

RFID/USN 환경에서 전자파인체보호기준 연구

노선식*, 이동은**

*광주대학교 정보통신학과, **청운대학교 인터넷컴퓨터학과

A Study on Guidelines for Limiting Human Exposure Under RFID/USN Environment

Sun-Sik Roh*, Dong-Eun Lee**

* Dept. of Information & Communication Engineering, Gwangju Univ.

** Dept. of Internet Computer, Chungwoon Univ.

E-mail : ssroh@gwangju.ac.kr

요 약

유비쿼터스 사회를 구현하기 위한 핵심기술로 RFID/USN이 유력하다. 하지만 RFID 기술이 구현되기 전부터 RFID를 사용함으로써 발생하는 RFID 전자파의 유해성 문제가 RFID/USN 확산의 저해 요인으로 대두되고 있다. 본 논문에서는 RFID/USN에서 사용하는 전자파의 특성에 기술하고, 전자파가 인체에 미치는 영향 및 이에 대한 연구 동향에 대하여 분석한다. 또한 세계 각국 및 표준화기구의 전자파 규제 동향에 대하여 분석하고, 이를 기반으로 국내의 전자파 인체 보호 기준을 RFID/USN 전자파 관점에서 분석한다. 최종적으로 RFID/USN 환경에서 전자파에 대한 규제 방안을 제시한다.

1. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)/USN(Ubiquitous Sensor Network)은 유비쿼터스 환경을 가능하게 하는 핵심기술로서, 필요한 모든 곳에 RFID 태그를 부착하여 사물의 인식정보 및 모든 환경 정보를 탐지하고 이를 네트워크에 연결하여 정보를 관리하는 것을 의미한다. 현재 RFID는 물류/유통, 자산추적, 보안 등의 분야에 적용되고 있다. 세계 각국에서는 유비쿼터스 사회를 구현하는데 있어서 선도주자가 되기 위해 국가적인 지원을 기반으로 유비쿼터스 기술 개발 및 표준화에 많은 노력을 기울이고 있으므로, 산업전반에 걸쳐 다양한 영역으로 확산이 전개될 전망이다.

RFID를 이용한 미래 사회의 구축은 통신에 전자파를 이용하는 대표적인 경우이다. 이로 인해 RFID/USN에서 사용하는 전자파가 생체에 좋지 않은 영향을 미치고 있는 것이 아닌가 하는 불안과 의문이 제기되고 있으며, RFID 전자파의 유해성 문제는 유비쿼터스 사회구현을 위한 RFID/USN의 확산에 있어서 핵심적인 저해 요인이 되고 있다. 따라서 유비쿼터스 사회를 구현하고 RFID/USN을 사회 전반에 확산하기 위해서는 RFID/USN의 전자파 유해성에 대한 불안을 해소시킬 수 있는 방안의 제시가 우선적으로 이루어

져야 한다.

본 논문에서는 RFID/USN에서 사용하는 전자파의 특성에 기술하고, 전자파가 인체에 미치는 영향 및 이에 대한 연구 동향에 대하여 분석한다. 또한 세계 각국 및 표준화기구의 전자파 규제 동향에 대하여 분석하고, 이를 기반으로 국내의 전자파 인체 보호 기준을 RFID/USN 환경에서 전자파에 대한 규제 방안을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 RFID 전자파의 특성에 대하여 기술하고, 3장에서 전자파의 인체영향 및 기존 인체영향에 대한 연구들을 분석한다. 4장에서는 각국의 전자파 인체보호 기준의 동향에 대하여 분석하고, 이를 기반으로 국내 전자파인체보호기준을 기반으로 RFID 전자파의 인체보호기준에 대하여 분석한다.

II. RFID 주파수 특성

RFID 시스템은 태그(Tag), 리더(Reader), 미들웨어(Middleware), 호스트 컴퓨터, 네트워크로 구성된다. RFID 태그와 리더는 무선주파수(Radio Frequency)를 이용하여 상호 데이터를 전송한다. RFID에서 사용하는 무선주파수는 주파수 대역에 따라 124/134KHz의 저주파(LF: Low Frequency), 13.56MHz 대의 고주파(HF: High Frequency),

860/960MHz 대의 초고주파(UHF: Ultra High Frequency), 2.45GHz이상의 마이크로파 등으로 분류할 수 있다.

RFID는 사용하는 주파수에 따라 주파수의 특성이 다르기 때문에 사용되는 RFID 태그의 특성 및 적용 가능한 응용 분야도 다르다. RFID에서 사용하는 주파수 대역별 특징, RFID 태그 특징 및 응용분야는 표 1과 같다[1].

낮은 주파수 일수록 데이터 전송거리는 짧으나 전송 신뢰성이 높고, 반면 높은 주파수 일수록 데이터 전송거리는 크나 투과성의 문제 등으로 전송 신뢰성이 낮다. 최근 전송거리와 전송 신뢰성 양면을 고려할 때 UHF RFID가 가장 관심을 끌고 있다.

RFID는 주파수 특성에 따라 다양하게 이용되고 있으며, 국내외에서 새로운 대처 방안이 추진되고 있다. 특히 각 국에서 유비쿼터스 사회를 구현하기 위해 RFID를 여러 가지물건에 부착하여 다양한 용도로 사용하도록 하기 위해 이용가능한 주파수의 선택폭을 늘리려고 하고 있다.

표 1. RFID 주파수 특성

주파수	일반적인 특징	응용분야	
저주파 125~134 KHz	비교적 고가, 신호 간섭 적음, LIN 전송 속도, LIN 인식 속도	가축/동물 관리 공정자동화 보안출입 POS	
고주파 13.56 MHz	저가, 금속 물질과 신호간섭, 짧은 인식 거리와 다중 태그 인식이 필요한 응용 분야	수하물관리 대여물관리 교통카드 스마트카드 출입통제/ 보안	
극초단파	433.92 MHz	긴 인식거리, 실시간 추적 및 컨테이너 내부 습도, 충격 등 환경 센싱	컨테이너 관리 실시간 위치 추적
	860~930 MHz	저렴, 다중태그인식 거리와 성능이 가장 뛰어나, 많은 전력 소모, 주파수 정책이 통일되지 않음	공급사슬 관리 (물류/유통) 자동통행료 징수 수하물 트래킹
마이크로파 2.45/5/8 GHz	.900대역태그와 유사한 특성, 환경에 대한 영향을 가장 많이 받음, 각국별로 마이크로파에 대한 정책이 통일되지 않음	공급사슬 관리 소비재 위조방지	

III. 전자파의 인체 영향

가. 일반적인 영향

일반적으로 전자파가 인체에 미치는 영향은 다음과 같다[2-4].

- 열 작용 및 영향 : 전자파가 인체에 도달하게 되면 조직 속에 내부 전계가 생기여 전류밀도가 발생하고 그에 따라 열이 발생한다. 생체 내에 열이 발생하면 행동의 변화나 다양한 생리학적 영향이 나타난다. 또 대폭적인 체온상승은 기형을 유발하기도 하고 심한 경우에는 치사에 이르게 할 수도 있다.

- 자극 작용 및 영향 : 전자파가 인체에 도달하면 체내에 유도된 전류가 신경을 자극하는 자극 작용이 발생한다. 자극작용은 고주파보다는 저주파일 때 현저하게 나타난다. 체내의 전기 및 화학적 변화에 의하여 신경계의 기능은 영향을 받기 때문에 아주 강한 전자파는 스트레스를 일으키거나 심장질환, 혈액의 화학적 변화를 유발하여 인체에 영향을 미칠 수 있다.

- 세포차원의 작용 및 영향 : 전자기장을 가지는 전자파가 생체막의 전위차에 직접 작용을 미쳐 여러 가지 생리적 변화를 유발할 수 있다.

- 면역력 저하 : 물리적 에너지인 전자파가 인체에 가해졌을 때는 인체에 물리적 스트레스의 원인으로 작용하여 면역력저하를 가져올 수 있다. 또한 전류가 피부를 통해 흐르면 습진 등의 피부 질환을 일으킬 수 있다는 사실이 있다.

- 내분비계 영향 : 인체의 미약한 전기신호 체계가 강한 전기장에 유도되면 비정상적인 전기가 흐르게 되며 사람의 체질에 따라 각종 질병을 유발시킨다. 우리 인체가 자기장에 노출되면 멜라토닌(Melatonin) 호르몬의 감소를 보인다. 이로 인하여 발암의 빈도를 증가시키며 치명적인 세포막의 손상, 칼슘 이온 유출, 세포 신호와 생합성 경로변화 등으로 각종 질병을 유발시킨다.

나. 전자파 인체영향에 대한 연구 분석

전자파의 일반적인 인체 영향에 대한 우려와 가설에 대해 전자파 노출량 평가 연구, 역학 연구, 자원자연구, 동물세포실험 등 다양한 연구 방법을 통해 전자파 인체 영향에 대한 연구가 수행되었다[4-6].

전자파 노출량 평가 연구는 특정한 노출 환경 속에서 인체 주변 및 인체 내부에 미치는 전자기장의 양을 측정하여 평가하는 연구이다. 전자파 노출량 평가 연구는 실제적인 안테나를 통해 전자파의 노출량을 평가하는 실험적 방법과 수학식이나 수치해석 방법을 이용하여 평가하는 수학적 방법이 있다.

역학 연구는 인구집단을 대상으로 질병의 분포와 질병의 결정요인을 연구하는 것이다. 역학 연구는 동물세포실험에 비해 중간 외삽으로 인한

불확실성이 적고, 외삽의 범위가 작다. 무선 주파수 대역의 전자기장이 인체에 미치는 건강영향에 대한 역학적 연구들은 크게 생태학적 연구, 환자-대조군 연구, 코호트 연구 등으로 구분할 수 있다. 생태학적 연구는 노출 지역과 노출의 가능성이 떨어지는 지역으로 구분하여 각각의 지역에서 여러 가지 유형의 질병 발생률을 비교하는 형태의 연구이다. 환자-대조군 연구는 전자기장에 직업적으로 노출되거나 또는 최근의 무선 주파수에 노출되는 사람들에서의 여러 가지 질병 발생을 대조군에서의 발생률과 비교하는 연구 형태이다. 질병의 원인에 관해 공통적인 특성을 갖고 있는 인구집단을 코호트(cohort)라 하며, 코호트 연구(cohort studies)란 특정 코호트로부터 질병 발생에 관여하리라 의심되는 어떤 특성이나 원인 인자에 노출된 정보를 수집한 후, 이 코호트 집단에서 해당 질병이 발생될 때 까지 추적-관찰함으로써 요인에 노출되지 않은 집단에 비해 노출된 집단에서의 질병 발생률을 비교하는 역학적 연구방법이다.

자원자 연구는 자원자를 대상으로 평상시 노출되는 정도의 미약한 전자파를 실험실에서 단기간 노출시키기 전과 후의 각종 생체신호나 호르몬들의 변화를 평가하는 방법이다.

동물세포실험은 전자파의 작용기작을 밝히기 위해 세포를 가지고 수행하는 세포실험(in vitro) 연구와 인체에 그 연구 결과를 보다 직접적으로 적용하기 위해 실험 동물을 가지고 수행하는 동물실험(in vivo) 연구로 분류할 수 있다. WHO의 국제 EMF 프로젝트에 의하면 1987년 이후 세포 실험 연구는 400여편 이상, 동물 실험 연구는 900여편 이상의 연구 결과가 발표되었다.

다양한 전자파 인체 영향 연구들의 결과에 대한 분석은 다음과 같다[4-6]. 역학연구에서는 RF 사용과 뇌암의 위험성과의 관계에 대한 연관성을 발견하지 못했다. 간혹 RF의 사용이 인체에 영향을 미치는 결과를 발표하는 연구가 있었으나 이후의 재연구와 연구 환경의 변화에 따른 연구를 통해 상이한 연구 결과를 발표하였다.

동물세포실험에서도 발암 및 질병에 대한 분명한 효과를 보여주지 못하였다. 세포실험에서는 RF 전자파 노출이 유전자의 손상을 유발하는지를 규명하기 위해 DNA 손상, 돌연변이율의 변화, 염색체 이상, 소핵 형성 등을 세포에 전자파 조사 후 분석하였으나, 유전자 손상에 대해서는 영향 없음이 관찰되었다. 동물실험에서는 자발적인 암 발생이나 화학적으로 유발된 유방암과 피부암 발생에 RF 전자파가 증진효과를 나타낸다는 결과가 있는 반면 무관하다는 상반된 경우 결과도 있다.

IV. 전자파 인체보호 기준

가. 전자파 인체보호 기준 동향

국제방사선방호협회(IRPA)의 비전리분야에 대

한 작업그룹인 ICNIRP (International Commission Non-Ionizing Radiation Protection)는 비전리방사에 대해 권고안 개발을 목적으로 세계보건기구 등의 단체들과 공동으로 연구하고 있다. ICNIRP는 1998년에 전자파의 안전기준을 책정하여 발표하였다[9]. 이는 우리나라 및 전세계의 전자파 인체 보호기준의 기준값으로 활용되고 있다. 미국규격협회(ANSI)에서는 고주파 안전 규격(C95.1)을 제정하여 IEEE C95.1-1991로 공표되었으며, 심의를 거쳐 ANSI/IEEE C95.1-1992가 되었다. 새로운 무선 규격에서는 주파수 범위를 확장하였으며, 직업적인 노출 등의 관리 환경에서의 노출과 일반 공중의 노출과 같은 비관리 환경에서의 노출로 구분하여 기준치를 제시하였으며, 비관리 환경에 관한 노출에 더욱 엄격한 제한을 두었다. 이는 1999년 개정작업을 거쳐 ANSI/IEEE C95.1-1999를 발표하였다[10]. 유럽전기기술표준화위원회(CENELEC: European Committee for Electro technical Standardization)은 전자파 방출 수준을 평가분석하고 위험을 사전에 방지할 수 있도록 범 유럽적인 차원의 인체의 전자파 노출을 규제하기 위한 지침을 발표하였다[2].

영국의 국가방사파보호위원회(NRPB: National Radiological Protection Board)는 300GHz이하의 모드 전자계에 적용되는 안전지침 권고문헌으로 GS11을 개정하여 발표하였다[11]. SAR나 유도전류 등 실측에는 알맞지 않아도 생체작용과 가장 밀접한 양으로 규정하고, 이에 대응되는 전자계 강도등의 실측 가능한 양을 적당한 조건의 토대로 도출하였다. 이후 NRPB는 ICNIRP의 1998년 권고안에 대한 검토안[12]과 2004년에 인체보호기준에 대한 검토안을 제시하였다[13].

국내에서는 한국전자파학회의 전자장과생체관계연구회에서는 "전자기장 노출에 대한 인체보호 기준"을 발표하였다. 이후 국민들의 관심이 증대됨에 따라 전자파인체보호기준에 대한 법제화의 필요성을 인식하게 되었으며 1999년 12월에 국회 과학기술정보통신위원회 소위원들의 발의로 전자파법이 개정되어 인체보호기준 제정을 위한 법적 근거가 마련되었다. 이에 따라 2000년 12월에 "전자파 인체보호기준"을 확정지어 고시하였으며 2001년 10월에 인체보호기준을 개정하여 고시하였다[8].

나. 전자파 인체 보호 기준 분석

국가마다 사용되는 주파수가 다르기는 하지만 일반적으로 RFID를 위해서 125kHz, 13.56MHz, 900MHz, 2.4GHz 등의 주파수가 사용되고 있다. RFID주파수에 대한 국회의 인체보호기준과 국내의 인체보호기준을 비교 분석하면 다음과 같다.

국내외 각 국가 및 국제 단체의 SAR 값은 다음과 같다. 국부 SAR에 대한 각 국의 기준치는 ICNIRP의 기준을 바탕으로 선정하였으며, 대부분

의 나라가 ICNIRP의 기준을 그대로 따르고 있다. 반면 미국에서는 머리/몸통에 대한 국부 SAR 기준값을 ICNIRP보다 낮은 1.6W/Kg로 선정하고 있으며, 우리나라도 가장 낮은 값이 1.6W/Kg를 규정하고 있다.

우리나라의 전자파 인체보호기준은 휴대전화사용을 대상으로 제시하였기 때문에 전신 SAR과 국부 SAR중 머리와 멀리 떨어져 있는 부분에 대한 SAR은 규정하고 있지 않다. 또한 국부 SAR도 일반인을 대상으로 한 기준치를 규정하고 있다.

표 2 SAR 기준 비교(일반인)

구분	전신 SAR (W/Kg)	국부 SAR (W/Kg)		국부치 조적질량(g)	
		손목 발목	머리 몸통	손목 발목	머리 몸통
한국	-	-	1.6	-	1
ICNIRP	0.08	4	2	10	10
CENELEC	0.08	4	2	10	10
ANSI/IEEE	0.08	4	1.6	10	1
Japan, TCC	0.08	4	2	10	10
FCC	0.08	4	1.6	10	1

RFID를 사용하면 태그와 리더간에 데이터 전송을 위해 사용되는 주파수에 인체가 노출되고, 이로 인해 RFID 제품의 전자파가 인체에 영향을 미치게 된다. RFID를 기반으로 하는 유비쿼터스 사회가 물류 뿐만 아니라 사회 전반에 적용될 경우 RFID 전자파에 의해 인체는 더욱 광범위한 곳에서 장시간 노출되어 더욱 큰 영향을 받게 된다. 특히 휴대전화와는 달리 RFID는 신체 모든 곳에 장착될 수 있으므로 전자파에 영향을 받는 것은 전신이라고 할 수 있다. 따라서 RFID 사용에 대한 인체보호기준은 국부 SAR 뿐만 아니라 전신 SAR도 고려해야 하며, 또한 장시간 RFID 주파수에 노출될 수 있기 때문에 누적에 의한 영향도 고려해야 한다.

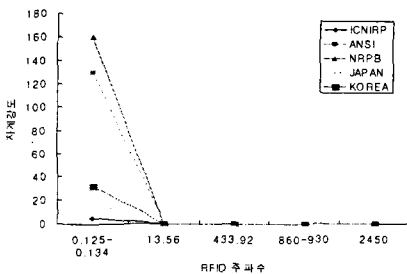


그림 1 자체강도 비교(일반인)

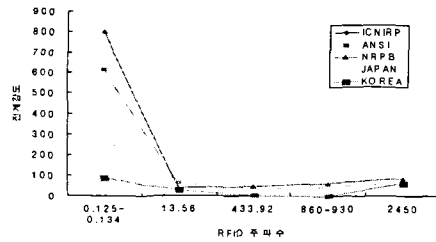


그림 2 전계강도 비교(일반인)

그림 1과 2는 RFID 주파수에 대한 각국의 전자파 인체보호기준의 자체강도와 전계강도를 나타낸다. 그림에서 보듯이 한국의 전계강도와 자체강도가 가장 엄격함을 알 수 있다.

V. 결론

RFID/USN은 전파를 통해 제품 및 사용자 정보를 교환한다. RF 전자파의 열작용 및 자극 작용으로 면역력 저하, 내분비계 및 조혈계 영향, 생식계 영향 등으로 각종 질병 및 기형 유발이 가능하다는 사용자들의 우려가 있었다. 전자파 노출량 평가, 역학 연구, 자원자 연구, 동물세포실험 등 다양한 측면에서 전자파의 인체에 미치는 영향에 대한 많은 연구가 수행되었다. 많은 연구 결과에서 현재까지 전자파가 인체에 유해하다는 확실한 연구 결과는 없다. 그럼에도 불구하고 전자파에 대한 지식이 부족으로 전자파의 인체영향에 대한 우려가 존재하기 때문에 전자파를 기반으로 하는 기술을 안전하고 효율적으로 확산을 위해서 정확한 연구결과를 토대로 인체보호기준을 설정하여 권고하고 있다. 국내에서도 전자파 인체보호 기준을 제시하였는데, 국내의 기준의 가장 엄격한 국제 기준을 기반으로 제정되었다. 하지만 국내의 규정은 휴대전화를 기반으로 하였기 때문에 전신에 미치는 영향보다는 국부에 미치는 영향에 대하여 고려하였다. 따라서 RFID 사용에 대한 인체보호기준은 국부 SAR 뿐만 아니라 전신 SAR도 고려해야 하며, 또한 장시간 RFID 주파수에 노출될 수 있기 때문에 누적에 의한 영향도 고려해야 한다.

Acknowledgement

본 연구는 한국전산원의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 유승화, "유비쿼터스 사회의 RFID," 전자신문사, 2005.3
- [2] 김남, 전자파가 인체에 미치는 영향 및 인체 보호기준 연구, 한국무선국관리사업단, 1997

- [3] 김덕원, "전자파 인체 영향과 노출 감소 방안," 전파 제 116호 2004년 1-2월호, 2004.
- [4] 백정기, "전자기장 인체 노출 측정 및 평가 기술 개발 동향," 전파 제116호 2004년 1-2월호, 2004.
- [5] www.emf.or.kr
- [6] 김현주, "고주파 전자파 역학연구 동향," 전파교육연구센터 워크샵, 2004. 12.
- [7] 정국삼외, 최신안전공학개론, 동화기술, 2002.
- [8] 정통부, "전자파인체보호기준" 정보통신부고시 제2001-88호, 2001.
- [9] International Commission on Non-Ionising 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, April 1998.
- [10] IEEE Std C95.1, 1999 Edition IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz,
- [11] NRPB. Restrictions on human exposure to static and time varying electromagnetic fields and radiation: scientific basis and recommendations for the implementation of the Board's Statement. Doc NRPB, 4(5), 7-63. 1993.
- [12] NRPB. 1998 ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz): NRPB advice on aspects of implementation in the UK. Doc NRPB, 10(2), 5-59. 1999
- [13] NRPB. Review of the scientific evidence for limiting exposure to electromagnetic fields (0-300 GHz). Doc NRPB, 15(3), 1-224. 2004