
컨테이너 보안 장치(ConTracer)에 활용되는 2.45GHz 안테나에 대한 성능 검증

이은규* · 손정락* · 최성필* · 문영식* · 김재중* · 최형림**

Performance Evaluation for 2.45GHz Antenna used for Container security Device(ConTracer)

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

이 논문은 지식경제부 지방기술혁신사업(B0009720) 지원으로 수행되었음

요 약

본 논문에서는 컨테이너화물 안전수송에 사용되는 ConTracer장치에 활용할 2.45GHz 및 GPS 통합 안테나 보드를 설계 및 검증하고자 한다. 설계된 통합 안테나 보드는 컨테이너 도어에 적용하고자 컨테이너 도어에 해당되는 모형 모델링하여 철재물에 대한 RF 영향에 대해 시뮬레이션 하여 그 결과를 반영하여 2.45GHz 안테나와 GPS 안테나를 설계하였다. 본 논문에서는 컨테이너 도어 부분만 모델링하여 컨테이너 환경에 초점을 맞춰 최적의 안테나 파라미터들의 성능이 구현될 수 있도록 2.45GHz 안테나와 세라믹 재질로 만든 GPS 안테나를 통합 보드로 제작하여 그 특성을 검증하였다.

ABSTRACT

In this paper, A Design of 2.45GHz and GPS antenna Integrated Board using Container security Device(ConTracer) for container cargo transportation is proposed and experimentally evaluate. Integrated antenna board include 2.4GHz chip and Ceramic GPS antenna is also consider the impact of RF interference based on simulation for applied to steel container. After a careful comparison and analysis a part of the container door for its best performance, We conduct tests to characterize. The proposed integrated antenna board is suitable for container cargo transportation application in steel container field.

키워드

컨테이너 보안장치(CSD), 2.45GHz 안테나, GPS 안테나

Key word

Container security device, 2.45GHz Antenna, GPS antenna

* 정회원 : 동아대학교 ICC사업단

** 종신회원 : 동아대학교 경영정보학과 교수(교신저자, hrchoi@dau.ac.kr)

접수일자 : 2011. 05. 24

심사완료일자 : 2011. 06. 13

I. 서 론

미국은 2001년 9.11 테러 이후 안전과 보안업무를 총괄하는 미국 국토안보부(DHS: Department of Homeland Security)를 창설하고, 해운보안법, 항만보안법, 9·11 테러방지권고이행법률 등을 연이어 제정하는 등 자국에 대한 테러위험을 원천차단하기 위해 전 방위적으로 물류보안체계를 강화했다. 특히 2012년부터 미국으로 반입되는 모든 컨테이너 화물에 대해 운송 도중 컨테이너가 개폐되지 않았음을 확인할 수 있도록 미국 세관이 인정한 보안장치를 장착해야한다는 법률을 통과시켰다.[1]

화물 컨테이너의 전자 보안장치의 대표적인 것으로는 Active RFID 기술을 활용한 전자 봉인(eSeal: Electronic Seal)과 컨테이너 보안장치(CSD: Container Security Device)가 있다.

전자봉인(eSeal)은 화물 컨테이너의 문에 설치되며, 컨테이너 문이 비정상적인 형태로 개폐되거나 또는 비정상적인 형태로 개폐가 시도될 경우 이를 감지하여 주변의 리더에게 알리고 그 이력을 유지하는 역할을 한다. 컨테이너 보안장치(CSD)는 화물 컨테이너의 내부에 장착되어 컨테이너 도어의 불법 개폐 확인을 통한 컨테이너 화물의 분실, 도난 및 침입 탐지 기능을 수행한다.[2],[3],[4]

이에 따라, 미국 DHS가 인정하는 CSD 개발을 하기 위하여 본 연구에서는 미국 DHS가 제시한 CSD RFI에서 정의한 안테나 부분에 대해서 초점을 두고 CSD 안테나 성능이 최대 나올 있도록 안테나 설계 및 검증하고자 한다. 미국 국토안보부에서 제안한 CSD RFI에서 정의한 주파수 대역은 2.4GHz~2.4835GHz이며 안테나 이득은 0dBi로 정의되어 있어 컨테이너 야적장에 철재로 구성된 컨테이너 환경에서 제시된 안테나 스펙에 의해 동작할 수 있는 안테나 개발이 필수적이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 2.45GHz 칩 안테나의 추가로 세라믹 재질의 GPS 안테나를 하나를 더 설계하여 향후 GPS를 이용한 위치 추적 기능에 대해 사전에 준비하고자 한다. 각각의 설계된 안테나는 하나의 통합 보드에 장착하여 실제 컨테이너에 장착에서 주변 물질에 영향이 없는지를 필드테스트를 통해 개발된 통합 안테나 성능을 검증한다.

II. 본 론

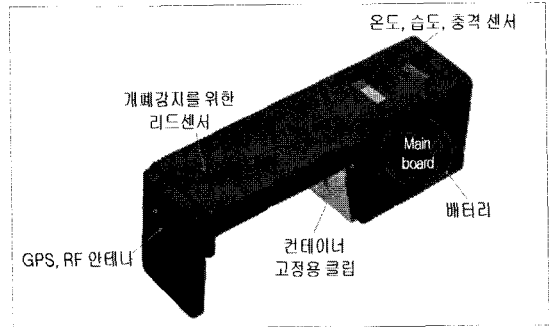


그림 1. 컨테이너 보안 장치(ConTracer)
Fig 1. Container security device

그림 1.에 보이는 장비는 본 연구에서 개발 중에 있는 컨테이너 보안장치이며 일명 ConTracer라고 명명한다. 본 장비는 미국 국토안보부(DHS)의 CSD 요구사항을 만족하도록 개발되고 있으며 이 장치의 주 기능은 컨테이너 도어 개폐 감지이며 별도로 온도, 습도, 충격 센서를 장착하여 컨테이너 내부 환경 상태 및 운송도중 컨테이너에 가해지는 충격에 대한 이력 조회도 가능하도록 설계되어 있다.

그리고 본 장비를 활용하여 구현된 CSD 시스템은 미국 국토안보부 CBP의 요구사항을 준수한 시스템으로 그림 2.에 보이는 것과 같이 2.45GHz 대역의 ConTracer와 고정형 리더, 리더를 관리하는 CMT(Control Management Tool) 그리고 ConTracer에서 감지한 컨테이너 상태를 저장하는 DCP(Data Consolidation Point)로 구성되어 설계해 놓았다.

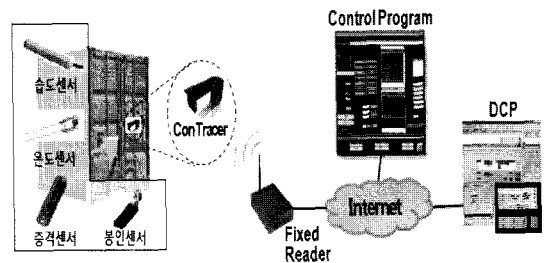


그림 2. ConTracer를 이용한 CSD 시스템 구성도
Fig 2. CSD system architecture using ConTracer

III. 모형 컨테이너 도어를 이용한 안테나 통합 보드 설계

본 연구에서 제안한 CSD용 통합 안테나 보드는 그림 3.와 같이 컨테이너 내부에 장착되는 형태로 설계 및 제작되어야 한다. 통합 안테나는 컨테이너 철재 환경에 초점을 맞춰 설계할 필요가 있으며 컨테이너 재질(전부 금속)과 적재상태, 그리고 컨테이너에 실장되는 RF Module단의 크기와 접지를 모두 고려한 안테나 설계가 필요하다.

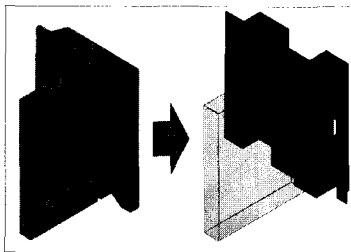


그림 3. 컨테이너 도어 활용한 안테나 시뮬레이션 모델링
Fig 3. antenna simulation used for container door

통합 안테나 보드를 설계하기 위하여 목표 스펙중에 2.45GHz에 공진이 일어나게 하기 위하여 컨테이너 도어 시뮬레이션을 통해 나온 안테나 크기를 그림.4와 같이 60.0mm(L)*35mm(W)*0.6mm(H)로 설계하였다. 이 크기는 GPS의 1.575GHz 주파수에서도 공진이 일어나도록 하는데 활용하였다.

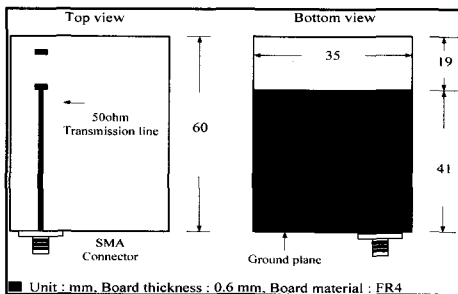


그림 4. 설계된 통합 안테나 보드
Fig 4. Designed integration antenna board

시뮬레이션을 통해 나온 2.45GHz 안테나 크기를 9.0 x 4.0 x 1.6 mm로 하여 2.45GHz 공진 주파수와 주파수 밴드 폭 83.5MHz 그리고 최대 이득은 0.5dBi로 설계하였다

다. 안테나 형태는 무지향성 및 고이득 특성을 지닌 헬리커 타입이다. 또한 세라믹 재질로 만든 GPS 안테나의 크기는 3mm x 22 x 3mm이며 구조는 PIFA로 하여 GPS 중심주파수를 1.575GHz에 설계되도록 하였다.

IV. 안테나 성능 측정

그림 5.는 2.45GHz 칩 안테나와 GPS 세라믹 안테나를 장착한 안테나 통합 보드이다. GPS 안테나의 경우는 컨테이너 내부 장착으로 인해 위성 수신 신호가 매우 미약하기 때문에 GPS 신호 라인 부분에 2단 LNA를 사용하였다.

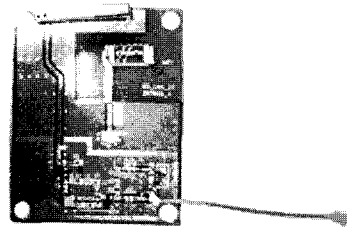


그림 5. 제작된 2.45GHz 및 GPS 안테나 통합 보드
Fig 5. Manufactured 2.45GHz and GPS integration antenna board

LNA 2단 사용으로 GPS 안테나의 이득은 실제 계측 장비를 측정한 결과 26dB이 나왔으며 2.45GHz의 칩 안테나의 매칭 결과는 그림 6.과 같다. 공진 주파수는 그림 7.과 그림 8.에서 보는 바와 같이 안테나 패턴 라인을 튜닝 통해 2.585GHz에서 2.415GHz로 특성을 나오도록 하였다.

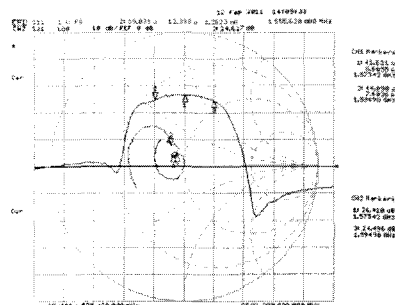


그림 6. 측정된 GPS 안테나 이득 및 매칭 결과
Fig 6. Gain and Matching of measured GPS antenna

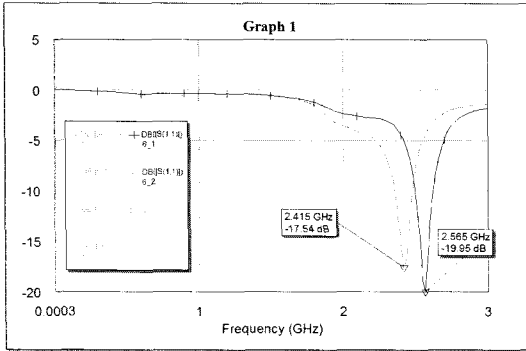


그림 7. 2.45GHz 칩 안테나 반사계수 특성
Fig 7. Return loss for 2.45GHz chip antenna

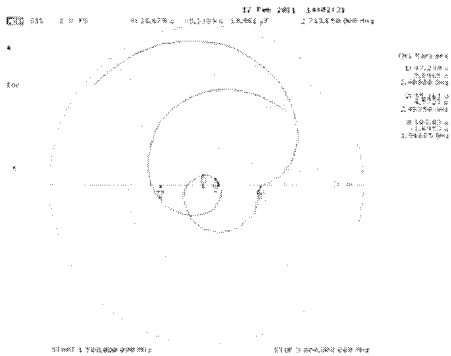


그림 8. 2.45GHz 칩 안테나 매칭 결과
Fig 8. Matching for 2.45GHz chip antenna

제작된 통합 안테나 보드를 그림 9.와 같이 실제 컨테이너 도어 부착한 후에 리더 안테나에서 하여 0dBm을 송신 했을 때 컨테이너 문이 닫힌 상태에서 통합 안테나로 측정 한 결과 -85dBm으로 수신되는 것을 확인 할 수가 있었다. 그리고 GPS 안테나는 그림 10.과 같이 위성수가 8개가 수신되는 것도 확인 할 수가 있었다.

이에 따라, 그림 9와 그림 10.에서 보는 바와 같이 본 연구에서 목표 하였던 것처럼 2.45GHz와 GPS에서 수신 되면서 컨테이너 도어에 사용될 수 있음을 확신 할 수가 있었다.

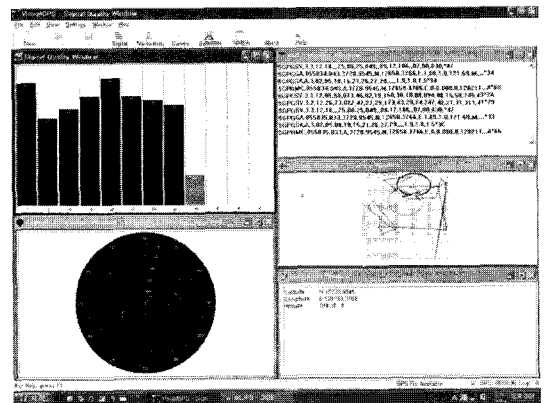


그림 10. GPS 위성 수신 결과
Fig 10. Results of the GPS reception

V. 통합 안테나 보드 성능 검증

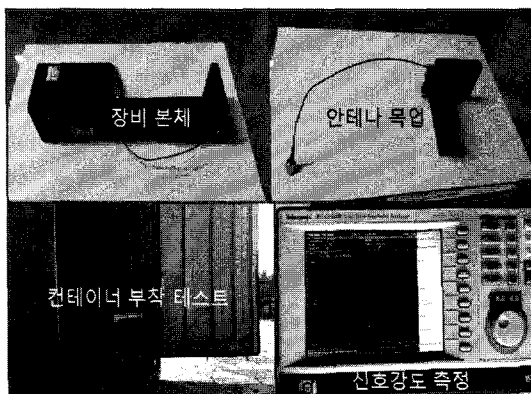


그림 9. 2.45GHz 컨테이너 차폐율 측정 모습
Fig 9. Environment of 2.45GHz container shielding

VI. 결 론

본 논문에서는 2.45GHz대역을 사용하는 IEEE 802.15.4b와 1.575GHz 대역을 사용하는 GPS에 만족하는 소형의 통합 보드 안테나를 설계하여 안테나 성능에 대한 검증하였다.

설계되어진 통합 안테나 보드는 철재 재질로 구성되어지는 컨테이너에 안테나 파라미터들의 성능 구현을 보여줌으로써 컨테이너 화물 안전에 사용되는 컨테이너 보안 장치에 효율적으로 신호를 수신할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] U.S. Department of Homeland Security Customs and Border Protection, Conveyance Security Device(CSD) Requirements, Version 1.2, December 10, 2007
- [2] Eun Kyu Lee, Young Sik Moon, Joong Jo Shin, Jung Rock Shon, Sung Pill Choi, Chae Soo Kim, Jae Joong Kim, Hyung Rim Choi, "Pilot case for Container Security Device (CSD) based on Active RFID," The Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences, Vol.8, No.2, April 201, pp.238-243, 2010.
- [3] Savi@ "ST-675 Container Security Tag" [online] Datasheet", Available: www.savi.com
- [4] CommerceGuard™ "Container Security Device" [online] Datasheet, Available: www.gesecurity.com/csd

저자소개

이은규(Eun Kyu Lee)



1997년 영동대학교 정보통신 공학과 공학사
1999년 건국대학교 전자정보통신 공학과 공학석사

2004년 건국대학교 전자정보통신공학과 박사수로
2002년 ~ 2005년 전자파연구원 주임연구원
2009년 ~ 2011년 (주)쌍신전자통신 부설연구소 주임연구원

현재 : 동아대학교 컨테이너화물 안전수송 기술개발 클러스터사업단 선임연구원
※ 관심분야 : RFID/USN, 안테나, 컨테이너 보안 장치

손정락(Jung Rock Son)



2005년 동서대학교 컴퓨터공학과 공학 공학사
2010년 동아대학교 항만물류시스템 학과 공학석사

현재 : 동아대학교 컨테이너화물 안전수송 기술개발 클러스터사업단 주임연구원
※ 관심분야 : 항만물류, 항만시물레이션

최성필(Sung Pill Choi)



2005년 동명대학교 경영정보학과 공학사
2010년 동아대학교 항만-물류시스템 학과 공학석사

현재 : 동아대학교 컨테이너화물 안전수송 기술개발 클러스터사업단 주임연구원
※ 관심분야 : RFID/USN application, 항만물류시스템, S/W 엔지니어링

문영식(Young Sik Moon)



2007년 부산대학교 정보컴퓨터 공학과 공학사
2009년 부산대학교 컴퓨터공학과 공학석사

현재 : 동아대학교 컨테이너화물 안전수송 기술개발 클러스터사업단 주임연구원
※ 관심분야 : Active RFID시스템, 임베디드 시스템 컨테이너 보안 장치

김재중(Jae Joong Kim)



1981년 서울대학교 해양학과 이학사
1983년 서울대학교 토목공학과 공학석사

1989년 서울대학교 토목공학과 공학박사
현재 : 동아대학교 토목공학과 교수
※ 관심분야 : 항만계획, 항만운영

최형림(Hyung Rim Choi)



1979년 서울대학교 경영학과 경영학 학사
1986년 KAIST 경영과학과 경영과학과 공학석사

1993년 KAIST 경영과학과 경영과학박사
현재 : 동아대학교 경영정보학과 교수
※ 관심분야 : 항만물류시스템, RFID/USN