

멀티미디어 셀룰러 네트워크 상에서의 효율적인 온라인 대역폭 관리기법에 대한 연구

김 승 욱*

요 약

최근 무선통신 기술의 비약적인 발전과 함께, 이동 셀룰러 네트워크 상에서 다양한 형태의 멀티미디어 서비스에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 그러나, 무선 네트워크의 특성상 유선 네트워크에 비해 상대적으로 제한된 대역폭을 가지기 때문에 효율적인 대역폭 관리가 중요한 이슈이다. 본 논문에서는 이동 셀룰러 네트워크상에서의 멀티미디어 서비스를 효율적으로 지원할 수 있는 적응적 온라인 대역폭 관리 알고리즘을 제안하였다. 이 기법은 현재 네트워크의 트래픽 상황을 기반으로 하여 실시간으로 시스템을 관리하여 우선순위가 높은 서비스의 QoS 보장과 동시에 효율적인 대역폭 사용률을 제공한다. 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 이동네트워크, 대역폭 예약, 온라인결정, 서비스 강제종료, QoS.

Adaptive Online Bandwidth Management Algorithms for Multimedia Cellular Networks

Sungwook Kim[†]

ABSTRACT

Bandwidth is an extremely valuable and scarce resource in a wireless network. Therefore, efficient bandwidth management is necessary in order to provide high quality service to users with different requirements in a multimedia wireless/mobile network. In this paper, we propose an on-line bandwidth reservation algorithm that adjusts bandwidth reservations adaptively based on existing network conditions. The most important contribution of our work is an adaptive algorithm that is able to resolve conflicting performance criteria - bandwidth utilization, call dropping and call blocking probabilities. Our algorithm is quite flexible, is responsive to current traffic conditions in cellular networks, and tries to strike the appropriate performance balance between contradictory requirements for QoS sensitive multimedia services.

Key Words : Multimedia Cellular Networks, Bandwidth Reservation, On-line Decisions, Call Preemption, Quality of Service.

1. 서 론

최근 정보를 송, 수신할 수 있는 통신 기술의 급격한 발달로 인하여 기존의 단순 데이터를 중심으로 한 정보교환에서 다양한 형태의 멀티미디어 데이터 서비스가 더욱 중요시되고 있는 추세이다. 또한, 무선통신 기술의 진보를 기반으로 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 [1]-[6]. 다양한 형태의 멀티미디어 데이터는 서로 다른 QoS (Quality of Service)를 요구하며, 요구한 QoS에 민감한 특

성을 가지고 있다. 그러나, 셀룰러 네트워크상의 단말기는 이동성이라는 특징으로 인하여 높은 QoS를 제공하기에 어려움이 따른다. 따라서, 셀룰러 네트워크 환경에서 서로 다른 멀티미디어 서비스의 QoS 요구를 효율적으로 제어하면서 사용자의 이동성을 효과적으로 지원하는 방법에 대한 연구의 중요성이 더욱 강조되고 있다[2], [4], [7].

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 수집한 후 결과값을 얻어내는 오프라인 알고리즘 (offline algorithm) 방식을 적용하기에 현실적으로 불가능하다. 이에 비해 온라인 알고리즘 (online algorithm) 방식은 제어 결정시 현재 확보된 정보만

* 중신회원 : 서강대학교 공과대학 컴퓨터학과 조교수(교신저자)
논문접수 : 2005년 6월 21일, 심사완료 : 2005년 12월 23일

을 기준으로 실시간으로 결정을 내리는 문제해결 방식이다 [1], [2], [8], [9]. 이런 방식은 최적화된 결과는 얻을 수 없지만 실시간 제어처리가 가능하고 계산에 필요한 데이터 확보가 쉽다는 장점이 있다. 따라서 이동 셀룰러 네트워크에서 QoS에 민감한 멀티미디어 서비스를 위해서 실시간으로 대역폭을 관리하는 방법으로는 온라인 알고리즘 기법이 적절하다.

본 논문에서는 셀룰러 네트워크에서 우선순위가 높은 멀티미디어 데이터 서비스의 QoS를 보장해 주고 동시에 한정된 무선 대역폭 자원을 효율적으로 사용하도록 지원하는 적응적 온라인 대역폭 관리 알고리즘들을 제안하였다. 핸드오프 강제 종료율을 줄이기 위하여 제시한 온라인 대역폭 예약 알고리즘은 각 셀의 트래픽 특성에 맞게 적응적으로 대역폭을 조절하며 우선순위가 높은 서비스의 QoS를 보장한다. 제안된 온라인 알고리즘들은 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 예약 및 할당을 위한 기준으로 사용한다. 또한 이러한 제어처리들은 각 셀을 기준으로 분산적인 방법으로 처리되므로 사용자 개개인에 대한 정보를 기준으로 제어 결정을 내리는 기존에 방식들에 비해 시스템의 오버헤드와 알고리즘의 복잡도를 크게 줄일 수 있다.

이 논문에서 제안된 방식들의 가장 큰 특징은 제안된 각 알고리즘들이 상호 유기적으로 결합된 구성되어 있고, 실시간 온라인 기법을 바탕으로 적절하게 네트워크 성능이 균형을 이루도록 설계되었다는 점이다. 네트워크의 성능을 평가하는 각 메트릭들은 상호 상충(trade-off)적인 특징이 있으므로 각 성능 메트릭간에 균형을 통해 안정적인 네트워크를 운용하는 것은 매우 중요한 사항이다.

기존에 제안된 대역폭 예약방법으로는 ABR [3]방식과 CAC[4] 방식, 그리고 ALBCA [5] 방식 등이 있다. 시뮬레이션을 통해 대역폭 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 온라인 대역폭 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 대역폭 관리기법

멀티미디어 데이터는 일반적으로 class I (실시간) 데이터와 class II (비실시간) 데이터로 구분된다. 또한, 서비스의 종류에 따라 핸드오프 서비스와 신규 서비스로 구분한다. 이와 같은 구분은 QoS 제어를 위해 대역폭을 할당하는 우선순위를 정하는데 사용되는데, 서비스의 연속성을 고려해서 신규 서비스보다는 핸드 오프 서비스에, 비실시간 트래

픽보다는 실시간 트래픽에 높은 우선순위를 부여한다 [1]-[4].

2.1 대역폭 예약기법

대역폭 예약은 우선순위가 높은 핸드오프 서비스 중 발생할 수 있는 단절현상을 피하기 위해 일정량의 대역폭을 예약해 두는 방법이다[1]. 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. 이 알고리즘은 사용자 이동성을 지원하며 동시에 높은 대역폭 사용률을 보장하기 위해 두 개의 제어기법-사건중심 제어기법(event-driven mechanism)과 시간중심 제어기법(time-driven mechanism)-이 유기적으로 통합된 형식으로 수행된다.

사건중심 제어기법은 핸드오프 와 신규 서비스가 요청되거나 완료되는 시점에서 작동된다. 시간중심 제어기법은 시간의 흐름에서 일정한 단위시간 (*unit_time*)마다 작동된다. 각 제어기법은 현재의 네트워크 상황을 기반으로 한 온라인 기법을 바탕으로 예약된 대역폭을 적절하게 조절해 나간다. 이 두 개의 제어기법은 각 셀의 BS에서 분산적으로 처리되는데, 대역폭의 효율성과 QoS의 보장이라는 상호 상충(trade-off)되는 요구를 동시에 만족시키기 위해 상호 보완적으로 결합된 형태로 작동된다.

2.1.1. 사건중심 제어기법

제안된 알고리즘에서는 예약된 대역폭을 두 개의 풀-class I 핸드오프 서비스를 지원하기 위한 예약 풀 (R_{pool_I})과 class II 핸드오프 서비스를 지원하기 위한 예약 풀 (R_{pool_II})-로 나누어 관리한다. 주어진 시간에 현재 네트워크의 트래픽 상황을 고려하여 최적화된 대역폭 예약량을 유지하기 위해 두 개의 트래픽 윈도우-class I 데이터 서비스를 위한 트래픽 윈도우 (W_{class_I})와 class II 데이터 서비스를 위한 트래픽 윈도우(W_{class_II}) - 를 정의한다. 트래픽 윈도우는 각 셀의 BS에 의해 관리되며, 이웃 셀에서부터 핸드오프가 일어나는 상황을 시간순으로 기록하여 유지한다. 트래픽 윈도우의 크기 [$t_c - t_{win_I}$ (or t_{win_II}), t_c]는 현재시간 (t_c)과 class I (class II) 트래픽을 위한 윈도우 길이 t_{win_I} (t_{win_II})로 정의되는데, 이 길이는 온라인 관리기법에 의해 적응적으로 조절된다. 이 제어방법은 다음 장의 시간제어 관리기법에서 구체적으로 설명한다.

트래픽 윈도우를 이용하여 대역폭의 예약 기대값(B_R)을 산출한다. 이 값은 트래픽 윈도우의 범위동안 핸드오프 서비스의 발생비율에 의해 결정된다. 각각의 트래픽 윈도우 범위 동안 요청된 class I (class II) 핸드오프 트래픽의 합을 B_R^1 와 B_R^2 로 정의하고 그 값은 다음과 같이 식 (1)으로 표

현 할 수 있다.

$$B_R^1 = \sum_{j \in W_{class_I}} (B_j \times N_j) \quad \text{and} \quad B_R^2 = \sum_{k \in W_{class_II}} (B_k \times N_k) \quad (1)$$

$N_j, B_j (N_k, B_k)$ 는 요청된 class I (class II) 데이터 핸드오프 서비스의 갯수와 각 서비스에서 요청한 대역폭을 의미하며 총 대역폭 예약 기대값 (B_R)은 $B_R = \sum_{i=1}^2 B_R^i$ 와 같다. 지금까지 설명한 사건중심 제어기법 알고리즘은 다음과 같다

- 초기에는 모든 셀의 BS는 예약된 대역폭을 가지고 있지 않다. 핸드오프 서비스나 새로운 서비스 요구가 발생하게 되면, 해당 셀의 BS은 예약되거나 할당되지 않은 가용 대역폭을 이용해 요구된 서비스의 대역폭을 할당한다.
- class I (class II) 핸드오프 서비스가 종료되면 할당된 대역폭이 해당 데이터 타입의 대역폭 예약 풀에 추가 되어 차후에 발생할 동일한 타입의 핸드오프 서비스에 사용되도록 예약해 둔다.
- 차후, class I 핸드오프 서비스 요구가 발생하면 먼저 요청한 대역폭 할당을 위해 충분한 대역폭이 class I 대역폭 예약 풀(R_{pool_I}) 에 존재하는지 검사하고 존재하면 할당한다. 만일 그렇지 못한 경우, 현재 셀에서 가용 대역폭을 검사하고 충분한 대역폭이 존재하면 할당한다. 그렇지 못한 경우 class II 대역폭 예약 풀(R_{pool_II})을 검사하고 충분한 대역폭이 존재하면 할당한다. 이때 할당된 대역폭은 나중에 반환될 때 R_{pool_I} 에 예약된다.
- 차후, class II 핸드오프 서비스 요구가 발생하면 충분한 대역폭이 class II 대역폭 예약 풀(R_{pool_II})에 존재하는지 검사 검사하고 존재하면 할당한다. 만일 그렇지 못한 경우, 현재 셀에서 가용 대역폭을 검사하고 충분한 대역폭이 존재하면 할당한다. 이때 할당된 대역폭은 나중에 반환될 때 R_{pool_II} 에 예약된다.
- 만약 이 모든 경우에서 대역폭을 할당 할 수 없다면 핸드오프 서비스 요구는 실패 (dropping) 한다.
- 새로운 서비스 요구가 발생하면 BS는 가용 대역폭을 검사하고 충분한 대역폭이 존재하면 할당한다. 만약 충분한 대역폭이 존재하지 않는 경우 R_{pool_II} 을 검사하고 그곳에 예약된 대역폭이 기대값 (B_R^2) 보다 크다면 ($R_{pool_II} - B_R^2 > 0$), 과다하게 예약된 대역폭 ($R_{pool_II} - B_R^2$)을 해제하여 새로운 서비스에 할당한다.
- 만약에 그래도 충분한 대역폭을 확보하지 못한 경우 R_{pool_I} 을 검사하고 그곳에 예약된 대역폭 량이 기대값 (B_R^1) 보다 크다면 ($R_{pool_I} - B_R^1 > 0$), 과다하게 예약된 대역폭 ($R_{pool_I} - B_R^1$) 을 해제하여 새로운 서비스에 할당

한다.

- 이 모든 시도에서 대역폭을 할당 할 수 없다면, 새로운 서비스 요구는 실패 (blocking) 한다.

2.1.2. 시간중심 제어기법

시간중심 제어기법을 구현하기 위해서는 시간을 단위시간 (*unit_time*)으로 나눈다. 본 논문에서는 트래픽 윈도우의 크기는 단위시간의 정수배로 설정되며, 현재 각 셀의 핸드오프 실패률 (Call Dropping Probability: CDP) 에 기초하여 조절한다. 현재 셀의 CDP가 미리 설정된 목표치 (P_{target_I} (P_{target_II}) 보다 큰 경우 트래픽 윈도우의 크기는 단위시간의 크기만큼 증가한다. 그 반대의 경우에는 단위시간의 크기만큼 감소한다. 따라서, 대역폭 예약이후 네트워크 상황이 변화하게 되어도 적응적으로 트래픽 윈도우의 크기를 조절하여 B_R 의 량을 조절해 나간다.

만약 트래픽이 셀룰러 네트워크 상에서 균일하게 분포되어 있다면 사건중심 제어기법만으로도 적절하게 대역폭 예약의 량을 조절 할 수 있다. 그러나 본 논문에서는 네트워크 크의 트래픽이ダイナミック하게 변화되는 상황에 보다 적절히 대응하기 위해서, 식 (2)에서처럼 트래픽의 변화량과 현재의 요청량을 가지고 가중평균 (weighted average)을 구하여 최종 대역폭 예약 량을 결정한다.

$$r_{n+1} = \alpha r_n + (1 - \alpha) b_n \quad (2)$$

b_n 은 [$t_c - unit_time, t_c$]을 기간 중에 요청된 핸드오프 서비스의 대역폭 총 량이며, r_n 은 현재 존재하는 예약된 대역폭, 그리고 r_{n+1} 은 바로 다음 단위구간 [$t_c, t_c + unit_time$]을 위해 예약될 대역폭이다. 파라미터 α 는 현재와 과거의 트래픽 상황에 대한 가중평균 계수이다. 다양한 네트워크 트래픽 상황변화에 대해 고정된 α 값으로는 적절하게 대응 할 수 없다. 본 논문에서 제안된 방법에서는 매 단위시간별로 α 값을 온라인 관리기법에 기초하여 다이내믹하게 조절하여 현재 상황에 적응적으로 대응하도록 설계하였다. 만약 각 셀에 트래픽이 균등하게 분포하며, 사용자들의 이동성이 적은 경우, 기존의 트래픽 변화량 (r_n)에 큰 비중을 두고 전체 대역폭 예약량을 계산하여야 한다. 이 경우에는 상대적으로 큰 α 값이 적절하다. 만약 네트워크 트래픽이 불균등하게 분포하며 각 사용자의 이동성이 큰 경우 즉, 시간간적으로 트래픽의 변화가 큰 경우에는 현재 발생하는 핸드오프 량 (b_n)에 큰 비중을 두고 예약량을 계산하여야 한다. 이 경우에는 상대적으로 작은 α 값이 적절하다. 본 논문에서 α 값을 결정하기 위해 제안된 적응적 온라인 기법은 트래픽 윈도우의 크기를 결정하는 방식과 동일하게 설계되었다. 만약 현재 셀의 class I (class II) CDP가 P_{target_I} (P_{target_II}) 보다 크다면(작다면), 이것은 현재의 핸드오프 서비스 요구량이 예약된 대역폭보다 많다는(적다는) 것으로 α 의 값은 감소(증가)되어야 한다. 트래픽 윈도우 크기와 α 값을 결정하고 대역폭

예약량을 조절하는 시간중심 제어기법 알고리즘은 다음과 같다.

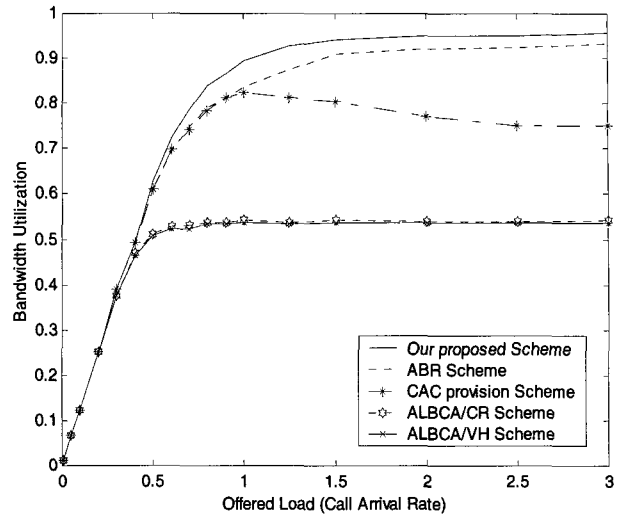
- 매 단위시간 (*unit_time*) 간격으로 각 셀의 BS은 현재 CDP를 모니터링하여 트래픽 윈도우의 크기와 α 값을 적절히 조절한다.
- 트래픽 윈도우의 크기는 단위시간의 배수로 정의되며 결정되고, α 의 값 ($0 \leq \alpha \leq 1$)은 $\Delta\alpha$ 의 배수로 정의된다. 본 논문에서는 $\Delta\alpha=0.1$ 로 정의한다.
- 만일 현재 셀의 class I (class II) CDP가 P_{target_I} (P_{target_II}) 보다 큰(작은)경우, 트래픽 윈도우의 크기를 단위시간만큼 감소(증가) 시킨다. 동시에 α 의 값을 $\Delta\alpha$ 만큼 감소(증가) 시킨다
- 각 셀은 식 (2)에 기반하여, 예약된 대역폭을 최적화시켜 나간다.

3. 성능 평가

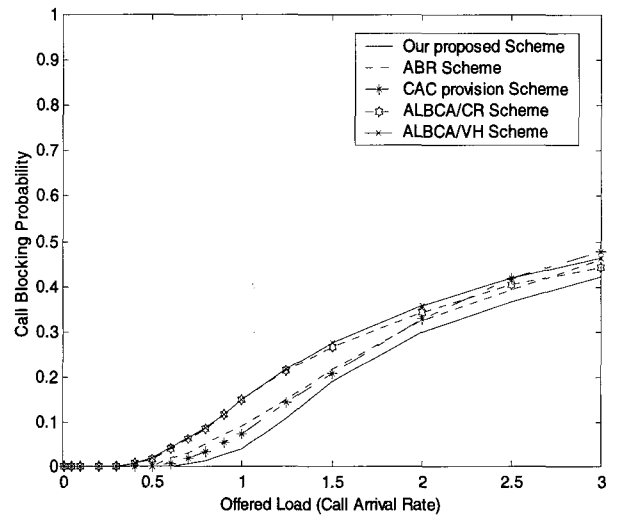
이 장에서는 본 논문에서 제안한 온라인 대역폭 관리 방법의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 기존에 존재하는 타 기법들과 비교, 분석하였다. 시뮬레이션 모델을 위해 가정한 멀티미디어 셀룰러 네트워크의 시스템 환경은 다음과 같다.

- 시뮬레이션 시스템은 7개의 클러스터로 구성되며 각 클러스터는 7개의 셀로 구성된다.
- 네트워크 성능은 각 셀에 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 (λ)은 포아송 분포를 따르며 이 요청비율은 모든 셀에서 균등하다. 제안된 λ 는 0에서 3의 범위 ($0 \leq \lambda \leq 3.0$)에 있다고 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 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.

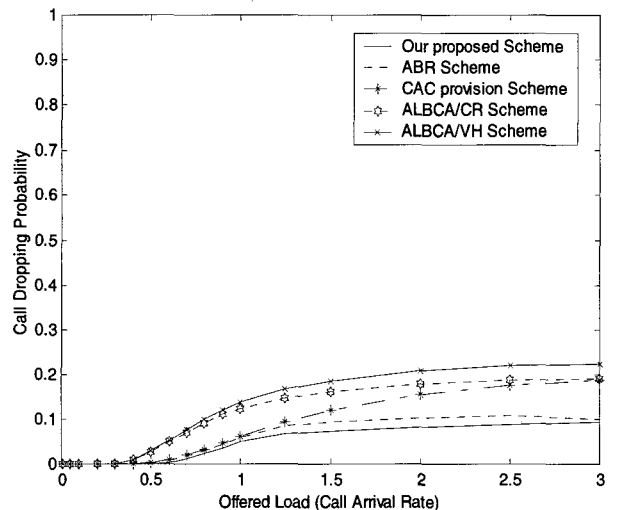
(그림 1)에서 (그림 5)까지는 네트워크에서 신규 서비스 요청비율(λ)이 0에서 3까지 변할 때 각 성능 메트릭에 대해 여러 대역폭 관리 기법들의 시뮬레이션 결과를 나타낸다.



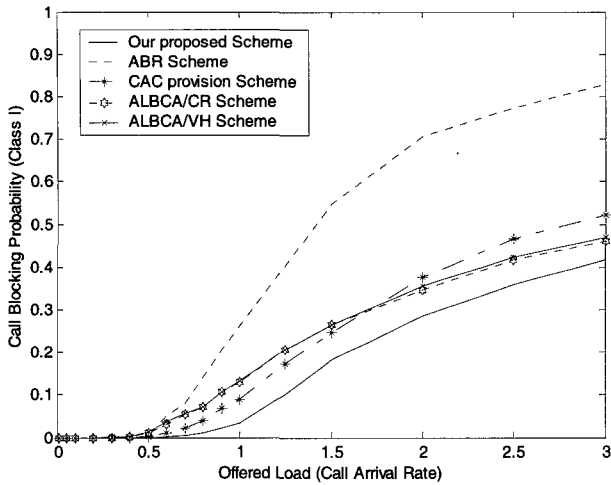
(그림 1) 대역폭 사용률



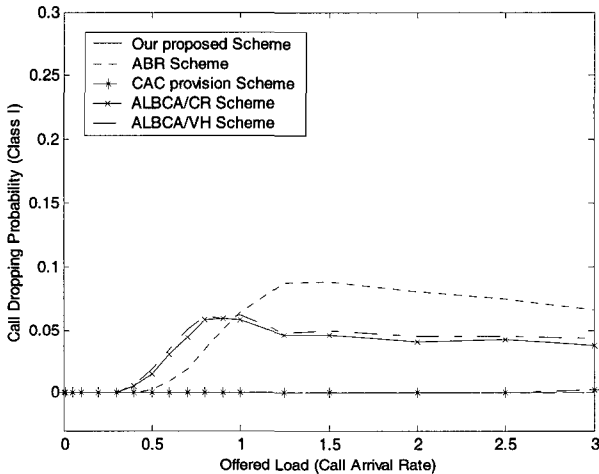
(그림 2) CBPs



(그림 3) CDPs



(그림 4) CBPs (class I)



(그림 5) CDPs (class I)

(그림 1)은 시스템의 대역폭 사용률을 나타낸다. 네트워크 상 트래픽 부하가 적을 때는 ($\lambda \leq 0.5$), 모든 방법이 거의 동일한 성능을 나타낸다. 그러나 λ 의 값이 점점 증가할수록 본 논문에서 제안된 방법이 기존에 존재하던 다른 방식들에 비해 높은 대역폭 사용률을 가진다. (그림 2)와 (그림 3)은 신규 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, λ 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 4)와 (그림 5)는 class I 데이터 타입의 신규 서비스 실패율 (class I CBP)과 핸드오프 서비스 실패율 (class I CDP)을 나타낸다.

지금까지 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.

4. 결 론

최근, 무선통신 기술의 급격한 발전과 함께, 사용자의 자유로운 이동을 지원하는 이동 셀룰러 네트워크 환경에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 또한 컴퓨터에서 처리하는 데이터의 유형이 음성, 영상, 텍스트가 결합된 멀티미디어 데이터로 빠르게 전환되고 있으므로, 이동 셀룰러 네트워크 환경에서 멀티미디어 데이터를 지원하는 프로토콜 및 효율적인 QoS 제어 알고리즘을 개발하는 것이 필수적으로 요구되고 있다. 본 논문에서는 멀티미디어 셀룰러 네트워크 환경에서 서로 다른 QoS를 요구하는 다양한 형태의 멀티미디어 데이터를 지원하는 온라인 기법의 대역폭 관리 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, 셀간의 부하분산을 통한 네트워크의 과부하 현상을 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 우선

순위를 기반으로 한 QoS 관리 기법,” *KNOM Review*, Vol. 5, No. 1, pp.38-49, June, 2002.

- [7] Juan A. Garay and Inder S. Gopal, “Call Preemption in Communication Networks”, *Proceeding of INFOCOM '92*, Vol.44. pp.1043-1050, 1992.
- [8] Allan Borodin and Ran El-Yaniv, *Online Computation and Competitive Analysis*, Cambridge University Press, 1998.
- [9] Amotz Bar-Noy, Ran Canettiz, Shay Kuttenx, Yishay Mansour, and Baruch Schieberz, “Bandwidth Allocation With Preemption”, *SIAM Journal of Computing*, Vol.28, Vo.5, pp. 1806-1828, May, 1999.



김 승 욱

e-mail : swkim01@sogang.ac.kr

1993년 서강대학교 전자계산학과(학사)

1995년 서강대학교 전자계산학과(석사)

2004년 Syracuse University, Computer science 박사/ Post-Doc.

2005년 중앙대학교 공과대학 컴퓨터공학 부 전임강사

2006년~현재 서강대학교 공학부 컴퓨터학과 조교수

관심분야: 온라인 알고리즘, 멀티미디어 통신, QoS, 실시간 제어 처리, 셀룰러 네트워크 자원관리