

모바일 P2P 환경에서의 에너지 효율을 고려한 인덱스 기법

Energy-Efficient Index Scheme in Mobile P2P Environments

박 광 진*
Kwangjin Park

요 약

본 논문은 모바일 P2P 환경에서 최근접 질의 처리를 위한 에너지 효율적인 인덱스 기법을 제안한다. 제안한 PMBR (P2P Minimum Boundary Rectangle) 인덱스는 질의처리를 위한 클라이언트의 선별적인 정보 청취를 지원한다. 모바일 클라이언트는 PMBR 정보를 통해 인접 노드에 대하여 필요한 정보의 유무를 쉽게 판단할 수 있다. 따라서 만일 인접 노드가 원하는 질의결과에 대한 정보를 가지고 있지 않다면 곧바로 접촉을 중단하고 다른 노드를 선택하게 된다. 또한 클라이언트는 언제 원하는 데이터가 브로드캐스트 채널을 통하여 전달되는지 파악하여 대부분의 시간을 전원절약 모드로 유지하고 필요한 정보가 전달되는 시점에만 깨어나 불필요한 에너지소모를 줄일 수 있다. 시뮬레이션을 통해 제안 기법의 선별적 정보 청취를 통한 에너지 효율성을 증명하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose an energy efficient index scheme for Nearest Neighbor queries, specially designed for mobile P2P environments. we propose a PMBR (P2P Minimum Boundary Rectangle) index that provides the client with the ability of selective contacting and tuning from other nodes. The mobile client is able to identify whether or not the neighbor nodes have the desired information by accessing PMBR. Thus, the client immediately switches to change to another node's broadcast channel if the index does not contain the desired information. Furthermore, the client is able to predict the arrival time of the desired data items and only needs to tune into the broadcast channel when the requested data items arrives, by first accessing PMBR. Thus, the mobile client can stay in power save mode most of time, and tune into the broadcast channel only when the requested data items arrive. Experiments are conducted to evaluate the performance of the proposed scheme. 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. 서론 및 관련 연구

무선 이동통신 환경에서 다수의 사용자들이 자주 사용하는 데이터를 브로드캐스트 채널을 통하여 전달하는 연구가 활발히 진행되고 있다 [1][2]. 무선 데이터 브로드캐스트는 사용자에게 공기 중의 저장 공간으로 활용될 수 있으며, 서버의 작업 부하를 줄여주는 효

과를 얻을 수 있다. 그러나 이동 단말기는 언제 원하는 데이터가 브로드캐스트 채널을 통하여 전달되는지 알 수 없기 때문에 지속적인 정보 청취를 해야 하는 단점이 있다. 이는 메모리, 배터리 등 제한적인 자원의 특성을 갖는 이동통신 환경에서 치명적인 문제를 가져올 수 있다. 따라서 인덱싱 기법을 통한 선택적인 데이터 청취에 대한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다.

최근 브로드캐스트 환경을 기반으로 한 P2P (Peer-to-Peer) 서비스에 대한 다양한 연구

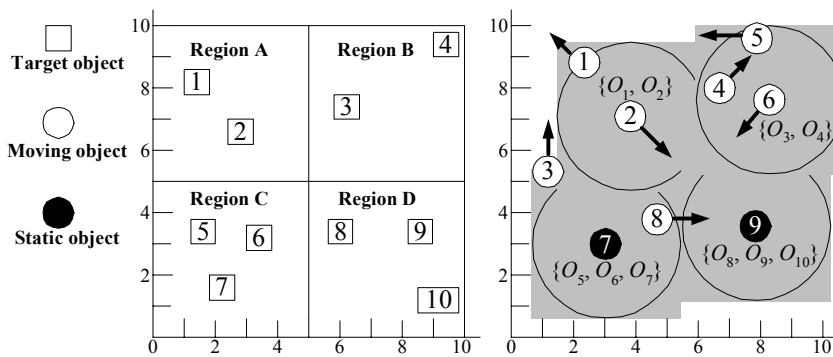
* 정 회 원 : 원광대학교 전기전자및정보공학부 교수
kjpark@wonkwang.ac.kr

[2009/01/24 투고 - 2009/02/03 심사 -2009/03/17 심사완료]

가 이루어지고 있다. P2PR-트리 [3]는 P2P 시스템에서 공간 인덱스를 지원하기 위하여 제안되었다. P2PR-트리 기법은 사용자간에 비대칭적으로 분포된 공간 데이터를 효율적으로 인덱싱하는 것이 목적이다. EZCap [4] 은 도시에서 P2P 환경을 통해 택시예약을 지원하기 위해 제안되었다. EZCap은 단거리 무선 채널을 통해 승객이 없는 택시 정보를 사용자에게 실시간으로 전달해 준다.

생하기 때문이다.

(1, m) 인덱스 [7]는 브로드캐스트 환경에서 클라이언트의 선별적인 청취를 지원하기 위한 환경을 제공한다. 그러나 공간객체에 대한 연구는 미비한 실정이다. 최근 무선환경에서 최근접 질의처리를 지원하기 위한 힐버트-커브 인덱스 [8]가 제안되었다. 힐버트-커브 인덱스는 공간객체의 위치를 힐버트-커브라는 알고리즘을 사용하여 인덱스로 전달한다. 참



(그림 1) 무선 P2P 환경에서 단거리 브로드캐스트 채널을 통한 데이터 공유

P2P 이동 컴퓨팅환경에서 최근접 질의와 같은 전통적인 질의처리를 지원하는 다양한 연구가 진행되고 있으나 대부분 공간 데이터에 대한 인덱스 구조와 정보 전달에 초점을 맞추고 있다. 또한 전통적인 공간데이터베이스를 지원하기 위한 현재의 탐색알고리즘들은 순차적으로 데이터가 전달되는 무선 브로드캐스트 환경에 적합하지 않다. 실제로 대표적인 공간인덱스로 알려진 R-트리 [5] 와 R-트리를 개선한 R⁺-트리 또는 R^{*}-트리 등은 그 탐색 방법에 있어서 디스크 기반 환경에 적합하며 무선 데이터 채널 방식에는 매우 부적합한 성능을 보인다 [1]. 이는 분기한정(Branch and Bound) 방식을 통한 탐색이 이루어지는 R-트리 기반 인덱스는 무선 브로드캐스트 환경에서의 순차적인 데이터 접근 시 백트래킹(Backtracking)과 같은 예기치 못한 상황이 발

고논문 [9] 에서 저자는 단일 또는 복수 채널 환경에서 공간인덱스를 전달하는 알고리즘을 제안하였다.

무선브로드캐스트 환경에서는 클라이언트의 청취 및 대기시간을 줄이는 것이 주요 목적이다. 하지만 현재 진행되고 있는 대부분의 연구들은 인덱스 구조와 탐색방법에 대하여 집중되어 있으며 이동 사용자의 제한된 자원을 고려한 연구가 미비한 실정이다.

본 논문에서는 PMBR (P2P Minimum Boundary Rectangle) 이라 불리는 새로운 인덱스 기반 P2P 데이터 접근 알고리즘을 제안한다. 환경은 주유소, 호텔, 레스토랑과 같은 정적인 공간 데이터의 집합으로 가정하며 사용자들은 근접 무선통신 범위에서 관심 있는 정보를 서로 공유하도록 한다. 그림 1은 9개의 이동단말 (Moving object) 또는 고정단말

(static object) 들이 4개의 영역 (region A, region B, region C, region D)에서 이동하며 레스토랑과 같은 10개의 정적인 목적 객체 (target object)를 단거리 브로드캐스트 채널을 통하여 공유하는 것을 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 각 객체들은 자유로이 이동하며 자신이 가지고 있는 객체들 (이동객체 7은 목적객체 O_5, O_6, O_7 에 대한 정보를 유지하고 있음)을 서로 공유한다.

본 논문의 주요 목적은 이동 P2P 환경에서 단말간의 통신비용을 줄이고 이를 통해 배터리에너지 소모를 최소화하는데 있다.

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

2. 제안하는 알고리즘

2.1 제안환경

본 논문은 2차원 기하학 모델에서의 이동 P2P 네트워크 환경을 가정한다. 각 이동단말은 인접한 클라이언트와 수백 미터의 범위에서 통신이 이루어지며 주로 기차역, 대학, 터미널과 같은 인구밀집도가 높은 환경에서 정보를 주고받는다. 모든 데이터아이템의 크기는 같다고 가정하며 데이터전달순서는 목적객체의 분포에 따라 좌에서 우로 또는 하에서 상의 순으로 전달된다. 클라이언트의 이동패턴은 임의지점 이동성 (Random Waypoint Mobility) 모델 [6] 을 가정한다. 서비스를 제공하는 이동단말 클라이언트는 배터리와 같은 자원의 특성에 따라 다음과 같이 두 가지로 분류된다.

충분자원단말: 클라이언트는 자원의 제약을

받지 않으며 목적객체의 위치정보와 사진 동영상과 같은 상세정보를 주기적으로 브로드캐스트 채널을 통해 잠정적 사용자에게 전달한다.

제한자원단말: 클라이언트는 자원의 제약을 받으며 목적객체의 위치정보를 파악할 수 있는 인덱스정보만을 전달한다.

서비스를 제공받는 이동단말 클라이언트는 다음과 같은 두 가지 형태로 원하는 정보를 얻을 수 있다.

직접요청: 클라이언트는 원하는 정보를 얻기 위해 직접 요청 메시지를 인접 단말에게 전달한다. 이때 어떤 정보를 원하는지, 어느 지점에서 요청하는지에 대한 정보를 같이 전달한다.

인덱스를 통한 선택적 청취: 클라이언트는 개별 요청 없이 주기적인 브로드캐스트 데이터 정보만을 통해 원하는 정보를 얻는다.

2.2 공간 인덱스

본 절에서는 이동 P2P 환경에서 무선 데이터 브로드캐스트를 위한 새로운 공간 인덱스 기법인 PMBR을 제안한다.

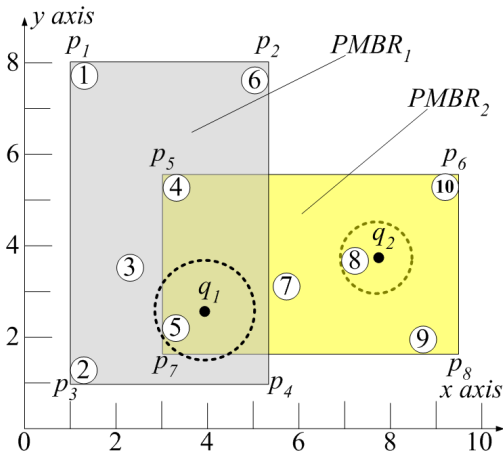
그림 2는 PMBR이라는 P2P 최소 사각형의 구성 예를 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 총 9개의 정적인 목적 객체가 있으며 PMBR₁은 목적 객체 $\{O_1, O_2, O_3, O_4, O_5, O_6\}$ 로 PMBR₂은 목적 객체 $\{O_4, O_5, O_7, O_8, O_9, O_{10}\}$ 으로 구성된다 (목적객체 O_1 은 그림에서 ①을 의미)). 이때 객체의 전달순서는 분포형태에 따라 좌에서 우로 (1번부터 10번 순) 또는 하에서 상으로 (2번부터 6번 순) 전달된다. 최근접 질의 q_1 에 대한 목적 객체는 O_5 이며 q_2 에 대한 목적 객체는 O_8 이 된다. 전달하게 되는 정보의 종류는 앞서 정의한 단말의 자원상태에 따라 제한자원단말은 PMBR만을 전달하는 반면, 충분자원단말은 자원의제약이 적으므로 제한자원단말에 비해 다양한 정보를 제공한

다. 제공하는 정보는 다음과 같다;

- PMBR 인덱스
- 목적 객체의 브로드캐스트 전달 순서
- 목적 객체의 ID와 2차원 좌표정보

2.3 질의처리

위치기반서비스에서 최근접 질의란 질의 지점에서 가장 인접한 목적 객체를 찾는 것이다. 본 절에서는 최근접 질의처리를 위한 에너지 효율적인 선택적 청취 알고리즘을 소개한다.



(그림 2) 10개의 목적 객체에 대한 PMBR 구성과 최근접 질의 q1과 q2에 대한 결과 (점선 부분)

클라이언트는 불필요한 청취시간을 최소화하기 위해 어느 시점에 PMBR 청취를 중단하고 원하는 질의결과를 얻을지 판단해야 한다. 구체적인 작업처리순서를 요약하면 다음과 같다.

첫 번째, 클라이언트는 PMBR_i와 해당 원소들인 목적 객체들을 읽고 질의지점으로부터 목적 객체와의 거리를 반지름으로 갖는 원을 그린다. (그림 2 참고) 이때 PMBR_i의 목적 객체들 중 질의지점으로부터 가장 가까운 거리

를 갖는 객체의 원 (circle)을 유지한다. 두 번째, 클라이언트는 최소반경 원에 포함되지 않거나 교차되지 않는 PMBR_i는 최근접 질의결과 대상에서 제외시킨다. 마찬가지로 최소반경 원보다 먼 거리에 위치한 목적 객체도 최근접 질의결과 대상에서 제외시킨다. 세 번째, 현재까지 청취한 PMBR들이 최소반경 원을 포함하면 청취를 중단하고 최소반경 원에 포함된 목적 객체를 최종 질의결과로 반환한다. 최근접 질의처리를 위한 선택적 청취 절차에 대한 의사코드는 다음과 같다.

알고리즘

Input: PMBR과 PMBR내부의 목적 객체들
Output: 최근접 목적 객체

처리절차:

01. PMBR 청취 및 판독
02. 목적 객체에 대한 좌표정보 판독
03. 질의지점으로부터 현재까지 청취한 목적 객체와의 거리를 반지름으로 갖는 원을 그린다
04. while (질의지점으로부터 가장 가까운 목적 객체를 찾을 때 까지)
05. for PMBR_i에 대하여
06. read PMBR_i
07. if PMBR_i가 MBC와 교차되거나 MBC (Minimum Boundary Circle)에 포함된다면
08. then 목적 객체의 브로드캐스트 순서를 참고하여 PMBR_i에 속해있는 목적 객체의 선별적인 청취 수행
09. else PMBR_i를 청취대상에서 제외함
10. end while
11. return 최근접 목적 객체

3. 성능평가

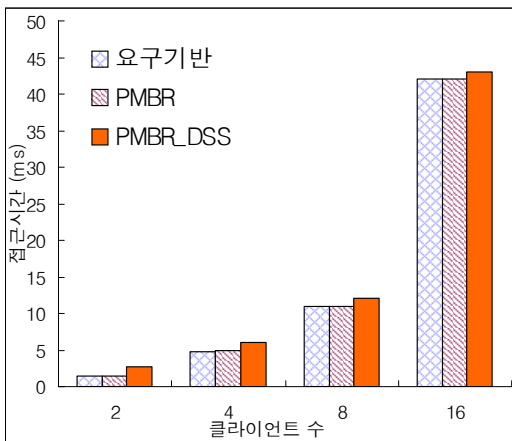
3.1 실험환경

본 절에서는 제안기법인 PMBR에 대한 성능 평가를 위한 실험환경을 소개한다. 브로드캐스트 채널의 대역폭은 2Mbps를 사용하였으

며, 전달 데이터의 크기는 모두 동일한 128바이트로 설정하였다. 실험 범위는 10km로 제한하였으며, 기본 노드의 수는 100개로 각 노드는 10개의 객체 정보를 저장할 수 있는 캐시를 유지하도록 하였다. 클라이언트는 임의의 접이동성 (Random Waypoint Mobility) 모델을 따르며, 수백 미터의 범위에서 통신이 이루어진다. PMBR은 목적 객체와 함께 브로드캐스트의 한 주기 동안 k 번 전달된다. 비교대상은 PMBR을 사용하지 않고 직접 1:1 통신을 통해 질의처리를 수행하는 요구기반 방식과 이루어 졌다. 또한 최근 발표된 분산인덱스 DSS (Distributed Spatial Scheme) 기법 [2] 을 PMBR에 적용하여 PMBR_DSS라 표기하여 비교대상에 포함시켰다.

3.2 실험결과

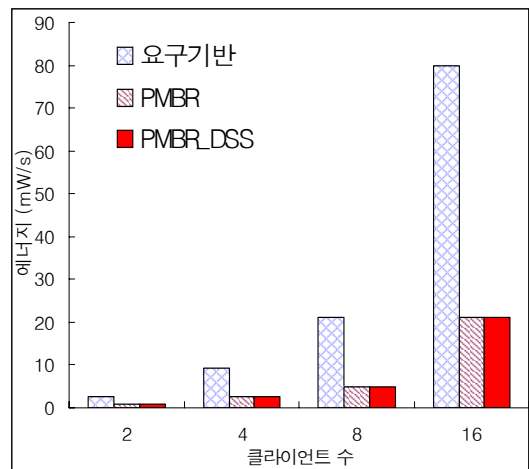
그림 3은 클라이언트 증가에 따른 요구기반 방식과 PMBR 그리고 PMBR_DSS 기법과의 접근시간 결과를 보여준다.



(그림 3) 클라이언트 수의 증가에 따른 접근시간

결과에서 볼 수 있듯이 접근시간에서 요구기반 방식이 PMBR이나 PMBR_DSS에 비해 조금 빠른 것을 알 수 있다. 이는 원하는 정보

를 얻고자하는 노드가 직접 인접 노드에게 질의요청을 하고 결과를 얻기 때문에 브로드캐스트 데이터를 기다려서 얻는 PMBR방식에 비해 응답지연이 적기 때문이다. 그러나 요구기반 방식은 인접 노드가 어떠한 정보를 가지고 있는지 확인할 수 없으므로 모든 노드에게 개별적인 요청을 통해 정보를 얻어야하는 문제점이 있다. 즉, 요구기반 방식은 PMBR 방식에 비하여 응답 지연속도는 조금 앞서지만 클라이언트의 수가 증가함에 따라 접근시간과 에너지 소모는 요구기반 방식이 매우 비효율적 결과를 보이게 된다. 그림 4는 클라이언트 증가에 따른 요구기반 방식과 PMBR 그리고 PMBR_DSS 기법과의 에너지소모 결과를 보여준다.



(그림 4) 클라이언트 수의 증가에 따른 에너지 소모

결과에서 볼 수 있듯이 PMBR 방식이 요구기반 방식에 비하여 효율적인 에너지소모를 갖는 것을 알 수 있다. PMBR 방식은 인덱스 정보를 통해 선별적으로 원하는 정보를 가지고 있는 후보자 노드로부터만 최종 목적 객체를 얻는 것과는 달리, 요구기반 방식은 인접한 모든 노드에게 질의요청을 한 뒤 결과를 찾기 때문에 많은 에너지를 소모하게 된다.

4. 결론

본 논문에서는 모바일 P2P 환경에서 에너지 효율적인 최근접 질의를 지원하기 위한 PMBR 기법을 제안하였다. 인접한 노드들이 PMBR 인덱스를 사용하여 원하는 정보 유무를 사전에 파악하고 해당 정보를 가진 노드들의 브로드캐스트 채널을 선별적으로 청취하여 적은 에너지사용으로 질의처리를 지원할 수 있다.

제안기법은 질의요청 노드에게는 선별적 데이터 청취를 통해 불필요한 요청 메시지로 인한 에너지 소모를 줄일 수 있으며, 서비스 제공 노드에게는 요청 메시지 감소로 인한 작업처리량을 줄일 수 있다. 따라서 공간질의처리를 위한 전체 노드의 에너지 소모량을 감소시킬 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 지원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.” (KRF-2006-214-D00132)

참 고 문 헌

- [1] B. Zheng, J. Xu, W.-C. Lee and D. L. Lee, “Grid-partition index: a hybrid method for nearest-neighbor queries in wireless location-based services,” In Very Large Data Base Journal (VLDB J), 2006, 15(1), 21-39.
- [2] W. Lee and B. Zheng, “DSI: A Fully Distributed Spatial Index for Location-Based Wireless Broadcast Services,” In Proc. of ICDCS, 2005, pp. 349-358.
- [3] 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.
- [4] P. Zhou, T. Nadeem, P. Kang and C. Borcea, “LiviU Iftode: EZCab: A Cab Booking Application Using Short-Range Wireless Communication,” In Proc. of Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2005, pp. 27-38.
- [5] A. Guttman, “R-trees: A dynamic index structure for spatial searching,” In Proc. of Special Interest Group on Management of Data (SIGMOD), 1984, pp. 47-57.
- [6] T. Camp, J. Boleng and V. Davies, “A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research,” Wireless Communication and Mobile Computing (WCMC), 2002, 2(5), 483-502.
- [7] T. Imielinski, S. Viswanathan, and B. Badrinath, “Data on Air: Organization and Access,” IEEE Trans. Knowledge and Data Eng (TKDE), 1997, 9(3), 353-372.
- [8] B. Zheng, W. Lee and D. Lee, “Spatial Queries in Wireless Broadcast Systems,” Wireless Network (WINET), 2004, 10(6), 723-736.
- [9] S. Hambrusch, C. L. Aref, and S. Prabhakar, “Query processing in broadcasted spatial index trees,” In Proc. of Symposium on Spatial and Temporal Databases (SSTD), 2001, pp. 502-521.

◎ 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