

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.2.175>

IIBC 2015-2-24

GPS/GLONASS 수신용 소형 액티브 안테나의 구현

Implementation of Small Active Antenna for GPS/GLONASS Receiving

강상원*

Sang-Won Kang*

요약 본 논문에서는 GPS/GLONASS 수신용 소형 액티브 안테나를 제안하였다. GPS(1.575.42MHz)와 GLONASS (1.602MHz) 듀얼 대역을 지원하는 마이크로스트립 패치 안테나를 최적화하였고, 안테나의 크기는 13×13×3.6mm이다. 제안한 안테나 특성 확인을 위하여 지그 크기 변화를 주었고, 패치안테나의 급전 간격을 조정하였고, LNA 쉴드 케이스 유무에 따른 변화로 확인하였다. 안테나 지그의 크기는 65.5×13×0.8mm이다. GPS 대역의 최대 이득은 3.78dBi이고, GLONASS 대역의 최대 이득은 4dBi이다. 위성 수신레벨을 증폭하기 위한 저잡음 증폭기는 1단 LNA를 설계하였다. LNA 칩은 BGA715N7를 이용하였고, LNA 이득은 19.9dB이다. 시뮬레이션과 측정 데이터를 비교 분석한 결과 GPS/GLONASS 수신용 소형 액티브 안테나의 실용화 가능성을 확인할 수 있었다.

Abstract In this paper, GPS / GLONASS receiving a small active antenna is proposed. A microstrip patch antenna which supports dual-band (GPS and GLONASS) was optimized. The antenna size is 13×13×3.6mm. The jig was changed to confirm the proposed antenna characteristic size, was adjusted to feed gap of the patch antenna, it was confirmed by change in LNA shield case or not. The antenna jig size is 65.6×13×0.8mm. The maximum gain of the GPS band is 3.78dBi, the maximum gain of the GLONASS bands is 4dBi. To amplify the Satellite reception signal level, one-stage low noise amplifier(LNA) was designed. The LNA chip was using the BGA715 N7, the LNA gain is 19.9dB. The utilization possibility of the GPS / GLONASS receiving a small active antenna could be confirmed according to compare and analyze the simulation and measurement data.

Key Words : GPS, GLONASS, Antenna, Low noise amplifier (LNA)

1. 서론

GNSS(Global Navigation Satellite System)는 우주궤도를 돌고 있는 인공위성에 발신하는 전파를 이용해 지구 전역에서 움직이는 물체의 위치·고도치·속도를 계산하는 위성항법시스템으로, 현재 미사일 유도 같은 군

사적 용도 뿐 아니라 측량이나 항공기, 선박, 자동차 등의 항법장치에 많이 이용되고 있다. 특히 선박분야에서는 9.11 테러 이후 전 세계적으로 컨테이너 화물 안전 수송을 위한 컨테이너 보안 장치의 필요성이 대두되고 있으며, 국내 IT산업의 컨테이너 화물 안전 수송 핵심기술력 향상과 항만 물류 산업의 발전을 위해 컨테이너 안전 수

*정회원, ㈜페스앤유 기술연구소
접수일자 2014년 12월 12일, 수정완료 2015년 2월 8일
게재확정일자 2015년 4월 10일

Received: 12 December, 2014 / Revised: 8 February, 2015 / Accepted: 10 April, 2015

*Corresponding Author: kangsan7@hanmail.net
FESnU, Gocheon-dong, Uiwang-si, Gyeonggi-do, Korea

송기술 개발이 요구되고 있다.^{[1],[4]} 우리 정부는 동북아 물류 허브로 거듭나기 위해 러시아 TRS를 이용하여 유럽으로 수출되는 물류 운송을 부산에서 러시아 모스크바 핀란드까지 이어지는 TRS(Trans Siberian Railway) 철도를 적극적 활용할 계획을 추진하고 있다.^{[1],[4]} 컨테이너 안전 수송을 위해 위성신호 기술을 이용한 개념의 컨테이너 안전수송 장치가 개발되어야 하며 이 컨테이너 안전수송 장치는 기존 CSD(Container security device)의 특성과 함께 GNSS 기술을 이용하여 위치를 정확하게 파악하여야 한다.^[1]

미국은 GNSS를 적극 지원하고 있으며 대표적인 기술이 GPS이고, 러시아에서는 GLONASS를 적용하고 있다. 기존의 GPS/GLONASS 대역의 통합 안테나 크기는 25×25×5mm이고, 지그를 포함 할 경우 100×30×1 mm의 크기를 갖는다.^[1] 그러므로 시스템의 소형화를 위한 GPS/GLONASS 대역을 통합 지원 가능한 소형 액티브 안테나가 필요하다.

본 논문에서는 첫 번째, 마이크로스트립 패치 안테나 기술을 이용하여 인공위성 신호를 수신 할 수 있는 GPS/GLONASS 소형 액티브 안테나를 설계, 제작하였다. 두 번째, GPS/GLONASS의 인공위성신호가 안테나에 수신이 되어질 때 신호의 감쇄가 되므로 신호의 증폭이 필요하다. 신호의 증폭을 위해 저잡음 증폭기(LNA)를 설계, 제작하였다.

II. 안테나 이론

1. 패치 안테나

안테나를 설계하기 위하여 패치 안테나의 폭과 길이를 식(1-7)과 같이 알아야 한다.^{[1],[2],[3],[5],[6]} 공진 주파수 f_r 에서 동작하도록 유전율이 ϵ_r 이고, 두께가 h 인 기판 위에 사각 패치 안테나를 설계하는 실제 폭 W 는 식(1)에 나타내었다.

$$W = \frac{v_0}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

여기서, v_0 는 자유공간의 빛 속도, f_r 은 안테나의 공진 주파수이다. 공진패치의 길이와 폭이 유한하기 때문에 공진패치 가장자리에서의 계와 폭에 대해서 프린징 필드

가 발생하게 된다. 총 프린징 필드는 공진패치의 크기와 기판 높이로써 안테나의 공진주파수에 영향을 주기 때문에 고려해야한다. 패치안테나의 급전은 동축 프로브 급전을 사용한다. 접지 면에서 패치까지 커넥터의 중심 도체를 연장하여 급전한다. 동축 프로브 급전은 패치 안테나의 두께가 증가시켜야만 대역폭이 증가된다.

실효유전율 ϵ_{reff} 는 $W/h > 1$ 인 경우 실효유전율은 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W}\right)^{-1/2} \quad (2)$$

프린징 필드 때문에 마이크로스트립 패치 안테나의 공진 패치는 물리적인 크기보다 전기적으로 더 큰 것처럼 보인다. 길이에 대한 공진패치 크기는 각 종단에서 Δl 만큼 확장되었다. Δl 은 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta l = 0.412 \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3)(W/h + 0.264)}{(\epsilon_{reff} - 0.258)(W/h + 0.8)} \quad (3)$$

실효유전율 ϵ_{reff} 와 선로확장 Δl 에 의해 복사체 길이 L 은 식(4)에 나타내었다.

$$L = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}} \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} - 2\Delta l \quad (4)$$

공진패치의 길이 L 은 일반적으로 $\lambda/3 < L < \lambda/2$ 이다. 패치 길이 실제 길이 L 과 실효 길이 L_e 은 식(5),(6)으로 나타낼 수 있다.

$$L = \frac{\lambda}{2} - 2\Delta l \quad (5)$$

$$L_e = L + 2\Delta l \quad (6)$$

마이크로스트립 패치 안테나의 공진주파수 f_r 은 식(7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$f_r = \frac{1}{2(L + 2\Delta l) \sqrt{\epsilon_{reff}} \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad [Hz] \quad (7)$$

III. 3장 안테나와 저잡음 증폭기 설계

1. GPS/GLONASS용 패치 안테나

제안한 패치 안테나는 GPS통신의 L1대역(1575.42MHz)과 GLONASS 대역(1602MHz)에 사용하기 적합한 사각 패치 구조를 이용하여 안테나를 설계하였다. 안테나의 비유전율 $\epsilon_r = 90$ 이고, 안테나 높이 $h=3.6\text{mm}$ 인 세라믹 재질을 사용하였다.

그림 1은 GPS/GLONASS 패치안테나의 구조와 실제 패치 크기를 나타내었고, 패치 크기는 HFSS를 이용하여 시뮬레이션하였고, 단위는 mm이다.

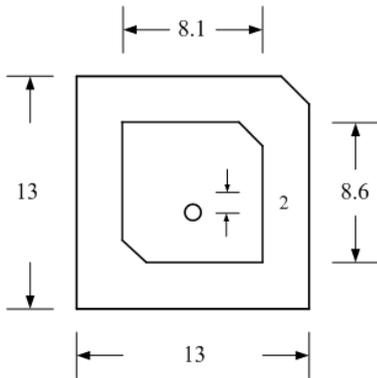


그림 1. GPS/GLONASS 패치 안테나 구조
 Fig. 1. The structure of GPS/GLONASS patch antenna

GPS/GLNOASS 패치 안테나 크기는 $13 \times 13 \times 3.6\text{mm}$ 이다. 안테나의 높이를 3.6mm 로 한 것은 GPS L1대역과 GLONASS 대역의 공진을 위한 방법이다. 패치 안테나의 높이가 증가 되면 광대역 특성이 나타난다. 패치 안테나의 CP 특성을 위해 정사각형 패치가 아닌 직사각형 패치형태로 하였고, 패치 코너 부분에 퍼터베이션(per-turbation)을 주어 구성하였다.

그림 2는 제안한 GPS/GLNOASS 소형 액티브 안테나의 구조를 나타내었다. PCB 기판위에 GPS/GLNOASS 안테나와 저잡음 증폭단, 쉴드 케이스, RF 케이블로 구성되어 있다. RF 케이블은 UFL-40mm를 이용하였다.

안테나 지그 크기는 $65.5 \times 13 \times 0.8\text{mm}$ 이다. GPS/GLONASS 소형 액티브 안테나의 광대역을 위해서 세라믹 패치 높이와 지그 크기가 매우 중요하다.

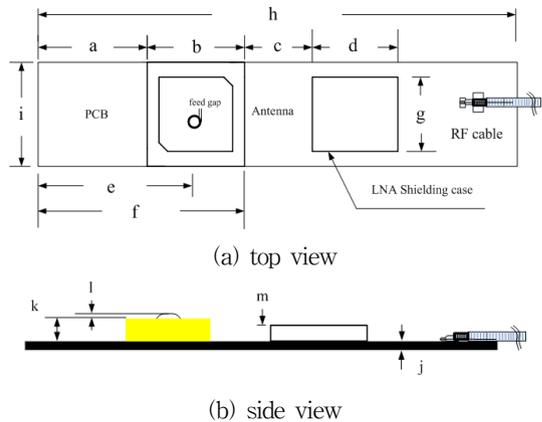


그림 2. GPS/GLONASS 소형 액티브 안테나 구조
 Fig. 2. The structure of GPS/GLONASS small active antenna

표 1은 설계된 GPS/GLONASS 소형 액티브 안테나의 제원을 나타내었다. 지그와 안테나, 급전 부분을 포함한 안테나의 전체 높이는 5.4mm 이다.

표 1. GPS/GLONASS 소형 액티브 안테나의 파라미터
 Table 1. The parameter of GPS/GLONASS small active antenna

Parameter	Value	Parameter	Value
a	13.5	h	65.5
b	13	i	13
c	10	j	0.8
d	12.1	k	3.6
e	20	l	0.5
f	26.5	m	1.3
g	10.8	unit	[mm]

제안한 안테나의 특성을 확인하기 위한 첫 번째로 패치 안테나의 크기는 그림 1과 같이 고정되어 있는 상태로 하고, 안테나 지그 크기를 조정하였다. 지그 크기는 $60 \times 13 \times 0.8\text{mm}$ 와 $65.5 \times 13 \times 0.8\text{mm}$, $70 \times 13 \times 0.8\text{mm}$ 로 변화를 주었다. 지그 크기가 $60 \times 13 \times 0.8\text{mm}$ 일 경우 -10dB 대역폭은 10MHz 이다. 공진주파수는 1.55GHz 이다. $65.5 \times 13 \times 0.8\text{mm}$ 일 경우 -10dB 대역폭은 60MHz 이다. 첫 번째 공진주파수는 1.557GHz 이고, 대역이 증가되면서 1.6GHz 공진주파수가 발생하였다. 지그 크기가 $70 \times 13 \times 0.8\text{mm}$ 일 경우 -10dB 대역폭은 60MHz 이다. 안테나 지그 크기 증가 될수록 대역폭은 증가되며, 반사손실 값은 개선이 되는 것을 알 수 있다. 그림 3은 안테나 지그 크기변화에 따른 반사손실 특성을 나타내었다.

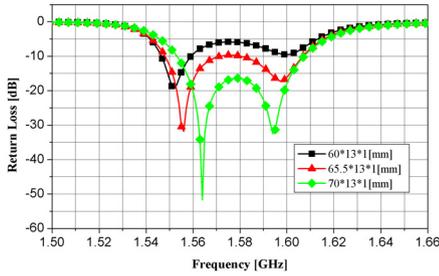


그림 3. 안테나 지그 크기 변화에 따른 반사손실 특성
Fig. 3. Characteristics of return loss for antenna jig size variation

제한한 안테나의 특성을 확인하기 위한 두 번째 방법으로 GPS/GLONASS 패치 안테나의 급전 간격을 조정하였다. 급전핀 직경은 0.8mm이고, 길이는 4.4mm로 하였다. 급전핀의 재질은 황동-니켈 도금으로 하였다. 급전 간격은 0.03mm부터 0.15mm까지, 0.03mm씩 증가시켰다. 급전 간격이 0.03mm 일 경우 -10dB 대역폭은 60MHz이다. 급전 간격이 증가될 때 마다 공진주파수는 변화는 없고 반사손실 값만 악화되는 것을 알 수 있다.

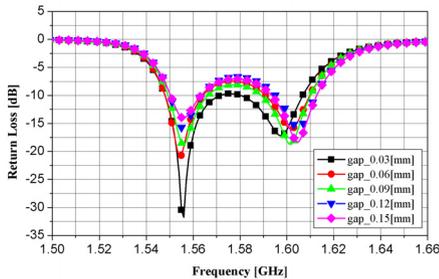


그림 4. 급전 간격 변화에 따른 반사손실 특성
Fig. 4. Characteristics of return loss for feed gap variation

제한한 안테나의 특성을 확인하기 위한 세 번째로 쉴드 케이스의 유무에 따른 변화를 그림 5에 나타내었다. 쉴드 케이스의 크기는 12.1×10.8×1.3mm이고, 재질은 황동-니켈 도금이다. 쉴드 케이스가 없을 경우 첫 번째 공진 주파수는 변화가 없고 두 번째 공진주파수인 1.595GHz 부분의 반사손실 값이 악화되는 것을 알 수 있다.

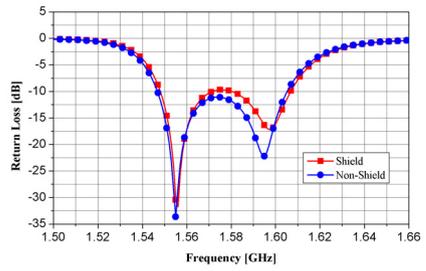


그림 5. 쉴드 케이스에 따른 반사손실 특성
Fig. 5. Characteristics of return loss for shield case

2. 저잡음 증폭기(LNA)

인공위성 신호를 수신 할 경우 수신율이 저하가 되기 때문에 저잡음 증폭기(LNA)를 이용하여 증폭을 시켜 주어야 한다. 일반적으로 저잡음 증폭기에 많이 사용되어 지던 infineon 사의 BFP 540으로, Low Noise Silicon Bipolar RF Transistor이다. 현재로는 infineon 사의 BGA715N7인 Silicon Germanium Low Noise Amplifier가 많이 사용되어지고 있다. 최대 이득은 20dB이다. GPS 위성신호를 수신하여 증폭할 경우 15dB 이상의 LNA 이득이 필요하다. 그러나 GLONASS의 시스템의 경우의 LNA 이득이 20dB 이상 요구되어진다. 그러므로 최소 LNA 이득 규격이 20dB 이상되어야한다.

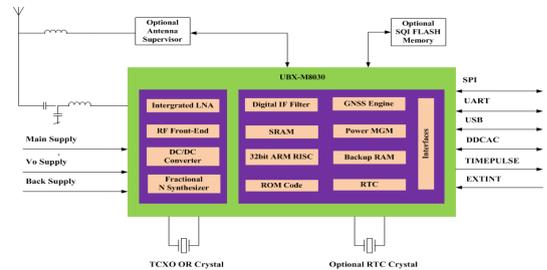


그림 6. UBX-M8030 블록 다이어그램
Fig. 6. UBX-M8030 block diagram

그러나 유블릭스사(ublox)의 UBX-M8030 GNSS Chip 안에 LNA단이 내장되어 있다. 그래서 BGA715N7 증폭기를 이용하여 LNA 이득을 20dB 가까이 증폭을 시켰다. 그림 6은 UBX-M8030 블록 다이어그램을 나타내었다. 그림 7은 BGA715N7와 TDK사의 B8313 SAW 필터를 이용하여 설계된 1단 LNA단이다. TDK사의 B8313 SAW 필터는 Low-loss RF GPS + COMPASS + Galileo + GLONASS 필터이다.

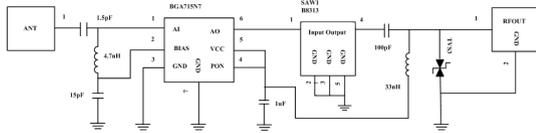


그림 7. 1단 저잡음 증폭기
 Fig. 7. 1 Step Low Noise Amplifier

IV. 안테나 제작 및 측정

제한한 GPS/GLONASS 소형 액티브 안테나는 시뮬레이션 결과에서 가장 좋은 특성을 보인 13×13×3.6mm 세라믹 패치 안테나로 결정하였다. 안테나 재질은 비유전율이 90인 세라믹 재질을 이용하였고, 복사 패치 크기는 8.6×8.1mm이고, 복사 패치의 재질은 은(silver)을 사용하여 GPS/GLONASS 소형 패치 안테나를 제작하였다. 반사손실 측정은 에질런트사의 E5071C Vector Network Analyzer를 이용하여 측정하였다. 복사패턴 측정은 대전 테크노파크의 Antenna Far Filed Chamber를 이용하여 측정하였다.

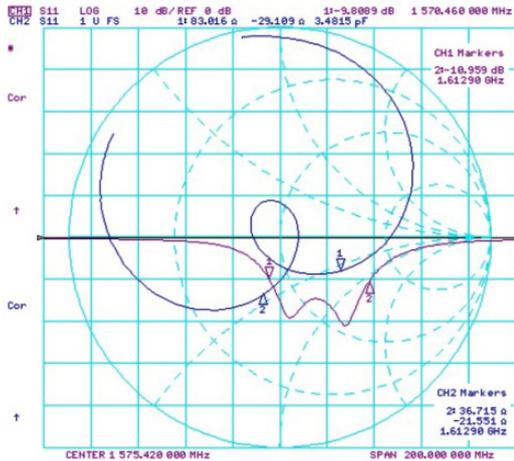


그림 8. 측정된 GPS/GLONASS 안테나의 반사손실
 Fig. 8. Return loss of measured GPS/GLONASS antenna

그림 8은 GPS/GLONASS 안테나의 측정 반사손실을 나타내었다. 측정된 GPS/GLONASS 안테나의 MK1의 주파수는 1.570GHz이고 반사손실 값은 -9.80dB이다.

MK2의 주파수는 1.612GHz이고 반사손실 값은 -10.95dB이다. 주파수대역폭은 42MHz이다.

그림 8의 결과를 보면 GPS L1 대역과 GLONASS 대역에서 동작 되는 것을 확인 할 수 있다.

그림 9는 BGA715N7를 이용하여 GSM/GLONASS 안테나의 1단 LNA 특성을 나타내었다.

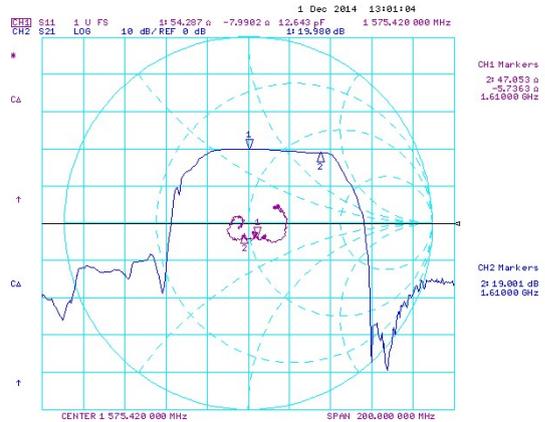


그림 9. 측정된 1단 LNA 안테나의 이득
 Fig. 9. Gain of measured 1 step LNA

그림 9의 결과를 보면 GPS L1 대역의 주파수는 1575.42MHz이고, 이득 값은 19.980dB이고, GLONASS 대역의 주파수는 1.61GHz이고, 이득 값은 19.001dB이다. UBX-M8030 GNSS Chip 안에 내장형 LNA단이 있기 때문에 BGA715N7를 이용하여 LNA단을 1단만 구성하여도 GPS 대역과 GLONASS 대역에서 사용되는 저잡음 증폭기로 동작됨을 확인 할 수 있다.

제한한 GPS/GLONASS 소형 액티브 안테나의 복사 이득을 살펴보면 GPS L1 대역 1.575GHz의 최대 복사이득은 3.78dBi이고, GLONASS 대역의 1.602GHz의 최대 복사이득은 4dBi임을 확인 할 수 있다.

측정된 GPS/GLONASS 안테나 이득을 그림 10과 같이 XY-plane과 YZ-plane으로 나타내었다.

안테나 기판 재질은 비유전율 $\epsilon_r = 4.7$ 인 FR4를 사용하였고, 안테나 기판 도금은 0.5온스 금 도금을 사용하였고 안테나 기판의 접지면 윗면과 아랫면을 연결하기 위해 Φ 0.3 비아홀(via hole)로 연결하였다. 그림 11은 제작한 안테나 사진을 나타내었다.

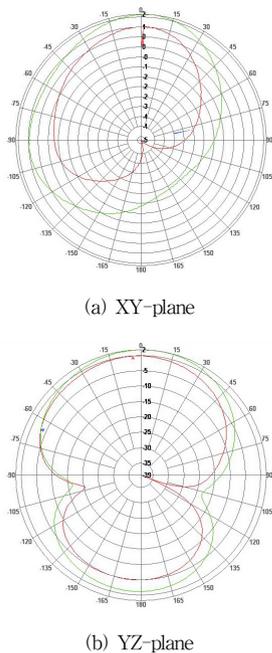


그림 10. 측정된 GPS/GLONASS 안테나의 이득
Fig. 10. Gain of measured GPS/GLONASS antenna

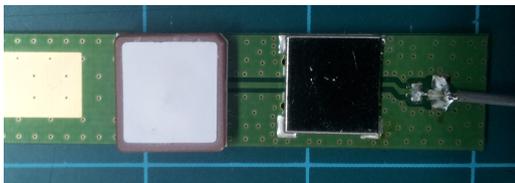


그림 11. 제작된 안테나 사진
Fig. 11. Photograph of fabricated antenna

V. 결론

본 논문에서는 GPS/GLONASS 수신용 소형 액티브 안테나를 설계 제작하였다. 기존의 GPS/GLONASS 패치 안테나 크기는 25×25×5mm이다. 제안된 안테나 크기는 13×13×3.6mm이므로 기존 안테나보다 많이 소형화되었다. 안테나 지그의 크기는 65.5×13×0.8mm이다. GPS 대역의 최대 이득은 3.78dBi이고, GLONASS 대역의 최대 이득은 4dBi이다. 위성 수신레벨을 증폭하기 위해 infineon사의 BGA715N7 칩을 이용하여 저잡음 증폭기를 설계 제작하였고, 이득은 19dB 이상이다. 시뮬레이션과 측정 데이터를 비교 분석한 결과 GPS/GLONASS 수신용 소형 액티브 안테나의 실용화 가능성을 확인할 수

있었다. 적용분야는 컨테이너 안전 수송용 안테나, 유비쿼터스 통합 물류 관리, 화물의 실시간 제어용 안테나로 적용 할 수 있으며, 제품 디자인 측면에 대한 소형화 기술 연구가 필요하다.

References

- [1] Sang-Won Kang, "Design and Fabrication of Location Tracing Antenna for Container Transportation", Journal of IIBC, Vol. 14 , No 1, pp. 119-124, February 2014.
- [2] C. A Balanis, Modern Antenna Handbook, pp. 157-196, Wiley, 2008.
- [3] Jin-young Kwon, Gab-gi Kim, "L-Slot Microstrip Patch Antenna Design for LTE", Journal of IWIT, VOL. 13 No. 3, pp.171-175, June 2013.
- [4] Eun-Kyu Lee, Sung-Pill Choi, Young-Sik Moon, Jae-Joong Kim, Hyung-Rim Choi, "Design and Performance Evaluation for GPS/GLONASS Antenna used for Container tracking," J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng., Vol. 17, No. 7, pp. 1544-1550, July 2013.
- [5] C. A Balanis, ANTENNA THEORY, pp. 816-826 Wiley, 2005.
- [6] Yong Wook Park, "Study on Circularly Polarized Micro-strip GPS Antenna" Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 11, No. 10 pp. 3880-3884, Oct 2010.

저자 소개

강 상 원(정회원)



- 1999년 : 세명대학교 전자공학과 (공학사)
- 2003년 : 건국대학교 전자정보통신과 (공학석사)
- 2013년 : 건국대학교 전자정보통신과 (공학박사)
- 2006년 7월 ~ 현재 : (주)페스엔유 연구소장

<주 관심분야 : 안테나 및 위성통신>