컨테이너 위치 추적에 활용되는 GPS/GLONASS 안테나 설계 및 성능 검증

이은규* · 최성필 · 문영식 · 김재중 · 최형림

Design and Performance Evaluation for GPS/GLONASS Antenna used for Container tracking

Eun-Kyu Lee* · Sung-Pill Choi · Young-Sik Moon · Jae-Joong Kim · Hyung-Rim Choi

Intelligent Container R&D Center, Dong-A University, Busan, 604-714, Korea

요 약

최근에는 미국에서 개발 및 관리하는 위성항법시스템과(GPS)와 러시아에서 운용하는 위성항법시스템(GLONASS)을 함께 수신하여 컨테이너 보안 장치에 활용함으로써 물류 효율성을 향상시키기 위한 방안이 연구되고 있다. 본 논문에서는 컨테이너화물 안전수송에 사용되는 컨테이너 위치 수신 안테나를 설계 및 제작하여 그 성능을 검증하였다. 제작된 안테나는 물류시스템에 운영할 수 있도록 물류 환경에 맞춰 광대역 원편파 특성과 GPS/GLONASS 듀얼 주파수 지원 가능하도록 성능을 최적화 하였다. 정재파비(VSWR) 2:1에서 대역폭은 26.1MHz이며 GPS(1575.42MHz)와 GLONASS(1602MHz)의 반사손실은 -9.54dB로 나왔다. 개발 완료한 안테나는 실제 한국과 러시아 물류 환경에 적용함으로써 GPS/GLONASS 신호가 국가 간 이동에도 정상적으로 수신됨을 시험 운영 테스트를 통해 성능 검증을 확인 하였다.

ABSTRACT

In recent years, Container Security Device(CSD) using GPS & GLONASS to improve logistics efficiency are being extensively researched. The purpose of this paper is to examine the performance development antenna usable cargo container security transport. Antenna developed by study were optimized to match logistics environment apply to GPS/GLONASS dual frequency for monitoring system. The measure of antenna have confirmation about frequency characteristics each 1575.42MHz, 1602MHz and VSWR is 2:1 measured in return loss -9.54dB. Reliability of this antenna has been verified about GPS/GLONASS through test-operation between the south Korea and Russia.

키워드 : 안테나, GPS, GLONASS, 컨테이너, 보안장치

Key word : Antenna, GPS, GLONASS, Container, Security Device

접수일자 : 2013. 05. 03 심사완료일자 : 2013. 06. 18 게재확정일자 : 2013. 06. 26

* **Corresponding Author** Eun-Kyu Lee(E-mail:jabanora@dau.ac.kr, Tel:+82-51-200-5607)

Intelligent Container R&D Center, Dong-A University, Busan, 604-714, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.7.1544>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

최근 화물 컨테이너 보안 및 추적 매출은 2013년 327.7백만 달러를 기록하고, 이후 연평균 성장률(CAGR) 19.2%로 성장해 2014년에 386.3백만 달러에 달할 것이라고 ABI 보고서는 전망했다. [1] 또한 컨테이너 수송 산업에서는 경쟁이 치열해지고 있으며, 보안 관련 과제를 떠안고 있기 때문에 최종 수요자의 가시성, 모니터링, 추적이 점차 수요로 이어지고 있다. 그리고 더 비용이 저렴하고 안전한 컨테이너 수송이 요구되고 있다.[2]

이러한 상황에서 우리 정부는 동북아 물류허브로 거듭 가기 위해 러시아 TSR을 이용하여 유럽으로 운송되는 물류 운송을 부산에서 러시아 모스크바, 핀란드까지 이어지는 TSR(Trans Siberian Railway) 철도를 적극적 활용할 계획을 추진하고 있다.[3] 특히, TSR을 이용하는 국내물류업체는 대외적으로 화주에게 화주의 물건을 운반하는 컨테이너의 위치에 대한 정보를 제공하기 위하여 컨테이너 위치추적 서비스를 제공을 확대하고 있으며 본 서비스는 GPS/GLONASS 위성 신호를 활용하여 물류 거점 반출입 및 장치/하역 작업 결과를 자동 위치 수집함으로써 컨테이너 및 화물의 글로벌 위치 추적 등 항만 시설 및 장치에 대한 운영 현황 파악, 다양한 거점 및 구간의 수출입 물동량 및 리드 타임 분석 등을 전 세계 어디에서나 웹 브라우저를 통해 쉽고 정확하게 확인할 수 있는 물류추적정보서비스를 준비하고 있다.

그림 1. 컨테이너 보안 장치 기술 동향
Fig. 1 Trend for container Security device

위치정보 제공 서비스는 GPS/GLONASS 위성 기술의 급속한 발전과 함께 다양한 측위 기술들을 통해 그 서비스가 그림 1과 같이 기술 변화가 이루어지고 있다. 이들 중에서는 특히 M2M에 기반 한 실시간 위치추적 시스템은 컨테이너나 화물의 위치를 인공위성 기반으로 추적할 수 있는 자동화된 시스템이란 것이 입증되면서, 최근 들어 괄목할 만한 주목을 받고 있을 뿐만 아니라 의료, 군수, 항만, 물류 및 제조 등과 같은 다양한 분야로 그 도입이 활성화되고 있는 추세이다.[4]

기존 컨테이너 화물 추적을 위한 시스템은 RFID 기반의 컨테이너 보안장치와 M2M 기반의 컨테이너 보안장치로 구분하여 시스템 운영을 하고 있으나 고객들의 요구사항이 기반 구축이 필요가 없는 GPS/GLONASS 위성 시스템을 갖춘 M2M 기반의 컨테이너 보안 장치를 전 세계적으로 운송되는 컨테이너와 화물의 안전수송, 상태/위치 추적, 신속한 통관 등과 같은 질적 서비스를 받기를 더 선호하고 있다.

사용자들의 실시간 컨테이너 위치 확인 요구사항을 만족시키기 위해 인공위성신호 기술을 이용한 신개념의 컨테이너 보안장치가 개발되어야 하며, 이 컨테이너 보안장치는 기존 CSD(Container security Device)의 특징과 함께 GNSS(Global Navigation Satellite System) 기술을 이용하여 위치를 정확하게 파악하고 컨테이너 내부의 온도, 습도, 충격 등 상태 정보와 문 개폐 여부를 파악하여 이동통신 기술을 이용하여 육상운송 중 컨테이너의 위치 및 상태 정보를 실시간으로 원격지 서버로 전송하는 기능을 갖추고 있어야 한다.

또한 GNSS 기술로 대표적인 미국 GPS 뿐만 아니라 러시아에서 구축한 GLONASS를 적용함으로써 러시아로 수출 될 경우 GLONASS 적용에 의한 관세 감면 혜택도 받을 수 있도록 GPS, GLONASS 통합 지원이 가능한 모듈을 탑재해야만 한다.[5] 본 논문에서는 컨테이너 화물 추적을 위한 시스템에 대해서는 자세히 다루지 않고 위치정보 수집을 위한 GPS/GLONASS 안테나 설계 및 성능 검증에 대해서만 집중적으로 다루기로 하였다. 제작된 안테나는 컨테이너 보안장치에 연결하여 한국-러시아의 TSR에 적용하여 그 성능을 검증하기 위하여 목표 주파수는 $1575.42 \pm 15\text{MHz}$ 와 $1609 \pm 7\text{MHz}$ 이며 이득은 20dBi로 하였다.

II. 본 론

2.1. 안테나 크기 설정 및 설계

본 연구에서 컨테이너 보안 장치에서 위치 수신 안테나로 사용되는 GPS/GLONASS 통합 수신 가능한 안테나를 설계하는데 있다. 미국 DHS(Department of Homeland Security)에서 발표한 CSD(Conveyance Security Device Requirements Baseline Version 1.2)) 요구문서에는 컨테이너 보안 장치가 ISO 668 컨테이너에 적용해야 한다는 내용으로 규정되어 있다.[6]

규정된 문서로 인하여 본 연구에서는 사전에 컨테이너 내부 구조를 통하여 설계하고자 하는 안테나 크기와 위치를 선정하는데 제약 사항에 대해 분석을 하였다. 그림 2처럼 현장 조사를 통해 확인해 보니 설계해야 하는 안테나의 폭은 35mm 이내로 디자인해야 한다는 제약 사항을 알게 되었고 컨테이너 문이 닫히는 과정에서 안테나 부분이 컨테이너 고무 개스킷에 강한 압력으로 인해 컨테이너 외부로 노출되는 안테나가 파손될 수 있음을 알게 되었다.

그림 2. 안테나 부착 위치 분석
Fig. 2 Analysis of the antenna position

현장 분석을 통해 알아낸 안테나의 파손에 대한 위험성은 그림 3과 같이 힌지(Hinge)를 안테나 기구부분에 적용함으로써 순간 문 닫힘 힘으로 인해 안테나가 파손될 수 있는 우려 사항을 해결할 수가 있었다.

이를 고려하여 만든 안테나 크기는 그림 4와 같이 30mm*100mm로 설정하였으며 안테나의 실장 위치는 GPS/GLONASS 능동형 패치 안테나가 왼쪽에 GSM/WCDMA 안테나는 오른쪽에 배치하였다. 본 논문에서

는 GPS/GLONASS 안테나 설계가 목적이기 때문에 통신 안테나에 대해서는 설명하지 않고 GPS/GLONASS 안테나 설계 및 성능 검증에 대해서만 설명하겠다. 설계된 안테나의 3D 모델은 그림 5와 같이 나타낼 수 있으며 본 안테나는 수신율을 높이기 위해 약 5°각도 하여 기구 제작에 반영하였다.

그림 3. 안테나 힌지 역할
Fig. 3 Role for Hinge of antenna

그림 4. 안테나 보드 설계도
Fig. 4 Designed board of antenna

그림 5. 통합 안테나 보드
Fig. 5 Combined Antenna board

2.2. 안테나 제작 및 성능 측정

설계된 디자인을 이용하여 제작한 GPS/GLONASS 통합 안테나는 그림 5와 같으며 제작된 안테나를 네트워크 아날라이저 장비로 측정하여 50Ω 매칭에 가깝도록 조정하고 반사계수가 목표하고자 하는 중심주파수에서 -10dB이하로 떨어뜨려 그림 6과 같이 실험 결과를 갖게 하였다.

그림 6. 안테나 매칭 및 반사계수 측정 결과
Fig. 6 Result of the Matching and return loss

또한 제작된 안테나의 원편파 특성과 이득이 20dBi로 나오는 것을 그림 7 방사 패턴 데이터로 알 수가 있으며 제작된 안테나를 실외에서 NVS 위성 모듈 업체에서 제공하는 위성 수신 테스트기(NV08C-EVK-CSM)를 이용하여 수신되는 위성수를 분석해 보니 그림 8에 보는 바와 같이 SNR 40이상으로 수신되는 GPS 위성수는 8개이며 GLONASS 위성은 2개의 위성수로 수신되는 것을 확인할 수가 있었다.

그림 7. 안테나 방사 패턴 및 이득
Fig. 7 Results for antenna gain and Patterns

	SNS	SVn/Fn	El	Az	SNR
1	GPS	3/FF	68	20	47
2	GPS	6/FF	54	39	43
3	GPS	7/FF	38	313	40
4	GPS	11/FF	27	197	44
5	GPS	13/FF	27	259	31
6	GPS	16/FF	48	68	45
7	GPS	19/FF	71	259	41
8	GPS	23/FF	18	225	44
9	GPS	30/FF	25	95	42
10	GLN	14/-7	51	135	44
11	GLN	15/0	61	338	30
12	GLN	16/-1	12	327	0
13	GLN	17/4	77	300	35
14	GLN	24/2	32	30	40
15	SBAS	134/FF	24	116	0

그림 8. SNR 측정 결과
Fig. 8 Results for antenna SNRSNR 측정 결과

2.3. 안테나 성능 검증

본 연구에는 컨테이너 보안 장치에 활용되는 안테나를 성능 검증을 하기 위하여 그림 9와 같이 컨테이너 보안 장치 모듈을 이용하여 메인 보드와 안테나를 연결 후 성능 검증을 실시하였다. M2M기반의 컨테이너 보안장치 메인 모듈과 연결된 안테나는 그림 10과 같이 위성수가 8개가 수신되는 것도 상용 뷰 프로그램을 통해 확인 할 수가 있었다.

그림 9. 메인 보드와 안테나 보드 연결
Fig. 9 Connecting antenna board & Main Board

그림 10. GPS 위성 채널수 측정 결과
Fig. 10 Results GPS channel

2.4. TSR 컨테이너 물류 추적 시범사업 적용

그림 11은 LCL화물(40ft 컨테이너)에 GPS/GLONASS 안테나가 장착된 컨테이너 보안장치를 양산 보성CFS부터 부산신항(현대상선터미널), 러시아 보스토니차항, 모스크바까지 운영하여 실시간 위치 추적이 정상적으로 수신되는지 확인하기 하기 위해 컨테이너에 부착한 실험 환경을 보여주는 사진이다.

그림 11. 안테나 장착 사진
Fig. 11 Antenna located on the Container

본 실험에는 국토해양부 ‘러시아 TSR 컨테이너 물류 추적 시범사업’을 통해 개발된 안테나가 컨테이너 위치 추적에 활용할 수 있는지 시범테스트로 시작하였으니 1시간 위치 수집 데이터를 할 수 있도록 위치 수신 시간을 설정하였으며 그림 12와 같은 경로로 통째로 26일 동안 620개 위치 데이터가 들어와 본 한국과 러시아간 시범테스트를 통해 본 연구를 통해 개발한 안테나의 수신율이 약 99.36%로 수신율이 확보됨을 알 수가 있었다.

III. 결 론

본 논문에서는 컨테이너화물 안전수송에 사용되는 컨테이너 추적 장치에 활용할 GPS 및 GLONASS 통합 모듈에 사용되는 위성 수신 안테나를 설계 및 검증하였다. 설계한 안테나의 주요 결과는 동작 중심 주파수가 GPS (1575.42MHz), GLONASS(1602MHz)에서 동작할 수 있게 35MHz 대역폭을 갖고 20dB 이득을 갖는 우선회원형 편파(RHCP : Right-Hand Circularly polarization)

그림 12. 한국과 러시아 구간에서의 위치 수신 수집 테스트 결과
Fig. 12 Results for GPS data gathering test between Korea and the Russia

특성이 나타나는 능동형 안테나 설계 및 검증에 있다. 컨테이너 물류 환경을 고려하여 설계된 안테나는 반사 손실 -9.54dB, 축비 3dB이하로서 GPS와 GLONASS 신호를 동시에 수신하기 위한 안테나 특성이 만족됨을 실제 러시아 물류 환경에 적용함으로써 GPS/GLONASS 신호가 국가 간 이동에도 정상적으로 수신됨을 검증하였다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 지식경제부 지방기술혁신사업(B0009720)지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

REFERENCES

- [1] Cargo Container Security and Tracking Executive Summary, Published 2Q © 2009 ABI Research.
- [2] E. K. Lee, et al. "PILOT CASE FOR CONTAINER SECURITY DEVICE (CSD) BASED ON ACTIVE RFID", *international Journal of KIMICS*, vol. 8, no. 1, pp238-243 April 2010
- [3] Y. J. Huh, et 2, "Future Strategic Directions for TSR and TCR from the Perspective of the Northeast Asian Logistics Network", *Journal of International Logistics and Trade*, vol.10, No.1, pp.85-108, April. 2012
- [4] S. H. Oh, et 3, "Attitude Determination GPS/INS Integration System Design Using Triple Difference Technique", *Journal of Electrical Engineering & Technology*. vol.7, no.4, pp.615-625, July. 2012
- [5] Internet. Available: http://www.globalwindow.org/quasar_jsp/inc/gw_downloadpdf.html?fileName=/gw_files/NationPDF/101093/101093_4002_12641.pdf.
- [6] Conveyance Security Device(CSD) Requirements Version1. 2, U.S Department of Homeland Security Customs and Border Protection, Dec. 2007.

이은규(Eun-Kyu Lee)

건국대학교 전자정보통신공학과 박사 수료
※관심분야 : 능동형 RFID 시스템, 컨테이너 보안장치(CSD), 안테나 설계

최성필(Sung-Pill Choi)

동아대학교 항만물류공학과 석사
※관심분야 : 물류항만

문영식(Young-Sik Moon)

부산대학교 컴퓨터공학과 석사
※관심분야 : 임베디드 시스템 RFID 시스템

김재중(Jae-Joong Kim)

서울대학교 토목공학과 공학박사
※관심분야 : 항만계획, 항만운영

최형림(Hyung-Rim Choi)

KAIST 경영과학과 경영과학박사
※관심분야 : 항만물류시스템, RFID/USN