



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การบูรณาการข้อมูลสารสนเทศแบบสื่อความหมายสำหรับระบบการ
เรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์โดยวิธีออนโทโลยีและโมเดลตัวบริการเว็บ

โดย ผศ.ดร.งามนิจ อัจฉรินทร์ และคณะ

พฤษภาคม 2550

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การบูรณาการข้อมูลสารสนเทศแบบสื่อความหมายสำหรับระบบการ
เรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์โดยวิธีออนไลน์และโมเดลตัวบริการเว็บ

คณะผู้วิจัย สังกัด

1. ผศ.ดร. งามนิจ อัจฉรินทร์ 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] เพื่อสร้างพหุภาษานุกรมของคำที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลการเรียนรู้ เพื่อช่วยในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ที่อยู่ในรูปแบบของ LO แต่มาตรฐานเหล่านี้ก็ยังขาดคุณสมบัติที่ช่วยในการสืบค้นในเชิงความหมาย (a formal semantics) ที่ทำให้การสืบค้นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกันสามารถสืบค้นได้เหมือนกัน

ในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีตัวบริการเว็บหรือเว็บเซอร์วิส (Web services) [7] ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เป็นมาตรฐานเปิด (open standard) โดยมุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบูรณาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย (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) เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาคือความหลากหลายของข้อมูลบริการ (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 ศึกษาขอบเขต e-Learning ที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลระบบการทำงานของ e-Learning ของสถาบันการศึกษาหรือหน่วยงานต่างๆ เพื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างและองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญของระบบ e-Learning และรูปแบบของข้อมูลบริการที่ต้องการให้บริการสืบค้นข้อมูลภายในระบบ e-learning แต่ละระบบ
- 3.2 ศึกษาเทคโนโลยีตัวบริการเว็บและตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมายบนพื้นฐานของออนโทโลยี และทำการออกแบบโครงสร้างตัวบริการเว็บของผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ในแต่ละแห่ง
- 3.3 ออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบบูรณาการข้อมูลสารสนเทศแบบสื่อความหมายของระบบการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแสดงองค์ประกอบทั้งหมดของสถาปัตยกรรม ขั้นตอนการทำงาน ข้อมูลที่มีการรับส่งระหว่างองค์ประกอบ รวมไปถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆของสถาปัตยกรรม โดยใช้เทคโนโลยีตัวบริการเว็บเข้ามาช่วยแก้ปัญหาระบบบูรณาการของระบบ 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) รวมไปถึงการเรียนจากวิดีโอที่ตามต้องการ(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 ในขณะที่อีกผู้บริการหนึ่งมีการประกาศชื่อพารามิเตอร์ของข้อมูลบริการของตนเป็น 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]

นอกจากนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาข้อมูลการเรียนรู้แบบสื่อความหมายจากตัวบริการในที่ต่างๆ 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 สามารถเรียกข้อมูลบริการโดยผ่านทางออนโทโลยีสามัญนี้ได้โดยไม่ต้องยุ่งเกี่ยวกับหรือรับรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของตัวบริการเว็บแต่อย่างไร
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

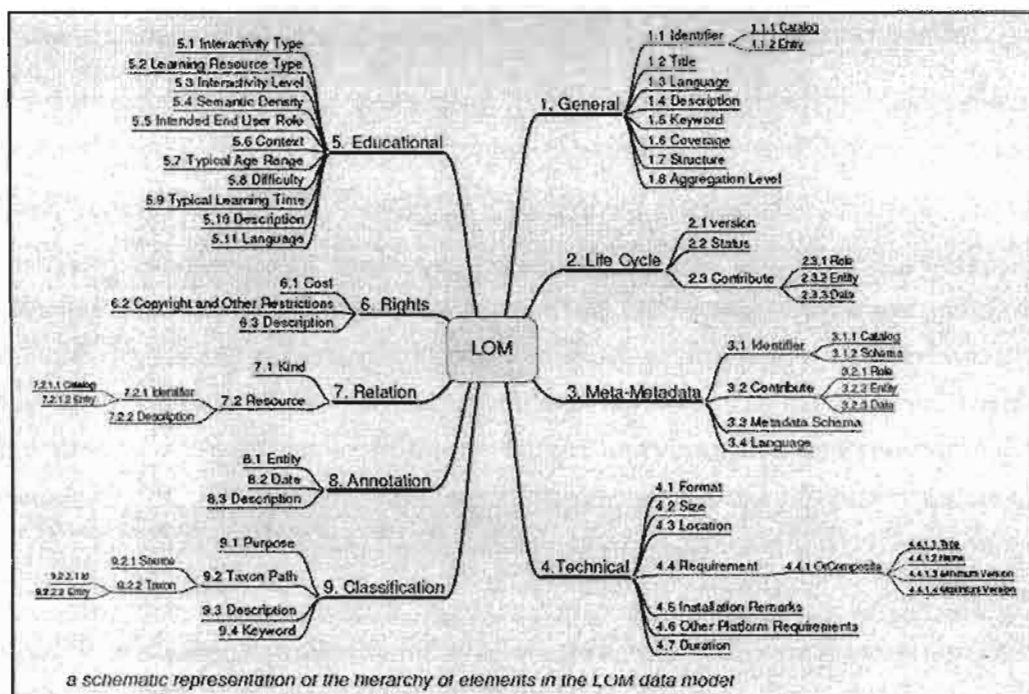
ในบทนี้จะแนะนำทฤษฎีพื้นฐานทางด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบบูรณาการของงานวิจัย ซึ่งจะประกอบด้วย เทคโนโลยีแรกคือ คำอธิบายออบเจกต์การเรียนรู้บนมาตรฐานของ LOM เทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย ที่จะอธิบายถึงองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญคือ ออนโทโลยี และภาษาที่ใช้ในเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย เทคโนโลยีที่สองคือ 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) ซึ่งเป็นความรู้ที่อาจมีการซ่อนอยู่ภายในข้อมูล (implicit knowledge) ให้สามารถแสดงความรู้ใหม่นั้นออกมาได้อย่างชัดเจน (explicit knowledge)
- พัฒนาภาษาที่ใช้แทนออนโทโลยี ที่ช่วยให้คอมพิวเตอร์หรือซอฟต์แวร์เอเจนต์สามารถเข้าใจความหมายของข้อมูลที่สอดคล้องกับความเข้าใจของมนุษย์ และสามารถสืบค้นข้อมูลบนเว็บได้ตรงกับที่ผู้ใช้ต้องการมากที่สุด และ/หรือสามารถนำข้อมูลไปประมวลผลต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

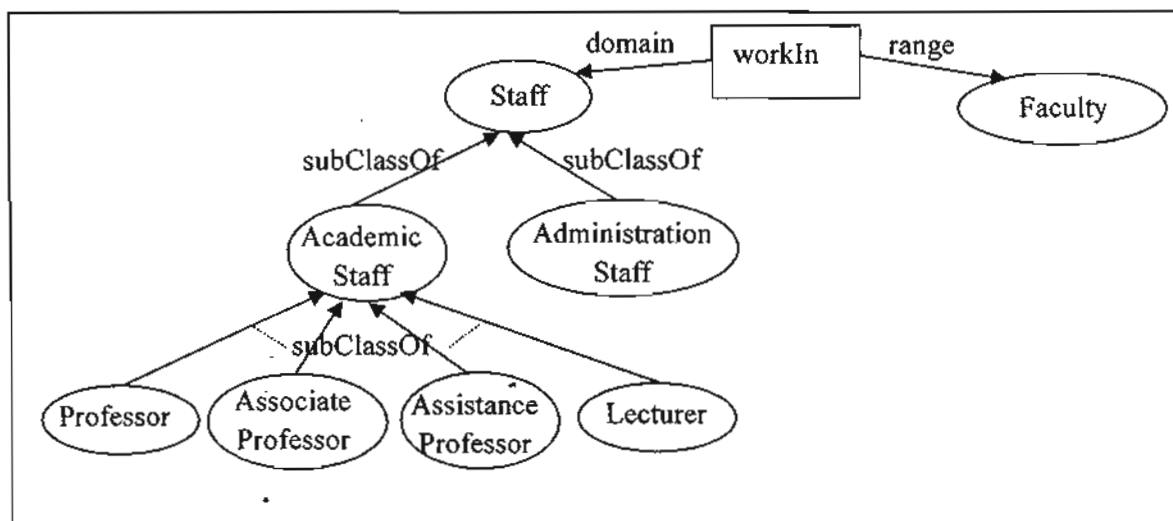
2.2.1 ออนโทโลยี

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

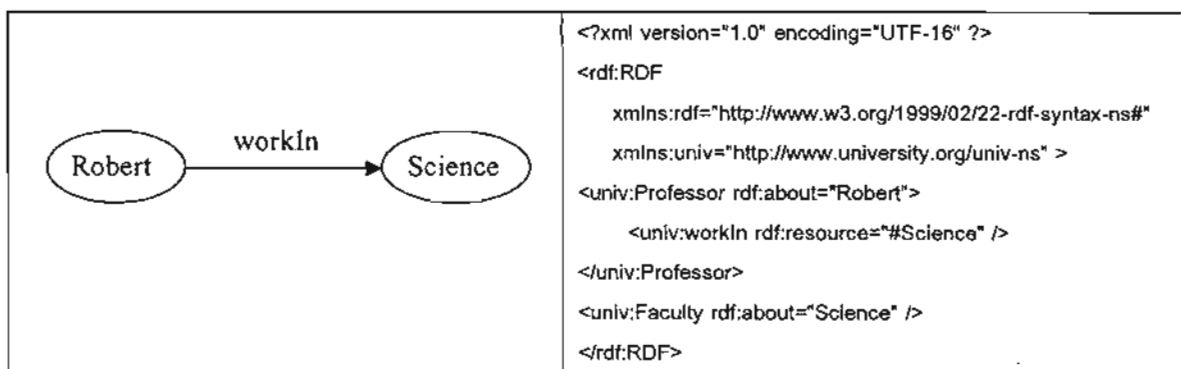
2.2.2.1 XML [19] ย่อมาจาก eXtensible Markup Language เป็นภาษาแรกสุดของเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมายที่ถูกพัฒนาขึ้น โดยเน้นที่โครงสร้างไวยากรณ์ของภาษา (syntactic language) แต่ไม่ได้เน้นที่การอธิบายความหมายของข้อมูลอย่างแท้จริง ถึงแม้ว่าจะเปิดโอกาสให้ผู้ทั่วไปสามารถจัดสร้างโครงสร้างของเอกสาร XML เองได้ 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



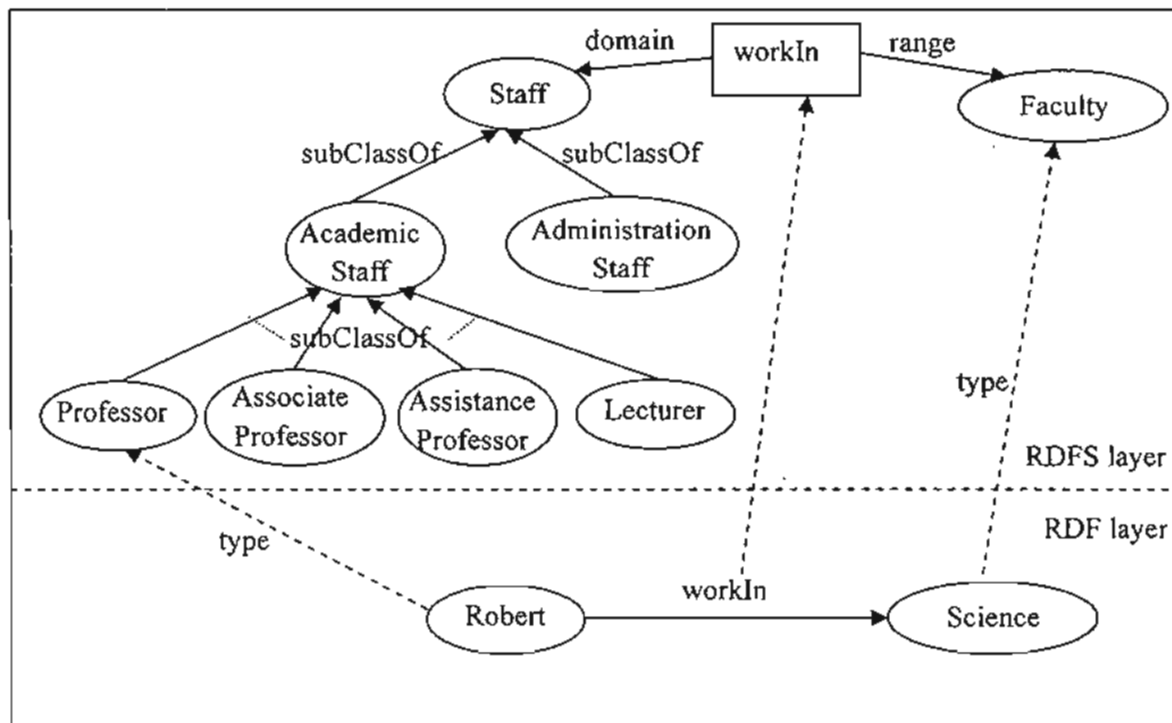
ก. แสดงโครงสร้าง RDF ในรูปแบบของกราฟ

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 นั้นเอง 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



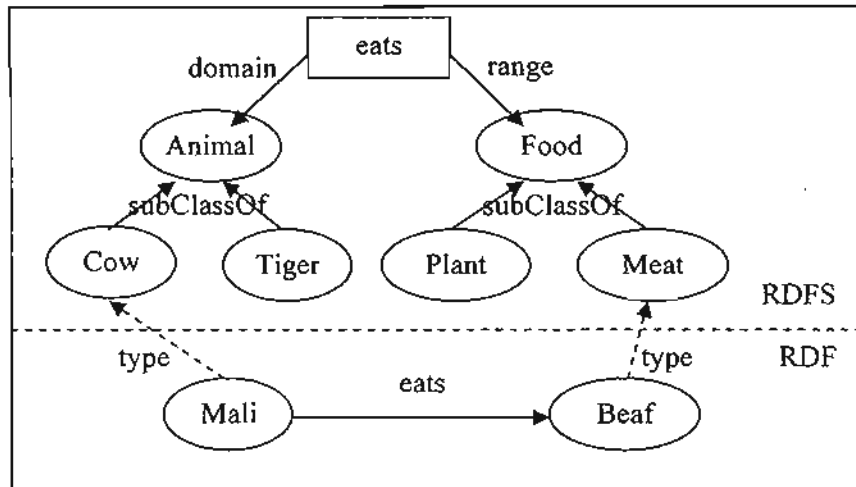
ภาพที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง RDF และ RDFS

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

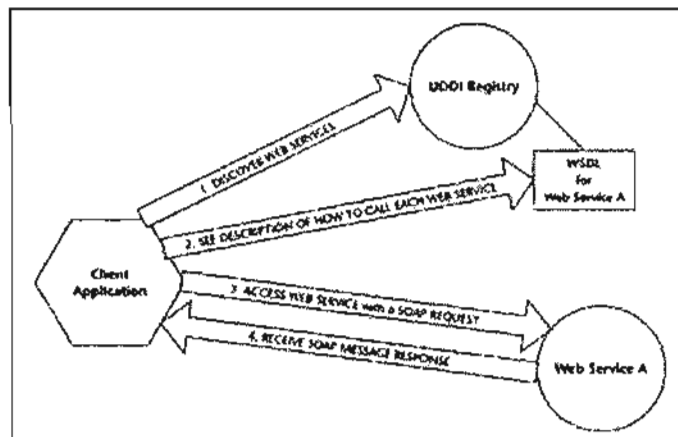
OWL Full	OWL DL	OWL Lite
OWL Full จะเป็นภาษา OWL ที่มี ความสามารถเต็มรูปแบบของ OWL แต่ข้อเสียคือยังหาเครื่องมือประเภท Reasoner ที่รองรับคุณสมบัติทั้งหมด ของ OWL Full นี้ได้น้อย	OWL DL เป็นภาษาย่อย (sublanguage) ของ OWL Full ที่มี ความสามารถที่น้อยกว่า OWL Full กล่าวคือขาดคุณลักษณะบางประการ ที่มีอยู่ใน 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

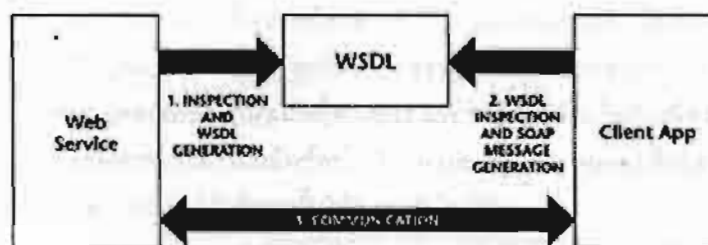
SOAP เป็นโปรโตคอลมาตรฐานที่ช่วยให้โปรแกรมประยุกต์ที่ถูกสร้างทางฝั่งไคลเอนท์สามารถติดต่อกับตัวบริการเว็บที่อาจถูกสร้างด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่แตกต่างกันได้ ซึ่ง SOAP จะมีการสร้างแพ็คเกจของข้อความที่อยู่ในรูปแบบของภาษา XML เพื่อส่งไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง บนพื้นฐานของโปรโตคอล HTTP อีกทีหนึ่ง ทำให้สามารถทำงานผ่าน 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) ที่มีการพัฒนาต่อจากเทคโนโลยีตัวบริการเว็บที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่แล้ว โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมาย เพื่อชดเชยข้อบกพร่องของเทคโนโลยีตัวบริการเว็บในปัจจุบัน จุดประสงค์ของตัวบริการเว็บแบบสื่อความหมายก็เพื่อสร้างออนโทโลยีที่ประกอบด้วยเซตของคลาส และ คุณสมบัติ ต่างๆ เพื่อใช้เก็บคำอธิบายข้อมูลบริการสำหรับตัวบริการเว็บต่างๆ เพื่อให้ซอฟต์แวร์เอเจนต์สามารถเข้าใจความหมายของข้อมูลบริการด้วยตนเองและสืบค้นข้อมูลบริการได้ตรงกับความต้องการของผู้ร้องขอบริการมากที่สุด โดยมีการพัฒนาภาษาสำหรับสร้างออนโทโลยีสำหรับบริการที่เรียกว่าภาษา OWL-S (Web Ontology Language for Services) ที่พัฒนายู่บนพื้นฐานของภาษา OWL ซึ่งถือว่าเป็นภาษาสำหรับการอธิบายข้อมูลบริการของตัวบริการเว็บ

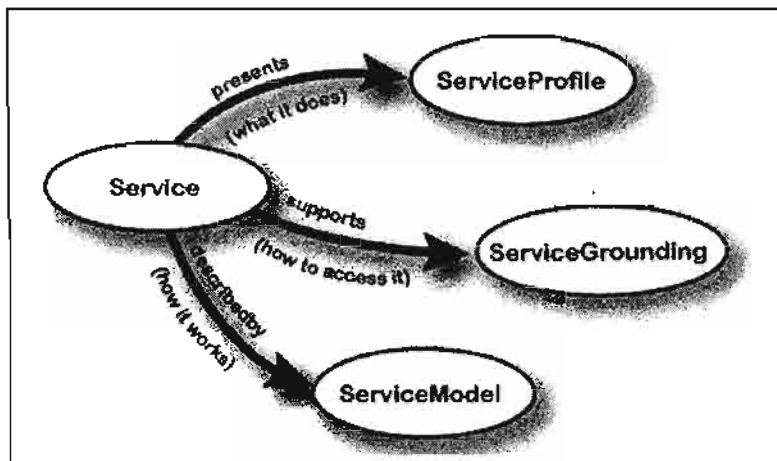
การอธิบายคำอธิบายข้อมูลบริการด้วยภาษาออนโทโลยีนี้จะช่วยในเรื่องต่างๆดังต่อไปนี้

1. การค้นหาตัวบริการเว็บอย่างอัตโนมัติ (Automatic Web service discovery) โดยช่วยให้ซอฟต์แวร์เอเจนต์หรือคอมพิวเตอร์โปรแกรมสามารถค้นหาคำแหน่งของตัวบริการเว็บได้อย่างอัตโนมัติ 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

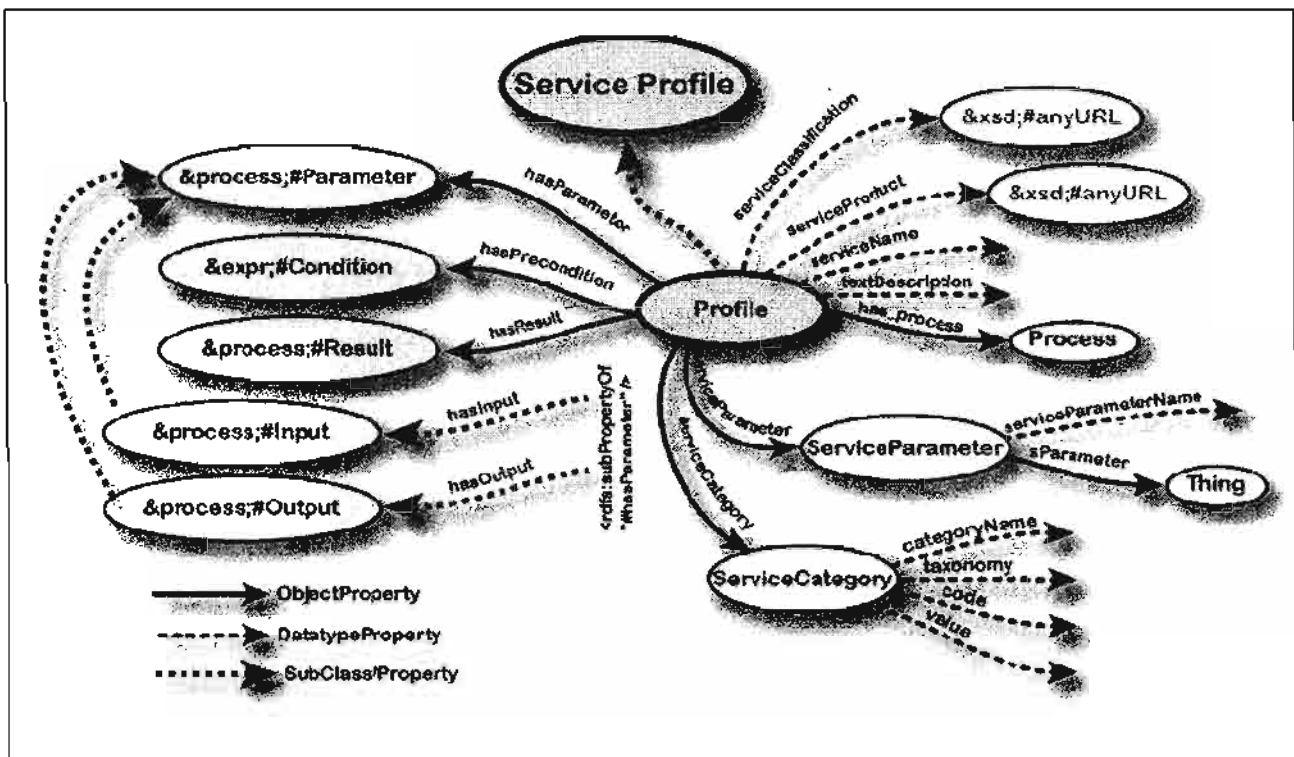
2.4.1.2 องค์ประกอบที่ใช้อธิบายวิธีการเรียกใช้งานตัวบริการ องค์ประกอบนี้จะถูกเรียกว่า *Service Model* หรือ *Process model* ซึ่งจะเป็นการบอกซอฟต์แวร์เอเจนต์ว่าจะเรียกใช้งานบริการได้อย่างไร เช่นมีเมธอดหรือโพรเซสอะไรบ้าง แต่ละเมธอดต้องการ input และ output parameters อะไรบ้าง มีผลกระทบ (effect) อะไรเกิดขึ้นบ้างจากการเรียกใช้งานเมธอด 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

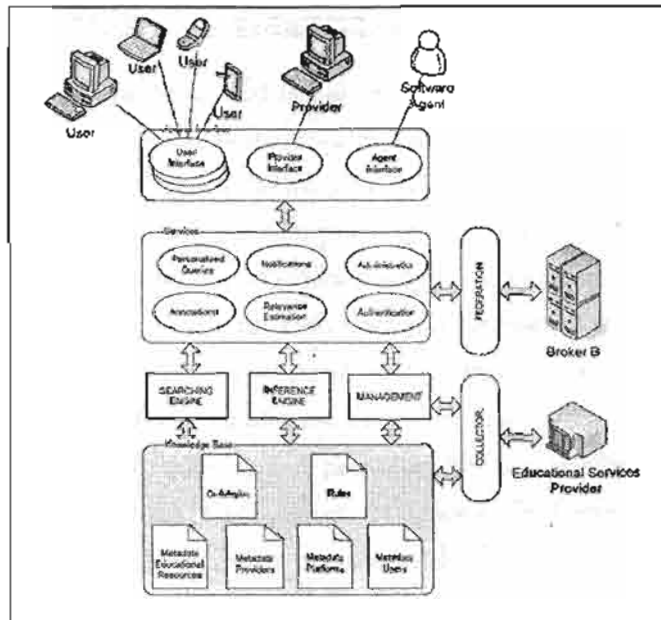
เป็นส่วนที่ใช้เป็นองค์ประกอบหลักของ Service Profile เนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้บรรยายเกี่ยวกับหน้าที่ของบริการในสองแง่มุม โดยส่วนแรกจะเรียกว่า information transformation ซึ่งได้แก่การระบุ inputs และ outputs ที่จะถูกส่งให้กับเมธอดหรือโพรเซสของบริการ และอีกส่วนได้แก่ การระบุเงื่อนไข (preconditions) ก่อนการเรียกใช้บริการ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

2.5 บรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

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]

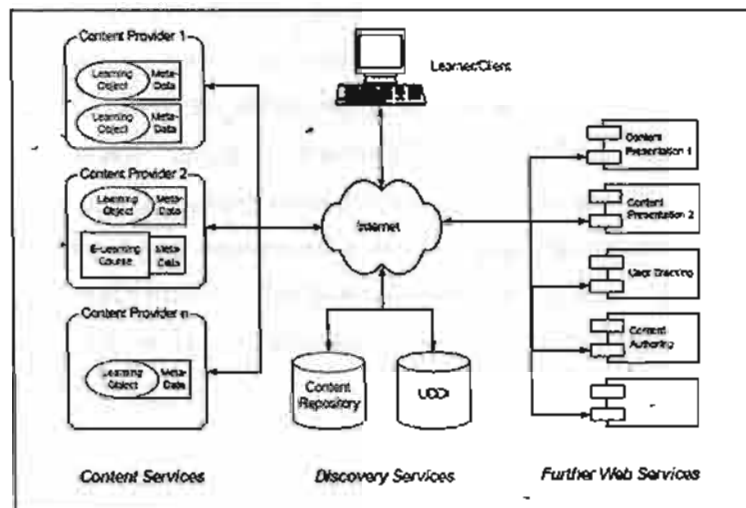
งานวิจัยนี้จะแก้ปัญหาคความหลากหลายของระบบ e-Learning ที่ผู้ใช้งานต้องการสืบค้นแหล่งข้อมูลการเรียนรู้ และคัดเลือกหลักสูตรที่ต้องการเรียนด้วยตนเอง ซึ่งต้องใช้เวลานาน จึงได้นำเสนอสถาปัตยกรรมที่เรียกว่า Semantic e-learning brokerage architecture ที่มีการผสมผสานกับเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมายเพื่อเพิ่มความสามารถในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ 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]

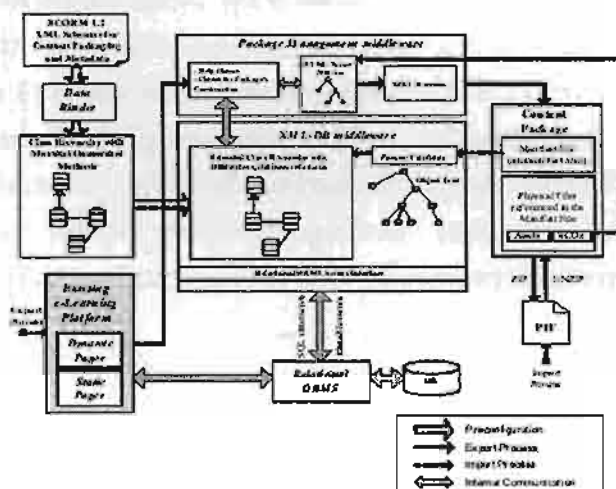
งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบ LearnServe ที่มีการนำเทคโนโลยีตัวบริการเว็บเข้ามาใช้แก้ปัญหาของ e-Learning เพื่อช่วยให้ Author ที่เป็นผู้สร้างเนื้อหาบทเรียนที่อยู่ในรูปแบบของออบเจกต์การเรียนรู้ (Learning Object-LO) สามารถใช้ตัวบริการเว็บในการสืบค้นเครื่องมือการสร้างเนื้อหาจาก UDDI และทำการสร้างด้วยเครื่องมือนั้นก่อนที่จะทำการ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



ภาพที่ 2.11 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบ LearnServe [28]

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

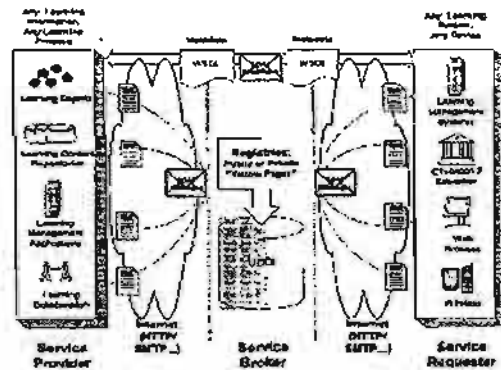
งานวิจัยนี้ได้นำเสนอสถาปัตยกรรมทั่วไป (A generic architecture) ดังภาพที่ 2.11 เพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกันของระบบ e-Learning ที่มีอยู่ในปัจจุบันที่อาจมีสถาปัตยกรรมที่แตกต่างกัน โดยปรับให้อยู่บนพื้นฐานของมาตรฐาน SCORM สถาปัตยกรรมที่ได้นำเสนอนี้จะสนับสนุนการนำเข้าและนำออกของข้อมูลเนื้อหาวิชาและข้อมูลคำอธิบายรายวิชา (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

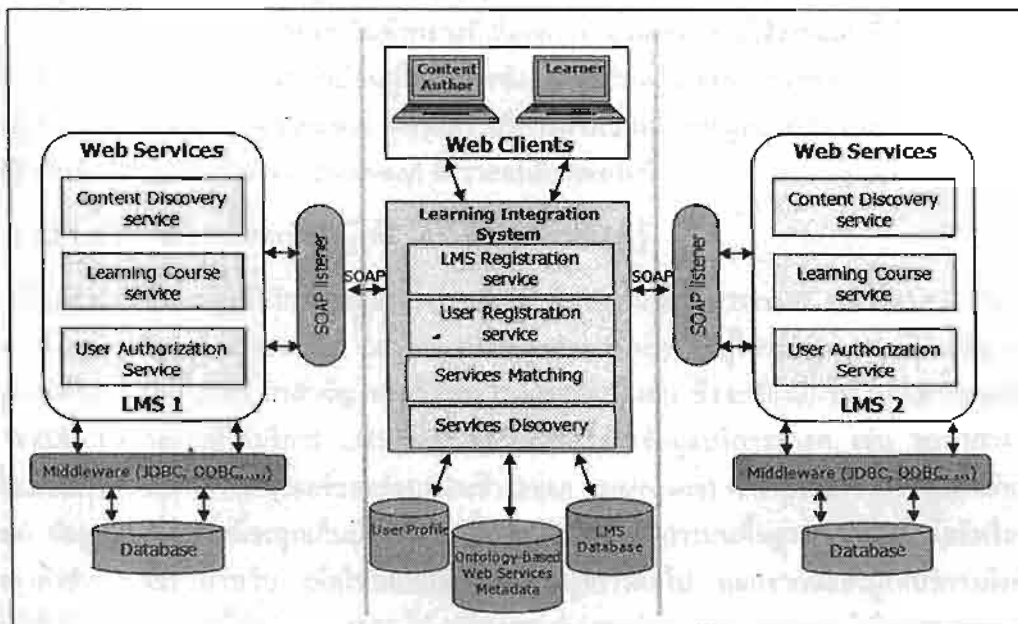
บทที่ 3

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 ที่ทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกเหมือนว่าได้สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเพียงแหล่งเดียว โดยไม่ทราบว่าข้อมูลการเรียนรู้นั้นถูกดึงมาจากโปรแกรมประยุกต์ที่แตกต่างกัน สถาปัตยกรรมที่ได้ถูกนำเสนอจะ มีการแบ่งออกเป็นองค์ประกอบต่างๆ 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 โดยวิธีเมตาตาต้าและโมเดลตัวบริการเว็บ

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

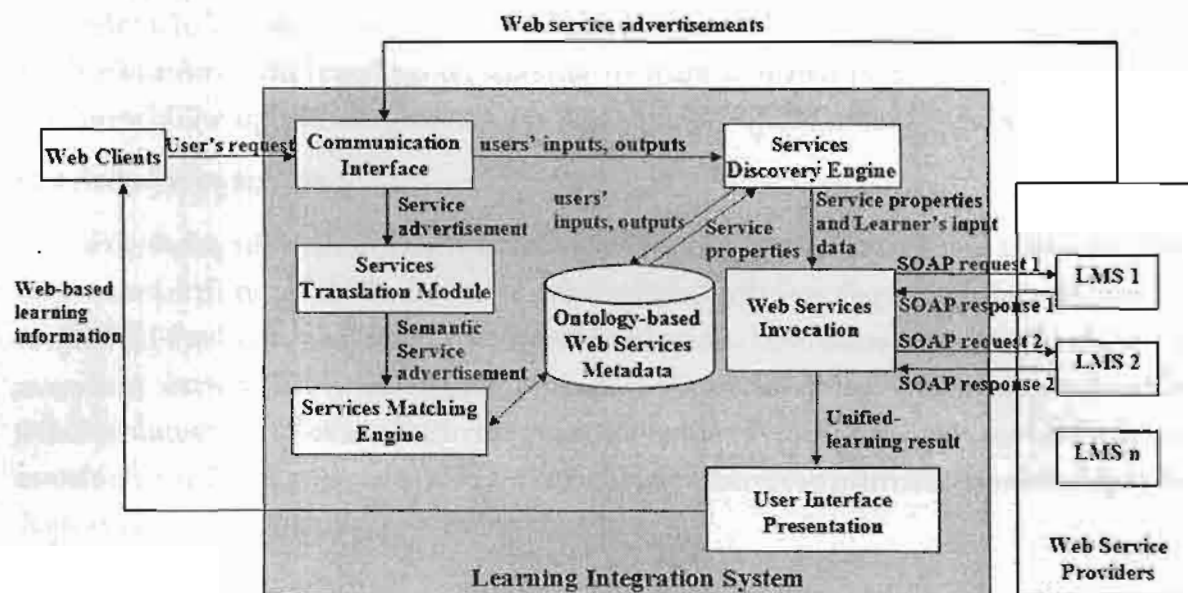
3.1.4.3 บริการตรวจสอบสิทธิการเข้าใช้งานระบบของผู้ใช้

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 และเมื่ออินเทอร์เฟซสำหรับการติดต่อสื่อสารได้รับคำร้องขอในการลงทะเบียนเพื่อประกาศข้อมูลการบริการจากผู้ให้บริการตัวบริการเว็บ 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) ที่เรียกได้ว่าเป็นเรนจ์ 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 นี้จะ ได้แก่กฎต่อไปนี้

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 $o_c, o_k \in OI$,

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

หมายเหตุ: กฎในข้อ 3 ของนิยาม 5.1 และกฎในข้อ 2 ของนิยาม 5.2 เป็นกฎที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของโมเดล RDF แต่จากคุณสมบัติของ OWL จะยังสามารถเพิ่มเติมคุณลักษณะอื่นๆได้อีก เช่น การกำหนดกลุ่มอินสแตนซ์จากคลาสหนึ่งที่จะมีความสัมพันธ์กับกลุ่มอินสแตนซ์ของอีกคลาสหนึ่ง หรือการกำหนดจำนวนอินสแตนซ์ที่น้อยที่สุดหรือมากที่สุดของคลาสที่จะมีความสัมพันธ์กัน เป็นต้น ดังที่กล่าวไว้ในนิยามที่ 4.1

4.2 โครงสร้างของเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี

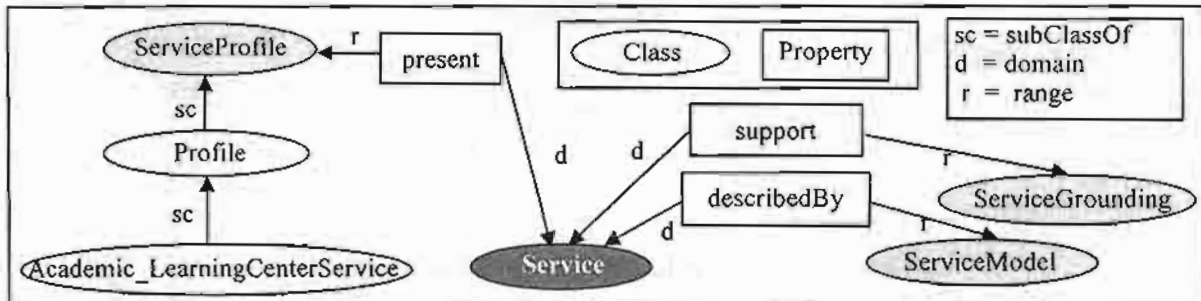
ในหัวข้อนี้จะนำเสนอโครงสร้างของเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี ที่สอดคล้องกับองค์ประกอบพื้นฐานที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อข้างต้น โครงสร้างเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยีนี้จะถูกโมเดลบนพื้นฐานของการออกแบบจากล่างขึ้นบน (bottom-up design approach) [34] โดยมีขั้นตอนเริ่มจากผู้ให้บริการทำการประกาศบริการของตนกับระบบ LIS โดยการระบุตำแหน่งเอกสาร WSDL แล้ว ในกระบวนการสร้างเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บจะประกอบด้วยกระบวนการแปลงข้อมูลบริการที่อธิบายอยู่ในเอกสาร WSDL ให้เป็นออนโทโลยีเริ่มต้น ที่อยู่ในรูปแบบของภาษา OWL-S โดยผ่าน OWL API [32] ออนโทโลยีเริ่มต้นนี้จะประกอบด้วยโครงสร้างที่สำคัญสามส่วนด้วยกันคือ ส่วนที่เรียกว่า service profile, service model, และ service grounding หลังจากนั้นก็จะมีการเพิ่มเติมข้อมูลอื่นๆเข้าไปอีกในออนโทโลยีเริ่มต้นนี้ เช่น ข้อมูลรายละเอียดของผู้ให้บริการประเภทและกลุ่มของข้อมูลบริการ เป็นต้น เพื่อสร้างเป็นเมตาดาต้าบนพื้นฐานของออนโทโลยีในระดับของข้อมูลบริการเพื่อสนับสนุนในด้านการสืบค้นและเรียกใช้งานตัวบริการเว็บให้สามารถทำได้โดยอัตโนมัติ ในขั้นตอนถัดไปคือการสร้างออนโทโลยีในระดับผู้ใช้ที่เรียกว่า ออนโทโลยีสามัญ (common ontology) ซึ่งเป็นออนโทโลยีที่มีโครงสร้างบนพื้นฐานของโมเดล LOM เพื่อให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถรู้จักและเรียกใช้งานเทอมต่างๆที่อยู่ในออนโทโลยีระดับนี้เพื่อการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ที่ต้องการ และสำหรับในขั้นตอนสุดท้าย คือการเชื่อมโยงออนโทโลยีในระดับข้อมูลบริการให้เข้ากับออนโทโลยีในระดับผู้ใช้ เพื่อสร้างเป็นเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บที่สมบูรณ์ ซึ่งในขั้นตอนสุดท้ายนี้ จำเป็นต้องสร้างเครื่องมือที่ช่วยในการเชื่อมโยง ซึ่งได้แก่ ตัวเชื่อมโยงข้อมูลบริการ ที่จะทำการเชื่อมโยงข้อมูลบริการในออนโทโลยีระดับข้อมูลบริการ เช่น เมชอด หรือพารามิเตอร์ ของตัวบริการเว็บที่มีความสอดคล้องกันจากผู้ให้บริการที่หลากหลาย ให้เข้ากับเทอมที่อยู่ในออนโทโลยีระดับผู้ใช้ เพื่อให้การสืบค้นข้อมูลจากผู้ให้บริการทำได้ในมุมมองของผู้ใช้ โดยไม่ต้องยุ่งเกี่ยวหรือทราบเกี่ยวกับข้อมูลบริการที่ถูกเก็บอยู่ในออนโทโลยีระดับบริการแต่อย่างใด

ดังนั้น โครงสร้างเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยีจะสามารถแบ่งออกได้เป็นสองระดับได้แก่ ระดับออนโทโลยีสำหรับข้อมูลบริการ (Service ontology level) และระดับออนโทโลยีสำหรับผู้ใช้ทั่วไป (Common ontology level) โดยแต่ละระดับจะมีโครงสร้างที่อธิบายได้ดังต่อไปนี้

4.2.1 ระดับออนโทโลยีสำหรับข้อมูลบริการ

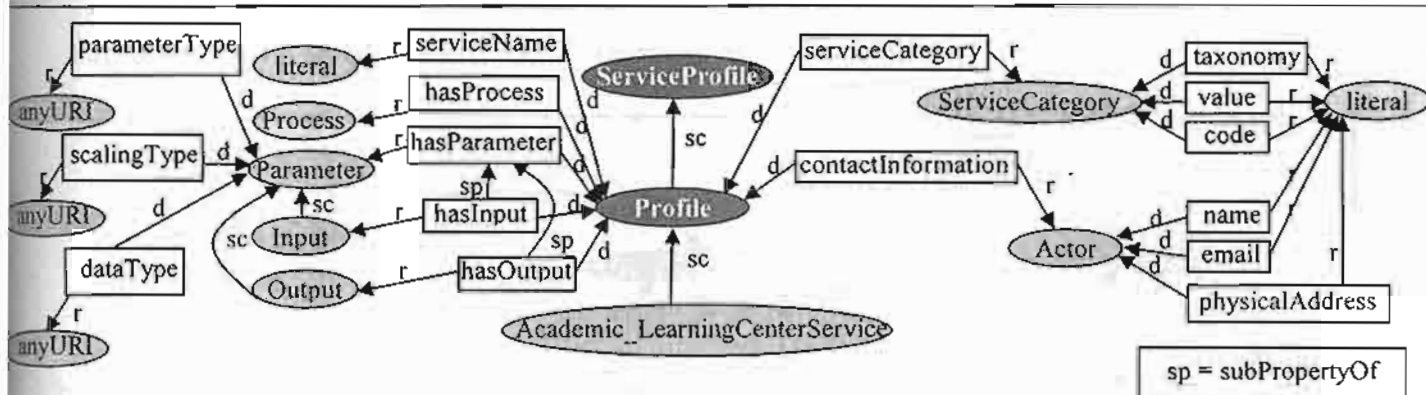
เป็นระดับออนโทโลยีที่ประกอบด้วยคำอธิบายข้อมูลบริการในสามส่วน ได้แก่ Service Profile, Service Model และ Service Grounding ดังแสดงในภาพที่ 4.1 จะทำหน้าที่โดยในภาพนี้จะสัญลักษณ์ วงรี จะหมายถึงคลาสหรือคอนเซป (class หรือ concept) ในขณะที่สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะหมายถึง คุณสมบัติ (properties หรือ predicates) แต่ละคุณสมบัติ เช่น present, support และ describedBy จะทำหน้าที่เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างโดเมนที่ถูกเรียกว่าเป็น Subject ของคุณสมบัติ ไปยังเรนจ์ที่ถูกเรียกว่าเป็น ค่าข้อมูลของคุณสมบัติ ตัวอย่างเช่น (Service, present, ServiceProfile), (Service, describedBy, ServiceModel) และ (Service, support, ServiceGrounding) เป็นต้น แต่ละอินสแตนซ์ของคลาส Service ที่ถูกสร้างเมื่อต้องการประกาศบริการของตน จะมีการสืบทอดคุณสมบัติทุกตัวจากคลาส Service ด้วย เพื่อที่ว่าอินสแตนซ์ของคลาส Service จะมีคุณสมบัติ present เพื่อแสดงอินสแตนซ์จากคลาส

ServiceProfile คลาสแต่ละคลาสสามารถเป็น subclass ของคลาสอื่นได้ เช่น (Profile, subClassOf, ServiceProfile) สำหรับโดเมน e-Learning จะแสดงคลาส Academic_LearningCenterService เป็น subclass ของคลาส Profile ที่ประกอบด้วย Profile อินสแตนส์จากผู้ให้บริการแต่ละรายที่หลากหลาย สำหรับงานวิจัยนี้จะแสดงโครงสร้าง ServiceProfile ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.1 โครงสร้างออนโทโลยีในระดับบริการ

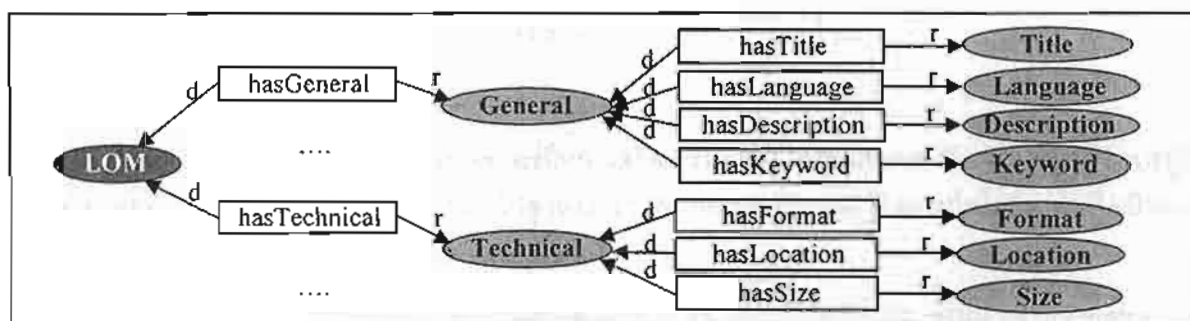
Service Profile จะมีหน้าที่อธิบายข้อมูลบริการของตัวบริการเว็บแต่ละตัวที่ผู้ให้บริการมาประกาศไว้ เพื่ออำนวยความสะดวกในการสืบค้นตัวบริการเว็บอย่างอัตโนมัติ องค์ประกอบพื้นฐานของ Service Profile จะได้แก่ คำอธิบายข้อมูลของผู้ให้บริการ (provider information) คำอธิบายหน้าที่ของบริการ (functional description of service) และคำอธิบายคุณสมบัติของบริการ (description of a host of properties) สำหรับคำอธิบายข้อมูลบริการจะประกอบด้วยคุณสมบัติชื่อผู้ให้บริการ (name), อีเมล (email), และ ที่อยู่ผู้ให้บริการ (physical address) ซึ่งได้ถูกอธิบายผ่านทางคุณสมบัติ contactInformation คำอธิบายหน้าที่ของบริการจะถูกอธิบายผ่านชื่อเมธอดหรือโฟรเซส ชื่อพารามิเตอร์เข้าและออก เป็นต้น โดยคลาส Input และ Output จะถูกออกแบบให้เป็น subclass ของคลาส Parameter นอกจากนี้คุณสมบัติ hasInput และ hasOutput จะถูกออกแบบให้เป็น sub-properties ของคุณสมบัติ hasParameter สำหรับการออกแบบเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บในงานวิจัยนี้จะมีการเพิ่มเติมคุณสมบัติพื้นฐานของ service profile โดยการเสนอคุณสมบัติเพิ่มเติมสามคุณสมบัติได้แก่ dataType, scalingType และ parameterType เพื่อใช้แก้ปัญหาความขัดแย้งกันของประเภทข้อมูล หน่วยวัดข้อมูล และชื่อพารามิเตอร์ ตามลำดับ โดยคุณสมบัติ dataType จะเป็นคุณสมบัติที่ใช้เชื่อมคลาส Parameter เข้ากับคลาสที่เป็นประเภทข้อมูล เช่น String, Integer, Decimal ซึ่งถูกนิยามโดยผ่านทาง anyURI สำหรับคุณสมบัติ scalingType จะใช้เชื่อมคลาส Parameter เข้ากับคลาสที่เป็นหน่วยวัดข้อมูลใดๆ เช่น USD, Euro, Byte, Kilobyte เป็นต้น และสำหรับคุณสมบัติ parameterType จะเชื่อมคลาส Parameter เข้ากับคลาสของ LOM ที่มีการประกาศอยู่ในออนโทโลยีสามัญ โดยคุณสมบัติ dataType และ scalingType นี้จะช่วยให้ข้อมูลที่คล้ายคลึงกันที่ถูกดึงจากตัวบริการเว็บที่หลากหลายที่อาจมีประเภทข้อมูล และ หน่วยวัดข้อมูล ที่แตกต่างกัน สามารถมีประเภทข้อมูล และ หน่วยวัดข้อมูล ที่เหมือนกันตามที่ระบุอยู่ในคุณสมบัติ dataType, scalingType ตามลำดับ แต่สำหรับคุณสมบัติ parameterType จะใช้ในการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของชื่อพารามิเตอร์ของผู้ให้บริการที่แตกต่างกัน ดังที่จะอธิบายอยู่ในหัวข้อถัดไป นอกจากนี้คำอธิบายคุณสมบัติของบริการจะใช้ในการอธิบายรูปแบบของบริการ เช่น ประเภทของบริการ และกลุ่มของบริการ ซึ่งจะถูกอธิบายโดยผ่านทางคุณสมบัติ serviceCategory ที่จะระบุว่าบริการนั้นถูกจัดกลุ่มตาม taxonomy หรือตามมาตรฐานใด (NAICS หรือ UNSPSC) และมีชื่อกลุ่มเป็นอะไร (categoryName) เป็นต้น ส่วนของโครงสร้าง Service Profile จะอธิบายอยู่ในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แสดงบางส่วนของโครงสร้าง Service Profile

4.2.2 ระดับออนโทโลยีสำหรับผู้ทั่วไป

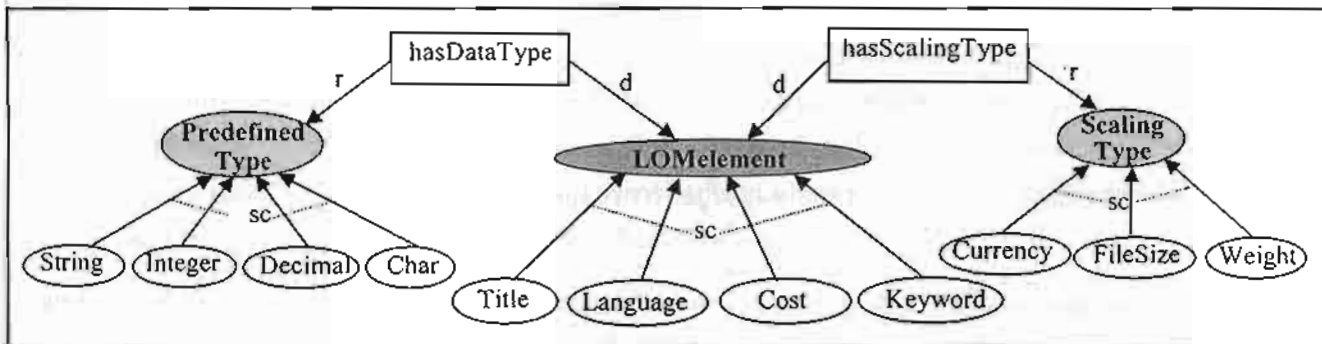
ออนโทโลยีสำหรับผู้ทั่วไปนี้จะช่วยให้ผู้ทั่วไปสามารถใช้เป็นข้อมูลในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้จากระบบ LIS ได้ โดยออนโทโลยีในระดับนี้จะสร้างมาจากโครงสร้างของ LOM ที่ผู้ทั่วไปจะรู้จักและคุ้นเคย โดยอิลิเมนต์ต่างๆของ LOM นี้จะใช้อธิบายคุณสมบัติต่างๆของออบเจกต์การเรียนรู้ (learning object) ออนโทโลยีในระดับนี้จะจัดกลุ่มอิลิเมนต์ต่างๆของ LOM ที่มีอยู่เข้ากลุ่มให้เป็นคลาสต่างๆ เช่น General, LifeCycle, Technical ดังแสดงในภาพที่ 4.3 โดยมีการสร้างคุณสมบัติให้กับแต่ละคลาส เช่น hasTitle, hasLanguage, hasDescription เพื่อใช้เก็บค่าของคุณสมบัติต่างๆที่อยู่ในคลาส เช่น Title, Language, Description ซึ่งคลาสเหล่านี้จะถูกนิยามให้เป็น subclass ของคลาส LOMelement ซึ่งโครงสร้างออนโทโลยีในระดับผู้ใช้นี้จะช่วยให้ผู้ใช้ไม่ต้องทราบรายละเอียดของการเรียกใช้ตัวบริการเว็บแต่อย่างใด



ภาพที่ 4.3 แสดงบางส่วนของออนโทโลยีสามัญที่สอดคล้องกับโครงสร้าง LOM

การออกแบบออนโทโลยีสามัญในระดับผู้ใช้นั้นนอกจากจะช่วยให้ผู้ทั่วไปมีมุมมองของข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของ LOM ที่เหมือนกันแล้ว ยังจะช่วยในการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของประเภทข้อมูลและหน่วยวัดข้อมูลอีกด้วย ซึ่งจะมีการเพิ่มสองคุณสมบัติเข้าไปคือ hasDataType และ hasScalingType โดยคุณสมบัติ hasDataType จะถูกออกแบบมาเพื่อเชื่อมโยงคลาส LOMelement เข้ากับคลาสที่เป็น predefined data types เช่น Integer, String, Decimal หรือ Char เป็นต้น ในขณะที่ hasScalingType จะถูกออกแบบมาเพื่อใช้เชื่อมโยงคลาส LOMelement ให้เข้ากับคลาสที่เป็นหน่วยวัด เช่น currency, fileSize, Weight เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 4.4 คุณสมบัติทั้งสองนี้จะถูกถ่ายทอดจากคลาส LOMelement ไปยังสับคลาสของคลาส LOMelement ด้วย ซึ่งจะทำให้ข้อมูลผลลัพธ์ที่ถูกดึงจากตัว

บริการเว็บที่หลากหลายที่อาจมีประเภทข้อมูลและหน่วยวัดข้อมูลที่แตกต่างกัน ก็จะถูกแปลงให้มีประเภทข้อมูลและหน่วยวัดข้อมูลเหมือนกันตามที่นิยามไว้ในออนโทโลยีระดับผู้ใช้



ภาพที่ 4.4 แสดงการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของประเภทข้อมูลและหน่วยวัดข้อมูล

4.3 การเชื่อมโยงออนโทโลยีในระดับบริการกับออนโทโลยีในระดับผู้ใช้ทั่วไป

ในหัวข้อนี้จะแสดงการเชื่อมโยงออนโทโลยีที่ถูกออกแบบในระดับบริการให้เข้ากับออนโทโลยีในระดับผู้ใช้ทั่วไป เพื่อให้ผู้ใช้ทั่วไปไม่ต้องยุ่งเกี่ยวหรือทราบเกี่ยวกับข้อมูลบริการ นอกจากนี้ยังช่วยในการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันในเชิงความหมายของข้อมูลบริการได้อีกด้วย เนื่องจากความจริงที่ว่าผู้ให้บริการแต่ละรายอาจประกาศข้อมูลบริการในระบบ LIS ที่เหมือนกันแต่มีการใช้ชื่อเมธอด หรือพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน จึงทำให้เกิดปัญหาความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการ ตัวอย่างเช่น ผู้ให้บริการแต่ละคนที่ให้บริการแบบเดียวกัน แต่อาจมีการประกาศชื่อเมธอด ชื่อพารามิเตอร์ทั้ง input และ output ที่แตกต่างกัน

กระบวนการของการเชื่อมโยงออนโทโลยีจะแบ่งออกได้เป็นสองขั้นตอน ได้แก่ การเชื่อมโยงออนโทโลยีในระดับของคลาส และการเชื่อมโยงออนโทโลยีในระดับของอินสแตนซ์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.3.1 การเชื่อมโยงออนโทโลยีในระดับของคลาส

การเชื่อมโยงออนโทโลยีในระดับของคลาส จะเป็นการสร้างความเชื่อมโยงของคลาส Parameter ที่นิยามอยู่ใน Service Profile ซึ่งเป็นออนโทโลยีระดับบริการ ไปสู่คลาส LOMelement ที่นิยามอยู่ในออนโทโลยีสามัญซึ่งเป็นออนโทโลยีในระดับผู้ใช้ทั่วไป ซึ่งจะเป็นไปตามนิยามดังต่อไปนี้

นิยามที่ 6 ถ้าให้ SO แทนออนโทโลยี Service Profile และให้ CO แทนออนโทโลยีสามัญ ดังนั้น คลาส Parameter ที่นิยามอยู่บน SO จะถูกเชื่อมโยงกับคลาส LOMelement บนออนโทโลยีสามัญโดยผ่านทางคุณสมบัติ parameterType โดยที่ว่าคุณสมบัติ parameterType จะถูกใช้ในการเชื่อมโยงคลาส Parameter ที่เป็นโดเมน เข้ากับคลาส LOMelement ที่เป็นเรนจ์ ที่เขียนได้ในรูปแบบของทริเพิล (Parameter, parameterType, LOMelement) ทั้งนี้ จากกฎข้อที่ 3 ของนิยามที่ 5.1 จะได้ว่า สำหรับคลาสใดๆ $c_k \in OC$ ถ้า $(c_k, subClassOf, Parameter)$ ดังนั้น $(c_k, parameterType, LOMelement)$ ตัวอย่างเช่น คลาส Input และคลาส Output เป็นสับคลาสของคลาส Parameter ดังนั้น คลาส Input และ Output จะสืบทอดคุณสมบัติ parameterType จากคลาส Parameter ด้วยดังนี้ (Input, parameterType, LOMelement) $\wedge$ (Output, parameterType, LOMelement)

4.3.2 การเชื่อมโยงออนโทโลยีในระดับอินสแตนส์

การเชื่อมโยงออนโทโลยีในระดับอินสแตนส์จะเป็นการเชื่อมโยงพารามิเตอร์อินสแตนส์ต่างๆของคลาส Input และคลาส Output ของแต่ละ Service Profile ให้เข้ากับสับคลาสของ LOMelement โดยอินสแตนส์ต่างๆของคลาส Input และ Output นี้จะสืบทอดคุณสมบัติ parameterType จากคลาส Parameter ในการนี้จำเป็นต้องอาศัยตัวเชื่อมโยงข้อมูลบริการจัดหาเครื่องมือที่อยู่ในรูปแบบของอินเตอร์เฟส เพื่อช่วยให้ผู้ให้บริการสามารถเลือกการเชื่อมโยงพารามิเตอร์ดังกล่าว ตัวเชื่อมโยงข้อมูลบริการนี้จะเปรียบเสมือนกับเป็นกลไกในการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการจากผู้ให้บริการที่หลากหลายให้เป็นข้อมูลบริการที่อยู่ในมุมมองของ LOM ซึ่งเป็นออนโทโลยีที่ผู้ใช้มองเห็น สามารถนิยามการเชื่อมโยงออนโทโลยีในระดับอินสแตนส์ได้ดังนิยามที่ 7 ต่อไปนี้

นิยามที่ 7 กำหนดให้ $c_a \in OC$ เป็นสับคลาสของคลาส Parameter และ $o_c \in OI$ เป็นอินสแตนส์ของ c_a ซึ่งถูกประกาศเป็นพารามิเตอร์ที่ผู้ให้บริการทำการโฆษณาไว้กับระบบ LIS กำหนดให้ $c_b \in OC$ เป็นคลาส LOM element ที่ถือว่าเป็นพารามิเตอร์ที่ผู้ใช้ทั่วไปเรียกใช้ ถ้าพารามิเตอร์ใดใน Service Profile ออนโทโลยีมีความสอดคล้องกับคลาส LOM element พารามิเตอร์นั้นจะถูกเชื่อมโยงกับคลาส LOM element โดยผ่านทางคุณสมบัติ parameterType ดังต่อไปนี้

กฎที่ได้: ถ้า $o_c \sim c_b \longrightarrow (o_c, parameterType, c_b)$. โดยสัญลักษณ์ $\sim$ จะหมายถึงความคล้ายคลึงกัน

ตัวอย่างของการเชื่อมโยงกันของออนโทโลยีในแต่ละระดับจะถูกแสดงอยู่ในกรณีศึกษาของบทถัดไปนี้

บทที่ 5

กรณีศึกษา

ในบทนี้จะแสดงตัวอย่างความขัดแย้งกันในเชิงความหมายของข้อมูลบริการที่ผู้ให้บริการที่หลากหลายมาทำการประกาศข้อมูลบริการของตนไว้ในระบบ LIS เช่น การให้บริการที่เหมือนกันแต่มีการใช้ชื่อเมธอด และชื่อพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน เป็นต้น และจะแสดงตัวอย่างการสร้างเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี ที่แบ่งออกเป็นสองระดับได้แก่ ระดับออนโทโลยีสำหรับข้อมูลบริการ และระดับออนโทโลยีสำหรับผู้ใช้ทั่วไป รวมไปถึงการเชื่อมโยงออนโทโลยีทั้งสองระดับเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บที่สมบูรณ์

5.1 ความขัดแย้งกันในเชิงความหมายของข้อมูลบริการสำหรับโดเมน e-Learning

ในหัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างของความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการจากผู้ให้บริการสองแหล่งที่มาลงทะเบียนกับระบบ LIS ได้แก่ ผู้ให้บริการจาก LMS1 และ ผู้ให้บริการจาก LMS2 ซึ่งแต่ละผู้ให้บริการที่มีการให้บริการที่เหมือนกัน อาจมีการประกาศข้อมูลบริการของตนเอง เช่น ชื่อบริการ ชื่อและที่อยู่ผู้ให้บริการ และตำแหน่งที่อยู่ของเอกสาร WSDL ซึ่งเป็นตำแหน่งของตัวบริการเว็บที่ถูกสร้างอยู่ในเว็บไซต์ของตน ซึ่งตัวอย่างข้อมูลบริการที่ประกาศอยู่ในเอกสาร WSDL ของแต่ละที่จะแสดงอยู่ในตารางที่ 5.1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงตัวอย่างของข้อมูลบริการจากผู้ให้บริการที่แตกต่างกัน

LMS1: Web Service descriptions in WSDL file			
Operation: GetDesiredCourseDetails_Operation			
Inputs	Type	Outputs	Type
CourseCategory	String	CourseTitle	String
CourseTitle	String	CourseFileType	String
CourseKeyword	String	CourseFileSize	PositiveInteger
CourseFileType	String	CourseDescription	String
		CourseExpense	Decimal
LMS2: Web Service descriptions in WSDL file			
Operation: RequestSubject_Operation			
Inputs	Type	Outputs	Type
SubjectCategory	String	SubjectTitle	String
SubjectKeyword	String	SubjectFileType	String
SubjectFileType	String	SubjectFileSize	String
		SubjectDescription	String
		SubjectCost	Integer

จากข้อมูลในตารางที่ 5.1 จะแสดงถึงข้อมูลบริการจากผู้ให้บริการที่ 1 (LMS1) ที่ประกอบด้วยเมธอดหรือโอเปอเรชัน GetDesiredCourseDetails_Operation ซึ่งเป็นเมธอดที่ต้องการพารามิเตอร์นำเข้าสี่ตัวได้แก่

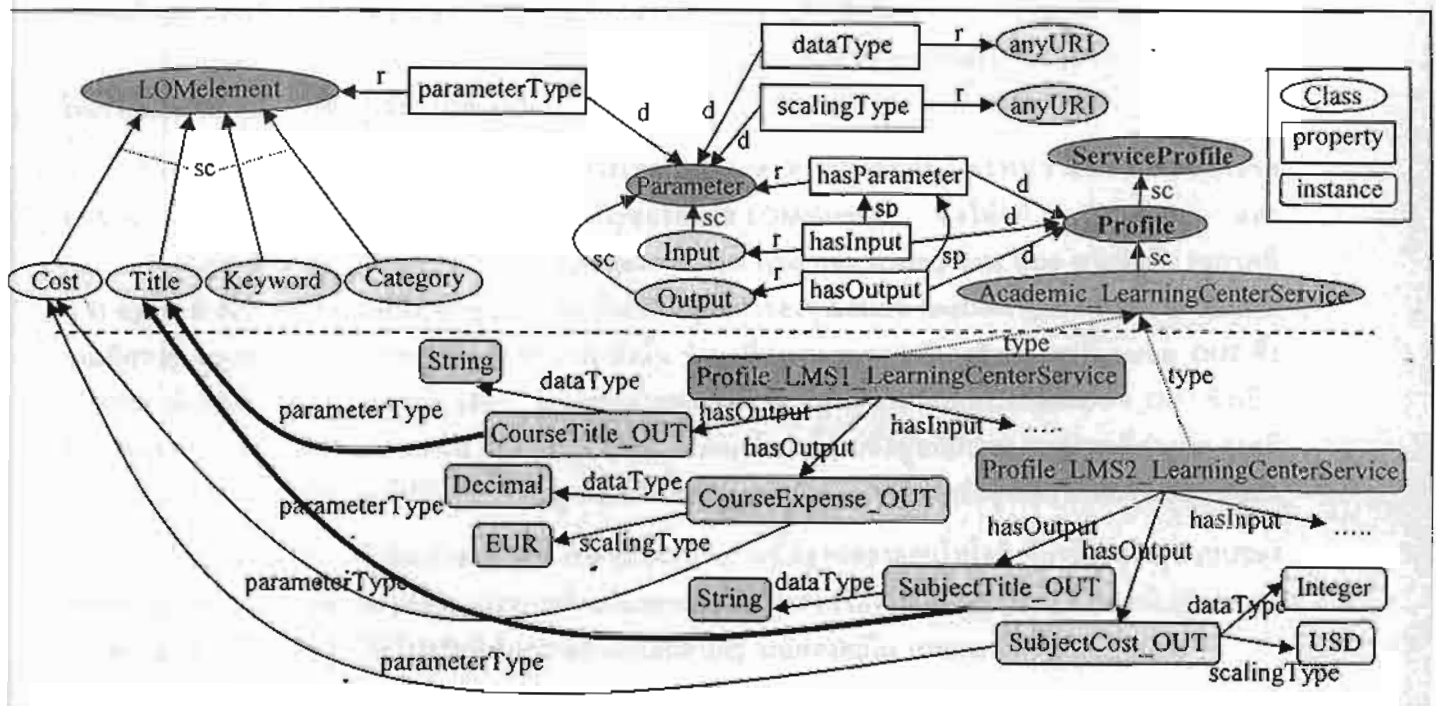
CourseCategory, CourseTitle, CourseKeyword, และ CourseFileType และมีพารามิเตอร์นำออกห้าตัว ได้แก่ CourseTitle, CourseFileType, CourseFileSize, CourseDescription, และ CourseExpense สำหรับผู้ให้บริการที่ 2 หรือ LMS2 จะมีโอเปอเรชัน RequestSubject_Operation ที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์นำเข้าสามตัว ได้แก่ SubjectCategory, SubjectKeyword, และ SubjectFileType และมีพารามิเตอร์นำออกห้าตัว ได้แก่ SubjectTitle, SubjectFileType, SubjectFileSize, SubjectDescription, และ SubjectCost ซึ่งข้อมูลบริการจากทั้งสองผู้ให้บริการนี้จะนำไปสู่ความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการสามประเภทด้วยกัน ประเภทแรก ได้แก่ ความขัดแย้งกันของพารามิเตอร์ที่เกิดขึ้นเมื่อแต่ละผู้ให้บริการมีการใช้ชื่อพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันทั้งๆที่เป็นพารามิเตอร์ที่เหมือนกัน เช่น พารามิเตอร์นำเข้าชื่อCourseCategory จาก LMS1 และพารามิเตอร์นำเข้า SubjectCategory จาก LMS2 เป็นพารามิเตอร์ที่มีความหมายเหมือนกันแต่เขียนต่างกัน ความขัดแย้งประเภทที่สอง ได้แก่ ความขัดแย้งกันของประเภทข้อมูล ที่เกิดขึ้นเมื่อข้อมูลจากพารามิเตอร์ที่ส่งมาจากตัวบริการเว็บแต่ละแห่งมีประเภทข้อมูลที่แตกต่างกันทั้งๆที่เป็นข้อมูลแบบเดียวกัน เช่น พารามิเตอร์นำออก CourseFileSize จาก LMS1 จะมีประเภทข้อมูลเป็น "PositiveInteger" และ SubjectFileSize จาก LMS2 จะมีประเภทข้อมูลเป็น "String" ทั้งๆที่ข้อมูลจากพารามิเตอร์ทั้งสองจะเป็นข้อมูลขนาดไฟล์เหมือนกัน ความขัดแย้งประเภทที่สาม ได้แก่ ความขัดแย้งกันของหน่วยวัดข้อมูล ที่เกิดขึ้นเมื่อข้อมูลจากพารามิเตอร์ที่ส่งมาจากตัวบริการเว็บแต่ละแห่งมีหน่วยวัดข้อมูลที่แตกต่างกันทั้งๆที่เป็นข้อมูลแบบเดียวกัน เช่น พารามิเตอร์นำออก CourseExpense จาก LMS1 จะมีหน่วยวัดข้อมูลเป็น "EUR" และ SubjectCost จาก LMS2 จะมีหน่วยวัดข้อมูลเป็น "USD" เป็นต้น ตัวอย่างความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการข้างต้นจะถูกใช้เป็นตัวอย่งในการออกแบบเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บดังจะแสดงในหัวข้อถัดไป

5.2 การออกแบบเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี

เมื่อเอกสาร WSDL ของผู้ให้บริการได้ถูกประกาศไว้โดยผ่านทางระบบ LIS เอกสาร WSDL จะถูกแปลงโดยผ่านโมดูลการแปลงข้อมูลบริการ ซึ่งจะทำการเชื่อมโยงข้อมูลบริการต่างๆในเอกสาร WSDL เช่น ชื่อเมธอด ชื่อพารามิเตอร์นำเข้าและออก ให้อยู่ในรูปแบบของเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บพื้นฐานที่ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญสามส่วน ได้แก่ service profile, service model และ service grounding ที่อยู่ในรูปแบบของ OWL-S ซึ่งโครงสร้างของเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บนี้จะตั้งอยู่บนพื้นฐานการออกแบบที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 สำหรับงานวิจัยนี้จะแสดงตัวอย่างของอินสแตนซ์ service profile จำนวนสองอินสแตนซ์ที่มีชื่อว่า Profile_LMS1_LearningCenterService และ Profile_LMS2_LearningCenterService ซึ่งเป็นอินสแตนซ์ของคลาส Academic_LearningCenterService ดังแสดงในภาพที่ 5.1 แต่ละ service profile อินสแตนซ์ จะสามารถเชื่อมโยงกับพารามิเตอร์อินสแตนซ์ทั้งที่เป็นพารามิเตอร์นำเข้าและพารามิเตอร์นำออกโดยผ่านทางคุณสมบัติ hasInput และ hasOutput ที่ถูกนิยามให้เป็นคุณสมบัติลูก (sub-property) ของคุณสมบัติ hasParameter อีกที ตัวอย่างเช่น พารามิเตอร์อินสแตนซ์ CourseTitle_OUT และ CourseExpense_OUT เป็นพารามิเตอร์อินสแตนซ์นำออกที่มีการประกาศโฆษณาอยู่ใน service profile ชื่อ Profile_LMS1_LearningCenterService ซึ่งทั้งสองพารามิเตอร์นี้จะอินสแตนซ์ของคลาส Output ซึ่งจะมีการเชื่อมความสัมพันธ์กับ Profile_LMS1_LearningCenterService โดยผ่านทางคุณสมบัติ hasOutput ในตารางที่ 5.2 จะแสดงตัวอย่างของกฎที่ได้มาตามนิยามของทฤษฎีเซตที่กล่าวไว้ในบทที่ 4

ตารางที่ 5.2. ตัวอย่างของกฎที่ได้มาตามนิยามของทฤษฎีเซต

นิยาม	กฎที่ได้มา
(Profile, <i>hasParameter</i> , Parameter) (hasInput, <i>subPropertyOf</i> , hasParameter) (hasOutput, <i>subPropertyOf</i> , hasParameter)	(Profile, <i>hasInput</i> , Parameter) (Profile, <i>hasOutput</i> , Parameter)
(Input, <i>subClassOf</i> , Parameter) (Output, <i>subClassOf</i> , Parameter)	(Profile, <i>hasInput</i> , Input) (Profile, <i>hasOutput</i> , Output)
(Academic_LearningCenterService, <i>subClassOf</i> , Profile)	(Academic_LearningCenterService, <i>hasInput</i> , Input) (Academic_LearningCenterService, <i>hasOutput</i> , Output)
(Profile_LMS1_LearningCenterService, <i>type</i> , Academic_LearningCenterService) (CourseTitle_OUT, <i>type</i> , Output) (CourseExpense_OUT, <i>type</i> , Output)	(Profile_LMS1_LearningCenterService, <i>hasOutput</i> , CourseTitle_OUT) (Profile_LMS1_LearningCenterService, <i>hasOutput</i> , CourseExpense_OUT)



ภาพที่ 5.1 แสดงบางส่วนของเมตาไดต้าสำหรับตัวบริการบนพื้นฐานของออนไลน์ ที่มีการเชื่อมโยงออนไลน์
ไต่ไต่ระดับข้อมูลบริการเข้ากับออนไลน์ไต่ไต่ระดับผู้ใช้ทั่วไป

พารามิเตอร์อินสแตนซ์ต่างๆที่ถูกประกาศอยู่ใน service profile นี้จะเป็นอินสแตนซ์ของคลาส Input และ Output ที่มีการสืบทอดคุณสมบัติ parameterType, dataType, และ scalingType จากคลาส Parameter ซึ่งความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการก็จะถูกแก้ไขได้ด้วยวิธีของคุณสมบัติเหล่านี้ดังต่อไปนี้

เพื่อจะแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของชื่อพารามิเตอร์อินสแตนซ์ กระบวนการเชื่อมโยงพารามิเตอร์ข้อมูลนำเข้าและออกจากservice profile ออนโทโลยี ไปสู่คลาสที่นิยามอยู่ในออนโทโลยีระดับผู้ใช้ทั่วไป จำเป็นต้องอาศัยตัวเชื่อมโยงข้อมูลบริการในการจัดหาเครื่องมือที่อยู่ในรูปแบบของอินเตอร์เฟส เพื่อช่วยให้ผู้ใช้ให้บริการสามารถเลือกการเชื่อมโยงพารามิเตอร์ดังกล่าว ให้เป็นข้อมูลบริการที่อยู่ในมุมมองของ LOM ซึ่งเป็นออนโทโลยีที่ผู้ใช้มองเห็นได้ ตัวอย่างของอินเตอร์เฟสการเชื่อมโยงข้อมูลบริการจะแสดงอยู่ในบทที่ 6

ดังนั้น จากตัวอย่างที่นำเสนอในหัวข้อข้างต้นจะพบว่าพารามิเตอร์อินสแตนซ์ CourseTitle_OUT จาก service profile ออนโทโลยี จะมีความคล้ายคลึงกับพารามิเตอร์ Title ที่เป็น subclass ของคลาส LOMelement ซึ่งอยู่ในออนโทโลยีสามัญ เนื่องจากทั้ง CourseTitle_OUT และ Title จะมีความหมายเหมือนกัน คือเก็บข้อมูลที่เป็นชื่อวิชา ดังนั้น จากนิยามที่ 7 ได้ว่า CourseTitle_OUT จะมีคุณสมบัติ parameterType ที่มีค่าเป็นคลาส Title ดังนี้

CourseTitle_OUT ~ Title $\longrightarrow$ (CourseTitle_OUT , parameterType, Title)

ดังนั้น จากตัวอย่างที่แสดงในภาพที่ 5.1 จะพบว่าทั้ง CourseTitle_OUT ซึ่งเป็นพารามิเตอร์อินสแตนซ์จาก Profile_LMS1_LearningCenterService และ SubjectTitle_OUT ซึ่งเป็นพารามิเตอร์อินสแตนซ์จาก Profile_LMS2_LearningCenterService จะเป็นอินสแตนซ์ของคลาส Output ซึ่งมีความสอดคล้องกับคลาส Title เพราะทั้งสองพารามิเตอร์จะมีความหมายเดียวกันกับคลาส Title ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า การแก้ปัญหาความขัดแย้งกันในเชิงความหมายของข้อมูลบริการจะสามารถแก้ไขได้ด้วยการเชื่อมโยงพารามิเตอร์ของออนโทโลยีในระดับข้อมูลบริการให้เข้ากับออนโทโลยีในระดับผู้ใช้ทั่วไปนั่นเอง

ในการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของประเภทข้อมูลและหน่วยวัดข้อมูล จะพบว่าสับคลาสของคลาส LOMelement จะมีการสืบทอดคุณสมบัติที่สำคัญของคลาส LOMelement ซึ่งได้แก่ hasDataType และ hasScalingType ที่มีค่าของคุณสมบัติเป็นคลาส predefined data type และ scaling data type ตามลำดับ (ดูภาพที่ 4.4) ดังนั้น ถ้าสับคลาส Cost ที่นิยามอยู่บนออนโทโลยีสามัญ มีค่าของคุณสมบัติ hasDataType เป็นคลาส Decimal และมีค่าของคุณสมบัติ hasScaling เป็นคลาส USD ดังนั้น ข้อมูลที่ส่งมาจากพารามิเตอร์ CourseExpense_OUT ซึ่งเป็นพารามิเตอร์นำออกของ Profile_LMS1_LearningCenterService และพารามิเตอร์SubjectCost_OUT ซึ่งเป็นพารามิเตอร์นำออกของ Profile_LMS2_LearningCenterService ซึ่งอาจเป็นข้อมูลที่มีประเภทข้อมูลที่ต่างกัน และมีหน่วยวัดที่ต่างกัน ก็จะถูกแปลงให้มีประเภทข้อมูลเดียวกันคือ Decimal และมีหน่วยวัดข้อมูลเดียวกันคือ USD เป็นต้น

ตัวอย่างของโครงสร้างเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี ที่แสดงอยู่ในรูปแบบของภาษา OWL-S สำหรับ service profile และการเชื่อมโยงพารามิเตอร์จากออนโทโลยีในระดับข้อมูลบริการไปยังคลาสที่อยู่ในออนโทโลยีในระดับผู้ใช้ทั่วไปหรือที่เรียกว่าออนโทโลยีสามัญ จะแสดงอยู่ใน ภาคผนวก ก ข และ ค

บทที่ 6

ผลการทดลอง

บทนี้จะอธิบายการดำเนินการทดลองเพื่อพัฒนาระบบ LIS รวมไปถึงการใช้งานระบบ LIS โดยในหัวข้อแรกจะแสดงถึงการออกแบบองค์ประกอบต่างๆของเครื่องมือที่จำเป็นที่ต้องใช้ในการพัฒนาระบบ LIS และการทำงานขององค์ประกอบต่างๆโดยรวมที่สอดคล้องกับสถาปัตยกรรมของระบบที่ได้นำเสนอในบทที่ 3 และหัวข้อถัดไปจะแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ซึ่งจะใช้ตัวอย่างจากกรณีศึกษาที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยการใช้งานระบบ LIS ของผู้ให้บริการข้อมูล และการใช้งานของผู้ใช้งานทั่วไป ดังรายละเอียดต่อไปนี้

6.1 องค์ประกอบเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในระบบ LIS

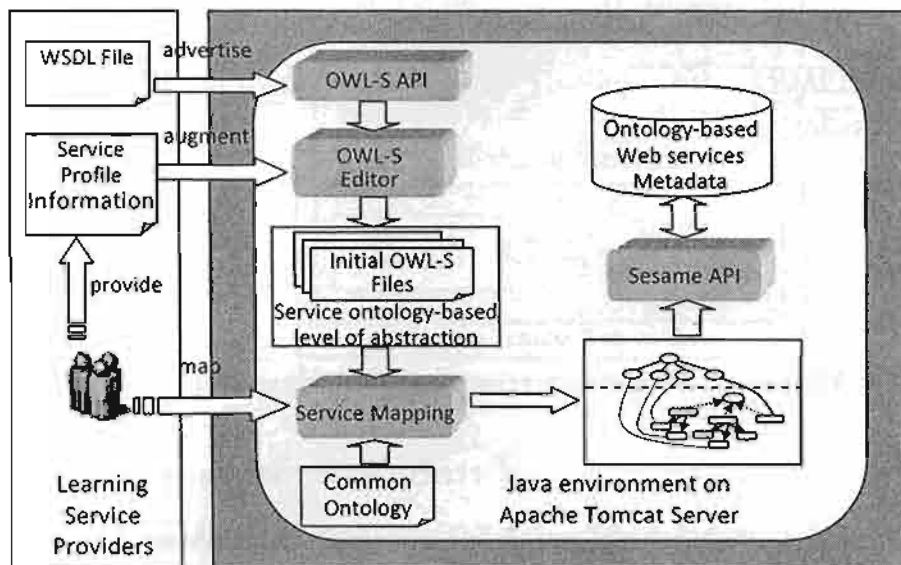
งานวิจัยนี้จะสร้างระบบที่ช่วยในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้จากผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยใช้เมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยี เป็นเครื่องมือช่วยที่สำคัญ ระบบงาน LIS และเมตาดาต้าที่ได้ถูกออกแบบและพัฒนาโดยใช้ตัวอย่างจากกรณีศึกษาที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 5 เพื่อเป็นการพิสูจน์ว่าสามารถนำหลักการทางทฤษฎีของการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ LIS และโครงสร้างเมตาดาต้า ไปสู่การปฏิบัติที่สามารถใช้งานได้จริง และสามารถแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการที่หลากหลายได้ ระบบงาน LIS ในปัจจุบันได้ถูกออกแบบและพัฒนาให้มีหน้าที่เป็นเหมือนตัวแทนผู้ให้บริการ (learning service broker) ที่คอยรับคำร้องขอจากผู้ใช้งานไป ในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ผ่านทางระบบ LIS เพื่อไปเรียกใช้บริการจากผู้ให้บริการที่มีการสร้างตัวบริการเว็บไว้ และยังสามารถรับคำร้องขอของผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ ที่ต้องการมาประกาศข้อมูลบริการของตนที่มีการสร้างตัวบริการเว็บไว้

6.1.1 องค์ประกอบของเครื่องมือในการพัฒนาเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บ

สำหรับการทำงานทางด้านผู้ให้บริการ งานวิจัยนี้ได้มีการทดลองสร้างตัวบริการเว็บให้กับระบบ LMS สองระบบ ที่ถูกพัฒนามนแพลตฟอร์มที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ โดยให้แต่ละระบบที่มีบริการที่เหมือนกัน มีการประกาศข้อมูลบริการที่หลากหลาย ซึ่งทำให้เกิดความขัดแย้งกันข้อมูลบริการขึ้น ตัวอย่างของภาพการทำงานโดยรวมขององค์ประกอบเครื่องมือที่สำคัญในระบบ LIS จะแสดงอยู่ในภาพที่ 6.1

เมื่อผู้ให้บริการได้ลงทะเบียนกับระบบ LIS โดยผ่านทางแบบฟอร์มที่ระบบ LIS ได้สร้างขึ้น ผู้ให้บริการที่เป็นสมาชิกของระบบ LIS จะสามารถกรอกตำแหน่งที่อยู่ของเอกสาร WSDL ที่สร้างจากตัวบริการเว็บของตนบนระบบ LIS โดยผ่านทางอินเตอร์เฟซสำหรับการติดต่อสื่อสาร (communication interface) ซึ่งจะทำการส่งข้อมูลเบื้องต้นนี้ให้กับโมดูลตัวแปลงข้อมูลบริการที่จะทำการอ่านเอกสาร WSDL และทำการแปลงคำอธิบายข้อมูลบริการที่อยู่ในเอกสาร WSDL ของผู้ให้บริการนั้นให้อยู่ในรูปแบบของเอกสาร OWL-S ซึ่งโมดูลตัวแปลงข้อมูลบริการนี้จะถูกพัฒนาโดยผ่าน OWL-S API [32] ซึ่งจะทำให้เกิดเอกสารพื้นฐานสามเอกสารขึ้น ได้แก่ service profile, service model และ service grounding ขึ้น หลังจากนั้นผู้ให้บริการสามารถกรอกข้อมูลบริการและข้อมูลผู้ให้บริการเพิ่มเติมเข้าไปในส่วนของ Service Profile โดยผ่านโมดูล OWL-S editor ที่ระบบสร้างขึ้น กระบวนการถัดไปคือการเชื่อมโยงพารามิเตอร์ที่อยู่ในออนโทโลยีระบบบริการให้เข้ากับคลาสต่างๆของ LOM ที่อยู่ในออนโทโลยีระดับสามัญ โดยผ่านโมดูลการเชื่อมโยงบริการ (service mapping process) ที่จะจัดหา interface สำหรับการเชื่อมโยงพารามิเตอร์นี้ให้กับผู้ให้บริการเลือกที่จะทำการเชื่อมโยงได้ และสำหรับกระบวนการสุดท้ายคือการทำงานที่เรียกว่า "OWL-S integration" ซึ่งจะใช้เครื่องมือ Sesame API [36] ในการรวมออนโทโลยีบริการที่

สร้างใหม่นี้ ให้เข้ากับเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บที่ประกาศไว้แล้วในฐานความรู้เมตาดาต้า (metadata knowledge base) ของระบบ เพื่อสร้างเป็นเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บที่สมบูรณ์และเก็บไว้ในฐานความรู้เมตาดาต้านี้

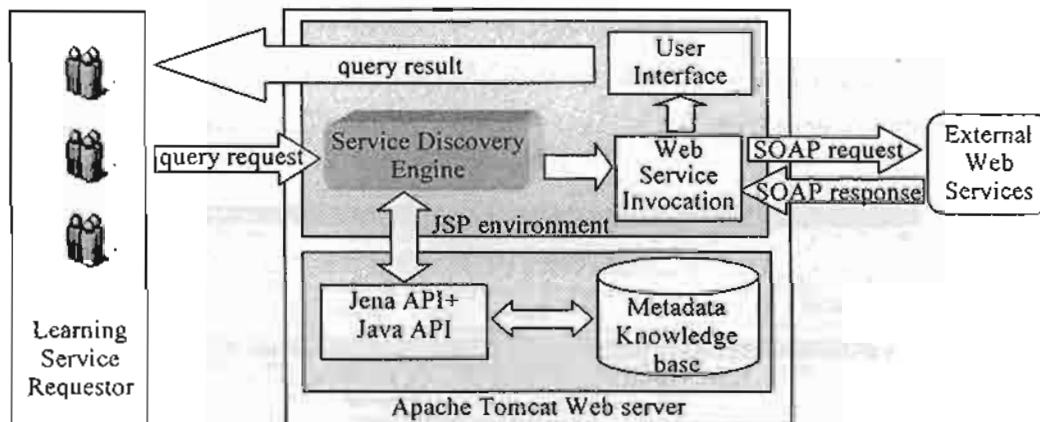


ภาพที่ 6.1 แสดงกระบวนการในการพัฒนาเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บและเครื่องมือต่างๆที่เกี่ยวข้อง

6.1.2 องค์ประกอบของเครื่องมือในการสืบค้นข้อมูลบริการและข้อมูลการเรียนรู้

สำหรับการทำงานทางด้านผู้ใช้งานทั่วไป เมื่อผู้ใช้งานทั่วไปได้มาลงทะเบียนกับระบบ LIS และได้รับสิทธิในการเข้าใช้บริการการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้แล้ว ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถส่งคำร้องที่อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน LOM เข้ามาในระบบผ่านทางตัวสืบค้นข้อมูลบริการ (service discovery engine) ที่ถูกพัฒนาด้วย JSP [37] ที่อยู่ภายใต้การทำงานของ Java virtual machine และปฏิบัติงานอยู่บนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ Apache Tomcat 5.5 ซึ่งตัวสืบค้นข้อมูลบริการนี้จะทำงานในลักษณะของ OWL Reasoner ที่มีการติดต่อกับฐานความรู้เมตาดาต้าโดยผ่านอินเทอร์เฟซ Jena 2.4 API [38] และ Java API [39] และจะส่งคำสั่งการสืบค้นที่อยู่ในรูปแบบของภาษา RDQL [40] ออกไปยังฐานความรู้เมตาดาต้า เพื่อสืบค้นข้อมูลบริการของผู้ให้บริการต่างๆที่มาลงทะเบียนจากฐานความรู้เมตาดาต้า เพื่อหาว่ามีข้อมูลบริการของผู้ให้บริการรายใดที่ตรงกับคำร้องขอของผู้ใช้งานทั่วไปหรือไม่ ข้อมูลบริการของผู้ให้บริการแต่ละรายที่สืบค้นได้จากฐานความรู้เมตาดาต้า จะถูกส่งให้กับโมดูลการเรียกใช้ตัวบริการ (Web service invocation) เพื่อจะทำการสร้างข้อความตามมาตรฐานของ SOAP และส่งไปยังผู้ให้บริการแต่ละรายที่สืบค้นได้นั้น องค์ประกอบในการสืบค้นข้อมูลบริการและข้อมูลการเรียนรู้จะแสดงอยู่ในภาพที่ 6.2

ผลลัพธ์จากการเรียกใช้ตัวบริการเว็บจากผู้ให้บริการจะถูกส่งกลับมายังในรูปแบบของมาตรฐาน SOAP เช่นเดียวกัน ก่อนที่จะถูกส่งไปยังโมดูลการแสดงผลบนเว็บในรูปแบบของเอกสาร HTML ที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ต่อไป



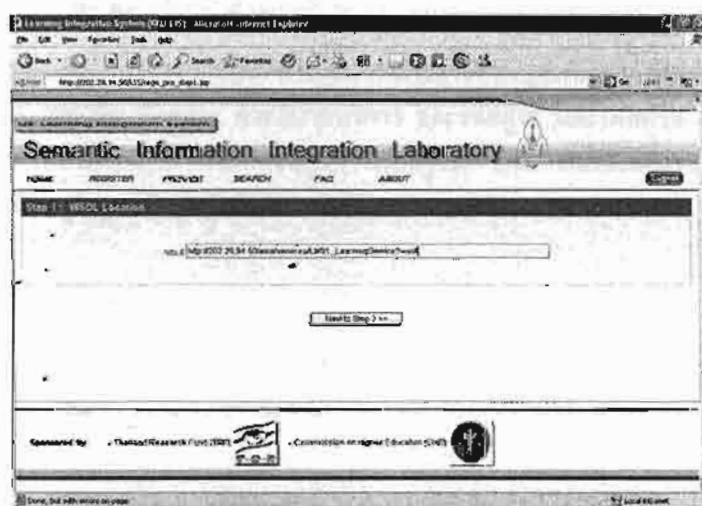
ภาพที่ 6.2 แสดงองค์ประกอบในการสืบค้นข้อมูลบริการและข้อมูลการเรียนรู้ของผู้ใช้งานทั่วไป

6.2 การสร้างผลลัพธ์เมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บ

จากองค์ประกอบและหน้าที่ขององค์ประกอบต่างๆดังที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่แล้ว ในหัวข้อนี้จะแสดงผลลัพธ์ของการทำงานของเครื่องมือที่สำคัญได้แก่ อินเทอร์เน็ตสำหรับการลงทะเบียนของผู้ให้บริการ อินเทอร์เน็ตสำหรับการติดต่อสื่อสาร และตัวแปลงข้อมูลบริการ รวมไปถึงตัวสืบค้นข้อมูลบริการและข้อมูลการเรียนรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

6.2.1 อินเทอร์เน็ตสำหรับการติดต่อสื่อสารและตัวแปลงข้อมูลบริการ

เมื่อผู้ให้บริการลงทะเบียนกับระบบ LIS แล้ว และต้องการประกาศบริการของตนกับระบบ LIS ก็จะมีการเรียกใช้อินเทอร์เน็ตสำหรับการติดต่อสื่อสาร ที่จะจัดสร้างแบบฟอร์มการกรอกข้อมูลบริการสำหรับผู้ให้บริการดังแสดงในภาพที่ 6.3 ซึ่งผู้ให้บริการจะต้องทำการกรอกตำแหน่งที่อยู่ของเอกสาร WSDL ก่อน เพื่อให้ระบบทำการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งที่อยู่นั้น และทำการดึงเอกสารนั้นเข้าสู่ระบบ LIS



ภาพที่ 6.3 แสดงหน้าจอการทำงานของอินเทอร์เน็ตสำหรับการติดต่อสื่อสารสำหรับผู้ให้บริการ

ในขั้นตอนถัดไปคือการลงทะเบียนของผู้ให้บริการ ซึ่งระบบ LIS จะแสดงหน้าจอสำหรับผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ที่สามารถเข้ามาลงทะเบียนกับระบบ LIS โดยผู้ให้บริการจะต้องกรอกข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับผู้ให้บริการเอง เช่น ชื่อ ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ อีเมล และรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่านที่ผู้ให้บริการจะสามารถ login เข้ามาในระบบ LIS ได้ หน้าจอสำหรับการลงทะเบียนผู้ให้บริการจะแสดงอยู่ในภาพที่ 6.4 ข้อมูลนี้จะถูกเก็บเพิ่มเติมอยู่ใน service profile ต่อไป

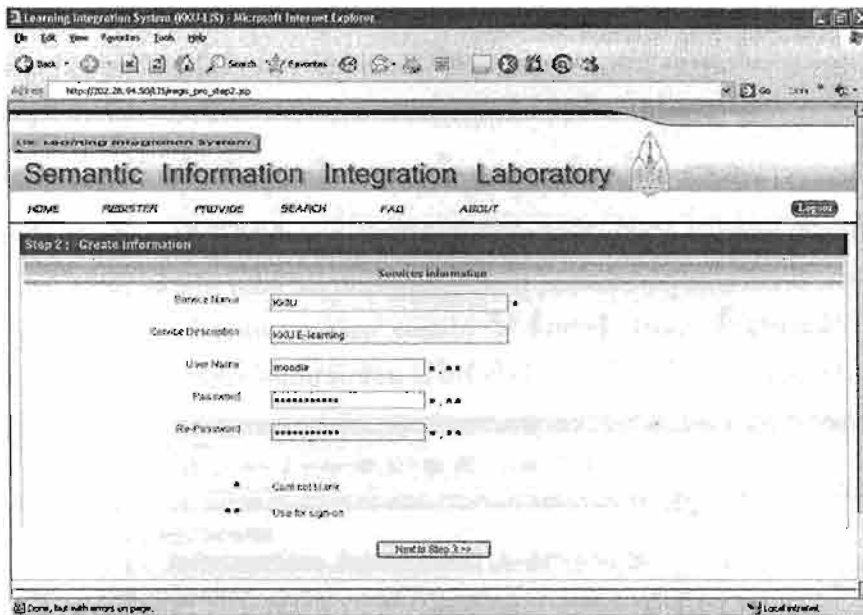
The screenshot shows a web browser window with the title 'Learning Integration System (LIS) - Microsoft Internet Explorer'. The address bar shows 'http://202.28.94.50/LISpage_int.asp'. The page has a navigation menu with links: HOME, REGISTER, PROVIDER, SEARCH, FAQ, and ABOUT. The main content area is titled 'Provider Registration' and contains a form with the following fields:

- Provider Name: nganmai Aron ml
- Provider Description: KOU e-learning Creator
- Physical Address: Department of Computer Science Faculty of Science, Khon Kaen University
- Phone: 043-362188
- Email: nganmai@pku.ac.th
- User Name for login: nganmai
- Password for login: [masked]
- Re Password: [masked]

At the bottom of the form is a 'Submit' button. The status bar at the bottom of the browser window shows 'Done, but with errors on page' and 'Local intranet'.

ภาพที่ 6.4 แสดงหน้าจอการลงทะเบียนของผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้

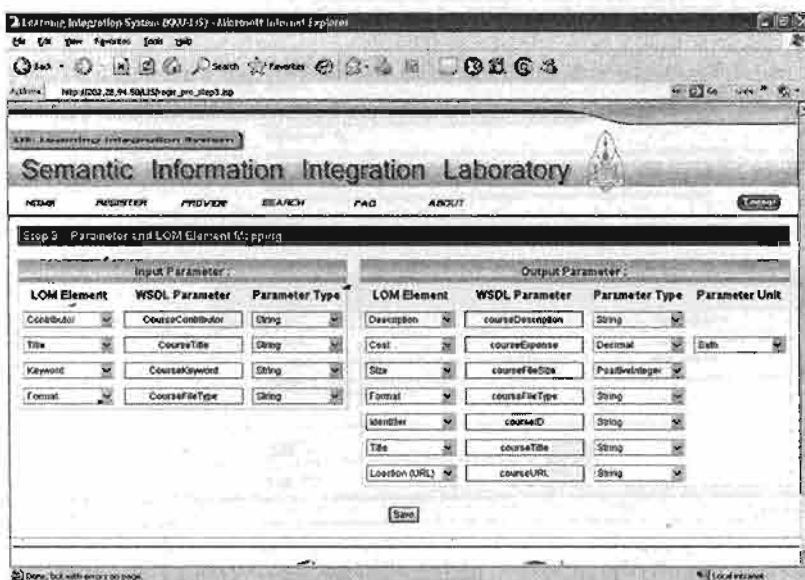
หลังจากที่ผู้ให้บริการทำการลงทะเบียนแล้ว ระบบจะทำการอ่านเอกสาร WSDL ของผู้ให้บริการและแสดงข้อมูลบริการต่างๆให้ผู้ให้บริการทราบ และแปลเป็นเอกสาร OWL-S เริ่มต้นให้ที่ประกอบด้วยเอกสาร service profile, service model และ service grounding ซึ่งเป็นเอกสารเริ่มต้นสำหรับการสร้างเมตาตาต้าสำหรับตัวบริการเว็บ เมื่อผู้ใช้คลิกปุ่มการทำงานถัดไป ก็จะมีแบบฟอร์มให้ผู้ให้บริการหรือผู้สร้าง LMS ทำการกรอกข้อมูลเพิ่มเติม อันได้แก่ ข้อมูลที่เกี่ยวกับบริการ ดังรายละเอียดในภาพที่ 6.5 เช่น ชื่อ Service คำอธิบายบริการ และรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่าน ที่ผู้ให้บริการอนุญาตให้ผู้ใช้ทั่วไปของระบบ LIS สามารถเข้ามาใช้บริการเรียกดูข้อมูลการเรียนรู้ของ LMS นั้นได้โดยตรง โดยไม่ต้องผ่านการ login เข้ามาอีก ซึ่งข้อมูลนี้จะถูกเก็บอยู่ในฐานข้อมูลผู้ให้บริการต่อไป



ภาพที่ 6.5 แสดงหน้าจอการบันทึกข้อมูลรายละเอียดของผู้ให้บริการ

6.2.2 ตัวเชื่อมโยงบริการ

ในขั้นตอนถัดไปคือการเชื่อมโยงออนโทโลยีในระดับข้อมูลบริการให้เข้ากับออนโทโลยีในระดับผู้ใช้ทั่วไปหรือออนโทโลยีสามัญ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะอาศัยตัวเชื่อมโยงบริการในการนำข้อมูลบริการจากฐานความรู้เมตาดาต้ามาแสดงแก่ผู้ให้บริการซึ่งประกอบด้วยพารามิเตอร์นำเข้าและนำออกแต่ละตัวของบริการที่ได้ลงทะเบียนไว้ ผู้ให้บริการสามารถเลือกการเชื่อมโยงของพารามิเตอร์แต่ละตัวกับคลาสต่างๆของ LOMelement ที่อยู่ในออนโทโลยีสามัญ ได้ด้วยตนเองดังตัวอย่างที่แสดงในภาพที่ 6.6



ภาพที่ 6.6 แสดงการเชื่อมโยงพารามิเตอร์ของออนโทโลยีในระดับข้อมูลบริการให้เข้ากับคลาส LOM ในออนโทโลยีสามัญ

การเชื่อมโยงออนโทโลยีจากทั้งสองออนโทโลยีนี้ นอกจากจะเป็นการแก้ปัญหาความขัดแย้งในเชิงความหมายของข้อมูลบริการ ซึ่งได้แก่ ชื่อพารามิเตอร์ด้วย ยังเปิดโอกาสให้ผู้ให้บริการสามารถกำหนดประเภทข้อมูลและหน่วยวัดข้อมูลของออนโทโลยีสามัญได้อีกด้วย เพื่อเป็นการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของประเภทข้อมูลและหน่วยวัดข้อมูล

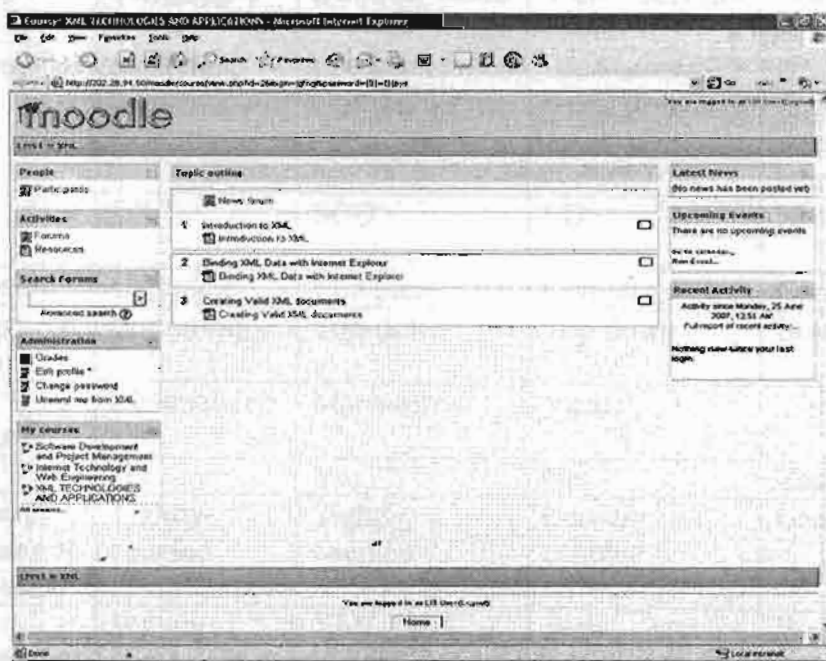
6.3 การสร้างผลลัพธ์การสืบค้นข้อมูลบริการและข้อมูลการเรียนรู้

ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่ผู้ใช้ทั่วไป สามารถส่งคำร้องขอในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้บนพื้นฐานของมาตรฐาน LOM ที่จะระบุเป็นเงื่อนไขในการสืบค้น โดยผ่านตัวสืบค้นข้อมูลบริการ โดยในการนี้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถเลือกการสืบค้นแบบพื้นฐาน (basic search) หรือแบบซับซ้อน (advance search) ได้ ซึ่งการสืบค้นแบบพื้นฐานจะมีการจำกัดอิลิเมนต์ของ LOM ที่จะทำการสืบค้น แต่ถ้าเป็นการสืบค้นแบบซับซ้อน จะไม่จำกัดจำนวนอิลิเมนต์ LOM ที่จะสืบค้น



ภาพที่ 6.7 แสดงผลลัพธ์การแสดงผลการเรียนรู้ที่สืบค้นได้จากตัวบริการเว็บที่หลากหลายที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ทั่วไป

ตัวอย่างเช่น ผู้ใช้ทั่วไปสามารถสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ โดยระบุเงื่อนไขบนมาตรฐาน LOM คือ Keyword คือ "XML" และ FileType คือ "pdf" ซึ่ง Keyword และ FileType นี้จะถูกเรียกว่าเป็น พารามิเตอร์นำเข้าที่ร้องขอ (requested parameters) และข้อมูล "XML" และ "pdf" เป็นข้อมูลเงื่อนไขของคำร้องขอ ซึ่งพารามิเตอร์ที่ร้องขอนี้จะถูกส่งไปยังตัวบริการสืบค้นเพื่อใช้ในการสืบค้นข้อมูลบริการจากเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บในฐานะข้อมูลเมตาดาต้า ซึ่งอาจมีตัวบริการเว็บหลายแห่งที่มีพารามิเตอร์นำเข้าที่สอดคล้องกับพารามิเตอร์ร้องขอนี้ ข้อมูลจากตัวบริการเว็บที่สืบค้นได้นี้ รวมกับข้อมูลเงื่อนไขของคำร้องขอจากผู้ใช้ทั่วไปจะถูกนำมาสร้างเป็นเอกสาร SOAP เพื่อส่งไปยังตัวบริการเว็บที่สอดคล้องเหล่านั้นต่อไป ผลลัพธ์ทั้งที่เป็นพารามิเตอร์นำออกและข้อมูลผลลัพธ์ที่ถูกส่งมาจากตัวบริการเว็บจะถูกนำมาสร้างเป็นเอกสาร SOAP และส่งกลับมายังระบบ LIS เพื่อสร้างเป็นเอกสาร html เพื่อแสดงบนเว็บแก่ผู้ใช้ต่อไป ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 6.7 ข้อมูลผลลัพธ์ที่ถูกส่งกลับมาแสดงจะประกอบด้วย ชื่อวิชา คำอธิบายรายวิชา คำเฉพาะ ประเภทของไฟล์บทเรียน(pdf, html, ฯลฯ) ขนาดของไฟล์ ตำแหน่งที่อยู่ URL ของเว็บไซต์ที่ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้นั้น รวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการเรียน บทเรียนนั้น เป็นต้น ซึ่งผู้เรียนทั่วไปจะสามารถคลิกที่ URL ของเว็บไซต์นั้น เพื่อเข้าสู่บทเรียนของเว็บไซต์ที่ให้บริการได้โดยตรง โดยไม่ต้องทำการ login เข้าสู่บทเรียนที่เว็บไซต์นั้นอีก เนื่องจากระบบจะนำ username และ password ที่ผู้ใช้บริการได้เข้ามาลงทะเบียนไว้ ส่งไปยัง URL ของเว็บไซต์นั้นให้โดยตรง ซึ่งเป็นการใช้คุณลักษณะการทำงานของ single sign on ที่ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าสู่บทเรียนของเว็บไซต์ที่ใดก็ได้ โดย login ผ่านทางระบบ LIS เพียงทีเดียว ดังตัวอย่างในรูปที่ 6.8 ที่ผู้ใช้คลิกเข้าสู่บทเรียนวิชา XML Technologies and Applications ของระบบ LMS Moodle ที่สร้างด้วยภาษา PHP ได้โดยตรง



ภาพที่ 6.8 แสดงหน้าจอการเข้าสู่ระบบ LMS Moodle ได้โดยตรงโดยผู้เรียนทั่วไป

บทที่ 7

อภิปรายผลการทดลอง

ในบทนี้จะทำการอภิปรายผลการทดลองโดยการเปรียบเทียบคุณลักษณะของระบบ LIS ในหลาย ๆ ด้านโดยเปรียบเทียบกับระบบงานอื่นๆ ที่แก้ปัญหาการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายเหมือนกัน ทั้งในด้านการออกแบบสถาปัตยกรรม การประมวลผลการสืบค้น ประเภทของแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการสืบค้น และ มุมมองข้อมูลของผู้ใช้ เป็นต้น

7.1 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของระบบ LIS กับระบบอื่น

ระบบงาน LIS ที่ถูกสร้างขึ้นจากงานวิจัยนี้จะถูกเปรียบเทียบกับระบบงานอื่นๆ ที่ได้อ้างอิงถึงในวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องของบทที่ 2 อันได้แก่ ระบบงาน e-Learning Broker [27] ระบบงาน Generic [3] และระบบงาน LearnServe [28] โดยจะมีการเปรียบเทียบกันในหลายแง่มุมดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 : การเปรียบเทียบระบบ LIS กับระบบงานอื่น

	e-Learning Broker	Generic	LearnServe	LIS
Architecture	Semantic-based	SCORM-based	Web service-based	Semantic and Web Service-based
Data sources	Structure, Semantic structure	Unstructure, Semi-structure	Unstructure, Semi-structure	Unstructure, Structure, Semi-structure, Semantic structure
Common data model	OWL	SCO	LO	XML, OWL
Transparency	Complete	Complete	Complete	Complete
Bottom-up vs. Top-down	Bottom-up	Top-down	Top-down	Bottom-up
Virtual vs. materialized	Materialized	Materialized	Virtual	Virtual
Read-only	No	Yes	No	Yes
Tightly coupled vs. loosely coupled system	Tightly coupled	Tightly coupled	Loosely coupled	Loosely coupled
Mapping translation	Wrapper	XML-DB middleware	Web service interface	Web service interface
Machine-understandable	Yes	No	No	Yes
Semantic conflicts	Yes	No	No	Yes
Flexibility	Yes	No	Yes	Yes
Scalability	Yes	No	Yes	Yes
Interoperability	Yes	Yes	Yes	Yes

จากการเปรียบเทียบระบบ LIS กับระบบงานอื่นๆจะทำให้สามารถสรุปคุณลักษณะของระบบ LIS ได้ดังต่อไปนี้

- ระบบ LIS มีสถาปัตยกรรมเป็นแบบผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีเว็บแบบสื่อความหมายและเทคโนโลยีตัวบริการเว็บ
- ระบบ LIS จะสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูล (data source) ที่หลากหลายทั้งข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้าง เช่น text, ไฟล์ในรูปแบบต่างๆ (เช่น pdf, word, ฯลฯ) ข้อมูลที่มีโครงสร้างเช่น ฐานข้อมูล ข้อมูลแบบกึ่งโครงสร้าง เช่น html, XML และข้อมูลแบบสื่อความหมาย เช่น RDF, OWL เป็นต้น
- ระบบ LIS จะมีการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้และใช้โมเดลข้อมูลสามัญ อันได้แก่ XML ตามมาตรฐาน SOAP ในการรับส่งข้อมูลการเรียนรู้ระหว่างตัวบริการเว็บและระบบงาน LIS และมีการเก็บข้อมูลบริการโดยใช้โมเดลข้อมูลสามัญอันได้แก่ ภาษา OWL
- ระบบ LIS จะอำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้โดยนำเสนอมุมมองข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของมาตรฐาน LOM ที่ผู้ใช้รู้จักโดยไม่ต้องไปยุ่งเกี่ยวกับตัวบริการเว็บแต่อย่างใด (user transparency)
- ระบบ LIS จะมีการออกแบบและพัฒนาแบบ Bottom-up โดยจะมีการพัฒนาจากแหล่งข้อมูลที่มีอยู่แล้ว (existing resources) ของผู้ให้บริการแต่ละที่มาสร้างเป็นตัวบริการเว็บ แล้วจึงไปทำการออกแบบองค์ประกอบต่างๆของระบบงาน LIS จนถึงการออกแบบออนโทโลยีสามัญสำหรับผู้ใช้ในระดับนสุด
- นอกจากนี้ระบบ LIS ยังถูกออกแบบบนพื้นฐานของสถาปัตยกรรมการบูรณาการแบบ virtual integration ซึ่งจะมีการสืบค้นข้อมูลจากตัวบริการเว็บ ณ เวลาที่ผู้ใช้มีการร้องขอทันทีทันใด จึงได้ข้อมูลที่มีความทันสมัยตลอด ซึ่งต่างกับบางระบบงานอื่นบางระบบที่เป็นแบบ materialized integration ซึ่งจะต้องมีการเก็บข้อมูลมาไว้ที่ระบบส่วนกลางก่อน จึงจะสามารถสืบค้นข้อมูลไปใช้ได้ ซึ่งบางครั้งอาจทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่ทันสมัย
- ในการพัฒนาระบบ LIS ยังมีข้อจำกัดที่ระบบยังให้บริการแค่การสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้เพียงอย่างเดียว ยังไม่ได้มีการพัฒนาบริการอย่างอื่น เช่น บริการการติดตามผลการเรียนของผู้เรียน ซึ่งจะเป็นหน้าที่ของ LMS ในแต่ละที่เมื่อผู้ใช้ทั่วไปสามารถเข้าไปใช้บริการใน LMS นั้นได้ หรือบริการการคิดค่าใช้จ่ายในการเรียนของผู้เรียน เป็นต้น
- เนื่องจากระบบ LIS จะมีออกแบบบนพื้นฐานของตัวบริการเว็บ ที่เปิดโอกาสให้แต่ละโปรแกรมประยุกต์สามารถติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ง่าย ดังนั้นจึงถือว่าเป็นระบบบูรณาการที่เป็นแบบ loosely coupled system ที่จะส่งผลให้ขยายระบบเมื่อมีผู้ให้บริการต้องการเข้าร่วมใช้งานกับระบบ LIS เพิ่มขึ้นจะสามารถทำได้ง่าย
- ระบบ LIS จะมีการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ที่สืบค้นได้จากตัวบริการเว็บโดยผ่าน Web service interface และมาตรฐานโปรโตคอล SOAP
- ระบบ LIS จะมีเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บ เพื่อเก็บคำอธิบายข้อมูลบริการด้วยภาษา OWL-S ซึ่งเป็นภาษาแบบสื่อความหมายที่ช่วยให้ซอฟต์แวร์เอเจนต์หรือโปรแกรมประยุกต์อื่นๆสามารถเข้าใจความหมายและสามารถสืบค้นข้อมูลบริการได้ (machine-understandable)
- เนื่องจากระบบ LIS จะมีการแทนเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บด้วยภาษา OWL-S ซึ่งนอกจากจะช่วยให้การสืบค้นข้อมูลบริการสามารถทำได้ด้วยตัวสืบค้นข้อมูลบริการแล้ว ยังสามารถช่วยแก้ปัญหาความขัดแย้งกันในเชิงความหมายของข้อมูลบริการจากผู้ให้บริการที่หลากหลายได้อีกด้วย

- การออกแบบเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บ จะมีความยืดหยุ่นในการเพิ่มเติมหรือแก้ไขข้อมูลบริการ โดยผ่านอินเตอร์เฟซที่ระบบ LIS ได้ออกแบบไว้ให้
- ระบบ LIS จะอำนวยความสะดวกในการขยายระบบ เมื่อมีผู้ให้บริการใหม่ต้องการเข้ามาใช้บริการของระบบ LIS เพิ่ม โดยผ่านระบบลงทะเบียนของระบบ LIS
- ระบบ LIS จะช่วยให้ระบบหรือโปรแกรมประยุกต์ที่มีความแตกต่างกัน สามารถติดต่อสื่อสารกัน และแลกเปลี่ยนข้อมูลร่วมกันได้ง่ายโดยผ่านทางเทคโนโลยีตัวบริการเว็บ

7.2 ข้อดีและข้อเสียของระบบ LIS

ในหัวข้อนี้จะสามารถสรุปข้อแตกต่างที่เป็นข้อเด่นของระบบ LIS ที่มีเหนือกว่าระบบอื่นดังต่อไปนี้

- (1) ระบบ LIS จะมีการสร้างฐานความรู้เมตาดาต้า ที่เก็บเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บที่แทนด้วยภาษา OWL-S เพื่อเก็บข้อมูลบริการของตัวบริการเว็บแต่ละตัว ซึ่งทำให้ตัวสืบค้นข้อมูลบริการสามารถสืบค้นข้อมูลบริการได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องมีคนมายุ่งเกี่ยว และการสืบค้นก็สามารถทำได้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ เนื่องจากข้อมูลบริการสามารถสืบค้นได้อย่างมีความหมาย อันเป็นการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการได้
- (2) ผู้ใช้ทั่วไปสามารถส่งคำร้องขอในรูปแบบของอิลิเมนต์ LOM ที่ผู้ใช้รู้จัก โดยไม่ต้องยุ่งเกี่ยวกับข้อมูลบริการจริงของตัวบริการเว็บ ซึ่งคำร้องขอของผู้ใช้ทั่วไปนี้ถูกเชื่อมโยงไปยังข้อมูลบริการจริงของตัวบริการเว็บที่เก็บอยู่ในฐานความรู้เมตาดาต้าโดยอัตโนมัติโดยผ่านตัวเชื่อมโยงข้อมูลบริการเพียงที่เดียว โดยไม่ต้องไปหาข้อมูลบริการจากระบบ UDDI อื่นๆเอง
- (3) องค์ประกอบพื้นฐานของเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บสามารถอธิบายได้ในรูปแบบของทฤษฎีเซตและ RDF model ที่สอดคล้องกับโครงสร้างภาษา OWL ที่ใช้แทนเมตาดาต้านี้
- (4) ระบบ LIS จะมีการออกแบบเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บจะมีความยืดหยุ่นในการแก้ไขและเพิ่มเติมข้อมูลบริการ รองรับการขยายขนาดของระบบหรือการเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการ และการใช้เทคโนโลยีตัวบริการเว็บจะช่วยให้การทำงานร่วมกันของโปรแกรมประยุกต์ที่แตกต่างกันของผู้ให้บริการที่หลากหลายสามารถทำได้ง่าย

อย่างไรก็ตาม ระบบ LIS ก็ยังมีข้อที่ยังต้องปรับปรุงเพิ่มเติมให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้นในด้านต่างๆดังต่อไปนี้

- (1) ควรมีการสร้างบริการอื่นๆเพิ่มเติมอีก เช่น ระบบการคิดค่าบริการจากผู้ให้บริการ การสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ที่อยู่ในรูปแบบของออบเจกต์การเรียนรู้ เพื่อให้สามารถติดตามการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ เป็นต้น
- (2) การเชื่อมโยงของออนโทโลยีในระดับผู้ใช้ทั่วไปหรือออนโทโลยีสามัญให้เข้ากับออนโทโลยีในระดับข้อมูลบริการ ควรสามารถทำได้อย่างอัตโนมัติ โดยไม่ต้องมีผู้ให้บริการต้องทำการเลือกข้อมูลการเชื่อมโยง ระบบควรจะสามารถแนะนำข้อมูลบริการที่มีความสอดคล้องกันให้กับผู้ให้บริการในการตัดสินใจการเชื่อมโยงได้
- (3) บางครั้งการสืบค้นข้อมูล ณ เวลาที่ผู้ใช้ส่งคำร้องขอ อาจต้องใช้เวลาในการสืบค้น เนื่องจากเป็นการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลผู้ให้บริการโดยตรง ซึ่งจะขึ้นกับเครือข่ายว่ามีปัญหาหรือความล่าช้าหรือไม่ ซึ่งระบบควรมีการเก็บสำรองข้อมูลการเรียนรู้ของผู้ให้บริการที่ผู้ใช้เคยสืบค้นมาแล้วไว้ในระบบกลางเพื่อช่วยเพิ่มความเร็วในการสืบค้นได้อีกในระดับหนึ่ง

- (4) การเพิ่มระบบรักษาความปลอดภัยของการเข้าสู่ระบบของผู้ใช้ทั่วไป ควรพัฒนาให้เป็นไปตามมาตรฐานของ single sign on จริงๆ

บทที่ 8

สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะนำเสนอสถาปัตยกรรมระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้จากระบบจัดการการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อการแก้ปัญหาการทำงานร่วมกันของระบบจัดการการเรียนรู้ที่ต่างแพลตฟอร์มกัน ทำให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลร่วมกันได้ โดยใช้เทคโนโลยีตัวบริการเว็บร่วมกับออนโทโลยี ซึ่งงานวิจัยที่นำเสนอนี้มีการนำเสนอทั้งทางด้านทฤษฎีและทางปฏิบัติ เพื่อแสดงให้เห็นว่าสิ่งที่ได้ศึกษาจากงานวิจัยสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้จริง จึงสามารถสรุปสิ่งที่ได้จากงานวิจัยดังต่อไปนี้

8.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้มีการนำเสนอทั้งในด้านทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติดังต่อไปนี้

- (1) ได้นำเสนอสถาปัตยกรรมระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้ที่เรียกว่า LIS เพื่อทำให้ระบบจัดการการเรียนรู้หรือ LMS ที่แตกต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ และแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการ
- (2) ได้นำเสนอสถาปัตยกรรมการเชื่อมโยงตัวบริการเว็บที่ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆที่ช่วยในการสร้างเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บ และสถาปัตยกรรมการสืบค้นตัวบริการเว็บของระบบ LIS เพื่อช่วยให้การสืบค้นข้อมูลบริการจากตัวบริการเว็บสามารถทำได้อย่างอัตโนมัติ
- (3) ได้นำเสนอเทคนิคการโมเดลให้ได้มาซึ่งโครงสร้างเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บบนพื้นฐานของออนโทโลยีเพื่อใช้เป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบ LIS ในการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการ และการสืบค้นข้อมูลบริการ
- (4) ได้นำเสนอองค์ประกอบพื้นฐานของเมตาดาต้าในรูปแบบของทฤษฎีเซต และโมเดล RDF ที่ใช้ในการอธิบายโครงสร้างพื้นฐานของเมตาดาต้า
- (5) ได้นำเสนอโครงสร้างเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บที่อยู่ในรูปแบบของภาษา OWL-S ที่มีโครงสร้างพื้นฐานสอดคล้องกับโครงสร้างที่แสดงในรูปแบบของทฤษฎีเซตและโมเดล RDF จึงเป็นการพิสูจน์ถึงการนำไปใช้งานได้จริงของเมตาดาต้า การใช้ภาษา OWL-S ในการแทนโครงสร้างเมตาดาตาดังนี้ ยังช่วยในการสืบค้นข้อมูลของซอฟต์แวร์เอเจนต์หรือโปรแกรมประยุกต์ที่ทำให้สามารถเข้าใจความหมายร่วมกันของข้อมูลได้
- (6) โครงสร้างเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บที่ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาของระบบ e-Learning ในปัจจุบันนี้ ยังช่วยให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถส่งคำร้องขอที่อยู่ในรูปแบบของมาตรฐาน LOM บนออนโทโลยีสามัญ โดยไม่ต้องทราบว่าข้อมูลบริการนั้นถูกเก็บอยู่ในที่ใด ทั้งนี้เนื่องจากการสร้างตัวเชื่อมโยงข้อมูลบริการที่ถูกใช้เป็นเครื่องมือในการเชื่อมโยงออนโทโลยีในระดับข้อมูลบริการ ให้เข้ากับออนโทโลยีในระดับผู้ใช้ทั่วไป อีกทั้งยังทำให้สามารถแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของข้อมูลบริการจากผู้ให้บริการที่หลากหลายได้อีกด้วย
- (7) การสร้างตัวสืบค้นข้อมูลบริการจะช่วยให้ระบบ LIS สามารถสืบค้นข้อมูลบริการของตัวบริการเว็บจากที่ต่างๆได้อย่างอัตโนมัติโดยอาศัยข้อมูลจากเมตาดาต้าสำหรับตัวบริการเว็บ อันทำให้การสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้จากผู้ให้บริการผ่านทางตัวบริการเว็บสามารถทำได้อย่างอัตโนมัติและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ทั่วไปมากที่สุด

8.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยมาเป็นระยะเวลา 2 ปีเต็ม สามารถสรุปผลงานวิจัยที่ได้โดยแบ่งเป็นผลงานตีพิมพ์และผลงานที่เป็นโปรแกรมระบบจากงานวิจัยดังต่อไปนี้

8.2.1 ผลงานตีพิมพ์

ผลงานที่เป็นบทความจากงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์แล้วจากงานประชุมทางวิชาการทั้งในระดับนานาชาติและระดับชาติจะมีดังต่อไปนี้

- Ngamnij Arch-int, Chidchanok Lursinsup, and Peraphon Sophatsathit , " A Reference Architecture for Interoperating the existing e-Learning System using Metadata and Web Services Model ", *Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Agents, Web Technology, and Internet Commerce -IAWTIC'2005, Vienna, Austria (28-30 Nov, 2005)*, pp. 891-896. (แสดงอยู่ในภาคผนวก ก)
- Ngamnij Arch-int, Chidchanok Lursinsup, Peraphon Sophatsathit, and Teerarat Amonpongkul , " E-Learning Systems Integration using Metadata and Web Services Model ", *Proceedings of the 2nd National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT'2006)*, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Thailand, May 19-20,2006. (แสดงอยู่ในภาคผนวก ข)

ผลที่เป็นบทความที่กำลังอยู่ในระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติ ได้แก่

- Ngamnij Arch-int, Chidchanok Lursinsup, and Peraphon Sophatsathit , " Semantic Information Integration for e-Learning System using Common Ontology and Semantic Web Services Model ", *International Journal of Computers and Their Applications*, USA, 2007 (submitted).

8.2.2 ผลงานที่เป็นโปรแกรมระบบจากงานวิจัย

เมื่อเสร็จสิ้นโครงการงานวิจัย ผู้ดำเนินงานวิจัยได้พัฒนาโปรแกรมระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้ หรือที่เรียกว่าระบบ LIS ขึ้นมา เพื่อเป็นการทดสอบว่าสามารถนำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปประยุกต์ใช้งานในเชิงปฏิบัติได้ โดยระบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมานี้ จะถูกติดตั้งเพื่อให้ผู้ใช้ทั่วไปเข้ามาทดลองใช้งานได้ที่ <http://202.28.94.50/LIS/index.jsp>

โดยในเบื้องต้นนี้ จะให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถเข้ามาสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้จากระบบ LMS ที่แตกต่างกันของภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่มีการพัฒนาระบบ LMS สำหรับวิชาการระดับปริญญาตรี และระบบ LMS สำหรับวิชาการระดับปริญญาโท โดยอยู่แยกกันคนละระบบ แต่ละระบบ LMS จะถือว่าเป็นผู้ให้บริการที่มีการสร้างตัวบริการเว็บไว้ ซึ่งระบบงาน LIS จะถูกพัฒนาเพื่อเป็นตัวกลางเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้ทั่วไปและระบบ LMS ต่างๆ เพื่อให้บริการสืบค้นข้อมูลวิชาได้ตามเงื่อนไขความต้องการของผู้ใช้ได้

8.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

งานวิจัยนี้ยังมีส่วนที่สามารถทำเพิ่มเติมได้อีกในหลายจุดคือ

- (1) ในการเชื่อมโยงออนไลน์ในระดับข้อมูลบริการให้เข้ากับออนไลน์สามัญ ถึงแม้ในงานวิจัยนี้จะมีการพัฒนาตัวเชื่อมโยงข้อมูลบริการช่วยการสร้างอินเทอร์เน็ตเฟสของการเชื่อมโยงให้ แต่ก็ยังต้องให้ผู้ให้บริการเป็นผู้ตัดสินใจที่จะเชื่อมโยงพารามิเตอร์ตัวใดให้เข้ากับคลาสใน LOElement ซึ่งในอนาคตระบบควรพัฒนาตัว

เชื่อมโยงข้อมูลบริการให้สามารถแนะนำได้ว่ามีพารามิเตอร์ใดในออนโทโลยีระดับข้อมูลบริการที่มีความสอดคล้องกับคลาสที่อยู่ในออนโทโลยีสามัญได้ เพื่อช่วยแบ่งเบาภาระของผู้ให้บริการ

- (2) ตัวสืบค้นข้อมูลบริการสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการสืบค้นด้วยการพัฒนาอัลกอริทึมของการสืบค้นเพื่อการค้นหาคำบริการเว็บที่มีพารามิเตอร์ทั้งนำเข้าและนำออกที่สอดคล้องกับพารามิเตอร์ที่ผู้ใช้ทั่วไปร้องขอซึ่งอาจมีทั้งพารามิเตอร์นำเข้าและนำออกด้วยเช่นกัน เพื่อให้ได้ตัวบริการเว็บที่สอดคล้องมากที่สุด
- (3) สามารถพัฒนาการเข้าสู่ระบบของสมาชิก ให้มีความปลอดภัยสูงขึ้นไปอีกตามมาตรฐานของเทคโนโลยี single sign on
- (4) งานวิจัยนี้ยังสามารถที่จะนำไปประยุกต์กับงานทางด้านอื่นๆที่ต้องการทำให้ระบบงานที่พัฒนาด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่แตกต่างกันสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลร่วมกันได้ นอกเหนือจากการแก้ปัญหาของระบบ e-Learning ที่ได้นำเสนออยู่ในงานวิจัยนี้

บรรณานุกรม

- [1] ADL (Advanced Distributed Learning), *SCORM[®] 2nd Edition Overview* (2004). Available at: <http://www.adlnet.org>.
- [2] ADL (Advanced Distributed Learning), *ADL and the Sharable Content Object Reference Model (2002)*. Available at: <http://www.JointADLCoLab.org>.
- [3] P. Arapi, N. Moumoutzis, and S. Christodoulakis, Supporting Interoperability in an Existing e-Learning Platform using SCORM. In: *Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT-03*, Greece (2003), 388-390.
- [4] ADL Technical Team, *SCORM Specification v1.2* (2003). Available at: <http://www.adlnet.org/index.cfm?fuseaction=scormabt>.
- [5] IEEE P1484.12.1, *Learning Object Metadata (LOM) Standard* (2002). Available at: <http://ltsc.ieee.org/wg12/>.
- [6] IMS Global learning Consortium Inc., *IMS Learning Resource Meta-data Information Model* (2001). Available at: <http://www.imsproject.org/>.
- [7] W3C, *Web Services Architecture* (2004). Available at: <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>.
- [8] OASIS, *Universal Description, Discovery and Integration (UDDI)* (2001). Available at: <http://www.uddi.org/>.
- [9] E. Christensen, F. Curbera, G. Meredith, and S. Weerawarana, *Web Services Description Language (WSDL) 1.1* (2001). Available at: <http://www.w3.org/TR/wsdl>.
- [10] W3C, *SOAP version 1.2 Part 0: Primer* (2003). Available at: <http://www.w3.org/TR/soap12-part0/>.
- [11] T.R. Gruber, A translation approach to portable ontology specifications, *Knowledge Acquisition* 4(2) (1993) 199-220.
- [12] D. Fensel, *Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce*, Springer-Verlag, Berlin, 2001.
- [13] M. Uschold, and M. Gruninger, ONTOLOGIES: Principles, Methods and Applications, *The Knowledge Engineering Review*, 11(2) (1996) 93-155.
- [14] D. Martin, M. Burstein, J. Hobbs, O. Lassila, D. McDermott, S. McIlraith, S. Narayanan, M. Paolucci, B. Parsia, T. Payne, E. Sirin, N. Srinivasan, and K. Sycara, *Owl-s: Semantic markup for web services* (2004). Available at: <http://www.daml.org/services/owl-s/1.1/overview/>.
- [15] CETIS (the Centre For Educational Technology Interoperability Standards), *What is IEEE Learning Object Metadata / IMS Learning Resource Metadata?* (2005). Available at: <http://www.cetis.ac.uk>.
- [16] T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila. The semantic web, *Scientific American*, 284(5) (2001) 34-43.
- [17] H.S. Nwana, M. Wooldridge, Software Agent Technologies, *BT Technology Journal*, 14(4) (1996) 68-78.

- [18] G. Antoniou and F.V. Harmelet, *A Semantic Web Primer*, MIT press, USA, 2004.
- [19] W3C, *Extensible Markup Language (XML) 1.0* (1998). Available at: <http://www.w3.org/TR/REC-xml>.
- [20] O. Lassila and R. R. Swick. *Resource description framework (rdf) model and syntax specification*. W3C Recommendation (22 February 1999). Available at: <http://www.w3.org/RDF>.
- [21] D. Brickley, R.V. Guha, eds. *Resource Description Framework Schema (RDFS)*, W3C Proposed Rec. (03-Mar-1999). Available at: <http://www.w3.org/TR/PR-rdf-schema/>.
- [22] D. L. McGuinness and F. van Harmelen. *Owl: web ontology language overview*. W3C Recommendation (10 February 2004). Available at: <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>.
- [23] F. van Harmelen, P. Patel-Schneider, and I. Horrocks. *Reference description of the DAML+OIL ontology markup language* (2001). Available at: <http://www.daml.org/2001/03/daml+oil-index.html>.
- [24] C. M. Daconta, J. L. Obrst, T. K. Smith. *The Semantic Web: A guide to the future of XML, Web Services, and Knowledge Management*, John Wiley & Sons, 2003.
- [25] US Census Bureau, *North American Industry Classification System (NAICS)* (1997). Available at: <http://www.census.gov/epcd/www/naics.html>.
- [26] United Nations and Dun & Bradstreet Co, *United Nations Standard Products and Services Codes (UNSPSC)* (1999). Available at: <http://eccma.org/unspsc>.
- [27] J.M. Santos, L. Anido, M. Llamas, Design of a Semantic Web-based Brokerage Architecture for the E-learning Domain. A Proposal for a Suitable Ontology, *Frontiers in Education*. In: *Proceedings of the 35th Annual Conference FIE '05*, Pontevedra, Spain (2005), S3H-18- S3H-23.
- [28] G. Vossen, P. Westerkamp, Maintenance and Exchange of Learning Objects in a Web Services Based E-Learning System, *Electronic Journal of e-Learning*, 2 (2) (2004) 292-304.
- [29] IMS Global Learning Consortium Inc., *IMS Content Packaging Specification v1.1.2* (1998). Available at: <http://www.imsproject.org/content/packaging/index.html>.
- [30] IMS Global Learning Consortium Inc., *IMS Learning Resource Metadata Specification v1.2.1* (1998). Available at: <http://www.imsproject.org/metadata/index.html>.
- [31] Z. Xu, Z Yin, A.E Saddik, A Web Services Oriented Framework for Dynamic E-Learning Systems, 2003, In: *Proceeding of the IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering CCECE-2003*, Ottawa Univ., Canada (2003), 943 – 946.
- [32] MindSwap, “*OWL-S API*,” Available at: <http://www.mindswap.org/2004/owl-s/api/index.shtml>, (2004).
- [33] W3C, *XML Schema Part 2: Datatypes* (2001). W3C Recommendation. Available at <http://www.w3.org/TR/xmlschema-2>.

- [34] P.E.V. Vet and N.J.I. Mars, Bottom-Up Construction of Ontologies, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 10 (4) (1998) 513-526.
- [35] SemWebCentral, *OWL-S Editor - A tool to read, edit, and write OWL-S ontologies* (2004). Available at: <http://projects.semwebcentral.org/projects/owlseeditor/>.
- [36] J. Broekstra, A. Kampman, F. H. Van, *Sesame: A Generic Architecture for Storing and Querying RDF and RDF Schema*. In: I. Horrocks, J. Hendler, (eds.), *Proceedings of the 1st International Semantic Web Conference, ISWC-2002*, Sardinia, Italy, Springer (2002) 54-68.
- [37] Sun Microsystems Inc., *Java Server Page (JSP)* (2000). Available at: <http://java.sun.com/products/jsp/>.
- [38] Hewlett-Packard, *Jena: a Java framework for writing Semantic Web applications* (2003). Available at <http://www.hpl.hp.com/semweb/jena.htm>.
- [39] SUN Microsystems, *Java Development Kit 1.1.x*, 1999 <http://www.javasoft.com/products/jdk/1.1>.
- [40] A. Seaborne, *RDQL - A Query Language for RDF* (2004). Available at: <http://www.w3.org/Submission/RDQL/>.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในงานประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติ

IEEE International Conference on Intelligent Agents, Web Technology, and Internet Commerce -IAWTIC'2005,

กรุงเวียนนา ประเทศออสเตรีย 28-30 พฤศจิกายน 2548

A Reference Architecture for interoperating existing e-Learning Systems using Metadata and Web Services Model*

Ngamnij Arch-int¹

Chidchanok Lursinsup²

Peraphon Sophatsathit²

¹Department of Computer Science, Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand 40002

²Department of Mathematics, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

Email: ngamnij@kku.ac.th, lchidcha@chula.ac.th, Peraphon.S@chula.ac.th

Abstract

The increasing demand for interoperability existing heterogeneous e-learning systems to support accessibility, reusability, and adaptability has always been one of the most challenging researches. A number of research efforts have been proposed to address this problem, ranging from development of a SCORM conformant courseware to Web services-based e-learning systems. This paper proposes a reference architecture for interoperating the existing e-learning system with the help of Web services and a metadata-UDDI model. The proposed metadata-UDDI model is designed as a core component of the architecture and provided the service information for generating the lightweight communication protocols between heterogeneous e-learning platforms. As a consequence, the semantic service heterogeneity is eliminated. An XML-based data model is employed to manipulate and express the metadata-UDDI contents. The inherent flexibility of XML technology permits system-wide interoperability suitable for a Web-based environment.

1. Introduction

Currently, the educational system has been evolved into electronic learning (or e-learning) that enriches the traditional learning system by providing the autonomous learning for learners and allowing learner to learn anywhere and anytime. The e-learning system also provides a means to deliver skills and knowledge to the learner through the Learning Management

System (or LMS) bringing the learning system toward the student-center learning. With the greater benefits and growing acceptance of e-learning, most educational institutions develop e-learning systems according to their own requirements. Therefore, the heterogeneous e-learning platforms have been emerged that lead to lacking of flexibility, interoperability, and reusability. A lot of learning resources have been developed with redundancy and high cost investment.

Until recently there has been a significant effort to set up a unit of learning into Learning Object (LO) [1, 2] based on Sharable Content Object Reference Model (SCORM) [3, 4]. The objective of LO is to define a standard and appropriate description (or metadata) for LO in which LOs created from multiple sources can be easily discovered and reused. In order to support exchangeability and reusability of LO between different LMSs and flexibility to plug LO into a content package [5, 6], learning object should exhibit three properties, which are, cohesive, decoupled and context-free [7].

However, describing a course through SCORM needs reconstruction of the course almost from the beginning or finding a mechanism to map existing resources to SCORM content model components [8]. Hence, the SCORM conformant courseware will take more time and cost in developing processes. Beside, it is rather difficult to discover the relevant LOs which have been developed by different authors to be plugged into the courseware.

This research proposed a reference architecture for interoperating the existing e-learning systems. With the emergence of a promising Web services

* This work is part of the research project of Semantic Information Integration for e-Learning Systems using Ontology and Web Services model which is supported by the Thailand Research Fund (TRF), Thailand.

technology [9, 10], Web services are defined as the open standards that provide a flexible solution for integrating the heterogeneous applications and enabling the dynamic interoperability between different systems. The salient characteristics of Web Services render themselves attractive to be incorporated as an assistant mechanism for e-learning interoperability. The proposed reference architecture is designed specifically to enable content authors, instructors, learners and administrators operating in different organizations to discover and invoke services dispersed over heterogeneous systems, as well as management learning information, such as, LOs, and learning courses (e.g., HTML, documents, JPEG, GIF, etc.). The architecture incorporates the metadata-UDDI as a central directory for services registration and services discovery. In order to solve the semantic conflicts of service names provided by heterogeneous service providers, the metadata-UDDI also serves as a repository to store service data descriptions. These service data descriptions are subsequently used for automatic generating SOAP [11] messages facilitating communication between applications.

In order to support system-wide interoperability suitable for a Web-based environment, we choose XML as the language for expressing the metadata-UDDI contents, as well as providing flexibility and scalability in building and manipulating the service data descriptions.

The remainder of the paper is structured as follows. Section 2 describes closely related works. Section 3 furnishes an overview and details of reference architecture components. Section 4 presents the structural design of the XML-based metadata-UDDI which is a core component of the architecture. These include XML-DTD and a valid XML document structure. Section 5 concludes the paper and suggests further research extension.

2. Related Work

The interoperating of existing e-Learning systems is a challenging research area. Recent research endeavors furnish numerous approaches and methodologies for exchanging learning data between e-learning systems.

For example, the research of [8] proposed a generic architecture to support exporting and importing the SCORM 1.2 Content Packages called Package Interchange Files (PIF) between relational databases of the preexistent e-learning platform. The core component of the architecture is middleware tier responsible for finding all learning resources to be stored as SCO's and Assets in the Content Package, as

well as mapping and transforming between relational database schemas and SCORM XML Schemas.

The research of [12] proposed an architecture called LearnServe by applying the Web service paradigm to e-learning such that the learning objects can be exchanged and maintained between e-learning systems. The entire functionality of an e-learning system is decomposed into groups of activities which can be implemented as a variety of services. In order to support exchangeability and reusability learning contents, all LOs, classes, and courses that are stored on different servers need to be registered in a central repository together with meta-information. The Web service can be employed to read the metadata and store the information in the database provided by the repository. Hence, users can transfer the dynamic call of Web services to the call of learning contents.

The research of [13] proposed a Web services oriented framework for e-learning systems aiming to facilitate the discovery of learning components and applications and the loosely connection. The framework enables different LMSs to interact with each other and share their services via the Web service interface. Service providers can publish their learning services in the UDDI [14] that can be discovered by other service requester. The framework also provides a single sign on process for learners in accessing courses from one institution to another.

Although, a number of researches aim to propose the architectures or frameworks to interoperate existing e-learning systems such that the learning contents can be exchanged and reused, none of these approaches emphasize on solving semantic conflicts of the service names provided by different service providers.

3. Reference Architecture

In this section the proposed reference architecture for interoperating the existing e-learning systems is depicted in Figure 1. The architecture consists of multiple tiers, namely, web client components, learning services integration center, metadata-UDDI, and learning service providers, as described below:

(1) **Web Client Components** consist of learners, and content authors (i.e., teachers and instructional designers) whose serve as the learning service requesters. The web client components communicate with learning service integration center in a Web-based environment. This tier provides location transparency to users for maximal flexibility. The users can search requests without any priori knowledge of local sources or remote sources to be accessed through Web services.

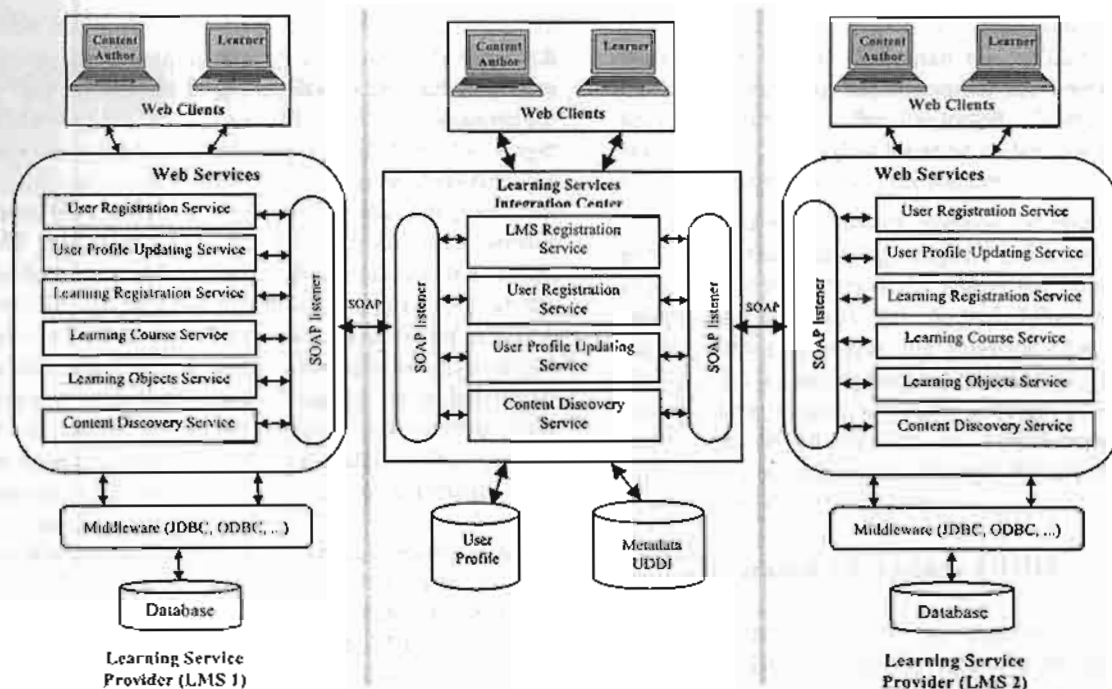


Figure 1. A reference architecture for interoperating the existing e-learning systems.

Learners can search for learning courses by specifying a part of course name or topic in the course as a keyword for searching. Upon submission of a learner query, the relevant learning courses that can be arbitrarily distributed in different LMSs will be consolidated and returned to the learner via the content discovery service. On the other hand, the content authors who need to create their courses from existing LOs can search for LOs and plug them into the course so that the developing time could be shortened.

(2) **Learning Service Integration Center** is a local SCORM compatible LMS and serves as a learning service broker which obtains the user requests from web client components and subsequently invokes the corresponding services to serve the user requests. This tier is made up of four principle services, namely, the LMS registration, user registration, user profile updating and content discovery services as described below:

(2.1) *LMS registration service* enables other learning service providers in different remote LMSs to register their learning service information described by Web Service Description Language (WSDL) [15], such as, service creator, service names, service methods, location of service providers, and input/output parameters, etc. This service information

is registered in the metadata-UDDI directory that are subsequently discovered and invoked according to the user requests.

(2.2) *User registration service* enables the new web client components register to the Learning Service Integration Center. The user registration service will log the user information (e.g., username, password, registry course, and learning status, etc.) into the user profile. These user information are subsequently used by content discovery service to decide the suitable course or LO for each user during the learning session.

In order to provide the maximal flexibility and loosely connection for users in accessing learning resources from anywhere, the user profile information can be exchanged with other user registration services of different learning service providers. This can be achieved with the help of Web service technology.

(2.3) *User profile updating service* is responsible for tracking of user activities and updating the user profile during the learning process, such as, the registry courses, completed courses, and learning status.

(2.4) *Content discovery service* enables users to search for the required learning courses and LOs. Upon submission of a user query, the content discovery service needs to search for the user information in the user profile, as well as the prerequisite courses such that the appropriate courses

or LOs can be selected and provided to the users. In addition, the content discovery service needs to search for the corresponding service information from metadata-UDDI, as well as initiate SOAP messages for transmitting service request information to the target learning service providers. In the reverse direction, the content discovery service collects and integrates the SOAP response results obtained from each service providers and subsequently forwards to the users, where the presentation format is carried out at the upper web client tier. Upon the presentation of list of available learning courses or LOs, the web clients can register to a desired course locating on a distributed LMS by calling the learning registration service of the corresponding LMS service provider. This can be achieved with the help of service information in metadata-UDDI designs.

(3) **Metadata-UDDI** is designed and incorporated as a core component of the middle tier in order to cope with the service name conflicts provided by different service providers. The metadata-UDDI contents are systematically implemented by means of flexible XML data model. As a consequence, the service information from metadata will be wrapped into a SOAP message such that the communication protocol between local LMS and distributed service providers can be carried out. In so doing, cross systems interoperability can be achieved with the help of XML flexible metadata-UDDI model. The details of metadata-UDDI contents will be described in the next section.

(4) **Learning Service Providers** consist of existing distributed LMSs located at different educational sites. This tier aims to provide various kinds of services, such as, the user registration, user profile updating, course registration, learning courses, learning objects, and content discovery services. As such, the services of user registration, user profile updating, and content discovery provide the same responsibility as described in the aforementioned learning service integration center. The rest of services are described below.

- **Learning registration service.** Once the web clients select a course or LO to be consumed, the learning registration service will log the user information and learning course or LO information into the registry information database. This information will also be used to updating the user profile repository, as well as be transmitted to the learning course service (or learning object service) where the learning information retrieval is carried out and provided to the web client components.

- **Learning course service** is responsible for providing course information (e.g., course id, course name, and prerequisites courses, etc) to the content

discovery service where the selection of suitable courses for learner is carried out. Once the learner decides to register for a course, the learning course service provides the selected learning course information (e.g., url or location of the learning course, course description, etc.) for learner.

- **Learning object service** is responsible for providing the learning object information to the content discovery service. Once the content author selects and registers the desired LOs, the learning object service provides the relevant LOs to content author. As a consequent, these LOs will be plugged into the new course to render greater reusability and adaptability to the LO purpose. Searching for relevant LOs can be accomplished through the IEEE's learning object metadata (LOM) [16].

4. XML-based Metadata-UDDI

This section focuses on designing XML-based metadata-UDDI in order to cope with the service name conflicts provided by different service providers. Due to the fact that each service provider designs and creates their service information independently, catering to the needs of their own requirements, it is inevitable that the problem of semantic name conflicts has been arisen. The metadata-UDDI is designed to be a repository for storing the service data descriptions. These service data descriptions are subsequently used to generating SOAP requests/responses as the communication messages between the heterogeneous LMSs where interrogating process is initiated. As a consequence, the metadata-UDDI design also provides greater benefits to solving service name conflicts in distributed environment.

The fact that a XML-based metadata-UDDI consisting of XML-DTD incorporated with XML documents makes it imperative for an XML document needs to be validated by rules defined through XML-DTD (document type definition) representing XML data schematic description. The structural design of a XML-DTD is set up as depicted in Figure 2 and the example of a valid XML document conforming to XML-DTD is depicted in Figure 3.

The XML-DTD structure in Figure 2 illustrates elements and attributes for storing the service data description. The element Metadata-UDDI starts as the root element of a document and consists of two sub-elements, that is, Metadata and UDDI elements. Each of these elements can be described as follows:

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!ELEMENT Metadata-UDDI (Metadata, UDDI)>
<!ELEMENT Metadata (searchBy+)>
<!ELEMENT searchBy (service+)>
<!ATTLIST searchBy name (subject_name | keyword) #REQUIRED>
<!ELEMENT service (wsdlLocation, method, input, outputs, provider)>
<!ELEMENT wsdlLocation (#PCDATA)>
<!ELEMENT method (#PCDATA)>
<!ELEMENT input (#PCDATA)>
<!ELEMENT outputs (output)>
<!ELEMENT output (#PCDATA)>
<!ELEMENT provider (#PCDATA)>
<!ATTLIST provider providerKey IDREF #IMPLIED>

<!ELEMENT UDDI (serviceProviders)>
<!ELEMENT serviceProviders (serviceProvider+)>
<!ELEMENT serviceProvider (name, url, address, description, contacts)>
<!ATTLIST serviceProvider providerID ID #REQUIRED>
<!ELEMENT name (#PCDATA)>
<!ELEMENT url (#PCDATA)>
<!ELEMENT address (#PCDATA)>
<!ELEMENT description (#PCDATA)>
<!ELEMENT contacts (personName, email)>
<!ELEMENT personName (#PCDATA)>
<!ELEMENT email (#PCDATA)>

```

Figure 2. XML-DTD metadata-UDDI structure.

(1) The Metadata element

In order to provide several ways for searching the learning courses or LOs, such as, search by subject name (e.g., course name or LO name) or by keyword (e.g., topics within the course name). The element Metadata is designed to contain one or more sub-elements searchBy whose value is atomic value (e.g., subject_name, or keyword, etc.).

The design purpose of this element is to solve the semantic name conflicts which occur when there is a disagreement on the meaning, interpretation, or intended use of the same or related data [17]. In such a way that the semantically equivalent service data descriptions, such as, service names, service methods, input and output parameters, and wsdl location are defined by different names. Therefore, each searchBy element is designed to hold one or more sub-elements service, which in turn consists of several sub-elements, that is, wsdlLocation, method, input, outputs, and provider. These sub-elements are synonymous service data descriptions provided by different service providers. As such, the element provider contains attribute providerKey defined as *idref* to reference the corresponding service provider name defined as *id* of providerID.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE Metadata-UDDI SYSTEM "Metadata-UDDI.dtd">
<Metadata-UDDI>
  <Metadata>
    <searchBy name="subject_name">
      <service>
        <wsdlLocation>http://10.177.113.14:8090/lms1/
          searchsubjectname.php?wsdl</wsdlLocation>
        <method>getCourseName</method>
        <input>courseName</input>
        <outputs>
          <output>searchCourseNameResult</output>
        </outputs>
        <provider providerKey="P000001"/>
      </service>
    </searchBy>
    <searchBy name="keyword">
      <service>
        <wsdlLocation>http://10.177.113.14:8090/lms1/
          searchkeyword.php?wsdl</wsdlLocation>
        <method>getKeyword</method>
        <input>keyword</input>
      </service>
    </searchBy>
  </Metadata>
  <UDDI>
    <serviceProviders>
      <serviceProvider providerID="P000001">
        <name>Khon Kaen University</name>
        <url>http://www.kku.ac.th</url>
        <address>123 Mittraphap Road, Khon Kaen 40002</address>
        <description>e-learning services</description>
      </serviceProvider>
    </serviceProviders>
  </UDDI>
</Metadata-UDDI>

```

Figure 3. XML document conforming to the XML-DTD.

(2) The UDDI element

The design purpose of an UDDI element is to hold a sub-element serviceProviders which in turn consists of one or more sub-element serviceProviders. As such, each element serviceProvider holds sub-elements name, url, address, description, and contact of service provider to provide service provider information.

5. Conclusion and Future Work

The main objective of the proposed reference architecture is to render maximal interoperability of the existing e-learning across heterogeneous systems. The architecture also enhances greater benefits of e-learning, namely, the accessibility, reusability, adaptability, affordability and flexibility. With the salient characteristics of Web services technology, we combine this technology in the reference architecture to facilitate e-learning interoperability. Additional benefits precipitated from this work will encompass the actual implementation of metadata-UDDI by means of XML technology which, in turn, offers system scalability by virtue of XML constructs. The metadata-UDDI is a significant component of the architecture that will be used to generate the standard SOAP messages to bridge the communication gap between heterogeneous e-learning platforms. Learning information querying and retrieving from heterogeneous LMSs can be realistically accomplished through this metadata-UDDI model. As a consequence, the semantic service heterogeneity is thus be eliminated.

Our further work will focus on extension of other services, such as, the sequencing service, course management service, and assessment service, etc. We will also enrich the proposed metadata-UDDI with advanced ontology language such as OWL [18] to enhance XML universal expressive power and syntactic interoperability toward machine-processable Semantic Web [19].

6. References

- [1] T. Boyle, "Design principles for authoring dynamic, reusable learning objects," *Australian Journal of Educational Technology*, vol. 19 (1), pp. 46-58.
- [2] D. Wiley, "Learning Object Design and Sequencing Theory," *Doctoral Dissertation, Dept. of Instructional Psychology and Technology*, Brigham Young University, 2000.
- [3] Advanced Distributed Learning (ADL) (2004), "SCORM® 2nd Edition Overview," available at <http://www.adlnet.org>.
- [4] ADL Technical Team (2003), "SCORM Specification v1.2," available at <http://www.adlnet.org/index.cfm?fuseaction=scormabt>.
- [5] Advanced Distributed Learning (ADL) (2004), "SCORM Content Aggregation Model Version 1.3.1," available at <http://www.adlnet.org/>
- [6] Advanced Distributed Learning (ADL), (2002), "ADL and the Sharable Content Object Reference Model," available at <http://www.JointADLCoLab.org>.
- [7] R. Jones, "Designing Adaptable Learning Resources with Learning Object Patterns," *Journal of Digital Information*, vol. 6 (1), 2004.
- [8] P. Arapi, N. Moumoutzis, and S. Christodoulakis, "Supporting Interoperability in an Existing e-Learning Platform using SCORM," *In the proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2003)*, Greece, July 2003.
- [9] W3C, "Web Services Architecture," Available from: <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>, W3C Working Group Note [11-Feb-2004].
- [10] W. Hoschek, "The Web Service Discovery Architecture," *Proceeding of the IEEE/ACM Supercomputing Conference (SC 2002)*, Maryland, pp.1-15.
- [11] W3C, "SOAP version 1.2 Part 0: Primer," Available from: <http://www.w3.org/TR/soap12-part0/>, W3C Recommendation [24-Jun-2003].
- [12] G. Vossen and P. Westerkamp, "Maintenance and Exchange of Learning Objects in a Web Services Based e-Learning System," *Electronic Journal of e-Learning*, vol. 2 (2), pp. 292-304, 2004.
- [13] Z. Xu, Z. Yin, and A. E. Saddik, "A Web Services Oriented Framework for Dynamic E-Learning Systems," *Proceeding of the IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE 2003)*, Montreal, Canada, vol. 1, pp. 943-946, 4-7 May 2003.
- [14] OASIS, "Universal Description, Discovery and Integration (UDDI) (2001)," Available from: <http://www.uddi.org/>.
- [15] E. Christensen, F. Curbera, G. Meredith, and S. Weerawarana, "Web Services Description Language (WSDL) 1.1," Available from: <http://www.w3.org/TR/wsdl>, W3C Note [15-Mar-2001].
- [16] IEEE P1484.12, "Learning Object Metadata (LOM) Standard", Available from: <http://ltsc.ieee.org/wg12/>.
- [17] A.P. Sheth and J.A. Larson, "Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases," *ACM Computing Surveys*, vol. 22 (3), pp. 183-236, 1990.
- [18] F. V. Harmelen, J. Hendler, I. Horrocks, L. A. Stein, D. L. McGuinness, P. F. Patel-Schneider, "Web Ontology Language (OWL) Reference Version 1.0," *W3C Working Draft*, available at <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>, February 2003.
- [19] S. Decker, S. Melnik, F. Van Harmelen, D. Fensel, M. Klein, J. Broekstra, M. Erdmann and I. Horrocks, "The Semantic Web: The Roles of XML and RDF," *IEEE Internet Computing* 4, pp. 63-74, September/October, 2000.

ภาคผนวก ข

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในงานประชุมทางวิชาการระดับชาติ

Proceedings of the 2nd National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT'2006),

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 19-20 พฤษภาคม 2549

การบูรณาการระบบการเรียนรู้ E-learning โดยวิธีเมตาดาต้าและโมเดลตัวบริการเว็บ E-Learning Systems Integration using Metadata and Web Services Model

งามนิจ อาจอินทร์¹ ชิดชนก เหลือสินทรัพย์² พีระพนธ์ ไสพัสสกิจ² อีรารัตน์ อมรพงษ์กุล¹

¹ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

²ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 10330

Email: ngamnij@kku.ac.th, Ichidcha@chula.ac.th, Peraphon.S@chula.ac.th, ateerarat@yahoo.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีความต้องการที่จะทำให้ระบบ e-learning ที่ถูกพัฒนาด้วยแพลตฟอร์มที่แตกต่างกัน ให้มีความสามารถที่จะทำงานร่วมกันได้ แลกเปลี่ยนข้อมูลการเรียนรู้ร่วมกันได้ และการนำข้อมูลการเรียนรู้ที่ถูกสร้างไว้แล้วกลับมาใช้ใหม่ หลายงานวิจัยได้มีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว ตั้งแต่การพัฒนาข้อมูลการเรียนรู้บนมาตรฐาน SCORM ไปจนถึงการพัฒนาตัวบริการเว็บ บนระบบจัดการการเรียนรู้ที่หลากหลายงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอสถาปัตยกรรมการทำงานร่วมกันของระบบ e-learning ที่แตกต่างกัน โดยวิธีเมตาดาต้า และโมเดลตัวบริการเว็บ ซึ่งเมตาดาต้านี้ ถูกออกแบบให้เป็นองค์ประกอบหลักของสถาปัตยกรรม เพื่อช่วยในการสืบค้นบริการต่างๆ จากตัวบริการเว็บ และแก้ปัญหาความหลากหลายทางด้านความหมายของบริการต่างๆ จากตัวบริการเว็บ ที่ถูกสร้างโดยผู้ให้บริการที่หลากหลาย โครงสร้างของเมตาดาต้าจะถูกแทนด้วยภาษา XML เพื่อให้มีความยืดหยุ่นในการจัดการเมตาดาต้า และการเข้าใจความหมายของข้อมูลร่วมกัน อันเป็นการสนับสนุนให้เกิดการทำงานร่วมกันของระบบ e-learning อย่างแท้จริง

Abstract

Due to the increasing demands in interoperating the heterogeneous e-learning systems to support the learning data exchangeability, and reusability, a number of researches have been proposed to address this problem ranging from development of a SCORM conformant courseware to Web services-based e-learning systems. This research proposes the architecture for interoperating the heterogeneous e-learning systems using metadata and Web services model. The metadata

has been designed to be a core component of the architecture to provide service discovery, as well as elimination of the semantic service heterogeneity. An XML-based data model is employed to manipulate and express the metadata contents. The inherent flexibility of XML technology permits system-wide interoperability suitable for a Web-based environment.

Keywords: Web Services, Metadata, e-learning Interoperability

1. บทนำ

ระบบการศึกษาในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาไปสู่ระบบการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ หรือที่เรียกว่า e-learning เพื่อให้ผู้เรียนสามารถศึกษาเรียนรู้ได้ด้วยตนเองในทุกที่ และทุกเวลา โดยผ่านระบบจัดการการเรียนรู้หรือที่เรียกว่า LMS (Learning Management System) ที่ทำหน้าที่บริหารและจัดการเกี่ยวกับการสร้างข้อมูลการเรียนรู้ และการเข้าใช้งานข้อมูลการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน อันเป็นการนำไปสู่ระบบการเรียนรู้ที่มีผู้เรียนเป็นศูนย์กลางได้

จากประโยชน์ของระบบ e-learning จึงทำให้หลายสถาบันการศึกษาที่มีความต้องการที่จะมีระบบ e-learning ที่เป็นของตนเอง โดยการพัฒนาขึ้นมาเองหรือการนำเข้าจากต่างประเทศ จึงทำให้มีความหลากหลายของระบบ e-learning เกิดขึ้น เนื่องจากถูกพัฒนาด้วยแพลตฟอร์ม (platform) ที่แตกต่างกัน อันนำไปสู่ปัญหาการขาดความยืดหยุ่นในการพัฒนา (flexibility) การทำงานร่วมกัน (interoperability) การแลกเปลี่ยนข้อมูลการเรียนรู้ร่วมกัน (exchangeability) และการนำเนื้อหาที่มีอยู่แล้วกลับมาใช้ใหม่ (reusability) อันทำให้เกิดความซ้ำซ้อนในการพัฒนาข้อมูลการเรียนรู้ของแต่ละ

*งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ (สกว.) และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

สถาบัน และนำไปสู่การสูญเสียค่าใช้จ่ายที่สูงมากในการพัฒนาข้อมูลการเรียนรู้

ถึงแม้ว่าในปัจจุบัน จะมีความพยายามในการออกแบบข้อมูลการเรียนรู้ ให้อยู่ในรูปแบบของออบเจกต์การเรียนรู้ (learning object หรือ LO) [1, 2] บนพื้นฐานของ SCORM (Sharable Content Object Reference Model) [3, 4] ที่มีคำอธิบายข้อมูลของ LO ที่เรียกว่า LOM (Learning Object Metadata) [5] เป็นองค์ประกอบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถสืบค้น LO ได้ตรงกับความต้องการ ให้สามารถแลกเปลี่ยน LO ระหว่าง LMS ที่แตกต่างกันได้และการนำ LO ที่มีผู้สร้างไว้แล้วมาใช้ใหม่เพื่อประกอบกันเป็นชุดวิชาใหม่ในลักษณะของ content package ได้ [6] อย่างไรก็ตามการสร้างข้อมูลการเรียนรู้บนมาตรฐาน SCORM จำเป็นต้องมีการปรับข้อมูลการเรียนรู้ที่มีอยู่แล้วทั้งหมด ไปสู่มาตรฐานของ SCORM ซึ่งยังต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาคอนข้างสูง [7] อีกทั้งยังมีความยากในการค้นหา LO ที่ถูกเก็บอยู่ในแหล่งเก็บข้อมูลที่หลากหลายบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้

งานวิจัยนี้ ได้นำเสนอสถาปัตยกรรมการบูรณาการระบบการเรียนรู้ e-learning โดยวิธีคำอธิบายข้อมูลหรือเมตาดาต้า (metadata) และโมเดลตัวบริการเว็บ (Web services) [8, 9] เนื่องจากคุณลักษณะที่โดดเด่นของเทคโนโลยีตัวบริการเว็บ ที่ถูกพัฒนาให้เป็นมาตรฐานเปิด ที่สนับสนุนให้โปรแกรมประยุกต์ที่แตกต่างกัน สามารถทำงานร่วมกันได้ เทคโนโลยีตัวบริการเว็บจึงสามารถถูกนำมาประยุกต์ใช้งานให้เข้ากับระบบ e-learning ได้ สถาปัตยกรรมที่ได้นำเสนอนี้ จะเปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานที่อาจเป็น ผู้พัฒนาข้อมูลการเรียนรู้ ผู้สอน หรือผู้เรียนที่มีการลงทะเบียน ไว้กับระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้ สามารถเรียกใช้บริการต่างๆ จากตัวบริการเว็บที่ผู้ให้บริการในแต่ละ LMS จัดเตรียมไว้ให้ เช่น การสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ได้ นอกจากนี้ผู้ใช้งานที่เป็นสมาชิกของระบบบูรณาการ ก็ไม่จำเป็นต้องทำการสมัครเป็นสมาชิกใน LMS แต่ละที่ เพื่อขอสืบค้นหรือเข้าใช้งานข้อมูลการเรียนรู้ในแต่ละ LMS จึงเป็นการอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน ที่สามารถเข้าสู่ระบบเพียงครั้งเดียว (single sign-on) แต่สามารถค้นหาข้อมูลการเรียนรู้ที่ต้องการได้จากทุก LMSs

สถาปัตยกรรมนี้ยังประกอบด้วย เมตาดาต้าที่กำกับข้อมูลการลงทะเบียนบริการต่างๆจากผู้ให้บริการตัวบริการเว็บ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการค้นหาบริการต่างๆจากผู้ให้บริการ และการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันของข้อมูลการบริการต่างๆ (semantic conflicts of service data) ของผู้ให้บริการที่หลากหลายกันด้วย ทั้งนี้โครงสร้างของเมตาดาต้าจะถูกแทนด้วยภาษา XML [10] เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างข้อความ SOAP [11] ในการเรียกใช้บริการ หรือรับผลลัพธ์ของบริการจากตัวบริการเว็บในแต่ละแห่ง

งานวิจัยนี้จะประกอบด้วย ส่วนแรกเป็นการกล่าวถึงงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่สองเป็นการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้ และองค์ประกอบต่างๆของระบบ ส่วนที่สามเป็นการออกแบบโครงสร้างเมตาดาต้า และการแทนที่เมตาดาต้าด้วยภาษา XML ส่วนที่สี่จะเป็นการแสดงขั้นตอนการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ผ่านระบบบูรณาการข้อมูล ส่วนที่ห้าเป็นผลการวิจัยเพื่อทดสอบความถูกต้องของสถาปัตยกรรมที่นำเสนอ อันนำไปสู่การประยุกต์ใช้งานจริงของระบบบูรณาการ และส่วนสุดท้ายจะเป็นบทสรุปและงานวิจัยในอนาคต

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

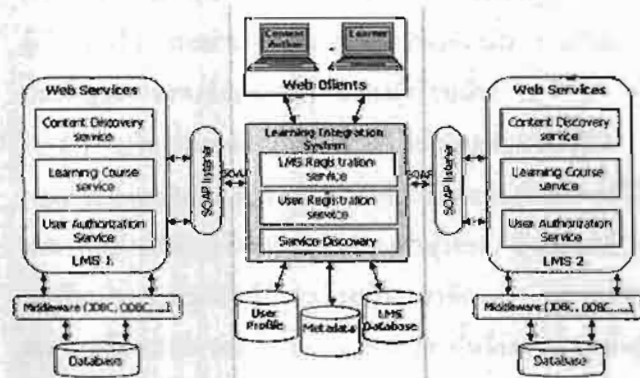
หลายงานวิจัยมีความพยายามที่จะทำให้ระบบ e-learning ที่แตกต่างกัน สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลการเรียนรู้ระหว่างกันได้ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ [7] ได้นำเสนอสถาปัตยกรรมทั่วไปในการนำเข้าและส่งออกแฟ้มเก็บเนื้อหา บนมาตรฐานของ SCORM 1.2 ในรูปแบบของ PIF (Package Interchange File) ระหว่างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ของระบบ e-learning ที่แตกต่างกัน โดยมีส่วนประกอบในระดับกลางของสถาปัตยกรรมทำหน้าที่ค้นหาทรัพยากรการเรียนรู้และทำให้อยู่ในรูปของหน่วยการเรียนรู้ที่เรียกว่า SCO และ Assets เพื่อเก็บอยู่ในแฟ้มเก็บเนื้อหาต่อไป งานวิจัยของ [12] ได้นำเสนอสถาปัตยกรรมที่เรียกว่า LearnServe ที่มีการประยุกต์ใช้งานร่วมกับตัวบริการเว็บ เพื่อให้สามารถสืบค้น และแลกเปลี่ยนออบเจกต์การเรียนรู้ระหว่างระบบ e-learning ได้ หน้าที่หรือกิจกรรมต่างๆของระบบจัดการการเรียนรู้ จะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มของบริการต่างๆ นอกจากนี้จะมีการลงทะเบียนข้อมูลการเรียนรู้ที่เก็บอยู่ในแหล่งเก็บข้อมูลต่างๆ และสร้างคำอธิบาย

ข้อมูลการเรียนรู้เหล่านั้นไว้ในแหล่งเก็บข้อมูลกลางของระบบ เพื่อช่วยในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้เหล่านั้น ให้ได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ และสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลการเรียนรู้ร่วมกันได้

ถึงแม้ว่างานวิจัยส่วนใหญ่ จะมุ่งเน้นไปที่การสร้างสถาปัตยกรรมหรือกรอบงานที่ทำให้ระบบ e-learning สามารถทำงานร่วมกันได้ และแลกเปลี่ยนข้อมูลการเรียนรู้ระหว่างกันได้ แต่ยังไม่มียานวิจัยใดที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาความขัดแย้งกันในทางความหมายของข้อมูลการบริการ จากผู้ให้บริการที่หลากหลาย ซึ่งยังเป็นปัญหาคriticalที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

3. สถาปัตยกรรมการทำงานร่วมกันของระบบ e-learning

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอสถาปัตยกรรมการทำงานร่วมกันของระบบ e-learning ที่มีความแตกต่างกัน ให้สามารถสืบค้นและแลกเปลี่ยนข้อมูลการเรียนรู้ จากแหล่งเก็บข้อมูลของระบบ LMS ที่แตกต่างกันได้ โดยผ่านระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้เพียงที่เดียว สถาปัตยกรรมนี้จะประกอบด้วยสี่องค์ประกอบด้วยกันดังภาพที่ 1 ได้แก่ ผู้ใช้งาน (Web clients) ตัวบริการเว็บ (Web services) ระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้ (Learning Integration System-LIS) และแหล่งเก็บข้อมูล (data repository) ต่างๆ เช่น แหล่งเก็บข้อมูลคำอธิบายข้อมูลบริการหรือเมตาดาต้า (metadata) แหล่งเก็บข้อมูลผู้ใช้บริการ (user profile) และแหล่งเก็บข้อมูลผู้ให้บริการ (LMS database) เป็นต้น ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1: สถาปัตยกรรมการบูรณาการระบบ e-learning โดยวิธีเมตาดาต้าและโมเดลตัวบริการเว็บ

3.1 ผู้ใช้งานทั่วไป ทำหน้าที่เป็นผู้เรียกใช้บริการ (Service requesters) ได้แก่ ผู้พัฒนาข้อมูลการเรียนรู้ ผู้สอน และผู้เรียน ที่สมัครเป็นสมาชิกของระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้ เพื่อเรียกใช้บริการการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้จากตัวบริการเว็บของระบบ LMS ต่างๆที่เป็นสมาชิกของระบบบูรณาการ โดยผู้เรียกใช้บริการไม่จำเป็นต้องทราบว่าข้อมูลการเรียนรู้ถูกเก็บอยู่ใน LMS ใด

3.2 ระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้

ระบบบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้ หรือเรียกสั้นๆว่าระบบ LIS เป็นระบบงานกลางที่ทำหน้าที่เป็น ตัวแทนผู้ให้บริการ (Service Brokers) โดยจะเป็นตัวกลางที่เชื่อมการทำงานระหว่างผู้ใช้งานและผู้ให้บริการ ซึ่งจะมีการให้บริการในส่วน ดังต่อไปนี้

(1) บริการการลงทะเบียนผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้ (LMS Registration service) เป็นบริการที่ผู้ให้บริการข้อมูลการเรียนรู้เช่น ผู้บริหารและจัดการระบบ LMS ต่างๆสามารถเข้ามาลงทะเบียน เพื่อสมัครเป็นสมาชิกของระบบ LIS และประกาศบริการต่างๆที่มีอยู่ในระบบ LMS นั้น เช่น บริการการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ตามชื่อวิชา คำสำคัญ หรือชื่ออาจารย์ผู้สอน เป็นต้น ซึ่งจะต้องมีการบันทึกข้อมูลชื่อบริการ (service names) ชื่อเมธอด (method) พารามิเตอร์ของข้อมูลนำเข้า (input parameters) พารามิเตอร์ของข้อมูลผลลัพธ์ (output parameters) และตำแหน่งที่อยู่ URL ของไฟล์ WSDL [13] ที่สร้างโดยผู้ให้บริการ LMS นั้น ข้อมูลบริการเหล่านี้จะถูกเก็บบันทึกไว้ในเมตาดาต้า เพื่อใช้ในการสืบค้นข้อมูลบริการต่อไป นอกจากนี้แล้วผู้ให้บริการยังต้องบันทึกรหัสการเข้าสู่ระบบ (login name) ของ LMS นั้น และรหัสผ่าน (password) ไว้ในฐานข้อมูล LMS ด้วย ซึ่งเป็นรหัสที่ยอมให้สมาชิกของระบบ LIS สามารถเข้าสู่บทเรียนของ LMS นั้นได้โดยตรง โดยไม่ต้องมาสมัครเป็นสมาชิกที่ระบบ LMS นั้นอีก

(2) บริการการลงทะเบียนผู้ใช้งานทั่วไป (User registration service) เป็นบริการเกี่ยวกับการลงทะเบียนสมัครเป็นสมาชิกของผู้ใช้งานทั่วไป เพื่อเก็บประวัติของผู้ใช้งานแต่ละคนลงในฐานข้อมูลผู้ใช้งานทั่วไป ก่อนการเข้าใช้งานระบบ

(3) การสืบค้นบริการต่างๆ (Service discovery) เป็นบริการที่รับคำร้องขอเรียกใช้บริการจากผู้ใช้งานและทำการสืบค้น

บริการจากผู้ให้บริการต่างๆที่สอดคล้องกับคำร้องขอ นั้น ทั้งนี้ จะอาศัยข้อมูลที่อยู่ในเมตาดาต้า ช่วยในการสืบค้นข้อมูล บริการดังกล่าว เช่น การสืบค้นว่าคำร้องขอนั้นมีอยู่ในบริการ ของ LMS ไດบ้าง ต้องเรียกใช้ชื่อเมธอดใด ต้องส่งพารามิเตอร์ อะไรไปบ้าง หลังจากนั้นจะทำการสร้างข้อความ SOAP เพื่อ ขอรเรียกใช้บริการไปยัง LMS เหล่านั้น และรวบรวมผลลัพธ์ที่ สืบค้นได้จากแต่ละ LMS ที่อยู่ในรูปของข้อความ SOAP เช่นกัน มาทำการจัดรูปแบบและส่งกลับไปยังผู้ให้บริการต่อไป

3.3 ตัวบริการเว็บ ทำหน้าที่เป็นผู้ให้บริการ (Service providers) ซึ่งได้แก่ ระบบ LMS ของสถาบันการศึกษาต่างๆ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่มีการลงทะเบียนกับระบบ LIS โดย แต่ละระบบ LMS อาจถูกพัฒนาด้วยภาษาโปรแกรมที่แตกต่างกัน บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการที่ต่างกัน และมีการสร้างตัวบริการเว็บไว้ให้บริการในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

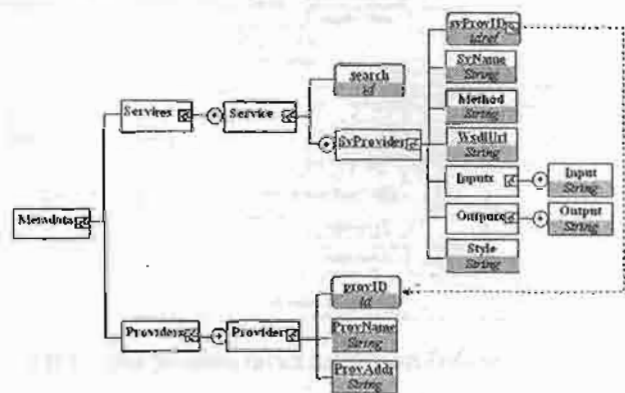
(1) บริการการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ (content discovery service) เป็นบริการที่รับคำร้องขอการสืบค้นข้อมูล ที่ส่งมาจากระบบ LIS ที่อยู่ในรูปแบบของข้อความ SOAP และทำการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้จากฐานข้อมูลการเรียนรู้ โดยผ่านตัวกลางอินเทอร์เน็ตเฟส เช่น JDBC (Java Database Connection) หรือ ODBC (Open Database Connectivity) เป็นต้น และในทางกลับกันก็จะรวบรวมผลลัพธ์ที่สืบค้นได้ เช่น ชื่อวิชา ตำแหน่ง URL ของวิชานั้น และคำอธิบายวิชาโดยย่อ ส่งกลับไปยังระบบ LIS ในรูปแบบของข้อความ SOAP เช่นกัน

(2) บริการจัดการข้อมูลการเรียนรู้ (learning course service) เป็นบริการที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าสู่บทเรียนที่ ผู้เรียนสนใจ และนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนนั้น รวมทั้งการ บันทึกและรายงานข้อมูลการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้น

(3) บริการตรวจสอบสิทธิการเข้าใช้งานระบบของผู้ใช้ (user authorization service) เป็นบริการที่ตรวจสอบรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่านที่มีการล็อกอิน (login) เข้าสู่ระบบ ซึ่งผู้ที่เข้าสู่ บทเรียนใน LMS นั้นได้ จะต้องเป็นสมาชิกของระบบ LMS เอง หรือสมาชิกของระบบ LIS เท่านั้นจึงจะมีสิทธิเข้าสู่ บทเรียนของ LMS นั้นได้

4. โครงสร้างเมตาดาต้า (Metadata Structure)

เมตาดาต้าถูกออกแบบให้เป็นองค์ประกอบหลักของ สถาปัตยกรรม เพื่อทำหน้าที่เก็บข้อมูลการให้บริการของแต่ละ LMS ซึ่งช่วยในการค้นหาบริการและแก้ปัญหาความขัดแย้งในเชิงความหมายของข้อมูลบริการ เช่น บริการในแต่ละ LMS อาจมีชื่อบริการ ชื่อเมธอด หรือชื่อพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันไป แต่มีความหมายที่เหมือนกัน (synonymous service data) การออกแบบโครงสร้างเมตาดาต้าจะแทนด้วยภาษา XML ที่อธิบายโครงสร้างได้ด้วยโครงสร้างแบบต้นไม้ (tree structure) ที่แสดงในภาพที่ 2 ที่ประกอบด้วยข้อมูลบริการต่างๆของผู้ให้บริการ และรายละเอียดของผู้ให้บริการแต่ละแห่ง



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างเมตาดาต้า

โดยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแต่ละรูปจะแทนอีลิเมนต์ (Element) ของ XML ส่วนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขอบบนและมีเส้นขอบสองเส้นจะแทนด้วยแอททริบิวต์ของ XML บริเวณสีขาวภายในรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะเก็บชื่ออีลิเมนต์หรือแอททริบิวต์ ส่วนบริเวณที่มีการแรเงา จะแสดงประเภทข้อมูลที่แต่ละอีลิเมนต์หรือแอททริบิวต์นั้นเก็บ เครื่องหมายวงเล็บซ้อนกันจะแสดงว่า อีลิเมนต์นั้นมีอีลิเมนต์ย่อยภายในอีก เครื่องหมายวงเล็บที่อยู่ข้างหน้าอีลิเมนต์ จะแสดงว่าอีลิเมนต์ย่อยที่อยู่หลังเครื่องหมายวงเล็บ จะมีตั้งแต่หนึ่งอีลิเมนต์ขึ้นไป อีลิเมนต์ย่อยที่ไม่มีเครื่องหมายวงเล็บอยู่ข้างหน้าแสดงว่า จะมีอีลิเมนต์ย่อยนั้นเพียงหนึ่งอีลิเมนต์เท่านั้น แอททริบิวต์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวชี้เฉพาะ (unique identifier) จะถูกกำหนดให้เป็น id และแอททริบิวต์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวอ้างอิง (identifier reference) ถึงตัวชี้เฉพาะนั้น จะถูกกำหนดให้เป็น idref ซึ่งสามารถแสดงการอ้างอิงด้วยเส้นลูกศรประ ควอย่างของโครงสร้างเมตาดาต้าที่

แทนด้วย XML-DTD ที่สอดคล้องกับโครงสร้างในภาพที่ 2 จะแสดงอยู่ในภาพที่ 3

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ELEMENT Metadata (Services, Providers)>
<ELEMENT Services (Service)+>
<ELEMENT Service (SvProvider)+>
<ATTLIST Service search ID #REQUIRED>
<ELEMENT SvProvider (SvName, Method, WsdUrl, Inputs, Outputs, Style)>
<ATTLIST SvProvider svProvID IDREF #REQUIRED>
<ELEMENT SvName (#PCDATA)>
<ELEMENT Method (#PCDATA)>
<ELEMENT WsdUrl (#PCDATA)>
<ELEMENT Style (#PCDATA)>
<ELEMENT Inputs (Input)+>
<ELEMENT Input (#PCDATA)>
<ELEMENT Outputs (Output)+>
<ELEMENT Output (#PCDATA)>
<ELEMENT Providers (Provider)+>
<ELEMENT Provider (ProvName, ProvAddr)>
<ATTLIST Provider provID ID #REQUIRED>
<ELEMENT ProvName (#PCDATA)>
<ELEMENT ProvAddr (#PCDATA)>
```

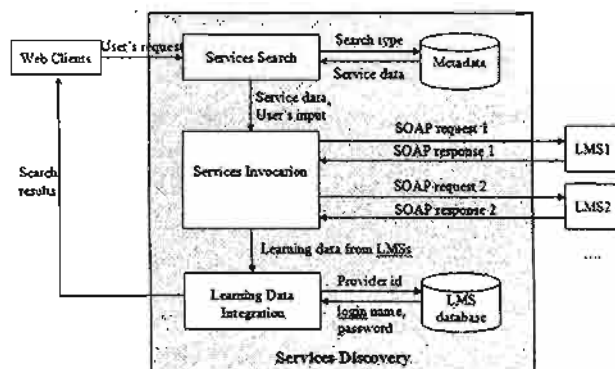
ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างเมตาดेटาที่แทนด้วย XML-DTD

ความหมายของอิลิเมนต์และแอททริบิวต์ต่างๆในเมตาดेटา มีดังต่อไปนี้ อิลิเมนต์ *Metadata* เป็นอิลิเมนต์ root ของเอกสาร ซึ่งประกอบด้วยอิลิเมนต์ย่อยสองอิลิเมนต์คือ *Services* และ *Providers* โดยอิลิเมนต์ *Services* เป็นอิลิเมนต์ที่ประกอบด้วยอิลิเมนต์ย่อยคือ *Service* ตั้งแต่หนึ่งอิลิเมนต์ขึ้นไป ที่ประกอบด้วยแอททริบิวต์ *search* ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลประเภทการค้นหาบริการในดัตตาเบสของเว็บของแต่ละ LMS เช่น บริการการสืบค้นบทเรียนแบบระบุคำสำคัญ (keyword) หรือแบบระบุชื่อวิชา (title) เป็นต้น และอิลิเมนต์ย่อยชื่อ *SvProvider* ที่ประกอบด้วยแอททริบิวต์ *svProvID* ที่เก็บหมายเลขอ้างอิงของผู้ให้บริการ และอิลิเมนต์ย่อยอื่นๆที่ทำหน้าที่บอกข้อมูลบริการของผู้ให้บริการแต่ละแห่ง อันได้แก่ ชื่อบริการของผู้ให้บริการ (*SvName*) ชื่อของเมธอดหรือฟังก์ชันที่ให้บริการ (*Method*) ตำแหน่งที่อยู่ของเอกสาร WSDL ของตัวบริการเว็บ (*WsdUrl*) พารามิเตอร์ของข้อมูลเข้า ที่จะต้องส่งไปประมวลผลยังตัวบริการเว็บ (*Inputs*) พารามิเตอร์ข้อมูลผลลัพธ์ ที่ได้จากการประมวลผลจากตัวบริการเว็บ (*Outputs*) และ รูปแบบของการติดต่อกับตัวบริการเว็บ (*Style*) ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น document style, rpc style และ rpc style แบบมี complex type เป็นต้น ทั้งนี้ แอททริบิวต์ *svProvID* จะเก็บหมายเลขอ้างอิงของผู้ให้บริการ ที่มีการประกาศเป็น 'idref' ซึ่งอ้างอิงไปยังแอททริบิวต์ *provID* ของอิลิเมนต์ *Provider* ที่มีการประกาศเป็น 'id' และสำหรับอิลิเมนต์

Providers เป็นอิลิเมนต์ที่เก็บอิลิเมนต์ย่อย *Provider* ซึ่งทำหน้าที่เก็บรายละเอียดของผู้ให้บริการแต่ละแห่ง เช่น หมายเลขอ้างอิงของผู้ให้บริการ (*ProvID*) ชื่อผู้ให้บริการ (*ProvName*) และ ที่อยู่ผู้ให้บริการ (*ProvAddr*) เป็นต้น

5. การสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้

ในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้จากผู้ให้บริการหรือ LMS จากที่ต่างๆ ที่มีการลงทะเบียนไว้กับระบบ LIS จะสามารถสืบค้นโดยอาศัยข้อมูลจากเมตาดेटา ซึ่งสามารถแสดงแผนภาพการทำงานของบริการการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ (service discovery) ได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4: แผนภาพการทำงานในส่วนบริการการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้

จากภาพที่ 4 สามารถอธิบายการทำงานได้ดังต่อไปนี้

(1) การค้นหาบริการ (Services search) เป็นส่วนค้นหาข้อมูลบริการที่เก็บอยู่ในเมตาดेटา โดยการทำงานในส่วนนี้จะมีการรับคำร้องขอในการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้จากผู้ใช้งาน อันได้แก่ ประเภทการค้นหา (search type) เช่น การสืบค้นแบบระบุคำสำคัญ ชื่อวิชา หรือ ชื่ออาจารย์ เป็นต้น รวมทั้งข้อความที่ผู้ใช้งานต้องการค้นหา (user's input) เพื่อนำข้อมูลคำร้องขอไปค้นหาบริการในเมตาดेटาว่ามี LMS ใดบ้างที่ให้บริการเกี่ยวกับการค้นหาข้อมูลการเรียนรู้ตามประเภทการค้นหาที่ผู้ใช้ระบุ และทำการรวบรวมข้อมูลบริการต่างๆที่สืบค้นได้ เช่น หมายเลขอ้างอิงผู้ให้บริการ, ชื่อบริการ, URL ของเอกสาร WSDL, เมธอดที่จะเรียกใช้บริการ, พารามิเตอร์ข้อมูลเข้าและออก, และ รูปแบบของการติดต่อกับตัวบริการเว็บ เป็นต้น

(2) การเรียกใช้บริการจากผู้ให้บริการ (Services invocation) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลบริการที่สืบค้นได้จากเมตาดेटาและข้อมูลร้องขอจากผู้ใช้งาน มาสร้างเป็นข้อความ

SOAP เพื่อเรียกใช้บริการจากผู้ให้บริการที่เป็น LMS ต่างๆที่เกี่ยวข้อง และรอรับผลลัพธ์ที่สืบค้นได้จากแต่ละ LMS ที่อยู่ในรูปแบบของข้อความ SOAP เช่นกัน อันได้แก่ ชื่อวิชา ตำแหน่ง URL ของวิชานั้น และคำอธิบายเนื้อหาวิชาโดยย่อ เป็นต้น ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับพารามิเตอร์ข้อมูลผลลัพธ์ (output parameters) จากเมตาดาต้า และทำการนำส่งข้อมูลผลลัพธ์นี้ไปยังส่วนการบูรณาการข้อมูลต่อไป

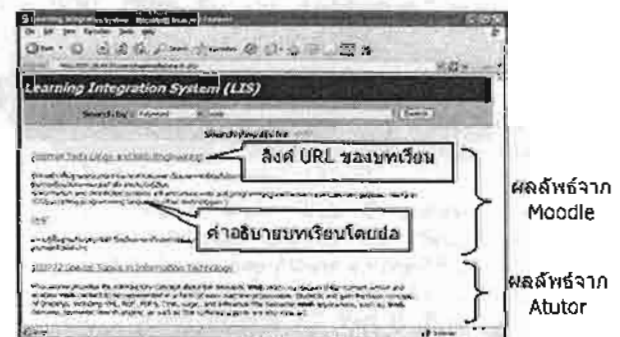
(3) การบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้ (Learning data integration) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลผลลัพธ์จาก LMS ต่างๆที่ส่งมาจากส่วนการเรียกใช้บริการที่อยู่ในรูปแบบของข้อความ SOAP มาทำการจัดรูปแบบของผลลัพธ์ให้อยู่ในรูปแบบของเอกสาร html เพื่อแสดงผลแก่ผู้ใช้ โดยสร้างลิงค์ (link) เชื่อมโยงชื่อวิชากับตำแหน่ง URL ของวิชาในแต่ละ LMS ให้บริการ รวมทั้งการแสดงผลคำอธิบายรายวิชานั้น และเพื่อให้ผู้ใช้ที่เป็นสมาชิกของระบบ LIS สามารถเข้าสู่บทเรียนของ LMS ต่างๆได้โดยตรงเมื่อมีการคลิกที่ลิงค์ของบทเรียนใน LMS ใดๆ โดยไม่ต้องเข้าไปสมัครเป็นสมาชิกของ LMS ใหม่ ในส่วนของการบูรณาการข้อมูลการเรียนรู้ จะต้องมีการค้นหารหัสผู้ใช้และรหัสผ่านที่ถูกเข้ารหัส (encrypt) ไว้จากฐานข้อมูล LMS ที่ระบบ LMS แต่ละระบบได้มาลงทะเบียนไว้กับระบบ LIS ซึ่งเป็นรหัสผู้ใช้ที่ระบบ LMS นั้นๆอนุญาตหรือให้สิทธิในการเข้าสู่บทเรียนต่างๆใน LMS นั้นได้ ข้อมูลรหัสผู้ใช้และรหัสผ่านนี้จะถูกนำไปเชื่อมต่อกับตำแหน่ง URL ของวิชาที่ถูกสร้างเป็นลิงค์ไว้ก่อนหน้านี้แล้ว และเมื่อผู้ใช้มีการคลิกที่ลิงค์ของบทเรียนนั้น ข้อมูลรหัสผู้ใช้และรหัสผ่านนี้จะถูกส่งไปยังระบบ LMS นั้นโดยผ่านส่วนบริการการตรวจสอบสิทธิการเข้าใช้งานระบบ LMS ของผู้ใช้ ซึ่งด้านเป็นสมาชิกของระบบ LIS นี้ก็จะเข้าสู่บทเรียนนั้นได้โดยอัตโนมัติ

6. ผลการวิจัย

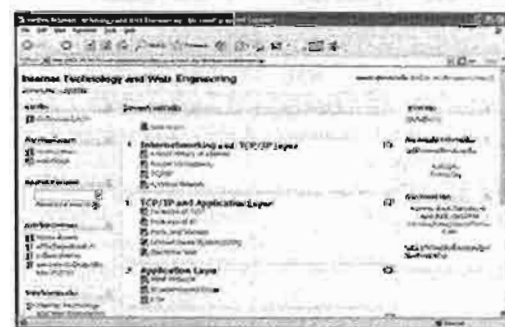
งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบ LIS ที่เป็นระบบงานกลางที่เชื่อมการทำงานระหว่างผู้ใช้ทั่วไป และผู้ให้บริการที่เป็นระบบ LMS ที่แตกต่างกัน โดยระบบ LIS จะประกอบด้วยบริการต่างๆ ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2 ซึ่งถูกพัฒนาด้วยภาษา PHP บนเว็บเซิร์ฟเวอร์ Apache และใช้ฐานข้อมูล MySQL สำหรับเก็บฐานข้อมูล LMS และ ข้อมูลสมาชิกในระบบ LIS และเพื่อเป็นการทดสอบว่าระบบ LMS ที่แตกต่างกันจะสามารถทำงาน

ร่วมกันได้โดยผ่านตัวบริการเว็บ จึงได้ทำการสร้างตัวบริการเว็บไว้กับระบบ LMS ที่แตกต่างกัน อันได้แก่ LMS ที่ถูกพัฒนาด้วยภาษา PHP และมีการสร้างตัวบริการเว็บด้วย PHP nusoap เช่น ระบบ Moodle [14] และระบบ Atutor [15] ที่ติดต่อกับฐานข้อมูล MySQL นอกจากนี้ยังมีระบบ LMS ที่ถูกสร้างด้วย ASP โดยมีการสร้างตัวบริการเว็บด้วย ASP.NET ที่ติดต่อกับฐานข้อมูล Access

จากการทดสอบการทำงานของระบบ จะสามารถแสดงผลลัพธ์ของการเรียกใช้บริการการสืบค้นข้อมูลการเรียนรู้ของระบบ LIS ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยผู้ใช้มีการเลือกประเภทการสืบค้นแบบระบุคำสำคัญ (keyword) พิมพ์ข้อความที่ต้องการสืบค้นว่า “Web” เมื่อกดปุ่ม Search ระบบ LIS จะสืบค้นบริการการค้นหาย่อยจากเมตาดาต้า เพื่อค้นหาว่ามี LMS ใดให้บริการการสืบค้นด้วยคำสำคัญนี้บ้าง และทำการสร้างข้อความ SOAP เพื่อขอเรียกใช้บริการจาก LMS เหล่านั้น



ภาพที่ 5: หน้าจอแสดงผลจากการสืบค้นบริการข้อมูลการเรียนรู้



ภาพที่ 6: หน้าจอแสดงการเข้าสู่บทเรียนของระบบ LMS Moodle

ผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นในแต่ละ LMS จะถูกนำมารวบรวมและจัดรูปแบบการแสดงผลที่ประกอบด้วยชื่อวิชา คำอธิบายรายวิชาแบบย่อ และลิงค์ที่มีการเชื่อมโยงตำแหน่ง URL ของวิชานั้นเข้ากับชื่อวิชา ซึ่งจะมีการแทรกรหัสผู้ใช้และรหัสผ่านสำหรับระบบ LMS นั้นๆที่มีการเข้ารหัสไว้ เพื่อให้

ผู้ใช้งานสามารถคลิกที่ลิงค์บทเรียนนั้นและเข้าสู่การใช้งานบทเรียนต่างๆของ LMS แต่ที่นั่นได้โดยอัตโนมัติ ดังภาพที่ 6

7. บทสรุปและงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอสถาปัตยกรรมการบูรณาการระบบการเรียนรู้ e-learning ที่สามารถครอบคลุมคุณสมบัติที่สำคัญของระบบ e-learning อันได้แก่ ความสามารถในการค้นหาข้อมูลการเรียนรู้ได้จากทุกที่ (accessability) การทำให้ LMS ของแต่ละหน่วยงานที่ถูกพัฒนา โดยต่างแพลตฟอร์มกัน สามารถติดต่อสื่อสาร แลกเปลี่ยนทรัพยากรกัน และทำงานร่วมกันได้ (interoperability) การนำเสนอเมตาดาต้าซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบ LIS เพื่อเก็บคำอธิบายข้อมูลบริการจากผู้ให้บริการหรือ LMSs ต่างๆ ซึ่งนอกจากจะช่วยให้สามารถสืบค้นบริการจาก LMS ต่างๆได้พร้อมกันโดยตรง และได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันแล้ว ยังช่วยแก้ปัญหาความขัดแย้งกัน ทางด้านความหมายของข้อมูลบริการจากตัวบริการเว็บต่างๆ อีกทั้งยังเป็นการช่วยลดภาระงานของผู้สร้างเนื้อหา ที่ไม่ต้องสร้างเนื้อหาขึ้นมาใหม่ทั้งหมดแต่สามารถใช้เนื้อหาที่สืบค้นได้จากผู้สร้างไว้แล้ว อันเป็นการสนับสนุนหลักการการนำกลับมาใช้ใหม่ (reusability) งานวิจัยนี้ยังอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ที่เป็นสมาชิกของระบบ LIS ให้สามารถล็อกอินเพียงครั้งเดียว แต่สามารถเข้าสู่ระบบ LMS แต่ละแห่งได้โดยอัตโนมัติ นอกจากนี้การแทนโครงสร้างเมตาดาต้าด้วยภาษา XML ทำให้มีความยืดหยุ่น (flexibility) ต่อการจัดการโครงสร้างเมตาดาต้า และการเข้าใจความหมายของข้อมูลร่วมกันระหว่างระบบงานที่แตกต่างกัน

อย่างไรก็ตาม ในการสืบค้นข้อมูลโดยระบบงาน LIS นี้ อาจมีความล่าช้าบ้างในการสืบค้น เนื่องจากเป็นการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลในระบบ LMS แต่ละแห่งโดยตรง นอกจากนี้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ในการสืบค้นข้อมูลแบบสื่อความหมายให้มากยิ่งขึ้น และสามารถแก้ปัญหาคความหลากหลายของข้อมูลในเชิงความหมาย (semantic heterogeneity) ได้อย่างแท้จริง โครงสร้างเมตาดาต้ายังสามารถถูกปรับปรุง โดยการแทนด้วยภาษาออนโทโลยี เช่น RDF [16] หรือ OWL [17] ได้ อันนำไปสู่ความเข้าใจความหมายของข้อมูลร่วมกัน ของคอมพิวเตอร์และโปรแกรมประยุกต์ที่แตกต่างกันได้ยิ่งขึ้นต่อไป (machine-understandable Semantic Web) [18]

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Boyle, "Design principles for authoring dynamic, reusable learning objects," *Australian Journal of Educational Technology*, vol. 19 (1), pp. 46-58.
- [2] D. Wiley, "Learning Object Design and Sequencing Theory," *Doctoral Dissertation, Dept. of Instructional Psychology and Technology*, Brigham Young University, 2000.
- [3] Advanced Distributed Learning (ADL) (2004), "SCORM® 2nd Edition Overview," available from <http://www.adlnet.org>.
- [4] ADL Technical Team (2003), "SCORM Specification v1.2," available from <http://www.adlnet.org/index.cfm?fuseaction=scormabt>.
- [5] IEEE P1484.12, "Learning Object Metadata (LOM) Standard", Available from: <http://ltsc.ieee.org/wg12/>.
- [6] Advanced Distributed Learning (ADL) (2004), "SCORM Content Aggregation Model Version 1.3.1," available from <http://www.adlnet.org/>.
- [7] P. Arapi, N. Moutoutzis, and S. Christodoulakis, "Supporting Interoperability in an Existing e-Learning Platform using SCORM," *In the proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2003)*, Greece, July 2003.
- [8] W3C, "Web Services Architecture," available from: <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>, W3C Working Group Note [11-Feb-2004].
- [9] W. Hoschek, "The Web Service Discovery Architecture," *Proceeding of the IEEE/ACM Supercomputing Conference (SC 2002)*, Maryland, pp.1-15.
- [10] W3C, "World Wide Web Consortium, Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition)," available from: <http://www.w3.org/TR/2000/REC-xml-20001006/>, W3C Recommendation [6-Oct-2000].
- [11] W3C, "SOAP version 1.2 Part 0: Primer," available from: <http://www.w3.org/TR/soap1.2-part0/>, W3C Recommendation [24-Jun-2003].
- [12] G. Vossen and P. Westerkamp, "Maintenance and Exchange of Learning Objects in a Web Services Based e-Learning System," *Electronic Journal of e-Learning*, vol. 2 (2), pp. 292-304, 2004.
- [13] E. Christensen, F. Curbera, G. Meredith, and S. Weerawarana, "Web Services Description Language (WSDL) 1.1," available from: <http://www.w3.org/TR/wsdl/>, W3C Note [15-Mar-2001].
- [14] Moodle, available at <http://moodle.org/> or <http://www.thaimoodle.com>.
- [15] ATutor – Learning Content Management System, available at <http://www.atutor.ca/>.
- [16] Frank Manola and Eric Miller, RDF Primer. W3C Recommendation. WWW, available at: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-primer-20040210/>, 10 February 2004.
- [17] Harmelen F. V., Hendler J., Horrocks I., Stein L. A., McGuinness D. L., Patel-Schneider P. F., Web Ontology Language (OWL) Reference Version 1.0. W3C Working Draft, available at <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>, February 2003.
- [18] Decker S., Melnik S., Van H. F., Fensel D., Klein M., Broekstra J., Erdmann M. and Horrocks I., The Semantic Web: The Roles of XML and RDF, *IEEE Internet Computing* 4, September/October, 2000, 63-74.