

무선환경에서 효과적인 공간질의 처리를 위한 계층적 비트맵 기반 공간 색인

A Hierarchical Bitmap-based Spatial Index for Efficient Spatial Query Processing on Air

송 두 희* 박 광 진**
Doohee Song Kwangjin Park

요 약

최근 무선 이동 컴퓨팅 기술과 위치기반 서비스 응용기술 등의 발전으로 과거보다 신속한 질의 처리를 지원할 수 있게 되었다. 그러나 여전히 하드웨어 및 소프트웨어의 기술적 한계가 존재한다. 질의 처리에 있어 가장 중요한 부분은 정확성과 신속성이다. 정확성을 높이기 위해서는 데이터에 상세한 정보를 저장해야 한다. 이 경우 데이터의 정보량이 증가하여 신속성이 떨어지게 된다. 반면에, 신속성을 높이기 위해서는 방송 주기를 줄여야만 얻고자 하는 데이터를 신속하게 얻게 된다. 이 경우 색인 정보의 부족으로 클라이언트의 청취 시간이 증가하여 불필요한 에너지 소모가 발생할 수 있다. 이와 같이, 정확성과 신속성 사이에는 트레이드 오프(trade-off)가 발생한다. 본 논문은 위와 같은 문제점을 극복하기 위해 계층적 비트맵 기반 공간 색인(Hierarchical Bitmap-based Spatial Index: HBI)을 제안한다. 계층적 비트맵 기반 공간 색인은 힐버트 커브(Hilbert Curve) 맵(map) 내에서 객체를 비트(0, 1)로 표기한다. 계층적 비트맵 기반 공간 색인은 비트 정보와 트리 구조를 이용하여 색인크기를 줄이는 방법으로 방송 주기를 줄임으로써 청취 시간과 질의 처리시간을 줄일 수 있다. 또한 계층적 비트맵 기반 공간 색인은 객체의 위치를 모두 파악할 수 있기 때문에 선택적인 청취가 가능하다. 성능평가를 통하여 제안 기법의 우수함을 증명한다.

ABSTRACT

The recent development of the technology for wireless mobile computing and applied technology for location-based services has made it possible to support query processing faster than that in the past. However, some technological limitations on hardware and software still exist. The most critical aspects of query processing are accuracy and speed. For improving the accuracy, it is required that detailed information on the data involved in query processing be saved. In this case, the amount of information on the data increases, which decreases the speed. On the other hand, for increasing the speed, it is necessary to reduce the broadcast cycle, which enables rapid data acquisition as desired. In this case, because of insufficient index information, the listen time for the client increases, which may cause unnecessary energy consumption. Therefore, a trade-off occurs between the accuracy and speed. This paper proposes a hierarchical bitmap-based spatial index (HBI) as a solution for the aforementioned problems. HBI describes an object with 0 and 1 on the Hilbert curve map. It reduces the broadcast cycle by decreasing the index size on the basis of bit information and tree structure. Therefore, it is able to shorten the listen time and query processing time. In addition, HBI enables the detection of the locations of all the objects so that it is possible selectively listen to a broadcast. A performance evaluation of the proposed technique demonstrates that it is excellent.

☞ keyword : 위치기반 서비스(Location based services), 범위 질의(Range queries), 공간 색인(spatial Index)

1. 서 론

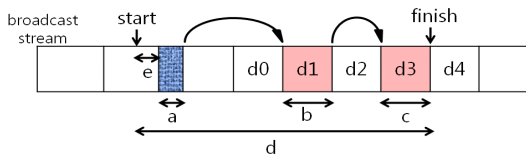
위치기반 서비스(Location Based Service)[1,2]는 범지구위치결정시스템(Global Positioning System: GPS)과 이동통신망에 의해 확보된 위치정보 및 디지털화된 지도를 결합하여 이용자에게 유용한 정

* 정 회 원 : 원광대학교 정보통신학과 석사
songdoohee@naver.com

** 정 회 원 : 원광대학교 정보통신학과 교수,
원광대학교 공업기술개발연구소 연구위원
kjpark@wku.ac.kr(교신(책임)저자)

[2011/08/17 투고 - 2011/08/26 심사 - 2011/10/17 심사완료]

보를 제공하는 서비스이다. 빠른 속도의 무선네트워크와 GPS가 장착된 모바일기기의 장점은 자신의 위치를 기반으로 원하는 정보를 언제, 어디서나 얻을 수 있다는 점이다[3]. 그러나 무선환경의 단점은 좁은 네트워크의 대역폭과 모바일 기기의 배터리 한계를 가진다. 위에서 언급된 문제점을 해결하기 위하여 [4,5]이 제안되었다. [4,5]는 선택적인 청취를 통하여 모바일 기기의 배터리 소비를 줄이기 위한 기법을 제안하였다. (그림 1)은 무선방송환경에서 색인기술을 알기 쉽게 표현하고 이와 관련된 용어를 다음과 같이 정의한다.



(그림 1) 무선 방송 데이터의 수신

- 대기 시간(Probe wait): 사용자가 서버에게 질의를 요청한 시점부터 색인을 찾는 데 까지 걸리는 총 시간
- 접근 시간(Access latency): 사용자가 질의를 요청한 시점부터 필요한 데이터를 모두 전송 받는데 까지 걸리는 총 시간
- 청취 시간(Tuning time): 사용자가 서버에게 요구한 데이터를 받기 위하여 클라이언트가 활성화 된 상태의 총 시간

위치기반 서비스는 다양한 응용분야에서 활용된다. 그 중 하나가 범위 질의(Range queries)이며, 범위 질의는 클라이언트에 의해 주어진 범위 내에서 원하는 객체를 찾는 방법이다[6-8]. [9]에서는 범위 질의를 처리하기 위하여 힐버트 커브[10]를 이용한 HCI(Hilbert Curve Index)가 제안되었다. HCI는 객체의 분포도에 따라 맵을 분할하고 힐버트 커브를 이용하여 분할된 영역에 힐버트 커브 값을 할당한 색인이다. HCI를 이용한 범위 질의 처리 방법은 먼저 클라이언트에 의해 정해진 영역을 파악하고 질의된 영역에 해당하는 힐버트 커브 값을 확인할

수 있는 기법이다. 그러나 질의된 영역의 시작점부터 끝나는 점까지 모두 확인하기 때문에 불필요한 청취가 발생하는 단점을 가진다. 이후 HCI를 보완한 범위 질의 연구가 진행되었으며, 최근 비트맵을 이용한 효과적인 질의 처리가 제안되었다[8,11]. 그러나 힐버트 커브 차수가 증가할 경우 비트맵 크기가 증가하는 단점이 발생한다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 계층적 비트맵 기반 공간 색인(Hierarchical Bitmap-based Spatial Index: HBI)를 제안한다. HBI는 다음과 같이 특징을 가진다.

- 계층적 비트맵 기반 공간 색인은 객체의 좌표 정보를 확인할 수 있기 때문에 불필요한 색인을 생략한다.
- 힐버트 커브 차수의 증가에 따라 4^{bit}로 급격하게 증가하는 비트맵의 단점을 보완한다.
- 계층적 비트맵 기반 공간 색인은 트리 기법을 이용하여 전체 비트맵에서 비트가 0인 부분을 대거 생략하므로 접근 시간과 청취 시간을 줄인다.

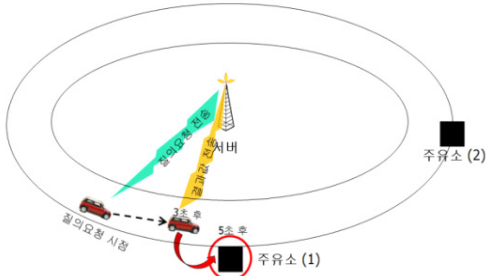
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 알아보고, 3장에서는 제안기법인 HBI에 대한 색인구조와 범위 질의 처리를 보여 준다. 4장에서는 실험 결과를 보여주고 5장에서 결론을 내린다.

2. 관련연구 및 배경

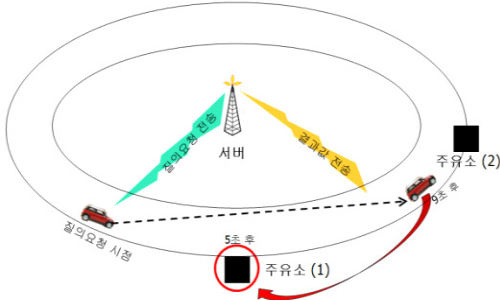
현재 무선환경에서 사용되는 질의 처리 방식은 크게 요구기반 방식[12]과 브로드캐스팅 방식[13, 14]으로 분류된다.

요구기반 방식은 서버와 사용자의 1대1 대응방식으로 사용자가 서버에게 질의를 요청하면 서버는 요청된 질의에 맞는 결과 값을 찾아서 사용자에게 전송해 주는 방식이다.

브로드캐스팅 방식은 서버가 다수의 사용자를 대상으로 결과 값이 될 수 있는 예상답안을 뽑아 서버의 반경 내에 정보를 보내는 방식으로 방송국에서 TV 프로그램을 사용자에게 전달하는 것이 대표적인 예이다.



(a) 공간질의 처리의 올바른 예



(b) 공간질의 처리의 잘못된 예

(그림 2) 서버의 질의 처리 시간에 따른 결과 값

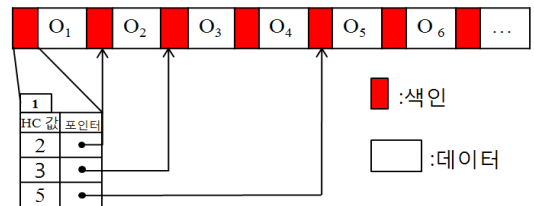
(그림 2)는 클라이언트가 주행 중에 가까운 주유소를 찾기 위하여 서버에게 질의를 요청하는 예를 보여주고 있다. 클라이언트의 이동속도와 진행방향에 따라 질의시점으로부터 5초 후에 주유소(1)에 도착하는 것을 가정한다. (그림 2)(a)는 클라이언트가 서버에게 질의를 요청한 시점으로부터 결과 값을 전송 받는데 걸리는 소요시간을 3초로 가정하였다. 이 경우 가장 가까운 주유소(1)을 정확하게 질의결과로 얻게 된다. 반면 (그림 2)(b)에서는 클라이언트가 서버에게 질의를 요청한 시점으로부터 결과 값을 전송 받는 소요시간을 9초로 가정한다. (그림 2)(b)의 경우 9초 이후에 클라이언트 위치에서 보면 가장 가까운 주유소가 주유소(2)임에도 불구하고 주유소(1)로 확인하게 되는 것을 알 수 있다. 이처럼, 서버의 질의 처리 시간은 중요한 역할을 한다. 무선방송환경에서 질의 처리 시간을 줄이는 방법은 서버의 장비를 향상시키는 방법과 전송되는 방송 주기를 줄이는 방법이 있다. 서버의 장비

를 향상시키는 방법은 하드웨어적으로 한계가 있기 때문에 결국 방송 주기를 줄이는 방법뿐이다. (그림 2)(a)에서와 같이 클라이언트가 만족할 수 있는 효과적인 질의 처리를 하기 위해선 정확한 정보를 포함하는 동시에 방송 주기를 줄여야 한다.

2.1 분산된 공간 색인

기존의 공간 색인은 모든 객체의 정보를 색인에 저장하는 구조를 가진다. 이러한 경우 색인의 크기가 커지기 때문에 전체적인 방송 주기 증가로 인해 접근 시간이 증가하는 단점을 가진다. 이를 보완하기 위해 분산된 색인이 제안되었다[15]. 그러나 [15]의 분산된 색인 기법은 공간을 고려하지 않았기 때문에 위치기반 서비스에 적용하기 어렵다.

이후 공간을 고려한 분산된 공간 색인 기법이 제안되었다[7]. [7]는 Hilbert-Type Space-Filling Curves [9]를 기반으로 데이터마다 분산된 색인을 삽입하여 색인 크기를 줄여 대기시간과 접근 시간을 줄이는 장점을 가진다. 분산된 색인은 지수적으로(2ⁿ) 증가하며 증가된 포인터를 통해 다음 객체를 선택적으로 확인할 수 있다. 그러나 지수적인 증가에 맞는 포인터만을 이용하여 객체를 확인하기 때문에 중복된 색인 청구가 발생하는 단점을 가진다. (그림 3)은 방송 한 주기를 나타내며 힐버트 커브 값은 1부터 시작해서 각 데이터마다 색인을 가지고 있다. (그림 3)의 DSI는 2²으로 증가한다고 가정하였고 객체 1(O₁)에 해당하는 색인구조를 보여준다. 객체 1은 2, 3, 5번 포인터를 가지고 있지만 객체 4번에 대한 포인터 정보가 없기 때문에 객체 4번을 확인하기 위하여 청구 시간이 증가하게 되는 것이다.



(그림 3) DSI 실행 예

2.2 비트맵 기반 공간 색인

무선방송환경에서 위치기반 서비스를 제공하는 비트맵 기반 공간 색인(Bitmap-based Spatial Index) [8]은 각 힐버트 커브 값의 데이터 유무를 비트(0, 1)로 나타낸다. 힐버트 커브 값에 데이터가 존재하면 비트 1, 존재하지 않을 경우 비트 0으로 전체 맵을 표현한 것을 비트맵이라고 한다. 비트맵은 1 비트를 통하여 객체의 유무와 위치를 파악할 수 있는 장점을 가진다. 또한 비트맵을 DSI에 적용 B · DSI를 제안한다. 그러나 비트맵은 객체의 분포도에 따라 변화하는 힐버트 커브 차수가 증가할수록 비트맵이 증가하는 단점을 가진다.

2.3 선택적인 비트맵 기반 공간 색인

비트맵 기반 공간 색인에 단점을 보완하고자 선택적인 비트맵 기반 공간 색인을 제안하였다[10]. [10]은 비트맵 색인만으로 얻을 수 있는 정보를 통해서 데이터를 처리하는 기법이다. 비트맵은 객체의 존재 유무와 위치를 파악할 수 있기 때문에 추가적인 색인을 최소화 할 수 있다. 즉, [10]은 DSI를 제거하고 각 데이터에 대한 도착시간의 색인을 삽입한다. 또한 선택적인 비트맵은 비트를 모두 듣지 않고 필요한 만큼만 청취할 수 있도록 하였다. 만약, 데이터의 크기가 동일할 경우 비트맵만을 이용하여 요구된 객체의 정보를 파악할 수 있다. 이와 반대로 데이터의 크기가 다를 경우 데이터 도착시간 색인을 삽입하여 선택적으로 색인을 청취하는 방법을 제안하였다. 그러나 이 기법도 힐버트 커브 차수에 따라 비트맵 색인이 급격히 증가하는 단점을 가지고 있다.

3. 계층적 비트맵 기반 공간 색인

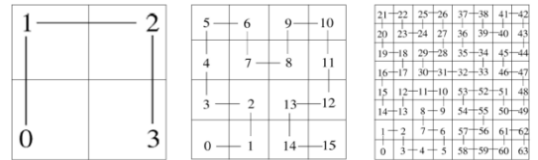
본 절에서는 HBI의 색인구조를 보이고 이를 범위 질의에 적용하여 질의 처리를 실시한다. HBI는 비트맵의 장점을 살리면서 색인크기를 줄이기 위하여 제안되었으며 범위 질의의 수식을 표현하기

위하여 용어들을 다음과 같이 정의한다.

- *Index H* = HBI 크기
- *Data* = 데이터 크기
- *DAT* = 데이터 도착시간
- *m* = 방송주기에 삽입되는 색인의 개수
- *C* = 대기시간
- *R* = 범위 질의의 범위 내 객체의 마지막 번호
- *r* = 범위 질의의 범위 내에 존재하는 객체 수

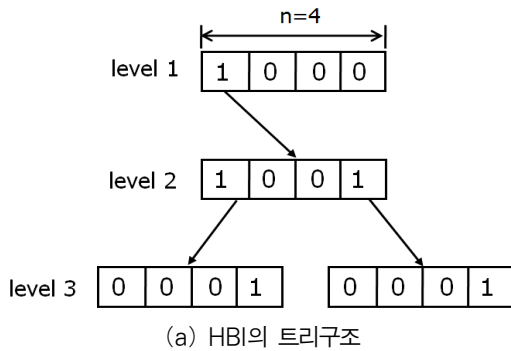
3.1 색인 구조

HBI는 힐버트 커브 맵을 적용하여 객체를 표현하며, 객체를 읽는 순서는 (그림 4)와 같다.



(a) HC order1 (b) HC order2 (c) HC order3
(그림 4) HC order N에 따른 맵 검색방법

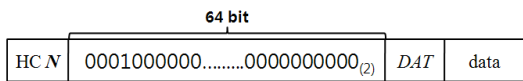
(그림 5)(b)는 HC order 3인 맵이다. (그림 5)(a)는 (그림 5)(b)의 비트를 트리기법을 이용한 구조이다. 레벨(level) 1은 부모 노드이며, 각 레벨에 해당하는 영역 내에 객체가 존재할 경우 비트를 1로 나타내고 영역 내에 존재하지 않을 경우 비트를 0으로 나타낸다. 레벨 1은 1000₂으로 첫 번째 비트 1은 0~15번까지 한 영역으로 나타내며, 두 번째 비트 0은 16~31번, 세 번째 비트 0은 32~47번, 네 번째 비트 0은 48~63번을 나타내고 있다. 레벨 2는 레벨 1에서 설정한 비트 1인 부분만을 자식 노드로 설정한다. 레벨 2는 1001₂로 첫 번째 비트 1은 0~3번까지 한 영역으로 나타내며 두 번째 비트 0은 4~7번, 세 번째 비트 0은 8~11번, 네 번째 비트 1은 12~15번을 나타낸다. 마지막 레벨 3은 레벨 2의 첫 번째 영역과 네 번째 영역 내에 실제 객체가 존재하는 것을 확인 할 수가 있다. 즉, 레벨 3에서 비트 1은



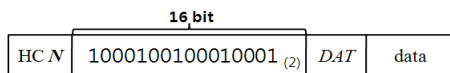
⇒ : level 1 → : level 2 → : level 3
 (b) HC order 3일 때 검색순서
 (그림 5) HC order 3에서 HBI를 만드는 예

객체 3번과 15번인 것을 확인한다.

(그림 6)는 (그림 5)(b)에 적용한 색인구조로 기존 기법인 SBSI (그림 6)(a)와 HBI (그림 6)(b)를 비교한 그림이다.



(a) SBSI의 색인구조



(b) HBI의 색인구조

(그림 6) 그림 5 (b)에 적용한 색인구조

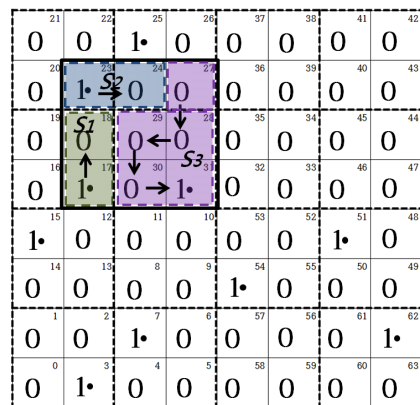
SBSI의 색인구조는 HC order 3에서 힐버트 커브 맵을 모두 나타내기 위하여 64bit로 모두 표현하고 있다. 반면에 HBI의 색인구조는 16bit로 힐버트 커브 맵에 존재하는 모든 객체를 파악할 수 있다. (그림 6)에서 데이터 도착 시간(DAT)은 방송 주기의 각 데이터에 대한 시간을 확인하는 색인이다. 확인된 시간을 통하여 필요한 데이터 선택적으로 청구할 수 있기 때문에 데이터도착시간 색인을 삽입한 것이다. 이해를 돕기 위하여 간단한 그림으로 설명을 하였으나 실제로 사용되는 맵에 적용하였을 경우 HC order N이 증가하게 되어 SBSI와 HBI의 색인크기에 큰 차이가 발생시킨다. 또한 방송 주기에 삽입되는 색인의 수(m)가 증가할 경우 SBSI의 크기와 HBI의 크기는 더욱 큰 차이를 보이게 된다. HBI의 색인 범위는 다음과 같다.

$$4\text{bit} \leq \text{HBI} \leq \sum_{n=0}^N 4^n \text{bit} \quad (N=\text{HC order } N)$$

HBI의 색인 범위는 맵 내에 객체가 존재하지 않을 경우부터 모든 객체가 존재할 경우를 고려한 범위를 보여주고 있다.

3.2 범위 질의

범위 질의는 클라이언트가 정한 범위 내에 존재하는 객체를 얻기 위한 질의이다. 이 질에서는 HBI를 이용한 범위 질의 처리 예와 그에 대한 수식 및 알고리즘을 보여준다.



(그림 7) 범위 질의 처리 예

(그림 7)는 HBI를 이용한 범위 질의 처리를 보여 준다. 이 그림의 범위 질의 처리를 알고리즘 1에 도입하여 설명하면, 먼저 힐버트 커브 맵에서 실선으로 이루어진 사각형(17~31)은 클라이언트에 의해 주어진 영역(R)이다.

- 접근시간 = $\frac{R}{2}(m(IndexH + DAT) + Data) + C$
- 청취시간 = $r(Index H + DAT + Data) + C$

알고리즘 1. HBI를 이용한 범위 질의 처리
Input: a query range R
Output: objects within query range R
Procedure:
01 : compute the target segments set R , each set s_i denoted by $[s_{in}, s_{out}]$; // s_{in} : s_i start point // s_{out} : s_i end point
02 : begin the initial probe and retrieve HBI; target=NULL; result=NULL;
03 : while R is not empty do
04 : for each object s_i covered by R do
05 : result = result \cup $\{O_i\}$;
06 : end for
07 : end while
08 : return result;

접선으로 이루어진 작은 사각형(s_i)들은 R 내에 존재하는 각각에 후보를 나타낸다(알고리즘 1, 1줄). 후보를 만드는 이유는 청취 시간을 줄이기 위함이다. 만약 후보를 만들지 않을 경우 {17, 31}까지 모두 검색하게 되어 청취 시간이 증가하게 된다. 후보를 만드는 기준은 R 내에 이어지는 수에 초기 값(s_{in})과 종료 값(s_{out})을 기준으로 만든다. 즉, (그림 7)에 적용하면 {17, 18}, {23, 24}, {27, 28, 29, 30, 31} 후보가 된다. 이후 R 내에 객체가 존재하는지를 확인하기 위하여 HBI를 이용하여 객체를 검색한다(알고리즘 1, 2줄). R 내에 존재하는 객체와 검색된 객체(O_i)가 서로 겹칠 경우 그 객체를 결과 값으로 저장하고 이를 반복하여 최종 결과 값{17}, {23}, {31}을 출력한다(알고리즘 1, 3줄~8줄).

4. 성능평가

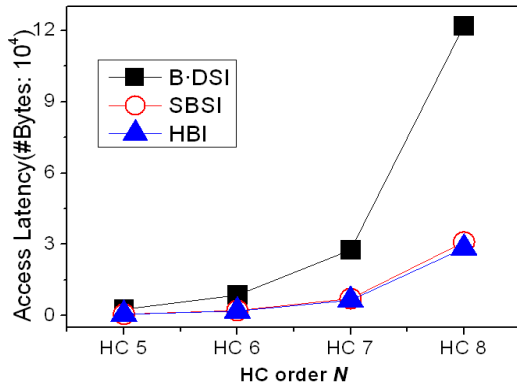
(표 1)은 성능평가를 위한 기본적인 파라미터 설정 값을 나타낸다.

(표 1) 실험 데이터 설정 값

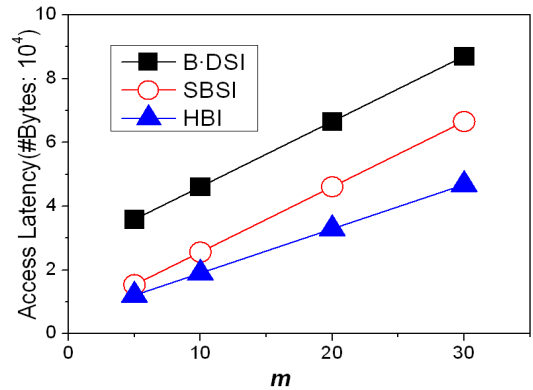
파라미터	설정 값
DSI 크기	4 bytes
전체비트맵	4^N bits
패킷 헤더 크기	2 bytes
패킷 크기	64 bytes
데이터도착시간(DAT)	2 bytes
객체 수	4^N 개의 1/10
HC order N	5~8
색인 수(m)	5, 10, 20, 30

4장에서는 각 기법에 색인만을 이용하여 범위 질의 처리에 대한 실험을 실시한다. (그림 8)의 실험은 HC order N 을 변수로 하여 N 의 변화에 따라 각 색인의 변화를 측정하기 위하여 실험을 실시한다. (그림 9)의 실험에서는 HC order 7로 고정한 후 방송 주기에 각 색인을 m 개씩 삽입하여 접근 시간과 청취 시간에 관계를 확인하고 m 의 변화에 따른 성능평가를 실시한다. 실험환경은 단일 서버를 가정하며, 클라이언트는 정보취득을 위해 무선 방송 채널을 사용한다.

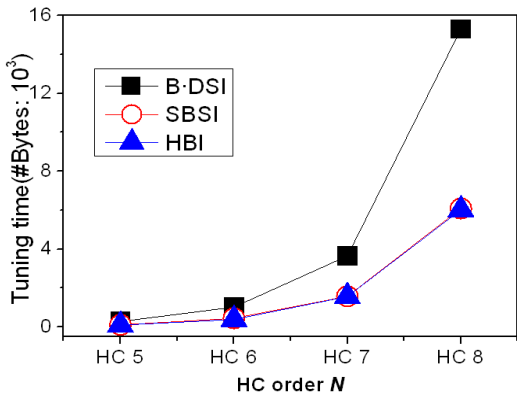
범위 질의에서 비교대상은 B·DSI, SBSI, HBI의 색인이며, 범위의 크기는 전체 맵의 10%이다. HC order N 에 따라 각각에 색인의 변화를 측정하였다. (그림 8)(a)에서 HBI와 B·DSI를 비교한 결과 평균 약 23.2% 향상되었다. HC order N 이 증가할수록 B·DSI의 기울기가 크게 증가하게 되는데 이는 HC order N 이 증가함에 따라 비트맵 색인이 증가하게 되어 접근 시간이 증가하기 때문이다. 또한, (그림 8)(b)에서 HBI와 B·DSI를 비교하면 평균 약 39.8% 향상됨을 보인다. 청취 시간에 SBSI를 보면 HBI와 유사한 성능을 보이고 있다. 그 이유는 SBSI가 비트맵을 선택적으로 청취하여 청취 시간을 줄



(a) 접근 시간

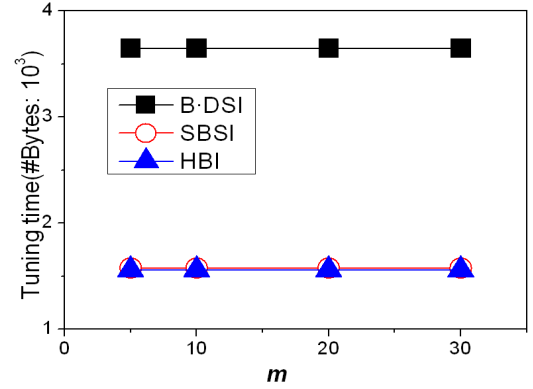


(a) 접근 시간



(b) 청취 시간

(그림 8) HC order N에 따른 범위 질의



(b) 청취 시간

(그림 9) m에 따른 범위 질의

이기 때문이다.

(그림 9)에서 HC order N은 7이며 방송 한 주기를 기준으로 변수인 색인의 수(m)를 5, 10, 20, 30개로 변경하여 각각의 색인 변화를 측정하였다. (그림 9(a)에서는 각각에 색인 크기를 비교했을 때 B·DSI의 색인 크기가 가장 크기 때문에 색인 수 m 이 증가할수록 그래프의 기울기가 증가하는 것을 볼 수 있다. (그림 9(b)는 청취 시간을 나타내고 있으며 각각에 색인을 한번만 청취하면 모든 객체를 확인하기 때문에 그래프의 기울기가 변하지 않음을 보인다. (그림 8)과 (그림 9)의 청취 시간에서 SBSI와 HBI의 그래프가 유사한 이유를 보면, HBI는 비트맵을 줄인 기법인 반면에 SBSI는 검색영역을 줄이면서 선택적으로 청취하기 때문이다.

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 불필요한 데이터를 읽거나 필요이상의 색인 정보를 갖게 되어 접근 시간과 청취 시간이 증가하는 색인 구조의 문제점을 보완하고자 HBI를 제안하였다.

HBI는 HC order N 값의 증가에 따라 비트맵의 색인 크기가 증가하는 단점을 줄여 접근 시간을 감소시켰다. HBI는 맵의 모든 객체 정보를 확인할 수 있기 때문에 사용자가 필요로 하는 데이터만을 선택적으로 청취할 수 있게 하여 청취 시간을 줄였으며, 이를 통해 클라이언트의 배터리 소모를 줄일 수 있었다. 끝으로 성능평가를 통해서 제안기법의 우수함을 증명하였다.

향후 연구 방향은 제안기법이 다양한 질의 처리에 적용할 예정이며, 색인을 효과적으로 칭취할 수 있는 방법을 연구할 계획이다.

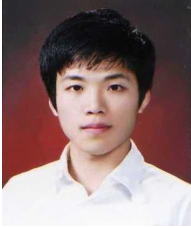
Acknowledgment

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010-0007311).

참 고 문 헌

- [1] J. Zheng, M. Zhu, and D. Papadias, "Location-based Spatial Queries," In *Proc. of Special Interest Group on Management Of Data*, pp. 443-454, 2003.
- [2] P. Bellavista, A. Kupper, and S. Helal, "Location-based Services: Back to the Future," *IEEE Pervasive Computing* vol. 7, no. 2, pp. 85-89, 2008.
- [3] B. Rao and L. Minakakis, "Evolution of Mobile Location-based Services," *Communications of the ACM* vol. 46, no. 12, pp. 61-65, 2003.
- [4] T. Imielinski, S. Viswanathan, and B. R. Badrinath, "Energy efficient indexing on Air," In *Proc. of Intl. Conf. on Management of Data*, pp. 25-36, 1994.
- [5] K. Park and H. Choo, "Energy-Efficient Data Dissemination Schemes for Nearest Neighbor Query Processing," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 56, no. 6, pp. 754-768, 2007.
- [6] S. Qiao, C. Tang, J. Peng, H. Li, and S. Ni, "Efficient k-closest-Pair Range-Queries in spatial database," *Web-Age Information Management*, pp. 94-104, 2008.
- [7] B. Zheng, W. -C. Lee, Ken C. K. Lee, D. L. Lee, and M. Shao, "A Distributed spatial index for Error-Prone wireless Data broadcast," *Very Large Data Bases Journal*, vol. 18, no. 4, pp. 959-986, 2009.
- [8] 신한글, 이명수, 최재호, 이상근, "무선방송 환경에서의 비트맵 기반 공간색인 기법," *데이터베이스연구회지*, 제23권 제1호, pp. 23-36, 2007.
- [9] B. Zheng, W. C. Lee, and D. L. Lee, "Spatial Queries in Wireless Broadcast Systems," *Wireless Networks*, vol. 10, no. 6, pp. 723-736, 2004.
- [10] C. Gotsman and M. Lindenbaum. "On the Metric Properties of Discrete Space-Filling Curves," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 5, no. 5, pp. 794-797, 1996.
- [11] D. Song and K. Park, "An Efficient Bitmap-based Selective Tuning Scheme for Spatial Queries in Location-based Service," In *Proc. of Intl. Conf. on Internet*, pp. 503-509, 2010.
- [12] J. Xu, X. Tang, and W. -C. Lee, "Time-critical On-Demand Data Broadcast : Algorithms, Analysis, and Performance Evaluation," *IEEE Trans on Parallel and Distributed Systems*, vol. 17, no. 1, pp. 3-14, 2006.
- [13] K. Park, H. Choo, and V. Patrick, "A scalable energy-efficient continuous nearest neighbor search in wireless broadcast systems," *Wireless Networks* vol. 16, no. 4, pp. 1011-1031, 2010.
- [14] W.-S. Ku, R. Zimmermann, and H. Wang, "Location-Based Spatial Query Processing in Wireless Broadcast Environments," *IEEE Transactions on mobile computing*, vol. 7, no. 6, 2008.
- [15] T. Imielinski, S. Viswanathan, and B. R. Badrinath, "Data on Air: Organization and Access," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 9, no. 3, pp. 353-372, 1997.

◎ 저 자 소 개 ◎



송 두 희 (Doohee Song)

2010년 원광대학교 정보통신학과 졸업(학사)
현재 원광대학교 대학원 정보통신학과 석사과정
관심분야 : 위치기반서비스, 데이터베이스



박 광 진 (Kwangjin Park)

2000년 고려대학교 컴퓨터학과 졸업(학사)
2002년 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(석사)
2006년 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(박사)
2006년~2007년 프랑스 국립컴퓨터과학연구소(INRIA) 박사 후 연구원
2008년~현재 원광대학교 전기정보통신공학부 교수
관심분야 : 데이터베이스, 분산컴퓨팅