

이동통신단말기 SAR 저감 방안 분석

Analysis of SAR Reduction Methods for Mobile Communication Handsets

정 민 석 · 이 범 선

Minseok Jeong · Bomson Lee

요 약

본 논문에서는 전력보존에 근거하여 휴대 단말기에 의한 SAR 저감 방안을 제시한다. 정량적인 SAR 저감 방식 논의의 위해 SRF(SAR Reduction Factor)를 정의한 후 플립과 폴더 형태로 구분하여 각각의 구조에 대한 SAR 저감 방안을 제시하였다. 플립 형태와 폴더형태에 있어서의 SAR를 비교 한 결과, 전형적인 통화자세에서 폴더 형태에 있어서의 SAR가 훨씬 더 작음을 알 수 있었다. 또한 폴더형 휴대폰에 있어서는 플립형 휴대폰에서와는 달리 페라이트 부착에 따른 영향이 그리 크지 않음도 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose SAR reduction methods based on power conservation relation. After defining SRF(SAR Reduction Factor) for a more quantitative discussion of effective SAR reduction methods, many kinds of simulation have been performed. We compare the SAR by a flip type handset with that of folder type one. It is found that in a typical position of handsets over a human head, the SAR when using the folder type is about 30 % smaller than that when using the flip type. The effects of ferrite material when using flip type handset are shown to be not considerable when using a folder type.

Key words : SAR 저감 안테나, SRF, 전자파 흡수율.

1. 서 론

최근에 이동통신기기의 사용증대로 전자파에 의한 인체의 위해 여부[보통 $SAR = \sigma |E|^2 / 2\rho$ (W/kg) (σ : 전기도전율, ρ : 비중, E : 전기)]에 대한 논의가 매우 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 국내에서는 사용자가 근거리에서 사용하는 RF 장비에 대하여 안전을 유지하려면, 몸 전체에 대해서 평균한 SAR 값이 0.08 W/kg 이하일 것과, 임의의 인체 조직의 SAR 값을 정육면체 모양으로 1 g 평균을 취한 SAR 값이 1.6 W/kg을 초과하지

않을 것 등의 기준이 제시되고 있다.

SAR에 영향을 미치는 요소로는 안테나 종류, 크기, 전력, 단말기구조, 인체와의 거리, 각도, 페라이트 등과 같은 흡수체를 부착한다면, 부착위치, 면적 등 많은 파라미터가 있기 때문에 이러한 파라미터들이 SAR에 미치는 영향을 과학적, 정량적인 방법으로 그 인과관계를 규명하지 않으면 효과적인 연구결과를 도출할 수 없다.

국내의 여러 연구단체에서는 이러한 SAR에 대한 중요성을 인식하여 단말기 안테나 배치^[1]나 안테나의 종류^[2], 안테나 급전점의 위치^[3], 흡수체의 위

「본 연구는 한국과학재단 복지기초연구(R02-2000-00264)지원으로 수행되었음.」

경희대학교 정보통신대학원(The Graduate School of Information & Communication, Kyunghee University)

· 논문 번호 : 20010921-133

· 수정완료일자 : 2001년 12월 27일

치^[4]등 SAR에 영향을 미치는 여러 가지 파라미터들에 대한 연구를 진행하고 있으나 전체적인 전력 보존관계를 고려한, 체계적이고 정량적인 SAR 저감 방식에 대한 연구는 아직 미진한 듯 보인다. SAR 저감을 위한 방법으로는 도체 차폐면과 흡수체를 이용한 방법이 많이 연구되고 있다.

본 논문에서는 SAR 저감 안테나 개발을 위한 기본적인 연구로서 전력보존관계를 고려하면서 도체 차폐면의 크기와 미소 조직과의 거리, 차폐면의 크기, 흡수체의 크기, 휴대폰과 인체와의 각도, 인체와의 거리 및 도체면의 전류분포에 따른 SAR 등을 분석한다. 또 현재 이용되고 있는 PCS 대역의 플립 형태와 폴더 형태의 단말기에 대해 같은 방법론을 적용하여 다양한 구조설정에 대한 시뮬레이션을 통해 SAR를 계산하고 그 인과관계를 도출한다.

II. SAR 저감 방안 분석

2-1 기본적인 전력 보존 관계

휴대폰에서의 입사전력 P_{in} 은 두부에서 흡수되거나(P_h) 단말기에 부착될 수도 있는 페라이트에 흡수되며(P_f) 나머지는 공중으로 방사(P_r)된다. 그림 1은 이러한 전력 관계를 나타내준다.

단말기와 두부를 포함한 가상의 표면 S 를 설정하고 전력보존관계를 나타내면 아래와 같다^[5].

$$P_{in} = \frac{1}{2} \text{Re}(VI^*) = P_r + P_h + P_f$$

$$= \frac{1}{2} \text{Re} \int_S (\bar{E} \times \bar{H}^*) \cdot \bar{ds}$$

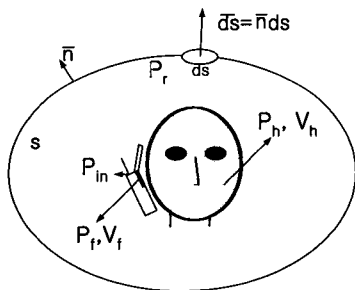


그림 1. 안테나 입사전력 보존관계
Fig. 1. Conservation of antenna input power.

$$+ \frac{1}{2} \int_{V_f} \sigma_1 |\bar{E}|^2 dv$$

$$+ \frac{1}{2} \int_{V_h} (\sigma_1 |\bar{E}|^2 + \sigma_2 |\bar{H}|^2) dv \quad (1)$$

여기서 P_{in} 은 안테나 입력 전력, V =안테나 급전부의 복소 입력전압, I =복소 입력 전류, P_h =가상두부모델에 흡수되는 전력, P_f =페라이트 기판에 흡수되는 전력, P_r =방사 전력, V_h =가상두부모델의 부피, V_f =페라이트 기판의 부피, \bar{E} =전계, \bar{H} =자계, σ_1 =전기도전율, σ_2 =자기도전율, *는 공액 복소수를 나타낸다.

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

$$\text{방사율} = \frac{P_r}{P_{in}} \times 100 (\%) \quad (2)$$

$$\text{두부 흡수율} = \frac{P_h}{P_{in}} \times 100 (\%) \quad (3)$$

$$\text{페라이트흡수율} = \frac{P_f}{P_{in}} \times 100 (\%) \quad (4)$$

방사율, 두부모델 흡수율, 페라이트 흡수율을 합하면 항상 100(%)이 되어야 한다. 페라이트 흡수율을 사용하지 않는 경우에는 페라이트 흡수율이 0(%)이고 방사율과 두부흡수율을 합하여 항상 100(%)가 되어야 한다.

2-2 차폐면의 크기와 거리에 따른 미소조직의 SAR 분석

단말기에 부착된 도체면에 의한 차폐효과를 알아보기 위하여 단순화된 방법으로 그림 2와 같은 시뮬레이션 환경을 설정하였다. 시뮬레이션은 XFDTD를 이용하였으며 차폐면은 PEC(완전 도체)를 가정하였고 크기는 $L \times L$ (mm×mm)이며 미소조직의 크기는 $3 \times 3 \times 3$ (mm³)이다.

d 는 미소조직과 차폐면과의 거리(mm)이다. 부피가 27(mm³), $\sigma = 1$, $\rho = 1000$ (kg/m³), $\epsilon_r = 40$ 인 인체두부 미소조직의 일부를 가정하여 전력밀도가 1W/m²이고 주파수 $f = 1.83$ GHz ($\lambda = 16.39$ cm)인 평면파를 입사시켰을 시에, 차폐면의 크기와 거리에

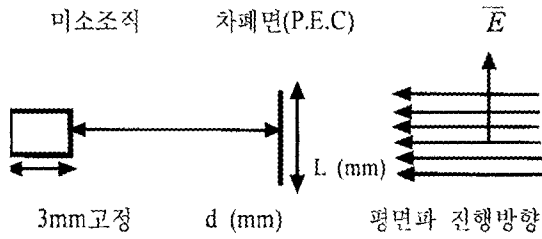


그림 2. 도체 차폐면에 의한 SAR 분석 환경
Fig. 2. Simulation environment for analysis of SAR with PEC shadowing plane.

따른 SAR는 그림 3과 같다. 거리를 고정시키고 차폐면의 크기를 증가시킬 때, 미소 조직의 1g 평균 SAR는 차폐효과만 고려하면 단순 감소하여야 하나 증가하다 감소하는 것은 차폐면에 유도된 전류에 의한 방사 영향 때문이다. 그림 3의 미소조직 SAR로 유추하여 보면 차폐면은 개략적으로 $L = \lambda/4$ (약 4 mm)까지는 오히려 방사체로 작용하고 그 이상이 되어야 비로소 전파음영 효과를 갖는 차폐면으로 작용하는 것을 알 수 있다.

그림 4는 도체 차폐면의 크기와 위치에 따른, 구로 가정된 두부에서의 SAR를 시뮬레이션 하기 위한 구조를 보여준다. 두부 내부의 경우 뇌의 구조로 가정하여, $\sigma = 1.204$, $\epsilon = 43.37$, $\rho = 1050 \text{ kg/m}^3$ 로 설정하였으며, 1 cm 두께에 해당되는 외부의 경우, 뼈로 가정하여 $\sigma = 0.456$, $\epsilon = 15.46$, $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$ 로 설정하였다.

중심주파수가 1.83 GHz ($\lambda = 16.39\text{cm}$)인 평면파를 입사하였을 때에 PEC 차폐면의 크기(L mm)와 물

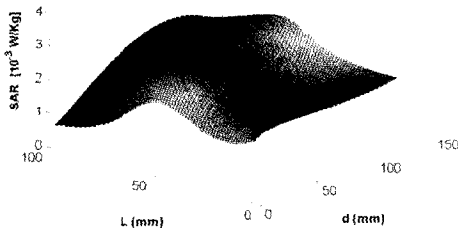


그림 3. L과 d의 함수로 그려진 1g 평균 SAR
Fig. 3. 1 g average SAR as functions of L and d.

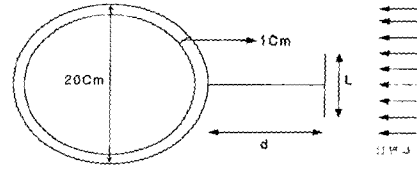


그림 4. 차폐면의 크기와 가상두부와의 거리에 따른 SAR 계산 환경
Fig. 4. Simulation environment for SAR in simplified head model.

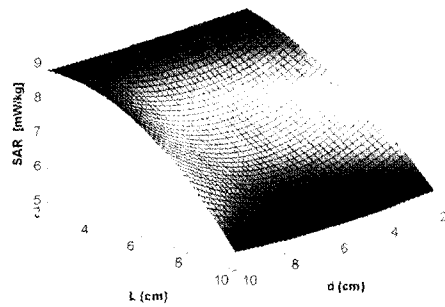


그림 5. 차폐면의 크기와 가상두부모델과의 거리에 따른 1g 평균 최대 SAR 그래프
Fig. 5. 1 g average peak SAR as functions of PEC cover size and distance with simple head model.

체의 거리(d mm)에 따른 SAR는 그림 5와 같다. 거리 d를 고정하고 차폐면의 크기를 증가할 때 평균 SAR는 감소함을 알 수 있다. 지면관계로 나타내지는 않았지만 1g 평균 최대 SAR는 차폐면 크기에 따른 미소조직의 SAR 시뮬레이션 결과와 마찬가지로 전체적으로 보아 차폐면이 약 $\lambda/4$ 까지는 증가하다가 다시 감소하는 결과를 보인다.

2.3 차폐면의 길이에 따른 전류분포 및 SAR 분석

차폐면의 길이(h)에 따른 SAR 및 전류분포를 분석하기 위해서 그림 6과 같이 두부모델의 귀 끝부분과 휴대폰의 수신스피커 부분과의 거리를 6 mm로 고정하고 실제 통화 자세에 근접시키기 위하여 휴대폰의 각도를 30° 정도 기울인 시뮬레이션 환경을

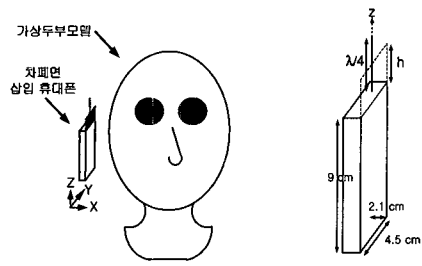


그림 6. 차폐면삼입 휴대폰에 의한 SAR 시뮬레이션 환경
 Fig. 6. Simulation environment for SAR by a handset having a rectangular curtain.

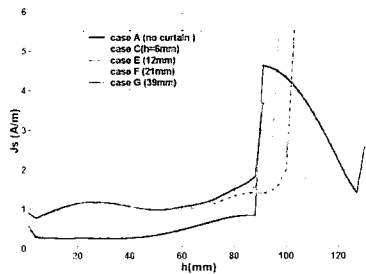


그림 7. 차폐면의 높이 h 에 따른 접지면에서의 전류 분포
 Fig. 7. Current distribution on PEC ground as a function of curtain height h .

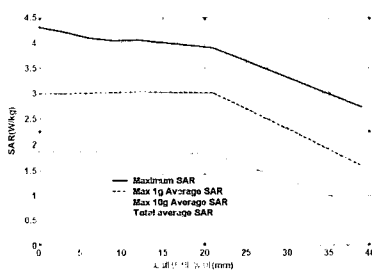


그림 8. 차폐면의 높이 h 에 따른 SAR
 Fig. 8. SAR as a function of curtain height h .

설정하였다. 여기에서 두부모델은 Remcom사의 것을 사용하였으며 휴대폰과 차폐면의 매질은 PEC로 가정하였다.

위와 같은 가정 하에 입력전력이 600 mW이고, 가상두부모델과 중심주파수가 1.83 GHz인 휴대폰과

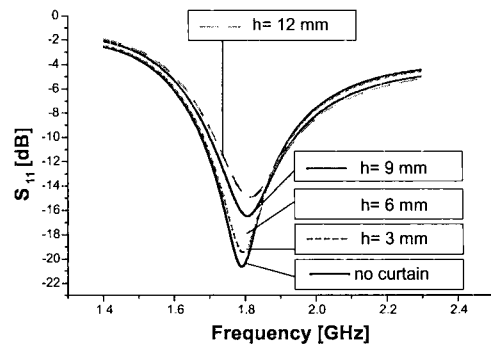


그림 9. 차폐면의 길이 h 에 따른 반사손실 그래프
 Fig. 9. Reflection coefficients as a function of curtain height h .

의 거리가 6 mm일 때, 차폐면의 높이에 따른 휴대폰 접지면의 수직 중앙선에 분포되어 있는 표면 전류값과 SAR는 그림 7, 8과 같다. 표면전류(A/m)는 그림 7에서 보는 바와 같이 두부 방향 접지면의 상단에서 상대적으로 크게 유도되며 차폐면의 크기가 약 $\lambda/4$ 정도 일 때 접지면에서의 표면 전류값이 감소됨을 알 수 있다. 그림 8에서는 차폐면의 높이 h 가 약 $\lambda/4$ 정도 일 때 최대 SAR, 1 g, 10 g 및 전체 평균 SAR가 크게 감소하여 플립형 안테나에 있어서의 차폐효과에 의한 SAR 저감 영향은 차폐면이 클 때에 한하여 효과가 있으므로 사료된다.

그림 9는 차폐면의 높이에 따른 반사계수를 나타낸 그래프이다. 그림에서와 같이 높이가 증가함에 따라 공진 주파수는 약간씩 상향 천이하면서 반사계수가 점차로 증가함을 알 수 있다.

III. 플립형 휴대폰에의 흡수체 부착에 따른 SAR 분석

SAR 계산을 위한 FDTD 방법에는 다음과 같은 Maxwell equation을 이용한다⁶⁾.

$$\frac{\partial \bar{H}}{\partial t} = -\frac{1}{\mu_0 \mu'_r} (\nabla \times \bar{E}) - \frac{\sigma_2}{\mu_0 \mu'_r} \bar{H} \quad (5)$$

$$\frac{\partial \bar{E}}{\partial t} = \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon'_r} (\nabla \times \bar{H}) - \frac{\sigma_1}{\epsilon_0 \epsilon'_r} \bar{E} \quad (6)$$

여기서, \bar{H} =자계(A/m), \bar{E} =전계(V/n), ϵ'_r =상대 유전율 실수부(F/m), μ'_r =상대 투자율 실수부(F/m),

전기 도전율 $\sigma_1 = \omega \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon''_r$ ($\bar{\sigma}$ /m), 자기 도전율 $\sigma_2 = \omega \cdot \mu_0 \cdot \mu''_r$ ($\bar{\sigma}$ /m)이다. 이 경우에 있어서 전기 도전율과 자기 도전율은 손실을 갖는 유전체와 자성체를 등가적으로 설명하기 위해서 도입되었다. Ferrite 기판(본 논문에서는 $\epsilon_r = 7.0 - j0.6$, $\mu_r = 2.8 - j3.3$ 가정)을 휴대폰의 두부 지향면에 적절히 부착할 경우, 휴대폰 접지면에서의 전류의 분포량을 조절하여 인체 두부로의 방사를 줄일 수 있다. 이 경우 두부 SAR가 저감될 수 있으나 문제는 페라이트 흡수체에 의한 전력 흡수로 방사전력도 함께 감소한다는 것이다.

흡수체 사용을 포함한 일반적인 SAR 저감 방안의 좀 더 정량적인 논의를 위해 아래와 같이 SRF (SAR Reduction Factor)를 정의한다.

$$SRF_{total} = \frac{P_{h_{no}} - P_{h_{with}}}{P_{h_{no}}} \times 100 \quad (7)$$

$$SRF_{1g} = \frac{SAR_{1g_{no}} - SAR_{1g_{with}}}{SAR_{1g_{no}}} \times 100 \quad (8)$$

$$SRF_{10g} = \frac{SAR_{10g_{no}} - SAR_{10g_{with}}}{SAR_{10g_{no}}} \times 100 \quad (9)$$

(같은 P_r 기준)

여기서 SRF_{total} =두부 전체에 흡수된 전력에 대한 SRF, SRF_{1g} =1 g 최대 SAR에 대한 SRF, SRF_{10g} =10 g 최대 SAR에 대한 SRF, $P_{h_{no}}$ =흡수체를 삽입하지 않았을 경우의 두부흡수 전력, $P_{h_{with}}$ =흡수체를 삽입하였을 경우의 두부흡수 전력, $SAR_{1g_{no}}$ =흡수체가 없을 경우의 1 g 최대 SAR, $SAR_{1g_{with}}$ =흡수체가 있을 경우의 1 g 최대 SAR, $SAR_{10g_{no}}$ =흡수체가 없을 경우의 10 g 최대 SAR, $SAR_{10g_{with}}$ =흡수체가 있을 경우의 10 g 최대 SAR이다. 흡수체가 있을 경우 P_h , SAR_{1g} , SAR_{10g} 이 일반적으로 감소하는 것은 지극히 당연하나 방사전력도 같이 감소하므로 실제의 SRF의 계산에는 같은 방사전력(P_r)을 기준으로 상향조정하여야 한다. 이렇게 하여 계산된 SRF 값이 크면 클수록 SAR 저감 효과가 큰 것으로 이해하면 된다.

플립형 휴대폰의 흡수체 부착에 따른 SAR를 분석하기 위한 시뮬레이션 환경은 그림 10과 같다.

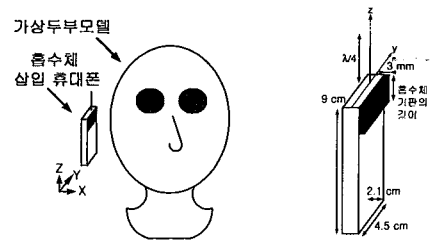


그림 10. 두부모델과 페라이트 기판이 삽입된 안테나 배치

Fig. 10. Geometry for handset with ferrite sheet and head model.

두부모델과 휴대폰과의 위치는 그림 6의 환경과 같으며 두부모델에 대한 구조는 7개의 tissue층(연골, 근육, 눈, 뇌, 피부, 뼈, 혈액)으로 가정한 두부모델을 사용하는 XFDTD 프로그램을 사용하였다.

휴대폰의 경우에는 입력전력이 600 mW이고, 중심주파수가 1.83 GHz인 모노폴 안테나가 부착된 플립형 구조를 가정하였으며 두부모델과의 거리는 6 mm로 설정하였다. 휴대폰의 접지면을 PEC (Perfect Electric Conductor)로 가정하였을 때, 두께가 3 mm인 페라이트 기판(흡수체)의 크기에 따른 접지면의 수직선상 중앙에 여기 되는 전류값은 그림 11에서 보는 바와 같다.

그림에서와 같이 흡수체의 길이가 커짐에 따라 접지면에 흐르는 표면 전류가 그 범위에서 약 50 % 정도로 감소됨을 알 수 있다.

그림 12는 이러한 조건에서의 SAR를 나타낸 그

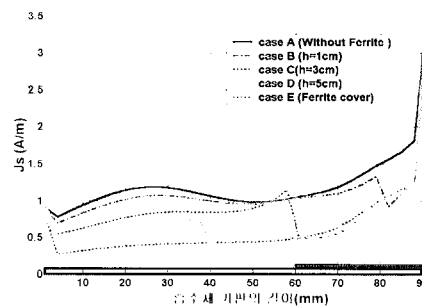


그림 11. 흡수체의 길이에 따른 전류분포 그래프

Fig. 11. Current distribution as a function of ferrite length.

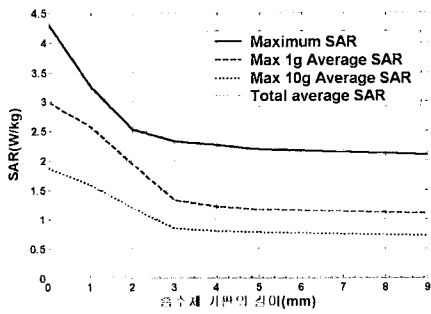


그림 12. 흡수체의 길이 변화에 따른 SAR
Fig. 12. SAR as a function of ferrite length.

림이다. 흡수체를 휴대폰 크기의 1/3 정도로 삽입했을 시 흡수체가 없을 때에 비하여 50 % 정도 큰 폭으로 감소되나 그 이상이 되면 매우 완만히 감소함을 알 수 있다. 두부에서의 SAR가 감소하나 방사전력(P_r)도 같이 감소하므로 진정한 개선정도는 아직 알 수 없다.

그림 13은 입력전력에 대한 흡수체의 길이에 따른 두부에서의 전력 흡수율, 페라이트 흡수율, 자유공간 방사율 관계를 나타내고 있다. 그림에서와 같이 페라이트가 흡수하는 전력의 경우 페라이트의 길이가 증가함에 따라 흡수체 흡수율이 최대 40%까지 증가함을 알 수 있으며 이 비율만큼 자유공간 방사율과 두부모델로의 전력 흡수율이 각각 최대 15%와 25%까지 감소함을 알 수 있다. 자유공간 방사율 감소(15%)가 두부 흡수율(25%) 감소보다 작은

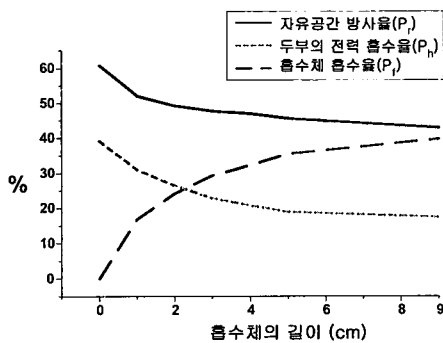
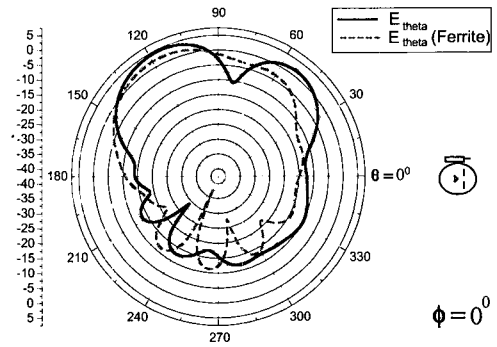


그림 13. 흡수체 길이에 따른 방사율, 두부 및 흡수체 흡수율
Fig. 13. Radiation rate, head and ferrite absorption rate as a function of ferrite length.

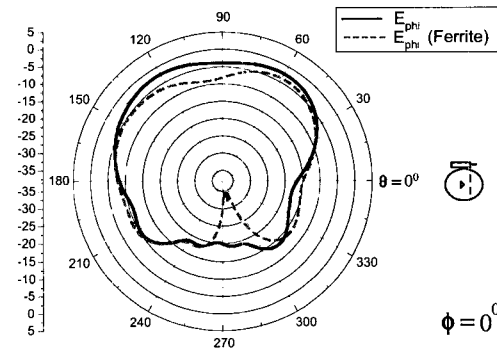
표 1. 흡수체 길이에 따른 SRF 비교

Table 1. SRF comparison as a function of ferrite length.

Description	SRF _{total} (%)	SRF _{1g} (%)	SRF _{10g} (%)
1 cm	8.11	-0.25	3.06
2 cm	17.1	19.83	22.84
3 cm	25.96	45.99	45.93
4 cm	31.67	47.22	45.81
5 cm	35.76	47.96	45.76
9 cm	37	47.81	46.64



(a) Co-pol



(b) Cross-pol

그림 14. 흡수체 유무에 따른 방사패턴($\theta=0^\circ$)

Fig. 14. Radiation pattern($\theta=0^\circ$) with and without ferrite material.

것은 이러한 SAR 저감 방식이 유용할 수 있음을 보여준다.

흡수체의 길이에 따른 SRF를 표 1에 나타내었다.

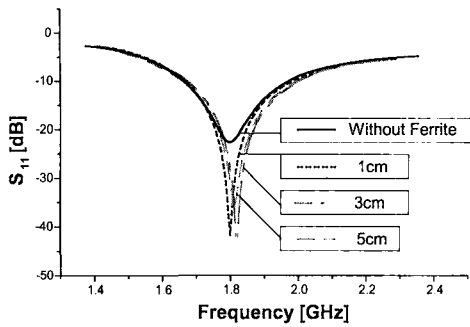


그림 15. 흡수체의 길이에 따른 반사손실
Fig. 15. Reflection loss as a function of ferrite length.

예를 들면, SRF total의 경우,

$(P_{h_0} - P_h \times \frac{P_{r_0}}{P_{r_1}}) / P_{h_0}$ 로 계산하였다. 여기서, P_{r_0} =페라이트가 없는 경우의 P_r 이고 P_{r_1} =페라이트가 있을 경우의 P_r 이다. 이와 같이 같은 방사전력을 고려하였을 시에 약 3 cm 정도의 흡수체를 삽입할 경우 SRF값이 완만히 포화됨을 알 수 있다.

그림 14는 $\theta=0^\circ$ 일 때, 접지면에서의 흡수체 부착 유무에 따른 안테나 방사패턴을 나타낸 그림이다. 전체적으로 볼 때 Co-pol과 Cross-pol의 경우에 공히 방사전력이 줄어들음을 알 수 있다. 특히 Cross-pol은 흡수체 부착 시 두부로의 방사가 급격히 감소함을 알 수 있다.

그림 15는 흡수체의 길이에 따른 모노폴 안테나의 반사손실을 나타낸 그래프이다. 그림에서와 같이 흡수체의 길이에 비하여 큰 변화 없이 중심주파수가 1.8 GHz 근처에 있음을 알 수 있다.

IV. 가상두부모델과 휴대폰과의 각도 및 거리에 따른 SAR 분석

SAR 영향요소를 안테나만으로 가정했을 경우, 인체두부모델과 안테나의 각도에 따른 SAR값을 비교하기 위하여 그림 16과 같이 두부의 수직방향과 안테나와의 각도를 0° 로 가정했을 시에 두부와의 각도 (θ)를 변화($0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, -30^\circ, -60^\circ, -90^\circ, 180^\circ$) 시키면서 그에 따른 SAR를 비교해 보았다.

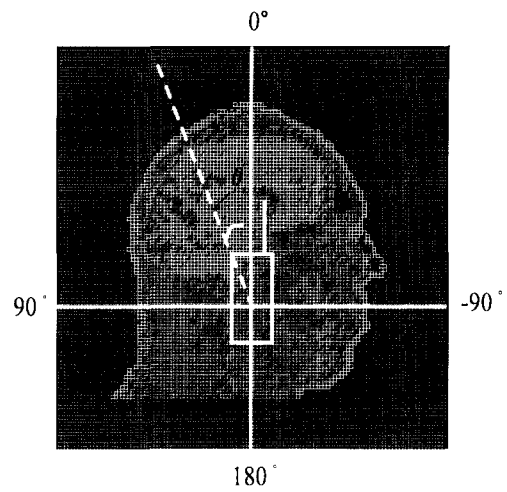


그림 16. 두부모델과 핸드폰과의 각도
Fig. 16. Angle between handset and head model.

두부모델과 중심 주파수가 1.83 GHz인 휴대폰과의 거리가 3 mm이고 입력전력이 600 mW일 때, 그림 17는 각도(θ)를 변화시켰을 때의 SAR를 나타낸 그림이다. 그림에서와 같이 휴대폰과의 각도가 180° 일 때 가장 큰 SAR를 보였으며, 30° 일 때 가장 적은 SAR를 보임을 알 수 있다.

논문 [1]에서는 θ 가 180° 일 때 SAR가 최소라고 하였으나 본 연구의 결과는 반대로 나타났다. 좀더 다양한 위치와 각도에서의 시뮬레이션 결과가 필요할 것으로 보인다.

그림 18은 두부모델과 휴대폰과의 각도를 30° 로 고정시켰을 때 거리에 따른 SAR를 나타낸 그래프이다. 그림에서와 같이 두부와의 거리가 약 16 mm

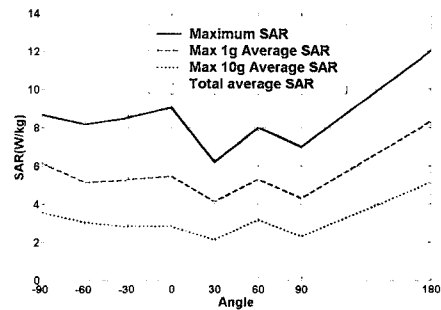


그림 17. 두부모델과 휴대폰과의 각도에 따른 SAR
Fig. 17. SAR as a function of angle between upright head and slant handset.

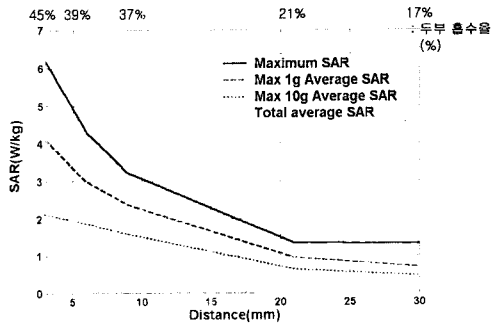


그림 18. 두부모델과 휴대폰과의 거리에 따른 SAR
Fig. 18. SAR as a function of distance between head model and handset.

이상일 경우, 1 g 전체 평균 SAR가 1.6 W/kg이하가 되어 전자파 기준에 적합한 것으로 사료된다. 그러나 사용자가 휴대폰을 밀착하고 사용할 때는 1 g 평균 최대 SAR가 약 4 W/kg이나 되며, 이 경우, 두부 흡수율은 안테나 입사전력에 대해서 약 45 %에 이른다.

V. Folder의 길이에 따른 SAR 비교

폴더형 휴대폰의 경우에는 그림 19에서와 같이 실제의 사용환경에 근접한 조건을 만족시키기 위해 전방으로 60° 기울어지고 휴대폰의 접지면 방향으로 30° 기울어진 두부 모델을 이용하였다. 휴대폰은 두부로부터 약 2 cm 떨어져 있는 것으로 고정시키고 폴더의 길이(L)에 따른 SAR 및 흡수율을 살펴보았다.

입력전력이 600 mW이고, 중심주파수가 1.83 GHz인 휴대폰의 접지면과 폴더를 PEC (PerfectElec-

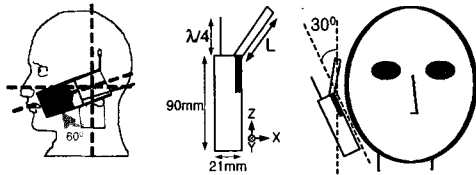


그림 19. 두부모델에 대한 폴더 휴대폰의 위치
Fig. 19. Position of folder type handset relative to head model.

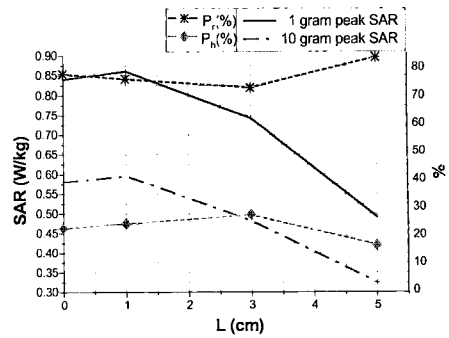


그림 20. 폴더 길이(L)에 따른 SAR, P_r(%), P_h(%)
Fig. 20. SAR, P_r(%) and P_h(%) as a function of folder length(L).

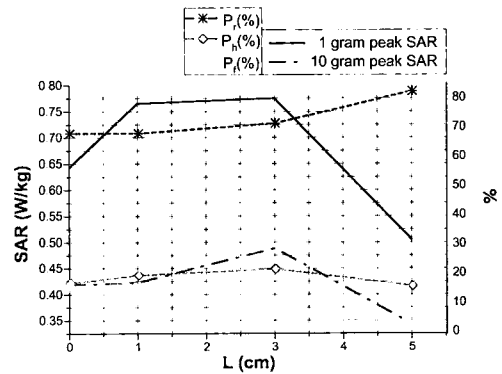


그림 21. 폴더 길이(L)에 따른 SAR, P_r(%), P_h(%), P_t(%) (페라이트 3cm 부착한 경우)
Fig. 21. SAR, P_r(%), P_h(%) and P_t(%) as a function of folder length(L) (ferrite length =3cm).

tric Conductor)로 가정하였을 때, 폴더의 길이 (L)에 따른 SAR 및 흡수율은 그림 20과 같다. 그림 21은 그림 20의 경우와 유사하나 접지면에 3 cm 길이의 페라이트면을 붙였을 때의 결과이다. 두 그림에서 보는 바와 같이 폴립형인 경우(L=0cm)에는 1 g 최대 SAR가 0.84 W/kg으로 폴더형태의 휴대폰(L = 5 cm)인 경우의 1 g 최대 SAR (0.49 W/kg)보다 큼을 알 수 있다. 폴더형 휴대폰(L = 5 cm)의 경우에는 페라이트에 의한 흡수 효과보다는 폴더의 차폐효과가 더 크게 작용하여 두 그림에서의 P_r(%)와 SAR가 유사한 결과를 보였다.

VI. 결 론

본 논문에서는 전력보존관계를 고려하여 휴대 단말기에 의한 SAR 저감 방안을 제시해 보았다. 효율적인 SAR 저감 방식 논의를 위해 SRF(SAR Reduction Factor)를 정의한 후 다양한 시뮬레이션 결과, 플립 형태의 휴대폰에 있어서는 약 3 cm 정도의 흡수체를 부착할 경우, SRF가 최대치에 육박하여 SAR가 효율적으로 저감됨을 알 수 있었다. 또한 SAR 영향요소를 안테나만으로 가정했을 경우, 플립 형태의 휴대폰과 두부와의 거리가 약 16 mm 이상일 경우에 국내의 전자파 기준에 적합하나 두부에 밀착시켰을 경우 규정 SAR값을 훨씬 상이할 뿐 아니라 안테나 입사전력에 대한 두부 흡수율이 45 %나 됨을 알 수 있었다. 플립 형태와 폴더형태에 있어서의 SAR를 비교한 결과, 전형적인 통화 자세에서 폴더 형태에 있어서의 SAR가 훨씬 더 작음을 알 수 있었다. 또한 폴더형 휴대폰에 있어서는 플립형 휴대폰에서와는 달리 페라이트 부착에 따른 영향이 그리 크지 않음도 알 수 있었다.

SAR에 영향을 미치는 요소는 안테나 뿐만 아니라 단말기와 관련한 여러 가지 파라미터가 존재하므로 SAR 저감은 이러한 모든 관련 파라미터를 최적화하는 방향으로 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

[1] 이에경 외, "이동통신단말기 안테나 배치에 따른 두부의 전자파 흡수율", 한국전자파학회논문지, 1999년 12월, pp. 1095-1102.
 [2] 김현경 외, "PCS 전화기의 안테나 구조에 따른 SAR 분석", 한국전자파학회 종합학술발표회 논문집, vol. 10, no. 1, 2000년 11월, pp. 306-310.
 [3] Joonho Byun and 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, pp. 76-79, 2001.
 [4] Jianqing Wang and Osamu Fujiwara, "Effects of Ferrite Sheet Attachment to Portable Telephone in Reduction Electromagnetic Absorption in Human Head", *IEEE ISEC*, vol. 2, pp. 822-825, 1999.
 [5] Jianqing Wang and Osamu Fujiwara, "Reduction of Electromagnetic Absorption in the Human Head for Portable Telephones by a Ferrite Sheet Attachment", *IEICE Trans.*, vol. E80, pp. 1810-1815, 1997.
 [6] Akira Ishimaru, *Electromagnetic Wave Propagation, Radiation, and Scattering*, Prentice Hall, pp. 16-17, 1991.

정 민 석



1999년 8월: 경희대학교 우주과학과 (공학사)
 2000년 3월~현재: 경희대학교 정보통신대학원 석사과정
 [주 관심분야] 안테나 및 전파전파, RF회로

이 범 선



1982년 2월: 서울대학교 전기공학과 (공학사)
 1991년 8월: 미국 네브래스카 주립대 전자공학 (공학석사)
 1995년 5월: 미국 네브래스카 주립대 전자공학 (공학박사)
 1995년 5월~1995년 8월 : 미국 네브래스카 주립대 포닥(Post Doctor)
 1995년 9월~현재: 경희대학교 전자정보학부 부교수
 [주 관심분야] 안테나 및 전자파이론, 초고주파 수동회로