

다구찌법을 이용한 컨테이너화물 안전수송장치 ConTracer의 성능향상에 관한 연구[†]

(A Study on Performance Improvement of
ConTracer Using Taguchi Method)

최형림*, 김재중**, 강무홍*, 손정락**, 신중조*, 이호인**,
김광필***, 김채수****

(Hyung Rim Choi, Jae Joong Kim, Moo Hong Kang, Rock Jung Shon,
Joong Jo Shin, Ho-in Lee, Gwang Pil Kim, Chae Soo Kim)

요 약 미국에서 발생한 9.11 테러 이후 물류보안(Supply Chain Security)에 대한 패러다임이 발생하였으며, 국외의 관련 기업과 기관들은 물류보안을 위하여 다양한 연구들을 진행하였다. 하지만 국내의 경우 물류보안이라는 용어 자체가 생소할 뿐만 아니라 보안에 관한 패러다임이 물류부분까지 확산되지 않아서 관련 연구가 부족한 실정이었으나, 최근에 물류보안 기술 중의 하나로서 RFID 기반 컨테이너 화물 안전수송 장비인 ConTracer(Container Tracer)를 개발하는 등 관련 연구가 활성화되기 시작하였다. 현재 개발되고 있는 컨테이너 화물 안전수송 장비들의 주요 이슈는 높은 인식률과 충분한 인식거리가 확보되는 것이며, 본 연구에서는 이러한 목적을 달성하기 위하여 다구찌 방법론을 활용하여 ConTracer(433MHz 타입, 2.4GHz 타입)의 인식률 향상을 위한 다양한 실험을 하였다. 실험결과 433MHz 주파수에서는 리더기의 방향을 전방우측으로 향하는 것이 다소 유리하고, 2.4GHz 주파수에서는 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났으며, 안테나의 위치는 예상했던 대로 두 주파수 모두 외부에 설치하는 것이 인식률 향상에 유리한 것으로 분석되었다.

핵심주제어 : 물류보안, 컨테이너 화물 안전수송, ConTracer, 다구찌법, RFID 리더 및 안테나 방향

Abstract Since 9.11 terrorist attacks against the USA, the new paradigm for “supply chain security” has been established. And at the same time a lot of researches are being made on supply chain security by many foreign companies or research institutes. However, domestically the terms “supply chain security” themselves are not yet familiar, and the paradigm of security are not being used in the logistics, while little researches are being made on them. But recently along with development of “ConTracer,” a supply chain security technology, which is to be used as the equipment for container cargo transportation safety based on RFID technology, related researches have begun to be activated. The key issues for the development of equipment for container transportation safety are to obtain both a high recognition rate and enough recognition distance. To this end, this study has tested the ConTracer (433 MHz type and 2.4 GHz type) by using Taguchi Method. According to our test results, in the case of 433 MHz type, it is a little more effective that the reader faces to the front-right side, and in the case of 2.4 GHz, reader direction does not make difference in the view of sensitivity. The test also has proved that it is better that antenna location, as expected, is to be installed on the outside for both types alike.

Key Words : Supply Chain Security, Taguchi Methods, ConTracer, RFID Reader & Antenna Direction

1. 서론

최근 미국은 9.11 테러 이후 보안 강화를 목적으로 자국으로 출입되는 화물에 대한 검색을 강화하는 SAFE Port Act.를 발표하였으며, 이는 물류보안(Supply Chain Security)이 새로운 국제규범으로 등장하여 눈에 보이지 않는 새로운 무역장벽이 될 것으로 예상이 된다. 이에 따라 2012년부터 미국행 수출입 컨테이너에는 전자봉인장치의 부착이 의무화될 것이며, 이를 장착하지 않을 경우 전수검사를 받아야 하는 불이익이 예상된다. 전수검사시의 검사기간은 3~7일, 비용은 2,000달러 정도가 소요되는 바, 미국의 보안 강화 정책의 영향을 받아 EU, 중국 등도 이에 대응하기 위한 방안들을 추진 중에 있다.(한국경제신문, 2007)

물류보안이라는 새로운 패러다임이 발생하기 이전에 컨테이너 수송과 관련된 연구 결과를 살펴보면, 컨테이너를 단순히 화물을 수송하기 위한 포장용기로서만 취급하였을 뿐, 보안과 서비스 향상을 위한 도구로서는 취급하지 않았다. 물류보안과 관련된 연구는 2000년대 중반부터 꾸준히 증가하고 있으며, 대부분 논문보다는 특허나 보고서를 통해 공개되고 있는 실정이다.(한국RFID/USN협회, 2008)

먼저 국외의 경우 Savi Networks社에서는 기존의 컨테이너 Seal(봉인장치)을 전자적으로 대체하는 전자봉인장치인 eSeal을 발명하였다. 이 전자봉인장치는 RFID(Radio Frequency IDentification) 기술을 이용하여 무선으로 컨테이너 문(door)의 개폐여부를 확인할 수 있으나 일회성인 단점이 있다.(Savi, 2004) 또한 Savi Networks社의 경쟁사인 GE社에서는 컨테이너의 상태를 모니터링하기 위해 CSD(Container Security Device)라는 전자봉인장치를 개발하였으며, 이는 기본적으로 컨테이너 문의 개폐를 감지하고, 확장포트를 이용할 경우에는 온도, 습도, 충격 센서 등을 부착할 수 있도록 고안되어 있으나 아직은 활용되고 있지 않다.(Commerce Guard, 2006; Commerce Guard, 2007).

국내의 경우 물류보안이라는 용어 자체가 생소할 뿐만 아니라 보안에 관한 패러다임이 물류부분까지 확산되지 않아서 관련된 연구는 거의 없었으며, 최근에서야 지식경제부의 지원을 받아 컨테이너화물의 안전수송을 위하여 컨테이너의 실시간 위치파악 및 상태정보를 수집·전송할 수 있는 ConTracer라는 장비를 개발하는 등 전체적으로 관련된 연구가 부족한 실정이다.

컨테이너화물의 안전수송을 보장하기 위해서는 컨테이너의 위치파악이 가장 중요하며, 이러한 목적을 달성하기 위해서는 항만 환경에서도 높은 인식률과 충분한 인식거리가 확보되어야 한다. 본 연구에서는 최근 항만환경에서 적용되고 있는 RFID 433MHz 및 2.4GHz 주파수 대역을 가진 RFID 장비(ConTracer)를 활용하여, 보다 높은 인식률과 인식거리를 확보하기 위해 주요 결정변수인 RFID 리더기 방향과 안테나 위치를 결정하기 위한 다양한 노력을 하였고, 특히 컨테이너의 적재 환경에 둔감한 강건한 설계를 위하여 다구찌 방법을 적용하였다.

이를 위해 본 논문의 2장에서는 본 연구의 주요 연구방법인 다구찌 방법에 대하여 소개하고, 3장에서는 다구찌 방법을 이용하여 ConTracer와 통신하는 리더 안테나의 합리적인 부착위치를 결정하기 위한 실험계획과 그 결과를 정리한다. 마지막 4장에서는 분석 결과의 의미와 향후 연구필요성 등을 제시한다.

2. 다구찌 방법

Robust Design(강건설계, Taguchi Methods, 품질공학으로도 불림)은 1950년 일본의 다구찌(G. Taguchi)에 의해 제안된 이후 40여 년간 발전한 품질공학 기술로서, 국내에서는 1980년대 후반부터 산업현장과 연구기관에서 많이 적용되고 있으며, 근래에는 Six Sigma의 개선활동과 DFSS (Design for Six Sigma)가 국내 기업에 적극적으로 전개됨에 따라서 Robust Design의 적용 사례가 급격히 늘어나고 있다.

품질관리 활동의 기본적인 목표는 제품의 사양은 설계단계, 늦어도 공정설계 단계에서 이루어지

† 본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(B0009720)의 지원으로 수행되었음

* 동아대학교 경영정보학과

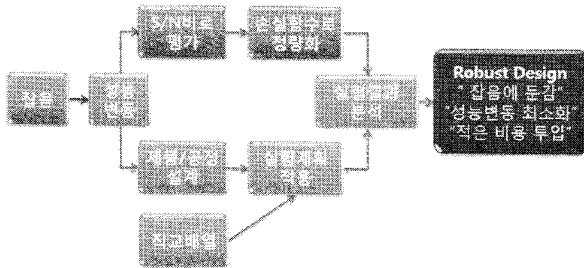
** 동아대학교 항만물류시스템학과

*** 동아대학교 산업경영공학과

**** 교신저자: 동아대학교 산업경영공학과 부교수

는 것이 바람직하다는 것이다. 그 이유는 공정설계 단계의 다음 단계인 공정관리나 최종제품의 검사 등을 통해서 제품의 고유 품질수준을 향상시키는 것이 곤란하기 때문이다. 그리고 제품의 성능특성 혹은 품질특성은 주위의 환경요소 즉, 잡음(Noise)의 영향으로 의도된 목표값을 일관성 있게 유지하지 못하고 벗어나기 마련이다. 이러한 품질특성이 목표한 값을 유지하지 못하고 변동한다는 것에 손실의 개념을 도입하여 이를 정량화함으로써 품질에 대한 문제를 객관적 공학적 문제로 다루는 것이 다구찌 기법이며, 이러한 관점에서의 고품질 제품이란 소비자에게 끼치는 손실이 적은 제품을 의미한다. 즉, 손실은 성능의 산포로 발생하므로 제품이나 공정은 성능 특성치가 잡음에 둔감하도록 설계되어야 한다는 것이다(염봉진, 2001; 田口玄一, 1998).

이와 같은 기본 개념을 적용함에 있어서 다구찌는 직교배열(orthogonal array)을 이용하여 자료를 수집할 것과, Fig. 1과 같이 그 자료로부터 유도된 SN비(Signal-to-Noise ratio)를 분석함으로써 제품이나 공정의 최적조건을 결정할 것을 제안하고 있다.(田口玄一, 1998).



(Fig. 1) Robust Design의 기본개념

정특성인 경우, 품질평가를 위한 성능기준인 품질특성치의 목표값이 고정되어 있을 때, 그 값이 작을수록 좋은 경우를 망소특성, 클수록 좋은 경우를 망대특성, 하나의 목표치가 존재하는 경우를 망목특성이라 한다. 파라미터설계를 위한 실험에서는 품질특성치 y 에 대한 분석을 하지 않고 아래에 정의된 SN비를 새로운 특성치로 삼아 분석한다. y_{ij} 를 i 번째 실험조건에서 관측된 j 번째의 품질특성치, n 을 한가지 실험조건에서의 반복측정횟수라고 하면, SN비는 아래의 식 (1)~(4)와 같다.(Fowlkes, W. Y, 1995; Phadke, M. S., 1989;

Roy, R. K., 2001)

① 망소특성

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

② 망대특성

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

③ 망목특성(I)

: 목표치가 양수인 경우

$$SN_i = 10 \log \left\{ \frac{\frac{1}{n} (S_{mi} - V_i)}{V_i} \right\} \quad (3)$$

$$S_i = 10 \log \frac{1}{n} (S_{mi} - V_i) : \text{감도}$$

$$S_{mi} = n \bar{y}_i^2$$

$$\bar{y}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{ij}$$

$$V_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$$

④ 망목특성(II)

: 목표치가 0이며 음 혹은 양의 값을 가질 수 있는 경우

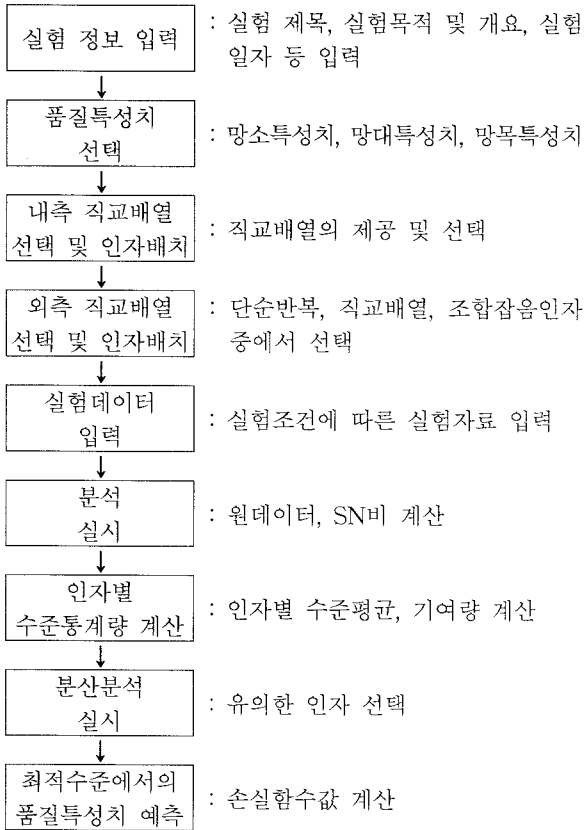
$$SN_i = -10 \log V_i \quad (4)$$

일반적으로 다구찌 방법을 이용한 실험절차는 Fig. 2와 같이 진행된다.

3. 실험

3.1 실험 목적

컨테이너 화물의 안전수송과 화주에 대한 다양한 서비스 제공을 위하여 개발하고자 하는 ConTracer는 기능성, 내구성, 그리고 실용성을 구비해야 하며, 그중에서도 의도된 기능을 제공하기 위해서는 탑재된 RFID Tag의 안정적인 인식이 매우 중요하다. 특히 컨테이너의 적재상태 등과 같이 현실적으로 제어하기가 어려운 여건을 고려한 환경에서의 제어 가능한 인자들의 합리적인 의사결정이 요구된다.



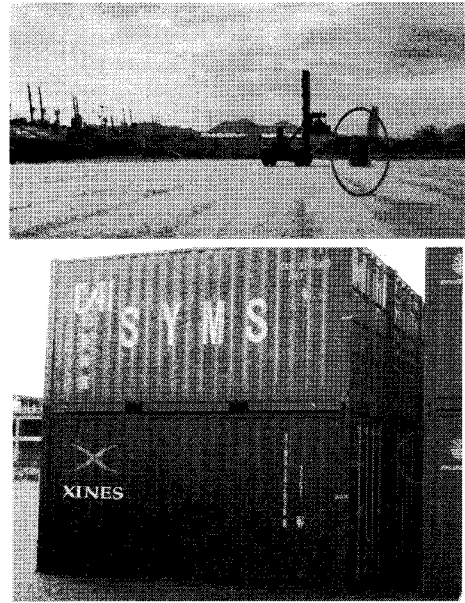
(Fig. 2) 다구찌법 적용 실험절차

본 실험에서는 현업 여건을 고려해서 2.4GHz와 433MHz의 RF리더기를 모두 분석 대상으로 하고, 인식률 향상에 핵심요인인 컨테이너에서의 ConTracer 안테나의 부착위치와 리더기의 방향을 결정하고자 한다.

3.2 실험 환경 및 장비

본 연구에서는 아래의 Fig. 3과 같이 컨테이너 부두공단의 협조를 얻어 컨테이너 야적장에 공컨테이너를 적재한 후 실험을 수행하였다.

실험에 사용된 컨테이너는 개방, 폐쇄 환경이외의 잡음을 최소화하기 위해서 컨테이너 내부에 화물이 적재되지 않은 공컨테이너를 사용하였으며, 사용된 컨테이너의 Spec.은 Table 1과 같다.



(Fig. 3) 컨테이너 적재 환경 - 개방, 폐쇄

<Table 1> 실험용 컨테이너의 Spec.

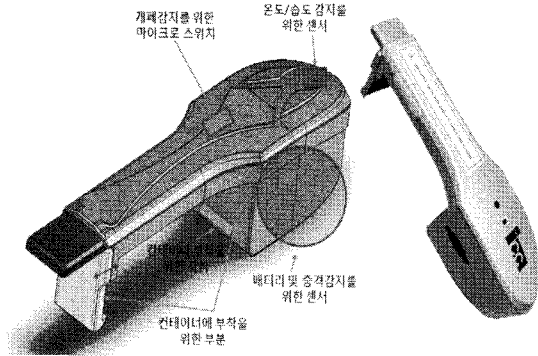
내부치수(mm)			내부용적 (CBM)	중량 (KG)
길이	폭	높이		
5,899	2,348	2,390	33,100	2,290

실험은 Fig. 4와 같이 RFID 장비를 부착하여 위치와 거리를 측정하고자 하였으며, 이 때 사용된



(Fig. 4) RFID 리더 방향, 위치 및 거리측정

RFID 장비의 Spec.은 Fig. 5, Fig. 6과 같다.



ConTracer Spec.

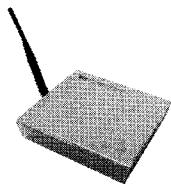
- Range : 100m
- Standard : ISO/IEC 18000-7, 15961~2, CSD Document
- 433MHz, 2.4GHz 외관은 동일함

(Fig. 5) RFID 장비(433MHz, 2.4GHz ConTracer 시제품)



RFID 433MHz 리더 Spec.

- UHF : 433.92MHz
- Range : 100m
- Standard : ISO/IEC 18000-7, 15961~2



RFID 2.4GHz 리더 Spec.

- UHF : 2.4GHz
- Range : 100m
- Standard : CSD Document

(Fig. 6) RFID 433MHz 및 2.4GHz 리더

3.3 실험 계획

본 연구에서는 다구찌 방법을 수행하기 위하여 먼저 제어 가능한 인자와 제어 불가능한 인자를 각각 설정하고, 직교좌표에 의한 실험을 실시하여 특성치인 인식률에 대한 신호 대 잡음비(S/N ratio)를 계산하여 최대의 S/N비를 나타내는 인자들의 조건을 찾아내고자 한다. 기존 연구결과와 현실적 상황 등을 고려해 볼 때, 인식률에 영향을 줄 수 있는 제어가능한 주요 결정 인자로는 리더기의

방향, 안테나의 위치가 있고, 잡음인자로서는 컨테이너의 적재상태를 들 수 있으며, 각 인자별 수준을 Table 2에 정리하였다. 또한 통계 소프트웨어인 Minitab을 활용하여 다구찌 방법에 따른 $L_{16}(8^1 \times 2^1)$ 실험 계획표를 만들면 16회의 실험횟수가 요구되는 실험계획표를 얻게 된다.

<Table 2> 실험인자 및 수준

인자구분	인자설명	수준	수준 조건설명
제어인자	R-Direction (리더기방향)	8	전방, 후방, 좌측, 우측, 전방좌측, 전방우측, 후방좌측, 후방우측
	A-Location (안테나위치)	2	내부, 외부
잡음인자	컨테이너 적재상태	2	개방(open), 폐쇄(closed)

3.4 실험 결과 및 해석

$L_{16}(8^1 \times 2^1)$ 의 실험계획표에 근거하여 실험조건 (Treatment)을 결정하고, 잡음인자인 컨테이너의 적재상태에 둔감한 실험을 433MHz와 2.4GHz의 주파수별로 실시한 결과와 그 실험조건에서의 SN비를 Table 3과 Table 4에 정리하였다. 측정대상 (특성치)이 인식거리(m)이므로 망대특성치(Larger is better)를 갖는 본 실험에 대하여 SN비에 대한 민감도를 Minitab를 활용하여 분석하였다. 433MHz 주파수에서의 SN비 분석결과와 그래프를 Fig. 7에 나타내었으며, 2.4GHz 주파수의 분석 결과와 SN비 그래프는 Fig. 8에 나타내었다. Fig. 9에는 실험의 유효성을 검증하기 위한 분산분석 (ANOVA) 결과를 보여주고 있는데, 제어인자 중에서 안테나 위치(A-Location)의 P값이 각각 0.001과 0.003으로 계산되어서 인식률에 매우 유의하다는 결론을 얻었다. 분석결과를 해석해 보면 433MHz, 2.4GHz 주파수 모두에서 안테나의 위치는 인식거리에 매우 큰 영향을 주는 바, 두 주파수 모두 안테나를 외부에 설치하는 것이 유리하고, 리더기의 방향은 통계적으로 유의하다고 볼 수는 없으나, 433MHz의 경우에는 P값이 0.169이고 실제 제품의 사양을 결정해야 한다는 측면에서는 리더기의 방향을 전방우측으로 설정하는 것이 다소 유

리할 것으로 판단된다.

<Table 3> 433MHz 주파수에서의 실험 결과

리더기 방향	안테나 위치	컨테이너 적재상태별 인식거리				SN비
		개방(1)	개방(2)	폐쇄(1)	폐쇄(2)	
1(전방)	1(내부)	24.0	29.0	0.1	0.1	-16.99
1(전방)	2(외부)	80.0	124.0	41.0	44.0	34.77
2(후방)	1(내부)	9.0	6.0	0.1	0.1	-16.99
2(후방)	2(외부)	39.0	45.0	17.0	20.0	27.50
3(좌측)	1(내부)	3.0	3.0	5.0	4.0	10.91
3(좌측)	2(외부)	51.0	66.0	29.0	29.0	31.26
4(우측)	1(내부)	15.0	19.0	12.0	11.0	22.51
4(우측)	2(외부)	57.0	84.0	98.0	101.0	37.88
5(전방좌측)	1(내부)	17.0	15.0	0.1	0.1	-16.99
5(전방좌측)	2(외부)	93.0	99.0	31.0	32.0	32.53
6(전방우측)	1(내부)	18.0	17.0	12.0	12.0	22.92
6(전방우측)	2(외부)	146.0	134.0	80.0	83.0	39.96
7(후방좌측)	1(내부)	6.0	5.0	0.1	0.1	-16.99
7(후방좌측)	2(외부)	63.0	50.0	10.0	11.0	23.25
8(후방우측)	1(내부)	6.0	6.0	9.0	10.0	17.11
8(후방우측)	2(외부)	42.0	39.0	71.0	79.0	34.03

<Table 4> 2.4GHz 주파수에서의 실험 결과

리더기 방향	안테나 위치	컨테이너 적재상태별 인식거리				SN비
		개방(1)	개방(2)	폐쇄(1)	폐쇄(2)	
1(전방)	1(내부)	7.0	12.0	0.1	0.1	-16.99
1(전방)	2(외부)	160.0	200.0	15.0	34.0	28.72
2(후방)	1(내부)	3.0	3.0	0.1	0.1	-16.99
2(후방)	2(외부)	0.1	0.1	12.0	19.0	-16.99
3(좌측)	1(내부)	2.0	2.0	0.1	0.1	-17.00
3(좌측)	2(외부)	84.0	80.0	8.0	7.0	20.42
4(우측)	1(내부)	3.0	4.0	0.1	0.1	-16.99
4(우측)	2(외부)	98.0	94.0	54.0	61.0	36.84
5(전방좌측)	1(내부)	5.0	6.0	0.1	0.1	-16.99
5(전방좌측)	2(외부)	128.0	171.0	11.0	10.0	23.38
6(전방우측)	1(내부)	8.0	9.0	0.1	0.1	-16.99
6(전방우측)	2(외부)	300.0	300.0	29.0	31.0	32.50
7(후방좌측)	1(내부)	3.0	3.0	0.1	0.1	-16.99
7(후방좌측)	2(외부)	34.0	34.0	0.1	0.1	-16.99
8(후방우측)	1(내부)	0.1	0.1	0.1	0.1	-20.00
8(후방우측)	2(외부)	21.0	20.0	53.0	87.0	28.81

4. 결론

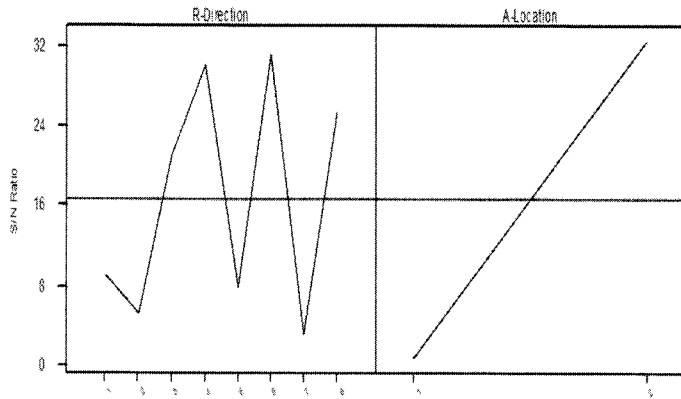
컨테이너 화물의 안전수송을 보장하기 위해서는 화물의 위치파악이 가장 중요하며, 이러한 목적으로 기존 항만 환경에서 쉽게 적용할 수 있는 기술이 RFID이다. 본 연구에서는 433MHz 및 2.4GHz 주파수 대역을 가진 RFID장치를 활용하는 상황에서 보다 좋은 인식률 및 인식거리를 확보하기 위한 주요 결정변수인 리더기의 방향과 안테나의 위치를 실험을 통하여 통계적인 방법으로 결정하였다. RFID 태그가 부착된 컨테이너의 적재 상황을 모르는 상황에서는 적재상황에 둔감한 의사결정이 요구되었기에 본 연구에서는 다구찌 방법을 활용하였다. 결과적으로 안테나의 위치는 인식거리에 매우 유의한 인자로 분석되었고, 예상했던 대로 두 주파수 모두에서 안테나를 외부에 설치하는 것이 더 유리한 것으로 분석되었다. 리더기 방향은 인식 거리에 크게 영향을 주지 못하는 것으로 나타났으나, 433MHz의 경우에는 리더기의 방향을 전방우측으로 설정하는 것이 다소 유리할 것으로 판단된다.

또한 현재 개발 중인 ConTracer 장치는 향후 다양한 센서를 탑재하여 전자봉인장치의 기능 외에도 컨테이너 내부 상황을 실시간 모니터링할 수 있도록 고안되었다. 따라서 향후에는 각종의 센서가 탑재된 상황에서의 높은 인식률 확보를 위한 추가적인 실험이 필요할 것으로 예상된다.

Response Table for Signal to Noise Ratios(433MHz) Larger is better

Level	R-Direction	A-Location
1	8.8918	0.6849
2	5.2552	32.6473
3	21.0831	
4	30.1970	
5	7.7692	
6	31.4367	
7	3.1305	
8	25.5655	
Delta	28.3062	31.9623
Rank	2	1

Main Effects Plot for S/N Ratios

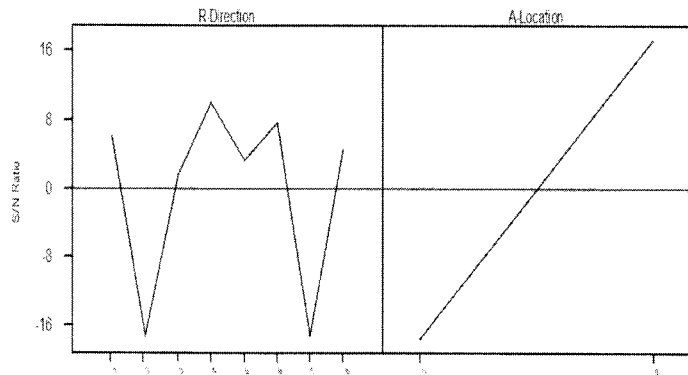


(Fig. 7) Minitab을 이용한 SN비 분석 결과(433MHz)

Response Table for Signal to Noise Ratios(2.4GHz) Larger is better

Level	R-Direction	A-Location
1	5.8638	-17.3694
2	-16.9922	17.0853
3	1.7086	
4	9.9209	
5	3.1954	
6	7.7524	
7	-16.9921	
8	4.4072	
Delta	26.9131	34.4547
Rank	2	1

Main Effects Plot for S/N Ratios



(Fig. 8) Minitab을 이용한 SN비 분석 결과(2.4GHz)

Two-way ANOVA: SN ratio versus R-Direction, A-Location (433MHz)

Analysis of Variance for SN ratio

Source	DF	SS	MS	F	P
R-Direct	7	1906	272	2.14	0.169
A-Locati	1	4086	4086	32.05	0.001
Error	7	892	127		
Total	15	6885			

Two-way ANOVA: SN ratio versus R-Direction, A-Location (2.4GHz)

Analysis of Variance for SN ratio

Source	DF	SS	MS	F	P
R-Direct	7	1605	229	0.96	0.522
A-Locati	1	4748	4748	19.83	0.003
Error	7	1676	239		
Total	15	8030			

(Fig. 9) 분산분석을 통한 유효성 검증(433MHz, 2.4GHz)

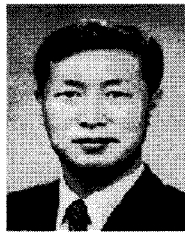
참 고 문 헌

- [1] 국내외 물류보안 정책동향 및 기술분석 보고서, 한국RFID/USN협회, 2008년 12월 발간. pp.3~4
- [2] 염봉진, 서순근, 변재현, 이승훈, 김성준, 실험계획 및 분석 : 다구찌 방법과 직교표의 활용, 한국과학기술원 산학협동강좌교재, 2001.
- [3] 이승훈, 최형일, 로버스트 설계 분석용 통계 소프트웨어 개발, 한국지식시스템학회지, 1권, pp.103~121, 2000.
- [4] 한국경제신문(2007), 美 화물보안법 실행, <http://www.hankyung.com/news/app/newsview.php?aid=2007032023241&intype=1>
- [5] 田口玄一, 품질공학강좌 1 : 개발설계단계의 품질공학, 일본규격협회, 1998. (한국공업표준협회 번역 발간, 1991)
- [6] 田口玄一, 품질공학강좌 3 : 품질평가를 위한 SN비, 일본규격협회, 1998. (한국공업표준협회 번역 발간, 1991)
- [7] 田口玄一, 품질공학강좌 4 : 품질설계를 위한 실험계획법, 일본규격협회, 1998. (한국공업표준협회 번역 발간, 1991)
- [8] Commerce Guard(2006), “컨테이너의 상태를 모니터링하는 방법 및 시스템”, 출원번호 10-2006-7023361,
- [9] Commerce Guard(2007), “Method and system for arming a multi-layered security system” Pub. No.: US 20070844666, 출원일자
- [10] Fowlkes, W. Y. and Creveling, C. M., Engineering Methods for Robust Product Design, Addison Wesley, 1995.
- [11] Phadke, M. S., Quality engineering Using Robust Design, Prentice-Hall, 1989.
- [12] Roy, R. K., Design of Experiments Using the Taguchi Approach, John Wiley & Sons, 2001.
- [13] Savi Technology Inc.(2004), “Method and apparatus for providing container security with a tag”, 등록일자 2004.06.08



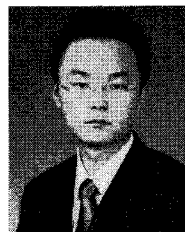
최 형 립 (Hyung Rim Choi)

- 1979년 2월 : 서울대학교 경영학과(경영학학사)
- 1986년 2월 : KAIST 경영학과(경영학석사)
- 1993년 8월 : KAIST 경영과학과(경영학박사)
- 1987년 3월 ~ 현재 : 동아대학교 경영정보학과 교수
- 관심분야 : 항만물류시스템, RFID/USN



김 재 중 (Jae Joong Kim)

- 1981년 2월 : 서울대학교 해양학과(이학사)
- 1983년 2월 : 서울대학교 토목공학과(공학석사)
- 1989년 2월 : 서울대학교 토목공학과(공학박사)
- 현재 : 동아대학교 토목공학과 교수
- 관심분야 : 항만계획, 항만운영



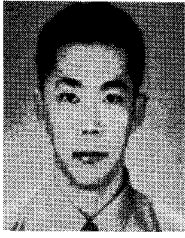
강 무 홍 (Moo Hong Kang)

- 2003년 2월 : 동아대학교 경영정보학과 (경영학학사)
- 2005년 2월 : 동아대학교 경영정보학과 (경영학석사)
- 2009년 2월 : 동아대학교 경영정보학과 (경영학박사)
- 관심분야 : 항만물류, RFID/USN



손 정 락 (Rock Jung Shon)

- 2005년 2월 : 동서대학교 컴퓨터공학과 (공학학사)
- 2009년 5월~현재 : 동아대학교 항만물류시스템학과 석사과정
- 관심분야 : 항만물류, 시뮬레이션



신 중 조 (Joong Jo Shin)

- 2005년 2월 : 동아대학교 경영정보학과 (경영학학사)
- 2007년 2월 : 동아대학교 경영정보학과 (경영학석사)

- 2009년 6월 ~ 현재 : 동아대학교 경영정보학과 박사수료
- 관심분야 : 항만물류, RFID/USN



김 채 수 (Chae Soo Kim)

- 1985년 2월 동아대학교 공업경영학과(공학사)
- 1989년 2월 KAIST 산업공학과(공학석사)

- 1999년 2월 KAIST 산업공학과(공학박사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 동아대학교 산업경영공학과 교수
- 관심분야 : 물류시스템 설계·운영, 항만효율화

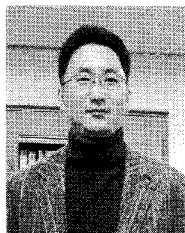


이 호 인 (Ho-in Lee)

- 1985년 2월 : 동아대학교 자원공학과 (공학학사)
- 2007년 2월 : 동아대학교 항만물류시스템학과 박사수료

- 현재 : PNCT IT Team Leader
- 관심분야 : 항만운영, 항만물류

논문접수일 : 2009년 4월 27일
 논문수정일 : 2009년 5월 18일
 게재확정일 : 2009년 5월 27일



김 광 필 (Gwang Pil Kim)

- 1993년 2월 : 동아대학교 산업공학과 (공학학사)
- 1995년 2월 : 동아대학교 산업공학과 (공학석사)

- 2000년 8월 : 동아대학교 산업공학과 (공학박사)
- 현재 : 동아대학교 산업공학과 교수
- 관심분야 : 물류시스템 설계·운영, 시뮬레이션