

## 센서네트워크 상에서 영역질의 처리를 위한 분산 색인 관리 메카니즘\*

김규철<sup>o</sup> 장기영 진 봉 김창화 박찬정 김상경  
강릉대학교 컴퓨터공학과

kckim97<sup>o</sup>@kangnung.ac.kr, yican1@gw.ac.kr, {jinbong, kch, cjpark skkim98}@kangnung.ac.kr

### Distributed Index Management Mechanism for Region Query in Sensor Network

Kyuchul Kim<sup>o</sup>, Kiyoung Chang, Jin Bong, Changwha Kim, Chanjung Park, Sangkyeong Kim  
Computer Science & Engineering, Kangnung National University Dept.

#### 요 약

센서 네트워크에서는 싱크에서 센서로 자료요청을 위한 쿼리를 발송하고 감지된 데이터를 싱크로 수집하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있다. 그러나 어떠한 쿼리 최적화 방법을 사용하느냐에 따라 센서 네트워크의 성능이 달라질 수 있다. 본 논문에서 센서 네트워크 상에서 영역질의 처리하는 분산 색인 방법을 제안하였다.

본 연구에서 제안한 DIMTree(Distributed Index Management Tree)는 센터에서 데이터를 수집하기 위하여 모든 영역에 쿼리를 배포할 필요가 없이 질의에 적합한 지역에서만 쿼리를 배포하여, 자료 전송 및 수집으로 인한 데이터 전송량을 줄임으로써 통신으로 인한 노드의 에너지를 절감시킬 수 있는 장점을 가진다.

#### 1. 서 론

센서 네트워크에서는 센서들이 여러 영역에 분산되어 있으나, 크기가 소형이기 때문에 센서의 에너지와 데이터 처리에 대한 남다른 관리가 필요하다. 센서 네트워크에서는 싱크에서 센서로 자료요청을 위한 쿼리를 발송하고 감지된 데이터를 싱크로 수집하는 방식으로 원하는 정보를 얻을 수 있다. 싱크에서 센서로 원하는 자료를 요청하기 위해서는 질의처리방식을 취하여 질의에 적합하게 감지된 데이터를 요구하게 된다.

센서 네트워크에 있는 모든 센서들에게 감지된 데이터를 요구할 수도 있으나, 질의에 적합한 영역에 원하는 데이터를 필요로 할 경우도 있다. 만약 모든 센서들이 감지한 데이터들을 최종 싱크에서 모두 수집하여, 그 자료들을 분석하고 질의에 적합한 영역의 데이터만을 다시 추출하여 원하는 데이터를 얻게 된다면, 이것은 싱크의 오버헤드와 불필요한 센서의 에너지를 낭비하는 결과를 초래한다[1,2].

이를 극복하기 위한 방법으로, 싱크에서 질의에 적합한 영역에 있는 센서들에게 데이터를 요청하여 감지된 데이터를 받게 된다면, 싱크는 원하는 영역의 데이터를 분석하게 되어 오버헤드를 줄이게 되며, 질의에 주어지

영역 외의 센서들 역시 불필요하게 감지하지 않아도 되기 때문에 에너지를 절약하고 네트워크 트래픽을 줄이는 효과가 있다.

본 연구는 센서 네트워크상의 영역질의 처리하기 위한 분산색인관리방법을 제안한다. 본 연구에서 제안한 DIMTree(Distributed Index Management Tree)는 네트워크상의 중간노드인 싱크노드의 미들웨어에 Distributed Index Management Component(DMC)를 두는 구조이며, 이 DIMC구조는 DIMTree 상태를 유지 및 관리해 주는 역할을 수행한다.

데이터 수집을 위한 질의를 전송하게 되면 질의는 센서네트워크의 모든 노드들을 거쳐 질의를 전송하게 되고 그 질의에 따른 데이터들도 모든 센서에서 수집하여 상위노드로 전달하게 되어 데이터 플러딩 현상이 나타나게 된다.

이 DIMTree는 영역질의를 통해 네트워크 내에서 효율적인 질의 배분을 할 수 있으며, 즉 센터에서 데이터를 수집하기 위하여 모든 영역에 쿼리를 배포할 필요가 없이 질의에 적합한 지역에만 쿼리를 배포함으로써, 자료 전송 및 수집으로 인한 통신비용과 싱크노드나 센서노드의 에너지를 줄일 수 있다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2절은 영역질의에 관한 관련연구 분야를 소개하였고, 3절은 DIMTree에 관한 내용으로 DIMTree구성요소들을 설명하였다. 4절은 DIMTree 구현부분으로서 싱크나 센서노드의 삽입, 삭제,

\* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IIITA-2005-C1090-0501-0010)

검색 및 갱신에 따른 알고리즘을 설명하였으며, 마지막 절은 결론부분으로 DIMTree에 관한 최종 설명과 향후발전 과제를 다루고 있다.

2. 관련 연구

센서 네트워크 환경의 데이터 관리는 두 가지 초점에서 살펴볼 수 있다. 첫 번째는 센서 데이터를 관리하는 부분이고, 두 번째는 감지된 데이터에 의해 영향을 받는 데이터를 관리하는 부분이다.

센서 데이터를 관리하는 목적은 센서의 배터리 제약사항과 무선 네트워크의 비신뢰성을 극복하면서 센서 데이터의 정확성을 보장하는 것이다[3]. 이에 대한 연구로 여러 가지 방법이 있으나 본 장에서 영역질에 관한 관련연구 분야를 소개한다.

2.1 데이터 병합

노드의 위치정보에 기반을 둔 위치기반(geographic) 라우팅 프로토콜은 무선 센서 네트워크의 노드들이 자신의 위치를 알고 있다는 가정 하에 시작한다. 노드들이 자신의 절대위치 혹은 상대위치에 대한 정보를 확보하는 것은 또 다른 연구주제로서 많은 연구가 이루어지고 있고 해결되어야 할 기술이다[4]. 무선 네트워크에서 라우팅 프로토콜과 밀접하게 연관되어 수행되는 연구 분야가 데이터 병합(data aggregation)방법이다. 센서 네트워크의 노드들은 감지되는 데이터의 정확도를 높이기 위해 매우 밀집되게 배치된다. 이는 여러 노드들이 중복되게 동일한 데이터를 감지할 수 있음을 나타낸다. 따라서 이와 같이 중복되는 데이터를 모두 원격지의 싱크(sink)로 전송한다면 이는 전체 네트워크의 데이터 전송량이 급격히 늘어날 수밖에 없다. 따라서 국부지역에서 상관관계가 있는 중복되는 데이터를 배제하거나 압축하여 전송함으로써 네트워크의 데이터 전송량을 줄이고 이를 통해 에너지 소모량을 줄일 수 있다. 다만 데이터 병합을 수행하더라도 원격지에 있는 관리자에게 전송되는 이벤트의 수나 데이터의 정확도는 떨어지지 않아야 한다. 이 분야에 연구 방법들은 TiNA[5], TAG[6] 등이 있다.

2.2 영역질의

영역질을 위한 색인은 이동체의 과거 시간뿐만 아니라 공간에 대한 영역을 검색하는 것으로 R-Tree를 기반으로 한다. 3DR-Tree[7]는 2차원 공간에 시간 차원을 추가하여 데이터를 3차원으로 표현한 색인이다. 이 색인은 3차원 영역질에 효율적이지만 궤적질을 시공간 조인으로 처리해야 하는 문제점을 가진다.

궤적질을 위한 색인은 이동체의 과거 궤적을 효율적으로 검색하기 위한 색인으로서, STR-Tree[8]와 TB-Tree[9]가 대표적이다. STR-Tree는 효율적인 궤적 질의처리를 목적으로 R-Tree를 확장한 것이다. R-Tree의 삽입과 분할 알고리즘을 수정하여 단말 노드의 공간 증가와 궤적이 보호되지 않은 문제를 해결한다. 즉, 보존 매개변수(preservation parameter)를 사용하여 같은 객체

의 궤적을 근접한 페이지에 저장하도록 유도하여 부분적으로 궤적을 보존한다.

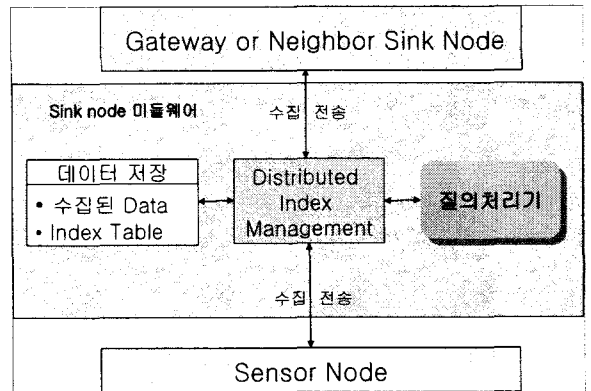
TB-Tree는 STR-Tree보다 극단적으로 궤적을 보존하는 색인이다. 하나의 단말 노드는 오직 동일한 객체에 속하는 궤적들만 저장할 수 있다. 즉, 공간적으로 근접한 궤적들이라 할지라도 같은 객체의 궤적이 아니면 서로 다른 단말 노드에 저장된다. 따라서 중복이 증가하고 공간 구별성이 감소하여 영역질의 성능이 나빠진다. 특히, 이동체의 개수가 증가하거나 영역질의 일종인 타임슬라이스 질의를 수행하는 경우에는 기존 색인에 비해 매우 높은 검색 비용을 가진다.

영역질의와 궤적질의 두 가지 모두 효율적인 처리를 위한 색인인 CR-Tree[10]는 R-Tree와 이동체별 연결 노드를 결합한 형태의 색인이다. 영역 질의 처리를 위해 R-Tree를 사용하며, 궤적을 보존한 연결 노드를 사용하여 궤적 질의를 처리한다. 영역질의와 궤적질의에 좋은 성능을 가지나 연결노드를 유지해야 하는 단점이 있다.

3. DIMTree

센서 네트워크 구성 자체가 DIMTree로 구성된다. 네트워크의 각 중간노드인 싱크노드는 [그림 1]과 같은 미들웨어의 구조를 가진다.

여기서 Distributed Index Management Component (이하 DIMC로 표현)는 질의에 맞는 데이터 수집과 전송에 중추적인 역할을 하며, 네트워크 구조를 DIMTree 상태로 구성, 유지시켜준다. DIMTree를 구성하고 있는 센서노드들은 필요에 따라 센서노드의 기능과 싱크노드의 기능을 할 수 있다.



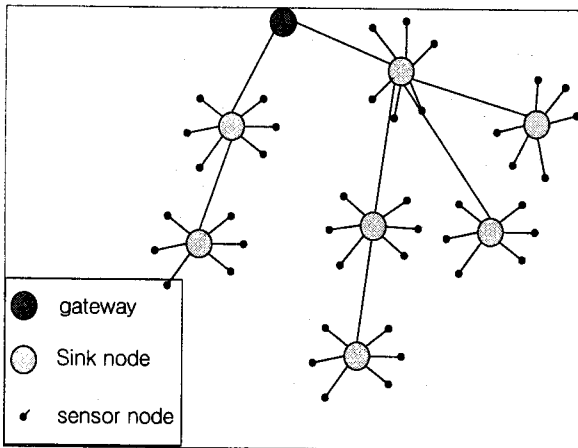
[그림 1] 싱크노드 미들웨어 구조

3.1. DIMC를 통한 네트워크 구성

먼저 여러 개의 센서노드들이 공간에 뿌려지면 곳곳에서 싱크노드를 중심으로 소규모 센서그룹이 형성된다. 이 싱크노드의 DIMC에서는 먼저 수신할 게이트웨이를 찾아 연결을 시도하거나 연결이 실패할 경우 게이트웨이와 연결된 싱크노드와 연결을 시도하여 [그림 2]와 같이

네트워크가 구성된다.

네트워크를 유지 관리하기 위해 싱크노드는 자신의 변경된 정보나 질의에 따른 수집된 결과를 전달하기 위해 상위 싱크노드의 위치 정보 알고 있어야 하고 질의를 전달하기 위해 하위 싱크노드의 영역정보와 위치정보를 그리고 자신과 직접 연결된 센서노드들의 위치정보와 이들의 영역정보를 가진다.



[그림 2] 센서 네트워크 구성

#### 4. DIMTree 구현

DIMTree는 DIMNode와 DIMSNode를 이용하여 네트워크를 트리 형태로 나타낸 것이다. DIMNode는 센서 네트워크의 싱크노드, DIMSNode는 센서노드를 나타낸다.

##### 4.1. 노드 구조

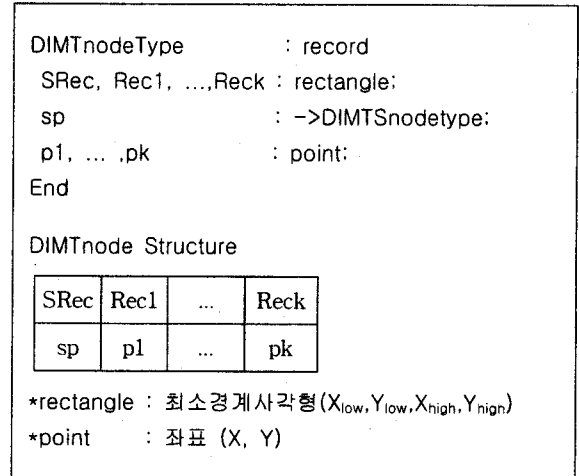
노드구성은 자신과 연결되어 있는 센서노드들과 하위 싱크노드들로 구성되어 있고, 이 노드의 레코드는 가변적이고 [그림 3]과 같은 구조를 갖는다.

DIMNode는 네트워크를 구성하는 노드에서 중간노드에 속하는 싱크노드를 표현한 노드이다. DIMNode의 각 영역들은 왼쪽하위와 오른쪽상위의 대각선좌표 ( $X_{low}$ ,  $Y_{low}$ ,  $X_{high}$ ,  $Y_{high}$ )로 나타내는 최소경계사각형 MBR(Minimum Bounding Rectangle)로 나타낸다.

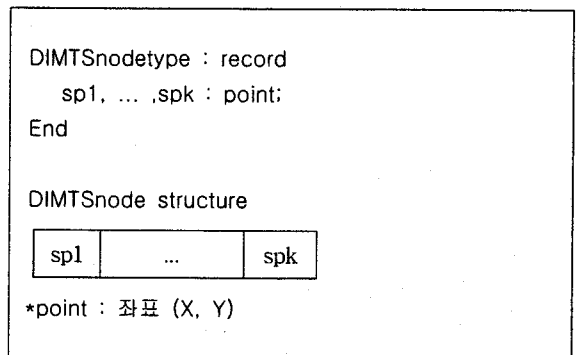
노드는 자신과 연결되어 있는 센서노드들의 정보를 담고 있는 DIMSNode의 주소를 가리키는 sp와 그 센서노드들의 영역정보를 담고 있는 SRec, 그리고 자식 노드로 싱크노드를 가질 경우 해당 싱크노드의 영역정보인 Rec와 연결 위치를 나타내는 좌표 (X, Y)로 표현되는 p로 구성되어 있고 k개의 싱크노드를 자식노드로 가질 수 있다.

DIMSNode는 중간노드인 싱크노드에 연결되어 있는 센서노드들의 정보를 담고 있는 노드로 싱크노드에서 관리한다. sp는 point type으로 센서노드의 좌표 (X, Y)

정보를 담고 있고 k개의 연결된 센서노드의 정보를 담을 수 있다. [그림 4]는 DIMSNode 구조를 간단한 좌표 정보만 담을 수 있도록 나타낸 것이다. 하지만 센서노드의 id, 센서타입, 기타 자세한 정보까지 확장하여 넣을 수 있다.



[그림 3] DIMNode 구조



[그림 4] DIMSNode 구조

##### 4.2 DIMTree 삽입

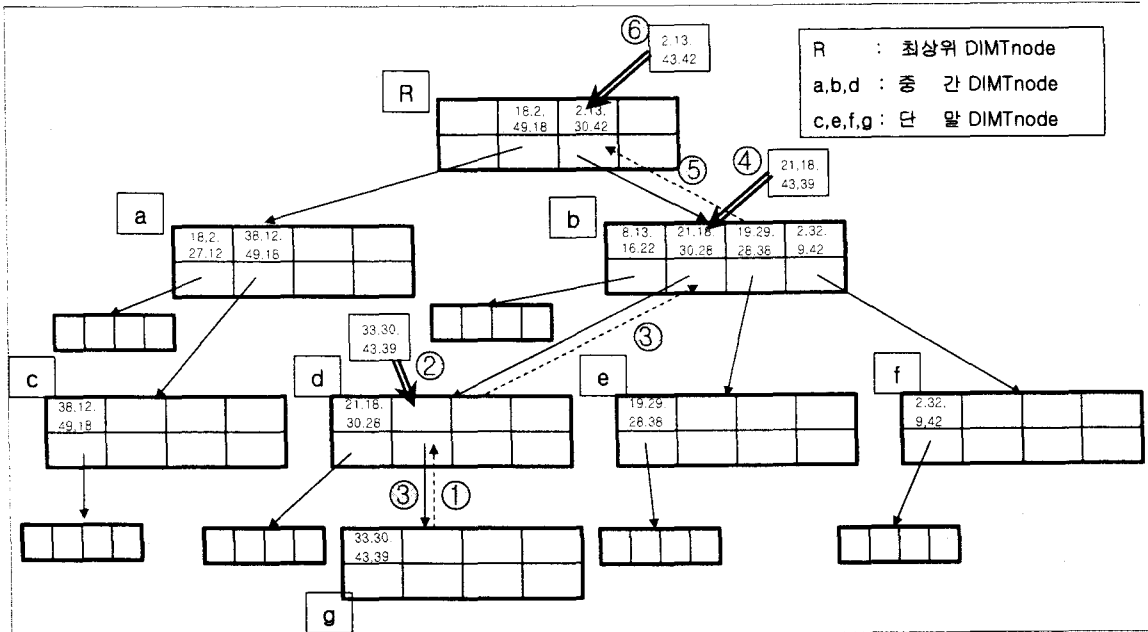
노드의 삽입은 센서노드의 삽입과 싱크노드의 삽입으로 나누어진다. 먼저 싱크노드의 삽입과정을 보자.

[그림 5]는 싱크노드의 삽입과정을 나타낸 것이다.

단계①: 트리에 새로운 노드 g를 삽입하였다. 먼저 노드 g는 연결도가 가장 높은 상위 노드를 탐색한 후 연결도가 가장 높은 노드로 연결을 시도하고 자신의 정보를 상위 노드로 보낸다.

단계②: 노드 d는 노드 g를 새로운 자식노드로 할당하여 노드 g의 영역정보를 저장한다.

단계③: 노드 d와 g의 연결이 완료되고 노드 d는 상위



[그림 5] DIMTree 구조와 DIMTree 노드 삽입과정

노드 b로 갱신된 자신의 영역 정보를 보낸다.  
 단계④: 노드 b는 노드 b에 대한 영역정보를 갱신한다.  
 단계⑤: 노드 b는 갱신된 자신의 영역정보를 노드 R로 보낸다.  
 단계⑥: 노드 R은 노드 b에 대한 영역정보를 갱신한다.

이와 같은 과정으로 노드의 삽입과정이 완료된다.

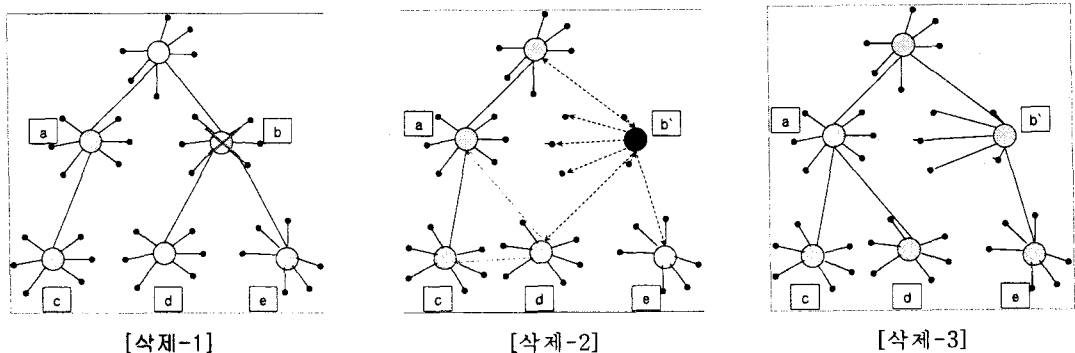
센서노드의 삽입은 간단하다. 삽입되는 센서노드는 싱크노드에 연결이 이루어지면 DMSTnode에 추가된 센서노드의 정보를 입력하고 DMTnode의 SRec 정보를 갱신하고 싱크노드의 삽입과정 중 단계③ 이후부터 동일하다.

4.3 DIMTree 삭제

노드의 삭제는 삽입과 마찬가지로 센서노드의 삭제와 싱크노드의 삭제로 나누어진다. 아래 [그림 6]은 DIMTree 상에서 중간 싱크노드의 삭제과정을 설명하고 있다.

[삭제-1]은 싱크노드가 삭제가 된다면 연결된 센서노드들 중 싱크노드의 대체할 후보노드를 먼저 선택해야 한다. 후보노드는 상위노드와 하위노드 그리고 다른 센서노드들을 통틀어 연결도가 가장 높은 센서노드를 후보 싱크노드로 선택한다. 싱크노드는 후보노드에게 자신의 정보를 제외한 모든 정보를 물려주고 주위 노드들에게 자신이 삭제된 것과 후보 싱크노드의 주소와 정보를 전달하고 모든 연결을 끊는다.

[삭제-2]는 새로운 싱크노드는 부모 싱크노드와 자식



[그림 6] 싱크노드 삭제과정

싱크노드 그리고 다른 센서노드들에게 연결을 시도하고 싱크노드와 연결이 끊어진 자식 싱크노드는 후보 싱크노드와 함께 주위의 싱크노드 중 연결도가 가장 높고 레벨이 낮은 싱크노드를 탐색하고 연결을 시도한다.

**[삭제-3]** 새로운 싱크노드는 센서노드들의 정보와 영역, 자식 싱크노드의 정보와 영역을 갱신하고 연결된 부모 싱크노드로 자신의 영역정보와 위치정보를 전달한다. 자식 싱크노드들이 새로운 부모 싱크노드와 연결되었을 경우 해당 상위 노드들은 새로운 연결에 대한 영역정보를 삽입과정과 마찬가지로 갱신하면 모든 삭제 과정이 완료된다.

### 5. 결론

센서 네트워크에서는 싱크노드에서 센서노드로 자료요청을 위한 쿼리를 발송하고 감지된 데이터를 싱크노드로 수집하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있지만, 어떠한 쿼리 최적화 방법을 사용하느냐에 따라 센서 네트워크의 성능이 달라질 수 있다.

본 연구에서 센서 네트워크 상의 영역질의를 처리하기 위하여 분산색인관리방법을 제안하였다. 제안한 DIMTree(Distributed Index Management Tree)는 네트워크의 중간노드인 싱크노드의 미들웨어에 DIMC(Distributed Index Management Component)를 두는 구조이며, 이 DIMC는 DIMTree 상태를 유지 및 관리해 주는 역할을 수행한다.

기본적인 영역질의를 위한 센서 네트워크의 구성은 모든 센서노드는 1개의 싱크노드와 반드시 연결되어 있고, 싱크노드는 센서 범위내의 센서노드와 다른 싱크노드들로 구성된다. 상위의 싱크노드는 하위 싱크노드에 있는 모든 정보를 알 필요가 없고, 단지 하위 싱크노드의 id와 영역범위만 알면 된다. 이렇게 함으로써 전체 네트워크는 싱크노드를 중심으로 연결되어 있는 구조를 이루며, 각 싱크노드는 하위 싱크노드의 영역정보와 자신에게 속해 있는 센서들만 알면 된다.

본 연구에서 제안한 DIMTree(Distributed Index Management Tree)는 센터에서 데이터를 수집하기 위하여 모든 영역에 쿼리를 배포할 필요가 없이 질의에 적합한 지역에만 쿼리가 전달되므로, 자료 전송 및 수집으로 인한 데이터 전송량을 줄어줄게 되어 통신으로 인한 노드의 에너지를 절감시킬 수 있는 장점을 갖는다.

향후 연구로서 DIMtree 검색과 센서노드의 삽입, 삭제에 따른 성능평가가 요구되며, 공간상의 활용을 위하여, DIMtree개념을 2차원에서 3차원으로 확장하는 연구가 요구된다.

### 6. 참고문헌

[1] Gisbert Droege, Hans-Jong Schek "Query adaptive

data space partitioning using variable size storage clusters", Advances in Spatial Databases, pp 337-356, Springer-Verlag, 1993.

[2] Thomas Brinkhoff, Holger Horn, Hans-Peter Krigel, Ralf Scheider. "A storage and access architecture for efficient query processing in spatial database systems", Advances in Spatial Databases, pp 357-376, Springer-Verlag, 1993.

[3] 변창우, 박석, 손상혁, sensor 네트워크 환경에서의 데이터관리, 2004. 12. 정보과학회지 제22권 제12호

[4] 이상학, sensor 네트워크 기술 동향, 전자부품연구회 전자정보센터, 2005.10

[5] M.Sharaf, J.Beaver, A.Labrinidis, and P.K.Chrysanthis, "TiNA: A Scheme for Temporal Coherency-Aware in-Network Aggregation," Proc. of the 3rd ACM international workshop on Data engineering for wireless and mobile access, pp. 69-76, 2003

[6] S.Madden, R.Szewczyk, M.J. Franklin, and D.Culler, "Supporting Aggregate Queries over Ad-Hoc Wireless Sensor Network," Proc. of 4th IEEE Workshop on Mobile Computing and Systems Applications, pp. 49-58, 2002.

[7] Y. Theodoridis, M. Vazirgiannis, T. Sellis, Spatio-temporal indexing for large multimedia applications, In Proc. Multimedia Computing and Systems, p441-448, 1996

[8] D. Pfoser, Y. Theodoridis, and C.S. Jensen, "Indexing Trajectories in Query Processing for Moving Objects", Chorochronos Technical Report, CH-99-3, 1999

[9] D. Pfoser, C.S. Jensen, and Y. Theodoridis, "Novel Approaches in Query Processing for Moving Objects", In Proc. of the VLDB Conference, pp. 395-406, 2000.

[10] 장중우, 임덕성, 홍봉희, "시공간 근접성을 고려한 TTree의 동적 삽입 정책", 정보과학회 2003. 춘계 학술대회 논문집(30권 1호), pp. 776-778, 2003