

http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.3.133

JIWIT 2012-3-17

# HFSS 기반 소형 패치안테나 설계

## HFSS Based Small Patch Antenna Design

김지웅\*, 오주현\*, 안병구\*\*

JiWoong Kim, JooHeon Oh, Beongku An

**요약** 현재 우리는 보이지 않지만 다양한 주파수대의 전파가 세상을 주도하는 시대에 살고 있다. 무선 모바일 통신의 시대로 빠르게 변화하고 있는 지금 안테나(특히, 소형 패치 안테나)의 중요성은 높아져 가고 있다. 본 논문에서는 핸드폰 같은 기기를 통해 DMB, GPS 기능을 가능하게 하는 소형 패치안테나를 제작한다. 설계 제작된 패치안테나의 주요한 특징 및 기여도는 다음과 같다. 첫째, 패치안테나는 HFSS를 이용하여 설계하고 세라믹 소재로 안테나를 제작하였다. 둘째, 네트워크 분석기와 챔버를 이용해 제작된 안테나의 성능테스트 단계를 거쳐 안테나를 소형화하고 수신 이득을 높여 더 많은 소형기기에 적용시킬 수 있도록 하였다.

**Abstract** Currently, we are living in the world of invisible radio waves with a variety of frequencies. As today's society is rapidly changing to an era of wireless communication, the importances of antenna(especially, small patch antenna) are increasing according to the coming of wireless mobile communication society. In this paper, we design a small patch antenna which can support the functions of DMB and GPS through devices like cellular phone. The main feature and contribution of the designed patch antenna are as follows. First, the patch antenna is designed by HFSS and the ceramic materials for the patch antenna is utilized. Second, we obtain the patch antenna with reduced size and increased profit of reception, and the designed patch antenna can be applied for small devices.

**Key Words** : Patch antenna, HFSS, Ceramic materials, Anechoic Chamber

### 1. 서론

안테나는<sup>[1-10]</sup> 공중으로 쏘아진 특정한 목표 없이 흐르고 있는 전파들을 이끌어 오는 것이다. 안테나는 공진을 이용하여 전파들을 끌어올 수 있는데 공진이란 쉽게 말해 그네를 밀 때 그네가 움직이는 방향으로 힘을 가하면 아주 적은 힘으로 크게 흔들리는 것처럼 공중에 있는 전파의 대역대에 맞춰 전파를 내보내 공진을 일으켜 전파를 끌어오는 원리이다. 최근 휴대기기에 있어 가장 중요시 되고 있는 것은 소형화되고 슬림한 디자인이 소

비자들의 구매기준에 큰 비중을 두고 있어 이런 변화로 인해 안테나는 소형화, 경량화, 저 전력화 등 발 빠른 대응을 위해 기술개발과 경쟁도 치열해지고 있다. 세계 안테나 시장은 2005년부터 꾸준히 상승하여 2010년에는 37억 2천만 불에 이르고 있다.

이러한 동향에 따라 휴대성에 강점을 보여 각광받고 있는 패치안테나<sup>[3, 5-10]</sup>는 네비게이션이나 DMB 등을 가능하게 해주는 안테나이다. 패치안테나는 마이크로스트립 선로가 윗면에 개방면을 통해 고주파를 방사하는 원리를 이용한 소형 평면 안테나이다. 마이크로스트립은

\*준회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

\*\*중신회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

접수일자 2012년 5월17일, 수정완료 2012년 5월 30일,

게재확정일자 2012년 6월 8일.

Received: 17 May, 2012, Revised: 30 May, 2012,

Accepted: 8 June, 2012

\*\*Corresponding Author: beongku@hongik.ac.kr

Dept. of Computer and Information Communications Engineering, Hongik University, Korea

유전체 판의 한 면은 접지판으로 하고 다른 면은 스트립 선로나 슬롯 선로로 회로를 구성하는 것으로 인쇄회로로 제작하기 때문에 제작이 쉽고, 대량생산에 용이하고 가볍고 같은 기판 위에 다른 마이크로 집적 회로 (IC) 소자들과 쉽게 결합할 수 있어 휴대폰과 같은 밀리미터 대역의 소형기에 많이 사용되고 있다. 단점으로는 대역폭이 좁아 효율이 낮다. 기판의 두께를 증가시키면 되지만 그로인해 표면파의 발생으로 안테나의 효율이 저하된다. 표면파의 발생으로 인한 안테나의 성능 저하는 기판의 유전상수<sup>[4]</sup>가 높고 두께가 두꺼울수록 심해지므로 효과적으로 전파를 억제시키는 방법의 개발은 패치 안테나의 단점을 보완해주는 중요한 부분이다.

본 연구에서는 패치안테나(마이크로스트립 안테나)를 연구하여 특성을 이해하고 현 추세에 맞춰 안테나를 소형화시켜 더 많은 스마트기기에 접목시킬 수 있도록 하는데 본 논문의 목적이 있다. 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 네모 형 패치안테나의 표준모델을 제작해보고, III장에서는 소형 패치 안테나를 설계 제작한다. 마지막 IV장에서는 설계 제작된 패치 안테나의 성능 테스트 및 결론을 맺도록 한다.

### III. 표준 패치안테나 설계

표준 패치안테나는 Ansoft사의 HFSS<sup>[1]</sup>를 사용하여 설계하였다<sup>[5-10]</sup>. 본 논문에서는 네모 형 패치 안테나를 설계하였으며, 설계는 다음과 같은 과정을 통하여 이루어졌다.

- 안테나에 대한 이해를 더욱 빠르게 습득하기 위해 기존에 나와 있는 최적의 성능을 내는 가로세로 25mm, 두께 4mm의 규격을 사용하여 설계 하였다.

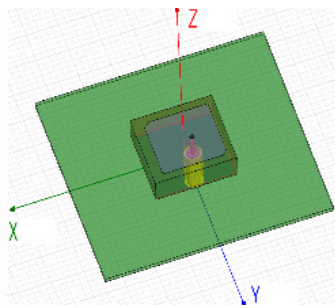


그림 1. 크기 25x25mm 두께 4mm 패치안테나  
Fig. 1. Patch antenna: size 25x25 mm, thickness 4mm

- 그라운드 플레인의 사이즈는 많이 사용하는 70x70 mm로 동일하게 설정하였고 안테나의 유전체는 세라믹, 유전율은 20.5값으로 설정하였다. 주파수는 GPS 대역폭인 1575.42MHz, 임피던스는 50옴으로 설정하였다. 실제 환경과 동일하도록 공기압은 안테나를 중심으로 반경 300mm로 설정하였다.
- 안테나의 테스트를 위해 분석(analysis)의 Fast Sweep으로 측정값을 알아보았다. Fast Sweep은 주파수 특성자체가 함수로 만들어지기 때문에 주파수를 대입하여 빠르게 결과 값을 측정할 수 있는 방법이다. GPS 공진 값을 확인하기 위해 1GHz~2GHz로 설정하고 Fast타입으로 시뮬레이션 해보았다.
- 우선 안테나의 임피던스 매칭이 잘되었는지 알아볼 수 있는 Smith Chart를 이용하여 GPS 대역인 1.575와 근사 값인 1.577로 임피던스 매칭이 된 걸 확인하였다.

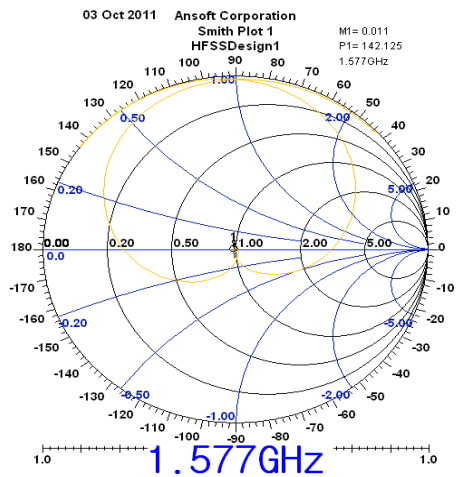


그림 2. 25x25mm 안테나 Smith Chart  
Fig. 2. Smith Chart of 25x25 mm antenna

- 다음으로 위성과의 전파효율을 확인하기 위해 3D Polar Plot결과 값을 확인하였다. 3D Polar Plot는 Z축이 위성방향을 나타내고 X, Y축은 측면을 나타내는 안테나의 방사성능을 볼 그래프이다. 그림3은 25x25mm, 세라믹 안테나의 방사성능이다<sup>[3]</sup>. 위성방향을 나타내는 Z축이 고효율 일수록 붉은 값을 나타내는데 그림과 같이 안테나로써의 성능을 충분히 발휘할 수 있는 결과가 나왔다.

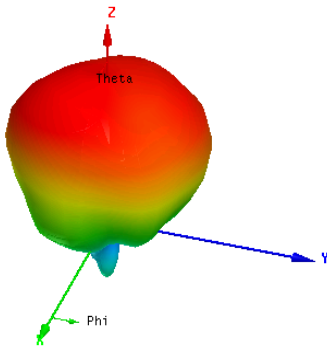


그림 3. 25x25mm 3D Polar Polt  
Fig. 3. 25x25 mm 3D Polar Polt

- 패치안테나는 지향성 안테나로 단방향으로만 강한 전파를 방사하거나 받을 수 있는 특성을 입증해주는 시뮬레이션 결과를 확인 할 수 있었다. HFSS 프로그램으로 Smith Chart로 임피던스 정합을 확인하고 Return Loss 반사손실을 측정 한 후에 마지막으로 3D Polar Polt 으로 설계한 안테나의 방사 성능까지 측정해 보았다.
- 설계한 안테나를 시뮬레이션상의 값으로 직접 구현해 보기 위해 안테나 제작 업체의 도움을 받아 직접 구현해 보았다. 가로 세로 25x25mm 두께 4mm의 세라믹 유전체와 그라운드 플레인인 가장 좋은 효율을 낼 수 있는 가로 세로 70x70mm 두께 0.7mm로 제작하였다.
- 안테나와 그라운드 플레인을 납땜을 통해 커넥터를 연결하여 네트워크 아날라이저(analyzer)로 Smith Chart와 같은 임피던스 정합을 하였다. 안테나의 방사 패턴이 고효율의 효과를 낼 수 있도록 50옴에 가까도록 조정하고 원형편파를 구현하기 위해 모서리의 일정한 부분을 절단하여 구현하였다.



그림 4. 25x25mm 4T 안테나 구현  
Fig. 4. 25x25mm 4T antenna implementation

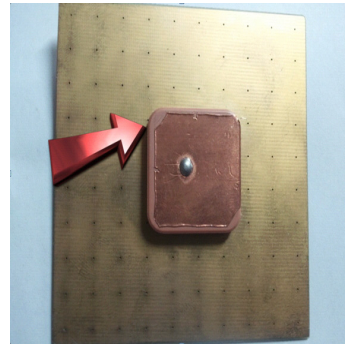


그림 5. Network Analyzer로 방사패턴 조절  
Fig. 5. Adjustment of radiation pattern by network analyzer

- 안테나의 패턴조정을 마친 후 안테나는 마지막으로 Anechoic Chamber에서 최종 테스트를 거쳐야 하는데 Chamber란 전자파 측정을 위해 외부 전자파를 완전히 차단하고, 내부에서 발생한 전자파 역시 내벽의 흡수체를 통해 흡수함으로써 측정체를 완전한 자유 공간에 위치한 것처럼 할 수 있는 구조물을 말한다.
- Anechoic Chamber는 위성과 안테나간의 방사효율을 측정할 수 있는데 그림 6과 같이 구현한 세라믹 안테나를 화살표 부분에 고정시키고 성능테스트를 진행하였다. 20-30 분 동안의 성능테스트가 끝나면 Anechoic Chamber 전용컴퓨터에 같은 결과 값이 출력되는데 HFSS 시뮬레이션<sup>[1]</sup>에서 볼 수 있었던 3D Polar Polt 결과 값과 흡사하게 나온 걸 확인 할 수 있다.

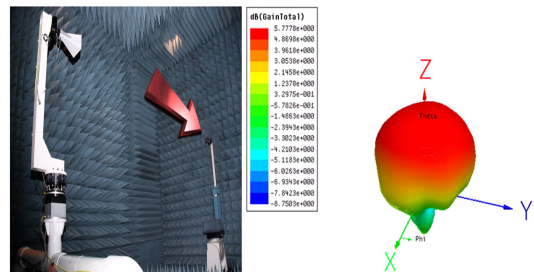


그림 6. Anechoic Chamber 성능테스트 및 Chamber의 3D Polar Polt

Fig. 6. Performance evaluation by Anechoic Chamber and 3D Polar Polt of Chamber

### III. 소형 패치안테나 설계 및 제작

본 장에서는 소형 패치안테나의 설계 및 제작에 대해서 설명한다.<sup>[5-10]</sup> 가로 세로 15x15mm 사이즈와 두께 4mm를 가지며, 그라운드 플레인인 안테나의 최적의 방사성능을 내는 70x70mm으로 기존과 동일하게 설계하였다. 기존 25x25mm 사이즈의 안테나와 비교해 그라운드 플레인 안에 안테나가 작아진 것을 그림 7에서 확인 할 수 있다.

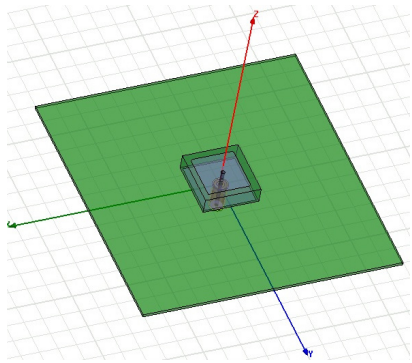


그림 7. 크기 15x15mm, 두께 4mm 패치안테나  
Fig. 7. Patch antenna: size 15x15mm, thickness 4mm

주파수는 GPS대역폭인 1575.42MHz, 임피던스는 50옴으로 설정하였다. 실제 환경과 동일하도록 공기압은 안테나를 중심으로 반경 300mm로 설정하였다. 설정항목에 유전율을 기존 20.5로 설정하고 스미트 차트(Smith Chart)로 결과 값을 확인하니 그림 8과 같이 기존의 25x25mm 안테나의 결과 값 1.577GHz과 다르게 임피던스 매칭이 되지 않았다. 안테나의 크기가 작아질수록 유전율의 커져야한다는 안테나이론을 확인하는 계기가 됐으며 위성 1.575주파수 대역에 매칭 시키기 위해 유전율을 0.5씩 늘려 시뮬레이션을 진행하였다.

유전율을 0.5씩 늘리며 시뮬레이션을 진행한 결과 그림 9와 같이 유전율을 60으로 설정하였을 때 위성 1.575주파수대역에 가까운 1.571에 공진이 이루어진다는 그림 9와 같은 결과를 얻었다.

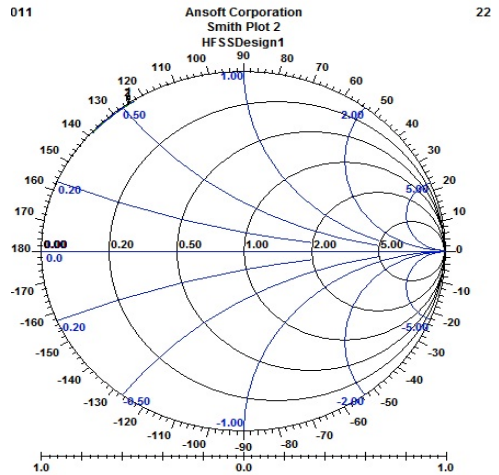


그림 8. 크기 15x15mm, 유전율 20.5  
Fig. 8. Size 15x15mm, Permittivity 20.5

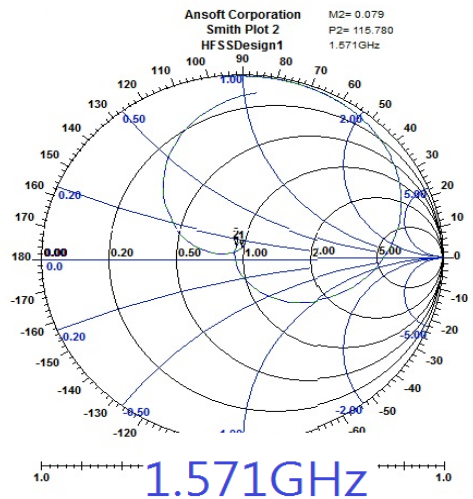


그림 9. 크기 15x15mm, 유전율 60  
Fig. 9. Size 15x15mm, Permittivity 60

다음으로 3D Polar Plot으로 안테나의 방사성능을 측정해보았다. 25x25mm 크기의 패치안테나와 마찬가지로 단방향성 안테나로 제작하였기 때문에 위성측에 방사성능이 집중되어있는 것을 확인하였다.

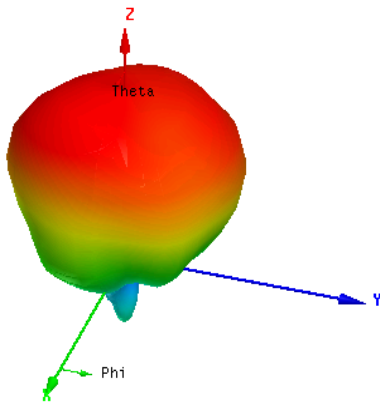


그림 10. 크기 25x25mm 두께 4mm의 패치안테나  
 Fig. 10. Patch antenna: size 25x25mm, thickness 4mm

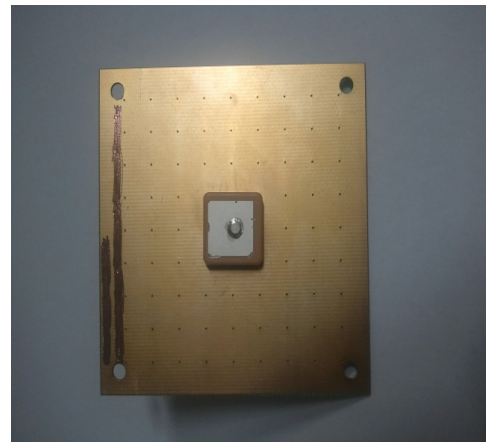


그림 12. 크기 15x15mm, 두께 4mm 소형안테나  
 Fig. 12. Small patch antenna: size, 15x15mm, thickness 4mm

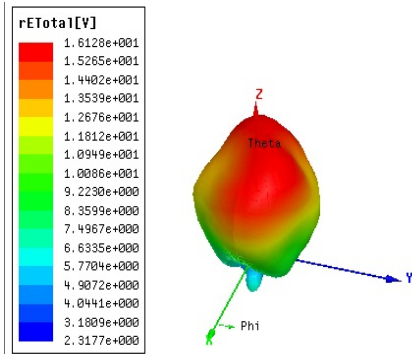


그림 11. 크기 15x15mm 두께 4mm의 소형안테나  
 Fig. 11. Small patch antenna: size 15x15mm, thickness 4mm

안테나의 3D Polt의 결과 값까지 확인한 후 구현한 안테나의 제작 및 테스트를 위해 제작업체의 도움을 받아 제작을 진행하였다. 크기 15x15mm, 두께 4mm의 세라믹 소재의 유전체를 70x70mm 그라운드 플레인에 커넥터와 함께 납땜하여 제작하였으며 기존 25x25mm의 탑면에 구리재질로 진행 하였던 것과 다르게 실제 안테나가 샘플로 만들어질 때와 같은 은(Ag)으로 제작하였다(그림 12).

하지만 안테나의 크기가 작아진 탓에 25x25mm 크기의 안테나보다는 방사성능이 떨어진 것을 확인할 수 있었다. 안테나의 제작을 마친 후 Network Analyze로 안테나의 임피던스 정합을 매칭 시키기 위해 방사패턴을 조절 하였다.안테나의 성능테스트의 마지막 단계인 챔버 측정을 통해 구현된 안테나가 얼마만큼의 효율을 내는지 확인 해보았다. 그림 13는 소형 안테나의 뒷면을 보여주고 있다.

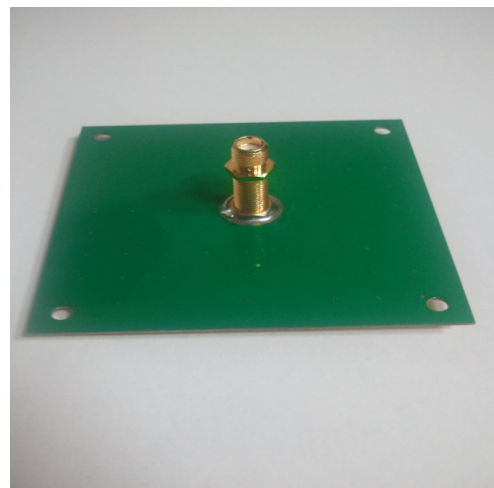


그림 13. 소형안테나의 뒷면  
 Fig. 13. Back side of small antenna

#### IV. 성능 테스트 및 결론

세라믹안테나는 원형편파를 사용하는데 원형편파란 E-필드의 극성방향이 90도의 위상 지연차를 통해 진행 방향을 중심으로 원형의 모양으로 진행되는 안테나의 편파형태로 각도에 따르는 편파손실을 줄일 수 있으며 멀티패스 등의 다중반사간섭과 장애물 잡음 등에 강한 특성을 가지고 있다.

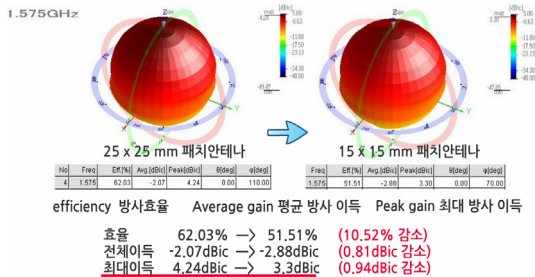


그림 14. 성능평가  
Fig. 14. Performance evaluation

본 장에서는 본 연구에서 제작한 안테나의 성능을 평가한다<sup>[5-10]</sup>. 본 연구에서 제작한 가로 세로 25mm x 25mm의 안테나와 15mm x 15mm의 안테나의 Chamber 값을 비교하여 보았다(그림 14). Chamber 결과 값은 RHCP 값과 LHCP 값이 있는데 GPS를 이용하는 패치 안테나이기 때문에 GPS 대역대 1.575GHz의 RHCP 값을 확인하여 보았다. 안테나의 방사효율은 통상 40% 이상이면 위성과 원활히 통신을 할 수 있다는 것으로 판단되는데 안테나가 25mm x 25mm에서 15mm x 15mm로 소형화 되면서 방사효율이 62.03%에서 51.51%로 10.52% 감소한 것을 확인할 수 있었다. 또한 안테나의 360도 모든 방향의 이득 값인 Average gain 값도 -2.07 dBic에서 -2.88 dBic로 0.81 dBic 감소하였다. 안테나의 측정값에 있어서 가장 중요하다고 할 수 있는 안테나가 낼 수 있는 최대 이득 값인 Peak Gain 값은 4.24dBic에서 3.3dBic로 0.94dBic 감소하였다.

25mm x 25mm의 Peak Gain 값인 최대이득 값은 세라믹 패치안테나는 원형 편파중에서 우원 형편파를 사용하기 때문에 챔버에서 안테나 측정을 이용해 이득값, 빔폭, 축비등을 측정할 수 있다. GPS(1575.42MHz)에서 공진되는 세라믹 패치 안테나의 입력임피던스와 반사손실 값을 확인한다. 4.24dBic 수치로 네비게이션처럼 위성과 실시

간으로 통신할 수 있는 결과 값이다. 현재 네비게이션에 가장 많이 쓰이는 모델로서 안정적인 결과값이 나온 것을 확인할 수 있었다. 15mm x 15mm의 안테나는 3.3 dBic의 결과 값으로 25mm 안테나 보다는 0.94 dBic 작은 값이 나왔지만 원활 하게 위성과 통신할 수 있는 결과 값이 나왔다.

#### V. 결론

본 논문에서 설계 제작한 소형 패치 안테나를 통하여 안테나가 고효율이 되려면 사이즈에 적합한 유전율을 찾아내는 것이 핵심이라는 사실을 확인할 수 있었고, 본 논문에서 제작한 15mm x 15mm 사이즈의 안테나도 위성과 충분히 통신할 수 있다는 것을 확인하였다. 안테나를 좀 더 소형화시켜 다양한 분야에 활용할 수 있을 것으로 확신한다. 다양한 분야로의 효과적인 응용 적용을 위하여 현재 연구진들은 패치 안테나의 소형화 및 성능향상에 지속적인 연구를 하고 있다.

#### 참고 문헌

- [1] <http://HFSS.ANSOFT.CO.KR>: HFSS Theory.
- [2] <http://RFDH.COM>: Antenna Theory.
- [3] <http://blog.naver.com>: Ceramic Patch Antenna.
- [4] <http://academic.naver.com>: Ceramic dielectric.
- [5] Jayanthi, T.; Sugadev, M.; Ismael, J.M.; Jegan, G., "Design and simulation of Microstrip M-patch antenna with double layer," Proc. of MICROWAVE 2008, pp.230-232, November 2008.
- [6] Paulides, M.M.; Bakker, J.F.; Chavannes, N.; Van Rhoon, G.C., "A Patch Antenna Design for Application in a Phased-Array Head and Neck Hyperthermia Applicator," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol.54, issue:11, pp 2057-2063, 2007.
- [7] Sathamsakul, S.; Anantrasirichai, N.; Benjangka prasert, C.; Wakabayashi, T., "Rectangular patch antenna with inset feed and modified ground-plane for wideband antenna," Proc. of SICE 2008, pp. 3400 - 3403, August 2008.

- [8] Wei Xu; Hai-Ying Yao; Qun Wu; Le-Wei Li, "A method of small size and broadband patch antenna using double negative material (DNM)," Proc. of APRASC 2004, pp.58-61, August 2004.
- [9] Islam, M.T.; Shakib, M.N.; Misran, N., "Design of meandering probe fed microstrip patch antenna for wireless communication system," Proc. of ICCIT 2009, pp.537-540, December 2009.
- [10] Greetis, L.; Ouedraogo, R.; Greetis, B.; Rothwell, E.J., "A Self-Structuring Patch Antenna: Simulation and Prototype," IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol.52, issue 1, pp.114-123, 2010.

※ 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0025907).

### 저자 소개

#### 김 지 용(준회원)

- 2012: 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과(학사)
- <주관심분야: 스마트안테나, 패치안테나, HFSS, 모바일 무선 네트워크, 이동통신>

#### 오 주 현(준회원)

- 2012: 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과(학사)
- <주관심분야: 스마트안테나, 패치안테나, HFSS, 모바일 무선 네트워크, 이동통신, 센서네트워크>

#### 안 병 구(중신회원)



- 1988: 경북대학교 전자공학과 (BS)
- 1996:(미)Polytechnic Univ., Dept. of Electrical and Computer Eng., Brooklyn, New York, USA. (MS)
- 2002:(미)New Jersey Institute of Technology(NJIT), Dept. of Electrical and Computer Eng., New Jersey, USA.(Ph.D)
- 1989-1994: Senior Researcher, RIST, Republic of Korea
- 1997-2002: Lecturer & RA, New Jersey Institute of Technology (NJIT), USA.
- 2003-present: Professor, Hongik University, Republic of Korea.
- 2005-2011: Marquis Who's Who in Science and Engineering was listed.
- 2006-2011: Marquis Who's Who in the World was listed.
- 2012-현재: 대한전자공학회 컴퓨터소사이어티 회장
- <주관심분야: Wireless Networks, Ad-hoc & Sensor Networks, Multicast Routing, QoS Routing, Cross-Layer Technology, Cooperative Communication, Network Coding, VLC, Android, Patch Antenna, Bioinformatics>