Regular paper http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2015.10.9.987

휴대 단말기용 MIMO 안테나의 격리도 향상에 관한 연구

윤인섭* · 염효가* · 김상욱* · 조윤현* · 박효달**

A Study on the Improvement of MIMO Antenna Isolation for Mobile Applications

In-Seop Yoon* · Xiao-Jia Yan* · Sang-Uk Kim* · Yun-Hyun Jo* · Hyo-Dal Park**

요 약

본 논문에서는 neutralization line 구조를 이용하여 안테나 간의 격리도를 향상시킨 MIMO 안테나 구조를 설계하였다. 제안된 MIMO 안테나 구조의 크기는 116 mm × 64 mm × 5 mm이며, εr = 4.4인 FR-4 유전체를 사용하여 설계하였다. 또한 두 안테나 간의 격리도를 확보하기 위해 neutralization line을 추가하였다. 측정결과는 VSWR 3:1 기준으로 LTE B13 대역을 만족시켰고, 격리도를 -15 dB 이하로 확보하였다. H-평면에서 전방향성 방사특성을 나타내었으며, LTE B13 대역에서 -2.61 dBi에서 -1.18 dBi까지의 이득과 33.49 %에서 46.45 %까지의 방사효율을 얻었다. 측정결과와 시뮬레이션 결과를 비교하여 제안된 MIMO 안테나는 이동통신 휴대 단말기에 적용 가능함을 확인할 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, neutralization line structure have been employed to improve the isolation between the MIMO antenna system. The proposed MIMO antenna size is 116 mm × 64 mm × 5 mm and designed on FR-4(εr = 4.4) ground substrate. Neutralization line was applied to enhance isolation between the each antenna elements. The fabricated antenna satisfied a VSWR below 3 in LTE band B13 and the isolation between the MIMO antenna system is presented below -15dB. On the H-plane, antenna shows an omnidirectional pattern. In LTE band B13, the antenna presents a gain of a -2.6dBi ~-1.18dBi and radiation efficiency of 33.49% ~ 46.45%. Comparing measurement result with the outcome of simulation, the proposed MIMO antenna is expected to be applied for mobile application.

키워드

MIMO Antenna, Neutralization Line, LTE B13, Isolation
다중 입력 다중 출력, 안테나, 중성선, LTE B13, 격리도

Ⅰ. 서 론

이동통신 서비스의 발전에 따라 현재 제 4세대 이동통신 서비스로 대부분 이동통신사업자가 LTE를 지지함에 따라 LTE 기술이 상용화되고 있다. LTE 기술은 유무선 융합, 다양한 무선접속 기술간 융합, 그리고 3세대 보다 10배 이상 빠른 전송 속도 등을 주된 목표로 삼고 있다. 이에 따라 LTE 기술은 단말기에 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 안테나를 필수 조건으로 제시하고 있다[1]. MIMO 시스템은 페이딩 현상을 줄일 수 있으며, 단말기의 안테나 개수가 증가함에 따라 채널용량이 증가하여 고속 데이터를

* 인하대학교 전자공학과
** 교신저자 (corresponding author) : 인하대학교 전자공학과(apple@inha.edu)
접수일자 : 2015. 08. 10 심사(수정)일자 : 2015. 09. 13 게재확정일자 : 2015. 09. 23

전송 할 수도 있다[2-3].

MIMO 안테나는 휴대 단말기 내에 두 개 이상의 안테나들이 설치되어야하기 때문에 안테나들 사이의 격리도 확보가 중요하다. 그러나 휴대 단말기에서는 협소한 공간 때문에 안테나 간에 간섭이 발생되어 격리도 확보가 어렵다. 이에 따라 격리도 확보를 위한 몇 가지 기법들이 제시되었으며, 그 중 neutralization line을 이용한 기법이 연구되고 있지만 기존의 결과로는 대역폭을 확보하기 위해 인덕터를 삽입해야하고, 격리도를 가늠하는 S_{21}이 -15 dB 이하가 되지 않아 추가적인 연구가 필요한 상황이었다[4-9].

본 논문에서는 격리도 확보를 위한 여러 기법들 중 neutralization line을 이용한 기존의 기법을 개선하기 위한 새로운 구조를 제안한다. Neutralization line을 추가하여 접지면에 흐르는 전류의 경로를 제어하여 두 안테나 사이의 간격을 줄어든 효과를 얻을 수 있으며, 따라서 커플링이 감소되기 때문에 결과적으로 격리도를 향상시킬 수 있게 된다[10]. 제안된 MIMO는 두 개의 PIFA로 구성하였으며, PIFA 사이에 제안된 neutralization line을 추가하여 격리도가 확보됨을 시뮬레이션과 측정 결과를 비교하고 검토한다.

제안된 안테나의 주파수 대역은 원래 방송용으로 사용하였지만, "모바일 광개토 플랜"에 따라 이동통신용으로 배정된 LTE B13대역(0.746 GHz ~ 0.787 GHz)을 목표로 한다[9].

II. 안테나 설계

그림 1은 제안된 MIMO 안테나를 이루는 PIFA의 구조를 나타내고 있다. PIFA 1과 2는 대칭구조로 설계되어 있으며, PIFA에 사용되는 캐리어는 19 mm × 64 mm × 5 mm의 크기를 갖는다. MIMO 안테나의 전체 크기는 116 mm × 64 mm × 5 mm이며, 유전체는 FR-4(ε_r = 4.4)를 사용한다. 제안된 PIFA의 대역폭은 VSWR 3:1(≤-6 dB) 기준으로 LTE B13(0.746 ~ 0.787 GHz)대역에서 동작하도록 설계하였다.

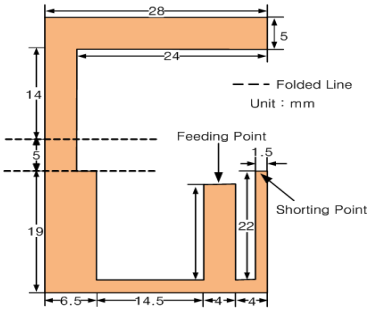


그림 1. 제안된 PIFA의 구조

Fig. 1 Geometry of proposed PIFA

앞에서 제안된 PIFA를 이용하여 MIMO를 설계하는 경우에는 두 PIFA 사이에 격리도가 확보되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 기존의 neutralization line을 이용하는 기법을 보완하여 격리도를 향상시키는 방안을 제시한다.

Neutralization line을 이용한 기법을 설명하기 위해서는 전송선로 모델을 이용한 커플링 해석법을 이용할 수 있다. E-평면에 대해 동일선상의 위치할 때는 두 소자 사이의 간격이 아주 작을 경우(일반적으로 $s < 0.10\lambda_0$) 커플링이 작게 나타나고, H-평면에 대해 동일선상의 위치할 때는 간격이 큰 경우(일반적으로 $s > 0.10\lambda_0$) 커플링이 작게 나타난다[10]. 이를 이용하여 MIMO를 이루는 두 PIFA 사이에 neutralization line을 삽입하면 둘 사이의 간격이 줄어든 효과를 얻을 수 있으며, 따라서 커플링이 감소되기 때문에 결과적으로 격리도를 향상시킬 수 있게 된다. 본 논문에서 제안된 neutralization line의 구조는 그림 2와 같으며, 시뮬레이션을 통해 최적화된 수치를 얻었다.

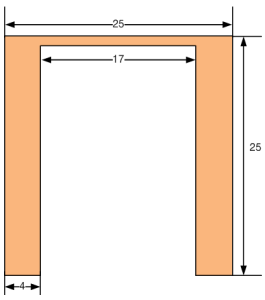


그림 2. 제안된 Neutralization Line의 구조

Fig. 2 Geometry of proposed neutralization line

그림 3은 본 논문에서 제안하는 MIMO 안테나의 전면 및 측면, 후면의 모습을 나타내고 있다. 제안된 Neutralization line은 via 홀을 통해 각각의 PIFA와 연결된다. 또한 neutralization line의 전체 길이 및 neutralization line과 접지면 사이의 거리가 두 PIFA 사이의 커플링을 결정하게 된다.

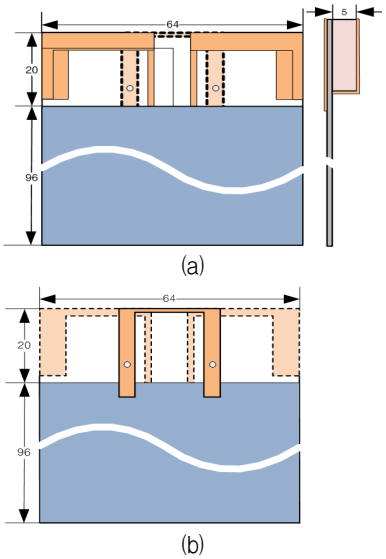


그림 3. 제안된 MIMO 안테나의 구조. (a) 전면 및 측면, (b) 후면

Fig. 3 Geometry of proposed MIMO. (a) top view and side view, (b) bottom view

제안된 안테나는 상용 소프트웨어인 CST 사의 Microwave Studio를 이용하여 S-parameter, 전류 분포와 방사패턴 등을 확인하였다. 각각의 결과들에 나타나있는 포트 1과 포트 2는 각각 PIFA 1과 PIFA 2의 포트를 의미하며, 두 PIFA는 동일한 구조이기 때문에 같은 결과를 보인다.

그림 4는 neutralization line 구조가 없는 경우의 시뮬레이션 된 S-Parameter 결과를 나타내고 있다. 시뮬레이션 결과 임피던스 대역폭은 VSWR 3:1(≤-6 dB) 기준으로 LTE B13(0.746 ~ 0.787 GHz)대역을 만족하였다. 하지만 MIMO를 이루고 있는 두 PIFA 사이의 격리도를 나타내는 S_{21}은 목표대역에서 -15dB 보다 큰 값을 갖기 때문에 MIMO로써 동작할 수 없는 것을 알 수 있다.

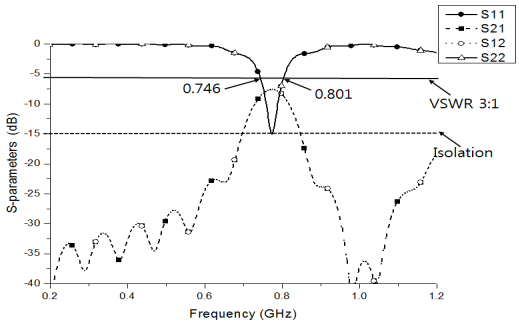


그림 4. Neutralization Line이 없는 경우의 시뮬레이션 된 S-parameter 결과

Fig. 4 The S-parameter of proposed MIMO without neutralization line

그림 5는 neutralization line 구조를 추가하였을 경우의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 임피던스 대역폭의 경우 큰 변화가 없으나, 격리도인 S_{21}은 목표대역에서 -15dB 이하로 확보되었음을 확인하였다.

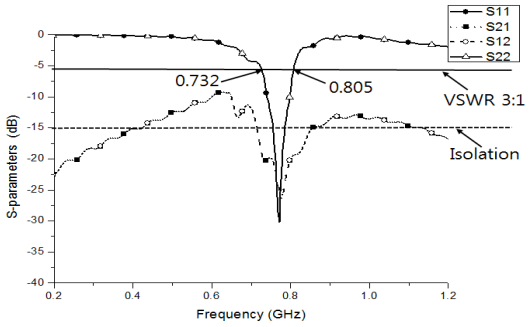
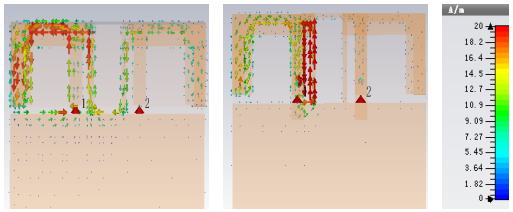


그림 6. Neutralization Line이 있는 경우의 시뮬레이션 된 S-parameter 결과

Fig. 6 The S-parameter of proposed MIMO with neutralization line

그림 6은 각각 neutralization line이 없는 경우와 있는 경우의 MIMO 안테나의 전류 분포 결과를 나타내고 있으며, 전류 분포 결과는 PIFA 1에만 신호를 인가하였을 때를 나타내고 있다. Neutralization line이 없는 경우 PIFA 1에 인가된 전류에 의해 PIFA 2에도 전류가 분포되어 있음을 확인할 수 있다. 반면 neutralization line이 있는 경우에는 커플링이 감소됨에 따라 PIFA 2에 나타나는 전류 분포가 감소되어 있으며, 따라서 격리도가 개선되었음을 알 수 있다.

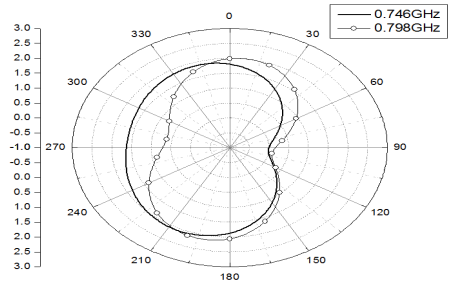


(a) (b)

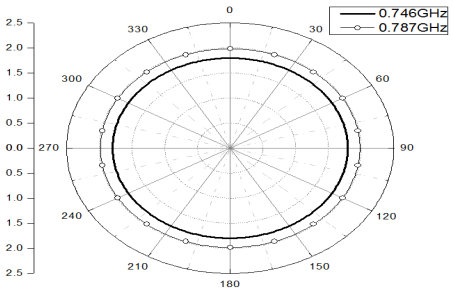
그림 7. 시뮬레이션 된 전류분포 결과. (a) neutralization line이 없는 경우, (b) neutralization line이 있는 경우

Fig. 7 Simulated current distribution result. (a) without neutralization line, (b) with neutralization line

그림 7은 제안된 안테나의 E-평면과 H-평면의 방사패턴을 나타낸다. H-평면에서 전방향성 방사특성을 확인 할 수 있으며, 휴대 단말기용 안테나의 요구사항을 만족함을 알 수 있다.



(a)



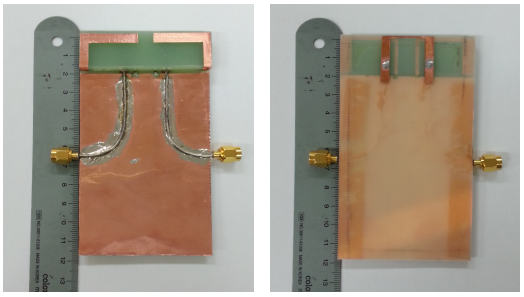
(a)

그림 8. 시뮬레이션 된 방사패턴. (a) E-평면, (b) H-평면)

Fig. 8 Simulated beam pattern. (a) E-plane, (b) H-plane

III. 안테나 제작 및 측정

2장에서 설계한 수치를 이용하여 안테나를 제작하였으며, 그림 9은 제작된 안테나의 모습을 보여주고 있다.



(a) (b)

그림 9. 제작된 MIMO 안테나. (a) 앞면, (b) 뒷면

Fig. 9 Fabricated of proposed MIMO. (a) top view, (b) bottom view

그림 10은 제안된 안테나의 측정 된 S-parameter 결과와 시뮬레이션 된 S-parameter 결과를 비교한 내용을 나타내고 있다. 그림에서 확인할 수 있듯이 시뮬레이션 결과와 측정 결과가 유사함을 알 수 있으며, LTE B13대역(0.746 ~ 0.787 GHz)에서 요구하는 대역폭을 만족하고 있다. 측정 결과에서 발생하는 오차는 기판의 유전율 오차와 시뮬레이션 상의 존재하지 않는 SMA 커넥터의 의한 오차로 사료된다.

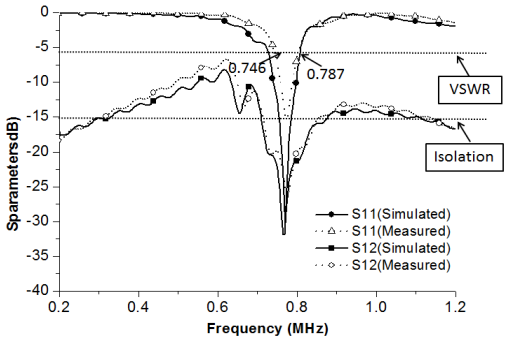
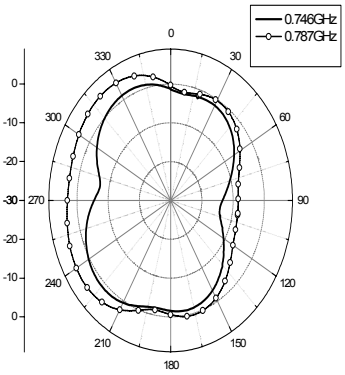


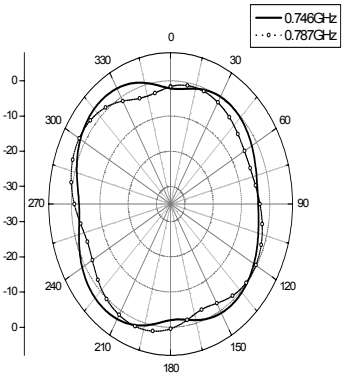
그림 10. 시뮬레이션 및 측정 된 S-parameter 결과

Fig. 10 The simulated and measured S-parameter result of proposed MIMO

그림 11은 제안된 안테나의 방사 패턴을 측정한 결과이다. 시뮬레이션 결과와 유사한 결과를 보였으며, H-평면에서 무지향성에 가까운 전방향성의 방사 패턴을 보이고 있으므로 이동통신용 안테나로 적합하다고 할 수 있다.



(a)



(b)

그림 11. 측정 된 방사패턴. (a) E-평면, (b) H-평면)

Fig. 11 Measured beam pattern. (a) E-plane, (b) H-plane

또한 제안된 안테나의 이득은 LTE B13 대역에서 -2.61 dBi에서 -1.18 dBi까지 나타났으며, 33.49 %에서 46.45 %까지의 방사효율을 확인하였다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 LTE B13대역에서 동작하는 MIMO 안테나의 격리도 향상을 위해 MIMO를 이루는 PIFA에 neutralization line을 추가하여 격리도를 확보하였다. 제작된 MIMO 안테나의 측정결과 VSWR 3:1(≤ -6 dB)이하를 기준으로 LTE B13대역을 만족시켰다. 또한 목표대역의 H-평면에서 전방향성 방사특성의 가까운 방사 패턴을 보였으며, 안테나의 이득과 방사효율은 각각 -2.61 dBi에서 -1.18 dBi까지의 이득과 33.49 %에서 46.45 %까지의 방사효율 특성을 확인하였다. 결과적으로 제안된 MIMO 안테나는 실제 이동통신 휴대 단말기용 안테나에 적용 가능함을 확인할 수 있었으며, 기존의 neutralization line을 이용한 방법보다 더 간단한 구조로 개선된 격리도를 얻을 수 있었다.

References

[1] S. Hui, “Challenges in the migration to 4G mobile systems,” *IEEE Communication Mag.*, vol. 41, Issue 12, Dec. 2003, pp.54-59.

[2] J. D. Parsons, *The mobile radio propagation channel*, 2nd., John Wiley & Sons, 2000.

[3] G. J. Foschini and M. J. Gans, “On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas,” *Wireless Personal Communications*, vol. 6, Issue 3, Mar. 1998, pp.311-335.

[4] W. Kim, C. Yoon, S. Oh, S. Kang, and H. Park, “Broadband planar antenna with T-shaped strip and capacitively coupled shorted strip,” *Microwave Optical Technology Letter*, vol. 53, no. 9, Sep. 2011, pp. 1980-1983.

[5] P. Haapala, P. Vainikainen, and P. Eratuuli, “Dual frequency helical antennas for handsets,” *IEEE Vehicular Technology Conf.*, Atlanta, May. 1996, pp. 336-338.

[6] M. Martinez-Vazquez, M. Geissler, and D. Heberling, “Volume considerations in the design of dual-band handset antennas,” *IEEE*

Antennas and Propagation Society Int. Symp., Boston, 2001, pp. 112-115.
[7] F. R. Hsiao and K. L. Wong, "Compact planar inverted-F patch antenna for triple-frequency operation," *Microwave Optical Technology Letter*, vol. 33, Issue 6, June 2002, pp. 459-462.
[8] D. Maldonado, "Dual band antenna," *U.S. Patent No.5812097*, Sep. 1998.
[9] G. Jung, "*Design of LTE MIMO antenna for next generation wireless communication system,*" master's Thesis, *Hanyang University*, Seoul, Korea. 2010.
[10] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design, 3rd ed.*, New Jersey: John Wiley & Sons, 2005.

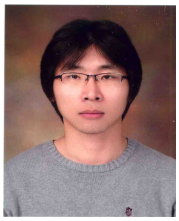
저자 소개

윤인섭(In-Seop Yoon)

2011년 2월 한국산업기술대학교 전자공학과 졸업(공학사)
2013년 2월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
2013년 3월 ~ 현재 인하대학교 대학원 전자공학과 박사과정
※ 관심분야 : 안테나, 레이더 시스템, 초고주파회로

염효가(Xiaojia Yan)

2013년 2월 초당대학교 정보통신공학부 졸업(공학사)
2013년 3월 ~ 현재 인하대학교 대학원 전자공학과 석사과정
※ 관심분야 : 안테나, MIMO 시스템, 초고주파회로



김상욱(Sang-Uk Kim)

2006년 2월 초당대학교 정보통신공학부 졸업(공학사)
2008년 2월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
2008년 9월 ~ 현재 인하대학교 대학원 전자공학과 박사과정
※ 관심분야 : 안테나, MIMO 시스템, 초고주파회로

조윤현(Yun-Hyun Jo)

2007년 2월 인하대학교 전자전기공학부 졸업(공학사)
2009년 2월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
2009년 3월 ~ 현재 인하대학교 대학원 전자공학과 박사과정
※ 관심분야 : 안테나, 레이더 시스템, 초고주파회로

박효달(Hyo-Dal Park)

1978년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1984년 프랑스국립항공우주대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1987년 프랑스국립항공우주대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
1992년 ~ 현재 인하대학교 전자공학과 교수
※ 관심분야 : 항공통신 시스템, 초고주파회로