

2005년부터 2010년 사이의 RFID 기술 적용 현황

신동목* · 최성희** · 이공섭***

*울산대학교 조선해양공학부

**펜실바니아 주립대학교 산업공학과 대학원

***유한대학 산업경영과

RFID Applications from 2005 to 2010

Dongmok Sheen*, Sung Hee Choi** and Gong Seop Lee***

**School of Naval Architecture and Ocean Engineering, University of Ulsan, Ulsan, Korea*

***Department of Industrial and Manufacturing Engineering, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA*

****Department of Industrial Engineering, Yuhan University, Bucheon, Korea*

KEY WORDS: Active radio-frequency identification(RFID) 능동형 RFID, Passive radio-frequency identification(RFID), 수동형 RFID, Wireless sensor network(WSN) 무선 센서 네트워크

ABSTRACT: RFID has been used as an identification tool that substitutes for bar codes. Its areas of application are increasing due to its suitability in ubiquitous environment. In this paper, first, we review various aspects of RFID, including standards, characteristics, and relationships with wireless sensor networks. Then, we review the technical aspects of RFID and its areas of application, e.g., supply chain management (SCM) and manufacturing since 2005. SCM, in which RFIDs can shorten lead time and ensure the quality of products, is one of the most active application areas. Manufacturing is a relatively new area for RFID applications, but it is believed that it can enhance the productivity and the reliability of the products. Also, the authors suggest research issues and limitations of RFID, as well as possible application areas related to marine engineering.

1. 서 론

Radio-frequency identification(RFID)는 바코드를 대체할 ID 인식 기술로 유비쿼터스 환경에 필수적인 기술로 알려져 있다. 바코드와 달리 RFID는 인식을 위해 리더와 방향을 맞추어야 할 필요가 없고 동시에 여러 개 인식이 가능하여 적용분야가 넓고 빠른 인식을 할 수 있다. 또한 오염과 마모에 강한 장점이 있다. RFID 가격은 2001년 500,000개 기준으로 개당 \$1.15에서 2007년 \$0.05까지 하락하여(Bolotnyy and Robins, 2007) 그 활용도가 점점 높아지고 있다. 조선해양 분야에서도 지능형 선박, 생산 관리 분야 등에 적용이 모색되어 왔고 해양개발 분야에서는 드릴링 파이프 등 피로 파괴가 문제될 수 있는 분야에서 제품 사용 이력 정보 관리하는 데 사용된 사례가 보고되고 있다.

RFID는 단순히 바코드를 대체하는 기술이 아니라 센서와 통합하면 유비쿼터스 시스템의 기반 기술인 무선 센서 네트워크(Wireless sensor network, WSN)의 핵심기술이 된다. 무선 센서네트워크와 연계되면 RFID가 부착된 제품, 부품, 운송수단, 장비 등은 스마트 개체로서 역할을 할 수 있게 된다. 생산, 운송, 사용 중 발생하는 이상 상태들을 개체 별로 실시간으로 관리하여 사고 발생 시 능동적으로 제품 파손 가능성 등을 경고할 수 있고 신속하고 정확하게 대처할 수 있게 된다.

많은 기업들과 공공기관들에서 RFID의 도입을 서두르고 있는

데, Wal-mart, 미 국방부(Want, 2006), 고속도로 요금 징수 시스템 등에 적용되었고, 각 대학의 RFID 관련 연구실들에서는 관련 기술 개발이 한창이다(Sheng et al., 2008). 본 논문은 현재 RFID 관련 기술과 적용 예 등을 살펴보고 미래의 발전 방향을 살펴보고자 한다. 대상 분야는 많은 예가 보고되고 있는 분야 중 조선해양 수산 산업과 관련이 있는 농수산물 유통 관리, 공급망 관리, 생산, 제품 전 생애주기 데이터 관리 등으로 한정한다.

2. RFID 개요

2.1 RFID 종류

RFID의 하드웨어 부분은 태그, 안테나, 리더로 나뉜다. 태그는 여러 종류 및 형태가 있는데 전기회로, 안테나와 이를 포함한 부분으로 구성되며 주로 개체에 부착되어 그 개체의 ID를 저장한다. 전기회로에 포함된 메모리는 소규모로 주로 ID와 경우에 따라서는 관련 서버 주소를 저장한다. 개체에 대한 상세 정보는 서버에 별도로 저장되어 있다. 안테나는 리더와의 교신을 담당하며 수동형 RFID의 경우 회로 구동에 필요한 전력을 리더로부터 공급받기도 한다. 태그를 전원 공급방식에 따라 분류하면 수동형, 능동형, 반 능동형으로 나눌 수 있다. 수동형은 자체 전원은 없고 리더의 호출 시에 활성화되어 안테나를 통하여 리더로부터 전원을 공급받는다. 수동형은 단순하고 값이 저

교신저자 신동목: 울산시 남구 무거동, 052-259-2152, dmsheen@ulsan.ac.kr

렵한 반면, 작동 거리가 상대적으로 짧다. 반면에 능동형 태그는 자체 전원으로 구동되며 따라서 리더의 호출에 상관없이 연속적으로 작동 가능하고 작동 거리도 상대적으로 길다. 능동형은 상대적으로 크기가 크고 비싸다. 반 능동형 태그는 자체 회로 구동을 위한 전원을 구비하고 있으나, 통신을 위한 전원은 리더로부터 공급받는다(Finkenzeller, 2003).

2.2 WSN과 RFID 관련 표준

무선 센서 네트워크(WSN)은 지상, 공중, 차량, 빌딩, 인체 등에 센서를 심어 놓고 보안, 환경, 건강, 안전 등과 관련된 모니터링을 목적으로 무선으로 네트워크와 교신하는 시스템이다(Liu et al., 2008). WSN은 전통적으로 Wi-Fi나 Zigbee 등의 통신 프로토콜을 사용하며 이는 태그-리더에 기반한 RFID 시스템과 다른 경로로 발전해 왔으나 상대적으로 저렴한 RFID 통신은 센서와 결합된 형태로 WSN에서도 중요한 요소로 인정받고 있다.

RFID 시스템은 데이터 통합 계층, 미들웨어, 장치의 3 계층으로 나누어 볼 수 있다(Sheng et al., 2008). 장치 계층은 센서, 태그, 리더로 구성되며, 미들웨어는 데이터 통합 계층의 응용 시스템을 위하여 데이터를 수집하여 필터링하고 시스템에 적합한 형태로 변환시킨다. 데이터 통합 계층은 적용 프로그램이 실행되는 계층이다. 이들 세 계층은 표준화 없이는 서로 연계 운영될 수 없다. 이를 위하여 Auto-ID(EPC global Inc.로 개명, www.epcglobalinc.org)는 “internet of things”라 불리는 통신 네트워크를 개발하였으며, UCLA의 WinRFID(www.wireless.ucla.edu/rfid/winrfid), SAP사의 Auto-ID Infrastructure(SAP AII)(www.sap.com/solutions/auto-id/index.epx), 그리고 IBM사의 Websphere RFID(www-01.ibm.com/software/integration/premises_server/index.html) 등의 여러 시스템 통합 프레임이 제안되어 있다.

2.2.1 주파수

RFID 시스템은 주파수 대역별로 표준이 지정되어 있으며 작동 범위를 포함한 특성이 각각 달라 적용분야도 다르다(Table 1).

2.2.2 계층간 통신 프로토콜

WSN과 연동되어 사용될 통신 프로토콜은 WSN 구성요소에 따라 달라진다. 태그와 리더를 이용할 경우 RFID 통신 프로토콜(예, 860 MHz~960MHz 대역 수동형 태그용 EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 protocol(www.epcglobalinc.org/standards))이 사용된다. 태그가 무선 통신 장비와 통합 또는 연계되어 있다면 Wi-Fi 나 ZigBee(Liu, et al., 2008) 같은 무선 통신 프로토콜이 사용된다.

2.2.3 미들웨어

미들웨어는 데이터 통합 계층과 RFID 리더와 같은 데이터 수집 장치 간 통신을 책임지며, 수집되는 방대한 양의 데이터들을 정리하여 응용 시스템에 맞는 정보로 변환하는 역할을 한다. 데이터 수집 시스템에는 기존의 바코드 기반 시스템도 있기 때문에 하드웨어에 무관한 시스템을 구축하는 것이 중요하다(Hong, 2004; Sheng et al., 2008). 제정된 미들웨어 표준은 없으나 여러 가지 방안들이 제안되고 있다.

RFID 태그를 부착한 물체가 움직이게 되면 위치 및 상태 정보가 변하게 되므로 미들웨어에서는 동적정보를 다루게 된다. Siemens에서는 동적정보를 관리하기 위하여 동적 관계형 DB (Dynamic Relationship ER, DRER)를 제안하였다. RFID 정보는 리더 범위 안밖으로의 태그의 이동, 미인식 등 정보의 정확도에 영향을 주는 요소들이 많아 버클리 대학에서는 통계적으로 RFID 데이터를 처리하는 방법(Statistical Smoothing for Unreliable RFID data, SMURF)을 제안하였다. 태그를 용기가 아닌 제품단위에 부착하게 되면 데이터의 양이 방대해진다. 따라서 오라클의

Table 1 Operating frequencies and associated characteristics (Ward, 2006; Chawla and Ha, 2007)

	Low frequency 125~134 kHz	High frequency 13.56 MHz	Ultra high frequency 433 MHz, 865~956 MHz, 2.45 GHz	Microwave 2.45 GHz
Relevant standards	ISO 11784,11785 ISO/IEC 18000-2 ISO 14223-1	ISO/IEC 18000-3 EPC class-1 ISO 15693 ISO 14443 (A/B)	ISO/IEC 18000-6 EPC class-0, class-1	ISO/IEC 18000-4
Approximate reading range	Less than 0.5 m	Up to 1.5 m	433 MHz : ~100 m 865~956 MHz : 0.5~5 m 2.45 GHz : ~10 m	Up to 10 m
Typical data transfer rate	Less than 1 kbit/s	Approximately 25 kbit/s	433 MHz : 30 kbit/s 2.45 GHz : 100 kbit/s	Up to 100 kbit/s
Characteristics	Penetrates water but not metal	Penetrates water but not metal	Concurrent reading of <100 items. Cannot penetrate water or metals	Cannot penetrate water or metals
Typical use	Animal ID Car immobilizer	Smart Labels Contact-less travel cards Access & Security	Specialist animal tracking logistics	Moving vehicle toll

EPC-bitmap, 일리노이 대학교의 RFID 창고(RFID warehousing) 등은 데이터 양을 줄이는 방법을 제안하였다. 오라클은 EPC에서 헤더, 관리자 번호, 개체 클래스 등과 같은 부분을 공유하는 것들을 모아 표현함으로써 데이터 양을 줄이고자 하였으며, 일리노이 대학교에서는 여러 RFID 개체들이 같이 이동할 경우 하나의 레코드에 기록하는 방법을 제안하였다(Sheng et al., 2008).

2.3 데이터 신뢰성

2005년도 월마트에서의 실험결과에 따르면 팰릿 단위로는 90% 인식율을 보이지만 팰릿 내에 제품들을 완전히 채운 경우 개별 제품들의 66%만이 인식되었다. 미 국방부 수송 부문에서 발표한 자료에 따르면 RFID 태그가 부착된 개체가 Global transportation network(GTN)을 따라 이동 시 97%의 태그들이 최종 목적지에 도착한 것으로 인식되었으나 이동 중 모든 점검 위치에서 감지된 태그는 20%에 불과하였다(Bolotnyy and Robins, 2007). 이들 문제는 다음과 같은 이유로 발생한다.

(1) 일부 RFID 태그는 전혀 인식되지 않음(false negative)

(2) 실제 인식 범위 내에 존재하지 않는 RFID 태그가 존재하는 것으로 인식됨(false positive)

이들 문제들은 주변의 노이즈, RFID 부근에 금속이나 액체 등의 도체 존재, 여러 개의 RFID가 인식 범위내에 존재할 때 RFID가 서로 간섭(충돌), RFID 부착 개체의 고속 이동에 따른 인식 실패 등의 이유로 발생한다. 또한 태그의 위치, 안테나에 대한 상대적 방향에 따라 인식율은 차이를 보인다(Jo and Youn, 2008). 현재의 RFID 신호 처리기술의 한계를 극복하고 신뢰도를 높이기 위하여 여러 개의 태그를 부착하거나 액체나 금속이 존재할 때 인식하는 방안을 찾기 위한 연구들이 보고되고 있다(Bolotnyy and Robins, 2007; 조성락 등, 2009). 최동수 등(최동수 등, 2010)은 전파흡수체를 개발하여 전파 반사를 흡수하는 방법으로 항만물류 시스템과 같이 금속이 많이 존재하는 환경 하에서 RFID 인식 오류 문제를 해결하는 방안을 제시하였다. Brusey and McFarlane(2008)은 시스템 실행 과정에 대한 이산 사건 모델을 만들고 이를 실제 상황과 비교하여 예상되는 태그가 인식되지 않거나 인식되지 않아야 할 태그가 인식된 경우 실제 상황을 추정하는 알고리즘을 개발하였다.

2.4 센서 및 무선 센서 네트워크와의 통합

RFID를 무선 센서 네트워크(WSN)와 통합하는 방법은 다음과 같다(Liu et al., 2008).

(1) 센서가 RFID 태그에 부착된 형태 - 태그가 리더와 통신 담당

(2) RFID 태그가 WSN 노드와 연결된 형태 - 전기 소모량을 줄이기 위하여 태그는 센서 데이터가 필요할 때 노드를 깨우는 역할을 함

(3) RFID 리더가 WSN 노드 역할 - RFID 리더가 장착된 이동통신 장비가 데이터를 수집하고 WSN 역할을 함

(4) 소프트웨어로 통합 - RFID 태그, WSN 노드, 제어 시스템 등이 물리적으로 통합되지 않고 소프트웨어로 연계

WSN에서 다른 무선통신 노드들은 여러 장치들과 통신이 가

능한 반면 RFID를 이용할 경우 리더를 통해서만 통신이 가능하나 WSN 구축을 상대적으로 저가에 할 수 있는 장점이 있다.

3. RFID 적용

본 절에서는 RFID 적용 연구를 기술적 측면과 적용분야 측면에서 살펴본다.

3.1 기술적 측면

3.1.1 실시간 위치 점검 시스템

실시간 위치 점검 시스템(Real time location system, RTLS)은 특정 물체가 있어야 할 위치에 있는 지 존재 유무를 확인하는 기능을 말한다. 인식(Identification), 추적(Tracking/Tracing), 진품확인(Authentication) 용도로 사용되며 흔히 이력관리 시스템과 연계하여 사용된다. 예를 들면 시추작업에서는 드릴은 수많은 드릴 파이프와 연결 부품을 사용하며 수 킬로미터 심해까지 투입이 되는데, 이때 각각의 드릴 파이프 및 부품들은 고압과 기계적 응력, 피로, 기타 극한의 환경에 처하게 된다. 따라서 각 부품들의 사용이력을 관리하여 과도한 사용에 의한 파괴 등을 예방해야 할 필요성이 있다. Chevron Texas사는 부품들을 항만에서 선적, 해상 플랫폼에 이르는 전 공급망을 따라 추적하는 시스템을 시험한 바 있으며 Trailblazer Drilling사에서는 Merrick systems의 RFID 태그를 이용하여 언제 어느 곳에 파이프들이 사용되었는지를 관리하는 시스템을 사용하고 있다(Rach, 2008). 조성락 등은 선박에서 RFID 시스템을 이용한 물품 및 승무원의 승하선 시스템을 구현할 경우 철저히 이루어진 환경이 인식율에 미치는 영향에 대한 실험을 수행한 바 있다(조성락 등, 2009).

3.1.2 실시간 위치 추적 시스템

실시간 위치 추적 시스템(Real time positioning system, RTPS)은 물체의 존재 유무 파악에 그치지 않고 태그가 부착된 물체들의 현 위치(좌표 값)를 파악하거나, 움직이는 물체에서 주위의 지정된 위치에 있는 태그 정보로부터 자신의 현 위치를 파악하는 시스템을 말한다. 자산관리 시스템은 좋은 예이다. RFID 리더는 리더를 중심으로 원뿔 모양의 영역 안에 있는 태그들을 인식하기 때문에 RFID 자체의 인식 오류를 무시하더라도 인식 영역 안에 있는 특정 물체의 정확한 위치를 파악하는 것은 어려운 일이다. Han 등은 이동 로봇이 이동하면서 읽은 사전에 지정된 격자 점마다 설치된 여러 태그들을 비교하여 자신의 위치를 파악하는 연구를 하였다(Han et al., 2007). Patil et al. (2008)은 기존에 읽힌 RFID 태그와 비교하여 이동 로봇이 자신의 위치를 파악하는 연구를 하였다. Gueaieb and Miah(2008)는 이동 로봇에 장착된 두 개의 리더에서 읽은 두 개의 태그 신호의 위상차를 이용하여 로봇의 방향을 계산하는 방법을 연구하였다.

3.1.3 에이전트 기반 시스템

RFID를 정보시스템에서 수동적인 요소로 활용할 경우 필요

시에 RFID 태그를 깨워서 신호를 받게 된다. 반면 능동형 RFID 시스템을 이용하면 부품들이나 장비들을 에이전트로 활용할 수 있다. 에이전트는 특정 기능을 갖고 조직상의 다른 에이전트들과 능동적으로 통신을 하며 작업을 수행한다. Chen and Tu (2009)는 능동형 RFID 태그를 이용하여 동적으로 변하는 생산 시스템을 통제하고 물품들을 추적하기 위한 에이전트 시스템을 개발하였다. 개체가 에이전트로 활동하기 위해서는 자율적으로 다른 에이전트와 교신해야 하므로 흔히 능동형 RFID가 흔히 사용된다.

3.2 적용 분야

3.2.1 농수산물 유통

목축, 양식 등을 통하여 인위적으로 키워지는 농수산물은 산지 혹은 유통 과정에서 문제가 발생할 수 있다. 이들은 온도, 습도, 가스 등에 민감하며 유통 중 작은 환경 문제도 제품의 질을 훼손할 수 있다(Montanari, 2008; Jedermann et al., 2009).

3.2.1.1 농수산물 이력 추적

농수산물의 경우 소비자는 서식 환경 및 유통 이력을 알기를 원한다. Pettitt(2001)은 소의 귀에 RFID 태그를 부착하고, 도축 후에는 고기가 걸리는 행거에 부착된 태그에, 부위별 분류 후에는 포장단위에 태그를 부착하는 시스템을 개발하였으며 무선 네트워크와 연계하여 정보를 실시간으로 관리하는 시스템을 제안하였다. Chen et al.(2008)의 경우 닭의 유통에, Hsu et al. (2008)의 경우 활어 유통에 RFID 시스템을 적용하였다. 양식되는 물고기의 경우 치어에 태그를 삽입함으로써 소비자가 물고기 기를 고르면서 DB에 저장된 양식지, 도착시간, 먹이, 사용된 약품, 기타 환경 등에 관한 정보를 조회할 수 있다.

광우병 파동에서 소의 이력관리의 중요성을 확인하였듯이 농축수산물의 유통 관리는 RFID의 주요 적용분야이다. 평창영월 정선 축산농협에서는 소의 양육에서 도축, 유통에 이르는 전 과정을 관리하기 위하여 RFID 태그를 도입하였다. 135KHz의 RFID 시스템이 사용되었으며 유통 과정에서는 일반 물류에 사용되는 900KHz의 RFID가 같이 사용된다(National Information Society Agency, 2005).

3.2.1.2 냉장/냉동 유통

냉장/냉동은 식품, 의약품, 화학제품 등의 유통에 필요하며 작은 온도 차이가 제품의 품질에 큰 영향을 미치므로 온도 제

어가 필수적이다. RFID 시스템과 센서를 이용하여 유통 중 온도 및 습도를 측정 감시할 수 있다(Jedermann et al., 2009; Abad et al., 2009). 유통 중 온도가 제한 온도 이상 상승하면 능동형 RFID를 갖춘 에이전트 시스템은 제품 ID와 함께 경고 신호를 보낼 수 있다. 축수산물 등은 흔히 수분이 다량 포함되어 있으므로 13.56MHz 이하 주파수를 갖는 RFID가 사용된다(Jedermann et al., 2009; Abad et al., 2009). 산지에서 매장에 이르는 전 공급망에 걸쳐 정보를 공유하기 위해서 센서 네트워크, 무선 네트워크, 위치 파악 시스템 등과 연계하여 실시간 모니터링 시스템을 구현한다(Montanari, 2008; Jedermann et al., 2009; Abad et al., 2009).

3.2.2 물류/공급망 관리

물류/공급망 관리(Supply chain management, SCM)에 있어서 전 공급망에 걸쳐 투명성과 실시간 이력추적은 필수적이다. 생산자에서 소비자에 이르는 전 과정에서 RFID는 제품정보의 투명성 제고, 재고감축, 자동 재고 점검, 공급부족 해소, 정확한 적재/포장/배송, 정확한 불출 및 입하, 도난 방지, POS(Point of sale) 자동화 등에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. RFID로 재고관리를 하면 실시간 재고 점검이 가능하고 여러 물품을 동시에 점검할 수 있어 빠르고 효율적인 관리가 가능하다. 각 물품에 장착된 태그들이 주요 지점을 지날 때마다 각 지점에 설치된 리더에서 확인을 하므로 물품에 대한 시간 및 장소 정보의 실시간 관리가 가능하고 이 정보를 공급망 내의 담당자들 간에 공유할 수 있어 공급망의 신뢰도를 높일 수 있을 뿐만 아니라 이를 기반으로 효율적인 생산 및 조달 계획을 수립할 수 있다. 또한 포장된 물품들을 포장을 뜯지 않고도 확인이 가능한 것도 큰 장점이라 아니할 수 없다. Table 2는 공급망에 있어 RFID 시스템의 장점을 보여준다.

CJ GLS는 한국 소니사의 플레이스테이션 2를 대상으로 시험 적용하였다. 운송 유닛에 RFID 태그를 부착하여 RFID 게이트의 인식 범위, 태그의 방향과 인식율, 동시에 인식되는 태그의 수, 신뢰성 및 기타 환경 변수들에 대한 연구를 수행하였다. 이 과정은 RFID 관련된 국제 표준들 및 EPC-global 코드(SGTIN-96) 구조의 실현가능성을 점검하고 이를 활용한 저장 및 추적 등 공급망 상의 업무 절차 개발을 목적으로 연구되었다(RFID Research Center, 2005). 제일산업은 EPC 1.19 프로토콜을 기반으로 900MHz의 수동형 RFID 시스템을 2005년부터 의류에 적용하여 사용하고 있다. 쿠웨이트 캠프 도하 지역에서는 미군이

Table 2 Expected benefits of RFID on SCM

Change in process	Direct benefits	Automation
<ul style="list-style-type: none"> · Ensuring the visibility and traceability of the products · Recognizing the order pattern in real-time · Mixed shipping in a pallet possible · Improving the accuracy in forecasting demand 	<ul style="list-style-type: none"> · Reducing order cycle time · Improving the shelf-efficiency · Increasing the frequency of releasing a new product · Reduction of inventory 	<ul style="list-style-type: none"> · Automatic identification of delivery · Automatic checking of inventory · Reinforcing the security · Improving the efficiency of expiration date management

2005년 이후로 433MHz의 능동형 RFID를 43,000개의 공급자들에게 각 팔릿과 용기에 RFID 태그를 부착하게 하여 수송에 활용하고 있다. 이라크 지역에 주둔 중인 100,000명의 미군들에게 무기를 공급하는 데 있어 The joint total asset visibility(JTAV) 프로그램을 이용하여 공급망에 걸쳐 가시성을 높였으며 관련된 방대한 양의 데이터를 처리하고 장비 활용 기간을 관리할 수 있었다.

미국 로스엔젤레스의 APL 컨테이너 터미널은 2.45GHz의 능동형 RFID 시스템을 2006년부터 사용하고 있다. 컨테이너 내용물은 차량에 탑재된 상태에서 확인되며 화물의 이동 상황이 실시간으로 확인 가능하다. 이를 통하여 화물 처리 시간, 용량 및 정확도를 개선하였다. 김익준 등(김익준 등, 2009)은 RFID 시스템을 이용하여 컨테이너 선박과 항구와 서버를 통하여 선적정보를 교환하는 시스템을 제안하였다. 최형립 등(최형립 등, 2010)은 컨테이너에 능동형 RFID와 센서를 결합 장착하여 컨테이너 운송 중 온도, 습도, 문의 개폐, 충격 등을 조회할 수 있는 시스템을 개발하였다.

3.2.3 제조(공정 및 공정재고 관리)

생산부문에서는 타 부문과 마찬가지로 바코드 기반 관리 시스템을 RFID 기반 시스템으로 교체하려는 움직임이 있다. Huang et al.(2008)은 제조 분야에서의 RFID 적용 분야를 다음과 같이 정리하였다.

(1) 자산 추적

RFID 시스템을 이용하여 인력, 차량, 공구 등 생산현장의 모든 주요 자원들을 추적 관리한다. 이를 통하여 손실을 최소화하고 호출 및 검색 시간을 줄여 제조 기간을 단축할 수 있다.

(2) 지능형 개체 - 실시간 현장/현물 작업 지시

생산시스템은 시장의 요구에 따라 진보되어 왔다. 다품종 소량생산을 위한 80년대의 유연생산시스템, 90년대의 개별 맞춤형 생산을 위한 재구성 가능한 생산(Reconfigurable manufacturing) 및 자율형 생산 등이 좋은 예이다(Scholz-Reiter and Freitag, 2007). 납기를 단축하기 위하여 생산이 어느 정도 진행된 단계에서 소비자의 주문을 수용하려면 현재의 현장 상황 즉, 공정 중에 있는 부품 및 모듈들의 종류, 위치, 상태 등을 정확히 파악해야 한다. 동적 일정계획을 위해서는 각 작업장에 존재하는 부품 및 모듈들에 대한 가공 및 조립 작업 지시 내용이 부품 및 모듈들과 같이 움직여야 한다. 이를 위해서는 생산관리 소프트웨어와 통신을 할 수 있어야 하는데 이를 유선통신에 의존하는 것은 실시간으로 변하는 현장 상황과 설비 및 모듈들의 이동 등을 고려할 때 실용적이지 못하다. RFID와 무선 센서 네트워크를 이용하면 이러한 제약조건들을 해결할 수 있다.

(3) 실시간 공정재고 모니터링

작업장의 개체들에 RFID 태그를 부착하면 부품, 모듈, 용기, 팔릿 단위로 실시간 공정재고파악을 할 수 있다. 버퍼나 작업대에 리더를 설치하는 방법이면 충분하며 개체들이 지능형 개체일 필요는 없다. 이를 통하여 재고 비용을 감소시키고 시장 변화에 대한 시스템의 민첩성을 제고할 수 있다.

RFID를 무선 센서네트워크와 조합하면 생산 관련 분야에서

다음과 같은 잇점을 얻을 수 있다.

(1) 동적 일정계획 및 관리/ JIT생산

현장의 실시간 현황 정보를 알 수 있으므로 공정순서의 재 계획이 쉬워지고 팔릿에 장착된 RFID 태그를 e-간반으로 활용하여 JIT 생산을 할 수 있다.

(2) PLM(Product lifecycle data management)

EU는 PROMISE 과제(www.promise.no/)를 통하여 에이전트 기반 생산을 추구하고 있다. 각 제품이 RFID 시스템을 기반으로 한 지능형 에이전트가 되면 각 제품의 전 생존주기 관리가 가능해지며 따라서 부품의 재활용도 용이해진다.

다음은 기계 가공품과 같이 하나의 소재가 일련의 공정을 거쳐 제품이 완성되는 경우 유연 생산 셀에 RFID 시스템을 적용한 활용 절차를 예시한다(Petin et al., 2007).

(1) Shop floor controller(SFC)

A. 공정계획이 셋업 작업장에서 RFID 태그에 저장된다. 이 경우 일련의 부품 상태만 기록되며 해당 장비는 지정하지 않는다.

(2) 각 작업장에서 작업 시작 전

A. 부품의 태그를 읽어 요청한 부품이 맞는 지 확인한다.

B. 확인 후 맞으면 수령함을 태그에 기록한다.

C. SFC는 현장 모니터링 정보에 의거 부품의 다음 공정 후 형상을 고려하여 다음 목적지를 지정한다.

(3) 각 작업장

A. RFID 태그를 읽어 SFC로부터 필요한 데이터를 내려 받고 작업을 수행한다.

B. 작업이 완료되면 SFC에 작업완료를 통보한다.

C. SFC는 다음 단계를 준비한다.

조립시스템에서는 운영절차가 달라진다. 하나의 소재가 하나의 제품이 되는 경우는 문제가 되지 않지만 여러 부품이 조립되어 하나의 제품이 되는 경우에는 RFID 태그를 어떠한 방법으로 어느 개체에 언제 부착하는 지가 중요한 문제가 된다. 조립 단계가 진행되면서 새로운 개체 즉 반제품이 계속 생성되기 때문이다. 대표적인 방법으로는 주 부품에만 태그가 부착되며 기타 부품들은 주 부품에 조립되는 개념으로 관리한다. 포드 자동차 회사에서는 엔진 블록을 주 부품으로 처리하며(Huang et al., 2008) 다른 부품들 및 모듈들은 태그가 부착되지 않는다. 대신 부품을 담는 용기에 부품 종류 정보가 기록된 태그가 부착된다.

(1) 주문 접수

A. 소비자의 주문이 접수되고 주문 내용은 주 부품의 태그에 기록된다.

(2) 조립라인 상의 각 조립작업장에서

A. 주 부품의 태그를 읽어 공정 정보와 작업지시 내용을 미들웨어로부터 내려 받는다.

B. 작업지시 내용에 따라 부품들을 주 부품에 추가 조립한다.

C. 완료 후에는 주 부품의 태그에 작업이 완료되었음을 기록한다.

D. 현재 작업에 대한 내용을 미들웨어에 보고한다.

RFID 태그의 가격이 낮아졌다 하더라도 비용은 RFID를 생산 현장에 적용하는 데 있어 주요 문제점이다. 따라서 Huang et

al.(2007)은 태그에 비하여 상대적으로 고가인 RFID 리더를 이동 중인 개체 즉, 사람이나 차량에 부착할 것을 제안하였다.

3.2.4 제품 전 생존주기 데이터 관리

제품 전주기에 걸쳐 발생하는 데이터는 정적인 데이터와 동적인 데이터로 나뉜다(Yang et al., 2009). 정적인 데이터는 CAD 설계 정보와 같이 주로 제품 생성 초기에 발생한다. 반면에 동적인 데이터는 배포, 사용, 유지/관리, 재생, 재활용 등 제품 생존 주기 중 중반 이후에 발생하는 것이 많다. 동적인 데이터는 RFID 시스템을 활용하여 관리할 수 있다. EU가 지원한 ELMIRA 프로젝트(2001.9~2005.2)에서는 제품 관련 정보를 전 생존주기에 걸쳐 관리하여 환경 영향을 최소화 하고자 하였다. PROMISE 프로젝트(2004.11~2008.5)에서도 RFID를 PLM에 사용하였다.

제품의 전 생존 기간 동안 발생하는 정보를 전체 공급망에 걸쳐 관리하려면 제품들이 전세계에 걸쳐 통용되도록 식별되어야 한다. 이를 위하여 다음 세 가지 방법이 제안되었다.

(1) EPC global network 방법

EPC-글로벌 네트워크에서는 각 제품은 하나의 전자 제품코드(Electronic product code, EPC)를 할당하는 방안을 제안하였다. 이것은 제품에 전 세계에 걸쳐 통용되는 번호를 Object naming service(ONS)에 등록한 후 사용하며 관련정보를 ONS에서 관리한다.

(2) ID@URI 방법

헬싱키 대학교에서는 ID@URI 개념을 제안하였다. 이 방법에서는 제품 식별 ID는 제품관련 에이전트가 있는 URL 주소이다. 전 세계적으로 식별 ID를 관리하는 ONS와 같은 기능은 불필요하다.

(3) World wide article 정보 방법

Trackway사가 제안한 방법으로 기존의 조직, 제품 종류, 제품 일련번호 등을 사용한다. 이 ID는 P2P 네트워크를 통하여 정보를 검색하는데 사용된다. 각 사는 자사의 제품 정보에 대하여 완전한 관리권한을 갖고 공개할 정보를 판단하게 된다.

3.2.5 기타

그 밖에 RFID가 많이 사용되고 연구되고 있는 분야로 교통

시스템, 의료시스템, 보안 관련 분야를 들 수 있다.

교통 시스템 관련 RFID 시스템 적용 예로는 국내에서 사용되고 있는 하이패스나 미국 동부 지역의 E-ZPass 등을 들 수 있다. E-ZPass는 인력 의존 시스템 대비 2~3배의 처리율을 보이고 있으며 결과적으로 교통 체증 해소, 에너지 절감, 공해 감소 등의 효과도 거두고 있다(www.ezpass.com). 이밖에 전자여권, 도서관에서 도서 대출/반납 관리 등에 현재 활발히 적용되고 있다. 의료분야에서는 생명의 중요성 때문에 혈액 유통 관리, 수술실에서 수술 절차 지원, 시료 검사실에서의 시료 추적 관리 등의 분야에서 RFID 적용에 관한 연구가 활발한 반면 높은 안전성 및 신뢰성이 요구되는 관계로 실제 적용은 느린 편이다.

4. 결론 및 조선해양분야에서의 활용 방향

4.1 RFID 적용 기술 분야 요약

본 논문에서는 RFID 시스템에 대하여 살펴보고 그 적용분야를 살펴보았다. Table 3은 적용 분야와 기능별로 RFID의 연구분야를 보여준다. RFID는 비접촉식으로 태그가 리더의 가시영역에 있을 필요가 없고 통신능력을 갖추고 있으므로 유비쿼터스 환경에 적합하다 할 수 있다. 위치 점검/추적/진품확인 등이 새로운 RFID의 적용 용도이다. 최근에는 낮은 가격으로 무선 센서 네트워크를 구축할 수 있는 방법으로 활용되고 있다.

Table 4에서는 각 적용분야와 기능을 기준으로 연구문제를 정리해 보았다. 이들 문제들은 기본적으로 하드웨어에 관련된 문제로 가까운 미래에 해결될 것으로 기대된다.

4.2 조선해양 분야

현재까지 발표된 조선해양 분야에서의 RFID 활용 사례는 많지 않으나 앞서 관련 분야 사례를 토대로 정리해 보면 향후 다음과 같은 분야에서 그 활용이 증가할 것으로 기대한다.

- (1) Intelligent Ship - 선내 네트워크, 적재/하역 관리, 인적 자원을 포함한 선내 자원관리
- (2) 항만 - 운항중인 선박과 항만간 연계된 컨테이너 적재/하역 관리 및 유통

Table 3 Critical research areas from RFID application view point

Application	Manufacturing	Material handling/SCM
Functionality		
Identification (What is this?)	Shop floor monitoring Asset tracking Inventory	Shipping/receiving system for identification of company, item and serial number
Tracking/tracing (Where has X been to?)	Work-In-Process monitoring Shop floor monitoring	Tracing of shipment route
Authentication (Is this authentic?)	Fool proof inspection	Positive verification of package contents Protection from counterfeit
Positioning (Where is X now?)	Asset tracking Material transporter control	Product location monitoring and Inventory control
Agent system	Wireless manufacturing	Reduction of lead time in the supply chain Quality assurance

Table 4 Research problems

Functionality	Application	Manufacturing	Material handling/SCM
Hardware implementation		Tag/reader - where and at which level (item or container)? How to embed tag(s) into the product/ container	Form factor of tag -size, shape and protection
Tracking/tracing		Solving false positive and false negative problems	Solving false positive and false negative problems
Communication		Integration in heterogeneous environment Manufacturing using WSN	Use of standard in SCM Large volume data processing

(3) 생산/건조 - JIT 생산, 생산관리, 자산관리, 기자재/블록 유통 관리

(4) 해양산업 - 주요 장비 이력 관리를 통한 피로 파괴에 대한 안전 확보.

(5) 수산 분야 - 수산물 양식 및 유통 관리
조선해양 산업에서 사고는 많은 경우 대형 인명, 재산, 환경적 손실을 초래하며 그 중 많은 부분은 주요 장비나 시설의 이력관리를 통하여 예방할 수 있다. 여기에는 RFID를 적용한 장비 및 인력 관리시스템의 개발 및 도입이 필요하나 분야 특성상 금속류와 물이 많은 환경 하에서 작동하게 되므로 사용 주파수가 제한되고 선내에서는 일정 부분 유선 통신 시스템과 연계된 시스템으로 개발되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

김익준, 한순홍, 백부근 (2009). "RFID와 웹서비스를 이용한 선박과 항구 간의 선적정보 교환 프레임워크", 대한조선학회 논문집, 제46권, 제5호, pp 520-526.

조성락, 백부근, 조인성, 박범진, 이동곤, 배병덕, 윤종휘 (2009). "RFID 기반 실선 물품관리 시스템", 대한조선학회논문집, 제46권, 제2호, pp 171-178.

최동수, 유건석, 김동일 (2010). "Amorphous Metal Powder를 이용한 항만물류 RFID 시스템용 전파흡수체 개발", 한국항해항만학회지, 제34권, 제1호, pp 27-31.

최형립, 김재중, 강무홍, 신중조, 손정락, 문영식, 이은규 (2010). "능동형 RFID 기반 컨테이너 보안장치(CSD)의 개발에 관한 연구", 한국통신학회논문지, 제35권, 제2호, pp 244-251.

Abad, E. et al. (2009). "RFID Smart Tag for Traceability and Cold Chain Monitoring of Foods: Demonstration in an Intercontinental Fresh Fish Logistic Chain", Journal of Food Engineering, Vol 93, No 4, pp 394-399.

Bolotnyy, L. and Robins, G. (2007). "The Case for Multi-Tag RFID Systems", International Conference on Wireless Algorithms, Systems and Applications, 2007, 1-3 Aug. 2007, pp 174-186.

Brusey, J. and McFarlane, D.C. (2008). "Effective RFID-Based Object Tracking for Manufacturing", International Journal of Computer Integrated Manufacturing, iFirst, 22 January,

2008, pp 1-10.

Chawla, V. and Ha, D.S. (2007). "An Overview of Passive RFID", IEEE Communications Magazine, Vol 45, No 9, pp 11-17.

Chen, R.S. and Tu, M. (2009). "Development of an Agent-Based System for Manufacturing Control and Coordination with Ontology and RFID Technology", Expert Systems with Applications, Vol 36, No 4, pp 7581-7593.

Chen, R.S., Chen, C.C., Yeh, K.C., Chen, Y.C. and Kuo, C.W. (2008). "Using RFID Technology in Food Produce Traceability", WSEAS Transactions on Information Science and Applications, Vol 5, No 11, pp 1551-1560.

Finkenzeller, Klaus (2003). RFID Handbook: fundamentals and applications in Contactless Smart Cards and identification, 2nd, John Wiley & Sons Ltd.

Gueaieb, W. and Miah, M.S. (2008). "An Intelligent Mobile Robot Navigation Technique Using RFID Technology", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol 57, No 9, pp 1908-1917.

Han, S., Lim, H. and Lee, J. (2007). "An Efficient Localization Scheme for a Differential-Driving Mobile Robot Based on RFID System", Industrial Electronics, IEEE Transactions on, Vol 54, No 6, pp 3362-3369.

Hong, S.K. (2004). The role of the software in the RFID system, LG CNS.

Hsu, Y.C., Chen, A.P. and Wang, C.H. (2008). "A RFID-Enabled Traceability System for the Supply Chain of Live Fish", Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics Qingdao, China, September 2008.

Huang, G.Q., Wright, P.K. and Newman, S.T. (2008). "Wireless Manufacturing: A Literature Review, Recent Developments, and Case Studies", International Journal of Computer Integrated Manufacturing, iFirst 2008, pp 1-16.

Jedermann, R., Ruiz-Garcia, L. and Lang, W. (2009). "Spatial Temperature Profiling by Semi-Passive RFID Loggers for Perishable Food Transportation", Computers and Electronics

- in Agriculture, Vol 65, pp 145-154.
- Jo, M. and Youn, H.Y. (2008). "Intelligent Recognition of RFID Tag Position", IEEE Electronics Letters, Vol 44, No 4 Feb. 14, 2008.
- Liu, H., Bolic, M., Nayak, A. and Stojmenovic, I. (2008). "Taxonomy and Challenges of the Integration of RFID and Wireless Sensor Networks", IEEE Network, Vol 22, No 6, pp 26-35.
- Montanari, R. (2008). "Cold Chain Tracking: A Managerial Perspective", Trends in food Science & Technology, Vol 19, pp 425-431.
- National Information Society Agency (2005). 2004/2005 RFID Pilot Project Report, National Information Society Agency, Korea.
- Patil, A., Munson, J., Wood, D. and Cole, A. (2008). "Bluebot: Asset Tracking via Robotic Location Crawling", Computer Communications, Vol 31, No 6, pp 1067-1077.
- Petin, J.F., Gouyon, D. and Morel, G. (2007). "Supervisory Synthesis for Product-Driven Automation and Its Application to a Flexible Assembly Cell", Control Engineering Practice, Vol 15, No 5, pp 595-614.
- Pettitt, R.G. (2001). "Traceability in the Food Animal Industry and Supermarket Chains", Revue Scientifique Et Technique - Office International Des Épizooties, Vol 20, No 2, pp 584-597.
- Nina M. Rach (2008). "RFID Applications Spread in Upstream Operations", Oil and Gas Journal, 2008.7, pp 37-45.
- RFID Research Center (2005). Improving Competitiveness of the Logistics Industry with RFID, http://www.ecohyundai.co.kr/research/publication_1_sub.asp?CODE=9185&CATE_CODE=39.1&tabl_type=A&grpID=, Retrieved May 5, 2009.
- Sheng, Q.Z., Xue Li and Zeadally, S. (2008). "Enabling Next-Generation RFID Applications: Solutions and Challenges", IEEE Computer, Vol 41, No 9, pp 21-28.
- Roy Want, "An Introduction to RFID Technology, IEEE Pervasive Computing", Jan-Mar, 2006, pp 25-33.
- Ward, M. (2006). "RFID: Frequency, Standards, Adoption and Innovation", JISC Technology and Standards Watch, May 2006.
- Yang, X., Moore, P. and Chong, S.K. (2009). "Intelligent Products: From Lifecycle Data Acquisition to Enabling Product-Related Services", Computers in Industry, Vol 60, No 3, pp 184-194.

2010년 7월 5일 원고 접수

2010년 8월 11일 심사 완료

2010년 8월 16일 게재 확정