

3GPP 기반 지상파 방송기술 동향

글. 안석기, 정희윤, 권선형, 박성익 · 한국전자통신연구원(ETRI) 미디어방송연구실

서론

이동통신 기술을 규격화하는 단체인 3GPP(3rd Generation Partnership Project)의 기술인 LTE가 지난 2009년 스웨덴 스톡홀름과 노르웨이 오슬로에서 처음 서비스된 이후 글로벌 이동통신 사업자들은 LTE 이동통신 규격을 시작으로 LTE-A, LTE-A Pro 기술로 이어지는 4G 이동통신 기술을 활용하여 초고속 데이터 통신의 시대를 이끌어왔다. LTE 기술의 도입 이후 급격히 증가한 모바일 단말들과 이동통신 사용자들의 다양한 요구를 수용하기 위하여 3GPP는 5G NR(New Radio) 이동통신 기술을 도입하였으며, 국내 이동통신 3사는 전 세계 최초로 5G NR 신호를 송출하여 5G 이동통신의 상용화를 주도하며 방송통신기술 분야에서 우리나라의 영향력을 입증하였다. 이는 2017년 5월 세계최초로 4K-UHD 지상파 방송을 송출하며 4K-UHD 지상파 방송의 상용화를 주도하고, 2014년 LTE 기반의 방송서비스가 가능한 기술인 eMBMS(evolved Multimedia Broadcast Multicast Service) 기술의 세계최초 상용화를 이끌어냈던 기억을 떠올리게 한다. 3GPP의 이동통신 기술을 기반으로 지상파 방송서비스까지 제공이 가능한 MBMS 기술은 이후에도 지속적으로 발전을 거듭해 최근에는 5G 방송(5G broadcast) 기술로 진화하여 5G 기술의 한 축이 되었다. 본 고에서는 이러한 MBMS 기술의 표준화 동향 및 전 세계의 MBMS 연구 개발 동향에 대해 소개하고자 한다.

MBMS : 3GPP 이동통신 기술 기반의 방송 전송 기술

이동통신 기술은 3G에서 LTE로 진화하면서부터 대용량 데이터 및 고화질 미디어 전송이 가능해졌으며, 이후 LTE 기술은 LTE-A, LTE A Pro 기술로 거듭 진화하여 근래에는 스마트폰을 이용하여 어디에서나 미디어를 쉽게 소비할 수 있게 되었다. 특히 최근 몇 년간 넷플릭스나 유튜브 등의 OTT(Over The Top) 서비스가 급속히 확산

하면서 미디어 서비스 산업이 크게 활성화되었다. 기존의 지상파 방송 표준 단체인 ATSC(Advanced Television Systems Committee)와 DVB(Digital Video Broadcasting)도 지상파 방송서비스를 모바일 기기에 제공할 수 있는 방송 표준을 제정하였으나, 아직은 활성화되지 못한 상황이다. 그 결과 현재 휴대용 기기를 통한 미디어 소비는 전적으로 이동통신망에 의존하고 있으며, 이로 인해 향후 고품질 미디어 서비스의 대중화로 인한 이동통신망의 트래픽 폭증에 대한 위험이 내재한 상황이다.

3GPP는 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access) 기반의 3G 표준에서부터 미디어 서비스를 자원 효율적으로 제공하기 위하여 셀룰러 이동통신망을 기반으로 방송(broadcast) 서비스나 멀티캐스트(multicast) 서비스가 가능한 MBMS 기술을 도입하였다. MBMS 기술 도입 초기에는 이동통신 사업자들이 사용하는 LPLT(Lower Power Low Tower) 기지국 인프라를 기반으로 기술이 개발되었고, 이후에는 방송사업자들의 요구를 수용하여 HPHT(High Power High Tower) 기지국 인프라까지 포함되었다. MBMS 기술은 셀룰러 환경에서의 유니캐스트(unicast) 전송에 기반한 이동통신 기술보다 훨씬 더 넓은 커버리지(coverage)를 지원하고, 동일한 데이터가 다수의 사용자에게 같은 물리 자원을 통해 전달된다는 점에서 이동통신의 전송 기술과 큰 차이가 있다. [그림 1]은 이와 같은 MBMS 기술의 특징을 나타낸다.

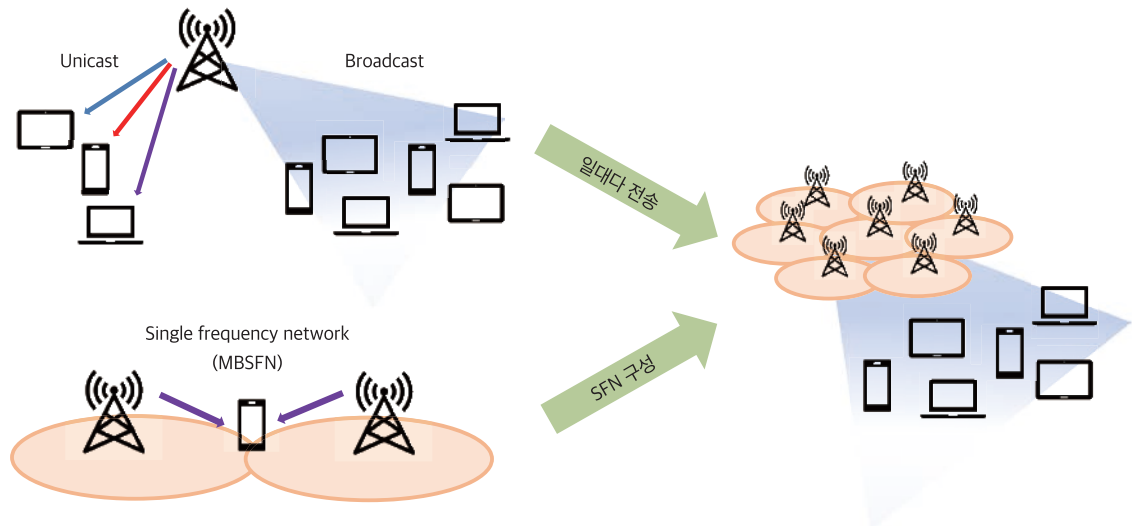


그림 1. MBMS 기술의 특징

이동통신에서 사용되는 유니캐스트 전송은 상향링크(uplink)를 활용하여 사용자별로 HARQ(Hybrid Automatic Repeat reQuest)를 통해 수신 오류 발생 시 재전송을 수행하거나 채널 정보 피드백(feedback)을 활용하여 송신 신호를 구성할 수 있고, AMC(Adaptive Modulation and Coding)과 같은 채널 적응형 전송도 수행할 수 있다. 하지만 유니캐스트 전송을 위해서는 사용자별로 독립적으로 자원을 사용해야 하는 단점이 있다.

이에 반해 MBMS 전송은 다수의 사용자에게 공통으로 자원을 할당하므로 서비스를 수신하는 사용자들이 많아 질수록 유니캐스트 전송보다 자원 효율이 급격히 올라간다. 이러한 MBMS 전송 성능은 수신 환경이 가장 열악한 사용자에게 의해 결정되므로, MBMS 기술은 이러한 worst-case 사용자의 성능을 향상시키는데 초점을 맞추어 개발되었다.

이동통신 기지국들로 구성되는 셀룰러 환경에서 이와 같은 worst-case 사용자는 주로 셀 경계(cell boundary)에 위치하며, 이러한 사용자들의 성능을 개선하기 위하여 MBSFN(Multimedia Broadcast multicast Single Frequency Network) 기술이 MBMS에 도입되었다. [그림 1]에서 보듯이 MBSFN을 통해 여러 기지국이 동시에 같은 송신 신호를 전송하면, 셀 경계에 위치한 단말의 수신 신호 세기가 커지고, 기존 간섭 신호들이 사라지게 되어 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio)이 크게 증가한다. 하지만 이러한 성능 이득을 얻기 위해서는 기지국들이 동시에 송신 신호 전송이 가능하도록 정교한 시간 동기화가 필요하고, 먼 기지국에서 온 송신 신호를 사용자 단말이 잘 처리할 수 있는 송수신 기술이 필요하다.

3GPP에서는 MBMS 기술을 통해 지상과 방송서비스에서 요구되는 넓은 커버리지를 지원하는 방법으로 2가지를 고려한다. 첫 번째는 이동통신 사업자들이 사용하는 LPLT 인프라 기반으로 MBSFN을 구성하여 MBMS 서비스를 제공하는 것이다. 이를 위해서는 [그림 2]와 같은 MBSFN 영역의 구성이 필수적이다. [그림 2]에서 작은 육각형들은 LPLT 기지국들이 구성하는 셀 영역을 나타내고, 검은색의 큰 원은 미리 구성된 정교한 시간 동기화가 가능한 기지국들의 집합인 MBSFN 동기 영역을 나타낸다. 그리고 붉은색 원과 파란색 원은 MBMS를 통해 전송되는 서비스 영역을 나타내며, 특정 서비스나 콘텐츠를 기준으로 구분된다. 최종적으로 MBSFN 영역은 MBSFN 동기 영역과 MBSFN 서비스 영역으로 동시에 구분되며, 물리적으로 동일한 신호가 전송되는 영역을 의미한다.

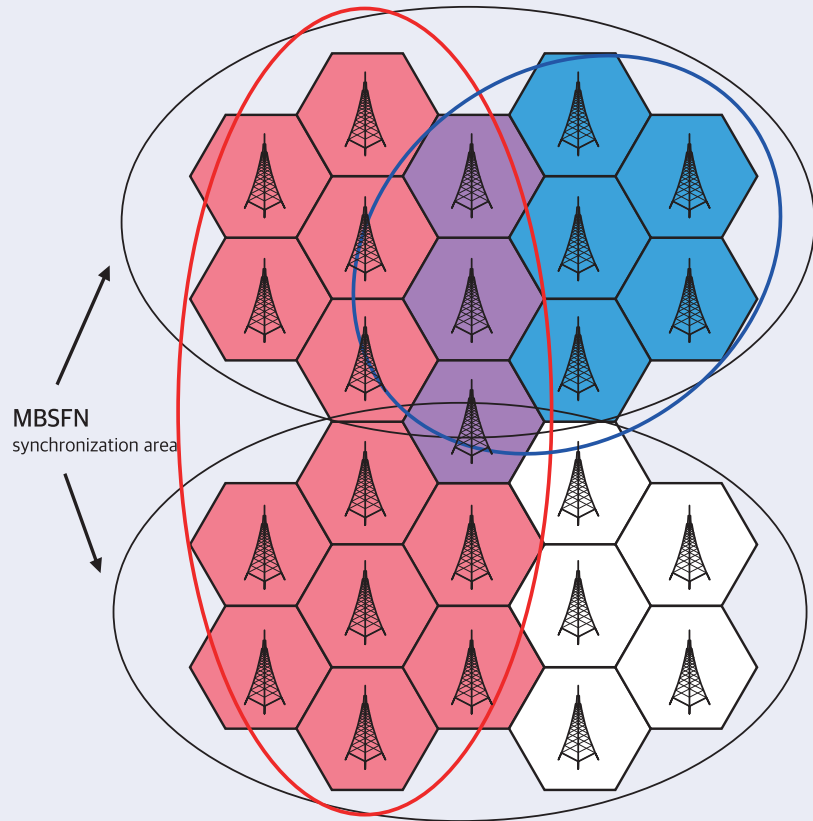


그림 2. MBSFN 구성도

MBMS 서비스를 제공하는 두 번째 방법은 방송사업자들이 사용하는 HPHT 인프라를 이용하는 것이다. 3GPP는 HPHT 인프라를 기반으로 MBMS 서비스를 제공하기 위하여, HPHT의 커버리지를 지원할 수 있도록 MBMS 송신 신호를 규격화하였다. 또한 HPHT는 상향링크가 없고 유니캐스트 전송과의 공존이 어려우므로, 하향링크 전용(downlink-only) 전송을 고려한 수신 전용 모드(received only mode)를 도입하고 MBMS 전용 캐리어(MBMS-dedicated carrier)를 도입하였다.

MBMS 기술의 3GPP 표준화 동향

[그림 3]은 3GPP의 이동통신 기술 표준화 흐름에 따라서 MBMS 기술의 표준화 과정을 나타낸 것이다. MBMS는 Rel-6에서 WCDMA 기반의 3G향으로 처음 표준화되었으며, 3G 이동통신망을 통해 모바일 TV 서비스를 효율적으로 제공하기 위하여 도입되었다. 하지만 MBSFN으로 인해 증가하는 다중 경로(multi-path) 채널 효과를

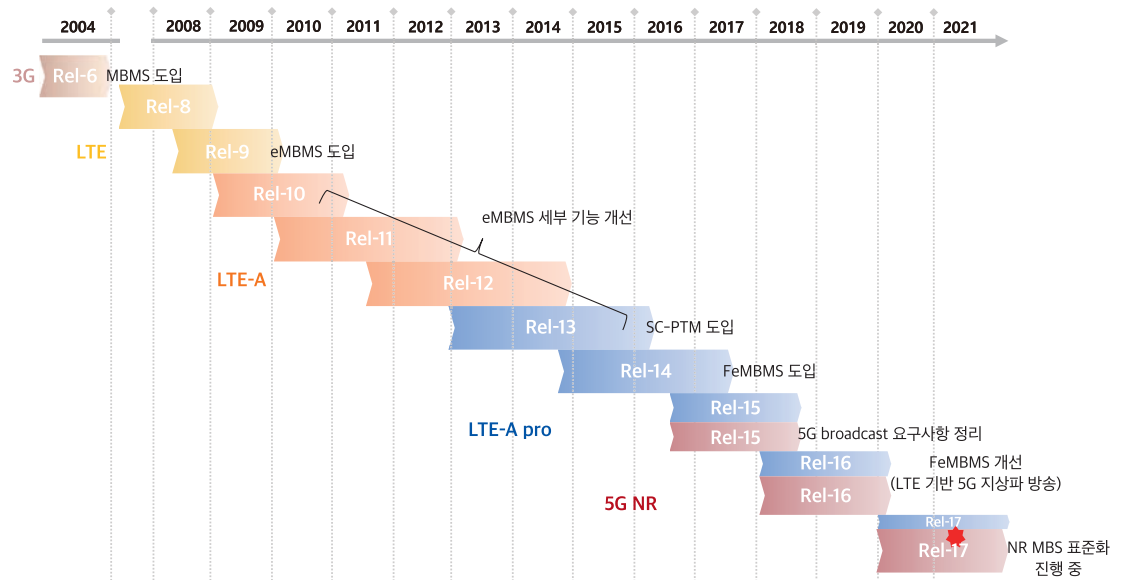


그림 3. MBMS 표준화 동향

RAKE 수신기를 통해 효율적으로 처리하기가 어려워, 만족스러운 성능을 제공하지는 못하였다. 또한 이 시기에는 모바일 기기를 통한 미디어 소비량이 많지 않아 결과적으로 MBMS 기술은 주목받지 못하였다.

이후 3GPP는 2008년경부터 OFDM(Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) 기술을 기반으로 LTE 표준화를 본격적으로 진행하였고, LTE의 광대역 서비스에 힘입어 모바일 기기를 통한 미디어 수요가 서서히 증가하였다. 이후 Rel-9에서 LTE 기술을 기반으로 한 MBMS 기술의 표준화가 진행되었으며, LTE의 넓은 대역폭(bandwidth)을 활용하여 높은 전송률 지원이 가능해지고, OFDM의 CP(Cyclic Prefix)를 조절함으로써 효율적으로 MBSFN 구성이 가능해졌다. 이러한 LTE 기반의 MBMS 기술은 eMBMS라고 명명되었으며, 동시에 LTE broadcast라고 불린다.

eMBMS 기술이 도입된 이후 Rel-10부터 Rel-13에 이르기까지 몇 년 동안 MBMS 서비스 기능 개선 작업이 진행되었다. 먼저 Rel-10에서는 MBSFN을 효율적으로 운영하기 위하여 MBMS 서비스를 제공받는 단말들의 분포를 기반으로 MBMS 전송 유무를 조절하고, MBSFN 서비스 영역을 동적으로 조절하는 기능이 추가되었다. 이후 Rel-11에서는 단말의 셀 간 핸드오버(handover) 상황이나 LTE의 다중주파수(multi-frequency) 네트워크상에서의 MBMS 서비스 연속성과 서비스 품질이 향상되었다. Rel-12에서는 단말의 피드백 정보를 활용한 MBMS 서비스 개선에 집중하였으며, 피드백을 기반으로 MBMS를 활성화/비활성화하는 MoD(MBMS operation on Demand) 기능이 대표적이다. Rel-13에서는 MBSFN 운용 효율을 향상하기 위한 이전의 노력과는 별개로, 이동통신사업자들의 요구에 따라 단일 셀 내에서 MBMS 전송과 유니캐스트 전송의 효율적인 공존을 꾀하였고, 그 결과로 SC-PTM(Single-Cell Point-To-Multipoint) 기술이 MBMS 기술의 일환으로 포함되었다. 이때부터 단일 셀 내에서는 유니캐스트 전송 기술이 사용하는 다양한 기능을 사용할 수 있는 MBMS 전송이 가능해졌다.

eMBMS 도입 이후에 여러 번의 Release들을 거치며 LPLT 인프라 기반의 eMBMS 성능 개선에 집중해왔던 3GPP는 Rel-14 표준화를 통해 방송사업자들의 요구사항을 MBMS 기술에 반영하였고, 이로써 MBMS 기술은 비약적인 변화를 맞이하였다. Rel-14에서는 지상파 방송의 수신 단말 확대를 꾀하였던 방송사업자들이 모바일 단말들에 방송서비스를 제공하기 위하여 HPHT 방송 네트워크에서 MBMS 전송이 가능하도록 요구하였고, 그 결과 eMBMS와 차별화되는

FeMBMS(Further evolved MBMS) 기술이 도입되었다. FeMBMS 기술은 eMBMS가 가지고 있던 여러 제한 사항들을 극복하여 HPHT 인프라를 소유한 지상파 방송사업자들이 모바일 단말들에 지상파 방송서비스를 제공할 수 있도록 하였다. 관련하여 이동통신 서비스 수신에서 필요한 유심(USIM) 없이도 MBMS 신호 수신이 가능한 수신 전용 모드가 FeMBMS에서 정의되어 종래 지상파 방송과 유사한 서비스가 가능하게 되었다. 또한 HPHT 인프라가 지원하는 커버리지에 맞는 송신 신호 구성을 추가하고, 별도의 트랜스코딩(transcoding) 없이도 DVB와 ATSC와 같은 기존 방송사업자들의 콘텐츠들도 전송이 가능해졌다. 이러한 노력을 통해 3GPP는 MBMS 네트워크를 다양한 포맷의 콘텐츠와 다양한 방송/통신 사업자들을 지원할 수 있는 공용 전송 플랫폼으로 만들고자 하였다.

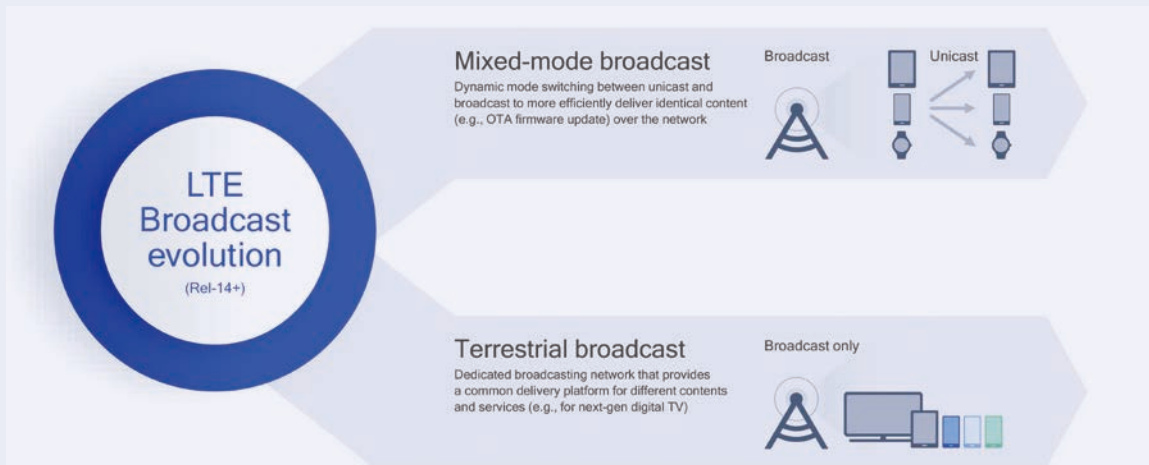


그림 4. 5G Broadcast 기술 / 출처 : Qualcomm LTE advanced Pro presentation

이후에 Rel-15를 기점으로 5G 표준화가 진행되면서 5G 기술에 대한 다양한 요구 조건들이 정의되고, 그 일환으로 5G 방송(5G broadcast)에 대한 요구사항도 함께 정의되었다. 3GPP는 5G 방송 요구사항들을 기반으로 5G 방송에 대한 오랜 논의 끝에 5G 방송을 [그림 4]와 같이 기술적으로 2가지 접근으로 구분하였다. 이는 5G 방송에 대한 요구사항으로 지상파 방송 서비스와 같은 넓은 커버리지를 지원하는 선형(linear) 방송서비스뿐만 아니라 좁은 서비스 영역에서 유니캐스트와의 효율적인 공존이 가능하고 동적 변경이 가능한 조건이 포함되어 필수적으로 생각되었다. 먼저 지상파 방송서비스 측면에서는 5G 표준화 직전에 LTE 기반으로 지상파 방송서비스 제공이 가능한 FeMBMS 기술이 도입되었기에, 3GPP는 Rel-16에서 FeMBMS 기술이 5G 지상파 방송 요구사항을 만족하도록 개선하고, 이를 5G 지상파 방송기술로 명명하였다. 그 결과 LTE 기반 5G 지상파 방송(LTE-based 5G terrestrial broadcast)이 탄생하였으며, 이동통신 기술 기반의 최신 지상파 방송기술로서 5G-MBMS 기술로도 불린다.

[그림 4]에서 5G 방송의 다른 접근인 유니캐스트와의 공존을 고려한 5G 방송기술은 5G에서 더욱 강조되는 버티컬 서비스(vertical services)에 포함되는 다양한 애플리케이션(application)에 필요한 방송기술로써 NR RAN 기반으로 Rel-17에서 기술 표준화가 진행 중이다. 해당 기술은 방송 전송과 유니캐스트 전송의 효율적인 공존을 강조하며, mixed-mode란 이러한 두 가지 전송 방식의 동적 전환과 효율적인 공존을 의미한다. 이와 별개로 Rel-17에서는 MBMS 전송에 한정하여 LTE의 주파수 대역폭인 5MHz와 10MHz 사이에 6/7/8MHz를 추가하기로 하였다. 이로써 기존 방송 표준인 DVB, ISDB-T, 그리고 ATSC가 사용 중인 UHF 방송 주파수 대역을 MBMS 전송

에 그대로 활용할 수 있게 되었으며, 3GPP는 향후 UHF 방송 주파수 대역을 LTE 주파수 대역으로 신규 편입하기로 결정하였다.

MBMS 기술의 국내 및 해외 동향

College Football Playoff

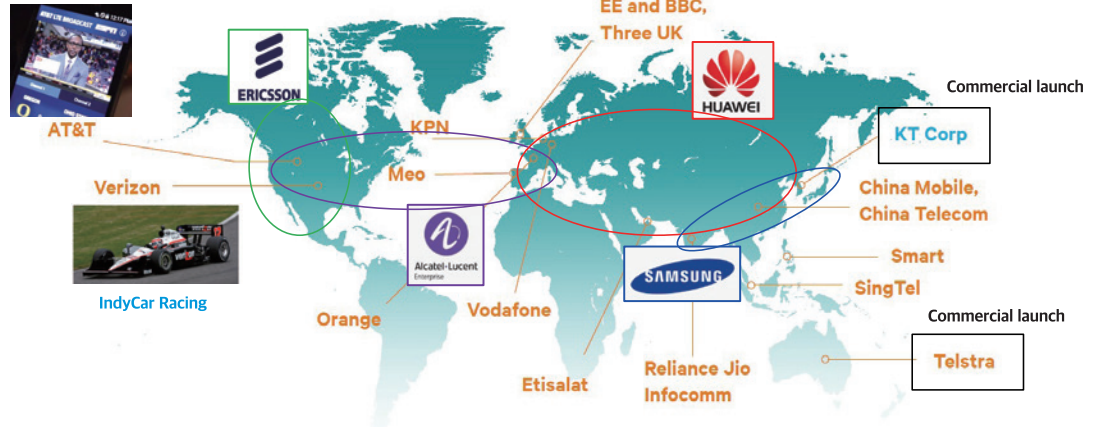


그림 5. eMBMS trials and commercial launch / 출처 : LTE Broadcast: Evolving and going beyond mobile (Qualcomm)

LTE 기반으로 개발된 eMBMS 기술의 trial은 주로 네트워크 벤더(vendor)로 에릭슨(Ericsson), 알카텔-루슨트(Alcatel-Lucent), 화웨이(Huawei), 삼성이 참여하고, 세계 각지의 이동통신 사업자들이 함께 참여하여 진행되었다 ([그림 5] 참조). 대표적으로 미국에서는 AT&T나 Verizon이 에릭슨과 함께 eMBMS 기술을 이용하여 풋볼, 슈퍼볼, 레이싱 경기를 중계하였다. 중국과 유럽의 이동통신 사업자들은 주로 화웨이와 eMBMS trial을 진행하였으며, 삼성은 인도의 Jio나 KT와 함께 eMBMS trial을 진행하였다. 이러한 trial들을 거쳐 eMBMS의 상용서비스까지 이어진 사례로는 한국의 KT와 호주의 제1이동통신 사업자인 Telstra를 꼽을 수 있다.



그림 6. KT의 eMBMS 상용화 서비스 / 출처 : 연합뉴스, “다음스포츠, 데이터 부담 없이 HD급 야구 중계 서비스”, 2015.6.29.

한국에서는 KT가 삼성전자와 함께 eMBMS 기술을 세계최초로 상용서비스에 도입하였다. KT는 2014년 ‘올레TV 모바일’ 애플리케이션을 개발하여 삼성전자의 갤럭시 노트3 단말 사용자를 대상으로 스포츠 중계 서비스를 제공하였다. 이후 2015년에는 카카오와 협력하여 ‘올레 기가 파워라이브’ 서비스를 출시하였다 ([그림 6] 참조). KT는 eMBMS 기술을 통해 DMB 화질의 10배 수준인 HD(High-Definition)급 영상을 별도의 데이터 요금 없이 제공하였다. 해당 서비스들을 통해 서울과 부산 지하철, 전국 6개 야구장을 대상으로 프로야구 무료중계를 제공하였으나, 비즈니스 모델의 부재로 서비스가 정착되지 못하여 eMBMS 전국망 구축으로 이어지지는 못하였다.

호주의 제1 이동통신 사업자인 Telstra는 2017년에 시드니와 멜버른에서 eMBMS 기술을 이용하여 스포츠 중계 서비스를 시작하였다. 이후에는 eMBMS 전국망을 구축하고, AFL(Australian Football League)의 6년 중계권을 20억 불 규모로 계약하여, 이를 eMBMS 망을 이용하여 제공해오고 있다 ([그림 7] 참조). 이를 통해 Telstra 가입자들은 해당 서비스를 무료로 이용할 수 있으며, 중계 스포츠 종목은 계속해서 추가 중이다.



그림 7. 호주 Telstra eMBMS 상용화 서비스 / 출처 : Telstra 홈페이지(www.telstra.com.au)

독일의 Rohde & Schwarz, IRT(Institut fuer Rundfunktechnik)를 포함한 방송 관계사들은 방송용 콘텐츠를 5G 네트워크를 통해 효율적으로 전송하기 위하여 5G TODAY 프로젝트를 진행하였다. 해당 프로젝트의 일환으로 독일 뮌헨 지역에 HPHT 송신소를 구축하고, 2018년에 FeMBMS의 필드테스트를 수행하였다. 이를 위해 HPHT 송신기 2대를 64km 간격으로 설치하여 SFN을 구성하였으며, 700MHz 대역의 5MHz 대역폭을 이용하여 전송률 3.5Mbps 수준의 HD 영상 4개를 동시에 서비스할 수 있음을 검증하였다 ([그림 8] 참조).



그림 8. 독일 5G TODAY 필드테스트 / 출처 : 5G TODAY 홈페이지(5g-today.de/?lang=en)



그림 9. Stuttgart 송신소 전경과 5G Media2Go 프로젝트 구성원 / 출처 : www.presseportal.de/pm/136687/4723015

5G 방송 trial은 현재 유럽과 중국이 주도적으로 진행 중이며, 독일에서는 제1공영방송사인 ARD 계열의 남서독 일방송의 주도로 도이치 텔레콤, 포르쉐, Rohde & Schwarz 등 다수의 협력사와 함께 컨소시엄을 구성하여 국책 과제인 ‘5G Media2Go’ 프로젝트를 진행 중이다. 2020년 10월부터 2년간 진행되는 이 프로젝트는 Stuttgart와 Heilbronn에 설치된 2대의 HPHT 송신기 외에 다수의 LPLT 인프라 기반 네트워크를 포함하여 진행되며, UHF 대역 TV채널 40번(622~630MHz)을 사용한다. 해당 프로젝트는 차량용 인포테인먼트 시스템을 기반으로 이동 차량을 위한 방송서비스를 5G 방송기술로 제공하고자 한다.

중국에서는 대표 방송사인 중국중앙텔레비전 주도로 2022년 베이징 동계올림픽을 타겟으로 8K 영상 콘텐츠를 5G 네트워크를 기반으로 중국 내 주요 도시에 실시간으로 제공하기 위한 프로젝트가 진행 중이다. 이를 위해서 중국 내 주요 이동통신 사업자인 차이나 모바일(China Mobile), 차이나 텔레콤(China Telecom), 차이나 유니콤(China Unicom) 등과 협력 중이며 상하이, 광저우를 비롯한 9개 주요 도시의 공공장소에 8K TV를 설치하여 서비스를 제공할 계획이다.

결론

셀룰러 이동통신 기술에 근간을 두고 지속해서 발전을 거듭해온 3GPP MBMS 기술은 모바일 기기를 통한 미디어 소비가 급증하는 시대의 흐름에 따라 자연스럽게 미디어 전송 기술의 한 축이 되어 가고 있다. WCDMA 기반의 3G 시절에 처음 도입되어 LTE 표준화를 거치며 크게 진화된 MBMS 기술은 최근 5G 방송의 요구조건까지 만족하도록 개선됨으로써 MBMS 기반 지상파 방송서비스 제공의 기술적 토대는 마련되었다. 우리나라가 이전 eMBMS 세계최초 상용화의 경험을 토대로 5G 방송의 활성화를 주도한다면, 세계 최초 4K-UHD 지상파 방송을 송출하며 획득한 지상파 방송 분야의 기술 리더십을 더욱 공고히 할 수 있을 것으로 예상된다.

이 문서는 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020-0-00846, 5G와 방송망(ATSC 3.0) 연동 전송 기술 개발). 