

의미적 연관성을 이용한 멀티미디어 정보 검색

Multimedia Information Retrieval Using Semantic Relevancy

박 창 섭*
Park, Chang-Sup

요 약

최근 웹 기술의 발달과 유무선 네트워크 성능의 향상, 그리고 다양한 멀티미디어 서비스가 등장함에 따라 텍스트 문서나 이미지에 대한 검색뿐만 아니라 동영상을 포함한 멀티미디어 검색에 대한 요구가 크게 증가하고 있다. 그러나 기존의 멀티미디어 검색 방법은 멀티미디어 콘텐츠에 포함된 의미 개념들의 연관성을 효과적으로 이용하지 못하고 콘텐츠에 대한 메타데이터의 검색에 의존함에 따라 제한적인 검색 결과만을 제공한다. 본 논문에서는 도메인 온톨로지를 활용하여 멀티미디어 콘텐츠의 의미적 연관성에 기반을 둔 멀티미디어 검색 방법 및 시스템 구조를 제안한다. 사용자 검색어를 직접적으로 포함하지 않지만 의미적으로 연관성이 있는 개념들을 온톨로지서에서 검색하고 이들에 대한 랭킹을 결정하기 위한 클래스 연관도 척도를 정의하고, 이를 효율적으로 계산하기 위한 알고리즘을 제시한다. 또 프로토타입 시스템 구현 및 실험을 통해 제안한 검색 방법 및 시스템의 효과를 보인다.

Abstract

As the Web technologies and wired/wireless network are improved and various new multimedia services are introduced recently, need for searching multimedia including video data has been much increasing. The previous approaches for multimedia retrieval, however, do not make use of the relationships among semantic concepts contained in multimedia contents in an efficient way and provide only restricted search results. This paper proposes a multimedia retrieval system exploiting semantic relevancy of multimedia contents based on a domain ontology. We show the effectiveness of the proposed system by experiments on a prototype system we have developed. The proposed multimedia retrieval system can extend a given search keyword based on the relationships among the semantic concepts in the ontology and can find a wide range of multimedia contents having semantic relevancy to the input keyword. It also presents the results categorized by the semantic meaning and relevancy to the keyword derived from the ontology. Interdependency of domain ontology with respect to metadata on the multimedia contents is preserved in the proposed system architecture.

☞ keywords : multimedia, information retrieval, ontology, semantic search

1. 서 론

최근 개인용 디지털 저장장치(Personal Digital Recorder), 홈 서버 등이 보급되고 DMB, IP-TV 등 새로운 멀티미디어 콘텐츠 서비스들이 등장함에 따라 사용자들이 다양한 서비스 단말을 통해 원하는 콘텐츠를 쉽게 찾을 수 있는 멀티미디어 콘텐츠 검색 기술에 대한 요구가 크게 증대되고 있다. 이러한 요구를 반영하여 국내에서도 주요

포털 서비스들과 동영상 제공 서비스들에서 멀티미디어 콘텐츠에 대한 검색 서비스를 제공하고 있다.

멀티미디어 콘텐츠에 대한 검색 방법으로는 키워드 기반(keyword-based) 검색과 내용 기반(content-based) 검색 등이 주로 사용되고 있다. 내용 기반 검색[1]은 멀티미디어 콘텐츠를 구성하는 이미지, 비디오 등의 다양한 물리적 특성(feature)을 바탕으로 콘텐츠를 검색하는 방법이다. 즉, 이미지나 비디오 프레임이 가지고 있는 색상, 질감, 사물의 형태 등을 바탕으로 멀티미디어 콘텐츠를

* 정 회 원 : 수원대학교 인터넷정보공학과 교수

park@suwon.ac.kr

[2007/06/07 투고 - 2007/06/12 심사 - 2007/07/09 심사완료]

색인화하고 검색한다. 그러나 이러한 검색 방식은 사용자 입장에서 직관적이지 못하고 질의 표현도 어렵기 때문에 실제로 널리 사용되지 못하고 있다. 키워드 기반 검색 방법은 멀티미디어 콘텐츠를 기술하는 부가 정보, 즉 메타데이터를 콘텐츠와 함께 저장하고 사용자로부터 입력된 검색어를 포함하는 메타데이터를 검색함으로써 원하는 멀티미디어 콘텐츠를 찾는 방법이다. 메타데이터는 일반적으로 콘텐츠의 제목, 줄거리, 키워드, 출연자 등과 같은 정보를 포함하며, 효과적인 검색을 위해 콘텐츠를 구성하는 이미지 또는 비디오 세그먼트에 대한 메타데이터도 사용된다. 그러나 키워드 기반 검색 방법의 가장 큰 문제점은 메타데이터에 검색어가 직접적으로 포함된 콘텐츠만을 검색할 수 있다는 점이다. 즉, 의미적으로는 검색어가 갖고 있는 개념을 포함하거나 그것과 연관성을 가지고 있으나 메타데이터 상에는 검색어가 포함되어 있지 않은 콘텐츠들은 검색 결과에서 제외된다. 또한, 검색 결과에 대한 분류나 순서화도 주로 키워드의 출현 빈도나 콘텐츠의 검색 빈도 등에 의존하기 때문에 주어진 검색어와 검색된 멀티미디어 콘텐츠들 사이의 의미적 관계나 연관도를 잘 나타내 주지 못하는 문제점이 있다.

멀티미디어 콘텐츠에 내포된 의미 정보를 기반으로 사용자가 원하는 멀티미디어 콘텐츠를 효과적으로 검색하기 위해서는 우선 콘텐츠들과 연관된 도메인(domain)의 의미 체계를 조직화하여 기술하고 이를 이용하여 콘텐츠들이 가지고 있는 의미 정보를 잘 기술해야 한다. 콘텐츠의 의미 정보를 기술하는 방법으로는 MPEG-7 시맨틱 기술자(semantic descriptor)나 온톨로지(Ontology)를 이용하는 방법 등이 있다. MPEG-7에서 제안된 시맨틱 기술자는 표준에 이미 정의되어 있는 관계들만을 이용해서 콘텐츠의 의미 정보를 기술하도록 되어 있기 때문에 표현력에 한계를 가질 수밖에 없다. 반면, 온톨로지는 실 세계의 다양한 개념 및 관계를 효과적으로 표현할 수 있고 멀티

미디어 콘텐츠와 독립적으로 정의될 수 있다.

본 논문에서는 온톨로지 정보를 활용하여 주어진 검색어와 의미적 연관성을 갖는 멀티미디어 콘텐츠들을 찾고 콘텐츠들이 내포하고 있는 의미에 따라 그것들을 분류함으로써 사용자에게 보다 다양한 결과를 의미 관계와 함께 제공해 줄 수 있는 멀티미디어 시맨틱 검색 방법과 이를 구현하기 위한 시스템 구조를 제안한다. 검색 결과들을 효과적으로 분류 및 정렬하기 위해, 도메인 온톨로지에 포함된 개념들 사이의 의미적 연관성(semantic relevancy)을 측정할 수 있는 기준(criteria)을 제안하고 주어진 사용자 검색어 집합에 대해 온톨로지 개념들의 의미적 연관도를 효율적으로 계산할 수 있는 방법을 제시한다. 제안하는 검색 방법을 이용함으로써, 예를 들어, 검색어로 '사과'가 입력되었을 때 '사과'의 구성물질인 '케르세틴', '비타민C' 등에 관한 내용을 가진 동영상 콘텐츠나 '사과'가 효능이 갖는 질병, 또는 그러한 질병에 대한 치료법 등 검색어와 의미적 연관성이 있는 콘텐츠들을 검색할 수 있으며 이들을 '사과'에 대한 의미적 연관도에 따라 분류 및 정렬하여 사용자에게 제공할 수 있다. 즉, 온톨로지 정보를 활용함으로써 메타데이터 만으로는 검색어와 직접적인 관련성을 찾을 수 없으나 의미적으로는 연관성이 있는 멀티미디어 콘텐츠들을 찾을 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 제안하는 검색방법을 이용한 프로토타입 시스템을 구현하고, 건강 및 음식과 관련된 온톨로지와 방송 콘텐츠들을 이용하여 검색 성능을 실험함으로써 제안하는 검색 방법의 효과를 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 멀티미디어 정보 검색 및 온톨로지 기술과 관련된 기존 연구들에 대해 살펴본다. 3장에서 제안하는 멀티미디어 검색 시스템의 구조를 제시하고, 4장에서는 사용자 검색어와 온톨로지에 포함된 개념들 사이의 의미적 연관성 측정을 위한 척도 및 효율적인 계산 방법에 대해 기술한다. 5장에서는 프로토타입 시스템의 구현 및 실험 결과에 대해

기술하고, 마지막으로 6장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

멀티미디어 콘텐츠가 내포하고 있는 의미 정보를 검색에 활용하기 위해서는 먼저 적용 분야, 즉 도메인의 전반적인 의미 체계를 조직화하여 구성하고 이를 이용하여 멀티미디어 콘텐츠의 의미 정보를 기술해야 한다. 이를 위한 주요 방법들 중의 하나로 온톨로지를 활용하여 멀티미디어 콘텐츠를 의미적으로 주석화(annotation)하는 방법이 있다. 온톨로지는 특정 영역의 어휘(vocabulary), 즉 개념들과 그들 간의 관계를 명시적이고 형식적으로 명세화한 것이다 [2]. 즉, 특정 분야에 대한 온톨로지는 그 도메인에 대한 지식을 기술하기 위한 어휘와 이들에 대한 의미 정보를 명세화한 것으로 볼 수 있다 [3]. 넓은 의미에서 보면 도메인 지식을 기록하고 있는 지식 베이스(knowledge-base)의 일종이라고 할 수 있다. 그러나, 온톨로지는 도메인 지식을 좀 더 자세히 표현하고자 표현력이 높은 언어를 이용하여 정의한 것으로 전통적인 지식 데이터베이스와 구별된다. 온톨로지는 개념적으로 유사한 객체들을 클래스(class)로 분류하고, 이 객체들에 대한 정보 및 객체들 사이의 관계를 속성(property)으로 기술한다. 뿐만 아니라, 클래스들 간의 상속 관계(subclass hierarchy), 대칭 관계(inverse-of), 분리성(disjointness) 등 다양한 관계들을 정의할 수 있다 [4, 5]. 이러한 기능을 활용함으로써 서로 다른 객체들에 대한 다양한 의미 정보를 구체적이고 효과적으로 표현할 수 있고, 추론을 통해 새로운 의미 정보를 발견할 수 있다.

온톨로지를 정의하기 위해 사용되는 표준 언어로는 RDF, RDFS, OWL 등이 있다. RDF(Resource Description Framework)[6]는 웹 상에 존재하는 자원(resource) 및 그들 사이의 관계를 기술하기 위한 일종의 데이터 모델로, 정보를 주어-술어-목적

어의 Triple 형태로 표현한다. RDFS(RDF Schema)[7]는 RDF 자원들에 대한 분류 및 집단체를 위해 클래스 및 클래스 상속 관계를 정의할 수 있는 어휘 기술 언어이다. OWL(Web Ontology Language)[5]은 description logic에 기반하여 RDF 및 RDFS 보다 더욱 높은 표현력을 가진 온톨로지 기술 언어로, 클래스의 분리성(disjointness)과 동등성(equivalence), 속성 값의 레인지(range)에 대한 제약, 영역(range)의 카디널리티(cardinality) 조건, 클래스들의 불리언(boolean) 조합, 그리고 대칭성, 이행성 등과 같은 속성의 다양한 특성들을 표현할 수 있다.

온톨로지 기술은 특히 시맨틱 웹(Semantic Web) 분야에서 기계가 이해하고 처리할 수 있는 의미 관계를 정의하고 이를 활용하기 위해 널리 연구되고 있다. 온톨로지와 같은 시맨틱 정보를 이용하여 텍스트 문서에 대한 효과적인 정보 검색을 지원하기 위한 연구들로는 [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15] 등이 있다. KIM 시스템[12, 13]에서는 지식 베이스를 구축하고 이를 이용하여 대규모 문서 집합을 자동적으로 주석화하는 방법을 제안하였다. 그러나 문서의 색인화(indexing), 검색, 랭킹은 기존의 키워드 기반 정보 검색 방식에 기반하여 수행되며 지식 베이스를 이용한 효과적인 랭킹 방법은 제안되지 않았다. TAP 시스템[10]은 기존 웹에 대한 시맨틱 검색을 위해 문서와 개념들을 함께 시맨틱 네트워크 형태로 구성하였다. 즉, 웹 문서들을 온톨로지와 같은 계층 구조와 링크 정보로 연결하고 사용자 질의에 대해 다양한 정보 소스로부터 연관된 정보들을 함께 검색 및 통합하여 제공한다. 그러나 이 시스템은 온톨로지에 포함된 속성들을 바탕으로 기존 웹 검색 결과를 확장하는 방식으로, 온톨로지를 활용한 다양한 검색을 수행하지 못하고 온톨로지에 적합한 랭킹 방법도 제공되지 않는다. C. Rocha et al. [14]은 키워드 기반 사용자 입력에 대한 초기 질의 결과에 대해 온톨로지 내에서 관련된 노드들을 찾아 질의 결과를 확장하는 방법을 제안하였다. 이 방

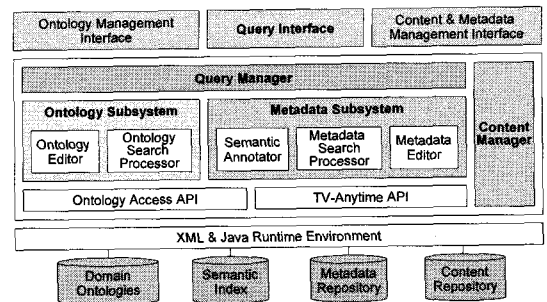
법에서는 노드들의 랭킹을 위한 기준으로 초기 질의 결과와의 거리를 이용하였다. D. Vallet et al. [15]에서는 키워드 기반 색인 대신에 온톨로지 기반 지식 베이스를 이용하여 문서 리퍼지토리(repository)에 대한 주석을 생성하고 이를 활용하여 문서를 검색하는 온톨로지 기반 IR 모델을 제안하였다. 이 모델에서는 주석에 대한 가중치(weight) 부여와 검색된 문서들에 대한 랭킹 방법으로 기존의 벡터-공간 모델을 사용하였으며, 지식 베이스에 대한 질의 표현은 RDF Data Query Language(RDQL)[16]을 사용하였다. 한편, [8, 9, 11]에서는 온톨로지 내에서 두 리소스(resource) 사이의 의미적 연관성(semantic association)을 검색하기 위한 질의 처리 방법에 대해 연구하였다. 이 연구에서는 사용자로부터 주어진 두 검색어 사이에 존재하는 다양한 관계(relationship)들을 발견하기 위해 RDF로 표현된 온톨로지 내에 속한 두 리소스 사이의 많은 연결 경로들을 찾고 그것들의 의미적인 순위를 결정하기 위한 랭킹 기법을 제안하였다.

온톨로지를 활용한 멀티미디어 정보 검색에 관한 연구로는, 미디어의 특성(feature) 및 내용을 표현하기 위한 온톨로지 구축과, 온톨로지를 이용하여 오디오/비디오 데이터에 대한 주석 및 메타데이터를 생성하는 기술 등에 대한 연구가 수행되었다. MultimediaN E-Culture Project [17]에서는 RDF/OWL, SPARQL 등의 시맨틱 웹 기술을 사용하여 cultural heritage 관련 멀티미디어 객체들의 컬렉션에 대한 색인화 및 검색을 지원하는 시스템을 개발하였다. 이 시스템에서는 멀티미디어 객체들을 모두 검색한 후 이들 중 의미적인 유사성을 갖는 것들을 카테고리 분류하여 제공하는 방법을 제안하였다. 그러나 클래스 단계에서 기술된 내용을 신뢰할 수 없는 온톨로지를 사용하는 경우에는 이러한 접근 방식이 적합할 수 있겠지만, 클래스들 간의 관계가 잘 기술되어 있는 온톨로지를 이용하는 경우에는 먼저 온톨로지를 활용하여 관련성 있는 개념 및 관계에 관한 정보를

추출하고 이를 활용하여 객체에 대한 검색을 수행하는 것이 더 효과적일 수 있다. [18, 19]에서는 멀티미디어를 위한 메타데이터 표준인 MPEG-7에 포함된 시맨틱 기술자(semantic descriptor)를 OWL 온톨로지와 통합하여 이용하는 방안을 제안하였다. 또 메타데이터를 기술함에 있어 온톨로지와의 연결을 용이하게 할 수 있도록 지원하는 도구[20]와, 여러 메타데이터 표준들 간의 상호운용과 시맨틱 정보의 통합을 위해 온톨로지를 활용하는 방법[21]에 대한 연구도 수행되었다. 이러한 온톨로지 적용 방식은 메타데이터와 온톨로지가 긴밀하게 연관됨으로써 의미적으로 보다 정확한 검색을 가능하게 한다. 그러나, 온톨로지와 메타데이터 간의 독립성이 보장되지 않기 때문에 온톨로지가 변경될 경우 메타데이터도 함께 변경해 주어야 하고, 온톨로지와 연관되는 시맨틱 정보를 추가적으로 기술해 주어야 하는 문제점이 있다.

3. 시스템 구조 및 질의 처리 모델

본 장에서는 도메인 온톨로지를 이용한 멀티미디어 콘텐츠 검색 시스템의 구조에 대해 기술한다. 본 논문에서 제안하는 멀티미디어 콘텐츠 검색 시스템의 구조는 그림 1과 같다.



(그림 1) 멀티미디어 콘텐츠 검색 시스템 구조

본 시스템은 기존의 일반적인 메타데이터 기반 멀티미디어 검색 시스템과 달리 기 구축된 도메인 온톨로지를 이용하여 멀티미디어 콘텐츠에 대

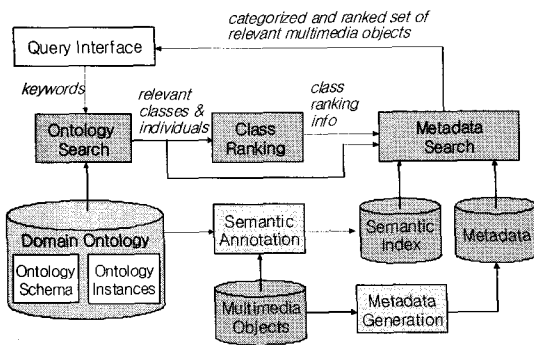
한 의미적인 색인화 및 검색을 수행한다. 멀티미디어 저장소에 저장된 멀티미디어 콘텐츠들은 그 내용에 따라 특정 도메인에 속한다고 가정한다. 온톨로지는 그 도메인에 대한 지식 정보를 기술할 수 있도록 설계 및 생성된다. 이러한 도메인 온톨로지가 구축되어 존재할 때 이를 활용한 시맨틱 검색이 가능하게 된다. 도메인 온톨로지는 일반적으로 그 도메인에 대한 전문가와 지식 공학자(knowledge engineer)에 의해 구축된다. 표준 온톨로지 정의 언어를 이용하여 정의되고 공개된 온톨로지는 재활용 될 수 있다. 본 논문에서는 효과적으로 도메인 지식을 표현하고 멀티미디어 검색에 활용하기 위해, W3C 표준 온톨로지 기술 언어인 OWL(Web Ontology Language)을 사용한다. OWL 온톨로지 스키마는 도메인에 속한 개념들을 나타내는 클래스(class)들과 그들 사이의 속성(property)들로 이루어지는 유한 그래프로 정의될 수 있다. 그리고 이 스키마를 따르는 OWL 온톨로지는 클래스들과 속성들의 인스턴스(instance)들로 이루어지는 유한 그래프로서, 이 때 클래스 인스턴스와 속성의 값이 될 수 있는 리터럴(literal)들을 인디비듀얼(individual) 또는 객체라고 부른다.

기 위해 온톨로지를 이용하여 미리 멀티미디어 콘텐츠들에 대한 의미 색인(semantic index)을 생성한다고 가정한다. 의미 색인은 각 멀티미디어 객체의 의미를 기술할 수 있는 개념들을 온톨로지로부터 찾은 후 명시적인 주석화(annotation) 과정을 통해 생성된다. 이 때, 적절한 클래스나 객체들을 찾기 위해 기 존재하는 메타데이터들을 활용할 수 있으며, 온톨로지를 이용한 반자동적 또는 자동적 주석화를 위해 기존 연구들(예를 들면, [12, 22, 23])에서 제안된 방법을 이용할 수 있다.

그림 1에 도시된 바와 같이 본 시스템은 계층적인 구조를 갖는다. 멀티미디어 콘텐츠 검색과 관련된 구성 요소는, 사용자로부터 키워드 셋(set) 형태의 질의를 입력 받고 검색 결과를 제공하는 질의 인터페이스, 온톨로지 서브-시스템과 메타데이터 서브-시스템 위에서 전반적인 질의 처리 프로세스를 수행하는 질의 처리기, 도메인 온톨로지에 대한 검색 및 추론을 수행하는 온톨로지 검색 엔진, 그리고 사용자 질의와 온톨로지 정보를 이용하여 메타데이터 및 관련 멀티미디어 콘텐츠에 대한 검색 결과를 생성하는 메타데이터 검색 엔진 등으로 구성된다.

질의 인터페이스는 사용자가 멀티미디어 검색 시스템을 접근하기 위한 인터페이스로서, 웹 어플리케이션이나 또는 응용 프로그램 클라이언트로 구현될 수 있다. 질의 인터페이스는 검색어를 입력 받을 수 있는 입력 부분과 검색 결과를 출력할 수 있는 출력 부분으로 구성된다. 질의 처리기는 온톨로지 서브-시스템과 메타데이터 서브-시스템, 그리고 상위의 질의 인터페이스를 연동시켜 주는 역할을 수행한다. 즉, 질의 인터페이스로부터 전달 받은 검색어를 온톨로지 검색 엔진에게 전송하고, 온톨로지 검색 및 추론 결과를 다시 메타데이터 검색 엔진에게 전달한다. 또 최종적인 메타데이터 검색 결과를 질의 인터페이스에게 전달하는 역할을 수행한다.

온톨로지 검색 엔진은 사용자가 검색 인터페이



(그림 2) 멀티미디어 시맨틱 검색을 위한 질의 처리 모델

본 시스템에서는 온톨로지 검색 및 추론 결과를 멀티미디어 콘텐츠 검색에 효과적으로 활용하

스를 통해 입력한 검색어를 온톨로지 추론을 통해 연관성있는 검색어들의 집합으로 변환한다. 연관 검색어 집합은 온톨로지에 기술되어 있는 정보를 바탕으로 연관된 검색어들로 이루어진 집합을 가리키며, 여러 검색어 집합은 다시 검색어 시나리오를 구성한다. 온톨로지는 파일 시스템 상에 저장된 파일, 데이터베이스 시스템 내에 저장된 테이블, 또는 웹 상에 존재하는 문서 등 다양한 형식으로 존재할 수 있다. 온톨로지 처리기는 이렇게 다양한 형태로 존재하는 온톨로지를 파싱해서 메모리 상에 적재하여 지식 베이스를 구성할 수 있도록 한다. 온톨로지 추론기는 이러한 지식 베이스를 대상으로 사용자 검색어를 이용하여 논리적인 추론을 수행함으로써 연관된 검색어 집합을 생성한다.

마지막으로, 메타데이터 검색 엔진은 기 생성된 의미 색인과 메타데이터를 이용하여 관련된 멀티미디어 콘텐츠를 검색한다. 멀티미디어 검색 결과는 검색어에 대한 의미적 연관성에 따라 분류 및 정렬되고 멀티미디어 콘텐츠의 물리적인 접근 정보와 함께 사용자에게 제공된다.

그림 2는 멀티미디어 콘텐츠에 대한 질의 처리 과정의 개략적인 흐름을 도시한 것이다. 본 논문에서는 사용자의 특성과 사용자 편의성을 고려하여 단순히 검색 키워드들의 리스트로 구성된 사용자 질의를 고려한다. 앞에서 언급한 바와 같이 도메인 온톨로지와 의미 색인이 존재한다고 할 때, 질의 인터페이스를 통해 입력된 사용자의 검색 질의는 다음과 같이 크게 세 단계로 처리된다.

- 온톨로지 검색 및 추론: 온톨로지 검색 엔진을 통해 주어진 검색어와 관련된 클래스 및 객체를 검색한다. 이 때, 사용자 검색어들과 일치하는 개념들뿐만 아니라 그것들과 의미적 연관성이 있는 클래스 및 객체들도 찾는다. 의미적 연관성 기준 및 온톨로지 검색 방법은 4장에서 자세히 기술한다.
- 클래스 랭킹: 앞에서 도출된 클래스들이 검색어

와 의미적으로 얼마나 연관성이 있는가에 따라 그것들의 순위를 결정한다. 이 단계는 알고리즘 구현 방법에 따라 첫 번째 단계와 통합되어 수행될 수도 있다.

- 멀티미디어 콘텐츠 검색: 사용자 검색어와 첫 번째 단계에서 도출된 온톨로지 용어(term)들을 이용하여 멀티미디어 콘텐츠를 검색하고 두 번째 단계에서 도출된 클래스 랭킹 정보를 이용하여 검색된 콘텐츠들에 대한 분류 및 랭킹을 수행한다.

이러한 과정을 통해 주어진 사용자 검색어와 의미적으로 연관성이 있는 멀티미디어 콘텐츠를 효과적으로 검색할 수 있다.

4. 의미적 연관성 척도

의미 기반 검색을 수행하기 위해서는 온톨로지 에서 검색어가 나타내는 개념과 연관성이 높은 개념들, 즉 클래스들을 찾아야 한다. 가장 만족할 만한 결과를 얻을 수 있는 방법은 해당 도메인 전문가가 온톨로지를 구축하고 각 클래스에 대해 연관도가 높은 클래스들의 순위를 결정하여 규칙을 정의하는 것이다. 그러나 온톨로지의 규모가 커짐에 따라 클래스의 수가 증가하고 클래스들 사이의 링크가 복잡해지면 연관도가 높은 클래스들을 모두 수동적으로 선택하는데 어려움이 발생하게 된다. 따라서 주어진 사용자 검색어에 대해 온톨로지 클래스들의 의미적 연관도를 자동적으로 계산하여 순위를 결정할 수 있는 랭킹 방법이 필요하다. 이를 위해 본 장에서는 클래스들 사이의 의미적 연관도에 대한 척도를 정의하고 이를 효율적으로 계산할 수 있는 방법을 제시한다.

4.1 클래스 연관도 기준

클래스 연관도란 온톨로지 내에서 두 클래스가

의미적으로 얼마나 관련이 있는지를 나타내는 척도이다. 온톨로지 스키마에서 클래스 A와 B가 서로 연관성이 있다는 것은 A와 B사이의 속성들의 경로(property path)가 존재함을 의미한다. 온톨로지 스키마에서 클래스들의 연결 그래프는 일반적으로 매우 복잡하고 임의의 두 클래스 사이에는 서로 다른 많은 속성 경로들이 존재할 수 있다. 따라서 클래스들 사이의 연관도는 다양한 값을 가질 수 있으며 이를 측정할 수 있는 기준이 필요하다. 본 장에서는 두 클래스에 속하는 객체들의 속성 경로에 의한 연결 구조에 기반을 둔 클래스 연관도 척도를 제안한다.

3장에서 기술된 바와 같이, 온톨로지는 온톨로지 스키마의 인스턴스로서, 온톨로지 스키마에 포함된 클래스에 속하는 객체를 나타내는 노드의 집합과 두 객체를 연결하는 속성을 나타내는 유향 간선의 집합으로 이루어지는 유향 그래프로 표현 가능하다.

정의 1. 주어진 온톨로지 스키마에 속하는 클래스들의 집합 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 와 임의의 두 클래스 사이에 정의된 속성들의 집합 P 에 대해 정의되는 온톨로지 인스턴스 그래프(Ontology Instance Graph)는 유향 그래프 $G = (V, E)$ 로 정의된다. 이 때, V 는 $C_i (1 \leq i \leq n)$ 에 속하는 객체들의 집합이고, $E = \{(a, b) \mid a \in V, b \in V, b \text{는 } a \text{에 대한 특정 속성의 값}\}$ 이다.

이러한 온톨로지 인스턴스 그래프에 대해, $link-to(v)$ 는 하나의 속성에 의해 객체 v 에 연결되어 있는 다른 객체들의 집합, $path(s, u)$ 는 객체 s 에서 객체 u 까지 도달하는 속성 경로들의 집합, $od(u)$ 는 객체 u 에서 다른 객체들로 연결된 속성들의 개수를 나타낸다고 하자. 본 논문에서는 어떤 객체가 다른 객체 집합으로부터 더 많은 속성들 또는 속성 경로들을 통해 연결될수록 그 객체들과 더 밀접하게 연관된다고 간주한다. 또 어떤 객체가 다른 객체 집합에 대해 더 많은 외향 속성

들 또는 속성 경로들을 통해 연결될수록 그 객체 집합에 속한 각 객체에 대해서는 의미적 연관성이 더 적다고 간주한다. 이러한 개념을 바탕으로, 두 객체 사이의 의미적 연관도를 다음과 같이 정의한다.

정의 2. 클래스 S 와 클래스 V 에 각각 속하는 두 객체 s, v 에 대해, s 에 대한 v 의 객체 연관도(Individual Relevancy)는

$$IR(s, v) = \begin{cases} \sum_{u \in link-to(v) \text{ s.t. } u \in S \text{ or } \exists path(s, u)} \frac{IR(s, u)}{od(u)} & (s \neq v) \\ \frac{od(s)}{\sum_{u \in S} od(u)} & (s = v) \end{cases}$$

로 정의된다.

위 정의 2에서 객체 연관도는 재귀적으로 정의된다. 즉, 어떤 객체 s 에 대한 연관도 값은 s 로부터 시작되는 유향 경로들을 따라 다른 객체들로 전파된다고 가정한다. 즉, 객체 u 와 연결된 다른 객체 v 가 있을 때, s 에 대한 v 의 연관도 값은 s 에 대한 u 의 연관도 값으로부터 도출되며, 이 때, 후자는 u 로부터 나오는 외향 간선의 개수만큼 일정하게 나뉘어져서 그 외향 간선에 연결된 객체들에게 분배된다고 가정한다. 이 때, $IR(s, v)$ 의 값은 v 에 연결된 모든 객체들로부터 전파되는 값들의 합으로 계산될 수 있다. 이러한 객체 연관도를 이용하여, 두 클래스 사이의 연관도는 두 클래스에 속한 모든 객체들의 쌍에 대한 객체 연관도의 합으로 정의될 수 있다.

정의 3. 클래스 S, V 에 대해, S 에 대한 V 의 클래스 연관도(Class Relevancy)는

$$CR(S, V) = \sum_{v \in V, s \in S \text{ s.t. } \exists path(s, v)} IR(s, v)$$

로 정의된다.

4.2 연관도 계산 방법

위 절에서 정의된 클래스 연관도 기준에 의해 사용자 검색어와 연관성이 있는 온톨로지 클래스들을 찾고 그들의 랭킹을 결정하기 위해서는, 먼저 사용자 질의를 만족하는 객체들의 집합 S 를 찾고, 이들에 대해 온톨로지 인스턴스 그래프를 탐색해야 한다. 이러한 탐색 과정은 온톨로지 인스턴스 그래프의 크기와 복잡성이 증가할수록 비용이 크게 증가한다. 본 절에서는 제안한 연관도 기준에 따라 연관성 높은 클래스들의 연관도를 효율적으로 계산할 수 있는 방법을 제시한다. 우선 다음과 같은 그래프를 고려한다.

정의 4. 온톨로지 인스턴스 그래프 G 에 속하는 객체들의 집합 S 에 대해 $DAG(G, S)$ 는 S 에 속하는 각 객체 s 로부터 속성 경로에 의해 도달가능한 객체들만을 포함하는, G 에 대한 유향 비순환부-그래프(directed acyclic sub-graph)이다.

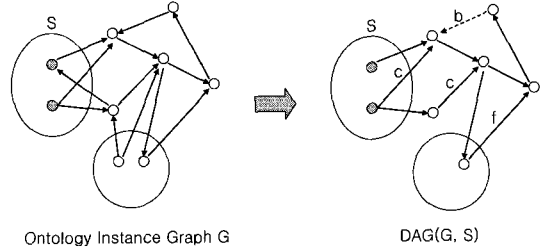
위에서 정의된 $DAG(G, S)$ 는 그래프 G 에 대해 S 에 속하는 객체들로부터 출발하는 깊이-우선 탐색(depth-first traversal)을 수행함으로써 생성될 수 있다. 이에 대한 알고리즘을 기술하면 그림 3과 같다.

```

Execute depth-first searches of G starting
from each of the vertices in S.
Let  $DAG(G, S) = (\{s \mid s \in S\}, \emptyset)$ .
For each step of the depth-first searches,
  let  $(u, v)$  be the newly visited edge.
  If  $v$  is in  $S$ ,
    ignore the edge and continue DFS.
  Else If  $(u, v)$  is a tree edge,
    insert the vertex  $v$  and the edge  $(u, v)$ 
    into  $DAG(G, S)$ 
  Else If  $(u, v)$  is a forward or cross edge,
    insert the edge  $(u, v)$  into  $DAG(G, S)$ 
  Else If  $(u, v)$  is a back edge,
    ignore the edge and continue DFS
    since it creates a cycle in  $DAG(G, S)$ .
  End If.
End For.
    
```

(그림 3) $DAG(G, S)$ 생성 알고리즘

그림 4는 상기 알고리즘을 이용하여 생성되는 $DAG(G, S)$ 의 예를 나타낸다.



(그림 4) 멀티미디어 콘텐츠 검색 시스템 구조

객체 집합 S 에 대한 클래스 C_i 의 클래스 연관도 $CR(S, C_i)$ 는 $DAG(G, S)$ 에 속한 객체들에 대해 위상 정렬(topological sort)을 수행함으로써 효율적으로 계산할 수 있다. 즉, 어떤 객체 v 에 대해 S 에 포함된 모든 객체들에 대한 객체 연관도의 합을 $IR(S, v)$ 라 할 때, $DAG(G, S)$ 에 포함된 모든 객체 v 에 대해, $IR(S, v)$ 를 객체들의 위상 순서에 따라 계산한다. 그 값은 위상 정렬 수행 시 v 의 직속 선행자(immediate predecessors)들로부터 전파되는 값들을 누적함으로써 계산될 수 있다. 마지막으로, 클래스 연관도 $CR(S, C_i)$ 는 C_i 에 포함된 모든 객체 v 의 $IR(S, v)$ 값들의 총합을 구함으로써 얻어질 수 있다. 이를 알고리즘으로 표현하면 그림 5와 같다.

```

Generate a  $DAG(G, S)$  represented by an
adjacency list which has an in-degree value for
each vertex.
For each vertex  $v$  in the  $DAG(G, S)$ , initialize
indegree-of( $v$ ) by its in-degree value and  $IR(S, v)$ 
by 0.
For each class  $C_i$ , initialize  $CR(S, C_i)$  by 0.
Repeat
  Select a vertex  $u$  s.t.  $indegree-of(u) = 0$ 
  as the next vertex to visit.
  If no such vertex exists, then stop since
  all the vertices in  $DAG(G, S)$  have been
  visited.
    
```


$w(S, u) := IR(S, u) / od(u)$
 For the class C_i which u belongs to,
 increase $CR(S, C_i)$ by $w(S, u)$
 Propagate $w(S, u)$ to each immediate
 successor v of u by decreasing
 indegree-of(v) by 1 and increasing $IR(S,$
 v) by $w(S, u)$.

End Repeat.

(그림 5) 클래스 연관도 계산 알고리즘

위에서 기술한 알고리즘은 어떤 객체의 연관도 값을 계산하기 위해 S에 속한 각 객체로부터 시작하는 모든 속성 경로들을 고려해야 하므로 복잡한 온톨로지 인스턴스에 대해 수행 시간이 크게 증가할 수 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 연관도 값에 대한 전파 임계값(propagation threshold)을 이용한다. 즉, 위 알고리즘에서, S에 속하는 각 객체 s에서 어떤 속성을 통해 전파되는 값을 $w(S)$ 라 하자. 이 때, $w(S) = \frac{1}{\sum_{s \in S} od(s)}$ 로 정의된다. 위 알고리즘의 빠른 수행을 위해, 어떤 객체의 u와 속성으로 연결된 후속(successor) 객체들에게 전파되는 값 $w(S, u)$ 와 $w(S)$ 의 비가 가정된 전파 임계값 α ($0 < \alpha < 1$) 보다 작은 경우, 즉,

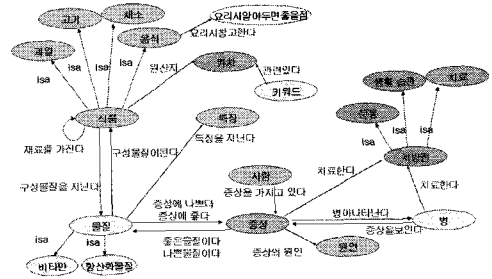
$$w(S, u) < \alpha \cdot w(S)$$

를 만족하는 경우, 그 속성을 통한 연관도 전파를 중단한다. 이러한 방법을 통해 사용자 질의에 대한 객체들과 클래스들의 상대적 연관도를 빠른 시간 내에 예측할 수 있다.

5. 구현 및 실험

5.1 프로토타입 구현

본 논문에서 제안하는 멀티미디어 검색 기법 및 검색 시스템 구조의 효과 및 성능을 검증하기



(그림 6) 건강 온톨로지 구조

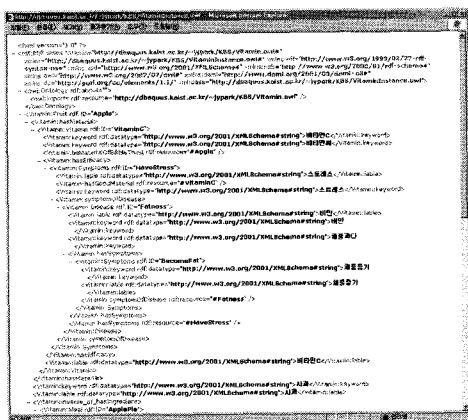
위해 프로토타입 시스템을 구현하였다. 본 프로토타입 시스템은 LINUX 운영체제 환경에서 Java 언어를 이용하여 구현되었다. 사용자로부터 검색어를 입력받고 결과를 출력하기 위한 질의인터페이스는 JSP 기술을 이용한 웹 응용 프로그램으로 개발되었다. 온톨로지 및 메타데이터의 스키마와 인스턴스에 대한 접근은 XML과 Java 언어를 기반으로 개발된 API를 통해 이루어진다.

온톨로지 서브-시스템은 OWL API와 온톨로지 질의 엔진 및 규칙 기반 추론 엔진을 제공하는 자바 기반 시맨틱 웹 라이브러리인 Jena [24]를 기반으로 구현하였다. 온톨로지 검색 엔진은 도메인 온톨로지에 대한 OWL 파일을 파일시스템으로부터 읽어 들인 후 지식 베이스를 메모리 상에 구성한다. 이러한 로딩 과정은 시간적인 비용도를 뿐만 아니라 각 사용자 요구마다 별개의 지식 베이스를 생성할 경우 메모리 공간 비용도 크게 발생한다. 이를 해결하기 위해 온톨로지 서비스를 별도의 데몬(demon) 프로세스로 구현하여 한번의 온톨로지 로딩 과정 만을 수행하고 메모리 상의 지식 베이스를 공유함으로써 시간 및 메모리 공간 비용을 절감하였다.

멀티미디어 콘텐츠에 대한 메타데이터는 TV-Anytime [25] 메타데이터 스키마 표준을 기반으로 설계하였다. 이러한 메타데이터는 XML 문서 형태로 파일 시스템에 저장 관리된다. 메타데이터 검색 엔진은 전문(full-text) 검색 엔진 라이브러리인 Apache Lucene [26]을 이용하여 구현하였다.

본 프로토타입 시스템의 실험을 위해 음식 및 건강과 관련된 도메인 온톨로지를 OWL 언어를 이용하여 설계 및 구축하였다. 이 온톨로지 스키마의 구조는 그림 6과 같다. 이 온톨로지는 식품, 물질, 증상, 병 등과 같은 클래스들을 포함한다. 식품 클래스는 고기, 과일, 채소, 음식 등과 같은 하위 클래스를 가지며, 식품 객체의 구성 물질을 나타내는 물질 클래스와 관계를 가진다. 증상 클래스는 질병에 대해 나타나는 증상들을 나타내는 클래스로, 병 클래스와 ‘관련된 증상’ 관계를 가지고, 물질 클래스와 ‘증상에 대한 효과’의 관계를 가진다. 그리고 증상에 대한 치료 방법을 기술하기 위해 처방전 클래스를 정의하였다. 그림 7은 OWL로 기술된 온톨로지 인스턴스의 일부를 나타낸다. 온톨로지 스키마에 식품, 질병, 증상, 물질 등에 대한 클래스들을 정의하고, 이들 간의 관계를 기술하고 있으며, 각 클래스의 객체로 사과, 스트레스, 비만, 비타민C 등이 포함된 것을 볼 수 있다.

5.2 클래스 연관도 효과



(그림 7) 온톨로지 인스턴스 (일부)

4장에서 제안한 클래스 연관도 척도의 품질을 평가하기 위해, 다수의 사용자들이 느끼는 클래스들의 검색어 연관성을 측정하고 제안한 클래스

연관도에 의한 랭킹 결과와 비교하였다. 실험 방법은 사용자 40명을 대상으로 주어진 검색어 또는 클래스에 대한 온톨로지 검색 결과로 10개의 다른 클래스를 제시한 뒤 각 클래스의 검색어 연관성에 대한 주관적인 만족도를 1~5점으로 평가하도록 하였다.

표 1은 실험에 사용한 건강 온톨로지서 과일 클래스와 다른 클래스들 사이의 의미적 연관성에 대한 사용자의 평가 순위와 클래스 연관도 척도에 따른 순위를 비교한 결과를 나타낸다. 괄호 안의 값은 각각 사용자의 만족도와 클래스 연관도 값을 의미한다. 과일 클래스에 대한 사용자의 만족도 순위와 클래스 연관도 순위의 통계적인 상관계수 (coefficient of correlation)는 0.83으로 나타났고, 사용자의 만족도와 클래스 연관도 값 사이의 상관계수는 0.53으로 나타났다. 즉, 클래스 연관도 척도에 의한 클래스 순위는 사용자 평가에 의한 클래스 순위와 비교적 높은 상관 관계를 보임을 알 수 있다. 한편, 표 1에서 물질 클래스와 방송 클래스의 순위가 사용자 만족도 순위와 클래스 연관도 순위에서 차이를 보인다. 물질 클래스의 사용자 만족도 순위가 클래스 연관도 순위에 비해 낮은 것은 물질 클래스에 속한 객체들이 사용자에게 생소한 용어로 정의된 것들이 많았기 때문이고, 방송 클래스의 클래스 연관도 순위가 높은 것은 실험에 사용한 온톨로지가 방송프로그램 콘텐츠를 고려하여 설계 및 구축됨에 따라 이에 관한 객체들이 사용자의 예상보다 많이 존재한 결과로 보인다.

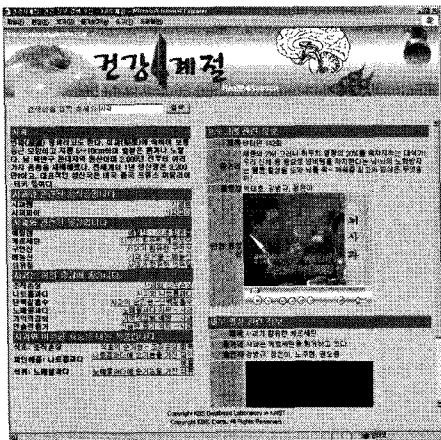
(표 1) 과일 클래스와 연관된 클래스 순위

순위	클래스 (사용자 만족도)	클래스 (클래스 연관도)
1	음식(4.375)	물질(0.3429)
2	증상(4.25)	음식(0.2143)
3	물질(3.775)	증상(0.1363)
4	특징(3.45)	특징(0.1071)
5	병(3.275)	방송프로(0.0714)
6	지식(2.825)	지식(0.0357)
7	원인(2.55)	병(0.0138)

8	치료법(2.475)	원인(0.0028)
9	방송프로그램(2.325)	치료법(0.0028)
10	사람(1.25)	사람(0.0)

5.3 검색 결과

본 프로토타입 시스템에서는 멀티미디어 콘텐츠로 음식 및 건강 관련 방송 프로그램 동영상들을 이용하여 다양한 검색 실험을 실시하였다. 그림 8은 검색어로 '사과'를 입력하여 검색을 실시한 결과 화면을 나타낸다. 앞에서 기술한 건강 온톨로지를 이용하여, 본 논문에서 제안한 의미적 연관도 기반 검색을 수행한 결과, 사과와 관련된 음식, 사과를 구성하는 물질, 사과가 이로운 증상, 사과와 비슷한 효능을 내는 식품 등 사과와 의미적 연관성을 가지는 객체들이 온톨로지 검색으로부터 도출되었고, 메타데이터 검색 결과 이들과 관련된 콘텐츠들이 검색 및 분류되어 결과로 출력되었음을 알 수 있다. 그림에 나타난 바와 같이, 검색된 콘텐츠 목록이 화면의 좌측 프레임에 출력되고, 사용자가 특정 검색 결과 링크를 클릭하면 그 동영상 세그먼트 및 그것을 포함한 프로그램 동영상에 대한 제목, 줄거리, 출연자 등의 메타데이터와 동영상 클립이 화면의 우측 프레임의 내용으로 출력된다.



(그림 8) 검색 결과 화면

6. 결론

멀티미디어 콘텐츠에 대한 기존의 검색 방법들은 콘텐츠에 포함된 개념들의 의미적 연관성을 효과적으로 고려하지 못함에 따라 제한적인 검색 결과만을 제공한다. 본 논문에서는 이러한 기존의 검색 방법의 문제점을 해결하고자, 온톨로지를 활용한 시맨틱 검색 방법 및 이를 구현하기 위한 시스템 구조를 제안하였다. 검색어에 대한 의미적 확장과 검색 결과에 대한 효과적인 랭킹을 위해 검색어 및 온톨로지에 포함된 개념들 사이의 의미적 연관성을 측정할 수 있는 연관도 척도를 정의하고 검색어와 연관성이 있는 온톨로지 클래스들의 연관도를 효율적으로 계산할 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 제안한 검색 방법은 온톨로지에 기술된 개념들 간의 의미적 연관성을 바탕으로 검색어를 직접적으로 포함하지 않지만 연관성을 가지고 있는 다양한 멀티미디어 콘텐츠들을 검색결과로 제공할 수 있으며, 검색된 콘텐츠들을 온톨로지로부터 추출된 의미적 연관성에 따라 분류하여 보여줄 수 있다. 또한, 온톨로지로부터 추출된 검색어 집합을 통해 검색 엔진에서 해당 메타데이터를 검색하기 때문에 온톨로지와 메타데이터의 독립성을 보장할 수 있다. 본 논문에서는 제안한 시스템의 프로토타입을 구현하고 방송 콘텐츠에 대한 검색 실험을 통해 제안한 방법의 효용성을 보였다.

참고 문헌

- [1] M. S. Lew, *et al.*, "Content-Based Multimedia Information Retrieval: State of the Art and Challenges," *ACM Trans. on Multimedia Comp., Comm. and Applications*, 2(1), pp.1-19, 2006.
- [2] T. R. Gruber, "A Translation Approach to Portable Ontologies," *Knowledge Acquisition*, 5(2), pp.199-220, 1993.

- [3] N. Guarino, "Formal Ontology in Information Systems," In Proceedings of FOIS'98, pp.3-15, 1998.
- [4] O. Lassila and D. McGuinness, "The Role of Frame-Based Representation on the Semantic Web," Technical Report KSL-01-02, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, 2001.
- [5] W3C Consortium, "Web Ontology Language (OWL)," W3C Semantic Web Activity, <http://www.w3.org/2004/OWL>, 2004.
- [6] G. Klyne and J. Carroll, "Resource Description Framework(RDF): Concepts and Abstract Syntax," <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts>, 2003.
- [7] D. Brickley and R. V. Guha, "RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema," <http://www.w3.org/TR/rdf-schema>, 2003.
- [8] B. Aleman-Meza, C. Halaschek, and I. B. Arpinar, "Ranking Complex Relationships on the Semantic Web," IEEE Internet Computing, 9(3), pp.37-44, 2005.
- [9] K. Anyanwu, A. Maduko, and A. Sheth, "SemRank: Ranking Complex Relationship Search Results on the Semantic Web," In Proceedings of the International Conference on World Wide Web, 2005.
- [10] R. Guha, R. McCool, E. Miller, "Semantic Search," In Proceedings of the International Conference on World Wide Web, pp.700-709, 2003.
- [11] C. Halaschek, B. Aleman-Meza, and I. B. Arpinar, "Discovering and Ranking Semantic Associations over a Large RDF Metabase", In Proceedings of the International Conference on Very Large Data Bases, 2004.
- [12] A. Kiryakov, B. Popov, I. Terziev, D. Manov, D. Ognyanoff, "Semantic Annotation, Indexing, and Retrieval," Journal of Web Semantics, 2(1), Elsevier, pp.47-49, 2004.
- [13] B. Popov, A. Kiryakov, D. Ognyanoff, D. Manov, A. Kirilov, "KIM: A Semantic Platform for Information Extraction and Retrieval," Journal of Natural Language Engineering, 10(3-4), Cambridge University Press, pp.375-392, 2004.
- [14] C. Rocha, D. Schwabe, and M. Poggi de Aragao, "A Hybrid Approach for Searching in the Semantic Web," In Proceedings of the Int'l Conference on World Wide Web, 2004.
- [15] D. Vallet, M. Fernandez, and P. Castells, "An Ontology-Based Information Retrieval Model," In Proceedings of the European Semantic Web Conference, 2005.
- [16] A. Seaborne, RDQL - A Query Language for RDF, W3C Member Submission, <http://www.w3.org/Submission/RDQL/>, 2004.
- [17] G. Schreiber, *et al.*, "MultimediaN E-Culture Demonstrator," In Proceedings of the International Semantic Web Conference, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4273, pp.951-958, 2006.
- [18] C. Tsinaraki, P. Polydoros, and S. Christodoulakis, "Integration of OWL Ontologies in MPEG-7 and TV-Anytime Compliant Semantic Indexing," In Proceedings of CAISE 2004, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3084, pp.398-413, 2004.
- [19] C. Tsinaraki, P. Polydoros, N. Mournoutzis, and S. Christodoulakis, "Coupling OWL with MPEG-7 and TV-Anytime for Domain-specific Multimedia Information Integration and Retrieval," In Proceedings of the International RIAO Conference, pp.783-792, 2004.
- [20] A. Chebotko, Y. Deng, S. Lu, F. Fotouhi, and A. Aristar, "An Ontology-Based Multimedia Annotator for the Semantic Web of Language Engineering," International Journal on Semantic

- Web & Information Systems, Vol. 1, pp.50-67, 2005.
- [21] J. Hunter, "Enhancing the Semantic Interoperability of Multimedia through a Core Ontology," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 13, pp.49-58, 2003.
- [22] M. Bertini, *et al.*, "Enhanced Ontologies for Video Annotation and Retrieval," In Proceedings of the 7th ACM Int'l Workshop on Multimedia Information Retrieval, 2005.
- [23] C. G. Stein, J. Rittscher, and A. Hoogs, "Enabling Video Annotation Using a Semantic Database Extended with Visual Knowledge," In Proceedings of the Int'l Conf. on Multimedia and Expo, 2003.
- [24] HP Labs, Jena Semantic Web Framework for Java, <http://jena.sourceforge.net/>, 2006.
- [25] ETSI, TV-Anytime Metadata Specification, ETSI TS 102 822-3-1, ETSI, 2006.
- [26] Apache Software Foundation, Apache Lucene, <http://lucene.apache.org/java/docs/index.html>, 2006.

○ 저 자 소 개 ○



박 창 섭(Park, Chang-Sup)

1995년 한국과학기술원 전산학과 졸업(학사)
1997년 한국과학기술원 전자전산학과 졸업(석사)
2002년 한국과학기술원 전자전산학과 졸업(박사)
2002년~2005년 (주)KT 서비스개발연구소 선임보연구원
2005년~현재 수원대학교 인터넷정보공학과 교수
관심분야 : 데이터베이스 시스템, 웹 서비스, 정보 검색, etc.
E-mail : park@suwon.ac.kr