

# EAS, RFID 및 이와 유사한 근거리 기기의 전자파 인체 노출량 평가

홍 선 의 · 최 형 도

한국전자통신연구원

## I. 서 론

최근 도서관, 상점, 공항 수하물 검사 및 수하물 이동, 물품 추적 및 관리 등 생활 주변 및 작업 환경에 EAS(Electronic Article Surveillance), RFID(Radio Frequency Identification) 및 이와 유사한 근거리 기기들이 사용이 증가되고 있다<sup>[1]</sup>. 이와 같은 근거리 기기와 관련된 전자파 인체 노출 상황은 매우 다양하고 복잡하다. 이것은 시스템에 따라 사용 주파수 영역 및 펄스 형태 등의 전자파 방출의 공간적, 시간적 특성이 다르고, 시스템의 설계와 물리적 구조도 다르기 때문이다. 따라서 노출량 평가의 정확성을 향상시키기 위해서는 여러 형태의 근거리 기기들에 대해 노출 평가에 요구되는 신뢰성 있는 측정 데이터들을 수집할 필요가 있다.

국내에서도 EAS, RFID 및 이와 유사한 근거리 기기들의 응용 분야가 늘어나면서 이러한 기기들에 의한 전자파 인체 영향 가능성에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 국제전기기술위원회(IEC: International Electro-technical Commission)에서는 EAS, RFID 및 이와 유사한 시스템에 대한 전자파 인체 노출량 평가 방법에 대한 표준을 2008년 발표하였다<sup>[2]</sup>. 그러나 현재 국내에서는 이러한 근거리 기기들에 대한 공중선 전력이나 이득에 대한 기술 기준<sup>[3]</sup>은 있으나, 전자파 인체 노출량 측정에 대한 표준이나 기술 기준은 없는 상태이다.

본고에서는 EAS, RFID 및 이와 유사한 근거리 기기에 의한 전자파 인체 영향 연구 및 표준 동향과 현재 정보 통신 단체 표준이 진행되고 있는 초안에 대해 기술하였다.

## II. 인체 영향 연구 및 표준화 동향

현재까지 이루어진 EAS, RFID 및 이와 유사한 근거리 기기에 대한 노출량 평가는 일반인에 대한 직접적인 노출량 평가보다는 EAS, RFID 시스템과 인공심장 등 인체에 이식된 의료 기기와의 간섭 여부 평가, 공항 수하물 관리 시스템에 RFID를 적용하였을 때의 직업인 노출량 평가 등의 연구가 진행되어 왔다.

홍콩의 Wong 등은 수하물 관리에 900 MHz RFID 시스템을 채택한 홍콩 국제 공항의 직업인 노출량 평가에 관한 논문을 발표했다<sup>[4]</sup>. 이 시스템의 동작 주파수는 920~925 MHz, 최대 출력은 4 W EIRP(Effective Isotropic Radiated Power)이며, 인식 거리는 0.3~5 m이다. 인식거리의 한계 때문에 리더기들은 RFID 태그가 부착된 수하물에서 1~3 m 떨어진 거리에 설치되며, 이로 인해 수하물 적재 구역에서 작업자들은 리더기의 배열 안테나로부터 근접한 곳에서 노출되는 상황이 발생할 수 있다. 공항 내의 다양한 장소를 측정할 결과, RFID에 의한 전기장 강도는 ICNIRP(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) 기준<sup>[5]</sup> 값에 크게 미달하였으며, RFID 시스템의 사용은 안전한 것으로 확인되었다.

스웨덴의 Trulsson 등은 도서관, 상점에서 사용되고 있는 11개의 EAS 시스템에 대한 전자파 강도를 측정하였으며<sup>[6]</sup>, 측정에는 유럽 표준(EN 50367)이 이용되었다<sup>[7]</sup>. 각 EAS 시스템에 대해 45개의 측정 격자 지점에서 전자파 강도가 측정되었으며, 그 평균값이 ICNIRP 기준 값과 비교되었다. 6개의 EAS 시스템이 기준 값을 초과되었지만, 기준 한계를 초과했는지에 대한 평가를 위해 유도 전류 밀도 계산과 측정 위치에 대

한 추가적인 평가 방법에 대한 연구가 필요하다는 의견을 제시하였다.

근거리 기기에 의한 전자파 노출은 가열을 일으킬 수 있을 강도에 비해 매우 낮으며, 이러한 낮은 레벨 노출에서는 동물 실험, 자원자 실험 등의 결과에서 생식 기능, 면역 기능, 암 발생 등에 대해 아직까지 어떠한 일관된 영향도 발견되지 않고 있다. 또한, 이러한 기기의 전자파가 생체 영향을 일으킬 수 있는 어떠한 기전(mechanism)도 확립되지 않았으며, EAS, RFID 및 이와 유사한 근거리 기기에서 이용되고 있는 펄스 신호나 변조 신호가 생체에 더 강한 자극을 줄 수 있다는 증거도 밝혀지지 않았다<sup>[8]</sup>.

또한, 근거리 기기들에 의한 전자파 인체 영향에 대한 역학 연구도 아직까지 수행되었다는 보고가 없으며, 대부분의 역학 연구는 ELF 노출이나 휴대폰 전자파 노출에 집중되어 있다. 휴대폰 전자파에 대한 지금까지의 역학 연구 결과는 관련성이 없는 것으로 나타난 경우가 대부분이며, 장기 노출에 대한 영향 등에 대해서는 아직도 다수의 역학 연구가 진행 중이다.

앞에서 살펴본 바와 같이 근거리 기기의 고유한 특성을 갖는 펄스 신호나 변조 신호의 전자파에 대한 인체 영향 연구는 거의 이루어지지 않고 있으며, 생체 영향 연구는 대부분이 휴대폰이나 기지국 전자파 영향에 관한 것이다.

근거리 기기에서 나오는 전자파의 인체 영향과 별도로 전자파가 심장 박동기와 세동 제거 등 인체에 이식된 의료 기기와 전자파 간섭을 일으키는 사례에 대해 많은 보고가 있는 것으로 알려져 있다<sup>[1]</sup>. ICNIRP에서는 이러한 간섭을 예방하기 위해 가능한 범위에서 EAS나 RFID 시스템의 전자파 방출을 낮추고 의료 기기 제조업체와 근거리 기기 제조업체가 협력하여 이러한 간섭의 위험을 최소화할 것을 권고하고 있다.

한편, 휴대폰 및 이동형 무선 통신 기기의 제품군별 전자파 인체 노출량 평가 표준화를 담당하는 국제 기구인 IEC TC106 WG4에서는 EAS, RFID 및 이

와 유사한 근거리 기기에 대한 전자파 노출량 평가에 대한 표준 IEC 62369-1을 2008년 10월 출판하였다. 이 표준은 기존에 발표되었던 유럽 표준 EN 50367을 거의 그대로 따르고 있으며, 이 표준에 다중 노출원에 대한 평가 방법 및 수치 해석 기법에 대한 내용이 추가되었다.

IEC 표준에서는 근거리 기기에 대한 전자파 노출량 평가를 위해 단계별 접근 방법을 제시하고 있다. 1 단계에서는 기준 값과의 비교를 위한 간단한 측정이다. 2 단계에서는 기본 한계와 비교를 위한 분석 기법이 결합된 복잡한 측정이나 계산이며, 마지막 단계에서는 기본 한계와 비교를 위한 정밀한 모델링 및 해석 기술을 사용한다. 평가 방법을 단계별로만 실시하는 것이 아니며, 피시험기의 사용 환경에 따라 적절한 단계를 선택하여 평가할 것을 권고하고 있다.

### III. EAS, RFID 및 이와 유사한 근거리 기기에 대한 측정 방법

본 절에서는 전자파 인체 노출 표준위원회에서 작성 및 검토되어 현재 진행되고 있는 표준 초안의 내용을 간략하게 소개하고자 한다.

EAS, RFID 및 이와 유사한 근거리 기기에 대해 IEC 표준에서 제시하는 전자파 적합성을 평가하는 방법에는 여러 단계 및 방법이 있다. 하지만 모든 단계와 방법을 실제 전자파 인체 노출량 적합성 평가에 적용하기는 어렵다. 유도 전류 및 접촉 전류 측정을 통한 평가 방법의 경우 몇몇 계측기 업체들이 클램프식 변류기 등과 같은 유도 전류 측정 기기를 제공하고 있다. 그러나 이러한 측정 기기를 이용한 무선 기기에 대한 측정 방법과 측정 기기에 대한 유효성 및 정밀성과 관련된 정보가 많지 않으며, 이와 같은 이유로 국내 전자파 인체 보호 기준에도 유도 전류 및 접촉 전류에 대한 기준 값을 포함하지 않고 있다. 또한, 국내 전자파 인체 노출 기준의 적용은 측정에

의한 방법을 원칙으로 하고 있어 전자파 강도, 유도 전류 밀도 및 전자파 흡수율에 대한 수치 해석적 방법을 국내 표준에 적용하기는 어렵다. 따라서 유도 전류 및 접촉 전류에 대한 측정 평가 및 수치 해석적 평가 방법을 국내 표준에 적용하기 어려워 현재 진행되고 있는 표준에는 전자파 강도 측정 방법에 의한 평가만을 적용하였다.

표준은 EAS, RFID 시스템 및 이와 유사한 근거리 기기에 대하여 전자파 강도 측정을 통해 전자파 인체 노출량을 평가하는 방법을 기술하였으며, 내용은 측정 환경, 측정 기기 및 피시험기기 조건, 측정 방법, 시험 성적서 등으로 구성되어있다.

온도나 습도, 피시험기기로부터의 전자기장 복사를 제외한 기타 외부 전자기장 발생원 및 주위 환경에 의한 임의의 반사가 측정 결과에 영향을 주지 않는 환경에서 측정이 이루어져야 한다.

측정 기기는 일반적으로 계측기, 케이블, 수신 안테나로 구성되는데, 계측기는 전자파 강도의 실효값을 측정할 수 있어야 하고, 수신 안테나의 응답은 등방성 또는 무지향성이어야 하며, 스푸리어스 응답 없이 특정 전자파 파라미터에 응답해야 한다. 또한, 측정 기기의 대역폭은 피시험기기에서 발생하는 기본 주파수 성분을 포함하여 무시할 수 없는 모든 고주파 성분을 정확히 측정할 수 있어야 한다. 시간에 따라 성능이 변화하는 측정 기기는 교정 유효 기간 이내의 것을 사용해야 한다.

피시험기기는 가능한 실제 사용되는 최악의 노출 조건에 맞추어 측정되어야 하며, 출력은 조정이 가능하다면 이를 최대로 설정하거나 제조업체의 설정 지침에 따라 조정하여 통상의 동작 신호에서 시험되어야 한다.

측정 기기의 수신 안테나 지지대와 피시험기기 지지대는 낮은 손실 탄젠트( $\tan \delta \leq 0.05$ )와 낮은 상대 유전율( $\epsilon_r \leq 5$ )을 가져야 한다.

전자파 노출 적합성을 평가하기 위해서는 기기의

설치 형태와 인체의 노출 부위를 고려하여 실시하여야 한다. 일반적으로 EAS, RFID 및 이와 유사한 근거리 기기들은 인체의 몸통 및 머리 주변에 위치하게 되며, 이들 위치에서 전자파 인체 노출 적합성을 평가하여야 한다. 적합성 평가는 해당 신체 부분의 공간 평균값을 얻기 위해 [그림 1] 및 [그림 2]와 같은 격자 구조를 사용하며, <표 2>에 격자 구조의 치수를 나타내었다.

진행 중인 표준에서는 다루는 기기의 유형은 단일 스탠드형, 이중 스탠드형, 데스크 설치형, 터널형, 바닥 설치형, 천장 설치형, 바닥/천장 설치형, 벽면 설치형, 휴대용 기기이며, 이 기기들에 대한 측정 위치는 기기 유형에 따른 노출 인체 부위에 따라 달라진다.

단일 스탠드형 기기([그림 3]), 이중 스탠드형 기기([그림 4]) 및 터널형 기기([그림 8])은 바닥면으로부터 85 cm 높이와 20 cm 이격 거리에서 15 cm 간격으로 45개의 격자 지점에서 측정을 실시한다.

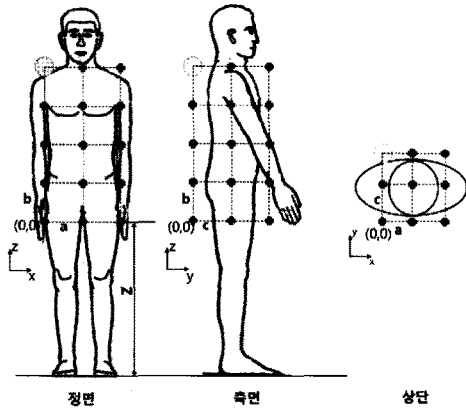
바닥 설치형 기기([그림 5]), 천장 설치형([그림 6]) 및 바닥/천장 설치형 기기([그림 7])은 바닥 면으로부터 85 cm 높이에서 15 cm 간격으로 45개의 격자 지점에서 측정한다. 이들 기기의 경우, 안테나 중심 또는 주 빔의 방향이 격자 구조의 중심 축과 일치하도록 한다.

천장 설치형, 바닥/천장 설치형 및 터널형 기기는 최악의 노출 상황을 고려하여 몸통 격자 구조 또는 머리 격자 구조 또는 몸통 및 머리 격자 구조를 적용

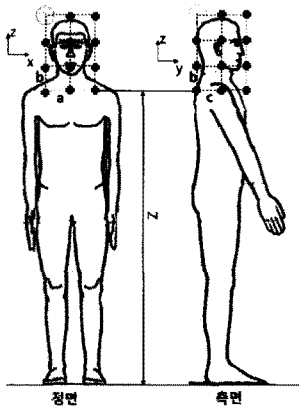
<표 1> 일반적인 격자 구조의 치수

구조	측정 영역 (cm)	
	a/b/c	Z
몸통	15	85
머리	10	145

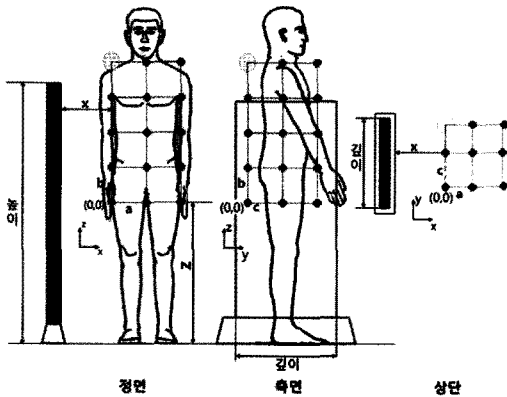
- a, b, c: 격자 간격
- Z: 바닥면으로부터 측정 높이
- 머리 격자 구조의 전체 높이와 Z의 총합계는 175 cm이며, 이것은 일반인 신장에 해당함



[그림 1] 일반적인 몸통 격자 구조



[그림 2] 일반적인 머리 격자 구조



[그림 3] 단일 스탠드형 기기

할 수 있다. 데스크 설치형 기기([그림 9])는 일반적인 작업자의 위치를 고려하여 바닥 면으로부터 85 cm 높이, 30 cm 이격 거리에서 15 cm 간격으로 45개의 격자 지점에서 측정한다.

벽면 설치형 기기([그림 10])는 20 cm 이격 거리에서 15 cm 간격으로 45개의 격자 지점에서 측정하며, 휴대용 기기([그림 11])는 인체에 더 근접하여 사용할 수 있기 때문에 이격 거리를 10 cm로 한다. 실제 상황에서의 사용 조건에 따라 이보다 더 가까워질 수 있고 멀어질 수도 있으며, 측정 간격은 15 cm로 하여 45개의 격자 지점에서 측정한다.

벽면 설치형과 휴대용 기기의 경우, 기기의 설치 높이에 따라 몸통에 가까울 때는 바닥면으로부터의 측정 높이를 85 cm, 머리 가까이 설치될 경우에는 145 cm로 설정하고 몸통 및 머리 격자 구조를 각각 사용한다.

상기에서 제시된 기기 설치 형태나 인체의 노출 부위가 다른 경우에는 별도의 측정 위치를 사용할 수도 있다.

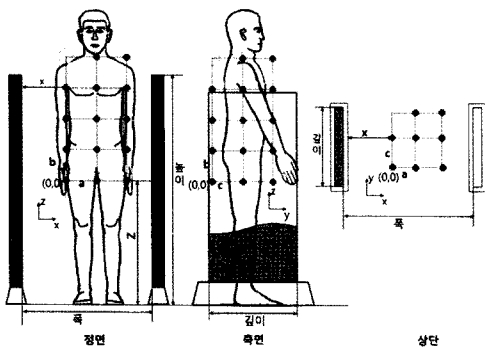
[그림 3]에서 [그림 11]까지의 기기 설치 정보, 측정 간격, 이격 거리를 <표 2>에 정리하였다.

측정 절차는 [그림 12]와 같다. 측정 환경, 측정 기기 및 피시험기기 조건의 적합 여부를 확인하고, 통상 동작 신호에서 최대 출력 또는 제조사의 지침에 따라 출력을 설정한다.

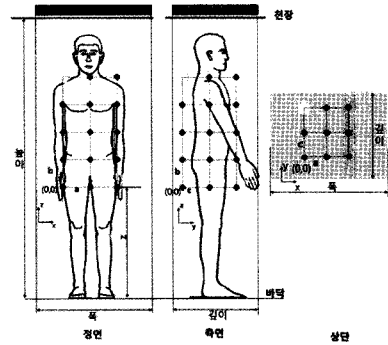
계측기의 분해능 대역폭과 피시험기기 대역폭을 동일하게 조정하고 계측기의 검파 모드를 실패값으로 설정한다.

기기 설치 유형 및 인체 노출 부위에 따라 측정 위치를 설정하고, 각 측정 위치에서 전기장 강도 또는 자기장 강도를 측정한다. 전자파 강도는 6분간 측정하여 평균값을 산출하여 기록하고, 산출된 전자파 강도로부터 공간 평균값과 노출 지수를 구한다.

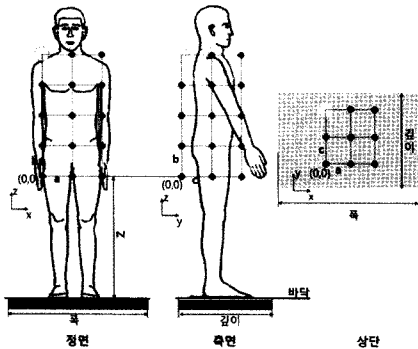
마지막으로 기기에 대한 적합성 여부를 판단한다. 노출 지수가 0.7 이상일 경우 정보 통신 단체 표준 TTA.



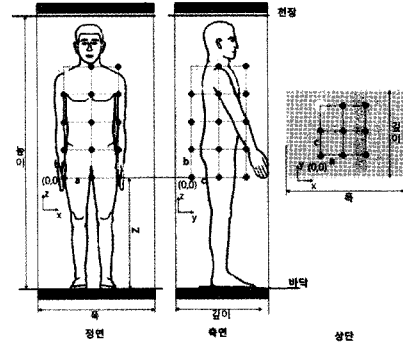
[그림 4] 이중 스탠드형 기기



[그림 6] 천장 설치형 기기



[그림 5] 바닥 설치형 기기



[그림 7] 바닥/천장 설치형 기기

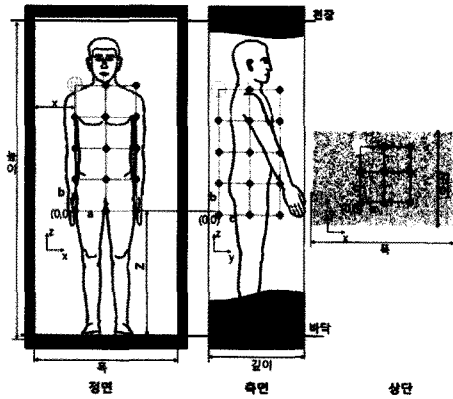
<표 2> 측정 위치

	측정 영역 <sup>(1)</sup> (cm)			기기 설치 정보 <sup>(2)</sup> (cm)		
	a/b/c	X	Z	높이	폭	깊이
단일 스탠드형 기기	15	20	85	120~160	—	40~80
이중 스탠드형 기기	15	20	85	120~160	70~200	40~80
바닥 설치형 기기 <sup>(3)</sup>	15	—	85	—	60~100	40~80
천장 설치형 기기	15	—	85	210~300	60~100	40~80
바닥/천장 설치형 기기 <sup>(3)</sup>	15	—	85	210~300	60~100	40~80
터널형 기기	15	20	85	210~300	70~300	0.5~50
데스크 설치형 기기	15	30	85	70~90	20~40	20~40
벽면 설치형 기기	15	20	—	60~160	20~100	20~50
휴대용 기기	15	10	—	70~140	영역: 100~200 cm <sup>2</sup>	

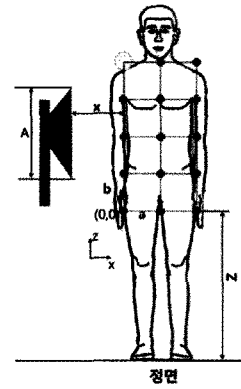
(1) a, b, c는 격자 간격, X는 이격거리, Z는 바닥면으로부터 측정 높이를 나타낸다.

(2) 이 수치는 대부분의 기기가 설치되는 영역을 나타낸다. 일부 기기의 설치 영역은 이 범위를 벗어날 수도 있다.

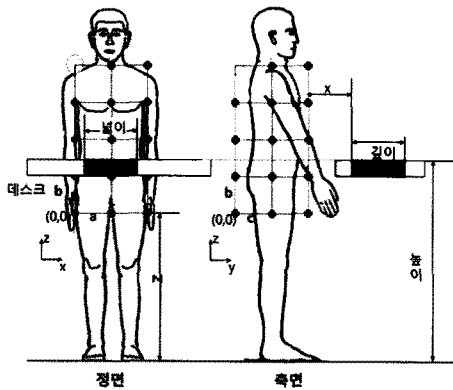
(3) 일부 기기는 바닥 표면 아래 최소 거리에 매설되기도 한다. 설치 문서에 관련 요건이 명확히 명시되어 있는 경우, 이 거리를 Z 크기에 더할 수 있다.



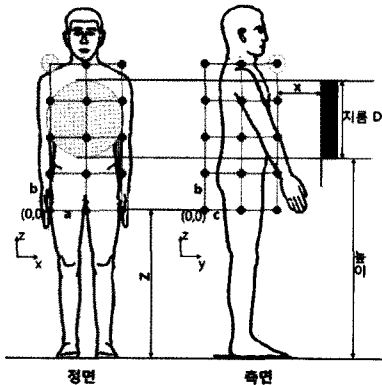
[그림 8] 터널형 기기



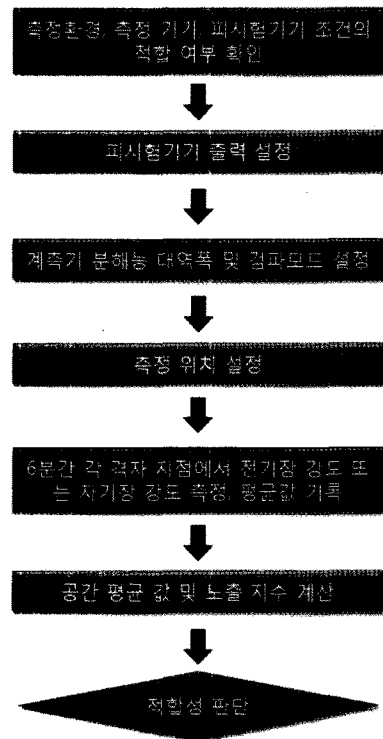
[그림 11] 휴대용 기기



[그림 9] 데스크 설치형 기기



[그림 10] 벽면 설치형 기기



[그림 12] 측정 절차

KO-06.0231<sup>[9]</sup>에 따라 국부 전자파 흡수율을 측정하여야 한다.

시험 성적서에는 시험 기관, 시험 신청 기관, 측정

일자, 시험 환경, 측정 기기에 대한 상세 내역, 측정 시스템 구성도, 피시험기기의 상세 명세서, 피시험기기의 측정 위치, 측정 주파수, 측정 결과 및 피시험기기의 적합성 여부를 기록한다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 EAS, RFID 및 이와 유사한 근거리 기기에 의한 전자파 인체 영향 연구 및 표준 동향과 현재 진행되고 있는 국내 정보 통신 단체 표준 초안에 대해 기술하였다. 현재까지는 근거리 기기의 고유한 특성을 갖는 전자파에 대한 인체 영향 연구는 거의 이루어지지 않고 있으며, 생체 영향 연구는 대부분이 휴대폰이나 기지국 전자파 영향에 관한 것이었다. 또한, 국제 표준에서 제시하고 있는 평가 방법들을 모두 전자파 노출량 적합성 평가에 적용하기는 현실적으로 어려워 국내 전자파 인체 보호 기준의 조화를 위하여 현재 진행 중인 표준에는 전자파 강도 측정을 적합성 평가에 적용하도록 하였으며, 노출지수가 일정 기준 이상이면 국부 전자파 흡수율 평가를 권고한다. 전자파 강도 측정을 통해서 전자파 EAS, RFID 및 이와 유사한 근거리 기기에 대한 전자파 인체 노출 적합성을 판단하기 어려울 수도 있다. 향후에는 유도 전류 및 전류 측정, 수치 해석적 평가 방법에 대한 타당성 연구를 통해 전자파 인체 노출 적합성 평가 방법에 대한 다양성을 확보해야 한다.

#### 참 고 문 헌

- [1] The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "ICNIRP statement related to the use of security and similar devices utilizing electromagnetic fields," *Health Physics*, vol. 87, pp. 187-196, 2004.
- [2] IEC 62369-1, "Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from short range devices(SRDs) in various application over the frequency range 0 GHz to 300 GHz -Part 1: Fields produced by devices used in electronic article surveillance, radio frequency identification and similar systems", 2008. Oct.
- [3] 방송통신위원회고시 제2010-1호, "무선설비규칙", 2010년 1월.
- [4] Y. F. Wong, P. Wu, D. Wong, D. Chan, L. Fung, and S. Leung, "RFI assesment on human safety of RFID system at HongKong International Airport", *17th International Zurich Symposium on EMC*, pp. 108-111, 2006.
- [5] ICNIRP, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromanetic fields (up to 300 GHz)", *Health Phys.*, vol. 74, pp. 494-522, 1998.
- [6] J. Trulsson, J. Anger, and U. Estenberg, "Assessment of magnetic fields surrounding electronic article surveillance systems in Sweden", *Bioelectromagnetics*, vol. 28, no. 8, pp. 664-666, 2007.
- [7] EN 50357, "Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from devices used in EAS, RFID and similar application", 2001. Oct.
- [8] ICNIRP, "Possible health risk to the general public from the use of security and similar devices", 2002.
- [9] 정보통신단체표준 TTAK.KO-06.0231 "인체에 근접하여 사용하는 휴대용 무선통신기기의 전자파 흡수율 측정절차(30 MHz~6 GHz)", 2010.

≡ 필자소개 ≡

홍 선 의



1997년: 충남대학교 (공학사)  
1999년: 충남대학교 (공학석사)  
1999년~현재: 한국전자통신연구원 전자파환경연구팀 선임연구원  
[주 관심분야] 전자파 노출량 해석

최 형 도



1986년 2월: 고려대학교 재료공학과 (공학사)  
1989년 8월: 고려대학교 재료공학과 (공학석사)  
1996년 8월: 고려대학교 재료공학과 (공학박사)  
1997년 1월~현재: 한국전자통신연구원

전자파환경연구팀장  
[주 관심분야] EMI/EMC, 전자파 인체영향