도메인 지식을 이용한 의미 기반 검색을 위한 유사성 측정

*조미영, **최창, **김판구

*조선대학교 전자계산학과
**조선대학교 컴퓨터공학과
irune@chosun.ac.kr, enduranceaura@gmail.com, pkkim@choun.ac.kr

Similarity Measure for Semantic-based Retrieval using Domain Knowledge

*Miyoung Cho, **Chang Choi, **Pankoo Kim
*Dept. of computer science, Chosun university
**Dept. of computer engineering, Chosun university

요 약

멀티미디어 데이터 처리 요구가 증가함에 따라 이의 의미적 표현 및 검색에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 최근에는 특히 지식 기반의 온톨로지를 이용한 의미적 검색에 초점을 두고 있으며, 구축된 온톨로지를 기반으로 동의어 관계, 반의어 관계 등을 이용하여 질의 확장으로 활용되고 있다. 하지만 이들은 대부분 속성 관계 등을 고려하지 않을 뿐만 아니라 각 관계별 가중치를 고려하지 않고 있다. 이에 본 논문에서는 비디오의 의미적 특징들을 추출하여 온톨로지를 구축한 후 의미 기반 검색을 위하여 관계별 가중치를 고려한 유사성 측정을 제안하고자 한다.

1. 서 론

오늘날 디지털 비디오 처리 시스템의 성능 향상 및 분석을 위한 많은 방법론이 연구되어 왔지만, 비디오 데이터의 처리, 검색, 전송 등에 있어서 아직까지는 미숙한 점이 많이 존재한다. 비디오 데이터는 구조가 매우 복잡하고, 그에 대한 분석 및 처리 방법에 있어서 현재까지의 기술은 주로, 색상, 질감, 형태, 궤적 등 저차원 레벨의 성분에 기반을 둔 것이 일반적이다. 그러나 사용자의 요구는 단순한 저차원의 인식이 아니라 비디오 데이터 내에 포함된 의미를 이해하는 것으로 고차원적 의미 분석 방법론이 대두되고 있다.

특히, 비디오에서 객체 움직임의 의미적 인식을 위해 Temporal Logic, Interval Algebra 등을 이용한 Logic 기반 방법과 유한상태머신, 베이지안 네트워크, HMM(Hidden Markov Model) 등을 이용한 상태 머신방법 등을 이용해 이벤트를 표현하고 있다. 또한, 현재 표준안으로 만들어지고 있는 MPEG-7에서는 저차원의 특징뿐만 아니라 시·공간적 관계 표현, 이벤트 인식에 이르기까지 의미적 인식을 위해 노력하고 있다.

이에 따라 최근에는 특히 지식 기반의 온톨로지 등을 이용한 의미적 검색이 나타나고 있다[1][2][3][4]. 즉, 의미적 기술을 위해 온톨로지라는 개념이 등장함에 따라 이를 이용한 멀티미디어 정보 검색 및 표현에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 하지만 기존 연구 대부분이 속성(attribute) 관계를 고려하고 있지 않거나, 동의 관계만을 이용한 질의의 확장으로써 활용될 뿐이다.

이에 본 논문에서는 비디오의 의미적 특징들을 추출하여 온톨로지를 구축한 후 검색시 활용할 수 있도록 관계별 가중치를 고려한 유사성 측정을 제안하고자 한다. 기존 연구에서는 비디오의 의미적 특징을 추출하고 이를 이용하여 도메인 온톨로지를 구축하였으며 검색시 파라미터 매핑으로 의미적 비디오 클립을 검색하였다. 하지만 검색한 질의와 정확하게 매핑된 비디오 클립이 없을 경우 유사한 장면이라도 검색하지 못하는 문제를 해결하고자 본 논문에서는 의미적 질의 확장을 제안하고자 한다.

질의 확장을 위해 본 논문에서는 기존의 구축된 온톨로지를 이용하였는데 이때, 질의 확장 및 검색에서는 동의어 관계 뿐만 아니라 반의어 관계 또한 고려하며, 각 개념의 속성 값을 이용한다. 즉, 관계별 가중치를 고려한 유사성 측정법을 제안하고 이를 비디오 검색에 적용하기 위한 방안을 마련해보고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장 관련 연구에서는 서론에서 소개한 온톨로지 기반의 비디오 검색 시스템들을 소개하고 이들을 비교 평가한다. 3장은 기존연구로써 도메인 온톨로지 구축의 한 예로 당구 경기 비디오 내용을 분석 후 이를 의미적 주석인 온톨로지 형태로 구축한다. 4장에서는 구축된 온톨로지를 이용하여 관계별 가중치를 고려한 유사성 측정을 제안하고 질의 예를 보여주고 마지막 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

서론에서 소개하다시피, 온톨로지를 이용한 의미 기반의 비디오 검색 시스템에 관한 연구가 활발히 진행 중이다. 이들에 대해 간단하게 살펴보면 다음과 같다.

Chrisa. T는 MPEG-7에서의 MDS 메타데이터와 OWL의 상호 운용을 위한 방법론과 그의 응용을 제안하였다. 즉, 이 시스템은 인덱싱, 검색, 필터링 등과 같은 응용 프로그램을 위한 도메인 온톨로지를 구축하기 위해 MPEG-7 MDS 구조를 인식하고 이용 가능하게 하였다. 텍스트로 표현된 사용자 질의를 디스크립션을 사용하여 표현하였으며, 이를 이용하여 비디오를 의미적으로 검색하였다. 그러나 검색시 속성값의 유무에 따라 검색하였을 뿐 속성간의 관계는 고려하지 않았다[1].

L.Hollink은 의미 기반의 비디오 검색을 위한 시각적 정보의 주석처리에 초점을 맞추었다. 특히, 특정 도메인내에서 시각정보의 주석처리가 용이하게 하고, 각각 시각적 온톨로지와 매핑시키기 위한 온톨로지 구축 방법을 제안하였다. 또한 시각적 정보와 일반 개념간의 링크를 통하여 지식 베이스의 일종인 WordNet과 MPEG-7의 시각적 온톨로지를 생성했다[2]. 저차원과 고차원을 매핑시키기 위해 시도하였으나 온톨로지의 속성값은 이용하지 못하였다.

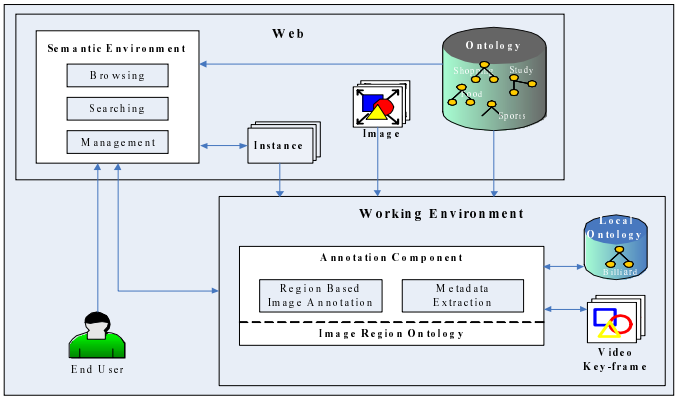
Jan P. 또한 온톨로지 기반의 정보검색을 제안하였다. 제안한 시스템은 온톨로지 형식으로 표현된 도메인 지식을 기반으로 하고 있다. 질의는 연관된 개념의 집합이라고 가정하고 온톨로지를 이용한 질의를 평가하기 위해 Latent Semantic Indexing 방법과 같은 전통적 텍스트 기반의 검색과 비교하였다. 특히, 워드넷에서 동의어 관계를 이용하여 온톨로지 기반의 질의 확장을 시도하였다. 그러나 이 또한 다른 타입들간의 유사성 측정은 고려하지 않았다[3].

Hennik B. 등은 지식베이스로 온톨로지 기반 질의 처리를 위한 개념 원리를 소개하였다. 그들은 일반 온톨로지로 정의된 기본 개념의 결합을 통한 기본 온톨로지의 프레임워크를 고려하였다. 즉, 개념은 지식베이스의 인덱싱을 위한 기본 요소라 가정하고, 기존의 단어 기반의 정보를 생성한 디스크립션을 얻기 위한 수단으로 이용한다. 그들은 또한 온톨로지가 매칭 값에 따라 어떻게 영향을 미치는지에 대해 초점을 맞추었다. 특히, 온톨로지내 다른 관계가 개념간 유사성에 어떤 영향을 미치는지 따져보았다. 게다가, 온톨로지내 의미와 연관된 유사성 측정을 향상시키기 위하여 주된 속성의 집합을 고려하였으며, 가중치 부여를 위해 이러한 속성값들을 사용하였다[4].

기존의 시스템들에서 살펴봤듯이 온톨로지를 이용하여 표현하고 검색하려는 시도는 많이 있으나, 진정한 의미적 검색으로 보기에는 아직 미흡한 점이 있다. 이에 본 논문에서는 개념간 관계를 고려한 유사성 측정을 통한 질의 확장을 기반으로 의미적 비디오 검색을 제안한다.

3. 도메인 온톨로지 구축

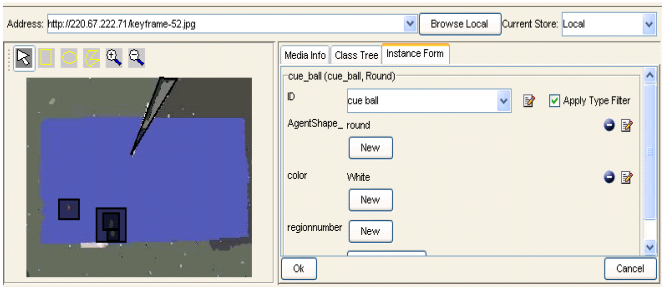
본 논문에서는 지식 베이스의 일종인 온톨로지를 이용하여 비디오 콘텐츠를 의미적으로 표현하고 검색하고자 한다. [그림 1]은 비디오 콘텐츠에 대한 의미적 주석 처리를 위한 구성도이다.



[그림 1]비디오 콘텐츠 주석 처리를 위한 구성도

위의 구성도는 크게 온톨로지 기반의 주석처리, 시맨틱 웹상에서의 메타데이터 관리 두 부분으로 나눈다. 본 논문에서는 특별히 당구 게임에서의 저차원 특징과 고차원 특징의 매핑에 초점을 맞추었다. 세그멘테이션 알고리즘을 통해 얻게 된 각 특정 키프레임별로 주석처리 하였으며, 이를 위해 Photo-Stuff를 이용하였다[5].

키프레임 추출 후 각 프레임의 전처리를 통해 각 영역별로 주석 처리한다. 예를 들어, 만약 "cue_ball" 객체를 주석처리하고자 할 때, 해당 MBR을 선택하고 그 객체에 해당되는 속성값을 기술한다. 이때 “instance form"에서 그 객체에 해당하는 속성을 선택할 수 있다. 따라서 주석은 반자동으로 당구 게임 온톨로지에 의해 생성된다. [그림 2]는 특정 키프레임에서 당구공과 큐 등의 주요 객체들의 영역 추출을 보여주고 있다.



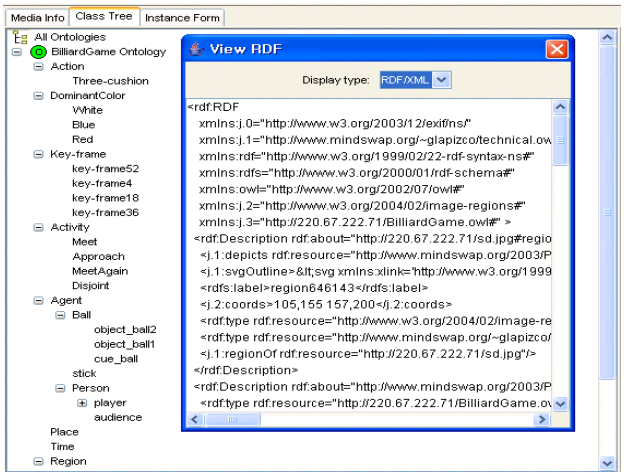
[그림 2] 특정 키프레임에 대한 영역별 주석 처리

추출된 각 영역들을 기반으로 이들 간의 시공간 관계를 이용하여 의미적인 표현이 가능하다. 특히, “player”, “cue_ball”, “$object_ball_1$”, “$object_ball_2$”간의 관계를 고려하는데 “cue_ball”과 “object_ball”간 meet 관계를 이용하여 "The cue_ball

meets with the object_ball1"라고 주석 처리한다. [그림 3]은 meet 액션을 이용하여 특정 키프레임에 대해 주석 처리한 결과이다. 이러한 작업 후, 키프레임과 비디오 이벤트 주석을 위해 세그먼테이션 후 얻게 된 당구 게임 shot과 링크시킨다.

[그림 3] 특정 키프레임에 대한 의미적 내용 표현

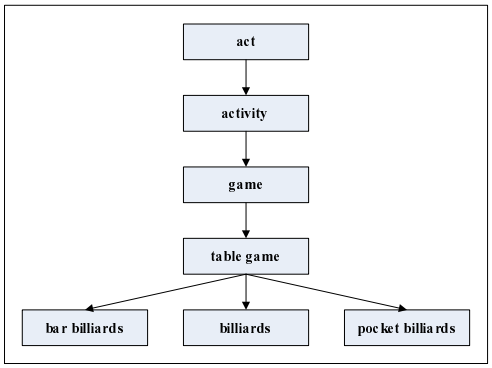
[그림 4]는 키프레임별로 주석처리의 예로 온톨로지를 이용하여 의미적 내용을 표현하였다.



[그림 4]특정 키프레임의 주석 처리 예

4. 유사성 측정

3장에서 기술한 당구 게임 비디오의 의미적 내용을 표현하기 위한 온톨로지를 이용한 의미적 검색 시 정확한 매핑에 의해서만 검색한다면 이와 의미적으로 유사한 장면들은 검색할 수 없다. 예를 들어, 사용자가 특정선수에 의한 Three ball을 검색하기를 원한다고 하자. 파싱 후, 의미적 정보를 추출하는데 즉, 선수:이름 액션:Three ball 그리고 파라미터 매핑으로 rdf: Agent, rdf: Event 과 같이 매핑한다. 즉, RDF 메타데이터를 포함하고 있는 RDF 관계 모델과 의미적 정보를 비교한다. 이때 정확한 매핑 결과가 없는 경우 질의 확장을 통해 검색의 범위를 넓힐 수 있다. 이를 위해 본 논문에서는 구축된 도메인 온톨로지를 이용하여 질의 확장을 위한 유사성 측정을 제안하고자 한다.



[그림 5] WordNet에서 billiards

[그림 5]는 IS_A 관계를 이용한 당구 게임의 도메인 온톨로지의 일부를 보여준다. 그림에서 보다시피, billiards는 table games의 자식노드로써, bar billiards, pocket billiards와 형제 관계에 있다. 기존 연구에서는 WordNet의 synset(동의어의 집합)을 이용하여 동의어를 기준으로 질의를 확장하였다. 본 논문에서는 동의어뿐만 아니라 상하위 관계, 포함 관계 등을 이용한다. 예를 들어, "billiards" 질의 시 정확히 “billiards”와 매핑되는 장면이 없을 경우 “bar billiards”와 “pocket billiards”로 질의를 확장하여 검색한다.

일반적으로, 온톨로지와 같은 계층구조에서, 유사성 측정을 위한 요인으로 최단거리, 관계, 깊이, 정보량, 밀도 등이 있으나, 본 논문에서는 다음과 같이 최단거리와 관계별 가중치만을 고려한다.

1) 최단거리
   두 개념간의 거리가 가까울수록 높은 유사성 값을 가진다.
2) 개념간 관계
   링크 타입은 두 노드간의 개념적 관계로 IS_A, HAS_PART 등과 같은 관계가 있다. 따라서 개념적 유사도를 계산하기 위해서는 링크 타입이 고려되어야 한다.

먼저, 상하위 관계로 이루어진 개념적 구조에서 두 개념간의 유사성 측정에 대해 살펴본다. 만약 두개의 노드가 상하위(즉, 부모와 자식)관계로써 인접하다면, 이 인접 노드간 의미적 거리는 다음과 같이 표현된다.

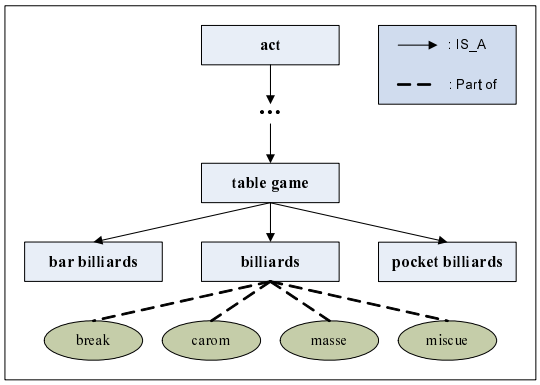
$$S_{ADJ}(c_i, c_j) \qquad (1)$$

여기서, C_i와 C_j는 각각 측정하고자 하는 인접한 노드들이다. 두 개념간 거리가 하나 이상의 에지로 확장될 경우 이들간 유사성은 최단 거리에 따른 $S_{ADJ}(c_i, c_j)$의 합이라 볼 수 있다. 이때, 상하위 관계가 아닌 다른 관계로까지 확대되는데 이들을 고려하기 위하여 각 관계별로 가중치를 부여한다.

즉, 두 개념간 유사성 측정을 기반으로 질의 확장을 위해 노드를 확장한다. 최단 거리와 두 개념간 관계를 이용한 유사성 측정은 다음과 같다.

$$S_{edge}(c_i, c_j) = \sum_{k=0}^{n} W(t_k) \cdot S_{ADJ}(c_k, c_{k+1}) \qquad (2)$$

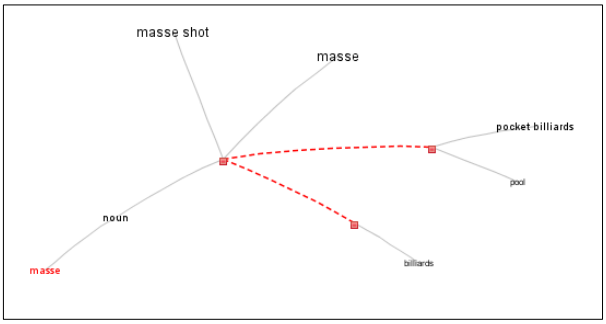
여기서, $W(t_k)$는 링크타입을 기반으로 한 가중치 함수이다.



[그림 6] PART_OF 관계를 이용한 당구 게임 도메인의 확장

[그림 6]은 도메인 지식의 확장으로 [그림 5]의 PART_OF 관계를 추가한 것이다. IS_A 관계는 아니지만 다음과 같이 "break", "masse" 등 또한 질의 확장에 이용될 수 있다. 이때 IS_A 관계와 PART_OF 관계는 서로 다른 관계이므로 각각 가중치를 달리 주도록 한다. 이외에도 클래스의 속성을 표현하는 characteristic, cause by, location, temporal 관계 등 표현하고자 하는 의미에 따라 관계를 설정하고 다른 가중치를 부여한다.

가중치 함수로는 간단히 step 함수를 사용하여 링크타입별로 $W(t)$를 달리 준다. 즉, IS_A 관계는 1을 그 외 다른 관계에선 1보다 작은 혹은 1보다 큰 값을 리턴해준다.



[그림 7] Part_of 관계를 이용한 당구 게임 도메인의 확장

"pocket billiards"의 "masse"와 "billiards"의 "masse"간 유사도를 측정하기 위해 IS_A 관계만을 이용한 기존의 에지기반 방법을 이용한다면, "billiards"와 "pocket billiards"간의 최단거리는 4라는 값을 가진다. 하지만, 비교하고자 하는 두 노드는 "masse"라는 공통값을 가지고 있다. 이에 sim[pocket_billiards(PART_OF:masse), billiards(PART_OF:masse)]은 공통된 노드를 기준으로 최단거리를 고려하면 2라는 값을 가진다. 여기서, 두 개념간 거리는 유사도와 반비례하므로 링크타입을 고려함에 따라 둘 간의 유사도가 더 높아졌다. 향후 연구에서는 링크별로 최적의 가중치를 구하고 이를 이용하여 유사도를 좀 더 정확히 한다.

5. 결론

최근 온톨로지를 이용한 의미적 검색에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히, 이를 기반으로 동의 관계, 반의어 관계 등을 이용하여 질의 확장으로 활용되고 있다. 하지만 이들은 대부분 속성 관계 등을 고려하지 않을 뿐만 아니라 각 관계별 가중치를 고려하지 않고 있다. 이에 본 논문에서는 비디오의 의미적 특징들을 이용한 도메인 온톨로지 구축 후 검색시 활용할 수 있도록 관계별 가중치를 고려한 유사성 측정을 제안하였다.

[Acknowledgement]
"본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITA-2006-C1090-0603-0040)

[참고문헌]

[1] Chrisa Tsinaraki, Panagiotis Polydoros, Stavros Christodoulakis, "Interoperability Support between MPEG-7/21 and OWL in DS-MIRF", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Volume 19 , Issue 2, February 2007

[2] L. Hollink, M. Worring, A.Th.Schreiber, "Building a Visual Ontology for Video Retrieval", International Multimedia Conference archive, Hilton, Singapore PP.479 - 482, 2005

[3] Jan Paralic, Ivan Kostial, "Ontology-based Information Retrieval"

[4] R. Knappe, H. Bulskov, and T. Andreasen, "Perspectives on Ontology-based Querying", International Journal of Intelligent Systems, 2004

[5] ChristianHalaschek-Wiener, NikolaosSimou and VassilisTzouvaras, "Image Annotation on the Semantic Web," W3C Candidate Recommendation, W3C Working Draft 22 March, 2006.

[6] Dan Song, Miyoung Cho, Chang Choi, Juhyun Shin, Pankoo Kim, "Knowledge Representation for Video Assisted by Domain-Specific Ontology", LNCS 4303, PKAW2006