

전자파 인체영향 연구동향

Trend of Researches for Human Effects of Electromagnetic Fields

권중화 (J.H. Kwon) EM-X 연구실 책임연구원

* 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 방송통신방송연구지원(R&D)의 일환으로 수행하였음[B0138-16-1002, 스마트 사회 전자파 노출량 제어 기반 구축].

전자파 인체영향 관련 다양한 연구들이 유럽은 물론 미국, 일본, 중국 등 기술 선진국을 중심으로 전세계적으로 진행되고 있다. 특히, 유럽에서는 FP7 RTD 프로젝트의 일환으로 국가 간 혹은 관련 산업 간 컨소시엄을 구성하여 1990년대부터 전자파에 의한 인체영향과 관련된 다양한 프로젝트가 수행되었으며 현재도 다양한 주제의 프로젝트들이 수행 중이다. 본고에서는 유럽을 중심으로 진행 중인 전자파 인체영향 관련 프로젝트, 즉 휴대전화 전자파와 인체영향에 대해 연구를 수행하는 Interphone Study, Mobi-Kids Study, 그리고 Mobi-Kids 연구결과 및 프로토콜을 기반으로 일반인에 대해 누적되고 종합적인 전자파 영향 연구를 수행하는 GERoNi-MO 프로젝트, 그리고 노출량 저감 관련 LEXNET 프로젝트에 대해 소개하였다.

2016
Electronics and
Telecommunications
Trends

방송·전자파·위성 & 스마트 미디어
기술 특집

- I. 서론
- II. 전자파 인체영향 연구
- III. 결론

I. 서론

첨단 전기·전자 및 통신기술을 기반으로 스마트 사회 구현을 위해 방송통신을 포함한 다양한 무선서비스가 개발되고 사용되고 있으며 이에 따라 전자파의 사용이 많아지고 있다. 그러나 전자파에 의한 건강영향에 대한 우려가 커지고 있으며, 특히 2011년 5월 WHO에서 휴대전화 전자파를 발암가능성 2B등급으로 지정하고 이에 대한 추가 연구가 필요하다고 언급하는 등 전자파에 대한 국민들의 막연한 불안과 오해로 인하여 사회적 혼란이 야기되고 있으므로 이를 방지함과 동시에 국민 건강 보호를 위해 전자파에 대한 생체 및 인체 영향에 대한 연구와 과학적인 규명이 필요하다[1].

전자파 인체영향 관련 다양한 연구들이 유럽은 물론 미국, 일본, 중국 등 기술 선진국을 중심으로 전 세계적으로 진행되고 있다. 특히, 유럽에서는 7th Framework Program for Research & Technological Development (FP7 RTD) 프로젝트의 일환으로 국가 간 혹은 관련 산업 간 컨소시엄을 구성하여 1990년대부터 전자파에 의

한 인체영향과 관련된 다양한 프로젝트가 수행되었으며 현재도 다양한 주제의 프로젝트를 수행 중이다[1].

본고에서는 유럽을 중심으로 진행 중인 전자파 인체영향 관련 프로젝트, 즉 휴대전화 전자파와 인체영향에 대해 연구를 수행하는 Interphone Study, Mobi-Kids Study, 그리고 Mobi-Kids 연구결과 및 프로토콜을 기반으로 일반인에 대해 누적되고 종합적인 전자파 영향 연구를 수행하는 Generalized EMF Research using Novel Methods(GERoNiMO) 프로젝트, 그리고 노출량 저감 관련 LEXNET 프로젝트를 소개하였다.

II. 전자파 인체영향 연구

1980년대 초반에 휴대전화가 처음 도입된 이래 현재 수많은 국가에서 급격한 사용 증가세를 보이고 있다. 휴대전화를 비롯한 무선 통신기술은 우리에게 편리함과 동시에 건강과 안전성에 대한 우려를 가져왔다. 이러한 우려를 불식시키기 위해 전자파 인체영향 관련 수많은 연구가 수행됐다. <표 1>에서 전자파 인체영향 관련 연구 프로젝트들에 대해 간단히 기술하였다.

<표 1> 전자파 인체영향 관련 국제공동연구 프로젝트

| 프로젝트명 | 주요 내용 | 연구기간 |
|------------------------------|--|-----------|
| International EMF Project[2] | <ul style="list-style-type: none"> - 전자파 노출량 생물학적 영향 평가, 연구분야 발굴 및 고품질 연구 권장 - 조화된 국제적 기준 장려, 위험성 인식, 홍보 및 정보 제공 - EMF 정책에 대한 국가 프로그램 및 자문 - Web-site: www.who.int/peh-emf/project - WHO 주관 8개 국제기구 및 우리나라를 비롯하여 60여 개국 참여 | 1996~ |
| Interphone Study[3] | <ul style="list-style-type: none"> - 휴대전화에서 발생하는 RF EMF의 발암성 여부 및 휴대전화 사용이 발암의 위험을 높이는지 여부를 검증하기 위한 대규모 다국적 환자-대조군 연구 - 휴대전화 전자파가 가장 잘 흡수될 것으로 예상되는 조직 내 4가지 암에 집중: Glioma, Meningioma, Parotid Gland, Acoustic Nerve - Web-site: interphone.iarc.fr - WHO 산하 IARC 주관 하에 노르웨이, 뉴질랜드, 덴마크, 독일, 스웨덴, 영국, 이스라엘, 이탈리아, 일본, 캐나다, 프랑스, 핀란드, 호주 등 13개국 참여 | 2000~2010 |
| INTEROCC[4] | <ul style="list-style-type: none"> - Interphone Study의 후속 연구로서 RF/ELF EMF에 대한 직업적 노출과 뇌암 위험 사이의 관련성을 규명하기 위한 연구 - Web-site: www.crealradiation.com - WHO 산하 IARC 후원으로 뉴질랜드, 독일, 영국, 이스라엘, 캐나다, 프랑스, 호주 등 7개국이 참여하는 국제 공동연구 | 2007~2010 |

뒷페이지에 계속

〈표 1〉 전자파 인체영향 관련 국제공동연구 프로젝트

| 프로젝트명 | 주요 내용 | 연구기간 |
|----------------------|---|---------------------------|
| COSMOS[6] | <ul style="list-style-type: none"> - WHO 및 SCENIHR[10]에서 권고한 RF-EMF에 대한 장기 노출에 따른 건강영향 연구로서 휴대전화 사용과 건강 영향에 대한 코호트 연구로서, 20~30대 최소 290,000명의 휴대전화 사용자 대상 연구 - Web-site: www.thecosmosproject.org - WHO 및 SCENIHR에서 권고한 연구 의제에 근거한 유럽 6개국(영국, 덴마크, 스웨덴, 핀란드, 프랑스, 네덜란드) 참여 | 2008.4.~ 2019.5. |
| EFHRAN[6] | <ul style="list-style-type: none"> - 전자파 노출에 대한 건강 위험성 평가를 위한 네트워크를 구성하고, RF/ELF 전자파 노출량 평가, 위험성 분석 및 위험 관리 (Risk communication 등) - Web-site: efhran.polimi.it - 유럽 보건소비자집행국(EAHC) 후원으로 7개국(덴마크, 스페인, 슬로베니아, 영국, 이탈리아, 프랑스, 헝가리) 참여 | 2009.2.~ 2012.7. |
| SEAWID[7] | <ul style="list-style-type: none"> - 일상 생활에서 네트워크 기기의 광범위한 사용에 따른 EMF 노출의 잠재적인 건강 위해 위험을 평가하기 위한 과학적 근거를 넓히는 것을 목적으로 함. ① 일반인 노출에 대한 포괄적인 측정을 제공 ② 인체 안으로 유입되는 전자기장을 특성화 ③ 특정 노출이 세포와 DNA에 미치는 영향을 평가 - Web-site: seawind-fp7.eu - EU FP7* 일환으로 스위스 IT*IS* 주관 하에 5개국(그리스, 덴마크, 독일, 벨기에, 스위스) 8개 기관 참여 | 2009.12.~ 2012.11. |
| ARIMMORA[8] | <ul style="list-style-type: none"> - ELF-MF* 노출과 발암, 특히 소아 백혈병과의 관계 규명과 전자파 노출과 생체물리학적 기전 규명을 목적으로 함 - Web-site: arimmora-fp7.eu - EU FP 일환으로 스위스 IT*IS 주관 하에 10개 기관 공동 | 2011.10.1.~ 2013.9.30. |
| CREST | <ul style="list-style-type: none"> - 스마트폰, 태블릿 등 새로운 이동통신 기기로부터의 RF 노출을 평가하고 예측하여 전자파 인체영향 관련 역학 연구에 활용 - 스페인 CREAL 주관 하에 5개국 6개 기관이 참여 | 2013~2016 |
| Mobi-Kids Study[9] | <ul style="list-style-type: none"> - 소아 백혈병 외에 뇌종양은 25세 이하 어린이□청소년의 가장 일반적인 암임 - 휴대전화 전자파가 어린이와 청소년의 중추신경계에 발암 영향 여부를 평가하는 동시에 다른 전자파 및 다른 환경적 노출요인과 어린이 청소년의 중추신경계에 발암영향이 있는지 평가 - Web-site: http://www.crealradiation.com - 스페인 CREAL 주관 하에 16개국(유럽 9개국, 비유럽 7개국) 참여 | 2009~2015 |
| LEXNET[10] | <ul style="list-style-type: none"> - 방송통신 등 무선서비스 품질(QoS*)을 손상시키지 않고 전자파에 대한 일반인의 노출을 최소 50% 이상 감소시킬 수 있는 효율적인 메커니즘의 개발 - 대학, 산업체 등 유럽 내 9개국 17개 기관 - Website: www.lexnet-project.eu - 유럽 연합 지원 ICT Work Program 산하 FP7 | 2001.11.~ 2015.11. |
| REMBRANDT [11] | <ul style="list-style-type: none"> - 휴대전화, 기지국, WiFi 등 RF EMF 노출에 따른 어린이·청소년두뇌 발달에 미치는 영향 규명을 위한 코호트 기반 역학연구 - Web-site: http://www.crealradiation.com - 스페인 CREAL 중심으로 3개 전향적 인구 기반 출생 및 어린이 코호트(스페인 INMA Project, 네덜란드 GENERATION R Study, 스위스 HERMES Study) 활용 | 2014.4.~ 2017.4. |
| GERoNiMO Project[12] | <ul style="list-style-type: none"> - EMF에 대한 대규모 역학 연구 및 체계적 생물학적 연구 결과를 통해 인체 영향 메커니즘을 규명하고, 이를 기반으로 EMF 인체영향 저감을 위한 위험 평가방법 및 관리체계를 개선 - Web-site: http://www.crealradiation.com - 스페인 CREAL 주관 하에 유럽 내 13개국(벨기에, 덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 이스라엘, 이탈리아, 네덜란드, 노르웨이, 스페인, 슬로베니아, 스위스, 영국) 19개 기관 참여 | 2014.1.~ 2018.12. |

* 7th Framework Program(FP7)

* Extremely Low Frequency Magnetic Field(ELF-MF)

* Quality of Service(QoS)

1. Interphone Study

1980년대 초중반에 도입된 이후 휴대전화 사용은 크게 증가하였으며, 이러한 휴대전화 기술이 확대 사용됨에 따라 전자파에 의한 건강 영향에 대한 우려를 동반하였다. 1990년대 후반, 여러 전문가 그룹은 낮은 수준의 RF 전자파 노출이 건강에 미치는 영향에 대한 증거를 검토하고, 휴대전화 사용에 따른 건강에 미치는 가능한 영향에 대한 연구를 권장하였다.

2000년 휴대전화에서 복사되는 RF 전자파가 발암 위험을 증가시키는지 조사하기 위해 WHO 산하 국제암연구기구(International Agency for Research on Cancer: IARC) 주관 하에 13개국(15개 기관)에서 Interphone Study[3]를 수행하게 되었다. Interphone Study는 휴대전화에서 발생하는 RF 전자파의 발암성 여부 및 휴대전화 사용이 발암의 위험을 높이는지 여부를 검증하기 위한 대규모 다국적 환자-대조군 연구로서, 휴대전화 전자파가 가장 잘 흡수될 것으로 예상되는 조직 내 4가지 암(Glioma, Meningioma, Malignant Parotid Gland, Acoustic Neuroma)에 대한 영향을 중심으로 분석하였다.

Interphone Study는 30세에서 59세 사이 연령에서 휴대전화 RF 전자파 노출과 뇌종양 발생 위험성과의 관련성을 조사하기 위한 설문조사 기반 환자-대조군 연구로서 2000년부터 2004년 사이에 뇌종양 환자 6,420명(2,765 Glioma, 2,425 Meningioma, 1,121 Acoustic Neuroma, 109 Malignant Parotid gland)과 대조군 7,658 명을 모집하고, 휴대전화 사용에 대한 자세한 설문 조사를 기반으로 전자파 영향 규명을 위한 역학 연구를 수행하였다.

Interphone Study 연구 보고서에 따르면 휴대전화 전자파가 Glioma(신경교종)나 Meningioma(수막종)의 위험성을 증가시키지 않았다. 최대 노출 수준에서 일부 Glioma의 위험이 증가되는 것으로 나타났으나, 환자-대조군의 선정에 있어서의 바이어스나 오류 등에 의해 상

관성을 확보하지 못했다. 청신경초종(acoustic neuroma)의 경우 진단일 기준으로 휴대전화를 10년 이상 정기적으로 사용한 경우에도 위험이 증가하지 않는 것으로 발표되었다.

2. Mobi-Kids Study

최근 어린이와 청소년의 휴대전화 사용이 크게 증가하고 있으며, 더구나 성장이 끝나지 않은 때에 전자파 노출로 인한 잠재적 위험성에 대한 우려 또한 점차 높아지고 있다. 따라서 많은 국가들 및 WHO와 같은 국제기구에서는 어린이 청소년의 전자파 노출에 대한 영향 연구를 권고하고 있다. 약 10년 전에는 어린이들의 휴대전화 사용이 지금처럼 일반적이지 않았으므로 RF 전자파 노출과 발암 위험성의 관련성을 탐지할 수 있을만한 충분한 표본 수를 얻기 위해 여러 국가가 참여하는 것이 매우 중요했다. 이러한 배경으로 2009년에 시작된 Mobi-Kids Study[9]는 현재 총 16개국이 참여하고 있으며 한국에서는 단국대 의대와 한국전자통신연구원(ETRI)이 각각 환자-대조군 자료수집과 노출량 평가를 위해 참여 중이다.

Mobi-Kids Study에 대한 개요는 다음과 같다.

- 프로젝트명: Mobi-Kids Study
- 연구목적: 휴대전화로부터 나온 무선주파수 전자파가 어린이와 청소년의 중추신경계에 발암 영향 여부를 평가하는 동시에 다른 전자파(극저주파, 환경적 노출 등) 및 다른 환경적 노출 요인(방사선, 농약 등)과 어린이 청소년의 중추신경계에 발암영향이 있는지 평가
- Website: www.crealradiation.com/index.php/mobi-kids-home
- 참여국가: 유럽 9개국(그리스, 네덜란드, 독일, 스페인, 영국, 오스트리아, 이스라엘, 이탈리아,

프랑스), 비유럽 7개국(뉴질랜드, 대만, 인도, 일본, 캐나다, 한국, 호주)

- 연구기간: 2009~2015년

Mobi-Kids 연구는 스페인 CREAL 주관 하에 스페인을 비롯한 유럽 9개국과 우리나라를 비롯한 비유럽 7개국이 참가하는 국제 공동연구로서, 2015년 상반기까지 환자-대조군 모집 및 대상자 정보 수집, 노출량 평가를 완료하고, 2016년에는 관련 데이터를 기반으로 역학을 분석할 예정이다. Mobi-Kids 연구의 환자군 및 대조군 대상자 자료수집에는 오스트리아, 프랑스, 독일, 그리스, 이스라엘, 이탈리아, 네덜란드, 스페인, 영국 등 유럽 9개 국가 그리고 호주, 캐나다, 뉴질랜드, 타이완, 일본, 한국 등 비유럽 7개 국가가 참여하고 있으며, 전자파 노출량 평가에는 4개국의 4개 기관이 참여하고 있다. 영국 Public Health England(PHE)는 휴대전화기로부터 복사되는 극저주파 자기장에 대한 노출량 평가, 프랑스 France Telecom(FT), 일본의 Tokyo Metropolitan University(TMU) 및 ETRI는 주로 휴대전화의 RF 대역 전자파 복사에 대한 노출량 평가를 수행하고 있다. 각국은 해당 지역 또는 자국의 통신환경 및 통신방식 등을 고려하여 자체 평가를 수행하고 그 결과를 제공해야 한다.

3. GERoNiMO 프로젝트

유럽 사람들은 생활 환경에서 건강에 영향을 줄 수도 있는 새로운 물리적 혹은 화학적 인자들에 노출이 증가되고 있는 실정이다. 특히, 전자기장(Electromagnetic fields: EMF)은 가장 광범위한 것들 중 하나이며(전자기장에 대한), 새로운 용도를 적극적으로 개발하고 상품화하고 있는 상황에서 새로운 기술에서 전자기장의 응용은 지속적으로 성장하고 있는 실정이다. 그러나 공공 및 공중 위생 전문가들 사이에서 EMF에 대한 잠재적인 건강 영향에 대한 우려가 있지만 현재까지의 연구결과는

일치하지 않는다.

GERoNiMO 프로젝트[12]는 최근 유럽 프로젝트(전자기장 노출에 대한 유럽 건강 위험평가 네트워크 (European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure: EFHRAN)와 국제 기구(WHO 국제 EMF 프로젝트 연구 의제 등)에서 규정하고 있는 주요 문제들을 해결하기 위해 다양한 분야, 연구 기관, 가맹 국가에서의 연구원들이 함께 통합적인 방법 제안한다.

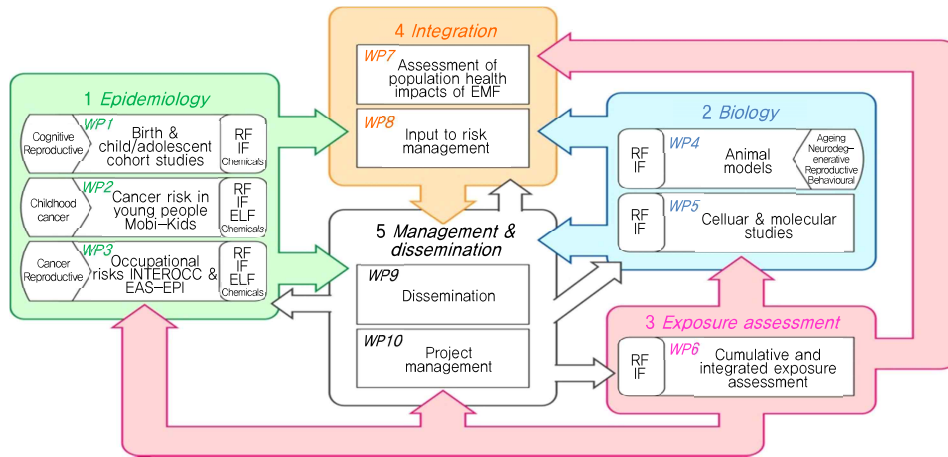
GERoNiMO 프로젝트의 목적은 다음과 같다.

- EMF의 잠재적 건강 영향에 기반이 되는 메커니즘을 좀 더 잘 이해하기 위함.
- 유럽에서 EMF 노출의 현재 미래 수준을 좀 더 잘 특성화 하기 위함.
- EMF 및 건강에 대한 지식 상태를 심화하기 위함.
- EMF의 건강 위험평가를 개선하기 위함.
- EMF 노출을 줄이기 위해 정책 개발을 강화하고 비 기술적 방법을 제안하기 위함.

GERoNiMO 프로젝트는 목적을 달성하기 위해 기존의 유럽자원(다양한 집단에서의 대규모 전향적 코호트 및 환자-대조군 역학 연구, 노출량 평가 기술, 기계론적 및 동물 모델, 그리고 건강 영향 모델링)을 기반으로 적절한 곳에 새로운 방법(생물학적 시스템 포함, 그리고 역학 연구에 잠재적인 생물학적 마커와 혁신적인 노출량 평가 장비의 통합 등)과 기존의 전문가 네트워크를 사용하여 구축할 것을 제안하고 있다.

특히 GERoNiMO는 RF 및 IF 노출의 암, 퇴행성 신경 질환, 행동, Reproductive Outcomes 노화에 대한 잠재적인 영향(단독 혹은 다른 환경적 노출과의 조합)에 대한 조사를 할 것이다.

GERoNiMO 프로젝트에 대한 개요는 다음과 같다.



(그림 1) GERoNiMO 프로젝트 Working Package 구성도[12]

- 프로젝트명: Generalized EMF Research using Novel MethOds(GERoNiMO)
- 연구목적: EMF에 대한 대규모 역학연구 및 체계적 생물학적 연구를 통해 인체영향 메커니즘을 규명하고, 이를 기반으로 EMF 인체영향 저감을 위한 위험평가방법 및 관리체계를 개선
- Website: www.crealradiation.com/index.php/en/geronimo-home
- 연구기간: 2014~2018년
- 참여국가 및 기관: 유럽(13개국 19개 기관): 네덜란드, 노르웨이, 덴마크, 독일, 벨기에, 스위스, 스페인, 슬로베니아, 이스라엘, 이탈리아, 영국, 핀란드, 프랑스
- 직업적 EMF 노출과 건강 위험성 연구
- 동물실험 기반 RF/IF 노출과 신경행동/생식기계 건강/암/노화 및 치매의 기전 연구
- 세포 및 분자 생물학적 연구
- 누적(Cumulative)되고 종합(integrated)된 RF/IF 노출 평가방법 개선 연구
- EMF 건강 영향 평가 연구
- 위험 관리 및 소통과정에 대한 개입과 노출저감에 대한 비기술적 방안 마련 연구

GERoNiMO Project는 (그림 1)에서와 같이 연구 목적을 달성하기 위해 역학연구, 동물세포실험 등 생체영향 연구, 노출평가 연구를 수행하고 이를 취합하여 전자파 인체영향을 분석하기 위한 연구 등을 수행하며 주요 연구내용은 다음과 같다.

- 대규모 전향적 코호트 기반 어린이 및 청소년 전자파 노출과 신경발달 상관성 연구
- 어린이 및 청소년 RF/IF 노출과 뇌암 상관성 연구(Mobi-Kids 추가 확대 연구)

이러한 학제 간 프로젝트에서 통합적 접근방식은 궁극적으로 연구결과의 단절을 감소시키고 과학적 근거에 기반한 위험평가를 공공 건강정책 개발과 소통으로의 반영을 증가하기 위해 EMF 및 건강에 대한 유럽 연구의 강도, 일관성, 신뢰성 그리고 협력을 상당히 향상시킬 것이다. 구체적으로 GERoNiMO는 EMF 노출의 잠재적 영향에 대한 연구 데이터의 신뢰성을 개선함으로써 유럽연합과 국가 규제기관에 대한 지원을 제공할 것이다.

4. LEXNET Project

LEXNET 프로젝트[10]의 주요 목적은 방송통신 등 무선

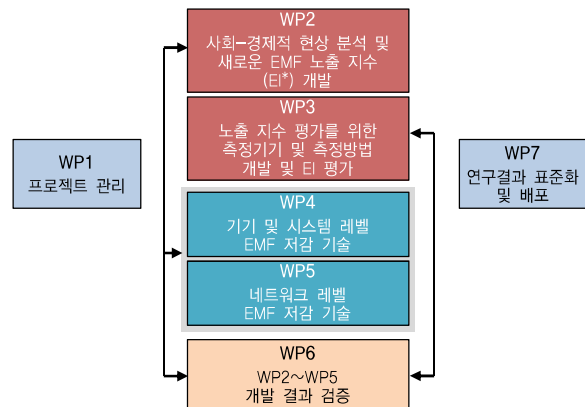
서비스 품질(QoS)을 손상시키지 않고 전자파에 대한 일반인의 노출을 최소 50% 이상 감소시킬 수 있는 효율적인 저감 기술 및 방송통신 메커니즘을 개발하는 것이다.

LEXNET 프로젝트에 대한 개요는 다음과 같다.

- 프로젝트명: Low EMF Exposure Networks (LEXNET)
- 연구 목적: 방송통신 등 무선서비스 품질(QoS)을 손상시키지 않고 전자파에 대한 일반인의 노출을 최소 50% 이상 감소시킬 수 있는 효율적인 저감 기술 및 방송통신 메커니즘 개발
- Web Site: www.lexnet-project.eu
- 연구 기간: 2012년 11월~2015년 11월
- 연구비 규모: €10,536,666(EU €7,319,934) (유럽연합 지원 ICT Workprogram 산하 FP7)
- 프로젝트 참여기관: 대학, 산업체 등 유럽 내 9개국 17개 기관

전자파 노출량 저감을 위해 LEXNET Project는 (그림 2)와 같이 구성되었으며, 노출지수 개발(WP2)과 더불어 노출지수 측정 및 평가방법(WP3), 그리고 기기시스템 및 네트워크 레벨에서 실제 환경을 고려한 전자파 노출량(WP4~5)을 저감하기 위한 연구를 수행하고 있으며, 주요 연구내용은 다음과 같다.

- 통신망(상향 회선(uplink), 하향회선(downlink))에서 발생하는 전자파에 의한 공간 및 시간에 따른 평균 노출을 평가하는 노출지수(Exposure Index) 정의
 - 사용 형태, 사용 위치 및 네트워크를 고려하여 노출지수 및 노출 시나리오 도출
 - 합의하여 도출된 시나리오를 기반으로 전자파 노출량을 평가하는 모든 기준을 통합
- 개인 노출량 측정장치와 통신망 구축 톨을 사



* Exposure Index(EI)

(그림 2) LEXNET 프로젝트 Working Package 구성도[10]

용하여 노출지수를 평가할 수 있는 수치해석 및 실험적 톨 구축

- EMF 노출지수에 대해 현장 및 실시간 측정이 가능한 Dosimeter를 개발

- ① 넓은 범위에서 대규모 EMF 데이터를 수집을 위해 사용될 저가의 고정형 Dosimeter
- ② EMF 노출지수의 계산에 포함될 측정을 수행할 인체 착용형 및 광대역 Dosimeter

- 통신망 구축 톨과 전자기장 강도 계산 알고리즘을 기반으로 허용 가능한 서비스 품질을 유지하면서 노출 레벨을 최소한으로 낮추기 위한 수치해석 Tool 구축

- 위치기반 Dosimeter 측정결과, 네트워크 데이터, 그리고 수치해석 결과를 통합하여 노출지수 평가 및 관리

- 네트워크를 구성하는 단계별로 서비스 품질은 유지하되 전자파 인체 노출량을 줄일 수 있는 통신 메커니즘 및 저감 기술 개발

- (소자) ELF 등 전자파 억제 소자 등
- (기기) 안테나 방사 패턴 제어, Sleep Mode 가능 수신기 등
- (네트워크) 전력제어, 불연속 전송, 빔 형성 기술, 낮은 EMF 네트워크 토폴로지(topology) 설계 등

III. 결론

본고에서는 유럽을 중심으로 진행 중인 전자파 인체 영향 관련 프로젝트의 주요 내용에 대해 기술하고 기타 전자파에 의한 건강영향 관련 국제 연구에 대해서도 간단히 기술하였다.

전자파 인체영향에 대한 효율적인 연구개발과 더불어 연구결과의 신뢰성을 높이기 위해서는 국제적으로 검증되거나 통용되는 연구 프로토콜을 사용할 필요가 있으며, 이를 위해서 국제적으로 진행되었거나 진행 중인 연구내용과 추진방법, 그리고 결과에 대해 주의를 기울임과 동시에 국제 공동연구에 적극적인 참여할 필요가 있을 것으로 판단된다.

약어 정리

| | |
|----------|---|
| ARIMMORA | Advanced Research on Interaction Mechanisms of Electromagnetic Exposures with Organisms for Risk Assessment |
| COSMOS | Cohort Study of Mobile Phone Use and Health |
| CREST | Characterization of RF Exposure from New Mobile Communication Systems Uses and Technologies |
| EI | Exposure Index |
| EFHRAN | European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure |
| ELF-MF | Extremely Low Frequency Magnetic Field |
| EMF | Electromagnetic fields: EMF |
| FP7 RTD | 7th Framework Program for Research & Technological Development |
| FT | France Telecom |
| GERoNiMO | Generalized EMF Research using Novel Methods |

| | |
|-----------|---|
| IARC | International Agency for Research on Cancer |
| INTEROCC | International Study on Occupational Exposures and Brain Cancer |
| IT'IS | The Foundation for Research on Information Technologies |
| LEXNET | Low EMF Exposure Networks |
| PHE | Public Health England |
| REMBRANDT | Radio Frequency Electromagnetic Fields Exposure and Brain Development |
| SCENIHR | Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risk |
| SEAWIND | Sound Exposure & Risk Assessment of Wireless Network Devices |
| TMU | Tokyo Metropolitan University |
| WHO | World Health Organization |

참고문헌

- [1] 권중화, “전자파 인체영향 관련 국외연구 동향,” 한국전자과학회 한국전자파기술지, 제26권 제2호, 2015. 3, pp. 3-9.
- [2] International EMF Project, <http://www.who.int/peh-emf/project>
- [3] Interphone Study, <http://interphone.iarc.fr>
- [4] INTEROCC Project, <http://www.crealradiation.com/index.php/en/radiation-programme-projects/interocc>
- [5] COSMOS Project, <http://www.thecosmosproject.org>
- [6] EFHRAN Project, <http://efhran.polimi.it>
- [7] SEAWIND Project, <http://seawind-fp7.eu>
- [8] ARIMMORA Project, <http://arimmora-fp7.eu>
- [9] Mobi-Kids Study <http://www.crealradiation.com/index.php/mobi-kids-home>
- [10] LEXNET Project, <http://www.lexnet-project.eu>
- [11] REMBRANDT Project, <http://www.crealradiation.com/index.php/en/radiation-programme-projects/rembrandt>
- [12] GERoNiMO Project, <http://www.crealradiation.com/index.php/en/geronimo-home>