한국항행학회 논문지 제14권 제1호 2010년 2월

음악 무드를 이용한 온톨로지 기반 음악 추천

An Ontological and Rule-based Reasoning for Music Recommendation using Musical Moods

송세헌*, 노승민**, 황인준**, 김민구***

Se-Heon Song*, Seung-Min Rho**, Een-Jun Hwang** and Min-Koo Kim***

요 약

본 논문에서는 사용자의 음악적 선호를 모델링하고, 사용자가 원하는 감정과 선호를 추론할 수 있게 도와주는 컨텍스트 기반 음악 추천 온톨로지 (COMUS)를 제안한다. COMUS는 제목, 연주자, 장르와 같은 음악의 일반적인 속성과 무드와 상황과 같이 도메인에 특화된 확장을 제공하는 확장성을 계층적인 방식으로 제공한다. COMUS는 음악 추천을 위한 도메인에 특화된 클래스들이 음악 온톨로지와 연동되도록 OWL 언어를 사용하여 개발된 음악 온톨로지이다. COMUS에 표현된 컨텍스트 정보를 사용하면, 컨텍스트 정보의 일관성을 체크할 수 있고, 규칙 기반의 추론을 통해 명시적인 정보 뿐만 아니라, 내재된 컨텍스트를 도출하는 상위 레벨의 추론이 가능하다고. 여기서 제안하는 온톨로지는 음악과 감정과 상황 사이의 복잡하고 자세한 관계를 표현할 수 있어서, 사용자가 음악 추론 어플리케이션을 위해 적절한 음악을 찾을 수 있게 해준다. 이와 관련된 음악 추천을 위한 사례 연구로써 수행한 몇 가지 실험을 보인다.

Abstract

In this paper, we propose Context-based Music Recommendation (COMUS) ontology for modeling user's musical preferences and context and for supporting reasoning about the user's desired emotion and preferences. The COMUS provides an upper Music Ontology that captures concepts about the general properties of music such as title, artists and genre and also provides extensibility for adding domain-specific ontologies, such as Mood and Situation, in a hierarchical manner. The COMUS is music dedicated ontology in OWL constructed by incorporating domain specific classes for music recommendation into the Music Ontology. Using this context ontology, we believe that the use of logical reasoning by checking the consistency of context information, and reasoning over the high-level, implicit context from the low-level, explicit information. As a novelty, our ontology can express detailed and complicated relations among the music, moods and situations, enabling users to find appropriate music for the application. We present some of the experiments we performed as a case-study for music recommendation.

Key words : Customization and user profiles, Ontology, Reasoning, Semantic Web, Web-based System

I. 서 론

최근 네트워크 및 IT 기술의 발전에 힘입어 다양한 장르의 음악 콘텐츠가 여러 경로를 통하여 생성되

* 아주대학교 정보통신전문대학원 (Graduate School of Information and Communication, Ajou University)
** 고려대학교 전기전자전파 공학부(School of Electrical Engineering, Korea University)
*** 아주대학교 정보 및 컴퓨터 공학부 (Division of Information and Computer Engineering , Ajou University)
· 제1저자 (First Author) : 송세헌, 교신저자 : 노승민
· 투고일자 : 2009년 12월 17일
· 심사(수정)일자 : 2009년 12월 18일 (수정일자 : 2010년 2월 16일)
· 게재일자 : 2010년 2월 28일

고 유통 및 소비되고 있으며, 대용량 음악 데이터베이스가 보편화 되면서 음악 정보의 효과적인 생성과 저장, 검색 등에 대한 방법의 필요성이 크게 대두되고 있다. 이렇듯이 음악 정보 검색 (MIR; Music Information Retrieval) 분야는 디지털 신호 처리 (Digital Signal Processing) 등의 기반 기술을 이용하여 음악을 컴퓨터에서 처리, 검색 가능한 정보 형태로 만들어야 하고, 이를 위해서는 음악가 및 심리학자들의 이론과 전문 지식이 필요하기 때문에 대표적인 학제간 연구 분야(Interdisciplinary Research Area) 중의 하나라고 할 수 있다.

전통적으로 대부분의 내용기반 음악 검색 기법들은 [1],[2], 에너지 (Energy), 영교차율 (Zero Crossing Rate), 오디오 스펙트럼 (Audio Spectrum) 등의 저수준의 음악 특성 (Feature)들을 이용하였다. 이러한 기법들은 음악 콘텐츠가 가지는 풍부한 의미 정보 (Semantic Information)를 표현하는데 충분하지 않으며, 다양한 상황에서 원하는 음악을 적절하게 검색하고 추천하기 위한 다음과 같은 질의를 표현하기에 부적절하다. 예를 들어보면, 아침에 일어나자마자 감미로운 멜로디의 소프트한 음악을 듣고 싶을 때나 체육관이나 공원에서 운동하면서 빠른 비트의 음악을 듣고 싶을 때 원하는 음악을 추천해달라는 식의 질의들이 있을 수 있다. 이러한 질의들을 처리하고 추천하기 위해서는 음악이 가지는 무드 (Mood)나 사용자의 감정 (Emotion) 등과 같은 좀 더 의미적인 정보들이 필요한데, 이러한 의미적인 정보들은 비트 (Beat), 리듬 (Rhythm) 및 템포 (Tempo) 등으로부터 얻어질 수 있다. 다른 예로는 사용자의 음악적 취향이나 개인적인 성향 등을 고려한 경우로, 사용자가 어떤 이유로 매우 우울한 상태일 때, 사용자의 음악 청취 이력 (History)과 성향을 고려하여 기분을 업 (Cheer up) 시켜줄 수 있는 음악 또는 진정시킬 수 있는 듣기 편한 음악을 추천해줄 수 있는 경우이다.

그러나 사용자의 질의를 이와 같은 저수준의 음악 특성에 기반 하여 표현하는 경우, 사용자가 의도했던 질의와 상당한 의미적 차이 (Semantic Gap)가 있을 수 있다. 따라서 이러한 의미적 차이를 극복하기 위해 최근 시맨틱 웹 (Semantic Web) 기술들이 최근 각광을 받고 있으며, 다른 연구자들에 의해 이를 이용한 연구가 이루어지고 있다 [3]. 시맨틱 웹은 웹상에 분포하는 수많은 리소스들 간의 관계를 기계가 이해할 수 있도록 시맨틱을 포함한 정보를 덧붙여 가공하여, 정보의 재사용성 (Reusability) 향상과 이기종간의 상호운용성 (Interoperability)을 보장할 수 있게 해줄 수 있는 기술이며, 이를 구현하기 위해 개념 및 개념 간의 관계를 표현하는데 사용되는 온톨로지 (Ontology) 기반 접근 방법이 많이 사용되고 있다.

따라서 본 논문에서는 위에서 언급했던 문제들을 해결하고자 음악 추천 도메인 상에서 음악 온톨로지 (Music Ontology [4]) 및 추천 도메인에 특화된 음악 무드 (Mood) 및 상황 (Situation) 등과 같은 온톨로지 구축에 내용기반 음악 검색 기법을 적용한 음악 추천 시스템을 구축하고자 한다.

음악 온톨로지 [4],[5], 칸자키 어휘 [6], 음악 브레인 [7]과 같이 기존의 음악 온톨로지 연구들에서 발견한 상위 레벨의 온톨로지 컨셉들을 기반으로 하여, 본 연구의 도메인에 적합한 도메인 온톨로지를 확장하였다. 음악 온톨로지는 ZitGist LLC과 Digital Music 센터에 의해 진행된 연구로, 음악과 음악가에 대한 모든 것을 찾을 수 있게 음악 정보 사이의 관계를 표현하려고 한 연구이다.

본 연구를 위해 작성한 음악 추천 시나리오에서, 음악과 관련한 용어를 개념 (concept)으로 정의하였고, 각 개념 간의 관계를 나타내기 위해 온톨로지 구성에 사용하는 'is-a'와 ‘has-a' 관계를 포함한 몇 가지 형태의 관계를 사용하였다. 예를 들면 무드, 장르는 음악의 일부분 (part-of)이다. 다른 중요한 관계는 ‘like-song/ singer/genre/mood’ 등이 있다. 이 관계는 사용자의 음악적 환경이나 감성적 환경을 기술할 때 사용된다.

본 논문에서는 음악 추천 시스템을 위해 무드와 상황 추론을 가능하게 하는 확장된 음악 온톨로지를 개발하였다. 이 음악 온톨로지는 프로티지 (Protege)를 사용하여 OWL 언어 형태로 기술되었는데, 이는 OWL이 가지고 있는 Description Logic의 시맨틱 능력이 온톨로지 기반 접근 방법을 사용하는데 적합하기 때문이다. 이러한 DL 언어는 일관된 문법과 명료한 시맨틱, 컨셉 (Concept)과 인스턴스 (Instance) 간을 명확하게 분리하고 있는 특징이 있다. 그러므로 DL 기

반 추론 엔진은 다양한 타입의 무드와 상황에 따른 시맨틱 질의에 답을 해줄 수 있다. 적합한 음악을 찾아 사용자에게 추천하기 위해 온톨로지 질의를 위해 SPARQL 질의어를 사용하였다. 예를 들면, 사용자가 자신의 음악적 배경을 포함한 프로파일을 생성할 때, 모든 필요한 정보를 프로파일에 넣는 것은 타당하지 않다. 이런 경우 부족한 정보들은 프로파일의 일부 정보로부터 유추하여 보완될 수 있다.

다음 장에서는 음악 추천 시스템과 음악 온톨로지 및 감정 모델에 대한 간략한 설명을 한다. 3장에서는 제안하는 추천 시스템에 대해 기술하고, 4장에서는 확장된 음악 온톨로지와 지식 표현 및 시나리오를 통한 활용 사례를 기술한다. 5장에서는 실험 결과를 보여주고, 분석 및 추후 방안에 기술하고 마무리한다.

Ⅱ. 관 련 연 구

지난 몇 년 동안 많은 연구자들이 음악 검색 및 추천 분야에서 다양한 연구들을 해왔다. 이 장에서는 우선 음악 검색 및 추천 분야에서 가장 많이 사용되고 있는 감정 (Emotion) 모델과 이 모델을 적용한 연구들에 대한 소개를 한다. 또한, 최근 음악 추천 시스템의 동향과 함께 음악 관련 온톨로지와 그에 대한 실제 구축 사례 등을 살펴본다.

2-1 감정 모델 (Emotional model)

감정 모델은 많은 음악 분류 연구에서 직간접적으로 사용되는 소재이다. 심리학에서 감정은 다양한 방법으로 표현하고 있으며 초기에는 쉽게 표현할 수 있는 감정 형용사를 사용하였다. 그러나 사람의 감정을 표현할 수 있는 형용사는 무수히 많을 뿐 아니라, 각각의 형용사가 지니는 의미가 서로 중첩되는 문제가 있다 [8]. 이러한 문제를 해결하기 위한 다양한 시도의 하나로 Russel [9]의 Circumflex 모델을 꼽을 수 있다. 이 모델에서는 대상 감정을 2차원의 양방향 축에 표현하고, 각 차원 내의 상반된 감정은 서로 멀리 표현하는 방식으로 약 20개의 감정을 표현하였다. 한편 Thayer [10]는 Russel의 모델을 음악에 적용한 무드 모델 (Mood Model)을 제안하였다. 그의 모델에서 모든 음악 감정은 각성 (Arousal)과 그에 대한 긍정/부정의 정도 (Valence)를 나타내는 2차원의 공간에 나타내어진다. 이러한 시도들은 현재 많은 음악 관련 연구 [11],[12]에서 활용되고 있다.

최근 Hong-jiang Zhang [11]과 Juslin의 연구 [13]에서는 템포, 사운드 레벨, 스펙트럼 표현, 조화 (Articulation) 등의 특성이 형용사, 부사와 같은 개개의 감정 표현 언어와 큰 연관성이 있음에 주목하여, 개개의 감정 표현 언어는 음향 자극의 개개의 패턴과 크게 연관되어 있음을 보였다. 예를 들어, 안도감 (Contentment)은 보통 느린 템포, 낮은 사운드 레벨, 그리고 부드러운 음색과 연관되어 있는 반면, 풍부함 (Exuberance)은 빠른 템포, 적절히 높은 사운드 레벨, 그리고 밝은 음색과 연관되어 있다는 것을 밝혀냈다.

2-2 음악 추천 시스템

일반적으로 음악 추천 시스템은 내용기반 (Content-based) 및 협력 필터링 (Collaborative Filtering) 기법으로 크게 나눌 수 있다. 내용기반 필터링은 음악 콘텐츠를 분석하여 사용자가 과거에 선택했던 음악과 유사한 음악을 추천해 주는 기법이다. 이와 달리 협력 필터링 기법은 음악을 듣는 취향이 비슷한 사용자를 대상으로 하여 그 사용자가 특정 상황에서 들었던 음악들을 비교 분석하고 이를 추천에 반영하는 기법이다. 최근 대부분의 음악 추천 시스템은 사용자의 음악 청취 이력 및 개인 선호도를 기반으로 추천을 해주는 협력 필터링을 이용한 경우가 대부분이며, 대표적인 시스템으로는 Last.fm [14], GarageBand [15], MyStrands [16] 등이 있다.

하지만, 이런 기존의 추천 시스템들은 현재의 사용자의 감정 (Emotion)이나 상황 (Situation) 등을 고려하고 있지 않다. 일반적으로 낮과 밤에 듣고 싶은 음악이나 휴일과 근무 중에 듣고 싶은 음악, 비와 눈이 올 때 듣고 싶은 음악이 달라지는 것처럼, 음악에 대한 사용자의 선호도나 성향은 시간적, 공간적, 환경적 상황에 따라 동적으로 변한다. 즉, 기존의 지역적이고 제한적인 성향 분석으로는 음악에 대한 사용자의 동적 성향 변화를 제대로 나타낼 수 없어 효과적인 음악 추천이 어려우며, 상황의 변화를 효과적으로

반영할 수 있는 추천 기법에 대한 연구가 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 개인적인 음악 취향, 감정 및 상황을 고려하여 보다 지능적이고 개인화된 음악 추천 서비스를 위해 최근 추천 시스템에서 많이 사용되고 있는 협력 필터링 기법과 내용기반 필터링 기법을 함께 적용한다.

2-3 온톨로지

음악 온톨로지 (The Music Ontology) [4], [5]는 시맨틱웹에서 음악 관련 정보를 표현하기 위해서 ZitGist LLC와 Digital Music 센터에 의해 진행되었다. 음악 온톨로지는 MusicBrainz에서부터 MySpace까지 음악 아티스트, 앨범, 트랙 등에 대한 모든 정보를 연결하는 시도이다. 음악 온톨로지 개발의 목적은 일반 사용자가 음악과 음악가에 대한 어떤 정보든지 찾을 수 있도록 도와주기 위한 음악 정보 사이의 모든 관계를 표현하는 것이다. 음악 온톨로지는 FRBR (Functional Requirements for Bibliographic Records), 이벤트 온톨로지, 타임라인 온톨로지, ABC 온톨로지, FOAF 온톨로지 등에 주로 영향을 받아 개발되었다. 이 온톨로지는 트랙, 아티스트에서부터 음악 생성 과정, 특정 연주나 작품 등까지 표현할 수 있도록 세 가지 수준으로 정의된다.

칸자키 온톨로지 (Kanzaki) [6]는 클래식 음악과 연주를 기술하기 위한 음악 온톨로지이다. 여기서는 음악 작품, 이벤트, 악기와 연주가와 같은 내용 뿐만 아니라 관련 속성들을 정의하기 위한 클래스들을 정의하고 있다. 최근 버전은 음악 작품과 특정 콘서트와 같은 이벤트를 표현하기 위한 모델을 사용하여 테스트 중이고, 약 112개의 클래스와 34개 프로퍼티 등으로 구성되어 있다.

FOAF [17]는 사람, 사람의 행위, 사람들 간의 관계를 기술하기 위한 온톨로지이다. 누구나 FOAF를 사용하여 사람을 표현할 수 있고, 분산 환경에서 사람 혹은 그룹의 관계를 표현할 수 있어, 소셜 네트워킹 기반의 연구에 다양하게 응용되고 있다. FOAF는 리소스 간의 관계를 표현하기 위한 RDF (Resource Description Framework)를 확장해서 개발되었고, 웹 표준 언어인 OWL [18]을 사용해서 기술될 수 있다. FOAF를 사용하여 기술된 사용자 정보를 활용하여 특정 지역이나 공통의 관심사를 갖는 사람들을 찾을 수 있고, 이들의 음악적 취향이나 다른 의미 있는 정보를 수집해 음악 추천에 활용할 수 있다.

Ⅲ. 음악 추천 시스템

본 장에서는 컨텍스트 기반 음악 추천 시스템의 전체 구조와 구현에 대해 기술한다. 음악 추천 도메인에서 무드와 상황 추론이 가능한 확장된 음악 온톨로지 뿐만 아니라 음악을 시맨틱웹에서 활용할 수 있는 음악 추천 시스템 프로토타입을 설계했다. 그림 1에서 보는 바와 같이, 이 시스템은 COMUS (COntext-based MUsic recommendation System) 시스템과 COMUS 온톨로지로 구성된다. COMUS 온톨로지는 Protege 온톨로지 에디터 [19]를 사용하였고, OWL 언어로 표현되었다. 온톨로지 개발 과정에서 컨셉과 관계 등에 대한 유효성 체크를 위해 온톨로지 추론엔진으로 RacerPro [26]를 사용하였다. 또한 Jena SPARQL 엔진을 통해 SPAQRL 쿼리를 사용하여 온톨로지 검색에 이용했다. 그림 1은 제안하는 시스템의 구조를 보여준다.

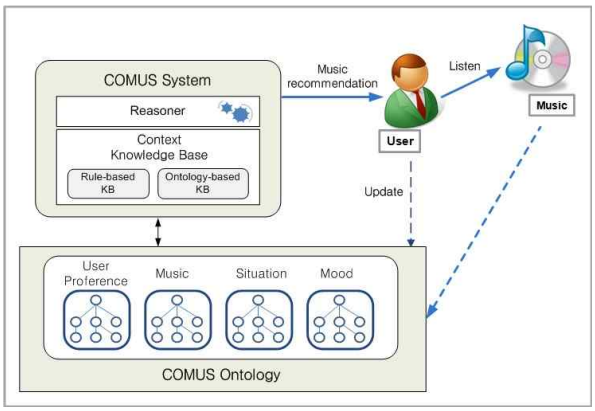

그림 1. COMUS 시스템 구조도
Fig. 1. COMUS System Architecture.

COMUS 시스템에서 컨텍스트 지식베이스는 세 가지의 지식을 저장한다. 첫 번째로 상위 레벨 온톨로지로서 음악 온톨로지는 Music Ontology 프로젝트 [4]로부터 나온 OWL 인스턴스로서 ABox 지식을 저장한다. 사용자 환경, 무드, 상황 온톨로지로 사용되

는 음악 추천 도메인 온톨로지는 인스턴스 보다 개념과 개념간의 관계를 위한 TBox 지식을 가지고 있다. 나아가 음악 온톨로지 뿐만 아니라 도메인 온톨로지를 활용한 규칙을 정의했다. 이러한 지식들은 데이터 사이의 관계를 시맨틱하게 맺어 공유하고 재사용하도록 온톨로지 간에 의미적 매핑이 일어난 것과 같이 작동한다. 이런 매핑을 통해 음악 온톨로지를 유일하게 사용하는 대신에 다른 도메인 온톨로지로부터 유용한 데이터들을 검색할 수 있다.

Ⅳ. 온톨로지 모델

4-1 COMUS 음악 온톨로지

앞서 언급한 바와 같이, 음악 추천 서비스를 지능적으로 제공하기 위해서 지식을 공유하고 추론하는데 이용하기 위해서 온톨로지를 지식 표현 방법으로 사용했다. 온톨로지의 특성상 기존에 정의된 온톨로지를 재사용할 수 있기 때문에, 사람, 시간, 장소 등과 같은 부분은 범용으로 구축되고 검증된 온톨로지를 재사용했다. 여기에 음악 추천 도메인에 특화된 음악과 음악 관련 내용을 포함하는 부분은 도메인 온톨로지 형태로 확장해서 구축하였다.

기존 연구 중 음악 온톨로지에서 기본 컨셉과 관계들을 가져와 사용하고, 장르, 악기 분류, 무드, 상황 등에 대한 정보를 추가하여 온톨로지를 확장하였다. OWL로 기술된 온톨로지는 RDF에 기반한 쿼리 인터페이스를 제공하는 SPARQL 쿼리를 사용하여 필요한 정보를 검색할 수 있다. 또한 내재적인 (Implicit) 한 관계를 추론하기 위해 규칙 기반의 접근 방법을 추가하여, 궁극적으로 온톨로지 기반 추론과 함께 사용하는 방법을 취하였다.

본 논문에서 제안하고 구축한 온톨로지의 주요 컨셉과 관계는 사람 (Person), 상황 (Situation), 무드 (Mood), 장르 (Genre), 음악 (Music) 사이의 내용으로 다음과 같다.

음악(Music) 클래스는 음악의 타이틀, 출판년도, 아티스트, 장르 등과 같은 내용을 담고 있는 컨셉이다.

장르(Genre) 클래스는 음악의 종류를 표현한다. 음악 장르를 구분하는 방법에 대해 많은 연구가 있는데, All Music Guide [11], MusicBrainz [9], Moodlogic 과 같이 유명한 온라인 음악 추천 시스템은 음악 데이터에 음악 장르와 감정에 대한 주석을 달아서 추천 서비스에 활용하고 있다. 우리는 All Music Guide가 제안한 전체 장르 중에 제2 레벨인 상업 분류 수준에 기반을 두고 고유한 장르 구조를 만들었다.

사람(Person) 클래스는 이름, 나이, 성별, 취미, 직업, 최종 학력 등과 같은 사회경제학적 배경 정보 등을 기술할 수 있는 사람의 일반 속성을 포함한다. 또한 음악 관련 교육, 좋아하는 음악/장르/가수 등과 같이 음악 추천과 관련된 정보도 표현할 수 있다.

무드(Mood) 클래스는 사람의 마음이나 감정 상태를 정의한다. 각 무드는 비슷한 무드들의 집합을 가질 수 있다. 예를 들면 '공격적인'이라는 무드는 "적의를 가진 , 화난, 활동적인, 불같은 , 반항적인, 무모한 , 위협하는, 능동적인, 무법적인,변덕스러운"과 같은 무드를 비슷한 무드로 갖는 관계가 있다.

상황(Situation) 클래스는 사람의 상태나 주변상황에 따른 상황을 정의한다. 상황은 시간, 위치, 주체, 달성하고자 하는 목표에 의해 기술될 수 있다. 따라서 상황 클래스는 사용자가 어디에 있는지, 어떤 일이 일어났는지에 대한 사용자의 상황과 관련한 컨텍스트를 기술할 수 있다.

그림 2는 COMUS 온톨로지의 주요 클래스와 프로퍼티를 간략하게 기술하고 각각의 관계를 표현하고 있다.

온톨로지 기반의 지식베이스에서 사용자의 상황에 따른 컨텍스트와 적절한 음악을 추천할 수 있도록 추론할 때 어떤 질문에 대한 답(Competency Questionaires)을 제공해야 하는지를 알기 위한 질문들의 예는 다음과 같다.

질문1. 늦은 밤 침대에 앉아 기분이 우울할 때, 어떤 종류의 음악을 듣는가?

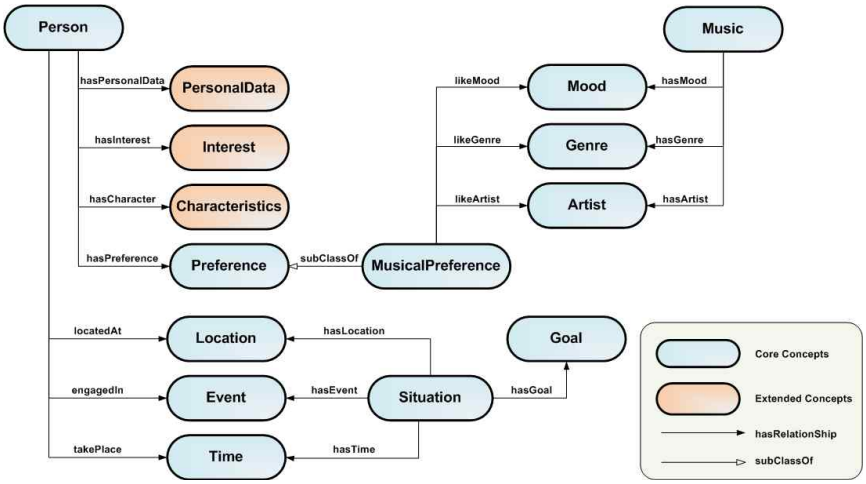

그림 2. COMUS 온톨로지 주요 클래스
Fig. 2. COMUS Ontology Main Classes.

질문2. 평화로운 오후 산책을 할 때, 어떤 종류의 음악을 듣는가?

질문3. 아침 늦게 일어났을 때 어떤 종류의 음악을 듣는가?

질문4. 아침 출근길 운전을 하면서 어떤 음악을 듣는가?

표 1. COMUS 온톨로지의 OWL 표현 형태 예제
Table 1. COMUS Ontology represented in OWL syntax.

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasLocation">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Situation"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#Location"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasUserMood">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Situation"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#Mood"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="like_mood">
    <rdfs:range rdf:resource="#Mood"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="#Person"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="like_genre">
    <rdfs:domain rdf:resource="#Person"/>
    <rdfs:range rdf:resource="#Genre"/>
</owl:ObjectProperty>
```

위와 같은 질문에 대한 답을 제공할 수 있는 지식의 형태가 구축이 되면, 표1과 같은 형태로 클래스들의 인스턴스와 프로퍼티의 값이 채워져 OWL 언어로 기술된다.

4-2 어플리케이션 시나리오

사용자에게 적합한 음악을 추천하는 추론 과정에서 어떻게 음악 온톨로지가 활용되는지를 보여주는 시나리오를 소개한다.

존 (John)은 선임 회계사이고, 나이는 41세이다. 그가 가장 좋아하는 가수는 “Stevie Wonder”이고, 가장 좋아하는 곳은 “Superstition”이다. 존은 POP과 R&B 스타일의 음악을 좋아한다. 그의 취미는 테니스와 스쿼시이다. 그는 매우 긍정적인 사람이고 밝고 달콤한 음악을 좋아한다. 그는 신경이 예민할 때면 종종 자신을 긴장을 풀어줄 수 있는 음악을 듣곤 한다.

시나리오 1. (음악적 기호와 듣는 습관을 고려)

2009년 3월 25일 수요일, 오전7시. 존은 집에서 저녁식사를 하는 동안 대개 조용하고(calm), 부드럽고(soft), 달콤한 음악을 듣는다. 음악 추천 시스템은 존이 선호하는 아티스트와 장르뿐만 아니라 평일 저녁에 듣는 음악 성향과 비슷한 성향을 갖는 다른 사람들의 정보를 고려한다. 최종적으로 이러한 취향과 히스토리 정보를 기반으로 음악 추천 시스템은 Laura Fygi의 "I love you for sentimental reasons", 또는 Inger Marie의 "Will you still love me tomorrow”와 같이 달콤하고 부드러운 음악을 추천한다.

시나리오 2. (상황과 무드를 고려)

2009년 4월 13일. 존은 출근 교통 체증을 피하여 아침 회의에 참석하기 위해 일반적으로 오전 7시 전에 집을 나선다. 하지만, 전날 새벽까지 일을 하여 피곤하여 늦잠을 잔다. 하지만, 월요일 아침 회의 발표 준비를 위해 일찍 가야만 했다. 따라서 음악 추천 시스템은 그의 청취 히스토리를 기반으로 빠른 비트의 음악을 추천하는 대신에, 약간 기분을 전환할 수 있고 평화로운 음악을 추천한다.

위의 시나리오는 자동적으로 질의에 따른 결과를 필터링해서 보여줄 수 있도록 존(사용자)이 가수, 장르, 무드 등을 포함하는 자신의 음악 선호도를 미리 설정한다는 가정한다. 예를 들면, 늦잠을 잤다와 같은 상황이 인지되어 추천 시스템에게 전달이 되면, 추천 시스템은 이런 정보들을 이용해서 현재 사용자의 상황 컨텍스트를 추론하고, 사용자 프로파일 정보로부터 가장 좋아하는 무드를 추론해낸다. 이런 정보로부터 시스템은 그림 3과 같은 질문을 통해 존이 좋아하고 현재 상황에 여러 음악을 추천한다.

온톨로지 기반의 지식으로는 “스트레스가 쌓였을 때, 사용자가 원하는 음악은 무엇인가? 와 같이 상위 레벨의 컨텍스트로 정의된 사용자 추론을 제공하는 것이 힘들다. 이를 보완하기 위해서, 표2와 같이 규칙(Rule) 형태의 지식을 추가하여 이를 보완하였다.

표 2. 상황 기반 추천을 위한 규칙 예제
Table 2. Example of rule for situation reasoning.

```
(defrule situation-traffic-jam
   (person (person-name     ?name))
   (location     (location-name "street"))
   (event (event-name     "traffic jam"))
   => (assert (situation     (situation-name
      "situation-traffic-jam") (object ?name)))
(defrule situation-traffic-jam-car
  (situation     (situation-name "situation-traffic-jam"))
                 (location     (location-name "car"))
   => (assert (situation     (situation-name
"situation-traffic-jam-car") )
```

위의 시나리오는 존이 음악 추천 시스템에 자신의 음악적 성향에 대해 설정을 했다고 가정한다. 예를 들면, 앞서 언급한 늦게 일어난 상황에서 테이블4에서 기술된 상황 정보가 분석된다면, 이 정보가 추천 시스템으로 보내진다. 시스템은 전달받은 정보를 이용해서 존의 사용자 프로파일 정보에 기반하여 현재 상황 컨텍스트와 그가 좋아하는 무드를 추론한다. 이 정보를 통해 시스템은 존의 흥미와 현재 상황에 적합한 음악들을 추천한다.

```
PREFIX comus: <http://ceai.ajou.ac.kr/ontology/0.9/
comus.owl#>
SELECT DISTINCT ?Song ?UserMood
FROM <http://ceai.ajou.ac.kr/ontology/0.9/comus.owl>
WHERE
{ ?Person comus:hasName "John";
comus:likeMood ?UserMood.
?Situation comus:hasSituationName "Wake Up Late";
comus:hasUserMood ?UserMood.
?UserMood comus:hasSimilarMood ?SimiliarMood.
{?Song comus:hasMood ?UserMood}
UNION {?Song comus:hasMood ?SimiliarMood}
} ORDER BY ?Song
}
```

Results

Song	UserMood
Billie_Jean	Bright
Dancing_Queen	Bright
Dont_Stop_Me_Now	Bright
Fernando	Bright
Hey_Jude	Bright
I_Want_To_Hold_Your_Hand	Bright
Lay_Your_Hands_On_Me	Bright
Mamma_Mia	Bright
One	Bright
Somebody_To_Love	Bright
Top_Of_The_World	Bright
Waterloo	Bright
We_Are_The_Champions	Bright
Yesterday_once_more	Bright

그림 3. SPARQL 쿼리와 결과 예제
Fig. 3. Example of SPARQL query and result.

Ⅴ. 실 험

5-1. 온톨로지 구축

일반적으로 어플리케이션에서 발생할 수 있는 시나리오를 통해 필요한 사항을 도출하여 온톨로지를 구축하는데 활용한다. 동기 부여 시나리오는 시나리오 상에서 발생하는 문제에 대한 직관적인 해결 방법을 제시한다. COMUS 온톨로지는 우리가 앞서 설명한 동기를 유발시키는 음악 추천 시나리오에 부합하는 용어의 집합과 정의들이라고 할 수 있다. 그러므

로 온톨로지를 구축하기 위해서 관심있는 특정 도메인에 대해 한 가지 이상의 시나리오를 개발하고, 기본 컨셉들과 관계를 기술하면서 시작하는 것이 중요하다.

가장 기본적인 온톨로지를 구축한 후에, 역량 질문(Competency Questions) 작성 과정을 통해 온톨로지가 제공해야 하는 지식의 범위를 설정한다. 온톨로지의 지식 표현 및 구축 범위는 역량 질문 리스트에 모두 답할 수 있도록 도메인에 관련된 용어와 특징들을 수용할 수 있도록 정의되어야 한다. 따라서, 우리는 실험 참여자에게 온라인 질문 시스템을 통해 역량 질문에 대한 답을 얻을 수 있는 과정을 거쳤다.

이 실험에 약 30명이 참여했고, 일부는 음악 관련 교육을 받았지만, 나머지 사람들은 교육을 받지 못했다. 실험 참여자는 상황과 무드에 대한 적합한 용어와 정의를 수집하기 위해 설문지에 응답하는 과정을 수행했다. 또한 그들은 특정 시나리오에 대해 현재 감정과 원하는 감정을 포함하는 감정 변화 상태에 대해 기술하도록 요청받았다. 이 작업을 수행할 때, 감성 변화 상태를 기술할 때 All Music Guide 용어로부터 수집된 'happy, sad, angry, nervous, excited'와 같은 하나 이상의 감정 형용사를 사용했다. 최종적으로 가장 자주 기술된 형용사를 선택해서 COMUS 온톨로지의 인스턴스로 채택했다.

온톨로지를 구축한 후에, 우리의 추천 시스템에서 제안하는 COMUS 온톨로지 또는 AMG 용어를 사용했을 때의 사용자 만족도를 측정하는 실험을 수행하였고, 실험 과정은 다음과 같다.

1) 실험자는 피실험자에게 실험의 목적과 과정을 설명하고, 음악 추천 시스템이 어떻게 돌아가는지 알려준다.

2) 피실험자는 버튼, 텍스트박스, 체크박스 등과 같은 웹 형태의 인터페이스를 통해 음악 선호도 등을 포함하는 자신의 프로파일을 입력해야 한다.

3) 모든 피실험자는 처한 상황, 현재의 감정에 대해 설명하는 것을 듣거나, 질의 인터페이스를 사용해서 미리 정의된 시나리오를 선택할 수 있다.

4) 추천 시스템은 온톨로지와 사용자 프로파일을 이용해서 추천하는 음악을 추론하여 사용자에게 전달한다. 사용자들은 현재 감정에 적합한 음악이 적합한지 판별하고, 만족도에 따라 1~5점 (1: 아주 불만 ~ 5 : 아주 만족) 중에서 하나의 점수를 부여한다.

5) 마지막으로 모든 참석자들은 설문지에 응답하는 시간을 갖는다.

표 3. COMUS 온톨로지와 AMG 분류를 사용한 시스템의 의견
Table 3. Participants' opinion with regard to the system using either COMUS ontology or AMG taxonomy.

	1	2	3	4	5
AMG Taxonomy	1	3	19	5	2
COMUS Ontology	0	2	4	16	8

위 표에 따르면, 참석자의 80%가 넘는 비율이 COMUS 온톨로지를 사용한 음악 추천 시스템에 대해 긍정적인 평가를 보여주고 있다. 이 만족도는 대부분의 참석자가 본 시스템에 의해 추천된 결과에 대해 만족한다고 해석할 수 있다.

표 4. 참석자의 감정 선호도
Table 4. Participants' preferred emotional adjectives.

	AMG					COMUS				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
angry	4	5	9	8	4	1	6	11	9	3
bored	9	12	6	2	1	1	3	6	11	9
calm	2	6	9	9	4	2	5	12	7	4
excited	3	4	6	8	9	0	3	6	8	13
happy	4	8	10	6	2	0	2	2	9	17
nervous	3	15	8	4	0	4	5	8	8	5
peaceful	3	7	8	6	6	0	3	5	14	8
pleased	6	7	13	3	1	0	1	5	9	15
relaxed	6	7	12	3	2	1	4	12	6	7
sad	4	8	16	2	0	0	1	14	11	4
sleepy	0	9	11	6	4	2	4	6	12	6

표 4에 있는 참석자의 감성 선호도의 만족도를 고려하면, happy나 excited와 같이 긍정적인 형용사들은 참석자의 78% 이상이 만족도를 얻었으나, nervous와 같이 모호한 감정에 대해서는 43%의 만족도를 얻을 수 있었다.

5-2. 온톨로지 및 규칙 기반 추론 실험 결과

COMUS 온톨로지는 클래스와 인스턴스를 모두 포함하여 826개로 구성되고, RDF 트리플 형태로는 3,645개이다. 상위 온톨로지인 CYC 온톨로지가 2,885의 클래스를 가지고, 10,234개의 RDF 트리플 형태로 변환된다. 본 실험은 P4/2.4GHz CPU에 1G 메모리 사양과 P3/1.6GHz CPU에 512M 메모리 사양의 윈도우 기반 PC에서 수행되었다. 온톨로지 추론을 위해 OWL 언어를 지원하고, DIG Interface를 사용한 HTTP/TCP 프로토콜 통신을 지원하는 RacerPro [26]가 사용되었고, 규칙 기반의 추론을 위해서 Jess [27]가 사용되었다. DL 기반의 OWL 추론은 컨셉을 나타내는 Tbox를 위한 임의의 개념들이 주어졌을 때 상하위 관계를 구축하는 추론하는 포함(subsumption), 주어진 임의의 개념에 대한 subsume or 포함여부를 결정하는 추론인 분류(classification), 개념 정의(definition)에 대한 일관성 체크인 일관성(consistency) 추론과 인스턴스를 나타내는 Abox를 위한 인스턴스화(instantiation), 현실과(realization), 검색(retrieval) 추론으로 구성된다. 이 중에서 포함, 분류, 일관성 추론을 표1에서 보여준 것과 같이 온톨로지 편집기를 사용해 기술된 온톨로지를 RacerPro의 API를 사용하여 실험하였다.

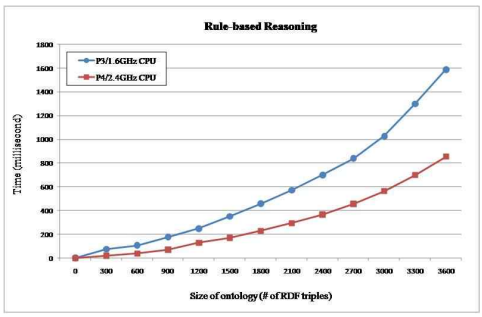

그림 4. 규칙 기반 추론 성능 결과
Fig. 4. Experimental result of the rule-based reasoning performance

그림 4와 5는 실험 결과를 보여준다. 우리가 예상한 대로 같이 온톨로지 기반 추론의 성능은 온톨로지 크기, 추론 규칙의 복잡도, CPU 성능과 같은 요소에 의존적임을 보이고 있다. 서로 다른 데이터 집합과 컴퓨터 사이의 서로 다른 성능은 논리에 기반한 컨텍스트 추론이 연산적으로 집약적인 작업임을 보여준다. 온톨로지 기반 추론에 요구되는 시간은 트리플의 수가 2,000개 이상이 되는 시점부터 놀라울 정도로 증가함을 보였다.

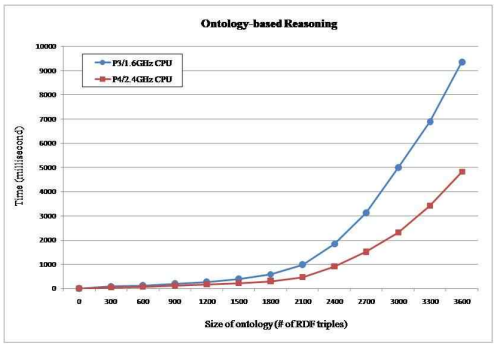

그림 5. 온톨로지 기반 추론의 성능 결과
Fig 5. Experimental result of the ontology-based reasoning performance

VI. 결 론

본 연구에서, 음악 추천에 사용할 수 있는 컨텍스트 모델링 및 추론을 지원하는 적당하고 필요한 온톨로지 기반 컨텍스트 모델을 제안하였다. 이를 위해 음악 도메인은 모델링하여 낮은 수준의 음악적 요소를 획득하고, 음악의 무드를 표현할 수 있는 몇가지 음악 요소를 찾았고, 시간과 공간, 주체로 구성되는 음악 관련 상황을 기술 할 수 있는 온톨로지를 구축하였다. 현재 지능형 음악 추천 시스템을 구축하기 위한 프로젝트의 일부로서 현재 음악 온톨로지를 개발 중이다. 덧붙여 적합성을 보이기 위해, 활용 시나리오를 기술하고, 온톨로지로부터 유용한 정보를 추론하기 위한 몇 가지 질의어를 기술하였다. 보다 정교한 음악 추천을 지원하기 위한 확장된 추론 모델과 온톨로지를 개발하고 있다. 나아가 음악 추천에 이용되는 기존 방법과의 비교를 통해 온톨로지를 활용한 접근 방법의 상대적 장점을 발견하는 연구도 시도해 볼 예정이다.

감사의 글

본 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-357-D00223).

참 고 문 헌

[1] Birmingham, W., Dannenberg, R., Pardo, B., “An Introduction to Query by Humming with the Vocal Search System,” *Communications of the ACM*, Vol. 49 (8), pp. 49-52, 2006.

[2] Rho, S., Han, B., Hwang, E., and Kim, M., “MUSEMBLE: A Novel Music Retrieval System with Automatic Voice Query Transcription and Reformulation,” *Journal of Systems and Software (Elsevier)*, Vol. 81(7), pp. 1065-1080, July. 2008.

[3] Oscar, C., “Foafing the Music: Bridging the semantic gap in music recommendation,” *Proceedings of 5th International Semantic Web Conference*, 2006.

[4] Yves, R., and Frederick, G., “Music Ontology Specification,” Available at: http://www.musicontology.com/

[5] Yves R, Samer A, Mark S, and Frederick G., “The Music Ontology,” *Proceedings of the International Conference on Music Information Retrieval*, ISMIR 2007 : 417-422, 2007.

[6] Kanzaki Music Vocabulary, Available at: http://www.kanzaki.com/ns/music

[7] MusicBrainz, Available at: http://musicbrainz.org

[8] 박창호 등, “인지공학심리학: 인간-시스템 상호작용의 이해,” *시그마프레스*, 2007.

[9] Russell, J. A., “A Circumplex Model of Affect,” *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 39, (1980).

[10] Thayer, R. E., “The Biopsychology of Mood and Arousal,” *New York: Oxford University Press*, (1989).

[11] Lie Lu, D. Liu, Hong-Jiang Zhang, “Automatic Mood Detection and Tracking of Music Audio Signals,” *IEEE Transactions on Audio, Speech & Language Processing*, Vol. 14(1), pp. 5-18, (2006).

[12] Sanghoon Jun, Seungmin Rho, Byeong-jun Han, and Eenjun Hwang, “A Fuzzy Inference-based Music Emotion Recognition System,” *International Conference on Visual Information Engineering*, pp. 673-677, July 29 ~ Aug. 1, 2008.

[13] Juslin, P.N., Sloboda, J.A., “Music and Emotion: Theory and research”, *New York: Oxford University Press*, 2001.

[14] Last.fm, Available at: http://www.last.fm

[15] GarageBand, Available at: http://www.garageband.com/

[16] MyStrands, Available at: http://www.mystrands.com

[17] The Friend of a Friend (FOAF) project, Available at: http://www.foaf-project.org/

[18] OWL Web Ontology Language, Available at: http://www.w3.org/TR/owl-ref/

[19] Protégé Editor, Available at: http://protege.stanford.edu

[20] Gerd Ruebenstrunk, “Emotional Computers,” Available at: http://ruebenstrunk.de/emeocomp/content.htm

[21] P. Cano, et al., “Content-based music audio recommendation,” *Proc. ACM Multimedia*, pp. 212-212, 2005.

[22] S. Pauws and B. Eggen, “PATS: Realization and user evaluation of an automatic playlist generator,” *Proceedings of ISMIR*, 2002.

[23] Klaus R.S., and Marcel R.Z., “Emotional Effects of Music: Production Rules”, *Music and emotion: theory and research. Oxford; New York: Oxford University Press*, 2001.

[24] Klaus R.S., and Marcel R.Z., “Emotional Effects of Music: Production Rules”, *Music and emotion: theory and research. Oxford; New York: Oxford University Press*, 2001

[25] Novais, Paulo, et al., “Emotions on Agent based Simulators for Group Formation,” *Proceedings of the European Simulation and Modelling Conference*, pp. 5-18, 2006.

[26] RacerPro, Available at: http://www.racer-systems.com/

[27] Jess, Available at: http://www.jessrules.com/

송 세 헌 (宋世憲)

2001년 2월 : 아주대학교 정보및컴퓨터공학(공학사)
2003년 2월 : 아주대학교 정보통신공학(공학석사)
2003년 3월~현재 : 아주대학교 정보통신공학 박사과정
관심분야 : 지식표현 및 추론, 상황인지, 멀티에이전트
Email : lego@ajou.ac.kr

노 승 민 (盧承民)

2001년 8월 : 아주대학교 정보및컴퓨터공학(공학사)
2003년 8월 : 아주대학교 정보통신공학(공학석사)
2008년 8월 : 아주대학교 정보통신공학(공학박사)
2008년 9월 ~ 2009년 2월 : Carnegie Mellon Univ. Visiting Scholar
2009년 3월~현재 : 고려대학교 전기전자전파공학부
관심분야 : 데이터베이스, 음악 검색, 멀티미디어 시스템, 기계학습, 지식 관리
Email : smrho@korea.ac.kr

황 인 준 (黃仁俊)

1988년 2월 : 서울대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
1990년 2월 : 서울대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
1998년 2월 : Univ. of Maryland at College Park 전산학과(공학박사)
2004년 3월 ~ 현재 : 고려대학교 전기전자전파공학부 (부교수)
관심분야 : 데이터베이스, 멀티미디어 인덱싱 및 검색, 오디오/이미지 특징 추출 및 표현, 대용량 데이터 처리 및 관리, 데이터 분류 및 추천
E-mail : ehwang04@korea.ac.kr

김 민 구 (金民九)

1977년 2월 : 서울대학교 계산통계학과(이학사)
1979년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
1989년 2월 : 펜실베니아 주립대 전산학과(공학박사)
1997년 3월 ~ 1998년 2월 : 한국정보과학회 인공지능위원회 운영위원장
1999년 3월 ~ 2000년 2월 : Louisiana 대학, CACS 연구과학자
1981년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 컴퓨터공학과 (교수)
관심분야 : 지식표현, 추론, 멀티에이전트, 정보검색
E-mail : minkoo@ajou.ac.kr