

## 센싱 정보를 가진 RFID 태그 객체의 다차원 색인 구조\*

이승주<sup>o</sup> 류우석 박재관 홍봉희  
 부산대학교 컴퓨터 공학과  
 {goodguy<sup>o</sup>, wsryu, jkpack, bhong}@pusan.ac.kr

### Multi-Dimensional Indexing Structures for RFID Tag Objects with Sensing Value

Seungju Lee<sup>o</sup>, Wooseok Ryu, Jaekwan Park, Bonghee Hong  
 Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

#### 요 약

센서태그(Sensor Tag)는 기존의 RFID 태그의 특징을 그대로 유지하면서 사물의 온도·습도와 같은 정보를 추가로 획득하여 냉장 제품 등의 관리에 유용하게 사용할 수 있는 태그이다. 이러한 센서태그에 의해 획득된 정보, 즉 센싱 데이터는 리더의 인식 영역 안에서만 획득할 수 있으며 센싱 데이터가 변화할 때마다 보고하거나 또는 주기적으로 보고를 하는 특징이 있다. 기존의 RFID환경에서는 센싱 데이터를 단순히 속성 정보로 관리하므로 영역질의 등 센서태그 객체에 대한 질의를 처리하기 위해서 많은 연산이 필요하며 복합 질의 시 시스템 성능이 급격하게 저하된다.

본 논문에서는 센서태그 객체의 특성을 고려한 통합 데이터 모델을 제시하고 질의를 효율적으로 처리하기 위한 색인 기법을 제안한다. 그리고 동일 리더 인식영역 내의 센싱 데이터가 특정 값으로 집중되는 특성을 고려하여 데이터 삽입 시 강제 합병 기법을 이용하여 노드의 중첩으로 인해 검색 성능을 떨어뜨리는 문제를 해결한다.

#### 1. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification) 시스템은 라디오 주파수를 통해 리더에서 전자태그(Tag) 정보를 인식 및 수집하는 시스템이다. 최근에는 식별 정보만을 가진 전자태그에 센싱 기능을 추가함으로써 온도, 습도, 압력 등의 센싱 데이터를 함께 전송할 수 있는 센서태그가 개발되고 있다. RFID에 센서를 접목한 EPC(Electronic Product Code) 센서 네트워크 시스템은 물류 유통 분야에서 신선가공식품 관리, 의약품 관리, 시술물 관리 분야등과 같은 다양한 응용분야에 적용이 가능하며 RFID 전자태그에 센싱 기능을 접목하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다[1][2].

EPC 센서 네트워크에서 식별 정보와 센싱 데이터를 가지는 센서태그 객체는 기존 전자태그 객체와 다른 차이점을 보인다. 첫째, 전자태그 객체는 Enter 이벤트와 Leave 이벤트, 2가지의 이벤트를 정의한다[3]. 하지만 센서태그는 기존의 2가지 이벤트 외에 센싱 데이터의 변경으로 인한 이벤트가 있다. 둘째, 전자태그 객체는 리더의 인식영역에 들어 갈 때와 나갈 때 위치를 보고하므로 이 시간 간격 동안에 동일한 위치를 가지므로 시간 축에 평행한 간격으로 표현된다. 그러나 기존에 방식에 센싱 데이터 축을 추가 시에 데이터 표현이 시간 축에 평행한 선분 또는 다중선으로 표현이 된다. 그리고 센서태그 객체는 전자태그 객체의 특징인 위치 보고가 태그의 위치가 아닌 리더의 위치를 보고하기 때문에 리더의 인식영역 안에서 이력은 연결될 수 있으나 인식영역 밖에서는 단절되며 위치보고 주기가 비주기적이므로 각 보고 위치를 선분으로 연결할 수 없는 특징은 동일하다.

현재 RFID환경에서의 위치추적기술 뿐만 아니라 센싱 데이터를 결합한 검색 기술이 많은 관심을 받고 있지만 이러한 환경을 고려한 연구가 미진한 상태이다. 기존 RFID 미들웨어[3]에서는 센서 정보를 단순한 속성 정보로 표현한다[4]. 이대

"지난 일주일 동안의 평균 온도가 0도를 초과한 제품의 현재 보관되어 있는 창고를 찾아라." 와 같이 전자 태그 객체의 속성 정보와 센싱 데이터를 포함하는 질의에 대해서는 조인 연산에 의해서 질의 처리를 수행하므로 질의 처리 비용이 커지는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 센서태그 객체의 특성을 고려하여 기존의 RFID모델에 센서 데이터 모델로 추가한 다차원 데이터 모델을 제안하며 질의 처리를 위한 효율적인 색인 기법을 제안하고 있다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구를 소개하고, 3장에서는 대상 환경 및 문제를 정의한다. 그리고 4장에서 센서태그 객체의 통합 데이터 모델을 제시한다. 그리고 5장에서는 4차원 색인의 구조 및 색인 기법을 기술한다. 마지막으로 6장에서 결론 및 향후 연구를 기술한다.

#### 2. 관련연구

RFID환경에서 전자태그 객체의 이력을 효율적으로 검색하기 위해 TPIR-Tree[5] 색인이 연구되었다. 이 색인은 RFID환경을 고려한 색인으로 간격의 끝점이 완료된 간격과 끝점이 아직 완료되지 않은 두 종류의 간격을 정의하여 과거 질의 및 현재 질의의 처리를 지원하고 있다. 또한 전자태그를 매개 인자로 하는 질의 시 빠른 검색을 지원하기 위하여 리더와 시간 및 전자태그 식별자를 도메인으로 설정하였다. 전자태그가 리더의 인식 영역 안으로 들어올 때를 Enter 이벤트로 정의하고 리더의 인식 영역 밖으로 나갔을 때를 Leave 이벤트로 정의하여 두 이벤트 발생 시간 동안에는 호출 지역에 존재했음을 의미하기 때문에 두 간격을 연결한 간격으로 표현을 하였다. 그러나 센서태그 환경에서는 센싱 데이터의 변화로 인한 이벤트가 추가되며, 센서 데이터는 간격으로 표현되지 않으므로 TPIR-Tree를 바로 적용하기 어려운 문제가 있다.

#### 3. 대상 환경 및 문제 정의

##### 3.1 대상 환경

본 논문에서는 기존의 전자태그에 온도, 습도와 같은 센싱 데이터를 Numeric values(의미가 있는 값)로 가지는 반-능동형 전자태그인 센서태그를 대상으로 한다. 센서태그의 센싱 데이터는 태그가 리더의 인식영역에 들어오거나 벗어나는 경우

\* 이 논문은 교육인적자원부 지방연구중심대학육성사업(차세대물류IT기술연구사업단)의 지원에 의하여 연구되었음.

그리고, 센싱 데이터가 변화하였을 때 리더로 보고되며 이는 미들웨어에 필터링을 거친 후 EPC 정보 서비스를 제공하는 서버(EPCIS)에 저장된다[4]. 본 논문에서 제안하는 데이터 모델 및 색인은 EPC 정보 서비스를 제공하는 서버를 대상으로 하며, 태그 정보 및 센싱 데이터에 대한 다양한 사용자 질의 처리를 목적으로 한다.

3.2 문제정의

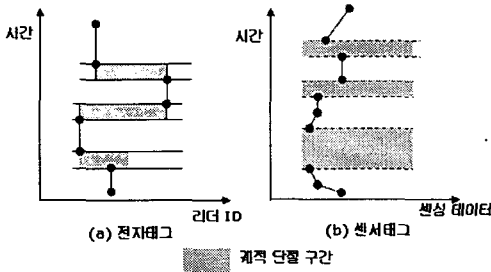


그림 1 시간의 변화에 따른 데이터 표현

RFID환경에서 전자태그와 센서태그 객체의 데이터를 시간의 변화에 따라서 데이터를 표현을 하면 그림 1과 같다. 그림 1(a)에서 전자태그 객체는 리더의 인식 영역을 벗어나면 위치를 파악할 수 없으므로 단절된 간격으로 표현된다. 그림 1(b)는 하나의 전자태그가 여러 리더를 거치면서 리더의 인식영역에서 획득한 센싱 데이터를 표현한 것으로 리더의 인식영역 안에서 센싱 데이터가 시간에 따라 다르게 저장됨에 따라 4차원 축 상에서 센싱 데이터 축과 시간 축으로 투영하였을 때 단절된 다중선으로 표현된다.

RFID환경에서 전자태그 객체의 특성을 고려한 색인인 TPIR-Tree는 전자태그 객체가 Enter 이벤트를 발생 시킨 후 Leave 이벤트를 보고하였을 때 두 이벤트 시점을 연결하는 간격으로 단말 노드를 표현하였다. 하지만 센서태그 객체는 리더의 인식영역 안에서 센싱 데이터를 보고함으로써 기존의 간격으로 단말 노드를 구성할 수가 없다. 또한 TPIR-Tree의 삽입 정책이나 분할 정책은 시간 축에 평행한 간격에 특성을 이용하여 색인 하였으므로 센서태그 객체의 데이터 표현 시 시간 축에 평행한 간격으로 표현하지 못하므로 TPIR-Tree의 색인 기법을 그대로 적용하였을 때 다수의 노드 간에 중첩으로 검색 성능이 떨어지게 된다.

4. 센서태그 객체 데이터 모델

기존의 RFID환경에서 전자태그 객체의 이력을 색인하는 TPIR-Tree에서 정의한 데이터인 전자태그 객체의 아이디(tid)와 논리적인 리더(rid), 전자태그 객체의 탐지시간(t) 외에 센싱 데이터(sv)를 축으로 추가한 다차원 모델을 제안한다.

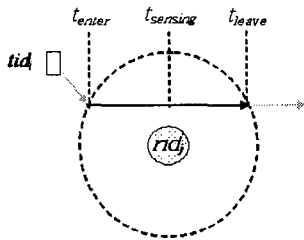


그림 2 센서태그 객체의 이벤트

그림 2에서 센서태그 객체의 이벤트는 센서태그가 리더의 인식영역에 들어오면 Enter 이벤트( $E_{enter}$ ), 인식영역을 나갈 때에는 Leave 이벤트( $E_{leave}$ )로 정의하며[5] 리더의 인식영역 안에서 센싱 데이터의 변화로 발생하는 이벤트를 Sensing 이벤트( $E_{sensing}$ )라 정의한다. 이때 0건 이상의  $E_{sensing}$ 이  $E_{enter}$ 와  $E_{leave}$  사이에 발생할 수 있으며  $E_{leave}$ 이후에  $E_{sensing}$ 이 바로 발생하지는 않는다. 이벤트는 다차원 공간에서의 정으로 표현한다. 순차적으로 발생하는 이벤트를 각각 선분으로 표현할 수 있는데 이때 선분을 이루는 이벤트 집합으로  $(E_{enter}, E_{leave})$ ,  $(E_{enter}, E_{sensing})$ ,  $(E_{sensing}, E_{sensing})$ ,  $(E_{sensing}, E_{leave})$  네 가지를 정의한다. 단,  $(E_{leave}, E_{enter})$ 인 경우는 리더의 인식영역을 벗어난 경우로 선분으로 연결하지 않는다. 그림 3은 센서태그 tid, rid의 인식영역 안에 있을 때의 센싱 데이터의 이력을 4차원 모델에 표현한 예시이며 세 개의 이벤트와 두개의 선분이 표현되고 있다.

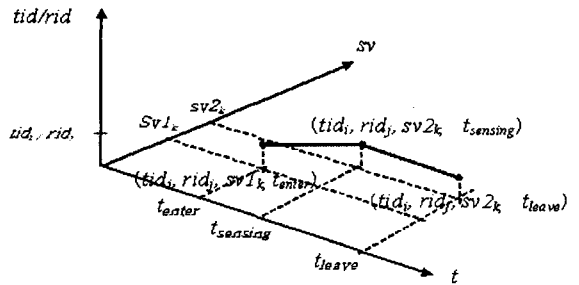


그림 3 센서태그 객체의 이력 표현

5. 색인의 설계

5.1. 색인 구조

센서태그 객체 데이터 모델을 위한 색인은 TPIR-Tree를 기반으로 하고 센서 데이터를 축으로 가지는 다차원 색인이며 각각의 축은  $(tid, rid, t, sv_1, \dots, sv_n)$ 이다. 단말 노드의 엔트리리는 4차원인 경우  $\langle tid, rid, [sv^1, sv^n], [t^1, t^1], \rangle$ 로 구성된다. 엔트리에서의 시간의 끝 값이 보고되지 않은 경우에는 동적엔트리로 저장되며 이때  $sv^1$ 는  $sv^1$ 와 같은 값을 가지며  $t^1$ 는 now 값을 가진다. 이때 엔트리를 이루는 선분을 dLINE으로 정의한다. 그리고 시간의 끝 값이 보고된 경우에는 정적엔트리로 저장된다. 비단말 노드 엔트리리는  $\langle cp, state, MBB \rangle$ 와 같은 정보를 가지며 state는 자식 노드의 모든 엔트리가 정적엔트리인 경우와 그렇지 않은 경우로 구분한다. 하나 이상의 동적엔트리가 자식노드에 존재하는 경우의 최소 영역 경계박스는 dMBB로 정의한다. dMBB는 dLINE을 포함하는 최소 영역 경계박스이며 질의 시에 성장하는 경계박스이다. 그림 4(b)에 Line1은 dLINE이므로 dMBB로 저장된다.

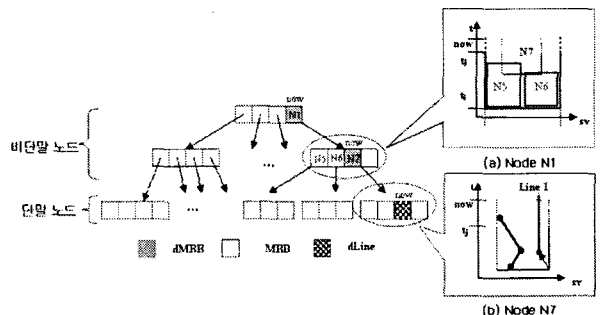


그림 4 색인 구조

5.2 데이터 삽입

$E_{enter}$ 시에는 단말 노드의 엔트리에 dLINE을 삽입을 하고 해당 단말 노드를 now로 태깅 한 후 해당 단말 노드를 가지는 비단말 노드에 now 태깅을 전파한다. 그리고  $E_{sensing}$ ,  $E_{leave}$ 시에는 이전 이벤트 중 가장 마지막에 발생한 이벤트 시각을 시작 시간으로 하는 dLINE의 now 태깅을 제거하고 해당 이벤트로 업데이트해야 한다. 하지만, 이 정책은 엔트리의 MBB 크기가 확장되면서 노드의 MBB의 총침이 발생하는 문제가 있다. 그러므로 해당 엔트리를 삭제한 후 두 시간 간격을 연결하는 선분을 재삽입한다. 그리고 삽입된  $E_{sensing}$ 의 시간을 시작 시간으로 하는 dLINE을 삽입 한다.  $E_{leave}$ 는 리더의 인식 영역을 벗어난 시각을 삽입하는 것이므로  $E_{sensing}$ 와 달리 dLINE을 삽입하지 않고 두 시간 간격을 연결하는 선분만을 재삽입한다.

5.3 강제 합병 기법

센서태그 객체의 센싱 데이터는 리더가 설치된 주변 환경에 영향을 받게 된다. 이때 시간이 지남에 따라 리더의 인식 영역 내에 있는 센서태그 객체들의 센싱 데이터가 특정 값으로 집중되는 현상이 있다. 이러한 문제로 실제 색인 상에 최소 경계박스 간에 겹침 현상이 심해져 검색 성능을 현저하게 떨어뜨리는 문제가 있다. R-tree[6]의 ChooseSubtree 알고리즘은 최소 영역 확장 정책에 의해 최소 경계박스를 확장하여 삽입한다. 그림 5와 같이 선분1 과 선분2를 순차적으로 삽입할 때 MBB2에 선분2를 삽입하게 되어 MBB1과 MBB2가 심한 겹침이 발생하는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 최소 경계박스간의 겹침 비율을 구하고 삽입 시에 겹침이 심한 최소 경계박스를 강제 합병하는 기법[7]을 적용하여 노드 간의 겹침을 최소화할 수 있다.

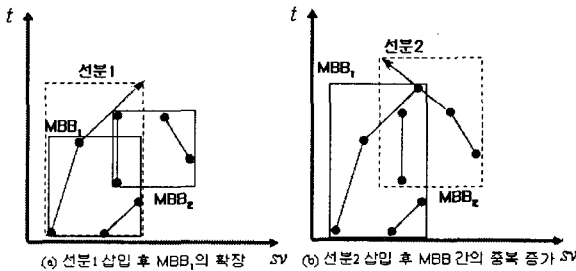


그림 5 새로운 선분의 삽입으로 인한 최소 경계박스의 확장

그림 6의 인접한 2개의 단말 노드  $N_i$ ,  $N_j$ 의 겹침 비율  $r$ 이라고 할 때  $r$ 은 위의 식  $\text{area}(N_i, \text{MBB} \cap N_j, \text{MBB}) / \min(\text{area}(N_i, \text{MBB}), \text{area}(N_j, \text{MBB}))$ 으로 구할 수 있다.

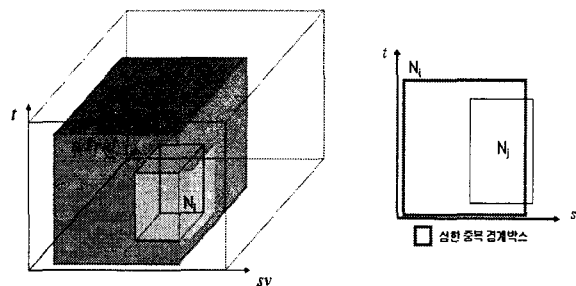


그림 6 최소 영역 경계 박스의 겹침

최소 경계박스 간에 겹침 비율에 따라서 강제 합병을 적용하는 것이 검색 성능에 영향을 주므로 이때 검색 성능이 가장 좋을 때의 겹침 비율을 BR로 정의하고 BR은 실험을 통해서 최적에 값을 도출해야 한다. 우선 삽입으로 인해서 단말 노드 간에 겹침이 발생된 노드들 중에서 합병을 할 노드를 선택하여야 한다. 이 때 노드의 선택 방법은 dLINE이 포함된 엔트리, 즉 dMBB 경우에는 시간 축으로 확장되는 성질을 지니고 있으므로 dMBB를 포함하는 비단말 노드에 MBB의 시간 축 최대값으로 고정시간 MBB를 가상으로 생성하여 겹침 비율을 구하고 겹침이 BR이상이면, 두 단말 노드를 강제 합병을 한다.

강제 합병으로 생성 노드를  $N_m$ 으로 정의하고  $N_m$ 와 겹침이 발생한 노드  $N_n$ 의 겹침 비율이 BR이상이면 또 다시 강제 합병을 한다. 즉 강제 합병으로 인해서 성장한 최소 경계박스가 다른 최소 경계박스와 겹침 비율이 BR이상이면 연속적으로 재합병을 수행한다. 만약 오버플로가 발생하면 트리를 조정한다.

6. 결론

기존의 RFID환경은 센싱 데이터를 속성 정보로 관리하므로 영역질의 또는 이력질의 시 많은 연산으로 인해서 검색 성능이 떨어진다. 그리고 센싱 데이터가 특정 리더의 인식 영역 내에서 센서태그 객체의 센싱 데이터가 특정 값으로 집중되는 현상으로 인해서 최소 경계박스 간에 겹침 현상이 심해져 영역 질의 시 여러 노드를 탐색해야 하는 비용이 크므로 검색 성능이 저하되는 문제가 있다.

본 논문에서는 센서태그 객체의 특성을 고려한 통합 데이터 모델과 다차원 색인 구조를 제시하고 센싱 데이터에 대한 질의를 처리하기 위한 삽입 기법을 제안하고 센싱 데이터가 리더의 인식 영역 안에서 특정 센싱 값으로 집중되는 문제를 해결하기 위해 강제 합병 기법을 제시하였다. 향후 삽입 알고리즘을 개선하고 센싱 데이터의 검색 성능 향상을 위한 분할 기법을 연구한다. 그리고 강제 합병 기법은 겹침 비율에 따라 검색 성능이 달라지므로 최적의 겹침 비율을 실험을 통해 검증할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] K.Romér, T.Schoch, F.Mattern and T. Dubendorfer, "smart Identificatrion Frameworks for Ubiquitous Computing applications" Pervasive Computing and Communications Proceedings of the First IEEE International Conference, 256-262, 2003
- [2] Daeyoung Kim, "Sensor Networking Platform & Applications" RFID/USN KOREA International Conference, 2005
- [3] K.Traub, S.Bent, T.Osinski, S.N.Peretz, S.Rehling, S.Rosenthal, B.Tracey, "The Application Level Event (ALE) Specification, Version 1.0", EPCglobal, 2005
- [4] Mark Harrison, "EPC™ Information Service - Data Model and Queries". AUTO-ID CENTRE, 2003
- [5] B. CheaHoon, BongHee Hong " Time Parameterized Interval R-tree for Tracing Tags in RFID Systems", 16th International Conference, DEXA 2005, pp.503-513
- [6] A.Guttman, "R-trees: A dynamic index structure for spatial searching." Proc. of the ACM SIGMOD Int'l conf. on Management of Data, pp. 47-55, 1984
- [7] Bonggi Jun, BongHee Hong, Byunggu Yu " Dynamic Splitting Policies of the Adaptive 3DR-Tree for Indexing Continuously Moving Objects", 14th International Conference, DEXA 2003, pp.308-317