

전신 노출 환경에서 노출 조건에 따른 마우스와 랫트의 SAR 값 변화량 분석

Investigation of the Variation of SAR Values in Mice and Rats Depending on the Exposure Conditions in Whole-Body Exposure Environments

문지연 · 서민경 · 김태홍* · 백정기

Ji-Yeon Mun · Min-Gyeong Seo · Tae-Hong Kim* · Jeong-Ki Pack

요 약

전자파 노출에 대한 동물실험에서는 실험동물 내에서의 SAR 값을 정확히 추정하는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 동물의 수와 동물 간의 거리, 물병의 존재 여부에 따른 마우스(mouse)와 랫트(rat) 내의 SAR 값의 변화량을 분석하였다. 마우스와 랫트는 전자파 잔향실(reverberation chamber) 내에 위치한 케이지(cage) 안에서 CDMA, WCDMA 주파수의 전자파에 노출시켰다. 시뮬레이션 결과, 물병의 물의 양에 대한 SAR 값의 변화보다 실험동물의 마릿수가 증가할 때 SAR 값의 변화가 더 컸다. 마우스와 랫트가 케이지 내에 한 마리만 있을 경우에 비해, 마우스는 케이지 내에 세 마리가 있을 때 전신 평균 SAR 값의 변화량은 850 MHz와 1,950 MHz에서 각각 최대 15.3 %, 14.9 %이며, 랫트의 경우에는 케이지 내에 두 마리가 있을 때 각각의 주파수에서 최대 18.7 %, 21.1 %의 변화를 보였다. 결론적으로 실 노출 환경에서의 노출 조건에 따른 SAR 값의 변화량은 무시할 수 없다는 결론을 도출하였다.

Abstract

In animal experiments for EMF exposure, it is very important to estimate the SAR values accurately in animals. In this paper, we investigated the variation of SAR values in mice and rats, depending on the number and separation distance of animals and the existence of the water-supplying bottle. The whole-body of mice or rats in a cage were exposed in the reverberation chamber at CDMA and WCDMA frequencies. Simulation results show that the variation of the whole-body averaged SAR is larger when several animals are exposed in a cage, compared to the existence of water-supplying bottle and the amount of water. It turns out that compared to single mouse or rat is located in the cage, the maximum variation of the whole-body averaged SAR values for mice at 850 MHz and 1,950 MHz are 15.3 % and 14.9 % when three mice are located in the cage, and those for rats are 18.7 % and 21.1 % for each frequency when two rats are located in the cage. It is concluded that the variation of SAR values depending on the exposure conditions in real situation cannot be ignored.

Key words : SAR, *In Vitro*, Reverberation Chamber, Whole-Body Exposure, Mouse, Rat

「이 연구는 충남대학교 학술연구비에 의해 지원되었음.」

충남대학교 전파공학과(Department of Radio Science and Engineering, Chungnam National University)

*광주과학기술원 기전공학과(Department of Mechatronics, GIST)

· Manuscript received December 26, 2012 ; Revised January 31, 2013 ; Accepted February 7, 2013. (ID No. 20121226-141)

· Corresponding Author : Jeong-Ki Pack (e-mail : jkpack@cnu.ac.kr)

I. 서 론

정보 통신 기술의 급속한 발전으로 인해 전자파에 의한 인체 노출이 증가하고 있으며, 국제적으로 인체 영향에 대한 연구를 활발히 추진하고 있고, 각국에서는 국민들의 건강 보호를 위해 인체 보호 기준을 마련해 두고 있다^{[1],[2]}. 전자파의 생물학적 영향 연구를 위해 동물실험(*in-vivo*), 시험관실험(*in-vitro*), 역학 연구 등 다양한 연구가 수행되고 있다. 이러한 전자파 노출에 대한 생물학적 영향 연구에서는 노출량을 정확히 평가하는 것이 무엇보다 중요하다.

특히 동물실험 연구에서는 케이지 내에 여러 마리의 마우스나 랫트를 동시에 노출시키게 되며, 장시간 노출의 경우 케이지 상부에 놓인 물병을 통해 실험동물들에게 물을 공급하게 된다. 이러한 경우, 실제 노출 환경과 다소 차이가 나지만, 통상 케이지 중앙에 한 마리의 실험동물을 두고 실험동물 내의 SAR 값을 추정하는 것이 일반적이다^[3].

본 논문에서는 전자파 잔향실 내에서 전신 노출이 되는 상황에서^[4], 앞에서 언급한 것과 같이 실험동물이 두 마리 이상이 케이지 안에 존재할 때 실험동물 사이의 이격 거리에 따라 SAR 값의 변화량을 분석하였다. 또한, 실험동물에게 물을 공급하기 위한 물병 및 물병 안에 있는 물의 양에 대한 영향 등도 분석하였다. 참고로 마우스 또는 랫트가 한 마리 있을 경우, 실험동물의 방향에 따른 SAR 값의 변화량은 무시 가능한 것(약 5%)으로 알려져 있다^[3].

전자파 잔향실 내부의 케이지가 놓인 실험 공간에서 전파가 모든 방향에서 거의 균일하게 도래하기 때문에, 잔향실에서 전신 노출 상황에서의 SAR 값 계산을 위해서는 통상 6개 방향으로 입사하는 2개의 편파(수평, 수직)를 가진 12개의 입사 평면파에 대한 평균값으로부터 SAR 값을 구한다^[3]. 본 논문에서는 CDMA(850 MHz)와 WCDMA(1,950 MHz) 주파수의 전자파 전신 노출에 대해 전신 평균 SAR 값과 1 g SAR 값을 시뮬레이션하고 노출 조건에 따른 SAR 값의 변화량을 분석하였다.

II. 시뮬레이션 환경

시뮬레이션에 사용된 동물 모델은 그림 1에 보인

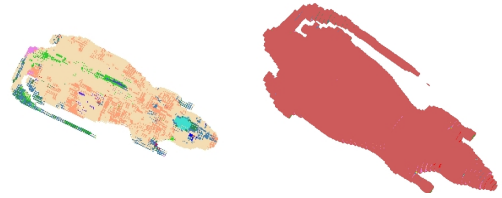


그림 1. 마우스와 랫트의 팬텀 모델
Fig. 1. Phantom model of mouse and rat.

것과 같이 마우스는 충남대에서 개발한 팬텀 모델을 사용하였고, 랫트는 미국 공군연구소(AFRL: Air Force Research Lab)에서 개발한 팬텀 모델을 사용하였다. 동물 모델의 길이는 마우스와 랫트 각각 106 mm, 220 mm이며, voxel size는 각각 1 mm(x)×1 mm(y)×1 mm(z)와 0.39 mm(x)×0.39 mm(y)×0.28 mm(z)이고, 체중은 각각 30.8 g, 337 g이다.

시뮬레이션에 사용된 마우스와 랫트 조직의 주파수 별 유전율 및 도전율 값을 표 1에서 보여주고 있다^[5]. 또한, 마우스와 랫트가 들어 있는 케이지의 크기는 각각 270 mm(W)×260 mm(D)×180 mm(H), 420 mm(W)×260 mm(D)×180 mm(H)이며, 유전 상수는 2.4이다.

시뮬레이션은 앞에서 언급한 바와 같이 850 MHz와 1,950 MHz 주파수에서 케이지의 각 면에 침투값

표 1. 마우스와 랫트 조직의 주파수 별 도전율과 비유전율

Table 1. Conductivities and relative permittivities of the tissues of mice and rats for each frequency.

조직	주파수		850 MHz		1,950 MHz	
	Con. (S/m)	Relative permit.	Con. (S/m)	Relative permit.	Con. (S/m)	Relative permit.
Blood	1.62	68.91	2.12	68.50		
Bone cortical	0.13	12.50	0.30	11.68		
Fat	0.04	5.47	0.09	5.33		
Muscle	0.92	55.15	1.42	1.42		
Intestine small	2.13	59.84	2.80	2.80		
Lung inner	0.44	22.10	0.67	0.67		
Stomach	1.16	65.21	1.81	62.90		
Heart	1.20	60.23	1.88	55.94		
Skin dermis	0.82	46.29	1.31	43.60		
Intestine large	1.05	59.20	1.68	54.83		

1 V/m의 크기를 갖는 수평 편파(6개)와 수직 편파(6개)의 평면파를 인가하여 수행하였다. SAR 분석을 위하여 시간 영역 유한차분법(finite difference time domain)을 기반으로 한 Remcom 사의 XFDTD ver. 6.6 상용 툴을 사용하여 각 주파수와 노출 환경 별로 SAR 값을 계산하였다.

케이지 안에 마우스 또는 랫트가 두 마리 이상 있는 경우, 동물 사이의 거리에 따른 SAR 값의 변화량 분석을 위하여, 케이지 중앙에 한 마리가 놓여 있는 환경(case 1)을 기준으로 하여, 마우스는 세 마리, 랫트는 두 마리가 케이지 내부에 1 mm(case 2), 12

mm(case 3) 간격으로 떨어져 있을 환경에 대하여 분석하였다. 마우스보다 랫트의 크기가 더 크기 때문에 랫트의 경우에는 두 마리가 케이지에 위치한 환경에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 물병의 유무에 따른 시뮬레이션은 한 마리의 동물이 케이지 가장자리(물통이 놓일 공간 방향)에 위치한 환경(case 4)을 기준으로 삼았으며, 물이 거의 없는 환경(case 5)과 물이 가득 찬 환경(case 6)에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 앞에서 언급한 시뮬레이션 환경을 표 2, 3에 정리하였다.

III. 시뮬레이션 결과

그림 2에 보인 C1의 노출 환경에 대한 SAR 값의 결과는 표 4와 같다. 전신 노출이기 때문에 전신 평균 SAR 값이 중요하지만, 참고로 최대(peak) 1 g SAR 값도 나타내었다. 1 g SAR 값의 최대 값은 모두 피부 근처에서 나타났다.

주파수가 850 MHz인 경우보다 1,950 MHz인 경우에 마우스의 SAR 값이 더 큰 이유는 마우스의 길이가 1,950 MHz일 때가 850 MHz보다 공진조건(마우스의 길이가 반 파장이 되는 조건)에 가깝기 때문이

표 2. 노출 환경 분류(마우스)

Table 2. Classification of exposure environments(mouse).

Case No.	개체 수	세부 내용
Case 1 (C1)	1	케이지 중앙에 위치
Case 2 (C2)	3	케이지 중앙을 중심으로 1 mm 간격 위치
Case 3 (C3)	3	케이지 중앙을 중심으로 12 mm 간격 위치
Case 4 (C4)	1	물병 없이 케이지 측면에 위치
Case 5 (C5)	1	물병에 물이 거의 없을 때 케이지 측면에 위치
Case 6 (C6)	1	물병에 물이 가득 차 있을 때 케이지 측면에 위치

표 3. 노출 환경 분류(랫트)

Table 3. Classification of exposure environment(rat).

Case No.	개체 수	세부 위치
Case 1 (C1)	1	케이지 중앙에 위치
Case 2 (C2)	2	케이지 중앙을 중심으로 1 mm 간격으로 위치
Case 3 (C3)	2	케이지 중앙을 중심으로 12 mm 간격으로 위치
Case 4 (C4)	1	물병 없이 케이지 측면에 위치
Case 5 (C5)	1	물병에 물이 거의 없을 때 케이지 측면에 위치
Case 6 (C6)	1	물병에 물이 가득 차 있을 때 케이지 측면에 위치



(a) 마우스 (a) Mouse
(b) 랫트 (b) Rat

그림 2. 케이지 안에 있는 마우스와 랫트 모델(C1 환경)
Fig. 2. Models of mouse and rat inside of cage(C1 environment).

표 4. C1에서의 마우스의 SAR 값

Table 4. SAR values in mouse for C1.

주파수 (MHz)	전신 평균 SAR (W/kg)	Peak 1 g SAR (W/kg)
850	5.832×10^{-5}	1.249×10^{-4}
1,950	1.751×10^{-4}	3.713×10^{-4}

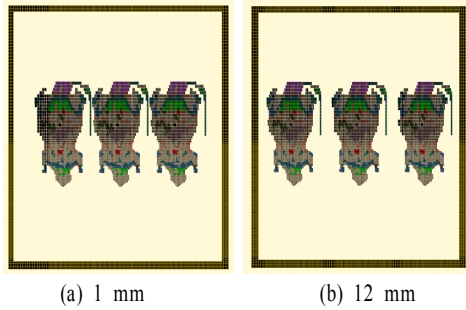


그림 3. 노출 환경 C2, C3에 대한 마우스의 배치
Fig. 3. Positioning of mice for exposure environment C2, C3.

표 5. 노출 환경 C2와 C3에 대한 마우스의 SAR 값 변화

Table 5. Variation of SAR values in mice for exposure environments C2 and C3

거리 (mm)	주파수 (MHz)	전신 평균 SAR (W/kg)	Peak 1 g SAR (W/kg)
1 (C2)	850	5.103×10^{-5}	1.215×10^{-4}
	1,950	1.491×10^{-4}	3.505×10^{-4}
12 (C3)	850	4.940×10^{-5}	1.144×10^{-4}
	1,950	1.610×10^{-4}	3.684×10^{-4}

다. 참고로 실제 동물실험에 사용되는 전자파 잔향실^[4]의 경우, 850 MHz에서 10 W 전력이 인가될 경우, 잔향실 내의 전기장 세기의 실효값은 약 57.6 V/m로서, 이 때 전신 평균 SAR 값은 0.39 W/kg이 된다. 그림 3은 세 마리의 마우스가 케이지에 위치할 경우에 대한 시뮬레이션 환경을 보인 것이다. 동물 사이의 간격은 가장 가까운 표면 사이의 거리를 나타내며, 12 mm는 주어진 케이지 안에서 이격시킬 수 있는 최대 간격이다. 노출 환경 C2와 C3에 대한 SAR 값은 표 5와 같다.

표 5에서 알 수 있듯이, 케이지 내에 마우스가 한 마리 있을 경우에 비해 마우스가 세 마리 있을 경우 SAR 값이 감소하였으며, 마우스 사이의 거리가 가까울수록, 주파수가 높을수록 SAR 값이 더 많이 감소하였다. 이것은 주파수가 높아지고, 마우스 사이의 거리가 가까워짐에 따라 전자파의 차단(blocking) 효과가 더 크기 때문이다. 표 5의 SAR 값은 마우스가 세 마리 있을 경우 각 개체의 SAR 값을 평균한 것으로, 노출 환경 C1에 비해 전신 평균 SAR 값은

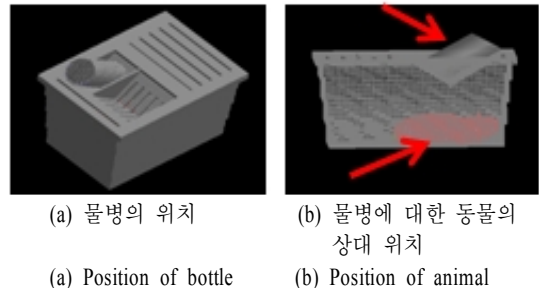


그림 4. 물병이 있을 경우의 시뮬레이션 환경
Fig. 4. Simulation environment with the water supplying bottle.

850 MHz와 1,950 MHz에서 각각 15.3 %, 14.9 % 감소하였다. 최대 1 g SAR 값의 경우에는 850 MHz와 1,950 MHz에서 최대 8.4 %, 5.6 % 감소하였으며, 전신 평균 SAR 값에 비해 변화량의 크기가 적게 나타났다. 참고로 노출 환경 C2와 C3에서 세 마리 마우스 각 개체 사이의 전신 평균 SAR 값의 편차는 850 MHz에서는 각각 3 %, 5.6 %이며, 1,950 MHz에서는 각각 17.2 %, 22.5 %로 크게 나타났다.

그림 4는 C5 및 C6에 대한 시뮬레이션 환경으로서 물병의 위치와 물병에 대한 동물의 상대 위치를 보인 것이다. C4는 그림 4에서 물병이 없는 경우의 노출 환경을 나타낸다.

물의 비유전율은 섭씨 25 도의 증류수를 사용하여 실제 측정된 값을 사용하였다. 850 MHz와 1,950 MHz에서 유전 상수는 80이며, 도전율은 0.2 S/m이다. 그림 5는 측정된 정제수의 주파수에 따른 유전

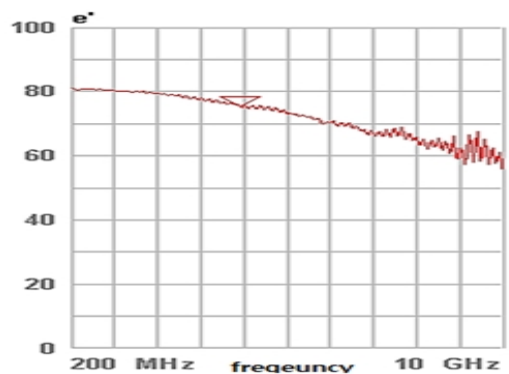


그림 5. 정제수의 유전 상수 측정 결과
Fig. 5. Measurement result for dielectric constant of the distilled water.

표 6. 노출 환경 C4~C6에 대한 마우스의 SAR 값 변화

Table 6. Variation of SAR values in mice for exposure environments C4~C6.

물의 양	주파수 (MHz)	전신 평균 SAR (W/kg)	Peak 1 g SAR (W/kg)
병 없음 (C4)	850	5.689×10^{-5}	1.186×10^{-4}
	1,950	1.965×10^{-4}	4.245×10^{-4}
조금 (C5)	850	5.477×10^{-5}	1.149×10^{-4}
	1,950	1.874×10^{-4}	4.160×10^{-4}
가득 (C6)	850	5.773×10^{-5}	1.201×10^{-4}
	1,950	1.947×10^{-4}	4.209×10^{-4}

상수값을 보인 것이다. 물병 없이 마우스가 가장자리에 위치한 경우(C4)와 그림 4에 보인 C5와 C6의 노출 환경에 대한 시뮬레이션 결과는 표 6과 같다.

물병이 없는 경우(C4)와 비교해 볼 때, 850 MHz와 1,950 MHz에 대한 전신 평균 SAR 값은 최대 4.7 %, 4.6 %의 변화를 보였다. C6의 경우, SAR 값이 약간 증가한 이유는 SAR 값 계산에 사용되는 12개의 입사 평면과 중에서 마우스의 길이 방향으로 편파된 4개의 입사파가 SAR 값에 미치는 영향이 크고, 이 중에서 마우스의 좌우 방향에서 입사할 때 물병에 의한 반사로 인해 SAR 값이 증가하기 때문이다.

또한 C1과 C4의 결과를 비교하면 마우스가 한 마리 있는 경우, 위치에 따른 SAR 값의 변화량을 알 수 있다. 850 MHz와 1,950 MHz의 경우 SAR 값의 변화량은 각각 2.5 %, 12 %로서, 마우스가 3마리 있는 경우의 변화량에 비해 적은 것으로 나타났다.

랫트의 경우, 노출 환경 C1에 대한 전신 평균 SAR 값과 최대 1 g SAR 값은 표 7과 같다. 850 MHz에서의 SAR 값이 1,950 MHz에서의 SAR 값보다 더 크게 나타나는 이유는 랫트의 길이가 마우스보다 길어서 850 MHz일 때가 1,950 MHz보다 더 공진 조건에 가깝기 때문이다.

표 7. C1에서의 랫트의 SAR 값

Table 7. SAR values in rat for C1.

주파수 (MHz)	전신 평균 SAR (W/kg)	Peak 1 g SAR (W/kg)
850	5.524×10^{-5}	3.018×10^{-4}
1,950	4.657×10^{-5}	2.225×10^{-4}



(a) 1 mm

(b) 12 mm

그림 6. 노출 환경 C2, C3에 대한 랫트의 배치

Fig. 6. Positioning of rats for exposure environment C2, C3.

표 8. 노출 환경 C2와 C3에 대한 랫트의 SAR 값 변화

Table 8. Variation of SAR values in rats for exposure environments C2 and C3.

거리 (mm)	주파수 (MHz)	전신 평균 SAR (W/kg)	Peak 1 g SAR (W/kg)
1 (C2)	850	4.489×10^{-5}	2.241×10^{-4}
	1,950	3.674×10^{-5}	2.069×10^{-4}
12 (C3)	850	4.854×10^{-5}	2.476×10^{-4}
	1,950	3.685×10^{-5}	2.060×10^{-4}

그림 6은 2마리의 랫트가 케이지에 위치할 때의 시뮬레이션 환경을 보인 것이다. 동물 사이의 간격은 마우스의 경우와 마찬가지로 가장 가까운 표면 사이의 거리를 나타내며, 노출 환경 C2와 C3에 대한 SAR 값은 표 8과 같다.

표 8의 결과를 살펴보면, 마우스의 경우와 마찬가지로 케이지 내에 랫트가 한 마리 있을 경우에 비해 랫트가 두 마리 있을 경우 SAR 값이 감소하였고, 마우스 사이의 거리가 가까울수록, 주파수가 높을수록 SAR 값이 더 많이 감소하였다. 표 8의 SAR 값은 랫트가 두 마리 있을 경우 각 개체의 SAR 값을 평균한 것으로, C2, C3 환경에 대한 전신 평균 SAR 값은 노출 환경 C1에 비해 850 MHz와 1,950 MHz에서 각각 18.7 %, 21.1 % 감소하였으며, 1 g SAR 값의 경우에는 850 MHz와 1,950 MHz에서 최대 25.8 %, 19.4 % 감소하였다. 참고로 노출 환경 C2와 C3에서 세 마리 마우스 각 개체 사이의 전신 평균 SAR 값의 편차는 1,950 MHz에서는 각각 6.8 %, 1.7 %이며, 850 MHz

표 9. 노출 환경 C4~C6에 대한 랫트의 SAR 값 변화
Table 9. Variation of SAR values in rats for exposure environments C4~C6.

물의 양	주파수 (MHz)	전신 평균 SAR (W/kg)	Peak 1 g SAR (W/kg)
병 없음 (C4)	850	5.732×10^{-5}	2.802×10^{-4}
	1,950	5.287×10^{-5}	2.738×10^{-4}
조금 (C5)	850	4.585×10^{-5}	2.594×10^{-4}
	1,950	4.272×10^{-5}	2.050×10^{-4}
가득 (C6)	850	4.793×10^{-5}	2.594×10^{-4}
	1,950	4.339×10^{-5}	2.370×10^{-4}

에서는 각각 11 %, 14 %로 다소 크게 나타났다.

랫트가 물병 없는 케이지 내 가장자리에 위치할 경우(C4)와 그림 4에 보인 C5와 C6의 노출 환경에 대한 시뮬레이션 결과를 표 9에 보였다.

랫트의 경우, 물병이 없는 경우(C4)와 물병이 있는 경우(C5, C6)를 비교해 볼 때, 850 MHz와 1,950 MHz에 대한 전신 평균 SAR 값의 변화량은 최대 20.0 %, 19.3 %로서 마우스의 경우에 비해 상대적으로 변화량이 크게 나타났다. 또한, C6의 경우가 C5의 경우에 비해 SAR 값이 약간 증가한 이유는 마우스의 경우에서 언급한 바와 같다.

그리고 C1과 C4의 결과를 비교해 보면, 랫트가 한 마리 있을 때 위치에 따른 SAR 값의 변화량은 850 MHz와 1,950 MHz의 주파수에서 각각 3.8 %, 13.5 %로서, 랫트가 두 마리 있는 경우의 변화량보다 적은 것을 알 수 있다.

결론적으로 본 논문에서 분석한 다양한 노출 환경 중에서 가장 영향이 큰 것은 마우스 또는 랫트 여러 마리가 동시에 노출되는 경우인 것으로 분석되었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 CDMA, WCDMA에서 마우스와 랫

트를 이용한 다양한 노출 환경에 대해 전신 평균 SAR 값과 최대 1 g SAR 값의 변화량을 분석하였다. 케이지 내에 마우스 또는 랫트가 한 마리 있는 경우와 비교해 볼 때, 다양한 노출 환경에서 마우스나 랫트가 여러 마리 있는 경우에 대한 전신 평균 SAR 값의 변화량이 가장 크게 나타났다. 마우스에 대한 전신 평균 SAR 값의 최대 변화량은 850 MHz와 1,950 MHz에서 각각 15.3 %, 14.9 %이며, 랫트의 경우에는 각각 18.7 %, 21.1 %의 변화를 보였다. 따라서 실 노출 환경에서의 다양한 노출 조건에 따른 SAR 값의 변화량은 무시할 수 없으며, 동물실험 설계 및 결과 분석 시 이러한 노출 조건에 따른 SAR 값의 변화량을 잘 반영하여야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 방송통신위원회고시, 제 2009-27호 전자파 인체 보호기준, 2009년 11월.
- [2] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection(ICNIRP), "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields(up to 300 GHz)", *Health Physics*, vol. 74, no. 4, pp. 494-522, Apr. 1998.
- [3] Veronica J. Berdinas-Torres, "Exposure systems and dosimetry of large-scale *in vivo* studies", Swiss Federal Institute of Technology Zurich(Ph.D. dissertation), 2007.
- [4] K. B. Jung, T. H. Kim, H. J. Doh, Y. C. Chung, J. H. Choi, and J. K. Pack, "Development and evaluation of the reverberation-chamber type whole-body exposure system for mobile-phone frequency", *Electromagnetic Biology and Medicine*, vol. 27, pp. 73-82, 2008.
- [5] <http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/htmlclie/htmlclie.htm#atsftag>(IFAC web site, see also FCC web site).

문 지 연



2011년 2월: 충남대학교 전자전파
정보통신학과 (공학사)
2011년 3월~현재: 충남대학교 전
파공학과 석사과정
[주 관심분야] 전자파 인체영향, 전
자파 전파

김 대 홍



1997년 2월: 전남대학교 전자공학과
(공학사)
1999년 2월: 전남대학교 전자공학과
(공학석사)
2005년 2월: 전남대학교 전자정보
통신공학과 (공학박사)
2002년 5월~2006년 2월: 전남대학
교 고품질전기전자부품 및 시스템 연구센터 전문연구
요원
2006년 3월~2012년 6월: 충남대학교 전자파환경기술연구
센터 연구교수
2012년 6월~현재: 광주과학기술원 기전공학과 Research
Fellow
[주 관심분야] 전자파수치해석, 수동소자 설계

서 민 경



2011년 2월: 충남대학교 전자전파정
보통신학과 (공학사)
2011년 3월~현재: 충남대학교 전
파공학과 석사과정
[주 관심분야] 전자파 인체영향, 전
자파 전파

백 정 기



1978년 2월: 서울대학교 전자공학
과 (공학사)
1985년 9월: Virginia Tech. 전자파전
파 (공학석사)
1988년 9월: Virginia Tech. 전자파전
파 (공학박사)
1978년 3월~1983년 2월: 국방과학
연구소
1988년 10월~1989년 2월: 한국전자통신연구원
1989년 3월~1995년 2월: 동아대학교 전자공학과 부교수
2009년 1월~2009년 12월: 한국전자과학회 학회장
1995년 2월~현재: 충남대학교 전파공학과 교수
2002년 3월~현재: 충남대학교 전자파환경기술연구(EM-
ERC) 센터장
[주 관심분야] 전자파 전파, 전자파 산란, 전자파 인체
영향