

셀룰러 망에서 적응적 대역폭 예약 기법을 이용한 무선 트래픽 부하 균형 알고리즘

정 영 석*, 우 매 리**, 김 중 근**

*경운대학교 컴퓨터공학과

**영남대학교 컴퓨터공학과

A Wireless Traffic Load-Balancing Algorithm based on Adaptive Bandwidth Reservation Scheme in Mobile Cellular Networks

Youngseok Jung*, Mary Wu**, Chonggun Kim**

*Dept. of Computer Engineering, Kyungwoon Univ.

**Dept. of Computer Engineering, Yeungnam Univ.

요 약

무선 네트워크 환경에서 대규모 멀티미디어 트래픽을 성공적으로 지원하기 위해서는 핸드오프 시 발생하는 연결 중단 확률을 최소화함으로써 이동 호스트(클라이언트)에게 QoS(Quality of Service)를 지속적으로 보장해야 한다. 그러나, 핸드오프를 필요로 하는 클라이언트의 이동성으로 인해 이동 호스트와 네트워크 간에 협상된 QoS가 보장되지 못할 수도 있다. 이는 각 셀에서 발생하는 트래픽에 할당되는 가용 채널의 제약에 기인한다. 본 논문에서는, 가용채널의 확보를 위해 대역폭 예약 기법을 기반으로 한 부하 균형 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 MPT(mobility profile table)을 사용해서 각 클라이언트의 이동성을 예측한 다음 해당 셀의 가용 채널의 일부분을 핸드오프 서비스를 위한 채널로 예약을 한다. 핸드오프 채널로 예약된 대역폭은 우선적으로 핸드오프를 위해서 사용이 되며, 목적지 셀의 가용 채널이 주어진 임계치 이하일 경우, 해당 셀의 가용 채널을 확보하기 위해서 적응적 대역폭 예약을 이용한 부하균형 알고리즘을 설계함으로써 채널의 이용 효율을 최대화하였다. 본 논문에서 제시한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해, 신규호 탈락률, 핸드오프 호의 강제종료율을 측정하였다. 시뮬레이션 결과, 본 논문의 성능이 기존의 기법보다 우수함을 알 수 있었다.

Abstract

For very large multimedia traffic to be supported successfully in wireless network environment, it is necessary to provide Quality-of-Service(QoS) guarantees between mobile hosts(clients). In order to guarantee the QoS, we have to keep the call blocking probability below a target value during handoff session. However, the QoS negotiated between the client and the network may not be guaranteed due to lack of available channels for traffic in the new cell, since mobile clients should be able to continue their on-going sessions. In this paper we propose a efficient load-balancing algorithm based on the adaptive bandwidth reservation scheme for enlarging available channels in a cell. We design a new method to predict the mobility of clients using MPT(mobility profile table). This method is then used to reserve a part of bandwidths for handoff calls to its adjacent cells and this reserved bandwidth can be used for handoff call prior to new connection requests. If the number of free channels is also under a low threshold value, our scheme use a load-balancing algorithm with a adaptive bandwidth reservation. In order to evaluate the performance of our algorithm, we measure the metrics such as the blocking probability of new calls and dropping probability of handoff calls, and compare with other existing schemes.

Keywords: Mobile cellular networks, Load-balancing algorithm, Handoff, Bandwidth reservation, Channel Borrowing, Performance evaluation

I. 서 론

인터넷의 대중화와 멀티미디어 기술의 발전에 의해서 네트워크 트래픽의 상당 부분이 멀티미디어 데이터에 의해 발생되고 있다. 또한 무선 통신 기술의 발전과 강력한 휴대용 컴퓨터의 개발로 향후 무선 네트워크에서 발생하는 트래픽의 상당 부분이 웹(web) 브라우징과 같은 멀티미디어 어플리케이션에 의해 발생되리라고 쉽게 예상할 수 있다. 멀티미디어 트래픽을 성공적으로 지원하기 위해서는 통신을 수행하는 이동 호스트(클라이언트)와 네트워크 사이의 QoS(Quality-of-Service) 보장을 제공하는 것이 필수적이다. 이를 위해서는 클라이언트의 목적 셀의 가용 채널을 충분히 확보함으로써 중단 없는(seamless) 서비스를 제공하도록 핸드오프 호에 대한 강제종료율(probability of forced termination)을 최소화하고, 신규호 탈락률(probability of blocking)을 줄이는 것이 중요하다. 특히, 무선 서비스를 이용하는 도중 발생하는 강제종료료가 신규 호의 탈락보다 QoS에 더 나쁜 영향을 미친다.

본 논문에서는 가용채널의 확보를 위해 적응적 대역폭 예약 기법을 기반으로 한 부하 균형(load-balancing) 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 셀 내에서 클라이언트가 위치한 섹터에 따라 이동 형태를 기록한 MPT(mobility profile table)를 이용하여 각 클라이언트의 이동성을 예측한 다음 해당 셀의 가용 채널의 일부분을 핸드오프 서비스를 위한 채널로 예약을 한다. 핸드오프 채널로 예약된 대역폭은 우선적으로 핸드오프를 위해서 사용이 되게 하여 이동 중인 클라이언트의 트래픽의 강제종료를 최소화하고, 이동 목적지 셀의 가용 채널이 주어진 임계치 이하인 과부하 셀인 경우, 부하균형 알고리즘을 적용해 가용채널을 확보하도록 알고리즘을 설계함으로써 채널의 이용 효율을 최대화하였다. 본 논문에서 제시한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해, 신규 호 탈락률과 핸드오프 호의 강제종료율을 측정하였다. 그 결과로 본 논문의 성능이 기존의 여러 기법들보다 우수함을 알 수 있었다.

II. 관련 연구

클라이언트의 멀티미디어 트래픽을 원활하게 처리하기 위해서 Oliveira[2]는 고속 멀티미디어 무선망에서의 QoS 보장 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 실시간 호(class I)에 대하여 클라이언트가 현재 셀로부터 필요한 주파수 대역을 할당받을 뿐만 아니라, 주변의 모든 인접 셀에 대해서도 동일한 크기의 주파수 대역을 미리 예약해 놓음으로써 핸드오프 시 발생할 수 있는 강제종료를 최소화한다. 만일 할당 또는 예약에 실패하면 호 요청은 거절된다. 비실시간 호(class II)는, 요청된 대역에 대해 그 호가 발생한 셀에 내에서만 예약을 수행한다. 핸드오프 시 클라이언트가 이동한 셀의 주파수 대역이 충분치 않다면, 주파수 대역을 가용성(availability)에 기반하여 재조정한다. 하지만, 이 기법은 매우 큰 주파수 대역을 불필요하게 예약함으로써 신규 호에 대한 탈락률의 증가를 초래할 수 있다는 단점이 있다.

이를 해결하기 위해서 Sajal[1]은 트래픽을 발생시키는 클라이언트가 현재 셀 내에서 어느 곳에 위치하는가에 따라서 local과 departing으로 구분하였다. 셀의 가장자리에 위치한 클라이언트는 핸드오프될 가능성이 높고, 따라서 바로 인접한 한 셀로 이동할 가능성이 높다. 따라서, 이웃한 모든 셀의 대역폭을 예약할 필요없이 핸드오프될 목적지 셀의 대역폭만을 예약함으로써 불필요한 예약을 줄일 수 있다. 또한, 목적지 셀의 가용 대역폭이 충분치 않다면 그 이웃 셀로부터 충분한 대역을 차용(borrowing)해오는 알고리즘을 적용한다. 이 기법의 단점은, 단순히 발생한 트래픽의 위치를 기반으로 목적지 셀을 결정함으로써 위치 예측 오류가 발생할 가능성이 있으며 이에 따른 오버헤드가 뒤따른다. 그리고 대역폭 압축 기법 또한 추가적인 오버헤드를 증가시킴으로써 전체적인 시스템의

성능의 저하를 발생시킬 수 있다.

[3]에서는 핸드오프 호의 강제종료율과 대역폭 이용률(bandwidth utilization)을 이용하여 네트워크 상태에 따라 대역폭 예약을 조절하는 기법을 제안하였다. 강제종료확률이 정해진 임계치(threshold)보다 높은 경우, 대역폭의 예약 크기를 증가시킨다. 강제종료확률이 0이고 대역폭 이용률이 낮은 경우는 예약된 대역폭을 감소시키지만, 대역폭 이용률이 높은 경우에는 증가시킨다. 이 기법의 단점은 셀 내의 클라이언트 수가 심하게 변화하거나, 특정 셀에 집중될 때 적응적으로 대역폭을 예약할 수 없는 단점이 있다.

본 논문에서는 무선 환경에서 클라이언트가 다양한 트래픽을 처리할 수 있도록 QoS를 보장하기 위해서 [4]에서 제안된 알고리즘을 향상시킨 새로운 부하 균형 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 MPT(mobility profile table)를 이용하여 각 클라이언트의 이동 방향을 예측한다. 클라이언트에서 발생한 트래픽이 class I일 경우, 지연에 민감하고 강제종료시 QoS에 큰 영향을 미친다. 이를 해결하기 위해 예측된 목적지 셀의 대역폭을 핸드오프 호를 위한 채널을 위해 예약한다. 만일 이동 목적지 셀의 가용 채널이 주어진 임계치 이하인 과부하 셀인 경우, 부하균형 알고리즘을 적용해 가용채널을 확보하도록 알고리즘을 설계함으로써 채널의 이용 효율을 최대화하였다.

III. 부하 균형 알고리즘

1. 셀룰러 시스템 모델

어떤 시점에서 셀 i 에서 사용 가능한 대역폭의 크기를 $c(i)$ 라고 하고 그 셀에 할당된 대역폭의 전체 크기를 C 라고 가정한다. 사용 가능한 대역폭을 기반으로 셀들을 분류하기 위해서 경량 임계치(light threshold) T_l 과 중량 임계치(heavy threshold) T_h 를 사용한다. T_l 과 T_h 는 $C \geq T_l > T_h \geq 0$ 범위의 값을 가진다. 만일 $c(i) \geq T_l$ 이면, 셀 i 는 저부하 셀(light cell)로 분류된다. 이에 반해 $c(i) \leq T_h$ 이면 셀 i 는 과부하 셀(heavy cell)로 분류되고, $T_l > c_i > T_h$ 이면 보통 셀(moderate cell)로 분류한다[4].

[1]에서는 셀 내의 사용자를 분류하기 위해, 그림 1에서와 같이 음영으로 나타나는 셀의 가장자리 지역을

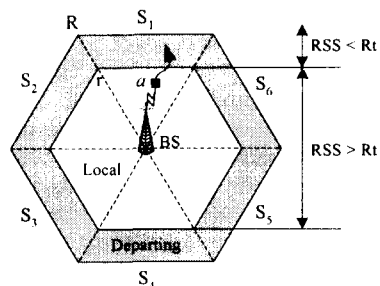


그림 1 이동 사용자의 분류

"departing" 영역이라 하고, 그 나머지 부분을 "local"이라고 부르는 영역을 이용한다. 또한, "departing" 영역은 육각형 셀 모델의 특성에 의해 6개의 섹터(sector) S_1, S_2, \dots, S_6 으로 구분할 수 있다. 따라서, 각 셀의 기지국에서는 "departing"으로 분류된 사용자 a 가 어느 섹터에 위치하는가를 알아낸다면 그 사용자는 그 이웃 셀로 이동할 가능성이 높다는 낙관적 예측이 가능하다. 그리고, 그 예측에 따라, 그 섹터의 이웃 셀에 대해 대역폭 예약 절차를 수행한다. 본 논문에서는 각 BS는 해당 셀에서 트래픽이 발생한 클라이언트가 어느 섹터에 위치하고 있는가에 대한 정보를 지속적으로 유지한다고 가정한다.

2. MPT를 이용한 클라이언트의 이동성 예측

본 논문에서는 장기간 사용자의 이동 형태를 파악하기 위해서 [5]에서 사용한 MPP(mobility pattern profile)를 개선한 MPT(mobility profile table) 구조를 제안하고, 이를 이용해서 클라이언트의 이동성을 예측한다. 그림 2에서 MPT의 각 필드는CurrBSID와 PrevBSID는 클라이언트가 현재 상주하고 있는 셀의 BS의 ID와, 클라이언트의 전(previous) 셀의 BS ID를 각각 나타낸다. NextBSID는 일정 기간 동안 클라이언트가 현재 셀인 CurrBSID에서 핸드오프한 셀들의 리스트를 나타낸다. 클라이언트는 CurrBSID에서 임의의 이웃 셀로 핸드오프할 수 있으므로, NextBSID는 여러 셀의 ID가 저장될 수 있다. NextCount는 클라이언트가 현재 셀에서 NextBSID로 핸드오프한 회수를 나타낸다. MPT[n][m], $n = 1, 2, \dots, 6$ 은 그림 2에서와 같이 4개의 필드를 가지는 2차원 배열 구조이다. 배열의 인덱스 n 은 셀 내의 6개 섹터영역을 나타내며 인덱스 m 의 각 항목은 해당 섹터에서의 클라이언트의 이동성 형태 정보를 저장하며 가변적인 값을 가진다. MPT를 이용한 클라이언트의 이동성 확률은 식 (1)을 이용해서 구할 수 있다. 이 식은 이전 셀이 p 인 클라이언트 a 가 셀 i 의 섹터 n 에서 j 셀 영역으로 이동할 확률을 나타내며, j 는 i 의 섹터 n 에 인접한 셀이다. 그리고 p, i, j 는 셀 내의 해당 섹터에서의 클라이언트의 PrevBSID, CurrBSID, NextBSID를 의미한다. 또한 n 섹터에서 클라이언트 a 의 NextBSID를 $\{N(a)_{p,i,1}, N(a)_{p,i,2}, \dots, N(a)_{p,i,m}\}$ 이라 가정할 때,

$$MP(a)_{p,i,j}[n] = \frac{NextCount\ of\ N(a)_{p,i,j}}{\sum_{k=1}^m NextCount\ of\ N(a)_{p,i,k}} \quad (단, i \neq j) \quad (1)$$

3. 적응적 대역폭 예약을 이용한 부하 균형 알고리즘

본 논문에서 제안된 알고리즘은 클라이언트가 이용하는 트래픽을 class I과 class II로 구분하며, 클라이언트가 위치한 섹터 정보를 기반으로 "departing" 영역에 진입하거나 그 영역에서 발생한 class I 트래픽에 대해서만 대역폭을 예약한다.

트래픽의 변화가 심한 셀은 쉽게 과부하 상태로 변화

	PrevBSID	CurrBSID	NextBSID	NextCount
MPT[1][m ₁]				
MPT[2][m ₂]				
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
MPT[6][m ₆]				

그림 2 MPT의 필드 (m_1, m_2, \dots, m_6 는 가변 인덱스)

기 쉽고, 또한 그 이웃 셀까지도 많은 불필요한 대역폭 예약으로 인해 연속적으로 과부하 상태가 될 수 있다. 제안된 알고리즘에서는, 클라이언트가 "departing" 영역에 진입했을 때 BS에서는 타이머를 트리거하고 주기적으로 클라이언트로 수신되는 RSS(received signal strength)를 검사한다. A를 현재 클라이언트가 서비스를 받고 있는 BS이라 하고, B를 클라이언트가 이동 가능한 BS라 가정한다. 또한 클라이언트 a 에 대한 A와 B의 RSS를 각각 $RSS_A(a), RSS_B(a)$ 라 정한다. 시간 t 에서 A와 B로부터 각각 수신되는 RSS의 비 $H_p(t, a)$ 는 식 (2)과 같이 정의된다.

$$H_p(t, a) = \frac{RSS_B(a)}{RSS_A(a)} \quad (2)$$

$H_p(t, a) < 1$ 일 경우 a 는 현재 셀 A의 "departing" 영역에 위치하고 있다는 것을 나타내고, $H_p(t, a) > 1$ 이면 a 가 B로 이동했다는 것을 뜻한다. a 가 A에서 B로 진행 중인가의 여부를 결정하기 위해서는 단위 시간당 H_p 값의 변위를 이용한다. 단위 시간 t 동안 a 의 H_p 의 변위는 $H_p(t, a) - H_p(t_0, a)$ 로 계산될 수 있다. 또한 t_n 시점에서 H_p 의 평균 변위 $A_{H_p}(n)$ 는 식 (3)과 같다.

$$A_{H_p}(n) = \frac{\sum_{i=1}^n (H_p(t_i, a) - H_p(t_{i-1}, a))}{n} \quad (3)$$

본 논문에서 제안하는 부하 균형 알고리즘은 다음과 같다. 현재 셀 A의 "departing"에 진입한 클라이언트 a 에 대해 MPT 정보를 기반으로 예측된 이동 예상 셀이 B라고 가정했을 때, B의 가용 대역폭의 크기를 간략히 C_a 라고 한다면,

- i) a 에 대해, $A_{H_p}(n) > A_{H_p}(n-1)$ 일 경우
 - 셀 B의 대역폭을 예약한다. 만일 B에 충분한 대역폭이 없다면, a 의 트래픽은 B에서 강제종료 된다.
- ii) $A_{H_p}(n) \leq A_{H_p}(n-1)$ 일 때
 - $C_a > T_l$ 이라면, B는 저부하 셀이다. 따라서, a 를 위한 트래픽이 충분하기 때문에 대역폭 예약 알고리즘을 수행한다. 만일 a 가 셀 A의 "local" 영역으로 되돌아 갔을 경우, 셀 B에 예약된 대역폭은 해제된다.
 - $T_l > C_a > T_h$ 이라면, B는 보통 셀이다. a 의 트래픽을 위한 호를 큐에 대기시킨다. 큐에 대기 중인 호는 A_{H_p} 값의 변화에 따라 우선 순위를 조정하며, 의사

핸드오프 상태에서 실 핸드오프 호로 상태 변화가 발생할 경우 셀 B의 대역폭을 예약한다.

• $C_a < T_h$ 이라면, 셀 B는 과부하 셀이다. 이 경우 셀 B에 대한 대역폭 예약 알고리즘은 수행되지 않으며, a 의 호는 큐에 대기 한다. 만일 대기 중인 호가 실 핸드오프 상태로 변화했을 때에도 여전히 B가 과부하 셀이라면, a 의 트래픽은 B에서 강제종료 된다.

이 부하 균형 알고리즘은 셀의 부하 상태에 따라 적응적으로 대역폭을 예약할 수 있도록 함으로써, 가능한 한 셀 내의 가용 채널의 최대한 확보할 수 있도록 함으로써 이동 중인 클라이언트의 트래픽의 강제종료율을 줄일 수 있도록 해준다.

IV. 성능 평가 모델 및 결과

본 성능 평가에서 이동 컴퓨팅 환경은 반경이 500m인 19개의 셀룰러 시스템을 구성하고, 각 BS에는 40개의 트래픽 채널 자원이 있다고 가정하였다. 수신된 파일럿 신호의 평균 세기(dB)는 거리에 따라 선형적으로 감소하고, 핸드오프 클라이언트는 10초 주기로 기지국에 신호 측정치를 보고함으로써 이동 방향을 예측하도록 하였다. BS 내의 호 요청은 셀 내에서 고르게 발생하며 포아송 분포를 따르고, 평균 도착률 λ 는 트래픽 부하에 따라 증가한다. 그리고 각 호의 유지 시간은 지수분포를 따르며, 클라이언트의 평균속도와 방향은 각각 0~70Km/h, 0~ 2π 라고 가정하였다.

성능 평가에서는 핸드오프 호의 강제종료율 및 신규

호의 탈락률을 실험하였다. 그 결과 그림 3에서와 같이 호가 빈번히 발생하지 않는 셀 환경에서는 별다른 성능의 차이를 보이지 않지만, 트래픽이 많이 발생하는 경우 제안된 LBBR이 매우 우수한 성능을 보인다. 이는 다른 방식에 비해서 이동이 예측되는 셀의 가용 채널을 일정 수준으로 유지하게 함으로써 신규 호나 핸드오프 호에 할당할 채널을 확보할 수 있기 때문이다.

V. 결론

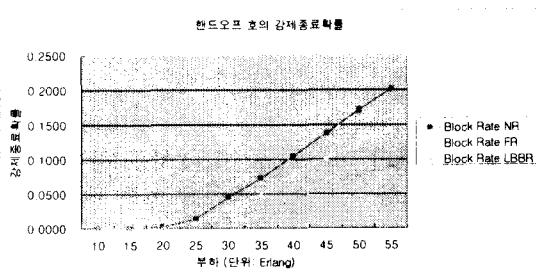
본 논문에서는 셀 내에서 클라이언트가 위치한 섹터에 따라 이동 형태를 기록한 MPT를 이용하여 이동이 예측된 셀의 대역폭을 예약하고, 가용 채널이 충분하지 않는 과부하 셀에 대해 부하 균형 알고리즘을 적용해 가용채널을 확보하는 기법을 제안하였다.

본 논문에서는 성능 평가를 통해 기존의 NR, FR 기법의 성능과 제안된 LBBR 방식을 비교하였다. 실험 결과 호가 빈번히 발생하지 않는 저부하 셀 환경에서는 별다른 성능의 차이를 보이지 않지만, 트래픽이 많이 발생하는 과부하 환경일 경우 제안된 LBBR이 매우 우수한 성능을 보인다.

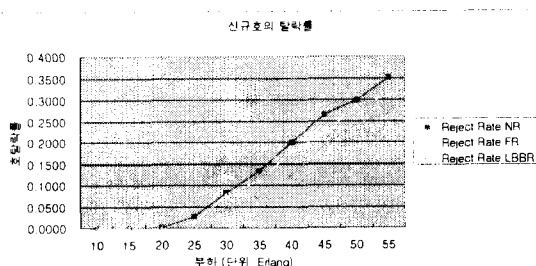
본 논문에서 제안된 부하 균형 알고리즘은 BR간 통신 비용, 대역폭 계산 비용, BR에서 클라이언트의 위치 정보를 유지하기 위한 비용 등이 높다는 단점이 있다. 향후 이러한 문제점을 해결하기 위한 연구를 수행할 것이다.

참고문헌

- [1] S. K. Das, R. Jayaram and S. K. Sen, "An Optimistic Quality-of-Service Provisioning Scheme for Cellular Networks", *IEEE International Conference on Distributed Computer System*, 1997
- [2] C. Oliveira, J. B. Kim and T. Suda, "Quality-of-Service Guarantee in High-Speed Multimedia Wireless Networks", *IEEE International Communications Conference*, Dallas Texas, pp.728-734, 1996.
- [3] C. Oliveira, J. B. Kim and T. Suda, "An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme High-Speed Multimedia Wireless Networks", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.16, No.6, pp.858-874, 1998.
- [4] Y. Zhang, S. K. Das, "An efficient load-balancing algorithm based on a two-threshold cell selection scheme in mobile cellular networks", *Computer Communications*, Vol.23, No.5-6, pp.452-461, 2000
- [5] 최창호, 김명일, 김태준, 김성조, "이동 컴퓨팅 환경에서 멀티미디어 서비스를 위한 적응적 대역폭 예약 메커니즘", 정보과학회논문지: 정보통신 제 27권 제 4호, pp.441-452, 2000.



(a) 핸드오프 호의 강제종료 확률



(b) 신규호의 탈락률

그림 3 실험 결과