

전자기적 결합된 슬롯 방사체를 이용한 휴대단말기용 GPS 안테나 설계

Design of GPS Antenna with Electromagnetically Coupled Slot Radiator(ECSR) for Mobile Handset Applications

정 강 재 · 이 병 제

Kang-Jae Jung · Byung-Je Lee

요 약

본 논문에서는 안테나를 위한 추가적인 공간 없이 필름 구조의 0.5λ 슬롯 방사체를 휴대단말기 배터리 덮개에 부착시켜 GPS 안테나를 설계하였다. 이 슬롯 방사체는 GSM850/PCS 대역 안테나로부터 결합된 전자기장에 의해 급전되기 때문에 별도의 급전 구조 없이 설계가 가능하였다. 제안된 GPS 안테나의 대역폭은 정제파비 3:1 기준으로 20 MHz 이상으로 GPS 대역에 만족할 수 있고, -3.8 dBi의 만족할만한 평균 이득을 얻었다.

Abstract

In this paper, a GPS antenna is designed by using metal film which can be attached on the case of battery without additional space for antenna in GPS band operation. The proposed metal film has a half-wavelength slot radiator. The slot radiator is fed by the electromagnetic field coupled from the GSM850/PCS band antenna. The proposed GPS antenna obtains about 20 MHz bandwidth(VSWR<3) which can cover entire GPS band. The antenna has an average gain of -3.8 dBi.

Key words : GPS Antenna, Coupled Antenna, Mobile Handset, Parasitic Element

I. 서 론

GPS(Global Positioning System) 위치 정보 서비스를 통해 차량용 내비게이션 뿐만 아니라, 보행자용 GPS 수신기의 수요가 급격하게 늘고 있다. 국내외 휴대단말기의 제조사들은 단말기에 GPS 수신기와 안테나를 집적시켜, 개인용 내비게이터 및 응급난 서비스 가능한 단말기를 제공하고 있는 추세이다^[1]. 범용 서비스에서 요구되는 GPS 안테나는 위성으로부터의 위치 정보를 수신받기 위해 원형 편파 특성이 요구되지만, 다중 경로 페이딩 영향이 크고, 위성과 기지국 정보를 모두 활용하는 이동 통신 환

경에서 오히려 고효율의 선형 편파 특성을 가지는 수신 안테나를 요구하고 있다^[2]. GPS 휴대 단말기에 내장되는 GPS 수신 안테나의 구현 방법은, 크게 2가지가 있다. 첫 번째는 GSM/PCS 망에 사용되는 통신용 안테나에 GPS용 방사체를 추가하여 삼중대역 안테나로 설계하는 방법이다. 이 방법은 GPS와 GSM/PCS 신호간의 간섭을 상쇄시키기 위해 추가적인 역파기(duplexer)부가 필요하다^[3]. 두 번째 방법은 GPS와 GSM/PCS의 송/수신부를 분리해서 적용하는 것이다. 두 방안 모두 크기와 디자인이 중시되는 휴대용 단말기에서 추가적인 안테나 공간이 필요하다는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 아직까지 안테

「이 논문은 2009년도 광운대학교 연구년에 의하여 연구되었음.」

광운대학교 전파공학과(Department of Wireless Communications Engineering, Kwang-Woon University)

· 논문 번호 : 20090318-028

· 수정완료일자 : 2009년 7월 16일

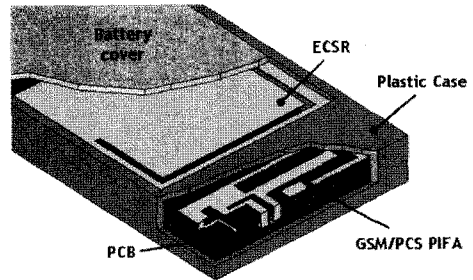
나 공간으로 활용되지 않는 휴대단말기의 배터리 덮개에 필름 형태의 GPS 안테나를 부착시켜 안테나 공간을 최소화 시켰다. 또한, 제안된 GPS 안테나는 GSM/PCS용 PIFA 안테나로부터 공간적으로 분리되어 있지만 GSM/PCS용 PIFA 안테나로부터 유도되는 전자기장을 이용하여, 추가 급전 구조 없이 GPS 안테나를 동작시킬 수 있는 방법을 제안하였다.

II. 제안된 안테나 구조 및 모의실험 결과

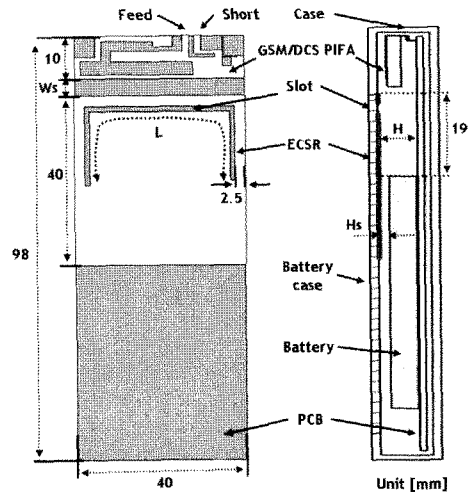
전자기적 결합된 슬롯 방사체(Electromagnetically Coupled Slot Radiator: ECSR)를 설계하기 위한 단말기의 구조를 안테나, PCB(Printed Circuit Board), 배터리, 케이스 등으로 간략화 하여 모의 실험하였다. 모의 실험은 CST micro wave studio를 사용하였다.

그림 1은 ECSR의 구조 및 상세 크기를 나타내고 있다. 실제 단말기의 크기와 동일한 PCB상에 GSM-850(824~894 MHz)/PCS(1,850~1,990 MHz)에서 동작하는 이중 공진 PIFA와 GPS 방사 구조인 ECSR을 인접하게 위치시켰다. PIFA의 크기는 10×40(패턴 면적)×6 mm³(높이)이며, ECSR은 40×40×0.15 mm³ 크기의 필름에 GPS(1,575 MHz) 공진 주파수의 0.5 λ_g 길이의 슬롯을 추가한 구조로 설계하였다. PCB의 크기는 98×40 mm²이며, 기판의 비유전율은 4.6, 도전율은 0.002 S/m이다. 또한, 배터리 덮개 및 단말기 케이스의 재질은 비유전율 3, 도전율 0.02 S/m의 폴리카보네이트(polycarbonate)를 사용하였다. 1.5 mm 두께의 배터리 덮개에 부착되는 슬롯의 길이 L은 공진 주파수의 0.5 λ_g인 70 mm이고, 슬롯의 폭은 1 mm이다. 슬롯은 ECSR 최외곽으로부터 2.5 mm 이격되게 배치하였다. GSM/PCS용 PIFA 안테나와 ECSR의 간격 W_s는 4 mm이다. 슬롯은 PIFA와 배터리 셀 사이에 위치하고 있는데, ECSR의 높이는 PCB로부터의 높이 H와 배터리 셀에서의 높이 H_s로 나눌 수 있고, 각각 5.5 mm, 1.7 mm인 상태에서 설계하였다.

그림 2는 ECSR의 슬롯 길이 L 변화에 대한 반사 손실 모의실험 결과이다. PIFA는 GSM850(824~894 MHz), PCS(1,850~1,990 MHz)에서 공진하고 있다. L에 따라 ECSR의 공진이 달라졌으며, L=0.5 λ_g(75 mm)일 때 1,575 MHz에서 추가 공진이 발생되었다. 그림 3은 1,575 MHz의 주파수상, ECSR의 표면 전류



(a) 3차원 구조
(a) 3-dimensional view



(b) ECSR 구조
(b) Geometry of ECSR

그림 1. 제안된 ECSR 구조
Fig. 1. Geometry of the proposed ECSR.

분포이다. 슬롯의 중간 부분을 중심으로 양쪽 끝단의 전류밀도가 가장 높은 0.5 λ 슬롯 안테나의 전형적인 전류 분포를 보이고 있다^[4].

PIFA에서 ECSR로 유도되는 전기장의 세기를 결정하는 중요한 변수는 ECSR의 공진 주파수를 결정하는 슬롯 길이 L과 PIFA와 ECSR간의 거리 W_s 등을 들 수 있다. 그림 4는 W_s를 변화시켰을 때의 임피던스 변화를 스미스 도표 상에 나타난 모의실험 결과이다. PIFA와 ECSR간의 전자기 결합량은 방사체(PIFA)와 기생소자(parasitic element)간 직렬 커패시턴스 성분에 의해 결정되는데, 결합량이 클수록 스미스 도표상의 궤적이 커지게 된다^[5]. W_s가 클수록

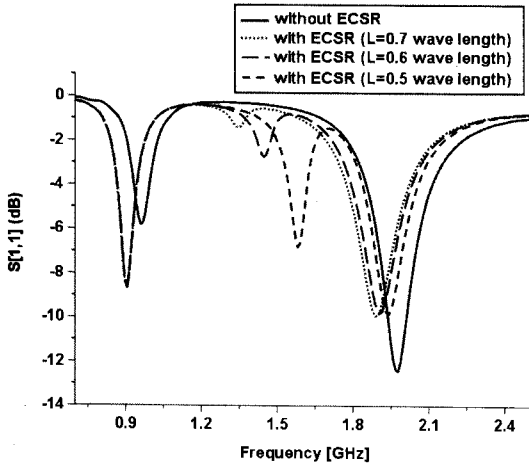


그림 2. ECSR의 슬롯 길이 L 에 따른 반사 손실(모의 실험)

Fig. 2. Return loss by variation of the slot length L of ECSR(simulation).

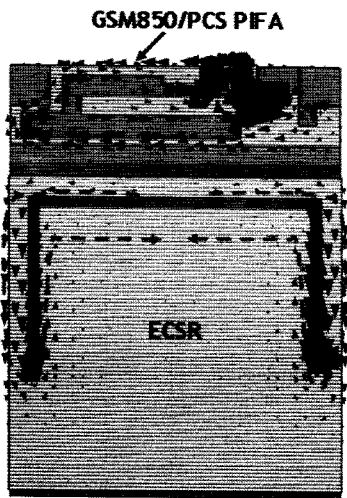


그림 3. ECSR의 표면 전류 분포(1,575 MHz)
Fig. 3. Surface current distribution on ECSR(1,575 MHz).

스미스 도표상의 궤적의 크기는 작아지고, PIFA에서 ECSR로 결합되는 에너지의 양 또한 줄어들게 된다.

III. 핸드셋에 적용된 ECSR 구조 및 측정 결과

그림 5는 실제 GSM850, US-PCS 대역에서 동작하는 바(bar) 타입의 단말기에 구현한 ECSR 구조이다. 기구적으로 배터리를 가려주는 착탈식의 플라스틱 덮개에 구리 재질의 패턴이 내장된 필름을 부착하는 방식으로 구현하였는데, 덮개를 덮었을 시 배터리

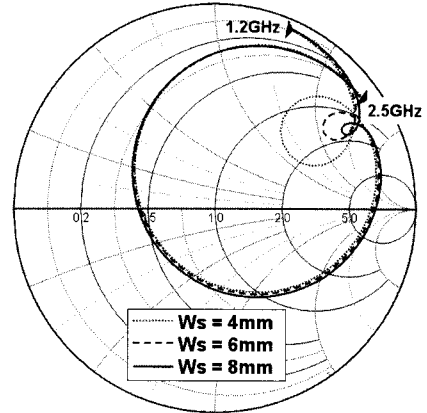


그림 4. W_s 에 의한 임피던스 특성(모의실험)

Fig. 4. Impedance characteristic by variation of W_s (simulation).

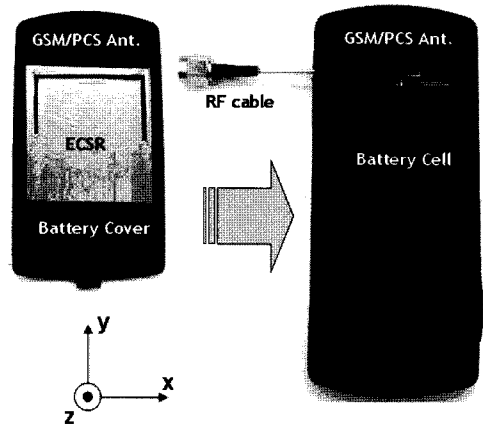


그림 5. 단말기에 적용된 ECSR 구조

Fig. 5. Implemented ECSR in real handset.

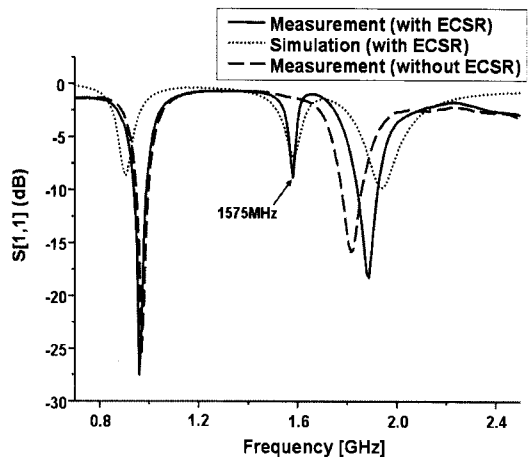
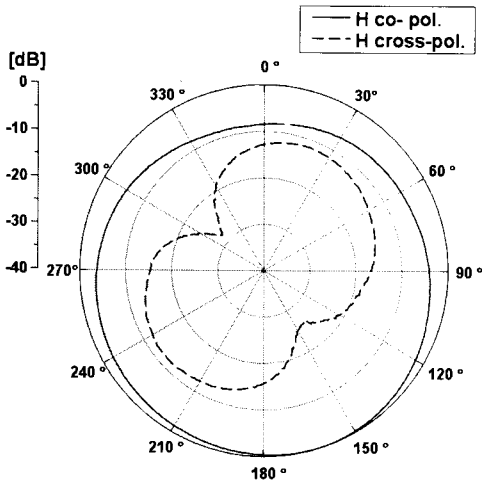
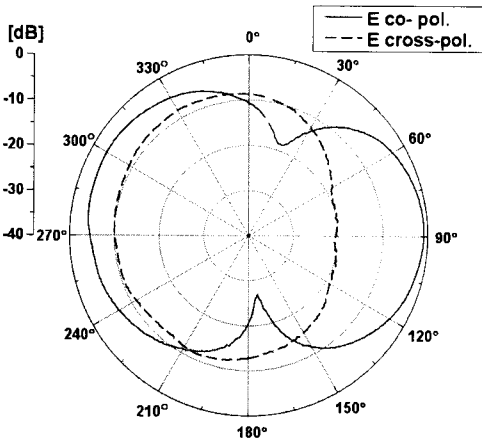


그림 6. ECSR의 반사 손실(측정 결과)

Fig. 6. Return loss of ECSR(Measured result).



(a) x-z 평면
(a) x-z plane



(b) y-z 평면
(b) y-z plane

그림 7. ECSR의 방사 패턴 측정 결과(1,575 MHz)
Fig. 7. Measured radiation patterns of ECSR(1,575 MHz).

셀에 의한 영향을 최소화하기 위해 슬롯을 안테나와 배터리 사이에 위치시켰다.

그림 6은 ECSR 유/무에 따른 반사 손실을 비교한 그래프이다. GSM/PCS 안테나에서 방사되는 전기장이 ECSR로 결합되었을 시 1,575 MHz에서 새로운 공진이 발생하였고, VSWR 3:1 이하의 임피던스 매칭상태를 보였다. 슬롯 안테나의 특성상 협대역의 공진특성을 보였으나, GPS 대역폭 10 MHz를 충분히 만족하였다.

그림 7은 GPS 공진 주파수에서 ECSR의 방사 패

표 1. 단말기용 GPS 안테나의 권고 성능과 ECSR 측정 결과 비교

Table 1. Comparison of the recommended GPS performances for handset and measured results of ECSR.

| | 권고치 | ECSR 측정 결과 |
|---------------------|-----------|------------|
| Resonance frequency | 1,575 MHz | 1,575 MHz |
| VSWR | 3:1 | 3:1 |
| Antenna efficiency | 40 % | 42 % |
| Average gain | -4 dBi | -3.8 dBi |
| Bandwidth | 10 MHz | 20 MHz |

턴을 측정 결과이다. 방사 패턴은 전자파 무반사실에서 측정하였으며, x-z, y-z 두 평면의 패턴을 동일 편파와 교차 편파로 비교하여 측정하였다. 그림 7의 x-z 평면의 방사 패턴을 보면 ECSR 하단에 위치한 PCB 접지 면에 의해 180(+z) 방향으로 치우치게 측정되었다. 소형화를 위해 'C' 구조의 슬롯을 활용하였는데, 직선 구조의 슬롯 형태보다 교차 편파의 레벨이 다소 높게 측정되었다.

표 1은 GPS 안테나 성능을 평가하기 위해 Qualcomm사의 GPS 안테나 규격과 ECSR 측정 결과를 비교한 것이다⁶⁾. 전자파 무반사실에서 측정된 ECSR의 평균 이득은 -3.8 dBi, 안테나 효율은 42 %로 권고치를 모두 만족하였다.

IV. 결 론

이동 통신 휴대 단말기는 요구되는 안테나 성능은 높는데 비해 주어진 안테나 공간은 매우 협소한 어플리케이션이다. 본 논문에서는 GSM/PCS에서 동작하는 단말기 덮개에 슬롯 구조의 GPS 안테나를 구현하여, 단말기의 공간 활용성을 높였다. 또한, GPS 방사 구조 자체를 GSM/PCS 안테나로부터 유도된 전자기장에 의해 급전되게 하여, 두 방사부가 분리된 상태에서 추가적인 급전 구조 없이 급전할 수 있었다.

ECSR 구조의 GPS 안테나 대역폭은 정재파비 3:1 기준으로 20 MHz 이상으로 GPS 대역에 만족할 수 있었다. 평균 이득은 -3.8 dBi, 안테나 효율은 40 % 이상으로 측정되었다.

참 고 문 헌

[1] Wingfield, O. P. Leisten, "Performance evaluation of small antennas for global positioning system (GPS)", *Antennas and Propagation, Twelfth International Conference*, vol. 1, pp. 39-42, Apr. 2003.

[2] Pathak, S. Thomwal, "Mobile handset system performance comparison of a linearly polarized GPS internal antenna with a circularly polarized antenna", *Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 3, pp. 666-669, Jun. 2003.

[3] "Antenna considerations for handsets and other portables", *Qualcomm GPS Antenna Consider*, p. 29, Mar. 2007.

[4] D. Kraus, *Antennas*, International Editions, McGraw-Hill, pp. 39-42, 1988.

[5] David M. Pozar, *Microwave Engineering*, Second Edition, John Wiley & Sons. Inc., pp. 334-347, 1998.

[6] Antenna Considerations for Handsets and Other Portables, *Qualcomm GPS Antenna Consider*, p. 54, Mar. 2007.

정 강 재



스텝

2002년 2월: 강남대학교 전자공학과 (공학사)
 2004년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학석사)
 2004년 3월~현재: 광운대학교 전자공학과 박사과정
 [주 관심분야] 이동통신 안테나 시스템

이 병 제



공학과 교수

1988년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1993년 12월: 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학석사)
 1997년 5월: 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학박사)
 1998년 3월~현재: 광운대학교 전자공학과 교수
 2009년 1월~현재: Editorial Board, International Journal of Antennas and Propagation, Hindawi Publishing Corporation
 [주 관심분야] 안테나 시스템 해석 및 설계, 전기자기파 해석, 다중 대역 내장형 안테나, RFID 안테나, UWB 안테나, 고출력 안테나, 위성 및 레이더 안테나