

논문 2010-47TC-10-11

LTE/DCS1800/USPCS1900 단말기용 MIMO 안테나의 격리도 개선에 관한 연구

(A Study on the Enhancement of Isolation of the MIMO Antenna for LTE/DCS1800/USPCS1900 Handset)

조동기*, 손호철*, 이진우**, 이상운**, 이문수*

(Dong Ki Cho, Ho Cheol Son, Jin Woo Lee, Sang Woon Lee, and Mun Soo Lee)

요약

본 논문에서는 LTE/DCS1800/USPCS1900 단말기용 MIMO 시스템 안테나를 제안하였다. 제안한 안테나는 IFA 형태를 기본으로 하여 광대역 특성을 얻기 위해 스테거 튜닝법을 사용하였다. 또한 두 안테나 사이의 격리도를 개선하기 위해 두 안테나의 shorting point 사이에 suspended line을 연결하고, 연결된 suspended line에 커패시터와 인덕터를 추가하였다. 2.8cc(40×10×7mm) 크기의 동일한 두 안테나를 40×60mm 크기의 시스템 그라운드 양 끝에 배치하였다. 제안된 안테나의 최적화 및 안테나 특성은 CST Microwave Studio을 이용하여 연구하였다. 시뮬레이션 결과 대역폭은 LTE 대역 class 13(746-787MHz), class 14(758-798MHz) 및 DCS1800/USPCS1900(1710-1990MHz)를 만족하였고 안테나 사이의 격리도는 각각 -12dB 및 -10dB 이었다. 안테나 방사 효율은 LTE 대역에서 33%, DCS1800/USPCS1900 대역에서 45% 이었다.

Abstract

In this paper, a MIMO antenna is proposed for LTE/DCS1800/USPCS1900 handset applications. The proposed antenna is based on the IFA and its wide bandwidth is obtained by using a stagger tuning technique. To improve the isolation, a suspended line is connected to the shorting points in two antennas, and capacitors and inductors are added to the connected suspended line. Two identical antennas of which dimension is 2.8cc(40×10×7mm) are mounted on the two end lines of the system ground plane(40×60mm). Analysis of the antenna performance and optimization is performed using CST Microwave Studio. The bandwidths are satisfied for LTE band class 13(746-787MHz), class 14(758-798MHz) and DCS1800/USPCS1900 band (1710-1990MHz). The isolations between two antennas are about -12dB for LTE band and -10dB for DCS1800/USPCS1900 band. And the radiation efficiency of each antenna is about for LTE band 33% and 45% for DCS1800/USPCS1900 band respectively.

Keywords: LTE, MIMO antenna, Suspended line

I. 서론

최근 무선 통신 기술의 급속한 발전과 더불어 방송,

멀티미디어, 화상통화 등의 다양한 서비스를 위한 높은 데이터 전송속도 및 뛰어난 통신 품질, 낮은 소비 전력, 여러 주파수 대역에서도 사용할 수 있는 소형 단말기가 요구되고 있다.

현재 3세대에서는 UMTS와 WCDMA, HSPA, HSPA+를 상용화하여 통신 품질 및 데이터 전송속도 높였지만, 현재 기술로는 소비자의 욕구를 만족할만한 데이터 용량과 속도에는 못 미치는 실정이기에 이동통신 업계에서는 차세대 이동 통신 서비스(4세대)를 위한

* 정회원, 경상대학교 공학연구원
(Engineering Research Institute, Gyeongsang National University)

** 정회원, 가람솔루션 기술연구소
(Antenna R&D Center, Karam-Solution Co., Ltd.)

※ 본 논문은 (주)가람솔루션의 '4G 안테나 선행 연구'의 연구비지원에 의해 수행 됨.

접수일자: 2010년4월21일, 수정완료일: 2010년10월18일

기술 발전에 주력하고 있다. 이러한 4세대 이동통신을 위해 Long Term Evaluation (LTE)와 다중입출력 (Multiple Input Multiple Output: MIMO) 기술이 각광 받고 있다.

MIMO 안테나는 데이터 전송속도를 높이고 안테나 사이의 상호 간섭을 줄이기 위해 충분한 격리도가 확보되어야 하지만 소형 단말기 내부에 장착될 경우 단말기 크기의 소형화로 인하여 안테나 사이의 거리가 가깝게 되므로 높은 격리도를 확보하기 힘들다.

안테나 사이의 격리도를 개선시키기 위한 방법으로 SRR(Split Ring Resonator), AMC(Artificial Magnetic Conductor), EBG(Electromagnetic Band Gab) 등을 이용할 수도 있지만 이들은 사용 주파수에 공진할 수 있는 일정한 크기가 필요하고 또한 주기적인 구조가 필요하므로 단말기의 소형화라는 취지에 어긋난다.^[1~2] 이외에 GND의 형태 변형(Slot, Slit 추가 또는 GND 확장)하는 방법이 있으나 이 또한 전자부품을 장착할 수 있는 공간을 제한하는 문제점이 있다.^[3~4] 또 다른 방법으로는 안테나 사이에 미엔더라인, 스텝, Suspended line 또는 아이슬레이션 에이드를 추가하여 격리도를 향상시킬 수 있다.^[5~8]

본 논문에서는 LTE/DCS1800/USPCS1900 단말기용 MIMO 안테나를 제안한다. 안테나는 LTE 대역 class13 (746-787MHz), LTE 대역 class 14(758-798MHz), DCS1800(1710-1880MHz), USPCS(1850-1990MHz) 대역을 만족하도록 설계한다. 안테나의 구조는 IFA를 기본으로 하여 광대역 특성을 얻기 위해 스텝 튜닝법을 사용하고, 두 안테나 사이의 격리도를 개선하기 위해 안테나 사이에 suspended line과 커패시터 및 인덕터를 추가 한다. 동일한 2개의 안테나는 체적이 2.8cc (40×10×7mm)이며 40×60mm 크기의 시스템 그라운드 양 끝에 장착 한다. 안테나의 특성 확인 및 최적화를 위하여 상업용 시뮬레이션 프로그램인 CST Microwave Studio를 사용한다.

II. 안테나의 구조 및 설계

본 논문에서 설계한 안테나의 형태 및 장착 위치를 그림 1에 나타내었다. 안테나는 역F형 안테나를 기초로 하여 LTE 대역 class 13/14(746-798MHz)용 대역폭을 확보하기 위한 2개의 공진기와 DCS1800/USPCS1900 (1710-1990MHz)용 공진기 2개로 구성하

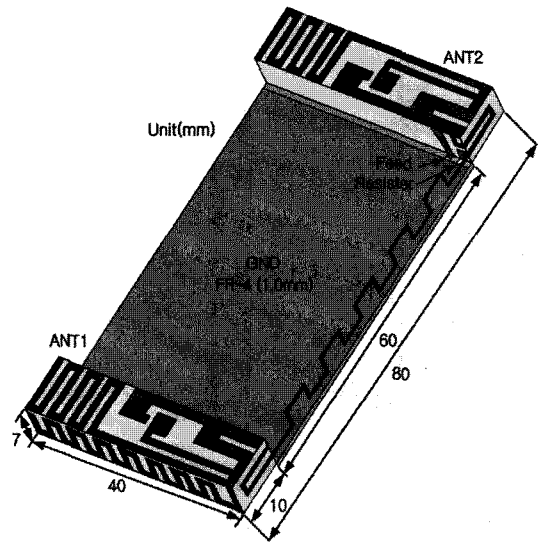


그림 1. 안테나 구조 및 배치
Fig. 1. Configuration of the antennas.

여 필요한 대역폭을 확보하기 위해 스텝 튜닝을 하였고, 단락점에는 1[Ω] 저항을 연결하였다. 또한 핸드폰 내부에 장착하고 MIMO 시스템에 사용하기 위해 동일한 두 안테나를 40×60mm의 시스템 그라운드 양 끝에 배치하였고 안테나 고정을 위한 프레임(mold)은 상대 유전율이 2.9, tangent loss가 0.02인 PC (Polycarbonate)를 사용하였다.

제안한 안테나의 최적화를 위해 안테나 소자의 각 부분의 크기 변화에 따른 특성을 연구하였다. 그림 2는 제안된 구조에서 suspended line 없이 동일한 안테나만 2개 배치한 경우의 반사손실과 안테나 사이의 격리도로서 반사손실 -6dB를 기준으로 할 때 안테나의 대역폭은 750-880MHz 및 1670-1950MHz였다.

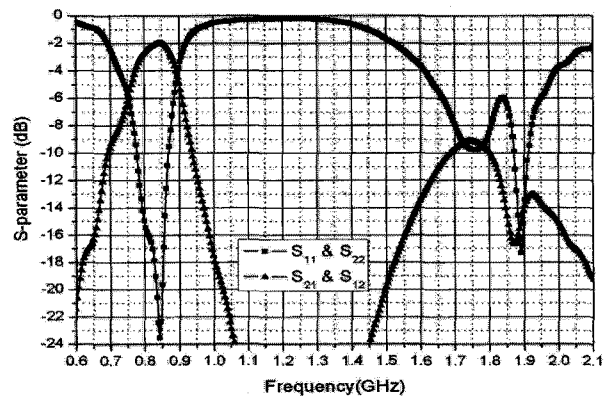


그림 2. Suspended line이 없는 경우 안테나 S-parameters
Fig. 2. Simulated S-parameters of the antennas without suspended line.

안테나 사이의 격리도를 개선하기 위해 그림 3과 같이 suspended line을 두 안테나의 급전점과 급전점 사이에 연결(Type-A) 하거나, 'c'자 모양의 한 단락부의 위쪽과 다른 단락부의 위쪽을 연결(Type-B) 하거나, 단락점 'c'자 모양의 한 단락부의 아래쪽과 다른 단락부의 아래쪽을 연결(Type-C) 하여 이들 간의 격리도 특성을 CST를 이용한 시뮬레이션을 통해 비교할 수

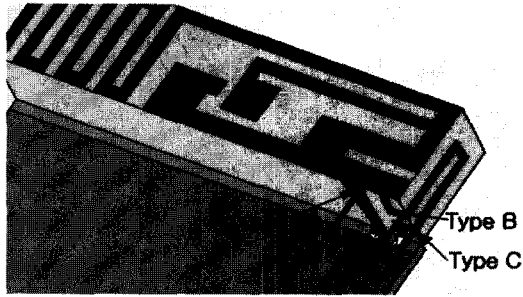


그림 3. Suspended line의 연결 형태
Fig. 3. Type of a connected suspended line.

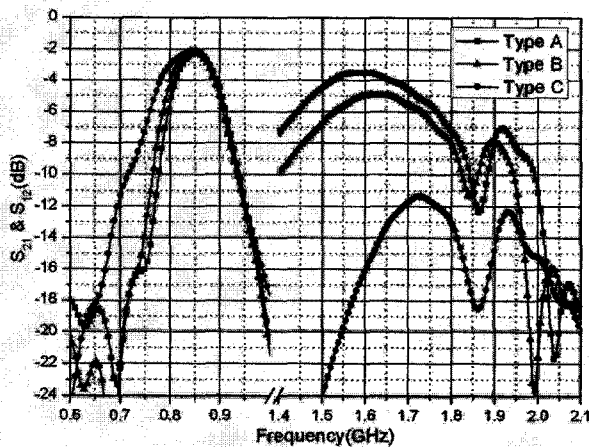
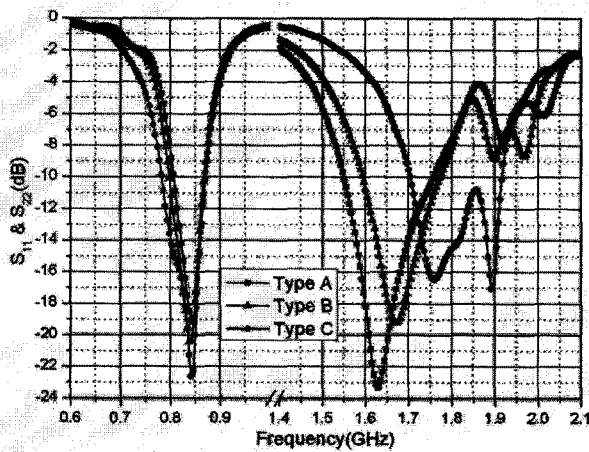


그림 4. Suspended line 연결 형태에 따른 S-parameters
Fig. 4. Simulated S-parameters for different type of a suspended line.

있다.

그림 4는 suspended line의 연결 형태에 따른 반사손실과 격리도의 변화이다. 높은 주파수 대역에서 suspended line의 연결방법에 따라 반사손실과 격리도가 크게 변함을 알 수 있다. 특히 Type C의 경우가 가장 양호하며 suspended line을 전혀 사용하지 않은 경우(그림2) 보다 높은 대역에서 격리도가 약 2dB 개선되었다.

그림 5는 suspended line의 자세한 모양과 치수를 나타낸 것이다. 여기서 L_1 을 조정했을 때 반사손실과 격리도의 변화가 나타나며 그림 6과 같다. L_1 의 변화에 따라 최적의 격리도가 얻어지는 주파수가 변화함을 알 수

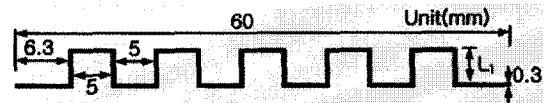


그림 5. Suspended line의 구조
Fig. 5. Geometry of a suspended line.

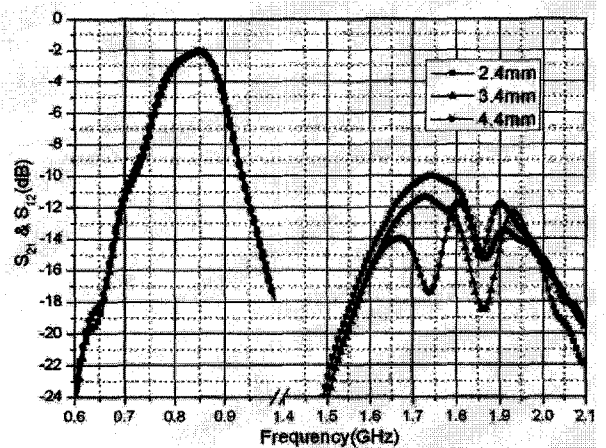
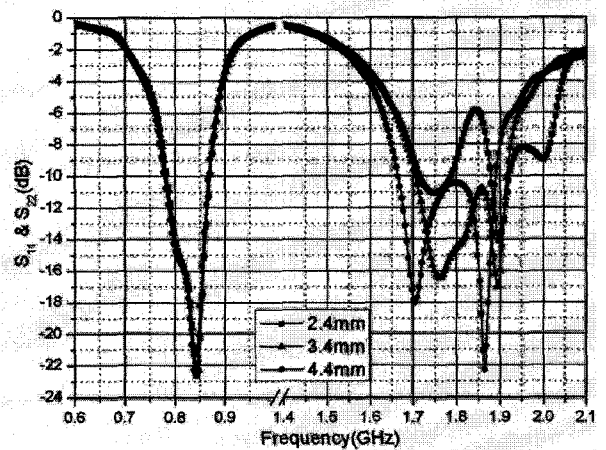


그림 6. Suspended line 길이에 따른 S-parameters
Fig. 6. Simulated S-parameters for different length of a suspended line.

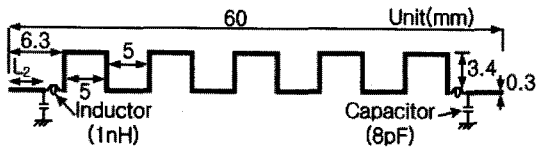


그림 7. 커패시터 및 인덕터의 추가 위치
Fig. 7. Position of added capacitors and inductors.

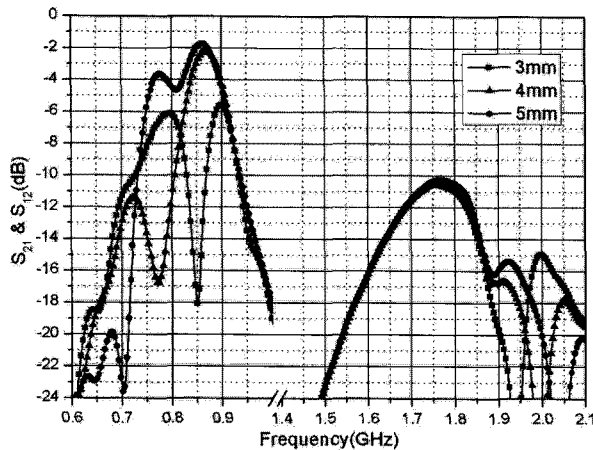
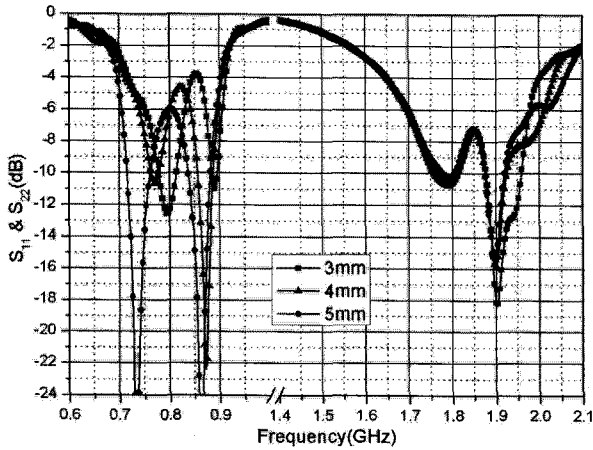


그림 8. 커패시터 위치에 따른 S-parameters
Fig. 8. Simulated S-parameters for different position of capacitors.

있으나 낮은 주파수 대역에서는 격리도가 L_1 의 길이에 거의 무관하다.

그림 7은 낮은 대역에서 격리도 개선을 위해 suspended line에 인덕터와 커패시터를 추가한 것이다. 여기서 인덕터를 1[nH]로 고정시키고, 추가된 커패시터의 위치(L_2)를 변화시켰을 때 반사손실과 격리도의 변화는 그림 8과 같다.

L_2 가 3mm인 경우 850MHz, 4mm인 경우 780MHz, 5mm인 경우 700MHz에서 최적의 격리도가 나타났다.

한편 커패시터의 용량에 따른 반사손실과 격리도의 변화는 그림 9와 같다. 용량이 7[pF]일 때 850MHz,

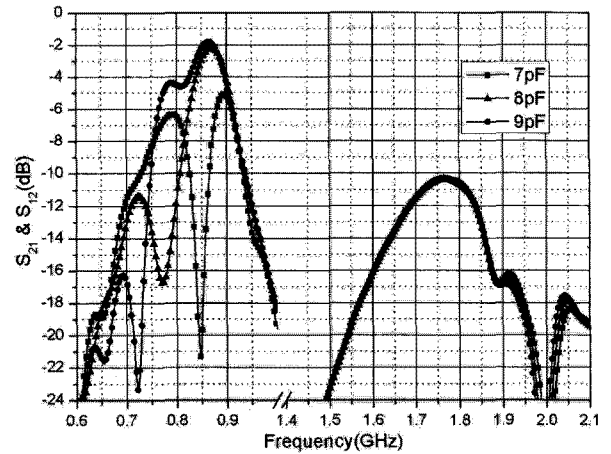
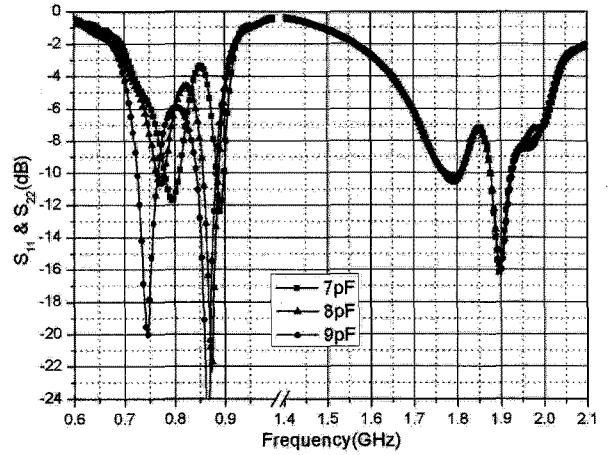


그림 9. 커패시터 용량 변화에 따른 S-parameters
Fig. 9. Simulated S-parameters for different capacitance of capacitors.

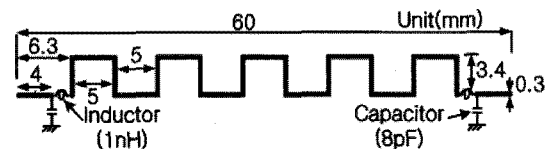
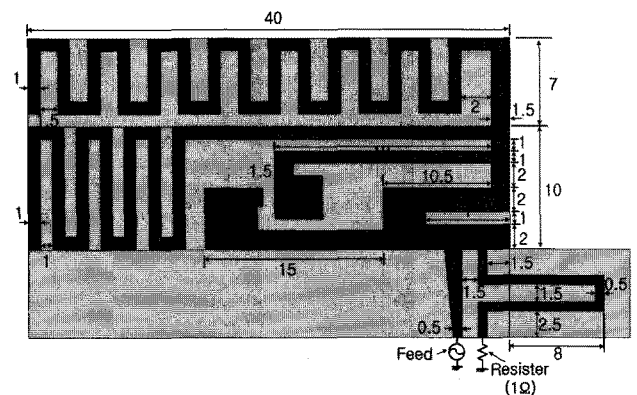


그림 10. 최적화된 안테나 및 suspended line의 크기
Fig. 10. Dimension of the optimized antenna and suspended line.

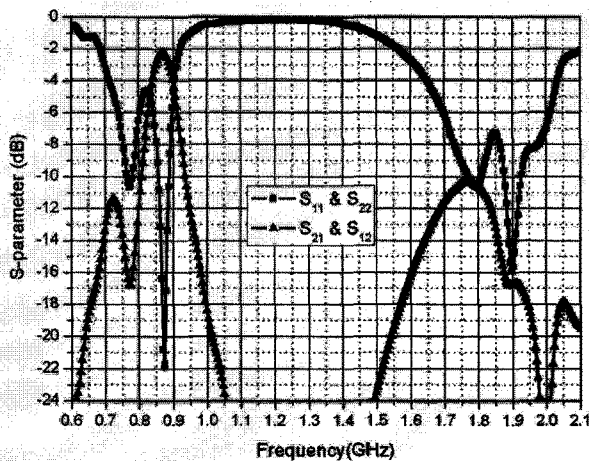


그림 11. 최적화된 안테나의 S-parameters
Fig. 11. Simulated S-parameters of the optimized antennas.

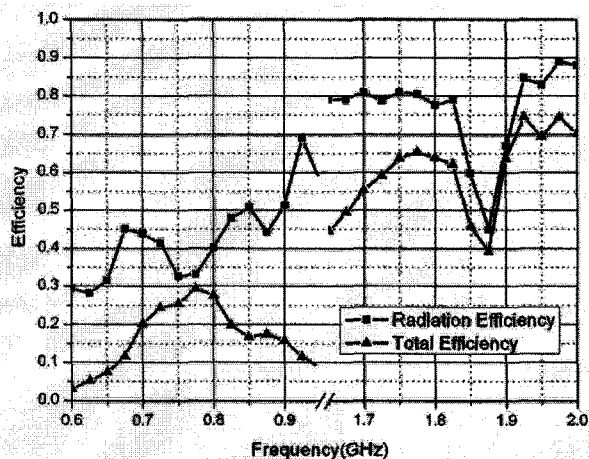


그림 12. 최적화된 안테나 효율
Fig. 12. Simulated Efficiency of the optimized antennas.

8[pF]일 때 770MHz, 9[pF]일 때 720MHz에서 최적의 격리도가 얻어졌다. 반면 높은 주파수 대역에서 커패시터의 위치와 용량 변화에 따른 격리도의 변화는 거의 나타나지 않았다.

이상의 결과를 종합하여 설계된 최적의 안테나 형상과 치수를 그림 10에 나타내었고, 그 결과는 그림 11과 같다. 그림 11에서 LTE 대역내의 class 13/14 대역(476-798MHz) 및 DCS1800/USPCS1900 대역(1710-1990MHz)에서 반사손실은 각각 -6dB 이하이고 격리도는 각각 -12dB와 -10dB를 얻었으며, 이것은 suspended line을 사용하지 않은 경우 보다 LTE대역에서 약 9dB, DCS1800/USPCS1900 대역에서 약 1.5dB정도 격리도가 개선되었다.

그림 12는 안테나의 방사효율과 전체 효율을 나타낸

것으로 방사효율은 LTE 대역에서 33-40%, DCS1800/USPCS1900 대역에서 45-90% 이었다.

III. 결 론

본 논문에서는 LTE/DCS1800/USPCS1900 단말기용 MIMO 안테나를 설계하였다. 두 안테나 사이의 격리도를 개선하기 위해 suspended line을 연결하고, 연결된 suspended line에 커패시터와 인덕터를 추가하였다.

최적화된 MIMO 안테나는 LTE 대역 class 13/14 대역인 746-798MHz와 DCS1800/USPCS1900 대역인 1710-1990MHz를 만족한다. 두 안테나 사이의 격리도는 각각 -12dB 및 -10dB 이하이며, suspended line과 커패시터, 인덕터가 없는 경우에 비해 LTE대역에서 9dB, DCS1800/USPCS1900 대역에서 1.5dB 개선되었다.

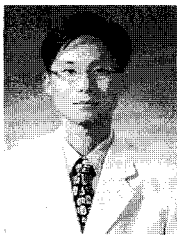
하지만 DCS1800/USPCS1900 대역에서는 안테나 방사효율이 45-90%로 좋은 결과를 얻었지만, LTE 대역에서는 33-40%로 향후 안테나 효율 개선을 위한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Mohammed M. Bait Suwailam, Muhammed S. Boybay, Omar M. Ramahi, "Mutual Coupling Reduction in MIMO antennas Using Artificial Magnetic Materials," *International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics and the Canadian Radio Sciences Meeting*, pp. 1-4, 2009.
- [2] Fan Yang, Yahya Rahmat-Samii, "Microstrip Antennas Integrated With Electromagnetic Band-Gap (EBG) Structures: A Low Mutual Coupling Design for Array Applications," *IEEE Trans. Antenna and Propagation*, Vol. 51, No. 10, pp. 2936-2946, Oct., 2003.
- [3] M. Karaboikis, C. Soras, V. Makios, "Compact Dual-Printed Inverted-F Antenna Diversity System for portable Wireless Devices," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Lett.*, Vol. 3, pp. 9-14, 2004.
- [4] Ding Yuan, Du Zhengwei, Gong Ke, Feng Zhenghe, "A Four-Element Antenna System for Mobile Phones," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Lett.*, vol. 6, pp. 655-658, 2007.
- [5] Soon Ho Hwang, Tae Sik Yang, Joon Ho Byun, Kim, A.S., "Complement pattern on metamaterial

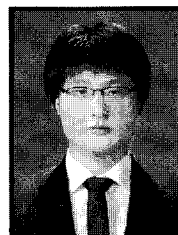
- antenna for reducing mutual coupling in MIMO systems,” European Conf. on *Antenna and Propagation*, pp. 204 -207, 2009.
- [6] Seokjin Hong, Jaewon Lee, Jaehoon Choi, “Design of UWB Diversity Antenna for PDA Applications,” *International Conf. on Advanced Communication Technology*, Vol. 1, pp. 583-585. 2008.
- [7] Yong Cheng, Wen-jun Lu, Chong-hu Cheng, Wei Cao, “Printed diversity antenna with cross shape stub for ultra-wideband applications,” *IEEE Singapore International Conf. on Communication Systems*, pp. 813-816, Singapore, 2008.
- [8] Aliou Diallo, Cyril Luxey, Philippe Le Thuc, Rpbert Staraj, Georges Kossiavas, “Syudy and Reduction of the Mutual Coupling Between Two Mobile Phone PIFAs Operating in the DCS1800 and UMTS Bands”, *IEEE Tran. Antennas and Propagation*, Vol. 11, pp. 3063-3074, 2006.

— 저 자 소 개 —



조 동 기(정회원)
1999년 경상대학교
전자공학과 학사 졸업
2001년 경상대학교
전자공학과 석사 졸업
2004년~현재 경상대학교
전자공학과 박사 과정

2000년~2008 한국소니전자
2010년~ 현재 덴소풍성전자
<주관심분야 : 무선통신, 안테나>



손 호 철(정회원)
2009년 경상대학교
전자공학과 학사 졸업
2009년~현재 경상대학교
전자공학과 석사 과정
<주관심분야 : 무선통신, 안테나>



이 진 우(정회원)
2001년 경상대학교
전자공학과 학사 졸업
2003년 경상대학교
전자공학과 석사 졸업
2002년~2004년 에이스 안테나연
구소

2004년~2007년 팬택 중앙연구소
2008년~현재 가람솔루션 연구소
<주관심분야 : 안테나>



이 상 운(정회원)
2007년 남서울대학교
전자공학과 학사 졸업
2009년 아주대학교
전자공학부 석사 졸업
2009년~현재 가람솔루션 연구소

<주관심분야 : 소형 안테나, RFID 태그 안테나
설계>



이 문 수(정회원)
1970년 한국항공대학교 통신공학사 학사 졸업
1980년 한양대학교 전자통신공학과 석사 졸업
1984년 한양대학교 전자통신공학 박사 졸업
1981년~1986년 제주대학교 통신공학과 부교수
1986년 9월~1987년 8월 미국 COMSAT 연구소 연구원
1999년 6월~1999년 8월 Syracuse 대학교 방문교수

2004년 1월~2005년 2월 미시시피 대학교 방문교수
1987년~현재 경상대학교 전자공학과 정교수
<주관심분야 : 마이크로파, 무선통신, 안테나, Metamaterial>