

## 인덱스를 활용한 3차원 콘텐츠 생성 시각화 구현에 관한 연구

이현창\*, 신성윤\*\*, 장희선\*\*\*, 고진광\*\*\*\*

### A Study of Implementation for Visualizing 3 Dimension Content Generation using Index

Hyun-Chang Lee\*, Seong-Yoon Shin\*\*, Hee-Seon Jang\*\*\*, Jin-Gwang Koh\*\*\*\*

#### 요약

유비쿼터스 환경에서 대표적인 장치들 가운데 하나인 이동장치가 이동성 덕분에 주목받고 있다. 일반적인 이동장치의 흐름은 스마트폰의 애플리케이션에 주목하고 있으며, 이 가운데 증강현실 등 객체들에 대한 지리적인 위치 및 현실적용 사례가 증가하고 있고, 이들에 대한 데이터 처리가 매우 중요해지고 있다. 이와 같이 사용자에게 제공하는 모바일 응용 서비스들은 이동 객체에 기반한 다양한 서비스에 대한 기술이 요구되어지며, 또한 이들 기술을 활용하여 데이터를 시각적으로 인덱싱하여 신속하게 데이터가 처리되는 것을 시각적으로 표현하는 기술도 요구되어지고 있다. 그러나 이와 같이 사용자의 작업 이해를 높이기 위한 시각화 작업이 부족한것이 사실이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 하위 트리를 갖는 R tree 인덱스를 활용하여 객체 생성을 수행하며, 생성된 객체들을 기반으로 3차원 도형으로 표현한 구현 결과를 보인다. 특히, 객체 생성과 이를 3차원으로 보여주며, 미니맵을 통해 사용자의 위치를 파악할 수 도 있으며, R tree의 노드안에 포함관계를 시각화시켜서 사용자의 이해를 향상시킬 수 있었다.

#### Abstract

Mobile device, one of typical devices in ubiquitous environment, is received attention owing to portability. In these days, technical researches on a kind of the device are focusing on applications of smart phone. For example, the techniques using geographical position and applied instances such as augmented reality techniques are gradually increasing. That makes data processing important. Mobile application services for users also require various application techniques based on moving objects. In addition, they require the techniques that processed data are needed to be shown in visualization. However, this is reality that it lacks of showing visualization works to improve the understanding of thing what it is. To reduce or solve the problems, in this paper we show the results to implement the R tree based 3 dimension index architecture in visualization. Further, we implemented and present creating objects, showing in 3D for the objects, catching spatial position on a node map through mini map function and improving the understanding of R tree by visualizing.

• 제1저자 : 이현창 교신저자 : 신성윤

• 투고일 : 2010. 07. 23, 심사일 : 2010. 08. 07, 게재확정일 : 2010. 08. 20.

\* 원광대학교 정보전자상거래학부 정보과학연구소 \*\* 군산대학교 컴퓨터학과 \*\*\* 평택대학교 e-비즈니스및창업학과

\*\*\*\* 순천대학교 정보통신공학부

▶ Keyword : R트리 인덱스(R-tree index), 시각화(visualization), 3차원(3 dimension)

## I. 서론

IT 기술 발전에 힘입어 데이터를 처리하여 활용하는 기술이 영상, 음성 데이터 뿐만 아니라 이동 환경에서도 멀티미디어 데이터를 처리할 수 있는 기술 단계에까지 이르게 되었다. 특히, 무선 통신기술의 발달로 PDA와 노트북 및 최근 각광받고 있는 스마트폰 등은 사용자나 기기의 위치를 추적하여 다양한 서비스를 제공하는 위치기반 서비스(location-based service) 확대에 큰 영향을 주었다. 이러한 기반기술로서 위치기반 서비스들을 지원하기 위한 기술개발 노력들은 데이터의 내용을 직접 검색하는 방법을 활용하는 다차원 검색을 활용하고 있다. 다차원 검색은 다차원 공간상에 분포하는 데이터를 내용에 기반해서 분석 저장 처리하는 방법으로 다차원 검색방법을 사용하는 이유는 시공간 데이터베이스 및 이동객체 데이터베이스등[16]과 같이 대용량의 데이터를 다루는 분야에서 데이터를 구분하고 처리할 수 있기 때문이다.

시공간 데이터베이스에서 사용자 질의 처리에 많이 사용되고 있는 인덱싱 기법들에는 R tree, R\* tree, X tree, TV tree, MVP tree 등이 있다[1,2,3,4,5]. 질의 처리 형태는 주로 공간영역 질의(Range query), 최근접 질의(Nearest neighbor query) 및 공간 조인(Join)등의 다양한 형태의 시공간 질의를 처리하기 위한 인덱스 구조나 위치 정보 저장 및 관리를 위한 효율적인 저장 구조에 관한 연구[17]등이 진행되어 왔다.

그러나 이와 같은 인덱스 저장 구조를 기반으로 하는 위치기반 서비스는 본질적으로 시스템의 내부적 처리를 요구하는 특성을 지니고 있기 때문에 사용자 관점에서 신속한 처리에 대한 결과를 연상시키지 못하는 단점이 존재한다. 한 예로, 새로운 객체의 삽입/삭제/변경 등의 질의가 발생하게 되면 사용자는 그 결과 값으로만 확인이 이루어질 뿐, 사용자 관점에서 객체의 삽입/삭제 등의 질의 발생에 따른 시각화된 결과를 얻을 수 없는 한계가 존재한다.

이에 본 논문에서는 이와 같은 시공간 인덱싱 기법들 가운데 효율성 및 일반적으로 많이 활용되고 있는 R tree를 이용하여 공간 데이터를 생성하며, 생성된 데이터를 기반으로 3차원 객체로 시각화하여 사용자에게 표현할 수 있는 기능을 구현하며, 공간적 개념을 반영시키기 위해 지도와 같은 미니맵

표현과 삽입된 영역별 포함 관계를 표현한 구현결과를 중심으로 살펴본다.

논문 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문과 관련된 인덱스 방법에 대해 알아본다. 3장에서는 전체 시스템 구성 및 각 모듈별 기능에 대해 설명하고, 상호 연관되어 표현되는 결과를 중심으로 살펴본다. 4장에서는 구현된 결과를 보이며, 5장에서 결론을 맺고 향후 계획을 기술한다.

## II. 관련 연구

시공간 객체 데이터들은 다차원 공간상에 위치하며, 이들 객체들은 한 점으로 표현되는 지점 위치만으로는 정확한 표현을 할 수 없다. 이러한 객체 데이터 처리를 위한 시공간 데이터베이스 시스템에 관한 연구 방향은 이동객체 모델링[6]과 인덱스[7,8,9,10] 분야에서 활발하게 진행되고 있다. 특히, 움직이는 객체들의 미래 위치에 대한 시공간 질의를 지원하는 R-tree 기반의 인덱스들이 제안되고 있다[11]. 공간 데이터베이스에서 R-tree[12]가 가장 널리 사용되는 인덱스처럼 이동 객체들을 위한 시공간 데이터베이스에서는 R-tree를 기반으로 한 TPR tree가 많이 사용되는 인덱스이다. 이와 같이 R-tree가 널리 사용되는 관계로 R-tree에 대한 비용 모델 연구가 많이 이루어졌다[13]. 또한, R-tree 인덱스 구조는 다차원 데이터를 처리하기 위해 많이 활용되어지는 인덱스 구조이다[14].

다음 그림 1은 R tree 인덱스 구조에 12개의 객체들이 삽입된 상태의 예를 그림으로 나타내었다. 그림에서 삽입된 객체들은 공간상의 객체로서 영역간의 겹침이 발생한 예를 나타내고 있다. 이러한 경우 그림 2에서처럼 객체  $p_{q1}$ 에 대한 공간 검색이 수행될 경우 트리의 루트 노드에서 엔트리에 대한 질의 영역과의 겹침을 검색하게 된다. 만약 겹침이 존재하는 엔트리의 경우 엔트리의 자식 노드들에 대한 겹침을 재귀적으로 검색하게 된다. 이렇게 수행하는 노드 검색은 단말 노드에 도달한 경우에만 종료하게 된다.

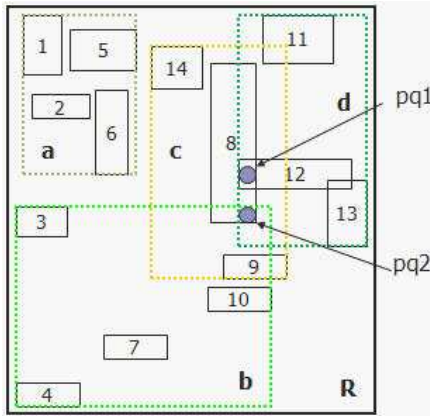


그림 1. 영역 분할과 삽입된 객체 상태  
Fig. 1. Objects inserted and partitioned region

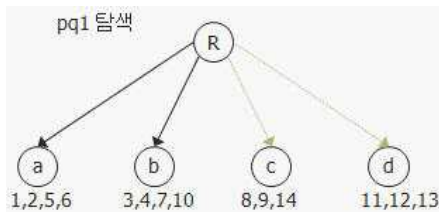


그림 2. 영역 pq1 질의시 엔트리들  
Fig. 2. Entries for querying of a region pq1

그림 2에서 알 수 있듯이 영역 pq1에 대한 질의는 엔트리 노드 c와 d에 대한 질의 검색을 수행해야 한다. 만약, 다음 그림 1의 pq2 영역에 대한 질의가 요청된다면 그림 3과 같이 b, c와 d 영역에 대한 질의 처리가 수행되게 된다.

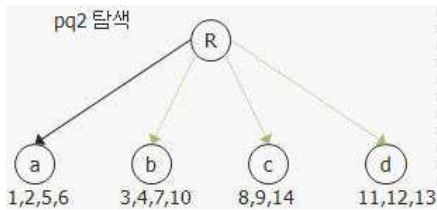


그림 3. 영역 pq2 질의시 엔트리들  
Fig. 3. Entries for querying of a region pq2

그림 3 예제를 통해 겹침 발생을 허용하는 질의 처리 인덱스 구조가 R tree이며, 겹침 허용을 최소화하는 트리가 R\*트리이다. 그 외 트리들은 R tree를 기반으로 약간씩의 변형을 통한 구조를 갖고 있으며, 이들 인덱스들에 대한 연구는 지속적으로 이루어지고 있다.

그러나 지금까지 많은 연구가 이루어진 것과 다르게 이들 인덱스들의 이해를 위해서 시각화를 이용한 콘텐츠 제작과 같이 다각적인 연구는 상대적으로 미흡하게 진행되고 있다. 이에 본 연구에서는 다차원 데이터를 처리하기 위해 R tree 인덱스 구조를 이용하여 생성된 객체를 3D로 구현하여 시각적으로 표현한 구현 결과에 대해서 살펴보고자 한다.

### III. 3차원 객체 생성

이번 장에서는 R tree를 기반으로 삽입된 객체들에 대해서 3차원 객체로 표현한 결과를 중심으로 살펴본다.

#### 1. 전체 시스템 구성

일반적으로 시공간 영역에서 객체에 대한 삽입 연산이 발생하였을 경우 객체에 대한 id값이 R tree에 저장되어 검색 및 삭제 연산등에 활용되게 된다. 또한 발생된 객체에 대한 정보는 데이터베이스에 저장되어 함께 활용될 수도 있다. 본 연구에서는 데이터베이스와의 연동에 대한 부분은 주제와 벗어난 영역이므로 제외하여 기술한다. 다음 그림 4는 전체 시스템 구성을 도시하고 있다.

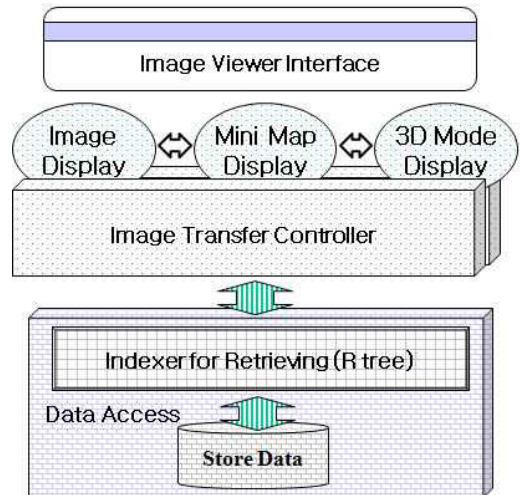


그림 4. 시스템 구성도  
Fig. 4. System architecture

그림 4에서와 같이 사용자 질의에 대한 객체 검색을 수행하기 위해 R tree의 루트노드 엔트리부터 조회한다. 조회된 객체들을 3차원으로 변환하기 위해 이미지 변환 제어기가 그 역할을 담당하고 있으며, 이미지 표시기가 화면상에 결과를 나타내고 각 모듈별 기능을 수행한다.

## 2. 모듈별 기능

본 연구에서 사용자에게 보여지는 영역은 R tree를 기반으로 삽입, 삭제가 이루어지며, 이미지 전환 제어기는 R tree에 저장된 값을 기반으로 사용자에게 이미지로 변환한 결과를 보여준다. 다음 그림 5는 생성된 객체에 대해 노드 엔트리 값으로 3을 갖는다고 가정하였을 때 R tree로 분할하는 예를 나타내고 있다.

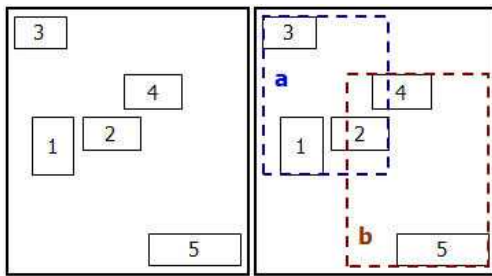


그림 5. R tree 분할 방법  
Fig. 5. A R-tree partitioning method

그림 5에서와 같이 생성된 객체에 대해서 이미지 표시기가 R tree에 저장된 값을 3차원으로 볼 수 있도록 이미지변환 역할을 담당한다. 이와 동시에 미니 맵 표시기는 R tree에 저장된 객체의 위치를 2차원으로 보여주는 기능을 한다. 3차원 모드 표시기는 저장된 객체들에 대한 현재 저장위치를 공간적으로 표시해준다.

이를 위한 모듈 구성은 크게 이미지 표시기, 미니 맵 표시기와 3차원 표시기 등으로 나누어 구성되어 있다. 이미지 표시기는 공간 영역에 생성된 객체들에 대해 3차원 영상으로 도시하며, 3차원으로 도시된 결과는 입면체를 상위 면에서 바라본 결과와 같다. 이때 사용자에게 3차원의 효과를 극대화시키기 위해서 각도별, 90도부터 0도 사이, 보여진 각도의 시선으로 이미지를 표시할 수 있는 기능을 지니고 있다.

이와 같이 3차원으로 표시된 이미지는 사용자의 질의, 예를 들면, 공간상에서 객체로의 접근 시도 등에 따라 달라진 각도와 결과를 이미지를 통해 확인할 수 있게 된다. 마찬가지로 이동한 사용자 관점은 실시간으로 공간 위치 정보를 미니

맵 표시기를 통해서 나타내어 이미지 뷰어 인터페이스를 통해 사용자가 확인할 수도 있다. 이와 같이 생성된 객체에 대한 이미지 변환 제어기의 기능 가운데 삽입된 객체들에 대해 3차원 모드를 통해 R tree에 저장된 공간 영역의 노드 엔트리 구성을 파악할 수 있다.

## IV. 구현결과

본 장에서는 공간 객체가 생성되면 신속한 객체 조회를 위해서 R tree 인덱스에 저장되어야 한다. 이와 같이 인덱스에 저장된 객체들에 대한 이미지 변환의 구현 결과에 대해 살펴본다. 공간 객체가 생성되어 인덱스에 저장되면서 3차원으로 표현하기 위한 구현 환경으로는 비주얼 C++를 이용하였으며 구현 결과는 다음과 같다.

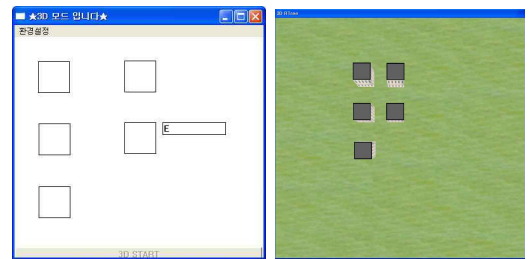


그림 6. 객체 삽입과 3차원 렌더링  
Fig. 6. Object insertion and 3 dimension rendering

그림 6의 좌측그림은 공간상에서 5개의 객체가 삽입되는 과정을 나타내고 있으며, 각 객체별로 이름(id)가 함께 주어지고 있는 스냅샷을 도시하고 있으며, 이때 삽입된 객체는 R tree 인덱스에 저장된다. 편의상 입력된 객체들의 id를 순서대로 'A','B','C','D','E'로 주었으며, 5개의 객체를 입력하였다. 저장된 객체를 기반으로 이를 3차원으로 렌더링 하였을 때 결과는 그림 6의 우측 그림과 같이 나타난다. 뷰 관점은 임의로 생성된 객체들의 상단에서 바라본 결과이다. 인덱스의 목적이 본래 신속한 검색에 있기 때문에 객체들의 모양은 본 연구에서 큰 의미를 차지하지 않기에 공간 객체의 위치를 중심으로 표현하는데 역점을 두었다.

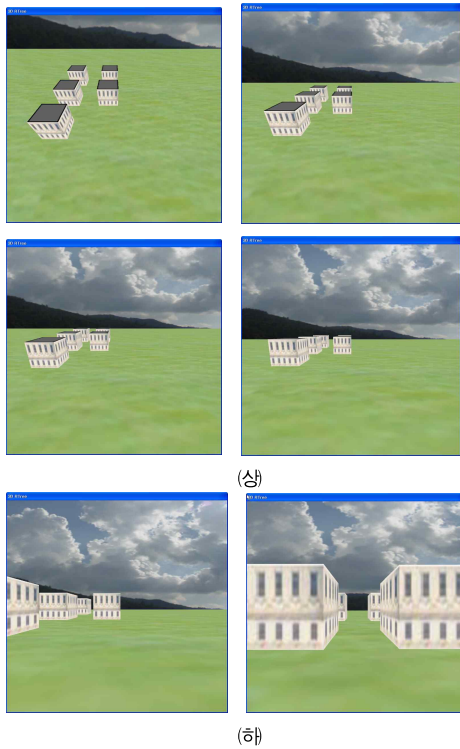


그림 7 다양한 각도에서 객체 뷰  
Fig. 7 Various perspective views of objects

다음 그림 7의 (상)은 3차원의 45도,30,15도 각도와 0도(평지)에서 바라본 결과를 도시하고 있다. (하)에서는 공간객체의 입체감을 표현하기 위해 앞으로 전진하여 가장 앞에 위치한 공간객체 하나를 지나쳤을 때의 공간 뷰를 각 객체들의 모습을 입체적으로 보여주고 있는 스냅샷 결과이다. 또한, 사용자 관점 뷰가 전진한 상태에서 좌측으로 이동하여 공간객체들의 중간에 위치한 상태에서의 스냅샷을 그림 7(하)의 우측에 나타나 보임으로서 인덱스에 저장된 객체의 공간 입체적 표현을 보여주고 있다.

이와 같이 사용자의 입체감을 반영시키기 위해 3차원 콘텐츠로 생성된 스냅샷중에서 사용자의 현재 위치(관점 뷰)는 다음 그림 8에서와 같이 사용자 위치(빨강x도형)로 파악할 수 있다. 그림 7의 (하)에서와 같이 사용자가 이동함에 따라 현재 최 근접해있는 객체 위치를 파악하고 싶은 경우 그림 8의 우측 스냅샷에서 처럼 하단의 위치파악 버튼을 클릭하여 그림 하단부에서와 같이 표시된 최 근접 객체위치를 알 수 있다.

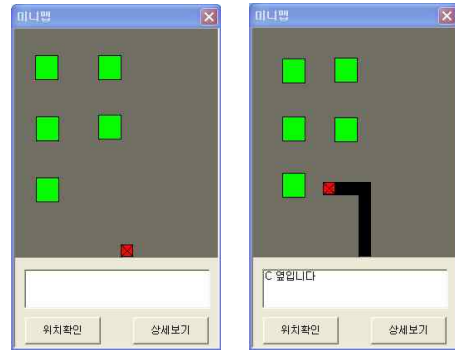


그림 8. 이동 전후상태 미니맵  
Fig. 8. Mini map of before and after user moving

공간 객체를 3차원으로 렌더링시켜서 보여지는 영역과 함께 미니맵을 통해 사용자 뷰 관점을 살펴볼 수 있었다. 뿐만 아니라, 각 객체들에 대한 R tree 인덱스 구조상에서 노드가 포함하고 있는 공간객체들의 포함관계에 대한 부분을 그림 9를 통해 알아볼 수 있다. 그림 9는 그림 6에서 설명한 바와 같이 객체 A에서부터 E까지 5개의 객체를 순서대로 입력한 상태와 마지막으로 입력된 객체 'E'의 표시를 위해 굵은 선으로 표시된 상태를 나타내고 있으며, 또한, 그림 7과 8에서 언급한 내용처럼 사용자 뷰 이동에 따라 이동한 위치를 작은 상자의 빨강색으로 나타내고 있다. 그 이외의 내용으로 그림 9는 인덱스 구조의 노드가 포함하고 있는 객체들의 포함관계를 나타내기 위해 큰 굵은 선으로 포함관계를 나타내고 있다.

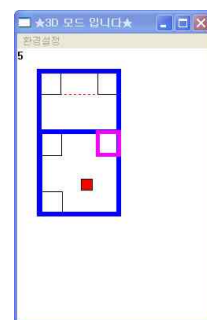


그림 9. 객체 포함관계  
Fig. 9. Entry relationship containing objects

지금까지 살펴본 내용은 인덱스 구조와 3차원으로 표현된 내용을 5개의 객체를 중심으로 살펴보았다. 다음 그림 10은 실질적인 응용을 위해서 객체를 자동으로 100만개를 생성시켰을 때 나타난 결과를 도시하고 있다. 그림 10 좌측 그림은

100만개의 객체를 생성시키는 중간의 스냅샷을 보여주고 있으며, 우측은 모두 생성된 결과를 나타내고 있다.

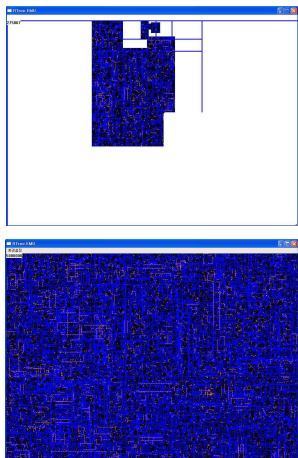


그림 10. 100만개 객체 생성 테스트  
Fig.10. Test for generating one million objects

#### IV. 결론

최근 무선 통신 및 모바일 기술의 급속한 발전으로 스마트폰 시대가 앞당겨짐에 따라 위치 기반 서비스 및 모바일 응용 서비스와 같은 이동 객체에 기반한 다양한 서비스에 대한 요구도 증가하고 있다. 이에 본 연구에서는 시공간 데이터뿐만 아니라 시각화를 위한 데이터를 인덱싱하여 질의처리 수행에 적합한 R tree를 중심으로 다양한 인덱싱 기법들에 대해 소개하였다. 이러한 기법들 가운데 가장 보편적으로 활용되고 있는 R tree에 기반해서 공간 객체들을 콘텐츠로 표현한 인덱스 구조를 보다 이해하기 용이하게 시각화 시킨 부분이 본 논문의 기여한 부분으로서 언급할 수 있다.

일반적인 인덱스 기법은 시스템 내부적으로 처리됨으로서 인덱스 활용과 사용자 이해는 별개로서 이해측면에서 상호연계가 사실상 쉽지 않았다. 이러한 문제점을 줄이고자 본 연구에서는 객체생성에서부터 공간상의 객체 렌더링과 이를 통한 입체 접근 결과를 보였으며, 미니맵을 통해 사용자의 위치 파악도 병행해서 할 수 있도록 보였다. 뿐만 아니라, R tree 인덱스 구조에서 노드에 포함되는 각 객체들의 포함관계를 실시간적으로 시각화함으로써 공간 객체에 대한 시각적인 인지와 인덱스와의 상관관계를 이해함으로써 위치에 따른 객체 탐색 방법을 더욱 쉽게 이해할 수 있는 계기를 얻을 수 있었다.

향후에는 다양한 인덱스 방법들에 대한 시각화 노력이 병

행될 수 있도록 함으로서 스마트폰 시대를 맞이한 현재 증강 현실의 실시간 검색 등의 효과적인 이해를 도모할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

- [1] Antonin Guttman, "R-Trees: A Dynamic Index Structure for Spatial Searching," Proceedings of the ACM SIGMOD Conference, pp. 47-57, 1984.
- [2] Norbert Beckmann, Hans-Peter Kriegel, Ralf Schneider, and Bernhard Seeger, "The R\*-Trees: An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangles," Proceedings of the ACM SIGMOD Conference, pp. 322-331, 1990.
- [3] Stefan Berchtold, Daniel A. Keim, and Hans Peter Kriegel, "The X-Tree: An Index Structure for High-Dimensional Data," Proceedings of the VLDB Conference, pp. 28-39, 1996.
- [4] King-Ip Lin, H. V. Jagadish, and Christos Faloutsos, "The TV-tree - An Index Structure for High-Dimensional Data," VLDB Journal, Vol. 3(4), pp. 517-542, 1994.
- [5] Tolga Bozkaya and Meral Ozsoyoglu, "Distance-Based Indexing for High-Dimensional Metric Spaces," Proceedings of the ACM SIGMOD Conference, pp. 357-368, 1997.
- [6] Michael J. Franklin, Michael J. Carey and Miron Liny, "Transactional Client-Server Cache Consistency : Alternatives and Performance," ACM Transactions on Database Systems, Vol.22, No.3, pp. 315-363, September, 1997.
- [7] L. Forlizzi, R.H. Guting, E. Nardelli, and M. Schneider, "A Data Model and Data Structures for Moving Objects Databases," ACM SIGMOD, 2000.
- [8] P.K. Agrawal, L. Arge, and J. Erickson, "Indexing Moving Points," PODS, 2000.
- [9] Y. Tao and D. Papadias, "MV3R-Tree: A Spatio-Temporal Access Method for Timestamp and Interval Queries," VLDB, 2001.
- [10] H.D.Lee, et. al, "An Efficient Index Structure for Semantic-based XML Keyword Search,"

- KIISE, Vol, 33(5), pp. 513-525, Oct. 2006.
- [11] G. Kollios, D. Gunopulos, and V.J. Tsotras, "On Indexing Mobile Objects," PODS, 2000.
- [12] S. Saltenis, C.S. Jensen, S.T. Leutenegger, and MA. Lopez, "Indexing the Positions of Continuously Moving Objects," ACM SIGMOD, 2000.
- [13] N. Beckmann, H.P. Kriegel, R. Schneider, and B. Seeger, "The R\*-Tree: An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangle," ACM SIGMOD, 1990.
- [14] Y. Theodoridis, E. Stefanakis, and T.K. Sellis, "Efficient Cost Models for Spatial Queries Using R-Trees," TKDE, Vol.12, No.1, pp. 19-32, 2000.
- [15] Y. Xu and Y. Papakonstantinou: "Efficient Keyword search for smallest LCAs in XML databases," ACM SIGMOD, 2005.
- [16] 안성우 외. "RFID 태그의 색인을 위한 위치 식별자 재순서 기법," 한국정보과학회 데이터베이스 제 36권, 제 3호, 198-214쪽, 2009년 6월.
- [17] 윤성훈 외. "대용량 플래시 메모리를 위한 임베디드 텍스트 인덱스 시스템," 한국컴퓨터정보학회논문지 제 14권, 제 6호, 1-10쪽, 2009년. 6월.

## 저자 소개



### 이 현 창

2001년: 홍익대학교 전자계산학과  
석사/박사  
2008년~ 현재: 원광대학교 정보전자  
상기대학부 교수  
관심분야: 시맨틱 기술, 데이터  
웨어하우스, 유비쿼터스  
컴퓨팅



### 신 성 운

2003년 2월: 군산대학교 컴퓨터과학과  
이학박사  
2006년~ 현재: 군산대학교 컴퓨터정보  
과학과 교수  
관심분야: 비디오 처리, 가상현실,  
멀티미디어



### 장 희 선

KAIST 산업공학과 공학박사  
현재: 평택대학교 e-비즈니스 및  
창업학과 교수  
관심분야: 트래픽 엔지니어링



### 고 진 광

1997년: 홍익대학교 전자계산학과  
학사/석사/박사  
오리건 주립대학교 전기컴퓨터  
공학과 방문교수  
2005년~2007년: 순천대학교  
공과대학 학장/  
산업대학원장  
2007년~ 현재: 정보통신국가표준  
전문위원(정보기술분야)  
2008년~ 현재: 한국정보과학회 부회장  
1988년~ 현재: 순천대학교 공과대학  
컴퓨터공학과 교수  
관심분야: 데이터웨어하우스, 유비쿼터스  
컴퓨팅, USN 응용