

## SAR 저감용 IMT-2000 단말기의 안테나 설계

°최윤희\* · 김 남\* · 박주덕\*\*  
충북대학교 정보통신공학과 전파통신연구실\*  
한국전자통신연구원\*\*  
전자우편) yhchoi@osp.chungbuk.ac.kr

### Design of antenna on IMT-2000 handset for SAR reduction

°Yun-Hi Choi\* · Nam Kim\* · Ju-Derk Park\*\*  
Dept. of Computer and Communication Eng., ETRI\*\*  
Chungbuk Nat'l Univ.San 48, Cheongju, Chungbuk, 361-763, Korea  
E-mail)yhchoi@osp.chungbuk.ac.kr

#### ABSTRACT

본 논문에서는 SAR를 저감시킬 수 있는 IMT-2000 단말기용 PIFA의 설계에 대한 내용을 다루었다. 안테나의 설계 파라미터에 따른 공진 특성을 분석하고, PIFA와 동일한 공진 주파수를 갖는 모노폴 안테나와 Side-mounted PIFA를 설계하여 공진 특성과 SAR를 비교·분석하였다. 그 결과 중심주파수에서 PIFA의 대역폭은 213MHz로 Side-mounted PIFA보다 50MHz로 증가하였고, 모노폴 안테나와 비교시에는 87MHz정도 감소하였다. 또한, 1g 및 10g SAR 평균 침투치는 PIFA가 0.9869, 0.453으로 Side-mounted PIFA, 모노폴 안테나에 비해 각각 10.3 %, 50% 감소하였다.

#### I. 서론

최근 개인휴대통신기술의 발달과 이동통신 전화기의 급속한 보급으로 전자파가 인체에 미치는 영향에 대한 관심과 우려가 높아지면서, 각 국가 기관 또는 국제 기구 등에서는 이동통신단말기와 같이 인체에 밀착하여 사용하는 기기에 대해서 인체의 전자파 흡수율 (specific absorption rate : SAR)을 규정하고 있다. 특히 전자파 발생의 많은 부분을 차지하는 안테나에 관한 연구는 중요성을 더해가고 있다.[1]

본 논문은 위의 필요성에 따라 IMT-2000 주파수 대역에서 SAR를 저감시키고자 한다. 기존 안테나의 경우 등방성 특성으로 인하여 전자파가 인체에 많은 영향을 끼칠 수 있다. 그렇기 때문에 지향성이라는 특성을 가진 PIFA(Planar Inverted F Antenna)를 선택하여 인체 방향으로 복사를 줄일 수 있도록 하였다. 또한 모노폴 안테나와 Side-mounted PIFA를 설계하여 공진 특성 및 SAR를 비교·분석하였다. 단말기의 위치는 사용자 오른쪽에 근접해서 손으로 쥐고

있는 자세로 모델링하였고 단말기의 위치와 크기는 변화시키지 않은 상태에서 분석하였다.

#### II. 본론

##### 1.이론

인체두부에 흡수되는 전계분포를 계산하기 위해 시간영역-유한차분(finite-difference time domain : FDTD) 수치해석방법을 사용하였다.[2,3]

본 논문은 인체두부의 전계분포를 계산하여 단위 질량 조직이 단위 시간에 흡수하는 에너지의 양인 SAR의 분포를 구현하였고, 전압원으로는 연속적인 정현파를 인가했다. 계산 영역을 한정시키기 위해 외부 방사 경계조건으로 PML's three order 흡수경계조건을 적용하였다.[4]

SAR는 전자파와 인체사이의 상호작용을 정량화하는 가장 효과적인 변수로 인식되어 왔고, 그 분포를 계산하기 위한 식은 다음과 같다.[5,6]

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

여기서  $\sigma$ 는 인체조직의 도전율[s/m]이고,  $\rho$ 는 조직의 밀도[kg/m<sup>3</sup>],  $E$ 는 각 좌표에서 전계강도에 대한 피크값[v/m]이다.

## 2. 설계 및 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 단말기의 크기는 3.5×2.5×10 cm<sup>3</sup>으로 고정하였고, 안테나는 단말기 크기를 감안하여 Top에서 60°기울여 인체두부와 반대방향에 부착하였다. 2.04GHz를 중심 주파수로 설정하여 제안한 PIFA와 비교·분석하기 위해 모노폴 안테나와 Side-mounted PIFA 설계하였다.[7,8] 또한, 해석 시 오차를 줄이기 위해 단말기를 안테나 해석에 맞추어 60°기울였으나 안테나를 단말기 내부에 부착했을 때에는 약 12%의 오차가 발생하였다.

### 2.1 Shorting pin을 이용한 PIFA설계

설계하고자 하는 안테나가 IMT-2000 주파수 대역에서 사용되기 위해서는 그에 맞는 주파수 대역폭을 가져야 한다. 그렇기 때문에 shorting strip보다는 shorting pin을 사용했을 때 대역폭이 증가하였다. Shorting pin을 이용한 PIFA가 부착된 단말기의 구조는 그림 1과 같다. 안테나 패치는 인체 두부 모델의 반대 방향으로 향하도록 설계하였다.

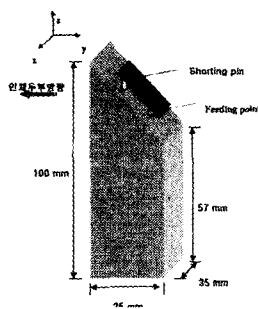


그림 1. PIFA가 부착된 단말기

Shorting pin을 갖는 평판형 구조의 안테나는 Two-wire전송 선로로 설명할 수 있으며, Two-wire 전송선로의 인덕턴스와 캐패시턴스는 식(2)과 (3)에 기술하였다.

$$L = \frac{\mu h}{\pi} \cosh^{-1}\left(\frac{d}{2a}\right) \quad (2)$$

$$C = \frac{\pi \epsilon h}{\cosh^{-1}\left(\frac{d}{2a}\right)} \quad (3)$$

이식에서  $d$ 는 두 shorting pin과의 거리이고,  $a$ 는 shorting pin 반지름이며  $h$ 는 shorting pin 길이이다. 전체 shorting pin의 리액턴스한 값이 인덕티브한 값을 가지면 공진주파수는 낮아지고, 캐패시턴스한 값을 가지면 공진주파수는 높아진다. 위 식에서  $a$ 와  $d$ 가 작아지고, shorting pin들의 지름의 합이 방사면 길이의 반이상이 되면 공진주파수가 높아지게 된다. 그러나 shorting pin 수가 더 늘어나도 인덕턴스와 캐패시턴스가 많이 변하지 않기 때문에 공진주파수와 대역폭에는 큰 변화가 없게 된다. 다음은 안테나 파라미터에 따른 공진 특성을 보았다.

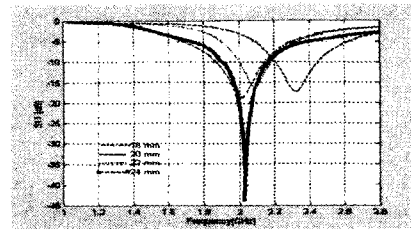


그림 2. PIFA의 패치 길이에 따른 공진 특성

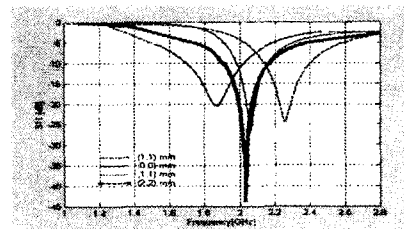


그림 3. PIFA의 급전점의 위치에 따른 공진 특성

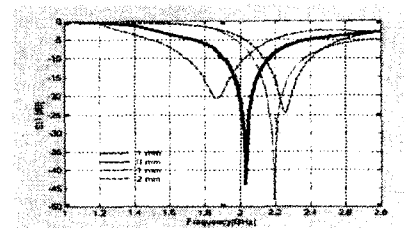


그림 4. PIFA의 shorting pin 위치에 따른 공진 특성

위의 결과에서 알 수 있듯이 패치 길이와 점·shorting pin 위치가 조금만 변하여도 공진수의 변화가 크다는 것을 알 수 있다.[9]

## 2.2 Side-mounted PIFA와 Monopole-Antenna 설계

본 논문에서 제안한 PIFA와 비교하기 위해 Side-mounted PIFA, Monopole Antenna설계했으며 구조는 그림 5에 나타내었다.

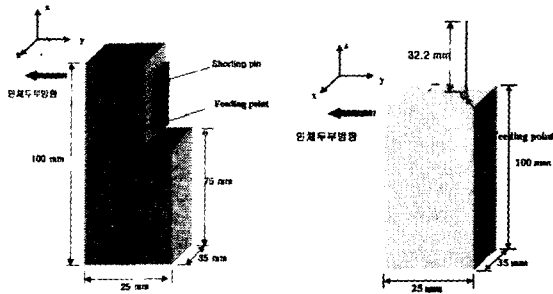


그림 5. Side-mounted PIFA와 Monopole antenna 부착된 단말기

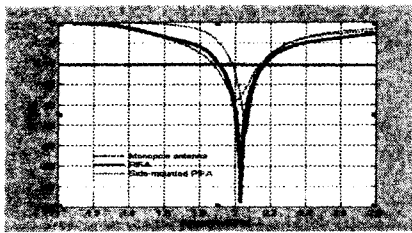
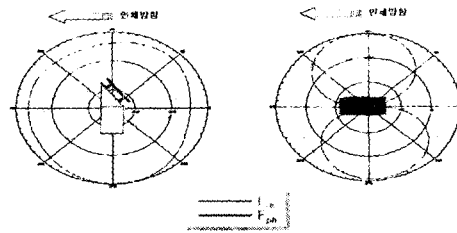


그림 6. PIFA, Side-mounted PIFA, 모노폴 안테나의 공진 특성 비교

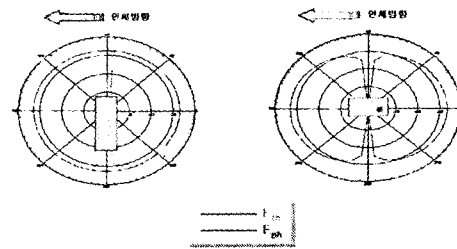
그림 6은 세 가지 안테나를 비교한 것이다. -10dB를 기준으로 대역폭은 PIFA, Side-mounted PIFA 그리고 모노폴 안테나에 대해 각각 213, 163, 300MHz로 PIFA가 모노폴 안테나에 비해 29% 대역폭이 감소하였으나, Side-mounted PIFA에 비해서는 23.5% 대역폭이 증가하였다.

### III. 방사 패턴

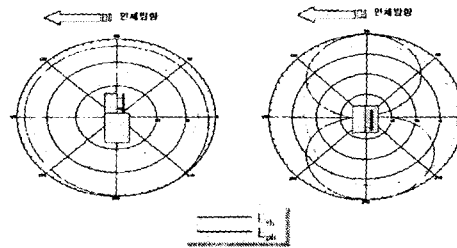
지금까지 제안한 PIFA와 Side-mounted PIFA, 모노폴에 대한 방사 패턴을 그림 7,8,9에 나타내었다. 모노폴 안테나의 경우 XZ, XY평면에서 등방성을 나타내었으며, PIFA와 Side-mounted PIFA는 XZ, XY 평면에서 모노폴 안테나에 비해 인체방향으로의 방사가 적게 일어났다.



(a) XZ 평면 (b) XY 평면  
그림 7 PIFA 안테나의 방사 패턴



(a) XZ 평면 (b) XY 평면  
그림 8 모노폴 안테나의 방사 패턴



(a) XZ 평면 (b) XY 평면  
그림 9 Side-mounted PIFA의 방사 패턴

## IV. 인체 두부에 유기되는 SAR 결과

SAR 분석을 위해 이용된 인체 두부 데이터는 성인 남성을 기준으로 한 것이며, MRI 와 CT 촬영을 통해 얻어진 영상 데이터를 gray scale로 처리한 것이다.

본 논문에서는 2.04GHz 주파수의 정현파를 인가하여 시간에 대한 흡수전력의 1g 및 10g SAR 평균값으로 정규화시키기 위해 급전점의 전압을 조절하였고, 안테나에서 검출된 1g 및 10g SAR 평균 침투치를 그림 10,11,12에 나타내었다. PIFA의 1g 및 10g SAR 평균 침투치는 0.9869, 0.453으로 Side-mounted PIFA, 모노폴 안테나에 비해 각각 10.3%, 50% 감소함을 보였다.[10]

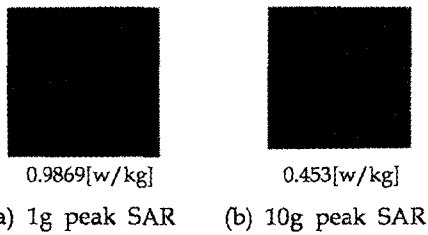


그림 10. PIFA의 SAR

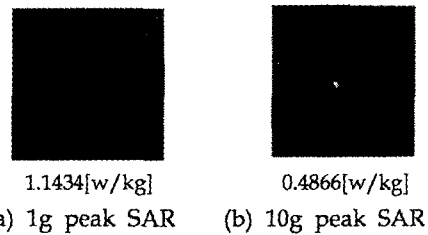


그림 11. Side-mounted의 SAR

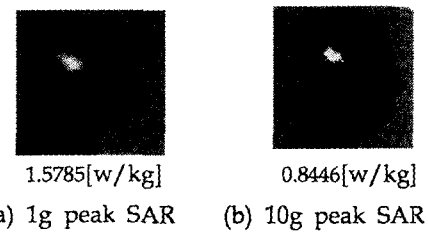


그림 12. 모노폴 안테나의 SAR

## V. 결론

본 논문에서는 SAR을 저감시키기 위한 PIFA를 설계하였다. 중심 주파수를 IMT-2000 대역으로 설정하였고, SAR 분포를 FDTD 해석법을 사용하여 계산하였다. 그 결과 PIFA의 대역폭은 모노폴에 비해 35.3% 감소하였으나, SAR값은 side-mounted PIFA보다 10.3% 감소하였고, 모노폴과 비교시에도 50%로 크게 감소함을 알 수 있었다. 따라서 설계한 PIFA를 통해 SAR저감 효과를 얻을 수 있었다.

본 논문에서는 단말기가 귀에 부착되는 위치와 안테나의 부착위치를 임의로 정하여 측정된 값이기 때문에 제작시에는 정확한 위치 파악을 하여 측정 결과와 비슷한 결과를 얻을 수 있어야 할 것이다.

## 참고문헌

[1]M. A. Jensen and Y. Rahmat-Samii, "Performance analysis of antennas for hand-held transceiver using FDTD," IEEE Trans. on Ant. and Propa, vol. 42, no. 8, Aug. 1994.  
 [2]A. Taflove and 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.

[3]A. Taflove, "Computational electrodynamics the finite-difference time-domain method," Artech House, Inc, London, pp.35-202, 1995.

[4]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.

[5]K. S. Kunz and R. J. Ruebbers, "The finite difference time domain method for electro-magnetics," CRC Press, 1993.

[6]J. D. Park and Nam Kim "SAR analysis on human head caused by PCS handheld telephone," BEMS, 1999.

[7]M. A. Jensen and Y. R. Samii, "EM interaction of handset antennas and a human in personal communications," IEEE, 1995.

[8]K. L. Virge, Y. R. Samii, Low-profile enhanced-bandwidth PIFA antennas for wireless communication Packaging, . IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 1997.

[9]Kathleen L. Virga and Yahya Rahmat-Sami, "Low-profile enhanced bandwidth PIFA antennas for wireless communications packaging," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 45, no. 10, pp.1879-1888, October. 1997.

[10]홍수원, 오학태, 박천석, "FDTD계산과 측정에 의한 휴대폰 SAR 비교," 한국전자과학기술회 논문집, 제11권, 제7호, 2000, 10월호.