

# Resource Allocation Based on the Type of Handovers in Overlaid Macro-Femto Networks

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

## Abstract

In this paper we propose the resource allocation scheme for the overlaid macro-femtocell networks, which considers the type of handovers such as the inter-macrocell, macrocell-to-femtocell, femtocell-to-macrocell, or inter-femtocell in order to guarantee Quality of Service (QoS) and expand the accommodation capacity. Our proposed scheme takes into account the movement of mobile terminals, the QoS degradation, or the load control which trigger handovers in the overlaid networks, before it allocates resources dynamically. Moreover it considers QoS requirements of realtime or non-realtime mobile multimedia services such as video communication, Video on Demand (VoD) and data services. Simulation results show that our scheme provides better performances than the conventional one with respect to the outage probability, data transmission throughput and handover failure rate.

▶ Keyword : Overlaid cell, Mobile multimedia service, Service continuity, Resource allocation.

## I. Introduction

최근 고성능 컴퓨팅, 가상화, VoD(Video on demand), 스트리밍, 비디오 및 VoIP(Voice over IP)와 같은 다양한 광대역 서비스의 출현과 이에 따른 트래픽의 급격한 증가로 통신망 액세스 속도가 크게 증가하고 있으며, 연간 인터넷 트래픽의 증가 속도가 약 50~60%까지 급증하면서 망의 확장 및 고속화가 필수적으로 요구되고 있다. 증가하는 데이터 서비스에 대한 요구를 종래 매크로셀 또는 마이크로셀의 셀 분할만으로는 충족시키기 어렵기 때문에, 저출력의 펌토셀(femtocell)의 기지국 FAP(Femtocell Access Point)을 이용하여 실내외의 소규모 영역을 서비스하도록 이중망을 구성하면 저비용으로 용량 증대가 가능하다.

그림 1은 매크로셀과 펌토셀이 중첩된 망구조를 보인다[1]. 이와 같은 중첩 구조에서는 4가지의 핸드오버 - 인접 매크로셀로부터의 매크로셀 간 핸드오버, 매크로셀로부터 펌토셀로의 핸드오버(Hand-in Handover), 펌토셀로부터 매크로셀로의 핸드오버(Hand-out Handover), 펌토셀간의 핸드오버 - 가 수

행될 수 있다. 중첩 망에서 MT의 이동으로 인한 핸드오버 뿐만 아니라 수행중인 서비스의 QoS (Quality of Service) 저하의 발생할 우려가 있을 경우에는 셀 유형에 관계없이 매끄럽게 핸드오버를 하여 서비스 지속성을 보장해야 한다. 이러한 핸드오버의 서비스 성공 여부는 QoS의 지원이 필수적이며, 셀의 특성에 따라 QoS 적용을 달리해야 하는 중첩 셀의 특성을 고려해야 한다. 펌토 셀 환경에서 멀티미디어 서비스를 효율적으로 지원하기 위해서는 각 펌토 셀 내의 자원 할당 패턴을 분석하여, 계층화된 셀(펌토셀-매크로셀) 별로 자원 할당을 최적화할 수 있는 방향으로 접근해야 한다[2-5]. 특히 멀티미디어 서비스의 전송률 증가에 따라 관리대상 무선자원이 크게 증가하므로 효율적인 자원 할당 기술을 적용하여야 한다[6].

• 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. 10. 20, Revised 2015. 11. 24, Accepted: 2015. 12. 22.

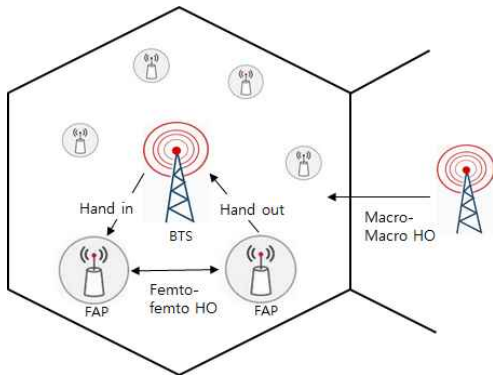


Fig. 1. Handover Scenario in overlaid networks

매크로셀-펠토셀로 계층화된 이중망 구조에서 효율적인 자원관리를 위하여 다수의 자원관리 방안이 연구되어 왔는데, 매크로셀과 펠토셀이 전용 자원을 사용하는 방법과 매크로셀과 펠토셀이 동일 자원을 공유하는 방법이 제안되고 있다[7-12]. 전용 자원을 사용하면, 셀 간 간섭을 회피할 수 있으므로 사용자 QoS의 지속성을 보장할 수 있는 자원할당을 할 수 있다. 그러나 각 셀은 한정된 자원의 사용으로 인하여 사용자 수용 용량의 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 일으킬 수 있다. DFFR (Dynamic FFR)[13]은 매크로셀의 한 섹터에 가용한 부채널이 있다면, 이 부채널을 펠토셀에서 사용함으로써 간섭 문제를 부분적으로 해결하였다. [14]에서는 FFR에 기반하여 모든 부채널을 셀 중앙 지역과 셀 주변으로 구분하여 할당함으로써 매크로셀에서의 자원 사용 공정성과 펠토셀의 수용 용량을 증대시키는 방안을 제안하였다. [15]에서는 QoS 요건에 의거 무선 자원 배분의 공정성을 유지하면서도 총 전송률을 극대화하기 위한 자원할당 및 스케줄링 방안을 제안하였다. [16]의 방법은 사용자의 간섭수준에 따라 동적으로 전용자원의 양을 변화시키는 방법을 사용한다. 전용자원과 공유자원의 비율은 망에서 결정하고 시스템에서 가용할 수 있는 전용자원의 양은 전용대역폭의 사용자 수에 따르고 매크로셀과 펠토셀의 사용자는 수신신호세기의 질에 근거하여 선호하는 주파수 대역을 선택할 수 있다. [17]의 방법은 4 단계 자원관리 방법이며 4 단계 중 2-3단계에서 자원관리 방법(주파수 및 타임 도메인)을 선택한다. 이 방법에서는 기지국과 사용자가 자원할당을 최적화하기 위하여 순차적으로 의사 결정하는데, 2단계에서 매크로셀이 펠토셀에 자원을 할당하는 과정을, 3단계에서 매크로셀과 펠토셀이 사용자에게 자원을 할당하는 방안을 채택하고 있다.

기준에 연구되었던 전용 자원 및 공유자원 할당 방식들에서는 핸드오버를 위한 자원 분배를 별도로 고려하지는 않고 있다. 신규 연결 요구와 핸드오버 요구를 동일한 요구로 취급하여 자원을 동등하게 할당할 수 있지만, 고속의 데이터를 처리해야하므로 서비스 도중에 종료되지 않고 계속 진행할 수 있도록 핸드오버 서비스의 지속성을 직접적으로 보장하기 위해서는 일정

량의 자원을 정기적으로 예약할 필요가 있다. 또한 빈번한 핸드오버 상황에서도 MT는 핸드오버를 하지 않은 상황에서와 같은 일정한 수준의 QoS 보장을 요구하기 때문에 각 셀의 자원 할당 과정에서 정적으로 자원을 예약할 필요가 있다. 이것은 핸드오버로 인한 셀 내 부하를 지나치게 증가하도록 허용할 경우에 셀의 영역이 계획된 값 이하로 줄어들게 되며 핸드오버 요구 시에 서비스의 질을 보장할 수 없기 때문이다.

본 논문에서는 무선 자원의 일부를 핸드오버를 위한 공유자원으로 분배하고 이를 통하여 핸드오버 요구 시의 서비스 지속성을 보장하는 방안을 제시하며 핸드오버 형태에 따라 두 가지의 자원할당 방법을 제안한다. 첫째로 MT의 이동으로 인한 핸드오버를 효율적으로 지원하기 위하여, 매크로셀 간의 핸드오버, 펠토셀간의 핸드오버 시의 자원 할당 방식을 제안한다. 둘째로, 낮은 부하를 가진 셀로부터 높은 부하를 가진 셀 영역으로 이동하게 함으로써 망에 적절한 부하가 유지되도록 하며, 또한 서비스의 QoS 저하가 일정시간 동안 계속될 경우 이중 셀 간 핸드오버를 통해 서비스 지속성이 보장되도록 하기 위하여 매크로셀에서 펠토셀로의 핸드오버, 펠토셀에서 매크로셀로의 핸드오버 시의 자원 할당 방식을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안하는 방안의 기반구조에 대해 기술하고 3장에서는 제안하는 부채널 할당 방법에 대해 기술한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통한 성능 평가가 이루어진다. 5장에서는 논문에 대한 결론 및 향후 연구에 관하여 서술한다.

## II. Preliminaries

### 1. Resource Allocation Strategy

중첩 셀(overlaid cell)은 매크로셀 내에 펠토셀이 위치하는 계층 구조로서 본 연구에서는 그림 2와 같이 전용자원 방식과 공유자원 방식을 융합한 자원 점유 매커니즘을 정의한다. 여기서 공유 자원인  $R_{ho}$ 는 특정 조건에 근거하여 펠토셀 또는 매크로셀로부터의 핸드오버 요구 시에 할당한다.

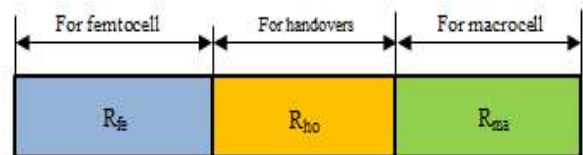


Fig. 2. Resource Allocation Strategy

각 셀의 무선자원(여기서는 부채널)에는 서로 다른 전력이 할당되며,  $p_k^{(h)}$ 와  $p_k^{(d)}$ 은 각각 핸드오버용 공유부채널  $h$ 와 전용부채널  $d$ 에 할당된 전력을 의미한다. 사용자  $k$ 와  $s c_i, d c_i$  사이의 링크 이득은  $L_k^{(h)}, L_k^{(d)}$ 으로 정의하고 거리에 따른 감

소(path loss)와 정규분포페이딩(lognormal fading)으로 구성된다. 여기에서  $\Phi^{(h)}$ 와  $\Phi^{(d)}$ 는 각각 부채널로 부터의 수신 잡음을 의미한다. 또한  $IFM_k^{(h)}$ 는 매크로셀에 연결된 사용자에게 영향을 미치는 인접 펌토셀들로부터 발생하는 간섭을 나타내고  $IMF_k^{(h)}$ 은 펌토셀 사용자에게 영향을 미치는 매크로셀에서 발생하는 간섭을 의미한다.  $IFF_k^{(h)}$ 와  $IFF_k^{(d)}$ 은 펌토셀 사용자에게 영향을 미치는 인접 펌토셀로부터 발생하는 간섭을 의미하고,  $IMM_k^{(h)}$ 와  $IMM_k^{(d)}$ 은 매크로셀 사용자에게 영향을 미치는 인접 매크로셀로부터 발생하는 간섭을 나타낸다.  $W_k^{(h)}$ 와  $W_k^{(d)}$ 은 부채널  $h$ 와  $d$ 에 할당된 대역폭을 의미한다. 샤논(Shannon)의 법칙을 이용하여 펌토셀과 매크로셀에서의 사용자의 전송률을 정의하면 식 (1-4)와 같다. 여기서,  $M_k^{(h)}$ 와  $F_k^{(h)}$ 를 각각 매크로셀과 펌토셀에서  $R_{ho}$ 의 부채널  $h$ 로 사용자  $k$ 에게 할당 가능한 전송률을 의미하고,  $M_k^{(d)}$ 와  $F_k^{(d)}$ 를 각각  $R_{ma}$ 과  $R_{fe}$ 의 부채널  $d$ 로 사용자에게 할당 가능한 전송률로 정의한다.

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

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

$$M_k^{(d)} = W_k^{(d)} \ln \left( 1 + \frac{L_k^{(d)} + p_k^{(d)}}{IMM_k^{(d)} + \Phi_k^{(d)}} \right) \quad (3)$$

$$F_k^{(d)} = W_k^{(d)} \ln \left( 1 + \frac{L_k^{(d)} + p_k^{(d)}}{IFF_k^{(d)} + \Phi_k^{(d)}} \right) \quad (4)$$

사용자  $k$ 에 대한 부채널의 할당 지시 값으로  $\rho_k$ 을 정의한다. 사용자  $k$ 에게 부채널  $s c_i$ 이 할당되었을 때  $\rho_k = 1$  이고, 그렇지 않으면  $\rho_k = 0$ 이다.  $H_k^M$ 와  $H_k^F$ 는 매크로셀 또는 펌토셀 사용자  $k$ 가  $R_{ho}$ 으로 부터 획득 가능한 전송률의 합을 의미한다. 이는 식 (5-8)과 같다. 여기서  $N$ 은 사용자  $k$ 가 요구한 전송률에 근거하여 기지국으로부터 할당된 부채널의 수를 의미한다.

$$H_k^M = \sum_{n=1}^N \rho_k^i \cdot M_k^{(h)} \quad (5)$$

$$H_k^F = \sum_{n=1}^N \rho_k^i \cdot F_k^{(h)} \quad (6)$$

$$D_k^M = \sum_{n=1}^N \rho_k^i \cdot M_k^{(d)} \quad (7)$$

$$D_k^F = \sum_{n=1}^N \rho_k^i \cdot F_k^{(d)} \quad (8)$$

## 2. Relation between Resource Allocation and Latency

하나의 공용채널을 여러 종류의 서비스와 여러 가입자가 동시에 공유하면서 각 서비스별, 가입자별 QoS를 만족시키기 위한 최적의 방법은 실시간 및 비실시간 데이터가 혼재한 상황에서 실시간 서비스의 지연 QoS를 만족시키면서 비실시간 서비스의 전송률 (throughput)을 최대화 하는 것이다.

본 연구에서는 멀티미디어 서비스의 QoS를 보장하기 위하여 MBR(Maximum bit rate)과 GBR(Guaranteed Bit Rate)를 고려한다. MBR은 해당 서비스의 최고 효율을 유지하기 위한 최대 패킷 전송률, GBR은 해당 서비스의 최소 효율을 유지하기 위한 최소 패킷 전송률을 의미한다. 모든 멀티미디어 서비스는 항상 식 (9)이 성립되도록 처리되어야 한다. 서비스  $S$ 를 위하여 가용자원으로 사용자  $k$ 가 획득 가능한 전송률의 합  $S_k^r$ 은 각 서비스  $S$ 의 GBR인  $S_k^{gbr}$ 보다 크고, 각 서비스  $S$ 의 MBR인  $S_k^{mbr}$ 보다 높다고 정의한다.

$$S_k^{gbr} \leq S_k^r \leq S_k^{mbr} \quad (9)$$

식 (9)이 성립하기 위한 제약 조건을 실시간성 서비스와 비실시간성 서비스의 지연 특성에 근거하여 각기 다르게 설정한다. 식 (10)은 실시간성 서비스의 지연 제약 조건을 나타낸다.  $d_k^{rt}$ 은 사용자  $k$ 가 실시간 데이터 전송 시 발생하는 전송 지연,  $d_k^{min}$ 은 최소 전송지연 기준치를 의미한다. 조건 식 (10)은 모든 실시간 서비스 사용자에게 전송 지연을 만족시켜야 한다는 것을 나타낸다.

$$d_k^{rt} < d_k^{min} \quad (10)$$

식 (11)은 비실시간 서비스의 지연 제약 조건을 나타낸다. 여기서,  $d_k^{mt}$ 은 사용자  $k$ 가 비실시간 데이터 전송 시 발생하는 전송 지연,  $d_k^{max}$ 은 사용자  $k$ 의 최대 전송지연시간 기준치를 의미한다.

$$d_k^{mt} < d_k^{max} \quad (11)$$

## III. The Proposed Scheme

분할된 각 서비스 블록의 셀 점유 우선순위를 결정하기 위하여 본 연구에서는 표 1과 같이 네 가지 유형의 핸드오버를 고려한다. 시스템 관점에서의 우선순위 항목인 사용자 접속 시

템과 시스템 사용자 접속 기준치, 그리고 사용자 관점에서의 사용자 서비스 클래스 종류와 서비스 전송 지연 등으로 구성된다.

① 매크로셀 간 핸드오버 (Inter-Macro HO; IMHO)

MT가 서비스 받던 매크로셀 지역을 벗어나 다른 매크로셀로 이동할 때 발생하는 핸드오버로서, 서비스 지속성을 보장해야 한다. 이를 위하여  $R_{ma}$  와  $R_{ho}$  의 점유를 시도한다.

② 매크로셀에서 펌토셀로의 핸드오버(Hand-in HO; HIHO)

매크로셀에서 과부하가 발생할 경우에 부하제어를 위하여 선별적으로 수행한다. 이종 셀 간 핸드오버를 통하여 매크로셀의 부하를 줄일 수 있다. 매크로셀의 과부하는 QoS 저하로 이어지므로 과부하로 인한 QoS 저하가 발생하기 전에 펌토셀로의 핸드오버를 수행함으로써 사전에 매크로셀의 부하를 조절한다. 이를 위하여  $R_{fe}$  와  $R_{ho}$  의 점유를 시도한다.

③ 펌토셀에서 매크로셀로의 핸드오버(Hand-out HO; HOHO)

펌토셀에서 매크로셀로의 핸드오버는 제한 없이 수행한다. 계약된 멀티미디어 서비스의 QoS 수준을 자원의 부족으로 인하여 지속적으로 저하될 경우, 서비스 지속성 보장을 위한 매크로셀로의 핸드오버를 수행함으로써 예측 가능한 QoS 보장해야 한다. 이를 위하여  $R_{ho}$  와  $R_{fe}$  의 점유를 시도한다.

④ 펌토셀간의 핸드오버(Inter-Femto HO; IFHO)

MT가 서비스 받던 펌토셀 지역을 벗어나 다른 펌토셀로 이동할 때 발생하는 핸드오버이다. 핸드오버 목적 셀에서 이를 수용하지 못할 경우, 매크로셀로의 절체를 통하여 서비스 지속성을 보장할 필요가 있다. 이를 위하여  $R_{fe}$ ,  $R_{ho}$  그리고  $R_{ma}$  의 점유를 시도한다.

Table 1. Classification of Handovers

Characteristic	Occupiable Resources
Inter-Macrocell Handover	Priority 1: $R_{ma}$ , 2: $R_{ho}$
Macrocell to Femtocell Handover	Priority 1: $R_{fe}$ , 2: $R_{ho}$
Femtocell to Macrocell Handover	Priority 1: $R_{ho}$ , 2: $R_{fe}$
Inter-Femtocell Handover	Priority 1: $R_{fe}$ , 2: $R_{ho}$ 3: $R_{ma}$

1. Inter-Macrocell Handover (IMHO)

빈번한 핸드오버 상황에서 셀 내 부하가 과도하게 증가하도록 허용한다면, 셀의 영역이 계획된 값 이하로 줄어들게 되며 핸드오버 요구 시에 서비스 품질을 보장할 수 없다. 따라서 MT의 이동성을 효율적으로 지원하기 위하여, 인접 셀에서 현 셀로 핸드오버를 요구하는 호들의 자원 요구량에 적응적으로 대처함으로써 빈번한 핸드오버 상황에서도 일정한 수준의 QoS 보장

할 수 있어야 한다. 즉 현재 셀의 자원 사용량과 MT의 이동에 의한 자원 사용량에 따라 신규 요구를 수락함으로써 망에 항상 적절한 부하를 유지하고, 이를 통하여 핸드오버의 효율적인 수행을 유도한다.

핸드오버 연결 시의 서비스 지속성을 보장하기 위해서는 아래의 조건들이 성립되어야 한다.

- 핸드오버 요구는 지연 한계가 보장될 경우에만 수락된다.
- 실시간 서비스는 최소 지연(Minimum Delay)을 만족시키는 전송률을 보장해야 한다.
- 비실시간 서비스는 최대 지연(Maximum Delay)을 만족시키는 전송률을 보장해야 한다.

핸드오버 요구를 허용하기 위해서는 아래의 세 가지 조건의 성립이 필요하다.

- 1 차로  $R_{ho}$  의 점유를 시도하고,  $R_{ho}$  이 부족하다면  $R_{ma}$  의 점유를 시도한다.
- $R_{ho}$  로부터 최대전송률을 보장할 수 있을 정도의 자원을 할당해야 한다.  $R_{ho}$  이 부족하다면, 허용 가능한 지연을 보장할 수 있을 정도로 수락한다.
- $R_{ma}$  은 허용 가능한 지연을 보장할 수 있을 정도로 수락한다.
- 핸드오버 요구는 기존의 서비스의 지연(Delay)에 영향을 미치지 않아야 한다.

인접 매크로셀로부터 핸드오버를 요청하는 사용자  $k$ 에 대해서는  $S_k^{mbr}$ 을 할당하는 것을 원칙으로 한다. 사용자  $k$ 가  $R_{ho}$ 의 가용 부채널들로부터 획득 가능한 전송률의 합인  $H_k^M$ 는 부채널의 가용성에 따라 아래의 두 가지 상태를 고려할 수 있다.

$$H_k^M \geq S_k^{mbr} \tag{12}$$

식 (12)이 성립한다면 사용자  $k$ 에  $S_k^{mbr}$ 을 할당할 수 있다.

$$H_k^M < S_k^{mbr} \tag{13}$$

식 (13)이 성립할 경우,  $S_k^{mbr}$ 을 수용할 수 없으므로, 전송률의 조정이 필요하다. 전송률을 조정하기 위하여 실시간 서비스의 경우 식 (14), 비실시간 서비스의 경우 식 (15)와 같이 전송률이 조정된 자원의 확보를 요구한다.

$$H_k^M \geq S_k^{gbr} \text{ subject to } d_k^{rt} < d_k^{min} \tag{14}$$

$$H_k^M \geq S_k^{gbr} \text{ subject to } d_k^{nt} < d_k^{max} \tag{15}$$

식 (14) 또는 식 (15)이 성립하지 않는다면, 매크로셀 전용자원  $R_{ma}$  의 점유를 시도한다. 핸드오버 요구는 기존의 서비스의 지연에 영향을 미치지 않아야 하므로  $R_{ma}$  은 식 (16-17)과

같이 허용 가능한 지연을 보장할 수 있을 정도로 수락한다.

$$D_k^M \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{rt} < d_k^{min} \quad (16)$$

$$D_k^M \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{nt} < d_k^{max} \quad (17)$$

## 2. Macrocell to Femtocell Handover (HIHO)

매크로셀에서 펌토셀로의 핸드오버는 하위의 부하제어 조건에 부합할 경우에만 허용한다. 이는 조건 1에 부합하는 매크로셀로부터 조건 2에 부합하는 펌토셀로의 핸드오버를 허용함으로써, 시스템 내 부하의 적절한 배분을 목적으로 한다. 따라서  $R_{fe}$  만을 점유할 수 있고  $R_{ho}$  를 점유할 수 없다.

- ① 조건 1: 이전 프레임에서 매크로셀 사용자가  $R_{ho}$  을 점유하고 있는 경우
- ② 조건 2: 펌토셀의 가용 자원이 기준치(Threshold) 이상일 경우

핸드오버 시에 매크로셀에서 허용된 QoS(여기서는 데이터 전송률)을 보장하는 것을 원칙으로 한다. 펌토셀로의 핸드오버를 요구하는 사용자  $k$ 는 이전 프레임에서의 데이터 전송률  $R_k^{rev}$  의 할당을 시도한다. 여기서  $S_k^{gbr} \leq S_k^{rev} \leq S_k^{mbr}$  이다.

펌토셀의 가용 부채널의 양에 따라 두 가지 상태를 고려할 수 있다.

$$H_k^F \geq S_k^{rev} \quad (18)$$

식 (18)이 성립한다면 사용자  $k$ 에게  $R_k^{rev}$  을 할당하고 펌토셀로의 핸드오버를 허용한다.

$$H_k^F < S_k^{rev} \quad (19)$$

그러나 식 (19)가 성립한다면,  $R_k^{rev}$  을 할당할 수 없으므로 실시간 서비스와 비실시간 서비스는 각각 식 (20), 식(21)과 같이 조정된 자원 할당을 시도한다.

$$H_k^F \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{rt} < d_k^{min} \quad (20)$$

$$H_k^F \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{nt} < d_k^{max} \quad (21)$$

## 3. Femtocell to Macrocell Handover (HOHO)

펌토셀에서 매크로셀로의 핸드오버를 허용하기 위해서는 아래와 같은 조건의 성립이 필요하다. 해당 멀티미디어 서비스의 특성에 따라 핸드오버를 판단할 파라미터를 결정하고 그 값이 파라미터의 기준 값을 초과하면 그 값이 지속적으로 변동하는 값인지 판단한 후 매크로셀로의 핸드오버 여부를 결정한다.

1. 해당 응용 서비스의 특성에 따라, 어느 파라미터를 주 결정 기준으로 할지를 결정한다.

- ① 해당 응용 서비스가 비실시간 형태라면 손실을 주 기준 파라미터로 사용한다.
- ② 해당 응용 서비스가 실시간 형태라면 지연과 지터를 주 기준 파라미터로 사용한다.
- ③ 실시간과 비실시간 특성을 동시에 갖는 형태라면 손실, 지연, 지터를 모두 고려한다.

2. 매크로셀로의 핸드오버 여부를 결정하기 위하여 기준 파라미터에 대한 하한 기준치와 상한 기준치를 결정한다. 이것은 QoS가 기준 값 이하로 저하될 지라도, 시스템 내에서 수용 가능한 기준치를 다시 설정하여 매크로셀로의 핸드오버 여부를 판단함으로써, 빈번한 핸드오버를 막기 위함이다.
3. 모니터링한 파라미터 정보가 일시적으로 변동된 값인지, 지속적으로 변동하는 값인지를 판단한다.

매크로셀로의 핸드오버가 결정된 후에는 아래와 같은 절차로 자원할당을 시도한다.

- 1 차로 매크로셀의 점유를 시도하고, 매크로셀의 자원이 부족하다면 공유 자원의 점유를 시도한다.
- $R_{ma}$  로부터 허용 가능한 기준치를 보장할 수 있을 정도로 수락한다.
- $R_{ho}$  은 허용 가능한 기준치를 보장할 수 있을 정도로 수락한다.

펌토셀로부터 매크로셀로의 절체를 시도한다.  $R_{ma}$  에서 전송에 필요한 부가 자원을 확보하기 위하여 GBR의 확보를 요구한다. 실시간 서비스와 비실시간 서비스는 각각 식 (22), 식(23)과 같이 전송률의 확보를 요구한다.

$$D_k^M \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{rt} < d_k^{min} \quad (22)$$

$$D_k^M \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{nt} < d_k^{max} \quad (23)$$

$R_{ma}$  에서 자원을 확보할 수 없다면 공유자원  $R_{ho}$  의 점유를 시도한다. 식 (24-25)과 같이  $R_{ho}$  는 허용 가능한 지연을 보장할 수 있을 정도로 수락한다.

$$H_k^M \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{rt} < d_k^{min} \quad (24)$$

$$H_k^M \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{nt} < d_k^{max} \quad (25)$$

## 4. Inter-Femtocell Handover (IFHO)

펌토셀간의 핸드오버는 아래와 같은 절차로 자원할당을 시도한다.

- 1 차로  $R_{ho}$  의 점유를 시도하고,  $R_{ho}$  의 자원이 부족하다면  $R_{fe}$  의 점유를 시도한다.

- $R_{ho}$ 로부터 최대전송률을 보장할 수 있을 정도의 자원을 할당해야 한다. 부족하다면  $R_{ho}$ 로부터 허용 가능한 기준치를 보장할 수 있을 정도로 수락한다.
- $R_{ho}$ 은 허용 가능한 기준치를 보장할 수 있을 정도로 수락한다.

인접 펠토셀로부터 핸드오버를 요청하는 사용자  $k$ 는  $S_k^{mbr}$ 을 할당하는 것을 원칙으로 한다. 사용자  $k$ 가  $H_k^F$ 는 부채널의 가용성에 따라 아래의 두 가지 상태를 고려할 수 있다.

$$H_k^F \geq S_k^{mbr} \quad (26)$$

식 (26)이 성립한다면 사용자  $k$ 에  $S_k^{mbr}$ 을 할당할 수 있다.

$$H_k^F < S_k^{mbr} \quad (27)$$

식 (27)이 성립할 경우 전송률을 조정하기 위하여 실시간 서비스와 비실시간 서비스는 각각 식 (28)과 식 (29)과 같이 전송률이 조정된 자원의 확보를 요구한다.

$$H_k^F \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{rt} < d_k^{min} \quad (28)$$

$$H_k^F \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{nt} < d_k^{max} \quad (29)$$

각 식이 성립하지 않는다면,  $R_{fe}$ 의 점유를 시도한다.  $R_{ma}$ 는 허용 가능한 지연을 보장할 수 있을 정도로 수락한다.

$$D_k^F \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{rt} < d_k^{min} \quad (30)$$

$$D_k^F \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{nt} < d_k^{max} \quad (31)$$

펠토셀에서 핸드오버를 수용할 수 없을 경우, 매크로셀로의 절체, 즉 핸드오버를 시도한다.  $R_{ma}$ 에서 전송에 필요한 부가 자원을 확보하기 위하여 GBR의 확보를 요구한다. 실시간 서비스와 비실시간 서비스는 각각 식 (32)과 식 (33)과 같이 전송률이 조정된 자원의 확보를 요구한다.

$$D_k^M \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{rt} < d_k^{min} \quad (32)$$

$$D_k^M \geq S_k^{gbr} \quad \text{subject to } d_k^{nt} < d_k^{max} \quad (33)$$

### IV. Performance Evaluation

본 논문에서 제안한 동적 부채널 할당 기법의 성능을 분석하기 위하여 7개의 매크로셀과 각 매크로셀에 20개의 펠토셀이 균일하게 분포된 재사용도 1의 매크로셀 및 펠토셀 중첩 LTE-Advanced 망을 고려하였다. MT의 서비스 요구는 셀 내에서 고르게 발생하며, 멀티미디어 서비스의 발생은 포아송 분포를 따른다. 주요 시스템 레벨 시뮬레이션은 OFDMA-based 3GPP LTE-Advanced system [18]과 3GPP LTE Ericsson model [19]의 시스템 레벨 파라미터와 채널 구조를 적용한다.

Table 2. Simulation Parameters [20-22]

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	Path-loss Model - Urban Macro Type - path-loss exponent: 4
	Shadowing Model - WINNER Channel Model II - 8dB
	Fading Model - ITU-R M.1225 pedestrian B - 5dB
SINR	Exponential: 3dB

그림 3은 매크로셀과 펠토셀의 지역이 중첩적으로 구성되고, 사용자는 중첩 구조의 망 지역에서 협약된 서비스 수준을 제공할 수 있는 시뮬레이션 프로그램의 내부 구조를 보인다. 사용자는 주파수 수행 결과에 근거하여 선정된 주파수 대역을 점유한다. 메시지 큐가 신규 세션 및 핸드오버 요구를 위한 프리미티브(primitive)를 위하여 사용되고, RM-DB(Resource Manager-DB)는 접속 망의 자원 및 부하 등의 현재 상태 정보를 저장하고, 제안된 알고리즘과 연결된다.

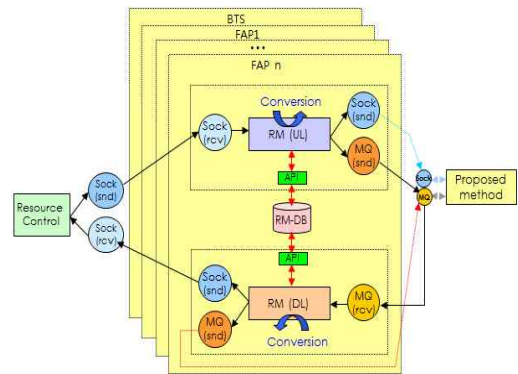


Fig. 3. Simulation Scenario

본 연구에서 제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여, Wickramasinghe의 방식[16] 그리고 Niu의 방식[17]과 비교·분석한다. 그림 4는 멀티미디어 서비스의 평균 전송률이 MiBR 이하인 서비스의 비율로서 계산한 outage 확률을 비교한 것이다. 제안된 방안의 경우 outage 확률이 Wickramasinghe의 방법[16]과 Niu[17] 방법에 비하여 크게 감소되지만 Wickramasinghe의 방안[16]과 Niu의 방법[17]에서는 서비스 별 자원 점유 상태의 변화에 대한 대처가 미흡하므로 outage 확률이 높다. 제안된 방법에서는 전용자원 및 공유자원 할당 시에 서비스 형태에 따라 최대전송지연 및 최소전송지연



의 허용한도에서 BGR을 지원함으로써 outage 확률이 감소되는 것으로 판단된다.

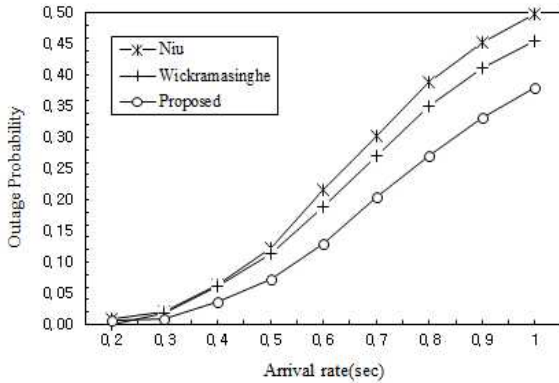


Fig. 4. Comparison of Outage Probability

그림 5는 MT의 서비스 요구 증가에 따른 데이터 처리량을 비교한 결과이다. 부하 0.6이상에서는 Wickramasinghe의 방법[16]과 Niu의 방법[17]에 비하여 데이터 처리량이 증가된다. 이것은 서비스에 따른 지연 특성을 기반으로 핸드오버 공유 자원을 할당할 수 있어 가용 자원의 양을 항상 최대로 유지할 수 있기 때문이다. 또한 QoS 저하 시에 서비스 지속성 유지방안의 적용에 의한 처리율 증가와 부하 분산을 통한 사용자의 처리율 증가로 인하여 데이터 처리율이 증가함을 알 수 있다.

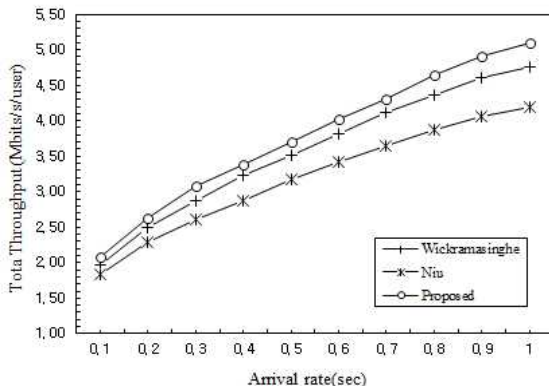


Fig. 5. Comparison of Total Throughput

그림 6은 제안된 방법의 핸드오버 실패율을 보인다. 이 그래프는 MT의 이동성에 의한 두 가지 유형의 핸드오버(IMHO, IFHO)를 고려한 경우의 성능과 부하제어 및 QoS 저하로 인한 핸드오버를 포함하는 네 가지 유형의 핸드오버(IMHO, IFHO, HIHO, HOHO)를 모두 고려한 경우의 성능을 비교한 결과이다. 이동으로 인한 핸드오버만을 고려한 경우보다, 부하제어를 통한 중첩 셀 내의 부하의 분산과 QoS 유지를 위한 주기적인 핸드오버 허용을 통하여 핸드오버 실패율이 감소함을 알 수 있다.

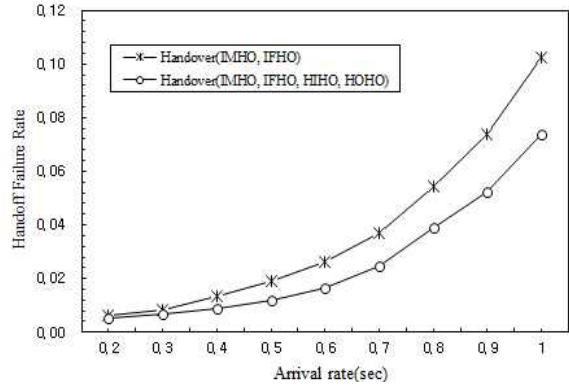


Fig. 6. Comparison of Handover Failure Rate

### V. Conclusions

본 논문에서는 핸드오버 시의 서비스 지속성을 보장할 목적으로, 매크로셀 간의 이동성을 지원하기 위한 매크로셀간의 핸드오버, 부하제어를 위한 매크로셀과 펌토셀간의 핸드오버, QoS 저하를 억제하기 위한 펌토셀과 매크로셀간의 핸드오버, 펌토셀간의 이동성을 지원하기 위한 펌토셀간의 핸드오버 시의 자원할당 방법을 제안하였다. 제안된 방안에서는 각각의 핸드오버 시에 각각 상이한 자원할당 방법을 사용하고 실시간 서비스와 비실시간 서비스들의 QoS 적응 및 조정을 수행함으로써 사용자 서비스 지속성을 향상시킨다. 또한 제안된 방안은 무선 자원의 효과적 사용과 이중 망의 트래픽 분배를 통하여 수용 능력을 증대시킨다. 제안된 방안의 성능을 평가하기 위하여 outage 확률, 총 처리량, 그리고 핸드오버 실패율을 성능 척도로 하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과에 의하면 기존의 방안에 비하여 성능이 우수함이 확인되었다. 향후 본 연구를 실제 시스템에 적용하기 위하여 지연을 향상, 간섭 그리고 시간 분배에 대한 세부적인 연구가 필요하다.

### REFERENCES

- [1] Z. Jie and D. Guillaume, "Femtocells : Technologies and Deployment," Wiley, UK, 2010.
- [2] Amevi Acakpovi, Henry Sewordor, and Koudjo M.Koumadi, "Performance Analysis of Femtocell in an Indoor Cellular Network," International Journal of Computer Networks and Wireless Communications, Vol. 3, No. 3. pp. 2250-3501, June 2013.
- [3] M. Z. Chowdhury, Y. M. Jang, and Z. J. Haas, "Cost-effective Frequency Planning for Capacity Enhancement of Femto-Cellular Networks," International Journal of Wireless Personal Communication, Vol. 60, No. 1, pp. 83-104, March 2011.

- [4] A. Singhrova, and N. Prakash, "Vertical Handoff Decision Algorithm for Improved Quality of Service in Heterogeneous Wireless Networks," IET Communications, Vol. 6, No. 2, pp. 211-223, 2012.
- [5] 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, November 2013.
- [6] J.S. Kim, K.T. Cho, B.H. Ryu, and N.H. Park, "The Technical Trends of SON and Femtocell," Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 27, No. 2, pp. 70-79, April 2012.
- [7] I. Hwang, B. Song, and S. Soliman, "A Holistic View on Hyperdense Heterogeneous and Small Cell Networks," IEEE Communications Magazine, Vol. 51, No. 6, pp. 20-27, June 2013.
- [8] 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, October 2012.
- [9] 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, July 2013.
- [10] X. Chu, Y. Wu, D. Lopez-Perez, and X. Tao, "On Providing Downlink Services in Collocated Spectrum-Sharing Macro and Femto Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 10, No. 12, pp. 4306-4315, December 2011.
- [11] 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, February 2013.
- [12] J. Li, H. Shi, H. Ju, and Jie Zheng, "Queue-Aware Resource Allocation Scheme in Hybrid Macrocell- Femtocell Networks," Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 1-5, September 2013.
- [13] F. Tariq, L. S. Dooley, A. S. Poulton and Y. Ji, "Dynamic Fractional Frequency Reuse Based Hybrid Resource Management for Femtocell Networks", Proceedings of Wireless Communications and Mobile Computing Conference, pp.272-277, July 2011
- [14] M. Rosdi, A Yusof, M. T. Ali, N. Ya'acob, M. Ismail, M. A. Zainali, M. S. NasroAli and B. A. Bakar, "Fairness of Radio Resource Partitioning for Macrocell and Femtocell Networks," Proceedings of IEEE Symposium on Wireless Technology and Applications, pp. 22-25, September. 2013.
- [15] M. C. Erturk, H. Aki, I. Guvenc and H. Arslan, "Fair and QoS-Oriented Spectrum Splitting in Macrocell-Femtocell Networks," Proceedings of IEEE GLOBECOM, pp. 1-6, December 2010.
- [16] C. L. Wickramasinghe and C. B. Wavegedara, "A Dynamic Resource Management Scheme for Two-Tier LTE Femtocell Networks," Proceedings of IEEE 8th International Conference on Industrial and Information Systems, pp. 18-20, August 2013
- [17] B. Niu and V. W. S. Wong, "The Design of Resource Management Mechanism with Hybrid Access in a Macro-Femto System," Proceedings of IEEE Global Communications Conference pp. 4679-4685, December 2013.
- [18] 3GPP TR R1-050255, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Downlink Transmission Scheme," April 2005.
- [19] 3GPP TS 36.211 v8.4.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channel and Modulation," September 2008.
- [20] 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, August 2013.
- [21] P. Kyosti et al., "WINNER II Channel Models," IST-WINNER II D1.1.2, November 2007.
- [22] 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, December 2014.



**Author**

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.