



이동통신 시스템을 이용한 방송서비스 기술 : LTE eMBMS

+ 김준수 한국산업기술대학교 조교수

방송과 이동통신

공중파 방송과 이동통신은 무선통신 기술을 이용해 데이터를 전송한다는 점에서 닮았지만 시스템의 구성이나 응용 서비스 측면에서 많은 차이점을 가지고 있다. 때문에 전통적으로 방송과 통신은 다소 독립적으로 발전해왔으며 각 엔지니어의 활동 영역도 그다지 겹치지 않았다. 그러나 언젠가부터 방송과 통신의 거리가 좁혀지고 있다. 방송은 콘텐츠를 전달하고자 하는 새로운 매체에 대한 요구 증가로 통신에 관심을 갖게 되었고 통신은 포화된 음성통신 시장을 극복할 수 있는 새로운 서비스에 대한 요구로 방송에 주의를 기울이기 시작한 것이다. 또한 스마트폰과 같은 고성능 이동단말의 폭발적 보급 역시 방송과 통신의 거리를 좁히는 데 일조하고 있다. 본고에서는 이동통신의 입장에서 방송 서비스를 수용하기 위한 대표적 전송기술인 LTE eMBMS에 대해 살펴본다.

이동통신의 변천

흔히 셀룰러 통신시스템이라 불리는 이동통신 시스템은 현재 4세대(4G) 시스템이 상용화된 상태이며 세대별 특징을 살펴보면 다음과 같다. 1세대(1G) 시스템은 아날로그 전송 방식을 사용하였고 2세대(2G) 시스템은 디지털 전송방식을 통해 주로 음성서비스를 제공했다. 3세대(3G) 시스템은 음성 위주의 2세대 시스템을 넘어 데이터 전송효율을 개선하여 핸드폰으로 인터넷 접속이 가능하게 하였으며 4세대 시스템은 데이터 전송 속도를 더욱 향상시켜 최근에는 모바일 기기를 이용한 인터넷 접속이 PC를 이용한 접속을 능가하는 수준에 이르게 하는 원동력이 되었다.

이동통신 시스템 표준을 주도하는 단체는 유럽을 중심으로 하는 3GPP(3rd Generation Partnership Project)와 북미를 중심으로 하는 3GPP2(3rd Generation Partnership Project 2)가 있다. 우리나라는 2세대 시스템을 위해 3GPP2의 표준인 CDMA 방식을 사용하다가 3세대에 들어서 3GPP의 표준인 WCDMA/HSDPA를 주로 사용하였다. 물론 3세대 시장에서 3GPP2의 표준인 1xEV-DO를 상용화하기도 하였으나 여러 이유로 시장의 호응을 얻지는 못했다. 이 연장선에서 3GPP2는 별다른 4세대 표준기술을 만들지 못했고 그 결과 3GPP의 LTE(Long Term Evolution)와 LTE-A(Long Term Evolution - Advanced)가 4세대 시스템의 실질적 단일 표준 시스템으로 자리 잡았다.

방송과 통신의 개념적 차이

이동통신 시스템인 LTE는 넓은 지역에 분포하는 다수의 사용자 단말에 음성통신 서비스와 데이터 서비스를 제공하기 위해 넓은 지역을 셀(Cell)이라는 작은 영역으로 나누고 셀마다 설치된 기지국을 통해 이동단말에 통신 서비스를 제공한다. 셀의 반경은 수백 미터에서 수킬로 미터에 달하며 인구밀도가 높을수록 반경이 줄어든다. 일반적으로 대도시 하나를 서비스하기 위해 수십 개 혹은 수백 개의 셀이 필요한데, 공중파 방송의 경우 1~2개의 송출 안테나로 대도시 하나를 커버하는 것과 비교하면 이동통신의 셀은 매우 작은 크기의 영역이라 할 수 있다.

데이터를 전달하는 것을 '통신'이라 정의한다면, 통신방식을 세 가지로 나눌 수 있다. 유니캐스트(Unicast), 멀티캐스트(Multicast), 브로드캐스트(Broadcast)가 그것이다. 유니캐스트는 하나의 점에서 또 다른 하나의 점으로 데이터를 전송하는 것으로 단대단(point-to-point) 통신이라 한다. 반면, 멀티캐스트와 브로드캐스트는 하나의 점에서 다수의 점으로 동일한 데이터를 동시에 전송하는 단대다(point-to-multi point) 통신 방식이다. 이때 멀티캐스트와 브로드캐스트를 구분하는 기준은 수신단의 특징에 있다. 즉 멀티캐스트는 특정한 다수의 수신단에 데이터를 전송하는 반면 브로드캐스트는 불특정 다수의 수신단에 데이터를 전송한다. 일반적으로 브로드캐스트를 '방송'이라고 번역하는데, 공중파 방송이아말로 가장 대표적인 브로드캐스트 통신 방식이다. 방송국(송신 안테나) 입장에서 누가 어디에서 수신하는지 알 수 없고 현재 송출한 데이터를 잘 수신했는지 실시간으로 확인할 방법도 없기 때문이다. 때문에 어떤 사용자가 얼마만큼의 데이터를 수신했는지 계량할 수 없고 이에 따라 과금하는 것도 불가능하다.

반면, 이동통신은 유니캐스트에 최적화된 시스템이다. 모든 이동단말은 매 순간 기지국과 독점적으로 통신한다. 기지국과 이동단말 사이에는 데이터가 오고가는 양방향 데이터 채널이 설정될 뿐만 아니라 데이터 채널의 성능과 서비스 품질을 유지하기 위해 다수의 제어 채널이 함께 사용된다. 이러한 채널들을 통해 각 사용자 단말이 요구하는 서비스를 제공한다. 이처럼 이동통신 시스템은 각 사용자 단말에 특화된 서비스를 제공하고 서비스의 품질을 유지하기 위해 방송보다 많은 양의 자원과 복잡하고 세밀한 제어를 필요로 한다. 이러한 이유로 사용자의 수가 많아질수록 이동통신을 위한 셀의 수도 함께 증가한다.

이상에서 살펴본 바와 같이 방송과 이동통신 사이에는 구조적인 차이가 있다. 이 차이는 방송과 통신이 목표로 하는 서비스의 차이에서 기인한 것이다. 이러한 상황에서 이동통신 시스템을 통해 방송 서비스를 제공하기 위해서는 구조적 차이가 만드는 기술적 난제를 극복해야만 한다. 그동안 이동통신 엔지니어들의 주 관심사는 유니캐스트 전송 성능을 극대화하는 것이었으나, 이동통신 시스템의 신규 서비스의 일환으로 방송, 즉 멀티캐스트 또는 브로드캐스트에 관한 연구개발을 진행해왔다. 그 결과물로 LTE 시스템을 이용해 멀티미디어 방송 서비스를 제공하고자 하는 eMBMS가 표준화된 것이다. 한 가지 첨언을 하자면, 이동단말을 통해 방송 서비스를 제공하는 시도는 이전에도 있었다. 지상파/위성 DMB가 그것이다. 그러나 DMB와 eMBMS의 근본적 차이는 eMBMS는 이동통신 시스템 자체를 이용해 방송을 제공하는 것이라면 DMB는 이동통신과 별개의 시스템으로 단지 이동단말에 물리적으로 공존하는 것이라는 점이다.

LTE와 eMBMS

앞서 설명한 바와 같이 LTE는 개별 사용자 단말에 통신서비스를 제공하는 이동통신 시스템이며 eMBMS는 LTE 시스템을 그대로 활용하여 다수 단말에 동일한 데이터, 즉 방송 데이터를 전송하는 기술이다. eMBMS는 evolved Multimedia Broadcast and Multicast Service의 약자로 'evolved'라는 접두어로 미루어 이전에 MBMS라는 기술이 존재했었고 이에 대한 업그레이드 버전이 eMBMS라는 것을 짐작할 수 있다. 정확하게는 MBMS는 3세대 이동통신 시스템인 WCDMA 시스템에서 사용된 기술인 반면 eMBMS는 4세대 이동통신 시스템인 LTE 시스템을 위해 개발된 것이다.

3세대 시스템인 WCDMA에서 4세대 시스템인 LTE로 진화할 때 발생한 가장 큰 변화는 물리계층에서의 다중화(multiplexing)/다중접속(multiple access) 기술의 변화이다. 다중화 혹은 다중접속이란 동일한 매체를 통해 서로 다른 데이터를 전송할 때 서로 섞이지 않도록 자원을 분배하는 방식을 말하는데, WCDMA 시스템은 CDMA(부호분할다중화) 방식을 사용하는 반면 LTE 시스템은 OFDMA(직교주파수분할다중화) 방식을 사용한다. 따라서 eMBMS 역시 OFDMA 방식으로 동작하도록 설계되었다.

eMBMS의 핵심기술

[그림 1]은 이동통신 시스템의 다중셀 구조의 예로써 7개의 셀과 중심셀에 있는 하나의 이동단말을 보여준다.

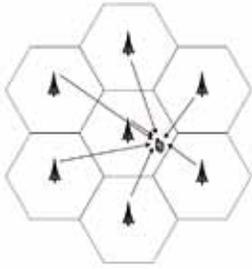


그림 1. 다중셀 구조의 예

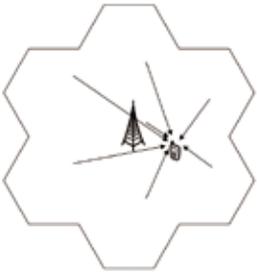


그림 2. 가상적으로 방송처럼 동작하는 다중셀

'방송'의 본질은 같은 데이터를 다수의 사용자에게 동시에 전송하는데 있다. 일반적인 지상파 방송의 경우 하나의 송출 안테나가 수십만 개 혹은 그 이상의 TV 수신 단말에 데이터를 전송하기 때문에 동일 데이터를 다수의 사용자에게 동시에 전송하는 목적을 비교적 손쉽게 달성할 수 있다. 그러나 [그림 1]과 같이 다수의, 지역적으로 분포된 기지국 안테나를 통해 같은 데이터를 동시에 전송하는 것은 그리 쉬운 일이 아니다. 따라서 이동통신 시스템이 방송 시스템과 동일하게(혹은 유사하게) 동작하도록 하는 것은 사용자 단말의 입장에서 [그림 1]의 다중셀이 [그림 2]의 단일셀과 같이 동작하는 것으로 느끼도록 하는 것과 같다. 즉, 사용자 단말은 [그림 2]와 같이 동작하는 것으로 느끼지만 실제로는 [그림 1]과 같이 동작하도록 하는 것이다. 그러나 이 목표를 달성하기 위해서는 두 가지 난제를 해결해야만 한다.

첫 번째 문제는, [그림 1]의 다수의 기지국 안테나가 [그림 2]의 단일 안테나처럼 동작해야 한다는 것이다. 즉, 기지국 간의 동기화(synchronization) 문제이다. 일반적으로 기지국은 기지국 제어장치의 관리를 받는다. 하나의 기지국 제어장치에는 다수의 기지국이 유선으로 연결되어 있고 코어 네트워크로부터 들어온 데이터는 기지국 제어장치를 통해 기지국에 분배되고 사용자 단말에서 발생한 데이터는 기지국 제어장치를 통해 코어 네트워크로 전달된다. 또한 기지국 제어장치는 각 기지국의 서비스 품질을 위해 다양한 자원관리 프로토콜을 운영한다. eMBMS는

다수의 기지국 간의 정밀한 동기를 위해 SYNC라는 새로운 프로토콜을 도입하였다. SYNC 프로토콜은 기지국과 기지국 제어장치 사이에서 동작하며 방송 서비스를 제공하는 동안 서로 다른 기지국이 마치 하나의 방송 안테나처럼 동작할 수 있도록 동기를 유지한다.

두 번째 문제는, 전파의 다중경로전송 및 지연도착 문제이다. SYNC 프로토콜을 통해 동기화된 여러 기지국이 동시에 동일한 데이터를 전송할 경우 각 기지국에서 송출된 전파가 서로 다른 경로를 통해 전달된다. 도심과 같이 높은 건물 등의 장애물이 많은 환경에서는 산란, 회절, 반사에 의해 더욱 다양한 전송경로가 형성되고 각 경로의 길이에 따라 서로 다른 전송 지연을 겪는다. 다중경로전송과 지연도착은 무선통신에서 일반적으로 발생하는 페이딩 현상이나 eMBMS의 경우 넓은 영역에 분포한 여러 기지국이 동시에 전송하기 때문에 다중경로전송 현상이 매우 심각하게 발생한다. 만약 서로 다른 기지국에서 송출한 동일한 신호가 사용자 단말에 동시에 도착한다면, 각 전파가 상호 중첩되어 수신 신호의 품질이 좋아진다. 그러나 서로 다른 시간에 도착하는 경우 각 전파가 상호 간섭으로 작용해 수신 신호의 품질이 저하되는 문제가 발생한다.

LTE 시스템은 다중화방식으로 OFDM(A)을 사용한다. OFDM은 주파수를 잘게 나누어(잘게 나누는 주파수를 서브캐리어라 한다) 각 서브캐리어에 데이터를 실어 보내는 방식이다. 일반적으로 다중경로전송이 발생하면 주파수 평면에서 신호가 왜곡되는 주파수 선택적 페이딩 현상을 보이는데, 주파수를 잘게 나누는 OFDM 방식은 이러한 주파수 선택적 페이딩에 다소 강건한 성질을 가지고 있다. 또한 OFDM은 다중경로전송에 의한 지연도착의 충격을 완화하기 위해 시간 영역에서 보호구간을 사용한다. [그림 3]은 OFDM

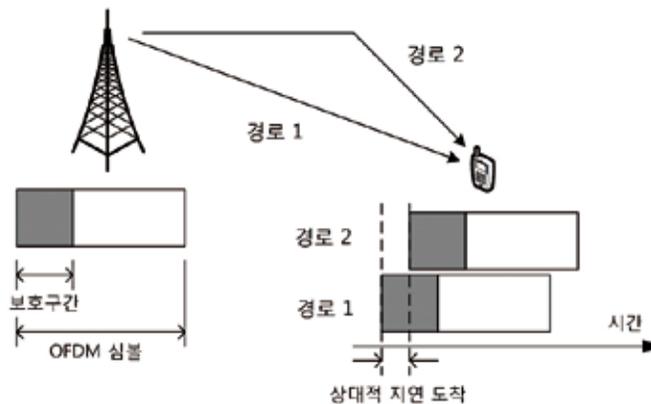


그림 3. OFDM 보호구간의 역할

보호구간의 역할을 보여주는 예이다. OFDM은 그림에서와 같이 하나의 심볼 앞부분(회색 부분)에 보호구간을 설정한다. 보호구간에 있는 데이터는 OFDM 심볼 중 흰색 부분의 일부를 복사한 것이다. 이 보호구간은 수신단에서 디코딩할 때 삭제된다. 기지국에서 전송된 OFDM 심볼이 두 개의 경로를 통해 전송되었다면 [그림 3]에서와 같이 서로 다른 시간에 도착하게 된다. 이때 상대적 지연이 보호구간보다 짧은 경우 보호구간을 삭제하고 디코딩함으로써 지연에 의한 충격을 완화할 수 있다. 보호구간이 길수록 경로 지연에 더욱 강건하지만 OFDM 심볼의 길이가 일정한 만큼 데이터를 실을 수 있는 영역이 줄어들어 전송효율이 떨어질 수 있다. 따라서 보호구간은 가능하면 짧은 것이 바람직하다. 일반적인 LTE 서비스를 위한 보호구간의 길이는 약 $5\mu\text{s}$ 이다.

그러나 $5\mu\text{s}$ 의 보호구간은 eMBMS에서 사용하기에는 너무 짧다. 즉, eMBMS는 심각한 다중경로전송 현상이 발생하기 때문에 일반적인 LTE의 보호구간을 적용할 수 없다. 이를 위해 eMBMS는 보다 긴 보호구간을 사용하는데, $16.7\mu\text{s}$ 와 $33.3\mu\text{s}$ 두 가지를 사용할 수 있도록 정의하고 있다. 일반적인 LTE 서비스와 비교해 5배 또는 6배 긴 보호구간을 사용하여 다중경로전송으로부터 오는 지연도착의 충격을 완화하여 서비스 품질을 유지한다.

eMBMS의 성능

eMBMS의 핵심 기술은 앞서 정리한 바와 같이 SYNC 프로토콜과 긴 보호구간의 사용이다. 긴 보호구간의 사용은 LTE 물리계층의 거의 모든 부분에 영향을 미친다. 특히 한 번에 전송할 수 있는 데이터 심볼의 개수가 달라지고 이에 따라 전송할 수 있는 데이터율 역시 영향을 받는다. 만약 10MHz 대역폭을 이용해 eMBMS 데이터를 전송하고 LTE가 사용할 수 있는 최대 변조방식인 64QAM을 사용할 경우 약 20Mbps 정도의 전송율을 얻을 수 있다. 이는 64kbps 방송채널 300개 또는 256kbps 채널 78개를 동시에 서비스할 수 있는 용량이다. 또한 LTE는 최대 20MHz까지의 대역폭을 사용할 수 있도록 하고 있다. 최근 우리나라에서도 20MHz 광대역 LTE 서비스를 시작하였는데, 20MHz를 사용할 경우 eMBMS로 전송할 수 있는 최대 용량은 약 40Mbps라 할 수 있다. 그러나 현재 버전의 eMBMS는 동적 자원 할당, 재전송 기능, 다중안테나 전송과 같은 LTE의 주요 기능을 사용하지 않기 때문에 최대 용량을 획득하는 것은 어려운 것으로 예상된다. 하지만 LTE 표준은 지속적으로 진화하고 있기 때문에 eMBMS의 성능도 점차 개선될 것이다.

eMBMS 서비스 시나리오

eMBMS의 주요 타겟 서비스는 모바일 TV 방송 서비스이다. 그러나 공중파 방송과 같이 전국적 규모의 방송 서비스는 쉽지 않을 것으로 보인다. 이를 위해서는 전국의 기지국을 동기화해야 하는 기술적 문제가 있기 때문이다. 따라서 현재 예상 가능한 것은 지역적/한시적 방송 서비스이다. 즉, 스포츠 경기 또는 공연과 같은 이벤트가 있을 경우 제한적으로 방송 서비스를 제공하는 것이다. 가령 월드컵 축구가 열리고 있는 스타디움의 경우 육안으로 경기를 관람하면서도 특정 선수의 움직임을 클로즈업해 보고 싶은 경우가 있을 수 있다. 이때 스타디움 주변의 기지국을 통해 선수별 채널을 방송하면 관람객은 스마트폰을 통해 보고 싶은 선수의 움직임을 실시간으로 선택해 시청할 수 있다.

또한 eMBMS는 방송 이외에 일반 데이터 전송에도 효율적으로 사용될 수 있다. 특히 스마트폰이 광범위하게 보급된 최근의 이동통신 환경에서 음성 및 멀티미디어 트래픽 이외에 급증한 트래픽은 데이터 트래픽이다. 다양한 데이터 서비스 중 동일한 데이터를 많은 사용자에게 전송할 필요가 있는 스마트폰 애플리케이션 소프트웨어 업데이트와 같이 일정한 주기로 발생하고 많은 사용자에게 동시에 전송할 수 있는 경우 eMBMS를 활용할 수 있다.

LTE 표준기술은 완성된 것이 아니라 지속적으로 진화하는 기술이다. 3GPP의 표준문서는 한 단계 완성될 때마다 release 번호를 붙여 공개하는데, 최신 버전은 release 11이며, 2014년 중에 release 12가 완성될 예정이다. 따라서 eMBMS도 LTE 기술의 진화와 함께 지속적으로 성능보완이 이루어질 것이다. 이와 함께 새로운 서비스를 탐색하고 있는 이동통신 분야에서 eMBMS 서비스가 조만간 이루어질 것으로 예상된다. 