

# OBP 탑재 위성 B-ISDN 중계망 구조 설계 및 성능 평가

박 석 천†

## 요 약

21세기 고도 정보화 사회에서의 위성통신은 현존 위성 시스템에서 주로 제공하는 국가간 장거리 전화, 방송 중계 서비스 등을 포함한 광범위한 대용량 디지털 멀티미디어 서비스 형태의 트래픽을 처리하여 제분배하는 고성능, 다기능 정보통신으로 발전하고 있다. 이에 따라 전세계적으로 위성 수의 증가에 따른 위성궤도 부족과 주파수 자원의 고갈 등의 문제점을 야기시키게 되었다. 이를 해결하기 위해서는 기존의 단순 중계기의 역할뿐만 아니라, 위성탑재 IF/RF 스위칭 기술, 기저내역 신호처리 기술, 다중 빔 안테나 기술등을 포함한 OBP탑재 위성 시스템이 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 기본적으로 멀티미디어 서비스를 제공하고 주파수 개사용 기법을 적용한 다중 스폿 빔을 송수신하는 차세대 OBP탑재 위성 B-ISDN 중계망 구조를 설계하고, 설계된 위성 B-ISDN 중계망 구조의 성능을 분석하였다.

## Design and Performance Evaluation of OBP Satellite B-ISDN Transport Network Architecture

Seok-Cheon Park†

### ABSTRACT

Satellite communication in the 21 century's high tech information world is developing rapidly, marked by high levels of applications and functions. For example, satellite communication can process and switch the speed of the service provided by a broad and vast digital multimedia system such as a long-distance call between nations or broadcasting transfer service, which is supplied by a contemporary satellite system. So, it bring about problems which lack of satellite orbit and gives out frequency resource by increment of satellite universally. To support this, an OBP satellite system is need, which includes an on-board IF/RF switch, baseband signal processing, multi-beam antenna technology, as well as a simple transponder system. In this paper, we have outlined the next generation of satellite communication; satellite OBP transport network architecture, which offers multimedia service and applies frequency reuse method for multi-spot beam. The satellite B-ISDN transport network architecture is also analyzed.

### 1. 서 론

주로 광파이버 케이블을 사용하는 ATM 기반의

B-ISDN은 초고속 정보 통신망 구축에 중요한 역할을 하며, 위성 또한 B-ISDN을 주축으로 하는 초고속 정보 통신망 구축에 개별망으로서 역할을 한다. 21세기 고도 정보화 사회에서 위성통신은 현존 위성 시스템에서 제공하고 있는 국가간 장거리 전화, 방송 중계 서비스 등을 포함한 대용량 디지털 멀티미디어 서비스

※ 본 논문은 대학기초사업 정보통신연구진흥원의 지원으로 수행중인 연구과제의 일부임

† 동신대학 · 경원대학교 전자계산학과 교수  
논문접수 : 2000년 2월 28일, 심사완료 : 2000년 3월 25일

트래픽을 처리하여 재분배하는 고성능, 다기능 정보통신으로 발전하고 있다.

OBP 기술이란 기존 위성통신 탑재 장치의 수동적 중계 기능 이외에 복조/변조, 부호/복호화 및 여러 정점, 중계기 및 빔 간 상호연결/절체 등의 새로운 기능이 추가되어 능동적 중계를 가능하게 함으로써, 통신 품질의 향상, 전송 효율의 개선, 전송 용량의 증대, 동적인 망 구성 및 유연한 라우팅 등 많은 장점을 갖는 중요한 차세대 위성중계망 기술이다 따라서 향후 위성 B-ISDN 중계망과 지상망의 효율적인 연동을 위하여, 광범위한 매체에 사용되고 있는 SDH 전송 기술 뿐만 아니라 B-ISDN의 기본 전송방식인 ATM 기술을 수용할 수 있는 OBP 탑재 위성 B-ISDN 중계망 구조를 설계하고, 이에 대한 성능을 평가하였다.

## 2. OBP 위성 B-ISDN 중계망 구조

### 2.1 SDH Cross-Connect 개념의 중계망

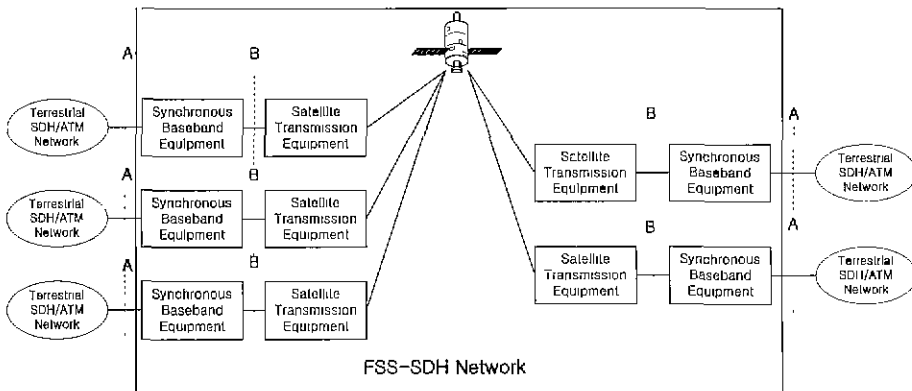
광전송 기반의 전송 시스템인 동기식 디지털 망 내에서 망 상호연결 및 디지털 구간(Digital Section)을 위해 CCITT Rec. G.708은 위성과 무선 중계 시스템과 같은 다른 전송 매체의 사용을 허용한다. SDH 서브시스템에서 망 통합을 용이하게 하기 위해서 FSS(Fixed Satellite System)는 SDH 신호 및 이와 관련된 신호를 전송할 수 있어야 하며, SDH 기반의 통합망에서 SDH는 다중화/역다중화, Cross-Connect로서의 기능, 표준 OAM 및 망 관리의 이점을 제공한다. (그림 1)은 SDH/ATM 망 전송 능력을 가진 위성 시스템의 일반적인 구

조를 블록 다이어그램으로 나타낸 것이다. 이 시스템의 기본적인 요구 조건은 위성 시스템을 통해서 SDH VC(Virtual Containers)를 투명하게 전송하는 것이다

SDH 전달망에서 광역 SDH Cross-Connect 전송망으로 위성 중계망을 실현하기 위해서는 위성 시스템의 동기식 기저대역 장비(Synchronous Baseband Equipment · SBE)들의 SDH 기능에 초점을 두어야 한다

다음은 SDH 전송망으로서의 위성 시스템 설계를 위해 필요한 기본 원칙들이다.

- 위성망(Satellite subnetwork)의 인터페이스는 SDH NNI(Network Node Interface) 즉, STM-N 다중화를 완전히 따라야 한다.
- 위성망은 SDH망이 서브시스템내의 Network Node나 디지털 구간에서 동기식 망 요소(Synchronous Network Elements)의 기능적으로 동일해야 한다.
- 위성망은 최소한 VC 신호요소의 투명성을 보장해야 한다.
- 위성망을 통한 사용자간 양방향의 대칭적인 VC 경로 연결절정은 일반적으로 외부에서 볼 때 대칭적으로 보여야 한다
- LO-VC 또는 그들의 정수배(TNGs)의 동기화 전송을 위해 어떠한 계층적 section layer라도 위성망 내에서 한정되고, 관리 인터페이스를 통한 외부 SDH 전송망에는 부분적으로 투명하다
- 특정 계층에서의 비대칭적 연결 토폴로지(단방향, 양방향 비대칭, 점대다중점)들은 위성망 내에서만 한정되고, 관리 인터페이스를 통한 외부 SDH 전송망에는 단지 부분적으로 투명하다



(그림 1) SDH 기반 위성 통신망의 구조

## 2.2 차세대 위성탐재 신호처리(OBP) 시스템

위성탐재 신호처리는 통신위성의 효율과 성능을 상당히 개선시킬 수 있는 반면, 부품의 추가로 비용이 증가하고 시스템이 복잡해지는 단점이 있다. OBP 시스템으로부터 얻을 수 있는 가장 큰 이점은 궤도 부족에 의한 혼잡한 위성 배치와 짐차 고갈되어 가는 주파수 자원 문제를 해결할 수 있다는 것이다. OBP 시스템의 요소 기술로는 다음과 같은 것들이 있다.

### ● 위성탐재 IF/RF 스위칭 기술

할당된 주파수를 효과적으로 이용하기 위하여 SS-TDMA 기술을 사용한다. 그것은 단일 반송파를 이용하기 때문에 위성의 대역폭 및 전력을 보다 효과적으로 사용할 수 있으며, 충분한 빔 패턴간 격리를 갖는 다중 빔 안테나 사용으로 가용 주파수를 재사용할 수 있다. 이미 SS-TDMA의 하드웨어가 성공적인 개발과 성능 시연, 환경 시험과 인증을 받은 것이 있점이다.

### ● 위성탐재 기저대역 신호처리 기술

차세대 OBP 위성 시스템은 상향링크 고주파 반송파를 복조한 후 기저대역 데이터로 만들어 역다중화과 라우팅 기능을 거쳐 하향링크 반송파로 재변조하는 기저대역 처리 기술을 이용하여 전력과 정보처리 효율을 증가시며, 신호대잡음비(SNR)를 개선시켜 비트 오류율을 낮추기 위하여 위성내에서 신호재생 기술을 사용하며, 기저대역을 사용하기 때문에 오류를 검출하여 정정할 수 있는 장점이 있다

### ● 위성탐재 다중 빔 안테나 기술

위성에서 사용되는 안테나는 고이득의 좁은 빔을 만들기 위해서 반사판 안테나, 렌즈 안테나 그리고 위상 배열 안테나로 볼 수 있다. 전체적으로 배열하는 빔수가 많거나 커버하는 지역이 넓은 경우는 일정한 소자수를 요구하는 위상배열 안테나나, 위상 배열 안테나를 급전 시스템으로 사용하는 반사판 안테나가 유리하고, 빔수가 적을 경우는 빔수에 급전혼이 비례하는 여러 개의 급전혼을 초점 부근에 두는 반사판 안테나를 사용하는 것이 타당하다.

## 2.3 OBP 탑재 위성 B-ISDN 중계망 구조 설계

차세대 OBP 탑재 위성 시스템의 구조에서 핵심 기능으로는 수신신호의 복조과정, 기저대역 스위칭, 변조

과정이 있다. 기저대역 스위칭은 서로 다른 전송속도와 접속 기법을 적용하는 송수신 지구국의 연결을 보장해야 한다. 기저대역 스위칭의 기법에는 일반적으로 회선 스위칭과 고속 패킷 스위칭이 있다. 회선 스위칭은 고정 대역폭 트래픽 전송을 위한 STM-N 전송에 적합하며, 고속 패킷 스위칭은 가변 트래픽 전송에 적합한 스위칭 형태이다.

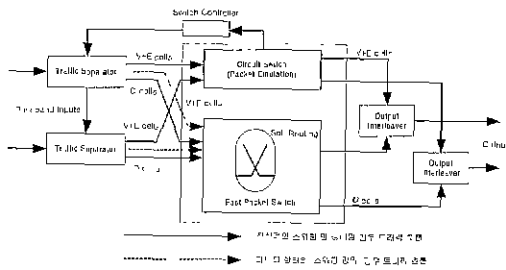
본 논문에서 제안하는 스위칭 구조는 대역폭 변환과 채널 다중화/역다중화를 제공하는 유연한 회선 스위치로서 다중 분리된 T-S-T 스위치를 사용하여 결합 허용 기능을 제공하고, 버스트 트래픽을 효율적으로 처리하는 통계적 스위칭 메카니즘인 ATM 스위칭 즉, 고속 패킷 스위칭을 사용한다.

새안된 스위치의 특성은 트래픽 특성에 따라 회선 스위칭과 패킷 스위칭 그리고 고속 패킷 스위칭을 사용함으로써 다양한 멀티미디어 및 실시간 서비스를 제공할 수 있다. 위성망에 고속 패킷 스위치는 상향링크로 들어오는 트래픽을 고속으로 패킷 스위칭 방식으로 하향링크에 접속시켜주는 방식이다.

OBP 위성이 지상 ATM 망에서 제공하는 멀티미디어 서비스를 보다 유연하게 수용하려면 멀티미디어의 각 서비스 특성에 맞는 스위칭을 수행하여야 한다. 데이터 서비스는 지연과 지연 변이에 민감하지 않지만, 셀 손실에는 매우 민감하다. 또한 음성과 비디오는 셀 손실에는 그다지 민감하지 않지만, 지연과 지연 변이에는 매우 민감하다. 이러한 측면을 고려해 볼 때, 각 서비스 특성에 맞도록 회선 스위치와 회선 에뮬레이트된 고속 패킷 스위치를 사용함으로써 각 서비스 요구 사항을 만족시킬 수 있다. 즉, 회선 스위칭은 일반적으로 음성이나 비디오 서비스와 같은 실시간 트래픽을 처리하고, 회선 에뮬레이트된 고속 패킷 스위칭은 데이터 트래픽을 처리할 수 있어야 한다. 이러한 트래픽 특성을 구분하기 위해 OBP 스위치에 트래픽 분리자(Traffic separator)를 포함해야 한다. 트래픽 분리자는 음성 채널로부터 다중화된 셀을 검출해내는 역할을 한다. 지구국에서는 음성 채널에 데이터 셀을 다중화하므로 트래픽 분리자는 데이터 셀만을 뽑아 내어 고속 패킷 스위칭을 해준다. 데이터 서비스는 지연과 지연 변이에 민감하지 않으므로 고속 패킷 스위칭을 함으로써 기존의 패킷 스위칭보다 훨씬 더 빠르고 신뢰성 있는 서비스를 제공할 수 있다. 데이터 셀 이외의 실시간 트래픽은 지연과 지연 변이를 보장해 주어야 하므로,

회선 스위칭을 수행하여야 하며, 회선 스위치에 트래픽 양이 많아 과부하 상태일 때는 OBNC(On-Board Network Controller)로부터 스위칭 망 상태 정보를 스위치 제어기에 통보하고, 스위치 제어기는 트래픽 분량자로 하여금 실시간 서비스 트래픽을 고속 패킷 스위치로 분산시킬 수 있다. 이렇게 함으로써 스위칭 지연을 최소화할 수 있다.

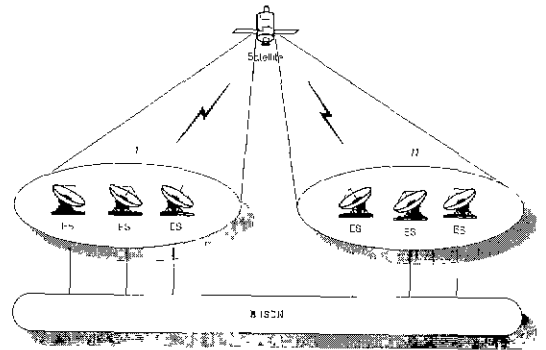
본 논문에서 설계한 OBP 탑재 스위칭 구조는 (그림 2)와 같다.



(그림 2) OBP탑재 중계망 스위치 구조

### 3.2 가정사항

위성 B-ISDN에서는 지상 36,000km 상공에 있는 위성과의 통신하기 때문에, 양 증단간에서 위성까지의 거리를 고려한 지연 시간이 가장 큰 문제점으로 볼 수 있다. 따라서 본 논문에서는 설계된 스위치의 성능을 평가하기 위해 주로 종단간 지연을 평가하였으며, 기저대역 스위치의 하나인 회선 스위칭에 대한 성능 분석을 행하였다. 본 연구에서 고려하는 OBP 탑재 위성망 모델은 (그림 4)와 같으며, 가정사항은 다음과 같다.



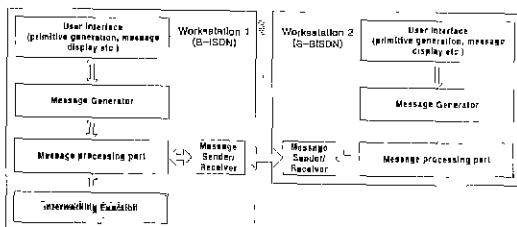
(그림 4) OBP 탑재 위성망 모델

## 3. 성능평가

### 3.1 시험 모델의 구성

중계망 구조를 평가하기 위해 두 대의 워크스테이션을 사용하였고, 구현 언어로는 UNIX C를 이용하였다. 워크스테이션 ①은 B-ISDN의 NNI에 해당하는 부분으로서, 주소는 192.9.61.213이며, 주소가 192.9.61.248인 워크스테이션 ②는 위성 B-ISDN의 NNI에 해당한다. 워크스테이션 ②의 위성 B-ISDN NNI 프로토콜은 항상 데몬으로 백그라운드에서 실행된다.

(그림 3)에 전체 시스템의 구성도를 나타내었다.



(그림 3) 전체 시스템 구성도

- 전체 커버리지 영역은 N 개의 지리적으로 서로 다른 스폿 빔으로 나누며, 이것은 상향링크 시 주파수 재사용을 가능하게 한다.
- 위성은 위성탑재 기저대역 신호 처리와 스위칭 기능을 가지고 있다.
- 하향링크 전송을 기다리는 패킷들을 위해 위성탑재 스위치에는 무한대의 출력 버퍼가 제공된다.
- N 개의 수신기와 N 개의 중계기(Transponder)가 위성에 있으며, 최대한 하나의 중계기는 동일한 시간에 동일 지역만을 서비스할 수 있다.
- 위성탑재 스위치에 들어온 각 패킷은 출력 목적지로서 N 개의 스폿 빔 중 임의의 하나를 선택할 확률은 모두 동일하다.
- FIFO 원리로 패킷을 전송한다.
- 각 지구국에 도착하는 패킷들은 초당 패킷의 수가  $\beta$ 인 포아송 프로세스를 따른다.

제안된 OBP 탑재 위성망에 대한 전체 종단간 지연은,

$$T(\text{종단간지연}) = (T_{\text{uplink}} - 130\text{ms}) + T_{\text{baseband}} + 130\text{ms} \\ = T_{\text{uplink}} + T_{\text{baseband}} + 2 \times 130\text{ms}$$

- Tuplink : 각 지구국에 패킷이 도착한 순간부터 상향링크 채널로 전송될 때까지 걸리는 시간
- Tbaseband : 위성탑재 스위치로 패킷이 도착한 순간부터 하향링크 채널로 전송되는 순간까지 걸리는 시간
- 상향링크 처리 능력과 하향링크 처리 능력은 스위치의 기술의 발달에 따라 거의 없는 것으로 간주하며 하향링크에서 처리되는 지연 시간은 상향링크에서 처리되는 지연시간의 20%가 더 걸린다고 가정한다.

### 3.3 상향링크에 대한 성능평가

상향링크 액세스 프로토콜은 TDMA이고, 시간을 고정길이의 프레임으로 분리하였으려, 각 프레임은 주기  $\tau$ 를 갖는  $N_s$  슬롯을 포함한다고 가정하고, M/G/1 큐잉 시스템에서 주로 사용되는 패킷 출발 시간을 이용한다.

임의의 지구국에서 목적지 수신기까지 패킷을 전송하는데 걸리는 전체 지연은 다음을 고려한다.

- 패킷 전송 시간 :  $\tau$
- 지구국 버퍼에서의 큐잉 지연
- 슬롯 동기화 지연

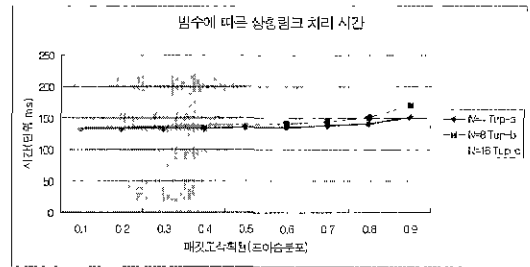
포아송 프로세스 도착에 대한 슬롯 동기화 지연의 평균값은 프레임 시간의 반인  $N_s \tau / 2$ 로 가정하고, 큐잉 지연의 평균값을 평가하기 위해 각 지구국은 평균 도착 비율이  $\beta$ 인 서로 독립된 M/D/1 큐잉 시스템으로 모델링 할 수 있다. 따라서 상향링크의 평균 지연은  $\tau$ 에 관하여 정규화된 함수로서 아래 식과 같으며, 시뮬레이션 결과는 (그림 5)의 같다.

$$T_L = 1 + \frac{N_s}{2} + \frac{\beta \tau N_s N_s}{2(1 - \beta \tau N_s)}$$

$$= 1 + \frac{N_s}{2} + \frac{\Gamma N_s}{2(1 - \Gamma)}$$

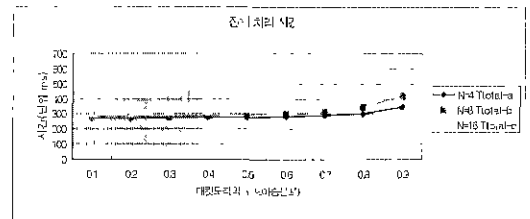
(단,  $\beta$ 는 포아송 분포임,  $\beta = e^{-\rho} \rho^{\lambda/\mu}$ )

빔 수에 따른 상향링크 처리 시간에 대한 성능 평가에서 N의 수를 4, 8, 16으로 구분하였으며, N의 수에 따른 상향링크 시 처리시간에는 큰 차이가 없었다. 그 그래프에서 N이 4, 8일 경우, OBP 탑재 스위치로 패킷을 전송하는 데 소요되는 시간은 패킷 도착 확률이 어느 정도 비례하지만, 패킷 도착 확률이 0.8 이상일 경



(그림 5) 빔수에 따른 상향링크 지연 시간

우에는 처리 시간이 다소 길어짐을 알 수 있다. 하지만 N이 16일 경우에는 패킷 도착 확률이 0.8 이상이면 처리 시간이 급격하게 증가하기 때문에 다소 성능의 저하가 발생할 수 있다



(그림 6) 종단간 전체 지연에 대한 성능 분석

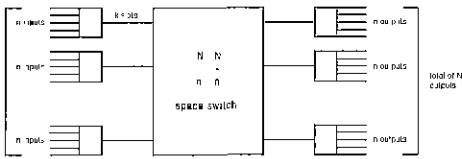
전체 지연 시간에 대한 성능 평가는 기지내역 스위칭인 회선 스위칭과 고속 패킷 스위칭에 따라 약간의 차이는 있지만, 상향링크 시 지구국에서 소요되는 시간의 약 20%가 더 필요하다고 가정하고 평가하였다

성능 평가에 대한 분석을 하기에 앞서 다음과 같은 기본적인 사항을 살펴보면, "현재의 음성 및 비디오와 같은 서비스에서는 전파 지연과 처리 지연을 합해 300~350ms를 넘지 않도록 권유하고 있다 특히 ATM 서비스 중 실시간 서비스를 위해 위성망의 지연은 최소로 유지되어야 한다"를 기본 평가 기준으로 고려될 경우, 실시간 서비스인 음성 및 비디오 서비스는 전체 처리 시간이 350 ms를 넘어서는 안 된다. 위 그래프에서 N이 4, 8일 때는 패킷 도착 확률이 0.8일 때까지 거의 비슷한 결과가 나왔지만, N이 16일 경우에는 패킷 도착 확률이 0.6 이상이면 음성 서비스와 같은 실시간 서비스 규정사항에 위배가 됨을 알 수 있다.

3.4 기저대역 스위치 성능 평가

본 절에서는 OBP 탑재 기저대역 스위치인 회선 스위치에 대한 성능 평가를 수행하였다. 회선 스위칭에서는 실시간 서비스를 제공하여야 하기 때문에 호 블로킹과 같은 호 손실에 초점을 두었다.

(그림 7)은 시뮬레이션에서 가정하고 있는 3단계 스위치를 나타내고 있다.



(그림 7) 3단계 TST 스위치

(그림 7)에서 시간 슬롯 스위치의  $n$  개의 입력들 중 각각은  $k$  개의 슬롯으로 다중화 된다.  $k < n$ 인 이 스위치는 많은 입력 데이터들을 슬롯의 수가 상대적으로 적은 출력으로 집중화시키므로 블로킹이 발생할 수 있다. 공간환경의 특성으로 인해 결점을 허용하기 위한 다중분리된 공간 스위치에서 교차점의 수는  $\frac{N}{n} \times \frac{N}{n}$ 으로 줄일 수 있다. 그러나  $n$  개의 입력을  $k$  개의 슬롯으로 집중화함으로 인해 시간 스위치에서의 블로킹 확률이 증가하며, 블로킹 확률은 다음과 같이 평가될 수 있다. 입력이 busy한 확률  $P_1$ 로 평가를 시작하며, 이것은 호가 시스템에서 서비스 받은 시간의 일부를 나타내며,  $\frac{1/\mu}{(1/\mu + 1/\lambda)}$ 로 표현할 수 있다. 이것은 다시  $P_1 = \frac{\lambda}{(\mu + \lambda)}$ 로 간략화할 수 있다.

대칭성으로 인해 이것은 출력이 busy한 확률과 동일하다. 그러므로 공간 스위치의 한 쪽에서 단계간의 링크 시간 슬롯들 중 하나가 busy한 확률  $P_1$ 은

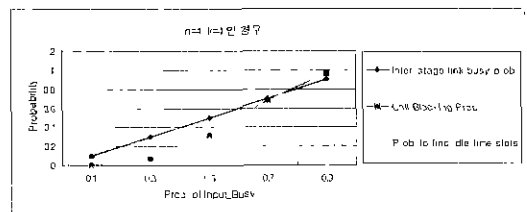
$$P_1 = P_i \times \frac{n}{k} \text{ 가 된다.}$$

호가 연속적으로 연결되기 위해 두 링크에서 빈 시간 슬롯을 찾아야 한다. 빈 시간 슬롯을 찾을 확률은  $(1-P_1)^2$  이 된다. 링크에 대한 확률이 서로 독립적이라고 가정할 경우, 호가 블로킹될 확률  $P_0$ 는 모든  $k$  슬롯들이 busy한 확률로 주어진다. 따라서,

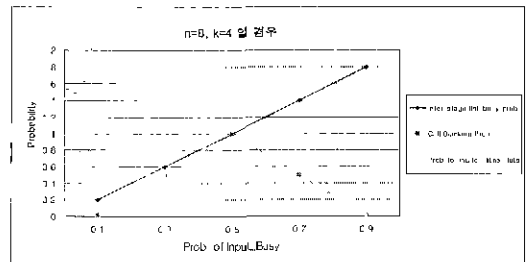
$$P_0 = (1 - (1 - P_1)^2)^k \text{ 가 된다.}$$

이 수학적 확률 함수를 이용하여 분석한 결과는 (그림 8, 9, 10)과 같다. 입력의 수  $n$ 과 다중화 슬롯  $k$ 의 수에 따른 호 블로킹 확률과 빈 시간 슬롯을 찾을 확률 그리고 각 단계간의 링크가 busy한 확률을 나타내었다.

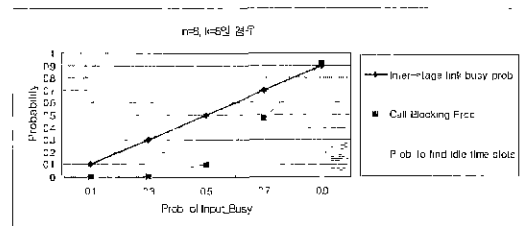
$n=4, k=4$  혹은  $n=8, k=8$  일 경우, 입력이 busy한 확률이 증가함에 따라 호 블로킹 확률은 거의 불규칙적으로 지수분포를 따르고, 각 단계 사이의 링크가 busy한 확률은 비례한다. 그러나,  $n=8, k=4$  일 경우, 입력이 busy한 확률이 증가함에 따라(0.5이상) 호 블로킹에 대한 결과가 잘못 됨을 알 수 있는데, 이는 실시간 트래픽을 처리하는 회선 스위칭에서 입력의 수  $n$ 이 출력 슬롯의 수  $k$ 보다 크기 때문에 발생하는 오동작임을 암시한다. 따라서 회선 스위치를 구성할 때 입력 확률을 고려하여  $n$ 과  $k$ 의 수를 결정하여야 한다.



(그림 8) 패킷 도달 확률에 따른 회선 스위칭 성능 분석( $n=4, k=4$ )



(그림 9) 패킷 도달 확률에 따른 회선 스위칭 성능 분석( $n=8, k=4$ )



(그림 10) 패킷 도달 확률에 따른 회선 스위칭 성능 분석( $n=8, k=8$ )

회선 스위칭에 대한 블로킹 확률은 Jacobaeus의 조합 방법을 사용함으로써 더욱 정확하게 구할 수 있다. 호 손실 확률에 대한 성능 분석에 있어서 링크가 busy하다는 조건부 확률을 바탕으로 수학적 확률 함수를 유도하였다.

$$P_L = \sum_{l=0}^k H(k-l) \cdot G(l)$$

여기서  $G(l)$ 은 세 번째 단계의 시간 스위치에서 중단되는  $k$  개의 링크들 중 임의의  $l$  개가 busy한 확률이며,  $H(k-l)$ 은 첫 번째 단계를 연결하는 나머지  $k-l$  개의 링크들 역시 busy한 확률을 나타낸다 만약 링크가 임의적으로 선택된다면,

$$H(k-l) = \sum_{x=k-l}^k J(x) \frac{D(k-l, x)}{C(k, x)}$$

여기서  $J(x)$ 는 첫 번째 단계를 연결하는  $x$  개의 링크가 busy한 확률이며,  $C(k, x)$ 는 첫 번째 단계에서 전체  $k$  개의 링크들로부터  $x$  개의 링크가 선택될 수 있는 방법의 수를 말한다.  $D(k-l, x)$ 는  $x-(k-l)$ 개의 링크가 나머지 이용 가능한  $k-(k-l)$ 개의 링크로부터 선택될 수 있는 방법의 수를 나타낸다. 따라서,  $C(k, x)$  대  $D(k-l, x)$ 의 비율은 "첫 번째 단계에서  $x$ 개의 링크가 busy하면, 마지막 단계에서의 나머지 링크들 또한 busy하다" 라는 조건부 확률을 나타내며, 다음 바로 위의 식과 같다.

$D(k-l, x)$ 는 아래 식과 같이 유도되므로,

$$D(k-l, x) = \binom{l}{x-k+l} = \frac{l!}{(x-k+l)!(k-x)!}$$

비율은 다음과 같이 간략화된다.

$$\frac{D(k-l, x)}{C(k, x)} = \frac{l!x!}{k!(x-k+l)!}$$

그리고 마지막으로  $J(x)$ 와  $G(l)$ 에 대한 적절한 분포를 선택하는 것 즉, 첫 번째와 마지막 단계에서 링크가 busy한 확률을 선택하는 것이다.

예로서,  $J(x)$ 가 이항분포이고  $G(l)$ 이 Erlang 분포라고 가정하면,

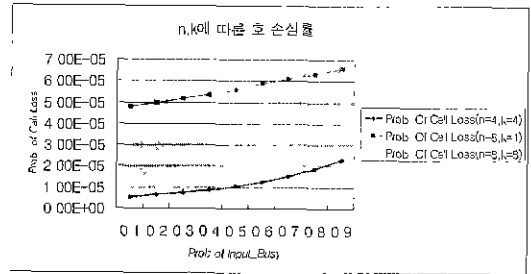
$$H(k-l) = \sum_{x=k-l}^k \frac{x!}{x!(n-x)!} P_1^x (1-P_1)^{n-x} \frac{l!x!}{k!(x-k+l)!}$$

이 식은 다음과 같이 간략화된다.

$$H(k-l) = \frac{l!n!}{k!(n-k+l)!} P_1^l$$

따라서, 확률  $P_L$ 은 다음과 같다.

$$P_L = \sum_{l=0}^k \frac{k!(n-k+l)!}{l!n!} P_1^l E_l(\rho)$$



(그림 11) Jacobaeus방법을 사용한 회선 스위칭 블로킹 확률

(그림 11)에서  $n$ 개의 입력과  $k$ 개의 출력 슬롯을 가정하였을 경우,  $n$ 과  $k$ 가 같을 경우 호 손실률은 큰 차이가 없으나, 입력의 수  $n$  보다 출력 슬롯의 수  $k$ 가 작을 경우 출력 부분에서 큐잉 문제로 인한 호 손실 발생 확률이 다소 높음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

최근 국내에서는 무궁화 위성 발사를 계기로 본격적인 위성 통신 시대가 개막되었으며, 이미 선진 외국에서는 이러한 위성망의 중요성을 인식하고 정책적으로 연구 및 개발을 활성화하고 있다. 그러나 위성망의 활성화로 인하여 전세계적으로 위성의 수가 크게 증가하게 되었으며, 이에 따른 위성케도 부족과 주파수 자원 고갈 등의 문제를 야기시켰다. 이에 본 논문에서는 현존 SDH 기반 위성 B-ISDN 중계망을 바탕으로 차세대 초고속 위성 통신망 구축에 필요한 위성탐제 기술을 분석하여, 이에 적합한 위성 중계망 구조를 설계하고, 성능 분석하였다.

성능 분석은 위성 B-ISDN에서 가장 큰 이슈인 양 종단간에서 위성까지의 거리를 고려한 종단간 지연 시간을 평가하였으며, 기저대역 스위치의 하나인 회선 스위칭에 대한 성능 분석으로 호 블로킹과 같은 호 손

설에 초점을 두었다 종단간의 지인 시간을 평가한 결과 입력 슬롯 N이 4,8일 때는 페킷 도착 확률이 0.8일 때까지 거의 비슷한 결과가 나왔지만, N이 16일 경우에는 페킷 도착 확률이 0.6이상이면 음성 서비스와 같은 실시간 서비스 규강 사항에 위배되는 것을 알 수 있었다. 기지대역 스위치 성능 평가에서는 n개의 입력과 k개의 출력 슬롯을 가정하였을 경우, n=k일때는 호 손실률은 큰 차이가 없으나, n보다 k가 작을 경우 출력 부분에 큐잉 문제로 인한 호 손실 발생 확률이 다소 높음을 알 수 있었다.

본 논문에서 도출된 위성탐계 신호처리 시스템에 대한 기술분석과 중계망 구조는 향후 차세대 OBP 시스템에 대한 상위레벨 설계에 직접 활용할 수 있으며, 선진 각국에서 개발, 실용화 초기 단계인 위성신호처리 기술 분석을 통하여 멀티미디어 등 광대역 서비스 제공이 가능한 초고속 위성망 구성에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

[1] ITU-T Q.768 (Signalling Interface between ISC and ISDN Satellite Subnetwork).

[2] ITU-RS.1149(Network Architecture and Equipment Functional Aspects of Digital Satellite Systems In The Fixed-Satellite Service Forming Part of Synchronous Digital Hierarchy Transport Networks.

[3] ITU-T G.803 (Architecture of SDH transport networks).

[4] Jun Huang, ThoLe-Ngoc and Jeremiah F Hayes, "Broadband SATCOM System For Multimedia Services." pp.906-910, 1996.

[5] Toru Otsu, Masahiro Umehira, Masafumi Onuku, and Hiroshi Nakashima, "An Advanced Satellite Communication System For ISDN Subscriber And Trunk Applications-DYANET II," pp.175-184, AIAA, 1992.

[6] Dattakumar M.Chitre, W.Sian Oei, "Architecture for

INTELSAT Communication Systems in the ISDN era." COMSAT Technical Review Vol.23, No.1, Spring 1993.

[7] S.J. Campanella, B Pontano, H. Chalmers. "Future switching satellites," 12th AIAA, International Communications Satellite Systems Conference, Arlington, pp.264-273, 1988.

[8] A. Galaurchi, et al. "Design and Characteristics of the ulubeam antennas pointing system," RIVISTA TECHNICA SELENI, Vol.3, No.4 pp 214-228. 1990.

[9] T. Inukai, D J Shyyt, "On-Board Architecture for satellite B-ISDN Services," COMSAT, NASW-4528.

[10] 박석천, 박인갑, "위성 B-ISDN 중계망 신호 프로토콜에 관한 연구". 한국전자통신연구소, 1997.2.

[11] ETRI. "위성 B-ISDN에서의 QoS 특성 및 트래픽 특성에 관한 연구", 1997.3

[12] 이성창, 한치문, "ATM 신호 기술 및 스위치 네트워크 구성," 전자공학회지, 제19권, 제8호, 1992.8.

[13] Gary N.Higginbottom, "Performance Evaluation of Communication Networks," Artech House Pub pp.303-320.

[14] 김제린. "컴퓨터 시뮬레이션", 박영사, pp.110-132



### 박 석 천

e-mail separk@mail.kyungwon.ac.kr  
 1977년 고려대학교 전자공학과 (공학사)  
 1982년 고려대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
 1989년 고려대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

1979년~1985년 금성통신연구소 선임연구원  
 1991년~1992년 University of California, Irvine Post Doc.  
 1988년~현재 경원대학교 전자계산학과 교수  
 관심분야: 위성 통신, B-ISDN 시그널링, 무선 ATM, 멀티미디어 통신