

무선 ATM LAN에서 재전송 확률과 우선순위를 고려한 MAC 연구

안석, 안윤석, 김재하*, 서승우^o, 서영석, 김병기
숭실대학교 전자계산학과, 캠팩 코리아*

The MAC Scheme Based on Retransmission Probability and Priority for WATM

Seok-An, Yunshok-Ahn, Jaeha-Kim*, Seungwoo-Suh^o, YoungSeok-Seo, Byunggi-Kim
Dep't of Computer Science, Soongsil Univ., Compaq Korea*

Abstract - The next generation of wireless communication seems to be multimedia communications based on ATM and requires the efficient MAC(Medium Access Control) protocol to support multimedia traffic with the various characteristics of QoS(Quality of Service). A Proposed D-PRMA++ MAC protocol is operated dynamically by the retransmission probability and the number of reservation channel on the side of MS(Mobile Station). Also, On the side of BS(Base Station) it analyzes the parameters received from all MS and allocates the slots by priority in order to guarantee QoS.

1. 서 론

무선 ATM(Asynchronous Transfer Mode)은 미래의 무선 멀티미디어 서비스를 중단간 ATM 기술로 제공하기 위한 차세대 이동 통신망 기술이다. 무선 ATM은 기존에 유선 구간에만 적용되었던 ATM 기술을 무선 구간까지 확장하여 비교적 저속의 이동성을 제공하면서 음성 외에 5.2GHz 주파수 대역에서 25Mbps급 이상의 멀티미디어 서비스의 제공을 목표로 하고 있다.[1,8] 그러나 무선 ATM은 이동환경에서 비트 에러율이 높은 무선 채널을 통하여 다양한 멀티미디어 서비스들을 제공하여야 하므로 원칙적인 ATM 기술과는 다른 새로운 MAC 기술들이 필요하다. MAC 프로토콜 중에서 PRMA++(Packet Reservation Multiple Access) 기법은 별도의 예약 슬롯(Reservation Slot)을 통해 TDMA(Time Division Multiple Access) 방식으로 다중 채널을 제공하는 시스템으로 음성 트래픽은 채널 예약 방식을 사용하고, 데이터 트래픽은 slotted ALOHA(S-ALOHA) 방식을 사용하여 비교적 용이하게 통합 음성/데이터 서비스를 위한 MAC 프로토콜로 이미 널리 알려져 있다.[2,9,10] PRMA++로 무선 ATM에서 멀티미디어 데이터를 처리 하지 못하기 때문에 통계적 다중화 이득을 극대화하고 서비스 특성에 따라 동적으로 변하는 대역폭 요구 사항과 셀 전송 지연(Cell Transfer Delay : CTD) 및 셀 손실률(Cell Loss Rate : CLR) 등의 품질을 만족시킬 수 있도록 제안한 방식을 적용하여 개선된 Dynamic-PRMA++(D-PRMA++) 프로토콜을 제안한다.

2. 본 론

2.1 기존 무선 ATM에서의 매체 접근 제어 기술
 패킷 다중화의 장점은 첫째로 음성의 On-off 동작을 이용하여 토크스퍼트(talkspurt) 단계에서 다중화를 행함으로 대역폭 효율을 향상시킬 수 있는 것이고, 둘째로는 지역 및 대역폭 요구사항이 다른 서비스를 통합하는데 적합한 기술이라는 점이다. 또한, 전파지연이 크거나 사용자의 수가 많은 경우 그들간의 조정이 어려워질 수 있는데, 이때의 해결방안이 ALOHA 이후로 많이 개발되어 있다는 것이다.

2.1.1 PRMA++

PRMA++은 통계적 다중화 기법을 사용하므로, 채널 접속에 참여하는 단말의 합친이 그 효율성에 영향을 미친다. 전체 트래픽이 증가하면, 패킷 충돌 증가로 인하여, 채널 접속까지 상당한 지연을 겪게 된다. 데이터 소스인 경우는 이를 지역 성능 감소 정도로 이해할 수 있으나, 음성 소스인 경우에는 지역된 패킷들이 폐기된다. PRMA++에서 이런 패킷 손실은 토크스퍼트(버스트)의 시작 부분에서 발생하게 되는데, 이런 현상을 프론트 엔드 클리핑(Front-end Clipping)이라 부른다. 프론트 엔드 클리핑의 양은 PRMA++ 채널을 공유하고 있는 음성 단말들의 수에 따른 합수인 P_{drop} (패킷 폐기율)에 의한 척도이다. 따라서 PRMA++ 시스템의 주 성능 척도는 최대 P_{drop} 을 만족하는 범위에서의 채널을 공유할 수 있는 음성 단말의 수가된다.[3,9]

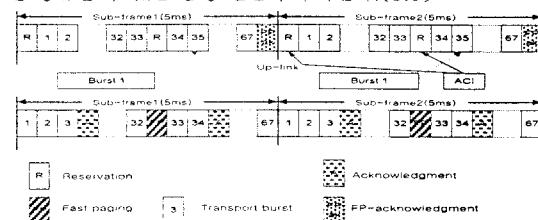


그림 1. PRMA++ 프레임 구조

PRMA++에서 음성은 원칙대로 서비스를 하고 동시에 유휴 슬롯을 랜덤 데이터가 전송에 사용할 수 있도록 하였다. 원칙적으로 랜덤 데이터는 슬롯을 예약하지 않으며, 전송하고자 하는 패킷이 발생될 때마다 슬롯을 점유하기 위하여 S-ALOHA 방식으로 다른 단말들과 경쟁을 하여야 한다. 따라서 예약의 개념은 실시간 특성이 요구되는 패킷에만 적용된다. 이때, 가장 중요하게 고려되어야 하는 문제는 음성과 랜덤 데이터의 전송 혼용 확률을 적절히 조정하는 문제이다.[10]

이 프로토콜의 프레임 구조는 그림 1과 같다. 이 프로토콜의 특징은 예약 슬롯과 데이터 슬롯을 구분함으로써, 모든 사용자 정보 슬롯들이 할당된 경우에도 계속해서 기지국은 예약 슬롯을 통해 새로운 예약 요구를 파악하여 데이터 슬롯 할당을 수행할 수 있다. PRMA++와 동작원리는 이동 단말이 스위치를 키면 현재 전송프레임에서 첫 번째로 가능한 예약 슬롯(R slot)에 액세스를 시도한다. 이 액세스 시도가 실패하면 이동 단말은 다음 가능한 예약 슬롯에서 재전송 확률 $P(t)$ 로 재전송한다. 이러한 절차는 전송한 패킷이 성공적으로 전송되거나 임계치(Threshold)를 초과하여 블록킹 될 때까지 반복된다. 이 액세스 시도가 성공하면 이동 단말은 사용자 정보 슬롯(I slot) 할당 순서에 들어가지만 사용한 사용자 정보 슬롯이 없으면 큐에서 대기 하다가 사용자 정보 슬롯이 사용해지면 큐에 있던 첫 번째 이동 단말에게 슬롯을 할당한다.

사용자 정보 슬롯을 할당하는 여러 가지 내안으로는 동적 채널 할당과 같은 형태의 자원 할당이나 통합 서비스를 위한

우선 순위별 할당도 고려될 수 있다. 확인 슬롯(A slot)은 예약 확인이나 사용자 정보 슬롯 할당에 이용되며 이 메시지에 우선 순위를 표시하는 것이 필요하다. 일단 사용자 정보 슬롯이 성공적으로 할당이 되면 이동 단말은 큐에 남은 음성 패킷은 각 전송 프레임에 예약된 슬롯으로 전송되고 마지막 음성 패킷을 전송하면 예약된 슬롯은 해지되고 다른 이동 단말이 이 슬롯을 사용할 수 있다. PRMA++에서도 예약 슬롯을 잡을 때 충돌이 발생하기 때문에 충돌을 줄이고 트래픽별 QoS를 만족하는 D-PRMA++ 프로토콜을 제안한다.

2.2 개선된 D-PRMA++ MAC 프로토콜

무선 ATM의 매체 접근 제어를 위한 요구사항을 기본적으로 만족하기 위하여 다음과 같은 7가지의 프로토콜 설계 원칙을 고려하였다

- 중앙 집중식 동적 슬롯 할당
- ATM 서비스 품질 요구사항 보장
- 간단한 MAC 프로토콜을 제안해서 채널 효율성 및 시스템 성능 향상
- 안정성과 지연 시간 보장
- 통제적 다중화를 극대화 할 수 있는 슬롯 할당 방식 설계
- 이동 단말의 전력 소모 최소화
- 한 이동국에 할당된 여러 개 슬롯을 하나의 연속적인 버스트(연속 슬롯의 통합 버스트)로 전송함으로써 동기화 및 기타 오버헤드를 최소화 할 수 있음

2.2.1 D-PRMA++ 매체 접근 제어 구조

◆ 프레임 구조

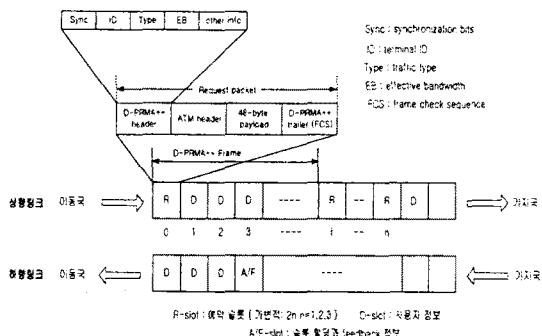


그림 2. D-PRMA++ 프레임 구조

Sync : 동기화를 맞추는 비트, ID : 단말의 고유번호, Type : ATM 트래픽 종류, EB : 요구하는 대역폭, A/F-slot : 할당된 슬롯과 피드백 정보(idle, success, collision)를 보내주는 슬롯

2.2.2 이동국 측면 MAC 프로토콜

◆ 알고리즘

이동국에서 기지국 측으로 데이터를 전송하기 위해 예약 슬롯에 예약을 하는데 이때 충돌을 최대한 방지하기 위해 재전송 확률 $P(t+1)$ 과 예약 슬롯 개수를 동적으로 변환하는 방식을 제안한다. 이동국에서 재전송 확률 $P(t+1)$ 과 예약 슬롯 개수를 결정하는 기준은 기지국에서 이동국으로 피드백(Feedback) 되는 정보 가지고 판단하는데, 피드백 정보는 idle, success, collision 3가지이다. 아래 조건에 따라 이동국의 전송 상태가 결정된다.

1. idle : idle인 경우 예약 슬롯이 비어 있기 때문에 타임 슬롯(time-slot) 시점에서 재전송 확률을 $P(t+1) = 2P(t)$ 로 하고 난 후 예약 슬롯 개수를 $2n$ ($n=1, 2, 3$) 만큼 감소
2. success : success인 경우 예약 슬롯이 평균적으로 안정화 되어 있는 상태이기 때문에 재전송 확률 $P(t+1) = P(t)$ 이 변화가 없고 예약 슬롯 개수도 변화가 없다.

3. collision : collision인 경우 예약 슬롯이 busy 하기 때문에 예약 슬롯 개수를 $2n$ ($n=1, 2, 3$) 만큼 증가하고 난 후 재전송 확률을 $P(t+1) = P(t)$ 로 한다. 충돌이 난 경우 재전송 확률을 감소해야 하는데 슬롯을 증가시키기 때문에 재전송 확률에 변화가 없게 했다.

◆ 흐름도

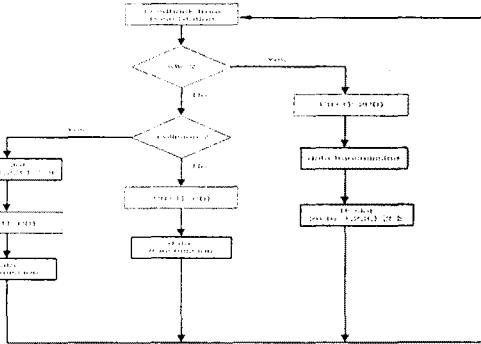


그림 3. 이동국측 흐름도

2.2.3 기지국 측면 MAC 프로토콜

ATM 포럼에서는 무선 ATM에서 제공하는 서비스들의 트래픽 품질 인자들의 값을 표 1과 같이 예시하고 있다. 실시간 트래픽은 셀 전송지연(CTD)에 매우 민감한 특성을 가지기 때문에 서비스 품질 인자 값을 매우 엄격하게 지켜야 한다.

표 1. 트래픽별 서비스 품질 인자

서비스 종류	트래픽 종류	CBR, rt-VBR	nrt-VBR	ABR
CLR (Cell Loss Ratio)	10^{-6} to 10^{-1}	10^{-6} to 10^{-6}	10^{-6} to 10^{-1}	
CDV (Cell Delay Variation)	< 1ms	Not specified	Not specified	
MCTD (Maximum Cell Transfer Delay)	2s to 10ms	10s to 500ms	Not specified	
PCR (Peak Cell Rate)	10Mbps to 32Mbps	-	-	10Mbps to 9.6Mbps
SCR (Sustainable Cell Rate)	6Mbps to 32Mbps	6Mbps to 32Mbps	-	-
BT (Burst Tolerance)	5MB to 2kB	1MB to 1kB	-	-

그리고 비실시간 트래픽인 경우는 전송지연은 어느 정도 허용되나 셀 손실률(CLR)을 엄격하게 제한되는 특성을 갖는다. [4.5] 모든 기지국에서 받은 정보를 트래픽별 QoS를 보장하기 위해 표 2와 같이 정한 우선순위에 따라 스케줄링 하여서 채널 할당하는 알고리즘을 제안한다. 흐름도에서 B는 이동국이 요구한 등가 대역폭이고 Bo는 사용 가능한 대역폭이다.

표 2. 트래픽 종류에 따른 서비스 품질 인자

우선순위 (P)	서비스 클래스
P=1	CBR, rt-VBR
P=2	nrt-VBR
P=3	ABR
P=4	UBR

ATM에서의 CBR, rt-VBR, nrt-VBR 및 UBR 등과 같이 다양한 서비스들을 동일한 MAC 프로토콜의 틀에서 수용하기 위해서는 이들이 갖는 상이한 트래픽 특성과 지역 요구 성능 등을 동시에 고려한 스케줄링을 고려하였다. 예를 들어, 셀의 발생이 주기적인 CBR 트래픽의 경우에는 최대 허용 가능한 지터링(jittering)의 범위 내에서 고정적인 슬롯 할당을 수행하고, 셀의 발생이 가변적인 VBR 트래픽의 경우에는 이동국의 순서적 트래픽 발생 특성과 대기 행렬 지연 시간 등과 같은 동적 파라미터(dynamic parameter : DP)를 기반으로 설정된 우선권에 따라 수평적으로 슬롯을 할당하였

다.[1]

또한, 허용 가능 최대 지연 시간에 대한 제한이 없는 UBR 트래픽의 경우에는 best effort에 의해 전송이 가능하므로, 우선권이 높은 CBR과 VBR 트래픽의 할당 후 남는 슬롯을 이용하여 경쟁 방식으로 전송한다. 우선순위가 높은 트래픽이 요구한 대역폭이 부족한 경우 우선순위가 제일 낮은 UBR 슬롯을 release 한다.

◆ 흐름도

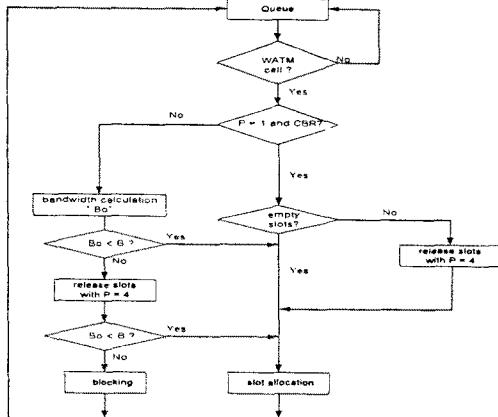


그림 4. 기지국측 흐름도

3.1 성능 평가

모의 실험에 사용된 시스템 인자는 표 3과 같다. 제안한 무선 ATM에서 서비스 품질을 보장하는 매체 접근 제어 프로토콜의 성능을 평가하기 위한 척도로서 트래픽 전체 부하 (ρ :Overall load)에 따른 서비스 처리율, 평균 셀 전송 지연 값을 사용하였으며, 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다.

표 3. 모의 실험에 사용된 시스템 인자

인자	값
제작 속도	25 Mbps
MAC 패킷 길이	140.625 bits
MAC 사용자 정보	80 bits
프레임 당 슬롯 수	780 개
RES 속봇 수	기반적
프레임 전송 시간	5 ms
전송 Byte/초	1,560,000
무선 ATM 셀 전송시간	0.0000064 초

$$\cdot \text{처리율} = \frac{\text{총 발생 데이터 셀 수} - \text{총 손실 셀 수}}{\text{총 발생 데이터 셀 수}}$$

$$\cdot \text{평균 셀 전송 지연} = \frac{\text{총 셀 전송 지연}}{\text{총 발생 데이터 셀 수}}$$

비교 방법은 DSA++ 방식의 성능 평가에 관한 자료로서 D. Petras 의 논문[6.7]에서 발표한 평균 셀 전송 지연 값을 인용하여 제안한 방식의 모의 실험에서 얻은 결과와 비교하였다.

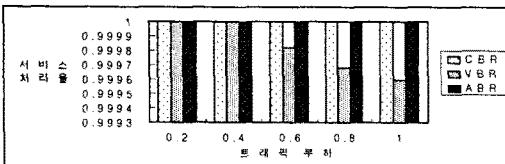


그림 5. 서비스 별 처리율

모의 실험 결과 서비스 처리율은 ρ 값이 증가함에 따라 rt-VBR 서비스의 경우는 떨어지지만, CBR이나 ABR 서비스의 경우는 계속적으로 1로 측정되었다. rt-VBR 서비스

의 경우는 요구한 서비스 품질 인자를 보장하고, 통계적 다중화 이득을 최대화하기 위하여 등가대역 개념을 이용한 슬롯 할당 방식을 사용하기 때문에 ρ 값이 증가할 경우 어느 정도의 셀 손실이 발생하여 서비스 처리율이 100%에서 점점 떨어지게 된다.

여기서 서비스 처리율이 1이라는 것은 서비스를 요청한 모든 트래픽의 무선 ATM 셀이 처리되었음을 의미한다. ρ 값의 변화에 따른 서비스 처리율을 그림 5에 나타냈다.

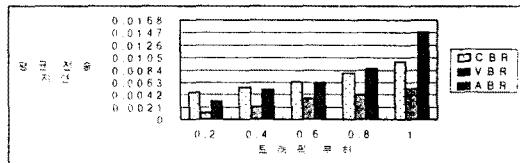


그림 6. 서비스 별 평균 셀 전송 지연

평균 전송 지연은 ρ 값이 증가함에 따라 모든 서비스들이 점진적으로 증가함을 보이고 있다. 제안한 방식에서 CBR 서비스의 평균 지연 시간이 VBR 서비스보다 큰 것은 CBR 서비스의 슬롯 할당은 기본적으로 한 프레임에 한 개의 슬롯을 주기적으로 할당하기 때문에 780개 슬롯에 대한 지연을 내포하고 있다. 반면에 VBR 서비스는 등가대역에 의해 슬롯의 개수를 정하여 할당하기 때문에 한 프레임 내에서 차지하는 슬롯의 개수가 수백 개가되어 CBR 서비스보다 지연시간이 상대적으로 작게 나타난다. ABR 서비스의 경우 ρ 값이 100%가 될 때 급격히 증가하는 것은 ABR 서비스의 특성상 ρ 값이 증가하면 무선 링크의 전체적인 가용 대역폭이 감소하기 때문에 평균 셀 율 이상으로 서비스하고 있던 대역폭을 반환하고 다시 평균 셀 율 이하로 서비스하기 때문에 평균 셀 전송 지연이 길어진다. 그림 6에 ρ 값의 변화에 따른 서비스별 평균 지연 시간의 변화를 나타냈다.

표 4. 제안한 방식과 DSA++ 방식과의 비교

방식	제안한 방식	DSA++
평균 셀 전송 지연	2.8ms 3.0ms 5.8ms	0.1ms 4.3ms 0.8s
전송速率	25Mbps	34Mbps
프레임 전송 보통	86%	86%
멀티미디어 트래픽 원	- 음성 : 64kbps - 비디오 : 6Mbps - 데이터 : 4.4Mbps + 1.5Mbps	- 음성 : 64kbps - 비디오 : 6Mbps - 데이터 : 64kbps ~ 1.6Mbps

제안한 방식과 DSA++ 방식의 성능을 비교한 결과 표 4에 나타낸 바와 같이 평균 셀 전송 지연 측면에서는 CBR 서비스의 경우 DSA++ 방식이 제안한 방식보다 약 1.7ms 작은 것으로 나타났으며, VBR 서비스 및 ABR 서비스의 경우 제안한 방식이 DSA++ 방식보다 각각 약 1.3ms, 0.79s 정도 감소한 것으로 나타났다. 이러한 비교 평가는 각각의 방식에 대한 모의 실험 환경 즉, 전송속도, 컴퓨터 환경 등이 매우 다르기 때문에 객관적으로 정확한 결과라고 할 수는 없으나 제안한 방식의 성능을 단편적으로나마 비교할 수 있는 결과로 참고할 수 있을 것이다.[9]

3. 결 론

제안한 방식은 ATM 포럼의 WATM WG에서 제시하고 있는 트래픽별 서비스 품질 인자인 셀 처리율과 셀 전송 지연을 만족시킴으로써 모의 실험을 실시한 가정 및 환경 하에서 서비스 품질을 보장한다는 것을 알 수 있었다. 향후 연구 과제는 첫째, 제안한 방식에서 CBR 트래픽의 평균 지연 시간을 좀더 개선할 수 있는 방법에 관한 연구가 필요하며 둘째, 모의 실험 시 보다 정확한 결과를 얻었수 있는 멀티미디어 트래픽 원에 대한 연구가 필요하다. 셋째, 이동 환경 하에서의 Handoff도 같이 연구 해 보아야 한다.

(참 고 문 헌)

- [1] ATM Forum BTD-WATM-01.06. Feb. 1998.
- [2] Dong Geun Jeong, Wha Sook Jeon,"Performance of an Exponential Backoff Scheme for Slotted-AL OHA Protocol in Local Wireless Environment", I IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 44, No.3, August 1995.
- [3] Lenzini.L, Meini.B, Mingozi.E, "An Efficient Numerical Method for Performance Analysis of Contention MAC Protocols:A Case Study (PRMA++)" ,IEEE journal on selected areas in communications, Vol.16, Issue 5 , 1998.
- [4] Oki.E, Yamanaka.N, "An optimum logical ATM network design method guaranteeing multimedia QoS requirement", IEEE Global Telecommunications Conference, Vol 1, 1995.
- [5] Chen, W.T, Lee.R.R, Lin.H.J, "A QoS-Guaranteed and Delay-Minimized Cell Multiplexing Method in ATM Networks", IEEE International Conference on Communications, Vol 3, 1998.
- [6] D. Petras and Andreas Kramling, "MAC protocol with polling and fast collision resolution for an ATM air interface", IEEE ATM workshop '96, Aug. 1996.
- [7] D. Petras, "Medium Access Control Protocol for transparent ATM Access in MBS", RACE Mobile Telecomm.Summit, Cascais, Portugal, Nov. 1995.
- [8] Yonggang Du, Christoph, Klaus Peter May, "Wireless ATM LAN With and Without Infrastructure", IEEE Communications Magazine, April 1998.
- [9] J. Sanchez, Ralph martinez and Michael W.Marcelline,"A Survey of MAC Protocols for Wireless ATM", IEEE Network, Nov. 1997.
- [10] 강충구, "Wireless ATM에서의 매체 접근 제어", 한국통신학회지, 제15권, 제 2호, pp.61-81, 1998년 2월.