2000년도 한국전자파학회 종합학술발표회 논문집 Vol. 10 No. 1 2000.11.4

PCS 전화기의 안테나 구조에 따른 SAR 분석

김현경, 박주덕*, 김진석**, 김 남
충북대학교 정보통신공학과, *한국전자통신연구원, ** 송호대학교

SAR analysis with variety of the antenna structures on PCS handset

Hyoun-kyoung Kim, Ju-derk Park, Jin-suk Kim, and Nam Kim
Dept. of Computer and Communication Eng., Chungbuk National University
* ETRI, ** Songho university

e-mail : kimhk@osp.chungbuk.ac.kr

요 약

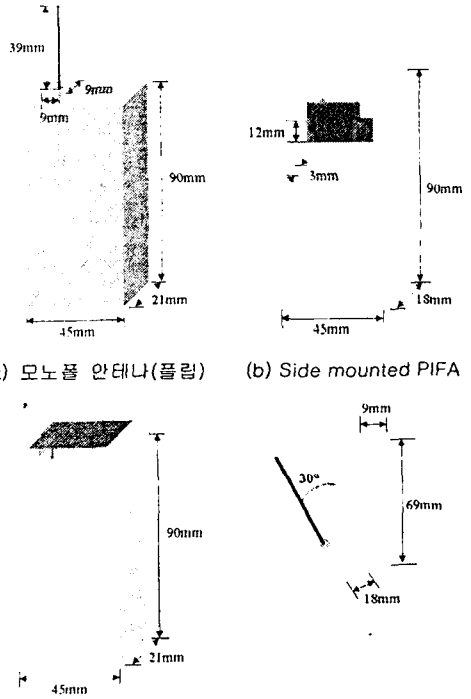
본 논문에서는 안테나 구조에 따른 PCS 전화기에 의해 인체두부에 유기되는 SAR 값을 비교 분석하였고, SAR 값에 영향을 주는 요인을 분석하였다. 안테나의 종류, 안테나의 부착위치, 단말기의 구조에 따른 1 g 및 10 g 평균 첨두 SAR 값을 계산하였고, 인체 두부의 깊이에 따른 SAR 분포의 변화를 살펴보았다. 플립형 단말기에 부착된 안테나 중에서는 side mounted PIFA(Planar Inverted F Antenna)의 1 g 및 10 g 평균 첨두 SAR 값이 각각 0.686 W/kg 과 0.353 W/kg 으로 가장 낮았다. 폴더형 단말기에 부착된 모노폴 안테나에 의한 1 g 및 10 g 평균 첨두 SAR 값은 플립형에 의한 SAR 값에 비해 약 30 % 가량 낮은 것으로 나타났다. 평균 첨두 SAR 값이 낮은 값을 보이는 두 구조인 side mounted PIFA 와 폴더형 구조의 모노폴 안테나의 깊이에 따른 SAR 분포는 나머지 두 구조에 비해 비교적 완만한 경사를 보였다.

I. 서 론

전자파가 인체에 미치는 영향을 규명하기 위해서는 일반적으로 열적 작용을 대변하는 SAR 을 이용한다. 그러므로, SAR 값에 영향을 주는 요인을 분석하고 낮은 SAR 값을 나타내는 최적의 휴대 전화기를 설계하는 것이 보다 중요한 과제라 할 수 있다. 본 논문에서는 현재 널리 이용되는 PCS 주파수 대역의 휴대 전화기에 의한 인체두부에서의 SAR 값을 계산한다. SAR 값에 영향을 주는 요인은 안테나의 종류, 안테나의 부착위치, 휴대 전화기 구조는 세 가지 요소로 나누어 볼 수 있다. 안테나의 종류에 따라서는 모노폴 안테나와 side mounted PIFA 를 설정하였다. PIFA(Planar Inverted F Antenna)는 방향성을 가진 안테나로 등방성의 방사패턴을 지닌 모노폴과 비교하기 위해 선택되었다. 부착위치에 대해서는 side mounted PIFA 와 top mounted PIFA[1],[2], 그리고 전화기의 구조는 플립형과 폴더형의 두 구조로 설정하였으며, 각각에 대한 1 g 과 10 g 평균 첨두 SAR 값과 인체 두부의 깊이에 따른 SAR 값을 계산하였다.[5],[6]

II. 휴대 전화기 구조와 안테나

본 논문에서는 FDTD(Finite Difference Time Domain) 시뮬레이션을 이용하여 제안된 네 가지 구조의 안테나에 의한 SAR을 분석하였으며, FDTD 셀의 크기는 안정조건에 따라 λ/20 이상 λ/10 이하의 범위에 만족하도록 3 × 3 × 3 mm^3로 하였다.[3],[4] 제안된 구조는 플립형 구조에 부착된 모노폴 안테나, side mounted PIFA와 top mounted PIFA, 그리고 폴더형 구조에 부착된 모노폴 안테나의 네 가지 종류이다. 플립형 구조의 전체적인 크기는 45(w) × 21(l) × 90(h) mm^3로 고정하였다. 전화기 구조에 의한 영향을 분석하기 위해 설정된 모노폴 안테나가 부착된 폴더형 전화기 구조는 36(w) × 21(l) × 69(h) mm^3의 크기를 갖도록 하였다.[5] 폴더형 전화기 구조에 대해서는 3-3 절에 설명한다. 네 가지 구조를 그림 1에 나타내었다.



(a) 모노폴 안테나(플립) (b) Side mounted PIFA

(c) Top mounted PIFA (d) 모노폴 안테나(폴더)

그림 1. PCS 전화기의 안테나 구조

Side mounted PIFA와 top mounted PIFA는 참고문헌 [2]에 따라 PCS 단말기에 이용할 수 있는 공진주파수와 대역폭을 가지도록 설계 파라미터들이 조정되었다.[1],[2] 모노폴 안테나의 길이는 폴더형과 플립형 모두에서 λ/4의 크기보다 약간 짧은 39 mm로 선택되었다.

III. SAR의 계산 및 방사패턴

3-1 안테나의 종류에 따른 비교

안테나의 종류에 따른 SAR값과 방사패턴을 비교하기 위하여 플립형 구조의 모노폴 안테나와 Side mounted PIFA를 비교하였다. 각각의 구조에 의한 1 g 및 10 g 평균 첨두 SAR값을 그림 2와 3에 나타내었으며, 인체두부의 깊이에 따른 SAR 분포의 변화를 그림 4와 5에 나타내었다.

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

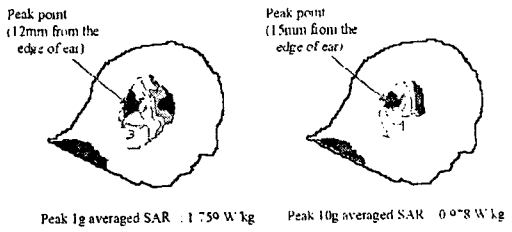


그림 2. 모노폴 안테나의 평균 첨두 SAR

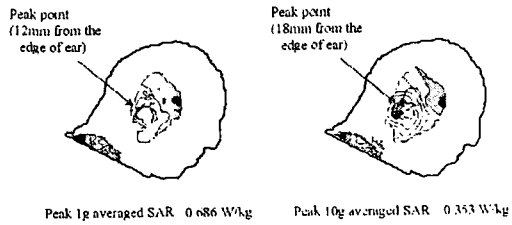


그림 3. Side mounted PIFA의 평균 첨두 SAR

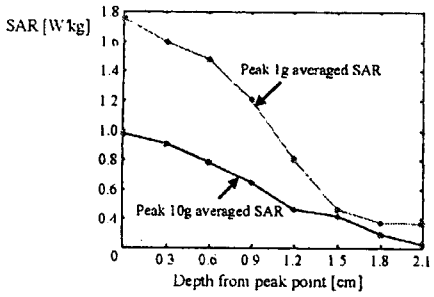


그림 4. 모노폴 안테나의 깊이별 SAR 분포

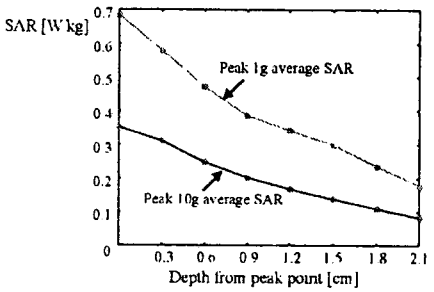


그림 5. Side mounted PIFA 의 깊이별 SAR 분포

그러나 그림 4 와 5 에서 보이는 바와 같이, 두 구조에 의한 SAR 첨두값이 나타나는 위치는 비슷하지만 폴립형 모노폴 안테나의 경우 첨두 위치로부터 1 cm 이내의 깊이에서 첨두값이 매우 크며, 이 값이 전체적인 전력 흡수량에 크게 작용한다는 것을 알 수 있다. Side mounted PIFA 의 경우, 깊이에 따른 SAR 값의 변화가 비교적 완만한 형태를 보이고 있으며, 이로 인해 1 g 및 10 g 첨두 SAR 값이 모노폴 안테나에 비해 매우 적은 값을 가진다. 폴립형 모노폴 안테나에 의한 1 g 및 10 g 평균 첨두 SAR 은 각각 1.759 W/kg 과 0.978 W/kg 으로 side mounted PIFA 의 SAR 값인 0.686 W/kg 과 0.353 W/kg 에 비해 약 3 배정도 높은 값이다.

방사패턴에 있어서 모노폴 안테나는 인체방향과 인체 반대 방향으로의 등방성의 패턴을 가지지만, 인체 두부가 포함된 구조의 방사패턴에서는 인체두부가 포함되지 않은 해석에서 나타난 방사패턴과 비교할 때 인체방향으로의 이득이 감소하고, 많은 일그러짐이 있는 방사패턴을 보이고 있다. Side mounted PIFA 는 주 방사면으로 작용하는 top plate 의 방향이 인체 반대 방향으로 향하고 있어서 모노폴 안테나에 비해 인체 방향으로의 방사가 매우 적으며, 인체 두부를 포함한 경우 모노폴 안테나와 마찬가지로 인체 두부쪽으로의 이득이 감소한 결과를 가져왔다.

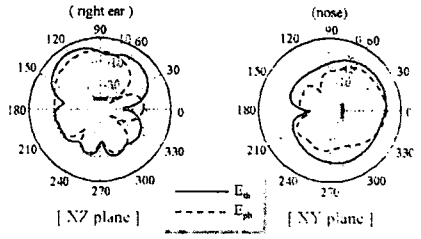


그림 6. 모노폴 안테나의 방사패턴

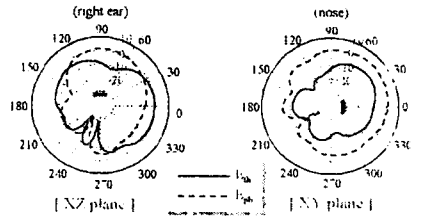


그림 7. Side mounted PIFA 의 방사패턴

3-2 안테나의 부착위치에 따른 비교

안테나의 부착위치에 따른 영향을 비교하기 위해 두 PIFA 인 side mounted PIFA 와 top mounted PIFA 를 비교하였다. Top mounted PIFA 에 의한 1 g 및 10 g 평균 첨두 SAR 값을 그림 8 에 나타내었다.

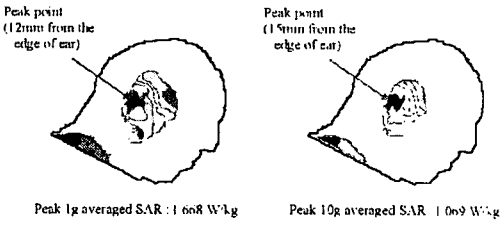


그림 8. Top mounted PIFA 의 평균 첨두 SAR

Top mounted PIFA 에 의한 1 g 및 10 g 평균

첨두 SAR 값은 1.668 W/kg 과 1.069 W/kg 으로 플립형 모노폴 안테나에 의한 SAR 값과 큰 차이가 없음을 알 수 있다. Top mounted PIFA 에 의한 SAR 값과 깊이에 따른 SAR 분포는 side mounted PIFA 의 결과와 큰 차이를 보이고 있다. PIFA 는 방향성 안테나이기 때문에 부착위치가 SAR 값과 방사패턴에 큰 영향을 주게 된다. 주 방사면으로 작용하는 top plate 가 위에 부착된 top mounted PIFA 는 인체두부 방향과 인체두부 반대 방향으로의 큰 차이가 없기 때문에, top mounted PIFA 의 SAR 이 side mounted PIFA 보다 큰 값을 나타낸다.

Top mounted PIFA 의 방사패턴은 모노폴 안테나와 유사한 방사패턴을 가지며, 인체 두부를 포함하지 않은 패턴에 비해 인체 두부쪽으로의 이득에서 감소를 보였다.

3-3 Handset 의 구조에 따른 비교

이 절에서는 휴대 전화기의 구조에 따라서 SAR 값이 어떻게 달라지는지를 살펴보았다. 휴대 전화기의 구조는 크게 플립형과 폴더형으로 나누었으며 모노폴 안테나에 대해 해석하였다.

그림 1(d)에서 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. 2 장에서도 설명한 바와 같이 폴더형 모노폴 안테나에 대한 FDTD 시뮬레이션 과정에 대해 간단히 설명할 필요가 있다. FDTD 의 기본 알고리즘으로는 육면체의 셀을 가정하므로, 사각형 구조가 아닌 삼각형이나 원형의 구조를 가진 모델에 대해서는 시뮬레이션을 하는 것이 매우 복잡하다. 그러나, 도체상자와 안테나 이외의 부분은 유전체로 구성되어 특정 각도로 기울어지더라도 별도의 FDTD 알고리즘이 필요하지 않다. 본 논문에서는 도체상자와 안테나가 포함된 구조를 FDTD 의 직육면체 셀 구조에 그대로 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.

폴더형 모노폴 안테나에 의해 인체 두부에 유기되는 SAR 값을 그림 9 에 나타내었다. 폴더형 모노폴 안테나에 의한 1 g 및 10 g 평균 첨두 SAR 값은 1.133 W/kg 과 0.709 W/kg 으로 모노폴 안테나에 비해 30 % 가량 낮은 것으로 나타났다. 두 구조에서 볼 수 있듯이, 폴더형에 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.

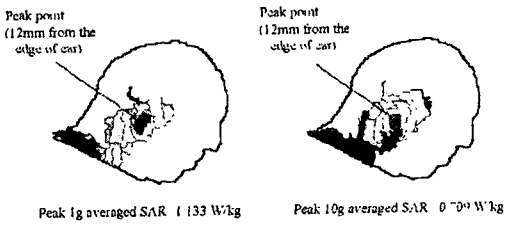


그림 9. 플립형 구조에 부착된 모노폴 안테나의 평균 첨두 SAR

폴더형 구조에 부착된 모노폴 안테나에 의한 방사패턴은 플립형 구조에 부착된 모노폴 안테나에 비해 인체 반대 방향으로의 방사가 인체방향에 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.

Side mounted PIFA의 SAR값이 가장 낮은 것으로 나타났으며, top mounted PIFA와 폴립형 구조의 모노폴 안테나에 의한 SAR값이 매우 큰 것으로 나타났다. 폴더형 구조의 모노폴 안테나에 의한 SAR값은 폴립형에 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.

1 g 및 10 g 평균 첨두 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 첨두 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 기본적인 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.

참고문헌

[1] 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.

[2] 김현경, 박주덕, 김남, 윤재훈, "SAR 저감을 위한 PCS 단말기의 PIFA 설계", 한국전자파학회 논문지 제 11 권 제 1 호, pp. 46-54, 2000.1

[3] K. S. Kunz and R. J. Ruebbers, The Finite Difference Time Domain Method for Electromagnetics, CRC Press, 1993

[4] A. Taflove, Computational Electrodynamics, Artech House, Boston·London, 1995.

[5] 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.

[6] 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.