

무선 멀티미디어 서비스를 위한 예약 기반의 MAC 프로토콜 성능분석

지성규*, 김형민*, 석정봉*, 정해원**
연세대학교 전산학과*, 한국전자통신연구원**

An Analysis of the Reservation-based MAC Protocol for Wireless Multimedia Service

Sung-Kyu Ji*, Hyung-Min Kim*, Jung-Bong Suk*, Hae-Won Jung**
Dept. of Computer Science, Yonsei Univ.*, ETRI**

요약

ATM을 기반으로 하는 광대역 무선 멀티미디어 환경에서의 다양한 트래픽의 수용을 위한 MAC 프로토콜로서 TDMA 기반의 예약 방식이 많이 연구되고 있다. 본 논문에서는 기존의 예약 기반 MAC 프로토콜의 고찰을 통하여, 다양한 트래픽의 수용에 따른 QoS의 고려와 함께 전송대역의 효율을 극대화 할 수 있도록 프레임 구조에 있어 기지국과 단말간의 요구 전송 피드백의 시간지연을 최소화로 유지하고, 순·역방향간의 동적 비대칭을 구현하는 MAC 프로토콜을 제안한다. 또한 요구 전송 단계에서의 개선 방안으로 충돌로 인한 오버헤드를 줄이고 트래픽에 따른 차별화로 QoS를 고려하는 등의 방식을 제안하고 각각의 성능분석을 수행하고, 충돌시 선택적 재전송 프로토콜의 사용으로 인한 MAC 프로토콜의 개선율 성능분석으로 보인다.

1. 서론

무선 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 ATM (Asynchronous Transfer Mode)을 기반으로 하는 유선의 광대역 ISDN(Integrated Service Data Network)을 무선 구간으로 확장하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 유·무선 구간에서의 전송특성을 살펴보면 낮은 오류율과 높은 전송속도를 특징으로 하는 유선구간과는 달리 무선 구간에서는 높은 전송 오류와 낮은 전송속도를 보인다[1]. 따라서 무선 사용자 단말들의 무선 구간을 통한 망 접속을 고려할 때, 유·무선 구간의 전송 특성 차이를 극복할 수 있는 MAC 프로토콜에 대한 연구가 시급한 문제로 대두되고 있으며, 현재 무선 MAC 프로토콜에 관한 연구로써 유럽을 중심으로 TDMA를 기반으로 하는 방식이 활발히 연구되고 있다

ATM-Forum에서는 다양한 전송요구를 갖는 트래픽을 CBR, VBR, ABR, UBR 등의 범주로 구분하였으며, 무선 멀티미디어 서비스를 위한 MAC 프로토콜은 이러한 다양한 트래픽을 수용하여야 한다[2]. 따라서 패킷 무선망에서 출발한 무선 MAC 프로토콜에 관한 연구는 초기 PRMA 방식에서와 같이 실시간 트래픽의 수용을 위하여 연속적으로 슬롯을 예약하는 방식을 사용한다.

PRMA 프로토콜[3]은 TDMA 방식에 Slotted ALOHA 방식을 혼합한 형태로 볼 수 있는데, 음성 패킷에 한하여 예약을

허용함으로써 기존의 데이터 패킷에 음성 패킷의 수용을 목적으로 하였다. 따라서 보다 다양한 서비스 트래픽의 수용에는 한계가 있다. 이를 확장한 방식으로 Centralized PRMA 프로토콜에서[4]는 중앙의 제어를 통하여 선택적으로 예약을 허용함으로써 다양한 트래픽의 수용을 꾀하였다. 또한 전송의 요구 단계에서의 충돌로 인한 오버헤드와 예약 전송의 마지막 한 슬롯의 낭비를 줄이기 위하여 전송요구 단계에서는 제어 정보만을 전송하고 예약 단말의 전송 완료를 알리는 제어 정보를 패킷내에 삽입하는 방식을 사용하였다. DQRUMA 프로토콜[5]에서는 요구 전송 단계에서의 충돌 확률을 줄이기 위하여 버퍼가 비어있는 상태에서 패킷이 발생한 단말만이 요구 신호를 전송하고 버퍼에 패킷이 있는 단말은 피기백(Piggyback)을 통하는 방식을 사용하였다

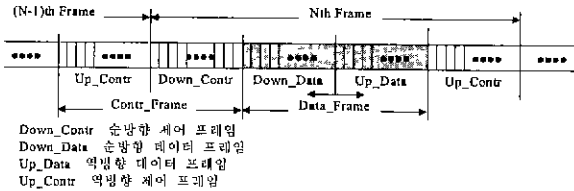
무선의 환경에서는 패킷의 충돌을 즉시 감지하기가 어려워서 충돌의 발생은 전체 MAC 프로토콜의 성능을 크게 저하시킨다. 따라서 본 많은 논문에서는 다양한 트래픽의 QoS의 고려와 함께 충돌로 인한 오버헤드를 줄이는 방안으로 데이터 프레임 상에서 트래픽에 따른 차별 전송과 함께 요구 전송 단계에서도 차별화를 제안하고 성능분석을 수행하였다.

서론에 이어 2장에서는 본 논문의 성능분석에서 사용한 MAC 프로토콜[6]의 프레임 구조를 설명하고, 3장에서는 요구 전송 단계에서의 차별성을 둔 개선방안들을 제안한다 마지막

으로 4장에서는 같은 MAC 프로토콜의 프레임 구조상에서 제안된 요구 전송 방식을 적용하여 성능분석을 수행하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 프레임 구조

중양 집중화된 환경에서의 MAC 프로토콜은 크게 다음과 같은 종류의 메시지를 갖는다. 순방향 제어 정보와 데이터 그리고 역방향 제어 정보와 데이터이다. 즉, 하나의 프레임은 4개의 서브프레임으로 구성되며, [그림 1]에 나타나 있다.



[그림 1] 프레임 구조

전체 프레임은 고정된 크기의 TDMA/TDD의 형태를 가지며 순·역방향 데이터량에 따라서 데이터 프레임의 경계는 기지국에 의하여 재배열 가능하다.

프레임의 시작은 동기화와 데이터 프레임의 할당 결과를 방송하는 순방향 제어 프레임(Down_Contr)으로 시작한다. 전체적으로는 순방향 프레임과 역방향 프레임이 분리되어 단말에서의 송, 수신모드간의 전환을 프레임 기간동안 최소치인 1번으로 유지하였다. 이로써 송, 수신모드간의 전환에 따르는 추가적인 오버헤드는 없다 또한 데이터 프레임 동안 해당 단말을 제외한 나머지 단말들은 핸드오프 등의 추가적인 지원이 가능한 슬립모드를 유지할 수 있는데, 이때, 프레임 구조에서 데이터 프레임과 제어 프레임이 분리되어 슬립모드 시간을 극대화할 수 있다. 프레임의 마지막에는 역방향 제어 프레임이 전송되는데, 여기서 각 단말이 전송에 대한 요구신호를 전송하게 된다. 각 단말의 요구신호는 기지국의 중계를 통해서, 이어지는 다음 프레임의 첫 번째 서브 프레임인 순방향 제어 프레임을 통해 응답을 하게된다. 결과적으로 단말과 기지국간의 다른 서브프레임으로 인한 시간지연 없이 전파지연시간만큼의 지연만이 필요하게 된다.

성능분석에 사용한 데이터 프레임의 슬롯 할당 정책은 다음 식(1)에 따른 우선 순위를 사용하였다.

$$Priority = \frac{QueueLength}{FirstCellRemainTime} \quad (1)$$

제어 프레임의 경우는 미니슬롯의 사용으로 제어 신호만을 전송하고, 데이터 프레임의 경우는 순방향, 역방향 공통적으로 데이터 셀을 전송하게 되며, 실시간 트래픽의 경우 역방향 데이터 프레임 상에 예약에 관한 정보를 함께 전송할 수 있다. 제안된 방식에서는 데이터 셀과 함께 예약정보를 같은 슬롯 내에 전송하는 인밴드(inband) 방식을 사용하며 셀의 구성에 포함시키게 되는 피기백(piggyback) 방식과, 별도의 제어정보를 위한 서브프레임(슬롯)을 만들어 각 단말에 해당하는 제어 정보를 묶어 함께 전송하는 방식인 서브슬롯 방식에 비하여 패킷

의 일관성을 유지할 수 있다는 장점과 한번의 송신모드 전환으로 데이터 전송을 완료할 수 있다는 장점이 있다.

순방향과 역방향 데이터 프레임의 슬롯의 비율은 전적으로 역방향 데이터의 수에 의존하며 성능분석에서는 공통적으로 다음의 수식(2),(3)을 사용하였다.

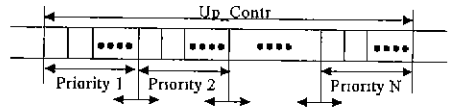
$$UpDataSlots = RemainReqs + ReserveReqs + ArriveReqs(2)$$

$$DwDataSlots = TotalDataSlots - UplinkDataSlots \quad (3)$$

3. 개선된 요구 전송 방식

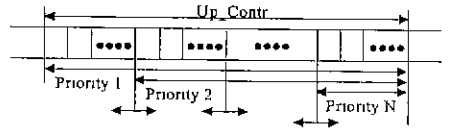
각 단말은 역방향 제어 프레임의 미니슬롯을 사용하여 데이터 프레임의 사용을 요구할 수 있다. 이때의 요구정보는 기지국에서 슬롯할당정책의 파라미터가 되며 또한 다음번 역방향 제어 프레임상의 요구슬롯의 비율을 결정짓는 중요 요소가 된다.

우선 첫 번째로 고려되는 방식은 각 단말이 요구신호의 전송 시에 요구하는 서비스의 클래스에 따라 요구신호를 전송할 수 있는 미니슬롯의 위치를 달리하는 방식이다([그림 2] 참조).



[그림 2] 차별화된 요구 슬롯 배치 1

두 번째로 고려되는 방식은 낮은 우선순위의 트래픽이 수록 적은 수의 미니슬롯을 할당하는 방식이다([그림 3] 참조).



[그림 3] 차별화된 요구 슬롯 배치 2

여기서 두가지 방식은 모두 각 이웃하는 미니슬롯들과의 경계를 이전 프레임의 정보에 따라 재배열이 가능하다. 본 논문에서의 성능분석에서는 동일하게 다음의 식(4)에 따라 각 트래픽들의 수치를 구하는데, k는 0부터 N까지의 값을 가지며 Priority 1부터 N의 트래픽이 (N-1)부터 0의 값을 순차적으로 갖는다. 성능분석에서 N은 2를 사용하였다 이렇게 얻어진 수치의 비율로써 요구 슬롯의 수를 구한다.

$$Factor = ConflictSlots \times 2 - EmptySlots + k \quad (4)$$

4. 성능분석

본 논문에서의 성능 분석은 Slotted ALOHA 방식과 개선된 요구 전송 방식 1, 2를 같은 MAC 프로토콜 프레임 구조에 대응시켜 그 성능을 분석한다 시뮬레이션에 사용된 시스템과 트래픽의 각 변수들은 [표 1]에 나타나 있다.

[표 2]에서는 시뮬레이션을 통한 제안된 요구 전송 방식1, 2와 Slotted ALOHA 방식간의 요구 전송의 블러킹 비율을 나타낸다. 이때, 블러킹은 3번으로 설정된 재전송 횟수를 초과한 요구 신호로 정의한다. 여기서의 값들은 Slotted ALOHA 방식의

전체 전송 요구 블리킹의 값을 100로 했을 때의 상대적인 값이고, ()안의 수치는 슬롯당 요구신호를 전송할수 있는 단말의 수치 비율을 나타낸다.

[표 1] 시뮬레이션 변수

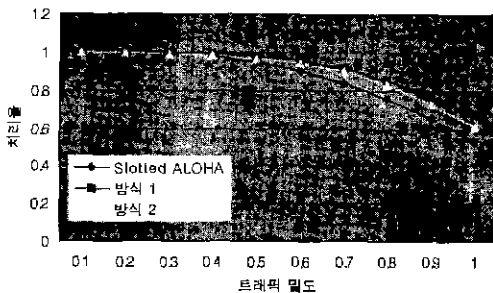
대역폭	25Mbps
프레임 길이	1msec
데이터 슬롯의 수	30
요구 슬롯의 수	8
전송 단말의 수	50
트래픽의 종류	2(실시간, 비실시간)
실시간 트래픽 비율	50%
실시간 트래픽의 평균 전송률	2Mbps
실시간 트래픽의 평균 전송률	2Mbps
평균 실시간 활성 시간	1sec
실시간 트래픽 허용 전송 지연	100msec
요구 신호 재전송 횟수	3 times
추가 요구 슬롯 수(N)	2

[표 2] 요구 전송 블리킹 비율

	Slotted ALOHA	차별화 된 요구 슬롯 방식 1	차별화 된 요구 슬롯 방식 2
실시간	50(0.5)	42(0.5)	27(0.25)
비실시간	50(0.5)	46(0.5)	80(0.75)
전체	100(1)	88(1)	107(1)

전체적으로 요구 전송 단계에서 블리킹은 방법 2가 가장 크게 나타났으나, 실시간의 경우에는 차별화의 구현이 Slotted ALOHA보다 나은 성능을 보였고, 방식 1에서 보다 방식 2에서의 비율이 작았다.

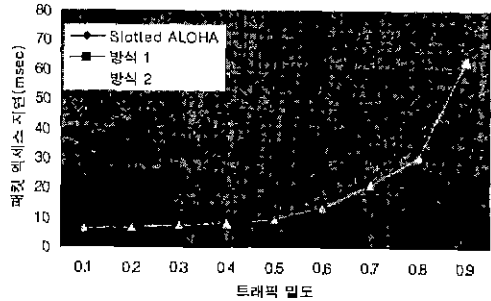
[그림 4]에서는 트래픽의 밀도에 따라 발생된 패킷의 처리율을 나타낸다. 전체적으로 트래픽의 밀도에 따라 처리율이 감소하고 있으며, 그 정도는 Slotted ALOHA 방식이 가장 크게 나타났다. 또한 트래픽에 따른 차별화를 둔 방식에서는 방식 1이 더 나은 성능을 보였다.



[그림 4] 발생된 패킷의 처리율

[그림 5]에서는 트래픽 밀도에 따라 각 패킷별로 발생된 후 전송이 시작될 때까지의 시간을 나타낸다. 여기서 방식 1은 보다 나은 성능 향상을 보인 반면 방식 2는 트래픽 밀도가 높

아질수록 Slotted ALOHA 방식과 유사한 성능을 나타내었다



[그림 5] 패킷 액세스 지연

5. 결론

본 논문에서는 동일한 프레임 구조 상에 요구 전송 프로토콜의 차별화를 구현하여 성능 분석을 수행하였다. 성능분석 결과 제안된 요구 전송 방식 1은 전반적으로 나은 성능을 보였고, 방식 2는 비실시간 트래픽의 큰 충돌 비율로 인하여 전체 트래픽의 시간 지연에는 큰 성능 향상을 보이지 않았으나 시간 지연에 민감하고 비교적 긴 시간동안 예약을 통하여 전송하게 되는 실시간 트래픽의 충돌을 피할 수 있어서 전체 효율면과 QoS 측면에서 성능의 향상을 보였다.

참고문헌

- [1] Anthony Acompora, "Wireless ATM:A Perspective on Issues and Prospects," IEEE Personal Communications August, 1996 Vol. 3 No. 4.
- [2] ATM Forum, "Baseline Text of WATM WG", ATM forum BTD-WATM-01.04
- [3] D.J.Goodman, R.A.Valenzuela, K.T.Gayliard, and B.Rananurthi, "Packet Reservation Multiple Access for Local Wireless Communications," IEEE Trans. on Commun., Vol. 37, No. 8, pp. 885-890, Aug. 1989.
- [4] D.Raychaudhuri, and N.D.Wilson, "ATM-Based Transport Architecture for Multiservices Wireless Personal Communication Networks," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol. 12, No. 8, pp. 1401-1414, Oct., 1994.
- [5] M.J.Karol, Z.Liu and K.Y.Eng, "Distributed-Queuing Request Update Multiple Access(DQRUMA) for Wireless Packet (ATM) Networks," International Conference on Communications(ICC'95) Conference Record, June, 1995, Seattle, USA.
- [6] 지성규, 김형민, 석정봉, "무선 ATM 환경에서 동적 프레임 구조를 갖는 효율적인 MAC 프로토콜의 성능분석," '98 한국정보과학회 춘계학술발표회 논문집, pp. 340-342, 1998년 4월.