

RFID 기반 실선 물품관리 시스템

조성락^{†*}, 백부근*, 조인성*, 박범진*, 이동곤*, 배병덕**, 윤종휘**

한국해양연구원 해양시스템안전연구소*, 한국해양대학교**

RFID Based Management System for Spare Parts in a Real Ship

Seong-Rak Cho^{†*}, Bu-Geun Paik*, In-Sung Cho*, Beom-Jin Park,
Dong-Kon Lee*, Byung-Dueg Bae** and Jong-Hwui Yun**

Maritime & Ocean Engineering Research Institute, KORDI*, Korea Maritime University**

Abstract

In this paper, RFID (Radio Frequency Identification) based management system is introduced to control effectively logistic supply items and machinery spare parts in a ship. To apply an RFID system under very harsh environment in a ship which is a steel-structured small area with lots of compartment, we measured reading distances and angles in open space, in an steel compartment, and an real ship separately in order to investigate the reliability between various tags and RFID.

※Keywords: Ubiquitous sensor network(유비쿼터스 센서 통신망), Ship(선박), RFID(무선주파수 인식기술), Tag(태그), Reader(리더), Spare part(예비 부품)

1. 서론

현재 선박에서는 각 장비 및 예비품을 관리하기 위해 선원들이 주기적으로 점검하고 그 결과를 수기로 적은 후에 컴퓨터에 정보를 입력하여 육상의 통합망에서 관리하고 있다. 그러나 이러한 작업은 많은 시간과 노력이 필요하고, 부족한 물품을 준비하는데 응답시간이 상대적으로 늦기 때문에 선박의 운항에 차질을 주거나 심각한 경우 큰 위험

을 초래할 수 있다. 또한 선박의 갑판이나 기관실 등에서 사용되는 장비들은 예비 부품을 적절한 시기에 교체해 주어야 한다.

이를 위해 Kim et al.(2004)은 선박에서도 편리하고 안전한 항해를 위해 승무원, 승객, 물품과 화물을 위한 각종 정보들을 관리할 필요성을 제기하였고, Lee et al.(2005)은 파랑 정보, 선박의 침로, 선속, 굽힘 모멘트, 선수 가속도 값 감시 등을 통하여 내항성 감시에 대한 방법을 제시하여 궁극적으로 운항 선박의 운동 안전성 및 효율성을 높이고자 하였다. 또한 Cho et al.(2007)은 선박의 운항이 아닌 승무원의 편의성과 작업의 효율성을 위

접수일: 2008년 6월 25일, 승인일: 2009년 2월 2일

† 교신저자: scho@moeri.re.kr, 042-868-7670

하여 무선 및 전력선 통신 기술을 이용한 선박 내에서의 통신에 대해 발표하였다.

본 논문에서는 선박 내에서의 물품관리 시스템의 문제를 해결하기 위한 방안 중 하나로 선박 내 각종 물품과 승무원의 승하선 관리에 자동화된 통합관리의 필요성을 제기하였고 유비쿼터스 기술을 이용한 실험을 통하여 그 가능성을 입증하였고, 특히 유비쿼터스 컴퓨팅에서 핵심기술인 RFID(Radio Frequency Identification) 기술에 그 초점을 맞췄다.

따라서 본 논문은 선박에 RFID 시스템을 추후에 적용하기 위한 기준을 마련해, 선박과 같은 특수 환경에서 물품 및 승무원의 승하선 관리시스템에 대한 RFID 기술의 적용 가능성을 실험하고 그 결과들을 정리하였다.

2. RFID 개요

RFID 는 마이크로 칩이 내장된 전자태그, 레이블, 카드 등에 저장된 데이터를 무선주파수를 이용하여 리더에서 인식하는 기술로써, 비접촉식으로 여러 개의 태그를 일괄적으로 인식할 수 있고, 거리가 3-5m 떨어진 곳에서도 인식할 수 있으며, 인식시간이 짧아 많은 데이터를 처리할 수 있는 장점이 있다. 뿐만 아니라 태그에 대용량 데이터를 저장할 수 있으며, 반영구적으로 사용이 가능하기 때문에 미래 물류에서 핵심 기술로 각광받고 있다. RFID 시스템은 관리할 객체에 태그를 부착하고 전파를 이용하여 각 객체의 정보를 수집, 저장, 가공 및 추적함으로써 객체에 대한 위치 추적, 원격처리, 물품관리 등 다양한 서비스를 제공한다.

2.1 RFID 시스템 구성 및 작동 원리

RFID 시스템은 Fig. 1 에서와 같이 전자태그, 안테나, 리더, 호스트 컴퓨터(미들웨어 내장)로 구성된다.

무선 전자태그는 각 물품을 인식할 수 있는 고유한 정보를 저장하여 각 물품마다 부착하거나 또는 각 물품들을 한 박스단위로 포장하였을 시 큰 박스에 부착하여 박스 안에 포장된 각 물품들의

정보를 가지게 된다. 이러한 태그는 전원 공급 유무에 따라 전원을 필요로 하는 능동형 태그와 전원이 필요 없이 안테나를 통해 공급받는 수동형으로 나뉜다. 능동형의 경우 리더와의 인식거리가 길고 리더기의 필요 전력을 줄일 수 있는 장점이 있지만, 전원을 필요로 하기 때문에 배터리의 내장이 필수적이므로 무게가 무겁고 작동시간에 제약이 있으며 태그의 가격이 고가인 단점이 있다. 반면 수동형의 경우, 가격이 능동형에 비하여 저렴하고 가벼우며 전원 공급 장치를 필요로 하지 않기 때문에 반영구적으로 사용이 가능한 반면 인식거리가 짧고 리더에서 상대적으로 더 많은 전력을 소모한다는 단점을 가지고 있다.

안테나는 태그와 직접적으로 정보 및 전원을 주고받는 장치로서, 주파수 대역에 따라 안테나의 형태가 변형되며 저주파에서는 루프(Loop) 안테나를 사용하며 고주파 대역일수록 다이폴(Di-pole) 안테나를 사용한다.

리더는 안테나를 통해 사물의 정보를 수집, 처리하며 정보를 미들웨어와 송수신하는 기능을 한다. 리더는 운영환경이나 활용목적 등에 따라 다양한 유형이 있으며, 이것은 크게 창고 내의 하역 창구나 컨베이어 벨트 등에 주로 사용하는 고정형 리더와 휴대하기 편하게 작은 크기의 휴대형 리더로 나뉠 수 있다. 최근에는 일대 다수 통신이 가능한 Anti-collision 리더들이 개발되어 대용량의 데이터 처리를 가능케 하고 있다(Turk and Pentland 1991).

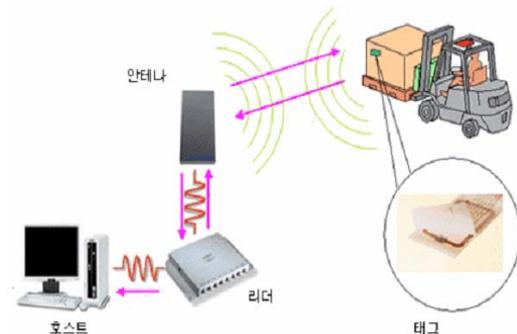


Fig. 1 Schematic of RFID system

미들웨어는 대용량의 객체 정보를 관리, 처리하는 기능을 한다. RFID 미들웨어의 기능은 크게 3가지로 구분할 수 있는데, 첫째로 리더 인터페이스 층에서는 리더와의 인터페이스를 제공하고 데이터 수집과 관련된 계층을 제공한다. 둘째로, 데이터 처리 층에서는 리더 인터페이스 층에서 얻어진 가공되지 않은 정보를 필터링하고, 요약하며 전달을 담당한다. 마지막으로 외부 시스템 인터페이스 층에서는 ERP(Enterprise Resource Planning), SCM(Supply Chain Management), WMS(Warehouse Management System) 등과 같은 시스템으로 정보를 전달한다. 이러한 기능을 통해 미들웨어는 높은 호환성을 바탕으로 타 시스템과의 연동을 용이하게 하고 최초로 태그로부터 얻어지는 데이터들을 실제 의미 있는 정보와 데이터로 재구성하는 역할을 수행한다.

2.2 주파수 대역

Table 1 RFID frequency and characteristics

FREQ. RANGE	CHARACTERISTICS
Low Frequency (125 KHz, 134 KHz)	- cheap, low speed - short distance(~60 cm) - Gateway control/Security
High Frequency (13.56 MHz)	- Medium cost, Passive type - Mutual inducement type - Nonmetallic penetration - Luggage control, Traffic card
Microwave (433 MHz)	- Expensive, Active type - Long distance(50~100m) - Real-time location tracking
Microwave (860~960 MHz)	- cheap, Active/Passive - Long distance(~10m) - Metal & Liquid(Impossible) - SCM
Microwave (2.45 GHz)	- Expensive, Active/Passive - High speed - Forgery prevention

RFID 주파수는 Table 1 과 같이 5 개의 주파수 대역에서 이용이 가능하며 주파수 대역에 따라 특징과 응용분야가 다르다. 각 제품의 제조사 및 태그의 크기, 리더의 출력, 안테나의 크기 등에 따라 차이가 있으나, 저주파일수록 인식속도가 느리며 인식거리가 짧지만 낮은 가격으로 적용하기가 쉬워 대량의 물품 관리 등에 쓰이며, 마이크로파 대역일수록 가격은 비싸지만 빠른 인식속도와 인식거리가 길기 때문에 특수한 적용에 사용되고 있다(EPCglobal 2005).

3. 테스트베드 및 실선 실험

RFID 시스템을 선박에 적용하기 위해 철제 컨테이너 박스를 이용하여 실제 선박을 모사한 테스트베드와 해양대의 실습선인 한나라호에서 실험을 수행하였으며, 육상에서 가장 보편적으로 사용하는 극초단파 대역의 장치를 선택하였다.

3.1 RFID 시스템

RFID 는 Table 2 와 같이 고정형과 휴대형의 리더를 사용하였고, 안테나 및 여러 종류의 태그를 사용하여 기초적인 데이터를 확보하였다.

태그의 경우, 고정형과 휴대형 시스템에 모두 사용할 수 있는 수동형의 태그를 사용하였고, 안테나는 고정형의 경우 총 4 개를 동시에 연결할 수 있으며, 고정형의 리더는 미들웨어와 연결하여 물품 정보를 확인할 수 있으며, 휴대형의 리더는 자체 LCD 창으로 확인하였다. Fig. 2 에서는 인레이, 메탈 및 라벨 태그를 나타내었다.

Table 2 Used RFID system

RFID TYPE	FIXED	PORTABLE
Frequency	13.56, 900 MHz	900 MHz
Tag	Gen 2 (Inlay, Metal, Label)	
Antenna	ThingMagic' s Trans./Rec.	Reader Dipole type
Reader	Mercury 4	INT-900H



Fig. 2 Inlay, Metal, Label tag(from left)

3.2 테스트베드

철제 컨테이너 박스로 이루어진 테스트베드는 Fig. 3 과 같이 6m(가로)×3m(세로) 넓이의 크기에 중앙 부분에 아연도금 강판 2 겹과 스티로폼을 이용하여 그 경계를 나누었고, 2 개의 구역을 각각 인식하기 위하여 리더와 900MHz 의 고정형 안테나를 2 개를 Fig. 3 과 같이 설치하였다. 컨테이너는 전파의 진행 방향에 영향을 줄 수 없도록 창문이 없는 폐쇄된 공간으로 구성되어 있다.

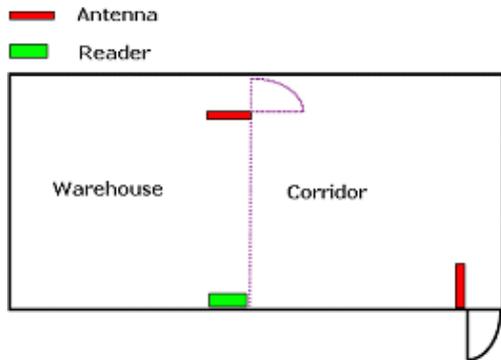
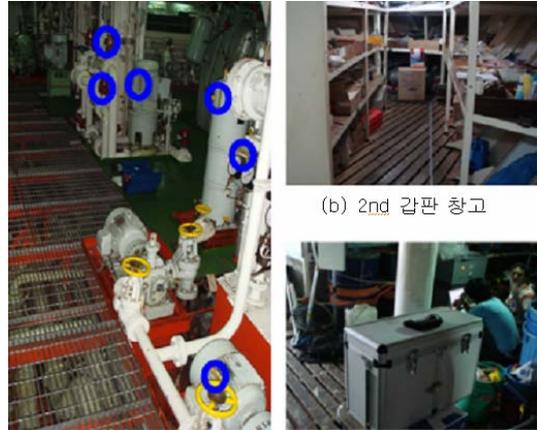


Fig. 3 Test-bed layout

3.3 실험 선박

실험은 한국해양대학교의 실습선인 한나라호를 이용하였고, Fig. 4 와 같이 기관실에서 철판 구조물의 장비 관리를 위한 실험을 위해 메탈 태그를 부착하였다. 또한 2nd 갑판 창고와 보순(Bosun) 창고에서 RFID 적용을 위한 실험을 하였다.



(a) 기관실 (b) 2nd 갑판 창고 (c) 보순 창고

Fig. 4 Experiment setups in ship, Hannara

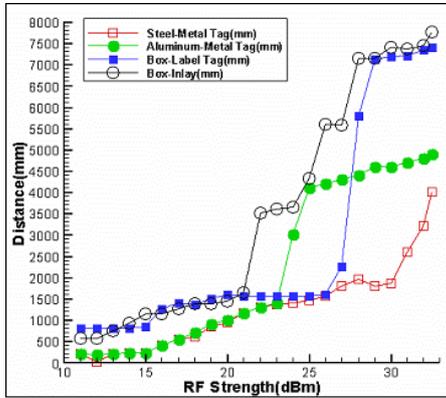
4. 실험 결과

본 연구에서는 두꺼운 철로 건조된 선박의 특수한 환경에서 물품관리 및 승하선 관리에 대한 RFID 의 적용 가능성을 확인하기 위하여 RFID 인식거리, 각도 및 인체 영향에 대해 실험을 수행하였다. 이를 위해 자유공간, 철 구조물로 되어 있는 테스트베드 및 실제 선박 내에서 RFID 의 특성을 비교하고자 한다.

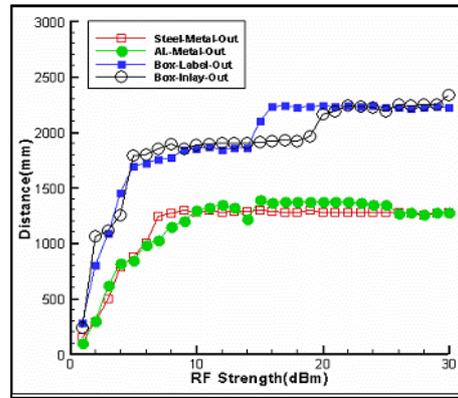
4.1 인식거리

RFID 인식 거리 측정 실험은 고정형 리더와 휴대형 리더에 대해 자유공간, 테스트베드, 선박에서 실험하였다.

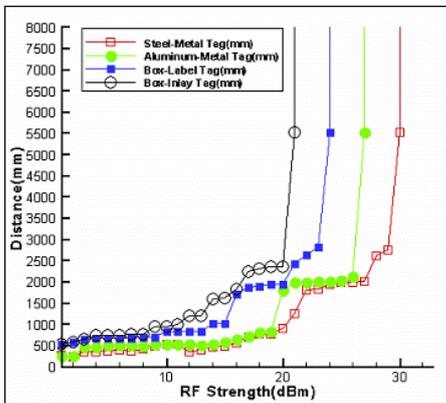
먼저 아무런 장애물도 없는 지면 위에서 고정형 RFID 안테나를 설치하고 인레이 태그와 라벨 태그를 종이박스 2 개에 각각 부착하였으며, 철재 공구함, 알루미늄 공구함 각각에 메탈 태그를 부착하였다. 실험은 안테나의 전파 강도를 1~32.5dBm(1mW 에 비교한 전력의 비) 범위에서 1dBm 씩 순차적으로 올리면서 각 물품에 부착된 태그의 인식 거리를 측정하였다. 이 때 1 분당 60 회 인식할 경우를 정상적으로 태그를 인식한 것으로 간주하였다. 같은 방법으로 테스트베드와 보순 창고에서 실험을 수행하였다. Fig. 5 에서 보여주는



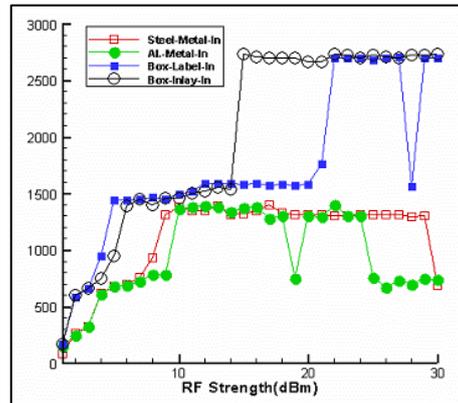
(a) At free space



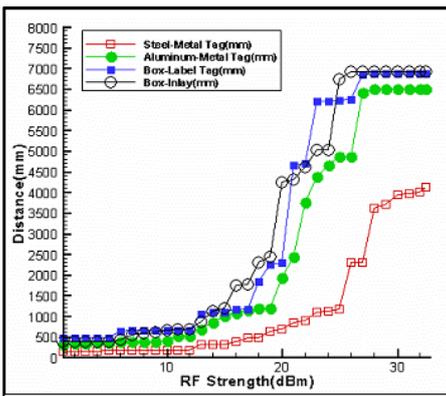
(a) In the office



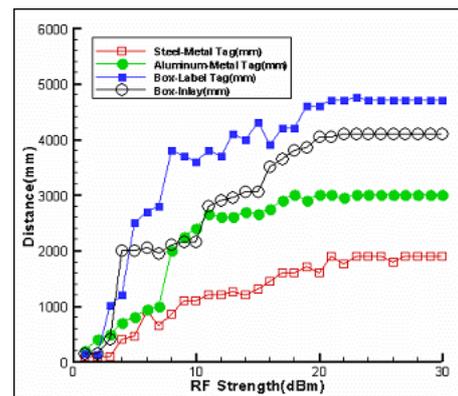
(b) At the test-bed



(b) At the test-bed



(c) In the ship



(c) In the ship

Fig. 5 Results of reading distance for fixed type RFID

Fig. 6 Results of reading distance for portable type RFID

바와 같이 테스트베드에서 가장 먼 거리까지 인식되었고, 선박의 보수 창고, 자유공간 순으로 인식 거리가 길었다. 이와 같은 결과로부터 철판으로 이루어진 테스트베드에서는 전파의 반사적 특성 때문에 더 멀리까지 인식할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 하지만 선박의 창고에는 전파를 방해할 수 있는 물품들 때문에 전파의 진행에 방해가 주어 테스트베드보다 멀리까지 인식할 수 없었다.

휴대형 리더의 경우 전파강도 0~30dBm 범위에서 1dBm 씩 순차적으로 증가시키면서 각 물품에 부착된 태그의 인식거리를 측정하였다. 인식 여부는 고정형 리더 실험에서와 마찬가지로 1분당 60 회 이상으로 인식할 경우를 정상적인 인식으로 간주하였다. 실험 장소는 사무실, 테스트베드, 선박의 2nd 갑판 창고에서 수행하였다.

그 결과는 Fig. 6 에서 보는 바와 같이 선박에서 가장 먼 거리까지 인식하였고, 테스트베드와 사무실 순서로 인식거리가 길었다. 선박의 협소한 공간에서 전파의 반사적 특성을 이용하여 RFID의 인식거리가 늘어남을 확인하였다. 고정형 RFID의 경우 휴대형보다 인식거리가 충분히 큰 것을 알 수 있으며, 휴대형의 경우 테스트베드의 중앙에 설치된 차단벽에 의한 영향이 매우 큰 것을 확인할 수 있었다. 즉, 휴대형의 인식거리는 테스트베드의 중앙 철판 부근에서 한계값을 가지기 때문에 실선보다 인식거리가 짧게 나타남을 확인하였다. 결론적으로 RFID 시스템은 육상의 환경에서보다 선박에서 전파의 반사 및 간섭 효과에 의해 오히려 긴 인식거리를 가지는 경향을 보이며 실제 선박 내에서도 여러 주변 환경에 따라 전파의 인식거리가 영향을 많이 받는다는 것을 보여준다.

4.2 인식각도

Fig. 7 과 같이 고정형 안테나와 각 물품에 부착된 태그 사이의 마주하는 각도에 따른 인식률을 측정하였다.

RFID 안테나 주파수의 강도를 21dBm 으로 고정시키고 안테나와 태그 사이의 거리를 1m 로 하여 0°~180° 범위에서 안테나와 태그 사이의 각도를 15°씩 변경하여 측정하였다.

Fig. 8 에서 보는 바와 같이 종이박스는 자유공간, 테스트베드, 선박 모두 70°~100° 사이에서 인식이 잘 되지 않았다. 이것으로 안테나와 태그의 각이 90°에 가까워질수록 인식이 잘 되지 않는다

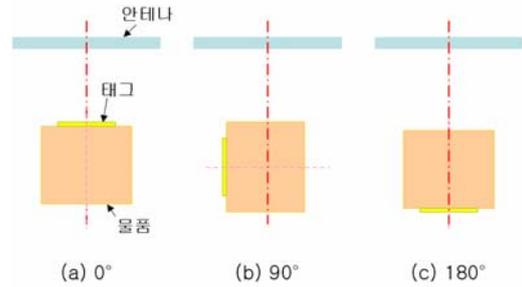
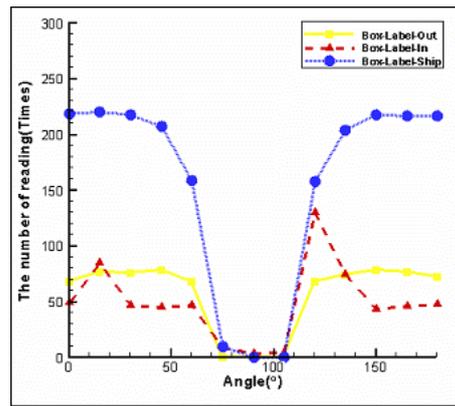
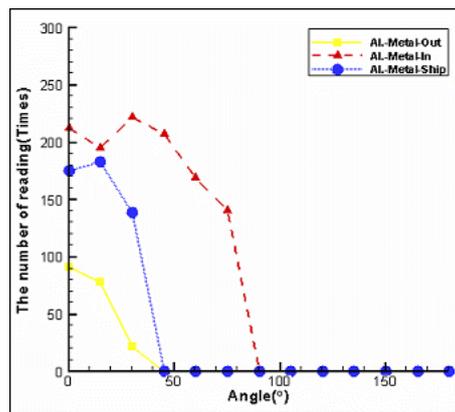


Fig. 7 Reading angle between antenna and tag



(a) Reading angle of box with label tag



(b) Reading angle of aluminum box with metal tag

Fig. 8 Reading angle with label and metal tag

는 것을 알 수 있다. 또한 알루미늄 공구함은 실외와 선박에서는 50°~180° 범위에서 인식이 잘 되지 않았고, 테스트베드에서는 90°~180°범위에서 인식이 안 되는 것을 확인할 수 있었다. 이 역시 안테나와 태그 사이의 각도가 90° 근처로 접근할수록 인식이 잘 되지 않았고 안테나와 태그 사이에 알루미늄 박스가 가로막는 경우 알루미늄에 의해 전파가 차폐되어 50° 이후부터 인식이 되지 않았다.

4.3 인체에 대한 반응 실험

사람의 몸은 많은 부분이 물로 이루어져 있기 때문에 태그를 인체에 부착하였을 경우 액체에 부착하였을 때와 마찬가지로 인식률이 떨어지게 된다.

여기에서는 승무원 및 승객의 승하선 관리에 RFID 를 적용하기 위해 자유공간, 테스트베드, 선박에서 전자 태그를 사람의 몸에 지니고 있는 형태에 따라 인식 여부를 확인하였다. Fig. 9 에서 보는 바와 같이 라벨 태그를 사람의 목에 건 경우와 주머니에 넣은 경우로 나누었고 태그를 지닌 사람이 안테나와의 간격을 30cm 로 하여 안테나를 지나갈 때의 인식 횟수를 측정하였다.

주머니에 태그를 넣은 경우는 다시 태그와 안테나 사이의 거리가 먼 주머니(원거리)와 가까운 주머니(근거리)로 나누어 실험의 정밀도를 보정하였다.

그 결과, Table 3 에서 보는 바와 같이 태그를 목에 건 경우는 선박에서 가장 잘 인식하였고, 주머니에 넣은 경우는 테스트베드에서 가장 잘



(a) 라벨 태그를 목에 건 경우 (b) 라벨태그를 주머니에 넣은 경우

Fig. 9 Setups of two type tags for human effects

Table 3 Results of human effect test

		FREE SPACE	TESTBED	SHIP
Necklace Type		66%	88%	98%
Pocket Type	Average	46%	84%	57%
	Short	88%	92%	90%
	Long	4%	70%	24%

인식 하였다. 테스트베드에서 반대편의 벽을 통해 전파의 반사가 규칙적으로 발생해 주머니의 원거리에서도 인식할 수 있었다. 선박에서 RFID 를 이용하여 효율적이고 신뢰성 있는 승무원 승하선 관리를 하기 위해서는 인식률을 100%에 가깝게 할 수 있도록 안테나의 추가, 안테나의 적절한 배치 등 다양한 방법의 개선이 필요하다.

5. 결론

본 연구에서는 유비쿼터스의 핵심 기술인 RFID 를 이용하여 철로 이루어진 선박 내에서의 물품관리 및 승무원 승하선 관리에 대한 적용 가능성을 연구하였다. 이를 위해 인식거리, 각도, 인체에 대한 반응 실험을 하였고, 그 결과 고정형 리더의 경우 선박에서 태그의 종류에 따라 4.5~8m 까지 태그를 인식하였고, 휴대형 리더는 선박에서 2~4.5m 까지 인식하였다. 인식각도는 태그를 종이박스에 부착했을 경우 70°~100° 부근에서 인식이 안 되었고, 철재 공구함에 부착하였을 때는 50°~180°에서 인식이 안 되었다. 마지막으로 인체 반응에 대한 실험에서는 선박에서 태그를 목에 건 경우가 인식률이 좋았다.

본 논문은 선박에서 운항의 안전과 승무원 및 승객의 편의를 제공하기 위한 RFID 기반 시스템을 연구하는데 있어서 실험을 통해 선박에 RFID 기술을 적용할 수 있도록 기준을 마련하였으며, 추후 연구에 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 추후 실험을 통해 얻은 결과들의 원인 분석을 통해 안테나의 효율적인 개수, 배치에 대해 연구할 계획이다.

후 기

본 연구는 U-기반 탐사선단의 스마트 운용기술 개발 (PE0120A)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Cho, S.R., Paik, B.G., Park, B.J. and Lee, D.K., 2007, "Study on Application Fields and Basic Characteristics of Ubiquitous Computing Technologies in a Ship," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 44, No. 6, pp. 657-665.
- EPCglobal, 2005 "EPC Gen 2 protocol,"
- Kim, D.H., Park, S.S., Kim, M.H. and Kang, S.W. 2004, " Development of Ship Structure Health Monitoring System Using Fiber Optic Sensors," Proceedings of the annual autumn meeting, SNAK, 20-22, October, Sancheong, pp. 230-235.
- Lee, J.H., Choi, K.S., Park, K.I., Kin, M.S. and Bang, C.S. 2005, " Basic Research of Optimum Routing Assessment System for Safe and Efficient Voyage," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 42, No. 1, pp. 57-63.
- Turk, M. and Pentland, A., 1991, "Face recognition using eigenfaces," Proceedings of CVPR91, pp. 586-591.



< 조 성 락 >



< 백 부 근 >



< 조 인 성 >



< 박 범 진 >



< 이 동 곤 >



< 배 병 덕 >



< 윤 중 휘 >