



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การบูรณาการข้อมูลสารสนเทศแบบสื่อความหมายสำหรับระบบการ
เรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์โดยวิธีออนโทโลยีและโมเดลตัวบริการเว็บ

โดย ผศ.ดร.งามนิจ อัจฉรินทร์ และคณะ

พฤษภาคม 2550

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การบูรณาการข้อมูลสารสนเทศแบบสื่อความหมายสำหรับระบบการ
เรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์โดยวิธีออนไลน์และโมเดลตัวบริการเว็บ

คณะผู้วิจัย สังกัด

1. ผศ.ดร. งามนิจ อาจอินทร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2. ศ. ดร. ชิตชนก เหลือสินทรัพย์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. รศ.ดร. พิระพนธ์ โสฬสสถิต ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน มีความต้องการที่จะทำให้ระบบการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีความแตกต่างกันให้สามารถทำงานร่วมกันได้เพื่อสนับสนุนให้เกิดความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลการเรียนรู้ การนำกลับมาใช้ใหม่และการปรับเนื้อหาความรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน หลายงานวิจัยได้เกิดขึ้นเพื่อที่จะพยายามที่จะสนองตอบความต้องการนี้ ซึ่งมีตั้งแต่การพัฒนาเนื้อหาบทเรียนที่อยู่ในรูปแบบของ SCORM ไปจนถึงการพัฒนากระบวนการเรียนรู้บนพื้นฐานของตัวบริการเว็บ สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเสนอสถาปัตยกรรมการอ้างอิงสำหรับการทำงานร่วมกันของระบบการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ในปัจจุบันบนพื้นฐานของตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมายและออนโทโลยีร่วม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการบริการข้อมูลการเรียนรู้แบบออนไลน์ งานวิจัยนี้ยังได้พัฒนาคำอธิบายข้อมูลตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการจับคู่ตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมายตามความสามารถของตัวบริการเว็บแต่ละตัว รวมไปถึงการสืบค้นข้อมูลบริการแบบสื่อความหมาย ในการจับคู่ตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมายจะเป็นการพยายามจับคู่พารามิเตอร์ของบริการที่มีการโฆษณาโดยผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ให้เข้ากับคลาสของ LOM ในออนโทโลยีสามัญ สำหรับการสืบค้นข้อมูลบริการแบบสื่อความหมายจะเป็นความพยายามที่จะค้นหาที่อยู่ของตัวบริการเว็บของผู้ให้บริการที่อยู่ในที่ต่างๆทั้งนี้จะตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสืบค้นตามคุณสมบัติและความสามารถของตัวบริการเว็บแต่ละตัว และเพื่อที่จะทำให้การสืบค้นและการเรียกใช้ตัวบริการทำได้อย่างสะดวกรวดเร็วและถูกต้อง คำอธิบายตัวบริการเว็บจะถูกโมเดลให้อยู่ในรูปแบบของโดเมนออนโทโลยี และจะถูกแปลงไปเป็นภาษาที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจความหมายได้ง่าย อันได้แก่ ภาษา OWL-S นอกจากนี้ คำอธิบายข้อมูลตัวบริการเว็บนี้ยังช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการในเชิงความหมายได้อีกด้วย ซึ่งความขัดแย้งนี้จะเกิดจากการที่ผู้ให้บริการแต่ละคนอาจสร้างข้อมูลบริการที่ใช้คำต่างกันแต่มีความหมายที่เหมือนกัน หรือการใช้คำที่เหมือนกันแต่ความหมายต่างกันเป็นต้น ประโยชน์ที่ได้รับจากการออกแบบคำอธิบายข้อมูลตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมายนี้จะช่วยให้ระบบการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกพัฒนาด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่แตกต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ และเป็นการกำจัดความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการในเชิงความหมายจากผู้ให้บริการที่หลากหลาย

Abstract

Currently, there is an increasing demand for the interoperability of existing heterogeneous e-learning systems to support accessibility, reusability, and adaptability. A number of research efforts have been proposed to address this demand ranging from the development of a SCORM conformant courseware to Web services-based e-learning systems. This research proposes a reference architecture for the interoperability of the existing e-learning systems on the basis of semantic Web services and a common ontology. This is particularly useful for online course services. This research also adopted an ontology-based Web services metadata as an assistance mechanism for semantic matching of Web services capabilities, as well as semantic service discovery. Semantic service mapping endeavors to associate the semantic correspondence between the service parameters of a service profile that are advertised by the learning service provider and the LOM elements defined at the common ontology level. Semantic service discovery endeavors to locate Web services dispersed over a number of heterogeneous learning service providers on the basis of the service's properties and capabilities. In order to enrich service discovery and invocation, the Web services descriptions are modelled into domain ontological concepts and mapped to a machine-processable representation language form such as OWL-S. The proposed metadata also provides a means for coping with the semantic service discrepancies. Discrepancies occur when there is a disagreement on the meaning, interpretation, or intended use of the same, or related, service information that was provided by different learning service providers. The ontology-based Web services metadata also enables syntactic, semantic, and structural interoperability among independently developed e-learning applications. As a consequence, the semantic service discrepancies provided by heterogeneous learning service providers are eliminated.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	iii
สารบัญ	iv
หน้าสรุปโครงการ	vi
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 คำอธิบายออบเจกต์การเรียนรู้	4
2.2 เทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย	5
2.2.1 ออนโทโลยี	6
2.2.2 ภาษาที่ใช้ในเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย	8
2.3 ตัวบริการเว็บ	12
2.3.1 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับตัวบริการเว็บ	13
2.4 ตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมาย	15
2.4.1 องค์ประกอบของออนโทโลยีสำหรับตัวบริการเว็บ	16
2.4.2 Service Profile	17
2.5 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	18
2.5.1 Design of a Semantic Web-based Brokerage Architecture for the E-learning Domain	18
2.5.2 Maintenance and Exchange of Learning Objects in a Web Services Based e- Learning System	19
2.5.3 Supporting Interoperability in an Existing e-learning Platform using SCORM	20
2.5.4 A Web Services Oriented Framework for Dynamic E-Learning Systems	20
บทที่ 3 การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้	22
3.1 สถาปัตยกรรมระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้	22
3.2 การออกแบบสถาปัตยกรรมการเชื่อมโยงตัวบริการเว็บและการสืบค้นตัวบริการเว็บ	25
3.2.1 อินเตอร์เฟสสำหรับการติดต่อสื่อสาร	26
3.2.2 โมดูลการแปลงข้อมูลบริการ	26
3.2.3 ตัวเชื่อมโยงข้อมูลบริการ	27
3.2.4 ตัวสืบค้นข้อมูลบริการ	27

3.2.5 ตัวเรียกใช้ตัวบริการเว็บ	27
3.2.6 โมดูลการแสดงผลลัพธ์ต่อผู้ใช้	27
บทที่ 4 องค์ประกอบและโครงสร้างของเมตาดาต้าบนพื้นฐานของออนโทโลยี	28
4.1 องค์ประกอบพื้นฐานของเมตาดาต้าบนพื้นฐานของออนโทโลยี.....	28
4.2 โครงสร้างของเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี	31
4.2.1 ระดับออนโทโลยีสำหรับข้อมูลบริการ	31
4.2.2 ระดับออนโทโลยีสำหรับผู้ทั่วไป	33
4.3 การเชื่อมโยงออนโทโลยีระดับบริการกับออนโทโลยีในระดับผู้ใช้ทั่วไป	34
4.2.1 การเชื่อมโยงออนโทโลยีในระดับของคลาส	34
4.2.2 การเชื่อมโยงออนโทโลยีในระดับของอินสแตนส์	35
บทที่ 5 กรณีศึกษา	36
5.1 ความขัดแย้งกันในเชิงความหมายของข้อมูลบริการสำหรับโดเมน e-Learning.....	36
5.2 การออกแบบเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี	37
บทที่ 6 ผลการทดลอง	40
6.1 องค์ประกอบเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในระบบ LIS.....	40
6.1.1 องค์ประกอบของเครื่องมือในการพัฒนาเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บ	40
6.1.2 องค์ประกอบของเครื่องมือในการสืบค้นข้อมูลบริการและข้อมูลการเรียนรู้.....	41
6.2 การสร้างผลลัพธ์เมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บ	42
6.2.1 อินเตอร์เฟซสำหรับการติดต่อสื่อสารและตัวแปลงข้อมูลบริการ.....	42
6.2.2 ตัวเชื่อมโยงบริการ.....	44
6.3 การสร้างผลลัพธ์การสืบค้นข้อมูลบริการและข้อมูลการเรียนรู้	45
บทที่ 7 อภิปรายผลการทดลอง	47
7.1 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของระบบ LIS กับระบบอื่น.....	47
7.2 ข้อดีและข้อเสียของระบบ LIS	49
บทที่ 8 สรุปผลงานวิจัย	51
8.1 สรุปผลงานวิจัย	51
8.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัย	52
8.2.1 ผลงานตีพิมพ์	52
8.2.2 ผลงานที่เป็นโปรแกรมระบบจากงานวิจัย	52
8.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	52
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก.....	58

หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)

ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การบูรณาการข้อมูลสารสนเทศแบบสื่อความหมายสำหรับระบบการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ โดยวิธีออนโทโลยีและโมเดลตัวบริการเว็บ
(ภาษาอังกฤษ) Semantic Information Integration for e-Learning System using Ontology and Web Services model

ชื่อหัวหน้าโครงการ: ผศ. ดร. งามนิจ อาจอินทร์

หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

หมายเลขโทรศัพท์ 043-362189-91 โทรสาร 043-342910

Email: ngamnij@kku.ac.th

ระยะเวลาดำเนินงาน 2 ปี (1 มิถุนายน 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2550)

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ระบบการเรียนการสอนในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนไปสู่ระบบการเรียนการสอนผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์(e-Learning system) ซึ่งได้เข้ามาช่วยในการถ่ายทอดความชำนาญและองค์ความรู้ (Delivery of skills and knowledge) ไปสู่ผู้เรียน โดยมีระบบบริหารจัดการการเรียนรู้ (Learning Management System หรือ LMS) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการบริหารจัดการเนื้อหาและติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการเรียนการสอน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถจัดการการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง(Autonomous learning) และเข้าถึงแหล่งความรู้ได้ โดยไม่มีข้อจำกัดเรื่องระยะทาง เวลาและสถานที่เรียน (Anywhere-anytime learning) นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้สอนสามารถติดตามความก้าวหน้าในการเรียนของผู้เรียนได้ตลอดเวลา ซึ่งจะเป็นการสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-centered learning) และเป็นการลดต้นทุนในการจัดระบบการศึกษาตามปกติได้

จากประโยชน์ของระบบ e-Learning ข้างต้น จึงทำให้หลายองค์กร และ สถาบันการศึกษาต่างก็ให้ความสำคัญ และมีความต้องการที่จะพัฒนา e-Learning ที่เป็นของตนเอง รวมไปถึงการนำเข้าของระบบจากต่างประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีราคาที่สูงมาก จึงเห็นได้ว่าการพัฒนา e-Learning และการใช้งานในปัจจุบัน กำลังอยู่ในรูปแบบที่ไร้ทิศทาง เนื่องจากมีความหลากหลายของระบบ (Heterogeneous systems) อันนำไปสู่การขาดความยืดหยุ่น (flexibility) ในการพัฒนาระบบ และ การทำงานร่วมกันของระบบที่แตกต่างกัน (Interoperability) อันได้แก่ ระหว่างองค์กร หรือสถาบันการศึกษาต่างๆ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความซ้ำซ้อน (Redundancy) ในการพัฒนา ขาดรูปแบบของการนำไปใช้ใหม่ (reusability) อันนำไปสู่การสูญเสียของกำลังคนและทรัพยากร รวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่สูงมาก จากปัญหาดังกล่าว ในปัจจุบันได้มีการพยายามแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยการกำหนดและออกแบบเนื้อหาในลักษณะของ Learning Object (LO) ผ่านทางมาตรฐาน Sharable Content Object Reference Model (SCORM) [1] โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดมาตรฐานและคำอธิบายสำหรับ LO ที่ถูกพัฒนาขึ้นจากหลายแหล่ง (Multiple sources) ทำให้เกิดการทำงานร่วมกันของระบบที่แตกต่างกัน (Interoperability) ความสามารถในการเข้าถึงเนื้อหาได้จากทุกที่ (accessibility) และ การนำเนื้อหาที่ถูกสร้างไว้แล้วมาใช้ใหม่ (reusability) เพื่อลดความซ้ำซ้อนของการสร้างเนื้อหาที่มีอยู่แล้ว รวมไปถึงความพยายามที่จะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนกันของ LO ระหว่าง LMSs ที่แตกต่างกัน [2] และการประกอบเข้าด้วยกันของชุด LO เพื่อสร้างเป็นเนื้อหาวิชาที่ต้องการ

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะมีการพัฒนา e-Learning บนมาตรฐาน SCORM แต่ก็ยังจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนา courseware ขึ้นมาใหม่เกือบทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้น [3] หรือทำการปรับทรัพยากรการเรียนรู้ที่มีอยู่ (existing learning resources) ไปสู่โมเดลเนื้อหาตามมาตรฐาน SCORM เพื่อสร้างเป็น courseware ตามมาตรฐาน SCORM (SCORM conformant courseware) [4] ซึ่งจะต้องใช้เวลาในการพัฒนาและเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง นอกจากนี้การสร้าง courseware จำเป็นต้องมีการนำเข้า (import) LO ที่มีการสร้างไว้แล้วเข้ามาในระบบ ซึ่งบางครั้งอาจเป็นการยากที่จะทราบว่า LO นี้มีใครสร้างไว้แล้วบ้าง และถึงแม้ว่าจะมีหลายหน่วยงานได้พยายามสร้างมาตรฐานคำอธิบายข้อมูลการเรียนรู้ที่อยู่ในรูปแบบของ IEEE Learning Object Metadata หรือ LOM [5] และ IMS [6] เพื่อสร้างพหุภาษาของคำที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลการเรียนรู้ เพื่อช่วยในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ที่อยู่ในรูปแบบของ LO แต่มาตรฐานเหล่านี้ก็ยังขาดคุณสมบัติที่ช่วยในการสืบค้นในเชิงความหมาย (a formal semantics) ที่ทำให้การสืบค้นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกันสามารถสืบค้นได้เหมือนกัน

ในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีตัวบริการเว็บหรือเว็บเซอร์วิส (Web services) [7] ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เป็นมาตรฐานเปิด (open standard) โดยมุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบูรณาการข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย (Heterogeneous sources) และทำให้ระบบหรือโปรแกรมประยุกต์ที่มีความแตกต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สามารถนำมาประยุกต์และพัฒนาให้เข้ากับระบบ e-Learning ได้ อย่างไรก็ตาม การจะให้ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถเรียกใช้บริการได้ ผู้ให้บริการซึ่งหมายถึงผู้พัฒนาหรือเจ้าของระบบจัดการการเรียนรู้ (LMS) จะต้องมีการลงทะเบียนที่ใดเรกทอรีกลาง หรือ UDDI (Universal Description Discovery and Integration) [8] ไว้ เพื่อให้ผู้ใช้เรียกใช้บริการทั่วไปสามารถค้นหาบริการได้ตามความต้องการ ซึ่งในปัจจุบันการลงทะเบียนกับ UDDI นี้ก็ยังคงมีปัญหาที่ทำให้ผู้ใช้บริการทั่วไปไม่สามารถสืบค้นข้อมูลบริการได้ตรงตามความต้องการที่แท้จริง และยังไม่สามารถสนับสนุนให้การสืบค้นข้อมูลบริการสามารถทำได้อย่างอัตโนมัติโดยคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมประยุกต์ จึงยังคงต้องใช้คนในการค้นหาข้อมูลบริการโดยตรง ทั้งนี้เนื่องจาก UDDI ยังมีโครงสร้างเป็น XML ที่ยังขาดคุณสมบัติที่ช่วยให้คอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมประยุกต์สามารถเข้าใจความหมายของข้อมูลร่วมกัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่นำไปสู่การสืบค้นข้อมูลอย่างมีความหมายได้

งานวิจัยที่น่าสนใจนี้ จะเป็นการออกแบบและพัฒนาระบบบูรณาการข้อมูลสารสนเทศแบบสื่อความหมายสำหรับระบบ e-Learning โดยนำเทคโนโลยีตัวบริการเว็บเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบูรณาการข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และทำให้ระบบ e-learning ที่ถูกพัฒนาด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่แตกต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ นอกจากนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาข้อมูลการเรียนรู้แบบสื่อความหมายจากตัวบริการในที่ตั้งต่างๆ ให้สามารถทำได้อย่างอัตโนมัติโดยคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมประยุกต์ อันเป็นการแก้ปัญหาของ UDDI ในปัจจุบัน งานวิจัยนี้ยังได้ออกแบบคำอธิบายข้อมูลตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี (Ontology-based Web services metadata) เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาค่าอธิบายข้อมูลตัวบริการ (Service discrepancies) โดยการจับคู่ตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมายตามความสามารถของตัวบริการเว็บแต่ละตัว (Semantic matching on Web services capabilities) รวมไปถึงการสืบค้นข้อมูลบริการแบบสื่อความหมาย (Semantic service discovery) โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสืบค้นตามคุณสมบัติและความสามารถของตัวบริการเว็บแต่ละตัว โดยคำอธิบายตัวบริการเว็บจะถูกโมเดลให้อยู่ในรูปแบบของออนโทโลยีตัวบริการ (Service ontology) ที่ถูกแปลงไปเป็นภาษาที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจความหมายได้ง่าย อันได้แก่ภาษา OWL-S (Ontology Web Language for Web Services) [14] การออกแบบคำอธิบายข้อมูลตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยีนี้ยังสนับสนุนให้เกิดการเชื่อมโยง (map) จากออนโทโลยีตัวบริการไปยังออนโทโลยีสามัญ (Common ontology) ที่ออกแบบจากคำอธิบายข้อมูลออนเจกต์การเรียนรู้ หรือ LOM (Learning Object Metadata) ซึ่งเป็นออนโทโลยีที่ผู้ใช้ทั่วไป เช่น ผู้เรียน สามารถเรียกข้อมูลบริการโดยผ่านทางออนโทโลยีสามัญนี้ได้โดยไม่ต้องยุ่งเกี่ยวกับหรือรับรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของตัวบริการเว็บแต่อย่างใด

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาสถาปัตยกรรมของระบบบูรณาการข้อมูลสารสนเทศแบบสื่อความหมายสำหรับระบบการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ โดยวิธีออนโทโลยีและโมเดลตัวบริการเว็บ เพื่อมุ่งเน้นที่การทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลการเรียนรู้และการทำงานร่วมกันของ e-Learning แต่ละระบบ
- 2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาคำอธิบายข้อมูลตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี (Ontology-based Web services metadata) เพื่อใช้สำหรับการแก้ปัญหาความหลากหลายในเชิงความหมายของข้อมูลบริการ (semantic service discrepancies)
- 2.3 เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบบูรณาการข้อมูลสารสนเทศแบบสื่อความหมายสำหรับระบบการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ บนพื้นฐานของสถาปัตยกรรมที่ได้ออกแบบไว้ และทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบบูรณาการที่นำเสนอ เพื่อทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาของ e-Learning ที่เกิดขึ้น

3. ระเบียบวิธีวิจัย

เพื่อที่จะให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้ข้างต้น จำเป็นมีการดำเนินการตามขั้นตอนวิจัยดังต่อไปนี้

- 3.1 ศึกษาระบบ e-Learning ที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลระบบการทำงานของ e-Learning ของสถาบันการศึกษาหรือหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างและองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญของระบบ e-Learning และรูปแบบของข้อมูลบริการที่ต้องการให้บริการสืบค้นข้อมูลภายในระบบ e-learning แต่ละระบบ
- 3.2 ศึกษาเทคโนโลยีตัวบริการเว็บและตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมายบนพื้นฐานของออนโทโลยี และทำการออกแบบโครงสร้างตัวบริการเว็บของผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ในแต่ละแห่ง
- 3.3 ออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบบูรณาการข้อมูลสารสนเทศแบบสื่อความหมายของระบบการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแสดงองค์ประกอบทั้งหมดของสถาปัตยกรรม ขั้นตอนการทำงาน ข้อมูลที่มีการรับส่งระหว่างองค์ประกอบ รวมไปถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆของสถาปัตยกรรม โดยใช้เทคโนโลยีตัวบริการเว็บเข้ามาช่วยแก้ปัญหาระบบการทำงานร่วมกันของระบบ e-Learning ที่ต่าง platform กัน ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ นอกจากนี้ทางด้านของผู้ใช้ทั่วไป เช่น ผู้เรียนซึ่งอาจอยู่ห่างไกล จะสามารถเข้ามาสมัครเป็นสมาชิกผ่านตัวบริการการสมัครสมาชิก เพื่อทำการ login เพียงครั้งเดียวผ่านระบบบูรณาการ ก็สามารถเข้ามาค้นหาและเรียกใช้บริการข้อมูลการเรียนรู้ ที่อาจถูกเก็บอยู่ใน LMS อื่นได้ โดยผู้เรียนไม่จำเป็นต้องทราบล่วงหน้า หรือทำการ login เพื่อเข้าสู่ LMS อื่นอีก (loosely connection)
- 3.4 ออกแบบโครงสร้างคำอธิบายข้อมูลตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี (Ontology-based Web services metadata) ด้วยโมเดลเชิงออบเจกต์ เพื่อออกแบบโครงสร้างออนโทโลยีตัวบริการ ที่ใช้เก็บข้อมูลการลงทะเบียนของผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้จากที่ต่างๆที่มีการสร้างตัวบริการเว็บไว้ และคำอธิบายข้อมูลบริการของผู้ให้บริการที่มีการโฆษณาไว้กับระบบ รวมไปถึงการเชื่อมโยงออนโทโลยีตัวบริการเข้ากับออนโทโลยีสามัญ เพื่อแก้ปัญหาความหลากหลายและความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการ และเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานทั่วไป ในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ผ่านทางออนโทโลยีสามัญ
- 3.5 ทำการแทนการออนโทโลยีตามโมเดลเชิงออบเจกต์ ด้วยภาษา OWL-S เพื่อช่วยให้คอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมประยุกต์สามารถเข้าใจความหมายและนำไปสู่การสืบค้นข้อมูลบริการได้อย่างอัตโนมัติ
- 3.6 พัฒนาระบบบูรณาการที่สอดคล้องกับสถาปัตยกรรมข้างต้น โดยทำการสร้างตัวบริการเว็บสำหรับผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ในแต่ละแห่งที่มีความหลากหลายของข้อมูลบริการ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสถาปัตยกรรมที่นำเสนอ อันนำไปสู่การประยุกต์ใช้งานจริงของระบบบูรณาการที่นำเสนอ

3.7 ประเมินประสิทธิภาพของระบบบูรณาการที่นำเสนอ เพื่อทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาของ e-Learning ที่เกิดขึ้น โดยในเบื้องต้นจะทำการติดตั้งระบบเพื่อทดลองใช้งานจริงกับคณะและหน่วยงานต่างๆที่อยู่ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งในปัจจุบันต่างก็มีการพัฒนาระบบ e-Learning ที่เป็นของตนเองและต่าง platform กัน แล้วทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประมวลผลทางสถิติ เช่น จำนวนผู้ใช้งานระบบ แยกเป็นกลุ่มผู้สร้างข้อมูล การเรียนรู้ ผู้เรียน และผู้สอน และประวัติของผู้ใช้งานแต่ละคนแล้วทำการวัดจำนวนข้อมูลการเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องกับความต้องการในการเรียนรู้ของผู้เรียน การประเมินประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมไปถึงความง่ายและความสะดวกต่อการสร้าง การใช้งาน การจัดเก็บ และการค้นข้อมูลการเรียนรู้ โดยสามารถวัดจากความพึงพอใจของแต่ละกลุ่มบุคคลดังกล่าว เป็นต้น

4. ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย จะต้องดำเนินการภายใต้กรอบของระเบียบวิธีวิจัยข้างต้น ซึ่งมีระยะเวลา 2 ปี อันประกอบด้วย

- 4.1 การออกแบบและพัฒนาสถาปัตยกรรมระบบบูรณาการข้อมูลสารสนเทศแบบสื่อความหมายสำหรับระบบการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์
- 4.2 ออกแบบและพัฒนาตัวบริการเว็บสำหรับผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ที่มีความหลากหลาย
- 4.3 ออกแบบและพัฒนาคำอธิบายข้อมูลตัวบริการบนพื้นฐานของออนโทโลยี ที่ประกอบไปด้วยออนโทโลยีตัวบริการและออนโทโลยีสามัญ รวมไปถึงการเชื่อมโยงระหว่างออนโทโลยีทั้งสอง
- 4.4 พัฒนาระบบด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่ประกอบด้วย ตัวบริการการลงทะเบียนสำหรับผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ เพื่อช่วยในการลงทะเบียนข้อมูลบริการที่ต้องการโฆษณาไว้กับระบบ และอำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลบริการ รวมไปถึงการออกแบบและพัฒนาตัวบริการการลงทะเบียนสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป เช่น ผู้เรียน เพื่อให้สามารถมีสิทธิที่จะเข้ามาสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้จากระบบจัดการการเรียนรู้จากที่ต่างๆได้อย่างอัตโนมัติ โดยมีการ login เข้าสู่ระบบงานบูรณาการเพียงครั้งเดียว
- 4.5 ประเมินประสิทธิภาพของระบบบูรณาการที่นำเสนอ เพื่อทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาของ e-Learning ที่เกิดขึ้น

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลงานวิจัยนี้จะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบ e-Learning ในอนาคต ซึ่งสามารถสรุปประโยชน์ที่จะได้รับดังนี้

- 5.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาลักษณะของระบบ e-Learning ในปัจจุบัน อันได้แก่ การทำงานร่วมกันของระบบ e-Learning ที่ต่าง platform กัน และการแลกเปลี่ยนข้อมูลการเรียนรู้กันระหว่างหน่วยงาน
- 5.2 ความสามารถในการสร้างการทำงานที่ประสานกันของตัวบริการเว็บต่างๆ และสนับสนุนการสืบค้นข้อมูลบริการแบบสื่อความหมาย เพื่อแก้ปัญหการใช้งานตัวบริการเว็บที่มีอยู่ในปัจจุบัน
- 5.3 การนำเทคโนโลยีออนโทโลยี เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาคความหลากหลายของข้อมูลบริการในเชิงความหมาย และการแทนออนโทโลยีด้วยภาษา OWL-S เป็นการเพิ่มเติมความสามารถของภาษาที่นิยมใช้ในการอธิบายข้อมูลอันได้แก่ XML อันจะนำไปสู่ความเข้าใจความหมายของข้อมูลร่วมกันของคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมประยุกต์ที่ต่าง platform กัน (Semantic Interoperability) ความสามารถในการเข้าใจความหมายข้อมูลของคอมพิวเตอร์และการค้นหาข้อมูลแบบสื่อความหมายอย่างแท้จริง (machine-understandable Semantic Web)
- 5.4 ระบบบูรณาการเพื่อแก้ปัญหาของ e-Learning นี้ ยังสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาของระบบงานอื่นๆเพื่อช่วยให้เกิดการทำงานร่วมกันและการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้

บทที่ 1

บทนำ

ระบบการเรียนการสอนในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนไปสู่ระบบการเรียนการสอนผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์(e-Learning system) อันได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล(Stand alone computer) อินเทอร์เน็ต (Internet) อินทราเน็ต(Intranet) เครือข่ายแบบไกล(WAN) สัญญาณดาวเทียม(Satellite) หรือแม้แต่เครือข่ายแบบไร้สาย(Wireless Network) ซึ่งได้เข้ามาช่วยในการถ่ายทอดความชำนาญและองค์ความรู้ (Delivery of skills and knowledge) ไปสู่ผู้เรียน โดยมีระบบบริหารจัดการการเรียนรู้ (Learning Management System หรือ LMS) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการบริหารจัดการเนื้อหาและติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งการนำเสนอจะสามารถทำได้ในหลายรูปแบบ เช่น คอมพิวเตอร์ช่วยสอน(Computer-based learning) การเรียนทางไกล(Distance learning) ผ่านทางเว็บ(Web-based learning) หรือผ่านทางดาวเทียม ห้องเรียนจำลอง(Virtual classrooms) รวมไปถึงการเรียนจากวิดีโอตามต้องการ(Video On Demand) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการเรียนการสอน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถจัดการการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง(Autonomous learning) และเข้าถึงแหล่งความรู้ได้ โดยไม่มีข้อจำกัดเรื่องระยะทาง เวลาและสถานที่เรียน (Anywhere-anytime learning) นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้สอนสามารถติดตามความก้าวหน้าในการเรียนของผู้เรียนได้ตลอดเวลา ซึ่งจะเป็นการสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-centered learning) และเป็นการลดต้นทุนในการจัดระบบการศึกษาตามปกติได้

จากประโยชน์ของระบบ e-Learning ข้างต้น จึงทำให้หลายองค์กร และ สถาบันการศึกษาต่างก็ให้ความสำคัญ และมีความต้องการที่จะพัฒนา e-Learning ที่เป็นของตนเอง รวมไปถึงการนำเข้าของระบบจากต่างประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีราคาที่สูงมาก จึงเห็นได้ว่าการพัฒนา e-Learning และการใช้งานในปัจจุบัน กำลังอยู่ในรูปแบบที่ไร้ทิศทาง เนื่องจากมีความหลากหลายของระบบ (Heterogeneous systems) อันนำไปสู่การขาดความยืดหยุ่น (flexibility) ในการพัฒนาระบบ และ การทำงานร่วมกันของระบบที่แตกต่างกัน (Interoperability) อันได้แก่ระหว่างองค์กร หรือสถาบันการศึกษาต่างๆ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความซ้ำซ้อน (Redundancy) ในการพัฒนา ขาดรูปแบบของการนำไปใช้ใหม่ (reusability) อันนำไปสู่การสูญเสียของกำลังคนและทรัพยากร รวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่สูงมาก จากปัญหาดังกล่าว ในปัจจุบันได้มีการพยายามแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยการกำหนดและออกแบบเนื้อหาในลักษณะของ Learning Object (LO) ผ่านทางมาตรฐาน Sharable Content Object Reference Model (SCORM) [1] โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดมาตรฐานและคำอธิบายสำหรับ LO ที่ถูกพัฒนาขึ้นจากหลายแหล่ง (Multiple sources) ทำให้เกิดการทำงานร่วมกันของระบบที่แตกต่างกัน (Interoperability) ความสามารถในการเข้าถึงเนื้อหาได้จากทุกที่ (accessibility) และ การนำเนื้อหาที่ถูกสร้างไว้แล้วมาใช้ใหม่ (reusability) เพื่อลดความซ้ำซ้อนของการสร้างเนื้อหาที่มีอยู่แล้ว รวมไปถึงความพยายามที่จะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนกันของ LO ระหว่าง LMSs ที่แตกต่างกัน [2] และการประกอบเข้าด้วยกันของชุด LO เพื่อสร้างเป็นเนื้อหาวิชาที่ต้องการ

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะมีการพัฒนา e-Learning บนมาตรฐาน SCORM แต่ก็ยังจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนา courseware ขึ้นมาใหม่เกือบทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้น [3] หรือทำการปรับทรัพยากรการเรียนรู้ที่มีอยู่ (existing learning resources) ไปสู่โมเดลเนื้อหาตามมาตรฐาน SCORM เพื่อสร้างเป็น courseware ตามมาตรฐาน SCORM (SCORM conformant courseware) [4] ซึ่งจะต้องใช้เวลาในการพัฒนาและเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง นอกจากนี้การสร้าง courseware จำเป็นต้องมีการนำเข้า (import) LO ที่มีการสร้างไว้แล้วเข้ามาในระบบ ซึ่งบางครั้งอาจเป็นการยากที่จะทราบว่า LO นั้นมีใครสร้างไว้แล้วบ้าง และถึงแม้ว่าจะมีหลายหน่วยงานได้พยายามสร้างมาตรฐานคำอธิบายข้อมูลการเรียนรู้ที่อยู่ในรูปแบบของ IEEE Learning Object Metadata หรือ LOM [5] และ IMS [6] เพื่อสร้างพจนานุกรมของคำ

ที่เกี่ยวกับข้อมูลการเรียนรู้ เพื่อช่วยในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ที่อยู่ในรูปแบบของ LO แต่มาตรฐานเหล่านี้ก็ยังขาดคุณสมบัติที่ช่วยในการสืบค้นในเชิงความหมาย (a formal semantics) ที่ทำให้การสืบค้นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกันสามารถสืบค้นได้เหมือนกัน

ในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีตัวบริการเว็บหรือเว็บเซอร์วิส (Web services) [7] ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เป็นมาตรฐานเปิด (open standard) โดยมุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบูรณาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย (Heterogeneous sources) และทำให้ระบบหรือโปรแกรมประยุกต์ที่มีความแตกต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สามารถนำมาประยุกต์และพัฒนาให้เข้ากับระบบ e-Learning ได้ อย่างไรก็ตาม การจะให้ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถเรียกใช้บริการได้ ผู้ให้บริการจะต้องมีการลงทะเบียนที่ใดเรกทอรีกลาง หรือ UDDI (Universal Description Discovery and Integration) [8] ไว้ เพื่อให้ผู้เรียกใช้บริการทั่วไปสามารถค้นหบริการได้ตามความต้องการ ซึ่งในปัจจุบันการลงทะเบียนกับ UDDI นี้ก็ยังคงมีปัญหาที่สามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้

1. ผู้เรียกใช้บริการทั่วไปไม่สามารถสืบค้นข้อมูลบริการได้ตรงตามความต้องการที่แท้จริง ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บข้อมูลใน UDDI ยังมีปัญหาของความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการ (Service discrepancies) ที่มีการโฆษณาจากผู้ให้บริการที่หลากหลาย ตัวอย่างเช่น ความขัดแย้งกันของชื่อพารามิเตอร์ (parameter name discrepancies) ความขัดแย้งกันของประเภทข้อมูล (data type discrepancies) และความขัดแย้งกันของหน่วยวัดข้อมูล (scaling discrepancies) โดย
 - ความขัดแย้งกันของชื่อพารามิเตอร์ ตัวอย่างเช่น การที่ข้อมูลบริการมีชื่อพารามิเตอร์ที่ต่างกันแต่มีความหมายที่เหมือนกัน (synonyms) เช่น ผู้ให้บริการหนึ่งมีการประกาศชื่อพารามิเตอร์ของข้อมูลบริการของตนเป็น Course_id ในขณะที่อีกผู้ให้บริการหนึ่งมีการประกาศชื่อพารามิเตอร์ของข้อมูลบริการของตนเป็น Subject_code ทั้งๆที่ทั้งสองชื่อมีความหมายเดียวกัน เป็นต้น
 - ความขัดแย้งกันของประเภทข้อมูล ตัวอย่างเช่น การที่ข้อมูลบริการจากผู้ให้บริการที่ต่างกันมีการใช้พารามิเตอร์ที่มีความหมายเหมือนกันแต่ค่าข้อมูลของพารามิเตอร์มีประเภทข้อมูลที่ต่างกัน เช่น ค่าของพารามิเตอร์ Cost จากผู้ให้บริการหนึ่งมีค่าข้อมูลเป็น Float ในขณะที่พารามิเตอร์ Cost จากผู้ให้บริการที่สองมีค่าข้อมูลเป็น Decimal เป็นต้น
 - ความขัดแย้งกันของหน่วยวัดข้อมูล ตัวอย่างเช่น การที่ข้อมูลบริการจากผู้ให้บริการที่ต่างกันมีการใช้พารามิเตอร์ที่มีความหมายเหมือนกันแต่มีหน่วยวัดข้อมูลที่ต่างกัน เช่น ค่าของพารามิเตอร์ Cost จากผู้ให้บริการหนึ่งมีหน่วยวัดข้อมูลเป็น USD ในขณะที่พารามิเตอร์ Cost จากผู้ให้บริการที่สองมีหน่วยวัดข้อมูลเป็น Euro เป็นต้น
2. ไม่สนับสนุนให้การสืบค้นข้อมูลบริการสามารถทำได้โดยอัตโนมัติโดยคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมประยุกต์ จึงยังคงต้องใช้คนในการค้นหาข้อมูลบริการโดยตรง ทั้งนี้เนื่องจาก UDDI ยังมีโครงสร้างเป็น XML ที่ยังขาดคุณสมบัติที่ช่วยให้คอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมประยุกต์สามารถเข้าใจความหมายของข้อมูลร่วมกัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่นำไปสู่การสืบค้นข้อมูลอย่างมีความหมายได้

งานวิจัยที่น่าเสนอนี้ จะเป็นการออกแบบและพัฒนาระบบบูรณาการข้อมูลสารสนเทศแบบสื่อความหมายสำหรับระบบ e-Learning โดยนำเทคโนโลยีตัวบริการเว็บเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบูรณาการข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และทำให้ระบบ e-learning ที่ถูกพัฒนาด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่แตกต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ ระบบงานบูรณาการนี้จะรองรับการใช้งานจากผู้ใช้งานสองประเภทได้แก่ ผู้พัฒนาหรือผู้เป็นเจ้าของระบบบริหารจัดการการเรียนรู้ (LMS) จะทำหน้าที่เสมือนกับเป็นผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ (Learning service provider) เพื่อทำหน้าที่ให้บริการการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้แก่ผู้เรียน ทั้งนี้ ผู้ให้บริการจะต้องมีการลงทะเบียนกับระบบงาน

บูรณาการโดยผ่านทางตัวบริการการลงทะเบียนของระบบ เพื่อบันทึกรายละเอียดของผู้ให้บริการและข้อมูลคำอธิบายของข้อมูลบริการที่อยู่ในรูปแบบของภาษา WSDL (Web Service Definition Language) [9] ไว้เพื่อช่วยในการสืบค้นข้อมูลบริการต่อไป สำหรับผู้ใช้งานระบบอีกประเภทได้แก่ ผู้ใช้งานทั่วไป เช่น ผู้เรียน ซึ่งทำหน้าที่เสมือนเป็นผู้ขอใช้บริการข้อมูลการเรียนรู้ (Learning service requester) ที่สามารถเรียกใช้บริการ ของผู้ให้บริการเพื่อค้นหาข้อมูลการเรียนรู้ที่ตนเองสนใจว่าถูกเก็บอยู่ที่ผู้ให้บริการใดได้โดยผ่านทางระบบบูรณาการกลางนี้ ทั้งนี้ การเรียกใช้งานตัวบริการเว็บเพื่อสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้และการส่งผลลัพธ์ข้อมูลการเรียนรู้กลับมายังผู้เรียน จะอยู่ในรูปของการสร้างข้อความการสื่อสารตามมาตรฐานของ SOAP (Simple Object Access Protocol)[10]

นอกจากนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาข้อมูลการเรียนรู้แบบสื่อความหมายจากตัวบริการในที่ตั้งต่างๆ ให้สามารถทำได้อย่างอัตโนมัติโดยคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมประยุกต์ อันเป็นการแก้ปัญหาของ UDDI ในปัจจุบันงานวิจัยนี้ยังได้ออกแบบคำอธิบายข้อมูลตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี (Ontology-based Web services metadata) ซึ่งใช้เทคโนโลยีตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมาย (Semantic Web services) เข้ามาช่วยเก็บบันทึกข้อมูลการลงทะเบียนของผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ ในรูปแบบของออนโทโลยี (Ontology) [11, 12, 13] เนื่องจากออนโทโลยีเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในการแสดงความหมายของสิ่งที่สนใจภายในโดเมน คุณสมบัติ ความสัมพันธ์ หน้าที่ รวมไปถึงเงื่อนไขและกฎต่างๆที่เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการอธิบายนั้น ซึ่งจะช่วยให้เกิดความเข้าใจในข้อมูลร่วมกัน ทั้งนี้จะมีการใช้ภาษา OWL-S (Ontology Web Language for Web services) [14] ในการแทนออนโทโลยีดังกล่าว เนื่องจากเป็นภาษาที่ช่วยสำหรับการค้นหาข้อมูลบริการแบบสื่อความหมายโดยคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมประยุกต์ได้อย่างอัตโนมัติ และยังสนับสนุนการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการจากผู้ให้บริการที่หลากหลาย

หน้าที่หลักของคำอธิบายข้อมูลตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยีจะสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ช่วยให้ผู้สามารถสร้างมุมมองของผู้ใช้งานทั่วไป เช่น ผู้เรียน สำหรับการใช้งานระบบบูรณาการโดยผ่านทางออนโทโลยีสามัญ (common ontology) ที่ออกแบบจากคำอธิบายข้อมูลออบเจกต์การเรียนรู้ หรือ LOM ซึ่งเป็นออนโทโลยีที่ผู้ใช้ทั่วไปนี้ สามารถเรียกข้อมูลบริการโดยผ่านทางออนโทโลยีสามัญนี้ได้โดยไม่ต้องยุ่งเกี่ยวกับหรือรับรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของตัวบริการเว็บแต่อย่างใด
2. ช่วยในการสร้างมุมมองสำหรับผู้ให้บริการ เช่น ผู้พัฒนาหรือเป็นเจ้าของระบบจัดการการเรียนรู้ ให้สามารถทำการลงทะเบียนเพื่อบันทึกข้อมูลผู้ให้บริการและรายละเอียดของข้อมูลบริการที่อยู่ในรูปแบบของภาษา WSDL เพื่อบันทึกหรือโฆษณาข้อมูลบริการเหล่านี้ลงในคำอธิบายข้อมูลตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี ในรูปแบบของออนโทโลยีตัวบริการ (Service ontology)
3. ช่วยให้ผู้สามารถเชื่อมโยงออนโทโลยีตัวบริการที่มีการโฆษณาโดยผู้ให้บริการให้เข้ากับออนโทโลยีสามัญตามความสามารถของตัวบริการเว็บแต่ละตัว (Semantic matching on Web services capabilities) เพื่อช่วยให้ออนโทโลยีตัวบริการต่างๆจากผู้ให้บริการที่หลากหลายสามารถถูกเชื่อมโยงไปยังออนโทโลยีสามัญเดียวกันที่เป็นมุมมองสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป อันนำไปสู่การแก้ปัญหาความขัดแย้งกันในเชิงความหมายของข้อมูลบริการ
4. ช่วยให้ผู้สามารถสืบค้นข้อมูลบริการแบบสื่อความหมาย (Semantic service discovery) จากผู้ให้บริการที่หลากหลายได้ โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสืบค้นตามคุณสมบัติและความสามารถของตัวบริการเว็บแต่ละตัว ซึ่งจะช่วยให้สามารถสืบค้นข้อมูลบริการที่กระจายอยู่ในที่ต่างๆโดยผ่านระบบบูรณาการกลางได้อย่างอัตโนมัติโดยคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมประยุกต์ และยังสนับสนุนให้สามารถรวบรวมข้อมูลที่สืบค้นได้จากตัวบริการเว็บที่หลากหลาย เพื่อสร้างเป็นผลลัพธ์สุดท้ายที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้อย่างแท้จริง

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

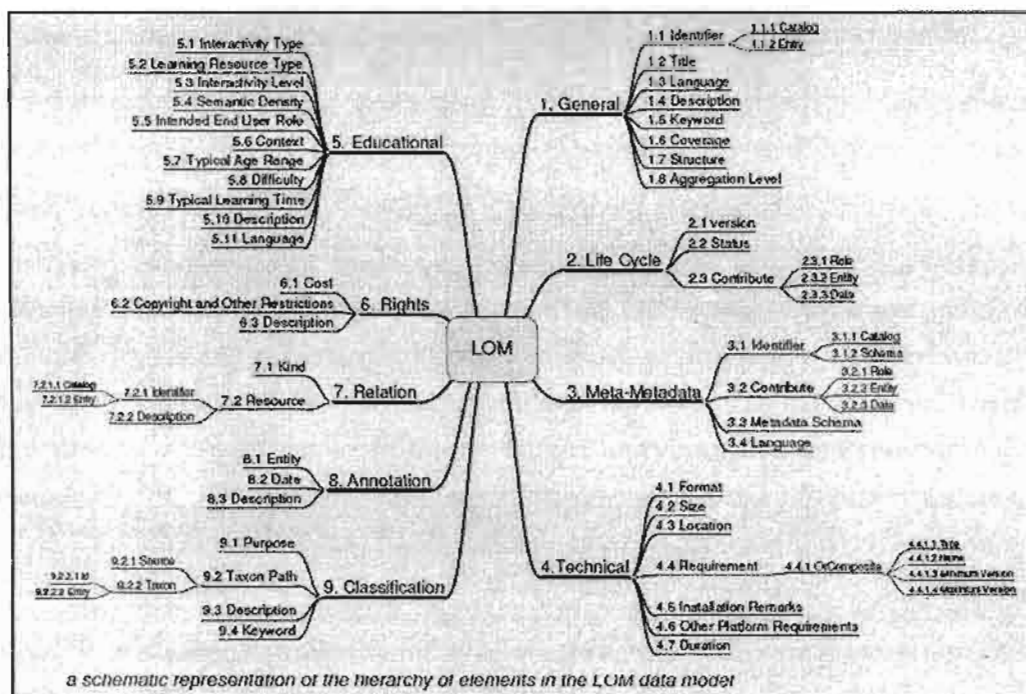
ในบทนี้จะแนะนำทฤษฎีพื้นฐานทางด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบบูรณาการของงานวิจัย ซึ่งจะประกอบด้วย เทคโนโลยีแรกคือ คำอธิบายออบเจกต์การเรียนรู้บนมาตรฐานของ LOM เทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย ที่จะอธิบายถึงองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญคือ ออนโทโลยี และภาษาที่ใช้ในเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย เทคโนโลยีที่สองคือ เว็บเซอร์วิส และเทคโนโลยีที่สามคือเว็บเซอร์วิสแบบสื่อความหมาย นอกจากนี้ในส่วนสุดท้ายจะได้กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 คำอธิบายออบเจกต์การเรียนรู้

คำอธิบายออบเจกต์การเรียนรู้ (Learning Object Metadata-LOM) [15] เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเก็บรายละเอียดที่เป็นคำอธิบายข้อมูลของออบเจกต์การเรียนรู้ต่างๆไว้ เพื่ออำนวยความสะดวกในการสืบค้นออบเจกต์การเรียนรู้ให้ตรงกับความต้องการมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้ได้ศึกษา LOM จากมาตรฐาน IEEE P1484.12.1 [5] ซึ่งได้มีการสร้างคำอธิบายข้อมูลการเรียนรู้ในลักษณะของอิลิเมนต์ของข้อมูล (data elements) ที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 9 หมวดหมู่ ดังแสดงในภาพที่ 2.1 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) **General** ประกอบด้วยกลุ่มของอิลิเมนต์ที่ใช้อธิบายข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับออบเจกต์การเรียนรู้ เช่น ชื่อออบเจกต์การเรียนรู้ ผู้สร้างออบเจกต์การเรียนรู้ ภาษาที่ใช้ในออบเจกต์การเรียนรู้ คำอธิบายทั่วไปเกี่ยวกับออบเจกต์การเรียนรู้ และคำสำคัญ เป็นต้น
- 2) **Life Cycle** ประกอบด้วยกลุ่มของอิลิเมนต์ที่ใช้อธิบายสถานะในการพัฒนาของออบเจกต์การเรียนรู้ เช่น เวอร์ชันและเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของแต่ละเวอร์ชัน และวันที่สร้าง กลุ่มหรือองค์กรที่ร่วมกันพัฒนาออบเจกต์การเรียนรู้ เป็นต้น
- 3) **Meta-metadata** ประกอบด้วยกลุ่มของอิลิเมนต์ที่ใช้อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับคำอธิบายข้อมูลเอง (ไม่ใช่คำอธิบายสำหรับออบเจกต์การเรียนรู้) เช่น ผู้สร้างคำอธิบายข้อมูลการเรียนรู้ วันที่สร้าง และภาษาที่ใช้สร้าง เป็นต้น
- 4) **Technical** ประกอบด้วยกลุ่มของอิลิเมนต์ที่ใช้อธิบายความต้องการด้านเทคนิคและคุณลักษณะของออบเจกต์การเรียนรู้ เช่น ประเภทข้อมูลออบเจกต์การเรียนรู้ (เป็นรูปภาพ เอกสาร html หรือ เอกสารอื่น) แหล่งที่เก็บออบเจกต์การเรียนรู้ ขนาดของออบเจกต์การเรียนรู้ และเทคโนโลยีที่จะใช้กับออบเจกต์การเรียนรู้ เป็นต้น
- 5) **Educational** ประกอบด้วยกลุ่มของอิลิเมนต์ที่ใช้อธิบายข้อมูลออบเจกต์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับด้านการศึกษา เช่น รูปแบบการเรียนการสอนของออบเจกต์การเรียนรู้ (มีการโต้ตอบกับผู้เรียน หรือไม่มีการโต้ตอบ หรือเป็นแบบผสม) ลักษณะเฉพาะของออบเจกต์การเรียนรู้ (เป็นแบบฝึกหัด เป็นรูปภาพ เป็นสไลด์ หรือเป็นข้อสอบ เป็นต้น) กิจกรรมสำหรับการศึกษาระดับ ความยากง่ายของการเรียน บทบาทของผู้เรียน และช่วงอายุของผู้เรียน เป็นต้น
- 6) **Rights** ประกอบด้วยกลุ่มของอิลิเมนต์ที่ใช้อธิบายคุณสมบัติเกี่ยวกับทรัพย์สินทางปัญญาและเงื่อนไขสำหรับการใช้ออบเจกต์การเรียนรู้ (เช่น ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเรียนออบเจกต์การเรียนรู้หรือไม่) เป็นต้น
- 7) **Relations** ประกอบด้วยกลุ่มของอิลิเมนต์ที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างออบเจกต์การเรียนรู้หนึ่งกับออบเจกต์การเรียนรู้อื่นๆ และคำอธิบายของออบเจกต์การเรียนรู้อื่นๆ นั้น

- 8) **Annotation** ประกอบด้วยกลุ่มของอิลิเมนต์ที่ใช้อธิบายคำแนะนำสำหรับการใช้ออบเจกต์การเรียนรู้ เพื่อการศึกษา วันที่สร้างคำแนะนำ ผู้สร้างคำแนะนำ และรายละเอียดของคำแนะนำ เป็นต้น
- 9) **Classification** ประกอบด้วยกลุ่มของอิลิเมนต์ที่ใช้อธิบายหมวดหมู่เฉพาะของอบเจกต์การเรียนรู้ จุดประสงค์ของการจัดหมวดหมู่ของอบเจกต์การเรียนรู้และคำสำคัญของอบเจกต์การเรียนรู้ เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของคำอธิบายข้อมูลอบเจกต์การเรียนรู้ [15]

ถึงแม้ว่าจะมีหลายหน่วยงานได้พยายามสร้างอบเจกต์การเรียนรู้ให้อยู่ในมาตรฐาน LOM แต่เนื่องจากโครงสร้างของมาตรฐาน LOM จะถูกสร้างโดยใช้ภาษา XML ซึ่งยังขาดคุณสมบัติที่ช่วยในการสืบค้นอบเจกต์การเรียนรู้ในเชิงความหมาย (a formal semantics) ที่ทำให้การสืบค้นข้อมูลที่มีความหมายใกล้เคียงกันสามารถสืบค้นได้เหมือนกันได้ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีที่ถัดจาก XML ที่รองรับการสืบค้นข้อมูลในเชิงความหมายที่ดีกว่า ซึ่งได้แก่ เทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย นั่นเอง

2.2 เทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย

เทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย (Semantic Web technologies) [16] เป็นเทคโนโลยีที่เกิดจากแนวความคิดของ Tim Berners-Lee และถูกเผยแพร่ให้เป็นที่รู้จักกันทั่วไปโดยองค์กร World Wide Web Consortium (W3C)¹ เทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมายนี้ เป็นการเพิ่มความสามารถของเทคโนโลยีเว็บในปัจจุบันให้คอมพิวเตอร์หรือซอฟต์แวร์เอเจนต์ (Agent Software) [17] ที่นอกเหนือจากมนุษย์ สามารถที่จะเข้าใจความหมายของข้อมูลบนเว็บ (machine understandable) ที่สอดคล้องกับความเข้าใจของมนุษย์ และสามารถนำข้อมูลไปประมวลผลต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ [18]

เนื่องจากเทคโนโลยีเว็บในปัจจุบันจะมีการเก็บข้อมูลทั้งที่อยู่ในรูปแบบที่ไม่มีโครงสร้างแน่นอน (unstructured form) - ตัวอย่างเช่น ข้อความธรรมดา (text) รูปภาพ (image) และข้อมูลวิดีโอ (video) และทั้งโครงสร้าง

¹ <http://www.w3.org/>

(semistructured form) ตัวอย่างเช่น ไฟล์เอกสาร HTML เป็นต้น ซึ่งการเก็บข้อมูลในรูปแบบเหล่านี้จะทำให้เกิดปัญหาในด้านต่างๆ เช่น

- การสืบค้นข้อมูล (searching information) จะมีการอาศัยเครื่องมือการสืบค้นที่ขึ้นอยู่กับคำเฉพาะ (keyword-based search engines) เช่น google, altavista เป็นต้น ในการสืบค้นข้อมูลต่างๆ ซึ่งผลลัพธ์ของการสืบค้นจะมีออกมามากมาย ที่มีทั้งที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ และไม่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้
- การกลั่นกรองข้อมูล (extracting information) ผู้ใช้ทั่วไปจะต้องใช้เวลาในการคัดเลือกข้อมูลที่ตรงกับความต้องการ (relevant information) ซอฟต์แวร์เอเจนต์ในปัจจุบันจะไม่สามารถเข้าใจความหมายของข้อมูล และทำการคัดเลือกข้อมูลแทนมนุษย์ได้
- ความขัดแย้งกันในเชิงความหมายของข้อมูล (semantic conflicts) เนื่องจากการสืบค้นด้วยคำเฉพาะของเครื่องมือสืบค้นจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ตรงกับคำเฉพาะเท่านั้น คำที่มีการเขียนแตกต่างกันแต่ความหมายเหมือนกัน (synonyms) จะไม่สามารถถูกสืบค้นขึ้นมาได้ เช่น การสืบค้นคำว่า "car" ก็จะได้เอกสารที่มีคำว่า "car" แต่เอกสารที่มีการใช้คำว่า "automobile" จะไม่สามารถสืบค้นขึ้นมาได้ด้วย นอกจากนี้ การใช้คำเฉพาะในการสืบค้น อาจทำให้ได้เอกสารที่มีคำเฉพาะนั้นอยู่ แต่ความหมายของเอกสารจะต่างกับที่ผู้ใช้ต้องการ (homonyms) เช่น ผู้ใช้อาจต้องการสืบค้นเอกสารที่มีคำว่า "bank" ซึ่งหมายถึงธนาคาร แต่ผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้น จะได้เอกสารทั้งที่มีคำว่า "bank" ที่เกี่ยวกับธนาคาร และเอกสารที่มีคำว่า "bank" ที่มีความหมายว่า ฝั่ง อยู่ด้วย เป็นต้น

ดังนั้น เทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมายจึงเกิดขึ้นมาเพื่อชดเชยข้อบกพร่องของเทคโนโลยีเว็บในปัจจุบัน โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

- ปรับปรุงรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลบนเว็บให้อยู่ในรูปแบบที่มีโครงสร้าง (structured form) โดยมีคำอธิบายข้อมูลที่เรียกว่า เมตาดาต้า (metadata) เพื่ออธิบายความหมายข้อมูลที่เก็บอยู่บนเว็บนั้น และเป็นส่วนที่ทำให้คอมพิวเตอร์หรือซอฟต์แวร์เอเจนต์สามารถเข้าใจความหมายของข้อมูลนั้นได้
- การจัดเก็บข้อมูลบนเว็บและเมตาดาต้า ให้อยู่ในรูปแบบของ ออนโทโลยี (ontology) เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของความหมายของข้อมูล (semantic conflicts) ทำให้สามารถรับรู้และเข้าใจในความหมายของข้อมูลร่วมกัน
- พัฒนาเครื่องมือสืบค้นที่ช่วยให้ได้มาซึ่งความรู้ใหม่ (inference engine) ซึ่งเป็นความรู้ที่อาจมีการซ่อนอยู่ในข้อมูล (implicit knowledge) ให้สามารถแสดงความรู้ใหม่นั้นออกมาได้อย่างชัดเจน (explicit knowledge)
- พัฒนาภาษาที่ใช้แทนออนโทโลยี ที่ช่วยให้คอมพิวเตอร์หรือซอฟต์แวร์เอเจนต์สามารถเข้าใจความหมายของข้อมูลที่สอดคล้องกับความเข้าใจของมนุษย์ และสามารถสืบค้นข้อมูลบนเว็บได้ตรงกับที่ผู้ใช้ต้องการมากที่สุด และ/หรือสามารถนำข้อมูลไปประมวลผลต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

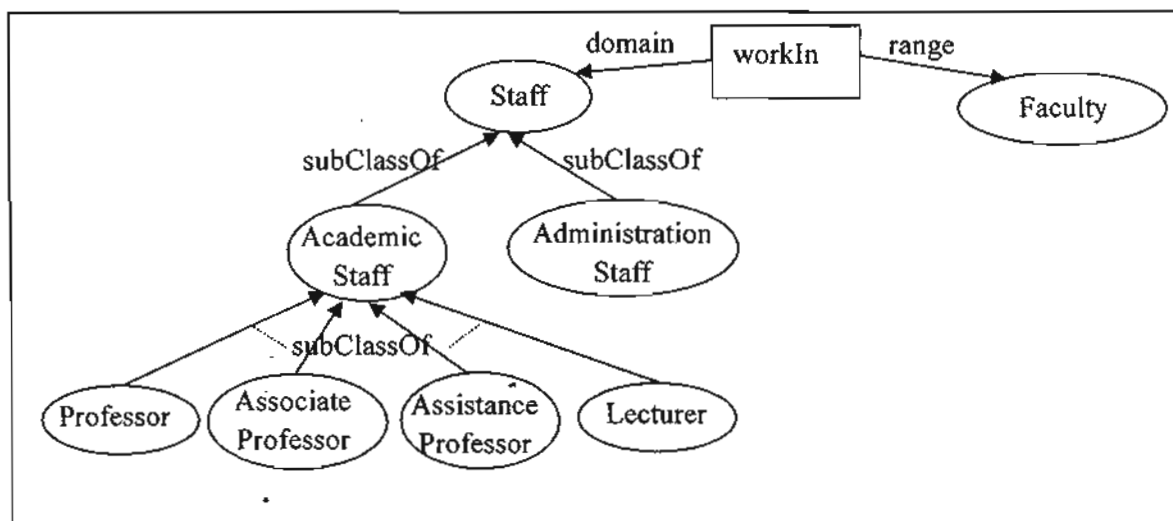
2.2.1 ออนโทโลยี

ออนโทโลยี (ontology) เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญที่ถูกนำมาใช้กับเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย โดยคำว่า ออนโทโลยี เป็นคำที่ถูกยืมมาจากวิชาทางปรัชญา ที่มีการศึกษาถึงธรรมชาติของสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้นในโลก โดยเป็นการให้นิยามถึงชนิดของสิ่งต่างๆและการอธิบายความหมายของสิ่งๆนั้น โดยทั่วไป ออนโทโลยีจะถูกใช้อธิบายถึง

สิ่งที่เราสนใจในโดเมนหนึ่งๆอย่างชัดเจน ไม่มีความกำกวม เพื่อให้มนุษย์และคอมพิวเตอร์หรือซอฟต์แวร์เอเจนต์สามารถเข้าใจความหมายของสิ่งนั้นได้ร่วมกัน และช่วยขจัดปัญหาความขัดแย้งกันในเชิงความหมายของข้อมูล ทำให้การสืบค้นข้อมูลโดยคอมพิวเตอร์หรือซอฟต์แวร์เอเจนต์สามารถสืบค้นค่าที่มีความหมายเหมือนกันออกมาได้แม้จะมีการใช้คำที่ต่างกัน เป็นต้น

องค์ประกอบโดยทั่วไปของออนโทโลยีจะประกอบด้วยสิ่งต่อไปนี้

- คลาส (classes) หรือแนวคิดหลัก (concepts) ที่ประกอบด้วยกลุ่มของสิ่งที่เราสนใจที่เรียกว่า อินสแตนซ์ที่มีคุณสมบัติเหมือนกันในโดเมนที่เราสนใจ
- อินสแตนซ์ (instances) หรือ ออบเจกต์(objects) ได้แก่ สิ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาและอยู่ภายในคลาสหนึ่งๆ
- ความสัมพันธ์ (relationships) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างคลาสต่างๆที่อยู่ภายในโดเมน ซึ่งมีทั้งความสัมพันธ์ทั่วไป และความสัมพันธ์ในลักษณะลำดับชั้น (hierarchical relationships) เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างคลาสลูก (child class หรือ subclass) กับคลาสพ่อแม่ (parent class หรือ superclass) เป็นต้น ซึ่งจะมีการสืบทอด (inheritance) คุณสมบัติจากคลาสพ่อแม่มาสู่คลาสลูกด้วย
- คุณสมบัติ (properties) และค่าของคุณสมบัติ (property values) ที่ใช้อธิบายลักษณะของอินสแตนซ์แต่ละตัวหรือคลาสแต่ละคลาส คุณสมบัติแต่ละตัวยังสามารถมีความสัมพันธ์ในลักษณะของลำดับชั้นได้อีกด้วย ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง คุณสมบัติลูก (subproperty) กับคุณสมบัติพ่อแม่ (superproperty) เป็นต้น
- เงื่อนไข (constraints) และกฎ (rules) ที่ถูกกำหนดขึ้นมาสำหรับควบคุมการสร้างอินสแตนซ์ภายในแต่ละคลาส เช่น ควบคุมจำนวนอินสแตนซ์ภายในคลาสหนึ่งๆ หรือการควบคุมความถูกต้องของประเภทของอินสแตนซ์ในแต่ละคลาสที่มีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกัน เช่น คลาสพนักงาน ที่มีความสัมพันธ์ "สังกัด" กับคลาสแผนก ก็จะต้องเป็นความสัมพันธ์ระหว่างอินสแตนซ์ที่อยู่ในคลาสพนักงาน และคลาสแผนก เท่านั้น เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 แสดงบางส่วนของออนโทโลยีที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคลาสพนักงานและคณะที่พนักงานสังกัด

ตัวอย่างบางส่วนของออนโทโลยีที่อธิบายคลาสต่างๆและความสัมพันธ์ระหว่างคลาส ภายในโดเมนมหาวิทยาลัย จะแสดงในภาพที่ 2.2 ซึ่งประกอบด้วยคลาสพนักงาน (Staff) และคลาสคณะ (Faculty) ที่มีความสัมพันธ์ชื่อ workIn แสดงความสัมพันธ์ทั่วไประหว่างคลาสดังกล่าว โดยมีคลาส Staff เป็น domain หรือ subject ของ workIn

และมีคลาส Faculty เป็น range ของ workin ซึ่งหมายความว่า อินสแตนซ์ทุกตัวที่อยู่ภายในคลาสพนักงานจะต้องมีความสัมพันธ์ workin กับอินสแตนซ์ที่อยู่ในคลาสคณะเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์ IS-A หรือ subClassOf ที่แสดงความสัมพันธ์ ประเภทลำดับชั้นระหว่างคลาสลูกและคลาสพ่อแม่ เช่น คลาสพนักงานสายการศึกษา (Academic Staff) จะเป็นคลาสลูกของคลาสพนักงาน ซึ่งทุกอินสแตนซ์ของคลาสลูก จะต้องเป็นอินสแตนซ์ของคลาสพ่อแม่ด้วย ดังนั้น ถ้านายสมศักดิ์ เป็นอินสแตนซ์ที่อยู่ในคลาส Professor นายสมศักดิ์ ก็จะเป็นอินสแตนซ์ของคลาส Academic Staff และ คลาส Staff ด้วย และจากคุณสมบัติการสืบทอด อินสแตนซ์แต่ละตัวในคลาสลูกก็สามารถสืบทอดความสัมพันธ์จากคลาสพ่อแม่ได้ด้วย เช่น นายสมศักดิ์ ซึ่งเป็นอินสแตนซ์อยู่ในคลาส Professor ก็จะสามารถมีความสัมพันธ์ workin กับคณะวิทยาศาสตร์ ที่เป็นอินสแตนซ์อยู่ในคลาส Faculty ด้วย เป็นต้น

สำหรับองค์ประกอบอื่นๆของออนโทโลยี เช่น คุณสมบัติ และเงื่อนไข จะไม่ได้แสดงไว้ในตัวอย่างนี้

2.2.2 ภาษาที่ใช้ในเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย

เนื่องจากออนโทโลยีที่แสดงอยู่ในตัวอย่างดังภาพที่ 2.2 จะเป็นการสร้างออนโทโลยีเพื่อใช้อธิบายสิ่งต่างๆในโดเมนหนึ่งๆ เพื่อให้มนุษย์สามารถเข้าใจความหมายได้ตรงกัน แต่ถ้ามองการให้คอมพิวเตอร์หรือซอฟต์แวร์เอเจนต์สามารถเข้าใจความหมายได้ด้วย ก็จำเป็นต้องมีการแทนออนโทโลยีดังภาพที่ 2.2 ให้อยู่ในรูปแบบของภาษาที่ใช้สำหรับเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย ซึ่งในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายภาษาที่ถูกพัฒนาโดยองค์กร W3C เช่น XML, RDF/S, และ OWL เป็นต้น ดังรายละเอียดที่สามารถสรุปได้ดังนี้

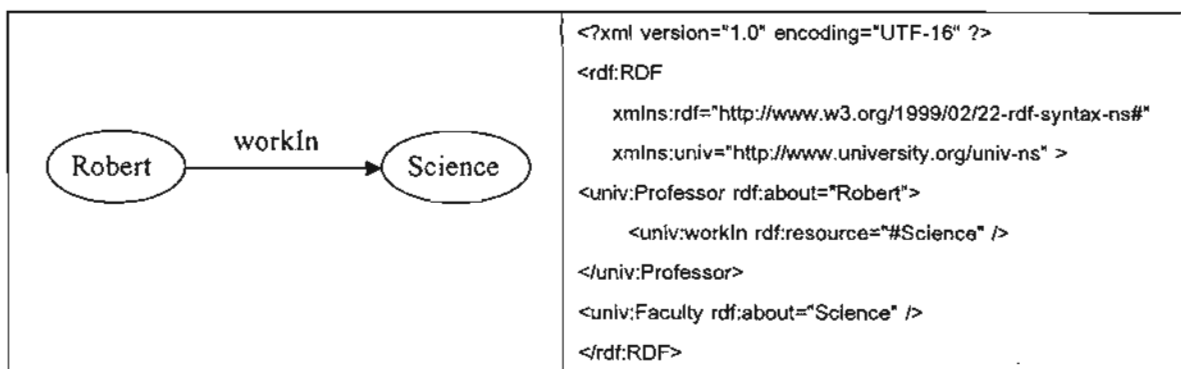
2.2.2.1 XML [19] ย่อมาจาก eXtensible Markup Language เป็นภาษาแรกสุดของเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมายที่ถูกพัฒนาขึ้น โดยเน้นที่โครงสร้างไวยากรณ์ของภาษา (syntactic language) แต่ไม่ได้เน้นที่การอธิบายความหมายของข้อมูลอย่างแท้จริง ถึงแม้ว่าจะเปิดโอกาสให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถจัดสร้างโครงสร้างของเอกสาร XML เองได้ โดยมีการสร้างแท็ก (tag) เพื่อช่วยอธิบายความหมายของข้อมูลแต่ละตัว เช่น `<cost>120</cost>` เพื่ออธิบายว่าข้อมูลตัวเลข 120 เป็นราคา อย่างไรก็ตามโปรแกรมประยุกต์ของแต่ละองค์กรต่างๆที่ต้องการแลกเปลี่ยนข้อมูลราคากัน ก็จะต้องรับรู้รวมแท็ก `<cost>` นี้ร่วมกันว่าหมายถึงคำอธิบายข้อมูลราคา ถ้าแต่ละองค์กรมีการใช้คำอธิบายข้อมูลราคาต่างกัน เช่น องค์กรหนึ่งใช้ `<price>120</price>` และอีกองค์กรหนึ่งใช้ `<cost>120</cost>` เมื่อจะมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างคอมพิวเตอร์ของแต่ละองค์กรจะเป็นการยากมากที่จะทำให้คอมพิวเตอร์ทราบได้ว่าทั้งสองแท็กนี้เป็นแท็กเดียวกัน นอกจากนี้ ถ้าซอฟต์แวร์เอเจนต์ต้องการที่จะสืบค้นข้อมูลราคาจากแต่ละองค์กร ซอฟต์แวร์เอเจนต์จะไม่มีทางทราบได้เลยว่า `<price>` และ `<cost>` นี้คือตัวเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ภาษา XML ก็ถือว่าเป็นภาษาพื้นฐานภาษาแรกสำหรับภาษาทางเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย

2.2.2.2 RDF/RDFS [20, 21] RDF ย่อมาจาก Resource Description Framework เป็นภาษาที่ถูกพัฒนาถัดมาจาก XML โดย W3C โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มส่วนการอธิบายโครงสร้างของข้อมูลเพิ่มเติมจาก XML เพื่อช่วยให้ซอฟต์แวร์เอเจนต์สามารถเข้าใจความหมายของข้อมูลได้สอดคล้องกับความเข้าใจของมนุษย์ และการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันในเชิงความหมายของข้อมูลได้ โครงสร้าง RDF จะมีโครงสร้างพื้นฐานที่สอดคล้องกับ XML แต่จะมีการกำหนดโครงสร้างที่เป็นมาตรฐานมากกว่า XML ตัวอย่างเช่น จากประโยคข้อความต่อไปนี้ "Robert is a Professor who works in Science Faculty" จะสามารถแทนได้ด้วยโครงสร้างข้อมูลที่เป็น XML ได้หลายรูปแบบ เช่น

<code><Faculty name="Science"></code>	<code><Professor name="Robert"></code>
<code><Professor>Robert</Professor></code>	<code><Workin>Science Faculty</Workin></code>
<code></Faculty></code>	<code></Professor></code>

ซึ่งจะเห็นได้ว่าการแทนข้อมูลในรูปแบบของ XML จะมีโครงสร้างแบบซ้อนกัน (tag nesting) ที่มีรูปแบบที่ไม่แน่นอน ขึ้นกับความต้องการของผู้ใช้งานเป็นหลัก ดังนั้น การเขียนโปรแกรมประยุกต์เพื่อสืบค้นข้อมูลจาก XML ที่โครงสร้างที่หลากหลายนี้ จะเป็นเรื่องที่ยากยิ่ง

โครงสร้างข้อมูลแบบ RDF จะมีการเก็บข้อมูลในรูปแบบของประโยค (statement) ที่ประกอบด้วยสามส่วนหลักที่เรียกว่า triple ในลักษณะของ (object, attribute, value) โดย object จะหมายถึง อินสแตนซ์ หรือ สิ่งที่เราต้องการอธิบายที่อยู่ภายในคลาสหนึ่งๆ attribute หมายถึงคุณสมบัติของ object นั้นๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของคำกริยา (verb) เช่น workIn, hasChild, locatedIn, เป็นต้น และสำหรับ value จะสามารถเป็น object อื่นที่มีความสัมพันธ์กับ object แรกของประโยค หรืออาจเป็นค่าข้อมูลของคุณสมบัติ ที่มีประเภทข้อมูลเป็น string, integer, เป็นต้น ดังนั้น จากตัวอย่างประโยคข้อความข้างต้น จะสามารถแทนให้อยู่ในรูปแบบของ RDF ที่มีโครงสร้างเป็นกราฟได้ดังภาพที่ 2.3ก ที่สามารถแทนด้วยภาษา RDF ที่คอมพิวเตอร์เข้าใจได้ดังภาพที่ 2.3ข



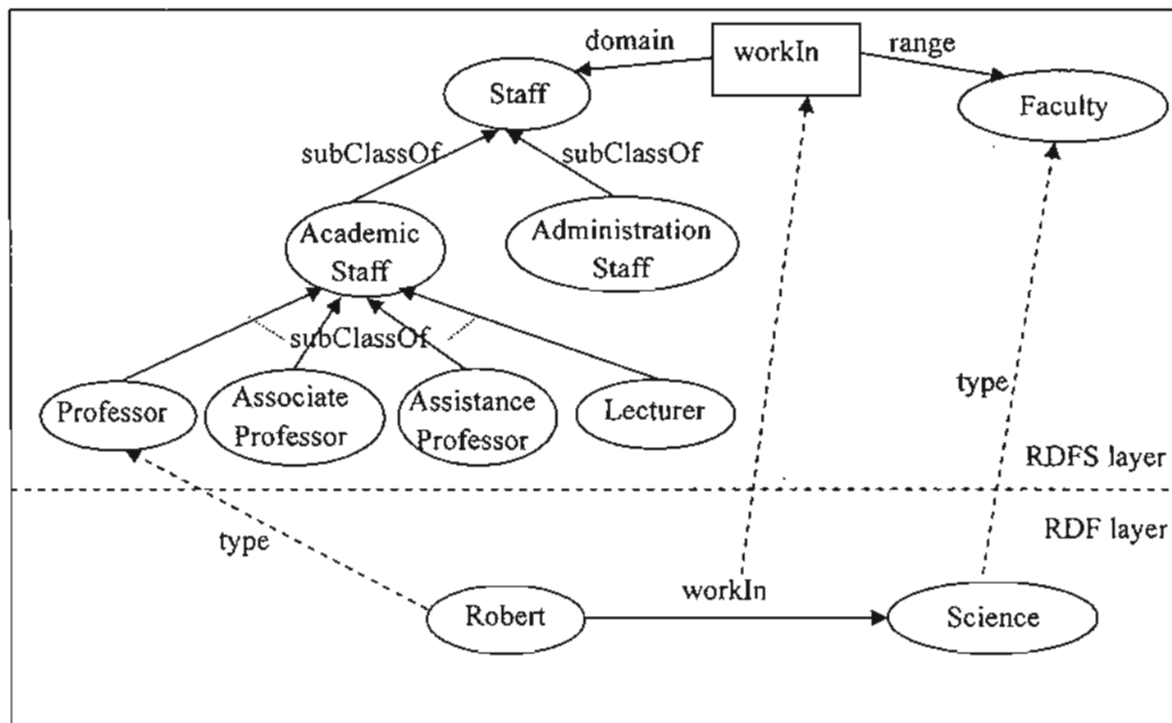
ก. แสดงโครงสร้าง RDF ในรูปแบบของกราฟ

ข. แสดงภาษา RDF ที่คอมพิวเตอร์เข้าใจ

ภาพที่ 2.3 แสดงการแทนโครงสร้างข้อมูลในรูปแบบ RDF

RDF เป็นภาษาที่ช่วยในการแทนข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่มีโครงสร้างที่เป็นมาตรฐาน และมีการอธิบายข้อมูลเพียงบางส่วนคล้ายกับ XML เช่น เป็นการบอกว่า Robert เป็น Professor ทำงานอยู่ใน Science ที่เป็นคณะ (Faculty) แต่ก็ยังไม่ได้มีการอธิบายความหมายของ Professor, Faculty, และ workIn ซึ่งถือว่าเป็นคำศัพท์ (vocabulary) ต่างๆที่มีใช้อยู่ใน RDF คำศัพท์ต่างๆที่ถูกใช้อยู่ใน RDF จะถูกนิยามอยู่ใน RDFS หรือ RDF Schema นั่นเอง ซึ่งจะเป็นการอธิบายว่า Professor และ Faculty เป็นคลาส ส่วน workIn เป็นคุณสมบัติ ที่แทนความสัมพันธ์ที่เชื่อมระหว่างคลาส Professor และ Faculty นอกจากนี้ยังสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคลาสหรือคุณสมบัติที่อยู่ในรูปแบบของลำดับชั้นได้อีกด้วย เช่น subclass และ subproperty เป็นต้น ตัวอย่างการสร้าง RDFS ที่ถูกแทนในรูปแบบของกราฟเพื่ออธิบายออนโทโลยีของคณะในมหาวิทยาลัยจะแสดงอยู่ในภาพที่ 2.2 และความสัมพันธ์ระหว่าง RDF และ RDFS จะแสดงอยู่ในภาพที่ 2.4

การสร้าง RDFS ยังช่วยในการควบคุมความถูกต้องของข้อมูลที่เป็นอินสแตนซ์ในเอกสาร RDF ด้วย เช่น จาก RDFS ที่มีการกำหนดคุณสมบัติ workIn ว่าจะต้องมี domain คือ Staff และมี range คือ Faculty ดังนั้น เมื่อมีการสร้างอินสแตนซ์ในเอกสาร RDF ก็จะต้องมีการควบคุมอินสแตนซ์ที่จะใช้คุณสมบัติ workIn ให้เป็นอินสแตนซ์ที่อยู่ใน domain และ range ของ workIn ด้วย เช่นจากตัวอย่าง RDF มีการกำหนดให้ Robert มี type เป็น Professor ซึ่งหมายความว่า Robert เป็นอินสแตนซ์ที่อยู่ภายในคลาส Professor และเนื่องจาก Professor เป็น subclass ของ Academic Staff และ Staff ดังนั้น Robert จึงถือว่าเป็นอินสแตนซ์ของ Staff ด้วย นั่นคือ Robert จะอยู่ใน domain Staff และสำหรับ Science ที่มีการกำหนดให้มี type เป็น Faculty นั่นคือ Science จะเป็นอินสแตนซ์ของ Faculty หรืออยู่ใน range Faculty ดังนั้น statement ใน RDF คือ (Robert, workIn, Science) จึงถือว่าสอดคล้องกับ RDFS



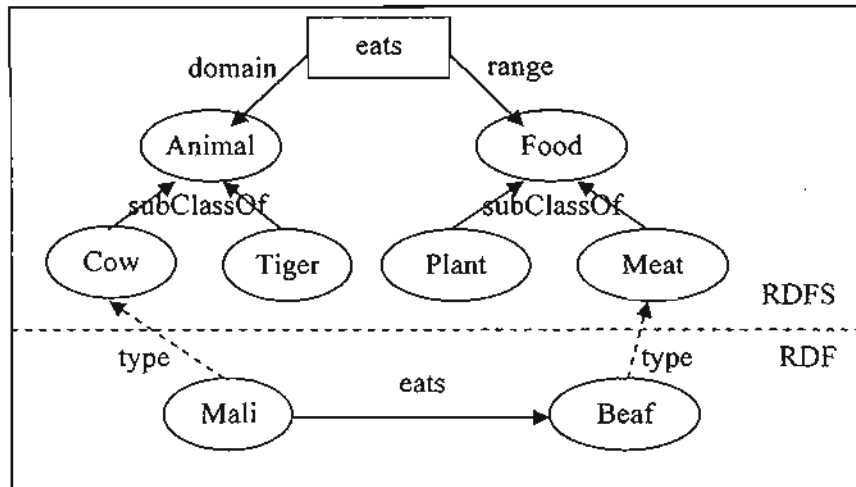
ภาพที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง RDF และ RDFS

2.2.2.3 OWL [22] ย่อมาจาก Web Ontology Language เป็นภาษาที่ถูกพัฒนามาจากภาษา DAML+OIL (DARPA Agent Markup Language and Ontology Inference Layer) [23] ซึ่งมี RDF เป็นภาษาย่อยอยู่ภายใน (sublanguage) ถึงแม้ว่า RDF/S จะมีส่วนที่ช่วยในการอธิบายคำศัพท์ต่างๆที่ใช้ในออนโทโลยีที่อยู่ในรูปของ คลาส คุณสมบัติ รวมไปถึงความสัมพันธ์ที่อยู่ในรูปแบบของลำดับชั้น เช่น subClassOf และ subPropertyOf อย่างไรก็ตาม ยังขาดส่วนที่สำคัญหลายส่วนที่จำเป็นสำหรับการแทนข้อมูลด้วยเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย ตัวอย่างเช่น

- การจำกัดขอบเขตข้อมูลของคุณสมบัติ (local scope of properties)

การใช้ RDFS จะไม่สามารถจำกัดขอบเขตข้อมูลที่เป็น range ของคุณสมบัติได้ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งคือ การกำหนด range restriction ตัวอย่างเช่น ถ้ามีการสร้าง RDFS และ RDF ที่สอดคล้องกับโครงสร้าง RDFS ดังภาพที่ 2.5 โดย eats เป็นคุณสมบัติที่ต้องมี domain คือคลาส Animal และมี range คือคลาส Food และ Animal จะมี subclass คือ Cow และ Tiger สำหรับ Food จะมี subclass คือ Plant และ Meat ถ้ามีการสร้าง RDF statement ที่อยู่ในรูปแบบของ triple (Mali, eats, Beef) โดย Mali เป็นอินสแตนซ์ของ Cow และ Beef เป็นอินสแตนซ์ของ Meat จะเห็นว่าการเขียน RDF statement นี้จะต้องเนื่องจากคุณสมบัติของ subclass จะได้ว่า Mali อยู่ใน domain Animal และ Beef ก็อยู่ใน range Food ด้วย Mali และ Beef จึงสามารถใช้คุณสมบัติ eats ได้

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าการเขียน RDF statement นี้จะต้องตามหลักการ แต่ความหมายของข้อมูลตามความเป็นจริงจะไม่ถูกต้อง เนื่องจากวัวจะต้องไม่กินเนื้อ ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ ก็เนื่องจากการสร้าง RDF/S จะไม่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้ทำการกำหนดขอบเขตของข้อมูลให้กับ range ของคุณสมบัติได้ เช่น ไม่สามารถกำหนดให้คุณสมบัติ eats ที่มี domain เป็นคลาส Cow สามารถมี range เป็นคลาส Plant เท่านั้นได้



ภาพที่ 2.5 แสดง RDFS และ RDF ที่แสดงความไม่สมเหตุสมผลของข้อมูล

- การสร้างคลาสจากคลาสอื่น (Boolean combination of Classes)

RDF/S จะไม่สนับสนุนการสร้างคลาสใหม่ที่เกิดจากการเชื่อมโยงคลาสอื่นเข้าด้วยกันโดยใช้หลักการ union, intersection, และ complement เป็นต้น ตัวอย่างเช่น จะไม่สามารถสร้างคลาส Person ที่เกิดจากการ union กันของคลาส Male และ Female ได้ เป็นต้น

- การกำหนดจำนวนสมาชิกใน range ของคุณสมบัติ (Cardinality restrictions)

RDF/S จะไม่เปิดโอกาสให้กำหนดจำนวนสมาชิกใน range ของคุณสมบัติหนึ่งๆได้ ตัวอย่างเช่น ถ้า teach เป็นคุณสมบัติที่เชื่อม domain คือ AcademicStaff เข้ากับ range คือ Course การสร้าง RDF/S จะไม่สามารถกำหนดว่าพนักงานสอนแต่ละคนหรืออินสแตนส์แต่ละอินสแตนส์ใน AcademicStaff จะสามารถสอน Course ได้ไม่เกิน 3 Courses หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือไม่สามารถกำหนดให้อินสแตนส์แต่ละอินสแตนส์ใน AcademicStaff มีความสัมพันธ์ teach กับอินสแตนส์ในคลาส Course ได้เกิน 3 อินสแตนส์

จากตัวอย่างข้อจำกัดข้างต้นจึงทำให้ RDF/S เป็นภาษาที่ยังไม่เพียงพอสำหรับการใช้งานเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาภาษาอื่นถัดมาที่มีความสามารถมากกว่า RDF/S ซึ่งได้แก่ DAML/OIL และ OWL เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าภาษา OWL จะเป็นภาษาที่มีการเพิ่มเติมความสามารถให้มากกว่า RDF/S แต่ OWL ก็ยังมีการใช้โครงสร้างพื้นฐานทุกอย่างที่เป็น RDF/S เพียงแต่มีการเพิ่มเติมคุณลักษณะบางอย่างขึ้นไปอีกให้มากกว่า RDF/S โดยในปัจจุบันได้มีการแบ่งระดับของภาษา OWL ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ OWL Full, OWL DL และ OWL Lite ที่มีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน ดังสรุปในตารางที่ 1

ภาษา OWL จะเป็นภาษาที่นิยมใช้กับเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมายในปัจจุบัน และเป็นภาษาที่งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ในการแทนตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมาย ซึ่งจะตั้งอยู่บนพื้นฐานของ OWL DL เป็นหลัก

ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปคุณสมบัติ OWL ในแต่ละระดับ

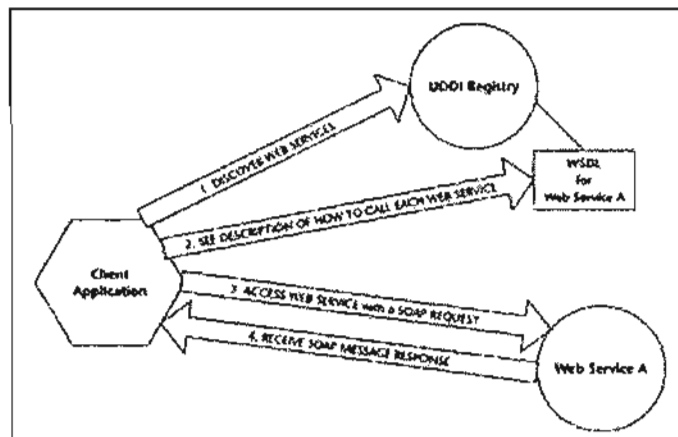
OWL Full	OWL DL	OWL Lite
OWL Full จะเป็นภาษา OWL ที่มี ความสามารถเต็มรูปแบบของ OWL แต่ข้อเสียคือยังหาเครื่องมือประเภท Reasoner ที่รองรับคุณสมบัติทั้งหมด ของ OWL Full นี้ได้น้อย	OWL DL เป็นภาษาย่อย (sublanguage) ของ OWL Full ที่มี ความสามารถที่น้อยกว่า OWL Full กล่าวคือขาดคุณลักษณะบางประการ ที่มีอยู่ใน OWL Full เช่น การกำหนด Cardinality ให้กับ subproperty หรือ การไม่สามารถใช้คุณลักษณะ owl:inverseOf, owl:FunctionalProperty, owl:InverseFunctionalProperty และ owl:SymmetricProperty กับ data type properties แต่สามารถใช้ได้กับ object properties เท่านั้น	OWL Lite จะมีคุณลักษณะที่จำกัด มากกว่า OWL DL กล่าวคือ ไม่ สามารถใช้คุณลักษณะ owl:oneOf, owl:disjointWith, owl:unionOf, owl:complementOf และ owl:hasValue ได้ นอกจากนี้ในการ กำหนด cardinality จะกำหนดจำนวน สมาชิกได้แค่ 0 และ 1 เท่านั้น เป็น ต้น

2.3 ตัวบริการเว็บ

ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงเทคโนโลยีตัวบริการเว็บ (Web services technologies) [7, 24] ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ถูก
ออกแบบมาเพื่อใช้เป็นมาตรฐานเปิด (open standard) โดยมุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบูรณาข้อมูลจาก
แหล่งข้อมูลที่หลากหลาย (Heterogeneous sources) และทำให้ระบบหรือโปรแกรมประยุกต์ที่มีความแตกต่างกัน
สามารถทำงานร่วมกันได้ โดยเทคโนโลยีตัวบริการเว็บจะสนับสนุนให้ผู้ให้บริการ สามารถสร้างส่วนของโปรแกรมใน
ลักษณะที่เรียกว่า เมธอด (method) หรือฟังก์ชันด้วยภาษาโปรแกรมใดๆ เพื่อให้บริการด้านใดด้านหนึ่ง และเปิดโอกาส
ให้ผู้ใช้บริการสามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษาที่แตกต่างกัน ให้สามารถเรียกใช้งานเมธอดนั้นได้บนโปรโตคอล HTTP
ของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยที่ผู้ใช้บริการไม่จำเป็นต้องรู้รายละเอียดของขั้นตอนการทำงานของเมธอดที่ถูกเรียกใช้
แต่อย่างใด ตัวอย่างเช่น ผู้ให้บริการสามารถสร้างเมธอดเพื่อให้บริการด้วยภาษา Java และผู้เรียกใช้บริการก็สามารถ
เขียนโปรแกรมด้วยภาษาอื่น เช่น Visual Basic เพื่อเรียกใช้เมธอดของผู้ให้บริการนั้นได้ เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจาก
เทคโนโลยีตัวบริการเว็บจะมีการใช้ภาษา XML และโปรโตคอล HTTP เพื่อเป็นมาตรฐานในการแลกเปลี่ยนข้อมูล
ระหว่างโปรแกรมประยุกต์ที่แตกต่างกันบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จึงทำให้ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหา
เกี่ยวกับการบูรณาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายได้

ตัวบริการเว็บจะมีการออกแบบสถาปัตยกรรมในลักษณะที่เรียกว่า Service Oriented Architecture (SOA)
เป็นแนวคิดเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลักๆสามส่วน ได้แก่ ผู้ให้บริการ (Web Service Provider) ผู้
เรียกใช้บริการ (Service Requestor) ที่เป็นโปรแกรมประยุกต์ฝั่งไคลเอนท์ (Client Application) และตัวแทนการ
ลงทะเบียนบริการ (Universal Description, Discovery and Integration- UDDI Registry) โดยเมื่อผู้ให้บริการทำการ
สร้างตัวบริการไว้ที่เว็บไซต์ของตน ก็จะไปทำการลงทะเบียนที่ UDDI Registry เพื่อทำการโฆษณาข้อมูลบริการและวิธี
เรียกใช้ข้อมูลบริการของตนไว้ในรูปแบบของไฟล์ WSDL (Web Service Definition Language) การเรียกใช้บริการจะ
เริ่มจากผู้เรียกใช้บริการจะเข้ามาค้นหาบริการที่ต้องการจาก UDDI Registry นี้เพื่อดูข้อมูลบริการและคำอธิบายวิธีการ
เรียกใช้ข้อมูลบริการจากไฟล์ WSDL นี้ เมื่อผู้เรียกใช้บริการทราบวิธีการเรียกใช้บริการก็จะเขียนโปรแกรมเพื่อทำการ

ร้องขอการเข้าใช้บริการไปยังตัวบริการเว็บของผู้ให้บริการ โดยผ่านทางมาตรฐานโปรโตคอล SOAP (Simple Object Access Protocol) ซึ่งใช้ XML เป็นมาตรฐานกลางในการสร้างข้อความติดต่อกับตัวบริการ และการรับข้อมูลผลลัพธ์จากตัวบริการ แต่ละองค์ประกอบจะมีการทำงานที่สัมพันธ์กันดังแสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แสดงการทำงานที่สัมพันธ์กันขององค์ประกอบต่างๆในสถาปัตยกรรมตัวบริการเว็บ [24]

2.3.1 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับตัวบริการเว็บ

การทำงานขององค์ประกอบต่างๆในสถาปัตยกรรมตัวบริการเว็บ จะเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีพื้นฐานที่สำคัญ ได้แก่ SOAP, WSDL และ UDDI ที่สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

2.3.1.1 SOAP

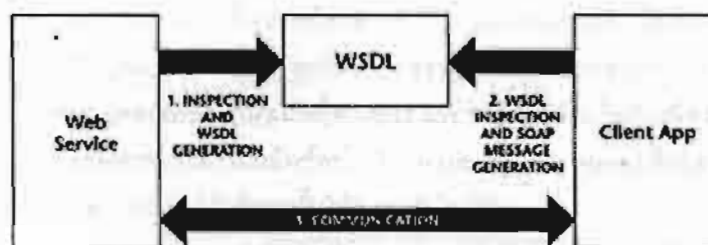
SOAP เป็นโปรโตคอลมาตรฐานที่ช่วยให้โปรแกรมประยุกต์ที่ถูกสร้างทางฝั่งไคลเอนท์สามารถติดต่อกับตัวบริการเว็บที่อาจถูกสร้างด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่แตกต่างกันได้ ซึ่ง SOAP จะมีการสร้างแพ็คเกจของข้อความที่อยู่ในรูปแบบของภาษา XML เพื่อส่งไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง บนพื้นฐานของโปรโตคอล HTTP อีกทีหนึ่ง ทำให้สามารถทำงานผ่าน Firewall ได้ จึงทำให้การเรียกใช้งานตัวบริการเว็บสามารถทำงานได้ทั้งบนอินเทอร์เน็ต อินทราเน็ต และเอ็กทราเน็ต โดยโปรแกรมประยุกต์ทางฝั่งไคลเอนท์สามารถสร้างข้อความการเรียกใช้บริการในลักษณะของการเรียกเมธอด (Remote Procedure Call : RPC) ซึ่งคล้ายๆ กับ Java RMI (Remote Method Invocation) โดยสร้างข้อความในรูปแบบของ SOAP request message ที่มีการเก็บชื่อเมธอดที่จะถูกเรียกและค่าข้อมูลจากพารามิเตอร์ต่างๆที่จะส่งไปยังเมธอดนั้น ในลักษณะของแพ็คเกจของข้อความที่สามารถส่งไปยังตัวบริการเว็บได้ และนอกจากนี้ตัวบริการเว็บก็สามารถสร้างผลลัพธ์ในรูปแบบของ SOAP response message เพื่อส่งกลับไปยังโปรแกรมทางฝั่งไคลเอนท์ได้เช่นกัน ตัวอย่างของข้อความ SOAP จะแสดงอยู่ในตารางที่ 2 โดยข้อความ SOAP request จะแสดงว่าผู้เรียกใช้บริการต้องการทราบราคาของสินค้าที่มีรหัสคือ A0001 โดยเรียกผ่านเมธอด GetProductPrice ของตัวบริการเว็บ และมีการส่งข้อมูลของพารามิเตอร์ ProductCode คือ A0001ไปยังเมธอดนั้นด้วย และสำหรับข้อความ SOAP response จะหมายความว่า ผลลัพธ์จากการเรียกใช้เมธอด GetProductPrice จะส่งราคาสินค้ากลับมายังผู้เรียกใช้บริการ โดยจะผ่านทางพารามิเตอร์ Price เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างของข้อความ SOAP Request และ SOAP Response

SOAP request message	<pre> <SOAP-ENV:Envelope xmlns:SOAP-ENV="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" SOAP-ENV:encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"> <SOAP-ENV:Body> <m:GetProductPrice xmlns:m="Some-URI"> <ProductCode>A0001</ProductCode> </m:GetProductPrice> </SOAP-ENV:Body> </SOAP-ENV:Envelope> </pre>
SOAP response message	<pre> <SOAP-ENV:Envelope xmlns:SOAP-ENV="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" SOAP-ENV:encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"> <SOAP-ENV:Body> <m:GetProductPriceResponse xmlns:m="Some-URI"> <Price>34.5</Price> </m:GetProductPriceResponse> </SOAP-ENV:Body> </SOAP-ENV:Envelope> </pre>

2.3.1.2 WSDL

WSDL จะเป็นไฟล์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยผู้สร้างตัวบริการเว็บ โดยจะมีหน้าที่เก็บคำอธิบายข้อมูลบริการ เช่น ตำแหน่งที่อยู่ของบริการ หน้าที่ของบริการ รวมไปถึงวิธีในการเรียกใช้บริการจากตัวบริการเว็บ เช่น ชื่อบริการ เมธอด พารามิเตอร์ ชนิดข้อมูล และค่าผลลัพธ์ที่ส่งกลับมา เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะใช้ในการสร้างข้อความ SOAP กล่าวคือ เมื่อโปรแกรมประยุกต์ทางฝั่งไคลเอนท์จะทำการส่งข้อความ SOAP ไปยังตัวบริการเว็บเพื่อเรียกใช้บริการ โปรแกรมประยุกต์นั้นจะต้องทราบข้อมูลบริการที่ประกาศอยู่ในเอกสาร WSDL นี้เท่านั้น ดังนั้นเอกสาร WSDL จึงเปรียบเสมือนกับเป็นคู่มือในการสร้างข้อความ SOAP ให้มีรูปแบบตามที่ตัวบริการเว็บต้องการ โครงสร้างของเอกสาร WSDL จะมีพื้นฐานเป็น XML Schema ซึ่งมีความซับซ้อนและยากที่จะทำความเข้าใจ อย่างไรก็ตาม ผู้พัฒนาตัวบริการเว็บ ก็ไม่จำเป็นต้องเข้าใจในโครงสร้างของ WSDL และ SOAP เพื่อจะทำการสร้างตัวบริการเว็บแต่อย่างใด เนื่องจากเมื่อผู้พัฒนาตัวบริการเว็บทำการสร้างตัวบริการเว็บ ก็จะมีชุดของเครื่องมือที่ใช้สร้างตัวบริการเว็บทำการสร้างเอกสาร WSDL นี้ให้อย่างอัตโนมัติอยู่แล้ว การติดต่อสื่อสารกันระหว่างโปรแกรมประยุกต์ทางฝั่งไคลเอนท์ กับตัวบริการเว็บ โดยผ่านการตรวจสอบข้อมูลจากเอกสาร WSDL จะแสดงอยู่ในภาพที่ 2.7 กล่าวคือ ในขั้นตอนแรกเมื่อผู้ให้บริการทำการสร้างตัวบริการเว็บ ก็จะทำให้ได้เอกสาร WSDL เกิดขึ้น และเมื่อโปรแกรมประยุกต์ทางฝั่งไคลเอนท์ต้องการสร้างข้อความ SOAP เพื่อเรียกใช้บริการจากตัวบริการเว็บ ก็จำเป็นต้องมีการอ่านข้อมูลบริการจากเอกสาร WSDL ที่ผู้ให้บริการได้สร้างขึ้น เพื่อนำข้อมูลบริการเหล่านั้นมาทำการสร้างข้อความ SOAP ตามความต้องการของตัวบริการเว็บ หลังจากนั้น โปรแกรมประยุกต์ทางฝั่งไคลเอนท์และตัวบริการเว็บก็จะสามารถติดต่อสื่อสารเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างกันได้



ภาพที่ 2.7 การติดต่อสื่อสารกันระหว่างโปรแกรมประยุกต์ทางฝั่งไคลเอนท์และตัวบริการเว็บ
โดยการอ่านข้อมูลบริการจากเอกสาร WSDL [24]

2.3.1.3 UDDI

UDDI เป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาโดย Ariba, Microsoft และ IBM เพื่อให้ผู้สร้างตัวบริการเว็บใช้ในการลงทะเบียนเพื่อโฆษณาบริการของตนให้แก่สาธารณะชน เพื่อให้ผู้มาขอใช้บริการสามารถค้นหาตัวบริการเว็บที่ต้องการได้ UDDI จึงเปรียบเสมือนกับเป็นสมุดโทรศัพท์สำหรับการค้นหาตัวบริการเว็บ โดยข้อมูลที่เก็บอยู่ใน UDDI จะแบ่งออกเป็นสามองค์ประกอบหลักที่เปรียบได้กับ สมุดหน้าขาว (white pages) สมุดหน้าเหลือง (yellow pages) และ สมุดหน้าเขียว (green pages) โดยสมุดหน้าขาวจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับคำอธิบายธุรกิจของผู้ให้บริการ ที่อยู่ผู้ให้บริการ อีเมล เบอร์โทรศัพท์ เป็นต้น สมุดหน้าเหลืองจะอธิบายประเภทและกลุ่มบริการของผู้ให้บริการ และสมุดหน้าเขียวจะอธิบายวิธีที่จะใช้บริการของตัวบริการเว็บ ซึ่งเป็นรายละเอียดที่เก็บอยู่ในเอกสาร WSDL ของผู้ให้บริการนั่นเอง อย่างไรก็ตาม การพัฒนา UDDI ในปัจจุบันยังอยู่ไม่ได้กำหนดให้เป็นมาตรฐาน จะยังคงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และเนื่องจากโครงสร้าง UDDI จะยังคงตั้งอยู่บนพื้นฐานของ XML การค้นหาบริการจาก UDDI จะยังคงเป็นการค้นหาในลักษณะของ keyword-based อยู่ซึ่งบางครั้งจะได้ข้อมูลบริการที่ไม่ตรงกับความต้องการของผู้เรียกใช้ได้ เนื่องจากยังขาดในส่วนของการอธิบายข้อมูลบริการแบบสื่อความหมายที่แท้จริง ที่สามารถทำให้ซอฟต์แวร์เอเจนต์สามารถเข้าใจและสืบค้นข้อมูลบริการได้ด้วยตนเอง

2.4 ตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมาย

ในหัวข้อนี้จะแนะนำเทคโนโลยีตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมาย (Semantic Web services technologies) ที่มี การพัฒนาต่อจากเทคโนโลยีตัวบริการเว็บที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่แล้ว โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย เพื่อชดเชยข้อบกพร่องของเทคโนโลยีตัวบริการเว็บในปัจจุบัน จุดประสงค์ของตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมายก็เพื่อสร้างออนโทโลยีที่ประกอบด้วยเซตของคลาส และ คุณสมบัติ ต่างๆ เพื่อใช้เก็บคำอธิบายข้อมูลบริการสำหรับตัวบริการเว็บต่างๆ เพื่อให้ซอฟต์แวร์เอเจนต์สามารถเข้าใจความหมายของข้อมูลบริการด้วยตนเองและสืบค้นข้อมูลบริการได้ตรงกับความต้องการของผู้ร้องขอบริการมากที่สุด โดยมีการพัฒนาภาษาสำหรับสร้างออนโทโลยีสำหรับบริการที่เรียกว่าภาษา OWL-S (Web Ontology Language for Services) ที่พัฒนายู่บนพื้นฐานของภาษา OWL ซึ่งถือว่าเป็นภาษาสำหรับการอธิบายข้อมูลบริการของตัวบริการเว็บ

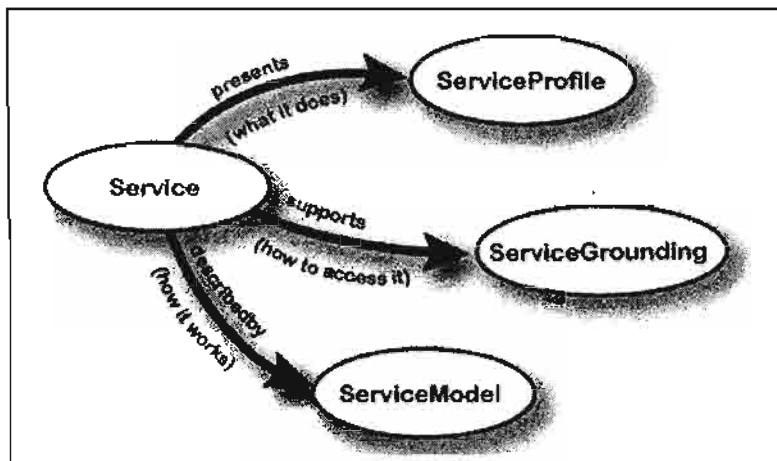
การอธิบายคำอธิบายข้อมูลบริการด้วยภาษาออนโทโลยีนี้จะช่วยในเรื่องต่างๆดังต่อไปนี้

1. การค้นหาตัวบริการเว็บอย่างอัตโนมัติ (Automatic Web service discovery) โดยช่วยให้ซอฟต์แวร์เอเจนต์หรือคอมพิวเตอร์โปรแกรมสามารถค้นหาตำแหน่งของตัวบริการเว็บได้อย่างอัตโนมัติ โดยไม่ต้องมีคนเข้ามาเกี่ยวข้อง และยังช่วยให้ผู้ให้บริการสามารถประกาศข้อมูลบริการตามคุณสมบัติและความสามารถของบริการที่สามารถใช้ในการสืบค้นแบบสื่อความหมายโดยซอฟต์แวร์เอเจนต์ได้ เพื่อให้การสืบค้นสามารถทำได้ตรงตามความต้องการของผู้เรียกใช้บริการมากที่สุด
2. การเรียกใช้บริการอย่างอัตโนมัติ (Automatic Web service invocation) ซอฟต์แวร์เอเจนต์หรือคอมพิวเตอร์โปรแกรมจะสามารถเรียกใช้งานตัวบริการเว็บได้อย่างอัตโนมัติ เนื่องจาก OWL-S จะมีมาตรฐานที่ช่วยในการประกาศ API แบบสื่อความหมายที่ช่วยให้ซอฟต์แวร์เอเจนต์สามารถเข้าใจว่ามีบริการนั้นมีเมธอด (method) หรือโพรเซส (process) ที่มีหน้าที่ทำอะไร มีพารามิเตอร์อะไรบ้างที่ต้องใช้ในการเรียกเมธอดนั้น (input parameters) และมีพารามิเตอร์ผลลัพธ์อะไรบ้าง (output parameters) ที่จะส่งออกมาจากเมธอด จึงช่วยให้ซอฟต์แวร์เอเจนต์สามารถเรียกใช้บริการนั้นได้อย่างอัตโนมัติ
3. การทำงานร่วมกันของตัวบริการเว็บอย่างอัตโนมัติ (Automatic Web service composition and Interoperation) OWL-S ยังช่วยให้เกิดการทำงานร่วมกันของตัวบริการเว็บอย่างอัตโนมัติ โดยมีส่วนของการ

อธิบายขั้นตอนการทำงานก่อนหลังของตัวบริการเว็บแต่ละตัวที่ต้องมีการทำงานที่สัมพันธ์กัน และการรับส่งของข้อมูลพารามิเตอร์ระหว่างตัวบริการเว็บแต่ละตัว

2.4.1 องค์ประกอบของออนโทโลยีสำหรับตัวบริการเว็บ

ออนโทโลยีสำหรับตัวบริการเว็บที่ถูกอธิบายด้วยภาษา OWL-S จะอธิบายตัวบริการเว็บในลักษณะของคลาสและคุณสมบัติ โดยสามารถแบ่งองค์ประกอบตามหน้าที่ออกได้เป็นสามส่วนหลักๆ คือ Service Profile, Service Model, และ Service Grounding ที่อยู่ในรูปแบบของคลาส ดังแสดงภาพที่ 2.8 แต่ละส่วนจะอธิบายได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.8 แสดงโครงสร้างโดยรวมของออนโทโลยีสำหรับตัวบริการเว็บ [14]

2.4.1.1 องค์ประกอบที่ใช้อธิบายบริการที่ตัวบริการเว็บจัดไว้ให้ องค์ประกอบในส่วนนี้จะถูกเรียกว่า *Service Profile* ซึ่งจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับบริการต่างๆที่มีอยู่ในตัวบริการเว็บ เช่น ชื่อบริการ ประเภทและกลุ่มของบริการ ลักษณะของบริการ และพารามิเตอร์ต่างๆที่มีอยู่ในบริการ เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะช่วยในการสืบค้นบริการแก่ซอฟต์แวร์เอเจนต์ว่าเป็นบริการที่เอเจนต์ต้องการหรือไม่ รวมไปถึงข้อมูลของผู้ให้บริการแต่ละราย เช่น ชื่อผู้ให้บริการ ที่อยู่ ที่ติดต่อ เป็นต้น

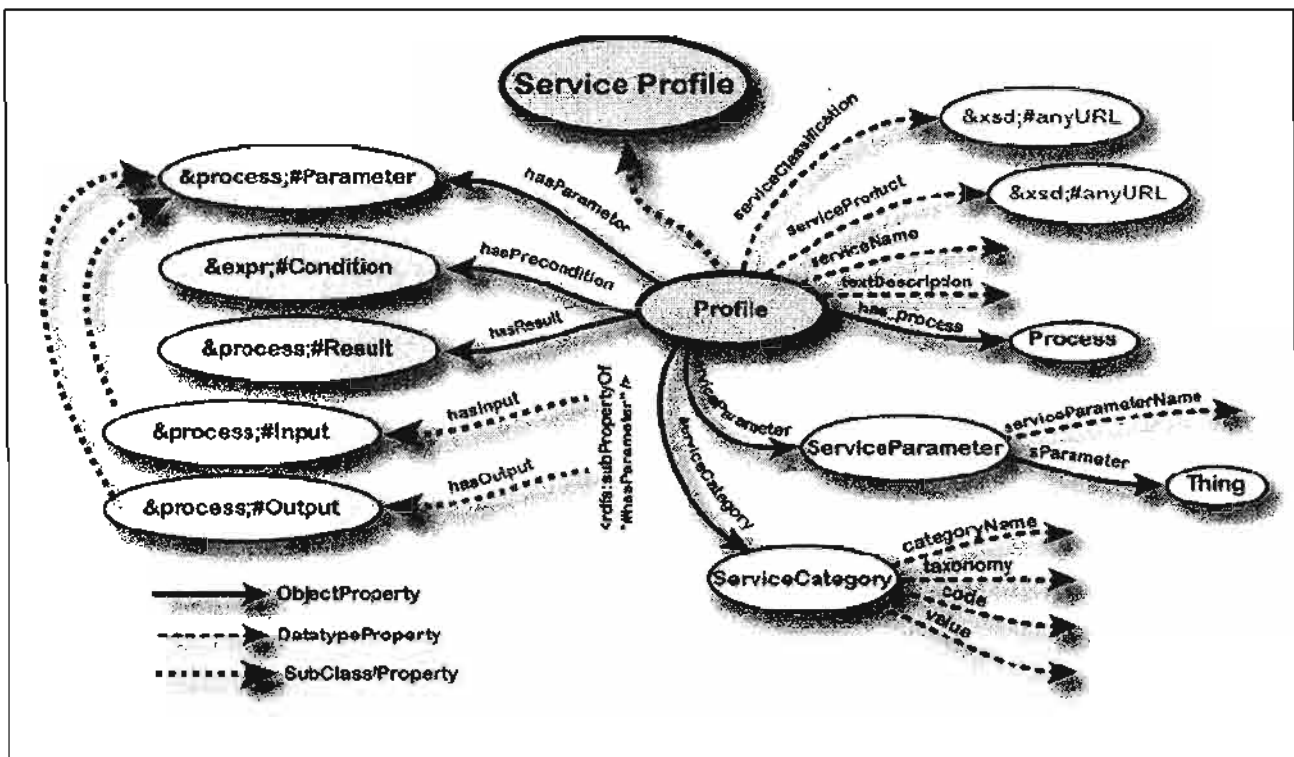
2.4.1.2 องค์ประกอบที่ใช้อธิบายวิธีการเรียกใช้งานตัวบริการ องค์ประกอบนี้จะถูกเรียกว่า *Service Model* หรือ *Process model* ซึ่งจะเป็นการบอกซอฟต์แวร์เอเจนต์ว่าจะเรียกใช้งานบริการได้อย่างไร เช่นมีเมธอดหรือโพรเซสอะไรบ้าง แต่ละเมธอดต้องการ input และ output parameters อะไรบ้าง มีผลกระทบ (effect) อะไรเกิดขึ้นบ้างจากการเรียกใช้งานเมธอด ในกรณีที่มีเมธอดที่ต้องทำงานร่วมกันในลักษณะของ composite process จะประกอบด้วยเมธอดใดบ้างที่ต้องทำงานร่วมกัน มี input และ output parameters ที่มีการรับส่งกันระหว่างเมธอดนั้นอย่างไรบ้าง เป็นต้น

2.4.1.3 องค์ประกอบที่ใช้อธิบายวิธีการเข้าถึงตัวบริการ องค์ประกอบนี้จะถูกเรียกว่า *Service Grounding* เป็นการอธิบายรายละเอียดถึงวิธีการเข้าถึง (access) ตัวบริการ เช่น โปรโตคอลที่ใช้ รูปแบบของข้อความที่จะใช้ในการรับส่งกับตัวบริการ เป็นต้น โดยองค์ประกอบส่วนนี้จะเป็นการเชื่อมโยงจากโครงสร้างในสองส่วนบน (2.3.1.1 และ 2.3.1.2) เข้ากับข้อมูลบริการทางกายภาพที่ถูกอธิบายอยู่ในเอกสาร WSDL ที่จำเป็นต้องใช้ในการติดต่อกับตัวบริการจริงๆ

สำหรับงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงโครงสร้าง *Service Profile* โดยสรุปที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการสืบค้นข้อมูลบริการของซอฟต์แวร์เอเจนต์ดังต่อไปนี้

2.4.2 Service Profile

Service Profile จะเก็บคำอธิบายข้อมูลบริการเบื้องต้นที่ผู้ให้บริการได้ทำการประกาศไว้แก่สาธารณะ เพื่อช่วยในการสืบค้นข้อมูลบริการแก่ผู้เรียกใช้บริการ คำอธิบายข้อมูลบริการนี้ประกอบด้วย ส่วนที่อธิบายข้อมูลทั่วไปของบริการและองค์กรหรือผู้ให้บริการ ส่วนของการอธิบายกลุ่มหรือประเภทของบริการที่ผู้ให้บริการประกาศไว้ และส่วนของอธิบายหน้าที่ของบริการ โครงสร้าง OWL-S Service Profile นี้จะแสดงอยู่ในรูปแบบของคลาส ที่ประกอบด้วยคลาส Service Profile และ Profile ที่ทำหน้าที่เป็น subclass ของคลาส Service Profile โดยข้อมูลบริการต่างๆของผู้ให้บริการแต่ละรายจะถูกแสดงในรูปแบบของคลาสและคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์กับคลาส Profile นี้ดังแสดงในภาพที่ 2.9 ต่อไปนี้



ภาพที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของ Service Profile [14]

2.4.2.1 ส่วนอธิบายข้อมูลทั่วไปของบริการและข้อมูลผู้ให้บริการ

ส่วนอธิบายข้อมูลทั่วไปของบริการและข้อมูลผู้ให้บริการจะประกอบด้วยคุณสมบัติต่างคือ ชื่อบริการ (serviceName) , คำอธิบายบริการ (textDescription) , และ ข้อมูลการติดต่อกับผู้ให้บริการ (contactInformation) ซึ่ง คลาส Profile หนึ่งคลาสจะต้องมีเพียงหนึ่ง serviceName และ textDescription แต่สามารถมีได้หลาย contactInformation

- **serviceName** เก็บข้อมูลชื่อบริการที่ให้บริการ
- **textDescription** เก็บคำอธิบายที่เป็นข้อความโดยสรุปของบริการ เพื่อสรุปว่าเป็นบริการเกี่ยวกับอะไร และต้องการข้อมูลอะไรบ้าง มีข้อมูลออกเป็นผลลัพธ์อะไรบ้าง และข้อมูลคำอธิบายอื่นๆ
- **contactInformation** เก็บข้อมูลของผู้ให้บริการที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการสร้างตัวบริการเว็บ เช่น ชื่อผู้ให้บริการ ที่อยู่ อีเมล และเบอร์โทรศัพท์ เป็นต้น

2.4.2.2 ส่วนของการอธิบายกลุ่มหรือประเภทของบริการ

เป็นส่วนที่ใช้อธิบายกลุ่มหรือประเภทของบริการ ภายใต้คลาส ServiceCategory เพื่อจัดกลุ่มบริการให้เป็นหมวดหมู่ ซึ่งจะประกอบด้วยคุณสมบัติต่อไปนี้

- **categoryName** เป็นชื่อกลุ่มที่เป็นข้อความตามมาตรฐานของ NAICS [25] และ UNSPSC [26]
- **taxonomy** จะเป็นมาตรฐานที่ใช้ในการจัดกลุ่ม อันได้แก่ NAICS หรือ UNSPSC
- **code** เป็นการระบุรหัสที่ใช้แทนประเภทของบริการ
- **value** เป็นชื่อประเภทบริการสำหรับรหัสที่ระบุอยู่ใน code

2.4.2.3 ส่วนของการอธิบายหน้าที่ของบริการ

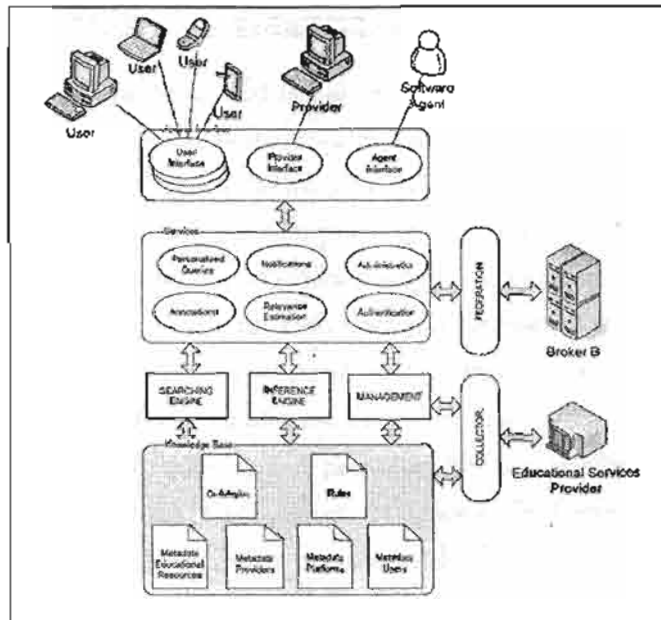
เป็นส่วนที่ใช้เป็นองค์ประกอบหลักของ Service Profile เนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้บรรยายเกี่ยวกับหน้าที่ของบริการในสองแง่มุม โดยส่วนแรกจะเรียกว่า information transformation ซึ่งได้แก่การระบุ inputs และ outputs ที่จะถูกส่งให้กับเมธอดหรือโพรเซสของบริการ และอีกส่วนได้แก่ การระบุเงื่อนไข (preconditions) ก่อนการเรียกใช้บริการ และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นหลังจากการเรียกใช้บริการ (effects) ตัวอย่างเช่น ในการเรียกใช้บริการการขายหนังสือ (book-selling service) จะต้องการ input คือ หมายเลขบัตรเครดิต (credit card number) และ วันหมดอายุ (expiration date) แต่จะต้องมีเงื่อนไขก่อนการเรียกใช้บริการว่า หมายเลขบัตรจะต้องมีอยู่จริงและไม่ใช่หมายเลขที่ถูกระงับและมียังเงินที่พอเพียงเป็นต้น ผลลัพธ์หรือ output ของบริการคือ โบนัสรับเงินสำหรับลูกค้า และผลกระทบหลังจากการเรียกใช้บริการก็คือ การส่งหนังสือจากสต็อกสินค้าไปให้กับลูกค้าตามที่อยู่ เป็นต้น ส่วน Input, Output, Precondition และ Effect นี้จะรวมเรียกว่าส่วน IOPE ที่ใช้ในการอธิบายถึงหน้าที่ของบริการ ตัวอย่างของคุณสมบัติที่ใช้ในการอธิบาย IOPE นี้ได้แก่ hasParameter, hasInput, hasOutput, hasPrecondition, และ hasResult เป็นต้น

2.5 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากปัญหาที่เกิดขึ้นในการพัฒนาระบบ e-Learning ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 จึงทำให้หลายหน่วยงานทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ต่างก็ให้ความสำคัญและพยายามสร้างความร่วมมือในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น หลายระบบและหลายงานวิจัยได้ถูกนำเสนอขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ดังตัวอย่างงานวิจัยต่อไปนี้

2.5.1 Design of a Semantic Web-based Brokerage Architecture for the E-Learning Domain [27]

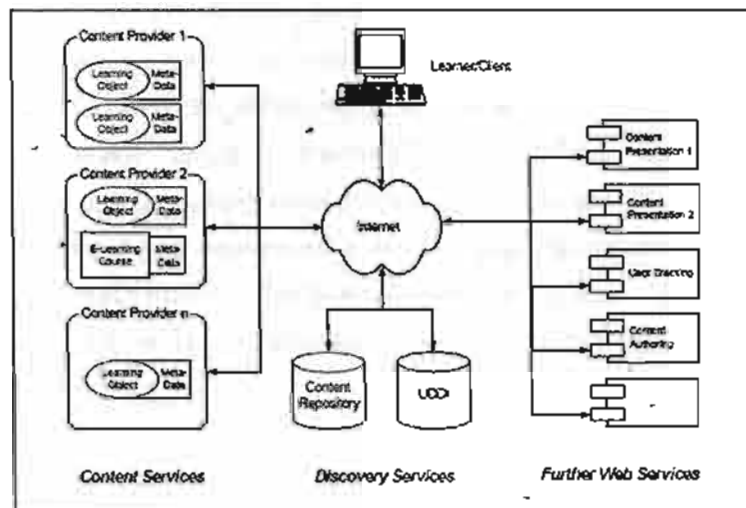
งานวิจัยนี้จะแก้ปัญหาคความหลากหลายของระบบ e-Learning ที่ผู้ใช้งานต้องการสืบค้นแหล่งข้อมูลการเรียนรู้ และคัดเลือกหลักสูตรที่ต้องการเรียนด้วยตนเอง ซึ่งต้องใช้เวลานาน จึงได้นำเสนอสถาปัตยกรรมที่เรียกว่า Semantic e-learning brokerage architecture ที่มีการผสมผสานกับเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมายเพื่อเพิ่มความสามารถในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ (educational service provider) และผู้ใช้ทั่วไปจำเป็นต้องมาลงทะเบียนกับระบบ Broker นี้ เพื่อให้รายละเอียดเกี่ยวกับผู้ให้บริการเอง และผู้ใช้ทั่วไป รวมไปถึงคำอธิบายข้อมูลการเรียนรู้ที่รวบรวมได้จากผู้ให้บริการ เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะถูกแปลงโดย Broker ให้อยู่ในรูปแบบของ OWL ontology และถูกเก็บอยู่ในฐานความรู้ ซึ่งระบบจะมีการสร้างบริการให้แก่ผู้ใช้ทั่วไป รวมทั้งผู้ให้บริการเข้ามาใช้งานระบบผ่านบริการต่างๆได้ เช่น บริการการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ การสืบค้นข้อมูลผู้ให้บริการ บริการการแจ้งเตือน และการเพิ่มเติมคำอธิบายข้อมูลการเรียนรู้ เป็นต้น ซึ่งจะมีการเรียกใช้ตัวบริการการสืบค้นข้อมูลอีกทีในการสืบค้น โดยใช้ภาษาเช่น RDQL ในการสืบค้นข้อมูลที่ต้องการได้



ภาพที่ 2.10 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบ Semantic e-learning brokerage architecture [27]

2.5.2 Maintenance and Exchange of Learning Objects in a Web Services Based e-Learning System [28]

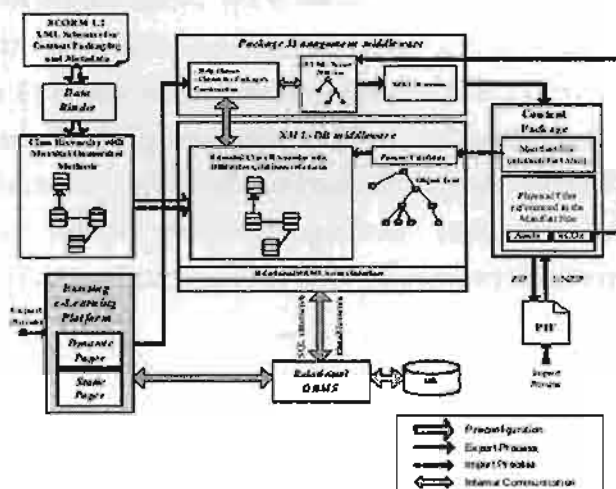
งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบ LearnServe ที่มีการนำเทคโนโลยีตัวบริการเว็บเข้ามาใช้แก้ปัญหาของ e-Learning เพื่อช่วยให้ Author ที่เป็นผู้สร้างเนื้อหาบทเรียนที่อยู่ในรูปแบบของออบเจกต์การเรียนรู้ (Learning Object-LO) สามารถใช้ตัวบริการเว็บในการสืบค้นเครื่องมือการสร้างเนื้อหาจาก UDDI และทำการสร้างด้วยเครื่องมือนั้นก่อนที่จะทำการ publish LO ลงใน LMS ของตน ซึ่งในการนี้ก็จะต้องมีการลงทะเบียน LO นั้นลงในไดเรกทอรีกลางของระบบ LearnServe โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้ผู้เรียนทั่วไปที่ต้องการสืบค้น LO ที่ต้องการสามารถเข้ามาสืบค้นได้โดยผ่านตัวบริการเว็บที่ระบบจัดเตรียมไว้ให้ได้ นอกจากนี้ระบบยังจัดหาตัวบริการเว็บอื่นๆอีก เช่น ตัวบริการเว็บในการแสดงค่าเรียนของแต่ละหลักสูตร การคิดเงินแก่ผู้เรียน การเก็บประวัติและการติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียน การตรวจสอบความสำเร็จในการเรียนของผู้เรียน และการเลือกบทเรียนที่เหมาะสมแก่ผู้เรียน โดยดูจากผลการเรียนของผู้เรียน



ภาพที่ 2.11 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบ LearnServe [28]

2.5.3 Supporting Interoperability in an Existing e-Learning Platform using SCORM [3]

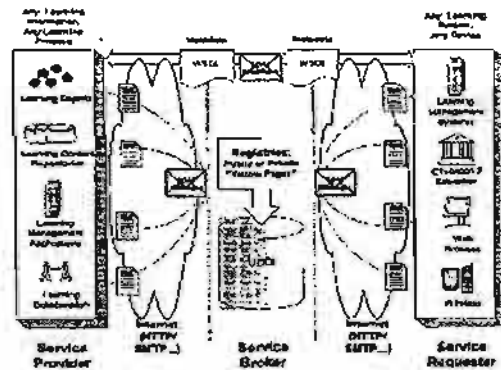
งานวิจัยนี้ได้นำเสนอสถาปัตยกรรมทั่วไป (A generic architecture) ดังภาพที่ 2.11 เพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกันของระบบ e-Learning ที่มีอยู่ในปัจจุบันที่อาจมีสถาปัตยกรรมที่แตกต่างกัน โดยปรับให้อยู่บนพื้นฐานของมาตรฐาน SCORM สถาปัตยกรรมที่ได้นำเสนอนี้จะสนับสนุนการนำเข้าและนำออกของข้อมูลเนื้อหาวิชาและข้อมูลคำอธิบายรายวิชา (metadata) ซึ่งถูกสร้างอยู่บนพื้นฐานของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่ต่าง platform กัน โดยผ่านกระบวนการผลิตผลลัพธ์ที่อยู่ในรูปแบบของเนื้อหาวิชาตามมาตรฐาน SCORM 1.2 Content Packages ที่เรียกว่า Package Interchange Files (PIF) ที่ประกอบไปด้วยไฟล์เนื้อหาวิชาและ XML document ที่ใช้เป็นคำอธิบายเนื้อหาวิชาและลำดับการนำเสนอเนื้อหาวิชา ส่วนประกอบหลักของสถาปัตยกรรมจะอยู่ที่ middleware tier ที่ประกอบด้วย สองส่วนคือ (1) The XML-DB middleware ที่ทำหน้าที่ map ระหว่าง relational database schema และ SCORM XML Schemas ที่ประกอบด้วย the content packaging [29] และ คำอธิบายของ learning resources with metadata [30] และ (2) The Package Management middleware ที่รับผิดชอบเกี่ยวกับกระบวนการแปลงข้อมูล (transformation process) และการค้นหา learning resources และจัดเก็บเนื้อหาเหล่านั้นให้อยู่ในรูปแบบของ SCO



ภาพที่ 2.12 สถาปัตยกรรมระบบ Generic [3]

2.5.4 A Web Services Oriented Framework for Dynamic E-Learning Systems [31]

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกรอบงานของระบบ e-Learning แบบไดนามิกด้วยใช้ตัวบริการเว็บ (Web services oriented framework for dynamic e-learning system) ดังภาพที่ 2.12 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้องค์ประกอบการเรียนรู้ต่างๆและโปรแกรมประยุกต์สามารถถูกค้นพบได้ง่าย และมีลักษณะที่เป็น loosely connected กรอบงานนี้จะเปิดโอกาสให้ผู้ให้บริการ (service provider) สามารถให้บริการการสืบค้นและเรียกใช้ข้อมูลการเรียนรู้ (learning information) ที่ประกอบไปด้วย LO, learning management applications และ learning collaboration ซึ่งเป็นการติดต่อสื่อสารแบบ synchronous และ asynchronous ระหว่างกลุ่มผู้ใช้ที่แตกต่างกัน โดยมีการประกาศและจัดเก็บข้อมูลการเรียนรู้ไว้ในไดเรกทอรีส่วนกลาง เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ให้บริการ (service requester) สามารถเข้ามาค้นหาและเรียกใช้บริการได้จากทุกที่ทุกเวลาโดยผ่าน Web service interface ด้วยโปรโตคอลการสื่อสารเดียวกัน



ภาพที่ 2.13 กรอบการทำงานของตัวบริการเว็บสำหรับระบบ e-Learning แบบไดนามิกส์ [31]

อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น ส่วนใหญ่จะเป็นการออกแบบกรอบงานหรือสถาปัตยกรรมของระบบ e-Learning เพื่อแสดงให้เห็นขั้นตอนการทำงาน และองค์ประกอบต่างๆของระบบ e-Learning ที่แสดงถึงฟังก์ชันการทำงานของแต่ละองค์ประกอบนั้น โดยไม่ได้คำนึงถึงการออกแบบระบบ e-Learning ให้มีความสามารถในการทำงานร่วมกันได้ และการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างข้อมูลการเรียนรู้ ถึงแม้งานวิจัยของ Zhengfang Xu, Zheng Yin, และ Abdulmotaleb El Saddik จะมีความพยายามนำเทคโนโลยีตัวบริการเว็บเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาของ e-Learning แต่ก็ยังขาดคุณสมบัติที่สำคัญในหลายด้าน อันได้แก่ การค้นหาข้อมูลบริการแบบสื่อความหมาย เพื่อช่วยในการสืบค้นของซอฟต์แวร์เอเจนต์ และการเรียกใช้งานตัวบริการเว็บต่างๆพร้อมกันอย่างอัตโนมัติ รวมไปถึงการแก้ปัญหาความหลากหลายทางด้านความหมายของข้อมูลบริการ (Semantic service heterogeneity) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาข้อมูลการเรียนรู้แบบสื่อความหมายที่ตรงกับความต้องการของผู้เรียกใช้บริการอย่างแท้จริง

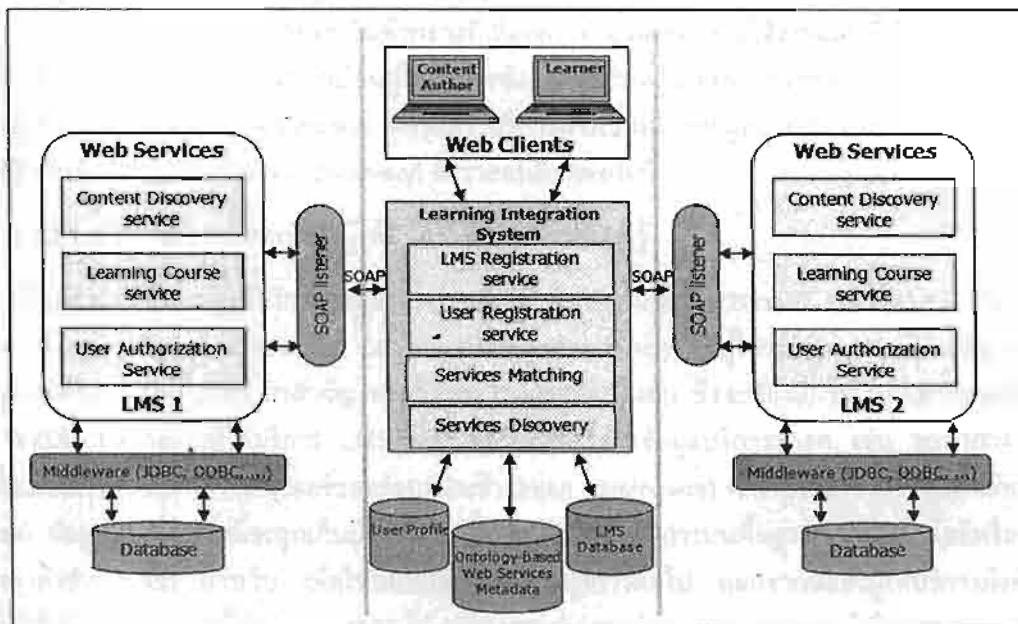
บทที่ 3

การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้

เนื่องจากแต่ละองค์กรหรือสถาบันการศึกษาต่างมีความต้องการที่จะพัฒนาระบบ e-Learning ที่เป็นของตนเอง จึงทำให้มีความหลากหลายของระบบ e-Learning ที่มีการพัฒนาด้วย Platform ที่แตกต่างกันไป จึงทำให้เกิดปัญหาในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน และการทำงานร่วมกันของระบบ e-Learning ที่แตกต่างกันนี้ ในบทนี้จะนำเสนอสถาปัตยกรรมการบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้จากระบบ e-learning ที่มีความแตกต่างกัน ให้สามารถสืบค้นและแลกเปลี่ยนข้อมูลการเรียนรู้ จากแหล่งเก็บข้อมูลของระบบ LMS ที่แตกต่างกันได้ โดยผ่านระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้เพียงที่เดียว สถาปัตยกรรมนี้จึงเปรียบเสมือนกับเป็นกรอบการทำงานที่ช่วยในการเข้าถึงข้อมูลการเรียนรู้ได้จากแหล่งข้อมูลการเรียนรู้ที่หลากหลาย ที่ทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกเหมือนว่าได้สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเพียงแหล่งเดียวโดยไม่ทราบว่าข้อมูลการเรียนรู้นั้นถูกดึงมาจากโปรแกรมประยุกต์ที่แตกต่างกัน สถาปัตยกรรมที่ได้ถูกนำเสนอจะมีการแบ่งออกเป็นองค์ประกอบต่างๆ ที่มีหน้าที่ที่แตกต่างกัน และมีการทำงานที่สัมพันธ์กัน รวมทั้งมีการรับส่งข้อมูลร่วมกันระหว่างองค์ประกอบ ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 สถาปัตยกรรมระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้ที่เรียกว่า LIS (Learning Integration System) ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบทั้งหมดสี่องค์ประกอบด้วยกันดังแสดงในภาพที่ 3.1 ได้แก่ ผู้ใช้งานทั่วไป (Web clients) ระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้ (Learning Integration System-LIS) แหล่งเก็บข้อมูล (data repository) ต่างๆ เช่น แหล่งเก็บข้อมูลคำอธิบายข้อมูลบริการบนพื้นฐานของออนโทโลยี (Ontology-based Web services metadata) แหล่งเก็บข้อมูลผู้ใช้บริการ (user profile) และแหล่งเก็บข้อมูลผู้ให้บริการ (LMS database) และตัวบริการเว็บ (Web services) เป็นต้น แต่ละองค์ประกอบจะมีหน้าที่การทำงานที่อธิบายได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1: สถาปัตยกรรมการบูรณาการระบบ e-learning โดยวิธีเมตาดาต้าและโมเดลตัวบริการเว็บ

3.1.1 ผู้ใช้งานทั่วไป

ได้แก่ ผู้พัฒนาข้อมูลการเรียนรู้ ผู้สอน และผู้เรียน ที่สมัครเป็นสมาชิกของระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นผู้เรียกใช้บริการ (Service requesters) ผู้ใช้งานทั่วไปนี้จะมีการติดต่อกับระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้หรือ LIS เพื่อเรียกใช้บริการการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้โดยผ่านทางตัวบริการเว็บของระบบ LMS ต่างๆที่เป็นสมาชิกของระบบบูรณาการ ซึ่งระบบ LIS จะอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานทั่วไปในด้านต่างๆดังต่อไปนี้

- ในด้านการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ผู้เรียนสามารถสืบค้นผ่านทางแบบฟอร์มที่เป็น Graphic user interface ที่ระบบ LIS จัดหาไว้ให้ เพื่ออำนวยความสะดวกในการเลือกอีลิเมนต์ของ LOM ในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ เช่น ผู้เรียนสามารถสืบค้นวิชาที่ต้องการเรียน โดยการระบุเพียงบางส่วนของชื่อวิชาหรือหัวข้อที่เป็นส่วนประกอบของวิชาในลักษณะของคำสำคัญ (keyword) ซึ่งเป็นอีลิเมนต์หนึ่งของ LOM ได้
- ในด้านการแสดงผลจากการสืบค้น เช่น ข้อมูลของวิชาที่อยู่ในลักษณะของออบเจกต์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสิ่งที่ผู้เรียนต้องการสืบค้น จะสามารถถูกดึงมาจากแหล่งเก็บข้อมูลการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น ในระบบ LMS ที่แตกต่างกัน เพื่อแสดงแก่ผู้เรียนโดยผ่านทางตัวบริการเว็บ โดยผู้เรียนก็ไม่จำเป็นต้องทราบ ว่าข้อมูลการเรียนรู้ที่ต้องการนั้นถูกเก็บอยู่ใน LMS ใด หรือโครงสร้างข้อมูลและการจัดเก็บข้อมูลในแต่ละแหล่งเก็บข้อมูลการเรียนรู้ ผู้เรียนจะมีความรู้สึกเสมือนว่าได้สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเพียงแหล่งเดียว รวมถึงการไม่จำเป็นต้องทราบถึงประเภทข้อมูลบริการที่จำเป็นต้องส่งให้กับตัวบริการเว็บแต่ละตัวแต่อย่างใด
- ในด้านการเข้าสู่บทเรียนของผู้เรียนโดยการ login เพียงครั้งเดียวบนระบบ LIS (single sign on) ผู้เรียนจะสามารถตัดสินใจเข้าเรียนในรายวิชาใดที่สืบค้นขึ้นมาได้โดยตรง โดยไม่ต้องทำการ login เข้าสู่ระบบ LMS อื่นอีก ที่เป็นแหล่งเก็บข้อมูลการเรียนรู้นั้นแต่อย่างใด

3.1.2 ระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้

ระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้ หรือเรียกสั้นๆว่าระบบ LIS เป็นระบบงานกลางที่ทำหน้าที่เป็น ตัวแทนผู้ให้บริการ (Service brokers) โดยจะเป็นตัวกลางที่เชื่อมการทำงานระหว่างผู้ใช้งานและผู้ให้บริการ ซึ่งจะมีการให้บริการในสี่ส่วน ได้แก่ บริการการลงทะเบียนผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ (LMS Registration service) บริการการลงทะเบียนผู้ใช้งานทั่วไป (User registration service) บริการการเชื่อมโยงข้อมูลบริการ (Service matching) และบริการการสืบค้นข้อมูลบริการ (Service discovery) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1.2.1 บริการการลงทะเบียนผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้

เป็นบริการที่เปิดให้ผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้เช่น ผู้บริหารและจัดการระบบ LMS ต่างๆ สามารถเข้ามาลงทะเบียน เพื่อสมัครเป็นสมาชิกของระบบ LIS และประกาศบริการต่างๆที่มีอยู่ในระบบ LMS นั้น เช่น บริการการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ตามชื่อวิชา คำสำคัญ หรือชื่ออาจารย์ผู้สอน เป็นต้น ซึ่งจะต้องมีการบันทึกตำแหน่งที่อยู่ URL ของไฟล์ WSDL ที่สร้างโดยผู้ให้บริการ LMS นั้น ซึ่งเป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลบริการต่างๆ เช่น ชื่อบริการ (service names) ชื่อเมธอด (method) พารามิเตอร์ของข้อมูลนำเข้า (input parameters) พารามิเตอร์ของข้อมูลผลลัพธ์ (output parameters) ข้อมูลบริการเหล่านี้จะถูกเก็บบันทึกไว้ในคำอธิบายข้อมูลบริการบนพื้นฐานของออนโทโลยีหรือเรียกสั้นๆคือ เมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บ เพื่อใช้ในการสืบค้นข้อมูลบริการต่อไป นอกจากนี้แล้วผู้ให้บริการยังต้องบันทึกรหัสผู้ใช้ที่ผู้ให้บริการอนุญาตให้เข้าสู่ระบบ LMS ได้ (username) และรหัสผ่าน (password) ไว้ในฐานข้อมูล LMS ด้วย ซึ่งเป็นรหัสที่ยอมให้สมาชิกของระบบ LIS สามารถเข้าสู่บทเรียนของ LMS นั้นได้โดยตรง โดยไม่ต้องมาสมัครเป็นสมาชิกที่ระบบ LMS นั้นอีก

3.1.2.2 บริการการลงทะเบียนผู้ใช้งานทั่วไป

เป็นบริการเกี่ยวกับการลงทะเบียนสมัครเป็นสมาชิกของผู้ใช้งานทั่วไป เพื่อเก็บประวัติของผู้ใช้งานแต่ละคนลงในฐานข้อมูลผู้ใช้งานทั่วไป ก่อนการเข้าใช้งานระบบ ซึ่งผู้ใช้งานที่ได้สมัครเป็นสมาชิกกับระบบ LIS นี้ จะสามารถสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ได้จากทุกระบบ LMS โดยการ login ผ่านระบบ LIS เพียงครั้งเดียว

3.1.2.3 บริการการเชื่อมโยงข้อมูลบริการ

เป็นบริการที่ช่วยในการเชื่อมโยงข้อมูลบริการที่มีการประกาศหรือโฆษณาจากผู้ให้บริการที่หลากหลาย โดยผู้ให้บริการแต่ละรายที่มีการให้บริการที่เหมือนกัน อาจมีการประกาศข้อมูลบริการที่แตกต่างกันทั้งที่เป็นบริการที่เหมือนกัน เช่น มีการใช้ชื่อบริการที่แตกต่างกัน ชื่อเมทอด และชื่อพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน เป็นต้น ระบบ LIS จะช่วยในการเชื่อมโยงข้อมูลบริการที่มีความหมายเดียวกันนี้เข้าด้วยกัน โดยเชื่อมเข้ากับอิลิเมนต์ LOM ที่ผู้ใช้ทั่วไปรู้จัก โดยระบบ LIS จะจัดสร้าง user interface ให้ผู้ให้บริการสามารถเข้ามาลงทะเบียนและประกาศข้อมูลบริการกับระบบ LIS และการเชื่อมโยงข้อมูลบริการของตนเข้ากับอิลิเมนต์ของ LOM เพื่อสร้างเป็นคำอธิบายข้อมูลบริการบนพื้นฐานของออนโทโลยี ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่จะใช้ในการสืบค้นข้อมูลบริการต่อไป ดังนั้น ส่วนของการเชื่อมโยงข้อมูลบริการนี้จะกลายเป็นกลไกที่สำคัญในการแก้ปัญหาความหลากหลายของข้อมูลบริการ เพื่อทำให้เกิดความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของข้อมูลบริการได้

3.1.2.4 บริการการสืบค้นบริการ

เป็นบริการที่รับคำร้องขอการเรียกใช้บริการจากผู้ใช้งานทั่วไป และทำการสืบค้นตัวบริการเว็บจากผู้ให้บริการต่างๆ ที่สอดคล้องกับคำร้องขอนั้นอย่างอัตโนมัติ ทั้งนี้จะอาศัยข้อมูลที่เก็บอยู่ในเมตาดาต้า เพื่อช่วยในการสืบค้นข้อมูลบริการดังกล่าว เช่น การสืบค้นจากผู้ใช้งานทั่วไปที่เป็นคำร้องขอบนพื้นฐานของอิลิเมนต์บน LOM จะถูกนำไปใช้ค้นในเมตาดาต้าว่ามีตัวบริการเว็บของ LMS ใดบ้างที่มีบริการและพารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับคำร้องขอนั้น เมื่อพบตัวบริการเว็บของ LMS ที่สอดคล้อง ระบบ LIS ก็จะมีการสร้างข้อความ SOAP เพื่อขอเรียกใช้บริการไปยังตัวบริการเว็บของ LMS เหล่านั้น ซึ่งอาจอยู่ในที่ต่างๆ ผลลัพธ์ที่สืบค้นได้จากตัวบริการเว็บในแต่ละ LMS ก็จะถูกส่งกลับมายังระบบ LIS ในรูปของข้อความ SOAP เช่นกัน เพื่อนำมาจัดรูปแบบและส่งกลับไปแสดงแก่ผู้ใช้ต่อไป

3.1.3 แหล่งเก็บข้อมูล

ประกอบด้วยแหล่งเก็บข้อมูลต่างๆ ที่ใช้เก็บข้อมูลสำคัญที่จะถูกใช้ในระบบ LIS อันได้แก่ ฐานข้อมูลข้อมูลผู้ใช้ทั่วไป (user profile database) ฐานข้อมูลผู้ให้บริการหรือ LMS (LMS database) และ เมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บ (ontology-based Web service metadata) เป็นต้น แต่ละแหล่งเก็บข้อมูลจะมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

3.2.3.1 ฐานข้อมูลผู้ใช้ทั่วไป

เป็นฐานข้อมูลที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เก็บข้อมูลผู้ใช้ทั่วไป ที่มีการลงทะเบียนสมัครเป็นสมาชิกกับระบบ LIS เพื่อให้สมาชิกนี้สามารถ login เข้ามายังระบบ LIS เพียงครั้งเดียวแต่สามารถสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ และเข้าเรียนยังระบบ LMS ใดๆ ได้ที่เป็นสมาชิกของระบบ LIS ฐานข้อมูลผู้ใช้ทั่วไปนี้จะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียน เช่น รหัสผู้ใช้ (user_id) ชื่อผู้ใช้ (user_name) นามสกุล (sur_name) ชื่อผู้ใช้ในการเข้าสู่ระบบ (login) รหัสผ่าน (password) ที่อยู่ (address) เบอร์โทร (telephone) และ อีเมล เป็นต้น

3.2.3.2 ฐานข้อมูลผู้ให้บริการ

เป็นฐานข้อมูลที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เก็บข้อมูลผู้ให้บริการ อันได้แก่ ผู้พัฒนาตัวบริการเว็บสำหรับ LMS ในแต่ละแห่ง เมื่อผู้ให้บริการทำการลงทะเบียนกับระบบ LIS จำเป็นต้องบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับผู้ให้บริการลงในฐานข้อมูลผู้

ให้บริการนี้ ซึ่งได้แก่ รหัสผู้ให้บริการ (provider_id) ชื่อผู้ให้บริการในการเข้าสู่ระบบ (LMS_login) รหัสผ่านผู้ให้บริการ (LMS_password) ชื่อผู้ให้บริการ (provider_name) ที่อยู่ผู้ให้บริการ (address) และตำแหน่งที่อยู่ของเอกสาร WSDL ที่ได้จากการสร้างตัวบริการเว็บ รวมไปถึงชื่อผู้ใช้ที่ผู้ให้บริการอนุญาตให้เข้าสู่ LMS ได้ (username) และ รหัสผ่านผู้ใช้ (password) เป็นต้น

3.2.3.3 แหล่งเก็บข้อมูลเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บ

เป็นแหล่งเก็บคำอธิบายข้อมูลตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี เพื่อเก็บคำอธิบายข้อมูลตัวบริการเว็บที่ได้จากการแปลงข้อมูลบริการที่เก็บอยู่ในเอกสาร WSDL ซึ่งเป็นเอกสารที่ผู้ให้บริการแต่ละรายได้มาลงทะเบียนไว้กับระบบ LIS ให้อยู่ในรูปแบบของออนโทโลยีตัวบริการเว็บ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการจากผู้ให้บริการที่หลากหลาย เพื่อให้การสืบค้นข้อมูลตัวบริการสามารถทำได้อย่างอัตโนมัติและถูกต้อง รายละเอียดของเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บจะอธิบายอยู่ในบทที่ 4

3.1.4 ตัวบริการเว็บ

ทำหน้าที่เป็นผู้ให้บริการ (Service providers) ซึ่งได้แก่ ผู้พัฒนาหรือผู้ที่มีหน้าที่ดูแลระบบ LMS ของสถาบันการศึกษาต่าง ๆ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่ได้มาทำการลงทะเบียนกับระบบ LIS โดยแต่ละระบบ LMS อาจถูกพัฒนาด้วยภาษาโปรแกรมที่แตกต่างกัน ที่ใช้งานระบบจัดการฐานข้อมูลที่แตกต่างกัน บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการที่ต่างกัน และมีการสร้างตัวบริการเว็บไว้เพื่อให้บริการในด้านต่างๆ เช่น บริการการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ (Content discovery service) บริการการจัดการข้อมูลการเรียนรู้ (Learning course service) และบริการการตรวจสอบสิทธิการเข้าใช้งานระบบของผู้ใช้ (User authorization service) เป็นต้น

3.1.4.1 บริการการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้

เป็นบริการที่รับคำร้องขอการสืบค้นข้อมูลที่ส่งมาจากระบบ LIS ที่อยู่ในรูปแบบของข้อความ SOAP และทำการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้นั้นจากฐานข้อมูลการเรียนรู้ของ LMS นั้น โดยผ่านตัวกลางอินเทอร์เฟซ เช่น JDBC (Java Database Connection) หรือ ODBC (Open Database Connectivity) เป็นต้น และในทางกลับกันก็จะรวบรวมผลลัพธ์ที่สืบค้นได้ เช่น ชื่อวิชา ตำแหน่ง URL ของวิชานั้น และคำอธิบายวิชาโดยย่อ ส่งกลับไปยังระบบ LIS ในรูปแบบของข้อความ SOAP เช่นกัน

3.1.4.2 บริการจัดการข้อมูลการเรียนรู้

เป็นบริการที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าสู่บทเรียนที่ผู้เรียนสนใจ และนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนนั้น รวมทั้งการบันทึกและรายงานข้อมูลการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้น

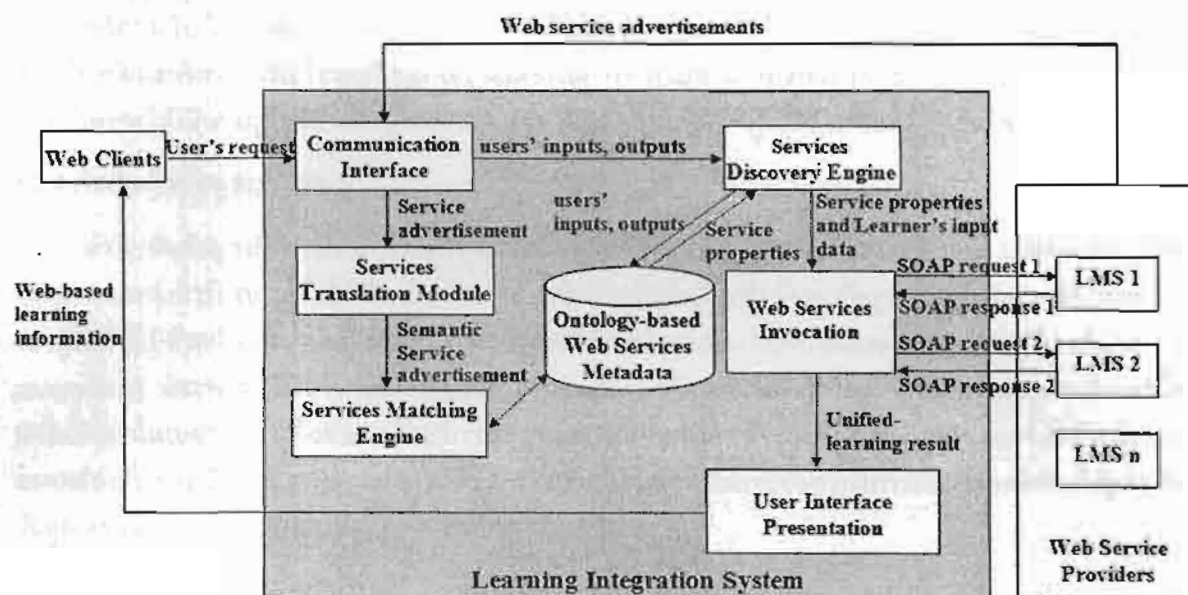
3.1.4.3 บริการตรวจสอบสิทธิการเข้าใช้งานระบบของผู้ใช้

เป็นบริการที่ตรวจสอบรหัสผู้ใช้ทั่วไป และรหัสผ่านที่มีการล็อกอิน (login) เข้าสู่ระบบ ซึ่งผู้ที่เข้าสู่บทเรียนใน LMS นั้นได้ จะต้องเป็นสมาชิกของระบบ LMS เอง หรือสมาชิกของระบบ LIS เท่านั้นจึงจะมีสิทธิเข้าสู่บทเรียนของ LMS นั้นได้

3.2 การออกแบบสถาปัตยกรรมการเชื่อมโยงตัวบริการเว็บและการสืบค้นตัวบริการเว็บ

ในหัวข้อนี้จะแสดงการออกแบบสถาปัตยกรรมการเชื่อมโยงตัวบริการเว็บและการสืบค้นตัวบริการเว็บของระบบ LIS ซึ่งถือว่าเป็นองค์ประกอบหลักของระบบในการสร้างเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บ และการสืบค้นข้อมูลบริการจากตัวบริการเว็บอย่างอัตโนมัติ สถาปัตยกรรมนี้จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลักทั้งหมด 6 องค์ประกอบ

ด้วยกัน ได้แก่ อินเทอร์เฟซการติดต่อสื่อสาร (communication interface), โมดูลการแปลงข้อมูลบริการ (service translation module), ตัวเชื่อมโยงข้อมูลบริการ (service matching engine) , ตัวสืบค้นข้อมูลบริการ (service discovery engine), ตัวเรียกใช้ตัวบริการเว็บ (Web service invocation), และโมดูลการแสดงผลพร้อมต่อผู้ใช้ (user interface presentation) ดังแสดงในภาพที่ 3.2 สถาปัตยกรรมนี้ยังรวมเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บเพื่อใช้เป็นแหล่งเก็บข้อมูลบริการที่ผู้ให้บริการได้มาทำการประกาศไว้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการจากผู้ให้บริการที่หลากหลาย และอำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลบริการโดยตัวสืบค้นข้อมูลบริการอย่างอัตโนมัติได้ หน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบจะอธิบายดังรายละเอียดต่อไปนี้



ภาพที่ 3.2 แสดงสถาปัตยกรรมการเชื่อมโยงข้อมูลตัวบริการเว็บและการสืบค้นตัวบริการเว็บ

3.2.1 อินเทอร์เฟซสำหรับการติดต่อสื่อสาร

มีหน้าที่รับคำร้องขอจากผู้ใช้ทั่วไป และ/หรือ ผู้ให้บริการ เพื่อสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้จากระบบ LIS หรือรับคำร้องขอในการลงทะเบียนเพื่อประกาศข้อมูลการบริการจากผู้ให้บริการตัวบริการเว็บ เมื่ออินเทอร์เฟซสำหรับการติดต่อสื่อสารได้รับคำร้องจากผู้ทั่วไปที่อยู่ในรูปแบบของอีลิเมนต์ LOM ก็จะส่งข้อมูลคำร้องขอไปยังตัวสืบค้นข้อมูลบริการ ซึ่งจะอาศัยข้อมูลจากเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บในการช่วยสืบค้นข้อมูลดังกล่าว และเมื่ออินเทอร์เฟซสำหรับการติดต่อสื่อสารได้รับรับคำร้องขอในการลงทะเบียนเพื่อประกาศข้อมูลการบริการจากผู้ให้บริการตัวบริการเว็บ ก็จะรับข้อมูลการลงทะเบียนของผู้ให้บริการ เช่น ชื่อและที่ติดต่อผู้ให้บริการ ชื่อบริการ และตำแหน่งที่อยู่ของเอกสาร WSDL เป็นต้น เพื่อส่งให้กับโมดูลการแปลงข้อมูลบริการ เพื่อแปลงให้อยู่ในรูปแบบของออนโทโลยีต่อไป

3.2.2 โมดูลการแปลงข้อมูลบริการ

เมื่อผู้ให้บริการทำการลงทะเบียนกับระบบ LIS ผู้ให้บริการจะต้องประกาศข้อมูลบริการที่ประกอบด้วย ชื่อและที่ติดต่อผู้ให้บริการ ชื่อบริการ ประเภทและกลุ่มข้อมูลบริการ และตำแหน่งที่อยู่ของเอกสาร WSDL เป็นต้น โดยผ่านทางอินเทอร์เฟซสำหรับการติดต่อสื่อสาร เพื่อส่งต่อไปให้กับโมดูลการแปลงข้อมูลบริการ โดยในขั้นตอนแรกโมดูลการแปลงข้อมูลบริการจะทำการอ่านเอกสาร WSDL จากตำแหน่งที่อยู่ของไฟล์ที่ระบุโดยผู้ให้บริการ และทำการเรียกใช้ OWL API [32] เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งที่จัดเก็บเอกสาร WSDL และการแปลงข้อมูลจาก WSDL ที่ถูกต้องนี้ให้อยู่ในรูปแบบของออนโทโลยีเบื้องต้นสำหรับบริการที่แสดงด้วยภาษา OWL-S ในขั้นตอนถัดไป ออนโทโลยี

เบื้องต้นนี้จะถูกเพิ่มเติมข้อมูลอื่นเข้าไปอีก ซึ่งได้แก่ ข้อมูลที่เกี่ยวกับผู้ให้บริการ ประเภทของบริการ และที่ติดต่อของผู้ให้บริการ เป็นต้น เพื่อส่งออนโทโลยีสำหรับข้อมูลบริการให้กับตัวเชื่อมโยงข้อมูลบริการต่อไป

3.2.3 ตัวเชื่อมโยงข้อมูลบริการ

จุดประสงค์หลักของตัวเชื่อมโยงบริการก็เพื่อจะหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลบริการที่อยู่ในรูปแบบของออนโทโลยีสำหรับข้อมูลบริการที่สร้างจากโมดูลการแปลงข้อมูลบริการข้างต้น ให้เข้ากับอิลิเมนต์ใน LOM ที่อยู่ในรูปแบบของเทอม (terms) ต่างๆใน LOM ออนโทโลยีที่เป็นออนโทโลยีที่ผู้ใช้ทั่วไปมองเห็น ตัวเชื่อมโยงข้อมูลบริการนี้จะจัดหาเครื่องมือที่อยู่ในรูปแบบของอินเตอร์เฟส ให้ผู้ให้บริการทำการเลือกการเชื่อมโยงข้อมูลบริการของตน เช่น พารามิเตอร์ของตัวบริการเว็บ ในออนโทโลยีสำหรับตัวบริการเว็บให้เข้ากับอิลิเมนต์ LOM ที่อยู่ใน LOM ออนโทโลยี โดยตัวเชื่อมโยงข้อมูลบริการนี้จะเปรียบเสมือนกับเป็นกลไกในการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการจากผู้ให้บริการที่หลากหลายให้เป็นข้อมูลบริการที่อยู่ในมุมมองของ LOM ออนโทโลยีที่ผู้ใช้มองเห็นเหมือนกันได้

3.2.4 ตัวสืบค้นข้อมูลบริการ

ตัวสืบค้นข้อมูลบริการมีหน้าที่รับคำร้องขอการสืบค้นข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของอิลิเมนต์ LOM ตามที่ผู้ใช้ทั่วไปต้องการ และนำคำร้องขอนั้นไปค้นในเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บเพื่อค้นหาข้อมูลบริการที่สอดคล้องกับคำร้องขอของผู้ใช้ทั่วไป ตัวอย่างเช่น เมื่อผู้ใช้ทั่วไปส่งคำร้องขอที่เป็นอิลิเมนต์ใน LOM ในลักษณะของพารามิเตอร์นำเข้า (input parameters) และพารามิเตอร์นำออก (output parameters) ข้อมูลคำร้องขอที่อยู่ในรูปแบบของพารามิเตอร์นี้จะถูกนำไปค้นหาในเมตาดาต้าเพื่อค้นหาตัวบริการเว็บที่มีพารามิเตอร์นำเข้าและพารามิเตอร์นำออกของตัวบริการเว็บที่สอดคล้องกับพารามิเตอร์ LOM ของผู้ใช้ทั่วไป เมื่อสืบค้นข้อมูลบริการของตัวบริการเว็บที่สอดคล้องได้แล้ว ก็จะส่งข้อมูลเหล่านี้ไปยังองค์ประกอบถัดไป คือ ตัวเรียกใช้ตัวบริการเว็บ

3.2.5 ตัวเรียกใช้ตัวบริการเว็บ

ตัวเรียกใช้ตัวบริการเว็บจะมีหน้าที่ในการรับข้อมูลบริการอันได้แก่ ชื่อเมธอด พารามิเตอร์นำเข้า และนำออกของตัวบริการเว็บแต่ละตัวที่รับมาจากตัวสืบค้นข้อมูลบริการ มาสร้างเป็นข้อความตามมาตรฐาน SOAP เพื่อส่งไปยังตัวบริการเว็บแต่ละตัวเพื่อเรียกใช้บริการของตัวบริการเว็บนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียกใช้บริการจะถูกส่งกลับมายังระบบ LIS ในรูปแบบของมาตรฐาน SOAP เช่นเดียวกัน ซึ่งการใช้มาตรฐาน SOAP เดียวกันในการรับส่งข้อมูลระหว่างตัวบริการเว็บที่ถูกสร้างอยู่ใน LMS แต่ละแห่งที่ต่างแพลตฟอร์มกัน ทำให้สามารถแก้ปัญหาการทำงานร่วมกันของโปรแกรมประยุกต์ที่ต่างแพลตฟอร์มกันได้ ผลลัพธ์ที่อยู่ในรูปแบบของ SOAP นี้จะถูกส่งกลับไปยังระบบ LIS เพื่อส่งต่อไปกับโมดูลถัดไปคือ โมดูลการแสดงผลต่อผู้ใช้

3.2.6 โมดูลการแสดงผลต่อผู้ใช้

เป็นส่วนที่มีหน้าที่รับผลลัพธ์ที่อยู่ในรูปแบบของมาตรฐาน SOAP ที่ส่งมาจากตัวเรียกใช้บริการเว็บ และทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถแสดงผลให้แก่ผู้ใช้ทั่วไปบนเว็บได้ ซึ่งผู้ใช้ทั่วไปที่เป็นสมาชิกของระบบ LIS จะสามารถคลิกเลือกวิชาที่ต้องการเรียนและเข้าสู่บทเรียนของ LMS นั้นได้โดยอัตโนมัติ โดยไม่ต้องทำการ login เข้าสู่ LMS นั้นอีก

บทที่ 4

องค์ประกอบและโครงสร้างของเมตาดาต้าบนพื้นฐานของออนโทโลยี

โครงสร้างของเมตาดาต้าบนพื้นฐานของออนโทโลยีจะถูกพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของ OWL-S ซึ่งเป็นภาษาที่ถูกออกแบบมาสำหรับเก็บคำอธิบายข้อมูลบริการสำหรับตัวบริการเว็บที่ถูกพัฒนาต่อเนื่องจากเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย อันได้แก่ ภาษา RDF และ OWL ในบทนี้จะแสดงองค์ประกอบของเมตาดาต้าบนพื้นฐานของออนโทโลยีโดยอธิบายโครงสร้างพื้นฐานในลักษณะของทฤษฎีเซตร่วมกับโมเดล RDF ซึ่งเป็นภาษาพื้นฐานของ OWL อย่างไรก็ตาม นอกจากโครงสร้างพื้นฐานของ RDF แล้ว ก็ได้มีการเพิ่มเติมคุณสมบัติที่สำคัญที่มีอยู่ใน OWL เข้าไปใน OWL-S ด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้โครงสร้างของ OWL-DL เป็นโครงสร้างหลัก จากองค์ประกอบพื้นฐานของเมตาดาต้าที่นำเสนอในรูปแบบของทฤษฎีเซต ในบทนี้จะแสดงโครงสร้างของเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยีที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของทฤษฎีเซต ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 องค์ประกอบพื้นฐานของเมตาดาต้าบนพื้นฐานของออนโทโลยี

เนื่องจากทฤษฎีเซตเป็นภาษามาตรฐานทางคณิตศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและสามารถใช้อธิบายโครงสร้างข้อมูลของภาษาทางออนโทโลยีได้ และเนื่องจากโครงสร้างพื้นฐานภาษา OWL-S จะตั้งอยู่บนพื้นฐานของโมเดล RDF ที่สามารถแทนข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของประโยค (statement) ใดๆ ให้อยู่ในรูปแบบของทริเพิล (triple) ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบสามส่วนคือ (subject, predicate, object) นิยามโครงสร้างพื้นฐานขององค์ประกอบของเมตาดาต้าบนพื้นฐานของออนโทโลยีที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีเซตและโมเดล RDF จะสามารถนิยามได้ดังต่อไปนี้

นิยามที่ 1 องค์ประกอบของเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยีจะถูกแทนในรูปแบบของทริเพิล (tuple) ดังนี้ $\theta = (OC, OI, OP, RS)$, โดย OC, OI, OP , และ RS จะถูกนิยามได้ดังนี้

นิยามที่ 2 $OC = \{ c_i \mid i = 1 \dots n \}$ เป็นเซตจำกัดของคลาส (หรือคอนเซป) ที่แตกต่างกันภายใน θ โดยคลาสหนึ่งๆ คือ $c_k \in OC$ จะประกอบด้วยอินสแตนซ์ (หรือออบเจกต์) ตั้งแต่หนึ่งอินสแตนซ์ขึ้นไป

นิยามที่ 3 $OI = \{ o_i \mid i = 1 \dots n \}$ เป็นเซตจำกัดของอินสแตนซ์ภายใน θ โดยจะแทน $o_k \in OI$ เป็นอินสแตนซ์หนึ่งๆ ที่มีคุณสมบัติ $type$ ที่มีค่าของคุณสมบัติเป็นคลาส $c_k \in OC$ ที่อยู่ในลักษณะของทริเพิล ($o_k, type, c_k$) ซึ่งอินสแตนซ์แต่ละอินสแตนซ์จะเป็นสมาชิกอยู่ภายในคลาสได้เพียงหนึ่งคลาสเท่านั้น

นิยามที่ 4 $OP = \{ p_i \mid i = 1 \dots n \}$ เป็นเซตจำกัดของคุณสมบัติ (properties หรือ predicates) ที่แตกต่างกันภายใน θ โดยคุณสมบัติหนึ่งๆ $p_k \in OP$ จะถูกใช้เป็น predicates ของทริเพิล (S, p_k, O) โดย S จะแทน subject ที่สามารถเป็นได้ทั้งคลาส (OC) หรืออินสแตนซ์ (OI) ที่ถูกอธิบายด้วยคุณสมบัติ p_k และ O จะใช้แทนค่าของคุณสมบัติที่สามารถเป็นได้ทั้งคลาส (OC) และ (OI)

โดยทั่วไป OP จะสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มของคุณสมบัติได้แก่ คุณสมบัติประเภทออบเจกต์ (object properties) และ คุณสมบัติประเภทข้อมูล (data type properties) ที่สามารถถูกนิยามได้ดังนี้

นิยามที่ 4.1 คุณสมบัติประเภทออบเจกต์

ถ้า p_k เป็นคุณสมบัติประเภทออบเจกต์ที่แทนได้ด้วย $(p_k \text{ type, ObjectProperty})$ ดังนั้น p_k จะเป็นคุณสมบัติที่ใช้เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างคลาสที่เรียกว่า โดเมน (domain- d) กับคลาสที่ถูกเรียกว่า เรนจ์ (range- r) กำหนดให้คลาส $c_a, c_b \in OC$ ถ้า p_k เป็นคุณสมบัติที่เชื่อมโดเมน c_a กับเรนจ์ c_b แทนได้ด้วย $(c_a \ p_k \ c_b)$ จะทำให้ได้กฎที่ได้มา (inference rule) จากคุณสมบัติประเภทออบเจกต์คือ

กฎที่ได้มา: สำหรับอินสแตนซ์ใดๆ $o_a, o_b \in OI, (o_a, \text{type}, c_a) \wedge (o_b, \text{type}, c_b) \longrightarrow (o_a, p_k, o_b)$

อย่างไรก็ตาม กฎที่ได้มาข้างต้นนี้ เป็นกฎที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของโมเดล RDF ซึ่งเป็นการกำหนดว่าอินสแตนซ์ทุกตัวที่อยู่ในคลาส c_a จะมีความสัมพันธ์กับอินสแตนซ์ทุกตัวที่อยู่ในคลาส c_b ด้วย โดยผ่านทางคุณสมบัติ p_k ถึงแม้ว่า c_a และ c_b ต่างก็มีสับคลาสอยู่ภายใน ก็ไม่สามารถเลือกได้ว่าเฉพาะสับคลาสใดใน c_a ที่จะมีความสัมพันธ์กับสับคลาสใดใน c_b แต่สำหรับโมเดล OWL แล้วจะมีคุณลักษณะที่เพิ่มเติมจากโมเดล RDF อีกคือ การเลือกคลาสที่จะมีความสัมพันธ์กันได้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าคลาส c_a มีสับคลาสคือ c_{a1} และ c_{a2} และคลาส c_b มีสับคลาสคือ c_{b1} และ c_{b2} จากคุณสมบัติของ OWL จะสามารถกำหนดได้ว่า อินสแตนซ์ที่อยู่ในคลาส c_{a1} เท่านั้นที่จะมีความสัมพันธ์กับอินสแตนซ์ที่อยู่ในคลาส c_{b2} โดยผ่านคุณสมบัติ p_k หรือแม้แต่การกำหนดจำนวนอินสแตนซ์ที่น้อยที่สุดหรือที่มากที่สุดของแต่ละคลาสที่จะมีความสัมพันธ์กัน เป็นต้น

นิยามที่ 4.2 คุณสมบัติประเภทข้อมูล

ถ้า p_k เป็นคุณสมบัติประเภทข้อมูลที่แทนได้ด้วย $(p_k \text{ type, DatatypeProperty})$ ดังนั้น p_k จะเป็นคุณสมบัติที่เชื่อมโยงคลาสที่ถูกเรียกว่าโดเมน กับคลาสประเภทข้อมูล (datatype class) ที่เรียกว่าเป็นเรนจ์ ถ้าแทน $D \subset OC$ เป็นเซตจำกัดของคลาสประเภทข้อมูล เช่น คลาสประเภท literal หรือ คลาสประเภทข้อมูลจาก XML Schema [33] กำหนดให้คลาส $c_c \in OC$ และคลาส $c_d \in D$ ถ้า p_k เป็นคุณสมบัติหนึ่งๆ ที่เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างโดเมน c_c กับคลาสที่เป็นเรนจ์ c_d ซึ่งแทนได้ด้วย (c_c, p_k, c_d) ดังนั้น กฎที่ได้มาจากคุณสมบัติประเภทข้อมูลคือ

กฎที่ได้มา: สำหรับอินสแตนซ์ใดๆ $o_c, o_d \in OI, (o_c, \text{type}, c_c) \wedge (o_d, \text{type}, c_d) \longrightarrow (o_c, p_k, o_d)$

นิยามที่ 5 $RS = \{subClassOf, subPropertyOf\}$ เป็นเซตจำกัดของความสัมพันธ์แบบ subsumption เป็นความสัมพันธ์ระหว่างคลาส หรือ ระหว่างคุณสมบัติ ความสัมพันธ์แบบนี้จะมีลักษณะที่เป็นแบบการส่งผ่าน (transitive)

นิยามที่ 5.1 ความสัมพันธ์แบบ subClassOf

ความสัมพันธ์แบบ subClassOf สามารถเรียกได้อีกอย่างว่า ความสัมพันธ์แบบ IS-A เป็นความสัมพันธ์ระหว่างคลาสสองประเภทที่นิยามอยู่ใน OC ได้แก่ คลาสพ่อ-แม่ (superclass) และคลาสลูก (subclass) โดยถ้ากำหนดให้คลาส $c_b \in OC$ เป็นคลาสพ่อ-แม่ และกำหนดให้คลาส $c_a \in OC$ เป็นคลาสลูก จะได้ว่าคลาสพ่อ-แม่นอกจากจะมีจำนวนอินสแตนซ์ที่เป็นของตนเองแล้ว อินสแตนซ์ทุกตัวที่อยู่ในคลาสลูกจะต้องเป็นสมาชิกอยู่ในคลาสพ่อ-แม่ด้วย จะเรียกว่าคลาส c_b เป็น superclass ของคลาส c_a แทนได้ด้วยทริเพิล $(c_b, superClassOf, c_a)$ และ c_a จะถูกเรียกว่าเป็น subclass ของคลาส c_b แทนได้ด้วยทริเพิล $(c_a, subClassOf, c_b)$ กฎที่ได้มาจากความสัมพันธ์แบบ subClassOf ได้แก่

กฎที่ 1: การส่งผ่าน (Transitive)

สำหรับคลาสใดๆ $c_a, c_b, c_c \in OC$

$(c_a, subClassOf, c_b) \wedge (c_b, subClassOf, c_c) \longrightarrow (c_a, subClassOf, c_c)$

กฎที่ 2: การเป็นสมาชิก (Class membership)

สำหรับคลาสใดๆ $c_a, c_b \in OC$ และอินสแตนส์ $o_k \in OI$,

$$(c_a, \text{subClassOf}, c_b) \wedge (o_k, \text{type}, c_a) \longrightarrow (o_k, \text{type}, c_b)$$

กฎที่ 3: การสืบทอดโดเมนและเรนจ์ (domain and range inheritance)

สำหรับคลาสใดๆ $c_a, c_b \in OC$ โดยที่ $(c_a, \text{subClassOf}, c_b)$ จะทำให้เกิดกฎดังต่อไปนี้ตามมาได้แก่

- สำหรับคุณสมบัติใดๆ $p_k \in OP$ และคลาสใดๆ $c_c \in OC$, $(c_b, p_k, c_c) \longrightarrow (c_a, p_k, c_c)$

กฎข้อนี้จะทำให้ได้กฎอื่นๆตามมาก็คือ

- สำหรับอินสแตนส์ใดๆ $o_a, o_c \in OI$, $(o_a, \text{type}, c_a) \wedge (o_c, \text{type}, c_c) \longrightarrow (o_a, p_k, o_c)$

- สำหรับคุณสมบัติใดๆ $p_k \in OP$ และคลาสใดๆ $c_c \in OC$, $(c_c, p_k, c_b) \longrightarrow (c_c, p_k, c_a)$

กฎข้อนี้จะทำให้ได้กฎอื่นๆตามมาก็คือ

- สำหรับอินสแตนส์ใดๆ $o_a, o_c \in OI$, $(o_c, \text{type}, c_c) \wedge (o_a, \text{type}, c_a) \longrightarrow (o_c, p_k, o_a)$

นิยามที่ 5.2 ความสัมพันธ์แบบ subPropertyOf

ความสัมพันธ์แบบ subPropertyOf เป็นความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติที่ถูกนิยามอยู่ใน OP ได้แก่ คุณสมบัติที่เป็น พ่อ-แม่ (superproperty) และคุณสมบัติที่เป็นลูก (subproperty) กฎที่ได้มาจากความสัมพันธ์แบบ subPropertyOf นี้จะได้แก่กฎต่อไปนี้

กฎที่ 1: กฎการส่งผ่าน (Transitive)

สำหรับคุณสมบัติใดๆ $p_a, p_b, p_c \in OP$

$$(p_a, \text{subPropertyOf}, p_b) \wedge (p_b, \text{subPropertyOf}, p_c) \longrightarrow (p_a, \text{subPropertyOf}, p_c)$$

กฎที่ 2: การสืบทอดโดเมนและเรนจ์ (The domain and range inheritance)

สำหรับคุณสมบัติใดๆ $p_a, p_b \in OP$ โดยที่ $(p_a, \text{subPropertyOf}, p_b)$ จะทำให้ได้กฎต่อไปนี้ตามมา

- สำหรับคลาสใดๆ $c_c, c_k \in OC$, $(c_c, p_b, c_k) \longrightarrow (c_c, p_a, c_k)$

กฎข้อนี้จะทำให้ได้กฎอื่นๆตามมาก็คือ

- สำหรับอินสแตนส์ใดๆ $o_a, o_k \in OI$,

$$(o_c, \text{type}, c_c) \wedge (o_k, \text{type}, c_k) \longrightarrow (o_c, p_a, o_k)$$

- สำหรับอินสแตนส์ใดๆ $o_c, o_k \in OI$,

$$(o_c, \text{type}, c_c) \wedge (o_k, \text{type}, c_k) \wedge (o_c, p_a, o_k) \longrightarrow (o_c, p_b, o_k)$$