

# RFID 기반 상품의 효율적 라이프사이클관리를 위한 통합시스템 설계

김동민<sup>1\*</sup> · 이종태<sup>2</sup>

<sup>1</sup>동국대학교 유비쿼터스 물류관리 연구센터 / <sup>2</sup>동국대학교 산업시스템공학과

## A Design of RFID based Product Lifecycle Management System

Dongmin Kim<sup>1</sup> · Jongtae Rhee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DGU Ubiquitous Logistics Research Center, Seoul, 100-272

<sup>2</sup>Department of Industrial and Systems Engineering Dongguk University, Seoul, 100-715

RFID (Radio Frequency Identification) is a technology that can input identification information to microchip and make goods, animals, persons recognized, chased, and managed using radio frequency, and is founded on the core technology of ubiquitous environment of the future. In this paper, we propose a RFID integrated system designed to manage the lifecycle of an individual product efficiently. The proposed system can enable traceability and visibility of items through their entire life by integrating distribution and banking information on the basis of EPCglobal Network. It may provide the infra of Digital Manufacturing and RTE (Real Time Enterprise) and effective information sharing structure with existing legacy system (ERP, CRM, SCM) by real time.

**Keyword:** RFID, u-PLM, EPCglobal Network, traceability, visibility

### 1. 서론

RFID는 무선통신기술을 사용하여 대상 물체에 직접 접촉하지 않고도 해당 정보를 판독하거나 기록할 수 있는 자동식별 기술이다. RFID는 1970년대 이후 산업 전 분야에 보편적으로 활용되고 있는 자동식별 기술인 UPC 바코드를 대체할 기술로서 최근 큰 주목을 받고 있다(Kim *et al.*, 2004). 바코드의 경우 12자리 숫자로 정보를 기록하므로 현재 남아있는 가용코드가 고갈되어 가고 있어 개별 제품보다는 제품군에 고유번호를 부여하지만 RFID는 개별 제품 하나 하나에 고유번호를 부여할 수 있다.

이러한 RFID는 미래 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 구현을 위한 핵심 기술로서 주목받고 있으며, 미국의 Wal-Mart와 미국방부에서는 2005년 이후 주요 공급업체들에게 팔레트 또는 케이스

수준의 RFID 부착 의무를 시행하고 있다. 그리고 최근 EPCglobal의 RFID 표준 Gen2가 완성되었고, 유럽지역 대형 소매 유통사들의 RFID 도입 시작으로 인하여 RFID 장비 업체들의 Gen 2 표준 RFID 제품 출시와 더불어 물류·유통 부문의 본격적인 RFID 시장이 확산될 전망이다(Lee, 2005). 또한, IDTechEX 사에 의해 추정된 전 세계 RFID 시장규모는 2005년 18.4 억 달러에서 꾸준히 성장하여 2006년에 24.6 억 달러, 2008년에 55.7 억 달러, 2010년에 107 억 달러, 2013년 188.5 억 달러, 2015년에는 244.6 억 달러까지 성장할 것으로 추정하고 있다(Peter and Raghu, 2005).

본 연구에서는 UHF(Ultra-High Frequency) 대역의 RFID 태그가 부착된 상품의 효율적인 라이프사이클 관리를 위해 물적 흐름과 자금 흐름, 그리고 정보의 흐름을 유통 관점에서 통합된 시스템 설계를 제안한다.

\*연락처 : 김동민 연구원, 100-272 서울시 중구 필동2가 82-1 동국대학교 산학협력센터 121호 유비쿼터스 물류관리 연구센터,

Fax : 02-2264-8517, E-mail : kimdongmin@dongguk.edu

2006년 08월 접수, 2회 수정 후 2006년 09월 게재확정.

## 2. 연구의 배경

### 2.1 상품 라이프사이클

SCM(Supply Chain Management) 상의 상품 라이프사이클은 대략적으로 생산/유통 사이클, 소매 사이클, 구매/소비 사이클로 구분할 수 있고, 이와 더불어 관련 정보는 생산/유통정보와 판매정보로 구분할 수 있다(Seo *et al.*, 2005). 생산/유통정보는 제품생산에서 유통센터까지의 생산/유통 사이클과 유통센터에서 판매시점까지의 소매 사이클에서 발생하는 정보를 포함하고, 판매정보는 소매 사이클과 판매시점에서 고객만족까지의 구매/소비 사이클에서 발생하는 정보를 포함한다.

상품의 물적 흐름은 업종별로 많은 차이가 있고, 하나의 업종에서도 다양한 유통 채널들이 존재한다. 유통물류진흥원에서는 다양한 업종의 기업인을 대상으로 ‘제품 관독률’, ‘응답자 RFID 인식수준’, ‘태그 적정가격’, ‘RFID 기대효과’ 네 가지 항목에 대해 설문조사와 심층 인터뷰를 통해 국내에서 RFID를 우선적으로 적용하기에 적합한 업종을 선정하였다. 선정된 7개의 업종에 대해 2단계로 나누어 각 단계별로 적용 방안을 제안하였다(GS1 Korea, 2005). 이를 표로 정리한 것이 <표 1>이다.

### 2.2 RFID 및 EPCglobal 네트워크의 필요성

SCM의 효율적인 운영을 위해서는 지역적으로 분리되어 있는 다수의 공급 사슬 구성원 간의 긴밀한 협업이 요구되고, 이러한 협업의 토대가 되는 것이 정보의 실시간 제공 및 공유이다. 기업에서 도입하여 사용하는 기존의 정보시스템을 살펴보면 생산 관련 실시간 정보 제공을 위한 시스템이 POP(Point of Production) 시스템이고, 실시간 판매정보를 제공하기 위한 시스템이 POS(Point of Sales) 시스템, 기업내부의 실시간 정보를

제공하기 위한 시스템이 ERP(Enterprise Resource Planning) 시스템이다. 그러나 이러한 시스템들의 경우 바코드 체계 하에서는 개별 제품의 정보 획득 및 이력 관리에 있어서 한계를 갖는다. 또한, POP시스템과 ERP시스템은 공급사슬 상의 폐쇄형 시스템으로서 공급사슬 상의 구성원 간의 원활한 정보 공유를 제공하지 못한다. EDI(Electronic Data Interchange) 시스템의 경우에는 공급사슬 상의 구성원 간에 정보 공유를 제공하기는 하지만 실시간 제공에 있어 한계를 갖는다.

기존 연구를 살펴보면 SCM 정보 시스템의 문제점으로서 정보량 한계, 표준화 부재, 기업간 정보화 수준 차이, 운영 능력 미흡으로 정리할 수 있다. 이를 표로 정리한 것이 <표 2>이다(Seo *et al.*, 2005). 이러한 문제점들로 인하여 상품 수명주기 상의 상품 정보 획득의 한계와 공급사슬 상의 구성원 간 정보 공유의 한계를 가져온다.

표 2. SCM 정보 시스템의 문제점

문제점	내용
정보량 한계	바코드 데이터 용량 한계, 가변데이터 처리 불가, 데이터 획득 범위 한계
표준화 부재	상이한 바코드 체계, 미흡한 네트워크 표준화
기업간 정보수준	공급사슬 구성원 간 정보화 수준 차이
운영능력미흡	시스템(POS, POP, EDI)에 대한 낮은 이해, 시스템 운영 전문 인력 부족

따라서 상품의 수명주기를 효율적으로 관리하기 위해서는 상품의 수명주기 단계별로 상품에 관한 추적성(traceability)과 가시성(visibility)을 실시간으로 제공해 주는 것이 필요하다.

표 1. 업종별 RFID 적용 방안

업종	적용단위	1단계 적용대상	1단계 적용범위	2단계 적용대상	2단계 적용범위
서적	단품	대형출판사 및 대형문고업체	출판 → 물류 → 소매매장	출판사, 문고업체, 도서관으로 확산	출판 → 물류 → 소매매장 → 도서관
화장품 / 생활용품	단품	고가제품	제조 → 물류	제품 확산	제조 → 물류 → 자채판매매장
의류	단품	고가제품	제조 → 물류 → 자채판매매장 → 고객서비스	제품 확산	제조 → 물류 → 자채판매매장 → 고객서비스
의약품	단상자	위조사례가 많은 의약품	제조 → 물류 → 대형도매상 및 대형병원	의약품 확산	제조 → 물류 → 도매상 및 병원 → 약국
가전제품	단품	고가제품	생산/공정 → 사내물류	제품 확산	생산/공정 → 사내물류 → 물류센터 → 자채판매매장
자동차	부품 및 완성차	부품	부품입고 → 생산/공정	완성차	부품입고 → 생산/공정 → 판매후서비스
대형소매유통	제품별상자	타업종의 1단계 적용 대상	제조업체태깅 → 물류센터 → 매장	적용대상 확산	제조업체태깅 → 물류센터 → 매장

표 3. RFID 주파수별 특성과 응용

사용주파수대역		특 징	응 용
LF	125~134kHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50cm 이하의 식별 거리</li> <li>• 신호 간섭은 적은 편</li> <li>• 느린 전송 속도</li> <li>• 대량으로 생산해도 고가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보안 출입</li> <li>• 가축 관리</li> <li>• 차량 도난 방지</li> <li>• POS(Point-of-Sales)</li> </ul>
HF	13.56MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1m 정도의 식별 거리</li> <li>• 금속 물질과 신호 간섭</li> <li>• LF 방식보다 가격 저렴</li> <li>• 가장 널리 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보안 출입</li> <li>• 스마트카드</li> <li>• 아이템 수준의 자산관리 (항공 수하물, 도서관 책)</li> </ul>
UHF	860~930MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3m 정도의 식별 거리</li> <li>• 과일, 음료 등 수분이 많은 제품에서 전파투과율이 낮음</li> <li>• LF/HF 방식보다 저렴하지만 전력 소모가 많음</li> <li>• 전 세계적으로 UHF 주파수 정책이 통일되지 않음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공급사슬관리(물류/유통)</li> <li>• 고속도로 자동 통행료징수</li> <li>• 수하물 트래킹(미국)</li> </ul>
uW	2.45/5.8GHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1m 정도의 식별 거리</li> <li>• 각국별로 uW 주파수 정책이 통일되지 않음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공급사슬관리</li> <li>• 소비재</li> </ul>

이를 위해 요구되는 첫 번째 기술이 RFID 기술이다. RFID는 기존의 상품군 정보만을 제공하는 바코드를 대체하여 개별 상품의 이력 정보를 제공할 수 있다. 바코드의 경우 기술이 성숙되어 있고 가격이 저렴하다는 장점이 있고, RFID는 동시에 여러 개를 읽을 수 있고 개별 제품에 고유 일련번호를 부여할 수 있다는 장점이 있다(Kim *et al.*, 2004).

이러한 특성을 갖는 RFID가 공급사슬 상에 적용됨으로써 얻을 수 있는 실제 장점들 중 가장 큰 것은 공급사슬의 전체적인 가시성을 제공해 준다는 것이다(Kim, 2006).

RFID 시스템은 상품에 부착되어 고유번호를 통해 상품 정보를 담고 있는 Tag와 Tag 정보를 읽어 들이는 Reader, 그리고 읽어들이는 정보를 효율적으로 관리하여 기존의 정보 시스템(ERP, CRM, SCM 등)에 제공하는 미들웨어로 구성된다(GS1 Korea, 2005).

태그는 전력 공급 방식에 따라 자체 전원을 사용하는 능동형(active)과 유도 커플링 방식으로 전자기파를 이용해 리더로부터 전력을 공급받는 수동형(passive), 그리고 칩 회로를 구동할 때에만 자체 전원을 사용하는 반수동형(semi-passive) 등으로 분류하고, 읽고 쓰는 방식에 따라 '읽기 전용', '한번 쓰고 여러 번 읽기', '읽기/쓰기'형으로 구분된다(Kim *et al.*, 2004). 또한, RFID 태그와 리더는 다양한 주파수 대역에서 운용되고 있으며, 이러한 주파수 대역들은 대역별로 독특한 특성이 있어 특성에 맞는 어플리케이션에서 사용되어야 한다. RFID 장비의 사용 주파수별 특성과 응용을 정리한 것이 <표 3>이다.

RFID 기술의 국내 현황은 13.56MHz 이하 주파수를 이용하여 생산 공정, 출입증, 교통카드, 도서관 관리 등에 사용되고 있으며, 정부의 기본계획에 따라 한국전자통신연구원을 중심으로 900MHz 수동형, 433MHz 능동형 RFID 및 u-센서 네트워크 기술을 개발하고 있다(Pyo and Chae, 2004).

현재 기술 수준에 있어서는 기술 선진국에 비해 2~3년 정도 뒤쳐져 있지만 정부 주도의 사업 추진 의지는 강하다. 국내 시

범 사업으로 정보통신부는 2004년 및 2005년 각각 6개 분야의 시범/선도 사업을 추진하고 있으며 정부의 전파식별(RFID) 적용 선도 사업을 주관하는 한국전산원도 6개의 선도 사업을 선정하여 추진하고 있다. 이를 표로 정리한 것이 <표 4>이다(Park *et al.*, 2006).

표 4. RFID/USN 응용서비스 시범/선도 사업현황

구분	사업추진내용	주관기관
RFID 시범사업 (2004)	물류관리 시스템 구축사업	조달청
	국방탄약관리시스템 사업	국방부
	수출입국가물류인프라 지원사업	산업자원부
	수입소고기 추적 서비스	국립수의과학검역원
	항공수하물 추적통제 시스템	한국공항공사
	항만물류 효율화 사업	해양수산부
RFID 선도사업 (2005)	RFID기반감염성폐기물관리시스템	환경부
	RFID 기술적용 신무기체계 (F=15K) 자산관리시스템구축	공군본부
	RFID기술을 이용한 개성공단 통행 및 전략물자관리시스템 구축	통일부
	대관령한우 RFID관리시스템 구축	강원도
	동북아물류중심 실현을 위한 차세대 항공화물 RFID 시범사업	인천시
	u-뮤지엄 서비스	국립현대미술관

또한, 전 세계에서 가장 신뢰성 있는 사례 자료를 구축하고 있는 IDTechEX사의 RFID 구축 데이터베이스에 의하면 RFID 구축 사례가 가장 많은 나라는 520건으로 미국이고, 한국은 36

건으로 8위이다. 가장 많이 사용한 주파수 대역은 314건으로 HF(13.56MHz)이고, UHF(868~960MHz)는 81건으로 3위이다. 태그 형태별 사례를 보면 라벨 형태가 221건으로 가장 많이 사용되었고, 그 다음으로 카드 형태가 127건으로 나타났다. 응용 분야별 구축 사례의 경우에는 <표 5>에서 보는 것과 같이 소매 및 소비재 상품 분야에 347건으로 가장 많고, 그 다음으로 금융 및 안전 분야가 241건, 자동차 및 수송 분야가 230건, 레저 스포츠 분야가 211건, 물류 분야가 119건, 건강 관련 분야가 111건 등으로 다양한 분야에서 응용되고 있는 것으로 나타났다(Kim *et al.*, 2006).

표 5. 응용분야별 구축 사례 건수 비교

구 분	사례 수
Airlines and Airports	57
Animals and Farming	68
Books, Libraries, Archiving	60
Financial, Security, Safety	241
Healthcare	111
Land and Sea Logistics, Postal	119
Laundry	10
Leisure, Sports	211
Manufacturing	69
Military	33
Passenger Transport, Automotive	230
Retail, Consumer Goods	347
Others	4

다음은 RFID 기술과 더불어 전 세계에 지역적으로 분리되어 있는 공급사슬 구성원 간의 실시간 정보를 공유하기 위해 필요한 기술로서 국제 표준에 기반을 둔 개방형 네트워크가 요구된다. 이러한 국제 표준 네트워크 중의 하나가 EPCglobal 네트워크이다. EPCglobal 네트워크는 EPC(Electronic Product Code)를 기반으로 RFID 태그가 부착된 상품에 대해 global Traceability와 Visibility를 제공해 준다.

EPCglobal은 1999년 Gillete, P&G 등의 업체들이 조인트 벤처 형태로 설립한 Auto-ID 센터가 전신으로, 이후 Wal-Mart, Metro, Ahold, Tesco 등 100여개 이상의 스폰서가 참여하는 글로벌 프로젝트 그룹으로 발전하였고, 사실상의 업계 표준으로서 폭넓은 지지 기반을 형성하였다. 2003년 10월 26일 Auto-ID 센터는 5년간의 프로젝트 활동을 종료하면서 EPC 표준 연구 개발 업무는 Auto-ID Labs로 이관하고 EPC 표준 개발과 관련된 관리·행정 업무는 EAN International과 Uniform Code Council 간의 조인트 벤처 형태로 설립된 EPCglobal에서 담당하게 되었다(Kim *et al.*, 2004).

EPC를 유일한 코드값으로 상품의 추적성과 가시성을 제공하는 EPCglobal 네트워크는 태그, RFID Reader, RFID 미들웨어

(ALE), EPCIS(EPC Information Service), EPCIS DS(Discovery Service), ONS(Object Naming Service)로 구성된다. <그림 1>은 Auto-ID 센터에서 제시하였던 이전 네트워크 구조와 현재 EPCglobal에서 제시한 구조를 비교하여 나타낸 것이다. 그림을 살펴보면 Auto-ID 센터에서 제시되었던 개념 중 ‘Dynamic ONS’가 ‘EPCIS Discovery Service’로, ‘PML Server’가 ‘EPC Information Service’로, ‘Savant’가 ‘ALE’를 포함한 ‘RFID Middleware’로 진화되었음을 알 수 있다.

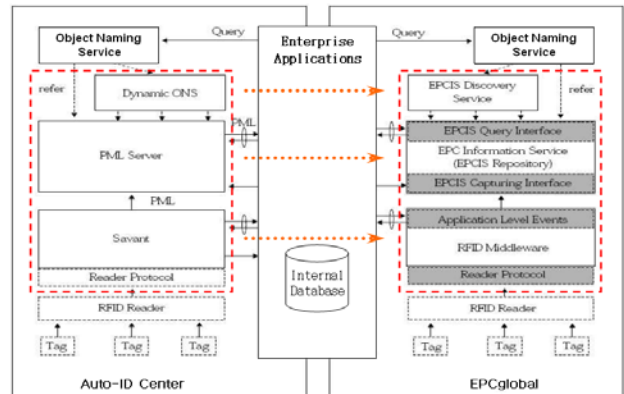


그림 1. EPCglobal 네트워크 구조

### 3. 제조/물류/유통/금융 프로세스 통합

#### 3.1 제조/물류/유통/금융 프로세스

본 연구에서는 상품 제조에서부터 물류 센터, 유통 센터, 매장, 그리고 고객에 이르기까지 상품의 전 라이프사이클을 대상으로 한다.

상품 라이프사이클을 살펴보면 제조에서 생산된 상품은 제조 창고에 임시 저장되었다가 분배 계획에 의해 물류 센터로 이동되고, 이동된 상품은 다시 유통 창고로 이동한 후, 매장의 판매대에 전시되어 판매된다. 판매된 상품은 고객에게 인도되고, 인도된 상품은 고객에 의해 사용되어 고장, 수리, 폐기가 발생하면 역물류(Reverse Logistics) 처리에 의해 반품된다.

제조 프로세스는 크게 생산 계획, 자재 구매, 제조, 재고 관리, 출하로 구성된다. 제조에 관련된 정보는 제조 업체의 ERP (Enterprise Resource Planning) 시스템, MES(Manufacturing Execution System) 시스템 등에 의해 관리된다.

물류 프로세스는 입고 계획, 입고 관리, 출고 관리, 재고 관리로 구성된다. 입고 관리의 경우 발주-차량도착-검수-하차작업-보관작업-보관관리-수불정리-회계처리의 프로세스를 거친다. 출고 관리의 경우에는 수주-배차-출고(상차)-운송-발주처도착-검수-하차-배차의 프로세스를 거치고, 내부적으로는 출고(상차) 후 창고재고-수불정리-회계처리의 프로세스를 거친다. 물류 정보는 WMS(Warehouse Management System), TMS(Transportation Management System) 등의 SCE(Supply Chain Execution) 시스템에

서 관리된다. 또한, 물류의 경우 해외 수출입에 대한 부분도 고려하여야 하는데 해외 수출입에 관련된 정보는 수출입 통관 시스템(CTI), 적하 목록 취합 시스템(MFCS) 등의 국가 수출입 물류 인프라에 저장되어 관리되고 있다.

유통 프로세스는 주문 계획, 입고 관리, 재고 관리, 보충 관리, 매장 관리, 반품 관리의 프로세스로 구성되고, 상품의 판매에 관련된 정보는 POS(Point of Sales) 시스템에서 관리된다.

금융 프로세스는 크게 기업 대 기업 거래(B2B)와 기업 대 소비자 거래(B2C)로 분류된다. B2B 거래는 기업간의 거래로서 예를 들면 제조 업체와 물류 센터 간의 거래, 물류 센터와 유통 센터 간의 거래를 의미한다. B2C 거래는 매장과 고객과의 거래를 예로 들 수 있다. RFID 기반의 금융 거래 시스템의 경우 공급사슬 상의 구성원 간에서 발생하는 RFID 태그 정보를 기반으로 금융 결제가 자동 이루어지기 위해서 가상 POS가 필요하다. '가상 POS'는 별도의 계약 조건을 관리하는 계약 관리 하에 특정 시점(인수, 배송 등)에 자동 결제가 이루어질 수 있도록 가상 공간에 구축한 POS로 정의할 수 있다. 예를 들면 배송 완료 시점에 RFID 리더를 통해 읽혀진 태그 정보(시간, 수량, 위치 등)는 EPCglobal 네트워크의 EPCIS와 DS에 기록되고, 가상 POS에서는 결제 관련 정보와 EPCIS와 DS에 기록되어 있는 태그 정보를 조회하여 자동 결제를 수행하게 된다. 즉, 가상 POS에서는 결제 대상 상품의 결제 정보와 해당 상품의 EPC에 의해 조회된 EPCglobal 네트워크 상의 태그 정보를 대조하여 자동 결제 프로세스를 수행하게 되는 것이다.

### 3.2 EPCglobal 네트워크 중심의 통합

3.1절에서 제조, 물류, 유통, 금융 프로세스에 대해 살펴보았다. 제조/물류/유통 프로세스는 실제 상품의 이동에 근거하는 프로세스로서 업종별로 서로 상이하고, 동일 업종 내에서도 여러 채널로 이루어져 있어 매우 다양한 형태의 프로세스가 존재한다. 또한, 지역적으로 분산되어 있는 글로벌 공급 사슬 상의 기업 간 프로세스 통합 및 정보 공유는 개별 기업에 종속된 시스템 사용으로 인해 더욱 어려운 상황이다. 이렇게 복잡한 제조/물류/유통 프로세스와 기업간 비표준화 된 폐쇄형 시스템을 기반으로 상품 정보를 공유하고, 이를 토대로 상품 추적을 통해 금융 결제를 연계하는 것은 거의 불가능하고 비효율적인 통합이 된다. 따라서 본 연구에서는 EPCglobal에서 제안하고 있는 개방형 네트워크를 중심으로 제조/물류/유통/금융 통합을 제안한다. 공급 사슬 상의 주체들은 제조/물류/유통 프로세스에서 필요한 세부 비즈니스 단계별로 RFID 리더와 안테나를 설치하고, 이를 통해 상품의 태그 정보들을 읽어 들여 EPCglobal 네트워크에 저장한다. 저장된 정보에 대해 EPC를 기준으로 상품의 실제 위치와 이력 정보를 조회할 수 있고, 이를 기반으로 기업 간 거래 및 기업-소비자 간 거래의 금융 결제를 수행할 수 있다. <그림 2>와 같이 제조/물류/유통 프로세스와 금융 및 DW 분석 프로세스를 통합함으로써 RFID 기반의 상품

라이프사이클 통합 관리를 지원할 수 있다.

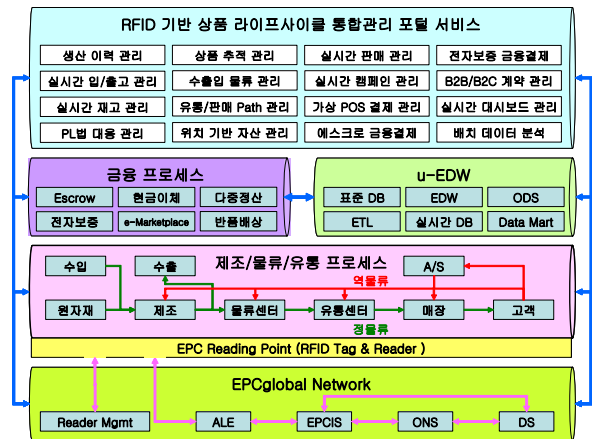


그림 2. EPCglobal 네트워크 중심 통합 프로세스

### 3.3 EPC 기반의 PLM

PLM(Product Lifecycle Management)은 제품 개념에서부터 제품 폐기까지의 제품 개발과 제품 관리에 대한 총체적인 접근으로서 제품 설계에서부터 제조, 유통, 판매, 고객 지원, 보전 및 폐기에 이르기까지 넓은 기능 범위를 포함한다(Burkett et al., 2002). 제품 라이프사이클은 크게 설계, 제조, 분배, 판매, 사용, 폐기의 단계로 구분할 수 있고 각각의 단계에서는 다양한 의사 결정이 이루어지게 된다. 문제는 제품이 이러한 제품 라이프사이클의 단계를 거쳐서 이동함에 따라 제품에 대한 많은 정보가 급속하게 손실된다는 것이다(Valerie et al., 1999). 이러한 정보 손실을 막기 위해서는 각 단계별 제품 정보를 저장하고, 필요시 정보를 제공할 수 있는 네트워크화 된 시스템이 필요하다. 특히, 단계별 정확한 의사 결정을 위해서는 유일성(uniquness), 완결성(completeness), 적시성(timeliness), 정확성(accuracy)과 같은 4가지 특성을 갖는 제품 라이프사이클 정보가 제공되어야 한다(Mark et al., 2004).

본 연구에서 제안하는 상품의 효율적인 라이프사이클 관리를 위한 통합 관리 시스템은 전체 라이프사이클의 추적성과 가시성을 제공하기 위해 RFID 기술과 EPCglobal 네트워크를 기반으로 구성된다. EPCglobal 네트워크를 중심으로 태그가 부착된 상품의 흐름을 통해 EPC 상품 정보를 공유하는 절차를 설명하면 다음과 같다. 먼저 상품 라이프사이클의 각 단계에서 상품의 이동이 발생하면 상품 이동과 더불어 상품이 지나가게 되는 위치의 RFID 리더에 의해 상품에 부착된 RFID 태그의 정보가 수집된다. 리더에 의해 자동으로 수집된 많은 태그 정보들은 1차적으로 RFID 미들웨어(ALE)에 의해 EPCIS에서 요구되는 이벤트 스펙에 따라 처리되고, 미들웨어에서 걸러진 EPC 이벤트 정보는 EPCIS에 전달되어 리파지토리에 저장되거나 EPC 이벤트 정보를 필요로 하는 기간 운영시스템(ERP, WMS 등)에 전송되어진다. EPCIS에 저장된 EPC 이벤트 정보는 EPCIS에 의

해 ONS와 DS에 전송되어 저장되고 DS에 저장된 상품에 대한 EPC 이벤트 이력 정보들은 EPC를 통한 상품이력 조회 및 실시간 금융 결제 시 사용된다. 또한 DS에 저장되어 있는 상품에 대한 EPC 이벤트 정보들은 공급 사슬 상에 있는 제조, 물류, 유통 EPCIS와 ERP 등의 기간 운영 시스템 내에 저장되어 있는 정보와 결합되어 실시간 및 배치 단위로 통합 분석되어 공급사슬 상의 추적성과 가시성을 제공하는데 사용된다.

#### 4. RFID 기반 통합 관리 시스템 설계

##### 4.1 통합 관리 시스템 설계

3장의 제조, 물류, 유통, 금융 프로세스와 EPC 기반의 PLM에 대한 분석을 토대로 RFID 기반의 상품 라이프사이클 통합 관리 시스템을 설계하였다. RFID 기반의 상품 라이프사이클 설계시 물류의 두가지 흐름인 상품 생산과 계획된 출하에 의한 제조 → 물류 센터 → 유통 센터 → 매장 → 고객으로 가는 정방향 흐름과 고객 불만, 수리, 폐기 등에 의한 역방향 흐름을 고려하였다.

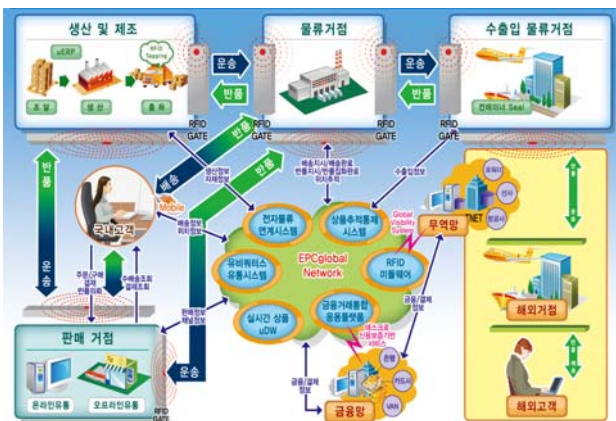


그림 3. 상품 라이프사이클 관리 통합시스템

본 연구에서 제시하는 RFID 기반의 효율적인 상품 라이프사이클 관리를 위한 통합 시스템은 <그림 3>과 같다. 상품 라이프사이클 상의 개별 상품에 대한 추적성과 가시성을 제공하기 위해 먼저 EPCglobal 네트워크를 구축해야 한다. EPCglobal 네트워크는 현재 업계의 사실상 국제 표준으로서 EPC 태그를 부착한 개별 상품의 전체 라이프사이클의 단계별 조회를 가능하게 한다. 이러한 EPCglobal 네트워크(EPCIS, ONS, DS)에 저장된 EPC 정보를 기반으로 생산 거점, 물류 거점, 유통 거점의 정보를 통합하고, 이와 더불어 수출입 무역 네트워크와 금융 네트워크를 연계한다. 이를 위해 ‘상품 추적 통제 시스템’, ‘전자 물류 연계 시스템’, ‘유비쿼터스 유통 시스템’, ‘금융 거래 통합 플랫폼’, ‘실시간 상품 DW’, ‘RFID 미들웨어’ 등을 개발함으로써 개별 상품의 전체 라이프사이클을 효율적으로 관리할 수

있다. ‘상품 추적 통제 시스템’은 제조업체에서 생산된 상품이 제조 창고, 물류 센터, 유통 창고, 유통 매장 등을 통하여 고객에게 판매되었을 경우 물류프로세스 상의 각 주체들에 의해서 EPC 코드를 이용하여 해당 상품의 이동 경로를 추적하고, 상품의 위조 방지와 PL법 대응을 위한 정보를 제공하는 시스템이다. ‘전자 물류 연계 시스템’은 상품의 라이프사이클 중 제조와 물류 센터에 관련된 시스템으로서 특히 물류 센터의 OMS, WMS, TMS시스템과 연계되어 물류 센터의 입고/출고/반품 요청 정보와 실제 처리되는 입고/출고/반품에 관한 정보를 제공한다. 또한, 물류 센터 내 로케이션 재고 데이터, 일일 재고 수불 데이터, 재고 조정 데이터 등을 제공하며, 배차시 배차 정보를 출고/반품 정보와 연계하여 제공한다. ‘유비쿼터스 유통 시스템’은 상품의 라이프사이클 중 유통 창고와 유통 매장에 관련된 시스템으로서 유통 창고 내 입고/출고/재고 현황과 상품 유통 기간 정보를 분석하여 상품 관리를 지원하고, 매장 내 RFID 리더가 설치된 지능형 상품 판매대를 이용하여 진열 상품에 대한 실시간 재고 및 고객 관심도 분석을 통해 일정 재고 수준 이하의 상품에 대한 자동 보충 진열과 실시간 캠페인을 지원한다. ‘금융 거래 통합 플랫폼’은 EPCglobal 네트워크의 EPCIS, ONS, DS에 저장되어 있는 물류 프로세스 상의 거점별 EPC 상품 정보를 실시간으로 조회하여 B2B와 B2C 거래에 대한 자동 결제를 지원하는 시스템으로서, B2B/B2C 계약 정보 관리, 에스크로 서비스, 전자 보증 기반의 금융 결제 등을 지원한다. ‘실시간 상품 DW’는 물류 프로세스 상의 각 거점별로 저장되어 있는 EPC 상품 정보에 대해 실시간 분석과 배치 단위 분석을 지원하는 시스템으로서 EPCglobal 네트워크의 EPCIS, EPCIS DS의 EPC 정보와 각 거점별 연계되어 있는 레거시 시스템(ERP, SCM, CRM 등)의 상품 정보를 실시간 및 배치 단위로 분석하여 상품에 대한 가시성(Visibility)을 제공한다. ‘RFID 미들웨어’는 상품의 라이프사이클 상의 각 비즈니스 단계에서 물리적으로 설치되는 다양한 RFID 리더를 EPCglobal 네트워크와 각 거점별 레거시 시스템에 연결시켜 필요한 태그 데이터를 제공할 수 있게 해주고, 물리적으로 분리되어 있는 리더를 필요에 의해 논리적으로 그룹화 하여 관리하는 기능을 지원하는 시스템이다. EPCglobal 네트워크의 ALE와 RIC(Reader Interface Controller) 관리, 그리고 Reader 관리 기능 등으로 구성된다.

제시된 RFID 기반의 상품 라이프사이클 관리 통합 시스템의 효과는 다음과 같이 네 가지로 정리할 수 있다. 첫째, EPCglobal 네트워크의 물류 단계(제조 업체, 물류 센터)와 유통 단계(매장 창고, 매장)에서 발생된 EPC 정보를 토대로 상품의 실시간 위치 추적 및 재고 현황을 조회할 수 있다. 둘째, EPCIS 네트워크의 상품 정보를 토대로 실시간 상품 분석과 일정 기간 저장된 배치 단위 상품 분석을 제공할 수 있다. 셋째, 제조 업체, 물류 센터, 매장 등 물류 및 유통 거점에서 RFID 태그와 리더를 통해 실시간으로 제공되는 상품 정보를 토대로 금융망을 연계하여 에스크로 및 전자 보증 기반의 결제 서비스, 계약 기반 다중 정산 서비스, 반품 반영 배상 서비스 등을 제공할 수 있다. 넷째,

국가 수출입 물류 인프라(MFCS, CTI 등)와 연계를 통해 수출입 물품에 대한 항적/선적/통관의 정보를 제공하고, 이에 대한 통계 정보를 제공할 수 있다.

#### 4.2 통합 관리 시스템 개발

4.1절에 제시한 상품 라이프사이클 관리 통합 시스템 설계를 기반으로 물류/유통 시스템, DW 시스템, 금융 시스템, 국가 수출입 물류 인프라 연계 시스템을 개발하였다.

RFID 기반 유통시스템 및 상품추적통제 시스템 개발을 목적으로 유통 시스템으로서 위치 추적 기능을 갖는 자산 관리 시스템, 판매 및 재고 실시간 모니터링 및 분석 시스템을 개발하였고, 물류 시스템으로서 물류 프로세스의 실시간 위치추적 시스템, 지능형 입고출고 자동관리 시스템을 개발하였다. 위치추적 기능을 갖는 자산 관리 시스템은 매장 내 자산인 카드/장바구니에 태그를 부착하여 화면 모니터를 통해 매장 도면 상에서 파란 점으로 현재의 위치를 모니터링할 수 있고, 화면 위의 점을 마우스로 클릭하여 해당 카드의 정보를 조회할 수 있다. 또한, 모니터링 된 자료를 통해 구역별 카드/장바구니 수와 구역별 방문 누계 횟수 및 방문 누계 시간 등의 통계 자료를 조회할 수 있다. 판매 및 재고 실시간 모니터링 및 분석 시스템은 매장 창고 입/출고 게이트와 창고-매장 간 게이트에 안테나와 리더기를 설치하여 매장 창고 내 상품별 재고 현황을 조회할 수 있고, 매장 내 스마트 진열대(선반별로 안테나 설치)를 통해 진열 상품별 수량을 실시간으로 파악할 수 있다. 따라서 개발된 시스템을 통해 매장 창고 내 구역별 재고 현황, 상품별 재고 현황 및 재고 유통 기간을 조회할 수 있다. 또한 스마트 진열대의 실시간 진열 상품 수량 정보를 토대로 진열 상품 수량이 설정된 수량 이하가 될 경우 자동으로 경고 및 보충 진열 메시지를 표시해 주며, 진열 상품에 대한 고객의 상품 관심도를 측정하여 리포팅을 제공할 수 있다.

실시간 위치 추적 시스템은 제조 포장 단계에서 상품의 단품 박스에 태그하고, 단품 박스 2개를 중박스에 넣어 포장하여 태그한 후, 안테나와 리더를 통해 단품 박스와 중박스의 태그 정보를 읽어 포장 구성 관계를 형성하여 EPCIS와 ERP에 저장한다. 이후 중박스 태그 정보를 기준으로 제조 창고의 입고 및 출고시 창고 게이트에 부착된 안테나와 리더를 통해 EPCIS와 ERP에 저장하고, 이동차량을 통해 물류 센터로 이동하여 입고 검사 후 물류 센터 입고 게이트의 안테나와 리더를 통해 물류 센터 입고 정보를 EPCIS에 기록하고, 출하 정보에 의해 피킹 검수 및 상차 검수 후 출고 게이트의 안테나와 리더를 통해 EPCIS에 출고 기록한다. 상품의 이동시 주요 비즈니스 단계에서 워치된 태그 정보를 토대로 실시간 위치 추적 시스템은 제조 단계와 물류 센터 단계에서의 상품별 입고 및 출고 유무와 재고 현황을 조회할 수 있다. 지능형 입고출고 자동 관리 시스템은 실시간 위치 추적 시스템과 연계하여 구현한 시스템으로서 창고 입고 및 출고시 관련된 물류 정보(PO, ASN 등)를 조회하고, 조

회된 정보와 안테나와 리더를 통해 들어 온 상품의 태그 정보와 비교를 통하여 일치 여부를 확인하고, 이를 통해 입고 및 출고 현황을 자동으로 저장한다. <그림 4>는 실시간 위치 추적 시스템을 이용하여 제조 업체에서 창고 출고 게이트의 안테나와 리더에서 들어온 제품 정보에 대해 출고를 확정하는 화면이다.

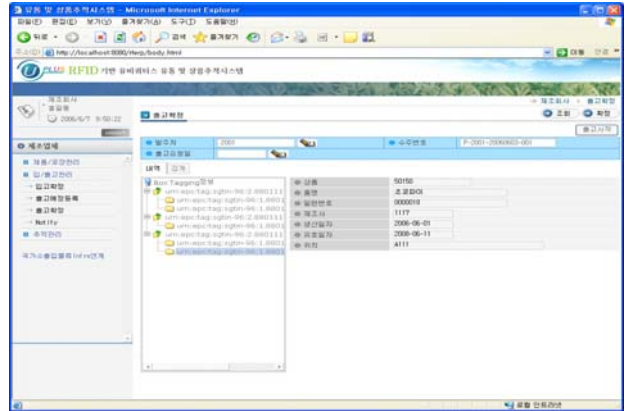


그림 4. 물류프로세스의 실시간 위치추적 시스템

또한, 상품 라이프사이클 DW 시스템 개발을 목적으로 시스템 설계를 완료하고, DW 분석을 위해 유통 데이터 마트를 설계하고 Pilot 형태로 구축하였다. RFID 기반의 상품 라이프사이클 데이터 분석은 실시간 분석과 배치 단위 분석으로 구분하여 설계하였고, 대용량 데이터의 배치 단위 분석을 위해 ODS(Operation Data Store)와 MMDDBMS(Main Memory DBMS)를 고려하였다. <그림 5>는 파일럿 형태로 구축된 유통 데이터 마트의 정보를 이용하여 각 채널별(제조사, 물류사, 유통사) 보관 일수, 보관 수량, 평균 수량 등을 표시하고, 보관 일수에 따라 신호등 형태를 이용하여 가시적으로 표시한 화면이다.



그림 5. 실시간 상품정보 분석 시스템

그리고 금융 거래 통합 응용 플랫폼 개발은 RFID 기반의 상품 거래에 대한 구매 기업과 판매 기업 간의 다양한 금융 거래

를 지원하기 위해 계약 체결 및 관리 서비스, 에스크로 서비스, 전자 보증 기반 B2B 결제 서비스(구매 카드 대출, 구매 자금 대출 등), 현금 이체 서비스, 반품 반영 배상 서비스, 계약 기반 다중 정산 등을 제공할 수 있도록 금융 통합 플랫폼으로 설계하고, 계약 체결 및 관리 시스템, 에스크로 기반 금융 거래 시스템, 전자 보증 기반 금융 거래 시스템을 웹 기반으로 개발하였다. 에스크로 기반 금융 거래 시스템은 실제 은행 내부 시스템과 연동하여 은행 내부 데이터를 중계하여 처리하도록 개발하였고, 전자 보증 기반의 금융 거래 시스템은 구매 자금 및 구매 카드 대출을 위하여 전자 보증과 신용 보증 기금 프로세스와 연계하였다. <그림 6>은 전자 보증 기반의 금융 거래 시스템을 이용하여 구매 의향서를 작성하는 화면이다.



그림 6. 금융 거래 통합 응용 플랫폼

국가 수출입 물류 인프라 연계 시스템 개발은 향후 RFID 기반의 수출입 인프라 구축시 적용될 수 있는 시스템으로서 국가 수출입 물류인프라 연계, 수출입 통계 정보 DB 연계, 해외 거점 RFID 관련 정보 연계, 해외 물류 네트워크 연계 등을 통하여 수출입 관련 물류/유통 정보를 제공할 수 있도록 국가 수출입 물류 인프라 연계 시스템(GVS)을 설계하였고, 이 중 국가 수출입 물류 인프라인 수출입 통관 시스템(CTI), 적하 목록 취합 시스템(MFCS), 수출입 화물 통계 DB 를 연계하여 현재 BL 기반으로 화물 정보를 조회할 수 있는 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템을 통해 ‘수출 이행 내역 정보’, ‘수출 신고 내역 정보’, ‘수입 화물 진행 정보’, ‘항공/해상 House 적하 목록 취합 정보’, ‘월별 수출 화물 실적’, ‘수출입 무역 총괄 통계’ 등을 조회할 수 있다.

<그림 7>은 국가 수출입 물류 인프라 연계 시스템(Global Visibility System)을 이용하여 수출입 통관 시스템(CTI)으로부터 ‘수출 이행 내역 정보’를 조회하는 화면이다.

개발된 시스템들은 구축된 Test Lab에서 개별 제품(소 박스 사용)에 RFID 태그를 붙이고, 태그된 2개의 제품을 태그가 부착되어 있는 중박스에 넣어 제조 창고, 물류 센터, 유통 창고로 이동하면서 리더기의 안테나를 통해 EPC 데이터를 읽어 들이고, 읽혀진 데이터를 이용하여 기능을 검증하였다. EPC 데이터

의 경우 안테나의 간섭과 태그 불량 등의 원인에 의해 100% 인식에는 어려움이 있었고, EPCglobal 네트워크의 주요 구성 요소인 ALE, EPCIS, ONS, DS는 기본 기능을 중심으로 개발하였으나, DS와 EPCIS의 경우 최종 표준 규격 문서가 확정되지 않아 완벽한 EPCglobal 네트워크를 구현하지는 못하였다. 개발된 시스템들의 개별적인 기능들은 시스템과 리더기를 직접 연결하여 검증하였다. EPCglobal의 표준 규격 문서가 확정되면 기존에 개발된 구성 요소들을 수정 및 확장함으로써 제조, 물류, 유통, 판매, 사용, 폐기로 이루어지는 전체 상품 라이프사이클의 추적성과 가시성을 제공할 수 있을 것이다.



그림 7. 국가수출입인프라 연계 시스템

### 5. 결론

현재 EPCglobal의 RFID 표준 Gen2가 완성되었고, 미국의 월마트와 미 국방부의 전자 태그 납품 의무화 실시, 그리고 유럽 지역 대형 소매 유통사들의 RFID 도입 시작 등으로 인하여 Gen 2 표준 RFID 제품 출시와 더불어 소매 유통업계의 신규 RFID 도입이 활발해질 것으로 예상되어진다.

따라서 본 연구에서는 개방형 시스템인 EPCglobal 네트워크를 기반으로 상품의 라이프사이클 관리를 효율적으로 수행할 수 있는 통합 시스템 설계를 제안하였다. 특히, 물류, 금융, 정보 프로세스를 물류 프로세스 중심이 아닌 판매자와 구매자라는 단순한 거래 관점의 유통 프로세스 중심으로 통합함으로써 효율적으로 전체 프로세스를 통합할 수 있었다. 또한, 제시된 설계를 기반으로 상품 라이프사이클 상의 추적성과 가시성을 제공할 수 있는 주요 시스템을 개발하였고, Test Lab에서 단품 박스와 중박스에 태그를 부착하여 시스템들의 기능을 검증하였다.

제안된 개방형 네트워크 기반의 통합 시스템은 개별 상품의 라이프사이클 단계에서 상품 정보 및 이력 데이터를 실시간으로 제공함으로써 Digital Manufacturing과 RTE(Real Time Enterprise)의 인프라를 제공하고, 기존 레거시 시스템(ERP, CRM, SCM)과의 효과적인 정보 공유를 가능하게 할 것이다.



추후 연구로는 다양한 산업과 업종에 적용하기 위해 산업 및 업종별 프로세스와 비즈니스 단계에 대한 분석이 필요하고, 이를 토대로 산업 및 업종별 적용 방안 마련에 대한 연구가 필요하다. 또한, 개발된 시스템들을 실제 기업에 적용함으로써 RFID 기반의 상품 라이프사이클 통합관리에 대한 실제 효과에 대해 객관적이고 공학적인 분석이 필요하다.

## 참고문헌

- Burkett, M., Kemmerer, J., and O'Marah, K.(2002), Product Lifecycle Management; What's real now?, *AMR Research Report*.
- GS1 Korea(2005), *Roadmap for Industrial RFID/EPC Spread Strategy*, GS1 Korea, 1-185.
- Kim, D-H.(2006), Supply Chain Management change by RFID Introduction, *Management & Computer*, 3, 148-152.
- Kim, J-H., Park, C-K., and Kim, Y-K.(2004), RFID Deployment Direction and Introduction Guideline, *IT Insight(ITA)*, 7, 1-31.
- Kim, J-N., So, H-S., and Jung, H-J.(2006), An Analysis of RFID Case Studies, *ECTA*, 21(2), 161-169.
- Lee, Y-C.(2005), RFID, *IT Brief(ITA)*, 7, 9-18.
- Mark, H., Duncan M., Ajith K. P., and Chien Y. W.(2004), Information Management in the Product Lifecycle-The Role of networked RFID, *IEEE*, 507-512.
- Park, S-J., Choi, H-C., Koo, J-E., and Kim, S-J.(2006), An Analysis on RFID/USN Usage Behavior, *ECTA*, 12(2), 74-87.
- Peter, H. and Raghu, D.(2005), *RFID Forecasts, Players and Opportunities, 2005 to 2015*, IDTechEx.
- Pyo, C-S. and Chae, J-S.(2004), RFID Technology & Standard Trend, *TTA Journal*, 95, 37-47.
- Seo, J-H., Hwang, Y-M., and No, J-J.(2005), A Study on the Process of Sales System based on RFID Technology for Improving Supply Chain Performance, Proc. Conf. on Korean Society for Supply Chain Management.
- Valerie T., Wolfgang N., and Sigurd(1999), Information Technology and Product Lifecycle Management, *IEEE*, 54-57.



**김 동 민**

동국대학교 산업공학과 학사  
 동국대학교 산업공학과 석사  
 동국대학교 산업공학과 박사수료  
 현재: 동국대 유비쿼터스 물류관리 연구센터  
 책임연구원  
 관심분야: RFID, SCM, ERP, CRM



**이 종 대**

서울대학교 산업공학과 학사  
 한국과학기술원 산업공학과 석사  
 UC 버클리 IE&OR 박사  
 현재: 동국대학교 산업시스템공학과 교수  
 관심분야: SCM, RFID, ERP, AI, CRM, Simulation