

# 실시간 응용 서비스를 위한 IEEE 802.11 무선랜의 요구사항

이형호 (주)넷비전텔레콤 기술고문

## 1. 개요

우리는 Wi-Fi 네트워크를 통하여 인터넷을 쉽게 접속하고 있지만, Wi-Fi 망은 전파 간섭 및 트래픽 폭주로 인하여 지연(Latency)과 신뢰성(Reliability)이 보장되지 않으므로 실시간 게임, 로봇 및 산업 자동화와 같은 지연에 민감한 응용에는 문제가 된다. 특히, 랜덤하게 발생하는 높은 최악의 지연(Worst-case Latency)은 실시간 응용이 부딪치는 주요 문제점들 중의 하나이다.

IEEE 802.11 WG(Working Group)에서는 모바일 게임 등의 실시간 응용 서비스를 지원하기 위한 IEEE 802.11 무선랜의 기술적 요구사항과 가능한 해법을 도출하기 위해 2018년 7월에 RTA(Real Time Applications) TIG(Technical Interest Group)를 생성하여 2019년 3월에 이 그룹에서 논의된 기고서들을 기반으로 최종 보고서를 작성한 후 RTA TIG 활동을 종료하였다.

## 2. 회의 주요 결과

IEEE 802.11 RTA TIG는 2019년 1월 IEEE 802 Wireless Interim 회의에서 'IEEE 802.11 무선랜의 실시간 응용' 보고서 초안을 작성하였으며, 이 보고서의 최종본을 2019년 3월 IEEE 802 Plenary 회의에서 발간 완료하였다.

'IEEE 802.11 무선랜의 실시간 응용' 보고서는 RTA TIG에서 논의된 실시간 응용 시나리오, 현재의 Wi-Fi 네트워크의 문제점, 미래 IEEE 802.11 표준을 위한 요구사항에 대해 기술하고 있다. 즉, 무선랜의 실시간 응용 Use Case로서 실시간 모바일 게임, 무선 콘솔 게임, 로봇 및 산업 자동화 시스템, 실시간 비디오, 드론 제어를 제시하고 각 Use Case 별로 사용 모델(Usage Model), 네트워크 구성 및 트래픽 모델, 문제 정의(Problem Statement)를 기술한다. 이러한 Use Case 별 분석을 통하여, 현재의 IEEE 802.11 무선랜이 가지고 있는 문제점을 해결할 수 있는 기술적인 방안들을 제시한다. 아래 <표 1>은 이 보고서에서 정리한 실시간 응용 Use Case들의 요구사항 기준 지표(Metrics)를 보여 준다.

<표 1> 실시간 응용 Use Case들의 요구사항 기준 지표

Use cases		Intra BSS latency/ms	Jitter variance/ms	Packet loss	Data rate/ Mbps
Real-time gaming		< 5	< 2	< 0.1 %	< 1
Cloud gaming		< 10	< 2	Near-lossless	< 0.1 (Reverse link) > 5Mbps (Forward link)
Real-time video		< 3 ~ 10	< 1~ 2.5	Near-lossless	100 ~ 28,000
Robotics and industrial automation	Equipment control	< 1 ~ 10	< 0.2~2	Near-lossless	< 1
	Human safety	< 1~ 10	< 0.2 ~ 2	Near-lossless	< 1
	Haptic technology	<1~5	<0.2~2	Lossless	<1
	Drone control	<100	<10	Lossless	<1 >100 with video

비록 현재의 IEEE 802.11/Wi-Fi 네트워크가 트래픽 폭주가 없는 환경에서 낮은 평균 지연(Average Latency)을 제공할 수 있지만, 최악의 지연(Worst-case Latency)은 상당히 크게 변할 수 있으므로 Wi-Fi를 통해 많은 실시간 응용과 시간에 민감한 응용을 사용하는 데 있어서 성능에 영향을 주거나 사용에 제한을 주게 된다. 따라서 최악의 지연과 지터(Jitter)를 더 잘 제어하고 더욱 안정적이고 신뢰성 있는 성능을 제공하기 위한 해법을 모색할 필요가 있다. 이러한 실시간 응용에 대한 요구사항을 만족시킬 수 있는 IEEE 802.11 무선랜의 가능한 개선 사항 및 필요한 새로운 기능들을 아래와 같다.

첫째로 IEEE 802.3 유선 이더넷 상에서 실시간 응용을 지원하기 위한 IEEE 802.1 TSN(Time Sensitive Networking) 기능을 IEEE 802.11 무선랜 상에서 동작하도록 TSN 기능을 확장함으로써 무선 매체 상에서의 실시간 응용들을 더 잘 지원할 수 있다. 트래픽 스트림 식별, 시간 동기화, 이더넷 브리징과의 통합 등의 TSN 기능들은 IEEE 802.11 무선랜에 이미 적용되어 있지만, 이더넷 TSN에 존재하는 Time-Aware Shaping(IEEE 802.1Qbv 표준)과 이중/다중 링크를 통한 redundancy(IEEE 802.1CB 표준의 Frame Replication and Elimination(FRE) 기능)는 현재의 Wi-Fi 네트워크에서의 최악의 지연 문제를 해결하기 위해 IEEE 802.11 무선랜에서 새롭게 확장 적용하여 지원해야 할 기능들이다. 그 밖에도 IEEE 802.1Qcc 표준에서 정의한 TSN 관리모델과의 alignment와 같은 다른 TSN 기능들로 무선랜 적용을 고려할 필요가 있다.

둘째로 실시간 응용 지원뿐만 아니라 트래픽 스티어링/분리를 통하여 다른 고 스루풋 응용들과의 공존을 가능하도록 하기 위해서는 Multi-band operation은 중요한 기능이다.

셋째로 대부분의 실시간 응용을 위한 요구사항인 최악의 지연이 더욱 예측 가능하도록 IEEE

802.11의 MAC과 PHY 계층을 개선할 필요가 있다. 여기서 더욱 예측 가능한 최악의 지연이란 극한적으로 낮은 지연을 반드시 의미하는 것은 아니며, 더욱 예측 가능한 성능을 제공하는 능력이 주요 요구사항이다. 하지만, 일부 Use Case에서는 예측 가능한 지연뿐만 아니라 아주 낮은 지연도 요구사항으로 중요하다. 실시간 응용 지원을 위해서 신뢰성은 개선되어야 할 또 다른 중요한 사항이므로, IEEE 802.11 링크의 전반적인 신뢰도를 개선하기 위한 가능한 기능들이 필요하다. 이러한 요구사항에 따라, IEEE 802.11의 MAC과 PHY 계층의 가능한 향후 개선 사항으로서 감소된 PHY 오버헤드, 예측 가능하고 효율적인 매체 접근(Media Access), 시간에 민감한 작은 패킷의 전송을 위한 더 좋은 지원, 더욱 예측 가능한 성능을 제공하도록 관리의 개선, 시간 민감형 데이터의 공존, AP간의 협력(Coordination), 이중/다중 링크 전송 등을 포함한다.

### 3. 향후 전망

IEEE 802.11 RTA TIG는 2019년 3월에 'IEEE 802.11 무선랜의 실시간 응용' 보고서를 발간 완료하고 활동을 종료하였다. 이 보고서에서 도출된 실시간 응용에 필요한 IEEE 802.11 무선랜의 저지연 및 지터 요구사항은 2019년 3월 회의에서 IEEE 802.11 EHT(Extremely High Throughput) SG(Study Group)이 작성한 PAR(Project Authorization Request) 문서와 CSD(Criteria for Standards Development) 문서에 반영되었다. IEEE 802.11 EHT는 AR, VR, 비디오 등의 실시간 응용 서비스를 지원할 수 있도록 무선 랜의 피크 스루풋(Peak Throughput)을 증가시키는 새로운 IEEE 802.11 표준 제정을 목표로 하고 있으며, 2019년 3월 IEEE 802 Plenary 회의에서 IEEE 802.11 EHT의 PAR/CSD 문서가 승인되었으며, IEEE 802.11be TG(Task Group)으로 출범하였다. 한편, 최근 IEEE 802.21 WG에서는 끊임 없는 HMD 기반 VR 콘텐츠 서비스를 위한 네트워크 기술의 표준화 연구를 추진하는 'Network Enablers for Seamless HMD based VR Content Service' SG가 활동 중이며, IEEE 802.21 WG은 IEEE 802.1, IEEE 802.11, IEEE 802.15 등의 관련 타 WG의 전문가들과 협력하여 무선 네트워크에서 실시간 VR 콘텐츠를 끊임 없이 서비스할 수 있도록 표준화를 추진해 나갈 예정이다.