

# SAR 저감을 위한 이동통신 단말기 안테나 연구

정민석<sup>0</sup>, 이범선  
 경희대학교 정보통신대학원

## Study of Mobile Phone Antenna for SAR Reduction

Minseok Jung, Bomson Lee  
 Graduate School of Information & Communication, Kyunghee University

### ABSTRACT

본 논문에서는 균질, 비균질 두부 모델에 대한 SAR 평가 방법들을 비교 분석한 후, 균질 두부모델에 대한 SAR 데이터가 비균질 두부 모델의 그것과 유사함을 확인한다. 이러한 결과를 근거로 균질 두부 모델을 가정하여, 설계된  $\lambda/8$  Back-mounted PIFA 사용시의 SAR 데이터와 기존의 안테나 사용시의 SAR 데이터를 비교 분석한다. 이러한 비교 분석 결과 기존의 폴더형 안테나가 구조 특성상 전형적인 통화자세에서 방사부가 두부에서 멀어 1g-SAR와 10g-SAR가  $\lambda/8$  Back-mounted PIFA 보다 약 50% 작으나 전체 두부 흡수율은 오히려 높음을 알 수 있었다.

## I. 서론

최근에 이동통신기기의 사용증대로 전자파에 의한 인체의 위해 여부[(보통  $SAR = \sigma | \overline{E}^2 | / 2\rho$  (W/Kg) ( $\sigma$ : 전기도전율,  $\rho$ : 비중,  $\overline{E}$ : 전계)으로 정량화]에 대한 관심과 우려가 높아져, 국내외 여러 연구단체에서는 이러한 SAR에 대한 중요성을 인식하여 단말기 안테나 배치[1]나 안테나 급전점의 위치[2], 흡수체의 위치[3], 안테나와의 거리, 각도[4], 안테나의 종류[5] 등 SAR에 영향을 미치는 여러 가지 파라미터들에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

SAR를 평가하는 방법으로는 크게 수치해석적 방법과 실험적 방법, 두 가지로 나눌 수 있다. 수치 해석적 방법은 수치해석 시뮬레이터를 이용하여 인체 두부같은 복잡한 구조로 구성된 비균질의 산란체에 대한 전자기적 해석을 하는 방법이고 실험적 방법은 인체 외형을 본떠 만든 형상을 갖는 유전체 외피 내에 인체 조직과 유사한 전기적 특성을 갖는 단일한 매질의 유동액을 넣고 그 유동액 내에 전기장 프로브를 삽입하여 전기장을 측정하는 방법이다. 하지만 이 두 가지 방법에 대한 정량적인 비교 분석은 아직 미진한 듯 보인다.

본 논문에서는 먼저 균질, 비균질 두부 모델에 SAR

분석을 통해 그 결과가 유사함을 확인한다. 또한 이러한 결과를 근거로 균질 두부 모델을 가정하여, 설계된  $\lambda/8$  Back-mounted PIFA 사용시의 SAR 데이터와 기존의 안테나 사용시의 SAR 데이터를 비교 분석한다.

2장에서는 SAR 저감 방안 논의를 위한 기본적인 전력 보존 관계에 대해 정의하고 균질, 비균질 두부 모델에 SAR 데이터를 비교, 분석하였으며 마지막으로 균질 두부모델을 가정하여 다양한 안테나 구조 사용시의 SAR 데이터를 계산하고 그 결과에 대하여 논한다. 3장에서는 결론을 내었다.

## II. 이동통신단말기 SAR 저감 방안

### II-1. 기본적인 설정

휴대폰에서의 입사전력  $P_{in}$ 은 두부에서 흡수되거나 ( $P_h$ ) 단말기에 부착될 수도 있는 페라이트에 흡수되며( $P_f$ ) 나머지는 공중으로 방사( $P_r$ )된다. 그림1은 이러한 관계를 나타내준다.

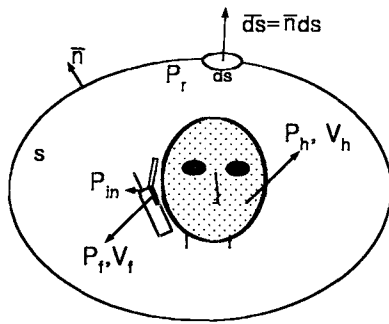


그림 1. 휴대폰과 인체두부의 전력 상관관계  
가상의 표면 S를 설정하고 전력보존관계를 나타내면 아래와 같다[6].

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= \frac{1}{2} \text{Re}(VI^*) = P_r + P_h + P_f \\
 &= \frac{1}{2} \text{Re} \int_S (\vec{E} \times \vec{H}^*) \cdot d\vec{s} + \frac{1}{2} \int_{V_h} \sigma_1 |\vec{E}|^2 dv \\
 &\quad + \frac{1}{2} \int_{V_f} (\sigma_1 |\vec{E}|^2 + \sigma_2 |\vec{H}|^2) dv \quad (1)
 \end{aligned}$$

여기서  $P_{in}$ =안테나 입력 전력,  $V$ =안테나 급전부의 복소 입력전압,  $I$ =복소 입력 전류,  $P_h$ =가상두부 모델에 흡수되는 전력,  $P_f$ =페라이트 기판에 흡수되는 전력,  $P_r$ =방사 전력,  $V_h$ =가상두부모델의 부피,  $V_f$ =페라이트 기판의 부피,  $\vec{E}$ =전계,  $\vec{H}$ =자계,  $\sigma_1$ =전기도전율,  $\sigma_2$ =자기도전율, \*는 공액 복소수를 나타낸다.

위의 식을 이용하여 안테나 입력전력( $P_{in}$ )에 대한 두부 흡수율, 페라이트 기판 흡수율, 방사율을 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$\text{방사율} = \frac{P_r}{P_{in}} (\%) \quad (2)$$

$$\text{두부 흡수율} = \frac{P_h}{P_{in}} (\%) \quad (3)$$

$$\text{페라이트 흡수율} = \frac{P_f}{P_{in}} (\%) \quad (4)$$

일반적으로 방사율, 두부 흡수율, 페라이트 흡수율을 합하면 항상 100(%)이 되어야 한다. 본 논문에서는 페라이트 흡수율을 사용하지 않으므로 방사율과 두부 흡수율을 합하여 100%가 된다.

## II-2. 균질, 비균질 모델 비교

이동통신단말기에 대한 전자파 흡수율(SAR : Specific Absorption Rate)을 평가하는 방법은 크게 균질 또는 비균질 모델을 사용하는 두 가지로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 이 두 가지 방법에 대한 비교 분석을 위하여 그림 2와 같이 중심주파수가 835MHz이고 입력전력이 600mW 인 시뮬레이션 환

경을 설정하였다. 수치해석 시뮬레이션은 FDTD 방법을 이용한 XFDTD 프로그램을 사용하였다. 두부에 대한 휴대폰의 각도는 실제 통화 자세에 근접시키기 위하여 30° 정도 기울어지게 설정하였다. 또한 거리에 따른 영향을 알아보기 위하여 가상두부모델과 휴대폰과의 거리가 각각 6 mm, 0 mm (얼굴표면에 접촉) 일 때를 비교해보았다. 비균질 두부 모델은 XFDTD에서 제공하는 두부 매질 데이터를 이용하였으며 (표1) 균질 두부 모델은 논문[7]에서 제시한 매질 특성을 이용하였다.

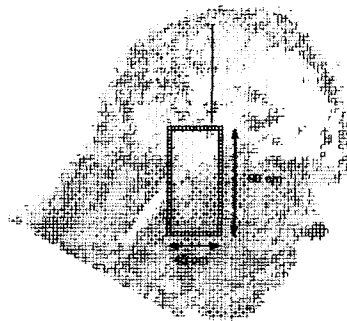


그림 2. 비균질, 균질 두부 모델 비교 환경

표 1. 비균질 모델

조직타입	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Conductivity (σ)	Permeability (ε <sub>r</sub> )
Cartilage	1000	0.09	8.3
Muscle	1020	0.92	57.0
Eye	1000	1.70	74.0
Brain	1050	0.61	55.0
Skin	1000	0.92	57.0
Fat, Bone	1200	0.09	8.3
Blood	1000	1.19	74.0

표 2. 균질모델

조직타입	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Conductivity (σ)	Permeability (ε <sub>r</sub> )
Brain	1030	0.74	46.1

표 3에서는 XFDTD 프로그램을 이용하여 균질, 비균질 모델에 대한 SAR 데이터를 계산한 후 그 결과를 요약하였다. 휴대폰과 두부 사이의 거리는 6mm 인 경우와 0mm인 경우를 설정하여 시뮬레이션 하였는데 균질과 비균질 두부모델의 경우의 SAR 데이터가 크게 다르지 않음을 알 수 있다. 다만 방사체로부터의 거리 영향으로 6mm 일 경우에는 SAR 데이터들이 0mm 일 경우보다 전반적으로 작다. 이러한 이유로 복잡하게 구성된 비균질의 매질특성을 단일한 균질 매질로 단순화하여도 SAR 저감을 위한 안

테나 연구에는 그다지 큰 문제가 되지 않을 것으로 사료된다.

표 3. 균질, 비균질 두부 모델에 대한 SAR 데이터

a) 휴대폰과 두부모델 사이의 거리 : 6mm

구분	평균 SAR	1g peak SAR	10g peak SAR	두부 흡수율
균질	$5.4119 \times 10^{-2}$ (W/kg)	3.1388	2.1101	64.17%
위치		(100,76,91)	(98,75,90)	
비균질	$5.4950 \times 10^{-2}$ (W/kg)	3.8208	2.1452	65.93%
위치		(100,75,91)	(98,74,89)	

b) 휴대폰과 두부모델 사이의 거리 : 0mm

구분	평균 SAR	1g peak SAR	10g peak SAR	두부 흡수율
균질	$5.7249 \times 10^{-2}$ (W/kg)	5.8730	3.1840	71.56%
위치		(99,76,90)	(97,76,91)	
비균질	$5.7837 \times 10^{-2}$ (W/kg)	6.1209	3.2740	73.13%
위치		(99,76,91)	(97,76,93)	

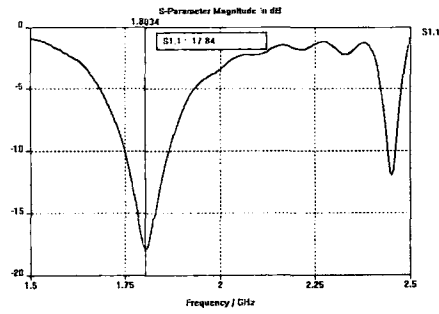


그림 4. Back-mounted PIFA 반사손실 그래프

시뮬레이션 결과 그림 4와 같이 PCS 주파수 대역 1.75GHz~1.87GHz (6.6%@1.81GHz)을 만족하는 10dB 기준 반사손실을 가짐을 확인 할 수 있었으며 그림 5의 (a)와 (b)는 각각  $\phi=0^\circ$  와  $\phi=90^\circ$  일 때의 방사패턴이다.  $\phi=90^\circ$  인 평면(YZ)평면)에서는  $E_{\theta}$ (Co-Pol)가  $E_{\phi}$ (Cross-Pol)에 비해 매우 큰 값을 가지는 것을 알 수 있으며  $\phi=0^\circ$  인 평면(XZ 평면)에서는 YZ 평면에서보다 Cross-pol이  $\theta=0^\circ$  일 때를 제외하고는 상대적으로 많이 증가함을 알 수 있다.

### II-3. Back-mounted PIFA 설계

SAR의 저감 및 휴대폰 미관을 동시에 고려하기 위해 폴더형 안테나의 폴더부 뒷면에 장착할 Back-mounted PIFA를 설계한다. 안테나 설계 및 시뮬레이션은 CST사의 Microwave Studio를 이용하였으며, 휴대폰 본체와 폴더부 모두 PEC를 가정한다. 일반적으로 PIFA는 안테나의 부착위치에 따라 top-mounted, side-mounted, back-mounted PIFA로 나뉘어지며, 본 논문에서는 문헌 [8]의 파라미터 비교를 통하여 임피던스의 저항성분과 리액턴스 성분 변화를 조절함으로써 전체길이가  $\lambda/7 \sim \lambda/8$  정도가 되고 중심주파수를 1.83GHz로 하는 PCS용 안테나의 사양을 목표로 하였다. PIFA의 구조는 아래 그림 3에서 보는 바와 같다.

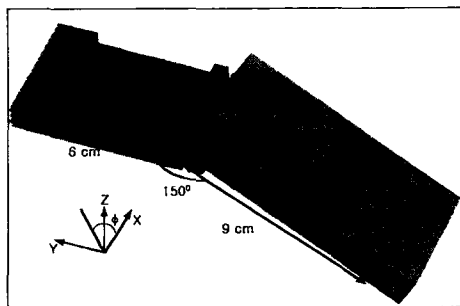
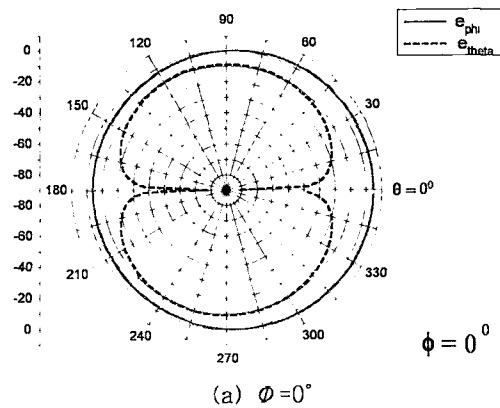
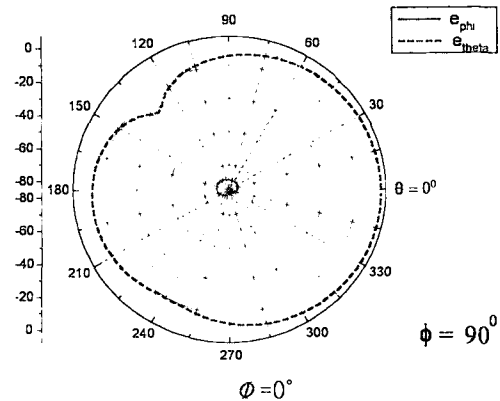


그림 3. PCS용 Back-mounted PIFA의 구조



(a)  $\phi=0^\circ$



$\phi=90^\circ$

그림 5. 방사패턴

### II-4. SAR 데이터 비교 분석

앞 절에서의 Back-mounted PIFA가 장착된 폴더형 휴대폰 사용시의 SAR 값을 측정하기 위하여 그림 6과 같은 시뮬레이션 환경을 설정하였다.

안테나의 입사 전력은 600mW이며 중심주파수는 1.83GHz이다. 휴대폰의 매질은 PEC로 가정하였으며 가상두부모델의 매질은 FCC에서 제공하는 Tissue Dielectric Properties 프로그램(www.rri.go.kr 참조)을 이용하여 뇌, 뼈, 근육 데이터를 이용하였다. 각각의 매질특성은 표 4에서 보는 바와 같다. 두부모델 상단에서 15cm 까지는 0.5cm 두께의 뼈와 내부의 뇌로 구성하였으며 그 이하는 근육으로 설정하였다.

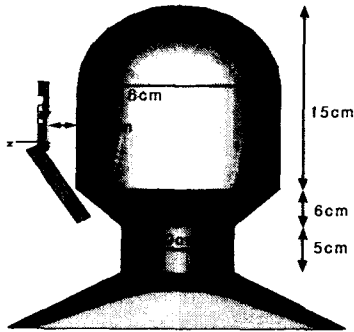


그림 6. 폴더형 휴대폰과 가상두부모델의 위치

표 4. 가상두부모델 매질특성 (f=1830MHz)

조직타입	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Conductivity (σ)	Permeability (ε <sub>r</sub> )
Brain	1030	1.1681	43.4931
Skull	1850	0.4390	15.5327
Muscle	1040	1.4067	54.4008

표 5는 Back-mounted PIFA가 장착된 폴더형 휴대폰과 문헌 [4]에 제시된 모노폴이 장착된 폴더형 휴대폰을 사용할 시의 SAR 데이터를 비교 한 결과이다. 표 5에서와 같이 PIFA 안테나의 경우, 두부로부터 더 가까운 위치에 있기 때문에 1g 및 10g 최대 SAR는 monopole에 비해 약 2배의 값을 가지나 방사율과 평균 SAR값은 더 감소된 값을 가짐을 알 수 있다.

표 5. 시뮬레이션 결과

구분	평균 SAR	1g peak SAR	10g peak SAR	두부 흡수율
PIFA	1.135 × 10 <sup>-2</sup> (W/kg)	0.9618 (W/kg)	0.6877 (W/kg)	14.7%
Mono pole	1.3024 × 10 <sup>-2</sup> (W/kg)	0.4915 (W/kg)	0.3243 (W/kg)	16.57%

### III. 결론

본 논문에서는 균질, 비균질 두부 모델에 대한 SAR 평가 방법들을 비교 분석을 통하여 균질 두부모델에 대한 SAR 데이터가 비균질 두부 모델의 그것과 유사함을 확인한 후 Back-mounted PIFA를 설계하여 폴더 뒷면에 장착된 휴대폰 사용 시에 균질 두부모델의 SAR 데이터와 monopole 안테나에서의 것을 비교해 보았다. Back-mounted PIFA가 장착된 폴더형 휴대폰 사용 시에 두부 흡수율과 평균 SAR는 monopole 안테나 사용 시의 그것들 보다 감소하였으나 두 개의 휴대폰 형태에 따른 방사체 거리 영향으로 인하여 1g 및 10g 최대 SAR는 오히려 2배정도 증가함을 알 수 있었다. 이러한 연구결과에 사용된 휴대폰 매질 특성은 실제와 차이가 있을 수 있으며 좀 더 정확한 시뮬레이션을 위해서는 이러한 데이터에 대한 보완이 필요하다고 사료된다.

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R02-2000-00264)지원으로 수행되었음

### 참고 문헌

- [1] 이애경, 최형도, 김진석, "이동통신단말기 안테나 배치에 따른 두부의 전자파 흡수율", 한국전자파학회논문지, pp1095-1102, 1999년 12월
- [2] Joonho Byun, Juhung Lee, "FDTD Calculation of SAR for the Monopole Antenna on the Conducting Box in terms of the Structure near by Feed", IEEE APS, Vol.2., pp76-79
- [3] Jianqing Wang and Osamu Fujiwara, "Effects of Ferrite Sheet Attachment to Portable Telephone in Reduction Electromagnetic Absorption in Human Head", IEEE ISEC, Vol.2, pp822-825, 1999
- [4] 정민석, 이범선, "전력보존관계를 고려한 SAR 저감 방안 분석", 추계종합학술발표회, vol. 24, no. 2, pp235-238, 2001
- [5] 김현경 외, "PCS 전화기의 안테나 구조에 따른 SAR 분석", 한국전자파학회 종합학술발표회 논문집, Vol 10., No 1., pp 306-310, 2000년 11월
- [6] Akira Ishimaru "Electromagnetic Wave Propagation, Radiation, and Scattering", Prectice Hall, pp. 16-17, 1991
- [7] 이애경, 최형도, 김진석, "셀룰라 휴대폰에 의한 인체 두부의 SAR 해석", 한국전자파학회 논문지, pp 779-780, 1998년 12월
- [8] 정민석, 이범선, "PCS용 소형 PIFA 파라미터 비교 분석 및 설계", 춘계 마이크로파 및 전파학술대회, vol. 24, no. 1, pp311-314, 2001