เอกสารอ้างอิง

กานดา สายแก้ว. **เอกซ์เอ็มแอล XML**. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2553.

Achard F, Vaysseix G, Barillot E. XML, bioinformatics and data integration. **BIOINFORMATICS REVIEW** 2001; 17(2): 115-11.

Androutsellis-Theotokis S, Spinellis D. A Survey of Peer-to-Peer Content Distribution Technologies. **ACM Computing Surveys (CSUR)** 2004 Dec; 36(4): 335-37.

Bellwood T. **UDDI Version 2.04 API Specification** [online] 2002 [cited 2006 Jan 18]. Available from: http://uddi.org/pubs/ProgrammersAPI_v2.htm

Booth D, Haas H, McCabe F, Newcomer E, Champion M, Ferris C, et al. **Web Services Architecture** [online] 2004 [cited 2006 Jan 18]. Available from: http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-arch-20040211/

Box D, Ehnebuske D, Kakivaya G, Layman A, Mendelsohn N, Nielsen HF, et al. **Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.1** [online] 2000 [cited 2006 Jan 18]. Available from: http://www.w3.org/TR/2000/NOTE-SOAP-20000508/

Cheang IK, Choi YB, Tang A. Overview of the structures of heterogeneous genome databases. In: **Biotechnology Computing**. Proceedings of the Twenty-Seventh Hawaii International Conference; 1994 Jan 4-7; Wailea, HI. Hawaii: IEEE; 1994. p. 15-24.

Christensen E, Curbera F, Meredith G, Weerawarana S. **Web Services Description Language (WSDL) 1.1** [online] 2001 [cited 2006 Jan 18]. Available from: http://www.w3.org/TR/wsdl

Dowell RD, Jokerst RM, Day A, Eddy SR, Stein L. The Distributed Annotation System. **BMC Bioinformatics** 2001; 2(1): 7.

Fielding RT. **CHAPTER 5 Representational State Transfer (REST)** [online] 2000 [cited 2006 Jan 18]. Available from: http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest_arch_style.htm

IBM developerWorks. **Business Process Execution Language for Web Services version 1.1** [online] 2002 Jul 30 [cited 2010 Sep 18]. Available from: http://www.ibm.com/developerworks/library/specification/ws-bpel/

Jacobs I. **Architecture of the World Wide Web, First Edition** [online] 2003 [cited 2006 Jan 18]. Available from: http://www.w3.org/TR/2003/WD-webarch-20031209

Labarga A, Valentin F, Anderson M, Lopex R. Web Services at the European Bioinformatics Institute. **Nucleic Acids Research** 2007; 35(Web Server issue): W6-W11.

Lenzerini M. Data Integration: A Theoretical Perspective. In: Popa L, editor. **Symposium on Principles of database systems**. Proceedings of the twenty-first ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART; 2002 June 3-5; Madison, Wisconsin. New York: ACM; 2002. p. 233-246.

Lewis SE, Searle SMJ, Harris N, Gibson M, Iyer V, Richter J, et al. Apollo: a sequence annotation editor. **Genome Biology** 2002; 3(12): research0082.1-0082.14.

Neerincx PB, Leunissen JA. Evolution of web services in bioinformatics. **Briefings in bioinformatics** 2005 Jun 1; 6(2): 178-188.

Pillai S, Silventoinen V, Kallio K, Senger M, Sobhany S, Tate J, et al. SOAP-based services provided by the European Bioinformatics Institute. **Nucleic Acids Research** 2005; 33(Web Server issue): W25-W28.

Podicheti R, Gollapudi R, Dong Q. WebGBrowse—a web server for GBrowse. **Bioinformatics** 2009; 25(12): 1550-1551.

Prlić A, Down TA, Kulesha E, Finn RD, Kähäri A, Hubbard TJ. Integrating sequence and structural biology with DAS. **BMC Bioinformatics** 2007; 8(1): 333.

Schollmeier R. A Definition of Peer-to-Peer Networking for the Classification of Peer-to-Peer Architectures and Applications. **Peer-to-Peer Computing (P2P'01)**. Proceedings of the First International Conference 2001; 2001 Aug 27-29; Linkoping, Sweden. Washington: IEEE; 2001. p. 101-102.

Stein LD, Eddy S, Dowell R. **Distributed Sequence Annotation System (DAS) Version 1.53** [online] 2002 Mar 21 [cited 2006 Jan 18]. Available from: http://www.biodas.org/documents/spec-1.53.html

., Creating a bioinformatics nation. **Nature** 2002 May 09; 417(6885): 119-2.

., Mungall C, Shu S, Caudy M, Mangone M, Day A, et al. The Generic Genome Browser: A Building Block for a Model Organism System Database. **Genome Res** 2002; 12(1): 1599-1610.

Wilkinson MD, Links M. BioMOBY: An open source biological web services proposal. **BRIEFINGS IN BIOINFORMATICS** 2002 Dec; 3(4): 331-341.

., Schoof H, Ernst R, Haase D. BioMOBY Successfully Integrates Distributed Heterogeneous Bioinformatics Web Services. **Plant Physiology** 2005 May; 138(1): 5-17.

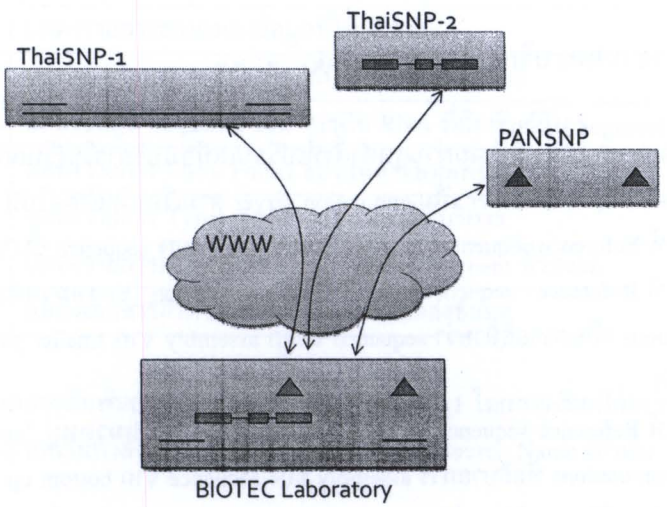
Ziegler P, Dittrich KR. Three Decades of Data Integration - All Problems Solved?. **Building the Information Society**. In 18th IFIP World Computer Congress (WCC 2004) 2004; 12: 3-12.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การทำงานและบริการของระบบแดส

ก.1 นิยามและความหมายในระบบแดส

แดส (Distributed Annotation System: DAS) เป็นการนิยามรูปแบบโปรโตคอลที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนสัญลักษณ์ทางชีววิทยา (Biological Annotations) โดยมีแรงบันดาลใจมากจากแนวคิดที่ว่า "Annotation ไม่ควรให้บริการในฐานข้อมูลแบบศูนย์กลางเดี่ยว แต่ควรถูกทำให้กระจายไปยังสถานที่ต่าง ๆ" ข้อมูลถูกกระจายด้วยเซิร์ฟเวอร์ของ DAS ซึ่งข้อมูลนั้นยังไม่ใช่ข้อมูลที่มองเห็นเป็นภาพ Annotations ต่าง ๆ ได้ แต่การแสดงเป็นภาพ Annotations ต่าง ๆ นั้นจะถูกสร้างขึ้นด้วยไคลเอนท์ของ DAS ดังภาพที่ ก.1



ภาพที่ ก.1 แนวคิดในการบูรณาการข้อมูลของแดส

จากภาพที่ ก.1 Application ฝั่ง BIOTEC Laboratory เป็นการรวม Annotation จาก Server ต่าง ๆ ที่กระจายอยู่บนอินเตอร์เน็ต

โปรโตคอลของ DAS จะใช้การสืบค้นด้วย URL และให้ผลลัพธ์เป็น XML ที่สามารถใช้ได้กับทุก ๆ ภาษาและเครื่องมือของการเขียนโปรแกรม และเป็นไปตามแนวคิดของเรสต์เว็บเซอร์วิส (Representation State Transfer: REST) โดยได้แบ่งการให้บริการเป็น 2 ส่วนคือ ลำดับอ้างอิง (Reference Sequence) และเซิร์ฟเวอร์สัญลักษณ์และอ้างอิง (Reference and Annotation Servers) ดังนี้

The Reference Sequence

Reference Sequence ประกอบด้วยเซ็ตของ "entry points" ที่เกี่ยวกับ sequence และ lengths ของแต่ละ entry point โดยในบาง genome project, entry points อาจจะเป็น chromosomes ทั้งหมด หรืออาจจะเป็นชุดของ clone หรือ contig

Entry points เป็นระดับสูงสุด (top level) ในการอธิบายบน reference sequence map นั่นคือ แต่ละ entry point จะมีโครงสร้างย่อย ๆ หรือประกอบไปด้วยกลุ่มของ component ต่าง ๆ ซึ่งจะมีตำแหน่ง start และ stop สัมพันธ์กับ reference sequence

Reference and Annotation Servers

DAS ประกอบด้วย Reference Sequence Server และ Annotation Servers หนึ่งหรือมากว่าหนึ่ง โดย Annotation Server จะมีรายการของ Annotation บางบริเวณบน Genome ซึ่งแต่ละ Annotation จะเกี่ยวโยงกับแผนที่จีโนม (Genome Map) ที่ใช้ตำแหน่งเริ่มต้น (Start) และสิ้นสุด (Stop) เป็นความสัมพันธ์ในการระบุ

ตำแหน่งบน Genome Map โดย Annotation นี้อาจมีการให้บริการผ่านทาง URL ที่สามารถให้ผู้ใช้ใช้งานได้ เป็นต้น

Annotations มี Types Methods และ Categories โดย Annotation **Type** จะถูกเลือกจากรายการของ Types ที่มีความสำคัญทางด้าน Biological และมีความสัมพันธ์กับ EMBL/GenBank Feature Table Tags เช่น Annotation Types ประกอบด้วย "exon" "intron" "CDS" และ "splice3" Annotation **Method** เป็นตัวอธิบายว่าคุณลักษณะของสัญลักษณ์ (Annotated Feature) ถูกค้นพบได้อย่างไร และอาจหมายถึงการอ้างอิงจากโปรแกรมที่ได้ค้นพบ, Annotation **Category** เป็นหมวดหมู่ของหน้าที่ต่าง ๆ ที่สามารถใช้เพื่อกรอง, จัดกลุ่ม และแบ่งประเภทของ Annotation เช่น "Homology" "variation" และ "transcribed"

ก.2 หลักการทำงานและบริการในระบบแดส

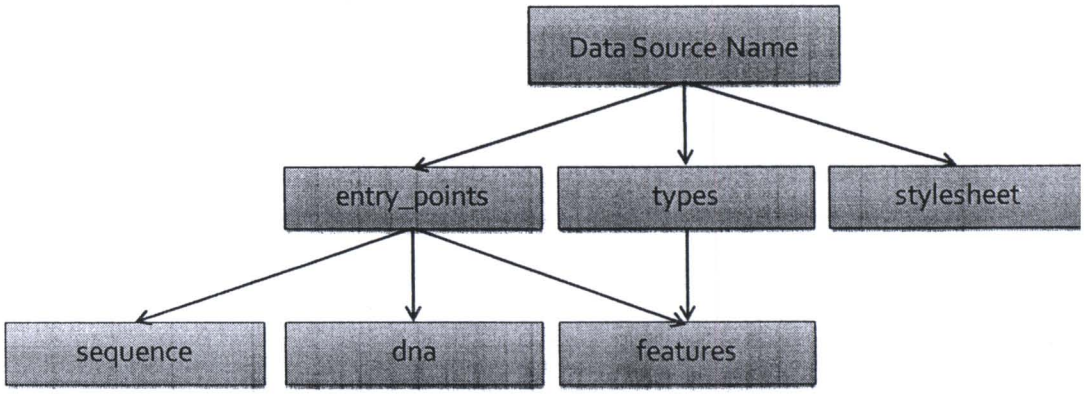
การใช้งานในระบบแดสจะใช้งานผ่านชุดคำสั่งที่เปรียบเสมือนบริการในเว็บเซอร์วิสผ่านไคลเอนท์ของแดส โดยมี Reference sequence server เป็น annotation server ตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

(1) เมื่อให้ Reference sequence id, จะส่งค่า raw DNA ของ sequence นั้น ๆ

(2) เมื่อให้ Reference sequence id, จะส่งค่า annotation ของหมวดหมู่ "component" โดยที่ component annotations เป็นการอธิบายว่า sequence ได้ถูก assembly จาก smaller part ไปยัง large part จาก top down ได้อย่างไร

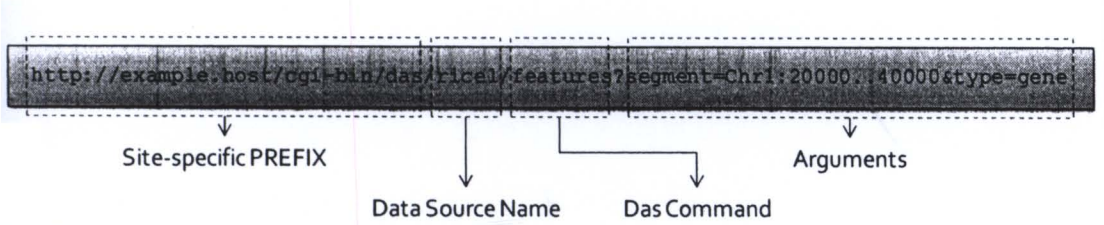
(3) เมื่อให้ Reference sequence id, จะส่งค่า annotation ของหมวดหมู่ "supercomponent" ซึ่งเป็น component parent annotations ที่อธิบายการ assembly ของ sequence จาก bottom up

ถึงแม้ว่าเซิร์ฟเวอร์มีการแบ่งระหว่าง Reference และ Annotation Servers ในการใช้งานจริงอาจจะไม่มีความแตกต่างกัน เพราะเซิร์ฟเวอร์ตัวเดียวอาจให้บริการทั้ง reference sequence information และ annotation information แต่หน้าที่สำคัญที่แตกต่างกันคือ reference sequence server ต้องรองรับหรือให้บริการข้อมูล sequence map และ raw DNA ในขณะที่ annotation server ไม่จำเป็นต้องมี



ภาพที่ ก.2 ลำดับการทำงานของชุดคำสั่งในระบบแดส

จากภาพที่ ก.2 ระบบแดสจะมีการใช้งานบริการหรือชุดคำสั่งโดยมีโครงสร้างของการใช้ชุดคำสั่งและพารามิเตอร์ที่ต้องการดังภาพที่ ก.3 และมีความหมายของแต่ละชุดคำสั่งในตารางที่ ก.1



ภาพที่ ก.3 โครงสร้างการใช้งานชุดคำสั่งในระบบแดส

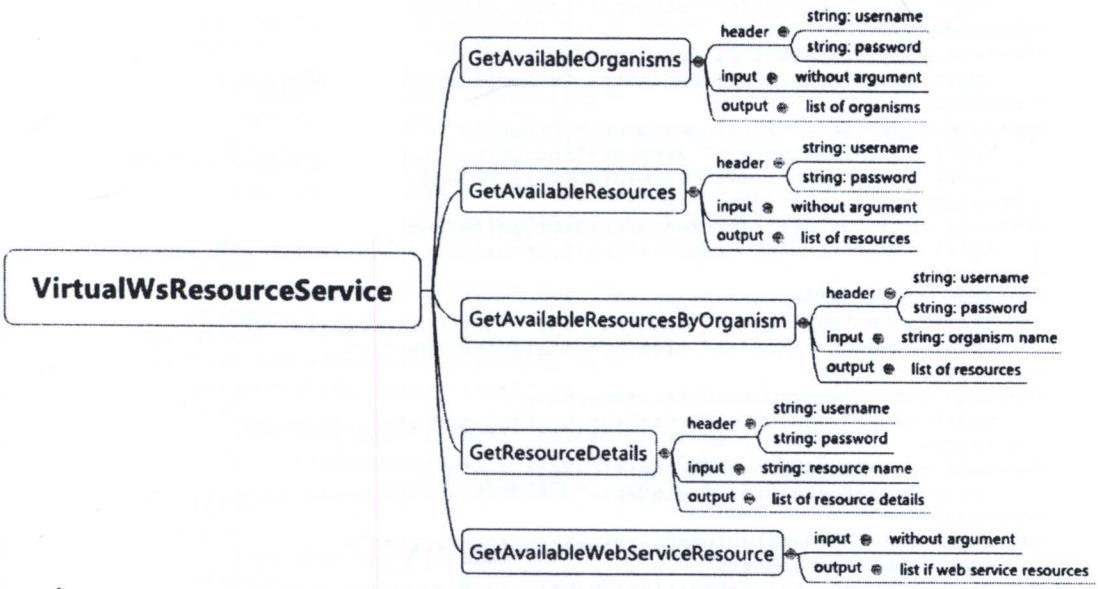
ตารางที่ ก.1 ความหมายของชุดคำสั่งในระบบแดสตามมาตรฐานแดสรุ่นที่ 1.53

ชุดคำสั่ง	รายละเอียด
dsn	แสดงรายการของแหล่งข้อมูลที่ให้บริการ
dna	แสดงข้อมูล DNA ที่สัมพันธ์กับ Segment ที่ร้องขอ
sequence	แสดงข้อมูล Sequence เช่น โปรตีน RNA ที่สัมพันธ์กับ Segment ที่ร้องขอ
entry_points	แสดงรายการ Entry Points ของแหล่งข้อมูลที่ให้บริการ
types	แสดงรายการ Types ของแหล่งข้อมูลที่ให้บริการ
features	แสดงรายการคุณลักษณะสัญลักษณ์ของ Segment ที่ร้องขอ
stylesheet	แสดงเอกสารสำหรับการแสดงผลของแหล่งข้อมูล

บริการในระบบแดสจะสัมพันธ์กับแต่ละชุดคำสั่งในตารางที่ ก.1 โดยการเรียกใช้จะอยู่ในส่วนของ Das Command ในภาพที่ ก.3 ยกเว้นคำสั่ง dsn ที่จะใช้ในส่วนของ Data Source Name เท่านั้น

ภาคผนวก ข
เอกสารอธิบายเว็บเซอร์วิสและโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ใน ระบบบูรณาการข้อมูลของแหล่งข้อมูลเสมือน

ข.1 เว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือน (VirtualWsResourceService)



ภาพที่ ข.1 โครงสร้างบริการและพารามิเตอร์ของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือน

จากภาพที่ ข.1 เว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือนมีเอกสารแสดงรายละเอียดของข้อมูลและพารามิเตอร์หรือวิสเดิล ชื่อ `VirtualWsResourceService.wsdl` ดังตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือน

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!-- Published by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<!-- Generated by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<definitions
    xmlns:wsu="http://docs.oasis-open.org/wss/2004/01/oasis-200401-wss-wssecurity-
utility-1.0.xsd"
    xmlns:wsp="http://www.w3.org/ns/ws-policy"
    xmlns:wsp1_2="http://schemas.xmlsoap.org/ws/2004/09/policy"
    xmlns:wsam="http://www.w3.org/2007/05/addressing/metadata"
    xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap/"
    xmlns:tns="http://vws.biotec.or.th/"
    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/"
    targetNamespace="http://vws.biotec.or.th/"
    name="VirtualWsResourceService">
    <types>
        <xsd:schema>
            <xsd:import namespace="http://vws.biotec.or.th/"
                        schemaLocation="VirtualWsResourceService.xsd" />
        </xsd:schema>
    </types>
    <message name="GetAvailableOrganisms">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableOrganisms" />
        <part name="authHeader" element="tns:authHeader" />
    </message>
    <message name="GetAvailableOrganismsResponse">
        <part name="result" element="tns:GetAvailableOrganismsResponse" />
    </message>
```

ตารางที่ ข.1 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือน (ต่อ)

```
    <message name="GetAvailableResources">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableResources" />
        <part name="authHeader" element="tns:authHeader" />
    </message>
    <message name="GetAvailableResourcesResponse">
        <part name="result" element="tns:GetAvailableResourcesResponse" />
    </message>
    <message name="GetAvailableResourcesByOrganism">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableResourcesByOrganism" />
        <part name="authHeader" element="tns:authHeader" />
    </message>
    <message name="GetAvailableResourcesByOrganismResponse">
        <part name="result" element="tns:GetAvailableResourcesByOrganismResponse" />
    </message>
    <message name="GetResourceDetails">
        <part name="parameters" element="tns:GetResourceDetails" />
        <part name="authHeader" element="tns:authHeader" />
    </message>
    <message name="GetResourceDetailsResponse">
        <part name="result" element="tns:GetResourceDetailsResponse" />
    </message>
    <message name="GetAvailableWebServiceResource">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableWebServiceResource" />
    </message>
    <message name="GetAvailableWebServiceResourceResponse">
        <part name="parameters"
              element="tns:GetAvailableWebServiceResourceResponse" />
    </message>
    <portType name="VirtualWsResource">
        <operation name="GetAvailableOrganisms"
                   parameterOrder="parameters authHeader">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VirtualWsResource/GetAvailableOrganismsRequest"
message="tns:GetAvailableOrganisms" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VirtualWsResource/GetAvailableOrganismsResponse"
message="tns:GetAvailableOrganismsResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetAvailableResources"
                   parameterOrder="parameters authHeader">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VirtualWsResource/GetAvailableResourcesRequest"
message="tns:GetAvailableResources" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VirtualWsResource/GetAvailableResourcesResponse"
message="tns:GetAvailableResourcesResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetAvailableResourcesByOrganism"
                   parameterOrder="parameters authHeader">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VirtualWsResource/GetAvailableResourcesByOrganis
mRequest" message="tns:GetAvailableResourcesByOrganism" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VirtualWsResource/GetAvailableResourcesByOrganis
mResponse" message="tns:GetAvailableResourcesByOrganismResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetResourceDetails" parameterOrder="parameters authHeader">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VirtualWsResource/GetResourceDetailsRequest"
message="tns:GetResourceDetails" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VirtualWsResource/GetResourceDetailsResponse"
message="tns:GetResourceDetailsResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetAvailableWebServiceResource">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VirtualWsResource/GetAvailableWebServiceResource
Request" message="tns:GetAvailableWebServiceResource" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VirtualWsResource/GetAvailableWebServiceResource
```

ตารางที่ ข.1 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือน (ต่อ)

```
Response" message="tns:GetAvailableWebServiceResourceResponse" />
        </operation>
    </portType>
    <binding name="VirtualWsResourcePortBinding" type="tns:VirtualWsResource">
        <soap:binding transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http"
                      style="document" />
        <operation name="GetAvailableOrganisms">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" parts="parameters" />
                <soap:header message="tns:GetAvailableOrganisms"
                             part="authHeader" use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetAvailableResources">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" parts="parameters" />
                <soap:header message="tns:GetAvailableResources"
                             part="authHeader" use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetAvailableResourcesByOrganism">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" parts="parameters" />
                <soap:header message="tns:GetAvailableResourcesByOrganism"
                             part="authHeader" use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetResourceDetails">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" parts="parameters" />
                <soap:header message="tns:GetResourceDetails"
                             part="authHeader" use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetAvailableWebServiceResource">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
    </binding>
    <service name="VirtualWsResourceService">
        <port name="VirtualWsResourcePort"
              binding="tns:VirtualWsResourcePortBinding">
            <soap:address
location="http://localhost:8080/VirtualWsResource/VirtualWsResourceService" />
        </port>
    </service>
</definitions>
```

จากตารางที่ ข.1 เอกสารวิสเดิลมีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือนชื่อ VirtualWsResourceService.xsd ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ ข.2 ดังนี้

ตารางที่ ข.2 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือน

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!-- Published by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<xs:schema
    xmlns:tns="http://vws.biotec.or.th/"
    xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    version="1.0"
    targetNamespace="http://vws.biotec.or.th/">
    <xs:element name="GetAvailableOrganisms" type="tns:GetAvailableOrganisms" />
    <xs:element name="GetAvailableOrganismsResponse"
                type="tns:GetAvailableOrganismsResponse" />
    <xs:element name="GetAvailableResources" type="tns:GetAvailableResources" />
    <xs:element name="GetAvailableResourcesByOrganism"
                type="tns:GetAvailableResourcesByOrganism" />
    <xs:element name="GetAvailableResourcesByOrganismResponse"
                type="tns:GetAvailableResourcesByOrganismResponse" />
    <xs:element name="GetAvailableResourcesResponse"
                type="tns:GetAvailableResourcesResponse" />
    <xs:element name="GetAvailableWebServiceResource"
                type="tns:GetAvailableWebServiceResource" />
    <xs:element name="GetAvailableWebServiceResourceResponse"
                type="tns:GetAvailableWebServiceResourceResponse" />
    <xs:element name="GetResourceDetails" type="tns:GetResourceDetails" />
    <xs:element name="GetResourceDetailsResponse"
                type="tns:GetResourceDetailsResponse" />
    <xs:element name="authHeader" nillable="true" type="tns:authHeaderType" />

    <xs:complexType name="GetAvailableResources">
        <xs:sequence />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="authHeaderType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="username" type="xs:string" default="anonymous" />
            <xs:element name="password" type="xs:string" default="anonymous" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="GetAvailableResourcesResponse">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="return"
                        type="tns:resourceResponseType" minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="resourceResponseType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="resource"
                        type="tns:resourceType" maxOccurs="unbounded" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="resourceType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="name" type="xs:string" />
            <xs:element name="description" type="xs:string" />
            <xs:element name="organism" type="xs:string" />
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
        <xs:attribute name="type" type="xs:string" />
    </xs:complexType>
```

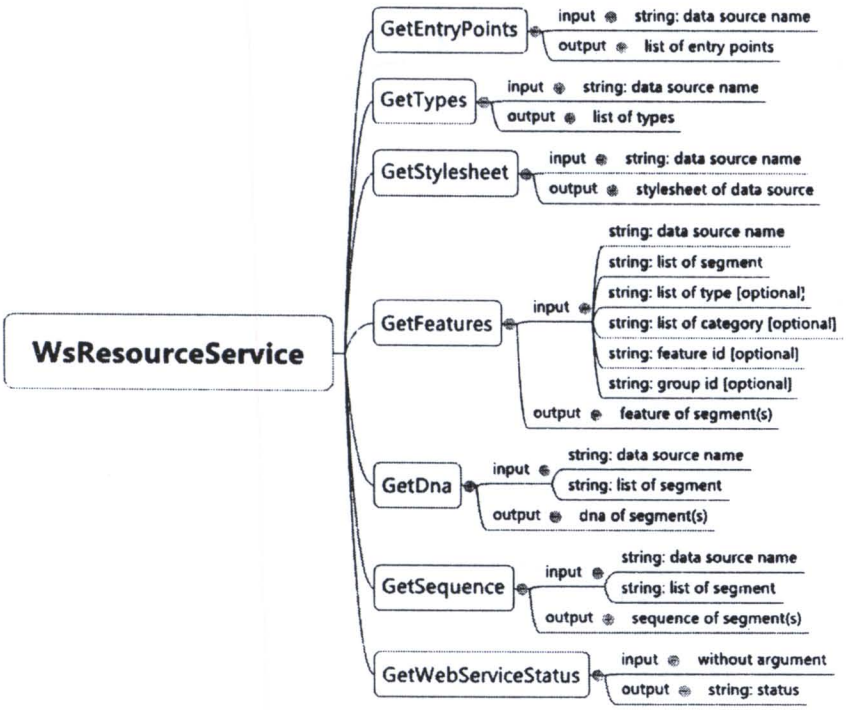
ตารางที่ ข.2 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือน (ต่อ)

```
<xs:complexType name="GetAvailableResourcesByOrganism">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="organism" type="xs:string" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetAvailableResourcesByOrganismResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="return"
                    type="tns:resourceResponseType" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetResourceDetails">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="resourceName" type="xs:string" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetResourceDetailsResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="return"
                    type="tns:resourceDetailResponseType" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="resourceDetailResponseType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="resource"
                    type="tns:resourceDetailType" maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="resourceDetailType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="name" type="xs:string" />
        <xs:element name="description" type="xs:string" />
        <xs:element name="organism" type="xs:string" />
        <xs:element name="wsdlLocation" type="xs:string" />
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="mirrored" type="xs:boolean" />
    <xs:attribute name="type" type="xs:string" />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetAvailableOrganisms">
    <xs:sequence />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetAvailableOrganismsResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="result"
                    type="tns:organismResponseType" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="organismResponseType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="organism"
                    type="tns:organismType" maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="organismType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="name" type="xs:string" />
        <xs:element name="description" type="xs:string" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
```

ตารางที่ ข.2 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือน (ต่อ)

```
    <xs:complexType name="GetAvailableWebServiceResource">
        <xs:sequence />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="GetAvailableWebServiceResourceResponse">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="return"
                        type="tns:getWebServiceResourceType" minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="getWebServiceResourceType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="webServiceResource"
                        type="tns:webServiceResourceType" maxOccurs="unbounded" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="webServiceResourceType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="name" type="xs:string" />
            <xs:element name="resourceWsdlUrl" type="xs:string" />
            <xs:element name="email" type="xs:string" />
            <xs:element name="organization" type="xs:string" />
            <xs:element name="orgUrl" type="xs:string" />
            <xs:element name="description" type="xs:string" />
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
    </xs:complexType>
</xs:schema>
```

ข.2 เว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล (WsResourceService)



ภาพที่ ข.2 โครงสร้างบริการและพารามิเตอร์ของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล

จากภาพที่ ข.2 เว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลมีเอกสารแสดงรายละเอียดของข้อมูลและพารามิเตอร์หรือวิสเดิล ชื่อ `WsResourceService.wsdl` ดังตารางที่ ข.3

ตารางที่ ข.3 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!-- Published by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<!-- Generated by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<definitions
    xmlns:wsu="http://docs.oasis-open.org/wss/2004/01/oasis-200401-wss-wssecurity-
utility-1.0.xsd"
    xmlns:wsp="http://www.w3.org/ns/ws-policy"
    xmlns:wsp1_2="http://schemas.xmlsoap.org/ws/2004/09/policy"
    xmlns:wsam="http://www.w3.org/2007/05/addressing/metadata"
    xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap/"
    xmlns:tns="http://ws.biotec.or.th/"
    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/"
    targetNamespace="http://ws.biotec.or.th/"
    name="WsResourceService">
    <types>
        <xsd:schema>
            <xsd:import
                namespace="http://ws.biotec.or.th/"
                schemaLocation="WsResourceService.xsd" />
        </xsd:schema>
    </types>
```

ตารางที่ ข.3 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล (ต่อ)

```
    <message name="GetEntryPoints">
        <part name="parameters" element="tns:GetEntryPoints" />
    </message>
    <message name="GetEntryPointsResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetEntryPointsResponse" />
    </message>
    <message name="GetTypes">
        <part name="parameters" element="tns:GetTypes" />
    </message>
    <message name="GetTypesResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetTypesResponse" />
    </message>
    <message name="GetStylesheet">
        <part name="parameters" element="tns:GetStylesheet" />
    </message>
    <message name="GetStylesheetResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetStylesheetResponse" />
    </message>
    <message name="GetFeatures">
        <part name="parameters" element="tns:GetFeatures" />
    </message>
    <message name="GetFeaturesResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetFeaturesResponse" />
    </message>
    <message name="GetDna">
        <part name="parameters" element="tns:GetDna" />
    </message>
    <message name="GetDnaResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetDnaResponse" />
    </message>
    <message name="GetSequence">
        <part name="parameters" element="tns:GetSequence" />
    </message>
    <message name="GetSequenceResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetSequenceResponse" />
    </message>
    <message name="GetWebServiceStatus">
        <part name="parameters" element="tns:GetWebServiceStatus" />
    </message>
    <message name="GetWebServiceStatusResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetWebServiceStatusResponse" />
    </message>
    <portType name="WsResource">
        <operation name="GetEntryPoints">
            <input
wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetEntryPointsRequest"
message="tns:GetEntryPoints" />
            <output
wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetEntryPointsResponse"
message="tns:GetEntryPointsResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetTypes">
            <input wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetTypesRequest"
message="tns:GetTypes" />
            <output wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetTypesResponse"
message="tns:GetTypesResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetStylesheet">
            <input
wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetStylesheetRequest"
message="tns:GetStylesheet" />
            <output
wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetStylesheetResponse"
message="tns:GetStylesheetResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetFeatures">
            <input wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetFeaturesRequest"
message="tns:GetFeatures" />
```

ตารางที่ ข.3 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล (ต่อ)

```
            <output
wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetFeaturesResponse"
message="tns:GetFeaturesResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetDna">
            <input wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetDnaRequest"
                   message="tns:GetDna" />
            <output wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetDnaResponse"
                    message="tns:GetDnaResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetSequence">
            <input wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetSequenceRequest"
                   message="tns:GetSequence" />
            <output
wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetSequenceResponse"
message="tns:GetSequenceResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetWebServiceStatus">
            <input
wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetWebServiceStatusRequest"
message="tns:GetWebServiceStatus" />
            <output
wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResource/GetWebServiceStatusResponse"
message="tns:GetWebServiceStatusResponse" />
        </operation>
    </portType>
    <binding name="WsResourcePortBinding" type="tns:WsResource">
        <soap:binding transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http"
                      style="document" />
        <operation name="GetEntryPoints">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetTypes">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetStylesheet">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetFeatures">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetDna">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
```

ตารางที่ ข.3 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล (ต่อ)

```
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetSequence">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetWebServiceStatus">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
    </binding>
    <service name="WsResourceService">
        <port name="WsResourcePort" binding="tns:WsResourcePortBinding">
            <soap:address
                location="http://localhost:8080/WsResource/WsResourceService" />
        </port>
    </service>
</definitions>
```

จากตารางที่ ข.3 เอกสารวิสเดิลมีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือนชื่อ `WsResourceService.xsd` ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ ข.4 ดังนี้

ตารางที่ ข.4 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!-- Published by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<xs:schema
    xmlns:tns="http://ws.biotec.or.th/"
    xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    version="1.0" targetNamespace="http://ws.biotec.or.th/">
    <xs:import />
    <xs:element name="DASDSN" type="tns:dasDsnType" />
    <xs:element name="DASEP" type="tns:dasEpType" />
    <xs:element name="DASTYPES" type="tns:dasTypesType" />
    <xs:element name="GetDna" type="tns:GetDna" />
    <xs:element name="GetDnaResponse" type="tns:GetDnaResponse" />
    <xs:element name="GetEntryPoints" type="tns:GetEntryPoints" />
    <xs:element name="GetEntryPointsResponse" type="tns:GetEntryPointsResponse" />
    <xs:element name="GetFeatures" type="tns:GetFeatures" />
    <xs:element name="GetFeaturesResponse" type="tns:GetFeaturesResponse" />
    <xs:element name="GetSequence" type="tns:GetSequence" />
    <xs:element name="GetSequenceResponse" type="tns:GetSequenceResponse" />
    <xs:element name="GetStylesheet" type="tns:GetStylesheet" />
    <xs:element name="GetStylesheetResponse" type="tns:GetStylesheetResponse" />
    <xs:element name="GetTypes" type="tns:GetTypes" />
    <xs:element name="GetTypesResponse" type="tns:GetTypesResponse" />
    <xs:element name="GetWebServiceStatus" type="tns:GetWebServiceStatus" />
    <xs:element name="GetWebServiceStatusResponse"
                type="tns:GetWebServiceStatusResponse" />
```

ตารางที่ ข.4 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล (ต่อ)

```
<xs:complexType name="GetWebServiceStatus">
    <xs:sequence />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetWebServiceStatusResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="return" type="xs:string" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetDna">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="dataSourceName" type="xs:string" minOccurs="0" />
        <xs:element name="segment" type="xs:string"
                    minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetDnaResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="DASDNA" type="tns:dasDnaType" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="dasDnaType">
    <xs:sequence>
        <xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
            <xs:element name="ERRORSEGMENT" type="tns:errorSegmentType" />
            <xs:element name="UNKNOWNSEGMENT" type="tns:unknownSegmentType" />
            <xs:element name="SEQUENCE" type="tns:dnaSequenceType" />
        </xs:choice>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="errorSegmentType">
    <xs:sequence />
    <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="start" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="stop" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="message" type="xs:string" />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="unknownSegmentType">
    <xs:sequence />
    <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="start" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="stop" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="message" type="xs:string" />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="dnaSequenceType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="DNA" type="tns:dnaType" />
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="start" type="xs:long" />
    <xs:attribute name="stop" type="xs:long" />
    <xs:attribute name="size" type="xs:long" />
    <xs:attribute name="version" type="xs:string" />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="dnaType">
    <xs:simpleContent>
        <xs:extension base="xs:string">
            <xs:attribute name="length" type="xs:long" />
        </xs:extension>
    </xs:simpleContent>
</xs:complexType>
```

ตารางที่ ข.4 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล (ต่อ)

```
<xs:complexType name="GetTypes">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="dataSourceName" type="xs:string" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetTypesResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="DASTYPES" type="tns:dasTypesType" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="dasTypesType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="GFF" type="tns:typesGffType" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="typesGffType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="SEGMENT" type="tns:typesSegmentType"
                    maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="version" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="href" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="summary" type="xs:string" />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="typesSegmentType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="TYPE" type="tns:typesTypeType"
                    minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="start" type="xs:long" />
    <xs:attribute name="stop" type="xs:long" />
    <xs:attribute name="size" type="xs:long" />
    <xs:attribute name="version" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="label" type="xs:string" />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="typesTypeType">
    <xs:simpleContent>
        <xs:extension base="xs:string">
            <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
            <xs:attribute name="category" type="xs:string" />
            <xs:attribute name="method" type="xs:string" />
            <xs:attribute name="source" type="xs:string" />
        </xs:extension>
    </xs:simpleContent>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetSequence">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="dataSourceName" type="xs:string" minOccurs="0" />
        <xs:element name="segment" type="xs:string"
                    minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetSequenceResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="DASSEQUENCE" type="tns:dasSequenceType"
                    minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="dasSequenceType">
    <xs:sequence>
        <xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
```

ตารางที่ ข.4 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล (ต่อ)

```
            <xs:element name="SEQUENCE" type="tns:sequenceSequenceType" />
            <xs:element name="UNKNOWNSEGMENT" type="tns:unknownSegmentType" />
            <xs:element name="ERRORSEGMENT" type="tns:errorSegmentType" />
        </xs:choice>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="sequenceSequenceType">
    <xs:simpleContent>
        <xs:extension base="xs:string">
            <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
            <xs:attribute name="start" type="xs:long" />
            <xs:attribute name="stop" type="xs:long" />
            <xs:attribute name="size" type="xs:long" />
            <xs:attribute name="moltype" type="xs:string" />
            <xs:attribute name="version" type="xs:string" />
        </xs:extension>
    </xs:simpleContent>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetStylesheet">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="dataSourceName" type="xs:string" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetStylesheetResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="DASSTYLE" type="tns:dasStyleType" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="dasStyleType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="STYLESHEET" type="tns:styleSheetType" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="styleSheetType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="CATEGORY" type="tns:styleCategoryType"
                    maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="version" type="xs:string" />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="styleCategoryType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="TYPE" type="tns:styleTypeType" maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="styleTypeType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="GLYPH" type="tns:styleGlyphType"
                    maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="label" type="xs:string" />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="styleGlyphType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="ARROW" type="tns:styleGlyphAttrType" minOccurs="0" />
        <xs:element name="ANCHORED_ARROW" type="tns:styleGlyphAttrType"
                    minOccurs="0" />
        <xs:element name="BOX" type="tns:styleGlyphAttrType" minOccurs="0" />
        <xs:element name="CROSS" type="tns:styleGlyphAttrType" minOccurs="0" />
        <xs:element name="EX" type="tns:styleGlyphAttrType" minOccurs="0" />
```

ตารางที่ ข.4 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล (ต่อ)

```
            <xs:element name="HIDDEN" type="tns:styleGlyphAttrType" minOccurs="0" />
            <xs:element name="LINE" type="tns:styleGlyphAttrType" minOccurs="0" />
            <xs:element name="SPAN" type="tns:styleGlyphAttrType" minOccurs="0" />
            <xs:element name="TEXT" type="tns:styleGlyphAttrType" minOccurs="0" />
            <xs:element name="TOOMANY" type="tns:styleGlyphAttrType" minOccurs="0" />
            <xs:element name="TRIANGLE" type="tns:styleGlyphAttrType"
                        minOccurs="0" />
            <xs:element name="PRIMERS" type="tns:styleGlyphAttrType" minOccurs="0" />
            <xs:element name="HAT" type="tns:styleGlyphAttrType" minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="zoom" type="xs:string" />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="styleGlyphAttrType">
        <xs:sequence>
            <xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
                <xs:element name="LINE_STYLE" type="tns:styleLineStyleSimpleType" />
                <xs:element name="HEIGHT" type="xs:int" />
                <xs:element name="STRANDED" type="xs:string" />
                <xs:element name="STRING" type="xs:string" />
                <xs:element name="COLOR" type="xs:string" />
                <xs:element name="KEY" type="xs:string" />
                <xs:element name="DESCRIPTION" type="xs:string" />
                <xs:element name="LINK" type="xs:string" />
                <xs:element name="FLOAT" type="xs:float" />
                <xs:element name="LABEL_DENSITY" type="xs:int" />
                <xs:element name="FGCOLOR" type="xs:string" />
                <xs:element name="BGCOLOR" type="xs:string" />
                <xs:element name="BUMP" type="xs:string" />
                <xs:element name="INT" type="xs:int" />
                <xs:element name="FONT" type="xs:string" />
                <xs:element name="STYLE" type="xs:string" />
                <xs:element name="FONT2COLOR" type="xs:string" />
                <xs:element name="BOOL" type="xs:string" />
                <xs:element name="BUMP_DENSITY" type="xs:int" />
                <xs:element name="DIRECTION" type="tns:styleDirectionSimpleType" />
                <xs:element name="PARALLEL" type="xs:string" />
                <xs:element name="FONTSIZE" type="xs:int" />
                <xs:element name="FONT_STYLE" type="tns:styleFontStyleSimpleType" />
                <xs:element name="LINEWIDTH" type="xs:int" />
                <xs:element name="DECORATED_INTRONS" type="xs:int" />
                <xs:element name="CITATION" type="xs:string" />
                <xs:element name="LABEL" type="xs:string" />
                <xs:element name="LINK_TARGET" type="xs:string" />
            </xs:choice>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="epEntryPointsType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="SEGMENT" type="tns:epSegmentType"
                        minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="href" type="xs:string" />
        <xs:attribute name="version" type="xs:string" />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="epSegmentType">
        <xs:simpleContent>
            <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="start" type="xs:long" />
                <xs:attribute name="stop" type="xs:long" />
                <xs:attribute name="size" type="xs:long" />
                <xs:attribute name="type" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="orientation" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="subparts" type="tns:epPartType" />
                <xs:attribute name="superparts" type="tns:epPartType" />
                <xs:attribute name="class" type="xs:string" />
            </xs:extension>
```

ตารางที่ ข.4 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล (ต่อ)

```
        </xs:simpleContent>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="featureParentType">
        <xs:sequence />
        <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="dasEpType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="ENTRY_POINTS" type="tns:epEntryPointsType" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="featureType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="TYPE" type="tns:featureTypeType" />
            <xs:element name="METHOD" type="tns:featureMethodType" />
            <xs:element name="START" type="xs:long" />
            <xs:element name="END" type="xs:long" />
            <xs:element name="SCORE" type="xs:string" />
            <xs:element name="ORIENTATION" type="xs:string" />
            <xs:element name="PHASE" type="xs:string" />
            <xs:element name="PART" type="tns:featurePartType"
                        minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
            <xs:element name="PARENT" type="tns:featureParentType"
                        minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
            <xs:element name="NOTE" type="tns:featureNoteType"
                        minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
            <xs:element name="LINK" type="tns:featureLinkType"
                        minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
            <xs:element name="TARGET" type="tns:featureTargetType"
                        minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
            <xs:element name="GROUP" type="tns:featureGroupType"
                        minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
        <xs:attribute name="label" type="xs:string" />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="featureTypeType">
        <xs:simpleContent>
            <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="category" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="reference"
                              type="tns:featureReferenceSimpleType" />
            </xs:extension>
        </xs:simpleContent>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="featureMethodType">
        <xs:simpleContent>
            <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
            </xs:extension>
        </xs:simpleContent>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="featurePartType">
        <xs:sequence />
        <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="featureNoteType">
        <xs:simpleContent>
            <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="tag" type="xs:string" />
            </xs:extension>
        </xs:simpleContent>
```

ตารางที่ ข.4 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล (ต่อ)

```
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="featureLinkType">
        <xs:simpleContent>
            <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="href" type="xs:string" />
            </xs:extension>
        </xs:simpleContent>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="featureTargetType">
        <xs:simpleContent>
            <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="start" type="xs:long" />
                <xs:attribute name="stop" type="xs:long" />
                <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
            </xs:extension>
        </xs:simpleContent>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="featureGroupType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="NOTE" type="tns:featureNoteType"
                        minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
            <xs:element name="LINK" type="tns:featureLinkType"
                        minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
            <xs:element name="TARGET" type="tns:featureTargetType"
                        minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
        <xs:attribute name="label" type="xs:string" />
        <xs:attribute name="type" type="xs:string" />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="dsnSourceType">
        <xs:simpleContent>
            <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="mirrored" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="organism" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="type" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="version" type="xs:string" />
            </xs:extension>
        </xs:simpleContent>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="featureGffType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="SEGMENT" type="tns:featureSegmentType"
                        maxOccurs="unbounded" />
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="version" type="xs:string" />
        <xs:attribute name="href" type="xs:string" />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="featureSegmentType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="FEATURE" type="tns:featureType"
                        minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
        <xs:attribute name="start" type="xs:long" />
        <xs:attribute name="stop" type="xs:long" />
        <xs:attribute name="size" type="xs:long" />
        <xs:attribute name="type" type="xs:string" />
        <xs:attribute name="version" type="xs:string" />
        <xs:attribute name="label" type="xs:string" />
    </xs:complexType>
```

ตารางที่ ข.4 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล (ต่อ)

```
<xs:complexType name="dsnMapmasterType">
    <xs:simpleContent>
        <xs:extension base="xs:string">
            <xs:attribute name="url" type="xs:string" />
        </xs:extension>
    </xs:simpleContent>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="dsnType">
    <xs:sequence>
        <xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
            <xs:element name="SOURCE" type="tns:dsnSourceType" />
            <xs:element name="DESCRIPTION" type="tns:dsnDescriptionType" />
            <xs:element name="MAPMASTER" type="tns:dsnMapmasterType" />
        </xs:choice>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="dsnDescriptionType">
    <xs:simpleContent>
        <xs:extension base="xs:string">
            <xs:attribute name="href" type="xs:string" />
        </xs:extension>
    </xs:simpleContent>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="dasDsnType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="DSN" type="tns:dsnType" maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="name" type="xs:string" />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="dasGffType">
    <xs:sequence>
        <xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
            <xs:element name="ERRORSEGMENT" type="tns:errorSegmentType" />
            <xs:element name="UNKNOWNSEGMENT" type="tns:unknownSegmentType" />
            <xs:element name="GFF" type="tns:featureGffType" />
        </xs:choice>
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetEntryPoints">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="dataSourceName" type="xs:string" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetEntryPointsResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="DASEP" type="tns:dasEpType" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetFeatures">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="dataSourceName" type="xs:string" minOccurs="0" />
        <xs:element name="segment" type="xs:string"
                    minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
        <xs:element name="type" type="xs:string"
                    minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
        <xs:element name="category" type="xs:string"
                    minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
        <xs:element name="feature_id" type="xs:string" minOccurs="0" />
        <xs:element name="group_id" type="xs:string" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
```

ตารางที่ ข.4 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล (ต่อ)

```
    <xs:complexType name="GetFeaturesResponse">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="DASGFF" type="tns:dasGffType" minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>

    <xs:simpleType name="epPartType">
        <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:enumeration value="yes" />
            <xs:enumeration value="no" />
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>

    <xs:simpleType name="featureReferenceSimpleType">
        <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:enumeration value="yes" />
            <xs:enumeration value="no" />
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>

    <xs:simpleType name="styleDirectionSimpleType">
        <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:enumeration value="N" />
            <xs:enumeration value="E" />
            <xs:enumeration value="S" />
            <xs:enumeration value="W" />
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>

    <xs:simpleType name="styleFontStyleSimpleType">
        <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:enumeration value="bold" />
            <xs:enumeration value="italic" />
            <xs:enumeration value="underline" />
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>

    <xs:simpleType name="styleLineStyleSimpleType">
        <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:enumeration value="hat" />
            <xs:enumeration value="solid" />
            <xs:enumeration value="dashed" />
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>
</xs:schema>
```

ข.3 เว็บเซอร์วิสรายละเอียดของแหล่งบริการข้อมูล (WsResourceDescriptionService)

ภาพที่ ข.3 โครงสร้างบริการและพารามิเตอร์ของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล

จากภาพที่ ข.3 เว็บเซอร์วิสรายละเอียดของแหล่งบริการข้อมูลมีเอกสารแสดงรายละเอียดของข้อมูลและพารามิเตอร์หรือวิสเดิล ชื่อ `WsResourceDescriptionService.wsdl` ดังตารางที่ ข.5

ตารางที่ ข.5 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสรายละเอียดของแหล่งบริการข้อมูล

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!-- Published by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<!-- Generated by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<definitions
    xmlns:wsu="http://docs.oasis-open.org/wss/2004/01/oasis-200401-wss-wssecurity-
utility-1.0.xsd"
    xmlns:wsp="http://www.w3.org/ns/ws-policy"
    xmlns:wsp1_2="http://schemas.xmlsoap.org/ws/2004/09/policy"
    xmlns:wsam="http://www.w3.org/2007/05/addressing/metadata"
    xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap/"
    xmlns:tns="http://ws.biotec.or.th/"
    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/"
    targetNamespace="http://ws.biotec.or.th/"
    name="WsResourceDescriptionService">
    <types>
        <xsd:schema>
            <xsd:import namespace="http://ws.biotec.or.th/"
                        schemaLocation="WsResourceDescriptionService.xsd" />
        </xsd:schema>
    </types>
    <message name="GetDataSourceName">
        <part name="parameters" element="tns:GetDataSourceName" />
    </message>
    <message name="GetDataSourceNameResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetDataSourceNameResponse" />
    </message>
    <portType name="WsResourceDescription">
        <operation name="GetDataSourceName">
            <input
wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResourceDescription/GetDataSourceNameRequest"
message="tns:GetDataSourceName" />
            <output
wsam:Action="http://ws.biotec.or.th/WsResourceDescription/GetDataSourceNameResponse"
message="tns:GetDataSourceNameResponse" />
        </operation>
    </portType>
    <binding name="WsResourceDescriptionPortBinding"
             type="tns:WsResourceDescription">
        <soap:binding transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http"
                      style="document" />
        <operation name="GetDataSourceName">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
    </binding>
```

ตารางที่ ข.5 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสรายละเอียดของแหล่งบริการข้อมูล (ต่อ)

```
    <service name="WsResourceDescriptionService">
        <port name="WsResourceDescriptionPort"
              binding="tns:WsResourceDescriptionPortBinding">
            <soap:address
        location="http://localhost:8080/WsResource/WsResourceDescriptionService" />
        </port>
    </service>
</definitions>
```

จากตารางที่ ข.3 เอกสารวิสเดิลมีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือนชื่อ `WsResourceDescriptionService.xsd` ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ ข.6 ดังนี้

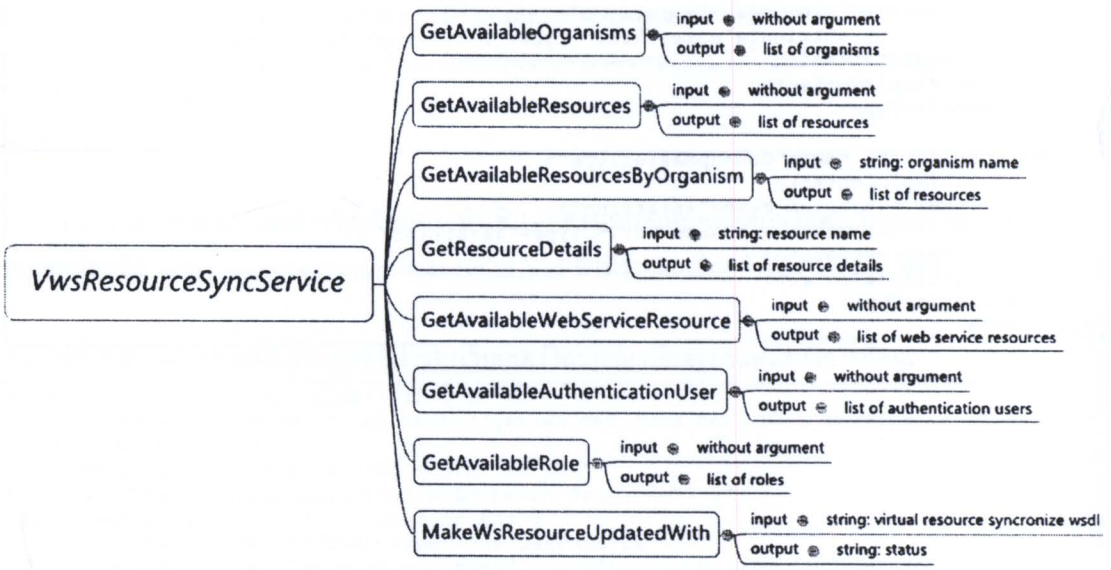
ตารางที่ ข.6 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสรายละเอียดของแหล่งบริการข้อมูล

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!-- Published by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<xs:schema xmlns:tns="http://ws.biotec.or.th/"
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" version="1.0"
targetNamespace="http://ws.biotec.or.th/">
    <xs:element name="DASDSN" type="tns:dasDsnType" />
    <xs:element name="GetDataSourceName" type="tns:GetDataSourceName" />
    <xs:element name="GetDataSourceNameResponse"
                type="tns:GetDataSourceNameResponse" />

    <xs:complexType name="GetDataSourceName">
        <xs:sequence />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="GetDataSourceNameResponse">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="DASDSN" type="tns:dasDsnType" minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="dasDsnType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="DSN" type="tns:dsnType" maxOccurs="unbounded" />
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="name" type="xs:string" />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="dsnType">
        <xs:sequence>
            <xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
                <xs:element name="SOURCE" type="tns:dsnSourceType" />
                <xs:element name="DESCRIPTION" type="tns:dsnDescriptionType" />
                <xs:element name="MAPMASTER" type="tns:dsnMapmasterType" />
            </xs:choice>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="dsnSourceType">
        <xs:simpleContent>
            <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="mirrored" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="organism" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="type" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="version" type="xs:string" />
            </xs:extension>
        </xs:simpleContent>
    </xs:complexType>
```

ตารางที่ ข.6 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสรายละเอียดของแหล่งบริการข้อมูล (ต่อ)

```
    <xs:complexType name="dsnDescriptionType">
        <xs:simpleContent>
            <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="href" type="xs:string" />
            </xs:extension>
        </xs:simpleContent>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="dsnMapmasterType">
        <xs:simpleContent>
            <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="url" type="xs:string" />
            </xs:extension>
        </xs:simpleContent>
    </xs:complexType>
</xs:schema>
```

ข.4 เว็บเซอร์วิสปรับปรุงข้อมูลของแหล่งบริการข้อมูลเสมือน (VwsResourceSyncService)



ภาพที่ ข.4 โครงสร้างบริการและพารามิเตอร์ของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล

จากภาพที่ ข.4 เว็บเซอร์วิสปรับปรุงข้อมูลของแหล่งบริการข้อมูลเสมือน มีเอกสารแสดงรายละเอียดของข้อมูลและพารามิเตอร์หรือวิสเดิล ชื่อ `VwsResourceSyncService.wsdl` ดังตารางที่ ข.7

ตารางที่ ข.7 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสปรับปรุงข้อมูลของแหล่งบริการข้อมูลเสมือน

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!-- Published by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI 2.2-
hudson-752-. -->
<!-- Generated by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI 2.2-
hudson-752-. -->
<definitions
    xmlns:wsu="http://docs.oasis-open.org/wss/2004/01/oasis-200401-wss-wssecurity-utility-
1.0.xsd"
    xmlns:wsp="http://www.w3.org/ns/ws-policy"
    xmlns:wsp1_2="http://schemas.xmlsoap.org/ws/2004/09/policy"
    xmlns:wsam="http://www.w3.org/2007/05/addressing/metadata"
    xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap/"
    xmlns:tns="http://vws.biotec.or.th/"
    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/"
    targetNamespace="http://vws.biotec.or.th/"
    name="VwsResourceSyncService">
    <types>
        <xsd:schema>
            <xsd:import namespace="http://vws.biotec.or.th/"
                        schemaLocation="VwsResourceSyncService.xsd" />
        </xsd:schema>
    </types>
    <message name="GetAvailableOrganisms">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableOrganisms" />
    </message>
    <message name="GetAvailableOrganismsResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableOrganismsResponse" />
    </message>
```

ตารางที่ ข.7 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสปรับปรุงข้อมูลของแหล่งบริการข้อมูลเสมือน (ต่อ)

```
    <message name="GetAvailableResources">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableResources" />
    </message>
    <message name="GetAvailableResourcesResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableResourcesResponse" />
    </message>
    <message name="GetAvailableResourcesByOrganism">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableResourcesByOrganism" />
    </message>
    <message name="GetAvailableResourcesByOrganismResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableResourcesByOrganismResponse" />
    </message>
    <message name="GetResourceDetails">
        <part name="parameters" element="tns:GetResourceDetails" />
    </message>
    <message name="GetResourceDetailsResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetResourceDetailsResponse" />
    </message>
    <message name="GetAvailableWebServiceResource">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableWebServiceResource" />
    </message>
    <message name="GetAvailableWebServiceResourceResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableWebServiceResourceResponse" />
    </message>
    <message name="GetAvailableAuthenticationUser">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableAuthenticationUser" />
    </message>
    <message name="GetAvailableAuthenticationUserResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableAuthenticationUserResponse" />
    </message>
    <message name="GetAvailableRole">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableRole" />
    </message>
    <message name="GetAvailableRoleResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetAvailableRoleResponse" />
    </message>
    <message name="MakeWsResourceUpdatedWith">
        <part name="parameters" element="tns:MakeWsResourceUpdatedWith" />
    </message>
    <message name="MakeWsResourceUpdatedWithResponse">
        <part name="parameters" element="tns:MakeWsResourceUpdatedWithResponse" />
    </message>
    <portType name="VwsResourceSync">
        <operation name="GetAvailableOrganisms">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetAvailableOrganismsRequest"
message="tns:GetAvailableOrganisms" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetAvailableOrganismsResponse"
message="tns:GetAvailableOrganismsResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetAvailableResources">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetAvailableResourcesRequest"
message="tns:GetAvailableResources" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetAvailableResourcesResponse"
message="tns:GetAvailableResourcesResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetAvailableResourcesByOrganism">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetAvailableResourcesByOrganismRequest"
message="tns:GetAvailableResourcesByOrganism" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetAvailableResourcesByOrganismResponse"
message="tns:GetAvailableResourcesByOrganismResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetResourceDetails">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetResourceDetailsRequest"
```

ตารางที่ ข.7 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสปรับปรุงข้อมูลของแหล่งบริการข้อมูลเสมือน (ต่อ)

```
message="tns:GetResourceDetails" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetResourceDetailsResponse"
message="tns:GetResourceDetailsResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetAvailableWebServiceResource">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetAvailableWebServiceResourceRequest"
message="tns:GetAvailableWebServiceResource" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetAvailableWebServiceResourceResponse"
message="tns:GetAvailableWebServiceResourceResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetAvailableAuthenticationUser">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetAvailableAuthenticationUserRequest"
message="tns:GetAvailableAuthenticationUser" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetAvailableAuthenticationUserResponse"
message="tns:GetAvailableAuthenticationUserResponse" />
        </operation>
        <operation name="GetAvailableRole">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetAvailableRoleRequest"
message="tns:GetAvailableRole" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/GetAvailableRoleResponse"
message="tns:GetAvailableRoleResponse" />
        </operation>
        <operation name="MakeWsResourceUpdatedWith">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/MakeWsResourceUpdatedWithRequest"
message="tns:MakeWsResourceUpdatedWith" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/VwsResourceSync/MakeWsResourceUpdatedWithResponse"
message="tns:MakeWsResourceUpdatedWithResponse" />
        </operation>
    </portType>
    <binding name="VwsResourceSyncPortBinding" type="tns:VwsResourceSync">
        <soap:binding transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http" style="document" />
        <operation name="GetAvailableOrganisms">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetAvailableResources">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetAvailableResourcesByOrganism">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
```

ตารางที่ ข.7 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสปรับปรุงข้อมูลของแหล่งบริการข้อมูลเสมือน (ต่อ)

```
        <operation name="GetResourceDetails">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetAvailableWebServiceResource">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetAvailableAuthenticationUser">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="GetAvailableRole">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="MakeWsResourceUpdatedWith">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
    </binding>
    <service name="VwsResourceSyncService">
        <port name="VwsResourceSyncPort" binding="tns:VwsResourceSyncPortBinding">
            <soap:address
            location="http://localhost:8080/VirtualWsResource/VwsResourceSyncService" />
        </port>
    </service>
</definitions>
```

จากตารางที่ ข.7 เอกสารวิสเดิลมีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสปรับปรุงข้อมูลของแหล่งบริการข้อมูลเสมือน ชื่อ VwsResourceSyncService.xsd ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ ข.8 ดังนี้

ตารางที่ ข.8 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสปรับปรุงข้อมูลของแหล่งบริการข้อมูลเสมือน

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!-- Published by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<xs:schema xmlns:tns="http://vws.biotec.or.th/"
           xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
           version="1.0" targetNamespace="http://vws.biotec.or.th/">
    <xs:element name="GetAvailableAuthenticationUser"
                type="tns:GetAvailableAuthenticationUser" />
    <xs:element name="GetAvailableAuthenticationUserResponse"
                type="tns:GetAvailableAuthenticationUserResponse" />
    <xs:element name="GetAvailableOrganisms" type="tns:GetAvailableOrganisms" />
    <xs:element name="GetAvailableOrganismsResponse"
                type="tns:GetAvailableOrganismsResponse" />
    <xs:element name="GetAvailableResources" type="tns:GetAvailableResources" />
    <xs:element name="GetAvailableResourcesByOrganism"
                type="tns:GetAvailableResourcesByOrganism" />
    <xs:element name="GetAvailableResourcesByOrganismResponse"
                type="tns:GetAvailableResourcesByOrganismResponse" />
    <xs:element name="GetAvailableResourcesResponse"
                type="tns:GetAvailableResourcesResponse" />
    <xs:element name="GetAvailableRole" type="tns:GetAvailableRole" />
    <xs:element name="GetAvailableRoleResponse"
                type="tns:GetAvailableRoleResponse" />
    <xs:element name="GetAvailableWebServiceResource"
                type="tns:GetAvailableWebServiceResource" />
    <xs:element name="GetAvailableWebServiceResourceResponse"
                type="tns:GetAvailableWebServiceResourceResponse" />
    <xs:element name="GetResourceDetails" type="tns:GetResourceDetails" />
    <xs:element name="GetResourceDetailsResponse"
                type="tns:GetResourceDetailsResponse" />
    <xs:element name="MakeWsResourceUpdatedWith"
                type="tns:MakeWsResourceUpdatedWith" />
    <xs:element name="MakeWsResourceUpdatedWithResponse"
                type="tns:MakeWsResourceUpdatedWithResponse" />

    <xs:complexType name="GetAvailableAuthenticationUser">
        <xs:sequence />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="GetAvailableAuthenticationUserResponse">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="AuthenticationUser" type="tns:authHeaderType"
                        minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="authHeaderType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="username" type="xs:string" default="anonymous" />
            <xs:element name="password" type="xs:string" default="anonymous" />
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="uid" type="xs:string" />
        <xs:attribute name="roleid" type="xs:string" />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="GetAvailableWebServiceResource">
        <xs:sequence />
    </xs:complexType>
```

ตารางที่ ข.8 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสปรับปรุงข้อมูลของแหล่งบริการข้อมูลเสมือน (ต่อ)

```
<xs:complexType name="GetAvailableWebServiceResourceResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="return" type="tns:getWebServiceResourceType"
                    minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="getWebServiceResourceType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="webServiceResource" type="tns:webServiceResourceType"
                    maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="webServiceResourceType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="name" type="xs:string" />
        <xs:element name="resourceWsdlUrl" type="xs:string" />
        <xs:element name="descriptionWsdlUrl" type="xs:string" />
        <xs:element name="virtualResourceWsdlUrl" type="xs:string" />
        <xs:element name="email" type="xs:string" />
        <xs:element name="organization" type="xs:string" />
        <xs:element name="orgUrl" type="xs:string" />
        <xs:element name="description" type="xs:string" />
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="lastUpdated" type="xs:long" />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetAvailableResources">
    <xs:sequence />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetAvailableResourcesResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="return" type="tns:resourceResponseType"
                    minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="resourceResponseType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="resource" type="tns:resourceType"
                    maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="resourceType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="name" type="xs:string" />
        <xs:element name="description" type="xs:string" />
        <xs:element name="organism" type="xs:string" />
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="type" type="xs:string" />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetAvailableResourcesByOrganism">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="organism" type="xs:string" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetAvailableResourcesByOrganismResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="return" type="tns:resourceResponseType"
                    minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
```

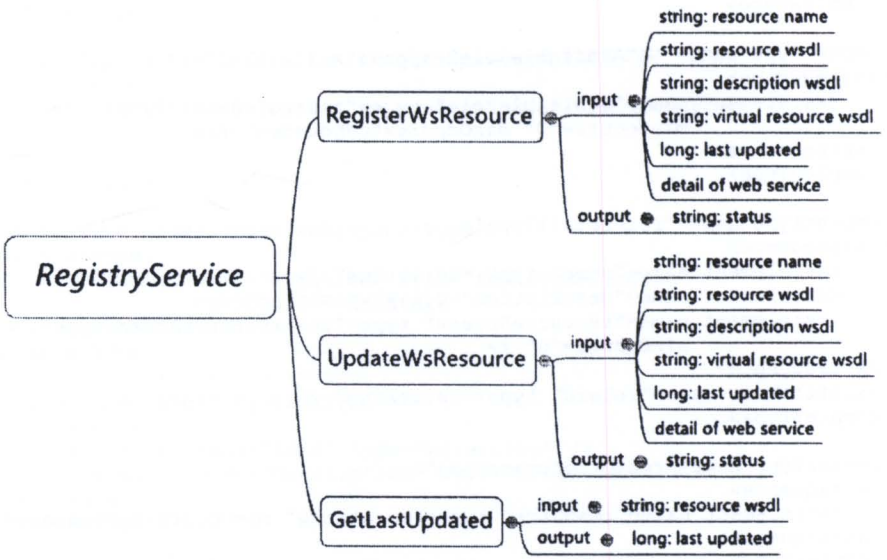
ตารางที่ ข.8 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสปรับปรุงข้อมูลของแหล่งบริการข้อมูลเสมือน (ต่อ)

```
<xs:complexType name="GetAvailableOrganisms">
    <xs:sequence />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetAvailableOrganismsResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="result" type="tns:organismResponseType"
                    minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="organismResponseType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="organism" type="tns:organismType"
                    maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="organismType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="name" type="xs:string" />
        <xs:element name="description" type="xs:string" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetResourceDetails">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="resourceName" type="xs:string" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="GetResourceDetailsResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="return" type="tns:resourceDetailResponseType"
                    minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="resourceDetailResponseType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="resource" type="tns:resourceDetailType"
                    maxOccurs="unbounded" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="resourceDetailType">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="name" type="xs:string" />
        <xs:element name="description" type="xs:string" />
        <xs:element name="organism" type="xs:string" />
        <xs:element name="wsdlLocation" type="xs:string" />
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
    <xs:attribute name="mirrored" type="xs:boolean" />
    <xs:attribute name="type" type="xs:string" />
</xs:complexType>

<xs:complexType name="MakeWsResourceUpdatedWith">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="virtualResourceWsdl" type="xs:string" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>

<xs:complexType name="MakeWsResourceUpdatedWithResponse">
    <xs:sequence>
        <xs:element name="return" type="xs:string" minOccurs="0" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
```

ตารางที่ ข.8 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสปรับปรุงข้อมูลของแหล่งบริการข้อมูลเสมือน (ต่อ)

```
    <xs:complexType name="GetAvailableRole">
        <xs:sequence />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="GetAvailableRoleResponse">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="AvailableRole" type="tns:roleDetailType"
                        minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="roleDetailType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="name" type="xs:string" />
            <xs:element name="description" type="xs:string" />
            <xs:element name="resourceAccess" type="tns:resourceAccessType"
                        minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="roleid" type="xs:string" />
    </xs:complexType>

    <xs:complexType name="resourceAccessType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="resource" type="xs:string" maxOccurs="unbounded" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:schema>
```

ข.5 เว็บเซอร์วิสบริการทะเบียน (RegistryService)



ภาพที่ ข.5 โครงสร้างบริการและพารามิเตอร์ของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล

จากภาพที่ ข.5 เว็บเซอร์วิสบริการทะเบียน มีเอกสารแสดงรายละเอียดของข้อมูลและพารามิเตอร์หรือวิสเดิล ชื่อ `RegistryService.wsdl` ดังตารางที่ ข.9

ตารางที่ ข.9 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสบริการทะเบียน

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!-- Published by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<!-- Generated by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<definitions
    xmlns:wsu="http://docs.oasis-open.org/wss/2004/01/oasis-200401-wss-wssecurity-
utility-1.0.xsd"
    xmlns:wsp="http://www.w3.org/ns/ws-policy"
    xmlns:wsp1_2="http://schemas.xmlsoap.org/ws/2004/09/policy"
    xmlns:wsam="http://www.w3.org/2007/05/addressing/metadata"
    xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap/"
    xmlns:tns="http://vws.biotec.or.th/" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/"
    targetNamespace="http://vws.biotec.or.th/"
    name="RegistryService">
    <types>
        <xsd:schema>
            <xsd:import namespace="http://vws.biotec.or.th/"
                        schemaLocation=" RegistryService.xsd" />
        </xsd:schema>
    </types>
    <message name="GetLastUpdated">
        <part name="parameters" element="tns:GetLastUpdated" />
    </message>
    <message name="GetLastUpdatedResponse">
        <part name="parameters" element="tns:GetLastUpdatedResponse" />
    </message>
```

ตารางที่ ข.9 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสบริการทะเบียน (ต่อ)

```
    <message name="UpdateWsResource">
        <part name="parameters" element="tns:UpdateWsResource" />
    </message>
    <message name="UpdateWsResourceResponse">
        <part name="parameters" element="tns:UpdateWsResourceResponse" />
    </message>
    <message name="RegisterWsResource">
        <part name="parameters" element="tns:RegisterWsResource" />
    </message>
    <message name="RegisterWsResourceResponse">
        <part name="parameters" element="tns:RegisterWsResourceResponse" />
    </message>
    <portType name="Registry">
        <operation name="GetLastUpdated">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/Registry/GetLastUpdatedRequest"
                message="tns:GetLastUpdated" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/Registry/GetLastUpdatedResponse"
                message="tns:GetLastUpdatedResponse" />
        </operation>
        <operation name="UpdateWsResource">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/Registry/UpdateWsResourceRequest"
                message="tns:UpdateWsResource" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/Registry/UpdateWsResourceResponse"
                message="tns:UpdateWsResourceResponse" />
        </operation>
        <operation name="RegisterWsResource">
            <input
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/Registry/RegisterWsResourceRequest"
                message="tns:RegisterWsResource" />
            <output
wsam:Action="http://vws.biotec.or.th/Registry/RegisterWsResourceResponse"
                message="tns:RegisterWsResourceResponse" />
        </operation>
    </portType>
    <binding name="RegistryPortBinding" type="tns:Registry">
        <soap:binding transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http"
            style="document" />
        <operation name="GetLastUpdated">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="UpdateWsResource">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
        <operation name="RegisterWsResource">
            <soap:operation soapAction="" />
            <input>
                <soap:body use="literal" />
            </input>
            <output>
                <soap:body use="literal" />
            </output>
        </operation>
    </binding>
    <service name="RegistryService">
```

ตารางที่ ข.9 เอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสบริการทะเบียน (ต่อ)

```
        <port name="RegistryPort" binding="tns:RegistryPortBinding">
            <soap:address
                location="http://localhost:8080/VirtualWsResource/RegistryService" />
        </port>
    </service>
</definitions>
```

จากตารางที่ ข.9 เอกสารวิสเดิลมีการนำเข้าเอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสบริการทะเบียน ชื่อ RegistryService.xsd ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ ข.10 ดังนี้

ตารางที่ ข.10 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสบริการทะเบียน

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!-- Published by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<!-- Generated by JAX-WS RI at http://jax-ws.dev.java.net. RI's version is JAX-WS RI
2.2-hudson-752-. -->
<xs:schema xmlns:tns="http://vws.biotec.or.th/"
    xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    version="1.0" targetNamespace="http://vws.biotec.or.th/">
    <xs:element name="DASDSN" type="tns:dasDsnType" />
    <xs:element name="GetLastUpdated" type="tns:GetLastUpdated" />
    <xs:element name="GetLastUpdatedResponse" type="tns:GetLastUpdatedResponse" />
    <xs:element name="RegisterWsResource" type="tns:RegisterWsResource" />
    <xs:element name="RegisterWsResourceResponse"
                type="tns:RegisterWsResourceResponse" />
    <xs:element name="UpdateWsResource" type="tns:UpdateWsResource" />
    <xs:element name="UpdateWsResourceResponse"
                type="tns:UpdateWsResourceResponse" />
    <xs:complexType name="UpdateWsResource">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="resourceName" type="xs:string"
                minOccurs="0" />
            <xs:element name="resourceWsdl" type="xs:string"
                minOccurs="0" />
            <xs:element name="descriptionWsdl" type="xs:string"
                minOccurs="0" />
            <xs:element name="virtualResourceWsdl" type="xs:string"
                minOccurs="0" />
            <xs:element name="lastUpdated" type="xs:long" />
            <xs:element name="data" type="tns:dasDsnType" minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="dasDsnType">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="DSN" type="tns:dsnType" maxOccurs="unbounded" />
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="name" type="xs:string" />
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="dsnType">
        <xs:sequence>
            <xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
                <xs:element name="SOURCE" type="tns:dsnSourceType" />
                <xs:element name="DESCRIPTION" type="tns:dsnDescriptionType" />
                <xs:element name="MAPMASTER" type="tns:dsnMapmasterType" />
            </xs:choice>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
```

ตารางที่ ข.10 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของเว็บเซอร์วิสบริการทะเบียน (ต่อ)

```
    <xs:complexType name="dsnSourceType">
        <xs:simpleContent>
            <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="id" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="mirrored" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="organism" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="type" type="xs:string" />
                <xs:attribute name="version" type="xs:string" />
            </xs:extension>
        </xs:simpleContent>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="dsnDescriptionType">
        <xs:simpleContent>
            <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="href" type="xs:string" />
            </xs:extension>
        </xs:simpleContent>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="dsnMapmasterType">
        <xs:simpleContent>
            <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="url" type="xs:string" />
            </xs:extension>
        </xs:simpleContent>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="UpdateWsResourceResponse">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="return" type="xs:string" minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="GetLastUpdated">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="wsrWsdlUrl" type="xs:string" minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="GetLastUpdatedResponse">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="return" type="xs:long" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="RegisterWsResource">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="resourceName" type="xs:string"
                minOccurs="0" />
            <xs:element name="resourceWsdl" type="xs:string"
                minOccurs="0" />
            <xs:element name="descriptionWsdl" type="xs:string"
                minOccurs="0" />
            <xs:element name="virtualResourceWsdl" type="xs:string"
                minOccurs="0" />
            <xs:element name="lastUpdated" type="xs:long" />
            <xs:element name="data" type="tns:dasDsnType" minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
    <xs:complexType name="RegisterWsResourceResponse">
        <xs:sequence>
            <xs:element name="return" type="xs:string" minOccurs="0" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:schema>
```

ภาคผนวก ค

ชุดข้อมูลทดสอบ และชุดคำสั่งสืบค้นสำหรับบูรณาการข้อมูล

ค.1 ชุดข้อมูลทดสอบ

ชุดข้อมูลทดสอบที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติหรือไบโอเทค จำนวน 2 ระบบสิ่งมีชีวิต คือ ข้าวหอมมะลิ 2 ชุดข้อมูล และกุ้งกุลาดำ 2 ชุดข้อมูล และจากกลุ่มของโครงการจีโนมบราวส์เซอร์ จำนวน 1 ระบบสิ่งมีชีวิต คือ ยีสต์ 2 ชุดข้อมูล ซึ่งแต่ละระบบสิ่งมีชีวิตจะมีรูปแบบข้อมูลเชิงชีววิทยาที่แตกต่างกัน และมีโครงสร้างที่แตกต่างกันด้วย โดยมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลข้าวหอมมะลิ

เป็นข้อมูลโครโมโซมทั้งหมดของข้าวหอมมะลิ แบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด เก็บอยู่ในฐานข้อมูล MySQL โดยแต่ละชุดมีข้อมูลไม่เหมือนกัน คือ ข้าว-1 (rice-1) และข้าว-2 (rice-2) ซึ่งมีจำนวนโครโมโซมทั้งหมด 12 โครโมโซม เท่ากันทั้งสองชุด

ชุดข้อมูลข้าว-1 มีข้อมูลและหมวดหมู่ดังแสดงในตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลข้าว-1 (rice-1)

ข้อมูล	หมวดหมู่
chromosome	transcription
polypeptide_domain	transcription

ชุดข้อมูลข้าว-2 มีข้อมูลและหมวดหมู่ดังแสดงในตารางที่ ค.2

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลข้าว-2 (rice-2)

ข้อมูล	หมวดหมู่
chromosome	transcription
clone	transcription
gene	transcription
mRNA	transcription

ข้อมูลกุ้งกุลาดำ

เป็นข้อมูลแบบอีเอสที (Expressed Sequence Tag: EST) แบ่งเป็น 2 ชุด เก็บอยู่ในฐานฐานข้อมูล MySQL โดยชุดที่ 1 เป็นข้อมูลโครงสร้างของ clone (กุ้ง-1) และชุดที่ 2 เป็นข้อมูลโครงสร้างของ contig (กุ้ง-2)

ชุดข้อมูลกุ้ง-1 มีข้อมูลและหมวดหมู่ดังแสดงในตารางที่ ค.3

ตารางที่ ค.3 ข้อมูลกุ้ง-1 (clone)

ข้อมูล	หมวดหมู่
clone	structural
match:blastx	transcription
match:blastn	transcription
match:blastx_go	transcription

ชุดข้อมูลกุ้ง-2 มีข้อมูลและหมวดหมู่ดังแสดงในตารางที่ ค.4

ตารางที่ ค.4 ข้อมูลกุ้ง-2 (contig)

ข้อมูล	หมวดหมู่
contig	structural
clone	structural
match:blastx	transcription
match:blastn	transcription
match:blastx_go	transcription
orf	transcription

ข้อมูลยีสต์

เป็นข้อมูลในรูปแบบไฟล์ โดยชุดที่ 1 เป็นของโครโมโซมและดีเอ็นเอที่ 1 และชุดที่ 2 เป็นของโครโมโซมและดีเอ็นเอที่ 2

ชุดข้อมูลยีสต์-1 และข้อมูลยีสต์-2 มีข้อมูลและหมวดหมู่ดังแสดงในตารางที่ ค.5

ตารางที่ ค.5 ข้อมูลยีสต์-1 และข้อมูลยีสต์-2 (yeast1 และ yeast2)

ข้อมูล	หมวดหมู่
centromere	transcription
tRNA	transcription
gene	transcription
LTR_retrotransposon	transcription
long_terminal_repeat	transcription
RNAd	transcription
rRNA:sgd	transcription
snRNA:sgd	transcription
snoRNA:sgd	transcription

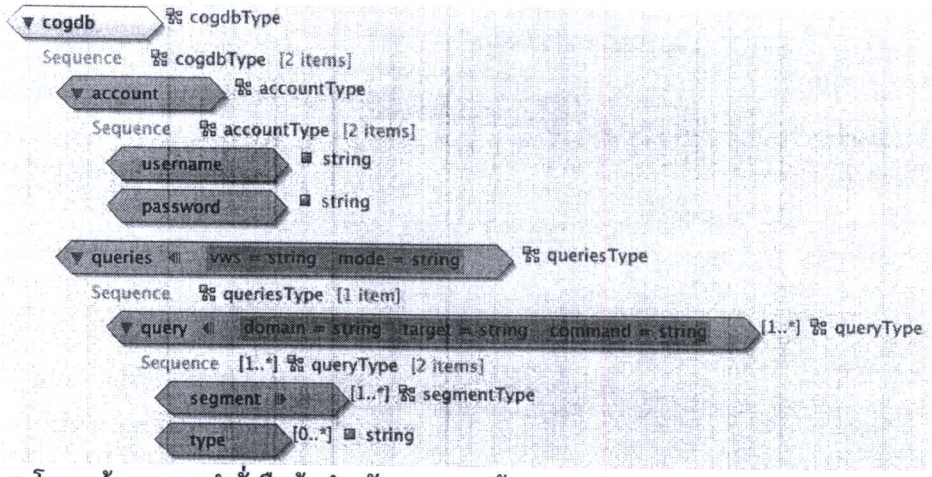
ค.2 ชุดคำสั่งสืบค้นสำหรับบูรณาการข้อมูล

ชุดคำสั่งสืบค้นสำหรับบูรณาการข้อมูลของโปรแกรมทดสอบ ใช้เอกซ์เอ็มแอลสกีม่าในการกำหนดโครงสร้างสำหรับสร้างชุดคำสั่งสืบค้น ดังตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 เอกสารเอกซ์เอ็มแอลสกีม่าของชุดคำสั่งสืบค้นสำหรับบูรณาการข้อมูล

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
    <xsd:element name="cogdb" type="cogdbType"/>
    <xsd:complexType name="cogdbType">
        <xsd:sequence>
            <xsd:element name="account" type="accountType"/>
            <xsd:element name="queries" type="queriesType"/>
        </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>
    <xsd:complexType name="accountType">
        <xsd:sequence>
            <xsd:element name="username" type="xsd:string"/>
            <xsd:element name="password" type="xsd:string"/>
        </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>
    <xsd:complexType name="queriesType">
        <xsd:sequence>
            <xsd:element name="query" type="queryType" maxOccurs="unbounded"/>
        </xsd:sequence>
        <xsd:attribute name="vws" type="xsd:string"/>
        <xsd:attribute name="mode" type="xsd:string"/>
    </xsd:complexType>
    <xsd:complexType name="queryType">
        <xsd:sequence maxOccurs="unbounded">
            <xsd:element name="segment" maxOccurs="unbounded" type="segmentType"/>
            <xsd:element name="type" minOccurs="0"
                         maxOccurs="unbounded" type="xsd:string"/>
        </xsd:sequence>
        <xsd:attribute name="domain" type="xsd:string"/>
        <xsd:attribute name="target" type="xsd:string"/>
        <xsd:attribute name="command" type="xsd:string"/>
    </xsd:complexType>
    <xsd:complexType name="segmentType" mixed="true">
        <xsd:simpleContent>
            <xsd:extension base="xsd:string">
                <xsd:attribute name="start" type="xsd:string"/>
                <xsd:attribute name="stop" type="xsd:string"/>
            </xsd:extension>
        </xsd:simpleContent>
    </xsd:complexType>
</xsd:schema>
```

จากตารางที่ ค.1 สามารถเขียนภาพแสดงโครงสร้างเอกซ์เอ็มแอลสกีมาได้ดังภาพที่ ค.1



ภาพที่ ค.1 โครงสร้างของชุดคำสั่งสืบค้นสำหรับบูรณาการข้อมูล

จากภาพที่ ค.1 โครงสร้างของชุดคำสั่งสืบค้นสำหรับบูรณาการข้อมูลในโปรแกรมทดสอบ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของบัญชีผู้ใช้ (account) และส่วนของการสืบค้น (queries) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนของบัญชีผู้ใช้ (account)

เป็นการระบุชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน เพื่อให้ระบบได้ตรวจสอบสิทธิในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามที่ผู้ใช้ค้นหา

ส่วนของการสืบค้น (queries)

ในส่วนของการสืบค้น จะประกอบไปด้วยการตั้งค่าสำหรับโปรแกรมทดสอบ และอิลิเมนต์ของคำสั่งสืบค้น 1 หรือมากกว่า 1 คำสั่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) การตั้งค่าสำหรับโปรแกรมทดสอบ อยู่ในอิลิเมนต์ queries ซึ่งมีแอตทริบิวต์ 2 ตัว คือ vws และ mode โดยมีรายละเอียดดังนี้

- แอตทริบิวต์ vws เป็นการระบุที่อยู่หรือเอกสารวิสเดิลของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือน โดยปกติจะเป็นเอกสารวิสเดิลของศูนย์กลางการจัดการข้อมูล
- แอตทริบิวต์ mode เป็นการระบุวิธีการที่จะให้โปรแกรมทดสอบค้นหาแหล่งข้อมูลจากเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือน โดยค่าที่ใช้ในโปรแกรมทดสอบมีสองค่าคือ auto และ fix ซึ่ง auto เป็นการระบุให้โปรแกรมค้นหาเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือนที่สามารถเข้าถึงเร็วที่สุดจากรายการของเว็บเซอร์วิสที่โปรแกรมมีการบันทึกไว้ และ fix เป็นการระบุให้โปรแกรมใช้เว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือนที่อยู่ในแอตทริบิวต์ vws ซึ่งหากเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูลเสมือนที่ถูกระบุในแอตทริบิวต์ vws ไม่สามารถเข้าถึงได้ โปรแกรมทดสอบจะใช้ปรับโหมดเป็น auto โดยอัตโนมัติ

(2) คำสั่งสืบค้น อยู่ในอิลิเมนต์ query ซึ่งมีได้ 1 หรือมากกว่า 1 คำสั่ง ภายใต้อิลิเมนต์ queries โดยภายในอิลิเมนต์นี้จะประกอบด้วยแอตทริบิวต์ 3 ตัว คือ domain target และ command ดังนี้

- แอตทริบิวต์ domain เป็นการระบุกลุ่มเพื่อให้โปรแกรมทดสอบได้สืบค้นข้อมูลที่เหมาะสมภายในกลุ่ม โดย domain ที่ใช้ในโปรแกรมทดสอบจะมี 4 กลุ่ม ได้แก่ complete est-clone est-contig และ source ซึ่งแต่ละ domain ออกแบบมาในเชิงชีววิทยา และชุดข้อมูลที่ใช้ได้กับ domain มีรายละเอียดดังนี้

complete จะใช้กับชุดข้อมูล ข้าว-1 ข้าว-2 ยีสต์-1 และยีสต์-2 โดยการระบุ target จะต้องระบุเป็นระบบสิ่งมีชีวิต เช่น สืบค้นเพื่อบูรณาการข้อมูล ข้าว-1 และข้าว-2 จะต้องระบุเป็น ข้าวหอมมะลิ (rice) หรือ สืบค้นเพื่อบูรณาการข้อมูล ยีสต์-1 และยีสต์-2 จะต้องระบุเป็น ยีสต์ (yeast)

est-clone จะใช้ได้กับชุดข้อมูล กุ้ง-1 (clone) เท่านั้น โดยการระบุ target จะต้องระบุเป็นชุดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ est-clone เช่น สืบค้นเพื่อบูรณาการข้อมูลกุ้ง-1 จะต้องระบุเป็นกุ้ง-1 (clone)

est-contig จะใช้ได้กับชุดข้อมูล กุ้ง-2 (contig) เท่านั้น โดยการระบุ target จะต้องระบุเป็นชุดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ est-contig เช่น สืบค้นเพื่อบูรณาการข้อมูลกุ้ง-2 จะต้องระบุเป็นกุ้ง-2 (contig)

source สามารถใช้ได้กับทุกชุดข้อมูลในการทดสอบ โดยการระบุ target จะต้องระบุเป็นชุดข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

- แอตทริบิวต์ target เป็นการระบุเป้าหมายให้โปรแกรมทดสอบได้ไปค้นหาข้อมูลตามที่ได้กำหนดไว้ในชุดคำสั่งสืบค้น ซึ่งค่าในแอตทริบิวต์ target จะต้องสัมพันธ์กับแอตทริบิวต์ domain โดยอาจจะเป็นระบบสิ่งมีชีวิต (organism) หรือแหล่งข้อมูล ก็ได้ ตามความสัมพันธ์ของแอตทริบิวต์ domain
- แอตทริบิวต์ command เป็นการระบุคำสั่งที่ต้องการสืบค้นกับข้อมูลที่ระบุในแอตทริบิวต์ domain และ target ซึ่งคำสั่งนี้เป็นคำสั่งที่มีในระบบแดส และเป็นบริการภายในเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล โดยในโปรแกรมทดสอบจะรับ 2 คำสั่ง คือ features เพื่อแสดงคุณลักษณะของหน่วยที่สนใจ และ dna เพื่อแสดงดีเอ็นเอของหน่วยที่สนใจ

พารามิเตอร์ที่โปรแกรมทดสอบจะไปสืบค้นข้อมูลจากระบบ จะถูกระบุภายใต้อิลิเมนต์ segment และ type ดังนี้

- อิลิเมนต์ segment เป็นการระบุหน่วยที่ต้องการสืบค้น ซึ่งสามารถระบุตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้าย ภายในแอตทริบิวต์ start และ stop โดยอิลิเมนต์นี้สามารถมีได้ 1 หรือมากกว่า 1 อิลิเมนต์
- อิลิเมนต์ type เป็นการระบุชนิดของหน่วยที่ต้องการสืบค้น ซึ่งค่าในแอตทริบิวต์นี้จะสัมพันธ์กับค่าที่ได้จากบริการ GetTypes ของเว็บเซอร์วิสแหล่งบริการข้อมูล โดยอิลิเมนต์นี้สามารถมีได้ 1 หรือมากกว่า 1 อิลิเมนต์

ภาคผนวก ง

รายละเอียดผลการทดสอบระบบ

ง.1 ผลการทดสอบชุดคำสั่งสืบค้นข้าวหอมมะลิ

ตารางที่ ง.1 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 ในกรณีที่ยังไม่มีการสำเนาข้อมูล

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	70	3218	5236	348	699	9571
2	87	2511	5432	317	336	8683
3	90	2455	5133	589	363	8630
4	64	2437	5332	357	243	8433
5	70	2347	5259	239	425	8340
6	65	2343	5187	228	350	8173
7	67	2368	5303	233	261	8232
8	74	2305	5143	270	253	8045
9	65	2524	5183	232	326	8330
10	72	2379	5271	220	201	8143
11	61	2242	5105	262	303	7973
12	61	2326	5126	200	231	7944
13	63	2197	5254	304	178	7996
14	64	2307	5240	200	176	7987
15	60	2241	5321	203	154	7979
MEAN	68.87	2413.33	5235.00	280.13	299.93	8297.27
SD	8.99	242.11	90.69	99.87	135.33	424.99

ตารางที่ ง.2 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 ในกรณีที่มีการสำเนาข้อมูล

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	70	2968	3306	436	766	7546
2	70	2411	3345	308	369	6503
3	71	2640	3282	339	316	6648
4	77	2656	3273	544	366	6916
5	63	2393	3296	277	522	6551
6	70	2408	3298	356	455	6587
7	73	2407	3248	217	267	6212
8	80	2327	3361	355	280	6403
9	62	2507	3355	223	229	6376
10	64	2272	3304	225	204	6069
11	60	2410	3309	216	206	6201
12	67	2246	3267	212	295	6087
13	69	2299	3329	318	183	6198
14	66	2339	3340	181	206	6132
15	60	2284	3268	181	165	5958
MEAN	68.13	2437.80	3305.40	292.53	321.93	6425.80
SD	5.87	190.67	34.64	102.59	159.91	404.49

ตารางที่ ง.3 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	77	3124	2324	329	601	6455
2	72	2472	2298	505	300	5647
3	76	2678	2294	548	465	6061
4	77	2741	2284	371	404	5877
5	65	2433	2346	207	261	5312
6	77	2638	2315	225	212	5467
7	63	2525	2333	434	237	5592
8	63	2455	2284	252	235	5289
9	64	2428	2308	209	203	5212
10	65	2402	2326	257	187	5237
11	64	2340	2345	218	185	5152
12	63	2462	2366	239	243	5373
13	64	2307	2239	216	293	5119
14	61	2312	2320	167	168	5028
15	75	2356	2415	189	187	5222
MEAN	68.40	2511.53	2319.80	291.07	278.73	5469.53
SD	6.32	213.69	40.66	119.64	121.95	396.46

ตารางที่ ง.4 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	83	4373	1879	229	668	7232
2	78	2576	1875	274	236	5039
3	69	2311	1976	219	321	4896
4	70	2309	1989	191	332	4891
5	76	2320	1844	148	117	4505
6	74	2381	1903	336	260	4954
7	70	2111	1826	259	219	4485
8	67	2636	1849	235	251	5038
9	64	2469	1823	205	191	4752
10	64	2454	1806	214	205	4743
11	71	2590	2021	266	220	5168
12	68	2439	1841	200	172	4720
13	60	2461	1848	213	200	4782
14	65	2458	1890	213	184	4810
15	62	2405	1791	266	275	4799
MEAN	69.40	2552.87	1877.40	231.20	256.73	4987.60
SD	6.30	520.15	68.61	44.19	126.70	647.84

ตารางที่ ง.5 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	5117	3387	2320	340	584	11748
2	5106	2828	2351	352	338	10975
3	5115	2471	2329	387	533	10835
4	5106	2567	2343	422	389	10827
5	5099	2676	2469	621	229	11094
6	5101	2698	2276	204	291	10570
7	5106	2505	2342	354	309	10616
8	5099	2436	2352	239	188	10314
9	5091	2336	2407	192	308	10334
10	5082	2376	2266	233	243	10200
11	5091	2482	2404	351	368	10696
12	5102	2410	2346	184	169	10211
13	5104	2329	2350	236	198	10217
14	5110	2360	2306	170	193	10139
15	5109	2270	2337	354	160	10230
MEAN	5102.53	2542.07	2346.53	309.27	300.00	10600.40
SD	9.32	280.29	50.89	119.67	127.79	445.59

ตารางที่ ง.6 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	71	3478	1938	204	498	6189
2	57	2541	1892	256	216	4962
3	50	2332	1810	233	229	4654
4	50	2259	1816	237	121	4483
5	91	2291	1845	148	130	4505
6	65	2335	1837	240	234	4711
7	61	2600	1965	266	291	5183
8	63	2367	1774	267	212	4683
9	86	2515	1851	237	219	4908
10	54	2642	1844	214	198	4952
11	62	2580	1819	179	216	4856
12	55	2535	1836	178	180	4784
13	50	2611	1912	386	219	5178
14	46	2410	1768	217	161	4602
15	43	2376	2011	225	167	4822
MEAN	60.27	2524.80	1861.20	232.47	219.40	4898.13
SD	13.76	292.48	69.31	54.08	88.22	414.81

ตารางที่ ง.7 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 เมื่อมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป (anonymous)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	67	3666	1582	134	438	5887
2	72	2700	1114	156	153	4195
3	61	2787	1095	196	233	4372
4	89	2603	1335	210	264	4501
5	59	2844	1185	109	187	4384
6	59	2762	1161	90	150	4222
7	55	2527	1162	90	176	4010
8	65	2618	1184	139	130	4136
9	64	2753	1121	85	114	4137
10	65	2710	1226	80	146	4227
11	60	2465	1184	75	146	3930
12	57	2542	1134	70	100	3903
13	59	2458	1155	72	94	3838
14	55	2609	1173	106	102	4045
15	58	2353	1293	59	102	3865
MEAN	63.00	2693.13	1206.93	111.40	169.00	4243.47
SD	8.59	302.49	121.96	46.38	89.22	496.09

ตารางที่ ง.8 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล โดยมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป (anonymous)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	83	3700	1177	163	448	5571
2	62	2928	1196	134	260	4580
3	117	3193	1167	126	301	4904
4	112	3388	1677	187	228	5592
5	55	3100	1284	368	286	5093
6	105	2754	1441	86	229	4615
7	65	2725	1139	123	141	4193
8	71	2842	1442	93	292	4740
9	58	2700	1158	88	183	4187
10	53	2770	1309	149	191	4472
11	97	2637	1287	80	132	4233
12	75	2687	1307	72	151	4292
13	68	2426	1211	78	91	3874
14	90	2436	1149	68	116	3859
15	53	2464	1159	64	95	3835
MEAN	77.60	2850.00	1273.53	125.27	209.60	4536.00
SD	21.87	360.96	149.41	76.96	97.19	564.72

ตารางที่ ง.9 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 เมื่อมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้บุตรไชย (bootchai)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	72	3401	2229	398	571	6671
2	88	2719	2122	278	287	5494
3	78	2432	1887	188	183	4768
4	77	2475	2516	222	315	5605
5	74	2592	1964	285	123	5038
6	74	2469	2566	207	341	5657
7	76	2301	1837	293	191	4698
8	72	2695	1920	215	210	5112
9	75	2492	1837	226	254	4884
10	64	2501	1887	214	229	4895
11	72	2515	1871	192	211	4861
12	63	2575	2133	201	204	5176
13	64	2620	2125	176	233	5218
14	62	2598	2435	182	257	5534
15	67	2624	2091	282	182	5246
MEAN	71.87	2600.60	2094.67	237.27	252.73	5257.13
SD	6.99	245.76	246.89	59.64	104.05	497.79

ตารางที่ ง.10 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล โดยมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้บุตรไชย (bootchai)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	96	3641	2074	289	664	6764
2	85	2613	1942	262	243	5145
3	84	2680	2185	238	159	5346
4	85	2488	1944	184	196	4897
5	67	2343	1880	167	117	4574
6	73	2634	2502	458	445	6112
7	108	2642	1902	222	259	5133
8	68	2731	1871	247	273	5190
9	67	2762	2399	314	207	5749
10	79	3136	1873	236	217	5541
11	75	2520	1876	188	239	4898
12	72	2649	2151	244	331	5447
13	68	2997	1844	292	233	5434
14	67	2725	1962	177	190	5121
15	62	2533	1997	207	284	5083
MEAN	77.07	2739.60	2026.80	248.33	270.47	5362.27
SD	12.63	315.85	201.31	72.79	132.92	537.19

ตารางที่ ง.11 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 เมื่อมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้ชัยวัฒน์ (chaiwat)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	91	3591	1136	117	443	5378
2	76	2896	1195	240	153	4560
3	76	2789	1172	182	160	4379
4	91	2780	1157	209	262	4499
5	65	2816	1131	98	374	4484
6	88	2982	1306	219	147	4742
7	64	2796	1321	79	231	4491
8	69	2568	1145	84	108	3974
9	61	2685	1144	108	140	4138
10	62	2525	1146	80	116	3929
11	63	2589	1165	78	98	3993
12	65	2521	1263	76	93	4018
13	65	2463	1176	61	103	3868
14	61	2694	1322	68	98	4243
15	61	2441	1348	71	87	4008
MEAN	70.53	2742.40	1208.47	118.00	174.20	4313.60
SD	11.15	285.08	79.26	61.76	108.34	401.56

ตารางที่ ง.12 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล โดยมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้ชัยวัฒน์ (chaiwat)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	75	3488	1123	69	509	5264
2	70	2583	1132	99	149	4033
3	114	2392	1112	131	112	3861
4	71	2398	1252	51	114	3886
5	68	2552	1213	55	114	4002
6	104	2468	1184	96	185	4037
7	61	2645	1368	92	132	4298
8	63	2697	1165	93	281	4299
9	68	2712	1117	100	113	4110
10	76	2603	1136	119	130	4064
11	86	2825	1124	77	103	4215
12	69	2602	1169	80	104	4024
13	79	2579	1123	80	103	3964
14	67	2601	1152	77	106	4003
15	86	2608	1179	92	95	4060
MEAN	77.13	2650.20	1169.93	87.40	156.67	4141.33
SD	14.96	257.73	67.46	21.35	108.31	335.83

ง.2 ผลการทดสอบชุดคำสั่งสืบค้นกุ้งกุลาดำ

ตารางที่ ง.13 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 ในกรณีที่ยังไม่มีการสำเนาข้อมูล

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	70	3680	3282	296	872	8200
2	73	2507	3363	281	372	6596
3	68	2448	3405	344	366	6631
4	65	2688	3268	371	298	6690
5	64	2443	3334	287	370	6498
6	67	2290	3328	404	321	6410
7	86	2257	3272	235	271	6121
8	63	2264	3271	185	247	6030
9	62	2405	3279	222	316	6284
10	60	2306	3256	167	280	6069
11	61	2305	3205	281	249	6101
12	67	2218	3238	144	199	5866
13	78	2275	3241	283	229	6106
14	67	2310	3241	184	182	5984
15	62	2170	3260	156	243	5891
MEAN	67.53	2437.73	3282.87	256.00	321.00	6365.13
SD	7.01	367.84	52.99	80.04	163.61	575.59

ตารางที่ ง.14 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 ในกรณีที่มีการสำเนาข้อมูล

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	70	3108	3383	286	665	7512
2	69	2468	3261	283	352	6433
3	71	2433	3241	469	496	6710
4	64	2481	3334	576	256	6711
5	65	2381	3242	286	396	6370
6	63	2374	3372	332	258	6399
7	80	2835	3373	272	269	6829
8	62	2284	3349	175	303	6173
9	74	2414	3263	235	196	6182
10	60	2333	3249	233	239	6114
11	70	2324	3281	234	260	6169
12	65	2348	3238	194	198	6043
13	61	2246	3191	321	195	6014
14	64	2222	3262	182	171	5901
15	63	2228	3260	215	232	5998
MEAN	66.73	2431.93	3286.60	286.20	299.07	6370.53
SD	5.50	239.06	59.60	108.85	132.84	424.57

ตารางที่ ง.15 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	82	3138	2322	261	666	6469
2	96	2901	2283	373	399	6052
3	73	2602	2309	278	482	5744
4	74	2508	2282	293	404	5561
5	66	2380	2331	203	583	5563
6	77	2551	2270	220	216	5334
7	80	2449	2349	185	428	5491
8	68	2425	2313	185	227	5218
9	60	2338	2294	341	420	5453
10	63	2443	2264	203	184	5157
11	64	2313	2298	167	171	5013
12	59	2489	2281	194	182	5205
13	81	2264	2344	192	174	5055
14	62	2144	2284	132	197	4819
15	59	2341	2255	186	156	4997
MEAN	70.93	2485.73	2298.60	227.53	325.93	5408.73
SD	10.73	249.68	28.65	67.49	167.36	435.23

ตารางที่ ง.16 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	72	3337	1899	223	485	6016
2	82	2485	1863	269	338	5037
3	93	2440	2006	134	324	4997
4	84	2312	1793	238	266	4693
5	71	2244	1859	159	113	4446
6	71	2290	2081	211	264	4917
7	71	2307	1767	262	317	4724
8	66	2704	2088	195	215	5268
9	67	2609	1831	197	208	4912
10	69	2480	1886	156	217	4808
11	63	2567	1772	170	181	4753
12	60	2467	1857	195	181	4760
13	64	2433	1802	238	376	4913
14	60	2477	1863	162	231	4793
15	62	2467	1848	160	272	4809
MEAN	70.33	2507.93	1881.00	197.93	265.87	4923.07
SD	9.45	260.67	101.06	41.45	92.08	353.66

ตารางที่ ง.17 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	5111	3466	2414	298	846	12135
2	5100	2703	2354	566	334	11057
3	5120	2529	2314	604	328	10895
4	5100	2767	2318	376	471	11032
5	5094	2507	2314	240	560	10715
6	5101	2629	2353	196	327	10606
7	5093	2476	2330	333	238	10470
8	5100	2502	2281	237	202	10322
9	5090	2333	2367	237	259	10286
10	5094	2586	2342	201	283	10506
11	5154	2471	2329	324	186	10464
12	5110	2422	2336	183	256	10307
13	5109	2338	2319	184	232	10182
14	5094	2240	2351	162	199	10046
15	5099	2309	2244	293	169	10114
MEAN	5104.60	2551.87	2331.07	295.60	326.00	10609.13
SD	15.95	292.28	38.46	133.29	179.25	526.07

ตารางที่ ง.18 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	65	3661	1813	183	613	6335
2	67	2493	2020	205	225	5010
3	92	2330	1783	115	180	4500
4	49	2514	1840	206	189	4798
5	46	2225	1863	123	106	4363
6	52	2293	2056	383	385	5169
7	45	2606	2269	273	469	5662
8	51	2443	1840	229	214	4777
9	85	2452	1807	201	202	4747
10	50	2704	1789	152	261	4956
11	58	2435	1871	174	225	4763
12	53	2441	1823	247	192	4756
13	48	2449	1847	282	305	4931
14	45	2501	1867	161	174	4748
15	57	2444	1783	199	219	4702
MEAN	57.53	2532.73	1884.73	208.87	263.93	4947.80
SD	14.27	332.88	132.71	68.36	131.61	485.01

ตารางที่ ง.19 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 เมื่อมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป (anonymous)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	77	3786	2555	335	597	7350
2	73	2816	1917	302	329	5437
3	90	2953	2304	470	600	6417
4	62	2632	1908	395	481	5478
5	67	3005	1950	212	378	5612
6	74	2662	1987	229	285	5237
7	57	2866	1885	174	287	5269
8	58	2695	1829	176	234	4992
9	59	2517	2356	162	268	5362
10	59	2405	1866	255	252	4837
11	54	2390	1934	198	172	4748
12	54	2613	2130	183	216	5196
13	51	2328	2011	180	200	4770
14	56	2480	1855	192	273	4856
15	56	2413	1904	156	244	4773
MEAN	63.13	2704.07	2026.07	241.27	321.07	5355.60
SD	10.89	366.12	214.98	93.89	135.39	704.12

ตารางที่ ง.20 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล โดยมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป (anonymous)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	69	3841	1961	204	609	6684
2	80	2666	1946	236	228	5156
3	93	2571	1961	155	294	5074
4	59	2475	2035	118	172	4859
5	92	2641	2389	89	222	5433
6	82	2421	2018	315	494	5330
7	142	2673	1974	214	309	5312
8	55	2791	2047	177	296	5366
9	53	2477	1790	404	248	4972
10	75	2790	1919	196	211	5191
11	79	2682	2079	187	206	5233
12	64	2548	1895	232	200	4939
13	89	2548	1905	365	273	5180
14	65	3000	1888	169	180	5302
15	55	2604	2112	170	347	5288
MEAN	76.80	2715.20	1994.60	215.40	285.93	5287.93
SD	22.58	344.42	137.14	86.47	120.93	420.16

ตารางที่ ง.21 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 เมื่อมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้บุตรไชย (bootchai)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	71	3503	1914	337	806	6631
2	80	2689	2212	461	337	5779
3	131	2459	1916	398	526	5430
4	68	2659	1843	328	365	5263
5	66	2664	2119	180	387	5416
6	84	2640	1887	283	326	5220
7	69	2815	1844	172	263	5163
8	73	2701	1840	265	222	5101
9	66	2436	2160	192	223	5077
10	64	2476	2233	167	225	5165
11	58	2426	1927	222	293	4926
12	65	2368	2092	172	186	4883
13	64	2510	1770	186	244	4774
14	64	2437	2337	193	256	5287
15	63	2618	2033	168	203	5085
MEAN	72.40	2626.73	2008.47	248.27	324.13	5280.00
SD	17.53	275.09	173.43	93.93	160.08	446.92

ตารางที่ ง.22 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล โดยมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้บุตรไชย (bootchai)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	80	3793	2104	301	653	6931
2	77	2945	2096	288	479	5885
3	77	3014	1978	394	374	5837
4	73	2898	1878	296	281	5426
5	118	2810	2340	211	383	5862
6	85	2686	2237	330	300	5638
7	73	2875	2026	193	262	5429
8	68	2666	1903	376	193	5206
9	69	2498	2226	205	221	5219
10	73	2569	2033	240	303	5218
11	92	2690	2072	178	186	5218
12	78	2698	2074	237	177	5264
13	73	2376	2081	209	169	4908
14	69	2681	2035	186	188	5159
15	64	2420	2097	181	177	4939
MEAN	77.93	2774.60	2078.67	255.00	289.73	5475.93
SD	13.12	337.52	120.84	71.51	136.25	508.72

ตารางที่ ง.23 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 เมื่อมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้ชัยวัฒน์ (chaiwat)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	71	3445	2347	331	674	6868
2	78	2906	2465	483	365	6297
3	89	2852	2418	366	593	6318
4	105	2474	2225	351	394	5549
5	65	2629	2102	267	228	5291
6	69	2666	2069	252	399	5455
7	64	2941	1891	233	217	5346
8	63	2807	2097	277	240	5484
9	68	2426	1970	187	316	4967
10	64	2467	1869	232	204	4836
11	60	2402	1949	157	247	4815
12	67	2445	1878	192	240	4822
13	68	2340	2019	149	316	4892
14	74	2494	2293	275	208	5344
15	72	2440	1872	200	202	4786
MEAN	71.80	2648.93	2097.60	263.47	322.87	5404.67
SD	11.61	296.54	205.93	89.73	144.08	636.35

ตารางที่ ง.24 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล โดยมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้ชัยวัฒน์ (chaiwat)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	76	3596	1937	201	627	6437
2	118	2700	2048	241	233	5340
3	103	2594	2011	113	262	5083
4	78	2421	2434	181	147	5261
5	117	2689	2382	110	201	5499
6	98	2746	2115	291	339	5589
7	72	2653	2014	443	254	5436
8	70	2687	2232	195	346	5530
9	65	2470	2029	258	208	5030
10	64	2927	1931	197	275	5394
11	68	2771	1855	164	262	5120
12	73	2563	1891	236	197	4960
13	66	2658	1875	314	213	5126
14	64	2616	1895	195	193	4963
15	60	2573	1981	188	238	5040
MEAN	79.47	2710.93	2042.00	221.80	266.33	5320.53
SD	19.59	273.59	178.68	83.27	113.02	375.34

ง.3 ผลการทดสอบชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์

ตารางที่ ง.25 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 ในกรณีที่ยังไม่มีการสำเนาข้อมูล

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	70	2920	9982	400	1012	14384
2	76	2393	9935	476	581	13461
3	75	2389	9906	370	837	13577
4	65	2270	9961	494	639	13429
5	71	2286	9863	797	504	13521
6	91	2362	9733	224	519	12929
7	64	2373	9851	281	580	13149
8	61	2163	9897	302	395	12818
9	65	2209	10059	326	477	13136
10	63	2248	9852	196	516	12875
11	65	2177	9938	186	406	12772
12	62	2169	9803	236	328	12598
13	66	2126	10120	197	322	12831
14	68	2194	9996	284	429	12971
15	64	2165	9960	191	337	12717
MEAN	68.40	2296.27	9923.73	330.67	525.47	13144.53
SD	7.68	195.08	98.04	163.42	191.27	464.50

ตารางที่ ง.26 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 ในกรณีที่มีการสำเนาข้อมูล

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	73	2994	8172	437	1104	12780
2	77	2380	8175	477	709	11818
3	75	2345	8245	588	815	12068
4	70	2196	8129	416	645	11456
5	65	2344	8261	336	717	11723
6	75	2269	8034	274	508	11160
7	69	2477	8017	504	487	11554
8	79	2242	7894	242	444	10901
9	62	2292	8262	234	526	11376
10	60	2299	8437	486	607	11889
11	63	2312	7880	179	321	10755
12	60	2249	7942	224	392	10867
13	89	2224	7919	230	336	10798
14	62	2194	8008	284	404	10952
15	64	2249	7926	193	349	10781
MEAN	69.53	2337.73	8086.73	340.27	557.60	11391.87
SD	8.39	196.31	167.83	132.32	214.51	588.47

ตารางที่ ง.27 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	104	3367	6474	398	1085	11428
2	77	2622	6222	450	669	10040
3	67	2605	6183	378	569	9802
4	66	2479	6641	347	551	10084
5	65	2460	6273	256	448	9502
6	65	2379	6321	419	536	9720
7	71	2465	6578	228	622	9964
8	61	2332	6174	250	551	9368
9	61	2341	6112	197	516	9227
10	64	2270	5975	347	396	9052
11	67	2300	6080	211	360	9018
12	60	2199	6136	181	320	8896
13	60	2431	6329	500	620	9940
14	76	2287	6058	185	359	8965
15	61	2285	6139	167	320	8972
MEAN	68.33	2454.80	6246.33	300.93	528.13	9598.53
SD	11.22	280.08	192.55	110.19	192.26	665.88

ตารางที่ ง.28 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	79	3293	6009	269	760	10410
2	81	2509	5482	271	491	8834
3	81	2377	5781	319	359	8917
4	71	2312	5411	211	382	8387
5	85	2196	6328	273	299	9181
6	75	2311	5676	214	279	8555
7	66	2215	5432	272	420	8405
8	64	2444	5578	226	492	8804
9	65	2480	5237	304	469	8555
10	61	2297	5503	389	414	8664
11	61	2451	5313	199	426	8450
12	70	2353	5746	268	531	8968
13	68	2381	5363	276	510	8598
14	61	2377	5359	185	396	8378
15	77	2327	5294	209	363	8270
MEAN	71.00	2421.53	5567.47	259.00	439.40	8758.40
SD	8.16	256.96	298.93	53.78	115.44	523.85

ตารางที่ ง.29 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	5103	3585	6160	931	1017	16796
2	5108	2504	6148	277	522	14559
3	5101	2351	6181	240	435	14308
4	5106	2336	6450	309	402	14603
5	5102	2234	6145	157	234	13872
6	5115	2218	6157	197	291	13978
7	5095	2308	6254	270	448	14375
8	5093	2592	6306	309	598	14898
9	5104	2450	6253	238	411	14456
10	5099	2400	6252	343	375	14469
11	5100	2400	6080	214	421	14215
12	5089	2418	6480	242	474	14703
13	5108	2516	6336	224	512	14696
14	5092	2463	6183	208	401	14347
15	5103	2332	6083	203	412	14133
MEAN	5101.20	2473.80	6231.20	290.80	463.53	14560.53
SD	6.90	324.12	120.23	183.86	176.59	677.72

ตารางที่ ง.30 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	53	3548	5380	361	1103	10445
2	84	2938	5368	636	1063	10089
3	50	2696	5620	269	930	9565
4	53	2681	5307	478	586	9105
5	51	2553	5099	253	541	8497
6	55	2614	5356	253	498	8776
7	46	2503	5166	313	428	8456
8	56	2498	5292	237	599	8682
9	44	2394	5760	189	353	8740
10	46	2469	5608	275	381	8779
11	40	2430	5431	423	338	8662
12	57	2401	5538	177	410	8583
13	92	2412	5243	179	428	8354
14	54	2267	5215	326	367	8229
15	73	2432	5188	231	343	8267
MEAN	56.93	2589.07	5371.40	306.67	557.87	8881.93
SD	14.74	310.73	189.33	125.48	261.45	657.32

ตารางที่ ง.31 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 เมื่อมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป (anonymous)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	60	3492	2584	159	671	6966
2	65	2736	2595	161	472	6029
3	78	2587	3422	269	527	6883
4	56	2681	3050	214	449	6450
5	70	2743	2816	175	431	6235
6	73	2954	2972	172	293	6464
7	60	2598	2566	131	237	5592
8	55	2886	2834	130	353	6258
9	54	2764	2860	118	221	6017
10	58	2648	2731	221	222	5880
11	55	2654	2714	106	230	5759
12	54	2730	2602	209	233	5828
13	85	2353	2597	104	251	5390
14	64	2430	2725	89	225	5533
15	53	2469	2769	106	173	5570
MEAN	62.67	2715.00	2789.13	157.60	332.53	6056.93
SD	9.80	268.08	227.53	52.59	145.14	481.71

ตารางที่ ง.32 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล โดยมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป (anonymous)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	64	3765	2946	122	557	7454
2	79	2805	2608	172	276	5940
3	94	2711	3095	98	262	6260
4	62	2414	2739	94	186	5495
5	53	2449	2841	117	232	5692
6	109	2488	2481	198	431	5707
7	67	2673	2737	154	297	5928
8	58	3094	2428	127	236	5943
9	72	2650	2619	117	246	5704
10	56	2818	2482	112	398	5866
11	68	2491	2470	107	248	5384
12	55	2632	2531	97	251	5566
13	64	2491	3057	108	330	6050
14	54	2534	2538	200	210	5536
15	51	2583	2535	142	217	5528
MEAN	67.07	2706.53	2673.80	131.00	291.80	5870.20
SD	16.20	342.27	219.72	35.00	99.81	499.34

ตารางที่ ง.33 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 เมื่อมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้บุตรไชย (bootchai)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	71	3570	2748	175	725	7289
2	81	2934	2632	191	491	6329
3	98	2851	3449	165	730	7293
4	63	2716	2995	220	459	6453
5	87	2738	2483	137	283	5728
6	71	2702	3922	188	321	7204
7	68	2505	2874	172	290	5909
8	64	3047	2638	106	309	6164
9	62	2725	2700	127	316	5930
10	63	2630	2665	151	216	5725
11	60	3046	2711	121	203	6141
12	64	2744	2872	177	288	6145
13	93	2400	2729	118	191	5531
14	61	2438	2754	106	168	5527
15	72	2437	3048	110	169	5836
MEAN	71.87	2765.53	2881.33	150.93	343.93	6213.60
SD	12.24	302.98	367.62	35.97	181.77	604.34

ตารางที่ ง.34 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล โดยมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้บุตรไชย (bootchai)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	73	3491	2945	135	656	7300
2	122	2607	3066	126	330	6251
3	121	2640	3299	60	330	6450
4	68	2477	2848	216	225	5834
5	69	2483	3053	90	143	5838
6	87	2641	2689	145	392	5954
7	73	2986	2900	132	243	6334
8	63	2680	3428	256	533	6960
9	68	2593	2887	106	256	5910
10	87	2707	2797	143	200	5934
11	59	2722	2638	121	211	5751
12	67	2806	2999	109	187	6168
13	62	2671	2644	136	309	5822
14	73	2804	2853	240	186	6156
15	63	2476	2588	92	202	5421
MEAN	77.00	2718.93	2908.93	140.47	293.53	6138.87
SD	19.78	253.56	237.74	55.58	141.29	481.76

ตารางที่ ง.35 ผลการทดสอบระบบที่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 เมื่อมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้ชัยวัฒน์ (chaiwat)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	70	3502	5333	270	919	10094
2	75	2601	5686	436	651	9449
3	113	2636	5610	218	425	9002
4	72	2530	5878	251	370	9101
5	64	2355	5618	191	281	8509
6	71	2226	5135	129	280	7841
7	86	2279	5405	272	585	8627
8	64	2861	5752	230	484	9391
9	72	2521	5650	198	509	8950
10	66	2446	5310	385	391	8598
11	61	2396	5508	223	424	8612
12	62	2320	5382	243	903	8910
13	62	2378	5320	217	491	8468
14	75	2572	5669	218	507	9041
15	59	2340	5338	225	396	8358
MEAN	71.47	2530.87	5506.27	247.07	507.73	8863.40
SD	13.50	314.74	206.39	75.28	191.78	536.17

ตารางที่ ง.36 ผลการทดสอบระบบที่มีแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-1 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-2 แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-3 และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส-4 แต่ไม่มีศูนย์กลางการจัดการข้อมูล โดยมีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ซึ่งเข้าถึงโดยบัญชีผู้ใช้ชัยวัฒน์ (chaiwat)

ลำดับ	เวลาติดต่อกับ CR (ms)	เวลาหา WSR ที่เร็วที่สุด (ms)	เวลาสืบค้นข้อมูล (ms)	เวลาแสดงผลการรวมข้อมูล (ms)	เวลาประมวลผลในโปรแกรม (ms)	เวลารวมของโปรแกรม (ms)
1	74	3812	6020	240	836	10982
2	76	2552	6355	419	571	9973
3	68	2486	5738	250	405	8947
4	111	2481	5667	270	319	8848
5	88	2535	5794	199	437	9053
6	70	2614	5745	292	412	9133
7	91	2605	5659	285	611	9251
8	72	2751	5833	216	439	9311
9	100	2515	6030	190	560	9395
10	72	2785	5675	209	405	9146
11	62	2555	5986	229	546	9378
12	61	2692	6010	179	503	9445
13	68	2421	5502	240	394	8625
14	64	2442	5787	188	393	8874
15	92	2481	5543	236	513	8865
MEAN	77.93	2648.47	5822.93	242.80	489.60	9281.73
SD	14.96	339.49	223.02	59.72	126.34	572.19

การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์

ระหว่างการศึกษาวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ ผู้เขียนได้เสนอบทความทางวิชาการ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย จำนวน 2 บทความ โดยนำเสนอแบบปากเปล่า และได้ตีพิมพ์ในเอกสารการประชุมวิชาการ ดังนี้ การประชุมวิชาการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งจัดขึ้นโดยคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในวันที่ 2 - 3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ณ โรงแรมเอเชีย กรุงเทพมหานคร และการประชุมวิชาการนานาชาติ ซึ่งจัดขึ้นในวันที่ 5 - 8 กรกฎาคม พ.ศ. 2552 ณ Jeju KAL Hotel ประเทศเกาหลี

บทความที่ 1

ชัยวัฒน์ บุตรไชย, กานดา รุณนะพงศา, ศิษเฎศ ทองสิมา และกุลวดี ศรีพานิชกุลชัย. (2549). การใช้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเว็บเซอร์วิส. ใน: **Web Systems and Technologies.** การประชุมวิชาการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (NCIT2006); 2-3 พฤศจิกายน 2549; กรุงเทพ. กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หน้า 253-260.

บทความที่ 2

Bootchai, C. Saikaew, R.K., Ngamphiw, C., Wiwatwattana, S., & Tongsima S. (2009). Integration of Heterogeneous Bioinformatics Data Through Web Services. In: **Proceeding of The 24th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2009)**; 2009 Jul 5-8; Jeju, South Korea. Jeju Island: South Korea.; 2009 p. 69.

การใช้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเว็บเซอร์วิส

ชัยวัฒน์ บุตรไชย[1], กานดา รุณนะพงศา[1], ศิษเฎศ ทองสิมา[2], กุลวดี ศรีพานิชกุลชัย[3]

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อำเภอเมือง, จังหวัดขอนแก่น 40002, ประเทศไทย[1]

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120, ประเทศไทย[2]

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120, ประเทศไทย[3]

Email: chaiwat.bootchai@gmail.com, krunapon@kku.ac.th, sissades@biotec.or.th, kunwadee@nectec.or.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการนำเว็บเซอร์วิสเข้ามาใช้งานอย่างหลากหลาย เช่น การให้บริการด้านธุรกิจ การให้บริการด้านการผสมผสานฐานข้อมูล เป็นต้น และเนื่องจากเว็บเซอร์วิสใช้ภาษาเอ็กซ์เอ็มแอล (XML) เป็นภาษากลางที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร ทำให้สามารถทำงานได้โดยไม่ขึ้นอยู่กับแพลตฟอร์มใด ๆ แต่การค้นหาเว็บเซอร์วิสยังต้องอาศัยศูนย์กลาง ซึ่งทำให้อาจทำให้เกิดปัญหาคอขวดในการเข้าถึงข้อมูล (bottleneck), ไม่สามารถให้บริการเนื่องจากระบบศูนย์กลางล่ม (single point of failure) แต่มีการทำวิจัยเพื่อที่จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้โดยการใช้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์ (Peer-to-Peer) ซึ่งจะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ ในบทความนี้ได้สำรวจงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์กับเว็บเซอร์วิส ซึ่งเป็นแนวทางนำไปสู่งานวิจัยเรื่องการรวมข้อมูล โดยใช้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์และเว็บเซอร์วิส

คำสำคัญ : *เพียร์-ทู-เพียร์, เว็บเซอร์วิส, การกระจายศูนย์กลาง*

1. บทนำ

เว็บเซอร์วิส (Web Service) [22] เป็นซอฟต์แวร์หรือแอพพลิเคชั่นที่ติดต่อสื่อสารโดยตรงกับซอฟต์แวร์อีกซอฟต์แวร์หนึ่งผ่านระบบเครือข่าย โดยข้อมูลที่ใช้ติดต่อระหว่างผู้ให้บริการและผู้รับบริการอยู่ในรูปแบบภาษาเอ็กซ์เอ็มแอล (XML) [26] ซึ่งเป็นมาตรฐานในการแลกเปลี่ยนข้อมูลบนอินเตอร์เน็ต ทำให้ซอฟต์แวร์หรือแอพพลิเคชั่นที่พัฒนาอยู่บนระบบปฏิบัติการ, ภาษาที่ใช้พัฒนา, แพลตฟอร์ม หรืออุปกรณ์ที่แตกต่างกันสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันและกันได้โดยอัตโนมัติ อีกทั้งเว็บเซอร์วิสติดต่อกันโดยใช้มาตรฐาน เช่น SOAP (Simple Object Access Protocol) [20], UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) [21] และ WSDL (Web Services Description Language) [24] เป็นต้น

เว็บเซอร์วิสใช้แนวทางการพัฒนาตามรูปแบบสถาปัตยกรรมการให้บริการ SOA (Service-Oriented Architecture) [19] มี 3 องค์ประกอบได้แก่ ผู้ให้บริการ, ทะเบียนบริการ และผู้ขอใช้บริการ ซึ่งเว็บเซอร์วิสถูกออกแบบมาตามแนวทางของ SOA ดังนี้ผู้ให้บริการจะต้องทำการลงทะเบียนบริการ ทะเบียนบริการในที่นี้คือ UDDI และเมื่อผู้ขอใช้บริการต้องการใช้บริการเว็บเซอร์วิส จะเข้าไปค้นหาใน UDDI นั่นคือ การค้นหาเว็บเซอร์วิสจะต้องอาศัยศูนย์กลางการให้บริการ ซึ่งคือ ทะเบียนบริการ หรือ UDDI ข้อดีของการมีทะเบียนบริการเป็นแบบศูนย์กลาง คือ การรับประกันผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาได้ครอบคลุมบริการที่มีการลงทะเบียนไว้ [15] แต่ยังมีข้อเสียในเรื่องปัญหาคอขวดในการเข้าถึงข้อมูล (bottleneck) หรือการเข้าไปค้นหาเว็บเซอร์วิสพร้อม ๆ กันแล้วทำให้ระบบไม่สามารถให้บริการต่อได้ (single point of failure) และเมื่อเป็นระบบแบบศูนย์กลางทำให้การขยายและเพิ่มขนาดการให้บริการ (scalability) เป็นไปได้ยากอีกด้วย ในบทความนี้ได้สำรวจแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการใช้เพียร์-ทู-เพียร์ (Peer-to-Peer) [18] ดังจะกล่าวในส่วนต่อไป

เพียร์-ทู-เพียร์ (Peer-to-Peer) เป็นเทคโนโลยีเกี่ยวกับการกระจายศูนย์กลาง (decentralize) การขยายและเพิ่มขนาดของระบบ การแบ่งปันข้อมูล (sharing) เป็นต้น ซึ่งเพียร์-ทู-เพียร์ที่แท้จริงจะไม่มีลูกข่าย-แม่ข่ายที่ให้บริการ จะมีแต่เพียง *"เพียร์"* ที่เปรียบเสมือน *"ลูกข่าย-แม่ข่าย"* ในตัวเดียวกัน ตัวอย่างระบบเพียร์-ทู-เพียร์ ได้แก่ คาซ่า (KaZaA) [14], แนปสเตอร์ (Napster) [17] หรือการใช้งานโปรแกรมประเภทบิตทอร์เรนต์ (BitTorrent) [2] เป็นต้น และโดยส่วนใหญ่เทคโนโลยีเพียร์ทูเพียร์ถูกนำมาใช้เพื่อแบ่งปันข้อมูลบนอินเตอร์เน็ต, การค้นหาข้อมูล และการหาเส้นทางของข้อมูล มีงานวิจัยที่นำเพียร์-ทู-เพียร์มาแก้ปัญหาเรื่องปัญหาคอขวด, ความสามารถในการให้บริการต่อของระบบ, ระบบศูนย์กลาง และการขยายขนาดการให้บริการของเว็บเซอร์วิส

ในบทความนี้ หัวข้อที่ 2 จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านการนำเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์และเว็บเซอร์วิสมาประยุกต์ให้ทำงานร่วมกัน และจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในหัวข้อที่ 3 จะเปรียบเทียบระหว่างสองเทคโนโลยีนี้ จากนั้นในหัวข้อที่ 4 จะกล่าวถึงสิ่งที่เทคโนโลยีทั้งสองสามารถนำมาประยุกต์ใช้ด้วยกันได้ ในหัวข้อที่ 5 เป็นการกล่าวถึงวิธีการต่าง ๆ ที่นำเอาเพียร์-ทู-เพียร์มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้เว็บเซอร์วิสและสรุปในหัวข้อที่ 6

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์ทำงานร่วมกับเว็บเซอร์วิสที่สำรวจมา ส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นในเรื่องของการค้นหาเว็บเซอร์วิส โดยการปรับปรุง UDDI จากที่เป็นระบบศูนย์กลาง ให้เป็นระบบกระจายศูนย์กลางโดยใช้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์เข้ามาช่วย และเพื่อให้ง่ายต่อการขยายขนาดของระบบต่อไปในอนาคตด้วย ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

2.1 การใช้เครือข่ายเพียร์-ทู-เพียร์ของ Edutella/JXTA ทำงานร่วมกับเว็บเซอร์วิส [3]

งานวิจัยนี้นำเสนอพร็อกซี่ (proxy) ระหว่างทั้งสองเทคโนโลยี ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้ระบบเครือข่ายเพียร์-ทู-เพียร์ของ Edutella/JXTA [7] ทำงานร่วมกับเว็บเซอร์วิสได้ โดยอาศัยส่วนของชั้น (layer) ที่มีการให้บริการคล้ายกันนำมาผ่านพร็อกซี่ ซึ่งจะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่คอยแปลงข้อความ เพื่อให้ติดต่อกันได้อย่างมีประสิทธิภาพระหว่างส่วนของ SOAP ที่เป็นโปรโตคอลติดต่อของเว็บเซอร์วิสและ JXTA Pipes ที่เป็นท่อข้อมูลเพียร์-ทู-เพียร์ของ Edutella/JXTA แต่เว็บเซอร์วิสที่จะอยู่บนระบบเพียร์-ทู-เพียร์นี้ได้จะต้องพัฒนาฟังก์ชันการค้นหาบริการของ Edutella/JXTA เท่านั้น เพราะการค้นหาบริการจะผ่านฟังก์ชันการค้นหาบริการของ Edutella/JXTA

2.2 การขยายขนาดของโครงสร้างพื้นฐานเพียร์-ทู-เพียร์สำหรับเว็บเซอร์วิส [16]

งานวิจัยนี้นำเสนอเรื่องของการขยายขนาดของระบบโดยใช้ไฮเพอร์คัพ (HyperCuP: Hypercube P2P) ซึ่งเป็นทฤษฎีของกราฟที่ว่าด้วยการจัดการเรื่องการเพิ่มจำนวนของเพียร์ใหม่เข้ามาในระบบให้อยู่ในลักษณะของสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ และเมื่อระบบมีเพียร์ใหม่หรือเว็บเซอร์วิสใหม่เข้ามาติดต่อด้วย ระบบจะพยายามจัดให้เพียร์หรือเว็บเซอร์วิสใหม่ที่เข้ามาเป็นจุดของลูกบาศก์ให้ได้ ในทางตรงข้ามเมื่อมีเพียร์หรือเว็บเซอร์วิสออกจากระบบ ระบบจะพยายามจัดรูปแบบตัวเองให้เป็นลูกบาศก์อีกครั้ง ซึ่งงานวิจัยนี้ช่วยแก้ปัญหาในเรื่องของข้อความส่วนเพิ่มเติมในระบบ (message overhead), ความยืดหยุ่นเมื่อมีเพียร์ล่ม โดยการใช้คุณสมบัติของการกระจายข้อความ (broadcast) และอัลกอริทึมในการค้นหา จากเรื่องของไฮเพอร์คัพ

เทคนิคไฮเพอร์คัพใช้เว็บเซอร์วิสในการติดต่อสื่อสารระหว่างเพียร์ และเป็นเทคนิคที่ใช้ทรัพยากรระบบน้อย เหมาะสำหรับระบบที่ต้องการกระจายศูนย์กลางที่ปรับขนาดของระบบบ่อย ๆ และการค้นหาข้อมูลแบบกระจายข้อความ ซึ่งปัจจุบัน FOAFRealm/D-FOAF [9] ได้นำเทคนิคนี้มาใช้ในการค้นหาข้อมูลในระบบสารสนเทศที่แตกต่างกัน และมีลักษณะที่ปรับเปลี่ยนขนาดเรื่อย ๆ แต่เทคนิคนี้ยังไม่มีการนำเสนอในเรื่องของการจัดการกับความปลอดภัยภายในระบบ

2.3 การใช้ DAML-S สำหรับการค้นหาเว็บเซอร์วิสบนระบบเพียร์-ทู-เพียร์ [15]

งานวิจัยนี้นำเสนอการรวม DAML-S เพื่อจับคู่กระบวนการค้นหาบนนูเทลลาและใช้โปรโตคอลพื้นฐานของนูเทลลาสำหรับการค้นหาเว็บเซอร์วิส โดยเว็บเซอร์วิสนั้นจะต้องมี DAML-S เป็นภาษาที่ใช้สำหรับอธิบายบริการ

DAML-S [5] เป็นรูปแบบภาษาที่ใช้อธิบายเนื้อหาของเว็บในเทอมของรายละเอียดบริการ (Service Profile), แบบจำลองกระบวนการทำงาน (Process Model) และเบื้องหลัง (Grounding) เหมาะสมกับการค้นหาเว็บในเชิงความหมายของข้อมูล (semantic web) ซึ่งมีการนำ DAML-S ไปใช้ในการค้นหาเว็บเซอร์วิสในเชิงความหมายข้อมูล แต่ยากต่อการนำไปใช้งาน เนื่องจากไม่ค่อยมีแอพพลิเคชั่นรองรับ อีกทั้งไม่ใช่มาตรฐานของเว็บเซอร์วิสเหมือนกับ BPEL4WS ที่นิยมกว่า [4]

2.4 การค้นหาเว็บเซอร์วิสบนระบบเพียร์-ทู-เพียร์ด้วยวิธีการจัดลำดับ [8]

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบเพียร์-ทู-เพียร์ที่เป็นโครงสร้างสำหรับการค้นหาเว็บเซอร์วิส โดยนำเสนอสิ่งที่แตกต่างจากการค้นหาเว็บเซอร์วิสทั่วไป นั่นคือ การค้นหาเว็บเซอร์วิสที่ค้นได้ด้วย "*วิธีการ*" ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงตามความต้องการของผู้ใช้ อีกทั้งการแนะนำผู้ใช้ในเรื่องของคุณภาพของเว็บเซอร์วิสอีกด้วย ซึ่งต้นแบบที่งานวิจัยนี้นำเสนอนั้น สามารถปรับขยายขนาดได้ภายใต้สถาปัตยกรรมของเพียร์-ทู-เพียร์ใด ๆ โดยเว็บเซอร์วิสนั้นสามารถที่จะเข้าร่วม หรือออกจากสถาปัตยกรรมเพียร์-ทู-เพียร์ได้อย่างสะดวก

ตัวอย่างของแอพพลิเคชั่นที่ใช้เทคนิคการจัดลำดับ คือ อะเมซอน (Amazon) [1] ซึ่งใช้วิธีการจัดลำดับของสินค้าและบริการจากคะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ตรงตามความต้องการของผู้ค้นหาสินค้าและบริการส่วนใหญ่ด้วย ซึ่งวิธีนี้เหมาะสำหรับการให้ผลลัพธ์ในแง่ของความน่าเชื่อถือในการบริการ อีกทั้งความถูกต้องในการค้นหาด้วย แต่ยังมีข้อเสียในแง่ของการให้คะแนนความพึงพอใจที่ไม่ถูกต้องได้

3. การเปรียบเทียบเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์และเว็บเซอร์วิส [23]

เทคโนโลยีต่าง ๆ ล้วนแต่มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน บางเทคโนโลยีไม่สามารถทำงานร่วมกันได้ แต่บางเทคโนโลยีสามารถอาศัยสิ่งที่เหมือนกันมาปรับให้เข้ากัน และแก้ปัญหาซึ่งกันและกัน ทำให้เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม เป็นต้น หัวข้อนี้จะอธิบายถึงการนำเอาจุดเด่นของเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์และเว็บเซอร์วิสมาประยุกต์ใช้ร่วมกัน

3.1 จุดเด่นของเว็บเซอร์วิสที่สามารถประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์

เว็บเซอร์วิส (Web Service) [22] เป็นระบบซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมาเพื่อสนับสนุนการทำงานระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย โดยที่ภาษาที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์คือภาษาเอ็กซ์เอ็มแอล (XML) โดยการอธิบายวิธีการใช้งานของเว็บเซอร์วิสนั้นจะอธิบายโดยใช้ภาษาวิสเดิล WSDL (Web Services Description Language) ซึ่งเป็นภาษา XML ประเภทหนึ่ง และระบบอื่นๆ จะสามารถติดต่อและทำงานกับเว็บเซอร์วิส โดยใช้โปรโตคอลที่ชื่อว่า SOAP (Simple Object Access Protocol) ซึ่งใช้ภาษา XML เป็นมาตรฐานในการติดต่อระหว่างระบบโดยผ่านทางโปรโตคอลอื่นที่ใช้ในการส่งข้อมูลบนเว็บ อาทิเช่น โปรโตคอล HTTP, HTTPS หรือแม้แต่ SMTP เป็นต้น

ปัจจุบันเว็บเซอร์วิสเป็นที่นิยมในด้านธุรกิจในลักษณะพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์, ด้านการใช้ทรัพยากรระบบ เช่น การประมวลผล และการคำนวณ, หรือด้านบริการแลกเปลี่ยนข้อมูล ซึ่งตัวอย่างองค์กรที่นำเว็บเซอร์วิสเข้าไปใช้งาน เช่น อี-เบย์ (eBay) [6] ใช้ทำธุรกรรมเกี่ยวการประมูล เป็นต้น หรือ อะเมซอน [1] ที่ให้บริการเกี่ยวกับการขายสินค้าออนไลน์ ถึงแม้ว่าเว็บเซอร์วิสเป็นที่นิยม แต่เนื่องจากเว็บเซอร์วิสยังต้องการเซิร์ฟเวอร์เพื่อให้บริการข้อมูล หรือแม้แต่การค้นหาเว็บเซอร์วิสเองยังคงต้องผ่าน UDDI ที่เป็นระบบศูนย์กลางเช่นกัน ซึ่งอาจเกิดปัญหาเรื่องคอขวด, การล่มของเครื่องแม่ข่าย หรือการขยายขนาดการให้บริการเป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์สามารถช่วยแก้ปัญหาของเว็บเซอร์วิสได้ เป็นต้นว่าการใช้เพียร์-ทู-เพียร์เข้าไปช่วยในการค้นหาเว็บเซอร์วิสแบบกระจายศูนย์กลางแทน UDDI [8][15] หรือการขยายระบบของเว็บเซอร์วิสให้เป็นแบบกระจายศูนย์กลางโดยใช้เทคนิคไฮเพอร์คัพ [16] เป็นต้น ซึ่งตัวอย่างเหล่านั้นนำเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์เข้ามาช่วยแก้ปัญหาของเว็บเซอร์วิส

ในหัวข้อย่อยต่อไปนี้จะกล่าวถึงจุดเด่นที่สำคัญของเทคโนโลยีเว็บเซอร์วิส

3.1.1 การใช้ XML เนื่องจาก XML เป็นภาษาที่อธิบายความหมายของข้อมูลอยู่ในลักษณะของแท็ก ทำให้โปรแกรมหรือมนุษย์เข้าใจได้ เหมาะสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูล ซึ่งเว็บเซอร์วิสนำเอา XML มาใช้เพื่ออธิบายชนิดข้อมูลโดยการใช้ XML Schema และมีการนำเอามาตรฐาน XML ใหม่ๆ หรือที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้ได้อีกด้วย อีกทั้งยังนำไปใช้ในเรื่องของการเชื่อมโยงข้อมูลเข้ากับแหล่งข้อมูลได้อีกด้วย (meta data to resources)

3.1.2 การลงทะเบียนบริการ เว็บเซอร์วิสมีการลงทะเบียนและค้นหาบริการ หรือแหล่งข้อมูลโดยการออกแบบโครงสร้างข้อมูล เป็นหมวดหมู่และแบบแผน ซึ่งทำให้การค้นหามีประสิทธิภาพมาก

3.1.3 ความปลอดภัย เนื่องจากเว็บเซอร์วิสมีการใช้เรื่องของ XML จึงสามารถนำมาตรฐานของ XML ในเรื่องของ XML Security [27] และการเข้ารหัสของ XML มาใช้งานเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับเว็บเซอร์วิส

3.1.4 การทำงานข้ามแพลตฟอร์ม เป้าหมายของการออกแบบเว็บเซอร์วิส จะต้องเป็นการออกแบบเพื่อให้สามารถทำงานข้ามแพลตฟอร์มได้ ไม่ว่าจะเป็นการทำงานระหว่างภาษาที่ใช้พัฒนาที่แตกต่างกัน, ระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกัน หรืออุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ต่างก็ต้องสามารถทำงานร่วมกันได้ และเป็นไปตามมาตรฐานของ WS-I [25] ซึ่งจุดนี้เป็นหัวใจหนึ่งของเรื่องเว็บเซอร์วิส

3.1.5 การเรียบเรียงบริการ เว็บเซอร์วิสยอมให้มีการพัฒนาที่ซับซ้อนอยู่บนส่วนโครงสร้างพื้นฐาน และอนุญาตให้พัฒนาโปรแกรมแบบนำกลับมาใช้งานใหม่และเชิงห่อหุ้มได้ เช่น JXTA SOAP [13] เป็นต้น

3.2 จุดเด่นของเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์ที่สามารถประยุกต์ใช้กับเว็บเซอร์วิส

เพียร์-ทู-เพียร์ (Peer-to-Peer: P2P) [18] เป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ร่วมวงเครือข่ายกัน และมีจำนวนแม่ข่ายน้อย หรือแทบไม่มีเลย ซึ่งเพียร์-ทู-เพียร์ใช้เรื่องของการเชื่อมต่อโดยตรง ไปยังโหนดอื่นเพื่อติดต่อสื่อสาร และแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน โดยแนวความคิดของเพียร์-ทู-เพียร์จะเป็นเรื่องการกระจายศูนย์กลางและจะไม่มีเรื่องของลูกข่าย-แม่ข่าย แต่จะเป็นเพียง เพียร์ ที่เป็นได้ทั้งลูกข่าย-แม่ข่ายในตัวเดียวกัน ซึ่งเทคโนโลยีนี้ส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ในเรื่องของการแบ่งปันข้อมูล เช่น ไฟล์, เสียง, วิดีโอ หรือข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบดิจิตอล และข้อมูลที่แบ่งปันนี้จะเป็นข้อมูลจริงในช่วงเวลานั้น ตัวอย่างระบบเครือข่ายที่นำเพียร์-ทู-เพียร์มาใช้งาน ได้แก่ คาซ่า, แนปสเตอร์ หรือ นูเทลลา (Gnutella) [11] เป็นต้น ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์จะเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้ใช้ที่ต้องการแบ่งปันข้อมูล แต่เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์ยังมีจุดอ่อนในเรื่องการที่ไม่นำมาตรฐานกลางเข้ามาใช้งาน เป็นต้น ว่า นำ XML เข้ามาใช้เป็นมาตรฐานในการแลกเปลี่ยนข้อมูล ทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้รวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกันได้มากยิ่งขึ้น [10] อีกทั้งเรื่องของความปลอดภัย เนื่องจากเป็นระบบแบบกระจายศูนย์กลางทำให้การดูแลเรื่องความปลอดภัยทำได้ลำบาก ซึ่งเว็บเซอร์วิสสามารถประยุกต์ช่วยเพียร์-ทู-เพียร์ในด้านการใช้ XML ในการอธิบายข้อมูล และเมื่อใช้ XML แล้วยังสามารถใช้เรื่องความปลอดภัยของ XML อีกทั้งเมื่อเป็นเว็บเซอร์วิสแล้วทำให้สามารถทำงานข้ามแพลตฟอร์มได้

ในหัวข้อย่อยต่อไปนี้ จะกล่าวถึงจุดเด่นที่สำคัญของเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์

3.2.1 การกระจายศูนย์กลาง เพียร์-ทู-เพียร์เป็นระบบที่ไม่ต้องการเซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการข้อมูล หรือค้นหาข้อมูล โดยจะมีเพียง เพียร์ ที่แทนเรื่อง ลูกข่าย-แม่ข่าย และจะตัดส่วนที่เป็นศูนย์กลางทั้งหมดออกจากระบบ เช่น UDDI

3.2.2 โปรโตคอลที่ใช้ติดต่อ เพียร์-ทู-เพียร์นำโปรโตคอลอื่นที่ไม่ใช้ HTTP เช่น บิตทอร์เรนต์ที่เป็นโปรโตคอลสำหรับการแบ่งปันข้อมูลสำหรับเครือข่ายเพียร์-ทู-เพียร์ หรือ คอร์ด (Chord) [12] ที่มีนำมาใช้ในวิจัย [8] เป็นต้น เข้ามาใช้งาน เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่น การใช้งานเพียร์-ทู-เพียร์จึงมีโปรโตคอลตัวเองไว้สำหรับการติดต่อสำหรับระบบนั้น ๆ

3.2.3 สถาปัตยกรรมของลูกข่าย-แม่ข่าย เพียร์-ทู-เพียร์พิจารณาเรื่องของการขยายระบบเป็นสำคัญจึงไม่มีเรื่องของลูกข่าย-แม่ข่ายในระบบ ซึ่งเรื่องนี้ถูกแทนด้วยเพียร์ในระบบเพียร์-ทู-เพียร์

3.2.4 การขยายและความยืดหยุ่นของระบบ นอกจากเพียร์-ทู-เพียร์จะเป็นเทคโนโลยีแบบกระจายศูนย์กลางแล้ว ยังมีความยืดหยุ่นในการขยายขนาดของระบบ เนื่องจากระบบสามารถเพิ่มเพียร์ที่เข้าร่วมในระบบได้เอง และระบบของเพียร์-ทู-เพียร์ทุกตัวจะทราบว่ามีเพียร์ใหม่เข้ามาร่วมอยู่ในระบบด้วย ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารได้ทุกเพียร์ในระบบเพียร์-ทู-เพียร์ เช่นเดียวกับเมื่อมีเพียร์ออกจากระบบ ซึ่งจุดนี้ทำให้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์มีความยืดหยุ่นในการขยายขนาดระบบมาก

4. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์กับเว็บเซอร์วิส

ในหัวข้อที่ 3 ได้เปรียบเทียบจุดที่เทคโนโลยีทั้งสองสามารถช่วยแก้ปัญหาซึ่งกันและกันได้ และจากการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า บางงานวิจัยใช้เพียร์-ทู-เพียร์ช่วยแก้ปัญหาของเว็บเซอร์วิสในเรื่องการค้นหาเว็บเซอร์วิส [8][15] โดยในงานวิจัย [8] จะนำเสนอการค้นหาเว็บเซอร์วิสในเชิงของคุณภาพการให้บริการด้วยการจัดลำดับตามคะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้ ทำให้เว็บเซอร์วิสที่ได้จากการค้นหามีความแม่นยำที่อิงคุณภาพการให้บริการในระบบเพียร์-ทู-

เพียร์ แต่งานวิจัยที่ [15] ให้ DAML-S ที่เป็นภาษาอธิบายเว็บในเชิงความหมายของข้อมูลเพื่อให้การค้นหาเว็บเซอร์วิสมีความแม่นยำที่อิง DAML-S ในระบบเพียร์-ทู-เพียร์มากขึ้น ซึ่งสิ่งที่เหมือนกันของทั้งสองงานวิจัยคือ การค้นหาเว็บเซอร์วิส และการใช้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์เพื่อกระจายศูนย์กลาง

บางงานวิจัยใช้โครงสร้างพื้นฐานของเพียร์-ทู-เพียร์ช่วยแก้ปัญหาของเว็บเซอร์วิสในเรื่องการขยายขนาดของระบบ [16] โดยได้นำเทคนิคนี้ไปแก้ไขระบบเพียร์-ทู-เพียร์ของนูเทลลา เนื่องจากระบบนี้ไม่สามารถที่จะขยายขนาดให้ใหญ่ตามจำนวนของเพียร์ได้ อีกทั้งเมื่อมีจำนวนเพียร์มากขึ้น ทำให้เวลาในการค้นหาข้อมูลอื่น ๆ เพิ่มขึ้นตามไปด้วย จึงได้ใช้เทคนิคไฮเพอร์คัพเข้ามาช่วย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ทำให้ระบบเพียร์-ทู-เพียร์ของนูเทลลาสามารถขยายขนาดให้ใหญ่เมื่อมีจำนวนเพียร์มากขึ้นด้วยและทำให้เวลาที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลอื่นลดลง อีกทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาในเว็บเซอร์วิสโดยใช้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์ [8] และการเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาเพียร์-ทู-เพียร์โดยใช้ XML [15] ซึ่งนำเทคนิควิธีการค้นหาในรูปแบบของเพียร์-ทู-เพียร์มาใช้ในการค้นหาเว็บเซอร์วิส และ XML เข้ามาใช้ทำให้การค้นหาในเชิงความหมายของข้อมูลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น เป็นต้น

เนื้อหาต่อไปนี้จะกล่าวถึงประโยชน์และข้อควรพิจารณาจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์ร่วมกับเว็บเซอร์วิส

4.1 ประโยชน์ของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์และเว็บเซอร์วิสเข้าด้วยกัน

4.1.1 การอยู่บนมาตรฐานเปิด เมื่อองค์กรธุรกิจนำเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์มาใช้ ยังคงต้องการเรื่องของการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างองค์กรธุรกิจที่มีเพียร์อยู่บนระบบที่แตกต่าง ซึ่งการอยู่บนระบบที่แตกต่างกัน หากอาศัยในเรื่องของมาตรฐานเปิดแล้วจะทำให้องค์กรธุรกิจอื่นที่ติดต่อสื่อสารด้วยสามารถเรียกใช้บริการได้ง่ายขึ้น เนื่องจากอาศัยเรื่องของมาตรฐานเปิดนั่นเอง

4.1.2 การค้นหาบริการ เนื่องจาก UDDI เป็นทะเบียนบริการที่เก็บรายละเอียดการบริการของเว็บเซอร์วิสนั้นเป็นระบบศูนย์กลาง และการค้นหาบริการของเว็บเซอร์วิสจะต้องไปค้นหาใน UDDI ซึ่งเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์จะช่วยกระจายศูนย์กลางของระบบ UDDI ได้ ทำให้ในอนาคตสามารถขยายขนาดของการเก็บทะเบียนบริการ หรือ UDDI ได้ และทำให้การค้นหาบริการไม่เกิดปัญหาเรื่องคอขวด, ระบบที่ไม่สามารถให้บริการได้ เป็นต้น

4.1.3 ความง่ายในการรวมข้อมูลด้วยแอพพลิเคชั่น โดยการใช้จุดเด่นของเว็บเซอร์วิสในเรื่องของ XML ที่เป็นพื้นฐาน อีกทั้งนำเอาเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์ให้อยู่ในรูปแบบของเว็บเซอร์วิสที่ใช้มาตรฐานเปิด ทำให้สามารถพัฒนาแอพพลิเคชั่นเพื่อเรียกใช้บริการต่าง ๆ เพื่อรวบรวมข้อมูลได้ง่ายขึ้น อีกทั้งการพัฒนาแอพพลิเคชั่นเพื่อเรียกใช้บริการนั้นยังไม่ขึ้นอยู่กับแพลตฟอร์มด้วย นั่นคือ สามารถพัฒนาจากภาษาใด ๆ ที่อยู่บนระบบใด ๆ บนอุปกรณ์ใด ๆ ได้นั่นเอง

4.2 ข้อควรพิจารณาเมื่อรวมเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์และเว็บเซอร์วิสเข้าด้วยกัน

4.2.1 แบนด์วิดธ์ เนื่องจากมีการนำเอา XML เข้ามาใช้งาน ทำให้มีการใช้แบนด์วิดธ์สูงขึ้น และการกระจายศูนย์กลางมีความต้องการเรื่องการติดต่อสื่อสารกันมากขึ้น อีกทั้งเรื่องการค้นหาข้อมูลจะต้องมีการนำเอาอัลกอริทึมในการค้นหาที่รวดเร็วเข้ามาใช้เพื่อการตอบสนอง

4.2.2 ความปลอดภัย ในเรื่องของลูกข่าย-แม่ข่ายจะจัดการดูแลเรื่องความปลอดภัยง่ายกว่า เพราะสามารถควบคุมได้ที่แม่ข่ายที่ให้บริการ แต่เมื่อเป็นเรื่องของการ

กระจายศูนย์กลางแล้ว จะต้องมีการหาวิธีการจัดการกับความปลอดภัยในระหว่างการติดต่อสื่อสารด้วย

4.2.3การบำรุงรักษา เมื่อมีการรวมทั้งสองเทคโนโลยีเข้าด้วยกันแล้ว ทำให้มีความซับซ้อนในการบำรุงรักษาระบบ และขึ้นอยู่กับแต่ละเพียร์ว่ามีความซับซ้อนแค่ไหน เช่น ในเรื่องของการใช้งาน, ซอฟต์แวร์ หรือการใช้ทรัพยากรของระบบ เป็นต้น

5. แนวทางการรวมข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้เว็บเซอร์วิส

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อที่ 2 และภาพรวมของเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์และเว็บเซอร์วิสในหัวข้อที่ 3 และ 4 ทำให้ได้แนวทางในการรวมข้อมูลโดยยกเป็นตัวอย่างดังนี้

เว็บเซอร์วิส เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ใช้ในเรื่องของการรวมข้อมูล (data integration) จากแหล่งให้บริการทรัพยากรที่แตกต่างกัน แต่เป็นระบบศูนย์กลาง ยกตัวอย่างเช่น ระบบมีการรวมข้อมูลที่มีขนาดมากมายมหาศาล และต้องการเว็บเซอร์วิสช่วยในการรวมข้อมูลกลุ่มนี้ ปัญหาที่อาจจะตามมาที่ไม่ได้กล่าวถึงในตอนต้น คือ การเชื่อมต่อหยุดการทำงาน (connection loss) ทำให้ข้อมูลที่ทำการรวบรวมอยู่นั้นเกิดการเสียหาย เหมือนกับการดาวน์โหลดไฟล์ที่มีขนาดใหญ่จากเซิร์ฟเวอร์ อาจจะทำให้ไม่สามารถดาวน์โหลดสำเร็จได้ ถ้าหากสามารถทำการแบ่งปันข้อมูลขนาดใหญ่นี้ให้เป็นส่วนย่อย ๆ แล้วทำการดาวน์โหลดส่วนย่อย ๆ จนครบ จากนั้นจึงนำส่วนย่อย ๆ นี้มารวมกันเข้าเป็นข้อมูลขนาดใหญ่ชุดเดิม และการแบ่งปันข้อมูลนี้เป็นลักษณะของเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์ ซึ่งหากนำเทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์มาใช้ร่วมกับเว็บเซอร์วิสในการรวมข้อมูลจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเว็บเซอร์วิสอีกทางด้วย

6. สรุป

เทคโนโลยีเพียร์-ทู-เพียร์ เมื่อนำมาประยุกต์และพัฒนาให้ทำงานร่วมกับเว็บเซอร์วิส จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเว็บเซอร์วิส ทั้งในเรื่องคอขวดของการเข้าถึงข้อมูล, การไม่สามารถให้บริการของเซิร์ฟเวอร์, การขยายระบบ ทำให้เว็บเซอร์วิสเข้าไปอยู่ในรูปแบบการกระจายศูนย์กลางที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยเซิร์ฟเวอร์กลางเพื่อให้บริการข้อมูลเพียงตัวเดียว และเนื่องจากถ้าหากยังคงจุดเด่นในการติดต่อสื่อสารของเว็บเซอร์วิสที่เป็น XML จะทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมในมุมมองของผู้ใช้งานให้เป็นระบบเสมือนศูนย์กลางได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนการศึกษาและการทำวิจัยในเรื่องนี้

8. อ้างอิง

[1] Amazon. http://www.amazon.com/.

[2] BitTorrent. http://www.BitTorrent.com/.

[3] Changtao Qu and Wolfgang Nejdl. *Interacting the Edutella/JXTA Peer-to-Peer Network with Web Services*. Proceedings of the 2004 International Symposium on Applications and Internet (SAINT' 04)

[4] Comparison of DAML-S and BPEL4WS. http://www.ksl.stanford.edu/projects/DAML/Web services /DAMLS-BPEL.html. 05/09/2002.

[5] DAML-S. http://www.daml.org/services/daml-s/0.7/daml-s-wsdl.html.

[6] eBay. http://www.ebay.com/.

[7] Edutella/JXTA. http://edutella.jxta.org/.

[8] F. Emekei, O. D. Sahin, D. Agrawal and A. El Abbadi. *A Peer-to-Peer Framework for Web Service Discovery with Ranking*. Proceedings of the

IEEE International Conference on Web Services (ICWS '04)

[9] FOAFRealm/D-FOAF. Available at http://www.foafrealm.org/.

[10]Frank S.C. Tseng and Chia-Wei Chen. *Integrating heterogeneous data warehouses using XML technologies*. Journal of Information Science Volume 31 , Issue 3 (June 2005). Pages: 209 - 229.

[11]Gnutella. http://www.gnutella.com/.

[12]Hoeteck Wee. *A Peer-to-Peer Protocol*. May 1, 2003. Available at http://alloy.mit.edu/contributions/chord.pdf.

[13]JXTA SOAP. http://soap.jxta.org/.

[14]KaZaA. http://www.kazaa.com/.

[15]M. Paolucci, K. Sycara, T. Nishimura and N. Srinivasan. *Using DAML-S for P2P Discovery*. Proceedings of the First International Conference on Web Services (ICWS '03)

[16]M. Schlosser, M. Sintek, S. Decker and W. Nejdl. *A Scalable and Ontology-Based P2P Infrastructure for Semantic Web Services*. Proceedings of the second International Conference on Peer-to-Peer Computing (P2P '02)

[17]Napster. http://www.napster.com/.

[18]Peer-to-Peer. http://en.wikipedia.org/wiki/Peer-to-peer.

[19]SOA. http://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented_architecture.

[20]SOAP. http://www.w3.org/TR/soap/.

[21]UDDI. *Uddi technical white paper*. Technical report, http://www.uddi.org/,2000.

[22]Web Services. http://www.w3.org/TR/ws-arch/.

[23]Wolf-Tilo Balke and Uwe Thaden. *Peer-to-Peer Techniques for Web Services and GRID Applications*. Peer-to-Peer Systems and Applications 30/05/06.

[24]WSDL. http://www.w3.org/TR/wsdl/.

[25]WS-I. http://www.ws-i.org/.

[26]XML. http://www.w3.org/XML/.

[27]XML Security. http://xml.apache.org/security/.

INTEGRATION OF HETEROGENEOUS BIOINFORMATICS DATA THROUGH WEB SERVICES

Chaiwat Bootchai[1], Kanda Runapongsa Saikaew[1], Chumpol Ngamphiw[2],
Nuwee Wiwatwattana[3], Sissades Tongsima[2]
[1]*Computer Engineering, Khon Kaen University, Thailand, 40002*
[2]*National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), Thailand, 12120*
[3]*Pollution Control Department, Bangkok, Thailand, 10400*
Email: chaiwat.bootchai@gmail.com, krunapon@kku.ac.th, chumpol.nga@biotec.or.th, nuwee.w@pcd.go.th, sissades@biotec.or.th

Abstract

With the advent of comparative genomics, an increasing amount of genomic data from different organisms is to be compared. This paper presents an approach to integrate bioinformatics data from various source databases using web services and a private registry. The goal is to construct an efficient framework that correctly integrates genomic databases via web services and thus allows genomic browsers to connect and clearly presents data based on user criteria. The experimental result shows that for most queries our system with private registry can return correct answers with dramatically less response time than one without.

Keywords: Bioinformatics, Data Integration, Web Services, Private Registry

1. Introduction

After the human genome project was completed, several kinds of genomic data have continuously been deposited in publicly accessible databases. Even though most genomic databases similarly contain DNA sequences as the basic data unit, each database has its own web application interface to interact with users. Such applications are suitable for visualizing data from the sole corresponding database but are not ready for cross analysis, as in comparative genomics. In particular, differences among database schemas prevent web applications from accessing different databases and displaying data via a unified web interface. Thus, scientists have to manually compare data from different databases by repeatedly visiting different web pages several times. Moreover, scientists who wish to share their genomic data with a private group of researchers cannot do with ease. To address the problems, this paper presents an approach to integrate heterogeneous genomic data using web services and a private registry. The proposed protocol has been implemented and its effectiveness has been demonstrated in Section 4. After related work is presented in Section 2, we discuss about our system design in Section 3. Then, we explain the system implementation in Section 4 and experimental results in Section 5. Section 6

describes discussion and future work. Finally, we conclude in Section 6.

2. Related Work

Considerable research efforts have been conducted to introduce the web services and web services registry concepts to genomic databases. For example, DASRegistry [1] presents a public registry for web services that was implemented using DAS protocol [2]. BioMOBY [3] presents the bioinformatics tool services registry but does not support private registry. Unlike DASRegistry, our framework uses a private registry to offer a securely closed group participation. With a private registry, the system can dramatically reduce the response time since the system knows where the requested data is.

3. System Design

Our proposed system employs web services architecture which has the registry at the core to store and list all services for a given user, as shown in Figure 1.

In Figure 1, the provider hosts bioinformatics service and deploying web services. The provider also defines the DAS services and publishes them with the private registry. The private registry hosts the lookup information and descriptions of published services. The registry is primarily responsible for service registration and discovery of the web services. The private registry stores, lists, and manages privileges to help consumers find and subscribe to the required services. The consumer locates bioinformatics services using the private registry and invokes the required services from the provider.

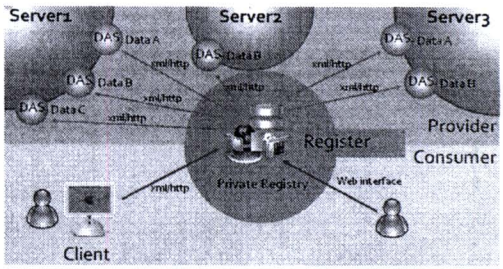


Figure 1: The overview of the system design

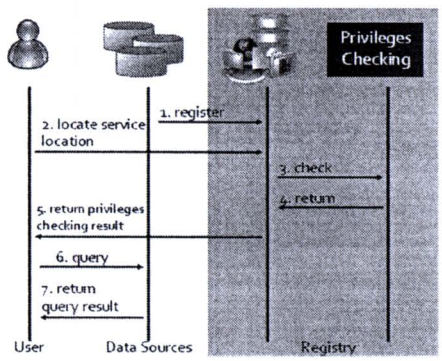


Figure 2: Private registry sequence diagram

4. System Implementation

The registry system was implemented using Java web services. Figure 2 shows the sequence diagram of the private registry system. (1) service providers register their services in the registry. (2) a user can query the registry looking for service locations. (3) the registry check user privileges (4) the registry returns the result of privilege checking to the main system (5) the main system sends user the privileges checking result. If the user has privileges, the user can follow (6) and (7). In step (6) the user requests the desired data from the locations that the system notifies. In step (7) the user then can acquire the output data.

Our private registry is designed to have these following functions:

1. A user can discover and register DAS sources via Web browser or Web services
2. A user can validates DAS sources to ensure that those sources are valid according to DAS schema
3. A user's authentication needs to be validated by using username and password to access this private registry via both Web browser or Web services

Then, we have implemented private registry to store and list the services of bioinformatics data. This service has these following available operations:

- GetAllDASSources
  - List all registered sources
- GetAllCategories
  - List all categories available in the registry
- GetAllOrganisms
  - List all organisms available in the registry
- GetAllCapabilities
  - List all capabilities that DAS supports
- GetAllLabels
  - List all labels of authority
- ValidateDAS
  - Validate the given DAS source
- GetDASSourcesByKeyword
  - Search DAS sources by keyword
- GetDASSourcesByCategory
  - Search DAS sources by keyword
- GetDASSourcesByOrganism
  - Search DAS sources by organism
- GetDASSourcesByCapability
  - Search DAS source sby capability that DAS supports
- GetDASSourcesByLabel
  - Search DAS sources by label of authority

5. Experimental Results

In our experiment, we used existing bioinformatics open source tools. These tools include Apollo [4] and GBrowse [5] which are widely used as genomic features visualization tools. We configured GBrowse to query data and compare data from multiple sources of data A in server-1 and data B in server-3 as shown in Figure 1. We used Apollo to implement the private registry easily.

We compared the result of processing an original DAS source using GBrowse as the reference source (shown in Figure 3) with the result obtained from querying via private registry using Apollo (shown in Figure 4). For example, from Figure 3, the last line of the glyph has a reverse direction. The name of this feature is ORF and its type is ESTScan. The range position is 6 - 353 and the score is 267.0. In Figure 4, ORF has the reverse direction (the lower section). The type is orf:orf:WSTScan (the type field). The range position is 6 - 353 (the range field) and the score is 267.0 (the score field). Thus, we can see that querying via private registry (shown in Figure 4) returns the same result as querying from original DAS sources (shown in Figure 3).

To test the effectiveness of the private registry, we run 5 different queries over 5 data sources, with and without private registry. The sample queries

and their responses which are return in XML format are

http://gi.biotec.or.th/cgi-bin/das/clone/features?segment=GL-N-STC02-0142-LF

and

http://coeservice.en.kku.ac.th/cgi-bin/das/clone/features?segment=HC-H-S01-1046-LF.

Comparison on real-world queries with and without the private registry is shown in Table1.

Table 1: Comparison on query response times

query	q1	q2	q3	q4	q5
With PR	4.885	4.183	55.84	8.79	61.338
Without PR	62.81	59.57	66.25	60.589	63.033

It turns out that with the private registry, the average response time is 27.001s while without private registry the running time is 62.450s. With private registry, query q5 takes a long time since its answer requires the returned results from four data sources. For most queries, our private registry can reduce response time because the system does not waste time to find the location of the requested data.

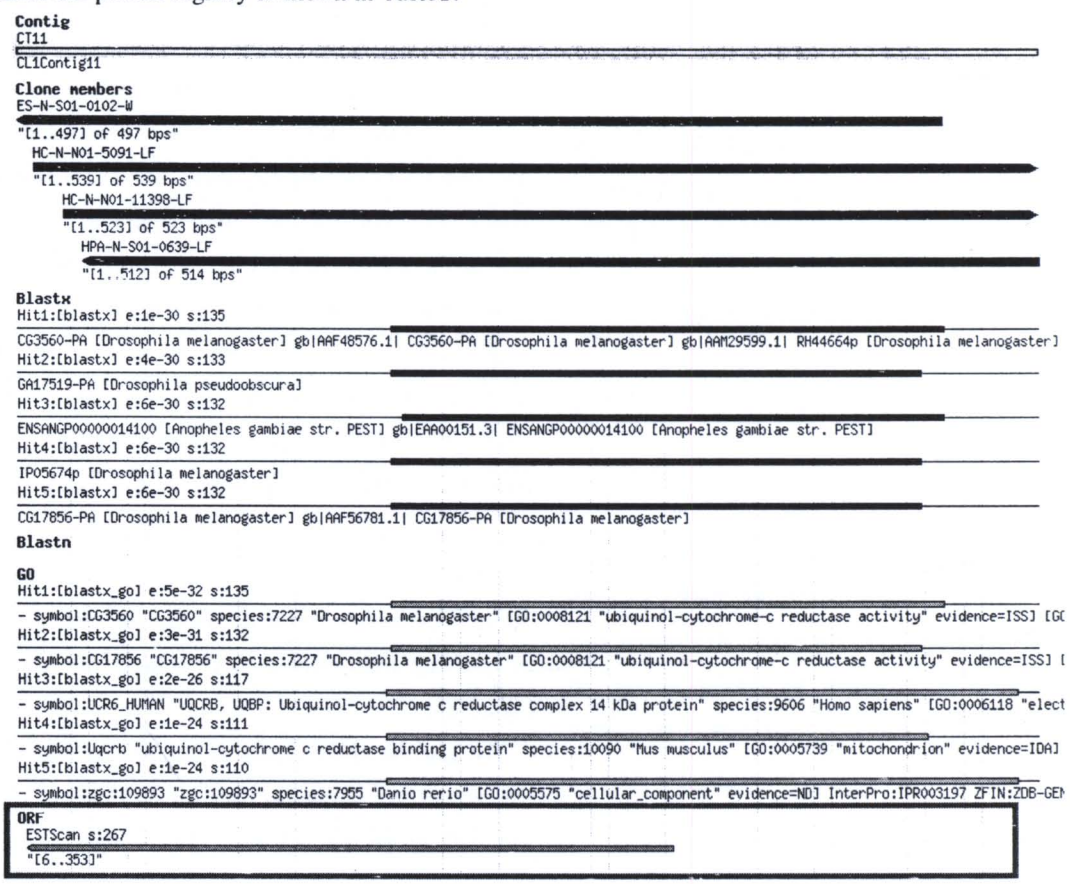


Figure 3: A result example from GBrowse which is queried from original DAS sources

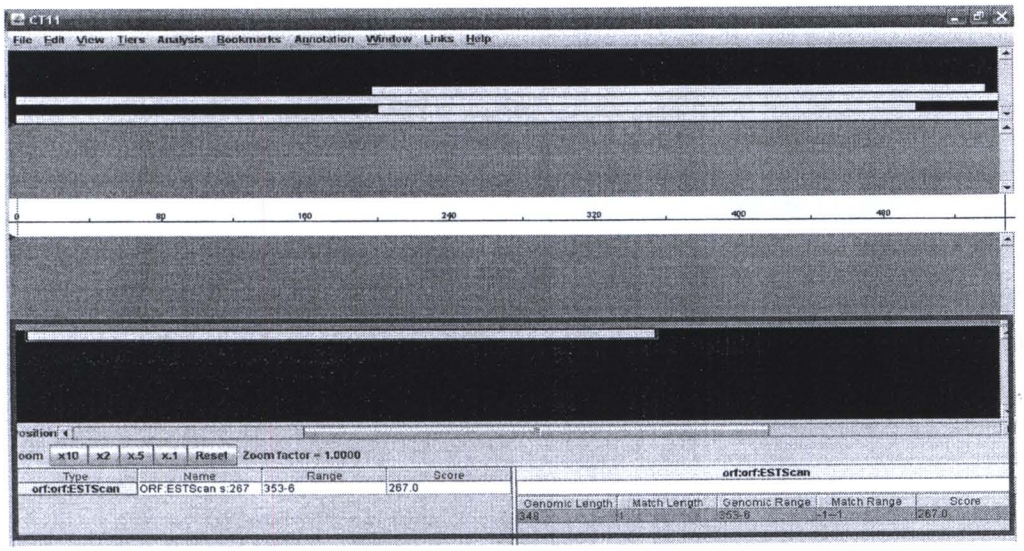


Figure 4: A result example from Apollo which is queried from our private registry

6. Discussion and Future Work

Web services can be exploited to integrate bioinformatics data via a standard protocol, such as DAS, and well-known tools, such as GBrowse and Apollo.

However, existing tools that do not have registry cannot help users to easily find the information. Some registry was implemented as a web application only. Thus, such registry cannot automatically be accessed by many applications.

It is not trivial in integrating heterogeneous data by using one application. One of typical approaches is to have the standard schema that various sources accept and use it. Such standard schema is DAS which becomes the protocol to communicate between client and server. DAS has been used in many applications. More than 250 projects that use DAS are available in a public registry for sharing public annotation to use in a distributed annotation system. Our system has developed and used a private registry which helps to increase security and protect data privacy.

Currently, the system is equipped with a simple authentication through using username and password. However, we plan to add more Web services mechanisms such as using WS-security to enhance security. Furthermore, we are interested to improve the network speed by using peer-to-peer between private nodes. For the private registry, we will add the feature to automatically choose and suggest the best time to access a given data source.

7. Conclusion

Our paper presents an approach to integrate bioinformatics data from various source databases using web services and a private registry. The goal is to construct an efficient framework that correctly integrates genomic databases via Web services and

thus allows genomic browsers such as GBrowse and Apollo to connect and clearly presents data based on user criteria. The experimental result shows that for most queries our system with private registry can return correct answers with dramatically less response time than one without.

Acknowledgement

The authors would like to thank National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC) for funding and supporting this research.

References

[1] Andreas Prlić, et. al, "Integrating sequence and structural biology with DAS", BMC Bioinformatics, Sep 12, 2007.

[2] Robin D Dowell, et. al, "The Distributed Annotation System", BMC Bioinformatics, Oct 10, 2001.

[3] Mark D. Wilkinson, et. al, "BioMOBY Successfully Integrates Distributed Heterogeneous Bioinformatics Web Services. (The PlaNet Examplar Case)", Plant Physiology vol 138, May 2005, pp. 5-7.

[4] SE Lewis, et. al, "Apollo: a sequence annotation editor", Genome Biology 2002, December 23, 2002.

[5] Lincoln D. Stein, et. al, "The Generic Genome Browser: A Building Block for a Model Organism System Database", Genome Res. (2002) 12: 1599 - 1610

ประวัติผู้เขียน

นายชัยวัฒน์ บุตรไชย เกิดเมื่อวันที่ 18 มกราคม พ.ศ. 2526 ที่อำเภอเดชอุดม จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา พ.ศ. 2547 เคยทำงานที่ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) เลขที่ 112 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ในตำแหน่งผู้ช่วยนักวิจัย 1 ฝ่ายวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อการคำนวณ งานวิจัยเทคโนโลยีคลัสเตอร์คอมพิวติ้ง (RDC-4) ระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2549 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา พ.ศ. 2549 โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานดา สายแก้ว เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์