

## 셀룰러 및 커넥티비티 대역 통합용 동시동작모드 주파수 재구성 안테나

박세현<sup>1</sup>, 양찬우<sup>2</sup>, 정창원<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>DMC 연구소, 삼성전자, <sup>2</sup>NID 융합기술 대학원, 서울산업대학교

### Frequency Reconfigurable Antenna for Multi Mode & Multi Band (MMMB) Communication Systems

Sehyun Park<sup>1</sup>, Chanwoo Yang<sup>2</sup> and Changwon Jung<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Digital Media & Communication R&D Center, Samsung Electronics,

<sup>2</sup>Graduate School of NID Fusion Technology, Seoul National University of Technology

**요약** 본 논문에서는 현재 모바일용 무선통신 서비스로 사용하고 있으며, 주파수 가변이 가능한 셀룰러(cellular) 대역용 안테나와 커넥티비티(connectivity) 대역용 안테나를 소형 모바일 기기에 사용하기 위해 제한된 공간(40mm x 20mm x 6mm) 내에서 설계, 제작, 측정된 결과를 소개 하였다. 각 각의 안테나는 안테나 상에 삽입되어 있는 PIN 다이오드를 이용하여 주파수를 재구성 할 수 있다. 첫 번째 셀룰러 대역용 안테나는 현재 사용되는 셀룰러 대역; 0.82GHz ~ 0.96GHz 대역(GSM/ CDMA)과 1.7GHz ~ 2.17GHz 대역(DCS/ PCS/ WCDMA) 간의 주파수를 가변 할 수 있으며, 두 번째 커넥티비티 대역용 안테나는 현재 사용되는 커넥티비티 대역 3.4GHz ~ 3.6GHz 대역(mWiMax)와 2.3GHz ~ 2.5GHz, 5.15GHz ~ 5.35GHz 대역(WiBro/ WLAN 11a/b/g/n) 간의 주파수를 가변 할 수 있다. 이로써 이중 서비스(셀룰러/ 커넥티비티)의 안테나를 소형 모바일 기기의 제한된 사이즈의 단일 안테나로 구현 하였으며, 주파수 재구성 설계를 통해 안테나의 방사 효율을 향상시키며, 또한 이중서비스 각각의 포트를 분리 설계 하여 동시동작 모드로 사용할 수 있다.

**Abstract** Two frequency-reconfigurable antennas have been designed and combined in a space with limited volume, i.e., 40mm x 20mm x 6mm. Each antenna can be reconfigured to operate at different frequency bands depending on the state of an embedded switch, which is implemented using a PIN diode. The first antenna can be switched between 0.82GHz ~ 0.96GHz band (GSM/ CDMA) and 1.7GHz ~ 2.17GHz band (DCS/ PCS/ WCDMA), which are cellular bands. The second antenna can be switched between 3.4GHz ~ 3.6GHz band (mWiMax) and 2.3GHz ~ 2.5GHz, 5.15GHz ~ 5.35GHz bands (WiBro/ WLAN 11a/b/g/n), which are connectivity bands. The proposed combined antenna operates both over cellular bands and connectivity bands concurrently. The choice of the operation bands is made independently by the states of the two switches.

**Key Words** : Reconfigurable Antenna, Concurrent operation, Cellular band, Connectivity band, PIN diode

### 1. 서론

현재의 사용되고 있는 다양한 무선 통신 시스템 서비스(음성, 데이터, 영상)에서 사용하기위한 다중 주파수 대역용 안테나의 개발은 다중대역 다중모드(MMMB: Multi-mode and Multi-band) 무선 RF 시스템에서 하나의

중요 이슈가 되어져 왔다[1-3]. 하나의 급전을 갖는 단일 안테나로 다중 주파수 대역에서 사용되기 위하여, 많은 다중대역 안테나 또는 광대역 안테나 설계 기술이 수행 되어져 왔다[1-3]. 그러나 이러한 다중대역용 안테나 설계 기술들은 사용 대역에서의 반사계수(Return loss)와 방사 효율(Radiation efficiency)에 의한 성능면에서 단

\*교신저자 : 정창원 (changwoj@snut.ac.kr)

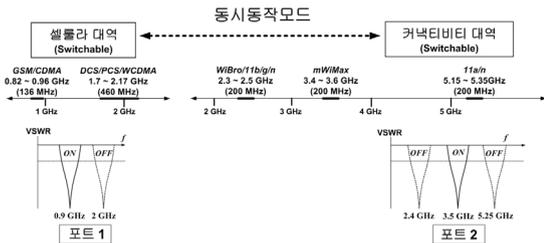
접수일 09년 04월 22일

수정일 (1차 09년 05월 01일, 2차 09년 05월 15일)

게재확정일 09년 06월 17일

일 대역용 안테나 보다 안테나의 방사 효율이 떨어지는 근본적인 문제를 가지고 있다. 또한, 광대역 안테나의 경우는 일반적으로 사용 대역 내에서 높은 주파수 성분들이 낮은 주파수 성분들에 의한 고조파 성분을 갖기 때문에, 방사 빔 패턴의 성능이 저하되는 성향이 있으며, 이는 상용 전 방향 방사 (omni-directional radiation) 통신환경에 부적합하다[3].

다중주파수 대역에서 향상된 방사효율과 더 나은 방사 패턴을 갖기 위해, RF 스위치 사용에 의해 손실을 감소 하면서 다이오드(diode), 베랙터(varactor) 또는 MEMS 스위치를 이용한 주파수 재구성 안테나 (frequency reconfigurable antenna) 들이 소개 되어져 왔다[4-5]. 그러나 이러한 주파수 재구성 안테나 들은 다중 주파수를 주파수 가변에 의해 한 번에 한 주파수 대역만을 사용하므로 안테나 방사 효율을 높일 수는 있으나, 여러 서비스 대역의 주파수를 동시에 사용하지 못하는 단점이 있다 [4-5].



[그림 1] 제안된 안테나의 동작 주파수 요약

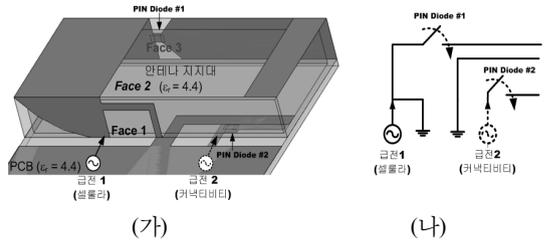
따라서 본 논문에서는 두 개의 주파수 재구성 안테나 (frequency reconfigurable antenna) 를 이중 서비스 (cellular/ connectivity service)상 에서 동시 동작 모드로 사용하기 위해 각 주파수 재구성 안테나를 각 서비스 대역에서만 사용 되게 하였다. 두 개의 안테나는 상용 모바일 기기의 안테나 제작 공간의 제한된 크기 내에서 설계 되었다. 그림 1에서처럼, 제안된 두 안테나는 현재의 대표적인 이중 상용 서비스(음성통신을 위한 셀룰러/ 데이터 통신을 위한 커넥티비티)에서 사용될 수 있는 안테나이다. 첫 번째 안테나는 현재 사용 되는 대부분의 음성통신 대역의 GSM/ CDMA/ DCS/ PCS/ WCDMA 서비스용 주파수 재구성 안테나이며, 동작 주파수 대역은 PIN 다이오드를 이용하여 0.82GHz ~ 0.96GHz 대역 과 1.7GHz ~ 2.17GHz 대역간 주파수 가변이 가능하도록 설계 되었다. 또한, 두 번째 안테나는 데이터통신 대역의 WiBro/ mWiMax/ WLAN 11a/b/g/n용 주파수 재구성 안테나이며, 동작 주파수 대역은 PIN 다이오드를 이용하여 3.4GHz ~ 3.6GHz 대역 과 2.3GHz ~ 2.5GHz, 5.15GHz

~ 5.35GHz 대역 간 주파수 가변이 가능하도록 설계 되었다. 본 논문에서 제안된 두 안테나는 주파수 그리고 방사 효율을 증가시키기 위해 주파수 가변형이며, 모바일 기기에서 두 이중 서비스간 포트를 분리 설계 하여 이중 서비스를 동시에 사용 할 수 있게 하였다.

## 2. 안테나 구성 및 설계

그림 2는 제안된 두 안테나의 구성도 이다. 그림 2 (다) 의 측면도에서처럼, 첫 번째 안테나 (셀룰러 대역용 안테나)의 급전포트는 PCB (FR-4;  $\epsilon_r = 4.4$ ,  $\tan\delta = 0.02$ ) 상(上)에 위치하고, 두 번째 안테나 (커넥티비티 대역용 안테나)의 급전포트는 PCB 밑면 (下)에 위치한다. 또한, 그림 2 (다)에서와 같이 제한된 면적 내에서 안테나의 체적을 증가 시켜 저주파 대역 (0.82 ~ 0.96 GHz)설계를 용이하게 하기위한, FR-4로 구성된 지지대가 PCB 상에 존재 한다. 그림 2 (가) 에서와 같이, 안테나 지지대의 체적은 대부분의 상용 모바일 폰에 적합하도록 설계 되었으며, 체적은  $FW \times FL2 \times FL1 = 40 \times 20 \times 6\text{mm}^3$  이다. 그림 2 (가)는 제안된 급전포트 1을 사용하는 첫 번째 안테나의 전개도이며, 지지대 위에서 3개의 면(face1, face2, face3)을 갖는다. 첫 번째 안테나의 주요 패치는 1.7 ~ 2.17 GHz 대역 (BW: 24%)의 넓은 동작 주파수 대역을 갖기 위해, 급전부에서는 UWB 안테나와 같은 광대역 모노폴 형태에서 흔히 쓰이는 원형 형태로 설계 하였고, 급전부와 이어지는 선폭 (AW1)은 제한된 공간 내에서 비교적 넓은 13mm 로 설계 하였다. 첫 번째 셀룰러 대역용 안테나의 저주파 대역 동작 (0.82 ~ 0.96 GHz)을 위해, 주요 패치의 선 (AW1)은 면 (face) 3상의 첫 번째 PIN 다이오드를 통하여 선폭 (AW2)이 5 mm인 “ $\gamma$ ” 자 모양의 여가 선과 연결된다. 이때 첫 번째 다이오드가 스위치 “온” (ON) 일 경우 첫 번째 안테나는 두 개의 패치가 전기적으로 연결된 상태가 되어 전체 안테나의 길이는 길어지므로 셀룰러 대역의 저주파 대역 (0.82 ~ 0.96 GHz)에서 동작을 하고, 스위치 “오프” (OFF) 일 경우 첫 번째 안테나는 두 개의 패치가 전기적으로 끊어진 상태가 되어 급전 (포트1) 으로부터 전체 안테나 길이는 짧아져, 셀룰러 대역의 고주파 대역 (1.7 ~ 2.17 GHz)에서 동작을 하게 된다. 8mm 길이의 단락 선 (SL: Shorting line)은 광대역의 임피던스 매칭을 위해 사용되었다. 그림 2 (나)는 두 번째 안테나의 구성도를 보여주며 두 번째 안테나의 급전은 PCB 밑면에 위치한다. 또한 커넥티비티 대역인 mWiMax (3.4 ~ 3.6 GHz), WLAN (2.3 ~ 2.5 GHz, 5.15 ~ 5.35 GHz) 대역의 동작을 위하여,  $SLH \times$

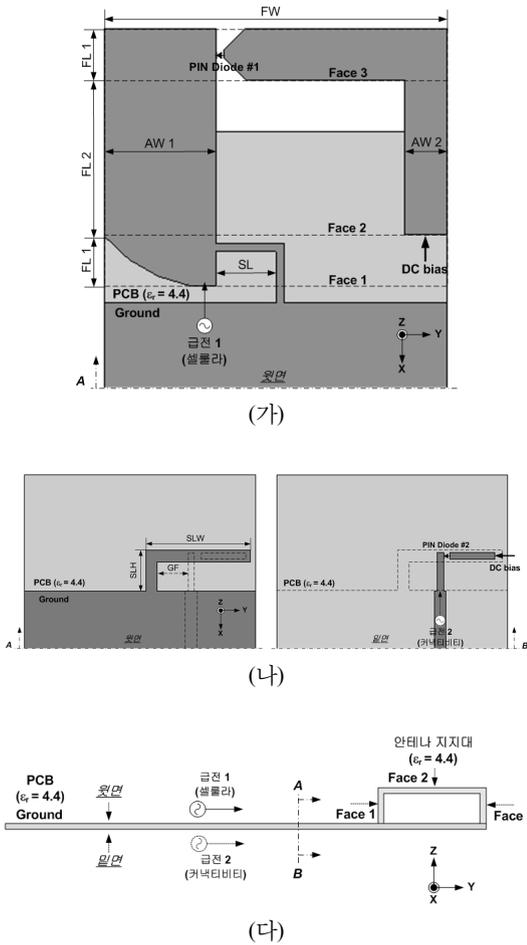
SLW = 18 × 7mm 인 노치 슬롯 (notch slot) 안테나가 사용되었다 [5]. 안테나 윗면 노치 슬롯(notch slot) 과 밑면 급전부 사이의 갭 (GF)은 4.75mm 이다 [그림 2 (나) 참조]. 두 번째 PIN 다이오드는 PCB 밑면 즉 두 번째 안테나의 “ㄱ” 자 모양 급전부에 위치하며, 스위치 "ON" 인 경우, 두 번째 안테나는 3.4 ~ 3.6 GHz에서 동작 하며, 스위치 "OFF" 상태에서는 이중대역 , 2.3 ~ 2.5 GHz, 5.15 ~ 5.35 GHz, 에서 동작 한다. 그림 3 (가) 에서는 제안된 안테나의 입체도 (3D)를 보여준다. 전체적인 안테나 사이즈를 줄이기 위해, 접지선 (shorting line: SL)과 노치 슬롯 (notch slot)은 안테나 윗면의 중심에서 서로 연결되어 있다. 스위치 동작에 대한 평가 도는 그림 3 (나)에 표시 하였다.



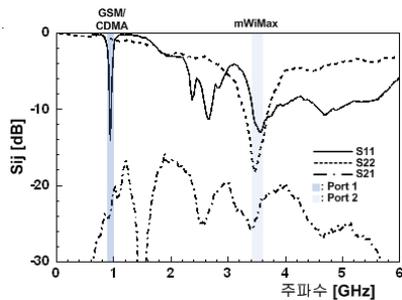
[그림 3] (가) 제안된 안테나의 입체도, (나) 제안된 안테나의 동작도

### 3. 측정결과

제안된 안테나는 두 개의 PIN 다이오드 스위치의 동작에 따라, 4가지의 조합이 생기게 되며, 그림 4 (가) ~ (라)는 측정된 안테나의 S-parameter 값을 보여준다. 포트 1 또는 급전 1은 첫 번째 안테나 (셀룰러 대역용 안테나)의 동작 대역을 의미하며, 포트 2 또는 급전 2는 두 번째 안테나 (커넥티비티 대역용 안테나)의 동작 대역을 의미한다. 그림 4 (가) ~ (라)의 각 경우 직사각형의 그림자로 표시된 동작영역에서 보는바와 같이, 안테나는 두 포트의 동작영역에서 VSWR 2 이하 (Return loss 10dB 이하)의 값을 갖으며, 동작영역에서 두 포트간 격리 (isolation)는 15dB 이상의 값을 갖는다. 그림 5에서는 측정된 각 포트에서의 안테나 이득 (y-z 평면)을 보여준다. 측정 시 두 개의 포트에서 측정되지 않는 포트의 경우는 50 Ω 터미네이션 (termination) 처리 하였으며, 측정된 y-z 평면에서의 평균이득은 포트1의 경우 0.9GHz에서 -1dBi, 1.9GHz에서 1.4dBi이며, 포트2의 경우 2.4 GHz에서 -1.4dBi, 3.5GHz에서 -2.7dBi, 그리고 5.25GHz에서 -2dBi 이다. 측정된 방사 효율은 포트1의 경우 0.9GHz에서 65%, 1.9GHz에서 92%이고, 포트2의 경우 2.4GHz에서 61%, 3.5GHz에서 51%, 그리고 5.25GHz에서 55% 이다.



[그림 2] 제안된 안테나의 구성도 (가) 셀룰러 대역용 주파수 재구성 안테나 (전개도), (나) 커넥티비티 대역용 주파수 재구성 안테나, (다) PCB 상 두 안테나의 측면도



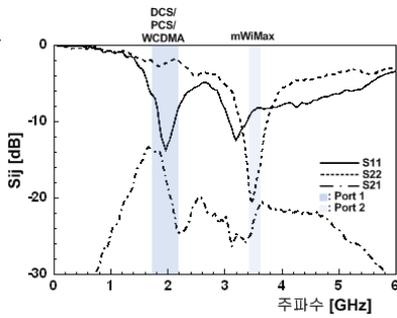
(가)

### 4. 결론

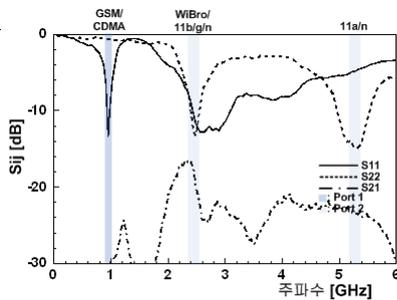
두 개의 주파수 재구성 안테나 (Reconfigurable antenna)가 셀룰러 대역과 커넥티비티 대역에서 동시동작 모드로 사용되기 위해 소형 모바일 기기의 제한된 공간 내에서 설계 제작 및 측정 되었다. 각 안테나의 동작 주파수는 두 PIN 다이오드 스위치의 상태에 따라 선택적으로 동작 된다. 두 개의 포트는 대부분의 음성 및 데이터 통신 주파수의 대부분을 차지하는 전체 5개의 주파수 동작 대역을 커버 한다. 안테나 이득은 사용 대역폭 내에서 거의 일정 하며, 사용 대역폭 내에서의 격리는 두 포트에서 모두 15dB 이상이다. 주파수 재구성으로 안테나 효율을 높이며, 또한 두 가지의 이중 서비스 (음성 및 데이터) 통신을 제한된 모바일 안테나 크기에서 동시에 가능하게 하는 기술은 실제 상용 다중 모드 다중 대역 통신 (MMMB: Multi-mode Multi -band)에서 매우 유용한 기술이다.

### 참고문헌

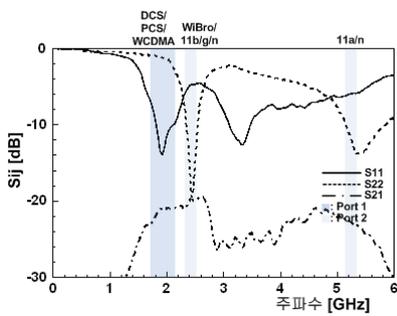
- [1] Y. Shin, B. Kim, W. Kwak, and S. Park, "GSM/DCS/IMT-2000 Triple-Band Built-In Antenna for Wireless Terminals," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 3, pp. 104-107, 2004.
- [2] Y. J. Cho, S. H. Hwang, and S. Park, "A Dual-Band Internal Antenna With a Parasitic Patch for Mobile Handsets and the Consideration of the Handset Case and Battery," IEEEAntennasandWirelessPropagationLetters, vol.4,pp.429-432, 2005.
- [3] M.J. Ammann and Z. N. Chen, "Wideband monopole antennas for multi-band wireless systems,"IEEE Antennas and Propagation Magazine, pp. 146-150, April 2003.
- [4] G. H. Huff, J. Feng, S. Zhang, and J. T. Bernhard, "A novel radiation pattern and frequency reconfigurable single turn square spiral microstrip antenna," IEEE Microwave and Wireless Components Lett., vol. 13, pp. 57-59, 2003.
- [5] C. G. Christodoulou and J. C. Lyke, "Neurocomputational Analysis of a Multiband Reconfigurable Planar Antenna," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 53, pp. 3453-3458, 2005.
- [6] H. Nakano, Y. Yamamoto, M. Seto, K. Hitosugi, and J. Yamauchi, A half-moon antenna, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 52,



(가)

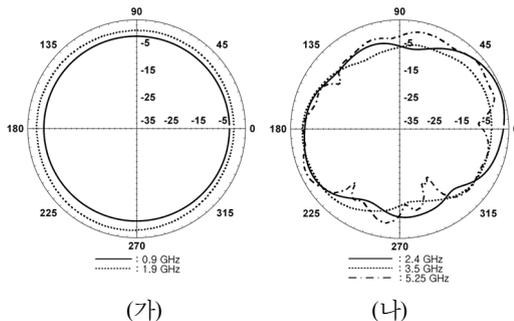


(나)



(라)

[그림 4] 두 재구성 안테나의 S-parameter (가) 경우 1: # 1: "ON", # 2 "ON", (나) 경우 2: # 1 "OFF", # 2 "ON", (다) 경우 3: # 1 "ON", # 2 "OFF", (라) 경우 4: # 1 "OFF", # 2 "OFF"



(가)

(나)

[그림 5] 측정된 방사패턴 (y-z 평면) (가) 포트1: 0.9GHz, 2GHz, (나) 포트2: 2.4 GHz, 3.5 GHz, 5.25 GHz

pp. 3237-3244, 2004.

- [7] N. Behdad and K. Sarabandi, A Wide-Band Slot Antenna Design Employing A Fictitious Short Circuit Concept, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 53, pp. 475-482, 2005.

**박 세 현(Sehyun Park)**

[정회원]



- 2000년 2월 : 한국해양대학교 전파공학과 (석사)
- 2003년 9월 : 일본동경공업대학 전기전자공학부 (박사)
- 2003년 10월 ~ 2004년 7월 : 일본동경공업대학(Post Doctor)
- 2004년 8월 ~ 2008년 5월 : 삼성종합기술원 전문 연구원
- 2008년 6월 ~ 현재 : 삼성전자 DMC연구소 책임 연구원

<관심분야>

전기/전자, 정보통신, 전파전파, MIMO Antenna, 이동통신 안테나, Millimeter wave high gain antenna.

**정 창 원(Changwon Jung)**

[정회원]



- 2001년 12월 : University of Southern California, 전자공학 (석사)
- 2005년 6월 : University of California, Irvine, 전자공학 (박사)
- 1997년 1월 ~ 2000년 6월: LG 정보통신, 연구원
- 2005년 7월 ~ 2005년 10월: University of California, Irvine, Post Doctor
- 2005년 11월 ~ 2008년 4월 : 삼성종합기술원, 전문연구원
- 2008년 5월 ~ 현재 : 서울산업대학교, NID 융합기술대학원, 조교수

<관심분야>

안테나, RF, EMI/EMC, RF-MEMS, 센서

**양 찬 우(Chanwoo Yang)**

[준회원]



- 2009년 2월 : 홍익 대학교 전자공학 학사 졸업
- 2009년 ~ 현재 : 서울 산업대학교, NID융합기술 대학원, 방송통신 융합 프로그램 석사과정

<관심분야>

안테나, RF, 방송통신 융합