

냉동수산물 이력제 식별수단으로써의 RFID Gen 2 태그의 인식률 분석[†]

김진백* · 이동호**

Read Rate Analysis of RFID Gen 2 Tag in Frozen Seafood Traceability Systems

Jin-Baek Kim* and Dongho Lee**

< 목 차 >

I. 서 론	1. 실험환경
II. RFID와 자동식별 코드체계의 비교	2. 실험설계
1. 자동식별 관련 코드체계의 고찰	3. 실험결과
2. RFID Gen 1 과 Gen 2의 고찰	IV. 결 론
및 기술 현황	참고문헌
III. 인식률 실험	Abstract

1. 서 론

소비자들의 교육수준이 높아짐에 따라 식품 안전성에 대한 관심도 높아지고 있으며, 이러한 식품 안전성에 대한 관심고조는 식품공급사슬에 대한 보다 많은 정보를 요구하게 되었다. 이로 인해 일부의 기업에서는 개별기업 차원에서 이력제(traceability)를 도입하고 있거나 도입 준비 중에 있다. 이력제란 제품생산을 위해 공급사슬과정상에 소요된 유무형의 요소들에 대한 전후방향(back and forward)으로의 추적가능성을 의미하는 것으로(김진백, 2004), 이력제가 도입되는 경우 식품공급사슬상의 많은 정보가

접수 : 2007년 4월 16일 게재확정 : 2007년 6월 8일

[†]본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업의 연구비지원(과제번호 MNF32005032-1-1-SB010)에 의해 수행되었습니다.

*동명대학교 유통경영학과 부교수(051-610-8485, jinkim@tu.ac.kr)

**경상대학교 수산경영학과 전임강사(Corresponding author:경상대학교 해양산업연구소, 055-640-3141, dhlee@gnu.ac.kr)

소비자에게 제공될 수 있어서 식품 안전성 확보에 많은 기여를 할 것으로 기대되고 있다. 하지만 이력제가 효력을 발휘하기 위해서는 개별 상품에 대한 식별능력이 있어야 한다. 따라서 이력제의 운영이 성공적이기 위해서는 개별상품에 대한 식별체계의 역할이 매우 중요하다.

현재 이력제 도입과 관련해서 많이 거론되고 있는 사물식별체계에는 GTIN(Global Trade Item Number)과 EPC(Electronic Product Code)가 있다. GTIN은 저장매체를 바코드로 이용할 경우에 주로 이용되고 있는 사물식별체계이다. 그리고 EPC는 최근 무선인식기술인 RFID(Radio Frequency Identification) 기술응용분야에서 거론되고 있는 사물식별체계이다. GTIN은 기존의 바코드에 적합한 식별체계이므로 저장용량에 문제가 있다. 따라서 GTIN은 표현용량의 제약으로 인해 개별상품의 표시를 필요로 하는 이력제에는 부적합한 코드체계이다.

EPC 코드를 이력제의 표준코드로 수용하기 위해서는 이에 맞는 저장수단이 필요하게 되며 이에 따라서 EPC용으로 제안되고 있는 RFID 태그를 정보저장수단으로 도입할 필요가 있다. 하지만 기존의 RFID Gen 1 태그는 표준화 및 성능 등에 문제가 있어서 이력제의 정보저장수단으로의 도입이 지연되고 있었다. 최근 이러한 문제를 해결한 2세대의 Gen 2 태그가 개발되어 보급 중에 있음으로 성능에 대한 검증이 이루어진다면 향후 이력제의 정보저장수단으로 RFID 태그의 도입이 활성화되리라 예상된다.

한편 RFID 태그는 물이나 금속성에 취약하다는 기술적 측면에서의 근본적 문제가 있는데 이러한 특성으로 식품분야의 상품식별도구로써 RFID의 적합성에 대한 의문은 여전히 남아있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기술적 측면에서 남아 있는 이러한 의문점에 대해 실험을 통해 도입의 타당성을 알아보려고 한다. 이를 위해 본 연구에서는 먼저 수산물 이력제의 개체별 식별에 키 역할을 하는 코드체계 측면에서 문헌적 비교와 검토를 통해 RFID의 기술적 도입 타당성을 알아보았다. 그리고 최근 새로이 개발된 RFID Gen 2의 기술적 특성 측면에서도 문헌적 조사를 통해 RFID Gen 2 태그가 수산물 이력제의 정보표시수단으로서의 기술적으로 적합한가를 검토하였다. 끝으로 RFID의 근본적인 기술적 문제점인 수분과 금속성 물질에 대한 취약점에 대해서는 실제환경에서 실험을 통해 인식률을 검증하였다.

II. RFID와 자동식별 코드체계의 비교

1. 자동식별 관련 코드체계의 고찰

식품의 안전성을 높이기 위해서는 개별 상품에 대한 추적서비스가 필요하게 되고, 개별 개체에 대한 인식률을 높이기 위해서는 자동식별 기술이 요구된다. 식별기술에

적용되는 코드체계에는 바코드기술에 적용되고 있는 GTIN 체계와 RFID나 네트워크를 통해서 적용되는 EPC 체계가 있다.

1) EPC(Electronic Product Code)

EPC는 제품과 같은 물리적인 객체를 식별하는 주요한 수단으로 MIT의 Auto-ID 센터에서 제안한 것으로 단순하고 확장 가능한 코드체계를 가지고 있다. GTIN(Global Trade Item Number)과는 제품의 식별과 공급사슬관리에 있어서 유사한 기능을 수행하나 범위, 대상, 구조 등에 있어서 차이가 있으며, 식별의 단위와 처리되는 정보의 양에 있어서 상당한 차이를 나타내고 있다(Brock, 2002).

EPC는 코드에 정보가 기록되는 것이 아니라 온라인 혹은 인터넷을 기반으로 정보를 참조하여 제공하도록 하고 있으며 이를 위해서 네트워크를 기반으로 운영되는 것을 기본 전제로 하고 있다. 따라서 Auto-ID Center에서는 EPC를 통해서 해당 제품과 관련된 최소한의 정보를 태그에 기록하고 이를 온라인 혹은 웹기반의 데이터베이스를 통해서 처리되도록 제안하고 있다(Harrison, 2004).

EPC는 96bit 코드로 구성되고 헤더, EPC 매니저, 오브젝트 클래스, 시어리얼 넘버로 이루어져 있다(EPCglobal, 2004). 세부적인 내용은 < 표 1 > 과 같이 요약될 수 있다. 특히 EPC의 경우 GTIN에 비해 큰 정보처리단위를 가지고 있다. 예를 들어 EPC 매니저 항목의 경우 최대 268,435,456개의 기업을 식별할 수 있도록 구성되어 있으며, EPC 매니저의 구성에 해당 국가와 기업의 정보를 통합하여 거의 동일하게 정보를 전달할 수 있도록 설계되어 있다(Brock, 2002). 그리고 오브젝트 클래스와 시어리얼 넘버를 통해 제품군이 아닌 개별 제품단위별로 제품식별을 가능하게 해준다. 이러한 특성으로 인해서 최근 주요한 논제가 되고 있는 RFID를 활용한 이력시스템(traceability system)에

< 표 1 > EPC 구성

요소	Header	EPC Manager	Object Class	Serial Number
크기(bit)	8-bit	28-bit	24-bit	36-bit
고유식별개수	28 개	228 개	224 개	236 개
예	01	0000A89	00016F	000169DC0

(출처 : Brock, 2002; EPCglobal, 2004; Paxar Americas, 2006 수정인용)

있어서도 개별 제품단위 식별을 위해서 EPC가 적용되고 있다.

2) 자동식별 관련 코드체계의 비교분석

GTIN과 EPC는 물리적인 개체나 상품의 자동식별에 사용되는 주요한 체계이나 두 코드체계 간에는 < 표 2 > 와 같은 유사점과 차이점이 있다(Brock, 2002).

〈 표 2 〉 EPC와 GTIN의 비교

	EPC	GTIN
유사점	<ul style="list-style-type: none"> • 물리적인 객체를 식별하는데 주요한 수단으로 활용됨 • 관련 정보를 숫자화된 체계로 기록함 	
차이점	<ul style="list-style-type: none"> • 미국과 그 외의 지역 간에 숫자코드 체계에 다소 차이가 있음 • 객체식별만을 위한 정보를 기록하도록 함 • 식별을 위한 숫자와 의사소통 매체가 분리됨 • 제품 식별의 범위가 포괄적이고 광범위함 	<ul style="list-style-type: none"> • 물리적 객체를 식별하는데 단일 포맷을 사용함 • 객체식별 정보 외에 무게나 가격정보를 포함할 수도 있음 • 식별의 검증에 있어서 하나 혹은 그 이상의 체크섬(checksum digit)을 활용함 • 제품 식별의 범위가 넓기는 하나 EPC에 비해 상대적으로 좁음

(출처: Brock, 2002; GTIN, 2005 수정인용)

EPCglobal이 제안하는 EPC는 기존의 GTIN을 대신하는 것이 아니라 확장하는 개념으로 이해하여야 하며, 기존의 공급사슬상의 호환성을 고려해 볼 때, 상호보완적으로 적용될 수도 있다(Paxar Americas, 2006). 따라서 기존의 바코드에 적용되어 있는 GTIN과의 호환성을 위해서 상대적으로 적은 자리수를 가지고 있는 GTIN을 논리적으로 확장하면 EPC로 변환할 수 있다(Brock, 2002). 하지만 GTIN의 저장매체인 바코드의 표면이 오염되거나 훼손되는 경우에는 정보전달이 어렵기 때문에 상품의 식별능력과 저장매체의 특성을 고려해볼 때 수산물 이력제에는 EPC가 적합할 것으로 판단된다.

2. RFID Gen 1 과 Gen 2의 고찰 및 기술 현황

기존의 RFID Gen 1과 최근에 국제표준으로 승인된 Gen 2는 그 성능과 특성에 있어서 차이를 나타내고 있다. 이후에서는 이러한 특성을 비교, 분석하고 현황에 대해서 논의한다.

1) RFID Gen 1과 Gen 2의 비교

RFID 도입 초기에 해당 정보의 전송과 관리를 위해서 개발된 것이 1세대라고 불리는 Gen 1이다. 이것은 표준화가 되어 있지 않았다는 것과 식별 및 운영에 있어서의 성능에서 만족스럽지 못하다는 점이 가장 큰 문제였다(Symbol Technologies, 2006). 즉, 표준화가 되어 있지 않아서 해당 태그의 제조사별로 식별과 관리에 있어서 호환성이 확보되지 않았으며, 판독과 관련된 성능도 산업 내에서 수용할 만한 수준에 미치지 못하였다.

이러한 이유로 여러 산업 내에서 보다 포괄적으로 적용되기 위해서는 호환성과 성능이 가장 큰 이슈로 등장하였고 이에 따라 RFID Gen 2에 대한 표준이 2004년 12월에 제정되었으며, 2006년에 900Mhz 대역의 RFID Gen 2가 국제적인 물류표준으로

승인되었다. Gen 2 표준의 제정은 UHF RFID와 관련된 산업전반의 확대를 피하고 전반적인 적용을 용이하게 하는데 있으며, 이러한 확산은 RFID 태그와 칩의 가격을 상당히 떨어뜨릴 수 있을 것으로 예상되고 있다(Collins, 2006).

이러한 변화들로 인해서 Gen 2 방식은 산업전반에 걸쳐서 포괄적으로 확산될 것이고 식별에 있어서 기존의 Gen 1에 비해 안정적이고 신뢰성이 있으며 보다 빠른 데이터 전송을 가능하게 할 것이다(Burnell, 2006). 특히, Gen 2에서 주목할 만한 핵심적인 개선사항은 개별 공급자들 간에 문제없이 태그의 식별과 데이터의 판독이 가능한 상호운영성이 확보되었다는 점과 식별과 판독에 소요되는 시간이 상대적으로 효율적으로 구현되고 있다는 점이다(Symbol Technologies, 2006). 비록 EPC Global Gen 2는 Intermec 사의 특허기술과 관련성은 있으나 운영되는 프로토콜에 대해서는 로열티가 없는(royalty-free) 국제표준으로 승인되었다(Roberti, 2006).

그러나 여전히 문제가 되고 있는 부분은 태그의 가격과 관련된 것으로 태그의 이상적인 가격은 연간 태그의 소비가 300억 개에 이르는 것을 가정하였을 때를 기준으로 개당 5센트 이하를 목표로 하고 있으나 현재 상황에서는 20센트 선으로 가격이 형성되어 있다(한국정보통신기술협회, 2005; Paxar Americas, 2006). 따라서 호환성의 측면에서 상당한 이점을 가지고 있는 Gen 2의 도입으로 활용률이 높아진다면 태그의 가격을 현실적으로 수용할 수 있는 수준으로 낮출 수 있을 것이다.

2) RFID Gen 2의 특징

RFID Gen 2는 기존의 Gen 1에 비해서 보다 높은 유연성(flexibility)과 신뢰성을 제공할 것이며 또한 대부분의 태그와 완벽하게 호환성을 가지게 될 것으로 보인다(ODIN Technologies Laboratory, 2005). 그리고 2세대의 Gen 2 표준의 등장으로 수동형의 EPC Class 0과 1간의 태그와 리더기간의 호환성 문제가 개선되었는데, 이것은 EPC Class 1 Gen 2 프로토콜이 EPC Class 0, EPC Class 1, ISO 18000-6A, ISO 18000-6B 프로토콜을 하나로 통합하였기 때문이다. 또한 Gen 2로 인해 읽기/쓰기 속도 향상, 태그 중복 카운트 개선, 근접 리더기간의 전파장애 개선, 보안 향상 등이 발생할 수 있다(Alien Technology Corporation, 2005).

1세대 기술인 Gen 1과 비교하여 Gen 2의 가장 큰 차별적 특징으로는 밀집판독모드(dense reader mode), 변조(modulation), Q프로토콜(Q-protocol), 보안기능(security)을 들 수 있다(ODIN Technologies Laboratory, 2005; Burnell, 2006; Symbol Technologies, 2006). 먼저 밀집판독모드(dense reader mode)는 근접 리더기간의 전파장애를 개선해주는 것으로 마치 오케스트라에서 악기간의 소리가 각각 다른 모든 관악기 간의 조율이 지휘자에 의해서 균형이 맞추어 지도록 수행되는 것처럼 다

수의 태그와 리더기간의 간섭이나 판독에 있어서 발생하는 문제들을 해결하게 한다. 이러한 기능은 대규모의 공장이나 물류센터와 같이 한 공간에서 다수의 리더기가 존재하는 경우에 보다 효과적인 태그의 식별과 데이터의 판독을 가능하게 한다.

Gen 2 프로토콜은 변조에 있어서도 보다 유연한 성능을 나타내며, 태그와 리더기간에 기본적으로(built-in) 복수 변조(multiple modulation)를 통한 연결을 가능하게 한다. Q프로토콜은 다수의 개별 RFID 태그의 판독에 있어서 태그의 고유한 ID를 임의적으로(randomly) 생성한 한 쌍의 번호를 발신하게 함으로써 제 3자에 의한 부당한 식별과 판독을 방지하도록 하며 기존의 식별된 태그에 대해서 중복적인 판독이 발생하지 않도록 제어하고(ThingMagic, 2005), Q프로토콜을 이용해서 판독되지 않는 태그를 집중적으로 읽음으로서 태그의 인식률을 개선하였다. 마지막으로 보안과 관련된 특성을 들 수 있다. Gen 1은 8비트 암호체계가이나 Gen 2에서는 32비트 암호체계가 이용되어 상대적으로 높은 보안 기능을 제공하고, killing이라는 기능을 통해서 프라이버시 보호와 같은 강화된 보안기능을 제공하는 것으로 알려져 있다(Burnell, 2006).

3) RFID Gen 2 기술의 현황

자동인식기술에 대한 표준화의 중요성이 인식되어 국제표준을 주도하는 양대 표준화기구인 국제표준화기구(ISO)와 국제전기기술위원회(IEC)는 합동기술위원회(JTC: Joint Technical Committee) 내에서 RFID의 국제표준화를 진행하여 2006년 EPC Gen 2가 ISO/IEC 18000-6(860MHz-960MHz의 UHF 대역 RFID 에어 인터페이스 통신)의 국제표준으로 확정되었다(한국유통물류진흥원, 2006). 이 방식은 RFID 민간 표준기구인 EPCglobal이 국제표준화기구에 제안한 최신 태그방식으로 UHF전파 대역의 초기 1세대 태그 성능을 크게 개선시킨 2세대 태그라는 의미이다.

RFID 미들웨어와 관련된 국제 표준화는 EPCglobal을 중심으로 활발히 이루어지고 있다. EPCglobal은 기존의 MIT Auto-ID 센터에서 개발한 기술을 표준화하고 상용화를 추진하기 위하여 2003년 10월에 설립된 기관으로 EPC 기반의 'Internet of Physical Objects'를 구성하기 위한 기술 집합을 EPC 네트워크라 정의하고, EPC 네트워크의 구현에 따른 기술요소 분야를 하드웨어, 소프트웨어, 비즈니스 분야로 구분하여 각 분야별 그룹을 구성, EPCglobal 가입업체를 중심으로 기술규격 및 표준제정을 추진하고 있다. 현재 구축되어 있는 Gen 2 하드웨어가 Gen 2 프로토콜을 완벽하게 구현하고 있지는 않지만, 이것은 펌웨어(firmware)의 갱신을 통해서 쉽게 해결되어 조만간 완벽한 호환성을 가지게 될 것으로 예측된다(ODIN Technologies Laboratory, 2005).

하지만 이러한 Gen 2가 한정된 공간인 실험환경에서 검증이 되었으며, 실제 공급사슬 환경에서의 다양한 제약조건들에서 기술적인 타당성을 가지는 지에 대한 논의는

아직까지 이루어지고 있지 않다. 따라서 RFID의 실제 도입에 대한 분석을 통해서 향후 산업전반에서 광범위하게 적용이 가능한 지에 대한 분석이 필요하다고 볼 수 있다. 이후에서는 실제 환경에서 Gen 2에 대한 기술적 검증을 인식률 측면에서 다양한 조건 하에서 분석하고자 한다.

Ⅲ. 인식률 실험

1. 실험환경

1) 실험조건

RFID 기술은 주변환경에 민감한 반응을 보일 수 있으며, 특히 물이나 금속성 물질에 의한 전파장애라는 기술적 취약성을 가지고 있다. 모든 식품은 수분함량이 높은 것이 특징임으로 식품의 식별수단으로써 RFID 기술의 적용가능성은 인식률이 주요 검토대상이 된다. 따라서 본 연구에서는 수분으로 인한 RFID의 기술적 문제에 대한 검증을 위해 냉동수산식품을 대상으로 실험을 하였다.

실험장소로는 부산에 소재한 2곳의 냉동창고를 선정하였으며, 이는 최악의 온도조건을 실험조건으로 고려하기 위해서이다. 냉동수산식품의 포장재도 실험결과에 영향을 미칠 수 있음으로 현실에서 많이 이용되고 있는 스티로폼, 종이, 나무, 누드 형태 등을 대상으로 실험을 하였으며, 박스의 적재수단인 팔레트는 수산물의 적재수단으로 많이 이용되고 있는 나무 팔레트를 이용하였다. 또한 현장에서 실물의 운반수단으로 많이 이용되는 것은 지게차임으로 본 실험에서도 지게차를 그대로 이용하였다.

일본 삿포로에서 행해진 실험(북해도 총합통신국, 2005)에서는 사람이 밀고 가는 수레를 이용해서 실험을 하였으나 이는 RFID 기술의 금속성 물질에 의한 전파장애문제를 고려하지 않은 실험조건이 됨으로 실험결과의 현실성에 문제가 있을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 금속성 물질로 구성된 지게차를 현실과 동일하게 운반수단으로 이용하였다. 이상의 실험조건을 표로 정리하면 < 표 3 > 과 같이 나타낼 수 있다.

< 표 3 > 실험조건

실험환경	내 용	관련 RFID의 취약점
실험대상	냉동수산물	수분 영향
실험장소	부산소재 냉동창고 2곳	온도 영향
실험온도	평균기온 영하 21℃	온도 영향
운반수단	지게차	금속성 장애
적재수단	나무 팔레트	-
박스 포장재질	스티로폼, 종이, 나무, 누드	수분 영향

2) 실험장비

실험에 사용된 주요 장비는 가장 최근에 개발된 Intermec사의 제품을 주로 사용하였으며, 그 구체적인 사양은 < 표 4 > 와 같이 요약된다.

실증실험은 냉동창고에서 상온의 외부로 출고되는 냉동수산물의 박스에 RFID Gen 2 태그를 부착하여 식별하도록 하였다. 이 과정에서 냉동창고의 출입문 양측면에 고정형 리더기를 위한 안테나를 각각 2기씩 설치해서 총 4기의 안테나를 이용해서 실험을 하였다. 그리고 휴대용 리더기는 냉동창고 내외에서 개별 태그의 식별에 이용되었다. 실험에 이용된 태그(1,024 byte)는 UPM Rafsec사의 종이 및 필름 재질로 된 2"×4"와 4"×6" 사이즈의 크기의 라벨태그이며, 태그는 제품박스의 중앙부분에 부착하였다.

< 표 4 > 실험장비 사양

실험 장비명	특성 및 사진	
고정식 리더기	IF5U Reader Multi - protocol 0/1/G2 (Intermec)	
안테나	High Performance GP Area Antenna (Intermec)	
RFID 라벨 태그	종이재질, 2 inch x 4 inch EPC global Gen2 [900Mhz 대역(860 - 960)], 1024Byte (UPM Rafsec)	
	종이재질, 4 inch x 6 inch EPC global Gen2 [900Mhz 대역(860 - 960)], 1024Byte (UPM Rafsec)	
	필름재질, 2 inch x 4 inch EPC global Gen2 [900Mhz 대역(860 - 960)], 1024Byte (UPM Rafsec)	
	필름재질, 4 inch x 6 inch EPC global Gen2 [900Mhz 대역(860 - 960)], 1024Byte (UPM Rafsec)	
휴대용 리더기	RFID H.H.T Reader IP4 (Intermec)	

2. 실험설계

본 연구의 목표는 실험인자의 수준에 따른 리더기의 인식률 차이 여부를 알아보는 것이다. 따라서 실험대상이 되는 특성치는 리더기의 인식률이다. 특성치 비교의 정확성을 높이기 위해서는 외생변수에 대한 통제가 중요하다(박성현, 1989; 채서일, 1997). 본 연구에서는 안테나 수, 지게차 이용 등의 외생변수를 동일하게 적용한 상태에서 각 리더기별로 실험인자별 인식률을 비교하였다. 그리고 실험의 반복횟수는 실험인자의 수준별로 20회씩이며, 실험환경을 실제 현장과 동일하게 하기 위해 현장에서 실험을 대상으로 직접 실험을 수행하였다.

일반적으로 고정식 리더기의 인식률 실험에 사용되는 안테나의 수는 3개에서 6개 정도¹⁾이며, 본 실험에서는 총 4기의 안테나를 출입문 좌우측에 설치하였다. 고정식 리더기의 경우, 안테나의 간격에 따라 인식률의 차이가 있으므로 안테나 설치 시 적합한 안테나 간격을 유지할 필요성이 있다. 최적의 안테나 간격을 찾기 위해 각 측면의 안테나 간격을 0.5m와 2m 거리에서 반복 실험하였다.

휴대용 리더기의 경우에는 단일의 안테나가 리더기에 부착되어 있으므로 안테나간의 간격이 인식률에 미치는 영향은 고려대상이 아니나 투사 각도와 거리는 인식률에 많은 영향을 미친다. 따라서 휴대용 리더기의 투사각도를 0°에서 90°사이에서 변화시키면서 최적의 투사각도 범위를 찾을 수 있도록 실험을 하였다. 또한 휴대용 리더기는 근거리 식별용임으로 투사거리를 1m 이하로 하여 4가지의 거리에 대해 인식률 실험을 하였다.

〈표 5〉 실험설계표

실험장비	실험인자	실험인자 수준	일반 가설
고정식 리더기	안테나 간격	{0.5m, 2.0m} 등 2가지	H ₀ : 실험인자의 수준에 따른 인식률의 차이는 없다. H ₁ : 실험인자의 수준에 따른 인식률의 차이가 있다.
휴대용 리더기	투사각도	{0°, 45°, 90°} 등 3가지	
	투사거리	{0.3m, 0.5m, 0.7m, 1.0m} 등 4가지	
고정식과 휴대용 리더기	결로현상	{30초, 1분, 2분, 3분, 5분, 10분, 15분, 20분, 30분} 등 9가지	
	포장재질	{스티로폼, 종이, 나무, 누드} 등 4가지	

휴대용 리더기는 이동식임으로 냉동창고의 내외부에서 운용이 됨으로 이들 두 환경에서의 기술적 적용가능성에 대한 점검이 필요하다. 냉동창고 내에서의 실험은 저온 상태에서의 RFID 태그의 적용가능성을 점검하는 것으로 투사각도 및 투사거리별 실

1) 일본 삿포로 실험에서는 5개를 이용하였으며, 국내 수입쇠고기 이력추적사업에서는 2~3개의 안테나를 이용하였다.

험을 통해 간접적으로 검증이 가능하며 냉동창고 외부의 상온에서의 실험은 결로현상에 따른 태그의 적용가능성을 점검하는 것이다. 이러한 문제들이 모두 해결되어야 휴대용 리더기의 도입타당성이 확보될 수 있다.

끝으로 상품의 포장재질에 따라서 리더기의 인식률 차이가 있을 수 있다. 이는 식품의 경우 수분 함량이 높아 박스의 포장재질에 따라 식품의 수분함량 영향이 차단되는 정도에 의해 RFID 태그의 인식률에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 따라서 이에 대한 점검을 위해 현재 많이 이용되고 있는 박스를 대상으로 고정식과 휴대용 리더기를 통해 인식률 차이를 비교실험하고 이들의 병행운용시의 전체 인식률을 산출하였다. 이상의 실험설계 내용과 일반화된 실험가설을 정리하면 <표 5>와 같이 나타낼 수 있다.

3. 실험결과

1) 고정식 리더기의 안테나 간격에 따른 인식률

고정식 리더기는 다수의 안테나를 이용하므로 안테나에서 방사되는 전파 범위에 의해 태그의 인식률이 영향을 받는다. 만약 안테나간의 이격거리가 넓으면 설치 공간의 과다 및 전파의 도달거리 등이 문제가 될 수 있으며, 이격거리가 좁으면 전파장애 문제가 있을 수 있다. 따라서 안테나간의 이격거리가 인식률에 미치는 영향을 설치시 고려해야 한다. 본 실험에서는 최적의 안테나 간의 이격거리를 알아보기 위해서 안테나 간격을 0.5m와 2.0m를 기준으로 스티로폼 상자 30개를 대상으로 인식률에 대한 비교 실험을 하였다.

실험결과에 의하면, 안테나 간의 이격거리가 0.5m인 경우에는 최대 30개, 최소 24개의 태그가 인식되었으며, 평균 인식 태그의 수는 27.10개로 90.3%의 인식률을 나타냈다. 그리고 안테나 간의 이격거리가 2.0m인 경우에는 최대 28개, 최소 22개의 태그가 인식되었으며, 평균 인식 태그의 수는 25.25개로 84.2%의 인식률을 나타냈다.

< 표 6 > 고정식 리더기의 안테나 간격별 식별실험

거리(m)	인식률(개)		순위합(S)	검정통계량(T) ²⁾	W _{1-α} ³⁾	검정 결과
	최대, 최소	평균 식별				
0.5	30, 24	27.100	514	T = 304	W _{1-0.05} = 261}	$\alpha = 0.05$ 수준에서 Ho 기각
2.0	28, 22	25.250	306			

안테나 간의 이격거리별 인식률 차이에 대한 통계적 유의성 여부를 알아보기 위해 Wilcoxon 순위합 검정이나 Mann - Whitney 검증을 이용할 수 있으나 본 연구에서는

2) $T = S - n_1(n_1 + 1)/2$, where n_1 : n_1 실험의 실험횟수(20회)

3) $W_{1-\alpha} = n_1 \times n_2 - W_{\alpha}$, where n_2 : n_2 실험의 실험횟수(20회).

후자를 이용하였으며, 그 결과는 < 표 6 > 과 같다. Mann - Whitney 검증에서의 결정 규칙⁴⁾에 따라 귀무가설(Ho)인 안테나 간격별 인식률의 차이 없음을 기각하고 양자 간의 인식률 차이가 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 따라서 안테나 간의 이격거리가 0.5m인 경우가 2.0m인 경우보다 통계적으로 유의하게 높은 인식률을 나타냈으므로 이격거리에 따른 전파 도달거리 요인을 시스템 설치 시 고려할 필요성이 있음을 알 수 있다. 실제 본 실험환경에서의 인식률 차이에 대한 신뢰구간을 중위수(median)를 통해 수리적 방법(arithmetic method)으로 계산한 결과, 95% 신뢰구간으로 인식률 차이가 {하한값 = 1, 상한값 = 3}로 나타났다(Daniel, 1978).

본 실험조건에서는 0.5m 전후의 안테나 간의 이격거리가 최적의 안테나 이격거리로 판단되나 이격 거리는 장비 및 주변 환경에 따라 차이가 있을 수 있으므로 현실에 적용 시 실험을 통한 이격거리의 조정이 필요하다. 하지만 본 실험에서는 이후의 모든 고정식 리더기 실험에서 0.5m의 안테나 간격을 유지해서 실험을 진행하였다.

2) 휴대용 리더기의 투사거리, 투사각도 및 결로현상에 따른 인식률

휴대용 리더기는 고정식 리더기가 인식하지 못한 태그를 개별적으로 인식하기 위해 운용하는 장비이다. 따라서 입출고 전후에 창고 내외부에서 이용이 됨으로 냉동창고 내외부에서의 실험이 필요하다. 이를 위해 본 실험에서는 휴대용 리더기의 투사 거리 및 각도별 인식률 조사는 냉동창고의 내부에서 수행하고, 결로현상에 따른 인식률 조사는 냉동창고 외부에서 수행하였다.

(1) 투사거리별 인식률

휴대용 리더기의 투사거리별 인식률 실험은 휴대용 리더기와 태그간의 적정 가독거리를 알아보기 위한 실험이다. 휴대용 리더기는 개별 물품의 확인을 위해 이용되는 것임으로 개별 태그를 대상으로 투사거리를 0.3m, 0.5m, 0.7m, 1.0m 등 4가지 조건으로 각각 20회씩 인식률 조사를 하였으며, 그 결과는 < 표 7 > 과 같다.

< 표 7 > 을 통해 이격거리가 0.5m 이상이 됨에 따라 인식률이 급격하게 하락함을

< 표 7 > 휴대용 리더기의 투사거리별 식별실험

이격거리(m)	식별횟수	인식률	χ^2 검정통계량	$\chi^2(\alpha)$	검정 결과
0.3	17(a)	0.850	$\chi^2 = 3.1348$	$\chi^2(\alpha = 0.05, df = 1) = 3.841$ $\chi^2(\alpha = 0.10, df = 1) = 2.706$	$\alpha = 0.10$ 수준에서 Ho 기각
0.5	12(c)	0.600			
0.7	12	0.600			
1.0	1	0.050			

4) If $T \geq W_{1-\alpha}$, Then Ho 기각

알 수 있으며, 1.0m에서는 인식률이 매우 낮았다. 휴대용 리더기의 투사거리가 급격히 차이를 보인 0.5m 거리와 0.3m 거리간의 인식률 차이를 χ^2 동질성 검증(χ^2 test of homogeneity)을 통해 분석하였다. 0.3m와 0.5m간의 인식률 비교는 2×2 분할표(contingency table)를 이용한 분석임으로 간편공식⁵⁾을 이용해서 계산하면, $\chi^2 = 3.1348$ 이 된다(Daniel, 1978). 따라서 $\chi^2(\alpha=0.10, df=1) = 2.706$, $\chi^2(\alpha=0.05, df=1) = 3.841$ 이므로 결정규칙⁷⁾에 따라서 $\alpha=0.1$ 의 수준에서 양자 간의 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 통계적으로 최적 투사거리는 0.3m 이내가 가장 좋은 것으로 검정되었다. 휴대용 리더기는 근거리 측정용임으로 인식 거리가 짧더라도 큰 문제는 없다.

(2) 투사각도별 인식률

RF 전파는 태그와 일직선을 이루어야만 인식이 되는 것은 아니다. 이러한 RF 전파의 특성은 태그인식 작업의 편의성을 높여주는 주요특징 중 하나이다. 하지만 일정한 각도를 벗어나게 되면 인식률이 낮아질 수 있음으로 운용 시에 기본적인 각도유지가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 0°, 45°, 90° 등 3가지 경우를 대상으로 휴대용 리더기의 인식률을 조사하였다. 실험은 각 조건별로 20회씩 실시되었다.

실험의 결과는 <표 8>로 요약할 수 있으며, 45°와 90° 간에는 인식률의 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 이 경우에도 0°와 45° 이상간의 인식률 차이비교는 2×2 분할표로 표현됨으로 χ^2 동질성 검증을 통해 인식률 차이 여부를 분석하였다. 따라서 간편공식에 따라 계산하면, $\chi^2 = 13.7892$ 가 된다. 그러므로 $\chi^2(\alpha=0.005, df=1) = 7.879$ 임으로 0°와 45° 이상의 각도 간에서는 인식률 차이가 통계적으로 매우 유의한 것으로 검정되었다.

<표 8> 휴대용 리더기의 투사각도별 식별실험

각도	식별횟수	인식률	χ^2 검정통계량	$\chi^2(\alpha)$	검정 결과
0°	8	0.400	$\chi^2 = 13.7892$	$\chi^2(\alpha=0.005, df=1) = 7.879$	$\alpha=0.005$ 수준에서 Ho 기각
45°	19	0.950			
90°	19	0.950			

(3) 결로현상에 따른 인식률

냉동수산물 운반을 위해 보관창고에서 운반차량으로 이적하는 과정에서 출고물량의 식별작업이 일어난다. 출고제품 중 창고 출고문에 설치된 고정식 리더기가 인식

5) $\chi^2 = \frac{n(ad - bc)^2}{(a+c)(b+d)(a+d)(c+d)}$, where n=총 표본수(40개), b=20-17, d=20-12.

6) degree of freedom

7) If $\chi^2 \geq \chi^2(1-\alpha)$, Then Ho 기각

하지 못하는 태그는 휴대용 리더기로 인식을 해서 출고물품 리스트에 포함시켜야 한다. 이때 냉동제품은 상온에 두게 되면 시간경과에 따라 온도차이로 인해 결로현상(condensation)이 발생한다.

결로현상은 RFID 기술의 물에 대한 취약성 문제와 연관이 있어 RFID 시스템의 도입 시에 매우 중요한 점검요인으로 간주되고 있다. 따라서 결로현상에 대한 치밀한 점검을 위해 출고 후 1/2분, 1분, 2분, 3분, 5분, 10분, 15분, 20분, 30분 등 9가지 경우에 대해 각각 20회씩 실험을 하였다.

실험결과는 < 표 9 >에 나타난 바와 같이 모든 식별 실험에서 인식이 완벽하게 되었다. 따라서 결로현상으로 인한 휴대용 리더기의 인식을 저하문제는 없는 것으로 나타났다.

< 표 9 > 휴대용 리더기의 출고 후 경과시간별 식별실험

구분 \ 분	1/2	1	2	3	5	10	15	20	30
식별횟수	20	20	20	20	20	20	20	20	20
식별률(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100

3) 포장재질에 따른 인식률

RFID의 포장재질에 따른 인식률 차이를 알아보기 위해 고정식 및 휴대용 리더기를 통해 각각 실험을 하였다. 실험에 사용된 포장재질은 스티로폼, 종이, 나무, 누드 등 4가지이다.

(1) 고정식 리더기의 인식률

고정식 리더기의 포장재질별 인식률 차이 여부를 알아보기 위해서 스티로폼, 종이, 나무 등 3가지 재질의 박스를 30개씩 팔레트에 적재해서 실험을 하였다.

고정식 리더기의 포장재질별 실험 결과는 < 표 10 >에 나타난 바와 같이 스티로폼 상자가 가장 높은 인식률(평균 27.1개)을 나타냈으며, 종이 박스가 가장 낮은 인식률(평균 19.0개)을 나타냈다. 3가지 포장재질 간의 인식률 차이의 유의성을 분석하기 위해서 Kruskal - Wallis 일원분산분석(one - way analysis of variance)을 하였다. Kruskal - Wallis 일원분산분석에 이용된 척도는 순위척도로서 인식률이 0에서 30개 사이의 정수임으로 동률의 순위가 다수 발생할 가능성이 높음으로 동률 순위를 고려한 수정통계량(H')⁸⁾을 이용하였으며, 검정기준은 대표본이라 χ^2 값을 이용하였다.

8) $H' = \left\{ \frac{12}{N(N+1)}, \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1) \right\} / \left(1 - \sum \frac{t^3 - t}{(N^3 - N)} \right)$, where N=총표본수, n_i =i번째 표본집단의 표본수, k=표본집단의 수, R_i =i번째 표본집단의 순위합, t=동일순위 표본의 수.

Kruskal - Wallis 일원분산분석의 결정규칙⁹⁾에 따라서 3가지 포장재질간의 인식률 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

〈표 10〉 고정식 리더기의 포장재질별 식별실험

재질별	인식률(개)		H'검정통계량	$\chi^2(\alpha)$	검정 결과
	최대, 최소	평균 식별			
스티로폼	30, 24	27.100	H' = 41.124	$\chi^2(\alpha=0.001, df=2)=13.816$	$\alpha=0.001$ 수준에서 Ho 기각
종이	24, 15	19.000			
나무	24, 16	20.400			

세 표본 사이에 인식률 차이의 발생위치를 알아보기 위해 다중비교(multiple comparison)를 하였으며, 그 결과는 〈표 11〉과 같다. 따라서 처리수(k)에 따라 실험별오류율(experimentwise error rate(α))을 0.15, 0.20, 0.25 등으로 선택한다면, 본 실험의 경우는 “k=3”임으로 스티로폼 상자가 종이와 나무 상자보다 인식률이 유의하게 높음을 알 수 있다. 하지만 종이 상자와 나무상자 간에는 인식률 차이가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다. 이로 인해 물의 흡수가 거의 발생하지 않는 스티로폼 상자가 RFID 태그를 사용함에 있어 가장 효과적인 포장재질로 나타났다.

〈표 11〉 다중비교를 통한 인식률 차이분석

$ \bar{R}_i - \bar{R}_j ^{10)}$	z 검정통계량	검정 결과 ¹¹⁾
$ \bar{R}_1 - \bar{R}_2 = 50.40 - 16.90 = 33.5$	$z(\alpha=0.01) = 16.162$	$\alpha=0.01$ 수준에서 Ho 기각
$ \bar{R}_1 - \bar{R}_3 = 50.40 - 24.21 = 26.2$		
$ \bar{R}_2 - \bar{R}_3 = 16.91 - 24.21 = 7.3$	$z(\alpha=0.25) = 9.543$	$\alpha=0.25$ 수준에서 Ho 채택

(2) 휴대용 리더기의 인식률

휴대용 리더기의 포장재질별 인식률 차이를 조사하기 위해서 스티로폼, 종이, 누드형 등 3가지 재질의 박스를 대상으로 각각 20회씩 반복 실험하였다.

〈표 12〉 휴대용 리더기의 포장재질별 식별실험

재질별	식별횟수	평균식별	χ^2 검정통계량	$\chi^2(\alpha)$	검정 결과
스티로폼	17	0.850	$\chi^2 = 1.5802$	$\chi^2(\alpha=0.10, df=2) = 4.605$	$\alpha=0.10$ 수준에서 Ho 채택
종이	18	0.900			
누드	15	0.750			

9) If $H' \geq \chi^2(\alpha)$, Then Ho 기각.
 10) $\bar{R}_i = i$ 번째 표본집단의 순위합 평균
 11) 결정규칙 : If $|\bar{R}_i - \bar{R}_j| \geq z$, Then Ho 기각.

그 결과, < 표 12 > 에서와 같이 종이의 경우가 가장 높은 인식률(0.90)을 나타냈으며, 누드 상자가 가장 낮은 인식률(0.75)을 나타냈다. 이들 간의 인식률 차이 여부를 χ^2 동질성 검사를 통해 분석한 결과 차이가 없는 것으로 나타났다.

< 표 13 > 휴대용 리더기의 포장재질별 인식률 추가분석

재질별	식별횟수	평균식별	χ^2 검정통계량	$\chi^2(\alpha)$	검정 결과
종이	18	0.900	$\chi^2 = 1.5584$	$\chi^2(\alpha = 0.10, df = 1) = 2.706$	$\alpha = 0.10$ 수준에서 Ho 채택
누드	15	0.750			

하지만 가장 인식률 차이가 큰 종이 상자와 누드 상자간의 인식률 차이는 유의할 수 있음으로 이들 간의 인식률 차이 여부에 대한 추가분석을 하였다. 추가분석에 따른 결과는 < 표 13 > 과 같다. 추가분석 결과에 의하면 이들 간에도 인식률 차이가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 휴대용 리더기의 경우에는 포장재질에 따른 인식률 차이가 유의수준 $\alpha = 0.10$ 에서 통계적으로 유의하지 않음을 알 수 있다.

(3) 고정식 및 휴대용 리더기의 병용에 따른 인식률

고정식 리더기를 통한 인식률 실험에서는 스티로폼 상자가 가장 적합한 포장 재질인 것으로 분석되었다. 그러나 휴대용 리더기의 경우에는 종이 상자가 다소 높은 인식률을 나타냈지만 통계적으로 차이가 유의하지는 않았다. 일반적으로 고정식 리더기는 출입문에 설치되어 입출고 시점의 물류흐름을 측정하는 장비이다. 그러나 휴대용 리더기는 창고내외부에서의 개별 태그에 대한 인식에 이용된다. 즉, 양자는 용도가 다르기 때문에 RFID 장비설치 시에 모두 설치하게 된다. 따라서 고정식 및 휴대용 리더기의 병용에 따른 인식률이 도입타당성분석에서 더욱 현실적인 인식률 개념이 될 수 있다.

각 리더기의 포장재질별 실험에서 가장 높은 인식률을 나타낸 스티로폼 상자와 종이 상자를 기준으로 고정식과 휴대용 리더기를 동시에 사용했을 경우의 인식률을 계산하면 < 표 14 > 와 같다. 전체 인식률은 스티로폼 상자의 경우에는 98.5%가 되고, 종이 상자의 경우에는 96.3%가 되었다. 따라서 양자의 경우 모두에서 높은 인식률을 보임으로서 RFID 장비의 도입시 포장재질로 인한 인식률 문제는 없는 것으로 추정된다.

< 표 14 > 포장재질별 전체 인식률

포장 재질	전체 인식률
스티로폼	$= 0.903 + 0.850 \times (1 - 0.903) = 0.985$
종이	$= 0.633 + 0.900 \times (1 - 0.633) = 0.963$

IV. 결 론

식품이력제에 대한 소비자들의 관심이 전세계적으로 고조됨과 동시에 최근 이들에 대한 관리수단으로서 RFID 기술이 급부상하고 있다. 하지만 RFID 기술은 아직 도입 초기단계에 있는 기술이라 많은 문제점들이 해결되어야 한다. 이중 한 가지가 RFID 기술의 인식률 문제이다.

RFID 기술의 인식률 문제는 적용 도메인에 따라 적합성에 차이가 있을 수 있다. 본 연구에서는 미래 수산물 유통의 주요 체계가 될 이력제를 대상으로 RFID 기술의 적용가능성 문제를 문헌적 측면과 실증적 측면에서 살펴보았다. 문헌조사에서는 이력제의 도입에 필요한 사물식별체계와 식별정보를 저장할 매체에 대해 논의하였는데 문헌조사결과에 의하면 기존의 사물식별체계인 GTIN과 이의 저장매체인 바코드는 표현 및 저장용량 측면에서 이력제의 적절한 정보표현 수단이 되지 못하였다. 따라서 이들을 대신해서 이력제에서는 EPC 코드와 RFID Gen 2 태그가 사물식별체계 및 정보저장매체로 도입될 필요성이 있음을 알 수 있었다.

실증실험에서는 RFID 기술의 근본적 취약점인 수분과 금속에 의한 전파장애 문제를 조사하였는데, 실험결과에 의하면 포장재질에 관계없이 RFID 태그의 인식률이 모두 96%를 상회하는 것으로 조사되었다. 이는 RFID 기술의 취약점인 수분과 금속성 문제가 이력제에 대한 RFID 기술의 적용에 있어서 문제가 되지 않음을 의미한다고 할 수 있다. 따라서 현재 진행중인 수산물 이력제의 시범사업에서 이용되고 있는 바코드 체계를 향후 표준화된 이력제의 수단으로 적용될 RFID 기술로 대체하는 것이 바람직해보이며 이러한 세부적인 방안에 대해서는 추가적인 연구가 요구된다.

본 연구에서는 실증실험의 대상으로 냉동수산물만을 고려하였다. 따라서 향후 수산물 이력제에 대한 RFID 기술의 전면적인 도입을 위해서는 활어와 선어에 대해서도 실증실험이 있어야 할 것이다. 최근 수중에서도 인식이 되는 RFID 태그가 개발됨에 따라 활어와 선어에 대해서도 기술적 문제에 대한 실증실험이 가능하게 되었으므로 이를 향후 연구과제로 할 수 있을 것이다.

참고문헌

김진백, RFID를 이용한 수산물 생산이력제 도입방안, 해양정책연구, 제19권, 제2호, pp.77 - 105.

박성현, 현대실험계획법, 대영사, 1989

채서일, 사회과학조사방법론 2판, 학현사, 1997.

한국유통물류진흥원, 2006, <http://www.koreannet.or.kr/kor/infocenter/info.jsp>

- 한국정보통신기술협회, "RFID 기술 및 표준화 동향," *TTA저널*, 95호, 2005.
- 北海道総合通信局, *UHF帯電子タグによる水産物トレーサビリティー實證試験*, 2005(平成17年10月31日).
- Bearing Point, "Beyond Compliance: the Future Promise of RFID," *Bearing Point White Paper*, 2005.
- Brock L. D., "Integrating the EPC and the GTIN," *Auto-ID Center White Paper*, 2002.
- Burnell, J., "Gen 2: There's Standard, and then There's Excellence," *Intermec White Paper*, 2006, <http://www.realtim.Intermec.com>
- Collins, J., "Hat's Next for Gen 2?," *RFID Journal*, 2006, <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1301>
- Daniel, W. W., *Applied Nonparametric Statistics*, Houghton Mifflin Company, 1978.
- EPCglobal, *Specification for RFID Air Interface*, EPCglobal Inc., 2004
- GTIN Information, 2005 Webpage, <http://www.gtin.info/index.html>
- Harrison, M., "EPC Information Service - data Model and Queries," *Auto-ID Center White Paper*, 2004.
- Intermec Technologies, "Introduction to Radio Frequency Identification," *Intermec White Paper*, 2005.
- ODIN Technologies Laboratory, "Understanding the Evolution: How Gen 2 Will Impact You," *ODIN Technologies White Paper*, 2005.
- Paxar Americas, "RFID Basics Updated," *Paxar Americas White Paper*, 2006.
- Roberti, M., "EPCglobal Ratifies Gen 2 Standard," *RFID Journal*, 2006, <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1293>
- Symbol Technologies, "Understanding Gen 2: What It is, How You Will Benefit and Criteria for Vendor Assessment," *Symbol Technologies White Paper*, 2006.
- ThingMagic, "Generation 2 - A User Guide," *ThingMagic White Paper*, 2005.

Read Rate Analysis of RFID Gen 2 Tag in Frozen Seafood Traceability Systems

Jin Baek Kim, Dongho Lee

Abstract

Implementing the automatic identification in supply chain management is essential for effective and efficient process control. Though the GTIN based bar code system is generally used as an automatic identification method in most industries, it can not identify individual item, and is not appropriated for products' reliability and safety management. So the RFID system with EPC is considered as a better solution for resolving those problems.

This study reviewed automatic identification code systems and the attributes and characteristics of RFID Gen 2 which became a global standard recently for supply chain management. Particularly, this study analyzed RFID Gen 2 systems' read rates on various conditions including distances between tags and readers and between antennas, condensation, and several packing materials in practical supply chain environment. The results of this study showed that the RFID Gen 2 had high read ratio in practical application and would be adopted as a new automatic identification means for traceability systems.

key words : RFID Gen 2, Traceability Systems, Read Rate, Automatic Identification, EPC Code
