한국시뮬레이션학회 논문지
Vol. 21, No. 1, pp. 45-54 (2012. 3)

모바일 멀티미디어 융합 서비스를 위한 자원 할당 방법

이종찬[1] · 이문호[2†]

Resource Allocation for Converged Mobile Multimedia Services

Jongchan Lee · Moonho Lee

ABSTRACT

Advances in mobile communication and digital video technology enable to commercialize converged multimedia services such as VoD in the mobile networks. Media convergence is evolving into U-Cloud and mobile IP-TV services constituted by high-speed mobile multimedia networks and integrated personal devices. This paper proposes a resource allocation scheme to guarantee QoS of converged mobile multimedia services, and simultaneously maximize legacy services in heterogeneous wireless networks. Performances are analyzed by the simulation.

Key words : Media convergence, Mobile multimedia., Heterogeneous network, Resource allocation, QoS.

요 약

이동통신과 디지털 영상처리 기술의 발전에 의해 음성통신, WWW, e-mail, FTP 등 전통적 서비스 이외에 VoD 등 융합형 서비스가 이동통신망에서도 상용화되고 있다. 이러한 융합형 서비스는 LTE-Advanced 네트워크 등 초고속 이동 통신망과 통합형 휴대 단말기를 바탕으로 U-cloud 서비스, 모바일 IP-TV 등으로 진화될 것 이다. 본 연구에서는 이종 융합 무선망에서 음성통신, VoD, 영상통화 등 실시간 서비스의 품질을 허용 가능한 수준으로 보장하면서도 무선자원의 활용도를 높여 WWW 등 기존의 비실시간 인터넷 서비스를 최대한 수용하기 위한 방안을 제안한다.

주요어 : 통신방송융합, 모바일 멀티미디어, 이종 융합망, 자원할당, 서비스품질

1. 서 론

이동통신과 디지털 영상처리 기술의 발전에 의해 음성통신, WWW, e-mail, FTP 등 전통적 서비스 이외에 VoD 등 다양한 융합형 서비스가 이동통신망에서도 상용화되고 있다. 이러한 융합형 서비스는 LTE-Advanced 네트워크 등 초고속 이동 통신망과 통합형 휴대 단말기를 바탕으로 U-cloud 서비스, 모바일 IP-TV 등으로 진화될 것 이다. 현재 서비스 중인 WCDMA 망이나 HSPA(High Speed Packet Access) 망은 하향 14.4 Mbps, 상향 5.8 Mbps의 속도로 비디오 등 멀티미디어 서비스의 전송이 가능하지만, U-Tube 동영상 서비스, 영상통화 등 융합서비스에 의한 패킷 전송량의 폭발적인 증가로 인하여 무선 인터넷 접속 불가 현상이나 통화 끊김 현상 등이 자주 발생하고 있다[1-2]. 이러한 문제에 대처하기 위해 하향 최대 75 Mbps, 상향 최대 37.5 Mbps의 전송이 가능한 LTE (Long Term Evolution) 네트워크의 서비스를 서두르고 있으나 양방향 방송 등 본격적인 통신방송 융합 서비스를 위해서는 한층 더 고성능의 이동통신망이 요구된다. 이러한 고성능의 4 세대 이동통신 기술로서 저속 이동 시 1Gbps, 고속 이동 시 100 Mbps의 속도로 전송이 가능하고, 유·무선 통합, 이종망 융합, 장소와 시간에 무관하게 끊김없는 (seamless) 통신이 가능한 특성을 갖춘 LTE-Advanced 기술이 집중적으로 연구되고 있다[2-3]. LTE-Advanced 망은 IP 프로토콜을 사용하여 다양한 망과 seamless하게 연동하는 것이 주요 목표의 하나이므로 최소의 지연으로 상시 접속이 가능하고, WCDMA, HSPA,

접수일(2012년 1월 11일), 심사일(1차 : 2012년 3월 20일), 게재 확정일(2012년 3월 26일)
[1] 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과
[2] 청운대학교 멀티미디어학과
주 저 자 : 이종찬
교신저자 : 이문호
E-mail; mhlee@chungwoon.ac.kr

와이브로, LTE 등 기존 망과 통합 운영이 가능해져서 하나의 휴대형 단말기로 다양한 미디어와 통신을 이용할 수 있게 된다[4,5]. 이를 위하여 가장 중요한 요소는 셀 크기와 전력강도 등 다양한 특성을 갖는 이종 융합 무선망에서 세션 이동성(session mobility)과 단말기 이동성(terminal mobility)에 무관하게 서비스 지속성을 유지하는 기술이다[6-8].

기존의 실시간 방송, 주문형비디오(VoD), 영상 및 음성 통화는 전송 시 일정한 지연만을 허용하는 실시간 서비스이며 이들을 구성하는 패킷 중 설정된 시간 내에 전송되지 못한 패킷은 폐기되어, 서비스 품질에 직접적으로 악영향을 준다. 전송의 실시간성을 만족시키기 위해서는 자원을 배타적으로 점유하는 방법이 가장 좋지만 버스트성 서비스는 자원의 이용도를 저하시킨다. WWW, 전자상거래, FTP, e-mail 등 인터넷 서비스는 전송 지연에는 덜 민감하지만 오류가 없어야 하거나 최소한의 오류로 전송되어야 한다. 본 연구에서는 무선 융합망에서 VOD, 영상통화 등 실시간 서비스의 품질을 허용 가능한 수준으로 보장하면서도 무선자원의 활용도를 높여 WWW 등 기존의 비실시간 인터넷 서비스를 최대한 수용하기 위한 방안을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 본 연구의 기반이 되는 이종망 제어 매커니즘과 서비스 분류를 기술한다. 3장에서는 2장에서 기술한 개념에 근거하여 무선자원 할당 방법을 제안한다. 4장에서는 제안된 방법의 성능을 평가하기 위하여, 핸드오버 실패율과 블록킹율 그리고 평균 지연과 패킷 손실률을 분석하였다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대해 기술한다.

2. 융합 무선망의 자원 관리 구조

2.1 이종망 제어 매커니즘

그림 1과 같이 Wireless LAN, WCDMA, HSPA, LTE 등 다양한 무선망으로 구성되는 융합 무선망에서는 상위계층이 특정 응용서비스를 지원하기 위해 필요한 하부계층의 QoS 특성을 세부적으로 규정할 경우 제어구조가 복잡해진다. 따라서 무선자원 관리를 수행하는 RRC(Radio Resource Control) 계층에서 해당 응용 서비스에 대한 QoS 프로파일을 확인하면 이를 종단간 서비스 설정의 파라미터로 적용하고, 하부계층이 개별 하부 무선망의 특성에 맞는 QoS 지원 매커니즘을 가동시켜 현재의 셀 부하 상태, 다른 성능 요소 및 정책에 관한 정보를 단말기에 전송하고, 패킷의 신규 경로 설정 시, QoS 매핑 및 조정을

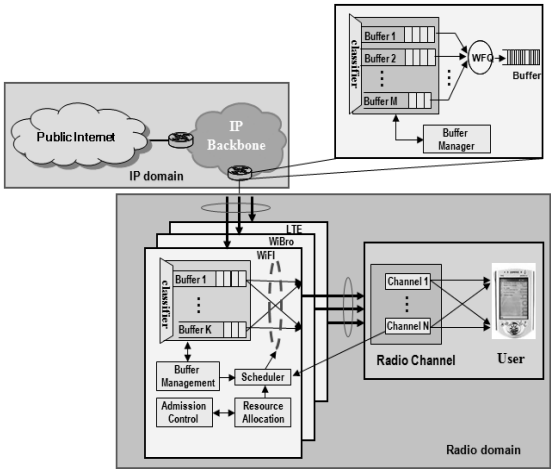

그림 1. 이종망 제어 매커니즘

수행하도록 하여야 한다.

본 연구에서는 각 멀티미디어 서비스를 구성하는 패킷 즉 전송을 위해 버퍼에 대기 중인 데이터, 이미지, 오디오 또는 비디오의 일부분을 객체로 정의하고[9] 이 객체 단위로 무선 자원을 할당함으로써 멀티미디어 서비스의 동적 특성에 대처하는 방안을 제시한다.

통신 방송 융합서비스를 위한 이동통신망에서는 단말기의 이동과 개별 서비스들의 동적인 특성으로 인하여 기지국은 어떤 시간 동안에는 요구되는 자원 용량을 만족시킬 수 없으며 이 경우 QoS를 조정해야 한다. 최적의 QoS 조정은 각 서비스의 수준을 지속적으로 유지하는 것이지만, 최악의 경우 최소한의 수준 강등도 감수하여야 한다. 서비스 품질을 유지하기 위한 시도에도 불구하고 무선자원의 부족으로 인한 QoS 저하가 지속되어 허용 가능한 범위를 벗어나려 할 경우, 다른 망으로의 핸드오버 즉 Inter-system Handover (ISHO)를 통한 QoS 유지 가능성에 대해 분석한다. 이러한 분석에 근거하여 기대 QoS 가 허용치를 벗어 날 가능성이 있는 서비스에 대하여 ISHO를 수행한다. 그림 2에 QoS 파라미터의 값이 일정 시간 동안 기준 값 이하로 저하되면 수행하는 ISHO 결정 및 처리 흐름도를 보인다.

비실시간 서비스에 대해서는 패킷 손실률을 기준 파라미터로 사용하고, 실시간 서비스를 위해서는 지연과 지터를 기준 파라미터로 사용한다. 또한 실시간과 비실시간 특성을 동시에 갖는 서비스에 대해서는 손실, 지연, 지터를 모두 고려한다. 측정값이 파라미터 기준치를 초과하고, 지속적으로 변동한 값이면, ISHO 시작을 결정한다.

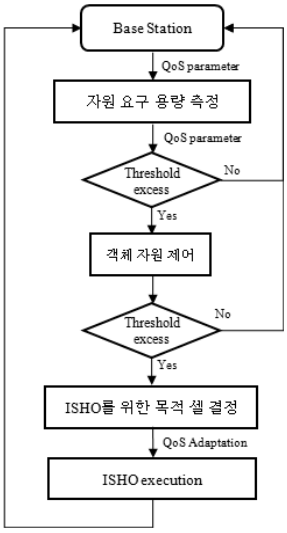

그림 2. 자원 관리 순서

2.2 서비스별 클래스 분류

이동 멀티미디어 서비스를 지원하려면 다양한 특성을 갖는 서비스들을 동시에 전송해야 하고 각각의 서비스가 요구하는 QoS를 보장할 수 있는 기능을 망에서 제공해야 한다. 그러나 서비스별 특성은 응용에 따라 크게 다르므로 망에서 모든 서비스에 대해 개별적으로 QoS를 충족시키는 방법은 각각의 서비스에 대해 다르게 처리하여야 하는 복잡성을 수반하므로 구현하기가 어렵다. 본 연구에서는 각 응용 서비스가 요구하는 패킷 손실률과 지연 특성에 따라 서비스를 4가지 클래스로 분류하고 각 클래스 별로 적합한 메커니즘에 의해 처리하는 방법을 채택한다.

- 클래스 LL는 지연에 민감하며 손실에도 취약한 특성을 갖는 실시간 서비스이며 고화질 실시간 방송, 911 서비스, 위치 인식 서비스, CBR형태의 영상 통화 등이 이에 해당한다.
- 클래스 LH는 지연에 민감하나 손실에 대해서는 덜 취약한 특성을 갖는 실시간 서비스이며 Streaming 서비스 등이 대표적이다.
- 클래스 HL는 지연에 덜 민감하나 손실에는 취약한 특성을 갖는 비실시간 서비스로서 웹 서비스, E-mail, 멀티미디어 다운로딩 등이 이에 해당한다.
- 클래스 HH는 지연과 손실에 둔감한 특성을 갖는 비실시간 서비스로서 E-mail 도착 통지 등의 백그라운드 서비스가 이에 해당한다.

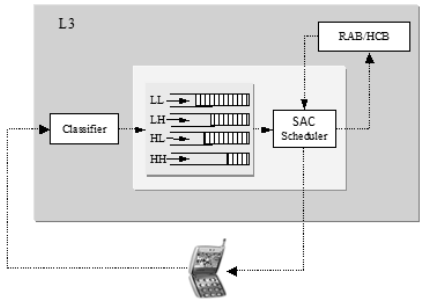

그림 3. 기지국의 서비스 큐의 구조

실시간 특성을 갖는 서비스에 전송의 우선권을 부여하기 위하여 클래스 LL >클래스 LH > 클래스 HL > 클래스 HH의 순으로 우선순위를 정한다. 버퍼는 패킷 손실에 민감한 클래스 LL과 클래스 HL에 많은 양을 할당하여, 전송 대역이 순간적으로 부족할 때 각 서비스를 구성하는 패킷들을 버퍼에 저장함으로써 손실을 줄일 수 있다.

연결 파라미터가 결정된 후, 단말기는 기지국에 연결 요구를 보내고 기지국의 분류기는 모든 요구들을 수집하여 각 클래스 별로 LL 서비스는 LL 큐, LH 서비스는 LH 큐, HL 서비스는 HL 큐 그리고 HH 서비스는 HH 큐에 선착순으로 버퍼링한다. 서비스의 연결 요구를 버퍼링한 후에 LL큐, LH큐, HL큐, HH큐 순으로 수락 제어를 수행한다. 우선순위가 더 높은 큐가 비어있거나 사용되지 않을 경우에만, 우선순위가 낮은 큐에 있는 요구들에 대한 SAC를 수행한다. 그림 3에 기지국에 입력되는 연결 요구의 서비스 큐 입력 및 연결 흐름을 보인다. 연결 요구를 받은 SAC scheduler는 RAB(Resource Allocation Block)로부터 현재 점유 자원 및 가용 자원의 상태 정보, 그리고 HCB(Hand-over Control Block)으로부터 현 셀로 입력을 요구하는 핸드오버 서비스의 전송률 정보와 현 셀로부터 인접 셀로 핸드오버를 요구하는 서비스의 전송률 정보를 종합하여 연결 요구의 수락 여부를 결정한다.

자원을 효율적으로 관리하기 위하여 서비스 형태에 따라 상이한 관리 방법을 사용한다. 클래스 LL 서비스는 설정 시 할당된 일정량의 무선 자원을 전 서비스 시간에 걸쳐서 변화 없이 사용한다. 그러나 클래스 LH 서비스의 경우는, 최소 비트 전송률(Minimum Bit Rate; 이하 MiBR)과 최대 비트 전송률(Maximum Bit Rate; 이하 MaBR)을 동시에 지정함으로 망의 전송 상태에 대한 기지국의 정보에 따라 MiBR과 MaBR 사이에서 전송률을 조정할 수 있다. 클래스 HL 서비스와 클래스 HH 서비스는 오류에 대한 취약성이 작으므로 사용자가 대역폭을 지정하지 않고

기지국이 망의 상태에 따라 자율적으로 조정한다.

각 응용 서비스는 전송할 패킷이 있는 동안만 자원을 액세스함으로써 다수의 서비스가 그 자원을 공유할 수 있다. 실시간 특성을 갖는 LL과 LH 서비스는 서비스 수락 제어(Service Admission Control; 이하 SAC)를 통하여 최대 소요 무선 자원을 예약하지만 패킷 전송률에 따라 여분의 대역폭을 비실시간 서비스가 사용할 수 있게 한다. LL과 LH 서비스가 전송할 패킷이 생기고 대역폭이 부족하면 비실시간 특성을 갖는 HL과 HH 서비스가 사용 중인 자원을 회수하여 전송을 수행한다. 반면 HL과 HH 서비스는 전송 준비가 된 패킷이 있으면 사용 중이지 않은 자원을 찾아 경쟁 방식을 통해 전송을 시도한다.

HL과 HH와 같은 실시간 서비스는 비실시간 서비스인 HL과 HH에 비하여 기지국의 자원 할당에 있어서 더 높은 우선순위를 갖는다. 기지국은 실시간 서비스에 요구자원을 할당하며 그 자원은 실시간 서비스가 전송을 마칠 때까지 예약되어 선점된다. 다만 실시간 서비스의 전송량이 감소하면 해당되는 크기만큼의 자원은 일시적으로 해제되고 그 자원을 비실시간 서비스가 점유한다. 일시적으로 해제된 자원을 이용하여 패킷을 전송하던 비실시간 서비스가 실시간 서비스의 요구에 따라 자원을 반환할 경우 비실시간 서비스의 전송은 중단되고 그 자원은 실시간 서비스가 점유한다. 다만 비실시간 서비스의 전송이 끝나면, 큐에서 대기 중인 다른 비실시간 서비스가 자원을 점유할 수 있다. 연결 요구가 시간제한이 초과할 때까지 큐에 있고, 가용한 자원이 없을 경우, 전송 요구는 차단된다.

3. 무선 자원의 동적 할당

제한된 무선자원을 가진 무선망에서 방송서비스 등 멀티미디어 서비스를 최대한 수용하기 위해서는 각 서비스가 요구하는 전송률에 따라 무선 자원을 동적으로 할당함으로써 실현 가능하다. 기지국의 무선 자원이 주어진 시간 범위에 멀티미디어 서비스의 총 요구 용량을 만족하면 각각의 연결의 신뢰성이 보장된다. 그러나 연결된 객체들이 갖는 요구 용량의 동적인 특성 때문에 기지국은 어떤 시간 동안에는 자원 요구 용량을 만족시킬 수 없다[9]. 본 연구에서는 기지국의 제한된 무선 자원 용량으로 다수의 서비스를 지원하는 방안으로서 지연에 둔감하지만 패킷 손실에 민감한 비실시간 서비스의 특성과 패킷 손실에 둔감하지만 지연에 민감한 실시간 서비스의 특성을 바탕으로 하여 자원을 효율적으로 관리하는 방법을 고려하였으며, 비실기간 객체보다 실시간 객체의 전송에 우선순위를 두어 연구를 진행하였다.

실시간 서비스의 특성으로 인하여 일정 시간 동안 자원요구 용량을 만족시킬 수 없을 경우에 패킷을 특정 기준치까지 폐기하고 객체들을 개별적으로 전달한다. 각각의 객체에 대하여 삭제 대상은 제시한 4가지 클래스에 근거하고 삭제할 패킷의 수를 결정하는 기준은 표 1에서 허용 가능한 패킷손실률이다. 이를 근거로 하여, 패킷 전송률이 가변적인 실시간 객체와 패킷 전송률이 일정한 비실시간 객체의 특성에 근거하여 객체들의 제어 방법을 제시하였다. 이 방식에서, 실시간 서비스는 해당 자원을 예약하여 배타적으로 점유하고 패킷 전송률이 감소하면 여분의 자원을 다른 비실시간 서비스가 일시 점유한다. 이후에 실시간 서비스의 전송률이 증가하면 자원을 회수함으로써, 실시간 서비스에 전송의 우선순위를 두고 비실시간 서비스를 최대한 수용하는 DoD (Dynamic Object Distribution) 방식을 제시하였다. 본 연구의 목적은 허용 가능한 QoS 범위 내에서 관리자(사업자) 측면에서 최대의 가입자를 수용할 수 있는 방안을 제안하는 것이다.

3.1 멀티미디어 서비스의 제어

실시간 서비스에 대해서는 MaBR을 보장할 수 있을 경우에만 서비스 서비스의 연결을 수락하고 비실시간 서비스에 대해서는 MiBR을 보장할 수 있다면 서비스 연결을 수락한다. 실시간 서비스의 경우는 요구 용량이 할당 용량과 일치하므로 전송률에 따라 할당 용량이 결정되지만, 비실시간 서비스는 요구 용량과 상관없이 최소전송률을 보장하는 조건하에 강제적으로 할당 용량을 결정한다.

3.1.1 실시간 서비스 제어

서비스 특성에 따라 자원을 동적으로 할당하기 위하여 각 서비스를 구성하는 패킷의 일정부분을 객체로 정의하고 이 객체 단위로 자원을 할당한다. 즉 전송을 위해 버퍼에 대기 중인 데이터, 이미지, 오디오 또는 비디오의 일부분으로 객체 O_i을 정의한다[9]. O_i는 실시간 객체의 집합 O_i^R와 비실시간 객체의 집합 O_i^N으로 구성되며, 2.3의 QoS 클래스 분류에 근거하여 O_i^R은 LL 객체를 나타내는 O_i^{LL}과 LH 객체를 나타내는 O_i^{LH}로 구분된다. O_i^R의 크기를 근거로 전송률의 변화를 감지한 단말기는 기지국에 이를 통지하고, O_i^R 및 O_i^N을 위한 자원 요구사항이 결정되며 기지국은 단말기에 무선 자원을 재 할당한다.

시간 간격 $[t_i, t_{i+1}]$에서 실시간 객체들의 패킷 손실률

을 결정할 때는 다음의 제약 조건을 고려한다. 실시간 객체 O_i^R의 패킷 손실률 L_i는 한정된 자원으로 인하여 O_i^R의 전송 중에 발생하는 QoS의 저하를 의미하며 식 (1)과 같이 정의된다[9].

$$L_i = \frac{O_i^{LL}\text{과 } O_i^{LH}\text{에서 손실될 패킷의 수}}{O_i^{LL}\text{과 } O_i^{LH}\text{의 패킷들의 총수}} \quad (1)$$

QoS의 저하가 발생하면, 공정한 자원 할당을 위하여 서비스 우선순위에 근거하여 실시간 객체들에 대해 이를 적용해야 한다. 이러한 목적 하에, $[t_i, t_{i+1}]$에서 객체들 $O_1,...,O_n$에 대한 손실률을 결정할 때는 식 (2)의 제약 조건을 고려한다. 실시간 서비스들에 무선 자원을 할당하기 위하여 시스템에서 사용 가능한 잔여 용량 $R(t)$이외에 추가로 요구되는 자원 용량을 Λ^R이라 하면

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

$|O_i^{LL} + O_i^{LH}|$은 $[t_i, t_{i+1}]$ 동안의 정규화된 O_i^R의 크기를 나타낸다. $\sum_{i=1}^{n} L_i |O_i^{LL} + O_i^{LH}| < \Lambda^R$이면 주어진 자원 용량으로는 수용할 수 없다. $[t_i, t_{i+1}]$에서 실시간 객체들O_i^R의 전송량을 결정할 때는 식 (3)의 제약 조건을 고려한다. O_i^R의 패킷 전송률 L_i는 실시간 패킷의 가변성으로 인한 밀집도(burstiness)를 의미한다.

$$L_i = \frac{O_i^{LL}\text{과 } O_i^{LH}\text{에서 전송된 패킷의 합}}{O_i^{LL}\text{과 } O_i^{LH}\text{의 논리적 패킷의 총합}} \quad (3)$$

여기서 논리적 패킷량은 $[t_i, t_{i+1}]$에서 O_i^R이 MaBR로 전송되고 버퍼가 가득 찬 상태에 있을 경우의 패킷들의 총량을 의미한다.

3.1.2 비실시간 서비스 제어

실시간 서비스의 전송 상태에 따라, 서비스 우선순위에 의거하여 비실시간 서비스를 요청한 단말기는 전송률을 조정하며 이러한 동작 규칙을 따르는 비실시간 서비스에 대해서는 MiBR이 보장된다. 기지국은 조정된 전송률을 비실시간 단말기에 통보하고, 기지국은 할당된 자원 용량을 셀 전송률에 맞게 조정한다.

$[t_i, t_{i+1}]$에서 비실시간 객체들 $O_1^N,..., O_n^N$에 대한 할당 용량을 결정할 때는 식 (5)의 제약 조건을 고려한다. 비실시간 객체O_i^N을 MiBR로 전송하기 위하여, $[t_i, t_{i+1}]$ 동안 할당된 용량을 $\psi_i^{\min}$, MaBR로 전송하기 위하여 할당된 용량을 $\psi_i^{\max}$로 정의한다.

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

여기서 $R(t)$는 비실시간 서비스에 무선 자원을 할당하기 위하여 사용 가능한 잔여 용량이다. 비실시간 객체들은 패킷 손실에 민감하므로 패킷의 폐기로 전송률을 조정해서는 안된다. 그 대신에 기지국에서 무선 자원의 할당량을 줄이고 비실시간 서비스를 요청한 단말기는 이에 맞게 패킷 전송률을 조정한다.

3.2 신규 연결의 자원 할당

신규 실시간 서비스의 연결 시, 잔여 용량이 부족하면, 신규 실시간 서비스의 요구 용량과 무관하게 허용 가능한 QoS까지 할당 용량을 감소시킨다. 그래도 잔여 용량이 부족하면, 서비스 우선순위에 의거하여 현재 연결 상태인 실시간 서비스들의 요구 용량에서 가능한 QoS 까지 패킷을 폐기하여 신규 실시간 서비스의 연결을 위한 최소 대역을 확보한다. 또한 신규 비실시간 서비스의 설정 시에, 잔여 용량이 부족하면, 신규 비실시간 서비스들의 요구 용량에서 가능한 MiBR까지 전송률을 감소시킨다. 그래도 잔여 용량이 부족하면 연결 중인 신규 비실시간 서비스들의 전송률을 MiBR까지 감소시켜 최소 대역을 확보한다.

3.2.1 신규 실시간 서비스의 자원 할당

기지국은 객체 O_i의 정보를 이용하여, 실시간 서비스가 객체 O_i^R를 MaBR이하로 전송하기 위하여 필요한 무선 자원의 양, 즉 예약 용량 ζ_i을 계산한다. 이 과정은 SAC에서 이루어지며, 실시간 서비스는 요구 용량과 동일한 자원을 예약한다. 실시간 LL 객체와 LH 객체가 각각 예약 용량 $\zeta_1^{LL},...,\zeta_i^{LL}$과 $\zeta_1^{LH},...,\zeta_i^{LH}$을 요구한다고 가정한다. 이때 실시간 서비스의 총 요구 용량 K_d^R는 식 (5)와 같다.

$$K_d^R = \sum_{i=1}^{n} (\zeta_i^{LL} + \zeta_i^{LH}) \quad (5)$$

O_i^R은 시간 $[t_i, t_{i+1}]$에서 발생한 신규 객체들의 집합인

$O_i^{R|n}$과 연결 상태인 실시간 객체들의 집합인 $O_i^{R|c}$로 구성된다. K_d^R중에서, $K_d^{R|n}$은 $O_i^{R|n}$에 속한 객체들 - $O_i^{LL|n}$과 $O_i^{LH|n}$- 의 요구 용량을 나타낸다.

$$K_d^{R|n} = K_d^{LL|n} + K_d^{LH|n} = \sum_{O_i^R \in O_i^{LL|n}} \zeta_i^{LL} + \sum_{O_i^R \in O_i^{LH|n}} \zeta_i^{LH} \quad (6)$$

각 시간 간격동안 기지국은 실시간 서비스의 O_i^R 정보에 의하여 잔여 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 $O_i^{LL|n}$와 $O_i^{LH|n}$의 정보에 따라 점유 용량을 조사함으로써 계속하여 미리 결정된다.

위에서 언급된 파라미터를 사용하여 $[t_i, t_{i+1}]$에서 신규 실시간 객체가 점유하는 총 용량을 결정하는 과정은 $[t_i, t_{i+1}]$에서 채널 용량의 가용도에 따라 두 가지 상태를 고려할 수 있다.

$$R(t) \geq \sum_{O_i^R \in O_i^{LL|n}} \zeta_i^{LL} + \sum_{O_i^R \in O_i^{LH|n}} \zeta_i^{LH} \quad (7)$$

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

$$R(t) < \sum_{O_i^R \in O_i^{LL|n}} \zeta_i^{LL} + \sum_{O_i^R \in O_i^{LH|n}} \zeta_i^{LH} \quad (8)$$

식 (8)의 경우에 객체들의 할당 용량이 $K_d^{R|n} - R(t)$ 만큼 감소해야한다. 할당 용량 감소는 진행 중인 객체에게 최적의 QoS를 충족시키기 위하여 신규 객체들에서만 우선 발생한다.

$$\sum_{O_i^R \in O_i^{R|n}} L_i |O_i^{R|n}| = \sum_{O_i^R \in O_i^{LL|n}} \zeta_i^{LL} + \sum_{O_i^R \in O_i^{LH|n}} \zeta_i^{LH} - R(t) \quad (9)$$

$O_i^R \in O_i^{R|n}$에 대하여 $K_r^R = (1 - L_i) \cdot \zeta_i$, $O_i^R \in O_i^{R|c}$에 대하여 $K_r^R(t_i) = K_r^R(t_{i-1})$를 설정한다. 결국 진행 중인 객체들의 요구 용량은 동일하고, 반면에 신규 객체들의 예약 용량은 만족된다. 그러나 $\sum_{O_i^R \in O_i^{R|n}} L_i |O_i^{R|n}| < K_d^{R|n} - R(t)$ 이면, 신규 단말기의 용량 감소만으로는 예약 용량을 충족시킬 수 없다. 이 경우에는 진행 중인 단말기의 용량 감소를 수행한다. 이는 식 (10)과 같다.

$$\sum_{O_i^R \in O_i^{R|n}} L_i |O_i^{R|n}| + \sum_{O_i^R \in O_i^{R|c}} L_i |O_i^{R|c}| = \sum_{O_i^R \in O_i^{LL|n}} \zeta_i^{LL} + \sum_{O_i^R \in O_i^{LH|n}} \zeta_i^{LH} - R(t) \quad (10)$$

3.2.2 신규 비실시간 서비스의 자원 할당

O_i^N은 $[t_i, t_{i+1}]$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 $O_1^N, ..., O_i^N$을 MaBR로 전송하기 위한 무선 자원 용량 $\psi_1^{\max}, ..., \psi_i^{\max}$와 MiBR로 전송하기 위한 무선 자원 용량 $\psi_1^{\min}, ..., \psi_i^{\min}$을 동시에 지정한다. 이때 비실시간 서비스의 총 요구 용량 K_d^N는 식 (11)과 같다.

$$\sum_{i=1}^{n} \psi_i^{\min} \leqq K_d^N \leqq \sum_{i=1}^{n} \psi_i^{\max} \quad (11)$$

K_d^N중에서, $K_d^{N|n}$은 $O_i^{N|n}$에 해당하는 객체들의 요구 용량을 나타내고, $K_d^{HL|n}$, $K_d^{HH|n}$로 구성된다.

$$\sum_{O_i^N \in O_i^{N|n}} \psi_i^{\min} \leqq K_d^{HL|n} + K_d^{HH|n} \leqq \sum_{O_i^N \in O_i^{N|n}} \psi_i^{\max}$$

시간 간격 $[t_i, t_{i+1}]$에서 $K_d^{N|n}$은 자원 용량의 가용성에 따라 두 가지 경우를 고려한다.

$$R(t) \geq K_d^{HL|n} + K_d^{HH|n} \quad \text{(Case 1)}$$

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

$$R(t) < K_d^{HL|n} + K_d^{HH|n} \quad \text{(Case 2)}$$

Case 2의 경우, 객체의 점유 용량이 $K_d^{HL|n} + K_d^{HH|n} - R(t)$ 만큼 감소해야 한다. 이 경우, 각 비실시간 객체들의 $\psi_1^{\min}, ..., \psi_n^{\min}$에 해당하는 무선 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 MiBR만 허용하는 무선 자원 용량이 할당되고 $O_i^{N|c}$는 t_{i-1}동안 할당된 무선 자원 용량과 동일한 용량을 가질 수 있다. $R(t) < \sum_{O^N \in O^{N|n}} \psi_i^{\min}$이면 요구되는 자원 용량을 현재 연결중인 $O_i^{N|c}$의 객체에 할당된 자원 용량에서 보충한다.

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

3.3 연결 서비스의 제어 방법

실시간 서비스는 SAC에서 실시간 패킷을 전송하기 위한 자원 용량 ζ_i을 예약한다. 총 예약 용량 K_r^R은 식 (13)과 같다.

$$K_r^R = \sum_{i=1}^{n} (\zeta_i^{LL} + \zeta_i^{LH}) \quad (13)$$

$[t_i, t_{i+1}]$ 동안에, 실시간 연결 객체 $O_i^{R|c}$을 전송하기 위한 자원 할당 용량을 실시간 LL 객체와 LH 객체를 각각 $\Phi_1^{LL},...,\Phi_i^{LL}$와 $\Phi_1^{LH},...,\Phi_i^{LH}$라고 정의하자. 현재 사용 중인 총 할당 용량 K_a^R은 식 (14)와 같다.

$$K_a^R = \sum_{O_i^R \in O_i^{R|c}} (\Phi_i^{LL} + \Phi_i^{LH}) \quad (14)$$

비실시간 서비스에게 재할당 가능한 잔여 용량은 $K_r^R - K_a^R$이다. 이에 따라 각 비실시간 서비스에 추가 할당 가능한 잔여 용량 μ_i는 식 (15)와 같다.

$$\sum_{O_i^N \in O_i^{N|c}} \mu_i = K_r^R - K_a^R \quad (15)$$

이 잔여 용량은 $[t_i, t_{i+1}]$에서 비실시간 객체에 동일하게 재할당되며, 이는 식 (16)의 조건을 만족한다.

$$\sum_{i=1}^{n} \psi_i^{\min} \leqq \sum_{O_i^N \in O_i^{N|c}} \mu_i \leqq \sum_{i=1}^{n} \psi_i^{\max} \quad (16)$$

현재 연결중인 실시간 객체의 경우, 실시간 서비스의 전송률 증감에 의하여 다음의 두 단계로 서비스간의 자원 용량 변화가 발생한다. $[t_i, t_{i+1}]$에서 K_a^R에 따라 비실시간 객체들의 할당 용량을 결정하는 절차는 다음의 두 상황을 고려할 수 있다.

$$K_a^R(t_i) < K_a^R(t_{i-1}) \quad \text{(Case 1)}$$

Case 1의 경우, 실시간 객체의 총 할당 용량이 감소했으므로 비실시간 서비스에 재할당 가능한 잔여 용량 μ_i는 $K_a^R(t_{i-1}) - K_a^R(t_i)$이 된다.

$$\sum_{O_i^N \in O_i^{N|c}} \mu_i = K_a^R(t_{i-1}) - K_a^R(t_i)$$

μ_i는 비실시간 서비스에 식 (17)에 의하여 재할당된다.

$$K_a^R(t_i) > K_a^R(t_{i-1}) \quad \text{(Case 2)}$$

Case 2의 경우, 해당 실시간 객체들의 총 할당 용량이 증가했으므로 비실시간 서비스의 총 할당 용량을 $K_a^R(t_i) - K_a^R(t_{i-1})$만큼 감소시킨다. 이에 따라 식 (18)에 의하여 비실시간 서비스들의 전송률이 감소한다. 전송률이 증가한 실시간 서비스에게 증가치 만큼의 무선 자원을 부가 할당한다.

$$\sum_{O_i^N \in O_i^{N|c}} \mu_i = K_a^R(t_i) - K_a^R(t_{i-1}) \quad (18)$$

4. 성능 분석

4.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서 제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 시뮬레이션 저작 도구인 MODSIM을 이용하여 시뮬레이션 프로그램인 MOBILESimulatorV9를 개발하고 이를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 위한 네트워크 환경으로서 접속 망은 그림 4와 같이 WiFi, Wibro, LTE, UMTS 4개의 후보 셀로 구성되며, 이종망간 핸드

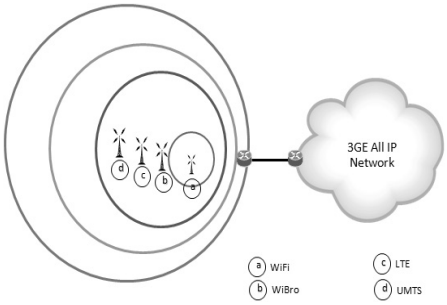

그림 4. 시뮬레이션 환경

오버를 위하여 지원가능 거리범위 순서에 따라 WiFi, Wibro, LTE, UMTS 순으로 중첩적으로 구성한다.

단말기의 이동 방향 변화 및 속도 변화가 단말기의 이동 패턴을 지배한다. 단말기의 이동 속도에 따라 고속 이동 단말기와 저속 이동 단말기로 분류하였고 저속 이동 단말기, 즉 보행자는 전체의 60%를 차지하며 그들 중 50%가 정지 상태에 있고 나머지 50%가 보행 상태에 있는 것으로 분류하고 고속 이동 단말기는 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 방법의 성능 분석을 위하여 표 1과 같이 실시간과 비실시간 서비스를 각각 고려하였다.

그림 5는 전체적인 시뮬레이션 시나리오를 보이고 있다. 평가 시스템은 중첩된 셀 상의 계층 셀로 구성되며, 각 셀에 대해 자원 관리자(RM, resource manager)는 단말기의 서비스 제어에 관여한다. RM-DB는 각 이종 망의 자원 및 부하 등의 상황 정보를 저장하고, 메시지 큐 및 소켓은 상황 정보를 입력하기 위한 프리미티브를 위하여 사용된다.

표 1. 멀티미디어 서비스의 분류

멀티미디어 서비스		전송률	전송 지연	지속시간
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 서비스	< 20 M	10s	0.2

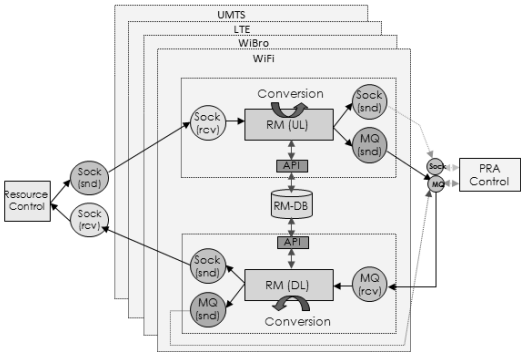

그림 5. 시뮬레이션 시나리오

4.2 성능 분석 결과

본 연구에서 제안한 DoD 방식의 성능을 평가하기 위하여, ERD(Equal Resource Distribution) 방식 그리고 [10]에서 제안된 방법 (이하, Kaiser-Ahmed라 칭한다)과 비교·분석한다. Kaiser-Ahmed의 방식에서는 채널 상태, QoS 요구 사항, 버퍼의 현재 상태에 근거하여 최적의 자원을 할당하는 방식을 제안하였다. ERD 방식은 세션 우선순위를 고려하지 않고 모든 서비스에 대해 전송률을 동일하게 차감하는 방식이다.

그림 6은 서비스의 증가에 따른 평균 지연을 비교한 것이다. 서비스가 증가함에 따라 실시간 서비스와 비실시간 서비스의 평균 전송 지연의 차이가 발생한다. DoD는 실시간 서비스의 예약 자원을 비실시간 서비스가 일시적으로 점유하기 때문에, 실시간 서비스와 비실시간 서비스 모두 Kaiser-Ahmed 및 ERD 방식에 비하여 지연이 다소 증가하지만 실시간 서비스의 경우는 전송할 패킷이 생기면 예약된 자원을 사용하여 즉시 전송을 재개함으로써 전송 지연을 허용 범위 내에서 유지할 수 있었다. 비실시간 서비스는 패킷 손실을 줄이기 위하여 패킷을 폐기하는 대신에 무선 자원 할당량을 줄이고 패킷 전송률을 조정해야 하기 때문에 지연이 지속적으로 증가함을 알 수 있다.

그림 7은 서비스의 증가에 따라 각 방식별 손실을 비교한 결과이다. 서비스 도착율이 0.3 이상에서, DoD의 패킷 손실률이 ERD와 Kaiser-Ahmed에 비하여 감소함을 알 수 있다. 수락된 비실시간 서비스는 모든 경우에 MiBR을 보장함으로써 일정량의 비실시간 패킷을 연속으로 서비스할 수 있으며 가용 자원이 생기면 MaBR로 최소의 시

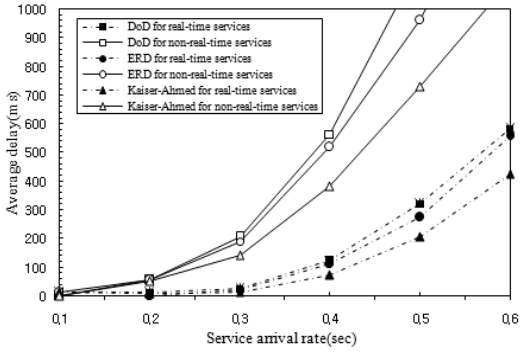

그림 6. 서비스 도착율의 증가에 따른 평균 전송지연의 비교

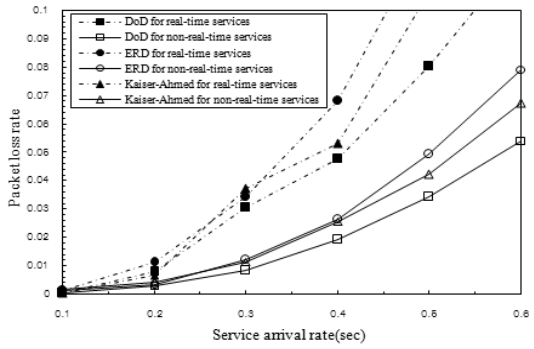

그림 7. 서비스 도착율의 증가에 따른 패킷 손실의 비교

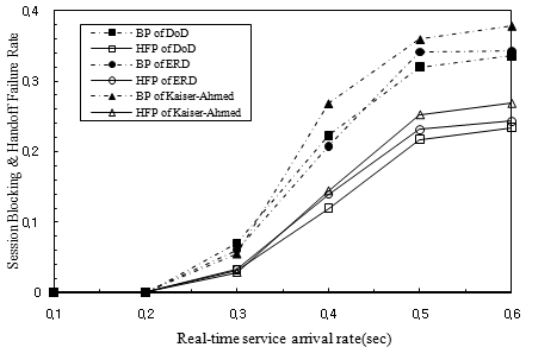

그림 9. 실시간 서비스의 블록킹율과 핸드오버 실패율의 비교

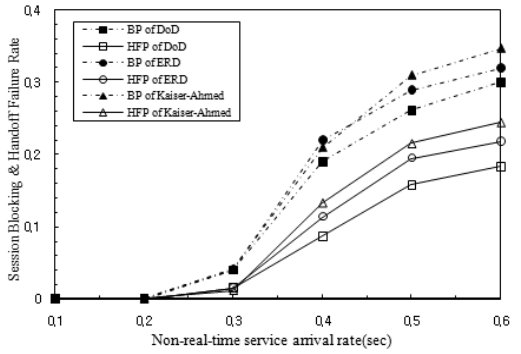

그림 8. 비실시간 서비스의 블록킹율과 핸드오버 실패율의 비교

간에 최대의 자원을 할당하여 전송함으로써 패킷의 손실을 최소화 할 수 있었던 것으로 판단된다.

그림 8은 비실시간 서비스의 신규 서비스 블록킹율과 핸드오프 실패율을 보이고 있다. 핸드오버 시의 자원 할당을 ERD와 Kaiser-Ahmed에 비하여, 핸드오버 실패율이 현저히 감소하고 사용자 수를 극대화할 수 있음을 알 수 있다. 비실시간 서비스의 경우, MaBR로 전송하기 위한 무선 자원 용량 또는 MiBR로 전송하기 위한 무선 자원 용량으로 신규 서비스 및 핸드오버의 수락이 허용되므로, 신규 셀 및 핸드오버 셀의 현재 허용 가능한 자원 상태에 따라 적응 가능하므로 블록킹율과 핸드오버 실패율이 감소함을 알 수 있다.

그림 9는 실시간 서비스의 신규 서비스 블록킹율과 핸드오프 실패율을 보이고 있다. DoD는 실시간 서비스의 도착율 0.4 이상에서는 ERD와 Kaiser-Ahmed에 비하여 블록킹율과 핸드오버 실패율이 감소됨을 알 수 있다. 이는 클래스 별로 자원의 할당을 제어함으로써, 빈번한 핸드오버로 인한 자원 점유 상태 변화에 능동적으로 대처할 수 있으며 또한 실시간 서비스 설정 과정을 통하여 고유의 무선 자원을 실시간으로 예약하여 패킷을 전송하고 전송률의 변화에 따라 능동적으로 비실시간 서비스가 잔여 자원을 사용하기 때문인 것으로 판단된다.

5. 결 론

VoD를 비롯한 다양한 융합서비스를 수용할 4세대 이동 통신망은 저속 이동 시 1Gbps, 고속 이동 시 100 Mbps의 전송속도와 망 융합(Network Convergence), 끊김없는 연결 등의 특징을 가지며, WCDMA, HSDPA 등의 기존 3G 망과 4G 망의 통합 운영이 가능하게 되어 하나의 이동 단말기로 다양한 융합 서비스를 이용할 수 있게 된다. 본 연구에서는 무선 융합망에서 VoD, 영상통화 등 실시간 서비스의 품질을 보장하면서도 자원의 활용도를 높여 WWW 등 기존의 비실시간 인터넷 서비스를 최대한 수용하기 위한 방안을 제안하였다. 제안된 방법의 성능을 평가하기 위하여 실시간 서비스와 비실시간 서비스를 구분하여 전송 지연, 패킷 손실률, 블럭킹률과 핸드오버 실패율 등을 기존의 방법과 비교하였다. 시뮬레이션에 의하면 제안된 방법은 각 서비스가 요구하는 전박전인 품질을 만족시킬 수 있음이 확인되었다. 다만 Kaiser -Ahmed 및 ERD 방식에 비하여 전송 지연이 다소 크지만, 실시간 서비스의 경우 전송할 패킷이 생기면 예약 자원을 사용하여 전송을 재개함으로써 허용 범위 내에서 전송 지연을 유지할 수 있었다. 향후, 각 서비스의 지연을 보다 더 줄이고 멀티 세션을 동시에 지원하기 위해 클래스 별로 자원 예약 가능 용량의 비율을 선정하고 이를 효과적으로 이용하는 방안에 대한 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

1. S. Buljore, H. Harada, S. Filin, P. Houze, K. Tsagkaris, O. Holland, K. Nolte, T. Farnham, and V. Ivanov, “Archi -tecture and Enablers for Optimized Radio Resource Usage in Heterogeneous Wireless Access Networks: The IEEE 1900.4 Working Group”, IEEE Communication 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”, Inter -national Journal of Research and Reviews in Computer Science, Vol. 1, No. 1, pp. 1-6, 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, June 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”, 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, Spring 2009.
8. Dong Chun Lee and Jongchan Lee, “Handover Control Method Using Resource Reservation in Mobile Multimedia Networks”, IEICE Transaction on Communications, Vol. 92-B, No. 8, pp. 2684-2697, Aug. 2009.
9. Miae Woo et. al., “Dynamic Resource Allocation for Multimedia Service in Mobile Communication Environ-ments”, IEEE Journal on Selected Areas in Communi-cations, Vol. 13, No. 5, pp. 913-922, June 1995.
10. 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, June 2010.

이 종 찬 (chan2000@kunsan.ac.kr)

1996 숭실대학교 컴퓨터과학과 석사
2000 숭실대학교 컴퓨터과학과 박사
2000～2005 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원
2005～현재 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과 부교수

관심분야 : 차세대 이동통신, 센서 네트워크, 무선 멀티미디어

이 문 호 (mhlee@chungwoon.ac.kr)

1977 서울대학교 공학사
1993 숭실대학교 공학석사
1996 숭실대학교 공학박사
1997～현재 청운대학교 멀티미디어학과 교수

관심분야 : 무선멀티미디어, 통신방송융합, 센서네트워크