

무선 ATM망에서 rt-VBR 서비스를 위한 동적 슬롯 할당 기법

양 성 룡[†] · 임 인 택^{††} · 허 정 석^{†††}

요 약

본 논문에서는 무선 ATM망에서 rt-VBR 서비스를 위한 동적 슬롯 할당 기법을 제안한다. 제안된 방식에서는 슬롯 할당을 요구하기 위한 예약 요청 패킷을 경쟁 기반으로 전송하고, 예약 요청이 성공하면 단말기에서는 비 경쟁 방식으로 동적 매개변수를 전달한다. 기지국 스케줄러는 예약이 성공한 단말기들이 잔여수명과 요청하는 슬롯 수와 같은 동적 매개변수를 전송하기 위한 DPS 미니슬롯을 할당한다. 한편 기지국 스케줄러는 단말기들이 전송한 잔여수명을 기반으로 잔여수명이 가장 짧은 단말기에게 상향 데이터 슬롯을 우선적으로 할당한다. 본 논문에서는 제안한 방식의 성능을 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 시뮬레이션의 결과, 제안한 동적 슬롯 할당 기법은 셀 손실률을 낮게 유지하면서 rt-VBR 서비스가 요구하는 전송 지연을 보장하고 있음을 알 수 있다.

Dynamic slot allocation scheme for rt-VBR services in the wireless ATM networks

Seong-Ryoung Yang[†] · In-Taek Lim^{††} · Jeong-Seok Heo^{†††}

ABSTRACT

This paper proposes the dynamic slot allocation method for real-time VBR (rt-VBR) services in wireless ATM networks. The proposed method is characterized by a contention-based mechanism of the reservation request, a contention-free polling scheme for transferring the dynamic parameters. The base station scheduler allocates a dynamic parameter minislots to the wireless terminal for transferring the residual lifetime and the number of requesting slots as the dynamic parameters. The scheduling algorithm uses a priority scheme based on the maximum cell transfer delay parameter. Based on the received dynamic parameters, the scheduler allocates the uplink slots to the wireless terminal with the most stringent delay requirement. The simulation results show that the proposed method guarantee the delay constraint of rt-VBR services along with its cell loss rate significantly reduced.

키워드 : MAC 프로토콜(MAC protocol), 무선 ATM(Wireless ATM), 슬롯 할당 알고리즘(Slot Allocation Algorithm)

1. 서 론

무선 ATM은 무선을 통하여 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 차세대 이동 통신망 기술로서, 다양한 트래픽 특성을 갖는 멀티미디어 서비스에 적합한 ATM 기술을 무선으로 확장하는 개념의 통신망이다. 이는 무선을 이용하여 이동성을 제공하면서 수십Mbps 이상의 전송속도 제공을 목표로 하고 있다[1]. 그러나 무선 환경의 특성으로 인하여 기지국에서는 독립적으로 분산되어 있는 단말기들의 트래픽 특성을 즉각적으로 예측하기 어렵다. 또한, 다양한 트래픽 특성을 가진 멀티미디어 서비스들이 요구하는 QoS를

만족시켜야 하는 어려움으로 인하여, 기존의 ATM 기술을 무선 ATM에 그대로 적용하기에는 곤란한 점이 있다[2-4]. 따라서 무선 ATM에서 다양한 트래픽 특성을 갖는 서비스의 원활한 제공을 위하여 서비스마다 개별적 특성을 갖고 있는 각 단말기들이 다양한 동적 매개변수들 중에서 슬롯 할당 요청을 위하여 어떤 매개변수를 어떻게 전달하고, 기지국에서는 수신한 매개변수에 따라 어느 정도의 대역을 언제 할당하는가를 종합적으로 분석하여 구현되어야 하는 복잡한 요소를 가지고 있다. 이러한 요소 가운데 특히 단말기의 상태 정보를 효율적으로 기지국(Base Station : BS)에 전달하기 채널 접속 방식과 요청한 대역 할당을 효율적으로 수행하기 위한 동적 대역 할당 기법이 가장 핵심요소로 대두되고 있으며 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[5-7].

† 정 회 원 : 거제대학 컴퓨터정보기술계열 교수
 †† 정 회 원 : 부산외국어대학교 컴퓨터·전자공학부 교수
 ††† 정 회 원 : 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수
 논문접수 : 2002년 1월 10일, 심사완료 : 2002년 7월 8일

무선 ATM에서는 실시간 가변 대역 트래픽(real time Variable Bit Rate Traffic : rt_VBR Traffic)의 효율적인 전송을 위한 채널 접속 방식에서는 단말기의 상태가 변할 때마다 이를 매개변수로 하여 즉시 기지국으로 전달시켜야 하고, 기지국에서는 수신된 매개변수를 토대로 망 상태와 단말기의 상태에 따라 동적으로 슬롯 할당이 가능하여야 한다. 이러한 매개변수의 전달하기 위한 채널 접속 방식에는 셀 헤드에 압축하여 전달하는 in-band 방식과 별도의 슬롯을 통하여 전달하는 out-of-band 방식이 있다[8-10]. 셀 헤드에 압축하여 전달하는 in-band 방식의 경우에는 전달 가능한 정보가 너무 단순하여 단말기의 정확한 상태를 표현하기가 어려우며, out-of-band에서는 순수 경쟁기반으로 예약 요청하는 방식, 한번 예약 후 지정된 예약 슬롯을 이용하여 예약 요청하는 방식, 그리고 일정한 주기의 폴링에 의해 할당되는 예약 슬롯을 이용하여 예약 요청하는 방식 등이 제안되어 있다. 순수 경쟁기반 방식의 경우는 망의 부하가 낮을 때 효과적이거나 망 부하 증가에 따라 높은 전송지연이 예상되며, 지정된 예약 슬롯을 통하여 예약 요청하는 경우에는 필요치 않은 경우에도 예약 슬롯이 할당되어 예약 슬롯의 낭비가 예상된다. 그리고 폴링방식의 경우에는 폴링하는 주기에 따라 예약 슬롯이 낭비되거나, 트래픽의 급격한 변화에 대처하지 못하는 현상이 발생되어 셀 손실률이 증가하게 된다.

슬롯 할당 기법에서는 기존의 EC-MAC(Energy Conservation MAC)이나 MDR-TDMA(Mutiservice Dynamic Reservation-TDMA)의 경우 매개변수의 정보로 버퍼에 대기 중인 전체 패킷의 수를 근거로 할당되는 슬롯 수를 결정하는 기법을 사용하고 있다. 이는 버퍼에 대기 중인 패킷들의 수를 조절하여 간접적인 방법으로 최대 지연시간 이내에 패킷들이 전송되도록 하고 있으나 매 프레임 단위로 발생하는 패킷들의 지연시간에 대해서는 정확하게 고려하지 못하는 점이 지적된다.

따라서 본 논문에서 채널 접속 방식으로는 경쟁슬롯(RAS : Random Access Slot)을 통하여 예약하고, 예약된 단말기에게는 기지국의 스케줄러에 의해 트래픽 발생구간동안 지속적으로 예약 슬롯(DPS : Dynamic Parameter Slot)을 할당하되, 데이터 슬롯을 할당할 때 예약 슬롯을 할당하여 예약 슬롯의 효율성을 증가시키고자 하였다. 예약은 트래픽이 발생하는 구간동안만 지속되며, 예약구간동안 단말기의 버퍼가 비는 경우에는 DPS 미니슬롯만 폴링하는 방식을 통하여 데이터 슬롯을 효율적으로 이용할 수 있도록 하였다.

대역 할당 기법에서는 기지국에서 예약시 단말기가 전송된 매개변수 중에서 잔여수명을 토대로 가장 낮은 잔여수명을 갖는 단말기에 우선적으로 슬롯을 할당하도록 하여

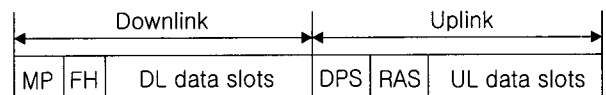
잔여수명과 망의 부하에 따라 슬롯 할당 시기를 적절히 조절하므로 rt_VBR 트래픽에 효율적인 슬롯 할당이 되도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 본 논문에 제안된 슬롯할당 알고리즘을 기술하고, 제 3장에서는 제안된 동적 슬롯 할당 알고리즘의 성능평가를 위한 시뮬레이션 결과를 고찰하며, 마지막으로 결론을 기술한다.

2. 제안된 MAC 프로토콜

2.1 프레임구조

본 논문에서 고려한 시스템의 구성은 N개의 단말기와 하나의 기지국으로 구성되는 단일 셀 구조에서 rt-VBR 서비스를 제공한다고 가정한다. 제안된 대역 할당 알고리즘의 구현을 위한 MAC 프로토콜의 프레임 구조는 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 프레임 구조

하나의 프레임은 고정 길이로 되어 있으며 상 하향 링크는 TDD(Time Division Duplex)로 구분되며 TDMA 방식을 기본 접속 방식으로 가정한다. 하향링크는 각 단말기에 할당된 슬롯정보, 망 상태정보 그리고 데이터 패킷을 전송하는데 사용되고, 상향링크는 단말기의 상태정보 및 데이터 패킷을 기지국으로 전송하기 위해 사용된다. MP(Modem Preamble) 구간은 프레임 동기를 위해 사용되고, FH(Frame Header) 구간은 기지국이 예약결과 및 예약 슬롯 할당 정보, 그리고 전송허용확률 등을 단말기로 방송하는데 사용된다. DPS(Dynamic Parameter Slots) 구간은 예약슬롯으로 단말기의 상태를 기지국으로 전송하기 위한 미니슬롯으로 구성되며 기지국이 예약된 단말기에게 할당한다. RAS(Random Access Slots) 구간은 새로운 트래픽이 발생된 단말기들이 데이터 슬롯을 할당받기 위하여 예약 요청 패킷을 경쟁기반으로 기지국으로 전송하기 위한 미니슬롯으로 구성된다.

2.2 채널 접속 제어 알고리즘

rt-VBR 서비스의 트래픽은 발생시점에서 최대 전송지연 허용시간(Max_CTD : Maximum Cell Transfer Delay) 이내에 전송되어야 한다. 만일 최대 전송지연 허용시간 이내에 슬롯을 할당받지 못하면 해당 셀은 폐기되고, 이러한 셀 폐기는 서비스의 품질을 저하시키는 요인이 된다. rt-VBR 서비스의 트래픽 발생은 셀이 발생하는 on 구간과 셀이 발

생되지 않는 off 구간이 반복되며 on 구간동안 발생하는 셀들은 발생시점을 기준으로 최대 전송지연 허용시간 이내에 전송되어야 한다.

본 논문에서는 트래픽이 발생하는 구간에서 발생하는 매 프레임마다 발생하는 셀과 발생된 시점을 기준으로 잔여수명을 산출하여 단말기의 버퍼에 저장한다. 단말기의 버퍼는 프레임별로 발생된 셀들과 이 셀들의 잔여수명 정보를 가지며, 선입선출 구조를 갖고 매 프레임 단위로 잔여시간이 갱신된다.

버퍼에 셀이 입력된 단말기는 버퍼에 있는 셀 중에서 첫 프레임에 발생된 셀 수와 해당 잔여수명을 매개변수로 하여 RAS 구간을 통하여 예약을 시도한다. 예약에 성공하면 기지국 스케줄러는 단말기들이 요청한 매개변수에서 잔여수명을 기준으로 소팅한 후 잔여수명이 낮은 단말기에게 우선적으로 데이터 슬롯과 DPS 미니슬롯을 할당한다. 데이터 슬롯이 할당된 단말기는 할당된 데이터 슬롯에 셀을 전송하고, 매 프레임 단위로 버퍼에 입력된 셀 중에서 다음 프레임에 발생된 셀 수와 해당 셀의 잔여수명을 매개변수로 하여 데이터 슬롯과 동시에 할당되는 DPS 미니슬롯을 통하여 전송한다. 따라서 한 번 예약된 단말기는 할당된 DPS 미니슬롯을 이용하여 다음 전송에 필요한 슬롯 수와 해당 잔여수명을 전송하므로 예약상태를 지속한다. 만일 셀이 발생하는 on 구간동안에 임의의 직전 프레임에서 0개의 셀이 발생되고, 그 이전 프레임에 발생된 셀들은 이미 전송되어 단말기의 버퍼가 비게 되면, 다음에 전송할 셀이 없게 된다. 이를 경우에는 단말기는 할당된 DPS 미니슬롯을 통하여 버퍼가 비었음을 알리고, 기지국의 스케줄러는 해당 단말기들에게 데이터 슬롯은 할당하지 않고 일정 주기로 DPS 미니슬롯만 할당하여 예약상태를 계속 유지시키게 한다. 셀이 발생하는 on 구간이 종료되고, 단말기의 버퍼에 입력된 셀이 모두 전송되면 트래픽 발생구간동안 발생된 모든 셀들을 전송 완료된 것으로 보고 할당된 DPS 미니슬롯을 통하여 예약해지를 통보한다.

on 구간이 시작된 단말기들이 발생된 셀을 전송하기 위하여 RAS 미니슬롯을 통하여 예약 요청 패킷을 전송하는 채널 접속 방식의 알고리즘은 다음과 같다.

- ① 단말기는 호 요청시 협상을 통해 서비스의 트래픽 매개변수를 기지국에 통보한다.
- ② 호 요청이 수락된 단말기는 off 구간 동안 대기 상태로 유지된다.
- ③ on 구간이 시작되어 셀이 발생되면 버퍼에 입력하고 단말기는 경쟁상태로 천이한다. 다음 프레임에서 RAS 구간의 미니슬롯에서 임의로 하나를 선택하여 주어진 전송허용 확률로 경쟁하여 예약요청을 한다. 이때 전송되는 예약요청 패킷은 첫 프레임 동안 발생한 셀

수와 잔여수명을 매개변수로 하는 정보로 갖는다.

- ④ 예약 요청이 충돌 등으로 인하여 응답이 없을 경우, 경쟁상태를 유지하면서 ③을 반복한다. 만일 경쟁상태에서 (Max_CTD-1) 동안 예약에 실패하면 해당 셀은 폐기되고, 다음 프레임에서 발생된 셀로 다시 ③을 반복한다.
- ⑤ 예약 요청이 승인된 단말기는 기지국에 의해 예약상태로 천이하고, 슬롯 할당 알고리즘에 의해 DPS 미니슬롯과 데이터 슬롯을 할당받으며, 할당받은 DPS 미니슬롯에는 매개변수 정보를 데이터 슬롯에는 요청한 셀을 전송된다.
- ⑥ 예약상태에 있는 단말기가 on 구간에서 버퍼가 비어 다음에 요청할 슬롯이 없는 경우, 단말기는 이를 기지국에 통보하고, 기지국 스케줄러에 의해 Max_CTD 이내의 일정기간마다 DPS 미니슬롯을 할당하여 다음에 필요한 슬롯을 요청하도록 한다.
- ⑦ on 구간이 종료되고, 발생된 셀의 전송이 완료되면 단계 ②로 돌아가서 다음 순서를 반복한다.

위의 단계 ③에서 사용하는 전송허용 확률은 예약요청 패킷의 충돌을 감소시키기 위한 것이며, 새로운 요청과 재전송 요청간의 공평성을 위하여 매 프레임마다 기지국이 설정하여 방송한다. 프레임 (t+1)에서 새롭게 예약 요청하는 패킷과 재 전송되는 예약요청 패킷의 전송허용 확률을 각각 $P_n(t+1)$, $P_r(t+1)$ 이라 하면, 이는 다음과 같이 정의된다.

$$P_n(t+1) = \begin{cases} 1, & N_r(t+1) \leq K \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

$$P_r(t+1) = \begin{cases} 1, & N_r(t+1) \leq K \\ \frac{K}{N_r(t+1)}, & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

여기서 K 는 RAS 미니슬롯의 수를 나타내고, $N_r(t+1)$ 은 프레임 (t+1)에서 재 전송되는 예약요청 패킷의 수를 나타낸다. 프레임 (t+1)에서 재 전송되는 예약요청 패킷의 수는 프레임 (t)에서 재 전송되는 예약요청 패킷 수와 성공한 예약요청 패킷 수, 및 새로운 예약요청 패킷의 수로써 계산되며, 이는 다음과 같이 정의된다.

$$N_r(t+1) = N_n(t) + N_r(t) - N_s(t) \quad (3)$$

여기서,

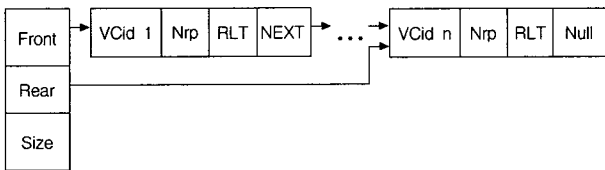
$$\begin{aligned} 0 &\leq N_r(t) \leq N_n, \\ N_n(t) &= \{N_n - N_r(t)\} \cdot \lambda, \\ \begin{cases} 0 \leq N_s(t) \leq \text{Min}\{K, N_n(t) + N_r(t)\} & , \text{ if } P_n(t) = 1 \\ 0 \leq N_s(t) \leq \text{Min}\{K, N_r(t)\} & , \text{ if } P_n(t) = 0 \end{cases} \end{aligned}$$

위의 식에서 N_0 는 단말기의 수이고, $N_s(t)$ 는 프레임 (t)에서 성공한 예약요청 패킷의 수를 나타내며, $N_n(t)$ 는 프레임 (t)에서 새로 발생한 예약요청 패킷의 수를 나타내며, λ 는 프레임 당 각 단말기가 발생시키는 새로운 예약요청 패킷의 발생률을 나타낸다.

제안한 방법에서는 재 전송되는 예약요청 패킷의 수가 RAS 미니슬롯의 수보다 적으면, 재 전송되는 예약요청 패킷뿐만 아니라 새로운 예약요청 패킷도 전송할 수 있게 한다. 반면, 충돌 등으로 인하여 재 전송되는 예약요청 패킷의 수가 RAS 미니슬롯보다 많으면, 기지국에서는 재 전송되는 단말기의 슬롯 할당 지연을 줄이기 위하여 새로운 예약요청 패킷의 전송은 중단시키고, 재 전송되는 패킷만 균등한 확률로 전송하게 한다.

2.3 슬롯 할당 알고리즘

예약상태에 있는 단말기는 on 구간 동안에 발생된 셀의 전송이 완료될 때까지 기지국 스케줄러에 의해 데이터 슬롯과 DPS 미니슬롯을 할당받는다. 기지국의 스케줄러는 단말기들이 요청한 슬롯들을 잔여수명 이내(최대허용시간)에 할당하기 위하여 (그림 2)와 같은 AVCL(Active VC List)을 유지·관리한다. AVCL의 노드는 슬롯 할당을 요청한 단말기에서 전송한 매개변수 정보를 기반으로 만들어지며, 하나의 노드에는 <VCid, Nrp, RLT> 정보를 갖는다. 여기서 VCid는 슬롯을 요청한 단말기의 가상 채널 번호를 나타내며, Nrp는 VCid i 에게 할당해야 될 슬롯의 수를 나타내며, RLT는 VCid i 에게 슬롯이 할당되기까지 남은 잔여수명을 나타낸다. 이러한 AVCL은 매 프레임마다 단말기로부터 매개변수 정보가 수신되면 추가되고, 슬롯이 할당된 후 정보가 갱신된다.



(그림 2) 기지국의 AVCL

본 논문에서 제안하는 슬롯 할당 알고리즘은 각 단말기들이 전송한 매개변수 정보에서 잔여수명을 기반으로 이루어진다. 기지국 스케줄러는 각 단말기에게 잔여수명순으로 슬롯을 할당하기 위해 AVCL의 RLT를 기준으로 오름차순으로 정렬한 후, 요청된 총 슬롯 수와 최저의 잔여수명을 갖는 요청 슬롯의 총 수를 계산한 다음 이를 토대로 각 단말기들에게 상향링크의 데이터 슬롯을 할당한다.

요청된 총 슬롯 수가 기지국의 상향 데이터 슬롯의 수보다 적은 경우에는 단말기들이 요청한 슬롯 수대로 데이터

슬롯을 할당하나, 만일 요청된 총 슬롯 수가 상향 데이터 슬롯 수 보다 많을 경우에는 최저의 잔여수명을 갖는 요청 슬롯들의 총 수가 데이터 슬롯 수보다 적은지 확인하고 적을 경우에는 최저의 잔여수명을 갖는 단말기들에게는 요청한 슬롯 수대로 데이터 슬롯을 할당하고, 남은 슬롯들은 다음의 잔여수명을 갖는 단말기들에게 할당한다. 그러나 만일 망의 부하가 아주 높아 최저의 잔여수명을 갖는 요청 슬롯의 총 수가 상향 데이터 슬롯 수보다 많을 경우는 상향 데이터 슬롯을 최저 잔여수명을 갖는 단말기가 요구한 슬롯 수에 공평하게 분배하도록 한다.

제안하는 슬롯 할당 알고리즘은 매 프레임 단위로 동작되며 기본원리는 다음과 같다.

① 필요한 매개변수

N_I : 프레임당 상향 데이터 슬롯 총 수

L : AVCL의 총 노드 수

A_i : 단말기 i 에게 할당한 슬롯 수

L_{RLT} : AVCL의 RLT 집합 ($= \{R_1, R_2, \dots, R_k\}$,

$$R_1 < R_2 < \dots < R_k, k \leq \max_CTD-1)$$

NR_i : RLT가 R_i 인 AVCL의 노드 수

TP : AVCL의 총 요청 슬롯의 수 ($= \sum_{i=1}^L Nr p_i$)

$RP(R_i)$: RLT가 R_i 인 요청 슬롯들의 총 수

$$(= \sum_{\forall R_i = RLT} Nr p_i)$$

R : 최저 잔여 수명을 갖는 단말기에게 요청 슬롯을 할당하고 남은 상향 데이터 슬롯 수(초기 값 = N_I)

② //AVCL의 총 요청 슬롯의 수가 상향 데이터 슬롯 수보다 적으면, 요청한 슬롯 수만큼 할당한 후 ⑥을 수행한다.

if ($TP \leq N_I$) then

{ for $i = 1$ to L

$$A_i = Nr p_i;$$

goto ⑥; }

③ //만일 총 요청 슬롯의 수가 상향 데이터 슬롯 수보다 많으면 L_{RLT} 에서 RLT가 제일 적은 R_i 를 선택한 후에

$$R_{min} = \underset{R_i \in L_{RLT}}{Min} \{ R_i \};$$

$$L_{RLT} = L_{RLT} - \{ R_{min} \};$$

④ //최소 잔여수명(R_{min})을 갖는 요청 슬롯들의 총 수가 상향 데이터 슬롯 수보다 적은지 확인하고, 적다면 요청한 슬롯 수만큼 할당하고 남은 상향 데이터 슬롯이 있으면, 다음 순위의 RLT를 선택한 후 남은 슬롯을 할당하고 남은 슬롯이 없을 때까지 이를 반복한 다음 ⑥을 수행한다.

```

if (RP(Rmin) < NI) then
{ for i=1 to NRi
  { Ai = Nrpi;
    R = R - Ai;
    if (R == 0) then goto ⑥;
  }
}
goto ③;
    
```

⑤ //만일 최소 잔여수명(R_{min})을 갖는 요청 슬롯들의 총 수가 상향 데이터 슬롯 수보다 많으면, 요청한 슬롯 수에 비례하여 상향 데이터 슬롯을 할당한 후 ⑥을 수행한다.

```

if (RP(Rmin) ≥ NI) then
for i=1 to NRi
  Ai = ⌊  $\frac{Nrp_i}{RP(R_{min})} \times R$  ⌋ ;
    
```

⑥ //AVCL을 갱신한다.

위와 같은 알고리즘을 통하여 상향 데이터 슬롯을 할당한 단말기에게는 DPS 구간의 미니슬롯을 하나를 동시에 할당하고 슬롯 할당 정보는 FH 구간을 통하여 방송된다.

3. 성능 분석

본 논문에서는 제안한 알고리즘의 성능분석을 위하여 rt-VBR 단말기의 수에 따른 셀 전송 지연 및 셀 손실률을, 그리고 on 구간 동안 단말기 버퍼가 비어 슬롯의 요청이 필요 없을 경우 기지국의 스케줄러는 해당 단말기에게 DPS 미니슬롯을 폴링하도록 하였으며, 이때 폴링주기에 따른 셀 전송 지연 및 셀 손실률을 분석하였다. 성능분석은 시뮬레이션에 의하여 이루어졌으며 시뮬레이션에 사용된 시스템 변수는 <표 1>과 같다.

<표 1> 시뮬레이션 시스템 변수

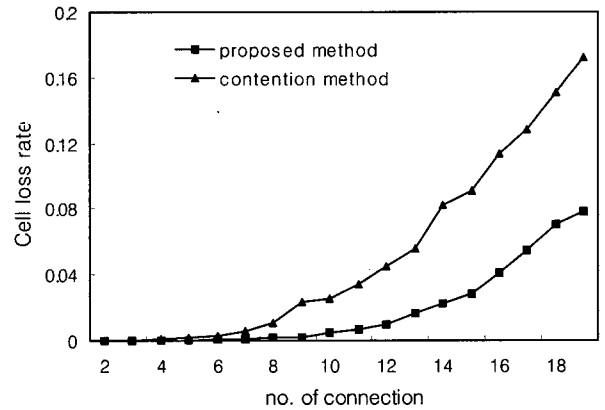
| | |
|---------------------------------|--------|
| Channel bit rate | 25Mbps |
| Frame duration | 2ms |
| No. of UL data slots (NI) | 50 |
| Max No. of DPS minislots | 60 |
| No. of RAS minislots (K) | 10 |
| Mean length of T _{on} | 40ms |
| Mean length of T _{off} | 136ms |
| Max_CTD | 30ms |

시뮬레이션을 위하여 본 논문에서는 rt-VBR 서비스를 셀을 발생시키는 on 구간과 셀을 발생시키지 않는 off 구간이 반복되는 on-off 모델로 가정하였다. 하나의 프레임의 길이는 2ms이고 채널용량은 25Mbps이며, rt-VBR 트래픽의 최

대 셀 발생율은 2.592Mbps, 평균 셀 발생율은 0.670 Mbps로 설정하였다. on 구간의 길이(T_{on})와 off 구간의 길이(T_{off})는 평균이 각각 40ms 와 136ms인 지수분포로 가정하였으며, on 구간 동안의 셀 발생을 지수분포로 가정하였다. 또한 on 구간 동안 발생한 셀들이 30ms 이내에 전송되지 않으면 폐기되는 것으로 가정하였다.

본 논문에서 제안한 방식의 성능을 순수 경쟁방식으로 채널 접속 하는 방식과 비교하였다. 순수 경쟁방식인 경우, 매 프레임 마다 발생된 셀은 다음 프레임에서 RAS 미니슬롯을 통하여 경쟁기반으로 슬롯 할당을 요청한다. 스케줄러는 요청된 슬롯 수와 잔여수명 정보를 토대로 제안된 방식과 동일한 방식으로 슬롯이 할당되도록 하였다. 경쟁에 의한 전송지연으로 요청된 셀이 최대 전송지연 허용시간 이내에 전송되지 못하면 폐기되고, 다음에 발생된 셀로 다시 경쟁하게 된다. 경쟁방식에서의 프레임 구조는 제안된 방식과 거의 동일하지만, 제안된 방식에서 매개변수 전송을 위한 DPS 미니슬롯을 경쟁방식에서는 필요로 하지 않는다. 따라서 공정한 비교를 위하여 본 논문에서는 DPS 미니슬롯을 경쟁방식에서 RAS 미니슬롯으로 확장하여 비교하였다.

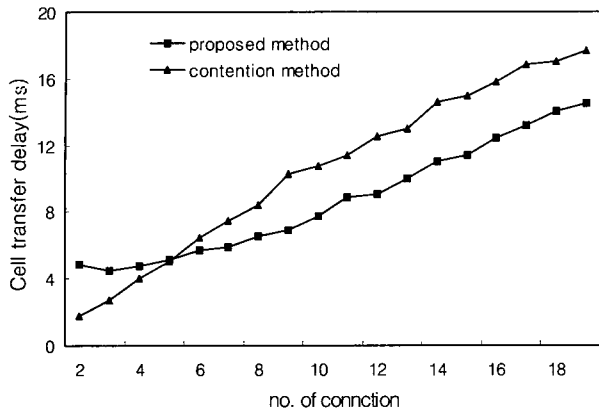
단말기 수의 증가에 따른 셀 손실을 (그림 3)에서 나타내었다.



(그림 3) 단말기 수에 따른 셀 손실률

제안된 방식에서 on 구간에 발생된 셀들은 한번 예약되면 충돌로 인한 지연 없이 기지국의 스케줄러에 의해 슬롯이 할당되므로 경쟁 방식에 비해 매우 낮은 셀 손실률을 나타내고 있다. 경쟁 방식의 경우 망의 부하가 높아질수록 충돌에 따른 지연으로 최대 전송지연 허용시간을 초과하게 되어 셀 손실이 점차 증가됨을 확인할 수 있다. 따라서 동일한 셀 손실률을 기준으로 볼 때 제안된 방식이 더 많은 단말기를 수용 할 수 있다는 것을 알 수 있다.

(그림 4)는 단말기의 수 증가에 따른 평균 셀 전송 지연을 나타낸 것이다.



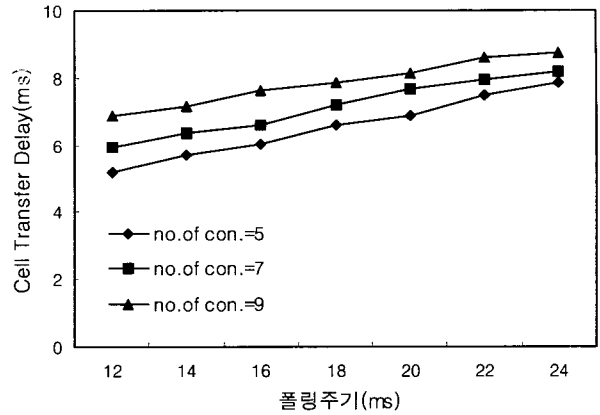
(그림 4) 단말기 수에 따른 평균 셀 전송 지연

그림에서 보는 바와 같이 망의 부하가 낮을 경우의 평균 셀 전송지연은 경쟁방식에 비해 제안된 방식이 높게 나타난다. 이는 on 구간 동안 단말기의 버퍼가 빈 경우, 제안된 방식에서는 스케줄러가 일정기간 후에 DPS 미니슬롯이 할당함으로써, 그 동안 발생한 셀들이 단말기 버퍼에서 대기되는 기간의 증가로 인하여 전송 지연이 높게 나타난 것이다. 일반적으로 평균 전송 지연의 증가는 셀 손실률에 영향을 미치게 된다. 따라서 낮은 전송 지연을 가지는 것이 좋은 성능을 나타내는 것이지만, 제안된 방식에서 망 부하가 낮을 경우 버퍼가 빈 단말기에 의해 증가되는 전송지연은 셀 손실에 영향을 미치지 않음을 (그림 3)의 결과를 통해 확인할 수 있다. 따라서 rt-VBR 경우 셀 전송 지연이 최대 전송지연 허용시간 이내이면서, 전송 지연으로 인한 셀 손실률에 영향을 받지 않으므로 해당 서비스가 요구하는 품질을 만족시킬 수 있다. 또한, 이때 발생한 전송 지연의 증가는 오히려 단말기 버퍼에 여유가 많음을 스케줄러가 인식하고, 해당 단말기에 할당될 슬롯을 다른 단말기에게 할당할 수 있음으로서 효율적인 슬롯 이용이 가능한 이점이 있다.

망의 부하가 높아지면 제안된 방식이 경쟁방식에 비하여 낮은 전송지연을 갖는다. 이는 경쟁 방식인 경우 슬롯 요청 패킷을 매 프레임마다 경쟁방식으로 전송하기 때문에 망의 부하가 증가됨 따라 충돌 확률이 높아지게 되어 급격한 전송 지연이 발생되기 때문이다. 경쟁 방식의 경우 망의 부하가 증가됨에 따라 충돌 확률이 증가되어 전송지연이 지속적으로 증가되어야 할 것이지만 충돌에 의한 전송지연이 Max_CTD 이상이 되면, 셀 손실로 처리되어 평균 전송 지연에 제외됨으로 전송 지연이 선형성을 가지게 된다. 따라서 제안된 방식과 경쟁방식의 평균 전송지연이 망 부하의 증가에 따라 일정한 차이로 나타나게 된다.

on 구간동안 단말기 버퍼가 비어 있을 경우 스케줄러가 일정한 주기로 DPS 미니슬롯을 할당하는 폴링 주기에 따

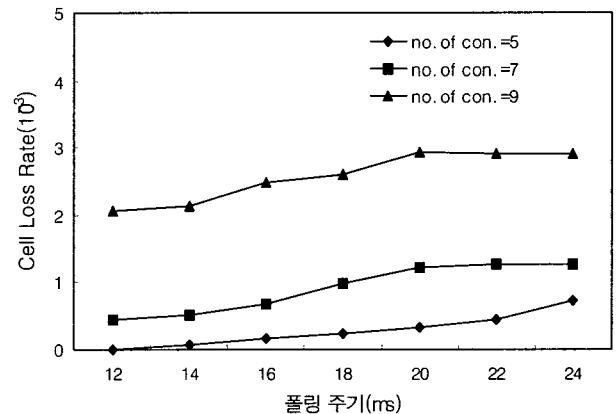
른 평균 셀 전송 지연을 (그림 5)에 나타냈다.



(그림 5) 폴링 주기에 따른 셀 전송지연

버퍼가 빈 단말기가 일정기간 후 할당된 DPS 미니슬롯을 통해 슬롯을 요청할 때 망의 부하가 낮은 경우에는, 해당 단말기에서 요청한 셀의 잔여수명이 버퍼가 비어 있지 않는 단말기가 요청한 셀의 잔여수명에 보다 짧기 때문에 스케줄러에 의해 우선적으로 슬롯 할당이 된다. 반면, 망의 부하가 높은 경우, 스케줄러는 제한된 자원을 각 단말기가 요청한 슬롯 수만큼 할당하는데 시간이 길어지고, 이 때문에 각 단말기들이 요청한 셀들의 잔여수명이 점차 짧아지게 된다. 폴링 주기가 전송지연에 미치는 영향을 살펴보면, 동일한 단말기 수에서 폴링 주기가 짧을수록 기지국 스케줄러는 버퍼가 빈 단말기에게 빨리 DPS 미니 슬롯을 할당하므로 평균 셀 전송 지연은 낮아지게 된다. 반면 폴링 주기가 길어지면 단말기 버퍼에서 대기하는 기간이 증가되어 평균 셀 전송 지연이 높아지게 되어, 버퍼가 빈 단말기에게 폴링하는 주기가 평균 셀 전송 지연의 한 요인으로 작용하게 됨을 알 수 있다.

(그림 6)는 폴링 주기에 따른 셀 손실률을 나타낸 것이다.



(그림 6) 폴링 주기에 따른 셀 손실률

그림에 나타난 바와 같이 동일한 단말기 수에서 셀 손실률은 폴링 주기에 따라 영향을 크게 받음을 알 수 있다. 이는 폴링 주기가 짧을수록 버퍼가 빈 단말기에 의한 전송 지연이 감소되어 평균 셀 전송지연이 낮아지면 최대 전송지연 허용시간 이내에 셀이 전송될 확률이 높게 되기 때문이다. 반면 폴링 주기가 긴 경우에는 DPS 미니슬롯을 늦게 할당하므로 버퍼가 빈 단말기에 의한 전송 지연이 증가되고, 이는 평균 셀 손실을 상승시키는 요인으로 작용하게 된다. 폴링 주기에 따른 셀 손실률의 변화와 단말기 수에 따른 셀 손실률의 변화를 비교해 보면 단말기의 수에 따른 셀 손실의 변화가 폴링 주기에 따른 셀 손실의 변화보다 더 민감하게 작용하고 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 무선 ATM망에서 rt-VBR 서비스가 요구하는 품질을 만족시키면서 채널의 효율성을 높일 수 있는 매체 접근 제어 프로토콜을 제안하였다. 제안된 방식에서의 셀 손실률 및 평균 셀 전송지연에 대한 성능을 시뮬레이션을 통하여 경쟁방식과 비교하고 분석하였다. 제안된 방식에서는 경쟁기반의 예약방식으로 잔여수명에 따라 슬롯이 할당시기를 조절하게 함으로, 단말기들이 요구하는 대역폭의 요청정보를 적절한 시기에 전달 가능케 하였다. 셀 전송지연에서는 제안된 방식이 망 부하가 낮을 경우를 제외한 나머지 영역에서는 경쟁 방식에 비하여 우수한 성능을 보였다. 망의 부하가 낮을 경우에 제안된 방식의 전송지연이 경쟁 방식에 비해 높게 나타나는 것은 on 구간의 단말기의 버퍼가 비어 전송할 셀이 없을 경우 일정기간 후 DPS 미니슬롯이 할당되기 때문이다. 그러나 이때 전송 지연된 셀은 최대 전송지연 허용시간을 초과하여 손실될 가능성이 현저히 낮음을 시뮬레이션 결과를 통해 볼 때 확인 할 수 있었다. 그리고 예약된 단말기가 전송할 셀이 없을 경우에 데이터 슬롯이 할당되지 않기 때문에 대역의 낭비가 발생하지 않으며, 대역 할당의 효율적 운용 측면에서는 전송 허용시간에 여유가 있어 즉시 전송될 필요가 없는 셀을 잠시 단말기 버퍼에 대기시키고, 전송이 시급한 단말기에게 우선적으로 할당 가능케 함으로 효율적인 슬롯 할당이 가능하였다.

본 연구에 이어 앞으로의 과제는 버퍼가 빈 경우 DPS 미니슬롯의 폴링 주기를 셀 손실률과 평균 전송지연과 단말기 수에 따른 최적 값을 구하는 것이며, 본 논문에서 제안된 대역할당 기법은 rt-VBR 서비스만을 고려하였지만, 차후 ABR 서비스까지 확장하여 원활한 서비스의 제공이 가능한 동적 대역 할당 기법을 연구하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] S. K. Biswas, D. Reininger, and D. Raychaudhuri, "UPC Based Bandwidth Allocation for VBR Video in Wireless ATM Links," *Proc. of ICC97*, pp.1073-1079, 1997.
- [2] A. Acampora, "Wireless ATM : A Perspective on Issues and Prospects," *IEEE Personal Commun. Mag.*, Vol.3, No.4, pp.8-17, Aug., 1990.
- [3] M. Umeuchi, A. Ohta, and M. Umehira, "Dynamic Time-Slot Assignment Schemes for TDMA-Based Wireless ATM," *IEICE TRANS. Commun.*, Vol.E80-B, No.8, pp. 1182-1191, Aug., 1997.
- [4] D. Raychaudhuri, and N. D. Wilson, "ATM-based Transport Architecture for Multi-Services Wireless Personal Communication Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Commun.*, Vol.12, pp.1401-1414, Oct., 1994.
- [5] T. V. J. Ganesh Babu, "Performance of a Priority-Based Dynamic Capacity Allocation Scheme Wireless ATM Systems," *IEEE Journal of Sel. Areas on Commun.*, Vol.19, pp.355-369, Feb., 2001.
- [6] J. Frigon, V. C. M. Leung, and H. C. B. Chan, "Dynamic reservation TDMA protocol for wireless ATM networks," *IEEE Journal of Sel. Areas on Commun.*, Vol.19, No.2, pp. 370-383, Feb., 2001.
- [7] L. Musumeci, P. Giacomazzi, and L. Fratta, "Polling- and contention-based schemes for TDMA-TDD access to wireless ATM networks," *IEEE Journal of Sel. Areas on Commun.*, Vol.18, No.9, pp.1597-1607, Sept., 2000.
- [8] J. Sanchez, R. Martinez, and M. W. Marcellin, "A survey of MAC protocols proposed for wireless ATM," *IEEE Network*, Vol.11, No.6, pp.52-62, Nov./Dec., 1997.
- [9] R. O. Onvural, "Asynchronous Transfer Mode Networks : Performance Issues," Artech House Inc., pp.43-65, 1994.
- [10] S. Choi, and Kang G. Shin, "A Unified Architecture of Wireless Networks for Real-Time and Non-Real-Time Communication Services," *IEEE/ACM Trans. on Networking*, Vol.8, No.1, pp.44-59, Feb., 2000.



양 성 룡

e-mail : sryang99@hitel.net

1989년 울산대학교 전자공학과(공학사)

1992년 울산대학교 대학원 전자공학과
(공학석사)

2002년 울산대학교 대학원 전자공학과
(공학박사)

1996년~현재 거제대학 컴퓨터정보기술계열 조교수

관심분야 : 무선 ATM망, 데이터통신, 멀티미디어 통신



임 인택

e-mail : itlim@taejo.pubs.ac.kr

1984년 울산대학교 전자계산학과(공학사)

1986년 서울대학교 대학원 계산통계학과
(이학석사)

1998년 울산대학교 대학원 컴퓨터공학과
(공학박사)

1986년~1993년 삼성전자(주) 특수연구소 선임연구원

1993년~1998년 동부산대학 전자계산과 조교수

1998년~현재 부산외국어대학교 컴퓨터·전자공학부 조교수

관심분야 : 무선 ATM망, Mobile IP, MAC 프로토콜



허정석

e-mail : heojs@uou.ulsan.ac.kr

1976년 서울대학교 전자공학과(공학사)

1986년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과
(공학석사)

1995년 부산대학교 대학원 컴퓨터공학과
(공학박사)

1980년~1983년 한국전자통신연구소 선임연구원

1983년~1986년 한국통신 dsumroqkfeks 선임연구원

1986년~현재 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부교수

관심분야 : B-ISDN/ATM, 무선 ATM망, 멀티미디어 통신