SAR규격을 만족하는 우수한 격리도의 소형 계단구조 광대역 MIMO 안테나

Miniature Staircase-Shaped Wideband MIMO Antenna with Excellent Isolation, Compliant to the SAR Standard

강 경 석* · 양 인 규* · 강 승 텍†
(Kyungseok Kahng · In-Kyu Yang · Sungtek Kahng)

Abstract - This paper proposes a novel compact MIMO antenna which has miniaturized radiators and their row correlation coefficient, working for the LTE mobile communication, and its SAR is observed. Each of the proposed radiators has a shape of staircase and the bandwidth is twice larger than the conventional PIFA as 600MHz(21%) in 2.5 GHz - 3.15 GHz. And the area of the radiators is 16.5mm x 9.7mm proper for a handheld device. Also, by adding a planar mushroom decoupling structure between the radiators, the isolation is improved. The design has been carried out using the commercial full-wave time-domain EM solver and the finalized MIMO antenna has the return loss less than -10 dB in the LTE band, the isolation better than 20 dB and the efficiency more than 90% with the gain of 4.3 dB. Regarding the SAR of the antenna, it is observed that the average SAR value of 1g is estimated as 1.37W/Kg, which is lower than the SAR standard.

Key Words : MIMO, Low correlation coefficient, Isolation, Wideband, Staircase, SAR

1. 서 론

최근 이동 통신 기술은 진화를 거듭하여 3세대에서 4세대로 넘어가고 있다. 3세대에서 4세대로의 진화에서 가장 핵심적인 부분은 LTE(Long Term Evolution)의 도입이라 할 수 있다. LTE 기술은 MIMO(Multiple Input Multiple Output)기술과 융합되어 기존 3세대 이동 통신 기술보다 증가된 채널 용량과 빠른 전송속도를 가진다. 현재까지 개발된 MIMO 시스템에서는 채널 용량은 대체로 송신, 수신 안테나 수에 비례하여 증가한다. 결론적으로 이동성과 휴대성이 중시되는 단말시스템에 사용되는 안테나의 경우 크기가 매우 작아야 하며 고속의 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있도록 광대역 특성을 가져야 한다.

따라서 한정적인 공간에 다수의 안테나가 집적될 수 있도록 안테나 소형화 연구가 진행되고 있고, 또한 소형 안테나의 광대역화를 위한 연구가 현재 활발히 진행되고 있다. MIMO 안테나의 경우 다수의 안테나를 사용하여 송수신율을 높이게 되는데[1-10], 다수의 안테나를 근접한 거리에서 사용하게 되면 안테나 사이에 형성되는 격리도 특성이 매우 중요한 요소가 된다. 이에 따라 다수의 안테나 사이에서 높은 격리도 특성을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

Murch는 격리도 확보를 위해 하나의 안테나에서 다른 안테나로 넘어오는 근역장(near field)을 제어하는 구조를 가지는 안테나를 소개하고 있다[1,2]. 안테나의 방사 패턴과 격리도는 향상되었으나 크기에 있어서는 방사체와 격리도 구조가 단말기 접지의 상층부와 양 측면을 사용하여 소형화되지는 않았다. K. Payandehjoo는 두 안테나 사이의 커플링을 억제할 통한 Diversity 이득향상을 위해 EBG 구조를 사용하였다[2]. 그러나 크기는 시장 표준을 초과하는 것을 알 수 있다. X. Wang은 두 개의 Microstrip 급전 안테나를 단말기 크기에 맞추도록 방사체를 수직으로 접어 층을 이루는 구조를 소개하였다. 또한 격리도 개선을 위해 미앤더 결합제거 구조를 설계하였다[3]. 이를 통해 12dB 이상의 격리도를 확보하였지만 안테나의 전체적인 체적은 증가하고 이중 안테나의 결합의 모양을 띄게 되었다. 이들을 통해, 산업적 요구에 부합하는 안테나의 성능을 가지면서 결합제거가 포함된 전체구조의 소형화가 절실함을 알 수 있다. 본 논문에서는 소형 공진기를 갖는 광대역 MIMO 안테나를 제안한다. 제안된 안테나의 경우 안테나의 두께가 점차 증가하는 계단형 구조로 설계하였고, 그 결과 광대역 특성을 얻을 수 있었다. 또한 근접한 두 방사체 사이에 평면형이면서 변형된 버섯구조 형상의 결합제거구조를 삽입하여 두 안테나간 격리도 특성을 개선시킬 수 있었다. 제안된 안테나의 경우 3차원 전자기 해석기를 통해 방사패턴, 주파수 응답, 격리도 특성을 모의실험하여 설계법의 타당성을 확인한다. 또한, 모바일 통신을 위한 안테나임을 고려하여 전자기 흡수율(Specific Absorption Rate: SAR)에 대해 계산해보고, 인체조직과 유사한 전기정수를 갖는 헤드팬텀을 이용하여 SAR값을 모의

* Dept. of Info. & Telecomm. Eng., University of Incheon, Korea

† Corresponding Author : Dept. of Info. & Telecomm. Eng., University of Incheon, Korea

E-mail : s-kahng@incheon.ac.kr

Received : August 30, 2013; Accepted : September 25, 2013

실험 해 보았다. 그리고 기존의 안테나와 SAR값을 비교하여 본 논문에서 제안하는 안테나의 우수성을 증명하였다.

2. 본 론

2.1 계단형 구조를 통한 광대역화

본 논문에서 제안하는 MIMO 안테나는 기본 PIFA를 바탕으로 연구를 통해 완성하였다. 기본적인 PIFA의 경우 그라운드에 접지되는 쇼트핀과 급전부 그리고 방사체로 구성되어 있다. 본 논문에서는 방사체를 동일한 두께가 아닌 점차 두꺼워지는 계단형 구조로 설계하여 광대역 특성을 얻을 수 있었다. 본 절에서는 MIMO 안테나의 설계전에 MIMO 안테나의 기본이 되는 단일 안테나의 설계에 대해 설명하도록 하겠다.

설계하기에 앞서 본 논문에서 제안하는 안테나의 목표 스펙을 표 1에 나타내었다.

표 1 MIMO 안테나 목표 설계 스펙

Table 1 Specification of proposed MIMO Antenna

항목	성능
f_0 , Bandwidth	2.8GHz, $\geq 500\text{MHz}$
Application	LTE Band
Return loss(S_{11})	$\geq 10\text{dB}$
Isolation(S_{21})	$\geq 15\text{dB}$
Antenna efficiency(Total)	$\geq 70\%$
Antenna gain(Peak)	$\geq 2\text{dB}$

그림 1 제안하는 MIMO 안테나 구조

Fig. 1 Design of the proposed MIMO antenna

그림 1은 본 논문에서 제안하는 MIMO 안테나의 최종 구조를 나타낸다. 안테나가 접지 되어 있는 모듈의 크기는 국내에서 유통되는 휴대 단말기의 크기를 참고로 하여 54mm x 81mm로 설계하였다. 안테나 설계시에 사용된 유전체는 제작 단가를 고려하여 유전율 4.3인 FR-4기판으로 설계하였다.

소형 단말기용으로 사용하는 안테나의 경우 전체적인 크기가 작아져야 하는데, 안테나 또는 주 방사체가 차지하는 면적이 작다면 전체적인 크기가 소형화되는데 큰 도움이 될

것이다. 기존의 반파장 안테나의 경우 안테나의 공진주파수에 따라 그 크기가 결정된다. 본 논문에서 제안하는 안테나의 경우 전기적 길이에 의존하는 안테나의 체적을 줄이기 위해서 방사체를 평행선로처럼 길게 형성하지 않고 구부리는 형태로 설계하여 전류경로를 늘임으로써 전기적 길이를 만족 시켰다.

(a) 기존의 PIFA 구조

(b) 유니폼라인의 기존 PIFA 반사손실 결과

그림 2 유니폼라인의 기존 PIFA 구조 및 결과

Fig. 2 Design of the Uniform line conventional PIFA and return loss

그림 2에 나타난 구조와 같이 본 논문에서는 안테나 방사체를 구부린 형태로 설계하여 크기의 소형화를 꾀했다. 그때의 대역폭은 그림 2(b)에 나타난 것 처럼 중심주파수 2.8GHz기준으로 약 300MHz (11%)이다. 다음으로 그림 2에 나타난 기존의 평면형 PIFA 구조에 계단형 구조를 적용시킴으로써 대역폭을 확장시킬 수 있었고 그때의 구조 및 결과는 그림 3에 나타내었다.

그림 2(b)와 그림 3(b)에 나타난 반사손실 결과를 비교해보면 알 수 있듯이 유니폼라인을 갖는 기존 PIFA보다 계단형 구조를 갖는 PIFA의 대역폭이 무려 250MHz 증가했음을 알 수 있다.

결론적으로 계단형 구조의 구조를 PIFA에 적용시킴으로써 공진대역 2.55GHz~3.1GHz으로 약 550MHz(20%)의 넓은 대역폭으로 앞서 언급한 목표 설계 스펙에 만족하는 결과를 얻을 수 있었다. 안테나의 방사패턴은 모바일 통신에 적합한 전방향성 특성을 나타낸다. 계단형 구조를 갖는 PIFA의 방사패턴은 그림 4에 나타내었다.

(a) 계단형 구조의 PIFA

(b) 계단형 구조의 기존 PIFA 반사손실 결과

그림 3 계단형 구조의 제안된 PIFA 구조 및 결과

Fig. 3 Design of the Staircase line PIFA and return loss

그림 4 계단형 구조의 제안된 PIFA 방사패턴 결과

Fig. 4 Radiation pattern of the proposed PIFA with Staircase line

2.2 MIMO 안테나의 설계

2.1절에서 설계한 계단형 구조의 단일 PIFA를 토대로 공간 다이버시티 및 배열에 이용하기 위해서 동일한 하나의 접지면에 복수 구조 형태로 연결시켜 MIMO 안테나로 모의 실험 하였다. 그때의 구조를 그림 5에 나타내었고, 그림 5에서 알 수 있듯이 두 개의 안테나 방사체들을 접지면 중심부에 위치시켜 설계하였다. 안테나의 거리를 멀리하거나 접지면 반대편에 위치시켜 설계하게 되면 격리도 특성이 향상되지만 결론적으로 거리가 멀어져 전체적인 크기가 커지는 결과가 나타나게 된다. 따라서 접지면 상위 중심부에 방사체들을 가까이 두면서도 격리도 특성이 높아야 효과적인 소형

화가 이루어 졌다고 말 할 수 있다. 그림 5에 나타낸 구조가 앞서 설계한 계단형 구조의 PIFA를 토대로 설계한 MIMO 안테나이다.

(a) 결합제거구조가 없는 제안된 계단형 MIMO 안테나

(b) 결합제거구조가 없는 계단형 MIMO 안테나 실험결과

그림 5 결합제거구조가 없는 계단형 MIMO 안테나 구조 및 결과

Fig. 5 Design of the Staircase line MIMO antenna without decoupling structure and simulated S-parameters

그림 5(b)는 결합제거구조가 없을 때의 MIMO안테나의 S-파라미터 결과를 나타낸다. MIMO 안테나로 설계했음에도 계단형 구조의 단일 PIFA와 마찬가지로 대역폭은 550MHz를 나타내는 것을 확인 가능하다. 그러나 격리도 특성을 나타내는 S_{21} 과 S_{12} 가 대역내에서 15dB 정도로 낮게 나타난다. 이 수치는 앞 절에서 제시한 목표 설계 스펙에도 부합하지 않을뿐더러 더 나아가 실제 휴대용 단말기 모듈에 장착하기 위한 안테나가 갖는 스펙으로서도 부적합하다. 그 이유는 실제 휴대용 단말기에 적용시에 격리도 특성이 5dB에서 많으면 10dB 정도 낮아지기 때문에 20dB 이상의 격리도를 요구하기 때문이다.

안테나 방사체들간 격리도 특성이 좋지 않은 이유를 알아보기 위해서 각 안테나의 전류분포를 확인해 보았다. 그림 6에서 알 수 있듯이 각 안테나 사이에 전류가 유기 되는 것을 확인할 수 있다. 이처럼 안테나 사이의 거리가 가까워지면 안테나 서로 간에 누설되는 전류가 많아지면서 격리도 특성이 낮아지게 된다.

그림 6처럼 결합제거구조가 없을 시에는 상대 안테나로의 전류유기가 심해지면서 격리도 특성에 악영향을 끼친다. 그래서 본 논문에서는 안테나 사이에 결합제거구조를 삽입함으로써 격리도 특성을 개선시킬 수 있었다.

그림 7은 본 논문에서 최종적으로 제안하는 MIMO안테나

(a) 안테나 1(왼쪽) 동작할 때의 전류분포

(b) 안테나 2(오른쪽) 동작할 때의 전류분포

그림 6 결합제거구조가 없는 계단형 MIMO 안테나의 표면 전류분포

Fig. 6 Surface current distribution of the Staircase line MIMO antenna without decoupling structure

구조이다. 앞 절에서 선행 연구한 계단형 구조를 적용시켰고, 그리고 격리도 개선을 위한 결합제거구조도 삽입한 형태로 설계하였다.

본 논문에서 제안하는 계단형 MIMO 안테나의 설계를 위한 수많은 파라미터 스터디를 통해 최종적으로 설계된 안테나의 수치를 표 2에 나타내었다.

(b) 결합제거 구조가 포함된 계단형 MIMO 안테나

(a) 결합제거 구조가 포함된 계단형 MIMO 안테나 상세도

그림 7 본 논문에서 제안된 계단형 MIMO 안테나 구조

Fig. 7 Design of the proposed Staircase line MIMO antenna with decoupling structure

안테나의 최적화를 위해 안테나가 갖는 다양한 파라미터 스터디를 진행하였고 그 중에서 설계에 가장 중요한 영향을 미치는 파라미터 스터디를 그림 8에 나타내었다.

그림 8을 통해서 파라미터 FD의 변화가 반사손실 결과에 많은 영향을 주는 것을 알 수 있다. 그림 8과 같은 다양한 파라미터 스터디를 진행하여 최적의 설계치를 얻을 수 있었

표 2 결합제거구조가 삽입된 MIMO 안테나의 상세수치

Table 2 Size of the Staircase MIMO antenna with decoupling structure

파라미터	수치[mm]
W1	1.65
W2	2.4
W3	3.15
W4	9.75
W5	5
DH	8.25
DW	9.75
DT	2.63
DL	5.25
AL	16.5
FD	3
GD	0.75

그림 8 파라미터 FD 변화에 따른 반사손실 결과

Fig. 8 Return loss depending on the parameter FD changes

다. 최적의 기하변수로 설계한 안테나의 결과를 그림 9에 나타내었다.

그림 9 결합제거구조가 삽입된 계단형 MIMO 안테나의 실험결과

Fig. 9 Simulated result of the Staircase line MIMO antenna with decoupling structure

그림 9에 나타난 결과를 보면 결합제거구조가 삽입됨으로써 격리도 특성이 공진주파수에서 22dB로 크게 향상된 것을 확인 할 수 있다. 이는 그림 6에 나타난 안테나간 발생하는 전류유기 현상이 결합제거구조로 인해서 방지되었기 때문이다. 결합제거구조가 삽입되어도 안테나가 갖는 대역폭은 결합제거구조가 없을 때와 마찬가지로 600MHz(21%)가 나타나는 것도 확인할 수 있다.

(a) 안테나 1(왼쪽) 동작할 때의 전류분포

(b) 안테나 2(오른쪽) 동작할 때의 전류분포

그림 10 결합제거구조가 삽입된 계단형 MIMO 안테나의 표면 전류분포

Fig. 10 Surface current distribution of the Staircase line MIMO antenna with decoupling structure

그림 10에 나타난 전류분포 현상을 통해 결합제거구조의 역할이 증명되었다. 결합제거구조를 삽입함으로써 상대 안테나로 유기되던 전류가 모두 결합제거구조로 유기되는 것을 그림 10을 통해 확인 가능하다. 이것으로 상대 안테나로 유기되는 전류의 양이 현저하게 줄어들어 안테나간 간섭이 줄어들게 된다. 결론적으로 격리도 향상이라는 결과를 얻을 수 있다.

그림 11 결합제거구조 유무에 따른 S-파라미터 결과

Fig. 11 S-Parameter according to existence of decoupling structure

격리도 특성이 좋아져도 안테나가 갖는 효율과 이득이 좋지 않으면 안테나로서의 역할을 할 수가 없다. 또한 휴대 단말기용 안테나로 사용하기 위해서는 방사패턴이 전방향성을 띄어야 한다.

(a) 제안된 계단형 MIMO 안테나 방사패턴 결과(안테나 1<왼쪽>)

(b) 제안된 계단형 MIMO 안테나 방사패턴 결과(안테나 2<오른쪽>)

그림 12 제안된 계단형 MIMO 안테나 방사패턴 결과

Fig. 12 Radiation pattern of the proposed Staircase MIMO antenna

그림 12는 제안된 계단형 구조의 MIMO 안테나의 방사패턴 모습이다. 공진주파수 2.8GHz에서의 방사패턴 모습이며 앞 절에서 선행 연구한 안테나들과 마찬가지로 전방향성 특성이 나타나는 것을 확인 가능하다. 공진주파수 2.8GHz에서의 최대 이득은 4.3dB로 목표 설계치보다 2dB 이상 높게 나왔으며 효율 또한 93%로 매우 높은 효율을 보였다. 이런 점으로 보아 본 논문에서 제안된 안테나는 휴대 단말기용 안테나로 충분히 활용될 것이라고 예상된다.

3. SAR의 관찰

오늘날 우리의 삶에서 전자기기의 사용은 필수라고 할 정도로 과언이 아니다. 즉, 인간의 삶에 전자기기는 매우 밀접한 관계를 유지하고 있다. 이러한 이유로 전자기기가 인체에 미치는 영향에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히 휴대전화의 경우 가입자 수가 급속도로 증가되어 왔고, 인체의 두부에 가장 밀착하여 사용되기 때문에 휴대전화 인체에 미치는 영향에 대한 관심이 더욱 높다. 이에 따라 각 국가 기관이나 국제기구에서는 인체에 밀착하여 사용하는 전자기기에 대해서 SAR (Specific Absorption Rate) 수치를 규정하고 있다. SAR란 송신기로부터 인체에 흡수되는 단위질량 당 전자파의 양을 에너지로 표시한 것을 말한다. 인체조직 1g에 대한 평균 SAR 규격은 1.6W/kg, 10g에 대한 평균 SAR 규격은 2W/kg으로 규정하고 있으며 휴대전화의 SAR 측정값이 규정치를 초과하는 경우 시장 판매를 금지하고 있다. 우리나라의 경우에는 1g을 기준으로 규정하고 있다. 그러므로 SAR 값에 영향을 주는 요인을 분석하여 규정치에 초과되지 않도록 하는 연구가 중요하다고 할 수 있다. 본 논문에서 제안한 안테나 또한 휴대 단말기용으로 개발되었으

로 인체에 미치는 SAR의 계산 및 측정이 필요하다. 본 논문에서는 SAR 전용 해석 툴을 이용하여 제안하는 안테나가 갖는 SAR 값을 도출하였다.

3.1 SAR의 모델링

SAR의 경우 일반적으로 다음에 나타낸 식(1)을 이용하여 계산 할 수 있으며 단위는 W/kg(watts per kilogram)을 사용한다.

$$SAR = \sigma E^2 / \rho \quad [W/kg] \quad (1)$$

여기서 σ 는 인체조직의 도전율(S/m)을 나타내며, ρ 는 인체조직의 밀도를 나타낸다. E는 전기장의 세기(V/m)를 나타낸다. SAR 측정을 위한 모의실험시에 인체조직과 유사한 전기정수를 갖는 인체 팬텀을 사용하게 된다. 본 논문에서는 두부에 미치는 SAR 값을 측정하기 위하여 헤드팬텀을 사용하였다.

표 3 모의실험에 사용된 헤드팬텀의 전기정수

Table 3 Characteristic of the SAM phantom

조직타입	상대유전율 [ϵ_r]	도전율 [S/m]	밀도 [kg/m ³]
SAM Liquid	39.2	1.8	1,000
SAM Shell	3.7	0	

3.2 SAR 계산 데이터와 타 안테나와의 비교

본 논문에서는 모바일 기기의 케이스를 제외한 순수 안테나 구조만 이용하여 SAR측정을 진행하였으며, 실제 모바일 기기 케이스의 두께를 고려하여 인체 두부와 안테나 구조간의 거리를 10mm로 고정시킨 후 모의실험 하였다. 본 논문에서 제안하는 계단형구조의 MIMO 안테나와 기존의 공진 주파수 2.8GHz를 사용하는 MIMO 안테나의 SAR를 측정하여 본 논문에서 제안하는 구조가 갖는 이점을 증명하였다.

그림 13 모의 인체와 제안된 MIMO 안테나의 위치

Fig. 13 Mounted position of the proposed MIMO antenna and SAM phantom

그림 13과 같이 인체 두부 원 측에 안테나를 두고 모의실험 하였다. 본 논문에서 제안하는 안테나의 경우 모바일 통신을 위한 것이므로, 모바일 통신 대역에 대한 SAR 값을 도출하기 위하여 입력전력을 0.25W로 하여 SAR 값을 계산하였다. 모의실험 결과를 그림 14에 나타내었으며, 그림 14에서 알 수 있듯이 SAR 최대 수치는 안테나가 위치해 있는 두부 원편에 나타남을 알 수 있다

그림 14 0.25 W 입력전력시 제안된 MIMO 안테나의 1g 평균 SAR

Fig. 14 1g averaged SAR caused by proposed MIMO antenna

입력전력이 0.25W일 때의 1g 평균 SAR 값은 1.37W/Kg, 10g 평균 SAR 값은 0.6W/Kg 으로 국제 SAR 규격에 만족하는 결과를 나타내었다. 또한 그림 14를 통해 알 수 있듯이 대부분 안테나가 위치해 있는 원편에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 모의실험을 통해 모의 인체와 안테나 간의 거리가 SAR 값에 영향을 크게 미친다는 것도 알 수 있었으며, 본 논문의 경우 휴대용 단말기를 고려하였기 때문에 휴대용 단말기 케이스의 두께를 생각하여 인체 두부와 안테나 간의 이격 거리를 10mm로 고정시킨 후 모의실험 하였다.

그림 15 모의 인체와 기존 MIMO 안테나의 위치

Fig. 15 Mounted position of the conventional MIMO antenna and SAM phantom

그림 15는 기존의 MIMO 안테나의 SAR 값을 측정하기 위해 인체 팬텀에 부착한 모습이다. 본 논문에서 제안하는 안테나의 SAR 값과 기존의 안테나가 갖는 SAR 값을 비교하기 위한 실험으로서 모의실험 조건은 앞서 시행한 제안하는 안테나의 SAR 측정 모의실험과 동일한 조건으로 진행하였다. 기존의 안테나 역시 인체 두부와 10mm 이격거리를 두고 실험하였다.

그림 16 0.25 W 입력전력시 기존의 MIMO 안테나의 1g 평균 SAR

Fig. 16 1g averaged SAR caused by conventional MIMO antenna

기존의 MIMO 안테나의 경우 동일한 조건에서 모의실험한 결과 입력전력 0.25W에서 평균 1g, 10g SAR 값이 2.47W/Kg, 1.22W/Kg으로 본 연구진이 제안하는 계단형 구조의 MIMO 안테나보다 약 2배 정도 높은 수치를 보였다. 결론적으로 본 논문에서 제안하는 계단형 MIMO 안테나의 경우 모바일 기기용 안테나로 사용하기 적합한 것으로 사료된다.

표 4 실험된 평균 SAR 결과 비교

Table 4 Comparisons of simulated averaged SAR

	1 g [W/Kg]	10 g [W/Kg]
제안된 MIMO 안테나	1.37	0.6
기존의 MIMO 안테나	2.47	1.2

4. 결 론

본 논문에서는 광대역 특성을 위한 구조로서 계단형 구조가 적용된 방사체의 두께가 점진적으로 두꺼워지는 형태의 안테나를 설계하였으며, 격리도 특성의 개선을 위한 평면형 버섯구조 형태의 결합제거구조가 삽입된 소형 광대역 MIMO 안테나를 제안하였다. 결합제거구조를 통해 전류의 유기를 방지하여 두 안테나 간의 거리를 가깝게 유지하면서도 격리도 특성은 15dB에서 22dB로 약 7dB 향상시켰다. 방사패턴 또한 전방향 특성을 띄며 그때의 이득 및 효율은 각각 4.3dB, 93%로 초기 설정했던 목표 설계치를 모두 뛰어넘는 계단형 구조의 MIMO 안테나를 설계하였다.

또한 인체조직과 유사한 전기정수를 갖는 인체 팬텀을 사용하여 SAR (전자파 흡수율)을 모의실험 하였고, 1g 평균 SAR 값이 1.37W/Kg으로 SAR 국제 규격에 적합한 수치를 나타냄을 확인하였다. 또한 기존의 안테나가 갖는 SAR 값과 비교한 결과 약 50% 감소된 SAR값이 나타남을 알 수 있었으며, 위 결과로 미루어보아 본 논문에서 제안하는 안테나가 모바일 기기용 안테나로 적합하다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 미래부가 지원한 2013년 정보통신·방송 (ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음

References

- [1] A. K. Mak, C. R. Rowell, and R. D. Murch, "Isolation Enhancement Between Two Closely Packed Antennas," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol.56, pp.3411-3419, 2008
- [2] Chi-Yuk Chiu, Jie-Bang Yan, and R. D. Murch, "24-Port and 36-Port antenna cubes suitable for MIMO wireless communications," IEEE Trans. on Antenna and Propagation, pp. 1170-1176, Apr. 2008.
- [3] K. Payandehjoo and R. Abhari, "Employing EBG Structures in Multiantenna Systems for Improving Isolation and Diversity Gain," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol.8, pp.1162-1165, 2009
- [4] X. Wang, Z. Feng and K.-M. Luk, "Pattern and Polarization Diversity Antenna With High Isolation for Portable Wireless Devices," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol.8, pp.209-211, 2009
- [5] S. Kahng, S. Mok, S. Yoo, D. Lim, J. Ju, K. Kim and H. Kim, "A small antenna for the handheld device using a split-ring inspired resonator with tunability," International Symposium On Antennas And Propagation (ISAP), 27 Oct. 2011
- [6] S. Yoo, S. Kahng, and J. Kim "A Compact MIMO Antenna using ZOR Split Ring Resonator Radiators with a Decoupling Structure," Microwave Journal, vol. 54, no. 11, pp. 26-30, November 2011
- [7] Kyungseok Kahng, Seongryong Yoo, Sungtek Kahng, Jeongho Ju, and Geonho Jang "Design of a Metamaterial CRLH ZOR Compact MIMO Antenna and its Tunability Technique," Proceedings of 2011 KIEES General Conference Vol.21, No.1, 2011.11.25
- [7] Segyoon Mok, Sungtek Kahng, and Yongjin Kim, "Design of the Open-Loop Combined Meandered-Line 1-Layer Radiator for Diversity Antennas with Size-Reduction and Improved Isolation," The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.61, No.1, pp.110-116, January 2012
- [7] Seongryong Yoo, Kyung-seok Kahng, Sungtek Kahng, In-Kyu Yang, Jeongho Ju, and Jaume Anguera, "The design of CRLH-based compact LTE MIMO antennas," Proceedings of European Conference on Antennas and Propagation 2012, 26-30 March 2012
- [8] S. Yoo, S. Kahng, and S. Mok, "Compact MIMO Antenna of the Open-Loop and Meandered Line

1-Layer Radiators with Improved Isolation," IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 13 June 2012

- [9] Kyungseok Kahng, Inkyu Yang, Kyeongnam Jang, Chang-lim Park, Sungtek Kahng "Increased Number of MIMO Handset Antennas," Proceedings of 2012 KIEES General Conference Vol.22, No.1 ,2012.11.30
- [10] Kyungseok Kahng, Inkyu Yang, Sungtek Kahng, Jaume Anguera, JuYong Lee, "Design of Four MIMO Handset Antennas," European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 2013 7th pp. 723-725, April 2013

저 자 소 개

강 경 석 (姜 京 錫)

2012년 2월: 인천대학교 정보통신공학과 (공학사), 2012년~현재: 인천대학교 정보통신공학과 석사과정

[주 관심분야] 초고주파 부품 및 안테나 설계, 메타재질구조, 무선전력전송

양 인 규 (梁 仁 奎)

2012년 2월: 인천대학교 정보통신공학과 (공학사), 2012년~현재: 인천대학교 정보통신공학과 석사과정

[주 관심분야] 초고주파 부품 및 안테나 설계, 메타재질구조, 무선전력전송

강 승 택 (姜 勝 澤)

2000년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학박사), 2000년 4월: 한양대학교 산업과학연구소 연구원, 2004년 2월: 한국전자통신연구원 통신위성 개발센터 선임연구원, 2004년~현재: 인천대학교 정보통신공학과 교수, 2007년~현재: 송도 국방벤처 자문교수

[주 관심분야] 무선전력전송, 전자파 수치해석 및 응용, EMI/EMC 대책, 초고주파 부품 및 안테나 설계, 메타재질구조 이론 및 응용