

전자파 인체보호대책 연구

2016. 12.



국립전자파연구원

제 출 문

본 보고서를 「전자파 인체보호 대책에 관한 연구」 과제의
최종 보고서로 제출합니다.

2016. 12. 30.

연구 책임자 : 정 삼 영(전파환경안전과 전자파안전담당)

연구 원 : 김 기 회(전파환경안전과 전자파안전담당)

이 종 일(전파환경안전과 전자파안전담당)

장 주 동(전파환경안전과 전자파안전담당)

김 재 웅(전파환경안전과 전자파안전담당)

요 약 문

2002년부터 휴대전화의 전자파에 대하여 인체보호를 위한 기준을 적용해 오면서 이동통신기술의 발전으로 전자파흡수율을 시험해야하는 시험조건도 급격히 증가하였다. 2016년에는 IEC TC106을 중심으로 고속으로 전자파흡수율을 측정하는 방법에 관한 표준화 작업을 시작하였으며 국제적으로도 Inter-Lab Test를 통해 고속 전자파흡수율 측정데이터의 신뢰성 검증 작업도 추진되었다. 우리원에서도 국제 공동연구에 참여하였으며 국내 비교시험연구도 진행 중에 있으며 내년까지 진행될 것으로 보인다. 본 연구에서는 고속 전자파흡수율 측정 시스템에 관한 국내·국제 공동 비교연구 중간 결과를 분석하였다. 특히 국내 비교시험에서는 일부 조건을 제외한 대부분의 시험조건에서 정규 전자파흡수율 시스템과 고속 전자파흡수율 시스템 간에 통계적으로 유의미한 결과를 얻었으며, '17년도에 유효성 검증방법과 정밀 시험을 통해 최종 신뢰성 검증 연구를 완료할 계획이다.

또한 고속 전자파흡수율 측정방법이 적합성평가에 적용되기 전에 LTE 방식을 사용하는 휴대전화의 전자파흡수율 측정에 소요되는 과도한 시간과 비용을 해소하기 위해 LTE 전자파흡수율 측정 간소화 방안을 마련하여 관련 시험기관에 지침을 주었다. LTE 밴드별 전도전력 측정값과 최대 전자파흡수율 조건과의 관계와 LTE 밴드별 측정 조건(변조방식, RB, 대역폭)과 최대 전자파흡수율 조건과의 관계를 분석한 결과, 변조방식은 QPSK와 QAM 중 QPSK만, RB는 1RB의 조건에서만 SAR을 평가할 경우 최대 전자파흡수율 측정 조건을 확인할 수 있는 결론을 얻었다. 개선된 시험방법 적용시 기존의 휴대전화의 전자파흡수율 측정에 소요되는 시간과 비용은 약 50% 절감될 것으로 기대한다.

올해부터 추진되고 있는 기술기준과 국가표준 일치화에 따라 현재 전자파흡수율 측정기준에서 규정하고 있는 머리와 몸통에 관한 전자파흡수율 측정방법을 국가표준으로 제·개정 추진을 하였으며, 가전기기에 대한 전자파인체보호기준 적용 제도 도입에 따라 가전기기의 전자파강도 측정방법도 국가표준화 절차가 진행 중에 있다.

전자파에 관한 국민의 관심이 높아지면서 전자파 차단제품의 종류와 수요도

높아지고 있다. 우리원에서는 시중에 판매되고 있는 휴대전화 차단제품과 일상생활에서 인체에 유해한 전자파를 차단하고 전자파 환경을 개선할 수 있다는 등의 광고를 하고 있는 제품 19종에 대하여 전자파 차단효과를 측정하였다. 휴대전화용 전자파 차단제품은 전자파흡수율을 측정하였을 때, 필름형과 이어폰 부착형의 경우 전자파흡수율 수치에 큰 변화가 없지만, 스티커형, 쿨패드형은 전자파흡수율이 80% 이상 감소되는 결과를 보였다. 생활환경용 전자파 차단제품은 전자파강도를 측정하였을 때, 일부 제품이 전기장 감소에 있어서는 효과가 있는 것으로 측정되었으나, 기본적으로 모든 전자파 차단제품은 자기장 감소의 효과는 없는 것으로 나타났다. 국립전파연구원과 한국소비자원과 공동으로 협력체계를 구축하고 시중에 유통되는 전자파 차단제품의 효과는 일부 거짓·과장 광고에 대하여 대응하고 있다.

목 차

제1장 서론	1
제2장 전자파 인체영향 측정방법 개선 연구	2
제1절 국내 고속 전자파흡수율 성능 비교 연구	2
제2절 국제 고속 전자파흡수율 Inter-lab 비교 평가 연구	6
제3장 전자파 인체노출량 측정방법 규제개선 및 국제회의 대응	19
제1절 LTE 전자파흡수율 측정방법 간소화 연구	19
제2절 전자파인체안전 관련 국제회의 참가 대응	22
제3절 전자파 인체영향 측정방법 국가표준(KS) 개발 연구	33
제4장 전자파 차단제품 성능 평가 연구	37
제1절 전자파 차단제품 성능 평가	37
제2절 전자파 및 전자파 차단제품 관련 소비자 인식조사	44
제5장 맺음말	53
참고문헌	54

표 목 차

표 2-1 휴대전화별 정규 전자파흡수율 측정데이터 수	3
표 2-2 고속 전자파흡수율 비교평가 연구 참여 현황	6
표 2-3 국제 고속 전자파흡수율 비교연구측정 시료 세부 정보	8
표 3-1 LTE 방식 휴대전화의 최대 전자파흡수율 조건 표 예시	20
표 3-2 전자파 인체영향 표준화 문서 진행 사항	25
표 3-3 각 나라에서 추진하는 전자파인체영향 관련 연구 내용	29
표 3-4 전자파 인체영향 국가 표준 진행 현황	35
표 4-1 전자파 차단효과 광고 제품	38
표 4-2 전자파흡수율 및 안테나 성능 측정 결과	41
표 4-3 전자기장 차단효과 측정 결과	42
표 4-4 설문조사 응답자 특성	44
표 4-5 전자파에 대한 의식 여부	44
표 4-6 전자파를 피하기 위한 방법	45
표 4-7 전자파 유해성에 대한 인식 여부	45
표 4-8 전자파가 해롭다고 판단한 근거	45
표 4-9 전자파로 인한 증상이라 생각되는 질병	46
표 4-10 전자파가 발생되어 유해하다고 생각되는 제품	46
표 4-11 전자파로 인한 인체 이상 경험유무	47
표 4-12 전자파로 이상을 느낀 신체증상	47
표 4-13 신체 이상에 영향을 끼친 가전제품	47
표 4-14 전자파 차단제품 사용·구입 경험	48
표 4-15 전자파 차단제품 향후 사용·구입 의사	48
표 4-16 실제 사용·구입경험이 있는 전자파 차단제품	48
표 4-17 향후 사용·구입 의사가 있는 전자파 차단제품	49
표 4-18 전자파 차단제품 구입·이용 경로	49
표 4-19 전자파 차단제품 구입(예정) 이유	49

표 4-20 제품 구입 시 주로 고려하는 사항	50
표 4-21 전자파 차단제품의 효과 여부	50
표 4-22 차단효과가 있다고 생각하는 근거	51
표 4-23 제품 구입 시 가장 영향을 준 표시·광고 내용	51
표 4-24 광고내용의 사실과 일치 여부	51
표 4-25 전자파 차단제품 광고의 개선되어야 할 점	52

그 립 목 차

그림 2-1 정규 전자파흡수율 측정시스템	2
그림 2-2 상용 고속 전자파흡수율 측정시스템	3
그림 2-3 정규 SAR 시스템과 고속 SAR 시스템간 Interval Plot	4
그림 2-4 국제 고속 전자파흡수율 비교연구측정 시료	8
그림 2-5 국제 고속 전자파흡수율 측정 비교 연구 측정 조건	9
그림 2-6 시스템별 1번 시료 측정 결과	10
그림 2-7 시스템별 2번 시료 측정 결과	11
그림 2-8 시스템별 3번 시료 측정 결과	12
그림 2-9 시스템별 4번 시료 측정 결과	13
그림 2-10 시스템별 5번 시료 측정 결과	14
그림 2-11 시스템별 6번 시료 측정 결과	15
그림 2-12 시스템별 7번 시료 측정 결과	16
그림 2-13 시스템별 8번 시료 측정 결과	17
그림 3-1 LTE 단말기 전자파흡수율 측정 간소화 절차	19
그림 3-2 제조사 제안 LTE SAR 측정 간소화 방법	20
그림 3-3 LTE 방식 휴대전화의 최대전자파흡수율 측정 간소화 방법(추가)	21
그림 3-4 전자파 인체영향 측정방법 국제표준화 대응 현황	23
그림 3-5 홀더에 스티로폼을 활용한 적용 예시	24
그림 3-6 2016 GLORE 참가자 단체 사진	32
그림 3-7 국가 표준 일반 절차	33
그림 3-8 국가 표준 세부 추진절차	34
그림 4-1 전자파 차단제품 광고내용 예시	38
그림 4-2 전자파흡수율 측정	40
그림 4-3 안테나 특성 측정	40
그림 4-4 전자파차단과 전력제어 상관관계	41
그림 4-5 전자파강도 측정	42

제1장 서론

이동통신기술의 발전으로 휴대전화에서 사용하는 통신방식이 추가되고 신호 모드도 증가함에 따라 고속 측정이 가능한 전자파흡수율 측정시스템과 표준 측정방법의 필요성이 증가하고 있다. 이와 관련하여 국제적으로도 IEC TC106을 중심으로 국제공동 프로젝트를 진행하고 있다. 본 연구에서는 고속으로 측정할 수 있는 시스템의 신뢰성을 검증할 수 있는 방법에 관한 연구를 진행하였으며, 향후 휴대전화의 전자파 적합성평가에 적용을 목표로 보완 연구 및 검증을 수행할 예정이다.

또한 고속 측정방법이 적용되기 전까지 LTE 모드의 다양한 신호 조건에 따른 전자파흡수율 값과의 상관성을 분석하여 측정해야할 시험조건을 소거할 수 있는 방법을 마련하였으며 전자파흡수율 측정지침에 반영하여 적합성 평가의 비용과 시간을 절감할 수 있도록 하였다.

지금까지 전자파 인체노출량의 평가는 전자파흡수율 측정기준 고시와 전자파강도 측정기준 고시에 따라 적용하였으나, 기술기준과 국가표준 일치화에 따라 전자파흡수율 측정방법과 가전기기의 전자파강도 측정방법을 국가표준으로 추진하여 향후 전문적으로 기술되어 있는 사항은 국가표준에서 관리하고 국제표준과 부합되도록 체계를 구축해 나아갈 계획이다. 위 측정방법에 관한 국가표준은 2017년 상반기까지 완료될 것으로 예상된다.

전자파의 인체영향에 대해서는 전자파 이용이 다양해짐에 따라 국민적 관심도 증가하고 있으며, 전자파 차단 제품에 대한 관심도 비례하여 증가하고 있다. 우리원은 시중에 판매되고 있는 19종의 대표적인 차단제품에 대하여 성능 평가를 통해 차단 특성을 확인하고 한국소비자원과 협력하여 전자파 차단제품에 관한 올바른 정보를 소비자에게 제공하고 소비자가 일부 제품의 허위·과장 광고에 현혹되지 않도록 하였다. 본 연구보고서에서 전자파 차단제품의 성능 특성과 검증방법에 대하여 알아보고자 한다.

제2장 전자파 인체영향 측정방법 개선 연구

제1절 국내 고속 전자파흡수율 성능 비교 연구

이동통신기술이 LTE, LTE-A로 진화하면서 휴대전화의 전자파흡수율(SAR, Specific Absorption Rate) 측정 대상 조건은 기하급수적으로 증가하였으며 이에 따라 전자파흡수율 적합성 평가에 소요되는 시간과 비용도 비례하여 증가하였다. 이에 대한 해결을 위해 하나의 측정모드에 소요되는 시간을 30분에서 3초로 측정시간을 비약적으로 단축한 고속으로 전자파흡수율을 측정할 수 있는 측정시스템이 상용화 되었다. 그러나 그림 2-1의 정규 전자파 흡수율 측정시스템에 비해 고속 SAR 측정시스템은 수십 개의 프로브가 모의인체 내부에 내장되어 있어 프로브들 간의 간섭이 정확한 전자파 측정에 영향을 주며, 광대역 액체를 사용하여 단일 인체유사액체를 사용할 때의 전기정수 불확정도보다 두 배 이상의 오차를 갖는 한계를 가지고 있다. 따라서 고속 전자파흡수율 측정시스템을 적합성 평가용으로 사용하기 위한 신뢰성 검증이 필요하다. 본 연구에서는 상용 고속 전자파흡수율 측정시스템에 대하여 정규 전자파흡수율 측정 데이터와 비교하여 신뢰성을 평가하였다.



그림 2-1 정규 전자파흡수율 측정시스템

현재 개발된 고속 전자파흡수율 측정시스템은 우리나라의 ESSAY Quick-SAR, 스위스의 cSAR3D 그리고 프랑스의 ART-MAN 등 3개의 제품이 며, 본 연구에서 이들 3개 시스템의 측정 신뢰성을 평가하였다.



그림 2-2 상용 고속 전자파흡수율 측정시스템

비교평가에 사용된 휴대전화는 5개상용 제품(bar type 스마트폰)을 대상으로 하였으며, LG-F500L(G4), LG-F560K(GS), SM-G920S(G6), SM-G928S(G6E), SM-J500N0(J5)이다. 각각의 휴대전화에 대한 전자파흡수율 기준 데이터는 정규 전자파흡수율 측정시스템(DASY5)으로 측정한 적합성 평가 시험 성적서의 데이터를 사용하였다. 대상 휴대전화별 데이터는 표 2-1과 같이 모의인체 및 휴대전화 측정면의 조건에 따라 데이터를 분류하여 통계적 유의성을 확인하고자 하였다.

표 2-1 휴대전화별 정규 전자파흡수율 측정데이터 수

DUT	Left head phantom	Right head phantom	Front side of device in body phantom	Back side of device in body phantom
G4	12	33	13	30
GS	14	30	13	30
G6	16	5	3	4
G6E	3	19	3	15
J5	12	14	11	6

표 2-1의 측정데이터 수에서 일부 조건의 데이터 수는 통계적 유의성을 확인하기에 부족하여 제외하였으며 데이터 수가 10개 이상인 조건에 대해서만 통계 분석을 수행하였다. 분석은 2-샘플, T-test 방법을 사용하였다.

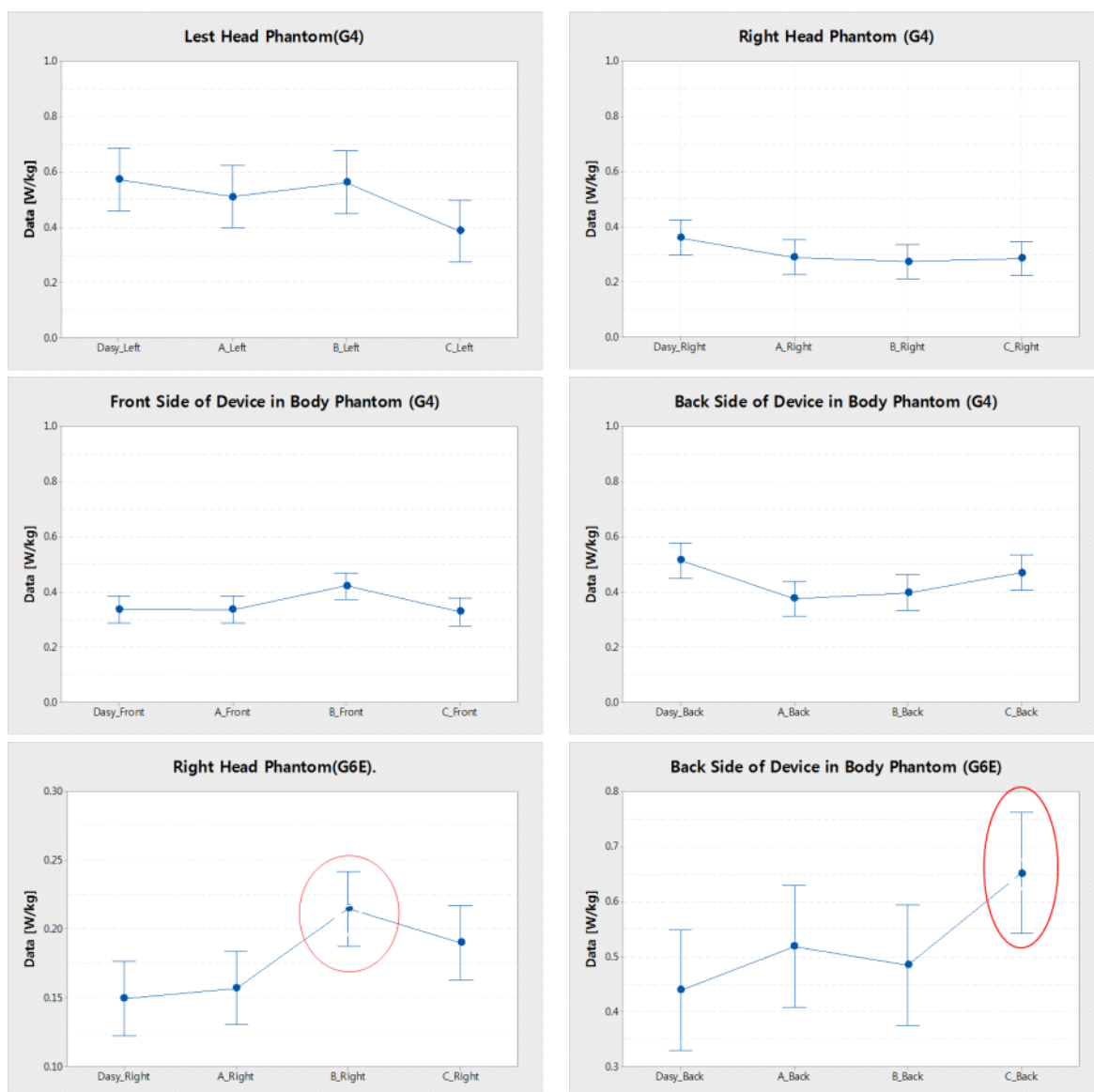


그림 2-3 정규 SAR 시스템과 고속 SAR 시스템간 Interval Plot

그림 2-3은 신뢰구간 95%에서 정규 전자파흡수율 시스템의 측정데이터와 고속 전자파흡수율 시스템의 측정 데이터간 Interval Plot을 보여주고 있다. 분석 결과 대부분의 조건에서 고속 전자파흡수율 시스템은 정규 전자파흡수율

시스템과 차이를 보이지 않았으며, G6E 모델의 오른쪽 머리 모의인체(right head phantom)와 평면 모의인체에서 휴대전화 뒷면(back side of device in body phantom)에 대한 조건에서 고속 전자파흡수율 시스템 2종이 정규 전자파흡수율 시스템의 데이터와 통계적으로 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

분석결과 데이터 샘플 수가 적어 통계적으로 분석 결과의 의미성을 확인하기에는 충분치 않았으며, 향후 실제 정규 측정시스템으로 측정한 데이터를 확보하여 추가 정밀 분석 연구가 필요하다. 또한 신뢰성 분석 전에 표준 안테나를 이용한 고속 전자파흡수율 측정시스템의 유효성 검증 방법에 관한 연구도 필요하다.

제2절 국제 고속 전자파흡수율 Inter-lab 비교 평가 연구

최근 고속 전자파흡수율 측정 시스템이 개발되고, LTE 휴대전화 단말기의 전자파흡수율 측정 소요시간 및 비용이 증가함에 따라 휴대전화 적합성 평가에 고속 전자파흡수율 적용 방법이 이슈가 되고 있다. 이에 따라 전자파 인체영향 측정 및 평가 방법 국제표준화 기구인 IEC TC106 에서도 고속 전자파흡수율 측정기술 및 장비 규격 표준화를 위하여 고속 전자파흡수율 측정 방법에 대한 프로젝트 팀(PT62209-3)을 구성하여 진행하고 있다. 2015년 5월 IEC TC106 MT1 회의(프랑스 파리)에서 캐나다 산업부인 Industry Canada가 시험기관간 고속 전자파흡수율 비교 측정 연구를 제안 하였다. 이는 각국의 여러 기관 에서 보유하고 있는 고속 전자파흡수율 측정 시스템(한국 ESSAY Quick-SAR, 스위스의 cSAR3D, 프랑스 ART-MAN)이 정규 전자파흡수율 시스템의 측정 결과 값을 보장하고 그에 대한 대체 장비로 활용할 수 있는지에 목적을 두고 있으며, 우리원은 전 세계적으로 존재하는 고속 전자파흡수율 측정 시스템 3종을 보유하고 있는 유일한 기관으로 국제 고속 전자파흡수율 측정 비교평가 연구 Inter-lab 테스트에 참여 하게 되었다. 주요 참여 기관으로는 7개국 11개 기관으로 표 2-2에 나타내었다.

표 2-2 고속 전자파흡수율 비교평가 연구 참여 현황

Participant	Responsibility	Testing Requirements
Canada (Innovation, Science and Economic Development Canada)	Home Laboratory -Spearhead the campaign -Test Plan development -Develop necessary tools (Test matrix, support documents and templates) -Oversee logistics -Perform measurements -Device Verification -Data management / analysis / Fast SAR Wizard implementation -Table deliverable	cSAR3D / DASY -device verification (full and/or fast SAR measurements) -Fast SAR measurements performed using reference dipoles -Fast SAR Measurements.
USA (PCTest)	-Test Plan Development -Perform Measurements	DASY52 / ART-MAN -Standardized Full SAR Measurements

Participant	Responsibility	Testing Requirements
USA (UL)	-Test Plan Development -Perform Measurements	DASY52 / cSAR3d -Standardized Full SAR Measurements -Fast SAR Measurements
France (Art-Fi)	-Test Plan Development -Perform Measurements	ART-MAN -Fast SAR Measurements
China (China Telecommunication Technology Labs - terminals (CTTL-Terminals))	-Perform Measurements	ART-MAN -Fast SAR measurements performed using reference dipoles -Fast SAR Measurements
Switzerland (SPEAG / IT'IS Foundation)	-Test Plan Development -Perform Measurements	cSAR3D - Fast SAR Measurements
USA (Motorola)	-Test Plan Development -Perform Measurements -Sample provider	ART-MAN -Fast SAR measurements performed using reference dipoles -Fast SAR Measurements
Finland (Microsoft)	-Test Plan Development -Perform Measurements	cSAR3D -Fast SAR measurements performed using reference dipoles -Fast SAR Measurements
S. Korea (EMF Safety Inc.)	-Test Plan Development -Perform Measurements	ES-Quick - Fast SAR Measurements
S. Korea (National Radio Research Agency (RRA))	-Test Plan Development -Perform Measurements	ES-Quick / ART-MAN / cSAR3D -Fast SAR measurements performed using reference dipoles -Fast SAR Measurements
United Kingdom (Vodafone / UL)	-Test Plan Development -Perform Measurements	cSAR3D -Fast SAR measurements performed using reference dipoles -Fast SAR Measurements

국제 고속 전자파흡수율 측정 시스템 비교연구에 사용 되는 시료는 총 8대로 국내외 휴대전화 제조사(삼성, Alcate, Motorola 등)가 제공하였으며, 스마트폰, 폴더폰, 태블릿 PC 등이 포함되었다. 이 중 시료 8번의 경우 무선 와이파이 신호발생기로 노트북에 연결하여 와이파이 신호를 발생시키는

기기도 포함 되었으며, 이에 따른 측정 시료 및 세부정보 내용은 그림 2-4와 표 2-3에 나타내었다.



그림 2-4 국제 고속 전자파흡수율 비교연구측정 시료

표 2-3 국제 고속 전자파흡수율 비교연구측정 시료 세부 정보

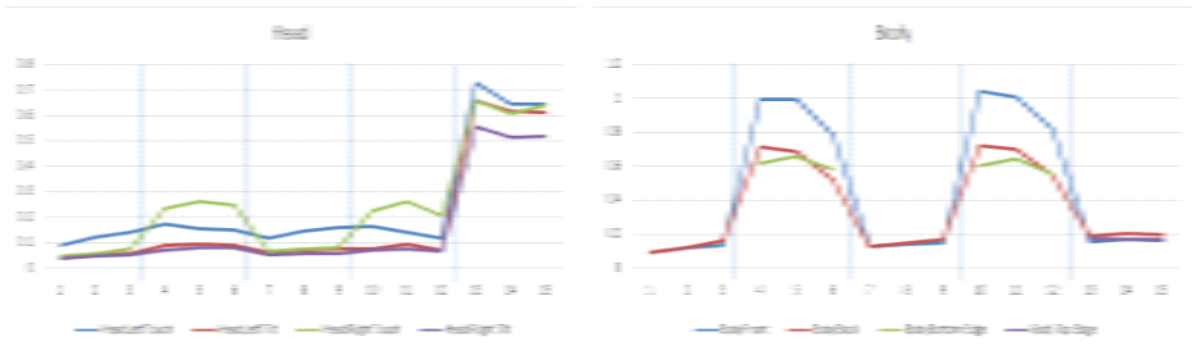
Item of Equipment	Manufacturer / Model	Form Factor
DUT-1b	Samsung / SM-J700H	Cell Phone - Candy Bar
DUT-2	LG / LG-H731	Cell Phone - Candy Bar
DUT-3	Motorola / Moto G(XT1552)	Cell Phone - Candy Bar
DUT-4	Alcatel / 6045i	Cell Phone - Candy Bar
DUT-5	LG / A380	Cell phone - clamshell
DUT-6	Samsung / SGH-S275R	Cell phone - clamshell
DUT-7	Alcatel / 9006W	Tablet
DUT-8	Sierra Wireless / AC330U	USB Dongle

국제 고속 전자파흡수율 비교연구 측정 조건의 경우 크게 2가지의 측정 주파수와 측정방법으로 나누어지게 된다. 측정 주파수의 경우는 GSM Band 5, GSM Band 2, WCDMA Band 5, WCDMA Band 2, LTE Band 7(16-QAM, 1RB Mid, 20 MHz BW) 대역에서 측정을 실시하게 되며, 각 주파수 대역별로 저, 중, 고 채널에서 측정을 하게 된다. 측정 방법으로는 머리 모의인체의 왼쪽 오른쪽 경우에 대하여 휴대전화 접촉 이격 측정을 실시하였으며, 몸통 모의인체의 경우 휴대전화의 앞, 뒤, 바닥면, 오른쪽 면에 대하여 측정을 실시하였다. 이렇듯 측정 조건 경우의 수를 따지게 되면 한 시스템별 약 600번의 측정 횟수가 정해지게 되며, 우리원의 경우 3종의 고속 전자파흡수율 측정 시스템을 보유하고 있기 때문에 1,800번의 측정 횟수(600회 X 3종 시스템)가 정해지게 된다. 그림 2-5의 경우 세부적인 측정 조건에 대한 예시를 보여 주고 있으며, 그림 2-5와 같이 측정 결과 값을 기입하여 시스템별 측정값 비교를 하게 되었다.

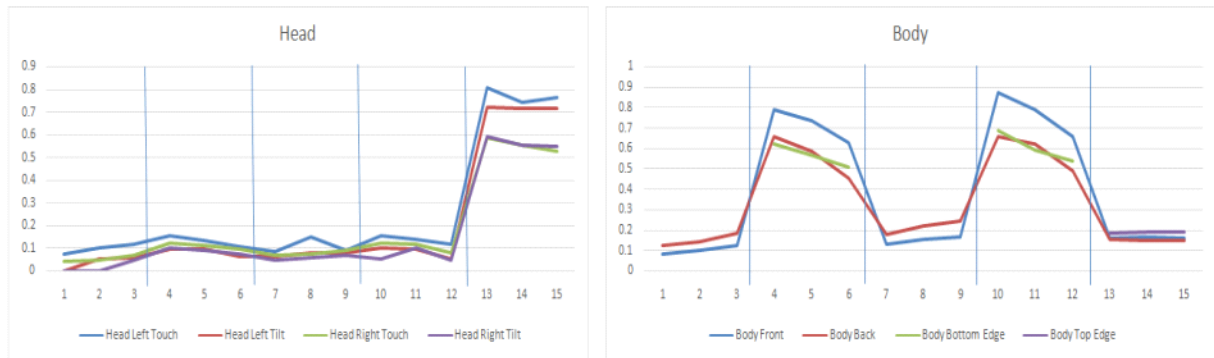
DUT #1 Head	GSM Band 5			GSM Band 2			WCDMA Band 5			WCDMA Band 2			Wi-Fi (2450) IEEE802.11b		
	Low	Mid	High	Low	Mid	High	Low	Mid	High	Low	Mid	High	Low	Mid	High
Frequency	824.2	836.6	848.8	1850.2	1880	1909.8	826.4	836.6	846.6	1852.4	1880	1907.6	2412	2437	2462
Channel Number	128	190	251	512	661	810	4132	4183	4233	9262	9400	9538	1	6	11
Head Left Touch															
Head Left Tilt															
Head Right Touch															
Head Right Tilt															
DUT #1 Body (FCC/IC TSL)	GSM Band 5 - 10mm			GSM Band 2 - 10mm			WCDMA Band 5 - 10mm			WCDMA Band 2 - 10mm			Wi-Fi (2450) IEEE802.11b - 10mm		
	Low	Mid	High	Low	Mid	High	Low	Mid	High	Low	Mid	High	Low	Mid	High
Frequency	824.2	836.6	848.8	1850.2	1880	1909.8	826.4	836.6	846.6	1852.4	1880	1907.6	2412	2437	2462
Channel Number	128	190	251	512	661	810	4132	4183	4233	9262	9400	9538	1	6	11
Body Front															
Body Back															
Body Bottom Edge	N/A	N/A	N/A				N/A	N/A	N/A				N/A	N/A	N/A
Body Top Edge	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A			

그림 2-5 국제 고속 전자파흡수율 측정 비교 연구 측정 조건

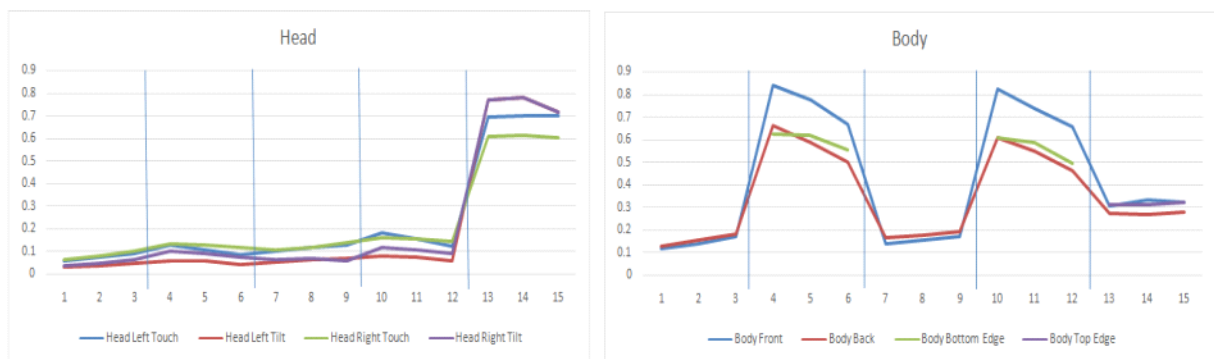
측정결과 비교는 각 시스템별로 측정 안테나 특성이 달라 측정의 절대 값에 대한 상호 비교는 어려운 상황으로 측정 주파수 대역별 측정 조건에 따라 각 시스템의 측정 결과 경향성을 파악하여 측정결과의 경향성이 3가지 시스템 모두 동일한 측정 조건(주파수, 측정 방법)에 따라 동일한지 판단하였다. 1번 시료 스마트폰의 각 시스템별 측정 결과 각 시스템별 측정값에 대한 오차는 머리의 경우 약 0.1 W/kg의 값이 차이를 보였으며 몸통의 경우 시스템별 최대 0.2 W/kg 차이를 보였지만, 이는 각 시스템별 오차범위에 속하는 측정값으로 확인되며, 머리 모의인체의 측정결과 경우 A 시스템의 경우 오른쪽 모의인체의 접촉의 경우의 측정값의 경향이 다른 시스템 보다 상이한 결과를 보였다. 몸통의 경우는 세 시스템 모두 유사한 경향을 보이고 있다.



(a) A 측정 시스템 1번 시료 측정 결과



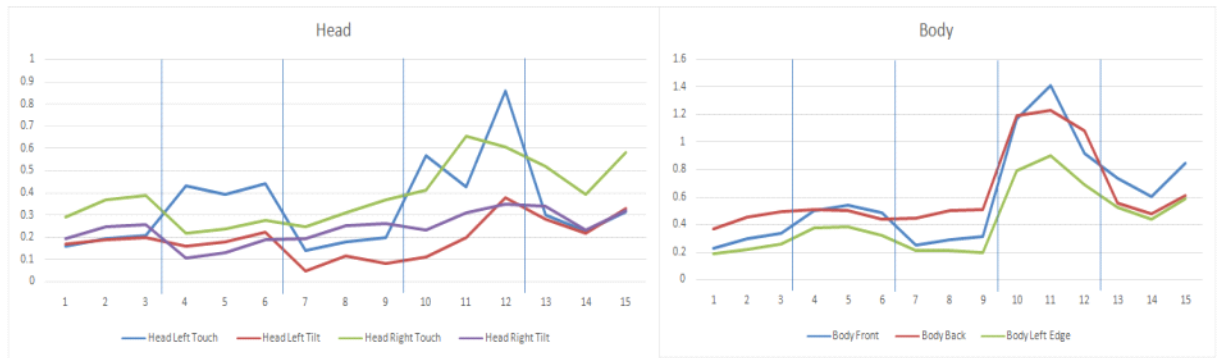
(b) B 측정 시스템 1번 시료 측정 결과



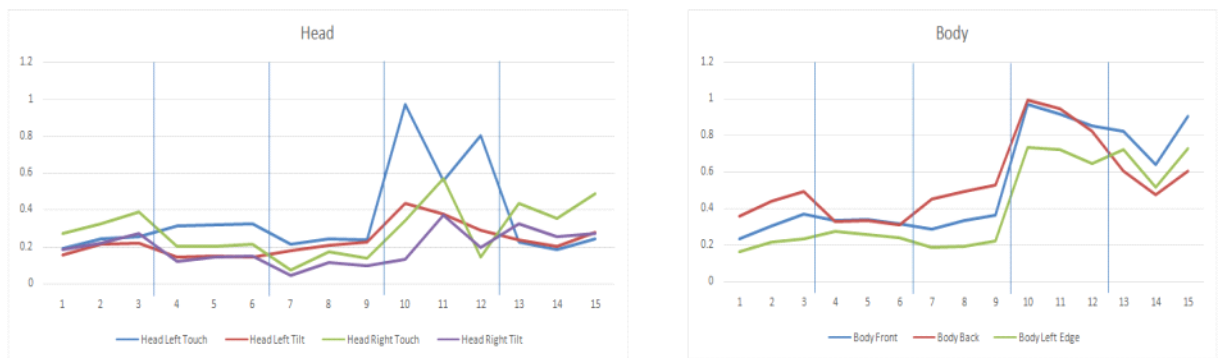
(c) C 측정 시스템 1번 시료 측정 결과

그림 2-6 시스템별 1번 시료 측정 결과

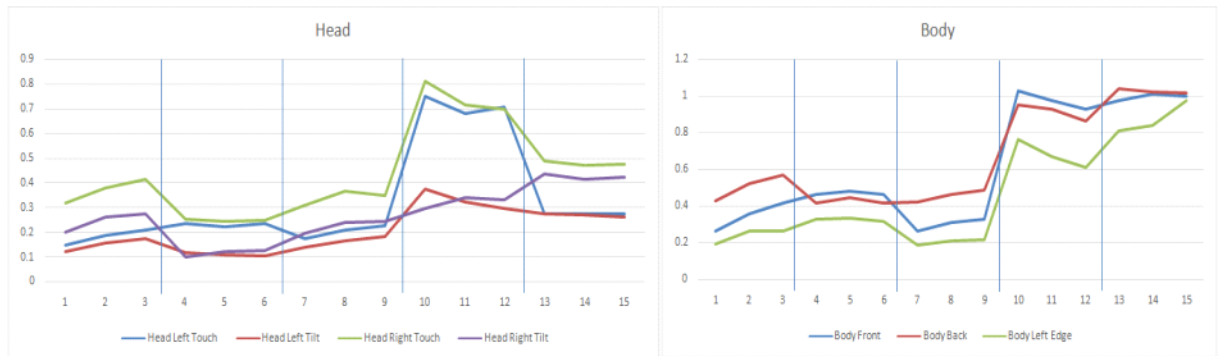
2번 시료(스마트폰)의 경우 1번 측정 결과와 달리 상대적으로 각 시스템별 측정 결과 값이 서로 다른 경향을 보였으며, 특히 머리 모의인체 측정 결과 GSM대역에서는 각 시스템별 오차범위 내에서 서로 다른 측정 값 경향성을 보이고 있으며 WCDMA 측정 대역에서는 오차범위 밖에서 서로 다른 경향성을 나타내고 있다. 몸통의 경우 와이파이 측정 대역에서 서로 상이한 경향성을 보였다.



(a) A 측정 시스템 2번 시료 측정 결과



(b) B 측정 시스템 2번 시료 측정 결과

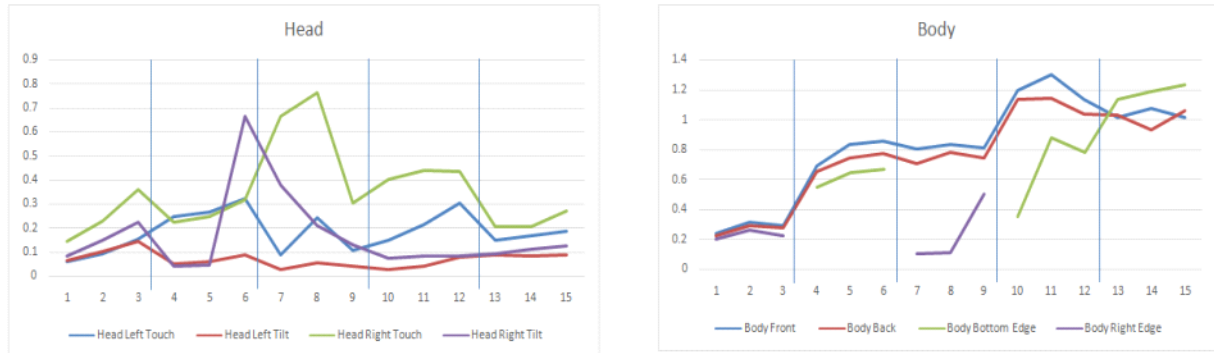


(c) C 측정 시스템 2번 시료 측정 결과

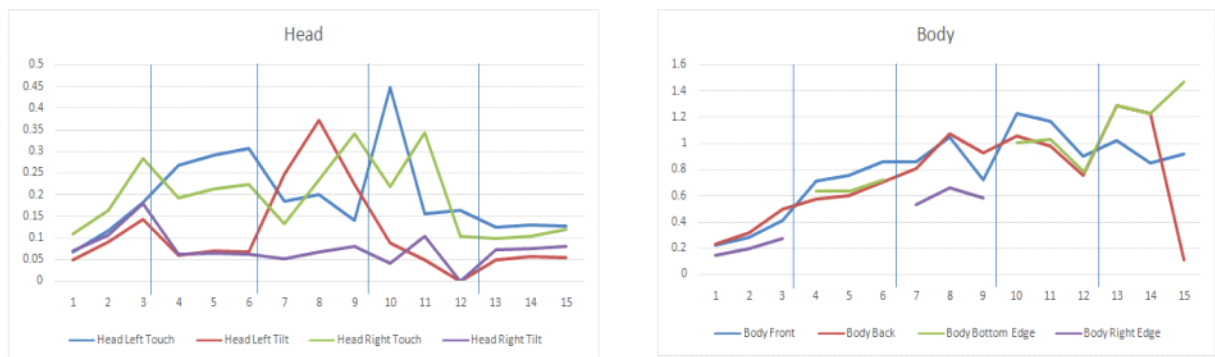
그림 2-7 시스템별 2번 시료 측정 결과

3번 시료(스마트폰)의 경우 머리모의인체의 측정 결과에서 전주파수 대역에서 서로 다른 경향성을 보였다. A 측정 시스템의 경우 GSM Band 2와 WCDMA Band 5에서 상대적으로 높게 측정 된 것에 반해 B 측정 시스템의 경우 WCDMA Band 5, Bnad 2 대역에서 상대적으로 높은 값들이 측정되었다.

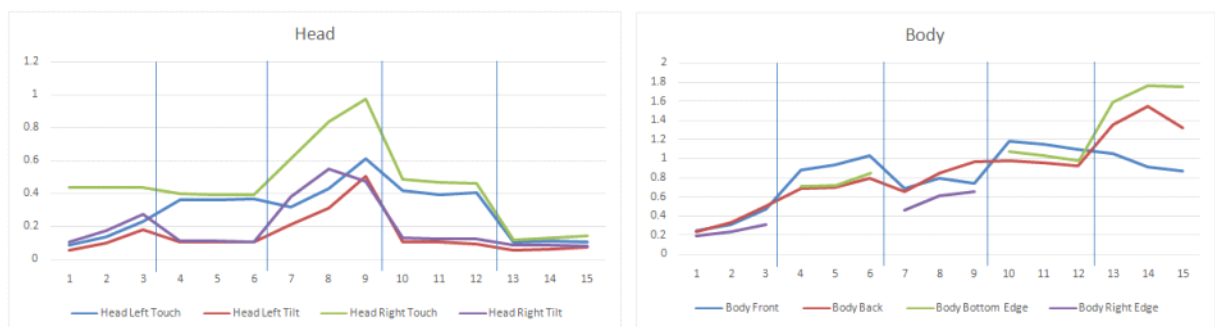
C측정 시스템의 경우는 WCDMA Band 5 대역에서 높은 측정값을 보여 서로 상이한 경향성을 보였다.



(a) A 측정 시스템 3번 시료 측정 결과



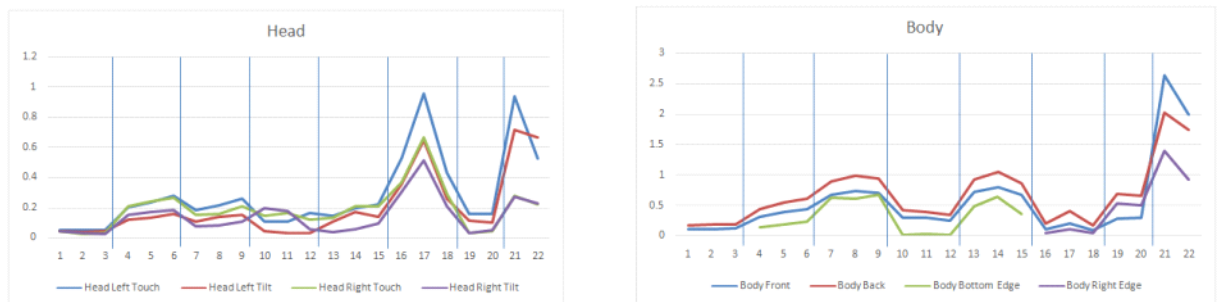
(b) B 측정 시스템 3번 시료 측정 결과



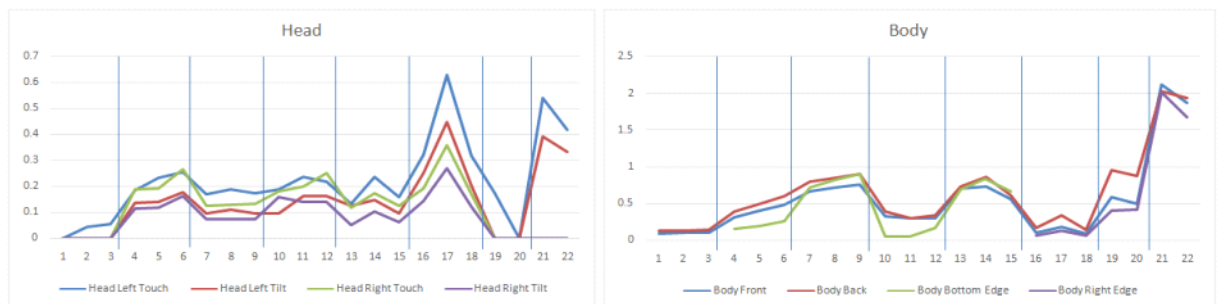
(c) C 측정 시스템 3번 시료 측정 결과

그림 2-8 시스템별 3번 시료 측정 결과

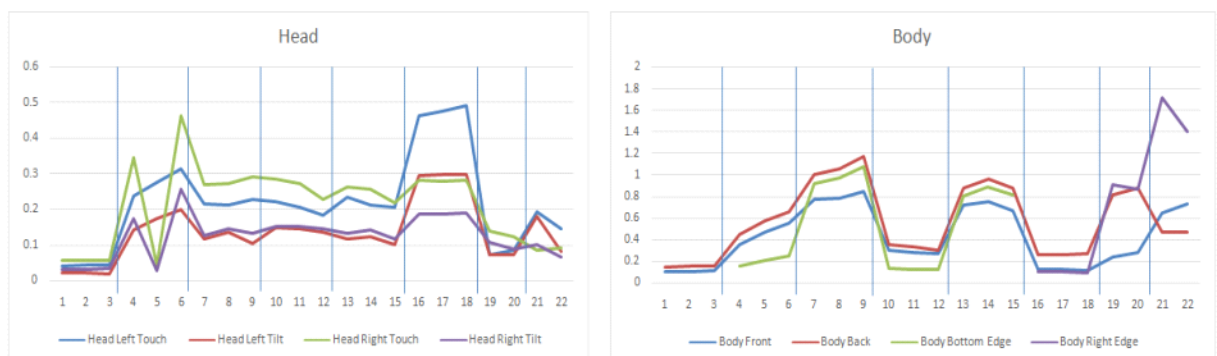
몸통의 측정의 경우 전체적인 측정 결과 값의 추세는 비슷한 경향을 보이나 B 측정 시스템의 경우 와이파이 대역에서 안테나 후면부분 측정 결과 값이 다른 경향을 보였다. 이 측정값은 측정 시 휴대전화의 거치에 따라 조금씩 측정값이 달랐으며, 측정자의 숙련도에 따라 다른 측정값을 보였다.



(a) A 측정 시스템 4번 시료 측정 결과



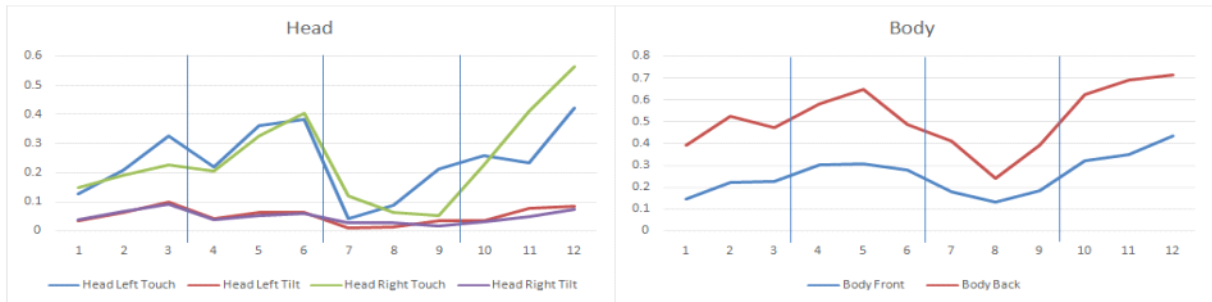
(b) B 측정 시스템 4번 시료 측정 결과



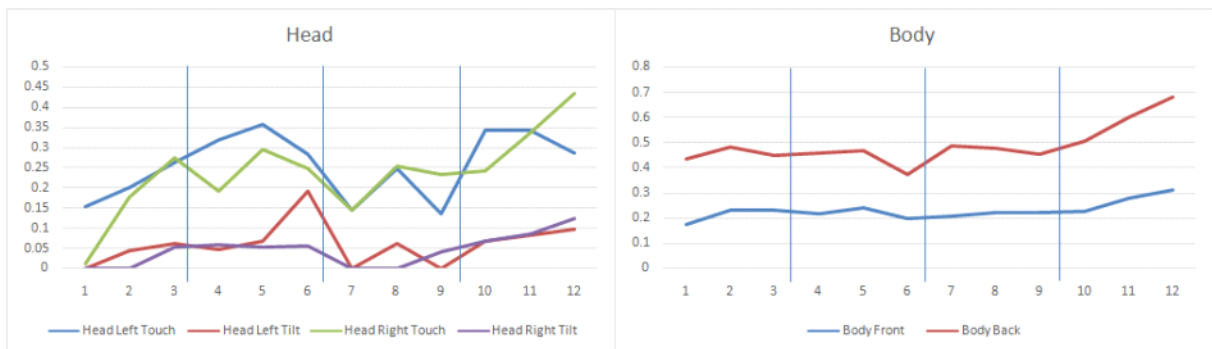
(c) C 측정 시스템 4번 시료 측정 결과

그림 2-9 시스템별 4번 시료 측정 결과

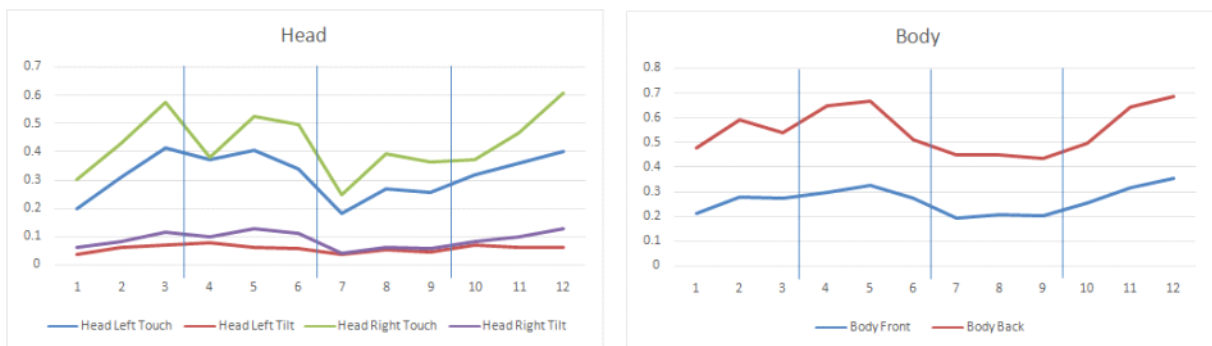
4번 시료(스마트폰)의 경우 1, 2, 3번 시료들과 비교 하여 A, B 측정 시스템의 경우 상대적으로 일관성 있는 측정 결과 경향성을 보이고 있으나, C측정 시스템의 머리 모의인체 측정 결과 값은 A, B 측정 시스템과 다른 측정 경향성을 보이고 있다.



(a) A 측정 시스템 5번 시료 측정 결과



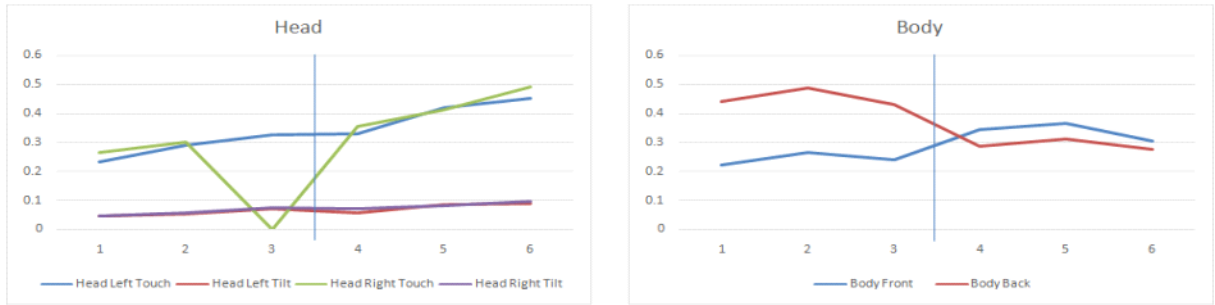
(b) B 측정 시스템 5번 시료 측정 결과



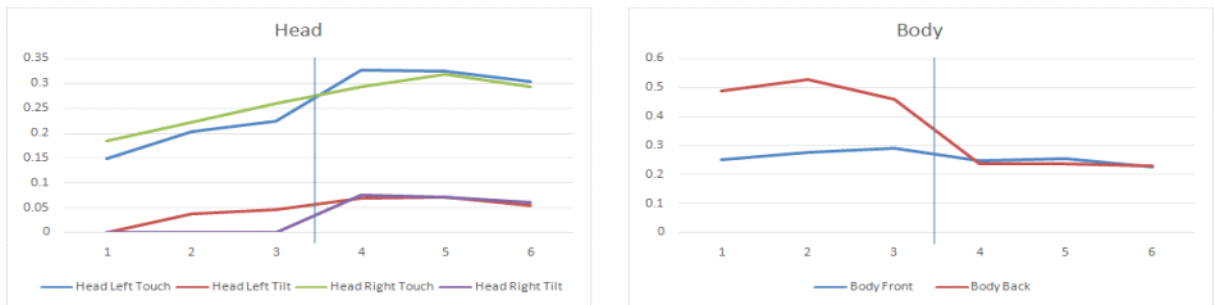
(c) C 측정 시스템 5번 시료 측정 결과

그림 2-10 시스템별 5번 시료 측정 결과

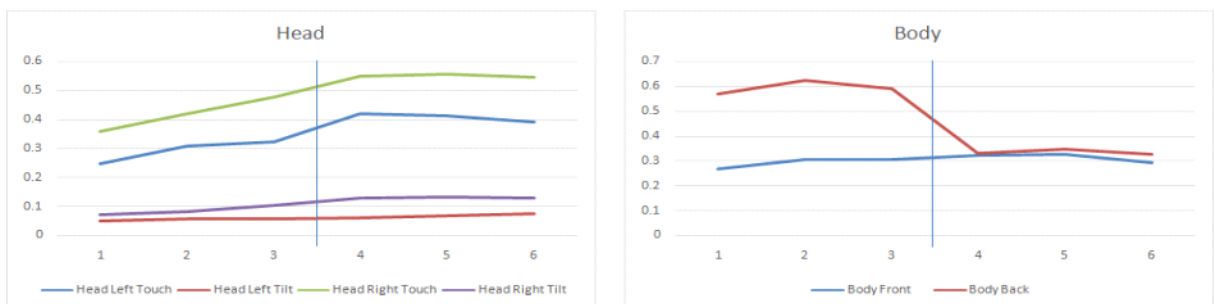
그리고 몸통의 측정 결과 값 또한 와이파이 대역에서 A, B 측정 시스템과는 다른 경향성을 보이고 있다. 5번 시료(폴더폰)의 경우 각 시스템별 측정 결과 변화가 가장 심한 측정 결과를 보였다.



(a) A 측정 시스템 6번 시료 측정 결과



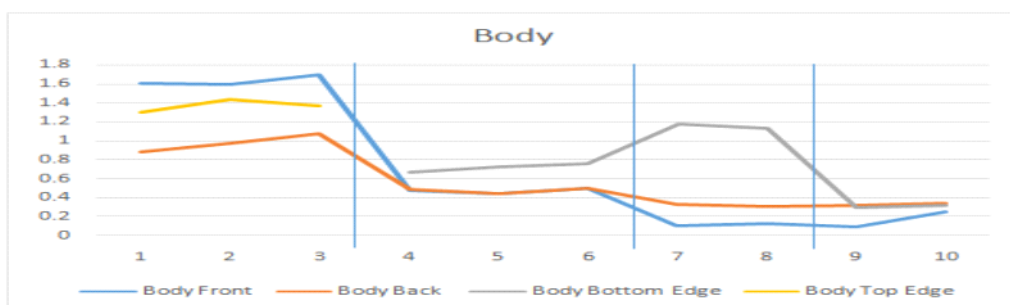
(b) B 측정 시스템 6번 시료 측정 결과



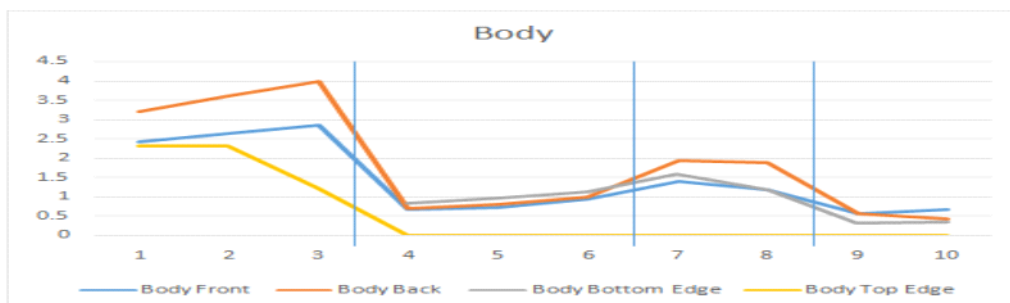
(c) C 측정 시스템 6번 시료 측정 결과

그림 2-11 시스템별 6번 시료 측정 결과

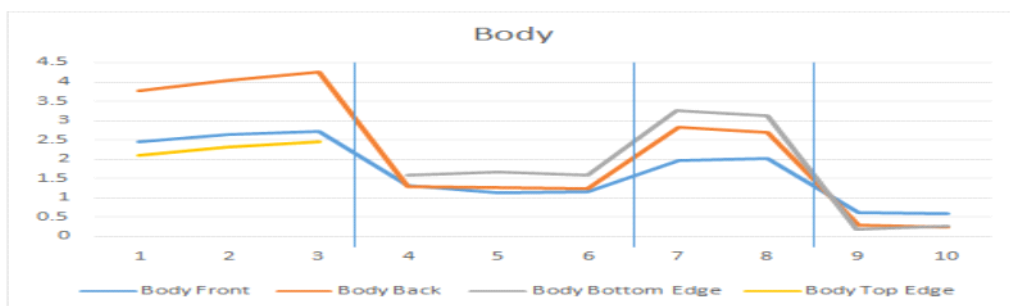
특히 머리 모의인체의 WCDMA 대역에서 측정결과 값이 각 시스템별 변화가 가장 큰 결과를 보여 주고 있다. 이는 측정자의 숙련도 오차범위를 고려하더라도 시스템별 스마트폰 측정 결과 경향성 보다 큰 차이를 보이고 있다. 몸통의 경우 B, C 측정 시스템의 경우 WCDMA 대역에서 일정한 경향을 보이는 반면 A측정 시스템의 경우 측정값이 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 6번 시료(폴더폰)의 경우 8종의 측정 시료중 전체적으로 가장 일관성 있는 측정 결과 경향성을 보이고 있다.



(a) A 측정 시스템 7번 시료 측정 결과



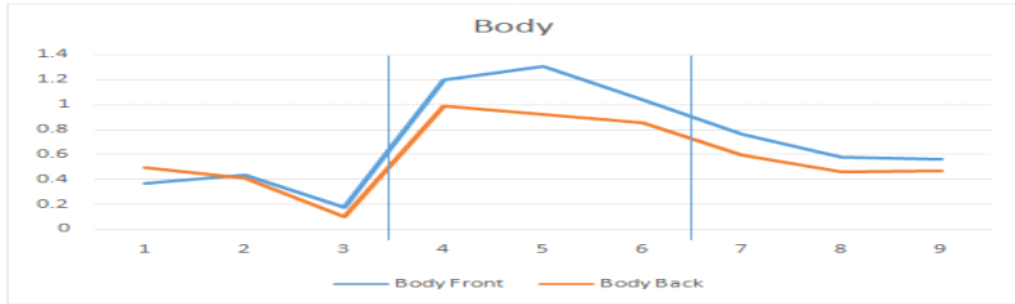
(b) B 측정 시스템 7번 시료 측정 결과



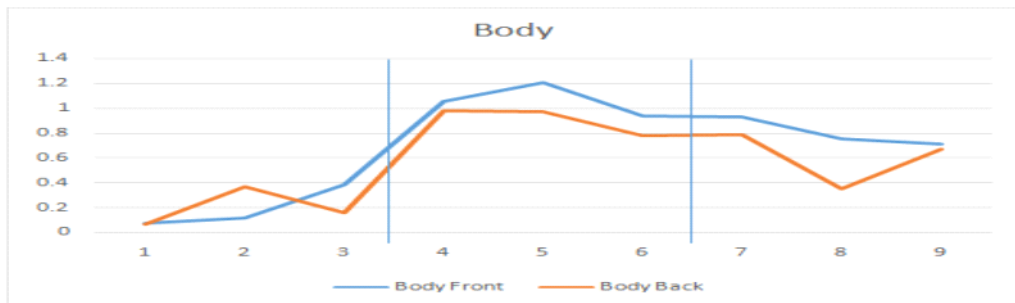
(c) C 측정 시스템 7번 시료 측정 결과

그림 2-12 시스템별 7번 시료 측정 결과

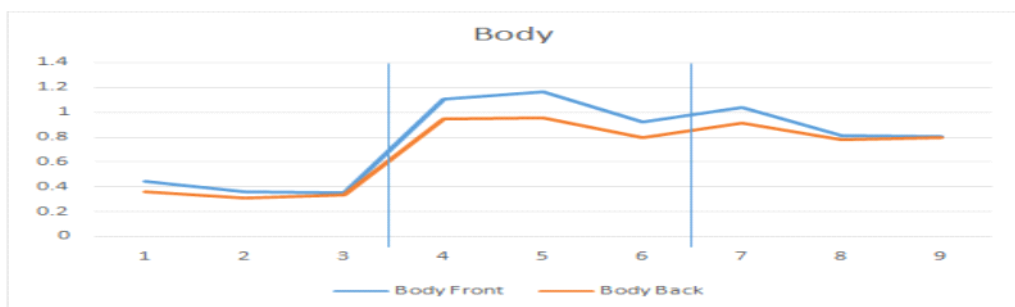
단, A 측정 시스템의 GSM 2 Band의 한 채널에서 측정값이 0으로 나오는 측정결과 값을 보이고 있다. 이는 A 측정 시스템의 측정 오류 및 기지국 시뮬레이터와 휴대전화간의 통신이 끊어져 원활한 측정이 이루어지지 않은 것으로 추정된다.



(a) A 측정 시스템 8번 시료 측정 결과



(b) B 측정 시스템 8번 시료 측정 결과



(c) C 측정 시스템 8번 시료 측정 결과

그림 2-13 시스템별 8번 시료 측정 결과

몸통의 측정 결과 경우 전체적으로 측정 결과 값이 GSM 대역에서는 높게 WCDMA 대역 및 와이파이 대역에서는 낮게 측정되는 결과 값을 보이고 있다. 7번 시료(폴더폰)의 경우 캐나다 산업부에서 몸통의 경우만 측정 조건으로 제시하여 LTE Band와 와이파이 대역의 몸통에 대한 측정만 실시하였다. 측정 결과 각 시스템별 측정 결과 경향성은 비슷하게 나타났으나 일부 와이파이 대역에서 A 측정 시스템의 경우 휴대전화의 앞, 뒷면에서 측정값이 다른 측정 시스템의 측정 결과 값보다 낮은 경향성을 보였다.

8번 시료(폴더폰)의 경우도 7번 측정 조건과 같이 몸통의 경우에서 LTE 및 와이파이 대역에서만 측정을 실시하였다. 측정 결과 LTE Band 대역에서는 각 시스템별로 상대적으로 와이파이 대역보다는 낮은 측정 결과 값 경향성을 나타내고 있으며, 와이파이 대역에서는 LTE Band 대역보다 상대적으로 높은 측정 경향성을 보이고 있다.

우리원에서 보유한 3가지의 고속 전자파흡수율 측정 시스템을 이용하여 캐나다 산업부에서 제시한 국제 고속 전자파흡수율 측정 비교 평가 연구에 참여한 결과 현재 국제적으로 논의되고 있는 고속 전자파흡수율 측정 시스템 적합성 평가 도입 방안에 대한 측정 자료를 확보 할 수 있었으며, 각 시스템별 측정값의 경향성에 대한 분석을 할 수 있었다.

향후 캐나다 산업부에서는 2017년 2월 미국 플로리다에서 개최되는 IEC TC106 MT1 회의에서 우리원의 측정 결과뿐만이 아니라 다른 나라의 다른 기관에서 측정한 결과를 종합적으로 발표할 예정이므로, 이에 대한 관심과 적극적인 대응이 필요하다. 또한 2017년도 자체연구를 통하여 자체적인 통계 분석 등을 통하여 고속 전자파흡수율 적합성평가 방법(안) 마련에 기초 자료로 활용 할 수 있도록 노력할 계획이다

제3장 전자파 인체노출량 측정방법 규제개선 및 국제회의 대응

제1절 LTE 전자파흡수율 측정 방법 간소화 연구

이동통신기술의 발전으로 LTE 방식 휴대전화에 적용되는 기술이 복잡해지고 다양해졌다. 이에 따라 휴대전화 적합성평가를 위한 시험기간이 길어지고 시험비용이 증가함에 따라 국내 휴대폰 제조업체에서 측정 방법 추가 간소화 검토를 요청하였다. 현재 전자파흡수율 측정기준(국립전파연구원 고시 제2015-23호) 별표1에서 제시하는 LTE 단말기 전자파흡수율 측정 간소화 절차는 다음과 같다.

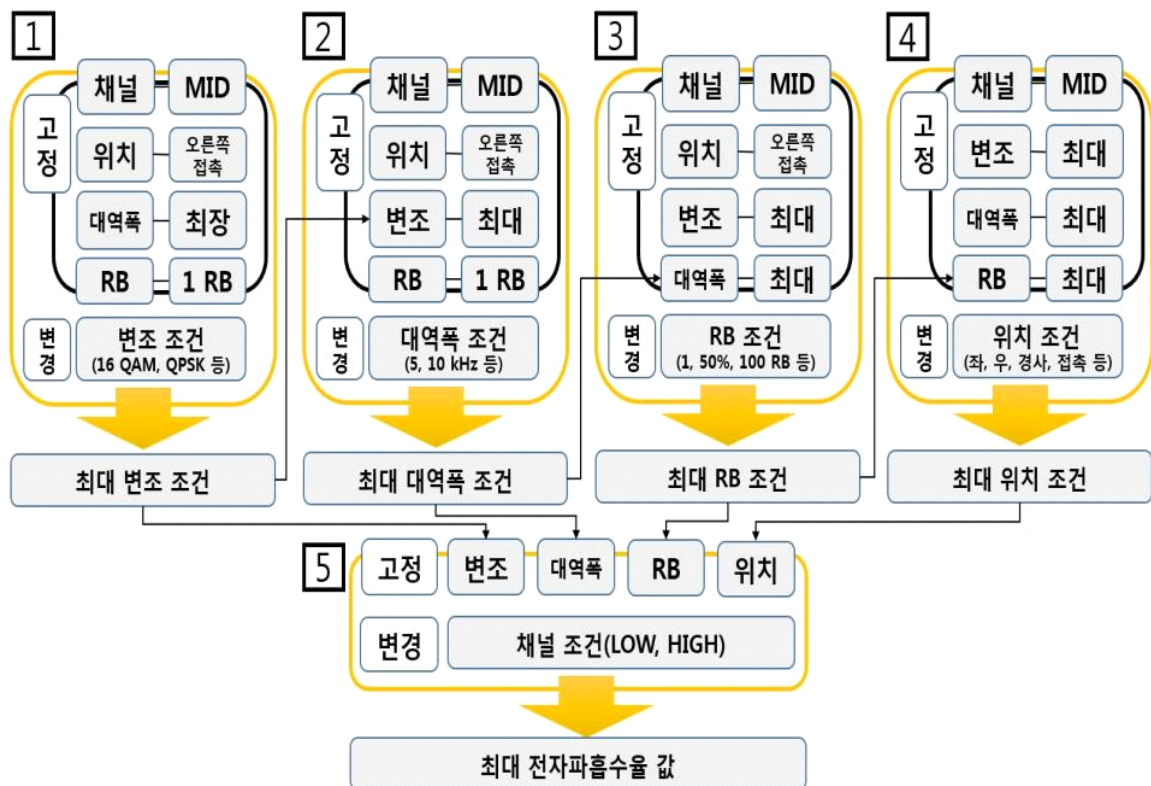


그림 3-1 LTE 단말기 전자파흡수율 측정 간소화 절차

최대 전자파흡수율 값을 선정하기 위해 휴대전화의 모든 조건(채널, 위치, 대역폭, RB, 변조방식 등)을 측정하는 것이 원칙이지만, 그림 3-1에서 볼 수 있듯이 현재 고시에는 각 조건을 다르게 변경하며 최대 전자파흡수율 값이 나오는 조건을 찾고 그 외 조건을 소거하는 방식의 간소화 방법을 제시하고 있으며, 여기서 추가로 간소화하기 위해 휴대전화 제조사는 아래와 같은 간소화 방법을 제안하였다.

LTE SAR 측정 간소화 방법	
○ LTE의 각 SAR 측정 조건(변조/대역폭/RB)별로 Conducted Power를 측정하여 최대 출력 조건에서만 SAR를 측정하며, 단, SAR 측정값이 1.45 W/kg* 초과 시 최대출력에서 10 % 이내 조건은 모두 측정	
* 1.45 W/kg은 1.6 W/kg 대비 약 90 % 수준	

그림 3-2 제조사 제안 LTE SAR 측정 간소화 방법

제안된 내용을 검토하기 위해 다수의 LTE 방식 휴대전화(삼성, LG, 애플, 화웨이의 제품 등 총 13종)의 적합성평가 시험 성적서를 분석하여 각 조건에 대한 상관관계를 검토하였다.

표 3-1 LTE 방식 휴대전화의 최대 전자파흡수율 조건 표 예시

Band	대역폭 (MHz)	변조방식	채널	최대출력 (mW)	최대출력 (dBm)	최대출력 대비 편차	최대SAR조건 (W/kg)
							몸통
LTE Band xx	5	QPSK	저	202.3	23.06	0.00%	0.602
			중	200.9	23.03	-0.70%	
			고	199.5	23.00	-1.40%	
		16QAM	저	172.6	22.37	-17.21%	
			중	174.6	22.42	-15.86%	
			고	172.2	22.36	-17.48%	
	10	QPSK	저	199.5	23.00	-1.40%	0.63
			중	198.6	22.98	-1.86%	
			고	197.7	22.96	-2.33%	
		16QAM	저	173	22.38	-16.94%	0.547
			중	172.6	22.37	-17.21%	
			고	172.6		-17.21%	

단말기의 전도전력 측정값(시험성적서 상의 공중선전력 측정값)을 밴드별·대역폭별·변조방식별·채널별로 구분하여 정리하고, 기존 LTE SAR 측정 소거법의 기준이 되는 최대 전자파흡수율 조건과 비교하였다. 비교 검토 결과, LTE 밴드별 전도전력은 고정된 값(200 mW ~ 300 mW)의 허용 범위(상한 20%, 하한 50%) 이내의 값이 측정되었고, 그 최대값이 나오는 조건은 측정할 때마다 다를 수 있으며, 최대 전자파흡수율 조건과 비례하지 않았다. 그리고 대역폭(5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz 등)은 최대 전자파흡수율 조건과 연관이 없는 것으로 판단되며, 다만 변조방식이 QPSK, 16QAM 두 가지 방식만 있는 제품 중에서는 항상 QPSK의 조건에서 최대전자파흡수율 값이 나오고¹⁾ RB 조건에서는 항상 1RB 조건의 경우 최대 전자파흡수율 값이 나왔다. 이러한 검토 결과를 정리하여 전자파인체보호위원회 산하 SAR 측정지침 연구반 전문위원들의 검토를 통해 다음과 같이 추가 간소화 방법을 마련하였다.

LTE 방식의 휴대전화 SAR 측정 간소화 방법	
답 변	○ LTE 방식을 사용하는 휴대전화는 전자파흡수율 측정기준 별표 1의 부록K에 따라 측정하되, 변조방식은 QPSK와 QAM 중 QPSK만, RB는 1RB의 조건에서만 SAR을 평가한다.

그림 3-3 LTE 방식 휴대전화의 최대전자파흡수율 측정 간소화 방법(추가)

위 내용을 「전자파흡수율 측정기준 적용 지침」에 추가하여 홈페이지에 게시하고 시험기관에 배포하였으며, 향후 전자파흡수율 측정기준 고시에 포함하여 개정할 예정이다.

새로 마련된 간소화 방안을 적용함으로써, 기존 LTE 전자파흡수율 측정에 소요되었던 비용 및 시간을 53% 가량 절감할 수 있을 것으로 예상된다.

1) QAM 방식에서 최대 전자파흡수율값이 나온 경우가 있었으나, QPSK와 비교했을 때, 거의 측정 오차(0.01 W/kg) 수준이었음

제2절 전자파인체안전 관련 국제회의 참가 대응

1. 국제전기기술위원회(IEC) TC106 국제표준 대응

1999년 10월 설립된 국제전기기술위원회(IEC : International Electrotechnical)의 TC(Technical Committee)106에서는 매년 총회 및 분기별 소위원회를 개최하고 있다. TC106은 0 Hz ~ 300 GHz 주파수 범위의 휴대전화, 무선통신 기지국, 방송통신기구 등 다양한 전자파 발생기기에 대한 전자파 인체 영향 측정 방법에 대한 국제 표준을 개발하고 있다. IEC TC106 표준화에 참여하고 있는 나라는 우리나라를 비롯하여 약 40여 개국이 참가하고 있으며, 의장은 호주의 Mike Wood가 맡고 있으며, 독일의 Matthias Meier가 사무장을 맡고 있다. 이에 따른 소위원회는 크게 유지보수팀(Maintenance Team), 프로젝트팀(PT : Project Team), AHG(AD Hoc Group), 작업그룹(Working Group)으로 분류되어 전자파 인체영향 평가 세부 아이টে별 표준화를 진행하고 있다.

우리나라에서는 2000년도부터 원활한 전자파 인체영향 측정 방법의 국제 표준화 대응을 위하여 전자파 인체보호위원회를 구성하여 우리나라의 측정 방법 국제 표준화 제시 및 신기술 신제품에 대한 전자파 인체영향 측정 방법 등 전자파 인체 영향 평가 방법에 대한 국제 표준화 대응 활동을 진행하고 있다. 2000년부터 우리원이 대응하고 있는 전자파 인체영향 국제 표준 IEC TC106 소위원회로는 휴대전화의 전자파흡수율 측정 방법, 무선 기지국의 전자파 강도 측정 방법, 가전기기의 전자파 인체노출량 평가 방법 등 유지보수팀(Maintenance Team) 6개, 고속 전자파흡수율 측정 방법, 휴대전화 및 자동차에 탑재 되는 안테나의 전자파 수치해석 계산 방법 등 프로젝트 팀(PT : Project Team) 6개, 무선 전력 전송 기기의 전자파 인체영향 작업그룹(Working Group) 1개, 5G 관련 임시 그룹(AD Hoc Group) 1개 등 총 14개의 소위원회에 대한 국제 표준화 대응을 진행해 오고 있다. 아래 그림 3-4는 우리원에서 전자파 인체영향 측정 방법 국제 표준화 대응 현황을 그림으로 나타내고 있다.

IEC TC106 (전자파 인체노출량 평가방법)

의장(Mr.Mike Wood, 호주), 사무장(Mr. Matthias Meier 독일)

프로젝트팀(Project Teams)	유지보수팀(Maintenance Teams)	작업그룹(Working Group)/ AD Hoc Group
<ul style="list-style-type: none"> o 고속 SAR 측정방법 PT (62209-3) (의장 : Jafar Keshvari(핀란드)) o 수치해석(FDTD) 계산방법 PT (62704-1) (의장 : Andreas Christ(스위스)) o 자동차에 탑재되는 안테나의 전자파 수치해석 계산방법 PT (62704-2) (의장 : Giorgi Bit-Babik(미국)) o 휴대전화의 전자파 수치해석 계산방법 (PT 62704-3) (의장 : Vikass Monebhurnun(프랑스)) o 수치해석(FEM) 계산방법 PT (62704-4) o 전기자동차의 전자파 인체노출량 평가 방법 PT (62764-1) (의장 : Peniamin Matossian(프랑스)) 	<ul style="list-style-type: none"> o SAR 측정방법 MT1 (의장 : Jafar Keshvari(핀란드)) o 저주파수 대역의 전자파 인체노출량 평가방법 MT2 (의장 : Isabelle Magne(프랑스)) o 기지국의 전자파강도 측정방법 MT3 (의장 : Mike Wood(호주)) o 저주파수 및 중간주파수의 전자파 인체노출량 평가방법 MT (62226-3-1) o 가전기기의 전자파 인체노출량 평가방법 MT (62233) o 전기 및 전자 장치의 전자파 인체노출량 평가방법 MT (62311) 	<ul style="list-style-type: none"> o 무선전력전송 기기 측정 방법 WG9 (의장 : Teruo Onishi 일본) o 5G 이동통신 기기의 측정 방법 AHG 10 (의장 : 미정)

그림 3-4 전자파 인체영향 측정방법 국제표준화 대응 현황

2016년 IEC TC106 총회는 10월 31일 ~ 11월 5일(6일간) 중국 항저우에서 개최되었으며 우리나라를 비롯하여 미국, 일본, 캐나다, 프랑스 등 약 10여 개국 48명의 대표단이 참석하여 회의가 진행되었다. 주요 참석 결과로 휴대전화 전자파흡수율 측정 방법을 다루는 소위원회 MT1의 경우는 무선전력 전송 기술과 5G 기술이 개발됨에 따라 전자파흡수율 측정 주파수 대역을 기존 300 MHz ~ 6 GHz 대역에서 4 MHz ~ 10 GHz 까지 주파수 대역을 확장할 필요성이 있다는 의견이 제시 되었으며 또한 무선전력 전송 분야의 소위원회인 WG9 에도 주파수 대역 확장에 대한 필요성이 제기 되었다. 이밖에도 300 MHz 이하의 모의인체 용액에 대한 이론분석 연구 결과 및 휴대전화 파지방법에 따른 손과 손가락에 전자파 인체영향 평가 방법에 대한 발표 등이 진행되었다.

고속 전자파흡수율 측정 방법 국제 표준화를 다루는 PT 62209-3 소위원회의 주요 이슈 사항으로는 시스템 유효성 검사 방법 연구를 위하여 측정 지점 및 다이폴 안테나의 회전 각도에 대한 정의 및 머리 모의인체 기준선인 ERP (귀기준점), CRP(볼 기준점)기준으로 유효성 검사를 실시하는 방법을 프랑스 ART-FI에서 제안을 하였으며, 이밖에도 전자파흡수율 측정 방법 국제 표준 문서 IEC 62209-1과 2에는 DUT Holder에 관한 접촉과 유전율만 명시되어 있고 DUT Holder의 파지법에 관한 가이드라인이 없음에 따라 측정 불확도의 영향 요인으로 작용할 수 있다는 문제점이 제기 되었다. 실제로 현재 사용 가능한 DUT Holder에 대한 평가 결과 IEC 62209-1/2의 측정 불확도에 최대 40%까지 영향을 줄 수 있는 것으로 조사되었다. 이에 따라 IEC Standard 에도 이를 반영, Limit 대비 25%이내 (1.2 W/kg [1g] or 1.5 W/kg [10g] 이상)에서 재시험을 제안하고 있는 상황으로 최대 SAR 측정결과에 대한 확인 필요 시 low-loss foam(스티로폼)으로 재시험을 제안하였으며, 지속적인 분쟁발생 시, 아래의 그림 3-5와 같이 KDB update를 하여 반영할 계획이다 (low-loss foam Size 20 ~ 30 mm 이내 사용 가능하도록 허용하는 방안)

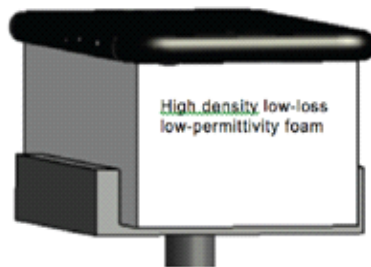


그림 3-5 홀더에 스티로폼을 활용한 적용 예시

무선전력 전송기기의 전자파 인체노출량 평가 방법을 다루는 작업그룹 WG9 주요 논의 사항으로는 무선전력전송기기의 전자파 분석 기법에 따른 수치해석 결과에 대한 논의로 최근 무선전력 전송기기의 전자파 인체노출량 측정방법에 대한 국제 표준이 정해지지 않은 상태로 각국에서 무선전력 전송 기기에서 발생하는 전자파 측정 연구를 발표하여 표준안으로 제시하였다. 또한 WG9이 2016년 2월에 신설됨에 따라 국제 측정 표준안 초안 회람 문서 작업을 위한 목차 및 기술 규격 등에 대한 의견제시 및 문서 검토가 진행 되었으며, 차기회의는 서울에서 2017년 2월 15일~16일(2일)동안 개최하기로

결정하였다. 이밖에도 각 소위원회별 2016년도 결산 보고가 이루어졌으며 각 소위원회별 표준화 문서 발생 진행 사항은 표 3-2와 같다.

표 3-2 전자파 인체영향 표준화 문서 진행 사항

소위원회	전자파 인체영향 표준화 문서 진행 사항
MT1 (Jafar Keshvari)	<ul style="list-style-type: none"> ○ MT1의 연구주제는 IEC 62209-1 Ed.2(머리 SAR)와 IEC 62209-2(전신 SAR)이며, 차기 계획으로는 각각으로 분리되어 있는 2개의 문서를 단일 문서로 통합하기 위해 노력중임 - 개정 목표일정 : 2017년 후반 또는 2018년 초반으로 예상
PT 62209-3 (Jafar Keshvari)	<ul style="list-style-type: none"> ○ PT 62209-3의 연구주제는 고속 SAR 분야이며 현재 기술적 내용에 대해 작업이 진행 중이며 향후 일반 기준이 될 수 있도록 추진 중임 - 개정 목표일정 : 2018년 초까지 ○ 기술적 문제 및 위원회 합의에 집중할 계획으로 표준 절차나 평가기술그룹에서 언급된 내용은 일반적으로 유지할 계획
MT 62226-3-1 (Kenichi Yamazaki)	<ul style="list-style-type: none"> ○ MT 62226-3-1의 연구주제는 저주파 전자기장 노출 관련 인체에 유도된 전류밀도 및 내부 전계의 계산과 관련된 내용으로 2016년 9월 FDIS 투표결과 찬성됨에 따라 최종단계(IS)임 - 개정 목표일정 : 2017년 1월
MT 3 (Mike Wood)	<ul style="list-style-type: none"> ○ MT3의 연구주제는 전자파강도 인체노출량 평가이며 10월 28일 투표 종료 이후 의견을 반영하여 차기 MT3 회의에서 업데이트된 프레젠테이션을 발표할 예정 - 개정 목표일정 : 2016년 12월 예비점검 이후 2017년 5월 최종완료 예정
MT 62233 (Uwe Kampet)	<ul style="list-style-type: none"> ○ MT 62233은 가전기기의 전자파강도 인체노출량 평가를 담당하고 있었으나 추가이슈가 없다는 의견에 따라

소위원회	전자파 인체영향 표준화 문서 진행 사항
	<p>프로젝트를 취소할 예정임</p> <ul style="list-style-type: none"> - 개정 목표일정 : 프로젝트 취소
PT 62704-1 (Andreas Christ)	<p>o SAR 시뮬레이션 법에 대한 표준 제정을 담당하고 있으며 CDV 문서의 편집 작업이 완료되었음, 추가 회람이 필요 할 수도 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 개정 목표일정 : 2017년 2월
PT 62704-2 (Giorgi Bit-Babik)	<p>o 안테나가 장착된 차량에 대한 SAR 시뮬레이션에 대한 표준제정을 담당하고 있으며 FDIS 단계로 향후 공개될 예정임</p> <ul style="list-style-type: none"> - 개정 목표일정 : 2017년 1월
PT 62704-3 (Vikass Monebhurrun)	<p>o 휴대전화의 수치해석을 다루고 있으며 현재는 CDV 단계로 FDIS 단계로 진행될 예정임</p> <p>o 주요 이슈는 불확정도에 대한 수치화, 측정과 시뮬레이션 결과 간 상호 비교이며 차후 도전과제로 피시험기기 모델에 대한 유효성 검증방법을 계획하고 있음</p>
PT 62704-4 (Andreas Christ)	<p>o 일반적인 수치계산법(FEM)을 다루고 있으며 현재 1CD 단계를 준비중임</p> <ul style="list-style-type: none"> - 개정 목표일정 : 2017년 1월
PT 62764-1 (Marco KLINGLER)	<p>o 자동차환경에서의 자기장 측정방법을 다루고 있으며 현재 3CD 단계로 2019년 9월경 CDV 단계를 예상하고 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 검토의견서의 75%를 반영(200코멘트 중 150개)하였으나 추가적 논의가 필요하여 일정 지연이 예상됨 - 개정 목표일정 : 당초 2016년 9월 예정에서 2017년 중순으로 지연되었으나 이 일정 또한 지연 전망(CDV) - 주요내용 <ul style="list-style-type: none"> · 2016년 1월 2CD 문서에 대한 회람 완료 · 16번의 회의(웹미팅, 회당 2시간)를 2월에서 9월동안 진행함

소위원회	전자파 인체영향 표준화 문서 진행 사항
	<ul style="list-style-type: none"> · 14개의 회원 업체 중 9개 업체가 적극적으로 활동 중이며, 이중 7개 업체가 자동차 제조사임(퀄컴, 아우디, 다임러, 폭스바겐, PSA 그룹, 도요타, Horiba Mira(UK), 재규어 랜드로버, 포드, 애플(최근 참가)) · (애로사항)추가적인 테스트가 필요한 코멘트들에 모두 진행하도록 하는 동의를 이끌어내기 어려운 상황임
WG9 (Teruo Onishi)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전자기장 인체노출과 관련된 무선전력전송 측정방법을 다루고 있으며 2015년 11월에 분과 설립이 승인되고 2016년 2월부터 킥오프 미팅 시작하였음(30여명) <ul style="list-style-type: none"> ● 2016년 2월 일본 도쿄 ● 2016년 7월 스위스 취리히 ● 2016년 11월 중국 항저우 - 주요활동 <ul style="list-style-type: none"> · 360/Q(Liaison with ITU-R SG1) 문서 배포 · 무선전력전송 시스템에 의한 임플란트 치아 주변의 전자파 영향(ICNIRP와 IEEE/ICES SC95에 연락함) · SAR 측정을 위한 MT1과의 중복작업을 방지하기 위한 기술보고서를 준비 · 2017년 2월까지 기술보고서를 준비할 계획

전자파 인체영향 측정 방법 등에 대한 국제회의 IEC TC106은 매년 3회 개최된다. 2017년도에는 1차 미국 플로리다, 2차 영국 런던, 3차 호주 멜버른에서 개최가 될 예정이며, 우리원 또한 지속적인 국제회의 참석으로 우리나라가 제시하는 신기술·신제품 전자파 인체영향 측정 방법 및 휴대전화 전자파흡수율 측정 방법의 국제 표준화 반영에 대응할 계획이다.

2. 세계전자기장 인체영향연구 조정회의(GLORE 2016) 참가 대응

2016년 11월 30일부터 12월 1일까지 2일간, 일본 요코하마에서 2016년 세계전자기장 인체영향연구 조정회의(GLORE²⁾)가 개최되었다. 지난 1997년 한·일간 처음 개최된 이후 현재 한국, 일본, 벨기에, 미국, 호주, 프랑스, 중국 등 많은 나라의 전문가들이 참여하는 회의로 발전하였다. GLORE 회의는 각국의 전자파 인체보호 정책·규제와 각국의 전자파인체영향 연구 현황 및 계획(생체영향 연구, 역학 연구, 자원자 연구, 인체노출량 평가 등)을 발표하는 자리로서 각국의 전자파 인체보호 제도 및 연구 동향에 대해서 파악할 수 있는 회의이다. 개최국인 일본을 비롯하여 미국, EU, 호주, 중국 등 8개국에서 약 50여명이 참여하였고, 우리나라는 전자파인체보호위원회에서 활동하는 전문가 12명이 회의에 참여하였다.

GLORE 회의는 크게 5개 세션으로 나누어 첫 번째 세션에서 각국의 전자파인체안전과 관련된 정책·제도를 발표하고 논의하였으며, 우리나라와 일본, 미국, 호주, 태국, 유럽 등 각국의 전자파인체안전 제도를 소개하였다. 우리나라는 국립전파연구원 소관 고시의 국가표준화에 대한 내용과 가전기기(IH밥솥, 전기담요, 전기매트 등)의 적합성평가 대상 추가, 전자파분쟁조정위원회 운영, 전자파인체영향에 대한 리스크 커뮤니케이션 활동 등에 대한 내용을 발표하였으며, 각 나라에서도 전자파인체안전과 관련한 기관별 활동 사항과 중점 추진내용을 소개하였다. 이번 회의에 처음 참여한 태국은 전자파인체보호 제도 도입 단계에 있어 다른 나라의 동향을 참고하여 관련 제도를 추진하겠다고 언급하였다. 두 번째 세션은 각 나라에서 추진하고 있는 전자파인체영향 관련 연구 동향으로 각 나라의 발표 제목을 표 3-3에 나타내었다.

2) GLORE : GLObal Coordination of Research and Health Policy on RF Electromagnetic fields의 약자로서, 한·일 통신장관 회담 시 「휴대전화 등의 인체영향에 관한 연구」 공동발표회를 매년 개최키로 합의('96. 8)함에 따라 각 국이 순차적으로 개최

표 3-3 각 나라에서 추진하는 전자파인체영향 관련 연구 내용

국가	번호	분야	제목
한국	1	생체 연구	Prenatal mobile phone use and RF exposure during children's neurodevelopment
	2		Association between mobile phone use and ill-health in adults
	3	동물 연구	Effects of chronic RF on neurobehaviors in aged mice
	4		Influence of RF-EMF on neurotransmitter in young-aged rat brain
	5		Induction of autophagy in the hypothalamus and striatum by RF-EMF exposure
	6	체외 연구	Effects of combined RF exposure in neuronal cell
	7		Processing and secretion of A β by RF exposure
	8	기술 연구	Analysis on validity of flat phantom for smart-watch model
	9		Development of multi-band exposure meter for RF and ELF
	10		Phone Tx power measurement in Seoul
	11		Numerical exposure assessment method in low frequency range
일본	1	체외 연구	Study on non-thermal effects of THz fields
	2	생체 연구	Quantitative investigation of the influence on human eye by THz electric wave exposure
	3		Investigation of biological effects of local RF exposure in 10-30 GHz frequency range
	4		Investigation of possible effects of intermediate frequency magnetic fields
	5	역학 연구	Exposure assessment of RF-EMFs from wireless communications and risk assessment brain tumor
	6	인체 자극	Study on thermal sensation threshold of millimeter wave in the Japanese population
	7	포괄 연구	Research on safety evaluation technologies for advanced RF applications

국가	번호	분야	제목
호주	1	포괄 연구	Study on Electromagnetic Hypersensitivity
	2	생체 연구	Determining RF/EEG Mechanisms
	3	생체 연구	RF Improves Alzheimer's Disease?6
	4	생체 연구	Brain Tumour incidence study
	5	역학 연구	Population Health Research on Electromagnetic Energy (PRESEE)
	6	포괄 연구	Cognitive function in young people
	7	포괄 연구	Mobile phone use and chronic disease
	8	포괄 연구	Human/provocation studies
	9	기술 연구	Studies on exposure assessment
유럽	1	유럽 연합 공동 연구	GERONIMO (2014-2018)
	2		LEXNET (2012-2015)
	3		Moby KIDS (2009-2016)
	4		ARIMMORA (2011- 2015)
	5	국제 (국가) 연구	HERMES(Human Exposure and Radiation Monitoring of Electromagnetic Sources)
	6		SCAMP(Study of Cognition, Adolescents and Mobile Phones)
	7		Airwave Health Monitoring Study
	8		anses(Agence nationale de securite sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail)
	9		COST(european COoperation in Science and Technology)
	10		ELERaFF(Early Life Exposure to Radiofrequency Fields)
중국	1	생체 연구	Dosimetry Evaluation of Infant's exposure to EMF from ELF to RF

세 번째 세션은 신기술·신개발 무선통신기기에 대한 연구내용이다. 무선통신 기술의 발전에 따라 새롭게 등장하는 제품들에 대한 측정방법, 적합성평가 절차에 대한 연구 내용들이 발표되었다. 6 GHz 이상의 주파수(특히 5G)를 사용하는 기기와 무선전력전송에 대한 내용들이 주를 이루었다. 위와 같은 신기술 적용 제품들을 측정할 때 현재 적용하는 방법으로는 높은 주파수, 높은 전력의 시스템에 대한 인체영향을 평가하기 힘들기 때문에 여러 가지 부분에서 지금까지 준용해왔던 기준들(기본한계, 참조레벨)에 대한 재검토가 필요하다는 내용이 언급되었다. 네 번째 세션은 RF에 의한 장기적인 영향에 대한 논의였다. 지난 2016년 5월, 미국 국립보건원 산하 국립 독성학 프로그램(NTP)에서 진행된 휴대전화 전자파와 종양 발생 관계에 연구결과가 발표된 바 있었다. 그에 대한 각국의 검토 내용을 발표하였다. 해당 연구가 아직 마무리되지 않은 상황이므로 RF의 발암 가능성을 결론짓기 전에 좀 더 추가적인 연구가 필요하다는 의견이 있었다. 2017년 NTP의 최종 결과가 발표되면 그에 대해 추가 분석하여 차기 회의에서 다시 한 번 논의하기로 하였다. 마지막 다섯 번째 세션은 국제 조화에 따른 GLORE의 역할에 대한 논의였다. 1997년 이후로 20년 동안 꾸준히 개최되었던 GLORE의 향후 역할에 대해서 전자파인체안전 관련 국제 공동협력, 공동 이해의 도출에 지속적인 노력이 필요하다는 의견과 함께 5G, WPT 등 신기술에 대한 공인된 측정 방법에 대한 의견 공유, 국제 절차에 대한 기여 등에 대한 의견을 나누었다. 차기 회의는 2017년 11월경 미국 워싱턴에서 개최기로 하고 2016년 GLORE 회의를 마무리 하였다.



그림 3-6 2016 GLORE 참가자 단체 사진

제3절 전자파 인체영향 측정방법 국가표준(KS) 개발 연구

국가표준(KS)이 2016년 산업통상자원부의 국가기술표준원으로부터 국립전파연구원으로 이관됨에 따라 국립전파연구원의 소관 기술기준(고시) 국가표준 및 민간 표준인 단체 표준의 체계 일관성 확보가 필요하게 되었다. 현재 전자파 인체보호 관련(EMF) 기술 기준은 국립전파연구원 고시에서 정하고 있고, 세부사항을 공고로 정하고 있음에 따라 고시와 공고의 구조적 체계에 대한 일관성을 개선할 필요성이 있다. 개선 방안으로는 기존 국립전파연구원 고시에서는 전파 자원의 보호, 인명안전 등 인증을 위한 원칙만을 규정토록 하며, 기존 고시와 공고에서 명시하고 있는 세부적인 사항과 시험방법을 모두 국가표준으로 관리하고 국립전파연구원 고시에는 이를 준용하여 사용하도록 명시하는 방법이다.

전자파 인체영향 관련 국립전파연구원의 고시는 크게 현재 전자파흡수율 측정 기준(국립전파연구원 고시 제2015-23호), 전자파 강도 측정 기준(국립전파연구원 고시 제2014-2호)이며, 전자파흡수율 측정 기준 고시 안에 별표 1 귀에 근접하여 사용하는 휴대용 무선설비의 전자파흡수율 측정 절차, 별표 2 인체에 근접하여 사용하는 휴대용 무선설비의 전자파흡수율 측정 절차를 제시하고 있다. 이밖에도 2017년 7월 시행 예정인 가전제품의 전자파 인체영향 측정 방법도 국가표준(KS)을 진행하고 있다. 국가 표준 제·개정은 제안 시부터 고시 완료까지 최대 150 일 이내에 완료해야 되며 세부적인 절차는 그림 3-7과 3-8에 나타내었다.

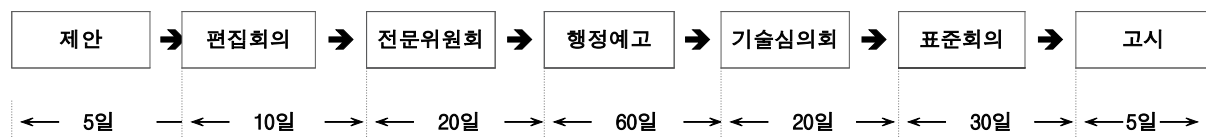


그림 3-7 국가 표준 일반 절차

절차	방송통신표준	정보통신표준
제안·접수	<ul style="list-style-type: none"> <방송통신표준화지침 제12조(국가표준 제정 등의 제안)> - 방송통신표준안 및 제안서, 지식재산권 취급 약약서 제출 	<ul style="list-style-type: none"> <정보통신표준 개발·운영 세칙> - 정보통신표준 제정·개정·폐지 제안서(표준안, 설명서, 지식재산권 취급 약약서 각 1부 첨부) 제출
전문위원회	<ul style="list-style-type: none"> <방송통신표준화지침 제6조(전문위원회의 구성 및 운영)> - 표준안 기술검토 / 과반수 출석, 과반수 찬성 	<ul style="list-style-type: none"> <산업표준화법 시행령 제10조(전문위원회의 구성 및 운영)> - 표준안 기술검토 및 적부확인에 관한 조사·검토 / 재적 과반수 출석, 출석 과반수 찬성 ※ 제정·개정·폐지안 기술검토, 확인안 기술검토는 필요시 수행
예고고시	<ul style="list-style-type: none"> <방송통신표준화지침 제14조(국가표준 제정 등의 예고)> - 60일 이상 공고(용어변경 등 경미한 사항 30일) - 단체표준→국가표준 제안 30일 	<ul style="list-style-type: none"> <산업표준심의회 운영세칙 제28조(예고고시)> - 표준안 명칭, 번호(번호는 개정 또는 폐지하는 경우만 해당), 주요내용 및 사유, 의견 제출기한 및 제출처 등을 관보 및 인터넷 홈페이지에 공고 ※ 제정·개정·폐지의 경우 60일간 예고고시(용어 변경 등 경미한 사항 30일 가능), 예고기간 중 이해관계인의 요구가 있을시 또는 필요한 경우 공청회 개최 ※ 5년마다 실시하는 확인은 예고절차 생략함
기술심의회	<ul style="list-style-type: none"> <방송통신표준화지침 제5조(심의회의 운영 등)> - 기술심의 / 과반수 출석, 과반수 찬성 	<ul style="list-style-type: none"> <산업표준화법 시행령 제7조(기술심의회의 기능)/ 제8조(기술심의회의 운영 등)> - 표준 제정·개정·확인·폐지(안) 기술심의 및 확인·폐지(안) 최종고시 승인 / 재적 과반수 출석, 출석 과반수 찬성 ※ 제정·개정(안) 최종고시 승인은 표준회의
표준회의	<ul style="list-style-type: none"> - 일관성 유지 심의 (중복성 확인, 표준 서식 등) - 심의 요청한 날로부터 30일 이내 처리 	<ul style="list-style-type: none"> <산업표준심의회 운영세칙 제30조(중복성 확인 및 표준서식 등 일관성 유지 심의)> - 표준 제정·개정안 중복성 확인 및 일관성 유지사항 심의 및 최종고시 승인(단, 표준 확인·폐지안 기술심의 및 최종고시 승인은 기술심의회 소관) - 심의 후 30일 내에 결과를 해당 기술심의회에 송부
고시	<ul style="list-style-type: none"> <방송통신표준화지침 제17조(국가표준 고시)> - 관보 게재 및 고시 	<ul style="list-style-type: none"> <산업표준심의회 운영 세칙 제31조(고시)> - 심의를 거친 때 지체없이 표준 명칭, 번호, 주요내용, 제정·개정·확인·폐지의 구분, 연월일을 관보 및 인터넷 홈페이지에 고시

그림 3-8 국가 표준 세부 추진절차

현재 진행 중인 전자파 인체영향 측정 방법은 4개 분야(신규 제정 1건 개정 3건)로 귀에 근접하여 사용 하는 휴대용 무선설비의 전자파흡수율 측정 절차, 인체에 근접하여 사용하는 휴대용 무선설비의 전자파흡수율 측정 절차, 무선국의 전자파 인체 노출량 측정 방법, 가전기기 및 유사 기기의 자기장 강도 측정 방법이다. 무선국의 전자파 인체 노출량 측정 방법은 최종 표준

심의회까지 완료(2016.12월)하여, 최종 고시를 앞두고 있다. 이외의 3개 분야에 대하여 진행하고 있는 국가 표준은 예고 고시가 e-나라 표준 인증 시스템에서 2016년 12월 17일로 완료되어 기술심의회를 앞두고 있다. 이에 따른 세부진행 상황 및 결과를 표 3-4에 나타내었다.

표 3-4 전자파 인체영향 국가 표준 진행 현황

국가표준(KS)	진행 현황				
	전문 위원회	예고 고시	기술 심의회	표준 심의회	최종 고시
무선국의 전자파 인체 노출량 측정 방법 (신규제정)	2016년 10월 6일 완료	'16.9.2 ~'16.11.1.	'16년11월 18일 완료	'16년 12월 완료	'17년 1월 예정
귀에 근접하여 사용하는 휴대용 무선설비의 전자파흡수율 측정 절차 (개정)		'16.10.16 ~'16.12.17	'17년 1월 20일 예정	예정	-
인체에 근접하여 사용하는 휴대용 무선설비의 전자파흡수율 측정 절차 (개정)					-
가전기기 및 유사 기기의 자기장 강도 측정 방법 (개정)					-

기존 가전기기 및 유사기기의 자기장 강도 측정 방법 등 기존 국가 표준 고시 개정 3건과 달리 무선국의 전자파 인체 노출량 측정 방법의 경우 기존의 관련 국가 표준 고시가 없어 신규 제정으로 진행하며, 국립전파연구원 고시 전자파강도 측정 기준의 측정 방법 내용을 포함 시켰다. 또한 최근 안테나 후면 방향에 대한 전자파 인체영향 평가 방법에 대한 이슈가 제기 됨에 따라 자체적으로 무선국 안테나 후면의 전자파 강도 측정 및 분석하고 이러한 내용을 무선국의 전자파 인체 노출량 측정 방법 국가 표준에 반영하여, 2017년 1월 최종 고시를 앞두고 있다.

휴대용 무선설비의 전자파흡수율 측정 절차 2가지(귀에 근접, 인체에 근접)의 경우도 기존 국립전파연구원의 고시 내용을 반영하고, 전자파흡수율 측정 방법 국제표준 문서 IEC 62209-1, 2 문서의 2015년도 버전의 문서를 참조하여 일부 표현이나 그림 등을 수정하였다. 가전기기 및 유사기기의 자기장 강도 측정 방법의 경우 IEC 국제 표준 문서(IEC 62233)의 내용을 참조하여 우리나라의 가전제품의 특성 및 사용 방법에 맞게 측정 방법을 마련하여 반영하였다. 3건의 개정 고시들은 현재 기술심의회 단계를 진행 하고 있으며, 기술심의회에서 가결될 경우 표준 심의회를 거쳐 최종 고시를 할 예정이다.

제4장 전자파 차단제품 성능 평가 연구

제1절 전자파 차단제품 성능 평가

일반 생활환경에서 전파를 사용하는 기기가 다양해지고 그 수가 기하학적으로 늘어남에 따라 전자파로부터의 피해에 대한 국민들의 불안감도 더해지고 있다. 이에 따라 전자파를 차단해준다고 광고하는 제품들이 우후죽순처럼 생겨나고 있으며, 온라인·오프라인 상에서 실제 효과와는 다르게 제품에 대한 광고를 하고 있다. 국립전파연구원에서는 지난 여러 해 동안 이러한 차단제품 효과의 실측 결과를 방송, 언론 보도, 홈페이지 안내 및 홍보책자 배포 등을 통해 지속적으로 홍보하여 왔으나, 그 홍보 효과가 미미하여, 2016년 3월, 방송통신기자재를 소비자들이 안심하고 사용할 수 있는 환경을 조성하고, 전자파 차단제품에 대한 올바른 정보를 제공하기 위해 한국소비자원과 업무 협력을 체결하였다. 그리고 그 후속조치로 전자파 차단효과 광고 제품의 과장·거짓 광고 판단을 위해 협업을 하였다.

일반적으로 「전자파(電磁波)」라 함은 전기장(電氣場)과 자기장(磁氣場)을 아울러서 일컫는 말로써, ‘전자파를 차단한다.’라는 의미는 전기장과 자기장을 모두 차단한다는 의미이고, 전기장과 자기장 모두를 차단해야 차단제품으로서 그 효과가 있다고 할 수 있을 것이다. 또한 휴대폰의 전자파를 차단한다는 것은 휴대폰의 통신 성능에 영향을 미치지 않는 것을 전제로 하여야 한다.

그러나 설치만 하여도 주위의 모든 전자파를 차단해준다고 광고를 하거나, 전기장만 차단이 됨에도 불구하고 그에 대한 별도의 언급이 없이 ‘전자파’를 차단해준다고 광고를 하는 등 그 효과가 검증되지 않은 제품들이 시중에 판매되고 있다.


<p>유해전자파 99% 차단 블루레이저와 전자파차단까지 한번에</p> 	<p>반사가 아닌 흡수</p> <ul style="list-style-type: none"> • 최대 약 99%의 전자파를 흡수합니다. 스테이션에서 나오는 유해 전자파를 흡수하여 차폐의 일로 바꾸어 흡수합니다. 유해 전자파가 유해해, 전자파 흡수 시드와 유해 전자파를 흡수하는 것은 아닙니다. <p>알림 사항입니다</p> <ul style="list-style-type: none"> • 300G 이하의 전자파를 흡수합니다. <p>특 별 은 대역에 효과</p> <ul style="list-style-type: none"> • 300MHz ~ 2.2GHz의 전자파를 흡수합니다. <p>품목 종류는 그대로</p> <ul style="list-style-type: none"> • 흡수 전자파 기술로 흡수 효과를 면하게 됩니다. 	<p>· 적용대상: WiFi, 와이맥스, 블루투스, DECT안테나(4G 포함), 위성통신, 지자기파 매우 낮은 전압에서 높은 전압으로의 전하선, 전자기인기, 전구, 전철 및 자동차</p> <p>· 사용방법: 전자파로 부터 방어하고 싶은 공간에 중심을 기준으로 2m 높이에 설치하는것이 가장 효과적입니다.</p> <p>· 제품규격: 콘베이스 7cm, 높이 6cm-무게:175g</p> <p>· 보호범위: 설치한 곳을 기준으로 직경(지름) 11m, 높이 5m 영역을 보호해 줍니다. <u>제품의 효과는 벽이나 사물에 의해 제한되지 않습니다.</u></p>	<p>인체에 유해한 방사성전자파와 ICT장비 오작동 원인 전도성전자파를 85%이상 차단하고</p> <p>장비 소손/화재의 원인 낙뢰를 6kV까지 차단하는 초미세전자파 차단기입니다.</p>
휴대폰 필름형	비치용		콘센트 필터

그림 4-1 전자파 차단제품 광고내용 예시

이에 국립전파연구원과 한국소비자원은 전자파 차단제품에 대한 차단효과 검증을 통해 제품 광고의 거짓·과장 여부를 판단하고 소비자에게 관련 정보를 제공하고자 본 연구를 수행하였다.

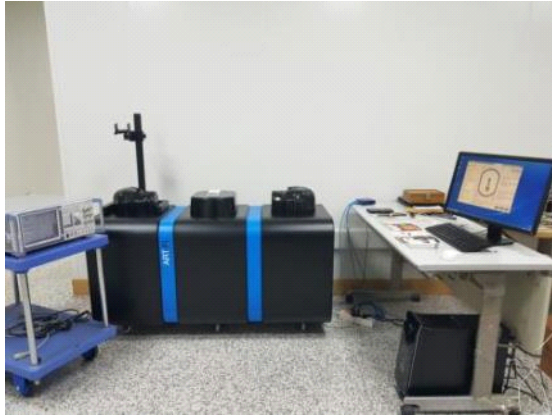
우선 공식적으로 홈페이지를 운영하고, 전자상거래로 제품을 판매하는 업체 위주로 선정하여 총 19종의 전자파 차단효과 광고 제품을 구입하였다.

표 4-1 전자파 차단효과 광고 제품 <측정 대상>

No	사용대상	유형	광고 내용
1	휴대폰	필름 A	<ul style="list-style-type: none"> 발열&전자파 차단흡수 액정보호필름 평균 - 1.31 V/m 전자파 차단흡수
2		필름 B	<ul style="list-style-type: none"> 유해 전자파 완벽하게(99%) 차단 액정에 반사되는 200mm ~ 380mm 파장의 유해 자외선을 99.99% 차단
3		스티커 A	<ul style="list-style-type: none"> 전자파는 대부분 핸드폰의 뒷면으로 흐르게 되어 있어 흡수, 차단됨
4		스티커 B	<ul style="list-style-type: none"> 스마트폰 무선 안테나칩 근처에 부착하면 물리적으로 핸드폰과 귀 사이에 위치해 있지 않더라도 송수신되는 전자파를 중화 스마트폰 통화품질에 어떠한 영향도 끼치지 않습니다
5		스티커 C	<ul style="list-style-type: none"> 최대 90%의 전자파를 흡수 통화품질은 그대로
6		스티커 D	<ul style="list-style-type: none"> 휴대폰의 평평한 표면에 붙이거나 케이스 커버에 붙이는 것으로 전자파를 방어할 수 있습니다
7		쿨패드	<ul style="list-style-type: none"> 인체에 유해한 전자파를 차단
8		케이스	<ul style="list-style-type: none"> 전자파차단 97% 효과 입증
9		파우치	<ul style="list-style-type: none"> 전자파차단율 최대 96% 휴대폰을 소지하는 동안 신체의 전자파노출을 차단하고 통화 중 머리의 전자파 노출을 효과적으로 차단
10		카드	<ul style="list-style-type: none"> 스마트폰 통화시 머리방향으로 가는 전자파 예방에 도움 호주머니에 스마트폰을 휴대 시 정자 방향으로 가는 전자파 예방에 도움
11		이어폰 걸이형	<ul style="list-style-type: none"> 안테나가 없는 스마트폰, 태블릿 등의 전자파를 차단해주는 이어폰용 전자파 필터
12	생활 환경용	침구	<ul style="list-style-type: none"> 최대 약 99% 차단 저주파 - 컴퓨터, TV, 냉장고, 전자레인지 전기매트 등에서 발생하는 전기장

13		앞치마	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생활 속 유해전자파로부터 우리의 몸을 지켜주세요 ○ 전자파 차단 기능성 앞치마
14		남성용 조끼	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전자파 차단 기능성 특수금속 원단으로 가공된 조끼 ○ 사무·업무용 뛰어난 전자파 차단 효과
15		비치형 원뿔	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설치한 곳으로 기준으로 지름 11m, 높이 5m 영역을 보호해줍니다.
16		비치형 수정구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 직경 20 m 범위 내에 발생하는 전자파를 중화하며, 물리적으로 공유기와 사람 사이에 위치해 있지 않더라도 송수신되는 전자파를 중화
17		콘센트 필터	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인체에 유해한 방사성 전자파와 ICT 장비 오작동 원인인 전도성 전자파를 85% 이상 차단
18		임부용 담요	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유입되는 전자기장을 완화하고 10 MHz ~ 8 GHz의 전자파를 차단하여 전자파 노출을 최대한 제한
19		노트북 USB	<ul style="list-style-type: none"> ○ PC&노트북의 전자파로부터 내 건강을 지키자

휴대폰에 적용하는 차단 제품(11종)의 경우 본원이 보유하고 있는 전자파 흡수율 측정시스템으로 측정을 했다. 전자파흡수율은 전자파가 인체에 흡수될 때 시간에 따른 온도 상승 정도를 나타내는 수치로서 전자파흡수율을 측정하는 대상 기자재는 인체에 20 cm 이내에 근접하여 사용하고 20 mW 이상의 출력을 내는 방송통신기자재이다. 우리나라는 전자파인체보호기준(미래부 고시)에 전자파흡수율의 기준을 제시하여 규제하고 있다. 전자파흡수율 수치가 낮은 기기일수록 인체에 끼치는 영향이 적다고 할 수 있다. 본원에서는 국내의 측정표준(전자파흡수율 측정기준)에 따라 휴대전화의 최대출력 조건에서 모의인체의 머리에 흡수되는 전자파양을 측정하였다. 각 제품 당 5회 측정을 진행하여 나온 값들을 평균한 값을 최종 결과 값으로 선정하였다.



< 전자파흡수율 측정 장비 >



< 측정 대상 거치 >

그림 4-2 전자파흡수율 측정

또한 11종의 차단효과 광고제품 중, 전자파흡수율이 미부착 대비 10% 이상 낮아진 제품에 대해서는 안테나 특성(TRP)³⁾을 추가 측정하여 안테나 성능 저하 유무를 확인하였다.



< 안테나 특성 측정 >



< 측정 대상 거치 >

그림 4-3 안테나 특성 측정

3) TRP(Total Radiated Power) : 무선송신출력. 안테나에 입력된 전력에서 다양한 손실을 공제한 후, 안테나로부터 공간상에 방사되는 전력의 총합, '지식의 숲 제9장 안테나의 측정', 전자정보통신학회 (<http://www.ieice-hbkb.org/>)

측정 결과, 필름형과 이어폰 걸이형 차단제품은 전자파흡수율의 변화가 오차 범위 내로 측정 되어 전자파 차단효과가 없는 것으로 판단된다. 또한 스티커형·쿨패드·케이스·카드형의 경우 전자파흡수율은 낮아졌으나, 안테나의 성능도 떨어져 실제 차단 효과는 없는 것으로 나타났다. 파우치형의 경우에는 전자파가 안 나오지만 모의 기지국과 연결이 되지 않았다.

표 4-2 전자파흡수율 및 안테나 성능 측정 결과

구 분	미부착	필름1	필름2	스티커1	스티커2	스티커3
전자파흡수율 (미부착 대비)	1.14 W/kg	1.06 W/kg (6.7% 감소)	1.09 W/kg (4.1% 감소)	0.13 W/kg (88.4% 감소)	0.89 W/kg (21.5% 감소)	0.17 W/kg (85.1% 감소)
안테나 성능 (미부착 대비)	66.9 mW	-	-	11.5 mW (82.8% 감소)	50.6 mW (24.3% 감소)	5.2 mW (92.2% 감소)
구 분	스티커4	쿨패드	케이스	파우치	카드	걸이형
전자파흡수율 (미부착 대비)	0.8 W/kg (29.6% 감소)	0.09 W/kg (92.1% 감소)	0.05 W/kg (95.6% 감소)	0 (100% 감소)	0.56 W/kg (50.4% 감소)	1.09 W/kg (4.1% 감소)
안테나 성능 (미부착 대비)	33.4 mW (50.1% 감소)	20.6 mW (69.2% 감소)	17.5 mW (73.8% 감소)	0 (연결 불가)	16.3 mW (75.6% 감소)	-

휴대전화 안테나 성능이 떨어지면 인근 기지국은 휴대전화가 송신 상태 불량 지역에 있는 것으로 판단하여 휴대전화 송신 출력을 높이도록 휴대전화에 요청하며, 송신 출력이 높아지게 되면 전자파흡수율도 그에 비례하여 차단 제품 미부착시 보다 높아질 수 있다. 게다가 출력을 높임에 따라 발열 및 배터리 소모와 같은 부작용도 발생할 우려가 있다.

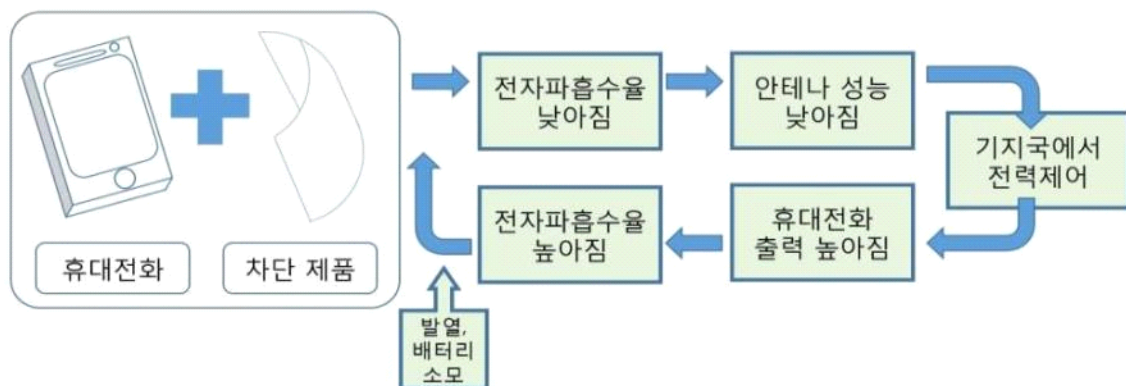


그림 4-4 전자파차단과 전력제어 상관관계

생활환경에 적용하는 차단 제품(8종)은 광고 내용 또는 사용자 설명서에 제시되어 있는 대로 비치 또는 거치하여 측정하였다. 전자기장 강도는 전자파인체보호기준(미래부 고시)에서 기준 값을 제시하고 있다. 전자기장의 차단 여부를 확인하기 위해 측정시료로 전자레인지(60 Hz), 노트북(60 Hz), 무선 공유기(2.4 GHz)를 사용하였으며, 측정 시료와 측정 장비 사이에 차단 제품 유무에 따른 전자파 변화를 측정하였다. 본 측정 역시 각 제품 당 5회 측정을 진행하여 나온 값들을 평균한 값을 최종 결과 값으로 선정하였다.



< 전기장 강도 측정 >



< 자기장 강도 측정 >

그림 4-5 전자파강도 측정

표 4-3 전자기장 차단효과 측정 결과

구분	미적용	침구	원뿔형	앞치마	조끼	콘센트 필터	노트북 USB*	수정구형
60 Hz 자기장 (미적용 대비)	24.39 mG	25.14 mG (3.1% 증가)	25.53 mG (4.7% 증가)	26.33 mG (8% 증가)	25.1 mG (2.9% 증가)	25.87 mG (6.1% 증가)	0.74 mG (4.2% 증가)	24.69 mG (1.2% 증가)
*노트북 USB의 경우, 노트북을 이용하여 측정(미적용 시 0.71 mG)								
구분	미적용	침구	원뿔형	앞치마	조끼	임부용 담요	수정구형	
2.4 GHz 전기장 (미적용 대비)	9.38 V/m	2.34 V/m (75.6% 감소)	9.38 V/m (변화없음)	2.18 V/m (76.8% 감소)	3.14 V/m (66.5% 감소)	2.29 V/m (75.6% 감소)	10.25 V/m (9.3% 증가)	

측정 결과, 시험에 사용된 모든 제품은 가전제품에서 발생하는 자기장을 차단하지 못하였다. 비치형 차단제품(원뿔형·수정구형)은 전기장과 자기장 모두에 효과가 없었으며, 다만 침구·앞치마·조끼·담요는 2.4 GHz 고주파(RF) 전기장을 70% 가량 차단하였다. 측정 결과를 종합해보건대, 현재 전자파를 차단해준다고 광고하는 제품들의 대부분은 그 광고 내용에 전기장만 차단해준다고 하거나 자기장은 차단이 안 된다는 내용을 포함하여야 함을 알 수 있다.

제2절 전자파 및 전자파 차단제품 관련 소비자 인식조사

한국소비자원에서는 전국의 만 20세 이상 성인 남·녀 500명을 대상으로 전자파에 대한 인식, 전자파 차단제품 사용경험 및 이용행태, 전자파 차단 효과에 대한 인식 등 전자파 및 전자파 차단제품에 대한 소비자의 인식조사를 진행하였다.

표 4-4 설문조사 응답자 특성

(단위 : 명, %)

성별	남			여			계	
	253 (50.6)			247 (49.4)			500 (100.0)	
연령	20~29세	30~39세	40~49세	50~59세	60~69세	계		
	95 (19.0)	105 (21.0)	122 (24.4)	110 (22.0)	68 (13.6)	500 (100.0)		
거주지	서울	경기	인천	부산	대구	광주	대전	계
	150 (30.0)	180 (36.0)	43 (8.6)	52 (10.4)	35 (7.0)	20 (4.0)	20 (4.0)	500 (100.0)

전자파에 대한 의식 정도와 회피 방법에 대해서는 절반이 넘는 274명 (54.8%)이 전자파에 대해 신경 쓰고 있는 것으로 나타났으며, 전자파를 신경 쓴다고 응답한 274명의 전자파 회피방법으로는 ‘전자파 방출 가전제품이나 휴대폰의 사용 또는 접촉을 피한다’는 응답이 76명으로 가장 많았다.

표 4-5 전자파에 대한 의식 여부

(단위 : 명, %)

구분	빈도(비율)	
매우 신경 쓴다	46 (9.2)	274 (54.8)
약간 신경 쓰는 편이다	228 (45.6)	
보통이다	137 (27.4)	137 (27.4)
별로 신경 쓰지 않는 편이다	80 (16.0)	89 (17.8)
전혀 신경 쓰지 않는다	9 (1.8)	
계	500 (100.0)	

표 4-6 전자파를 피하기 위한 방법

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
전자파 방출 가전제품이나 휴대폰 사용 또는 접촉을 피함	76	27.8
차단(감소)기능이 결합된 기기(전자매트, 온수매트, 헤어드라이어 등) 구입	59	21.5
전자파 차단식물(선인장, 화분 등) 구입	56	20.4
특별한 행동을 하지 않음	51	18.6
전자파 차단 제품(전자파 차단 스티커, 케이스, 앞치마, 담요 등) 구입	32	11.7
계	274	100.0

응답자 중 총 416명(83.2%)이 ‘전자파가 인체에 해롭다’고 인식하였으며, 그중 245명(58.9%)은 ‘주변 정보(언론보도 등)를 통해 전자파가 인체에 해롭다고 생각’하고 있었다.

표 4-7 전자파 유해성에 대한 인식 여부

(단위 : 명, %)

구분	빈도(비율)	
매우 해롭다	138 (27.6)	416 (83.2)
약간 해로운 편이다	278 (55.6)	
보통이다	70 (14.0)	70 (14.0)
별로 해롭지 않은 편이다	13 (2.6)	14 (2.8)
전혀 해롭지 않다	1 (0.2)	
계	500 (100.0)	

표 4-8 전자파가 해롭다고 판단한 근거

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
주변정보(언론정보 등)	245	58.9
막연한 불안감	72	17.3
논문·학술지 등 전문정보	46	11.1
주관적 느낌	28	6.7
직접적 경험(실제측정)	21	5.0
타인의 경험	4	1.0
계	416	100.0

응답자 총 500명 중 가장 많은 330명(24.0%)이 ‘전자파가 두통을 일으킨다고 생각’하고 있었으며, 전자파가 많이 발생하여 인체에 해롭다고 생각하는 제품으로 ‘전자레인지’를 가장 많이(379명, 21.0%) 꼽았다.

표 4-9 전자파로 인한 증상이라 생각되는 질병

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
두통	330	24.0
생식기능저하	291	21.1
암(뇌종양 등)	265	19.3
스트레스	226	16.4
백혈병	150	10.9
치매	111	8.1
수면장애	2	0.1
시력저하	2	0.1
계	1,377	100.0

표 4-10 전자파가 발생되어 유해하다고 생각되는 제품

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
전자레인지	379	21.0
모바일기기(휴대폰, 태블릿 등)	370	20.5
전기장판(온수매트 등)	309	17.1
컴퓨터(노트북)	270	15.0
TV	207	11.5
헤어드라이어	148	8.2
와이파이 공유기	120	6.6
냉장고	1	0.1
계	1,804	100.0

응답자의 대다수인 409명(81.8%)은 전자파로 인해 ‘인체에 이상을 느껴본 적이 없다’고 답했으나 91명(18.2%)은 ‘이상을 경험’한 것으로 응답하였다. 느껴본 적이 없다고 응답한 91명의 증상은 ‘두통(66명, 30.3%), 어지러움(44명, 20.2%), 안구피로(39명, 17.9%)’ 순이었으며, 신체이상 증상 유발제품에 대해 56명(30.0%)이 ‘모바일기기(휴대폰, 태블릿 등)’라고 응답하였다.

표 4-11 전자파로 인한 인체 이상 경험유무

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
있다	409	81.8
없다	91	18.2
계	500	100.0

표 4-12 전자파로 이상을 느낀 신체증상

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
두통	66	30.3
어지러움	44	20.2
안구피로(안구통증)	39	17.9
스트레스(피로 등)	37	17.0
피부자극	19	8.7
이명	12	5.5
불면증	1	0.4
계	218	100.0

표 4-13 신체 이상에 영향을 끼친 가전제품

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
모바일기기	56	30.0
컴퓨터(노트북)	41	21.9
전기장판(온수매트)	37	19.8
전자레인지	21	11.2
TV	15	8.0
헤어드라이어	9	4.8
와이파이 공유기	6	3.2
기타	2	1.1
계	187	100.0

응답자 500명 중 전자파 차단제품을 ‘사용·구입해본 경험이 있다’고 응답한 수는 209명(41.8%)으로, ‘경험이 없다’고 응답한 경우(291명, 58.2%) 보다 약간 적었다. 그러나 사용경험이 없는 291명 중 ‘향후 구입의사가 있다’고 응답한 수는 174명(59.8%)으로, 구입의사가 없다고 응답한 수보다 높았다.

표 4-14 전자파 차단제품 사용·구입 경험

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
있음	209	41.8
없음	291	58.2
계	500	100.0

표 4-15 전자파 차단제품 향후 사용·구입 의사

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
있음	174	59.8
없음	117	40.2
계	291	100.0

전자파 차단제품 사용·구입경험이 있는 209명의 실제 경험제품은 ‘전자파차단 슯’이 132명(20.4%)으로 가장 많았으며, 향후 사용·구입 의사가 있는 174명 중 가장 많은 사람(84명, 48.3%)이 구입하겠다고 응답한 제품도 ‘전자파차단 슯’이었다.

표 4-16 실제 사용·구입경험이 있는 전자파 차단제품

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율	구분	빈도	비율
1. 슯	132	20.4	9. 카드(스마트폰 장착형)	18	2.8
2. 스티커	126	19.5	10. 침구	14	2.2
3. 식물	94	14.6	11. 앞치마	13	2.0
4. 모니터 보안기	72	11.1	12. 단자연결식 차단기	8	1.2
5. 케이스	65	10.0	13. 담요	6	0.9
6. 액세서리(팔찌, 목걸이 등)	43	6.7	14. 기타(조끼,안경헤어드라이어)	3	0.6
7. 콘센트	33	5.1	계	646	100.0
8. 파우치	19	2.9			

표 4-17 향후 사용·구입 의사가 있는 전자파 차단제품

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율	구분	빈도	비율
1. 숯	84	14.8	9. 침구	23	4.0
2. 모니터 보안기	83	14.6	10. 카드	14	2.4
3. 식물	76	13.4	11. 담요	11	1.9
4. 케이스	67	11.9	12. 파우치	10	1.7
5. 콘센트	63	11.1	13. 앞치마	10	1.7
6. 스티커	52	9.1	14. 조끼	4	0.7
7. 액세서리(팔찌·목걸이 등)	38	6.7	15. 보호필름	1	0.2
8. 단자연결식 차단기	33	5.8	계	569	100.0

전자파 차단제품은 ‘전자상거래’를 통해 구입하는 경우가 209명 중 99명 (47.4%)으로 가장 많았으며, 전자파 차단제품의 구입경험 또는 구입의사가 있는 383명 중 과반수 이상(213명, 55.6%)이 구입경위로 ‘유해성에 대한 주변 정보 및 전문서적·학술지 등을 접하고 구입’할(한) 것으로 나타났다.

표 4-18 전자파 차단제품 구입·이용 경로

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
전자상거래(온라인·홈쇼핑)	99	47.4
일반매장(오프라인 매장)	68	32.5
사은품(선물) 등으로 받음	42	20.1
계	209	100.0

표 4-19 전자파 차단제품 구입(예정) 이유

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
전자파의 유해성에 대한 주변정보(언론보도 등) 및 전문서적·학술지 등을 접하고 구입	213	55.6
전자파로 인한 증상(두통·스트레스 등)을 느끼게 되어 구입	69	18.0
임신 중 태아 혹은 자녀(영·유아·청소년)를 전자파로부터 보호하기 위함	61	15.9
사은품 또는 선물용으로 구입	37	9.7
기타 (막연한 불안감·호기심 등)	3	0.8
계	383	100.0

위 응답자 383명은 전자파 차단제품 구입 시 고려사항으로 ‘차단효과 검증 여부’를 가장 많이 꼽았다.(267명, 22.6%)

표 4-20 제품 구입 시 주로 고려하는 사항

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
차단효과 검증여부	267	22.6
전자파 안전 인증(EMF인증 등)	243	20.5
전자파흡수율(SAR)	202	17.1
가격	164	13.9
특허의 유무	79	6.7
인지도	64	5.4
디자인	58	4.9
제조사	43	3.6
주변인의 추천	39	3.3
표시광고	14	1.2
판매직원의 추천	10	0.8
계	1,183	100.0

전자파 차단제품 사용경험자 209명은 해당 제품의 차단효과에 대해 과반 이상(164명, 78.5%)이 ‘잘 모르겠다’고 답변하였으며, 효과가 있다고 응답한 38명 중 20명(52.6%)은 그 근거로 ‘주관적 느낌’을 가장 많이 꼽았고, 그 다음 ‘직접적 경험’ 12명(31.6%), ‘과학적 이유’ 4명(10.5%) 등의 순이었다.

표 4-21 전자파 차단제품의 효과 여부

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
있다	38	18.2
없다	7	3.3
잘 모르겠다	164	78.5
계	209	100.0

표 4-22 차단효과가 있다고 생각하는 근거

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
주관적 느낌	20	52.6
직접적 경험	12	31.6
과학적 이유	4	10.5
타인의 경험	2	5.3
계	38	100.0

차단제품 이용 경험자 209명은 제품 구입에 가장 영향을 준 표시·광고 문구로 ‘유해전자파 ○○% 차단’ 및 ‘공인시험기관 인증제품’을 가장 많이 꼽았으며, 제품 구입 시 참고한 표시·광고내용이 사실과 일치했는지의 여부에 대해서는 과반 이상인 109명(52.1%)이 ‘잘 모르겠다’고 응답하였다.

표 4-23 제품 구입 시 가장 영향을 준 표시·광고 내용

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
유해전자파 ○○% 차단	61	29.2
공인 시험기관 인증제품	61	29.2
공공기관(예 : 특허청 등)의 특허를 받은 제품	33	15.8
전자파 위험성에 관한 내용(예 : 전자파, DNA와 세포기능 손상)	33	15.8
해외 안전성 시험 통과	21	10.0
계	209	100.0

표 4-24 광고내용의 사실과 일치 여부

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
일치했다	10	4.8
보통이다	80	38.3
일치하지 않았다	10	4.8
잘 모르겠다	109	52.1
계	209	100.0

마지막으로 제품 광고 시 개선해야 할 점으로는 ‘차단(흡수) 효과에 대한 객관적 근거자료 제시’가 가장 많았다.

표 4-25 전자파 차단제품 광고의 개선되어야 할 점

(단위 : 명, %)

구분	빈도	비율
차단(흡수)효과에 대한 객관적 근거자료 제시	123	25.1
전자파 차단 범위의 명확화 (예 : 전자렌인지 등 일반가전제품의 전자파는 차단되지 않음)	116	23.6
전자파 차단소재의 안전성 검증자료 고지	93	18.9
국내·외 공인기관 인증의 경우 해당 기관명·인증내용	84	17.1
표시광고 내용(시험기관·인증기관·시험방법 등)의 알기 쉬운 표현사용	75	15.3
계	491	100.0

제5장 맺음말

본 연구에서는 고속 전자파흡수율 측정 시스템에 관한 국내·국제 공동 비교 연구 결과 분석을 통해 고속 전자파흡수율 시스템의 신뢰성을 확인하였다. 그러나 분석결과 데이터 샘플 수가 적어 통계적으로 분석 결과의 의미성을 확인하기에는 충분치 않았으며, 향후 실제 정규 측정시스템으로 측정한 데이터를 확보하여 추가 정밀 분석 연구가 필요하다. 내년에는 이번 연구 결과를 바탕으로 표준 안테나를 이용한 고속 전자파흡수율 측정시스템의 유효성 검증 방법에 관한 연구를 추진할 예정이다.

또한 고속 전자파흡수율 측정방법이 적합성평가에 적용되기 전에 LTE 방식을 사용하는 휴대전화의 전자파흡수율 측정에 소요되는 과도한 시간과 비용을 해소하기 위해 LTE 전자파흡수율 측정 간소화 방안을 마련하여 관련 시험기관이 기존 휴대전화의 전자파흡수율 측정에 소요되는 시간과 비용을 절반 정도로 절감될 수 있도록 하였다.

가전기기의 전자파에 대하여 인체보호기준 적용 제도가 도입되었으며 내년 7월부터 일부기기에 대하여 강제로 적용될 예정이다. 이를 위해 가전기기의 전자파강도 측정방법의 국가표준(안)을 마련하였으며, 내년 초에 공고될 예정이다.

전자파에 관한 국민의 관심이 높아지면서 전자파 차단제품의 종류와 수요도 높아지고 있다. 우리원에서는 시중에 판매되고 있는 휴대전화 차단제품과 일상생활에서 인체에 유해한 전자파를 차단하고 전자파 환경을 개선할 수 있다는 등의 광고를 하고 있는 제품 19종에 대하여 전자파 차단효과를 측정하였다. 일부 제품이 전기장 감소에 있어서는 효과가 있는 것으로 측정되었으나, 기본적으로 모든 전자파 차단제품은 자기장 감소의 효과는 없는 것으로 나타났다. 국립전파연구원은 필요시 지속되는 전자파 차단제품의 거짓·과장 광고에 대해서는 조치를 강화할 계획이다. 또한 새롭게 개발되는 미래 기술 적용 기기와 생활 밀착형 기기의 전자파 인체노출 평가기술 연구를 통해 국민의 건강을 보호하기 위해 노력을 기울일 것이다.

참고문헌

1. “전자파 인체보호기준”, 미래창조과학부고시 제2015-18호, 2015.3.25.
2. “전자파강도 및 전자파흡수율 측정대상 기자재”, 미래창조과학부고시 제2016-66호, 2016.6.23.
3. “전자파 등급기준, 표시대상 및 표시방법”, 미래창조과학부고시 제2015-16호, 2015.3.25.
4. “전자파흡수율 측정기준”, 국립전파연구원고시 제2015-23호, 2015.11.18
5. “전자파강도 측정기준”, 국립전파연구원고시 제2014-2호, 2014.2.4
6. IEC Std. 62233 “Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure”, 2005.
7. IEC Std. 62209-1 “Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)”, 2005.
8. IEC Std. 62209-2 “Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication device used in close proximity to the human body(frequency range of 30 MHz to 6 GHz)”, 2010.
9. Hirata A, Ito N, Fujiwara O, Nagaoka T and Watanabe S 2009 Influence of electromagnetic polarization on the whole-body averaged SAR in children for plane-wave exposures Phys. Med. Biol. 54 41-8
10. Bakker J F, Paulides M M, Christ A, Kuster N and Rhoon G C van 2011 Assessment of induced SAR in children exposed to electromagnetic plane waves between 10 MHz and 5.6 GHz Phys. Med. Biol. 56 3115-3130

전자파 인체보호대책 연구



국립전파연구원

National Radio Research Agency

(58217) 전남 나주시 빛가람로 767

발 행 일 : 2016. 12.

발 행 인 : 유 대 선

발 행 처 : 미래창조과학부 국립전파연구원

전 화 : 061) 338-4414

인 쇄 : (사)한국척수장애인협회 광주·전남인쇄사업소
062) 222-2788

ISBN : 979-11-5820-063-3 < 비 매 품 >

주 의

1. 이 연구보고서는 국립전파연구원에서 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 국립전파연구원 연구결과임을 밝혀야 합니다.