

전자파 국제학회 컨퍼런스(BioEM 2019) 참가 결과보고

< 전파환경팀, 황태욱(1602), '19.7.12. >

□ 출장 개요

- 출 장 명 : 전자파 인체영향 국제 컨퍼런스(BioEM 2019) 참가
- 출장기간 : 2019. 6. 23.(일) ~ 6.29.(토), 5박 7일
 - ※ 국제 컨퍼런스(BioEM 2019) 기간 : 2019. 6. 23.(일) - 6. 28.(금)
- 출 장 지 : 프랑스(몽펠리에)
- 출 장 자 : 임동원 팀장, 황태욱 차장(전파환경팀), 조용범 대리(강원본부)
 - 20여개국 관련 전문가 등 약 250여명(국내 : 관련 전문가 23명) 참가

□ 전자파 국제컨퍼런스(BioEM 2019) 주요내용

- 금년도 컨퍼런스는 전자파 측정, 전자파로 인한 인체영향 연구(세포·동물실험 및 역학조사 등) 등 공학·의학 분야 논문 총 380편 발표
- 5G 이동통신 서비스 도입에 따른 측정방법 관련 특별 세션
- 전자파 인체영향 국제학회 및 유럽 인체영향 학회 공동 총회 개최
- 광대역 전자파 모니터링 측정 관련 논문발표(포스터섹션)

□ 참가 소감 및 주요 조사내용 [세부내용 : 첨부1 참조]

- 광대역 전자파 모니터링 측정장비를 활용한 전자파 측정 결과 발표
 - 소형 광대역 전자파 모니터링 측정장비 개발 현황 및 유치원, 초등학교, 주거·사무공간에 대한 장시간 전자파 강도 측정 결과
- 5G 전자파 인체노출량 측정 토론(특별 섹션)
 - 국내 5G 신호 전자파 강도 측정기준과 동일한 방법인 5G 기준 신호레벨 측정 후 외삽법 적용하는 방법에 대해 프랑스에서 발표

- 스웨덴에서 Massive MIMO 안테나가 적용된 5G 신호에 대해 안테나 최대 출력 대비 실환경 측정 결과, 평균 7.6% 수준으로 낮게 측정되어 5G 전자파에 대해 우려할 사항 아님을 공유
- 호주는 시험운영 중인 3.5 GHz 대역 5G 기지국의 전자파 인체노출량 측정결과, 인체보호기준 대비 낮은 수준임을 발표
- 5G 서비스가 본격적으로 도입된 나라가 없어 시험 측정 및 연구 수준의 발표가 있었으며, 최소 상용화 국가인 국내의 5G 측정 사례에 대한 관심 높았음(내년 컨퍼런스에서 관련 내용 발표 추진)

o RF 대역 전자파의 인체영향

- 휴대전화 사용에 따른 수면질과의 상관관계 연구 결과, 휴대전화 전자파 영향보다는 휴대전화 화면의 빛 및 중독성 있는 휴대전화 사용이 수면질에 영향을 미침을 발표(스웨덴)
- ELF 자기장에 대한 성인 노출에 대한 통계분석 결과, 프랑스 성인의 경우 평균 1.1 μ T로 기준 대비 낮은 수준으로 노출됨을 발표

o RF 전자파 강도(인체노출량) 측정

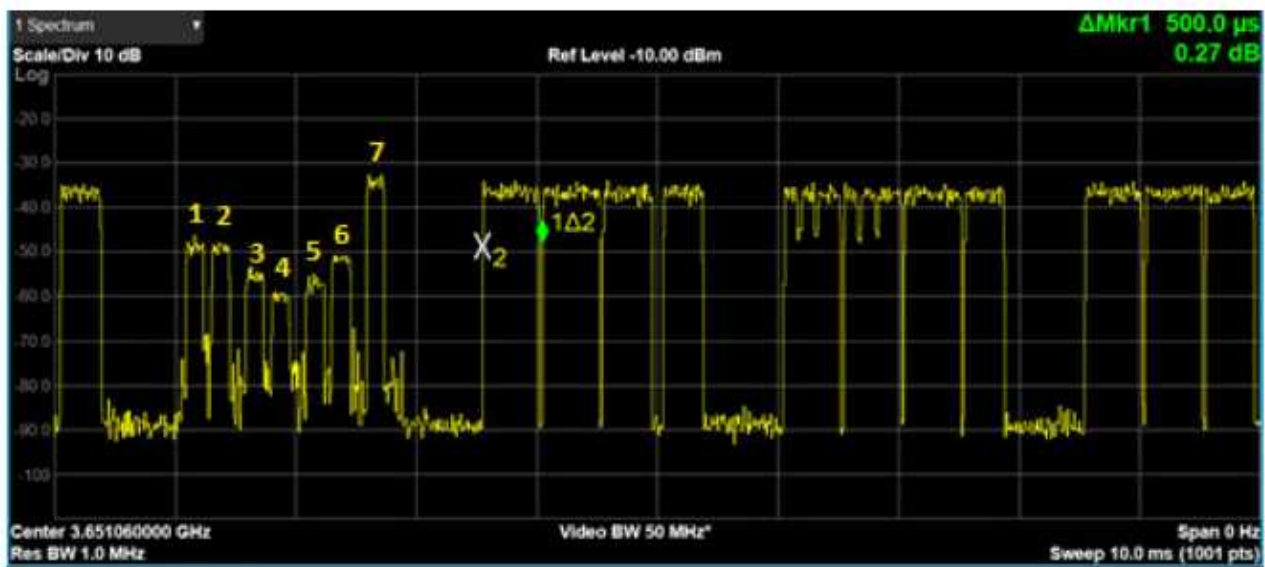
- 개인 휴대용 전자파 노출장치를 활용한 전자파 노출량 분석 연구 다수 발표(스위스 등 유럽 5개국, 미국, 헝가리, 스페인 등)
- 특정 행사로 인해 간이 이동통신 기지국 증설에 따른 전자파 인체 노출량 변화 발표(스페인 Albacete 박람회 현장)
- 스마트폰을 활용한 전자파 인체노출량 측정 방법 제시
 - ※ 기존 정밀 측정장비와 비교하여 간이적으로 측정 가능함을 발표
- 무인항공기(드론)에 경량화된 전자파 측정장비를 탑재하여 전자파 인체노출량 측정하는 방법 제시(무인항공기에 의한 측정결과 영향 적음)

첨부 1 전자파 국제컨퍼런스(BioEM 2019) 주요 내용

□ 5G 전자파 인체노출량 측정

○ 5G NR massive MIMO 안테나에 대한 실환경 측정(프랑스)

- Keysight PXA 신호분석기를 사용하여 5G 신호를 외삽법으로 시간 영역(zero-span) 측정을 통해 각 SSB 신호 측정 후 외삽법에 의해 전자파 강도를 도출(국내 5G 전자파 강도 측정방법과 동일)
- SSB 측정은 특정지점에서 5G 신호의 전자파 노출량 추정에 적합하나, 이 방법은 전자파 노출량을 보수적(최악의 상황을 고려)으로 평가
- 향후 5G 안테나의 방사 패턴 변화를 고려한 측정방법 개발 필요

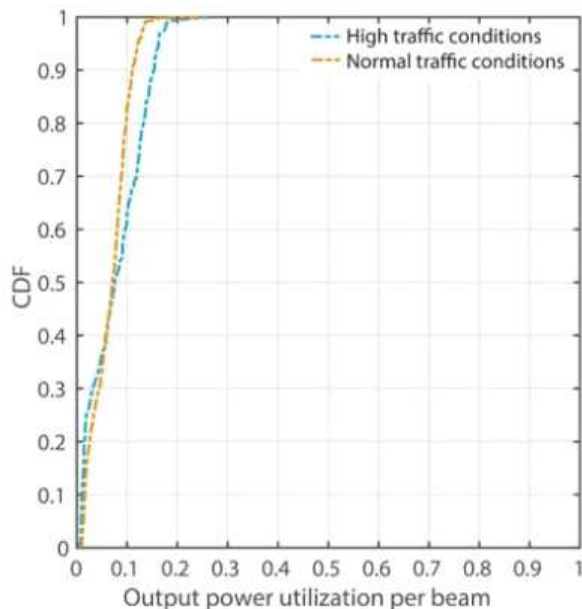


< 5G NR 안테나로부터 방출된 SSB 신호 측정 화면 >

○ Massive MIMO 안테나가 탑재된 기지국의 전자파 노출량 측정(스웨덴)

- Massive MIMO 안테나를 사용하는 무선 기지국의 실제 출력 전력을 측정하기 위해 시험운영 중인 실제 서비스 망에서 측정
- 약 75 %의 TDD 다운링크 duty cycle에 대해 높은 트래픽 및 정상 트래픽 조건으로 측정하여 1시간 동안 최대 방출 가능한 안테나 출력 대비 실제 방사전력 측정

- 높은 트래픽의 경우, 최대 가용 출력 대비 평균 7.6%, 일반적인 트래픽에서는 평균 6.7%의 방사 전력이 측정, 최대값은 최대 가용 출력 대비 높은 트래픽의 경우 26.2%, 일반적인 트래픽에서는 25.2%로 측정
- Massive MIMO 시스템은 실제 방사전력이 최대라 하더라도 실제 높은 전력으로 방사되지 않음을 실환경 측정으로 확인



	High traffic conditions	Normal traffic conditions
Maximum	26.2%	25.2%
95 th percentile	16.2%	12.2%
Mean	7.9%	6.7%
Median	7.6%	7.1%

< Massive MIMO 안테나로부터 방사된 전력 측정결과 >

o 호주 Telstra의 5G 전자파 측정 준비사항(호주)

- 호주 Telstra는 골드코스트의 사우스 포트 익스체인지(Southport Exchange)에 새로운 5G 혁신 센터 개설하고 호주의 5G 상용화를 지원하기 위해 현지 환경에서 test-bed를 구축
- Telstra는 멜버른, 시드니, 캔버라, 브리즈번, 애들레이드, 퍼스, 호바트, 론세스턴, 터움바 및 골드코스트 등 200 개 이상의 5G 사이트 시험 운영
- 27GHz로 작동하는 5G 시험망에 대한 전자파 노출량 측정과 3.5GHz 상용 기지국에 대한 전자파 노출량 측정결과, 5G 시험망의 전자파 노출량은 기존 서비스와 유사(전자파 인체보호기준 대비 낮은 수준)

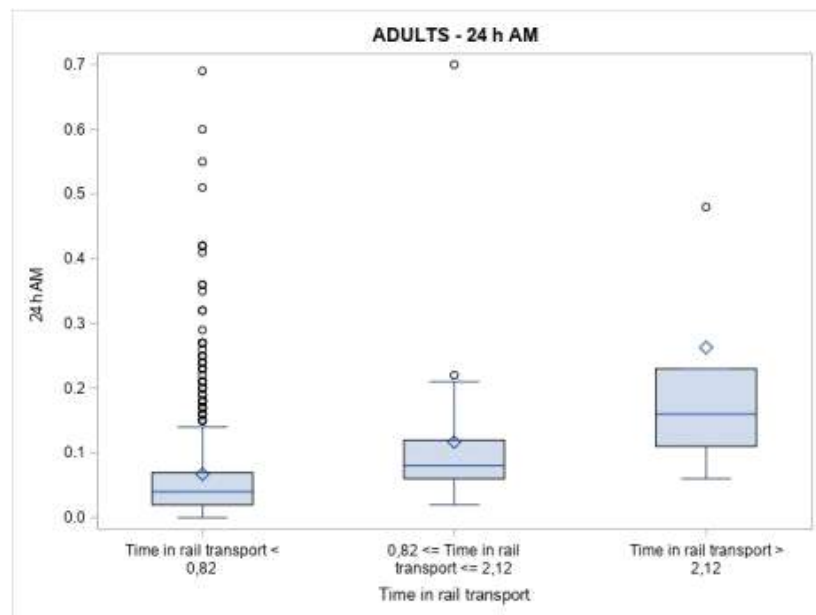


< 호주 Telstra의 5G 전자파 노출량 측정 >

□ RF 대역 전자파의 인체영향

- 휴대전화 장시간 사용자의 휴대전화 사용량과 수면질 관계 연구(스웨덴)
 - UMTS, GSM 이동통신 서비스를 장시간 사용하는 사용자를 대상으로 수면결과 및 불면증 상관관계 조사
 - 야간에 전화·메시지 또는 중독성에 의한 휴대전화 동작이 수면질 저하의 주요인, RF 전자파의 수면방해 연관성은 관찰되지 않음
- 임신 중 산모의 전자파 노출에 따른 태아의 두통 영향 연구(미국)
 - 산모의 자기장 노출이 태아에게 주의력 결핍 과잉행동 장애(ADHD)를 포함한 신경 발달장애 영향에 관해 21년간 추적 연구
 - 임신 중 산모의 전자파 노출과 태아의 두통을 포함한 신경 발달장애의 유병률이 모두 상승 관계에 있음
- 9~18세 어린이·청소년의 전자파 노출 및 휴대전화 사용에 따른 인지 능력 상관관계 연구(스페인, 네덜란드, 스위스)
 - 소아는 RF 전자파 노출 및 휴대전화 사용량이 증가할수록 비언어적 IQ 저하, 시력운동 조정 능력 저하 등이 나타남

- 청소년은 RF 전자파 노출 및 휴대전화 사용량이 증가할수록 탐지 능력 저하가 나타남
- RF 전자파 노출이 뇌에 영향을 미치는지는 후속 연구 필요
- o ELF 자기장에 대한 성인 노출 통계분석(프랑스)
 - 프랑스 성인의 ELF 자기장 노출량 평균은 1.1 μT 이며, 1.7%는 고노출군에 속함
 - ELF 자기장 노출은 전력선뿐 아니라 알람시계와 같은 전자기기로부터 수면 중 노출될 가능성 있음



< 프랑스 성인의 24시간 전자파 노출량 통계 >

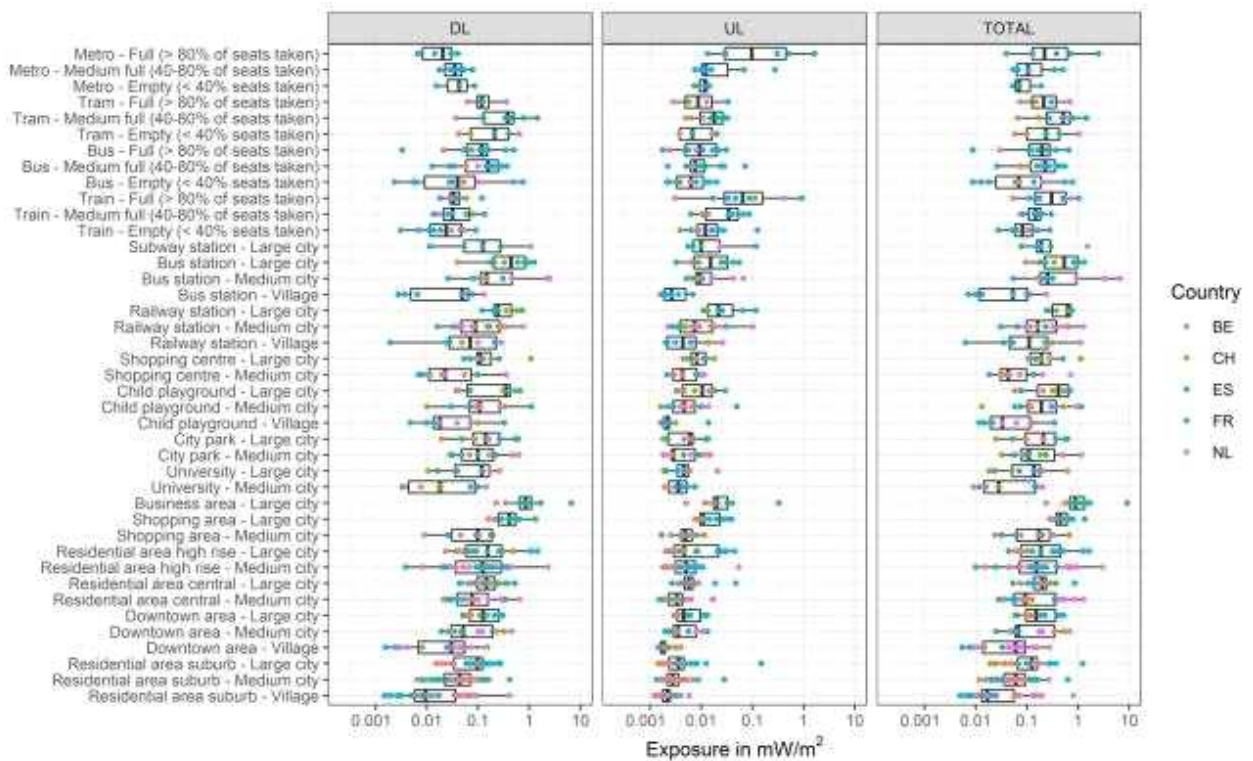
□ RF 전자파 강도(인체노출량) 측정

- o 개인 전자파 노출 장치를 활용한 5개국의 전자파 노출 연구(스위스, 벨기에, 프랑스, 스페인, 네덜란드)
 - 유럽 5개국(357곳)에서 개인용 전자파 노출 장치를 통해 대도시, 중소도시 및 작은 마을 등 전자파 노출량 비교 분석
 - 인구밀도가 높은 대도시·중소도시와 비즈니스·쇼핑 지역의 전자파 노출량이 상대적으로 높게 나타남

- RF 대역의 전자파 노출은 다운링크에 의한 전자파 노출량이 대부분을 차지



< 벨기에(겐트) 지역의 지역유형별 전자파 노출량 비교 >



< 유럽 5개국 주요 측정지점의 전자파 노출량 비교 >

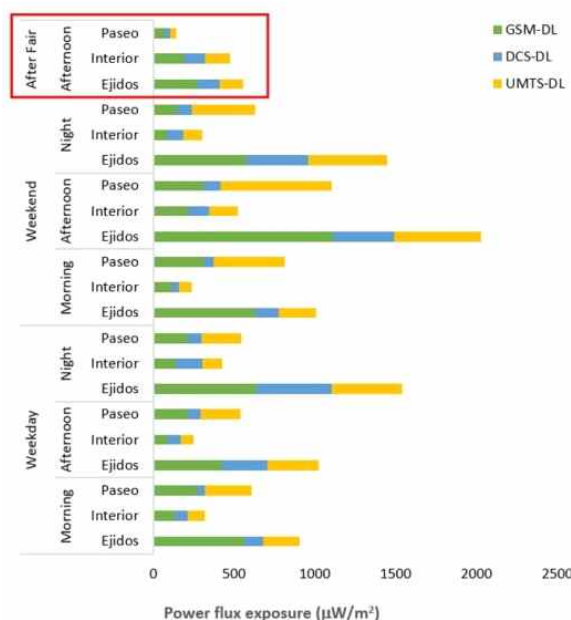
o 일시적으로 인구가 증가함에 따른 간이 이동통신 기지국 설치에 따른 전자파 인체노출량 변화(스페인)

- '17년 스페인에서 있었던 Albacete 박람회 기간 중 휴대전화 업링크 및 다운링크에 대한 RF 대역 전자파 인체노출량 측정

- 해당 기간 중 임시 이동통신 기지국 설치 및 철거 기간 동안 전자파 인체노출량 변화 측정
- 박람회 기간 동안 전자파 인체노출량은 다운링크가 $791.8 \mu\text{W}/\text{m}^2$, 업링크가 $59.0 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 이었으며, 박람회 종료 후에는 다운링크가 $391.2 \mu\text{W}/\text{m}^2$, 업링크가 $10.3 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 로 감소
- 박람회 개최 지역 중 외부(Ejidos, Paseo)는 주말에 가장 높은 평균 노출량을 기록(1494.1 및 $848.1 \mu\text{W}/\text{m}^2$), 내부구역은 평균 $354.8 \mu\text{W}/\text{m}^2$.
- 박람회 기간 중 트래픽 증가로 인해 추가 설치된 임시 기지국으로 인해 전자파 인체노출량은 일시적으로 증가하였으나, 인체보호기준 이내였음

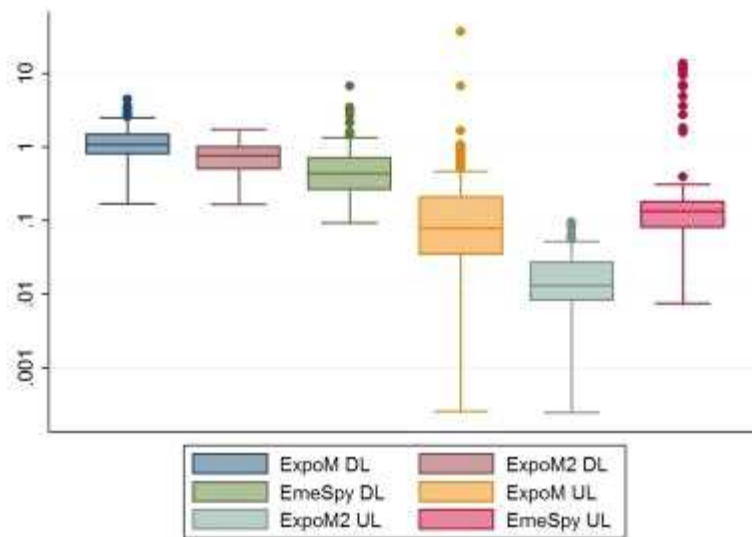


< Albacete 박람회 기간 중 전자파 인체노출량 측정지역 >



< Albacete 박람회 기간 중 측정된 전자파 인체노출량 결과(전력밀도) >

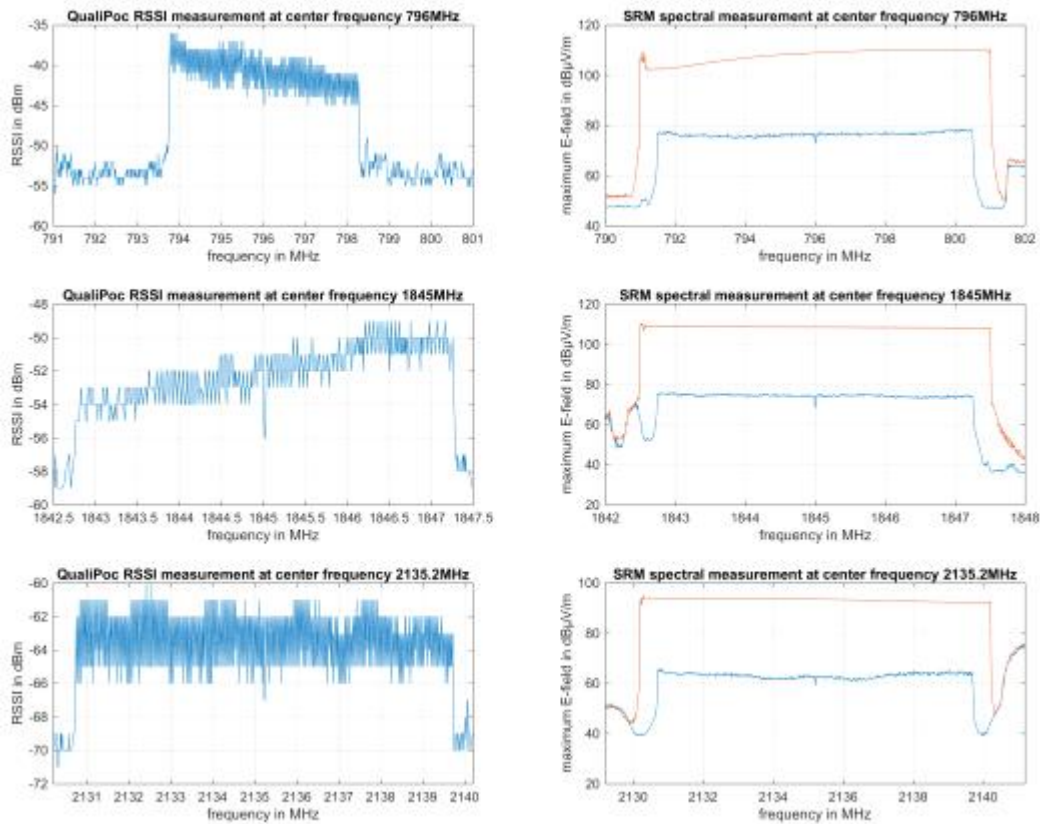
- 상용 개인 휴대용 전자파 노출 측정장치에 대한 측정 정확성 비교(미국)
 - 대표적인 개인 휴대용 전자파 노출 장치인 ExpoM, ExpoM2, EME Spy 3종에 대해 RF 이동통신 대역의 업링크와 다운링크 전자파 인체 노출량 측정 정확성 비교
 - 다운링크 전자파 강도의 측정결과 차이는 크지 않았으나, 업링크 전자파 강도는 장비별 차이가 있음



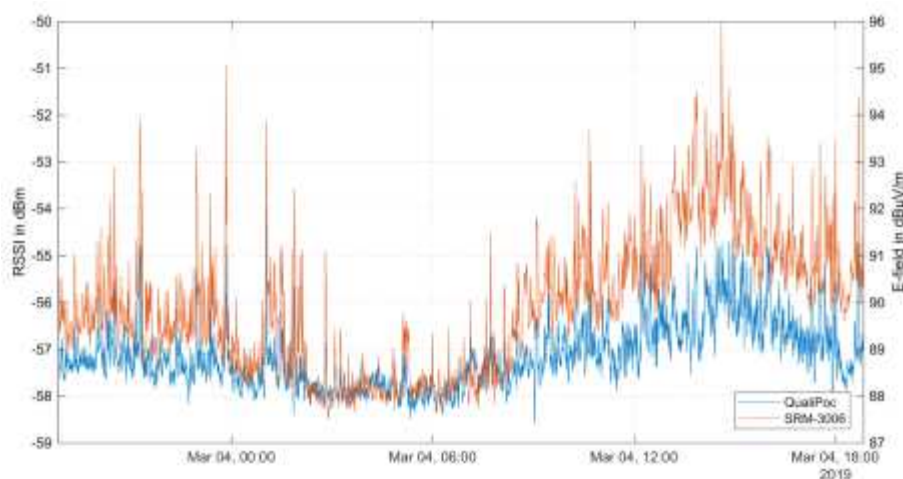
< 상용 개인용 전자파 노출장치별 측정결과 비교 >

- 스마트폰을 활용한 장시간 전자파 노출량 측정(독일)
 - 일반적인 스마트 폰 및 내장 된 측정 기능을 사용하는 crowdsourcing 기반으로 전자파 강도를 모니터링 방법 제시
 - 스마트폰과 정밀 측정장비(SRM-3006)를 동일한 장소에 설치하고, 이동통신 기지국 신호에 의한 전자파 인체노출량을 24 시간 동안 측정(분당 하나의 측정값 저장 후 평균)
 - 스마트폰과 정밀 측정장비 모두 기지국의 RSSI 신호 측정 가능, 스마트폰으로 측정된 스펙트럼은 평탄한 형태로 보여주나 정밀 측정장비는 변화량을 보다 정확히 볼 수 있음
 - 최악의 경우를 고려한 간이적인 측정을 고려한다면 스마트폰으로 가능함을 확인

- 스마트폰과 정밀 측정장비 모두 시간 변화에 따른 전자파 강도를 도식적으로 확인 가능, 측정결과 그래프 변화는 유사한 것으로 보아 스마트폰을 활용한 장시간 전자파 인체노출량의 간이 측정 가능



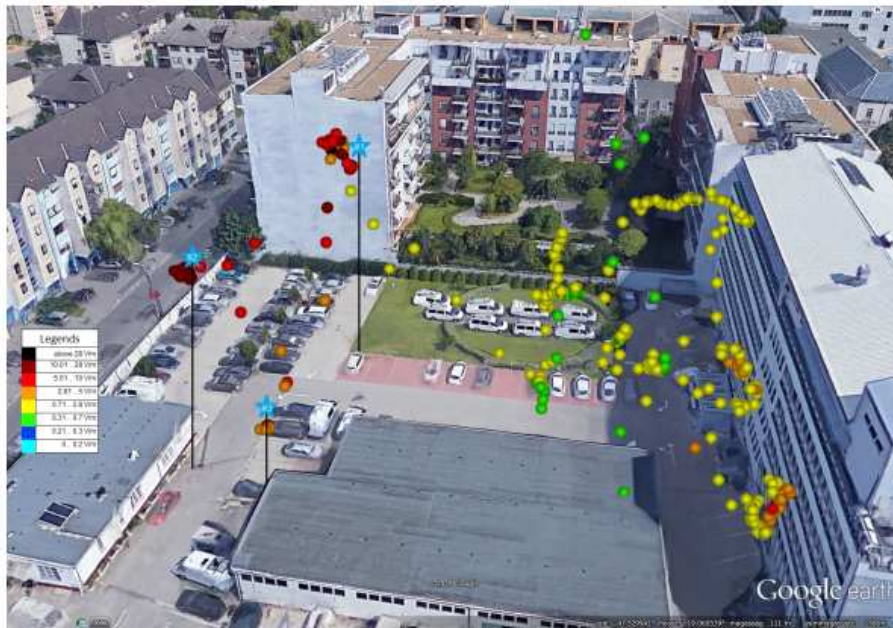
< 정밀측정 장비(왼쪽)와 스마트폰(오른쪽)을 활용한 전자파 강도 측정결과 비교 >



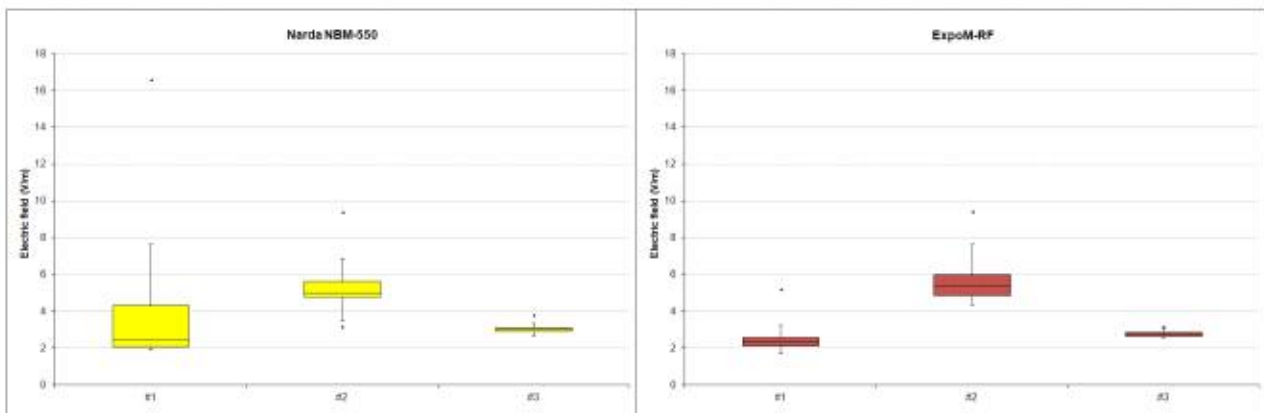
< 정밀측정 장비와 스마트폰을 활용한 장시간 전자파 노출량 측정결과 비교 >

o 무선 시스템을 활용한 광대역 및 협대역 RF 전자파 측정(형가리)

- 일반적인 광대역 전자파 측정기인 Narda NBM-550과 경량화된 개인 전자파 측정장치 ExpoM-RF를 비교 측정 및 측정기를 무인항공기(드론)에 탑재하여 전자파 강도를 측정하여 드론을 통한 측정 가능성 검증
- 각 측정장비에 따른 결과 차이는 크지 않으며, 무인항공기 활용으로 인한 측정결과 오차는 적음을 확인
- 무인항공기를 사용하면 접근이 어렵거나 불가능한 위치의 RF 전자파 강도를 쉽게 측정할 수 있어 새로운 접근법으로 활용 가능



< 드론을 활용한 전자파 강도 측정지점 >



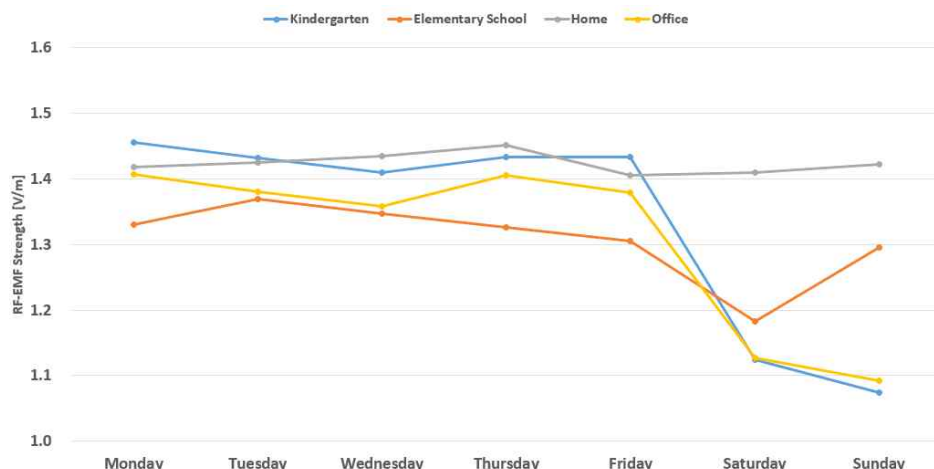
< Narda NBM-550과 ExpoM-RF 장비 측정결과 비교 >

- 스페인 알바세테 지역의 RF 대역 전자파 인체노출량 측정 및 위험 인식 평가(스페인)
 - 스페인 알베세테 지역에 거주하는 일반인 중 희망자 75명을 선정하여 개인용 전자파 노출량 측정장치를 통한 24시간 전자파 노출량 측정
 - 총 14개 대역의 평균 전자파 노출량은 $37.7 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 였고, 금요일이 평균 $53.9\mu\text{W}/\text{m}^2$ 로 높았고, 토요일은 평균 $23.4\mu\text{W}/\text{m}^2$ 로 낮음
 - 주간은 $43.8 \mu\text{W}/\text{m}^2$, 야간은 $27.5 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 였으며, 평균 개인 노출량의 평일과 주말 차이가 각각 $39.7 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 및 $26.9 \mu\text{W}/\text{m}^2$ 였음.
 - 전자파 유해성 관련 인식분석 결과, 응답자의 54%는 조사에 참여 후 전자파 위험이 경감되었고, 43%는 변화가 없다고 응답
 - 참여자의 중 9%만이 전자파 위험도를 4점 이상(5점 척도) 응답

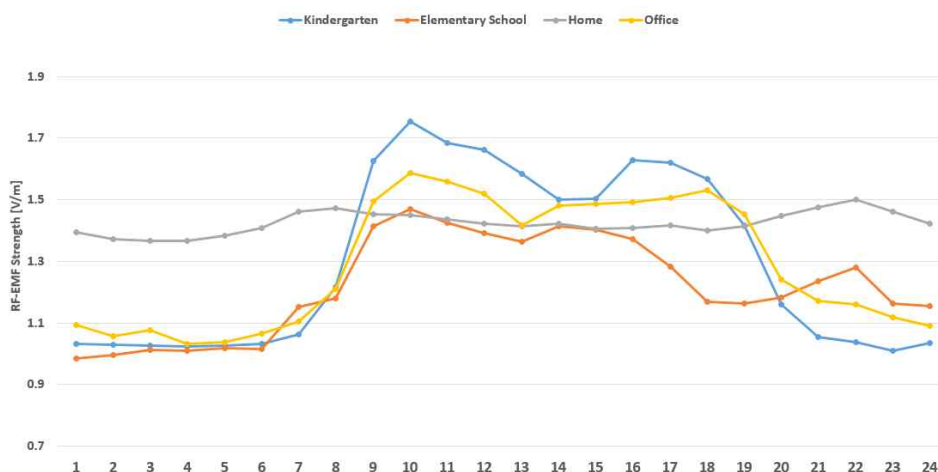
	FM		TETRA		Uplink		Downlink		DECT		WiFi	
	M	P95	M	P95	M	P95	M	P95	M	P95	M	P95
Monday	10.3	37.6	1.2	4.0	16.7	0.9	17.7	48.0	415.3	874.0	53.4	74.0
Tuesday	8.5	30.4	3.1	3.4	24.2	0.7	23.9	81.1	305.5	958.0	86.9	127.0
Wednesday	17.5	84.0	1.5	8.6	55.2	3.7	39.4	102.8	82.9	177.0	52.6	40.1
Thursday	33.3	168.0	0.2	0.3	19.9	0.6	7.4	22.8	275.4	1040.0	49.9	74.0
Friday	41.6	166.0	0.7	2.4	46.5	1.7	9.2	32.2	420.3	1180.0	69.3	117.0
Saturday	40.0	247.0	3.0	5.1	26.5	1.0	9.8	33.2	90.5	359.0	78.2	69.6
Sunday	15.0	62.1	0.8	1.9	5.9	14.9	23.1	94.4	351.2	1800.0	28.9	23.9
Night	27.9	95.8	1.8	4.5	11.2	0.4	11.6	44.6	231.5	682.0	27.3	39.5
Day	22.5	79.4	1.5	3.1	45.0	3.7	24.1	73.8	284.4	797.0	86.0	105.0
Workday	21.0	67.1	1.5	3.4	35.9	1.5	21.2	67.4	276.1	698.0	64.7	79.4
Weekend	32.6	140.0	2.3	3.4	20.4	7.6	13.8	62.3	167.9	713.3	63.6	55.0
Bankholiday	108.5	347.3	0.1	0.4	5.2	0.3	2.1	9.5	1049.7	4880.0	22.8	32.7

< 스페인 알베세테 지역 개인 전자파 노출량 측정 결과 >

- 광대역 전자파 모니터링 측정장비를 통한 어린이 시설, 주거·사무 공간의 전자파 측정(한국 KCA)
 - 30 MHz ~ 6 GHz 대역의 전자파 강도를 실시간으로 측정할 수 있는 광대역 전자파 모니터링 측정 장비 개발
 - 측정장비를 유치원, 초등학교, 주거·사무 공간 등에 1개월 이상 장시간 설치하여 전자파 변화량 분석
 - 측정지역별 전자파 강도 측정 평균은 유사하였으며, 주거공간을 제외한 나머지 3개 지역은 주중이 주말보다 높고, 활동시간대(오전 8시 ~ 오후 8시)가 비활동시간대(오후 8시 ~ 오전 8시)보다 높게 나타남
 - 주거 공간은 휴대전화 사용, 전자파 방출원 변화 등이 적어 시간 변화에 따른 변화 적은 것으로 추정



< 측정장비 설치장소의 주중-주말 전자파 강도 변화 >



< 측정장비 설치장소의 일일 전자파 강도 변화 >

첨부 2 주요 행사 사진



< BioEM 2019 행사장 >



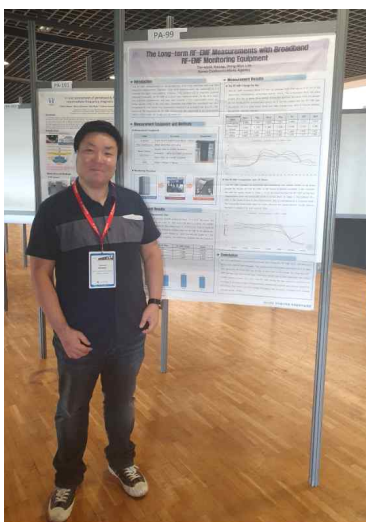
< BEMS/EBEA 총회 >



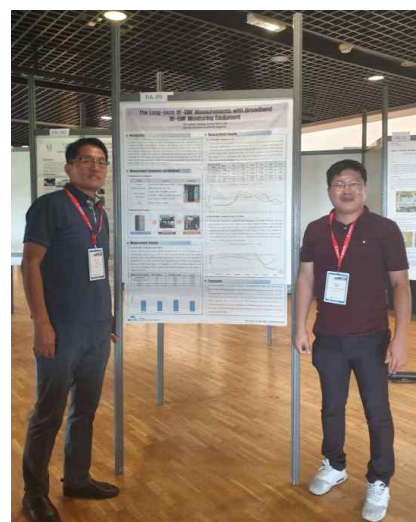
< 세미나 현장 >



< 5G 전자파 이슈 토론 >



< 논문발표(포스트섹션) >



< 논문발표(포스트섹션) >

첨부 3 논문 발표 내용

The Long-term RF-EMF Measurements with Broadband RF-EMF Monitoring Equipment


Tae-wook Hwang, Dong-Won Lim
Korea Communications Agency

Introduction

The RF-EMF measurement can be divided into short-time exposure and long-time exposure measurement. Typically, short-term measurements are calculated by a 5 minutes averaged measurement. However, this method has a reliability problem because it evaluates the RF-EMF as a short-time measured result. On the other hand, the long-term measurement may have high reliability of the measurement result, but there may be a limit to the cost input. Therefore, this paper has developed real-time broadband RF-EMF monitoring measurement equipment to evaluate long-term RF-EMF exposure. We measured the RF-EMF by installing the equipment in an environment where children, under the 12 age and the public live.

Measurement Equipment and Methods

Measurement Equipment

Index	Contents	Equipment
Antenna	3-axis Electric field Probe(100Hz ~ 6GHz)	
Data Transmission	WiFi(2.4G, 5G, 6G), IoT(Lora)	
Result Display (LED Color)	Green: <50% for ICNIRP Guideline Yellow: 50 ~ 100% for ICNIRP Guideline Red: >100% for ICNIRP Guideline	
Size	10mm × 10mm × 130mm	

Monitoring Procedure

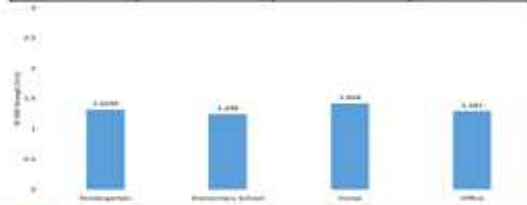


Measurement Results

The RF-EMF of Measurement Sites

All four sites do not exceed ICNIRP reference level, 27.5 V/m. Because this measurement measures the entire RF-EMF from 100 kHz to 6 GHz, the ICNIRP reference level is compared to the lowest level of 27.5 V/m. This is explicitly described in ITU-T R.68. The difference between the four RF-EMF is not significant, but the RF-EMF of the house is the highest at 1.424 V/m and the lowest at 1.225 V/m in the elementary school. However, the difference between the two values is small at 0.199 V/m.

Measurement sites	No. of Sites	RF-EMF (V/m)	Ratio
Kindergarten	31	1.25	48%
Elementary School	41	1.346	45%
Home	21	1.424	51%
Office	8	1.297	47%

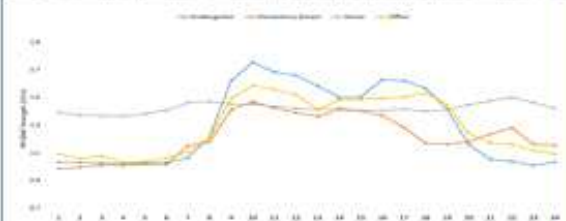


Measurement Results

The RF-EMF Change by day

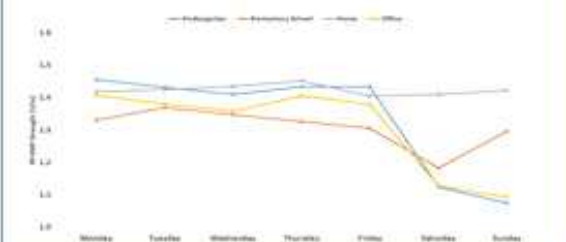
The RF-EMF increased about 0.7 V/m on average from 8:00 am to 8:00 pm in the three sites, Kindergarten, elementary school, office. This is because there are many people who live in these three places during the daytime, but after 8:00 pm people do not reside in the measurement place, so it can be judged that the RF-EMF has decreased. On the other hand, there was little change over time in houses without any social external changes.

Measurement Sites	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
Kindergarten	1.456	1.432	1.429	1.434	1.434	1.125	1.074
Elementary School	1.330	1.370	1.348	1.326	1.306	1.183	1.296
Home	1.478	1.425	1.435	1.457	1.406	1.410	1.427
Office	1.417	1.385	1.359	1.435	1.378	1.127	1.093



The RF-EMF Comparison over 24 Hours

The RF-EMF changes at weekdays and weekends are clearly visible in all three sites and the house, but the RF-EMF of the house is almost constant. If we compare this with the results shown in Table 1, it can be expected that the RF-EMF at the four measurement sites will eventually show a similar level. In Table 1, the highest RF-EMF of the house is due to the characteristic that is maintained at a constant level. The remaining three sites seem to have affected the measurement results due to changes in activity time and inactivity time.



Conclusion

We have developed a simplified instrument that measures RF-EMF from 100 kHz to 6 GHz in one electric field strength. The measurement sites were selected from 100 sites and measured for more than one month. In the case of the house, the long-term RF-EMF average over one month was 1.424 V/m, which was 5.16% lower than the lowest ICNIRP reference level, 27.5 V/m. The RF-EMF during the day showed a tendency to increase at the time of day in Kindergarten, elementary schools and offices except for the house. The house had little change throughout the 24 hours. Changes over a week showed similar results.