

# 셀룰러 네트워크 상에서 멀티미디어 서비스 제공을 위한 효율적인 온라인 부하분산 기법에 대한 연구

종신회원 김 승 욱\*

## Adaptive Online Load Balancing Algorithm for Multimedia Service in Cellular Networks

Sungwook Kim\* *Lifelong Member*

요 약

유선 네트워크에 비해 상대적으로 제한된 대역폭을 가지는 셀룰러 네트워크의 특성으로 인해 효율적인 대역폭 관리에 대한 관심이 증가하고 있다. 또한, 최근 들어 수요가 증가하고 있는 다양한 멀티미디어 서비스들의 QoS를 보장하고, 사용자의 이동성으로 인해 발생할 수 있는 네트워크 과부하 현상을 해결하기 위한 실시간 대역폭 관리에 대한 중요성이 더욱 강조되고 있다. 본 논문에서는 멀티미디어 셀룰러 네트워크상에서 대역폭의 이동을 통한 온라인 부하분산 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 각 셀들간 트래픽 부하의 균형을 통해 지역적으로 발생하는 과부하 현상을 극복하고 높은 대역폭 효율성을 보장한다. 또한, 제안된 알고리즘은 현재 네트워크 상황에 대한 적응성과 유연성을 제공하는 온라인 기법을 기반으로 셀 단위로 수행되기 때문에 실제 네트워크 상황에 적용하기가 용이하다. 시뮬레이션을 통하여 제안된 방법이 기존의 타 기법들에 비해 네트워크의 다양한 트래픽 상황에서 우수한 성능을 가지는 것을 확인하였다

Key Words : Multimedia cellular networks, On-line decisions, Adaptive management, Load balancing, QoS

ABSTRACT

Efficient bandwidth management is necessary in order to provide high quality service to users in a multimedia wireless/mobile network. In this paper, I propose an on-line load balancing algorithm with preemption. This technique is able to balance the traffic load among cells accommodating heterogeneous multimedia services while ensuring efficient bandwidth utilization. The most important features of my algorithm are its adaptability, flexibility and responsiveness to current network conditions. In addition, my online scheme to control bandwidth adaptively is a cell-oriented approach. This approach has low complexity making it practical for real cellular networks. Simulation results indicate the superior performance of my algorithm.

### I. 서 론

최근에 이미지, 오디오, 비디오 등 다양한 형태의

멀티미디어 데이터 서비스에 대한 수요가 폭발적으로 증가하는데 비해 사용되는 대역폭은 한정되어 있기 때문에 효율적인 대역폭 관리가 네트워크 성

\* 본 연구는 2005년도 중앙대학교 학술연구비(일반연구비) 지원에 의한 것임.

\* 중앙대학교 컴퓨터공학과 (sw\_kim@cau.ac.kr)

논문번호 : KICS2005-06-248, 접수일자 : 2005년 6월 24일

능을 증가시키기 위한 중요한 요소가 되고 있다. 또한, 무선통신 기술의 급격한 발달로 인하여 사용자가 자유롭게 이동하면서 정보를 처리하는 셀룰러 네트워크에 대한 관심도가 증가하면서 기존의 유선 네트워크에서 제공하던 다양한 멀티미디어 서비스 지원을 무선 네트워크로 확장시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>1-7)</sup>.

다양한 형태의 멀티미디어 데이터는 서로 다른 QoS(Quality of Service)를 요구하며, 요구한 QoS에 민감한 특성을 가지고 있다. 그러나, 셀룰러 네트워크상의 단말기는 이동성이라는 특징으로 인하여 높은 QoS를 제공하기에 어려움이 따르며, 네트워크 운영 중에 특정 셀에 예상치 못한 급격한 트래픽 증가로 잠정적인 과부하 현상이 발생할 수 있다. 이렇게 처음 네트워크 설계 시 예측했던 것보다 과도한 트래픽 부하가 발생하는 경우, 지역적인 혼잡으로 인해 트래픽 서비스의 QoS와 전체 네트워크 성능이 급격히 하락하게 된다. 따라서, 셀룰러 네트워크 환경에서 사용자의 이동성에 따른 과부하 현상을 해결하는 방법에 대한 중요성이 더욱 강조되고 있다<sup>2, 4, 5, 7)</sup>.

본 논문에서는 멀티미디어 셀룰러 네트워크를 위한 부하분산 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 지역적으로 발생할 수 있는 트래픽 혼잡을 줄이기 위하여 대역폭 차용(borrowing)을 통해 과부하가 발생한 특정 셀의 트래픽 부하를 감소시킨다. 따라서, 각 셀들간 가용 대역폭의 양이 적절한 균형을 이루게 되어 전체 네트워크 전송량을 최적화하고 멀티미디어 서비스의 QoS를 만족시킨다. 이런 방식은 셀룰러 네트워크에서 시, 공간적으로 발생할 수 있는 급격한 트래픽 상황변동에 적절하게 대응하고 다양한 트래픽 분포에서 한정된 무선 대역폭 자원의 효율적인 사용을 가능하게 한다.

셀룰러 네트워크상에 대역폭 관리를 위한 제어결정들은 미래에 대한 정확한 정보가 없는 상태에서 실시간으로 내려져야 한다. 따라서, 트래픽 상황이 능동적으로 변화할 수 있는 셀룰러 네트워크 상황에서는, 최적화된 제어결정을 내리기 위해 필요한 모든 관련 정보를 전부 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<sup>1, 2)</sup>. 즉, 알고리즘 수행의 각 단계에서 가장 최적이라고 판단되는 결정을 즉석으로 내리는데 이때 이러한 결정이 전체적으로

최적인지 여부는 검사하지 않고 현재 상태에서 가장 최적이라고 판단되는 결정을 내린다. 이런 방식은 최적화된 결과는 얻을 수 없지만 실시간 제어처리가 가능하고 계산에 필요한 데이터 확보가 쉽다는 장점이 있다. 따라서 이동 셀룰러 네트워크에서 멀티미디어 서비스의 QoS 제어를 위해 실시간으로 대역폭을 관리하는 방법으로는 온라인 알고리즘 기법이 적절하다.

본 논문에서 제안된 부하분산 알고리즘은 앞으로 발생할 다양한 네트워크 상황인 트래픽 변동이나 사용자의 이동상태에 대한 어떠한 미래의 정보도 미리 요구하거나 가상적인 예측을 하지 않고 현재의 네트워크 상황에 기준하여 실시간으로 제어결정들을 내리게 된다. 이를 위해 각 셀은 과거에 트래픽 변화에 따른 대역폭 할당에 대한 정보와 현재의 상황을 적절히 고려하여 대역폭 이동을 위한 기준으로 사용한다. 또한 이러한 온라인 제어처리들은 각 셀을 기준으로 분산적인 방법으로 처리되므로 사용자 개개인에 대한 정보를 기준으로 제어 결정을 내리는 기준에 방식들에 비해 시스템의 오버헤드와 알고리즘의 복잡도를 크게 줄일 수 있다.

이 논문에서 제안된 방식의 가장 큰 특징은 각 알고리즘들이 유기적으로 결합되어 있어 실시간으로 내려지는 제어 결정들이 상호 의존적으로 작동한다는 점이다. 따라서, 온라인 기법을 바탕으로 적절하게 네트워크 성능이 균형을 이루도록 설계되어 있다.

시뮬레이션에 의한 성능분석을 통해, 본 논문에서 제안된 온라인 대역폭 관리방법이 기존에 존재하는 타 방법들에 비해 전체 네트워크 시스템의 성능을 향상시키는 것을 확인 할 수 있었다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 셀룰러 네트워크상의 온라인 부하분산 알고리즘에 대하여 자세히 기술하고, 3장에서는 시뮬레이션을 통하여 제시된 기법의 우수성을 검증하며, 마지막으로 4장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대하여 논의한다.

## II. 온라인 대역폭 부하분산 알고리즘

멀티미디어 데이터는 일반적으로 class I (실시간) 데이터와 class II (비실시간) 데이터로 구분된다. 또한, 서비스의 종류에 따라 핸드오프 서비스와 신규 서비스로 구분한다. 서비스의 연속성을 고려해서 신규 서비스보다는 핸드 오프 서비스에, 비실시간 트래픽보다는 실시간 트래픽에 높은 우선순위를 부여한다<sup>11-14)</sup>.

### 2.1 부하분산 기법

셀룰러 네트워크에서 의미하는 부하분산은 과부하가 발생한 특정 셀이 트래픽 부하가 작은 셀로부터 대역폭 차용 (borrowing)을 통해 과다한 부하를 감소시키는 것을 의미한다. 이런 방식은 셀룰러 네트워크에서 시, 공간적으로 발생할 수 있는 급격한 트래픽 변동에 적절하게 대응하여 효율적인 대역폭 사용이 가능하도록 한다<sup>2, 4, 5)</sup>. 본 논문에서 제안된 부하분산 방법은 네트워크상 트래픽 부하가 적절한 균형을 이루도록 현재 클러스터에 존재하는 각 셀이 가지는 가용 대역폭의 최대값을 최소화하도록 설계되었다. 따라서 셀룰러 네트워크상의 트래픽이 균등하게 분포하지 않는 상황에서 최적의 부하분산이 이루어져 대역폭이 효율적으로 사용되도록 하였다.

### 2.2 대역폭의 이동기법

대역폭의 효율적인 이동을 위해서, 각 셀은 신규 서비스를 지원할 수 있는 가용 대역폭의 량 ( $B_A$ )에 따라 구분 되어지며 대역폭의 차용(borrow)이나 대여(lend)가 결정된다. 과부하가 걸린 셀에서 부하분산을 위해 대역폭 차용의 요구가 발생하는 순간, MSC는 클러스터의 존재하는 각 셀의  $B_A$ 의 산술적인 평균을 구해 현재 클러스터의 대역폭 평균 가용 량 ( $B_A^{avg}$ )을 식 (1)와 같이 계산한다.

$$\frac{\text{Sum of degree of availability } (B_A) \text{ of each cell in the cluster}}{\text{Number of cells in the cluster}} \quad (1)$$

대역폭 차용 기법에서는 차용할 대역폭 량의 결정이 매우 중요한 이슈이다. 본 논문에서는 현재의 네트워크 트래픽 상황을 고려해서 차용할 대역폭의 량을 적절하게 조절할 수 있도록 하였다. 대역폭 차용을 필요로 하는 과부하가 걸린 셀은 클러스터 내에서 대역폭 이동을 통해 가용 대역폭의 량을  $B_A^{avg}$  까지 확보하도록 시도한다. 따라서,  $B_A$ 가 과부하가 걸린 셀의 가용 대역폭의 량이라 할 때, 과부하 셀에 의해 필요로 하는 대역폭 차용의 총 량은  $B_A^{avg} - B_A$ 와 같다.

본 논문에서는, 대역폭의 이동은 기본 대역폭 단위 (BBUs)로 나누어져 수행되는데, 하나의 BBU는 대역폭 이동의 최소 단위로 본 논문에서는 512 Kbps로 정의된다. 제안된 부하분산 알고리즘은 각 클러스터에서 선택된 대역폭 대여 셀들로부터 분산적인 방법으로 BBU들을 차용하기 때문에, 균형적

인 부하분산을 통해 대역폭 대여 셀 (lender cell)에 부여되는 오버헤드를 줄일 수 있다. 부하분산을 위해 필요한 BBU의 개수  $X$ 는 식 (2)로 계산될 수 있다.

$$X = (B_A^{avg} - B_A) / BBU \quad (2)$$

### 2.3 셀의 적응적 상태구분

제안된 알고리즘에서, 각 셀은 신규 서비스를 지원하기 위해 일정 대역폭을 예약해 두도록 설계되었는데, 이 대역폭 예약량은 최소값( $MIN_b$ )과 최대값( $MAX_b$ )에 의해 적절히 조절된다. 제안된 방법에서는 현재 네트워크의 신규 서비스 요청상황을 기반으로  $MIN_b$ ,  $MAX_b$  값들을 적절하게 결정하기 위해 트래픽 윈도우( $W_{traffic}$ )를 정의한다. 트래픽 윈도우는 각 셀의 BS에 의해 관리되며, 셀에서 신규 서비스 요청이 일어나는 상황을 시간순으로 기록하여 유지한다. 트래픽 윈도우의 크기 [ $t_c - t_{win}$ ,  $t_c$ ]는 현재 시간( $t_c$ )과 신규 트래픽을 위한 윈도우 길이  $t_{win}$ 로 정의되는데, 이 길이 또한 온라인 관리기법에 의해 현재 트래픽 상황에 적응적으로 조절된다.

트래픽 윈도우를 조절하기 위해서 시간의 흐름을 단위시간( $unit\_time$ )으로 나눈다. 단위시간의 크기는 요구되는 시스템 상황을 고려하여 결정되는데 만약 단위시간이 짧으면 시스템의 성능은 최적화된 값에 더욱 가까이 접근하게 되나, 운영상에 오버헤드가 발생한다. 반대로 단위시간을 상대적으로 길게 설정하게 되면 시스템의 오버헤드는 줄일 수 있으나 최적화된 값에서는 멀어진다. 본 논문에서는 트래픽 윈도우의 크기는 단위시간의 정수배로 설정되며, 현재 각 셀의 신규 서비스 실패률(Call Blocking Probability: CBP)에 기초하여 조절한다. 현재 셀의 CBP가 미리 설정된 목표치  $P_{target}$  보다 큰 경우 트래픽 윈도우의 크기는 단위시간의 크기만큼 증가한다. 그 반대의 경우에는 단위시간의 크기만큼 감소한다.

제안된 알고리즘에서는 각 셀의  $MIN_b$ 와  $MAX_b$  값은 트래픽 윈도우의 범위 동안 신규 서비스의 발생비율에 의해 아래의 식 (3)처럼 표현 할 수 있다.

$$MAX_b = \sum_{i \in W_{traffic}} (B_i \times N_i), \quad MIN_b = \sum_{j \in W_{unit\_time}} (B_j \times N_j) \quad (3)$$

$N_i, B_i(N_j, B_j)$ 는 요청된 신규 서비스의 개수와

각 서비스에서 요청한 대역폭의 량을 의미하며  $MAX_b$  ( $MIN_b$ )로 가정된다.  $MAX_b$  ( $MIN_b$ ) 값을 결정하기 위한 트래픽 윈도우의 크기는  $[t_c - t_{wins}, t_c]$  ( $t_c$  -  $unit\_time$ ,  $t_c$ )이고,  $MIN_b$  는 최근 단위시간에 발생한 신규 서비스 요청의 합으로 각 셀에서 신규 서비스 요청을 지원하기 위해 유지해야 하는 최소한의 대역폭 량을 의미한다.

이 예약된 량을 기준으로 각 셀은 P(*peak*) 상태, PP(*potential\_peak*) 상태, 그리고 S(*safe*) 상태, 3가지 상태로 구분된다. 제안된 부하분산 알고리즘에서는 각 셀의 현재 트래픽 상황에 적용적으로 셀의 상태를 결정하기 때문에 현재 클러스터에서 대역폭을 대여해 줄 대여 셀을 선택할 때 각셀의 상태가 기준이 된다. P 상태의 셀은 예약된 대역폭의 량이  $MIN_b$  값보다 작은 경우로, P 셀은 과도한 트래픽 부하로 인해 가용의 대역폭이 매우 부족한 상태이다. 만약 셀이 P 상태로 되면 이 셀은 부하분산을 위해 대역폭 차용을 필요로 한다. PP 상태의 셀은 예약된 대역폭의 량이  $MIN_b$  와  $MAX_b$  사이에 존재한다. 다시 말하면, PP 셀에는 대역폭을 대여해 줄 정도로 충분한 가용 대역폭이 존재하는 것은 아니지만, 그렇다고 대역폭 차용이 필요할 정도로 과부하가 발생한 상태도 아니다. 따라서, PP 셀은 대역폭의 대여나 차용 등 어떠한 대역폭 이동도 허용되지 않는 상태로 존재하며 이는 셀이 P 상태와 S 상태를 주기적으로 반복하는 것을 방지하는데 유용하다. 만약 셀이 P 상태나 PP 상태가 아닌 경우에는 S 상태라고 정의한다. S 상태의 셀은 충분한 가용 대역폭을 가지고 있기 때문에 P 셀은 S 셀로부터 대역폭을 차용할 수 있다.

2.4 대역폭 간섭효과와 반환

셀룰러 네트워크에서 부하분산을 위해 대역폭 이동이 발생하는 경우, 대역폭 간섭효과(*bandwidth interference*)를 피하기 위해 이동된 대역폭은 대여 셀에서 뿐 아니라 재사용 거리 안에 있는 다른 셀에 존재하는 동일한 대역폭들도 반드시 락(*lock*)을 걸어 상호 간섭효과를 피하도록 해야한다. 이처럼 이동한 대역폭과 동일한 대역폭을 할당 받아 대역폭 이동 시 상호 간섭을 일으키는 이웃 클러스터의 셀들을 간섭 셀(*interference cell*)이라고 정의한다 [2]. 락이 걸린 대역폭은 트래픽 서비스를 위해 사용할 수 없으므로 대역폭 사용률이나 전체 네트워크 성능을 하락시키게 된다. 그러므로 셀룰러 네트워크에서 대역폭 이동이 일어나는 경우, 이와 같은 라킹

오버헤드를 줄이는 것이 매우 중요한 이슈이다. 만약 간섭 셀이 대역폭 락에 의해 P 상태로 된다면, 이 셀은 부하분산을 위해 추가적인 대역폭 차용요구를 하게 되며, 이 요구는 또한 이웃 클러스터에 있는 간섭 셀들에 추가적인 대역폭 락을 발생시키게 된다. 따라서, 이와 같은 라킹 효과가 전체 네트워크로 확산되어 네트워크 성능을 급격히 하락시키는 악순환을 야기시킨다.

이와 같은 비 효율적인 상황을 피하기 위해서, 제안된 알고리즘은 간섭 셀들의 상태까지 고려해서 대역폭 이동을 결정하여, 전체 네트워크의 전송량을 최대화하면서 부하분산을 통한 QoS의 보장이라는 상호 상충 (*trade-off*)되는 요구를 동시에 만족시키는 형태로 작동된다. 본 논문에서는 현재 클러스터에서 대역폭을 대여할 수 있는 셀과 이 셀의 간섭 셀들을 대여집합(*borrow\_set*) 이라고 정의한다. 각 클러스터에는 잠정적인 대여 셀의 개수만큼 *borrow\_set*이 존재한다. *borrow\_set*  $i$  ( $1 \leq i \leq$  총 대여 셀의 개수)에 속하는 셀의 평균  $B_A$ 를 식 (4)처럼  $T_i^{avg}$  라고 정의한다.

$$\sum_{n \in borrow\_set\ i} (B_A)_n / \text{number of cells in borrow\_set } i \tag{4}$$

제안된 알고리즘은 셀룰러 네트워크상 최적의 부하분산을 위해 현재 클러스터에서 최대  $T_i^{avg}$  값을 최소화 하기 위해서 대역폭 대여 셀을 선택하므로, 현재 클러스터에서 상대적으로 높은  $T_i^{avg}$  값을 가지는 셀을 대여 셀로 선택한다. 또한, 본 논문에서는 부하분산의 적응적 관리를 위해서 *borrow\_set*의  $T_i^{avg}$ 를 기반으로 한 대역폭 이동기법과 함께 간섭효과에 적절히 대응하기 위해 몇 가지 룰을 제안한다. 이 룰들은 대역폭 차용이 발생하는 경우 효율적으로 라킹 오버헤드를 관리하여 이웃 클러스터로 확산될 수 있는 추가적인 네트워크 성능하락을 방지한다. 첫째, 대여 셀과 그 셀의 간섭 셀들은 모두 S 상태의 셀이어야 한다. 둘째, 대역폭의 대여나 락이 수행된 후 *borrow\_set*에 속하는 각 셀들은 S 상태를 유지해야 한다. 셋째, *borrow\_set*에 속하는 셀들은 다른 셀에게 대역폭 대여를 요구하지 못한다. 만약 셀이 P 상태로 되면 대역폭 차용을 요구하는 대신 대역폭을 차용해간 차용 셀(*borrowed cell*)에 대역폭 반환(*bandwidth return*)을 요구하게 된다. 따라서 제안된 알고리즘은 대역폭 이동을 결정하는 시



점에서 간섭 셀들을 포함, 전체 네트워크 상황을 고려해 대역폭 이동을 결정하므로 비효율적인 라킹 효과가 네트워크 전반으로 확산되어 추가적인 대역폭 이동이 요구되는 것을 적절히 방지하도록 설계되었다.

대역폭 반환은 대역폭 차용 과정과 반대의 순서로 수행된다. *borrow\_set*에 더 이상 P 상태의 셀이 존재하지 않을 때까지 차용 셀은 대여된 BBU들을 대여 셀에게 반환하며 동시에 간섭 셀들은 반환된 동일한 대역폭을 띠에서 해제한다. 만일, 대역폭 반환과정이 모두 수행된 후, 기존의 차용 셀이 계속 P 상태를 유지한다면 이 셀은 클러스터 내에 다른 적절한 대여 셀을 선택하여 부하분산을 재시도한다.

### III. 성능 평가

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

- 시뮬레이션 시스템은 7개의 클러스터로 구성되며 각 클러스터는 7개의 셀로구성된다.
- 네트워크 성능은 각 셀에 초당 발생하는 서비스 요청 비율( $\lambda = \text{calls/s/cell}$ )을 기준으로 하여 평가되며 이러한 가정을 기준으로 단위시간 (*unit\_time*)은 1초로 설정한다.
- 서비스 요청 비율 ( $\lambda$ )은 포아송 분포 (Poisson distribution)를 따르며 각 셀에 따라 다르다. 일반 셀의 요청 비율 ( $\lambda_n$ )는 0에서 3의 범위 ( $0 \leq \lambda_n \leq 3.0$ )에 있다고 가정하며, 과부하가 걸린 셀의 요청 비율( $\lambda_h$ )은 3으로 가정한다
- 각 셀의 반경은 1Km이며 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 총 8개의 서로 다른 애플리케이션들로 가정되며 각각은 동일한 비율로 생성된다.
- 각 서비스의 접속시간은 각 애플리케이션마다 서로 다른 평균값의 지수분포(exponential distribution)를 따른다.

기존의 타 방식들 중에, Adaptive Bandwidth Reservation (ABR) 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. Call Admission Control(CAC) provisioning 방식<sup>4)</sup>은 셀을 여러 지역(area)으로 구분한 후, 신규 서비스 요청 시 현재 사용자의 위치와 데이터 타입을 고려해서 서로 다른 기준으로 서비스 허용과 대역폭 예약을 결정한다. 또한 셀에 과부하가 발생하면 이웃 셀에서 대역폭 차용을 통해 부하분산을 시도한다. Adaptive Load-Based Channel Allocation (ALBCA VH/CR) 방식<sup>5)</sup>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.

<그림 1>에서 <그림 3>까지는 네트워크에서 일반 셀의 신규 서비스 요청비율( $\lambda_n$ )이 0에서 3까지 변할 때 각 성능 메트릭에 대해 여러 대역폭 관리 기법들의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. <그림 1>은 시스템의 대역폭 사용률을 나타낸다. 일반 셀의 트래픽 부하가 적을 때는 ( $\lambda_n \leq 0.5$ ), 본 논문에서 제안된 대역폭 차용기법이 과부하가 걸린 셀의 트래픽 부하를 적절히 감소시켜 타 기법에 비해 좋은

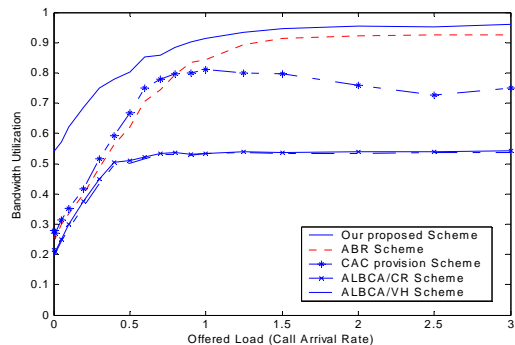


그림 1. 대역폭 사용률

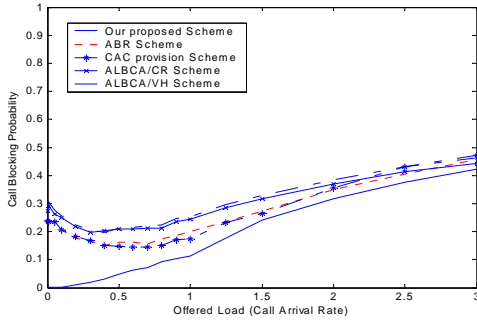


그림 2. 신규 서비스 실패율(CBP)

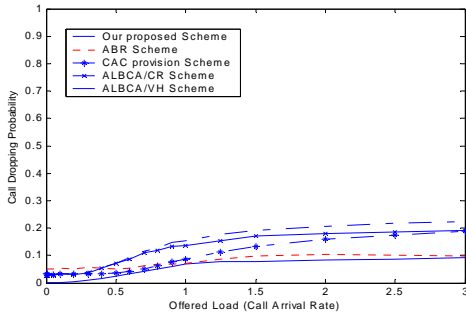


그림 3. 핸드오프 서비스 실패율(CDP)

성능을 나타낸다. 그러나  $\lambda n$  의 값이 점점 증가해 과부하 상태로 접근할수록 전체 네트워크 성능을 위해 차용된 대역폭들이 반납되게 되어 제안된 방식의 장점이 사라지게 되므로 기존의 다른 방식들과 유사한 성능을 나타낸다. <그림 2>와 <그림 3>는 신규 서비스 실패율 (CBP)과 핸드오프 서비스 실패율 (CDP)을 나타낸다. 시스템의 대역폭 사용률과 마찬가지로 일반 셀의 트래픽 부하가 적을 때는, 제안된 방법이 매우 좋은 성능을 가지는 것을 알 수 있다. 이것은 대역폭 차용으로 인해 과부하가 걸린 셀이 충분한 가용 대역폭을 가지므로 요구되는 트래픽 서비스를 모두 수용할 수 있다는 것을 의미한다. 그러나,  $\lambda n$  의 값이 점점 증가할수록 가용 대역폭의 양이 점점 줄어들게 되어 CBP와 CDP가 증가하게 된다. 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이, 제안된 온라인 대역폭 관리기법이 다이나믹한 멀티미디어 셀룰러 네트워크 상황에 적응적으로 대응하여, 다양한 트래픽 분포에서 효율적으로 대역폭을 관리하는 것을 알 수 있다.

#### IV. 결론

최근, 음성, 영상, 텍스트가 결합된 멀티미디어

서비스에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있어 멀티미디어 데이터를 지원하는 프로토콜 및 효율적인 QoS 제어 알고리즘을 개발하는 것이 필수적으로 요구되고 있다. 또한 무선통신 기술의 급격한 발전으로 인해, 사용자의 자유로운 이동을 지원하는 이동 셀룰러 네트워크 환경으로 빠르게 전환되고 있으므로, 사용자의 이동성에 따른 네트워크의 과부하 현상을 극복하는 것이 중요한 이슈가 되고 있다. 본 논문에서는 멀티미디어 셀룰러 네트워크 환경에서 서로 다른 QoS를 요구하는 다양한 형태의 멀티미디어 데이터를 지원하며 잠정적인 과부하 현상을 효율적으로 해결하는 온라인 부하분산 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방법들은 사용자 중심의 타 기법들에 비해 셀 중심으로 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 확인 할 수 있었다. 향후 연구 과제로는, 네트워크상 예상치 못한 오류가 발생했을 경우 이를 효율적으로 극복하는 방법에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Sungwook Kim and Pramod K. Varshney, "An Adaptive Bandwidth Reservation Algorithm for QoS Sensitive Multimedia Cellular Network", *IEEE Vehicular Technology Conference*, pp. 1475-1479, September, 2002.
- [2] Sungwook Kim and Pramod K. Varshney, "Adaptive Load Balancing with Preemption for Multimedia Cellular Networks", *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, March, 2003.
- [3] Carlos Oliveria, Jaime Bae Kim and Tatsuya Suda, "An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme for High-Speed Multimedia Wireless Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 16, no.6, pp. 858-873, August 1998.
- [4] R. Jayaram, S. K. Sen, N. K. Kakani, and S. 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.

[5] Teresa A. Dahlberg and J. Jung, “Survivable Load Sharing Protocols: A Simulation Study,” *Wireless Networks* 7, no. 3, pp. 283-296, 2001.

[6] 김명일, 김성조, “이동 멀티미디어 컴퓨팅 환경에서 동적 우선순위를 기반으로 한 QoS 관리 기법,” *KNOM Reviw*, Vol. 5, No. 1, pp.38-49, June 2002.

[7] Yongbing Zhang and Sajal K.Das, “An efficient load-balancing algorithm based on a two-threshold cell selection scheme in mobile cellular networks,” *Computer Communications*, vol. 23, pp.452-461, March 2000.

[8] Allan Borodin and Ran El-Yaniv, *Online Computation and Competitive Analysis*, Cambridge University Press, 1998.

김 승 옥 (Sungwook Kim)

중신회원



1993년 2월 서강대학교 전자 계  
산학과 학사

1995년 2월 서강대학교 전자 계  
산학과 석사

2004년 12월 Syracuse Univer-  
sity, Computer science 박사 /  
Post-Doc.

2005년 3월~현재 중앙대학교 공과대학 컴퓨터공학부  
교수

<관심분야> 온라인 알고리즘, 멀티미디어 통신, QoS,  
실시간 제어처리, 셀룰러 네트워크 자원관리.