

기본의미등록기의 RDF/OWL 연계방안에 관한 연구*

Designing Schemes to Associate Basic Semantics Register with RDF/OWL

오 삼 균(Sam Gyun Oh)**

초 록

기본의미등록기(BSR)는 전자상거래 및 EDI 관련 시스템 사이의 상호연동을 가능하게 하기 위한 등록기이다. XML 기반 BSR 등록개체들의 구조정보나 다양한 관계의 자동추출은 현재 불가능하다. 이 연구에서는 BSR에 등록되는 정보를 자원기술-프레임워크(RDF)와 웹온톨로지언어(OWL)에 기반하는 기계가독형으로 정의한 대표적인 예를 제시하고 결론적으로 5개의 기본 권고안을 도출하였다. 즉 BSR 컴포넌트 소속의 클래스 정의에서 동의어의 표현에는 OWL의 'sameAs', 유사어 표현에는 OWL의 'equivalentClass', BSR 개념들 간의 상.하 관계 표현은 RDF 스키마의 'subClassOf', BSR의 의미단위(BSU)에 관한 정의는 RDF 스키마의 'label', 인스턴스 용례에 관한 설명은 RDF 스키마의 'comment', 각 BSU의 클래스 소속에 관한 정의는 RDF 스키마의 'domain', BSU가 취할 수 있는 데이터유형에 대한 정의는 RDF 스키마의 'range' 등을 적용하며, 나아가 BSR 데이터요소의 정의에 XML 스키마의 데이터유형을 접목시키고 BSU들 간의 상.하 관계 표현에 RDF 스키마의 'subPropertyOf'를 적용할 것을 추천하였다.

ABSTRACT

The Basic Semantic Register(BSR) is an official ISO register designed for interoperability among eBusiness and EDI systems. The entities registered in the current BSR are not defined in a machine-understandable way, which renders automatic extraction of structural and relationship information from the register impossible. The purpose of this study is to offer a framework for designing an ontology that can provide semantic interoperability among BSR-based systems by defining data structures and relationships with RDF and OWL. The framework suggests that same meaning is to be expressed by the 'sameAs' construct in OWL, similar meaning by the 'equivalentClass' construct in OWL, the hierarchical relationships among classes by the 'subClassOf' construct in RDF schema, definition of any entities in BSR by the 'label' construct in RDF schema, specification of usage guidelines by the 'comment' construct in RDF schema, assignment of classes to BSU's by the 'domain' construct in RDF schema, specification of data types of BSU's by the 'range' construct in RDF schema. Hierarchical relationships among properties in BSR can be expressed using the 'subPropertyOf' in RDF schema. Progress in semantic interoperability can be expected among BSR-based systems through applications of semantic web technology suggested in this study.

키워드: 온톨로지, 기본의미등록기, 메타데이터 등록기, 메타데이터 레지스트리, 웹 온톨로지 언어, Ontology, ISO/IEC-11179, MDR, RDF, RDF Schema, OWL

* 본 논문의 연구는 2003년 전자거래진흥원 용역과제로 진행되었음

** 성균관대학교, 문헌정보학과 부교수 (samoh@skku.ac.kr)

■ 논문 접수일 : 2003. 8. 22

■ 게재 확정일 : 2003. 9. 4

1 서 론

1.1 연구의 필요성

정보화 시대의 발달된 데이터 처리 기술과 통신 능력은 정부 기관, 민간 사업체 또는 전문학술단체와 같은 다양한 주체들 사이의 정보 교환 및 공유 요구를 더욱 가속화하는 요인이 되고 있다. 데이터의 호환성 확보는 데이터의 의미와 표현 형식, 식별에 관한 이용자와 생성자 사이의 공통된 이해를 전제로 하는 과제이다.

국제표준협회 산하의 32 하부위원회(ISO/IEC JTC1 SC32)에서 제시한 ISO/IEC-11179 문서는 데이터 구조의 구체적인 표현을 통한 데이터 간의 상호운용성 증진을 목적으로 제정된 것으로서, 이러한 시대적 요구를 반영하는 국제적인 노력의 일환이다 (Blanchi & Petrone 2002). 주로 메타데이터 레지스트리(Metadata Registry, 이하 MDR)라는 이름으로 알려진 ISO/IEC-11179 표준문서에는 열린 정보 시스템에서의 데이터 공유를 위한 기본 요건들이 명시되어 있다. 이 문서는 데이터요소(data element)의 식별, 명명, 정의, 개념, 값, 분류 등을 중심으로 메타데이터를 등록하고 유지하는 지침이 된다. ISO/IEC-11179 표준에 준하는 현재까지의 메타데이터 등록기 개발 중에서도 ISO7372:1993(유엔 무역데이터 항목사전)을 ISO 11179로 개정하는 작업은 특히 두드러지는 활동이며, 이외에 환경관

련 데이터 요소를 등록, 관리하는 서비스를 제공하고 있는 미국의 환경 데이터 등록기(<http://www.epa.gov/edr/>)도 MDR 적용의 대표적인 예라 할 수 있다.

MDR이 메타데이터 자체의 속성을 등록, 저장, 관리하는 방식의 포괄적인 표준이라면, 국제표준협회 154 기술위원회 워킹그룹 1(ISO/TC154 WG1)이 주도해온 기본의미등록기(Basic Semantics Register, 이하 BSR)는 메타데이터의 기본의미를 이용해서 메타데이터를 등록, 정렬하는 전자상거래 및 전자데이터교환(Electronic Data Exchange) 대상 ISO/TS 16668 국제 표준이다. 즉 BSR은 MDR 애플리케이션의 일종이라고 할 수 있다.

현재 MDR과 BSR 표준에 근거한 등록 시스템들의 구현기반으로 사용되고 있는 것은 XML이다. XML은 새로운 요소의 생성을 허락하는 확장언어이므로 상이한 정보시스템에 저장된 다양한 데이터를 통합하는 작업에 적합하다. 그러나 XML에 기반한 데이터 통합은 관련 정보시스템들의 스키마 구조가 합의될 것을 전제로 하고 있다. 따라서 거대하고 다양한 정보조직들 사이의 이러한 합의가 매우 어렵거나 불가능한 경우도 적지 않은 현실이 XML 활용의 가장 근본적인 취약점으로 제기되는 것이다. 달리 말하면 XML은 데이터(등록정보)의 의미 표현, 즉 기계가독형 표현을 위한 틀을 제공하지 못하는 언어이기 때문에 이에 기반한 MDR과 BSR 표준 등록시스템으로부터 저장 정보

(클래스와 요소)의 의미 및 관계를 자동 추론하는 작업을 기대할 수 없다. 기계가 독형 정보 표현은 메타데이터등록시스템의 데이터 요소와 클래스 정의, 요소들 간의 관계 및 클래스들 간의 관계 등을 자동 추출하게 하는 방법이다 (Heery & Wagner 2002).

개방 시스템인 인터넷상에서 전자상거래와 e비즈니스를 효율적으로 구현하고 수행하기 위해 만족해야만 하는 요건들 중의 하나는 데이터의 의미적 상호연동성이며, 이의 확보에는 공통 의미(semantics) 기반의 용어나 구문체계(syntax), 표현방식의 표준화가 중요하다. 웹상에서의 기계가독형 정보 교환을 위한 W3C의 시맨틱 웹 표준들은 이런 맥락의 점진적 발전을 거듭해왔다. 이 표준들 중 RDF는 특정 스키마에 제한 받지 않으면서 자원에 관한 메타데이터의 일반적 기술 기반을 제공하기 때문에 각 자원 보유기관의 독자적이고 풍부한 자원 기술과 인터넷을 기반으로 하는 정보시스템 간의 상호운용성 확보라는 근본적으로 배타적일 수 있는 두 문제를 해결하는 근간이 된다. 나아가 RDF 스키마로 메타데이터 스키마의 클래스와 속성의 정의에 필요한 어휘를 구비하고 웹 온톨로지 언어 OWL을 통해 RDF 스키마의 표현력을 보강하는 시맨틱 웹 기술은 메타데이터의 의미 등록을 확보하는 향후의 주요한 방법이 될 것으로 기대된다 (Manola & Miller 2002).

1.2 연구의 목적

이 연구의 목적은 시맨틱웹의 핵심기술인 RDF와 OWL을 적용하여 BSR의 컴포넌트, 표현클래스(Representation Class: 이하 RC), 개념, BSU, 데이터요소 등을 정의하고, 이를 바탕으로 BSR 메타데이터의 의미표현을 확보하기 위한 권고안을 제시하는 것이다.

1.3 연구 방법

BSR의 상호운용성을 향상시키는 온톨로지의 구축원칙을 정립하고자 한 이 연구에서는 시맨틱웹 기술과 ISO/IEC-11179 표준안을 총체적으로 분석하여 기계가독형 BSR 등록기 설계에 접목시킬 핵심기술 부분을 추출하고, 그 결과를 토대로 BSR 적용 권고안을 기술하였다. 즉 실험이 아닌 문서 분석과 논리적 추론에 의거해서 현재 축적된 정보 기술로 실현 가능한 상호운용성의 틀을 예시한 것이다. BSR의 기계가독형 의미표현을 시도한 선행연구가 전무하기 때문에 비교분석 연구는 시도할 수 없었다. 그러나 현 기술의 종합적 분석에 의거한 새로운 모델의 정립은 실험을 포함하는 후속 연구를 위한 중요한 초석 작업이 될 것이다.

2 메타데이터 레지스트리 (Metadata Registries) 개괄

2.1 ISO/IEC-11179 메타데이터 레지스트리 (Metadata Registries)

11179에 기반을 둔 국내 설립 메타데이터 등록기는 현재 극히 드문 상황이지만, 이 표준의 활성화는 각 정보기관이 정보를 체계적으로 설계하고 데이터 간의 상호운용성을 확보하는 보다 발전된 방법이다. ISO/IEC 11179 표준문서는 모두 6부로 구성되어 있는데, 그 총괄 부분이라고 할 수 있는 제 1부를 제외한 나머지 5부의 골자는 다음과 같다.

제 2부 - 메타데이터 등록기의 이해에 필요한 데이터 요소(data element)의 기본 개념과 주요 용어에 대한 정의, 그리고 이 표준의 각 부분과 관련된 문맥에 관한 소개

제 3부 - 데이터요소의 개념과 데이터요소를 분류스키마와 연관시키는 절차 및 기술에 관한 내용, 데이터요소의 다양한 구성요소와 분류스키마 사이의 연관성 기록에 필요한 것을 구체화하는 원칙, 방법, 절차

제 4부 - 메타데이터등록에 대한 개념 모델, 메타데이터 등록 구조와 메타데이터 항목의 기본적인 속성

제 5부 - 메타데이터등록을 구성하는 데이터의 정의 설정 지침, 명확한 데이터요소의 정의와 의미의 기술로 데이터요소의 재사용과 데이터 공유 및 정보시스템의 통합을 촉진하는 지침

제 6부 - 데이터 관리항목의 등록 절차와 방법에 대한 내용.

2.2 기본의미등록기 (Basic Semantics Register)

BSR은 다국어 데이터 공유 개념과 그 기술적 바탕을 지원하는 국제공인 등록기를 지향하며 표준화 작업을 통해 BSR의 의미적 단위 및 함께 수행되는 파일목록(directories)에 대한 저장, 유지, 분배의 수단을 제공한다. 여기에서 파일목록은 저장 공간으로써의 의미뿐만 아니라 그에 대한 기술적 설명을 모두 포함하는 것으로서 국제표준에 따라 일관되고 명확한 표준의 제공을 기본 기능으로 한다.

BSR의 개발은 파일목록 내의 부적절한 등록사항을 수정하고 새로운 등록사항을 기술함으로써 시스템의 성능을 향상시킬 수 있으며, 서로 다른 파일목록 간의 상호연동을 위한 중추적 데이터를 제공함으로써 파일목록 간의 제휴를 가능케 한다. BSR의 개발로 기대할 수 있는 주요한 효과는 다음과 같다.

■ 비용절감: 참조 파일목록 수의 감소를 통한 정보시스템 유지비용의 절감 효과

과가 있다.

- 기업 효율성: 명확하게 정의되고 표준화된 식별자를 가진 기업데이터를 사용함으로써 보다 효율적인 의사소통이 가능하며, 효과적인 다국어 간 의사소통을 시도할 수 있다.

BSR에는 세 가지의 구성요소가 있다.

- BSU: 기본의미단위인 BSU는 의미적으로 독립된 데이터요소 개념(data element concepts)을 뜻한다. BSU는 정보시스템 내의 데이터 요소 기술을 위한 기본 요소이며 고유한 코드로 식별된다.

예) GoodsDelivery.Latest.Date, Sales.Information.Contact.Telephone.Number, Product.BillOfMaterial.Reference.Identifier, Person.SocialSecurity.Number

- BSC: 고유한 코드로 식별되며 우선시되는 이름과 그에 대한 동의어를 가지고 있다. 이러한 이름은 BSU 기술을 위해 사용된다.

예) Delivery, Actual, Latest, Person, PurchaseOrder, BillOfMaerial, Date, Name, Identifier

- Bridge: BSU와 다양한 파일목록 내의 동일 요소 간의 링크를 말한다.

2.3 시맨틱웹의 핵심기술: RDF, RDF 스키마, OWL

2.3.1 RDF (Resource Description Framework)

RDF는 XML 구문구조를 활용하여 표준 메타데이터의 일관성 있는 인코딩, 교환, 기계적 프로세싱 등을 가능하게 하며, 서로 상이한 메타데이터 스키마들 간의 모듈별 상호운용성을 지원할 수 있는 체계를 갖추고 있다. RDF는 또한 인간 가독형 어휘와 기계 가독형 어휘(각 커뮤니티에서 정의한 속성과 메타데이터 요소의 집합)를 출판할 수 있는 방법을 제공한다. 어휘선언 방법의 표준화는 서로 상이한 커뮤니티가 정의한 데이터 의미의 재활용성과 확장성을 향상시키는 요소이다 (Miller 1998).

2.3.2 RDF 스키마

RDF는 속성과 그 속성이 취하는 값의 관점에서 자원 사이의 관계를 정의하는 언어이다. RDF에는 그러나 속성을 기술하는 장치(mechanism)가 없고, 속성 사이의 관계를 표현하는 방법 또한 없다. 이것은 RDF 스키마의 역할이다. RDF 스키마는 RDF가 RDF 어휘 기술에 어떻게 사용되는가를 설명할 목적으로 제정되었다. 따라서 그런 맥락에서 어휘를 정의하고 RDF 모델과 구문구조 스펙에서 구체화된 다른 RDF 어휘들을 또한 정의한다.

RDF 스키마는 기계가 처리할 수 있는 더

나은 조합을 허락하며, 서술문(statements)이 독립 커뮤니티들에 의해 분산 관리되는 여러 어휘에 의존할 수 있는 메타데이터의 생성을 지원한다. RDF 스키마의 기술전략은 클래스와 특성의 의미를 표현하는 방법이 많을 수 있음을 인정하는 것이다. 즉 예를 들어 DAML+OIL, OWL과 같은 언어 또는 온톨로지언어와 추론 규칙 등은 웹에서 데이터에 관한 의미 있는 일반화를 도출할 방법을 각각 제공할 가능성이 있기 때문에 이들을 수용하는 기반을 제공한다. RDF 스키마를 적용하면 클래스와 속성, 클래스들 간의 상.하 관계 및 속성들 간의 관계를 기계가독형으로 정의할 수 있기 때문에 분야별 클래스와 속성들의 스키마에 관한 온톨로지 구축의 기반을 수립할 수 있다.

2.3.3 OWL (웹온톨로지언어)

시맨틱웹은 정보의 명확한 의미 확보 및 자동(기계) 처리, 웹에서 이용 가능한 정보의 통합 등을 보다 쉽게 해결하려는 미래의 웹을 위한 비전이다. 이를 위해 XML의 기능과 데이터의 의미를 표현하는 RDF의 유연성을 그 바탕으로 활용하지만, 기계가 웹 문서에 내포된 유용한 추론 업무를 수행하게 하려면 RDF 스키마의 의미표현(웹문서 용어의 의미에 대한 형식적인 기술) 범위를 넘어서야만 한다.

DAML+OIL 웹온톨로지 언어의 최종 개정판인 OWL은 문서 안 정보의 내용을 애플리케이션에 의해 처리할 경우 적용할

수 있다. OWL은 용어의 의미와 그 용어 사이의 관계 표현에 사용될 수 있으며, 온톨로지(Ontology)는 이러한 용어의 표현과 그 상호관계를 뜻한다. 다시 말해서 OWL에는 의미를 지닌 부가적 어휘가 있기 때문에 그 기능을 이용해서 XML, RDF, 그리고 RDF 스키마로 보조된 웹 콘텐츠의 기계가독률을 높일 수 있는 것이다.

3 기본의미등록기(BSR)의 컴포넌트와 BSU 구조

BSR의 핵심구조는 BSR의 컴포넌트인 BSC와 의미단위인 BSU로 이루어져 있다. 이 핵심구조는 BSR의 RDF/OWL과의 연계 방안을 이해하는 바탕이다.

BSC는 이름(Name), 유사어(Synonym), 유사어의 상황(Synonym Context), 협의어(Narrower Term), 광의어(Broader Term) 등으로 구성된다. <표 1>은 대표적인 BSR 컴포넌트를 요약 정리한 예이다.

BSR의 BSU 정의는 표현클래스(번호, 코드, 날짜, 이름, 숫자, 일시, 수량 등)를 근간으로 해서 개념(전화, 팩스, 배달 등)들을 하나씩 첨가하는 형식으로 되어있다. 따라서 예를 들면 배달.날짜, 전화.번호와 같은 BSU가 생성될 수 있다. 또 이미 생성된 BSU 앞에 새로운 개념의 수식어(qualifiers)들을 추가시켜서 보다 더 구체적인 BSU를 생성할 수 있다. 예를 들

〈표 1〉 BSR의 샘플 컴포넌트 정의

BSC 영어명	BSC 한국명	유사어(영어)	유사어(한국어)	광의어
Bank	은행	Credit Union; Savings and Loans Building Society	신용기관	Financial Institution
BankAccount	은행계좌			
BankAssigned	은행할당	Financial Institution Assigned	재무기관할당	
BankBranch	은행지점			
Banking	은행서비스			
Barcode	바코드			
Basic	기본			
BasicDiscount	기본할인			
Basis	기초	Base	기본	
BestBefore	유효기간			
BillOfLading	선하증권			Cosignment Note
BlanketOrder	총괄주문			
BlanketProject	총괄프로젝트			
Booking	예약			
Bookkeeping	부기	Booking	예약	

면 ‘연락처.전화.번호’는 ‘전화.번호’보다는 더 구체화한 BSU가 된다. 이런 구체화는 계속해서 이뤄질 수 있는 것이고 제한은 없지만 일반적으로 6개 이상의 개념을 사용하는 것은 권장하지 않는다. 이런 원칙을 보다 스키마적으로 표현하면 ‘1-nConcepts.RepresentationClass’로 요약될 수 있다. 다시 말하면 n 개의 개념이 순차적으로 조합될 수 있고 가장 오른쪽에 반드시 표현클래스가 위치해야 한다. 〈표 2〉는 BSU의 구조에 관한 예이다.

4 기본의미등록기(BSR)의 RDF/OWL 연계 방안

현재 BSR 기반 시스템에 등록된 모든 정보를 기계가독형으로 표현하는 일은 결론적으로 매우 방대하고 어려운 작업이다. 따라서 이 연구에서는 BSR의 핵심적인 의미 정보만이라도 RDF/OWL을 적용하여 기계가독형으로 정의할 수 있는 방법을 모색하였다. 구체적으로 이 연구에서는 BSR 클래스와 요소의 상세정의, BSR 클래스와 요소의 다국어 정의, BSR

〈표 2〉 BSR의 샘플 BSU 정의

BSU-영어명	BSU-한국명	객체수식어	속성어휘	속성수식어
Approval.DateAndTime	승인.일자시간	승 인		
BlanketOrder.Requested.AcknowledgementType.Code	총괄주문.요청확인유형.코드	총괄주문	요 청	확인유형
Charge.AccountingPeriod.Start.Date	청구비용.회계기간범위.일자		회 계	기간범위
Consignor.Required.DocumentType.Copy.Quantity	위탁자.필수문서유형사본.수량	위탁자	필수문서유형	사 본
CurrencyExchange.CurrencyUnit.Multiplier.Value	환전.통화단위승수.값	통 화	통화단위	승 수
Customer.Required.DeliveryNote.Indicator	구매자.필수납품전표.지시자	구매자	필 수	납품전표
CustomsBroker.Information.Contact.Department.Identifier	관세사정보연락처.부서.식별자	관계사정보		부 서
DangerousGoods.FlashpointTemperature.Value	위험물품.인화점온도.값	위 험	인화점	온 도
DeliveryLocation.Delivery.Earliest.Date	납품장소.납품최초.일자	납 품	납 품	최 초
DeliverySchedule.FrequencyPattern.Code	납품일정.빈도패턴.코드	납품일정	빈 도	패 턴
DispatchParty.Information.Contact.Department.Identifier	발송당사자정보연락처.부서.식별자	발송당사자정보		부 서
DocumentaryCredit.BankAssigned.Identifier	화환신용장.은행할당.식별자	화환신용장		은행할당
ExcessTransportation.Authorisation.CustomerAssigned.Identifier	초과운송.인증구매자할당.식별자	초 과	인 증	구매자할당
InformationResource.Location.BoundingCoordinate.East.Value	정보자원장소.한계좌표동쪽.값	정보자원	한계좌표	동 쪽
MainCarriage.TradingPartner.Supplier.Relationship.Code	메인운송.무역파트너공급자관계.코드	메 인	무역파트너	공급자관계

클래스와 요소의 동의어 관계 표현, BSR 정의 개념들의 상.하 관계 정의, BSR 정의 클래스와 요소들 간의 상.하 관계 정의 등을 시도하였다.

4.1 RDF/OWL 기반 BSR 정의에 필요한 네임스페이스 선언

〈표 3〉은 XML의 URI 개념을 활용하여 우선적으로 필요한 네임스페이스를 선언하고, 더블린코어를 이용하여 이 네임스페이스에 관한 메타데이터를 기술한 내용이다.

〈표 3〉 BSR의 RDF/OWL 표현에 필요한 네임스페이스 선언

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" ?>
<rdf:RDF xmlns:rdf=""http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs=""http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl=""http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:dc=""http://purl.org/dc/elements/1.1/"
  xmlns:dcq=""http://purl.org/dc/terms/"
  xmlns:ebRDF=""http://www.kiec.or.kr/bsr/rdf/">
<rdf:Description rdf:about=""http://www.kiec.or.kr/bsr/rdf/">
  <dc:title xml:lang="en-US">The BSR Expressed in RDF</dc:title>
  <dc:title>기본의미등록기(BSR)의 RDF/OWL 표현</dc:title>
  <dc:publisher>전자거래진흥원</dc:publisher>
  <dc:description>이 네임스페이스의 목적은 XML 기반으로 설계된 ebXML 관련 BSU 요
    소들을 RDF 기반으로 표현하여 상호운용성과 데이터 요소의 재사용을 증진시키려
    는 것이다. </dc:description>
  <dc:language>English</dc:language>
  <dc:language>Korean</dc:language>
  <dc:date>2003-08-16</dc:date>
</rdf:Description>

```

〈표 4〉 BSR의 컴포넌트 정의 1

```

<owl:Class rdf:ID=""은행">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US">Bank</owl:sameAs>
  <owl:equivalentClass xml:lang="en-US" rdfs:resource=""#CreditUnion" />
  <owl:equivalentClass xml:lang="en-US" rdfs:resource=""#SavingsandLoans" />
  <owl:equivalentClass xml:lang="en-US" rdfs:resource=""#BuildingSociety" />
  <owl:equivalentClass rdfs:resource=""#신용기관" />
  <owl:subClassOf xml:lang="en-US" rdfs:resource=""#FinanicalInstitution" />
</owl:Class>

```

4.2 RDF/OWL 기반 BSC 클래스 정의

BSC에 정의된 컴포넌트는 클래스로 간주할 수 있고, OWL에서 제공하는 'class' 속성을 사용하여 BSC 컴포넌트를 정의할 수 있다. BSC의 컴포넌트가 OWL 클래스로 정의되면 후에 이것과 BSU와 데이

터요소에 대한 정의는 서로 연결된다. 특히 각 BSU와 데이터요소가 어느 클래스에 속하는가를 규정할 때 여기에서 이미 정의된 클래스들이 활용될 것이다. 〈표 4〉는 대표적인 BSC 컴포넌트들을 샘플로 선정하여 이들을 OWL 클래스로 정의하는 방법을 보임으로써 BSC 컴포넌트의

〈표 5〉 BSR의 컴포넌트 정의 2

```

<owl:Class rdf:ID="업무영역">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US" rdfs:resource="#BusinessArea" />
  <owl:equivalentClass xml:lang="en-US" rdfs:resource="#BusinessUnit" />
  <owl:equivalentClass rdfs:resource="#업무단위" />
</owl:Class>
    
```

온톨로지를 RDF/OWL 기반으로 정의하는 지침을 제시한다.

〈표 4〉에서는 BSC의 ‘은행’이라는 컴포넌트를 RDF의 ‘ID’라는 속성을 사용하여 정의하였고, 또한 이 컴포넌트는 OWL 클래스에 속하는 것으로 정의하였다. 이 클래스의 타국어 표현은 ‘xml:lang’이라는 속성을 사용하여 ‘미국식 영어’라는 사실을 명기하였고, BSC 컴포넌트인 ‘은행’의 영어명이 ‘Bank’인 것을 표현하기 위해서 OWL의 ‘sameAs’ 속성을 사용하였다. ‘은행’의 유사어인 ‘CreditUnion’, ‘SavingsandLoans’, ‘BuildingSociety’ 등을 표현하기 위해서는 OWL의 ‘equivalentClass’를 사용하였다. ‘은행’의 유사어들 앞에 ‘#’이 붙은 것은 그 클래스들이 이미 RDF 자원으로 정의된 것을 재사용한다는 의미이다. 같은 방식으로 ‘신용기관’이 ‘은행’과 유사어임을 표현하였고, 또한 ‘은행’이 ‘FinancialInstitution’의 하위 컴포넌트라는 사실을 RDF 스키마의 ‘subClassOf’를 적용하여 표현하였다.

BSR의 모든 컴포넌트들 간의 상·하 관계를 나타내는 온톨로지는 상기한 방식으로 표현함이 바람직할 것이다. 컴포넌트에 관한 모든 정의가 이와 같이 완성되면

컴포넌트 간의 관계 정보를 자동 추출하고 통합할 수 있게 된다.

권고안 1: BSC의 모든 컴포넌트는 OWL 클래스로 정의하고, 클래스의 동의어는 OWL의 ‘SameAs’를, 클래스의 유사어는 OWL의 ‘equivalentClass’를, 클래스명에 대한 언어표현은 ‘xml:lang’ 속성을 사용하여 정의한다. 컴포넌트들 간의 상·하 관계는 RDF 스키마의 ‘subClassOf’를 적용하여 표현한다.

〈표 5〉는 상기한 권고안 1에 따라서 BSC의 ‘업무영역’이라는 컴포넌트를 정의한 것이다. ‘업무영역’의 영어 동의어는 ‘BusinessArea’이고, 유사어는 ‘BusinessUnit’과 ‘업무단위’가 될 수 있다는 것을 정의하고 있다.

4.3 RDF/OWL 기반 BSR 표현클래스 (Representation Class)의 정의

BSR에서는 BSU를 다수의 표현클래스로 분류하여 각 BSU가 어떤 유형의 데이터를 취해야 하는가를 체계적으로 제시한다. 여기서 주의해야 할 것은 RC는 BSU가 취할 구체적인 값의 범위를 한정하지

〈표 6〉 BSR의 표현클래스(RC) 정의 1

```

<owl:Class rdf:ID="금액">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US" rdfs:resource="#Amount" />
  <rdfs:label xml:lang="en-US">A number of monetary units</rdfs:label>
  <rdfs:label>통화의 단위의 숫자</rdfs:label>
  <rdfs:comment>대개, 통화의 종류와 함께 규정됨</rdfs:comment>
  <rdfs:comment xml:lang="en-US">It is normally specified with a type of
    currency</rdfs:comment>
</owl:Class>
    
```

않고 단지 BSU에 어떤 데이터유형이 올 수 있는가를 정의한다는 점이다. 예를 들면, 어떤 BSU가 그 값으로 '숫자'를 취한다고 정의할 뿐이지 '정수'만 취할 수 있다든지, 혹은 '1'에서 '100'까지만 취할 있다는 등의 구체적 명기는 하지 않는다. 이것은 하나의 BSU가 여러 데이터요소의 정의에 사용될 수 있게 하기 위함이다. 〈표 6〉은 BSR에서 정의한 '금액'이라는 RC를 RDF와 OWL 기반으로 기술한 내용이다.

〈표 6〉에서 '금액'이라는 RC는 먼저

OWL 클래스로 표현되었고, 이것의 영어 동의어를 OWL의 'sameAs'를 적용하여 'Amount'라 지정하였으며, RDF 스키마의 'label'을 적용하여 '금액'이나 'Amount'에 대해 정의하였다. 다국적 동의어 및 유사어의 명시는 'xml:lang'을 통한 사용 언어 정의로 가능하다. 이 RC에 대한 다른 유의사항이나 사용 용례 등에는 RDF 스키마의 'comment'를 활용하였다. 결과적으로는 '금액'이나 'Amount'가 클래스라는 사실을 정의하고, 클래스의 이름, 정의, 용례 등을 이미 국제적으로 합의된

〈표 7〉 BSR의 표현클래스(RC) 정의 2

```

<owl:Class rdf:ID="식별자">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US" rdfs:resource="#Identifier" />
  <rdfs:label xml:lang="en-US">A character string identifying an object and
    distinguishing it from all other objects</rdfs:label>
  <rdfs:label>객체를 식별하고 모든 다른 객체와 구분 짓는 한 문자열</rdfs:label>
  <rdfs:comment>단어 "Number" 는 종종 더 정밀한 확인자 대신 실제에서 사용됨</rdfs:comment>
  <rdfs:comment xml:lang="en-US">The word Number is often used in practice
    instead of the more precise term of identifier. e.g. PurchaseOrder.Number,
    SocialSecurity.Number, Telephone.Number</rdfs:comment>
</owl:Class>
    
```

〈표 8〉 BSR의 개념(Concept) 정의 1

```

<owl:Class rdf:ID="회계부서">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US" rdfs:resource="#AccountsDepartment" />
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="회계지급부서">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US" rdfs:resource="#AccountsPayableDepartment" />
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="회계수입부서">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US" rdfs:resource="#AccountsReceivableDepartment" />
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="총괄주문">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US" rdfs:resource="#BlanketOrder" />
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="취소주문">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US" rdfs:resource="#CallOffOrder" />
</owl:Class>

```

시맨틱웹 언어 RDF와 OWL를 통해 명시함으로써 관련정보의 기계가독성을 높일 수 있는 것이다.

권고안 2: BSR의 모든 표현클래스(RC)는 OWL 클래스로 정의하고, BSR의 클래스, BSU, RC, 데이터요소등에 대한 정의는 RDF 스키마의 'label'을 사용하며, 주의사항과 사용 용례에 관한 정보에는 RDF 스키마의 'comment'를 활용한다.

〈표 7〉의 내용은 권고안 1과 2에 준하여 '식별자'라는 RC를 RDF와 OWL로 표현한 것이다. 먼저 '식별자'라는 RC는 OWL 클래스로, 영어 동의어는 OWL의 'sameAs'를 적용하여 'Identifier'로 표현하였다. 이 '식별자'에 대한 정의는 RDF 스키마의 'label'을 적용하여 기술하였고, 다른 유의사항이나 사용 용례 등은 RDF 스키마의 'comment'를 활용하여 기계가독성이 있도록 표현하였다.

키마의 'comment'를 활용하여 기계가독성이 있도록 표현하였다.

4.4 RDF/OWL 기반 BSR의 개념(Concept) 정의

BSR에서 최상위층에 해당하는 개념들을 권고안 1과 2에 근거하여 RDF/OWL로 표현하면 〈표 8〉과 같다.

BSR 개념들은 계층구조를 지닌다. 따라서 이 구조를 기계가독형으로 표현하여 관계가 자동 유추되는 방향으로 개념을 정의하는 원칙은 데이터의 상호운용성과 통합을 위한 발전적인 움직임이 될 것이다.

BSR에 표현된 개념들의 계층구조는 방대하기 때문에 이 연구에서는 대표 개념 집단을 추출하여 계층구조를 표현하는 방법을 보임으로써 다른 모든 개념들의 계층구조 정의에 필요한 기본을 세웠다.

〈표 9〉 BSR의 개념(Concept)간의 계층구조 표현 1

```

<owl:Class rdf:ID="연락처">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US" rdfs:resource="#Contact" />
  <rdfs:subClassOf xml:lang="en-US" rdfs:resource="#AccountsDepartment" />
  <rdfs:subClassOf rdfs:resource="#회계부서" />
  <rdfs:subClassOf xml:lang="en-US" rdfs:resource="#AccountsPayableDepartment" />
  <rdfs:subClassOf rdfs:resource="#회계지급부서" />
  <rdfs:subClassOf xml:lang="en-US" rdfs:resource="#AccountsReceivableDepartment" />
  <rdfs:subClassOf rdfs:resource="#회계수입부서" />
</owl:Class>
    
```

〈표 9〉는 BSR 개념들의 계층구조를 RDF/OWL로 기술한 예이다.

구체적으로 이 표에서는 BSR 개념 중의 하나인 ‘연락처’가 정의되어 있다. 먼저 ‘연락처’는 OWL 클래스이고, 영어동어는 ‘Contact’라 할 수 있으며, ‘연락처’는 ‘회계부서’, ‘회계지급부서’, ‘회계수입부서’ 등의 하위개념이라는 사실을 RDF 스키마의 ‘subClassOf’를 활용하여 규정하였다. 모든 BSR 개념들의 상·하관계를 이와 같은 방식으로 명시하면 BSR에 등록된

모든 개념들 사이의 관계를 자동으로 추출할 수 있게 된다.

권고안 3: BSR의 모든 개념(Concept)은 OWL 클래스로 정의하고, 개념들 간의 상·하관계에 대한 정의는 RDF 스키마의 ‘subClassOf’를 적용하여 표현한다.

〈표 10〉은 ‘요청’이라는 클래스를 정의하고 있는데, 이의 동의어는 ‘Requested’이고, ‘총괄주문’, ‘총괄취소’, ‘BlanketOrder’,

〈표 10〉 BSR의 개념(Concept)간의 계층구조 2

```

<owl:Class rdf:ID="요청">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US" rdfs:resource="#Requested" />
  <rdfs:subClassOf xml:lang="en-US" rdfs:resource="#BlanketOrder" />
  <rdfs:subClassOf rdfs:resource="#총괄주문" />
  <rdfs:subClassOf xml:lang="en-US" rdfs:resource="#CallOffOrder" />
  <rdfs:subClassOf rdfs:resource="#총괄취소" />
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="확인유형">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US" rdfs:resource="#AcknowledgementType" />
  <rdfs:subClassOf xml:lang="en-US" rdfs:resource="#Requested" />
  <rdfs:subClassOf rdfs:resource="#요청" />
</owl:Class>
    
```

〈표 11〉 BSR 의미단위(BSU)의 정의 1

```

<rdf:Property rdf:ID="회계부서.연락처.이메일.식별자">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US">AccountsDepartment.Contact.Email.Identifier
  </owl:sameAs>
  <rdfs:label>회계부서내의 연락을 위한 전자 우편 식별자</rdfs:label>
  <rdfs:label xml:lang="en-US">The electronic mail identifier for the contact in
  the accounting department</rdfs:label>
  <rdfs:domain rdf:resource="#회계부서"/>
  <rdfs:domain xml:lang="en-US" rdf:resource="#AccountsDepartment"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#식별자"/>
  <rdfs:range xml:lang="en-US" rdf:resource="#Identifier"/>
</rdf:Property>

```

'CallOffOrder' 등을 하위 클래스로 정의하고 있다. '확인유형'은 먼저 OWL 클래스로 정의되었고, 그와 동시에 'Requested'와 '요청'의 하위 클래스로도 표현한 결과가 나타나 있다.

4.5 RDF/OWL 기반 BSR의 의미단위(BSU) 정의

〈표 11〉에서 '회계부서.연락처.이메일.식별자' 라는 BSU를 RDF의 'Property'로 정의하였고, 이 BSU의 동의어는 OWL의 'sameAs'를 적용하여 'AccountDepartment.Contact.Email.Identifier'로 표현하였고, RDF 스키마의 'label'을 활용하여 BSU에 대한 '정의'를 기술하였다. 또 이 BSU의 적용영역을 RDF 스키마의 'domain'을 써서 이미 정의된 '회계부서' 클래스로 나타내었고, 이 BSU가 취할 데이터의 유형은 RDF 스키마의 'range'를 적용하여 '식별자'

표현클래스로 기술하였다. 이와 같이 BSU는 RDF의 'Property'를 사용하여 정의하고, BSU가 취할 수 있는 값의 영역과 범위는 RDF 스키마의 'domain'과 'range'를 적용하며, BSU가 취할 수 있는 데이터 유형에서는 이미 정의된 표현클래스를 사용하여 'range'의 값으로 정의한다.

권고안 4: BSR의 모든 BSU는 RDF Property로 정의하고, BSU의 적용영역에 관한 기술은 RDF 스키마의 'domain'을, BSU가 취할 데이터유형에 관한 기술은 RDF 스키마의 'range'를 적용하여 표현한다. 또한 BSU의 동의어 관계는 OWL의 'sameAs'를, BSU의 유사어 관계는 OWL의 'equivalentProperty'를 적용하여 표현한다.

〈표 12〉의 예제는 '확인수신자, 장소, 도시명'이라는 BSU를 정의한 내용이다. 이 BSU는 RDF 속성으로 먼저 정의되었

〈표 12〉 BSR 의미단위(BSU)의 정의 2

```

<rdf:Property rdf:ID="확인수신자.주소.도시.명">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US">AcknowledgementRecipient.Location.City.Name
</owl:sameAs>
  <rdfs:label>승인서 수령인 주소의 도시이름</rdfs:label>
  <rdfs:label xml:lang="en-US">The name of the city of the location of the recipient
    of an acknowledgement</rdfs:label>
  <rdfs:domain rdf:resource="# 확인수신자"/>
  <rdfs:domain xml:lang="en-US" rdf:resource="# AcknowledgementRecipient"/>
  <rdfs:range rdf:resource="# 이름"/>
  <rdfs:range xml:lang="en-US" rdf:resource="# Name"/>
</rdf:Property>
    
```

고, 이 BSU의 동의어 처리는 OWL의 'sameAs'를 적용하여 표현하였고, 이 BSU의 적용영역은 RDF 스키마의 'domain'을 써서 '#확인수신자'로 기술하였고, 또한 이 BSU가 취할 데이터 유형은 RDF 스키마의 'range'를 적용하여 'Name'과 '이름'이라는 표현클래스로 정의하였다.

4.6 RDF/OWL 기반 BSR의 데이터요소 정의

BSR의 데이터요소는 BSU가 구체적으로 어떤 값을 가질 수 있는가를 정의한다. BSU는 개념 존재이지만 데이터요소가 될 경우에는 어떤 특정 클래스를 구체적으로 기술하는 요소로 쓰이기 때문에 하나의 BSU가 다수의 데이터요소로 정의될 수 있다. 달리 말해서 BSU에 데이터 바인딩(binding)을 시키면 데이터요소가 된다. 이 데이터 바인딩에는 XML 스키마에서 표준으로 제정한 데이터타입을 활용하거나 새로 정의한 데이터 타입을 사

용할 수 있다.

〈표 13〉은 '회계부서, 연락처, 이메일, 식별자' 라는 BSU가 XML 스키마에 이미 정의된 스트링(string) 데이터유형을 취함으로써 데이터요소로 바인딩됨을 나타낸다. 필요에 따라서는 이런 방식으로 모든 BSU에 XML 바인딩을 적용할 수 있다. XML에서 이미 정의된 데이터유형이 적절치 못하다고 판단될 경우에도 새로운 데이터유형을 정의하여 그 결과를 BSU 바인딩에 활용할 수 있다.

권고안 5: BSR의 데이터요소에 관한 정의는 BSU와 거의 동일하지만 데이터요소가 취할 수 있는 데이터 값에 대한 구체적인 바인딩은 XML 스키마에 제정한 데이터유형, 혹은 XML 스키마 기반으로 새로 정의한 데이터유형을 적용하여 표현한다.

〈표 13〉 BSR 데이터요소(DE)의 정의

```

<rdf:Property rdf:ID="회계부서, 연락처, 이메일, 식별자">
  <owl:sameAs xml:lang="en-US">AccountsDepartment.Contact.Email.Identifier
</owl:sameAs>
  <rdfs:label>회계부서내의 연락을 위한 전자 우편 식별자</rdfs:label>
  <rdfs:label xml:lang="en-US">The electronic mail identifier for the contact in
    the accounting department</rdfs:label>
  <rdfs:domain rdf:resource="# 회계부서"/>
  <rdfs:domain xml:lang="en-US" rdf:resource="# AccountsDepartment"/>
  <rdfs:range rdf:resource="# 식별자"/>
  <rdfs:range xml:lang="en-US" rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</rdf:Property>
  
```

5 결론 및 향후 과제

현재의 BSR 기반 데이터등록시스템은 XML기반으로 그 구현이 추진되는 단계에 있다. 그러나 XML은 합의된 스키마를 전제로 데이터의 상호호환성을 확보한다. 따라서 스키마의 합의와 같은 근본적인 제약 없이 데이터의 의미를 기계가독형으로 표현할 수 있는 프레임워크를 추구하는 것이 보다 현실적인 방안이다.

이런 맥락에서 W3C의 시맨틱웹 관련 언어들은 각 자원 기관의 자유로운 자원 기술과 데이터 의미의 기계가독형 표현에 의거한 발전적인 상호운영성 확보 방법을 제시하는 발전적 도구들이다. 이 연구에서는 RDF/OWL이 데이터 의미표현의 우선적인 기반이 되어야 한다는 판단 하에 BSR의 RDF/OWL 표현을 시도하였다. 그 구체적인 내용으로는 RDF와 OWL을 적용한 BSR의 컴포넌트, RC, 개념, BSU 및 데이터요소 등의 정의가 포함되었다.

XML기반 BSR을 의미기반 온톨로지로 전환하는 원칙, 즉 기계가독형 정보기술을 구현하는 원칙으로 이 연구에서 제시한 기본 권고안들은 다음과 같다.

- BSR의 모든 컴포넌트는 OWL 클래스로 정의하고, 클래스의 동의어는 OWL의 'sameAs'를, 클래스의 유사어는 OWL의 'equivalentClass'를, 클래스명에 대한 언어표현은 XML의 'xml:lang' 속성을 사용하여 정의한다. 컴포넌트들 간의 상·하 관계는 RDF 스키마의 'subClassOf'를 적용하여 표현한다.
- BSR의 모든 표현 클래스는 OWL 클래스로 정의하고, BSR의 클래스, BSU, RC, 데이터요소 등에 대한 정의는 RDF 스키마의 'label'을 사용하며, 주의사항과 사용 용례에 관한 정보는 RDF 스키마의 'comment'를 활용한다.
- BSR의 모든 개념(Concept)은 OWL 클래스로 정의하고, 개념들 간의 상·하 관계에 대한 정의는 RDF 스키마의

'subClassOf'를 적용하여 표현한다.

- BSR의 모든 BSU는 RDF Property로 정의하고, BSU의 적용영역에 관한 기술은 RDF 스키마의 'domain'을, BSU가 취할 데이터유형에 관한 기술은 RDF 스키마의 'range'를 적용하여 표현한다. 또한 BSU의 동의어 관계는 OWL의 'sameAs'를, BSU의 유사어 관계는 OWL의 'equivalentProperty'를 적용하여 표현한다.
- BSR의 데이터요소에 관한 정의는 BSU와 거의 동일하지만 데이터요소가 취할 수 있는 데이터 값에 대한 구체적인 바인딩은 XML 스키마에 제정한 데이터유형, 혹은 XML 스키마 기반으로 새로 정의한 데이터유형을 적용하여 표현한다.

이상의 권고안에 따라 의미기반 BSR 온톨로지를 구축하는 작업은 현재의 BSR 등록시스템들의 기능을 다음과 같이 개선하는 작업이다.

- 등록된 모든 컴포넌트의 동의어와 유사어에 대한 검색이 쉬워지며, 동의어와 유사어의 다국어 검색이 가능해진다.
- 등록된 모든 컴포넌트들 사이의 상·하 관계 정보를 효과적으로 검색할 수 있다.
- 등록된 모든 개체의 정의를 다국어로 검색할 수 있다.
- 등록된 모든 개념(Concept)들 사이의 상·하 관계 정보를 효과적으로 검색할 수 있다.
- 등록된 모든 의미단위(BSU)의 동의어 및 유사어에 대한 검색이 용이해진다.
- 등록된 모든 데이터요소(DE)의 동의어 및 유사어에 대한 검색이 용이해진다.
- 몇 가지의 다양한 요소를 개별 근거로 삼아 메타데이터 시스템을 통합할 수 있다.
 - 개념의 상·하 관계
 - BSU의 동의어 및 유사어 관계
 - DE의 동의어 및 유사어 관계

결론적으로 이 연구에서는 시맨틱웹의 핵심 기술인 RDF/OWL을 적용하여 BSR 기반 등록정보의 의미적 상호운용성을 증진시킬 수 있는 몇 가지의 원칙을 제시하였다. 차후의 연구는 이 연구가 밝힌 권고안에 근거한 BSR 등록기 신축과 이에 대한 실험을 포함해야 할 것이다. 또한 이 연구에서는 이미 제정된 의미표현을 벗어나는 기타의 의미를 정의하지 못하는 RDF/OWL의 제약으로 말미암아 BSR이 정의하는 내용의 총체를 기계가독형으로 표현하지 못했으므로 이를 완성하는 작업도 필요할 것으로 보이며, 이러한 작업에는 ISO/IEC 13250 토평맵 기술 적용이 가장 적합할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

오삼균. 2002. 시맨틱웹 기술과 활용방안. 『정보관리학회지』, 19(4): 297-319.

- 오삼균. 2002. 디지털도서관에서의 메타 데이터의 역할. 『정보과학회지』, 20(8): 45-57.
- 최중민, 조성정, 김진형, 이재호, 양정진, 김인철, 강민구, 박영택. 2003. <특집: 시맨틱 웹>. 정보과학지, 21(3):3-50.
- Blanchi, C. and J. 2002. Petrone. "Distributed Interoperable Metadata Registry." *D-Lib Magazine*, December. <<http://www.dlib.org/dlib/december01/blanchi/12blanchi.html>>.
- Dean, M., D. Connolly, F. Harmelen, J. Hendler, I. Horrocks, D. McGuinness, P. Patel-Schneider, and L. Stein. 2002. "Web Ontology Language (OWL) Reference Version 1.0." <<http://www.w3.org/TR/owl-ref/>>.
- Denker, G., et al. 2001. *Accessing Information and Services on the DAML-Enabled Web*. Semantic Web Workshop 2001. Hongkong, China.
- Duval, E., W. Hodgins, S. Sutton, and S. Weibel. 2002. "Metadata Principles and Practicalities." *D-Lib Magazine*, April. <<http://www.dlib.org/dlib/april02/weibel/04weibel.html>>.
- Garshol, L. 2003. Living with topic maps and RDF: Topic maps, RDF, DAML, OIL, OWL, TMCL - href=<<http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/xmlconf.html>>.
- Harmelen, F., I. Horrocks, and P. Patel-Schneider. 2001. "A Model-Theoretic Semantics for DAML+OIL (March 2001)." <<http://www.w3.org/TR/daml+oil-model>>.
- Heery, R. and H. Wagner. 2002. "A Metadata Registry for the Semantic Web." *D-Lib Magazine*, May. <<http://www.dlib.org/dlib/may02/wagner/05wagner.html>>.
- Manola, F. and E. Miller. 20002. "RDF Primer." <<http://www.w3.org/TR/rdf-primer/>>.
- Miller, E. 1998. "An introduction to the Resource Description Framework." <<http://www.dlib.org/dlib/may98/miller/05miller.html>>.
- Pepper, S. and L. Garshol. 2002. "The XML Papers: Lessons Learned on Applying Topic Maps." *XML 2002 Conference and Exposition*. December

- 8-13, 2002. Baltimore, Maryland, USA.
- Payette, S. and T. Staples. "The Mellon Fedora Project: Digital Library Architecture Meets XML and Web Services." [〈http://link.springer.de/link/service/series/0558/papers/2458/24580406.pdf〉](http://link.springer.de/link/service/series/0558/papers/2458/24580406.pdf).
- Pepper, S. and S. Schwab. 2003. "Curing the Web's Identity Crisis: Subject Indicators for RDF." [〈http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/identitycrisis.html〉](http://www.ontopia.net/topicmaps/materials/identitycrisis.html).
- Powell, A., H. Wagner, S. Weibel, T. Baker, T. Matola, and E. Miller. 2001. "Namespace Policy for the Dublin Core Metadata Initiative (DCMI)." [〈http://dublincore.org/documents/2001/10/26/dcmi-namespaces/〉](http://dublincore.org/documents/2001/10/26/dcmi-namespaces/).
- Smith, M., D. McGuinness, R. Volz, and C. Welty. 2002. "Web Ontology Language (OWL) Guide Version 1.0." [〈http://www.w3.org/TR/owl-guide/〉](http://www.w3.org/TR/owl-guide/).
- Staples, T., R. Wayland and S. Payette. 2003. "The Fedora Project: An Open-source Digital Object Repository Management System." *D-Lib Magazine*, April. [〈http://www.dlib.org/dlib/april03/staples/04staples.html〉](http://www.dlib.org/dlib/april03/staples/04staples.html).
- Thomas, B. and M. Dekkers. 2003. Identifying Metadata Elements with URIs: The CORES Resolution. *D-Lib Magazine*, July/August. [〈http://www.dlib.org/dlib/july03/baker/07baker.html〉](http://www.dlib.org/dlib/july03/baker/07baker.html).