

무선 ATM 망을 위한 매체 접근 제어 프로토콜 설계

강용운, *여현

*순천대학교 정보통신공학과

Design of MAC protocol for Wireless ATM Networks

Yongun Kang, *Hyun Yoe

*Dept. of Computer & Communication Eng., Suncheon National University

요 약

In this study we modify the PRMA for supporting various types of traffic classes such as CBR, VBR, ABR and UBR. For uplink, we use reservation slots and so the performance will not degrade in case of over load conditions. For downlink broadcasting slots for informing the status of slot reservations are used and so the high priority terminal can preempt. And we use almost same size buffer as the frame size. So we can dynamically deal with the traffic changes of VBR terminals. It makes easy for the terminals to reserve supplementary slots. Each terminal is reallocated by the priority of traffic classes and so we can easily select the dropping packets in case of overload conditions.

As a result, using our scheme, we can get high channel efficiency and get low packet dropping ratio and delay.

제 1 장 서론

고속으로 다양한 형태의 서비스를 지원하도록 설계되는 ATM 망이 현재 활발히 연구되고 있다. 여기에 무선 사용자들의 고속 멀티미디어 서비스 요구를 충족시키기 위하여 무선 ATM이 출현하였다. 이에 관한 개념의 정립과 체계적인 구조 등에 대해서는 현재 ATM 포럼을 중심으로 논의가 진행되고 있다. 그중에 MAC(Medium Access Control) 프로토콜의 개발이 현안이 되고 있다. 무선 ATM의 MAC 프로토콜에서는 음성, CBR, VBR, ABR, UBR 서비스를 모두 지원할 수 있어야 한다. 따라서 본 논문에서는 다양한 멀티미디어 트래픽 형태의 서비스가 가능하도록 MAC 프로토콜을 설계하여 무선 ATM을 위한 MAC 프로토콜 기준을 마련하고자 한다.

기존의 패킷 라디오 망에서 사용되던 MAC 프로토콜들은 크게 랜덤 액세스 방식과 제어 액세스 방식으로 나뉘어진다. 랜덤 액세스 방식에는 ALOHA와 그 처리용 성능을 두 배로 증가시킨 슬롯화 된 ALOHA, 그리고 CSMA(Carrier Sense Multiple Access) 방식 등이 있다. 예약을 기반으로 하는 제어 액세스 방식에는 예약용 슬롯을 별도로 할당하는 ALOHA-Reservation 방식과 별도의 예약 슬롯을 할당하지 않는 Reservation-ALOHA 방식이 있다. 그 중 음성을 위주로하여 설계된 PRMA(Packet

Reservation Multiple Access)는 Reservation-ALOHA에 근기한 것이다. PRMA는 TDMA(Time Division Multiple Access) 기법과 Slotted-ALOHA 방식을 혼합한 것으로, 음성은 예약을 통하여 토크 스퍼트 구간에 안정적으로 서비스 받을 수 있도록 한 것이다. 여기에 비어있는 자원을 배워한 데이터가 사용할 수 있도록 하여 링크의 이용률을 증가시키는 연구들이 많이 진행되고 있다.

본 연구에서는 기존의 PRMA에 전용 예약 슬롯과 단말 버퍼 사용, 프레임 내의 트래픽 별 분류를 통하여 다양한 트래픽을 지원하고, 채널 사용 효율의 극대화, 패킷 손실의 최소화를 할 수 있다.

본 논문의 내용을 살펴보면 다음과 같다.

1장은 서론이고, 2장에서는 PRMA의 연구 동향에 대하여 간략히 소개하고 3장에서는 제안한 멀티미디어 지원 PRMA(multimedia supported PRMA) 프로토콜의 구성과 동작을 상세히 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통하여 제안한 기법의 성능을 고찰하고, 마지막으로 5장에서는 향후의 연구방향에 대하여 논의한다.

제 2 장 PRMA 프로토콜의 연구 동향

PRMA 프로토콜은 마이크로 셀 내부에 있는 여러 단말

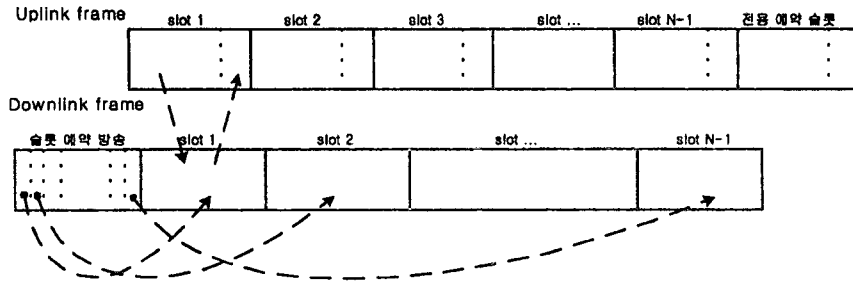


그림 1 상방향 프레임의 구조 및 동작

들이 하나의 기지국을 통하여 정보를 전송할 수 있는 방식으로 현재 음성과 랜덤 데이터 그리고 비디오 트래픽의 수용에 대하여 연구가 되고 있다. PRMA는 기존의 패킷 라디오 망에서 사용되던 TDMA기반 Slotted ALOHA의 변형으로 FDMA나 기타 다른 기법들보다 효율이 좋은 것으로 연구되고 있다. 또한 PRMA는 스타 토폴로지를 갖는 단일 양방향 무선 통신망을 위한 프로토콜로서 분산된 단말이 공유된 매체를 통하여 패킷화된 정보를 중앙의 기지국으로 전송할 수 있게 한다. 또한 단말의 정보를 '주기 정보'와 '랜덤 정보'로 구분하여, 음성과 같은 주기정보인 경우에는 그 패킷용과 동일한 비율로 프레임율 발생시켜 매 프레임마다 한 슬롯씩을 예약하여 주므로써 QoS를 만족시켜 준다. 그 외의 데이터들은 패킷마다 슬롯을 점유하기 위하여 매 슬롯마다 경쟁을 해야하는 구조로 되어 있으며, 데이터의 발생율이 음성의 발생율보다 높을 때에는 프레임당 두 개 이상의 슬롯을 경쟁 방식으로 점유할 수도 있다. 따라서 랜덤 데이터만이 사용된다면 PRMA는 Slotted ALOHA로 동작한다. 슬롯의 예약여부는 기지국에 의하여 처리된 후 바로 단말들에 방송되므로, 모든 단말들은 현 슬롯의 예약 상황을 즉시 알게 된다.

최근의 PRMA 연구들은 기본 PRMA에 새로운 트래픽을 지원하는 방안과 PRMA와 CDMA를 결합하는 방안으로 진행되고 있다.

PRMA에 ABR 트래픽을 추가한 Arbitrary PRMA 프로토콜은 ABR 데이터를 초기에는 최소한의 대역만을 할당해 주고, 잉여 대역이 존재하면 계속 그 전송율을 높여나갈 수 있도록 함으로 채널의 이용율을 높이도록 한 프로토콜이다. 그러나 ABR이외의 트래픽은 지원해 주지 못한다.

JCP 프로토콜은 PRMA와 CDMA를 결합한 프로토콜로서 radio 채널 접근시 CDMA를 사용한다. CDMA를 이용한 잇점을 충분히 활용하지 못한다.

그런 JCP의 단점을 보완한 HCP 프로토콜은 JCP의 프레임율을 세 부분으로 나누어 슬롯의 충돌 확률을 줄이도록 하였다.

제 3 장 새로운 무선 MAC 프로토콜

신형적인 PRMA는 음성 위주이므로 VBR 등의 트래픽

양이 가변적인 때는 사용자 수 제어 뿐 아니라 채널 활용도 면에서 매우 불합리하다. 그래서 전형적인 PRMA를 개량하기 위하여 많은 프로토콜들이 제안되었다. 그러나, 대부분의 변형 PRMA들은 음성과 ABR 등의 어느 특정 데이터 전송에만 중점을 두었으며, VBR의 지원은 매우 미흡하였다. 본 논문에서 제안한 멀티미디어 지원 PRMA(multimedia supported PRMA)는 음성 및 CBR, ABR, UBR의 지원 뿐 아니라, 단말의 버퍼를 이용한 수평 예약 방식을 채택함으로써 VBR을 유연하게 지원하도록 하였다. 또한, 트래픽 변화를 동적으로 수용하기 위하여 각 트래픽 별로 프레임 내 슬롯 순서를 세배치함으로 지연에 민감한 단말의 새로운 슬롯 예약이나 추가 예약시, 기지국이 채널 사용을 확대화 하고 패킷 폐기율을 최소화할 수 있는 스케줄링을 가능하게 하였다.

3.1 새로운 MAC 프로토콜의 프레임 구조

상향 링크와 하향 링크의 프레임 용과 크기는 동일하다. 상향 링크는 전체 N개의 슬롯 중 N-1개는 데이터 전송 및 단말 예약 슬롯을 겸하고 단지 한 개의 전용 예약 슬롯을 갖는다. 하향 링크도 상향 링크와 동일한 수의 슬롯을 가지며, N-1개의 슬롯은 예약 전송을 수신시 예약 전송 요청에 대한 ACK를 방송하며, 데이터 전송 시는 데이터를 방송한다.

상향 링크에서 각 슬롯은 데이터를 전송하는 부분과 각 단말들의 슬롯 사용을 검사하는 ACK 수신 영역으로 나뉜다. 그러나 실제 ACK 수신 영역은 매우 짧은 영역이고 슬롯간의 보호대역 역할도 수행한다.

기지국에 의해 단말들을 트래픽과 라이프 타임, BER 등의 파라미터로 구분한 다음 새로운 순서대로 스케줄링하여 SRB(슬롯 예약 방송) 슬롯에서 방송한다.

3.2 알고리즘 동작

상향 링크에서 단말들의 예약 수행 동작은 다음과 같다.

- (1) 슬롯 점유를 원하는 단말은 먼저 슬롯 예약 요청을 위해 자신의 트래픽 클래스 정보와 첫 번째 데이터 블록 기지국으로 전송한다.

- ② 기지국은 슬롯 예약 요청이 올바르게 수신되면, 바로 단말에게 예약이 수신되었음을 알린다.
- ③ 단말은 기지국으로부터 수신 대기라는 ACK를 받으면, 자신에게 할당된 슬롯을 확인하기 위하여 SRB(슬롯 예약 방송)을 청취한다.
- ④ 할당된 슬롯을 통하여 자신의 버퍼에 있는 데이터를 전송하고, 버퍼가 빌 경우 예약 했던 슬롯을 반환한다.

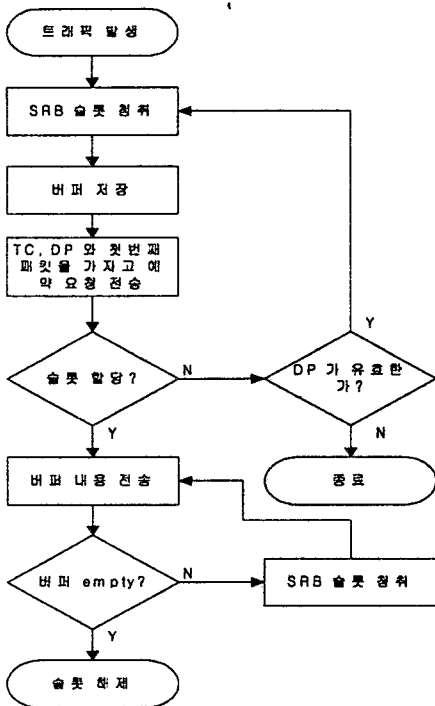


그림 2 단말의 슬롯 예약 및 전송 동작

3.3 슬롯 스케줄링

단말들을 프레임 내에서 다시 스케줄링 함으로 각 단말별 재 전송 횟수의 제한이 가능해 지고, 긴급한 전송을 요하는 단말이 지연에 민감하지 않은 데이터들 가진 단말을 제치고 슬롯을 선점할 수 있으며, VBR 트래픽의 급격한 슬롯 확보 요구에도 유연하게 대응할 수 있다.

Voice	CBR	VBR	ABR	예약 가능 슬롯
-------	-----	-----	-----	----------

그림 3 슬롯 스케줄링의 예

슬롯 스케줄링의 동작은 다음과 같다.

- ① 기지국에서 수신한 단말들을 단말 리스트에 저장한다.
- ② 각 단말들을 트래픽 별, 잔여 라이프 타임, BER 등의

요소를 고려하여 등위될 때까지. 단, 식 값이 동일할 경우 임의대로 매긴다.

- ③ 음성, CBR, VBR 등의 순서대로 순위를 매기고, 남은 부분은 ABR과 예약 가능한 빈 슬롯으로 분류한다.
- ④ 음성, CBR, VBR의 신규 단말 도착이나 VBR의 슬롯 추가 예약 요청이 도착하였을 경우 빈 슬롯의 여분이 없으면, ABR 데이터 중 앞쪽의 슬롯들부터 예약이 해지되고 재전송 요구분 ABR 단말에게 전송한다.
- ⑤ 매 프레임마다 위와 같은 동작을 수행한다.

음성과 CBR의 경우 잔여 슬롯이 있으면 허용확률이 따라 단말의 지원 여부를 결정하나 VBR의 경우 평균 전송율(SCR)을 충족시키는 슬롯들이 남아 있다고 해서 VBR의 셀 손실율이나 최대 셀 전송 지원등의 파라미터를 만족시킬 수 없다. 그러므로 VBR의 경우 i번째 단말이 예약을 하기 위해서는

$$\text{if } \text{getDelay}(\text{Term}[i]_{SCR}, \text{Term}[i]_{PCR}) \leq \text{max CellDelay then term}[i] \text{ reserves slots}$$

본 논문에서는 단말의 스케줄링을 그림 3의 경우처럼 Voice > CBR > VBR > ABR > UBR 등으로 분류한 다음 각 트래픽 별로 최대 패킷 지연 시간과 라이프 타임, 예약 순서 등을 고려하여 보다 자세하게 우선 순위를 설정한다. 그러나, 이상적인 스케줄링을 위한 수학적 접근은 이 다음에 다루기로 한다.

제 4 장 시뮬레이션

채널당 720Kbps의 용량은 음성 단말 지원 과 ABR등의 데이터 단말 지원에는 부족함이 없는 용량이나 CBR의 비약속 화상 회의나 VBR 동영상 데이터를 전송하기에는 매우 부족한 용량이다. 이전의 연구에서 채널당 720Kbps의 용량을 가진 경우에 대한 시뮬레이션을 행한 결과를 그림 4에 보였다.

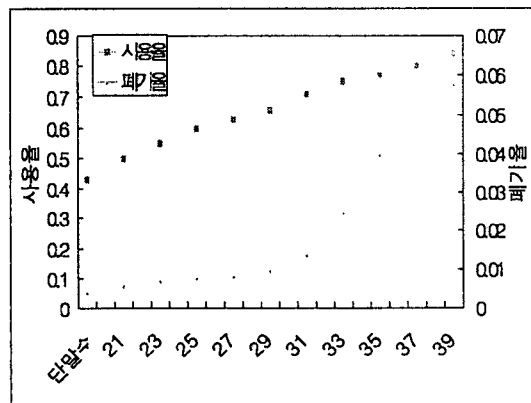


그림 4 단말수의 증가에 따른 채널 이용률과 패킷 손실률

그림 4는 단말 수의 증가에 따른 채널의 이용률과 패킷 손실률의 관계를 나타낸다. 전형적인 PRMA에서는 음성

허용율을 0.3으로 하고 패킷 폐기율을 0.01로 제한했을 경우, 최대 26개의 단말만을 지원한다. 그 때의 채널 이용율은 70% 정도 밖에 안된다. 그러나 본 논문에서 제안한 mPRMA(multimedia supported PRMA)는 동일한 조건하에서 최대 30개의 음성용을 지원하며 그때의 채널 이용율은 70% 안팎이다.

앞서 언급한대로 채널당 720Kbps의 용량은 CBR 유형의 비약속 화상 회의나 VBR 동영상 데이터 전송하기에는 매우 부족한 용량이다. 그러므로, 다양한 트래픽 클래스의 단말들을 원활하게 지원하기 위하여 그림 5와 같이 채널 용량을 25Mbps로 늘려서 시뮬레이션 하였다.

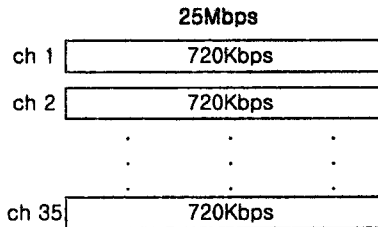


그림 5 시뮬레이션에 사용된 채널

또한, VBR 트래픽의 경우, MPEG1은 I, P, B 프레임으로 화면은 구성한다. 그림 6에서 프레임율이 가장 높고 간격이 넓은 막대가 I 프레임, 프레임율이 I 프레임 다음인 것이 P 프레임, 프레임율이 가장 낮고, 매우 자주 발생하는 것이 B 프레임이다. 또한 일반적으로 GOP(Group Of Picture)는 0.5초 간격으로 발생하고, 한 화면은 수개에서 수십개의 GOP로 이루어진다. 위와 같은 조건에 의해 발생하는 VBR 트래픽은 그림 6과 같다.

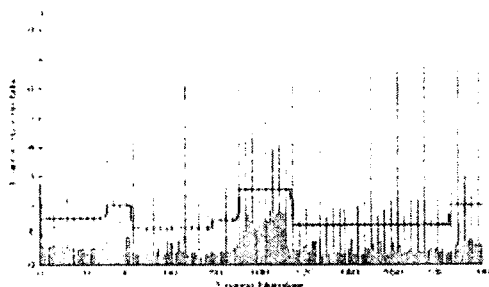


그림 6 VBR 트래픽 발생량과 평균 비트 발생량

시뮬레이션을 위한 나머지 파라미터들은 기존 PRMA 해석에서 사용된 파라미터들을 사용하였다.

파라미터	값	
채널 속도	25Mbps(720kbps*35 ch)	
프레임 크기	ch 당 16 msec	
프레임당 슬롯 수	20 개	
슬롯 기간	0.8 msec	
음성 김춘기	fast	
시뮬레이션 시간	108,000 sec	
Voice	CLP	0.01
	Lifetime	2 frame
	허용확률	0.3
	평균 Talk	1
	평균 Silent	1.35
CBR	BER	10E-3
	Lifetime	6 frame
	허용확률	0.3
	대역폭	32kbps * n < 15.36Mbps (320 x 240 x 16bit x 15 frm)
VBR	BER	10E-6
	Lifetime	3 frame
	허용확률	
	PCR	Variable
	SCR	Variable
ABR	BER	10E-6
	Lifetime	[2 x total_slots] frame
	허용확률	0.015
	전송율	1Kbps 이상 32Kbps 미만
UBR	BER	10E-9
	Lifetime	[50 x total_slots] frame
	허용확률	0.045
	전송율	1Kbps 이상 32Kbps 미만

표 1 시스템 파라미터 값

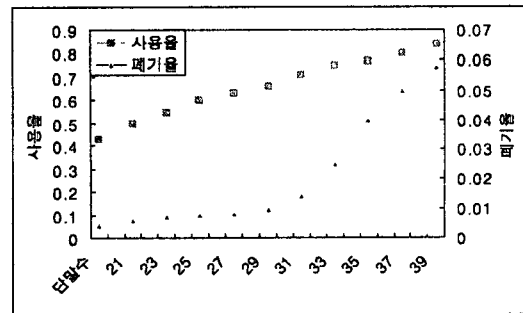


그림 7 단말수의 증가에 따른 채널이용율과 패킷폐기율 (720Kbps ch당)

그림 7은 720Kbps 채널 당 단말 수의 증가에 따른 채널의 이용율과 패킷 폐기율의 관계를 나타낸다. 전형적인 PRMA에서는 음성 허용율을 0.3으로 하고 패킷 폐기율을 0.01로 제한했을 경우, 최대 26개의 단말만을 지원한다. 그때의 채널 이용율은 70% 이상이 된다. 그러나 본 논문에서 제안한 mPRMA(multimedia supported PRMA)는 동일한 조건하에서 최대 27개의 음성용을 지원하며 그때의 채널

이용율은 70% 안이나. 그러므로, 25Mbps에서는 단 채널 시 보다 더욱 효율적이고 많은 수의 단말을 지원해 준다.

[8] "Impact of ATM switch architectures on CBR video performance". S. Zeadally, Elsevier Computer Communications, 23, 2000

제 5 장 결론

초고속 무선망을 위한 무선 MAC 프로토콜에서는 멀티미디어 트래픽을 통합적으로 수용하기 위하여 능적인 슬롯 할당 알고리즘이 필수적으로 사용된다. 이 알고리즘으로 무선 환경에서도 ATM의 각 서비스 클래스별 요구 사항을 최대한 만족시킬 수 있다. 또한 능적인 슬롯 할당을 위한 알고리즘으로 단말 내에 프레임 크기의 버퍼를 사용하여 채널 효율을 극대화 하였다.

시뮬레이션에서 보는 바와 같이 본 연구에서 제안한 프로토콜을 사용한 경우 동일 채널 사용율 일 경우보다 더 많은 단말을 수용할 수 있었다. 또한, 다양한 트래픽 단말들이 채널을 사용할 경우에도 채널 이용율 폭주로 인한 패킷 폐기율의 증가가 급증하지 않았다.

현재 multimedia supported PRMA 프로토콜을 보다 효율적으로 만들기 위하여 최적의 단말 스케줄링을 연구하고 있으며, 초고속 무선망의 표준에 적합하도록 방향을 모색하고 있다.

참고문헌

- [1] "Efficiency of Packet Reservation Multiple Access", D.J.Goodman, Sherry X.Wei, IEEE Transactions on Vehicular tech., VOL.40, NO.1, February, 1991, pp.170-176
- [2] "Packet Reservation Multiple Access protocol for cellular systems", Honghui Qi,
- [3] "A MAC protocol for wireless ATM systems", B.Van Houdt, C.Blondia, O.Casals, J.Garcia, and D.Vazquez., Proc. of the 16-th ITC, Edinburgh, UK, 1999
- [4] "Implementing distributed and dynamic resource allocation in WATM", Christian Sinner, Michael Wolf, Elsevier Computer Networks 31, 1999, pp.943-957
- [5] "VBR video traffic management using a predictor-based architecture", G.Chiruvolu, R.Sankar, N.Rangathan, Elsevier Computer Communications 23, 2000, pp.62-70
- [6] "Performance Evaluation of the Wireless ATM MAC", Hyun Yoe, Yongun Kang, Proc. 14th ICOIN, January, 2000
- [7] "A New Multi-Level Statistical Model for Variable Bit Rate MPEG Sources over ATM Networks and Its Performance Study", Sang-Jo Yoo, Seong-Dae Kim, Elsevier Computer Communications, Mar, 2000