

## OFDMA 시스템에서 핸드오버를 위한 부하제어 기반의 QoS 제공 방안

이종찬\*, 이문호\*\*

### A QoS Provisioning Based on Load Balancing for Hand-over in OFDMA System

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

#### 요약

LTE-Advanced 망에서 핸드오버가 발생하면 멀티미디어 트래픽의 전송이 지연 및 손실에 의하여 영향 받기 때문에, 일관된 QoS를 유지하기 위한 효율적인 자원 관리 방안이 필요하다. 본 논문은 핸드오버 시에 OFDMA 시스템에서 이종 트래픽의 QoS를 보장하기 위한 부하제어 기반의 자원 관리 방안을 제안한다. 이를 통하여 음성, 영상, 데이터 서비스 등 자원할당 요구 사항이 서로 다른 멀티미디어 서비스들의 서비스 연속성을 지원할 수 있다. 핸드오버 실패율과 패킷 손실률을 성능척도로 하여 수행된 시뮬레이션 결과에 의하면 제안된 방안은 기존 방안에 비하여 더 우수한 성능을 가짐이 확인된다.

▶ Keywords : 자원관리, 핸드오버, 서비스품질, OFDMA

#### Abstract

Efficient resource management and hand-over schemes are necessary to maintain consistent QoS because it may be severely defected by some delay and information loss during hand-over in LTE-Advanced networks. This paper proposes a resource management scheme based on the load control to support consistent QoS for heterogeneous services during hand-over in OFDMA based systems. Various multimedia services with different requirements for resource are able to be serviced simultaneously because service continuity can be provided by our proposed scheme. Simulation results show that it provides better performances than the conventional one with the measure of hand-over failure rate and packet loss rate.

▶ Keywords : resource management, handover, Quality of Service, OFDMA

• 제1저자 : 이종찬 교신저자 : 이문호

• 투고일 : 2012. 12. 5, 심사일 : 2013. 1. 9, 게재확정일 : 2013. 1. 31

\* 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과(Dept. of Computer Information Engineering, Kunsan National University)

\*\* 청운대학교 멀티미디어학과(Dept. of Multimedia Science, Chungwoon University)

본 연구는 청운대학교 2012학년도 교내 학술연구비 지원에 의해 수행됨

## I. 서론

ITU는 4G 이동통신 기술을 IMT-Advanced로 규정하고, 높은 데이터 전송률, 망 융합(network convergence), 시간과 장소에 무관한 끊임없는 연결 (ubiquitous & seamless connection) 등을 기본 요건으로 정의하였다[1-2]. 이러한 요건을 충족시키는 기술로 3GPP의 LTE-Advanced (Long Term Evolution-Advanced)가 현재 주목받고 있다. LTE Advanced는 그림 1과 같이 All-IP 기반의 백본을 기반으로 기존 3G망인 WCDMA, HSDPA, WiBro와 연동함으로써 단일의 이동 단말기(Mobile Terminal; 이하 MT)를 통한 모든 서비스의 이용이 가능할 것으로 기대된다[3-6]. LTE-Advanced는 무선 환경에서도 유선과 유사한 수준의 멀티미디어 콘텐츠를 제공할 수 있도록 하기 위해 정지 상태에서 1 Gbps, 고속 이동 시에 100 Mbps 이상의 전송률을 지원할 예정이다. 이러한 대용량 데이터의 가변적 전송에 적합한 무선 자원 공유 방식으로서 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)가 채택될 것으로 전망된다[7-8]. OFDMA는 대용량의 데이터를 다수의 부반송파(sub-carrier)를 통해 분할 전송할 수 있고, 각 사용자에게 할당되는 부반송파는 스케줄링에 의하여 특정시간 단위로 동적으로 할당될 수 있어 다수의 사용자에게 각기 다른 QoS (Quality of Service)를 제공할 수 있다는 장점이 있다.

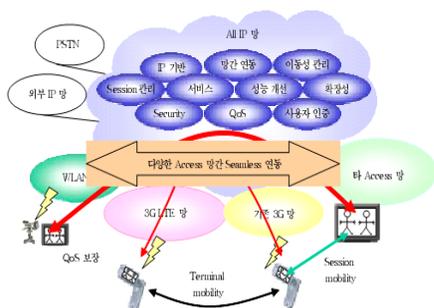


그림 1. 3G LTE 망구조[16]  
Fig. 1. 3G LTE Network Architecture

QoS를 효율적으로 지원하기 위해서는 대역폭을 효율적으로 사용할 필요가 있고, 이를 위하여 많은 자원 할당 방식이 연구되어왔다. 주로 공정성(Fairness) 중심의 연구가 진행되어왔지만 성능 향상의 한계를 보여 왔고, 이에 따라 전송률 확대 측면의 연구가 진행되고 있지만 소수에 한정되고 있다.

이는 다양한 서비스 종류에 적합한 QoS 파라미터를 어떻게 수용할 지에 대한 알고리즘의 한계를 극복하지 못한 결과로 판단되고 있다.

따라서 본 연구에서는 OFDMA 시스템에서 핸드오버 시의 자원 관리 방안을 제안한다. 제안되는 자원 관리 방안은 한정된 무선자원 환경 하에서 사용자의 다양한 QoS 요구를 그 서비스 특성에 맞게 수용한다. 또한 동적으로 부하제어를 수행하여 부하가 작은 셀로부터 부하가 큰 셀 영역으로 핸드오버할 경우에도, 다양한 실시간-비실시간 서비스의 QoS를 보장할 수 있게 하는 것을 목표로 한다.

2장에서는 IEEE 802.11s에서 제시하는 위치관리 기법에 대해 설명하고, 3장에서는 제안하는 위치관리 기법에 대해 알아본다. 4장에서는 제안 기법의 실제 시스템 설계 및 구현, 5장에서는 시뮬레이션을 통한 성능 평가가 이루어진다. 6장에서는 논문에 대한 결론 및 향후 연구에 관하여 논의한다.

## II. 기존 연구

OFDMA 시스템은 높은 주파수 효율을 가진 시스템이지만 구조상 동일 부채널 간섭(co-subchannel Interference)이 필연적으로 발생한다. 이를 해결하기 위하여 IEEE 802.20에서는 FFR(Fractional Frequency Reuse) 기법을 제안하고 있다. 셀 간 간섭으로 인해 수신 성능이 저하된 셀 가장자리에 위치한 사용자의 수신 성능을 개선하기 위한 주파수 재사용 방법으로서 이동단말기(mobile terminal: 이하 MT)의 위치에 따라 주파수 재사용률을 다르게 적용함으로써 시스템 성능을 향상시킨다. 3GPP LTE에서는 FFR보다 더 높은 성능을 얻기 위하여 셀을 2영역으로 나누어 안쪽 영역에서는 모든 주파수 자원을 사용할 수 있는 SFR(Soft Frequency Reuse) 방식을 제안하였다[9-10]. 그러나 두 방식은 전체 주파수를 모두 사용하지 않음으로 인한 용량의 감소가 발생하고, 사용자 분포의 불균형이 발생하면 자원의 부족 또는 자원이 잉여 현상으로 인하여 시스템 성능 저하의 주요 원인이 된다.

OFDMA 시스템에서 QoS 보장을 위한 다양한 방안들이 연구되어 왔다. Yanhui 등은 QoS 요건에 따른 무선 자원 배분의 공정성을 유지하면서도 총 전송률을 극대화하기 위한 자원 할당 및 스케줄링 방안을 제안하였다[11]. 이 방안은 무선 자원 배분의 공정성에 중점을 두었지만 각 서비스의 고유 특성에 따른 효율적 자원할당의 필요성을 간과하였다. 결과적으로 실시간-비실시간 서비스의 발생 비율의 변동이 클 경우에는 수용 가능한 사용자 수의 변동이 커지므로, 서비스의 안정성이

요구되는 실제 상용 시스템에 적용하기에는 적합하지 않다.

Bashar 등은 이중의 OFDMA 무선망 환경을 위한 자원 할당 및 수락 제어 방식을 제안하였다[12]. 이 방안은 실시간 서비스 위주의 자원할당으로, 비실시간 서비스의 성능 저하를 야기할 수 있으며, 다양한 서비스의 고유 특성을 상세하게 고려하지 않았다. 따라서 이 방안도 다양한 멀티미디어 서비스를 수용해야 하는 상용 시스템에 적합하지 않은 것으로 판단된다.

### III. 기반 구조

#### 3.1 세션 별 클래스 분류

음성이나 동영상, interactive 게임, 3D 영상 등 실시간 전송을 요하는 데이터들은 지연에 민감하므로 버퍼 대기시간을 우선적으로 고려해야 하는 반면 Web, FTP 서비스 등의 비실시간 데이터는 비교적 지연에 둔감하므로, 버퍼 관리 개념을 적용함으로써 패킷 손실에 보다 유연하게 대처할 수 있다. 본 연구에서는 전송 지연과 패킷 손실의 영향에 따라 서비스를 표 1과 같이 4가지 클래스로 분류한다.

각 세션의 클래스 유형과 우선순위는 세션 수락 시에 분류되며 자원의 효율적인 관리 및 활용을 위하여 세션의 클래스 유형에 따라 상이한 자원할당 방안을 적용한다.

클래스 LL은 세션 설정 시 할당된 무선 자원을 서비스 시간 전체에 걸쳐 고정적으로 사용한다. 클래스 LM의 경우는, 최소 비트 전송률(Minimum Bit Rate; 이하 MiBR)과 최대 비트 전송률(Maximum Bit Rate; 이하 MaBR)을 지정하고 망의 자원 운용 상태에 따라 MiBR과 MaBR 사이에서 세션의 전송률을 조정할 수 있다. ML, MM 클래스는 지연 보다는 패킷 손실률에 대한 보장 여부가 QoS를 결정하는 관건이다.

표 1 세션 별 클래스 분류  
Table 1. Classification of Multimedia Sessions

클래스	특성	종류	순위
LL (Less Delay, Less Loss)	- 지연에 민감하며 손실에도 취약한 특성을 갖는 실시간 서비스	- 고품질 실시간 방송 - 119서비스(음성, 영상) - 위치 인식 서비스 - 고품질 음성(오디오) - Interactive 게임	1
LM (Less Delay, More Loss)	- 지연에 민감하나 손실에 대해서는 덜 취약한 특성을 갖는 실시간 서비스	- Stream Audio/Video - Conversational Voice /Video	2
ML (More Delay, Less Loss)	- 지연에 덜 민감하나 손실에는 취약한 특성을 갖는 비실시간 서비스	- WWW Browsing - E-mail - FTP	3
MM (More Delay, More Loss)	- 지연에 민감하지 않고 손실에도 덜 취약한 특성을 갖는 서비스	- Background 서비스 (E-mail 통지, Fax 등)	4

#### 3.2 자원 운용 구조

그림 2는 OFDMA 방식의 자원블록(resource block)을 개념적으로 나타낸 것이다. 각 세션에 할당되는 부반송파는 고정되어 있지 않고, 특정 시간  $[t_i, t_{i+1}]$ 마다 동적으로 할당된다. OFDMA에서는 각 세션이 요구하는 전송률에 따라 부반송파의 수를 동적으로 할당함으로써 효율적인 자원분배가 가능하며 부반송파의 개수가 많을 경우 주파수 별 채널상태가 다르므로 부반송파의 SNR(Signal to Noise Ratio)에 따라 각기 다른 변조 방식을 사용하여 용량을 최적화할 수 있다.

본 연구에서는 표 1의 서비스 클래스 분류에 근거하여, 각 클래스를 차등적으로 지원하기 위하여 자원블록을 5개의 부자원블록(Sub-resource Block) -  $LL_B, LM_B, ML_B, MM_B, SH_B$  - 으로 분할 구성하며, 각 부자원블록은 일정한 양의 예약된 자원을 가진다. 각 부자원블록의 크기는 해당 클래스의 세션에 할당된 부반송파들의 수에 의하여 결정되며 시간간격  $[t_i, t_{i+1}]$ 마다 동적으로 변경된다.  $SH_B$ 는 공유가능 부자원블록으로서 지연에 민감한 실시간 세션이 이 공유 부자원블록에 대한 점유 우선권을 갖는다. 즉 LL 세션, LM 세션, ML 세션, MM 세션의 순으로  $SH_B$ 에 대한 점유 우선순위를 갖는다.

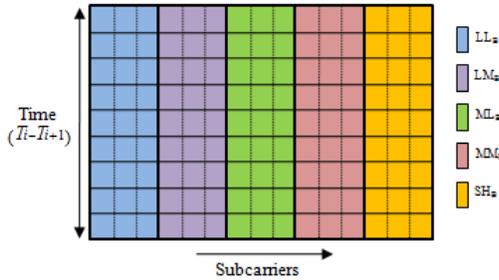


그림 2 자원 블록  
Fig. 2 Resource Block

### IV. 핸드오버 시 다중세션 처리 방안

본 연구에서는 지연에 민감하지만 패킷 손실에 둔감한 서비스(LM 클래스)와 패킷 손실에 민감하지만 지연에 둔감한 서비스(ML 클래스)의 특성을 바탕으로, 지연과 패킷 손실에 모두 민감한 서비스(LL 클래스)와 지연과 패킷 손실에 모두 둔감한 서비스(MM 클래스)의 특성을 이용하여 무선 자원을 효율적으로 관리하는 방안을 고려하였으며, 특히 지연 특성 때문에 버퍼 대기시간이 한정되어야 하는 실시간 서비스의 전송에 우선순위를 둔다. ML과 MM 클래스에 대해서는, 일정 시간 동안의 대기에도 불구하고 전송 요구 용량이 확보될 수 없으면 패킷을 특정 기준치까지 폐기하고 재전송을 수행한다. 본 연구에서는, 시간간격  $[t_i, t_{i+1}]$ 에서 전송을 위해 버퍼에 대기 중인 실시간 서비스 혹은 비실시간 서비스의 일부분으로 객체  $O_i$  [13]라는 개념을 도입한다. 이를 바탕으로 하여 실시간 객체에 자원 점유의 우선권을 부여하여 실시간 객체가 부반송파를 배타적으로 점유하도록 하되 실시간 서비스의 패킷 전송률이 감소할 경우에는 여분의 부반송파를 비실시간 서비스가 점유하도록 함으로써, 실시간 서비스에 전송의 우선순위를 부여하면서도 비실시간 서비스를 허용 가능한 지연한계까지 최대한 수용하는 OScD (Object Based Subcarrier Distribution)을 제안한다.

OScD는 전송지연 요건을 충족시키기 위하여 부하제어와 병행하여 수행되며, 손실률 요건을 충족시키기 위한 기능의 일부로서 재전송 및 큐잉 등을 수행한다. 시간간격  $[t_i, t_{i+1}]$ 마다 사용자정보를 생성하고 이를 바탕으로 추후 핸드오버 세션으로 인한 셀 내 부하 증가에 효율적으로 대처하기 위하여 자원할당 분할을 다시 설정한다. 이를 통하여 클래스 별로 부하제어 그리고 자원할당을 제어함을 의미하며 빈번한 핸드오버로 인한 자원 점유 상태 변화에 능동적으로 대처할 수 있다.

#### 4.1 부하제어(load control)

각 세션의 전송률은 시간에 따라 달라질 수 있다. 또한 각 세션의 전송률이 일정하더라도 MT의 핸드오버로 인하여 보다 많은 자원을 필요로 할 수 있다. 이와 같이 셀 내의 부하가 지나치게 증가하도록 허용한다면, 현재 연결되어 있는 세션의 QoS를 보장할 수 없다. 즉 세션 수락만으로 지속적인 과부하를 막기에는 부족할 수 있으므로 현재의 부하 상태 그리고 인접 셀들의 핸드오버 호의 이동 상태를 동적으로 감시하여 적정 부하로 제어해야 한다. 부하제어는 SH, MM, ML, LM 세션의 일부 자원을 조정함으로써 LL과 LM 세션의 핸드오버 시 자원이 부족할 경우에 대비한 자원을 확보하는데 목적이 있다.

셀 내 ML 세션과 MM 세션을 대상으로 부하제어 요구(전송률 감소)

$i$ (Session Priority within a Cell) = 1,  $n$  (the number of sessions of ML and MM)

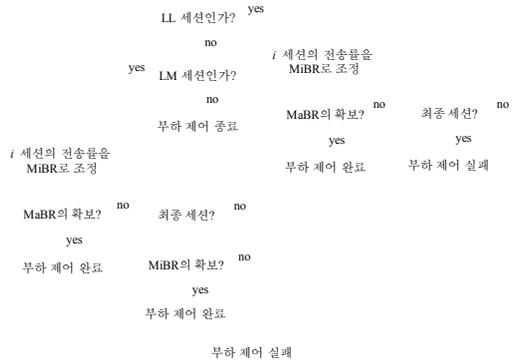


그림 3. 부하제어  
Fig.3. Load Control

그림 3과 같이 셀 내 세션 간 우선순위가 낮은 순서 그리고 자원할당 블록의 우선순위인  $SH_B \rightarrow MM_B \rightarrow ML_B \rightarrow LM_B$  순서로, LL 세션의 MaBR과 LM 세션의 MiBR이 확보될 때 까지 해당 세션들의 전송률을 조정한다. 전송량을 재조정할 때 각 세션에 허용된 최소 전송률을 보장해야 하므로 해당 세션들의 전송률을 최소 전송률 까지 조정한다.

#### 4.2 자원할당

MT가 핸드오버를 요구하면, 세션 우선순위 결정에 근거하여 세션 간 서비스 우선순위를 결정한다. 결정된 MT 내 세션 우선순위에 따라, 순서대로 자원할당 요구 절차를 수행하고

각 클래스 마다 그 특성을 기반으로 핸드오버 세션의 처리 방안을 달리한다. 핸드오버 시 각 세션에 자원할당을 위하여, 시간간격  $[t_i, t_{i+1}]$ 에서 전송을 위해 버퍼에 대기 중인 데이터, 이미지, 오디오 또는 비디오의 일부분으로 객체  $O_i$ 을 정의한다[13].  $O_i$ 는 실시간 객체의 집합  $O_i^R$ 와 비실시간 객체의 집합  $O_i^N$ 으로 구성되며, 2.1의 서비스 클래스 분류에 근거하여  $O_i^R$ 은 핸드오버 LL 객체를 나타내는  $O_i^{LL}$ 과 핸드오버 LM 객체를 나타내는  $O_i^{LM}$ , 그리고  $O_i^N$ 은 핸드오버 ML 객체를 나타내는  $O_i^{ML}$ 과 핸드오버 MM 객체를 나타내는  $O_i^{MM}$ 으로 구분된다.

단위 시간동안 객체  $O_i$ 를  $n$ 개의 부반송파를 통하여 전송해야한다. 이를 위하여, 객체  $O_i$ 의 전송비트수를 이용하여, MT가 각 객체들을 전송하기 위하여 필요한 무선 자원의 양, 즉 요구 용량  $\zeta_{ij}$ 을 계산하고  $j$ 개의 부반송파를 할당한다( $m$ 개의 객체,  $n$ 개의 부반송파). 각 객체  $O_i$ 가  $\zeta_{i1}, \dots, \zeta_{ij}$ 을 요구한다고 가정한다. 이때 시간간격  $[t_i, t_{i+1}]$ 에서 각 객체의 요구 용량의 합  $C_d$ 는 식 (1)과 같다.

$$C_d = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \zeta_{ij} \quad (1)$$

각 시간간격 동안  $O_i$  정보에 의하여 요구 용량  $C_d$ 을 갱신할 수 있고, 다음 시간간격에서 필요한 총 점유 용량을 결정할 수 있다. 즉 시간간격  $[t_i, t_{i+1}]$ 에서의 자원할당은  $O_i$ 의 정보에 따라 점유 용량을 조사함으로써 계속하여 미리 결정된다.

시간간격  $[t_i, t_{i+1}]$ 에서 실시간 서비스의 패킷 손실률을 결정할 때는 다음의 제약 조건을 고려한다. 실시간 객체  $O_i^R$ 의 패킷 손실률  $L_i$ 는 한정된 자원으로 인하여  $O_i^R$ 의 전송 중에 발생하는 QoS의 저하를 의미하며 식 (2)와 같이 정의된다 [9].

$$L_i = \frac{O_i^R \text{에서 손실된 패킷의 수}}{O_i^R \text{의 패킷들의 총 수}} \quad (2)$$

QoS의 저하가 발생하면, 서비스 우선순위에 근거하여 실시간 객체에게 이를 적용해야 한다. 이러한 목적 하에,  $[t_i, t_{i+1}]$ 에서 객체들  $O_1, \dots, O_n$ 에 대한 손실률을 결정할 때는 식 (3)의 제약 조건을 고려한다. 실시간 세션들에게 무선 자원을 할당하

기 위하여 시스템에서 사용 가능한 가용 용량  $R(T)$ 이외에 추가로 요구되는 자원 용량을  $\Lambda^R$ 이라 정의한다.

$$\Lambda^R = \sum_{i=1}^n L_i |O_i^R|, \quad 0 \leq L_i \leq 1 - \theta_i \quad (3)$$

$|O_i^R|$ 은  $[t_i, t_{i+1}]$  동안의 정규화된  $O_i^R$ 의 크기를 나타낸다.  $\theta_i$ 는 객체  $O_i$ 의 신뢰성 요건(reliability requirement)으로서  $(1 - \theta_i)\%$ 의 손실을 가진 객체  $O_i$ 를 서비스 사용자가 감내할 수 있음을 의미한다.  $\sum_{i=1}^n L_i |O_i^R| < \Lambda^R$ 이면 주어진 자원 용량으로는 수용할 수 없다.

각  $O_i$ 의 전송에 따라, 실시간으로 각 자원 파트의 가용 자원의 합은 주기적으로 변경된다. 시간간격  $[t_i, t_{i+1}]$ 에서 총 가용 용량의 합은 식 (4)와 같다.

$$R(T) = \sum_{j \in P} R_j, \quad P = (LL, LM, ML, MM, SH) \quad (4)$$

#### 4.2.1 LL 세션의 자원할당

객체  $O_i$ 의 정보를 이용하여, LL 객체를 MaBR이하로 전송하기 위하여 필요한 무선 자원의 양, 즉 요구 용량  $\zeta_i^{LLmax}$ 을 계산하고, 이를 수용할 수 있는  $LL_B$ 의 가용부반송파를 할당한다. 다수의 LL 객체들  $O_1^{LL}, \dots, O_n^{LL}$ 이 각각  $\zeta_1^{LLmax}, \dots, \zeta_n^{LLmax}$ 을 요구한다고 가정한다.  $[t_i, t_{i+1}]$ 에서 부반송파의 가용성에 따라 두 가지 상태를 고려할 수 있다.

$$R_{LL} \geq \zeta_i^{LLmax} \quad (5)$$

식 (5)가 성립될 경우에,  $LL_B$ 의 가용부반송파로 부터의 획득 가능한 전송률의 합  $R_{LL}$ 이 요구 용량보다 크다면  $O_i^{LL}$ 에 할당될 요구 용량은 그 객체의 예약 용량과 동일하다.

$$R_{LL} < \zeta_i^{LLmax} \quad (6)$$

식 (6)이 성립될 경우에,  $R_{LL}$ 만으로는 요구 용량을 수용할 수 없으므로,  $\zeta_i^{LL} - R_{LL}$  만큼의 부가 용량이 필요하다. 이러한 부가용량의 확보를 위하여 두 가지 방안을 고려한다.

$$R(T) - R_{LM} \geq \zeta_i^{LLmax} \quad (7)$$

식 (7)의 경우에,  $O_i^{LL}$ 에 요구 용량  $\zeta_i^{LL}$ 을 할당한다.

$$R(T) - R_{LM} < \zeta_i^{LLmax} \quad (8)$$

식 (8)의 경우에 요구 용량을 확보할 수 없으므로 객체의 할당 용량이  $\zeta_i^{LL} - R(T) - R_{LM}$ 에 해당되는 자원의 확보를 위하여, 식 (9)를 근거로 세션 우선순위와 부하제어를 통하여 여분의 부반송파들을 확보한다.

$$\sum_{O_i \in O_i^n} L_i |O_i^n| = \zeta_i^{LLmax} - R(T) - R_{LM}, \quad 0 \leq L_i \leq 1 - \theta_i \quad (9)$$

부하제어 시의, 할당 용량 감소는 실시간 세션의 QoS를 충족시키기 위하여,  $SH_B$ ,  $MM_B$ ,  $ML_B$  자원을 점유하고 있는 비실시간 객체인  $O_i^{ML}$ ,  $O_i^{MM}$ 에서 발생한다. 부하제어를 통하여 총 반송 용량  $\sum_{i=1}^n \psi_i^R$ 을 구하고, 이를 통하여 식 (10)의 조정된 가용 부반송파의 합  $\psi_T^R$ 을 획득한다.

$$\psi_T^R = \sum_{i=1}^n \psi_i^R + R(T) \quad (10)$$

$\psi_T^R$ 의 가용도에 따라서, 두 가지 방안 중 하나를 고려할 수 있다.

$$\psi_T^R \geq \zeta_i^{LLmax} \quad (11)$$

식 (11)이 성립되는 경우에는,  $O_i^{LL}$ 에 요구 용량  $\zeta_i^{LL}$ 을 할당한다.

$$\psi_T^R < \zeta_i^{LLmax} \quad (12)$$

식 (12)가 성립되는 경우에는,  $O_i^{LL}$ 의 요구 용량을 수용할 수 없으므로 세션은 절단된다.

#### 4.2.2 LM 세션의 자원할당

LM 객체들  $O_i^{LM}, \dots, O_i^{LM}$ 이 MaBR로 전송하기 위한 무선 자원 용량  $\zeta_1^{LMmax}, \dots, \zeta_i^{LMmax}$ 와 MiBR로 전송하기 위한 무선 자원 용량  $\zeta_1^{LMmin}, \dots, \zeta_i^{LMmin}$ 을 동시에 요구한다고 가

정한다. LM세션은  $\{t_i, t_{i+1}\}$ 에서 자원 용량의 가용성에 따라 세 가지 상태를 고려한다.

$$R_{LM} \geq \zeta_i^{LMmax} \quad (13)$$

식 (13)의 경우에,  $LM_B$ 의 가용부반송파로 부터의 획득 가능한 전송률의 합  $R_{LM}$ 이 요구 용량보다 크다면  $O_i^{LM}$ 에  $\zeta_i^{LMmax}$ 을 할당한다.

$$\zeta_i^{LMmin} \leq R_{LM} < \zeta_i^{LMmax} \quad (14)$$

식 (14)의 경우에  $O_i^{LM}$ 에  $\zeta_i^{LMmin}$ 을 할당한다.

$$R_{LM} < \zeta_i^{LMmin} \quad (15)$$

식 (15)의 경우에,  $\zeta_i^{LM} - R_{LM}$ 만큼의 부가 용량이 필요하다. 이를 위하여  $R_{SH} > R_{MM} > R_{ML}$  순으로 가용 부반송파 점유를 시도한다.

$$R(T) - R_{LL} \geq \zeta_i^{LMmin} \quad (16)$$

식 (16)의 경우에,  $O_i^{LM}$ 에 요구 용량  $\zeta_i^{LMmin}$ 을 할당한다.

$$R(T) - R_{LL} < \zeta_i^{LMmin} \quad (17)$$

식 (17)의 경우에 요구 용량을 확보할 수 없으므로, 객체의 할당 용량이  $\zeta_i^{LL} - R(T) - R_{LM}$ 에 해당하는 부반송파를 확보하기 위하여 부하제어를 수행한다.

실시간 세션의 QoS를 충족시키기 위하여,  $SH_B$ 를 점유하고 있는 객체인  $O_i^{ML}$ ,  $O_i^{MM}$ 에서만 할당 용량 감소가 발생한다. 즉  $SH_B$ 에서는 MM 세션과 ML 세션에 점유된 부반송파를 회수하여 사용할 수 있지만,  $LM_B$ 과  $LL_B$ 에서는 가용 부반송파만 점유할 수 있다. 부하제어를 통하여, 식 (18)의 조정된 가용 부반송파  $\psi_T^R$ 을 획득한다.

$$\psi_T^R = \sum_{i=1}^n \psi_i^{RSH} + R(T) \quad (18)$$

$\psi_T^R$ 의 가용성에 따라서, 두 가지 방안이 고려된다.

$$\psi_T^R \geq \zeta_i^{LMmin} \quad (19)$$

식 (19)의 경우에,  $O_i^{LM}$ 에 요구 용량  $\zeta_i^{LMmin}$ 을 할당한다.

$$\psi_T^R < \zeta_i^{LMmin} \quad (20)$$

식 (20)의 경우에,  $O_i^{LM}$ 의 요구 용량을 수용할 수 없으므로 세션은 절단된다.

#### 4.2.3 ML 세션의 자원할당

다수의 ML 객체들  $O_1^{ML}, \dots, O_i^{ML}$ 이 MaBR로 전송하기 위한 무선 자원 용량  $\zeta_1^{MLmax}, \dots, \zeta_i^{MLmax}$ 와 MiBR로 전송하기 위한 무선 자원 용량  $\zeta_1^{MLmin}, \dots, \zeta_i^{MLmin}$ 을 동시에 요구한다. ML세션은 자원 용량의 가용성에 따라 세 가지 상태를 고려한다.

$$R_{ML} \geq \zeta_i^{MLmax} \quad (21)$$

식 (21)의 경우에  $ML_B$ 의 가용부반송파로부터 획득 가능한 전송률의 합  $R_{ML}$ 이 요구 용량보다 크다면  $O_i^{ML}$ 에  $\zeta_i^{MLmax}$ 을 할당한다.

$$\zeta_i^{MLmin} \leq R_{ML} < \zeta_i^{MLmax} \quad (22)$$

식 (22)의 경우에  $O_i^{ML}$ 에  $\zeta_i^{MLmin}$ 을 할당한다.

$$R_{ML} < \zeta_i^{MLmin} \quad (23)$$

식 (23)에서  $ML_B$ 에 가용 부반송파가 부족하다면 ML 큐에서 우선순위를 할당받은 후,  $R_{SH}$ 의 부반송파의 점유를 시도한다.  $\zeta_i^{ML} - R_{ML}$  만큼의 부가 용량이 필요하므로 두 가지 방안을 고려한다.

$$R_{SH} \geq \zeta_i^{MLmin} \quad (24)$$

식 (24)의 경우에,  $O_i^{ML}$ 에 요구 용량  $\zeta_i^{MLmin}$ 로 부반송파를 할당한다.

$$R_{SH} < \zeta_i^{MLmin} \quad (25)$$

식 (25)의 경우에 요구 용량을 확보할 수 없으므로 자원이 없다면, 일정 시간간격 동안 SH 큐와 ML 큐에 대기한다. 가용 부반송파가 발생하면 MaBR로 이를 점유한다.

#### 4.2.4 MM 세션의 자원할당

MM 객체들  $O_1^{MM}, \dots, O_i^{MM}$ 을 MaBR로 전송하기 위한 무선 자원 용량  $\zeta_1^{MMmax}, \dots, \zeta_i^{MMmax}$ 와 MiBR로 전송하기 위한 무선 자원 용량  $\zeta_1^{MMmin}, \dots, \zeta_i^{MMmin}$ 을 요구한다. MM세션은 자원 용량의 가용성에 따라 세 가지 상태를 고려한다.

$$R_{MM} \geq \zeta_i^{MMmax} \quad (26)$$

식 (26)의 경우에  $O_i^{MM}$ 에 요구 용량  $\zeta_i^{MMmax}$ 로 부반송파를 할당한다.

$$\zeta_i^{MMmin} \leq R_{MM} < \zeta_i^{MMmax} \quad (27)$$

식 (27)의 경우에  $O_i^{MM}$ 에 요구 용량  $\zeta_i^{MMmin}$ 로 부반송파를 할당한다.

$$R_{MM} < \zeta_i^{MMmin} \quad (28)$$

식 (28)의 경우에 요구 용량을 확보할 수 없으므로, 일정 시간간격 동안 MM 큐에 대기한다. 여분의 무선 자원이 있는 경우에 전송이 가능하다.

## V. 성능 평가

### 5.1 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 자원할당방안의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션 저작 도구인 MODSIM[14-15]을 이용하여 시뮬레이션 프로그램인 MOBILESimulator V10을 개발하고 이를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 평가를 위한 기본 구

조는 다음과 같이 설정한다.

- 실시간 세션의 한 버스트의 평균 지속 시간은 1.00s로 가정하였다.
- 실시간 세션의 지속 시간 중 버퍼에 쌓이는 평균 패킷량은 버퍼 크기의 70%로 가정하였다.
- 각 MT의 패킷 전송률은 상이하지만 전송률의 합은 항상 동일하다.
- 각 패킷은 10ms 프레임 구조를 가정하였다.

시뮬레이션을 위한 네트워크 환경으로 접속망은 WLAN, LTE, UMTS, GPRS 4개의 셀로 구성되며, 이중망간 핸드오버를 위해 지원가능 거리 순서에 따라 중첩적으로 구성한다. MT의 이동 경로와 속도는 도로 구조에 의해 영향을 받으며 이러한 방향 및 속도의 변화가 MT 이동 패턴을 지배한다. 단말기의 이동 속도에 따라 고속 MT와 저속 MT로 분류하였고 저속 MT, 즉 보행자는 전체의 60%를 차지하며 그들 중 50%가 정지 상태에 있고 나머지 50%가 보행 상태에 있는 것으로 분류하고 고속 MT는 전체의 40%이라고 가정하였다. 경로 손실 (path-loss)에 의한 평균 신호 감쇠는 전파 거리의 3.5 배에 비례하고 shadowing은 6dB의 표준 편차를 갖는 log-normal 분포를 따른다. 수신 신호 세기가 -16dB 이하이면 수신 신호의 오류로 판단하여 평균 수신 신호 세기의 계산에서 제외한다. 서비스 시도는 셀 내에서 고르게 발생하며, 서비스의 발생은 포아송 분포를 따른다. 제안된 방식의 성능 분석을 위하여 표 2에 보인 바와 같은 실시간과 비실시간 서비스를 고려하였다.

표 2. 멀티미디어 서비스의 분류  
Table 2. Classification of Multimedia Services

멀티미디어 서비스	전송률	전송지연	손실률	
실시간 서비스	고음질 음성	32K	150ms	0.5
	화상 회의	64~384 K	150ms	1.0
	VoD	10~20 M	150ms	1.0
비실시간 서비스	WWW	< 2 M	20s	0
	FTP	64~384 K	4s	0
	Background	< 20 M	10s	0.2

그림 4는 전체적인 시뮬레이션 시나리오를 보인다. 평가 시스템은 중첩된 셀 상의 계층 셀로 구성되며, 각 셀에 대해 자원 관리자(RM, resource manager)는 단말기의 서비스 제어에 관여한다. RM-DB는 각 이중망의 자원 및 부하 등의 상태 정보를 저장하고 있으며, 메시지 큐 및 소켓은 상태 정보를 입력하기 위한 프리미티브에 의해 사용된다.

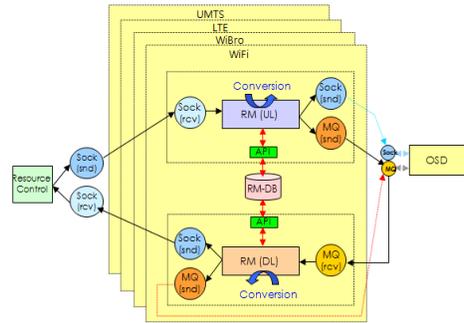


그림 4 시뮬레이션 시나리오  
Fig. 4. Simulation Scenario

### 5.2 성능 분석

본 연구에서 제안한 OScD의 성능을 평가하기 위하여, 자원이용률(resource utilization), 인접 셀의 자원 부족으로 인하여 핸드오버가 실패할 비율을 나타내는 핸드오버 실패율(handover failure rate), 그리고 기지국에서 오류 없이 송/수신되는 데이터 량, 즉 총 처리량(total throughput)을 성능적으로 하여, Yanhui의 방식[11] 그리고 Bashar의 방식[12] 과 비교·분석한다.

그림 5는 각 방식의 자원 이용률을 보인다. OScD의 경우 자원이용률이 도착률 0.6 이상에서 Yanhui 방식에 비해 약 15%, Bashar 방식에 비해 13% 정도 증대됨을 알 수 있다. OScD 방식에서는 LL과 LH 객체가 자원 점유 우선권에 의거하여 부반송과를 배타적으로 점유하며 전송률의 변동에 따라 여분의 자원을 ML과 MM 객체에게 할당하지만, 허용 가능한 지연한계 내에서만 ML과 MM 객체를 수용함으로써 자원의 이용률을 극대화하였기 때문인 것으로 판단된다.

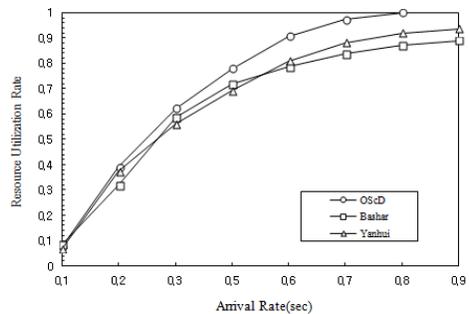


그림 5. 자원 이용률의 비교  
Fig. 5. Resource Utilization

그림 6은 핸드오버 실패율을 보인다. OScD는 트래픽 부하 0.7 이상에서 자원 부족으로 인한 핸드오버 실패율이

Yanhui 방식, Bashar 방식에 비해 현저히 감소하며 결과적으로 사용자 수를 극대화할 수 있음을 알 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문은 핸드오버 시 부하제어에 근거한 부반송과 할당 방안에 관한 것으로서, 부하제어에 근거하여 핸드오버 시의 자원할당 방안을 제안하였다. 낮은 부하를 가진 셀로부터 높은 부하를 가진 셀 영역으로 이동할 경우에도 MT가 요구하는 각각의 QoS를 보장할 수 있어야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 부하제어 및 자원 관리 방안을 제시하였다. 이를 통하여 음성, 영상, 데이터 서비스 등 자원할당 요구사항이 서로 다른 서비스들의 QoS 적용 및 조절을 수행함으로써, 하나의 MT에서 동시에 다수의 멀티미디어 서비스의 연속성을 실현할 수 있다. 제안된 방안의 성능을 평가하기 위하여 총 처리량, 자원 이용률 그리고 핸드오버 실패율을 분석하였다. 시뮬레이션에 의하면 기존의 방안에 비하여 성능이 우수함이 확인되었다. 단지 본 연구에서는 비실시간성 데이터에 주로 지연이 발생되도록 설계되었고, 실시간성 데이터는 지연 허용 한도 내에서 재할당을 수행하도록 설계됨으로서 공정성과 데이터 전송률 측면에서의 trade off가 있다. 추후 본 연구를 실제 시스템에 적용하기 위하여 지연을 향상, 간섭 그리고 시간 분배에 대한 세부적인 연구가 필요하다.

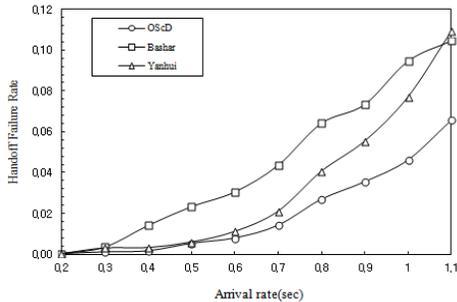


그림 6. 핸드오버 실패율의 비교  
Fig. 6. Hand-over Failure Rate

이것은 OScD에서는 시간간격  $[t_i, t_{i+1}]$  마다, 이전 시간 간격 동안의 자원 점유상태를 기반으로 가용 자원 정보를 생성하고, 예상 가용 자원의 양에 따라 부하제어를 수행하며, 더욱이 추후 핸드오버 세션으로 인한 셀 내 부하 증가에 대비한 부반송과 할당 분할을 설정함으로써 빈번한 핸드오버에 의한 부반송과 점유 상태의 변화에 능동적으로 대처할 수 있기 때문인 것으로 판단된다.

그림 7은 MT의 서비스 요구 증가에 따른 총 처리량을 비교한 것이다. OScD방식에서는 Yanhui 방식에 비해 총 처리량이 증대된다. 그러나 Bashar 방식 보다는 총 처리량이 다소 작다. 이것은 OScD 방식에서는 지연 요건에 의해 버퍼 대기시간이 한정되어야 하는 LL과 LM 객체를 우선적으로 전송하기 위하여, 지연한계에도 전송 요구 용량을 만족시킬 수 없으면 ML과 MM 객체의 패킷을 특정 기준치까지 폐기하고 폐기된 패킷에 대해서는 추후 재전송을 수행하기 때문인 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- [1] S. Frattasi and H. Fathi, "Defining 4G Technology from the User's Perspective", IEEE Network, Vol. 20, Iss. 1, pp. 35-41, Jan.-Feb. 2006.
- [2] S. Buljore, H. Harada, S. Filin, P. Houze, K. Tsagkaris, O. Holland, K. Nolte, T. Farnham, and V. Ivanov, "Architecture and Enablers for Optimized Radio Resource Usage in Heterogeneous Wireless Access Networks: The IEEE 1900.4 Working Group," IEEE Communications Magazine, Vol. 47, No. 1, pp. 122-129, Jan. 2009.
- [3] S. H. Cho, "Cross-Layer Optimized Resource Allocation Scheme for OFDMA based Micro Base Stations", Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 15, No 6, pp.

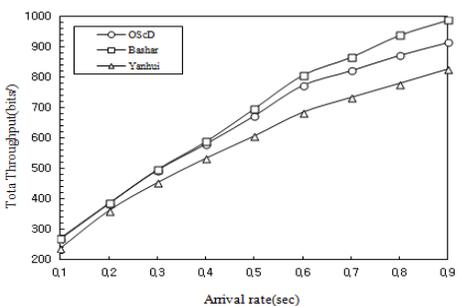


그림 7. 총 데이터 처리량 비교  
Fig. 7. Total Data Throughput

- 49-56, Jun. 2010.
- [4] K. Ayyappan and R. Kumar, "QoS Based Vertical Handoff Scheme for Heterogeneous Wireless Networks," International Journal of Research and Reviews in Computer Science, Vol. 1, No. 1, pp. 1-6, 2010.
- [5] Z. Abichar, and J.M. Chang, "WiMAX vs. LTE: Who Will Lead the Broadband Mobile Internet," IEEE IT Professional, Vol. 12, No. 3, pp. 26-32, May 2010.
- [6] A.H. Khan, M.A. Qadeer, J.A. Ansari, and S. Waheed, "4G as a Next Generation Wireless Network," International Conference on Future Computer and Communication, pp. 334~338, Apr. 2009.
- [7] J. Liu, R. Love, K. Stewart, and M.E. Buckley, "Design and Analysis of LTE Physical Downlink Control Channel," Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 1-5, Spring 2009.
- [8] H. J Moon, J. K Lee and K. C. Jung, "A Study of QoS Mapping based on SLA in B3G Networks," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 16, No 3, pp. 157-156, Mar. 2011.
- [9] Nageen Himayat, Shilpa Talwar, "Interference Management for 4G Cellular Standards," WiMAX/LTE Update, IEEE Communications Magazine, August 2010.
- [10] IEEE Std 802.16m-2011, "Part 16 : Air Interface for Broadband Wireless Access Systems," Amendment 3 : Advanced Air Interface, May 2011.
- [11] L. Yanhui, W. Chunming, Y. Changchuan, and Y. Guangxin, "Downlink Scheduling and Radio Resource Allocation in Adaptive OFDMA Wireless Communication Systems for User-Individual QoS," International Journal of Electrical and Electronics Engineering, Vol. 3, No. 2, pp. 97-101, 2009.
- [12] Shafi Bashar and Zhi Ding, "Admission Control and Resource Allocation in a Heterogeneous OFDMA Wireless Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 8, No. 8, Aug. 2009.
- [13] Miae Woo et. al., "Dynamic Resource Allocation for Multimedia Service in Mobile Communication Environments," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 13, No. 5, pp. 913-922, Jun. 1995.
- [14] MODSIM II : The Language for Object-oriented Programming(Users Manual), CASI Products Company.
- [15] MODSIM II : The Language for Object-oriented Programming(Reference Manual), CASI Products Company.
- [16] 3GPP, "Service Requirements for an All-IP Network (AIPN)," 3GPP TS22.258, 2007.

## 저 자 소 개



### 이 종 찬

1996 : 숭실대학교 공학석사  
 2000 : 숭실대학교 공학박사  
 2000-2005 : ETRI 선임연구원  
 2005-현재 : 국립군산대학교 컴퓨터  
 정보공학과 부교수  
 관심분야 : 이동멀티미디어,  
 센서네트워크,  
 무선원격제어

Email : chan2000@kunsan.ac.kr



### 이 문 호

1977 : 서울대학교 공학사  
 1993 : 숭실대학교 공학석사  
 1996 : 숭실대학교 공학박사  
 1997-현재: 청운대학교  
 멀티미디어학과 교수  
 관심분야 : 무선멀티미디어,  
 통신방송융합, 센서네트워크

Email : mhlee@chungwoon.ac.kr