

무선 멀티미디어 통신을 위한 동적 슬롯 할당 MAC 프로토콜 설계

Design of Dynamic Slot Assignment Protocol for Wireless Multimedia Communication

여 현* 강 상 옥** 고 진 광***
Hyun Yoe Sang-Wook Kang Jin-Gwang Koh

요 약

본 논문에서는 PRMA의 구조를 사용하여 ABR 형태의 데이터 서비스를 수행할 수 있는 알고리즘을 도입함으로써 그 개념을 확장하고, 채널의 이용효율을 극대화하도록 설계된 무선 MAC 알고리즘인 APRMA를 제안한다. 기존의 PRMA에서는 랜덤 데이터를 전송하고자 하는 단말들은 슬롯을 예약할 수 없다. 즉, 슬롯의 예약은 시간 지연에 엄격한 음성에만 국한된다. 그러나 데이터들도 요구하는 서비스 품질을 만족시켜주어야 하며, 이를 위해 데이터에 대해서도 예약을 가능하게 하므로서 채널의 처리율도 높일 수 있다. 따라서, APRMA에서는 초기에는 최소한의 대역만을 할당해주며, 잉여의 대역이 존재하면 계속 그 전송율을 높여나갈 수 있게 하므로서 채널의 이용율을 높이고, 음성과 같은 상대적으로 우선순위가 높은 서비스 요청에 대해서도 동시에 그 서비스 품질을 만족시킬 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose a wireless MAC protocol named APRMA, which is capable of supporting the ABR type data service and Maximizing channel utilization. Data terminals with random data packets are not provided slot reservation with PRMA protocol. That is, slot reservation is applicable to the time constraint voice packet exclusively. But the reservation scheme have to be performed for loss sensitive data packet, and contended their quality of service. Therefore, in wireless MAC, reservation technique has to be used for both voice and data services. So the terminal which wants to request for ABR type service, is allocated a minimum bandwidth from system for the first time. If the system have some extra available bandwidth, ABR terminals would acquire additional bandwidth slot by slot. As a result, APRMA protocol can support the data service with loss sensitivity and maintain their channel utilization high.

키워드 : PRMA, ABR, MAC, APRMA, QoS

1. 서 론

기존의 패킷 라디오망에서 사용되던 MAC 프로토콜들은 크게 랜덤 액세스 방식과 제어 액세스 방식으로 나뉘어 진다. 랜덤 액세스 방식에는 ALOHA와 그 처리율 성능을 두 배로 증가시킨

슬롯화된 ALOHA 시스템, 그리고 CSMA(Carrier Sense Multiple Access) 방식 등이 있다. 예약을 기반으로 하는 제어 액세스 방식에는 예약용의 슬롯을 별도로 할당하는 ALOHA-Reservation 방식과 별도의 예약슬롯을 할당하지 않는 R-ALOHA 방식이 있다. 이 중에 음성을 위주로 하여 설계된 PRMA(Packet Reservation Multiple Access)기법은 R-ALOHA에 근거한 것이다. PRMA는 TDMA(Time Division Multiple Access)기법과 Slotted ALOHA 방식이 혼합된 것으로서 음성은 예약을 통하여 토크 스퍼트 구간을 안정적으로 서비스 받을 수 있

* 종신회원 : 순천대학교 정보통신공학부 교수
yhyun@sunchon.ac.kr(제1저자)

** 비 회 원 : 경운대학교 정보통신공학부 전임강사
kjj@sunchon.ac.kr(공동저자)

*** 종신회원 : 순천대학교 정보통신공학부 교수
swkang@ikw.ac.kr(공동저자)

도록 한 것이다. 여기에 비어있는 자원을 랜덤한 데이터가 사용할 수 있도록 하여 링크의 이용율을 증가시키는 연구도 진행되고 있다. 그러나 PRMA 프로토콜은 음성 트래픽을 위하여 설계된 프로토콜이므로 기타의 트래픽이 함께 서비스 될 때에는 각각의 성능이 감소하게되며, 특히 일반 데이터의 경우에는 패킷의 폐기로 인한 심각한 결과를 초래한다. 따라서 데이터의 서비스에 있어서 ABR(Available Bit Rate) 형태의 서비스 원칙은 반드시 수행될 수 있어야 한다.

이의 지원을 위하여 PRMA 프로토콜이 갖는 주기성을 이용할 수 있다. PRMA의 특징인 주기성은 다양한 형태의 서비스를 지원하기 위한 중요한 특성으로 여겨진다. 따라서, 본 연구에서는 PRMA에 기초를 두고 ABR 형태의 서비스를 지원할 수 있는 MAC 프로토콜인 APRMA(Arbitrary Period Reservation Multiple Access) 기법을 제안한다. 이 연구를 위하여 2장에서는 PRMA 프로토콜에 대하여 간략히 소개하고, 3장에서는 제안된 APRMA 프로토콜에 대하여 그 구성과 동작을 상세히 설명한다. 4장에서는 모의실험을 통하여 제안된 기법의 성능을 고찰하고 마지막으로 5장에서 결론과 향후의 연구방향에 대하여 논의한다.

2. PRMA 프로토콜

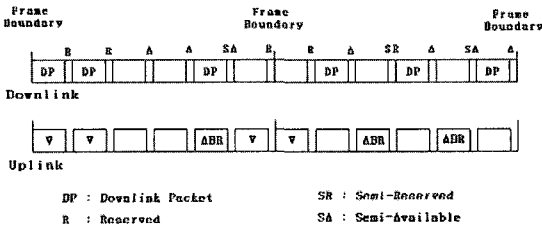
PRMA 프로토콜은 마이크로 셀 내부에 있는 여러 단말들이 하나의 기지국을 통하여 정보를 전송할 수 있는 방식으로 현재 음성과 랜덤 데이터 그리고 비디오 트래픽의 수용에 대하여 연구가 되고 있다. PRMA는 기존의 패킷 라디오 망에서 사용되던 TDMA기반 Slotted ALOHA의 변형으로서 FDMA나 기타의 다른 기법들보다 효율이 좋은 것으로 연구되고 있다[3]. 또한 PRMA는 스타 토폴로지를 갖는 단일 양방향 무선 통신망을 위한 프로토콜로서 분산된 단말이 공유된 매체를 통하여 패킷화된 정보를 중앙의 기지국으로 전송할 수 있게 한다. 여기서 단말의 정보는 '주기정

보'와 '랜덤정보'로 구분된다. 음성과 같은 주기정보인 경우에는 음성활성구간 검출기를 사용하여 각 활성구간의 첫 패킷만이 경쟁방식으로 슬롯을 점유할 수 있다. 후속되는 패킷들에 대해서는 그 패킷율과 동일한 비율로 프레임이 발생시켜 매 프레임마다 한 슬롯씩을 예약해주므로서 QoS를 만족시켜준다. 슬롯의 예약여부는 기지국에 의하여 처리된 후 바로 단말들에 방송되므로, 모든 단말들은 현 슬롯의 예약상황을 즉시 알게된다. 그 외 랜덤 데이터들은 패킷마다 슬롯들을 점유하기 위하여 매 슬롯마다 경쟁을 해야하는 구조로 되어있으며, 데이터의 발생율이 음성의 발생율보다 클 때에는 프레임당 두 개 이상의 슬롯을 경쟁방식으로 점유할 수도 있다. 따라서 랜덤 데이터만이 사용된다면 PRMA는 Slotted ALOHA로 동작한다.[3][4] 그러나 이와 같은 동작원칙에서 랜덤 데이터를 서비스할 때, 데이터 패킷의 지연이 임계치를 초과하게되면 그 데이터 패킷은 단순 폐기된다. 따라서 손실에 민감한 데이터 트래픽에 대해서는 어떠한 성능도 보장할 수 없다. 이는 UBR(Unspecified Bit Rate) 서비스에 해당한다고 볼 수 있으며, 현재 서비스 요구가 증가하고 있는 ABR 형태의 서비스 지원이 추가적으로 수행되어야 한다.

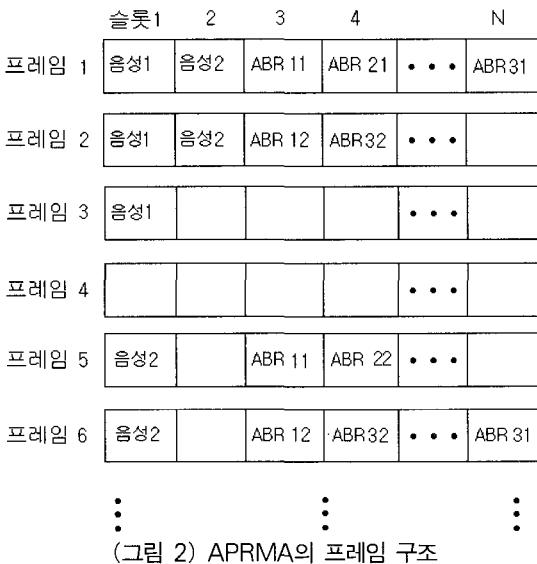
3. APRMA 프로토콜

3.1 APRMA (Arbitrary Period Reservation Multiple Access)의 구조

기본적인 PRMA에서의 주기신호는 매 프레임마다 한 슬롯을 예약 받을 수 있는 경우로 정의되어 있다. 하지만, ABR 형태의 연결은 최소 셀율과 최대 셀율로 그 서비스를 특징지을 수 있으므로, 망의 상황에 따라 가변적인 전송율을 갖게 된다. 즉, 기지국에서는 이런 형태의 연결에 대해서는 동적으로 슬롯을 예약해 줄 수 있어야 한다. 이렇게 하므로써 통계적 다중화 이득을 극대화



(그림 1) APRMA의 상/하향 채널구조



(그림 2) APRMA의 프레임 구조

시킬 수 있다. 한편, 음성 서비스에 대해서는 기존의 PRMA와 동일하게 사용된다.

그림 1에 APRMA의 상/하향 채널구조를 보았다. 그림 2는 APRMA의 프레임 구조인데, 여기서 음성은 활성구간 동안에는 프레임마다 고정된 위치의 슬롯을 할당받는다. 반면에, ABR 형태의 연결에 대해서는 초기에는 최소한의 대역만을 할당 해주며, 잉여의 전송대역이 존재한다면 계속적으로 추가적인 전송대역이 확보된다. 예약된 전송대역이 협의된 최대 대역에 이르면 추가적인 대역 점유는 없다. 또한, 음성등의 실시간성 연결에 의해 대역이 가로채기 당할 수도 있다. 하지만 이런 경우에도 사전에 협의된 최소 셀율은 만족되어야 한다. 이를 위하여 APRMA에서는 ABR 형태의 연결에 대해서는 특정 프레임 주기마다 하나씩의 슬롯을 할당하므로써 최소대역을 설정하고, 이 주

기만큼씩의 가용 대역을 추가로 점유할 수 있게 하였다. 이상에서와 같이 시스템에 설정된 ABR 용 주기를 이용하여 그 만큼씩의 자원을 추가로 확보하거나 해제하므로써 전송율을 가변화 할 수 있다. 그림 2에서는 ABR 용 최소 프레임 주기를 4로 정한 시스템의 예를 보인다. ABR_{ij}는 i단말의 j번째 연결을 의미한다고 할때, ABR 1 데이터의 경우에는 추가적으로 대역을 확보하여 4프레임당 2슬롯씩을예약하여 사용하고 있으며, ABR 2는 4 프레임당 하나만의 슬롯이 예약되어 있다. 이 경우에서와 같이 프레임 주기를 가지고 예약된 슬롯 인덱스를 반예약(Semi-Reserved) 슬롯 인덱스라 정의한다. 이러한 반예약 슬롯인덱스는 모든 프레임이 예약되어 사용되는 것이 아니므로 기지국의 ACK에는 Semi-Reserved와 Semi-Available의 두 가지가 있게 된다. Semi-Reserved는 ABR 형태의 연결에 대한 예약의 성공을 의미하며, ABR 형태의 데이터를 위해 사전에 정의된 프레임 주기마다 슬롯이 예약되어있음을 방송하는 것이다. Semi-Available은 충돌등의 이유로 인한 예약의 실패 또는, 추가적인 대역 점유를 위해 가용한 슬롯임을 방송한다.

3.2 APRMA의 상세 동작

3.2.1 서비스 원칙

가용슬롯이 음성에 예약되면 기지국에서는 이를 예약슬롯으로 바꾸어 이후 음성의 토크 스퍼트가 끝날때까지는 이 슬롯을 매 프레임 고정적으로 음성에 할당한다. 그러나 가용슬롯이 ABR 형태의 연결에 예약되었다면 이 슬롯은 반예약 슬롯으로 규정되어 이 슬롯인덱스는 또 다른 ABR 형태의 연결을 수용하거나, 음성이 프리엠트 할 수 있음을 알려주게 된다. 이때 하나의 슬롯인덱스에는 최대 ABR용 주기만큼의 연결을 수용할 수 있다. 하나의 ABR 형태의 서비스에 대하여 관찰해 볼 때, 먼저 경쟁에 의해 최대 전송율을 요청하게 된다. 이것이 받아들여지게 되면 주기적

으로 특정 슬롯을 할당받게 된다. 이 후 경쟁을 통하여 지속적으로 하나의 연결 씩 용량을 추가로 확보할 수 있다. 이때 예약되는 슬롯 인덱스는 어느 것이라도 무관하다. 용량의 확보를 계속하여 최대 전송율에 이르면 단말은 더 이상 추가적인 예약을 수행하지 않는다.

3.2.2 음성에 의한 슬롯 가로채기 (Slot Preempt)

앞서 언급했듯이 반예약 슬롯 인덱스에는 ABR 형태에 예약된 슬롯과 예약되지 않은 슬롯이 혼재하게된다. 이 중 예약되지 않은 슬롯은 마치 가용슬롯 처럼 사용될 수 있다. 따라서, 지연에 민감한 음성 서비스에 의한 예약시도가 반예약 슬롯 인덱스에 존재할 수 있으며, 이러한 예약 시도가 성공하게되면 그 슬롯 인덱스는 반예약으로부터 예약으로 형태가 바뀌게된다. 이를 음성에 의한 슬롯 가로채기라 정의하며, 그 상세한 절차는 그림 3과 같다.

지연에 민감한 음성이 이 슬롯인덱스 중 가용한 슬롯을 경쟁에 의하여 점유한다면, 기지국은 그 인덱스에 할당되어있던 모든 ABR 형태의 단말들에 대해서 또 다른 연결이 다른 인덱스에 존

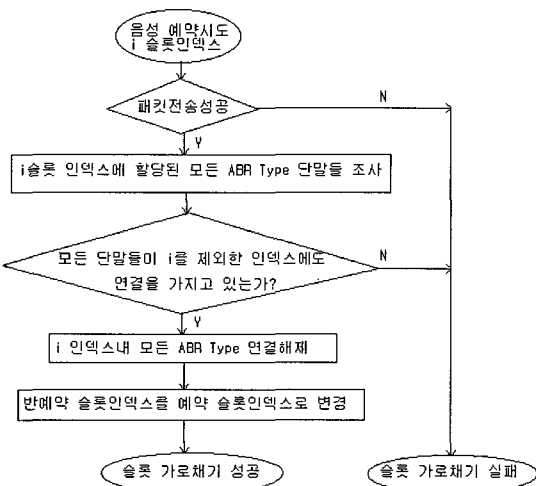
재하는가를 검사한다. 여러 슬롯인덱스에 걸쳐 예약되었던 ABR의 경우에는 음성에 의해 그 인덱스에있는 연결이 모두 해제되더라도 이들의 최소 전송율은 다른 슬롯인덱스를 통하여 보장될 수 있다. 이에 기지국은 예약슬롯의 취소를 알리기 위하여, 해당 프레임의 슬롯 ACK시 반예약성공 (Semi-Reserved)이 아닌 반예약 (Semi-Available)을 단말로 전송하게된다. 이를 수신한 ABR 단말들은 그 슬롯인덱스를 통한 전송을 포기하게 되어 전송율이 감소한다. 그러나, 해제되는 ABR 연결이 그 슬롯인덱스에만 예약되어있는 연결이라면 그 최소 전송율을 보장하기 위하여 연결은 해제되지 않는다. 따라서, 음성패킷은 충돌한 결과를 가져 오게 되고 그 슬롯인덱스의 형태는 반예약 상태로 남게 된다.

예를 들어 그림 1에서 프레임 3의 3번째 슬롯으로 음성이 예약을 시도하는 경우, 인덱스 3에 할당되어있던 ABR 1은 다른 인덱스에 연결을 갖고있지 않으므로 연결이 해제될 수 없고 음성은 가로채기 가 실패한다. 그러나, 프레임 3의 N번째 슬롯에 예약을 시도하는 음성인 경우, 이 인덱스에 할당되어있는 ABR 3이 인덱스 4에있는 또 다른 연결을 통하여 최소율을 보장받을 수 있다. 따라서, 인덱스 N의 ABR 3 연결은 해제되고 음성의 슬롯 가로채기가 성공된다. 이어 기지국은 슬롯인덱스의 형태를 예약으로 변경하게되고, 프레임 5의 인덱스 N에서는 Semi-Reserved가 아닌, Reserved가 방송되므로, ABR 3은 전송을 취소하게된다. 위와 같은 동작에 의해 APRMA에서는 ABR 형태의 데이터 서비스가 지원되며, 동시에 음성과 같은 실시간성의 서비스도 유지될 수 있다.

4. 실험 및 분석

모의 실험을 위한 파라미터는 실험의 결과를 정량적으로 비교해 보기 위해서 기존의 PRMA 해석에서 사용된 파라미터를 이용하였다.

32Kbps의 음성인 16ms 마다의 프레임에서는 32ms



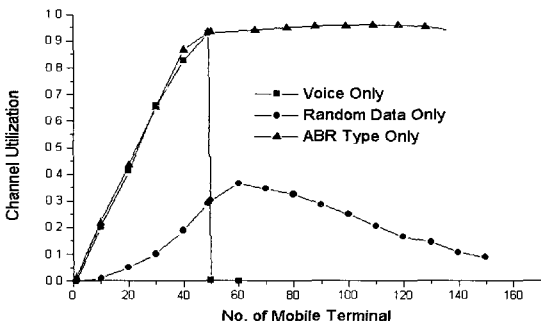
(그림 3) 음성패킷에 의한 반예약 슬롯 가로채기

(표 1) 모의실험에 사용한 시스템 변수

채널 전송율	720 Kbps
프레임 간격	16 msec
프레임당 슬롯 수	20 개
슬롯 간격	0.8 msec
음성 전송율	32Kbps
평균 TalkSpurt	1 sec
평균 Silent	1.35 sec
최대허용지연	32 msec
Permission Prob.	0.3
ABR 단말의 최소 율	1Kbps (주기 36프레임)
Permission Prob.	변화

의 최대허용지연을 만족하기 위하여 2 프레임 이상의 지연까지만 수용하게 된다. 그 이상 지연에는 패킷을 폐기하게 되고 따라서 음성의 토크스퍼트의 앞 부분에서는 예약지연으로 인한 폐기가 발생할 수 있다. 이때 그 확률이 0.01정도일 때 음성연결의 성능이 만족되는 것으로 보았다 [3][6]. 또한 ABR 형태의 트래픽에 대해서는 최소 전송율을 1Kbps로 하였다. 이는 32Kbps인 음성을 기준으로 설계된 프레임 구조에서 주기가 36프레임일 때의 전송율에 해당한다. 따라서 실험에 사용된 시스템은 하나의 슬롯 인덱스를 최대 36개의 서로 다른 연결이 사용할 수 있게 된다.

그림 4에서는 APRMA에서 각 트래픽들을 독립적으로 서비스하였을 때의 채널이용율을 보이고 있다. 랜덤 데이터의 경우에는 슬롯화된 ALOHA

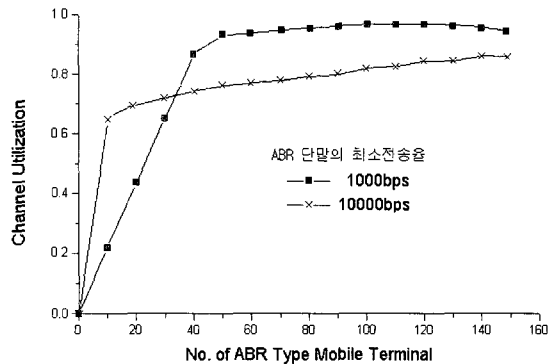


(그림 4) 단말의 증가에 따른 채널 이용율 변화

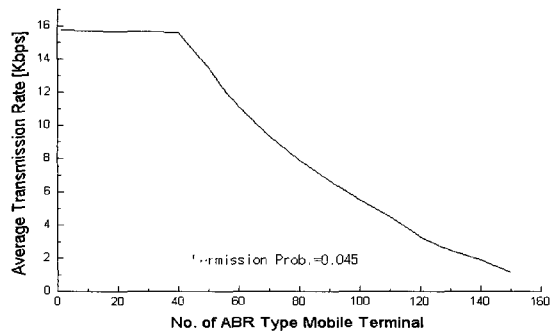
에서와 같이 최대 0.37의 정규화된 채널 이용율을 보이고 있다. 음성의 경우에는 47개의 단말까지는 이용율이 증가하지만 그 이상에서는 충돌의 증가로 인하여 채널의 이용율이 급격히 줄어들게 된다. 그러나 ABR 형태의 트래픽의 경우에는 한 슬롯 인덱스를 여러 단말이 예약하여 사용할 수 있으므로, 단말 수의 증가에 채널 이용율은 거의 변화없이 유지된다.

만일 그림 5에서처럼 ABR 형태의 최소율을 1Kbps에서 10Kbps로 증가시킨다면, 요구되는 최소 연결의 수는 하나에서 10개로 증가하게 되어 단말 수를 증가시키에 따라 더 빨리 충돌의 폭주가 발생하게 된다.

그림 6은 1Kbps ABR 형태의 서비스에서 실제 얻을 수 있는 전송율이다. 위의 실험에서 단말에 전송할 데이터가 항상 존재한다고 가정하였으며, 최대 전송율은 16Kbps로 제한하였다. 단말이 증가



(그림 5) 단말의 전송율과 채널 이용율과의 관계



(그림 6) 1Kbps ABR 형태의 서비스에서의 전송율

해감에 따라 평균 전송율이 감소한다. 이는 ABR 형태의 단말이 예약을 수행하는 과정에서 충돌로 인하여 그 연결의 수를 충분히 확보하지 못하기 때문이다. 그림에서는 최소 전송율이 1Kbps를 만족할 수 있을 때까지만을 살펴본 것이며, 이 때 수용가능한 단말은 150개 단말로 이전 연구들에서의 결과인 음성 26개 단말과 비교했을 때 많은 차이를 보이고 있다. 이 실험에서는 최대전송율을 제한하였는데, 이는 하나의 ABR 단말이 가질 수 있는 최대 연결의 수를 제한하므로써 최대로 수용 가능한 단말의 수를 증가시킬 수 있음을 알 수 있다.

그림 7은 26개의 음성에 대한 성능을 유지하면서 추가적으로 ABR 형태의 단말을 서비스한 결과이다. 이때 음성은 0.01의 패킷 폐기율을 만족하는 것을 성능척도로 하였고, ABR 경우에는 최소율을 만족하는 것을 척도로 하였다. ABR 단말의 수가 증가하더라도 반예약 슬롯의 가로채기에 의해 음성의 성능을 보장할 수 있다. 그러나 결과에서 제시된 단말의 수를 초과하는 경우에는 프리엠트의 실패와 과도한 충돌로 인하여 음성과 ABR의 품질이 크게 저하된다.

이 결과에서는 ABR 형태의 연결에 의해 실시간을 요구하는 음성에 대한 서비스 품질이 저하되지 않음을 알 수 있으며, ABR 단말의 전송시도확률을 조절하므로써 채널의 이용효율을 증가시킬 수 있음을 알 수 있다.

이상의 실험들에서 APRMA를 사용하여 ABR

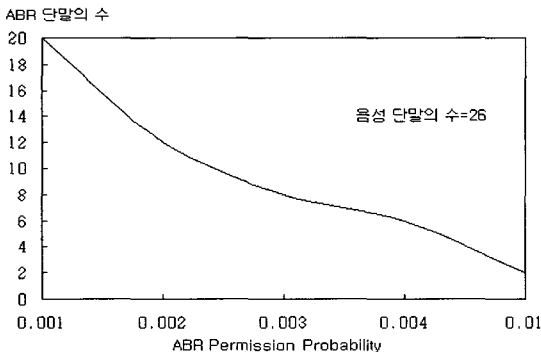
서비스를 원활히 수행할 수 있으며, 또한, 채널의 이용율을 증가시킴으로 효율적인 망의 운영을 할 수 있다. 이로부터, CBR, VBR 등의 서비스도 원활하게 수용될 수 있음을 알 수 있다. 그리고 ABR 단말의 파라미터들과 최대로 수용가능한 단말의 수 간의 절충관계를 확인하므로써 요구에 따라 효율적인 MAC 서비스 구조를 설계하는 것이 가능함을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 무선 ATM 망을 위한 MAC 프로토콜 설계의 일환으로 ABR 형태의 서비스가 지원되는 APRMA를 제안하였다. 이 프로토콜을 사용하여 ABR 형태의 데이터 서비스 연결에 대하여 그 QoS를 유지시키면서, 또한 채널의 용량을 효율적으로 사용할 수 있음을 알 수 있다. APRMA 방식에 ABR 형태의 서비스 만이 연결된다면 링크의 이용율이나 서비스 품질의 면에서 매우 효율적이고 안정적인 서비스가 이루어진다. 또한 음성 연결이 존재할 때에도 기존의 PRMA에서 보다는 많은 단말을 지원할 수 있으며, 서비스의 품질 측면에서도 안정하게 된다.

ABR 서비스가 지원된다함은 연결의 요구성능을 만족시킬 수 있다는 의미이며, 동시에 가변 비트율이 지원될 수 있다는 의미이다. 이를 토대로 CBR, VBR 등의 서비스를 지원하도록 알고리즘을 확장 할 수 있다.

앞의 모의 실험에서 사용한 파라미터는 음성에 적합하도록 슬롯과 프레임의 크기가 결정된 것이다. 그러나, 무선 ATM의 사용에서 고속의 채널용량을 갖도록 설계될 때, 슬롯의 크기가 작아지고 프레임당 슬롯의 수가 늘어나게 된다. 이런 상황에서 APRMA는 더욱 효율적으로 사용될 것이다.



(그림 7) 음성단말과 ABR 단말의 동시 서비스

참고문헌

[1] VICTOR O. K. Li, FELLOW, IEEE and

- XIAOXIN QIU, Student MEMBER, "Personal Communication Systems(PCS)", IEEE PROCEEDINGS OF THE IEEE, Vol.83, No.9, september, 1995 pp. 1210~1243.
- [2] RAIF O. Onvural., "Asynchronous Transfer Mode Networks: performance issues", second edition., Artech House., 1995.
- [3] D.J.Goodman and S.X.Valenzuela, K.T.Gayliard, and B.Ramamurthi., "Packet Reservation Multiple Access for local wireless communications", IEEE Trans. Commun., Vol. 37, Aug. 1989. pp. 885~890.
- [4] David J. Goodman, Sherry X.Wei, "Efficiency of Packet Reservation Multiple Access", IEEE Trans. Vehicular Tech. Vol. 40, No. 1, Feb. 1992., pp. 170~176.
- [5] Sajiv Nanda, David Goodman, "Performance of PRMA: A Packet Voice Protocol for Cellular Systems", IEEE Trans. on Vehicular Tech., vol. 40, No. 3, Aug. 1991. pp. 584~598
- [6] Sanjiv Nanda., "Analysis of Packet Reservation multiple Access: voice data integration for wireless networks", IEEE Globecom'90, pp. 1984~1988
- [7] Hong Y.Chung, David.J.Goodman, "Transmission of Speech and data using Packet Reservation Multiple Access", ICC'91., pp. 99~104.
- [8] Wai-Choong Wong., "Dynamic Allocation of Packet Reservation Multiple Access Carriers.", IEEE Trans. Vehicular Tech.,Vol. 42, No. 4, Nov. 1993., pp. 385~392.

● 저 자 소개 ●



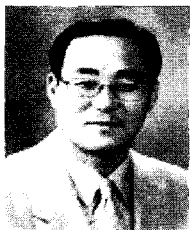
여 현

1984년 항공대학교 전자공학과(공학사)
1987년 숭실대학교 전자공학과(공학석사)
1992년 숭실대학교 전자공학과(공학박사)
1987년 2월~1993년2월 한국통신 통신망 연구소
1993 3월~현재 : 순천대학교 정보통신공학부 교수
1997년 8월~1998년 8월 미국 조지아 공과대학(Georgia Tech) 방문연구원
관심분야 : LAN, Wireless Network, Wireless ATM, Internet Routing, xDSL Network
E-mail : yhyun@sunchon.ac.kr



강 상 욱

1992년 숭실대 전자공학과 학사
1994년 숭실대 대학원 전자공학과 공학석사
1999년 숭실대 대학원 전자공학과 박사
2000년~현재 : 경운대학교 정보통신공학부 전임강사
E-mail : kjg@sunchon.ac.kr



고 진 광

1982년 2월 홍익대학교 컴퓨터공학과 졸업
1984년 2월 홍익대학교 컴퓨터공학과 석사
1997년 8월 홍익대학교 컴퓨터공학과 박사
1997년 8월~1998년 8월 Oregon State University. 컴퓨터공학과 방문교수
2000년 12월~2001년 2월 일본 류큐대학 정보공학과 방문교수
2001년 3월~2002년 8월 순천대학교 정보전산원 원장
1988년 3월~현재 : 순천대학교 공과대학 정보통신 공학부 정교수
관심분야 : Database, Information Security, Electronic Commerce, Watermarking
E-mail : swkang@ikw.ac.kr