변형된 PRMA의 성능분석

김환의*, 김덕년
명지대학교 전자정보통신공학부

Performance Analysis of Modified PRMA: PRHMA(Packet Reservation Hold Multiple Access)

Kim. Hwan Ui, Kim. Doug Nyun.
School of Electronics, Information & Communication Engineering, Myongji University
Kimhu@mju.ac.kr

요약

본 논문에서는 다중접속 프로토콜인 PRMA의 변형된 모델에 대해서 다뤘다. 기존의 PRMA에서는 초기 엑세스시 얻은 슬롯을 휴지기에 잃게 되므로 매 활성기마다 다시 슬롯을 엑세스함으로써 추가적인 패킷의 drop이 발생하는 반면, 변형된 모델에서는 슬롯예약을 유지하기 위한 제어미니슬롯을 사용함으로써 초기 엑세스 이후의 추가적인 패킷 drop이 발생하지 않는다.

Ⅰ. 개요

무선 네트웍 환경에서의 음성과 데이터 통신에서 PRMA(Packet Reservation Multiple Access) 이론은 간단하고 효과적인 다중접속 프로토콜로 잘 알려져 있다. 이 논문에서는 무선 ATM 환경에서 음성 사용자와 데이터 사용자가 동시에 존재하는 환경에 대해 다루지만 시뮬레이션을 통한 성능평가는 음성에 초점을 맞추었다. 기존의 PRMA는 음성 UT(사용자 터미널)의 활성기 동안에 그 UT에 의해 예약된 슬롯이 활성기가 끝나면, 즉 호가 종료되거나 아니면 minisilent상태(호는 끝나지 않고 잠시 휴지기에 들어선 상태)에서, 예약한 슬롯을 해제함으로써 다른 사용자가 사용할 수 있게 하고, 다시 원래의 사용자가 활성화되었을 때 새로운 슬롯을 얻기 위해 경합을 하게 되는데, 이는 실시간 전송을 요구하는 음성 트래픽(CBR)에 있어 채널 엑세스를 위한 지연과 추가적인 패킷의 drop을 유발하게 된다. 이 논문에서의 변형된 PRMA는 호가 완전히 끝나기 전, 즉 임의의 휴지기 상태로 되었을 때 음성 사용자는 자신의 예약 슬롯을 그대로 유지한다는 것에 중점을 둔다. Ⅱ장에서는 변형된 PRMA 그리고 Ⅲ장에서는 시뮬레이션 결과를 보일 것이다.

Ⅱ. 변형된 PRMA(PRHMA)

설명의 중점은 성형망 구조를 가지는 무선 ATM 통신 네트웍에 둔다. 산재한 UT들은 자신들의 음성/데이터 패킷(패킷 크기는 ATM 셀 크기: 53Bytes와 같다.)을 기지국 (Base Station: BS)으로 전송한다. 상향링크 채널은 슬롯화 되어 있고, 슬롯들의 묶음은 프레임으로 구성되며, 한 슬롯의 크기는 ATM 셀 크기와 동일하다. 슬롯 주기는 T_S로 동일하고 한 프레임에서 슬롯은 N개로 구성되어 있다. 프레임 주기는 음성 패킷의 발생률과 같다. 한 프레임이 끝나는 시점에서 기지국은 하향링크를 통해서 슬롯정보를 포함하는 짧은 feedback 패킷을 broadcast 해준다. 다음 프레임이 시작되기 바로 직전에 모든 UT는 거의 동시에 기지국으로부터 broadcast를 받고 채널 상태를 알 수 있다. 채널 상에서 전송에러는 없다고 가정한다. 음성 또는 데이터 패킷은 53Bytes로 구성되어 있고, 헤더는 근원지와 목적지의 주소, Identification Sequence(ID), 트래픽

형태와 같은 정보를 포함한다. Slow Speech Activity Detector를 사용하여 음성 호의 활성기과 휴지기를 구별한다. 프레임 주기 T_F는 가변적이며 디자인 변수이고, speech 소스의 발생률과 일치하게 디자인한다. 음성과 데이터 소스는 서로 독립적이므로 각각의 부 시스템으로 나누어서 설명할 수 있다.

1. Voice Subsystem

이 논문에서의 변형된 PRMA는 기존의 PRMA와 비슷하다. 기존의 PRMA에서 음성 UT이 휴지기 동안 자신의 예약 슬롯을 잃는 반면에 PRHMA에서는 예약 슬롯을 잃지 않는다. voice subsystem은 기존의 Goodman, Nanda[1], Fantacci[2]의 모델처럼 (N+2) state Markov chain으로 모델링 될 수 있다(그림 2,3). 각 UT은 (N+2) state 중에 하나에 있을 수 있다. 모든 천이(transition)는 슬롯의 끝에 일어난다고 가정한다. speech에 의한 패킷이 발생되지 않는 한 음성 UT은 SIL 상태에 머무른다. 활성화에 의한 첫 패킷이 발생하자마자 음성 UT은 SIL 상태에서 CON 상태로 천이 한다. CON 상태에서 음성 UT은 슬롯을 예약하기 위해 CON 상태에 있는 다른 음성과 데이터 UT과는 독립적으로 확률 P_V를 가지고 Idle(unreserved) 슬롯에 패킷을 전송함으로써 슬롯 예약을 위한 경합을 하게된다. 다른 UT들과의 충돌이 일어나지 않는다면 음성 UT은 그 슬롯을 예약하게 되고 매 프레임의 같은 슬롯을 활성기 동안 사용하게 된다. 슬롯 예약의 성공유무는 매 프레임의 하향링크 메시지를 통해 알 수 있다. 메시지에는 성공적으로 슬롯을 예약한 경우 해당 UT에게 ACK 메시지와 HR 미니슬롯 그리고 다른 UT에게 그 슬롯이 점유되었다는 것을 알리는 내용이 포함되어 있으며, 충돌이 일어난 경우에는 슬롯위치를 알려줌으로써 그 슬롯에 전송한 UT에게 슬롯예약의 실패를 알리게 된다. 슬롯예약에 실패한 UT은 $D_{\max}$ 시간동안 매 프레임에 한번씩 Idle 슬롯에 확률 P_V를 가지고 계속 예약시도를 한다. $D_{\max}$ 시간 안에 슬롯을 예약하지 못하면 활성화에 의한 첫 패킷은 drop된다. 활성기가 끝나면 음성 UT은 SIL 상태로 천이 되고 이때 기존의 PRMA와는 다르게 자신이 예약한 슬롯을 잃지 않는다. 기지국은 일단 슬롯을 예약한 음성 UT에 대한 정보를 기록하고, 그 정보는 call이 끝날 때까지 유지한다. 상향링크 채널 프레임 구조는 다음과 같다.

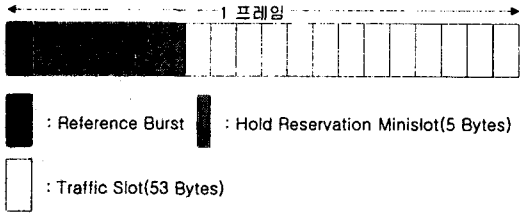


그림 1. PRHMA 프레임 구조

여기서 HR 미니슬롯은 크기가 5 Bytes이고, 슬롯예약을 한 음성 UT이 휴지기 상태에서 활성화 상태로 되었을 때, 자신이 예약했던 슬롯을 되찾기 위해 사용한다. 기지국은 임의의 슬롯예약에 성공한 음성 UT에게 ACK를 보낼 때 그 음성 UT에게 HR 미니슬롯을 임의로 하나 할당해준다. 트래픽 슬롯을 예약하고 HR 미니슬롯을 할당받은 음성 UT은 활성화에 의해 발생된 패킷을 트래픽 슬롯을 이용해 전송하고 Speech Activity Detector에 의해 활성기의 마지막 패킷이 검출되면 RES_0 상태에서 SIL 상태로 천이 된다. 활성화에 의한 마지막 패킷 정보를 인지한 기지국은 데이터 UT들에게 음성 UT이 예약한 슬롯이 일정시간동안 Idle 슬롯이 된다는 사실을 broadcast해준다. 그러면 음성 UT의 휴지기동안 데이터 UT들이 슬롯을 사용하고, 다시 음성 UT이 활성화 상태가 되면, 음성 UT는 처음에 할당받은 HR 미니슬롯을 이용하여 정보를 보낸다. 그러면 기지국은 데이터 UT들이 음성 UT가 예약한 슬롯을 사용하는 것을 중지시키고 음성 UT는 정보를 보낸 시점의 다음 프레임부터 먼

저 예약한 슬롯을 사용하여 전송을 재개한다. 이로 인하여 기존의 PRMA와는 다르게 첫 슬롯예약 시도 이후의 추가적인 패킷 drop이 발생하지 않는다. 이때 음성 UT의 휴지기 동안 슬롯을 사용했던 데이터 UT이 만약 자신의 트래픽을 다 전송하지 못한 경우에 새로이 트래픽 슬롯에 Random Access해서 슬롯을 얻던지 아니면 다른 음성 UT의 휴지기를 이용해 전송한다.

2. Data Subsystem

데이터 UT는 일반적으로 슬롯예약이 허용되지 않는다. 전송할 트래픽이 발생하면 데이터 UT의 무한 버퍼에 FCFS(First Come First Service)방식으로 들어온 패킷을 Random Access 방식으로 슬롯을 얻어서 전송한다. 데이터 트래픽의 종류에는 버스티 트래픽과 긴 파일 전송 트래픽 등이 있는데, 음성 소스율이 32Kbps라 할 때, 음성 UT의 휴지기(약 1.35초) 동안 약 100개의 슬롯을 사용할 수 있으므로 크기가 작은 버스티 트래픽은 물론이고 긴 파일 전송 트래픽의 경우에도 이런 음성 UT들의 휴지기 동안의 낭비되는 슬롯을 사용하여 전송을 할 수가 있다. 먼저, 전송할 트래픽이 발생한 데이터 UT는 예약되어 있지 않는 빈 슬롯에 헤더 패킷으로 슬롯을 얻기 위해 Random Access를 한다. 기지국이 헤더를 해석할 수 있다면(즉, 다른 UT와의 충돌이 일어나지 않고 빈 슬롯에 한 데이터 UT의 헤더만이 들어갔다면) 기지국은 슬롯 상태를 알고 있으므로 임의로 데이터 UT에게 슬롯을 할당해준다. 이때 긴 파일 전송의 경우에는 먼저 전용 슬롯을 할당해주고 가용 슬롯의 여유가 없는 경우에는 위에서 말한 것처럼 음성 UT의 휴지기동안의 사용 가능한 슬롯을 할당해줄 수 있다. 데이터 UT은 한 프레임에 하나 이상의 슬롯을 사용할 수 있다. 그리고 버스티 트래픽의 경우에는 그 크기가 매우 작으므로 음성 UT의 휴지기동안의 사용가능 슬롯만을 할당받아 전송한다.

III. 성능분석 및 결론

본 논문에서 제안한 이론의 성능을 검증하기 위한 시뮬레이션 파라미터들은 다음과 같다.

음성 소스율	32 Kbps
P_V	variable
평균 활성기	1.0 sec
평균 휴지기	1.35 sec

표 1. 시뮬레이션 파라미터

시뮬레이션은 평균 호의 길이를 3분으로 가정하고 확률 P_V값을 변화시키며 실행하였으며, 시뮬레이션 결과(그림 4, 5, 6) 동시사용자 수의 변화에 따라 기존의 PRMA보다 더 적은 dropping 확률을 가짐을 보였다. 패킷 dropping 확률은 0.01이하가 되어야 음성의 품질을 저하시키지 않고 통화를 할 수 있다. 그림 5에서 보는바와 같이 P_V가 0.3 이고 동시사용자 수가 30명까지 PRMA의 패킷 dropping 확률이 0.01을 만족시키는 것을 볼 수 있다. 그러므로 적절한 P_V 값은 0.3 - 0.4미만이 되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] David J. Goodman, Sanjiv Nanda, Uzi Timor, "Performance of PRMA: A Packet Voice Protocol for Cellular Systems", 1991, IEEE Transaction on vehicular technology, vol.40, No.3.

[2] David J. Goodman, Sherry X. Wei, "Efficiency of Packet Reservation Multiple Access, 1991, IEEE transactions vehicular technology, vol.40, No.1.

[3] Parthasarathy Narasimhan, Roy D. Yates, "A New Protocol for the Integration of Voice and Data over PRMA", 1996, IEEE journal on selected areas in communications, vol.14, No.4.

[4] Xuejun Sha, Chung G. Kang, "A Dynamic

Frame PRMA Protocol for Wireless ATM Networks", 1998, ICCT
[5] Romano Fantacci, Francesco Innocenti, "Performance Evaluation of a Modified PRMA Protocol for Joint Voice and Data Packet Wireless Networks", 1999, IEEE Transaction on communications, vol.47, No.12.

음성 모델 및 시뮬레이션 결과

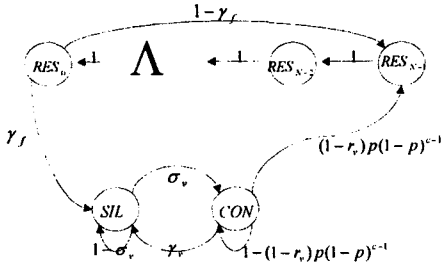
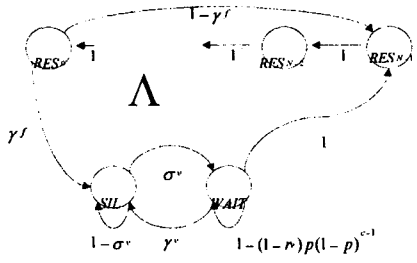


그림 2. Voice에 대한 Markov Model(1)



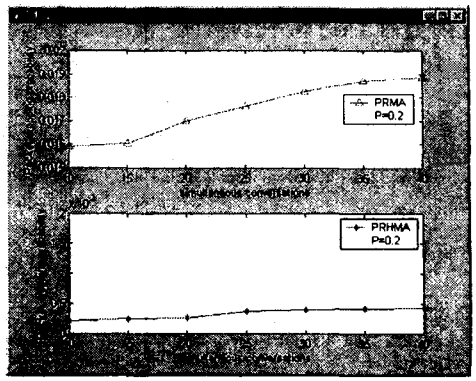


그림 4. P_V=0.2 일 때 패킷 dropping 확률

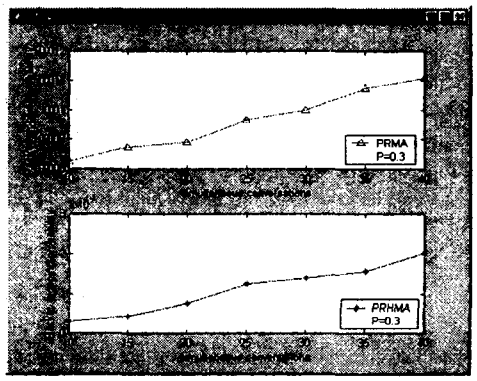


그림 5. P_V=0.3 일 때 패킷 dropping 확률

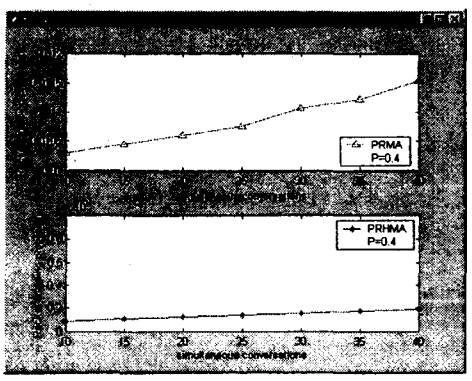


그림 6. P_V=0.4 일 때 패킷 dropping 확률