

## 이종 무선망에서 다중 멀티미디어 서비스 지원을 위한 자원 운용 및 할당 알고리즘

이종찬\*, 이문호\*\*

### A Resource Management and Allocation Scheme for Multiple Multimedia Service in Heterogeneous Networks

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

#### 요약

본 연구에서는 이종 무선 융합망에서 실시간 서비스 품질의 지속성을 보장하면서도 자원의 이용도를 극대화하기 위한 자원운영 방안인 PRA(Priority Resource Allocation)를 제안한다. PRA에서는 예약된 자원을 사용하여 실시간 서비스 데이터를 우선적으로 전송하되 그 전송률이 감소하면 비실시간 서비스가 여분의 대역폭을 일시적으로 이용한다. 실시간 세션의 가변 전송률에 근거한 통계적 다중화 기법을 통하여 PRA 방식이 실시간 서비스의 품질을 만족시키면서도 동시에 접속 가능한 가입자 수를 최대화할 수 있음을 시뮬레이션에 의해 확인한다.

▶ Keyword : 자원운영, 이종망, 자원이용률, 서비스품질

#### Abstract

This paper proposes a resource management and allocation algorithm to guarantee QoS continuity of realtime multimedia services and to maximize the resource utilization in heterogeneous wireless networks simultaneously. This scheme reserves the appropriate resources to be used by real-time multimedia services and allocates those resources left unused due to decreased transmission rate of realtime services to non-realtime services. Those resources can be preempted by the need of realtime services later. Performances are analyzed by simulation.

▶ Keyword : Resource management, Heterogeneous network, Resource utilization, Quality of Service.

• 제1저자 : 이종찬    교신저자 : 이문호

• 투고일 : 2011. 09. 09, 심사일 : 2011. 09. 29, 게재확정일 : 2011. 10. 15

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

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

## I. 서 론

WCDMA망이 R6까지 발전하면서 Downlink 14.4Mbps, Uplink 5.8Mbps의 고속 멀티미디어 패킷을 지원할 수 있게 되었지만, 스마트폰과 태블릿 PC 등 모바일 기기의 보급이 증가하면서 스마트폰 통화 끊김 현상이나 무선 인터넷 접속 불가 현상 등이 발생하고 있는데 이러한 현상은 폭발적으로 증가된 데이터 전송량을 기존의 무선 이동통신 방식으로는 감당할 수 없기 때문이다. WCDMA에서 발전한 LTE는 이론적으로 다운로드의 최대 75Mbps 까지, 업로드는 최대 37.5Mbps 까지 가능하며, 기존 WCDMA, HSPA 보다 다운로드의 최대 5배, 업로드는 최대 7배 정도가 빠르므로 이러한 문제를 잠정적으로나마 해결할 수 있을 것으로 간주된다. ITU는 저속 이동 시 1Gbps, 고속 이동 시 100Mbps로 데이터 전송이 가능하고 Network Convergence, Ubiquitous & Seamless Connection 등의 특성을 갖춘 망을 4G 망으로 정의하고 위의 요건을 충족시키는 기술로 LTE-Advanced 기술이 주목하고 있다[1-2]. LTE-Advanced 망은 All-IP 기반 백본을 사용하여 다양한 망과의 seamless한 연동을 목표로 하므로 LTE-Advanced 망을 백본으로 하는 통합 망에서는 최소의 지연으로 상시 접속이 가능하고, 기존 3G 망과 4G 망의 통합 운영이 가능하게 됨으로써 하나의 이동 단말기(Mobile Terminal; 이하 MT)로 모든 미디어와 통신을 이용할 수 있게 된다[3-5]. 이에 가장 중요한 기술 중의 하나는 seamless connection을 통한 service continuity 기술이다. LTE-Advanced 기반의 통합 망에서는 펌토셀 등 hot-spot 영역 위주로 LTE-Advanced 기술을 통하여 고속 패킷 전송을 지원하고, hot-spot 이외의 지역에는 기존의 시스템과의 연동을 통해 하나의 MT로 terminal mobility와 session mobility에 무관하게 서비스를 제공할 수 있어야 하므로 기존의 WCDMA, HSDPA 등을 위한 매크로 셀뿐만 아니라 다양한 형태의 저전력 소형셀이 혼재하는 망 사이의 service continuity를 체계적으로 지원하여야 한다[6-7].

LTE-Advanced 기반의 통합 망에서 지원하는 멀티미디어 서비스는 실시간 서비스와 비실시간 서비스로 구분할 수 있다. 동화상이나 음성과 같이 실시간성이 요구되는 서비스의 경우 정해진 시간 내에 전송되지 못한 패킷은 버려지는데, 이 폐기되는 패킷의 비율은 QoS와 직접적으로 관련된다. 전송의 실시간성을 만족시키기 위해서는 자원을 배타적으로 점유하는 방법이 가장 좋으나 버스트성 서비스의 경우 자원의 이용률을 저하시켜 비효율적이다. 비실시간 서비스는 전송 지연에는 덜 민감하지만 오류가 없어야 하거나 최소한의 오류로 전송되어야 한다. 이에 따라 실시간 서비스와 비실시간 서비스

의 요구사항을 만족시키면서도 자원의 이용률을 증대시킬 수 있는 방안이 요구된다. Kaiser는 채널 상태, QoS 요구 사항, 버퍼의 상태에 근거하여 최적의 자원을 할당하는 방식을 제안하였다[9]. 본 연구에서는 실시간 서비스를 위하여 고유의 자원을 예약하고 전송할 실시간 데이터가 있을 동안만 전송하고 그 전송률이 감소하면 비실시간 서비스가 우선순위 방식으로 잔여 자원을 사용함으로써 실시간 서비스의 품질을 만족시키면서도 자원 이용률을 극대화하는 PRA (Priority Resource Allocation) 방식을 제안한다.

## II. 자원 관리를 위한 기반 메커니즘

LTE-advanced 망을 기반으로 하는 통합망에서는 다양한 이종 망을 수용하고 있으므로 이종 망 하부 계층의 QoS 특성을 상위 계층에서 세부적으로 규정할 경우 제어구조가 복잡해진다. 따라서 자원 관리를 수행하는 L3 계층에서 해당 응용 서비스 QoS 프로파일을 확인하면 이를 종단 간 세션 설정의 파라미터로 적용해야 한다. 이러한 세션 설정은 종단 간 세션 설정이지만, 하부 구조에서는 다양한 이종망을 거쳐서 통신이 수행되므로 종단간 세션 결정 시 하부 망의 특성에 맞는 QoS 지원 메커니즘이 적용된다. 예컨대 현재의 셀 부하 상태, 다른 성능 요소 및 정책에 관한 정보를 MT에게 전송하고, 데이터의 신규 경로 설정 시, QoS 매핑과 조정을 수행한다.

이종 무선 융합망에서 다중 멀티미디어 서비스 지원 방안을 제안하기 위하여 객체 개념을 도입한다. 객체는 전송을 위해 시간 간격  $[T_i, T_{i+1}]$  동안 버퍼에 대기 중인 패킷의 일부 분, 즉 데이터, 오디오 또는 비디오의 일부분을 의미한다[10].

객체들이 갖는 요구 용량의 동적 특성 때문에 어느 시간 동안에는 요구 용량을 만족시킬 수 없다. 이 경우 QoS를 조정해야 한다. 최적의 QoS 조정은 각 세션의 이전 서비스 수준을 유지하는 것이지만 최소한의 수준 강등도 고려해야 한다. QoS 유지 방안에도 불구하고 자원 부족으로 QoS 저하가 지속되면 이종망으로의 ISHO(Inter-system Handover)를 통한 QoS 유지 가능 여부를 조사한다. 이러한 분석을 바탕으로 기대 QoS 이하의 망 상태를 보이는 세션에 대하여 ISHO에 대해 결정한다. ISHO 여부를 결정하기 위하여 서비스 특성에 따라 어느 파라미터를 주 결정 기준으로 할지를 결정한다. 해당 서비스가 비실시간 세션이면 패킷 손실률을 기준 파라미터로 하고 해당 서비스가 실시간 세션이면 지연과 지터를 기준 파라미터로 한다. 실시간과 비실시간 특성을 동시에 갖는 형태라면 손실, 지연, 지터를 모두 고려한다. 측정값이 파라미터 기준치를 초과하고 지속적으로 변동한 값이면 ISHO 개시를 결정한다.

### 2.1 다중 세션 처리 방법

다중 세션을 처리하기 위하여 그림 1과 같이 주 처리 태스크인 운용 태스크(mCS Manager Task)를 제안한다. 이 주 태스크가 세션 요구를 수신하면 이를 처리하기 위한 부 태스크(SubTask)를 생성하며 이 태스크는 각 세션의 QoS 에 따라 흐름 단위로 이루어지는 무선 인터페이스에서 서비스 관리를 수행한다. 모든 큐잉, 수락 제어, 부하 제어, 자원 할당과 스케줄링은 부 태스크의 흐름 단위로 처리된다.

사용자의 세션 요구가 운용 태스크에 수신되면 그 절차에 따라 부 태스크를 생성하며 부 태스크는 사용자의 연결 요구에 대한 인증을 수행한다. 인증을 받지 못하면 세션은 종료되고 태스크는 sleep 상태로 전환된다. 인증을 득한 경우 자원의 할당을 요구한다. 세션요구에 대한 자원을 확보하지 못하면 경우 세션은 종료되고 태스크는 sleep 상태로 전환된다. 반면 자원 점유가 수락되면 네트워크 자원의 예약 및 설정을 수행한다. 네트워크 자원 설정이 수락된 경우, 전달되는 패킷의 처리를 위한 모드로 전환된다. 이후 서비스 수행 중에 핸드오버가 발생하면 상기의 과정을 반복 수행하여 수락을 받고, 자원을 점유하며 이를 통하여 연속적인 서비스를 수행한다.

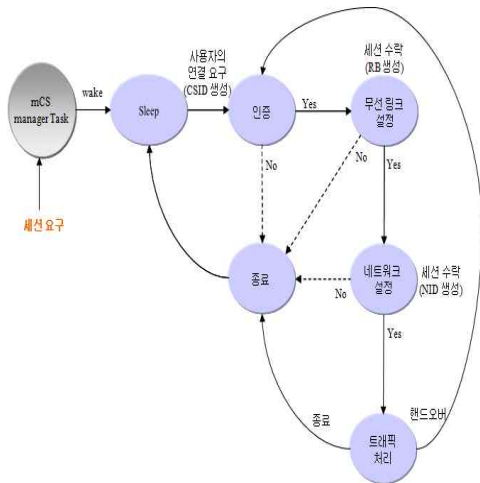


그림 1. 부 태스크의 상태 천이도  
Fig. 1. State Transition of Subtask.

수락 제어, 자원 할당, 핸드오버 등 각각의 알고리즘에 적합한 처리(각각의 독립된 제어 또는 연관된 제어)를 수행하기 위하여 서비스 요구에 의하여 부 태스크가 생성되면 그 서비스에 알맞은 3 가지의 우선순위 (클래스내 우선순위, MT내 우선 순위 그리고 셀 내 우선 순위) 가 결정되고 이에 따라

QoS 우선순위 테이블이 작성된다.

LTE-Advanced 시스템은 다양한 요구사항을 갖는 패킷을 동시에 전송해야 하며 이에 상응하는 QoS를 보장할 수 있는 전송 서비스를 제공해야 한다. 그러나 세션별 서비스 특성은 응용 서비스에 따라 상이하며 모든 세션 별로 따로 QoS를 조정해야 하는 복잡성이 수반되어 구현이 어렵다. 본 연구에서는 몇 개의 대표적인 서비스 클래스를 정의하고 각 세션을 해당 QoS 클래스별로 분류한다. 또한 응용 서비스를 수행 할 때마다 세션을 식별할 수 있는 연결 식별자인 Call/Session ID가 생성 관리된다. 이에 따라 서비스의 클래스 내의 우선순위, MT 내의 우선순위, 셀 내 우선 순위가 순차적으로 결정된다.

### 2.2 자원 관리 방법

MT는 전송할 패킷이 있는 동안만 자원을 액세스함으로써 다수의 MT가 그 자원을 공유할 수 있다. 실시간 MT는 세션 수락 제어 (Session Admission Control; 이하 SAC)를 통하여 자신의 최대 소요 자원을 예약하지만 패킷 전송률에 따라 여분의 대역폭을 비실시간 MT가 사용할 수 있게 한다. 만일 실시간 MT가 전송할 패킷이 생기고 대역폭이 부족하면 비실시간 MT가 사용 중인 자원을 회수하여 전송을 수행한다. 반면 비실시간 세션은 전송 준비가 된 패킷이 있으면 사용되지 않는 자원을 찾아 경쟁 방식을 통해 전송을 시도한다.

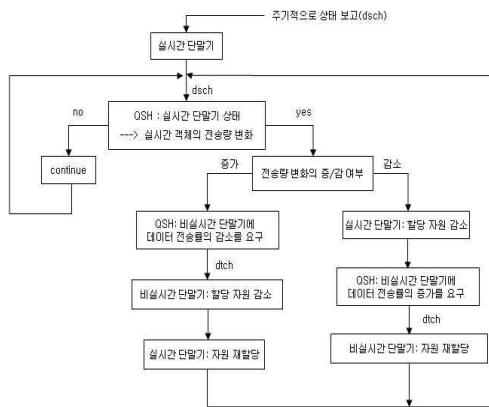


그림 2. MT를 위한 자원 관리 방법  
Fig. 2. Resource Management for MT

이러한 메카니즘은 MAC의 상태에 따라 다양하게 구성될 수 있으며 근본적으로 MAC이 전송할 패킷이 없으면 할당 자원을 해제하는 속성에 근거한다. 패킷 멀티미디어 프로토콜의 설계 시 가장 중요한 요건은 항상 패킷 전송을 위한 자원을 세션의 해제 시까지 점유하지 않고, 패킷 전송 시에만 자원을

요청하고 패킷의 전송 이후에는 해제한다는 것이다.

실시간 MT와 비실시간 MT간의 자원 할당 및 재 할당을 관리하기 위하여 QSH (Queue State Handler)를 둔다. 실시간 MT는 주기적으로 QSH에게 MT의 상태를 보고한다. 실시간 MT의 패킷 양의 감소를 QSH에게 보고하면 QSH는 패킷 양의 변화에 의해 해제된 자원을 비실시간 MT(대기 큐에 가장 상위에 있는 비실시간 MT)에 할당하고 비실시간 MT에 전송을 명령한다. 명령을 받은 비실시간 MT는 패킷 전송을 시작한다. 전송 도중, 실시간 MT의 패킷 전송률이 증가하면 QSH는 비실시간 MT의 전송률 감소를 명령한다. MT 관리 시나리오가 그림 2에 보인다.

### 2.3 QoS 클래스 분류 방법

이동 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 다양한 특성을 갖는 세션들을 동시에 전송해야 한다. 이를 위해서는 세션이 요구하는 QoS를 보장할 수 있는 전송 서비스를 망에서 제공해야 한다. 이를 위하여 본 시스템에서는 몇 개의 대표적인 4가지 서비스 클래스를 정의하고 자원 할당 알고리즘에 의하여 셀 내에 서비스 동안 제어된다.

LL 클래스 (Low Delay Low Loss Class)는 지연에 민감하며 손실에도 취약한 특성을 갖는 실시간 클래스로 911 서비스, 위치 인식 서비스, CBR형태의 화상 통화 고속(HS) 다운로드 등이 이에 해당한다.

LH 클래스 (Low Delay High Loss Class)는 지연에 민감하나 손실에 대해서는 덜 취약한 특성을 갖는 서비스이며 Streaming 서비스 등이 대표적이다.

HL 클래스 (High Delay Low Loss Class)는 지연에 덜 민감하나 손실에는 취약한 특성을 갖는 비실시간 클래스로서 웹 서비스, E-mail, 멀티미디어 다운로드 등이 이에 해당한다.

HH 클래스 (High Delay High Loss Class)는 지연 및 손실에 둔감한 특성을 갖는 서비스가 이에 해당한다.

상기의 QoS 구조에서는 실시간성 세션에 우선순위를 할당하기 위하여  $LL > LH > HL > HH$ 의 순위를 둔다. 버퍼 자원은 손실에 민감한 LL과 HL에 많은 양을 할당하여, 전송 대역이 순간적으로 부족할 때 버퍼에 저장하여 손실을 줄인다.

## III. 동적 자원 할당

멀티미디어 정보에 포함된 비디오, 고화질 이미지 등의 광대역 데이터들을 수용하기 위하여 고려하여야 할 가장 중요한 사항은 제한된 무선 자원 사용의 효율성 극대화이다. 실시간

으로 변하는 멀티미디어 서비스의 요구 용량은 전송률에 따라 무선 자원을 동적으로 할당하는 방법을 사용함으로써 실현 가능하다. 기지국의 무선 자원이 주어진 시간 범위에 멀티미디어 서비스의 총 요구 용량을 만족하면 각각의 연결의 신뢰성이 보장된다. 그러나 연결된 객체들이 갖는 요구 용량의 동적 특성 때문에 기지국은 어떤 시간 동안에는 자원 요구 용량을 만족시킬 수 없다[10]. 본 연구에서는 기지국의 제한된 무선 자원으로 다수의 MT를 지원하는 방안으로서 지연에 둔감하지만 패킷 손실에 민감한 비실시간 세션의 특성과 손실에 둔감하지만 지연에 민감한 실시간 세션의 특성을 바탕으로 하여 자원을 효율적으로 관리하는 방법을 고려하며 비실시간 객체보다 실시간 객체의 전송에 우선순위를 두어 연구하였다.

실시간 세션의 특성에 따라 일정 시간 간격 동안 자원요구 용량을 만족시킬 수 없을 경우에 패킷을 특정 기준치까지 폐기하고 객체들을 개별적으로 기지국에 전달한다. 각각의 객체에 대하여 폐기 대상과 폐기할 패킷의 수를 결정하는 기준은 각 세션의 우선순위와 허용 가능한 패킷손실률이다. 이를 근거로 하여, 데이터 전송률이 가변적인 실시간 객체와 패킷 전송률이 일정한 비실시간 객체의 특성에 근거하여 객체들의 제어 방법을 제시하였다. 실시간 MT는 해당 자원을 예약하여 배타적으로 점유하고 패킷 전송률이 감소하면 여분의 자원을 다른 비실시간 MT가 일시 점유한다. 이후에 실시간 MT의 전송률이 증가하면 자원을 회수함으로써 실시간 MT에 전송의 우선순위를 두고 비실시간 MT를 최대한 수용하는 방안을 제시하였다. 본 연구의 가장 큰 목적은 관리자(사업자) 측면에서 허용 가능한 QoS 범위 내에서 최대의 가입자를 수용할 수 있는 시스템을 제안하는 것이다.

### 3.1 멀티미디어 객체의 제어 방법

실시간 MT는 MaBR의 보장이 가능한 경우에만 시스템에서 연결을 수락하고 비실시간 MT는 MBR만 보장할 수 있다면 연결을 수락한다. 실시간 MT의 경우는 요구 용량이 할당 용량과 일치하므로 전송률에 따라 할당 용량이 결정되지만, 비실시간 MT는 요구 용량과 상관없이 최소전송률을 보장하는 조건하에 강제적으로 할당 용량을 결정한다.

#### 3.1.1 실시간 세션 제어 방식

시간 간격  $[T_i, T_{i+1}]$  동안에, 전송을 위해 버퍼에 대기중인 패킷의 일정 부분, 즉 데이터, 이미지, 오디오 또는 비디오의 일부분으로 객체  $O_i$ 를 정의한다[10]. 객체  $O_i$ 는 실시간 객체의 집합을 나타내는  $O_i^R$ 와 비실시간 객체의 집합을 의미하는  $O_i^N$ 으로 구성된다.  $O_i^R$ 의 크기로 전송률의 변화를 감지한

MT는 기지국에 이를 통지하고 이에 따라  $O_i^R$  및  $O_i^N$ 을 위한 자원 요구사항이 결정되며 기지국은 MT에 무선 자원을 재 할당한다.  $[T_i, T_{i+1}]$  에서 실시간 객체의 패킷 손실률을 결정할 때 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)과 같이 정의된다[9].

$$L_i = \frac{O_i^R \text{에서 손실될 패킷의 수}}{O_i^R \text{의 패킷들의 총 수}} \dots\dots\dots (1)$$

공정한 자원 할당을 위하여, QoS의 저하가 발생하면 세션 우선순위에 근거하여 실시간 객체들에게 이를 적용해야 한다. 이러한 목적 하에  $[T_i, T_{i+1}]$  에서 객체들  $O_1, \dots, O_n$ 에 대한 손실률을 결정하는 문제는 식 (2)의 제약 조건을 고려한다. 실시간 MT들에 자원을 할당하기 위하여 사용 가능한 잉여 용량  $R(T)$  이외에 추가로 요구되는 용량을  $\Lambda^R$ 이라 하자.

$$\sum_{i=1}^n L_i |O_i^R| = \Lambda^R, \quad 0 \leq L_i \leq 1 - \theta_i \dots\dots\dots (2)$$

$|O_i^R|$ 은  $[T_i, T_{i+1}]$  동안의 정규화된  $O_i^R$ 의 크기를 나타낸다.  $\sum_{i=1}^n L_i |O_i^R| < \Lambda^R$ 이면 주어진 용량으로는 수용할 수 없다.  $[T_i, T_{i+1}]$ 에서 실시간 객체들  $O_i^R$ 의 전송량을 결정할 때 식 (3)의 제약 조건을 고려한다.  $O_i^R$ 의 패킷 전송률  $B_i$ 는 실시간 패킷의 가변성으로 인한  $O_i^R$ 의 버스트성을 의미한다.

$$B_i = \frac{O_i^R \text{의 전송된 패킷의 수}}{O_i^R \text{의 논리적 패킷량}} \dots\dots\dots (3)$$

논리적 패킷량은  $[T_i, T_{i+1}]$ 에서  $O_i^R$ 이 MaBR로 전송되고 버퍼가 가득 찬 상태에서의 패킷들의 총량을 의미한다.

### 3.1.2 비실시간 세션 제어 방식

실시간 MT의 전송 상태에 따라, 세션 우선순위에 근거하여 비실시간 MT는 전송률을 조정하며 이러한 동작 규칙을 따르는 비실시간 패킷은 MiBR이 보장된다. 기지국은 조정된 전송률을 비실시간 MT에 통보하고, 기지국은 할당된 자원 용량을 셀 전송률에 맞게 조정한다.

$[T_i, T_{i+1}]$  에서 비실시간 객체들  $O_1^N, \dots, O_n^N$ 에 대한 할당 용량을 결정하는 문제는 식 (5)의 조건을 고려한다. 비실시간 객체  $O_i^N$ 을 MiBR로 전송하기 위해 할당된 용량을  $\psi_i^{\min}$ , MaBR로 전송하기 위해 할당된 용량을  $\psi_i^{\max}$ 로 정의한다.

$$\sum_{i=1}^n \psi_i \leq R(T), \quad \psi_i^{\min} \leq \psi_i \leq \psi_i^{\max} \dots\dots\dots (4)$$

여기서  $R(T)$ 는 비실시간 MT에 자원을 할당하기 위하여 시스템에서 사용 가능한 용량이다. 비실시간 객체들은 패킷 손실에 민감하므로 패킷 제거로 전송률을 조정하지 않고 기지국에서 할당된 무선 자원 용량을 줄이고 비실시간 MT는 패킷 전송률을 조정함으로써 비실시간 객체의 전송을 지연시킨다.

## 3.2 신규 연결의 자원 할당

신규 실시간 MT의 연결 시, 잉여 용량이 부족하다면, 우선 그 요구 용량과 상관없이 허용 가능한 QoS까지 할당 용량을 감소시킨다. 그래도 용량이 부족하면 세션 우선순위에 따라서 현재 연결 상태인 실시간 MT들의 요구 용량에서 가능한 QoS 까지 패킷을 삭제하여 신규 실시간 MT의 연결을 위한 최저 대역을 확보한다. 또한 신규 비실시간 MT의 세션 설정 시에, 잉여 용량이 부족하다면, 우선 신규 비실시간 MT들의 요구 용량에서 가능한 MiBR까지 전송률을 감소시킨다. 그래도 잉여 용량이 부족하다면 연결 중인 신규 비실시간 MT들의 전송률을 MiBR까지 감소시켜 최저 대역을 확보한다.

### 3.2.1 신규 실시간 MT의 자원 할당

기지국은 객체  $O_i$ 의 정보를 이용하여, 실시간 MT가 객체  $O_i^R$ 를 MaBR이하로 전송하기 위하여 필요한 무선 자원의 양, 즉 예약 용량  $\zeta_i$ 을 계산한다. 이 과정은 SAC에서 이루어지며, 실시간 MT는 요구 용량과 동일한 자원을 예약한다. 다수의 실시간 객체들  $O_1^R, \dots, O_n^R$ 이  $\zeta_1, \dots, \zeta_n$ 을 요구한다고 가정한다. 이때 실시간 MT의 총 요구 용량  $C_d^R$ 는 식 (5)와 같다.

$$C_d^R = \sum_{i=1}^n \zeta_i \dots\dots\dots (5)$$

$O_i^R$ 은  $[T_i, T_{i+1}]$ 에서 발생한 신규 객체 집합인  $O_i^{R|n}$ 과 연결 상태인 실시간 객체 집합인  $O_i^{R|c}$ 로 구성된다.  $C_d^R$ 중에서  $C_d^{R|n}$ 은  $O_i^{R|n}$ 에 속한 객체의 요구 용량을 나타낸다.

$$C_d^{R|n} = \sum_{O_i^R \in O_i^{R|n}} \zeta_i \dots\dots\dots (6)$$

각 시간 간격동안 기지국은 실시간 MT의  $O_i^R$  정보에 의하여 잉여 용량  $R(T)$ 을 갱신할 수 있고, 다음 시간 간격에서 필요한 총 점유 용량을 결정할 수 있다. 즉  $[T_i, T_{i+1}]$ 에서의 자원 할당은  $O_i^R$ 의 정보에 따라 점유 용량을 조사함으로써 미리 결정된다. 상기의 파라미터를 사용하여 신규 실시간 객

체의 점유 용량 결정 절차를 기술한다.  $[T_i, T_{i+1}]$ 에서 채널 용량의 가용성에 따라 두 가지 상태를 고려할 수 있다.

$$R(T) \geq C_d^{R|n} \dots\dots\dots (7)$$

식 (7)에서  $O_i^{R|n}$ 의 한 객체에 할당된 요구 용량은 그 객체의 예약 용량과 동일하다.  $O_i^{R|n}$ 의 총 예약 용량을  $C_r^R$ 이라 하면 모든  $O_i^R \in O_i^{R|n}$ 에 대하여  $C_r^R = C_d^R$ 이다.

$$R(T) < C_d^{R|n} \dots\dots\dots (8)$$

식 (8)에서 객체들의 할당 용량이  $C_d^R - R(T)$ 만큼 감소해야 한다. 할당 용량 감소는 진행 중인 객체에게 최적의 QoS를 충족시키기 위하여 신규 객체들에서만 우선 발생한다.

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

$O_i^R \in O_i^{R|n}$ 에 대하여  $C_r^R = (1 - \theta_i) \cdot \zeta_i$ ,  $O_i^R \in O_i^{R|c}$ 에 대해  $C_r^R(T_i) = C_r^R(T_{i-1})$ 를 설정한다. 결국 진행 중인 객체의 요구 용량은 동일하고 신규 객체의 예약 용량은 만족된다. 그러나  $\sum_{O_i^R \in O_i^{R|n}} L_i |O_i^{R|n}| < C_d^{R|n} - R(T)$ 이면 신규 단말기의 용량 감소만으로 예약 용량을 충족시킬 수 없다. 이 경우에는 진행 중인 단말기의 용량을 감소한다. 이는 식 (9)와 같다.

$$\sum_{O_i^R \in O_i^{R|n}} L_i |O_i^{R|n}| + \sum_{O_i^R \in O_i^{R|c}} L_i |O_i^{R|c}| = C_d^{R|n} - R(T) \dots\dots\dots (10)$$

3.2.2 신규 비실시간 MT의 자원 할당

$O_i^N$ 은 시간 간격  $[T_i, T_{i+1}]$ 에서 발생한 신규 비실시간 객체들의 집합인  $O_i^{N|n}$ 과 연결 상태인 비실시간 객체의 집합인  $O_i^{N|c}$ 로 구성된다. 다수의 비실시간 객체들  $O_1^N, \dots, O_i^N$ 을 MaBR로 전송하기 위한 무선 자원 용량  $\psi_1^{\max}, \dots, \psi_i^{\max}$ 와 MBR로 전송하기 위한 무선 자원 용량  $\psi_1^{\min}, \dots, \psi_i^{\min}$ 을 동시에 지정한다. 이때 비실시간 MT의 총 요구 용량  $C_d^N$ 는 식 (11)과 같다.

$$\sum_{i=1}^n \psi_i^{\min} \leq C_d^N \leq \sum_{i=1}^n \psi_i^{\max} \dots\dots\dots (11)$$

$C_d^N$  중에서,  $C_d^{N|n}$ 은  $O_i^{N|n}$ 에 속한 객체들의 요구 용량을 나타낸다.

$$\sum_{O_i^N \in O_i^{N|n}} \psi_i^{\min} \leq C_d^{N|n} \leq \sum_{O_i^N \in O_i^{N|n}} \psi_i^{\max}$$

시간 간격  $[T_i, T_{i+1}]$ 에서  $C_d^{N|n}$ 은 자원 용량의 가용성에 따라 두 가지 상황을 고려한다.

$$\text{case 1: } R(T) \geq C_d^{N|n}$$

Case 1의 경우,  $O_i^{N|n}$ 의 한 객체에 할당된 자원 용량은 비실시간 MT의 요구 용량과 동일하다.  $O_i^{N|c}$ 는 이전 시간 간격동안 할당된 자원 용량과 동일한 용량을 점유할 수 있다.

$$\text{case 2: } R(T) < C_d^{N|n}$$

Case 2의 경우, 객체의 점유 용량이  $C_d^{N|n} - R(T)$ 만큼 감소한다. 이 경우, 각 비실시간 객체들의  $\psi_1^{\min}, \dots, \psi_n^{\min}$ 에 해당하는 자원 용량으로 가용성 여부를 재조사한다.

$$R(T) \geq \sum_{O_i^N \in O_i^{N|n}} \psi_i^{\min}$$

이 경우에  $O_i^{N|n}$ 에는 MBR만 허용하는 자원 용량이 할당되고  $O_i^{N|c}$ 는  $T_{i-1}$ 동안 할당된 용량과 동일한 용량을 가질 수 있다.  $R(T) < \sum_{O_i^N \in O_i^{N|n}} \psi_i^{\min}$ 이면 요구되는 자원 용량을 현재 연결중인  $O_i^{N|c}$ 의 객체에 할당된 자원 용량에서 보충한다.

$$R(T) = \sum_{O_i^N \in O_i^{N|c}} \psi_i^{\min} + \sum_{O_i^N \in O_i^{N|n}} \psi_i^{\min} \dots\dots\dots (12)$$

3.3 연결 객체의 제어 방법

실시간 MT는 SAC에서 실시간 패킷을 전송하기 위한 자원 용량  $\zeta_i$ 을 예약한다. 총 예약 용량  $C_r^R$ 은 식 (13)과 같다.

$$C_r^R = \sum_{i=1}^n \zeta_i \dots\dots\dots (13)$$

시간 간격  $[T_i, T_{i+1}]$  동안에, 실시간 연결 객체  $O_i^{R|c}$ 을 전송하기 위한 자원 할당 용량을  $\Phi_i$ 라고 정의하자. 현재 사용 중인 총 할당 용량  $C_a^R$ 은 식 (14)와 같다.

$$C_a^R = \sum_{O_i^R \in O_i^{R|c}} \Phi_i \dots\dots\dots (14)$$

비실시간 MT에게 재할당 가능한 잉여 용량은  $C_r^R - C_a^R$ 이다. 이에 따라 각 비실시간 MT에 추가 할당 가능한 잉여 용량  $\mu_i$ 는 식 (15)과 같다.

$$\sum_{O_i^N \in O_i^{N|c}} \mu_i = C_r^R - C_a^R \dots\dots\dots (15)$$

이 잉여 용량은 시간 간격  $[T_i, T_{i+1}]$ 에서 비실시간 객체

에 동일하게 재할당되며, 이는 식 (16)의 조건을 만족한다.

$$\sum_{i=1}^n \psi_i^{\min} \leq \sum_{O_i^s \in O_i^{M_c}} \mu_i \leq \sum_{i=1}^n \psi_i^{\max} \dots\dots\dots (16)$$

현재 연결중인 실시간 객체의 경우 실시간 MT의 전송률 증감에 따라 다음의 두 단계로 MT간의 자원 용량이 변한다.  $[T_i, T_{i+1}]$ 에서  $C_a^R$ 에 따라 비실시간 객체들의 할당 용량을 결정하는 절차는 다음의 두 상황을 고려할 수 있다.

case 1:  $C_a^R(T_i) < C_a^R(T_{i-1})$

case 1의 경우 실시간 객체의 총 할당 용량이 감소했으므로 비실시간 MT에 재할당 가능한 잉여 용량  $\mu_i$ 는  $C_a^R(T_{i-1}) - C_a^R(T_i)$ 이 된다.

$$\sum_{O_i^s \in O_i^{M_c}} \mu_i = C_a^R(T_{i-1}) - C_a^R(T_i)$$

$\mu_i$ 는 비실시간 MT에 식 (17)에 의하여 재할당 된다.

case 2:  $C_a^R(T_i) > C_a^R(T_{i-1}) \dots\dots\dots (17)$

case 2의 경우 실시간 객체들의 총 할당 용량이 증가했으므로 비실시간 MT의 총 할당 용량을  $C_a^R(T_i) - C_a^R(T_{i-1})$ 만큼 감소시킨다. 이에 따라 식 (18)에 의하여 비실시간 MT들의 전송률이 감소한다. 전송률이 증가한 실시간 MT에게 증가치 만큼의 무선 자원을 부가 할당한다.

$$\sum_{O_i^s \in O_i^{M_c}} \mu_i = C_a^R(T_i) - C_a^R(T_{i-1}) \dots\dots\dots (18)$$

## IV. 성능 평가

### 4.1 성능 평가 환경

본 논문에서 제안한 자원운용방법의 성능 평가를 위해 시뮬레이션 저작 도구인 MODSIM을 이용하여 시뮬레이션 프로그램인 MOBILESimulator V8를 개발하고 이를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 평가를 위한 기본 구조는 다음과 같이 설정한다.

- 실시간 세션의 한 버스트의 평균 지속 시간은 1.00s로 정의하였다.
- 실시간 세션의 경우  $[T_i, T_{i+1}]$  동안 버퍼에 쌓이는 패킷의 평균량은 버퍼 크기의 70%로 가정하였다.

- 각 MT의 패킷 전송률은 상이하지만 전송률의 합은 항상 동일하다.
- 패킷의 경우는 10ms 프레임 구조를 사용하는 것으로 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 영향을 받으며 이러한 방향 및 속도의 변화가 MT 이동 패턴을 지배한다. 이동 속도에 따라 고속이동 MT와 저속 이동 MT로 나누어 저속 이동 MT 즉 보행자는 전체의 60%를 차지하며 그들 중 50%가 정지 상태에 있고 나머지 50%가 보행 상태에 있는 것으로 분류하고 고속 이동 MT는 전체의 40%인 것으로 가정한다. 수신신호의 경로 손실에 의한 평균 신호 감쇠는 전파 거리의 3.5 배에 비례하고 shadowing은 6dB의 표준 편차를 갖는 log-normal 분포를 따른다. 수신신호가 -16dB 이하이면 수신신호의 오류로 판단하여 평균 수신신호 계산에서 제외한다. 세션의 시도는 셀 내에서 고르게 발생하며, 세션의 발생은 포아송 분포를 따른다. 멀티미디어 서비스는 다양한 전송률, 지연, 지속 시간 등을 가지므로 제안된 방법의 성능 분석을 위해 표 1과 같이[8] 실시간과 비실시간 세션의 선정 요소 수준에 대한 소속 함수 값들을 각각 고려하였다.

표 1. 멀티미디어 서비스의 분류  
Table 1. Classification of Multimedia Services

멀티미디어 서비스		전송률	전송 지연	지속시간
Realtime service	High Quality Voice	32K	150ms	0.5
	Video Conference	64~384 K	150ms	1
	VOD	10~20 M	150ms	1
Nonreal time service	WWW	< 2 M	20s	0
	Electronic Commerce	64~384 K	4s	0
	FTP	< 20 M	10s	0

그림 3에 시뮬레이션 시나리오를 보인다. 평가 시스템은 중첩 셀 상의 계층 셀로 구성되며 각 셀에 대해 자원 관리자는 MT의 세션 제어에 관여한다. RM-DB는 각 이중망의 자원 및 부하 등 상황 정보를 저장하고, 메시지 큐 및 소켓은 상황 정보를 입력하기 위한 프리미티브를 위하여 사용된다.

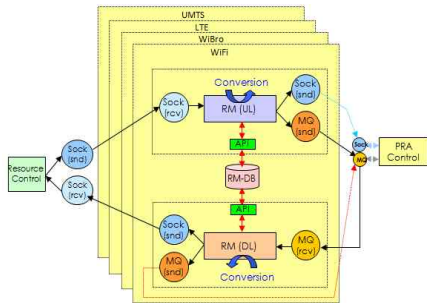


그림 3. 시뮬레이션 시나리오  
Fig. 3. Simulation Scenario.

### 4.2 평가 결과

본 연구에서 제안한 PRA 방식의 성능 평가를 위해 Kaiser의 방법[9], SRA(Shared Resource Allocation) 방식과 비교 분석한다. Kaiser의 방식에서는 채널 상태, QoS 요구 사항, 버퍼의 상태에 근거하여 최적의 자원을 할당한다. SRA 방식은 우선순위를 고려하지 않고 모든 세션에 대해 전송률을 동일하게 차감하며 PRA 방식은 우선순위에 근거하여 MT의 전송률을 조정한다. 그림 4는 자원 이용률을 보인다. PRA는 0.6 주위의 세션 도착률에서 Kaiser[9]에 비하여 약 25% 정도의 향상된 자원 이용률을 보였다. 이것은 PRA에서는 실시간 MT가 예약한 자원이 비사용중이면 비실시간 MT가 한시적으로 사용하되, 실시간 MT가 전송할 패킷이 생기면 자신이 예약한 자원을 preempt하여 즉시 전송을 재개함으로써 통계적 다중화 이득에 의해 전송 효율이 높아진 결과로 판단된다.

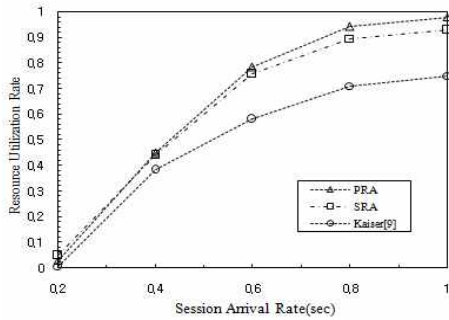


그림 4. 자원이용률  
Fig. 4. Resource Utilization

그림 5는 핸드오프 실패율과 신규세션 블럭킹율을 보인다. PRA는 사용자 수를 극대화할 수 있음이 확인되며 실시간 MT는 세션 설정 과정을 통하여 자원을 예약하여 데이터를 전송하고 전송률이 감소하면 비실시간 MT가 잉여 자원을 사용하기 때문에 판단된다. 또한 사용자가 증가할수록 사용자

가 분산되는 효과를 가지므로 Kaiser[9], SRA에 비하여 핸드오프 실패율의 증가폭이 감소함을 알 수 있다.

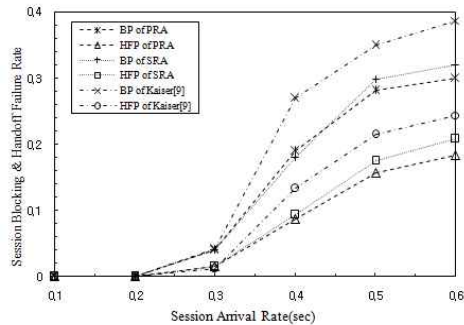


그림 5. 세션 블럭킹율과 핸드오버 실패율  
Fig. 5. Session Blocking and Handoff Failure

그림 6은 세션의 증가에 따른 평균 지연을 비교한 것이다. 실시간 세션은 일정 수준의 손실을 허용하지만 지연에 민감하므로 일정한 전송률을 유지해야 한다. PRA는 실시간 세션의 예약 자원을 비실시간 세션이 일시적으로 사용하므로 Kaiser 방식에 비하여 지연이 증가하지만 전송할 패킷이 생기면 예약된 자원을 preempt 하여 즉시 전송을 재개함으로써 지연을 허용 범위 내에서 유지할 수 있어 SRA에 비해서는 거의 대등한 수준의 지연 성능을 가짐이 확인된다.

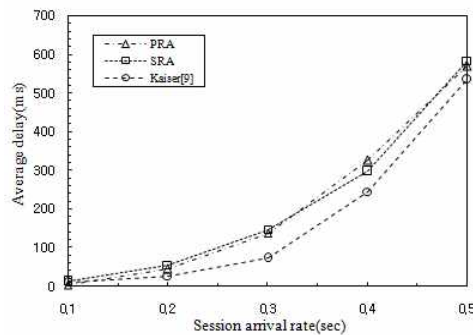


그림 6. 전송 지연  
Fig. 6. Transmission Delay

## V. 결론

본 연구에서는 무선 융합망에서 실시간 서비스의 품질을 보장하기 위하여 실시간 서비스를 위한 자원을 예약하되 그 전송률이 감소하여 여분의 대역이 존재하면 비실시간 패킷이 그 여분의 대역을 이용하는 자원운용 방법을 제안하였다. 시



물레이션에 의하면 PRA 방식은 실시간 세션의 가변 전송률에 근거한 통계적 다중화 기법을 통하여 실시간 서비스의 품질을 만족시키면서도 동시에 접속 가능한 가입자 수를 최대화함으로써 자원 이용률이 기존 방식에 비하여 25% 정도 향상됨을 확인할 수 있었다. 다만 사용자 수가 증가하면 패킷 손실과 지연 증가가 발생하므로, 실제 시스템 구축 시에는 이에 대한 적절한 파라미터가 고려되어야 하며 실시간 서비스의 총 자원 중 예약 가능 용량의 비율을 선정하는 것이 요구된다.

### 참고 문헌

- [1] 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.
- [2] 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, Mar. 2010.
- [3] 3GPP TSG RAN WG1, R1-092976, "Text Proposal for Relate Backhaul Link, Macro-UE Link Channel Model and Relay Evaluation Methodologies for TR 36.814," CMCC, Jun. 2009.
- [4] 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.
- [5] Y. Liu and C. Ngo, "Radio Resource Allocation for Relay Enhanced Cellular System," *Proceedings of IEEE Consumer Communications & Networking Conference*, pp. 1-6, Jan. 2009.
- [6] A.H. Khan, M.A. Qadeer, J.A. Ansari and S. Waheed, "4G as a Next Generation Wireless Network," *Proceedings of 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 International Vehicular Technology Conference*, pp. 1-5, Apr. 2009.
- [8] Dongchun Lee and Jongchan Lee, "Handover Control Method Using Resource Reservation in Mobile Multimedia Network," *IEICE Transaction on Communications*, Vol. 92-B, No. 8, pp. 2684-2697, Aug. 2009.
- [9] M.S. Kaiser and K.M. Ahmed, "Radio Resource Allocation for Heterogeneous Services in Relay Enhanced OFDMA Systems," *Journal of Communications*, Vol. 5, No. 6, pp. 447-454, Jun. 2010.
- [10] Miae Woo, N. Prabhu and A. Ghafoor, "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.

### 저자 소개



#### 이 종 찬

1996 : 숭실대학교 공학석사  
 2000 : 숭실대학교 공학박사  
 2000-2005 : ETRI 선임연구원  
 2005-현재 : 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과 부교수  
 관심분야 : 이동멀티미디어, 센서네트워크, 무선원격제어  
 Email : chan2000@kunsan.ac.kr



#### 이 문 호

1977 : 서울대학교 공학사  
 1998 : 숭실대학교 공학석사  
 1996 : 숭실대학교 공학박사  
 1997-현재 : 청운대학교 멀티미디어학과 교수  
 관심분야 : 무선멀티미디어, 통신방송융합, 센서네트워크  
 Email : mhlee@chungwoon.ac.kr