

5G 이동통신 구축을 위한 EMC 요구 사항 고찰

송 태 승

한국산업기술시험원

I. 서 론

최근 이동통신 기술의 5세대(5 Generation: 5G) 진입함에 따라 편리하고 안전한 생활과 시공간 제약의 해소, 그리고 새로운 통신·미디어 환경 제공 등이 가능해질 것으로 예상된다. 5세대 이동통신기술 즉, 5G의 공식 명칭은 ‘IMT-2020’으로 2020년 상용화를 목표로 유럽, 일본, 중국 등 주요국은 기술, 표준화, 시장 주도를 위해 경쟁적으로 연구 개발 및 투자를 본격화하고 있다. 5G가 4G를 포함한 이전의 이동통신 네트워크와 다른 점은 초고속, 초저지연, 초연결이다. 약 70배 빠른 초고속 전송속도와 지연현상이 거의 없는 실시간 소통 능력의 초저지연, 그리고 이를 기반으로 모든 산업과 인프라를 연결하는 초연결 기술을 특징으로 한다. 이에 따라 가전제품, 의료기기, 자동차 전장품, 항공기 등 산업전반에 전기전자와 5G 통신기술이 융합되어 초고속, 초저지연, 초연결을 실현할 것이다^[1].

우리나라도 국가 성장 동력을 창출해 온 이동통신 분야에서 새로운 기술 진화 및 혁신으로 선제적으로 대응하기 위해 5G를 10대 ICT 기술로 선정하고, 도전적인 국가연구개발 추진 계획을 수립하여 진행 중이다. 특히 최근 화두로 떠오르고 있는 커넥티드카가 바로 5G를 기반으로 작동되는 대표적인 신기술로, 차량과 차량을 연결하여 가장 빠른 길을 찾아주는 것은 물론, 교통신호시스템과도 연동되어 신호 흐름에 따라 자연스럽게 주행할 수 있도록 한다. 즉, 고속주행 상태에서도 실시간으로 급제동이 가능한데, 이 같은 기능이 “초저지연”을 적용한 기술이다. 또한 드론 등을 활용한 원격 진료나 위험 지역 감시 등 실시간 데이터 전송이 필요한 분야에서도 더욱 빨라진 5세대 이동통신이 필요하기 때문에 비단 이동통신 분야만이 아닌 다양한 산업에서 5G의 상용화를 관심 갖고 지켜보고 있는 것이다.

이러한 5G 이동통신 시스템은 빠르게 개발되어 우리 생활에 밀접히 다가올 시간이 얼마 남지 않았다. 하지만 현재 여

러 표준화기구에서 논의되고 있는 5G 기술의 사양을 살펴보면, 해결해야 할 기기간의 전자파 간섭 및 내성문제가 존재할 것으로 예측된다. 첫째, 5G 이동통신 시스템은 다양한 주파수 범위에 대해 많은 안테나를 포함할 것으로 예상되고, 사용주파수 대역이 높아짐에 따라 좁아진 커버리지를 극복하기 위해 소형의 많은 기지국이 설치될 것이다. 이에 따라 다른 전기전자기기와의 거리는 훨씬 더 근접하게 되므로 5G 이동통신 시스템의 내부 발진소자에 의해 방출되는 고조파(Spurious)가 다른 제품의 동작에 영향을 미치지 않도록 기술적 고려가 필요하다. 둘째, 고속 통신 시스템 및 높은 주파수의 발진소자를 가진 장치가 5G 이동통신 시스템의 기능 및 작동에 영향을 줄 수 있기 때문에 기존 정보기술 기기의 규제 측면에서 전자파 장애 주파수 범위의 확대가 필요하며, 동시에 복사내성시험의 인가주파수 대역도 높아질 필요가 있다.

따라서 전자기 적합성(EMC: Electro-Magnetic Compatibility) 측면의 고려는 5G 시스템의 배치 및 다른 전기전자기기와의 공존에 중요한 역할을 할 것이다. 본 논문에서 고찰하고자 하는 EMC 권장 사항 및 표준에서 다루어야 할 것으로 생각되는 요구는 첫째, 5G 시스템의 오동작을 피하기 위해 다른 전기전자기기의 전자파 방출 규제를 6 GHz 이상의 주파수 대역까지 확장이 필요할 것이다. 둘째는 다른 전기전자기기와의 서로간의 간섭을 피하기 위해 6 GHz 이상까지 전자파 내성 요구 사항을 정립하는 것이다. 최근 국제전기통신연합(ITU-T SG5)에서는 아직까지 5G 무선 액세스 네트워크(RAN: Radio Access Network) 기술 표준이 제정 중에 있으므로 우선 5G 이동통신 시스템의 시나리오에서 EMC 관리 요구 사항을 정의하고, 국제전기표준회의(IEC CISPR) 및 유럽전기통신표준화기구(ETSI)와 같은 다른 표준화기구에서 진행 중인 작업을 고려하여 5G 이동통신 시스템의 방출 및 내성 요구 사항에 초점을 맞추어 표준 개발을 진행 중에 있다.

II. 5G 이동통신 시스템 개요

5G는 이동통신 네트워크의 5세대이며, 4G LTE 네트워크로 부터의 발전이며, 오늘날 현대 사회에서 데이터 및 연결의 매우 큰 성장 즉, 수십억 개의 연결된 장치가 있는 인터넷 및 혁신을 충족시키도록 설계되었다. 4세대까지의 이동통신이 음성에서 데이터로 발전하면서 스마트폰의 발전은 개인의 생활에 큰 영향을 주었다. 5G는 추가적으로 산업의 변화를 도모할 것으로 예측되며, 독일의 후라운호퍼 연구소에서는 미래의 5G 환경을 산업간 수직적 통합을 가능하도록 여러 산업군의 다양한 요구 사항을 만족시킬 수 있도록 네트워크 슬라이스 구조로 “5G Playground”를 [그림 1]과 같이 표현하고 있다^{[2],[3]}.

2-1 5G 주파수 스펙트럼

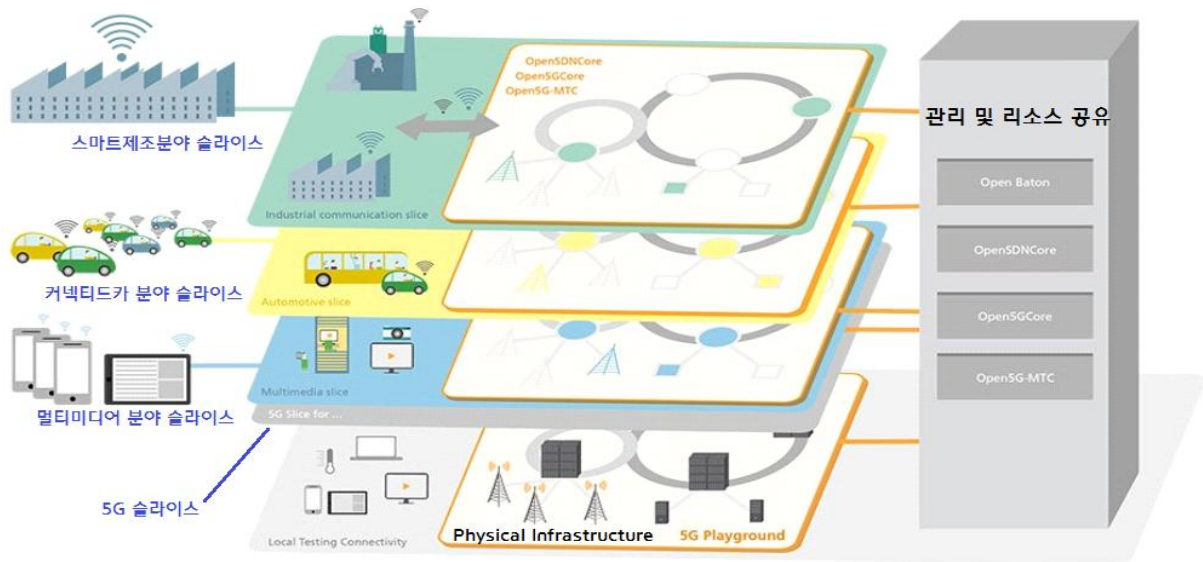
5G는 현재의 이동통신 기술에 비해 현저하게 많은 대역폭(Bandwidth)을 추가하기 위해 기존 이동통신 시스템에서 사용하고 있지 않은 3~100 GHz 범위의 추가 주파수 스펙트럼을 요구한다. 추가된 주파수 스펙트럼 및 더 큰 대역폭은 더 많은 사용자, 더 많은 데이터 및 더 빠른 연결을 가능하게 하며, 레거시 네트워크(legacy networks)의 사용이 감소하고, 향후 여러 서비스 지원이 가능하기 때문에 기존의 저

대역 스펙트럼을 5G에서 재사용할 수 있을 것으로 예상된다. 증가된 스펙트럼에는 30 GHz 이상의 밀리미터 웨이브(mmWave) 주파수 대역도 포함되며, mmWave 주파수는 대부분 짧은 파장을 가지므로 근거리 통신서비스에 적합하다. <표 1>은 주파수 대역별 5G 이동통신 서비스가 사용될 응용분야의 예를 나타낸다^[4].

5G를 포함한 이동통신 서비스의 주파수 스펙트럼은 세계전파통신회의(World Radiocommunication Conferences: WRC)에서 결정된다. 세계전파통신회의(WRC)는 국제연합(UN) 산

<표 1> 주파수별 5G 이동통신 서비스가 사용될 응용분야

구분	응용분야 요약
낮은 주파수 (1 GHz 미만 대역)	· 도시, 교외 및 농촌 전역에 광범위하게 적용되며, 저속 데이터 응용분야를 위한 IoT 지원
중간 주파수 (1~6 GHz 대역)	· 빠른 속도로 보편적인 서비스가 가능하며, 대부분 국가에서 5G용으로 할당 가능한 대역 (예, 3.3~3.8 GHz 대역을 포함)
높은 주파수 (6 GHz 이상 대역)	· 진보된 이동통신 응용서비스를 위한 초고속의 광대역의 특징을 가지며, 트래픽이 많은 통신서비스에 가장 적합 (예, 현재 KT에서 평창올림픽 시범서비스로 26~28 GHz 대역을 상용화 중임)



[그림 1] 5G Playground 환경 개념도(출처: 독일 Fraunhofer FOKUS)

하 국제전기통신연합(ITU)이 3~4년을 주기로 개최하는 전파분야 세계 최고 의사결정회의로, 국제 주파수 분배 및 국가 간 전파간섭방지기준 등을 포함하는 국제조약인 전파규칙(Radio Regulations)을 개정하는 회의이다. 세계적인 모바일 트래픽 급증 추세에 대응하기 위한 국제이동통신 주파수 추가 확보 의제를 비롯하여 공공안전·재난구조, 무인항공기 제어, 차량 레이다 주파수 등 여러 의제에 대한 심도 있는 논의가 이루어진다. 특히 이동통신 주파수와 관련하여 기존 국제이동통신으로 지정된 대역과 함께 광대역 이동통신 주파수가 추가되어 시분할 다중 접속(TDD) 방식 등의 기술발전과 데이터 트래픽 증가 수요에 선제적으로 대응하기 위해 2020년 상용화 예정인 5G 서비스가 동일한 채널에서 동시에 송수신하는 풀 듀플렉스(Full Duplex) 시스템에 대한 연구도 진행 중이다.

2-2 5G 동작 원리

대부분의 이동통신 운영자는 초기에 5G 네트워크를 기존 4G 네트워크와 통합하여 서비스를 제공할 것이다. 또한, 이동통신 네트워크에는 ‘무선 액세스 네트워크(Radio Access Network: RAN)’와 ‘핵심 네트워크(Core Network: CN)’의 두 가지 주요 구성 요소가 있다. 무선 액세스 네트워크는 소규모 셀, 타워, 마스트 및 모바일 사용자와 무선 장치를 주요 코어 네트워크에 연결하는 전용 빌딩 및 홈 시스템과 같은 다양한 유형의 시설로 구성된다. 소형 셀은 특히 연결 범위가 매우 짧은 mmWave 주파수 대역에서 5G 네트워크를 구성하며, 지속적인 연결을 제공하기 위해 사용자가 연결해야 하는 위치에 따라 작은 셀이 클러스터에 분산되며 매크로 네트워크를 구성한다. 여기서 5G 매크로 네트워크 셀은 더 많은 데이터를 동시에 보내고 받기 위해 여러 요소 또는 연결이 가능한 MIMO(다중 입력, 다중 출력) 안테나를 사용하며, 더 많은 사람들이 동시에 네트워크에 연결하여 높은 처리량을 유지할 수 있다. 5G용 MIMO 안테나는 다중 요소 및 연결의 수로 인해 ‘거대한 MIMO’라고 지칭되지만 실제 크기는 기존 3G 및 4G 기지국의 안테나와 유사할 것으로 예상된다.

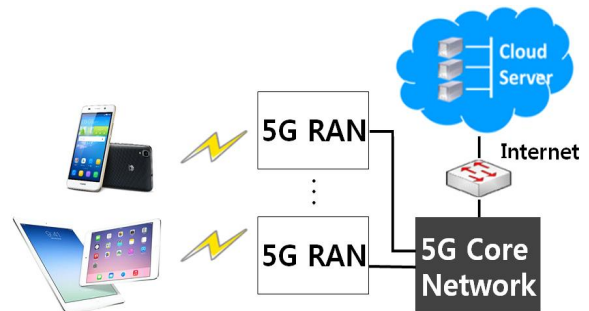
코어(Core) 네트워크는 모든 모바일 음성, 데이터 및 인터넷 연결을 관리하는 모바일 교환 및 데이터 네트워크로서,

5G의 경우, ‘Core Network’가 인터넷 및 클라우드 기반 서비스보다 잘 통합되도록 재설계되고, 응답 시간을 개선한 네트워크 전반의 분산 서버도 포함한다. 다양한 애플리케이션 및 서비스를 위한 네트워크 가상화 및 네트워크 슬라이싱을 비롯한 5G의 고급 기능 중 상당 부분이 코어(Core)에서 관리된다. [그림 2]는 여러 단말과 연결된 무선 액세스 네트워크와 이를 중앙에서 관리하는 코어 네트워크로 연결되어 사용자에게 빠른 콘텐츠를 제공하고, 대기 시간이 짧은 응용 프로그램을 구동하는 로컬 클라우드 서버의 예를 보여준다.

III. 현재 표준에서 정의된 EMC 요구 사항

다양한 장치와 네트워크에서 전자기 적합성(EMC)은 각 장치가 허용된 수준 이상으로 전자파 장애를 발생시키지 않아야 하고, 장치가 전자파 장애로부터 최소의 내성 레벨을 가질 때 보장된다. 따라서 일반적인 EMC 표준에는 전자파 장애(Electro-Magnetic Interference: EMI) 및 전자파 내성(Electro-Magnetic Susceptibility: EMS) 요건이 포함된다. 이들은 무선 서비스를 보호하기 위해 널리 사용되는 CISPR에 의해 정의된 제한을 기반으로 한다. IEC 61000-2-5에 정의된 제품이 사용되는 환경에 따른 EMI 요구 사항은 IEC 61000-6-3 및 IEC 61000-6-4에 나타내고 있으며, 제품별 방출 요구 사항은 각 제품 표준에 정의된다. 또한, EMS 요구 사항 역시 제품이 사용되는 환경에 따라 IEC 61000-6-1 및 IEC 61000-6-2 표준에 정의되어 있으며, 제품별 내성 요구 사항은 각 제품 표준에서 설명한다.

전기 통신 기능이 있는 5G 시스템이 해당될 것으로 예상

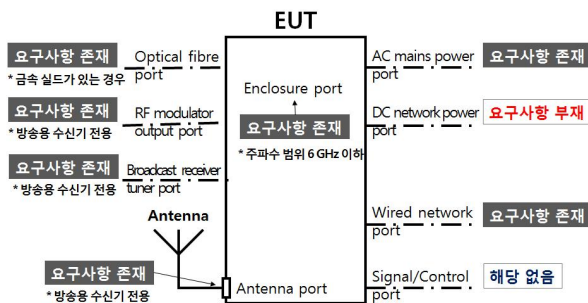


[그림 2] 5G 무선 네트워크의 클라우드 서버의 예

되는 제품 표준인 멀티미디어 기기에 대한 EMI 요구사항은 CISPR 32에 나타나며, EMS 요구사항은 CISPR 35에서 다룬다.

3-1 CISPR 32의 전자파 장애(EMI) 요구 사항

일반적인 멀티미디어 기기 시험품(Equipment Under Test: EUT)이 가질 수 있는 포트별 CISPR 32에 요구사항이 존재하는 지 여부를 [그림 3]과 같이 요약할 수 있다. CISPR 32에는 DC network power port에 대한 전자파 장애 제한 조건이 누락되어 있음을 알 수 있다. <표 2>부터 <표 4>는 CISPR 32에 명시된 대표적인 A급 기기의 EMI 요구 사항의



[그림 3] 각 포트별 CISPR 32의 EMI 요구 사항 존재 여부

<표 2> CISPR 32의 복사잡음(RE) 한계값(A급 기기용)

주파수 범위	측정 거리	한계값	검파기 종류
30~200 MHz	10 m (FAR/OATS)	40 dB μ V/m	Quasi-peak
200 MHz~1 GHz	10 m (FAR/OATS)	47 dB μ V/m	
1~3 GHz	3 m (FSOATS)	56 dB μ V/m	Average
		76 dB μ V/m	Peak
3~6 GHz	3 m (FSOATS)	60 dB μ V/m	Average
		80 dB μ V/m	Peak

<표 3> CISPR 32 AC 전원선의 전도잡음(CE) 한계값(A급 기기용)

주파수 범위	한계값	검파기 종류
0.15~0.5 MHz	79 dB μ V	Quasi-peak
0.5~30 MHz	73 dB μ V	
0.15~0.5 MHz	66 dB μ V	Average
0.5~30 MHz	60 dB μ V	

<표 4> CISPR 32 유선 네트워크 포트의 전도잡음(CE) 한계값 (A급 기기용)

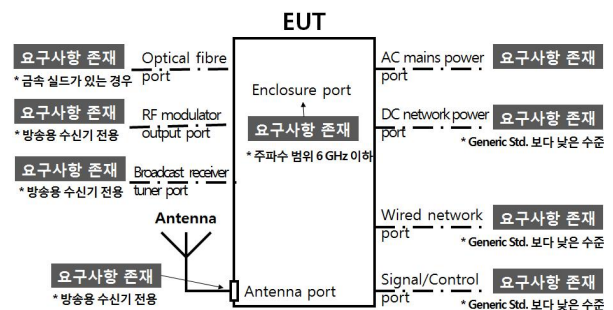
주파수 범위	한계값(전압)	한계값(전류)	검파기 종류
0.15~0.5 MHz	97~87 dB μ V	Not applicable	Quasi-peak
0.5~30 MHz	87 dB μ V		Average
0.15~0.5 MHz	84~74 dB μ V		Quasi-peak
0.5~30 MHz	74 dB μ V		
0.15~0.5 MHz	97~87 dB μ V	53~43 dB μ A	Quasi-peak
0.5~30 MHz	87 dB μ V	43 dB μ A	
0.15~0.5 MHz	84~74 dB μ V	40~30 dB μ A	Average
0.5~30 MHz	74 dB μ V	30 dB μ A	
0.15~0.5 MHz	Not applicable	53~43 dB μ A	Quasi-peak
0.5~30 MHz		43 dB μ A	
0.15~0.5 MHz		40~30 dB μ A	Average
0.5~30 MHz		30 dB μ A	

요약이다.

3-2 CISPR 35의 전자파 장애(EMI) 요구 사항

멀티미디어 기기 시험품(Equipment Under Test: EUT)이 가질 수 있는 포트별 CISPR 35에 요구사항이 존재하는 지 여부를 [그림 4]와 같이 요약할 수 있다. CISPR 35에는 모든 포트에 대한 전자파 내성 요구 조건이 표현되어 있음을 알 수 있다. <표 5>부터 <표 8>은 CISPR 35에 명시된 시험품의 각 포트별 EMS 요구 사항의 요약이다.

모든 전자파 내성 시험항목의 판정기준은 크게 세 가지로 정의된다. “성능판정기준 A”는 EMS 시험과정에서 시험 중 및 시험 종료 후에도 시험품은 운영자의 개입 없이 의도된 대로 작동하는 경우이다. 여기서 성능 저하, 기능 손실



[그림 4] 각 포트별 CISPR 35의 EMS 요구 사항 존재 여부

<표 5> CISPR 35의 인클로저 포트에 대한 EMS 요구조건

시험 항목	시험 방법 참조 표준	인가 레벨	판정 기준
정전기 방전 내성	IEC 61000-4-2	· Contact: 4 kV · Air: 8 kV	B B
복사 내성	IEC 61000-4-3 또는 IEC 61000-4-20 또는 IEC 61000-4-21	· 80 MHz~1 GHz: 3 V/m (80 % AM modulation at 1 kHz)	A
		· Spot frequencies: 3 V/m (1.8 GHz, 2.6 GHz, 3.5 GHz, 5 GHz) (80 % AM modulation at 1 kHz)	A
자기장 내성	IEC 61000-4-8	· 50 Hz : 1 A/m	A

<표 6> CISPR 35의 아날로그/디지털 신호선에 대한 EMS 요구
조건

시험 항목	시험 방법 참조 표준	인가 레벨	판정 기준
전도 내성	IEC 61000-4-6	· 0.15~10 MHz: 3 V · 10~30 MHz: 3~1 V · 30~80 MHz: 1 V	A
광대역 임펄스 잡음 교란, 반복적	CISPR 35	· 0.15~0.5 MHz: 107 dB μ V · 0.5~10 MHz: 107~36 dB μ V · 10~30 MHz: 36~30 dB μ V * Burst duration: 0.7 ms * Burst period: 10 ms	A
광대역 임펄스 잡음 교란, 격리된	CISPR 35	· 0.15~30 MHz: 110 dB μ V * Burst duration: 0.24 ms, 10 ms, 300 ms	B
전기적 빠른 과도현상	IEC 61000-4-4	· 0.5 kV * Rep. freq: 5~100 kHz on xDSL	B
서지 (실외 라인)	IEC 61000-4-5	* Unshielded symmetrical lines: (Pulse: 10 μ s/700 μ s) · Lines to ground: 1 kV (without primary protections) · Lines to ground: 4 kV (with primary protections)	B C
		* Coaxial or shielded lines: (Pulse: 1.2 μ s/50 μ s) · Shield to ground: 0.5 kV	B
서지 (실내 라인)	-	해당 없음	-

<표 7> CISPR 35의 AC 전원선에 대한 EMS 요구조건

시험 항목	시험 방법 참조 표준	인가 레벨	판정 기준
전도 내성	IEC 61000-4-6	· 0.15~10 MHz: 3 V · 10~30 MHz: 3~1 V · 30~80 MHz: 1 V	A
전기적 빠른 과도현상	IEC 61000-4-4	· 1 kV * Rep. freq: 5 kHz	B
서지	IEC 61000-4-5	(Pulse: 1.2 μ s/50 μ s) · Shield to ground: 2 kV · Line to line: 1 kV	B B
전압 강화	IEC 61000-4-11	· Residual voltage < 5 % (Number of cycles: 0.5)	B
		· Residual voltage < 70 % (Number of cycles: 25)	C
순시 정전	IEC 61000-4-11	· Residual voltage = 0 % (Number of cycles: 250)	C

<표 8> CISPR 35의 DC 전원선에 대한 EMS 요구조건(3 m보다
긴 케이블이 있는 포트에만 적용 가능)

시험 항목	시험 방법 참조 표준	인가 레벨	판정 기준
전도 내성	IEC 61000-4-6	· 0.15~10 MHz: 3 V · 10~30 MHz: 3~1 V · 30~80 MHz: 1 V	A
전기적 빠른 과도현상	IEC 61000-4-4	· 0.5 kV * Rep. freq: 5 kHz	B
서지	IEC 61000-4-5	(Pulse: 1.2 μ s/50 μ s) · Line to ground: 0.5 kV * 실외 라인에만 적용	B

또는 작동 상태 변경은 장비를 의도된 대로 사용할 때 제조업체가 지정한 성능 레벨 이하로는 허용되지 않는다. 다음으로 “성능판정기준 B”는 EMS 시험 중 외란을 가하는 동안 성능 저하가 허용되지만, 시험 후 시험품은 운영자의 개입 없이 의도된 대로 작동해야 한다. 또한, 시험품의 저장된 데이터도 유실 없이 정상적으로 저장되어 있어야 한다. 마지막으로 “성능판정기준 C”는 시험 중 및 시험 종료 후 기능의 손실은 허용되지만, 반드시 운용자가 시험품을 조작하여 정상 복원되어야 한다. 이때 비휘발성 메모리에 저장되거나 배터리 백업으로 보호되는 정보는 손실되지 않아야 한다.

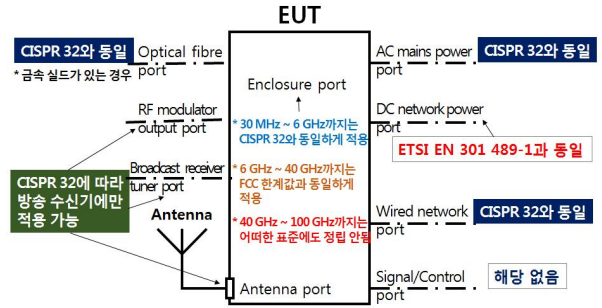
3-3 5G 시나리오와 관련한 EMC 요구사항 분석

5G 이동통신 시스템이 가지는 주파수 스펙트럼, 대역폭 및 안테나 형태 등의 특징에 따라, 일반적인 표준 및 CISPR 32에서 고려하지 않았던 EMC 요구 사항은 다음 측면을 고려하여 정립되어야 한다.

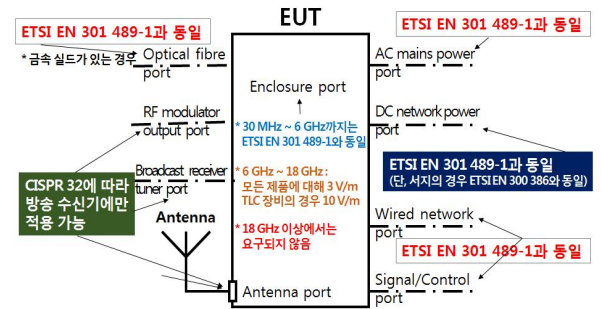
- 1) 5G용 무선 장치 이외의 제품(예, 멀티미디어 기기)은 5G 시스템과의 간섭을 피하기 위해 5G 시스템에서 사용하는 주파수 범위에서 방출 요구 사항을 가져야 한다.
- 2) 5G 장치를 포함한 제품은 5G 네트워크의 주파수 범위에서 내성 요구 사항을 가져야 한다.
- 3) 5G 송신기 및 수신기의 방사 요구 사항은 ITU-R 권고 사항의 적용을 받아야 한다.

그런 다음 CISPR 32 및 CISPR 35의 멀티미디어 기기에 대해 정의된 EMC 요구 사항을 참조하고, 위의 측면을 고려하여 다음과 같은 차이가 확인되었으며, 갭 분석 결과는 [그림 5] 및 [그림 6]에 나타난다.

- 일반 및 제품 표준에서의 복사방출 요구사항은 5G 시스템에 대해 계획된 전체 주파수 대역을 다루지는 않는다.
- DC 전원 포트에 대한 전도 방출 요구 사항은 CISPR 32에 정의되어 있지 않지만, IEC 일반 방사 표준 및 ITU-T K.48, ETSI EN 300 386 및 ETSI EN 301 489-1 등에는 언급되어 있다.
- 일반 및 제품 표준의 방사 면역 요구 사항은 6 GHz 또는 보다 낮은 주파수에서 중단된다. 이것은 주파수 클럭이 6 GHz 이상인 회로/장치의 교란을 피하기에는 충분하지 않다.
- CISPR 35의 전도 RF 내성 요구 사항은 IEC 일반 내성 표준 또는 ITU-T K.48, ETSI EN 300 386 및 ETSI EN과 같은 무선 및 전기 통신 장비에 대한 EMC 표준보다 낮게 되어 있다.
- 실내 케이블 연결을 위한 포트에 대한 서지 내성 요구 사항은 CISPR 35에 정의되어 있지 않지만, ITU-T K.48, ETSI EN 300 386 및 ETSI EN 301 489-1 등에는 나타나 있다.



[그림 5] 5G 이동통신 시스템을 위한 EMI 요구사항 갭 분석



[그림 6] 5G 이동통신 시스템을 위한 EMS 요구사항 갭 분석

IV. 5G 네트워크 구축을 위한 EMC 요구사항 제안

5G 이동통신 네트워크와 다른 장치 및 유선 네트워크가 공존하기 위해서는 두 가지 측면이 고려되어야 한다. 먼저 현재의 EMC 방출 표준들을 개정하여 5G 이동통신 시스템의 수신기에 다른 기기로부터의 전자파 방출에 의한 오동작이 없도록 하는 것이다. 또, 다른 측면에서는 5G 송신기에서 방사되는 RF 에너지에 의해 다른 전기전자기기가 올바르게 작동하도록 전자파 내성 표준의 개정도 필요하다.

4-1 복사 방출 제안

공기 중으로 방출되는 전자파 복사방출의 요구사항은 우선 적어도 주파수 대역이 40 GHz까지 확장되어야 하며, 추후에 5G 시스템에 사용되는 주파수 대역을 보호하기 위해 100 GHz까지 증가시켜야 한다. 6 GHz를 초과하는 한계는 FCC 47 CFR part 15 규정을 참고하였으며, CISPR 11에서는 18 GHz까지 한계값이 규정되고 있다. 또한, CISPR에서 5G 시스템을 보호하기 위한 적절한 한계에 대한 연구가 시작되었지만, 당분간은 각 국가의 제안문서가 없는 상황이다. 따

라서 일반 및 제품의 EMI 표준에 다음 <표 9>의 한계값이 고려될 수 있다. 즉, 주파수 범위 30~6,000 MHz에서는 <표 2>의 CISPR 32 복사잡음(RE) 한계값(A급 기기용)을 적용할 수 있으며, 주파수 범위 6~40 GHz 사이는 <표 9> 및 <표 10>의 한계값이 적용된다.

4.2 전도 방출 제한

AC 전원선 및 유선 네트워크 포트에서의 전도 방출 요구 사항은 이미 모든 EMC 표준에 통합되어 있으며, 개정이 필요하지 않는다. 하지만, DC 전원 포트에서 전도된 방출 시험 요구 사항은 CISPR 32에 정의되어 있지 않지만, IEC 일반 방출 표준 및 무선 통신 장비에 대한 ITU-T K.48, ETSI EN 300 386 및 ETSI EN 301 489-1 등에 잘 표현되어 있다. 따라서 <표 3>의 “CISPR 32 AC 전원선의 전도잡음(CE) 한계값(A급 기기용)”을 그대로 DC 전원 포트에도 적용해야 하며, 마찬가지로 B급 기기인 경우에도 CISPR 32 내 “AC 전원선의 전도잡음(CE) 한계값(B급 기기용)”을 동일하게 DC 전원 포트에 적용해야 한다.

4.3 인클로저 포트에 대한 내성 요구 사항 제안

일반 및 제품 표준의 방사 내성 요구 사항은 6 GHz 또는 더 낮은 주파수에서 중단되고 있다. 따라서 이 요구 사항은 무선을 사용하지 않는 일반 전기전자제품이 최대 18 GHz 주파수의 5G 송신기에 의해 방해될 수 있다는 점을 고려하

<표 9> 6 GHz 이상에서의 복사잡음(RE) 한계값(A급 기기용)

주파수 범위	측정 거리	한계값	검파기 종류
6~40 GHz	3 m (FSOATS)	60 dB μ V/m	Average
		80 dB μ V/m	Peak

<표 10> 인클로저 포트에 대한 내성 요구 사항 제안

시험 항목	시험 방법 참조 표준	인가 레벨	판정 기준
복사 내성	IEC 61000-4-3 또는 IEC 61000-4-20 또는 IEC 61000-4-21	· 80~750 MHz: 3 V/m (80 % AM modulation at 1 kHz)	A
		· 750 MHz~18 GHz: 3 V/m 또는 10 V/m(80 % AM modulation at 1 kHz)	A

여 최대 18 GHz까지 복사내성 주파수를 확장하여야 한다. 18 GHz 이상의 주파수에서 전자기장에 의해 방해받을 수 있는 민감한 회로를 가진 일반 전기전자제품의 개발 가능성이 적기 때문에 18 GHz 이상의 요구 사항을 정의해서는 안 된다. 또한, 주요 통신기능을 가진 제품(예: 통신 네트워크 장비)의 경우, 이동통신 서비스 주파수 대역의 내성 레벨을 10 V/m로 높여야 한다. <표 10>은 제안하고자 하는 일부 시험 항목에 대한 내성 요구 사항이다.

4.4 아날로그/디지털 신호 및 네트워크 포트에 대한 내성 요구 사항 제안

CISPR 35에서 제시하고 있는 “아날로그/디지털 신호 및 네트워크 포트에 대한 내성 요구 사항”은 다음의 변경 사항이 고려되어야 한다. 첫째, 전도성 RF 내성 요구 사항은 일반적인 내성 표준과 일치하여야 하며, 둘째, 시험품의 고장이 여러 사용자(예: 통신 네트워크 장비)에 영향을 줄 수 있는 일부 제품의 경우, 실내 케이블 연결용 포트의 서지 내성 요구 사항을 고려해야 한다. <표 11>과 같이 아날로그/디지털 신호선에 대한 내성 요구 사항을 제안한다.

4.5 AC/DC 전원선에 대한 내성 요구 사항 제안

AC 및 DC 전원선의 경우도 전도성 RF 내성 요구 사항이 일반적인 내성 표준과 일치되지 않음에 따라 다음 <표 12> 및 <표 13>과 같이 변경되는 것을 제안한다. 또한, DC 전원선 중 실내에 위치할 수 있는 부분에 대해서는 서지시험이 적용되어야 할 것이다.

<표 11> 아날로그/디지털 신호선에 대한 EMS 요구사항 제안

시험 항목	시험 방법 참조 표준	인가 레벨	판정 기준
전도 내성	IEC 61000-4-6	· 0.15~80 MHz: 3 V	A
서지 (실내 라인)	IEC 61000-4-5	* Unshielded symmetrical and asymmetrical lines: (Pulse: 1.2 μ s/50 μ s) · Lines to ground: 0.5 kV (without primary protections)	B
		* Coaxial or shielded lines: (Pulse: 1.2 μ s/50 μ s) · Shield to ground: 0.5 kV	B

<표 12> AC 전원선에 대한 EMS 요구사항 제한

시험 항목	시험 방법 참조 표준	인가 레벨	판정 기준
전도 내성	IEC 61000-4-6	· 0.15~80 MHz: 3 V	A

<표 13> DC 전원선에 대한 EMS 요구사항 제한(3 m보다 긴 케이블이 있는 포트에만 적용 가능)

시험 항목	시험 방법 참조 표준	인가 레벨	판정 기준
전도 내성	IEC 61000-4-6	· 0.15~80 MHz: 3 V	A
서지	IEC 61000-4-5	(Pulse: 1.2 μ s/50 μ s) · Line to ground: 0.5 kV * 실내외 라인 모두 적용	B

V. 결론 및 향후 고려사항

상용화를 앞둔 5세대 이동통신 시스템이 원만히 우리 생활에 적용되기 위해 반드시 고려해야 할 전자기 적합성(EMC) 요구사항에 대해 고찰해 보았다. 아직까지 5G 표준이 확정되지는 않았지만, 기존 통신시스템보다 주파수 대역이 높을 것으로 예상됨에 따라 기존의 전자파 장애 및 내성 표준에서 주파수 대역의 확장이 반드시 필요할 것이다. 또한, 현존하는 제품규격으로 가장 유사한 멀티미디어기기를 다루는 CISPR 32 및 CISPR 35 표준에서 전도내성 및 실내에 위치하는 도선의 서지내성 시험 등이 개정되어야 할 것으로 사료된다.

향후 5G 네트워크와 다른 장치 및 유선 네트워크의 공존을 위해서는 반드시 기존 표준화 기구인 IEC CISPR 및 ITU-R/ITU-T 등에서 5G 시스템의 성능 기준, 주파수 확장 및 별도 표준의 개발 등이 협의되고 조정되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] T. John, X. Ge, H.-C. Wu, R. Irmer, H. Jiang, G. Fettweis, and S. Alamouti, "5G wireless communication systems: Prospects and challenges", pp. 62-64, 2014.
- [2] T. Magedanz, "5G technologies and smart cities", <http://www.opengroup.org>, Jun. 2017.
- [3] Fraunhofer FOKUS, "The 5G playground: Be part of the 5G evolution", 2015.
- [4] "5G Mobile Communications for 2020 and Beyond - Vision and Key Enabling Technologies," EUCNC, Jun. 2014.
- [5] R. J. Carlos, J. Ribeiro, J. Rodriguez, R. Dionisio, H. Esteves, P. Duarte, and P. Marques, "Testbed for combination of local sensing with geolocation database in real environments", *IEEE Wireless Communications*, vol. 19, no. 4, pp. 59-66, 2014.
- [6] Recommendation ITU-T K.48, "EMC requirements for telecommunication equipment - Product family recommendation", Sep. 2006.
- [7] CISPR 11+A1, "Industrial, scientific and medical equipment - Radio-frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement", Jun. 2016.
- [8] CISPR 32, "Electromagnetic compatibility of multimedia equipment - Emission requirements", Mar. 2015.
- [9] CISPR 35, "Electromagnetic compatibility of multimedia equipment - Immunity requirements", Aug. 2016.
- [10] CISPR 16-2-1+A1, "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity - Conducted disturbance measurements", Jun. 2017.
- [11] CISPR 16-2-3, "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity - Radiated disturbance measurements", Sep. 2016.
- [12] ETSI EN 300 386 V2.1.1, "Electromagnetic compatibility and radio spectrum matters(ERM); Telecommunication network equipment; Electromagnetic compatibility(EMC) requirements", Jul. 2016.
- [13] ETSI EN 301 489-1 V2.1.1, "Electro magnetic compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Harmonised standard covering the essential requirements of article 3.1(b) of the Directive 2014/53/EU and the essential requirements of article 6 of the Directive 2014/30/EU; Part 1: Common technical requirements", Feb. 2017.

- [14] IEC 61000-2-5, "Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 2-5: Environment - Description and classification of electromagnetic environments", Jan. 2017.
- [15] IEC 61000-4-2, "Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test", Dec. 2008.
- [16] IEC 61000-4-3 + A1 + A2, "Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test", Mar. 2010.
- [17] IEC 61000-4-4, "Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test", Apr. 2012.
- [18] IEC 61000-4-5+A1, "Electromagnetic compatibilit(EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test", Aug. 2017.
- [19] IEC 61000-4-6, "Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields", Oct. 2013.
- [20] IEC 61000-4-8, "Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 4-8: Testing and measurement techniques - Power frequency magnetic field immunity test", Sep. 2009.
- [21] IEC 61000-4-11+A1, "Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 4-11: Testing and measurement techniques - Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests", May. 2017.
- [22] IEC 61000-4-20, "Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-20: Testing and measurement techniques - Emission and immunity testing in transverse electromagnetic(TEM) waveguides", Aug. 2010.
- [23] IEC 61000-4-21, "Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 4-21: Testing and measurement techniques - Reverberation chamber test methods", Jan. 2011.
- [24] IEC 61000-6-1, "Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 6-1: Generic standards - Immunity for residential, commercial and light-industrial environments", Aug. 2016.
- [25] IEC 61000-6-2, "Electromagnetic compatibility(EMC) Generic standards. Immunity for industrial environments", Aug. 2016.
- [26] IEC 61000-6-3+A1, "Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 6-3: Generic standards - Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments", Dec. 2010.
- [27] IEC 61000-6-4+A1, "Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments", Dec. 2010.

≡ 필자소개 ≡

송 태 승



1997년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)
 1999년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
 2009년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)
 2000년~현재: 한국산업기술시험원 이동통신기술센터장/수석연구원
 2007년~현재: 한국 ITU 연구위원회 ITU-T SG5
 위원, IEC CISPR 국제표준전문가

2012년~2017년: 한양대학교 학연산클러스터 겸임교수

[주 관심분야] EMI/EMC, EMP, 전기자동차