

UHF 대역 RFID 시스템에서 전자기장의 인체노출량 측정 및 분석

(Assessment and Analysis of Human EMF Exposure to UHF RFID System)

변진규* · 윤재훈

(Jin-Kyu Byun · Jae-hun Yun)

요 약

UHF 대역 RFID 시스템의 전자기장 인체노출량 평가를 위하여 900[MHz] 대역 상용 RFID 시스템에 대하여 전자기장 분포를 실측하고 분석했다. 또한 RFID 리더 안테나의 전자파흡수율(SAR)을 시뮬레이션을 이용하여 계산하고 인체보호기준에 명시된 기본한계와 비교하여 안전성을 확인했다. EN 및 IEC 국제표준에 따라 RFID 시스템 주위의 인체노출량을 평가하기 위하여 리더기 동작을 테스트하고, 안테나로부터의 방위각과 거리에 따른 전자기장 강도를 측정 후 그 결과를 분석하였다. 측정기로는 협대역 등방성 전자기장 프로브를 사용하였으며, 리더기 주변 360[°] 범위에서 15[°] 간격으로 각각 0.3, 0.5, 1.0, 1.5[m]의 거리에서 측정을 수행했다. 또한 측정 결과로부터 EN 및 IEC 표준에서 정의된 측정거리의 타당성에 대해 분석했다.

Abstract

For human exposure assessment of UHF RFID system, electric field distribution of commercial 900[MHz] RFID antenna was measured and analyzed. Also, SAR(Specific Absorption Rate) of RFID antenna was calculated by simulation, and compared with basic restrictions in EMF guidelines. For EMF exposure assessment according to EN and IEC standards, the reader was tested for the normal operation, and electric field from RFID antenna was measured at various distances and angles. For electric field measurement, narrow band isotropic electric field probe was used, and the measurements were made at 0.3, 0.5, 1.0 and 1.5[m] for every 15[°] angle from the antenna. Also, the rationale for measurement distance in EN and IEC standards is analyzed from the measurement results.

Key Words : EMF Exposure, UHF RFID Antenna, SAR Calculation, Reference Levels, Basic Restrictions, Antenna Radiation Pattern

1. 서 론

* 주저자 : 숭실대학교 전기공학부 교수
Tel : 02-820-0644, Fax : 02-817-7961
E-mail : jkbyun@ssu.ac.kr
접수일자 : 2008년 10월 23일
1차심사 : 2008년 10월 27일
심사완료 : 2008년 11월 3일

최근 센서 네트워크를 통해 유비쿼터스 환경을 구현하는 USN(Ubiquitous Sensor Network)의 보급과 함께 생활주변에서 무선인식 장치(Radio Frequency Identification 이하 RFID)의 사용이 점점

증가하고 있다. 이러한 RFID 장비들 중 상당수가 일반 대중이 접근 가능하거나 직업인이 활동하는 작업장 등에서 사용되고 있다. 일반인의 경우는 대부분 이러한 RFID 기기에서 발생하는 전자기장에 단기 노출(short-term exposure)되는 것으로 간주할 수 있으나, 직업인은 경우에 따라 RFID 장비에 근접한 위치에서 장기간 노출(long-term exposure)되는 것이 가능하다. 이러한 이유로 RFID에서 발생하는 전자기장의 인체영향에 대한 관심과 우려가 증가하고 있다. 따라서 RFID 전자기장 인체노출량의 표준화된 평가기법을 확립하고 인체노출량을 정확히 평가하여 일반 대중의 불안감을 해소할 필요성이 증가하고 있다. EU에서는 이미 EN 표준으로 이와 관련된 측정기준을 제정하고 있으며, IEC(International Electrotechnical Commission, 국제전기기술위원회)에서도 최근 표준 제정이 확정되었다. 그러나 아직 국내의 실정을 고려한 RFID 측정 표준은 제정되지 않았으며, 이를 위한 기반연구도 활발히 이루어지지 않고 있는 상태이다.

본 논문에서는 국내에서 시판되는 상용 900[MHz] 대역 RFID 안테나 주위의 다양한 거리와 방위각에서 그 전기장 강도를 측정하고, 이론값과 비교하였다. 또한 SAM(Specific Anthropomorphic Mannequin) 모의인체를 이용한 시뮬레이션을 통해 RFID 안테나의 국부 전자파흡수율(Specific Absorption Rate 이하 SAR)을 계산하고 그 값이 국내 전자기장 인체보호기준에 정의된 기본한계를 만족하는지 확인하였다. 그리고 측정 및 계산 결과를 분석하여 EN 표준과 IEC 표준의 타당성을 점검하고, 국내의 실정을 고려한 RFID 인체노출량 측정기준을 제정하기 위한 근거를 마련하였다.

2. RFID 인체노출량 평가 국제표준

2.1 기본한계와 기준레벨

전자기장은 여러 물리적인 메커니즘으로 인체와 다른 생물학적 시스템에 영향을 미친다. 영향의 주된 메커니즘은 신경 시스템 영향과 가열에 기초하고 있다. 이러한 영향들은 주파수에 의존하며, 인체유도

전류, SAR 등과 같이 생물학적으로 관련 있는 물리량으로 정의된다. 각 국가에서는 과학적으로 확립된 이들 건강 영향에 기초하여 전자기장 노출에 대한 인체보호기준을 제정하고 있다[1-2].

인체보호기준은 기본한계(basic restriction)와 기준레벨(reference level)의 두가지 항목으로 구성된다. 기본한계는 세포실험, 동물실험 등을 통해 직접적으로 인체에 영향을 미치는 것으로 규명된 물리량이며, 인체유도전류, SAR 등이 해당된다. 기본한계는 높은 수준의 보호를 보장하기 위한 안전계수를 포함하고 있으며, 인체 내부의 물리량으로 정의되므로 그 측정이 어렵다. 기준레벨은 이러한 측면을 보완하기 위하여 자유공간에서의 전기장 강도, 자기장 강도 등 측정이 용이한 물리량으로 정의된다. 기준레벨은 통상적으로 최악의 노출조건을 고려한 모의인체의 기본한계를 측정, 또는 계산하여 이로부터 유도된다.

따라서 자유공간에서의 전자기장 측정값이 기준레벨 이하이면 관련된 기본한계를 만족하게 된다. 그러나, 측정된 값이 기준레벨 이상이면 기본한계가 반드시 초과된다는 것을 의미하지는 않으며, 그러한 환경에서는 전자기장을 발생시키는 기기와 노출 형태에 따라 보다 상세한 평가기법이 필요하다.

2.2 국제 표준화 동향

EU에서는 2002년에 EN 50357 표준과 EN 50364 표준을 제정하여 RFID와 EAS(Electronic Article Surveillance, 전자 물품 감시장치) 시스템의 전자기장 인체노출량을 평가하고 있다[3]. 또한 IEC에서는 TC 106 산하 IEC 62369 프로젝트를 통해 EN 표준을 기반으로 RFID와 EAS 시스템의 인체노출량 평가 표준화를 진행하여 2008년 10월 현재 국제표준 발간이 확정되었다. 이에 따라 국내에서도 이러한 국제표준화현황을 고려하여 국내 실정에 맞는 표준 측정기법을 개발할 필요성이 커지고 있다.

IEC의 RFID 측정기준에서는 표 1과 같이 RFID 장비의 종류에 따라 측정거리(X)를 정의하고 있으며, 이 측정거리를 이용해 크게 두가지의 측정방법을 제시하고 있다. 첫 번째 방법에서는 측정거리(X)

표 1. RFID/EAS 기기의 종류별 전자기장 측정위치와 통상적인 기기의 크기(3)
Table 1. Electromagnetic field measurement points and dimensions of RFID/EAS device types(3)

기기의 구분	측정 위치[cm]			통상적인 기기의 크기[cm]		
	격자점 간격 (a/b/c)	측정거리(X)	측정높이(Z)	높이	폭	두께
Single floor standing unit	15	20	85	120~160	-	40~80
Dual floor standing units	15	20	85	120~160	70~200	40~80
Single unit in the floor	15	-	85	-	60~100	40~80
Single unit in the ceiling	15	-	85	210~300	60~100	40~80
Dual floor/ceiling units	15	-	85	210~300	60~100	40~80
“Walk-through” unit	15	20	85	210~300	70~300	0.5~50
Counter mounted unit	15	30	85	70~90	20~40	20~40
Wall mounted unit	15	20	-	60~160	20~100	20~50
Hand-held unit	15	10	-	70~140	면적: 100~200[cm ²]	

에서 프로브를 이동하며 전자기장 강도의 예비 스캔을 통해 최대 전자기장이 발생하는 위치를 결정하게 되며, 표 1에서 측정거리(X) 이외의 다른 값들은 쓰이지 않는다. 이 측정값이 기준레벨을 만족하면 더 이상의 시험이나 평가가 필요하지 않다. 두 번째 방법은 그림 1과 같이 장비의 종류별로 정의된 격자점에서 위치별로 측정을 실시하고, 이 값들의 공간평 균을 계산하여 기준레벨과 비교하는 방법이다. 격자점 사이의 거리(a, b, c), 높이(Z) 등은 표 1에 나와 있다.

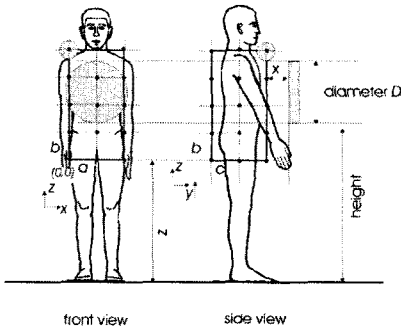


그림 1. RFID 안테나(Wall mounted unit)에 대한 측정거리(X)와 측정높이(Z) 및 측정 격자점의 정의(3)

Fig. 1. Definition of measurement distance and grid points for Wall mounted RFID antenna unit(3)

이외에도 IEC의 표준에서는 휴대전화의 경우와 유사한 SAR 측정방법과 계산방법, 유도전류와 접촉 전류 측정방법 등 RFID 시스템의 전자기장 인체노출량에 대한 다양한 평가방법을 제시하고 있다.

3. RFID 시스템 전기장 강도 실측

2장에서 알아본 바와 같이 IEC 표준에서는 RFID의 인체노출량 평가의 기준 측정거리를 기기의 종류별에 따라 10~30[cm]로 정의하고 있다. 본 장에서는 900[MHz] 대역 상용 RFID 안테나에 대하여 IEC 표준에 근거하여 전기장 강도를 측정하였다.

피시험기기의 규격은 다음과 같다.

- 모델명: MP9320(제조사: SAMSys)
- 주파수: 910~914[MHz]
- RF 전력: 16[mW]~3[W]
- 안테나 크기: 220×220×45[mm]
- 안테나 이득: 6[dBi] 이하

피시험기기가 정상적으로 작동하는 것을 확인하기 위하여 리더기를 PC와 연결하고 전원을 공급한 후, RFID 구동용 S/W(RF Command Suite)를 실행하였다. 프로그램의 Auto Read 기능과 제공되는 샘플 태그를 이용하여 디스플레이 창에 태그 데이터가 출력되는 것을 확인하였다.

RFID 리더기 전기장 강도 측정시험 구성도는 그

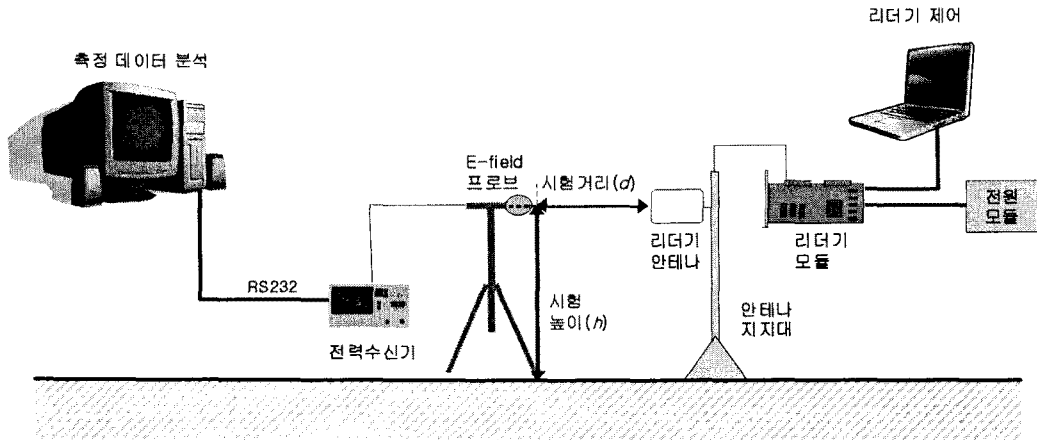


그림 2. RFID 리더기 전기장 강도 측정 시험 구성도
 Fig. 2. Electric field measurement setup for RFID reader

림 2와 같다. 또한 시험 방위각 및 시험 거리의 정의는 그림 3에 정의되어 있다. 계측용 전력수신기와 프로브의 규격은 다음과 같다.

- 1) 전력수신기 규격
 - 모델명: SRM-3000
(제조사: Narda, Spectrum Analysis Mode)
 - Resolution bandwidths: 1[kHz] to 5[MHz]
 - Sweep time: 200[ms] to 2[s]
- 2) 프로브 규격
 - 주파수 대역 : 75[MHz]~3[GHz]
 - Sensor type: E-field antenna
 - Probe type: Triaxial design
 - Max measurement range: 200[V/m]
 - 길이: 45[cm], 프로브 head 직경: 12[cm]

시험 항목에 대한 계측기 조건은 다음과 같다.

- 중심 주파수: 912[MHz]
- 스패(Span): 10[MHz]
- RBW(Resolution bandwidths): 20[kHz]
- 측정모드: Max Average
- 측정 지점별 평균시간: 1[분]

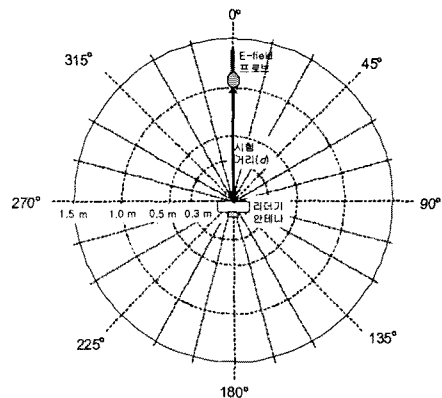


그림 3. RFID 리더기 전기장 강도 측정 시험 방위각 및 측정거리(d)의 정의
 Fig. 3. Definition of measurement angle and distance(d) for electric field measurement of RFID reader

RFID 안테나 실측은 외부 전파와 노이즈의 영향을 최소화하기 위해 전자파 반무향실(semi-anechoic chamber)에서 수행하였다(그림 4). 측정시 RFID 안테나 중심의 높이와 프로브 head 중심의 높이는 지면에서 1.2[m]로 고정하였으며, 리더기의 RF 전력은 제품이 구동될 때 기본값으로 정해지는 1[W]로 설정하였다. 측정절차는 하나의 측정위치에 대해 1분 동안 전기장 강도를 측정하고 시간평균값을 기록하였으며, 동일한 측정 위치와 조건에서 같은 측정을 2

UHF 대역 RFID 시스템에서 전자기장의 인체노출량 측정 및 분석

회 더 반복하여 총 3개의 측정값 중 최소값과 최대값을 제외한 중간값을 그 위치의 측정값으로 기록하였다. RFID 인체노출량 평가에 관한 EU의 EN 50364 표준과 IEC 62369 표준에 따르면 10[MHz] 이상의 주파수 대역에서는 전기장 강도와 자기장 강도를 모두 측정할 필요 없이 둘 중 하나의 물리량만 측정해도 된다. 따라서 본 연구에서는 900[MHz] RFID 리

더기 안테나에 의한 전기장 강도만을 측정하였다. 또한 피시험기기인 RFID 리더기를 표 1에서 분류된 "Counter mounted unit"으로 가정하고 최소 측정거리(X)는 30[cm]로 결정하였다.

이상과 같은 조건에서 각 측정 거리 및 방위각 별로 전기장 강도를 측정하여 극좌표계에 대해 로그 스케일로 나타낸 그래프는 그림 5와 같다. 또 그 값을 표로 나타내면 표 2와 같다.

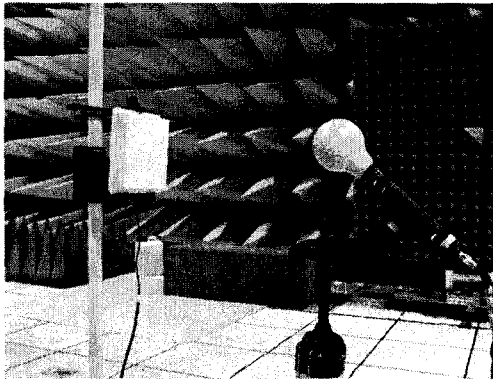


그림 4. 전자파 반무향실에서 RFID 리더기의 전기장 강도 측정 시험모습
Fig. 4. Measurement of electric field from RFID reader in anechoic chamber

표 2. RF 전력이 1(W) 일때 측정거리와 방위각에 따른 RFID 리더 안테나 전기장 측정 결과값(단위:(V/m))

Table 2. Electric field measurement result for RFID reader antenna at various angles and distances when RF power is 1(W) (unit:(V/m))

측정거리[m] 방위각[°]	0.3	0.5	1	1.5
0	16.719	12.489	6.735	4.448
15	15.211	13.316	7.583	5.706
30	10.838	10.171	5.944	4.934
45	5.857	5.476	2.504	2.823
60	3.668	2.927	2.183	1.964
75	2.025	2.159	3.875	1.146
90	1.304	1.250	1.017	0.775
105	1.084	1.279	0.893	0.825
120	0.983	1.029	1.122	0.786
135	0.618	0.617	0.617	0.618
150	0.617	0.615	0.615	0.625
165	1.159	1.039	0.979	0.824
180	1.058	0.880	0.914	0.713
195	1.018	0.885	0.829	0.737
210	0.954	0.876	0.779	0.672
225	1.009	1.029	0.882	0.695
240	1.108	1.155	0.848	0.813
255	2.281	1.637	1.160	1.159
270	2.347	2.182	1.422	1.074
285	2.979	2.568	1.942	1.461
300	4.797	3.593	3.032	1.844
315	8.492	6.277	4.220	2.556
330	12.966	9.601	5.825	3.746
345	16.091	13.065	6.785	4.844

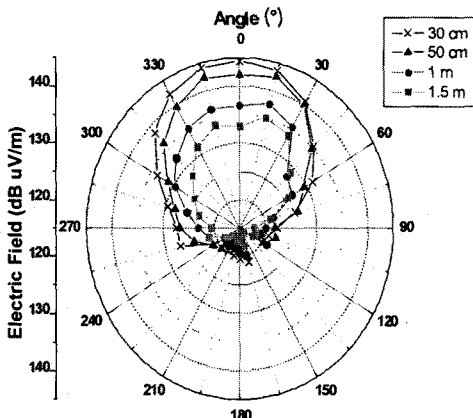


그림 5. 방위각과 측정거리에 따른 RFID 리더기 전기장 강도 측정 결과 패턴(RF 전력: 1(W))
Fig. 5. Electric field measurement pattern according to measurement angles for RFID reader at different measurement distances(RF power: 1(W))

그림 5의 안테나 패턴 측정 결과를 분석한 결과 제 조사에서 제공하는 패턴과 유사한 값을 보였다. 예 상대적으로 RFID 리더 안테나의 정면 방향에서 측정할 경우(방위각 345(-15)~15[°]) 전기장 강도가 가장

높은 값을 나타내었으며, 측면에서 측정한 경우는 (90[°], 270[°]) 최대값에 비해 측정값이 15~20[dB] 감소하는 경향을 보였다. 안테나 주빔의 반대방향 (180[°])에서 측정값은 가장 가까운 거리인 30[cm]에서도 1[V/m] 정도로 무시할 만한 값이었다.

한편, 전기장 강도가 가장 강한 주빔 방향에서 측정거리별 변화를 알아보기 위해 방위각을 0[°]로 고정하고 5[cm] 간격으로 측정한 결과를 그래프로 나타내면 그림 6과 같다. 이 경우 리더기의 RF 전력은 사용자가 노출될 수 있는 최대 전기장 강도를 알아보기 위하여 RFID 구동 S/W에서 조절할 수 있는 최대값인 3[W]로 설정하였다.

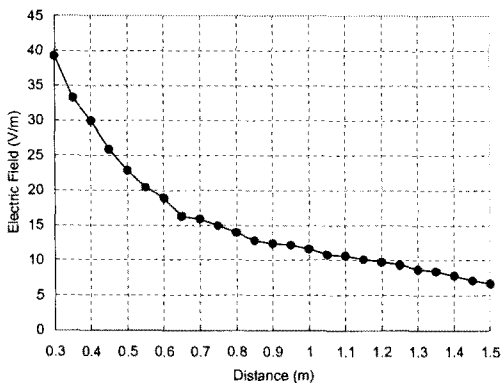


그림 6. 안테나의 주빔방향에서 측정거리에 따른 RFID 리더기 전기장 강도 측정 결과(RF 전력: 3[W])
 Fig. 6. Electric field measurement pattern according to measurement distance at main beam direction for RFID reader(RF power: 3[W])

안테나의 복사 근거리장 영역(radiating near-field region)은 다음의 식으로 표현된다[4].

$$\frac{\lambda}{4} < r \leq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (1)$$

여기서 λ 는 파장, D 는 안테나의 길이를 나타내며, 주파수 912[MHz]($\lambda \approx 33$ [cm]), $D = 20$ [cm]를 가정할 경우 피 시험기기의 복사 근거리장 영역은 식 (1)로부터 약 8.3~24[cm]로 주어진다. 따라서 $r \geq 30$ [cm]인 그림 6의 측정영역은 안테나의 원거리장 영역에 해당되는 것을 알 수 있으며, 이 영역에

서 전기장 강도는 그림 6과 같이 거리 r 에 반비례하는 특성을 보인다. 그림 6을 보면 정면에서 1.5[m]의 거리에서 측정한 경우 전기장 강도는 약 6.7[V/m]로 912[MHz] 대역에서 국내 일반인 인체보호기준인 41.52[V/m]의 16[%]에 불과했다. 그러나 시험거리가 가까워질수록 전기장 강도가 급격히 증가하여 30[cm]에서는 최대값이 약 39.2[V/m]로 인체보호기준에 근접하였다. 이는 안테나의 RF 전력을 최대값인 3[W]로 설정했기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 표 1에서 다른 종류의 RFID에 대해 지정된 측정거리인 10[cm] 혹은 20[cm]에서 측정할 경우 피시험기기의 전기장 강도는 인체보호기준을 초과할 것으로 예측된다. 이 경우 서론에서 밝힌 바와 같이 기본적인 한계가 반드시 초과되는 것은 아니며, 전자기장을 발생시키는 기기와 노출 형태에 따라 보다 상세한 평가방법이 요구된다.

4. RFID 안테나의 SAR 계산

앞장에서 실측을 통해 원거리장 영역에서의 RFID 리더 안테나 전기장 강도 측정값을 분석하였으나 프로브 head의 크기, 프로브와 안테나의 커플링, 근거리장 영역에서의 복잡한 전기장 분포 등의 문제로 RFID 안테나에 밀접한 근거리장 영역에서 전기장 강도를 직접 측정하는 데에는 여러 가지 어려움이 따른다. 또한 전기장 강도 측정값이 기준레벨을 초과할 경우 기본적으로 SAR값을 평가할 필요가 있다. 따라서 본 장에서는 CST Microwave S/W를 이용하여 RFID 안테나를 모델링하고, 휴대폰의 SAR 측정에 사용되는 표준화된 SAM 모의인체를 이용하여 RFID 안테나의 SAR값을 계산하였다.

그림 7에 CST Microwave의 CAD 기능을 통해 모델링한 RFID 안테나의 형상과 시뮬레이션을 통해 계산한 원거리 3차원 방사패턴이 나와 있다. 제조업체로부터 RFID 안테나의 CAD 파일이 제공되지 않아 직접 안테나를 분해하고 각 소자의 치수를 측정하여 모델링하였다. 안테나의 구조를 관찰하면 직교하는 2개의 패치안테나에 Wilkinson 전력분배기를 사용하여 90[°]의 위상차를 주고 전력을 공급하여 원형편파 특성을 얻는 것을 알 수 있다. 계산된 원거리

UHF 대역 RFID 시스템에서 전자기장의 인체노출량 측정 및 분석

장 방사패턴은 실측한 2차원 방사패턴(그림 5)과 유사하며, $-3[\text{dB}]$ 빔폭은 약 $60[^\circ]$ 이다. 계산된 안테나 이득은 $6.34[\text{dBi}]$ 로 제조사에서 제공하는 스펙과 일치하였다.

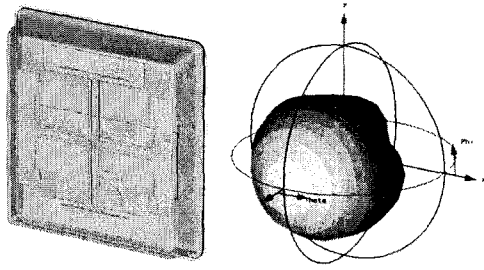


그림 7. RFID 안테나의 모델링 및 3차원 방사패턴
Fig. 7. Modeling of RFID antenna and 3-D radiation pattern

이처럼 모델링한 RFID 안테나에 의하여 SAM 모의인체(phantom)에 발생하는 SAR의 최대값을 계산하였다. 2장에서 알아본 바와 같이 RFID 안테나의 통상적인 측정거리는 $10\sim30[\text{cm}]$ 이지만 본 시뮬레이션에서는 휴대전화의 SAR을 계산할 경우와 유사

하게 SAM 모의인체의 귀부분이 안테나의 중심과 근접하도록 모델을 배치하였다(그림 8)[5]. 이는 사람의 머리가 안테나의 중심에 근접한 최악의 노출조건에서 국부 SAR값을 평가하기 위해서이며, 안테나 표면과 SAM 모델 귀부분의 최소간격은 $1[\text{cm}]$ 로 정했다. 또한 RF 전력은 제품의 기본값인 $1[\text{W}]$ 를 사용하였다.

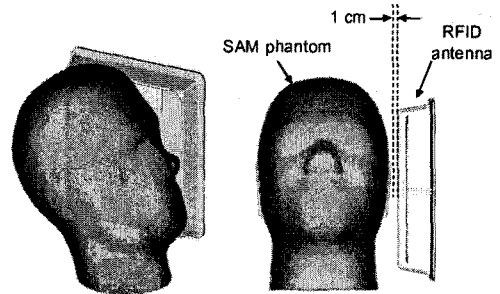
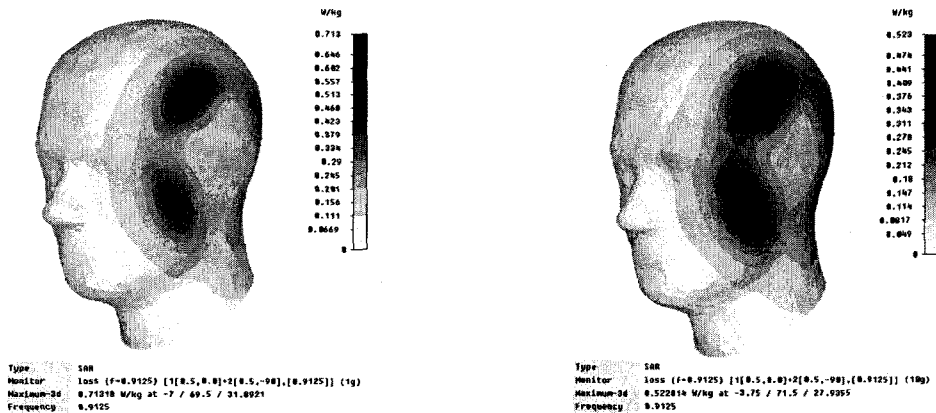


그림 8. 국부 SAR 계산을 위한 RFID 안테나와 SAM 모의인체의 배치(안테나와 모의인체의 간격: $1[\text{cm}]$)
Fig. 8. Arrangement of RFID antenna and SAM phantom for local SAR calculation (separation distance between antenna and SAM phantom: $1[\text{cm}]$)



- (a) RFID 안테나에 의한 SAM 모델의 1(g) 평균 SAR 분포
- (a) 1(g) averaged SAR distribution in SAM phantom model due to RFID antenna
- (b) RFID 안테나에 의한 SAM 모델의 10(g) 평균 SAR 분포
- (b) 10(g) averaged SAR distribution in SAM phantom model due to RFID antenna

그림 9. RFID 안테나에 의한 SAM 모델의 SAR 분포(안테나와 모의인체의 간격: $1[\text{cm}]$)
Fig. 9. SAR distribution in SAM phantom model due to RFID antenna(separation distance between antenna and SAM phantom: $1[\text{cm}]$)

그림 9에 CST Microwave S/W를 이용하여 시물레이션한 국부 SAR의 분포가 나와있다. Hot spot (열점)이 좁은 부위에 집중되는 휴대전화의 SAR 분포와는 달리 RFID 안테나는 패치 안테나의 크기와 방사패턴에 의해 비교적 넓은 부위에 hot spot이 나타나는 것을 관찰할 수 있다. 국부 SAR의 최대값은 1[g] 평균의 경우 0.713[W/kg]으로 국내 인체보호기준인 1.6[W/kg]보다 낮았으며, 10[g] 평균값도 0.522[W/kg]으로 EU의 보호기준인 2.0[W/kg] 보다 낮은 값을 나타냈다. 안테나와 머리의 거리가 멀어질수록 SAR값은 급격하게 감소하므로 RFID 안테나의 전기장 측정거리인 10~30[cm]에서 국부 SAR값은 거의 무시할 수 있을 정도로 작은 값으로 감소할 것으로 예측할 수 있다.

5. 분석 결과 및 고찰

EN과 IEC 국제표준에서는 RFID 리더기에서 발생하는 전자기장의 인체노출량 평가를 위한 전기장 강도 측정거리를 리더기의 출력이나 주파수가 아니라 설치형태에 따라 지정하고 있다(표 1). 이는 사람이 측정대상기기를 통상적으로 사용하는 자세나 위치에 대해 기준레벨을 평가하는 전자기장 인체보호기준의 원칙이 반영된 것으로 보인다. 그러나 이러한 측정표준은 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. 첫 번째, 설치형태에 따라 표 1에서 지정한 구분이 확실하지 않은 경우가 있을 수 있다. 두 번째, 사용 위치가 비교적 일정한 휴대전화 등과는 달리 RFID 리더기의 경우는 이러한 설치형태에 따른 통상적 사용 위치가 지켜지지 않을 가능성이 높으며, RFID 리더기가 설치된 작업장에서 근무하는 직업인의 경우 이러한 문제가 커질 수 있다. 세 번째, 리더기의 주파수 대역에 따라 안테나 주위의 전자기장 분포가 바뀌어 측정거리에 따른 기준레벨과 기본한계의 상관관계도 변하게 된다.

이러한 문제점을 고려한다면 EN이나 IEC 표준과 같이 설치형태에 따라 일괄적으로 전기장 강도 측정거리를 정하는 것보다는 일정 주파수 대역에서 시판되는 다양한 리더기의 기준레벨과 기본한계의 관계를 조사, 분석하고 이를 바탕으로 특정 주파수 대역

에 대한 전기장 강도 측정거리를 선정하는 것이 보다 바람직한 것으로 판단된다.

본 연구에서 측정, 계산한 결과에 따르면 30[cm] 측정거리에서 전기장 강도가 기준레벨에 근접하는 UHF 대역 상용 안테나의 경우, 인체영향과 직접 연관된 기본한계인 SAR 값은 안테나와 모의인체 사이의 거리가 1[cm]인 경우에도 기준값의 45% 미만인 것을 확인할 수 있었다. 이는 전기장 강도 측정거리가 30[cm]보다 짧을 경우 그 측정값이 기준레벨을 초과할 가능성이 높고, 그 경우 다음 단계로 기본한계인 SAR을 측정하거나 계산해야 하지만, 실제 SAR 값을 계산할 경우 전자기장에 의한 인체영향은 거의 없다는 것을 의미한다. 따라서 앞으로 동대역에서 여러 가지 형태의 RFID 안테나에 대해 추가적인 측정과 계산에서 유사한 결과가 도출된다면 국내 표준에서는 900[MHz] 대역의 RFID 안테나 전기장 강도 측정거리를 30[cm]로 지정하는 것이 불필요한 SAR 측정을 줄이고 시간과 비용을 절약할 수 있는 방법으로 생각된다. 13.56[MHz]를 포함한 다른 주파수 대역의 RFID에 대해서는 전자기장 분포와 기본한계값의 정의가 달라지므로 별도의 연구가 필요한 것으로 사료된다.

6. 결 론

본 연구에서는 인체노출량 평가를 위해 UHF 대역 RFID 안테나의 전기장 강도 실측을 수행하였으며, 측정결과 최대 RF 전력조건에서 거리 30[cm] 이내에서는 전기장 강도가 기준레벨을 초과할 가능성이 있는 것으로 나타났다. 그러나 안테나의 모델링과 SAM 모의인체를 이용한 시물레이션을 통하여 실제적으로 인체에 영향을 미치는 기본한계인 국부 SAR을 계산한 결과 RF 전력이 1[W]일 경우 머리와 안테나 간격이 1[cm]인 경우에도 인체보호기준을 만족하는 것으로 나타났다. 따라서 본 실험에서 쓰인 RFID는 실생활에서 발생하는 대부분의 노출조건에서 일반인과 직업인 모두 인체보호기준을 만족하는 것으로 확인되었다. 다만 직업인의 경우 최대 RF 전력으로 작동하는 RFID 안테나에 1[cm] 이내로 인체를 밀착시키고 장시간 근무하는 것은 예방적 측면

에서 바람직하지 않을 것으로 보인다.

향후 본 연구와 추가적인 측정을 기반으로 국내 실정에 맞는 측정표준이 개발되면 RFID 전자파에 대한 일반 대중의 불안감을 해소하고 안전한 사용방법을 확립하여 관련 산업의 활성화에 기여할 것으로 보인다. 또한 본 연구결과는 RFID 장비를 사용하는 작업장을 위한 안전한 사용지침이나 근무지침 개발에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 송실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음.

References

- (1) International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, "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, 1998.
- (2) IEEE Std C95.1-2005, "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz", 2006.
- (3) The European Standard EN 50357:2001, "Evaluation of Human Exposure to Electromagnetic Fields from Devices Used in Electronic Article Surveillance(EAS), Radio Frequency Identification(RFID) and Similar Applications", 2001.
- (4) IEC 62311(Ed.1.0), "Assessment of Electronic and Electrical Equipment Related to Human Exposure Restrictions for Electromagnetic Fields(0 Hz - 300 GHz)", 2007.
- (5) Ae-Kyoung Lee and Jeong-Ki Paek, "Study on the Tissue Volume for Spatial-paek Mass-averaged SAR Evaluation", IEEE Transactions on EMC, Vol. 44, No 2, pp. 404-408, 2002.

◇ 저자소개 ◇

변진규 (邊陳奎)

1972년 7월 13일생. 1995년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1997년 동 대학원 전기공학부 졸업(석사). 2001년 동 대학원 전기공학부 졸업(박사). 현재 송실대학교 전기공학부 교수.
관심분야 : 인체유도전류 평가, 전자소자 최적설계 등

윤재훈 (尹在燾)

1960년 9월 10일생. 1984년 중앙대학교 전자공학과 졸업. 1986년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원 전자공학과 졸업(박사). 현재 한국전자통신연구원 전자파환경팀장.
관심분야 : 안테나기술, 전자파환경기술, 이동통신 및 방송기술