

실시간 해운물류를 위한 능동형 IP-RFID 시스템

김태훈*, 이병하*, 박병권*, 최성필*,
 문영식*, 정준우*, 김재중**, 최형림^o

Active IP-RFID System for Maritime Logistics

Tae-Hoon Kim*, Byung-Ha Lee*, Byung-Kwon Park*, Sung-Pil Choi*,
 Young-Sik Moon*, Jun-Woo Jung*, Jae-Joong Kim**, Hyong-Rim Choi^o

요약

해운물류에서 컨테이너의 위치와 봉인 여부, 온도 정보 등 상태 정보를 전송하는 기술은 다수 개발되어 왔으나 전 물류환경에서 사용이 불가능하거나 단순히 컨테이너의 정보만을 수신하여 전달하기 때문에 태그의 상태를 제어하는 등의 양방향 통신이 지원되지 않았다. 특히, 양방향 통신을 글로벌 해운물류 전 구간에서 지원하기 위해서는 태그를 식별할 수 있는 주소값이 관리되어야 한다. 이를 위해 433MHz 기반의 RFID를 개선하기 위한 연구는 “DASH 7”이라는 프로젝트 명으로 진행되었으나 근래에는 표준화나 개발참조문서 등의 진행이 더딘 상태로 더 이상 진행되지 않고 있는 실정이다. 이 논문에서는 RFID 태그에 가상 주소값을 부여하여 IP의 특징인 양방향 통신을 이용해 글로벌 해운물류에서 실시간 통신을 위한 능동형 IP-RFID 시스템 구성을 소개하고 이를 위한 처리과정 및 기능을 제안한다. 이 논문에서 제안하는 IP-RFID 시스템을 적용하면 해운물류 구간에서 실시간 상태 추적과 함께 태그의 제어에도 적용이 가능하다.

Key Words : Communication, RFID, IoT, Container, Smart Point, Service Platform

ABSTRACT

In maritime logistics, the technology for transmitting status information has been greatly developed, but it has not been available in general logistics environment or it is impossible to support two-way communication as it simply receives and transfers a container's information. In particular, to support two-way communication in all sections of the global maritime logistics, the address value, which can identify the tag, should be managed.

In this context, to improve the 433 MHz-based RFID, the project called “DASH 7” has been conducted in recent years. However, it has stopped proceeding because of its slow progress, including the standardization and development of references. In this paper, we introduced an active IP-RFID system configuration for real-time communication in global maritime logistics using a two-way communication—which is characteristic of an IP—applying virtual address values in the RFID tag, and proposing its process and function. When you apply the IP-RFID system proposed in this paper, not only real-time status tracking in the maritime logistics area is possible, but it is also applicable for controlling the tag.

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

◆ First Author : Dong-a University Intelligent Container Center, rider7979@dau.ac.kr, 정희원

◦ Corresponding Author : Dong-a University Department of Management Information System, hrchoi@dau.ac.kr, 정희원

* Dong-a University Intelligent Container Center

** Dong-a University

논문번호 : KICS2015-03-055, Received March 20, 2015; Revised July 9, 2015; Accepted November 23, 2015

I. 서 론

유비쿼터스가 사회 전반으로 확산되면서 온도, 습도, 충격, 압력 등과 같이 다양한 데이터를 센서 정보 수집하는 센서 기술의 발전과 더불어 사용자의 요구 사항은 계속해서 늘어나고 있으며, 이를 만족시키기 위해 설치되는 무선 통신 장비의 수가 급격히 늘어나고 있으며 이러한 환경에서 안정적인 데이터 전송을 위한 다양한 기술들이 필요하다. 해운물류에서는 컨테이너에 무선통신 장비와 센서를 설치하여 수집된 컨테이너 내부의 상태 정보를 무선으로 전송하기 위한 장비들이 설치되며, 안정적인 데이터의 전송이 무엇보다 중요하다. 특히, 육상 운송, 컨테이너 터미널, 해상 운송 등으로 이어지는 다양한 해운물류 환경에서는 이에 적합한 RFID 통신 기술이 필요하다. 이러한 환경에서 많은 태그 들을 인식하거나 센서 정보를 수집하여 전달하고 제어하기 위해서 효율적인 시스템의 개발이 필요하다.

이러한 요구로, 수동형 RFID 규격으로 ISO/IEC 18000-6^[1]이 있으며, 능동형 RFID의 규격으로 ISO/IEC 18000-7^[2] 등이 표준화 되었다. 하지만 이러한 표준을 이용한 기존의 시스템은 리더가 설치된 거점기반의 단방향 통신을 통해 태그가 특정 지역을 통과할 때 이를 인식하는 단점이 있다. 최근 물류의 흐름은 신속성에만 집중하기 보다는 물류보안의 중요성에 대한 의식이 지속적으로 강조됨에 따라 “화물의 원활하고 안전한 흐름”이라는 패러다임으로 변화되고 있고, 이에 따라 이동통신 기반의 기술을 활용하여 실시간으로 물류의 흐름을 파악하는 기술을 요구하고 있다.^[3] 또한 글로벌 물류 기업들도 자사의 생산 공장 간의 반제품 물류, 완제품 물류는 물론 고가품의 운송 과정에서 문제 발생 가능성이 높은 화물에 대한 실시간 위치 확인 및 운송과정에서의 화물 상태 모니터링을 위한 요구가 증가하고 있다. 하지만 기존의 RFID 시스템에서는 태그에 저장된 정보의 일방적인 전송만이 가능하며, 특히 거점 기반의 통신이 진행됨에 따라 실시간 모니터링과 태그의 제어를 수행할 수 없는 단점을 가지고 있다. 따라서, 이 논문에서는 터미널, 해상 등 한정된 지역에 컨테이너가 모여 있거나 육상 운송과 같이 넓은 지역을 이동하는 화물의 정보를 끊임 없이 전달하고, 특히 태그의 제어 및 서비스 플랫폼간의 양방향통신을 위한 IP-RFID 시스템을 제안 한다

이 논문의 구성은 다음과 같다. 1장 서론에서 이 연구의 배경을 제시하고 2장에서는 관련 연구 및 동향에 대하여 제시하고, 이 논문에서 제안하는 시스템을

설명하고 3장에서 제안한 시스템을 통해 육상운송에 적용하여 시험한 결과를 제시하였으며 4장에서 결론으로 이 논문을 정리하였다

II. 본 론

2.1 관련연구

2.1.1 수동형 RFID

RFID 시스템은 기본적으로 센서 정보 수집 및 정보를 전달하는 태그와 이를 수신하여 서비스 플랫폼으로 전달하는 수신기로 나누어진다. 태그가 부착된 화물이 수신기의 인식 범위 안에 들어가게 되면 수신기는 태그에 요청을 보내고 태그는 내부에 저장된 데이터를 전송하여 수신기의 요청에 응답한다. 이때, 태그는 후방산란변조(Back-Scattering Modulation)를 통해 수신기로 데이터를 전송하는데 수신기로부터 송출된 전자파를 태그가 산란하여 전자파의 크기나 위상을 변화시켜 태그의 정보를 보내는 방법이다. 수동형 RFID 태그는 별도의 전원이 없기 때문에, 이러한 방법을 통해 정보를 전달한다.^[4] 그림 1은 수동형 RFID에서의 데이터 흐름을 나타내고 있다.

극초단파 대역에서의 통신 프로토콜은 ISO/IEC 18000-6 Type A, B로 정의되어 있으며, 900MHz 대역에서는 국제 단일 표준인 18000-6 Type C로 규정되어 있다. 수동형 RFID에서 수신기의 식별성능을 개선하기 위한 다양한 연구가 진행되었으며, 밀집환경에서 다수 태그를 효율적으로 식별하기 위해 태그를 그룹화하는 기법을 사용하고 각 그룹별로 태그를 식별하는 기술들이 개발되고 있다. ETRI와 미국의 Intermec, Symbol Inc. 등에서는 Gen2 기반 밀집 환경에 효율적인 수신기의 상용제품이 출시되어 있다.

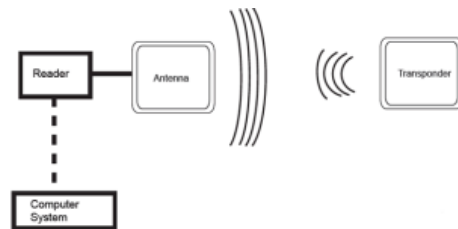


그림 1. 수동형 RFID 시스템
Fig. 1. Consist of Passive RFID System

2.1.2 능동형 RFID

능동형 RFID는 수동형 RFID와는 달리 축전지와 송신 장치가 내장하여 동적으로 정보의 송수신이 가

능하다. 능동형 RFID는 통신 거리가 상대적으로 길고, 전력소모도 크지 않아 유통관리나 자산 추적 관리 등에 사용되고 있다. ISO/IEC 18000-7 표준에서는 극초단파 대역의 433MHz 주파수를 사용하고 있다. 태그에서 데이터를 수집하는 과정은 각성과 수집과정으로 구분된다. 각성과정에서 수신기는 각성신호를 방송으로 송신하여 수면상태의 모든 태그들을 깨우며 수신기가 수집 단계를 반복적으로 수행하여 태그들로부터 자료를 수집한다. 이후 수집 단계를 반복적으로 수행한다. 수집 단계 중 동기화 단계에서 수신기가 수집요청을 방송한다. 수집 요청 패킷 내에는 태그가 응답패킷을 보낼 때 창의 크기 정보가 포함되어 있다. 수신 과정에서 각 태그는 수집 요청에 대한 응답을 보낸다. 태그는 응답을 보낼 수신 단계 동안 임의의 시간대를 선택한 후 자신의 태그 ID 와 데이터가 포함된 응답을 수신기로 회신한다. 그림2와 같이 수신기가 첫째 자리와 네 번째 자리에 태그로부터 응답을 성공적으로 받았지만, 두 번째 자리에서 태그 1과 태그 3이 응답을 동시에 전송하여 충돌이 발생한 경우이다. 이 때 태그 2와 태그 3은 각각 다시 수신 단계 중에 임의의 시간대를 선택한 후 응답의 전송을 시도한다. 수신 단계를 거친 후, 수신기가 추가로 태그로부터 정보를 받을 필요가 있는 경우 확인 과정을 추가로 수행한다. 이 과정에서 수신기가 점대점 통신 명령을 태그로 전송하면, 해당하는 태그는 자료를 포함한 응답을 수신기로 회신한다. 수신기가 이 응답 받은 후 더 이상 받을 자료가 없는 경우 이 태그로 수면명령을 송신하며, 수면명령을 받은 태그는 전력 소모를 줄이기 위하여 수면상태로 전환하며 이후의 수집 기간에 참여를 하지 않게 된다. 슬롯화된 알로하 알고리즘을 개선하여 전력 소모를 줄이고 데이터 수신 속도를 향상을 위한 연구가 진행되고 있다.^[4,5] 개발 초기에는 SAVI사가 개발을 주도하였으며, E-Logicity, AllSet 등에서 다양한 제품의 출시가 진행되고 있다.

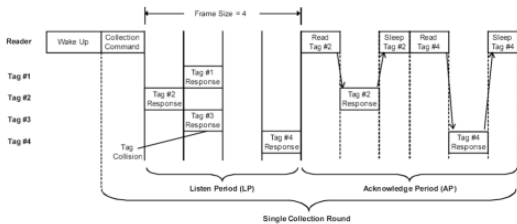


그림 2. 능동형RFID의 동작 구조
Fig. 2. Operating Structure of Active RFID Protocol

2.1.3 DASH7 Mode 2

DASH7은 ISO/IEC 18000-7 표준에서 상호운영성의 한계점을 극복하기 위해 등장한 데이터 통신 기술이다. ISO/IEC 18000-7을 기반으로 출시된 장비들 간에 상호운영성이 보장 되지 못하는 큰 문제점이 있으며, 이에 따라 능동형 RFID의 성장을 촉진하고 장비간 상호 운영성 확보를 위해 RFID 관련 연구기관과 기업이 등이 연합하여 DASH7 연합을 설립하여 개발을 진행하고 있다. DASH7에서 제시하는 ISO/IEC 18000-7 표준 기반의 상호운영성에는 일반 상호운영성, Wake-up 상호운영성, 센서 상호 운영성, 화물보안 상호운영성이 있다. 4개 분야의 상호 운영성 확보를 위해 작업 그룹을 세분화하여 연구를 진행하고 있으며 피츠버그 대학교의 RFID 우수연구센터에서 검사를 진행하여 통과된 제품에는 상표를 부착하도록 하고 있다.

DASH7의 기본 알고리즘은 기존 ISO/IEC 18000-7 국제 표준과 유사하며, 차이점으로는 수신 과정에서 slotted aloha 알고리즘이 아닌 CSMA/CA 방식을 사용하고 있으며, 기존 각성신호 대신 개선된 각성frame의 사용, 효율적인 MAC/PHY 통신 기술의 적용, 저전력 구현, 다수의 채널 사용, 보안 기술 등을 개선하였다. DASH 7 mode 2 프로토콜은 그림3 과 같은 과정을 거친다. Wakeup을 전송한 후 수집 단계들을 반복한다. 이 수집 단계에는 모든 태그들에 대한 응답 정보를 수집한다. 수집과정 중에 빈 수집 과정이 3회 반복되면 전체 수집과정을 종료한다. 향후 기술을 다양한 분야로 적용하기 위해 18000-7.4까지의 버전업이 진행되고는 있으나, 국제표준 개정에서 DASH7 Mode2 기술은 다루어지지 않고 있는 상태이다.

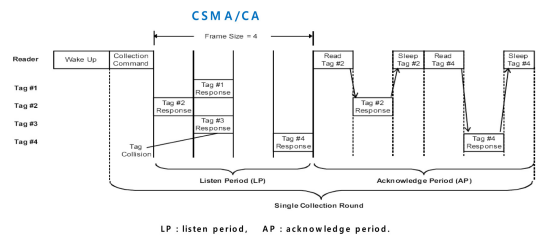


그림 3. DASH 7 Mode 2 프로토콜
Fig. 3. Protocol of DASH7 Mode2

2.2 해운물류를 위한 능동형IP-RFID

2.2.1 IP-RFID 시스템 구성

이 논문에는 능동형 RFID에서 사용하는 433MHz 대역의 주파수를 사용하여 컨테이너 화물 정보의 모

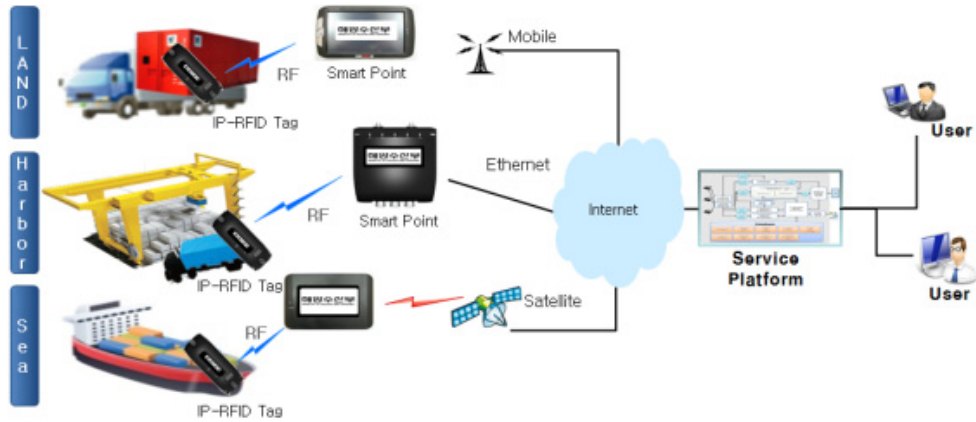


그림 4. 능동형IP-RFID 시스템 구성도
Fig. 4. Construction Diagram of Active IP-RFID

니터링 및 제어를 가능하게 하여 해운물류에 적합한 시스템 구성 및 프로토콜을 제안하고자 한다. 그림 4에 이 시스템을 활용한 구성을 나타내었다. 해운물류는 일반적으로 화주로부터 출발한 화물이 수화지에 도착할때까지 육상운송, 항만적치, 선박운송의 과정을 거치게 된다. 이 때, 운송과정에 따른 환경이 다르기 때문에 가능한 통신방법과 요구사항 등이 달라진다.

IP-RFID 시스템은 IP-RFID 태그, 스마트포인트, 서비스플랫폼으로 구성된다. IP-RFID 태그가 컨테이너에 장착되고, 스마트포인트는 태그로부터 데이터를 수신하여 서비스 플랫폼으로 정보를 전달하고 서비스 플랫폼에서는 데이터를 저장하고 각 수요자에 맞는 서비스를 제공한다. 특히, 스마트포인트는 태그와 사용자간 양방향 통신을 위해 IP를 할당하여 라우터 및 게이트웨이의 기능을 가진다. 태그는 직접 인터넷에 연결되지 않기 때문에 가상의 IP를 가지게 되고 스마트포인트가 이를 중계해줌으로써 사용자는 태그가 실제 IP를 가진 것처럼 접근하고 양방향 통신이 가능하다. 태그는 화물이 적재되는 컨테이너에 장착하고 스마트포인트는 트럭, 항만, 선박에 설치되어 태그와 서비스 플랫폼간의 통신을 중계한다. 태그는 통신과 센서 정보 수집을 위한 최소한의 기능만을 포함함으로 축전지 소모, 크기를 최소화 할 수 있다.

(1) IP-RFID 태그

해운물류를 위한 IP-RFID 태그는 컨테이너의 내부 경첩에 장착되어 컨테이너 내부의 다양한 정보를 센서 정보 수집하고, 이를 스마트포인트로 전달하는 기능을 수행한다.

그림 5와 같이 저전력 32Bit MCU인 STM32L 기

반으로 433MHz 무선통신모듈과 온도, 습도, 충격 등 다수의 센서와 마이크로 SD 등 저장장치 등으로 구성된다. 센서를 통해 컨테이너 내부의 온도와 습도 및 충격, 컨테이너 문의 봉인 상태 정보를 지속적으로 센서 정보 수집하게 되며, 이 정보를 433MHz 무선통신을 통해 스마트포인트로 전송한다. 모든 모듈은 태그에 내장되어 별도의 설치나 조작 없이 태그에서 제어가 가능하여 사용자는 원하는 정보와 전송주기 등을 선택적으로 수신할 수 있다.

특히, 다수의 센서 정보를 동시에 모니터링하고 이상 상태가 감지되어 즉각적인 정보의 전달이 필요하다. TinyOS나 단순한 펌웨어로 구성시에는 작업이 순차적으로 수행되는 단점이 있으나 선점형 커널이 적용된 RTOS의 사용하게 되면 다른 작업이 실행중이라도 커널을 선점하여 우선적인 알람 및 정보의 전달이 가능하다. 태그에서는 uC/OS-II를 적용하여 작업의 멀티스레드를 활용하여 센서 정보 수집의 알람 등 선점이 필요한 프로세스에 대한 응답성을 높였고, 비선점형 스케줄링 방식보다 작업의 응답 대기 시간을 최소화 할 수 있어 축전지의 효율도 향상시킬 수 있다.

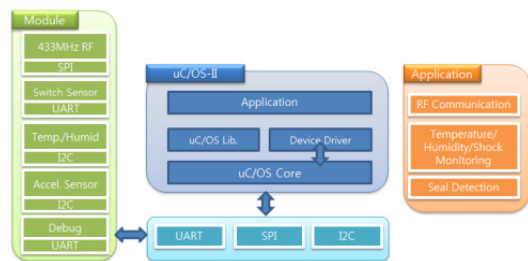


그림 5. IP-RFID 태그의 구성
Fig. 5. Configuration of IP-RFID 태그

(2) 스마트포인트

스마트포인트는 태그와 통신하며 태그가 센서 정보 수집하여 전달하는 모든 정보를 서비스 플랫폼으로 전달하는 기능을 수행한다. 특히, 기존의 수신기와 차별화 되는 것은 서비스 플랫폼이 태그로 전달하는 패킷 또한 중계하여 전달가능하며, 이를 위해 패킷의 라우팅 및 게이트웨이 기능을 포함한다. 스마트포인트의 구성은 그림 6 과 같다. 물류의 흐름에 따라 가능한 통신 방법과 효율이 달라지기 때문에 스마트포인트는 다양한 통신 모듈을 포함하고 있다. 태그의 통신을 위한 433MHz 무선통신을 지원하고, 육상운송 및 근해에서의 인터넷 연결을 위한 WCDMA/GSM 통신을 지원한다. 그리고 GPS 모듈을 통해 위치 추적 및 모니터링을 지원한다. 스마트포인트의 OS는 리눅스 기반으로 구성된다. IPv6를 지원하기 위해 터널링을 위한 S/W 모듈이 내장되어 있으며, AES 128 암호화 알고리즘을 지원한다.

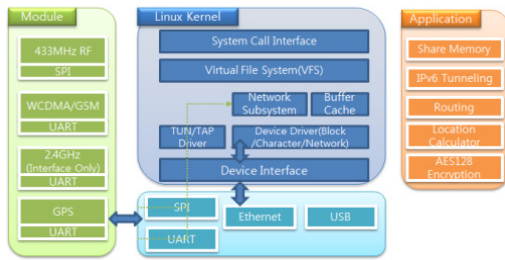


그림 6. 스마트포인트의 구성
Fig. 6. Configuration of Smart Point

(3) 서비스 플랫폼의 구성

서비스 플랫폼은 기본적으로 미들웨어 및 데이터베이스 서버의 기능을 담당하면서 사용자와 IP-RFID 태그 사이에서 사용자의 편의 기능 및 응용 기능을 제공하는 기반 플랫폼이다. 여기서 제공하는 기능은 사용자 질의에 기반하여 실시간 정보제공 및 조치 서비스 서비스를 제공한다. 또한, 태그가 이동 중인 위치정보에 기반하여 컨테이너 물류거점 이동 추적 서비스를 제공하며, 컨테이너 화물 상태의 모니터링 서비스를 제공한다.

2.2.2 IP-RFID의 기능 및 동작 프로세스

기존의 RFID 시스템은 하나의 태그 정보가 복수개의 수신기에서 수신될 수 있으며, 이를 미들웨어에서 관리를 했다. 이 논문에서 제안하는 IP-RFID가 동작하는 일반적인 상황에서의 패킷 흐름을 그림 7에 나

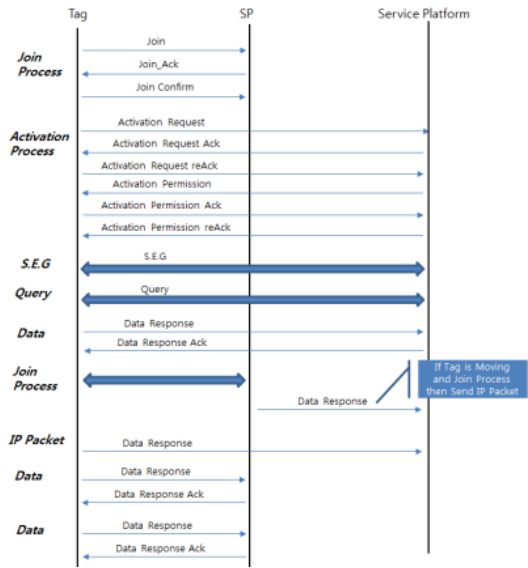


그림 7. IP-RFID 시스템의 통신 프로세스
Fig. 7. Communication process of IP-RFID system

타내었다.

태그의 전원이 켜지게 되면 가입 절차를 진행한다. Join을 통해 태그와 스마트포인트 간의 연결이 진행되며, 스마트포인트는 태그 목록에 따라 통신해야할 태그가 관리하기 때문에 하나의 태그 정보는 하나의 스마트포인트가 수신하게 되며 미들웨어에서 중복 패킷을 관리할 필요가 없다. 스마트포인트는 주기적으로 방송 패킷을 전송하며, 이 때 태그는 이 주기를 동기화하고 가입된 스마트포인트와의 연결 상태를 유지한다. 또한 태그와 연결된 스마트포인트의 네트워크 주소를 통해 태그와의 양방향 통신이 가능한 장점이 있다. 태그 가입 후에는 활성화 절차를 진행한다. 활성화 절차는 태그가 서비스 플랫폼으로부터 화물 정보와 센서 동작 주기 및 센서 정보 수집할 센서 종류와 같은 센서 정보 수집 정보를 수신하고 서비스 플랫폼과의 통신을 통해 컨테이너 상태 모니터링을 위한 태그 동작 활성화와 서비스 플랫폼 등록을 진행한다. 특히, 활성화 절차는 태그가 관리해야할 센서의 임계치 정보를 포함하고 있으며, 이를 통해 태그는 센서로부터 수신되는 정보와 임계치 정보를 비교하고 임계치를 넘어서는 상황이 되면 사용자에게 알람을 전송하게 된다. 이러한 알람은 공간 이벤트 생성기 절차로 수행된다. 공간 이벤트 생성기는 임계치나 태그 축전지 잔량이 센서 오류등 문제 발생시에 이를 사용자에게 전송하여 컨테이너 내부 상태 또는 태그의 이상을 전송한다. 이를 통해 컨테이너 내부 화물 및 태그의

문제를 사전에 확인하고 관리할 수 있다. 만약, 태그에 사용자가 실시간으로 컨테이너의 내부 상태 정보를 확인하거나, 추가적인 임계치나 전송 주기 등의 변경을 가하고 싶을 때 질의 패킷을 전송하면 태그는 이를 반영하여 센서 정보 수집 및 통신을 수행한다.

앞서 언급된 것과 같이 해운물류에서는 운송 및 보관의 과정을 거치게 되므로 이동이 발생한다. 이 때 태그도 함께 이동하면 새로운 스마트포인트와 가입 절차를 수행하여 서비스 플랫폼과의 연결 상태를 유지한다. 이 때, 태그로 접근하기 위한 스마트포인트의 네트워크 주소가 변경이 된다. 태그는 IP 패킷을 전송하고 서비스 플랫폼은 IP 주소를 갱신함으로써 태그와 양방향 통신이 가능하다. 그림 8은 이러한 흐름을 나타내었다.

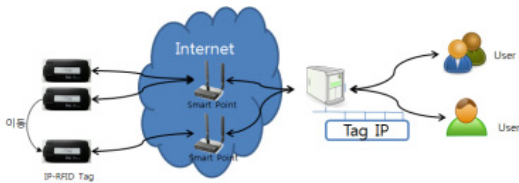


그림 8. 태그 이동에 따른 데이터 흐름
Fig. 8. Tag data flow according to the movement

III. 실험

이 논문에서 제안하는 시스템의 성능을 확인하기 위해 육상운송에서의 1:1 통신 및 M2M통신기능, 항만에서의 1:N 통신 성능 시험을 수행하였다. 육상운송 시험은 부산에서 경주를 왕복 운송하며 시험을 진행하였다. 또한 Qualnet을 통해 프로토콜의 성능시험을 통해 타 프로토콜과의 데이터 수집 성능 분석 시험을 진행하였다.

육상운송 시험 환경은 그림 9와 같이 구성하였다. 20 Fit 컨테이너 내부에는 그림 10과 같이 태그를 장착하였다. 설치 방법은 컨테이너 문의 경첩에 안테나를 설치하고 태그를 컨테이너 경첩 기둥에 장착하였다. 이렇게 설치할 경우 다시 문을 열기전까지는 태그를 제거할 수 없고, 컨테이너 문의 개폐 상태를 감지가 가능하다. 태그의 안테나는 경첩을 통해 외부로 노출되어 433MHz 무선통신을 가능하게 한다.

태그로부터 정보를 받아 서비스 플랫폼으로 전송하는 스마트포인트는 GPS 안테나와 무선 안테나를 그림 11과 같이 운전석의 대시보드위에 설치하였다. 태그로부터 수신된 센서 정보는 스마트포인트의



그림 9. 시험 환경 구성
Fig. 9. Configure a test environment



그림 10. 태그 설치
Fig. 10. Tag Installation



그림 11. 스마트포인트 및 안테나 설치
Fig. 11. Installing Smart Point and antennas

WCDMA 모듈을 통해 서비스 플랫폼으로 전달된다. 태그와 스마트포인트의 통신 주기는 5초로 하고 스마트포인트는 태그의 센서정보에 GPS 정보를 추가하여 서비스 플랫폼으로 전달하도록 설정하였다.

부산에서 경주간의 육상운송 시험 결과는 그림 12와 같다. 그림 12에서는 태그에서부터 서비스 플랫폼까지의 데이터 전달이 전 구간에 걸쳐 데이터를 송신한 태그의 위치와 온도 및 습도 정보를 확인할 수 있었다. 위치에 따른 온도 및 습도의 변화와 충격 정보 등을 실시간으로 모니터링 가능하기 때문에 실제 물류 운송시 화물의 이동 경로와 내부 상태 모니터링을 통해 화물의 운송 상태를 파악할 수 있다. 특히, 운송 중에는 컨테이너에 크고 작은 진동이 많이 발생하기 때문에 태그의 파손이나 컨테이너 장착의 안정성에 대한 고려가 필요하다. 이 시험에서는 이를 위하여 장착을 위해 철재 브라켓 사용하여 파손에 대한 문제점을 해결하였고, 컨테이너 문이 닫히게 되면 철재 브라켓이 경첩과 문 사이에 고정되기 때문에 장착에 대

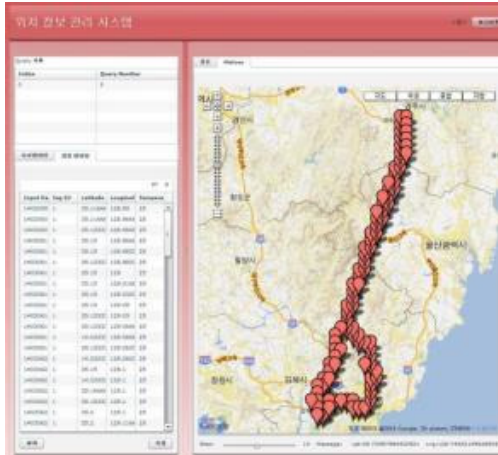


그림 12. 위치 모니터링 시험 결과
Fig. 12. Results of location monitoring test

한 안정성 문제도 해결할 수 있다

두 번째 시험은 항만에서의 1:N 성능시험을 진행하였다. 시험 장소는 양산 ICD에 위치한 협성컨테이너 터미널이며 공컨테이너 적치장에서 시험을 수행하였다.

그림 13과 같이 조명탑에 스마트포인트 및 안테나를 설치하고 컨테이너에 태그를 컨테이너에 설치한 후 시험을 진행하였다. 그림 14와 태그는 컨테이너의 우측상단 경첩에 설치하였으며 4단적 이상 적재된 컨테이너 환경을 기준으로 시험을 진행하였다. 5개의 태그를 그림 12와 같이 1단에 위치한 컨테이너에 설치하였다. 100개의 태그가 설치된 환경을 가정하여 각 태그마다 20개의 태그 아이디를 랜덤으로 생성하여 76.8kbps 데이터 전송률로 데이터를 전송하도록 하였다. 이렇게 할 경우 스마트포인트가 데이터를 전송받고 Ack를 전송하는 태그의 종류가 100개가 되며, 스마트포인트는 태그 목록을 통해 태그 데이터의 순차적인 송수신을 수행하므로 100개의 태그를 운용하는 환경과 유사한 결과를 얻을 수 있다.

실제 시험 환경은 그림 15와 같이 구성되며 Wakeup과 수면반복되는 10번의 사이클 동안 시험를

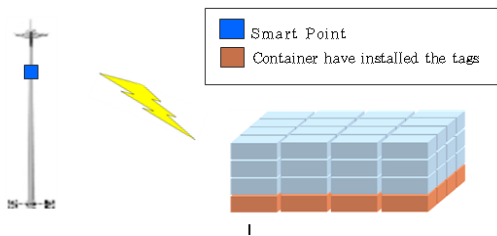


그림 13. 항만 시험 환경
Fig. 13. Port Test Environment

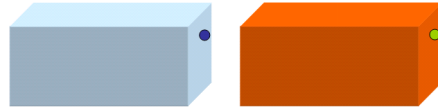


그림 14. IP-RFID 태그 설치
Fig. 14. Installing the IP-RFID Tag



그림 15. 항만환경 시험 구성
Fig. 15. Test for port environments

진행하였다.

실험결과는 그림 16과 같이 나타났다. 초기 수행시에는 18000-7과 같이 경쟁기반의 통신을 수행하므로 유사한 성능이 나오나 제안한 알고리즘의 경우 스마트포인트에서 태그 목록을 생성하여 순차적인 데이터 수집을 진행하므로 횟수가 거듭될수록 일정한 성능을 나타냈다. 프로토콜의 성능을 측정하기 위해 Qualnet을 이용하여 프로토콜에 따른 데이터 통신 성능을 시험하였다. Qualnet은 가상의 태그 및 수신기를 생성하여 입력된 프로토콜 성능을 시뮬레이션하기 위한 소프트웨어 도구이다.

18000-7과 Dash7과 함께 IP-RFID의 통신 성능을 측정하여 비교하였다. 18000-7의 경우 수집시에 전체 태그에 대한 데이터를 무작위로 수집하므로 주기의 진행에 따른 변동폭이 크지 않다. DASH7은

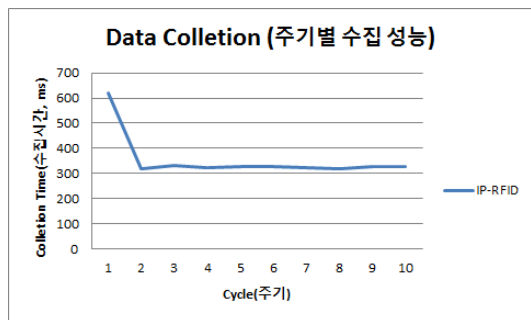


그림 16. 데이터 수집 시험 결과
Fig. 16. Result of Data Collection Test

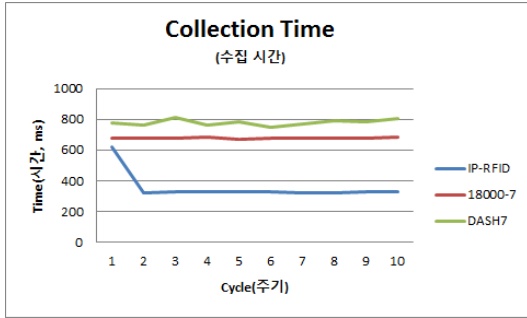


그림 17. 데이터 수집 성능 시뮬레이션 결과
Fig. 17. Result of Data Collection Simulation

CSMA-CA 기반의 통신을 사용하며 경쟁기반의 정보 수집을 하게 되며 이에 따라 100ms 이내에서 변동폭이 발생하였다. 제안한 IP-RFID의 경우 첫 번째 주기에서는 18000-7과 같은 무작위 데이터 수집을 진행하나 두 번째 주기부터는 태그 목록에 따른 순차적인 데이터 수집을 진행하므로 18000-7보다 평균 52%, DASH7보다 45%의 적은 수집시간을 소모하였다.

IV. 결 론

이 논문에서는 해운물류에서 실시간으로 정보를 센서 정보를 수집하여 전달하기 위한 시스템을 제안하였다. 컨테이너에 태그를 장착하고 육상운송을 위한 차량, 해상운송을 위한 선박, 그리고 통관 및 보세 운송 등을 위한 항만에 스마트포인트를 장착하였다. 서비스 플랫폼은 스마트포인트로부터 정보를 수집하는 미들웨어의 역할을 통해 사용자는 태그에 IP가 부여된 것과 같이 태그에 접근할 수 있고 양방향 통신의 지원이 가능하다. 이를 통해 사용자는 태그가 어디로 이동하더라도 동작을 제어할 수 있고, 센서 정보를 통한 상태 추적이 가능하다. 컨테이너 트럭을 이용한 육상운송 시험을 통해 트럭이 이동 중에도 실시간으로 태그가 수집한 센서 정보를 확인할 수 있었다. 향후 연구과제로는 항만에서의 안정적인 적용을 위해 433MHz 무선통신의 인식범위를 넓히기 위한 연구를 진행하고 선박 운송환경의 시험을 위한 설치 방안 및 위성 통신에 대한 추가적인 연구를 진행할 예정이다.

References

[1] "ISO/IEC 18000-6:2010," Retrieved Feb. 26, 2015, from <http://www.iso.org/>
[2] "ISO/IEC 18000-7:2009," Retrieved Mar. 4,

2015, from <http://www.iso.org/>

[3] S. W. Park, *Change in the global logistics paradigm, Logistics Trends and Prospects(2014)*, Retrieved Aug 2014. from www.bdi.re.kr
[4] J. T. Kim "Implementation of improved frame slotted ALOHA algorithm for fast tag collection in an active RFID system" J. Commun. Networks (JCN), vol. 39, no. 9, pp. 598-608, Sept. 2014.
[5] W. J. Youn, "Improvement of an identified slot scan-based active RFID tag collection algorithm" J. Commun. Networks (JCN), vol. 38, no. 3, pp. 199-206, Mar. 2013.
[6] H. R. Choi, "API design for maritime logistics IP-RFID service platform," in Proc. KICS Conf.2013(KICS ICC 2013) pp. 1053-1054, Jeju Island, Korea, Jun. 2013.

김 태 훈 (Tae-Hoon Kim)



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

<관심분야> M2M, IoT, 항만물류

이 병 하 (Byung-Ha Lee)



2011년 2월 : 동아대학교 경영정보학과 경영학석사
2011년 8월~현재 : 동아대 지능형컨테이너연구센터 주임연구원

<관심분야> 항만물류시스템, 컨테이너보안장치, RFID/USN

박 병 권 (Byung-Kwon Park)



1988년 2월 : KAIST 전산학과
박사학위 취득
2000년 3월~현재 : 동아대학교
경영정보학과 교수
<관심분야> 멀티미디어 데이터
베이스, 하이퍼미디어시스템

정 준 우 (Jun-Woo Jung)



2012년 2월 : 동아대학교 컴퓨터공학과 공학박사
2013년 3월~현재 : 동아대 지능형컨테이너연구센터 연구원
<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

김 재 중 (Jae-Joong Kim)



서울대학교 토목공학과 공학박사
현재 : 동아대학교 항만물류시스템학과 교수
<관심분야> 항만계획, 항만운영, 항만물류시스템

문 영 식 (Young-Sik Moon)



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

최 형 림 (Hyung-Rim Choi)



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