

지오센서 태그 데이터의 효율적인 처리를 위한 색인 기법

전승우^o, 김기홍, 홍봉희
 부산대학교 컴퓨터 공학과
 {i2825t, buglist, bhong}@pusan.ac.kr

High Performance Query Processing for Diverse Logistics Information Unit

Seungwoo Jeon^o, Gihong Kim, Bonghee Hong
 Department of Computer Engineering, Pusan National University

요 약

RFID 미들웨어에서 저장소 역할을 하는 EPCIS는 이전까지 물품의 식별 정보만을 저장 및 관리하고 있었다. 하지만, 최근에는 많은 물류 분야의 응용에서 물품의 식별 정보뿐만 아니라 센서 및 위치 정보 등을 포함하는 다양한 물류 정보를 EPCIS에서 저장 및 관리하도록 요구하고 있다. 하지만, 현재 EPCIS에서는 RFID 태그의 식별 정보 이외의 정보에 대하여 처리를 하지 않고 있으며, 설정 처리한다하더라도 비효율적인 조인으로 인한 속도 저하가 일어날 수 있다. 즉, 각 정보 소자에 대한 복합 정보를 요구하는 응용에서는 개별적인 시스템에 질의를 한 후 결과를 조합해야 하는 부담이 있다. 본 논문에서는 물품의 식별 정보, 센서 및 위치 정보를 포함하는 지오센서 태그 데이터에 대한 효율적인 처리를 지원하기 위한 다양한 물류 환경의 정보와 질의 조건의 특징을 분석하며, 분석된 내용을 바탕으로 데이터 모델링을 제시한다.

1. 서 론

RFID 서비스는 사물에 RFID 태그를 부착하고 사물의 정보와 주변 환경 정보를 판독·해독 기능이 있는 RFID 판독기(Reader)를 통해 인식하여 무선 주파수로 전송·처리하는 비접촉식 인식 시스템이다. RFID는 높은 인식률, 비접촉형 인식 매체, 도달거리, 다른 통신망과의 연계 및 통신 가능성 등의 확장성으로 인해 항만/물류/유통, 군사, 식품/안전 등 비즈니스 영역에 핵심 응용으로서 막대한 파급 효과를 끼칠 전망이다[1].

EPCIS(EPC Information Service)[3]는 EPCglobal 아키텍처 프레임워크의 한 구성 요소로서 정보 교환의 통로 역할을 담당한다. 즉, ALE와 같은 미들웨어로부터 태그 이벤트 정보를 받아 이를 이용해 상품의 상태 및 추적 정보를 생성하여 미래의 사용을 위해 지역 저장소에 저장하고 관리하며, 또한, 주어진 EPC에 대한 정보 취합의 허브 역할을 담당한다.

최근에는 수많은 RFID 응용 분야에서 물품의 식별 정보뿐만 아닌 물품의 센서 정보(온도, 습도, 암모니아, 조도, CO2 등) 또는 물품의 위치 정보(GPS, RTLS 등)를 포함하는 통합 정보를 요구하고 있다. 즉, 기존에는 물품의 단순한 식별 정보가 중요했다면, 현재는 거기에 물품의 상태가 더 중요해졌다고 말할 수 있다. 이러한 상태들을 종합적으로 파악하기 위해선 이러한 정보를 저장할 수 있는 저장소가 필요하다.

그러나 현재 표준 RFID 미들웨어로 사용하고 있는 EPCIS는 물품의 식별 정보만을 저장 및 관리하고 있어, 다양한 정보 소자에 대한 질의 처리는 제공하지 않는다. 그렇기 때문에, 물품의 식별 정보와, 센서, 위치 정보에

대한 질의 처리를 위해서는 각각 개별적으로 질의 처리를 한 후 그 결과를 조합하는 형태를 취하여야 한다. 이런 방법은 정보의 수량이 적을 경우에는 문제가 되지 않겠지만, 하루 몇 만 단위의 정보가 발생하는 물류 환경에서는 적지 않은 부담을 줄 수 있어 비효율적이다.

이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 RFID 태그 식별 정보, 센서 및 위치 정보를 포함하는 다양한 물류 정보 소자에 대한 고성능 질의 처리를 지원하기 위한 RFID 미들웨어의 확장 기법을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련 연구로서 EPCglobal Architecture Framework에 대해서 소개하고 그 중에서도 RFID 이벤트를 저장하고 질의 처리와 관련되어 있는 EPCIS를 소개한다. 3장에서는 이 논문의 대상 환경과 문제 정의를 하며, 4장에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 물류 환경의 정보와 질의 조건의 특징을 분석하고, 분석된 내용을 바탕으로 데이터 모델링을 제시한다. 그리고 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 EPCglobal Architecture Framework

EPCglobal은 RFID 응용 표준 단체로 RFID 기술을 사용하여 전 세계의 물류 환경을 통합하기 위한 표준화를 진행하고 있다. EPCglobal은 RFID 정보에 대한 글로벌 네트워크 구축을 목표로 EPCglobal 아키텍처 프레임워크를 제안하였다. EPCglobal에서 표준으로 제시한 EPCglobal 아키텍처 프레임워크는 RFID 태그를 이용하여 RFID 응용 물류 환경의 개선 및 발전을 위한 핵심 서비스와 그와 관련된 하드웨어 및 소프트웨어 전반에 걸친 표준에 대해서 기술한다[2].

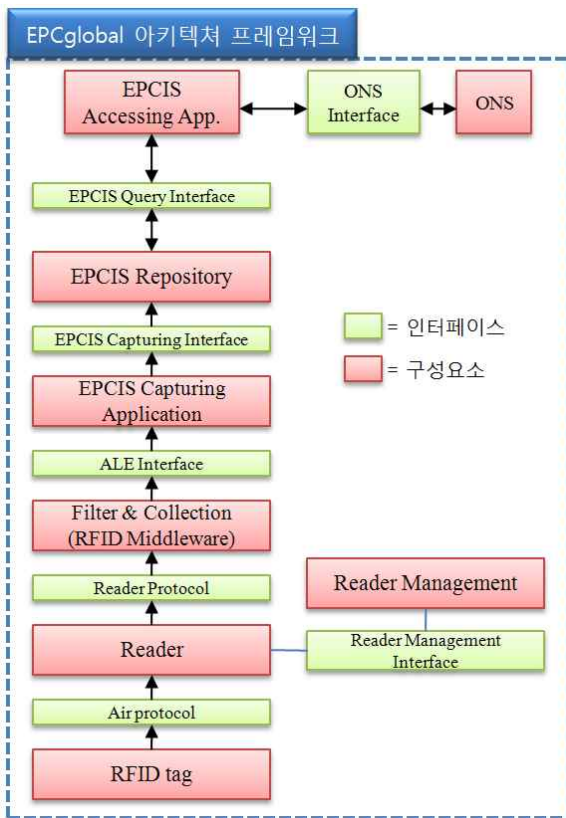


그림 1 EPCglobal Architecture Framework

EPCglobal 아키텍처 프레임워크의 그림 1과 같이 계층(layer) 구조로 구성된다. 그리고 각 계층은 상위 계층으로 표준 인터페이스를 제공한다. 주요 구성 요소의 역할은 다음과 같다. RFID 태그는 상품을 유일하게 구분할 수 있는 EPC 정보를 저장하고 있다. RFID 리더는 하나 이상의 안테나 반경 내에 있는 RFID 태그의 EPC 정보를 수집한다. ALE(Application Level Events)는 하나 이상의 RFID 리더에서 수신된 데이터에 대해 필터링 및 그룹화를 한다. EPCIS Capturing Application은 ALE로부터 획득된 정보를 기반으로 비즈니스 환경을 고려하여 EPC 관련 비즈니스 이벤트 생성 및 EPCIS로 이벤트 전송 기능을 한다. EPCIS는 EPCIS Capturing Application에서 전송된 비즈니스 정보를 저장하고, 검색 서비스를 제공한다. ONS는 특정 EPC 관련 자세한 정보를 제공하는 EPCIS 검색 서비스 주소에 대한 검색을 제공한다. 위의 주요 구성요소 중에서 본 논문의 연구 대상은 정보 저장소의 역할을 하는 EPCIS의 검색 서비스이다.

2.2 EPCIS(EPC Information Service)

EPCIS의 특징은 ALE, 리더와 같은 하위 시스템과 달리 과거 데이터를 저장하고, 비즈니스 정보를 다룬다. 여기서 말하는 비즈니스 정보란 EPCIS Capturing Application에서 추가적으로 생성하는 정보를 말한다. 예를 들어 ALE에서는 특정 상품이(태그) 언제(시간), 어디에서(위치) 읽혔다는 정보를 생성하여 EPCIS

Capturing Application에 전송한다. 그 후 EPCIS Capturing Application은 현재 리더 설치 상태 등과 같은 비즈니스 정보를 고려하여 현재 이 상품이 위치한 특정 장소(BizLocation) 정보와 같은 추가적인 비즈니스 정보를 생성한다.

EPCIS에서 저장 및 검색하는 데이터는 크게 4개의 기본 이벤트로 구성이 된다. 4가지 이벤트를 통해 비즈니스 상에 일어나는 사건을 표현한다.

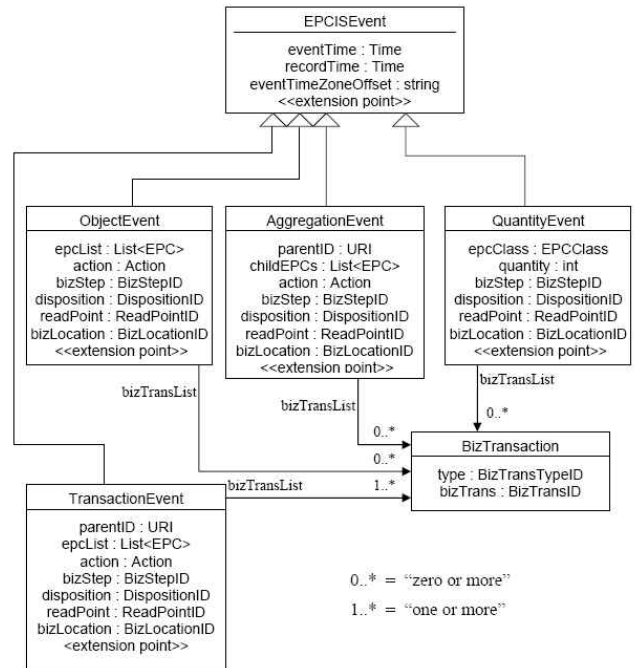


그림 2 EPCIS 기본 이벤트 클래스 다이어그램

그림 2는 EPCIS의 기본 이벤트 타입을 보여준다. 4가지 이벤트는 다음과 같은 의미를 가진다. Object Event는 어떤 시간과 장소에서 어떤 비즈니스 단계에서 관측된 EPC의 리스트를 표현한다. Object Event는 단순 관측 정보를 가진다. Aggregation Event는 부모 단계의 EPC에 물리적으로 결합 또는 해체 되는 EPC의 리스트를 가진다. 예를 들어 여러 개의 상품이 하나의 종이박스에 포장 되었을 경우에 발생한다. Quantity Event는 어떤 시간과 장소에서 관측된 상품단위 EPC의 수량 정보를 가진다. Transaction Event는 비즈니스와 연결된 정보를 저장하는데 사용하는 이벤트이다. 예를 들어 특정 제품을 생산 공장에서 도매상에 제품을 배달할 경우 제품을 보냈다는 정보 또는 제품을 받았다는 정보가 Transaction Event로 표현이 된다.

3. 대상 환경 및 문제 정의

3.1 대상 환경

얼마 전까지는 단순히 물품의 이력 정보만을 이용한 환경이 주류였었다. 하지만, 주요 의약품, 위험물, 냉동 컨테이너와 같은 센서 정보, 위치 정보 또한 중요하게 판단되어지는 상황에서 단순 이력 정보만을 사용해서는

안 되는 환경이 대세가 되었다. 그래서 현재에는 다양한 온도, 습도, CO2, 등과 같은 센서 정보를 취할 수 있는 센서 태그와 실시간으로 물품의 위치 정보를 취할 수 있는 위치 태그의 상용화가 이루어지고 있다.

현재 개발되어져 있는 시스템은 각각 독립적으로 구축되어져 있으며, 시스템 속 태그 정보들을 저장할 수 있는 공간도 또한 EPCIS, SensorIS, RTLSIS와 같이 각각 나누어져 구축되어져 있다. 물품의 이력 정보는 EPCIS가, SensorIS는 센서 정보를 담당, RTLSIS는 실시간으로 들어오는 위치 정보를 담당한다.

하지만, 이러한 태그 정보들을 개별적으로 요구하는 어플리케이션은 점점 사라져 가고 있으며, 두 개 혹은 두 개 이상의 태그 정보들을 복합적으로 요구하는 어플리케이션이 점점 늘어가는 추세이다.

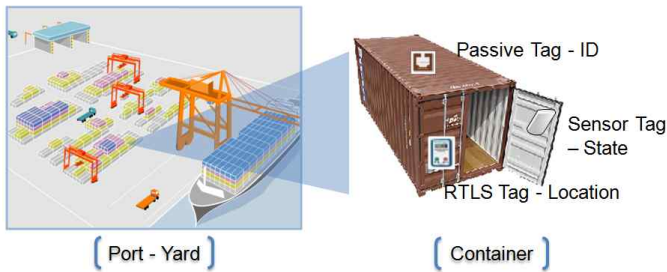


그림 3 대상 환경

3.2 문제 정의

터미널 운영 시스템에서 의약품을 싣고 있는 A 컨테이너의 현재 온도, 위치, 이력 정보를 사용자가 알고 싶다고 가정해 보자. 현재 시스템에서는 각각의 태그 정보를 수집한 후 조인하는 방식을 선택할 것이다. 하지만, 이럴 경우 여러 가지의 문제점들이 노출되어진다. 먼저, 어떤 태그 정보를 우선순위로 두어야 사용자가 원하는 정보를 줄 것이냐다. 그리고, 태그 정보간의 조인을 어떤 식으로 해결해야 하는지, 어떤 attribute를 기준으로 인덱싱을 해야 하는지 등의 문제점들이 있을 수 있다.

이와 같은 문제점들을 해결하기 위해서, 무엇보다 필요한 것이 각각의 태그 정보들을 저장하기 위한 데이터 모델링이 필요할 것이며, 그러한 데이터 모델링이 완성된 후에는 어떤 attribute를 기준으로 인덱싱을 하는 것이 성능적인 측면에서 유리한지 판단하여야 할 것이다. 따라서, 본 논문에서는 먼저 수집되는 정보의 특징과 사용자에게 의미있는 질의를 분석한 후 EPCIS를 확장하여 데이터 모델링을 하고, 각각의 주요 attribute에 색인할 수 있도록 한다.

4. 물류 환경의 정보와 질의 조건의 특징 및 이벤트 모델링

4.1 물류 환경의 정보와 질의 조건의 특징

지오센서 태그 데이터를 효율적으로 처리하기 위해서는 태그에서 수집되는 정보들의 특징과 질의 조건에 대한 특징을 정확히 분석하여야 한다. 세 가지의 태그 정보가 있기에, 먼저 개별 정보들의 특징을 분석한 후 두

가지, 세 가지 태그를 사용하는 정보들의 특징을 순서대로 분석한다. 더불어, 분석한 정보들의 특징을 바탕으로 질의 조건을 판단한다.

표 1 RFID 태그 정보 특징 및 질의 조건

No.	Input Field	Input Field	output Field	Requirement
1	TagID	Time	RID	2시부터 3시까지 TagID가 1.1.1인 물품의 위치
2	TagID	RID	Time	TagID가 1.1.1인 물품이 리더기 #1-3~#1-4으로 지나간 시간
3	Time	RID	TagID	2시부터 3시까지 리더기 #1-3~#1-4으로 지나간 TagID
4	TagID		RID	TagID가 1.1.1인 물품이 거쳐간 모든 리더기의 위치
5	TagID		Time	TagID가 1.1.1인 물품의 시간
6	RID		Time	리더기 #1-3~#1-4으로 지나간 시간
7	RID		TagID	리더기 #1-3~#1-4으로 지나간 모든 TagID
8	Time		RID	1시간 동안의 리더기
9	Time		TagID	1시간 동안 읽힌 모든 TagID

표 1 RFID 태그 정보에서 주요 Field는 TID(Tag ID), RID(Reader ID), Time(Event Time)이다. Input, Output 어디에서든 TID가 존재하여야만 의미 있는 질의 조건이 나올 수 있음을 확인할 수 있다.

표 2 RTLS 태그 정보 특징 및 질의 조건

No.	Input Field	Input Field	output Field	Requirement
1	TagID	Time	Location	2시부터 3시까지 TagID가 LR1인 위치
2	TagID	Location	Time	TagID가 LR1이고 (10,10)으로 지나간 시간
3	Time	Location	TagID	2시부터 3시까지 (10,10)으로 지나간 TagID
4	TagID		Location	TagID가 LR1인 물품의 위치
5	TagID		Time	TagID가 LR1인 물품의 시간
6	Location		Time	(10,10)으로 지나간 시간
7	Location		TagID	(10,10)으로 지나간 모든 TagID
8	Time		Location	1시간 동안의 위치
9	Time		TagID	1시간 동안 읽힌 모든 TagID

물론 표 2 RTLS 태그 정보, 표 3 Sensor 태그 정보에서도 마찬가지로 TID가 있어야 의미 있는 질의 조건이 나올 수 있다.

표 3 Sensor 태그 정보 특징 및 질의 조건

No.	Input Field	Input Field	output Field	Requirement
1	TagID	Time	SensorValue	2시부터 3시까지 TagID가 1.1.1인 물품의 온도
2	SensorValue	Time	TagID	2시부터 3시까지 온도 15°C인 물품의 TagID
3	TagID	SensorValue	Time	온도가 15°C 이상 TagID가 1.1.1인 물품의 시간
4	TagID		Time	TagID가 1.1.1인 물품의 시간
5	TagID		SensorValue	TagID가 1.1.1인 물품의 온도
6	Time		SensorValue	2시부터 3시까지 온도
7	Time		TagID	2시부터 3시까지 TagID가 1.1.1인 물품
8	SensorValue		TagID	온도 15°C인 물품의 TagID
9	SensorValue		Time	온도 15°C인 시간

그리고, 두 가지 태그 정보를 분석한 결과 아래의 표 4, 5와 같은 결과가 나옴을 확인할 수 있다.

표 4 RFID+RTLS 태그 정보 특징 및 질의 조건

No.	Input Field	Input Field	output Field	Requirement
1	Time	TagID	Location	2시부터 3시까지 TagID가 1.1.1인 물품의 위치 파악
2	Time	TagID	RID	2시부터 3시까지 TagID가 1.1.1인 물품을 읽은 리더기
3	Time	RID	TagID	2시부터 3시까지 리더기 #1-3~#1-4으로 지나간 물품의 TagID
4	Time	RID	Location	2시부터 3시까지 리더기 #1-3~#1-4으로 지나간 위치
6	Time	Location	TagID	2시부터 3시까지 위치(10.10)에 존재하는 물품의 TagID
6	Time	Location	RID	2시부터 3시까지 위치(10.10)에 존재하는 리더기
7	Location	RID	TagID	위치(10.10)에 존재하는 리더기 #1-3에 읽힌 물품의 TagID
8	Location	RID	Time	위치(10.10)에 존재하는 리더기 #1-3에 읽힌 시간
9	Location	TagID	RID	위치(10.10)에 존재하는 TagID가 1.1.1인 물품을 읽은 리더기
10	Location	TagID	Time	위치(10.10)에 존재하는 TagID가 1.1.1인 물품의 시간
11	TagID	RID	Location	TagID가 1.1.1인 물품을 읽은 리더기 위치
12	TagID	RID	Time	TagID가 1.1.1인 물품을 읽은 리더기의 시간

표 4, 5 모두 input, output field에 TagID가 들어가 있음을 알 수 있다. 즉, 판별할 수 있는 Tag가 존재하여야만 의미 있는 정보를 가질 수 있음을 알 수 있다는 것이다.

표 5 RFID+Sensor 태그 정보 특징 및 질의 조건

No.	Input Field	Input Field	output Field	Requirement
1	Time	TagID	SensorValue	2시부터 3시까지 TagID가 1.1.1인 물품의 온도
2	Time	TagID	RID	2시부터 3시까지 TagID가 1.1.1인 물품을 읽은 리더기
3	Time	RID	TagID	2시부터 3시까지 리더기 #1-3~#1-4으로 지나간 물품의 TagID
4	Time	RID	SensorValue	2시부터 3시까지 리더기 #1-3에서의 온도
5	Time	SensorValue	TagID	2시부터 3시까지 온도가 15°C인 물품의 TagID
6	Time	SensorValue	RID	2시부터 3시까지 온도가 15°C인 리더기
7	SensorValue	RID	TagID	온도가 15°C이고 리더기 #1-3에 읽힌 물품의 TagID
8	SensorValue	RID	Time	온도가 15°C이고 리더기 #1-3에 읽힌 시간
9	SensorValue	TagID	RID	온도가 15°C이고 TagID가 1.1.1인 물품을 읽은 리더기
10	SensorValue	TagID	Time	온도가 15°C이고 TagID가 1.1.1인 물품의 시간
11	TagID	RID	SensorValue	TagID가 1.1.1인 물품을 읽은 리더기의 온도
12	TagID	RID	Time	TagID가 1.1.1인 물품을 읽은 리더기의 시간

마지막으로 세 가지 태그 정보를 분석한 결과, 아래의 표 6와 같은 결과가 나옴을 확인할 수 있다.

표 6 RFID+RTLS+Sensor 태그 정보 특징 및 질의 조건

No.	Input Field	Input Field	output Field	Requirement
1	Time	TagID	SensorValue	2시부터 3시까지 TagID가 1.1.1인 물품의 온도
2	Time	TagID	RID	2시부터 3시까지 TagID가 1.1.1인 물품을 읽은 리더기
3	Time	RID	TagID	2시부터 3시까지 리더기 #1-3~#1-4으로 지나간 물품의 TagID
4	Time	RID	SensorValue	2시부터 3시까지 리더기 #1-3에서의 온도
5	Time	SensorValue	TagID	2시부터 3시까지 온도가 15°C인 물품의 TagID
6	Time	SensorValue	RID	2시부터 3시까지 온도가 15°C인 리더기
7	SensorValue	RID	TagID	온도가 15°C이고 리더기 #1-3에 읽힌 물품의 TagID
8	SensorValue	RID	Time	온도가 15°C이고 리더기 #1-3에 읽힌 시간
9	SensorValue	TagID	RID	온도가 15°C이고 TagID가 1.1.1인 물품을 읽은 리더기
10	SensorValue	TagID	Time	온도가 15°C이고 TagID가 1.1.1인 물품의 시간
11	TagID	RID	SensorValue	TagID가 1.1.1인 물품을 읽은 리더기의 온도
12	TagID	RID	Time	TagID가 1.1.1인 물품을 읽은 리더기의 시간

세 가지 태그 정보에서도 마찬가지로 TagID가 있기에 의미 있는 질의 조건도 만족하는 것을 알 수 있다.

4.2 이벤트 모델링 제시

통합 물류 환경에서 각각의 태그 정보들의 특징과 질의 조건을 분석한 결과, 기존 EPCIS 이벤트(데이터) 모델링을 확장할 수 있음을 알 수 있다. 가장 단순하게 확장할 수 있는 방법으로는 기존 이벤트 모델링을 수정하지 않고 위치 정보 테이블과 센서 정보 테이블을 추가로 덧붙이는 방식일 것이며, 가장 어렵게 확장하는 방법으로는 기존 이벤트 모델링에 attribute를 추가하는 것으로 이벤트 테이블의 특징에 맞도록 해야 한다.

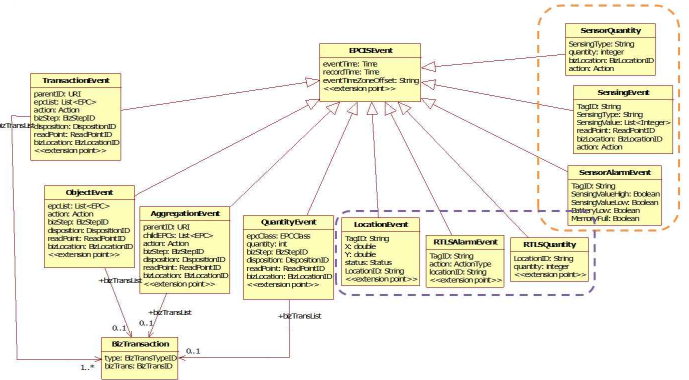


그림 4 확장 이벤트 모델링

그림 4와 같은 이벤트 모델링의 가장 큰 장점은 확장을 손쉽게 할 수 있다는 것이다. 태그 정보가 달라질 경우 마다 바로 붙일 수 있기 때문이다. 하지만, 가장 큰 단점은 대량의 태그 정보가 들어왔을 경우, 테이블 간의 조인이 큰 변수로 작용하기 때문에 성능에 문제를 줄 가능성이 있다. 따라서 먼저 위에서 제시한 이벤트 모델링을 바탕으로 성능 평가를 한 후, 다양한 각도에서 성능 평가를 추가로 수행하여 최적의 이벤트 모델링 구축을 하여야 할 것이다.

5. 결론 및 향후 계획

다양한 태그 정보 즉 지오센서 태그를 사용하는 물류 환경에서, 사용자의 다양한 질의 요구가 있을 수 있다. 현재 개별적으로 구축되어진 시스템 환경에서는 그러한 사용자의 요구 사항을 만족하지 못할뿐더러, 어플리케이션에서 정보 조인으로 인한 속도 저하가 발생하기 때문에, 기존 시스템에서 이러한 요구 사항을 만족하는 확장형 시스템을 제안하였다. 그러기 위해서 각 태그 정보의 특징과 질의 조건을 분석하였으며, 분석된 내용을 토대로 이벤트 모델링을 제시하였다.

본 논문에서 제시하고 있는 지오센서 태그 정보를 처리하기 위한 색인 기법이 실제 환경에 적합한지에 대한 검증을 하는 것이 필요할 것이며, 다양한 각도에서 성능 평가도 수행되어야 할 것이다.

6. 참고 문헌

- [1] EPCglobal, <http://www.epcglobalinc.org>
- [2] EPCglobal: Architecture Framework, Ver. 1.2, EPC global Inc., (2007)
- [3] EPC global: EPC Information Services (EPCIS) Specification, Ver. 1.0, EPC global Inc., (2006)