวด์หลายแพลตฟอร์ม

อภิปรายผล

บทความนี้เสนอการใช้หลักการวิศวกรรมออนโทโลยีเพื่อพัฒนาฐานความรู้สำหรับการดำเนินการร่วมกันของการคำนวณแบบคลาวด์หลายแพลตฟอร์มซึ่งครอบคลุม 3

แพลตฟอร์มโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ คือ โอเพนสแตก อาปาเช่คลาวด์สแตก และวีเอ็มแวร์ อีเอสเอ็กซ์ไอ โดยออนโทโลยีที่พัฒนา ประกอบด้วย 4 คลาสหลักที่สำคัญ คือ 1) คลาสอุปกรณ์การคำนวณกายภาพ 2) คลาสแพลตฟอร์มการคำนวณแบบคลาวด์ 3) คลาสแผ่นแบบเครื่องบริการและ 4) คลาสการบริหารจัดการวัฏจักรชีวิตเครื่องเสมือนด้วยเทคโนโลยีเรสท์ และ 17 คลาสย่อยที่ครอบคลุมทั้ง 3 แพลตฟอร์มโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ การประเมินออนโทโลยีที่เสนออาศัยชุดข้อคำถามที่ใช้บ่อยตลอดวัฏจักรชีวิตเครื่องเสมือนจำนวน 36 ข้อคำถาม พบว่ามีค่าความเที่ยงร้อยละ 100 ค่าความระลึกร้อยละ 100 และค่าเอฟ-เมเชอร์ร้อยละ100 ซึ่งออนโทโลยีมีความน่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้เป็นฐานความรู้ของระบบนายหน้าคลาวด์สำหรับการทำงานร่วมกันของการคำนวณแบบคลาวด์หลายแพลตฟอร์ม

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการเพิ่มแพลตฟอร์มบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ที่ครอบคลุมประเด็นที่สนใจหรือครอบคลุมแพลตฟอร์มที่แต่ละองค์กรมีการใช้บริการที่แตกต่างกันเพื่อความยืดหยุ่นของออนโทโลยีและสามารถนำออนโทโลยีกลับมาใช้ใหม่ตามความเหมาะสมของแต่ละองค์กร

เอกสารอ้างอิง

- Alfazi, A., Sheng, Q. Z., Qin, Y., and Noor, T. H. 2015. "Ontology-Based Automatic Cloud Service Categorization for Enhancing Cloud Service Discovery." **International Conference Enterprise Distributed Object Computing (EDOC 19th)**, IEEE: 151-158.
- Ali, A., Shamsuddin, S. M., and Eassa, F. E. 2012. "Ontology-based Cloud Services Representation." **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology** 8, 2012 8th, Maxwell Scientific Organization: 83-94.

- Amazon Web Services, Inc. 2016. "Amazon Elastic Compute Cloud(EC2)." **Amazon Web Services**, Retrieved January 4, 2016, from <http://aws.amazon.com/ec2>
- Apache CloudStack. 2016. "Apache CloudStack Open Source Cloud Computing." **Apache Software Foundation**, Retrieved January 4, 2016, from <https://cloudstack.apache.org>
- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R. H., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D. A., Rabkin, A., Stoica, I., and Zaharia, M. 2009. "Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing." **Technical Report No. UCB/EECS-2009-28**, Retrieved January 4, 2016, from <https://eecs.berkeley.edu>
- CAT Telecom, Inc. 2015. "IRIS platform innovative cloud ecosystem by CAT." **IRIS platform**, Retrieved Dec 7, 2015, from <http://iris.cattelcom.com/>
- Gartner, Inc. 2015. "Gartner's 2015 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies the Computing Innovations That Organizations Should Monitor." **Gartner Symposium**, Retrieved January 4, 2016, from <http://www.gartner.com>
- Google, Inc. 2016. "COMPUTE ENGINE Scalable, High-Performance Virtual Machines." **Google Cloud Platform**, Retrieved Jan 4, 2016, from: <https://cloud.google.com>
- Gruber, T. 2007. "Ontology Definition." **Ontology by Tom Gruber**. Retrieved Aug 6, 2014, from <http://tomgruber.org>
- Huapai, S., and Banditwattanawong, T. 2015. "An Interoperability Ontology for Multi-Cloud Computing Platforms." **International Conference on e-Business (iNCEB2015)**, November 23-24.
- IDC, Inc. USA. 2016. "Cloud Research." **IDC Four Pillar Research Area**. Retrieved Jan 4, 2016, from <https://www.idc.com>
- ITA. U.S. Department of Commerce. 2016. **2016 Top Markets Report Cloud Computing**. Accessed April 1, 2016, Available from <http://trade.gov>
- Kang, G. S., Singh, J., and Khanna, M. S. 2011. "Semantic Web Services in Clouds for Semantic Computing." **Proceedings of the International Conference on Advances in Computing and Artificial Intelligence**, ACM: 229.
- Mell, P. and Grance, T. 2011. "The NIST definition of cloud computing." **National Institute of Standards and Technology, Special Publication 800-145**, Retrieved February 1, 2016, from <http://nvlpubs.nist.gov>
- Ngo, C., Demchenko, Y., and Laat, D. C. 2015. "Multi-tenant attribute-based access control for cloud infrastructure services." **Journal of Information Security and Applications**, Elsevier: 20.
- National Institute of Standards and Technology (NIST) is an agency of the U.S. Department of Commerce. 2015. "NIST Cloud Computing Reference Architecture." **NIST Special Publication 500-292**, Retrieved January 4, 2016, from <http://www.nist.gov/itl/cloud/>
- Obrst, L., Ceusters, W., Mani, I., Ray, S., and Smith, B. 2007. "The Evaluation of Ontologies." **In Semantic Web**, pp.139-158. US: Springer.
- OpenStack. 2015. "Welcome to OpenStack Documentation." **OpenStack**, Retrieved January 4, 2016, from <http://docs.openstack.org/>
- Quinton, C., Haderer, N., Rouvoy, R., and Duchien, L. 2013. "Towards Multi-Cloud Configurations Using Feature Models and Ontologies." **MultiCloud'13**, ACM: 21-26.

Staab, S. and Studer, R. 2009. "Ontology Engineering."
In Handbook on Ontologies., pp.135-154.
US: Springer.

VMware, Inc. 2016. **VMware ESXi overview.** Accessed
April 1, 2016, Available from [https://www.
vmware.com](https://www.vmware.com)

Zhang, M., Ranjan, R., Haller, A., Georgakopoulos,
D., Menzel, M., and Nepal, S. 2012. "An
ontology-based system for Cloud infrastructure
services discovery." **International Conference**

**on Collaborative Computing: Networking,
Applications and Worksharing 14-17
(October), (IEEE): 524-530.**

ZhiHao, Z., JiPing, H., Ting, D., and Yu, W. 2012.
"Semantic Web Service Similarity Ranking
Proposal Based on Semantic Space Vector
Model." **International Conference on
Intelligent Systems Design and Engineering
Application, 6-7(January), (IEEE): 917-920.**



สุระชัย ห้วยไผ่

สำเร็จการศึกษา ปริญญาโท (วท.ม.) สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ จากมหาวิทยาลัยศรีปทุม และ
ปริญญาตรี (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
ที่มหาวิทยาลัยศรีปทุม และดำรงตำแหน่งประธานหลักสูตรคอมพิวเตอร์ศึกษา ที่มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนวงศ์

สำเร็จการศึกษา ปริญญาเอก (Ph.D.IT.) สาขา Informatics จาก The Graduate University
for Advanced Studies ประเทศญี่ปุ่น ปริญญาโท (M.Eng.) สาขา Computer Science สถาบัน
เทคโนโลยีแห่งเอเชีย และปริญญาตรี (วศ.บ. เกียรตินิยม) สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี
สารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม