

# 무선 ATM망에서 버스트 트래픽을 위한 MAC 프로토콜

임 인택\*, 양 성 룡\*\*, 허 정 석\*\*\*

\* 부산외국어대학교 컴퓨터전자공학부

\*\* 거제대학 전자과

\*\*\* 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부

## MAC Protocol for Bursty Traffic in Wireless ATM Networks

In-Taek Lim\*, Seong-Ryoung Yang\*\*, Jeong-Seok Heo\*\*\*

\* Div. of Computer & Electronics Eng., Pusan Univ. of Foreign Studies

\*\* Dept. of Electrical Eng., Koje College

\*\*\* School of Computer Eng. & Info. Tech., Univ. of Ulsan

E-mail : itlim@taejo.pufs.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 무선 ATM망에서 비실시간성의 버스트 트래픽을 서비스하기 위한 경쟁기반 예약형 MAC 프로토콜을 제안하였다. 제안한 기법에서는 예약요청 패킷의 충돌을 줄이기 위하여 예약요청 패킷 전송을 위한 RAS 미니슬롯의 수와 예약요청 부하를 기반으로 기지국 스케줄러가 전송 확률을 계산하고, 이를 하향 제어채널을 통하여 단말기들에게 방송한다. 전송할 트래픽 버스트가 있는 단말기들은 임의의 RAS 미니슬롯을 선택하여 기지국으로부터 수신한 전송 확률로 단말기 버퍼에 있는 패킷 수를 포함하는 예약요청 패킷을 전송한다. 한편, 기지국에서는 성공적으로 수신한 단말기의 버퍼 상태정보를 기반으로 슬롯을 할당한다.

### ABSTRACT

In this paper, a contention-based reservation MAC protocol is proposed for non-real-time bursty traffic services in the wireless ATM networks. In order to reduce the collisions of the reservation request packets, the base station scheduler calculates the transmission probability using the number of RAS minislots and the estimated load of the reservation request packets. And it broadcasts the calculated transmission probability through the downlink control channel. Mobile terminals, which have a traffic burst, select randomly a RAS minislots and transmit the reservation request packet with the received transmission probability. The reservation request packet contains the number of packets in the buffer. The base station allocates slots based on the buffer status of the received reservation request packets.

### 1. 서 론

무선 ATM은 무선 채널을 통하여 이동환경에서도 유선 ATM망과 접속할 수 있고, 유선 ATM망에서 지원하는 다양한 형태의 광대역 서비스를 지원할 수 있는 유선 ATM망의 확장된 개념이다. 이는 유선 ATM망의 능력과 용량을 무선 영역까지 확장하여 적용할 수 있는 유무선 통합의 종합

정보통신망 서비스의 구현을 목표로 하고 있다.

무선 ATM망에서는 프로토콜 처리 및 교환 기능이 유·무선 전 영역에 걸쳐 ATM 셀 단위로 수행되며, 망 전체의 전송 구조는 ATM 통신망 프로토콜 체계 하에서 이동단말 지원을 기능과 무선접속 기능이 요구된다[1]. 따라서 무선 ATM은 크게 Radio ATM과 Mobile ATM의 개념으로 구분할 수 있다. Radio ATM은 유선 ATM망이

\* 이 논문은 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원사업(2001-182-2)으로 수행되었음

지원하는 전송속도 및 서비스 품질과 거의 대등한 성능을 무선채널 상에서 구현하기 위해 무선매체 상의 전송 기능, 매체접근제어 기능, 데이터 링크 제어 기능을 포함한다. 한편 Mobile ATM은 단말기의 이동성을 지원하는 부분으로 핸드오프, 핸드오프에 따른 경로 재설정, 로밍 및 위치관리 등의 기능을 포함한다.

무선 ATM에서의 매체접근제어(MAC: Medium Access Control) 프로토콜은 독립적으로 분산된 이동단말기들을 대상으로 ATM이 추구하는 진정한 의미의 통계적 다중화 기능을 무선매체를 통해 확장하는 역할을 한다. 이와 같은 MAC 프로토콜을 통해서 멀티미디어 서비스 특성에 따라 동적으로 변하는 대역 요구 사항과 지연 시간 및 셀 손실 등의 서비스 품질을 만족시킬 수 있으며, 이동단말기들이 채널을 공평하면서도 효율적으로 사용할 수 있는 접속 환경을 제공할 수 있다[2].

기존의 MAC 프로토콜들은 크게 경쟁 기반 방식과 비경쟁 기반 방식으로 분류할 수 있다[3]. 경쟁 기반 방식은 전송해야 할 트래픽 버스트가 발생할 때마다 다른 단말기와의 경쟁을 통해 정보 슬롯의 예약요청 패킷을 전송하여 기지국으로부터 정보 슬롯을 할당받는 방식으로 경쟁에 의한 임의의 접속 지연이 발생할 수 있다. 따라서, 이 방식은 임의의 접속 지연으로 인하여 실시간 트래픽의 서비스에는 곤란한 반면, 망의 부하가 비교적 낮은 비실시간 버스트 트래픽의 서비스에는 효율적이다. 반면 비경쟁 기반 방식인 폴링 기법은 기지국에서의 적절한 스케줄링 알고리즘에 의하여 정보 슬롯을 할당해주므로 임의의 접속 지연은 없지만, 망의 부하가 낮은 경우에는 경쟁 기반 방식에 비하여 비효율적이다.

본 논문에서는 무선 ATM망에서 비실시간성의 버스트 트래픽을 서비스하기 위하여 경쟁 기반 예약형 MAC 프로토콜을 제안한다. 본 논문에서 제안한 기법에서는 예약요청 패킷을 전송하기 위한 RAS 미니슬롯의 수와 예약요청 부하에 따라 기지국 스케줄러가 예약요청 패킷의 전송허용 확률을 계산하여 방송하고, 단말기에서는 예약요청 패킷을 임의의 RAS 미니슬롯을 선택하여 기지국으로부터 수신한 전송허용 확률로 전송한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 논문에서 제안하는 프로토콜의 동작과정을 설명하고, III장에서는 제안한 프로토콜의 성능을 분석하고, 마지막으로 결론을 기술한다.

## II. 제안하는 MAC 프로토콜

### 2.1 프레임 구조

본 논문에서 제안하는 프로토콜은 TDD에 의해 상하향 링크를 구성하고, TDMA를 기본 접속 방식으로 한다. 프레임 구조는 그림 1과 같다. MP (Modem Preamble) 구간은 프레임 동기를 위해 사용되며, FH(Frame Header) 구간은 단말기들의

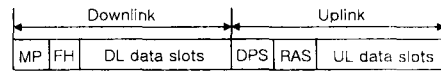


그림 1. MAC 프레임 구조

예약 결과, RAS 구간의 전송 확률, 프레임 구조, 및 슬롯 할당 정보 등을 방송하는데 사용된다. 상향 및 하향 데이터 슬롯 구간은 예약 방식에 의해 접속되는 트래픽들에 대한 슬롯 할당을 위해 사용된다. DPS(Dynamic Parameter Slots) 구간은 rt-VBR 연결의 동적 매개변수를 기지국으로 통보하기 위한 미니슬롯들로 구성되며, 이 구간에서의 미니슬롯들은 비경쟁 기반 방식으로 사용된다. 한편, RAS(Random Access Slots) 구간은 미니슬롯들로 구성되며, 비실시간성의 버스트 트래픽을 갖는 단말기에서 트래픽 버스트가 발생했을 때 예약요청 패킷을 전송하는데 사용되며, 이 구간에서의 미니슬롯들은 경쟁 기반 방식으로 사용된다.

### 2.2 접속 제어 알고리즘

비실시간성 버스트 트래픽을 위한 접속제어 알고리즘은 단말기들이 트래픽 버스트 단위로 슬롯 예약요청 패킷을 전송하고, 기지국에서는 요청한 슬롯을 예약해주는 방법을 사용한다. 하나의 트래픽 버스트가 발생한 단말기의 접속제어 알고리즘에 대한 기본 원리는 다음과 같다.

- ① 휴지상태에서 하나의 트래픽 버스트가 발생한 단말기는 경쟁상태로 천이하고, 슬롯 예약을 위하여 다음 프레임에서 임의의 RAS 미니슬롯을 선택한다.
- ② 경쟁상태에 있는 단말기는 요구하는 슬롯 수를 포함하는 예약요청 패킷을 선택한 미니슬롯을 통하여 기지국에서 방송한 전송허용 확률로 전송한 후, 다음 프레임의 FH 구간에 있는 응답을 기다린다.
- ③ 충돌 또는 전송오류로 인하여 예약요청 패킷에 대한 응답이 없으면, 경쟁상태를 유지하면서 다음 프레임에서 ②과정을 반복한다.
- ④ FH 구간을 통하여 기지국이 할당된 슬롯 번호를 통보 받으면 예약상태로 천이하고, 할당받은 슬롯을 통하여 트래픽 버스트의 패킷들을 전송한다. 한편, 현재 프레임에서 트래픽 버스트의 모든 패킷을 전송할 수 없으면 예약상태를 유지하면서 다음 프레임에서 할당된 슬롯으로 패킷을 전송한다.

⑤ 기지국이 예약요청 패킷은 성공적으로 수신했지만 슬롯 할당 알고리즘에 의하여 해당 단말기에게 할당할 슬롯이 없으면, 기지국에서는 FH 구간을 통하여 대기 신호를 보낸다. 한편, 대기 신호를 받은 단말기는 예약상태로 천이하여 할당 신호를 받을 때까지 기다린다.

- ⑥ 예약상태에서 트래픽 버스트의 모든 패킷을

전송 완료한 단말기는 휴지상태로 천이한다.

단계 ②에서 사용하는 전송허용 확률은 예약요청 패킷들의 충돌 횟수를 줄이고, 재전송되는 예약요청 패킷과 새로운 예약요청 패킷의 접속시도 공평성을 유지하기 위하여 매 프레임마다 기지국이 계산하여 방송한다. 프레임  $(t+1)$ 에서 새로운 예약요청 패킷과 재전송되는 예약요청 패킷의 전송허용 확률  $P_n(t+1)$ ,  $P_r(t+1)$ 은 각각 다음과 같이 정의된다.

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

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

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

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

여기서,

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

위의 식에서  $N_d$ 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,  $\lambda$ 는 프레임 당 각 단말기들이 발생시키는 새로운 버스트 트래픽의 발생률을 나타낸다.

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

### 2.3 슬롯 할당 알고리즘

충돌없이 성공적으로 전송한 예약요청 단말기들에게 슬롯을 할당하기 위하여 기지국에서는 그림 2와 같이 예약요청을 한 버스트 트래픽의 정보를 저장하기 위한 AVCL(Active VC List)을 유지·관리한다. AVCL에 있는 VCid는 예약 요청한 트래픽의 가상 채널 번호를 나타내며,  $Ntp_i$ 는 VCid  $i$ 가 요청한 트래픽 버스트의 총 슬롯 수를 나타내고,  $Nrp_i$ 는 할당하고 남은 슬롯의 수를 나

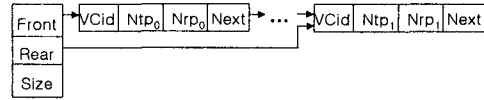


그림 2. 기지국의 AVCL

타낸다. 본 논문에서는 하나의 트래픽 버스트에 대한 모든 패킷을 전송하기 전에는 동일한 단말기에서 새로운 트래픽 버스트는 발생하지 않는 것으로 가정한다. 따라서, AVCL의 VCid는 모든 단말기에 대하여 유일하다. AVCL은 예약요청 패킷의 도착 순서대로 저장되며, 슬롯 할당은 AVCL에 저장된 정보를 기반으로 이루어진다.

본 논문에서 제안하는 슬롯 할당 알고리즘인 APTP(Allocation Proportional to Total Packets) 알고리즘은 매 프레임마다 다음과 같이 동작한다.

- ① 필요한 매개변수
  - $N_i$  : 프레임의 상향 데이터 슬롯 수
  - $L$  : 연결된 AVCL의 노드 수
  - $A_i$  : 단말기  $i$ 에게 할당할 슬롯 수
  - $RP$  : AVCL의 남은 총 패킷 수 ( $= \sum_{i=1}^L Nrp_i$ )
  - $TP$  : AVCL의 총 패킷 수 ( $= \sum_{i=1}^L Ntp_i$ )
  - $R$  : 프레임의 남은 슬롯 수
- ② //AVCL의 남은 총 패킷 수가 정보 슬롯 수보다 적으면, 남은 패킷 수만큼 할당한다.
  - if ( $RP \leq N_i$ ) then
  - { for  $i=1$  to  $L$
  - $A_i = Nrp_i$ ;
  - goto ⑥; }
- ③ //트래픽 버스트의 총 패킷 수에 비례하여 할당한다.
  - for  $i=1$  to  $L$
  - $A_i = \lfloor \frac{Ntp_i}{TP} \times N_i \rfloor$ ;
- ④  $R = N_i - \sum_{i=1}^L A_i$  ;
- ⑤ //남은 슬롯을 차례로 하나씩 추가로 할당한다.
  - for  $i=1$  to  $L$
  - $A_i = A_i + 1$ ;
- ⑥ //AVCL을 갱신한다.

APTP 알고리즘은 트래픽 버스트에서 필요로 하는 총 슬롯 수에 비례하여 슬롯을 할당한다. 전송하고자하는 트래픽 버스트의 크기가 큰 단말기, 즉 요청한 슬롯의 수가 많은 단말기에게 우선순위를 높게 하여 더 많은 슬롯을 할당하고, 요청한 슬롯의 수가 적은 단말기에게는 상대적으로 적은 수의 슬롯을 할당한다.

### III. 성능 평가

본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 제안한 알고리즘의 성능을 분석하였다. 시뮬레이션을 위하여 단말기들은 트래픽 버스트의 셀을 발생시키는 on 상태와 셀을 발생시키지 않는 off 상태를 반복하는 on-off 모델로 가정하였다. 단말기들은 트래픽 버스트간의 도착간 평균 시간이 50ms인 지수 분포로 트래픽 버스트를 발생시키고, 버스트 길이는 평균 5셀인 지수 분포를 가정하였다.

접속 제어와 슬롯 할당 알고리즘의 성능에 중점을 두기 위하여 프레임 전송에 대한 오류는 없는 것으로 가정하였다. 또한 하향링크는 기지국으로부터 방송되는 채널이므로 시뮬레이션에서는 상향링크만을 고려하였다. 표 1은 시뮬레이션에 사용된 주요 매개변수들의 값을 나타낸 것이다.

표 1. 시뮬레이션 매개변수

Channel bit rate	25Mbps
Frame duration	2ms
No. of UL data slots ( $N_i$ )	50
No. of RAS minislots ( $K$ )	30
Average interarrival time between data bursts	50ms
Mean burst length	5cells

그림 3과 4에서는 전송허용 확률 계산 시, 제안한 방법과 Harmonic backoff 방법[4]을 비교한 성능을 나타내었다. Harmonic backoff 방법에서는 전송에 실패하면 단말기들이 재전송되는 트래픽 버스트의 수와는 무관하게 전송허용 확률을 감소시킨다. 반면, 본 논문에서 제안한 방법에서는 RAS 미니슬롯의 수와 다음 프레임에서의 예약요청 패킷 수를 기반으로 기지국 스케줄러가 전송허용 확률을 방송하고, 단말기에서는 이를 바탕으로 전송을 시도한다. 따라서 Harmonic backoff 방법은 충돌이 발생하면 과도하게 전송을 억제하므로 트래픽 부하가 높은 경우, 본 논문에서 제안한 방법보다 슬롯 활용도가 떨어진다. 또한 제안한 방법은 일정 수준 이상의 트래픽 부하에서는 새로운 트래픽 버스트의 전송을 허용하지 않으므로 비교적 안정적인 지연 성능을 나타낸다.

### IV. 결 론

본 논문에서는 TDMA/TDD 기반 무선 ATM망에서 버스트 트래픽을 서비스하기 위하여, 기지국이 RAS 미니슬롯의 수와 예약요청 부하를 기반으로 단말기의 전송허용 확률을 계산하여 방송하고, 단말기에서는 수신한 전송허용 확률을 기반으로 예약요청 패킷을 전송하는 접속 제어 알고리즘을 제안하였다. 또한 슬롯 할당을 요청한 트래픽

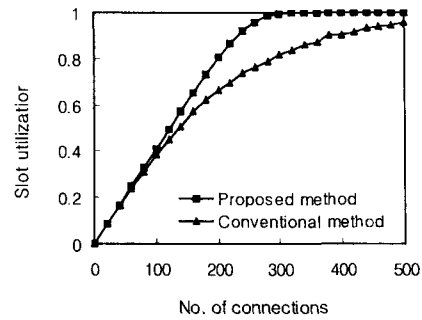


그림 3. 슬롯 활용도

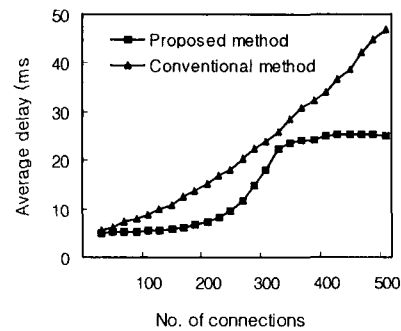


그림 4. 평균 지연 성능

픽 버스트들이 필요로 하는 총 슬롯 수에 비례하여 기지국이 상향 데이터 슬롯을 할당하는 슬롯 할당 알고리즘인 APTP 알고리즘을 제안하였다.

### 참고문헌

- [1] A. Acampora, "Wireless ATM: A perspective on issues and prospects," IEEE Pers. Commun. Mag., vol.3, no.4, pp.8-17, Aug. 1990.
- [2] 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.
- [3] 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 in Commun., vol.18, no.9, pp.1597-1607, Sept. 2000.
- [4] 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.