

# 해상운송 환경에서 IP-RFID 기술을 이용한 선박 홀드에 적재된 컨테이너 상태 모니터링에 관한 연구

김태훈\*, 최성필\*, 문영식\*, 이병하\*, 정준우\*, 박병권\*\*, 김재중°, 최형림\*\*

## A Study on Container Monitoring Loaded into the Hold in Maritime Logistics

Tae-Hoon Kim\*, Sung-Pill Choi\*, Young-Sik Moon\*, Byung-Ha Lee\*, Jun-Woo Jung\*,  
Byung-Kwon Park\*\*, Jae-Joong Kim°, Hyung-Rim Choi\*\*

### 요 약

최근 컨테이너를 이용한 신선화물, 위험화물, 고가품 등이 해상 운송되면서 화주나 선사들이 운송중인 화물의 모니터링에 대한 요구가 증가하고 있다. 사용자 요구사항 증가에 따라 운송 중 컨테이너의 상태 모니터링에 대한 기술들이 국내외에서 개발되고 있다. 하지만 개발된 기술들은 대부분 이동통신을 기반으로 수집한 컨테이너의 상태 정보를 전송하기 때문에 선박에 통신 인프라를 설치하는데 많은 비용이 필요하다. 또한 해운물류에서 컨테이너가 적재되는 선박 홀드는 운항 중 완전히 밀폐되고, 그 위에 컨테이너가 다단으로 적재되기 때문에 홀드에 적재된 많은 컨테이너들의 상태를 모니터링 하는데 한계가 있다. 본 논문에서는 낮은 비용으로 선박 내 위치한 컨테이너의 상태를 선박에서 실시간으로 확인 가능한 IP-RFID 기술을 이용한 컨테이너 상태 모니터링 시스템을 소개한다. 또한 소개한 시스템을 한국과 중국을 오가는 선박에 설치하여 실제 물류구간에서 운항중인 선박 홀드에 적재된 컨테이너의 상태 모니터링이 가능한지를 실험하였다. 실험결과 기존 개발되었던 컨테이너 상태 모니터링 시스템에 비해 저렴한 비용으로 홀드에 위치한 컨테이너의 상태 모니터링이 가능함을 확인하였다

**Key Words** : RFID, IP, Container, Monitoring, Maritime Logistics

### ABSTRACT

The recent increase of fresh farm products, hazardous cargos, and high-priced goods in marine transportation has caused an increased demand of cargo owners and shipping companies with regard to the monitoring of the location and state of cargo. To meet this increase, numerous technologies are being studied for the monitoring of the cargo state. Cargo containers on a ship are loaded on a ship's deck and in a ship's hold, which is located under the deck. However, Since the developed technologies mostly transfer the container status information that collected by mobile communication, it costs a lot to install communication infrastructure on ship. And the ship's hold is completely sealed with a cover, and communication with the reader positioned at the ship's bridge is difficult. Therefore, most existing studies on container monitoring on ships have focused on the monitoring of

\* 이 연구는 해양수산부, 해운물류 Active IP-RFID 기술개발사업의 지원으로 수행 되었습니다

• First Author : Intelligent Container Center, rider7979@dau.ac.kr, 정희원

° Corresponding Author : Dong-a University Department of port and Logistics System, jkkgb@dau.ac.kr, 정희원

\* Intelligent Container Center, spchoi@dau.ac.kr, tambagu@dau.ac.kr, leebh1443@dau.ac.kr, jjw0216@dau.ac.kr

\*\* Dong-a University Department of Management Information System, bpark@dau.ac.kr, hrchoi@dau.ac.kr 정희원

논문번호 : KICS2016-09-258, Received September 13, 2016; Revised October 17, 2016; Accepted October 17, 2016

containers loaded on a ship's deck. Accordingly, this study suggested system configuration for the monitoring of containers in a ship's hold using IP-RFID technology. The suggested system configuration was tested on an actual ship under navigation, and the test results are given in this study. The test results verified that the monitoring of containers in a ship's hold using IP-RFID technology is effective.

## I. 서 론

전 세계적으로 화물 운송에서 해운물류의 운송 부담율은 99.7%의 절대적인 비중을 차지하고 있으며 수송량은 연평균 9.4%의 증가하고 있다<sup>[1]</sup>. 초창기 해운물류에서는 화물 운송의 운임과 속도 경쟁이 주를 이루었으나 최근에는 신선화물, 고가화물, 위험화물과 같은 다양한 화물들을 해운물류를 통해 운송하게 됨으로써, “화물의 안전하고 원활한 흐름”으로 패러다임이 변화되고 있다. 이처럼 운송 부담율이 높은 해운물류의 패러다임 변화에 대응하기 위해 많은 물류기업들은 컨테이너의 운송 상태 및 글로벌 위치확인을 위한 모니터링 기술을 적용하고 있다. 대표적인 예로 머스크, OOCL 등 해외대형 선사들 중심으로 자사의 선박에 이동통신기반 컨테이너 상태 모니터링 인프라를 설치하고 냉동컨테이너의 실시간 운송 상태 모니터링하고 있다. 하지만 이러한 기술은 이동통신 모듈이 포함된 고가의 단말기를 이용하기 때문에 냉동컨테이너에 한해서만 모니터링을 적용하고 있으며 해상운송의 대부분을 차지하는 일반 컨테이너에 적용하기에는 어려움이 있다. 또한 많은 선사들이 빈번하게 발생하고 있는 사고에 대비하는 안전한 운송으로 서비스의 질을 향상하기 위해 모니터링 적용의 필요성은 인식하고 있으나 중소형 선사들의 경우 고가의 이동통신 인프라를 선박에 설치해야하는 부담이 있어 선박에서의 컨테이너 상태 모니터링 시스템 적용이 어려운 실정이다.<sup>[2]</sup> 고가의 비용으로 선박에 이동통신 기지국을 구축할 경우에도 무선 통신의 특성상 컨테이너의 적재 위치에 따라 컨테이너 상태 정보를 모니터링 하는데 한계가 있다. 그림 1은 선박에 컨테이너가 적재되는 위치를 나타낸 것으로 크게 데크(Deck)와 홀드

(Hold)로 구분되는데, 데크는 갑판 위 영역으로 외부에 노출되며, 홀드는 갑판 아래 영역으로 컨테이너가 선박 속에 적재되고 홀더 덮개를 이용하여 밀폐된다. 컨테이너는 철재 등의 금속으로 구성되어 있는데, 기존 연구에 의하면 표면이 전도체인 금속으로 되어 있는 경우 전파의 반사가 일어나며 투과가 어렵기 때문에<sup>[3]</sup>, 브릿지에 설치된 리더와 홀드에서의 태그 간에 통신이 불가능한 문제점이 있다. 이러한 문제점으로 인해 홀드 영역의 경우에는 외부와 완전히 밀폐되기 때문에 무선 통신을 이용한 컨테이너 상태 모니터링을 적용하기에는 한계가 있다.

기존 연구에서는 데크 영역에 위치하는 컨테이너의 상태 모니터링 일부 다루고 있으나 선박에서는 50% 이상의 컨테이너가 홀드 영역에 적재가 되는데, 이 영역에서의 컨테이너 모니터링을 위한 연구는 아직 부족한 상황이다. 이에 본 논문에서 기존 RFID(Radio Frequency Identification)에 IP의 특징 중 하나인 양방향 통신이 가능한 IP-RFID 기술을 이용하여 선박에서의 컨테이너 상태 모니터링이 가능한 IP-RFID 기반 컨테이너 모니터링 시스템을 제안한다.<sup>[4,5]</sup> 특히, 기존 연구에서는 선박운항 중 선박 데크 영역에 적재된 컨테이너 상태 모니터링을 대상으로 했으나 제안하는 연구는 홀드 영역에 적재된 컨테이너의 상태도 모니터링도 가능하다. 또한 제안한 시스템을 한국과 중국을 오가는 1,000TEU급 선박에 적용하여 그 성능을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장 서론에서 본 연구의 배경을 제시하고, 2장에서 국내외 관련 연구 및 동향과 본 논문에서 제안하는 시스템을 설명하고, 3장에서 본 논문에서 제안하는 시스템을 실제 해운물류 구간에 적용하여 그 성능을 검증한 후 4장에서 결론을 맺고 향후 연구 과제를 제시한다.

## II. 본 론

### 2.1 관련연구

해상운송 중 선박에서의 컨테이너 상태 모니터링을 위한 장비는 머스크, OOCL 등과 같은 해외 대형선사 및 Triton과 같은 선진국 기업을 중심으로 연구가 진

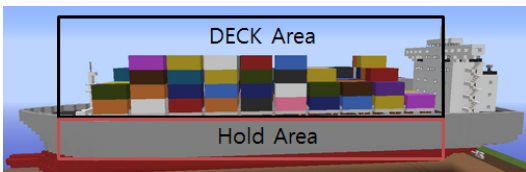


그림 1. 컨테이너 적재 위치에 따른 선박 구조  
Fig. 1. Vessel structure according to the container loading position

행되고 있으며, 국내에서도 정부의 주도하에 컨테이너 상태 모니터링 기술개발이 진행되어 에스위너스, KIC 시스템즈 등 중소기업에서 상용화를 진행하고 있다.<sup>[6]</sup> 현재 세계적으로 가장 많이 활용되는 장비는 미국 XIRGO 사의 XT-6200을 활용한 머스크의 냉동컨테이너 상태 모니터링 장비이다. 이 장비는 냉동컨테이너 컨트롤유닛 함체 내부에 설치되어 ISO 10368을 만족하는 냉동컨테이너의 PCT 슬레이브 모뎀 인터페이스와 연결되어 냉동컨테이너의 설정온도(SetPoint), 공급온도(Supply Temp.), 순환온도(Return Temp.), 동작상태(Status), 알람(Alarm) 등의 상태정보를 수집하고, GPS를 이용한 위치정보를 확인하여 GSM기반 이동통신 및 Wi-Fi 등을 이용하여 컨테이너의 정보를 전송한다. 또 다른 글로벌 물류기업인 OOCL에서 사용하는 컨테이너 상태 모니터링 장비는 머스크의 냉동컨테이너 상태 모니터링 장비와 동일한 컨테이너 상태정보를 수집하여 이동통신을 이용하여 전송한다. 만약 운송 도중 설정온도를 벗어나는 상황이 발생할 경우 화물의 예외처리 보고서를 제공하고, 필요할 경우 이메일 등을 통해 사전에 등록된 관리자에게 즉시 그 사실을 알릴 수 있다. 또한 모바일을 통한 실시간 화물 정보 확인 시스템을 지원하여 화물의 상태 및 경로 정보를 제공한다. 물류 장비 개발사인 Triton에서 개발한 컨테이너 상태 모니터링 장비는 머스크, OOCL 등 해외 대형선사의 컨테이너 상태 모니터링 장비와 달리 냉동컨테이너 뿐만 아니라 일반컨테이너에도 활용이 가능하다. 이 장비는 컨테이너 벽면에 부착되어 컨테이너의 글로벌 이동 위치 및 내부 온도, 습도, 문 개폐 여부 등의 정보를 수집하여 이동통신을 통해 전송한다.

국내에서는 현대상선이 KIC 시스템즈에서 개발한 433MHz 대역 무선 통신을 이용하는 냉동컨테이너 상태 모니터링 장비를 이용하여 2013년 3월부터 냉동 컨테이너에 한해 운송 중 온도정보를 제공하고 있다. KIC 시스템즈에서 개발한 냉동컨테이너 상태 모니터링 장비는 냉동컨테이너의 데이터 백업포트인 Interrogator Port를 이용하여 냉동컨테이너의 상태정보를 수집한다. 또한 PTI(Per-Trip Inspection) 등 제한적이지만 냉동컨테이너의 원격 제어 기능을 제공한다. 국내 기업인 에스위너스에서는 컨테이너 상태 모니터링 장비인 ConTracer<sup>[7]</sup>를 개발하여 상용화하였다. 에스위너스의 ConTracer는 미국 국토안보부의 CSD 요구사항과 ISO/IEC 18000-7 표준을 준수하고 433MHz 대역 무선 통신과 WCDMA/GSM 기반의 이동통신을 통한 정보 전송 기능을 제공한다.

ConTracer는 컨테이너 벽과 문 사이에 자석을 이용하여 장비를 부착하며, 마이크로 스위치를 이용하여 컨테이너 문의 개폐여부를 감지하고, 내부 온도 및 습도와 컨테이너에 가해지는 충격을 검출하고 GPS를 이용하여 운송 중 컨테이너의 실시간 위치 정보를 제공해준다. 하지만, 이러한 컨테이너 상태 모니터링 장비를 선박에 적용하는데 2가지 문제점이 있다. 첫째로, 기존의 시스템으로 해상운송 중 선박 내에서 컨테이너의 상태를 모니터링하기 위해서는 선박에 고가의 이동통신기지국 설치가 필요하다. 또한 이동통신 기지국을 설치하더라도 홀드 등 선박 하단에 실린 컨테이너의 상태 정보를 안정적으로 수신할 수 없으며, 안정적인 정보 수신을 위해서는 추가적인 비용을 부담하여 홀드 영역에 고가의 통신 인프라를 설치해야한다. 두 번째는 기존의 컨테이너 상태 모니터링 연구는 데크에 설치되는 컨테이너를 대상으로 시험이 진행되었을 뿐, 홀드 아래에 적재되는 컨테이너의 모니터링에 대한 연구가 이루어지지 않았다. 따라서 기존 연구만으로는 데크와 홀드를 포함하는 선박 전 영역에서의 컨테이너 상태 모니터링이 불가능하며 홀드에 적재되는 컨테이너의 상태 모니터링을 위해 효율적인 컨테이너 상태 모니터링 시스템에 대한 연구가 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 IP-RFID를 소개하고 이를 이용하여 선박 전 영역에서의 컨테이너 상태 모니터링을 위한 방법을 제안하였다. 특히 기존 연구에서의 IP-RFID는 433MHz 대역의 1-홉 기반 무선 통신을 적용하였으나, 본 논문에서는 홀드 영역에서의 컨테이너 모니터링을 위해 적용 시스템과 프로토콜을 보완하고 이를 선박에서 실험하여 홀드 영역에서도 컨테이너의 상태 모니터링이 가능함을 확인하였다.

## 2.2 IP-RFID 기술을 이용한 컨테이너 상태 모니터링 시스템

### 2.2.1 IP-RFID 시스템 구성

본 연구를 통해 소개하는 IP-RFID 기술은 IP의 특징인 양방향 통신을 통해 사용자와 태그 간에 정보 전달이 가능하며 사용자는 직접 태그의 동작을 제어할 수 있고 질의를 통해 원하는 정보의 모니터링이 가능하다. IP-RFID 구성은 운송 중 컨테이너의 상태 정보를 수집하는 태그, 태그가 수집하는 정보를 데이터 베이스에 저장하고 사용자가 모니터링하기 원하는 센서나 위치 등과 같은 질의 정보의 모니터링이 가능하도록 서비스를 제공하는 서비스 플랫폼<sup>[8,9]</sup>, 그리고 태그와 서비스 플랫폼 사이에서 게이트웨이와 라우팅

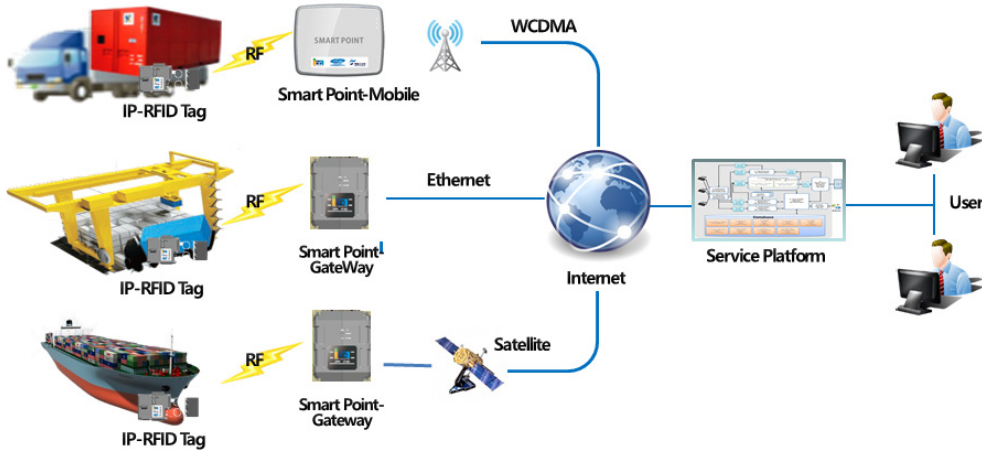


그림 2. IP-RFID 시스템 구성  
Fig. 2. Consist of IP-RFID System

기능을 수행하는 스마트포인트로 구성된다.

글로벌 해운물류의 흐름은 크게 육상운송, 컨테이너 야적장(터미널), 해상운송으로 분류되는데, 물류 구간에 따라 환경변화가 발생하므로 이에 적합한 최적의 통신방식 선정이 필요하다. 각 물류구간에서 원활한 통신을 위해 스마트포인트는 모바일용 스마트포인트(Smart Point-M), 게이트웨이용 스마트포인트(Smart Point-G)로 구분된다. 모바일용 스마트포인트는 이동통신 기능을 지원하며 태그의 이동이 많은 육상운송에 활용된다. 게이트웨이용 스마트포인트는 태그 정보를 수집하여 인터넷 통신을 통해 서비스 플랫폼으로 전달하는 기능을 수행하며 터미널 또는 해상운송을 위한 선박에서 활용된다. 태그가 내장된 센서를 통해 정보를 전달하여 스마트포인트가 수집하면 스마트포인트는 서비스 플랫폼으로 이 정보를 전달한다. 서비스 플랫폼은 수집한 태그의 센서 정보들을 데이터베이스에 저장하고 이 정보를 기반으로 사용자별 맞춤 정보를 제공한다. 서비스 플랫폼은 사용자별 질의를 통해 모니터링하고자 하는 센서 정보와 거리 이동에 따른 물류거점 정보, 통신 주기 등과 같은 질의를 정의하고 이를 관리하여 사용자가 요청하는 다양한 질의 정보의 제공을 지원한다.

### 2.2.2 IP-RFID 시스템의 구성장비 및 기능

IP-RFID 태그는 해운물류 구간에서 컨테이너 내부의 온도, 습도, 충격, 문 개폐여부 정보를 제공한다. uC/OS를 적용하여 센서 값에 따른 실시간 알람이 가능하고, 상용화된 센서 모듈을 이용해 온도, 습도 및 충격 정보를 감지하여 서비스 플랫폼으로부터 수신한

질의 조건에 따라 컨테이너 내부 상태 정보를 감지한다. 그림 3에는 이러한 태그의 부분별 구성을 나타내고 있다. 컨테이너의 내부 상태 정보를 수집하기 위한 온도 및 습도센서와 충격 감지를 위한 3축 충격 센서가 내장되어 있다. 태그는 컨테이너의 경첩 부위의 벽면에 설치되며 안테나가 경첩을 통해 외부로 노출되기 때문에 무선 통신이 가능하다. 특히, 안테나의 선은 기구의 내부에 설치되어 외부의 충격으로부터 보호되기 때문에 컨테이너 문의 개폐로 인해 발생할 수 있는 단선 문제를 해결하였다. 저온에 취약한 배터리의 보호를 위해 배터리부의 기구는 2중 구조로 설계하여 외부온도의 영향을 최소화 한다. 또한, 컨테이너 보안을 위해 컨테이너 문의 개폐여부 감지 기능을 지원한다. 그림 3과 같이 컨테이너의 문의 닫힐 때 태그의 개폐감지 기구를 문의 밀어 주면서 스위치 센서를 눌러주게 되어 컨테이너 문의 개폐 여부를 감지할 수 있게 된다. 또한 컨테이너 마다 미세한 차이로 인하여 개폐 감지를 위한 개폐 감지 기구를 눌러주는 정도에 미세한 차이가 발생하는데 민감도를 조절할 수 있도록 하여 모든 컨테이너에 적용이 가능하도록 하였다. 문의 개폐 감지 정확도는 96% 이상이며 화물컨테이너 자동인식 표준인 ISO-10374<sup>[10]</sup>에 근거하여 동작이 가능하도록 개발하였다.

스마트포인트는 사용하는 환경에 따라 표 1과 같은 특징을 가진다. 433MHz 무선 기능은 태그와의 통신을 위해 지원하며, 서버와의 통신을 위해서는 사용 환경에 따라 이동통신 또는 이더넷(Ethernet) 통신을 지원한다. 위치 추적을 위한 GPS를 지원하며 12V~24V의 직류전류에서 사용 가능하다.

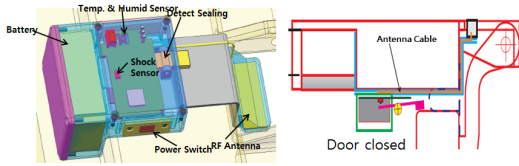


그림 3. IP-RFID 태그의 부분별 명칭과 개폐 감지 설명  
Fig. 3. Description of each part of IP-RFID Tag

표 1. 스마트포인트 사양  
Table 1. Specification of Smart Point

	Smart Point - Mobile	Smart Point - Gateway
Communication	433MHz, WCDMA	433MHz, Ethernet
OS	Linux 2.6	Linux 2.6
Tracking	GPS	GPS
Power supply	DC 12V ~24V	DC 12V ~24V
Dustproof and Waterproof grade	IP44	IP55
Operating Temperature	-20℃ ~ 70℃	-40℃ ~ 85℃

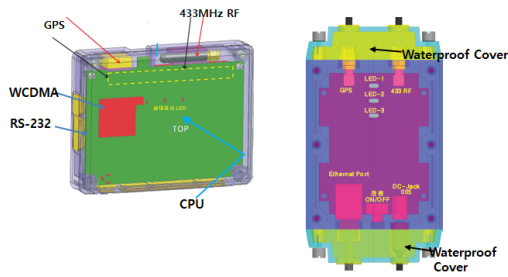


그림 4. 스마트포인트의 종류에 따른 부분별 설명  
Fig. 4. Description of each part according to the type of smart pointer

그림 4는 스마트포인트의 종류에 따른 부분별 명칭을 나타내었다. 모바일용 스마트포인트는 육상 운송시에 대시보드 위에 설치되며, 사용의 편의성 향상을 위해 기구 내부에 모든 안테나를 내장하여 별도의 조작 없이 사용 가능하다. 게이트웨이용 스마트포인트와 중계용 스마트포인트의 경우 고성능을 위해 외장형 안테나를 사용한다. 또한, 외부환경에 노출되는 특성상 제품이 외부 환경으로부터의 내구성을 위해 방수방진 성능이 중요시되기 때문에 스마트포인트의 통신 및 전원 단자의 연결부에 별도의 방수용 커버를 장착하여 사용 특성에 적합한 IP 인증을 획득하였다.

### 2.2.3 선박 홀드 영역에서의 시스템 구성

IP-RFID의 기존 연구에서는 선박 내부 인프라 구성이 게이트웨이용 스마트포인트와 태그간의 1-홉으로 구성되었다. 하지만 선박환경에서 1-홉으로 구성할 경우 선박의 높은 컨테이너 집적도로 인해 곳곳에 통신 음영지역이 발생하게 된다. 기존 연구에서는 이러한 음영지역에서의 통신을 위해 게이트웨이용 스마트포인트를 설치해야 하는데, 이를 위해 별도의 전원과 이더넷을 설치해야 하는 등 추가 비용이 발생하게 된다. 이 논문이 제안하는 선박에서의 컨테이너 모니터링 시스템은 좀 더 경량화된 중계용 스마트포인트를 설치함으로써 기존 연구보다 더 낮은 비용으로 선박에서 통신 음영지역 없이 무선 통신이 가능하다. 중계용 스마트포인트는 그림 5와 같이 MCU와 RF 모듈로 구성되어 있다. 배터리 사용이 가능하며 5V DC 전원을 입력하면 배터리의 충전이 가능하다. 또한 -40℃ ~ 85℃의 온도 범위에서 동작하며 IP67 등급의 방수 방진 성능을 가지기 때문에 선박 내부의 위치에 구애받지 않고 설치가 가능하다.

선박에서의 컨테이너 모니터링을 위해 이 논문에서 제안하는 IP-RFID 동작하는 일반적인 상황에서의 패킷 흐름은 그림 6과 같다. 태그의 전원을 켜면 게이트웨이용 스마트포인트와 연결하는 Join 과정을 통해 태그와 게이트웨이용 스마트포인트가 연결 된다. 이 때, 게이트웨이용 스마트포인트는 연결된 태그의 목록에 Join 하는 태그의 정보를 갱신하고, 태그와의 연결 정보를 유지한다. 특히, 스마트포인트는 수신된 패킷이 등록된 태그의 패킷이 아닐 경우 폐기하는데 이로 인해 서비스플랫폼은 중복 패킷을 관리할 필요가 없는 장점이 있다. 태그와 게이트웨이용 스마트포인트 간의 Join 절차가 완료되면 게이트웨이용 스마트포인트는 등록된 태그의 정보와 게이트웨이용 스마트포인트의 IP 정보를 서비스 플랫폼으로 전송하고, 서비스 플랫폼

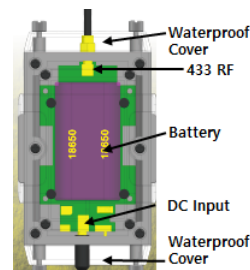


그림 5. 중계용 스마트포인트의 부분별 설명  
Fig. 5. Description of smart point-relay

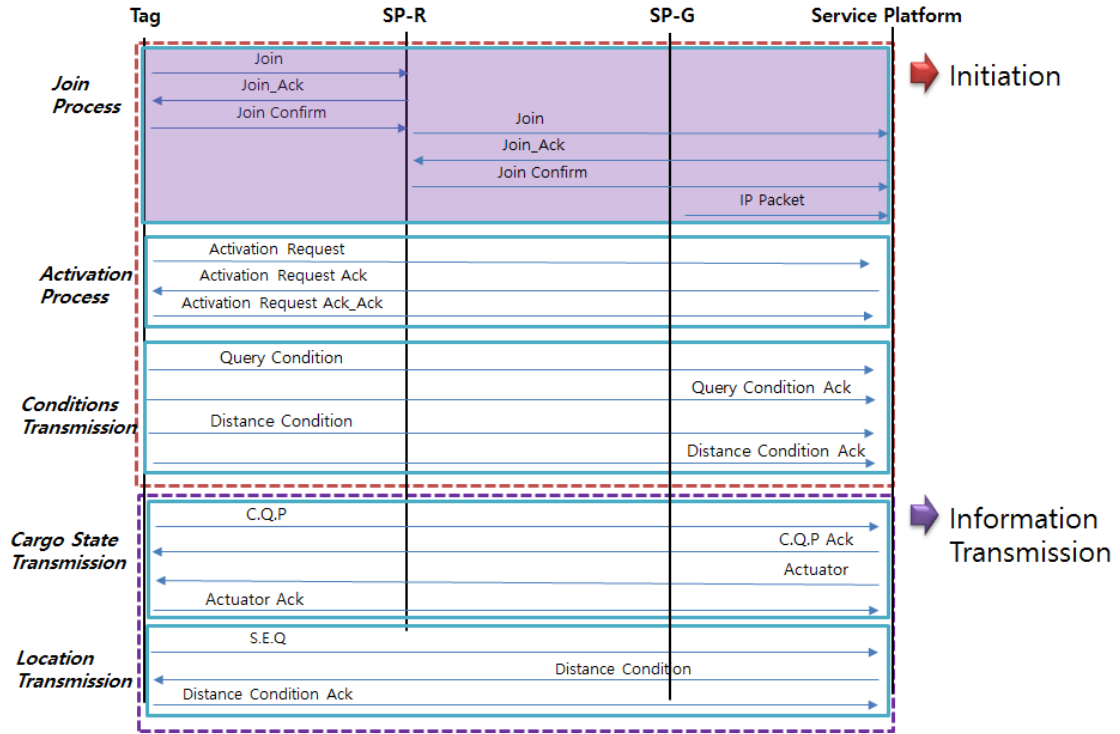


그림 6. IP-RFID 시스템의 통신 프로세스  
Fig. 6. Communication process of IP-RFID system

폼은 이 정보를 유지한다. 이 정보를 통해 IP-RFID는 사용자와 태그 간에 양방향 통신이 가능하도록 하는 특징을 가진다. Join 동작이 완료되면 태그의 활성화 단계(Activation Process)를 시작한다. 활성화 단계에서 서비스 플랫폼은 태그의 유효성을 확인하고, 활성화 완료 후 태그는 모니터링의 시작하기 위한 절차에 진입한다. 조건 전송(Conditions Transmission) 단계에서는 태그가 관리해야 할 화물의 임계치 정보를 포함하고 있다. 이를 통해 태그는 센서로부터 수신되는 정보와 임계치 정보를 비교하여 임계치에 도달하게 되면 알람 정보를 전송한다. 조건 전송을 통해 제어할 수 있는 정보는 센서의 동작 주기, 알람 주기, 위치, 온도·습도·충격 등 센서의 임계치 정보 등이며 사용자는 동작 중에도 이 조건을 언제든지 변경하여 적용이 가능하다. 조건 전송이 완료되면 태그는 이를 반영하여 수신한 조건에 따라 센서(Cargo State) 및 위치(Location) 정보를 서비스 플랫폼으로 전송한다. 만약, 컨테이너에 조명, 방재 장치 등이 설치되어 있는 특수 컨테이너의 경우 작동(Actuator) 패킷을 전송하여 동작 제어가 가능하다. 이와 같은 전체 패킷의 흐름은 태그와 게이트웨이용 스마트포인트 간의 무선

통신으로 이루어지기 때문에 음영지역이 발생하게 되고, 음영지역에서의 통신을 위해 중계용 스마트포인트를 활용한다. 음영지역에 중계용 스마트포인트를 설치하게 되면, 음영지역에 위치하는 태그는 중계용 스마트포인트와 Join 과정을 거치고 중계용 스마트포인트는 게이트웨이용 스마트포인트에 Join하여 태그와 게이트웨이용 스마트포인트 사이에서 무선 통신의 중계 역할을 수행한다. 만약, 중계용 스마트포인트가 Join을 수행하지 않고 발생하는 패킷의 전달 기능만 수행할 경우 수신되는 모든 패킷의 재전송이 이루어지기 때문에 불필요한 무선 정보가 다수 발생하게 되고 이로 인한 패킷 충돌이 빈번하게 발생하여 통신 성능 저하의 원인이 될 수 있으나, 음영지역에서의 태그가 보내오는 정보만을 수신하여 재전송하기 때문에 태그와 게이트웨이용 스마트포인트 간의 성능 저하 없이 통신이 가능하다.

앞서 언급한 것과 같이 선박에서의 컨테이너 적재 위치는 데크 영역과 홀드 영역으로 나누어지며 데크 영역의 경우 음영지역에 중계용 스마트포인트를 설치하여 통신이 가능하다. 하지만 홀드 영역의 경우 고밀도의 금속으로 외부와 완전히 밀폐되기 때문에 무선

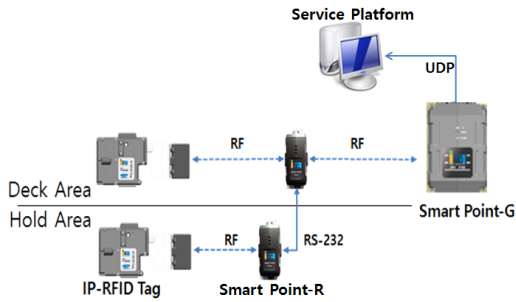


그림 7. 음영지역에서의 컨테이너 모니터링 시스템 구성  
Fig. 7. System installation for container monitoring at shaded area

신호의 감쇄와 반사로 인해 안정적인 통신이 불가능하다. 그림 7은 본 논문에서 제안하는 선박의 음영지역에서 중계용 스마트포인트를 활용한 설치 방안을 나타낸다. 데크 영역에서는 음영지역에 중계용 스마트포인트를 설치하고 무선 통신을 중계하여 컨테이너의 모니터링이 가능하다. 하지만, 외부 환경과 차폐된 홀드 영역의 경우 무선 통신만으로는 안정적인 통신이 불가능하기 때문에 무선과 유선을 결합한 형태로 외부의 게이트웨이용 스마트포인트와 통신이 가능하다. 홀드 영역에 설치된 중계용 스마트포인트와 데크 영역에 설치된 중계용 스마트포인트를 RS-232로 연결하여 홀드 영역에서 수신한 패킷을 안정적으로 전달할 수 있다.

### III. 실험

본 논문에서 제안하는 IP-RFID를 선박에 적용하여 실제 운항 중인 선박에서의 모니터링 실험을 진행하였다. 해상운송을 위한 실험 환경은 부산과 중국 상해 간 화물을 운송하는 남성해운의 스타 스키퍼호를 통해 수행하였다. 스타 스키퍼호의 상세한 정보는 표 2와 같다.

IP-RFID를 활용하여 선박 내에서의 모니터링을 위한 시스템은 태그와 중계용 스마트포인트, 게이트웨이용 스마트포인트, 서비스 플랫폼으로 구성하였다. 게이트웨이용 스마트포인트는 윈브릿지의 상단에 그림 8와 같이 양쪽에 설치하여 데크 영역에서 통신 가능

표 2. 스타 스키퍼호의 상세 정보  
Table 2 Specification of Star Skipper

Length	Width	Capacity	Ocean Lane
142m	22m	962 TUE	Pusan ↔ SangHai

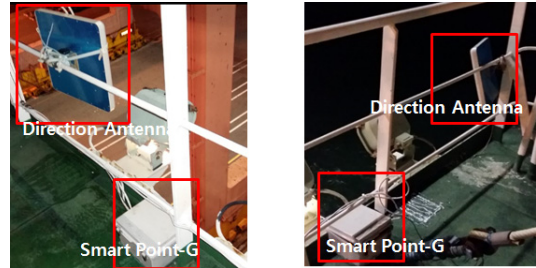


그림 8. 게이트웨이용 스마트포인트 설치  
Fig. 8. Configuration of Smart Point-G

하도록 설치하였다.

데크 영역에는 태그와 게이트웨이용 스마트포인트 간에 통신이 이루어지지만 홀드 영역에서는 무선 통신이 불가능하기 때문에 홀드 영역과 데크 영역에 그림 9과 같이 각각 하나씩의 중계용 스마트포인트를 설치하고, 이를 RS-232로 연결하였다.

홀드 영역에 설치된 태그가 전송한 정보는 홀드 영역의 중계용 스마트포인트에서 수신되고 이를 RS-232 통신을 통해 데크 영역에 위치하는 중계용 스마트포인트로 전달한다. 이를 수신한 중계용 스마트포인트가 게이트웨이용 스마트포인트로 전달하는 역할을 한다.

선박의 홀드 내부에서 컨테이너 모니터링을 위한 시스템을 그림 10과 같이 구성하고 홀드 영역에 적재된 컨테이너와 가장 가까운 위치에 태그를 설치하였다. 태그의 동작을 위한 질의 조건은 센서 정보를 분당 1회 수신하고 5분 단위로 센서 정보를 전송하도록

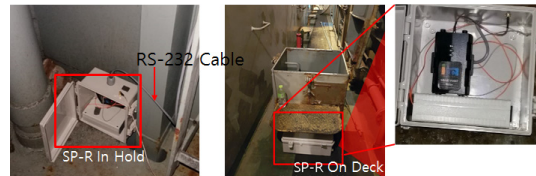


그림 9. 중계용 스마트포인트 설치  
Fig. 9. Configuration of Smart Point-R

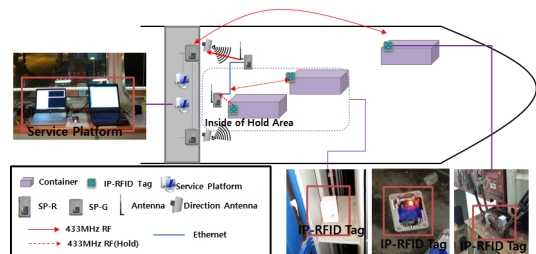


그림 10. 컨테이너 모니터링을 위한 선박 인프라 구성  
Fig. 10. Configuration of vessel Infrastructure for Container Monitoring

설정하였으며, 선박이 부산항을 출발하여 울산, 광양항을 거쳐 상해와 Ningbo항을 지나 다시 부산항으로 들어오는 7일 동안의 모니터링 정보를 수집하였다. 실험은 홀드 영역의 1층과 2층에 설치한 2개의 태그와 데크 영역에 설치한 1개의 태그에서 운행기간 중 태그 위치에 따른 모니터링 성공률을 측정하였다. 이를 위해 질의에 따라 수신해야하는 전체 패키지의 개수와 수신한 패키지의 개수를 확인하여 모니터링 성공률을 측정하였다. 수신 정보는 그림 11과 같이 서비스 플랫폼을 통해 태그로부터 수신된 온도, 습도, 위치, 컨테이너의 개폐 여부 등의 패키지 정보를 데이터베이스에 기록하여 확인하였다.

데크 영역에 적재된 컨테이너에는 태그 1번을 부착하고, 홀드 영역의 지하 1층에는 태그 2번을, 그리고 지하 2층에는 태그 3번을 부착하여 실험하고, 각 태그로부터 온도, 습도, 위치, 컨테이너 문 개폐 정보를 수신하였는데, 표 3에 홀드영역 지하2층에 적재된 컨테이너의 센서 정보인 3번 태그로부터 수신된 로그(log) 데이터 중 일부를 나타내었다.

그림 12는 실험을 통한 수집된 센싱정보의 수신 성



그림 11. 서비스 플랫폼의 태그 패키지 수신  
Fig. 11. Received tag packet to service platform

표 3. Tag 3의 센싱 로그 정보(일부)  
Table 3. Partial log data sensed by Tag 3

Event clock	humidity	temperature	latitude	longitude	Door status
2016-08-31 9:00	50	30	35.10175	129.094	0
2016-08-31 9:05	54	28	35.10168	129.0943	0
2016-08-31 9:10	54	28	35.10158	129.0942	0
2016-08-31 9:15	52	29	35.10167	129.0944	0
2016-08-31 9:20	51	30	35.1016	129.0945	0
2016-08-31 9:25	54	29	35.10118	129.0943	0
2016-08-31 9:30	56	29	35.10149	129.0945	0
2016-08-31 9:35	56	29	35.10171	129.0944	0
2016-08-31 9:40	57	29	35.10151	129.0948	0
2016-08-31 9:45	53	31	35.10155	129.0945	0
2016-08-31 9:50	57	29	35.10166	129.0944	0
2016-08-31 9:55	57	29	35.10178	129.0943	0
2016-08-31 10:00	58	29	35.10142	129.0945	0

Proportion & CI				
	TX	RX	Proportion	95.0% CI
Tag 1:	1697	1709	0.992978	(0.987767, 0.996367)
Tag 2:	1635	1717	0.952242	(0.941064, 0.961840)
Tag 3:	1644	1748	0.940503	(0.928369, 0.951132)

그림 12. 컨테이너 모니터링 결과  
Fig. 12. Result of Container Monitoring

공률을 송신횟수(TX)와 수신횟수(RX)의 비율로 나타내고 있으며, Minitab 통계 프로그램을 활용하여 각 수신 성공률에 대한 95% 신뢰수준에서의 신뢰구간을 보여준다. 분석 결과에 의하면 선박 홀드 내에 적재된 컨테이너의 센싱 정보도 95.2%와 94.1%의 비교적 높은 성공률을 보였으며, 데크에 적재된 컨테이너의 센싱 정보 수신 성공률 99.3%에 비하면 상대적으로 낮으며, 홀드에 적재된 컨테이너도 지하 1층보다는 지하 2층의 수신 성공률이 다소 더 낮음을 알 수 있다.

이동 경로 및 위치 추적 결과는 그림 13에 나타내었다. 서비스 플랫폼에 저장된 위치 정보와 모니터링 프로그램을 이용하여 선박이 이동한 경로 정보의 확인이 가능하다. 태그의 위치 정보는 수신한 스마트폰의 GPS에 의해 결정되므로 홀드 영역에 적재된 모든 태그에서도 동일한 위치 정보와 이동경로를 확인할 수 있다.

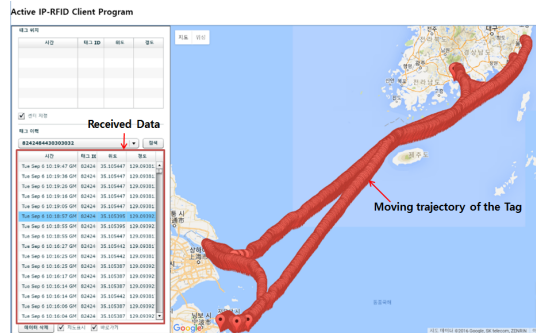


그림 13. 컨테이너 위치추적 결과  
Fig. 13. Result of Container Location Tracking

#### IV. 결론

본 논문은 해상운송 중 선박환경 중에서도 선박 홀드 내부에 적재된 컨테이너의 화물상태 등을 실시간으로 모니터링하기 위한 시스템의 구성과 작동원리, 그리고 정량화된 모니터링 결과를 제시한 사례 연구이며, 본 실증실험을 통하여 IP-RFID 기술의 해상운송 분야 적용가능성을 확인할 수 있었던 귀중한 계기



가 되었다. 기존 연구의 운송 중 선박 내에서의 컨테이너 모니터링 시스템은 이동통신 기반으로 고가의 기지국을 설치해야하는 문제점이 있었으나, IP-RFID를 활용하는 본 연구에서는 스마트폰포인트와 서비스 플랫폼 설치만으로 수행한 실험결과에서 선박 내에 설치되었던 모든 태그로부터의 모니터링은 94% 이상의 성공률을 보였다. 이는 선박 내부 컨테이너 모니터링 시스템의 성공적 상용화에 대한 큰 진전으로 평가될 수 있지만, 홀드의 깊이에 따른 수신 성공률의 민감도 분석과 성공률을 더욱 높일 수 있는 스마트폰포인트의 최적 설치 방법에 관한 연구 등은 향후에 추가로 연구 되어야 할 주제이다.

### References

[1] O. S. Kwon and H. K. Ha, *Status and present condition of the national logistics system*, Korea Institute of Public Finance, Dec. 2004.

[2] S. I. Byun, et al., "An economic analysis for active IP-RFID in port and logistics," in *Proc. KICS Winter Conf.*, pp. 604-605, JeongSeon, Korea, Jan. 2016.

[3] H. K. Kim, et al., "A study on the transmission characteristics of radio signals according to obstructions," in *Proc. Korean Inst. Fire Sci. & Eng.*, pp. 249-254, SamCheok, Korea, Nov. 2009.

[4] T. H. Kim, et al., "Active IP-RFID system for maritime logistics," *J. KIICE*, vol. 40, no. 12, pp. 2511-2519, Dec. 2015.

[5] Y. S. Moon, et al., "A study on the shipping reefer container monitoring system base on IP-RFID," in *Proc. KICS Winter Conf.*, pp. 101-102, YongPyong, Korea, Jun. 2014.

[6] S. Ronesh and S. R. Lee, "Smart ship container with M2M technology," *J. KIICE*, vol. 38, no. 3, pp. 278-287, May 2013.

[7] Y. S. Moon, et al., "Performance evaluation of advanced container security device(ACSD) system based on IoT(Internet of Things)," *J. KIICE*, vol. 17, no. 9, pp. 2183-2190, Sept. 2014.

[8] H. R. Choi, et al., "API Design for Maritime Logistics IP-RFID Service Platform," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun.*, pp. 1053-1054,

Jeju, Korea, Jun. 2013.

[9] M. J. Jo, et al., "Development of IP-RFID platform based on service-oriented multi-agent," in *Proc. KICS Winter Conf.*, pp. 556-559, YongPyong, Korea, Feb. 2012.

[10] "KS T ISO 10374," Retrieved Nov. 19, 2014, from <https://www.kssn.net>

#### 김 태 훈 (Tae-Hoon Kim)



2007년 2월 : 부산대학교 컴퓨터공학과 석사  
 2007년 2월~2013년 8월 : 동아대 미디어다바이스 연구센터 연구원  
 2013년 9월~현재 동아대 지능형컨테이너연구센터 선임연구원

<관심분야> M2M, IoT, 항만물류

#### 최 성 필 (Sung-Pill Choi)



2014년 2월 : 동아대학교 항만물류공학 공학석사  
 2009년 2월~현재 : 동아대학교 지능형컨테이너연구센터 선임연구원  
 <관심분야> 항만물류, 냉동컨테이너시스템, 컨테이너보안장치

#### 문 영 식 (Young-Sik Moon)



2009년 2월 : 부산대학교 컴퓨터공학과 공학석사  
 2009년 3월~현재 : 동아대학교 지능형컨테이너연구센터 선임연구원  
 <관심분야> 항만물류시스템, 컨테이너모니터링, M2M

이 병 하 (Byung-Ha Lee)



2011년 2월 : 동아대학교 경영  
정보학과 경영학석사  
2011년 8월~현재 : 동아대학교  
지능형컨테이너연구센터 주  
임연구원  
<관심분야> 항만물류시스템, 컨  
테이너보안장치, RFID/USN

김 재 중 (Jae-Joong Kim)



서울대학교 토목공학과 공학  
박사  
현재 동아대학교 항만물류시스  
템학과 교수  
<관심분야> 항만계획, 항만운  
영, 항만물류시스템

정 준 우 (Jun-Woo Jung)



2012년 2월 : 동아대학교 컴퓨  
터공학과 공학학사  
2013년 3월~현재 : 동아대학교  
지능형컨테이너연구센터 연  
구원  
<관심분야> M2M, IoT, 항만  
물류

최 형 림 (Hyung-Rim Choi)



1993년 8월 : KAIST 경영과학  
과 경영과학박사  
1998년 10월~현재 : 동아대학교  
경영정보학과 교수  
<관심분야> 항만물류시스템,  
RFID/USN

박 병 권 (Byoung-Kwon Park)



1988년 2월 : KAIST 전산학과  
박사학위 취득  
2000년3월~현재 : 동아대학교  
경영정보학과 교수  
<관심분야> 멀티미디어 데이터  
베이스, 하이퍼미디어시스템