

# 60GHz 주파수 대역 기반 밀리미터파 무선전송기술 표준화 동향

홍승은 | ETRI 무선통신연구부 초고속무선통신연구팀 선임연구원  
 이유웅 | ETRI 무선통신연구부 초고속무선통신연구팀 팀장  
 정현규 | ETRI 무선통신연구부 부장



## 1. 머리말

통신에 사용되는 무선 주파수 자원이 점점 고갈되는 전 세계적 상황에서, 60GHz 기반의 밀리미터파 대역(57~66GHz)이 우리나라를 비롯해 일본, 미국, 캐나다, 유럽에서 비허가(License-exempt) 대역으로 할당되면서 그 활용에 대한 관심이 집중되고 있다. 다른 무선 통신 시스템과의 간섭없이 전 세계 공통으로 사용할 수 있다는 장점 외에도, 최소 7GHz의 연속된 주파수 대역을 사용함으로써 낮은 주파수 효율을 갖는 통신 기술로도 손쉽게 '기가급 무선 시스템(MGWS: Multiple Gigabit Wireless Systems)'을 구축할 수 있다. 사실 반도체 표준 공정 기술인 CMOS(complementary metal oxide semiconductor)의 미세 공정이 100nm 이하에서도 가능해짐에 따라 60GHz 대역 RF 회로를 값싸게 구현할 수 있게 된 점이 밀리미터파 대역의 통신 활용을 촉진하는 계기가 되었다.

60GHz 기반 MGWS는 기가급 전송 속도의 이점을 통해 가정용 영상 기기 분야의 각종유선 케이블들을 무선으로 대체할 수 있을 것으로 예상되며, 특히 고화질 무압축 동영상을 기기 간 연결하는 HDMI도 무선으로

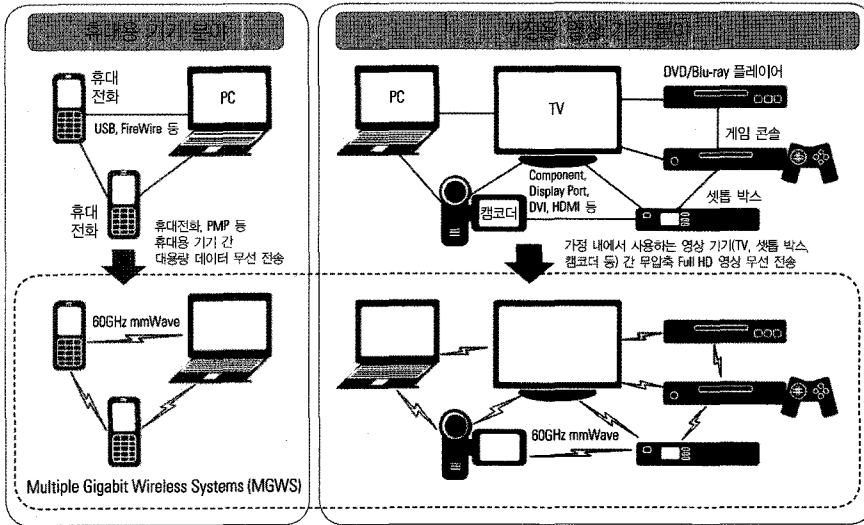
제공할 수 있다. 또한 저전력 구현을 통해 스마트폰과 같은 휴대용 장치에도 탑재되어 장치 간 대용량 무선 데이터 전송 서비스도 제공할 수 있다. [그림 1]과 같이 60GHz 기반 MGWS는 기존의 제한된 전송 속도를 갖는 WLAN/WPAN 서비스를 기가급으로 확장할 수 있다.

MGWS의 통신, 방송, 가전 전반에 걸친 무한한 활용을 기대하는 세계적 대기업들은 표준 기술 주도권을 확보하기 위해 국제표준화기구들에서 60GHz 기반 MGWS 표준 제정을 위해 경쟁 및 협력을 벌이고 있다. 이와 같은 상황 속에서 산업계 표준인 WirelessHD 표준 규격[1], ECMA TC48 기구의 Ecma-387 표준 규격[2](본 규격은 ISO/IEC 13156 표준 규격[3]으로 승인), IEEE 802.15의 15.3c 표준 규격[4]이 이미 출간되었고 현재 IEEE 802.11에서도 11ad 드래프트 규격[5]을 작성하고 있다.

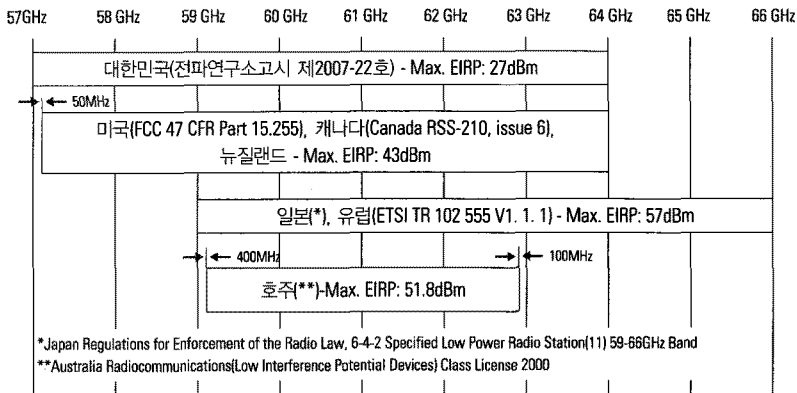
본 고에서는 국내외 60GHz 주파수 대역 기술 기준 동향과 함께 밀리미터파 무선전송기술의 국제 표준화 동향에 대해 알아볼 것이다.

## 2. 국내외 60GHz 주파수 대역 기술 기준 동향

우리나라를 비롯해 미국, 캐나다 등의 북미 지역



[그림 1] 60GHz 기반 기가급 무선시스템(MGWS) 응용 모델



[그림 2] 국내외 60GHz 주파수 대역 기술 기준 동향

은 57~64GHz, 일본과 유럽은 59~66GHz, 호주는 59.4~62.9GHz 주파수를 각각 비허가 대역으로 할당하고 있으며 '유효 등방성 복사 전력(EIRP)'의 최대값을 제한하는 기술 기준을 마련하고 있다(그림 2). 특징적인 것은 최대 EIRP 값을 기존 WLAN/WPAN 보다 높은 40dBm 이상까지 허용(우리나라도 현재 27dBm 보다 높은 값으로 개정을 진행 중에 있음)하고 있다는 것이다. 이는 60GHz 대역 주파수 전파 특성과 관련이 있다.

60GHz 대역 주파수의 전파 특성은 고주파수에 따

른 높은 경로 손실과, 산소 분자에 의한 가장 높은 전파 흡수 현상 및 높은 강우 감쇄를 대표적으로 언급할 수 있다. 60GHz 대역 고주파수에 따른 경로 손실은, 자유공간에서의 경로 손실을 수학적으로 표시하는 아래 Friis 공식으로 쉽게 알 수 있다.

$$P_R(dBm) = P_T(dBm) + G_T(dB) + G_R(dB) - (32.5 + 20\log_{10} d + 20\log_{10} f)$$

여기서  $P_R$ 과  $P_T$ 는 수신 장치에서의 신호 수신 세기 및 송신 장치에서의 신호 출력 세기를,  $G_T$ 와  $G_R$ 는 송

신/수신 안테나의 이득을,  $d$ 와  $f$ 는 미터 단위의 송/수신 장치 간 이격 거리와 GHz 단위의 캐리어 주파수를 표시한다. Friis 공식의  $20\log_{10} f$  성분을 통해 60GHz 주파수 통신은 기존의 2.4/5 GHz에 비해 추가적으로 약 20dB 이상 경로 손실이 발생할 수 있음을 알 수 있다.

이와 같이 60GHz 주파수 신호는 높은 경로 손실 및 전파 흡수에 의한 짧은 전파 거리와 직진성 및 빔형성을 통한 지향적 특성으로 인해 주변에 미치는 간섭이 제한되기 때문에 보다 높은 EIRP가 허용될 수 있다.

### 3. 60GHz 밀리미터파 무선전송기술 표준화 동향

본 고에서 살펴볼 60GHz 밀리미터파 전송 규격들은 공통적으로 57~66GHz 대역을 각각 2.16GHz 대역폭을 갖는 총 4개의 채널로 분할하고 있다(그림 3). 따라서 1.728GHz 크기의 유효 대역폭을 사용해  $2^M$ -QAM 변조 기술을 사용하면 단위 채널당(1.728 x M) Gbps 속도를 제공할 수 있게 된다. 비록 동일한 주파수 채널을 사용하지만 변조 및 채널 코딩 등의 PHY 기술과 자원 할당 및 액세스 규칙 등의 MAC 기술은 규격 별로 상이할 수 있다. 본 장에서는 표준화 기구별 표준 제정 동향을 살펴본다.

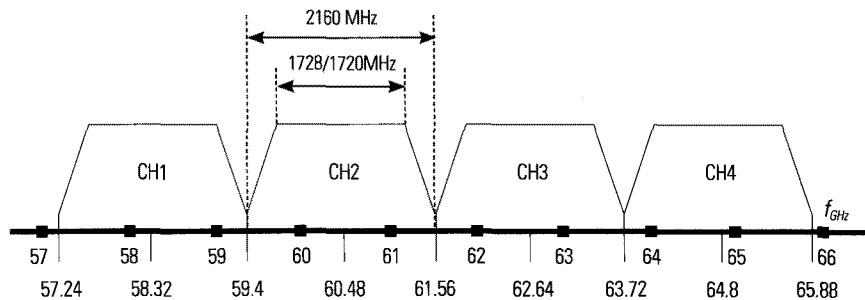
#### 3.1 WirelessHD 표준 동향

60GHz CMOS RF 솔루션을 가지고 있는 SiBeam을

주축으로 결성된 WirelessHD 컨소시엄은, HDTV 신호를 포함하는 동영상을 약 4Gbps 전송 속도로 무선으로 송수신할 수 있는 WirelessHD 1.0 규격을 2008년 1월 완료했다. LG전자는 SiBeam칩을 탑재한 Wireless TV를 2009년 초에 상용화했지만 높은 소비 전력과 장애물에 의한 신호 봉쇄 등의 문제점들이 지적된 바 있다. 2010년 4월에는 '공간 다중화(Spatial Multiplexing)' 기술을 도입하여 전송 속도를 10~28Gbps까지 확장할 수 있고 압축 동영상 및 USB 2.0/3.0 데이터 프로토콜까지 지원하는 WirelessHD 1.1 규격이 발표되었다.

#### 3.2 Ecma-387 및 ISO/IEC 13156 표준 동향

Ecma International TC48 그룹은 60 GHz 대역의 근거리 무선 통신을 위한 PHY/MAC 계층 및 HDMI 응용적용 계층에 대한 국제 표준을 개발하고 있다. 2008년 12월에 Ecma-387 1.0 규격[2]을 발표했고 2009년 11월에 ISO/IEC 13156 국제 규격[3]으로 승인받았다. Ecma-387/ISO-13156 규격은 Type A, Type B, Type C의 세 가지 장치 유형을 정의하고 서로 다른 유형의 장치 간 상호 공존 및 상호 운용을 제공하는 프로토콜 기능을 지원하고 있다. 2010년 초부터 Ecma-387 2<sup>nd</sup>규격 제정 작업을 진행하고 있으며 보다 일관된 MAC 규격 제정을 위한 Type C 장치 유형의 배제, 공간 재활용을 위한 간섭 측정 및 완화 방안 추가, 디스커버리 채널에서 장치들의 '저속 스캔 및 고속 전송'을 통한 결정적 장치 발



[그림 3] 60GHz 기반 밀리미터파 시스템의 주파수 채널화 계획

전 기능 추가 등의 기능 보안을 반영해 2010년 9월까지 완료할 계획을 수립하고 있다. 표준 기술에 대한 보다 자세한 내용은 참고문헌[2][3][6]을 참조하기 바란다.

### 3.3 IEEE 802.15.3c 표준 동향

IEEE 802.15.3c는 2003년 9월 802.15 산하의 mmWave IG(Interest Group)를 시작으로 2004년 3월부터 SG(Study Group) 활동 시작, 그리고 2005년 5월부터 60GHz 대역의 밀리미터파를 이용한 무선 기술 개발 TG(Task Group)로 승격되어 WPAN 관점에서 60GHz 기반 시스템의 활용 모델 및 채널 모델링을 확립하고 PHY/MAC 기능 규격을 개발했으며 2009년 9월 최종 표준[4]을 출간하게 되었다. IEEE P802.15.3c 표준 문서에 따르면, 세 가지의 독립적인 PHY 방식들이 정의되는데, 첫 번째는 일본의 NICT를 주축으로 하는 진영에서 제안한 단일 반송파(SC) 방식이고, 두 번째는 Tensoroom 등의 업체에서 제안한 HSI(High Speed Interface)-OFDM 방식이며, 마지막으로 WirelessHD 컨소시엄에서 제안한 AV(Audio and Visual)-OFDM 방식이다. 유사한 두 개의 OFDM 기반 PHY 방식들이 규격에 포함되어 있다는 점이 특징적이다. 표준 기술에 대한 보다 자세한 내용은 참고문헌[4][7]을 참조하기 바란다.

### 3.4 IEEE 802.11ad 표준 동향

IEEE 802.11ad는, 비록 앞에서 살펴본 표준화기구들에 비해 가장 늦게 60GHz MGWS 표준 작업을 진행하고는 있지만, 이미 널리 확산되어 있는 802.11 무선랜의 표준화기구로서, 여기서 개발되는 60GHz 표준 규격은 그 파급 효과가 가장 클 것으로 기대되고 있다. 기존 무선랜 대비 11배까지 향상된 600Mbps의 전송 속도를 제공하는 IEEE 802.11n 규격에 이어, ITU-R WP8F의 IMT-Advanced 요구사항인 보행 시 1 Gbps 무선전송 속도를 만족시키고 무압축 HD급 비디오 신호의 무

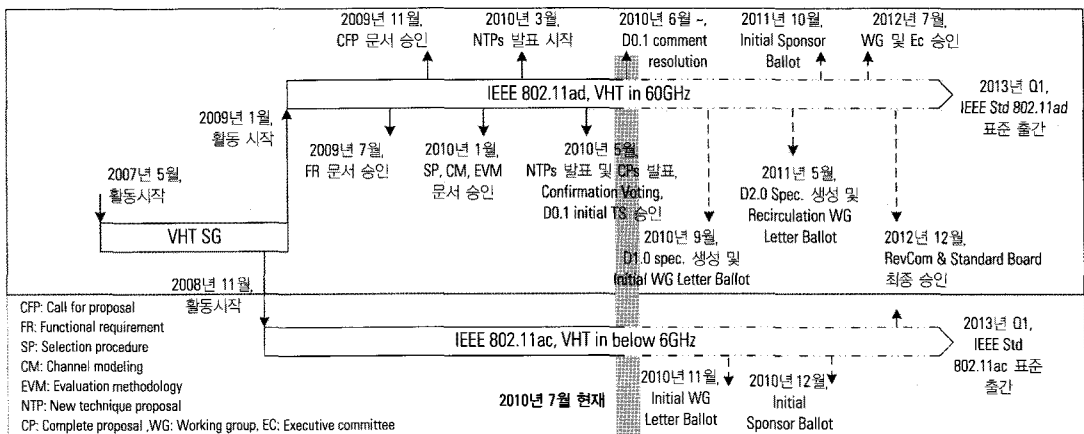
선 전송 서비스를 제공할 수 있는 Gbps 이상의 속도 제공을 목표로 하는 VHT(Very High Throughput) 무선랜 기술 논의로부터 IEEE 802.11ad가 시작되었다. 2007년 5월에 IEEE 802.11 산하 VHT SG가 결성되었고 여기서 VHT 무선랜 서비스를 위한 각종 usage model 및 제반 사항들이 논의되었다. VHT SG의 논의에 있어서 주요한 특징으로는 기존 무선랜이 사용하는 5GHz 대역을 사용하는 시스템(VHTL6)과 60GHz 대역을 사용하는 시스템(VHT60)으로 이원화되어 2008년부터는 독립적인 논의가 진행되었다는 점이다. 이후 VHTL6은 2008년 11월에 802.11ac 신규 TG 활동을 시작했고 VHT60 역시 2009년 1월부터 802.11ad TG 활동을 시작했다. 11ad TG 승인이 상대적으로 늦은 이유는 이미 60GHz 주파수를 사용하는 WPAN 시스템 표준 개발이 IEEE 산하 15.3c TG에서 진행 중이었다. 11ad와 15.3c 프로젝트 간의 차별성이 명확치 않은 이유로 인해, 15 진영에서 반대를 하였기 때문이다. 이에 대해 VHT60 진영에서는 이미 널리 사용되는 무선랜 서비스들의 60GHz 주파수 대역으로 확장(user experience extension)이 용이하다는 점과 2.4/5/60 GHz 대역을 넘나드는 multi-radio 사용 기술(FST: fast session transfer)을 개발한다는 것을 차별점으로 주장했다. 한편 15.3c 표준 및 ECMA-387 표준, 그리고 WirelessHD 1.0규격 등과의 공존성(co-existence) 기술을 표준 개발 목표에 추가하여 15 진영의 이해를 구함으로써 11ad TG 활동을 시작할 수 있게 되었다.

11ad에서는 표준 개발의 요구사항 및 방법론 등에 대한 문서들인 기능적 요구사항(FR), 60GHz 채널 모델(CM), 후보 기술들의 평가 방법(EVM) 및 선정 절차(SP) 문서들을 작성하여 2010년 1월까지 모두 승인했으며 2009년 11월에 후보 기술들의 요청(CFP: Call For Proposal) 문서를 공시하고 이에 따라 2010년 3월과 5월에 기고된 후보 기술들을 논의함으로써 본격적인 60GHz 표준 기술들의 논의를 시작하게 되었다. 상기

CFP 문서에 따르면, 후보 기술들은 모든 FR들을 만족하는 기술인 CP(complete proposal)와 FR의 일부를 충족시키는 기술인 NTP(new technique proposal)로 구분되고 NTP들은 3월과 5월에 발표 및 논의하고 CP는 5월 회의에서 논의하는 것으로 하였다. 이에 따라 지난 5월 회의에서는 2개의 CP가 발표되었고, NTP는 3월에 7개, 5월에 20개가 발표되었다. 여기서 주목해야 할 점은 인텔을 중심으로 브로드컴, 마벨, 아세로스 등의 칩 벤더 회사들과 애플, 마이크로소프트, 삼성, 노키아 등의 컴퓨터 및 스마트폰 업체 등 30여 개 업체가 모여 결성한 WGA(Wireless Gigabit Alliance)에서 3월에 1.0 규격을 발표했다는 점이다. WGA 회원사들은 이미 IEEE 802.11에서 막강한 세력을 형성하고 있었으며 퀄컴 및 ETRI와도 연합하여 WGA 규격에 두 회사의 제안 기술들을 반영한 CP를 5월 회의에서 제출/발표하게 되었으니 이미 결과는 나와 있었다. 나머지 하나의 CP는 일본의 NICT에서 발표하였는데 NICT는 60GHz 기반 802.15.3c 규격 개발을 주도한 회사로, 제출/발표한 CP는 IEEE 802.15.3c 규격에 기반하여 작성되었고 WGA-퀄컴-ETRI 공동 CP와 비교해 Coexistence 기술에 집중한 특징을 가진다. WGA는 5월 회의 전에 NICT와도 협

상을 가져 두 개의 CP 발표는 하되 베이스라인 규격 드래프트 문서로는 WGA-퀄컴-ETRI 공동 CP를 선정하고 이후 comment resolution 단계에서 NICT CP에 포함된 일부 기술들을 반영하는 논의를 갖기로 합의했다. 이런 과정 속에 기존 계획보다 약 4개월 앞당겨 베이스라인 기술 문서에 대한 confirmation 투표가 진행되어 D0.1 문서가 5월에 승인되었다. 6월에는 11ad 회의 참가자들 위주로 D0.1 문서에 대한 comment 수집이 진행되고 7월 및 9월 회의 동안 수집된 comment들의 resolution이 진행될 예정이며 이를 통해 오는 9월 회의에서 D1.0 규격 문서를 생성하고 이를 최초 WG letter ballot에 붙이는 것을 목표로 하고 있다. 이후 계획은 2011년도 5월에 D2.0 규격 문서를 생성하고 이를 WG letter ballot에 재회부할 예정이다. 2011년 10월에 최초 sponsor ballot에 회부, 이후 추가적인 sponsor ballot 재회부를 거쳐 2012년 7월에 최종 규격의 WG 승인 및 EC 승인을 획득하고, 2012년 12월에 RevCom 및 Standards board 승인을 득하여 최종 규격을 발간하는 것을 작업 일정으로 하고 있다.

[그림 4]는 IEEE 802.11ad 표준의 작업 일정을, 모태가 된 VHT SG 생성에서부터 향후 예상하고 있는 표



[그림 4] IEEE 802.11ad 표준화 일정

준 제정까지의 계획을 나타내고 있다. 2010년 7월 현재 IEEE 802.11ad 표준 드래프트 문서 0.1에 대해, 편집 사안 236개, 기술 사안 277개에 달하는 comment가 제출 되었으며, 이들에 대한 해결이 진행 중이다.

#### 4. 맺음말

본 고에서는 57~66GHz 주파수 대역의 밀리미터파를 사용하는 기가급 무선 시스템에 대한 WirelessHD, Ecma TC48, IEEE 802.15.3c, 그리고 IEEE 802.11ad의 표준화 동향을 살펴보았다. 전 세계 공통으로 사용할 수 있는 비허가 대역이면서도 광대역 채널을 제공할 수 있기에 표준 기술에 대한 기업 간 주도권 쟁탈전이 치열했고 그 결과 복수 개의 표준들이 만들어졌음을 알 수 있었다.

60GHz 무선 전송 기술은, 국내 기업이 세계 시장을 장악하고 있는 LED/LCD/PDP 디스플레이 장치로의 무선 연결과 외장 하드 디스크 및 메모리 등 외부 기억 장치로의 무선 연결 그리고 스마트폰 장치로의 무선 연결에도 적용될 수 있는 기가급 무선 전송 속도를 제공할 수 있는 유일한 기술이다. 향후 WLAN/WPAN 서비스를 고도화하고 나아가 Wireless SAN(System Area Network)에도 적용될 수 있는 차세대 무선 전송 표준 기술이라는 점에서 더욱 중요한 위치를 차지한다고 판단된다.

#### [참고문헌]

- [1] WirelessHD Specification Overview, Aug. 2009. (<http://www.wirelesshd.org/wp-content/uploads/2009/12/WirelessHD-Specification-Overview-v1-0-4-Aug09.pdf>)
- [2] Ecma-387, High Rate 60GHz PHY, MAC and HDMI PAL, 1st Edition, Ecma/TC48, Dec. 2008.
- [3] ISO/IEC 13156, Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - High rate 60GHz PHY, MAC and HDMI PAL, First edition, Nov. 2009.
- [4] IEEE Std 802.15.3c™-2009, Part 15.3: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks(WPANs)-Amendment2: Millimeter-wave-based Alternative Physical Layer Extension, Oct.2009.
- [5] IEEE P80211ad/D0.1, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications - Amendment 6: Enhancements for Very High Throughput in the 60GHz Band, June 2010.
- [6] 이우용, '60GHz 대역 WPAN 표준 기술 동향: Ecma International TC48 표준 기술 중심,' 전자통신동향분석, 제 23권 제 3호, 2008년 6월.
- [7] 홍승은, 이우용, 'Multi-Giga bps 무선 속도를 실현하는 IEEE 802.15.3c 표준 기술', 한국정보통신학회지, 2009년 5월. TTA