論文99-36S-5-1

충돌해결기법을 적용한 동적슬롯할당 프로토콜의 성능 개선

(Performance Evaluation of the Dynamic Slot Assignment Protocol using Collision Resolution Algorithm)

姜 景 薰 *, 林 錫 鳩 **, 金 秀 重 ***

(Kyeonghoon Kang, Seokgu Lim, and Soojoong Kim)

요 약

유선망이 ISDN/B-ISDN으로 확장되고, 서비스도 음성에서 데이터, 영상 등의 멀티미디어로 통합 및 발전됨에 따라 무선망에서의 가입자 서비스 요구도 유선망과 대등한 수준으로 확대될 것이다. 이러한 무선 ATM망은 초기 사설망으로부터 서비스가 도입되기 시작하여 마이크로 셀을 기반으로 한 공중망으로 확장되어, 궁극적으로 유무선 통합 transparent 망으로 발전하게 될 것이다. 무선 ATM 망에서는 한정된 무선 자원을 이용하여 다양한 응용 서비스를 효율적으로 제공할 수 있는 다중접속 프로토콜을 필요로 한다. 본고에서는 먼저 현재 MBS에서 연구되고 있는 단일 및 다중 동적슬롯할당 기법을 소개하고 다양한 소스 트래픽에 대한 시뮬레이션을 통해 문제점을 분석하였으며, DSA 프로토콜의 단점을 개선한 두가지 방안의 충돌 해결 알고리즘을 제안하고 동질 및 이질 트래픽에 대한 성능을 비교 검토하였다. 제안된 알고리즘을 이용하여 연결상태에 있는 가상채널의 개수가 증가할수록 시스템 전체의 지연 성능을 현저하게 개선하였다.

Abstract

The necessity for wireless extension of fixed ATM techniques has been going on for a few years in worldwide. It has been resulted from noticeable growth of multimedia applications on portable devices. These WATM(Wireless ATM) systems will be introduced in private network firstly, and then right away in public network based on pico/micro cellular coverage areas, in the end, may evolve into broadband transparent network without being restricted for access points (e.g. wired/wireless/public/private). The multiple access technique to effectively utilize limited radio resources is of great importance for the design of air interface in those WATM networks. In this paper, we discuss the single and multiple DSA(Dynamic Slot Assignment) protocols currently being studied in MBS project. And we present throughput and delay performance of those algorithms for the various traffic sources and analyze several factors increasing system delay. We also propose efficient WATM MAC algorithms using collision resolution schemes for integrated wired/wireless transparent services. And, we carry out performance evaluation and comparative analysis of the proposed techniques. Simulation results indicate that the proposed methods yield significant improvements in overall system delay performance compared to original protocol for both homogeneous and heterogeneous sources as active VC(Virtual Channel) numbers increase.

* 正會員, 韓國電子通信研究院 交換傳送技術研究所
(Switching & Transmission Technology Lab., Electronics and Telecommunications Research Institute(ETRI))

** 正會員, 舟城大學 電子工學科
(Dept. of Electronics Engineering, Joosung College)

*** 正會員, 慶北大學校 電子・電氣工學部
(Dept. of Electronic and Electrical Engineering, Kyungpook National University)

接受日字:1998年7月8日, 수정완료일:1999年4月26日

I. 서 론

휴대 장치의 멀티미디어 응용이 증대됨에 따라 유선 광대역망이 무선에까지 확장될 필요성이 대두되고 있으며, 이에 따라 세계 각국에서는 이동 멀티미디어의 실현을 목표로 수십기가대의 밀리미터파 대역에서 광대역 무선 접속의 가능성을 연구하고 있다. 이런 무선 광대역 서비스는 사설 LAN(Local Area Network)에서 마이크로 셀을 기반으로 한 공중 PCS(Personal Communication Services)망에 까지 점진적으로 확장될 것으로 기대된다[1,2]. 따라서, 현재 유선에서 광범위하게 사용될 ATM 접속 규격을 무선 서비스에까지 적용할 수 있도록 확장하는 것이 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 백본망과의 연동을 용이하게 실현할 수 있으며 가입자에게 유무선 단일 서비스 제공이 가능하다[3,4].

이러한 ATM 접속을 적용한 광대역 서비스를 수용하기 위해서는 이동 접속 계층에 대한 연구가 필요하며, 이중 스펙트럼의 효율적 사용을 위한 MAC(Medium Access Control) 기술의 연구가 중요한 설계 요소이다. 이동망에서 가상채널(VC: Virtual Channel)의 망 접속은 dedicated line을 사용하는 고정망과는 달리 여러 이용자가 공통의 무선 매체를 사용하여야 한다. 또한, 한정된 스펙트럼으로인해 멀티미디어 통신을 위한 무선채널 접속 기술은 현재 사용되고 있는 셀룰러 통신망의 FDMA (Frequency Division Multiple Access), TDMA (Time Division Multiple Access), CDMA(Code Division Multiple Access) 기술로는 효율적인 서비스를 제공할 수 없다[5]. 따라서 향후 광대역 무선 접속 기술은 기존의 방식에서 multi-rate를 효율적으로 제공할 수 ATM 셀을 기본으로 한 패킷 엑세스 방식이 될 것이다. 그러나 이러한 ATM 셀을 이용한 무선 MAC 프로토콜은 CBR(Constant Bit Rate) 및 ON-OFF 서비스(음성 및 일부 데이터)를 위주로 하여 개발된 기존의 R-ALOHA 방식으로는 VBR (Variable Bit Rate) 서비스와 같이 트래픽의 특성이 가변적인 데이터나 멀티미디어 트래픽에 대해 각 서비스의 질(QoS : Quality of Service)을 만족하기 어려우므로 ATM 전송의 트래픽 파라미터 특성을 고려하여 각 서비스별로 트래픽의 변화에 능동적으로 대처 가능할 수 있는 유무선 통합 transparent ATM 망을 구축하기 위해서는 새로운 기법의 다원접속 프로토콜의 개발이 필요하다[6,7,8]. 따라서 무선 ATM (WATM: Wireless ATM)망에서는 다음 사항들을 고려한 새로운 방식으로 전환이 필요하다.

- VBR등 다양한 서비스에 효율적 대응 : 유선과 마찬가지로 다원접속 방식을 기존의 프레임 구조의 동기식에서 ATM 방식으로 전환
- 각 서비스별로 QoS 제어를 위해 중앙제어국에서 VC별로 우선순위 조정 및 채널의 동적 할당
- 모든 VC의 현재 큐 상태를 중앙 제어국에서 실시간으로 감지 가능

상기 기술한 여러 상황들을 고려하여 유럽의 무선 ATM 시험모델인MBS(Mobile Broadband System)에서는 동적슬롯할당(DSA: Dynamic Slot Assignment) 기법에 대해 연구를 수행하고 있다[5,9]. 본고에서는 먼저 II장에서 현재 MBS(Mobile Broadband System)에서 연구되고 있는 단일 및 다중 동적슬롯할당 기법을 소개하고 다양한 소스 트래픽에 대한 시뮬레이션을 통해 문제점을 분석하며, 이후 III장에서는 II장에서 제시된 DSA 프로토콜의 단점을 개선한 충돌 해결 알고리즘을 제안하고 동질 및 이질 트래픽에 대한 성능을 비교 검토하며, IV장에서는 결론으로 수행 결과를 요약한다.

II. WATM MAC DSA프로토콜

1. 동적슬롯할당 프로토콜 개념

WATM 망에서는 무선 구간에서도 ATM 셀의 전송과 ATM 프로토콜이 적용되어야 한다. 따라서, 무선 구간에서도 각 VC에 따라 그들의 QoS는 보장되어야 하며 이를 위해 MAC 프로토콜은 ATM 셀 단위 처리를 수행하여야 하며, 각 셀의 VC의 특성에 따라 제어되어야 한다.

WATM에서 ATM 트래픽 특성을 만족하기 위하여 제안된 한 방법인 동적슬롯할당 프로토콜은 무선 구간에서 각 VC별로 주어진 QoS를 보장하기 위하여 각 VC에서 발생되는 모든 트래픽에 대해 상향 링크의 매 슬롯별로 중앙에서 특정 알고리즘을 적용하여 할당하는 방식이다. 따라서, 동적 슬롯 할당 프로토콜은 ATM 셀의 통계적 다중화 방법을 무선 채널환경

에 확장하여 적용한 알고리즘이다. 각 VC의 ATM 셀은 ATM 다중화기에 의한 전송과 같이 상향 링크를 통해 통계적으로 다중화되어 수행되어진다. 먼저 각 단말기에 병렬로 존재하는 모든 VC은 무선 채널의 물리적 채널(PCH : Physical Channel)로 다중화되어 전송된다. 이때 PCH는 주파수 분할(FDD : Frequency Domain Division)에 의하여 상향 링크와 하향 링크로 구분되어진다. 상향 링크는 단말기에서 기지국으로 데이터를 전송하기 위한 채널이며, 하향 링크는 기지국에서 각 단말기에 데이터를 전송하기 위한 채널이다. 또한 상향 링크와 하향 링크의 채널은 고정된 시간 간격으로 나눠어진 타임 슬롯으로 구성되어 있으며 각 단말기들은 타임 슬롯을 기지국으로부터 할당받아 데이터를 전송하게 된다. (그림 1)은 단일슬롯예약 프로토콜에 대한 각 링크의 타이밍도를 보여준다[9]. 그림에서 보듯이 하향 링크의 각 슬롯은 확인(Acknowledgement) 신호를 보내주는 확인 헤더와 상향 링크 슬롯의 예약을 위한 예약(Reservation) 신호를 가지는 헤더를 포함한다. 상향 링크의 N+1 번째 슬롯의 예약은 하향 링크의 N 번째 슬롯의 예약 헤더에 의해 정의되며 이 헤더에는 다음 슬롯을 이용할 수 있는 VCI 번호가 포함되어 있다.

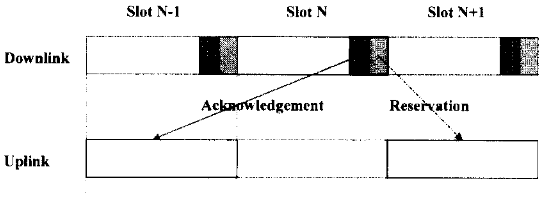


그림 1. 단일 동적슬롯예약 프로토콜의 개념도
Fig. 1. Conceptual diagram of single dynamic slot reservation protocol.

이렇게 슬롯을 할당받은 단말기는 N+1 슬롯을 이용하여 데이터를 전송하고 이에 대한 확인 신호는 하향 링크의 N+2 슬롯의 확인 헤더를 이용하여 전송 받는다. 이 때 각 단말기는 상향 링크를 통하여 데이터를 전송할 때 각 단말기내 VC의 ATM 동적 파라미터를 헤더를 통하여 전송하는데 여기에 포함되는 기본 파라미터는 각 VC별 큐에서 대기중인 ATM 셀의 수로 정의할 수 있다.

이러한 동적 파라미터는 기지국의 데이터 베이스에 저장되어 슬롯 예약을 위한 우선순위를 결정하기 위해 사용된다. 그러나 단말기에서 버퍼가 빈 상태에서 수신된 셀은 기지국으로 정보를 전달할 방법이 없다. 이를 해결하기 위한 방법으로 상향링크에 주기적으로 특별한 슬롯인 경쟁슬롯(CS: Contention Slot)을 마련한다. 이러한 경쟁슬롯(CS ; Contention Slot)의 접근은 Slotted-ALOHA와 같은 방법으로 경쟁을 통해서 현재 트래픽 파라미터를 기지국에 전송할 수 있게 한다. 따라서 각 VC은 다음의 2가지 전송모드를 가진다.

① 예약 모드(Reservation Mode) : 하향 링크의 예약 헤드를 통하여 슬롯을 예약 받은 후 데이터를 전송 할 수 있는 상태

② 경쟁 모드(Contention Mode) : 경쟁 슬롯을 통하여 각 VC의 트래픽 파라미터를 전송할 수 있는 상태

이때 각 단말기는 각 VC의 큐에 대기하고 있는 마지막 ATM 셀을 전송후 확인신호를 수신시 예약 모드에서 경쟁 모드로 전환하여 새로운 셀의 도착시 트래픽 파라미터를 기지국에 전송하게 된다. 각 단말기에서 전송된 트래픽의 파라미터는 기지국에서 수집되는데, 이 파라미터는 상향 링크의 각 슬롯을 예약하는 우선순위 결정에 사용하고 그 결과를 하향 링크의 헤더를 통하여 각 단말기에 방송(Broadcast)한다. 슬롯 예약을 위한 각 VC의 우선순위는 기본적으로 동적 파라미터인 각 VC의 큐 길이를 사용한다.

상기의 단일슬롯할당 프로토콜은 경쟁 슬롯의 기회가 적게 주어져 경쟁 모드로 전송하는 VC의 충돌이 발생할 확률이 커진다. 이러한 단점들은 경쟁 슬롯을 (그림2)와 같이 다시 몇 개의 서브슬롯으로 나누어 과도한 경쟁을 미연에 방지할 수 있다. 이 경쟁 슬롯을 통하여 전송 되어지는 데이터는 각 VC의 트래픽 파라미터이므로 좀 더 짧은 신호의 데이터를 전송하여 슬롯을 나누어 사용할 수 있다. 그러므로 각 단말기는 트래픽 파라미터를 전송하고 예약 슬롯을 할당 받는 시간 지연을 줄일 수 있다. 이러한 개선된 방법은 기본 단일슬롯예약 프로토콜보다 좀더 나은 성능을 보일 것이다. 이러한 단일슬롯할당 프로토콜은 기지국에서 매 슬롯마다 상향링크의 슬롯 하나를 예약함으로써 최대한의 동적 알고리즘을 구현할 수 있다는 장점이 있는 반면에 시스템에 적용시 다음 두 가지 문제점을 지닌다.

① 각 단말기는 기지국에서 전송하는 하향링크 슬

롯 전체를 조사하여 자기 단말기의 슬롯 예약 여부를 판단하기 때문에 기지국은 항상 방송 모드로 전송해야 한다.

② 기지국에서 단말기로의 정보 전송을 위한 슬롯 할당이 이루어지지 않아서 모든 단말기는 방송에 의한 데이터의 수신만을 할 수 있다. 그러므로 선별적인 단말기로의 데이터 전송이 불가능하다. 따라서 각 단말기는 sleep 모드로 동작할 수 없으므로 전력 소모가 가중된다.

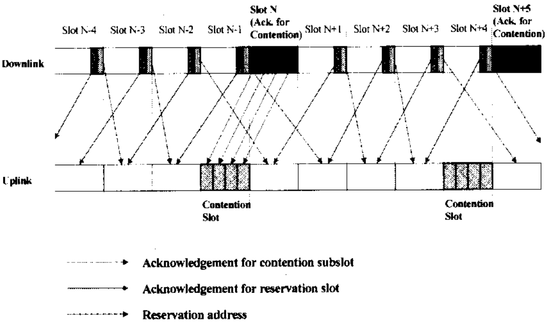


그림 2. 서브슬롯 기반 단일 슬롯 예약 프로토콜의 개념도

Fig. 2. Conceptual diagram of single slot reservation protocol based on sub-slot.

이러한 문제점들은 상하향 링크에 대해 여러개의 슬롯을 함께 모아서 주기적으로 예약을 하는 방법인 다중슬롯할당 방법으로 개선할 수 있을 것이다. 다중슬롯할당 프로토콜에서는 (그림 3)과 같이 하향링크의 방송 슬롯을 주기적으로 삽입하고 모든 단말기는 이 슬롯만을 조사하여 자기 단말기의 예약(Reservation) 및 확인(Acknowledgement) 신호를 확인한다[9].

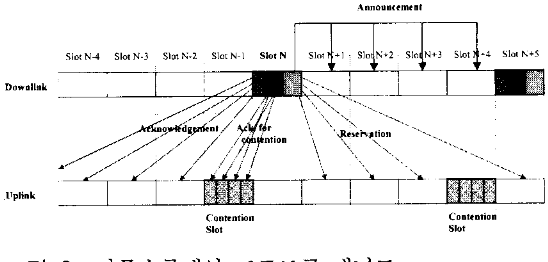


그림 3. 다중슬롯예약 프로토콜 개념도

Fig. 3. Conceptual diagram of multi-slot reservation protocol..

상향링크 상의 경쟁슬롯은 단일슬롯할당에서와 마찬가지로 단말기간의 충돌을 줄이기 위하여 몇 개의 서브슬롯으로 나누어 보다 많은 경쟁 기회를 제공한다. 한편, 하향링크의 방송슬롯은 하향링크의 다음 슬롯의 사용 목적 및 수신처를 알려주는 공표(Announcement) 정보를 추가하여 각 슬롯의 예약을 수행할 수 있다.

2. 시뮬레이션 및 분석

여기에서는 상기에서 기술한 단일 및 다중슬롯할당 방법에 대해 시뮬레이션을 통해 성능을 측정하고 문제점을 분석한다. MAC 알고리즘만의 평가를 위하여 무선 인터페이스상에서 전송 에러는 없는 것으로 간주하였으며, 먼저 일반적인 성능평가를 위하여 다음과 같은 파라미터를 가정하고 시뮬레이션을 수행하였다.

- Arrival process : Poisson process
- 트래픽 VC의 수(N) : 5,10,15,20
- 경쟁 슬롯의 주기(R:C) : 5 (slots) (4:1),
  10 (slots) (9:1)
- 경쟁 서브슬롯(Subslot)의 개수 :
  4 (subslots/CS)
- 시뮬레이션 기간 : 500,000 (slots)

또한, 각 단말의 VC에서 전송되는 트래픽의 형태는 동일 형태의 트래픽으로 가정하였다.

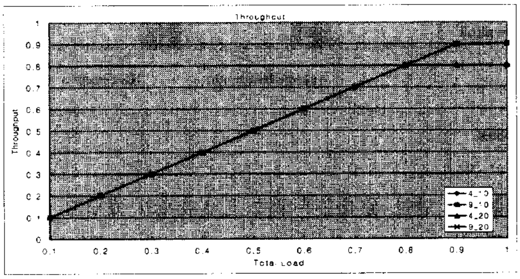


그림 4. 단일슬롯할당 프로토콜의 처리율

Fig. 4. Throughput of single slot assignment protocol.

(그림 4)는 N이 10,20일경우 4:1 과 9:1에 대해 시스템내의 총 부하(Load)에 대한 단일슬롯할당 기법의 상향링크 처리율(Throughput)을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 총 부하가 증가함에 따라 처리 능력도 비례해서 증가한다. 따라서, 동적 슬롯 할당 방식이 총 부하 증가에 대해 어느 정도 효과적으로 적응하고 있음을 알 수 있다. 그림에서 4:1일 경우 총 부하가 0.8 이상일 경우 처리율이 0.8로 고정되는 것은 실

제 경쟁 슬롯이 매 4개의 슬롯 마다 하나씩 설정되므로 처리율의 최대치가 0.8이기 때문에 나타나는 결과이다. 마찬가지로 9:1일 경우 0.9이상에서 처리율이 0.9로 고정된다. 따라서 9:1일 경우가 4:1보다 대역폭을 10%정도 효율적으로 사용할 수 있다.

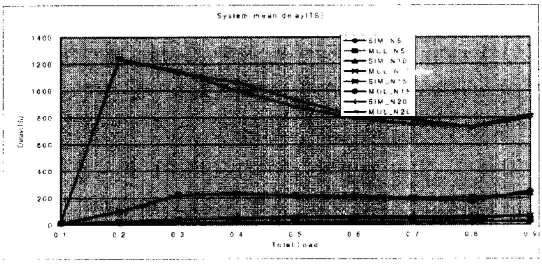
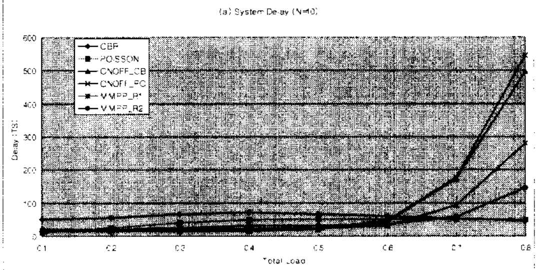


그림 5. 다중 및 단일 슬롯예약 방안 성능 비교

Fig. 5. Performance comparison for multi- and single-slot reservation scheme.

(그림 5)는 단일슬롯 방안과 다중슬롯 방안의 지연 특성을 비교한 그래프이다. 여기에서 경쟁 슬롯의 주기는 보다 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있는 9:1일 경우만을 고려하였다. 이 때 이동 단말기의 VC의 총 수 N은 5,10,15,20개일 경우이며, 총 부하를 0.1에서 0.9까지 0.1씩 증가하여 시뮬레이션을 수행한 결과이다. 단일(SIM)과 다중(MUL) 할당 방법 사이에 성능 차이는 거의 없음을 그림에서 알 수 있다. 따라서 1절에서 언급한 단일슬롯할당의 전력 과다 소모 문제점을 해결한 다중슬롯할당 방식이 현실적으로 보다 적용이 용이하리라 판단된다.

(그림 5)에서 동적슬롯할당 알고리즘이 총 부하가 어느 정도 이상일 경우 처리율이나 평균 지연에서는 어느 정도 좋은 결과를 나타내는 반면에, 총 부하가 일정량 이하일 경우 각 VC의 잦은 경쟁 모드로의 전환으로 인해 패킷 전송 지연이 크다. 따라서, 이를 효과적으로 해결할 수 있는 방안이 필요하다.



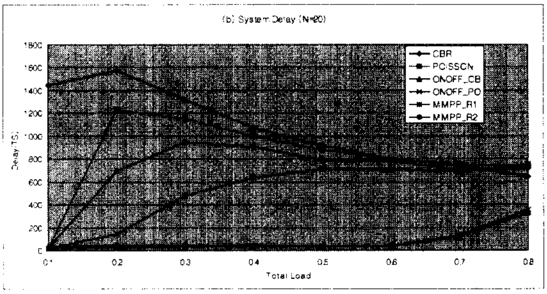


그림 6. 각 트래픽 소스에 대한 시스템 지연 특성 비교

Fig. 6. Comparison of system delay for each traffic source.

(그림 6)은 먼저 동일 형태의 트래픽으로 가정하여 N=10, 20인 경우에 각 트래픽 종류별로 평균 지연을 비교하기 위하여 한 그래프에 도시한 것이다. 9:1에 대해 총 부하를 0.1에서 0.8까지 0.1씩 증가하여 수행한 결과이며 각 경우의 트래픽 파라미터는 다음과 같다.

- CBR source
- ONOFF source (ON시 CBR) :
  τ_{on}= 1050 (slots), τ_{off} = 1950 (slots)
- IPP source (ON시 poisson) :
  τ_{on}= 1050 (slots), $\tau_{off=}$ = 1950 (slots)
- MMPP source (MMPP_R1) :
  τ_1= 1050 (slots), τ_2= 1950 (slots),
  τ_1 : τ_2 = 9:1
- MMPP source (MMPP_R2) :
  τ_1= 1050 (slots), τ_2= 1950 (slots),
  τ_1 : τ_2 = 8:2

시뮬레이션 결과에서 VC 개수가 증가할수록 경쟁 지연에 의해 전송 지연이 심각해지는 것을 알 수 있다. CBR, POISSON등의 경우 VC의 개수가 증가할수록 같은 부하에서도 지연은 증가한다. 각 소스별 VC 개수 증가에 의한 시뮬레이션 결과는 VC 개수가 15개를 초과할 경우 지연은 급격히 증가하며 이러한 현상은 저 부하에서 현저하게 나타난다. 이러한 문제점은 총 부하가 적을수록 각 VC이 경쟁 모드로 자주 가고, VC의 수가 많을수록 경쟁에서 성공할 확률이 줄어들기 때문에 일어나는 현상이다.

경쟁(Contention)에 대한 시뮬레이션 결과에 따르면 Posisson, CBR에서 VC이 20개일 경우 총 부하가 0.2-0.3사이에서 총 시험 기간동안 300번 정도 경

쟁 모드로 가며 평균 실패 횟수는 40,000번 정도이다. 따라서 경쟁에 들어간 후 성공할 때 까지 약 1,300 슬롯이 경과한다. 즉, 저 부하에서 발생되는 소스의 지연은 경쟁 모드에서의 지연으로 인한 것이며 이러한 현상은 VC의 수가 증가할수록 심화된다.

(그림 6)의 IPP 모델의 시험 결과는 지연 특성이 경쟁 지연 보다는 예약 모드에서 단기간의 burstiness에 의한 지연임을 알 수 있다. ON시 CBR과 Poisson은 비슷한 특성을 나타내고 있다. 총 부하가 0.7이상에서 지연이 급격히 증가하며, 이는 ON/OFF 상태 변환이 지수함수적 분포를 가지기 때문에 일어나는 현상으로 단기간에 실제 전송로의 대역폭을 초과하여 입력 트래픽이 발생되기 때문이다. 이러한 현상은 VC의 개수가 적을수록 총 부하가 같을 경우 VC당 트래픽 발생률이 높기 때문에 burstiness가 더 크짐으로 나타나는 현상이다. MMPP 2-state 모델의 시험 결과는 저 부하에서의 지연은 poisson보다는 덜 심각하지만 경쟁 지연으로 일어나며 부하의 증가에 따라 IPP 적인 특성을 지닌다.

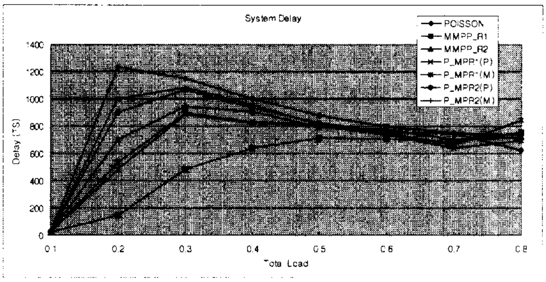


그림 7. 트래픽 중첩시 시스템 지연 특성 비교
Fig. 7. Comparison of system delay in case of heterogeneous traffics.

(그림 7)은 지금까지의 동질 트래픽에서의 분석과는 달리 2개의 트래픽 소스를 중첩하였을 경우 각각의 소스들의 지연이 어떠한 영향을 받는가를 나타낸다. 그림에서 총 VC 수는 20개이며 모든 소스가 전부 poisson일 경우와, 전부 MMPP_R1일 경우, 전부 MMPP_R2일 경우, 10개 VC은 poisson이고 10개는 MMPP_R1인 중첩된 경우(P_MPR1), 그리고 10개 VC은 poisson이고 10개는 MMPP_R2인 중첩된 경우(P_MPR2)에 대해 비교하였다.

결과에서 총 부하가 0.6이상에서는 poisson이나 MMPP의 지연값이 비슷하게 나타나므로 이질 트래픽의 중첩에 의한 영향은 별로 없이 전부가 비슷한 값을 갖는다. 그러나 총 부하가 0.6이하인 경우 각 소스들의 평균 지연값은 MMPP_R1 < P_MPR1(P) < P_MPR1(M) < MMPP_R2 < P_MPR2(P) < P_MPR2(M) < Poisson 순으로 나타난다. 즉, 트래픽이 중첩되므로 인한 특성은 MMPP는 지연이 나빠지며, 오히려 Poisson은 더 좋아짐을 알 수 있다. 이는 Poisson 소스 입장에서 자주 경쟁을 해야하는 VC들의 개수가 줄어듬으로 인해 경쟁으로 인한 지연을 크게 감소시킬 수 있다. MMPP 소스 입장에서는 저 부하에서 경쟁 지연의 증가가 상당히 커지는 반면에 burstiness의 중첩으로 인한 단기간의 지연 증가의 개선은 큰 영향을 미치지 못함을 알 수 있다. 이는 VC 개수가 증가할수록 총 부하가 일정할 경우 소스당 버스트율이 떨어짐으로 인해 (그림 6)에서도 알 수 있듯이 경쟁으로 인한 지연이 고 부하에 까지 버스트 지연보다 더 큰 영향을 미치기 때문이다.

Ⅲ. 개선된 동적 슬롯 할당 기법

1. 충돌 해결 기법

앞절에서 분석한 바와 같이 시스템 지연 특성에 크게 영향을 미치는 요소는 잦은 경쟁 실패로 인한 지연이다. 특히 VC의 개수가 증가할수록, 총 부하가 적을수록, 소스 트래픽의 특성이 Poisson이나 CBR에 가까울수록 이러한 현상은 현저히 나타난다.

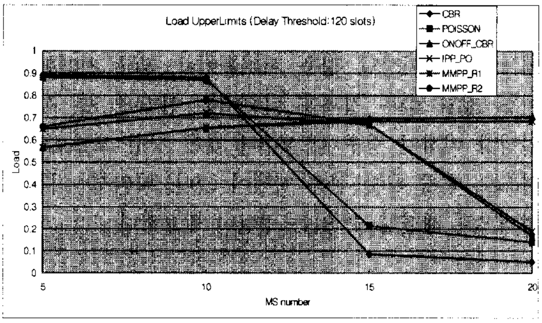


그림 8. 트래픽 소스별 부하 한계치
Fig. 8. Load bound for each traffic source.

(그림 8)은 각 트래픽 소스별 지연 한계치를 일정한 값(여기서는 120 슬롯)으로 정하였을 경우 수용 가능한 부하를 도시한다. 그림에서 알 수 있듯이 CBR, Poisson, MMPP 트래픽은 VC 개수가 증가할수록

수용할 수 있는 총 부하 한계치가 급격히 감소한다. 반면에 IPP 소스들은 VC의 개수에 덜 민감하며 개수가 증가할수록 각 VC별로 버스트율이 떨어지므로 조금 나은 성능을 보인다. 따라서 전체적인 성능 향상을 위해서는 무엇보다도 먼저 VC 개수 증가에 따른 경쟁 지연을 해결해야 한다.

따라서 다중슬롯 할당의 가장 큰 문제점중 하나인 경쟁에서의 충돌로 인한 지연을 해결할 수 있는 방안으로는 다음 2가지 기법을 고려할 수 있다.

(방안 1) 각 VC이 경쟁에서 실패할 경우 충돌시마다 시도 확률을 감소시키는 방안

(방안 2) 지금까지 주기적으로 경쟁 슬롯을 할당한 것을 보완하여 충돌이 과도하게 발생된 경우에 예약 슬롯 중 특정 슬롯을 경쟁 슬롯으로 변경하는 방안

방안 1의 경우 각 VC의 시도 확률은 다음식과 같이 감소된다.

$$P = \frac{1}{(n_f + 1)n_{ss}} \qquad (1)$$

where n_f: fail 횟수, n_{ss}: Subslot 개수/CS

동적슬롯할당 프로토콜의 예약요청 기법은 기본적으로 ALOHA-R 방식을 사용하므로 단말기는 한 프레임내의 모든 CSS가 종료된 후에 요청 결과를 판단할 수 있다. 즉 랜덤접속시 경쟁에 참여한 단말기의 전송 확률은 1/nss보다 작아야 한다. 따라서 일반적인 지수함수 백오프 방식은 적용이 어려우며, 전송 실패에 따라 프레임별로 재시도 확률을 조정하는 (1)식을 적용하였다.

방안 2에서는 매 프레임의 시작에서 다음식을 만족하면 다음 프레임에서 경쟁 슬롯을 삽입하고 다음식을 만족하지 않으면 다음 프레임에서 경쟁 슬롯을 삽입하지 않는다.

$$N_c \geq N_T \qquad (2)$$

where N_c: 최근 n 프레임 동안 충돌 서브슬롯수

N_T: Threshold value

(그림 9)는 방안 2로 운용시 동적슬롯할당 기법의 상하향 링크의 구조를 도시한다.

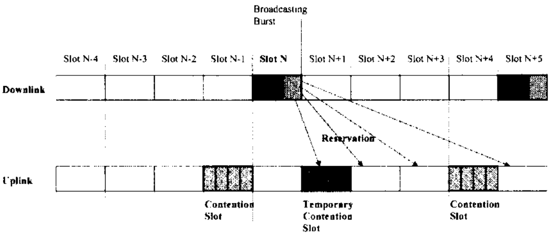


그림 9. 방안 2에서의 상하향 링크 구조
Fig. 9. Uplink and downlink structures for scheme 2.

2. 시뮬레이션 및 분석

충돌 해결을 개선한 다중슬롯할당 기법의 성능평가를 위하여 다음과 같은 파라미터를 가정하고 시뮬레이션을 수행하였다.

- 트래픽 VC의 수(N) : 10,20
- 경쟁 슬롯의 주기 (R:C) : 10 (slots) (9:1)
- 경쟁 Subslot의 개수 : 4 Subslots/CS
- n : 2, N_T: 4
- 시뮬레이션 기간 : 500,000 (slots)

각 트래픽 소스별로 기존의 기법(MAC1:M1), 방안 1(MAC2:M2), 방안 2(MAC3: M3)에 대해 시뮬레이션을 수행하여 그 결과를 (그림 10)의 (a)-(d)까지 도시하였다.

결과에서 알 수 있듯이 새로운 알고리즘이 기존의 방안보다 훨씬 나은 성능을 나타낸다. ONOFF 트래픽 소스에 대해서만 비슷한 성능을 나타내고 CBR, POISSON, MMPP 소스에 대해서는 VC 수가 증가할수록 지연 특성이 현저히 개선됨을 알 수 있다. 이러한 현상은 ONOFF 소스의 지연이 경쟁지연 보다 버스트에 기인한 지연 증가가 많기 때문이다. 비교결과에서 방안 2(MAC3)의 성능이 방안 1(MAC2) 보다 모든 경우에 더 나은 성능을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이는 방안 1이 VC의 제어에 의존함으로써 전체 경쟁 슬롯의 상태를 적절히 반영하지 못하여 실제 과도한 경쟁 상태가 아니더라도 충돌 확률이 감소하기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다. 제안된 알고리즘의 우수성을 입증하기 위한 한 예로써, 연결중인 VC 개수가 20개인 MMPP_R1의 경우 방안 2의 알고리즘으로 원래의 DSA 프로토콜보다 시스템 전체의 성능 지연을 트래픽 총 부하에 따라 8/9 ~ 1/25배까지 감소시킬수 있다.

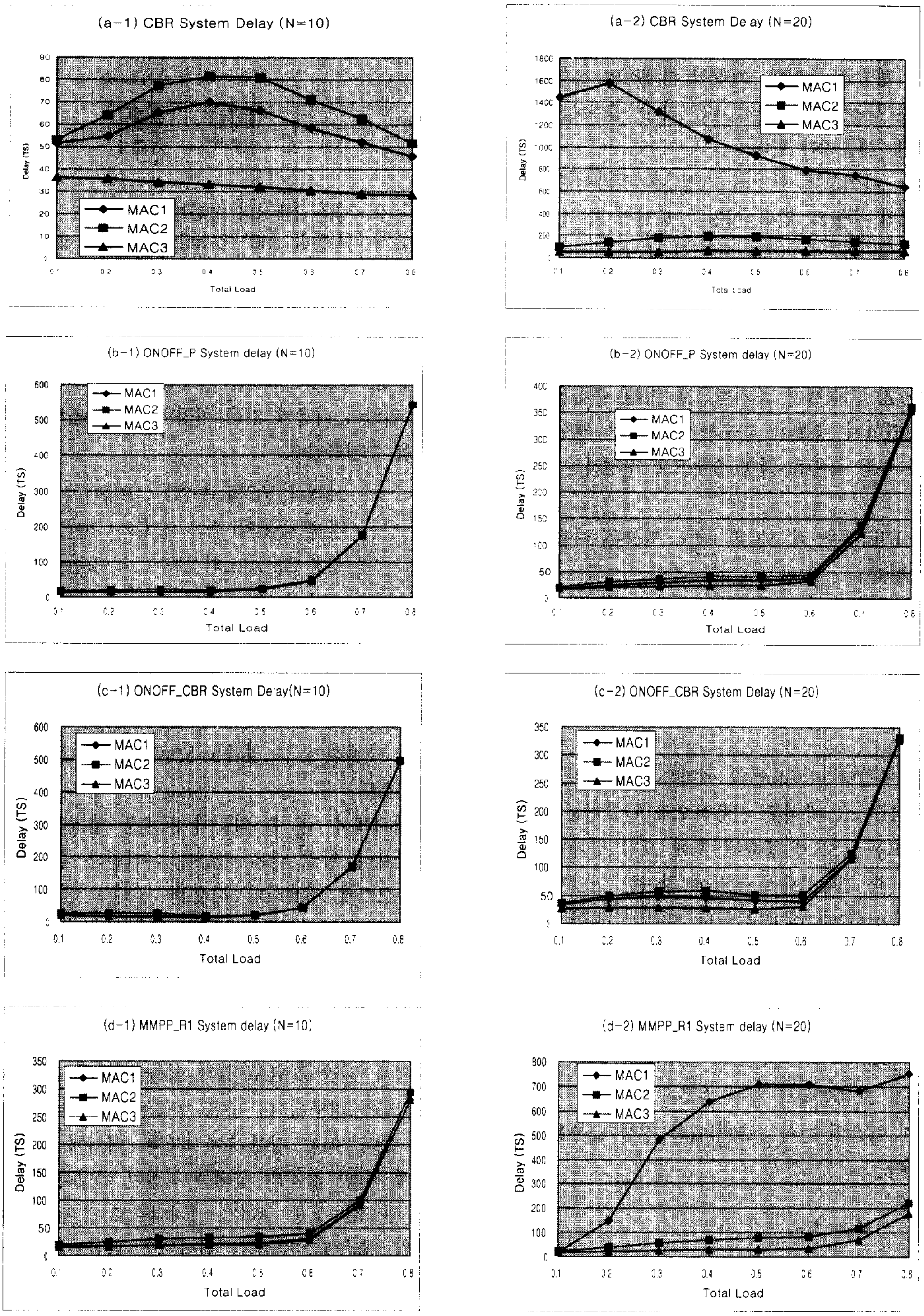


그림 10. 각 트래픽 소스별 충돌 해결 알고리즘 비교

Fig. 10. Comparison of collision resolution algorithm for each traffic source.

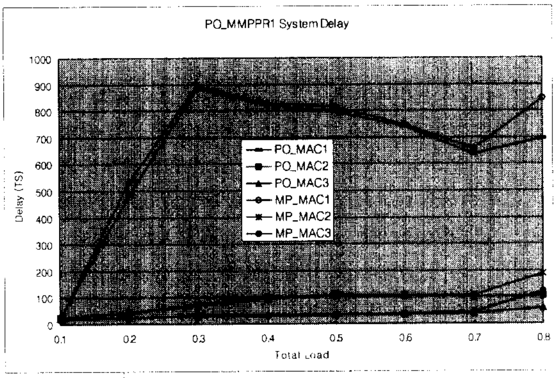


그림 11. 중첩된 트래픽에 대한 충돌 해결 알고리즘 지연특성 비교

Fig. 11. Delay Characteristics of collision resolution algorithm in case of heterogeneous traffics.

(그림 11)은 (그림 7)에서 시험한 것과 같은 형태로 중첩된 트래픽에 대한 각 충돌 알고리즘을 비교한 그래프이다.

20개의 VC 중 10개는 poisson 소스를 나머지 10개 VC은 MMPP_R1 소스를 가지는 이질 트래픽에 대해 분석한 결과이다. 중첩된 트래픽 소스들에 대해서도 새로운 알고리즘이 훨씬 나은 성능을 나타냄을 알 수 있다.

기존의 알고리즘 보다 MAC2가 나은 성능을 나타내며, MAC2보다는 MAC3가 더 좋은 결과를 나타내고 있다.

실제 MAC3의 경우 Poisson 트래픽의 경우 총 부하에 따라 지연 성능을 0.95 ~ 0.035배 까지 감소시킬 수 있으며, MMPP트래픽의 경우도 총 부하에 따라 지연 성능을 0.94 ~ 0.034배 까지 감소시킬 수 있다. 그림에서 알 수 있듯이 MAC3 방안은 총 부하가 0.8 이상 까지도 100 TS(Time Slot) 지연 이하로 떨어지므로써 전체적인 성능의 향상을 가져온다. 따라서, 중첩된 트래픽에 대해서도 전송 부하의 거의 최대치까지 지연 성능을 만족시킬 수 있음을 알 수 있다.

지금까지의 시뮬레이션 결과는 연결 VC수가 증가할 수록 시스템에 인가된 총 부하가 적을수록 제안된 방식의 접속 지연이 더 나은 개선을 나타냄을 알 수 있다.

이러한 현상은 제안된 방식이 동적으로 시스템의 상태에 적응하여 랜덤접속시 발생할 수 있는 시스템 불안정 상태를 미연에 방지하고 예약 상태에서의 병목 현상을 제거하기 때문으로 판단된다.

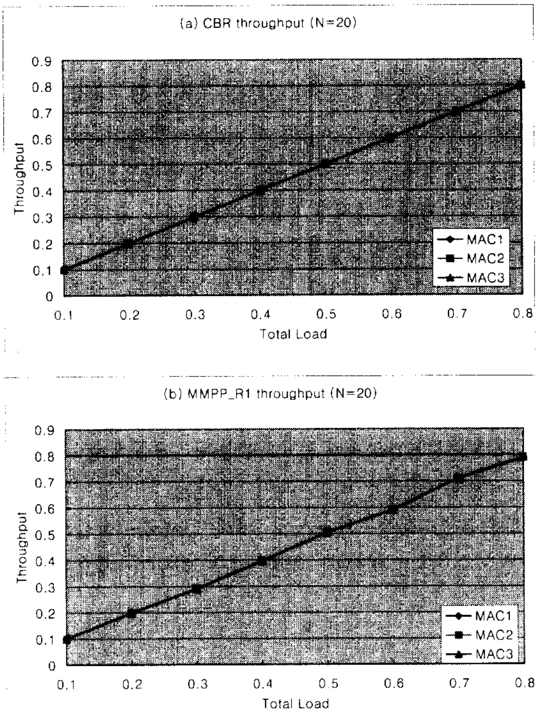


그림 12. 충돌 해결 알고리즘 처리율 비교

Fig. 12. Comparisons of throughput for collision resolution algorithms.

(그림 12)는 방안 2를 적용시 경쟁 슬롯의 증가에 따라 예약 슬롯의 개수가 감소함으로써 시스템 처리율에 미치는 영향을 검증하기 위하여 3가지 방안의 처리율을 경쟁 지연이 심각한 CBR과 MMPP_R1 소스에 대해 시험한 결과이다. 결과에서 3가지 방식의 처리율은 거의 차이가 없으며, 방안 2를 적용하더라도 시스템 처리율에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 방안 2에 의한 예약 슬롯의 점유는 일시적으로 일어나며, 경쟁 상태에 있는 VC의 수가 많을수록 예약 상태의 부하는 감소함으로써 경쟁을 해소하기 위한 예약 슬롯의 일부 점유는 시스템 전체 처리율에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

지금까지 검토된 충돌 해결 알고리즘으로 시스템 전체의 지연 성능은 많은 개선을 가져올 수 있으나 실제 WATM망에서 모든 응용에 적용하기에는 동적슬롯할당 방안은 해결해야 할 문제점들을 지닌다. 특히 CBR, 실시간 VBR 서비스에 대해 비록 앞에서 시험된 방안 2로 시스템 전체적으로 성능 향상 및 지연 만족을 어느 정도 보장 할 수 있으나 각 개개의 연결별로 QoS를 보장하기에는 문제점이 많이 남아 있다. CBR 서비

스에 대해 고정된 주기적 슬롯 할당 방안으로 해결할 수는 있으나 이러한 방법도 특정 CBR 서비스에만 쉽게 적용 가능하며 다양한 CBR 서비스에 대해서는 보장하기 어렵다. 반면 ABR 서비스는 최초 협상된 최소 대역을 주기적으로 특정 연결에 할당함으로써 QoS를 보장할 수 있다. 실시간 VBR 서비스에 대해서도 활성 구간에서 최대 발생률을 고려한 알고리즘을 도입하면 어느정도 QoS를 보장할 수 있을 것이다. 그러나 이러한 각 소스별로 알고리즘을 별개로 적용하는 방안은 최초에 DSA 알고리즘의 접근 방식에 위배되고 기존의 PRMA(Packet Reservation Multiple Access), D-TDMA(Dynamic-TDMA)등의 프로토콜에 접근하게 된다. 따라서 적은 제어 부하를 가지고 WATM 망에서 모든 응용 서비스에 대해 QoS를 적절하게 만족시킬 수 있는 방안에 대한 심층 연구가 필요할 것이다.

Ⅳ. 결 론

무선 ATM망의 상향링크는 경쟁과 충돌을 최소로 하는 MAC 프로토콜을 필요로 한다. 따라서 멀티미디어 트래픽의 효율적인 전송을 도모하고 ATM 전송의 파라미터 특성을 고려하여 트래픽의 변화에 능동적으로 대처 가능한 MAC 프로토콜을 각국에서 개발하고 있다.

본고에서는 무선ATM의 MAC 프로토콜로 MBS에서 연구되고 있는 단일 및 다중 동적슬롯할당 기법을 소개하고 다양한 소스 트래픽에 대한 시뮬레이션을 통해 문제점을 분석하였으며, DSA 프로토콜의 단점을 개선한 두가지 방안의 충돌 해결 알고리즘을 제안하고 동질 및 이질 트래픽에 대한 성능을 비교 검토하였다. 실제 제안된 알고리즘을 이용하여 VC 개수가 증가할 때 시스템 전체의 지연 성능을 8/9-1/25배까지 감소시킬 수 있었다. 이러한 충돌 해결 기법외에 각 소스별로 알고리즘을 별개로 적용하는 방안은 최초에 DSA 알고리즘의 접근 방식에 위배되고 기존의 PRMA, D-TDMA 등의 프로토콜에 접근하게 된다. 따라서 적은 제어 부하를 가지고 WATM망에서 모든 응용 서비스에 대해 QoS를 적절하게 만족시킬 수 있는 방안에 대한 심층 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

[1] M. Umehira, M. Nakura, H. Sato and A. Hashimoto, ATM Wireless Access for Mobile Multimedia: Concept and Architecture, *IEEE Personal Communications Magazine*, pp. 39 ~ 48, Oct., 1996.

[2] E. Hyden, J. Trotter, P. Krzyzanowski, M. Srivastava and P. Agrawal, SWAN: An Indoor Wireless ATM Network, *Proc. IEEE ICUPC95*, pp. 853 ~ 857, Sep., 1995.

[3] P. Agrawal, E. Hyden, P. Krzyzanowski, P. Mishra, M. B. Srivastava and J. A. Trotter, SWAN: A Mobile Multimedia Wireless Network, *IEEE Personal Communications Magazine*, pp. 18 ~ 33, April, 1996.

[4] D. Raychaudhuri, L. J. Trench, R. J. Siracusa, S. K. Biswas, R. Yuran, P. Narasimhan and C. Johnston, WATMnet: A Prototype Wireless ATM System for Multimedia Personal Communication, *Proc. IEEE ICC96*, pp. 469 ~ 477, 1996.

[5] F. Leandro, R2067-MBS A System Concept and Technologies for Mobile Broadband Communications, *Proc. Mobile Telecommunications Summit 1995*, pp. 62-72, Nov., 1995.

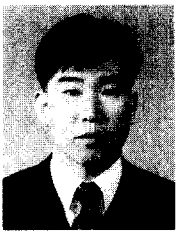
[6] K.Kang, et al., Future Integrated Network of Mobile into B-ISDN, *Proc. Networks 96*, pp.197-202, Nov. 1996.

[7] D. Raychaudhuri, "ATM Based Transport Architecture for Multiservices Wireless Personal Communication Networks," *Proc. ICC94*, pp.559-565, May 1994.

[8] Christian Schuler, A Quality of Service Concept for Wirelsss ATM, *Proc. IEEE ATM 97*, pp. 381-390, May 1997.

[9] Dietmar Petras, Medium Access Control Protocol for transparent ATM Access in MBS, *Proc. RACE Telecommunications Summit*, Portugal, NOV. 1995.

저 자 소 개



姜 景 薰(正會員)
1984년 2월 경북대학교 전자공학과(공학사). 1986년 2월 경북대학교 전자공학과 대학원(공학석사). 1999년 2월 경북대학교 전자공학과 대학원(공학박사). 1986년 1월 ~ 현재: 한국전자통신연구원 교환전송기술연구소 이동교환팀 선임연구원. 주관심분야는 IMT-2000, Wireless ATM, ISDN, No.7 신호방식

林 錫 鳩(正會員)
1959년 9월 20일생, 1983년 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사), 1987년 서울대학교 공과대학 전자공학과(공학석사), 1999년 한국항공대학교 항공전자공학과(공학박사), 1987년~1992년 LG정보통신(주), 1992년~1994년 한국전자통신연구원, 1994년~현재, 주성대학 제2공학부 조교수, 주관심분야는 시스템 성능분석, 트래픽 엔지니어링

金 秀 重(正會員) 第 35卷 D編 第 10號 參照
현재 경북대학교 전자・전기공학부 교수