

최소 예약슬롯 보증 음성 / 데이터 집적 PRMA 프로토콜에 관한 연구

正會員 金 泰 圭* 正會員 趙 東 浩* 正會員 尹 龍 重**

A Study On The Voice / Data Integrated PRMA Protocol With The Minimum Reservation Slot Assured

Tae Gue Kim*, Dong Ho Cho*, Yoong Joong Yoon** *Regular Members*

要 約

PRMA(Packet Reservation Multiple Access) 프로토콜은 연립 트래픽 특성을 갖는 불특정다수의 단말기들이 공유채널을 액세스하기 위해 서로 경쟁하는 환경하에서 음성 트래픽과 데이터 트래픽을 집적하여 서비스하는데 매우 효율적인 것으로 잘 알려져 있다. 그러나 PRMA 프로토콜에서는 부하가 커지면 예약채널의 용량이 영(Zero)으로 축소될 수도 있으므로 시스템이 불안정해지고 고부하 상태에서는 제대로 동작할 수 없다. 본 논문에서는 이러한 PRMA의 단점을 보완할 수 있으며 보다 안정되게 동작하는 음성 / 데이터 집적 PRMA 프로토콜을 제안하고, 프레임 및 슬롯구조를 제시하며, 제안된 프로토콜의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 분석해 보았다. 시뮬레이션 결과, 기존의 방식에 비해 제안된 프로토콜이 보다 효율적으로 음성과 데이터를 집적할 수 있으며, 고부하 상태에서도 보다 안정되게 동작함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

Packet Reservation Multiple Access(PRMA) protocol provides a very efficient mechanism for many number of voice and data terminals with bursty traffic characteristics to share efficiently a common transmission channel. This protocol, however, cannot operate in high load conditions. That is, there occurs a instability problem, since the reservation channel is allowed to shrink to zero. In this paper, a more stable PRMA protocol which can avoid such problems and integrates voice and data traffic efficiently is proposed. Also, the performance of the proposed protocol is analyzed by a computer simulation. According to the simulation results, it can be shown that the proposed protocol provides a more efficient mechanism for voice / data integration and ensures a more stable operation than conventional PRMA protocol in high load conditions.

*慶熙大學校 電子計算工學科
Dept. of Electronic Engineering, Kyunghee University.

**韓國通信 衛星事業團
論文番號 : 93-27

I. 서 론

오늘날의 원거리 통신망들은 각기 특정한 용용에 적합하게 설계되어 있다. 예를들어, PSTN(Public Switched Telephone Network)은 음성정보를 전달하는데 이용되고 있으며, PSDN(Packet Switched Data Network)은 데이터의 전송에 이용되고 있다. 사용자들은 이들 각 망에서 제공하는 서비스들을 이용하기 위해서 각각의 망에 대해 별도의 액세스 라인을 가져야만 하는데, 이는 전송자원의 이용측면에서 매우 비효율적이라 할 수 있다. 또한, 음성 및 데이터 트래픽 각각에 대해서 별도의 망을 구축하는 것은 매우 비효율적이므로, 이들 트래픽들을 단일의 전송시스템상에 집적할 필요가 있다. 현재, 무선 LAN 환경에서도 이러한 음성 / 데이터 집적에 대한 요구가 날로 급증해 가는 추세이다. 따라서, 이러한 요구를 만족시킬 수 있는 다중액세스 프로토콜을 설계하는 것이 최근 무선 통신에 있어서의 핵심 과업중의 하나이다¹⁾.

그동안 많은 다중 액세스 기법이 제안되고 분석되었는데, 이들은 주로 LAN과 위성통신망에서의 데이터 서비스에 관한 것들이었다. 이들 프로토콜들을 크게 두가지 부류로 나누어 볼 수 있는데, 한 부류는 랜덤 액세스 형태이고 다른 한 부류는 제어 액세스 형태이다. ALOHA와 CSMA와 같은 랜덤 액세스 기법은 많은 버스티한 속성의정보원들을 다중화하는데 적절하다. 하지만, 이러한 액세스 기법들을 이용하는 통신 시스템들은 트래픽 부하가 커지게 되면 시스템이 매우 불안정해진다. 따라서 시스템이 전체 용량의 0.8~0.9정도의 고 부하상태에서 동작하려면 안정된 동작을 보증하고 액세스지연을 허용치 이하로 유지하기 위해서 폴링과 같은 제어기법이 요구된다²⁾.

한편, 패킷망에 음성서비스를 적용하기 위한 프로토콜로는 소위 예약 다중액세스(reservation multiple access)라 하는 기법들이 있다^{3) 4) 5) 6) 7)}. 이 프로토콜들은 앞의 두 프로토콜 부류의 중재안이라 할 수 있는데, 음성호의 주기적 속성을 이용하여 talkspurt 레벨에서의 통계적 다중화를 수행한다. 이러한 종류의 프로토콜에서는 메시지 전송을 위한 대역폭을 요구하는데 사용되는 패킷(즉, 예약요구패킷)들 사이에서만 경쟁이 이루어진다. 일단 성공적으로 예약된 후에는 패킷들이 중앙 혹은 분산제어하에 충돌없이 전송

된다. 위성통신에서 사용되는 R-ALOHA 및 ALOHA-reservation 이 세번째 부류에 속하는데 이들 프로토콜들은 모두 슬롯화된 채널구조를 사용하고 있다^{8) 9)}. ALOHA-reservation 프로토콜은 프레임의 고정된 일부(reservation subframe)를 예약을 위해 사용하고 나머지(data subframe)를 정보전송에 이용한다. 반면, R-ALOHA에서는 예약용으로 전용된 슬롯이 존재치 않으며 모든 단말기들은 어떤 비예약 슬롯에도 경쟁할 수 있다. 그리고 일단 예약이 성공하면 현재의 메시지 전송이 완료될 때까지 후속 프레임에서의 해당슬롯을 예약받는데, R-ALOHA의 로컬 무선 통신 시스템용 버전이라 할 수 있는 PRMA에서는 주기적인 음성의 발생에 일치하는 타임 프레임에 데이터와 음성을 혼합하여 전송할 수 있다¹⁰⁾. PRMA는 TDMA의 주요장점인 대역폭 이용의 효율성과 Slotted-ALOHA 프로토콜의 주요장점인 제어의 단순성을 취합한 결합체로 볼 수 있다. PRMA를 적용하면 기존의 TDMA나 FDMA에 비해 보다 향상된 성능을 얻을 수 있는데, 이는 예약된 단말기에 대해서는 할당된 타임슬롯을 배타적으로 사용하도록 허용하는 반면, 다른 단말기들은 예약되지 않은 타임슬롯에 대해서 경쟁하도록 함으로서 가능하다. 즉, 예약기법을 적용함으로써 다수의 단말기가 동일 무선 채널을 액세스할 때 패킷 충돌확률을 줄일 수 있고 결과적으로 단말기들의 처리율을 증가시킬 수 있다. 그러나, PRMA 프로토콜은 고부하상태에서는 제대로 동작할 수 없다. 즉, 부하가 커지면 예약채널의 용량이 축소되어 이용가능한 빈 슬롯의 빈도가 줄어들게 되므로, 어느 한계이상 지연된 패킷을 폐기하는 메카니즘이 사용되지 않는다면 액세스지연이 무한히 커질 수 있다. 여기서 어느 한계이상 지연된 패킷을 폐기하는 것은 시스템의 안정화 메카니즘으로 작용하는데 이는 허용치 이상의 서비스의 질 저하를 초래할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 PRMA의 단점을 보완할 수 있으며 보다 안정되게 동작하는 음성 / 데이터 집적 PRMA 프로토콜을 제안하고, 프레임 및 슬롯구조를 제시하며, 제안된 프로토콜의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 분석해 본다. I 장의 서론에 이어 II 장에서는 기존의 다중액세스 프로토콜에 대해서 기술하며 III 장에서는 제안된 음성 / 데이터 집적 다중액세스 PRMA 프로토콜을 상세히 기술한다. IV 장에서는 제안된 프로토콜의 성능을 시뮬레이션을

통해 고찰하며, 그리고 마지막으로 V 장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 PRMA 프로토콜

PRMA는 랜덤 액세스에 시분할 기법을 결합한 매우 효율적인 통계적 다중화 기법이라 할 수 있는데, 지리적으로 분산되어 있는 다수의 단말기들이 단일의 광대역 채널을 이용하여 패킷화된 음성용 기지국에 전송할 수 있도록 해준다. PRMA는 OSI 프로토콜 스택의 물리계층(MAC)과 데이터링크 계층에서 동작하는 통계적 다중화기로 볼 수 있다. 데이터링크 계층의 기능은 한 단말기 노드에서 다른 노드로의 신뢰성 있는 즉, 에러없는 정보전송을 보증하는 것이다. 데이터 전송의 경우에 있어서는 데이터 패킷들의 전송을 지연시킴으로서, 네트워크가 과부하 상태로 되어 처리율이 저하되는 것을 막는다. 반면 전화통화와 같은 음성 트래픽의 경우 신속한 패킷전송이 필수적이다. 따라서 특정 제한시간을 초과한 패킷들은 의미가 없으므로 시스템에 의해 폐기되어진다. 일반적으로 데이터전송에 있어서 약 250msec 정도의 지연은 서비스의 질에 그리 큰 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있다⁶⁾. 또한, 음성전송의 경우에는 각 패킷이 16ms의 음성을 포함하고 있을 때, 패킷 폐기율이 0.01 이하이면 알아듣는데 별 지장을 초래하지 않는다⁶⁾.

PRMA는 일종의 비동기 시분할 다중액세스 기법으로서 기지국 및 지리적으로 분산된 다수의 단말기들이 중앙 제어기의 제어 없이도 공유 전송채널을 매우 효율적으로 액세스할 수 있도록 해준다. 채널 액세스는 경쟁 및 시분할에 기초하고 있다. 시분할된 타임슬롯들이 여러개 모여서 프레임을 형성하는데, 각 단말기들은 기지국으로부터 방송되는 피드백 패킷의 내용에 따라 각 슬롯을 "예약된 슬롯" 또는 "가용슬롯"으로 분류한다. 전송할 정보스트림을 가진 단말기들은 각 가용정보슬롯에 대한 사용권을 얻기 위해 서로 경쟁한다. 특정한 한 슬롯에 대해 성공적으로 패킷을 전송하는데 성공한 단말기는 후속 프레임에서의 해당슬롯에 대한 배타적인 사용권을 암시적으로 획득하게 된다. 그리고 더이상 전송할 패킷이 없어서 그 슬롯을 사용하지 않게 될 때, 예약이 해제되며 다른 모든 단말기들은 그 슬롯이 다시 이용가능한 슬롯으로 바뀌었음을 알게된다. PRMA 프로토콜

은 셀룰러 시스템을 위한 패킷-음성 프로토콜로서 음성과 데이터를 집적하는데도 매우 효율적인 것으로 알려져 있다. 그러나, PRMA 프로토콜은 고부하 상태에서는 제대로 동작할 수 없다. 최근에, 이러한 PRMA의 단점을 보완하기 위해서 보다 일반적이고 융통성 있는 ALOHA-reservation과 유사한 PRMA가 제안되었다⁶⁾. 이 프로토콜의 주요 장점은 다음과 같다.

첫째, 최소한의 예약전용 대역폭(threshold)이 보장된다.

둘째, ALOHA-reservation 프로토콜에서와 같이 예약 슬롯이 여러개의 미니슬롯들로 분할될 수 있어 예약 대역폭이 확대된다.

셋째, 정보슬롯 할당과정이 기지국(Base Station)의 제어하에 이루어져서 남아있는 미사용 슬롯들이 시간축상에서 될수있는 한 균일하게 분포된다.

이 프로토콜은 최소한의 예약대역폭이 유지되기 때문에 트래픽 부하가 큰 상황에서도 매우 안정되게 동작하는 것으로 밝혀졌다. 그러나 이 프로토콜은 음성 트래픽의 처리에는 매우 적합하지만 데이터를 통합하여 처리하는 데에는 약간의 미비한 점이 있다. 데이터 단말기의 트래픽 속성은 패킷의 발생이 임의적이므로 슬롯을 암시적으로 계속해서 예약하는 음성단말기와는 달리 한 패킷을 전송할 때마다 매번 경쟁해야 한다. 따라서 이들 트래픽들을 서로 구분하여 취급할 수 있는 메카니즘이 요구된다.

III. 개선된 음성/데이터 집적 PRMA 프로토콜

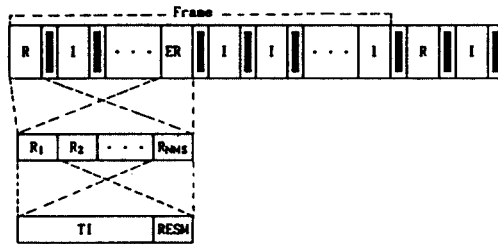
1. 채널구조 및 프로토콜

제안된 프로토콜의 채널 및 슬롯구조가 그림 1에 도시되어 있는데, 이는 참고문헌(10)에서 제시된 채널구조와 아주 흡사하다. 전체 가용대역폭의 일부가 각 셀에 전용으로 할당되어 있으며 이들은 다시 각각 두개의 주파수 대역으로 분할된다. 어느 한 순간에 각 이동국(Mobile Station)은 여러 주파수 대역에서 수신된 신호의 강도에 따라 어느 한 기지국에 배정된다. 한 셀에 할당된 두 주파수 채널 즉, 이동국에서 기지국 방향으로의 상방향 채널과 기지국에서 이동국 방향으로의 하방향 채널은 고정길이의 타임슬롯으로 분할되어 있는데 이들 타임슬롯들이 모여 프레임을 형성한다. 각 프레임내에 주기적으로 반복되는 각 타임슬롯은 하나의 물리채널을 구성

한다. 한편 논리채널은 반드시 주기적일 필요는 없으며, 기껏해야 한 프레임에 하나 정도의 빈도로 나타나는 임의의 타임슬롯들의 시퀀스로 정의된다. 이때 각 전이중 접속(예, 음성호)에 대해서는 두개의 논리채널 즉, 하나의 상방향 채널과 하나의 하방향 채널이 설정된다.

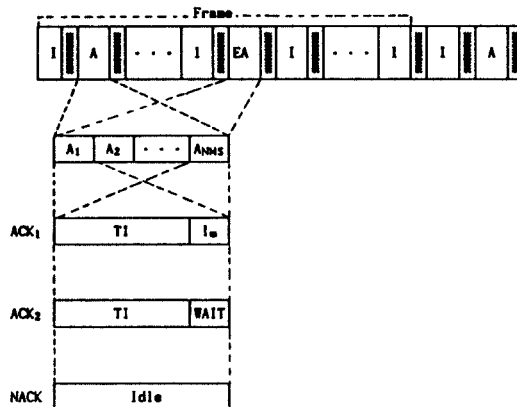
이동통신에서는 음성호가 현저하게 많을 것이며 음성이 지연에 관한한 가장 민감하므로 슬롯 및 프레임 크기는 음성 부호화기에 의해 생성되는 데이터 블록의 크기와 속도에 일치되게 설정된다.

각 음성 정보원은 활성화 상태에 있을 때 프레임당 하나의 타임슬롯, 즉 하나의 물리채널을 사용한다. 기존의 TDMA의 경우는 물리채널이 전체 접속 지속 시간동안 하나의 정보원에 전용되어 호 레벨에서의 다중화가 이루어진다. 반면 PRMA 프로토콜에서는 음성정보원의 경우, R-ALOHA, PRMA 등의 다른 예약 프로토콜들과 마찬가지로 talkspurt 레벨에서 다중화가 수행되므로 음성 정보원은 활성화되어 있는 동안 물리채널을 계속해서 사용하게 된다. 한편, 데이터 정보원의 경우, 패킷의 발생이 음성의



- R : 고정된 예약슬롯 R₁ : 미니 예약슬롯 ER : 확장 예약슬롯
- I : 정보 슬롯 NMS : 슬롯당 미니슬롯의 수 TI : 단말기 식별자
- ▬ : 동기정보 및 guard time RESM : 예약(On/Off)

a) 상방향 프레임(Uplink Frame)



- A : 고정된 Ack. 슬롯 A₁ : 미니 Ack. 슬롯 EA : 확장 Ack. 슬롯
- I : 정보 슬롯 NMS : 슬롯당 미니슬롯의 수 TI : 단말기 식별자
- I_m : 예약된 정보슬롯의 번호(ACK₂)
- ▬ : 예약지속, 예약해제, 빈슬롯(idle) 등의 상태정보를 포함하는 미니슬롯 및 동기정보. WAIT: ACK₂를 수신할 때까지 기다려서 전송하려는 것을 의미함.(ACK₁)

그림 1. 제안된 프로토콜의 프레임 및 슬롯 구조

경우와는 달리 연속적이지 못하고 임의적이므로 예약에 성공하면 오직 한 슬롯만을 예약받는다.

그림 1의 (a)에서 알 수 있듯이, 상방향으로는 실제 정보전송용으로 정보원에 할당된 논리채널 그룹인 정보채널(I)과는 별도로 예약채널(R, ER)이라 하는 논리채널 그룹이 있어서 모든 이동국들이 호를 설정하고 슬롯을 예약하는데 사용되거나 다른 접속제어 정보를 전송하는데 사용된다. 호가 설정되는 동안 각 접속은 VCI라는 고유의 식별번호를 부여받는데, 이는 호를 구별하는데 사용된다. VCI의 길이는 시스템 변수로써 링크상에 다중화되는 접속의 수에 따라 결정된다. 한편, 고정된 예약슬롯(R)은 프레임상에 균일하게 분포되어 있으며, 다른 슬롯들은 모두 정보슬롯으로 쓰이는데, 예약되어 있지 않은 정보슬롯들은 확장예약슬롯(ER)으로 사용된다. 상방향 링크에서 영구적인 예약슬롯(R)과 확장 예약슬롯(ER)은 다시 여러개의 미니슬롯으로 분할되는데, 이들 각각의 미니슬롯은 한개의 예약패킷을 전송할 수 있다. 예약패킷은 참고문헌(10)에서 제시된 프로토콜과는 달리 정보원의 VCI필드 이외에도 예약모드 필드를 포함하고 있는데, 예약모드는 음성정보와 데이터 정보를 구분하여 취급하는 것을 가능하게 해준다. 한편, 예약모드 필드는 데이터 단말기에 큐잉되어 있는 패킷이 어느 한계이상일 때, 음성 단말기의 경우와 같은 예약모드로 동작할 수 있는 메커니즘을 가능하게 하는데 여기에 대해서는 본 논문에서는 다루지 않겠다.

그림 1의 (b)에서 알 수 있듯이 하방향 링크도 상방향 링크의 경우와 유사하게 제어채널(A, EA) 및 정보채널로 구성되어 있다. A 및 EA 슬롯은 다시 여러개의 미니슬롯으로 분리되는데, 이들 각각은 ACK 혹은 NACK 패킷을 전송하는데 사용된다. ACK 패킷이 전송되는 경우는 단말기들 중의 하나가 예약패킷을 전송하는데 성공하였을 경우(ACK₁, ACK₂), 혹은 예약슬롯을 기지국에 성공적으로 전송하고 정보슬롯이 할당되기를 기다리고 있는 단말기가 있는 상태에서 새로운 정보슬롯이 이용가능하게 되어 대기중인 단말기에 예약이 이루어지는 경우(ACK₂) 등이다. ACK₂는 이용가능한 정보슬롯이 존재하여 예약이 성공하였음을 알리는데 사용되는데, 단말기 식별자 및 예약된 슬롯의 번호를 포함하고 있다. ACK₁은 예약슬롯 전송에 성공한 단말기의 식별자 및 wait 패턴을 포함하고 있으며, 현재 이용가

능한 정보슬롯이 없어서 예약이 큐잉되었음을 해당 단말기에 알리는데 사용된다. 예약이 큐잉된 단말기들은 기지국으로부터 ACK₁ 패킷을 수신할 때까지 기다려서 할당받은 슬롯에 패킷을 전송한다. 데이터 트래픽의 효율적인 통합을 위해서 참고문헌(10)에서의 구조와는 달리 각 하방향 슬롯의 후미에는 슬롯의 예약지속여부를 나타내는 미니슬롯이 뒤따른다. 이 미니슬롯은 사용함으로써 예약의 지속 혹은 해제에 관한 정보를 모든 단말기가 즉시 알 수 있게 되며 데이터 트래픽과 같은 임의적으로 발생하는 트래픽의 통합이 가능해진다. 예약이 지속될 때는 이 미니슬롯에 BUSY 패턴을 전송하여 전송이 지속됨을 모든 단말기에 알린다. 한편 예약이 해제될 때는 다음의 두가지 경우로 분리된다.

- (1) 큐잉되어 있는 예약요구가 있을 경우는 큐잉되어 있는 예약요구중 가장 먼저 큐잉된 예약요구에 대하여 ACK₂ 패턴을 전송하여 예약이 성공적으로 이루어졌음을 알리고 해당단말기에 방금 해제된 정보슬롯을 할당한다.
- (2) 큐잉되어 있는 예약요구가 없을 때에는, IDLE 패턴을 방송하여 다음프레임에 해당 슬롯이 확장 예약슬롯으로 쓰이게 됨을 모든 단말기에 알린다.

한편, 한 슬롯내부에서 분리될 수 있는 미니슬롯의 수는 시스템 변수로써 링크상에 다중화되는 접속의 수 및 미니슬롯 내부에 포함되는 정보에 따라 결정된다. 제안된 프로토콜에서는 미니슬롯 내부에 VCI 필드 및 예약모드를 표시하기 위한 정보 등이 포함된다.

2. 음성패킷의 전송

음성단말기는 활성화된 상태에서는 매 프레임마다 하나의 패킷을 생성한다. 전송할 패킷을 가진 각 단말기는 이용가능한 정보슬롯을 얻기 위하여 예약 미니슬롯을 통해 일정한 확률(P_v)로 예약패킷을 기지국에 전송하여 서로 경쟁한다. 이때 예약미니슬롯의 예약모드 필드는 연속 예약모드로 설정된다. 예약패킷을 전송하는데 성공한 단말기는 기지국으로부터 이용가능한 정보슬롯을 할당받을 때까지 대기한다. 기지국은 충돌이나 전송에러 없이 전송된 예약요구를 큐잉하였다가 이용가능한 정보슬롯이 생기면 ACK₂ 패턴을 방송하여 해당 단말기에 예약이 성공적으로 이루어졌음을 알린다. 일단 기지국으로부터

예약통보를 받은 단말기는 할당받은 슬롯에 첫 패킷을 전송한 이후, 음성이 활성화 되어 있는 구간동안 계속해서 후속 프레임의 대응 타임슬롯에 대한 배타적인 사용권을 획득하게 된다. 그리고 그 단말기가 새로운 패킷을 더이상 생성하지 않고 예약된 타임슬롯을 사용하지 않게 될 때 그 타임슬롯에 대한 예약이 해제된다. 망이 과잉밀집상태로 되었을 때 정보 패킷들을 버퍼에 저장하는 데이터 패킷의 전송과는 대조적으로 음성패킷의 전송에 있어서는 특정 지연한계 이상으로 지연된 패킷을 폐기함으로써 과잉밀집에 대처한다. 각 패킷이 16ms의 음성을 포함하고 있을 때, 패킷 폐기율이 0.01 이하이면 알아듣는데 별 지장을 초래하지 않는 것으로 알려져 있다⁶⁾.

3. 데이터 패킷의 전송

음성단말기와는 달리, 데이터 단말기는 정보의 발생이 임의적이다. 따라서 후속 프레임의 정보슬롯을 계속해서 암시적으로 예약하지는 않으며 매 전송 패킷마다 경쟁과정을 통해 명시적으로 예약을 해야만 한다. 예약과정은 음성단말기와 마찬가지로, 전송할 패킷을 가진 각 단말기는 이용가능한 정보슬롯을 얻기 위하여 예약 미니슬롯을 통해 일정한 확률(Pd)로 예약패킷을 기지국에 전송하여 서로 경쟁한다. 이때 예약미니슬롯의 예약모드 필드는 이산 예약모드로 설정된다. 예약패킷을 전송하는데 성공한 단말기는 기지국으로부터 이용가능한 정보슬롯을 할당받을 때까지 대기한다. 기지국은 충돌이나 전송에러 없이 예약요구를 큐잉하였다가 이용가능한 정보슬롯이 생기면 ACK₂ 패킷을 발송하여 해당 단말기에 예약이 성공적으로 이루어졌음을 알린다. 일단 기지국으로부터 예약통보를 받은 단말기는 다음프레임의 할당받은 슬롯에 하나의 패킷만을 전송할 권한을 얻는다. 앞서서도 보았듯이 또다른 패킷을 다시 전송하려면 다시 경쟁과정을 거쳐 정보 슬롯을 예약해야 한다. 한편, 예약요구 패킷을 전송하는데 실패한 데이터 단말기는 일정한 재전송 메카니즘을 사용하여 재전송을 시도한다. 망이 과잉밀집상태로 되었을 때에는 패킷을 버퍼에 큐잉함으로써 과잉밀집상태에 대처한다. 그러나, 고정된 재전송확률을 사용하는 것은 충돌감소의 측면에서 약간 비효율적이다. 따라서, 충돌 resolution 메카니즘으로서 backoff 알고리즘을 사용하는 것이 바람직하다. 제안된 프로토콜에서는 계속해서 반복적으로 충돌하는 것을 방지하기

위해서 충돌에 관련된 이동국들이 TBEB(A Truncated Binary Exponential Backoff Algorithm)을 사용하여 재전송시도를 지연시키는데, backoff 지연의 계산방법은 아래와 같다.

- (1) 재전송 시도횟수 n 을 1만큼 증가시킨다.
- (2) 만일 $n > 16$ 이면, 재전송에러를 보고한다.
- (3) $k = \text{minimum}(n, 10)$
- (4) $[0, 2^k]$ 의 범위의 난수 r 을 발생시킨다.
- (5) backoff delay를 r 슬롯타임으로 설정한다.

Backoff 알고리즘을 사용하면 데이터 재전송이 음성서비스의 질에 미치는 영향을 최소화시킬 수 있으므로 음성과 데이터를 집적하는데 매우 효율적이다. 또한, 호의 수의 변동이 매우 심한 환경에서도 backoff 알고리즘은 시스템이 보다 안정되게 동작하도록 한다. 여기에 대한 더 상세한 논의는 다음절에서 제시된다.

IV. 시뮬레이션 및 결과고찰

1. 시뮬레이션 환경

본 논문에서 고려하는 로컬 무선 액세스 시스템에서는 이동 단말기와 기지국간의 roundtrip 전파지연 시간이 옥외의 경우 수십 μs 이내이다. 또한 패킷 지속시간은 일반적으로 500-1000 μs 정도이다. 이러한 짧은 전파지연으로 단말기들은 전송의 결과를 즉시 알 수 있다. 대부분의 경우 현재의 타임슬롯에 대한 확인 메시지는 다음 타임슬롯의 시작전에 단말기에 도달할 수 있다⁶⁾. 본 논문에서는 예약 메시지인 경우는 예약의 성공 여부를 바로 다음 슬롯타임에 알 수 있다고 가정한다. 상방향 및 하방향 전체 채널전송속도는 각각 720kb/s이고 활성화된 음성 단말기의 전송속도는 32kb/s라 가정한다. 그리고 프레임의 지속기간은 16ms라 가정한다. 따라서 음성 패킷은 한 프레임 기간동안에 512비트의 정보를 발생시킨다. 여기에 헤더정보 및 다른 용도의 정보로 64비트가 더해져서 전체 576비트의 패킷을 형성한다. VCI 필드의 길이를 12비트, 예약모드를 나타내는데 사용되는 필드의 길이를 8비트, 그리고 각 미니슬롯간의 경계를 구분하는 비트패턴에 64비트가 소요된다고 가정하면 한개의 타임슬롯은 6개의 미니슬롯으로 분리되어 사용될 수 있다. 한편 전체 채널 전송속도는 720kb/s이므로 한프레임은 20개의 타임슬롯으로 구성된다. 그리고 데이터 단말기는 평균 1200b/s

로 데이터를 발생시키는 것으로 가정하였으며, 음성 패킷의 블럭킹에 있어서는 32ms를 한계치로 하여 음성단말기의 전송버퍼에서 두 프레임(40 타임슬롯)시간보다 크게 지연된 패킷은 폐기하였으며, capture effect는 고려하지 않았다.

2. 음성 트래픽 모델링

음성단말기의 트래픽 특성은 그림 2에서와 같이 2-state Markov process를 따른다⁶⁾.

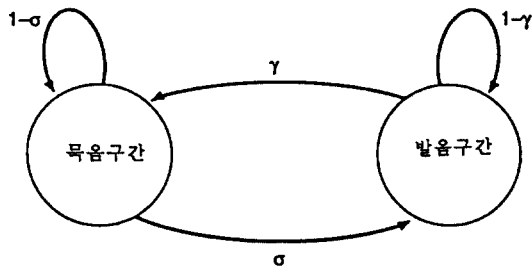


그림 2. 음성트래픽의 2-state Markov process 모델

음성 단말기는 음성 활성 탐지기에 의해 분류된 발음구간과 묵음구간으로 구성된 패킷을 생성하는데, 이때 모든 발음구간과 묵음구간의 지속시간은 지수분포를 따르며, 이들은 통계적으로 서로 독립적이다. 발음구간 지속시간의 평균을 t_1 이라고하고 묵음구간 지속시간의 평균을 t_2 라 할 때, 발음구간이 타임슬롯 지속시간 τ 내에 끝날 확률 γ 는 다음과 같이 주어진다.

$$\gamma = 1 - \exp(-\tau / t_1)$$

한편, 활성화된 단말기의 묵음구간이 타임슬롯 지속시간 τ 내에 끝날 확률 δ 는 다음과 같다.

$$\delta = 1 - \exp(-\tau / t_2)$$

여기서, t_1 과 t_2 의 값은 실제 회화상의 음성을 측정 한 결과 각각 1.00초 및 1.35초로 나타났다⁶⁾.

3. 데이터 트래픽 모델링

데이터 트래픽은 포아슨 분포를 따른다고 가정한다. 한편 데이터 단말기의 데이터 생성속도가 1200

b/s가 가정하였으므로 데이터 패킷의 평균 도착시간 간격은 평균이 0.4267인 지수분포를 따른다.

4. 시뮬레이션 결과 고찰

음성패킷은 지연에 대해서는 매우 민감하지만 어느정도의 블럭킹은 허용한다. 반면, 데이터 패킷은 패킷의 손실에 대해서는 매우 민감하지만 어느정도의 지연은 허용한다. 대부분의 데이터 전송 응용들에 있어서 약 250msec정도의 지연은 허용된다. 그리고 음성 서비스들의 경우 블럭킹확률이 약 0.01이하이면 사람이 인지하는데 별 지장이 없는 것으로 알려져 있다⁴⁾. 한편, 음성 / 데이터 집적 환경하에서는 음성 패킷의 블럭킹확률 및 데이터 패킷의 평균지연이 매우 밀접하게 관련되어 있고 이들은 다시 음성단말기와 데이터 단말기의 패킷 전송 허용확률에 의존한다. 따라서, 각 정보원의 전송허용확률을 잘 선정하는 것이 PRMA의 성능에 있어서 매우 중요하다. 기존의 PRMA프로토콜에서는 음성패킷의 전송허용확률이 0.3일 때 최대의 성능을 얻을 수 있으며 37개까지의 호들을 동시에 지원한다⁴⁾. 또한 음성 / 데이터 집적 환경하에서도 PRMA는 $P_v=0.3$ 이고 $P_d=0.045$ 일 때 각각 33개씩의 음성단말기와 데이터 단말기를 서비스해줄 수 있는 것으로 밝혀졌다.

$P_v=0.3$, $P_d=0.045$ 이고 MRS의 값이 변화할 때 제안된 프로토콜의 블럭킹확률특성 및 평균지연 특성이 그림 3과 4에 각각 도시되어 있다. MRS가 2이하일 때는 MRS가 증가함에 따라서 평균지연 및 블럭킹확률이 점차로 감소하는데 이같은 현상은 다음의 두가지 요인에 기인한다.

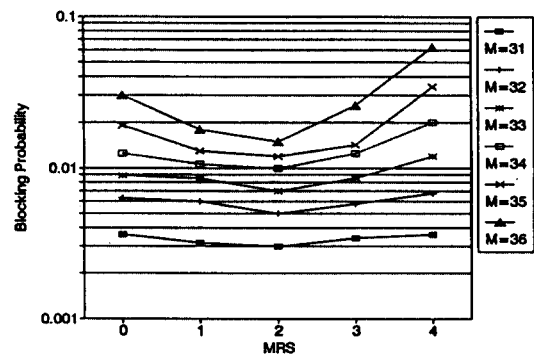


그림 3. MRS 값의 변화에 따른 블럭킹 확률 특성 ($P_v=0.3$, $P_d=0.045$)

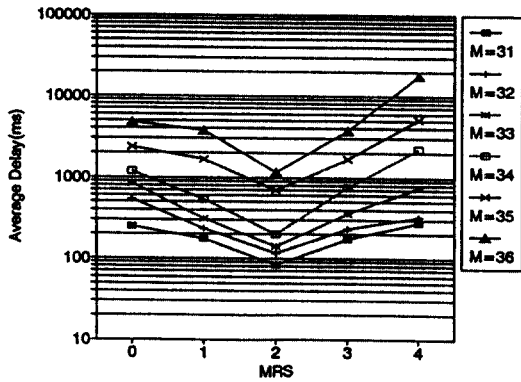


그림 4. MRS 값의 변화에 따른 평균 지연특성 ($P_v=0.3, P_d=0.045$)

- (1) 예약슬롯이 6개의 미니슬롯들로 분할되기 때문에 예약채널의 용량이 증가하게 되고 결과적으로 패킷충돌확률이 줄어든다.
- (2) 전용 예약슬롯의 사용으로 정보채널의 용량이 줄어들지만 통계적 다중화로 인한 이득이 정보채널의 감소로 인한 손실보다 크기 때문에 처리율이 증가한다.

그러나 MRS가 3 이상이 되면 블러킹 확률 및 평균 지연이 MRS 값이 증가함에 따라 점차로 증가하는데, 이는 고정예약 슬롯의 증가로 인한 정보채널 용량의 감소에 기인한다. 그림에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안된 채널구조에 데이터 전송허용확률을 고정시켰을 경우는 MRS=2일때 최대의 성능(채널이용률 ≈ 0.76)을 얻을 수 있다. 한편, MRS=2, $P_v=0.3$ 이고 음성 및 데이터 단말기의 수, P_d 의 값이 변화할 때 평균 데이터 지연 및 음성 블러킹 확률의 변화가 각각 그림 5와 그림 6에 나타나 있는데, 데이터 패킷의 전송확률이 음성패킷의 블러킹 확률에 미치는 영향이 아주 미약함을 알 수 있다. 또한, 데이터 패킷의 전송허용확률이 기존의 PRMA에서보다 약간 큰 값인 약 0.05일때 최대의 성능을 얻을 수 있음을 알 수 있는데, 이는 minislots의 사용에 의한 예약채널용량의 증가때문에 발생함을 알 수 있다.

기존의 PRMA 프로토콜에 대해서 데이터 재전송 허용확률 대신 backoff 알고리즘을 적용하였을 때의 평균지연 및 블러킹확률특성이 그림 7에 도시되어 있다. 그림에서 알 수 있듯이 기존의 PRMA 프로토

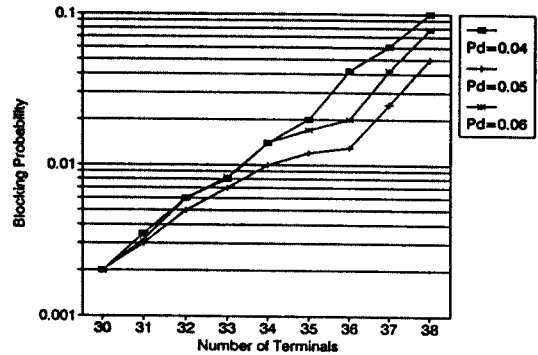


그림 5. 데이터 전송허용 확률(P_d)의 변화에 따른 블러킹 확률 특성(MRS=2, $P_v=0.3$)

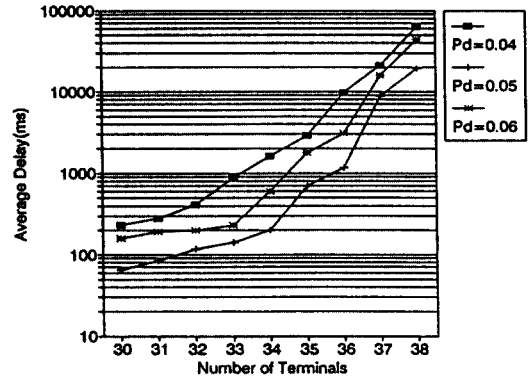


그림 6. 데이터 전송허용 확률(P_d)의 변화에 따른 평균지연 특성(MRS=2, $P_v=0.3$)

콜에서는 트래픽 부하가 커지면 예약채널이 영(Zero)로 축소되어 시스템이 불안정해지므로 backoff 알고리즘을 사용함으로써 얻어지는 이득이 거의 없음을 알 수 있다. 한편, 제안된 프로토콜에서 데이터 재전송 방식으로 backoff 알고리즘을 사용할 때, MRS값의 변화에 따른 평균지연 및 블러킹 확률특성이 각각 그림 8과 9에 도시되어 있다. 그림에서 알 수 있듯이 기존의 PRMA 프로토콜과는 달리 backoff 알고리즘을 적용하므로써 성능이 현격히 향상되며 MRS가 2일 때 최대의 성능(채널이용률 ≈ 0.78)을 얻을 수 있다.

한편, 앞에서 언급된 여러 방식들의 성능이 그림 10과 11에 서로 비교되어 있다. 제안된 PRMA 프로토콜에서는 데이터 재전송 방식으로 backoff 알고리즘을 사용하고, 최소한의 예약슬롯을 확실히 이용하

며, 예약슬롯을 여러개의 미니슬롯으로 분할하여 사용하므로써 기존의 PRMA에 비해 현격히 향상된 성능을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

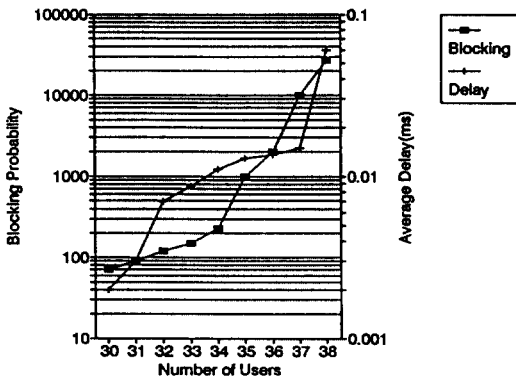


그림 7. 기존의 PRMA 프로토콜에 데이터 backoff 방식을 적용하였을 때의 블럭킹 확률 및 평균지연특성 ($P_v=0.3$, data=backoff)

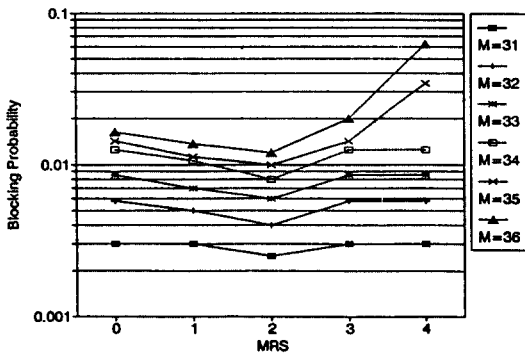


그림 8. 제안된 PRMA 프로토콜에 데이터 backoff 방식을 적용하였을 때의 블럭킹 확률 특성 ($P_v=0.3$, data=backoff)

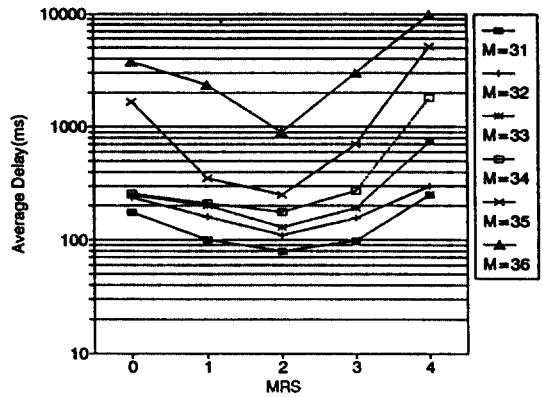


그림 9. 제안된 PRMA 프로토콜에 데이터 backoff 방식을 적용하였을 때의 평균지연특성 ($P_v=0.3$, data=backoff)

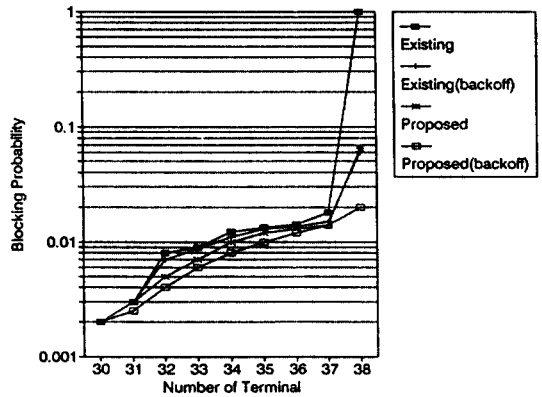


그림 10. 여러 음성 / 데이터 집적 PRMA 프로토콜의 블럭킹 확률특성의 비교

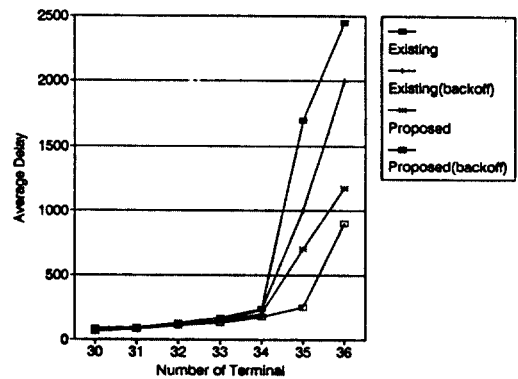


그림 11. 여러 음성 / 데이터 집적 PRMA 프로토콜의 평균지연 특성의 비교

V. 결 론

본 논문에서는, 기존의 PRMA 프로토콜에서의 안정성 문제를 해결하고 음성과 데이터를 효율적으로 집적할 수 있는 보다 안정되고 효율적인 알고리즘을 제안했다. 음성 트래픽과 데이터 트래픽을 통합하기 위해서, 제안된 프로토콜에서는, 기존의 PRMA 프로토콜과는 달리, 예약패킷의 내부에 예약 모드 필드가 있어서 각 트래픽스트림을 쉽게 구분하여 취급할 수 있다. 또한 각 하방향 슬롯의 후미에는 예약의 지속여부를 나타내는 미니슬롯이 뒤따르는데 이 미니슬롯은 정보전송을 원하는 모든 이동 단말기에 해당슬롯이 확장슬롯으로 사용될 수 있는지를 알리는 역할을 한다. 아울러, 제안된 PRMA 프로토콜에서는 데이터 재전송 방식으로 backoff 알고리즘을 사용하고, 최소한의 예약슬롯을 보증하며, 예약슬롯을 여러개의 미니슬롯으로 분할하여 사용하므로써 기존의 PRMA에 비해 현격히 향상된 성능을 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 더구나, 제안된 프로토콜에서는 채널 액세스 속도가 커짐에 따라서 얻어지는 통계적 다중화 이득이 더 커지는데, 이는 무선 채널 액세스 속도가 훨씬 커질것으로 예상되는 미래의 무선 환경에서는 매우 유리한 특징이라 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Samy A. Mahmoud, Wai-Yip Chan, J. Spruce Riordon, Salah E. Aidarous, "An Integrated Voice / Data System for VHF / UHF Mobile Radio", IEEE JSAC., vol. SAC-1, No. 6, pp. 10 98-1111, Dec. 1983.
2. Abramson, N., "The ALOHA System-Another alternative for computer communications", in 1 970 Fall Joint Comput. Conf., AFIPS Conf. Proc., vol. 37, AFIP press, Montvale, N.J., pp. 281-285, 1970.
3. Shrirang Jangi and Lazaros Merakos, "Performance Analysis of Reservation Random Access Protocol for Cellular Packet Communication", IEEE GLOBECOM, vol. 2, No. 26.4, pp.895-90 0, December 1991.
4. Hong Y. Chung, David J. Goodman, "Transmission of Speech and Data using Packet Reservation Multiple Access", IEEE ICC, vol. 1, No. 3.5, pp. 99-104, June 1991.
5. D. J. Goodman, R. A. Valenzuela, K. T. Gayliard, B. Ramamurthi, "Packet Reservation Multiple Access for Local Wireless Communications", IEEE Trans. Commun., vol. 37, 8, pp.885-890, August 1989.
6. David J. Goodman and Sherry X. Wei, "Efficiency of Packet Reservation Multiple Access", IEEE Trans. Vehic. Technol., vol. 40, No.1, pp. 170-176, Feb. 1991.
7. David J. Goodman, "Cellular Packet Communication", IEEE Trans. Commun., vol.38, No.8, pp. 1272-1280, Aug. 1990.
8. Crowther, W., et al., "A system for broadcast communication:Reservation-ALOHA", in proc. 6th Hawaii Int. Conf. Syst. Sci., pp.371-374. Jan. 1973.
9. Tasaka, S., "Stability and performance of the R-ALOHA packet broadcast system", IEEE Trans. Comput., vol. C-32, pp.717-726, Aug. 19 83.
10. N. M. Mitrou, T. D. Orinos, E. N. Protonotariou, "A Reservation Multiple Access Protocol for Microcellular Mobile-Communication Systems", IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 39, No.4, pp. 340-351, Nov. 1990.
11. D. J. Goodman and S.X.Wei, "Factors Affecting the Bandwidth Efficiency in Packet Reservation Multiple Access", Proc. of 39th IEEE Vehicular Technology Conference, San Francisco, May 1989.



金 泰 圭(Tae Gue Kim) 정회원
 1991년 2월 : 경희대학교 전자계산
 공학과 졸업(공학사)
 1993년 2월 : 경희대학교 전자계산
 공학과 대학원 석사과
 정 졸업(공학석사)
 1993년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전
 자계산공학과 대학원
 박사과정 재학중

※주관심분야: 이동통신, 멀티미디어통신, ATM 트래픽
 제어, 무선 LAN



趙 東 浩(Dong Ho Cho) 정회원
 1979년 2월 : 서울대학교 공과대학
 전자공학과 졸업(공학
 사)
 1981년 2월 : 한국과학기술원 전기
 및 전자공학과 대학원
 석사과정 졸업(공학석
 사)

1985년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 대학원
 박사과정 졸업(공학박사)

1985년 3월 ~ 1987년 2월 : 한국과학기술원 통신공학연구소
 선임연구원

1987년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자계산공학과 부교수

1989년 9월 ~ 현재 : 경희대학교 전자계산소장

※주관심분야: B-ISDN, MAN, 이동데이터통신, 멀티미
 디어통신

尹 龍 重(Yoong Joong Yoon) 정회원
 1977년 2월 : 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1986년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 대학원 석사과정
 졸업(공학석사)
 1991년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 대학원 박사과정
 졸업(공학박사)

1978년 ~ 1990년 : ADD 선임연구원

1991년 ~ 현재 : 한국통신 위성사업단 지상감리국장

※주관심분야: 위성통신, 이동통신