

# OBP(On-Board Processing)위성의 채널 다중 접속 방식에 대한 성능 연구

이정렬, 김덕년  
명지대학교 전자·정보통신공학부

## Performance on Channel Multiple Access for the OBP Satellite

Jung-Ryul Lee, Doug-Nyun Kim  
Dept. of Electronics · Information & Communication Engineering, Myongji university

### 요약

본 논문에서는 요구할당 다중접속 방식의 새로운 방법을 제안한다. 스팟빔 스위칭 능력과 신호처리 능력을 가진 위성체의 특정 관찰하는 하향링크 출력포트에 초점을 두어 시스템의 처리량(Throughput)과 블로킹 확률(Blocking Probability)을 요구트래픽과 채널의 서비스종료 확률에 따라 분석하였다.

### Abstract

In this paper, The new scheme for Demand Assigned Multiple Access(DAMA) system is proposed.

To focus on the onboard processor's specific monitoring of output port of the downlink, we found the Throughput and Blocking probability by the request traffic( $\lambda$ ) and channel's departure probability( $p$ ).

### I. 서론

21세기 고도 정보화 사회에서 위성통신은 현존 위성 시스템에서 주로 제공하고 있는 국가간 장거리 전화, 방송 중계 서비스 등을 포함한 대용량 디지털 멀티미디어 서비스 트래픽을 처리하여 재분배하는 고성능, 다기능 정보통신으로 발전하여야 한다.

ATM 셀 전송은 높은 전송속도를 갖는 하드웨어적인 패킷 통신이라 볼 수 있으므로 위성망을 ATM 방식과 연동하여 사용하기 위해서는 고속의 패킷 통신에 적합한 다중 접속 프로토콜의 연구 및 ATM 셀 전송과 위성패킷 교환 방식에 적합한 정합 방법의 연구가 무엇보다도 선행되어야 한다. 통신을 위한 다중 접속 프로토콜은 제한된 채널을 많은 사용자들이 공유하여 효율적으로 이용하기 위해 개발되어져 왔다. 사용자 수가 적을 경우에는 채널을 사용자의 수만큼

분리하여 고정적으로 할당하여 사용하는 고정할당 다중접속방식이 적합하다. 사용자의 수가 많아지고 전송할 데이터의 길이가 짧은 경우에는 전체채널을 모든 사용자가 경쟁적으로 접속, 전송하여 채널효율은 떨어지지만 전송지연이 짧은 방식인 랜덤 다중접속방식이 더욱 효과적이며, 전송하고자 하는 데이터 전송슬롯으로 전송하는 요구할당 다중접속 방식이 기본적인 지연은 있지만 채널효율 면에서 더욱 우수하다. 또한, 지연측면에서 우수한 랜덤 다중접속 방식과 채널효율 측면에서 우수한 다중접속 방식의 혼합된 형태인 혼합 랜덤/예약 다중접속방식이 있다.

본 논문에서는 요구할당 다중접속방식을 사용하는 패킷 위성통신에서 스팟빔 스위칭 능력과 신호처리 능력을 가진 위성체의 특정 관찰하는 하향링크 출력 포트 채널상태에 초점을 두었다.

II장에서는 다중빔 위성시스템과 다중접속 구조에 대해서 기술하고 III장에서는 수학적 분석을 하였다. IV장에서는 수학적 분석을 검증하기 위한 시뮬레이션 결과를 기술하고 마지막으로 V장에서 결론을 기술하였다.

### II. 모델

#### 2.1 다중빔 위성 시스템

이번 장에서는 패킷교환 OBP위성 다중접속 통신 시스템을 기술한다.

위성은 수동적 증계기능과 복조/변조, 부호/복호화

및 에러정정, 증계기 및 빔간 상호연결/절체등의 기능을 갖춘 재생(Regenerative) 다중 스팟빔 시스템(Multi Spot Beam System)과 비재생 (Non-regenerative) 다중스팟빔 시스템이 있다.

그림 1 는 OBP 위성교환기를 나타낸다. 여기서  $N_t$  개의 증계기는  $N_z$ 개로 나누어진 존들을 지원하며, 인접되지 않는 다른 존에서는 주파수를 재 사용할 수 있다. 증계기수( $N_t$ )는 존의 수( $N_z$ )이하로 고려할 수 있으나 본 구조는 증계기수와 존의 수가 동일한 고정 스팟빔 시스템 (Fixed Spot Beam System)을 가정하였다.

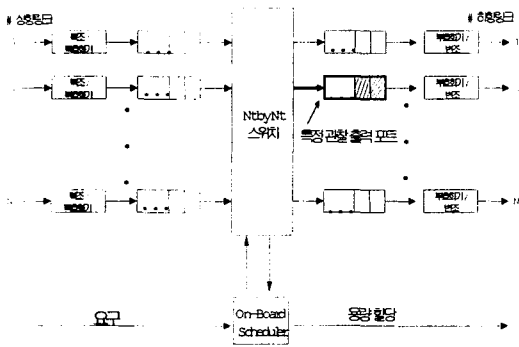


그림 1 재생 다중스팟빔 위성스위치

채널 대역폭의 극히 작은 부분만이 채널 할당정보와 요구전송을 위해 사용되며 요구 패킷들은 TDM 이나 FDM을 사용한다. 패킷의 채널 대역폭과 비교해 요구 대역폭은 무시할 정도로 작다고 가정 하고 위성으로부터 지구국에 전달되는 정보는 방송 모드로 전송하며, 그 대역폭도 무시할 정도로 작다고 가정한다.

위성은 스팟빔 스위칭 능력과 신호처리 능력을 갖춘 위성체이며, 특히 On-Board Scheduler는 요구패킷으로부터 얻은 정보를 이용하여 지구국이 채널접속을 하게 한다.

지구국에서 위성으로 전송하는 요구 패킷들은 충돌이 일어나지 않는다고 가정하며 채널시간은 연속적인 슬롯으로 나누어진다. 각 슬롯은 고정크기 패킷을 전송하기 위해 필요한 시간이다. 프레임은 여러개의 슬롯으로 구성되며 패킷전송은 프레임의 시작하는 곳에서 동기화 되어 있다. 위성에서의 요구 버퍼나 데이터 버퍼는 고려되지 않는다.

## 2.2. 다중접속 구조

요구 할당 방식은 사용자의 채널 사용 요구에 관한

명시적 제어 정보가 필요한 방식으로 제어 방식 측면에서 중앙 제어식과 분산 제어식으로 나눌 수 있다. 중앙 제어식 요구 할당 방식은 다음 채널 접속권이 어느 사용자에게 주어질 것인가를 중앙의 제어국에서 관리하는 방식이며, 분산 제어식 요구 할당 방식은 각 사용자가 모든 사용자의 요구를 감지하고, 채널 접속권의 결정을 위하여 접수된 요구사항을 근거로 알고리즘을 수행한다. 이와 같은 두 가지의 제어 방식에서 제어정보는 채널을 통해서 교환되는데, 본 논문에서는 중앙의 제어국 역할을 스팟빔 스위칭 능력과 신호처리 능력을 가진 위성체가 담당하는 중앙 제어식 구조를 갖는다. DAMA 시스템에서 채널 접속은 두 단계로 진행되는데, 첫째 지구국의 요구에 관한 정보를 담고 있는 짧은 패킷의 예약이고, 두 번째로는 실제 데이터 메시지의 전송이다. 전송할 패킷을 가진 지구국은 근원지 주소와 목적지 주소가 포함된 요구를 위성에 전송하고, 요구패킷을 수신한 위성의 On-Board Scheduler는 각 채널의 올바른 접속을 위해 스케줄 알고리즘을 수행하여 채널 할당정보를 방송모드를 통해 지구국에 알려주고 위성은 스위치를 셋업한다.

본 논문에서 위성의 각 하향링크 출력포트 채널 상태구조는 동일한 형태를 갖는다고 보고 임의의 한 특정 하향링크 출력포트를 관찰하여 분석하였다.

그림 2 에서 보는 것과 같이 임의의 특정 하향링크 출력포트를 관찰하면,  $n$ 번째 프레임에서 프레임의 총 채널 개수  $M$  개중  $k$ 개가 점유되어 있다.  $n$ 번째 프레임 마지막에서 채널 점유상태  $L$ 은  $n$ 번째 프레임 상태에서  $k-i$  개가 서비스 종료되어 채널이 유휴(idle)상태로 되고, 새로이  $L-i$  개가 점유된 상태를 말한다. 위성의 On-Board Scheduler는 임의의 특정 하향링크 출력포트로 가려는 요구를  $n+1$ 번째 프레임 시작에서 채널의 총 개수  $M$  개중  $n$ 번째 프레임 마지막 채널 상태의 차만큼 할당해 준다. 유휴(idle)채널이 요구 개수보다 작을 때는 유휴채널만큼 할당하고 나머지는 재전송을 요구한다.

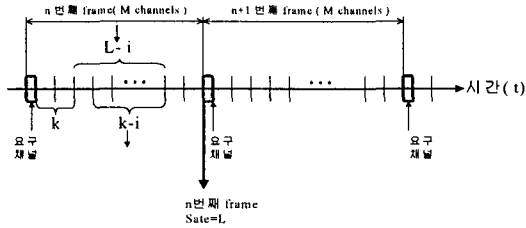


그림 2 위성에서 관찰하는 한 특정 하향링크 출력포트의 프레임 구조

본 구조를 보면 하나 이상의 근원지 존에서 하나의 목적지 존으로 패킷을 전송하거나 하나의 존에서 하나 이상의 목적지 존으로 패킷을 전송할 때 위성에 버퍼를 사용하지 않고 상/하향링크의 유휴채널을 이용해 전송할 수 있다.

### III. 성능 분석

이장에서는 위성의 채널 처리량에 관련된 패킷의 평균 전송지연을 고려한다.

알고리즘을 수학적으로 증명하기 위해 제안된 모델에서 몇 가지 기본 가정을 두었다.

- 통신지역은 스팟 빔 존으로 구분하며 각 존에서 발생하는 요구는 포아송 트래픽 분포를 갖는다. 각 존들은 동일한 트래픽 분포를 가지며 위성에서 수신되는 총 요구 트래픽도 포아송 트래픽 분포를 갖는다.
- 위성의 스위치는 nonblocking 스위치이다.
- n번째 프레임에서 채널이 서비스 종료될 확률은 Geometric 확률을 갖는다.

각 존에서 발생하는 요구 트래픽이 포아송 분포를 가지고 위성에 수신되는 전체 트래픽도 포아송 분포를 가지므로 위성에서 총  $m$ 개의 요구를 수신할 확률은

$$P[X=m] = \text{Prob}[\text{위성 OBP에 전체 요구 트래픽이 } m\text{개 있을 확률}] = \frac{\lambda^m \cdot e^{-\lambda}}{m!} \quad (1)$$

위성에 수신된 전체 요구 트래픽  $X$ 개중 임의의 관찰하는 하향링크 출력포트로 요구되는 트래픽  $Y$ 는 다음과 같다.

$$P(Y=j|X=m) = \text{Prob}[Nz\text{개의 출력포트중 특정 한 포트에 갈려야 } j\text{개 } | m\text{개의 요구}] = \binom{m}{j} \left(\frac{1}{Nz}\right)^j \left(1 - \frac{1}{Nz}\right)^{m-j} \quad (2)$$

시스템 상태  $S$ 는 프레임상에 점유 서비스되는 채널 수를 말하며 점유 서비스되는 채널이 하나도 없는 상태에서 최대 모두 점유 서비스되는 상태로 존재할 수 있다.  $D$ 는 서비스 종료되어 채널 점유가 종료된 유휴 채널 수를 말한다. 프레임 내 점유서비스 되는  $k$  채널 중 다음 프레임에서 서비스 종료되어 유휴채널로 되는 개수  $l$ 은 binomial 확률로써 구할 수 있다.

$$P[D=l|S=k] = \binom{k}{l} p^l (1-p)^{k-l} \quad (3)$$

여기서  $p$ 는 각 서비스 채널에서 서비스가 종료될 확률을 말하며 Geometric 분포를 갖는다.

따라서 그림 2에서 n번째 프레임 마지막에서의 상태가  $L$ 일 확률은

$$P[S=L] = \sum_{i=0}^L \sum_{k=i}^M P_k \cdot P[D=k-i|S=k] \cdot P[Z=L-i|D=k-i, S=k] \quad (4)$$

윗 식의 우변 첫 번째 항은 시스템 상태가  $i$ 일 확률을 말하며, 두 번째 항은 식 (3)을 통해 구할 수 있다. 마지막 항에서  $Z$ 는 새로 할당된 채널 수를 말하고, 시스템 상태  $k$ 에서  $k-i$ 가 서비스 종료되고 새로이  $L-i$ 가 할당될 확률을 구한다. 시스템 상태  $k$ 에서  $k-i$ 가 서비스 종료되면 시스템은  $k-(k-i)=i$ 개가 서비스 받고 있는 상태가 된다. 따라서 새로  $L-i$ 개는  $M-i$ 개가 서비스 가능한 상태에서 할당받을 수 있게 된다.

만일  $L-i$ 개가  $M-i$ 보다 작을 때에는  $L-i$ 개 모두 할당받을 수 있게 되나  $L-i$ 개가  $M-i$ 와 같다면  $M-i$ 개가 할당받게 된다.

$$P[Z=L-i|D=k-i, S=k] = \begin{cases} \sum_{m=j}^{\infty} P(X=m) \cdot P(Y=j|X=m) & \text{if } (L-i < M-i) \\ \sum_{j=M-i}^{\infty} \sum_{m=j}^{\infty} P(X=m) \cdot P(Y=j|X=m) & \text{if } (L-i = M-i) \end{cases} \quad (5)$$

시스템 상태 확률  $P[S=L]$ 의 평균을 구하면 시스템의 처리량을 구할 수 있다.

$$\text{처리량 (Throughput)} = \sum_{j=1}^M j \cdot P[S=j] \quad (6)$$

시스템의 블로킹 확률은 관찰 특정포트로 가려는 요

구가 유희채널 개수 이상일 때 발생하므로 그 확률은 다음과 같이 됨을 알 수 있다.

$$P_B = P[S=M] + \sum_{L=0}^{M-1} \sum_{j=M-L+1}^{\infty} P(S=L) \cdot P(Y=j) \cdot \left( j - \left( \frac{M-L}{j} \right) \right) \quad (7)$$

IV. 시뮬레이션 결과

이전 장에서 논의된 내용을 요구 트래픽 파라미터 (λ)의 함수로써 시뮬레이션을 수행하였다. 전체 존의 개수 Nz는 5로 두었고, 한 프레임의 총 채널 개수 M은 각각 3일 때, 5일 때를 고려하였다. 특정 관찰 하향링크 한 출력포트의 프레임 채널상태가 다음 프레임 채널상태로 천이될 때 채널의 서비스 종료될 확률 (Departure Probability) p를 0.1과 0.9일 때 분석하였다

그림 3은 요구트래픽 λ에 따른 처리량 (Throughput) 곡선을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 서비스 종료확률이 낮을수록 일정 처리량이 빠르게 도달함을 알 수 있다.

그림 4는 위성의 하향링크의 유희채널을 할당받지 못하는 블록킹확률을 요구트래픽 λ의 함수로 나타내었다. 여기서 유희채널을 할당받지 못하고 모두 재전송 되는 경우, 수용할 수 있는 요구 트래픽은 채널 점유종료 확률 p가 높을수록 많아지게 됨을 알 수 있다.

V. 결론

분석결과 채널의 점유 종료확률 p가 낮을수록 처리량은 크게 나타나며, 블록킹확률은 높게 나타남을 알 수 있다. 따라서 동일한 처리량과 블록킹에 도달할 때 수용할 수 있는 요구는 채널의 점유종료 확률 p가 증가함에 따라 증가한다는 것을 알 수 있다.

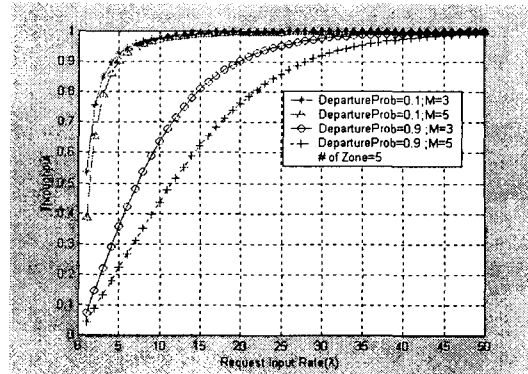


그림 3 요구트래픽 대 처리량(throughput)

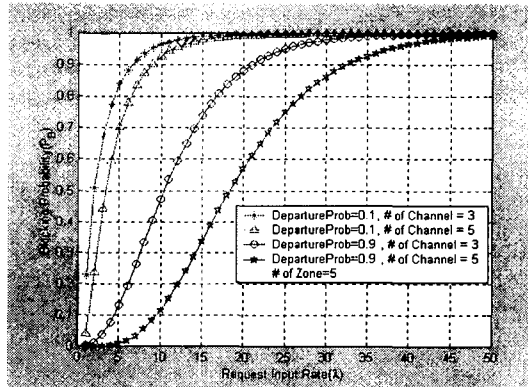


그림 4 요구트래픽 대 블록킹 확률

참고 문헌

- (1) H. W. Lee and J. W. Mark, "Channel random/reservation access for packet switched transmission over a satellite with on-board process -ing-Part II: Multibeam Satellite", IEEE Trans. Commun., vol. com-32, no. 10, October 1984.
- (2) D. N. Kim and J. M. Kim, "Performance on the Beam-switched demand assigned multiple access for the packet satellite communication", Electronics and Telecommunications Research Institute, March 1989.
- (3) 박경섭, 김백현, 황인관 " 위성통신 시스템에서 다중 접속 방식의 비교", 한국통신학회지, 제 14권 제 7호 1997년 7월