한국항행학회 논문지 제17권 제2호 2013년 4월 (JKONI 17(2): 177-182, Apr. 2013)

Smart GPS 모듈용 슬롯과 결합된 패치안테나 설계

Design of patch antenna combined with slots for smart GPS module

장민규*, 이영순*, 조동균**

Min-Gyu Jang*, Young-Soon Lee* and Dong-Kyun Cho**

요 약

본 논문에서는 L1주파수대역(1.575GHz)을 사용하는 보안등제어기 내장형 무선 모듈에 적용 가능한 PCB(Printed Circuit Board) 인쇄형 GPS안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 삽입형 급전(insertion feeding)을 가지는 마이크로스트립 패치안테나를 기본구조로 하였다. 특히 임피던스 매칭을 위해 윗면에 좌/우 2개의 비대칭형 슬롯을 삽입하였으며, 아랫면에는 대역폭 증가와 주파수설정을 위하여 한 쪽 끝이 개방된 슬롯과 단락점(shorting point)을 적용하였다. 측정 결과 설계 목표로 한 GPS주파수 L1대역에서 90%의 방사효율과 4.8dBi 이상의 이득을 얻을 수 있었다.

Abstract

In this paper, printed antenna which can be applied to a built-in wireless module of the security controller operating at global positioning system(GPS) L1 frequency band(1.575GHz) is proposed. The proposed antenna is basically composed of a microstrip patch antenna with inserting feed. In particular left and right slots which are respectively asymmetric are used for impedance matching, whereas slot with one open-end and shorting point are used on the bottom plane to set operating frequency and enhance bandwidth. It is observed at the desired GPS L1 frequency band that the radiation efficiency and gain of the proposed antenna are 90% and more than 4.8dBi respectively

Key words : GPS antenna, Insertion feeding, Microstrip patch, Asymmetric slots

I. 서 론

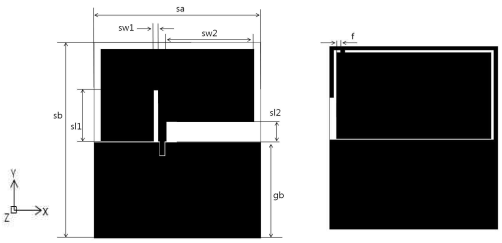
일반적으로 무선 모듈들은 단독으로 동작하기 보다는 최종 무선 제품과 연동함으로서 그 기능 및 역할을 제대로 발휘하게 된다. 현재, 시중에 많이 판매되고 있는 데이터 송/수신용(또는 수신전용) 무선 모듈들은 제품 크기, 가격 및 사양이 매우 다양하다. 하지만 이와 같은 기존 모듈들을 보안등제어기 내장형 고성능 무선모듈에 그대로 적용 할 경우, 메인 PCB와 결합 시 주파수대역 변화와 같은 안테나 특성이

* 금오공과대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Kumoh National institute of Technology)
** (주) 에스엠텔 (SMTEL Co., Ltd.)
· 제1저자 (First Author) : 장민규 (Min-Gyu Jang)
0 교신저자 (Corresponding Author) : 이영순 (Young-Soon Lee, tel : +82-54-478-7501, email : yslee@kumoh.ac.kr)
· 접수일자 : 2013년 3월 18일 · 심사(수정)일자 : 2013년 3월 18일 (수정일자 : 2013년 4월 15일) · 게재일자 : 2013년 4월 30일
http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.2.177

변화하게 되어 목표로 하는 제품의 성능을 제대로 구현하는데 매우 큰 어려움이 따른다.[1]. 대부분의 무선 제품은 국내(외) 전파 규격에 의해 송신 출력 등에 제한을 받기 때문에 제한된 규격 범위 내에서 제품에 가장 적합한 무선 성능이 나오도록 하는 것이 매우 중요하다. 이에 본 논문에서는 비용을 절감하면서 다양한 환경 변수가 존재하는 보안등 무선 모듈이 메인 PCB와 결합된 상태에서 동작 주파수(1.57GHz) 및 안테나 이득(Max +4.0dBi)과 같은 성능이 최적화 된 PCB 인쇄형 GPS안테나를 제안하고자 한다.

Ⅱ. 안테나의 구조 및 설계

본 논문에서 GPS 모듈 안테나 형태로 PCB 일체형 마이크로스트립 패치구조를 적용하였다. PCB 일체형 안테나는 별도 안테나의 제작과 부착이 필요하지 않으며 그에 따른 부피의 감소 효과를 볼 수 있다.[2].



(a) 윗면 (b) 아랫면

그림 1. 제안된 GPS 안테나구조

Fig. 1. The proposed GPS antenna structure

그림 1은 시뮬레이션에서 기본형으로 설계된 안테나 구조이다. 마이크로스트립 패치 안테나를 기본형으로 하고 있으며 임피던스 매칭을 위한 삽입형 급전방식(insertion feeding)을 적용하였다.[3~5]. 또한 임피던스 매칭을 위해 윗면의 급전선 좌/우측에 슬롯을 적용하였으며 원형편파의 생성을 위하여 각각 세로형/가로형 (비대칭)형태로 변형하였다. 아랫면 그라운드에는 한쪽 끝이 개방된 슬롯 및 설계값 f로 표시된 단락점(shorting point)을 삽입하여 윗면 패치와 함께 총 2개의 공진을 발생시키고 이를 근접시켜 대역폭을 증가시키려는 시도를 하였다.[6~7]. 시뮬레이션 시 두께 1.6mm, 유전율 4.3인 FR-4기판을 사용하였으며 기판(PCB)의 전체 크기는 $41\times50mm^2$ 이며 안테나 설계 가능 공간은 기판의 위쪽 부분인 40×25 mm^2 이다.

그림 1에서 언급한 GPS 안테나 기본형 구조에서 몇가지 중요한 파라미터 변화에 따른 공진 주파수 및 반사계수의 변화를 분석하였다. 우선 윗면의 급전선 좌/우의 슬롯과 아랫면의 슬롯의 길이 변화에 따른 경향을 살펴보고자 한다.

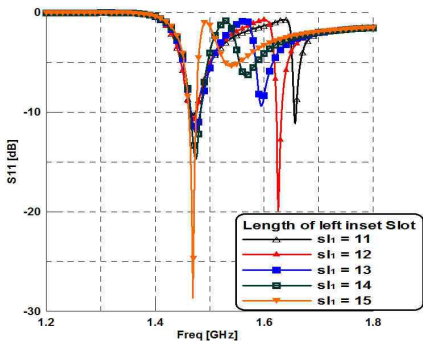


그림 2. sl1의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수

Fig. 2. Simulated return losses by variation of parameter sl1.

그림 2에서는 파라미터 sl1(급전선 왼쪽 슬롯의 세로길이)의 변화에 따른 경향을 나타내었다. sl1의 길이를 11 mm에서 15 mm까지 1 mm 간격으로 증가시키며 주파수 변화 및 반사계수의 크기를 분석하였을 때 길이가 길어질수록 1차 공진의 반사계수가 작아지는 경향을 보였다. 반면에 2차 공진은 주파수의 감소와 함께 반사계수의 크기가 변화하는 것을 볼 수 있다.

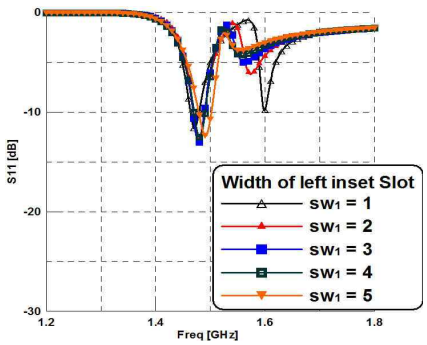


그림 3. sw1의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수

Fig. 3. Simulated return losses by variation of parameter sw1

그림 3은 파라미터 sw1(급전선 왼쪽 슬롯의 가로길이)의 변화에 따른 경향을 나타낸 것이다. 슬롯의 두께를 1 mm에서 5 mm까지 1 mm 간격으로 증가시키며 경향을 분석하였다. 그 결과 1차 공진은 주파수와 반사계수에 크게 영향을 주지 않음을 확인하였으며 2차 공진은 폭이 증가할수록 주파수가 낮아지고 반사계수가 작아지는 경향을 보였다.

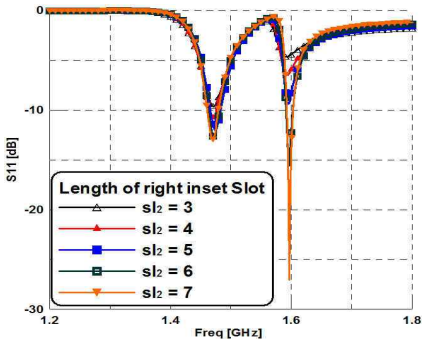


그림 4. sl2의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수
Fig. 4. Simulated return losses by variation of parameter sl2.

그림 4는 급전선 오른쪽 슬롯의 길이 sl2(급전선 오른쪽 슬롯의 세로길이)의 변화에 따른 경향을 나타낸 것이다. sl2의 변화는 1차 공진주파수와 반사계수에는 영향을 주지 않지만 2차 공진의 반사계수에 영향을 미치는 것과 길이가 길어질수록 반사계수가 커지는 것을 확인 할 수 있다.

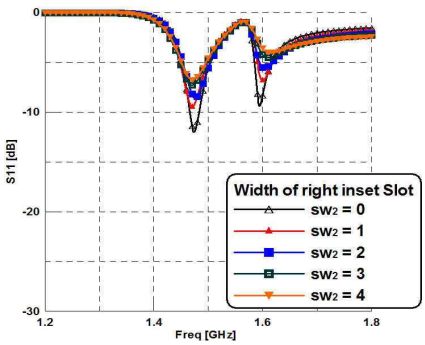


그림 5. sw2의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수
Fig. 5. Simulated return losses by variation of parameter sw2

그림 5에는 급전선 오른쪽 슬롯의 가로길이인 sw2의 변화에 따른 경향을 제시하였다. 결과를 보면 1, 2차의 공진주파수에는 영향을 주지 않지만 반사계수 크기에 영향을 주는 것을 확인 하였다.

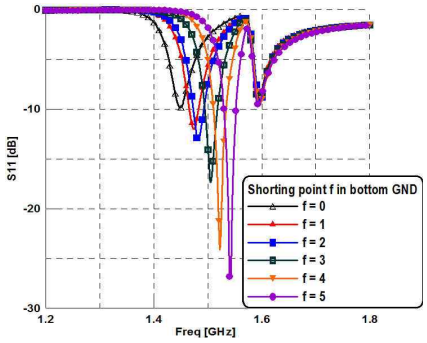


그림 6. f의 변화에 따른 모의실험 결과 반사계수
Fig. 6. Simulated return losses by variation of parameter f

그림 6은 f의 변화에 따른 경향을 나타낸 것이다. 파라미터 f는 뒷면 패치의 short point 위치를 변화시키는 파라미터이다. f를 증가시키면 뒷면 패치의 상단 오른쪽 끝에 위치한 short point가 아랫면을 기준으로 오른쪽으로 이동하여 ㄷ자 슬롯의 길이가 짧아지게 된다. 파라미터 f의 값을 증가하여 short point의 위치를 왼쪽으로 이동 시킨 결과 1차 공진주파수가 증가하는 동시에 반사계수의 크기가 작아지는 것을 확인 할 수 있다. 반면에 2번째 공진주파수와 반사계수의 크기에는 영향이 없었다.

앞서 나타낸 그림 2 ~ 6에 제시된 각 파라미터 변화에 따른 경향을 토대로 목표로 한 GPS주파수 대역에서 동작되도록 파라미터를 조절하였다. 세부 주요 파라미터 값은 아래의 표 1에 제시하였다.

표 1. GPS 안테나의 최적화 파라미터
Table 1. Optimization Parameter of the GPS antenna

파라미터	값(mm)	파라미터	값(mm)
sa	41	sl2	7
sb	50	sw2	0
sl1	14.5	gb	24.5
sw1	1.1	f	1

표 1에 제시한 수치를 적용하여 시뮬레이션 한 결과 반사계수 그래프를 아래의 그림7에 제시하였다.

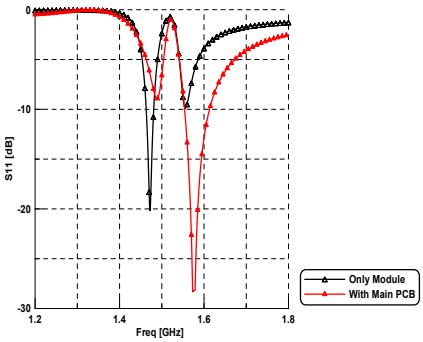
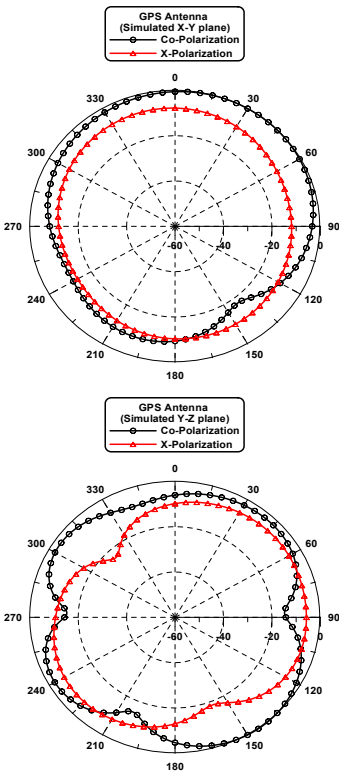


그림 7. 메인 PCB 유무에 따른 반사계수
Fig. 7. Simulated return losses incases of only module and module combined with main PCB

그림 7에서는 GPS모듈 단독일 때와 메인PCB에 연결하였을 경우를 모의실험 한 안테나의 반사계수를 제시하였다. 그 결과 메인 PCB가 결합된 경우 1575.42 GHz에서 -35 dB의 낮은 반사계수를 가지며 -10 dB(VSWR=1.925)를 기준으로 60MHz의 대역폭을 가지는 것을 확인할 수 있다



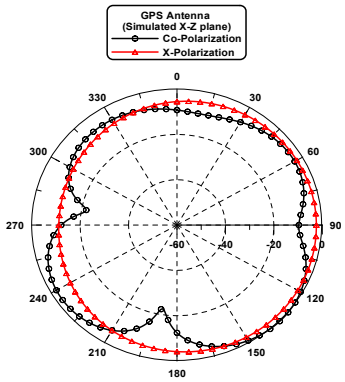
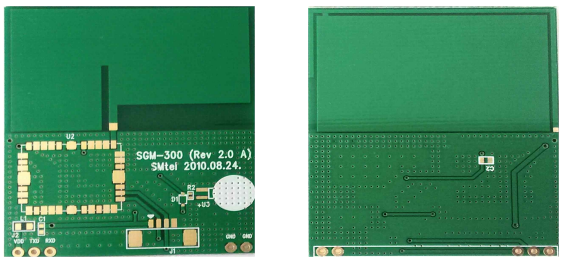


그림 8. 시뮬레이션에서 설계된 GPS안테나의 2D 방사패턴
Fig. 8. Simulated 2D radiation patterns of GPS antenna

그림 8은 시뮬레이션에서 해석된 안테나의 2D방사패턴을 나타내었다. GPS 안테나의 성능에는 편파의 특성이 중요하므로 동일편파(Co-pol)일 때와 교차편파(X-pol)일 때를 비교하여 제시하였다. 통상 축비가 낮아 원형편파에 가까울수록 성능 면에서 우수하므로, 그림 8에서 보는 것과 같이 모든 평면에서 동일편파와 교차편파의 방사세기 차이가 많이 나지 않는 제안된 안테나는 GPS수신용으로 적합하다고 볼 수 있다.

Ⅲ. 제작 및 측정결과

앞서 분석된 결과를 토대로 최적화 된 구조를 적용하여 제작한 GPS 안테나를 그림 9에 제시하였다. 제작에는 시뮬레이션에서와 같이 두께 1.6mm, 유전율 4.3인 FR-4기판이 사용되었다.



(a) 윗면 (b) 아랫면
그림 9. 제작된 안테나
Fig. 9. Fabricated antenna.

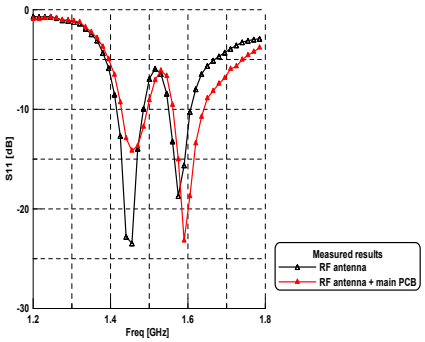
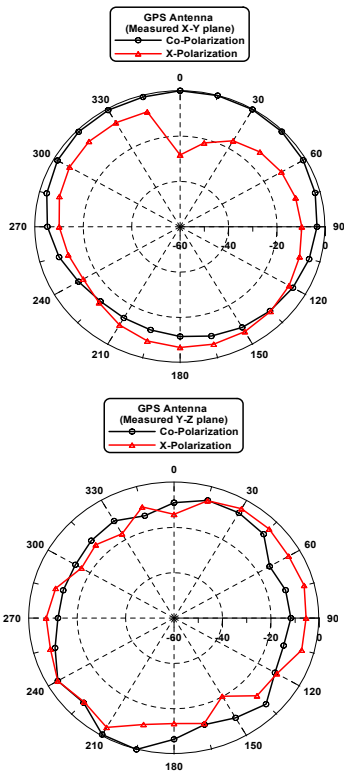


그림 10. 제작된 안테나의 반사계수
Fig. 10. Measured return losses of fabricated antenna.

그림 10은 제작된 안테나의 반사계수 측정결과이다. GPS모듈 단독, GPS모듈이 메인 PCB와 결합 된 경우의 측정결과를 비교하여 제시하였다. 메인 PCB와 결합되었을 때 모듈 단독 측정 결과에 비해서 공진주파수가 다소 증가하였으며 첫 번째 공진의 반사계수는 감소하고 두 번째 반사계수는 약간 증가하는 것을 볼 수 있다. 그리고 메인 PCB와 결합된 경우 GPS L1주파수 대역에서 -16dB의 반사계수를 가지는 것과 -10dB 기준으로 80MHz의 대역폭을 가지는 것을 확인 할 수가 있다.



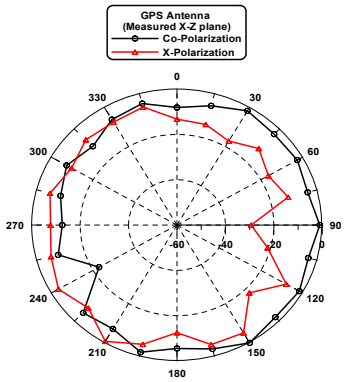


그림 11. 제작된 GPS안테나의 2D 방사패턴
Fig. 11. Measured 2D radiation patterns of fabricated antenna

그림 11은 제작된 안테나의 방사패턴 측정결과이다. 그림 8에 제시한 시뮬레이션의 2D방사패턴과 같이 동일편파 일 때와 교차편파 일 때의 크기가 유사하여 GPS수신용으로 사용하기에 용이한 원형편파에 가까운 특성을 확인 할 수 있다.

Ⅳ. 결 론

GPS주파수 L1대역(1575.42MHz)에서 사용가능한 PCB일체형 안테나를 설계하였다. 설계된 안테나는 마이크로스트립 패치 안테나를 기본으로 하였으며, 삽입형 급전 방식(inset feeding)을 적용하였다. 또한 원형파의 생성과 임피던스 매칭을 위하여 급전선 좌/우측에 각각 세로형/가로형 슬롯을 적용하였으며, 대역폭 증가를 위하여 뒷면 그라운드 한쪽 끝이 개방된 슬롯을 삽입하였다. 그 결과 제작된 안테나를 메인 PCB에 결합하였을 때, 1.575 GHz에서 -16 dB의 반사계수를 가졌다. 시뮬레이션 및 제작된 안테나의 방사패턴 측정 결과 동일편파와 교차편파 일 때의 크기가 유사하여 원형 편파에 가깝다고 할 수 있으며, 시뮬레이션에서의 효율과 이득이 각각 90%, 4dBi로 높게 해석되어 GPS수신용으로 사용하기에 유용할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 경북과학기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임. (2012-214-003)

Reference

[1] WARREN L. STUTZMAN, GARY A.THIELE, Antenna Theory and Design

[2] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipibon, Microstrip antennas Design Handbook, Artech House, 2001.

[3] L. U. Basilio, J. Y. Williams, and D. T. Jackson, "Effective point of radiation considerations for microstrip patch antenna," *IEEE Trans. Antennas Propa*., submitted for publication

[4] Xing Lan, "A novel high performance GPS microstrip antenna," *Antennas and Propagation Society International Symposium. IEEE vol.2,* pp.998-991, July 2000

[5] Mittra, R., Yang, R., Itoh, M.; Arakawa, M., "Microstrip patch antennas for GPS applications," *Antennas and Propagation Society Internatinal Symposium, vol.32,* pp.1478-1481, July 1993

[6] W. R. Deal, V. Radisic, Q. Youngxi and T. Itoh, "A broadband microstrip-fed slot antenna," *Technologies for wireless applications, Digest. 1999 IEEE MTT-S Symposium on,* pp. 209-212, 1999

[7] B. Chen, Y.C. Jiao, F.C. Ren, L. Zhang, and F.S. Zhang, "Design of open slot antenna for bandwidth enhancement with a rectangular stub," *Progress In Electromagnetics Research Letters,* Vol. 25, 109-115, 2011

장 민 규 (Min-Gyu Jang)

2012년 2월 : 금오공과대학교 전자공학부(공학사)
2012년 3월 ~ 현재 : 금오공과대학교 전자공학과 석사과정
관심분야 : 안테나 설계 및 해석, RF 회로설계

이 영 순 (Young-Soon Lee)

1979년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1981년 2월 : 한국과학기술원 전자공학과(공학석사)
1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
1981년 ~ 현재 : 금오공과대학교 전자공학부 교수
관심분야 : 전자기이론, 안테나의 산란문제, 도파관 불연속, 개구결합

조 동 균 (Dong-Kyun Cho)

1997년 2월 : 청주대학교 정보통신공학과 (공학사)
1999년 2월 : 청주대학교 전자공학과 (공학석사)
2002년 2월 : 청주대학교 전자공학과 (박사수료)
2001년 5월 ~ 2002년 12월 : ETRI 이동통신연구소 위촉연구원
2004년 3월~현재 : (주)에스엠텔 연구소 연구소장
관심분야 : RF안테나 및 무선모듈 설계, CDMA 단말기