

효율적인 분산 물류정보 관리를 위한 EPCIS와 EPCDS의 확장

(Expansion of EPCIS and EPCDS for Efficient Distributed Logistics Information Management)

김 지 호 [†] 신 기 원 [†]
(Jiho Kim) (Giwon Shin)

박 대 원 [†] 권 혁 철 ^{**}
(Daewon Park) (Hyuck-Chul Kwon)

요약 EPC(Electronic Product Code) 기반의 물류정보 네트워크인 EPCglobal 네트워크는 다수 기업이 유기적으로 결합하여 이루어지는 개방형으로 발전하고 있다. EPCglobal 네트워크에서는 물류정보가 분산되어 있고, 그 양이 방대하기 때문에 효과적으로 정보를 관리하기 위한 노력이 요구된다. EPCglobal에서는 세계적인 연구소 및 업체들이 모여 RFID/EPC 기반 물류 네트워크에서의 EPC Information Service(EPCIS), Object Naming Service(ONS) 등의 구조에 대한 표준을 정의하고 관련 표준에 대한 연구를 계속하고 있다. 본 논문에서는 EPCIS와 EPC Discovery Service(EPCDS)에 대해 표준에서 요구하는 기능과 역할을 충족시키고, 나아가 더욱 효율적인 물류정보 관리를 위해 확장된 기능의 EPCIS와 EPCDS를 제안한다.

키워드 : EPCglobal Network, 분산 물류정보 관리, EPC Information Service, EPC Discovery Service

- 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음
- 이 논문은 2010 한국컴퓨터종합학술대회에서 '효율적인 분산 물류정보 관리를 위한 EPCIS와 EPCDS의 확장'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것이다

[†] 학생회원 : 부산대학교 컴퓨터공학과
jihokim@pusan.ac.kr
giwon@pusan.ac.kr
bluepepe@pusan.ac.kr

^{**} 종신회원 : 부산대학교 정보컴퓨터공학부 교수
hkwon@pusan.ac.kr

논문접수 : 2010년 8월 10일
심사완료 : 2010년 10월 5일

Copyright©2010 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제16권 제11호(2010.11)

Abstract EPCglobal Network is based on the Electronic Product Code(EPC) and rapidly opening up to many enterprises that have close relationships with each other. Since a huge amount of logistics Information is distributed in the EPCglobal Network, it needs to manage them effectively. Global logistics companies and institutes are studying and setting up the standards about EPC Information Service(EPCIS), Object Name Service(ONS) and EPC Discovery Service(EPCDS) in the RFID and EPC-based logistics information network. In this paper, we propose expanded EPCIS and EPCDS that are satisfy EPCglobal standards and enable more effective logistics information management.

Key words : EPCglobal Network, Logistics Information Management, EPC Information Service, EPC Discovery Service

1. 서론

현대의 물류는 개별 기업이 자사 정보만을 주로 다루는 폐쇄적 구조를 벗어나 다수 기업이 네트워크에 참가하여 정보를 주고받는 개방적 구조이다. 물류정보 네트워크를 구성하는 기업의 수와 상품의 종류가 증가함에 따라 물류 정보의 양도 급격히 많아지고 있다. 물류정보는 수많은 이해관계자를 가지며 여러 곳에서 공유되기 때문에 정보의 효율적인 유통과 관리를 위하여 가시성과 추적성이 중요시되고 관리의 표준화가 요구된다.

물류정보 관리의 표준화를 진행하는 대표적인 단체로 EPCglobal이 있으며, 세계적인 물류, IT, 제조 관련 기업과 연구소들이 참여하여 물류정보 관리를 위한 표준을 제정하고 있다. 이들의 EPCglobal Architecture Framework은 RFID(Radio Frequency Identification)와 EPC(Electronic Product Code)를 기반으로 한다.

EPCglobal 네트워크에서는 EPC가 기록된 RFID 태그를 RFID 리더가 인식하면 태그가 부착된 제품의 정보가 EPCIS(EPC Information Service)에 저장된다. 제품이 이동함에 따라 제품에 부착된 EPC의 정보는 여러 곳의 EPCIS에 저장되는데, 이 EPCIS 주소들을 저장하고 제품의 이동 정보를 관리하기 위해 EPCDS(EPC Discovery Service)를 둔다. 그리고 ONS(Object Name Service)에서 각 EPC의 이동 정보를 저장한 EPCDS들의 주소를 관리한다.

본 논문에서는 EPCglobal Architecture Framework을 기반으로 더욱 효율적인 물류정보의 추적 및 관리를 위하여 EPCIS, EPCDS에 요구되는 역할 및 기능에 대해 서술한다. 나아가 각 구성요소에 필요한 새로운 기능을 추가한 시스템 구성을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 EPCglobal 네트워크에서의 물류정보 관리 연구와 Bridge Project

등에 대해 다룬다. 3장에서는 제안하는 EPCIS와 EPCDS의 기능과 역할에 대해 설명하고 전체 네트워크 관점에서 제안하는 시스템의 동작과 장점에 대해 다룬다. 마지막으로 4장에서 결론 및 향후 연구에 대해 서술한다.

2. 관련 연구

2.1 EPCglobal Architecture framework

EPCglobal의 표준 구조인 EPCglobal Architecture Framework는 EPC가 저장된 RFID 태그를 제품에 부착하여, 제품이 각 물류 거점에서 자동으로 인식되게 하고 이 정보를 EPC에 따라 저장하여 제품의 이동 등의 정보를 활용하려는 기본 아이디어를 바탕으로 한다.

EPCglobal Architecture Framework의 구성은 그림 1과 같다. EPC와 태그의 정보 및 프로토콜에 대한 표준, RFID 리더와 ALE에 대한 표준, 이벤트 정보의 관리, 검색 등에 대한 표준을 포함하고 있다[1].

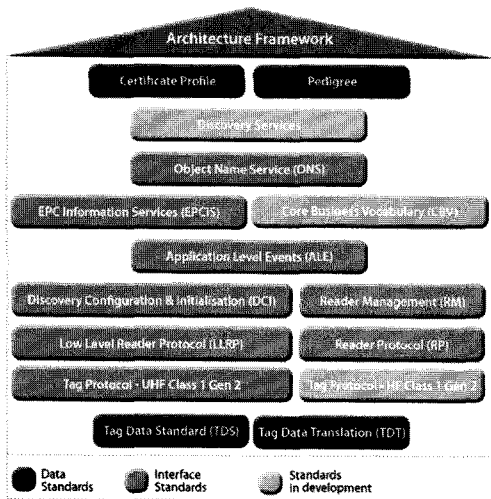


그림 1 EPCglobal Architecture Framework[1]

EPCIS는 각 EPC의 EPCIS 이벤트 정보를 저장하고 외부의 질의에 대해 저장된 정보를 검색하여 제공한다[2]. 제품이 이동하면서 여러 리더에 인식되고, 여러 군데의 EPCIS에 그 정보가 저장된다. 따라서 하나의 제품에 대한 완전한 정보를 얻기 위해서는 정보의 위치에 대한 검색이 가능해야 하므로 ONS와 EPCDS를 두어 이를 지원하도록 한다.

2.2 Bridge Project의 EPC Discovery Service

EPCglobal에서는 EPCDS의 표준은 아직 발표하지 않았으며, 현재 개발 중인 상태이다. 그러나 EPCDS의 필요성과 그 기능 및 요구 사항에 대해 제시하고 있으며, EPCDS와 관련된 연구도 많이 진행되고 있다. 대표

적으로 Bridge(Building Radio Frequency Identification for the Global Environment) Project를 들 수 있다. Bridge Project는 EU에서 지원한 프로젝트로 EPCglobal 표준에 근거하여 진행되었다.

Bridge Project에서는 두 가지의 EPCDS를 제안한다[3]. 먼저 Directory-based DS는 각 EPC가 저장된 EPCIS 주소 등의 정보를 가지며 사용자 질의에 대해 EPCDS가 정보를 사용자에게 제공한다. 이 경우 사용자의 정보 접근 권한을 EPCDS가 관리한다. 그림 2는 Directory-based DS의 동작 순서를 표현한 것이다.

Query Relay DS는 각 EPC와 EPCIS 주소의 Routing 테이블을 가지며 사용자 질의에 대해 EPCDS가 직접 정보를 제공하지 않고 질의를 해당 EPC 정보가 저장된 EPCIS에 전달한다. 이때 사용자의 정보 접근 권한을 EPCIS에서 판단하여 사용자에게 정보를 제공한다. 그림 3은 Query Relay DS의 동작과 그 순서를 나타낸다.

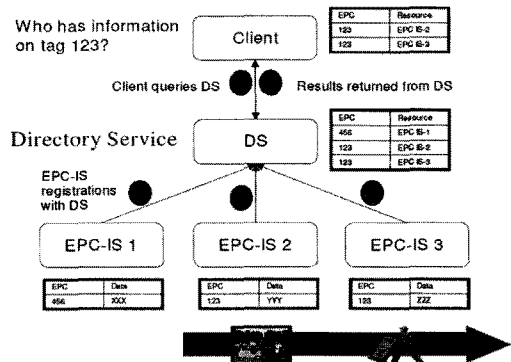


그림 2 Directory-based DS의 동작[3]

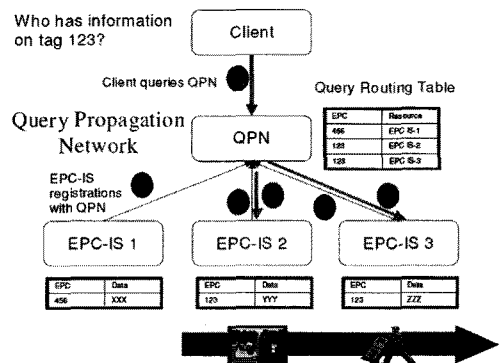


그림 3 Query Relay DS의 동작[3]

2.3 EPC Discovery Service에서의 정보 전달 연구

EPCDS는 각 EPC 정보가 저장된 EPCIS의 주소를 저장·관리하므로 사용자는 EPCDS를 통해 특정 EPC의 위치, 상태, 이동 정보를 얻고, EPCIS에 접근하여

개별 EPC에 대한 정보도 얻을 수 있다. 이처럼 EPCDS는 EPCglobal 네트워크에서 필수적인 요소이다.

그러나 일반적으로 물류 객체는 상자나 팔레트, 컨테이너 등 다른 객체(본 논문에서는 대표적으로 컨테이너를 예로 든다.)에 실려 이동한다. 이때, RFID 리더는 컨테이너의 EPC만 인식하고 내부에 실린 객체들은 인식하지 않을 수 있다. 이 경우, 내부 객체의 위치나 이동 경로, 상태 등의 정보를 알 수 있는 EPCIS 이벤트가 발생하지 않아 물류 정보의 원활한 관리가 어려워진다.

이전에 우리가 연구/개발하였던 EPCDS와 이를 기반으로 한 물류정보 검색 시스템에서도 EPCglobal에서 제안하는 기본적인 기능만을 수용하였기에 내부 객체에 대한 고려가 이루어지지 않았다[4]. 또한 기존 연구 중, 이에 대한 고려가 이루어진 연구[5]도 있으나, 객체의 상태에 따라 반복적인 질의를 통해 객체의 위치를 파악한다.

본 논문에서는 반복 질의와 정보 해석에 의한 사용자 부담을 줄이고자 EPCDS 간의 정보 전달 방법을 제안하고자 한다.

3. 제안 시스템

앞에서 우리는 물류 정보의 유통과 관리를 위한 표준과 연구들에 대해 살펴보았다. 본 논문에서는 기존 연구에서 고려되지 않았던 EPC 정보 저장과 검색에서 효율성을 높이는 방안과 물류 업체의 정보 보호 측면에서 더 효과적인 네트워크 구조에 대해 제안한다.

3.1 확장된 EPC Information Service

EPCIS는 물류 객체의 EPCIS 이벤트 정보를 저장한 뒤, 물류 객체의 EPC와 위치 정보(자신의 주소)를 EPCDS에 저장한다. 이때, EPCIS는 어느 EPCDS에 그 정보를 보내야 할지 결정하기 위해 먼저 Global ONS나 Local ONS에 질의를 해야 한다. ONS 질의를 통해 EPCDS 주소를 받아 해당 주소의 EPCDS로 정보를 보내는 것이다.

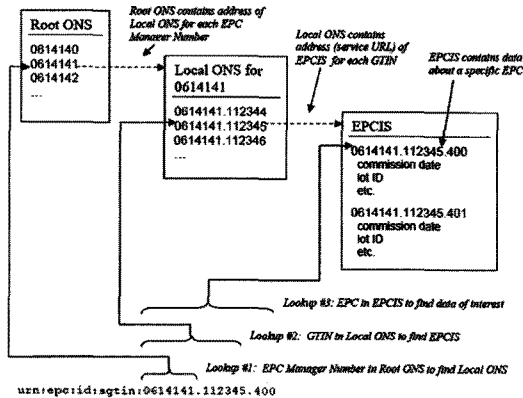


그림 4 정보 저장 및 검색을 위한 질의 절차[6]

그러나 대부분의 물류 환경에서는 대량의 물류 객체들이 한꺼번에 같이 이동하므로 하나하나의 물류 객체에 대해서 EPCIS 이벤트가 발생할 때마다 매번 ONS 질의를 하는 것은 네트워크의 효율을 크게 떨어뜨린다. 또한, EPC 코드는 회사 코드, 모델 코드, 객체 코드로 구성되어 있으며, 정보 저장이나 검색을 위한 질의/응답 과정이 EPC 코드에 따라 차례대로 이루어진다. 그림 4는 이와 같은 EPC 코드에 따른 질의 순서와 해당 질의로 얻을 수 있는 정보를 보여준다.

대량의 물류 이동과 EPC 코드의 구성을 통해 하나의 EPCIS에 회사 코드, 모델 코드가 같은 물류 객체들의 EPCIS event가 대량으로 발생할 가능성이 크다는 것을 알 수 있다. 그러므로 EPCIS에 특정 모델 중에 처음 인식되는 객체의 EPCDS 주소를 저장하여 이후 같은 모델에 속하는 제품에 대해 ONS에 질의를 필요없이 바로 해당 EPCDS로 위치 정보를 보낼 수 있도록 하는 방법을 생각할 수 있다. EPCIS event가 발생하면 먼저 해당 EPC의 동일 모델에 대한 EPCDS 주소가 저장되어 있는지 검색한 뒤 주소가 있으면 바로 EPCDS로 정보를 전달하고, 없으면 ONS 질의를 통해 얻은 EPCDS 주소로 전달한다. 그림 5는 위 과정을 표현한 것이다.

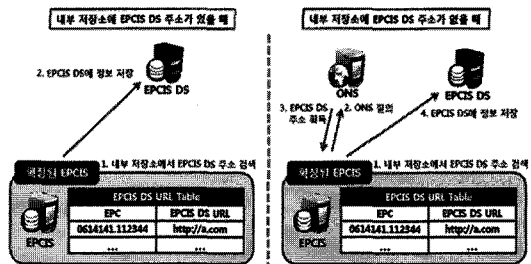


그림 5 확장된 EPCIS의 정보 전달 과정

다시 말해, EPCIS 내에 Local ONS 역할을 할 저장소를 두어 정보 전달에 필요한 질의 수를 줄일 수 있고 더욱 빠른 물류 정보 처리를 가능하게 한다.

3.2 확장된 EPC Discovery Service

2.3절에서 살펴본 것처럼 물류 객체가 컨테이너에 실려 이동할 때는 컨테이너의 정보를 추적하여 간접적으로 내부 객체의 정보를 얻을 수 있다. 먼저 내부 객체와 컨테이너의 Aggregation 이벤트 정보에서 컨테이너의 EPC를 얻어 컨테이너의 EPCIS 이벤트를 추적함으로써 내부 객체의 위치나 이동 경로 정보를 얻을 수 있다. 그러나 이때 사용자는 내부 객체의 정보를 얻기 위해 반복적으로 ONS, EPCDS 질의를 해야 한다. 이는 사용자의 물류 애플리케이션에 많은 부하를 줄 것이며, 물류 정보 관리의 실시간성을 크게 저하한다.

이를 해결하기 위해 확장된 EPCDS는 객체 간의 Aggregation 관계에 따라 내부 객체와 컨테이너의 EPCDS 간에 서로 정보를 주고받을 수 있도록 한다. 내부 객체가 직접적으로 인식되지 않더라도 컨테이너의 위치 정보(EPCIS 주소)를 내부 객체의 EPCDS에도 전달하여 내부 객체 위치 정보를 실시간으로 관리할 수 있게 한다. 그림 6은 EPCDS 간 정보 전달 과정을 보여준다.

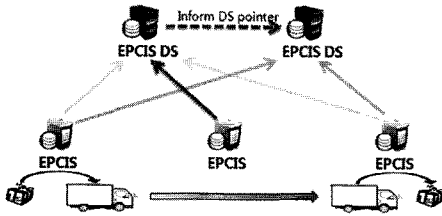


그림 6 확장된 EPCDS 간의 정보 전달 과정

이렇게 함으로써 직접적, 간접적으로 발생한 물류 객체의 EPCIS 이벤트 정보를 한 번의 EPCDS 질의로 모두 파악할 수 있어, 사용자의 부담을 크게 줄이며 물류 정보 관리의 가시성과 실시간성을 높일 수 있다.

이때, 컨테이너에 실린 모든 내부 객체의 EPCDS에 정보를 전달할 경우, 컨테이너의 이동 경로도 모두 알려지게 된다. 그러나 운송 업체의 입장에서는 물류 운송 경로 또한 중요한 정보가 될 수 있다. 따라서 정보 전달로 인해 노출되는 정보의 보호를 위해 EPCDS간 권한의 부여가 필요하다. 업체 간 협약을 통해 외부 객체의 EPCDS는 권한을 가진 내부 객체의 EPCDS에만 정보를 전달하도록 한다. 또한, 각 모델의 Specification 정보도 EPCDS에 저장하여 EPCIS가 이벤트 정보를 EPCDS에 저장할 때 그 정보를 보내준다. 적정 보관 온도와 같은 정보는 EPCIS가 있는 물류 거점에서 제품 관리에 바로 활용될 수 있어 관리 효율을 높여준다.

3.2.1 정보 전달과 동기화된 관리를 위한 테이블 구조

확장된 EPCDS는 EPC 정보가 저장된 EPCIS의 주소와 다른 객체와의 관계 정보를 관리하는 테이블을 포함한다. EPCIS 주소 테이블은 객체와 직·간접적으로 연관된 정보가 저장된 EPCIS 주소를 기록한다. 기존의 EPCDS와 같이 직접적인 인식으로 생성된 정보가 저장된 EPCIS 주소 정보를 관리할 뿐만 아니라, 객체가 실린 컨테이너의 위치로 객체의 위치를 간접적으로 추정할 수 있도록 컨테이너의 EPCIS 주소를 내부 객체의 EPCIS 주소로 같이 등록하여 관리한다.

객체 관계 테이블은 컨테이너의 직접 인식 정보에서 내부 객체의 간접적인 인식을 추정하기 위한 객체와 컨테이너 간의 관계를 유지하고, 내부 객체의 EPCDS 주소를 관리한다. 컨테이너의 EPCIS 이벤트가 EPCIS에

저장되고 이 정보가 컨테이너의 EPCDS에 등록되면, 객체 관계 테이블을 참조하여, 내부 객체의 EPCDS에 컨테이너의 정보가 저장된 EPCIS의 주소를 전달한다.

이처럼, 확장된 EPCDS는 내부 객체와 컨테이너의 관계 정보를 바탕으로 객체의 직접적인 인식 없이도 객체를 실은 컨테이너가 인식된 위치로 객체의 위치를 쉽게 파악할 수 있도록 관계 정보를 유지한다. 따라서, 한 번의 EPCDS 질의로 객체와 연관된 이벤트 정보를 저장한 EPCIS의 주소, 즉, 객체의 이동 경로 상의 EPCIS 주소를 얻을 수 있어, 기존 EPCDS 보다 객체의 위치, 이동 경로 추적 등 객체의 관리를 위한 데이터 접근이 쉽고 빠르게 이루어질 수 있다. EPCIS 주소 테이블과 객체 관계 테이블의 구성은 다음과 같다.

(1) EPCIS 주소 테이블(EPCIS URL Table)

<EPC, Event_Type, EPCIS_URL, Time, [Container_EPC]>

- EPC: 객체를 식별하는 EPC
- Event_Type: EPCIS 이벤트의 유형, ObjectEvent, AggregationEvent, TransactionEvent, QuantityEvent의 기존 4가지 이벤트 유형에 컨테이너 객체의 인식을 통한 간접적인 객체 인식을 나타내는 유형으로 IndirectObjectEvent 유형을 추가 정의
- EPCIS_URL: 객체가 인식된 EPCIS의 주소
- Time: 정보가 등록된 시각
- Container_EPC: 객체가 실려 있는 컨테이너 객체의 EPC로 IndirectObjectEvent 유형일 때 기록

EPCIS URL Table				
EPC	Event_Type	EPCIS_URL	Time	Container_EPC
0614200.156789.001	Object	http://a.com	2010/07/21	0614141.112345.400
0614232.135215.015	Aggregation	http://b.com	2010/07/21	0614142.112322.202

그림 7 EPCIS 주소 테이블의 예

(2) 객체 관계 테이블(Object Relation Table)

<Container_EPC, Object_EPC, EPCDS_URL>

- Container_EPC: 다른 객체를 실은 컨테이너의 EPC
- Object_EPC: 컨테이너에 실린 내부 객체의 EPC
- EPCDS_URL: 내부 객체의 EPCIS 주소 정보를 등록/관리하는 EPCDS의 URL

Object Relation Table		
Container_EPC	Object_EPC	EPCDS_URL
0614141.112345.400	0614200.156789.001	http://a.com
0614141.112345.400	0614232.135756.005	http://b.com

그림 8 객체 관계 테이블의 예

3.2.2 정보 전달 및 동기화 과정

본 논문에서 제안하는 EPCDS의 정보 전달과 동기화는 다음과 같이 이루어진다.

(1) 일반적인 EPCIS 이벤트의 등록

객체의 인식으로 EPCIS 이벤트가 생성되면, EPCIS에 이벤트 정보가 저장되고, 그 기록이 지정된 EPCDS에 등록된다. EPCDS에 기록되는 정보는 EPC 이벤트 유형, EPCIS URL, 정보의 등록 시각을 포함한다.

(2) 객체 간 관계를 나타내는 EPCIS 이벤트의 등록

객체가 컨테이너에 실렸음을 나타내는 Aggregation-Event가 EPCIS에 저장되면, 그 정보는 컨테이너와 내부 객체의 EPCDS에 각각 등록된다. 이때, 내부 객체의 EPCDS의 EPCIS 주소 테이블에 컨테이너의 EPC가 함께 등록되고, 컨테이너의 EPCDS에는 내부 객체의 EPCDS 주소가 객체 관계 테이블에 등록된다.

(3) 객체 관계 정보를 바탕으로 한 정보 동기화

컨테이너의 EPCIS 이벤트가 생성되면, 해당 EPCIS의 주소가 컨테이너의 EPCDS에 등록된다. 이때, 컨테이너가 다른 객체를 싣고 있으면, 객체 관계 테이블을 바탕으로 내부 객체의 EPCDS 주소로 컨테이너의 이벤트 정보가 저장된 EPCIS 주소가 전달된다. 내부 객체의 EPCDS는 EPCIS 주소 테이블을 참조하여 해당 객체가 컨테이너 객체에 실려 있음을 확인하고, 전달된 EPCIS 주소를 내부 객체의 간접 인식 정보로 등록한다.

(4) 객체 관계 해제를 나타내는 EPCIS 이벤트 등록

객체 관계가 해제되면, 컨테이너의 EPCDS에서는 내부 객체의 EPCDS 주소가 객체 관계 테이블에서 삭제되고, 내부 객체의 EPCDS에서는 컨테이너의 EPC 정보가 삭제된다.

4. 제안 시스템의 활용 및 개선점

확장된 EPCIS와 EPCDS를 이용해 물류 정보 네트워크를 구성하게 되면 다음과 같은 장점이 있다.

첫째, EPCIS가 EPCDS에 정보를 저장할 때, 내부의 EPCDS 주소 저장소를 활용하여 EPCDS 주소를 얻으므로 ONS 쿼리 횟수를 크게 줄일 수 있다. 이는 네트워크의 부하와 EPCIS, Global ONS 및 Local ONS의 부담을 줄여 물류 정보 처리 속도를 증가시킨다.

둘째, 물류 객체 간의 Aggregation 관계에서 EPCDS 간의 정보 전달로 물류 객체의 위치 정보를 동기화함으로써 사용자의 반복적인 질의 과정을 없앤다. 이로써 사용자 애플리케이션의 부담을 줄이고 물류 관리의 실시간 추적의 효율을 높인다.

셋째, 특정 모델의 객체에 대해 EPCIS는 최초 한 번만 ONS 질의를 하므로 이후의 물류 정보(물류 객체의 위치, 반입/반출 시간, 수량 등)는 제조 업체와 유통 업체의 EPCIS, EPCDS들끼리만 주고받는다. 즉, 외부로의 정보 노출을 최소화할 수 있다.

넷째, EPCDS에서 물류 객체의 Specification 정보를

제공함으로써 물류 객체의 이동 경로 상의 EPCIS는 정보를 EPCDS에 저장할 때 Specification 정보를 얻을 수 있다. 사용자 측에서는 제품 보관 및 관리에 필요한 정보를 찾기 위해 별도의 질의를 하지 않아도 되며, 즉시 물류 관리에 활용할 수 있어 효율적이다.

5. 결론 및 향후 연구

EPCglobal 네트워크에서는 물류정보가 분산되어 있고 그 양도 매우 방대하기 때문에 더욱 효율적인 정보 관리를 위한 노력이 요구된다.

본 논문에서는 EPCIS 내에 Local ONS의 일부 기능을 처리할 수 있는 EPCDS 주소 저장소를 두어 EPCDS와 EPCIS 간의 더 빠르고 은밀한 정보 전달이 이루어질 수 있도록 하였다. EPCDS 간에도 서로 정보를 전달하여 물류 객체 간의 Aggregation 관계에서 물류 가시성 및 추적성을 높일 수 있도록 하였고, 사용자의 반복적인 질의 및 정보 해석 부담을 낮출 수 있도록 하였다. 또한, EPCDS에서 물류 객체의 Specification 정보를 EPCIS에 빠르게 전달하게 하여 EPCIS에서의 물류 관리 효율을 높이도록 하였다.

이처럼 확장된 EPCIS와 EPCDS를 이용하여 EPCglobal 네트워크에서의 정보 노출을 최소화하고, 반복적인 질의 요청과 응답을 줄여 네트워크와 사용자 애플리케이션의 물류정보 관리 부담을 줄이고자 하였다.

앞으로의 연구 과제로 본 논문에서 제안한 시스템들을 실제로 구현하여 물류 환경 적용하고 새로이 발생하는 문제점을 연구하여 그 해결책을 제시하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] EPCglobal, "EPCglobal Standards Overview," <http://www.epcglobalinc.org/standards>.
- [2] EPCglobal, "EPCIS Standard v. 1.0.1," http://www.epcglobalinc.org/standards/epcis/epcis_1_0_1-standard-20070921.pdf.
- [3] BRIDGE, "BRIDGE WP02 High Level Design Discovery Services," <http://www.bridge-project.eu/data/File/BRIDGE%20WP02%20High%20level%20design%20Discovery%20Services.pdf>.
- [4] G. T. Lee, J. H. Shin, D. W. Park, H. C. Kwon, "Discovery Architecture for the Tracing of Products in the EPCglobal Network," EUC2008-NCUS0-8, IEEE Computer Society, 2008.
- [5] S. H. Woo, J. Y. Choi, C. J. Kwak, C. O. Kim, "An active product state tracking architecture in logistics sensor networks," *Computers in Industry*, vol.60, no.3, pp.149-160, 2009.
- [6] EPCglobal, "Architecture Framework v. 1.3," http://www.epcglobalinc.org/standards/architecture/architecture_1_3-framework-20090319.pdf.