

# RF 스위치를 이용한 이동통신 단말기용 재구성 안테나

## A Reconfigurable Antenna for Mobile Handset Using RF Switch

황 선 국\*  
(Sun-gook Hwang)

윤 철\*\*  
(Cheol Yoon)

박 찬 섭\*  
(Chan-sub Park)

박 호 달\*  
(Hyo-dal Park)

### 요 약

본 논문은 LTE 대역과 현재 서비스 중인 이동통신 대역에 모두 적용 가능한 주파수 재구성 안테나에 대하여 제안하였다. 일반적인 PIFA 구조로 High-band를 만족시키고 방사체의 단락핀 끝에 RF 스위치를 부착함으로써 스위치 상태에 따라 주파수가 선택된다. 재구성 안테나는 RF 스위치가 SW1 상태일 때는  $VSWR \leq 3:1$  기준으로 782-907 MHz의 대역폭을 가지며 GSM 대역에서 동작한다. SW2 상태에서는 738-861 MHz의 대역폭을 가지며 LTE 대역에서 동작한다. 제안된 안테나의 이득은 SW1 상태일 때 0.04-4.68 dBi를 나타내었으며, SW2의 경우 이득은 0.92-1.53 dBi의 우수한 특성을 나타내며 H-plane에서 전방향성 방사패턴을 가진다. 이와 같은 우수한 특성으로 인하여 본 논문에서 제안된 RF 스위치를 이용한 이동통신 단말기용 재구성 안테나는 LTE-Advanced 모바일 단말기에 적용 가능 할 것으로 판단된다.

핵심어 : LTE, PIFA, 다중대역, 재구성 안테나, RF 스위치

### ABSTRACT

This paper proposes a frequency reconfigurable antenna which operates at not only LTE but also other currently serviced bands. The high band(1,710-2,170 MHz) performance was satisfied through PIFA structure, and the low band performance through the additional RF Switch by changing the state between SW1 and SW2. When the RF switch is SW1 state, the operation bandwidth is 782-907 MHz (GSM), and 738-861 MHz (LTE) at OFF state. The proposed antenna has a omni-directional radiation pattern and measured peak gains were 0.04-4.68 dBi at the SW1 state and 0.92-1.53 dBi at the SW2 state, respectively. Judging from the results, proposed reconfigurable antenna is expected to be applied to LTE-Advanced mobile terminals since the antenna shows an outstanding performance.

**Key words** : LTE, PIFA, Multi-band, Reconfigurable antenna, RF switch

† 본 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 이루어짐.

\* 주저자 및 공저자 : 인하대학교 전자공학과

\*\* 교신저자 : LG전자 MC연구소

† 논문접수일 : 2014년 08월 11일

† 논문심사일 : 2014년 08월 27일

† 게재확정일 : 2014년 09월 15일

## I. 서론

최근 모바일 단말기는 LTE (Long Term Evolution) 기술을 이용한 무선 통신 시스템이 상용화되어 다양한 서비스를 제공하고 있다. 사용자의 요구에 따라 다양한 서비스를 제공하기 위해 발전된 이동통신 서비스는 현재 국가별, 통신사 별로 사용 중인 이동통신 주파수 대역이 다르기 때문에 각각의 주파수에서 특성을 만족하는 안테나의 설계가 필요하다[1]. 그러므로 단일구조로 다중 대역을 만족하는 광대역 안테나를 설계할 경우, 기기 제조사의 범용성을 향상시킬 수 있다. 이에 따라 단말기 안테나는 LTE 뿐만 아니라 2세대 및 3세대 이동통신 대역을 포함하는 다중 대역의 서비스를 제공해야 하며 이를 위한 연구가 필요하다[2-7]. 하지만 휴대 단말기의 제한된 공간 내에서 Low-band의 LTE 안테나를 설계하는 것은 낮은 효율과 좁은 대역폭 등의 이유로 매우 어려운 일이다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 재구성 안테나에 대한 연구가 진행되고 있다. 재구성 안테나는 단일 방사체로 여러 개의 주파수 대역에서 동작하므로 안테나의 크기를 줄일 수 있고 주파수 조절 능력으로 인해 넓은 유효 대역폭을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 모든 주파수 대역에서 유사한 방사특성과 안테나의 이득을 얻을 수 있다.

주파수 재구성을 위해 연구되었던 소자로는 광전자 스위치, 바랙터 다이오드, SPDT 스위치 등의 소자들이 있다. 광전자 스위치의 경우 수명이 짧고 효율이 낮아지는 단점을 가지며, 바랙터 다이오드는 동작전압이 높고, 낮은 캐패시턴스 성분을 갖기 어려우며, 공정이 복잡하고 비용이 많이 드는 단점을 가진다. SPDT 스위치의 경우 높은 삽입손실과 신뢰성에 대하여 문제가 되어왔다[8-10].

제안한 RF 스위치는 고효율, 높은 격리도, 낮은 삽입손실, 고속 스위칭 등의 이점을 가지므로 본 논문에서는 일반적인 PIFA(Planar Inverted F Antenna)의 구조로 High-band (PCS/DCS/ WCDMA)를 만족하는 특성을 확보한 후, RF 스위치를 이용하여 SW1과 SW2 상태를 선택하여 Low-band의 LTE 대역과

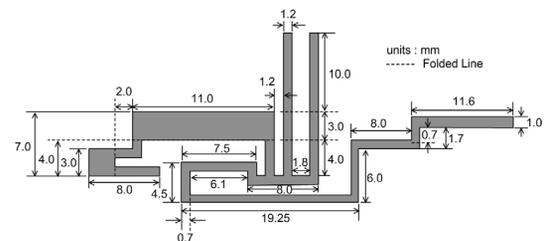
GSM 대역을 선택하여 사용할 수 있는 주파수 재구성 안테나를 제안하였다.

제안된 RF 스위치를 이용한 이동통신 단말기용 재구성 안테나의 주파수 선택 특성을 검증하기 위하여 CST社의 MWS를 이용하여 모의실험을 하였다. 모의실험을 통하여 안테나의 특성을 분석하고 그 결과를 바탕으로 우수한 특성을 갖도록 최적화 설계를 진행하였다. 최적화된 안테나는 안테나 전문 업체에서 안테나의 특성을 측정하였고, 측정된 결과를 분석함으로써 주파수 재구성 안테나가 이동통신 단말기용 안테나로 적용할 수 있음을 확인하였다.

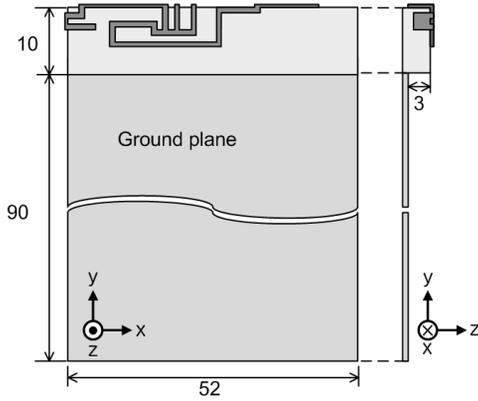
## II. 안테나 설계

제안된 안테나는 PIFA 구조를 사용하여 기존 이동통신 대역인 High-band (PCS/DCS/WCDMA)의 성능을 확보하였다. Low-band의 특성을 확보하기 위하여 방사체 단락점 끝 부분에 RF 스위치를 부착하여 SW1 상태에서는 GSM 대역에서 동작하고, SW2 상태에서는 LTE 대역에서 동작하게 설계 하였다.

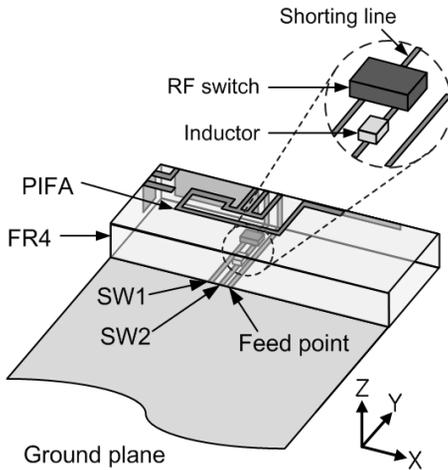
그림 1은 제안된 재구성 안테나의 모습을 나타내었다. 그림 1(a)는 방사체의 펼쳐진 모습과 각 파라미터를 도시하였고, 그림 1(b)는 설계된 안테나의 정면과 측면 구조를 도시하였으며, 그림 1(c)는 설계된 안테나의 3D 구조를 나타내었다. 방사체는  $52 \times 10 \text{ mm}^2$ 의 크기와 3 mm 두께의 유전율 4.4를 갖는 FR-4(epoxy) 기판을 사용하였다. 접지면은  $52 \times 100 \text{ mm}^2$ 의 크기를 갖는다.



(a) dimensions



(b) top view and side view



(c) 3D view

〈그림 1〉 제안된 안테나의 구조

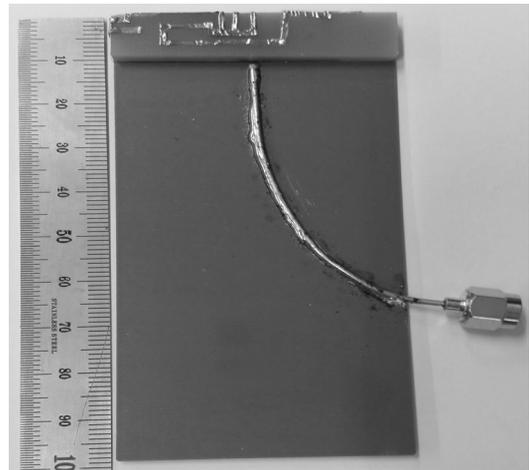
〈Fig. 1〉 Configuration of the reconfigurable antenna

그림 1(c)에서 나타난 바와 같이 급전선과 방사체가 연결되어 짧은 방사 길이를 갖는 영역에서는 High-band에서 광대역 안테나로 동작하게 되고, 긴 방사 길이를 갖는 영역에서는 High-band에서 동작하게 된다. 그리고 접지선 끝에는 RF 스위치를 연결하여 SW1은 바로 접지면과 연결되어 GSM 대역에서 동작이 가능하도록 하였으며, SW2에는 인덕터(1.5 nH)를 연결하여 공진주파수를 낮춰 LTE 대역에서 동작이 가능하도록 하였다.

### III. 안테나 제작 및 측정

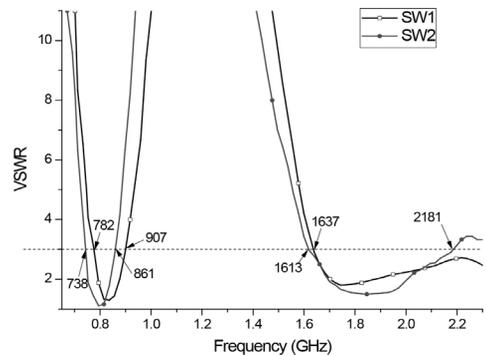
제안된 안테나는 앞 절에서 설계한 최적의 파라미터 값으로 제작 하였으며, 제작된 시작품의 정면도를 그림 2와 같이 나타내었다.

그림 3은 실제 제작된 안테나의  $VSWR \leq 3:1$  기준으로 측정된 VSWR 특성을 나타내었다. 그림에서와 같이 High-band의 모든 주파수 대역을 만족함을 볼 수 있으며, SW1 상태일 때 Low-band에서 대역폭 782-907 MHz로 GSM 대역을 만족시켰으며, SW2 상태에서는 대역폭 738-861 MHz로 LTE 대역을 만족시켰다. 이를 통해 GSM 대역과 LTE 대역을 선택함을 확인할 수 있다.



〈그림 2〉 제작된 안테나

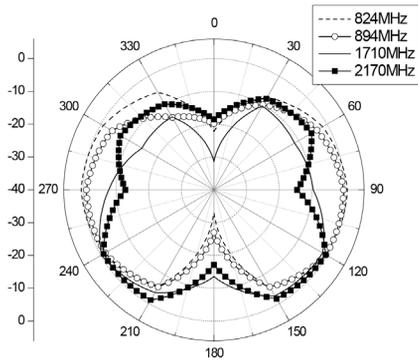
〈Fig. 2〉 Photograph of the manufactured antenna



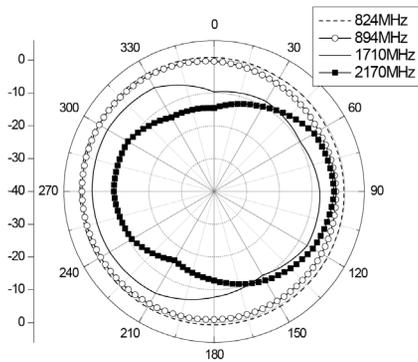
〈그림 3〉 제안된 안테나의 VSWR 측정결과

〈Fig. 3〉 The proposed antennas measured VSWR.

그림 4와 5은 SW1 상태 일 때와 SW2 상태일 때 각각의 주파수별 방사패턴을 보여준다. 이때 효율은 SW1 상태일 때 33.73-66.91 %을 얻었으며, SW2 상태일 때 24.09-54.36 %을 얻었다. 제안된 안테나는 전 대역 모두 H-plane에서 이동 통신 장치의 내장형 안테나로서 효율적인 전방향성 방사패턴이 측정되었다.



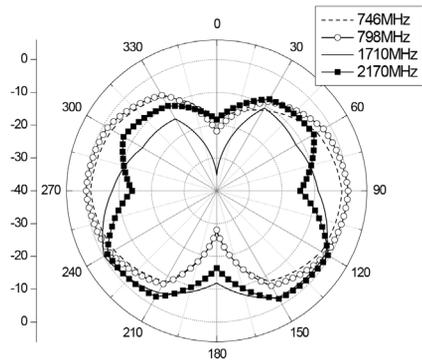
(a) E-plane



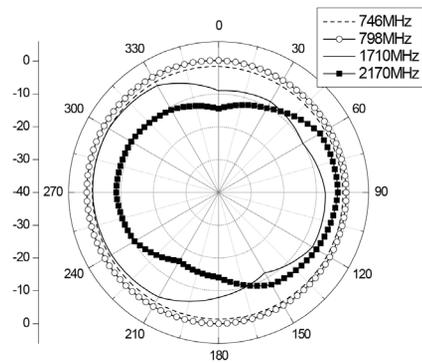
(b) H-plane

〈그림 4〉 SW1 상태일 때 제안한 안테나의 방사 패턴 (a) E-plane (b)H-plane

〈Fig. 4〉 Radiation patterns of the proposed antenna at SW1 state (a) E-plane (b)H-plane.



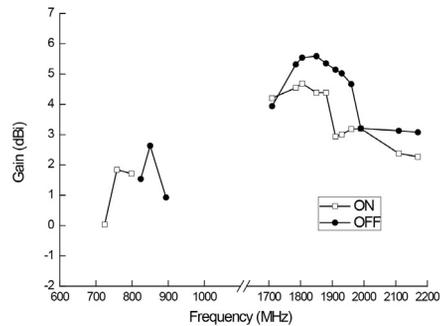
(a) E-plane



(b) H-plane

〈그림 5〉 SW2 상태일 때 제안한 안테나의 방사 패턴 (a) E-plane (b)H-plane

〈Fig. 5〉 Radiation patterns of the proposed antenna at SW2 state (a) E-plane (b)H-plane.



〈그림. 6〉 측정된 제안한 안테나의 이득

〈Fig. 6〉 The measured gain of the proposed antenna

그림 6은 746-2170 MHz 에서 측정된 안테나의 이득을 나타내었다. 이득은 SW1 상태일 때 0.04-4.68 dBi를 나타내었으며, SW2의 경우 이득은 0.92-1.53 dBi를 얻었다.

#### IV. 결 론

본 논문은 RF 스위치를 사용하여 LTE 대역과 GSM을 선택할 수 있는 RF 스위치를 이용한 이동통신 단말기용 재구성 안테나에 관한 연구이다.

제안된 안테나는 PIFA 구조를 사용하여 기존 이동통신 대역의 성능을 확보한 후 RF 스위치의 상태에 따라 SW1 상태에서는 GSM 대역에서 동작하고, SW2 상태에서는 LTE 대역에서 동작할 수 있는 주파수 재구성 안테나를 설계하였다. 안테나는 VSWR < 3:1을 기준으로 High-band의 모든 이동통신 서비스 대역을 만족시키고, Low-band에서 대역폭 782-907 MHz로 GSM 대역을 만족시켰으며, 이때 이득은 0.04-4.68 dBi를 얻었다. SW2 상태에서는 대역폭 738-861 MHz로 LTE 대역을 만족시켰으며, 이때 이득은 0.92-1.53 dBi를 얻었다. 이는 현재 이동통신에서 사용 중인 대역뿐만 아니라 LTE 대역의 낮은 대역에서도 동작이 가능함을 확인 할 수 있었다. 이득과 방사효율 또한 SW1과 SW2상태 모두 우수한 특성을 보이고, 전 대역 모두 H-plane에서 전방향성 방사특성을 나타내었다. 따라서 본 논문에서 제안한 주파수 재구성 안테나는 현재 양산되고 있는 이동통신 단말기용 안테나에 비해 모든 대역에서 우수한 특성을 가짐을 확인하였다.

제안된 안테나는 하나의 안테나로 LTE를 포함하는 모든 이동통신 서비스를 지원함으로써 제한된 단말기 내부의 공간을 효율적으로 활용 할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 이 기술을 바탕으로 고속 이동환경에서 주파수를 선택 할 수 있게 됨으로써 다양한 차량 안전 및 교통 서비스를 제공 할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- [1] S. Sesia, M. Baker, and I. Toufik, "LTE--the UMTS long term evolution : from theory to practice," pp.1-6, WILEY 2009.
- [2] C. Yoon, W. K. Park, S. Y. Kang, and H. D. Park, "A spiral-shaped monopole antenna for Quad-band operation of mobile handsets," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 50, no. 11, pp.2860-2863, Nov. 2008.
- [3] C. Yoon, W. S. Kim, S. Y. Kang, H. C. Lee, and H. D. Park, "Printed monopole antenna on a thin substrate for UWB applications," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 53, no. 6, pp.1262-1264, Jun. 2011.
- [4] C. Yoon, W. S. Kim, G. T. Jeong, S. H. Choi, H. C. Lee, and H. D. Park, "A planar CPW-fed patch antenna on thin substrate for broadband operation of ISM-band applications," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54, no. 9, pp.2199-2202, Sep. 2012.
- [5] Y. X. Guo, H. S. Tan, "New Compact Six-Band Internal Antenna," *IEEE Antennas and wireless propagation letters*, vol. 3, pp. 295-296, Dec. 2004.
- [6] I. Ang, Y. X. Guo and M. Y. W. Chia, "Compact internal quad-band antenna for mobile phones", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 8, no. 3, pp.217-223, Aug. 2003.
- [7] L. Fan and K. Chang, "An active inverted patch antenna with wideband varactor-tuned capability," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest*, vol. 2, pp.923-926, Jun. 1996.
- [8] C. Yoon, S. G. Hwang, G. C. Lee, W. S. Kim, W. S. Kim, H. C. Lee, C. H. Lee, and H. D. Park, "A Frequency Selecting Technique for Mobile Handset Antennas Based on Capacitance Switching", *Progress In Electromagnetics Research*, vol. 138, pp.99-113, Mar. 2013.
- [9] C. Yoon, S. G. Hwang, G. C. Lee, W. S. Kim, H.

C. Lee, and H. D. Park, "A reconfigurable antenna using varactor diode for LTE MIMO applications," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 55, no. 5, pp.1141-1145, May. 2013.

H. C. Lee, and H. D. Park, "Broadband antenna with capacitive-coupling for mobile", *Microwave Opt Technol Lett*, vol. 55, no. 6, pp.1308-1312, Jun. 2013.

[10] C. Yoon, S. G. Hwang, G. C. Lee, W. S. Kim,

저자소개



황 선 국 (Hwang, Sun-Gook)

2008년 03월~2011년 8월 : (주)한국오므론전장 연구원  
2013년 9월~현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정 재학  
2013년 8월 : 인하대학교 전자공학과 석사 졸업  
2008년 2월 : 선문대학교 전자공학과 학사 졸업  
e-mail : sghwang83@naver.com  
연락처 : 032) 868-7240



윤 철 (Yoon Cheol)

2013년 12월~현재: (주)LG전자 MC연구소 선임 연구원  
2013년 8월 : 인하대학교 전자공학과 박사 졸업  
2008년 2월 : 인하대학교 전자공학과 석사 졸업  
2006년 2월 : 초당대학교 정보통신공학과 학사 졸업  
e-mail : drunken2@nate.com  
연락처 : 070) 7551-1726



박 찬 섭 (Park, Chan-sub)

2012년 3월~현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정 재학  
2008년 2월 : 한국해양대학교 전파공학과 석사 졸업  
2006년 2월 : 한국해양대학교 전파공학과 학사 졸업  
e-mail : imanager@nate.com  
연락처 : 032) 860-7418



박 효 달 (Park, Hyo-Dal)

1992년~현재: 인하대학교 전자공학과 교수  
1987년 7월 : (불)국립항공우주대학 전자공학과(공학박사)  
1984년 6월 : (불)국립항공우주대학 전자공학과(공학석사)  
1978년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학사)  
e-mail : hdpark@inha.ac.kr  
연락처 : 032) 860-7418