

양식용 철제 가두리에 대한 RFID 태그 인식률 개선에 관한 연구[†]

(A Study on RFID Tag Recognition for Metal Pipe
in Fish Cultivating Industry)

박 성 미*, 김 채 수**

(Sung-Mee, Park and Chae-Soo, Kim)

요 약 본 논문은 항만폐기물 수거에 및 관리에 자동인식 시스템인 RFID를 활용하기 위한 선행연구로써, 최근 급속히 늘고 있는 구리와 아연합금의 양식용 철제 가두리에 대하여 RFID를 부착하는 효율적인 방안을 제시하고자 한다. 이는 재활용률 향상과 환경오염 예방을 위하여 꼭 해결이 필요한 과제인데, 철제 가두리는 사용 환경 특성으로 인하여 수분이 함유된 철제 어구(fishing equipment)인 바, 금속 혹은 고무, 유리 등과 같은 물질에 RFID 태그를 부착할 때 발생하는 RFID 인식률과 관련된 중요한 기술적 난제인 RFID에너지의 반사와 흡수 현상을 극복할 수 있는 실용적 방안이 강구되어야 한다. 최근 스티로폼(Styrofoam)이나 합성수지 등을 이용하여 금속에 부착할 수 있는 900MHz 대역의 금속태그가 개발되어 보급되고 있으나, 이 또한 일반 태그에 비하면 가격이 상대적으로 고가인 현실적인 문제점이 있다. 본 연구에서는 전형적 금속형 어구인 철제 가두리를 대상으로 RFID 인식률 향상을 위한 스티로폼 패드(styrofoam pad) 활용 방안을 제시하고, 아울러 안테나 각도 등의 리더기 활용 최적조건 등을 실험을 통하여 살펴본다. 실험계획 및 분석은 다구찌(Taguchi)기법을 적용하였고, Minitab S/W를 활용하였다. 실험결과로써, 스티로폼 패드의 두께는 두꺼울수록 좋으며, 태그의 부착위치는 모서리(edge)부분, 리더기 각도는 0°(정면)가 인식률이 가장 좋은 것으로 나타났다.

핵심주제어 : 철제 가두리, RFID, 태그 인식률, 다구찌 기법

Abstract RFID(Radio Frequency IDentification) is an emerging technology which brings enormous productivity benefits in applications where objects have to be identified automatically. But despite of RFID's advantage, it is not easy to realize the RFID technology in business world. The failure to read RFID tags is the most urgent problem that should be solved for RFID application. Specially, in metal and liquid material, recognition rate of RFID tag is lower than others. Though some special tags for metal and liquid have been invented, it has not prevalent in business world on account of high price. In this paper, styrofoam pad is suggested to improve recognition rate of RFID tag for metal pipe which is used in fish cultivating industry. We makes experiment using Taguchi method and analyze the effects on styrofoam thickness, attachment location of tag, and angle of antenna.

Key Words : Metal pipe for fish cultivation, RFID, Tag recognition, Taguchi method

[†] 이 연구는 동아대학교 교내연구비 지원에 의해 진행되었음.

* 동아대학교 산업경영공학과, 제1저자

** 동아대학교 산업경영공학과, 교신저자

1. 서 론

우리나라는 농어촌인구의 고령화와 환경의식의 부족으로 인하여 사용한 농자재 및 양식어구의 상당한 양이 불법적으로 소각 또는 매립되고 있는 실정이다. 각종의 농자재 및 어구의 불법 방치 및 폐기는 농어촌의 환경파괴 뿐만 아니라 거주 및 종사자의 안전에도 큰 지장을 초래하는 바, 적절한 회수 물류시스템의 개발이 필요하다. 특히 각종 폐어구의 불법 방치는 선박안전과 해양오염에 중요한 위협 요인이 되고 있으므로 이러한 항만 폐기물의 회수를 위한 체계적인 방안과 시스템의 개발이 요구된다.

강원수(2001)에 의하면 국내 항만에 산재된 고형 폐기물이 약 35000톤으로 추정되며, 종류별로 구분해 보면 <표 1>과 같다.

<표 1> 항만폐기물의 구성

폐기물 종류	비율(%)
페타이어	5
와이어로프	16
폐목	8
철제류	22
기타	21

정확한 데이터를 확보할 수는 없었으나, 상기 폐기물 중에서도 어구류 활용에 따른 폐기물의 발생량이 상당하리란 관측이 가능하다. 농어촌의 폐기물 회수에 관한 실정이 비슷하다는 가정 하에서 강창용(2004)의 연구 결과를 인용하면 어구의 회수율도 10% 이내에 불과한 실정이며, 이에 따라 항만폐기물의 회수를 용이하게 하기 위한 다양한 시도가 진행되고 있는 상황이다.

본 연구는 이러한 노력의 일환으로 추진 중인 'RFID를 이용한 항만폐기물의 회수시스템 개발'에 관한 연구의 일환이다.

1.1 회수율 저하 요인

회수율이 낮은 요인은 다양한 측면에서 기인하지만 이를 몇 가지로 구분하면 크게 다음과 같이 정리된다.

(1) 폐기물의 정보와 이력부재 : 폐기물의 발생 장소, 발생량과 발생 시기를 정확히 알 수 없으므로 수

거에 어려움이 있다.

(2) 수거권역의 산재 : 항만의 지역특성상 수거지가 밀집되어 있지 않아서 수거능력, 거리, 비용의 문제로 수거가 어렵다.

(3) 시민 특성 : 쓰레기 정책은 사회적, 지역적 특성을 고려해야 하는 것으로 농어촌 환경 특성에 따른 어려움이다.

상기 문제를 해결하기 위하여 다양한 연구들이 정책적 대안과 기술적 대안의 형태로 제시되고 있는데, 그 중에서 폐기물의 정보 및 이력부재를 해결하기 위하여 RFID 활용 방안이 대두된다. 이를 성공적으로 적용을 위해서는 기술적으로 적용 대상물의 특성에 따른 인식률의 저하 문제를 해결해야 한다. 즉 항만 폐기물의 주요 구성품목인 금속류에 대한 인식률 향상에 관한 연구가 필요한 것이다.

1.2 양식용 철제 가두리

칠레의 Ecosea Farming SA사는 구리와 아연 합금으로 만든 연어 양식용 철제가두리가 양식장에서 주로 발생하는 병원성 박테리아 및 바이러스 퇴치에 획기적인 효과가 있다고 발표하였다. 칠레의 많은 연어 양식장들에서는 전염성 연어패혈증(ISA, Infectious Salmon Anemia)이 확산되어 2007년에는 대량 폐사의 아픈 경험이 있다(2012, 탄해수산자원연구소).

구리와 아연 합금으로 만든 연어 양식용 철제 가두리는 양식 연어 치사률이 일반 가두리에 비하여 35% 정도 감소하며, 해양 포식동물로부터의 완벽한 보호를 기대할 수 있어 생산성 향상도 기대할 수 있다고 알려지면서 국내에서도 활발한 검토가 시작되고 있다. 그러나 일반 가두리에 비하여 구입가가 고가이므로 100%의 재활용이 요구되는 바, RFID를 활용한 위치 파악, 품목관리 등을 통한 철저한 회수 방안이 요구된다.

본 연구는 항만폐기물의 주요 품목 중 하나인 양식용 철제 가두리에 RFID를 활용하기 위한 기초 연구이며, 연구결과는 유사한 철제형 항만 폐기물의 RFID 적용에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

1.3 RFID 태그 인식률

일반적으로 RFID 시스템은 기본적으로 사물에 부착되고 이를 유일하게 구분할 수 있는 정보를 담고 있는 RFID 태그(Tag)와 태그에 담겨진 정보를 인식하는 RFID 리더기(Reader), 다수의 리더기로부터 인식된 RFID 태그정보를 수집하고 중복된 정보들을 제거하여 의미 있는 정보만을 응용프로그램에 전달해주는 일종의 처리시스템인 RFID 미들웨어(Middleware)로 구성된다(김신배, 2005). RFID 시스템은 라디오 주파수를 이용하여 객체를 인식하는 기술로써 태그를 정확히 해석하고 분석하는 능력이 요구된다. 아울러 태그에는 물품의 정보가 담겨져서 물품에 부착되어 있으며, 태그의 정보는 안테나와 리더를 통해 읽혀져서 미들웨어를 거쳐 필요한 응용프로그램으로 전달되는 과정인데, 대상물이 금속, 액체 등인 경우에는 RFID에너지의 반사와 흡수 현상이 발생하여 인식 오류가 발생할 소지가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 한국전자통신연구원에서는 스티로폼(Styrofoam)이나 합성수지 등을 이용하여 금속에 부착할 수 있는 900MHz 대역의 금속태그를 세계 최초로 개발하여 보급하고 있으나, 이 또한 일반 태그에 비하면 가격이 상대적으로 고가인 현실적인 문제점이 있다(보안뉴스, 2006). 이는 RFID시스템이 가지는 많은 장점에도 불구하고 RFID의 활용이 저조한 중요한 요인 중 하나로 알려져 있다.

본 연구는 간단한 스티로폼 패드와 일반 RFID 태그를 이용하여 금속(철제) 대상물에 대해서 인식률을 향상시키는 방안에 관하여 살펴본다.

대상물의 형상과 여건에 따라 본 연구의 결과가 상이할 수는 있으나, 방법론을 제시함에 따라 실용화 측면에서의 의미가 높다고 판단된다.

본 논문의 제2절에서는 태그 인식률 향상을 위한 실험내용이 소개되고, 3절에서는 결론으로써 실험결과의 핵심사항과 향후 연구내용 등이 언급된다.

2. 인식률 향상 실험

2.1 실험의 목적

실험을 통하여 결정해야 할 인자(Factor)는 총 3가지이며, 가두리용 철제봉의 부착위치를 각(Angle)이 지는 부위인 곡각부와 직선인 가운데 부위, 그리고 끝

부분 3군데를 대상으로 실험하며, 태그를 인식하기 위한 안테나의 각도도 정면(0°), 45°, 측면(90°)으로 구분하여 실험해 본다. 스티로폼 패드를 금속이나 액체에 사용할 경우에 스티로폼의 두께가 두꺼우면 인식률에 좋은 영향을 미칠 것으로 예상되지만 확인이 필요하며, 패드의 두께로 인하여 인식 작업상의 불편이 수반되므로 가급적이면 얇은 두께가 좋은 상황임을 고려하여 0.1cm, 0.2cm, 0.3cm 3가지 종류에 대한 실험을 실시한다.

2.2 실험 환경

다음 <표 2>는 실험에 사용된 RFID관련 장비목록이다.

<표 2> 실험에 사용된 RFID 장비

장비	사양
리더	Model : ALR 9800 Company : Alien Tech. Frequency : 910 ~ 914 MHz Protocol : EPC C0, 0+, C1, C1G2
안테나	Model : ALR-9610-BC Company : Alien Tech. Frequency : 902-928 MHz
태그	Model : Alien ALL-9440 Frequency : 860-960 MHz Protocol : EPC Class 1 Gen 2

2.3 실험계획

실제로 RFID가 적용될 시스템의 주변여건은 항만의 특성인 수분과 바람이 많고 일사량이 큰 환경이며, 제어 가능한 실험인자와 수준은 <표 3>과 같다.

<표 3> 실험 인자와 수준

인자	수준
부착위치	곡각부위, 가운데, 끝부분
안테나 각도	0°(정면), 45°, 90°(측면)
스티로폼 패드 두께	0.1cm, 0.2cm, 0.3cm

각 인자별 수준의 결정은 실용성을 감안한 현실적인 측면을 고려하여 결정되었다. 즉, 현실적 여건상 안테나의 간격은 최소 50cm이상, 최대 150cm이내이어야 하며, 안테나 각도도 최하 0°에서 최대 90°이며, 스티로폼 패드 두께는 전술한 바와 같이 현실적으로 0.3cm를 초과하기 어렵다.

실험계획 및 분석은 다구찌(Taguchi)법을 적용하고 하고 <표 4>는 실험 내역이다.

<표 4> 실험 내역

부착위치	각도	두께
곡각부	0	0.1
곡각부	45	0.2
곡각부	90	0.3
가운데	0	0.2
가운데	45	0.3
가운데	90	0.1
끝부분	0	0.3
끝부분	45	0.1
끝부분	90	0.2

다구찌 방법(Taguchi Method)은 제품의 품질향상과 원가절감을 효율적으로 관리하기 위해서 품질을 손실의 개념으로 파악하고, 이를 정량화하는데 있어서 직교배열의 실험계획을 이용하여 데이터를 얻고, 이 데이터로부터 유도된 S/N비를 사용하여 분석함으로써 잡음 그 자체를 통제하거나 제거하기보다는 제품의 품질특성치가 잡음에 둔감하면서 설계인자(Parameter)들의 최적조건을 찾는 강건설계(Robust Design)의 대표적인 방법이다.

다구찌 방법은 우선 제어가능한 인자들을 설정하고 제어가 불가능하거나 제어하기에 비용(Cost)이 많이 드는 인자들을 잡음(Noise)라고 정의하고, 제어인자들의 수준(Level)값을 실험을 통하여 변경하면서 최적의 조건을 찾는 방법이다[4]. 따라서 환경적인 변화 즉 실험실 환경이 아닌 실제 환경 변화에 강건한 설계를 위하여 적합한 방법이라 할 수 있다. 또한 편이(Bias)되지 않은 직교좌표(Orthogonal Array)에 의한 최소의 실험으로 손쉽게 최적에 근사한 조건을 찾을 수 있는 방법이기도 하다.

본 연구에서도 다구찌 방법을 수행하기 위하여 먼저 제어 가능한 인자와 제어 불가능한 인자를 각각 설

정하고, 직교좌표에 의한 실험을 실시하여 특성치인 인식률에 대한 신호 대 잡음비(Signal-to-Noise Ratio)를 계산하여 최대의 S/N비(S/N Ratio)를 나타내는 인자들의 조건을 찾아내고자 하였다. 관련되는 기존의 연구결과와 현실적 상황 등을 고려해 볼 때, 태그의 인식률에 영향을 미치는 제어인자는 태그 부착위치, 안테나각도와 스티로폼 패드의 두께이며, 잡음인자로써는 수분의 함량이 고려되었다.

수분 함량은 실질적으로 통제할 수 없는 상황이며, 현실을 고려해 볼 때 인식 대상물은 상당한 수분 함량을 가질 수 있으므로 수분 함량에 둔감한 제어인자의 최적 조합을 발견하고자 실험을 진행하였다. 수분 함량은 적은 경우와 많은 경우의 2가지로 구분하고, 적은 경우란 5%를 기준으로 하고 많은 경우는 20%를 기준으로 하였다.

2.4 실험 결과

2.4.1 인식률 측정 결과

인식률 측정은 각 실험의 조건(Treatment)별로 잡음인자 각각에 대해 수준별 100회의 반복 측정하고, 인식에 성공한 횟수를 비율(%)로 산정한다. 3개의 제어인자는 <표 4>와 같이 각각 3가지의 수준값을 갖고, 잡음인자인 수분함량은 ‘많음(20%이상)’과 ‘적음(5%이하)’의 2가지 수준값을 갖는 상황이며, 다구찌 방법으로 도출된 실험계획에 따라 실험실 환경에서 실제로 측정하였으며, 측정결과는 <표 5>와 같이 정리된다.

<표 5> 금속대상물의 인식률(%)

		패드 두께별 인식률		
부착	각도	0.1cm	0.2cm	0.3cm
곡각부	90°	0		
	45°		64	
	0°			100
가운데	90°		5	
	45°			90
	0°	23		
끝부분	90°			29
	45°	4		
	0°		93	

2.4.2 실험결과 분석

측정대상이 인식률이므로 망대특성치(Larger is better)를 갖는 본 실험에 대하여 SN비와 평균값에 대한 민감도를 통계 소프트웨어인 Minitab을 활용하여 분석한 결과, 각각 <표 6>과 <표 7>과 같이 정리된다.

망대특성치를 갖는 특성치의 SN비인 y_{ij} 는 i 번째 실험조건에서 관측된 j 번째의 품질특성치, n 을 한 실험조건에서의 반복측정횟수라고 할 때, 수식 (1)과 같이 표현되며 <표 6>에 정리되어 있다.

$$SN_i = -10 \log \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{1}{y_{ij}^2} \right\} \quad (1)$$

또한 <표 6>과 <표 7>에서 SN비 혹은 평균치 변화량(Delta)이란 수준값이 가장 나쁜 상태에서 가장 좋은 상태로 바뀌었을 때의 차분을 의미하는 값이며, 변화량이 가장 큰 값을 갖는 인자가 실험결과에 가장 민감한 인자가 된다. 또한 순위(Rank)는 이러한 민감도의 크기를 나타낸다.

<표 6> SN비 분석

Level	Location	Angle	Thickness
1	27.3814	16.4160	15.0988
2	26.7663	29.0832	29.8242
3	26.8863	35.5347	36.1109
Delta	0.6151	19.1188	21.0122
Rank	3	2	1

<표 7> 평균값 분석

Level	Location	Angle	Thickness
1	55.3333	12.0000	9.6667
2	39.3333	52.6667	54.0000
3	42.0000	72.0000	73.0000
Delta	16.0000	60.0000	63.3333
Rank	3	2	1

아울러 각 인자별 수준 값의 변화에 따라 SN비와 평균치가 얼마나 민감하게 변화되는 지를 보여주는

민감도 분석의 결과, 모두 <표 6>과 <표 7>에서 분석되었던 결과와 동일하게 세 가지 인자 중에서 스티로폼의 두께가 인식률에 가장 큰 영향을 미치며, 스티로폼의 두께가 두꺼울수록 인식률이 높게 나타나는 현상을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문은 항만폐기물 수거에 및 관리에 자동인식 시스템인 RFID를 활용하기 위한 기초연구로써, 최근 해양 양식업계의 관심을 끌고 있는 구리와 아연합금의 양식용 철제 가두리에 RFID 태그를 부착하여 실용적으로 활용할 수 있는 방안을 제시하였다. 철제 가두리는 사용 환경 특성으로 인하여 수분이 함유된 철제 어구인 바, 금속 물질에 RFID 태그를 부착할 때 발생하는 RFID 인식률 저하 현상을 극복할 수 있는 방안을 강구해야 하며, 특수 태그가 아닌 일반 태그이 활용가능성을 높이기 위하여 스티로폼 패드를 활용하는 실험을 실시하였다. 인식 대상물에 수분이 함유되어 있는 상황이나 수분량을 제어하기 어려운 상황이므로, 수분량에 둔감한 최적 조건을 구하기 위하여 다구찌 기법을 활용하였다. 실험 결과를 통계적으로 분석한 결과, 예상대로 스티로폼 패드의 두께는 두꺼울수록 유리하고, 태그의 부착 위치는 가두리 환봉의 모서리 부위가 좋으며, 안테나는 정면으로 설치하는 것이 인식률 향상에 도움이 되는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 항만폐기물의 재활용률 향상과 환경오염 예방이라는 관점에서 중요한 의미를 가지며, 철제 가두리가 아닌 다른 항만 폐기물에 대해서도 응용 가능할 것으로 판단된다.

향후 연구 과제로써는 이러한 항만폐기물의 수집 및 폐기 과정을 시스템화 하는 연구와, 관련된 정책개발 등이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김진택, 이동호, “냉동수산물 이력제 식별수단으로써의 RFID Gen2 태그의 인식률 분석”, 수산경영론집, 제38권, 제1호, pp.115-132, 2007.
- [2] 보안뉴스, “ETRI, 세계 최초 광대역 RFID 금속태

- 그 개발”, www.boannews.com, 2006.
- [3] 장경열, 이충훈, 김재곤, 임승길, 유우식, “항만컨테이너 터미널 게이트 입/출입 관리에서의 RFID 적용에 관한 실증 연구”, *IE Interfaces*, Vol. 20, No. 1, pp. 69-78, 2007.
- [4] 홍성목, 조용욱, 박영규, “다구찌 방법을 이용한 알루미늄 배선덕트의 유도노이즈(잡음)측정에 관한 연구”, *산업경영시스템학회지*, 제24권, 제67호, pp.61-67, 2001.
- [5] 홍정의, “다구찌 방법과 신경회로망을 이용한 사출성형 가공공정의 최적 가공조건 선정에 관한 연구”, *한국산업시스템공학회*, 제25권, 제2호, pp.71-76, 2002.
- [6] 탄혜수산자원연구소, “구리와 아연합금으로 만든 가두리가 질병예방”, www.fis.com, 2012.
- [7] Andres Garcia, Yoon Seok Chang, Ricardo Valverde, “Impact of new identification and tracking technologies on a distribution center”, *Computers & Industrial Engineering*, pp.542-552, 2006.
- [8] Kacker, Paugh N., “Off-line quality control parameter design”, *Journal of quality technology*, Vol 17, No4, 1985, pp176-188.
- [9] Klaus Finkenzeller, “RFID Handbook - Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification”, WILEY, 2003.



박 성 미 (Sung-Mee, Park)

- 정회원
- 동아대학교 산업공학과 공학사
- 동아대학교 산업공학과 공학박사
- 동아대학교 공과대학 산업경영공학과 외래교수
- 관심분야: RFID 응용, OR 응용



김 채 수 (Chae-Soo, Kim)

- 정회원
- 동아대학교 산업공학과 공학사
- KAIST 산업공학과 공학석사
- KAIST 산업공학과 공학박사
- 동아대학교 공과대학 산업경영공학과 교수
- 관심분야 : 물류시스템 설계와 운용, RFID 응용, 물류보안, 역물류, 입지선정