

# IEEE 802 표준 개요 및 기술 동향

김정곤, 김윤관\*, 오민석\*\*

한국산업기술대학교, 가톨릭대학교\*, 경기대학교\*\*

## 요약

최근 인터넷의 확장과 스마트폰의 보급으로 유무선을 통한 인터넷 접속 수요가 현격히 증가하고 있는 추세이다. IEEE 802 표준은 급변하는 정보통신 표준화 기술을 반영하여 산업체들에게 중요한 정보를 제공하는 표준 규격 중의 하나이다. 본고에서는 IEEE 802표준 개요 및 조직 구성에 대해 제시한다. 또한, 표준 추진 절차 및 체계에 대해 알아보고 각 워킹 그룹 별로 진행되는 주요 표준 동향에 대해 분석 후에 추후 5G 와 연관된 IEEE의 대응 전략 및 추진 방향 등에 대해 알아 본다.

## I. IEEE 802 표준 개요

IEEE 802는 LAN/MAN(Local and Metropolitan Area Networks), 즉 OSI(Open Systems Interconnection) Reference Model 하위 2계층(Physical Layer, MAC Layer) 대한 표준 및 권고안(Recommended Practice)을 개발하기 위해 1980년 2월에 설립된 비영리 표준 위원회이다. 이는 LAN/MAN 표준 위원회(SC, Standards Committee)로서 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 내의 Computer Society의 Standard Activity Board의 하위 기관이며 IEEE Computer Society의 스폰서십(Sponsorship)에 의해 운영 되고 IEEE는 컴퓨터 엔지니어링, 생체 기술 및 전자 정보통신 기술 분야의 권위 있는 선두 기구로서 전자, 정보, 과학 관련 지식을 개발, 통합, 공유하여 인류의 이익을 증진을 목적으로 전 세계 150여 개국 385,000여명의 개인회원으로 구성된 비영리 기술 전문 기구이다.

IEEE 802 LMSC(LAN/MAN Standards Committee)는 개방적이며 신뢰 있는 프로세스로 local, metropolitan 규모의 망을 위한 표준 및 권고안을 개발/유지, 개발된 표준 및 권고안을 널리 사용하도록 도모하는 역할을 맡고 있다[1]. IEEE 802 에서 다루고 있는 대표적인 표준은 Ethernet, Bridging

및 Virtual Bridged LANs, Wireless LAN, Wireless PAN, Wireless MAN, Wireless Coexistence, Media Independent Handover Services, Wireless RAN등으로 구성 되어 있다. 국내 산업체, 특히 중소기업체들이 급변하는 정보통신 기술 표준화 환경 속에서 기술발전을 추구하기 위해 인터넷 관련 장비 시장에 충분한 관심이 있지만 실제 최신의 기술발전 상황이나 표준화 활동 관련 정보를 접하는 것은 용이하지 않다. 국내에서는 IEEE 802 포럼을 주축으로 국내에서 각종 유무선 데이터 서비스 제공 기술 관련에 종사하는 관련 업체들에게 표준 기술을 홍보하고 국의 사실 표준화 활동에 적극 대응하기 위한 기초 자료를 제공하기 위해 주력하고 있다.

본고에서는 먼저 IEEE 802의 조직 구성 및 역할에 대한 소개와 표준화 추진 절차 및 체계에 대해 알아 본다. 후에 IEEE 802 산하 각 WG에서 맡고 있는 분야 및 관련 표준화 동향에 대해 살펴 보고 최근 5G와 연관된 IEEE의 동향 및 추후 진행 방향에 대해 언급하고 결론을 맺는다.

## II. IEEE 802 조직 구성 및 역할

IEEE 802 LMSC 체계는 <그림 1>과 같다.

IEEE 802의 조직 구성은 <그림 1>에 나타난 것과 같이 크게 워킹 그룹(WG, Working Group)들이 속해 있는 표준 개발 그룹(Standard Development WG)과 스폰서 투표 그룹(Sponsor Balloting Group)으로 구성되며, 이들 그룹 상위에 상임 위원회(Executive Committee)가 존재한다.

표준 개발 그룹은 <그림 2>에 나타난 것과 같이 표준초안을 개발하고 권고안 및 표준 지침을 관련 그룹에 제공하기 위해 조직되었으며 아래와 같이 워킹 그룹, 기술 자문그룹, 스터디 그룹으로 구성 되어 있다.

먼저 WG은 LMSC의 기술범위에 맞고 각 WG의 설립 목적에 맞는 표준초안을 작성하고 권고안 작성 및 WG의 활동 지침을 작성 한다. 이런 문서들이 승인되면 WG 회원에 의해 문서의

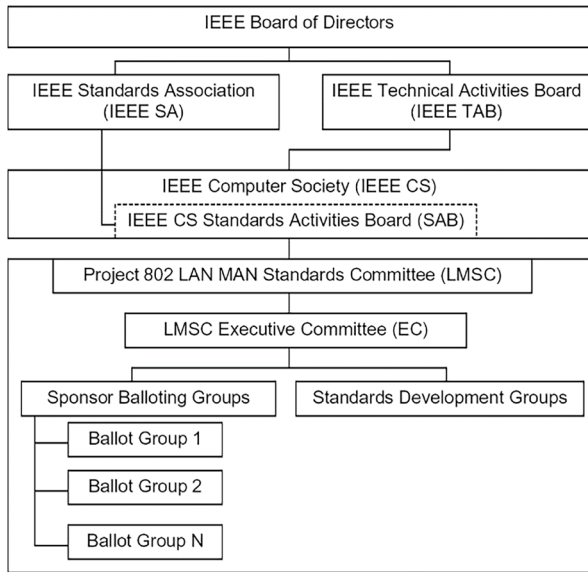


그림 1. IEEE 802 LMSC 보고 체계[1]

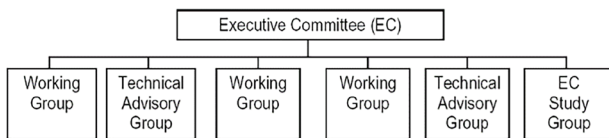


그림 2. IEEE 802 표준 개발 그룹[1]

Letter Balloting 과정을 통해 검토 개정 재확인하는 과정을 진행 한다. WG의 의장 및 부의장은 WG 구성원에 의해 선거로써 선출되고, 임기는 짝수 해에 열리는 첫 번째 전체 회의와 함께 임기 2 년으로 종료 된다.

WG 회원 권리로는 WG Letter Ballot 및 회의 안건에 대한 투표권이 존재 하게 된다.

WG 구성원은 개인으로서 WG에 참여할 때 자동적으로 회원으로 인정되며 회원은 적어도 연 4회 개최되는 Plenary 회의 또는 Interim 회의 중 2번은 참석해야 유지된다. 그러나, 아직 회원의 자격을 갖추지 못한 WG 참석자는 참석 빈도에 따라, non-voter, aspirant member, potential voter라 명한다[2].

기술자문그룹(Technical Advisory Groups, TAGs)은 워킹 그룹(WG) 및 상임위원회(EC) 활동을 기술적, 기능적으로 보조하기 위해 새로운 표준 기술 영역에 대하여 하나 이상 WG의 요청을 통해 상임위원회에 의해 구성 된다. 주요 활동은 WG의 활동에 대한 자문 역할 수행하고, 기술자문그룹의 약정 범위 내에서 권고안이나 WG 지침을 제시하지만 표준초안을 개발하지는 않는다.

스터디 그룹(Study Group)은 새로운 표준기술 주제에 대한 새로운 접근 방법의 개발이나 기존 접근방법의 변경과 같이 특

정한 연구 분야의 관심이 집중될 경우에 형성된다. 형성되는 방법에는 2가지 종류가 존재하는데

- Executive Committee Study Group(ECSG): 상임위원회의 의결에 의해서 형성되고 ECSG 의 의장은 상임위원회에 의해 임명 된다
- Working Group Study Group(WGSG): WG 및 TAG의 기술자문그룹의 의결에 의해 결성된다. WGSG의 의장은 상임위원회에 의해 임명되고, 연구 주제 및 연구 기간 등에 대한 명확한 계획을 포함한 임무(Task) 및 연구 결과를 제시하고, 스터디 그룹의 작업을 통하여 PAR(Project Authorization Request)를 개발한다. 스터디 그룹의 작업 결과물은 상위기관에 보고되며, 상위기관에 보고된 연구 결과물이 받아들여지게 되면 차기 전체 회의 전까지 자동적으로 해산된다.

스폰서 투표그룹(Sponsor Balloting Group)은 표준화 절차 중 개발과정을 거쳐 새로운 표준초안이 제안될 때 또는 기존의 표준이 제 개정될 때에 일시적으로 형성되며, IEEE 데이터센터가 관리하는 특정분야의 Balloting Poll(전문가그룹)을 활용한다. Balloting이란 제안된 표준초안 또는 개정될 표준안이 의결 기구인 IEEE SA(Standard Activity)로 전달되기 전에 스폰서 투표그룹이 의견을 수렴하는 과정이다.

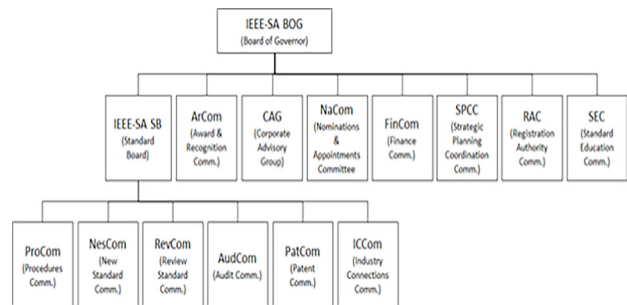


그림 3. IEEE 802 의결 기구 조직 구성

<그림 3>은 IEEE 802 의결 기구에 대한 조직 구성을 나타낸다. 먼저 표준기구 IEEE-SA(IEEE Standard Association)는 IEEE 운영 규정에 의해 1998년에 설립된 기구로써, 통신 분야 기술에 대한 표준을 제정하기 위한 기구로서 IEEE-SA회원은 개인회원과 기업회원으로 구성 되고, IEEE-SA의 전체적인 정책 수립, 재정 감독 및 전략적인 방향제시를 목적으로 진행되는 BOG(Board of Governors)와 표준화 프로젝트의 승인 및 표준화 절차의 관리를 수행하는 Standard Board의 상임이사회로 구성 되어 있다

IEEE-SA BOG(Board of Governors)는 IEEE-SA의 중추

기관으로써, IEEE-SA Standards Board의 정관 승인, 재정 감독, 전략적 정책을 승인, IEEE-SA의 회원을 추천/승인 하고, IEEE-SA를 유지하기 위한 위원회를 구성하고 해체하는 역할 수행 한다.

IEEE-SA Standard Board(IEEE-SA SB)는 표준 개발을 장려하고, 표준 개정작업을 조정하며, 표준화 과정을 승인하고 관련 표준이 출판되기 직전에 최종 승인을 허가. 또한 제안된 모든 표준초안에 대하여, 규정에 적합하지 또는 제안된 표준의 최종 승인을 위한 의견수렴에 부합되는 표준인지를 검토하는 역할을 수행 하며, 세부 조직은 다음과 같이 구성 되어 있다.

- New Standards Committee(NesCom): 제안된 새로운 표준화 과제가 IEEE의 범위와 목적에 부합되는지 확인하고 부합되면 IEEE내의 적절한 Society에 할당 하고, 스터디 그룹 (SG) 에서 제안한 PAR를 검토하며, 표준의 승인을 위해 이를 IEEE-SA에 추천 역할 수행 하게 된다.
- Standards Review Committee(RevCom): 새로운 표준 및 개정된 표준의 승인을 위한 신청을 검토하고, Sponsor balloting group의 투표를 통하여 현존하는 표준에 대한 재승인 및 취소를 수행한다.
- Procedures Committee(ProCom): IEEE-SA Standards Board의 개선점을 제시하고, IEEE-SA Standards Board 와 관련 위원회의 효율적인 활동을 위해 Board의 정관 및 표준화 절차 운영규정을 개정한다.
- Audit Committee(AudCom): IEEE Standards Sponsors 의 표준개발 활동과 SCC(Standards Coordinating Committees) 활동을 관리 감독한다.
- Patent Committee(PatCom): IEEE표준의 모든 특허권과 특허정보를 관리한다. 즉, IEEE에 제출된 문서의 특허정보에 대하여, 적절한 절차와 가이드라인을 제시한다.
- Industry Connections Committee(ICCom): 기술 표준화를 위해 산업체들과의 합의된 결과물을 도출하기 위해 효율적 관계를 유지하는 활동을 수행한다.

### III. IEEE 802 표준 추진 절차 및 체계

IEEE 802의 표준화 절차는 <그림 4>와 같은 절차로 이루어 진다.

IEEE 내의 모든 표준의 개발과정은 IEEE-SA Standards Board에 의해 승인된 프로젝트에 근거하고 프로젝트는 스폰서 승인에 의해 결정 된다. 즉 스폰서는 주로 표준화 대상에 초점

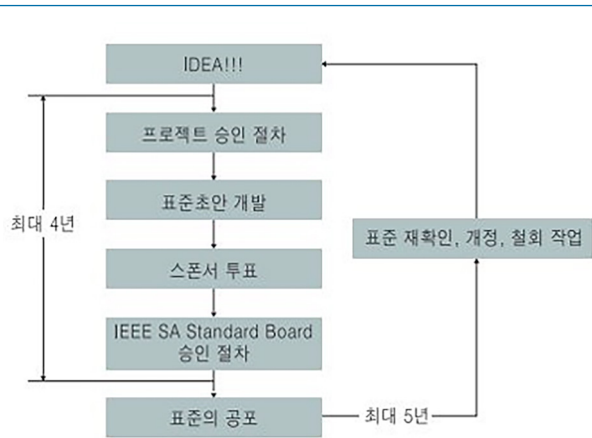


그림 4. IEEE 802 표준화 절차도

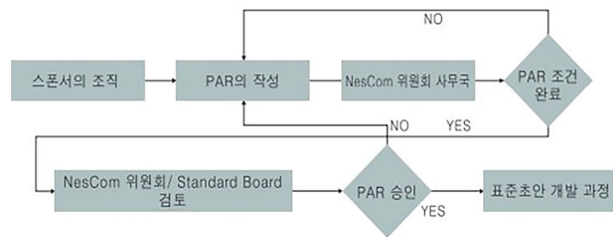


그림 5. PAR 승인절차

을 맞추어 제안된 표준화 대상이 IEEE 802 의 기술 범위 내에 부합 하는지 먼저 확인한다.

PAR(Project authorization Request) 는 IEEE 내에 새로운 표준 프로젝트가 시작되었음을 의미하는 공식적인 문서로서 Nescom 위원회의 검토 과정을 거쳐 IEEE-SA Standard Board에 의해 승인된다. 제출된 PAR는 IEEE-SA Standard Board의 사무국에 의하여 NesCom 위원회에 할당되어 사전 검토가 진행되며 검토가 종료된 PAR는 IEEE-SA Standard Board에 의해 승인된다. 만약 IEEE-SA Standard Board가 PAR를 승인하지 않는다면 프로젝트는 다음 표준화 단계로 진척될 수 없다.

프로젝트 승인이 된 이후 표준 초안 개발을 하게 된다. 프로젝트 편집자는 표준 초안 개발을 할 때 표준 초안의 수정 및 승인된 표준의 개정을 위해 작성된 표준 초안에 기재된 수치 및 문구 스타일 변경을 통해 문서를 편집하고 재검토하는 일을 하게 된다. 표준초안은 스폰서 투표를 통해서 IEEE-SA Standard Board으로 제출되게 된다.

제출된 표준 초안은 <그림 6>에 나타나 있는 최종 승인 과정을 거치게 된다. 먼저 Review Committee(RevCom)에 의해 검토를 받게 되는데 IEEE 표준의 최종승인은 IEEE-SA Standard Board에 의해 이루어지며, 단지 RevCom 위원회는

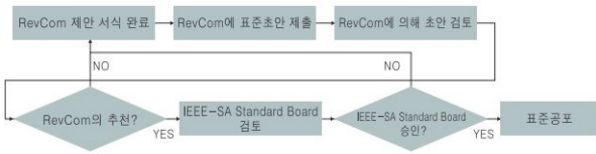


그림 6. IEEE-SA Standard Board의 승인 과정

IEEE-SA Standard Board가 표준 최종 승인을 위한 의견을 제시한다. 그리고 RevCom 위원회는 표준초안이 IEEE 표준개발과정 절차를 이행했는지를 확인하며, 투표과정 중 발생된 반대 의견 논평에 대한 솔루션을 점검하지만, 기술적인 솔루션에 대한 검토는 하지 않는다. RevCom 위원회의 검토 후 최종승인을 위해 IEEE-SA Standard Board에 의해 검토된다.

모든 IEEE 표준은 공포되기 전에 IEEE-SA Standard Board에 최종 검토되며 최종적으로 승인된다. 최종 승인은 IEEE-SA의 운영규정 및 정관에 입각하여 IEEE-SA Standard Board에 의해 실시되는 최종 투표를 통하여 이루어진다.

IEEE 표준화 기구에 의해 승인되거나 공포되는 작업 결과는 표준(Standards), Recommended practices, Guides, Trial-Use documents 등이 있다. 이 중 IEEE 표준은 전기통신기술에서 어떤 특정한 분야에 상호간의 의사소통을 할 수 있도록 하기 위한 일반적인 바탕을 제공하고 전기 통신 기술 분야에서 기술 기준을 제공한다. 또한 그 분야의 스폰서에 의해 적어도 5년이라는 표준안의 검토를 통하여 최신의 신뢰도 있는 규격을 제시한다. 이 표준에는 IEEE의 범위 안에 모든 과학 분야 또는 기술 분야에 대한 적절한 정의 기호 용어정리와 기술 및 과학에 연관된 현상 시스템 기계 및 장치에 대한 실험 파라미터의 시험 과학적 측정방법의 기술, 시스템 장비 기구와 관련된 안전 실험 특징 요구서를 포함한다.

#### IV. 주요 표준화 동향

현재 IEEE 802 내의 WG은 802.1부터 시작해서 802.24까지 10개의 활성 그룹이 존재한다. 본 절에서는 일부 활성 그룹들에 대한 표준화 동향에 대해 더 자세히 기술하도록 한다[3].

##### 1. 802.1 Higher Layer LAN Protocols Working Group

802.1 그룹은 주로 LAN/MAN망의 구조 또는 다른 망과의 연동, 망 관리 등 계층 2이상에 대한 표준화 추진이 목적이다. IEEE 802.1의 주요 기술은 IEEE 802.1CF에서의 OmniRAN

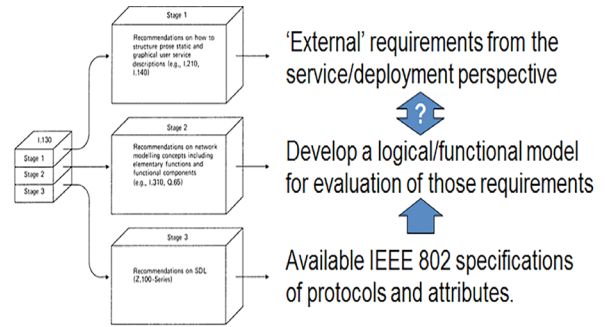


그림 7. IEEE 802.1CF의 표준화 대상

(Open Mobile Network Interface for omni-Range Area Networks)이다. 이 기술은 LTE 등 이동 통신 시장의 확장에 따라 IEEE 802 계열 기술의 시장에서 보이고 있는 상대적인 약세를 만회하기 위해 PAN으로부터 WAN까지 다양한 무선 접속망 표준뿐 만 아니라 이더넷 등 유선 접속망 표준을 가지고 있는 IEEE 802 계열 표준을 일원화하여 Heterogenous Access Network 환경에서의 강점을 살리기 위한 노력부터 출발하였다.

Omni-RAN IEEE 802.1CF는 <그림 7>에서와 같이 ITU-T의 I. 130 권고안의 3 Stage 절차 중 Stage 2에 해당되는 규격 문서를 작성하는 것을 목표로 하고 있다[5].

<그림 8>에서와 같이 Stage 2 규격은 기존의 IEEE 802.3 이더넷, IEEE 802.11 Wi-Fi, IEEE 802.15 WPAN, IEEE 802.16 WMAN, IEEE 802.20, IEEE 802.22 등 IEEE 802 계열의 다양한 프로토콜을 기능적인 network reference model에 mapping시켜줌으로서 각 프로토콜의 성능에 대한 평가나 각 접속망이 제공하는 기능에 대한 분석을 일원화할 수 있도록 해준다[6].

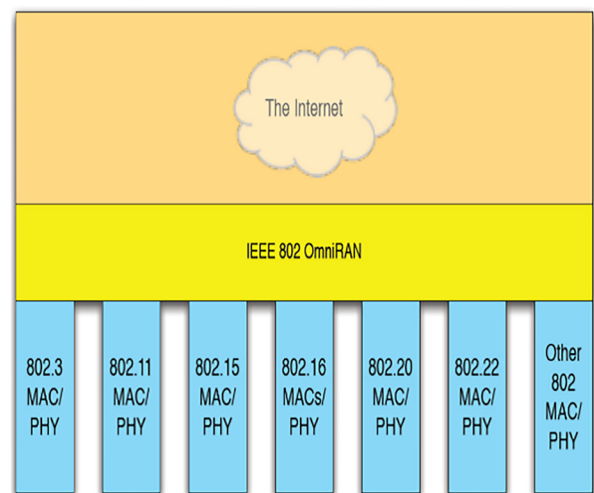


그림 8. IEEE802계열 표준과 IEEE802.1CF의 관계

## 2. 802.3 Ethernet Working Group

IEEE 802.3 그룹에서는 Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect(CSMA/CD) 프로토콜에 근거한 물리계층과 부계층의 표준화 추진이 목적이다. IEEE 802.3은 주요 TF를 여러 개 운영 중인데 이들 중 몇 가지만 소개하도록 한다. 802.3bs 기술인 400Gb/s Ethernet 기술은 400Gb/s를 지원할 수 있는 물리 계층, MAC 계층, 및 운용 파라미터를 제정하고 MAC data rate of 400Gb/s 제공 기술, full-duplex operation 제공 기술, optional Energy Efficient Ethernet (EEE) capability for 400 Gb/s PHYs 제공 기술에 대해 세부적으로 논의 되고 있다. 802.3bu 기술인 1-Pair Power over Data Lines (PoDL) 기술은 Data Terminal Equipment(DTE)의 싱글 트위스트 페어 케이블에 전원을 인가하는 방법에 대한 규격을 지정하고 있고 power distribution technique for use over a single twisted pair link segment 기술 등 세부 기술에 대해 논의되고 있다. 마지막으로 802.3bz 기술인 2.5G/5GBASE-T 기술은 급속하게 증가중인 클라이언트 장치(랩톱, 스마트폰, 태블릿 등)의 트래픽을 수용하기 위해 기 설치된 UTP 케이블(Cat5e 이상)을 통해 엔터프라이즈 이더넷 액세스 네트워크(802.11ac Giga - Wi-Fi AP와 액세스 스위치 간 링크에 초점)에 2.5Gb/s 및 5Gb/s 속도의 이더넷을 제공하기 위한 MAC/PHY에 대한 규격을 제정하고 2.5Gb/s PHY for operation for up to at least 100m on Cat5e 기술 및 5Gb/s PHY for operation for up to at least 100m Cat6, Cat5e 기술에 대해 논의 되고 있다.

## 3. 802.11 WLAN(Wireless Local Area Network) Working Group

802.11 그룹에서는 물리계층과 부계층에서의 무선 LAN 기술에 대한 표준화가 추진 중이다. 1997년도에 발표된 최초의 무선랜 표준에서는 2.4GHz ISM 대역에서 DSSS, FHSS 기법을 사용하여 1, 2 Mbps의 속도를 제공하였으며, 이후 802.11a(99년), 11b(99년), 11g(03년), 11n(09년), 11ac(13년) 등의 후속 표준들을 통해 속도와 효율성 면에서 많은 발전을 이룩했다. 또한 60 GHz ISM 대역을 활용한 초고속 근거리 통신 표준인 802.11ad 표준도 2012년에 제정되었다[8]. 현재 IEEE 802.11 워킹 그룹에서는 기존의 11b/g/a/n/ac의 표준들과 같이 주로 전송 속도 증대에 집중하는 방향 뿐만 아니라, 전송 커버리지 확대와 다양한 M2M 응용분야 지원을 위한 Sub1GHz 무선랜 (802.11ah) 기술, 빠른 초기 접속 지원을 위한 Fast Initial Link Setup (802.11ai) 기술, 단말이 AP에 Association 이전

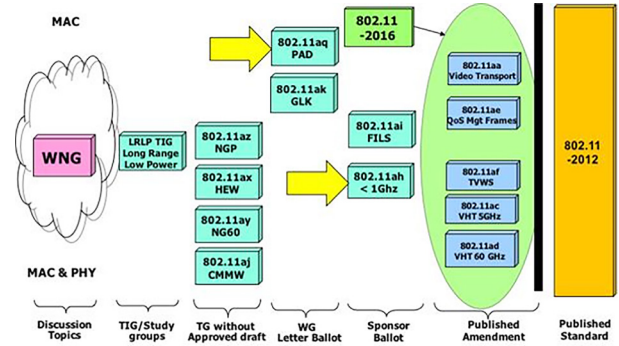


그림 9. IEEE 802.11 Task Group별 표준화 진행 현황

에 서비스를 탐색할 수 있게 하는 Pre-Association Discovery (802.11aq) 기술, 차세대 실내 위치 측정(802.11az) 기술 등 다양한 무선랜 응용 표준화가 진행되고 있다. 최근에는 11ac 이후의 차세대 무선랜 표준으로서 고밀도 AP/단말 환경에서 고효율 무선랜 성능을 위한 11ax 표준화가 매우 활발하게 진행되고 있다. 11ax에서 논의되는 주요 기술들로는 광대역 무선랜 OFDMA 기술, Advanced MIMO & 빔 foaming 기술, 실외 환경 성능 향상 기술, OBSS 성능 향상 기술 등이 있다[9].

802.11기술들에 대해 더 자세히 설명하도록 한다. Sub 1GHz 무선랜 (802.11ah) 기술은 통신 거리 확장, 전력 절감 향상, 수천 개 이상의 단말 지원 다중 액세스를 지원하기 위한 무선전송기술로 1GHz 이하 대역에서의 coverage 확장 PHY 기술, Repetition mode 및 협대역 전송 모드를 이용한 전송 기술, 1GHz 이하 대역 사물 통신을 위한 다중 단말 지원 기술 등과 같은 세부 기술에 대해 논의를 하고 있다. 802.11ah의 국제 표준화 진행 현황은 2013년 11월에 TGah Draft 1.0 문서가 승인되었고, 2015년 10월에 Draft 5.0이 승인되었으며 2015년 11월에 Sponsor Ballot이 통과되었다.

**Fast Initial Link Setup(802.11ai) 기술**은 AP/Network 발견, 접속, 인증 및 IP 할당 등을 포함한 초기 링크 설정 시간을 대폭 절감시키기 위한 기술로 Fast AP/network discovery 및 selection 기술, Probe request filtering 기술 등의 세부 기술이 논의 되었다. 802.11ai의 국제 표준화 진행 현황은 2013년 11월에 TGai Draft 1.0 문서가 승인되었고 2015년 7월말 Draft 6.0이 승인되었으며 2015년 9월에 Sponsor Ballot이 통과되었다.

**Pre-Association Discovery(802.11aq) 기술**은 단말이 AP에 Association을 맺기 전에 네트워크 내의 응용 서비스를 미리 발견할 수 있도록 하는 기술로 확장된 GAS, ANQP 기반의 응용서비스 발견 기술, Pre-association 데이터 전송 기술, Container를 이용한 상위 계층 프로토콜 Tunneling 기술들이 논의가 되었다. 802.11aq의 국제 표준화 진행 현황은 2012

년 3월에 출범한 802.11의 PAD(pre-association discovery) Study Group에서 표준화 논의 시작하였으며, 2012년 11월 Task Group 형성을 위한 PAR가 통과되어 2013년 1월부터 TGaq라는 이름으로 Task Group이 출범되었음. 2015년 3월에 TGaq Draft 1.0 문서가 승인되었고 2015년 11월에 Draft 3.0이 승인되었다.

**광대역 무선랜 다중사용자 전송(802.11ax) 기술**은 OFDMA 및 MU-MIMO 기술을 활용하여 AP와 다중 사용자 간에 상/하향링크 데이터를 동시에 교환하기 위한 물리 계층 및 매체 접속 제어 계층 기술들로 OFDMA를 위한 주파수 Resource Granularity 설정, 상/하향링크 다중사용자 동시전송 지원 프레임 포맷, 상/하향링크 다중사용자 시그널링 기술 등의 세부 기술이 논의 되었다. OBSS 성능향상 및 효율성 향상(802.11ax) 기술은 OBSS 환경 및 아웃도어 환경에서의 무선랜 성능 향상 기술 및 기존 무선랜의 효율성을 향상시키는 기술이며 실외 환경에서의 확산지연에 강인한 무선랜 OFDM 설계 및 헤더 필드 구조, 레거시 기기와의 호환성을 위한 무선랜 프레임 포맷, 광대역 및 다중 스트림 전송시의 효율적인 코딩 기술 등의 세부 기술들이 논의 되었다. 802.11ax의 국제 표준화 진행 현황은 2013년 5월에 출범한 HEW(High-Efficiency WLAN) Study Group에서 표준화 논의 시작하였으며, 2014년 3월 Task Group 형성을 위한 PAR가 통과되어 2015년 5월부터 TGax라는 이름으로 Task Group이 출범되었다.

**60GHz 무선랜 진화(802.11ay) 기술**은 60GHz 대역에서 20+ Gbps link speed를 제공하는 무선랜 기술로 링크 성능 향상을 위한 안테나 기술(hybrid 빔포밍, MIMO 기술), 광대역 전송을 위한 채널 본딩 기술, 하향링크 다중 사용자 전송 기술과 같은 세부 기술에 대한 논의를 진행하였다.

802.11ay의 국제 표준화 진행 현황은 2015년 1월에 출범한 802.11 NGP(Next Generation Positioning) Study Group에서 표준화 논의 시작하였으며, 2015년 7월 Task Group 형성을 위한 PAR가 통과되어 2015년 9월부터 TGaz라는 이름으로 Task Group이 출범 되었다.

**무선랜 기반 차세대 측위(802.11az) 기술**은 고밀도 AP/STA 및 비가시거리 무선랜 환경에서 Fine Timing Measurement (FTM) protocol 기반의 초정밀, 저전력 측위 기술로 단일 clock을 통한 정밀 RTD 측정 지원 기술, MIMO기반 정밀 무선랜 측위 지원 기술 등의 세부 기술들에 대한 논의가 이루어졌다.

802.11az의 국제 표준화 진행 현황은 2014년 9월에 출범한 802.11 NG60(Next Generation 60GHz) Study Group에서 표준화 논의를 시작하였으며, 2015년 3월 Task Group 형성을 위한 PAR가 통과되어 2015년 5월부터 TGaz라는 이름으로 Task

Group이 출범되어 현재까지 표준 작업을 진행 하고 있다.

#### 4. 802.15 WPAN (Wireless Personal Area Network) Working Group

802.15 그룹은 개인 영역 네트워크 또는 근거리 무선 네트워크에 대한 표준화를 추진 중이다. 여기서는 10 m 이내 기기를 연결하는 Personal Area Network, 개인 신체에 부착되거나 수 m 이내 기기를 연결하는 Body Area Network 및 수 km 이내 기기를 저전력으로 연결하는 Utility Network 등으로 대상을 확장하여 표준 개발을 지속 하고 있다. 802.15 그룹은 1999년 7월에 첫 회의를 가진 이후, OSI 참조 모델의 제 1, 2계층에 해당하는 물리 계층과 매체 접속에 관한 무선 WPAN 기술 표준을 제정하고 있다[9].

이중 802.15.4e에서는 저전력, 저가격의 단거리용 무선 네트워크로 제안된 IEEE 802.15.4의 문제점인 latency와 bandwidth 한계, peer-to-peer간 통신의 제한, 다양한 서비스 품질에 적합한 power saving 방법의 부재 등을 해결하기 위하여 MAC 확장 기능을 추가하는 방법을 논의하였다. MAC 모드는 3가지가 존재하는데 DSME(Deterministic Synchronous Multi-channel Extension), LL(Low Latency), TSCH(Time Slotted Channel Hopping)이다. DSME는 기존 IEEE 802.15.4의 슈퍼프레임 구조와 호환되며, 저 지연 액세스를 지원하도록 TDMA 개념과 channel diversity를 지원하는 channel adaptation과 channel hopping 방식을 제공한다. LL은 간략화 된 새로운 프레임 구조를 채용하여 중앙집중식 Scheduling 기반으로 공장 자동화용 star 구조를 지원하는 sensor, actuator에 타임슬롯을 배정하는 TDMA 방법이다. TSCH는 슬롯 내에서 시각 동기화 및 메시지 ACK를 제공하는 방법으로 non-beacon 기반의 채널 Hopping 기반 TDMA 액세스를 지원하는 방법으로 ISA-100a를 기반으로 동작한다.

802.15.4g는 SUN(Smart Utility Network)을 지원하기 위하여 40 kbps에서 최대 1 Mbps 미만의 데이터 전송률 제공, 1,500 Octet 이상의 payload 제공 및 최소 3개 이상의 동시 운용 가능한 네트워크 제공을 목적으로 하는 표준이다. 또한 혼잡한 주파수에서 운용을 보장하기 위한 주파수 공유 기술 및 지하실이나 코너와 같은 SUN 환경에서 최적의 에너지 효율적인 링크 마진을 제공하는 PHY로 MR-FSK, MR-OFDM, MR-O-QPSK 등 세 종류의 PHY를 추가하여 효율성을 배가했다.

IEEE 802.15 4s는 디바이스간 수 cm에서 수십 m 정밀도로 무선통신기반 대상거리측정 표준 이다. 거리측정을 위한 Data exchange 기술, Radio 기반 거리 스펙트럼 자원을 효율적으

로 사용할 수 있도록 패킷 에러 비율이나 전달 지연 등 스펙트럼 자원과 네트워크 성능을 측정하고, 이 정보를 전달하는 IE와 데이터 구조, 정보 수집 및 교환 절차 등 관련 MAC 기능을 IEEE 802.15.4의 amendment로 개발예정 PHY 기술, 디바이스 간 Interoperability 기술 개발을 목적으로 한다.

IEEE 802.15 TG 3d (100Gbps Wireless)는 wireless 데이터 센터, wireless 백홀, 키오스크 서비스 등 근접 point-to-point 통신용으로, 275GHz 주파수 대역에서 beam switchable wireless point-to-point 40/100 Gbps links를 사용하여 100 Gbps를 제공할 수 있는 표준을 IEEE 802.15.3의 amendment로 개발한다. THz 주파수 대역을 사용하는 가시거리에서의 고속 데이터 통신 표준으로 THz 주파수의 직진성을 보완하기 위한 빔 스티어링 기술, 높은 감쇄를 극복하여 통신 거리 향상을 위한 무선 변복조 기술 등의 기술을 표준으로 개발하고 있다.

IEEE 802.15 TG 4q(Ultra Low Power)는 배터리가 없거나 제한된 배터리 용량을 가진 device에 high peak power를 15mW로 제한하며 10m 이내 1Mbps까지 통신을 제공하는 Ultra-Low Power PHY를 IEEE 802.15.4의 amendment로 표준을 개발하고 있으며 초 저전력 변복조 기술, 초 저전력 코딩 기술 등을 주요 개발 대상으로 하고 있다. 169 MHz, 433 MHz, 863 MHz, 1427 MHz, 2450 MHz 등 14개의 주파수 대역에서 ultra-low power Ternary Amplitude Shift Keying (ULP-TASK) PHY과 ultra-low power Gaussian Frequency-Shift Keying(ULP-GFSK) PHY을 제공하고 ULP-TASK PHY는 Modulation과 코딩 포맷에 따라 31Kbps에서 889 Kbps까지 데이터 전송을 제공하며, ULP-GFSK PHY는 Modulation과 오퍼레이팅 모드에 따라 4.8 Kbps에서 1000 Kbps까지 데이터 전송을 제공한다.

IEEE 802.15 TG 7r1 (Short Range Optical Wireless Communication)은 10,000 nm에서 190 nm 광파장을 이용한 멀티미디어 서비스 제공이 가능한 short range 광 무선 통신 PHY와 MAC 표준을 IEEE 802.15.7의 amendment로 개발하고 있다. 광 통신 특성상 RF interference와 보안에 강점이 있으며, 수백 THz의 비 면허 대역을 사용할 수 있으며 LED 소스와 연동하는 디지털 카메라로 indoor LBS (Location Based Service)를 제공하며, secure point-to-Multipoint communication(office, hospital, airplane)과 ITS(Intelligent Transportation System) 등에 적용된다.

IEEE 802.15 TG 8은 쇼핑몰, 캠퍼스, 놀이공원, 스타디움 등 다중이 군집하는 경우나 천재지변에 의해 통신 인프라가 소실되는 경우에 저전력 디바이스들간 피어 그룹 구성이 유연하

며 다중 품질을 제공할 수 있는 무선 통신 표준 규격을 개발한다. 최근 IoT (Internet of Things) 인프라로써 사물간 연결 network 표준에 대한 요구가 급격히 증가하고 있는 추세이다. 이동통신망이나 코디네이터에 의한 저전력 무선 네트워크와 같이 네트워크 구성과 운용관리가 요구되는 인프라 기반 통신은 근접 범위 내 수백 개의 디바이스 간 social network 서비스, 게임, 광고 서비스를 동시에 동적으로 제공하기에는 디바이스 탐색 시간, 오버헤드에 의한 무선 자원의 이용 효율성 면에서 적합하지 않은 것으로 판단된다. 저전력 단말이 Infra 없이 device-to-device로 주변 기기를 탐색하여 ad hoc으로 네트워크를 구성하여 서비스 품질이 다양한 그룹 통신을 지원하는 표준 개발이 요구되어 802.15.8에서 이에 대한 표준 규격 작업을 진행하고 있다[10].

## 5. 802.16 Broadband Access Network Working Group

IEEE 802.16 그룹은 MAN 환경에서 빠른 인터넷 연결과 데이터 보이스 비디오의 통합을 위한 광대역 무선 접속기술의 표준화를 수행한다[11]. 그 동안 진행해 오던 Wi-max 관련 작업은 IEEE 802.16m을 마지막으로 더 이상 진행되지 않고 있다. P802.16r은 Wi-Max를 사업자용 LTE나 Wi-Fi AP(Access Point)나 등 이동 통신망의 Small Cell을 코어망과 연결하기 위한 Backhaul용으로 활용할 수 있도록 IEEE 802.16 규격을 보완하고 이에 따른 요구규격을 작성하는 작업이며 <그림 6>은 기업이나 대학 캠퍼스 등에서의 Small Cell 설치 예를 보여주고 있다. 여기서는 코어망과 연결되어 있는 LTE 기지국 등 이동통신 기지국과 같은 위치에 IEEE 802.16r SCB 기지국을 설치한 후, 이를 이용하여 주변의 Small Cell들을 연결하는 구성을 가리게 된다[12].

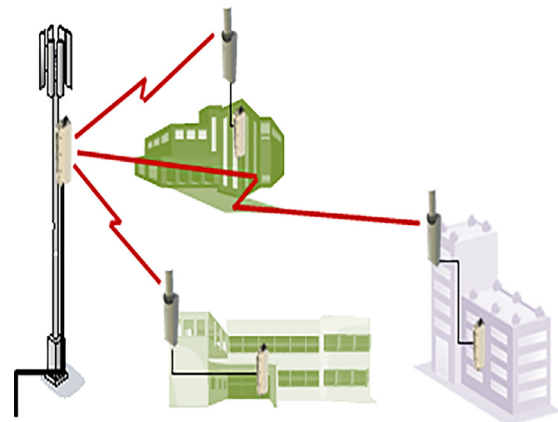


그림 10. 기업의 Small Cell설치 예상도

P802.16q는 Wi-max 시스템에서 매크로 기지국과 Femtocell, PicoCell, 마이크로 셀 등 소형 기지국(Small Cell)이 혼재하는 환경에서 상호 간섭을 최소화하고 단말의 이동성을 향상하고 기지국의 전력소모를 최소화하기 위한 기지국의 MAC/PHY 계층 Protocol에 대한 개선작업이 목적으로 하는 표준이다.

### 6. 802.19 Coexistence TAG (Technical Advisory Group)

802.19는 비면허 대역을 이용하는 무선 시스템간의 coexistence 시나리오, 간섭분석 및 상호 공존을 위한 공유 메커니즘 등에 관한 기술적 이슈들이 주로 논의되고 있다

주요 기술 중 802.19 TG1 TV White Space Coexistence Method는 TV white space 대역에서 이 기종 주파수 공유 시스템간 효율적인 주파수 공유를 위한 상호공존 기술 표준화를 위해 2010년 1월에 결성되었으며, 지난 2014년 3월 회의의 결과로 P802.19.1/DF5.0으로 업데이트된 표준초안은 IEEE 802 Executive Committee(EC)에서 3월에 승인되었으며, 2014년 5월에 RevCom 및 Standard Board에서 최종 승인되었으며 2014년 6월에 IEEE802.19.1-2014 표준이 출판되어 완료되었다[13][14]. 802.19.1 상호공존 시스템(coexistence system)은 <그림 11>에 나타난 것과 같이 3개의 개체(CE, CM, CDSI)로 구성되며, 이들 개체를 서로 연결해주는 3개의 인터페이스로 구성되어 있다.

CM은 주파수 공유장치에 채널 환경 정보 및 최적 동작채널 할당을 동작하며, CE는 주파수 공유장치와 상호공존 관리 시스템 간의 상호연동을 위한 역할을 수행한다. CDSI는 간섭을 유발하는 인접 주파수 공유장치 검출 및 CM간 discovery를 수행한다.

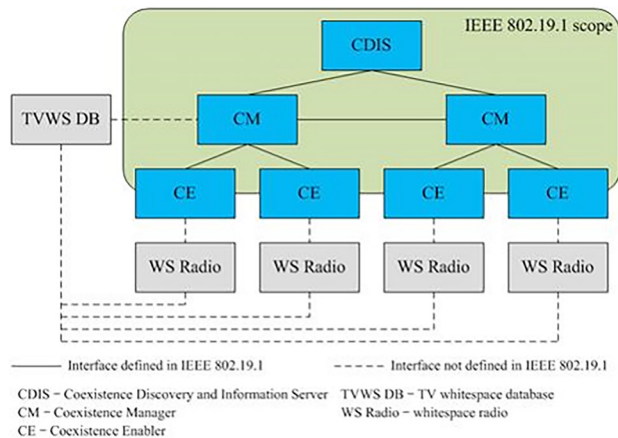


그림 11. 802.19.1 시스템 구조[15]

### 7. 802.21 Media Independent Handover Services Working Group

IEEE 802.21 WG(Working Group)은 이기종의 네트워크(무선랜, WiMAX, LTE 등) 간의 끊김 없는 연동 및 핸드오버를 지원하기 위한 프레임워크 및 메커니즘의 표준을 대상으로 하고 있다. 2004년 3월에 정식으로 활동을 시작하였으며, 2008년 말에 이종 망(무선랜, WiMAX, Cellular 망 등) 간에 끊김 없는 핸드오버를 지원하기 위한 프레임워크 및 메커니즘에 대한 기본 표준을 완성한 이후에 이종망간 핸드오버의 추가 기능 및 성능 최적화를 위한 추가적인 표준화를 진행하고 있다[16]. 또한, 2013년 초부터 IEEE 802.21 WG은 무선데이터 폭증 이슈와 같은 시장 및 산업체의 요구를 만족시키면서 새롭게 출현하는 다양한 무선 접속 통신 망 기술 및 D2D(Device to Device) 통신 등으로 통신망이 다각화되는 환경에 대응하기 위해 기존의 이종망간 핸드오버 프레임워크 인 MIH (Media Independent Handover)를 MIS(Media Independent Service)로 확장하여 다양한 이종 망 연동 이슈를 해결하고자 표준화를 추진하고 있다. MIH는 이종의 다양한 IEEE 802 계열 통신망 및 Cellular 망의 핸드오버를 지원하기 위하여 만들어진 프레임 워크로서 네트워크 인터페이스의 물리계층과 MAC(Media Access Control) 계층의 정보 수집 및 제어를 지원하고, 네트워크의 설치 정보를 가진 정보 서버(Information Server)와의 통신을 통해 네트워크 탐색 정보의 획득을 지원한다. MIH를 표준화한 IEEE 802.21-2008 표준 문서는 2008년 말에 완성되어 2009년 1월 21일에 발간되었으며, 그 이후 이종망간 핸드오버의 성능을 최적화하기 위하여 이종 망간의 핸드오버 지연시간 단축, 통신망과 방송 망간의 핸드오버, 단일 라디오 핸드오버 최적화, 멀티캐스트 핸드오버 그룹 관리에 대한 추가적인 표준화가 완료되었다[17].

### 8. 802 EC 5G/IMT-2020 표준 동향

ITU-R WP(working park) 5D에서 2015년 9월에 IMT-2020의 프레임워크가 결정 되는 등 5G관련 표준화 작업이 본격적으로 진행 됨에 따라 IEEE EC(Executive Committee)에서는 2016년 1월 802 EC 5G/IMT-2020 SC(Standing Committee)를 구성하였다. IEEE에서 독자적인 5G 규격을 개발(A안)할 때의 비용과 이득을 검토해보고 ITU에 아래의 3가지 방법(B1-B3안)중의 하나로 IMT-2020 규격 제안서를 제출할 때의 비용과 이득을 검토해 2016년 7월 IEEE 802 Plenary 회의때까지 6개월간 활동하기로 결정하였다. SC에서 검토한 독자적인 5G규격(A안)은 이미 개발 되었거나 개발중인 802.11ax,



802.11ay, 802.11ah, 802.11p, 그리고 802.15.3d 등의 다양한 IEEE 802 표준들을 종합하여 하나의 표준으로 정리 함으로서 IEEE의 단일 5G 표준으로서 내세우자는 생각이다. 이 안은 결국 광대역망이나 이동성에 대한 대안이 없는 IEEE 표준을 ITU의 IMT-2020에 포함 시키기 위해 노력하기 보다는 5G가 본격적으로 운용되기 전에 IEEE 802 계열 제품의 시장 점유율을 높여서 5G에 대응하겠다는 의미이며 실제 논의 중에 전세계의 통신 사업자를 대상으로 한 IEEE 802의 홍보를 주요 활동으로 제안되었다. ITU의 IMT-2020 규격에 IEEE 802 표준을 제안하는 방법은 IEEE 802.11 계열만을 제안(B1안)하는 방법과 IEEE 802의 다양한 표준을 종합하여 IMT-2020의 전체 요구규격을 만족하는 표준을 개발하여 제안(B2안) 그리고 3GPP등 IMT-2020규격을 개발하는 표준기구들이 802.11이나 그밖의 802규격을 포함 하도록 협력하는 방안(B3안) 등이 논의되었다. 이 중 B1안은 IMT-2020의 요구조건을 만족하기 어려워 ITU에 의해 받아들여질 가능성이 적고 B2안은 현실점에서 802.16등 광대역 이동통신망의 규격을 개발하여 IMT-2020의 전체 요구 규격을 만족시키는 데는 현실적인 어려움이 있다는 점에서 주로 B3안이 논의되었다.

이에 따라 SC에서는 지난 6개월간 A안과 B3안을 두고 많은 논의를 거친 후에 결국 두 가지 안이 병행 가능하다는 점에서 두 방안 모두를 추진하는 것이 최선이라는 의견을 EC에 전달하기로 했다[18].

## V. 결론

본고에서는 IEEE 802의 조직 구성 및 역할에 대한 소개와 표준화 추진 절차 및 체계에 대해 알아 보았다. 후에 IEEE 802 산하 각 WG에서 맡고 있는 분야 및 관련 표준화 동향에 대해 살펴보고 최근 5G와 연관된 IEEE의 동향 및 추후 진행 방향에 대해 자세히 알아 보았다.

지난 수년간 전세계 이동통신 산업 분야에서 LTE와 LTE-Advanced의 시장 지배력이 급격히 확산되고 있음에 따라 IEEE 802의 시장에서의 역할이 상대적으로 약화되고 있는 것으로 보인다. 이와 같은 시장의 쏠림 현상은 IMT-2020 혹은 5G로 불리는 다음 세대 이동 통신망이 본격적으로 도입되는 2020년 이후에는 더욱 심화될 것으로 예상된다. 이러한 시장 독점 상황을 막기 위해서는 이미 많은 통신 사업자들이 관심을 가지고 있는 IoT 등 현재 논의되고 있는 다양한 5G 서비스들에 대한 분석을 통하여 IEEE 802의 다양한 표준들이 이러한 5G 서비스를 효율적으로 지원하기 위해 필요한 각종 요구 사항을

도출하고 이를 IEEE 802 표준에 반영하기 위한 노력이 필요하다. 이를 위해 국책 연구소, 기업 및 국내 대학 등이 연구 활동의 협력 통해 표준화 회의 전(후) 표준화 현황 분석, 표준화 진행 방향, 각 업체의 연구 개발 전략을 상세히 파악함으로써 기술 개발 방향 수립, 표준 접근 전략 및 기고서 제안 전략 등을 수립하여 국제 표준화에 공동 대응이 필요한 시점이다. 현재 이러한 노력이 IEEE 802 포럼 등을 통해 진행되고 있긴 하나, 기업들이 유무선 인터넷 장비시장에 관심을 가지고 관련 분야에 대한 연구개발과 표준화 분야에 참여할 수 있도록 국내외의 관련 기술 개발 현황에 대한 정보, 표준화 되고 있는 기술에 대한 정보, 그리고 이러한 기술 표준화 과정에 국내 업체에서 개발된 기술을 제안할 수 있는 제도나 절차에 대한 지원을 지속적으로 제공해야 할 중요한 시기인 것으로 판단된다.

## 참고 문헌

- [1] IEEE 802 Operations Manual, [http://www.ieee802.org/PNP/approved/IEEE\\_802\\_OM\\_v16.pdf](http://www.ieee802.org/PNP/approved/IEEE_802_OM_v16.pdf).
- [2] 11-14-0629-07, "IEEE 802.11 Operations Manual"
- [3] IEEE802 포럼, "IEEE 802 표준 현황 및 분석", Dec. 2015.
- [4] IEEE 802.1, <http://www.ieee802.org/1/>
- [5] Omniran-15-0054-00-CF00-5g-scope-and-requirements"P802.1CF within the scope of 5G".
- [6] Omniran-14-0059-00, "Short introduction into Omni-AN P802.1CF"
- [7] IEEE 802.3 Ethernet Working Group, <http://www.ieee802.org/3/>
- [8] IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks Working Group, <http://www.ieee802.org/11/>
- [9] IEEE 802.15 Wireless Personal Area Networks Working Group, <http://www.ieee802.org/15/>
- [10] 11-15-1218-02, "802.11 Working Group Opening Report", Nov. 2015"
- [11] IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Standards Working Group, <http://www.ieee802.org/16/>
- [12] 16-14-0078-00, "Architecture and Requirements for Mobile Broadband Network Performance Measurements"
- [13] IEEE 802.19 Wireless Coexistence Working Group, <http://www.ieee802.org/19/>

- [14] IEEE Std 802.19.1-2014, "IEEE Standard for Information technology Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks Specific requirements - Part 19: TV White Space Coexistence," 2014
- [15] Overview of IEEE 802.19.1, <https://mentor.ieee.org/802.19/dcn/14/19-14-0056-01-0000-ieee-802-19-1-overview.ppt>
- [16] IEEE 802.21 Media Independent Services Framework Working Group, <http://www.ieee802.org/21/>
- [17] IEEE 802 DCN 21-15-0091-00, "Revised Text and Figures of "Radio Resource Management Service" Section for IEEE 802.21.1 Draft Standard"
- [18] ec-16-0094-07-5GSG Draft Report: IEEE 802 EC 5G/IMT-2020 SC

## 약 력



김 정 곤

1991년 KAIST 전자공학과 공학사  
 1993년 KAIST 전자공학과 공학석사  
 1998년 KAIST 전자공학과 공학박사  
 1998년~1999년 하와이 주립대학교 전기공학과 Post Doc.  
 1999년~2001년 LG 텔레콤 IMT-2000 팀 선임 연구원  
 2001년~2003년 삼성전자 통신 연구소 책임 연구원  
 2003년~현재 한국산업기술대학교 전자공학부 교수  
 관심분야: 이동 통신, 근거리 무선 통신, 5G 기술, IEEE 802 국제 표준



김 윤 관

1978년 서강대학교 학사  
 1983년 한국 KAIST 석사  
 1988년 미국 Northwestern Univ. EECS 공학박사  
 1978년~2007년 LGU+ 전략개발실장(CTO)  
 2001년~2007년 3GPP2 의장/부의장  
 2011년~2013년 하이게인 텔레콤 사장  
 2013년~현재 가톨릭 대학교 정보통신전자공학부 교수  
 관심분야: 이동통신, M2M



오 민 석

1987년 서울대학교 공학사  
 1993년 Columbia University 석사  
 1998년 Washington University in St. Louis 공학박사  
 1998년~1999년 minMax Technologies, St. Louis 연구원  
 1999년~2000년 AT&T Technical Consultant  
 2000년~2004년 LGU+ 기술연구소 부장  
 2004년~현재 경기대학교 전자공학과 교수  
 관심분야: 이동통신, 무선랜.