

적응적 Request Mini-slots을 이용한 WATM MAC 프로토콜

문흥진[†] · 장성현^{††}

요 약

무선 ATM 망에서, 이동 단말기들은 유선 ATM 망의 단말기와 같은 기능과 QoS를 제공해야 한다. 그러므로, 기지국 스케줄러에게 이동 단말기들의 ATM 셀 도착에 대한 정보가 빠르게 전달되는 것이 중앙 집중 방식으로 제어되는 ATM 기반 MAC 프로토콜의 중요한 항목이다. 그러나, 다수 개의 무선 단말기들이 상향 링크를 통해 상호 경쟁적인 방법으로 데이터 전송을 요구하는 과정에서 충돌이 발생되고, 충돌에 의한 재전송 때문에 처리율이 감소되고 전송 지연이 증가하게 된다. 본 논문에서는 예약을 요청하는 단말기 수를 통계적으로 예측하고 사후 처리율을 고려하여 최적화된 request mini-slot의 개수를 결정하는 MAC 프로토콜을 제안한다. 시뮬레이션 결과에서 제안한 프로토콜이 지연과 처리율에서 높은 성능을 보임을 알 수 있었다.

WATM MAC Protocol using Adaptive Request Mini-slots

Hong-Jin Moon[†] and Seong-Hyun Chang^{††}

ABSTRACT

In wireless ATM network, Mobile terminals must offer function and QoS such as terminal of wire ATM network. The fast notification of BS(Base Station) scheduler about ATM cells arriving in mobile terminals is a critical item of the ATM-based centrally controlled MAC protocol. But, Collision is arisen at process that several mobile terminals require data transmission by contention method through uplink and because of re-transmission by collision, throughput of decrease and transmission delay increases. In this paper, We propose the MAC protocol that decide optimized request mini-slot's number considering number of request terminal predicted as statistical and its posterior throughput. According to simulation result, could know that proposed protocol shows high performance delay and throughput.

Key words: WATM, MAC, Protocol

1. 서 론

무선 ATM 망에서는 유선 망에서의 ATM 서비스와 동일한 종류 및 형태의 서비스를 제공해야 한다. 이들 서비스 트래픽은 현재 이동 통신에서 제공되는 트래픽 보다 고속의 트래픽을 포함하며, 트래픽의 특성도 ABR, CBR 및 VBR로 다양하고 이들의 QoS도

서비스의 종류에 따라 구분된다. 따라서 무선 ATM 망은 음성, 데이터 및 멀티미디어 등의 서비스에 효율적으로 대처할 수 있는 유연성을 지녀야 한다. 따라서 무선 ATM(Wireless ATM : WATM)망은 유선 ATM 멀티미디어 망의 무선확장으로 구성할 수 있다. 그러므로 무선 ATM 프로토콜은 유선 ATM 프로토콜의 확장으로 구성된다. 무선 채널에 필요한 물리적 계층, 매체 접근 제어 계층(MAC : Medium Access Control)과 데이터 링크 계층(DLC Data Link Control Layer)은 ATM망 계층 아래에 추가하여 무

접수일 : 2002년 11월 28일, 완료일 : 2003년 3월 13일

[†] 정희원, 전주대학교 정보기술컴퓨터공학부 부교수

^{††} 정희원, 전주대학교 정보기술컴퓨터공학부 강의전담 교수

선접속 프로토콜을 구성한다. 또한, 유선 ATM 망의 기존 계층들의 기능은 무선 ATM에서도 사용이 가능하다.[1]

이러한 멀티미디어 무선 ATM 프로토콜 구성 중 무선 ATM 시스템 설계 시에 고려해야 할 중요한 기술은 DLC 계층에서의 적절한 MAC 프로토콜이다. 무선 ATM 망에서 사용되는 MAC 프로토콜은 사용자의 성능, 시스템의 용량 및 단말기의 복잡성 등에 매우 큰 영향을 끼치므로 중요한 기술이다. 따라서 다수의 ATM 단말기가 공유하는 무선 채널의 효과적인 사용과 우수한 QoS를 제공하기 위해서 MAC 프로토콜의 개발은 필수적이다.

한편, 무선 ATM의 기술은 유럽, 미국, 일본 등 선진국에서 1990년대 초부터 수행된 ATM 기반의 무선 광대역 서비스 및 무선 멀티미디어 서비스 관련 프로젝트 결과로 나타났는데, 무선 ATM 관련 외국의 연구 개발 현황으로는 유럽의 RACE(Research and technology development in Advanced Communications technologies in Europe) 프로젝트에서 연구된 MBS(Mobile Broadband System)[2,3]를 비롯해, ACTS(Advanced Communications Technologies and Service) 프로젝트 내에서 추진중인 SAMBA(System for Advanced Mobile Broadband Application)[4], Magic WAND(Wireless ATM Network Demonstrator)[5], MEDIAN(Message Processor for Efficient Distributed processing on ATM

Networks)[6], AWACS(Advanced Wireless ATM Communication Systems)와 미국 AT&T Bell Lab의 SWAN(Seamless Wireless ATM Network)[7], BAHAMA(Broadband Adaptive Homing ATM Architecture)[8], 그리고 일본 NTT의 AWA(ATM Wireless Access)[9], NEC의 WATMnet(Wireless ATM Network)[10], Olivetti Research Lab의 RATM(Radio ATM)등이 있다.[11]

여기에서 적용된 MAC 프로토콜을 표 1에서 살펴보면 모두가 동적 예약을 이용한 TDMA 개념에 기초를 두고 있다. 또한 예약 요청 방식에서도 경쟁을 이용한 방법을 사용하는 공통점을 보인다.

무선 ATM 망에서 매체 접근 방법은 응용 서비스의 높은 데이터 처리율과 서비스 품질을 보장하기 위한 전송 지연을 좌우하는 요소가 된다. 다수 개의 무선 단말기에서 상향 링크를 통해 상호 경쟁적인 방법으로 데이터 전송을 요구하는 과정에서 충돌이 발생되고, 이에 따른 결과로서 재전송이 반복적으로 이루어져 전체적인 처리율의 저하 및 전송 지연이 발생하게 된다.

표 1에서 보면 기존에 제시된 대부분의 MAC 프로토콜은 동적 파라미터(Dynamic parameters)를 전송하기 위하여 경쟁 방식을 사용하였는데, 이것은 고속 전송 채널에서 충돌(Collision)로 인한 지연 때문에 성능 저하의 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 재어주기를 고정적으로 길게 하기도 하는데, 이것

표 1. 무선 ATM 프로토타입 시스템에서의 MAC 프로토콜 비교[2-11]

MAC 프로토콜	시스템	다중접속 및 이중화 방식	예약 요청 방식	패킷 다중 접속 방식	프레임 길이	상/하향 프레임 길이	예약 결과 통보 방식
DSA++	MBS	TDMA	경쟁/폴링	동적 예약	가변	정의되지 않음	프레임 단위
Dynamic-PRMA(ATDD)	MEDIAN	TDMA/TDD	경쟁	동적 예약	고정	가변	프레임 단위
MASCARA	Magic WAND	TDMA/TDD	경쟁	동적 예약	가변	가변	프레임 단위
DQRUMA	BAHAMA	TDMA/TDD	경쟁	동적 예약	고정	정의되지 않음	슬롯 단위
MDR	WATMnet	TDMA/TDD	경쟁	동적 예약	고정	트래픽 등급간 가변	프레임 단위
EC-MAC	SWAN	TDMA/TDD	경쟁	동적 예약	고정	가변	프레임 단위
OR-MAC	OR-ATM	TDMA/TDD	경쟁	동적 예약	정의되지 않음		프레임 단위

은 최대 처리율이 감소하게 된다.[12]

무선 ATM에 대한 표준화 연구는 ATM 포럼과 ETSI(European Telecommunications Standards Institute) BRAN(Broadband Radio Access Network)을 중심으로 진행되고 있다. ATM 포럼에서는 1996년 6월에 무선 ATM WG(Working Group)이 구성되어 radio ATM과 mobile ATM의 두 부분으로 나누어, ATM 포럼에서는 이동성 관리 및 신호 방식 그리고 ETSI BRAN에서는 무선 접속 규격에 대하여 표준화를 진행하고 있다. MAC 관련 표준화는 ETSI BRAN에서 진행하고 있는데 TDMA를 기반으로 하고 있으며, 기지국의 스케줄러에 의해 동적 슬롯 할당이 수행되는 중앙 집중 방식을 채택하였다. 이와 관련하여 가변 또는 고정 프레임 길이에 대한 논의가 지속되다가 9차 회의에서 고정 프레임 길이를 사용하는 것으로 결정하였다. 또한, 이중화 방식은 상향 링크와 하향 링크간의 경계가 가변적인 비대칭적 TDD(ATDD : Asymmetrical Time Division Duplexing)으로 결정하였다.[13]

따라서 본 논문에서는 ETSI BRAN에서 이루어지고 있는 MAC 프로토콜의 전반적인 연구 동향과 표준화 동향에 맞게 MAC 프로토콜의 프레임 구조를 구성하고, 단말기들이 요구하는 QoS를 보장하면서 효율적으로 CBR, VBR, ABR 트래픽을 지원하는 MAC 프로토콜을 소개한다. 이 프로토콜은 기지국 중심의 중앙 집중 제어로 동작하며 기지국이 각 프레임의 제어와 데이터 송수신을 위한 슬롯 수를 결정한다. 또한, 데이터 슬롯을 예약 받기 위하여 request 모드 상태에 대기하고 있는 단말기의 평균수와 idle 상태에 있는 단말기의 셀 발생 확률 및 대역폭을 이용한 통계적 예측을 통하여 request mini-slot의 개수를 가변적으로 변경하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 경쟁 모드에서 예약 요청을 하는 이동 단말기의 평균 수 추정과 사후 처리율을 통해 얻어진 최적화된 요청 슬롯 개수를 이용해 충돌로 인한 지연과 처리율의 향상 시키고자 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 MAC 프레임의 구조를 살펴보고, 3장에서는 MAC 프로토콜의 동작 및 단말기의 상태 변화에 설명한다. 또한, 4장에서는 최적화된 request mini-slot 개수를 결정하기 위한 통계적 방법에 대하여 설명하고, 제 5 장에서는 제안한 프로토콜의 시뮬레이션을 통한 성

능 분석을 하고 6장에서 결론을 맺는다.

2. MAC 프레임의 구조

제안한 시스템은 다중화 방식으로 TDD(Time Division Duplexing) 방식을 이용하는 ATDD(Adaptive Time Division Duplexing)를 사용하여 상/하향 링크를 구성하고 기본적인 접속방식은 TDMA를 사용한다. 하나의 ATDD 프레임의 길이는 고정되어 있으며, 크게 상향 링크 프레임과 하향 링크 프레임으로 구분된다. 상향 및 하향 링크의 프레임 길이는 각 방향의 트래픽 상황에 따라 조절할 수 있다. 즉, 한 개의 TDD 프레임은 상향 링크와 하향 링크 사이에 가변 경계에 따라 상향 및 하향 링크의 프레임 길이가 결정된다. 이러한 프레임의 구조를 그림 1에서 보였다.

모든 단말기에게 방송하는 프레임 헤더(FH : Frame Header) 부분은 그림 2와 같이 Guard 바이트와 프레임 동기를 위한 SYNC 바이트, 기지국의 식별을 위한 BSID 바이트와 프리앰블로 구성되어 있다.

또한, SB(Signaling Burst)는 기지국에서 모든 단말기에게 알려주는 정보로 그림 3과 같이 프레임의 구성 즉, 프레임의 길이 및 상향/하향 프레임과 경쟁 슬롯(request mini-slot)의 개수, 하향 링크 프레임의 예약 결과, 상향 프레임의 예약 결과 등을 방송한다. MAC PDU(Protocol Data Unit)는 실제로 물리적인 전송 매체에 의하여 운반되는 데이터의 단위로 하나의 데이터 슬롯을 구성한다. 하향 프레임이 시작되는 곳에서는 SYNC byte를 두어 하향 링크 슬롯의 시작을 알리며 MAC PDU에는 단말기의 번호와 기지

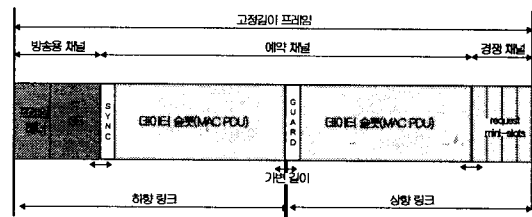


그림 1. MAC 프로토콜 프레임구조

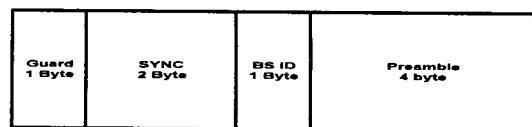


그림 2. 프레임 헤더 구조

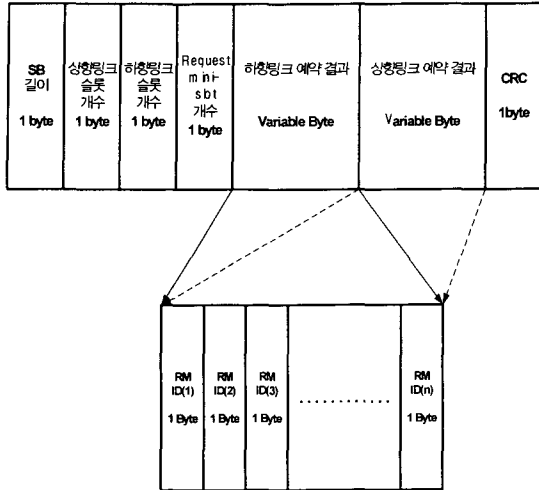


그림 3. Signaling Burst

국의 예약 스케줄링을 위한 동적 파라미터를 전송하고 ATM CRC를 포함하며 ATM Cell을 전송하게 된다. MAC PDU는 고정된 길이를 갖는다.

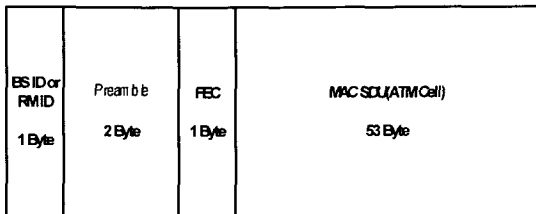


그림 4. 하향 링크의 MAC PDU

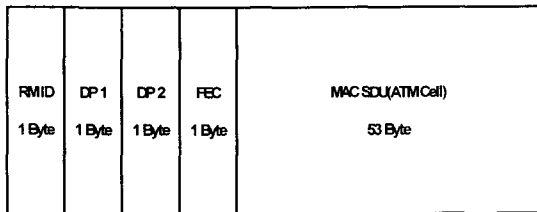


그림 5. 상향 링크의 MAC PDU

Request mini-slot은 동적 파라미터만을 전송하고 슬롯 할당을 요청하는 슬롯으로 MAC PDU의 Header 부분만을 전송하게 된다. 단말기는 전송할 셀이 발생하면 먼저 그림 6에서와 같이 슬롯에 자기의 동적 파라미터를 전송하여 상향 링크 슬롯을 할당받아야 한다.

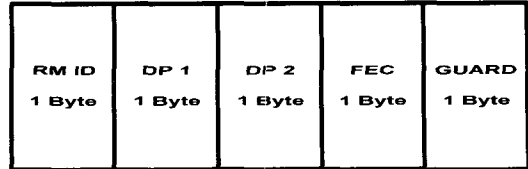


그림 6. Request Mini-slot

3. 단말기의 상태변화 및 MAC 프로토콜의 동작

제안한 프로토콜은 멀티미디어 서비스를 위해 각 트래픽 특성에 따른 우선 순위와 각 단말기가 요구한 지연을 최소화하는데 초점을 맞추었다. 이 프로토콜 동작은 그림 7과 같이 Call Setup, IDLE, Request, Transmit 상태를 거치게 된다. Call Setup 상태는 단말기에 호가 발생하여 기지국과의 협상을 통하여 연결을 설정하는 단계이다. 이때 단말기는 기지국에게 서비스 클래스 등의 트래픽 부류에 의해 결정되는 정적 파라미터를 전송한다. 연결이 설정된 단말기는 IDLE 상태로 천이 되는데 다시 최초의 셀이 도착하면 Request 상태로 천이 한다. Request 상태는 단말기 전송 버퍼에 ATM 셀이 도착하고 데이터 슬롯을 예약 받기 위하여 동적 파라미터를 제어 슬롯인 request mini-slot을 이용하여 기지국에 경쟁 전송하는 단계를 말하고, Transmit 상태는 기지국으로부터 할당받은 슬롯으로 데이터를 예약 전송하는 단계를 말한다.

연결이 설정되어 idle 상태에 있는 이동 단말기들은 전송 버퍼에 ATM 셀이 도착했을 때 request 상태에서 경쟁 채널의 request mini-slot을 선택하여 예약 요청을 하는데, S-ALOHA 방식을 이용한다. 이때, 단말기가 선택하여 예약 요청을 전송하는 request

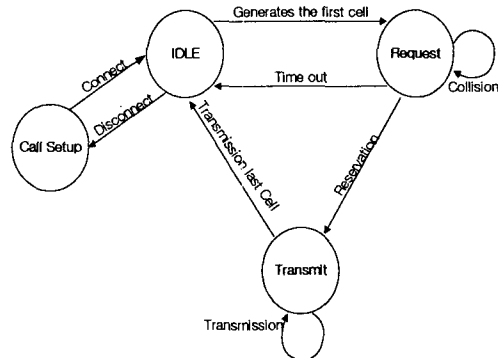


그림 7. 프로토콜 상태 천이도

mini-slot은 request mini-slot 개수 (N_{minislot}) 만큼의 미니 슬롯 중에 하나를 선택하게 되고, request mini-slot 개수 (N_{minislot})는 기지국에서 최적화된 request mini-slot 결정 알고리즘[제4장]에 의해 결정되어 단말기에 방송한다. 단말기에서는 기지국이 예약 요청의 우선순위를 계산하기 위한 파라미터로 단말기의 트래픽 평균 셀율(Mean Cell Rate)과 단말기가 예약 요청을 위해 request 상태에서 대기한 시간 (τ_{delay})을 전송한다. 이것은 기지국이 (식 1)을 이용하여 각 단말기의 우선 순위를 계산하기 위해 사용하고 이를 바탕으로 다음 프레임의 상향 링크 데이터 슬롯을 request 상태에 있는 단말기에게 우선 할당한다. 단말기는 다음 프레임의 상향 링크 데이터 슬롯을 할당받으면 ACK 신호를 받은 것으로 가정하고 transmit 상태로 천이 한다. 여기서, request 상태의 단말기가 transmit 상태의 단말기 보다 우선 순위가 낮고 대역폭이 여유가 없어 데이터 슬롯을 할당받지 못하여 반복적으로 예약요청을 수행하는 재전송 상태를 피하기 위하여 기지국은 request 상태에 있는 단말기에게 우선적으로 데이터 슬롯을 할당해 준다.

$$P_R = C_{\text{traffic}} * MCR * \tau_{\text{delay}} \tag{식 1}$$

C_{traffic} : CBR=5 > VBR=4 > ABR=2
 MCR : Mean Cell Rate
 τ_{delay} : request 상태에서 대기한 시간

(식 1)에서 경쟁 상태에 있는 단말기의 우선 순위를 계산하는데 사용된 C_{traffic} 은 단말기의 클래스별 우선 순위를 달리하기 위한 파라미터로 CBR 트래픽에 가장 높은 값을 주어 우선적으로 할당받게 한다. 이것은 호 설정 기간에 전송한 정적 파라미터를 이용하고 기지국에서 미리 정하여 사용한다. 또한, 단말기의 트래픽 평균 셀율(Mean Cell Rate)과 단말기가 예약 요청을 위해 request 상태에서 대기한 시간(τ_{delay})이 큰 단말기에게 우선순위를 높여준다.

transmit 상태에 있는 이동 단말기는 상향 링크의 데이터 슬롯(PDU)을 통해 기지국에게 각 이동 단말기의 사용자 정보와 트래픽 특성에 관한 상태 정보를 피기백 형태로 제공한다. 이때 상태 정보로는 각 단말기의 현재 전송 대기 큐의 길이(L_{queue})와 ATM 셀 전송 버퍼에서 대기한 평균 기간(τ_{qd})을 전송하게 된다. 기지국은 이러한 동적 파라미터 정보를 사용

하여 transmit 상태에 있는 각 이동 단말기에게 대역 할당에 관한 결정을 하고 결정한 결과를 signalling burst에 실어 이동 단말기에게 전송하면 각 단말기는 다음 프레임의 signalling burst 주기를 감시하여 슬롯 할당에 대한 정보를 알게된다. 기지국에서 데이터 슬롯을 할당할 때에 CBR 트래픽은 최초 호 설정 기간 동안에 결정된 슬롯을 통해 고정적으로 할당하고 VBR과 ABR 트래픽은 (식 2)에 의한 우선순위(P_T)에 기반해서 동적으로 슬롯을 할당한다.

$$P_T = C_{\text{traffic}} * \tau_{\text{qd}} * L_{\text{queue}} \tag{식 2}$$

C_{traffic} : VBR=4 > ABR=2
 τ_{qd} : Mean Queueing Delay
 L_{queue} : Queue Length

(식 2)에서 보면 CBR 트래픽은 고정 슬롯을 할당하므로 트래픽의 우선순위를 고려하지 않았으며 VBR 트래픽의 우선순위가 ABR 트래픽의 우선 순위 보다 높음을 알 수 있다. 또한, 큐에서 대시간 시간이 긴 단말기와 현재 큐의 상태를 고려하여 우선순위를 계산하였다.

4. 최적화된 Request mini-slots 개수 결정 알고리즘

기지국은 다음 프레임에서 request mode 상태나 IDLE 상태에 있는 이동 단말기의 수를 (식 3)을 이용하여 추정할 수 있다.

$$N_{RI} = N_{\text{Connect}} - N_{\text{Transmit}}$$

N_{RI} : IDLE 혹은 Request 상태의 단말기 수 (식 3)
 N_{Connect} : 연결 설정된 단말기의 수
 N_{Transmit} : Transmit상태의 단말기 수

한편, IDLE 상태에 있는 모든 이동 단말기가 새로운 셀을 발생할 확률과 request 상태의 단말기가 예약 요청을 위하여 대기한 시간을 고려하여 N_{RI} 에 속한 각 이동 단말기의 새로운 셀 발생 확률 $P_{\text{req}}(k)$ 을 (식 4)와 같이 결정한다[3].

$$P_{\text{req}}(k) = 1 - e^{-\lambda(k) \cdot \tau_{\text{ac}}(k)}, k \in N_{RI} \tag{식 4}$$

$\lambda(k)$: k 단말기의 평균 셀 도착 간격
 $\tau_{\text{idle}}(k)$: Idle 간격

그래서, 랜덤 접속에서 예약을 요청하는 이동 단말

기의 수 (N_{req})는 현재 프레임에서 IDLE 혹은 request mode 상태에 있는 모든 이동 단말기의 새로운 셀 발생 확률($P_{req}(k)$)을 더해 줌으로서 얻을 수가 있다.

$$N_{req} = \sum_k^{N_{req}} P_{req}(k) \quad (\text{식 5})$$

이때, request mini-slots 수($N_{minislot}$)를 랜덤 접속을 요청하는 이동 단말기들의 단말기 수(N_{req})만큼 예약을 한다고 가정한다. 하지만, 이렇게 mini-slots 수를 할당 할 경우 대역을 효과적으로 이용할 수 없는 문제가 생긴다.

- I) $B_{available} < B_{demand}$
- II) $B_{available} > B_{demand}$

$B_{available}$: available total bandwidth in a next frame
 B_{demand} : demanded bandwidth in a next frame

기지국이 transmit 상태에 있는 각 단말기의 data slot을 할당할 때 (I)의 경우처럼 단말기들이 요구하는 대역폭이 사용 가능한 대역폭보다 많을 경우가 발생하면 우선 순위가 낮은 이동 단말기들에 의한 transmit delay가 발생하고 (II)경우와 같다면 대역폭 낭비에 의한 비효율성이 있게된다. 그래서, 이용 가능한 대역폭이 여유가 있다면 랜덤 접속에서 request mode 상태의 이동 단말기의 수(N_{req}) 만큼의 request mini-slot을 늘려주거나, 그렇지 않으면 줄여주어 지연과 처리율에 적절한 알고리즘을 제공한다. 이때 (식 6)과 같이 계산한 대역폭 계수(B_c)를 이용한다.

$$B_c = \frac{B_{available}}{B_{demand}} = \frac{B_{total} - B_{minislot}}{B_{demand}}$$

- $B_{available}$: 다음번 프레임의 사용가능 대역폭
 - B_{demand} : Transmit 상태 단말기의 요구 대역폭
 - $B_{available}$: 다음번 프레임의 상향 링크 전체 대역폭
 - $B_{minislot}$: N_{req} 개 request mini-slot의 대역폭
- (식 6)

제안한 알고리즘은 (식 7)과 같이 랜덤 접속을 요청하는 이동 단말기의 수(N_{req})와 대역폭 계수(B_c)를 이용한다. 즉, 대역폭 계수 값이 1보다 크다면 이용 가능한 대역폭에 여유가 있음을 의미하기 때문에 request mini-slot을 비례하여 늘여주고, 1보다 작다면 여유가 없음을 의미해 request mini-slot을 줄여주면 된다.

$$N_{minislot} = \lfloor N_{req} * B_c \rfloor$$

$\lfloor x \rfloor$: x 를 넘지않는 가장 큰 정수 (식 7)

5. 시뮬레이션 결과 및 분석

본 논문에서 제안한 알고리즘을 평가하기 위하여 Workstation 환경 하에서 다음과 같은 파라미터를 가지고 시뮬레이션을 수행하였으며, 제안된 프로토콜을 비교 평가하기 위해 처리율과 지연에 중점을 두고 제안한 알고리즘과 MASCARA, DSA+/TDD와의 비교 분석을 하였으며, 시뮬레이션 도구는 BONEs(Block Oriented Network Simulator)[17]를 이용하였다. 표 2에는 시뮬레이션에 사용된 몇 가지 변수를 정의하였다.

제공되는 단말기의 트래픽 중 CBR 트래픽은 uniform distribution으로 가정하였으며, 셀의 도착 간격이 일정한 간격을 유지하도록 셀을 발생시켰다. VBR 트래픽은 포아송 process로 가정하여 셀 도착 간격이 포아송 분포를 따르도록 셀을 발생하였다. 또한, 전체 트래픽 부하량에 따른 셀 전송 지연을 평가하기 위하여 VBR 트래픽의 부하량을 변화시켜 보면서 총 부하량 별로 시뮬레이션을 수행하였다. 한편, ABR 트래픽

표 2. 시뮬레이션 변수

변수	값	
Offered traffic	CBR, VBR, ABR 트래픽	
Arrival process	CBR	Uniform
	VBR	Poisson process
	ABR	2-state MMPP
Total bandwidth	25Mbps	
Frame Length	2ms	
Data Slot Length	57 bytes	
request mini-slot Length	5 bytes	
request mini-slot 개수/ 프레임(고정의 경우)	6개	
단말기의 개수	CBR 단말기	5개 (64Kbps)
	VBR 단말기	5개 ~ 10개 (부하량에 따라 가변)
	ABR 단말기	5개 (On: 40ms, Off: 100ms)
전체 부하량	0.1 ~ 1.0	
단말기 버퍼 길이	1000 Cell	

은 ON 상태와 OFF 상태를 가지는 2-state MMPP 모델로 가정하였다. 2-state MMPP는 여러 개의 데이터 소스나 음성 신호의 다중화 된 트래픽 모델로, 두 상태(state)에 의해 신호가 발생되며 각기 다른 평균값을 가지고 포아송 분포로 트래픽을 발생시킨다. 또한 두 상태에 머무르는 시간은 서로 다른 평균값의 지수분포를 따르며 본 시뮬레이션에서 ON 상태에 머무르는 평균시간은 40ms로 하였으며 휴지시간, 즉 Off 상태의 평균시간은 100ms로 하였다.

제안된 프로토콜은 상향 링크에서 전송을 위한 프로토콜의 효율성만을 평가하였다. 따라서 하향 링크는 고려하지 않았으며, 처리율은 프레임 당 이용할 수 있는 총 데이터 슬롯 수로 실제 상향 링크에서 데이터 전송을 위해 쓰인 슬롯 수를 나뉘춤으로써 정의하였다. 또한, 처리율과 지연에 관련된 비교분석을 하기 위하여 단말기의 셀 버퍼를 크게 하여 셀 폐기 확률을 고려하지 않았다.

또한, DSA++/TDD나 MASCARA는 단말기의 전송 버퍼에서 대기하고 있는 셀 수와 평균 대기 시간을 이용하여 우선 순위를 계산하였다. DSA++/TDD는 슬롯 단위로 셀 전송 단말기를 결정하였고, MASCARA는 마스터 스케줄러에서 각 프레임 단위로 무선 단말의 우선순위를 고려하여 셀 전송 단말기를 결정하였으며 무선 단말기의 슬레이브 스케줄러가 슬롯 할당 정보를 바탕으로 셀 트레인 단위로 전송 슬롯을 할당하였다.

그림 8~그림 13까지의 그래프는 전체 단말기의 개수를 15개로 고정하고 VBR 트래픽의 부하를 변화시켜 전체 트래픽의 양을 조절하고 시뮬레이션을 수행하여 각 트래픽 클래스별 셀 전송지연과 처리율을 보인 그래프이다. 그림 8을 보면 DSA++/TDD나 MASCARA는 트래픽의 우선 순위를 고려하지 않고 단말기의 전송 버퍼에서 대기하고 있는 셀 수와 평균 대기 시간만을 이용하여 우선 순위를 계산하고 슬롯을 할당하여 CBR 트래픽의 전송 지연이 부하량이 증가할수록 커지는 것을 볼 수 있다. 반면에, 제안한 프로토콜은 전송 지연이 부하량의 증가에 민감하지 않음을 볼 수 있는데, 이것은 CBR 트래픽에 대하여 초기 설정된 고정 슬롯을 할당한 결과로 예약 단계의 충돌로 인한 전송 지연과 프레임 지연에 의한 지연으로 부하량의 증가에 대해 비교적 일정한 지연 값을 갖는 특성을 보인다. 한편, MASCARA의 경우 마스

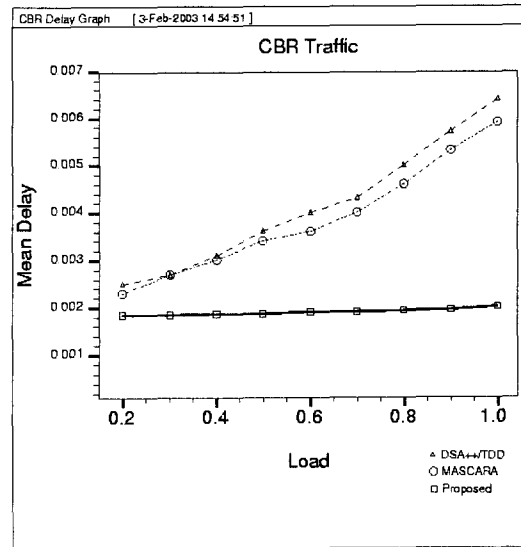


그림 8. 부하량 변화에 따른 CBR 트래픽의 셀 전송 지연

터 스케줄러에서 각 프레임 단위로 무선 단말의 우선 순위를 고려하여 셀 전송 단말기를 결정하였고, 각 무선 단말기의 슬레이브 스케줄러는 슬롯 할당 정보를 바탕으로 셀 트레인 단위로 전송함으로써 셀 전송 지연이 DSA++/TDD 보다 좋은 결과가 나타났다.

여기서 평균지연은 이동 단말기가 전송할 데이터가 생기고 난 뒤, 실제로 기지국에 request access를 신청하고 기지국에서 데이터 슬롯을 할당받아 ACK를 받아 데이터를 상향 링크 슬롯을 통해 전송하는데 걸리는 시간을 말한다.

CBR 트래픽의 처리율의 경우도 그림 9에서와 같이 제안한 프로토콜의 경우 부하량의 증가에 변화가 없는 것을 볼 수 있는데, 이것은 기지국의 스케줄러가 CBR 트래픽에 대하여 최초 호 설정 기간 동안에 결정된 슬롯을 통해 고정적으로 할당한 결과이다.

그림 10은 VBR 트래픽의 부하량 변화에 따른 전송 지연 보여주는 그래프이다. 전체 부하량이 0.5이하인 경우 DSA++/TDD나 MASCARA에 비해 제안한 프로토콜의 평균 지연이 큰 차이를 보이지 않지만 부하량이 0.6을 넘어서부터 제안한 프로토콜의 지연 성능이 향상됨을 보인다. 이것은 VBR 트래픽의 평균 지연 측면에서, 본 논문에서 제안한 가변길이 mini-slot을 사용하는 프로토콜이 가장 우수함을 알 수가 있는데, 통계적 예측에 의해 request mini-slot의 개수를 변화시켜 충돌에 의한 재전송의 확률을 줄여준 효과라

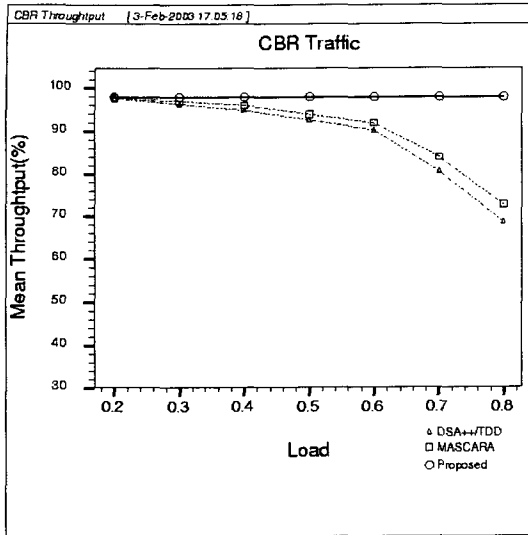


그림 9. 부하량에 따른 CBR 트래픽의 처리율

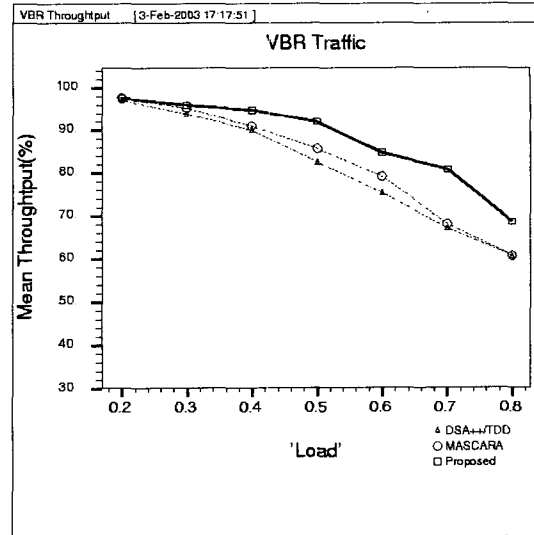


그림 11. 부하량에 따른 VBR 트래픽의 처리율

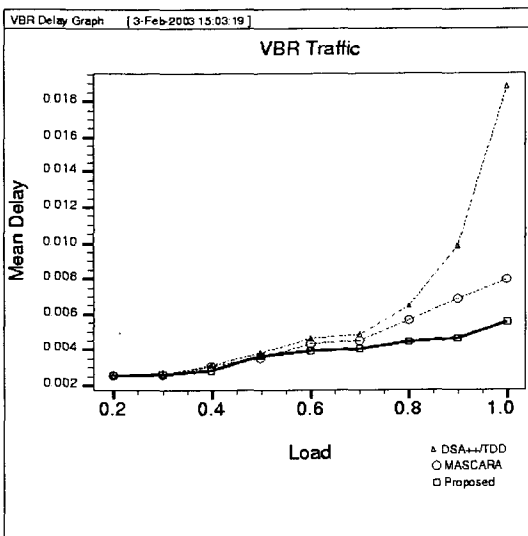


그림 10. 부하량에 따른 VBR 트래픽의 셀 전송 지연

고 볼 수 있다. 즉, 고정 개수의 mini-slot을 사용한 DSA++/TDD나 MASCARA 프로토콜의 경우, 단말기들이 한 순간에 동일 슬롯을 선택할 확률이 높아 충돌 횟수가 많고 이에 따른 재전송 지연이 증가하는 반면에 제안한 알고리즘은 단말기에게 동일 슬롯 선택의 확률을 줄여주어 충돌을 줄일 수 있었다. 이것은 제안한 프로토콜의 지연 성능이 부하량이 증가할수록 더욱 확연하게 나타난다.

그림 11은 부하량 증가에 따른 VBR 트래픽의 처리

율의 변화를 나타낸 그래프로 제안한 프로토콜이 가변 길이의 request mini-slot을 이용하여 충돌 확률을 줄여준 결과이다. 즉, 대역폭에 여유가 있어도 충돌에 따른 재전송 지연으로 데이터 슬롯을 할당하지 못하는 다른 프로토콜의 단점을 보완한 결과로 제안한 프로토콜이 DSA++/TDD나 MASCARA 프로토콜에 비해 처리율 면에서 향상되었음을 보여준다.

그림 12와 그림 13은 ABR 트래픽의 전송 지연과 처리율을 나타내는 그래프이다. 그림 12와 그림 13을 보면 제안한 프로토콜의 전송 지연 성능과 처리율이 DSA++/TDD나 MASCARA 보다 낮음을 보이는데 이것은 기지국의 스케줄러가 트래픽의 우선순위를 고려하여 단말기의 전송권을 결정하였기 때문이다. 즉, ABR 트래픽의 경우 우선순위가($C_{traffic}$) 낮아 CBR이나 VBR에 비해 슬롯을 할당받을 기회가 적기 때문에 나타난 결과이다. 이것은 기지국의 스케줄러가 트래픽의 상황을 고려하여 $C_{traffic}$ 값의 적절한 선택을 통하여 해결할 수 있다. 그러나, 그림 12에서 보듯이 트래픽의 부하량이 0.7 이상으로 증가하는 경우에 제안한 프로토콜의 지연 성능이 향상됨을 볼 수 있는데 부하량의 증가로 VBR 단말기들이 예약 요청 단계에서 충돌이 발생하고 슬롯 예약을 받지 못하여 발생한 대역폭의 여유 부분을 ABR 트래픽에 할당한 결과로 볼 수 있다. 이것은 제안한 프로토콜이 부하량이 클수록 좋은 성능을 나타냄을 의미한다.

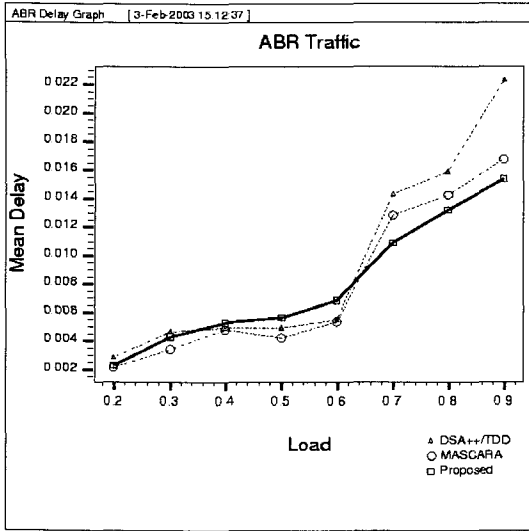


그림 12. 부하량에 따른 ABR 트래픽의 셀 전송 지연

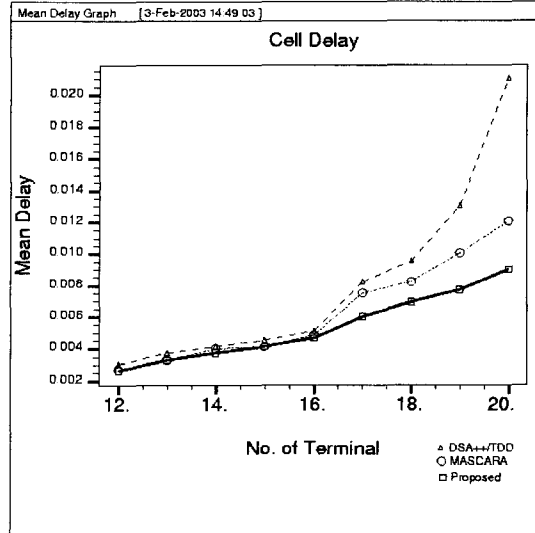


그림 14. 단말기 개수 증가에 따른 전체 트래픽의 셀 전송 지연

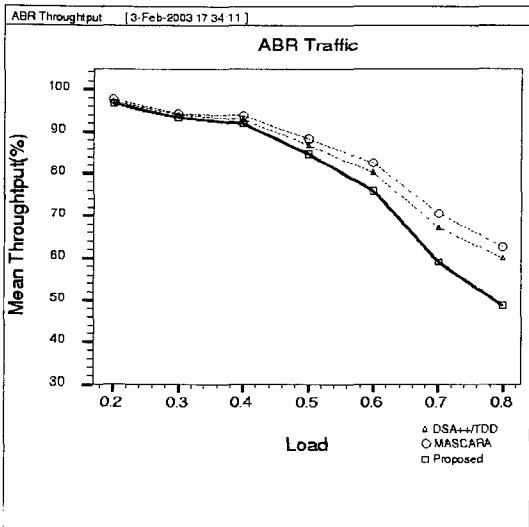


그림 13. 부하량에 따른 ABR 트래픽의 처리율

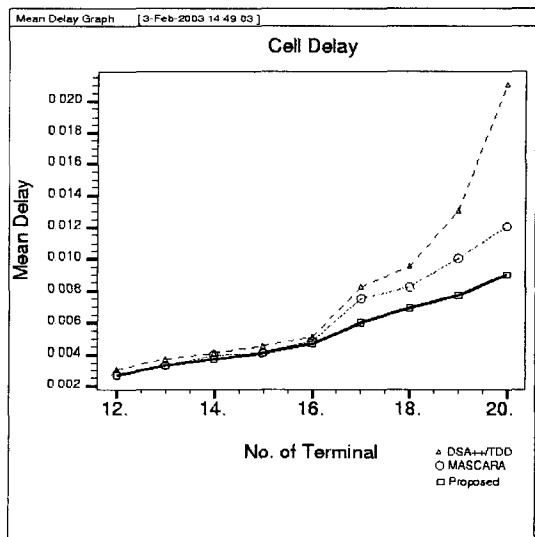


그림 15. 단말기 개수 증가에 따른 전체 트래픽의 처리율

그림 14와 그림 15는 전체 단말기의 셀 발생 간격을 트래픽 클래스 별로 고정하고 VBR 단말기의 개수 증가시키면서 시뮬레이션을 수행하여 전체 트래픽의 셀 전송 지연과 처리율에 대한 결과를 나타낸 그래프이다. 이때 CBR 단말기와 ABR 단말기의 개수는 각각 5개로 고정하였고 VBR 단말기의 개수를 2개에서 10개까지 증가시켰다.

그림 14에서 보듯이 제공된 단말기의 수가 16개 이하의 경우 셀 전송 지연에서 3개의 프로토콜이 뚜렷한 차이를 보이지 않지만, 단말기의 개수가 증가함에

따라 17개 이상에서 제안한 프로토콜이 지연 성능을 개선했음을 보인다. 이것은 대역폭 계수 B_c 을 사용한 request mini-slots의 고정과 가변 방식의 차이로 볼 수가 있음을 의미한다. 즉, 단말기의 개수가 증가할수록 충돌 지연에 의해 예약 요청을 받지 못한 이동 단말기들이 많기 때문에 재전송 지연이 더욱 커지게 된다. 또한 충돌로 인한 결과는 대역폭의 할당 여유가 있어도 슬롯을 할당하지 못하여 셀들이 단말기의 전송 큐에서 대기하는 시간이 늘어나게 된다. 또한 그

결과는 트래픽의 처리율에도 반영되어 그림 15에서 보이듯이 단말기 개수 증가할수록 처리율이 낮아짐을 볼 수 있다. 그림 14와 그림 15는 단말기 개수가 많을수록 제안한 프로토콜의 성능이 우수함을 보여준다.

6. 결 론

본 논문에서 적응적 request mini-slot 개수를 갖는 무선 ATM MAC 프로토콜을 소개하였다. 제안한 MAC 프로토콜은 QoS를 보장하면서 서로 다른 트래픽(CBR, VBR, ABR)에 대하여 효율적인 서비스를 제공하였다. 이 프로토콜은 특징은 기존의 고정된 길이의 request mini-slot을 사용하는 방법과는 달리 ATM 셀이 발생하여 실질적으로 서비스를 요청하는 이동 단말기들의 수를 미리 추정하여, 이 추정된 결과와 사후 대역폭 사용을 고려하여 가장 최적이 되도록 동적으로 request mini-slot 개수를 결정함으로써 충돌로 인한 지연과 대역폭 사용 효율을 극대화하였다. 제안된 MAC 프로토콜의 시뮬레이션 결과는 최적화된 request mini-slots을 사용한 프로토콜이 비교된 다른 프로토콜보다 평균 지연이나 처리율 면에서 우수함을 보였다. CBR 트래픽에 대해서는 데이터 슬롯의 고정 할당으로 셀 지연 성능과 대역폭을 보장하여 처리율 성능을 개선하였고, VBR 트래픽에 대해서는 동적으로 request mini-slot의 개수를 제어하여 충돌 확률을 줄이고 전송 지연 성능을 개선하였으며 대역폭을 더 효율적으로 사용함을 알 수 있었다. 또한, 단말기의 개수가 많을수록 더욱 효율적임을 확인하였다.

이와 같이 제안한 프로토콜이 request 모드 상태에 대기하고 있는 단말기의 평균수와 idle 상태에 있는 단말기의 셀 발생 확률 및 대역폭을 이용한 통계적 예측을 통하여 request mini-slot의 개수를 가변적으로 변경하여 충돌 확률을 줄이고 처리율의 증가를 얻어, 지연과 처리율면에서 효율적인 프로토콜임을 DSA++/TDD와 MASCARA와 비교 분석하여 확인하였다. 그러나, ABR 트래픽의 경우 부하량이 적을 때 처리율과 전송지연 측면에서 비교된 다른 프로토콜에 비해 성능이 낮게 나타나는 단점이 있었다. 그러나 이것은 기지국의 스케줄러가 트래픽의 상황을 고려하여 $C_{traffic}$ 값의 적절한 선택을 통하여 해결할 수 있다. 추후 과제로는 이러한 단점을 보완하기 위한

방법으로 트래픽 상황을 고려하여 최적의 $C_{traffic}$ 값 선택하는 알고리즘 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] K. Rauhala, "Baseline Text for Wireless ATM specifications.", ATM Forum BTD-WATM-01.05, Nov. 1997.
- [2] RACE II Project MBS(R2067), <http://www.comnets.rwthachen.de/project/mbs/>.
- [3] D. Petras and A. Kraling., "MAC protocol with polling and fast collision resolution for an ATM air interface", In IEEE ATM Workshop, San Francisco CA, Aug. 1996.
- [4] Manuel disnis. et al., "SAMBA: a Step to Bring MBS to the People", <http://hostria.cet.pt/samba/General/Generaldocuments.htm>.
- [5] Jouni Mikkonen, "The Magic WAND : Overview", in Proc. of Wireless ATM Workshop, Espoo, Finland, Sep. 1996.
- [6] MEDIAN project AC006, "Draft System Design", March 1996.
- [7] P. Agrawal et al., "SWAN : A Mobile Multimedia Wireless Network", IEEE Personal Communications, pp. 18~33, Apr. 1996.
- [8] K. Y. Eng et al., "BAHAMA : a Broadband Ad-hoc Wireless ATM Local Area Network", Proc. of ICC95, pp. 1216~1223, June. 1995.
- [9] Masahiro Umehira et al., "ATM Wireless Access for Mobile Multimedia : Concept and Architecture", IEEE Personal communications, pp.39~48, Oct. 1996.
- [10] D. Raychaudhuri et al., "WATMnet : A Prototype Wireless ATM System for Multimedia Personal communication", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 15, No. 1, Jan.1997.
- [11] J. Porter et al., "The ORL Radio ATM System, Architecture and Implementation", Tech. Report, ORL 96-5, Olivetti Research Ltd., 1996.
- [12] H.Xie, P.Narasimhan, R.Yuan and D. Raychaudhuri, "Data link control protocols for

wireless ATM access channels”, Proc. ICUPC95, pp. 753-757, Nov. 1995.

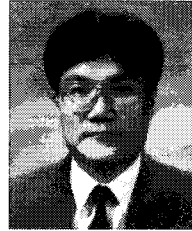
[13] 이우용, 김용진, 강충구, “ETSI BRAN의 무선 ATM 표준화 동향”, ETRI 주간기술동향, 통권 885호, pp. 12-20, 1999.

[14] O.kubbar and H.T.Mouftah, “Multiple access control protocols for wireless ATM: Problems definition and design objectives”, IEEE comm. Mag., vol.35, pp. 93-99, November 1997.

[15] F.Bauchot, et al., “MASCARA, a MAC protocol for wireless ATM”, ACTS Mobile Comm. Summit Granada, Spain, Nov, 1996.

[16] D. Petras and U. Vornefeld., “Joint Performance of DSA++ MAC Protocol and SR/D-ARQ Protocol for wireless ATM under realistic traffic and channel models (slides).”, In wmATM’98, 1st International Workshop on Wireless Mobile ATM Implementation, Hangzhou, China, Apr. 1998.

[17] Alta Group, “BONeS DESIGNER User’s Guide”, Cadence design Systems Inc., 1996.



문 홍 진

1983년 전북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1986년 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)
 1991년 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1991년~현재 전주대학교 정보기

술컴퓨터공학부 교수
 관심분야: ASIC설계, 이동통신, 멀티미디어통신
 E-mail : hjmoon@jeonju.ac.kr



장 성 현

1992년 2월 전주대학교 전자계산학과 졸업
 1997년 2월 전북대학교 정보통신공학과 석사
 1999년 8월 전북대학교 컴퓨터공학과 박사 수료
 2001년 9월~현재 전주대학교 정

보기술컴퓨터공학부 강의전담 교수
 관심분야: 무선 ATM, 무선 인터넷, 광대역 정보통신

교 신 저 자

장 성 현 560-759 전북 전주시 완산구 효자동 3가 전주대학교 정보기술 컴퓨터공학부