Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 22 No. 8, pp. 25-32, August 2017
www.ksci.re.kr
https://doi.org/10.9708/jksci.2017.22.08.025

QoE Provisioning for Handovers in Mobile communication Networks

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

Abstract

In this paper we propose a resource management method which enables to guarantee the quality of experience (QoE) for handover in the overlaid macro-femtocell networks. How to cope with the resource demand of handover calls is necessary to efficiently support the movement of mobile terminals, the QoE degradation or the load control. We attempt to satisfy the QoE requirements of users and maximize the capacity of the system at the same time. In order to achieve this goal, this scheme divides the shared resources into two part for the movement of MT and QoE degradation, and allocates those resources with the competition between four types of handovers. Simulation results show that our scheme provides better performances than the conventional one with respect to the outage probability, data transmission throughput.

▸Keyword: QoE, Handover, Overlaid cell, QoE Degradation, Resource Allocation

I. Introduction

최근 스마트 폰과 같은 개인 무선 단말기(Mobile Terminal; 이하 MT) 사용의 확대로 인해 음성을 비롯하여 비디오 및 모바일 IPTV와 같은 대용량 멀티미디어 서비스를 이용하는 사용자가 증가되고 있으며 이로 인해 이동통신 네트워크에 데이터 트래픽이 폭발적으로 증가하여 네트워크의 부하가 가중되고 있다. 특히 최근 4세대에서 5세대로 서비스 전환은 급격히 증가된 데이터 속도 및 저 전송지연 속도의 액세스를 사용자에게 제공해야한다. 또한 이동통신 네트워크는 한정된 주파수 자원을 사용하여 사용자에게 서비스를 제공하므로 다수의 사용자에게 대용량의 서비스를 효과적으로 제공하는 것은 현실적으로 어려운 문제이다[1-3]. 따라서 주파수 자원의 효율적인 활용과 네트워크에 집중되는 부하를 분산시키기 위하여 저출력의 펨토셀(femtocell)의 기지국 FAP(Femtocell Access Point)을 이용하여 실내외의 소규모 영역을 서비스하도록 이종 망을 구성하면 대용량 멀티미디어 서비스 요구에 부합할 수 있는 용량 증대와 서비스의 부하 분산이 가능하다.

그림 1은 계층 셀로 구성된 망에서 발생하는 핸드오버를 보인다. 핸드오버 종류로는 매크로셀 간의 핸드오버 (Inter-Macro Handover), 펨토셀 간의 핸드오버(Inter-Femto Handover), 매크로셀에서 펨토셀로의 핸드오버(Hand-in Handover), 펨토셀에서 매크로셀로의 핸드오버(Hand-out Handover) 등이 있다[4]. 핸드오버는 MT의 이동으로 인하여 발생할 수 있지만, 매크로셀에서 펨토셀로의 핸드오버, 펨토셀에서 매크로셀로의 핸드오버는 QoE 저하로 인하여 발생할 수 있다[5-7].

이동통신망에서 멀티미디어 서비스의 고속화에 따라 서비스 중에 QoE 변동이 심할 수 있으므로 이동으로 인한 핸드오버 시에 또는 QoE 저하에 따른 핸드오버 시에 이를 지원하기 위한 자원 분배 기술이 필요하다[8-11]. 따라서 본 논문에서는 셀 간 이동으로 인한 핸드오버와 QoE 저하로 인한 핸드오버를 지원하기 위하여 각각의 전용 자원이 분배된다. 각 전용 자원은 이동 또는 QoE 저하 특성을 갖는 MT에게만 할당되며, 총 자원 중 각 전용 자원의 양은 관리자에 의하여 결정된다.

• 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: 2017. 04. 12, Revised: 2017. 05. 16, Accepted: 2017. 07. 26.
• This paper was supported by research funds of Kunsan National University

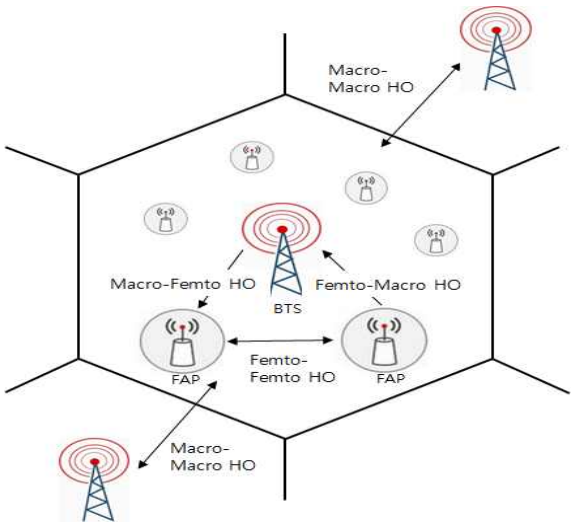

Fig. 1. Four types of Handover in overlaid networks

기존에 다양한 시스템을 지원하기 위한 자원할당 방안이 연구되어 왔다. Li의 방식[12]에서는 매크로셀과 펨토셀이 동일 자원을 공유하는 시스템에서 유한 큐 모델 기반의 자원할당 방법을 제안하였고, Erturk의 방식[13]에서는 QoS 요건에 따라서 무선 자원 배분의 공정성을 유지하면서도 총 전송률을 극대화하기 위한 자원할당 및 스케쥴링 방안을 제안하였다. Piamrat의 방식[14]에서는 각 셀에서 지원 가능한 QoE 상태에 근거하여 최적의 셀을 선정하고 핸드오버를 수행하는 방법을 제안하였다. 그러나 이 방법은 사용자의 서비스 특성을 반영하지 않으므로 데이터 처리율 등에서 한계를 보인다. Liu의 방식[15]에서는 멀티미디어 서비스의 QoE를 보장할 목적으로 MIH에 근거하여 이종 셀간 핸드오버를 수행하는 방법을 제안하였다. 이 방법도 사용자의 서비스 특성을 정확히 반영하지 못하므로 Outage 확률 등의 성능 향상에 한계를 보인다.

본 연구에서는 핸드오버의 원인에 따라 두 가지의 자원할당 방법을 제안한다. 우선 MT의 이동으로 인한 핸드오버를 지원하기 위하여 매크로셀 간의 핸드오버, 펨토셀 간의 핸드오버 시의 공유 자원 할당 방식을 제안한다. 둘째로, 서비스의 QoE 저하에 기인한 핸드오버를 수용하기 위하여 매크로셀에서 펨토셀로의 핸드오버, 펨토셀에서 매크로셀로의 핸드오버 시의 자원 할당 방식을 제안한다.

본 논문의 구성으로 2장에서는 본 논문에서 제안하는 자원 분배 구조 등의 기반사항에 대해 기술하고 3장에서는 제안하는 핸드오버 시의 자원 할당 방법에 대해 기술한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통한 성능 평가가 이루어진다. 5장에서는 논문에 대한 결론 및 향후 연구에 관하여 논의한다.

II. Preliminaries

중첩 셀(overlaid cell)은 매크로셀 내에 펨토셀이 위치하는 계층 구조로서 그림 2와 같이 전용자원 방식과 공유자원 방식을 융합한 자원 점유 방식을 적용한다. 여기서 공유 자원인 R_{mh} 는 MT의 이동에 의한 핸드오버 시에 서비스에 할당하는 자원을 의미하고, R_{qh} 는 서비스의 QoE 저하로 인하여 특정 셀로의 강제적인 핸드오버 시에 할당하는 자원을 의미한다.

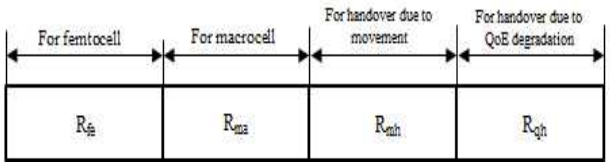

Fig. 2. Resource Allocation Strategy

식 (5-6)은 각각 매크로셀과 펨토셀에서 수행중인 서비스에 할당 가능한 전송률을 나타낸다. 여기서 n은 사용자 k의 QoE 협약 수준에 근거하여 기지국으로부터 할당된 부채널의 수이다. 사용자 k의 부채널의 할당 지시 값으로 ρ_k을 정의한다. 사용자에게 부채널이 할당되었을 때 $\rho_k = 1$ 이고, 그렇지 않으면 $\rho_k = 0$이다. 여기서, mh_k^i는 R_{mh} 에서 부채널 i로 할당 가능한 전송률, qh_k^i는 R_{qh} 에서 부채널 i로 할당 가능한 전송률, ma_k^i는 R_{ma} 에서 부채널 i로 할당 가능한 전송률, fe_k^i는 R_{fe} 에서 부채널 i로 할당 가능한 전송률을 의미한다.

γ_k^{mh}와 γ_k^{qh}는 매크로셀 사용자가 각각 R_{mh} 와 R_{qh} 로부터 획득 가능한 전송률, μ_k^{mh}와 μ_k^{qh}는 펨토셀 사용자가 각각 R_{mh} 와 R_{qh} 로부터 획득 가능한 전송률, b_k^{ma}는 매크로셀 사용자가 R_{ma} 로 획득 가능한 전송률, b_k^{fe}는 펨토셀 사용자가 R_{fe} 로부터 획득 가능한 전송률을 의미한다.

$$\gamma_k^{mh} = \sum_{i=1}^{n} (\rho_k^i \cdot mh_k^i) \tag{1}$$

$$\gamma_k^{qh} = \sum_{i=1}^{n} (\rho_k^i \cdot qh_k^i) \tag{2}$$

$$\mu_k^{mh} = \sum_{i=1}^{n} (\rho_k^i \cdot mh_k^i) \tag{3}$$

$$\mu_k^{qh} = \sum_{i=1}^{n} (\rho_k^i \cdot qh_k^i) \tag{4}$$

$$b_k^{ma} = \sum_{i=1}^{n} (\rho_k^i \cdot ma_k^i) \tag{5}$$

$$b_k^{fe} = \sum_{i=1}^{n} (\rho_k^i \cdot fe_k^i) \tag{6}$$

본 연구에서는 서비스 연속성을 보장하기 위하여 협약된 QoE 수준과 현재 서비스 수준을 고려한다. 협약된 서비스 수준은 서비스 신규 요청 시에 결정된 지연 수준, 현재 서비스 수준

은 현재 수행중인 서비스의 지원 수준으로서 해당 서비스의 최소 효율을 유지하기 위한 지연을 의미한다. 현재 서비스 수준은 협약된 서비스 수준과 동일하거나 작은 것을 원칙으로 한다.

사용자 k의 현재 서비스 수준인 Γ_k^{cur}는 핸드오버 시 획득 가능한 서비스 수준인 Γ_k^h 보다 크거나 같고, 협약된 QoE 수준인 Γ_k^{qoe}보다 작거나 같다고 정의한다. 즉 현재 서비스 수준은 최소한 허용 가능한 QoE 수준을 유지해야 한다.

$$\Gamma_k^h \le \Gamma_k^{cur} \le \Gamma_k^{\mathrm{qoe}} \tag{7}$$

식 (8)은 핸드오버 시에 실시간 서비스의 지연 조건을 나타낸다. 이는 모든 실시간 서비스 사용자에게 전송 지연을 만족시켜야 한다는 것을 나타낸다. d_k^{rt}은 사용자 k가 실시간 서비스 수신 시의 전송 지연, d_k^e는 서비스 품질을 등급으로 나누어 표시하는 방법인 MOS(Mean Opinion Score)의 지연 수준이 Excellent(5), d_k^f는 MOS 지연 수준이 Fair(3)를 의미한다.

$$d_k^f < d_k^{rt} < d_k^e \tag{8}$$

식 (9)는 핸드오버 시의 비실시간 서비스의 지연 조건을 나타낸다. 여기서, d_k^{nrt}은 사용자 k가 비실시간 서비스 수신 시의 전송 지연, d_k^p는 MOS 지연 수준이 Poor(2)를 의미한다.

$$d_k^p < d_k^{nrt} < d_k^f \tag{9}$$

III. The Proposed Scheme

본 연구에서는 표 1과 같이 매크로셀 간 핸드오버와 세 부류의 매크로셀 내 핸드오버를 고려한다.

① 매크로셀 간 핸드오버는 MT가 서비스 받던 매크로셀 지역을 벗어나 다른 매크로셀로 이동할 때 발생하는 핸드오버로서, 서비스 연속성을 보장해야 한다.

② 매크로셀에서 펨토셀로의 핸드오버는 매크로셀에서 부하제어 및 QoE 수준 회복이 필요할 경우에 선별적으로 수행한다.

③ 펨토셀에서 매크로셀로의 핸드오버는 셀 내 이동 또는 펨토셀 내에서 QoE 저하 지속될 경우 매크로셀로의 핸드오버를 수행한다.

④ 펨토셀 간의 핸드오버는 매크로셀 내 펨토셀에서 인접 펨토셀로 이동할 때 발생하는 핸드오버이다. 목적 펨토셀에서 이를 수용하지 못할 경우, 매크로셀로의 절체를 통하여 QoE 수준을 보장해야 한다.

Table 1. Classification of Handover

Classification		Characteristic
Inter-Macrocell Handover		① Handover due to movement
Intra-Macrocell Handover	Macrocell to Femtocell Handover	① Handover due to movement ② Handover due to QoE degradation
	Femtocell to Macrocell Handover	① Handover due to movement ② Handover due to QoE degradation
	Inter-Femtocell Handover	① Handover due to movement

1. Resource allocation for inter-macrocell handover

매크로셀 간 핸드오버는 인접 매크로셀로부터 MT의 이동으로 인하여 발생한다. 따라서 핸드오버 시에 QoE를 보장하기 위해서는 아래의 조건들이 성립해야 한다.

- 자원의 점유는 R_{mh}, R_{ma} 순으로 시도한다.
- R_{mh} 로부터 QoE협약 수준의 자원을 할당해야 한다.
- R_{ma} 은 허용 가능한 지연을 보장할 수 있을 정도로 수락한다. 실시간 서비스는 Fair(3) 수준까지의 지연을 허용하고, 비실시간 서비스는 Poor(2) 수준까지의 지연을 허용한다.
- 셀 내에서 수행중인 서비스 수준이 협약된 수준 이하일 경우, 인접 매크로셀로의 핸드오버 시에 협약된 QoE 수준 확보를 시도한다. 불가하다면 현 서비스 수준을 유지할 수 있는 자원을 확보해야 한다.

인접 매크로셀로부터 핸드오버를 요구하는 사용자 k에 대해서는 Γ_k^{qoe}를 할당하는 것을 원칙으로 한다. $mh(\gamma_k^{mh})$는 R_{mh} 에서 획득 가능한 서비스 수준을 의미한다.

$$mh(\gamma_k^{mh}) \ge \Gamma_k^{qoe} \tag{10}$$

식 (10)이 성립한다면 사용자 k에 Γ_k^{qoe}에 해당하는 자원을 할당할 수 있다.

$$mh(\gamma_k^{mh}) < \Gamma_k^{qoe} \tag{11}$$

식 (11)이 성립할 경우 Γ_k^{qoe}을 수용할 수 없으므로 QoE 수준의 조정이 필요하다. 이를 위하여 현재 서비스 수준인 Γ_k^{cur}으로 수준을 낮추어 허용 여부를 확인한다. 실시간 서비스는 식 (12), 비실시간 서비스는 식 (13)이 성립해야 한다.

$$mh(\gamma_k^{mh}) \ge \Gamma_k^{cur} \text{ subject to } d_k^f < d_k^{rt} < d_k^e \tag{12}$$

$$mh(\gamma_k^{mh}) \ge \Gamma_k^{cur} \text{ subject to } d_k^p < d_k^{nrt} < d_k^f \tag{13}$$

식 (12) 또는 식 (13)이 성립하지 않는다면 매크로셀 전용자원 R_{ma} 의 점유를 시도한다. 핸드오버 요구는 기존의 서비스의 지연에 영향을 미치지 않아야 하므로 식 (14-15)과 같이 현 서비스 수준을 보장할 수 있을 정도로 수락한다. 여기서

$ma(b_k^{ma})$는 R_{ma} 에서 획득 가능한 서비스 수준을 의미한다.

$$ma(b_k^{ma}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^f < d_k^{rt} < d_k^e \quad (14)$$

$$ma(b_k^{ma}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^p < d_k^{nrt} < d_k^f \quad (15)$$

2. Resource allocation for intra-macrocell handover

2.1 Resource allocation for Macrocell to Femtocell Handover

그림 3과 같이 매크로셀 내 이동으로 인하여 펨토셀 서비스 지역으로 진입 시에 아래의 목적에 해당할 경우에만 핸드오버를 수행한다. 각 목적을 수행하기 위한 조건의 부합 여부에 따라 부하제어 및 QoE 수준 회복 절차가 동시에 수행될 수도 있다. 그러나 해당 목적에 부합하지 않을 경우에 핸드오버는 수행되지 않는다.

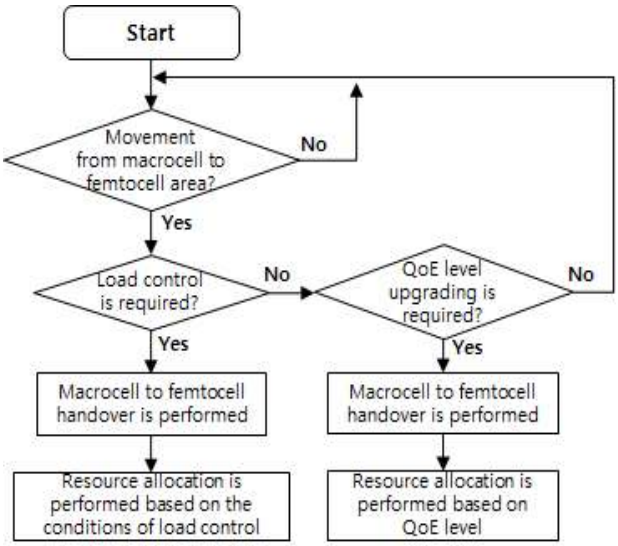

Fig. 3. Resource Allocation Scenario for Macrocell to Femtocell Handover

① 부하 제어

② QoE 수준 회복

매크로셀 간 핸드오버 등으로 인하여 매크로셀의 부하가 증가할 경우, 아래의 두 조건이 일치할 경우에 펨토셀로 일부 서비스를 절체 함으로서 시스템 내 부하를 적절하게 배분한다.

① 조건 1: 매크로셀의 가용 자원이 기준치 이하일 경우

② 조건 2: 펨토셀의 가용 자원이 기준치 이상일 경우

매크로셀 내 부하의 적절한 분배를 통하여 사전에 QoE 수준의 저하를 억제할 수 있다. 따라서 해당 펨토셀에서는 식 (16-17)과 같이 현 서비스 수준을 보장할 수 있을 정도로 수락한다. 여기서 $fe(b_k^{fe})$는 R_{fe} 에서 획득 가능한 서비스 수준을 의미한다.

$$fe(b_k^{fe}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^f < d_k^{rt} < d_k^e \quad (16)$$

$$fe(b_k^{fe}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^p < d_k^{nrt} < d_k^f \quad (17)$$

매크로셀에서 펨토셀로의 핸드오버 시에 QoE 수준 회복을 위해서는 아래의 조건들이 성립되어야 한다.

① 조건 1: R_{qh} 와 R_{fe} 로부터 QoE 협약 수준의 자원을 할당한다.

② 조건 2: 실시간 서비스는 Excellent(5) 수준의 지연, 비실시간 서비스는 Fair(3) 수준의 지연을 제공한다.

우선 R_{qh} 로부터 자원할당을 시도한다. 식 (18-19)와 같이 실시간 서비스와 비실시간 서비스의 조건 성립을 조사한다. 조건에 충족한다면 자원을 할당한다. 여기서 $qh(\mu_k^{qh})$는 R_{qh} 에서 획득 가능한 서비스 수준을 의미한다.

$$qh(\mu_k^{qh}) \geq \Gamma_k^{qoe} \quad \text{subject to } d_k^f < d_k^{rt} < d_k^e \quad (18)$$

$$qh(\mu_k^{qh}) \geq \Gamma_k^{qoe} \quad \text{subject to } d_k^p < d_k^{nrt} < d_k^f \quad (19)$$

조건이 성립하지 않는다면 R_{fe} 로 자원할당을 시도한다. 지연 조건은 동일하며, 협약된 QoE 수준에 해당하는 자원할당을 시도한다.

$$fe(b_k^{fe}) \geq \Gamma_k^{qoe} \quad \text{subject to } d_k^f < d_k^{rt} < d_k^e \quad (20)$$

$$fe(b_k^{fe}) \geq \Gamma_k^{qoe} \quad \text{subject to } d_k^p < d_k^{nrt} < d_k^f \quad (21)$$

2.2 Resource allocation for femtocell to macrocell Handover

그림 4와 같이 펨토셀에서 매크로셀로의 핸드오버는 셀 내 이동으로 인하여 발생하거나 펨토셀 내에서 서비스 QoE 저하에 의하여 발생한다. 매크로셀 내 이동으로 인한 핸드오버의 경우 아래의 조건이 성립해야 한다.

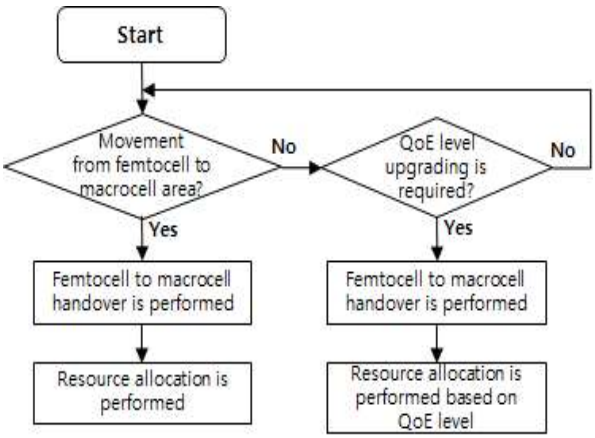

Fig. 4. Resource Allocation Scenario for Femtocell to Macrocell Handover

• 자원의 점유는 매크로셀 내 이동이므로 R_{ma} , R_{mh} 순으로 자원의 할당을 요구한다.

• R_{ma} 와 R_{mh} 로부터 현재 서비스 수준 정도의 지원이 가능해야 한다.

우선 R_{ma} 로부터 자원할당을 시도한다. 식 (22-23)과 같이 조건에 충족한다면 자원을 할당한다.

$$ma(b_k^{ma}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^f < d_k^{rt} < d_k^e \quad (22)$$

$$ma(b_k^{ma}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^p < d_k^{nrt} < d_k^f \quad (23)$$

조건이 성립하지 않고, 매크로셀 내 이동으로 인한 핸드오버이면 R_{mh} 로 자원할당을 시도한다. 지연 조건은 동일하며 협약된 QoE 수준에 해당하는 자원할당을 시도한다.

$$mh(\gamma_k^{mh}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^f < d_k^{rt} < d_k^e \quad (24)$$

$$mh(\gamma_k^{mh}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^p < d_k^{nrt} < d_k^f \quad (25)$$

펨토셀 내에서 서비스 QoE 저하가 발생할 경우, QoE 수준의 조정을 위해서 매크로셀로의 절체를 시도한다. 강제적인 핸드오버이므로 R_{qh} 의 자원 점유에 한정하며, 협약된 QoE 수준에 해당하는 자원할당을 시도한다.

R_{qh} 로부터 협약된 QoE 수준에 해당하는 자원할당을 시도한다. 실시간 서비스는 Excellent(5) 수준의 지연 , 비실시간 서비스는 Fair(3) 수준의 지연 제공이 가능해야 한다. $qh(\gamma_k^{qh})$ 는 R_{qh} 에서 획득 가능한 서비스 수준을 의미한다.

$$qh(\gamma_k^{qh}) \geq \Gamma_k^{qoe} \quad \text{subject to } d_k^f < d_k^{rt} < d_k^e \quad (26)$$

$$qh(\gamma_k^{qh}) \geq \Gamma_k^{qoe} \quad \text{subject to } d_k^p < d_k^{nrt} < d_k^f \quad (27)$$

2.3 Resource allocation for inter-femtocell handover

아래와 같은 절차로 자원할당을 시도한다.

• 자원의 점유는 R_{fe} , R_{mh} , R_{ma} 순으로 시도한다.

• R_{fe} 로부터 QoE협약 수준의 자원을 할당해야 한다.

• R_{mh} 은 현 서비스 수준을 유지할 수 있는 자원을 확보한다.

• 현 서비스 수준이 협약된 수준 이하일 경우, 인접 펨토셀로의 핸드오버 시에 협약된 QoE 수준 확보를 시도한다. 불가하다면 현 서비스 수준을 유지할 수 있는 자원을 확보한다.

인접 펨토셀로부터의 핸드오버 요구 시에 R_{fe} 에 Γ_k^{qoe} 수준의 자원할당을 시도한다.

$$fe(b_k^{fe}) \geq \Gamma_k^{qoe} \quad (28)$$

식 (28)이 성립한다면 Γ_k^{qoe} 수준을 할당할 수 있다.

$$fe(b_k^{fe}) < \Gamma_k^{qoe} \quad (29)$$

식 (29)이 성립할 경우 Γ_k^{qoe} 을 수용할 수 없으므로 현재 서비스 수준인 Γ_k^{cur} 으로 허용 여부를 확인한다.

$$fe(b_k^{fe}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^f < d_k^{rt} < d_k^e \quad (30)$$

$$fe(b_k^{fe}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^p < d_k^{nrt} < d_k^f \quad (31)$$

식 (30) 또는 식 (31)이 성립하지 않는다면, R_{mh} 의 점유를 시도한다. 단 현재 서비스 수준인 Γ_k^{cur} 수준의 자원할당 가능 여부를 확인한다. 여기서 $mh(\mu_k^{mh})$는 R_{mh} 에서 획득 가능한 서비스 수준을 의미한다.

$$mh(\mu_k^{mh}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^f < d_k^{rt} < d_k^e \quad (32)$$

$$mh(\mu_k^{mh}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^p < d_k^{nrt} < d_k^f \quad (33)$$

R_{mh} 에서 서비스를 수용하지 못할 경우, 매크로셀 전용자원 R_{ma} 의 점유를 시도한다. 단 현재 서비스 수준인 Γ_k^{cur} 수준의 자원할당 가능여부를 확인한다.

$$ma(b_k^{ma}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^f < d_k^{rt} < d_k^e \quad (34)$$

$$ma(b_k^{ma}) \geq \Gamma_k^{cur} \quad \text{subject to } d_k^p < d_k^{nrt} < d_k^f \quad (35)$$

IV. Performance Evaluation

본 논문에서 제안한 핸드오버 시의 자원할당 방안을 평가한다. 본 논문에서 제안한 자원할당방안의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션 프로그램인 MOBILESimulator V12를 개발하고 이를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 이 시뮬레이터는 ETRI (Electronics and Telecommunications Research Institute)에서 제작된 시뮬레이션 시스템의 확장 버전이다.

MOBILESimulator V12에 적용된 시뮬레이션 파라미터는 아래와 같다[16-17]. 망의 구조는 18개의 매크로셀과 각 매크로셀 내에 21개의 펨토셀이 분포된 재사용도 1의 중첩 망을 고려하였다. MT의 이동 속도와 이동 경로는 도로 구조에 의해 영향을 받으며 이러한 속도 변화 및 방향 변화가 MT의 이동 패턴을 지배한다. MT의 이동 속도에 따라 저속 MT와 고속 MT로 분류하였고 저속 MT, 즉 보행자는 전체의 60%를 차지하며 그들 중 50%가 보행중인 상태에 있고 나머지 50%가 정지 상태인 것으로 분류하고 고속 MT는 전체의 40%에 달하는 것으로 가정한다.

서비스 시도는 셀 내에서 균일하게 발생하며, 서비스의 발생은 포아송 분포를 따른다. 서비스는 그 유형에 따라 다양한 전송률, 전송 지연, 지속 시간 등이 요구된다. 서비스 유형에 따른 제안된 방법의 영향 분석을 위하여 표 2와 같이 각각 실시간과

비실시간 서비스를 고려하였다[18-19].

Table 2. Classification of Multimedia Services

Multimedia services		Data rate	Trans. delay	Duration time
Real-time services	High quality voice	32K	150ms	0.5
	Video telephone	64~384K	150ms	1.0
	VoD	10~20M	150ms	1.0
Non-real-time services	WWW	< 2M	20s	0
	FTP	64~384K	4s	0
	Background service	< 20M	10s	0.2

그림 5는 셀이 중첩된 망 구조를 기반으로 제안된 방법을 평가하기 위한 MOBILESimulator V12의 내부 구조를 보인다. 자원 할당 방법에 근거하여 선정된 무선 자원을 점유한다. 메시지 큐는 핸드오버 요구 메시지의 저장을 위하여 사용되고, RM-DB는 매크로셀과 펨토셀의 자원 점유 상태 등의 정보를 저장한다. 이 RM-DB는 제안된 핸드오버 시의 자원 할당 방법과 연결된다[18-19].

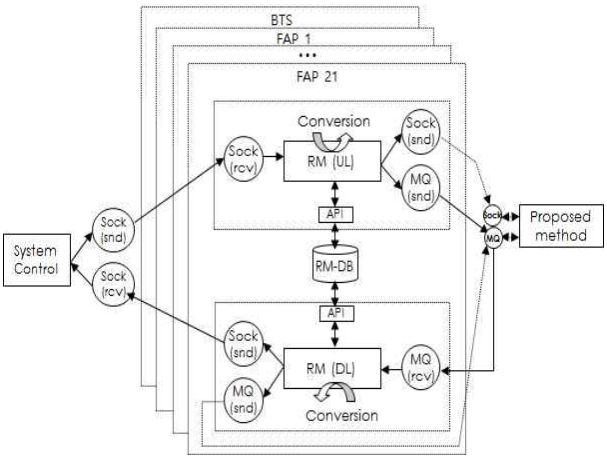

Fig. 5. Simulation Scenario

성능을 평가하기 위하여 자원공유와 간섭에 근거하여 전송률을 극대화하는 Saeed의 방식[20] 그리고 WBG(Weighted Bipartite Graph)와 KM(Kuhn-Munkres) 알고리즘을 적용하여 최적의 자원할당을 수행하는 Wang의 방식[21]과 비교·분석하였다. 그림 6과 표 3의 수치는 Outage 확률로서 평균전송률이 MiBR(Minimum Bit Rate)이하인 서비스의 비율로서 계산한다. 제안된 방안의 경우 Outage 확률이 Saeed의 방법과 Wang의 방법에 비하여 감소됨을 알 수 있다. 제안된 방법에서는 공유자원을 핸드오버의 두 가지 형태(MT의 이동으로 인한 핸드오버, MT의 QoE 저하로 인한 핸드오버)로 구분하여 자원을 분배 및 점유하고, 서비스의 특성과 특정 조건(핸드오버 종류)하에서는 펨토셀과 매트크로 셀간의 서비스 절체를 수용함으로서 Outage 확률을 감소시켰다.

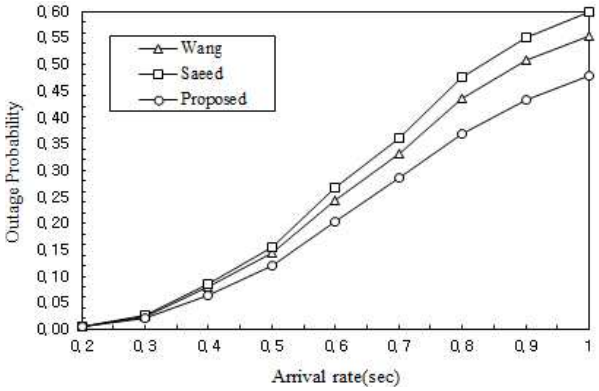

Fig. 6. Comparison of Outage Probability

Table 3. Numeric Comparison of Outage Probability

	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Saeed	0.085	0.155	0.268	0.36	0.475	0.55	0.597
Wang	0.08	0.143	0.24	0.33	0.436	0.506	0.553
Proposed	0.064	0.12	0.204	0.286	0.37	0.43	0.477

그림 7과 표 4의 수치는 MT의 서비스 요구 증가에 따른 데이터 수용 용량을 비교한 결과이다. 부하 0.3이상에서는 Saeed의 방법과 Wang의 방법에 비하여 데이터 수용 용량이 증가함을 알 수 있다. 이는 서비스 특성(실시간, 비실시간)을 기반으로 QoE 협약 수준을 지원하고 필요시에 현 수준 유지 방안을 실행함으로서 급격히 데이터 전송률이 감소하는 것을 억제하기 때문이다. 또한 매크로셀의 부하 증가 시에 주기적으로 펨토셀로 서비스를 분배함으로서 매크로셀에서의 QoE 저하를 사전에 차단한다. 이를 통하여 중첩 망 내에서 데이터 수용용량이 감소하는 것을 억제할 수 있다.

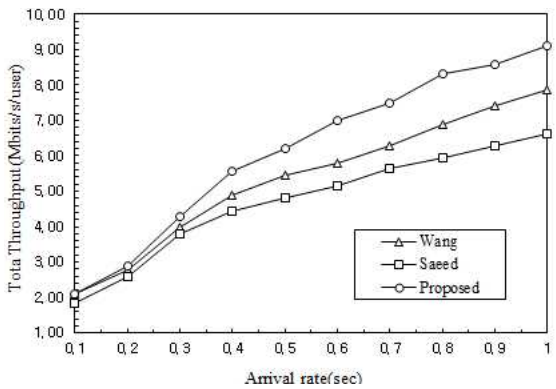

Fig. 7. Comparison of Total Throughput

Table 4. Numeric Comparison of Total Throughput

	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Saeed	4.444	4.822	5.14	5.637	5.96	6.3	6.61
Wang	4.87	5.436	5.8	6.3	6.9	7.4	7.85
Proposed	5.584	6.2	7.02	7.5	8.305	8.564	9.1

V. Conclusions

본 논문에서는 매크로-펨토셀이 중첩된 망에서 핸드오버 시 QoE를 보장하기 위한 자원할당 방법을 제안하였다. 셀 간 이동으로 인한 핸드오버와 QoE 저하로 인한 핸드오버를 지원하기 위하여 각각의 전용 자원을 분배하고 핸드오버 형태에 가장 적합한 자원할당 방법을 적용함으로서 무선 자원의 효과적 사용과 이를 통하여 수용 능력을 향상시켰다. 특히 실시간/비실시간 서비스에 적합하게 QoE 협약 수준 지원을 위한 방법을 적용함으로서 데이터 전송률의 적절한 유지가 가능하게 하였다. 제안된 방안의 성능을 평가하기 위하여 Outage 확률, 총 처리량을 성능 척도로 하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과에 의하면 기존의 방안에 비하여 성능이 우수함이 확인되었다. 향후 본 연구를 실제 시스템에 적용하기 위하여 MIMO 등의 안테나 기술과의 연동이 필요하다.

REFERENCES

[1] J. Moon, N. Park, S, Lee, and Y. Kim "Convergence of Wired Wireless Network Technologies for 5G Networks," Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 28, No. 6, pp. 1-12, Dec. 2013.

[2] J. Jang and D. Kwon, "5G Mobile Communication Technology," Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 30, No. 5, pp. 109-117, Oct. 2015.

[3] Amevi Acakpovi, Henry Sewordor, Koudjo M.Koumadi, “Performance Analysis Of Femtocell in an Indoor Cellular Network,” IJCNWC, vol. 3, no. 2250-3501, June 2013.

[4] Z. Jie and D. Guillaume, “Femtocells: Technologies and Deployment,” UK, Wiley, 2010.

[5] L. Liu, L. Sun, and E. Ifeachor, "A QoE-driven Vertical Handover Algorithm Based on Media Independent Handover Framework," IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, pp. 51-58, Dec. 2015.

[6] Azita Laily Yusof, Siti Sabariah Salihin, Norsuzila Ya’’acob, and Mohd Tarmizi Ali, “Performance Analysis of Handover Strategy in Femtocell Network,” Journal of Communications vol. 8, no. 11, Nov. 2013.

[7] F. Yang, Q. Yang, F. Fu and K. Sup Kwak, "A QoE-based resource allocation scheme for multi-radio access in heterogeneous wireless network," IEEE International Symposium on Communications and Information Technologies, pp. 264-268, Sept. 2014.

[8] Z. Xiao, Y. Xu, H. Feng, T. Yang, B. Hu, and Y. Zhou, "Modeling Streaming QoE in Wireless Networks with Large-Scale Measurement of User Behavior," IEEE Global Communications Conference, pp. 6-10, Dec. 2015.

[9] B. Niu and V. W. S. Wong, “The Design of Resource Management Mechanism with Hybrid Access in a Macro-Femto System,” IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM) - Wireless Networking Symposium, 4679-4685, 2013.

[10] F. Shen, D. Li, P. Lin and E. Jorswieck, “Auction Based Spectrum Sharing for Hybrid Access in Macro-Femtocell Networks under QoS Requirements,” IEEE ICC 2015, pp. 3335-3340, Sep. 2015.

[11] D. Lopez-Perez, C. Xiaoli, and Z. Jie, “Dynamic Downlink Frequency and Power Allocation in OFDMA Cellular Networks,” IEEE Transactions on Communications, vol. 60, no. 10, pp. 2904-2914, 2012.

[12] J. Li, H. Shi, H. Ju, and Jie Zheng, “Queue-Aware Resource Allocation Scheme in Hybrid Macrocell-Femtocell Networks,” IEEE 87th Vehicular Technology Conference (VTC Fall), pp. 1-5, 2013.

[13] M. C. Erturk, H. Aki, I. Guvenc, and H. Arslan, “Fair and QoS-Oriented Spectrum Splitting in Macrocell-Femtocell Networks,” IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2010), pp. 1-6, 2010.

[14] K. Piamrat, A. Ksentini, C. Viho, and J. Bonnin, " QoE-aware Vertical Handover in Wireless Heterogeneous Networks," IEEE International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, pp. 95-100, July 2011.

[15] L. Liu, L. Sun, and E. Ifeachor, "A QoE-driven Vertical Handover Algorithm Based on Media Independent Handover Framework," IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, pp. 51-58, Dec. 2015.

[16] J. C. Lee and S. M. Yoo, “Intelligent cell selection satisfying user requirements for inter-system handover in heterogeneous networks,” IEE Computer Communications, Vol 35, No. 17, pp. 2106-2114, Oct. 2012.

[17] J. C. Lee and M. H. 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.

[18] 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.

[19] J. Lee and M. Lee, "Resource Allocation Scheme for Macro-Femtocell Overlaid LTE-Advanced Networks," Korea Society of Computer Information, Vol. 19, No.

12, pp. 81-89, December 2014.
[20] A. Saeed, E. Katranaras, M. Dianati and M. I. Imran, "Control and data channel resource allocation in macro-femto Heterogeneous Networks," IEEE International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 24-28, Oct. 2015.
[21] N. Wang, Z. Fei and J. Kuang, "QoE-Aware Resource Allocation for Mixed Traffics in Heterogeneous Networks Based on Kuhn-Munkres Algorithm," IEEE International Conference on Communication Systems (ICCS), 14-16, Dec. 2016.

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 as a senior member of engineering staff in 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 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.