

# 모바일 환경에서의 위치기반 의미 정보 검색 시스템

권형오, 이태훈, 홍광석  
성균관대학교 정보통신공학부  
oya200@skku.edu, lthysk@skku.edu, kshong@skku.ac.kr

## Location Based Semantic Information Retrieval System in a Mobile Environment

Hyeong-Oh Kwon, Tae-Hoon Lee and Kwang-Seok Hong  
School of Information and Communication Engineering  
Sungkyunkwan University

### 요 약

최근 유비쿼터스 환경에서 모바일 장비와 무선 네트워크를 이용한 많은 서비스들이 연구되어지고 있다. 이중 모바일 정보검색 서비스는 거대한 정보와 멀티미디어 콘텐츠의 공유를 위해 중요하다. 하지만 모바일 정보검색은 세 가지 면에서 PC기반 정보검색과는 다른 특성과 한계점을 가진다. 첫째, 화면공간이 협소함에 따라 재현율보다 정확도가 중요시 된다. 둘째, 모바일 장비의 휴대성에 따라 사용자는 텍스트가 아닌 실세계 자원 검색에 대한 관심이 증가하며, 정보검색의 관심사가 자주 바뀌게 된다. 셋째, 모바일 장비와 무선 통신에 대한 기술개발이 활발히 진행 중이지만 여전히 유선환경에서의 정보 검색에 비해 반응 속도가 느리다. 이와 같은 한계점 해결 및 특성을 반영하고자, 본 논문에서는 모바일 환경에서의 위치기반 의미 정보 검색 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 GPS를 통해 획득된 현재의 위치 정보는 모바일 매쉬업을 통해 위치 기반의 멀티미디어 콘텐츠 서비스가 가능하며, 의미 검색 결과를 사용자가 선택함에 따라 검색 정확도가 향상되었다. 또한, 정보검색의 반응 속도는 제안한 자바기반의 루씬엔진을 사용하여 검색결과를 5개 단위로 나눌 때 보다 향상된 결과를 도출할 수 있었다.

### 1. 서 론

최근 유비쿼터스 시대가 도래함에 따라 모바일 장비와 관련 서비스에 대한 요구가 급격히 증가하고 있다. 메모리의 소형화와 모바일 컴퓨팅 능력의 향상으로 모바일 장비는 지속적으로 소형화 되고 있으며 모바일 컴퓨팅 능력은 확장되고 있다. 또한, 와이브로(Wireless Broadband Internet)와 같은 초고속 인터넷의 개발과 발달은 사용자가 언제, 어디서나 이동하면서도 다양한 콘텐츠 및 서비스를 이용 가능하게 하고 있다. 앞으로 사용자들은 기존에 제한된 시간과 장소에서만 사용 가능하던 인터넷 서비스들을 무선 네트워크가 가능한 모바일 디바이스를 통해 원하는 모든 상황에서 사용할 수 있게 될 것이다. 따라서 현재 무선 네트워크를 이용한 많은 모바일

서비스들이 연구되고 있다[1,2,3]. 이와 같은 모바일 장비 및 관련 서비스의 증가와 손쉬운 접근은 다양한 콘텐츠 및 정보의 생산을 이끌 것이다. 이는 많은 사용자의 다양한 요구를 충족시켜준다는 점에서 긍정적이지만 사용자가 원하는 정보를 찾기 위해 더 많은 시간과 노력을 투자해야 한다는 폐해를 가져 온다. 이러한 정보의 과부하를 해결하기 위한 수단으로 정보 검색 기술이 개발되고 발전되었다.

정보 검색 기술은 현재 모바일 환경에서도 사용 가능하도록 적용되고 있는 중이다. 하지만 모바일 정보 검색은 기존의 정보검색과 다른 특징과 한계점을 가지고 있다. 이를 크게 세 가지로 요약해 보면, 첫 번째, 모바일 장비는 유선환경에서보다 협소한 디스플레이 공간을 가진다[4]. 이러한 협소한 공간에

검색 결과로 나타나는 모든 정보를 표시하는 건 적절하지 못하다. 제한된 검색결과를 사용자에게 제공하기에 정보 검색의 재현율보다 정확도가 중요시 된다. 둘째, 모바일 장비의 휴대성으로 인해 사용자는 기존처럼 텍스트에 의존하지 않고 원하는 실세계 자원의 오감정보를 획득하고 생성할 수 있다[5]. 따라서 사용자는 실세계 자원에 대한 검색에 더 관심을 갖게 될 것이고, 정보 검색의 관심사가 사용자의 위치에 따라 계속 변동된다. 셋째, 비록 현재 모바일 장비와 무선 통신에 대한 기술 개발이 활발히 진행중이지만 아직은 유선환경에서의 정보검색에 비해 반응 속도가 느리다[6].

이러한 특성들을 반영하고 한계점을 해결하기 위해 본 논문에서는 모바일 환경에서의 위치기반 의미 정보 검색 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 정확도 향상을 위해서 키워드 기반 검색모듈과 의미기반 검색 모듈을 연동하여 동시에 이용 가능하게 한다. 또한, GPS 모듈을 사용하여 현재 위치의 위도와 경도 좌표를 주소 정보와 매핑하여 검색 시 주소 정보의 사용이 가능하며, 주변의 관심 콘텐츠 검색을 위해 현 위치 기반의 모바일 매쉬업 지도 서비스를 제공한다. 마지막으로 정보 검색의 반응 속도를 높이기 위해서 키워드 검색 모듈에 자바 기반의 루씬 엔진을 반영하였고, 검색 결과로 생성되는 XML 파일을 화면에 표시되는 개수를 기준으로 나누었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구로써 의미 기반 검색에 대해 논의하고, 3장에서는 제안하는 시스템에 대해 기술하며, 4장에서는 제안하는 시스템의 검증을 위해 실험 및 결과를 보이고, 5장에서 결론을 맺는다.

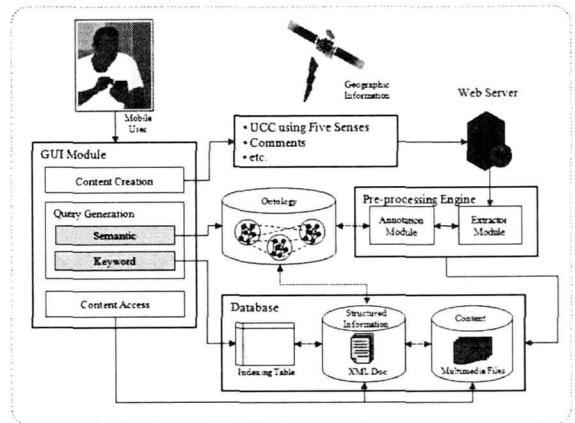
## 2. 관련 연구

정보 검색은 크게 항행 검색(Navigational Searches)과 연구 검색(Research Searches) 2가지 종류로 나눌 수 있다[7]. 이는 질의어의 형태에 차이를 가진다. 항행 검색의 경우 사용자가 찾기 원하는 문구를 질의어로 정확히 입력하는 반면 연구 검색은 사용자가 어떠한 정보를 모으거나 조사하기 위하여 관련된 사항들을 설명하거나 묘사하는 질의어를 입력한다. 따라서 연구 검색은 항행 검색과 달리 사용자가 얻고자 하는 문서에 대해 미리 아는 바가 없다. 오히려 사용자는 찾으려 하는 정보에 관련된 많은 정보를 검색 결과로 얻음으로써 찾고자 하는 문서의 위치를 찾아 나간다.

의미 기반 검색은 연구 검색에 속하고 기존의 웹 검색을 향상시키기 위한 목적으로 만들어졌다. 사용자가 입력한 질의어는 기본적으로 실세계 개념들 중 하나 혹은 둘을 나타내고 있다. 이를 파악하는 것은 사용자가 기대하는 검색 결과들이 어느 분류에 속해 있는지 이해하는 데 도움이 될 것이다. 의미 기반 검색의 결과는 시맨틱 웹을 기반으로 하여 전통적인 정보 검색 기술로 얻어진 결과와 독립적이기에 기존 검색 결과를 양적으로 늘릴 수 있다.

## 3. 제안된 모바일 검색 시스템

### 3.1 전체 시스템 구조



(그림 1) 전체 시스템 구조도

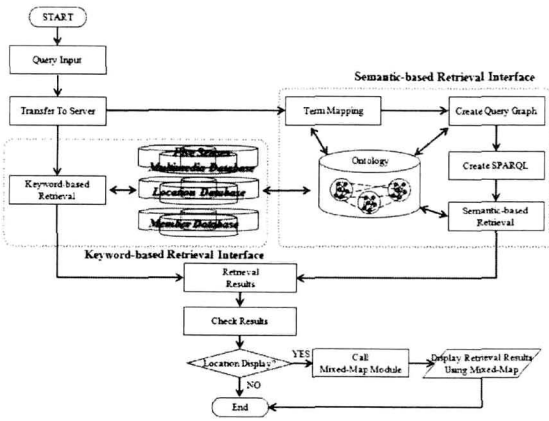
그림 1은 제안된 시스템의 전체 구조이다. 시스템은 크게 생성 및 공유 단계로 나뉜다. 생성 단계에서 사용자는 휴대형 단말기를 이용하여 자신만의 콘텐츠를 생성하여 서버에 전송한다. 이 때 사용자는 휴대형 단말기 및 오감 정보 입력 모듈을 통해 오감 멀티미디어 자료를 생성하고 이에 대한 설명을 첨부하며, 생성된 위치에 대한 정보를 GPS를 통해 수신함으로써 오감 멀티미디어 자료 및 주석(comment), 위치 정보를 모두 웹 서버에 전송한다. 공유 단계에서는 키워드 기반 검색 모듈 및 의미 기반 검색 모듈을 통해 자신 혹은 다른 사람이 생성한 멀티미디어 콘텐츠 및 온톨로지 정보를 공유할 수 있다.

사용자는 자신이 찾고자 하는 정보를 검색하기 위해 관련 키워드를 포함한 질의어를 생성하여 서버로 전송한다. 서버는 전송 받은 질의어를 키워드 기반 검색 모듈과 의미 기반 검색 모듈에 각각 재전송한다. 각 모듈은 사용자가 생성한 질의어를 분석하여 검색을 수행하고 시스템은 각 검색 결과를 통합하고

이를 구조화시켜 XML 문서로 생성한다. 사용자는 휴대형 단말기를 통해 XML 문서에 접근하여 결과 목록에서 자신이 원하는 콘텐츠가 있는지 확인하고, 만약 자신이 원하는 콘텐츠가 있다면 이를 선택하여 그 멀티미디어 콘텐츠의 내용을 확인한다.

### 3.2 키워드 기반 검색 모듈

본 논문에서는 오감 멀티미디어 온톨로지를 이용한 키워드 기반 의미 검색 모듈을 구현하였다. 그림 2는 키워드 기반 검색 인터페이스와 의미 기반 검색 인터페이스를 나타낸다. 사용자는 두 가지 인터페이스 즉, 키워드 기반 검색 인터페이스와 의미 기반 검색 인터페이스를 이용하여 키워드 기반 질의어를 검색 부분에 입력한다.



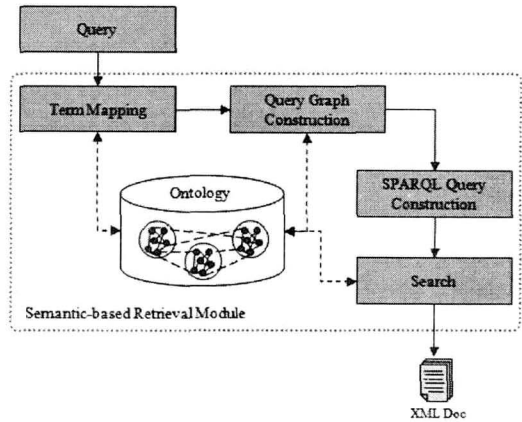
(그림 2) 키워드와 의미기반 통합 검색 인터페이스

키워드는 일반적으로 카탈로그나 검색엔진 등 방대한 정보로부터 항목을 검색할 때 사용한다. 정보 검색에서 색인어나 기술어는 텀(term)이며 텀은 문서 주제의 본질을 포착하고 단어, 어구는 문자와 숫자를 조합한 텀으로 나타낼 수 있다. 제안된 시스템의 키워드 검색 모듈은 확장 가능한 고성능 정보 검색 라이브러리인 루씬(Lucene)을 사용하였다[8]. 루씬은 매우 유연하며 강력한 검색 기능을 가지고 있다. AND, OR, NOT을 포함한 검색이 가능하며, 퍼지논리 검색, 근접 검색, 와일드카드 검색과 범위 검색을 지원한다. 이 기술은 특히 전문(full-text) 검색과 둘 이상의 플랫폼을 필요로 하는 거의 모든 어플리케이션에 적합하다.

루씬을 활용한 정보 검색 과정은 다음과 같다. 가장 먼저 디렉터리의 타이틀, 위치, 사용자 주석과 태그를 가리키는 IndexSearcher object를 생성하고 그 후 StandardAnalyzer object를 생성한다.

StandardAnalyzer는 QueryParser 생성자와 함께 검색을 위해 사용된 기본 필드의 이름이 전달된다. 만약 사용자가 검색 조건에 필드를 지정하지 않으면 이것이 기본 필드가 된다. 그 후 실제 검색어를 파싱하고, 결과로써 Query object를 넘겨 준다. 이를 통해 IndexSearcher object에 대한 쿼리를 실행할 수 있다. 특정 기준을 충족하는 모든 콘텐츠의 콜렉션 Hits object를 반환한다.

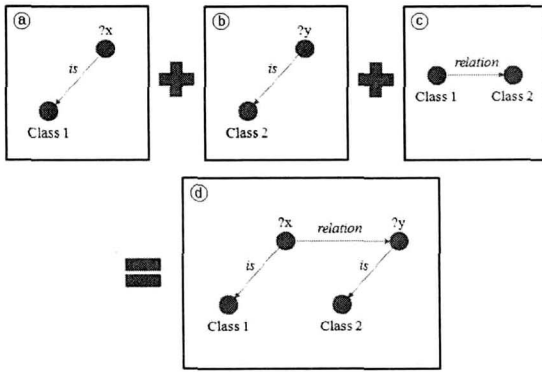
### 3.3 의미 기반 검색 모듈



(그림 3) 의미 기반 검색 모듈

그림 3은 의미 기반 검색 모듈의 세부적인 구조를 나타낸다. 이 모듈은 키워드 기반 의미 검색 모듈 [9]을 참조하였으며 크게 3단계로 나누어진다. 먼저 사용자가 입력한 질의어를 온톨로지 자원과 매핑시켜 단어 매핑(Term Mapping)을 수행하고, 매핑된 단어 간의 관계를 통해 질의 그래프(Query Graph)를 생성한다. 마지막으로 생성된 질의 그래프를 통해 SPARQL 질의어를 생성하여 온톨로지서 지식 정보를 검색하고, 검색된 결과를 XML 문서로 생성한다.

단어 매핑은 사용자가 입력한 질의어를 온톨로지의 자원과 연결하는 과정이다. 질의어는 키워드 검색 모듈의 색인 과정과 동일한 방식으로 공백을 기준으로 토큰으로 분해된 후 한글 분석기를 통해 분석 과정을 거친다. 분석 과정을 거친 각 키워드는 온톨로지 자원인 클래스(class) 및 인스턴스의 이름 및 라벨과 비교하여 동일할 시에 매핑 시킨다.



(그림 4) 질의 그래프 생성 및 확장

매핑된 온톨로지 자원은 최소 스패닝 트리 (Minimum Spanning Tree) 알고리즘을 적용해 가능한 모든 질의 그래프를 생성한다. 생성된 질의 그래프 사이의 관계를 확인하여 질의 그래프를 확장하는데, 이 때 온톨로지의 스키마 정보를 이용한다. 스키마 정보는 클래스들 간의 관계를 선언해 두었기 때문에 사용자가 입력한 질의어의 키워드가 인스턴스 일 때는 그 인스턴스가 속해있는 클래스 및 상위 클래스를, 클래스 일 때는 그 클래스 및 상위 클래스를 통해 각 키워드 간의 관계를 파악할 수 있게 된다. 관계가 확인되면 이 둘을 연결함으로써 질의 그래프를 확장한다.

이를 그림 4에 나타내었다. ④와 ⑤는 각각 Class 1과 Class 2에 속해 있는 인스턴스 변수 x와 y를 나타내고, ⑥는 두 클래스 간의 관계를 나타낸다. 이 세 조건이 합쳐져 ④와 같이 확장된 질의 그래프를 얻을 수 있다.

(표 1) SPARQL 질의어의 예

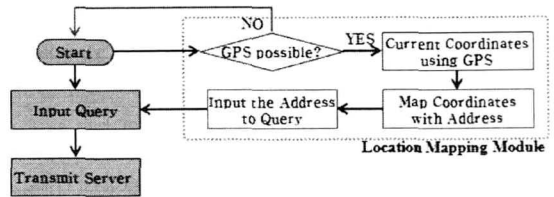
Num	Command
1	PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
2	PREFIX : <http://www.owl-ontologies.com/Ontology1215649820.owl#>
3	SELECT ?x
4	WHERE { ?x rdf:type :Class 1.
5	?y rdf:type :Class 2.
6	?x :relation ?y.

의미 기반 검색의 수행을 위해 최종 획득된 질의 그래프는 SPARQL 질의어로 변환된다. SPARQL은 그래프 패턴 기반의 질의어이기에 질의 그래프를

SPARQL로 변환하는 작업은 매우 간단하다. 표 1은 그림 4의 질의 그래프를 SPARQL 질의어로 변환한 예이다.

### 3.4 위치 기반 서비스 모듈

위치 기반 서비스 모듈은 현재 위치에 대한 실제 주소(동 단위)를 자동으로 파악해 주는 위치 매핑 모듈과 현 위치를 기반으로 지도 서비스를 지원하는 모바일 매쉬업 모듈로 나누어진다. 그림 5는 위치 매핑 모듈의 순서도를 나타낸다. 사용자는 GPS 모듈을 통해 현재 위치의 좌표값(위도, 경도)을 획득한다. 위치 매핑 모듈은 이 좌표값과 실제 주소를 매핑하여 현 좌표에 해당하는 주소를 동을 기준으로 추출한다. 사용자는 추출된 주소를 질의어에 입력할 것인지 결정할 수 있다.



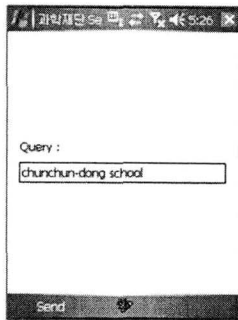
(그림 5) 위치 매핑 모듈의 순서도

모바일 매쉬업 모듈은 사용자의 모바일 장비에 연결된 GPS를 이용해 현재 위치정보를 획득하고 구글 맵스 API를 이용해 모바일 매쉬업을 수행하였다. 구글 맵스는 대부분 Javascript와 XML로 이루어져 있으며, 비동기 통신으로 사용자가 지도를 요청하면 서버로부터 다운로드된 지도영역이 브라우저에 표현된다. 서버는 광범위한 지구 이미지 데이터베이스를 가지고 있으며 경도, 위도에 대한 정보를 가지고 있다. 모바일 장비의 UI 구성을 위해 Inforwindows와 아이콘을 새로 제작하여 구글 맵스에 적용하였으며, 구글 서버와 위치 데이터베이스로부터 웹서버를 통한 비동기식 통신으로 처리하였다.

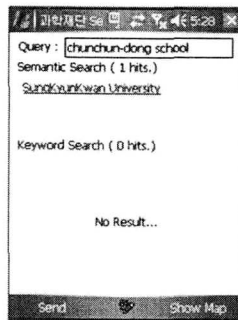
## 4. 실험 및 결과

### 4.1 실험 환경

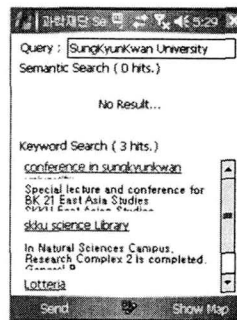
제안된 의미 기반 검색 시스템의 실험을 위해 휴대용 단말기는 SAMSUNG SPH-M8200 Pocket PC를 사용하였고, 검색 시스템 구현을 위해 Microsoft Visual Studio 2005의 .NET Compact Framework 2.0을 이용하였다. 서버는 JDK(Java Development



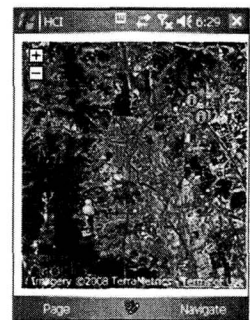
(a)



(b)



(c)



(d)

(그림 6) 위치 정보를 이용한 의미 검색

Kit)1.6 이며, 키워드 기반 검색 모듈은 Lucene 엔진, 의미 기반 검색 모듈을 위한 온톨로지의 구축은 Protege 3.3.1을 이용하였다. 서버와 휴대형 단말기는 WiBro 무선 통신망을 이용한 TCP/IP 소켓 통신을 통해 질의어 및 결과 데이터를 전송하였다.

## 4.2 실험 및 결과 분석

### 4.2.1 위치 정보를 이용한 의미 검색

그림 6은 위치정보를 이용한 의미 검색 예제의 순서에 따른 캡처 화면들을 보인다. 그림 6(a)은 제안된 시스템의 질의어 입력 인터페이스이다. 사용자는 자신이 요구하는 정보를 찾기 위해 텍스트 상자에 질의어를 입력한다. 입력된 'chunchundong(천천동)'이 GPS 를 이용한 위치 매핑 모듈을 통해 자동으로 획득되고 사용자는 자신의 관심사인 'school'을 추가적으로 입력하였다. 이 질의어에 대한 결과는 그림 6(b)에 나타난다. 검색 결과로는 의미 검색결과 부분에 '(SungKyunKwan University)성균관대' 만이 나왔으며 키워드 검색 결과는 색인어에 천천동이나 학교를 포함하지 않고 있으므로 아무런 결과도 나타나지 않았다. 즉, 의미 검색을 수행하지 않고 기존의 키워드 검색만을 수행하였다면 현재 사용자가 요구하는 정보에 대한 적절한 결과를 보여 주지 못한다.

사용자는 키워드 검색 결과로 제시된 '성균관대'를 클릭함으로써 성균관대를 질의어로 하는 검색을 수행한다. 그림 6(c)은 이 검색의 수행 결과를 보인다. 검색결과로써 성균관대에 대한 정보 3가지에 대해 리스트를 통해 확인할 수 있으며 해당 콘텐츠를 클릭함으로써 보다 세부적인 내용 확인이 가능하다. 또한 오른쪽 아래 메뉴에 있는 'Show Map' 버튼을 통해 그림 6(d)와 같이 현 위치 근방의 콘텐츠들 지도 내에서 확인 가능하다.

### 4.2.2 정보 검색의 성능 평가

(표 2) 성능평가를 위한 정확도(P)와 재현율(R)

Query		Keyword	Semantic	User-Driven
Sports	P(%)	71.4	35.8	82.5
	R(%)	68.9	56.8	64.8
Restaurant	P(%)	82.5	45.8	91.6
	R(%)	72.8	72.6	67.4
University	P(%)	84.7	30.2	90.2
	R(%)	67.8	70.6	56.5
Average	P(%)	79.5	37.3	88.1
	R(%)	69.8	66.7	62.9

본 논문에서는 정확도와 재현율을 통해 정보 검색의 성능평가를 하였다. 주제는 Sports, Restaurant, University 3가지 주제에 대해 각각 50개의 질의어를 사용하였고, 이를 3가지 검색 방법을 사용하여 정확도와 재현율을 계산하였다. 3가지 검색 방법은 키워드 기반, 의미 기반, 사용자 기반 검색 방법이다. 사용자 기반 검색방법이란 키워드 기반 검색 결과와 의미 기반 검색 결과 중 사용자 자신이 원하는 정보를 선택하게 하는 방법이다.

표 2는 이러한 3가지 주제에 대해 각 검색방법에 따른 정확도와 재현율을 나타내고 있다. 결과에서 나타내는 것과 같이 의미 기반 검색의 결과 자체는 정확도와 재현율 면에서 키워드 검색결과의 정확도와 재현율보다 낮으며 이는 단어의 중의성 때문이다. 이에 반해 사용자 기반의 검색 결과는 비록 62.9%로 낮은 재현율을 보였지만 정확도는 88.1%로 3가지 검색 방법 중 최고의 검색결과를 보였다.

#### 4.2.3 정보 검색의 반응속도 평가

표 3은 검색의 반응속도 평가 결과를 나타낸다. 반응 속도는 모바일 장치의 stopwatch 기능을 사용하여 질의어를 WiBro 전송망을 통해 서버로 전송한 시간으로부터 검색결과가 나타나는데 소요되는 시간이다. 이 실험은 114,857 개의 콘텐츠를 바탕으로 수행하였고, 루씬 엔진을 사용하지 않았을 때와 사용했을 때의 시간을 나누어 측정하였다. 또한 검색 결과로 나타나는 XML 파일의 전체 리스트를 그대로 사용할 때와 화면에 표시되는 개수로 나눌 때의 반응 속도를 각각 측정하였다. 검색 결과를 나누기 전 전체 리스트를 순위화 하였으며, 현재 실험에 사용된 모바일 디바이스의 화면에 표시되는 개수인 5 개를 기준으로 나누었다. 검색 결과를 통해 루씬 엔진을 사용하고 XML파일을 나누었을 때 보다 빠른 반응 속도를 확인할 수 있었다.

(표 3) 정보 검색의 반응 속도 평가

		Lucene Engine	
		Non_Usage	Usage
XML File	Full List	7.88 sec	2.14 sec
	Divided List	6.96 sec	1.82 sec

#### 5. 결론 및 향후 연구 방향

모바일 장치의 특성과 유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 기존의 유선 환경과 다른 정보 검색 기술을 요구하지만 현재의 모바일 정보 검색 기술들은 이를 잘 반영하지 못하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 모바일 환경에서의 위치기반 의미 정보 검색 시스템을 제안하였다. 실험결과, 사용자가 GPS를 통해 현재 위치 기반 서비스를 받을 수 있었으며, 키워드 기반 검색결과와 의미 기반 검색결과 중 사용자가 검색결과를 직접 선택함으로써 정확도를 높일 수 있었다. 또한 키워드 기반 검색 모듈을 위해 자바 기반의 루씬 엔진을 사용하고, 검색결과로 나타나는 XML 파일을 나눌 때 보다 빠른 검색 반응 속도를 보였다. 차후에는 위치 정보 이외의 다양한 정보를 적용하여 보다 다양한 검색 서비스를 제공해야 할 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업(IITA-2009-(C1090\_0902-0046)) 및 2009

년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(No. 20090058909)

#### 참고 문헌

- [1] Susanne Boll et al., "Personalized Mobile Multimedia meets Location-Based Services," Workshop at 34th Annual Convention of the German Informatics Society, 2004. pp.64-69.
- [2] Young B. Choi et al., "Applications of "human factors in wireless telecommunications service delivery," International Journal of Services and Standards, vol.1 no. 3, 2005.
- [3] Roxana M., "Learning in High-Tech and Multimedia Environments," Current Directions in Psychological Science, vol.15 issue. 2, WILEY Interscience, 2005.
- [4] P. Coppola, V. D. Mea, L. Di Gaspero and S. Mizzaro, "The Concept of Relevance in Mobile and Ubiquitous Information Access," Mobile and Ubiquitous Information Access, F. Crestani et al., Eds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. pp. 1-10.
- [5] G. J. F. Jones and P. J. Brown, "Context-Aware Retrieval for Ubiquitous Computing Environments," Mobile and Ubiquitous Information Access, F. Crestani et al., Eds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. pp.227-43.
- [6] I. F. Akyildiz, S. Mohanty and X. Jiang, "A ubiquitous mobile communication architecture for next-generation heterogeneous wireless systems," Communications Magazine. IEEE, vol.43 pp.S29-36.
- [7] R. Guha, M. Rob and M. Eric, "Semantic search," Proceedings of the 12th international conference on World Wide Web, 2003. pp.700-09.
- [8] E. Hatcher, and O. Gospodnetic, Lucene in Action. In Action series, Manning Publications, 2004.
- [9] Q. Zhou, C. Wang, M. Xiong, H. Wang and Y. Yu, "SPARK: Adapting Keyword Query to Semantic Search," ISWC/ASWC 2007, K. Aberer et al., Eds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. pp.694-07.