

휴대용 무선기기에 대한 자동차 전장품 내성평가  
국제규격(ISO 11452-9 2<sup>nd</sup> Ed.) 기술동향

이 혁\* · 최 재 훈\*\*

\*자동차부품연구원 · \*\*한양대학교

I. 서 론

자동차 및 자동차 전장 부품에 관한 EMC(Electro Magnetic Compatibility)의 국제 규격은 SAE, ISO, CISPR/D 25, EC/EEC 등으로 규정되어 있으며, 그밖에 완성차 업체 자체 규격으로 규정되어 있다. 현재 국내 자동차 EMC 분야에서 많이 사용되는 국제 규격은 EMI(Electro Magnetic Interference)에 관한 CISPR/D 25와 EMS(Electro Magnetic Susceptibility - Immunity)에 관한 ISO 규격이다. 이들 국제 규격에 관한 위원회는 국내를 포함하여 여러 국가의 전문가들로 구성되어 있으며, 자동차 및 자동차 부품의 TRM(Technical Road Map)과 그 밖의 여러 외부 환경 요소 등을 고려하여 국제 규격을 지속적인 보완하고 있다.

현재 ISO 규격에서 규제하고 있는 자동차와 자동차 전장 부품의 전자파 환경에 관한 내성평가 규격은 급속도로 발전하고 있는 이동통신 환경에 따른 자동차와 자동차 전장 부품 기술의 발전 추세를 반영하지 못하고 있는 상황이다. 현재의 ISO 전자파 내성 시험의 규격은 ISO 11452-2 ALSE Radiated Immunity 시험규격에서 18 GHz까지의 전반적인 주파수 영역에서의 내성 시험을 정의하고 있지만, 이는 단순 CW 신호를 비롯하여 AM, FM, PM의 modulation 신호를 자동차와 자동차 전장 부품에 인가하는 방식을 사용하고 있을 뿐이다. 이밖에 전기적 내성규격이 있지만, 이동통신 서비스에 대한 대응과는 무관하다.

자동차분야 내성평가와 관련한 ISO TC22 SC32 WG3 국제표준 위원회에서는 지난 2004년 처음으로 휴대용 무선기기 GSM, PCS, Bluetooth/WLAN 환경에 관한 내성 시험의 필요성을 국제 위원회에 제기하였고, 그 이후로 여러 국가의 위원회에서는 시험방법을 비롯한 시험 항목과 주파수 영역 등의 실질적인 규격 제정을 위한 검토와 노력을 기울였다. 규격 제정에 다소 오랜 시간이 걸린 끝에 2012년 휴대용 무선기기의 전자파 내성 평가에 관한 국제 규격 ISO 11452-9

이 신규 제정되었다. 공식 명칭은 <ISO 11452 Part 9 : Portable Transmitters>이며, “자동차 부품에 관한 협대역 휴대용 무선기기 방사 전자기파의 전기적 영향 평가”로 정의하고 있다. 우리나라는 2016년에 KS-R-ISO 11452-9 규격으로 부합화되어 국가 표준으로 채택되었다.

2014년 이후 해외 주요 OEM은 해당 규격을 자사의 강제 규격으로 채택하고, 관련된 전장 부품에 대한 평가를 부품사에게 요구하고 있으며, 현대기아 자동차는 2017년 자사의 ES 규격에 반영하였다.

- 북미: GMW 3097(2015), Ford CS 2009, Daimler MBN\_10284-2(2015)
- 프랑스: RENAULT 36-00-808(2014)
- 독일: VW TL 81000 (2014), Volvo REQ-043878\_2(2014)
- 일본: Nissan 28401NDS02(2013)
- 한국: 현대기아자동차 ES96200-00(2017)

그러나 2012년 이후 휴대용 무선기기의 기술은 급속도로 발전하고 있다. 이에 ISO 11452-9 국제규격의 개정이 필요하였으며, 2016년부터 국제표준위원회는 각국의 개정 요구사항을 취합하여 2019년 10월 부산에서 개최된 국제 표준회의에서 ISO 11452-9 2nd Edition의 초안<sup>1)</sup>을 확정하였다. 본문에서는 휴대용 무선기기의 사용에 따른 내성평가에 관한 국제규격 개정에 관한 내용에 대하여 설명하고자 한다.

II. ISO 11452-9 2<sup>nd</sup> Ed. 개정 현황

ISO11452-9 규격은 자동차 전장품에 대하여 무전기/휴대폰/WiFi 등 포터블 기기에서 발생하는 전자파를 근거리에서 인가하여 오동작을 검증하는 내성 평가 방법이다.

본 규격은 ALSE(Absorber-Lined Shielded Enclosure)의 전자파 무반사 챔버에서 평가가 진행되며, DUT와 harness, ground 조건 그리고 power supply와 artificial network 등의 조건은

ISO11452-2와 동일하지만, [그림 1]과 같이 자동차 전장품으로부터 5 cm 거리에 위치한 안테나를 통하여 근거리 전계를 인가하는 방식으로 평가 셋업이 구성된다.

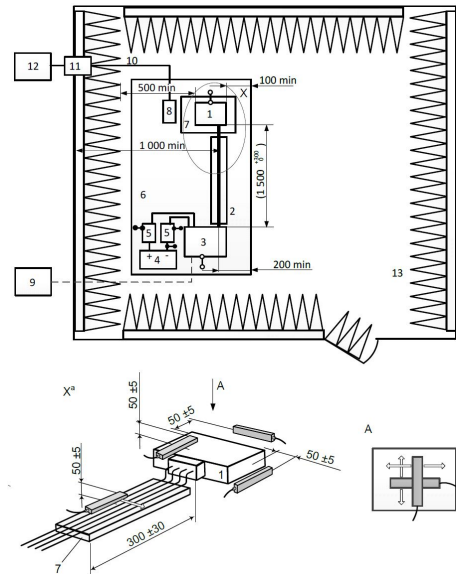
휴대용 무선기기의 통신 환경을 모사하기 위하여 필요한 장비는 아래와 같다.

- RF signal generator(25 MHz~5.85 GHz)
- Function generator(AM, FM, PM, AWG)
- RF power AMP & monitoring equipment
- Antennas(25 MHz~5.85 GHz)

현재 ISO 11452-9 국제규격의 2차 개정판에 적용되고 있는 내용을 다음과 같다.

### 2-1 휴대용 무선기기 발전에 따른 평가 범위 확장

2012년 규격 초판이 나올 시기는 2G 휴대폰이 보편적으로 사용되고 있었고, 이후 휴대용 무선기기에 관한 기술은 빠르게 발전되어 왔다. 현재 다양해진 주파수 밴드를 갖는 3G, 4G LTE를 비롯하여 5.85 GHz 대역까지 사용되는 IEEE 802.11 시리즈의 5G WIFI를 활용하는 무선기기가 자동차 안에서 사용되고 있다. 한국표준위원회는 이와 관련한 최신



[그림 1] ISO 11452-9 포터블기기 내성 평가 셋업

휴대용 무선기기의 평가 범위와 주파수 확장에 대하여 개정 내용을 2017년 처음 국제위원회에 제안하였으며, 전문가 검토를 통하여 <표 1>과 같이 업데이트되어 2차 개정판에 반영되었다.

<표 1> Typical characteristics for portable transmitters

Transmitter designation	Frequency MHz	Power W	Typical transmitter modulation	Test modulation
10 m	26~30	10(RMS)	Telegraphy, AM, SSB FM	AM 1 kHz, 80%
2 m	146 to 174 / 222	10(RMS)	Telegraphy, AM, SSB FM	CW
1.25 m	220 to 225	10(RMS)	Telegraphy, AM, SSB FM	CW
70 cm	420 to 450	10(RMS)	Telegraphy, AM, SSB FM	CW
LAND MOBILE	146 to 174 216 to 223	10(Peak)	FM,FSK	CW
TETRA/TETRAPOL	380 to 390 410 to 420 / 450 to 460 806 to 825 / 870 to 876	10(Peak)	$\pi/4$ DQPSK	PM 18 Hz 50 % duty cycle
CDMA 800 (Cellular)	815 to 849	0.25(Peak)	QPSK	PM 1600 Hz 50 % duty cycle
GSM 850 (mobile) GSM 900 (Mobile)	824 to 849 876 to 915	2(Peak)	GMSK	PM 217 Hz 50 % duty cycle
GSM 1800/1900 (mobile phone)	1,710 to 1,785 1,850 to 1,910	1(Peak)	GMSK	PM 217 Hz 50 % duty cycle
CDMA 1900 (PCS)	1,850 to 1,910	0.25(Peak)	QPSK	PM 1,600 Hz 50 % duty cycle

<표 1> Continued

Transmitter designation	Frequency MHz	Power W	Typical transmitter modulation	Test modulation
UMTS (mobile phone WCDMA & TD/CDMA)	824 to 849 880 to 915 1,850 to 1,980 1,885 to 2,025 1,920 to 1,980	0.25(Peak)	HPSK QAM	PM 1,600 Hz 50 % duty cycle
Bluetooth, WLAN(data) WIFI	2,400 to 2,500	0.10(Peak)	QPSK	PM 1,600 Hz 50 % duty cycle
LTE (mobile phone OFDMA & SC-FDMA)	452 to 458 698 to 803 / 807 to 862 / 880 to 915 / 1,427 to 1,463 1,625 to 1,661 / 1,710 to 1,785 1,850 to 2,025 / 2,300 to 2,400 2,496 to 2,690 3,400 to 3,800	0.25(Peak)	OFDM - PSK	PM 1,000 Hz 10 % duty cycle or Broad band noise of 20 MHz by AWG
IEEE 802.11a (5G WIFI)	5,150 to 5,350 5,725 to 5,850 5,850 to 5,925	0.5(Peak)	OFDM - PSK	PM 1,600 Hz 50 % duty cycle or Broad band noise of 20 MHz by AWG

## 2-2 평가용 안테나 개편

본 규격의 초판의 Annex B에는 규격 평가를 위한 근거리 전계 인가용 안테나가 제시되고 있다. 저주파수 대역은 주로 모노폴 타입의 안테나로 360~2,700 MHz 대역은 광대역 다이폴 안테나로 구성되어 있다. 그러나, 최초 안테나는 각각의 주파수를 평가하기 위하여 안테나의 개수가 총 19개로 너무 많고, 또한 사용하지 않는 안테나이거나, 주파수의 영역이 중복되는 안테나가 대부분이기 때문에 개선이 필요한 상황이었다.

또한, 현재 규격평가용으로 독점 공급하고 있는 독일 안테나는 규격 평가 요구 성능에 미달되는 주파수 구간이 있다. 특히, 기존 사용하고 있는 저주파용 모노폴 안테나는 사이즈가 EUT보다 크고, 주변 그라운드와 측정자의 손에 의한 영향으로 특성 저하 현상이 발생하고 있다. 이로 인하여 그라운드에 독립적이지 못하며, 일부 안테나는 VSWR 4:1 이상 수준으로 규격평가 안테나용으로 적합하지 않다.

<표 2>는 한국위원회에서 기존 독일 저주파 대역 안테나의 특성을 측정한 결과이며, VSWR 4:1 초과 구간이 상당히 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이것은 최초 캘리브레이션

한 전계와 실제 평가 시 전장품에 유기되는 전계의 크기가 달라지는 문제를 일으킨다.

이와 같은 문제를 개선하기 위하여, 자동차부품연구원과 국내 안테나 업체인 (주)아이뷰 그리고 한양대학교 안테나 연구실과 공동으로 저주파대역 안테나를 신규 개발하여 국제규격 위원회에 제안하였고, 최종 144~180 MHz(중심주파수: 146, 155, 164, 174 MHz), 216~225 MHz(중심주파수: 222 MHz) 대역의 저주파용 폴디드 다이폴 안테나 5개가 채택되어 규격에 삽입되었다.

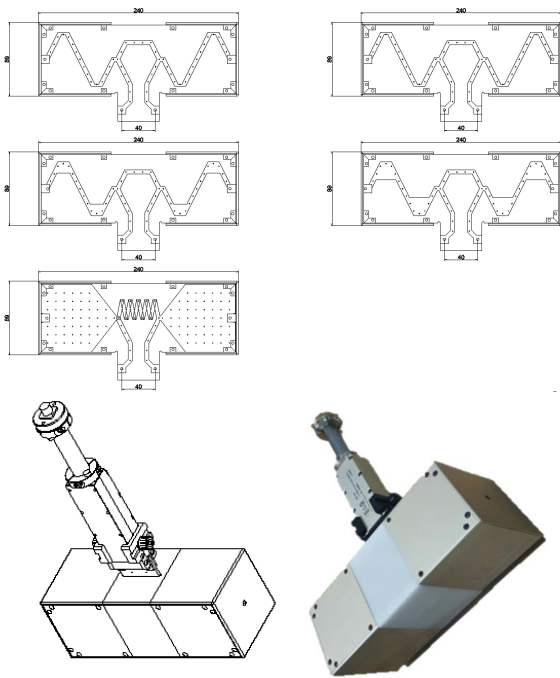
<표 2> 저주파대역 규격 평가에 사용된 모노폴 안테나의 문제

ANT	VSWR on calibration			Handheld VSWR on test		
	Free space	10 cm on GND	5 cm on EUT	Free space	10 cm on GND	5 cm on EUT
28	28.3	18.22	19.04	6.65	6.65	10.54
52	4.1	1.4	1.21	1.44	1.44	1.25
145	8.66	4.05	5.91	2.13	2.13	2.8
155	8.2	5.11	4.86	2.99	2.99	2.7
165	6.12	5.5	5.6	2.39	2.39	2.68
223	4	3.78	6.27	2.67	5.04	1.81

한국위원회에서 제안하여 채택된 저주파 대역 안테나는 [그림 2]와 같이 다이폴 타입의 안테나로서 주변 그라운드 영향이 적어 기존 모노폴 안테나의 문제점을 해결하고, 보다 정확한 평가가 가능하다.

<표 3>과 같이 한국에서 개발하여 본 국제 규격 2차 개정판에 채택된 폴디드 다이폴 안테나는 그라운드 환경에 따른 VSWR 특성 저하가 발생하지 않으며, 근거리에서 안정적인 전계를 발생하여 표준화된 평가에 적합한 안테나이다.

일본위원회는 기존 독일의 광대역 안테나의 문제점인 일



[그림 2] 신규 채택된 저주파 대역 평가용 folded dipole antenna

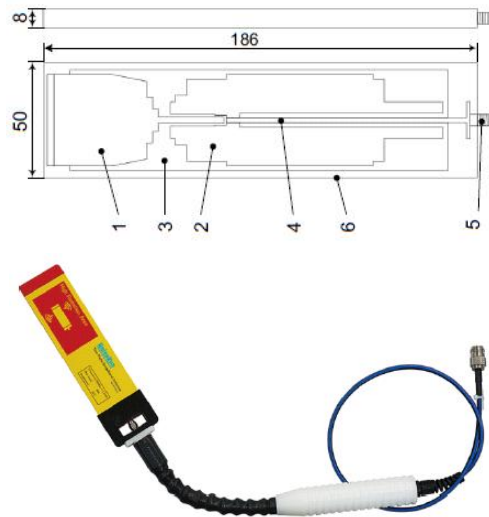
<표 3> 신규 채택된 저주파 대역 안테나의 평가 특성

Center freq [MHz]	Bandwidth (VSWR 3:1)	VSWR on test			E-field [V/m]	
		Air	10 cm on GND	5 cm on EUT	Center	Hot spot
146	144~150	1.32	2.48	3.34	137.6	265.9
155	152~160	1.29	3.07	2.48	218.6	458.8
165	162~170	1.61	3.11	2.63	283.6	510.8
174	172~180	1.68	2.61	2.4	232.8	524.4
222	215~246	1.50	1.64	2.38	249.8	515.4

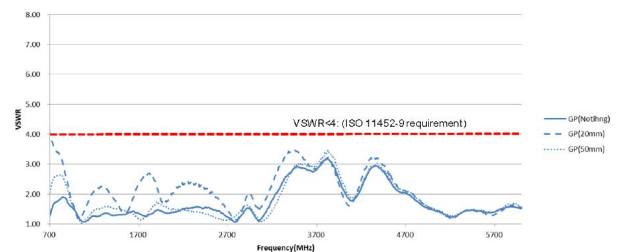
부 구간에서의 VSWR 특성 저하와 실차 환경에서도 사용 가능한 신규 광대역 슬리브 안테나가 제안하였고, 2차 개정판에 채택되었다([그림 3]).

일본이 제안한 광대역 안테나는 [그림 4]와 같이 그라운드 테이블 위에서도 VSWR 특성 저하가 발생하지 않아 안정적인 특성을 보인다.

본 규격에서 사용되는 근거리장 안테나는 2차 개정판에서 <표 4>와 같이 결정되었다. 평가 시 문제가 되는 모노폴 안테나는 모두 삭제되었으며, 기존 독일의 광대역 안테나는 유지, 기존 슬리브 안테나는 중복된 주파수 대역을 삭제하여 5개만 유지, 일본이 제안한 광대역 안테나 1개와 한국이 제안한 저주파대역 안테나 5개는 신규 채택되었다. 이로서 본 규격을 평가할 수 있는 안테나는 총 19에서 12개로 수량을 조절하였고, 기존 문제가 되었던 안테나 성능을 개선하여 정확한 평가를 할 수 있도록 개편되었다.

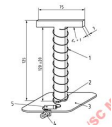
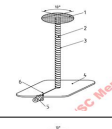
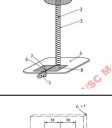
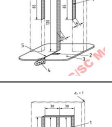
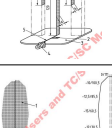
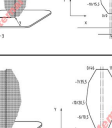
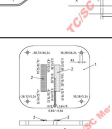
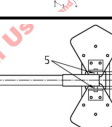


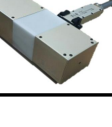



[그림 3] 신규 채택된 광대역 sleeve antenna



[그림 4] 신규 채택된 광대역 sleeve antenna의 VSWR 특성

<표 4> 평가용 안테나 개편 현황

Frequency	ANT type	ANT in spec	Result
26.96 ~ 27.4 MHz	Monopole		규격에서 삭제
144 ~ 148 MHz	Monopole		
169.8 ~ 173 MHz	Monopole		
380 ~ 430 MHz	Monopole		
430 ~ 470 MHz	Monopole		
890 ~ 915 MHz	Monopole		
1,710 ~ 2,025 MHz	Monopole		
2,402 ~ 2,480 MHz	PIFA		
360 ~ 2,700 MHz	Broadband dipole		기존 유지 (1 ea)
380 ~ 880 MHz	Sleeve dipole		개수 수정 (10 --> 5 ea)
700 ~ 3,200 MHz	Broadband sleeve dipole		신규 채택 (1 ea)
144 ~ 180 MHz 216 ~ 225 MHz	Folded dipole		신규 채택 (5 ea)

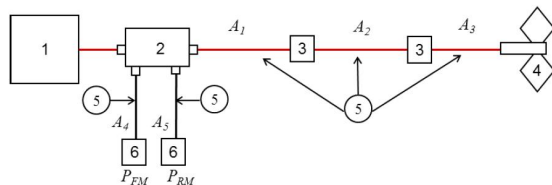
### 2-3 캘리브레이션 방법과 필수 요구사항 제시

본 규격 평가 시 최종단의 안테나 특성을 고려하여 전장품으로 인가되는 전계가 <표 1>의 power 값과 같도록 캘리브레이션을 수행하여야 한다. 일반적인 평가 시스템은 [그림 5]와 같이 구성되어 있으며, 각 구성 요소들의 특성 값을 고려하여 정해진 전계 값이 형성될 수 있도록 신호 생성기와 앰프 출력을 결정하는 것이 캘리브레이션의 목적이다.

그러나 초판에는 캘리브레이션 방법이 명확하지 않아, 본 규격을 자사의 규격으로 채택하는 국내외 자동차 OEM들마다 방법이 조금씩 다른 상황이었다. 아울러, 구성도와 다르게 실제 시험소 셋업에서는 앰프와 커플러, 커플러와 챔버 어댑터, 평가 안테나까지의 경로 등이 시험소마다 특성이 달라 평가의 편차가 발생하게 되었다. 이러한 문제를 개선하기 위해서 2차 개정판에서는 캘리브레이션의 절차와 필수 요구사항이 추가되었다.

<표 5>는 실제 평가 셋업에 대한 필수 요구사항으로서 커플러, 케이블과 어댑터, 파워센서 등의 특성이며, 본 규격을 평가하는 시험소는 반드시 해당 요구사항을 준수해야 한다. 만약 시험소가 필수 요구 특성을 만족하지 못할 경우는 [그림 6]과 같이 커플러의 위치를 챔버 어댑터에 직접 연결하여 가장 많은 왜곡이 발생하는 앰프 출력과 챔버까지 경로에 대하여 개선하도록 제안하고 있다.

국내외 많은 시험소와 평가 시스템을 보유하고 있는 부품사는 신규 적용되는 캘리브레이션 절차와 시스템 요구사항이 “normative”로 지정됨에 따라 2차 개정판이 최종 공지되기 전까지 평가셋업을 검증하고, 요구사항 준수를 위한 셋업 개선을 해야 한다.

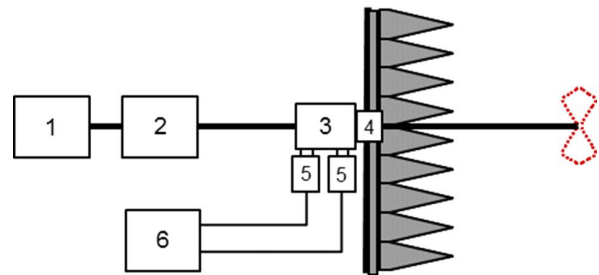


- Key:
- 1. Signal Source
  - 2. Directional Coupler
  - 3. Coaxial Connectors/Adaptors
  - 4. Transmit Antenna
  - 5. Interconnecting coaxial cables
  - 6. Peak Power Sensors (or measurement receiver)

[그림 5] 평가 셋업에 대한 구성도

<표 5> Test equipment performance requirements

Dual directional coupler	
Coupling factor	> 20 dB (40 dB preferred) <sup>1</sup>
Coupling port VSWR	< 1,5
Mainline transmission loss	< 0.5 dB
Mainline port VSWR	< 1.25
Directivity	> 18 dB
Interconnecting cable (includes adaptors, switches etc)	
Characteristic impedance	50 Ω
Transmission loss	< 4 dB
VSWR	< 1,1
Peak wideband power sensor (1,2)	
VSWR	< 1.2
Accuracy	≤ 0.13 dB

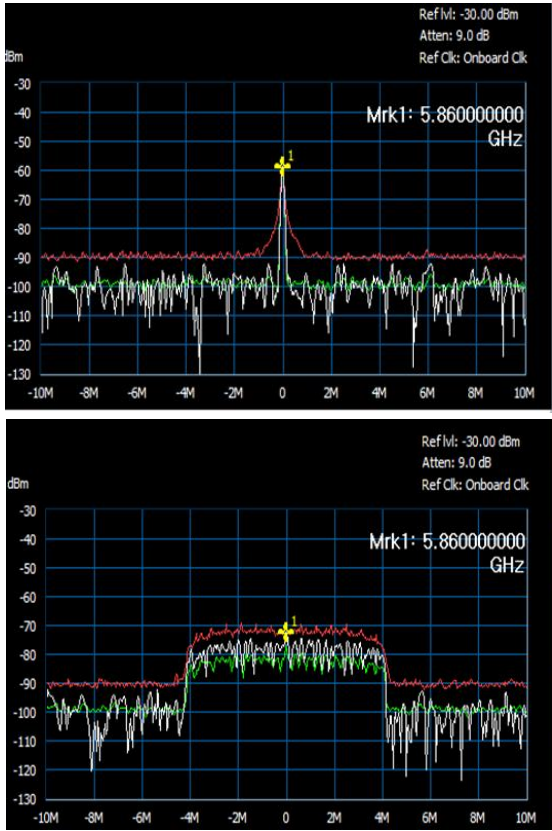


[그림 6] 필수 요구사항을 만족시키기 위한 셋업 제안

### 2-4 광대역 변조 신호 사용

<표 1>에서는 4G LTE와 IEEE 802.11a 무선기기에 대응하는 평가 범위가 추가되었다. 일반적으로 이와 같은 디지털 통신방식은 기존 무전기가 사용하는 CW, AM, FM과 같은 단순한 변조방식을 사용하지 않고, 다양한 방식의 디지털 변조 방식을 사용한다. 그러나, 본 규격의 평가를 위한 변조 신호는 대부분 PM으로 정의되고 있다. 그러나 4G LTE와 IEEE 802.11 시리즈에서 일반적으로 사용되는 OFDM 변조는 PM 변조와 비교하여 광대역일 뿐만 아니라, 더 많은 에너지를 갖는다([그림 7]).

일부 전장품은 PM 변조 신호에 대하여 오동작이 없지만, 광대역 변조 신호를 인가 시 오동작이 발생하고 있다. 이와



[그림 7] PM 변조와 OFDM 변조의 특성

같이 OFDM 변조를 사용하는 통신방식에 대하여 기존 PM 변조 신호뿐만 아니라, 광대역 신호를 사용할 수 있도록 2차 개정판에 본 내용이 추가되었다. 그러나 현재 OFDM 변조 신호 발생기는 고가의 비용문제로 모든 시험소가 구축하기 쉽지 않은 이유로 OFDM 신호와 유사한 임의의 광대역 변조 신호 Broadband noise AWG(Arbitrary Waveform Generator)를 사용하도록 하였다.

<표 6>은 4G LTE와 IEEE 802.11a 변조 신호에 대응하는 AWG 변조 신호의 파라미터이다. 시험소는 기존 보유하고 있는 파형 발생기의 파라미터를 조정하여 AWG 변조 신호를 생성할 수 있다.

한국, 일본, 중국은 각각 광대역 변조 신호를 사용하는 전장품 내성평가에 대한 연구를 지속적으로 진행하고 있다. 이번 2차 개정판에는 광대역 변조신호 사용이 선택사항이지만 본 연구를 최초로 제안한 도요타는 자사의 규격에 필수 사항으로 적용할 예정이다.

<표 6> An example of AWG parameters

Freq.	1,885~2,025 MHz	2,400~2,500 MHz	5,725~5,850 MHz
Analog bandwidth	140 MHz	100 MHz	125 MHz
Sampling frequency	≥ 5.0626 GS/s	≥ 6.25 GS/s	≥ 14.625 GS/s
Sampling length	197.5 us	160 us	68.37 us
Vertical resolution	≥ 8-bit	≥ 8-bit	≥ 8-bit
Flatness	±1 dB	±1 dB	±1 dB
Side lobe	≤ -40 dB	≤ -40 dB	≤ -40 dB

### III. 결론 및 향후 고려사항

ISO 11452-9 내성 평가 규격 2차 개정은 한국-일본-미국 전문가가 참여하는 TF(Task Force)를 통하여 WD(Working Draft)로 기술적인 내용검토와 초안을 확정하고, CD 단계로 접어들었다. 향후 모든 국가의 전문가 검토와 투표를 통하여 차기 단계로 진행될 예정이며, 최종 3년 내에 2차 개정 국제표준 문서가 발표될 것이다. 이후로 실차에 적용되는 포터블기기 내성평가인 ISO 11451-3 규격도 개정이 진행될 예정이다.

미래형 자동차의 전장품은 점점 복잡해지고 있으며, 영향을 받는 주파수도 높아지고 다양해지고 있다. 또한, 커넥티드 자동차는 V2x 통신을 위하여 양방향 통신기기를 차량에 탑재하고 있다. 이에 따라 휴대용 무선기기와의 간섭 및 영향으로 인한 오동작의 위험은 점점 높아질 것이기 때문에, 본 내성 평가 검증은 더욱 중요한 평가 규격이 될 것이다.

ISO 11452-9 국제규격은 차량 내에서 전파 사용이 가능한 휴대용 통신기기가 발전됨에 따라 지속적으로 전파사용 특성이 반영되어야 한다. 한국위원회는 평가 셋업 개선, 변조신호의 반영, 주파수 확장에 따른 안테나 추가 개발 등을 통하여 자동차 전장품 내성 평가를 보다 정확하게 수행하기 위한 지속적인 연구와 국제표준위원회 교섭력을 강화할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] ISO 11452-9: Road vehicles - Component test methods for electrical disturbances from narrow band radiated electromagnetic energy - Part 9: Portable transmitters. CLEANED draft from Busan meeting for CD ballot.
- [2] A. Gunsaya, Ford Motor Company, "Inclusion of a broadband antenna to ISO11452-9", *N1763*, Oct. 2009.
- [3] C. A. Balanis, "Antenna Theory, Chpter 9. Broadband dipoles and matching techniques. nation of local sensing with geolocation database in real environments", *IEEE Wireless Communications*, vol. 19, no. 4, pp. 59-66, 2014.
- [4] H. Lee, M. G. Yang, and J. H. Choi, "A development of 146/156 MHz folded dipole antenna in an immunity test of portable transmitters on road vehicle components", *ISAP 2018*.
- [5] 이혁, 양묘근, 류수정, 최재훈, "자동차 전장품 포터블기기 내성규격 평가의 GND 영향 최소화를 위한 360 MHz~3 GHz, 5~6 GHz dipole 광대역 안테나 설계", 2018년도 한국전자과학회 하계종합학술대회 논문집 Vol. 6.
- [6] 이혁, 양묘근, 최재훈 "자동차 전장품 포터블기기 내성규격 평가의 GND 영향 최소화를 위한 146~174 MHz folded dipole 안테나 설계", 2017년도 한국전자과학회 하계종합학술대회 논문집 Vol 5.
- [7] 신재근, "미래형 자동차와 EMC", 전자공학회지, pp 59-65, 2009년 11월.
- [8] G. Carioraro, T. Erseghe, "Pulse position modulation", *Wiley Encyclopedia*, vol. 4, pp. 2030-2042, 2003.



≡ 필자소개 ≡

이 혁



2001년 2월: 한양대학교 전자통신전파공학과 (공학사)

2003년 2월: 한양대학교 전파공학과 (공학석사)

2003년 3월~2008년 8월: LG전자 MC사업본부 선임연구원

2008년 9월~현재: 자동차부품연구원 전자기파 연구센터 선임연구원

2016년 3월~현재: 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정

2015년 1월~현재: CISPR/D, ISO TC 22 SC 32 WG 3 전문위원

[주 관심분야] EMC, 차량 V2X 통신, RF 능동회로, 안테나

최 재 훈



1980년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)

1986년 12월: 미국 Ohio State University 전자공학과 (공학석사)

1989년 8월: 미국 Ohio State University 전자공학과 (공학박사)

1989년~1991년: 미국 Arizona State University 연구교수

1991년~1995년: 한국통신위성사업단 연구팀장

1995년~현재: 한양대학교 융합전자공학부 교수

[주 관심분야] 이동통신/의료용 안테나 설계, 무선전력전송, WBAN 시스템, EMC