

# Service Block Based Resource Allocation Scheme for Macrocell-Femtocell Networks

Jong-Chan Lee \*, Moon-Ho Lee \*\*

## Abstract

The heterogeneous LTE (Long Term Evolution)-Advanced networks comprising a macrocell and femtocells can provide an efficient solution not only to extend macrocell coverage but also to deal with packet traffics increasing explosively within macrocells. An efficient resource management scheme is necessary to maintain the QoS (Quality of Service) of mobile multimedia services because the LTE-Advanced system should support not only voice but also mobile applications such as data, image and video. This paper proposes a resource management scheme to guarantee QoS continuity of multimedia services and to maximize the resource utilization in OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) based LTE-Advanced systems. This scheme divides the resources into several service blocks and allocates those resources based on the competition between macrocell and femtocell. Simulation results show that it provides better performances than the conventional one in respect of handover failure rate and blocking rate.

▶ Keyword : Overlaid cell, Mobile multimedia service, Service block, Service continuity

---

• First Author: Jong-Chan Lee, Corresponding Author: Moon-Ho Lee  
\*Jong-Chan Lee(chan2000@kunsan.ac.kr), Dept. of Computer Information Engineering, Kunsan National University  
\*\*Moon-Ho Lee (mhlee@chungwoon.ac.kr), Dept. of Multimedia Science, Chungwoon University  
• Received: 2015. 04. 15, Revised 2015. 05. 01, Accepted: 2015. 06. 17.

## I. Introduction

팜토 셀 환경에서 멀티미디어 서비스를 효율적으로 지원하기 위해서는 매크로셀과 팜토셀로 계층화된 구조에서 각 셀 내의 자원 할당 패턴을 분석하고 셀 별로 자원 할당을 최적화할 수 있는 방향으로 접근해야 한다. 특히 전송률 증가에 따라 관리할 무선자원이 크게 증가하므로, 멀티미디어 트래픽의 전송시에 효율적인 자원 할당 기술을 적용해야 한다[1-3]. 그러나 인터넷 상의 패킷 기반 멀티미디어 서비스는 자원 요구량이나 성능, 용량, 효율 등이 다를 뿐만 아니라 상이한 QoS 조건을 요구하므로 적응적인 자원 관리가 필요하다.

매크로셀-팜토셀로 계층화된 구조에서 다양한 자원관리 방안이 제안되었는데[4-10], 매크로셀과 팜토셀이 전용 자원(dedicated channel)을 사용하는 방안과 매크로셀과 팜토셀이 동일 자원(co-channel)을 공유하는 방안으로 대별할 수 있다. 전용 자원을 사용하면, 셀 간 간섭을 회피할 수 있으므로 사용자 QoS의 연속성을 보장할 수 있다. 그러나 각 셀은 한정된 자원의 사용으로 인하여 사용자 수용용량의 한계를 보인다. 동일 자원을 사용하면, 가용자원을 극대화할 수 있지만 동일 자원을 사용하는 이동 단말기 (Mobile Terminal; 이하 MT)의 거리에 따라 간섭의 정도가 커지고 이에 따라 사용자 QoS 성능의 저하를 초래할 수 있다.

사용자 요구의 최적화와 사용자 수용 용량의 최대화는 상충되는 결과를 야기하므로 동일 부채널 간섭(co-subchannel Interference) 완화를 통한 시스템 가용자원을 극대화하면서 사용자 QoS를 보장할 수 있는 방안을 제시해야 한다. 이 두 목표의 중시 정도에 따라 피할 수 없는 tradeoff가 존재하며, 기존 연구에서는 이러한 복잡성 때문에 이들 두 성능 목표를 적절히 만족시킬 수 있는 방안에 대한 연구가 미진하였다. 본 논문에서는 시스템 수용 용량의 최대화와 사용자 QoS 연속성을 일정한 수준에서 충족시킬 수 있는 동적 부채널 할당 방안을 제안한다. 제안되는 방안에서는 자원을 서비스 블록으로 분할한 후, 각 서비스 블록을 매크로셀 또는 팜토셀에 우선순위에 근거하여 할당하며 시스템 우선순위와 사용자 우선순위를 고려함으로써 사용자 요구의 최적화와 수용용량의 극대화를 도모할 수 있다. 2장에서는 제안되는 방법의 기반구조를 기술한다. 3장에서는 제안되는 부채널 할당 방법에 대해 기술한다. 4장에서는 제안되는 방안의 성능을 시뮬레이션을 통해 평가하며 5장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구방향을 제시한다.

## II. Preliminaries

본 연구에서 제안하는 팜토셀 기반 기지국의 서비스 구조도를 그림 1에 보인다. 팜토셀은 유선 IP 망에 연결되어 유·무선 통신 시스템을 사용함으로써 기지국(base station)에서 팜토셀

로 이동통신데이터를 전송한다.

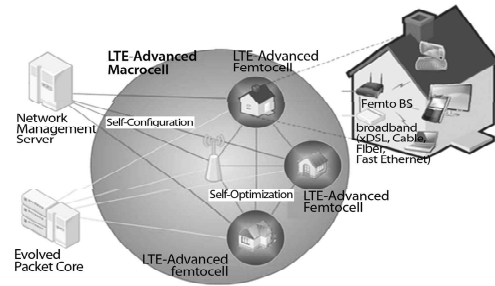


Fig. 1. Macrocell-Femtocell Structure

중첩 셀(overlaid cell)은 매크로셀 내에 팜토셀이 위치하는 계층 구조이므로 무선 자원을 공유하여야 한다. 본 연구에서는 전용자원방식과 동일자원공유 방식을 융합한 자원 점유 매커니즘을 정의한다. 여기서 공유 자원인  $C_{sb}$ 는 특정 조건에 근거하여 팜토셀 또는 매크로셀에 위치한 사용자에게 각각 할당된다.

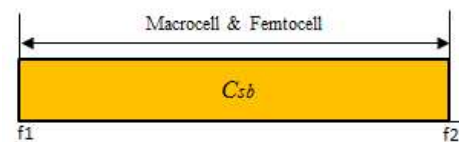


Fig. 2. Resource Allocation Strategy

매크로셀과 팜토셀에서  $C_{sb}$ 를 점유할 경우, 계층 셀 간의 간섭을 감안하여 두 가지 방안을 고려한다. 첫째로 각 사용자에게 채널 이득이 최대인 부채널을 할당한다. 데이터율은 전송 전력뿐만 아니라 각 부채널에 대하여 사용자가 인지하는 채널의 상태에 의존하므로, 각각의 사용자에게 채널 이득이 최대인 부채널을 할당함으로써 요구 데이터 전송률을 최소전력한도에서 수용할 수 있다. 전력 사용이 최소화되면 공유자원 사용 시에 다른 사용자에게 미치는 간섭을 줄일 수 있다.

둘째로, 데이터 전송률을 최소화한다. 최소전송률을 유지하면 점유 자원이 최소화되므로 전력 사용이 감소하고, 이를 통하여 팜토셀과 매크로셀이 공동 채널을 사용할 경우 발생하는 간섭량을 줄일 수 있기 때문이다. 특히 매크로셀의 사용자와 팜토셀 사용자가  $C_{sb}$ 의 동일 부채널을 동시에 사용할 경우, 팜토셀의 사용자가 매크로셀의 사용자의 근접 지역에 위치하지 않는다면 거의 영향을 받지 않는다. 매크로셀이 팜토셀에 비하여 거리에 따른 전력량이 높기 때문에 팜토셀 사용자가 간섭의 영향을 더 크게 받는다.

OFDMA 시스템에서의 채널 상태는 시간에 따라 변화하며, 한 사용자에게 특정 부채널의 채널 이득이 기준치 이하일 수 있지만 다른 사용자에게는 그 부채널의 품질이 기준치 이상일 수도 있다.  $C_{sb}$ 는 팜토셀과 매크로셀 사용자의 위치에 따라 팜토셀 사용자에게 과도한 간섭을 초래함으로써 수용 불가능한 채널 이득을 제공할 수 있다. 이와 같이, 부채널 상에서 사용자의 데이터 전송률의 차이는 부채널 상태를 나타내는 SNR (Signal

to Noise Ratio) 차이를 의미하며 그 값이 클수록 부채널 상태가 우수함을 나타낸다. 이와 같은 채널 품질 정보를 이용하여 기지국은 데이터를 전송할 사용자와 그 사용자에게 할당할 부채널을 할당하게 된다.

각 기지국의 부채널에는 서로 다른 전력이 할당되며,  $(c)$ 은 부채널  $c$ 에 할당된 전력을 의미한다. 부채널  $c$ 과 사용자  $k$ 사이의 링크 이득은  $(c)$ 으로 정의하고 거리에 따른 감소와 정규 분포페이딩(lognormal fading)으로 구성된다. 여기에서  $\Phi^{(c)}$ 는 부채널  $c$ 으로 부터의 수신 잡음을 의미한다. 또한  $IFM_k^{(c)}$ 는 매크로셀에 연결된 사용자에게 영향을 미치는 인접 펠토셀들로부터 발생하는 간섭을 나타낸다.  $IMF_k^{(c)}$ 은 펠토셀 사용자에게 영향을 미치는 매크로셀에서 발생하는 간섭을 의미하고,  $IFF_k^{(c)}$ 은 펠토셀 사용자에게 영향을 미치는 인접 펠토셀로부터 발생하는 간섭을 의미한다.  $W_k^{(c)}$ 은 사용자  $k$ 의 부채널  $c$ 에 할당된 대역폭을 의미한다. 샤논(Shannon)의 법칙을 이용하여 펠토셀과 매크로셀에서의 사용자의 전송률을 정의하면 식 (1-2)와 같다. 여기서,  $M_k^{(c)}$ 와  $F_k^{(c)}$ 를 각각 매크로셀과 펠토셀에서  $b$ 의 부채널  $c$ 로 사용자  $k$ 에게 할당 가능한 전송률을 의미한다.  $N$ 은 각 사용자에게 할당된 부채널의 수이다.

$$M_k^{(c)} = W_k^{(c)} \ln \left( 1 + \frac{L_k^{(c)} + p_k^{(c)}}{IFM_k^{(n^*)} + IMM_k^{(c)} + \Phi_k^{(c)}} \right) \quad (1)$$

$$F_k^{(c)} = W_k^{(c)} \ln \left( 1 + \frac{L_k^{(c)} + p_k^{(c)}}{IFF_k^{(c)} + IMF_k^{(c)} + \Phi_k^{(c)}} \right) \quad (2)$$

사용자  $k$ 에 대한 부채널의 할당 지시 값으로  $\rho_k$ 을 정의한다. 사용자  $k$ 에게 부채널  $c$ 이 할당되었을 때  $\rho_k = 1$  이고, 그렇지 않으면  $\rho_k = 0$ 이다.  $C_k$ 와  $C_k^F$ 는 각각  $C_{sb}$ 의 가용자원으로 부터 사용자  $k$ 가 획득 가능한 전송률의 합을 의미한다. 이는 식 (3-4)과 같다.

$$C_k^M = \sum_{n=1}^N \rho_k^n M_k^{(c)} \quad (3)$$

$$C_k^F = \sum_{n=1}^N \rho_k^n F_k^{(c)} \quad (4)$$

### III. The Proposed Scheme

#### 1. 무선자원 분할

총 자원은  $m$  개의 서비스 블록(service block)으로 분할되고 각 서비스 블록은  $n$ 개의 부채널로 구성된다. 그 구조는 아래와 같다.

- 그림 3과 같이 각 서비스 블록은 역트리형태의 구조로 연결되고 연결된 서비스 블록만을 점유할 수 있다. 예를 들어, 12번 서비스 블록을 점유한 펠토셀은 하위로 링크

된 서비스 블록만을 점유할 수 있다.

- 매크로셀은 펠토셀과의 경쟁을 통하여 모든 서비스 블록을 점유할 수 있다.
- 펠토셀은 모든 서비스 블록을 매크로셀과의 경쟁을 통하여 점유할 수 있지만, 간섭을 미치는 인접 펠토셀에서 점유한 서비스 블록은 재 점유할 수 없다.
- 동일 서비스 블록의 점유를 위하여 경쟁할 경우에 제안된 알고리즘을 통하여 결정한다.

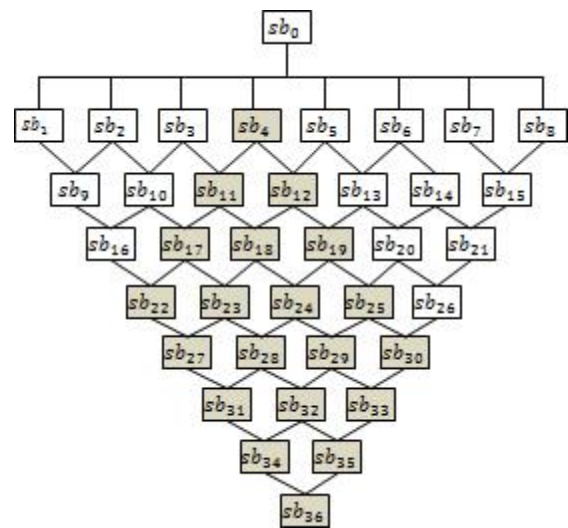


Fig. 3. Wireless resource

#### 2. 자원 블록 점유 우선순위 결정

분할된 각 서비스 블록의 셀 점유 우선순위를 결정하기 위하여 본 연구에서는 4개의 결정 파라미터를 사용한다. 시스템 관점에서의 우선순위 항목인 사용자 접속 시스템과 시스템 사용자 접속 기준치, 그리고 사용자 관점에서의 사용자 서비스 클래스 종류와 서비스 전송 지연 등으로 구성된다.

- ① 사용자의 접속 시스템
- ② 시스템 사용자 접속 기준치
- ③ 사용자의 서비스 클래스
- ④ 사용자의 서비스 전송 지연

사용자 서비스 요구 시에 서비스 클래스가 결정되고, 그에 따라 해당 서비스에 알맞은 4 가지의 우선순위 - 사용자 접속 시스템, 시스템별 사용자 접속 기준치, 사용자 서비스 클래스, 서비스 전송 지연 - 가 아래와 같이 순차적으로 결정된다. 그리고 최종적으로 우선순위가 결정된다.

- ① 사용자의 접속 시스템: 동일 서비스 블록을 점유하기 위하여 매크로셀 접속 사용자와 펠토셀 접속 사용자가 경쟁하면, 매크로셀 접속 사용자에게 우선순위를 둔다.
- ② 시스템 사용자 접속 기준치: 특정 셀에 과도한 사용자 집중을 억제하기 위하여, 사용자 접속 기준치를 부여한다. 이는 매크로셀에 과도하게 사용자가 접속하는 것을 막고,

웹토셀로 사용자들을 분배하는 역할을 수행한다.

- ③ 사용자 서비스 클래스: 사용자 요구 서비스의 클래스를 정의하기 위하여 멀티미디어 서비스를 4개의 클래스-LL, LM, ML, MM로 분류한다. 사용자 서비스가 속한 클래스 간의 우선순위를 표 1에 근거하여 결정한다.

Table 1. Classification of Multimedia Sessions

Class	Characteristics	Applications	Priority
LL	Delay-sensitive, Fragile-to-loss, Real-time Services	- High-quality Live Broadcast - 911 Services (Audio, Video) - Location-based Service - High-quality Audio - Interactive Game	1
LM	Delay-sensitive, Less fragile-to-loss, Real-time Services	- Stream Audio/Video - Conversational Voice /Video	2
ML	Delay-tolerable, Fragile-to-loss, Nonreal-time Services	- WWW Browsing - E-mail - FTP	3
MM	Delay-tolerable, Less fragile-to-loss, Nonreal-time Services	- Background Service (E-mail notification, Fax)	4

- ④ 서비스 전송 지연 우선순위: 사용자 서비스의 전송지연이 지연 기준치의 90% 이상일 경우, 지연 우선순위를 받는다. 90% 이하일 경우는 지연 우선순위를 받지 못한다. 허용 가능한 한계까지 지연을 허용하지만, 기준치를 초과하면 최상위의 우선순위 및 최대의 부채널을 할당하여 기지국에 버퍼링된 데이터를 전송한다.

서비스 블록 점유 우선순위는 최종적으로 아래와 같이 결정한다. 시스템 우선순위와 사용자 우선순위를 결정한 후에, 두 우선순위가 일치하지 않으면 시스템 우선순위가 높은 셀에 서비스 블록을 할당한다.

단계 1: 시스템 관점에서의 우선순위를 결정한다. 사용자 접속 시스템과 사용자 접속 기준치에 근거하여 우선순위가 결정된다. 예를 들어, 매크로셀의 사용자 접속이 기준치 이상일 경우 웹토셀에 우선순위를 부여한다. 어느 셀도 기준치를 초과하지 않는다면 사용자 접속 시스템 우선순위에 따라 매크로셀에 우선순위를 부여한다.

단계 2: 사용자 관점에서의 우선순위를 결정한다. 서비스 클래스 우선순위와 지연 우선순위에 근거하여 사용자 우선순위가 결정된다. 전송지연 우선순위를 받은 서비스는 사용자 우선순위에서 1순위가 된다. 만일 전송지연 우선순위를 받은 서비스가 1개 이상일 경우, 셀 내 서비스 우선순위가 높은 서비스가 상대적으로 높은 우선순위를 갖는다.

그림 4에 서비스 블록 점유 우선순위 결정 방법을 보인다. 사용자 접속 시스템과 시스템 사용자 접속 기준치, 그리고 사용자 서비스 클래스 종류와 서비스 전송 지연에 의하여 우선순위

가 결정된다.

Algorithm \* Determining the priority to occupy service blocks \*

```

Define
    : MMS of the user
    : transmission delay for MMS of the user k
    : the number of the users
    Tma: the resource amount occupied by macrocell
    Tfe: the resource amount occupied by femtocell
ResourceAllocation ()
while (i n) // determination of system priority
if (Tma > a threshold) then
    Assign the system priority to macrocell;
else if (Tfe > a threshold) then
    Assign the system priority to femtocell;
else
    Assign the system priority to macrocell;
end if
while (j 4) // determination of user priority
if (Sk == Cj class) then
    Assign the priority suitable for Cj class;
end if
j = j + 1;
end while
if (Dk > a threshold) then
    Assign the delay priority;
end if
if (system priority == user priority) then
    Allocate to the cell having the same system priority;
else
    Allocate to the cell having the higher system priority;
end if;
i = i + 1;
end while
    
```

Fig. 4. Determination of User Priority

### 3. 자원 할당

전송에 필요한 부가 자원을 확보하기 위하여 웹토셀과 매크로셀의 공유자원인 C<sub>sb</sub>에서 가용자원을 확보한다. 사용자가 접속한 셀의 종류와 상관없이 사용자 의 MaBR(Maximum Bit Rate)인 <sup>max</sup>을 할당하는 것을 원칙으로 한다.

$$C_k \leq R_k^{\max} \quad (5)$$

$$C_k^M \leq R_k^{\max} \quad (6)$$

웹토셀에서 식 (5)이 성립하지 않을 경우, C<sub>sb</sub>에서 전송에 필요한 부가 자원을 확보하기 위하여 식 (7)과 같이 AvBR(Average Bit Rate)에 해당하는 자원의 확보를 요구한다. 즉 웹토셀의 사용자가 공유자원인 C<sub>sb</sub>를 점유할 경우 R<sub>k</sub><sup>ave</sup>를 허용한다.

$$C_k^F \leq R_k^{\text{ave}} \quad (7)$$

식 (7)의 경우에, 사용자 k에 R<sub>k</sub><sup>ave</sup>을 할당한다.

$$C_k^F < R_k^{\text{ave}} \quad (8)$$

식 (8)이 성립되는 경우에는, R<sub>k</sub><sup>ave</sup>을 할당할 수 없으므로 전송률을 재조정한다.

$$R_k^{\min} \quad (9)$$

(9)이 성립될 경우에,  $R_k^{\min} < R_k^{req} < R_k^{ave}$  를 할당한다.

매크로셀에서 식 (6)이 성립하지 못할 경우에 요구 용량을 수용할 수 없으므로, 요구 용량의 조정이 필요하다. 매크로셀에서 MiBR (Minimum Bit Rate) 만을 허용하므로  $R_k^{\min}$ 의 할당을 시도한다.

$$C_k^M < R_k^{\min} \quad (10)$$

식 (10)이 성립할 경우에, 사용자 k에  $R_k^{\min}$ 을 할당한다.

$$C_k^M < R_k^{\min} \quad (11)$$

식 (11)의 경우에 용량을 확보할 수 없으므로 서비스는 절단된다.

#### IV. Performance Evaluation

본 연구에서 고려한 주요 시스템 레벨 시뮬레이션 환경 [13-15]은 다음과 같다. OFDMA-based 3GPP (3rd Generation Partnership Project) LTE-Advanced system [13]과 3GPP LTE Ericsson model [14-15]의 시스템 레벨 파라미터와 채널 구조를 적용하여 시뮬레이션을 수행한다. TTI (Transmission Time Interval) 는 0.5ms로 가정하고 한 개의 프레임(10ms)내에 20개의 TTI가 배치되며, TTI에 해당하는 시간 영역에 7개의 OFDM 심볼을 갖는다. 또한 부반송파의 간격은 15kHz이다. 자원 할당 시 최소 단위인 RB (Resource Block) (또는 부채널)의 구조는 한 개의 TTI에 해당하는 시간 영역에 7개의 OFDM 심볼과 180KHz에 해당하는 부반송파 12개로 이루어진 2차원 형태이다. 따라서 한 프레임은 20개의 TTI와 30개의 RB로 총 600개의 RB로 구성된다. 각 RB는 1명의 사용자에게만 할당되며, 1명의 사용자는 요구 전송률에 따라서 다수의 RB를 할당받을 수 있다. MT 서비스 요구는 셀 내에서 고르게 발생하며, 멀티미디어 서비스의 발생은 포아송 분포를 따른다. 시스템의 성능평가는 하향 링크(downlink)에 국한되며, 이를 위한 환경 변수는 표 2와 같다.

Table 2. Simulation Parameters [16-18]

Item	Parameter (Value)	
Frequency Bandwidth	Carrier Frequency : 2.3GHz	
	Effective Frequency: 8.75MHz	
BS Tx	BS Tx power: 43dBm	
	BS Max EIRP: 60dBm	
Channel Model	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Path-loss Model                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Urban Macro Type</li> <li>- path-loss exponent: 4</li> </ul> </li> <li>• Shadowing Model                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- WINNER Channel Model II</li> <li>- 8dB</li> </ul> </li> <li>• Fading Model                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ITU-R M.1225 pedestrian B</li> <li>- 5dB</li> </ul> </li> </ul>	
	SINR	Exponential: 3dB

제안된 방안의 성능은, 매크로셀과 펠토셀이 동일 자원을 공유하는 시스템에서 유한 큐 모델(finite queue model) 기반의 자원할당을 제안한 Li[11]의 방안 그리고 QoS 요건에 따라서 무선 자원 배분의 공정성을 유지하면서도 총 전송률을 극대화하기 위한 자원할당 및 스케줄링을 제안한 Erturk[12]의 방안과 비교하여 평가한다. 그림 5는 서비스의 증가에 따라 블로킹율을 비교한 결과이다. 서비스 도착율이 0.7 이상에서, 제안된 방안의 블로킹율이 Li[11]와 Erturk[12]에 비해 현저히 감소함을 알 수 있다. 이는 서비스의 증가에 대하여 펠토셀과 매크로셀에서 자원 점유 변화에 대한 대처가 미흡한 반면 본 연구에서 제안된 방안은 사용자 수를 극대화함을 알 수 있다. 공유 자원의 할당 가능 여부를 시스템 우선순위와 사용자 우선순위로 확인함으로써 현재 허용 가능한 계층 셀 자원 상태에 따라 자원을 적응적으로 할당하므로 블로킹율이 감소함을 알 수 있다.

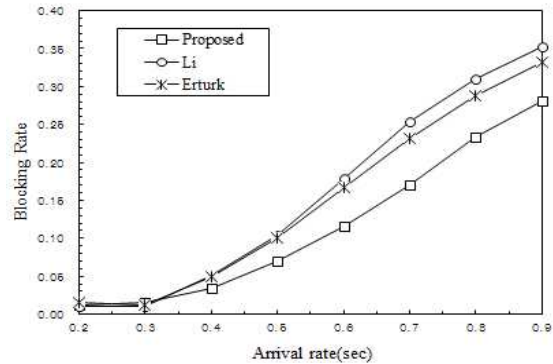


Fig. 5. Comparison of Blocking Rate

그림 6은 MT의 서비스 요구 증가에 따른 핸드오버 실패율을 비교한 결과이다. 0.3이상에서는 Li[11]와 Erturk[12]에 비하여 우수한 핸드오버 실패율을 보인다. 제안된 방안은 분할된 자원에 대하여 단계적으로 가용자원 여부를 확인하여 자원을 할당할 수 있으므로 사용자 증가로 인한 점유 상태의 변화에 능동적으로 대처할 수 있다.

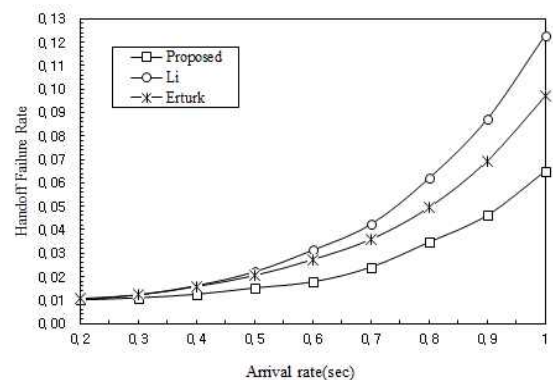


Fig. 6. Comparison of Handover Failure Rate

그림 7은 MT의 서비스 요구 증가에 따른 데이터 처리량을 비교한 결과이다. Li[11]와 Erturk[12]에 비하여 우수한 데이

처리량의 증가를 보인다. 우선순위와 사용자 우선순위를 고려함으로써 최적의 자원할당이 가능하므로 데이터 전송률이 증가함을 알 수 있다.

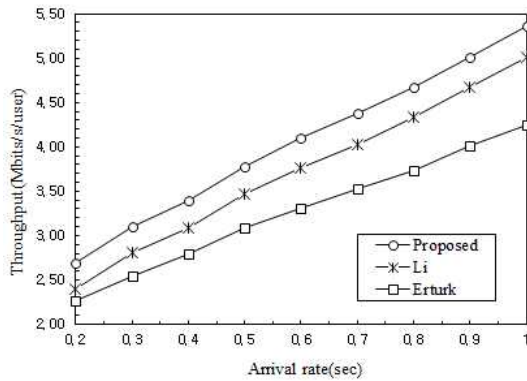


Fig. 7. Comparison of Throughput

## V. Conclusions

본 논문에서는 매크로셀과 펌토셀이 중첩된 LTE-Advanced 통신망에서 중첩 셀에 전용자원을 할당하는 방법과 동일자원을 공유하는 방법의 tradeoff를 적절히 조절할 수 있는 자원 관리 방안을 제안하였다. 이 방안에서는 자원을 서비스 블록으로 분할하고 시스템 우선순위와 사용자 우선순위를 고려하여 중첩 셀에 서비스 블록을 할당한다. 제안된 방안의 성능 평가를 위하여 핸드오버 실패율과 블로킹율을 주요 성능 척도로 규정하고 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과에 의하면 제안된 방안은 기존의 방안들[11][12]에 비하여 블로킹율과 핸드오버 실패율이 현저히 감소하고 데이터 처리량이 증가됨이 확인되었다. 추후, 서비스 블록의 크기에 따른 성능변화에 대한 상세한 연구가 필요하다.

## References

[1] N. Saquib, E. Hossain, L.B Le and D.I Kim, "Interference Management in OFDMA Femtocell Networks: Issues and Approaches," IEEE Communications Magazine, Vol. 19, No. 3, pp. 86-95, Jun. 2012.

[2] H. Claussen, "Performance of Macro- and Cochannel Femtocells in a Hierarchical Cell Structure," IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, pp. 1-5, Sep. 2007.

[3] L. Duan, J. Huang, and B. Shou, "Economics of Femtocell Service Provision", IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 12, pp. 2261-2273, 2013.

[4] J. Zhang, Q. Zhang, and T. Jiang, "Spectrum

Leasing to Femto Service Provider with Hybrid Access," IEEE INFOCOM, pp. 1215-1223, 2012.

[5] M. Vondra, Z. Becvar, "Connection Cost Based Handover Decision for Offloading Macrocells by Femtocells," Wired/Wireless Internet Communication International Conference, pp. 208-219, Jun. 2012.

[6] D. Xenakis, N. Passas, L. Merakos, and C. Verikoukis, "Mobility Management for Femtocells in LTE-Advanced: Key Aspects and Survey of Handover Decision Algorithms," IEEE Communications Surveys & Tutorials, No. 99, pp. 1-28, Jul. 2013.

[7] S. Uygungelen, G. Auer, and Z. Bharucha, "Graph-based Dynamic Frequency Reuse in Femtocell Networks," IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 1-6, May 2011.

[8] G. Roche, A. Valcarce, D. Lopez-Perez, and J. Zhang, "Access Control Mechanisms for Femtocells," IEEE Communications Magazine, Vol. 48, No. 1, pp.33-39, 2010.

[9] J. Lee and M. Lee, "A QoS Provisioning Based on Load Balancing for Hand-over in OFDMA System," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 18 No. 2, pp. 59-68, Feb. 2013.

[10] J. Lee and M. Lee, "Interrelation Based Resource Allocation Scheme for Mobile Multimedia Networks," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 15 No. 8, pp. 79-87, Oct. 2010.

[11] J. Li, H. Shi, H. Ju, and Jie Zheng, "Queue-Aware Resource Allocation Scheme in Hybrid Macrocell-Femtocell Networks," IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 1-5, 2013.

[12] M. C. Erturk, H. Aki, I. Guvenc, and H. Arslan, "Fair and QoS-Oriented Spectrum Splitting in Macrocell-Femtocell Networks," IEEE Global Telecommunications Conference, pp. 1-6, 2010.

[13] 3GPP TR R1-050255, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Downlink Transmission Scheme," Apr. 2005.

[14] 3GPP TS 36.211 v8.4.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channel and Modulation," Sep. 2008.

[15] 3GPP TR R1-050619, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Downlink Radio Access," Apr. 2005.

[16] J. Lee and M. Lee, "Sub-channel Allocation Based

on Multi-level Priority in OFDMA Systems," KSII Transactions on Internet and Information Systems, Vol. 7, No.8, pp. 1876-1889, Aug. 2013.

- [17] P. Kyosti et al, "WINNER II Channel Models," IST-WINNER II D1.1.2, Nov. 2007.
- [18] J. Lee and M. Lee, "Resource Allocation Scheme for Macro-Femtocell Overlaid LTE-Advanced Networks," Korea Society of Computer and Information, Vol. 19, No. 12, pp. 81-89, Dec. 2014.

### Authors



Jong-Chan Lee received the M.S. and Ph.D. degrees in computer science and engineering from Soongsil University, Korea, in 1996 and 2000 respectively.

He was a senior member of engineering staff in Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI) From 2000 to 2005. Since 2005, he has worked in the Department of Computer Information Engineering, Kunsan National University. His current research interests are in the areas of resource management for mobile multimedia networks.



Moon-Ho Lee received his B.E. degree in electronics from Seoul National University, Korea in 1977, M.S. and Ph.D. degrees in computer science and engineering from Soongsil University, Korea in 1993 and 1996 respectively.

He was a research engineer in Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI) from 1979 to 1984. Since 1997, he has been a member of faculty in the Department of Multimedia Science, Chungwoon University. His current research areas are resource management and QoS provisioning for mobile multimedia.