한국ITS학회논문지
제8권, 제2호 (2009년 4월)
pp. 67~74

Telematics 단말기를 위한 CPWG 급전방식 다중대역 안테나 설계 및 제작

Design of a Multi-Band Antenna with CPWG Feed Line for the Telematics Mobile Device

지 봉 수* (Bong-Soo Jee) 정 계 택** (Gye-Taek Jeong) 김 우 수*** (Woo-Soo Kim) 이 화 춘**** (Haw-Choon Lee) 곽 경 섭***** (Kyung-Sup Kwak)

요 약

본 논문에서는 텔레매틱스 단말기를 위한 CPWG (Coplanar Waveguide with Ground) 급전방식의 다중대역 안테나를 설계 및 제작하였다. 제안된 안테나는 방사패치의 사각슬롯과 개방회로 스터브(open-circuited stub) 정합을 통해 반사계수 특성을 개선하였다. 또한, CPWG 구조를 사용함으로써 기존 CPW의 단점인 급전선과 접지면의 간격 변화에 따른 임피던스 매칭변화를 보완하였으며 모의실험을 통해 이를 확인하였다. 제작된 안테나는 측정결과 VSWR<2 기준으로 1.4GHz (1.43GHz~2.83GHz, 65%)의 대역폭을 만족하고 GPS (1.564GHz~1.585GHz), PCS / DCS (1.710GHz~1.984GHz), WCDMA (2.170GHz~2300GHz), Bluetooth / Wi-Fi / WLAN (2.4GHz~2.483GHz), WiBro (2.3GHz~2.4GHz), SDMB (2.605GHz~2.655GHz)의 각 대역에서 0.8dBi, 1.34dBi, 2.41dBi, 2.53dBi, 2.6dBi, 1.51dBi의 이득을 얻었으며, H-Plane에서 전방향성(Omni-directional) 방사패턴을 나타냈다.

Abstract

In this paper, the multi-band antenna with CPWG(Coplanar Waveguide with Ground) feed for telematics mobile devices is designed and fabricated. The proposed antenna improves the return loss characteristic by using open-circuited stub matching and rectangular slot in the radiation patch. In addition, CPWG structure makes up for the drawback of the CPW which is variation of impedance matching according to the gap variation of the feed line and the ground. The fabricated antenna has 1.4 GHz (1.43 GHz~2.83GHz, 65%) band width on -10 dB (VSWR<2) and the maximum gains are 0.8 dBi, 1.34 dBi, 2.41 dBi, 2.53 dBi, 2.6 dBi and 1.51 dBi on each resonant frequency that are GPS (1.564GHz~1.585GHz), PCS / DCS (1.710GHz~1.984GHz), WCDMA (2.170GHz~2300GHz), Bluetooth / Wi-Fi / WLAN (2.4GHz~2.483GHz), WiBro (2.3GHz~2.4GHz), SDMB (2.605GHz~2.655GHz). It also has an omni-directional radiation pattern of H-Plane.

Key words: Telematics, CPWG, open-circuited stub, slot, multi-band antenna

† 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 ITRC연구센터 지원 사업의 연구결과로 수행되었음. (IITA-2009-C1090-0902-0019)
* 주저자 : 인하대학교 대학원 정보공학과 석사과정(교신저자)
** 공저자 : 인하대학교 대학원 정보공학과 박사과정
*** 공저자 : 한국산업기술평가원
**** 공저자 : 초당대학교 정보통신공학과 교수
***** 공저자 : 인하대학교 정보통신대학원 교수
† 논문접수일 : 2009년 3월 13일
† 논문심사일 : 2009년 4월 18일
† 게재확정일 : 2009년 4월 19일

Ⅰ. 서 론

최근 정보통신과 자동차 기술이 결합하여 내비게이션과 인터넷 접속 그리고 교통정보 등을 제공하는 텔레매틱스 서비스가 주목받고 있다. 텔레매틱스서비스를 통해 가정과 사무실에서 이용하는 서비스를 차량 안에서도 단절 없이 제공받을 수 있다. 차량 안에서 보내는 시간을 보다 가치 있는 시간으로 활용하고자 하는 욕구를 바탕으로 자동차와 정보통신 관련 산업이 중심이 되어 새로운 개념의 부가가치 서비스를 창출할 것으로 기대된다.

텔레매틱스 시스템에는 GPS (Global Positioning System)와 GIS (Geographic Information System), DMB (Digital Multimedia Broadcasting)를 비롯해, 차량 충돌 감지 및 각종 서비스 제공을 위한 입·출력 장치가 제공되고 있고 내비게이션과 핸즈프리 휴대전화 기능 등이 점차 통합되고 있으며 무선 기술을 이용한 외부와의 데이터 교류를 요구하고 있다 [1, 2]. 따라서 기존에 제공되는 서비스 대역과 신규 개발되는 주파수 대역을 하나의 안테나로 통합할 수 있는 다중대역 안테나 개발이 필수적이다 [3].

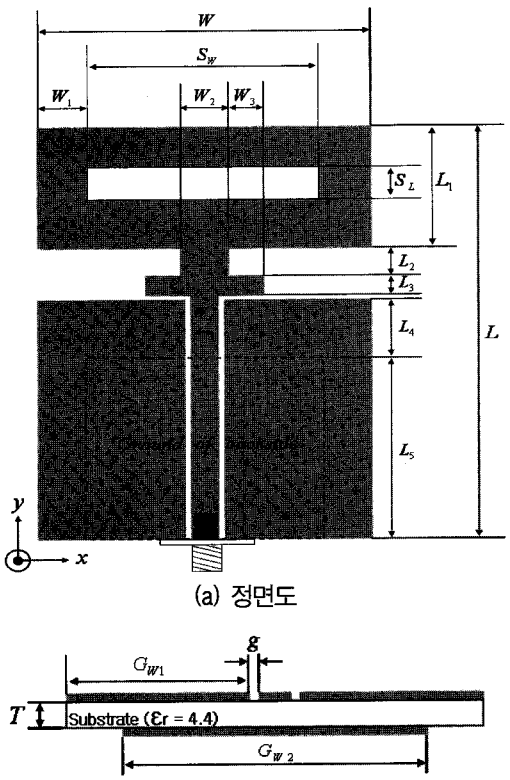
현재 단말기에 내장이 가능하고 다중대역 특성을 갖는 안테나로는 PIFA(Planar Inverted-F Antenna)[4,5], 모노폴 안테나[3,6], CPW 급전 안테나[7,8] 등이 연구되고 있다. PIFA는 크기가 작고 안테나 임피던스 특성이 우수하나, 안테나의 높이가 낮아질수록 커패시턴스의 성분이 감소해 대역폭이 좁아지는 단점이 있다 [10]. 모노폴 안테나는 시스템에 비해 크기가 작아 회로 기판과 함께 제작할 수 있는 장점이 있으나 임피던스 대역폭이 협대역이고 높은 전류밀도로 인한 입력 임피던스의 증가로 저항성 손실을 증가시켜 임피던스 정합이 비효율적이라는 단점을 갖는다 [11]. CPW 급전 안테나는 신호선과 접지면이 한 면에 존재하기 때문에 via를 구현하기 쉬워 능동 소자와의 집적이 용이하고, 상대적으로 넓은 대역폭을 얻을 수 있다는 장점을 지니지만 접지면과 급전선 사이의 변화와 오차가 임피던스 특성에 많은 영향을 주는 단점이 있다 [8,12].

CPWG 급전 안테나는 일반 CPW 급전 안테나에 비해 특성임피던스가 작고 유효유전율이 크다. 특히 아랫면에 접지면이 존재함으로써 윗면의 신호선과 접지면 사이의 간격이 변해도 임피던스의 변화가 작은 특성을 갖기 때문에 CPW 급전 안테나가 갖는 단점을 보완할 수 있다 [9,12].

본 논문에서는 텔레매틱스 시스템 서비스 대역 인 GPS (1.564GHz~1.585GHz), PCS / DCS (1.710GHz~1.984GHz), WCDMA (2.170GHz~2300GHz), Bluetooth / Wi-Fi / WLAN (2.4GHz~2.483GHz), WiBro (2.3GHz~2.4GHz), SDMB (2.605GHz~2.655GHz)의 여섯 개 대역을 만족 하는 새로운 구조의 CPWG 급전 방식 다중대역 안테나를 제안한다.

Ⅱ. 안테나 구조 및 설계

1. 안테나 구조



<그림 1> 제안된 안테나의 구조
<Fig. 1> Geometry of the proposed antenna

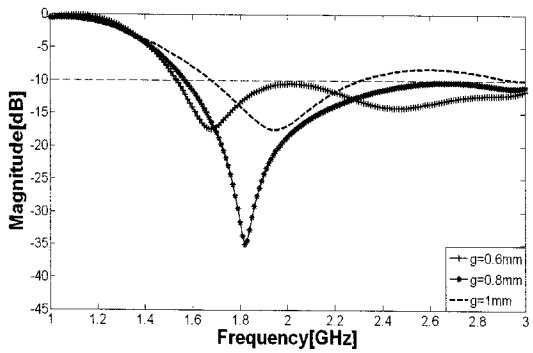
<그림 1>은 제안된 안테나의 구조를 보여준다. 안테나는 일반적인 PCB 기판으로 널리 사용되고 있는 높이 1.6mm FR4(ε_r=4.4)를 이용해 설계 및 제작하였으며 접지면을 포함한 안테나의 전체 크기는 38×54mm^{2}이다. 제안된 안테나는 <그림 1>에 나타난 바와 같이 CPWG 급전부와 직사각형 슬롯을 갖는 방사패치에 개방회로 스터브(open-circuited stub) 및 뒷면에 접지면이 추가된 구조이다.

일반적으로 스트립 라인과 방사 패치의 경계 부분에서 발생되는 커플링 현상은 임피던스 정합에 영향을 미친다. 그리고 안테나의 크기가 작아질수록 입력 리액턴스가 매우 커지기 때문에 안테나의 대역폭이 좁아진다 [13,14]. 이러한 현상을 극복하기 위해 뒷면에 접지면을 추가한 CPWG 급전과 사각슬롯 및 개방회로 스터브를 추가한 구조를 제안하였다.

2. 안테나 설계 및 분석

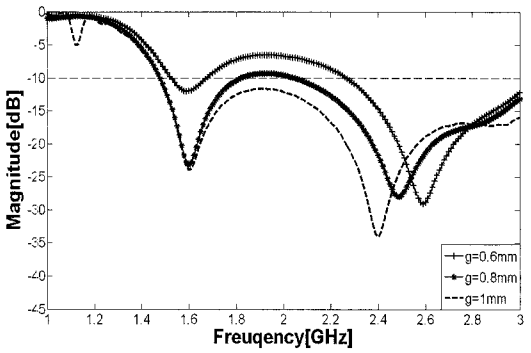
모든 모의실험을 통한 안테나 최적화 과정은 CST 社의 Micro wave studio를 이용하여 이루어졌다. 먼저 <그림 2>와 <그림 3>에서 기존 CPW의 단점으로 알려진 급전선과 접지면 간의 간격 변화에 따른 임피던스 매칭의 큰 변화가 CPWG 구조를 사용함으로써 보완되는 것을 관찰할 수 있다. <그림 2>에서 관찰된 바와 같이 CPW 급전을 사용하였을 시 상부 접지면과 급전선 사이의 간격 g의 변화에 대해 반사계수 특성 변화가 상당히 민감한 반응을 보인 반면 <그림 3>의 CPWG 급전에 대해서는 CPW 급전구조일 때 보다 안정적인 반사계수 특성변화가 나타남을 확인하였다. 이 확인 후 많은 모의실험을 통해 급전선의 폭 W_f=3mm, 상부 접지면과 급전선 간의 간격 g=0.83mm일 때 최적의 반사계수 특성이 나타남을 확인하였다.

<그림 4>는 개방회로 스터브의 길이 W_3을 변화시켰을 때의 각각의 길이에 따른 반사계수 특성을 보여준다. 모의실험을 통해 개방회로 스터브가 없을



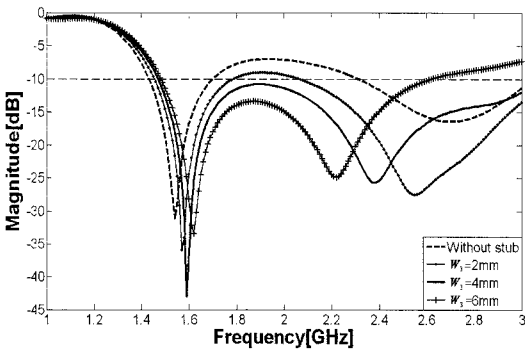
<그림 2> CPW일때 간격 g의 변화에 대한 임피던스 특성변화

<Fig. 2> Simulated impendence characteristic against frequency for CPW-feed with varying gap g



<그림 3> CPWG일 때 간격 g의 변화에 대한 임피던스 특성변화

<Fig. 3> Simulated impendence characteristic against frequency for CPWG-feed with varying gap g



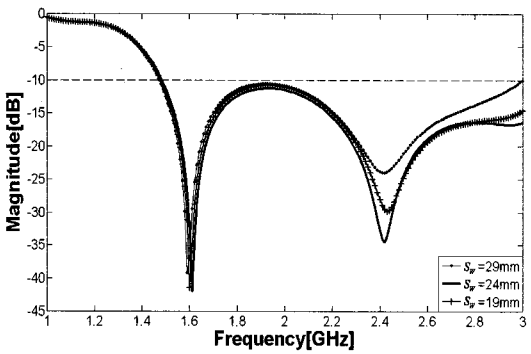
<그림 4> Stub의 길이 W_3변화에 대한 임피던스 특성 변화

<Fig. 4> Simulated impendence characteristic against frequency for proposed antenna with varying stub length W_3

때에 비해 개방회로 스터브를 추가함으로써 PCS / DCS, WCDMA, Wibro 대역의 반사계수 특성이 개선됨을 확인하였다. W_3의 길이가 증가할수록 높은 주파수 대역 공진 포인트가 낮은 주파수 대역 쪽으로 이동하면서 반사계수 특성이 개선되어 안테나의 대역폭이 개방회로 스터브가 없는 상태에서는 포함하지 못했던 PCS / DCS, WCDMA, Wibro 대역까지 확장된다. GPS, PCS / DCS, WCDMA, Wibro, WLAN / Wi-Fi / Bluetooth, SDMB 대역에서 최고의 반사계수 특성을 갖는 W_3의 길이는 4mm임을 확인할 수 있다.

<그림 5>는 사각슬롯의 가로길이 S_W를 변화시켜가며 각각의 길이에 따른 반사계수 특성변화를 보여준다. S_W의 길이가 24mm일 때 텔레매틱스 서비스에서 중요한 GPS 대역과 SDMB 대역의 반사계수 특성이 가장 좋음을 관찰할 수 있다.

이러한 최적화 과정을 통해 실제 제작된 안테나에 적용한 파라미터는 <표 1>에 나타내었다.



<그림 5> Slot의 길이 S_W변화에 대한 임피던스 특성변화

<Fig. 5> Simulated impendence characteristic against frequency for proposed antenna with varying slot length S_W

<표 1> 안테나의 최적화된 파라미터 값

<Table 1> The optimized parameter

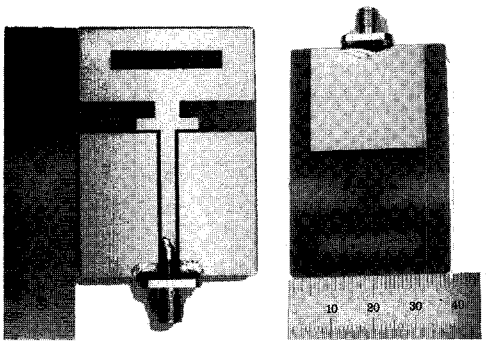
[mm]

Parameter	Values	Parameter	Values
W	38	L_3	2.5
W_1	7	L_4	7.3
W_2	5.4	L_5	24
W_3	4	G_{W1}	16.7
W_f	3	G_{W2}	28
L	54	g	0.83
L_1	15.8	T	1.6
L_2	3.7	W_f	3
S_W	24	S_L	4

Ⅲ. 안테나 제작 및 측정

모의실험을 통해 도출한 최적화된 파라미터 값을 이용하여 안테나를 제작하였으며, <그림 6>에 나타냈다.

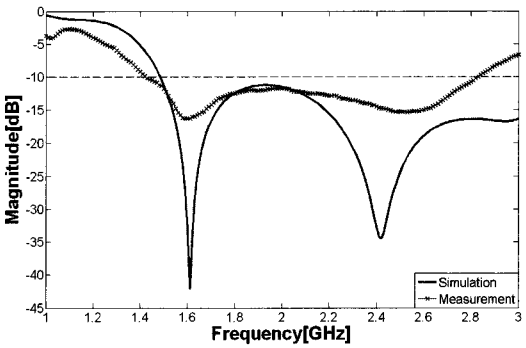
<그림 7>은 최적화 과정을 통해 모의실험 한 반사손실 특성 및 실제 제작된 안테나의 반사손실 특성을 보여준다. 모의실험을 통한 반사손실 특성과 제작된 안타나의 반사손실 특성은 비교적 비슷한 결과를 얻었으며 제작된 안테나의 반사손실 특성 측정치



(a) 앞면 (b) 뒷면

<그림 6> 제작된 안테나

<Fig. 6> Fabricated antenna



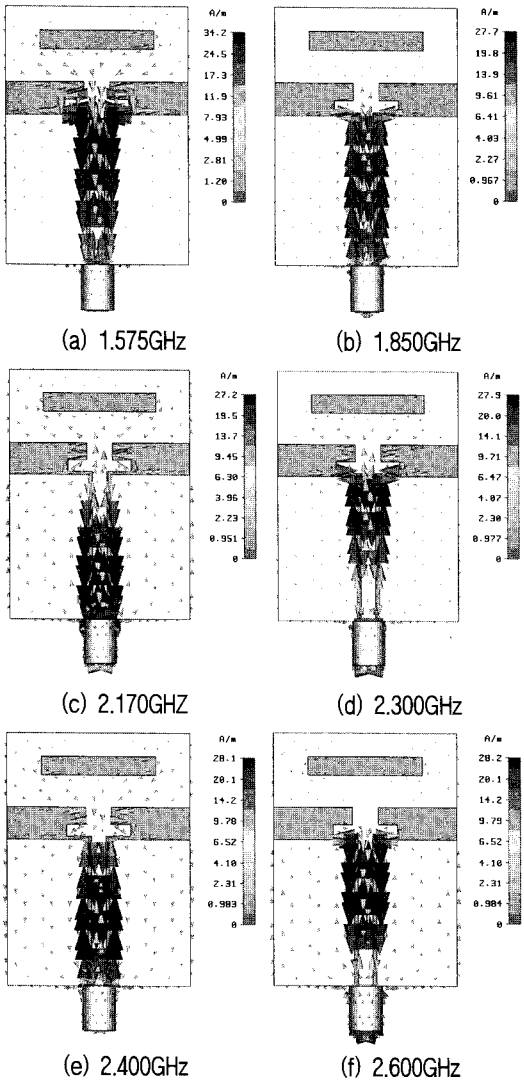
<그림 7> 모의실험 및 측정된 반사계수

<Fig. 7> Measured and simulated return loss

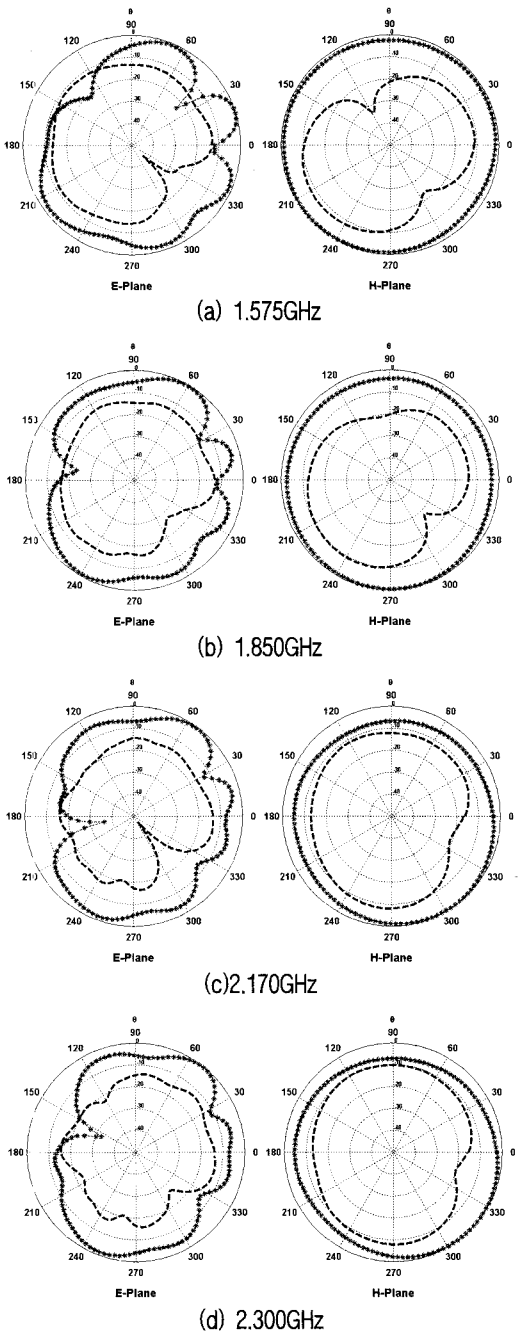
는 VSWR < 2 기준으로 1.4GHz (1.43GHz~2.83GHz, 65%)의 대역폭을 얻어 GPS, PCS / DCS, WCDMA, Wibro, WLAN / Wi-Fi / Bluetooth, SDMB의 대역을 모두 만족하였다.

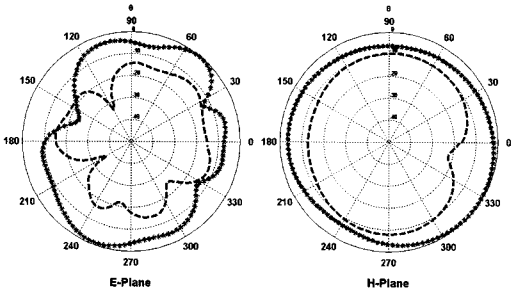
<그림 8>은 모의실험을 통한 제안된 안테나의 전류분포이다. 각 대역의 파장에 따라 다른 전류분포가 나타남을 확인할 수 있다. 특히, PCS / DCS, WCDMA, Wibro 대역에서는 개방회로 스터브가 존재하는 곳에서 전류의 역상이 나타난다. 이는 개방회로 스터브가 PCS / DCS, WCDMA, Wibro 대역에서는 기생패치 역할을 함으로써 안테나 특성을 향상시키는 것으로 판단된다.

<그림 9>의 (a)~(f)는 측정된 안테나의 방사패턴이다. 전자파 무반사실에서 측정한 결과 모든 대역

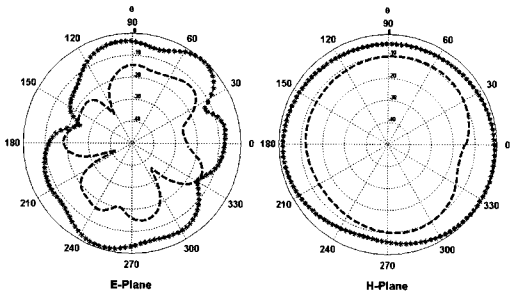


<그림 8> 안테나의 각 주파수별 표면전류분포
<Fig. 8> Surface-current distribution





(e) 2.400GHz

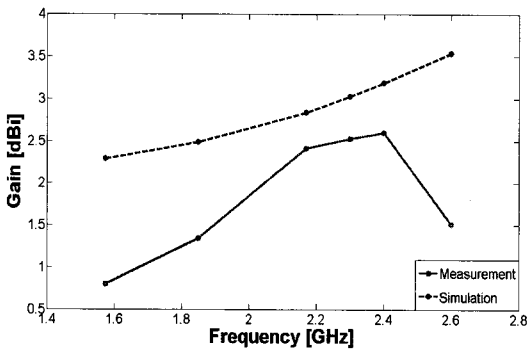


(f) 2.600GHz

<그림 9> 안테나의 방사패턴
(*** co-pol, — cross-pol)
<Fig. 9> Measured radiation patterns

의 H-Plane에서 전방향성 특성을 보였다.

<그림 10>은 제작된 안테나의 측정이득을 나타낸다. 제작된 안테나의 이득은 GPS, PCS / DCS, WCDMA, Wibro, WLAN / Wi-Fi / Bluetooth, SDMB 대역에서 각각 0.8dBi, 1.34dBi, 2.41dBi, 2.53dBi, 2.6dBi, 1.51dBi로 측정되었다.



<그림 10> 측정된 이득
<Fig. 10> Measured gain

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 GPS, PCS / DCS, WCDMA, Wibro, WLAN / Wi-Fi / Bluetooth, SDMB 대역에서 동작 가능한 CPWG 급전을 갖는 텔레매틱스 단말기용 다중대역 패치 안테나를 제작하였다. 제안된 안테나는 광대역 특성을 얻고 안테나 특성 안정도를 높이기 위하여 CPWG급전을 사용하였으며, 특히 텔레매틱스 중요 서비스 대역인 GPS와 SDMB 대역에서 좋은 성능을 얻기 위해 안테나의 방사패치에 최적화된 사각 슬롯을 삽입하였다. 또한, 방사패치와 접지면 사이에 개방회로 스터브(open-circuited stub) 정합을 사용하여 전기적으로 작은 구조가 갖는 협대역의 손실을 없애며 PCS / DCS, WCDMA, Wibro 대역의 성능을 개선하였다. 모의실험을 통한 최적화된 파라미터로 제작된 안테나는 측정결과 VSWR < 2를 기준으로 1.4GHz (1.43GHz~2.83GHz, 65%)의 대역폭 및 0.8dBi~2.6dBi의 이득, 그리고 H-Plane에서 전방향성 방사패턴을 얻었다. 이 결과를 미루어 본 논문에서 제안한 안테나는 향 후 텔레매틱스 단말기에 적용 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] W. Y. Han, O. C. Kwon, J. H. Park, and J. H. Kang, "A gateway and framework for interoperable telematics systems independent on mobile networks," *ETRI Journal*, vol. 27, no. 1, pp. 106-109, Feb. 2005.

[2] C. S. Kim, J. I. Kim, W. Y. Han, and O. C. Kwon, "Development of open telematics service based on gateway and framework," *Proc. Int. Conf. Advanced Comm. Technol.*, vol. 2, pp. 1349-1352, Feb. 2006.

[3] H. M. Chen, "Microstrip-fed dual-frequency printed triangular monopole," *IEE Electron. Lett.*, vol. 38, pp. 619-620, 2002.

[4] F. R. Hsiao, H. T. Chen, T. W. Chiou, G. Y. Lee, and K. L. Wong, "A dual-band planar inverted-F

patch antenna with a branch-line slot," *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 32, no. 4, pp. 310-312, Feb. 2002.

[5] Y. W. Chi and K. L. Wong, "Internal compact dual-band printed loop antenna for mobile phone application," *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. 55, no. 5, pp. 1457-1462, May 2007.

[6] K. L. Wong, G. Y. Lee, and T. W. Chiou, "A low-profile planar monopole antenna for multiband operation of mobile handsets," *IEEE Trans. Antennas and Propagation,* vol. 51, no. 1, pp. 121-125, Jan 2003.

[7] 최순신, 김준일, 지용, "CPW 급전 광대역 사각 슬롯 안테나 설계," *대한전자공학회 논문지*, 제 42권, TC편 제11호, pp. 107-116, 2005. 11.

[8] A. U. Bhobe, C. L. Holloway, M. Piket-May, and R. Hall, "Wide-band slot antennas with CPW feed lines: hybrid and log-periodic designs," *IEEE Trans. Antennas Propagation,* vol. 52, no. 10, pp. 2545-2554, Oct. 2004.

[9] W. Menzel and W. Grabherr, "A microstrip patch antenna with coplanar feed line," *IEEE Microwave and Guided Wave Lett.,* vol. 1, no. 11, pp. 340-342, Nov. 1991.

10] 이재향, 김남, 박주덕, "PCS 및 IMT-2000용 광대역 PIFA 설계," *한국전자파학회 논문지*, 제15권, 제3호, pp. 242-250, 2004. 3.

[11] 김남기, 고진현, 하재권, 이승엽, "광대역 기판 인쇄형 톱날구조를 갖는 모노폴 안테나 설계," *한국전자파학회 논문지*, 제15권, 제10호, pp. 915-921, 2004. 10.

[12] R. N. Simons, *Coplanar Waveguide Circuits, Components, and Systems*, John Wiley & Sons, 2001.

[13] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, Wiley, pp. 82-83, 1998.

[14] 이동현, 박세현, 김영일, 박위상, "단말기 T-DMB용 안테나로 사용될 수 있는 Open Stub를 가지는 소형 Two-Wire Helical 안테나," *한국전자파학회 논문지*, 제18권, 제2호, pp. 151-157, 2007. 2.

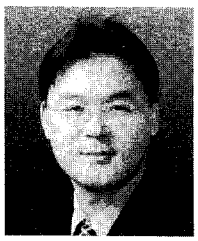
저자소개

지 봉 수 (Jee, Bong-Soo)

2007년 8월 : 초당대학교 정보통신공학과 학사졸업
2007년 9월 ~ 현재 : 인하대학교 대학원 정보공학과 석사과정
관심분야 : 안테나 설계, RF 시스템, Telematics 시스템

정 계 택 (Jeong, Gye-Taek)

2003년 2월 : 인하대학교 전자공학과 학사졸업
2005년 2월 : 인하대학교 대학원 정보통신공학과 석사졸업
2005년 2월 ~ 현재 : 정보통신 공학과 박사과정
관심분야 : 안테나 설계, RF 시스템, 이동통신



김 우 수 (Kim, Woo-Soo)

1996년 2월 : 인하대학교 전자공학과 학사졸업
1998년 2월 : 인하대학교 대학원 전자공학과 석사졸업
2001년 ~ 현재 : 한국산업기술평가원
관심분야 : 안테나 및 초고주파 회로설계

이 화 춘 (Lee, Hwa-Choon)

1985년 2월 : 인하대학교 전자공학과 학사졸업
1987년 2월 : 인하대학교 대학원 전자공학과 석사졸업
1995년 2월 : 인하대학교 전자공학과 박사졸업
1995년 2월 ~ 현재 : 초당대학교 정보통신공학과 조교수
관심분야 : 안테나 및 전파전파, 전자장 이론, 이동통신

곽 경 섭 (Kwak, Kyung-Sup)

1977년 2월 : 인하대학교 전기공학과 학사졸업
1981년 12월 : 미국 USC 전기공학과 석사졸업
1988년 2월 : 미국 UCSD 통신이론 및 시스템 박사
1988년 2월 ~ 1989년 2월 : 미국 Hughes Network System 연구원
1989년 2월 ~ 1990년 3월 : 미국 IBM Network Analysis Center 연구원
2000년 3월 ~ 2002년 2월 : 인하대학교 정보통신대학원 원장
2005년 1월 ~ 2005년 12월 : 한국통신학회 회장
2000년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 정보통신대학원 교수
2003년 8월 ~ 현재 : 인하대학교 초광대역 무선통신 연구센터(UWB-ITRC) 센터장
관심분야 : 위성 및 이동통신, UWB, 무선네트워크