

# LOBS 네트워크를 위한 패킷 레이블의 RF 코딩 방법

준회원 김 한 상\*, 정회원 이 명 문\*, 최 영 우\*\*, 홍 현 하\*\*, 김 해 근\*\*, 박 진 우\*

## A packet label coding scheme by RF carriers for LOBS networks

Hansang Kim\*, Myungmoon Lee\*, Youngwoo Choi\*\*, Hyunha Hong\*\*, HaeGeun Kim\*\*,  
Jinwoo Park\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 labeled optical burst switching (LOBS) 네트워크의 제어 패킷의 정보를 나타내는 레이블(label) 중에 고속 처리가 필요한 정보를 RF 캐리어로 표시하여 고속의 버스트 스위칭을 가능케 하는 레이블 코딩 방식과 OBS 노드의 제어 방식을 제안하였다. 제안된 레이블 코딩 방식에서는 중간 노드에서 실시간 처리를 필요로 하는 경로 라우팅과 QoS 지원 등과 같이 패킷 처리의 우선순위를 나타내는 레이블을 수 개의 RF 캐리어와 그들의 물리적인 파라미터로 표현하였다. 이로써, 중간 노드에서 레이블 처리시간을 현격히 줄일 수 있으므로 옵셋타임의 감소를 가져오고 결과적으로 빠른 버스트 교환을 가능케 한다. 제안된 레이블 코딩 방식을 적용한 OBS 시스템의 제어 방식과 시스템 구조를 제시하였고 시뮬레이션과 실험을 통해 구현된 제어 패킷의 형상을 보임으로써 제안한 방식의 효용성을 입증하였다.

### ABSTRACT

We propose a new packet label coding scheme and a control method in the OBS(Optical Burst Switching) nodes for labeled OBS networks. The labels carrying real-time information of the control packet are coded by RF carriers, which guarantees fast burst switching process in the OBS nodes. In the proposed scheme, the labels for fundamental functionalities of OBS which requires priority-based processing, such as path routing and the QoS services, are represented by some RF carriers and their physical parameters. Thereby, the label processing time at intermediate nodes can be minimized resulting to a reduction of offset time and consequently fast burst switching. An OBS system control method and a system structure suitable to the proposed label coding scheme are proposed. The proposed scheme is also demonstrated by computer simulation and experiment to prove its effectiveness.

### 1. 서 론

최근 광대역폭을 요구하는 인터넷, 디지털 비디오 및 대용량 데이터 파일 전송 등의 서비스의 증가에 따라 급증하는 원거리 통신 트래픽의 요구량을 수용하기 위하여 파장분할 다중화(WDM) 기술을 기반으로 한 광 패킷 교환 네트워크에 대한 연구가 활발히 진행되어오고 있다. 그러나, 오버헤드의 증

가, 패킷 간의 정확한 동기화 그리고 과도한 광섬유 지연선 버퍼에 의해 주로 수행되는 충돌 해결방식 등이 광 패킷 교환 네트워크를 구성하는데 있어 주된 단점으로 지적되고 있다. 또한 이러한 문제들은 패킷 내의 정보를 처리하는 데 걸리는 시간의 증가, 고속의 제어 전자회로, 주소정보를 대체하고 재삽입 하는데 필요한 전/광(E/O) 하드웨어를 복잡하게 하여 실용성을 저해하고 있다<sup>[1-3]</sup>. 최근 광 버스트 교

\* 고려대학교 전자공학과 광통신 시스템/망 연구실(khan75@korea.ac.kr), \*\* 한국전자통신연구원 네트워크 연구소 광패킷라우터팀  
논문번호 : 020203-0430, 접수일자 : 2002년 4월 30일

※ 본 연구는 한국전자통신연구원(ETRI) 및 한국정보통신대학원대학교의 광인터넷연구센터(OIRC)의 지원으로 수행되었습니다.

환 시스템이 이러한 여러 가지 광 패킷 교환 시스템의 문제를 줄이기 위한 해결책으로써 제시되었다<sup>14-51</sup>. 하지만, 제어 패킷과 데이터 패킷 간의 옵셋타임이 OBS 네트워크를 최적화하기 위해서 결정되어야만 하며, 일반적으로 OBS 시스템의 단점인 네트워크 latency와 네트워크 프로토콜의 복잡성 같은 문제점이 또한 제기되어 많은 연구를 필요로 하고 있다<sup>61</sup>.

본 논문에서는 현존하는 레이블 코딩 방식을 가지는 OBS 시스템의 문제를 최소화하기 위해서 labeled OBS 네트워크를 위한 새로운 패킷 레이블 코딩 방식을 제안하였다. 제안하는 방식에서는 패킷의 레이블을 여러 개의 RF 캐리어와 그들의 물리적인 파라미터에 의해 표현한다. 그렇게 암호화된 레이블 정보는 단지 특별한 RF 캐리어의 존재 유무를 확인하고 RF 캐리어의 단순한 물리적인 특성을 감지함으로써 해석될 수 있다. 따라서 중간노드에서 캐리어 처리는 아주 최소한의 처리시간 만을 필요로 하게 되며, 이는 옵셋타임을 감소를 유발시켜 결과적으로 빠른 버스트 교환을 가능케 한다. 본 논문에서는 제안한 레이블 방식을 적용한 OBS 시스템의 제어 방식과 더불어 시스템 구조 또한 제시하였으며, 시뮬레이션과 실험을 통해 구현된 제어 패킷의 형태를 보임으로써 제안된 방식이 효과적으로 구현될 수 있음을 보였다.

## II. RF 캐리어에 의한 패킷 레이블링

OBS 네트워크에서, 데이터 패킷과 제어 패킷은 각각  $\lambda_d (d=1,2,\dots,w)$ 와  $\lambda_c$  의 파장으로 전송된다. 데이터 패킷은 버스트(burst) 데이터이므로 수백 ns에서 수  $\mu s$ 의 가변길이를 갖는다. 제어 패킷은 효율적인 경로 라우팅을 위해서 데이터 패킷의 길이, 옵셋타임, 라우팅 경로, 우선순위 그리고 데이터 패킷의 파장과 같은 다섯 가지의 필수적인 정보를 레이블로 표시하여 포함하고 있다. 따라서, 기존의 OBS 레이블 처리방식에서는 OBS 네트워크 노드에서 제어 패킷에 담겨있는 정보를 읽어내고 그 정보를 데이터로 처리하는 데에 충분한 처리 시간을 제공해야 했고, 또한 초고속의 데이터 처리장치를 필요로 하였다. 그 결과로 전체 OBS 네트워크의 출력효율을 저하시키는 문제점이 지적되고 있다.

위와 같은 문제점을 해결하기 위한 방식으로, 본 논문에서는 그림 1처럼 제어 패킷에 포함된 정보를 미리 약속된 RF 캐리어를 이용하여 표현하는 레이

블 코딩 방식을 제안하였다. 기본적으로 제어 패킷을 나타내는 RF 캐리어의 길이는 데이터 패킷의 길이와 동일하도록 하여 데이터 패킷길이의 정보를 나타내도록 하였다. 또한 중간 경로상의 OBS 노드에서는 단지 RF 캐리어의 유무와 관련된 물리적인 양의 측정만으로 제어 패킷의 정보를 판단할 수 있도록 하였다. 따라서, 정보처리 과정이 간단하고 또한 요구되는 전자회로는 RF 발생 및 검출, 그리고 RF 캐리어 유무 및 물리적인 양을 측정하는 기능만이 필요하므로 간단하고 빠른 처리기의 구현이 매우 용이하다. 또한 제안 방식을 적용하는 OBS 네트워크에서는 옵셋타임을 크게 감소시킬 수 있으므로 네트워크 지연을 감소시켜, 출력효율을 증가시킬 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

### 1. 옵셋타임을 결정( $T_{offset}$ )

옵셋타임은 OBS 교환 망에서 데이터 패킷과 제어 패킷의 전송 프로토콜에 의해 결정될 수 있는데, hop-by-hop 의 경우는 하나의 OBS 시스템에서 요구되는 제어 패킷 처리시간만을 고려하여 결정하고, JET (just-enough-time) 와 같은 RFD (Reserved Fixed Duration)의 경우는 데이터 패킷이 거처가는 모든 OBS 노드에서의 처리시간을 고려하여 결정한다. JET 프로토콜<sup>71</sup>을 가정할 때 옵셋타임은 다음과 같이 결정된다.

$$\text{옵셋타임} = (\text{홉(hop)수} + 1) \times (\text{제어 패킷의 처리 시간} (\delta)) \tag{1}$$

본 논문에서는 JET 방식을 가정하고 최소 홉수를 구하여 식 (1)로부터 옵셋타임을 결정한다. 예를 들어 그림 2와 같이 OBS 교환 망을 설정했을 경우 각 OBS 간의 최소 홉수를 구하는 방법은 다음과 같다.

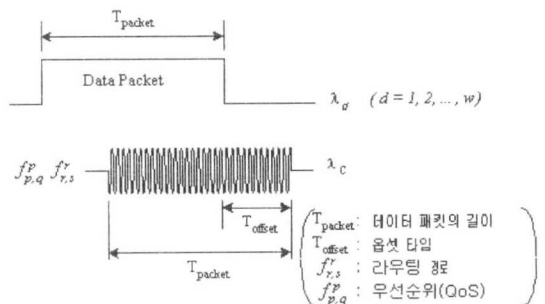


그림 1. 데이터 패킷과 RF 캐리어를 이용한 제어 패킷

각 OBS 간에 링크가 연결된 경우는 1, 연결되지 않은 경우에는 0을 할당하여 모든 OBS 사이의 연결 상태를 행렬로 표현하면 식 (2)와 같다.

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

예를 들어 OBS 2와 OBS 5 간의 연결이 있으므로 (2,5)의 값은 1로 설정 되었고 이는 1 홉을 의미한다. OBS I 와 OBS J 사이의 최소 홉수를 구하기 위해서는 (I,J) 항에 최초로 0이 아닌 수가 나올 때까지  $P^h$  을 계산한 후 h를 최소 홉수로 설정하면 된다. 위에서 구한 행렬 P를 이용하여,  $P^2, P^3, P^4$  을 구하면 각각 식 (3), (4), (5)와 같다.

$$P^2 = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 3 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$P^3 = \begin{bmatrix} 0 & 4 & 5 & 1 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 4 & 2 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 5 & 4 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 4 & 5 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 4 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$P^4 = \begin{bmatrix} 9 & 0 & 0 & 0 & 9 & 6 \\ 0 & 8 & 10 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 14 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 4 & 2 & 0 & 0 \\ 9 & 0 & 0 & 0 & 9 & 6 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 6 & 6 \end{bmatrix} \quad (5)$$

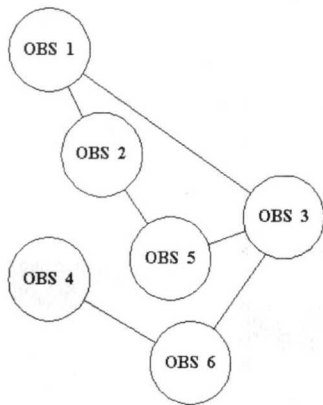


그림 2. 임의로 설정한 OBS 망 구조

예를 들어 OBS 1과 OBS 4 사이의 최소 홉수는  $P^3$  에서 (1,4) 항의 숫자가 최초로 0이 아닌 1이므로 최소 홉수는 3 홉이며, 연결되는 방법은 한가지라는 것도 알 수 있다. 위와 같이 최소 홉수를 구하는 동시에 각 OBS 간의 연결 상태도 파악이 되는데, OBS 1에서 OBS 4로 버스트 데이터 패킷이 전송될 때에는 OBS 3과 OBS 6을 거쳐가게 됨을 알 수 있다. 따라서 OBS 1에서 OBS 4로 전송되는 제어 패킷은 버스트 데이터 패킷이 OBS 3, OBS 6 그리고 OBS 4로 라우팅 되므로 각 OBS 시스템에 할당된 RF 캐리어를 동시에 가지게 된다. 따라서 이때 홉수는 3이므로 옵셋타임은  $4\delta$  가 된다.

### 2. 라우팅 경로를 위한 RF 캐리어 할당 ( $f_{r,s}$ )

각 OBS 간에 버스트 데이터 패킷 전송을 하기 위해선 데이터 패킷이 지나는 경로와 파장에 대한 정보가 제어 패킷에 포함되어야 한다. 본 논문에서는 각 OBS 노드에 고유번호를 부여하고 이 고유번호에 따라 RF 주파수 대역을 할당한다. 그리고 각 주파수 대역은 레이블의 주파수 충돌 문제를 피하기 위해서 파장수 만큼의 주파수들로 구성한다. 그러므로 데이터 패킷이 경유하는 교환 시스템의 고유번호와 데이터 패킷의 파장에 해당하는 RF 주파수 캐리어  $f_{r,s}$  ( $r=1,2,\dots,S; s=1,2,\dots,w$ ) 가 제어패킷에 실리게 된다. 여기서  $r, s, S$  그리고  $w$  은 각각 교환시스템의 고유번호, 데이터 패킷의 파장번호, 전체 OBS 시스템의 개수, 네트워크에서 사용되는 전체 파장수이다. 그림 3(a)는 이와같은 방식에 따라 주파수 축상에서 RF 캐리어를 할당한 예를 보여 주고 있다. 예를들어  $\lambda_1$  파장을 이용하는 데이터 패킷이 OBS I, OBS J, OBS K를 경유하여 전송된다면, 제어 패킷은 RF 주파수 캐리어  $f_{I,1}, f_{J,1}, f_{K,1}$  을 할당하여, 제어 파장  $\lambda_c$  상에서 전송한다.

### 3. QoS 보장을 위한 RF 캐리어 할당 ( $f_{p,q}$ )

OBS 네트워크에서는 QoS를 지원하기 위한 방안으로 각 OBS 노드에서 우선순위가 높은 데이터 패킷에 더 긴 추가적인 옵셋 타임을 부여한다. 이렇게 함으로써 더 낮은 우선순위의 데이터 패킷의 손실 확률을 증가시키고 높은 우선순위를 가지는 패킷의 손실확률을 감소시킨다<sup>[8]</sup>. 따라서 제어 패킷의 레이블에는 전송한 라우팅과 파장 정보 뿐 아니라 우선 순위 정보도 포함되어야 한다.

본 논문에서는 우선순위도 라우팅 경로처럼 RF

주파수 대역을 할당하여 표현하도록 하였다. 그림 3(b)는 우선순위에 따라 그림 3(a)와 같은 방식처럼 할당된 RF 주파수 대역을 보여주고 있다. 즉, 각 주파수 대역을 파장수 만큼의 주파수들로 구성하고 우선순위와 데이터 패킷의 파장에 따라 RF 주파수 캐리어  $f_{p,q}^0$  ( $p=1,2,\dots,P$ ;  $q=1,2,\dots,w$ )를 생성한다. 여기서  $p, q, P$ 는 각각 데이터 패킷이 가지는 우선순위, 파장 번호, 전체 우선순위의 수이다.

이상으로부터, 레이블을 표현하기 위해 필요한 RF 캐리어의 총 수를 계산해보면  $w \times S + w \times P = w \cdot (S+P)$  개가 된다. 그리고 각 캐리어의 대역폭이  $\Delta f$  일 경우 캐리어 할당에 요구되는 전체 주파수 대역폭은  $w \cdot (S+P) \cdot \Delta f$ 이다. 광 데이터가  $B$ 의 속도를 갖는  $i$ 개의 비트와  $j$ 개의 보호 시간 비트로 구성될 경우 발생된 주파수 캐리어는 데이터와 동일한 시간동안 발생되므로 그림 4와 같은 시간-주파수 관계를 갖는다. 따라서 첫 번째 zero-crossing 되는 지점간의 주파수 폭을 캐리어 대역폭이라 할 경우  $\Delta f$ 는  $(2B)/i$ 이다. 그러나 인접한 RF 캐리어와의 간섭을 피하기 위해 10%의 보호대역을 고려할 경우  $\Delta f$ 는 식 (6)과 같다.

$$\Delta f = \frac{2B}{i} \times 1.1 = \frac{2}{i_1} \times 1.1 \quad (6)$$

위 식에서 보듯이 캐리어의 대역폭은 데이터의 비트 속도가 증가할수록 커지지만 데이터를 구성하는 비트의 수가 증가할 경우 작아진다. 따라서, IP 패킷과 같이 패킷의 길이가 가변적인 경우는 패킷의 비트율(bit-rate)이 고정되어 있다면 패킷 길이가 최

소일 때 대역폭이 최대가 된다. 따라서, 에지 라우터에서 전기적인 IP 패킷을 광 패킷으로 변환시킬 경우, 최소 패킷의 길이 ( $T_{packet,min}$ )가 요구되는 최대 대역폭을 결정하고 이에 따라서 필터를 설계해야 한다. 표 1과 2는 각각 데이터의 비트율과 10%의 보호대역이 고려되어 있는 데이터 패킷의 길이에 따라 필요한 전체 대역폭을 나타낸 것이다.

표 1. RF 캐리어의 전체 요구 대역폭 ( $i=53 \times 8, w=8, S=7, P=3$  일 때)

데이터 패킷의 비트율(B)	155 Mb/s	622 Mb/s	2.5 Gb/s
RF 캐리어 대역폭, $\Delta f$	804 KHz	3.230 MHz	12.97 MHz
$f_{r,s}^0$ 캐리어의 전체 대역폭	45.0 MHz	180.9 MHz	726.3 MHz
$f_{p,q}^0$ 캐리어의 전체 대역폭	19.3 MHz	77.52 MHz	311.3 MHz
RF 캐리어의 전체 요구 대역폭	64.3 MHz	258.4 MHz	1.038 GHz

표 2. 데이터 패킷의 최소 길이에 따른 RF 캐리어의 필요한 대역폭

데이터 패킷의 최소 길이 ( $T_{packet,min}$ )	0.5 $\mu s$	1 $\mu s$	5 $\mu s$	10 $\mu s$
RF 캐리어 대역폭, $\Delta f$	4.4 MHz	2.2 MHz	440 KHz	220 KHz

4. 옵셋타임의 표현

마지막으로 옵셋타임 정보는 다음 두 가지 방식으로 표현될 수 있다. 첫 번째는 그림 5와 같이 우선순위 정보를 가지는 RF 캐리어  $f_{p,q}^0$ 의 발진 시간을 이용하는 것이며, 두 번째는 그림 6과 같이  $f_{p,q}^0, f_{r,s}^0$ 의 전체 개수를 감지하는 것이다. 그림 6

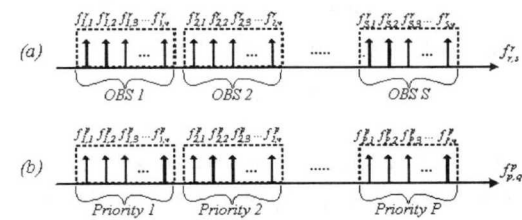


그림 3. (a) 라우팅 경로와 (b) 우선순위 정보를 가지는 RF 캐리어의 주파수 배치도

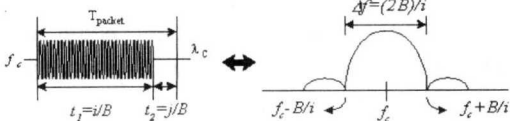


그림 4. RF 캐리어의 시간-주파수 관계

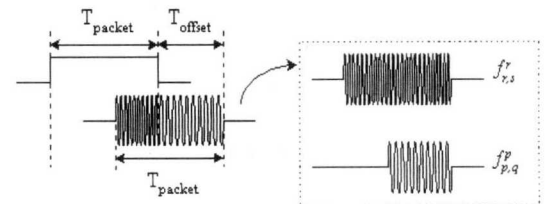


그림 5.  $f_{p,q}^0$ 의 발진시간을 이용한 옵셋타임 정보

에서  $\delta$  는 하나의 OBS에서 제어 패킷의 처리 시간이다. 특히 두 번째 방법은 제어 패킷 내의 RF 캐리어들이 모두 각 OBS 시스템을 제어하는데 사용되기 때문에 하나의 OBS 시스템을 지날 때마다 RF 캐리어의 개수가 하나씩 줄어드는 과정을 채택하는 경우이다. 따라서, 각 OBS 노드의 입력단에서 RF 캐리어의 수를 감지한다면 옵셋타임을 추정할 수 있다.

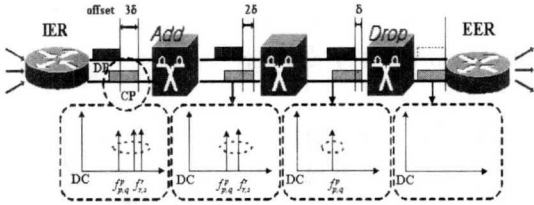


그림 6. 전체 RF 캐리어( $f_{p,q}^p, f_{r,s}^r$ )의 수를 이용한 옵셋타임 정보

### III. 헤더 데이터에 의한 패킷 레이블링

앞에서 살펴본 광 계층 상에서 빠른 라우팅을 위해서 필요한 기본적인 정보 이외에도 제어 패킷은 더 많은 정보를 포함할 수 있다. 예를 들면, 에지 라우터에서 광전 변환을 거치면서 데이터 패킷이 가지는 특성 즉, 데이터 종류 혹은 전송율 등의 정보들이 그 예이다. 그림 7(b)와 같이 추가적인 헤더 데이터를 RF 캐리어에 더해서 전송하게 되면, 이 데이터는 주파수 축상에서 기저대역에 분포하게 된다. 액세스(access) 계층에서 필요한 정보들은 입력 에지 라우터에서 RF 캐리어들이 발생하는 시점에서 동시에 더해진다. OBS에서는 가변길이의 패킷을 다루지만, 실을 수 있는 데이터는 시스템 설계시 정해진 최소 데이터 패킷의 길이에 의해 제한된다. 즉, 제어 패킷의 데이터 속도가  $b$  [Mb/s] 이고, 최소 데이터 패킷의 길이가  $T_{packet,min}$  [ $\mu$ s] 일 경우는 제어 패킷에 실을 수 있는 최대 데이터는  $b \cdot T_{packet,min}$  [bits] 가 된다. 이러한 방식은 추가적인 데이터를 더 실을 수 있는 장점은 있지만, 기저대역에서 각 제어 패킷간 주파수 충돌이 일어날 수 있기 때문에 OBS 시스템 내에서 제어 패킷간의 정렬을 필요로 하는 단점을 지닌다.

### IV. 제안한 OBS 시스템의 제어 방식

OBS 내의 시스템 제어부는 광전(O/E) 변환부, RF 대역통과 필터열, 그리고 입력 RF 주파수들을

감지함으로써 OBS를 제어하는 역할을 하는 스위치 컨트롤러로 이루어진다. 제안한 RF 캐리어 할당에 의해 표현된 레이블들을 처리하기 위해서 각각의 OBS는 그 자신의 고유한 번호와 링크 마스크 필터(link mask filter; LMF) 뱅크를 갖는다. 이 LMF 뱅크는 여러 개의 대역통과 필터로 이루어져 있으며, 각각은 자신의 OBS에 연결된 다른 OBS의 고유번호에 해당하는 LMF 들이 스위치와 연결되어 있다. 이 스위치들은 그에 해당되는 LMF의 출력이 존재하면 on 이 되고, 출력이 존재하지 않을 경우는 off 상태를 유지한다. 즉, 데이터 패킷은 LMF의 출력에 의해 스위칭되고 출력과 연관된 링크로 향하게 된다. 그리고 스위칭을 위해 사용된 RF 주파수는 제어 패킷 내에서 제거된다. 그리고, 코어 네트워크에서 사용된 RF 주파수는 각 OBS 시스템 내에 연결된 노드들 간의 전송을 하는데 레이블로 재사용 될 수 있다.

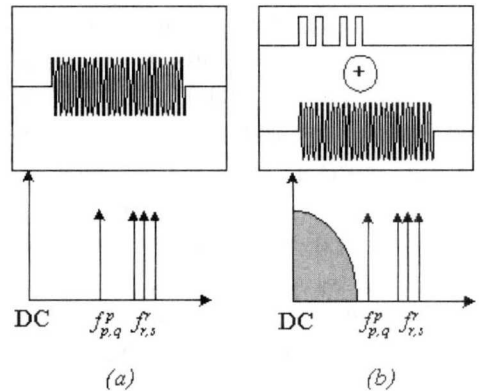


그림 7. (a) 헤더 데이터를 포함하지 않은 제어 패킷, (b) 헤더 데이터를 포함한 제어 패킷

그림 8에 제어 패킷 상의 RF 캐리어들이 경로를 따라 진행되면서 처리되는 과정에 대한 하나의 예를 나타내었으며, 그림 2에서 고려한 OBS 교환 망의 구조와 일치하는 그림 8(f)의 망을 가정한다. 여기에서, OBS 6은 OBS 3과 4에 할당된 주파수 대역을 포함하는 LMF 들을 가지고 있다. OBS 6에 연결된 입력 에지 라우터에서 파장  $\lambda_1$  의 데이터 패킷이 OBS 3과 OBS 5를 거쳐서 OBS 2에 연결된 출력 에지 라우터로 전송하고자 할 경우, 제어 패킷은 그림 8(a)처럼 세 개의 RF 주파수  $f_{2,1}^r, f_{3,1}^p, f_{5,1}^r$  들을 가진다. 물론, 옵셋타임 정보를 가지는  $f_{p,q}^p$  도 동시에 가진다. OBS 6의 LMF는  $f_{3,1}^p$  를 필터링하며, 이 정보는 OBS 3로 데이터 패킷을

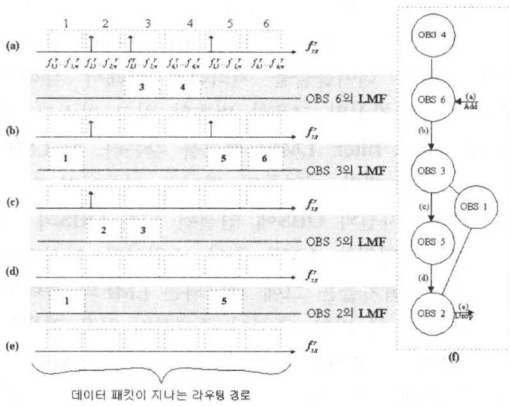


그림 8. 제어 패킷 상의 RF 캐리어의 변화 과정

포워딩하기 위해 스위치를 제어하는데 쓰인 후 제어된다. 그리고,  $f_{s,1}$ 를 제외한 나머지 세 개의 RF 캐리어  $f_{s,2,1}$ ,  $f_{s,5,1}$ ,  $f_{p,q}$ 는 제어 패킷에 실려 OBS 3을 향해 가게 된다. OBS 3과 OBS 5에서의 제어 과정은 OBS 6과 유사하다. OBS 2는 데이터 패킷이 가는 최종 노드이다. 따라서, OBS 2에서 제어 패킷에 실려있는 RF 캐리어는 오직  $f_{p,q}$  하나만이 존재하므로 옵셋타임 이후의 해당 파장을 드롭(drop)시키면 된다. 드롭된 데이터 패킷은 다시 출력 에지 라우터에서 광전 변환되며, 전기적 패킷의 헤더에 담긴 정보에 따라 각 노드로 스위칭 된다.

그림 9는 OBS 시스템 구조에 대한 하나의 예를 나타낸 것으로 그림 9(a)와 같이 총 OBS 개수가 5인 임의의 OBS 망을 가지며, 데이터 파장은 2개만 존재한다고 가정했을 때, OBS 3의 시스템 구조는 각각 그림 9의 (b), (c)와 같다. 여기서, 그림의 단 순화를 위해 add, drop 과정을 생략했으며, 단방향 전송만을 가정했다. 제어 파장  $\lambda_c$  상에 존재하는 RF 캐리어(들)는 제어 평면에서 LMF와 필터뱅크로 광전 변환 후 입력되며, OBS 3의 LMF는 OBS 1, OBS 5와 물리적인 링크로 연결되어 있으므로  $f_{s,1,1}$ ,  $f_{s,1,2}$ ,  $f_{s,5,1}$ ,  $f_{s,5,2}$ 의 주파수 대역에 존재한다. 그리고, 이 LMF 출력은 포락선 검출기와 레벨 변화 회로로 이루어진 pulse shaping 회로로 입력되고 이 회로의 출력은 특정 온-오프 게이트로 연결된다. LMF와 연관 없는 RF 캐리어들은 온-오프 게이트의 동작에 의해 게이팅 된 후 증폭된다. 그리고 다시 제어 파장  $\lambda_c$ 의 레이저에 의해 실려 목적 노드를 향해 간다. pulse shaping 회로의 출력은 데이터 평면 상에서도 또한 온-오프 게이트의 입력으로

들어가 데이터 패킷의 출력 링크를 결정한다.

그림 10은 시간과 주파수 축상에서의 구현된 제어 패킷의 모양이다. 여기서는 데이터 패킷의 길이가  $10\mu s$ 이며 최소 버스트 데이터 패킷의 길이가  $5\mu s$ 라고 했을 때, 제어 패킷은 1.5GHz, 1.6GHz 두 개의 RF 캐리어와 헤더 데이터로 이루어져 있다고 가정했다. 헤더 데이터는 비트율이 10Mbps이라 가정하여 50비트로 구성하였다. 그림 10의 (a)와 (b)는 System View™의 simulator를 이용하였으며, (c)와 (d)는 실험적으로 구현하였다.

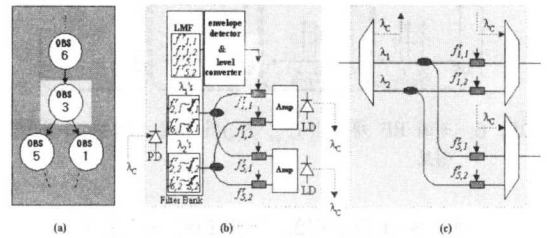


그림 9. (a) 임의의 OBS 망과 OBS 3의 (b) 제어평면과 (c) 데이터 평면상의 시스템 구조

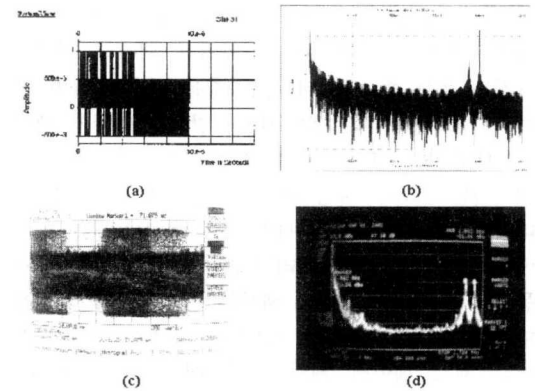


그림 10. 제어 패킷의 실험적 형상, (a) 시간 축상 모양(시뮬레이션), (b) 주파수 축상 스펙트럼(시뮬레이션), (c) 시간 축상 모양(실험), (d) 주파수 축상 스펙트럼(실험)

### V. 결론

본 논문에서는 RF 캐리어를 이용한 제어 패킷의 코딩 방법을 제안하고 이러한 코딩 방법에 따른 OBS 노드의 제어 방식에 대하여 서술하였다. 제안한 제어 패킷 코딩 방식의 특징은 다음과 같다. 첫째, OBS 제어 정보가 몇 개의 RF 캐리어를 적용함으로써 선택적으로 부호화 될 수 있다. 둘째, 다른

현존하는 제어 패킷 코딩 방식과 비교해서, 단순하고 빠른 제어 정보의 추출이 가능하고 결과적으로, OBS 시스템이 가지고 있는 많은 고유의 제한점들이 최소화 될 수 있다. 셋째, 제안한 시스템은 오직 RF 캐리어만을 이용하기 때문에, 패킷 처리기의 하드웨어의 크기와 비용이 크게 줄어들며, 특히, 캐리어를 감지하는 부분을 구현하는 비용은 전체 시스템 가격에 비하면 매우 미미하며, 상용화시 GaAs뿐 아니라 Si로도 집적화가 가능해 비용에 있어 유리하다. 마지막으로, 제안한 RF 캐리어는 사용 가능한 RF 캐리어의 수가 한정되어 있는 네트워크 상에서 재사용이 가능하다. 즉, 코어 네트워크에서 사용했던 RF 캐리어들은 각 OBS 시스템 내에 연결된 노드들 간의 전송을 하는데 레이블로 이용할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 추성화, 이기철, 김운성, 박진우, "대용량 광 패킷 교환 시스템을 위한 광 패킷 주소화 방식", *한국통신학회 추계 학술대회 논문집*, pp. 845-848, 2000년 11월.

[2] K. Lee, S. Lee, J. Park "An optical packet addressing scheme for optical packet switched networks using RF frequency carrier assignment", *Photonic Network Communications*, 3(1/2), pp. 123-129, 2001.

[3] D. K. Hunter and Ivan Andonovic, "Approaches to Optical Internet Packet Switching," *IEEE Commun. Mag.*, pp. 116-122, Sep. 2000.

[4] M. Listanti and V. Eramo, "Architectural and Technological Issues for Future Optical Internet Networks," *IEEE Commun. Mag.*, pp. 82-92, Sep. 2000.

[5] C. Qiao, "Labeled Optical Burst Switching for IP-over-WDM Integration," *IEEE Commun. Mag.*, pp. 104-114, Sep. 2000.

[6] Y. Xiong et al., "Control Architecture in Optical Burst-Switched WDM Networks," *J. Select. Areas Commun.*, 18(10), pp. 1838-1851, 2000.

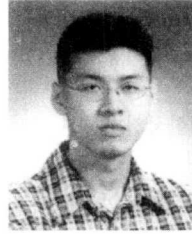
[7] C. Qiao and M. Yoo, "Optical Burst Switching(OBS) - A New Paradigm," *J. High Speed Networks*, 8(1), pp. 69-84, 1999.

[8] P. Bayvel, "Performance of a Dynamically Wavelength-Routed, Optical Burst Switched Network," in *Proc. of GLOBECOM*, 4, pp.

2139-2143, 2001.

김 한 상(Hansang Kim)

준회원



2001년 2월 : 고려대학교  
전자공학과 학사  
2001년 3월~현재 : 고려대학교  
전자공학과 석사과정  
<주관심 분야> 광 버스트/ 패킷  
교환 시스템

이 명 문(Myungmoon Lee)

정회원



1991년 : 고려대학교  
전자공학과 학사  
1993년 : 고려대학교  
전자공학과 석사  
1993년~1996년 : LG전자  
멀티미디어연구소  
주임연구원

2002년 : 고려대학교 전자공학과 박사  
2002년~현재 : 고려대학교 BK21 정보기술사업단  
박사후과정  
<주관심 분야> 광통신망

최 영 우(Youngwoo Choi)

정회원



1998년 : 고려대학교  
전자공학과 학사  
2000년 : 고려대학교  
전자공학과 석사  
2000년~현재 : 한국전자통신  
연구원

<주관심 분야> 광트랜시버, SCM 패킷코딩, 광 패킷/  
버스트 라우터

홍 현 하(Hyunha Hong)

정회원



1979년 : 광운대학교  
전자공학과 학사  
1981년 : 연세대학교  
전자공학과 석사  
1985년~현재 : 한국전자통신  
연구원

<주관심 분야> 광 패킷/ 버스트 교환 네트워크, 광  
교환기 구조 및 성능 분석

김 해 근(HaeGeun Kim)

정회원



1977년: 경북대학교  
전자공학과 학사  
1994년: 미국 Univ. of South  
Florida 전기공학과  
박사  
1980년~현재: 한국전자통신  
연구원

<주관심 분야> 광교환, OXC, OCDMA, SCM,  
코딩, 변복조

박 진 우(Jinwoo Park)

정회원



1979년: 고려대학교  
전자공학과 학사  
1983년: 클렘슨 대학교  
전기, 전자공학과 석사  
1987년: 미국 버지니아 주립  
공대 전기공학과 박사

1988년 3월~1989년 2월: 명지대학교 전자공학과  
전임강사

1989년 3월~현재: 고려대학교 전자공학과 조교수,  
부교수, 교수

1993년~1996년: 한국방송개발원 비상임 연구위원

1996년: 일본 NHK 방송기술연구소 방문연구교수

1998년~현재: 한국통신학회 이사

<주관심 분야> 광통신 시스템, 광교환 시스템,  
광통신망 등