

차세대 이동 통신용 다중 안테나 시스템

Multiple Antenna System for Next Generation Mobile Communication

한 민 석 · 최 재 훈

Minseok Han · Jaehoon Choi

요 약

본 논문에서는 차세대 휴대 단말기용 다중 안테나 시스템을 제안하였다. 제안된 MIMO 안테나는 상호 이격 거리가 6 mm이고, 100 mm 길이를 갖는 두 개의 평행한 폴디드 모노폴 안테나와 decoupling 네트워크로 구성되고, 휴대 단말기 상단에 위치한다. LTE 대역 13의 격리도 특성을 개선하기 위해서, 서로 가깝게 위치한 두 안테나 사이에 decoupling 네트워크가 삽입되었다. 제안된 decoupling 네트워크는 구조가 간단하고 위상 지연을 갖는 두 개의 전송 선로와 병렬 리액티브 성분, 공통 접지 라인으로 구성된다. 휴대 단말기 하단에는 광대역 특성을 얻기 위해 슬릿을 사용해서 급전 라인과 접지 라인 사이에 강한 전자기 결합을 갖는 넓은 폴디드 패치가 사용되었다. 또한, 이렇게 구성된 3개의 다중 안테나 시스템의 성능이 분석되었다.

Abstract

In this paper, a multiple antenna system for next generation mobile applications is proposed. The proposed MIMO antenna consists of two parallel folded monopole antennas with the length of 100 mm and spacing of 6 mm and a decoupling network which locates at the top side of a mobile handset. In order to improve the isolation characteristic at the LTE band 13, a decoupling network was added between the two antenna elements placed close to each other. The decoupling network, consisting of two transmission lines, a shunt reactive component and common ground line, is simple and compact. To obtain the wide bandwidth characteristic, an wide folded patch structure generating the strong coupling between feeding and shorting lines through the slit is used at the bottom side of a mobile handset. Also, the performance of a multiple antenna system composed of three antenna elements is analyzed.

Key words : Multiple, MIMO(Multiple Input Multiple Output) Antenna, Decoupling Network, Isolation, Next Generation

I. 서 론

차세대 이동 통신 기술인 4세대 이동 통신은 이동 중 100 Mbps 급 속도, 정지 중에는 1 Gbps 급 속도를 제공해 유선과 무선, 통신과 방송이 융합되는 기술로서 2012년에 상용화가 시작될 것으로 예측된다. 4세대 이동 통신의 핵심 기술로 주목 받는 몇 가지 기술 중에서 다중 입출력 기술(Multi Input Multi Out-

put: MIMO)은 이동 통신 환경에서 다수의 안테나를 사용해 데이터를 송 수신하는 다중 안테나 신호 처리 방식으로 여러 개의 안테나를 사용해 동일한 무선 채널에서 두 개 이상의 데이터 신호를 전송함으로써 무선 통신의 범위를 넓히고, 속도도 크게 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 있다^[1]. 미국의 Verizon Wireless는 이러한 MIMO 기술을 이용해 60 Mbps의 전송 속도를 갖는 LTE 방식의 모바일 통신 서비스

「본 연구는 이엠파블유(EM-PBL)의 “소형 USB Dongle 용 다중대역 MIMO 안테나 개발” 산업체지원연구 사업의 연구비 지원으로 연구되었음. 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과(Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University)

· 논문 번호 : 20091127-17S

· 교신저자 : 최재훈(e-mail : choijh@hanyang.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 5월 18일

를 2009년에 미국 2개 도시에서 시험 운용할 예정이라고 발표하였고, 2010년에는 상용 서비스를 할 예정이며, 서비스 지역도 25~30개로 확대한다는 계획이다.

소형의 휴대 단말기에 LTE 대역 13(746~787 MHz)과 기존의 이동 통신 대역(824~960 MHz, 1,710~2,170 MHz) 그리고 와이브로(WiBro: 2.3~2.4 GHz), 모바일 와이맥스(M-WiMAX: 2.5~2.69 GHz) 대역을 동시에 만족시키는 다중 안테나 시스템을 구현하기 위해서는 반 파장보다 아주 작은 공간 내에 둘 이상의 안테나 소자가 배치되어야 하므로 공간상의 제약 사항들이 많다. 또한 휴대 단말기에 여러 개의 안테나를 적용할 경우, 가까이 배열된 안테나 소자간 방사 결합을 포함한 상호 결합의 영향은 안테나의 성능을 저하시키는 주요 원인이 된다. 이러한 상호 결합의 영향을 최소화 시키기 위한 방법으로 접지면에 슬롯이나 스테브를 이용해서 격리도를 개선하는 방법이 있으며^{[2]~[3]}, 최근에는 두 안테나 사이의 거리가 아주 가까운 경우에 사용되는 집중정수 소자 회로 네트워크(lumped circuit network)와 디커플링 네트워크(decoupling network)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다^{[4]~[8]}. 이러한 방법들은 상호 결합을 줄이는데 효과적이기는 하지만, 휴대 단말기와 같은 작은 공간에 LTE 대역을 포함한 다중 대역을 만족하는 MIMO 안테나를 구현하기에는 상당한 어려움이 있다.

본 논문에서는 LTE 대역 13(746~787 MHz)과 기존의 이동 통신 대역(824~960 MHz, 1,710~2,170 MHz), 그리고 와이브로(WiBro: 2.3~2.4 GHz), 모바일 와이맥스(M-WiMAX: 2.5~2.69 GHz) 대역을 동시에 만족시키는 다중 안테나 시스템을 제안하였다. 제안된 MIMO 안테나는 상호 이격 거리가 6 mm이고, 100 mm 길이를 갖는 두 개의 평행한 폴디드 모노폴 안테나와 decoupling 네트워크로 구성되고 휴대 단말기 상단에 위치한다. LTE 대역 13의 격리도 특성을 개선하기 위해서, 서로 가깝게 위치한 두 안테나 사이에 decoupling 네트워크가 삽입되었다. 제안된 decoupling 네트워크는 위상 지연을 갖는 두 개의 전송 선로와 병렬 리액티브 성분, 공통 접지 라인으로 구성되고, decoupling 네트워크를 구성하는 값들은 두 안테나 사이의 S_{21} 크기와 위상으로부터 이를 보

상해 주는 값으로 결정된다. 두 개의 평행한 폴디드 모노폴 안테나 사이에 커플링을 보상해줄 수 있는 decoupling 네트워크를 삽입했을 때 LTE 대역 13의 격리도가 10 dB 이상 개선되고, LTE 대역 13의 안테나 성능이 개선된다. 또한 휴대 단말기 하단에는 기존의 이동 통신 대역(824~960 MHz, 1,710~2,170 MHz) 뿐만 아니라 와이브로(WiBro: 2.3~2.4 GHz)와 모바일 와이맥스(M-WiMAX: 2.5~2.69 GHz) 대역을 만족시키는 다중 대역 안테나를 구현하였다.

II. Decoupling 네트워크를 이용한 MIMO 안테나 설계

2-1 Decoupling 네트워크 기본 이론

Decoupling 네트워크는 Z_0 의 특성 임피던스와 θ 의 위상 지연을 갖는 두 개의 전송 선로, 어드미턴스 jB 를 갖는 병렬 리액티브 성분 그리고 공통 접지 라인으로 구성되고, decoupling 네트워크를 구성하는 값들은 두 안테나 사이의 S_{21} 크기와 위상으로부터 이를 보상해 주는 값으로 결정된다.

이를 뒷받침하기 위해 먼저 상호간에 전자기 결합을 갖는 안테나가 좋은 입력 임피던스를 갖는다고 가정하면, 산란 행렬의 대각선 성분은 사라지고 t_1 에서의 산란 행렬 $[S^A]$ 은 다음의 식 (1)과 같이 쓸 수 있다. 이 때, α 와 ϕ 는 두 안테나 사이의 S_{21} 크기와 위상을 나타낸다.

$$[S^A] = \begin{bmatrix} 0 & \alpha e^{j\phi} \\ \alpha e^{j\phi} & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

각각의 안테나 포트에 같은 임피던스 Z_0 를 갖는 전송 선로를 추가하면 상관계수는 추가적인 위상 지연을 갖는 반면에 반사 손실은 무한대의 값을 그대로 유지한다. 그러므로 t_2 에서의 산란 행렬은 다음의 식 (2)와 같이 쓸 수 있다.

$$[S^A] = \begin{bmatrix} 0 & \alpha e^{-j(2\theta-\phi)} \\ \alpha e^{-j(2\theta-\phi)} & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

일단 t_2 에서의 산란 행렬이 구해지면 이에 대응하는 어드미턴스 행렬 $[Y^A]$ 은 쉽게 구할 수 있다^[9].

그림 1에서와 같이 두 개의 포트 네트워크는 병렬

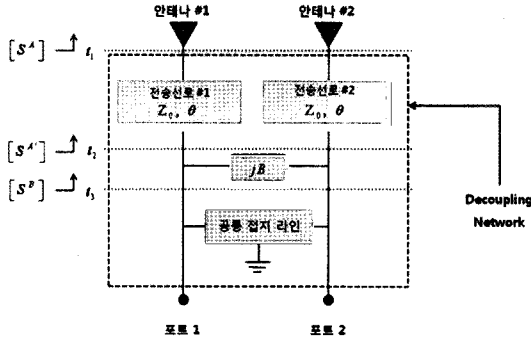


그림 1. Decoupling 네트워크의 기본 개념
Fig. 1. Basic concept of decoupling network.

로 써셉턴스 B의 리액티브 성분을 갖는다. 그러므로 t_3 에서의 새로운 두 개의 포트 네트워크의 어드미턴스 행렬 $[Y^B]$ 는 다음의 식 (3)을 만족해야 한다. 이때 $[Y^b]$ 는 병렬 성분으로 구성되는 두 개의 포트 네트워크의 어드미턴스 행렬을 나타낸다.

$$[Y^B] = [Y^A] + [Y^b] \quad (3)$$

이 때 $[Y^b]$ 는 병렬 성분으로 구성되는 두 개의 포트 네트워크의 어드미턴스 행렬을 나타낸다.

$$[Y^b] = \begin{bmatrix} jB & -jB \\ -jB & jB \end{bmatrix} \quad (4)$$

그러므로, $[Y^b]$ 의 행렬 성분들은 다음의 식 (5)와 식 (6)을 통해서 얻어질 수 있다.

$$Y_{21}^B = Y_{12}^B = Y_0 \left(\frac{-2\alpha e^{-j(2\theta-\phi)}}{1-\alpha^2 e^{-j(2\theta-\phi)}} \right) - jB \quad (5)$$

$$Y_{11}^B = Y_{22}^B = Y_0 \left(\frac{1+\alpha^2 e^{-j2(2\theta-\phi)}}{1-\alpha^2 e^{-j2(2\theta-\phi)}} \right) + jB \quad (6)$$

t_3 에서의 산란행렬 $[S^B]$ 의 성분들은 다음의 식 (7)과 식 (8)을 통해서 얻어질 수 있다.

$$S_{21}^B = \frac{-2Y_{21}^B Y_0}{Y_0^2 + 2Y_{11}^B Y_0 + (Y_{11}^B)^2 - (Y_{21}^B)^2} \quad (7)$$

$$S_{11}^B = \frac{Y_0^2 - (Y_{11}^B)^2 + (Y_{12}^B)^2}{Y_0^2 + 2Y_{11}^B Y_0 + (Y_{11}^B)^2 - (Y_{21}^B)^2} \quad (8)$$

위식에서 Y_0 는 입력 포트의 특성 어드미턴스를 나

타내고, $Y_0 = 1/Z_0$ 로 표현할 수 있다^[10]. 두 포트 사이의 전자기 결합을 제거하기 위해서는 t_3 에서의 전자기 결합 상관계수 S_{21}^B 가 0이 되어야 하고, 이것은 식 (7)로부터 트랜스 어드미턴스 Y_{21}^B 가 사라져야 한다. 그런 다음에 식 (5)로부터, decoupling 네트워크를 구성하기 위해서 요구되는 전기적 길이 θ 와 써셉턴스 B는 다음의 식 (9)와 식 (10)을 통해서 구할 수 있다.

$$\theta = \frac{1}{2} \left(\phi \pm \frac{\pi}{2} \right) \quad (9)$$

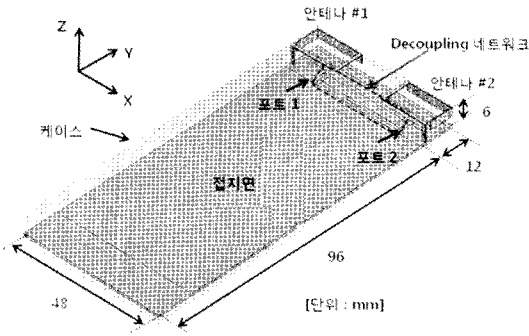
$$B = \pm \frac{2\alpha}{1+\alpha^2} Y_0 \quad (10)$$

이렇게 구한 값을 t_3 에서의 어드미턴스 행렬 $[Y^B]$ 의 성분들을 구하기 위해 식 (6)에 대입한다. 구해진 입력 어드미턴스를 시스템 어드미턴스 Y_0 로 정합시키기 위해서 추가적인 임피던스 매칭 네트워크가 필요하고, 이를 위해 공통 접지 라인을 사용해서 최종적인 decoupling 네트워크를 구현할 수 있다.

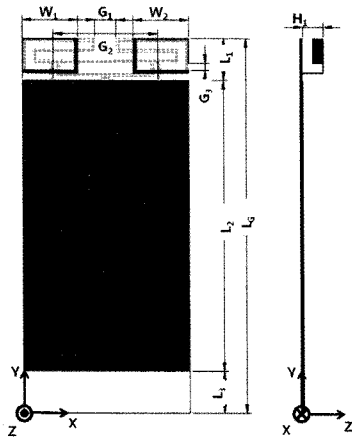
2-2 Decoupling 네트워크를 이용한 MIMO 안테나 설계

그림 2는 2-1절에서 구해진 decoupling 네트워크를 이용한 MIMO 안테나 구조를 나타내주고 있다. 제안된 MIMO 안테나는 서로 가깝게 위치한 두 개의 스파이럴 형태의 폴디드 모노폴로 구성된다. Decoupling 네트워크를 포함한 MIMO 안테나의 크기는 48 mm×12 mm×6 mm이다. LTE 대역 13의 격리도 특성을 개선하기 위해서, 서로 가깝게 위치한 두 안테나 사이에 decoupling 네트워크가 삽입되었다.

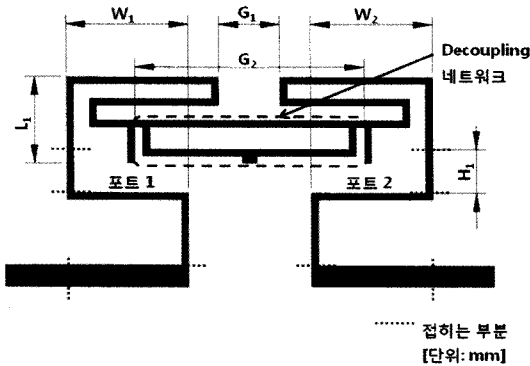
2-1절의 절차에 의해 구해진 Decoupling 네트워크는 두 안테나 사이의 S_{21} 크기와 위상값을 식 (9)와 식 (10)에 대입해서 얻을 수 있다. 먼저 LTE 대역 13에서 동작하는 모노폴을 구현하기 위해서 공진 길이가 100 mm인 모노폴을 설계하였다. 소형화를 위해 스파이럴 형태의 폴디드 모노폴로 MIMO 안테나를 구현하였다. 다음에 두 안테나 사이의 S_{21} 크기와 위상에 해당하는 값을 시뮬레이션을 통해서 구하였다. 이때 구해진 S_{21} 크기와 위상은 $\alpha=5.87$ 이고, $\phi=106^\circ$



(a) 입체도
(a) Overall view



(b) 정면 및 측면도
(b) Top and side view



(c) 안테나 구조
(c) Structure of radiating element

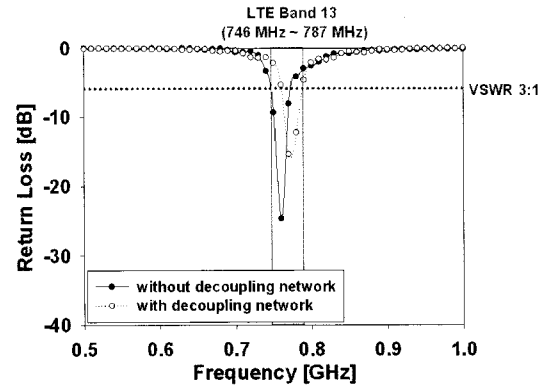
그림 2. Decoupling 네트워크를 이용한 MIMO 안테나 구조

Fig. 2. Geometry of MIMO antenna using a decoupling network.

이다. 이 값을 식 (9)와 식 (10)에 대입해서 decoupling 네트워크를 구성하기 위해 요구되는 전기적 길

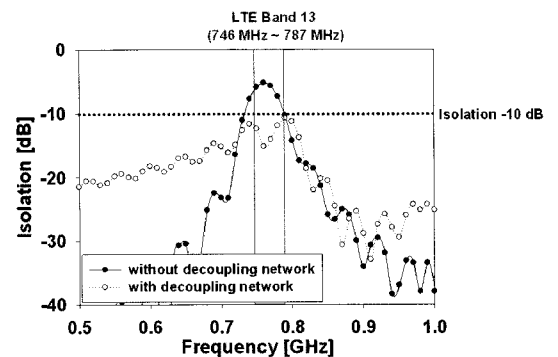
이 θ 와 써셉턴스 B 의 값을 구하면 $\theta=98^\circ, 8^\circ$ 이고 $B=\pm 0.33$ 이다. 이렇게 구한 값을 t_3 에서의 산란행렬 $[Y^B]$ 의 성분들을 구하기 위해 식 (6)에 대입한다. 이러한 입력 어드미턴스 값을 시스템 어드미턴스 Y_0 로 바꾸기 위해서 추가적인 임피던스 매칭 네트워크가 필요하고, 이를 위해 공통 접지 라인을 사용한다.

그림 3은 decoupling 네트워크를 삽입하기 전과 후의 산란 파라미터 특성을 비교한 시뮬레이션 결과이다. MIMO 안테나에 있어서 격리도 특성은 두 안테나 사이의 상호 전자적 결합의 정도를 나타내는 아주 중요한 성능 지수로서 가까이 배열된 안테나 소자간 방사 결합을 포함한 상호 결합의 영향은



(a) Decoupling 네트워크 삽입 전/후 반사계수 특성

(a) Return loss characteristics with and without a decoupling network



(b) Decoupling 네트워크 삽입 전/후 격리도 특성

(b) Isolation characteristics with and without a decoupling network

그림 3. Decoupling 네트워크 삽입 전/후의 산란 파라미터 특성(시뮬레이션 결과)

Fig. 3. Simulated S-parameter characteristics with and without a decoupling network.

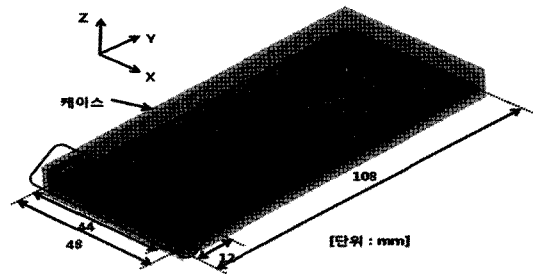
MIMO 안테나의 성능을 저하시키는 주요 원인이 된다. Decoupling 네트워크를 삽입했을 때 두 안테나 사이의 S_{21} 크기와 위상으로부터 이러한 상호 결합의 영향을 보상해줌으로써 격리도 특성이 개선되는 것을 알 수 있다.

III. 이동 통신용 다중 대역 안테나 설계

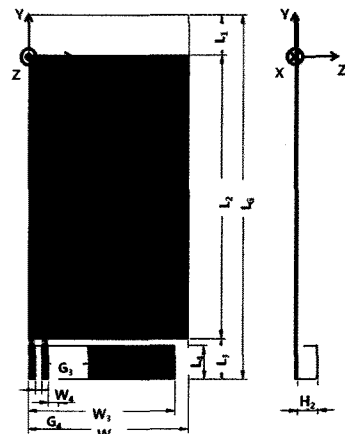
그림 4는 휴대 단말기 하단에 위치하여 기존의 이동 통신 대역(824~960 MHz, 1,710~2,170 MHz)을 만족하고, 추가적으로 와이브로(WiBro: 2.3~2.4 GHz)와 모바일 와이맥스(M-WiMAX: 2.5~2.69 GHz) 대역을 만족시키는 다중 대역 안테나를 보여준다. 광대역 특성을 구현하기 위해 일정간격의 슬릿을 갖는 스파이럴 형태의 급전선과 단락선을 사용하였고, 급전선과 단락선 사이 슬릿의 길이를 조절하고 gap coupling 값을 최적화 하여 고주파 대역의 임피던스 매칭 특성을 개선하고 광대역 특성을 구현하였다. 그림 5는 다양한 설계 변수에 따른 반사 손실 특성을 나타내주고 있다. 급전선과 주 방사체 사이 슬릿 간격에 해당하는 G_3 값이 커질수록 저주파 대역과 WCDMA 대역의 공진 주파수는 거의 변화가 없고 모바일 와이맥스 대역의 공진 주파수가 하향 이동하고, G_3 가 12 mm일 때 임피던스 매칭 특성이 가장 좋은 것을 알 수 있다. 급전선과 또 다른 주 방사체 사이 슬릿 간격에 해당하는 G_4 값이 커질수록 저주파 대역은 거의 변화가 없고 고주파 대역의 공진 주파수가 상향 이동하고, 임피던스 매칭 특성에 변화를 줘서 광대역 특성을 갖는 것을 알 수 있다. 급전선과 단락선 사이 슬릿의 길이에 해당하는 G_5 값이 커질수록 저주파 대역과 모바일 와이맥스 대역의 공진 주파수는 거의 변화가 없고 WCDMA 대역의 공진 주파수가 하향 이동하고, 임피던스 매칭 특성에 변화를 줘서 광대역 특성을 갖는 것을 알 수 있다.

IV. 안테나 배치 및 최적화

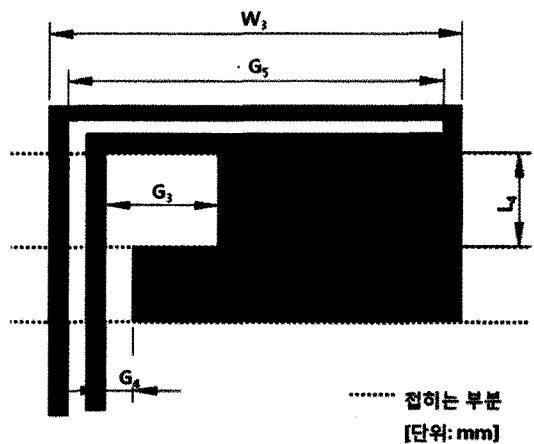
그림 6과 표 1은 최적화된 차세대 휴대 단말기용 다중 안테나 시스템의 구조와 설계 파라미터를 나타낸다. LTE 대역 13을 만족하는 MIMO 안테나를 구현하기 위해서 안테나 #1과 안테나 #2는 decoupling



(a) 입체도
(a) Overall view



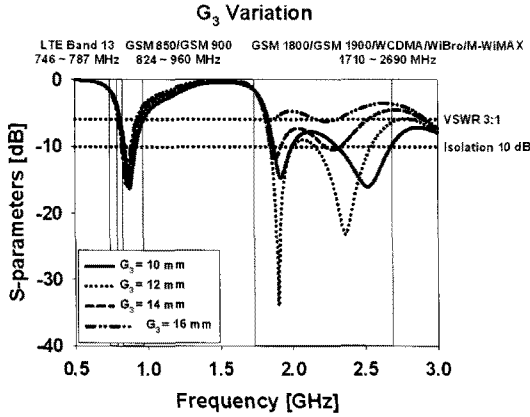
(b) 정면 및 측면도
(b) Structure of radiating element



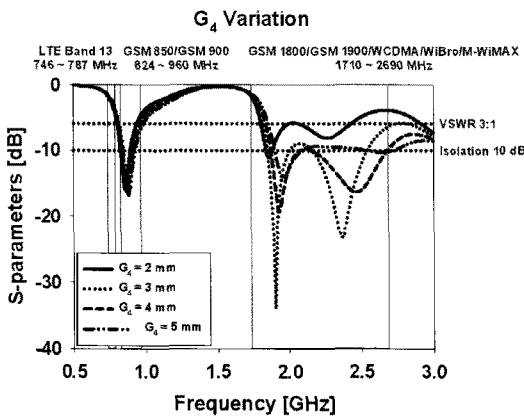
(c) 안테나 구조
(c) Structure of radiating element

그림 4. 이동 통신용 다중 대역 안테나 구조
Fig. 4. Geometry of multiband antenna for existing mobile applications.

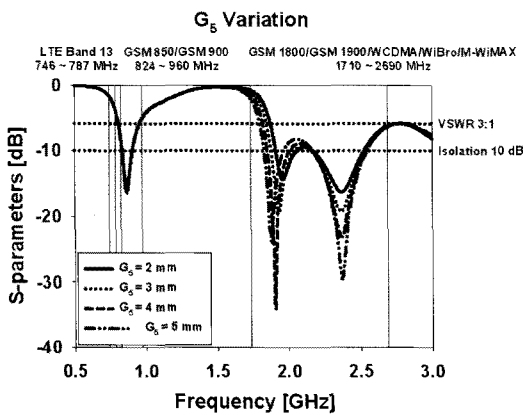
네트워크를 이용해서 전형적인 바 타입(bar type) 휴대 단말기 상단에 장착하고, 기존의 이동 통신 대역



(a) G_3 값의 변화
(a) Different values of G_3



(b) G_4 값의 변화
(b) Different values of G_4



(c) G_5 값의 변화
(c) Different values of G_5

그림 5. 다양한 설계 변수에 따른 반사 손실 특성(시뮬레이션 결과)
Fig. 5. Simulated return loss characteristics for various design parameters.

표 1. 제안된 다중 안테나 시스템의 최종 파라미터별 수치

Table 1. Final design values of proposed multiple antenna system.

W_5	48	W_1	6	W_2	16
W_3	44	W_4	2	L_G	108
L_1	12	L_2	84	L_3	12
L_4	10	G_1	6	G_2	30
G_3	12	G_4	3	G_5	40
H_1	6	H_2	6	Unit	(mm)

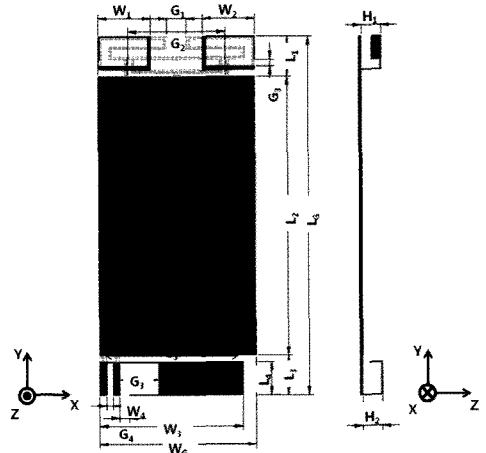


그림 6. 최적화된 다중 안테나 시스템의 구조 파라미터
Fig. 6. Optimized parameters of multiple antenna system.

과 와이브로(WiBro: 2.3~2.4 GHz), 모바일 와이맥스(2.5~2.69 GHz) 대역을 만족시키는 다중 대역 안테나는 휴대 단말기 하단에 장착시켰다.

V. 제작 및 측정

그림 7은 IV장에서 최적화된 차세대 휴대 단말기용 다중 안테나 시스템의 구조 파라미터와 그 수치를 바탕으로 실제 제작된 시제품의 사진이다. 방사체는 두께 0.2 mm의 황동 소자를, 케이스는 두께 1 mm 비유전율 3의 PC(polycarbonate) 재질을 사용하였다.

그림 8은 실제 제작된 다중 안테나 시스템 시제품의 산란 파라미터 특성을 측정된 결과이다. 측정 결과도 시뮬레이션 결과와 유사한 결과값을 갖는 것을 알 수 있고, decoupling 네트워크를 삽입했을 때 안테나

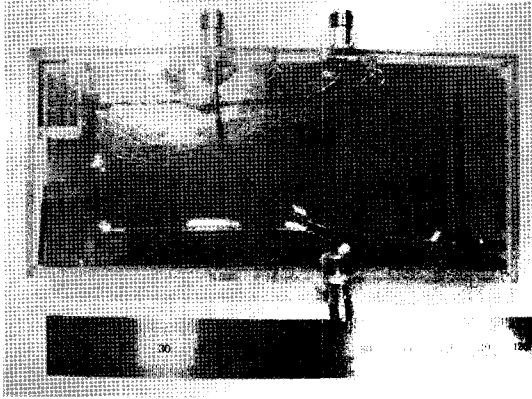
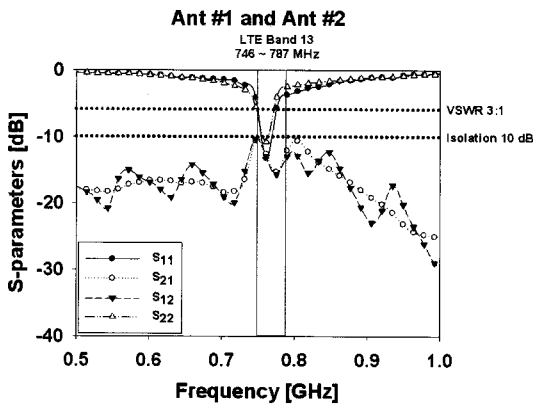
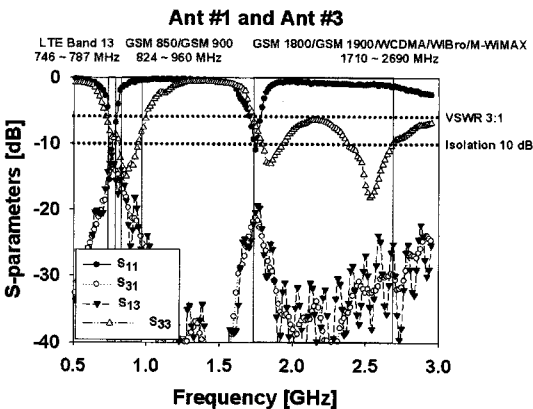


그림 7. 제작된 다중 안테나 시스템 시제품
Fig. 7. Fabricated multiple antenna system.



(a) Ant #1과 Ant #2의 산란 파라미터 특성
(a) S-parameter characteristics of Ant #1 and Ant #2



(b) Ant #1과 Ant #3의 산란 파라미터 특성
(b) S-parameter characteristics of Ant #1 and Ant #3

그림 8. 다중 안테나 시스템의 산란 파라미터 특성 (측정 결과)
Fig. 8. Measured S-parameter characteristics of multiple antenna systems.

나 #1과 안테나 #2는 LTE 대역 13의 전 대역에서 10 dB 이상의 격리도 특성을 갖는 것을 알 수 있다. 또한 안테나 #1 과 안테나 #3의 경우도 LTE 대역 13에서 10 dB 이상의 격리도 특성을 가지면서 안테나 #3은 GSM850/GSM900 대역(824~960 MHz)과 GSM-1800/GSM1900/WCDMA/WiBro/M-WiMAX(1.71~2.69 GHz) 대역에서 VSWR 3:1 대역폭을 만족시킨다.

그림 9는 실제 제작된 MIMO 안테나와 다중 대역 안테나의 설계 주파수 대역 중심 주파수에서 방사 특성을 측정할 것이다. MIMO 안테나의 경우, 안테나 #1을 측정할 때 Port #2와 Port #3는 50 Ω으로 중단시킨 후, 포트 #1에서의 방사 패턴을 측정하였다. 마찬가지로 안테나 #2를 측정할 때 Port #1과 Port #1는 50 Ω으로 중단시킨 후, 포트 #2에서의 방사 패턴을 측정하였다. 그리고 안테나 #3을 측정할 때 Port #1과 Port #2는 50 Ω으로 중단시킨 후, 포트 #3에서의 방사 패턴을 측정하였다. H(xz)-평면 패턴으로부터, 안테나는 원하는 주파수 대역에서 거의 전방향성 특성을 갖는 것을 알 수 있다.

그림 10은 실제 제작된 다중 안테나 시스템 시제품의 안테나 평균 이득 및 효율을 측정할 결과이다. 안테나 평균 이득과 효율은 MTG사의 3D 측정 시스템을 통해서 측정되었다^[11]. 제안된 MIMO 안테나의 경우 LTE 대역에서 측정된 안테나의 평균 이득인 -3.5~-1.5 dBi 값은 LTE 대역 휴대 단말기용 MIMO 안테나가 평균 이득이 -3.42 dBi 값을 갖는 기존의 연구논문과 비교했을 때, 동등 또는 그 이상의 값을 갖는 것을 알 수 있다^[12]. 안테나 #1의 효율을 측정할 때, Port #2와 Port #3는 50 Ω 중단시킨 후, 안테나 #1의 효율을 측정하였다. 마찬가지로 안테나 #2의 효율을 측정할 때, Port #1 과 Port #3는 50 Ω 중단시킨 후, 안테나 #2의 효율을 측정하였다. 그리고 안테나 #3의 효율을 측정할 때 Port #1과 Port #2는 50 Ω 중단시킨 후, 포트 #3에서의 효율을 측정하였다.

MIMO 안테나 성능 검증을 위해 주로 사용되는 성능 지수인 상관계수는 방사 패턴으로부터 구할 수 있는데, 계산 과정이 복잡하므로 균일한 다중 경로 환경을 가정하면 측정된 산란 파라미터로부터 상관계수를 근사화 시켜서 식 (11)처럼 구할 수 있다^[13].

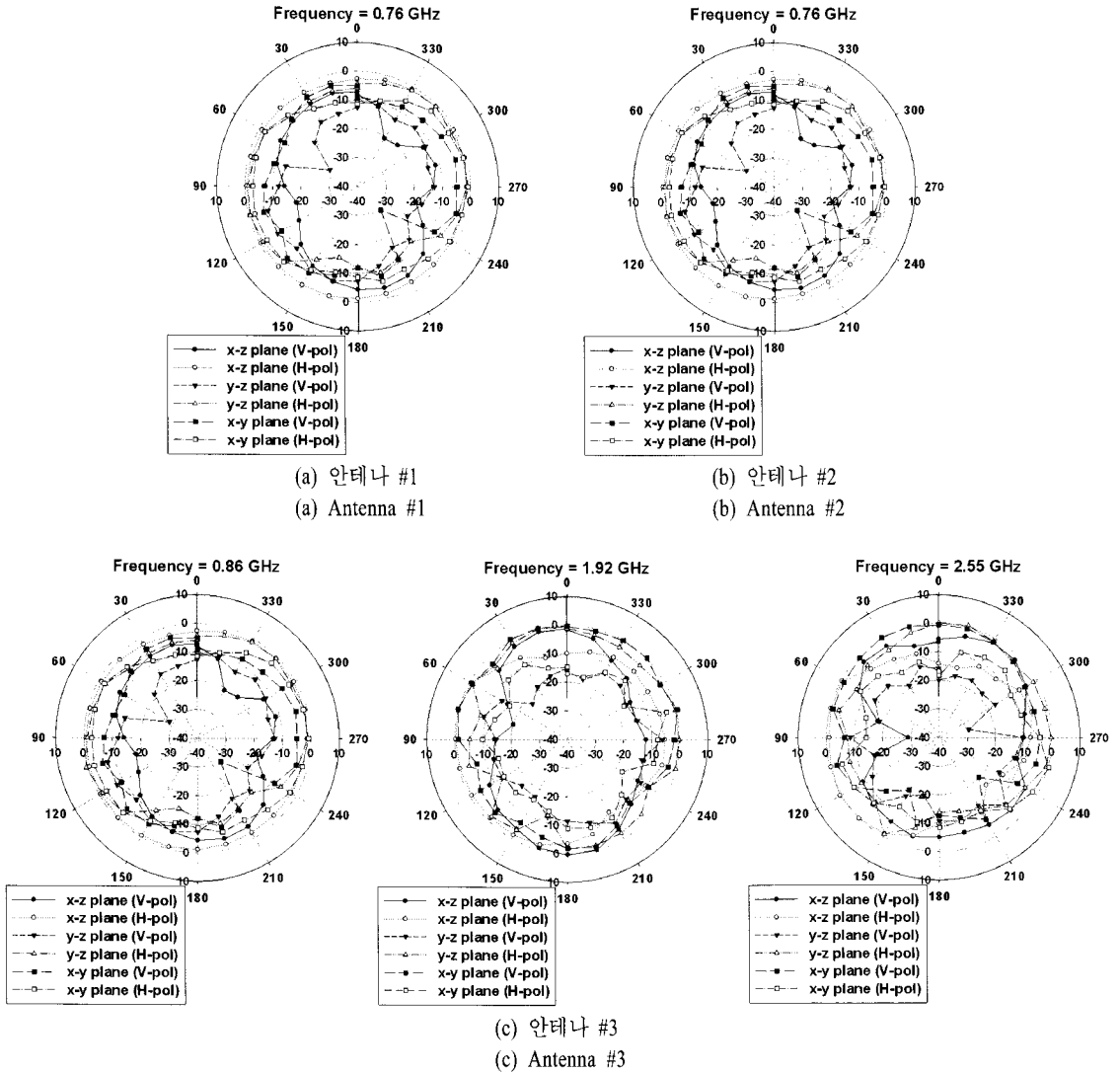


그림 9. 제작된 다중 안테나 시스템의 방사 패턴

Fig. 9. Measured radiation patterns of the fabricated multiple antenna system.

$$\rho_e = \frac{|S_{11}^* S_{12} + S_{12}^* S_{22}|^2}{(1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2)(1 - |S_{22}|^2 - |S_{12}|^2)} \quad (11)$$

그림 11은 산란 파라미터로부터 추출한 상관계수 값을 보여주고 있다. MIMO 안테나 성능 검증을 위한 성능지수인 상관계수를 산란 파라미터로부터 추출한 결과, LTE 대역 13에서 0.2 이하 값을 갖는 것을 알 수 있으며, 이 값은 본 논문에서 제안한 MIMO 안테나가 우수한 diversity 성능을 갖는 것을 나타내 주고 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 차세대 휴대 단말기용 다중 안테나 시스템을 제안하였다. 차세대 이동 통신 기술 표준인 LTE 대역 13을 만족시키는 MIMO 안테나를 휴대 단말기 상단에 구현하였다. 두 안테나 사이의 상호 전자기적 결합의 정도를 나타내는 아주 중요한 성능 지수인 격리도 특성 개선을 위해서 decoupling 네트워크가 사용되었다. 제안된 MIMO 안테나는 상호 이격거리가 6 mm이고, 100 mm 길이를 갖는 두 개의 평행한 폴디드 모노폴 안테나와 decoupling 네

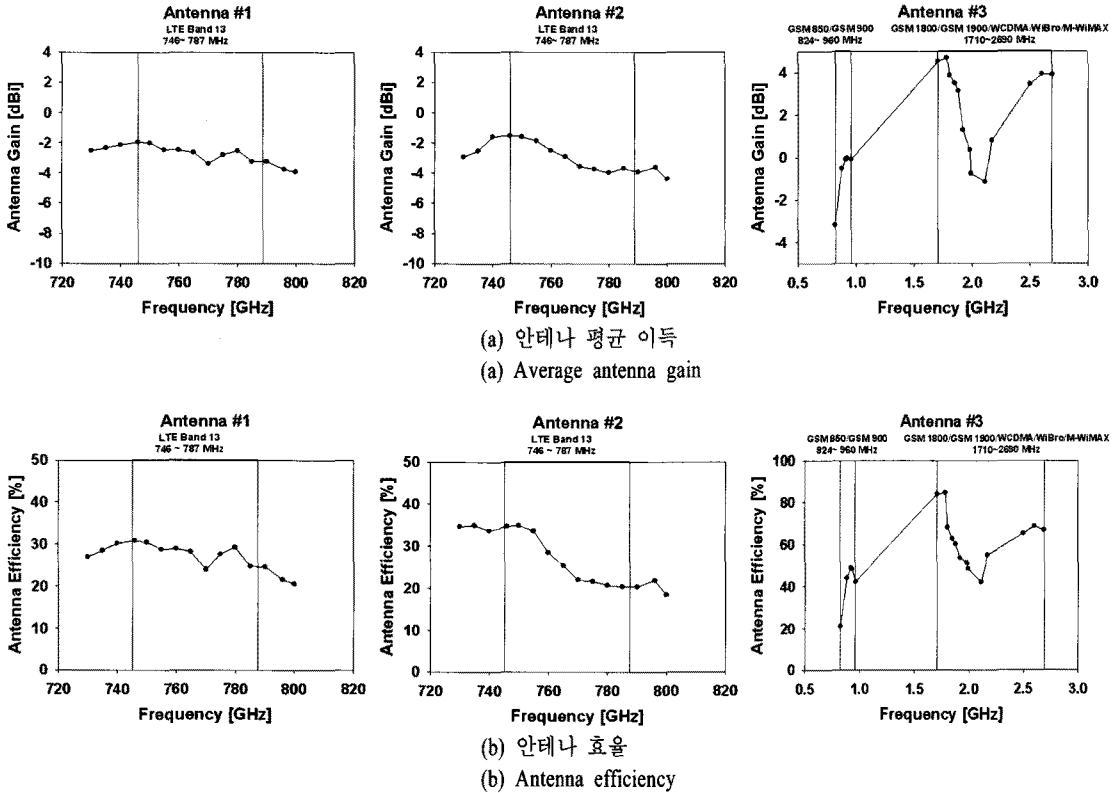


그림 10. 다중 안테나 시스템의 안테나 평균 이득 및 효율 특성
Fig. 10. Measured average antenna gains and efficiencies of multiple antenna system.

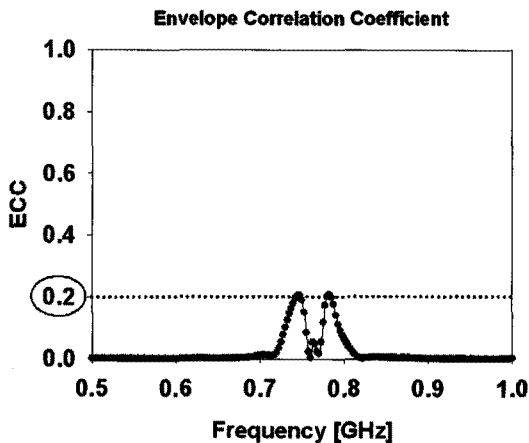


그림 11. 산란 파라미터로부터 추출한 상관계수 특성
Fig. 11. ECC(Envelope Correlation Coefficient) characteristic from S-parameters.

트위크로 구성된다. LTE 대역 13의 격리도 특성을 개선하기 위해서, 서로 가깝게 위치한 두 안테나 사이에 decoupling 네트워크가 삽입되었다. 제안된 de-

coupling 네트워크는 위상 지연을 갖는 두 개의 전송 선로와, 병렬 리액티브 성분, 공통 접지 라인으로 구성 되고, decoupling 네트워크를 구성하는 값들은 두 안테나 사이의 S_{21} 크기와 위상으로부터 이를 보상 해주는 값으로 결정된다. 두 개의 평행한 폴디드 모노폴 안테나 사이에 커플링을 보상해줄 수 있는 decoupling 네트워크를 삽입했을 때 LTE 대역 13의 격리도가 10 dB 이상의 값을 갖는다. 또한 기존의 이동 통신 대역 및 와이브로(WiBro: 2.3~2.4 GHz)와 모바일 와이맥스(M-WiMAX: 2.5~2.69 GHz) 대역을 만족시키는 안테나를 휴대 단말기 하단에 구현하였다. 제작된 시제품은 차세대 휴대 단말기용 안테나로 적용 가능한 결과를 얻었고, 기존의 소개된 MI-MO 안테나의 성능과 비교하여 이를 검증하였다.

참 고 문 헌

[1] 권수갑, "4G 소요기술 개발 동향", 전자부품연구원, 2009년 5월.

- [2] T. -Y. Wu, S. -T. Fang, and K. -L. Wong, "Printed diversity monopole antenna for WLAN operation", *Electron. Lett.*, vol. 38, no. 25, pp.1625-1626, Dec. 2002.
- [3] Y. Ge, K. P. Esselle, and T. S. Bird, "Compact diversity antenna for wireless devices", *Electron. Lett.*, vol. 41, no. 2, pp. 52-53, Jan. 2005.
- [4] S. -C. Chen, Y. -S. Wang, and S. -J. Chung, "A decoupling technique for increasing the port isolation between two strongly coupled antennas", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 56, no. 12, pp. 3650-3658, Dec. 2008.
- [5] A. Diallo, C. Luxey, P. L. Thuc, R. Staraj, G. Kossiavas, M. Franzen, and P. -S. Kildal, "MIMO performance of enhanced UMTS four-antenna structures for mobile phones in the presence of the user's head", in *Proc. IEEE AP-S Int. Symp.*, pp. 2853-2856. Jun. 2007.
- [6] C. -Y. Lui, Y. -S. Wang, and S. -J. Chung, "Two nearby dual-band antennas with high port isolation", in *Proc. IEEE AP-S Int. Symposium*, Jun. 2008.
- [7] C. Y. Chiu, C. H. Cheng, R. D. Murch, and C. R. Rowell, "Reduction of mutual coupling between closely-packed antenna element", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 55, issue 6, part 2, pp. 1732-1738, Jun. 2007.
- [8] A. Diallo, C. Luxey, P. Le Thuc, R. Staraj, and G. Kossiavas, "Enhanced two-antenna structures for universal mobile telecommunications system diversity terminals", *IET Microw. Antennas Propag.*, vol. 2, no. 1, pp. 93-101. Feb. 2008.
- [9] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 3rd Edition, New York: Wiley, 2005.
- [10] C. Y. Chiu, C. H. Cheng, R. D. Murch, and C. R. Rowell, "Reduction of mutual coupling between closely-packed antenna element", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 55, no. 6, pp. 1732-1738, Jun. 2007.
- [11] Microwave Technologies Group [Online]. Available: <http://mtginc.co.kr>
- [12] G. Park, M. Kim, T. Yang, J. Byun and A. S. Kim, "The compact quad-band mobile handset antenna for the LTE700 MIMO application", *2009 IEEE International AP-S Int. Symp.*, SC, USA, Jun. 2009.
- [13] S. Blanch, J. Romeu and I. Corbella, "Exact representation of antenna system diversity performance from input parameter description", *IEEE Electronics Letters*, vol. 39, no. 9, May 2003.

한 민 석



2002년 2월: 아주대학교 전자공학과 (공학사)
 2005년 8월: 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 (공학석사)
 2005년~2007년: LG전자기술원 주임연구원
 2007년 9월~현재: 한양대학교 전자

통신컴퓨터공학과 박사과정

[주 관심분야] RF소자 및 안테나 설계

최 재 훈



1980년: 한양대학교 전자공학과 (공학사)
 1989년: 미국 Ohio State University 전기공학과 (공학박사)
 1989년~1991년: 미국 Arizona State University 연구 교수
 1991년~1995년: 한국통신위성사업

본부 연구팀장

1995년~현재: 한양대학교 전자통신공학부 교수

[주 관심분야] 안테나 및 마이크로파 회로 설계, EMC