

모바일 환경에서 사용자 정의 규칙과 추론을 이용한 의미 기반 이미지 어노테이션의 확장

서광원[†], 임동혁^{**}

Extending Semantic Image Annotation using User- Defined Rules and Inference in Mobile Environments

Kwang-won Seo[†], Dong-Hyuk Im^{**}

ABSTRACT

Since a large amount of multimedia image has dramatically increased, it is important to search semantically relevant image. Thus, several semantic image annotation methods using RDF(Resource Description Framework) model in mobile environment are introduced. Earlier studies on annotating image semantically focused on both the image tag and the context-aware information such as temporal and spatial data. However, in order to fully express their semantics of image, we need more annotations which are described in RDF model. In this paper, we propose an annotation method inferencing with RDFS entailment rules and user defined rules. Our approach implemented in Moment system shows that it can more fully represent the semantics of image with more annotation triples.

Key words: Semantic Image Annotation, Mobile, RDF, Inference, User Defined Rules

1. 서 론

최근 스마트기기를 통해 멀티미디어 데이터를 처리할 수 있는 기능이 활발해지면서 이와 관련된 소셜 미디어 사이트(페이스북, 인스타그램 등)들이 증가하고 있으며 이를 위한 수많은 이미지들이 생성되고 있다. 이를 위해 대량의 이미지 콘텐츠를 저장 관리하고 검색할 수 있는 기술이 필요하며 이미지가 가지는 의미 정보를 이미지 콘텐츠 속에 함께 저장하는 어노테이션 기법이 제안되었다[1-4]. 특히 [1]에서는 모바일 기기에서 자동으로 획득하는 시간 정보와 위치 정보를 온톨로지 언어인 RDF[5] 트리플의 그래프 데이터로 변환하여 어노테이션 하며 추가적

으로 사용자가 입력한 태그 정보를 DBPedia를 이용하여 RDF 트리플로 모델링하여 어노테이션 한다. 어노테이션된 이미지의 의미 정보는 RDF 질의 언어인 SPARQL[6]에 의해 검색이 가능하게 된다.

하지만 [1]에서 이미지가 가지는 의미 정보 및 상황 정보를 RDF 모델로 표현하여 이미지 검색이 가능하도록 하였지만 어노테이션 된 정보가 풍부하지 못한 단점을 가지게 된다. 본 논문에서는 RDF 모델에 적용할 수 있는 RDFS 함의 규칙[7]과 사용자 정의 규칙을 이용하여 의미 정보를 표현하는 어노테이션 정보를 확장하도록 한다. Fig. 1은 [1]에서 이용하는 RDF 어노테이션 정보를 추론으로 확장하는 예를 보여준다. Fig. 1에서 알 수 있듯이 기존 RDF 기반 의미

* Corresponding Author: Dong-Hyuk Im, Address: (336-795) 20, Hoseo-ro 79beon-gil, Baebang-eup, Asan-si, Chungcheongnam-do, Korea, TEL : +82-41-540-5699, FAX : +82-53-548-9667 E-mail : dhim@hoseo.edu
Receipt date : Jan. 11, 2018, Approval date : Jan. 29, 2018

[†] Department of Computer Engineering, Hoseo University (E-mail : tangcoril@naver.com)

^{**} Department of Computer Engineering, Hoseo University
* This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. NRF-2017R1C1B1003600)

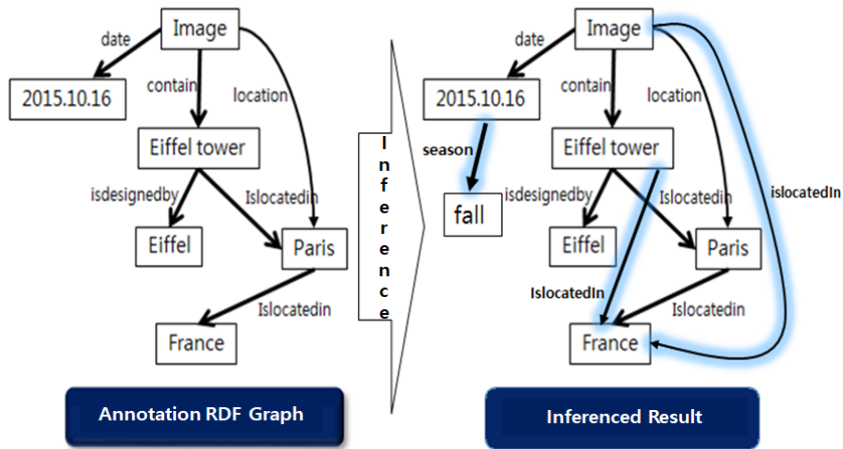


Fig. 1. Overview of extending annotation.

어노테이션은 사용자가 입력하거나 모바일기기에서 획득한 정보를 기반으로 트리플 정보가 생성되는 반면 본 논문에서 제안한 어노테이션 기법은 기존 어노테이션 정보를 바탕으로 RDF 추론 및 사용자 규칙을 적용하여 추가적인 트리플 정보를 생성시킨다. 예를 들면, 모바일 기기에서 촬영한 사진이 “파리”에서 촬영하였는데 “파리”는 프랑스에 위치를 하므로 RDFS 함의 규칙에 의해 사진은 프랑스에서 촬영한 정보가 추가되어 “Image islocatedIn France”의 트리플 정보가 추가된다. 또한 사진을 촬영한 날짜가 “2015.10.16.”이므로 사용자 정의된 규칙에 의해 사진을 촬영한 계절은 “fall”이라는 정보가 추가되어 “2015.10.16. season fall”이라는 트리플 정보가 추가되었다. 추가적인 트리플 정보는 이미지에 대한 의미 정보를 더 상세하게 표현하기 때문에 트리플 정보가 많을수록 의미 기반 이미지 어노테이션의 질(quality)을 높일 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구로서 다양한 이미지 어노테이션 및 이미지 검색 시스템을 알아보고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템의 기본 모델과 어노테이션 추론 방법을 설명하고 4장에서는 시스템 구현과 대표적인 사용 예를 보여준다. 5장에서는 타 이미지 어노테이션 및 검색 시스템과의 비교 및 추론을 통해 생성되는 추가적인 어노테이션에 대한 실험 결과를 보여주며 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

이미지 어노테이션에 대한 연구 중 온톨로지를 이용하는 방법은 꾸준히 연구되어 왔다[8-10]. 이미지 태그가 가지는 명사 표현의 한계를 해결하기 위해 온톨로지가 사용된다. [8]은 사용자가 직접 온톨로지를 이용하여 수동적으로 이미지를 어노테이션하고 검색하는 방법을 제안하였다. 온톨로지 기반 구축된 제한된 어휘들을 이용하여 사용자가 이미지의 내용을 확인하고 직접 의미적으로 입력할 수 있게 하며 검색도 가능하도록 하였다. [9]에서는 이미지가 가지는 색상, 모양 등의 시각적 정보 각각을 특정 개념에 대응시키고 미리 정의된 온톨로지 기반 규칙을 적용하여 해당 이미지의 대표 개념을 식별하고자 하였다. 추론 규칙은 비주얼 정보 온톨로지와 도메인 온톨로지에 표현하였다. 도메인 온톨로지는 동물 분야로 국한되어 제안되었으며 동물의 계층 정보를 포함하였다. [10]에서는 객체 관계 네트워크(ORN, Object Relation Network) 기반의 이미지 어노테이션 및 검색을 제안하였다. 이미지에서 세그먼트라는 부분 이미지를 추출하여 이에 확률 모델을 적용하여 객체를 식별하고 온톨로지를 이용하여 객체들 간의 관계 네트워크를 찾아낸다. 이미지 검색 또한 위의 객체들간의 관계 네트워크를 이용하여 기존 이미지 검색보다 의미적으로 사용자가 원하는 이미지를 검색할 수 있게 한다. 위와 같은 온톨로지 기반의 이미지 어노테이션과 검색 기법들은 사용자가 원하는 의미에 맞게

이미지를 검색할 수 있는 장점을 가지지만 검색 전에 미리 온톨로지를 사용자가 구축해야 하는 단점을 가지게 된다. 이러한 단점을 해결하기 위해 자동 혹은 반자동으로 온톨로지를 구축할 수 있는 기법들이 제안되었다. Linked Tag[2]는 이미지가 가지는 태그 정보를 온톨로지 확장하는 방법을 제안하였다. 특히 Linked Tag에서는 온톨로지 RDF 모델을 사용하여 이미지 검색에 SPARQL 질의어를 통해 의미 기반 검색이 가능하도록 하였다.

모바일 기기에서의 이미지 처리 및 태깅에 대한 연구도 많이 연구되었다[1,11,12]. [11]에서는 스마트 기기가 가지고 있는 상황 정보를 활용하여 이미지 검색이 가능하도록 하였다. 상황 정보는 시간 정보, 위치 정보, 소셜 정보, 개인 정보 등을 포함하고 있다. 사진을 촬영할 때 상황 정보를 어노테이션 하고 이미지 검색 시 어노테이션 된 정보를 활용하여 사용자가 원하는 이미지를 찾을 수 있게 한다. 하지만 어노테이션의 형태가 정형화되어 있기 때문에 시스템에서 제공해주는 질의어만 사용할 수 있는 단점을 가진다. [12]에서는 모바일 기기에서 위치 정보를 활용하여 사용자가 지도위에서 이미지를 검색 및 브라우징 할 수 있도록 해준다.

RDF 모델의 추론에 대한 연구는 주로 전방향 추론 방식이 많이 연구되었다. [13]는 전방향 추론 방식이 질의 처리 시 매우 유용함을 보였다. 현재의 사실들에 RDFS 합의를 규칙을 적용하여 미리 저장하여 질의 처리 시 사용하는 전략을 취하고 있다. 또한 가장

효율적인 전방향 알고리즘인 Rete 알고리즘[14]에서는 중간 결과를 저장한 후 중복된 추론 과정을 제거하여 추론의 성능을 개선시켰다.

3. 사용자 정의 규칙과 추론

3.1 RDF 모델 기반 의미 기반 이미지 어노테이션

본 논문에서는 기존의 Moment[1]시스템에서 사용한 의미 기반 이미지 어노테이션을 확장하고 있기 때문에 RDF[12] 모델 기반의 어노테이션 방법과 SPARQL[13] 질의를 통해 이미지를 검색한다. RDF는 메타 데이터를 구성하여 웹 응용들 간 정의에 대한 의미를 상호 이해하기 위해 W3C에 의해 제안되었다. RDF는 트리플(주어, 술어, 목적어)로 나타내며 Moment[1]에서는 이미지가 가지는 태그 정보를 RDF 그래프로 표현된다. Fig. 2는 Moment의 실행 화면을 보여준다. 모바일 기기로 사진을 촬영하고 사용자가 이미지에 대한 태그를 입력한 후 사용자가 이미지 태그를 선택하여 어노테이션 트리플을 생성시킨다. 추가적으로 Moment에서는 사진을 촬영한 위치 정보(<http://dbpedia.org/property/location>)와 시간 정보(<http://dbpedia.org/property/date>)를 바탕으로 해당 술어 값을 추가하여 RDF 트리플을 생성한다.

Moment에서는 어노테이션 된 이미지들을 검색할 때 RDF 질의 언어인 SPARQL을 이용하여 검색할 수 있게 한다. 따라서 사용자는 본인이 원하는 이미지를 내용 기반이 아닌 어노테이션된 의미 정보를 이용하여 질의하여 원하는 이미지 결과를 얻을 수



Fig. 2. Screen Shot of Annotation in Moment [1].

Table 1. Example of User Defined Rules

Rules	Context Information	Inference
Season Inference	Inferencing month information	If the month is March to May, it is spring, from June to August it is summer, from September to November it is autumn, and from December to February it is winter.
Time Inference	Inferencing time information	Morning: the time is 08 to 12 Afternoon : the time is 12 to 18 Evening : the time is 18 to 24 Night : the time is 24 to 6

있게 된다.

3.2 RDFS 함의 규칙

RDFS 함의 규칙은 RDFS에서 도입된 기존의 RDF 그래프가 가져야 할 제약 조건이다. 기본적으로 다른 문장의 존재로부터 다른 문장을 추가하는 구조를 갖는다. 본 논문에서 고려하는 함의 규칙은 RDF Semantics에서 제안한 RDF 함의 규칙으로 Fig. 3을 통해 알 수 있다. 예를 들면, 규칙 10의 경우 subClassOf 관계의 추이적 관계(Transitive Closure)를 보여주고 있다. 자원 xxx가 자원 yyy의 하위 클래스이고 자원 yyy가 자원 zzz의 하위클래스 관계이면 자동적으로 자원 xxx가 자원 zzz의 하위클래스 관계를 갖는 것을 의미한다. 이 외에도 확장 함의 규칙, 데이터 타입 함의 규칙을 제공하고 있지만 본 시스템에서는

	If E contains:	then add:
1a	xxx aaa yyy .	xxx rdf:type rdfs:Resource .
1b	xxx aaa yyy .	aaa rdf:type rdf:Property .
1c	xxx aaa uuu .	uuu rdf:type rdfs:Resource .
2	aaa rdfs:subPropertyOf bbb . bbb rdfs:subPropertyOf ccc .	aaa rdfs:subPropertyOf ccc .
3a	aaa rdfs:subPropertyOf bbb .	aaa rdf:type rdf:Property .
3b	aaa rdfs:subPropertyOf bbb .	bbb rdf:type rdf:Property .
4	xxx aaa yyy . aaa rdfs:subPropertyOf bbb .	xxx bbb yyy .
5	xxx aaa yyy . aaa rdf:domain zzz .	xxx rdf:type zzz .
6	xxx aaa uuu . aaa rdf:range zzz .	uuu rdf:type zzz .
7	xxx rdf:type uuu .	uuu rdf:type rdfs:Class .
8	xxx rdf:type rdfs:Class .	xxx rdfs:subClassOf rdfs:Resource .
9a	xxx rdfs:subClassOf yyy .	xxx rdf:type rdfs:Class .
9b	xxx rdfs:subClassOf uuu .	uuu rdf:type rdfs:Class .
10	xxx rdfs:subClassOf yyy . yyy rdfs:subClassOf zzz .	xxx rdfs:subClassOf zzz .
11	xxx rdfs:subClassOf yyy . aaa rdf:type xxx .	aaa rdf:type yyy .
12	aaa rdf:type rdfs:ConstraintResource . aaa rdf:type rdf:Property .	aaa rdf:type rdfs:ConstraintProperty .

Fig. 3. RDFS Entailment Rules.

추가적인 함의 규칙에 대해서는 고려하지 않고 있다.

이미지 어노테이션에 대한 RDFS 함의 규칙의 적용 예는 다음과 같다. 모바일 기기로 촬영한 이미지의 장소 위치가 “서울”이고 “서울”의 위치가 “대한민국”이라는 트리플 정보(“서울” partOf “대한민국”)가 존재하면 이미지의 장소 위치는 추론을 통해 “대한민국”이 추가된다.

3.3 사용자 정의 규칙을 이용한 추론

사용자 정의 규칙은 RDFS 함의 규칙에서 정의되지 않고 사용자가 자신만의 규칙을 생성하여 이미지 어노테이션에 적용하는 방법이다. 기존 RDFS 함의 규칙에 의한 추론은 미리 정의해둔 규칙에 의해서만 추론을 하기 때문에 상황에 맞는 추론이 진행되기 어려운 단점이 있다. 따라서 사용자가 상황에 맞게 미리 추론 정의를 해두고 이미지 어노테이션을 표현하는 트리플을 추론할 수 있다. 예를 들면, 본 논문에서는 Table 1과 같이 일반적인 상황을 표현할 수 있는 사용자 정의 규칙을 적용하였다.

이외에도 사용자가 원하는 상황에 맞는 추론을 추가로 정의만 하면 해당되는 이미지 어노테이션이 추가될 수 있다.

4. 추론 기반의 이미지 어노테이션 시스템 구현

본 논문에선 기존 Momemt 시스템을 기반으로 RDF 추론을 적용하기 위해 Apache Jena Framework¹⁾를 사용하였고, 특히 Inference API를 참조하여 사용하였다. Jena Inference API는 RDF 추론을 위한 함수를 제공하고 있으며 기존 시스템의 SPO (Subject Property Object) Transform 과정 다음에

1) <http://jena.apache.org>

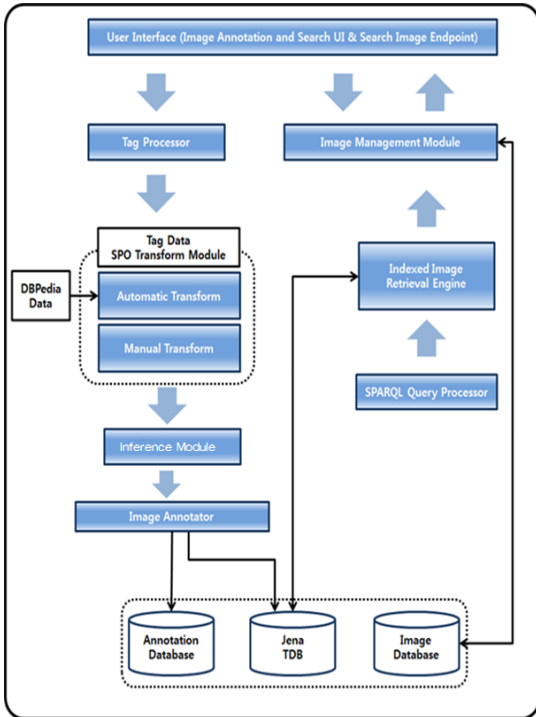


Fig. 4. System Architecture.

RDF들을 대상으로 추론 과정을 진행하고 그 결과를 다시 저장시킨다. 이후에 추론 결과를 기존 트리플에 추가하는 절차로 진행된다. Fig. 4는 추론 기능이 추가된 Moment 구조를 보여준다.

5. 시스템 비교

본 논문에서 제안한 방법과 기존 의미 기반 이미지 어노테이션 시스템과 비교를 하였다. 비교 대상으로는 Linked Tag[2], Moment[1]로 RDF 모델을 사용하는 의미 기반 이미지 어노테이션과 모바일 기반



Fig. 5. Screen Shot of Image.

이미지 어노테이션을 대표하는 시스템들이 선택되었다. Table 2는 본 논문에서 제안하는 방법과 기존 시스템들과의 기능 비교를 보여주고 있다.

Table 2에서 알 수 있듯이 기존 이미지 어노테이션의 장점을 모두 가지고 있으면서 사용자 입력 태그 및 모바일 기기의 상황 정보뿐만 아니라 RDFS 합의 규칙에 의한 추론 및 사용자 정의 추론을 통해 이미지가 가지고 있는 의미 정보를 더욱 더 풍부하게 해 줄 수 있다.

구체적인 의미 기반 이미지 어노테이션의 추가를 확인하기 위해 Fig. 5와 같은 이미지를 촬영하고 각각의 어노테이션 기법을 비교하였다. 사진 촬영에 대한 실험 환경은 모바일 기기로 촬영한 동일한 이미지에 대해 RDF 어노테이션을 사용하는 4가지 방법 (Linked Tag, Moment, Moment+RDF추론, Moment+RDF추론+사용자 정의 규칙)을 비교하였다. Fig. 6은 동일한 이미지에 대한 각각의 이미지 어노테이션 트리플 수를 나타낸다. Fig. 6의 결과에서 알 수 있듯이 Linked Tag의 트리플 수가 가장 적으며 본 논문에서 제안하는 방법(RDFS 추론 및 사용자 정의 규칙)이 많은 트리플 수를 가지고 있는 것을 알 수 있다. 많은 어노테이션 트리플 수는 이미지가 가지는 의미

Table 2. The comparison of Image Annotation Systems

	Image Systems		
	Linked Tag	Moment	Our Approach
Environment	Web	Mobile	Mobile
Annotation Method	Manual + Automatic	Manual + Automatic	Manual + Automatic + RDFS Inference + User Defined Rules
Context Information	X	O	O
Semantic Annotation	O	O	O
Image Retrieval	SPARQL	SPARQL	SPARQL

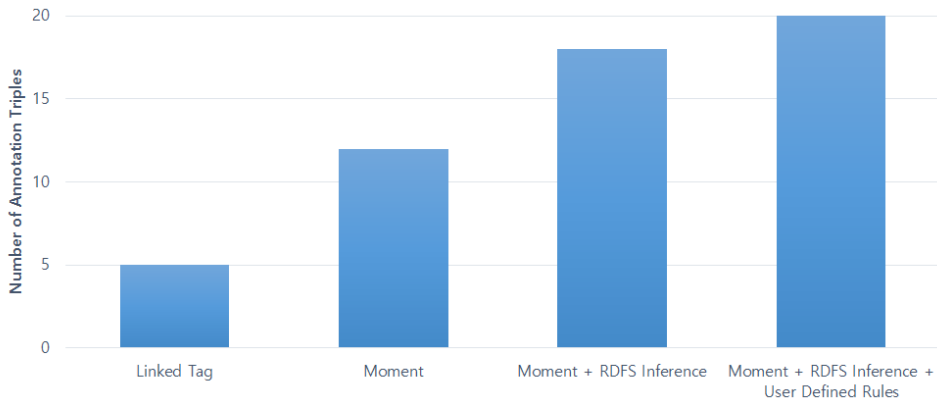


Fig. 6. Result of Comparison.

Table 3. Sample of Inferred Triples

Rule	Inferred Triples
RDFS Entailment	<http://dbpedia.org/resource/124><http://dbpedia.org/property/location> <http://dbpedia.org/resource/South-Korea> <http://dbpedia.org/resource/124><http://dbpedia.org/property/location> <http://dbpedia.org/resource/Chungcheongnam-do> <http://dbpedia.org/resource/124><http://dbpedia.org/property/location> <http://dbpedia.org/resource/Asan-si>
User Defined Rules	<http://dbpedia.org/resource/124><http://dbpedia.org/property/season> <http://dbpedia.org/resource/winter> <http://dbpedia.org/resource/124><http://dbpedia.org/property/timeslot> <http://dbpedia.org/resource/afternoon>.

적 내용을 더 풍부하게 표현할 수 있기 때문에 SPARQL을 이용한 이미지 검색 결과에서 의미적으로 유사한 이미지들이 검색될 확률이 높아질 수 있다. 추가된 트리플 결과들이 유의미한 결과인지를 확인하기 위해 Fig. 6의 결과를 구체적으로 분석을 하였다. Linked Tag는 사용자가 입력한 이미지 태그를 단순히 DBPedia에 연결한 트리플들만 어노테이션으로 가지는 반면에 Moment는 모바일기기로 획득한 시간 및 공간 정보에 대한 트리플들이 추가된 것을 확인하였다. 여기에 본 논문에서 제안한 RDFS 함의 규칙에 의해 지역에 대한 추론 트리플(part_of 속성에 대한 추이 관계)이 추가되었다. 마지막으로 3.3절에서 설명한 사용자 정의 규칙을 적용한 결과 추가적인 트리플(계절, 시간대)이 생성된 것을 확인할 수 있다. 계절 및 시간대에 대한 정보는 기존의 RDF 어노테이션 및 모바일 기기에서 얻어질 수 없는 정보이며 추론을 통해서 알아낸 정보이며 Fig. 5의 이미지가 가지는 의미 정보의 일부분임을 확인 할

수 있다.

Table 3은 Fig. 6의 결과에서 RDFS 함의 규칙과 사용자 규칙을 적용하여 증가한 트리플 예를 보여주고 있다. 함의 규칙에 의한 추가 트리플들을 확인해 보면 이미지 촬영 장소가 “배방읍”이기 때문에 위치에 대한 추론에 의해 “아산시”, “충청남도”, “대한민국”에 대한 트리플 정보가 추가된 것을 알 수 있다. 또한 사용자 정의 규칙에 의해 “겨울”과 “오후”에 대한 트리플 정보가 추가되었다.

6. 결 론

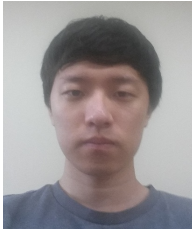
본 논문에서는 기존 모바일 환경의 의미 기반 이미지 어노테이션에서 생성되는 트리플 정보를 추론과 사용자 규칙을 이용하여 확장하는 방법을 제안하였다. 이미지가 가지는 의미 정보를 표현하는 트리플의 확장은 의미 기반 이미지 검색에서 이미지를 표현할 수 있는 표현의 증가를 의미하는 매우 중요한 요

소이다.

향후 과제로는 이미지 어노테이션의 태그에 대한 확장 연구와 대용량 이미지 어노테이션에 대한 처리 기술 필요하다. 이미지 어노테이션을 위한 태그에 대해서는 최근 연구가 활발한 기계 학습 기반 처리가 가능하며 대용량 이미지 처리에 대한 계획은 스파크 및 NoSQL 기반의 분산 병렬 등의 이미지 처리를 이용하여 효율적으로 가능하게 할 계획이다.

REFERENCE

- [1] H. No, K. Seo, and D. Im, "Semantic Image Annotation and Retrieval in Mobile Environments," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19, No. 8, pp. 1498-1504, 2016.
- [2] D. Im and G. Park, "Linked Tag: Image Annotation Using Semantic Relationships Between Image Tags," *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 74, No. 7, pp. 2273-2287, 2015.
- [3] D. Im and G. Park, "STAG: Semantic Image Annotation Using Relationships Between Tags," *Proceeding of International Conference on Information Science and Applications*, pp. 1-2, 2013.
- [4] J. Jeong, H. Hong, and D. Lee, "i-TagRanker: an Efficient Tag Ranking System for Image Sharing and Retrieval Using the Semantic Relationships Between Tags," *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 62, No. 2, pp. 451-478, 2013.
- [5] Resource Description Framework(RDF): Concepts and Abstract Syntax, <http://www.w3.org/TR/2014/REC-rdf11-concepts-20140225>, (accessed Jan., 14, 2016).
- [6] SPARQL Query Language for RDF, <http://w3c.org/TR/rdf-sparql-query/>, (accessed Jan., 14, 2016).
- [7] Patrick Hayes, "RDF Model Theory," <https://www.w3.org/TR/2001/WD-rdf-rmt-20010925/> W3C Working Draft, (accessed Sep., 25, 2001).
- [8] L. Hollink, G. Schreiber, J. Wielemaker, and B. Wielinga, "Semantic Annotation of Image Collections," *Proceeding of Knowledge Markup and Semantic Annotation Workshop*, pp. 41-48, 2003.
- [9] K. Park, J. Jeong, and D. Lee, "OLYBIA: Ontology-based Automatic Annotation System Using Semantic Inference Rules," *Proceeding of International Conference on Database Systems for Advanced Applications*, Vol. 4443, 2007.
- [10] N. Chen, Q. Zhou, and V. Prasanna, "Understanding Web Images by Object Relation Network," *Proceeding of the International Conference on World Wide Web*, pp. 291-300, 2012.
- [11] S. Xia, X. Gong, W. Wang, Y. Tian, X. Yang, and J. Ma, "Context-aware Image Annotation and Retrieval on Mobile Device," *Proceeding of International Conference on Multimedia and Information Technology*, pp. 111-114, 2010.
- [12] W. Viana, J. Filho, J. Gensel, M. Oliver, and H. Martin, "PhotoMap: Automatic Spatiotemporal Annotation for Mobile Photos," *Proceeding of International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems*, pp. 187-201, 2007.
- [13] J. Broekstra and A. Kampman, "Inferencing and Truth Maintenance in RDF Schema : Exploring a Native Practical Approach," *Proceeding of Practical and Scalable Semantic System Workshop*, pp. 1-14, 2003.
- [14] C. Forgy, "Rete: A Fast Algorithm for the Many Pattern/Many Object Pattern Match Problem," *Artificial Intelligence*, Vol. 19, No. 1, pp. 17-37, 1982.



서 광 원

2017년 호서대학교 컴퓨터공학
학사
현재 호서대학교 컴퓨터공학 석
사과정
관심분야: 의미 기반 이미지 검
색, 그래프 처리, 빅데이
터 처리



임 동 혁

2003년 고려대학교 컴퓨터교육
학사
2005년 서울대학교 컴퓨터공학
석사
2011년 서울대학교 컴퓨터공학
박사
2012년 서울대학교 치의학연구소 선임연구원
현재 호서대학교 컴퓨터정보공학부 조교수
관심분야: 멀티미디어 데이터베이스, 의미 기반 이미지
검색, 빅데이터 처리