

# 멀티미디어 환경에서 효율적인 음성 전송을 위한 WATM MAC 프로토콜

준희원 민구봉\*, 정희원 최덕규\*\*, 김종권\*

## A WATM MAC Protocol for the Efficient Transmission of Voice Traffic in the Multimedia Environment

Ku-bong Min\*, Dug-kyoo Choi\*\*, Chong-kwon Kim\* *Regular Members*

### 요 약

WATM(Wireless Asynchronous Transfer Mode) 네트워크에서 음성은 실시간 전송이 요구되는 주된 요소 중의 하나이다. 본 논문에서는 멀티미디어 환경에서 음성 트래픽을 효율적으로 전송하기 위한 새로운 매체접근제어(MAC: Medium Access Control) 프로토콜을 설계하고 성능을 평가하여 기존의 MAC방식과 비교한다. 새로 제안한 프로토콜은 상향링크(uplink)의 예약 슬롯구간(request slot period)을 음성 예약 슬롯구간과 비실시간 데이터 예약 슬롯구간으로 구분하고, 음성 트래픽에 대해서는 QoS(Quality of Service)를 보장할 수 있도록 프레임 크기에 따른 적절한 슬롯 할당함수를 제시하였다. 이때 MAC은 반복적으로 휴지(silent)상태가 된 음성 소스의 수에 비례하여 음성예약 슬롯을 동적으로 할당하고, 슬롯예약 시 데이터를 함께 보냄으로써 평균 접근지연시간을 줄일 수 있도록 한다. 시뮬레이션에 의한 성능분석결과는 제안한 MAC방법이 고정된 음성 예약슬롯을 가진 Slotted ALOHA 방법에 비하여 대역폭 사용효율이 높음을 보인다. 또한 음성 단말의 수가 변하는 동적 환경에서도 일정한 QoS를 제공할 수 있다. 이것은 모든 음성 단말에게 하나씩의 예약 슬롯을 할당하는 NC-PRMA(None Collision-Packet Reservation Multiple Access)프로토콜보다 향상된 성능을 가진다는 사실을 나타낸다.

### ABSTRACT

The voice traffic is one of the most important real-time objects in WATM(Wireless Asynchronous Transfer Mode) networks. In this paper, we propose a new MAC(Medium Access Control) protocol for the efficient transmission of voice traffic over WATM networks in the multimedia environment and compare the performance to existing similar protocols. The new protocol separates the reservation slot period for voice and that for data to guarantee some level of QoS(Quality of Service) in voice traffic. This is denoted by a slot assignment function depending on the frame size. According to the characteristics of voice traffic which is repeatedly in silent states, the protocol allocates voice reservation request slots dynamically with respect to the number of silent(off state) voice sources and also sends the first block of talkspurt restarted after silent period with a reservation request slot to reduce the access delay.

The simulation results show that the proposed protocol has better performance than Slotted Aloha in bandwidth efficiency, and can serve a certain level of QoS by the given slot assignment function even when the number of voice terminals varies dynamically. This means we can observe that the new MAC protocol is much better than the NC-PRMA(None Collision-Packet Reservation Multiple Access) protocol.

\* 서울대학교 전산학과(kmin@popeye.snu.ac.kr),

\*\* 아주대학교 정보 및 컴퓨터 공학부

논문번호 : 99413-1013, 접수일자 : 1999년 10월 13일

\* 이 논문은 한국대학교육협의회 대학교수 국내교류 연구지원에 의해 연구되었음

## I. 서론

주로 음성통신을 지원하는 현재의 이동통신망과는 달리 미래의 광대역 이동통신망은 다양한 종류의 통신서비스를 제공할 것이다. 다양한 서비스를 제공하면서 네트워크 성능을 높이기 위해서는 자원의 고정 할당이 요구할당(on-demand)보다 더 효율적인 반면, 자원의 요구할당은 일반적으로 복잡하고 QoS를 보장하기 힘들다. 그러므로 필요할 때 동적으로 자원을 할당해주면서 QoS도 보장할 수 있는 새로운 MAC 프로토콜의 계속적인 개발이 요구된다.

지금까지 제안된 WATM의 MAC 프로토콜들은 대부분 경쟁 기반의 예약형 랜덤 접속방식을 사용하기 때문에 rt-VBR(realtime Variable Bit Rate) 서비스를 잘 지원해 주지 못하는 단점을 가지고 있다<sup>[1][2]</sup>. 특히 전송할 데이터량이 많아질수록 예약슬롯(reservation slot)을 할당받기 위한 경쟁이 심해지기 때문에 전송 소스가 늘어날수록 전송 소스간에 충돌이 일어날 확률이 커지며, 결국 음성과 같은 실시간 데이터를 전송하는 서비스에서 프레임 데이터를 잃게되어 QoS가 저하되는 일이 일어난다. 이러한 경쟁을 피하기 위해 데이터를 보낼 때 제어 메시지를 피기백킹(piggybacking)하는 방법이 있지만<sup>[2]</sup> 통화단절(on/off)을 반복하는 음성전송과 같은 실시간 전송에서는 여전히 문제가 남는다.

이러한 음성전송의 문제를 해결하기 위해 제안된 WATM MAC 프로토콜로는 NC-PRMA / DQRUMA/MDR-TDMA 혼합방식과 PRMA-DP방식 등이 있다. 혼합방식은 음성과 데이터 통신을 구별하여 따로 예약슬롯을 할당해 주고, 음성데이터는 NC-PRMA(None Collision-Packet Reservation Multiple Access) 방식으로 지원한다<sup>[3]</sup>. 기존의 TDMA 셀룰러망이 각 음성 단말마다 하나의 데이터 슬롯을 고정적으로 할당해 주는 반면, NC-PRMA는 그보다 작은 예약 슬롯을 단말마다 하나씩 할당해주고 음성전송의 토크스퍼트(talkspurt) 구간에서만 데이터 슬롯을 할당하여 사용함으로써 반복적으로 단절(on/off)되는 특성을 가진 음성을 더욱 효율적으로 지원하는 비경쟁 기반의 예약 프로토콜이다. 그러나 NC-PRMA는 모든 음성 트래픽 소스에 대하여 예약슬롯을 할당해 주어야 하므로 역시 이에 대한 오버헤드를 부담해야한다.

PRMA-DP(Packet Reservation Multiple Access-Dynamic Permission)는 음성이나 실시간 데이터 전

송에 높은 우선권을 주고 전달지연에 민감하지 않은 데이터 전송에는 낮은 우선권을 주어 높은 우선권을 가진 소스일수록 Pseudo-Bayesian 알고리즘에 따라 높은 확률로 예약 슬롯에 접근할 수 있도록 하는 예약형 랜덤접속방식이다. 이와 같이 음성과 같은 실시간 데이터에 높은 우선권을 주면 어느 정도의 채널 사용율을 유지하면서도 QoS를 상대적으로 보장할 수 있다. 그러나 데이터 전송 소스가 많아지면 여전히 음성 트래픽에 대해서도 충돌이 일어날 확률이 높아지게 된다<sup>[4]</sup>.

음성전송의 on/off 특성을 이용하여 off 상태의 음성 소스 수에 비례해서 예약 슬롯의 수를 정하는 방법은 Gadd에 의해 처음 제안되었다<sup>[6]</sup>. Gadd가 제안한 슬롯 예약 방식은 off 상태의 음성 소스의 개수에 0.6을 곱해서 예약 슬롯(request slot)의 개수를 정했다. Gadd는 프레임 길이와 다른 파라미터에 관계없이 예약 슬롯의 수를 off상태 음성소스의 수에 비례하도록 하였다. 그러나 제안하는 프로토콜에서는 프레임 길이와 QoS 요구 사항에 따라 예약슬롯의 비율을 조절할 필요가 있다는 것이 판명되었다. 또한 이 논문에서 예약 슬롯에 데이터를 함께 보냄으로서 전송 지연을 줄이는 방안을 제안하였다.

## II. 제안하는 프로토콜

### 1. 프레임 구조

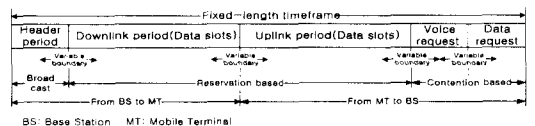


그림 1. 프레임 구조

일반적인 무선통신에서는 FDMA(Frequency Division Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access), CDMA(Code Division Multiple Access)등의 다중화 방식을 사용할 수 있지만 큰 대역폭을 가져야 하는 WATM에서는 TDMA방식을 사용한다<sup>[1]</sup>. 상향링크와 하향링크의 데이터 전송을 위해서 FDD(Frequency Division Duplex)방식을 사용할 경우 서로 다른 주파수를 사용하여 상향링크와 하향링크를 구분하므로 각 링크의 대역폭이 고정되게 된다. 음성 통신에서 상향 링크와 하향 링크의 경계를 가변적으로 할당해 줄 때, 대역폭 사용에 있어서 더 높은 효율을 나타낼 수 있기 때문에<sup>[7]</sup>

TDD(Time Division Duplex)방식이 대역폭 사용면에서 더 효율적이라고 할 수 있다. 따라서 제안한 MAC에서는 그림 1과 같이 TDMA/TDD 방식의 고정된 프레임 길이를 가진 구조를 가정하고 상향링크와 하향링크 사이의 경계는 가변적으로 결정하는 것을 가정한다. 프레임 길이를 고정시킨 이유는 ATM CBR(Constant Bit Rate) 서비스를 쉽게 제공할 수 있는 장점이 있기 때문이다<sup>2)</sup>.

2. 슬롯 예약 방법

처음 단말이 보내고자 하는 데이터가 있을 때 Slotted Aloha방식으로 데이터 슬롯(data slot)을 예약하게된다. 실시간 서비스의 경우 음성 예약 기간의 제어슬롯을, 비실시간 서비스인 경우 데이터 예약 기간의 제어슬롯을 무작위로 하나 선택하여 요청 메시지를 보낸다. 이 때 실시간 서비스인 경우 요청 메시지 뒤에 첫번째 데이터 패킷을 동시에 보내게 된다. 따라서 실시간 요청을 위한 제어슬롯은 일반 데이터 슬롯의 크기와 같으며 비실시간 요청을 위한 제어슬롯은 데이터 슬롯보다 길이가 작은 미니슬롯(mini slot)을 사용한다.

본 논문에서 제안한 프로토콜은 실시간 서비스와 비실시간 서비스를 위한 예약 기간을 구분하고 음성 예약 기간의 제어슬롯을 동적으로 할당하는 방법을 채택하였다. 특히 주기적으로 on-off를 반복하는 음성 소스에게 on-off 특성을 반영하여 제어슬롯을 동적으로 할당해 줌으로써 QoS를 일정하게 보장하면서도 대역폭 이용률을 높여주는 효과를 볼 수 있다. 제안한 프로토콜의 또 다른 특징은 실시간 트래픽의 전송지연을 최소화하기 위해 실시간 서비스의 경우 예약 슬롯에 데이터를 함께 보낸다는 점이다. 예약슬롯에 데이터를 같이 전송하는 방법은 슬롯 충돌이 발생하는 경우 낭비하게 되는 대역폭이 늘어난다는 단점이 있지만 트래픽이 과도하지 않을 경우 한 프레임의 지연시간을 단축할 수 있는 효과를 볼 수 있다.

이동 단말이 현재 프레임에서 슬롯을 할당받아 데이터를 보낼 때 첫 번째 데이터 패킷을 보낸 후 아직 보낼 데이터가 더 남아있다면 현재 보내는 데이터 뒤에 요청(request) 정보를 피기백(piggyback)시켜서 보냄으로써 다음 프레임에 경쟁과정 없이 슬롯을 할당받을 수 있도록 한다. 이것은 경쟁하는 전송 소스의 수를 줄이는 효과가 있다.

3. 헤더 기간

헤더 기간(Header period)에 기지국은 현재 프레

임을 구성하고 있는 각 서브 프레임 길이와 이전 프레임에서 요청한 슬롯 예약 결과를 방송을 통해 모든 단말에게 알려주게 된다. 각 이동 단말들은 헤더 기간의 슬롯 맵(slot map) 정보를 보고 자신이 언제 데이터를 상향링크로 보낼 수 있는지와 자신이 하향링크로 받을 데이터가 있는지를 알게된다. 이렇게 함으로써 각 단말이 언제 수면 상태(sleep mode)로 있다가 깨어서 데이터를 주고받아야 하는지를 알려줄 수 있기 때문에 무선 환경에서 고려해야하는 에너지 절감 효과를 가져올 수 있다.

4. 음성 예약 슬롯 할당 방법

음성 예약 슬롯(voice request slot)은 rt-CBR, rt-VBR 연결 시 데이터 슬롯 예약을 위해서 사용한다. CBR 서비스의 경우 한번의 예약으로 연결이 끝날 때까지 데이터 슬롯을 할당받을 수 있으므로 음성 예약 슬롯 개수에 큰 영향을 받지 않는다. rt-VBR 서비스로 화상 데이터를 전송하는 경우 음성과 달리 계속 보내야하는 데이터가 있으므로 피기백킹(piggybacking) 만으로도 계속해서 데이터 슬롯을 할당받을 수 있다. 따라서 CBR 서비스나 음성 이외의 rt-VBR 서비스는 음성 예약 슬롯 개수에 큰 영향을 주지 않는다.

음성의 경우 0.4 ~ 1.8초 정도<sup>5)</sup>의 시간 간격으로 토크스퍼트-휴지 상태가 반복되므로 토크스퍼트 상태의 음성을 전달할 때마다 예약 과정을 거쳐야 한다. 따라서 음성 예약 슬롯의 개수는 휴지 음성 소스의 개수에 종속적이다.

전체 음성 단말의 개수는 처음 연결이 이루어질 때 기지국이 파악할 수 있다. 휴지상태의 음성 단말의 개수는 전체 음성 단말의 개수에서 지금 데이터를 보내고 있는 음성 단말의 개수를 뺀 수이다<sup>6)</sup>.

III. 트래픽 모델링

음성전송은 토크스퍼트 구간과 휴지 구간을 주기적으로 반복하기 때문에 그림 2와 같은 on/off 모델로 나타낼 수 있다. 여기서  $\alpha$ 는 휴지상태에서 토크스퍼트 상태로의 변화율이고,  $\beta$ 는 토크스퍼트 상태에서 휴지상태로의 변화율이다. N개의 음성전송이 동시에 존재할 때 그 중 토크스퍼트 상태에 있을 음성소스의 수는 그림 3과 같은 마코프 체인(Marcov chain)으로 모델화 할 수 있다. N개의 음성 소스 중 i개의 소스가 토크스퍼트 상태에 있을 확률은 다음과 같다<sup>5)</sup>.

$$\begin{aligned}
 p_i &= \text{Prob} \{i: \text{on}, N-i: \text{off}\} \\
 &= \binom{M}{i} \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^i \left(1 + \frac{\alpha}{\beta}\right)^{-N} \quad (1)
 \end{aligned}$$

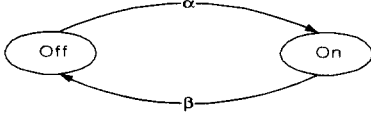


그림 2. 하나의 음성 트래픽 모델

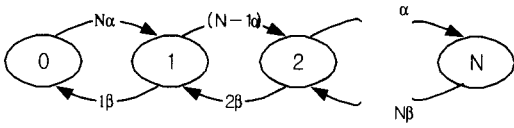


그림 3. N개의 음성 소스가 있는 경우

전체 음성 단말의 개수가 N일 때 휴지상태의 음성 단말의 개수가 i일 확률은 식(1)에서 구하였다. 음성 예약 슬롯의 개수를 n, 예약 슬롯 크기를 T (sec), 프레임 크기(frame duration)를 F(sec)라고 하자. 그러면 음성 예약 기간의 크기는 nT(sec)가 된다. 각각의 휴지상태의 음성 단말이 토크스퍼트로 옮겨갈 변화율은 α이고 k개의 휴지 상태의 단말이 있으므로 한 프레임 시간 동안 토크스퍼트 상태로 변해서 예약 슬롯에 접근하는 평균 음성 단말 개수는 kαF가 된다. 이 요청들이 음성 예약 기간동안 임의로 각 예약 슬롯에 접근한다면 각각의 요청들은 다음과 같은 도착율(arrival rate) λ를 갖는 포아송 프로세스(Poisson process)로 생각할 수 있다.

$$\lambda = \frac{k\alpha F}{nT} \quad (2)$$

Slotted Aloha 방식은 전송지연이 클 때, 시공간을 모두 고려하여 모델링 하면 정확한 성능을 분석할 수 있다. 공간요소를 고려하면 Slotted Aloha가 얻을 수 있는 최대 대역폭 효율이  $Ge^{-G}$ 이며 전송지연이 클수록 대역폭 효율은  $Ge^{-2G}$ 까지 떨어질 수 있다<sup>[8]</sup>. 그러나 WATM의 경우 셀 반경이 크지 않으므로 셀 내의 전송지연은 무시할 수 있고 시간만을 고려하여 Slotted Aloha방식을 모델링 하였다. 각각의 예약 슬롯에 대하여 요청이 하나도 발생하지 않을 확률  $P_e$ 와 오직 하나의 요청만이 일어날 확률  $P_s$ 는 다음과 같다.

$$P_e = \frac{\left(\frac{k\alpha F}{nT} \cdot T\right)^0 e^{-\frac{k\alpha F}{nT} \cdot T}}{0!} = e^{-\frac{k\alpha F}{n}} \quad (3)$$

$$P_s = \frac{\left(\frac{k\alpha F}{nT} \cdot T\right)^1 e^{-\frac{k\alpha F}{nT} \cdot T}}{1!} = \frac{k\alpha F}{n} e^{-\frac{k\alpha F}{n}} \quad (4)$$

식 (3), (4)로부터 둘 이상의 요청이 한 슬롯에 발생함으로써 충돌이 일어날 확률  $P_c$ 를 구할 수 있다.

$$P_c = 1 - \left(1 + \frac{k\alpha F}{n}\right) e^{-\frac{k\alpha F}{n}} \quad (5)$$

F가 일정할 때, k값에 관계없이 동일한 확률로 충돌(collision)이 일어나도록 하려면 슬롯 할당함수를 k에 비례하도록 잡으면 된다. F에 따라 원하는 QoS를 얻기위해 다음과 같이 20ms의 프레임 크기를 기준으로 슬롯 할당함수를 정의한다. 여기서 슬롯할당함수 계수 ζ는 상수 값이다.

$$f(k, F) = \lceil \zeta \times k \times \frac{F}{20} \rceil \quad (6)$$

식 (1), (6)을 이용하여 예약 슬롯 개수 n을 다음과 같이 silent 상태의 음성 단말 개수인 k와 프레임 크기 F에 함수로 표현할 수 있다. 평균 음성 예약 슬롯 할당개수를 구하면 다음과 같다.

$$\bar{N} = \sum_{k=0}^N \binom{N}{N-k} \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^{N-k} \left(1 + \frac{\alpha}{\beta}\right)^{-N} f(k, F) \quad (7)$$

식 (1) ~ (6)로부터 충돌이 일어날 평균 확률을 구한다.

$$P = \sum_{k=0}^N \binom{N}{N-k} \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^{N-k} \left(1 + \frac{\alpha}{\beta}\right)^{-N} \left\{ 1 - \left(1 + \frac{k\alpha F}{f(k, F)}\right) e^{-\frac{k\alpha F}{f(k, F)}} \right\} \quad (8)$$

마지막으로, 평균 접근 시간은 식 (8)의 P로부터 다음과 같이 구한다.

$$\begin{aligned}
 T &= \sum_{i=0}^{\infty} \frac{2i+1}{2} FP^i (1-P) \\
 &= \frac{1}{2} F + \frac{P}{1-P} F \quad (9)
 \end{aligned}$$

#### IV. 분석 결과

제안한 프로토콜의 시뮬레이션 모델에 대한 파라

미터 값은 표1과 같다. 프레임 크기는 3ms부터 20ms까지 변화시키면서 프레임 길이에 따른 분석을 수행하였다. 음성 패킷이 발생한 후부터 30ms 안에 전송되어야 하며 이 시간을 넘긴 패킷은 폐기된다고 가정하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터.

Notation	Description	Value
$1/a$	mean active(talkspurt) duration	0.6(sec)
$1/\beta$	mean silence duration	0.4(sec)
N	number of voice users	variable
k	number of silent voice users	variable
F	frame duration	3-20(ms)
M	number of minislot per slot	7
$D_{max}$	max. voice packet delay	30(ms)

1. 슬롯 할당방식

그림 4는 NC-PRMA, Slotted-Aloha, 그리고 제안한 프로토콜에 대한 음성 예약 슬롯의 할당방식을 보여준다. 세가지 프로토콜 모두 프레임 크기 F가 20ms이고 음성 단말 수 N은 100이며  $\pi$ -VBR만을 위한 예약 슬롯을 할당받아 사용한다고 가정한다. NC-PRMA는 각 음성 단말마다 1개의 예약 슬롯을 할당하므로 k값과 상관없이 100개의 음성 예약 슬롯이 필요하다. Slotted-Aloha의 경우에도 k값과 상관없이 1과 100 사이에서 음성 예약 슬롯의 수를 정해준다. 새로운 프로토콜은 k값에 비례하여 음성 예약 슬롯의 개수를 정해줌으로써 k값과 상관없이 충돌이 일어날 확률을 조정한다.

2. 슬롯 할당방식에 따른 성능비교

동일한 환경에서 그림 4와 같이 슬롯을 할당해 주었을 때 k에 따른 충돌 확률을 구하면, 그림 5에 나타난 바와 같이 Slotted-Aloha1의 경우 식 (8)로부터 평균 0.1%의 충돌 확률을 보이며 최악 경우인  $k=100$ 일 때 충돌확률이 0.27%까지 상승한다. Slotted-Aloha2는 최악의 경우 0.1%의 충돌 확률을 가진다. 새로운 할당방식과 비교했을 때 식 (7)로부터 평균 슬롯 할당 수가 67% 정도 더 많다는 것을 알 수 있다. 새로운 할당방식은 휴지상태의 음성 단말에 비례하여 음성 예약 슬롯을 할당하므로 휴지상태의 음성 단말과 관계없이 0.1%의 충돌 확률을 계속 유지한다. 식 (7)로부터 Slotted-Aloha1과 평균

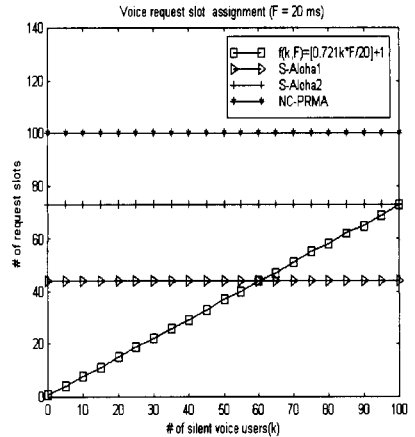


그림 4. 음성 슬롯 할당 방법

슬롯 할당개수는 동일하면서 충돌 확률은 최악의 경우에도 Sloteed-Aloha2와 같이 동일한 0.1%이다.

NC-PRMA는 각 음성 소스마다 하나의 슬롯을 할당해 줌으로 충돌이 일어날 확률은 없다. 그러나 프레임 크기가 작아질수록 새로운 할당방식에 비해 대역폭 부담이 현저하게 커지는 단점이 있다.

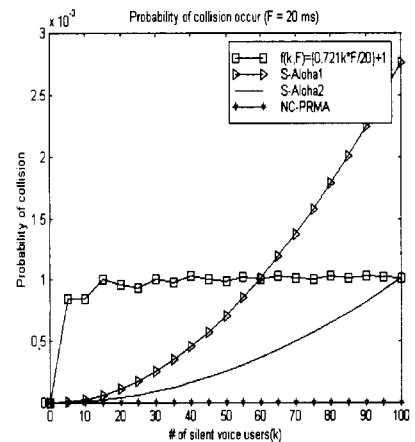


그림 5. 충돌 발생확률 비교

3. 슬롯 할당함수 분석

그림 6, 7은 식 (6)의 슬롯 할당함수 계수  $\xi$ 와 프레임 크기 F에 따라서 식 (8)로부터 계산된 평균 충돌 확률이 어떻게 변화하는지 보여준다. 그림 6에서 프레임의 크기 F가 커짐에 따라서 충돌 발생 확률은 지수적으로(exponentially) 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 그림 7과 같이  $\xi$ 의 크기가 커질수록 충돌 발생 확률은 지수적으로 감소한다. 따라서 그

림 6, 7에서  $\xi$ 의 크기가 작을수록 F의 증가에 따른 충돌 발생 확률의 증가가 더 현저함을 알 수 있다. 그림 8은 그림 6, 7의 내용을 동시에 보여준다.

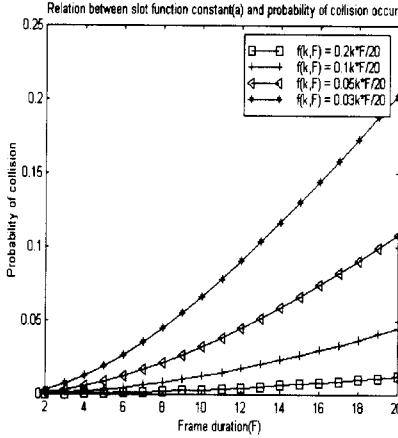


그림 6. 프레임 크기 F에 따른 충돌 발생확률

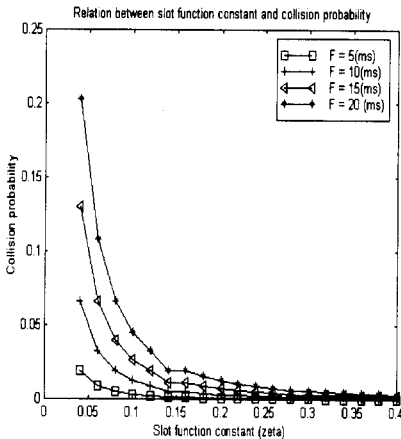


그림 7. 슬롯 할당함수 계수  $\xi$ 에 따른 충돌 발생확률

그림 9는 30ms 안에 패킷을 보내지 못할 확률이 0.5% 이하가 되도록 프레임 크기 F를 3ms부터 20ms까지 변화하는데 대한  $\xi$ 를 구한 것이다. 프레임 크기가 작아질수록  $\xi$ 값이 현저하게 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 프레임 크기가 작아질수록 음성 단말의 요청율(request arrival rate)이 적어지기 때문이다. 또 F가 16ms 에서 15ms 줄어 들 때  $\xi$ 값이 갑자기 작아진 이유는 프레임 크기가 11-15ms 일 때는 최소한 2번의 예약기회가 있어서 16-20ms 일 때보다 더 작은  $\xi$ 값으로도 30ms 안에서 0.5% 이하의 실패확률을 유지할 수 있기 때문이다. 같은 식으로 F 값이 6, 5, 4, 3으로 줄어들면서  $\xi$

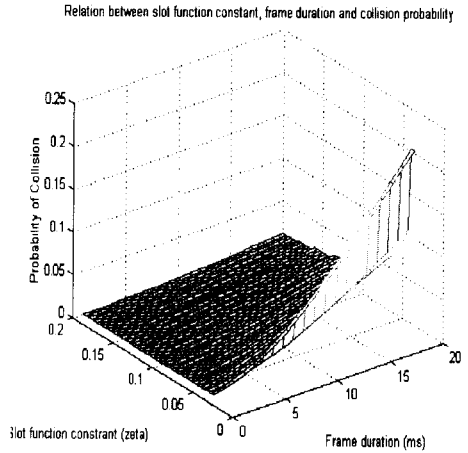


그림 8. 프레임 크기 F와 슬롯할당함수 계수  $\xi$ 에 따른 충돌발생 확률

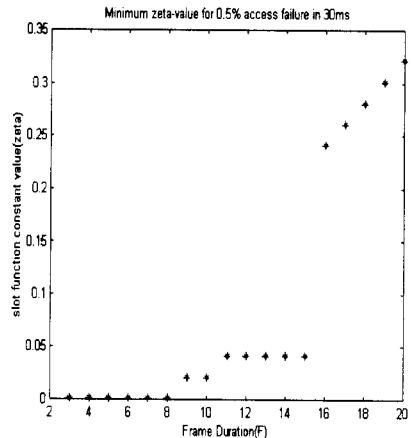


그림 9. 30ms 동안 0.5%의 접근실패 확률을 유지하기 위한 프레임 크기 F에 따른 슬롯할당함수 계수  $\xi$ 값

값은 더 많이 감소하게 된다. 표 2는 30ms 안에 보내지 못할 확률이 각각 0.1%, 0.5%, 1% 이하가 되도록 하는  $\xi$ 값을 F값에 따라 보여준다.

그림 10은 30ms 안에 패킷을 보내지 못할 확률이 0.5% 이하일 때 식 (7)로부터 평균 음성 예약 슬롯 할당 수를 전체 음성 단말 수 N이 각각 50, 100, 150일 때 구한 것이다. F가 15ms 이하일 때 10개 미만의 음성 예약 슬롯들을 가지고도 0.5%의 실패 확률을 유지할 수 있다. NC-PRMA의 경우 항상 N개의 음성 예약 슬롯들을 필요로 하기 때문에 새로운 슬롯 할당 방법은 F가 작아질수록 NC-PRMA보다 대역폭 사용 측면에서 더 뛰어난 성능을 보인다. 평균 접근 지연시간에서도 NC-

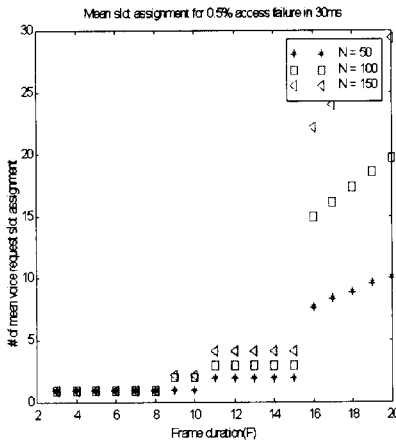


그림 10. 30ms 동안 0.5% 접근실패 확률을 유지하기 위한 프레임 크기 F에 따른 음성 예약슬롯 할당개수

PRMA는 미니슬롯을 사용하여 슬롯을 예약한 후 다음 프레임이 되어서야 첫번째 패킷을 보낼 수 있지만 새로운 프로토콜은 예약과 동시에 데이터 패킷을 보낼 수 있기 때문에 충돌로 인해 재전송이 일어난다 할지라도 평균적으로는 더 뛰어난 성능을 보인다. 따라서 표3과 그림 11, 12에서 볼 수 있듯이 F가 15ms 이하일 경우 평균 접근 지연 시간과 대역폭 사용 측면 모두에서 새로운 프로토콜이 NC-PRMA보다 뛰어난 성능을 나타낸다. 이것은 F가 작아질수록 더 현저한 차이를 보이게 된다. 여기서 NC-PRMA의 평균접근시간은 1.5F이고 새로운 프로토콜의 평균접근시간은 식(9)와 같다.

표 2. 슬롯 할당함수 계수.

F	$\zeta_{0.1\%}$	$\zeta_{0.5\%}$	$\zeta_{1\%}$
16 - 20	0.7210	0.3210	0.2210
11 - 15	0.0610	0.0410	0.0410
8 - 10	0.0210	0.0210	0.0210
3 - 7	0.001	0.001	0.001

표 3. NC-PRMA에 대한 새로운 프로토콜의 성능비교(NC-PRMA 1 기준)

F	3	4	5	6	7	8	9	10	11
대역폭 효율	0.0467	0.0467	0.0467	0.0467	0.0467	0.0467	0.1017	0.1914	0.1914
평균 접근시간	0.5272	0.5467	0.5708	0.5991	0.6311	0.6596	0.5577	0.5699	0.5368
F	12	13	14	15	16	17	18	19	20
대역폭 효율	0.1914	0.1914	0.1914	0.1914	1.0348	1.1200	1.2001	1.2860	1.3705
평균 접근시간	0.5427	0.5489	0.5554	0.5620	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

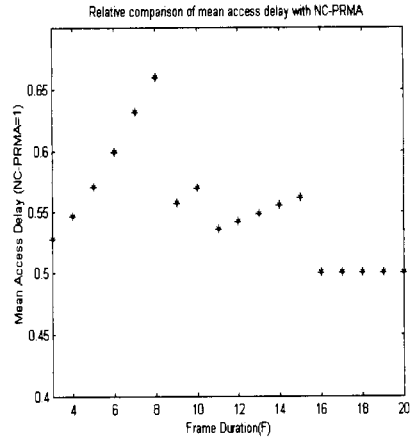


그림 11. 평균접근시간 비교(NC-PRMA 1기준)

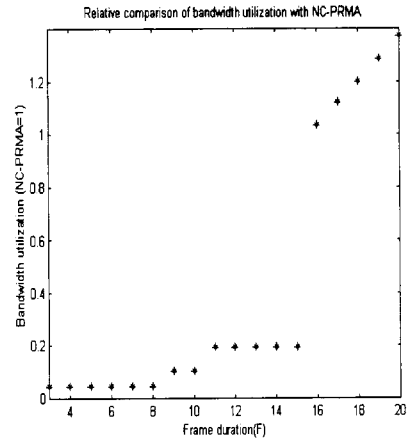


그림 12. 음성 예약을 위한 대역폭 사용률 비교 (NC-PRMA 1 기준)

### V. 결론

확장되어가는 멀티미디어 환경에서 효율적으로 음성 트래픽을 전송하기위한 TDMA/TDD(Time Division Multiple Access/Time Division Duplex)방식의 Wireless ATM MAC 프로토콜을 제안하고 기존의 방식과 성능을 비교하였다. 새로운 프로토콜은

음성 예약 기간(voice request period)과 데이터 예약 기간(data request period)을 구분하여 가지며 음성 예약 기간은 silent 상태의 음성 단말 개수에 비례하여 동적으로 크기를 조정함으로써 일정 QoS를 제공한다. 또한 슬롯 예약 시 데이터를 함께 전송함으로써 평균 접근 지연시간을 줄이는 방안을 채택하였다. 이와같이 변화된 프로토콜을 해석적으로 모델링하여 시뮬레이션을 통해 분석한 결과, 다양한 프레임 크기(frame duration)에서 일정 QoS를 제공하는 슬롯 할당 함수를 찾았으며, 제안한 접근 제어(MAC) 프로토콜이 고정된 길이의 예약 슬롯을 가진 Slotted Aloha보다 대역폭 사용면에서 효율적임을 증명하였다. 마지막으로 프레임 크기가 작을수록 대역폭 부담이 적어지며 NC-PRMA(None Collision-Packet Reservation Multiple Access)보다 평균 접근 지연 시간과 대역폭 사용 면 모두에서 뛰어난 성능을 보임을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] O. Kubbar, H. T. Mouftah, "Multiple Access Control Protocols for Wireless ATM: Problems Definition and Design Objectives," IEEE Communiations, November. 1997, pp. 93-99.

[2] J. Sanchez, R. Martinez, M. W. Marcellin, "A Survey of MAC Protocols Proposed for Wireless ATM," IEEE Network, November. 1997, pp. 52-62.

[3] W. C. Chan, E. Geraniotis, "A Medium Access Protocol for Interconnecting ATM and Wireless Networks," In ICC '97, pp. 1448-1453.

[4] R. M. Salles, P. R. L. Gondim, "Performance of Priority-Based Multiple Access with Dynamic Permission (PBMA\_DP) for Multimedia Wireless Networks," In ICC '98, pp. 161-165.

[5] M. Schwartz, "Broadband Intergrated Networks," Prentice Hall, 1996.

[6] C. Gadd, "Improving Medium Access Control of Wireless ATM Networks," Master's thesis, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 1999.

[7] C. Chang, C. J. Chang, "A Variable Partition

Duplex Scheme on Packet Reservation Multiple Access Protocol (VPD-PRMA)," In VTC '98, pp. 229-233.

[8] Dug-Kyoo Choi, "Spatial Dependencies for the Throughput of ALOHA Protocols in Bi-directional Linear Bus Networks," The Journal of Ajou Natural Science, Volume 1, Number 1, February. 1996

민 구 봉(Ku-bong Min)

준회원



1999년 2월 : 서울대학교 전산학과 졸업

1999년 3월~현재 : 서울대학교 전산학과 석사과정

<주관심분야> 이동통신, 인터넷

최 덕 규(Dug-kyoo Choi)

정회원

1966년 : 서울대학교 원자력공학과(학사)

1985년 : Wright State University(전산학 석사)

1989년 : Univ. of Massachusetts(전산학 박사)

1968년~1994년 : KIST연구원 / 국방과학연구소

책임연구원 / 고등기술연구원 연구위원

1992년~현재 : 아주대 정보 및 컴퓨터 공학부 교수

<주관심 분야> 근거리 통신망(LAN), 이동통신, ATM, 인터넷

김 종 권(Chong-kwon Kim)

정회원

1981년 : 서울대 산업공학과(학사)

1982년 : 조지아공대 산업공학과(석사)

1987년 : 일리노이대 전산학과(박사)

1987년~1991년 : 벨 통신 연구소 연구원

1991년~현재 : 서울대 전산학과과 조교수, 부교수

<주관심 분야> 인터넷, 이동통신망, 광대역 통신