
무선 ATM망에서 최대 지연 시간을 이용한 VBR 서비스 방안

양 성 룡*, 임 인 택**, 허 정 석***

* 거제대학 전자과

** 부산외국어대학교 컴퓨터전자공학부

*** 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부

VBR Services Scheme Using Maximum Cell Transfer Delay in the Wireless ATM Networks

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

*Dept. of Electrical Eng., Koje College

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

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

E-mail : sryang@mail.koje.ac.kr

요 약

무선 ATM망에서 VBR 서비스는 매 순간마다 대역폭 요구 사항이 가변적이기 때문에 채널의 효율적 분배가 어려운 실정이다. 본 논문에서는 무선 ATM망에서 VBR 트래픽을 서비스하기 위하여 지연 시간이 부족한 패킷들에게 우선순위를 부여하는 슬롯 할당 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법에서 단말기는 VBR 트래픽의 변화정보를 미니 셀에 피기백하고, 이를 예약방식으로 기지국에 전송한다. 한편 기지국에서는 각 단말기가 전송한 트래픽의 변화정보를 기반으로 슬롯을 할당한다. 슬롯 할당에 있어서 기지국은 전송을 요구한 패킷들의 최대 전송지연 허용 시간과 요청한 슬롯 수를 확인한 후, 요구한 슬롯을 다음 프레임에 즉시 할당하지 않고, 최대 전송지연 허용 시간 범위 내에서 전송지연 시간이 적은 패킷에 우선적으로 슬롯을 할당한다.

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 25Mbps급 또는 그 이상의 전송속도의 제공을 목표로 하고 있다. 그러나 무선채널의 환경이 다양한 원인으로 인하여 많은 비트 오류를 발생시키는 등 여러 문제가 발생함에 따라, 기존의 ATM 기술을 무선 ATM에 그대로 적용하기에는 곤란한 점이 있다.

무선 ATM에서는 독립적으로 분산되어 있는 단말기들이 요구하는 서비스의 품질을 만족시키기 위하여 매 순간마다 변화하는 대역 요구 사항, 지연시간 등의 동적 매개변수를 기지국에 즉시 전달하여야한다. 따라서 동적 매개 변수의 즉각적인 전달을 위한 새로운 매체 접근 제어 프로토콜

의 연구가 핵심 기술로 대두되고 있다[1]. 무선 ATM망에서 음성과 같은 CBR 서비스는 원활하게 제공 가능한 많은 방안들이 제시되어 있으나, 영상과 같은 VBR 서비스는 매 순간마다 변화하는 트래픽의 특성으로 인해 망 자원의 효율적 분배가 어려운 점이 문제로 부각되고 있다[2][3].

무선 ATM에서 매체 접근제어(MAC: Medium Access Control) 프로토콜은 채널 할당 방법에 따라 고정할당 방식, 예약방식, 및 경쟁방식으로 구분된다[4][5]. 일반적으로 음성과 같은 일정 대역폭을 요구하는 서비스는 고정할당 방식으로 해결이 가능하지만, 영상과 같은 VBR 서비스의 경우 요구하는 대역 요구사항이 가변적이므로 예약방식이나 경쟁방식만으로는 채널의 효율성이 저하되는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 무선 ATM망에서 VBR 서비스의 트래픽 특성을 최대한 만족하면서 채널의 효율성도 높일 수 있는 경쟁 기반의 예약형 MAC 프로토콜을 제안한

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

다.

제안하는 프로토콜에서 데이터를 전송할 단말기는 경쟁방식으로 임의의 RA 슬롯을 선택하여 예약요청을 전송하고, 예약이 완료되면 기지국 스케줄러에 의해 슬롯을 할당받는다. 기지국 스케줄러에서는 예약요청이 성공한 단말기들에게 동적 매개변수를 전송하기 위한 미니슬롯과 데이터 패킷을 전송하기 위한 데이터 슬롯을 동시에 할당한다. 한편 단말기에서는 매 프레임마다 할당받은 미니슬롯을 통하여 다음 프레임에 전송할 트래픽의 변화정보를 피기백하여 전송한다. 기지국의 스케줄러는 단말기들이 미니슬롯을 통하여 전송한 동적 매개변수를 토대로 슬롯을 할당한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 본 논문이 제안한 MAC 프로토콜을 설명하고, III 장에서는 제안한 프로토콜의 성능을 분석하고, 마지막으로 결론을 기술한다.

II. 제안한 MAC 프로토콜

2.1 MAC 프레임구조

본 논문에서 제안하는 MAC 프로토콜은 N개의 단말기와 하나의 기지국으로 구성되는 단일 셀에서 rt-VBR 서비스를 제공한다고 가정한다. MAC 프로토콜에서 사용되는 프레임은 그림 1과 같은 구조를 갖는다.

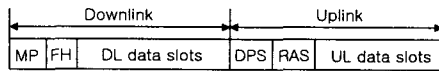


그림 1 프레임 구조

한 프레임의 길이는 고정되어 있고 상하향 링크는 TDD(Time Division Duplex)로 구분되며 TDMA방식을 기본 접속 방식으로 사용한다. 상향링크는 단말기의 상태정보 및 데이터 패킷을 기지국으로 전송하는데 사용되며, 3개의 구간으로 나뉘어진다.

MP(Modem Preamble) 구간은 프레임 동기를 위해 사용되고, FH(Frame Header) 구간은 기지국이 예약결과 및 슬롯할당정보 등을 단말기들로 방송하는데 사용된다. DPS(Dynamic Parameter Slots) 구간은 트래픽의 변화정보를 기지국으로 전송하기 위한 미니슬롯으로 구성되며, RAS(Random Access Slots) 구간은 새로운 트래픽이 발생된 단말기들이 슬롯을 할당받기 위하여 예약요청을 하는 미니슬롯으로 구성된다.

2.2 MAC 알고리즘

전송할 트래픽이 발생된 단말기는 RAS 구간의 미니슬롯을 임의로 선택하여 경쟁방식으로 예약요청을 시도하고, 기지국은 성공적으로 예약요청한 단말기에게 미니슬롯과 데이터 슬롯을 할당한다.

DPS 미니슬롯과 데이터 슬롯을 할당받은 단말기는 매 순간마다 변화되는 트래픽의 변화를 미니슬롯을 통하여 전송한다. 미니슬롯과 데이터 슬롯의 할당은 이전 프레임에서 요청한 DP 정보를 토대로 할당한다.

본 논문에서는 rt-VBR 서비스의 트래픽을 트래픽 패킷이 발생하는 T_{on} 구간과 휴지상태인 T_{off} 구간이 반복되는 ON-OFF 모델로 가정한다. 패킷은 T_{on} 구간에서 발생되고, 최대 전송 지연 허용 시간(Max_CTD)까지 전송되지 못한 패킷은 폐기된다. 단말기의 MAC 알고리즘에 대한 기본원리를 단계별로 살펴보면 다음과 같다.

- ① 단말기는 호 요청 시 협상을 통해 서비스의 트래픽 매개변수를 기지국에 통보한다.
- ② 호 요청이 수락된 단말기는 T_{off} 구간동안 대기 상태로 유지된다.
- ③ T_{on} 구간에서 패킷이 발생되면 단말기는 경쟁상태로 천이하고, 다음 프레임에서 RAS 구간에 있는 임의의 미니슬롯을 선택하여 전송 허용확률로 경쟁하여 예약요청을 한다.
- ④ 예약 요청이 충돌 등으로 인하여 응답이 없을 경우, 경쟁상태를 유지하면서 ③을 반복한다. 만일 경쟁상태인 패킷이 Max_CTD 동안 예약에 실패하면 그 패킷은 폐기되고 다음 패킷으로 경쟁하며, 버퍼에 패킷이 없을 때까지 계속 경쟁상태로 ③을 반복한다.
- ⑤ 예약 요청이 승인된 단말기는 기지국에 의해 DPS 미니슬롯과 데이터 슬롯을 할당받아서 예약상태로 천이하고, 할당받은 미니슬롯과 데이터 슬롯을 통하여 DP 정보와 데이터 패킷을 각각 전송한다.
- ⑥ 예약상태에 있는 단말기가 T_{on} 구간에 버퍼가 비어 전송할 패킷이 없는 경우, 단말기는 이를 기지국에 통보한다. 이 경우, 기지국 스케줄러는 (Max_CTD-1) 마다 주기적으로 DPS 미니슬롯을 할당한다.
- ⑦ T_{on}에서 T_{off} 구간으로 바뀌면 단말기는 단계 ②로 돌아가서 다음 순서를 반복한다.

단계 ③에서 사용하는 전송허용 확률은 예약요청 패킷들의 충돌률을 줄이고, 새로운 요청과 재전송 요청간의 공평성을 위하여 매 프레임마다 기지국이 설정하여 방송한다. 프레임 (t+1)에서 새롭게 예약 요청하는 패킷과 재전송되는 예약요청 패킷의 전송허용 확률을 각각 P_n(t+1), P_r(t+1)이라 하면, 이는 다음과 같이 정의된다.

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

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

여기서 K는 RAS 미니슬롯의 수를 나타내고,

$N_r(t+1)$ 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.

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

여기서,

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

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, λ 는 프레임 당 각 단말기가 발생시키는 새로운 패킷의 발생률을 나타낸다.

제안한 방법에서는 재전송되는 예약요청 패킷의 수가 RAS 미니슬롯의 수보다 적으면, 재전송되는 예약요청 패킷뿐만 아니라 새로운 예약요청 패킷도 전송할 수 있게 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

기지국에서는 ON 상태에 있는 단말기들이 요청한 슬롯을 잔여수명 이내에 할당하기 위하여 그림 2와 같은 AVCL(Active VC List)을 유지·관리한다. AVCL의 노드는 슬롯 할당을 요청한 단말기에서 전송한 DP 정보를 기반으로 만들어지며, 하나의 노드에는 <VCid, Nrp, RLT> 정보를 갖는다. 여기서 VCid는 슬롯을 요청한 단말기의 가상 채널 번호를 나타내며, Nrp는 VCid i 에 할당해야할 슬롯의 수를 나타내며, RLT는 VCid i 에게 슬롯을 할당하기까지 남은 잔여수명을 나타낸다. 이러한 AVCL은 매 프레임에서 단말기로부터 DP 정보를 수신한 후와 슬롯을 할당한 후에 갱신된다.

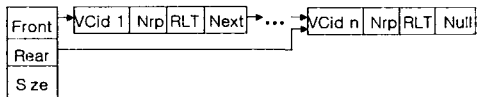


그림 2. 기지국의 AVCL

본 논문에서 제안하는 슬롯 할당 알고리즘은 각 단말기들이 전송한 DP 정보의 잔여수명을 기반으로 이루어진다. 기지국 스케줄러는 먼저 슬롯

을 할당하기 전에 AVCL을 RLT의 오름차순으로 정렬한 후, 동일한 잔여수명을 갖는 단말기들에게 상향링크의 데이터 슬롯을 공평하게 할당한다. 이때, 동일한 잔여수명을 갖는 요청 슬롯 수가 상향 데이터 슬롯의 수보다 적은 경우에는 요청한 슬롯 수만큼 할당하고, 남은 슬롯은 다음 잔여수명을 갖는 단말기들에게 할당한다. 제안하는 슬롯 할당 알고리즘의 기본 동작은 다음과 같다.

① 필요한 매개변수

- N_i : 프레임의 상향 데이터 슬롯 수
- L : AVCL의 총 노드 수
- A_i : 단말기 i 에게 할당한 슬롯 수
- L_{RLT} : AVCL의 RLT 집합 ($=\{R_1, R_2, \dots, R_k\}$, $R_1 < R_2 < \dots < R_k, k \leq \text{max_CTD}-1$)
- NR_i : RLT가 R_i 인 AVCL의 노드 수
- $RP(R_i)$: RLT가 R_i 인 총 요청 슬롯의 수 ($= \sum_{\forall R_i \in L_{RLT}} Nrp_i$)
- TP : AVCL의 총 요청 슬롯의 수 ($= \sum_{i=1}^L Nrp_i$)

R : 프레임의 남은 슬롯 수 (초기 값= N_i)

② //AVCL의 총 요청 슬롯의 수가 상향 데이터 슬롯 수보다 적으면, 요청한 슬롯 수만큼 할당한다.

```
if (TP ≤ Ni) then
{ for i=1 to L
  Ai = Nrpi;
  goto ⑥; }
```

③ //L_{RLT}에서 RLT가 제일 적은 R_k를 선택한다.

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

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

④ //RLT가 R_{min}인 요청 슬롯 수가 남은 슬롯 수보다 적으면, 요청한 슬롯 수만큼 할당하고, 다음 순위의 RLT를 선택하여 반복한다.

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

⑤ //아니면, 요청한 슬롯 수에 비례하여 남은 슬롯을 할당한다.

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

⑥ //AVCL을 갱신한다.

위와 같은 알고리즘을 통하여 상향 데이터 슬

롯을 할당할 단말기에게는 DPS 구간에 있는 하나의 미니슬롯도 동시에 할당되고, 이러한 슬롯 할당 정보는 FH 구간을 통하여 방송된다.

III. 성능 분석

제안한 프로토콜의 성능은 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 시뮬레이션에서 사용한 rt-VBR 트래픽은 셀을 발생시키는 on 구간과 셀을 발생시키지 않는 off 구간이 반복되는 on-off 모델로 가정하였다. 시뮬레이션에서 사용된 시스템 변수는 표 1에서 나타낸 바와 같다.

표 1. 시뮬레이션 시스템 변수

Channel bit rate	25Mbps
Frame duration	2ms
No. of UL data slots (N_l)	50
No. of DPS minislots	60
No. of RAS minislots (K)	30
Mean length of T_{on}	40ms
Mean length of T_{off}	136ms
Max_CTD	20ms

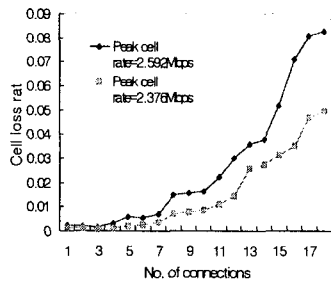


그림 3 rt-VBR 연결 수에 따른 셀 손실율

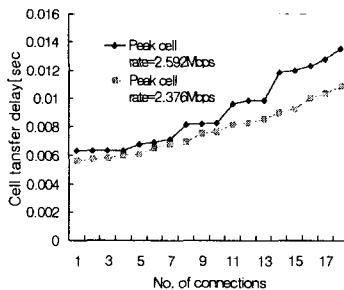


그림 4 rt-VBR 연결 수에 따른 셀 전송 지연

제안된 방법의 셀 손실율을 그림 3에서 나타내었다. 셀 손실은 경쟁상태에서 충돌로 인하여 발생하는 지연과 트래픽 증가로 인해 최대지연까지 데이터 슬롯을 할당받지 못한 경우에 발생되므로, 수용 가능한 연결 수 이상이 되면 과도한 트래픽

상승으로 인하여 급격한 셀 손실이 발생하게 된다. 따라서 연결수 또는 셀 발생률의 변화가 셀 손실율에 민감하게 작용하게 됨을 알 수 있다.

그림 4에서는 평균 셀 전송 지연 성능을 나타내었다. 본 논문에서 제안한 방법에서는 DPS 미니슬롯을 통하여 동적 매개변수를 전달한다. 기지국에서는 단말기의 상태를 정확히 파악할 수 있고, 이에 따라 잔여수명이 낮은 패킷을 우선적으로 처리한다. 따라서, 평균지연시간이 비교적 낮게 나타남을 알 수 있고, 수용 가능한 트래픽보다 높은 트래픽이 발생하여도 완만한 전송지연을 갖게 됨을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 무선 ATM망에서 rt-VBR 트래픽의 서비스 품질을 만족시키고, 채널의 효율성을 높일 수 있는 MAC 프로토콜을 제안하고, 이에 대한 성능을 분석하였다. 본 논문에서는 단말기들이 요구하는 대역폭의 변동정보를 최대 지연허용한계 시간 이전까지 기지국으로 전달하는 것을 보장하는 방법을 제시하였다. 기지국 스케줄러가 데이터 슬롯을 할당할 때, DP 정보를 전송하기 위한 미니슬롯을 동시에 할당해 줌으로써, 단말기에서는 충돌 없이 DP 정보를 전송할 수 있도록 하였다. 또한 기지국에서는 요구하는 슬롯을 즉시 할당하지 않고, 잔여수명이 허용하는 범위 내에서 슬롯을 할당하게 하였다.

참고문헌

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.