

# On Board Processing 기술로 Ka-band 를 이용하는 위성 중계망 및 다중 접속 프로토콜의 설계 및 성능분석

박효준<sup>0</sup>, 안기석, 홍상기, 정노선, 강철진  
한남대학교 전자공학과 통신망 연구실

## A Design and Performance Analysis of Multiple Access Protocol for Satellite Transport Network Using Ka-band with On Board Processing Technology

Hyo-Jun Park<sup>0</sup>, Ki-Seok Ahn, Sang-Kee Hong, No-Seon Jung, and Cheoul-Shin Kang  
Electronic Engineering Department, Hannam University  
ckang@eve.hannam.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 Ka-band 를 On Board Processing 기술로 이용하는 위성 B-ISDN 중계망을 설계하였다. 지상망과의 연동을 위해 SDH 접속/관리, SSOH 처리 방안 등에 대하여 기술하였다. 그리고 설계된 위성중계망의 성능을 분석하기 위하여 SLAM II 를 사용하여 시뮬레이터를 구성하였다. 시뮬레이션 연구는 한국 실정을 고려한 Population-Distance-Gross group Product(PDG) 트래픽 모델에 의한 트래픽 값을 적용하였다 그리고 시뮬레이션 연구 결과를 이용하여 제안된 위성 중계망과 다중 접속 프로토콜의 성능 특성을 고찰하였다

### 1. 서 론

위성 통신망이 가지는 광역성, 동보성, 망구성의 융통성, 설치의 신속성 등의 장점으로 인하여 위성의 수가 증가함에 따라 위성케도가 부족해지고, 주파수 자원이 고갈되어 가고 있는 상황에서 통신위성의 성능과 효율성을 향상시킬 수 있는 위성탐계 신호처리(OBP, On-Board Processing) 기술이 등장하게 되었다.

OBP 기술은 기존 위성 통신 탐계장치의 수동적인 중계기능 이외에 복조/재변조, 부호/복호화 및 오류 정정, 중계기 및 빔간의 상호 연결/절제 등의 기능이 있어서 통신 품질 향상, 통신링크 전송효율 개선, 전송용량 증대 등의 장점을 갖는 중요한 차세대 위성 중계기술이다 따라서 향후의 위성 B-ISDN 중계망과 지상망의 효율적인 연동을 위하여, 광범위한 매체에서 사용되고 있는 SDH 전송 기술에 기초한 전송 방법이 사용되어야 할 것으로 사려된다. 본 논문에서는 SDH 전송 기술에 기초한 위성 OBP B-ISDN 중계망의 구조를 고찰하고, 국내 B-ISDN 위성 중계망에 적용할 수 있는 TDMA 다중 접속 프로토콜을 제안하였다 또한 제안된 프로토콜의 특성 분석을 위하여 우리나라 환경에 맞는 트래픽 모델을 적용하여 시뮬레이션을 통하여 성능 특성을 고찰 하였다.

### 2. 위성 B-ISDN 중계망의 구조

위성 중계망은 위성 중계기를 중심으로 중계 지구국들로 이루어진 통신망으로 구성된다 지상 중계 지구국은 전국의 5대 광역의 중심도시 노드들(서울권, 대전권, 대구권, 부산권, 광주권)을 연결하는 구조로 구성되어 있는 것으로, 그리고

제주도권은 광주 지구국에 연결되어 있는 것으로 가정하였다 중계 지구국은 시외 primary center 이상에 접속되어 있는 것으로 가정하였다.

그림 1은 위성 중계망에 관한 개념도이며, 155.52 Mbps로 동작되는 것으로 가정하였다.

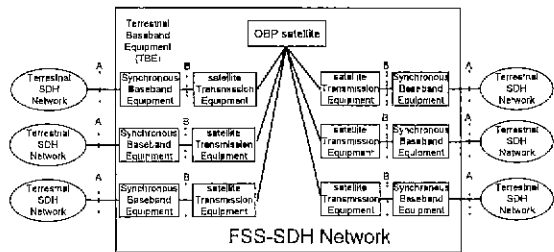


그림 1. SDH 접속 위성 중계망의 개념도

위성 중계망의 지상망 접속 구조는 Cell 기반 혹은 SDH기반으로 생각할 수 있으나 SDH기반의 지상망 장비들이 폭 넓게 사용되고 있는 점을 고려하여, SDH기반 구조를 가지는 것이 장비의 개방성 및 지상시스템과의 호환성, 위성 자원 이용의 효율성 개선 등 시스템 운영 관점 및 기술적인 면에서 장점을 갖는다

ITU-T SDH 권고안들은 NNI(Network Node Interface)에서 155.52Mbps보다 낮은 전송속도를 허용하지 않는다 그러므로 대역폭이 제한된 위성 중계망을 수용하기 위해서는 Sub-STM으로 분해하여 기능적으로 SDH를 수용할 수 있어야 한다 위성망의 형태는 한개의 정지궤도 위성을 통하여 모든 지구국들이 연결되는 star형 위성망 구조로 한다. 제한된 전송출력을 효과적으로 사용하기 위해서 상향링크와 하향링크를 다중빔으로 설치한다 다중빔을 사용할 경우,

본 논문은 한국학술진흥재단(1997-001-E00355)의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다

상향링크와 하향링크 사이에 경로를 설정해 주어야 하기 때문에 위성체 내에 교환장치가 있어야 한다.

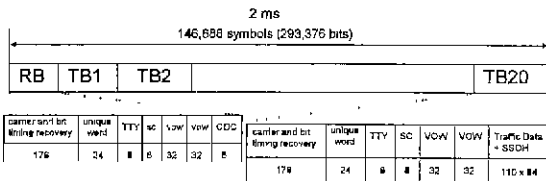
위성 빔을 8개의 spot beam으로 나누어, 우리나라 전역 파란주 일부를 서비스 범위로 할 수 있으나, 본 논문에서는 남한만을 서비스 지역으로 설정하고 5개의 광역 그룹에 8개의 spot beam을 트래픽에 의해 불균등적으로 할당하였다. 각각의 spot beam 내에는 4개의 지구국이 있는 것으로 하였다.

하나의 spot beam의 전송속도는 155Mbps로 설정하였다. 상향링크와 하향링크 각각 같은 전송속도를 가지는 것으로 하여 상향링크는 TDMA로 다중접속을 하고 하향링크는 TDM 방식으로 수신하는 것으로 하였다. 위성중계망의 총 대역폭은 상하향 각각 155Mbps x 8 spot beam = 1.24Gbps의 대역폭이 사용 가능한 것으로 가정하였다 [1]

3. 한국실정에 맞는 다중접속 프로토콜의 설계

각 지구국에서는 지상망을 통하여 위성망으로 전달되는 트래픽의 종류에 따라 VC-2 혹은 VC-12에 ATM 셀을 매핑하여 전송하게 된다. 수신 지구국에서는 수신 버스트로부터 VC-12, VC-2의 페이로드에 들어 있는 ATM 셀의 VCI(혹은 VCI/VPI)를 읽어 수신 지구국에 해당하는 ATM 셀들을 다시 조합하여 지상망을 통하여 전송한다.

위성 구간의 Sub-STM-1 데이터는 STUG-21와 SSOH로 구성된다. Sub-STM-1 구조에서는 매 125 msec마다 한 개의 STUG-21 데이터(12 bytes x 9 rows)를 전송하게 되는데, 각 데이터 유니트는 2 바이트의 SSOH가 추가된다. 그리고 16개의 데이터 유니트는 한 개의 슈퍼프레임 (superframe)을 형성하게 되며, 슈퍼 프레임 내의 SSOH를 이용하여 위성체 및 지구국간의 제어 메시지, 호설정, 신호 메시지 등을 전달하게 된다 슈퍼 프레임을 형성하는 각 지구국의 STUG-21 데이터의 페이로드에 ATM 셀이 매핑되어 전송된다.



RB Reference burst from station 1  
 TB Traffic burst from station 1  
 unique word Special bit pattern in the preamble for synchronization  
 SC Service Channel which contains alarms and network management information  
 CDC Control and Delay channel which contains delay info for synchronizing the transmit burst  
 TTY, VOW Telegraphy and telephony order wires for inter-station communication

그림 2 위성 프레임의 구조

그림 2에서 설명된 바와 같이, 한 프레임 내에 있는 20개의 트래픽 버스트 중에서 5개의 트래픽 버스트가 하나의 지구국에 할당된다. 각 지구국에서는 6.912Mbps의 STUG-21 데이터 5개를 송신할 수 있다.

4. 한국실정에 맞는 트래픽 모델링 및 위성중계망의 최적 구조 설계

본 논문에서는 위성 B-ISDN의 중계망의 모델을 설정하기 위해, 전국을 인구 분포 및 거리에 의해 5개의 광역 그룹으로 분류하고, 각 그룹 내에 프라이머리급 B-ISDN 지구국들이 산재해 있는 것으로 가정하였다.

본 논문에서 적용한 PDG(Population Distance Gross group product) 트래픽 모델[2]은 5개 광역 그룹의 인구(표 1 참조)와 광역 중계국간의 거리 그리고 각 광역 그룹의 1인당 생산액을

상대 지수로 환산한 G-Factor(표 1 참조)를 적용한 트래픽 모델이다. 본 논문에서는 PDG 트래픽 모델링 기법에 의해 얻어진 결과를 근거로 하여 전국 5개의 광역 그룹에 지구국을 불균등 분포로 배치 하였다.

표 1 주요 그룹별 인구수와 G Factor[3]

그룹	인구수	G Factor
서울권	20,445,231	1.000
대전권	4,505,365	0.898
대구권	5,222,691	0.862
부산권	7,814,249	1.012
광주권	5,089,145	1.028

PDG 트래픽은 표 1의 인구수와 G Factor를 다음의 식 (1)에 대입하여 PDG 트래픽을 산출한다.

$$T_{i,j} = k \frac{P_i P_j G_i G_j}{Dist_{i,j}} \quad (1)$$

위의 식에서  $T_{i,j}$ 는 수신노드와 송신노드간의 트래픽이다.  $P_i$ 와  $P_j$ 는 송수신 노드 각각의 인구수이다.  $G_i$ 와  $G_j$ 는 송수신 노드 각각의 그룹별 G-Factor이다.  $Dist_{i,j}$ 는 송수신 노드간의 거리이다. 그리고  $k$ 는 적절한 트래픽 상수이다. 본 논문에서는  $k$ 의 값으로 70을 사용하였다.

본 연구에서는 식 (1)에서 계산된 트래픽을 근거로 하여 각각의 빔의 개수를 표 2와 같이 불균등분포로 할당하였으며, 각 빔당 4개의 지구국을 제공하는 것으로 가정하였다. 표 2와 표 3에서 보이는 것과 같이 같은 지구국에서 상향링크와 하향링크의 트래픽 비율이 다르기 때문에 트래픽과 빔의 할당 용량 사이에는 어느 정도 차이가 있음을 알 수 있다.

표 2. PDG 트래픽에 의한 그룹별 상향링크 빔의 개수

그룹	PDG 트래픽 비율	그룹별 빔 수	지구국의 개수	빔의 할당비율
서울권	48.54%	3	12	37.5%
대전권	9.49%	1.25	5	15.63%
대구권	11.51%	1.25	5	15.63%
부산권	20.60%	1.25	5	15.63%
광주권	9.85%	1.25	5	15.63%
계	100.00%	8	32	100.00%

표 3. 하향링크의 트래픽 비율

그룹	그룹별 빔 수	다운링크의 트래픽비율	다운링크의 할당비율
서울권	3	12.60%	37.5%
대전권	1.25	25.08%	15.63%
대구권	1.25	24.68%	15.63%
부산권	1.25	20.77%	15.63%
광주권	1.25	16.85%	15.63%
계	8	100.00%	100.00%

5. 위성 중계망의 성능 분석을 위한 시뮬레이션

본 장에서는 OBPF 기능이 있는 위성 B-ISDN 중계망의 구조에서 사용될 수 있는 제안된 다중접속 프로토콜의 성능 분석을 위하여 시뮬레이션 모델을 설정하고 SLAM II 언어를 이용하여 시뮬레이터를 구현하였다.

5.1 시뮬레이션 모델 및 가정

위성 B-ISDN 중계망의 구조에서 평균 전달 지연 시간을

구하기 위하여 다음의 구체적인 사항들이 시뮬레이션을 위하여 설정되었다

- (1) 각 지구국에서의 트래픽 발생은 포아송 프로세스 (Poisson Process)를 따른다;
- (2) 상향링크와 하향링크에 각각 8개의 빔이 존재하며, 상향링크는 TDMA로 다중접속하고 하향링크는 TDM으로 수신한다
- (3) 위성 프레임의 시간을 2msec이며 하나의 프레임에는 20개의 트래픽 버스트가 존재한다;
- (4) 전체적인 지연시간은 전파의 전달에 소요되는 전송 지연시간 270msec와 지구국 장치에서의 신호처리에 소요되는 신호처리 지연시간 50msec, 그리고 위성체 내에서의 처리 지연시간 등을 합하여 350msec이다

위성 B-ISDN 중계망의 일차적인 관심사는 평균 전달 지연시간, 처리율, 그리고 충돌확률이다. 따라서 시뮬레이터에서는 중계망의 성능 특성을 살펴볼 수 있도록 다음의 출력값들이 결과로서 제공되도록 설계하였다.

- (1) 제안된 다중 접속 프로토콜을 사용하는 위성 B-ISDN 중계망에서의 평균 전달 지연시간;
- (2) 광역 그룹에서의 상향링크의 이용률;
- (3) 각각의 하향링크에서의 이용률;
- (4) 위성체 내에서의 충돌확률

5.2 시뮬레이션 결과 및 고찰

상기와 같은 조건으로 8개의 빔을 OBP 기술로 이용하는 위성 B-ISDN 중계망 내에 표 2와 같이 32개의 지구국이 설치된 위성 중계망을 구성하였으며, 상향링크와 하향 링크에 각각 8개씩의 빔이 존재하고, 각각의 빔에서 2msec 동안에 20개의 트래픽 버스트를 송신할 수 있는 위성 채널을 가정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 대표적인 시뮬레이션 결과들이 그림 3~그림 5에 도시되어 있다. 그림 3에서는 트래픽의 변화에 따른 평균 전달 지연 시간을 보여주고 있다 그림 4와 그림 5는 상향 링크와 하향링크의 이용률을 각각 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과로부터 다음의 사항들이 관찰되었다.

- (1) 제안된 위성 B-ISDN 중계망에서 안정상태에서는 (트래픽이 적은 경우) 트래픽의 평균 전달 지연시간이 351-352msec 정도이다. 그러나 트래픽이 증가하게 되면 평균 전달 지연 시간은 급격하게 증가하게 된다. 서울권의 경우에는 타지역이 표 3에서 보이는 바와 같이 하향링크 통화 요구량보다 빔을 적게 할당받았기 때문에 그림 4의 업링크가 포화되기 전에 다운링크의 용량이 부족하여 그림 3과 같이 빨리 포화됨을 알 수 있다.
- (2) 업링크의 경우에 서울이 요구량보다 적은 량의 빔을 할당받았기 때문에 빨리 포화됨을 알 수 있고, 다운링크의 경우에는 대전, 대구, 부산, 광주가 요구량 보다 적은 대역을 할당 받았기 때문에 빨리 포화됨을 알 수 있다. 업링크와 다운링크의 트래픽 비율이 다르게 할당되었으므로 그림 5에서 보이는 바와 같이 트래픽 요구량보다 적게 할당받은 채널에 의해서 평균전달지연 특성이 변화함을 알 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 On Board Processing 기술로 Ka-band를 이용하는 위성 B-ISDN 중계망의 구성 방안을 도출하였으며, 제안된 중계망에서 사용될 수 있는 다중접속 프로토콜을 제안하였다 또한 제안된 위성 중계망의 성능특성을 분석하기 위하여 PDG 트래픽 모델에 의하여 시뮬레이션 연구를

수행하였다.

본 연구에서 수행된 위성 중계망의 구성 방안과 다중접속 프로토콜은 우리나라에서 Ka-band를 토대로 한 위성 B-ISDN 중계망 구축시 활용될 수 있을 것이다.

7. 참고 문헌

- [1] 김덕년, 장형수, 이호경, 박석진, 정일영, 김수현, 오석용, B-ISDN 기반 위성망 기술 연구, 한국전자통신연구원 연구 보고서, pp127-144, 1997년 12월
- [2] 송영남, 박효준, 강철신, 박일중, 채창준, 서완석, 이성은, "트래픽 모델링 및 전광 WDM 전달망의 설계," '97 광자 기술학회 학술회의 논문집, Photonics Conference '97, 제주 pp. 361-362, 1997년 11월
- [3] 통계청. "한국통계연감," 통계청, 1997.

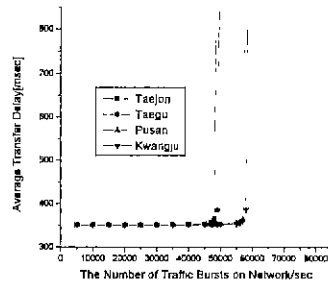


그림 3. 서울권에서의 평균 전달 지연 시간

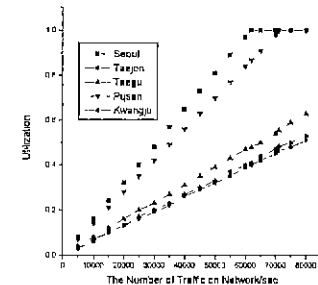


그림 4. 상향링크의 이용률

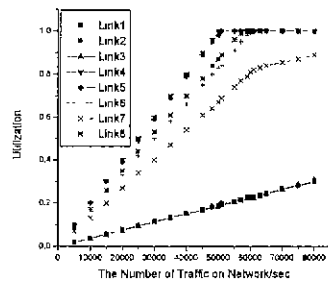


그림 5. 하향링크의 이용률