

# 오버레이 네트워크에서 멀티미디어 서비스를 위한 적응적인 부하균형 기법

## (Adaptive Load Balancing Algorithms for Overlay Multimedia Network)

김 승 욱<sup>†</sup>   김 성 천<sup>†</sup>  
(Sungwook Kim)   (Sungchun Kim)

**요 약** 셀룰러/랜 기반의 중첩 네트워크는 유선 네트워크에 비해 상대적으로 제한된 대역폭을 가지는 특성으로 인해 효율적인 대역폭 관리에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 논문에서는 멀티미디어 중첩 네트워크상에서 트래픽의 이동을 통한 온라인 부하분산 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 각 네트워크간 트래픽 부하의 균형을 통해 지역적으로 발생하는 과부하 현상을 극복하고 높은 대역폭 효율성을 보장한다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 대역폭 관리를 위해 제안된 기존의 타 기법들과의 비교, 분석을 수행하여 제안된 방법이 다양한 네트워크 트래픽 상황에서 우수한 성능을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

**키워드** : 멀티미디어 중첩 네트워크, 온라인 결정, 부하균형, 수직적 핸드오프, QoS

**Abstract** New multimedia services over the cellular/WLAN overlay networks require different Quality of Service (QoS). In the cellular/WLAN overlay structure, the main issue of load balancing is to balance the available bandwidth among different networks. In this paper, we propose a new online network management scheme. Our proposed scheme is designed to improve bandwidth utilization by balancing the traffic load between the cellular network and WLANs. Simulation results indicate the superior performance of our proposed framework to strike the appropriate performance balance between contradictory QoS requirements under widely varying diverse traffic loads.

**Key words** : Multimedia overlay networks, On-line decisions, Load balancing management, Quality of Service

### 1. 서 론

최근 정보를 송, 수신할 수 있는 통신 기술의 급격한 발달로 인하여 기존의 단순 데이터를 중심으로 한 정보 교환에서 다양한 형태의 멀티미디어 데이터 서비스가 더욱 중요시되고 있는 추세이다. 또한, 무선통신 기술의 진보를 기반으로 사용자가 자유롭게 이동하면서 정보를 처리하는 무선통신에 대한 관심도가 증가하면서 기존의 유선 네트워크에서 제공하던 다양한 멀티미디어 서비스 지원을 무선 네트워크로 확장시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 존재하는 무선 네트워크는 크게 셀룰러 네트워크와 무선랜(WLAN)으로 나눌 수 있는데, 최근에는 셀룰러 네트워크와 무선랜을 통합한 중첩 네

트워크(overlay network)가 제안되었다[1-4].

다양한 형태의 멀티미디어 데이터는 서로 다른 QoS (Quality of Service)를 요구하며, 요구한 QoS에 민감한 특성을 가지고 있다. 멀티미디어 데이터는 일반적으로 class I (실시간) 데이터와 class II (비실시간) 데이터로 구분된다. 또한, 서비스의 종류에 따라 핸드오프 서비스와 신규 서비스로 구분한다. 이와 같은 구분은 QoS제어를 위해 대역폭을 할당하는 우선순위를 정하는데 사용되는데, 서비스의 연속성을 고려해서 신규 서비스보다는 핸드 오프 서비스에, 비실시간 트래픽보다는 실시간 트래픽에 높은 우선순위를 부여한다. 따라서, 무선 네트워크 환경에서 서로 다른 멀티미디어 서비스의 QoS요구를 효율적으로 제어하면서 사용자의 이동성을 효과적으로 지원하는 방법에 대한 연구의 중요성이 더욱 강조되고 있다[5,6].

셀룰러 네트워크와 무선랜 사이에 핸드오프는 수직적 핸드오프(vertical handoff)로 정의되며 동일한 네트워크

<sup>†</sup> 중신회원 : 서강대학교 컴퓨터학과 교수  
swkim01@sogang.ac.kr  
ksc@mail.sogang.ac.kr

논문접수 : 2006년 7월 25일  
심사완료 : 2007년 4월 26일

에서 발생하는 수평적 핸드오프 (horizontal handoff)와 구별된다. 최근 들어, 셀룰러/무선랜 중첩 네트워크 환경에서 사용자에게 연속적이고 안정적인 서비스를 제공하기 위한 효율적인 수직적 핸드오프 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-4].

멀티미디어 중첩 네트워크의 관리를 위한 제어결정들은 미래에 대한 정확한 정보가 없는 상태에서 실시간으로 내려져야 한다. 따라서, 트래픽 상황이 능동적으로 변화할 수 있는 무선 네트워크 상황에서는 최적화된 제어결정을 내리기 위해 필요한 모든 관련 정보를 수집한 후 결과값을 얻어내는 오프라인 알고리즘(offline algorithm) 방식을 적용하기에 현실적으로 불가능하다. 이에 비해 온라인 알고리즘(online algorithm) 방식은 제어 결정시 현재 확보된 정보만을 기준으로 실시간으로 결정을 내리는 문제해결 방식이다[7]. 이런 방식은 최적화된 결과는 얻을 수 없지만 실시간 제어처리가 가능하고 계산에 필요한 데이터 확보가 쉽다는 장점이 있다. 따라서 무선 네트워크에서 QoS에 민감한 멀티미디어 서비스를 위해서 실시간으로 관리하는 방법으로는 온라인 알고리즘 기법이 적절하다.

유선 네트워크에 비해 무선 네트워크에서는 사용자의 이동성으로 인해 특정 구역에서 네트워크 과부하 현상이 자주 발생할 수 있다. 따라서, 상대적으로 제한된 대역폭을 가지는 무선 네트워크의 특성으로 인해 부하분산을 통한 효율적인 대역폭 관리에 대한 중요성이 더욱 강조되고 있다[3-5]. 본 논문에서는 멀티미디어 중첩 네트워크상에서 수직적 핸드오프에 의한 온라인 부하분산 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 각 네트워크간 트래픽 부하의 균형을 통해 지역적으로 발생하는 과부하 현상을 극복하고 높은 대역폭 효율성을 보장한다. 또한, 서비스 요청허용 기법은 QoS에 민감한 멀티미디어 서비스를 관리하는데 또 다른 중요한 요소이다. 서로 다른 멀티미디어 서비스와 중첩 네트워크의 특성을 기반으로 요청되는 신규 서비스는 현재 무선랜이나 셀룰러 네트워크 상태를 고려해 수락여부를 결정하고 적응적으로 대역폭을 할당한다.

제안된 온라인 알고리즘들은 현재의 네트워크 상황에 기준하여 실시간으로 제어결정들을 내리기 때문에 현재 네트워크의 트래픽 상황을 적절히 고려하여 대역폭 예약, 트래픽 부하균형 및 신규 서비스 요청허용을 위한 기준으로 사용한다. 또한 이러한 제어처리들은 각 네트워크를 기준으로 분산적인 방법으로 처리되므로 사용자 개개인에 대한 정보를 기준으로 제어 결정을 내리는 방식들에 비해 시스템의 오버헤드와 알고리즘의 복잡도를 크게 줄일 수 있다.

기존에 제안된 중첩 네트워크 관리방법으로는 RMI[3]

방식과 ALBCA[4] 방식이 있다. 시뮬레이션을 통해 네트워크 관리를 위해 기존에 존재하던 타 방법들과 성능을 비교, 분석하였고, 본 논문에서 제안된 방법이 요구되는 QoS와 전체 시스템의 성능을 향상시키는 것을 확인할 수 있었다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 네트워크 관리기법에 대하여 자세히 살펴보고, 이를 통한 QoS 보장 기법을 기술한다. 3장에서는 시뮬레이션을 통하여 제시된 기법의 우수성을 검증하며, 마지막으로 4장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대하여 논의한다.

## 2. 제안된 네트워크 관리기법

멀티미디어 중첩 네트워크는 넓은 지역(the upper tier)의 서비스를 담당하는 셀룰러 네트워크와 병원, 공항, 대형빌딩 등 상대적으로 서비스 요구량이 많은 실내 환경(the lower tier)을 지원하는 무선랜으로 구성된다 [1-4]. 이 장에서는 멀티미디어 중첩 네트워크를 위해 제안된 온라인 네트워크 관리 알고리즘들에 대해 구체적으로 설명한다.

### 2.1 대역폭 예약기법

대역폭 예약은 우선순위가 높은 핸드오프 서비스 중 발생할 수 있는 서비스 단절현상을 피하기 위해 일정량의 대역폭을 예약해 두는 방법이다. 그러나 이 기법은 예약된 대역폭 미사용에 따른 손실로 신규 서비스 요구의 성공률과 대역폭 사용률을 감소시키는 단점이 있다. 따라서, 대역폭 예약 기법에서는 예약할 대역폭 량의 결정이 매우 중요한 이슈이다. 본 논문에서는 현재의 네트워크 트래픽 상황을 고려해서 적응적으로 예약될 대역폭을 조절할 수 있도록 설계된 온라인 대역폭 예약 알고리즘을 제안하였다. 주어진 시간에 현재 네트워크의 트래픽 상황을 고려하여 최적화된 대역폭 예약량을 유지하기 위해 트래픽 윈도우( $W_{class, I}$ )를 정의한다. 트래픽 윈도우는 각 네트워크에서 핸드오프가 일어나는 상황을 시간순으로 기록하여 유지한다. 본 논문에서는 시간을 단위시간( $unit\_time$ )으로 나누고 트래픽 윈도우의 크기는 단위시간의 정수배로 설정하는데, 현재 각 네트워크의 핸드오프 실패률(Call Dropping Probability: CDP)에 기초하여 조절한다. 따라서, 트래픽 윈도우의 크기 [ $t_c - t_{win, I}$ ,  $t_c$ ]는 현재시간( $t_c$ )과 class I 트래픽을 위한 윈도우 길이  $t_{win, I}$ 로 정의되는데, 현재 네트워크의 CDP가 미리 설정된 목표치  $P_{target, I}$  보다 큰 경우 트래픽 윈도우의 크기는 단위시간의 크기만큼 증가한다. 그 반대의 경우에는 단위시간의 크기만큼 감소한다. 이 트래픽 윈도우를 이용하여 대역폭의 예약 기대값( $RES_B$ )을 산출한다. 이 값은 트래픽 윈도우의 범위 동안 핸드오프 서비스의 발생 비율에 의해 결정되며 대역폭 예약이후 네트워크 상황이

변화하게 되어도 적응적으로 트래픽 윈도우의 크기를 조절하여 대역폭의 량을 조절해 나간다.

**2.2 서비스 요청허용 기법**

본 논문에서 제안한 온라인 서비스 요청허용(call admission control: CAC) 메커니즘은 셀룰러 네트워크와 무선랜 사이에 트래픽이 적절히 균형을 이루어 네트워크의 효율성을 극대화 할 수 있도록 설계되었다. 다양한 트래픽 환경에서 보다 완벽한 부하균형을 위하여, 제안된 방법에서는 가용 대역폭의 량에 따라 네트워크의 상태를 구분한다. 각 네트워크는 신규 서비스를 지원하기 위해 일정 대역폭을 예약해 두도록 설계되었는데, 이 대역폭 예약량은 현재 네트워크의 신규 서비스 요청상황을 기반으로 최소값( $MIN_b$ )과 최대값( $MAX_b$ )으로 정의되며 온라인 기법에 의해 적절히 조절된다. 제안된 방법에서는  $MIN_b$ 과  $MAX_b$  값들을 적절하게 결정하기 위해 또 다른 트래픽 윈도우( $W_{traffic}$ )를 정의한다. 이 트래픽 윈도우는 2.1장의 트래픽 윈도우와 유사하게 각 네트워크에 의해 관리되는데, 네트워크에서 핸드오프 서비스가 아닌 신규 서비스 요청이 일어나는 상황을 시간순으로 기록하여 유지한다. 트래픽 윈도우의 크기 [ $t_c - t_{win}, t_c$ ]는 현재시간( $t_c$ )과 신규 트래픽을 위한 윈도우 길이  $t_{win}$ 로 정의되는데, 현재 각 네트워크의 신규 서비스 실패률(Call Blocking Probability: CBP)에 기초하여 조절한다. 현재 네트워크의 CBP가 미리 설정된 목표치  $P_{target}$  보다 큰 경우 트래픽 윈도우의 크기는 단위시간의 크기만큼 증가한다. 그 반대의 경우에는 단위시간의 크기만큼 감소한다. 제안된 알고리즘에서는 각 네트워크의  $MIN_b$ 와  $MAX_b$  값은 트래픽 윈도우의 범위 동안 신규 서비스의 발생비율에 의해 아래의 식 (1)처럼 표현할 수 있다.

$$MAX_b = \sum_{i \in W_{traffic}} (B_i \times N_i) \quad \text{and} \quad MIN_b = \sum_{i \in W_{unit\_time}} (B_i \times N_i) \quad (1)$$

$N_i$ ,  $B_i$  ( $N_j$ ,  $B_j$ )는 요청된 신규 서비스의 개수와 각 서비스에서 요청한 대역폭의 량을 의미하며  $MAX_b \geq MIN_b \geq 0$ 로 가정된다.  $MIN_b$ 은 최근 단위시간 [ $t_c - unit\_time, t_c$ ]에 발생한 신규 서비스 요청의 합으로 각 셀에서 신규 서비스 요청을 지원하기 위해 유지해야 하는 최소한의 대역폭 량을 의미한다.

이 예약된 량을 기준으로 각 네트워크는 P (peak) 상태, PP (potential\_peak) 상태, 그리고 S (safe) 상태, 3 가지 상태로 구분된다. 제안된 알고리즘에서는 신규 서비스에 대한 서비스 요청허용을 결정할 때 각 네트워크의 상태가 판단 기준이 된다. P 상태의 네트워크는 사용 가능한 대역폭의 량이  $MIN_b$  값보다 작은 경우로, 과도한 트래픽 부하로 인해 가용의 대역폭이 매우 부족한 상태이다. PP 상태의 네트워크는 가용 대역폭의 량

이  $MIN_b$ 와  $MAX_b$  사이에 존재한다. 다시 말하면, PP 상태의 네트워크는 충분한 가용 대역폭이 존재하는 것은 아니지만, 그렇다고 버티컬 핸드오프를 수행하여 부하분산을 통한 가용 대역폭을 확보해야 할 정도로 과부하가 발생한 상태도 아니다. 따라서, PP 상태 네트워크의 정의는 네트워크가 P 상태와 S 상태를 주기적으로 반복하는 것을 방지하는데 유용하다. 만약 네트워크가 P 상태나 PP 상태가 아닌 경우에는 S 상태라고 정의한다. S 상태의 네트워크는 충분한 가용 대역폭을 가지고 있기 때문에 P 상태의 네트워크로부터 버티컬 핸드오프를 통한 부하분산을 허용하여 부하 균형을 이루는 것을 허용한다.

본 논문에서는 중첩 네트워크상에서 QoS의 보장과 부하 균형을 동시에 달성할 수 있도록 새로운 서비스 요구의 수락을 적응적으로 결정한다. Class I 데이터 서비스는 비록 네트워크가 대량의 대역폭을 할당하더라도 서비스 시간을 단축할 수 없다. 더하여, 빈번한 핸드오프에 의한 서비스 지연과 시스템 오버헤드는 실시간 데이터 서비스의 QoS를 심각하게 저하시킨다. 따라서 class I 데이터 서비스는 셀룰러 네트워크에 할당되는 것이 유리하다. 이에 비해, 비실시간 class II 데이터 서비스는 보다 탄력적으로 전송률을 조절할 수 있는 능력을 가지고 있기 때문에 네트워크의 대역폭 할당량에 따라 서비스 시간을 단축시킬 수 있다. 따라서 무선랜이 class II 데이터 서비스에 적절하다[3].

보다 효율적인 부하균형을 위해 본 논문에서는 사용자의 위치와 각 네트워크의 상태를 고려한 세가지 서비스 서비스 요청허용 룰을 제안하였다. 첫째, 만약 셀룰러 네트워크만이 접속 가능한 지역이고 그 네트워크가 P 상태이면 요청된 서비스는 기각된다. 둘째, 셀룰러 네트워크와 무선랜의 중첩 구역에서는 요청된 서비스는 각 네트워크의 상태를 체크한다. 만약 한 네트워크가 P 상태이면 요청된 서비스는 다른 상태의 네트워크로 할당된다. 셋째, 중첩 구역에서는 데이터 타입에 따라 두 가지 선택이 가능하다. class I 데이터 서비스는 먼저 셀룰러 네트워크에 서비스 수락 요청을 한다. 만약 수락요구가 기각되면 그 다음으로 무선랜에 수락을 요구한다. class II 데이터 서비스는 class I 데이터 서비스 요구순서의 반대로 적용된다.

**2.3 트래픽 부하분산 기법**

무선통신의 특징인 이동성으로 인하여 기존의 유선 네트워크에 비해 셀룰러/무선랜 중첩 네트워크는 트래픽 상태가 동적이며, 그 변화도 매우 다양하다. 따라서, 실제 현실 세계에서 중첩 네트워크를 운영하다 보면 특정 지역에 예상치 못한 급격한 트래픽 증가 현상이 발생할 확률이 매우 높다. 이렇게 특정 지역에 처음 네트워크

설계 시 예측했던 것보다 과도한 트래픽이 발생하면 서비스 QoS와 전체 네트워크 성능이 급격히 하락하게 된다. 따라서, 무선 네트워크에서는 이와 같은 네트워크의 잠정적 과부하 현상을 효율적으로 극복하기 위한 부하 분산 기법이 필수적으로 고려되어야 한다[1-4].

중첩 네트워크에서 의미하는 부하분산은 과부하가 발생한 네트워크가 다른 네트워크와 중첩되어 있을 경우 버티컬 핸드오프를 통해 과도한 트래픽 부하를 다른 네트워크로 분산시키는 것을 의미한다. 이런 방식은 중첩 네트워크에서 시, 공간적으로 발생할 수 있는 급격한 트래픽 변동에 적절하게 대응하여 효율적인 대역폭 사용이 가능하도록 한다. 부하균형을 위한 수직적 버티컬 핸드오프는 동일한 네트워크간의 수평적 핸드오프와는 상당히 다르다. 수직적 핸드오프를 시행할 때, 제안된 방법은 서로 다른 네트워크간의 대역폭 효율성을 고려해야 한다. 만약 하나의 네트워크가 P 상태가 되고 이와 중첩된 네트워크의 상태는 S 상태일 때, 제안된 부하균형 알고리즘은 수직적 핸드오프를 통해 P 상태의 네트워크에 있는 트래픽을 S 상태의 네트워크로 분배한다. 또한, 수직적 핸드오프가 수행 될 때, 제안된 기법에서는 전송률을 적절하게 조절한다. 일반적으로 셀룰러 네트워크와 무선랜은 네트워크 용량에 차이가 있기 때문에, class II 데이터 서비스를 위한 전송률은 현재 네트워크 가용 대역폭 상황에 따라 적절히 조절되는 것이 바람직하다. 본 논문에서는 적용적으로 전송률을 조절하기 위해 온라인 전송률(Online Transmission Rate:  $OTR_n$ )을 식 (2)처럼 정의한다.

$$OTR_n = B_{A_i} / RTT_n \quad (2)$$

$B_{A_i}$ 와  $RTT_n$ 은 서비스  $i$ 에 할당된 대역폭과 현재 네트워크의  $RTT$ 를 의미한다.

핸드오프 수행 시, 만약 현재의 네트워크가 S 상태이면, 서비스가 요구하는 충분한 대역폭을 할당하여 서비스 시간을 단축시킬 수 있도록 한다. 만약 네트워크가 PP 상태이면, 현재 네트워크에서 할당되는 대역폭의  $OTR$ 이 이전 네트워크의  $OTR_n$ 와 동일하게 되도록 설정한다. 만약 현재 네트워크가 P 상태이면, 최소의 대역폭을 할당하여 네트워크간에 최적화된 부하분산에 접근할 수 있도록 한다.

## 2.4 제안된 알고리즘들간의 상호관계

본 논문에서는 멀티미디어 네트워크 환경에서 서로 다른 QoS를 요구하는 다양한 형태의 멀티미디어 데이터를 지원하며, 동시에 잠정적인 과부하 현상을 효율적으로 해결하는 실시간 네트워크 관리기법을 제안하였다. 제안된 실시간 네트워크 관리 알고리즘들은 트래픽 변화가 심해 최적화된 결과를 얻기 힘든 네트워크 상황에 대해 적응성과 유연성을 기본으로 하여 동작하도록 적

응적 온라인 기법을 바탕으로 설계 되었다. 제안된 온라인 알고리즘 기법은 미래의 예측 불가능한 정보를 제외하고 실시간 측정을 통해 과거와 현재의 상황만으로 시스템의 관리에 대한 결정을 내린다. 따라서 앞으로 발생할 다양한 트래픽 변동이나 사용자들의 요청에 대한 어떠한 미래의 정보도 미리 요구하거나 가상의 예측을 하지 않고 현재의 상황만을 기준으로 하기 때문에 실제 멀티미디어 네트워크의 운영에 있어서 시간 제약성을 효과적으로 극복할 수 있으며 구현에 있어서도 매우 뛰어난 장점을 가진다. 이 논문에서 제안된 적응적 온라인 방식의 가장 큰 특징은 제안된 각 알고리즘들이 상호 유기적(mutually dependent)으로 결합되도록 구성되어 있어 실시간으로 내려지는 제어 결정들(online decisions)이 상호 의존적으로 작동한다는 점이다. 따라서, 본 연구에서 제안된 실시간 제어기법들은 현재 트래픽 상황을 적용적으로 판단하여 전체적인 네트워크 성능이 이상적인 균형을 이루도록 상호 연동적으로 작동된다. 기존에 제안된 방법들은 특정 성능 메트릭의 향상을 위해 다른 성능 메트릭의 하락을 초래하여 전체적인 네트워크의 성능균형을 이루지 못하는 단점을 가지고 있으며 대역폭 관리를 부정확한 가정이나 예측을 하고, 또한 구현상에 과도한 시스템 오버헤드가 존재하여 실제 네트워크 운영에 적용하기에는 어려움이 있다.

## 3. 성능 평가

이 장에서는 본 논문에서 제안한 온라인 대역폭 관리 방법의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 기존에 존재하는 타 기법들과 비교, 분석하였다. 시뮬레이션 모델을 위해 가정한 멀티미디어 중첩 네트워크의 시스템 환경은 다음과 같다.

- 셀룰러 네트워크는 7개의 매크로 셀로 구성되며 각 셀에는 5 또는 6개의 무선랜이 존재한다.
- 네트워크 성능은 각 네트워크에 초당 발생하는 신규 서비스 요청 비율( $\lambda = \text{calls/s/cell}$ )을 기준으로 하여 평가되어지며 이러한 가정을 기준으로 단위시간( $unit\_time$ )은 1초(one second)로 설정한다.
- 서비스 요청 비율( $\lambda$ )은 포아송 분포를 따르며 본 논문에서 이 요청비율  $\lambda$ 는 0에서 3의 범위( $0 \leq \lambda \leq 3.0$ )에 있다고 가정한다.
- 셀룰러 네트워크의 셀의 반경은 1Km이며 각 네트워크는 30Mbps의 대역폭을 가지고 있다.
- 사용자의 이동속도는 3가지 경우 - 빠른 이동(120km/h), 느린 이동(40km/h), 정지상태(0km/h) - 중 랜덤하게 설정되며 이동방향은 동일한 확률분포로 선택된다.
- 다양한 형태의 멀티미디어 데이터들은 요구되는 QoS와 대역폭 그리고 접속시간 등에 따라 총 8개의 서로

다른 애플리케이션들로 가정되며 각각은 동일한 비율로 생성된다.

- 각 서비스의 접속시간은 각 애플리케이션마다 서로 다른 평균값의 지수분포를 따른다.

네트워크 성능평가를 위한 매트릭에는 최초로 시스템에 진입하고자 하는 서비스 요청이 실패할 확률인 신규 서비스 실패율(Call Blocking Probability: CBP), 사용자가 다른 셀로 이동하고자 하는 요청이 실패할 확률인 핸드오프 서비스 실패율(Call Dropping Probability: CDP), 시스템 전체의 대역폭 사용률(Bandwidth utilization) 그리고 네트워크 처리율(Network throughput) 등이 있다[8-11].

기존에 제안된 셀룰러 네트워크 대역폭 관리방법으로는 RMI[3]방식과 ALBCA[4] 방식 등이 있다. 기존의 타 방식들 중에, RMI 방식[3]에서는 class I 데이터의 핸드오프 서비스 지원을 위해 현재의 셀에서 대역폭을 할당할 뿐 아니라 이웃의 모든 셀에서도 대역폭을 예약하도록 한다. 그 후, 사용자의 이동상태를 체크하여 각 셀의 예약량을 적절히 조절한다. ALBCA 방식[4]에서는 가용 대역폭을 두 개의 파트로 나누고 사용자의 현재 위치를 고려해서 요구하는 대역폭을 할당한다. 그 후, 사용자의 이동성에 따라 대역폭 할당을 적절히 재조정하여 전체 네트워크에서 트래픽 부하 균형을 이루도록 하였다. 각 방법들은 모두 셀룰러 네트워크상에서 QoS 보장을 위한 대역폭 관리방법을 제안하였다. 그러나 무리한 부하분산 시도에 의한 대역폭 사용률의 하락과 이로 인한 전체 네트워크 효율의 저하, 그리고 각 사용자들의 위치정보를 추적하기 위해 이웃 셀과의 과도한 통신 오버헤드가 발생하는 등의 단점이 있다. 시뮬레이션에 의한 성능분석을 통해, 본 논문에서 제안된 온라인 대역폭 관리방법이 기존에 존재하는 타 방법들에 비해 전체 네트워크 시스템의 성능을 향상시키는 것을 확인할 수 있었다.

그림 1에서 그림 7까지는 네트워크에서 신규 서비스

요청비율( $\lambda$ )이 0에서 3까지 변할 때 각 성능 매트릭에 대해 여러 대역폭 관리 기법들의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 그림 1은 시스템의 대역폭 사용률을 나타낸다. 네트워크상 트래픽 부하가 적을 때는( $\lambda \leq 0.5$ ), 모든 방법이 거의 동일한 성능을 나타낸다. 그러나  $\lambda$ 의 값이 점점 증가할수록 본 논문에서 제안된 방법이 기존에 존재하던 다른 방식들에 비해 높은 대역폭 사용률을 가진다. 그림 2와 그림 3은 서비스 실패율(CBP)과 핸드오프 서비스 실패율(CDP)을 나타낸다. 시스템의 대역폭 사용률과 마찬가지로 트래픽 부하가 적을 때는( $\lambda \leq 0.5$ ), 모든 방법이 차이가 없이 거의 동일한 성능을 나타내는 것을 알 수 있다. 이것은 각 셀에 충분한 가용 대역폭 존재하기 때문에 사용자의 서비스 요구를 모두 수용할 수 있다는 것을 의미한다. 그러나,  $\lambda$ 의 값이 점점 증가할수록 가용 대역폭이 점점 줄어들게 되어 신규 서비스 요청이 실패하는 비율이 증가하게 되므로 CBP가 증가하게 된다. 그러나 대역폭 예약기법에 의해 CDP는 일정 구간부터 안정화되는 것을 알 수 있다. 그림 4는 네트워크 처리율(throughput)을 나타낸다. 지금까지 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이, 제안된 온라인 네트워크 관리기법이 다이나믹한 멀티미디어 중첩 네트워크 상황에 적응적으로 대응하여, 다양한 트래픽 분포에서 효율적으로 네트워크를 관리하는 것을 알 수 있다. 그림 5와 그림 6은 class I 데이터 서비스의 신규요청 허용 실패율(class I CBP)과 핸드오프 서비스 실패율(class I CDP)을 나타낸다. 신규 서비스 요청비율( $\lambda$ )이 증가할수록 제안된 온라인 네트워크 관리기법이 기존의 방식에 비해 높은 성능을 보장한다는 것을 확인할 수 있다. 기존에 제안된 방법들은 특정 성능 매트릭의 향상을 위해 다른 성능 매트릭의 하락을 초래하여 전체적인 네트워크의 성능균형을 이루지 못하는 단점을 가지고 있으며 대역폭 관리를 부정확한 가정이나 예측을 하고, 또한 구현상에 과도한 시스템 오버헤드가 존재하여 실제 네트워크 운영에 적용하기에는 어려움이 있다.

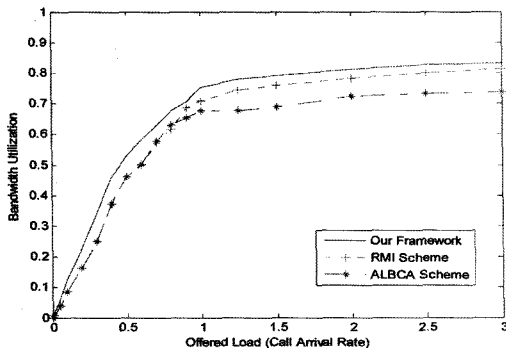


그림 1 Bandwidth utilization

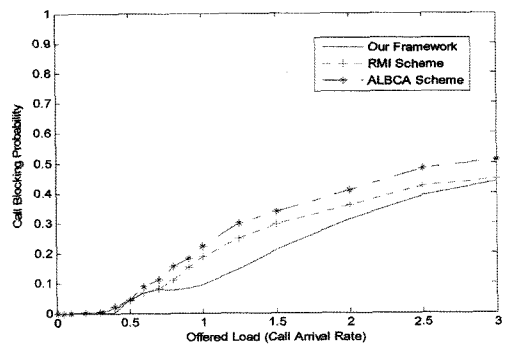


그림 2 Call Blocking Probability

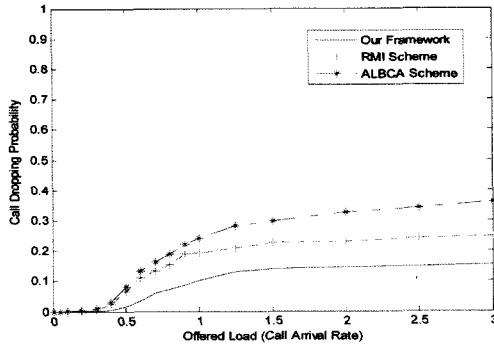


그림 3 Call Dropping Probability

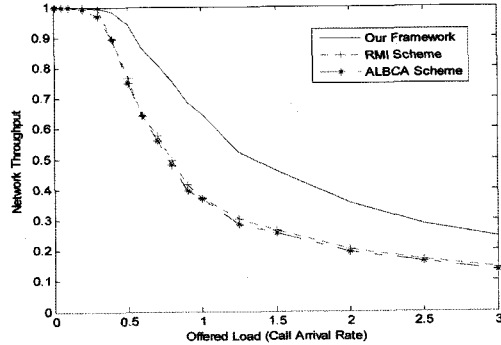


그림 4 Network throughput

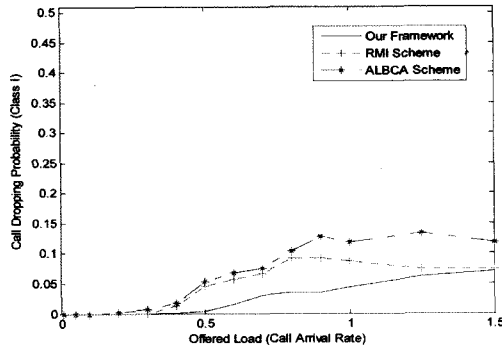


그림 5 Call Dropping Probability (class I)

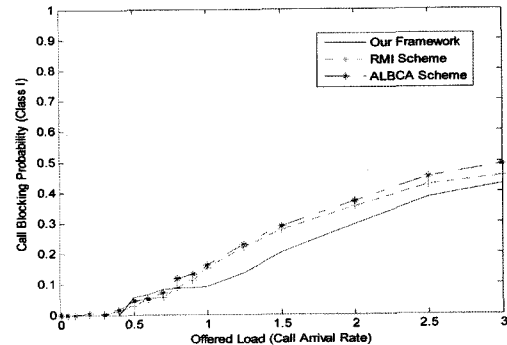


그림 6 Call Blocking Probability (class I)

4. 결론

최근, 무선통신 기술의 급격한 발전과 함께, 사용자의 자유로운 이동을 지원하는 셀룰러/무선랜 중첩 네트워크 환경에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 또한 컴퓨터에서 처리하는 데이터의 유형이 음성, 영상, 텍스트가 결합된 멀티미디어 데이터로 빠르게 전환되고 있으므로, 이동 네트워크 환경에서 멀티미디어 데이터를 지원하는 프로토콜 및 효율적인 QoS 제어 알고리즘을 개발하는 것이 필수적으로 요구되고 있다. 본 논문에서 제안된 멀티미디어 중첩 네트워크 관리방법은 대역폭 예약과 서비스 요청허용, 그리고 버티컬 핸드오프 기법으로 구성되어 있고 네트워크상 트래픽 부하가 적절한 균형을 이룰 수 있도록 설계되었다. 이 기법들은 트래픽이 균등하게 분포하지 않는 상황에서 최적의 부하분산이 이루어져 대역폭이 효율적으로 사용되도록 각 기법들이 유기적으로 결합되어 있다. 제안된 방법들은 실시간 제어를 기반으로 처리되도록 설계되었기 때문에 시스템 오버헤드를 크게 줄일 수 있고, 실제 네트워크 상황에 적용하기가 용이하다. 시뮬레이션을 통하여 성능을 비교, 분석해본 결과, 다양한 네트워크 트래픽 상황에서,

제안된 방법이 타 기법에 비하여 여러 성능 메트릭에서 좋은 결과를 가지는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Mark Stemm, Randy H. Katz, "Vertical Handoffs in Wireless Overlay Networks," *ACM Mobile Networking (MONET)*, Vol.3, No.4, pp.335-350, 1998.
- [2] Hakini Badis, and Khaldoun Al Agha, "An Efficient Mobility Management in Wireless Overlay Networks," *PIMRC 2003*, Vol.3, pp.2500-2504, Sep. 2003.
- [3] Wei Song, Hai Jiang, Weihua Zhuang, and Xuemin Shen, "Resource management for QoS support in cellular/WLAN interworking," *IEEE Network*, Vol.19, No.5, pp.12-18, 2005.
- [4] T. Dahlberg and J. Jung, "Survivable Load Sharing Protocols: A Simulation Study," *Wireless Networks* 7, No.3, pp.283-296, 2001.
- [5] Sungwook Kim and Pramod K. Varshney, "An Integrated Adaptive Bandwidth Management Framework for QoS sensitive Multimedia Cellular Networks," *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, pp.835-846, May, 2004.
- [6] Sungwook Kim and Pramod K. Varshney, "An

- Adaptive Bandwidth Allocation Algorithm for QoS guaranteed Multimedia Networks," *Computer Communications* 28, pp.1959-1969, October, 2005.
- [7] Yossi Azar, *Online Algorithms - The State of the Art*, Springer, 1998.
- [8] P. Karn and C. Partridge, "Improving Round-Trip Time Estimates in Reliable Transport Protocols," *ACM Transactions on Computer Systems*, 9(4), pp.364-373, November, 1991.
- [9] Rajeev Jayaram, Sanjoy K. Sen, Naveen K. Kakani, and Sajal K. Das, "Call Admission and Control for Quality-of-Service (QoS) Provisioning in Next Generation Wireless Networks," *Wireless Networks*, Vol. 6, pp.17-30, February, 2000.
- [10] G. Gallassi, G. Rigolio, and L. Fratta, "ATM: Bandwidth Assignment and Bandwidth Enforcement Policies," *IEEE Globecom 89*, Dallas Texas, pp. 1788-1793, November 1989.
- [11] Dipankar Raychaudhuri and Newman D. Wilson, "ATM-Based Transport Architecture for Multi-services Wireless Personal Communications Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.12 No.8, October 1992.



김 승 욱

1993년 서강대학교 전자 계산학과 학사  
 1995년 서강대학교 전자 계산학과 석사  
 2004년 Syracuse University, Computer science 박사 / Post-Doc. 2005년 중앙대학교 공과대학 컴퓨터공학부 전임강사  
 2006년~현재 서강대학교 공학부 컴퓨터학과 조교수. 관심분야는 온라인 알고리즘, 멀티미디어 통신, QoS, 실시간 제어처리, 셀룰러 네트워크 자원관리



김 성 천

1975년 서울대학교 공과대학 공학사, 1979년 Wayne State University, M.S. 1982년 Wayne State University, Ph.D. 1985년~현재 서강대학교 공학부 컴퓨터학과 교수. 관심분야는 다중 프로세서 내부연결망, 라우팅기법, 병렬 컴퓨터 구조, 프로세서 오류처리, 네트워크 분산 구조