

論文94-31A-7-1

# VSAT 데이터 통신을 위한 묵시적 예약 방식의 다중접속 기법 (Multiaccess Scheme with Implicit Reservation for VSAT Data Communication)

李 昶 鍵\*, 崔 陽 熙\*, 鄭 善 鐘\*\*, 金 宗 相\*

(Chang Gun Lee, Yang Hee Choi, Seon Jong Chung and Chong Sang Kim)

## 要 約

본 논문은 VSAT(Very Small Aperture Terminal) 데이터 통신을 위한 새로운 다중접속 기법을 제안한다. 이 기법은 지연시간과 처리율이 우수한 제어식다중접속기법(Controlled Multiaccess Scheme)보다도 향상된 성능을 보인다. 제안된 기법은 예비예약 방식, 부하적응 방식 및 고정대역폭 할당 방식등을 이용하여 성능의 향상을 도모한다. 본 논문에서는 제안된 기법의 성능을 간단한 큐잉모델을 이용하여 분석하고, 시뮬레이션을 통한 여러가지 성능결과를 제시한다. 이 기법은 낮은 부하에서는 제어식다중접속 기법과 같은 지연시간 특성을 나타내며, 부하가 높아지면서 제어식다중접속기법에 비해 점점 더 개선된 지연시간을 나타낸다. 또한 아주 높은 부하에서도 한번의 왕복지연시간 정도의 액세스 지연특성을 갖는다. 새로 고안된 기법은 일정 시간동안 대역폭을 예약할 수 있도록 고안되었으므로 VSAT 데이터 통신에서와 같이 고정 대역폭 할당방식의 트래픽이 많은 경우에는 더 좋은 성능을 보인다.

## Abstract

In this paper, we propose a new multiple access scheme for VSAT(Very Small Aperture Terminal) data communications. The proposed scheme has better performance in terms of delay-throughput than Controlled Multiaccess Scheme which has excellent performance. The proposed scheme use the spare reservation method, adaptation method to offered load, and fixed bandwidth reservation method. In this paper, we analyze the performance using simple queueing model and present the simulation results. When network traffic is very low, the new scheme and the controlled multiaccess scheme have almost the same access delay characteristic. As the network load becomes higher, the new scheme's access delay gain becomes larger. Futhermore, even when the network traffic is very high, it is possible to access satellite link within the delay similar to one round-trip delay. In addition to access delay performance enhancement, the new scheme has facility that supports fixed bandwidth reservation. So it shows more enhanced performance in the environment that stream traffic is dominant such as in VSAT communication environment.

\*正會員, 서울대학교 工科大学 컴퓨터工學科  
(Dept. of Computer Eng., Seoul Nat'l Univ.)

\*\*正會員, 韓國電子通信研究所  
(Electronics and Telecommunications Research

Institute)

※ 이 연구는 한국전자통신연구소 위탁과제 수행에 의한 것입니다.

接受日字 : 1993年 7月 20日

## 1. 서론

VSAT 데이터 시스템은 저가격 초소형 단말기를 이용하여 위성을 경유한 원거리 데이터 통신 서비스를 저가로 공급하는 저속, 저가, 원거리 네트워크 시스템이다. VSAT 데이터 시스템은 HUB의 제어에 의해 많은 수의 저가, 소형안테나(1.8m) 터미널(VSAT)들이 위성링크를 공유하며 데이터를 교환한다. 각 VSAT들로부터 송출된 신호는 위성에 의해 반사되어 HUB 스테이션에 의해 수집된다. HUB는 수집된 신호중 성공적으로 도착한 데이터는 HOST에게로 넘겨주고 데이터의 성공적 수신 여부를 위성을 통해 모든 VSAT에 방송한다. 즉 각 VSAT은 HUB로부터 송출된 신호를 가지고 공유되는 상향링크 액세스의 성패 여부를 판단한다. 또한 VSAT과 VSAT의 통신도 위성을 통해 직접 이루어지지 못하고, 일단 데이터가 원천지 VSAT에서 HUB로 전송된 후 HUB가 이를 다시 목적지 VSAT으로 전송해주는 two-hop방식으로 이루어진다. (그림 1)

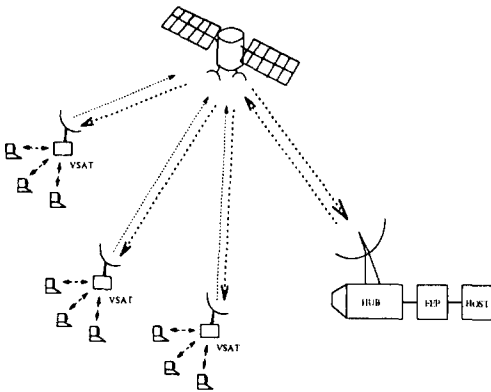


그림 1. VSAT 네트워크의 구성

Fig. 1. VSAT network configuration.

VSAT 네트워크에서와 같이 통신 지연시간이 길고 이웃한 단말기들의 매체 액세스 상태를 모니터링할 수 없는 상황에서는 공유 매체의 다중접속기법이 시스템의 전체 성능을 결정하는 핵심적인 요소이다. 본 논문에서는 VSAT 데이터 시스템의 성능을 결정하는 중요한 기술인 VSAT용 다중접속기법에 대해 연구하여 지금까지 제안된 방식보다 지연시간이 적으면서 다양한 트래픽을 수용할 수 있는 새로운 다중접속기법을 제안한다.

VSAT 데이터 시스템에서 각 단말기로부터의 데이터는 서버로의 처리요구 (transaction)일 수도 있고,

HOST로 수집되는 통계자료일 수도 있다. 또 일정한 전송률이 보장되어야 효율적인 연속적인 트래픽 (stream traffic)일 수도 있다. 따라서 VSAT용 다중접속기법은 간헐적 트래픽(bursty traffic), 대량 트래픽(bulk traffic), 연속적인 트래픽(stream traffic)을 모두 지원할 수 있어야 한다.<sup>[1,3]</sup> 또 VSAT 데이터 시스템은 많은 수의 단말기들이 연결된 대규모 광역 네트워크이므로, 이에 사용되는 다중접속 기법은 높은 데이터 처리율을 제공하며 다양한 형태의 트래픽과 넓은 범위의 입력 부하 환경에서도 비교적 빠른 데이터 전송을 보장할 수 있어야 한다. 그 외에 각 VSAT들에게 공정한 데이터 전송기회가 주어져서, 특정 VSAT이 계속 전송을 못하는 상태에 있는 일이 발생하지 않도록 해야한다는 것도 VSAT용 다중접속 기법이 갖추어야할 중요한 요구사항이다.

HUB에서 VSAT으로의 데이터 전송방식은 여러가지 관점에서 TDM(Time Division Multiplexing) 방식이 가장 적합하다고 인정되고 있다.<sup>[5,7]</sup> 그러나 여러 VSAT들이 공유매체인 위성 상향링크를 액세스하여 HUB로 데이터를 전송하는 다중접속기법에 대해서는 S-ALOHA, R-ALOHA, Robert방식, reservation-TDMA, SRUC(Split Reservation Upon Collision protocol)등이 연구되어 있으며 주로 구현이 간단한 S-ALOHA나 R-ALOHA등이 사용되고 있다.

S-ALOHA는 낮은 부하에서는 신속한 액세스가 가능하지만 임의 액세스에 의한 충돌때문에 최대 처리율은 0.368에 그친다.<sup>[6]</sup> R-ALOHA는 기본적인 S-ALOHA기법에 목시적인 예약 기능을 추가하므로써 어느정도까지의 입력 부하는 비교적 적은 지연시간으로 수용할 수 있도록 한 기법이다. 그러나 이 기법도 경쟁을 기반으로하여 목시적으로 슬롯을 예약하므로 수용할 수 있는 처리율은 0.7정도를 넘길 수 없다.<sup>[8]</sup> Robert방식이나 reservation-TDMA방식은 높은부하까지 수용할 수 있지만 명시적 예약을 위한 초기지연을 항상 감수해야하는 문제점이 있다. 여러 다중접속기법을 세밀하게 비교, 분석해 보면, 광범위한 입력부하에서 최적의 지연시간으로 동작하는 다중접속기법은 입력부하에 적응하여 공유매체 액세스 방식을 바꾸어 나갈 수 있도록 설계되어야 한다는 것을 알 수 있다. SRUC는 입력부하가 증가함에 따라 S-ALOHA식의 액세스 방식에서 점차 reservation-TDMA로 전이해 나갈 수 있도록한 기법이다. 이보다 한층 더 향상된 기법으로 RAN(Random Access with Notification)<sup>[2,4]</sup>이 있는데, 이는 적은 지연을 위해 S-ALOHA방식으로 슬롯의 액세스를 허용

함과 동시에 각 VSAT이 그 프레임에 액세스한 슬롯의 수를 각 VSAT에 종속되어 있는 미니슬롯에 써넣도록 하므로써 HUB가 각 미니슬롯의 내용과 성공적으로 전송된 데이터 슬롯수의 차를 이용하여 충돌된 슬롯의 수를 산출해내고 충돌된 데이터 슬롯만큼을 예약해줄 수 있도록 한 방법이다. S-ALOHA 액세스와 동시에 충돌을 대비한 묵시적 예약을 지원하는 예비예약(spare-reservation)개념은 적은 지연을 도모하면서 충돌시에도 별도의 명시적 지연없이 예약된 슬롯을 통해 데이터를 전송할 수 있도록 해주는 진일보된 개념이다. RAN에서는 한 프레임내의 예약슬롯수와 ALOHA 슬롯수의 비를 부하에 따라 자동적으로 조정하므로써 부하에 적응해 나간다. RAN이 예비예약개념과 입력부하 적응 개념을 도입하므로써 적은 지연, 비교적 예측가능한 지연시간, 광범위한 부하의 수용등 좋은 성능을 보이지만 프레임에 각 VSAT에 종속되는 미니슬롯이 존재해야한다는 제약은 이 기법이 대규모 VSAT 네트워크에 적용되는 것을 사실상 불가능하게 한다. 제어식다중접속기법<sup>(9)</sup>은 입력부하 적응 개념, 예비예약등의 진일보된 개념들을 도입하면서도 프레임내에 각 VSAT들에 종속된 미니슬롯이 존재해야한다는 제약을 없앤 새로운 다중접속기법이다.

II. 제어식다중접속기법

제어식다중접속기법(Controlled Multiaccess Scheme)<sup>(9)</sup>은 S-ALOHA방식의 슬롯액세스를 허용하여 빠른 데이터 전송을 가능하게 하며, 동시에 S-ALOHA액세스가 실패하는 경우를 대비한 예비예약을 할 수 있도록 하므로써 높은 확률로 두번의 시도 이내에는 성공적 전송을 보장하는 분산형 다중접속기법이다. 그리고 입력부하에 따라 S-ALOHA액세스와 사전예약(pre-reservation)액세스의 비율을 조절할 수 있도록하므로써 광범위한 입력부하에서 좋은 성능을 보일 수 있도록 설계되었다.

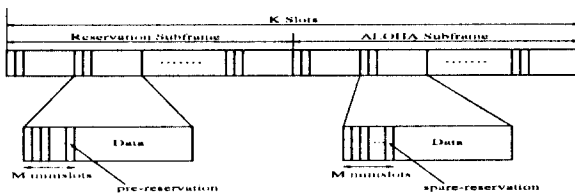


그림 2. 제어식다중접속기법의 프레임 구조  
Fig. 2. Frame structure of controlled multiaccess scheme.

제어식다중접속에서는 K개의 슬롯으로 구분된 프레임틀을 사용하며 각 슬롯은 헤더(M개의 예약 미니슬롯)와 데이터 영역으로 구성된다(그림 2). S-ALOHA 방식으로 전송되는 패킷은 ALOHA슬롯을 액세스함과 동시에 그 슬롯에 속한 미니슬롯 중 임의로 선택하여 예비예약을 표시한다. 이렇게 하므로써, 그 슬롯에서 충돌이 발생하더라도 예비예약이 표시된 미니슬롯에서는 충돌이 발생하지 않아 묵시적인 예약이 가능하다. 왕복지연시간 후에는 충돌발생 여부와 예약성공여부를 알게된다. 충돌이 발생하지 않아 전송이 성공한 경우는 그에 해당하는 예비예약은 무시된다. 만일 충돌이 발생한 경우에는 예비예약의 성공(예약 미니슬롯에서 충돌이 발생하지 않음)여부에 따라 예비예약이 성공한 경우는 예약된 슬롯을 통해 패킷을 재전송하며 예약도 실패한 경우(예약 미니슬롯에서도 충돌이 발생하거나 예약된 순번이 K를 넘는 경우)에는 K개의 슬롯 중 임의의 슬롯이 선택되어 처음 도착한 패킷과 같은 절차를 다시 밟아 전송된다. 사전예약방식으로 전송되는 패킷은 슬롯의 데이터 영역은 액세스 하지않고 그 슬롯에 딸린 예약 미니슬롯을 임의로 선택하여 예약을 한 후 예약된 슬롯을 통해 데이터를 전송한다. 각 스테이션들은 한 프레임을 모두 수신한 후 성공적 예약들을 모아 다음 전송할 프레임의 예약 부분 프레임의 크기를 결정한다. 각 스테이션들은 자신이 예약한 슬롯의 인덱스( $X \in \{1, 2, \dots, K\}$ )와 그 슬롯내의 미니슬롯의 인덱스( $y \in \{1, 2, \dots, M\}$ )의 쌍인  $(X, y)$ 를 다른 성공적 예약의  $(X, y)$ 쌍과 비교하여 예약된 슬롯을 알 수 있다.  $(X, y)$ 의 순서쌍의 집합이 전체 시스템을 통해 동일하게 유지되는 전체적 예약관리 큐(global reservation queue)의 역할을 하며 이 정보에 따라 각 스테이션들은 자신에게 예약된 슬롯을 액세스한다. 각 예약의 예약번호에 해당하는 순서쌍  $(X, y)$ 의 순번이 K를 넘는 경우는 예약이 실패된 것으로 간주된다.

제어식다중접속기법에서는 부하에 따라 S-ALOHA 방식에서 사전예약방식으로 적응하기 위해 -1에서 1까지의 값을 가지는 제어 인자(f)를 사용한다. 이 인자는 ALOHA슬롯에 도착하는 패킷중 사전예약 액세스 방식으로 전송되도록 하는 비율을 나타낸다. 즉 f가 양수인 경우는 S-ALOHA 시간대에 도착하는 패킷의 f만큼은 예약 슬롯으로 미루어져 사전예약 방식으로 전송되어야 한다. 또 f가 음수인 경우는 예약 슬롯 시간대에 속하는 패킷중 f만큼이 ALOHA슬롯으로 미루어져 S-ALOHA방식으로 전송된다. 결국 f는 입력부하가 증가함에 따라 -1에서 1로 변하면서 각

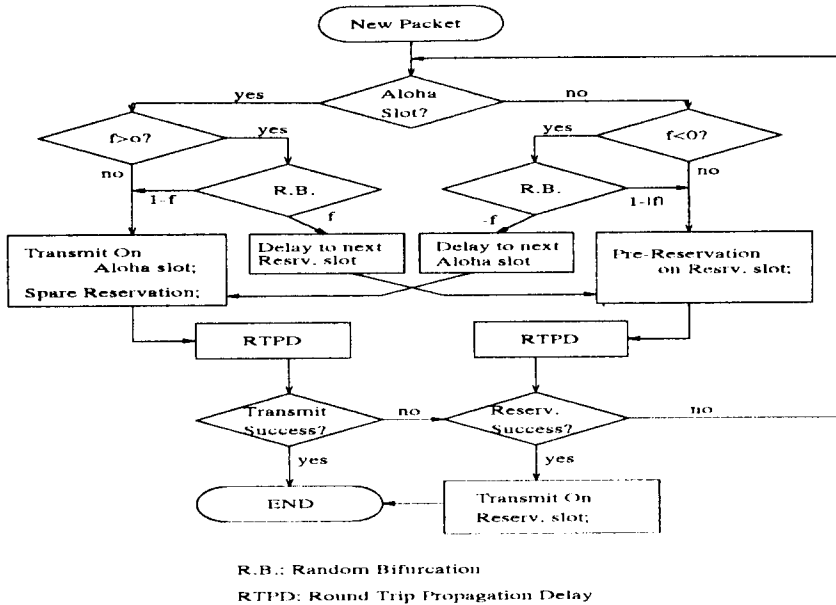


그림 3. 제어식다중접속에서의 패킷전송  
Fig. 3. Packet transmission in controlled multiaccess scheme.

부하에서 최소지연 특성을 보이도록 조절하는 제어인자이다. 그림 3<sup>[9]</sup>은 제어인자  $f$ 에 의해 입력부하가 분산되어 S-ALOHA 방식과 사전예약방식으로 전송되는 과정을 보인다. 각 스테이션들은 각 부하에 대해 최소의 지연시간 특성을 보이는  $f$ 를 테이블로 유지하면서 모니터되는 전체 부하에 따라 최적의  $f$ 값으로 바꾸어가면서 적용한다.

### III. VSAT을 위한 새로운 다중접속기법의 설계

#### 1. 제어식다중접속기법의 문제점 분석

II장에서 기술한 제어식다중접속기법이 VSAT용 다중접속 방식으로 사용되기 위해서는 몇가지 문제점이 해결되어야 한다.

우선 제어식다중접속기법은 일정한 기간동안 고정된 대역폭을 할당해주는 고정대역폭 할당기능을 가지고 있지 않다. 제어식다중접속기법은 간헐적 트래픽만 존재하는 경우를 위해 설계되었기 때문이다. 그러나 VSAT 통신 환경에서는 특정 VSAT에 고정대역폭을 할당하여 HUB로의 위성링크를 공유하도록 하는 것이 효율적인 경우가 많다. 하루의 영업실적을 중앙에 보고하는 경우나 지점의 상황을 주기적으로 검사해야 되는 경우등이 그런 예에 해당된다. VSAT 통신 환경에서는 이런 류의 응용이 보편적이기 때문

에 VSAT용 다중접속 기법에는 고정대역폭할당기능이 마련되어 있어야 한다.

제어식다중접속기법이 가지는 다른 문제점은, 한 프레임이 예약들의 수집으로 구성되는 예약 부분 프레임과 ALOHA 부분 프레임이 분리되어 존재하므로써 발생하는 추가지연의 문제다. 원칙적으로 왕복지연시간 후에는 각 스테이션이 패킷의 전송성공여부와 예약성공여부를 알게되므로 그 시점에서 재전송이 시도될 수 있다. 그러나 제어식다중접속기법에서는 모든 예약정보를 수집한 후에야 예약부분프레임의 길이를 결정할 수 있으므로 한 프레임 수신시간 만큼의 추가지연을 겪게된다. 그림 4는 지상 스테이션에서 위성까지의 전파지연  $T_p$ 동안  $T_i$ 의 전송지연을 가지는 프레임이 두번 전송될 수 있는 경우를 보이고 있다 ( $T_p=2T_i$ ). 프레임 0에서의 모든 패킷에 대한 전송 성공 여부나 예약의 성공 여부는 프레임 0의 반사 프레임이 지상 스테이션에 의해 끝까지 수신된 후에야 알 수 있으므로 프레임 5에서나 프레임 0의 예약을 할당할 수 있다. 그러나 가능한 최적의 예약 할당 프레임은 프레임 0의 반사 프레임 머리가 지상 스테이션에 의해 수신되는 시점의 프레임인 프레임 4이다. 이런 현상으로 인한 추가의 지연은 VSAT 네트워크에서와 같이 한 프레임의 길이가 매우 긴 경우에는 더욱 심각하다.

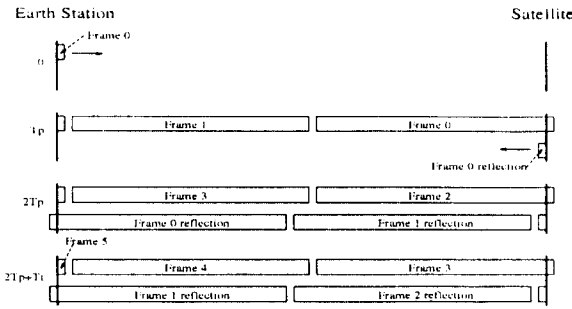


그림 4. 제어식다중접속기법에서의 재전송  
Fig. 4. Retransmission problem in controlled multiaccess scheme.

또 제어식다중접속기법에서는 한 프레임내에서 예약할 수 있는 예약슬롯의 수를 프레임의 길이로 한정하여 그 이상의 예약은 실패된 것으로 간주(예약절단 (reservation truncation) - 이것은 한 프레임을 단위로 예약부분프레임과 ALOHA부분 프레임을 구성하기 때문에 어쩔 수 없는 것이다.)하므로 패킷전송을 처음부터 다시 시작해야하는 가능성을 높인다. 이것은 프레임의 길이가 짧을 때 더욱 심각한데 이 결과는 앞에서 언급한 추가지연을 감소시키기 위해 프레임의 길이를 짧게해야 한다는 결과와 상충되어 최적의 액세스 지연시간을 크게하는 요인이 된다.

2. VSAT을 위한 새로운 다중접속기법

본 논문에서 제안하는 VSAT용 다중접속기법은 제어식다중접속기법에 기반한다. 예비예약개념과 입력부하 적응개념을 도입하면서 VSAT 네트워크 환경에 적용될 수 있도록 설계했다. 연속적 트래픽을 수용할 수 있도록 고정대역폭할당 방안을 추가했으며,

VSAT 네트워크 환경에 맞게 HUB의 제어하에 다중 접속이 이루어질 수 있도록 하였다. 또한 제어식다중 접속기법이 갖는 추가지연의 문제를 해결하였다.

제안된 VSAT용 다중접속기법에서는 그림 5와 같은 프레임을 사용한다. VSAT HUB 프레임의 요구 미니슬롯들은 S-ALOHA방식으로 액세스되며 고정대역폭 요구등을 위해 사용된다. 요구 미니슬롯에는 요구 대역폭, 우선순위, 예상 점유시간 등이 기록되어 HUB에 고정대역폭 할당을 요구한다. HUB는 요구미니슬롯에 실린 요구정보에 따라 적당한 대역폭을 할당하고 HUB VSAT 프레임의 Bc 필드에 수용된 요구를 프레임당의 슬롯수(예, 1프레임당 1슬롯, 2프레임당 1슬롯)의 형태로 써서 방송(broadcast)한다. HUB는 우선순위에 예상 점유시간을 가지고 요구의 수용여부를 결정하거나, 긴급 요구의 경우 현재의 고정 할당을 중지시키고 긴급요구를 수용할 수도 있다.

제어식다중접속기법이 가지는 추가지연 문제는 VSAT HUB 프레임의 구조가 예약 부분 프레임과 ALOHA 부분 프레임으로 분리,수집되어 구성된다는 제약을 없앴으로써 해결했다. 그림 5에서 보이는 바와 같이, VSAT HUB 프레임의 처음 몇 슬롯은 이미 수용된 고정 대역폭 할당을 위해 쓰이며 나머지 슬롯들은 현재까지 수집된 ACK정보만으로 ALOHA 슬롯인지 예약 슬롯인지가 결정되어 사용된다. 즉 한 프레임은 예약 슬롯들과 ALOHA 슬롯들의 혼합으로 구성될 수 있다. 이렇게 하므로써 프레임 I에 대한 HUB로부터의 ACK를 모두 수집하지 않아도 부분 정보만으로 현재의 슬롯이 예약 슬롯인지 ALOHA 슬롯인지를 결정할 수 있어 재전송을 한 프레임 정도 빨리 시작할 수 있다.

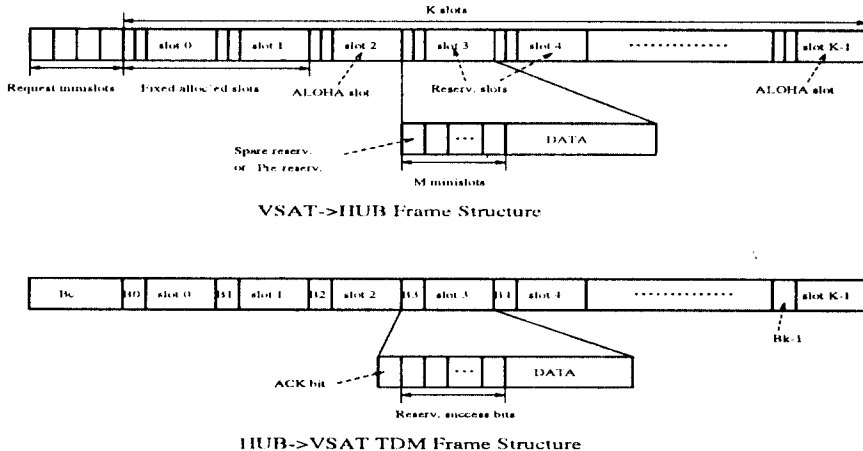


그림 5. 프레임의 구조  
Fig. 5. Frame structure.

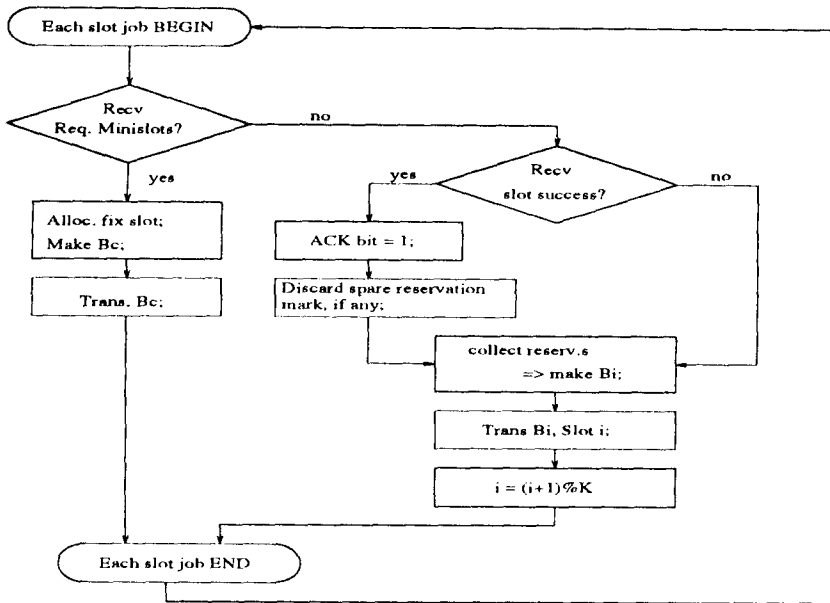


그림 6. HUB에서의 작업절차  
Fig. 6. Operations in HUB.

새로 제안된 기법의 수행절차를 HUB측에서의 작업과 VSAT측에서의 작업으로 나누어 기술한다.

프레임 I가 HUB까지 전송되면( $T_p$ 시점 = VSAT-위성-HUB의 전파지연) HUB에 의해 프레임 I가 수신되면서 그에 대한 ACK 프레임(프레임 I ACK)이 구성되어 VSAT 쪽으로 전송된다. 프레임 I를 수신하면서 HUB가 수행하는 작업의 절차는 다음과 같다.(그림 6)

1. HUB가 요구 미니슬롯들을 수신하면 그 미니슬롯들 중 성공적으로 도착한 (충돌 없이) 요구에 대해 특정 용량을 할당하고 그 결과를 프레임 I ACK의  $B_c$  슬롯에 넣어 VSAT쪽으로 전송한다.
2. HUB가 프레임 I의 슬롯  $i$ 를 수신하면 그 슬롯의 데이터 전송성공여부, 미니 슬롯을 통한 예약성공여부에 따라 프레임 I ACK의  $B_i$ 를 구성하여 전송한다. 그림 5에서 보는 바와 같이  $B_i$ 는 데이터전송성공을 나타내는 ACK비트와 각각의 미니슬롯에 대응하는 예약성공비트들로 구성된다. 슬롯  $i$ 의 데이터 수신이 성공적이면 ACK를 1로 하고 그의 예비예약은 무시한다. 예약 미니슬롯에 충돌되지 않고 도착한 예약 요구는 그에 해당하는 예약성공비트를 1로 한다.
3. HUB에서 VSAT으로 보낼 데이터가 있으면 데이터 필드에 실어 전송한다.

이렇게 구성된 TDM 프레임(프레임 I ACK)이 VSAT에 도달하는 시점인  $2T_p$ 에서 프레임 I에 대한 재전송이나 예약된 전송을 개시할 수 있다. 프레임 I ACK를 수신하면서 전송되는 프레임의 슬롯이 예약 슬롯인지 ALOHA 슬롯인지를 결정할 수 있도록하기 위해 VSAT은 다음 세가지 변수를 관리한다.

- $C_{slot}$  : 다음번 전송될 슬롯 인덱스 (0에서  $K-1$ 까지의 값: 초기값 0)
- $R_{slot}$  : 아직 서비스받지 못한 예약슬롯의 수(초기값 0)
- $FR_{slot}$  : 이미 수용된 프레임당 고정 예약 슬롯수

VSAT에 의해 프레임 I ACK가 수신되면서 프레임 I이 구성되어 전송되는 절차는 다음과 같다(그림 7).

1. VSAT이 프레임 I ACK의  $B_c$  슬롯을 수신하면  $FR_{slot}$  값을 다음식에 의해 변경한다.  
 $FR_{slot} = FR_{slot} + B_c$ 에 새로 예약 허가된 프레임당 고정 예약슬롯수
2. 새로운 프레임을 전송하기 전에 Rslot을 다음식에 의해 변경한다.  
 $R_{slot} = R_{slot} + FR_{slot}$
3. 프레임 I ACK의  $B_i$  수신 후  $R_{slot}$ 을 다음식에 의해 변경한다.  
 $R_{slot} = R_{slot} + B_i$ 에 성공적 예약수(세트된 예약성

공 비트수)

4.  $R_{slot} > 0$  이면 현재 슬롯은 예약 슬롯이되고  $R_{slot} = 0$  이면 ALOHA 슬롯이된다.
5. 한 슬롯이 VSAT으로부터 빠져나갈 때마다  $C_{slot}$  은 1증가(modulo K연산)되고, 만일 전송된 슬롯이 예약슬롯이었으면  $R_{slot}$  값도 1감소된다.

결국  $R_{slot}$  은 전체 시스템에 동일하게 유지되는 전체적 예약관리 큐의 현재 길이를 나타내게 되며 각

VSAT은 제어식다중접속기법에서와 같은 방식으로 자신에게 예약된 슬롯을 액세스한다. 이렇게 하므로써 보통의 경우 왕복지연시간 후에(즉 전송성공 여부와 예약성공 여부를 알게되는 시점) 바로 재전송이나 예약된 전송이 시작될 수 있다.

본 논문에서 제안된 다중접속기법도 입력부하적용 개념을 도입하여 부하에 따른 제어인자  $f$ (II장 참조)를 사용하였다. 각 VSAT에 패킷이 도착한 경우 그

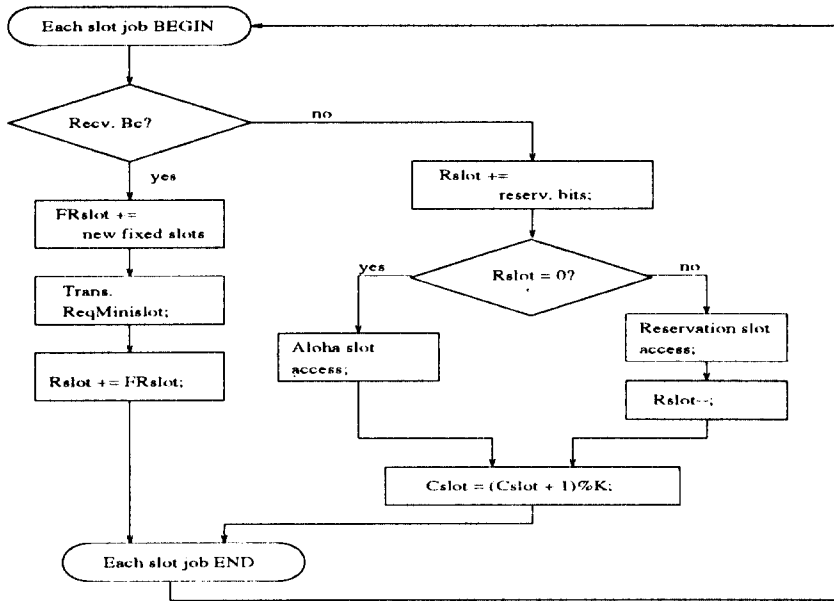
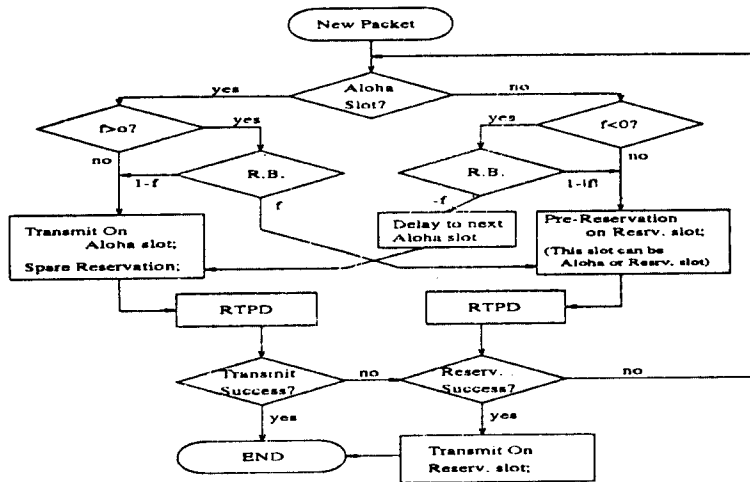


그림 7. VSAT에서의 작업절차  
Fig. 7. Operations in VSAT.



R.B.: Random Bifurcation  
RTPD: Round Trip Propagation Delay

그림 8. 입력부하의 제어  
Fig. 8. Input traffic control.

시점이 ALOHA 슬롯인가 예약 슬롯인가에 따라. 또 제어인자  $f$ 에 따라 S-ALOHA 액세스될 것인지 사전예약 액세스될 것인지가 결정된다(그림 8).  $f$ 가 음수인 경우는 예약슬롯에 도착하는 패킷들 중  $|f|$ 만큼은 뒤에오는 ALOHA 슬롯으로 미루어 S-ALOHA 방식으로 전송하고  $1-|f|$ 만큼만 그 슬롯에 사전예약을 한다. ALOHA 슬롯으로 패킷을 미룰 때는 임의의 ALOHA 슬롯을 선택하도록하여 충돌가능성을 줄인다.  $f$ 가 양수인 경우에는 ALOHA 슬롯에 도착하는 패킷들 중  $f$ 만큼은 그 ALOHA 슬롯에 사전예약만 하고 나머지  $1-|f|$ 만이 그 슬롯을 ALOHA 액세스한다.  $f$ 가 양수인 경우 ALOHA 슬롯에 도착하는 패킷의  $|f|$ 만큼을 다음에 올 예약슬롯으로 미루어 사전예약하도록하는 제어식다중접속기법과 달리 제안된 기법에서는 ALOHA 슬롯에도 사전예약만 하는 것이 가능하도록 하였다. 이는 처리의 복잡도를 줄이고 패킷을 뒤로 미루기 위해 필요한 임시 저장장소를 절약하기 위한 것이다. HUB로부터의 ACK 정보에 의해 전송실패, 예약실패로 판정된 패킷은 새로운 도착패킷과 같이 그림 8의 방식으로 제어된다.

위에서 기술한 바와 같이 본 논문에서 제안된 VSAT용 다중접속기법은 작은 부하에서는 ALOHA 액세스와 예비예약으로 빠르고 안정적인 전송을 보장하며, 높은 부하로 갈 수록 제어인자  $f$ 에 의해 reservation-TDMA로 변해 안정된 성능을 보인다. 뿐만아니라 원래의 제어식다중접속기법이 가지는 추가 지연의 문제도 해결했으며, 다양한 전송률과 우선순위를 갖는 연속적 트래픽을 지원하는 방식도 보장되었다.

### Ⅲ. 제안된 기법에서 VSAT의 설치와 재동기화 문제

DQDB, CRMA, reservation-TDMA, 제어식 다중접속기법 등, 분산된 스테이션들이 동일한 제어 정보를 유지하면서 공유매체를 다중접속하는 방식이 실제로 운영될 때 공통적으로 문제가 되는 것이 새로운 스테이션의 초기설치와 분산정보가 파기된 경우의 재동기화 문제이다.

제어식다중접속기법은 한 프레임을 단위로 예약정보가 수집되고 관리되므로, 프레임마다 자동적으로 재동기가 이루어질 수 있다. 그러나 제안된 기법에서는 이러한 자동적 동기화를 기대할 수 없다. 따라서 제안된 기법을 실제 운용하기 위해서는 새로운 VSAT이 설치될 때와 전체적인 예약정보에 대한 일관성이 파괴되었을 때 전체적 예약정보에 대한 동기

를 맞출 수 있는 별도의 방안이 마련되어야한다.

제안된 다중접속 프로토콜이 이미 운영되고 있는 동안 새로운 VSAT이 설치되려면 새로운 VSAT도 다른 VSAT들이 가지고 있는  $R_{slot}$ 의 값을 가져야 한다. 이를 위해 초기설치를 원하는 VSAT은 고정슬롯 요구를 위해 사용되는 요구미니슬롯중 임의로 선택하여 HUB에게 초기화 요구를 한다. 이 초기화 요구가 충돌없이 성공적으로 HUB에 도착하면 HUB는 새로운 VSAT이 프로토콜로의 진입이 가능한 가를 평가하여 가능한 경우 HUB VSAT TDM프레임의 Bc 슬롯을 통해 현재의  $R_{slot}$  값과 함께 초기화 허락 명령을 새로운 VSAT에게 전송한다. 이와 동시에 새로운 VSAT의 주소와 초기화 사실을 모든 VSAT에게 방송한다. 이렇게 하므로써 새로운 VSAT은 이미 운영되고 있는 규칙을 지키면서 위성 링크를 공유하여 액세스할 수 있게 된다.

특정 VSAT이  $R_{slot}$ 의 값과 전체적 예약관리 큐의 상태를 잘못 유지함으로 인하여, 다른 VSAT에 예약된 슬롯이 계속 방해받는 경우는 전체 시스템의 상태를 재동기화하여야 한다. VSAT이 예약된 슬롯으로의 전송이 실패한 것을 감지하면 이를 HUB에 통보한다. 따라서 HUB는 예약정보 실패의 통보가 임계치를 넘는 경우에 Bc 슬롯을 통해 Re-Sync 명령을 방송한다. Re-Sync 명령을 받은 VSAT들은 자신의  $R_{slot}$  값을 클리어하고 전체적 예약관리 큐의 상태를 빈상태(empty)로 초기화한다. 그리고 이미 예약이 성공하여 전송을 대기하고 있는 패킷들도 처음부터 다시 전송시도를 할 수 있도록 한다. 위성 링크의 에러율에 따른 최적의 임계치에 대한 고찰은 본 논문에서는 생략되었다.

### Ⅳ. 시스템 모델링 및 해석

본 장에서는 간단한 큐잉모델을 이용하여 제안된 기법의 성능을 분석한다. 여기서는 제어식다중접속 방식과의 비교를 위하여 간헐적 트래픽만 존재하는 경우에 대해서 고려한다. 새로 제안된 기법은 한 슬롯이 전송될 시점에서 전체적 예약관리 큐의 길이에 따라 그 슬롯을 ALOHA 액세스할 것인지 사전예약 액세스할 것인지 결정하도록 되어있다. 따라서 각 슬롯시간에서 전체적 예약관리 큐의 길이를 구하는 것이 문제가 된다. 이를 위하여 제안된 기법을 모델링하면 그림 9와 같다.

$P_A, P_R, \lambda_A, \lambda_R$ 를 다음과 같이 정의하면,

$P_A$  : 한 슬롯이 ALOHA 슬롯일 확률

$P_R$  : 한 슬롯이 예약슬롯일 확률



$\lambda_A$  : 하나의 ALOHA 슬롯을 통한 성공적 평균 예약수  
 $\lambda_R$  : 하나의 예약슬롯을 통한 성공적 평균 예약수

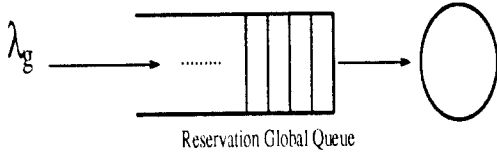


그림 9. 제안된 기법의 성능평가를 위한 모델링  
 Fig. 9. Simple queueing model for proposed scheme.

한 슬롯시간동안의 성공적 평균예약수  $\lambda_g$  는 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\lambda_g = P_A \lambda_A + P_R \lambda_R \quad (1)$$

ALOHA 슬롯에  $n$ 개의 패킷이 도착했을 때,  $r$ 개의 예약이 성공하는 확률을  $P[L_r=r|N_n=n]$  으로 나타내면,

$$P[L_r=0|N_n=0] = 1$$

$$P[L_r=0|N_n=1] = 1$$

$$n = 2, 3, 4 \dots \dots \dots \text{인 경우.}$$

$$P[L_r=r|N_n=n] = \frac{(-1)^r M!n!}{r!M^n} \sum_{k=r}^{\min(M,n)} (-1)^k \frac{(M-k)^{n-k}}{(k-r)(M-k)(n-k)!} \quad (2)$$

이 된다.

한 ALOHA 슬롯을 액세스하게되는 평균 패킷의 수를  $g_a$ 라 하면, 한 ALOHA 슬롯을 통한 성공적 예약수가  $r$ 이 될 확률은

$$P[L_r=r] = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(g_a)^n \exp(-g_a)}{n!} P[L_r=r|N_n=n] \quad (3)$$

이 된다. 따라서 하나의 ALOHA 슬롯을 통한 성공적 평균 예약수  $\lambda_A$  는 다음과 같다.

$$\lambda_A = \sum_{k=0}^M k P[L_A=k] \quad (4)$$

마찬가지로, 예약슬롯에  $n$ 개의 패킷이 도착했을 때,  $r$ 개의 예약이 성공하는 확률을  $P[L_r=r|N_r=n]$ , 한 예약슬롯을 액세스하게 되는 평균 패킷의 수가  $g_r$ 일 때 한 예약슬롯을 통한 성공적 예약수가  $r$ 이 될 확률  $P[L_r=r]$ , 그리고 하나의 예약슬롯을 통한 성공적 평균 예약수  $\lambda_R$ 은 각각 식 (5), (6), (7)과 같다.

$$P[L_r=0|N_r=0] = 1$$

$$P[L_r=0|N_r=1] = 1$$

$$n = 2, 3, 4 \dots \dots \dots \text{인 경우.}$$

$$P[L_r=r|N_r=n] = \frac{(-1)^r M!n!}{r!M^n} \sum_{k=r}^{\min(M,n)} (-1)^k \frac{(M-k)^{n-k}}{(k-r)(M-k)(n-k)!} \quad (5)$$

$$P[L_r=r] = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(g_r)^n \exp(-g_r)}{n!} P[L_r=r|N_r=n] \quad (6)$$

$$\lambda_R = \sum_{k=0}^M k P[L_r=k] \quad (7)$$

결국 그림 9의 모델은 평균도착률을  $\lambda_g (= P_A \lambda_A + P_R \lambda_R)$ 로 하는 M/D/1 큐잉모델로 생각될 수 있다. 따라서 전체적 예약관리 큐의 길이가 0이 될 확률  $P_0$ 는

$$P_0 = 1 - \rho (\rho = \lambda_g / \mu)$$

가 된다. 그런데  $P_A = P_0$ ,  $P_R = 1 - P_0$  이므로, (1)로부터

$$P_0 = 1 - \frac{P_0 \lambda_A + (1 - P_0) \lambda_R}{\mu}$$

$$= \frac{\mu - \lambda_R}{\mu + \lambda_A - \lambda_R} \quad (\text{여기서 } \mu = 1) \quad (8)$$

이렇게 구해진, ALOHA 슬롯일 확률  $P_0$ 는  $g_a$ 와  $g_r$ 의 함수이다. 그런데  $g_a$ 와  $g_r$ 은 입력부하에 의해 결정되는 시스템 내부부하, 제어인자  $f$  그리고 다시  $P_0$ 의 함수로 주어진다. 하지만 시스템이 안정적인 상태에 있을 때는 먼저  $g_a$ 와  $g_r$ 을 가정하여  $P_0$ 를 구하는 것이 가능하다. 이렇게  $P_0$ 를 결정한 후에 다음 식에 의해 시스템 내부부하, 제어인자를 역 산출하는 것이 가능하다. 시스템 내부에 존재하는 패킷은 새로 도착한 패킷들과 재전송을 위한 패킷들로 구성되는 데, 시스템 내부 부하에 따른 평균 패킷 도착률  $\lambda_n$ , 제어인자  $f$ 와  $g_a$ ,  $g_r$ 은사이의 관계는 다음과 같다.

·  $f$ 가 음수인 경우

$$g_a = \lambda_n + \frac{P_R}{P_A} f \lambda_n$$

$$g_r = (1 - |f|) \lambda_n$$

·  $f$ 가 음수가 아닌 경우

$$g_a = g_r = \lambda_n$$

$f$ 가 음수인 경우는 주어진  $g_a$ ,  $g_r$ 에 대하여 우선  $P_0$ 를 구하고 이를 이용하여  $\lambda_n$ 과  $f$ 를 다음식에 의해 역 산출한다.

$$\lambda_n = g_n P_0 + g_r (1 - P_0)$$

$$f = -(1 - g_r / \lambda_n)$$

$f$ 가 음수가 아닌 경우는 ALOHA 슬롯에 도착하는 패킷전송을 위해 그 ALOHA 슬롯에 사전예약 표시만을 하도록하는 방법이 마련되어 있으므로 ALOHA 슬롯으로의 부하와 예약슬롯으로의 부하가 같다( $g_n = g_r = \lambda_n$ ). 따라서  $f$ 가 음수가 아닌 경우는  $f$ 와  $\lambda_n$ 을 먼저 주고  $P_0$ 를 산출해내는 것이 가능하다.

전체적 예약관리 큐의 평균길이,  $E(G)$ 를 구하면 M/D/1 큐잉 모델에서

$$E(G) = \frac{\rho^2}{2(1-\rho)} \tag{9}$$

가 된다.

1. 처리율 분석

이제 시스템내의 부하와 제어인자  $f$ 값에 대해, 한 슬롯이 ALOHA 슬롯일 확률  $P_0$ 를 산출하는 것이 가능해졌다. 이로부터 이 시스템의 처리율( $S$ )을 구하는 식을 생각할 수 있는 데, 그것은 다음과 같다.

$$S = (P_n + P_n g_n \exp(g_n))(1 - hM) \\ = ((1 - P_0) + P_0 g_n \exp(g_n))(1 - hM) \tag{10}$$

위 식에서  $h$ 는 슬롯크기에 대한 미니슬롯크기의 비로서 예약을 위해 존재하는 미니슬롯에 의한 오버헤드를 결정하는 인자가된다. 예를 들어, 슬롯이 1000 비트이고 미니슬롯이 1비트라면  $h$ 는 0.001이다.

시스템으로의 입력부하가 매우 낮은 경우는  $P_0$ 가 거의 1이 되므로 예약미니슬롯에 의한 오버헤드  $hM$  부분만을 무시하면 S-ALOHA에서의 처리율과 같은  $g_n \exp(g_n)$ 가 된다. 입력부하가 매우 높은 경우는  $P_0$ 는 거의 0이 되어 처리율은  $(1 - hM)$ 이 된다.  $hM$ 이 매우 작은 값을 가지는 경우 최대 처리율은 1까지 가능하다.

2. 지연시간 분석

다중액세스기법의 성능의 가장 중요한 인자 중의 하나는 동일한 부하에서의 공유매체 액세스 지연시간이다. 액세스 지연시간은 한 패킷이 도착하여 공유매체를 성공적으로 액세스하게 될 때까지의 시간이다. 즉 한 패킷이 목적지에 도착할 때까지 겪게되는 시간에서 전송지연시간과 전파지연시간을 뺀 값이다. 식 (8)에 의해 시스템 부하와  $f$ 에 따른  $P_0$ 값을 구할 수 있으므로 이를 이용하여 제안된 기법에서의 액세스 지연시간을 구한다. 새로 제안된 기법에서의 액세스

지연시간은  $f$ 가 음수인 경우와 그렇지 않은 경우 서로 다르게 분석되므로 이를 나누어 고려한다.  $f$ 가 음수인 경우의 지연시간은  $D(f < 0)$ 으로 표시하고  $f$ 가 음수가 아닌 경우의 지연시간은  $D(f \geq 0)$ 으로 표시한다.

가.  $f$ 가 음수인 경우

한 패킷이 ALOHA 슬롯에 도착할 확률은  $P_0$ 이고 예약슬롯에 도착할 확률은  $1 - P_0$ 이다. 한 패킷이 ALOHA 슬롯에 도착하는 경우 겪게되는 지연은 다음 세가지 중의 하나이다.

1. 충돌이 발생하지 않아 ALOHA 전송이 성공하는 경우  
 $D_1 = 0$
2. 충돌은 발생했으나 예비예약이 성공하는 경우  
 $D_2 = R_t + E(G)$   
( $R_t$ : 왕복지연시간,  $E(G)$ : 전체적 예약관리 큐의 평균길이=식(9))
3. 충돌에 의해 전송과 예약이 모두 실패하는 경우  
 $D_3 = R_t + D(f < 0)$

결국 ALOHA 슬롯에 도착하여 겪게되는 평균 액세스 지연시간을  $D_A$ 로 나타낼 때,

$$D_A = p_1 D_1 + p_2 D_2 + p_3 D_3 \tag{11}$$

가 된다. 이때  $p_1$ 는 충돌이 발생하지 않을 확률, 즉 한 슬롯시간동안 다른 패킷이 도착하지 않을 확률과 같고  $p_2$ 는 ALOHA 슬롯으로 도착하는 패킷중에 예약이 성공되는 비율과 같고,  $p_3$ 는  $(1 - p_1 - D_1)$ 와 같다. 즉

$$p_1 = \exp(-g_n) \\ p_2 = \frac{\lambda_A}{g_n} \\ p_3 = 1 - p_1 - p_2$$

이다.

한 패킷은  $1 - P_0$ 의 확률로 예약슬롯에 도착한다. 예약슬롯에 도착하는 패킷들은  $f$ 의 확률로 ALOHA 슬롯으로 미루어져 전송된다. 이 경우 겪게되는 액세스 지연시간을  $D_{IA}$ 로 표시하면

$$D_{IA} = \frac{1}{2} \left( U + \frac{P_A}{P_A} U \right) + D_A \tag{12}$$

가 된다. ALOHA 슬롯으로 미룰 때는 이후에 오는  $U$ 개의 ALOHA 슬롯들 중 임의로 선택한 슬롯으로 미룬다.  $U$ 값이 아주 작지 않으면, 패킷들이 미루어지는 슬롯을 충분히 무작위화(randomize)하여 잦은 충돌이 발생하지 않도록 할 수 있다.

예약슬롯으로 도착하는 패킷들 중  $1-f$  만큼이 사전예약방식으로 슬롯을 액세스하게 되는 데, 다음 두 가지 중 하나의 상황을 만나게 된다.

1. 예약이 성공하는 경우

$$D_4 = R_t + E(G)$$

2. 예약이 실패하는 경우

$$D_5 = R_t + D(f < 0)$$

사전예약방식에 의해 액세스할 때의 지연시간을  $D_{IR}$ 로 표시하면

$$D_{IR} = p_4 D_4 + (1 - p_4) D_5 \quad (13)$$

가 되며, 이때  $p_4$ 는 예약요구가 성공할 확률로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$p_4 = \frac{\lambda_R}{g_r}$$

결국 예약슬롯에 도착한 패킷이 겪게되는 액세스 지연시간을  $D_R$ 이라 하면, 식(12)와 (13)을 이용하여

$$D_R = |f| D_A + (1 - |f|) D_{IR} \quad (14)$$

이 된다.

식 (11)과 (14)를 이용하여  $f$ 가 음수일 때의 액세스 지연시간  $D(f < 0)$ 을 구하면

$$D(f < 0) = P_0 D_A + (1 - P_0) D_R$$

이 되며, 이로부터  $D(f < 0)$ 을 구해내면 다음 식과 같다.

$$D(f < 0) = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{1 - p_3 P_0 - (1 - p_0) |f| p_3 - (1 - p_0) (1 - |f|) (1 - p_4)}$$

단,

$$C_1 = P_0 (P_2 (R_t + E(G)) + p_3 R_t),$$

$$C_2 = (1 - P_0) |f| \left( \frac{U}{2} \left( 1 + \frac{1 - P_0}{P_0} \right) + p_2 (R_t + E(G)) + p_3 R_t \right),$$

$$C_3 = (1 - P_0) (1 - |f|) (p_4 (R_t + E(G)) + (1 - p_4) R_t) \quad (15)$$

나.  $f$ 가 음수가 아닌 경우

한 패킷은  $P_0$ 의 확률로 ALOHA슬롯에 도착하는데,  $f$ 가 0보다 크거나 같을 때 한 패킷이 ALOHA슬롯에 도착하는 경우 겪게되는 지연은 다음 세가지 중의 하나이다.

1.  $(1 - f)$  확률에 들어 ALOHA방식으로 전송하고 그 전송이 성공하는 경우

$$D_1 = 0$$

2. ALOHA방식의 전송은 실패했으나 예비예약이

성공한 경우 혹은  $f$  확률에 들어 사전예약 표시만 하여 예약이 성공한 경우

$$D_2 = R_t + E(G)$$

3. 충돌에 의해 전송과 예약이 모두 실패하는 경우

$$D_3 = R_t + D(f \geq 0)$$

ALOHA슬롯에 도착하여 겪게되는 평균 액세스 지연시간을  $D_A$ 로 나타낼 때,

$$D_A = p_1 D_1 + p_2 D_2 + p_3 D_3 \quad (16)$$

가 된다. 이때  $p_1$ 은 ALOHA방식으로 액세스하며 충돌이 발생하지 않을 확률이고,  $p_2$ 는 ALOHA슬롯으로 도착하는 패킷중에 예약이 성공되는 비율과 같고,  $p_3$ 는  $(1 - p_1 - p_2)$ 와 같다. 즉

$$p_1 = (1 - f) \exp((f - 1)g_a)$$

$$p_2 = \frac{\lambda_A}{p_a}$$

$$p_3 = 1 - p_1 - p_2$$

이다.

한 패킷은  $1 - P_0$ 의 확률로 예약슬롯에 도착한다.  $f \geq 0$ 인 경우에는 예약슬롯에 도착하는 패킷들은 모두 사전예약방식에 의해 매체를 액세스하는 데, 다음 두가지 중 하나의 상황을 만나게 된다.

1. 예약이 성공하는 경우

$$D_4 = R_t + E(G)$$

2. 예약이 실패하는 경우

$$D_5 = R_t + D(f \geq 0)$$

결국 예약슬롯에 도착하는 패킷이 겪게되는 액세스 지연시간을  $D_R$ 로 표시하면

$$D_R = p_4 D_4 + (1 - p_4) D_5 \quad (17)$$

가 되며, 이때  $p_4$ 는 예약요구가 성공할 확률로, 다음과 같이 구할 수 있다.

$$p_4 = \frac{\lambda_R}{g_r}$$

식 (16)과 (17)을 이용하여  $f \geq 0$ 일 때의 액세스 지연시간  $D(f \geq 0)$ 을 구하면

$$D(f \geq 0) = P_0 D_A + (1 - P_0) D_R$$

이 되며, 이로부터  $D(f \geq 0)$ 을 구해내면 다음 식과 같다.

$$D(f \geq 0) = \frac{C_1 + C_2}{1 - p_3 P_0 - (1 - P_0) (1 - p_4)}$$

단,

$$C_1 = P_0 (p_2 (R_t + E(G)) + (1 - p_4) R_t),$$

$$C_2 = (1 - P_0) (p_4 (R_t + E(G)) + (1 - p_4) R_t)$$

(18)

그림 10은 이론적 분석의 타당성을 보이기 위해 이론적 분석결과를 시뮬레이션 결과와 비교한 것이다.

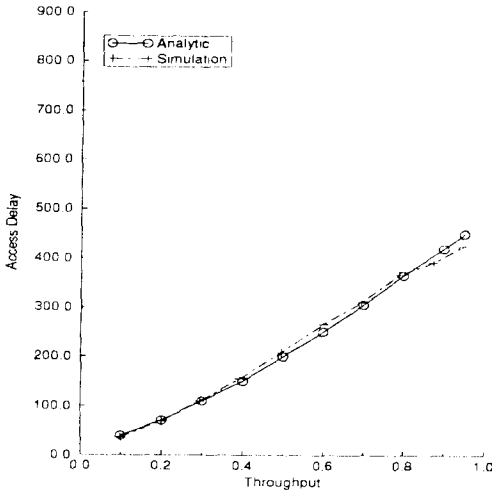


그림 10. 제안된 기법의 지연시간 특성 ( $h=0.001, M=20, K=20$ )

Fig. 10. Delay-throughput of proposed scheme. ( $h=0.001, M=20, K=20$ )

V. 성능결과 및 비교

본 장에서는 제안된 기법의 성능을 여러가지 환경에서의 시뮬레이션을 통해 S-ALOHA, reservation-TDMA 및 제어식다중접속기법과 비교하였다.

상향링크의 전송속도는 1Mbps이고 슬롯의 길이는 1000비트(즉 1ms), 그리고 지상 위성 지상의 전파지연시간은 200ms(즉 200슬롯)인 환경에서 시뮬레이션을 수행하였다.

제안된 기법은 낮은 부하에서는 S-ALOHA의 특성을, 높은 부하에서는 reservation-TDMA의 특성을 보인다. 그림 11은  $M=3, K=100, h=0.001$ 일 때의 제안된 기법의 성능을 S-ALOHA, reservation-TDMA 및 제어식다중접속기법의 성능과 비교한 것이다. 부하가 아주 낮을 때는 S-ALOHA, 제어식다중접속, 제안된 기법이 거의 비슷한 지연시간 특성을 보인다.  $K=100$ 인 경우는<sup>1)</sup> 추가지연의 문제가 심각하므로 비교적 낮은 부하에서도 제안된 기법은 제어식

다중접속기법에 비해 큰 성능향상을 보인다. 부하가 0.2정도일 때 28%정도의 성능향상을 보이며 부하가 증가함에 따라 성능향상도가 점차로 증가하여 0.9의 부하에서는 37%까지의 성능향상을 보인다. 부하의 증가에 따라 제어식다중접속에 비한 성능향상도가 증가하는 것은 부하의 증가에 따라 재전송 횟수가 많아져 제어식다중접속기법의 추가지연이 누적되는 현상이 발생하기 때문이다. 아주 높은 부하에서는 제안된 기법은 reservation-TDMA와 동일하게 동작하여 거의 같은 성능을 보이는 데, 제어식다중접속기법은 추가지연의 문제 때문에 reservation-TDMA보다 더 큰 지연특성을 보인다.

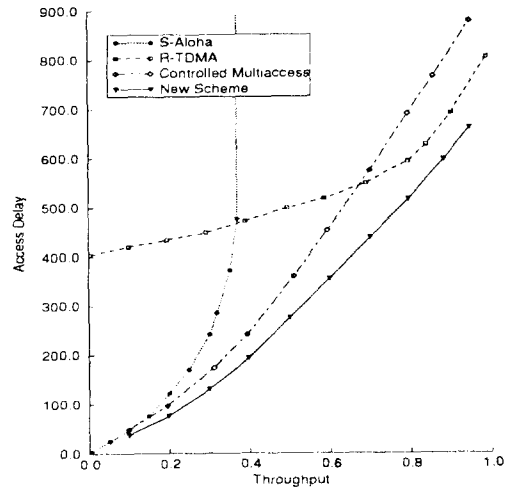


그림 11. 지연시간 특성의 비교 그래프

Fig. 11. Comparison of delay-throughput curves.

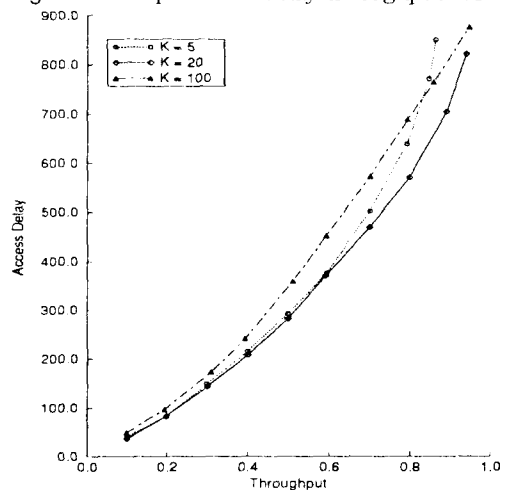


그림 12. 프레임 크기에 따른 지연특성 (제어식다중접속기법)

Fig. 12. Delay-throughput curves according to frame length. (Controlled multiaccess)

1) TDMA에 기반한 다중접속기법은 프레임단위로 슬롯 예약, 특정슬롯 액세스 금지 등을 관리하기위해 일반적으로 100이상의 슬롯을 하나의 논리적인 프레임으로 관리한다.

제어식다중접속기법은 추가지연의 문제와 예약절단 문제 때문에 프레임의 크기에 따라 액세스 지연시간이 차이가 난다. 그림 12는  $M=3$ 이고  $h=0.001$ 일 때 프레임의 크기에 따른 제어식다중접속기법의 지연특성을 보인다.

반면에 새로 제안된 기법에서는 추가지연 및 예약절단 문제가 없으므로 프레임의 크기는 성능에 영향을 미치지 않는다. 그림 13은 이것을 보인다. 성능이 프레임의 크기와 무관하다는 제안된 기법의 특성은, 프레임을 단위로 한 고정대역폭 할당등 프레임의 자유로운 이용에 제약을 가하지 않는다는 점에서, VSAT용 다중접속 기법으로써의 강점이라 할 수 있다.

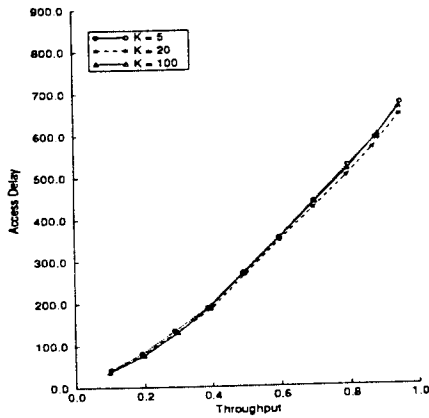


그림 13. 프레임 크기에 따른 지연특성 (새로 제안된 기법)

Fig. 13. Delay-throughput curves according to frame length. (Proposed scheme)

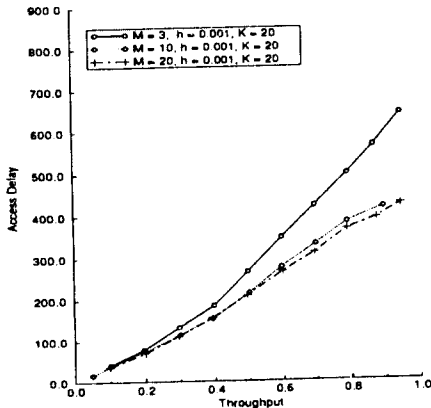


그림 14. 제안된 기법에서의 M에 따른 지연시간 특성 ( $h=0.001$ )

Fig. 14. Delay-throughput curves of proposed scheme according to M. ( $h=0.001$ )

그림 14에서 그림 16은  $K=20$ 일 때, 슬롯당 미니 슬롯 수 M의 값을 3으로 했을 때와 10, 20으로 했을 때의 성능을 비교한 것이다.

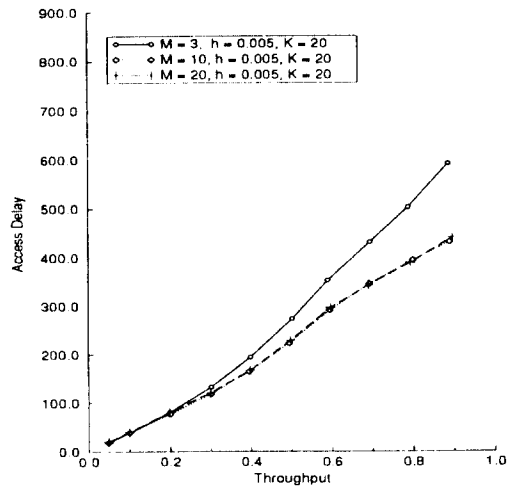


그림 15. 제안된 기법에서의 M에 따른 지연시간 특성 ( $h=0.005$ )

Fig. 15. Delay-throughput curves of proposed scheme according to M. ( $h=0.005$ )

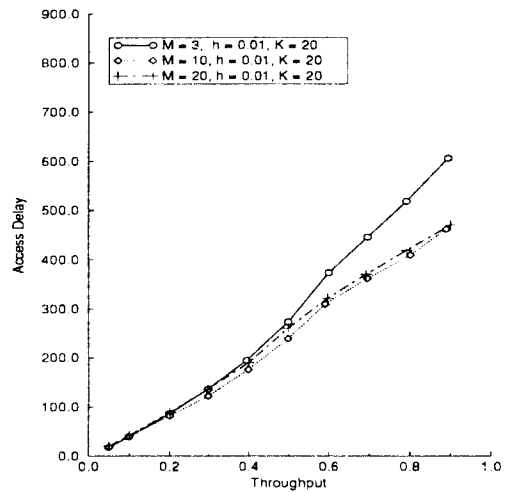


그림 16. 제안된 기법에서의 M에 따른 지연시간 특성 ( $h=0.01$ )

Fig. 16. Delay-throughput curves of proposed scheme according to M. ( $h=0.01$ )

2) 경쟁방식으로 미니슬롯을 액세스하는 경우 이론적으로 최대처리율이 1이 될 수 있도록하는 예약미니슬롯의 최소갯수

M=1일 때는 S-ALOHA의 특성과 같으며, M=2일 때는 S-ALOHA의 최대 처리율의 2배 정도인 0.7정도를 최대 처리율로 가지게 된다. M=3 이상일 때는 이론적으로 최대처리율이 1이 된다.  $h=0.001$ 일 때<sup>3)</sup> (그림 14) M=3인 경우 최대 처리율은 거의 1이 되지만, 부하가 클 때 예약요구의 충돌 가능성이 높으므로 부하가 커짐에 따라 지연시간이 급격히 증가한다. M이 커짐에 따라 예약 충돌 가능성은 줄어들고 그에 따라 재시도 확률도 줄어들어 전체적인 지연시간은 감소하게 된다. M=20인 경우는 아주 높은 부하에서도 예약실패 확률이 거의 0이므로 대부분의 패킷은 최대 한번의 왕복지연시간 정도면 매체를 액세스할 수 있다. 그림 14는 이러한 사실들을 보여준다. 미니슬롯의 수가 많으면 충돌 가능성을 줄여 지연시간의 감소를 얻을 수 있지만 일정한 수 이상의 미니슬롯은 성능향상에 큰 도움을 줄 수 없다. 그림 14에 의하면 미니슬롯을 3개에서 10개로 증가시킨 경우는 지연시간을 많이 감소시킬 수 있으나, 10개에서 20개로 증가시킨 경우는 많은 이득을 얻을 수 없다. 만일 미니슬롯의 오버헤드가 더 큰 경우라면 미니슬롯의 수를 증가시킴으로써 얻는 이득은 더욱 줄어든다. 그림 15와 16은 각각  $h=0.005, h=0.01$ 인 경우로, 미니슬롯의 오버헤드가 커질수록 많은 미니슬롯을 둬으로써 충돌을 감소시키는 효과와 미니슬롯의 오버헤드가 상쇄되어 지연시간의 이득이 감소함을 보인다. 뿐만 아니라  $h=0.01$ 일 때는 M=20인 경우가 M=10인 경우보다 더 나쁜 지연특성을 보인다. 결국 최적의 M값은 링크접속방식의 물리적 특성에 의해 결정되는 미니슬롯 오버헤드 값인  $h$ 에 의존한다. 그런데 성능결과에 따르면 M이 10인 경우  $h$ 값이 0.001에서 0.01의 범위에서 최적에 매우 근접한 성능을 보임을 알 수 있으며, 이 때 부하가 매우 큰 경우에도 액세스 지연시간이 한번의 왕복지연시간과 유사한 450ms이내에 머무름을 알 수 있다.

그림 17은 연속적 트래픽이 존재하는 경우의 성능을 보인 것이다. 제어식다중접속기법은 고정대역폭 예약기능이 없으므로 연속적 트래픽 특성에 따른 액세스를 지원하지 못한다. 그러나 새로 제안된 기법은 고정된 대역폭 예약기능으로 한번의 예약으로 이후의 여러 데이터들을 안전하고 신속하게 전달할 수 있

며 간헐적 데이터들의 충돌도 감소시켜 전체적인 평균지연을 줄일 수 있다. 전체 트래픽중 연속적 트래픽의 비가 10%, 20%, 30%인 경우의 성능을 비교해 보면, 고정 대역폭 예약기능이 VSAT 네트워크 환경과 같이 연속적 트래픽이 많은 경우에 성능향상에 큰 영향을 미침을 알 수 있다.

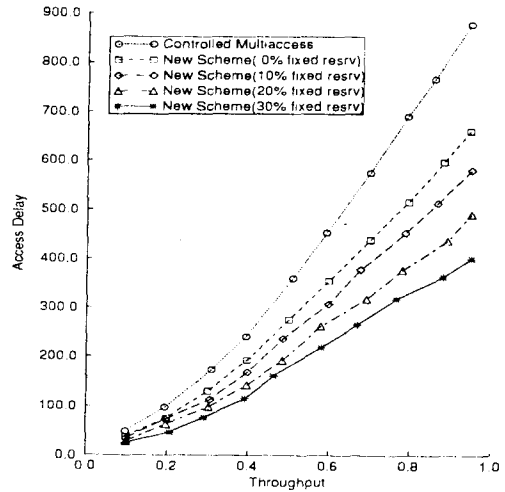


그림 17. 연속적 트래픽이 있는 경우의 지연시간 비교( $K=100, M=3, h=0.001$ )

Fig. 17. Delay-throughput curves according to proportion of stream traffic. ( $K=100, M=3, h=0.001$ )

### VI. 결론

본 논문에서는 VSAT에서의 요구사항을 살펴보고 이 요구사항에 맞는 VSAT용 다중접속기법을 제안하였다. 빠른 데이터 전송과 광범위한 입력부하 수용, 다양한 형태의 트래픽 지원등의 요구사항을 만족하기 위한 개념으로 예비예약과 입력부하 적응개념, 별도의 요구, 명령 슬롯을 이용한 고정대역폭 할당 기법등이 제시되었다. 본 논문에서 제안된 다중접속기법은 이러한 개념들이 적절하게 조합되어 설계되었다. 적은부하에서 ALOHA 액세스와 예비예약으로 신속하고 안정적인 데이터 전송이 보장되며, 제어인자  $f$ 에 의해 입력부하가 적당하게 ALOHA와 사전예약 액세스 방식으로 분할되므로 거의 1까지의 최대처리율을 얻을 수 있다. 뿐만아니라 예약슬롯, ALOHA슬롯 혼합방식으로 HUB까지의 왕복지연 이후에는 재전송이나 예약된 전송이 개시될 수 있도록 하였다. 또 연속적 트래픽지원을 위해서 요구, 명령 슬롯을 통해

3)  $h$ 는 미니슬롯당 오버헤드로, 미니슬롯을 구성하는데 1비트가 소요된다면 1000비트 데이터슬롯인 경우  $h$ 는 0.001이 된다. 그러나 미니슬롯 오버헤드는 미니슬롯에 실리는 정보의 비트길이뿐 아니라 충돌을 감지하는 기술에도 좌우된다.

대역폭, 우선순위, 예상 점유시간에 따라 HUB가 효율적으로 고정 용량을 할당할 수 있도록 하는 방법이 보장되었다.

성능평가에 의하면 제안된 기법은 모든 범위의 부하에서 S-ALOHA와 reservation-TDMA보다 우수하거나 같은 성능을 보인다. 또한 제안된 기법은 부하가 증가함에 따라 제어식다중접속기법보다도 더 좋은 성능을 보여, 연속적 트래픽이 없는 경우에도 부하에 따라 8%에서 30%까지의 성능향상을 나타낸다. 또한 연속적 트래픽이 전체의 10%, 20%, 30%를 차지하는 경우, 제어식다중접속에 비해 각각 최대 39%, 48%, 57%까지의 성능향상을 얻어낼 수 있다.

제안된 기법은 제어식다중접속방식에 비해 향상된 지연시간 특성을 보이지만, 프레임을 단위로한 자동적 재동기화를 기대할 수 없어 예약정보의 동기가 깨지는 경우에 별도의 동기화 노력이 필요하다는 단점을 가진다.

#### 參 考 文 獻

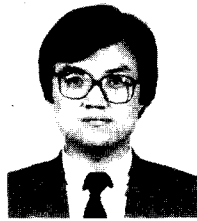
- [1] D. Chakraborty, "VSAT Communications Networks-An Overview", *IEEE Communications Magazine*, vol. 26, no. 5, pp.10-24, May 1988.
- [2] Dattakumar M. Chitre, "VSAT Networks: Architectures, Protocols and Management", *IEEE Communications Magazine*, vol. 26, no. 7, pp.28-38, July 1988.
- [3] K. M. Sundara Murthy, "VSAT User Network Examples", *IEEE Communications Magazine*, vol. 27, no. 5, pp. 50-57, May 1989.
- [4] L. C. Palmer and P. Y. Chang, "Simulation of Random-access with notification protocol for VSAT application", *COMSAT TECHNICAL REVIEW*, vol. 18, no. 1, pp.21-53, Spring 1988.
- [5] Thomas J. Saam, "The Economic Benefits of VSAT's", *IEEE International Conference on Communications*, pp.370-375, 1990.
- [6] Mischa Schwartz, *Telecommunication Networks*, Addison-Wesley Publishing Company, New York, NY, 1987.
- [7] Jim Stratios and Rakesh Mahindru, "Packet Switch Architecture and User Protocol Interface for VSAT Networks", *IEEE Communications Magazine*, vol. 26, no. 7, pp.39-47, July 1988.
- [8] Shujt Tasaka, "Multiple-Access Protocols for Satellite Packet Communication Networks : A Performance Comparison", *Proceedings of the IEEE*, vol. 72, no. 11, pp.1573-1582, November 1984.
- [9] Eric W. M. Wong and Tak-Shing Yum, "A Controlled Multiaccess Protocol for Packet Satellite Communications", *IEEE Transactions on Communications*, vol. 39, no. 7, pp.1137-1140, July 1991.

## 著 者 紹 介



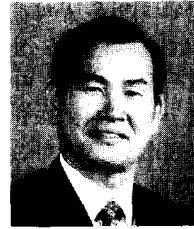
李昶鍵(正會員)

1968年 8月 29日生. 1991年 서울대학교 컴퓨터공학과(학사). 1993年 서울대학교 컴퓨터공학과(석사). 1993年 3月 ~ 현재 서울대학교 컴퓨터공학과 박사과정 재학중. 주요관심 분야는 차세대 이동통신 시스템, 무선링크 다중접속 기술, 제케도 인공 위성 통신시스템 등임.



崔陽熙(正會員)

1955年 7月 27日生. 1975年 서울대학교 전자공학과(학사). 1977年 한국과학원 전기 및 전자공학과(석사). 1984年 프랑스 국립 전기통신대학 전산과(공학박사). 1977年 ~ 1979年 한국전기통신연구소 연구원. 1981年 ~ 1984年 프랑스 국립 전기통신연구소 연구원. 1981年 ~ 1989年 IBM Thomas J. Watson Research Center 방문 연구원. 1988年 ~ 1991年 한국전자통신연구소 책임연구원. 1991年 ~ 현재 서울대학교 컴퓨터공학과 조교수. 서울대학교 중앙교육연구전산원 부원장. 주관심 분야는 멀티미디어 통신 시스템, 화상회의 시스템, 이동통신 시스템, ATM통신 기술, 프로토콜 공학 등임.



鄭善鐘(正會員)

1943年 1月 6日生. 1964年 서울대학교 전기공학과(학사). 1969年 미 South Dakota 주립대학 전자공학석사. 1976年 미 Pennsylvania 주립대학 우주통신 박사. 1964年 ~ 1966年 ROTC 2기 통신장교 복무. 1969年 ~ 1972年 미국 St. Paul 소재 Control Data사 연구소 근무. 1976年 ~ 1982年 미국 NASA 휴스턴 Johnson Space Center에서 우주왕복선 계획 참여. 1983年 ~ 현재 한국전자통신연구소 책임연구원, ISDN 연구부장, 컴퓨터개발 단장 역임. 현재 위성통신기술연구단장



金宗相(正會員)

1937年 12月 29日生. 1960年 서울대학교 전자공학과(학사). 1965年 서울대학교 전자공학과(석사). 1975年 서울대학교 전자공학과(박사). 1979年 ~ 현재 서울대학교 컴퓨터공학과 교수. 1986年 ~ 1988年 한국정보과학회 회장. 1992年 ~ 1994年 2月 서울대학교 컴퓨터신기술 연구소 소장 역임. 주관심 분야는 고속 데이터 통신, 컴퓨터 망, 컴퓨터 구조, 계층적 메모리 시스템 등임.