

# OWL을 이용한 온톨로지 기반의 목록시스템 설계 연구

A Study of Ontology-based Cataloguing System Using OWL

이 현 실(Hyun-Sil Lee)\*

한 성 국(Sung-Kook Han)\*\*

## 초 록

MARC는 목록 데이터를 상세하게 정의할 수 있는 장점이 있지만, 개념요소가 구조화 되어 있지 않고 표현 체계가 복잡하기 때문에 단순 계층구조의 의미 어휘 체계를 지원하는 XML DTD나 RDF/S로는 그 구조를 모델화하기가 어렵다. 본 연구에서는 MARC의 데이터 요소를 추상화하여 목록 데이터의 개념 구조를 표현하는 서지 온톨로지를 구축하였으며, 개념간의 논리 관계와 프로퍼티의 카디널리티 및 프로퍼티 값에 대한 논리적 제한을 부가할 수 있는 OWL을 이용하여 MARC 필드의 복합 구조를 모델링하여 구축한 목록 온톨로지를 구현하였다. 온톨로지 언어를 이용한 MARC 데이터를 기술 방법은 목록 데이터에 대한 메타데이터 구성과 목록의 호환성 문제를 해결할 수 있는 기초적 방안이 되며, 시맨틱 웹 서비스를 기반으로 하는 차세대 문헌 정보 서비스 시스템 구현의 토대가 될 것이다.

## ABSTRACT

Although MARC can define the detail cataloguing data, it has complex structures and frameworks to represent bibliographic information. On account of these idiosyncratic features of MARC, XML DTD or RDF/S that supports simple hierarchy of conceptual vocabularies cannot capture MARC formalism effectively. This study implements bibliographic ontology by means of abstracting conceptual relationships between bibliographic vocabularies of MARC. The bibliographic ontology is formalized with OWL that can represent the logical relations between conceptual elements and specify cardinality and property value restrictions. The bibliographic ontology in this study will provide metadata for cataloguing data and resolve compatibility problems between cataloguing systems. And it can also contribute the development of next generation bibliographic information system using semantic Web services.

키워드: 온톨로지, OWL, 프레임기반 모델링, 기계가독형목록, 기계이해형목록, 온톨로지 기반 목록 ontology, frame-based Modeling, MARC(Machine Readable Catalogue), MAUC(Machine Understandable Catalogue), ontology-based Catalogue

---

\* 원광대학교 중앙도서관 사서(hyunsil@wonkwang.ac.kr)

\*\* 원광대학교 컴퓨터공학과 교수(skhan@wonkwang.ac.kr)

■ 논문접수일자 : 2004년 6월 1일

■ 게재확정일자 : 2004년 6월 15일

## 1. 서론

유비쿼터스 지능기반사회의 도래와 함께 정보기술의 발달은 다양하고 방대한 양의 문헌정보를 체계적이고 지능적으로 처리하고 표현할 수 있게 하였다. 그러나 현재 도서관에서 자료 목록에 이용하고 있는 기존의 MARC 포맷은 컴퓨터기술 초창기의 자료구조에 대응하여 설계된 것으로 체계가 비논리적이고 요소들간의 관계도 단순하여 개념적 확장이 어렵고 의미적으로 구체화되지 않아 지능적인 정보검색을 구현하기가 어렵다.

네트워크의 발달로 전자문헌을 포함한 다양한 형태의 자원이 다량 보급되고 있지만 이들을 현재의 MARC 포맷으로 모두 수용하여 목록하기가 어렵고 다양한 메타데이터 시스템과 상호운용성이 보장되지 못하기 때문에, 현재의 정보 시스템 환경에서는 효율적 자료관리가 이루어지고 있지 않는 실정이다.

최근 논리에 기반을 두고 개념 의미 처리를 위한 지식표현 방안으로 연구되고 있는 온톨로지 기술의 발달은 인터넷 분산 환경에서 다양한 정보 자원의 의미 기술을 가능하게 하고 있으며, 이것은 보다 효율적인 목록기술 체계로 변화가 필요한 도서관 목록의 방법에도 큰 가능성을 제시한다. 고정적인 기계가독형 목록 형태에 온톨로지 기술을 도입함으로써, 기계와 인간이 목록 지식의 개념을 공유하고 기계간에도 개념 의미를 이해할 수 있게 되어, 도서관 목록 시스템도 충분히 지능적인 형태로 발전될 수 있다.

MARC는 개념 구조화 되어 있지 않은 단점이 있는 반면 목록 데이터를 상세히 기술한다는

장점이 있다. 본 연구에서는 이러한 기존 MARC의 장점을 살리고 단점을 보완할 수 있는 방법으로 MARC가 제공하고 있는 데이터 요소를 추상화하여 목록 온톨로지를 설계하고자 한다.

연구의 방법은, 먼저 온톨로지의 기본 개념을 고찰하고 온톨로지 기술의 표준 언어인 OWL의 구문구조와 의미특징을 파악한다. 그리고 MARC 기술의 대표적인 사례를 통하여 MARC 데이터가 표현하고 있는 서지 정보의 온톨로지를 추출하고, 이를 프레임 구조로 모델화한다. OWL이 F-Logic과 관련된 기술 논리에 기반을 두고 있기 때문에, 프레임 모델을 이용하면 효과적으로 OWL 문서를 작성할 수 있다. 다음으로 MARC의 서지사항을 모델화한 프레임 구조를 OWL 언어로 표현하고, OWL 클래스의 인스턴스를 작성하여 온톨로지로 표현된 목록을 작성한다.

본 연구는 온톨로지 기반의 지능형 문헌 정보 시스템 구축의 한 방안을 제시하는 데 목적이 있으므로 MARC에서 대표적으로 표현하고 있는 서지 사항만을 온톨로지 구축 대상으로 하였다. 따라서 본 연구에서 제시하고 있는 MARC의 개념요소 추상화 방식, 프레임 구조 모델링과 서지 정보 온톨로지 구축방법은 앞으로 온톨로지 기반 목록 시스템의 일반화와 지능형 문헌 관리 시스템 구축에 활용될 수 있을 것이다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 MARC 포맷 변화의 필요성

MARC는 기본기입, 서명, 발행사항, 형태

사항, 개인명, 단체명, 서명의 부출기입, 주제, 분류 등의 데이터 요소를 가진 메타데이터 기술 포맷으로서 표준 서지 기술인 ISBD에 기반하여 세계적인 표준 서지 데이터의 생산과 공유를 가능하게 하였다. 하지만 MARC는 자기테이프를 교환 매체로 사용하던 때에 개발된 방법으로 정보기술이 크게 발전한 오늘날까지 동일한 포맷을 유지하고 있으므로 목록 기술 형식에 변화가 요구되고 있는 시점이다.

현재의 자동화 목록은 아직까지도 과거의 수작업 목록 규칙을 그대로 답습하여 복잡한 부호를 많이 사용하고 있으며, 서명과 잡다한 저자 사항들이 함께 기록되고 있어 이해가 어렵고, 각 입력필드의 명칭도 부출이나 주기와 같은 카드 목록에서 사용되던 용어가 그대로 사용되고 있어 교육 현장에서 조차 어려움이 수반되고 있다(이경호 1999).

최근에는 전자자원의 급증과 더불어 메타데이터를 이용하는 새로운 기술 방식들이 제시되고 있다. MARC이라는 훌륭한 포맷이 있음에도 새로운 기술 형식이 제시되고 있는 큰 이유는 MARC 태그의 반복과 확장시의 경직성 극복, 네트워크 시대에 맞는 서지 표현 기준의 변화 요구 수용, 다양한 자료 호환을 위한 메타데이터 필요, 경제성, 검색 효율성 향상이라고 할 수 있다(이수상, 이규연 2001). Xu(1996)는 TEI 헤더, 더블링크어, URC 등의 메타데이터와 비교조사에서 USMARC이 전자적인 정보자원을 표현하는데 있어 포괄성, 검색의 신뢰성, 데이터 구조의 상세성은 우수했지만, 형식 수정이나 새로운 데이터 요소의 추가에 필요한 융통성은 부족한 것으로 보고하였다.

한편, 탈레스는 서지기술에 필요한 관계유형

을 1)대등 관계, 2)파생 관계, 3)기술 관계, 4)부분 - 전체 관계, 5)서지적 자료간의 관계, 6)전후 관계, 7)특성 공유 관계로 보았다. 그러나 현재의 목록 체계에서는 주거나 부출을 통하여 일부의 관계가 지원되고 있을 뿐이며, 지원되는 연계 관계에서도 논리성이나 일관성을 발견하기 어렵다(김태수 1995).

이처럼 MARC는 데이터 표현의 포괄성과 데이터 구조의 상세성에 있어서는 장점이 있지만, 기술 방법이 복잡하고, 네트워크 시대에 맞는 서지표현의 융통성과 논리성, 그리고 지식 처리를 위한 관계 표현에 한계가 있다. 전자 자원과 같은 다양한 유형이 자료가 급증하고 있는 시점에서, 과거의 서적 중심의 수작업 기술 형태인 MARC 포맷은 다양한 메타데이터를 기술할 수 있는 체계로서는 미흡하고, 최근 발전된 정보기술의 적용에 많은 문제점이 있다. 따라서 정보 기술의 환경 변화에 적응할 수 있는 효율적인 목록 체계로의 변화가 필요하다.

## 2.2 온톨로지의 정의와 개요

철학의 오랜 연구 대상이 되어온 온톨로지는 존재에 대한 이론 체계로서 개념의 추상화를 통하여 실세계의 존재에 대한 개념 의미 특성을 규명하는 학문 분야이다. 추상화란 이질적인 존재에 내재한 공통 개념 특성을 형식화하여 그 구성 체계를 규명하는 것(Mylopoulos 1998)으로, 인간이 존재의 복잡한 특성을 이해하는 기본적인 사고 능력으로써 모든 학문에 적용되고 있는 논리적 사고의 한 방법이다.

최근 인공지능 분야에 도입된 온톨로지는 특정 도메인의 지식을 추상화하여 지식의 개념

구조 체계를 모델링하는 방법으로 사용되고 있다. 컴퓨터에서 지식 표현의 체계로 응용되고 있는 온톨로지에 대하여 다양한 관점에서 여러 정의가 있다. Gruber 등은 “특정 도메인의 용어와 용어간의 관계를 정의하고 나아가 용어의 조합 규칙과 확장의 관계까지도 정의하는 것”(Neches 1991)이라고 하였고, Studer(1998) 등은 “공유된 개념화의 형식적, 명시적 명세”라고 정의하였다. 여기서 공유된 개념은 합의된 지식을 뜻하며, 개념화란 특정 도메인의 개념 구조에 대한 추상적 모델을, 형식적이란 기계가 해독할 수 있음을 의미하고, 명시적 명세란 개념, 속성, 관계, 함수, 공리 등이 형식적으로 정의되었음을 의미한다.

온톨로지에서 도메인 지식은 주로 클래스, 관계, 함수, 공리, 인스턴스의 다섯 가지 요소를 이용하여 형식화 되며, 각 요소의 정의는 다음과 같다(Corcho 2000).

- (1) 클래스(class) : 클래스는 추출된 개념에 해당되는 것으로써, 보통 도메인 지식체계를 구성하는 개념 단위를 말한다.
- (2) 관계(relation) : 관계는 개념들 사이에 상호관계의 유형을 표현한다. 관계(R)는 n개 개념 클래스에 대하여 카테시안 곱(Cartesian product)으로 정의된다. 관계의 정의 R:  $C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$
- (3) 함수(functions) : 함수는 관계의 특별한 경우로 관계가 값을 가질 때 성립한다. 함수의 정의 F:  $C_1 \times C_2 \times \dots \times C_{n-1} \rightarrow C_n$
- (4) 공리(axom) : 공리는 논리의 전개나 추론의 기저로 ‘참’이라고 인정되는 문장

이다. 공리는 온톨로지 요소의 의미 정의, 속성값의 규칙, 관계의 논항(argument) 등 정의에 활용되며, 온톨로지에서 정의한 개념의 정확성을 검증하거나 새로운 지식의 추론에 이용된다.

- (5) 인스턴스(instance) : 인스턴스는 특정 개념 요소의 표현, 즉 클래스의 실례에 해당한다.

온톨로지는 위와 같은 구성요소를 갖추어 형식화될 때 보다 명시적이 된다. 다시 말하면, 온톨로지는 주어진 영역의 개념 세계를 구체화하는 것이며, 개념의 집합과 정의 및 상호 관련성을 진술하는 형식성을 갖추어 구체화됨으로써 보다 명시적으로 개념 체계를 표현할 수 있다.

컴퓨터에 의한 온톨로지의 개념적 의미 처리는 시맨틱 웹에서 공유된 개념 체계를 구축하는데 핵심적인 역할을 수행하고, 지식베이스의 의미적 일관성을 향상시켜 효율적인 지식관리 방법을 제공한다. 지식의 창조, 통합 및 보급 과정에서 중추적인 역할을 수행하고 있는 온톨로지의 특성을 요약하면 다음과 같다(Fischer and Ostwald 2001). 첫째, 온톨로지를 이용한 의미적 주석은 지식의 식별과 수집 및 개발에 있어서 지식의 포착과 창조의 수단을 제공한다. 둘째, 온톨로지는 지식 통합에 개념적 일반화와 표현적 형식화를 제공한다. 셋째, 온톨로지를 이용하여 개념화한 형식적 구조는 지식 보급에 있어서 표준화된 개념 체계로 활용될 수 있다.

지식관리를 위한 온톨로지의 이용은 특히 정보 검색에 있어서 매우 중요하다. 일례로, 정

보 검색 엔진이 온톨로지에 정의된 개념과 규칙들을 활용함으로써 검색기능을 향상시킨 추론 기반의 검색 시스템을 구현할 수 있다(양정진 2003). 정보검색시 온톨로지에 표현된 관계에 따라 질의에 대한 논리 추론을 수행할 수 있는 것이며, 이와 같은 맥락에서 온톨로지를 이용한 추론 기반의 지능 검색에 대한 연구가 활성화 되고 있다.

온톨로지의 의미 체계는 이종의 시스템 간에 컴퓨터 처리가 가능한 공통의 개념을 제공하여 상호운용이 가능하고 지능적인 정보검색을 지원하기 때문에, 다양한 자료를 처리하고 질적인 정보서비스 향상이 요구되고 있는 도서관 시스템에 응용이 시도되고 있다.

### 2. 3 선행연구

온톨로지를 목록에 적용한 대표적인 사례로 UMDL(University of Michigan Digital Library)의 Beethoven Project가 있다(Weinstein 1998). 이 프로젝트는 형식 온톨로지에 기반하여 서지 관계 모델을 이용한 새로운 목록 방법을 제안하고 있다. 기술논리를 이용한 LOOM으로 구현한 목록 온톨로지를 이용하여 베토벤과 관련된 저작의 USMARC 레코드들을 인스턴스로 입력하여 지식기반의 서지 목록을 생성하였고, 서지 관계에 관한 정보는 USMARC의 주기 사항에서 추출하였다. 온톨로지의 핵심관계 모델은 저작물(WORK)의 '개념'(CONCEPTs), 내용의 '표현'(EXPRESSIONs), 출판형태의 '구현'(MANIFESTATIONS), 인코딩 형식의 '디지털화'(DIGITIZATIONS), 특정 저작물 사례의 '인스턴'

스'(INSTANCES)의 다섯 가지 객체로 정의하였다. 관련된 저작물들은 트리구조의 패밀리를 형성한다. 번역본과 원본은 동일한 '개념'을, 신판은 원판과 '표현'을, 재인쇄는 '구현'을 공유하도록 하였다. 지식의 생성은 MARC를 온톨로지기로 매핑하고, 데이터의 관계를 추론함으로써 이루어진다. 지식베이스 생성의 절차는 (1) MARC의 태그를 의미태그로 변환, (2)태그된 텍스트의 주기에서 속성과 속성 값 추출, (3)태그된 텍스트를 Loom TELL로 변환, (4)관계를 수립하기 위한 데이터 추론의 네 단계를 거친다. 이 프로젝트의 성과는 (1)자연어 질의 가능성(2)저작물의 계층구조에서 적절한 패밀리 추가에 의한 목록의 편의성 (3)서지정보가 겹치는 레코드에서의 지식 공유라고 평가된다.

IFLA(International Federation of Library Associations)에서는 서지 레코드의 기능적 요구사항을 분석하여 온톨로지 기반의 서지 기술 모델을 설계하였다. 이 연구에서는 문헌이 물리적 엔티티와 추상적 엔티티를 동시에 가진 것으로 분석하였고, 이것을 컨텐츠와 캐리어(Contents & Carrier)로 비유하였다. 여기서 저작물은 '저작'(WORK), '표현'(EXPRESSION), '구현'(MANIFESTATION), '아이템'(ITEM)의 네 가지 속성을 갖는 복합 추상 엔티티를 표현하는 물리적 엔티티로 모델화된다(Calyle 2002). '저작'은 내용을 중심으로 한 동일한 아이템들의 집합을, '표현'(EXPRESSION)은 저작의 관계에 관련된 아이템 집합을, '구현'(MANIFESTATION)은 물리적 속성을 공유하는 아이템 집합을, '아이템'은 특정 아이템으로 인스턴스를 설명한다. IFLA 온톨로지는 indecs(2000)의 전자상거래를 위

한 메타데이터 표준 시스템에 응용되고 있다.

ICDL(International Children's Digital Library)는 100개의 문화권에 10,000 타이틀 이상의 도서를 디지털화하여 제공하는 프로젝트에서 서지 정보를 온톨로지 기반의 시맨틱웹 형태로 제공하였다. 처음에는 목록자들에게 온톨로지 분류 스키마를 제공하였고, 이어서 이용자 인터페이스를 개발하여 의미 기반의 검색환경을 제공하고 있다. 이 온톨로지에서는 (1)메타데이터에 따라 도서를 기술한 'Book' 온톨로지, (2)이용대상자의 연령층을 3종류로 범주화하여 연령에 맞는 작품이 선별될 수 있도록 구분한 'Age', (3)작품 수상의 명칭, 년도, 식별번호를 기술하는 'Award', (4)작품의 'Genre', (5)사람의 이름, 전기, 식별번호를 기술하는 'Person', (6)발행자의 이름, 식별번호, 장소를 기술하는 'Publisher', (7)도시, 주, 나라 등의 장소를 기술하는 'Location'이 7가지 기본 온톨로지이다. 관계형 데이터베이스 구조로 만들어진 목록은 RDF 온톨로지로 번역되어 메타데이터를 공유할 수 있으며, 온톨로지의 각 요소들은 제한사항이 있는 클래스와 속성으로 정의되고 트리플 구조로 표현된다.

### 3. 온톨로지 언어와 OWL

온톨로지는 인간과 기계가 이해할 수 있는 도메인의 개념을 명시적으로 공유함으로써 컴퓨터에서 의미 처리가 가능하고 시스템이 추론할 수 있는 기반을 제공한다. 도메인의 명시적 개념화를 위한 온톨로지 언어들이 XML을 기반으로 RDF(S), DAML+OIL, OWL 등이 개발되어

온톨로지 기술이 크게 발전하게 되었다.

#### 3.1 온톨로지 핵심 언어

문서의 구조화에 사용되는 마크업 언어인 XML(Extensible Markup Language)은 강력한 확장 기능을 갖고 있으며, 문서의 의미 구조를 표현하기 위한 언어를 정의하는 메타언어로 이용되고 있다. 이 언어는 인터넷 활용을 전제로 개발되었기 때문에 인터넷 기술과 결합하여 크게 발전이 되었다(Newton 2002). XML은 어떠한 형태의 정보에 대해서도 개념 모델링할 수 있고, 이를 이용하여 의미 처리를 위한 기반을 제공할 수 있기 때문에 온톨로지 언어의 기반이 되고 있다(한성국 외 2004).

XML이 정보의 의미 기술과 문서의 구조적 표현을 위한 언어로 개발되었지만, XML의 기본 정보 구조인 트리 구조는 의미 관계를 충분히 기술하기가 어려워 메타데이터의 유연성을 표현하는데 한계가 있다. 이와 같은 XML의 한계를 극복하기 위해, W3C에서는 웹자원 기술을 위해 의미 네트워크 기반으로 정보를 모델링하는 그래프 형태의 표현 구조를 갖는 RDF를 개발하였다. RDF는 정보 자원의 속성과 관계를 표현하는 개념 구조의 추상적인 모델로, 자원(Resources), 속성(Property), 기술문(Statement)의 3가지 요소로 개념 구조를 모델화하는 온톨로지 언어이다(Lannella 1999).

RDF의 속성구조를 살펴보면, 단순히 자원의 속성만을 표현하는 것으로 전통적인 속성-속성값의 관계만을 정의하고 있다. 또한, 개념 구조 정의에 필수적인 속성의 기술 체계나 속성과 자원간의 관계 정의를 위한 어떤 방법도

제공하지 있지 않다. 이러한 문제점을 해결하고자, 자원의 개념 클래스와 속성 정의에 필요한 어휘 목록을 생성할 수 있는 RDF 스키마가 만들어져 보다 명확한 의미 관계 표현이 가능해졌다. 그러나, RDF 스키마 역시 동의 요소 정의, 역관계(inverseOf), 합집합 관계(unionOf), 교집합 관계(intersectionOf) 등 논리 관계와 카디널리티 정의 등과 같은 의미 정의가 충분하지 않아 의미 표현에 한계가 있다. 이러한 이유로 RDF와 RDF 스키마의 모델링 요소를 확장하고 강화하여 DAML+OIL이 설계되었다.

DAML+OIL은 RDF/S의 모든 개념을 정의할 수 있는 기능이 있고 카디널리티, 관계의 도메인과 범위, 대칭 관계, 역관계, 추이관계 등을 포함하여 자원 간에 제한과 논리 체계를 서술하는 방법을 제공한다. DAML+OIL은 기술 논리(description logic)기반의 추론 메커니즘을 가지고 있는 범용 온톨로지 언어로서 추론 시스템 개발에 많은 연구가 있었다(Gomez-Perez 2002). 이러한 노력의 결과로, W3C가 2004년 2월에 DAML+OIL를 확장한 온톨로지 언어 OWL (Web Ontology Language)을 온톨로지 기술 표준 언어로 공표하였다.

### 3. 2 OWL 구문

OWL은 RDF/S를 기반으로 확정된 개념 어휘를 정의할 수 있으며, DAML+OIL의 의미구조를 수용하고 있는 개념 지식 표현을 위한 표준 온톨로지 언어이다. OWL은 표현성과 처리능력에 따라 OWL Lite, OWL DL, OWL Full의 3종류 언어로 구분된다. OWL Lite는

계층구조와 단순 제약 조건을 부가할 수 있는 것으로 시소러스나 분류체계 표현에 적합한 형태이다. OWL DL은 기술 논리에 의미 구조 기반을 두고 논리적 완전성과 결정 가능성을 제공하는 개념구조의 표현성을 향상시킨 형태로 논리적 완결성이 보장되고 실용적인 추론 시스템 구현이 가능한 것이 특징이다. OWL Full은 강력한 표현성과 자유로운 구문형식을 제공하는 것으로 최대 기술 능력을 가지고 있지만 논리적 완전성은 보장할 수가 없는 형태이다(McGuinness and Harmelen 2004).

OWL 구문은 클래스(class), 제한(restriction), 속성(property)과 원소(individual)의 4가지 기본요소를 가진 것으로 요약될 수 있다. 클래스는 개념 요소의 추상화 구조를 정의하는데, 6가지 방법으로 정의가 가능하다. 제한은 속성에 조건을 부가하여 의미의 클래스를 정의하며, 클래스의 개념 특성을 명확히 서술할 수 있도록 세부 의미 특성 정의도 지원한다. OWL에서는 기술 논리를 기반으로 속성의 카디널리티(cardinality) 제한과 속성값 제한의 두 가지 제한 방식을 제공하고 있다. 속성은 클래스 간의 개념 관계를 정의하는 것으로 속성의 범위(range)에 따라 데이터형 속성(data type property)와 객체형 속성(object type property)의 두 종류가 있다. 원소는 클래스의 인스턴스(instance)를 정의하는 것으로 사실(fact) 또는 지식을 표현한다(Smith et al. 2004).

OWL은 이처럼 특정 도메인의 개념구조를 명시적으로 표현하기 위해 필요한 제반 요소를 제공하고 있다. 온톨로지 구성에 필요한 공리(axiom)을 정의하기 위해서 계층 관계를 정의하는 subClassOf를 비롯하여 클래스 간의 논

리 관계를 규정하는 unionOf, intersectionOf 와 complementOf 등의 기본 논리 연산을 제공하고 있으며, equivalentClass, disjoint-Class 등의 등가 관계도 정의할 수 있다. OWL에서는 원소의 포함과 식별성을 정의할 수 있는 공리체계도 제공하고 있으며, 속성 관계는 대칭 관계, 추이 관계와 등가성 등 논리 추론에 필요한 속성 특성도 지원하고 있다. 이와 같은 형식 특성을 갖는 OWL은 개념 특성의 정의와 함께 개념 간의 논리 관계도 명확하게 정의할 수 있기 때문에 다양한 도메인의 개념 구조 표현에 효과적으로 적용할 수 있다.

OWL 구문 의미 구조의 이론적 기반을 제공하고 있는 기술 논리는 프레임(frame) 형식으로 구조화 된 클래스와 이들의 개념 관계에 대한 논리 모델이다. 프레임은 인공지능에서 이미 널리 사용되어 온 지식 표현의 대표적인 방법으로 개념의 의미 특성은 속성을 표현하는 슬롯(slot)과 그 값(value)의 쌍으로 표현하는 방식이다. 또한 프레임은 클래스 단위의 객체 구조 정의와 의미망(semantic network) 형태의 개념 네트워크 표현도 가능하다. 프레임은 1계 술어 논리(first-order predicate logic)의 논리 수식 형태로 환원될 수 있으며, 표현 능력과 처리의 효율성으로 인하여 대표적인 지식 표현 방식으로 응용되어 왔다. OWL의 기반 이론이 프레임을 중심으로 전개되고 있는 것은 온톨로지의 정확하고 다양한 지식 표현을 위한 합리적인 접근 방식이라 할 수 있다.

온톨로지를 OWL로 표현하기 위해서는 먼저 도메인의 개념 모델링의 작업이 필요하다. 개념 모델링을 위하여 Entity-Relation 모델링, UML 등의 여러 방법이 있지만, 온톨로지

를 OWL로 표현할 때는 프레임 기반으로 모델링을 하는 것이 효과적이다. 왜냐하면, 프레임 이론이 OWL의 이론적 기반이므로 프레임 모델은 OWL로 그대로 변환될 수 있기 때문이다. OWL 언어의 구문 의미 특성을 분석하면 9개의 프레임 템플레이트로 언어 체계를 구성할 수 있으며, 대표적인 클래스 템플레이트의 구조는 <표 1>과 같다. 표에서 알 수 있는 바와 같이, 클래스 템플레이트는 OWL에서 제공하는 클래스 정의 기능을 단일 프레임 안에서 조직적으로 구조화 하고 있기 때문에 개념 구조 모델링이 간편하고, OWL 언어로의 변환도 효율적으로 수행된다.

<표 1> OWL 클래스 템플레이트

classID	xsd:classURI
classType	{deprecated, enumerated}
annotationInfo	annotationLink
unionOf(D,F)	classDescription
	classDescription
intersectionOf	classDescription
	classDescription
complementOf(D,F)	classDescription
one Of	individualID
	individualID
dataTypeProperID*	restrictionLink
objectPropertyID*	restrictionLink
subClassOf*	classDescription/classID(L)
equivalentClass*	classDescription/classID(L)
disjointClass*	classDescription(D,F)
sameAs(F)	classDescription

## 4. OWL 목록시스템의 설계

### 4.1 MARC 데이터의 추상화

추상화는 모델링의 사전이해를 위한 목적으



로 만들어지고 있으며, 추상화의 목표는 문제에서 중요하지 않은 측면은 배제하고 중요한 측면을 부각시키는데 있다(Rumbaugh 1991). 앞서 기술한 바와 같이 온톨로지는 추상화의 방식을 통하여 대상 세계를 계통적으로 설명하는 것이고, 정보조직에 있어서 추상화의 방법은 개념 모델을 이용하여 정보를 효과적으로 검색할 수 있도록 유도하기 때문에 매우 중요한 사항이다.

온톨로지 추출은 보통 특수한 클래스들의 정의에서 출발하여 추상 클래스를 정의하는 상향적 추상화 방식을 취하는 것이 일반적이다. 본 연구에서도 MARC 데이터에서 표현하고 있는 서지 정보의 온톨로지를 상향식의 방법으로 추상화 하였다. <그림 1>에 예시하고 있는 동일한 내용의 원본과 번역본인 두 저작물에 대한 MARC 데이터 태그들의 식별자를 단위로 개념이 유사한 것끼리 그룹화 하여 클래스

를 정의하고 계층화 하였으며, 계층화 된 개념 구조는 <그림 2>와 같다.

MARC가 내포하고 있는 서지 정보의 개념 요소를 추출하여 서지 온톨로지를 구축한 결과, 저작물의 서지사항은 <그림 2>와 같이 서명, 저자, 형태, 주기, 발행, 주제, 서지번호, 언어의 상위 개념 클래스를 구성한다. <그림 2>에서, 추출된 모든 개념 클래스들은 개념 클래스 간에 상속성이 존재하면 부자 관계인 isA 관계(실선 화살표)가 형성되고, 그 외는 두 클래스의 의미 관계에 따라 속성 관계(점선 화살표)가 형성된다.

<그림 1>의 MARC 데이터 요소의 추상화 과정을 살펴보면 245Tag의 ▼a로 표시된 '본서명', 507Tag ▼t의 '원서명', 440Tag에서 ▼a의 '총서명', 500Tag 주기사항 ▼t의 관계를 포함해 부출되는 740Tag ▼a의 '부출서명'을 그대로 클래스화 하였고, 이러한 클래스들

020	▼a8974145170	020	▼a 1902825365
041	▼akor ▼heng	049	▼IW0252525
049	▼IE06232515	082	▼a 952.03/3▼2 21
056	▼a309.113▼2 4	100	▼a Rice, Jonathan.
100	▼a유시민	245	▼a The xenophobe's guide to the Japanese / ▼c Jonathan Rice, Sahoko Kaji, Noriko Hama.
245	▼a일본 문화 이야기/▼d유시민 편역	260	▼a London : ▼b Oval Books, ▼cc1999.
260	▼a서울: ▼b푸른나무, ▼c2002	300	▼a 64 p.: ▼b map ; ▼c 18 cm.
300	▼a168p.: ▼b삼도: ▼c21cm	440	▼a Xenophobe's guides
500	▼a영국 Oval Projects Ltd.에서 개발한 「Xenophobe's guide」시리즈를 편역한 것임	650	▼a National characteristics, Japanese.
500	▼b유시민과 함께 읽는	650	▼a Xenophobia.
500	▼k안방에서 세계여행-제노포브스 가이드	651	▼a Japan ▼x Civilization ▼y 20th century.
507	▼a佐保子嘉治	700	▼a Kaji, Sahoko.
507	▼aRice, Jonathan	700	▼a Hama, Noriko.
507	▼tXenophobe's guide to the Japanese		
740	▼a유시민과 함께 읽는 일본 문화 이야기		

<그림 1> MARC 기술의 예



### 4. 2 OWL 모델링

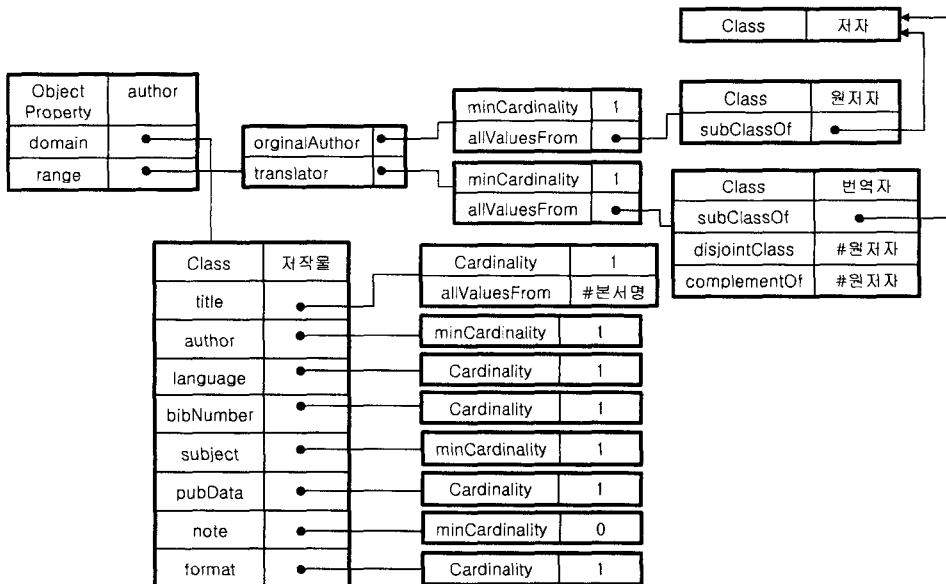
OWL은 프레임 기반의 온톨로지 언어이다. 따라서 OWL의 모든 클래스와 클래스 간의 관계(property)는 슬롯(slot)과 필러(filler) 표시되는 프레임으로 정의될 수 있다. 여기서는 앞서 추상화한 MARC 데이터를 프레임 구조의 모델링 방법으로 정의하여 OWL 구문으로 표현하였다.

<그림 3> 프레임은 저작 집합을 나타내는 저작물 클래스와 이 클래스와 관계가 있는 다른 클래스들 및 이들 간의 관계를 정의한 것이다. '저작물'과 '서명'과의 관계를 표현하는 속성인 'title'은 그림에서는 생략이 되었지만, '저작물' 클래스를 domain으로 하고 '서명' 클래스를 range값으로 하는 속성의 관계를 표시한 것이다. '서명' 클래스는 실제 인스턴스 값을 가지는 '원서명', '본서명', '부출서명' 클래스의

추상클래스이고, 실제로 저작물 클래스의 title 속성값은 '본서명'으로부터 오는 카디널리티(cardinality)가 1인 관계가 된다.

'저작물'과 '저자' 관계의 'author' 속성에 대해 최소값 카디널리티(minCardinality)를 1이라고 표시한 것은 '저자'의 하위클래스(subClassOf)인 원저자, 번역저자가 모두 1명 이상이 될 수 있다는 것을 정의한 것이다. 서지번호 클래스와의 관계인 'bibNumber' 속성에서 값(cardinality)이 1로 표시된 것은 국제서지번호와 등록번호를 오직 1개씩만 갖는다는 것을 정의한 것이다.

객체형 속성(objectProperty)으로 정의된 'author'는 'domain'이 저작물이고 range가 '원저자'와 '번역자' 클래스로 구성되는 클래스로 정의된다. 'originalAuthor' 속성은 '원저자' 클래스에서 모든 값을 받으며(allValuesFrom), 'translator' 속성은 '번역자' 클래스



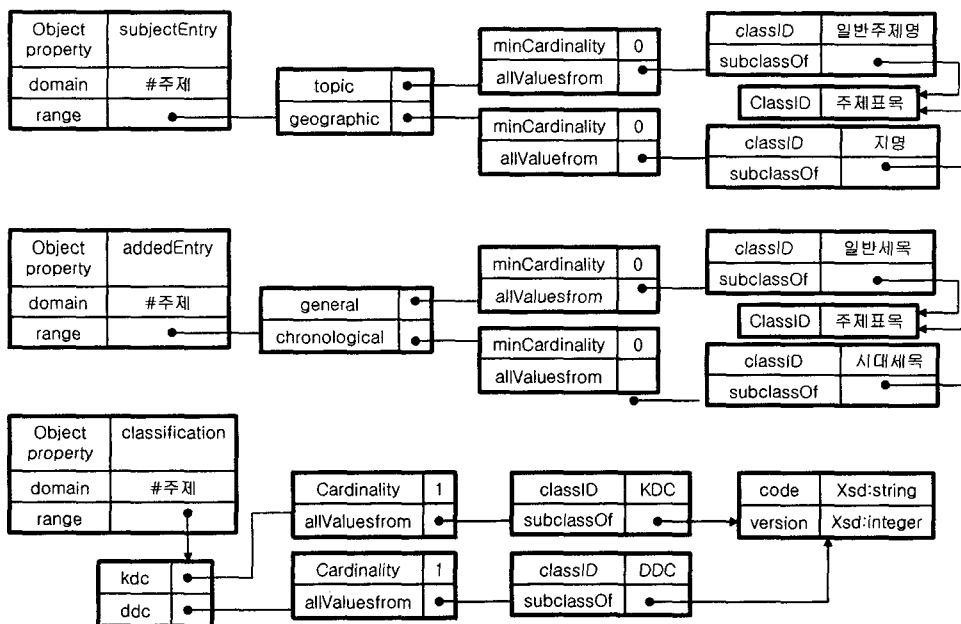
<그림 3> '저작물' 관련 프레임 모델링

에서 모든 값(allValuesFrom)을 받는다.

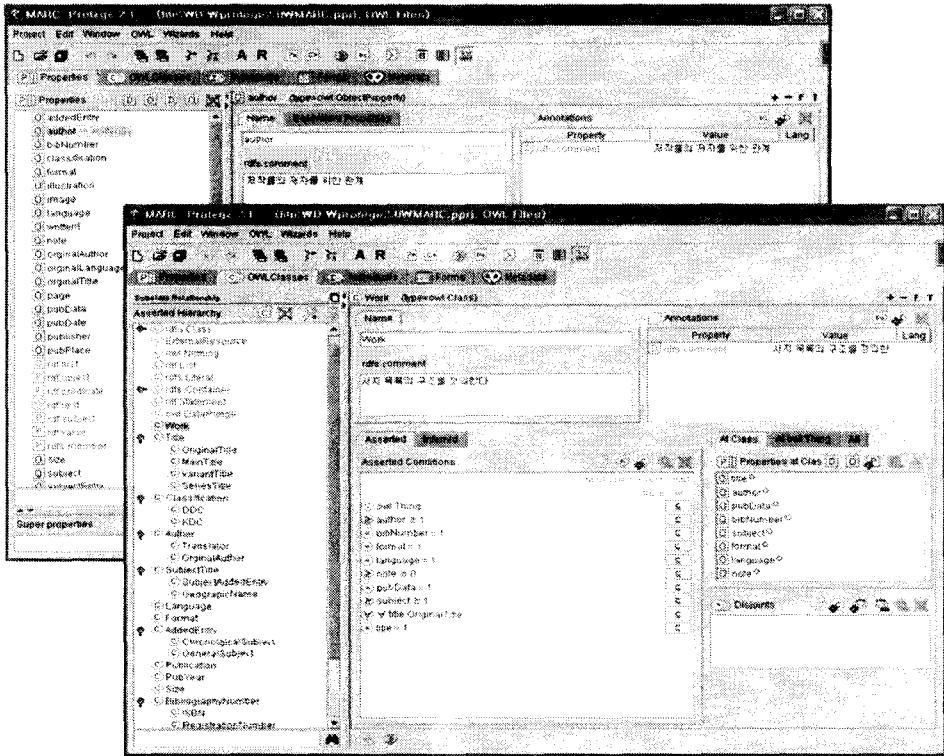
<그림 4>는 주제에 관련된 클래스들과 클래스들 간의 관계를 정의한 프레임들이다. 'subjectEntry' 속성은 '일반 주제명'과 '지명' 클래스로 구성되는 속성값을 가지며, '주제표목' 클래스는 '일반주제명' 클래스와 '지명' 클래스를 하위 클래스(subClassOf)로 갖는다. 같은 형식으로, 'addedEntry'는 일반세목과 시대세목으로 구성되는 클래스를 속성값으로 하게 되는데, 실제로 각각에 대하여 'general'과 'chronological'의 속성으로 연결된다. 'classification' 속성의 경우에도 같은 형식으로 정의가 되며, KDC와 DDC 클래스는 'code'와 'version'을 갖는 클래스의 하위 클래스로 정의된다.

프레임 구조로 모델링된 MARC 서지 정보를 그대로 기술하면 OWL 서지 정보 온톨로

지가 생성된다. 프레임 구조의 OWL 변환은 기계적으로 이루어지기 때문에 수작업으로도 용이하게 서지 정보 온톨로지를 구축할 수가 있다. 본 연구에서는 Protege 2.1과 OWL 플러그인을 이용하여 서지 정보 온톨로지 생성하였다. Protege 2.1 OWL 플러그인에서는 온톨로지 테스트와 일관성 검사의 기능이 제공되므로 논리적으로 정확한 온톨로지를 구축할 수 있는 장점이 있다. <그림 5>는 Protege 2.1에서 프레임 단위로 서지 온톨로지를 작성한 화면을 보인 것이다. Protege 2.1에서는 개념 관계 설정시에 한글 클래스 명칭을 지원하고 있지 않기 때문에 영문 클래스 명칭을 사용하여 속성 관계를 정의하였다. <표 2>는 생성된 서지 온톨로지 중에서 '저작물' 클래스와 그 하위클래스들 및 클래스들 간에 관계를 OWL 언어로 작성한 것이다. 추상 클래스 명칭을



<그림 4> '주제' 클래스 관련 OWL 모델링



〈그림 5〉 Protege 2.1을 이용하여 생성한 서지 온톨로지

〈표 2〉 '저작물' 클래스의 OWL 구문 표현

```

<owl:Class rdf:ID="저작물">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#title" />
      <owl:cardinality rdf:datatype=
"http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema#NonNegativeInteger">1</owl:cardinality>
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#본서명" />
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#author" />
      <owl:minCardinality rdf:datatype=
"http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema#NonNegativeInteger">1</owl:minCardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</rdfs:subClassOf>

```

```

    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#language" />
      <owl:Cardinality rdf:datatype=
"http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema#NonNegativeInteger">1</owl:Cardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
<rdfs:subClassOf>
  <owl:Restriction>
    <owl:onProperty rdf:resource="#bibNumber" />
    <owl:cardinality rdf:datatype=
"http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema#NonNegativeInteger">1</owl:cardinality>
  </rdfs:subClassOf>
<rdfs:subClassOf>
  <owl:Restriction>
    <owl:onProperty rdf:resource="#subject" />
    <owl:minCardinality rdf:datatype=
"http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema#NonNegativeInteger">0</owl:cardinality>
  </owl:Restriction>
</rdfs:subClassOf>
<rdfs:subClassOf>
  <owl:Restriction>
    <owl:onProperty rdf:resource="#pubData" />
    <owl:Cardinality rdf:datatype=
"http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema#NonNegativeInteger">1</owl:cardinality>
  </owl:Restriction>
</rdfs:subClassOf>
<rdfs:subClassOf>
  <owl:Restriction>
    <owl:onProperty rdf:resource="#note" />
    <owl:minCardinality rdf:datatype=
"http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema#NonNegativeInteger">0</owl:minCardinality>
  </owl:Restriction>
</rdfs:subClassOf>
<rdfs:subClassOf>
  <owl:Restriction>
    <owl:onProperty rdf:resource="#format" />
    <owl:Cardinality rdf:datatype=
"http://www.DigLib.org/2000/10/XMLSchema#NonNegativeInteger">1</owl:cardinality>
  </owl:Restriction>
</rdfs:subClassOf>
</owl:Class>

<owl:ObjectProperty rdf:ID="author">
  <rdfs:domain rdf:resource="#저작물" />
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <rdfs:subClassOf>
        <owl:Restriction>
          <owl:onProperty rdf:resource="#originalAuthor" />

```

```

    <owl:allValuesFrom rdf:resource="#원저자" />
    <owl:minCardinality rdf:datatype=
"http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema#NonNegativeInteger">1</owl:cardinality>
  </owl:Restriction>
</rdfs:subClassOf>
<rdfs:subClassOf>
  <owl:Restriction>
    <owl:onProperty rdf:resource="#translator" />
    <owl:allValuesFrom rdf:resource="#번역저자" />
    <owl:minCardinality rdf:datatype=
"http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema#NonNegativeInteger">1</owl:cardinality>
  </owl:Restriction>
</rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
</rdfs:range>
</owl:ObjectProperty>

<owl:Class rdf:ID="저자" />

<owl:Class rdf:ID="원저자">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#저자" />
</owl:Class>

<owl:Class rdf:ID="번역저자">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#저자" />
  <owl:disjointWith rdf:resource="#원저자" />
  <owl:complementOf rdf:resource="#원저자" />
</owl:Class>

<owl:Class rdf:ID="원저자">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#저자" />
</owl:Class>

<owl:Class rdf:ID="번역저자">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#저자" />
  <owl:disjointWith rdf:resource="#원저자" />
  <owl:complementOf rdf:resource="#원저자" />
</owl:Class>

```

한글로 표시한 것은 단순히 이해를 돕기 위한 것이다.

#### 4. 3 OWL 기반 목록

정보 기술의 관점에서 MARC를 고찰하면,

숫자로 코드화된 일종의 기계 가독형 마크업 언어이다. 이것은 고정된 기호 마크업 태그를 사용하는 HTML 보다 더 원시적인 형태이며, MARC 목록의 작성이나 수정 및 확장이 어려워, MARC의 다양한 응용 시스템 개발을 어렵게 하는 원인이 되고 있다. 이를 해결하기

위해서는 XML기반의 의미 태그 사용하여 기계 가독형목록(Machine Readable Catalogue)이 아닌 기계 이해형목록(Machine Understandable Catalogue)의 생성이 요구된다. <그림 1>에 예시한 MARC 목록은 암호

화의 형태로 전문가가 아니면 이해하기가 어렵지만, OWL로 작성한 목록 온톨로지를 이용하여 <표 3>과 같이 OWL 인스턴스로 모델화된 목록은 그 내용을 쉽게 이해할 수 있으며, 수정과 확장이 용이하다.

<표 3> OWL 기반 목록의 인스턴스 예

```

<work>
  <title>
    <textTitle rdf:resource="#일본문화 이야기" />
    <originalTitle rdf:resource="#Xenophobe's guide to the Japanese" />
    <variantTitle rdf:resource="#유시민과 함께 읽는 일본 문화 이야기" />
  </title>
  <author>
    <originalAuthor rdf:resource="#Rice, Jonathan" />
    <originalAuthor rdf:resource="#좌보자가치" />
    <translator rdf:resource="#유시민" />
  </author>
  <language>
    <textLanguage rdf:resource="#kor" />
    <originalLanguage rdf:resource="#eng" />
  </language>
  <bibNumber>
    <isbn rdf:resource="#8974145170" />
    <registrateNumber rdf:resource="#IE06232515" />
  </bibNumber>
  <subject>
    <classification>
      <kdc>
        <code rdf:resource="#309.113" />
        <version rdf:resource="#4" />
      </kdc>
    </classification>
  </subject>
  <pubData>
    <pubplace rdf:resource="#서울" />
    <publisher rdf:resource="#푸른나무" />
    <pubDate rdf:resource="#2002" />
  </pubData>
  <note rdf:datatype="#&xsd:string">
    영국 Oval Project Ltd.에서 개발한
    Xenophobe's guide 시리즈를 번역한 것임.
  </note>
</work>

```



서지정보 모델을 XML DTD나 RDF/S를 이용하여 정의할 수도 있지만, 이것으로써는 MARC의 구조를 정확하게 표현하기가 어렵다. 왜냐하면, MARC의 필드는 구조화 되어 있지 않고 필드간의 카디널리티 등의 관계가 복잡하기 때문에, 엘리먼트와 속성간의 단순 계층구조와 반복 구조를 제공하는 XML DTD나 개념 클래스간의 기본적인 프로퍼티만을 제공하는 RDF/S로는 MARC의 복잡한 구조를 표현하는데 한계가 있다. OWL은 개념간의 unionOf, intersectionOf 등의 논리 관계와 프로퍼티의 카디널리티 및 프로퍼티 값에 대한 논리적 제한을 부가할 수 있어 MRAC 필드의 복합 구조를 효과적으로 정확하게 표현하는 것이 가능하다.

<표 3>의 의미 태그로 표현된 OWL 인스턴스는 XSLT를 이용해서 MARC나 다른 포맷으로 다양하게 변환할 수 있으며, MARC와 관련된 응용 시스템도 효과적으로 구축할 수 있다. 또한, Racer와 같은 OWL 추론 엔진을 이용하여 MARC 중심의 목록 관리에 추론 기능을 도입할 수도 있다.

## 5. 결론 및 제언

본 논문은 기존 MARC 목록의 장점을 개발하고, 단점을 보완하기 위한 방법으로 의미 웹 형태의 목록 시스템으로 재구성하고자 OWL을 이용한 온톨로지 기반의 목록 시스템을 설계하였으며 연구의 결과는 다음과 같이 요약된다.

첫째, MARC 데이터의 서지사항을 개념 구

조화 하였다. 현재 MARC는 상세한 데이터 요소를 제공하고 있지만 전체적인 개념 요소간의 관계가 체계화되어 있지 않고 수치로 코드화된 필드명을 사용하고 있어 인간과 기계간의 개념 공유와 이해가 용이하지 않다. 본 연구에서는 MARC 데이터 요소를 의미 어휘 형태로 추상화 하여, 저자나 서명 등의 서지적 요소들을 동일한 개념 체계로 기술할 수 있고, MARC 필드를 숫자와 기호가 아닌 개념어를 사용할 수 있도록 설계하였기 때문에 목록자의 이해를 쉽게 하며, 목록의 추가요소를 위한 구조적 확장을 수월하게 하였다.

둘째, 목록의 개념요소들 간에 관계를 논리적으로 표현하였고 다양화하였다. 개념 요소들 간에 표현된 관계에 따라 MARC에서 제공할 수 있는 지식에 대한 논리적 유추와 처리가 가능하기 때문에 개념관계의 규정이 매우 중요하다.

셋째, MARC 데이터에서 추출한 개념구조를 프레임으로 모델링하여 효과적으로 OWL 서지정보 문서를 작성할 수 있도록 하였다. OWL 구문의 의미 구조는 논리 기술이 프레임 형식으로 구조화 된 클래스와 이들의 개념 관계에 대한 모델이므로 MARC 데이터의 프레임 모델링은 프레임 단위로 OWL 언어의 기계적 변환이 가능하며, 보다 쉽게 서지 정보 온톨로지를 구축하게 하는 방법이다.

넷째, 개념간의 논리 관계와 프로퍼티의 카디널리티 및 프로퍼티 값에 대한 논리적 제한을 부가할 수 있는 OWL을 이용하여 MRAC 필드의 복합 구조를 형식 온톨로지화 하였다. MARC는 필요에 따라 비논리적으로 태그가 확장되었고, 표현체계가 복잡하기 때문에 단순 계층구조와 의미 어휘 체계를 지원하는 XML

DTD나 RDF/S로는 MARC의 구조를 제대로 표현하기가 어렵다.

다섯째, OWL로 기술한 목록 온톨로지를 이용하여 실제 인스턴스를 작성함으로써 기계가 독행목록 시스템에서 기계이해형목록 시스템으로 전환을 시도하였다. 이것은 MARC에 내포되어 있는 지식의 추론이 가능한 목록 시스템을 구축할 수 있는 가능성을 제시한 것이다.

도서관에서 제공하는 정보는 도서형태 만이 아니라 전자책과 웹자원 등 다양화되고 있어, 이를 포괄할 수 있는 융통성 있는 서지표현이 요구되며 서로 다른 포맷의 데이터 시스템 간

에 교환과 통합이 필요하다. 본 논문에서 구축한 의미웹 형태의 온톨로지 목록 기술은 다른 메타 데이터 시스템과 의미적 상호운용성을 확보할 수 있게 하므로 다양한 자원을 통합하여 포괄적으로 메타데이터를 관리할 수 있는 방안이 된다. 향후 본 연구를 기초로 온톨로지 목록시스템을 일반화하고, 지능적인 문헌관리 시스템을 실제로 구현 할 수 있는 후속 연구가 필요하며 본 연구를 확장하여 온톨로지 목록시스템을 중심으로 한 의미웹 기반의 메타데이터 통합 시스템이 개발되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- 김태수. 1995. 표목의 기능에 관한 연구. 『정보관리학회지』, 12(2): 9-35.
- 양정진. 2003. 시맨틱 웹에서 온톨로지 공학. 『정보과학회지』, 21(3): 28-35.
- 이경호. 1999. 한국문헌목록정보(KORMARC)의 문제점 및 개선방향에 관한 연구. 『한국도서관·정보학회지』, 30(3): 295-322.
- 이수상, 이규연. 2001. Dublin Core 기반의 Meta Editor 개발. 『도서관』, 56(4): 22-51.
- 한성국, 정영식, 주수종, 이현창. 2004. 『XML 워크샵』. 서울: 정의사.
- Calyle, Allyson 2002. *Document Ontologies in Library and Information Science: An Introduction and Critical analysis*. Knowledge Technology Conference, 2002. Seattle, WA, USA: iSchool, University of Washington.
- Corcho, Oscar, Mariano Fernández-López, and Asunción Gómez Pérez. 2000. *OntoWeb Technical Roadmap v1.0*. IST Programme of the Commission of the European Communities as Project No. IST-2000-29243
- Fischer, Gerhard, and Jonathan Ostwald. 2001. "Knowledge Management: Problems, Promises, Realities, and Challenges." *IEEE Intelligent System*, 16(1): 60-72.
- Gomez-Perez, A. 2002. *State of Art in Ontologies from the Semantic*

- Web perspective*. Esperanto Services IST-2001-34373
- Interoperability of Data in E-commerce Systems. 2000. [online]. [cited 2004. 5. 30]<<http://www.indecs.org/>>
- Lannella, Renato. 1999. "An Idiot's guide to the Resource Description Framework." *The New Review of Information Networking* [online], vol.4. [cited 2004. 5. 14] <<http://archive.dstc.edu.au/RDU/reports/RDF-Idiot>>
- McGuinness, Deborah L., and Frank van Harmelen. 2004. "Owl Ontology Language Overview." [online]. [cited 2004. 5. 24]. <<http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/>>
- Mylopoulos, John. 1998. "Information modeling in the time of the revolution." *Information Systems*. 123 (3/4): 127-155.
- Newton, Katy. 2002. "Putting the ICLD on the Semantic Web". [online]. [cited 2004. 5. 20] <[http://www.mindswap.org/webai/2002/fall/International\\_20Children\\_27s\\_20Digital\\_20Library.html](http://www.mindswap.org/webai/2002/fall/International_20Children_27s_20Digital_20Library.html)>
- Neches, Robert. 1991. "Enabling technology for knowledge sharing". *AI Magazine*, 12(3): 36-56.
- Rumbaugh, James, Michael Blaha, William Premerlani, Frederick Eddy, and William Lorenson. 1991. Object-oriented modeling and design. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Smith, Michael K., Chris Welty, and Deborah L. McGuinness. 2004. "Owl Ontology Language Guide." [online]. [cited 2004. 5. 24]. <<http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>>
- Studer, Rudi, V. Richard Benjamins, and Dieter Fensel. 1996. "Knowledge Engineering: Principles and methods". *Data & Knowledge Engineering*, 25(1-2): 161-197.
- Weinstein, Peter C. 1998. *Ontology-based metadata: transforming the MARC legacy*. *International Conference on Digital Libraries*. International Conference on Digital Libraries: Proceedings of the third ACM conference on Digital Libraries, Pittsburgh, Pennsylvania US.
- Xu, Amanda 1996. *Accessing Information on the Internet : Feasibility Study of USMARC Format and AACR2*. OCLC Internet Cataloging Project Colloquium Field Report. [online]. [cited 2004. 5. 14] <<http://digitalarchive.oclc.org/da/ViewObject>>