
LTE 네트워크에서 방송서비스의 용량 효율성 분석

반태원* · 정방철* · 성길영**

Analysis of Capacity Efficiency of Broadcasting Service in LTE Network

Tae Won Ban* · Bang Chul Jung* · Kil-Young Sung**

요 약

스마트폰의 성능이 고도화 되고 무선 네트워크의 전송 능력이 획기적으로 개선되면서 동영상 방송 트래픽에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 이러한, 동영상 방송 트래픽은 일반 데이터 트래픽과 동일하게 유니캐스트 방식으로 전송하거나, 방송 트래픽 전용 전송 기술은 eMBMS 방식으로 전송할 수 있다. 유니캐스트 방식은 주파수 효율성이 높은 장점이 있는 반면, 사용자 수가 증가할수록 필요한 데이터 채널이 증가하므로 효율성이 급격히 저하 되는 단점이 있다. 반면, 방송 트래픽 전용 전송 기술인 eMBMS 방식은 다중 안테나 기술을 활용한 공간 다중화 방법을 적용할 수 없을 뿐만 아니라, 사용자별 채널 특성에 따른 적응적 변조 및 코딩 방식을 적용할 수 없으므로 주파수 효율성이 떨어진다. 그러나, eMBMS 방식은 단일 채널로 사용자 수와 무관하게 방송 서비스를 제공할 수 있는 장점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 동영상 방송 트래픽을 유니캐스트와 eMBMS 방식으로 전송할 경우의 전송 효율성을 분석하고, eMBMS 방식의 효율성이 유니캐스트 방식보다 높아지는 사용자 수를 도출하였다.

ABSTRACT

Recently, multimedia broadcasting traffic is explosively increasing since the performance of smartphones is significantly enhanced and capacity of mobile access network such as LTE is steeply increasing. We can accommodate the multimedia broadcasting traffic via general unicast scheme or eMBMS which is a broadcast-specific scheme. First, the unicast scheme provides higher spectral efficiency compared to the eMBMS. However, unfortunately, the efficiency of the unicast scheme dramatically decreases as the number of users increases. On the other hand, although the spectral efficiency of the eMBMS is lower than that of the unicast, it can serve many users with a channel. Thus, this paper defines and investigates the capacity efficiencies of the both schemes for multimedia broadcasting traffic. In addition, we derive the optimal number of users where the eMBMS can provide the higher capacity efficiency than that of the unicast scheme.

키워드

LTE, 동영상, 방송서비스

Key word

LTE, Multimedia, Streaming, eMBMS

* 종신회원 : 경상대학교 정보통신공학과 교수, 해양산업연구소

접수일자 : 2012. 09. 22

** 정회원 : 경상대학교 정보통신공학과 교수, 해양산업연구소 (교신저자)

심사완료일자 : 2012. 10. 04

I. 서 론

최근 몇 년 사이에 고성능 스마트폰이 본격적으로 확산되면서, 모바일 데이터 트래픽이 폭발적으로 증가하고 있다. 국내에서도 2009년 대비 2011년 말 기준으로 2년간 모바일 트래픽이 약 20배 이상 증가한 것으로 나타났다 [1]. 이러한, 모바일 데이터 트래픽의 폭발적 증가에는 다양한 동영상 서비스의 본격적인 확산이 큰 몫을 담당하였다. 특히, Cisco사에 따르면 2016년경에는 전체 모바일 데이터 트래픽 중 동영상 서비스가 약 70.1%를 차지할 것으로 예상된다 [2]. 그리고, 최근 Long Term Evolution (LTE) 의 본격 도입으로 무선 구간에서의 채감 품질이 향상되면서 이러한 현상은 더욱 가속화될 것이 틀림없다. 따라서, 이러한 동영상 서비스를 효율적으로 수용하기 위하여 LTE 네트워크에서의 방송 서비스 기술인 enhanced Multimedia Broadcast and Multicast Service(eMBMS)에 대한 관심이 높아지고 있다 [3, 4].

그러나, eMBMS 기술은 다중 안테나를 활용한 공간 다중화 기법을 적용할 수 없으며, 방송 서비스의 특성상 채널 상황에 따라서 적응적인 변조 및 코딩 기법을 적용할 수 없으므로 일반 데이터 전송 방식인 유니캐스트(Unicast) 방식 대비 주파수 효율성이 낮은 단점이 있다 [5, 6].

따라서, 본 논문에서는 방송 서비스를 일반 유니캐스트 방식과 eMBMS 기술로 수용할 경우의 용량 효율성을 비교 및 분석한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 LTE에서의 방송 서비스 기술인 eMBMS에 대하여 살펴보고, III 장에서는 유니캐스트와 eMBMS를 통하여 방송 서비스 수용시 용량 효율성을 정의하고 분석한다. IV 장에서는 성능 평가 결과를 제시하고, V 장에서 본 논문을 마무리 한다.

II. LTE에서의 방송 서비스 기술

본 장에서는 LTE에서 방송 서비스를 제공하기 위한 기술은 eMBMS에 대하여 살펴본다. 먼저, 그림 1은 eMBMS를 제공하기 위한 네트워크 구조를 나타낸다. Multicast Coordination Entity (MCE)는 eMBMS의 무선 자원 할당을 관장하며, Mobility Management Entity

(MME)는 eMBMS 세션을 제어한다. Broadcast/multicast Service Center (BMSC)는 인증 및 서비스 제공 등을 담당하며, MBMS-Gateway를 통하여 LTE 무선망과 연결된다.

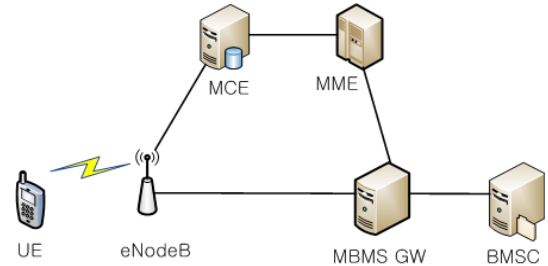


그림 1. eMBMS 네트워크 구조
Fig. 1 Network Architecture for eMBMS

그림 2는 LTE 하향링크 프레임 구조를 나타낸다. LTE에서는 한 프레임이 10msec 구간에서 10개의 하부 프레임(subframe)으로 구성된다. 10개의 하부 프레임 중 0, 4, 5, 9번 프레임은 eMBMS용으로 사용할 수 없게 규정되어 있다. 따라서, 전체 LTE 자원 중 최대 60% 까지 eMBMS 용으로 활용 가능하다.

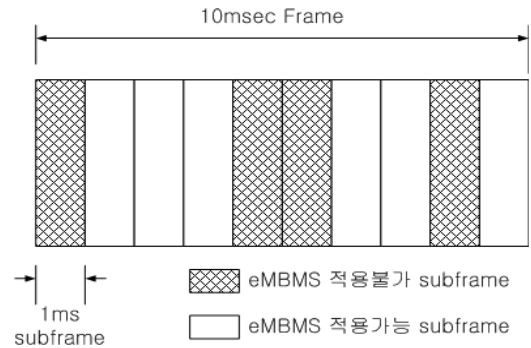


그림 2. LTE 하향링크 프레임 구조
Fig. 2 LTE Downlink Frame Structure

III. 기술별 방송 서비스 효율성 분석

본 장에서는 LTE 네트워크에서 방송 서비스를 일반 유니캐스트와 eMBMS 기술을 이용하여 전송할 경우의 용량 효율성을 정의하고 분석한다.

3.1. 유니캐스트 기반 동영상 서비스

유니캐스트 기반 전송 방식의 무선 채널에서의 전체 전송 용량, $C_{unicast}$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$C_{unicast} = \eta_{unicast} \times BW \quad (1)$$

여기서, $\eta_{unicast}$ 는 LTE에서 유니캐스트 데이터 전송 방식의 주파수 효율성(bps/Hz)을 나타내며, BW 는 시스템 대역폭에서 보호대역을 제외한 실질적인 데이터 전송을 위한 대역폭(MHz)을 나타낸다. 그리고, 유니캐스트 데이터 전송 방식을 사용하여 동영상 서비스를 수용할 경우 요구되는 전송 용량은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$C_{unicast}^{req} = r \times ch \times n \quad (2)$$

여기는 r 은 동영상 서비스를 원활히 제공하기 위해서 필요한 전송속도(Mbps), ch 는 동영상 서비스 채널 수, n 은 각 채널 당 동영상 서비스를 시청하는 사용자 수를 나타낸다. 본 논문에서는 식 (1)과 (2)를 사용하여 동영상 서비스의 용량 효율성, $\zeta_{unicast}$ 을 다음과 같이 정의한다.

$$\zeta_{unicast} = \frac{C_{unicast} - C_{unicast}^{req}}{C_{unicast}} \times 100 \quad (3)$$

여기서, 분자 성분 ($C_{unicast} - C_{unicast}^{req}$)은 동영상 서비스를 제공하고 남는 여유 용량이며, 이는 다른 데이터 서비스 용도로 활용할 수 있다. 서비스 효율성 지수, ζ 가 높을수록 전체 시스템 용량 중 동영상 서비스를 제공하고 남는 여유 용량이 높음을 의미한다.

3.2. eMBMS 기반 동영상 서비스

eMBMS의 전체 시스템 용량, C_{eMBMS} 는 식 (1)에서 $\eta_{unicast}$ 를 eMBMS의 주파수 효율성 η_{eMBMS} 으로 대체하여 구할 수 있다. 그리고, eMBMS 전송 방식을 사용하여 동영상 서비스를 수용할 경우 요구되는 전송 용량은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$C_{eMBMS}^{req} = r \times ch \quad (4)$$

여기서, 유니캐스트 방식과 달리 eMBMS는 broadcast 전송 방식이므로 각 채널당 사용자 수를 고려할 필요가 없다. 동영상 서비스의 효율성, ζ_{eMBMS} 를 식 (3)과 동일하게 구할 수 있다.

$$\zeta_{eMBMS} = \frac{C_{eMBMS} - C_{eMBMS}^{req}}{C_{eMBMS}} \times 100 \quad (5)$$

IV. 성능 평가

본 장에서 방송 서비스를 일반 유니캐스트와 eMBMS 방식으로 서비스할 경우의 용량 효율성을 다양한 환경에서 분석한다.

표 1. 성능 평가를 위한 변수
Table. 1 Parameters for Performance Evaluation

변수	값
방송 채널 속도(r)	500 kbps, 1Mbps
채널당 시청자수(n)	1~3
유니캐스트 주파수 효율성($\eta_{unicast}$)	2.5 bps/Hz
eMBMS 주파수 효율성(η_{eMBMS})	1 bps/Hz
대역폭 (BW)	9MHz

표 1은 성능 평가를 위한 다양한 변수를 나타낸다. 그림 3과 4는 방송 채널당 데이터 전송 속도, r 이 500kbps와 1Mbps일 경우 다양한 채널 수와 채널 당 시청자 수에 따른 용량 효율성을 각각 보여준다. 우선, 채널 수가 증가할수록 두 방식 모두 잔여 용량이 감소함을 확인할 수 있다. 그리고, 채널 당 사용자 수에 따라서 잔여 용량이 감소하는 유니캐스트 방식과 달리, eMBMS 방식은 방송 서비스의 특성으로 인해 채널당 사용자수와 무관하게 잔여 용량이 일정함을 확인할 수 있다. 이를 통해서, eMBMS 방식이 유니캐스트 방식 보다 효율적으로 방송 서비스를 제공할 수 있는 채널당 사용자 수가 존재함을 확인할 수 있으며, 이는 식 (3)과 (5)를 이용하여, 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{\eta_{eMBMS} \times BW - r \times ch}{\eta_{eMBMS} \times BW} \geq \frac{\eta_{unicast} \times BW - r \times ch \times n}{\eta_{unicast} \times BW} \quad (6)$$

식 (6)을 정리하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$n \geq \left\lceil \frac{\eta_{unicast}}{\eta_{eMBMS}} \right\rceil \quad (7)$$

여기서, $\lceil x \rceil$ 는 x 보다 작지 않은 가장 작은 정수를 의미한다. 식 (7)은 채널당 사용자 수가 유니캐스트와 eMBMS 방식의 주파수 효율성의 비율 보다 클 경우 eMBMS 방식이 유니캐스트 방식보다 효율적으로 방송 트래픽을 수용할 수 있음을 나타낸다.

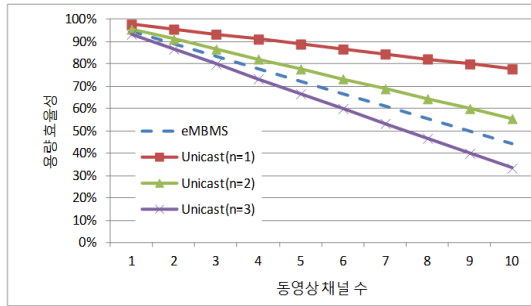


그림 3. 용량 효율성 비교 ($r = 500$ kbps)
Fig. 3 Capacity Efficiencies ($r = 500$ kbps)

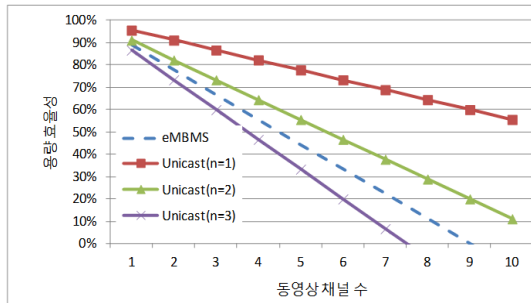


그림 4. 용량 효율성 비교 ($r = 1$ Mbps)
Fig. 4 Capacity Efficiencies ($r = 1$ Mbps)

그림 3과 4에서는 n 이 3 이상부터 eMBMS 방식이 유니캐스트 방식보다 효율적으로 동영상 서비스를 수용할 수 있음을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는, 향후 폭발적으로 증가할 것으로 예상되는 동영상 방송 서비스를 일반 유니캐스트 방식과 eMBMS 방식으로 수용할 경우의 용량 효율성을 정의하고 분석하였다. 분석 결과, 동영상 방송 서비스 시청자 수에 따라서 두 방식의 성능 차이가 존재함을 확인하였다. 채널 당 사용자 수가 적을 경우, 주파수 효율성이 높은 유니캐스트 방식이 유리한 반면 사용자 수가 증가할수록 eMBMS 방식이 높은 성능을 나타냄을 알 수 있었다. 그리고, 본 논문에서는 eMBMS 방식을 통해서 보다 효율적으로 방송 서비스를 수용할 수 있는 조건 또한 분석하였다.

참고문헌

- [1] 윤현영, "4G 시대 도래에 따른 주파수 확보 및 관리 방향," kt경제경영연구소 Digieco, 2011년 12월
- [2] Cisco Visual Networking Index, *Forecast and Methodology*, 2011-2016, May, 2012
- [3] 3GPP TS 23.246 MBMS Architecture and functional description
- [4] 3GPP TS 36.300 E-UTRA and E-UTRAN; Overall description; Stage 2
- [5] 3GPP R1-071975 eMBMS Performance Evaluation
- [6] 3GPP R1-071954 MBSFN performance evaluation for E-UTRA

저자소개

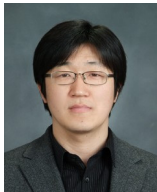


반태원(Tae Won Ban)

1998년 2월 경북대학교
전자공학과 학사
2000년 2월 경북대학교
전자공학과 석사

2010년 2월 KAIST 전기전자공학과 박사
2000년 2월 ~ 2012년 8월 KT 네트워크부문
2012년 9월 ~ 현재 경상대학교 정보통신공학과
조교수

※관심분야: 이동통신, 자원관리, 간섭관리, 협력 및
중계통신, 인지통신, 주파수 공유, 차세대 이동통신
시스템



정방철(Bang Chul Jung)

2002년 2월 아주대학교
전자공학부 학사
2004년 8월 KAIST 전자전산학과
석사

2008년 2월 KAIST 전자전산학과 박사
2008년 3월 ~ 2009년 8월 KAIST IT 융합연구소 팀장
2009년 9월 ~ 2010년 2월 KAIST IT 융합연구소
연구교수
2010년 3월 ~ 현재 경상대학교 정보통신공학과
조교수

※관심분야: 이동통신, 신호처리, 협력 및 중계통신,
Cognitive Radios, Compressed Sensing, 차세대 이동
통신 시스템



성길영(Kil-Young Sung)

1980년 경북대학교
전자공학과 학사
1985년 건국대학교
전자공학과 석사

2000년 부경대학교 전자공학과 박사
현재 경상대학교 정보통신공학과 조교수

※관심분야: VLSI Array, Computer Architecture, Image
Compression