

이중대역(PCS/IMT-2000) 마이크로스트립 패치 안테나 설계 및 구조에 따른 SAR 분석

SAR Analysis and Design the Microstrip Patch Antenna on Dual-Band(PCS/IMT-2000)

최윤희 · 신호섭 · 김 남* · 박주덕**

Yun-Hi Choi · Ho-Sub Shin · Nam Kim* · Ju-Derk Park**

요 약

본 논문에서는 PCS/IMT-2000 이동통신 전화기에 의해 인체 두부에 유기되는 SAR의 1 g 및 10 g 평균 침투 값을 비교 분석하였다. 평면형 구조인 single-semi-disc MPA와 double-semi-disc MPA를 설계하고, 안테나 설계 파라미터에 따른 공진 특성을 분석하였다. 그 결과 중심주파수 2.0 GHz에서 대역폭이 15.5 %, 31 %로 나타났다. 그리고 제안한 안테나와 동일한 공진 주파수를 갖는 모노폴 안테나를 설계하여 SAR값을 비교·분석하였다. 폴더형 전화기에 부착된 double-semi-disc MPA에 의한 1 g 및 10 g 평균 침투 SAR 값은 각각 0.811 W/kg과 0.507 W/kg으로 모노폴 안테나의 1.206 W/kg과 0.755 W/kg에 비해 약 32.7 % 가량 낮은 것으로 나타났다. 평면형 구조의 안테나는 등방성 방사패턴을 나타내는 모노폴 안테나에 비해 인체 외부 방향으로 지향성 방사 패턴을 나타내어 인체 두부에 유기되는 SAR이 낮은 값으로 나타났다.

Abstract

In this paper, the detection of 1 g and 10 g averaged SAR on human head caused by PCS/IMT-2000 handheld phones is analyzed and discussed. Planar structured single-semi-disc MPA and double-semi-disc MPA is designed and resonance characteristics with variety of design parameters are analyzed. As a result, 2.0 GHz center frequency, at the bandwidth of single-semi-disc MPA and double-semi-disc MPA are 15.5 % and 31 %, respectively. And monopole antenna with $\lambda/4$ length is designed and compared with double-semi-disc MPA in SARs. The SARs caused by double-semi-disc MPA on folder type handset are 0.811 W/kg and 0.507 W/kg and are about 32.7 % lower than monopole-1.206 W/kg and 0.7552 W/kg. While the radiation pattern of the monopole antenna is symmetrical, that of planar structured antenna is asymmetrical and SAR caused by double-semi-disc MPA is less than SAR by the monopole antenna.

Key words : Microstrip Patch Antenna, Semi-Disc and Dual-Frequency Operation, SAR

I. 서 론

최근 이동전화의 급속한 보급으로 전자파가 인체

에 미치는 영향에 대한 관심과 우려가 높아지면서 각 국가 기관 또는 국제기구 등에서는 이동통신 전화기와 같이 인체에 밀착하여 사용하는 기기에 대해

충북대학교 정보통신공학과(Dept. of Computer and Communication Eng., Chungbuk National University)

*충북대학교 정보통신공학과, 컴퓨터 정보통신 연구소(Dept. of Computer and Communication Eng., Research Institute for Computer and Information Communication, Chungbuk National University)

**한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunications Research Institute)

· 논문 번호 : 20030828-122

· 수정완료일자 : 2003년 11월 17일

서 인체 전자파 흡수율(Specific Absorption Rate: SAR)을 규정하고 있다. 특히, 전자파 발생의 많은 부분을 차지하는 안테나에 관한 연구는 중요성을 더해가고 있다^[1].

본 논문에서는 위의 필요성에 따라 SAR을 저감시킬 수 있는 평면형 안테나 구조인 double-semi-disc MPA^[2]를 제안하였으며, 내장형 안테나의 단점인 협대역 특성을 개선할 수 있었다. 안테나 대역폭을 개선하기 위해 제안된 안테나와 공진 특성을 비교하기 위해 single-semi-disc MPA를 설계하여 공진 주파수와 대역폭을 알아보았다. 또한, 제안된 double-semi-disc MPA와 현재 이용되고 있는 모노폴 안테나를 폴더형 전화기에 부착하여 방사패턴을 비교·분석하였으며 각각의 안테나가 부착된 전화기에 의해 인체 두부에 유기되는 SAR의 1 g 및 10 g 평균 침투치를 계산하였다.

II. 안테나 구조 및 동작 특성

마이크로스트립 안테나의 협대역 특성과 크기를 개선하기 위한 많은 연구가 진행되어 왔으며, 여러 가지 방법들이 제시되었다. 대역폭 개선을 위한 일반적인 방법으로 기생 방사소자를 사용하는 방법과 정합회로를 사용하는 방법, 낮은 유전율을 갖는 기판을 사용하는 방법^[3]과 적층 방식^[4] 등 여러 가지 기술들이 연구되어 왔다. 또한, 마이크로스트립 안테나 크기를 줄이는 일반적인 방법에는 circular 패치, rectangular 패치^[5] semi-disc 패치^{[6],[7]} 등 여러 가지 패치 형태로 안테나 크기를 줄이는 방법과 단락핀(shorting pin)을 사용하는 방법, 패치에 슬롯(slot)을 삽입하는 방법^[8] 등이 주로 사용되어 오고 있다. 그러나 일반적으로 일정한 공진 주파수에서 마이크로스트립 안테나의 대역폭은 방사면적에 비례하고, 유전율에 반비례한다. 본 논문은 이러한 사항을 고려하여 일반적인 single-semi-disc MPA에 대해서 살펴본 후 기생 방사소자를 이용한 double-semi-disc MPA를 설계 및 제작하고자 한다. 또한, 2.0 GHz를 중심 주파수로 설정하여 동작 주파수의 $\lambda/4$ 길이의 모노폴 안테나를 설계하였으며, 동일한 폴더형 전화기에 부착하여 모노폴 안테나와 double-semi-disc MPA를 비교·분석하였다.

2-1 Single-semi-disc MPA

먼저 제안된 형태의 안테나와 비교를 위해 일반적인 형태의 single-semi-disc MPA를 설계해 보았다. 그림 1은 single-semi-disc MPA의 구조이다. 패치와 그라운드 사이는 공기($\epsilon_r=1$)로 채워져 있으며, 그라운드의 크기는 $30 \times 40 \times 5$ mm로 설계하였다. semi-disc의 반경(R)과 안테나 높이(h)는 안테나 크기에 고정되고, 단락핀과 급전점의 위치(s, p)는 안테나를 최적화시키는데 이용하였다. 그림 2는 패치 반경을 고정시키고, 단락핀의 위치를 14~21.5 mm까지 변화시키며 나타난 주파수 특성 곡선이다. 단락핀의 위치가 $-x$ 방향으로 이동하게 되면 공진 주파수가 낮아짐을 보였다. 그림 3은 단락핀을 고정시키고, 급전점 위치를 5.5~7 mm까지 변화할 때의 주파수 특성 곡선이다. x 방향으로 이동하게 되면 대역폭이 좁아짐을 보였다. 결과에서 알 수 있듯이 급

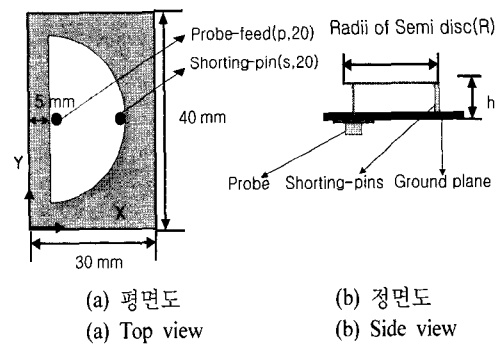


그림 1. Single-semi-disc MPA구조
Fig. 1. Single-semi-disc MPA structure.

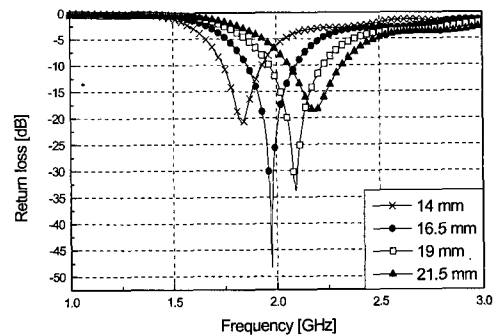


그림 2. 단락핀(s) 위치변화에 따른 주파수 특성
Fig. 2. Variation of resonance frequency vs. location of the shorting-pin.

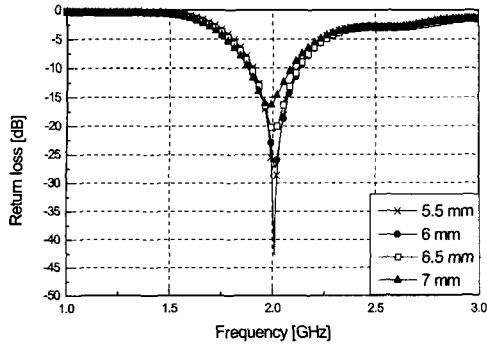


그림 3. 급전점(p) 위치변화에 따른 주파수 특성
Fig. 3. Variation of resonance frequency vs. location of the feed line.

표 1. Single-semi-disc MPA 파라미터 (단위: mm)
Table 1. Parameter of the single-semi-disc MPA.

h (안테나의 높이)	8 mm
R (semi-disc의 반경)	17 mm
X_s (단락핀의 위치)	16.5 mm
X_p (급전점의 위치)	5.5 mm
γ_s (단락핀의 반경)	1 mm
γ_p (급전핀의 반경)	0.6 mm

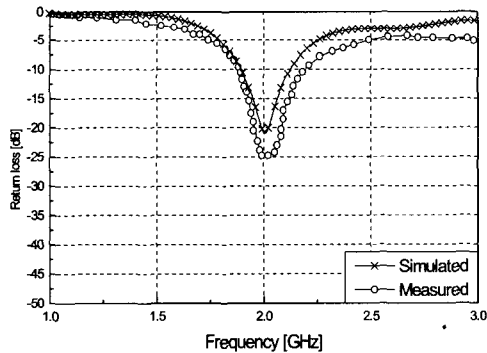


그림 4. Single-semi-disc MPA의 최적화된 결과
Fig. 4. Optimized results of the single-semi-disc MPA.

전점과 단락핀의 위치가 조금만 변하여도 공진 주파수와 대역폭의 변화가 크므로 실제 제작시에 세밀한 주의를 기울여야 한다.

그림 4는 표 1의 파라미터로 single-semi-disc MPA의 시뮬레이션 결과와 제작된 안테나의 측정치를 비교한 것이다. -10 dB 대역폭의 계산값은 중심주파수 2.0 GHz에서 11.5%(230 MHz), 측정값은 15.5%(310 MHz)로 나타났다.

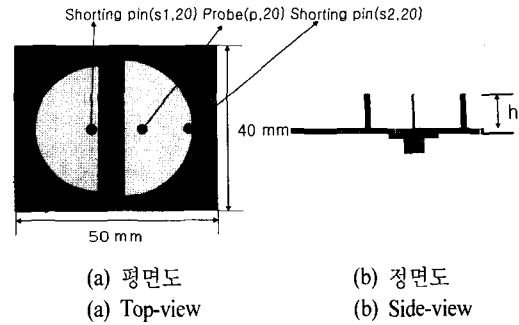


그림 5. Double-semi-disc MPA 구조
Fig. 5. Double-semi-disc MPA structure.

2-2 Double-semi-disc MPA

본 논문에서 제안된 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭 개선을 위하여 그림 5와 같은 double-semi-disc MPA를 이용하였다. 구조는 주 semi-disc와 반경이 다른 기생 semi-disc 모두가 접지면과 탑재된 패치를 연결하는 단락핀을 지니고 있지만 급전선은 주 semi-disc에만 있는 구조이다. 또한, double-semi-disc MPA는 이중 공진 구조로 설계될 수 있다. 주 semi-disc의 가변 설계파라미터를 적절히 조절하여 하나의 주파수에서 50 Ω의 입력 임피던스를 갖도록 설계하고, 기생 semi-disc의 가변 설계파라미터를 조절하여 주 semi-disc와는 다른 하나의 주파수에서 50 Ω의 입력 임피던스를 갖도록 설계하면 된다.

그림 5는 double-semi-disc MPA의 구조이다. 두 패치와 그라운드 사이는 공기($\epsilon_r=1$)로 채워 있고, 그라운드의 크기는 $50 \times 40 \times 5$ mm이다. 안테나의 크기를 고려하여 두 semi-disc의 반경(R_1, R_2), 그라운드 크기와 두 semi-disc의 높이(h)를 고정시키고, semi-disc 간의 간격(t), 단락핀(S_1, S_2), 급전점의 위치(p)를 변화시켜 최적의 안테나를 설계하였다. 그림 6은 semi-disc 간의 간격(t)을 5~9 mm까지 변화시키면서 나타난 결과이다. 간격이 좁아질수록 공진주파수의 간격이 가까워져 하나의 공진주파수처럼 동작되고, 반대로 간격이 커지면 주 semi-disc와 기생 semi-disc 간의 결합은 거의 없어져서 두 개가 분리된 것처럼 동작한다. 그림 7, 8은 단락핀 위치(S_1, S_2)에 따른 변화에 따른 결과이다. S_1 의 위치가 -x 방향으로 갈수록 대역폭이 넓어짐을 볼 수 있었고, S_2 의 위치가 x 방향으로 갈수록 대역폭이 좁아짐을 알 수 있었다.

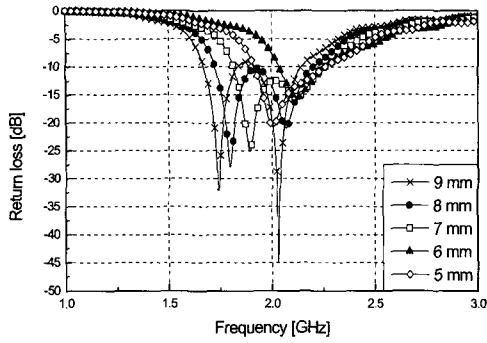


그림 6. Semi-disc간의 간격(t)에 따른 주파수 특성
Fig. 6. Variation of resonance frequency vs. coupling gap.

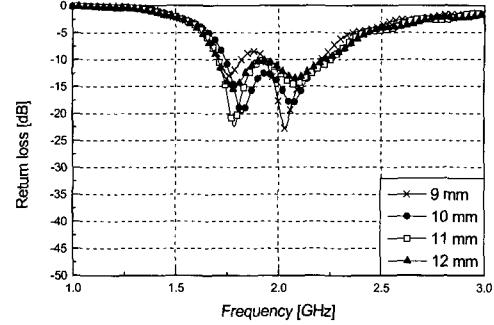


그림 9. 급전점의 위치변화에 따른 주파수 특성
Fig. 9. Variation of resonance frequency vs. location of the feed line.

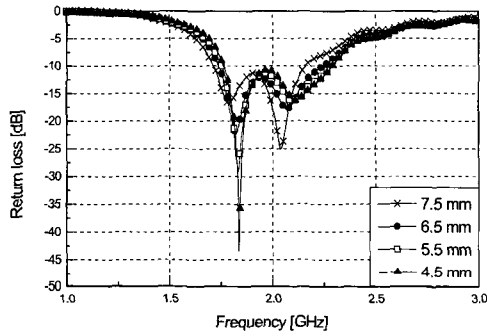


그림 7. 단락핀(S_1) 위치변화에 따른 주파수 특성
Fig. 7. Variation of resonance frequency vs. location of the shorting-pin.

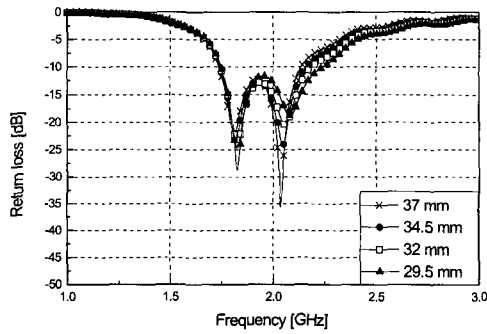


그림 8. 단락핀(S_2) 위치변화에 따른 주파수 특성
Fig. 8. Variation of resonance frequency vs. location of the shorting-pin.

표 2. Double-semi-disc MPA 파라미터 (단위: mm)
Table 2. Parameter of the double-semi-disc MPA.

h (안테나의 높이)	8 mm
R_1 (왼쪽 semi-disc의 반경)	18 mm
R_2 (오른쪽 semi-disc의 반경)	16.5 mm
t (semi-disc간의 간격)	7 mm
S_1 (왼쪽 단락핀의 위치)	4.5 mm
S_2 (오른쪽 단락핀의 위치)	29.5 mm
p (급전점의 위치)	10 mm
γ_{sl} (왼쪽 semi-disc의 반경)	1 mm
γ_{sr} (오른쪽 semi-disc의 반경)	1 mm
γ_b (급전점의 반경)	0.6 mm

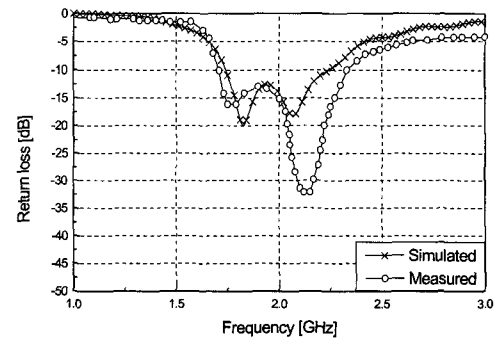


그림 10. Double-semi-disc MPA의 최적화된 결과
Fig. 10. Optimized results of the double-semi-disc MPA.

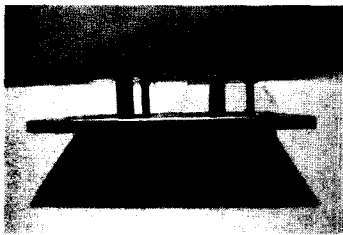
주 semi-disc의 급전 위치는 주파수와 대역폭에 영향을 주는 요소이다. 그림 9는 급전점 위치변화에 따른 반사손실 변화에 따른 결과이다. 급전점이 조금만 변화하여도 주파수와 대역폭이 특성이 변하는 것

을 알 수 있다.

그림 10은 표 2의 파라미터로 최적화된 시뮬레이션 결과와 제작된 안테나의 측정값을 나타낸 것이다. 주파수 특성으로 계산된 대역폭은 중심 주파수



(a) 평면도
(a) Top view



(b) 정면도
(b) Side view

그림 11. 제작된 double-semi-disc MPA
Fig. 11. Fabricated double-semi-disc MPA.

인 2.0 GHz에서 25 % (500 MHz)이었으며, PCS(1.75 ~ 1.87 GHz)대역과 IMT-2000(1.885 ~ 2.2 GHz)을 모두 포함하는 광대역 안테나이다. 그림 11은 제작된 double-semi-disc MPA이다. 측정치의 대역폭은 중심 주파수인 2.0 GHz에서 31 % (620 MHz)이었으며, PCS와 IMT-2000 대역을 모두 포함하며, 계산치보다 넓은 대역폭을 얻을 수 있었다. 계산치와 6 %의 오차가 있었는데, 이는 안테나 제작 과정에서 설계치를 따르는 정확한 구조물을 제작하기가 어렵고 모든 작업을 수작업으로 해야 하기 때문이다.

2-3 모노폴 안테나

모노폴 안테나는 등방성의 방사패턴을 가지며, 대역폭이 넓은 장점 때문에 현재 휴대용 전화기의 안테나로 널리 이용되고 있다. 그러나 방사 패턴에서 지향성을 나타내는 평면형 안테나에 비해 인체로 방사가 크다는 단점을 지니고 있다. 본 논문에서는 2.0 GHz의 중심주파수를 갖는 $\lambda/4$ 크기의 모노폴을 폴더형 전화기에 부착하여 시뮬레이션 하였다.

Ⅲ. 방사패턴 및 SAR 계산

3-1 방사패턴

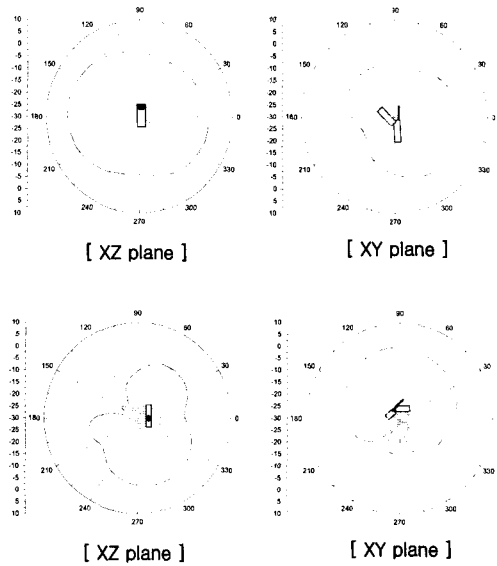


그림 12. 폴더형 구조에 부착된 모노폴 안테나의 방사패턴

Fig. 12. Radiation patterns of monopole antenna on folder-type handset.

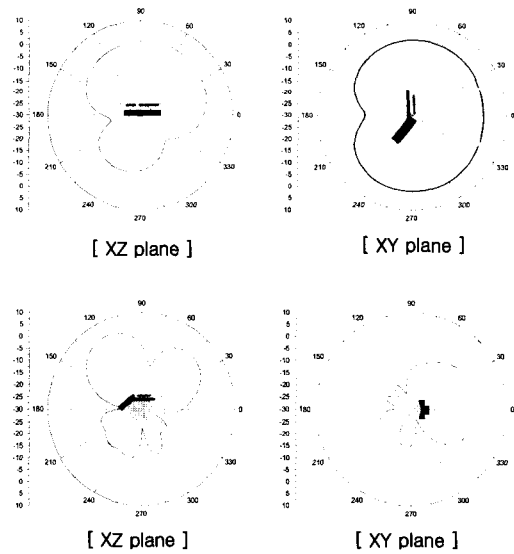


그림 13. 폴더형 구조에 부착된 double-semi-disc MPA의 방사패턴

Fig. 13. Radiation patterns of double-semi-disc MPA on folder-type handset.

제안한 안테나인 double-semi-disc MPA와 모노폴 안테나를 폴더형 전화기에 부착하여 계산한 방사패턴과 안테나와 인체를 포함한 방사패턴을 그림 12,

13에 나타내었다. 방사 패턴은 안테나를 기준으로 인체 방향과 인체 반대 방향으로의 대칭 정도를 비교하기 위한 것이다. 모노폴 안테나의 경우 XZ 평면에서는 등방성 방사 패턴을 나타내었고, 인체를 포함한 방사패턴에서는 두 평면 모두 인체 방향으로 방사가 적게 나타났다. 이는 전화기 구조가 폴더형이기 때문에 플립형에 비해 방사가 적게 나타난다. Double-semi-disc MPA 방사패턴의 경우 모노폴 안테나의 등방성 패턴에 비해 비등방성 패턴을 보였으며, 인체를 포함한 방사패턴에서는 XZ 평면에서 인체 방향으로 이득이 감소함을 알 수 있다.

3-2 SAR의 계산

SAR은 전자파와 인체 사이의 상호작용을 정량화하는 가장 효과적인 변수로 인식되어 왔고, 그 분포를 계산하기 위한 식은 다음과 같다^[10].

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

여기서 σ 는 조직의 전기전도도[S/m], ρ 는 조직의 밀도, E 는 실효전자기장강도를 말한다.

인체 두부에 흡수되는 전계분포를 계산하기 위해 시간영역-유한차분(Finite Difference Time Domain: FDTD) 수치해석 방법을 사용하였다^[11]. 인체 두부의 전계분포를 계산하여 단위 질량 조직이 단위 시간에 흡수하는 에너지의 양인 SAR 값을 계산하였고, 급

표 3. 모의 인체 머리조직 전기정수

Table 3. Characteristics of human head organization.

주파수[GHz]	상대 유전율[ϵ_r]	전도도[S/m]
2.0	40.0	1.40

전점에 voltage gap 방식으로 연속파(continuous Wave: CW)를 인가하였다. 완전정합층을 갖는 흡수 경계조건(PML Absorbing Boundary condition)을 사용하였다^[12].

SAR값을 계산하기 위해 이용된 모의 인체 머리조직 전기정수는 국내 전자파 인체보호기준을 참조하였고, 외이가 포함된 균질 모델을 사용하였다. 표 3은 인체 머리조직의 전기정수를 나타내었다^[13].

제안한 휴대폰 형태는 폴더형으로 부착위치는 귀 기준점(Ear Reference Position: ERP)에 맞추어 모델링하였다. 또한, 사용자가 전화를 이용할 때 전화기는 인체 두부와 약 30°의 각을 이루게 된다. 30°의 기울어진 구조를 표현하기 위해서 전화를 기울이게 되면 도체판의 불연속으로 인한 많은 반사가 일어나기 때문에 FDTD 해석상의 큰 오차가 발생하게 된다. 반면, 인체 두부는 유전체로 이루어진 구조이므로 도체판의 불연속에 의한 오차는 발생하지 않는다. 그러므로 SAR 계산할 때, double-semi-disc MPA의 경우는 폴더형 전화기 상단에 부착되어 있기 때문에 인체 두부를 30° 기울여 시뮬레이션 하였고, 모노폴 안테나의 경우는 안테나가 폴더형 전화기 하

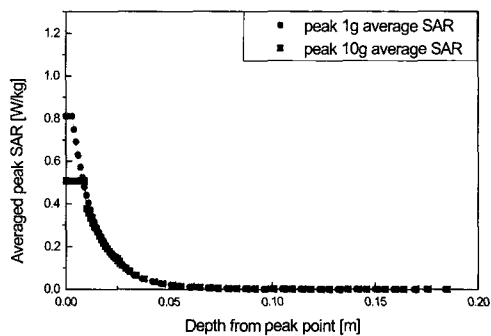


그림 14. 폴더형 구조에 부착된 double-semi-disc MPA와 인체 두부 깊이에 따른 1 g 및 10 g SAR 평균 침투치

Fig. 14. Change of peak SARs vs. depth of human head caused by double-semi-disc MPA on folder-type handset.

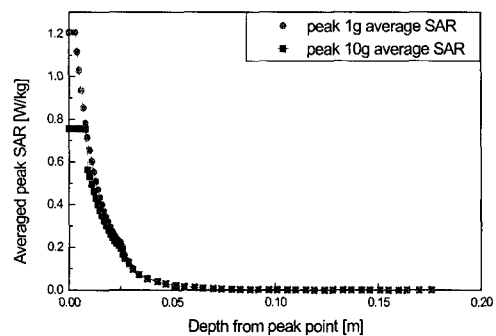
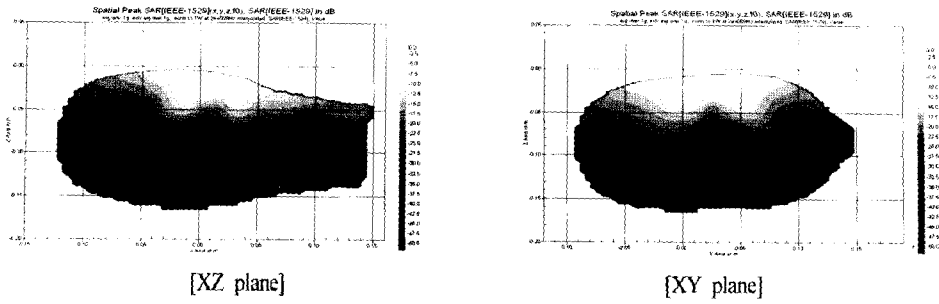
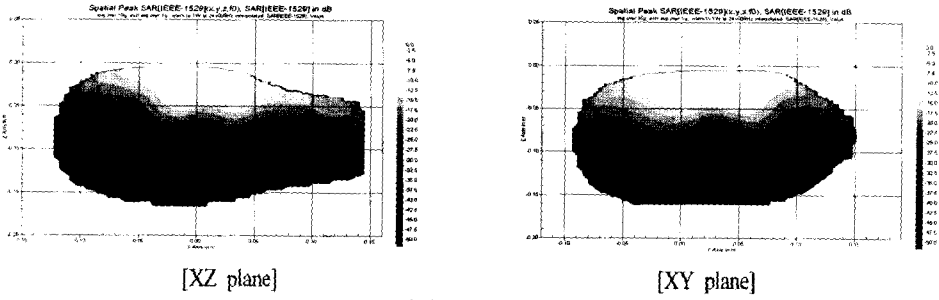


그림 15. 폴더형 구조에 부착된 모노폴 안테나의 인체 두부 깊이에 따른 1 g 및 10 g SAR 평균 침투치

Fig. 15. Change of peak SARs vs. depth of human head caused by monopole antenna on folder-type handset.

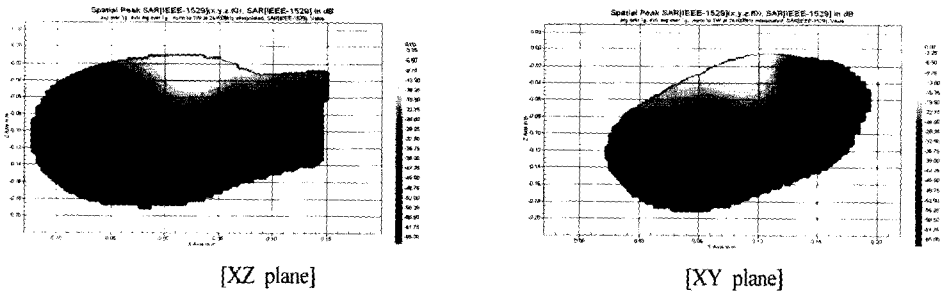


(a) 1 g 최대 SAR(0.811 W/kg)
(a) 1 g peak SAR(0.811 W/kg)

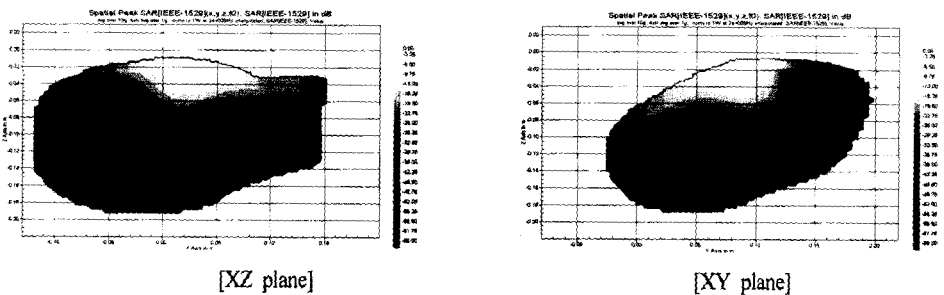


(b) 10 g 최대 SAR(0.507 W/kg)
(b) 10 g peak SAR(0.507 W/kg)

그림 16. 폴더형 전화기에 부착된 double-semi-disc MPA에 의한 1 g 및 10 g 평균 침투 SAR
Fig. 16. 1 g and 10 g peak averaged SARs caused by double-semi-disc MPA on folder-type handset.



(a) 1 g 최대 SAR(1.206 W/kg)
(a) 1 g peak SAR(1.206 W/kg)



(b) 10 g 최대 SAR(0.755 W/kg)
(b) 10 g peak SAR(0.755 W/kg)

그림 17. 폴더형 전화기 구조에 부착된 모노폴 안테나에 의한 1 g 및 10 g 평균 침투 SAR
Fig. 17. 1 g and 10 g peak averaged SARs caused by monopole antenna on folder-type handset.

단에 부착되어 있으므로 인체를 60° 기울여 시뮬레이션 하였다.

2.0 GHz 주파수의 CW를 인가하고, 입력 전력을 1 W로 정규화하여 1 g 및 10 g SAR 평균값을 구하였다. 또한, 기존의 모노폴 안테나를 설계하여 인체에 유기되는 SAR을 비교하였다. 인체 두부의 깊이에 따른 SAR 분포의 변화를 그림 14, 15에 나타내었으며, 그림 16, 17은 각각의 구조에 의한 1 g 및 10 g 평균 침투 SAR 값을 나타내었다. 그림 16, 17에서 보는 바와 같이, SAR 침투값의 위치는 double-semi-disc MPA는 외이, 모노폴 안테나 뺨에서 나타났고, 두 안테나 모두 피부 표면에서 최대값이 검출되었다. 계산 결과 double-semi-disc MPA의 1 g 및 10 g SAR 평균 침투치 0.811 W/kg, 0.507 W/kg 는 모노폴 안테나에 대한 1 g 및 10 g SAR 평균 침투치인 1.206 W/kg과 0.755 W/kg에 비해 32.7 % 감소함을 보였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 SAR을 저감시키고, PCS와 IMT-2000대역을 포함하는 광대역 주파수에서 동작이 가능한 double-semi-disc MPA를 설계 및 제작하였다. 실제 제작을 통하여 그 성능을 검증하였으며, 시뮬레이션의 특성과 유사한 특성을 나타내므로 계산된 SAR을 통해 SAR 측정값을 유추할 수 있을 것이다.

중심 주파수를 2.0 GHz로 설정하였고, SAR 분포를 FDTD 해석법을 사용하여 계산하였다. 측정 결과 double-semi-disc MPA의 대역폭(31 %)이 single-semi-disc MPA의 대역폭(15.5 %)보다 15.5 % 증가하였고, 모노폴 안테나에 대한 SAR값인 1.206 W/kg과 0.755 W/kg에 비해 32.7 % 낮은 것으로 나타났다. 따라서 설계한 double-semi-disc MPA를 통해 광대역과 SAR의 저감 효과를 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] IEEE standard for recommended practice for determining the peak spatial-average specific absorption rate(SAR) in the human body due to wireless communications devices, 1528-200X, Apr. 4, 2002.
 [2] Y. J. Wang, C. K. Lee, "Design of small and broad-band internal antennas for IMT-2000 mobile

handsets", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. 49, no. 8, Aug. 2001.

[3] K. S. Yee, "Numerical solution of initial boundary value problems involving Maxwell's equation in isotropic media", *IEEE Trans Antenna and Propagation*, vol. 14, no. 3, pp. 302-307, May 1966.
 [4] K. S. Kunz, R. J. Ruebbers, *The finite difference time domain method for electromagnetics*, CRC Press, 1993.
 [5] R. B. Waterhouse, S. D. Targonski, "Performance of microstrip patches incorporating a single shorting post", in *Proc. IEEE AP-S Symp. Dig.*, vol. 1, Baltimore, MD, pp. 29-32, Jul. 1996.
 [6] Y. J. Wang, C. K. Lee, "Compact semi-disc microstrip patch antenna with improved bandwidth", in *Proc. Antenna Technol. Appl. Electromag. Symp.*, Winnipeg, MB, Canada, pp. 239-242, Jul. 2000.
 [7] Y. J. Wang, C. K. Lee, "A novel dual-frequency microstrip patch antenna for IMT-2000 mobile handsets", in *Proc. IEEE Int Antenna Propagat. Symp.*, Fukuoka, Japan, pp. 1467-1473, Aug. 21-25, 2000.
 [8] 이병제, 이호준, 강기조, 김남영, 이종철, 김종현, "마이크로스트립 패치 안테나의 효율적 소형화 기법", *한국전자과학회 논문지*, 11(6), pp. 920-928, 2000년 9월.
 [8] 김승환, 오경진, 김정표, 최재훈, 이태운, "IMT-2000 단말기용 광대역 PIFA 설계", *한국통신학회 논문지*, 26(6B), 2001년 6월.
 [9] R. B. Waterhouse, "Small microstrip patch antenna", *Electron. Lett.*, vol. 31, pp. 604-605, Apr. 1998.
 [10] 이애경 외, "이동통신단말기에 노출된 인체 두부에 따른 전자파 비흡수율 비교", *대한전자공학회 논문지*, 37TC(11), pp. 33-41, 2000년.
 [11] A. Taflove, M. E. Brodwin, "Numerical solution of steady-state electromagnetic scattering problems using the time-dependent Maxwell's equation", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-23, pp. 623-630, Aug. 1975.
 [12] 김현경, 박주덕, 김남, "SAR 저감을 위한 PCS 단말기의 PIFA 설계", *한국전자과학회 논문지*,

11(1), pp. 46-54, 2000년 1월.

[13] 정보통신부 고시 제2000-91호, "전자파인체보호

기준", 2000년.

최 윤 희



2001년 2월: 국민대학교 전자공학과 (공학사)
2001년 3월~현재: 충북대학교 정보통신공학과 대학원 석사과정
[주 관심분야] 전자장 해석, 안테나 설계, SAR 계산 및 측정

김 남



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1983년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1988년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
1992년 8월~1993년 8월: 미 Stan-

ford 대학교 방문교수
2000년 3월~2001년 2월: 미 California Technology Institute(Caltech) 방문교수
1989년~현재: 충북대학교 전기전자공학부 교수, 컴퓨터 정보통신 연구소
[주 관심분야] 이동통신 및 전파전파, 마이크로파 전송선로 해석, EMI/EMC 및 전자파 인체보호 규격

신 호 섭



1995년 8월: 충북대학교 정보통신공학과 (공학사)
1998년 2월: 충북대학교 정보통신공학과 (공학석사)
1998년 9월~2003년 8월: 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 정보통신공학전공 (공학박사)

2002년 1월~현재: 국제전자정밀 중앙연구소 연구원
[주 관심분야] 전자파 수치해석, 안테나 설계, 전파전파, EMI/EMC

박 주 덕



1997년: 충북대학교 정보통신공학과 (공학사)
1999년: 충북대학교 정보통신공학과 (공학석사)
2000년~현재: ETRI 전자파환경 연구팀 연구원
[주 관심분야] EMF, SAR, Antenna design