

論文2000-37TC-11-2

PCS 전화기의 안테나 구조에 따른 SAR 분석

(SAR analysis with variety of the antenna structures on
PCS handset)

金炫京*, 朴柱惠**, 金鎮石***, 金男*

(Hyoun-kyoung Kim, Ju-derk Park, Jin-suk Kim, and Nam Kim)

요약

본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 인체두부에 유기되는 SAR을 계산할 때 SAR 값에 영향을 주는 설계 파라미터를 분석하고, PCS 전화기에 의한 SAR 값을 비교 분석하였다. 안테나의 종류, 안테나의 부착위치, 단말기의 구조에 따른 1g 및 10g 평균 침투 SAR 값을 계산하였고 각각의 구조에 따라 인체 두부의 깊이에 따른 SAR 분포의 변화를 살펴보았다. 플립형 단말기에 부착된 안테나 중에서는 side mounted PIFA(Planar Inverted F Antenna)의 1g 및 10g 평균 침투 SAR 값이 각각 0.686W/kg과 0.353W/kg으로 가장 낮았다. 폴더형 단말기에 부착된 모노폴 안테나에 의한 1g 및 10g 평균 침투 SAR값은 각각 1.133W/kg과 0.709W/kg으로 플립형의 1.759W/kg과 0.978W/kg에 비해 약 30% 가량 낮은 것으로 나타났다. Side mounted PIFA와 폴더형에 부착된 모노폴 안테나의 깊이에 따른 SAR 분포는 top mounted PIFA와 플립형에 부착된 모노폴 안테나에 비해 비교적 완만한 변화를 보였다.

Abstract

In this paper, on calculating SARs on human head using computer simulation, SARs caused by PCS handsets are calculated and compared, and the design parameters that affect SAR values are analyzed. 1g and 10 g peak averaged SARs are calculated as the type of antenna, the location of antenna, and the type of handset are changed and SAR distributions as depth of human head are shown. Among the antennas on flip type handsets, side mounted PIFA has the lowest SARs. 1 g and 10g peak averaged SARs are 0.686W/kg and 0.353W/kg. The SARs caused by monopole antenna on folder type handset are 1.133W/kg and 0.709W/kg, and are about 30% lower than monopole 1.759W/kg and 0.978W/kg, respectively. SAR distributions as depth of human head of side mounted PIFA and monopole antenna on folder-type handset are more slowly changed than those of top mounted PIFA and monopole antenna on flip-type handset.

* 正會員, 忠北大學校 情報通信工學科

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

** 正會員, 韓國電子通信研究院 無線放送技術研究所 안테나 技術研究센터

(Antenna Technology Center, Radio & Broadcasting Technology Laboratory, ETRI)

*** 正會員, 송호大學校 情報産業系列

(Faculty of Information & Industry, Songho College)

接受日字:2000年8月23日, 수정완료일:2000年10月2日

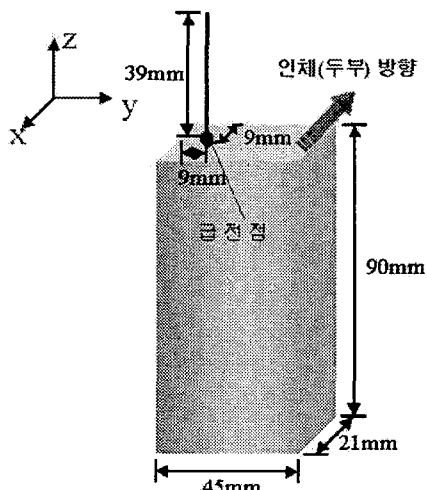
I. 서론

전자파 인체보호 규격이 실효화 됨에 따라 전자파가 인체에 미치는 영향을 줄이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 인체 두부에 가장 가까이에서 사용되는 휴대 전화기에 대한 연구가 중심이 되고 있다. 전자파가 인체에 미치는 영향을 규명하기 위해서는 일반적으로 열적 작용을 대변하는 SAR을 이용한다. SAR(Specific Absorbtion Rate : 에너지 비흡수율)이란

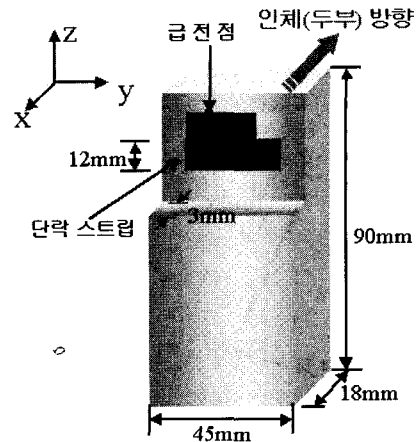
생체조직이 단위질량 당 흡수하는 전력(W/kg)으로 100 kHz 이상의 주파수에서 가장 널리 채택되는 노출 측정량이다^[1]. 그러므로 SAR 값에 영향을 주는 요인을 분석하고 낮은 SAR 값을 나타내는 최적의 휴대 전화를 설계하는 것이 보다 중요한 과제라 할 수 있다. 본 논문에서는 현재 널리 이용되는 PCS 주파수 대역의 휴대 전화기에 의한 인체두부에서의 SAR값을 계산한다. SAR값에 영향을 주는 요인은 안테나의 종류, 안테나의 부착위치, 휴대 전화기 구조의 세 가지 요소로 나누어 볼 수 있다. 안테나의 종류에 따라서는 모노폴 안테나와 side mounted PIFA를 설정하였다. PIFA(Planar Inverted F Antenna: 평면형 역 F 안테나)는 방향성을 가진 안테나로 등방성의 방사패턴을 지닌 모노폴과 비교하기 위해 선택되었다.^{[2]-[6]} 부착위치에 대해서는 side mounted PIFA와 top mounted PIFA, 그리고 전화기의 구조는 플립형과 폴더형의 두 구조로 설정하였으며, 각각에 대한 1g과 10g 평균 침투 SAR값과 인체 두부의 깊이에 따른 SAR값을 계산하였다.^{[8]-[11]}

II. 휴대 전화기 구조와 안테나

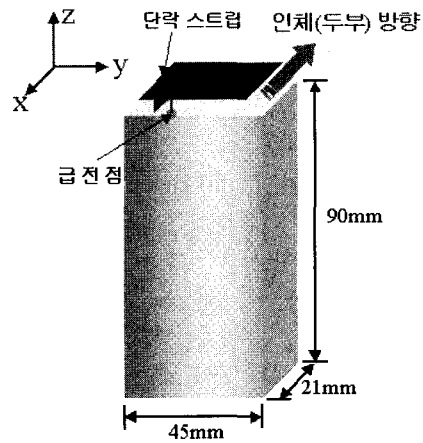
본 논문에서는 FDTD(Finite Difference Time Domain) 시뮬레이션을 이용하여 제안된 네가지 구조의 안테나에 의한 SAR을 분석하였으며, FDTD 셀의 크기는 $3 \times 3 \times 3 \text{mm}^3$ 로 하였다. 셀의 크기는 FDTD 안정조건^[12]에 따라 $\lambda/20$ 이상 $\lambda/10$ 이하의 범위에 만족하는



(a) 모노폴 안테나
(a) Monopole antenna



(b) Side mounted PIFA
(b) Side mounted PIFA



(c) Top mounted PIFA
(c) Top mounted PIFA

그림 1. 플립형 전화기 구조에 부착된 안테나
Fig. 1. Antennas on flip-type handset.

값이다. 제안된 구조는 플립형 구조에 부착된 모노폴 안테나, side mounted PIFA와 top mounted PIFA, 그리고 폴더형 구조에 부착된 모노폴 안테나의 네가지 종류이다. 유전체로 코팅하지 않은 플립형 구조^[7]의 전체적인 크기는 $45(w) \times 21(l) \times 90(h) \text{mm}^3$ 로 고정하였다. 전화기 구조에 의한 영향을 분석하기 위해 설정된 모노폴 안테나가 부착된 폴더형 전화기 구조는 $36(w) \times 21(l) \times 69(h) \text{mm}^3$ 의 크기를 갖도록 하였다. 폴더형 전화를 펼쳤을 때, 귀에 부착되는 윗 부분은 유전체로 채워진 상자 내부에 도체판이 삽입된 형태이며, 아래 부분은 폭이 12mm인 도체상자로 내부가 비어있는 형태이다. 폴더형의 구조는 FDTD 육면셀에 그대로 적용시키기 어려운 문제점이 있었으며, 이에 대해서는 3-4절

에 설명하였다.

각각의 구조의 세부사항은 그림 1과 2에 나타내었다.

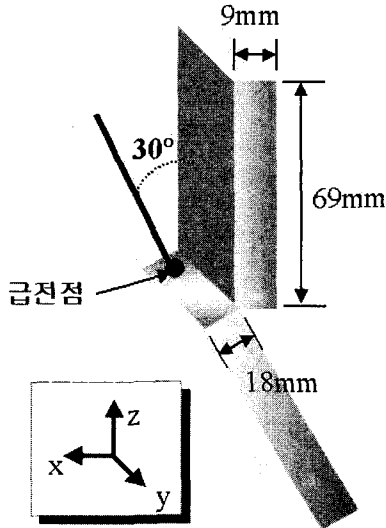


그림 2. 폴더형 전화기 구조에 부착된 모노폴 안테나
Fig. 2. Monopole antenna on folder-type handset.

그림 1(b)와 1(c)의 두 PIFA는 공진 주파수가 약 1.8 GHz의 주파수가 되도록 설계되었으며, S_{11} 값과 대역폭을 고려하여 설계 파라미터들을 조절하였다. 급전선의 위치, 단락 스트립의 폭, top plate의 형태를 변형하여 최적의 안테나 구조를 결정하였다. Side mounted PIFA의 경우, 단락 스트립의 폭이 넓어짐에 따라 공진주파수는 높아졌으며, 단락스트립의 폭이 12mm 일 때 S_{11} 값이 가장 낮았다. Top plate의 가장자리를 약간씩 줄여가면서 공진주파수의 변화를 살펴보았는데, top plate의 면적이 좁아짐에 따라 공진주파수가 높아지는 것으로 나타났다. 급전선의 위치가 top plate의 가장자리 끝부분에서 멀어질수록 공진주파수가 높아졌다. 도체상자를 유전체로 코팅했을 때와 코팅하지 않았을 때의 공진주파수는 다르게 나타났다. 유전체로 코팅한 후, 중심 주파수는 낮아졌으며, 대역폭은 넓어졌다. 이 결과는 모노폴 안테나의 경우에서도 동일하다. 모노폴 안테나의 공진주파수를 결정하는 요인은 안테나의 길이인데, 1.8 GHz의 공진 주파수에서 동작되도록 하기 위하여 모노폴 안테나의 길이는 폴더형과 플립형 모두에서 $\lambda/4$ 의 크기보다 약간 짧은 39mm로 선택되었다.

III. SAR의 계산 및 방사패턴

제안된 네 가지 구조에 의해 인체두부에 유기되는

1g 및 10g 평균 침투 SAR 값과 두부의 깊이에 따른 평균 침투 SAR의 변화를 살펴보았다. SAR을 측정하기 위해서는 인체 팬텀을 제작하고 안테나가 부착된 단말기 구조를 제작하여야 하는 어려움이 있다. 그러나 이미 FDTD 시뮬레이션을 통한 SAR값이 팬텀을 통한 측정결과와 잘 일치한다는 것이 입증된 바 있다^[15]. 일반적으로 시뮬레이션에 이용되는 인체 모델은 외이가 포함된 두부 모델이며, 인체 팬텀의 경우 외이가 포함되지 않은 구조이다. 따라서 인체 두부와 전화기 구조 사이의 거리를 일정하게 했을 때의 시뮬레이션을 통해 계산된 1g 및 10g 평균 침투 SAR 값은 실제 측정된 값보다 크게 되며, 계산결과와 측정결과의 차이는 외이의 존재여부에 의해 영향을 받은 것임을 알 수 있다. 본 논문에서는 외이를 포함한 구조를 이용하여 SAR 값을 계산하였으므로 실제 팬텀을 제작하여 측정하는 경우 논문에서의 SAR 값보다 낮은 값을 보일 것으로 예상된다.

SAR의 계산과 더불어 인체 두부와 휴대 전화기가 포함된 구조의 방사패턴을 살펴보았다. 각각의 구조에 따라 출력전력과 복사전력이 다르므로 모든 결과값을 입력 전력이 240mW가 되도록 정규화하였다. 동작주파수인 1.8GHz의 정현파를 인가하였다.

1. 인체 두부의 모델링

SAR 분석을 위해 이용된 인체 두부 데이터는 성인 남성을 기준으로 한 것이며, MRI와 CT 촬영을 통해 얻어진 영상 데이터를 gray scale로 처리한 것이다. 각 셀은 3mm의 균일한 크기로 이산화되었고 표 1과 같이 7가지의 인체조직으로 분류되었다^[14].

표 1. 인체 두부의 조직에 따른 특성
Table 1. Characteristics of human head organization.

	밀도(ρ)	도전율(σ)	비유전율(ϵ_r)
지방, 뼈	1200	0.07	5.1
근육	1050	1.0	52.6
신경, 뇌	1050	0.75	4.0
눈	1000	1.90	70.0
혈액	1000	1.18	62.0
연골	1000	0.07	5.1
피부	1000	1.0	52.6

2. 안테나의 종류에 따른 비교

안테나의 종류에 따른 SAR값과 방사패턴을 비교하

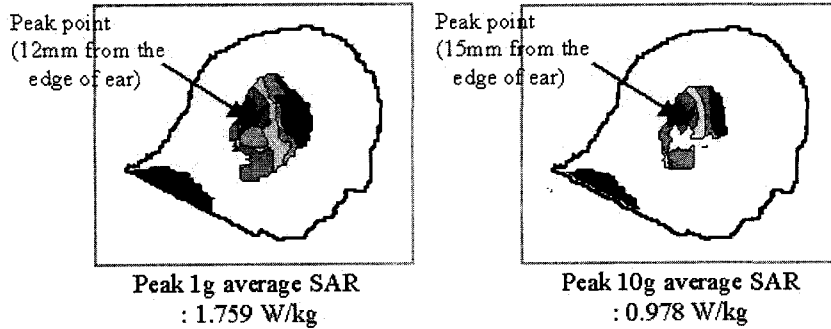


그림 3. 플립형 전화기 구조에 부착된 모노폴 안테나에 의한 1 g 및 10 g 평균 침투 SAR
 Fig. 3. 1 g and 10 g peak averaged SARs caused by monopole antenna on flip-type handset.

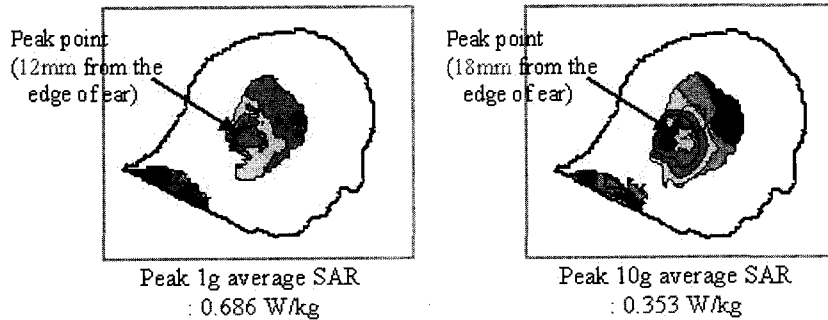


그림 4. Side mounted PIFA에 의한 1g 및 10g 평균 침투 SAR
 Fig. 4. 1g and 10g peak averaged SARs caused by side mounted PIFA.

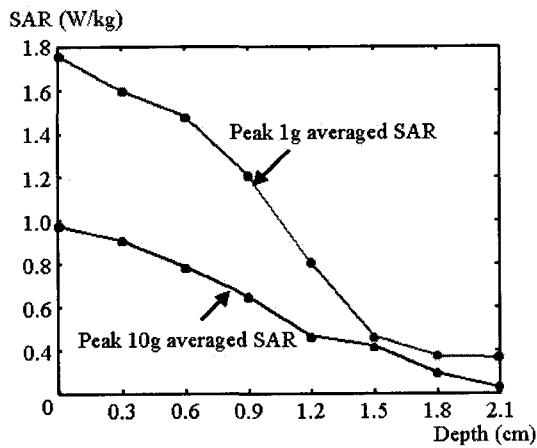


그림 5. 플립형 구조에 부착된 모노폴 안테나에 의해 유기되는 인체두부의 깊이에 따른 SAR값의 변화
 Fig. 5. Change of peak SARs vs. depth of human head caused by monopole antenna on flip-type handset.

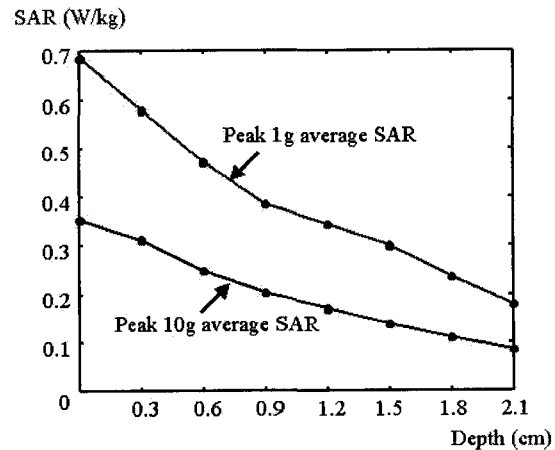


그림 6. Side mounted PIFA에 의해 유기되는 인체두부의 깊이에 따른 SAR값의 변화
 Fig. 6. Change of peak SARs vs. depth of human head caused by side mounted PIFA.

기 위하여 플립형의 모노폴 안테나와 Side mounted PIFA를 비교하였다. 각각의 구조에 의한 1g 및 10g 평균 침투 SAR값을 그림 3과 4에 나타내었으며, 인체두부의 깊이에 따른 SAR 분포의 변화를 그림 5과 6에 나타내었다.

그림 3과 4에서 플립형 모노폴 안테나와 side mounted PIFA 두 구조 모두에서 인체 두부에 유기되는 1g 및 10g 평균 침투 SAR값이 귀의 표피에서 1 ~ 2 cm 들어간 지점에서 발생하는 것을 알 수 있다.

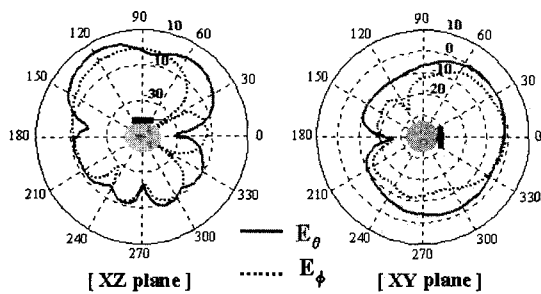


그림 7. 플립형 구조에 부착된 모노폴 안테나의 방사 패턴

Fig. 7. Radiation patterns of monopole antenna on flip-type handset.

그러나 그림 5와 6에서 보이는 바와 같이, 두 구조에 의한 SAR 침투값이 나타나는 위치는 비슷하지만 플립형 모노폴 안테나의 경우 침투 위치로부터 1cm 이내의 깊이에서 침투값이 매우 크며, 이 값이 전체적인 전력 흡수량에 크게 작용함을 알 수 있다. 반면, side mounted PIFA의 경우, 깊이에 따른 SAR값의 변화가 비교적 완만한 형태를 보이고 있으며, 이로 인해 1g 및 10g peak SAR 값이 모노폴 안테나에 비해 매우 적은

값을 가진다. 플립형 모노폴 안테나에 의한 1 g 및 10 g 평균 침투 SAR은 각각 1.759 W/kg과 0.978 W/kg으로 side mounted PIFA의 SAR값인 0.686 W/kg과 0.353 W/kg에 비해 약 3배정도 높은 값이다.

휴대전화기와 인체두부를 포함한 구조의 방사패턴이 그림 7과 8에 나타내었다. 모노폴 안테나는 인체방향과 인체 반대 방향으로의 등방성의 방사패턴을 가지지만, 그림 7에 보여진 바와 같이 인체 두부가 포함된 구조의 방사패턴에서는 인체두부가 포함되지 않은 해석에서 나타난 방사패턴과 비교할 때 인체방향으로의 이득이 감소하고, 많은 일그러짐이 있는 방사패턴을 보이고 있다. Side mounted PIFA는 주 방사면으로 작용하는 top plate의 방향이 인체 반대 방향으로 향하고 있어서 모노폴 안테나에 비해 인체 방향으로의 방사가 매우 적었으며, 인체 두부를 포함한 경우 모노폴 안테나와 마찬가지로 인체 두부쪽으로는 이득이 감소한 결과를 가져왔다.

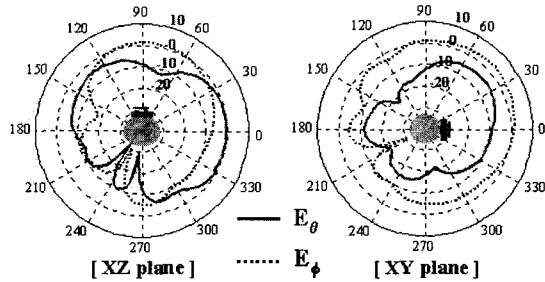


그림 8. Side mounted PIFA의 방사패턴

Fig. 8. Radiation patterns of side mounted PIFA.

3. 안테나의 부착위치에 따른 비교

안테나의 부착위치에 따른 영향을 비교하기 위해 두

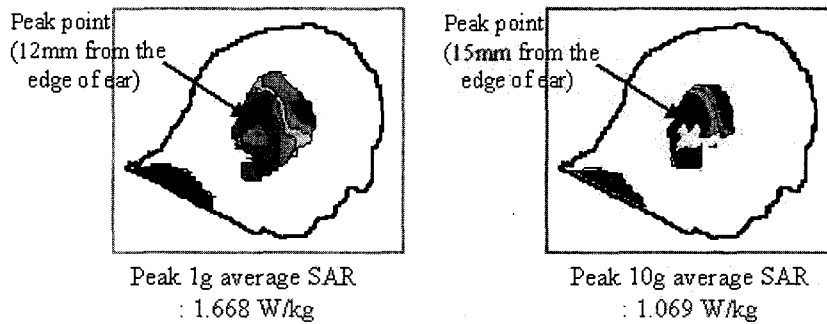


그림 9. Top mounted PIFA에 의한 1g 및 10g 평균 침투 SAR

Fig. 9. 1g and 10g peak averaged SARs caused by top mounted PIFA.

PIFA인 side mounted PIFA와 top mounted PIFA를 비교하였다. Top mounted PIFA에 의한 1 g 및 10 g 평균 침투 SAR값과 깊이에 따른 SAR 분포의 변화를 그림 9와 10에 나타내었다.

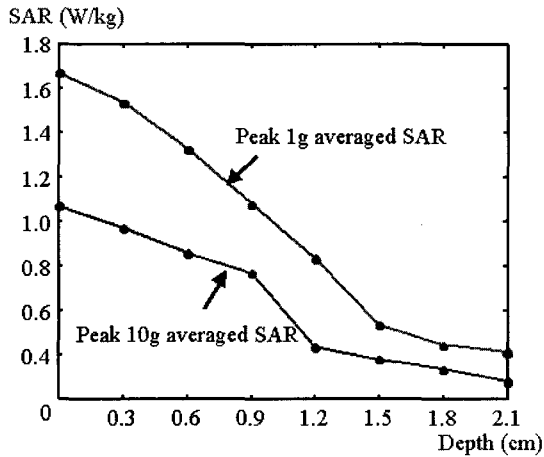


그림 10. Top mounted PIFA에 의해 유기되는 인체두부의 깊이에 따른 SAR값의 변화
Fig. 10. Change of peak SARs vs. depth of human head caused by top mounted PIFA.

Top mounted PIFA에 의한 1g 및 10g 평균 침투 SAR 값은 1.668W/kg과 1.069W/kg으로 3-2의 플립형 모노폴 안테나에 의한 SAR값과 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 깊이에 따른 SAR 값의 변화 또한 침투깊이 나타나는 지점으로부터 1cm 정도가 들어간 후에 급격하게 감소하였다. 반면, Top mounted PIFA에 의한 SAR값과 깊이에 따른 SAR 분포는 side mounted PIFA의 결과와 큰 차이를 보이고 있다. PIFA는 그 구조에서도 알 수 있듯이, top plate가 주 방사면으로 작용하는 방향성 안테나이다. 이러한 구조상의 특성 때문에 PIFA는 부착위치(엄밀히 말하자면 Top plate의 방향을 말함)가 SAR값과 방사패턴에 큰 영향을 주게 된다. 주 방사면으로 작용하는 top plate가 위에 부착된 top mounted PIFA는 인체두부 방향과 인체두부 반대 방향으로의 큰 차이가 없기 때문에, top mounted PIFA의 SAR이 side mounted PIFA보다 큰 값을 나타낸다. Top mounted PIFA를 인체두부에 부착했을 때의 방사패턴을 그림 11에 나타내었다. Top mounted PIFA는 모노폴 안테나와 유사한 방사패턴을 가지며, 3-2의 경우와 마찬가지로, 인체 두부를 포함하지 않은 패턴에

비해 인체 두부쪽으로의 이득에서 감소를 보였다.

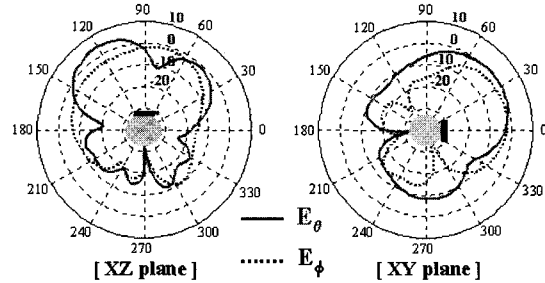


그림 11. Top mounted PIFA의 방사패턴
Fig. 11. Radiation patterns of top mounted PIFA.

4. Handset 의 구조에 따른 비교

2와 3에서는 동일한 휴대 전화기 구조에서 안테나의 종류와 부착위치에 따른 SAR값과 방사패턴을 비교하였다. 이 절에서는 휴대 전화기의 구조에 따라서 SAR 값이 어떻게 달라지는지를 살펴보았다. 휴대 전화기의 구조는 크게 플립형과 폴더형으로 나누었으며 모노폴 안테나를 기준으로 해석하였다. 2와 3의 결과는 플립형의 구조에 대한 결과이다. 폴더형의 구조는 앞서 2장에서 그림 2에 나타내었다.

그림 2에서 보여진 바와 같이, 폴더형 전화기 구조는 펼쳤을 때 두 상자가 30 정도의 각을 이루고 있다. 귀에 접하는 윗상자는 안테나가 부착되지 않으며, 아래 상자에 비해 비교적 얇다. 이러한 특성을 고려하여, 위의 상자는 유전체가 채워진 상자 내에 도체판이 삽입된 것으로 가정을 하고, 아래 상자는 플립형의 구조와 마찬가지로 속이 비어있는 도체상자에 유전체로 코팅하였다.

2장에서도 설명한 바와 같이 폴더형 모노폴 안테나에 대한 FDTD^{[12]-[13]}시뮬레이션 과정에 대해 간단히 설명할 필요가 있다. FDTD의 기본 알고리즘으로는 육면체의 셀을 가정하므로, 사각형 구조가 아닌 삼각형이나 원형의 구조를 가진 모델에 대해서는 시뮬레이션을 하는 것이 매우 복잡하다. 안테나와 도체상자를 포함하는 부분을 사선으로 처리하는 데는 FDTD에서 기본 알고리즘 외의 삼각형 구조에 대한 알고리즘이 필요하다. 그러나, 도체상자와 안테나 이외의 부분은 유전체로 구성되어 특정 각도로 기울어지더라도 별도의 FDTD 알고리즘이 필요하지 않다. 본 논문에서는 도체상자와 안테나가 포함된 구조를 FDTD의 직육면체 셀 구조에 그

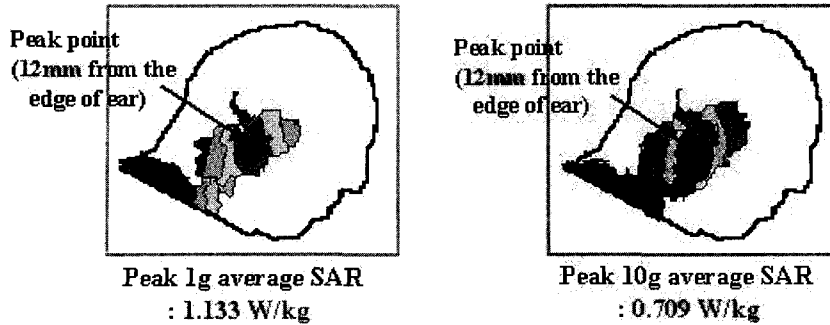


그림 12. 폴더형 전화기 구조에 부착된 모노폴 안테나에 의한 1g 및 10g 평균 침투 SAR

Fig. 12. 1g and 10g peak averaged SARs caused by monopole antenna on folder-type handset.

대로 적용하기 위하여 폴더형 모노폴 안테나와 인체 두부 모델을 x 방향(두부의 중심에서 오른쪽 귀쪽으로 나오는 방향)으로 -30° 기울인 후 시뮬레이션 하고, 시뮬레이션 결과를 다시 x 방향으로 30° 회전하는 방법으로 결과를 얻었다.

부착된 모노폴 안테나가 인체 두부에 비해 30° 기울어져 있기 때문에, 플립형 구조에 부착된 안테나에 비해 인체 방향으로 방사되는 양이 적다. 또한 유전체로 채워진 윗상자에 의해 흡수된 전력으로 인해 인체에 흡수된 전력량이 적어진 점도 고려되어야 한다.

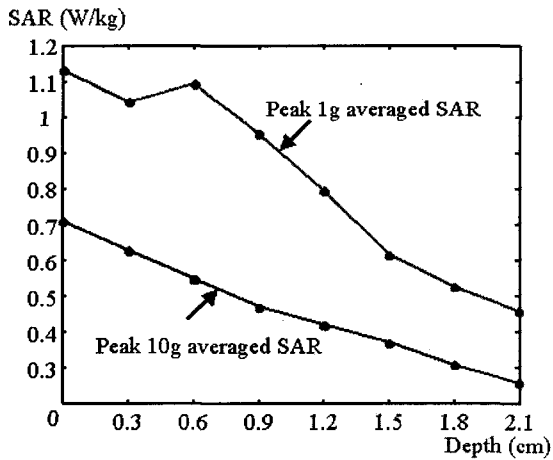


그림 13. 폴더형 구조에 부착된 모노폴 안테나에 의해 유기되는 인체두부의 깊이에 따른 SAR값의 변화

Fig. 13. Change of peak SARs vs. depth of human head caused by monopole antenna on folder-type handset.

폴더형 모노폴 안테나에 의해 인체 두부에 유기되는 SAR값을 그림 12에 나타내었다. 폴더형 모노폴 안테나에 의한 1g 및 10g 평균 침투 SAR 값은 1.133W/kg과 0.709W/kg으로 모노폴 안테나에 비해 30 % 가량 낮은 것으로 나타났다. 두 구조에서 볼 수 있듯이, 폴더형에

깊이에 따른 SAR 분포를 그림 13에 나타내었다. 플립형 구조에 부착된 모노폴 안테나의 결과(그림 4)와 비교해 볼 때, 폴더형 구조에 부착된 모노폴 안테나의 SAR 분포는 깊이에 따라 완만한 감소를 보이고 있다. Side mounted PIFA의 결과와 마찬가지로, 이러한 완만한 SAR 분포 변화로 인해 1g 및 10g 평균 침투 SAR 이 비교적 낮게 나타난다고 할 수 있다.

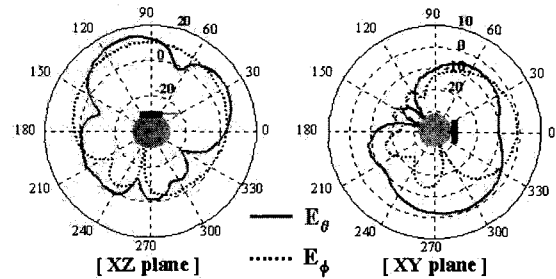


그림 14. 폴더형 구조에 부착된 모노폴 안테나의 방사 패턴

Fig. 14. Radiation patterns of monopole antenna on folder-type handset.

폴더형 구조에 부착된 모노폴 안테나에 의한 방사 패턴은 그림 14에 나타내었다. 폴더형 구조에 부착된 모노폴 안테나의 방사 패턴은 플립형 구조에 부착된 모노폴 안테나에 비해 인체 반대 방향으로의 방사가 인체

방향에 비해 크게 나타나고 있으며, 앞의 세 결과와 마찬가지로 인체 두부 쪽으로의 이득이 많이 감소한 결과를 보였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 네 가지 구조를 모델링하고, 구조에 따른 SAR 값과 깊이에 따른 SAR분포, 그리고 방사 패턴을 비교해 보았다. 경사면으로 인해 기본 FDTD 알고리즘으로는 해석이 어려운 폴더형 구조의 경우 안테나가 부착되지 않은 부분이 안테나의 접지면으로 작용하지 않는다는 점을 이용하여 접지면 부분을 지면(XY 평면)에 수직인 방향이 되도록 회전함으로써 계단형 근사화 방법으로도 쉽게 시뮬레이션 할 수 있었으며, 결과 역시 손쉽게 해석할 수 있었다.

Side mounted PIFA의 SAR값이 가장 낮은 것으로 나타났으며, top mounted PIFA와 플립형 구조의 모노폴 안테나에 의한 SAR값이 매우 큰 것으로 나타났다. 폴더형 구조의 모노폴 안테나에 의한 SAR값은 플립형에 부착된 경우보다 30% 정도가 낮았다. 결과에서도 볼 수 있듯이, 단순히 안테나의 구조뿐 아니라 부착위치, 그리고 휴대 전화기의 형태가 SAR 값에 큰 영향을 미칠 수 있다는 것을 알 수 있다.

1g 및 10g 평균 침투 SAR값은 인체 두부의 깊이에 따른 SAR값의 분포에 크게 영향을 받음을 알 수 있다. 깊이에 따른 SAR값의 분포가 비교적 완만한 side mounted PIFA와 폴더형 구조에 부착된 모노폴 안테나의 경우 나머지 두 구조에 비해 평균 침투 SAR 값이 낮았으며, 이는 주 방사원과 인체 두부간의 거리나 방향에 따른 차이인 것으로 나타났다.

일반적으로 알려진 바와 같이, 평면형 안테나는 지향성 안테나이므로 주 방사면을 인체 두부의 방향과 멀리하는 경우 SAR값을 감소시킬 수 있지만, 전화기 구조를 감싸게 되는 손의 영향을 고려한다면 실제의 방사패턴에 큰 영향을 주게 된다. 그러나 폴더형에 부착된 모노폴 안테나의 경우 기존의 안테나를 그대로 이용하고 있을 뿐 아니라 손에 직접 닿는 부분이 없어 방사패턴에도 큰 영향을 가져오지 않을 것으로 예상된다.

SAR값에 영향을 줄 수 있는 기타의 요인들로는 휴대 전화기의 부착위치, 손의 모양 또는 손의 위치 등을 들 수 있으나, 본 논문에서는 손을 고려하지 않은 기본

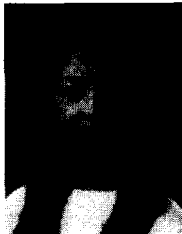
적인 시뮬레이션을 수행하였으며, 휴대 전화기가 인체에 부착되는 위치는 모든 구조에 대해 일정한 위치로 설정하였다. 휴대 전화기로부터 인체 두부에 유기되는 SAR값을 줄이기 위한 연구로서 휴대 전화기의 구조나 안테나의 부착위치를 달리하여 인체로부터 방사원의 거리가 멀어지도록 하는 방법에 대한 연구와 방향성 안테나와 같이 안테나의 구조에 따른 방사특성을 이용하는 것에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 전자기장 노출에 대한 인체 보호 기준, 한국전자과학회, 1999. 5.
- [2] K. L. Virge and Y. R. Samii, "Low-profile enhanced-bandwidth PIFA antennas for wireless communications packaging," IEEE Transactions on Microwave Theory & Techniques, Vol. 45, No. 10, pp. 1879-1888, Oct. 1997.
- [3] C. Delaveaud, P. Leveque and B. Jecko, "Small-sized low-profile antenna to replace monopole antennas," Electronics Letters, Vol. 34, No. 8, April 1998
- [4] M. G. Douglas, M. Okoniewski, and M. A. Stuchly, "A planar diversity antenna for handheld PCS devices," IEEE transactions on vehicular technology, Vol. 47, No. 3, pp. 747-754, August 1998.
- [5] M. A. Jensen and Y. R. Samii, "FDTD analysis of PIFA diversity antennas on a hand-held transceiver unit," 1993 Antennas and Propagation Society International Symposium, Vol. 2, pp. 814-817, 1993.
- [6] P. Salonen, L. Sydanheimo, M. Keskilmmi, and M. Kivikoski, "A small planar inverted-F antenna for wearable application," The Third International Symposium on Wearable Computers, pp. 95-100, 1999.
- [7] 김현경, 박주덕, 김남, 윤재훈, "SAR 저감을 위한 PCS 단말기의 PIFA 설계", 한국전자과학회논문지 제 11권 제 1호, pp. 46-54, 2000.1
- [8] M. A. Jensen and Y. R. Samii, "EM interaction of handset antennas and a human in personal

- communications," proceeding of the IEEE, Vol. 83, No. 1, pp.7-17, Jan. 1995.
- [9] J. D. Park and N. Kim, "SAR analysis on human head caused by PCS handheld telephone," BEMS 21 annual meeting, pp. 166-167, June 1999.
- [10] H. K. Kim, J. D. Park, J. S. Kim, J. H. Yun, and N. Kim, "Design of PIFA on PCS transceiver handset with low SAR in human head," BEMS 22 annual meeting, pp. 145-146, June 2000.
- [11] H. O. Ruoss and F. M. Landstorfer, "New conformal antenna concepts for hand-held telephones with significantly reduced interaction with the user," IEE Colloquium on Design of Mobile Handset Antennas for Optimal Performance in the Presence of Biological Tissue, Digest No. 1997/022, pp. 2/1-2/6, 1997.
- [12] K. S. Kunz and R. J. Ruebbers, The Finite Difference Time Domain Method for Electromagnetics, CRC Press, 1993
- [13] A. Taflove, Computational Electrodynamics, Artech House, Boston · London, 1995.
- [14] Human head and shoulders mesh with 3mm cells, REMCOM Inc.
- [15] Om P. Gandhi, Gianluca Lazzi, Adam Tinniswood and Qi-Shan Yu, "Comparison of numerical and experimental methods for determination of SAR and radiation patterns of handheld wireless telephones," Bioelectromagnetics, supplement 4, pp. 93-101, 1999.

저 자 소 개



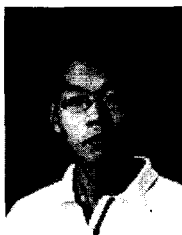
金炫京(正會員)

1999년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과 졸업. 1999년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 대학원 석사과정. [주 관심분야] 전자장 해석, 안테나 설계, SAR 계산 및 측정



金鎮石(正會員)

1981. 2. 경북대학교 전자공학과 졸업. 1983. 2. 경북대학교 대학원 물리학과 졸업(석사). 2000. 2. 충북대학교 대학원 정보통신공학과 졸업(박사). 1983. 3~1998. 6. 한국전자통신연구원 선임연구원. 2000. 3~현재 송호대학 정보산업계열 조교수. [주 관심분야] EMI/EMC, 전자기장 수치해석, 전자파의 생체영향



朴柱憲(正會員)

1997년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업. 1999년 2월 : 충북대학교 대학원 정보통신공학과 졸업(석사). 2000년 9월~현재 : 한국전자통신연구원 무선방송기술연구소 안테나기술연구센터 연구원. [주 관심분야] EMI/EMC, 전자장 해석, 안테나 설계, FDTD 프로 그래밍



金男(正會員)

1981년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업. 1983년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1988년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사). 1992년 8월~1993년 8월 : 미 Stanford 대학 방문교수. 1989년 2월~현재 : 충북대학교 정보통신공학과 교수. [주 관심분야] DS/CDMA, 전파전파, EMI/EMC, 전자파 해석