

음성/데이터 통합 서비스를 위한 자원 상태 감지 기법 기반 MAC 프로토콜

(MAC Protocol based on Resource Status-Sensing Scheme for Integrated Voice/Data Services)

임 인택[†]
(In-Taek Lim)

요약 본 논문에서는 기지국과 단말기간의 전파지연이 비교적 짧은 마이크로셀 환경의 패킷 CDMA 망에서 음성과 데이터를 통합 서비스하기 위한 MAC 프로토콜을 제안한다. 제안한 프로토콜을 위한 시스템의 상향링크 채널은 프레임을 구성하는 타임 슬롯과 각 슬롯별 확산코드에 의하여 제공된다. 지연에 민감한 음성 트래픽에 더 높은 우선순위를 부여하여, 음성 트래픽인 경우에는 발음구간 동안 임의의 확산코드를 예약하여 서비스된다. 반면, 데이터 트래픽은 매 패킷이 발생할 때마다 기지국으로부터 수신한 현재 슬롯의 예약상태 정보를 기반으로 서비스된다. 성능분석의 결과, 본 논문에서 제안한 기법은 음성과 데이터 패킷간의 충돌이 전혀 발생하지 않으므로 주어진 패킷 누락률 범위 내에서 수용 가능한 최대 음성 단말기 수를 증가시킬 수 있었다.

키워드 : 매체 접근 제어 프로토콜, 슬롯 ALOHA, 자원 상태 감지, 통합 음성/데이터 서비스

Abstract A medium access control protocol is proposed for integrated voice and data services in the packet CDMA network with a small coverage. Uplink channels are composed of time slots and multiple spreading codes for each slot. This protocol gives higher access priority to the delay-sensitive voice traffic than to the data traffic. During a talkspurt, voice terminals reserve a spreading code to transmit multiple voice packets. On the other hand, whenever generating a data packet, data terminals transmit a packet based on the status information of spreading codes in the current slot, which is received from base station. In this protocol, voice packet does not come into collision with data packet. Therefore, this protocol can increase the maximum number of voice terminals.

Key words : MAC protocol, slotted ALOHA, resource status sensing, integrated voice/data service

1. 서론

음성위주의 통신 서비스로부터 데이터 및 비디오 등이 복합된 무선 멀티미디어 서비스에 대한 사용자의 요구가 점차 증가함에 따라 음성 서비스를 기본으로 하는 셀룰러 시스템에서 데이터 서비스를 제공하고자 하는 다양한 시도와 연구가 이루어지고 있다[1][2]. 한편 무선 패킷 교환 기술의 발전과 함께 음성 서비스를 위주로 하는 셀룰러 망과 무선 데이터 서비스를 위주로 하는 패킷 무선망을 통합하여 음성과 데이터 서비스를 동시에 지원하기 위한 패킷 CDMA망에 대한 연구도 활발

히 진행되고 있다[3][4].

음성과 데이터를 통합 서비스하기 위한 패킷 CDMA 망의 설계와 관련하여 중요한 기술적 과제 중 하나는 MAC 프로토콜이다. MAC 프로토콜은 두 트래픽의 서로 다른 서비스 품질을 만족시킬 수 있어야 하며, 공유하는 무선자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 설계되어야 한다. TDMA기법으로 다중채널이 제공되는 협대역 패킷 무선망인 경우, 지연에 민감한 음성 트래픽은 채널 예약 방식으로 서비스하고, 데이터 트래픽은 슬롯 ALOHA 방식으로 서비스하는 다양한 MAC 프로토콜들이 연구되어 왔다[5][6][7]. 그러나, 이러한 기법들은 슬롯 당 동시에 제공될 수 있는 채널이 단지 한 개뿐이므로 시스템 부하의 증가에 따른 빈번한 패킷 충돌로 인하여 시스템의 성능이 급격히 저하되는 문제점이 있다. 반면, Tan은

[†] 종신회원 : 부산외국어대학교 컴퓨터공학과 교수
itim@taejo.pufs.ac.kr

논문접수 : 2000년 12월 21일

심사완료 : 2001년 12월 14일

RRA(Reservation Random Access) 프로토콜을 CDMA 시스템에 적용한 RCMA(Reservation-Code Multiple Access) 프로토콜을 제안하였다[8]. 이 기법에서는 공통 코드 방식의 확산코드 프로토콜을 사용하여 음성 트래픽인 경우 데이터 패킷과 경쟁 방식으로 확산코드를 예약하여 서비스되고, 데이터 트래픽인 경우에는 매 패킷마다 경쟁 방식으로 패킷을 전송한다. 이 기법은 음성 트래픽인 경우, 확산코드를 예약하기 위하여 데이터 패킷과 경쟁하여야 하므로 지연에 민감한 음성 트래픽의 패킷 누락률이 증가할 것으로 보인다.

따라서, 본 논문에서는 CDMA 방식과 TDMA 방식을 혼합한 방식으로 다중채널이 제공되는 패킷 CDMA 망에서 트래픽의 우선순위에 따라 음성과 데이터를 서비스하기 위한 RCSSMA(Reservation Code and Status Sensing Multiple Access) 프로토콜을 제안하고, 이에 대한 성능을 분석한다. 본 논문에서 제안하는 프로토콜에서는 지연에 민감한 음성 트래픽에 더 높은 우선순위를 부여한다. 음성 단말기들은 음성활성 검출기를 사용하여 발음구간이 시작되면 예약되어 있지 않은 임의의 확산코드를 예약하고, 발음구간이 끝날 때까지 예약한 확산코드를 통하여 주기적으로 음성 패킷을 전송한다. 반면, 데이터 트래픽은 매 패킷이 발생할 때마다 현재 슬롯에서 음성 단말기가 전송한 예약요청의 성공여부에 대한 상태정보를 기지국으로부터 수신한 후, 예약되지 않은 확산코드 중에서 임의의 확산코드를 통하여 패킷을 전송한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 본 논문에서 제안하는 프로토콜이 적용되는 시스템의 구성을 설명하고, 3장에서는 제안한 프로토콜의 상세한 동작과정을 기술한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통하여 제안한 프로토콜의 성능분석 결과를 기술하고, 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 프로토콜이 적용되는 시스템은 기지국과 단말기간의 전파지연이 비교적 짧은 마이크로 셀 형태의 중앙 집중형 패킷 CDMA망으로 가정한다. 하나의 셀 내에는 각각 N_v , N_d 개의 음성 단말기와 데이터 단말기가 있고, 셀 내의 모든 단말기들은 중앙기지국과 슬롯동기가 항상 유지되는 것으로 가정한다.

RCSSMA 프로토콜에서 상향 링크는 그림 1과 같이 CDMA와 TDMA가 결합된 형태로 제공된다. 그림에서 나타낸 바와 같이 하나의 프레임은 k_0 개의 타임슬롯으로 구성되고, 각 슬롯에는 m 개의 공유하는 확산코드가

제공된다. 모든 단말기는 각 슬롯마다 상호상관 특성을 가지는 m 개의 확산코드 중 하나를 이용하여 패킷을 전송한다. 여기서 프레임 길이는 상향 링크의 대역폭과 음성 단말기의 샘플링 속도에 따라 결정된다.

단말기에서 발생하는 패킷은 그림 1에서 나타낸 바와 같이 프리앰블(PA) 필드, 헤더(HD) 필드, 사용자 정보(음성 또는 데이터) 필드, 및 오류 제어를 위한 트레일러(TR) 필드로 구성된다. PA 필드는 기지국 수신기의 상관기들이 확산코드를 인식하기 위하여 사용되고, HD 필드는 전송되는 패킷의 종류 등을 나타내는 제어정보를 포함하고 있다. 기지국의 수신기 수는 셀 내에서 공유하는 확산코드의 수와 같다고 가정하고, 동일한 슬롯에 전송된 패킷들은 동일한 시간에 기지국에서 수신되는 것으로 가정한다.

한편, 기지국에서는 매 슬롯의 시작점에서 예약되지 않은 확산코드 정보와 이전 슬롯에서 수신 성공한 데이터 패킷에 대한 응답을 방송한다. 또한, 기지국에서는 이미 예약되지 않은 음성 패킷의 PA 필드와 HD 필드를 성공적으로 수신하면 음성의 예약요청이 성공한 것으로 간주하여 이에 대한 응답을 방송한다.

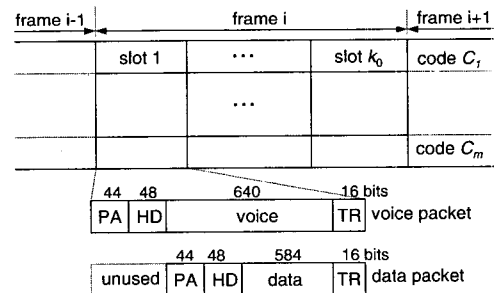


그림 1 상향 링크의 채널 및 패킷 구조

3. 프로토콜 동작

RCSSMA 프로토콜에서 음성 트래픽은 확산코드 예약방식으로 서비스되고, 데이터 트래픽은 기지국으로부터 수신한 확산코드 상태정보를 이용하여 매 패킷마다 경쟁방식으로 서비스된다. 음성 단말기를 위한 프로토콜의 상세한 동작과정은 그림 2와 같다. 묵음상태에서 새로운 발음구간을 시작한 음성 단말기는 경쟁상태가 되어서 확산코드 예약을 시도한다. 경쟁상태에 있는 음성 단말기는 다음 슬롯의 시작점에서 기지국으로부터 수신한 예약되지 않은 확산코드 중 임의의 하나를 선택하고, 전송허용 확률 β 로 음성 패킷의 PA 필드와 HD 필드를

전송한다. 한편, 기지국에서는 매 슬롯의 시작점에서 예약되지 않은 확산코드를 통하여 전송된 패킷의 PA필드를 성공적으로 수신하면 음성의 예약요청이 성공한 것으로 판단하여 이에 대한 응답을 즉시 방송한다.

예약에 성공한 음성 단말기는 패킷의 나머지를 전송하고 예약상태로 천이한다. 음성 패킷은 매 프레임마다 발생되므로 예약에 성공한 음성 단말기는 발음구간이 종료될 때까지 예약한 확산코드를 통하여 매 프레임마다 주기적으로 음성 패킷을 전송한다. 반면, 예약에 실패한 음성 단말기는 데이터 패킷과의 충돌을 없애고, 다원접속 간섭을 줄이기 위하여 패킷의 나머지 부분에 대한 전송을 중단한다. 발음구간 동안 음성 단말기가 발생시킨 패킷은 일정시간 이내에 전송되어야만 음성의 지연 서비스 품질을 만족시킬 수 있다. 따라서 음성 단말기는 지연 한계를 초과하여 예약에 실패한 패킷들을 버린다.

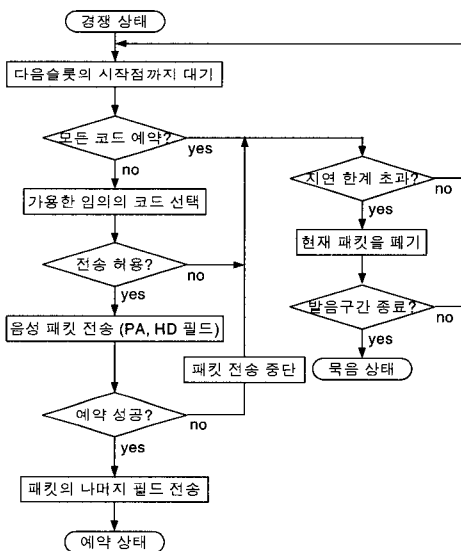


그림 2 음성 단말기의 프로토콜 동작

데이터 단말기를 위한 프로토콜의 상세한 동작과정은 그림 3과 같다. 휴지상태에 있는 단말기가 하나의 데이터 패킷을 생성하면 경쟁상태로 천이한다. 경쟁상태에 있는 데이터 단말기는 기지국으로부터 방송된 현재 슬롯의 확산코드 예약에 대한 상태정보를 기반으로 패킷 전송을 시도한다. 현재 슬롯의 확산코드 예약에 대한 상태정보는 음성 패킷의 HD 필드가 전송되는 시간동안 기지국으로부터 수신된다. 이로 인하여 데이터 단말기는 음성 단말기에 의하여 이미 예약되지 않았을 뿐만 아니

라 현재 슬롯에서 예약하지 않은 확산코드만을 선택할 수 있다. 따라서 데이터 패킷의 전송은 음성 패킷에 비하여 늦게 전송을 시도하며, 음성 단말기에 비하여 상대적으로 낮은 우선순위로 서비스된다. 본 논문에서 제안한 프로토콜에서는 음성 패킷과 데이터 패킷간의 충돌은 전혀 발생하지 않는다. 기지국으로부터 음성 단말기의 예약시도에 대한 결과를 수신한 데이터 단말기는 예약되지 않은 임의의 확산코드를 선택하여 전송허용 확률 β 로 데이터 패킷을 전송한 후, 기지국으로부터 응답을 기다린다. 기지국으로부터 전송 성공에 대한 응답을 수신한 데이터 단말기는 휴지상태로 천이하고, 응답을 수신하지 못하면 경쟁상태를 유지하면서 다음 슬롯에서 다시 전송을 시도한다.

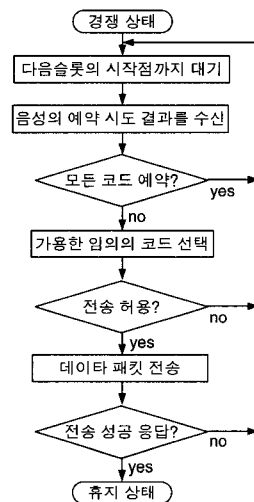


그림 3 데이터 단말기의 프로토콜 동작

4. 성능 분석

본 논문에서 제안한 RCSSMA 프로토콜의 성능분석은 SMPPL C언어 라이브러리[9]를 이용한 시뮬레이션으로 이루어졌으며, 시뮬레이션에 사용한 각종 시스템 변수들은 표 1과 같이 가정하였다. 이와 같은 시스템 변수에 의하여 상향링크의 프레임 당 슬롯 수(k_0)는 5가 되고, 음성 패킷의 최대 지연 허용 슬롯 수(W_{max})는 10이 된다.

한편, 음성 활성 검출기를 사용하는 음성 단말기는 묵음상태와 발음상태를 유지한다. 묵음상태에 있는 단말기는 다음 슬롯의 시작점에서 α_0 의 확률로 발음상태로 천이하고, 발음상태에 있는 단말기는 γ_0 의 확률로 묵음상태로 각각 천이한다. 이때, 슬롯의 길이를 τ 라하고, 평

표 1 성능분석에 사용한 시스템 변수

역방향 링크 칩 발생률	3.84 Mcps
역방향 링크 비트율	192 Kbps
프레임 길이	20 msec
음성 패킷 지연 허용	40 msec
평균 묵음구간 길이 (t_1)	1.35 sec
평균 발음구간 기간 (t_2)	1.00 sec
슬롯의 길이 (T)	4 msec
음성 샘플링 속도 (R_s)	32 Kbps
오버헤더(HD, TR) 길이	64 bits
PA필드 길이	44bits
데이터 트래픽 발생률(R_d)	14.4 or 28.8kbps

균 묵음구간의 길이와 발음구간의 길이를 각각 t_1 , t_2 라 할 때, α_v 와 γ_v 는 각각 다음과 같다[5].

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

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

음성 서비스인 경우, 일정 수준 이하의 패킷 오류는 서비스 품질에 영향을 미치지 않지만, 패킷 전송 지연은 심각한 문제가 될 수 있다. 따라서, W_{max} 슬롯 동안 예약에 실패한 음성 단말기는 해당 패킷을 버리며, 이로 인한 평균 패킷 누락률이 음성 트래픽의 중요한 성능평가 변수가 된다. 반면, 데이터 서비스인 경우, 음성 서비스에 비하여 상대적으로 지연에는 민감하지 않지만, 패킷을 버리는 것은 허용하지 않는다. 따라서, 모든 데이터 패킷은 어느 정도 지연이 발생하더라도 전송되어야 하고, 이로 인한 평균 패킷 지연 시간이 데이터 트래픽의 중요한 성능평가 변수가 된다.

그림 4와 5는 허용하는 패킷 누락률을 0.01(1%)로 할 경우 전송허용 확률과 확산코드의 수에 따른 수용 가능한 최대 음성 단말기의 수를 RCMA 프로토콜과 비교하여 나타내었다. 기존에 제안된 RCMA 프로토콜은 음성의 예약요청 패킷이 데이터 패킷과 경쟁해야 한다. 따라서 그림에서 나타난 바와 같이 RCMA 프로토콜은 데이

다 전송률이 증가할수록 수용 가능한 음성 단말기의 수가 감소한다. 반면, 본 논문에서 제안한 RCSSMA 프로토콜은 음성과 데이터 패킷간의 충돌이 전혀 발생하지 않으므로 데이터 전송률에 관계없이 RCMA에 비하여 더 많은 음성 단말기를 수용할 수 있다. 또한 RCMA 프로토콜인 경우 전송허용 확률을 증가시킴에 따라 더 많은 데이터 단말기들이 패킷 전송을 시도하여 음성의 예약요청 패킷과 충돌이 발생하므로 수용 가능한 음성 단말기 수에 있어서 약간의 감소가 있다. 반면, RCSSMA 프로토콜인 경우 일정 수준 이상의 전송허용 확률에서는 거의 동일한 수의 음성 단말기를 수용할 수 있다.

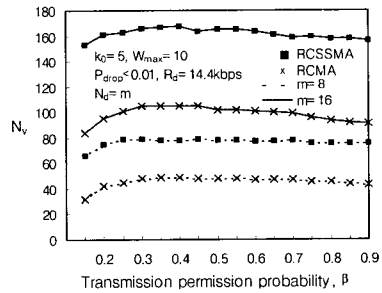


그림 5 전송허용 확률과 확산코드 수에 따른 최대 음성 단말기 수

그림 6과 7은 단말기 수와 확산코드의 수에 따른 음성 패킷 누락률을 나타내었다. 그림 4와 5에서 나타난 바와 같이 일정 수준 이상의 전송허용 확률에서는 음성 트래픽의 성능이 거의 동일하게 나타나므로 본 논문에서는 전송허용 확률을 0.6으로 가정하였다. 또한 데이터 단말기 수는 음성 단말기 수와 동일하게 하였다. 그림 6에서 나타난 RCMA 프로토콜의 패킷 누락률은 그림 4에 나타난 것과 같이 데이터 전송률에 영향을 받을 수 있다. 확산코드의 수를 증가시키면 상향링크의 논

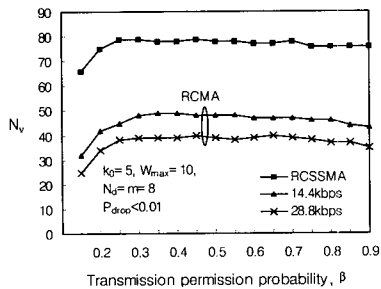


그림 4 전송허용 확률에 따른 최대 음성 단말기 수

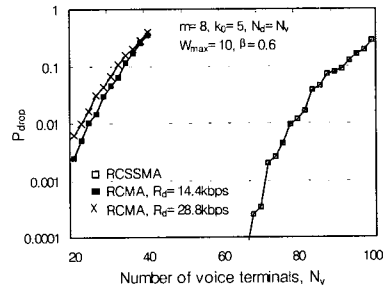


그림 6 단말기 수에 따른 음성 패킷 누락률

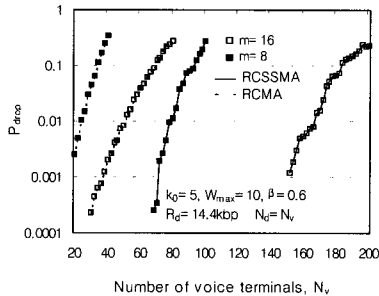


그림 7 단말기 수와 확산코드 수에 따른 음성 패킷 누락률

리 채널 수가 증가한다. 따라서 그림 7에서 나타난 바와 같이 확산코드의 수를 증가시키면 패킷 누락률은 감소한다. 확산코드의 수를 두 배로 증가시키기에 따라 패킷 누락률이 0.01일 때 RCMA 프로토콜은 약 두 배의 음성 단말기를 더 많이 수용할 수 있는 반면, RCSSMA 프로토콜은 약 2.2배의 음성 단말기를 더 많이 수용할 수 있음을 알 수 있다.

그림 8은 확산코드의 수가 8일 때 데이터 전송률이 28.8kbps인 경우와 14.4kbps인 경우에 대하여 단말기 수에 따른 데이터 패킷의 평균 전송지연을 나타내었고, 그림 9는 데이터 전송률이 14.4kbps일 때 확산코드의 수가 8인 경우와 16인 경우에 대한 데이터 패킷의 평균 전송지연을 각각 나타내었다. 그림에서 나타난 바와 같이 본 논문에서 제안한 RCSSMA 프로토콜의 평균 전송지연은 RCMA 프로토콜과 거의 동일한 성능을 나타낸다. 이는 RCMA인 경우, 현재 슬롯에 예약되지 않은 확산코드를 다른 데이터 패킷뿐만 아니라 음성 예약요청 패킷들과 경쟁하는 반면, RCSSMA에서는 현재 슬롯에 이미 예약되지 않은 확산코드 중에서 새로운 음성 예약에 실패한 확산코드를 데이터 패킷들만 경쟁하기 때문에 판단된다.

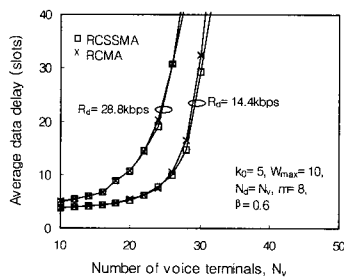


그림 8 단말기 수에 따른 데이터 전송지연

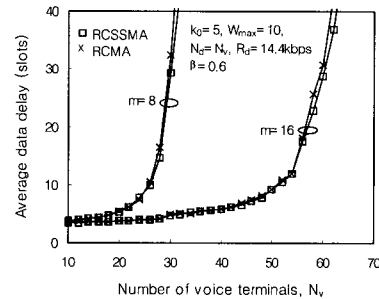


그림 9 단말기 수와 확산코드 수에 따른 데이터 전송지연

5. 결론

본 논문에서는 패킷 CDMA망에서 지연에 민감한 음성 트래픽에 더 높은 우선순위를 부여하여 음성과 데이터를 통합 서비스하기 위한 RCSSMA 프로토콜을 제안하고, 이에 대한 성능을 분석했다. 음성 트래픽인 경우, 발음구간이 시작되면 예약되지 않은 임의의 확산코드를 선택하여 예약을 시도하고, 발음구간이 종료될 때까지 예약한 확산코드를 배타적으로 점유하여 음성 패킷을 전송한다. 반면 데이터 트래픽은 패킷이 발생 할 때마다 기지국으로부터 수신한 현재 슬롯의 확산코드 예약상태 정보를 이용하여 패킷을 전송한다.

본 논문에서 제안한 프로토콜에서는 음성 트래픽의 우선순위가 데이터 트래픽보다 높아서 음성의 예약요청 패킷은 데이터 패킷보다 항상 먼저 전송되므로, 데이터 패킷과의 충돌이 전혀 발생하지 않는다. 이에 따라 기존의 RCMA 기법보다 더 많은 음성 단말기를 수용할 수 있음을 알 수 있었다. 데이터 서비스인 경우, RCMA에서는 현재 슬롯에 예약되지 않은 확산코드를 다른 데이터 패킷뿐만 아니라 음성 예약요청 패킷들과도 경쟁하여 서비스된다. 반면, RCSSMA에서는 현재 슬롯에 이미 예약되지 않은 확산코드 중에서 새로운 음성 예약에 실패한 확산코드를 데이터 패킷들만 경쟁하여 서비스된다. 이로 인하여 본 논문에서 제안한 RCSSMA 프로토콜의 평균 전송지연은 RCMA 프로토콜과 거의 동일한 성능을 나타내었다.

본 연구에 이어서 다원접속간섭에 의한 비트 오류율을 고려한 성능분석이 이루어져야 할 것으로 보이며, 다원접속간섭에 의한 역방향 공용채널의 수를 계산하고, 이를 기반으로 음성과 데이터를 위한 코드의 수를 서로 달리하여 음성과 데이터 서비스를 제공하기 위한 방안들이 계속 연구되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] TIA/EIA, Short Message Services for Wideband Spread Spectrum Cellular Systems, TIA/EIA/IS-637, Feb. 1995.
- [2] TIA/EIA, Data Service Option Standard for Wideband Spread Spectrum Digital Cellular System, TIA/EIA/IS-99, Jan. 1995.
- [3] Newman D. Wilson, et al., "Packet CDMA Versus Dynamic TDMA for Multiple Access in an Integrated Voice/Data PCN," *IEEE Journal of Selected Areas in Commun.*, Vol.11, No.6, pp.870-883, Aug. 1993.
- [4] Rajamani Ganesh, et al., "Performance of Cellular Packet CDMA in an Integrated Voice/Data Networks," *International Journal of Wireless Information Networks*, Vol.1, No.3, pp.199-222, 1994.
- [5] D. J. Goodman, R. A. Valenzuela, K. T. Gayliard, and B. Ramamurthi, "Packet Reservation Multiple Access for Local Wireless Communications," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.37, No.8, pp.885-890, Aug. 1989.
- [6] S. Jangi, and L. F. Merakos, "Performance Analysis of Reservation and Random Access Protocols for Wireless Access Networks," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.42, No.2/3/4, pp.1223-1234, Feb./Mar./Apr. 1994.
- [7] R. Al-Naami, and D. Saha, "Status Sense Multiple-Access (S²MA) Communication," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.40, No.6, pp.996-1002, Jun. 1992.
- [8] L. Tan, and Q. T. Zhang, "A Reservation Random-Access Protocol for Voice/Data Integrated Spread-Spectrum Multiple Access Systems," *IEEE Journal of Selected Areas in Commun.*, Vol.14, No.9, pp.1717-1727, Dec. 1996.
- [9] M. H. MacDougall, *Simulating Computer Systems Techniques and Tools*, MIT Press, 1987.



임 인 택

1984년 2월 울산대학교 공과대학 전자계산학과 졸업 (공학사). 1986년 2월 서울대학교 대학원 계산통계학과 졸업 (이학석사). 1998년 2월 울산대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업 (공학박사). 1986년 1월 ~ 1993년 2월 삼성전자 특수연구소 선임연구원. 1993년 3월 ~ 1998년 2월 동부산대학 전자계산과 조교수. 1998년 3월 ~ 현재 부산외국어대학교 컴퓨터공학과 조교수. 관심분야는 MAC 프로토콜, 이동 컴퓨팅, ATM