

무선 위치기반서비스에서 영역질의처리를 위한 계층적 인덱스기법

A Hierarchical Sequential Index Scheme for Range Queries in Wireless Location-based Services

박 광 진*
Kwangjin Park

요 약

본 논문은 무선 브로드캐스트 환경에서 인접한 노드들로부터의 정보를 활용하여 질의접근시간과 에너지소모를 줄이기 위한 인덱스 기법을 소개한다. 우리는 정보의 선별적 청취를 위해 HLBS라 불리는 3-계층 위치기반 순차적 접근방식의 인덱스를 제안한다. HLBS는 객체들의 위치를 참고한 순차적인 접근탐색 구조를 통해 포인터 없이 모든 객체의 인덱스를 구성한다. HLBS는 단순하고 적은 크기의 인덱스 구조로 무선 브로드캐스트 채널에서 효율적인 정보탐색을 지원한다. 시뮬레이션을 통해 제안 기법의 효율적인 정보검색의 성능을 증명하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a novel approach to reduce spatial query access latency and energy consumption by leveraging results from nearby peers in wireless broadcast environments. We propose a three-tier Hierarchical Location-Based Sequential access index, called HLBS, which provides selective tuning (pruning and searching entries) without pointers using a linear accessing structure based on the location of each data object. The HLBS saves search cost and index overhead, since the small index size with a sequential index structure results in low access latency overhead and facilitates efficient searches for sequential-access media (wireless channels with data broadcast). Comprehensive experiments illustrate that the proposed scheme is more efficient than the previous techniques in terms of energy consumption.

☞ KeyWords : Moving objects, mobile computing, wireless data broadcasting, peer-to-peer 이동객체, 이동컴퓨팅, 무선데이터브로드캐스팅, p2p

1. 서 론

MP2P (Mobile Peer-To-Peer) 네트워크는 중앙처리 서비스 공급자 없이 개별 사용자들이 원하는 정보를 주고받을 수 있는 환경을 제공해준다. 따라서 사용자들의 요구가 증가해도 특정 서비스 공급자에게 작업이 과잉 공급되는 문제를 줄이고 빠르고 효율적인 서비스를 지원할 수 있다 [1][2]. 그러므로 최근 모바일 멀티미디어 시장에 MP2P 관련 응용서비스에 대한 많은 관심이 모아지고

있다 [3]. 그러나 현재 대부분의 MP2P 관련 시스템은 유선환경에 머물러 있는 실정이다. MP2P 네트워크에서 이동단말에 대한 대부분의 에너지소모는 요청메시지 전달과 전송을 기다리는 대기전력소모이다. 이는 P2P 단말이 언제 어떤 장소에서 원하는 정보를 얻을 수 있을지 예측하기 힘들기 때문이다. 게다가 특정 서비스 공급노드에게 같은 시간, 같은 데이터를 집중적으로 요청할 경우 확장성 문제가 발생하게 된다. 이러한 MP2P 환경의 제약성을 극복하기 위해 캐싱, 인덱싱, 위치관리 등 다양한 연구들이 병행되어 이루어지고 있다.

지난 수십 년간 공간데이터 인덱싱에 대한 많은 연구가 진행되었다. 주요 목적은 질의처리에

* 정 회 원 : 원광대학교 전기전자및정보공학부 교수
kjpark@wonkwang.ac.kr
[2009/01/27 투고 - 2009/02/03 심사 -2009/03/17 심사완료]

대한 인덱스 탐색비용을 줄이는 것이다. 그러나 인덱스 구조와 탐색에 대한 연구는 전통적인 공간데이터베이스 환경을 다룬 연구가 대부분이며, 무선 브로드캐스트 환경을 고려한 연구는 미비한 실정이다. 최근 일부 무선 브로드캐스트 환경에서의 인덱스 전송에 대한 연구가 발표되었으나 멀티미디어 정보를 다루는 연구는 전무한 현실이다.

[4]에서 저자들은 모바일전자장비와 교통수단과 관련한 어플리케이션에서 시공간 자원을 위한 데이터 모델을 제안하였다. 또한 제안 모델을 기반으로 하여 정보를 전달하는 구조를 개발하였다. [1][2]에서 저자들은 정보데이터를 효율적으로 전송하는 기법에 대하여 연구를 수행하였다. 그들은 특히 이동하는 객체들이 서로 관심정보를 이웃 객체들에게 배포하는데 초점을 맞추어 연구를 수행하였다. P2PR-트리 [5]는 P2P 시스템에서 공간 인덱스를 지원하기 위하여 제안되었다. P2PR-트리 기법은 사용자에게 비대칭적으로 분포된 공간 데이터를 효율적으로 인덱싱하는 것이 목적이다. 최근 우리는 무선 브로드캐스트 환경에서 공간객체를 전달하고자 BBS (Broadcast-Based sequential Scheme) 기법을 제안하였다 [7]. BBS는 전달하고자 하는 공간객체 정보를 개별적인 객체의 위치에 따라 정렬하여 전달함으로써 인덱스를 따로 사용하지 않고도 선별적인 정보 청취를 지원할 수 있다. 잘 알려진 R-트리 기법은 전통적인 공간 인덱스 구조이며 [6], 기본 아이디어는 최소경계사각형 (Minimal Bounding Rectangle)으로 객체들을 인덱스 화하는 것이다. R-트리는 객체의 구성을 계층적인 트리형태로 표현하며 단말노드는 개별적인 객체의 위치를 나타낸다. 그러나 R-트리나 R-트리를 개량한 인덱스 구조는 디스크 (disk)나 램 (RAM)과 같은 저장 공간에 적합하게 설계되었으며, 브로드캐스트 환경에서는 백트래킹과 같은 문제점들로 인한 많은 단점들을 갖고 있다.

본 논문에서 인덱스 기반 P2P 데이터 접근을 위한 HLBS (Hierarchical Location-Based Sequential) 인덱스를 제안한다. HLBS는 무선 P2P 브로드캐

스트 환경에서 효율적으로 멀티미디어 공간데이터를 교환하기 위해 설계되었다. 제안 인덱스의 주요 목적은 MP2P 환경에서 모바일 단말들 사이에 통신비용을 줄이고 배터리 소모를 최소화하는 것이다. 본 논문에서 중앙서버, 중앙데이터베이스, 베이스스테이션 등 어떠한 중앙 집중화된 기반환경도 가정하지 않는다. 대신 P2P 네트워크 환경에서 강력한 위치기반 정보교환서비스를 위한 분산인덱스기법을 제안한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구의 기반이 되는 인덱스 기법과 모바일 P2P 환경에서 최근접 질의처리를 지원하기 위한 질의처리 알고리즘을 살펴본다. 3장은 시물레이션을 통해 제안 알고리즘의 성능을 분석해보며, 마지막으로 4장에서 논문을 마무리한다.

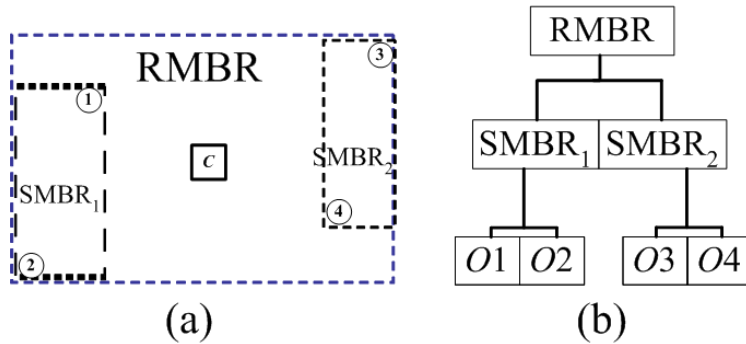
2. 제안하는 알고리즘

본 절에서는 새로운 공간 인덱스인 HLBS를 제안한다. 이를 위한 HLBS 구조를 살펴보고 영역질의에 대한 알고리즘을 소개하겠다.

2.1 HLBS 인덱스

HLBS는 최소경계사각형 (MBR; Minimal Bounding Rectangles)을 이용하여 다음과 같은 세 가지 단계로 구성된다.

- RMBR (Root MBR): 트리의 가장 위쪽에 위치한 최소경계사각형이며 중심부분 c 와 하위 계층인 SMBR들로 구성된 경계사각형에 대한 x/y 좌표 값을 갖는다.
- SMBR (Sub MBR): 트리의 중간에 위치한 최소경계사각형이며 중심부분 c 와 SMBR 구성 객체들 중 첫 번째 전달되는 객체의 전달시간과 RMBR의 전달시간을 갖는다. SMBR은 하위 MBR을 갖지 않으며 SMBR을 구성하는 객체로 구성된다.
- LEAF: 트리의 단말노드에 해당하며 각 객체에 대한 x/y 좌표와 다음 주기에 전달되는



(그림 1) 최소경계사각형 (MBR)과 HLBS 인덱스 트리

RMBR의 도착시간을 갖는다.

HLBS는 R-트리에 비하여 단순한 인덱스 구조를 가지며 브로드캐스트 환경에서 백트래킹과 같은 문제가 발생하지 않는다.

본 논문에서 다음과 같은 두 가지 종류의 객체를 가정한다.

- 서비스공급 노드: 잠정적인 관심노드에게 주기적으로 정보를 전달한다. 노드는 서버와 같은 역할을 수행하며 무선브로드캐스트 채널을 통해 주기적으로 데이터와 인덱스를 전달한다.
- 클라이언트 노드: 선별적 접촉과 청취를 통해 원하는 정보를 얻는다.

그림 1(a)는 HLBS의 구조를 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 4개의 객체 O₁(그림에서 ①), O₂(그림에서 ②), O₃(그림에서 ③), O₄(그림에서 ④)와 이를 최소경계사각형으로 둘러싼 SMBR₁과 SMBR₂, 그리고 이를 다시 최소경계사각형으로 둘러싼 RMBR이 있다. 그림 1(b)는 세 개의 계층을 트리형태로 나타내고 있다.

2.2 선별적 청취 알고리즘

영역질의에 대한 클라이언트의 질의처리는 RMBR, SMBR, LEAF의 세 가지 단계로 진행된다. 다음은 각 단계별 선별적 질의처리과정을 나

타낸다.

첫 번째, 클라이언트는 인접노드들인 t 사이트로부터 RMBR들을 탐색한다. 이 때 영역질의 Q_r (Range Query)에 속한 모든 범위를 검색하면 최종 질의결과를 반환한다. RMBR 단계에서의 영역질의처리를 위한 의사코드는 다음과 같다.

RMBR 탐색알고리즘

초기화: $i \leftarrow 1$

처리절차:

01. while (모든 Q_r 영역에 대한 탐색이 완료될 때 까지)
02. 사이트 i 로부터 RMBR _{i} 를 판독
03. if RMBR _{i} 가 Q_r와 교차하거나 Q_r를 포함하거나 Q_r에 포함된다면
04. then 현재까지의 탐색영역에 RMBR을 포함하고 i 를 하나 증가시킴
05. SMBR _{i} 를 판독
06. else i 를 하나 증가시킴
07. end while
08. return 최종 영역질의 결과

두 번째, 클라이언트는 탐색영역에 속한 (i.e., Q_r와 교차하거나 or Q_r를 포함하거나 or Q_r에 포함되는 RMBR에 대한) 하위 노드인 SMBR들을 탐색한다. SMBR 단계에서의 영역질의처리를 위한 의사코드는 다음과 같다.

SMBR 탐색알고리즘

초기화: $i \leftarrow 1$

처리절차:

01. while (모든 Q_r 영역에 대한 탐색이 완료될 때 까지)
02. $SMBR_i$ 를 판독
03. if $RMBR$ 내의 모든 $SMBR$ 을 탐색했다면
04. then $SMBR_i$ 로부터 첫 번째 전달되는 객체에 대한 전달시간을 확인함
05. else $SMBR_i$ 를 현재까지의 탐색영역에 포함
06. i 를 하나 증가시킴
07. end while
08. $SMBR_i$ 로부터 첫 번째 전달되는 객체가 전송될 때까지 전원절약모드로 전환

세 번째, 클라이언트는 탐색영역에 속한 (i.e., Q_r 와 교차하거나 or Q_r 를 포함하거나 or Q_r 에 포함되는 $SMBR$ 에 대한) 하위 노드인 LEAF 객체들을 탐색한다. LEAF 단계에서의 영역질의처리를 위한 의사코드는 다음과 같다.

3. 성능평가

3.1 실험환경

본 절에서는 제안기법인 HMBR에 대한 성능평가를 위한 실험환경을 소개한다.

시뮬레이션은 C로 구현되었다. 브로드캐스트 채널의 대역폭은 2Mbps를 사용하였으며, MBR에 32바이트, 포인터에 2바이트, 2차원 좌표에 4바이트를 각각 할당하였다. 인덱스는 한 주기에 k 번 전송하며 객체의 전송순서는 객체들의 분포에 따라 좌측부터 우측의 순서로 또는 하에서 상 방향으로 전달된다. 기본파라미터 설정은 다음과 같다: 객체의 수=10,000, 데이터의 크기=128바이트, 이동거리 100m (단위). 서버는 인덱스와 함께 브로드캐스트 데이터를 생성하고 초기에 클라이언

트는 에너지절약모드 상태를 가정한다. 사용자가 질의요청을 하면 클라이언트는 액티브 모드(active mode)로 전환되며 브로드캐스트 채널을 청취하게 된다. 이후, 원하는 데이터를 모두 청취한 클라이언트는 다시 전원절약모드로 전환한다. 모든 데이터의 크기는 64바이트에서 4096바이트 범위에서 동일하다고 가정한다.

LEAF 탐색알고리즘

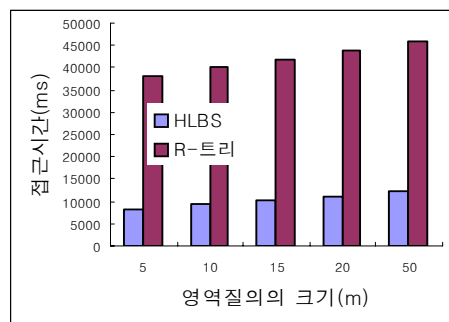
초기화: $i \leftarrow 1$

처리절차:

01. while (모든 Q_r 영역에 대한 탐색이 완료될 때 까지)
02. $SMBR$ 내의 객체 O_i 를 판독
03. if Q_r 영역에 포함된다면
04. then 객체 O_i 의 도착시간을 확인하고 객체 O_i 를 탐색결과집합 S 에 포함시킴
05. i 를 하나 증가시킴
06. end while
07. 탐색결과집합 S 의 원소가 전달되기 전까지 전원절약모드로 전환

3.2 실험결과

그림 2는 영역질의 크기의 증가에 따른 HLBS와 R-트리 기법과의 접근시간 결과를 보여준다.

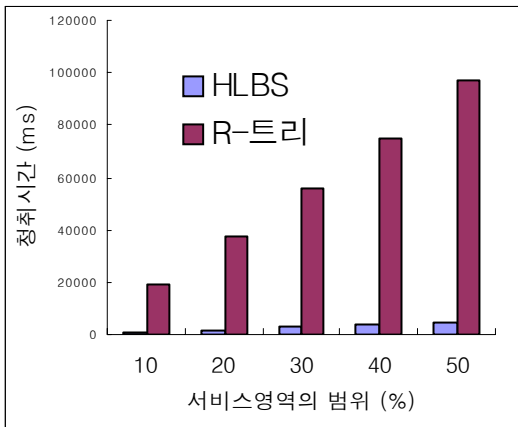


(그림 2) 영역질의크기 증가에 따른 접근시간(ms); 영역질의 크기는 원의 중심지점으로부터 반지름의 거리임

결과에서 볼 수 있듯이 HLBS가 R-트리에 비하여 빠른 접근시간을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이는 데이터의 분포에 따라 순차적으로 전달하는 HLBS는 인덱스에 의존하지 않고도 영역질의처리가 가능하며, 부가적인 포인터정보가 없으므로 적은 크기의 정보를 사용하여 선별적인 청취가 가능하기 때문이다. 반면 R-트리는 탐색과정에서 백트래킹이 자주 발생하여 질의처리를 수행하는데 있어서 불필요한 지연시간을 가져온다.

그림 3은 서비스영역의 범위 증가에 따른 청취 시간결과를 보여준다.

서비스영역의 범위는 전체 서비스 영역에서 각 노드에 대한 개별 서비스영역을 의미한다. 예를 들어 전체 서비스 영역이 100km * 100km이라면, 10%의 서비스 영역은 10km * 10km가 된다. 결과에서 볼 수 있듯이 앞선 실험과 동일한 결과로 인하여 HLBS가 R-트리 방식에 비하여 적은 청취시간을 갖는 것을 알 수 있다. 청취시간의 감소는 결국 단말의 에너지소모를 줄여 배터리사용시간을 늘리는 효과를 가져온다.



(그림 3) 서비스영역의 증가에 따른 청취시간 (ms)

4. 결론

본 논문에서는 모바일 P2P 환경에서 효율적인

영역 질의를 위한 HLBS인덱스를 제안하였다. HLBS는 무선브로드캐스트 환경에서 치명적인 단점을 갖는 R-트리의 백트래킹 문제를 해결하고, 단순하고 적은 크기의 정보를 사용하여 선별적인 정보탐색 및 청취를 지원한다.

HLBS는 지도상의 객체를 세 개의 단계인 트리 구조로 표현하며, 객체의 전달순서를 위치에 따라 정하기 때문에 인덱스를 사용하지 않고도 영역질의처리가 가능하다. 따라서 모바일 P2P환경에서 정보탐색에 필요한 지연시간 및 노드의 에너지소모량을 감소시킬 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문(작품)은 2010학년도 원광대학교 교비 지원에 의해서 연구발표 되었음.

참 고 문 헌

- [1] A. Prasad Sistla, O. Wolfson, B. Xu, "Opportunistic Data Dissemination in Mobile Peer-to-Peer Networks", In Proc. of International Symposium on Spatial and Temporal Databases, pp. 346-363, 2005.
- [2] K. Park, H. Choo, "Energy-Efficient Data Dissemination Schemes for Nearest Neighbor Query Processing", IEEE Trans. Computers, 56(6), pp. 754-768, 2007.
- [3] A. Krikelis, "Location-dependent multimedia computing", IEEE Concurrency, 7(2), pp. 13-15, 1999.
- [4] O. Wolfson, B. Xu, and H. Yin, "Dissemination of Spatial-Temporal Information in Mobile Networks with Hotspots", In Proc. of Databases, Information Systems and Peer-to-Peer Computing, pp. 185-199, 2004
- [5] A. Mondal, Y. Lifu and M. Kitsuregawa, "P2PR-Tree: An R-Tree-Based Spatial Index for

Peer-to-Peer Environments,” In Proc. of Extending Database Technology (EDBT) Workshops, 2004, pp. 516-525.

[6] A. Guttman, “R-trees: A dynamic index structure for spatial searching”, In Proc. of Special Interest Group on Management of Data, pp. 47-57, 1984.

[7] K. Park, M. Song, C. Hwang, “Broadcast-Based Spatial Queries”, J. Comput. Sci. Technol. 20(6): 811-821, 2005.

● 저 자 소 개 ●



박 광 진(Kwangjin Park)

2000년 고려대학교 컴퓨터학과 졸업(학사)

2002년 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(석사)

2006년 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(박사)

2006~2007 프랑스 국립컴퓨터과학연구소(INRIA) 박사후연구원

2008~현재 원광대학교 전기전자및정보공학부 교수

관심분야 : 데이터베이스, 분산컴퓨팅

E-mail : kjpark@wku.ac.kr