

셀룰러 패킷 라디오망용 음성 / 데이터 집적 다중 액세스 프로토콜의 성능분석에 관한 연구

正會員 姜 君 和* 正會員 趙 東 浩*

A Study on the Performances of the Voice /Data Integrated Multiple Access Protocols for Cellular Packet Radio Networks

Gun Hwa Kang*, Dong Ho Cho* *Regular Members*

要 約

최근 몇년 동안 이동통신의 편이성으로 인해 이동통신의 수요가 급증하고 있어 수년내에 새로운 셀룰러 망으로의 진화가 절실히 요구되어지고 있다. 따라서 본 논문에서는 셀룰러망의 진화 전망에 대해서 살펴 보고, 차세대 셀룰러 패킷 라디오망에서의 새로운 음성/데이터 집적 다중 액세스 프로토콜로 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜을 제안하며 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 PRMA 프로토콜과 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜의 성능을 비교분석한다. 시뮬레이션 결과, 지연에 민감한 음성 트래픽에는 TDMA 프로토콜을 사용하고, 패킷 손실에 민감한 데이터 트래픽에는 BTMA 프로토콜을 사용하며, 동기신호와 제어 정보 및 호 접속 계수기를 사용하여 음성과 데이터영역의 경계를 가변화시킨 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜이 PRMA 프로토콜 보다 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있었다.

ABSTRACT

During the last several years, the demand of mobile communication is increasing rapidly due to the convenience of usage. Therefore, the evolution scenario toward the new cellular network is needed. In this paper, the future prospect of cellular network is considered, and movable-boundary TDMA/BTMA protocol is proposed as a new voice/data integrated multiple access protocol for the future cellular packet radio networks. Then, the performance of movable-boundary TDMA/BTMA protocol is analyzed and compared with that of PRMA protocol by computer simulation. In the proposed movable-boundary TDMA/BTMA protocol, the voice traffic sensitive to delay time is served by TDMA protocol and the data traffic sensitive to loss is served by BTMA protocol. Also, the boundary of voice and data can be moved adaptively by usign SYN character, control byte,

*慶熙大學校 電子計算學科
論文番號 : 93-132

voice call counter, ect. Therefore, it could be seen that the performance of movable-boundary TDMA/BTMA protocol is better than that of PRMA protocol with respect to delay and throughput.

I. 서 론

현 아날로그 셀룰러망의 수용용량이 한계에 이르고 있어 앞으로 수년 내에 디지털 셀룰러망으로의 진화가 필수불가결한 것으로 전망된다. 또한 이러한 기류에 편승하여 사용자의 요구가 더욱 다양하고 복잡해지고 있으며 사용자의 요구를 보다 잘 만족시키기 위해 단말기의 소형·경량화에 대한 연구와 보다 원활한 고정 통신망과 이동통신망의 연동에 대한 연구 및 서로 다른 매체를 하나의 채널에 집적하려는 연구가 활발히 진행 중에 있다[1,2].

1980년대 말 이동통신 서비스가 처음으로 시작된 이래 셀룰러망은 많은 진화를 거듭해 오고 있다. 제1세대 셀룰러망은 아날로그 전송방식을 채택하고 있으며 아날로그 셀룰러망에 접속된 이동단말기는 음성 정보와 호 신호 정보를 하나의 음성 채널만을 사용하여 TASI 기법으로 전송한다. 따라서 음성의 묵음구간에 전송되는 비음성 정보는 음성전송을 방해하고 귀에 거슬릴 정도의 잡음과 호 절체(handover)시의 빈번한 단절을 야기시킨다. 이런 문제점을 해결하기 위해 하나의 이동단말기가 여러개의 무선 채널을 액세스할 수 있고 신호 정보 전송을 위해 별도의 전용 채널을 사용하는 제2세대 디지털 셀룰러망에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 제2세대 디지털 셀룰러망이 상용화되는 시기는 1990년대 중반으로 예상되고 있고 그 시기에 즈음하여 광대역 종합정보통신망(B-ISDN)이 상용화될 전망이므로 디지털 셀룰러 시스템을 사용하게 될 사용자들은 한 단말기를 이용하여 여러 매체의 집적정보 서비스를 요구하게 될 것이다. 그러나 기본적으로 회선 교환 방식의 음성 서비스를 위주로 하는 디지털 셀룰러망에 여러 매체를 집적하는데에는 많은 문제가 따른다. 따라서 디지털 셀룰러망에 집적정보 서비스를 지원하기 위해서는 새로운 망 구조와 새로운 액세스 프로토콜이 요구되어질 것이다. 그러므로 차세대 셀룰러망은 데이터 서비스 위주인 패킷 라디오망과 음성 서비스 위주인 디지털 셀룰러망을 혼합한 셀룰러 패킷 라디오망으로 진화될 것이며 차세대 지능망과 연동하여 집적정보 서비스를 가능케 할 것이다[2].

본 논문에서는 차세대 셀룰러망의 구조에 대해 살펴보고 집적 정보 서비스의 기초가 되는 음성/데이터 집적 무선 액세스 프로토콜의 성능에 대해서 분석하고자 한다. 본 논문에서 고려하는 음성/데이터 집적 무선 액세스 프로토콜은 PRMA(Packet Reservation Multiple Access) 프로토콜과 가변경계 TDMA/BTMA(movable-boundary Time Division Multiple Access and Busy Tone Multiple Access) 프로토콜이다. PRMA 프로토콜은 예약 ALOHA 프로토콜과 유사한 프로토콜로서 음성/데이터 집적을 위한 위성 액세스 프로토콜로서 주로 연구되어져 왔고, 최근에 와서는 디지털 셀룰러망에 적용시키려는 연구가 활발히 진행중에 있다. 본 논문에서는 제안하는 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜은 약간의 패킷손실은 허용되나 지연에 민감한 음성 트래픽을 서비스하기 위해 TDMA(Time Division Multiple Access) 프로토콜을 사용하고, 약간의 지연은 허용하나 버스트 특성을 갖는 데이터 트래픽을 서비스하기 위해 busy tone을 이용한 BTMA 프로토콜을 사용하는 혼합·변형된 무선 액세스 프로토콜이다[2,3,4].

본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 음성과 데이터의 처리율, 데이터지연, 음성의 블럭킹율 및 채널 이용율 측면에서 PRMA 프로토콜과 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜의 성능을 비교분석한다. 제1장의 서론에 이어 제2장에서는 셀룰러망의 진화전망과 제3세대 셀룰러 패킷 라디오망의 구조에 대해서 살펴 보고, 제3장에서는 무선 액세스 프로토콜에 대해 자세히 살펴본 다음 제4장에서 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 두 프로토콜의 성능을 비교분석한다. 끝으로 제5장에서 결론을 맺는다.

II. 셀룰러 패킷 라디오망의 구조

현 셀룰러망에서 가장 널리 사용되고 있는 무선접속 수단은 셀룰러 전화와 가정용 무선전화이다. 이 두 제품들은 모두 아날로그(FM) 음성 전송 및 신호 정보 전송에 대한 엄격한 제한요소를 갖고 있는 제1세대 셀룰러 기술을 이용하고 있다. 제1세대 셀룰러 시스템에서는 호가 진행되는 동안 이동단말기와 네

트위크 하부구조 사이의 모든 신호 정보 전송은 단일 음성채널에서 이루어진다. 그 결과 신호 정보는 음성 전송을 방해하고 귀에 거슬리는 잡음을 발생시킨다. 이러한 취약점을 보완하고 보다 나은 음성의 품질을 보장하기 위해 제2세대 디지털 셀룰러 시스템에 대한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행 중에 있다. 제2세대 셀룰러 시스템은 이동 단말기와 네트워크 하부구조 사이의 신호 정보 전송을 위해 전용채널을 사용한다. 무선전화는 여러개의 채널을 액세스할 수 있으며, 호가 시작될 때 자동적으로 가용채널 중 최적의 것을 선정하는 능력과 호 진행중에 환경이 변화됨에 따라 새로운 채널로 전환하는 능력을 가지고 있다. 그러나 디지털 셀룰러망은 기본적으로 회선교환방식을 사용하므로 데이터 서비스 뿐만 아니라 B-ISDN과 연동하여 집적정보 서비스를 지원하는데는 많은 문제점을 가지고 있다. 따라서 음성과 데이터 뿐만 아니라 B-ISDN과 연동하여 집적정보 서비스를 지원하기 위해서는 디지털 셀룰러망과 패킷 라디오망이 결합된 셀룰러 패킷 라디오망으로의 진화가 필수적이다. 셀룰러 패킷 라디오망에서는 가정용 무선전화와 셀룰러 전화와의 구별이 없어지고 집적 정보 네트워크를 액세스할 수 있는 가볍고 값싼 단말기가 등장할 것이며 이 단말기들은 B-ISDN 정보 서비스에 대한 무선 액세스를 제공할 것이다. 또한 제3세대 셀룰러 패킷 라디오망에서는 주파수 재사용을 통해 가입자 밀도가 높은 도심지역을 커버하며 여러 망의 연동을 통해 전국을 하나로 묶을 수 있을 것이다.

제3세대 셀룰러 시스템의 구조는 그림1에 잘 나타나 있는데 여러망이 연동된 MAN에 무선접속하기

위해 필요한 여러 인터페이스 유닛들로 구성된다. 고정 정보 네트워크에 대한 무선접속을 위해서 필수적으로 필요한 네트워크 구성 요소들은 무선단말기, 기지국, 교환기 및 여러 인터페이스 유닛 등이다. 기지국은 무선단말기들을 무선 정보 네트워크의 다른 구성요소들에 연결시키는 역할을 하는 라디오 채널의 고정 끝단이다. 교환기는 무선 및 고정 유선 네트워크를 접속하는 역할을 하며 무선 네트워크 하부구조 내의 통신을 제어한다. 셀룰러 패킷 라디오망의 네트워크 하부구조는 기지국, 교환기 및 셀룰러 제어기들을 연결하는 MAN으로 구성된다. 정보는 기지국 또는 공중망의 CO(Central Office)에 연결되어 있는 기지국 인터페이스 유닛(BSIU : Base Station Interface Unit)과 트렁크 인터페이스 유닛(TIU : Trunk Interface Unit), 그리고 셀룰러 제어기에 접속되어 있는 제어 인터페이스 유닛(CIU : Controller Interface Unit)등을 통하여 MAN에 들어가고 나온다. 또한 각 단말기는 MAN과의 무선접속을 위해 무선 단말기 인터페이스 유닛(WIU : Wireless terminal Interface Unit)을 가지고 있다.

TIU는 정보를 공중망의 표준형태로 변환하는 역할을 담당한다. 즉 셀룰러 패킷 라디오망의 무선 액세스 환경에 부합되는 트랜스코더(Transcoder)와 채널코더(channel coder)를 통해 정보를 무선 액세스 물리계층의 형태로 변환 혹은 역변환 시킨다. BIU는 TIU들과 무선 단말기들 사이의 정보전달을 담당하며, 라디오 송신기로 전송되는 정보 패킷들을 다중화하고 MAN을 통한 전송을 요구하는 상대방 패킷들을 큐잉한다. CIU는 네트워크 제어패킷들을 수신하고, 소유하며, 발생시키는 역할을 담당하며, 각 호에 대해 가상회선 식별자를 할당하고 그 호에 의해서 선택된 TIU와 대응되는 WIU에 이 식별자 번호를 전송한다. 본 논문에서 중점적으로 다룰 음성/데이터 집적 무선액세스 프로토콜은 WIU와 BIU에서 구현된다. 셀룰러 패킷 라디오망에서의 한 셀은 한계범위가 수 킬로미터 이내인 마이크로 셀 구조를 가지며 원활한 절체(handover)를 위해 중첩된 셀 구조를 가진다[1,2].

III. 다중 액세스 프로토콜

1. PRMA 프로토콜

PRMA 프로토콜은 예약 ALOHA(R-ALOHA) 프로토콜과 매우 유사한 예약 프로토콜로서 최근 PRMA

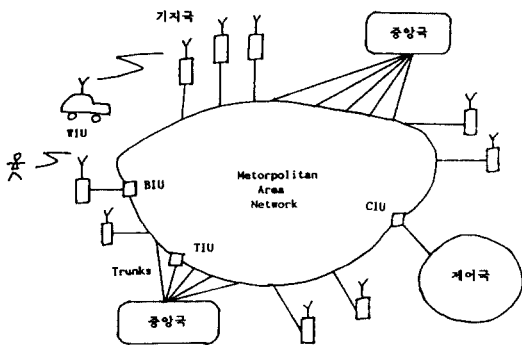


그림 1. 셀룰러 패킷 라디오망의 구성
Fig 1. The structure of the cellular packet radio network

프로토콜에 음성과 데이터를 집적하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 PRMA 프로토콜에 음성과 데이터를 집적하기 위해서는 음성의 발음구간 동안 슬롯을 배타적으로 보장하는 예약방식으로 지연에 민감한 음성 트래픽을 서비스하며 슬롯을 예약하지 않고 매 패킷마다 경쟁하는 ALOHA 방식으로 데이터 트래픽을 서비스한다.

PRMA 프로토콜에서는 한 패킷을 전송한 단말기들은 기지국으로 부터의 응답을 기다린다. 단말기들의 패킷전송은 상방향 채널을 통해 이루어 지고 기지국으로 부터의 응답은 하방향 채널을 통하여 행해진다. 따라서 PRMA 프로토콜의 성능은 회귀전송시간이 짧을수록 향상된다.

음성단말기는 발음구간이 시작될 때 예약되어 있지 않은 첫번째 타임슬롯에 대해 다른 단말기(예약받지 않은 음성단말기, 데이터단말기)들과 경쟁한다. 만약 전송이 성공하지 못하면 음성단말기는 예약되어 있지 않은 후속 타임슬롯에 대해 확률 q 로 재전송한다. 타임슬롯을 예약받지 못한 음성단말기는 기지국으로부터 전송 성공에 대한 응답, 즉 슬롯의 예약을 알리는 응답신호(ACK)를 받을 때까지 이와같은 방법으로 계속 재전송한다. 음성슬롯의 예약은 하방향 채널을 통한 기지국으로 부터의 응답을 통해 이루어지고 하나의 타임 슬롯을 예약받은 음성단말기는 발음구간이 계속되는 동안 그 타임슬롯을 배타적으로 보장받는다. 발음구간이 끝나면 음성단말기는 빈 슬롯을 전송하고 빈 슬롯을 수신한 기지국은 이 슬롯이 예약되지 않았음을 다른 모든 단말기들에게 알린다.

PRMA 프로토콜이 동작하는 예가 그림2에 잘 도시되어 있다.

k 번째 프레임에서 슬롯을 예약받은 음성단말기(R_{11} , R_5 , R_3 , R_1 , R_6 , R_2)들은 $k+1$ 번째 프레임에서도 슬롯을 배타적으로 보장받는다. 예약의 해제는 k 번째 프레임과 $k+1$ 번째 프레임의 4번 슬롯에 잘 나타나 있다. 묵음구간이 시작된 3번 단말기는 k 번째 프레임에 빈 슬롯을 전송하고 빈 슬롯을 수신한 기지국이 하방향 응답 채널을 통해 그 슬롯이 예약되지 않았음을 모든 단말기에게 알림으로서 예약이 해제된다. k 번째 프레임이 시작될 때 단말기 6과 4는 채널을 액세스하기 위해 서로 경쟁한다. 두 단말기 모두 3번 슬롯에 전송하지만 두 패킷이 서로 충돌하여 두 단말기 모두 예약을 받지 못하게 되고 7번 슬롯에 대해서는 두 단말기 모두 전송허용을 받지 못하기 때문

	R_{11}	R_5	A	R_3	R_1	R_6	A	R_2
슬롯 #	1	2	3	4	5	6	7	8
전송중인 단말기	11	5	6,4	-	1	8	-	2

A) k 번째 프레임 : 4번과 6번 단말기가 경쟁함

	R_{11}	R_5	A	A	R_1	R_6	A	R_2
slot #	1	2	3	4	5	6	7	8
전송중인 단말기	11	5	-	4	1	-	6	2

B) $k+1$ 번째 프레임

	R_{11}	R_5	A	R_4	R_1	A	R_6	R_2
slot #	1	2	3	4	5	6	7	8
전송중인 단말기	11	5	12	4	-	-	6	2

C) $k+2$ 번째 프레임

A : 가용 슬롯
R : 예약된 슬롯

그림 2. PRMA 프로토콜의 동작

Fig 2. The operation of the PRMA protocol

에 $k+1$ 번째 프레임에서 재전송이 이루어진다.

타임슬롯을 예약받지 않은 단말기(음성 혹은 데이터단말기)들이 예약되지 않은 타임슬롯에 대해 경쟁하는 동안에 각 단말기에서 발생한 패킷들은 FIFO (First In First Out) 버퍼에서 대기한다. 음성단말기는 허용한계지연에 상응하는 크기의 FIFO 버퍼를 가지고 있으며 버퍼가 다 찰 경우 가장 오래된 패킷을 버린다. 따라서 발음구간의 시작에서는 패킷의 손실이 발생하게 된다. 하지만 발음구간의 시작과 끝에서 발생하는 패킷손실은 그 외 다른 부분에서 발생하는 패킷손실보다 음성의 질에 심각한 영향을 미치지 않는다는 사실이 일반적인 견해이다.

데이터단말기는 손실보다 오율에 더 민감한 데이터 트래픽 특성 때문에 다소 긴 버퍼를 가지고 있다. 데이터단말기는 패킷을 전송하기 위해 예약되지 않은 타임슬롯에 대해 다른 단말기와 경쟁한다. 충돌이 발생한 경우 데이터 패킷은 확률 r 로 재전송된다. 데이터 트래픽 보다 음성 트래픽에 우선순위를 두기 위해 음성 패킷의 재전송 확률(q)을 데이터 패킷의 재전송 확률(r)보다 크게 둔다($q > r$). 데이터 단말기는 패킷을 성공적으로 전송하였다 할지라도 슬롯을 예약받지 않고 전송해야할 패킷이 존재할 경우 매번 위와 같은 방법으로 경쟁한다[2,4,5,6].

PRMA 프로토콜에서는 과부하시 예약되지 않은 슬롯의 수가 '0'에 가까이 줄어들게 되고 슬롯을 예약 받지 못한 많은 음성 단말기와 데이터 단말기가 경쟁하게 되므로 음성 패킷의 손실과 데이터 트래픽의 지연이 급증하게 되어 통화품질에 심각한 영향을 미치게 되며 음성인 경우 음성 호의 실시간성을 잃어 버리는 경우를 초래하는 단점이 있다[8].

2. 음성/데이터 집적 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜

가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜은 서로다른 트래픽의 특성을 보다 잘 만족시키기 위하여, 약간의 지연은 허용하나 버스트 특성을 갖는 데이터 트래픽에 우수한 성능을 보이는 BTMA(Busy Tone Multiple Access) 프로토콜을 사용하고 약간의 손실은 허용하나 지연에 민감한 음성 트래픽에 TDMA(Time Division Multiple Access) 프로토콜을 사용하는 혼합 액세스 프로토콜이다. 따라서 서로 상이한 액세스 프로토콜을 한 채널에 집적시키기 위해 프레임은 음성 영역과 데이터 영역으로 분할되며 음성 영역은 음성 트래픽의 전송을 위해 사용되고 데이터 영역은 음성 호의 신호 정보와 데이터 정보의 전송을 위해 사용된다.

음성과 데이터 영역을 분할하는 방식으로는 고정영역분할방식과 가변영역분할 방식이 있다. 고정영역분할방식은 음성 영역과 데이터 영역의 boundary를 고정시키는 방식으로, 발생한 음성 호의 수가 최대의 음성 슬롯 수를 초과할 경우 호를 블럭키시키는 방식이다. 고정영역분할방식에서는 트래픽 밀도가 증가함에 따라 음성호의 블럭키가 증가하게 되고 그 결과 음성 호의 신호 정보가 증가하게 되므로 데이터의 지연이 급증하고 데이터의 처리율이 급격히 떨어진다. 가변영역분할 방식은 음성 호에 우선 순위를 두어 프레임을 음성 트래픽에 먼저 할당하고, 프레임의 남은 부분을 데이터 트래픽에 할당하는 방식이다. 하지만 이 방식에서도 음성 호에 우선 순위가 있어 과부하 상황에서 데이터 지연이 급증하는 문제를 해결할 수가 없다. 본 논문에서는 이러한 과부하 상황에서의 음성호의 블럭키 증가 문제를 개선하고 데이터 트래픽의 처리율을 증가시키기 위한 방안으로 음성 영역의 최대 크기(프레임의 75%)를 한정시키고 기지국에 음성 호에 대한 스케줄 기능을 부여한 개선된 가변영역분할방식에 대해서만 고려한다.

기지국은 호 설정을 위한 허용한계 지연시간과 상용된 크기의 FIFO를 가지며 과잉 밀집 상황시 더이

상 음성 호를 위해 할당할 타임슬롯이 존재하지 않는 경우, 음성 호 접속 요구에 관련된 신호 정보를 FIFO 버퍼에 대기시킨다. 호 레벨에서의 허용한계 지연시간은 음성 패킷레벨에서의 허용한계 전송지연시간보다 다소 길다. 만약 허용한계 전송지연시간 이전에 예약이 해제된 음성슬롯이 발생할 경우 기지국은 가장 먼저 도착한 음성단말기에게 호를 설정하여준다. 하지만 버퍼가 다 차거나 허용한계지연 시간을 초과한 음성단말기가 존재할 경우 기지국은 각각 가장 오래된 호 신호 정보나 허용한계 전송지연시간을 초과한 정보를 폐기시킨다.

가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜에서는 음성과 데이터 영역을 구분하기 위해 프레임 시작 정보와 영역분리자가 사용된다. 프레임의 구조는 그림3에 나타나 있다. 프레임 시작 분리자는 기지국에게 프레임의 시작을 알리는데 사용되며 각 프레임의 첫번째 음성 슬롯을 할당받는 음성단말기에 의해서 전송된다. 영역분리자는 기지국에게 음성 영역의 끝을 알리기 위해 사용되고 각 프레임의 마지막 음성 슬롯을 할당받은 음성단말기에 의해서 전송되어진다. 음성 영역은 가변길의 슬롯(최대 576 bits)들로 세분화되며 음성 슬롯과 음성 슬롯 사이는 충돌을 피하기 위해 전파지연시간 만큼의 간격으로 분리된다.

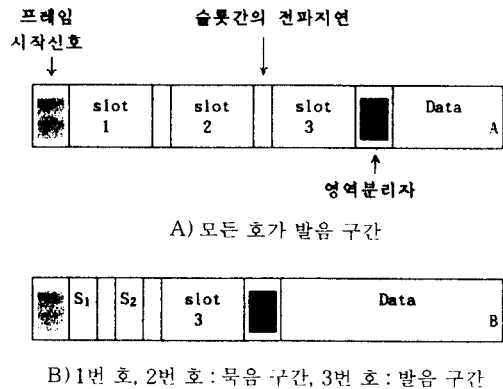


그림 3. 프레임 구조
Fig 3. Frame structure

음성 슬롯의 구조는 그림4에 나타나 있다. 음성신호는 디지털신호로 변환되어 세그먼트 단위로 분할되고 각 세그먼트는 제어정보(헤더와 오류정보)를 포함하여 다른 패킷들과 독립적으로 망에서 제어될

수 있게 하나의 패킷으로 만들어진다. 음성단말기는 기지국에게 음성슬롯의 시작과 끝을 알리기 위해 음성슬롯의 시작과 끝에 동기신호를 삽입하여 전송한다. 음성 슬롯의 제어필드는 호의 계속('1')과 종료('0')를 나타내기 위해 사용된다. 음성 슬롯의 길이가 가변이므로 후속하는 음성슬롯을 할당받은 음성단말기에게 전송 시작시간을 알리기 위해 음성단말기는 음성 패킷을 전송하는 동안 액세스 채널을 통하여 busy 신호를 방송한다. 즉, 그림 3의 A)에서와 같이 발음구간인 음성단말기들은 자신이 발음구간이며 슬롯에 음성패킷인 실렸다는 사실을 음성슬롯의 시작 시 액세스 채널을 통해 다른 모든 단말기에게 방송한다. 후속하는 음성 슬롯을 할당받은 음성단말기는 액세스 채널을 계속 감지하다가 busy 신호가 감지되지 않으면 앞 음성슬롯을 할당받은 음성단말기가 패킷 전송을 완료하였음을 판단하고 그때 자신의 음성 패킷과 busy 신호를 전송한다. 또한 그림 3의 B)에서와 같이 묵음구간인 음성단말기는 헤더정보와 동기신호 및 호의 계속을 나타내는 제어정보('1')만을 전송하고 짧은 busy 신호를 방송한다. 따라서 동기신호와 제어필드 및 액세스 채널을 통한 busy 신호의 사용은 통화 품질을 향상시키고 음성호의 실시간성을 보장할 뿐만 아니라 데이터 영역의 가용용량을 극대화시켜 데이터 트래픽의 처리율을 향상시킨다.

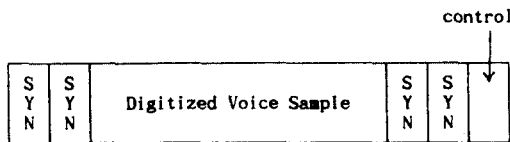
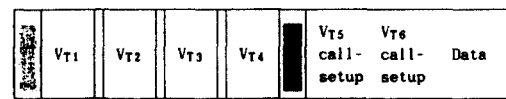


그림 4. 음성 슬롯의 구조
Fig 4. The structure of the voice slot

음성호의 접속은 음성 호 신호 정보의 일종인 호 접속요구 메시지를 기지국에게 성공적으로 전송함으로써 이루어진다. 음성 호의 신호 정보는 데이터 영역에서 BTMA 프로토콜을 이용하여 전송된다. 호 접속요구 메시지를 수신한 기지국은 하방향 채널의 데이터 영역에 응답신호를 방송한다. 한 셀내에 산재해 있는 모든 단말기는 현재 설정되어 있는 호의 갯수를 나타내는 호 접속 계수기를 가지고 있다. 기지국으로부터의 응답신호를 수신한 모든 음성 단말기들은 자신의 호 접속 계수기를 1씩 증가시킨다. 이때

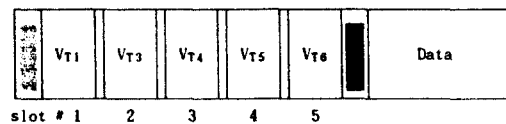
호 접속 응답신호의 주소에 해당하는 음성단말기는 자신의 호 접속 계수기에 해당하는 음성 슬롯을 예약받는다. 음성호의 해제는 음성 슬롯의 제어필드를 '0'으로 reset하여 전송함으로써 이루어지고 기지국으로부터 호 해제 응답 메시지를 수신한 모든 음성단말기들은 호 접속 계수기를 1씩 감소시킨다. 한 호가 해제되면 그 호에 후속되는 슬롯을 할당받는 단말기는 감소된 자신의 호 접속 계수기에 해당하는 슬롯을 다시 할당받는다. 따라서 호 접속 계수기와 가변 길이의 음성 슬롯을 사용함으로써 영역의 경계가 양방향으로 유동적이게 되며, 음성 트래픽의 부하가 낮을 때 데이터 트래픽에 할당될 수 있는 채널의 가용용량을 늘려줌으로서 데이터의 처리율을 향상시킨다.

음성호의 설정과 종료는 그림5에 잘 나타나 있다. K 번째 프레임에서 음성단말기들의 계수기가 4일때, 음성 단말기 T2가 제어 필드를 '0'으로 reset하여 호 해제 요구를 하고 음성 단말기 T5와 T6이 호 접속 요구 메시지를 데이터 영역에 전송하여 호 설정 요구를 하였을 경우, 음성단말기 T2의 호 해제 요구를 수신한 기지국은 T2의 호 해제 요구에 대한 응답을 하방향 채널을 통해 방송한다. 이 응답을 수신한 모든 음성 단말기들은 계수기를 각각 1씩 감소시키고 슬롯 2에 후속하는 음성단말기 T3와 T4는 각각 슬롯 2, 3번을 재 할당 받게 되며 음성단말기 T5와 T6의 호 접속 계수기는 3으로 감소된다. 또한 음성단말기 T5와 T6의 호접속 요구 메시지를 수신한 기지국은 순차적으로 두 음성단말기의 호 접속 요구에 대한 응답을 방송한



음성단말기 5, 6: 호 접속 요구
음성단말기 2: 호 해제 요구

a) K번째 프레임



b) K+1번째 프레임

그림 5. 호 설정과 종료
Fig 5. Call setup and termination

다. 기지국으로 부터의 음성단말기 T5에 대한 호 접속 응답을 수신한 모든 음성단말기들은 호 접속 계수기를 1씩 증가시킨다. 음성단말기 T5는 자신의 호 접속요구에 대한 응답임을 인지하고 증가된 자신의 호 접속 계수기 즉 4번에 해당하는 음성 슬롯을 할당받게 된다. 또한 연속하여, 기지국으로부터 음성단말기 T6에 대한 호 접속 응답을 수신한 모든 음성단말기들의 호 접속 계수기는 1씩 증가하여 5가 되고 그 결과 음성단말기 T6은 5번 음성 슬롯을 할당받게 된다.

데이터 트래픽과 음성 호의 신호 정보는 BTMA 방식으로 데이터 영역에서 전송된다. BTMA 방식은 데이터를 전송하는 단말기가 busy tone을 별도의 협대역 채널을 통해 발생시켜 한 셀내의 모든 데이터 단말기들에게 현재 채널이 busy임을 알려 사용중일 경우 데이터의 전송을 방지하는 방식으로 데이터 단말기는 패킷을 전송하기 전에 busy tone을 감지하여 채널이 busy인지 아닌지를 확인한 후 채널이 idle이면 패킷을 전송하고 채널이 busy이면 2진 지수승 backoff 알고리즘을 이용하여 다시 스케줄링을 행한다. 충돌은 바로전에 전송된 패킷의 전파지연시간 전에 busy tone과 패킷을 전송할 경우에 발생한다. 이때 데이터 패킷의 충돌에 대한 복구는 에러제어를 위한 재전송 프로토콜을 이용하여 행해진다[3,7].

IV. 시뮬레이션 및 결과고찰

1. 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 차세대 셀룰러 패킷 라디오망에서의 무선 액세스 프로토콜에 대한 성능을 분석하였다. 한 셀은 산재해 있는 단말기들과 라디오 고정 끝단인 기지국으로 구성되는데 이 구조는 star 토폴로지와 유사하다[2]. 셀룰러 패킷 라디오망에서 한 기지국이 관할하는 셀의 범위는 수킬로미터 이내이므로 이동단말기와 기지국간의 회귀전송시간은 수십 μ s 정도이다[5]. 정보 전송은 상방향 채널(이동단말기에서 기지국으로의 정보 전송채널)과 하방향 채널(기지국에서 이동단말기로의 정보 전송채널)을 통하여 이루어지며 상방향 채널과 하방향 채널은 공간상으로 분리되어 있다고 가정한다. 상방향 채널 및 하방향 채널 속도는 2 Mbps이고 활성화된 음성단말기의 코딩속도는 32 kbps로 가정한다. 음성패킷의 길이는 512 bits이며 하나의 음성 슬롯은 음성패킷에 헤더 정보 및 신호 정보와 관련된 overhead 정보(64 bits)를 더하여 576 bits로 구성된

다. 한 프레임의 길이는 음성패킷의 주기와 일치되는 16ms이며 55개의 타임 슬롯으로 구성된다. 또한 데이터 단말기는 평균 2400 bps로 데이터를 발생시키는 것으로 가정하였다.

본 논문에서는 무선 채널상의 전송 오류는 없는 것으로 가정하였으며 상방향 채널에 대해서만 고려하였다. PRMA 프로토콜의 경우 음성 패킷 전송을 위한 허용한계 지연시간을 32ms로 가정하였으므로 음성단말기들은 두 프레임의 슬롯 갯수만큼의 버퍼길이(최대 110개)를 가지는 FIFO 버퍼를 가지며 음성 패킷의 전송허용확률과 데이터 패킷의 전송허용확률을 각각 최대의 성능을 얻을 수 있는 0.3, 0.045로 가정하였다[4,6,8]. 한편 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜에서는 busy 신호의 전송을 위해 음성인 경우 TDMA 액세스 채널을 사용하였고 데이터인 경우 별도의 협대역 채널을 사용하였다. 또한 데이터 전송의 backoff 알고리즘은 CSMA 프로토콜의 알고리즘을 사용하였다.

본 논문에서는 PRMA 프로토콜과 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 분석하였고, 시뮬레이션을 통해 얻은 결과를 처리율과 지연시간, 블럭킹확률 및 채널이용률 측면에서 비교 분석하였다. 음성/데이터 집적환경에서 트래픽 밀도의 증가에 따른 데이터 트래픽의 처리율은 서비스된 총 데이터 패킷수를 발생한 총 데이터 패킷수로 나누고 트래픽 밀도를 곱하여 계산하였으며 음성 트래픽의 처리율 또한 동일한 방식으로 계산하였다. 트래픽 밀도의 증가에 따른 데이터 평균 지연시간은 데이터 패킷이 스케줄 큐에 도착하여 큐를 떠날 때까지의 총 지연시간을 총 시뮬레이션 시간으로 나누어 계산하였으며 음성 트래픽의 블럭킹확률은 블럭킹된 음성 패킷수를 시뮬레이션 횟수로 나누어 구하였다. 채널이용율은 성공적으로 서비스된 평균 음성 패킷수와 데이터 패킷수의 합을 발생한 평균 음성 패킷수와 데이터 패킷수의 합으로 나누어 계산하였다.

2. 트래픽 모델링

음성트래픽 특성은 그림6에서와 같이 2-state Markov process를 따른다. 발음 구간과 묵음구간의 지속시간은 지수분포를 따르며, 이들은 통계적으로 서로 독립적이다. 발음구간의 평균 지속시간을 t_1 이라 하고 묵음구간의 평균 지속시간을 t_2 라 할때, 발음구간이 지속시간 t 내에 끝날 확률 γ 는 다음과 같이 주어진다.

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

한편 활성화된 음성단말기의 묵음구간이 지속시간 τ 내에 끝날 확률 σ 는 다음과 같다.

$$\sigma = 1 - \exp(-\tau/t_2) \quad (2)$$

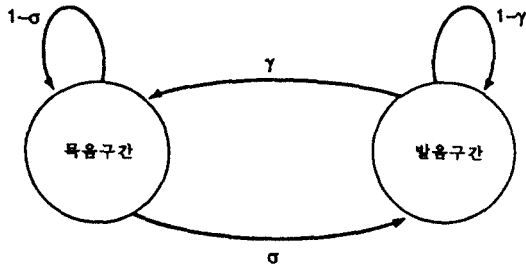


그림 6. 음성트래픽의 2-state Markov process 모델
Fig 6. Two-state Markov process model of the voice traffic

음성 단말기는 sensitive voice activity detector를 포함하고 있어 발음구간과 묵음구간을 구별한다. 본 논문에서는 발음구간의 평균지속시간 t_1 과 묵음구간의 평균지속시간 t_2 를 각각 350ms 및 650ms로 가정한다.

일반적으로 데이터 트래픽의 특성은 포아슨 분포를 따르며 본 논문에서는 데이터 트래픽의 생성속도를 2400bps로 가정하였으므로 데이터 패킷의 평균 도착시간은 0.213초인 지수분포를 따른다[6].

3. 시뮬레이션 결과 고찰

본 논문에서는 PRMA 프로토콜과 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 분석하였고, 시뮬레이션을 통해 얻은 결과를 처리율과 지연시간, 블럭킹확률 및 채널이용률 측면에서 비교 분석하였다. 시뮬레이션 결과는 그림 7,8,9,10, 11에 잘 나타나 있으며 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜이 PRMA프로토콜보다 월등한 성능을 보이고 있다.

트래픽 밀도의 증가에 따른 생성된 데이터 패킷수와 서비스된 데이터 패킷수의 비를 데이터 처리율로 보았으며 그 결과에 대해서는 그림7에 잘 나타나 있다.

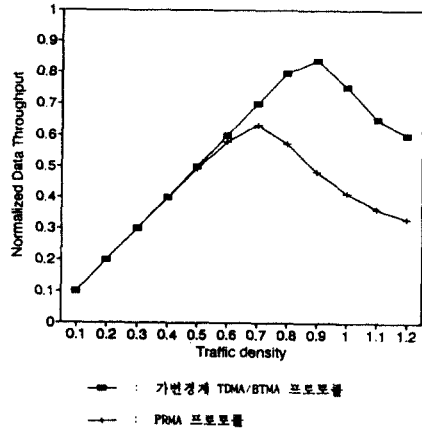


그림 7. 데이터 트래픽의 처리율
Fig 7. Throughput of the data traffic

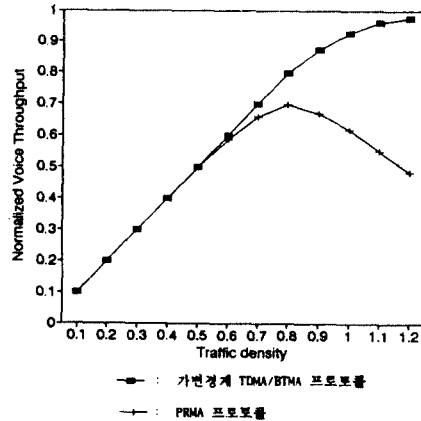


그림 8. 데이터 트래픽의 평균 지연시간
Fig 8. Average delay time of the data traffic

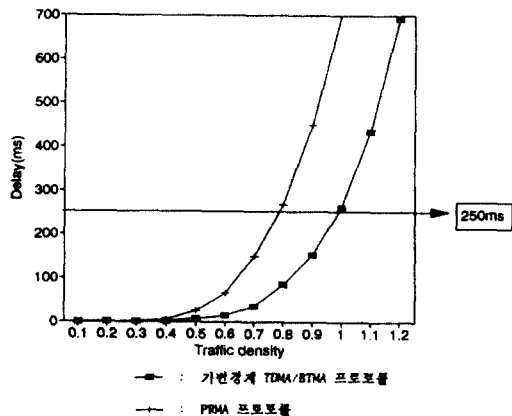


그림 9. 음성 트래픽의 처리율
Fig 9. Throughput of the voice traffic

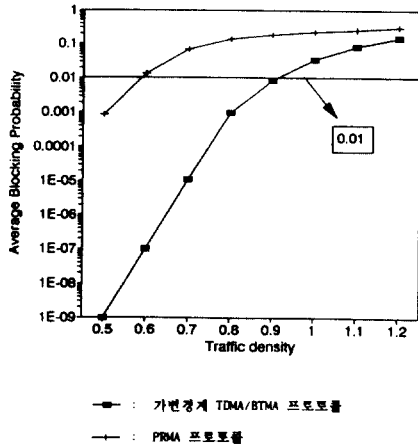


그림 10. 음성 트래픽의 평균 블럭킹 확률
 Fig 10. Average blocking probability of the voice traffic

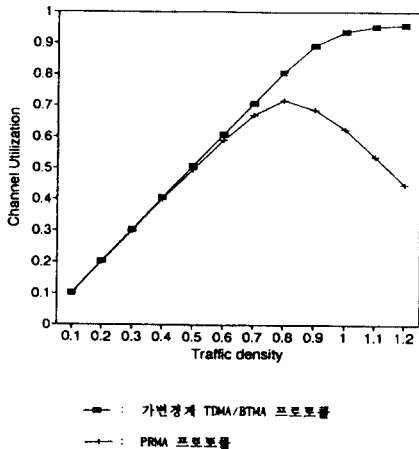


그림 11. 채널이용률
 Fig 11. Channel utilization

그림7은 데이터 서비스를 위해 BTMA 프로토콜을 사용하는 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜이 slotted ALOHA 프로토콜을 사용하는 PRMA 프로토콜보다 우수함을 보여준다. CSMA 프로토콜과 유사한 BTMA 프로토콜이 slotted ALOHA 프로토콜보다 우수한 성능을 나타낸다는 것은 일반적인 견해이며, 특히 가변길이의 음성 슬롯과 호 접속 계수기의 사용으로 낮은 트래픽 부하시 데이터 영역의 가용용량을 극대화시키며, 과부하시에도 최대 음성 슬롯의 갯수

를 전체 음성 슬롯 수의 75%로 한정하여 최소한의 데이터 전송을 가능케 하는 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜이 과부하시 데이터 지연이 급증하는 PRMA 프로토콜보다 우수한 성능을 보이고 있다. 데이터 트래픽 만을 서비스하는 기존의 BTMA 프로토콜에서는 트래픽 밀도가 증가함에 따라 데이터 트래픽의 처리율이 1에 가까이 수렴한다. 반면 그림7에서 음성/데이터 직접 서비스를 위한 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜에서는 트래픽 밀도가 증가함에 따라 데이터 트래픽의 처리율이 0.9에 가까이 증가하다가 점차 떨어지며 이같은 결과는 데이터 트래픽 보다 음성 트래픽에 더 많은 슬롯을 할당(최대, 전체 프레임의 75%)하여 줌으로서 음성의 실시간성을 보장하며 데이터의 최소 전송율을 보장하기 위한 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜의 슬롯할당 규칙에 기인한다.

음성과 데이터 트래픽의 밀도가 증가함에 따라 데이터 패킷이 큐에 도착하여 서비스된 후 큐를 떠나는 평균지연시간에 대해서는 그림8에 잘 나타나 있으며 데이터 트래픽의 처리율과 마찬가지로 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜이 우수한 성능을 나타내었다. 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜의 경우 전체 프레임 중 음성 트래픽에 할당하고 남은 부분이 데이터 트래픽에 할당되므로 트래픽 밀도가 낮을때 상대적으로 더 많은 가용공간이 존재하여 전송 충돌횟수가 줄어들고 지연이 적게 발생한다. 그러나 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜에서도 트래픽 밀도가 1에 가까워지면 음성에 더 많은 슬롯을 할당하여 주기 때문에 지연이 급증함을 알 수 있다. 반면 PRMA 프로토콜에서는 재전송확률($q > r$)을 음성 트래픽에 더 크게하여 음성트래픽에 우선순위를 두며, 목음구간이 시작되면 예약받는 음성슬롯을 해제하고 발음구간이 시작될 때 다시 슬롯을 예약받기 위해 매번 경쟁하므로 트래픽 밀도가 높아짐에 따라 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜 보다 데이터 트래픽의 지연이 훨씬 더 증가함을 알 수 있었다. 일반적인 데이터 패킷의 한계지연시간은 250ms인데 시뮬레이션 결과로 볼때 이 제한요건을 만족하는 트래픽 밀도가 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜에서는 0.98까지, PRMA 프로토콜에서는 0.765까지로 나타났다.

음성 및 데이터 트래픽의 증가에 따른 음성 트래픽의 처리율과 블럭킹율은 그림9와 10에 잘나타나 있다. PRMA의 경우 발음구간이 시작된 음성단말기는 슬롯을 예약받기 위해 다른 단말기(음성 및 데이터 단말기)와 경쟁한다. 경쟁에 실패한 음성단말기는 한

계지연시간을 초과하지 않는 범위내에서 재전송한다. 만약 전송되어야 할 패킷이 한계지연시간을 초과할 경우 슬롯을 예약받지 못한 음성단말기는 그 패킷을 블럭킹시킴으로서 과잉밀집상황에 대처한다. 따라서 그림9에서와 같이 트래픽 밀도가 높아짐에 따라 발음구간의 시작부분에서 패킷의 손실 즉 블럭킹이 많이 발생하므로 처리율이 급격히 감소하게 된다. 반면에 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜에서는 음성이 TDMA 프로토콜로 서비스되므로 한번 호가 설정된 음성단말기는 호가 종료될 때까지 하나의 타임 슬롯을 보장받는다. 따라서 음성단말기의 voice activity detector가 발음구간의 처음을 인지할 때의 불가피한 패킷손실을 제외하고는 패킷 전송시의 손실은 존재하지 않는다. 그러므로 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜이 PRMA 프로토콜 보다 우수한 성능을 나타내며 시뮬레이션 결과도 이것을 입증하고 있다. 일반적으로 음성의 최대 허용 블럭킹 확률은 0.01로 규정되고 있는데, 이 한계치를 만족시키는 트래픽 부하는 그림10에서와 같이 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜에서는 약 0.9까지, PRMA 프로토콜에서는 0.59임을 알 수 있었다.

한편 음성과 데이터의 집적 처리율을 종합한 결과로서 음성과 데이터 트래픽의 평균 도착 패킷수의 합과 평균 서비스된 패킷수의 합의 비를 채널이용율로 나타내었으며 그림11에 도시하고 있다. 그림11에서는 음성 슬롯의 동기신호, 제어정보, 호 접속 계수기 및 busy 신호의 사용으로 음성의 패킷손실을 줄이고 데이터 처리율을 향상시킨 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜이 PRMA 프로토콜보다 우수한 성능을 보이고 있다. PRMA 프로토콜의 경우 트래픽이 증가함에 따라 슬롯을 할당받기 위해 경쟁하는 음성 단말기와 데이터 단말기의 수가 급증하여 계속 충돌이 발생하게 되므로 채널이용율이 급격히 감소하게 된다. 반면 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜에서는 음성 트래픽의 경우 한번 호가 설정되면 호가 해제될 때까지 하나의 음성슬롯을 보장받으므로 PRMA 프로토콜에서 발생하는 묵음구간에서 발음구간으로 천이될 때의 경쟁을 피하였으며 음성의 묵음구간시 채널이용율의 저하를 막기 위하여 동기 신호와 제어정보를 사용하여 채널이용율을 극대화 하였다. 또한 데이터 트래픽을 BTMA 프로토콜로 서비스함으로써 ALOHA 프로토콜을 사용하는 PRMA 프로토콜보다 우수한 성능을 피할 수 있었다.

따라서 이 모든 성능척도면에서 음성트래픽에 TDMA

프로토콜을 사용하고 데이터 트래픽에 다중 액세스 경쟁기법 중 우수한 성능을 가지는 BTMA 프로토콜을 사용하며 음성과 데이터영역의 경계를 동기신호와 제어정보 및 호 접속 계수기를 사용하여 가변화시킨 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜이 PRMA 프로토콜 보다 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 차세대 셀룰러망인 제3세대 셀룰러 패킷 라디오망의 구조에 대해 살펴보았다. 차세대 셀룰러망은 디지털 셀룰러망을 거쳐, 사용자의 집적정보 서비스의 요구를 만족시키기 위해 차세대 지능망과 연동된 셀룰러 패킷 라디오망으로 진화될 것이다. 따라서 본 논문에서는 집적정보서비스에 필요한 음성/데이터 집적 액세스 프로토콜로서 PRMA 프로토콜과 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜을 셀룰러 패킷라디오망에 적용시켜보고 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 성능을 비교 분석하였다. 시뮬레이션 결과 지연에 민감한 음성 트래픽에 Busy 신호를 이용한 TDMA 프로토콜을 사용하고 패킷 손실에 민감한 데이터 트래픽에 BTMA 프로토콜을 사용하며 음성과 데이터 영역의 경계를 동기신호와 제어정보 및 접속 계수기를 사용하여 가변화시킨 가변경계 TDMA/BTMA 프로토콜이 PRMA 프로토콜 보다 음성과 데이터를 효율적으로 집적할 수 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 조동호 외, "음성/데이터 집적 이동통신 서비스 도입방안 연구," 한국이동통신주식회사 위탁연구 최종보고서, 1992. 3.
2. David J. Goodman, "Cellular Packet Communications," IEEE Trans. Commun., Vol.38, No.8, pp.1272-1280, Aug.1990.
3. S. M. Sharrock 외, "A CSMA/CD-based, Integrated Voice/Dara Protocol with Dynamic Channel Allocation," Computer network and ISDN Sys., Vol.18, No.1, pp.1-18, 1989.
4. David J. Goodman, "Performance of PRMA: A Packet Voice Protocol for Cellular Systems," IEEE Trans. Vehic. Tech, Vo.40, No.3, pp. 584-598, Aug.1991.
5. D. J. Goodman 외, "Packet Reservation Mul-

- multiple Access for Local Wireless Communications," IEEE Trans. Comm. Vol.37, No.8, pp. 885-890, Aug.1989.
6. Hong Y. Chung 외, "Transmission of Speech and Data using Packet Reservation Multiple Access," ICC'91, pp.3.5.1-3.5.6, June 1991.
7. J. S. Metcalfe 외, "Framed TDMA/CSMA for Integrated Voice-Data Local Area Networks," INFOCOM Proc. pp 10-17, April 1985.
8. 조동호 외, "최소 예약슬롯 보증 음성/데이터 집적 PRMA 프로토콜에 관한 연구," 한국통신학회논문지, 제18권, 제2호, pp.250-260, 1993sus 2월.

姜 君 和(Gun Hwa Kang)

정회원

1967년 10월 23일생

1992년 2월 : 경희대학교 전자계산공학과 졸업(공학사)

1993년 3월 : 경희대학교 전자계산공학과 대학원 석사과정
재학중

※주관심분야 : 이동데이터통신, 멀티미디어통신, B-ISDN

趙 東 浩(Dong Ho Cho)

정회원

1956년 4월 3일생

1979년 2월 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)

1981년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 대학원
석사과정 졸업(공학석사)

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

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

1987년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자계산공학과 부교수

1989년 9월 ~ 현재 : 경희대학교 전자계산소장

※주관심분야 : B-ISDN, MAN, 이동데이터통신, 멀티미디어통신