

기가비트 무선랜 기술 및 표준화 동향



장갑석 | ETRI 무선통신연구부 초고속무선통신연구팀 종합책임자
 이우용 | ETRI 무선통신연구부 초고속무선통신연구팀 책임자
 정찬형 | TTA PG704 의장, 한국전파진흥협회 기술지원팀 팀장

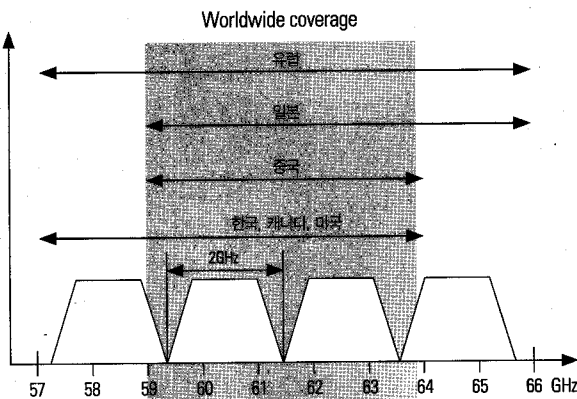
1. 머리말

MGWS(Multiple Gigabit Wireless Systems)는 멀티 기가비트 무선통신 응용을 실현해 줄 수 있는 시스템으로, 전 세계적으로 비허가 대역으로 분배되고 있는 60GHz 주파수대역(57~66GHz)을 채용하고 있다. 여러 국가에서 이 시스템의 사용을 위해 주파수 이용 기준을 마련하고 있다.

[그림 1]과 같이 2GHz의 대역폭을 가지는 채널이 최대 4개까지 할당될 수 있으며, 가운데 2개 채널은 전

세계 공통으로 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다[1]. 이처럼 2GHz 대역 보다 상대적으로 매우 넓은 채널 대역폭을 사용할 수 있어서, 낮은 주파수 효율을 갖는 통신 기술로도 초고속 통신을 용이하게 구현할 수 있다. 사실 몇 년 전만 해도 저전력 저비용 실현을 위해 반드시 필요한 60GHz CMOS RF 회로 구현 기술이 상용화 수준은 아니었다. 그러나, 최근에 SiBeam를 비롯한 여러 업체에서 상용화 기술 개발에 성공한 만큼 MGWS가 상용화로 가는 데 적어도 구현 기술적인 측면에서의 걸림돌은 없어 보인다.

2.4/5GHz 주파수대에서 운용되는 Wi-Fi(또는 2.4/5 GHz WLAN)와 mmWave MGWS 간 성능을 비교해 보면, MGWS는 Wi-Fi 대비 50배나 넓은 채널 대역폭을 이용하여, 10~20배 더 빠른 멀티 기가비트 고속 통신을 용이하게 구현하게 해주므로, Wi-Fi로는 할 수 없는 다양한 응용이 가능하다. 일례로, 고화질 무압축 동영상 서비스를 실현시켜 주는 유선 HDMI를 무선으로 제공해 줄 수 있다. 또한, 저전력 구현을 통해 스마트폰에 탑재되어 장치 간 대용량 무선 데이터 전송 서비스도 제공해 줄 수 있다. 이에 발맞추어 최근 애플이 MGWS 기술을 앞으로 개발될 제품에 적용하는 것을



[그림 1] 60GHz 대역 비허가 주파수 할당 기준

검토 중인 것으로 전해지고 있다[2]. 이 기술이 적용될 경우 아이폰이나 아이패드 이용자는 데스크톱 컴퓨터에 저장된 콘텐츠를 손쉽게 전송 받을 수 있다.

MGWS와 관련된 표준은 산업계 표준인 WiHD, ECMA TC48 기구의 ECMA-387 표준, IEEE 802.15.3c 표준, 및 IEEE 802.11ad 표준[3]이 있다. 이들 중 WiHD와 IEEE 802.15.3c는 표준 규격이 이미 출간되었고, ECMA-387은 구현 효율성을 높이고, 주로 USB 3.0의 무선 응용을 위해 2ndEdition 표준화 작업이 진행 중이나 이도 9월로 사실상 완료되었다. 반면 IEEE 802.11ad는 현재 TS(Technical Specification) Draft 1.0 규격 승인을 위한 표준화가 진행 중에 있으며, IEEE 802.15.3c에서 제공해주는 WPAN 서비스뿐만 아니라, WLAN 서비스를 제공해 줄 수 있는 범용 솔루션으로 업계의 비상한 관심을 받고 있다.

따라서, 본 고에서는 60GHz 주파수 대역 기술 기준 최근 동향과 함께 IEEE 802.11ad에서 정의하고 있는 응용 서비스 모델, 표준화 동향, 표준 기술 및 시장전망에 대해 살펴본다.

2. 주파수대역 기술 기준 동향

[그림 1]에서 보는 바와 같이, 유럽의 경우, 세계에서 가장 넓은 대역인 57~66GHz 주파수(4개 채널 대역폭에 해당)를 비허가 대역으로 분배하고 있다[1]. 주파수 이용에 있어 출력전력에 대한 제한이 없는 게 특징이며, EIRP를 최대 40dBm까지 허용하지만, PSD를 13dBm/MHz로 제한하고 있다. 현재 전 세계 60GHz 주파수 대역 기술 기준 중 가장 유연성이 있는 규정이다. 일본의 경우, 59~66GHz 주파수(3개 채널 대역폭에 해당)를 용도 미지정 대역으로 분배하고 있다. 송신출력은 10dBm으로 제한되며, 안테나 이득과 EIRP는 각각 최대 47dBi와 57dBm까지 허용하며, 송신 스퓨리어

스 발사가 -10dBm 이하가 되어야 함을 정의하고 있다. 다른 나라의 기준에 비해 송신출력이 낮고 3개 채널만 이용하는 것에 대한 개선을 전제로 무선기가비트협회(WGA: Wireless Gigabit Alliance)와 할당 주파수대역과 송신출력에 대한 협회가 예정되어 있다. 중국의 경우, 59~64GHz 주파수(2개 채널 대역폭에 해당)를 용도 미지정 대역으로 분배하고 있다. 송신출력은 10dBm으로 제한되며, 평균/최대 EIRP는 44dBm/47dBm까지 허용된다. 현재 WGA에서는 중국 정부와 중국의 60GHz 주파수 대역 기술 기준을 WGA 표준에서 요구하는 수준으로 개정할 것을 협의했으며 긍정적인 회신을 받은 상태에 있다. 캐나다와 미국의 경우, 57~64GHz 주파수(3개 채널 대역폭에 해당)를 용도 미지정 대역으로 분배하고 있다. 송신출력은 27dBm으로 제한되며, 평균/최대 EIRP는 40dBm/43dBm까지 허용하며, 송신 스퓨리어스 발사(40~200GHz)가 -10dBm 이하가 되어야 함을 정의하고 있다. 마지막으로, 우리나라의 경우 캐나다/미국과 마찬가지로 57~64GHz 주파수를 용도 미지정 대역으로 분배하고 있으며, 올해 8월에 기술 기준이 개정 승인되었고 12월에 최종 고시될 전망이다. 여러 표준에서 요구하는 8Gbps를 충족시키기 위해 개정이 이루어졌다. 개정 기준을 살펴보면, 송신출력은 지향성 안테나를 사용하는 경우 최대 27dBm(500mW)까지 허용하지만, 무지향성 안테나를 사용하는 경우는 전 방향으로의 간섭 발생을 억제하기 위해 20dBm(100mW)으로 제한된 것이 타 국가들과 차별화되는 특징이다. PSD는 유럽과 마찬가지로 13dBm/MHz로 제한하고, EIRP를 최대 43dBm까지 허용하며, 송신 스퓨리어스 발사(40GHz 이상)가 -10dBm 이하가 되어야 함을 정의하고 있다.

3. 응용 서비스 모델

IEEE 802.11 산하 VHT(Very High-Throughput) 표준 그룹이 2007년 5월에 SG(Study Group)로 승격되면서, 무선 랜 장비 업체 모임인 WFA(Wi-Fi Alliance)와 협력하여 응용 서비스 모델들을 정의하였다[4]. 이러한 모델들 중, 예상되는 시장 크기에 따른 60GHz 응용 서비스 모델 우선 순위의 상위 3가지 모델들과, 2009년 5월에 새로이 추가된 무선 컴퓨팅 모델에 대해 기술하도록 한다.

3.1 방에서의 게임

사용자는 게임 콘솔의 가볍게 압축된 동영상 출력을 프로젝터나 TV로 무선으로 디스플레이 한다. 양방향 데이터는 게임 콘솔과 휴대 게임기 간에 이루어진다. 사용자는 인터넷 접속과 일반적인 데이터 네트워킹을 위해 동작 가능한 Wi-Fi 네트워크를 가지며 방 안에서 장치 간 연결 최대 거리는 5m이다. 사용 일례로, 먼저 복수 사용자들이 게임기 사용을 시작한다. 게임 콘솔, 디스플레이, 그리고 제어기들이 최소 사용자 설정을 가지고 무선으로 연결된다. 사용자들은 디스플레이 또는 제어기들이 무선 기술을 사용한다는 표시 없이 장시간 동안 게임을 즐긴다. 사용자들은 게임을 중단하고 게임 콘솔을 끈다.



[그림 2] (a) Sync-and-Go 파일전송 (b) 프로젝션

3.2 고속 파일 전송

[그림 2]의 (a)와 같이 장치 간 자동 연결 후, 개별 그림 또는 동영상 등의 수 기가비트 용량을 수초 안에 저장 장치에 저장하는 응용 서비스 모델이다. 이러한 응용을 위해 사용자는 컴퓨터, PDA, 스마트폰, 캠코더, 그리고 카메라 등을 연결하는 MGWS 네트워크를 가져

야 하며 방의 최대 이격 거리는 8m이다. 사용 일례로, 먼저 사용자는 방 안에 함께 위치한 장치들 간에 안전한 연결 설정을 완료한다. 사용자는 PC 상에서 장치 특정한 응용들 목록을 제공받은 후 희망하는 응용을 선택한다. 선택된 응용이 구동된다. 사용자는 응용을 조정하여 원하는 작업을 수행한다. 작업이 완료되면 사용자는 응용을 종료한다.

3.3 프로젝션

[그림 2]의 (b)와 같이 사용자는 가볍게 압축된 또는 무압축 동영상을 컴퓨터 또는 휴대 멀티미디어 장치로부터 프로젝터나 TV로 무선으로 디스플레이 한다. 이러한 응용을 위해 사용자는 인터넷 접속과 일반적인 데이터 네트워킹을 위해 동작 가능한 Wi-Fi 네트워크를 가져야 하며 장치 간 최대 이격 거리는 8m이다. 사용 일례로, 사용자는 거실 또는 회의실 내에서 컴퓨터를 켜다. 컴퓨터는 최소의 사용자 설정을 통해 TV와 무선으로 연결된다. 사용자는 디스플레이 장치 및 컴퓨터가 무선 기술을 사용한다는 어떠한 표시도 없이 오랜 시간 동안 비디오를 디스플레이 하기 시작한다. 사용자는 시청을 중단하고 컴퓨터를 끈다.

3.4 무선 컴퓨팅

데스크톱 컴퓨터 주변 장치들과의 무선 인터페이스를 위한 것으로 가정 및 밀집 사무실 환경에서 호스트 노트북을 다양한 주변장치, 하드 드라이브, 프린터, DVD, 이더넷 등과 무선으로 연결해 준다. 무선 컴퓨팅은 유선 입/출력 연결들을 완전히 사라지게 할 수 있는 솔루션이다.

4. 표준화 동향 및 표준 기술

본 장에서는 VHT SG에서 60GHz 기반 WLAN의

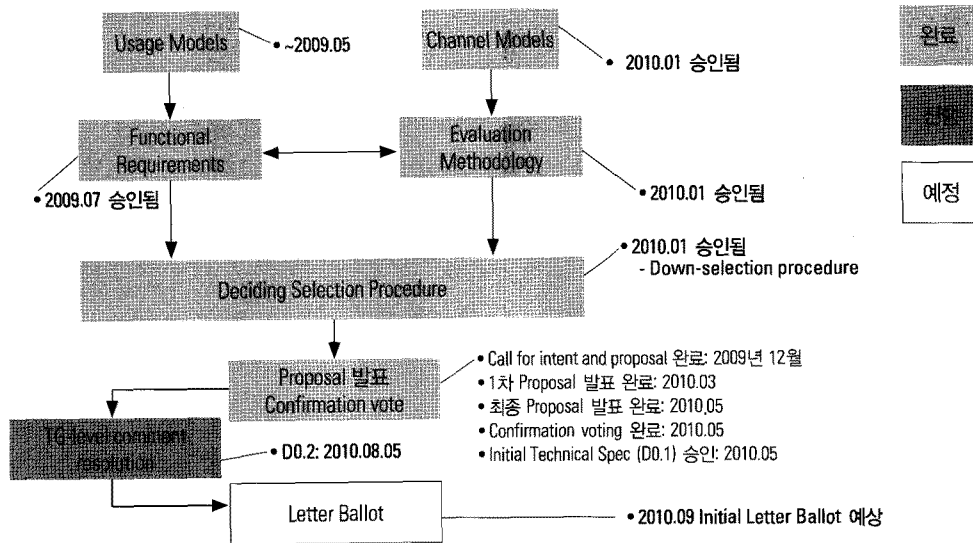
PAR(Project Authorization Request) 제정에서부터 Initial TS인 Draft 0.1[3]이 승인되고 Draft 0.2[5]가 생성되기까지의 과정에 대한 표준화 동향을 살펴본다. 아울러, 표준화를 주도하는 주요 진영에 대해 살펴본 후 Draft 0.2에 포함되어 있는 표준 기술들 중 기존 IEEE 802.11과 비교해 향상되거나 차별화되는 기술에 대해 소개하고, 60GHz WLAN의 시장 전망치를 분석하도록 한다.

4.1 표준화 동향

IEEE 802.11ad는 ITU-R WP8F의 IMT-Advanced 요구사항인 보행 시 1Gbps 무선전송속도를 최소로 만족시키면서 수 기가비트 속도로 각종 멀티미디어 서비스 제공을 목표로 하는 VHT 무선랜 기술 논의로부터 시작되었다. 2007년 5월에 IEEE 802.11 산하에 VHT SG가 결성, 이 때부터 제3장에서 언급한 응용 서비스 모델을 정의하고 주파수 대역에 따라 VHTL6와 VHT60 시스템으로 나누어 표준 제정에 필요한 사항들이 논의되었다. 여기서 VHTL6는 2.4GHz와 5GHz 대역을 사용하며 VHT60은 60GHz 대역을 사용한다. 2008년 1월에 VHTL6와 VHT60을 이원화하여 개별적으로 표준을 제정하기로 했다. 이후 2008년 11월에 VHTL6는 IEEE 802.11ac라는 표준명으로 TG(Task Group) 활동을 시작했고, VHT60은 2009년 1월에 IEEE 802.11ad라는 표준명으로 TG 활동을 시작했다. 11ad TG 활동이 11ac에 비해 늦은 이유는 이미 60GHz 주파수를 채용하는 WPAN 시스템 표준인 IEEE 802.15.3c가 있었고, 초기에 두 표준 간의 차별성이 불명확하다는 이유로 IEEE 802.15 진영에서 반대를 해 왔기 때문이다. 모든 표준들이 TG 표준 활동을 하기 전에 반드시 정의해야 하는 것이 PAR인데 2008년 12월에 15.3c와의 차별성을 담은 11ad의 PAR가 승인되었다. PAR의 내용을 살펴보면, 먼저, 표준의 목적은 매우 높은 전송용량을 얻을 수 있는 60GHz(57~66GHz) 주파수 대역에서 동작할 수

있는 기존 IEEE 802.11의 PHY와 MAC 기술에 대한 표준화된 수정을 정의하는 것이다. 현재 의장은 Intel의 Eldad Perahia이고, 부의장은 Broadcom의 Vinko Erceg와 MediaTek의 James Yee이다. PAR의 주요 내용으로, 전송용량은 1Gbps 이상을 달성해야 하고, 기존 15.3c와의 차별화를 위해 2.4/5/60GHz 간 고속세션전송(FST: Fast Session Transfer)이 가능해야 하며 이미 널리 사용되는 무선랜 서비스를 60GHz 대역에서도 제공(802.11 user experience) 할 수 있어야 함을 명시했다. 또한, 60GHz를 적용하는 ECMA-387, WiHD 및 15.3c와의 공존성(Coexistence)을 고려해야 하며, 11ad TG는 공존 보증 문서(Coexistence assurance document)를 작성해야 함을 명시함으로써, 상기 타 표준 진영들의 이해를 구할 수 있었다. 참고로, 공존 보증 문서는 올해 9월 2일 11ad 전화회의에서 간략히 언급되었으며, 9월 하와이 표준화 회의에서 발표를 통한 검토를 거친 후 무사히 승인되었다. 11ad TG 회의에서 정의한 표준 Time Line을 살펴보면 다음과 같다. 2010년 9월에 WG(Working Group) LB(Letter Ballot)를 시작하고, 2011년 5월에 WG LB Recirculation을 시작할 예정이다. 9월에 SB(Sponsor Ballot) Pool을 결성하고, 10월에 SB 단계로 가기 전에 IEEE 요구사항과의 일치성을 검증하기 위해 요구되는 Mandatory Editorial Coordination을 완료할 예정이다. 그 해 12월에는 SB를 시작하고, 2012년 3월에 SB Recirculation을 시작, 7월에 최신 11ad 규격에 대한 최종 WG 승인과 Executive Committee 승인을 받고, 12월에 Review Committee와 표준 이사회로부터 승인을 받는 일정으로 되어 있다. 상기 일정대로 2010년 9월 표준화의 결과에 의해 WG LB가 시작되었다.

11ad 표준화 진행 상황에 대해 자세히 살펴보기 전에, 먼저 표준화에 주도적으로 참여하고 있는 주요 진영에 대해 살펴 보고자 한다. 크게 WGA 진영과 비 WGA 진영으로 나눌 수 있다. WGA 진영에서는 Intel과



[그림 3] IEEE 802.11ad 표준화 진행 상황[6]

Broadcom이 전체를 주도하고 있고, 규격 작업은 Intel, Broadcom, MediaTek, Marvell, Wilocity 및 Samsung 주도 하에 SK텔레콤을 포함 23개 제조업체 및 통신 서비스 업체가 참여하고 있다. 2008년부터 자체 규격을 작성해 왔으며, 2010년 3월에 WGA Draft 1.0 규격을 완성했다. WGA는 자체 개발한 규격의 11ad 규격화를 목표로 하고 있다. 2010년 8월 현재 Board of directors와 Contributors를 합하면 총 회원 수가 30에 이른다. 이처럼 세계 굴지의 대부분 칩 제조업체와 서비스 업체를 회원으로 유인할 수 있었던 원동력은 바로 로열티 제로 정책으로 풀이된다. 즉, 가입만 하면 Alliance 내에서 발굴한 모든 기술들을 로열티 없이 마음대로 사용할 수 있다는 장점이 생기기 때문이다. 비 WGA 진영에서는 로열티 확보를 통한 이익 창출을 목적으로 11ad 규격에 일부 또는 전체를 반영하려는 진영이다. 우리나라의 ETRI, 미국의 Qualcomm, 일본의 NICT 및 중국의 FR등이 여기에 속한다.

2010년 8월 현재 IEEE 802.11ad 표준화 진행 상황에 대해 자세히 살펴보기로 한다. [그림 3]에서 보는 바와

같이, 2009년 5월까지 응용 서비스 모델에 대한 정의가 진행되어 완료된 상태에 있다. 이에 대한 자세한 내용은 제3장을 참고하길 바란다. 2009년 7월 TG 문서들 중 가장 먼저 PAR를 근간으로 표준 개발의 요구사항 및 방법론 등을 기술한 FR(Functional Requirements) 문서가 승인되었다. 승인된 내용을 살펴보면 시스템 성능 측면에서, MAC SAP(Service Access Point)에서 1Gbps 이상을 지원하고, NLOS PHY 채널 환경에서 적어도 10m의 Coverage를 보장하며, 3Gbps 1080p 무압축 비디오 전송 시 $10E-8$ 패킷 손실률과 10ms 지연 요구사항을 만족해야 함을 정의하고 있다. 그리고 다중밴드 라디오를 갖는 장치의 활성 세션이 60GHz 대역으로부터 2.4/5GHz 대역으로, 또는 그 역으로 끊임없이 천이하는 메커니즘 즉 FST를 제공해야 하며, 15.3c 시스템을 포함한 60GHz 대역 사용 시스템과의 Coexistence를 보장하는 메커니즘을 지원해야 함을 명시하고 있다. 또한, 가능한 범위 내에서 IEEE 802.11 시스템의 네트워크 아키텍처 유지 및 802.11 관리 평면으로의 Backward compatibility를 유지해야 함을 정의하고 있다. [그림 3]

에서 2010년 1월에, 후보 Proposal의 평가 방법을 기술한 EM(Evaluation Methodology) 문서, 60GHz 채널 모델을 기술한 CM(Channel Model) 문서 및 TS 규격의 작성을 위해 필요한 과정과 Proposal 제출 방법 및 승인하는 기준과 절차를 담은 SP(Selection Procedure) 문서들이 모두 승인되었다. SP 문서에서 명시한 내용은 다음과 같다. 먼저 FR, CM, EM TG 문서들을 승인하고, 그 이후 Call for Proposal 문서를 공시(2009년 12월)하여, Alliance 별 또는 개인 별 Proposal을 제출한다. Alliance 별로 제출되는 Proposal을 CP(Complete Proposal)로 명명하고, 개인 별로 제출되는 Proposal은 NTP(New Technique Proposal)로 명명한다. CP는 승인된 FR 문서에 명시된 모든 요구사항을 만족하는 후보 기술들을 제출해야 하고, 그렇지 않은 경우는 NTP로 제출한다. 순서적으로 NTP를 먼저 11ad 표준회의에서 발표하고, CP를 나중에 발표하며, 2번의 회의(2010년 3월, 2010년 5월)에 걸쳐서 발표하게 되어 있었다. 상기 Proposal들 중 하나를 Initial TS로 승인하는 선택 기준은 Down-selection인데 모든 Proposal 발표가 끝난 후 발표된 CP들에 대해서 Confirmation voting을 실시해 투표권자의 75% 이상이 찬성할 경우 그 CP를 초기 TS로 승인하고, 그렇지 않은 경우는 발표된 NTP들과의 조정(Merging) 과정을 거친 후 재 투표를 통해 75% 이상 득표하는 CP가 나올 때까지 반복하는 절차를 따른다. 2010년 3월 회의에서는 NTP만 발표했고, 5월 회의에서는 남은 NTP들과 CP들을 발표했다. NTP는 3월에 7개, 5월에 20개가 발표되었고, CP는 2개가 발표되었다. 하나의 CP는 일본의 NICT에서 발표했는데, NICT는 기 완료된 15.3c 규격 개발을 주도한 회사이기 때문에 발표된 CP는 15.3c에 기반한 기술들과 Coexistence 기술이 포함되어 있었다. 또 하나의 CP는 WGA, ETRI, 및 Qualcomm이 공동으로 제출한 것으로서, 로열티 지불 방지를 위해 15.3c의 기술들을 절묘하게 피한 기술들을 포함하고

있다. WGA 회원사들은 이미 IEEE 802.11에 강력한 세력을 형성하고 있었고, 비 WGA 진영에서 다수의 투표권을 가지고 있는 ETRI와 Qualcomm의 제안 기술들을 반영시킨 공동 CP를 지난 5월에 발표했고, 상기 두 CP 어디에도 속하지 않은 표준 참여 업체들이 공동 CP쪽 손을 들어주는 분위기까지 더해져 Confirmation voting을 7월 회의에서 하려는 애초의 계획을 수정하여 5월에 실시하게 되었다. 이러한 흐름을 감지한 NICT는 5월 회의 전 WGA의 협의 요청을 받아들여 협상을 통해 CP 발표는 따로 하되 베이스라인 Draft 규격으로는 WGA, ETRI 및 Qualcomm 공동 CP를 선정하고 이후 Comment resolution 단계에서 NICT CP에 포함된 일부 기술들을 반영하는 논의를 갖기로 5월 회의 석상에서 합의했다. 이에 따라 만장일치로 Confirmation voting에서 공동 CP가 Draft 0.1[3]로 승인되었다. 이로 보면, 7월 회의에서 Confirmation voting을 통해 Draft를 승인하려는 원래 계획보다 2개월 앞당겨진 것이다. Draft 0.1이 승인됨에 따라 TG level internal comment submission 및 resolution에 대한 가이드라인이 다음과 같이 제공되었다. 승인된 Draft 0.1 규격 버전은 6월 4일 IEEE Mentor 웹서버에 공시되며, 이로부터 6월 25일까지 공시된 버전에 대한 Comment를 제출하도록 하였다. 그 결과 총 513건이 접수되었고, 이 중 기술적 코멘트는 276건이었다. 2010년 7월 회의에서는 이에 대한 Comment resolution을 진행해 총 352건을 해결하였다. 또한, 지난 5월 ITU-R Working Party 5A는 60GHz에서 동작하는 MGWS에 대한 보고서와 함께 MGWS 표준들 중 하나의 표준을 추천해 줄 것으로 요청해 왔기 때문에 이번 회의에서 ITU-R 60GHz liaison 관련 논의를 하여 11ad 위주로 작성된 요청 보고서와 추천서를 승인하였고, 이를 IEEE 802.18 회의에서 발표했다. 마지막으로, 미해결 코멘트들을 기술 별로 분류하고 해결 담당자를 지정하여 담당자 별로 해결을 위한 전화회의를

시행하도록 하였다. 계획대로 전화회의가 진행되어 이 기간 중, 8월 5일에 7월 회의에서 해결된 코멘트 결과를 반영한 Draft 0.2[5]가 IEEE Mentor 웹서버에 공시되었다. 전화회의를 통해 총 134건이 해결되었고 이를 반영한 Draft 0.3[7]이 9월 2일 웹서버에 공시되었다. 이로써, 남아 있는 미해결 코멘트는 불과 27건에 불과하다. 9월 하와이 11ad 표준회의의 주요 의제는 타 IEEE 802.11 표준 그룹과 조인트로 ITU-R 60GHz liaison 관련 미팅을 가지고, LB 준비를 위해 의장에 의해 작성된 공존 보증 문서를 검토하고, 미해결 코멘트를 모두 해결한 후, 회의 말미에 WG LB용 Draft 1.0을 승인하는 것이다. 미해결 코멘트 수가 적고, 해결이 어렵지 않았기 때문에 무난히 Draft 1.0이 승인되어 상기에서 언급한 표준 Time Line 일정대로 9월에 WG LB가 시작되었다. 이에 따라, 9월 이후 WG level comment submission & resolution이 진행될 것이다.

4.2 표준 기술

제3장에서 정의한 새로운 응용 서비스를 효율적으로 제공해 주기 위해서, IEEE 802.11ad는 기존의 IEEE 802.11 기술보다 향상된 기술과 차별화되는 기술을 담고 있다[8]~[11]. 본 절에서는 대표적인 기술들에 대해 살펴 보기로 한다.

첫 번째는 빔포밍 기술이다. 빔포밍은 60GHz 주파수 대역에서 20dB 자유공간 경로손실을 보상해 주는 기술이다. 빔포밍은 향상된 신호 강도를 얻기 위해 다중 안테나 엘리먼트들을 사용하여 특정 방향으로 빔패턴을 형성한다. 빔포밍 이득은 다중 안테나 엘리먼트로부터 위상 천이된 신호들을 전송함으로써 목적지에 수신된 신호들이 코히어런트(coherent)하게 합쳐지기 때문에 발생한다. 최대 빔포밍 이득(G_b)은 안테나 엘리먼트 수(N_a)에 비례해서 증가한다. 즉, $G_b=10\log_{10}N_a[\text{dB}]$ 이다. 예를 들어, 16 엘리먼트 어레이

안테나는 대략 12dB의 최대 빔포밍 이득을 제공한다. 만약 송신기뿐만 아니라 수신기에도 적용될 경우 상기 20dB 경로손실은 쉽게 보상될 수 있다. 2.4/5GHz 통신에 비해 빔포밍은 60GHz 통신에 적합하다. 왜냐하면 주파수 특성상, 많은 안테나 엘리먼트들이 매우 작은 면적에 패키징될 수 있기 때문이다. 일례로, 16 안테나 엘리먼트들을 가진 정방 어레이 안테나(4x4 구성)는 인접 엘리먼트 간 간격을 반 파장씩 분리하여 배치할 경우 1cm²면적에 패키징할 수 있다.

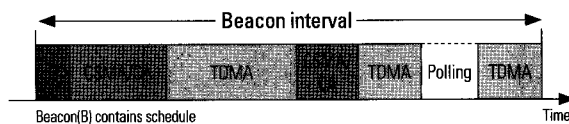
두 번째는 PBSS(Personal Basic Service Set) 기술이다. [그림 4]의 응용 서비스를 실현하기 위해서는 장치들은 Peer-to-peer(PtP), 즉, ad-hoc 통신을 하면서도 AP와 같이 조정 기능에 전념하지 않아야 하며, 네트워크 내에 있는 모든 장치들은 콘텐츠를 생성하거나 수신하여 사용하는 동작을 수행해야 한다. 그러나, 기존의 AP 기반 BSS(Basic Service Set)에서 AP는 콘텐츠를 수신하여 사용하지 못하며 단지 네트워크를 경유하여 그 트래픽을 릴레이하며, 소모 전력에는 관심을 두지 않는다. 그러나 상기 응용 서비스를 효과적으로 실현하기 위해선, 네트워크에 있는 모든 장치들의 전력 소모를 낮추는 것이 매우 중요하다. 이에 BSS는 11ad의 응용 서비스를 만족시키지 못하기 때문에 대안 중의 하나가 기존 802.11에서 정의하고 있는 IBSS(Independent BSS) 아키텍처이다. IBSS는 AP의 도움 없이 PtP 통신을 가능하게 하므로 11ad의 응용 서비스를 지원할 수 있다. 그러나 60GHz에서 채널 액세스는 방향성 전송에 기반하고 있기 때문에 전 방향성 전송에 기반한 IBSS도 적합하지 않다. 이에 11ad에서는 새로운 네트워크 아키텍처로 PBSS가 규격화되어 있다[5]. PBSS는 AP에 의존하지 않고 ad-hoc 통신을 가능하게 한다는 점에서 IBSS와 유사하다. 그러나 방향성 통신 환경에서 향상된 전력 절감, QoS 지원, 및 스펙트럼 관리를 위해서, PBSS는 네트워크 내에 있는 하나의 장치를 PCP(PBSS Central

Point)로 정의한다. [그림 4]에서 보는 바와 같이 임의의 장치가 비콘을 전송하는 IBSS와 달리 PBSS에서는 오직 PCP 만이 비콘을 전송한다. PCP 장치에 비콘 전송 기능을 집중함으로써 장치들은 언제 누구로부터 비콘이 전송되는 지를 알기 때문에 방향성 채널 액세스를 매우 잘 관리할 수 있게 되어 적절한 시간에 빔포밍 훈련 과정을 거쳐 그들의 수신 또는 송신 빔 방향을 PCP로 향하게 할 수 있다. 또한 PCP의 조정에 의해 QoS 지원과 효율적 전력 관리를 할 수 있다.



[그림 4] 하나의 PCP를 가지는 PBSS

세 번째는 MAC 채널 액세스 기술이다. 2.4/5GHz 대역을 사용하는 기존 802.11 MAC는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance) 액세스에 기반해 전방향 송수신 관리와 충돌로 인한 랜덤 백오프(Backoff) 관리를 위해 채용되었다. 그러나 직진성과 심각한 경로 손실을 겪는 60GHz 특성상 빔포밍 기술을 적용해야 하는 11ad에는 CSMA/CA 만으로는 충분하지 않다. 이에 [그림 5]와 같이 11ad는 802.11 MAC이 SA(Scheduled access)를 허용하도록 확장했다.



[그림 5] 비콘 Interval 구조

SA는 하나의 장치가 깨어 있고 다른 장치로 빔 패턴이 지향되어 있을 때, 미리 사용할 수 있는 시간 구간을 알도록 허용하는 것으로서, TDMA(Time Division

Multiple Access)에 속한다. 이러한 SA 도입으로 향상된 전력 관리, QoS 지원, 및 방향성 통신의 효과적 지원이 가능하게 되었다. [그림 5]와 같이 11ad 비콘 interval은 PCP에 의해 할당되는 TDMA와 CSMA/CA로 구성되어 있다. 지원되는 응용 서비스가 비디오라면 효율적 QoS 지원 측면에서 TDMA를 선택하고, 웹 브라우징과 같은 Bursty-type 응용에는 TDMA 보다 낮은 평균 지연을 제공해 주는 CSMA/CA가 선택될 수 있다. 또한 비콘 interval에서 CSMA/CA 구간이나 TDMA 구간 내에 Polling[9]이 사용될 수 있다. Polling은 할당되었지만 사용되지 않는 채널 시간 자원의 동적(재)할당을 가능하게 하는 효과적인 방법이다.

네 번째는 공간 재사용 기술이다. 방향성 통신은 인접 통신 링크들 사이에서 공간을 재사용하게 해준다. 왜냐하면 빔포밍 이득이 증가하면 할수록 안테나의 빔 폭은 감소하게 되고 이것이 인접 통신 링크로부터 또는 링크로 가는 간섭을 점점 줄이기 때문이다. 공간 재사용 이득에 대한 예를 들어 보자. 9개의 큐브(Cube) 실을 가진 사무실 환경에서 각 큐브는 랜덤하게 두 장치가 배치되어 있고 각 장치는 16 엘리먼트 어레이 안테나를 채용하고 있다고 가정한다. 동시에 서비스되는 통신 링크 수를 성능지수로 볼 경우, 빔포밍을 채용한 지향성 통신은 전방향 통신에 비해 약 5배의 공간 재사용 이득을 제공해 준다. 이로부터 밀집된 네트워크 환경에서 공간 재사용 이득은 매우 중요하고 11ad 응용 서비스를 실현하는데 필요한 기술이다. 그러나 많은 동시 통신링크는 주의 깊게 설계되지 않는다면 간섭을 증가시키게 되는데 두 PBSS가 동시에 동작하는 경우에 그들의 겹친 자원 할당 때문에 서로 간섭을 준다. 이에 장치들이 인접 PBSS로부터 간섭을 측정하고 측정된 간섭이 통신링크를 위한 자원할당에 이용된다면 Packet drop rate이 상당히 감소하게 되어 실질적인 네트워크 성능을 향상시키게 할 수 있다. 11ad는 이런 성

능 향상을 위한 기술이 규격화되어 있다.

마지막은 Relay operation 기술이다[10]. 빔포밍을 통해 최대 10m까지 통신 도달 거리를 달성할 수 있지만, 그 이상 확장할 수 없으며 통신 링크 상에 장애물이 있는 경우 통신이 불가능할 수 있는 단점이 있다. 또한 장애물 등으로 통신이 불가능한 경우 2.4/5GHz Wi-Fi 네트워크로 고속 천이하여 끊김 없이 통신이 되게 할 수 있으나 더 이상 기가비트 이상의 속도를 기대할 수 없다. 상기 두 가지 단점을 극복할 수 있는 기술이 바로 Relay operation 기술이다. 이 기술에서는 소스 장치(S)와 목적지 장치(D) 외에 릴레이 장치(R)가 통신에 이용되므로, 최적의 R을 선택하고 상기 모든 장치가 선택된 R을 인식하게 하기 위한 Common relay link setup 절차가 규격화되어 있다. 또한 데이터 프레임을 전송하는 방법으로 Link switching type과 Link cooperating type이 규격화되어 있다. 전자는 직접링크(S-D)가 붕괴될 때 우회링크(S-R-D)를 이용하여 프레임을 전송하고, 반대로 우회링크가 붕괴될 때 직접링크를 다시 이용하는 메커니즘으로, FD(Full-Duplex)와 HD(Half-Duplex) 모드 모두를 지원한다. 후자는 직접링크와 우회링크를 모두 프레임 전송에 참여시켜 Pathloss Diversity와 Combining Diversity를 얻음으로써, 커버리지를 확장하거나 직접링크만을 이용하는 경우 보다 전송용량을 증가시키는 메커니즘으로, HD 모드만 지원하며, 데이터 프레임 전송 전 직접링크와 우회링크의 신호가 D에 동시에 수신되도록 하는 TPA(Transmission time-Point Adjustment) 절차를 필요로 한다.

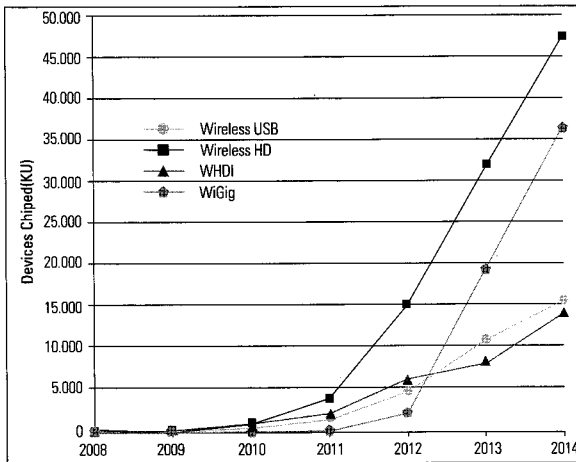
이 밖에도 CCMP(Counter with Cipher Message authentication code Protocol) 대신 기가비트 속도에서 구동할 수 있는 GCMP(Galois Counter Mode Protocol) Security 메커니즘과, 효율적 구현을 가능하게 하는 공통 채널 코딩 기법(LDPC)과 공통 프리앰블을 가진 SC(Single Carrier)와 OFDM(Orthogonal Frequency

Division Multiplexing) 복수 전송모드를 지원하며, 아직 채널 결합 기술은 적용되지 않았다[11]. 두 전송모드는 MCS(Modulation and Channel coding Scheme) 인덱스에 의해 구별되고, SC 모드는 다시 Regular SC(MCS 1~12), 저전력 SC(MCS 25~27) 및 Control SC(MCS 0)로 세분화되며, 최대 4.62Gbps의 PHY 속도를 지원한다. Regular SC($\pi/2$ -BPSK, -QPSK, 16QAM 변조방식 적용)는 주로 데이터 프레임을 전송하는데 사용되고, 저전력 통신이 필요한 경우 저전력 SC($\pi/2$ -BPSK, -QPSK 및 Reed-Solomon 코드 예외적 적용)가 사용되며, Control SC($\pi/2$ -Differential BPSK 적용)는 빔포밍 초기화 및 비콘 전송용으로 사용된다. OFDM 전송모드(MCS 13~24, Spread QPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM 적용)는 긴 다중 경로 채널 환경에서 고속 데이터 프레임을 전송하는데 사용되며 최대 6.75675Gbps의 PHY 속도를 지원한다. 여기서 Spread QPSK는 BPSK 경우와 전송속도는 동일하지만, QPSK 변조된 복소 심볼을 가용 상위 부반송파 그룹과 하위 부반송파 그룹에 확산하여 할당되므로 BPSK에 비해 주파수 다이버시티 이득과 잔존하는 부반송파 간 간섭을 억제하는 효과가 있다.

4.3 시장 전망

IMS Research의 2010년 “60GHz-Technologies in Consumer Electronics” 보고서[12]에 따르면, 향후 60GHz 표준 기술 시장으로 High-Speed Notebook PC, Game Console, Portable Game, PMP(Portable Media Player), 스마트폰, 디지털 카메라, 홈 오디오, HDTV, Set-Top Box, Dongle 등이 주목 받을 것으로 예상하고 있다.

또한 [그림 6]과 같이 PtP 60GHz Devices 시장에서 2012년 이후 WiHD와 WiGig(WFA의 표준명)의 폭발적인 시장 증가를 예측하고 있으며, 특히 WiGig는 IEEE 802.11ad에 표준 규격을 반영함에 따라 시장 증가 속도는 더욱 급격할 것으로 예상하고 있다. WiHD는 전력소



[그림 6] 전세계 PtP 고속 무선 장치 시장 전망

비 측면에서 핸드폰 시장을 지배해 가고 있는 저전력 스마트폰에는 적합하지 않은 반면 11ad는 스마트폰을 포함한 저전력 휴대 장치에 탑재 가능하도록 하는 솔루션을 가지고 있다. 이로 볼 때, 11ad가 코앞에 다가온 미래 시장을 주도할 것으로 예상된다.

5. 맺음말

본 고에서는 우리나라의 개정사항을 포함해 국외 60GHz 주파수 대역 기술 기준, IEEE 802.11ad의 응용 서비스 모델, 표준화 동향, 표준기술 및 시장 전망에 대해 살펴 보았다.

60GHz는 비허가로 넓은 주파수 대역을 정보 전송에 사용하기 때문에 낮은 레벨 변조방식으로도 기가비트 통신을 용이하게 구현할 수 있다. 그리고 상용화 수준의 60GHz CMOS 기술을 확보하고 있을 뿐 아니라 우리나라는 물론 WGA를 중심으로 60GHz 통신에 최적인 주파수 대역 기술 기준을 제정하려는 움직임 등으로 비추어 볼 때 구현과 사용 환경적인 측면에서 11ad(또는 WiGig) 규격의 제품화는 우리 앞에 성큼 다가와 있다고 본다.

또한 기술적인 측면에서 11ad는 60GHz의 주파수 특

성을 극복하면서도 역이용하여 전송용량을 극대화할 수도 있으며, 전력 절감, QoS 지원, 및 채널 자원 관리를 효율적으로 할 수 있다는 측면에서 기술적인 완성도 또한 높다고 본다.

더욱이 11ad의 표준 Time Line 일정에 차질을 초래할 특이한 반대세력이 없어 최종 TS는 Draft 0.1에 비해 큰 변화가 없을 전망이다. 11ad가 추구하는 Top 응용 서비스 모델의 예상 시장 진입 및 전망치를 미루어 볼 때, 최종 TS가 승인되기 전에 60GHz WLAN 시장이 열릴 가능성이 매우 높다. 이로 볼 때, Top 응용 서비스 모델의 모체 장치 중 일부가 되는 HDTV와 스마트폰의 세계 시장을 장악하고 있는 국내 기업이 선도적으로 11ad 제품 개발에도 노력을 기울인다면 국가 Information and Communication Technologies 산업의 미래는 밝을 것으로 판단된다.

[참고문헌]

- [1] 조진호, '60GHz 주파수 대역 국제 기술기준 동향 및 전망,' 2010WG7042-003, TTA 워크숍, Aug. 2010.
- [2] IT 뉴스 24, view. php?g_serial=491670&g_menu=020600, May 2010.
- [3] IEEE P802.11ad/D0.1, , May 2010.
- [4] IEEE 802.11-07/2988r3, 'Wi-Fi Alliance(WFA) VHT study group usage models,' May, 2007.
- [5] IEEE P802.11ad/D0.2, , August 2010.
- [6] 장갑석, 이우용, 'IEEE 802.11ad 표준 규격(Draft) 개요,' 2010WG7042-005, TTA 워크숍, Aug. 2010.
- [7] IEEE P802.11ad/D0.3, , September 2010.
- [8] Eldad Perahia, C. Cordeiro, M. Park, and L. Lily Yang, 'IEEE 802.11ad: Defining the next generation multi-Gbit Wi-Fi,' IEEE CCNC 2010, Jan. 2010.
- [9] N. Shankar, C. Cordeiro, 'MAC Channel Access in 60GHz,' IEEE 802.11-09/572r0, May 2009.

[10] Kapseok Chang and Wooyong Lee, 'Relay operation in IEEE 802.11ad,' IEEE 80211-10/0494r1, May 2010.

[11] 장갑석, 이우용, 'PHY transmission mode in IEEE

802.11ad,' 2010WG7042-008, TTA 워크숍, Aug, 2010.

[12] IMS Research, 60GHz-TechnologiesinConsumerElectronic es, Feb, 2010. **TTA**

정보통신용어해설

실시간 전략 게임

Real Time Strategy, RTS, 實時間戰略- [컴퓨터]

비디오 게임의 한 장르로 플레이어 간 대결에서 플레이어의 전략적 의사 결정 능력을 요구하는 게임. 전략 게임에는 턴제 전략 게임(TBS)과 실시간 전략 게임(RTS)의 두 가지 방식이 있다. RTS는 건물과 유닛의 생산, 제어 및 파괴가 주된 내용이다. 대표적인 게임들로는 스타크래프트나 워크래프트, 에이지 오브 엠파이어 등이 있다.

