

論文2001-38SD-11-5

격행 연결 이중층 셔플넷을 이용한 광 WDM 네트워크 채널공유방식과 라우팅 알고리즘

(Shared Channel Scheme and Routing Algorithms of
Every-Other-Row-Connecting Bilayered ShuffleNet for
WDM Optical Networks)

池 尹 圭 *

(Jhee, Yoon Kyoo)

요 약

본 논문에서는 광 WDM 멀티홉 네트워크에서 필요한 파장 채널 수를 줄이기 위하여 격행 연결 이중층 셔플넷 방식을 이용한 효과적인 채널 공유 방식과 이를 위한 라우팅 알고리즘을 제안한다. 채널 공유 방법은 $2p$ 개의 노드들이 하나의 채널을 공유하게 하는 방법으로써 전체적으로 필요한 파장 수가 기존의 방법에 비하여 줄어들게 된다. 각 열에 있는 노드는 두 개씩 짝을 이루게 하여 각각의 쌍의 번호를 p -진수로 계산하고, 각 쌍의 위에 위치한 노드에는 2-진수의 0을 첨가하고 아래에 위치한 노드에는 2-진수의 1을 첨가하여 각 노드에 대한 주소를 결정한다. 이와 같이 정해진 주소를 이용하여 효과적으로 패킷을 중계하도록 알고리즘을 제안하고 (4, 2) 토폴로지에서의 경로설정 방법을 예를 들어 설명한다.

Abstract

In this paper, a shared channel scheme and routing algorithms are proposed to reduce the number of wavelength channels for the optical WDM multihop networks using the every-other-row-connecting bilayered ShuffleNet scheme. In the shared channel scheme proposed, $2p$ nodes share the common wavelength channel reducing the number of required channels compare to other ones. By assigning an effective address each node, packets can be routed to the destination nodes through the intermediate nodes.

I. 서 론

파장분할 다중방식(WDM : Wavelength-Division Multiplexing)은 광섬유의 저 손실 대역을 파장영역에

서 여러 개의 채널로 분할하여 사용하는 방식이다. 이 방식에서 광섬유의 넓은 대역을 활용하기 위하여 여러 개의 파장에 각각 다른 신호를 실어서 여러 신호를 하나의 광섬유로 전송한다. 각 채널은 다른 파장을 사용하여 전송하므로 서로 독립적이고 하나의 광섬유로 양방향 통신이 가능하며, 데이터 형태에 있어 투과성(transparency)이 있어 서로 다른 전송율을 갖는 신호들도 함께 전송할 수 있다. 파장분할 다중방식에는 싱글홉(singlehop) 네트워크 방식과 멀티홉(multihop) 네트워크 방식이 있고 각각의 방식에 대한 여러 가지 망

* 正會員, 利花女子大學教 情報通信學科
(Dept. of Information Electronics Engineering, Ewha Womans University)

接受日字:2001年3月12日, 수정완료일:2001年10月18日

구성 연구가 진행되고 있다.

싱글홉 방식에서는 패킷이 한 홉만에 목적 노드에 도착할 수 있으나 송신기와 수신기가 같은 시간에 같은 파장으로 조정되어야 하므로 패킷을 전송하기 이전에 송수신 노드 사이에 이를 위한 협력이 필요하고 송수신기의 파장 가변 범위가 넓어야 한다. 멀티홉 방식은 트래픽 패턴의 변화나 새로운 노드의 추가 등의 특별한 경우를 제외하고는 노드들 간의 채널 할당이 상대적으로 고정되어 있다. 그러나 패킷이 중간 노드를 거쳐서 목적 노드에 도달하므로 홉 수를 최소화시키는 것이 중요하다.

광 네트워크에서 채널을 할당하는 방법은 두 가지로 나눌 수가 있다. 하나는 노드 사이를 연결하는 각 링크마다 서로 다른 파장을 할당하는 전용채널 방법이고 또 하나는 여러 개의 링크에 하나의 파장을 공유하도록 하는 공유채널 방법이다. 전용채널 방법은 파장 수가 많이 필요하고 채널 활용 효율이 낮은 반면에 네트워크의 용량과 수율을 높일 수가 있다. 공유채널 방법은 전용채널 방법과 반대로 필요한 파장 수가 적고 채널 활용 효율이 높고 네트워크의 용량과 수율은 낮다.

멀티홉 WDM 네트워크는 하나의 광섬유에 파장을 달리하여 여러 개의 채널을 동시에 사용할 수 있는 이점을 활용한다. 이 경우 각 링크마다 전용채널을 할당하면 많은 수의 파장이 필요하게 될뿐더러 각 노드마다 필요한 송수신기의 수가 여러 개가 되는 단점이 있다. 즉 서플넷 토폴로지로 전용채널을 할당하면 필요한 파장 수는 $W=kb^{k+1}$ 개가 된다. 이를 보완하기 위하여 여러 개의 노드들이 하나의 파장 채널을 공유하게 함으로써 파장 가변이 필요 없이 고정된 하나의 송신 파장과 수신 파장만을 요구하는 노드로 네트워크를 구성할 수 있다. 이를 위하여 Hluchyj와 Karol은 ShuffleNet 연결 방법을 이용하여 각 노드의 송신기와 수신기에 오직 하나의 고정된 파장만을 필요로 하는 공유채널 방법을 제안하였다^[1]. 이 방법에 의하면 같은 열에 있는 p 개의 노드가 동일한 파장을 공유하게 함으로써 필요한 전체의 파장은 $W=kb^{k-1}$ 개로 감소하게 된다. 이는 동일한 그룹에 속한 p 개의 노드들이 TDMA(Time-Division Multiple Access)와 같은 방식으로 채널을 공유함을 의미한다. 이 경우 TDMA(Time-Division Multiple Access) 프로토콜을 채널 공유 방법으로 가정하면 각 노드당 할당된 용량은 하나의 채널 용량의 $1/p$ 가 된다. Acampora는 ShuffleNet

연결 방법에서 같은 행에 있는 노드들 모두가 동일한 파장을 공유하게 함으로써 전체적으로 필요한 파장의 수가 $W=pb^{k+1}$ 개가 되도록 구성하는 방법을 제안하였다^[2].

또한 ShuffleNet을 변형한 격행 연결 이중층 서플넷을 제안하고 평균 홉 수를 줄여 효율을 높임을 성능평가를 통하여 확인하였다^[3]. 그러나 이러한 이중층 연결 방법은 필요한 파장의 수가 두 배로 증가하게 되는 단점도 지니고 있다. 본 논문은 이미 제안된 격행 연결 이중층 서플넷 토폴로지의 평균 홉 수를 줄이는 장점을 유지한 채 네트워크를 구성하는데 필요한 파장의 수를 줄일 수 있는 효율적인 채널 공유 방법과 라우팅 알고리즘을 제안한다. 즉 이중층 서플넷에서 각각의 채널에 파장을 할당하면 $W=2kb^{k+1}$ 개의 파장이 필요하나 $4p^2$ 개가 같은 파장을 공유하므로 파장수가 $W=\frac{kb^{k-1}}{2}$ 로 감소한다. 이를 위하여 2절에서는 효율적인 채널 공유 방법을 제안하고 라우팅 알고리즘을 구한 뒤 3절에서 결론을 맺는다.

II. 제안하는 채널 공유 방법

제안하는 격행 연결 이중층 서플넷 토폴로지를 이용한 채널 공유 방법은 서플넷에서 일반적으로 사용하는 p 개의 노드들이 하나의 채널을 공유하는 방법이 아니라 두 배가 되는 $2p$ 개의 노드들이 하나의 채널을 공유하게 하는 방법이다. 이렇게 함으로써 전체적으로 필요한 파장 수가 $W=\frac{kb^{k-1}}{2}$ 로 줄어들게 되고 또한 평균 홉 수가 적게 되어 결과적으로 채널 이용 효율이 증가되는 방법이라 할 수 있다. 이 방법에서는 $2p$ 개의 노드들이 채널을 공유하게 됨으로써 각 노드에 할당된 용량은 각 채널 용량의 $\frac{1}{2p}$ 가 된다. 따라서 이 방법은 각 사용자가 고속의 전송 속도를 요구하면서도 사용 시간이 일반적으로 짧은 통신 시스템에 효과적인 방법이 된다.

1. 채널 공유 방법

격행 연결 이중층 서플넷의 연결 방법은 양쪽 방향으로 연결되는 구조로써 각 열에 있는 p^k 개 각각의 노드에서 p 개의 링크가 각 노드에서 다음 열로 연결되고 또한 p 개의 링크가 각 노드에서 이전의 열로 연결되는

방법이다. 이 때 각 열에 있는 노드들은 그림 1과 같이 두 개씩 짝이 되는데 다음 열로 연결될 때는 짝 중에서 위의 노드와 그리고 이전의 열에 있는 노드와 연결될 때는 짝 중에서 아래의 노드와 연결되는 방법이다. 이것을 수식으로 표현하면 왼쪽에서 오른쪽으로 연결될 때 한 열에 있는 i 와 $(i+1)$ 번째 노드는 다음 열의 j 와 $(j+2)$ 번째 노드로 연결된다. 그러나 오른쪽에서 왼쪽으로 연결될 때는 i 와 $(i+1)$ 번째 노드는 이전 열의 $(j+1)$ 과 $(j+3)$ 번째 노드와 연결된다. 여기서 i 는 짝수이고 $j=(i \bmod p^{k-1})p$ 이다. 이와 같은 연결 방법을 (4, 2) ShuffleNet에 적용하면 그림 1과 같다.

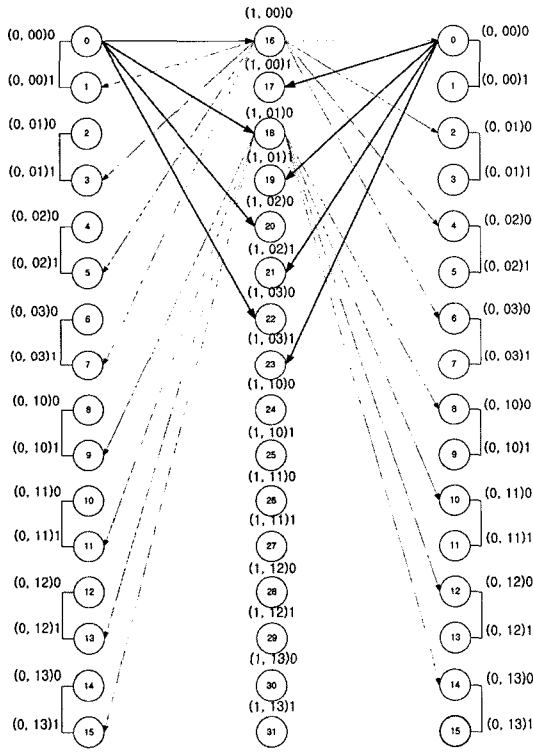


그림 1. 제안하는 채널 공유를 위한 연결 방법
Fig. 1. Connection graph for the shared channel scheme proposed.

이와 같은 격행 연결 이중층 서플넷의 연결 방법은 매우 효과적인 채널 공유 방법을 제시한다. 이 연결 방법은 p 가 짝수일 때 효과적인 방법이므로 (4, 2) ShuffleNet을 예를 들어 설명하기로 한다. 이 연결 방법을 분석하여 그룹으로 나누어 보면 그림 2에서 보여주는 바와 같이 4개의 그룹이 되고 각 그룹에 속해있는 송신노드들은 파장 채널을 공유할 수 있으므로 그

림 2는 또한 파장 채널을 공유하는 방법을 보여준다. 그림 2에 나타난 바와 같이 32개의 노드들이 4개의 그룹으로 나누어지고 $2p=8$ 개의 노드들이 한 개의 파장 채널을 공유하게 되므로 네 개의 파장이 필요하다. 이 예에서는 (0, 1, 4, 5, 8, 9, 12, 13), (2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15), (16, 17, 20, 21, 24, 25, 28, 29)와 (18, 19, 22, 23, 26, 27, 30, 31) 그룹들이 각각 파장 채널 W_1, W_2, W_3 과 W_4 를 공유하게 된다.

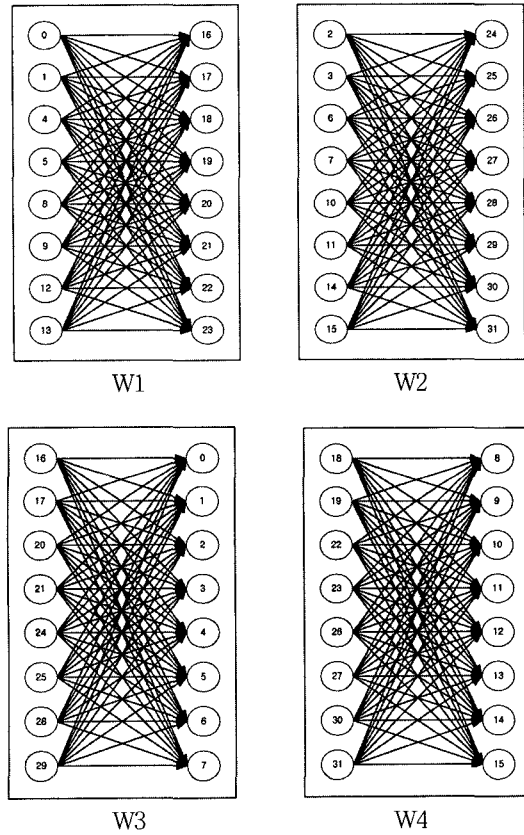


그림 2. (4, 2) 연결 그룹
Fig. 2. Connectivity group for(4, 2).

그림 1의 연결 방법과 그림 2의 연결 그룹을 이용하여 소스 노드 0으로부터 다른 노드들로 연결하는 방법을 구하면 다음과 같다. 우선 W_1 을 이용하여 한 홉에 목적 노드 (16~23)번에 패킷을 전달할 수 있다. 목적 노드가 (1~7)번인 경우에는 W_1 을 이용하여 중간 노드 (16, 17, 20, 21)번으로 전달하고 이는 다시 W_3 으로 목적 노드 (1~7)번으로 전달된다. 목적 노드가 (8~15)번 일 때는 W_1 로 중간 노드 (18, 19, 22, 23)번으로 전달하

고 W_4 로 목적 노드에 도달한다. 목적 노드가 (24~31)번인 경우에는 W_1 로 (16~23)번으로 전달되고 이는 두 갈래로 나누어지는데 하나는 (16, 17, 20, 21)번으로 중계하여 W_3 으로 (2, 3, 6, 7)번으로 전달하고 이는 다시 W_2 로 목적 노드에 도달할 수 있는 방법이고 또 하나는 (18, 19, 22, 23)번으로 중계한 후에 W_4 로 (10, 11, 14, 15)번으로 다시 중계하고 W_2 로 최종 목적지에 도달하는 방법이다. 이 경우 각 노드는 수신된 신호를 전기신호로 변환하고 buffering 및 processing을 한 후 전기신호를 다시 광신호로 변환시키므로 파장 변환과 충돌문제를 해결할 수 있다.

2. 라우팅 알고리즘

각 노드 당 하나의 고정된 파장을 사용하는 하나의 송신기와 수신기만을 가지고 여러 개의 노드가 파장 채널을 공유하는 경우에는 하나의 신호가 여러 개의 노드로 동시에 연결되므로 라우팅 알고리즘이 필요하다. 이 알고리즘은 각 패킷의 목적 노드와 중간 노드의 주소를 이용하여 가능한 최소한의 홉 수로 소스 노드와 목적 노드를 연결하는 알고리즘이다. 각각의 노드로부터 (N-1)개의 다른 노드들에게 전달되는 패킷의 목적지 주소가 균일하게 분포되고 각각의 노드가 균일한 트래픽을 발생한다고 가정하면 소스 노드와 목적지 노드의 주소를 갖는 트래픽이 동일하게 분포되어 모든 WDM 채널에는 평균적으로 같은 양의 트래픽이 있게 된다.

격행 연결 이중층 서플넷 그래프는 그림 1과 같이 각각의 열에 p^k 개의 노드들이 k 열에 걸쳐있게 되어 총 노드의 개수가 $N = kp^k$ ($k=1,2,\dots; p=1,2,\dots$)이 된다. 각 패킷의 효과적인 라우팅을 위하여 각 노드의 좌표를 (c, r) 행렬로 표시한다. 여기서 $c \in \{0, 1, \dots, k-1\}$ 그리고 $r \in \left\{0, 1, \dots, \lfloor \frac{(p^k-1)}{2} \rfloor\right\}$ 을 나타낸다. 즉 ShuffleNet과 같은 방식으로 각 노드의 열의 주소를 좌측에서 우측으로 0에서 (k-1)까지 차례대로 숫자로 나타낸다. 행의 경우는 ShuffleNet을 변형한 형태로 두 개씩 묶어서 위에서 아래로 0에서 $\lfloor \frac{(p^k-1)}{2} \rfloor$ 까지 숫자로 표시된 행의 값으로 나타낸다. 여기서 $\lfloor \frac{(p^k-1)}{2} \rfloor$ 는 $\frac{(p^k-1)}{2}$ 와 같거나 적은 최대 정수가 된다. 이와 같이 표시된 행의 좌표를 행의

주소로 나타내기 위하여 $\lfloor \frac{(p^k-1)}{2} \rfloor$ 의 값을 p 진수로 변환한다. 즉

$$r = r(k-1)r(k-2)\dots r(0) \tag{1}$$

여기서 $0 \leq r(i) \leq p-1$ ($i=0,1,\dots,k-1$)이 된다. 이와 같이 구해진 행의 주소에는 두 개의 노드가 쌍으로 존재하므로 각 쌍의 위에 위치한 노드에는 2-진수의 0을 첨가하고 아래에 위치한 노드에는 2-진수의 1을 첨가한다.

(4, 2) 격행 연결 이중층 서플넷을 예를 들어 주소를 할당할 것이 그림 1에 나타나있다. (4, 2) 격행 연결 이중층 서플넷이므로 각 열마다 $4^2=16$ 개의 노드들이 존재하게 되며 두 개의 노드들이 짝을 이루므로 결국 8개의 짝들이 존재하여 4-진수로 표시하면 (00, 01, 02, 03, 10, 11, 12, 13)로 노드 짝의 행 주소들이 결정된다. 그리고 각각의 짝에 있는 노드들은 첨자 0 또는 1로 구분이 된다. 이와 같은 방법으로 각 노드들의 주소를 할당하면 첫 번째 0번 노드는 (0, 00)0 이 되고 마지막 31번 노드는 (1, 13)1 이 된다.

하나의 파장 채널이 $2p$ 개의 송신 노드에 의하여 공유되고 또한 이 파장 채널이 $2p$ 개의 수신 노드에게 방송되므로 각 파장으로 전송되는 패킷은 $2p$ 개의 노드들에게 수신되게 되고 이 중에서 어떤 노드가 수신된 패킷을 취급할 것인가를 결정하여야 한다. 구체적으로 말하면 각 노드가 자신이 목적지 노드가 아닌 패킷을 수신했을 경우 패킷을 무시할 것인가 또는 전송 채널로 보낼 것인가를 결정하여야 한다. 네트워크에 있는 임의의 노드의 주소를 $(\hat{c}, \hat{r}) = (\hat{c}, \hat{r}(k-1)\hat{r}(k-2)\dots\hat{r}(0))$ 로 표시하고 수신하는 패킷의 목적지 주소를 $(c^d, r^d) = (c^d, r^d(k-1)r^d(k-2)\dots r^d(0))$ 로 나타낼 때 다음 라우팅 알고리즘을 사용하여 전송여부를 결정할 수 있다.

● 라우팅 알고리즘

- (1) $(c^d, r^d) = (\hat{c}, \hat{r})$ 이면 (\hat{c}, \hat{r}) 이 목적 노드이므로 자신이 수신하고 패킷을 전송하지 않는다. 자신이 패킷을 수신한 경우 왼쪽 방향(열 번호가 감소하는 방향으로 연결)으로 연결하는 경우에는 첨자가 1인 노드로 연결하고 오른쪽 방향(열 번호가 증가하는 방향으로 연결)으로 연결하는 경우에는 첨자가 0인 노드와 연결한다.
- (2) $(c^d, r^d) \neq (\hat{c}, \hat{r})$ 이면 $r^d((k+|c^d-\hat{c}|) \bmod k) =$

$\hat{\chi}(0)$ 일 때만 패킷을 전송한다. 이 경우 (1)의 경우와 마찬가지로 왼쪽으로 연결할 때는 짝 중에서 첨자가 1인 노드로 연결하고 오른쪽으로 연결할 때는 짝 중에서 첨자가 0인 노드와 연결한다. 이때 p -진수로 계산된 첫 번째 자릿수는 다시 $\frac{p}{2}$ -진수로 환산하여 첫 번째 자릿수가 같은 값을 갖는 경우 다음 열에 있는 동일한 노드들과 연결한다.

이 라우팅 알고리즘을 예를 들어 설명하면 그림 3과 같다. 그림 3은 노드 0이 소스 노드인 경우에 목적 노드 별로 구분하여 라우팅 경로를 그린 것이다. 목적 노드가 (16~23)번인 경우는 그림 3-(a)에서 보여 주는 바와 같이 한 홉만에 W_1 을 이용하여 직접 패킷이 전달된다. 두 홉만에 전달되는 것은 그림 3-(b)와 같이 (1~7)번과 (8~15)번 노드가 된다. 목적 노드가 (1~7)번일 때는 목적 노드의 열 주소를 4-진수로 표시하면 그림 1에 나타난 바와 같이 각각 (0, 00)1, (0, 01)0, (0, 01)1, (0, 02)0, (0, 02)1, (0, 03)0 과 (0, 03)1 이 된다. 알고리즘 (2)를 이용하면 $|c^d - \hat{c}| = 1$ 이므로 $r^d(1) = \hat{\chi}(0)$ 이 만족되어야 한다. 따라서 목적지 주소의 괄호 안에 있는 두 번째 자릿수 $r^d(1) = 0$ 이므로 중간 노드의 행 주소의 첫 번째 자릿수 $\hat{\chi}(0) = 0$ 인 노드를 거쳐 전달된다. 이를 만족하는 중간 노드의 주소들은 (1, 00)0=16, (1, 00)1=17, (1, 02)0=20 과 (1, 02)1=21 이 된다. (1, 02)0 과 (1, 02)1 주소들이 포함되는 이유는 이 중간 노드 주소의 4-진수로 표시된 첫 번째 자릿수인 2를 다시 $\frac{p}{2}$ 진수인 2-진수로 계산하면 0이 되어 (1, 00)0, (1, 00)1 로 취급되므로 이 중간 노드들은 모두 다음 열에 있는 동일한 노드들과 연결된다. 이를 정리하면 0번 소스 노드에서 W_1 을 이용하여 (16, 17, 20, 21)번 노드에 도달한 패킷은 이들 중 임의의 노드 하나를 거쳐 W_3 을 이용하여 목적 노드 (1~7)번에 도달하게 된다. 같은 방법으로 0번 소스 노드에서 W_1 을 이용하여 (18, 19, 22, 23)번 노드에 도달한 패킷은 이들 중 임의의 노드 하나를 거쳐 W_4 을 이용하여 목적 노드 (8~15)번에 도달하게 된다.

세 홉만에 도달하는 노드들은 그림 3-(c)와 같이 나머지 (24~31)번 노드들이 되는데 우선 소스 노드 0에서 W_1 을 이용하여 (16~23)번 노드로 방송하게 되면 이들 중 임의의 노드가 패킷을 중계하게 된다. 이들 임의

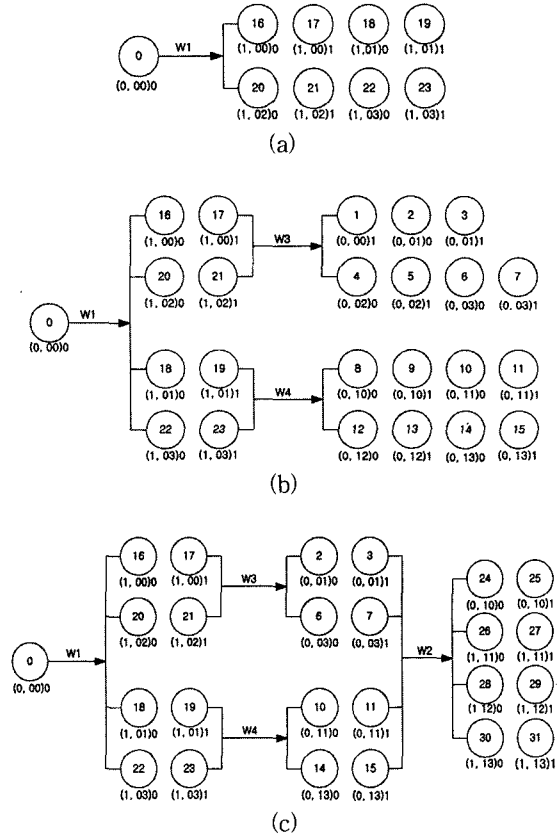


그림 3. (4, 2) 라우팅 알고리즘
Fig. 3. Routing algorithm for (4, 2).

의 노드 가운데서 (16, 17, 20, 21)번 중의 하나가 패킷을 중계하게 된다면 이들 노드들은 또 다른 중계 노드를 결정하기 위하여 우선 목적 노드의 열 주소를 검색한다. 목적 노드의 열 주소는 (1, 10)0, (1, 10)1, (1, 11)0, (1, 11)1, (1, 12)0, (1, 12)1, (1, 13)0 그리고 (1, 13)1 로 두 번째 자릿수인 $r^d(1)$ 이 모두 1이므로 (16, 17, 20, 21)번 다음에 연결되는 또 다른 중계 노드는 열 주소의 첫 번째 자릿수인 $\hat{\chi}(0)$ 가 1인 노드들로 구성된다. 즉 (0, 01)0=2, (0, 01)1=3, (0, 03)0=6 과 (0, 03)1=7 중에 하나가 패킷을 다시 중계한다. 이때 첫 번째 자릿수는 다시 2-진수로 환산되므로 3은 1과 동일하게 취급된다. 이 두 번째 중계 노드인 (2, 3, 6, 7)은 이와 연결된 노드들 중 두 번째 주소가 1인 노드들에게 패킷을 전달하므로 (24~31)번 노드들에게 패킷이 전달된다. 이와 같은 연결과정에서 두 번째 홉에서는 W_3 를 이용하고 세 번째 홉에서는 W_2 를 이용한다. (18, 19, 22, 23)번이 중계 노드가 된 경우에는 같은 방법으로 W_4 를 이

용하여 (0, 11)0=10, (0, 11)1=11, (0, 13)0=14 와 (0, 13)1=15 로 연결되고 다시 W_2 를 이용하여 목적지 노드인 (24~31)번에 패킷이 전달된다.

III. 결 론

본 논문에서는 격행 연결 이중층 서플넷 방식의 평균 홉 수를 줄일 수 있는 장점을 유지하면서 필요한 파장의 수를 줄일 수 있는 효율적인 채널 공유 방법과 또한 이 채널 공유 방법을 멀티홉 네트워크에 효과적으로 적용할 수 있는 라우팅 알고리즘을 제안하였다. 채널 공유 방법은 $2p$ 개의 노드들이 하나의 채널을 공유하게 하는 방법으로써 전체적으로 필요한 파장 수가 $W = \frac{kp^{k-1}}{2}$ 로 줄어들게 된다. 각 열에 있는 노드는 두 개씩 짝을 이루게 하여 각각의 쌍의 번호를 p -진수로 계산하고, 각 쌍의 위에 위치한 노드에는 2-진수의 0을 첨가하고 아래에 위치한 노드에는 2-진수의 1을 첨가하여 각 노드에 대한 주소를 결정한다. 이와 같이 p -진수로 계산된 값의 첫 번째 자릿수는 다시 $\frac{p}{2}$ -진수로

환산하여 같은 값을 갖는 경우 동일하게 취급한다. 이와 같이 정해진 주소를 이용하여 $(c^d, r^d) \neq (\hat{c}, \hat{r})$ 이면 $r^d((k+|c^d - \hat{c}|) \bmod k) = \hat{r}(0)$ 일 때만 패킷을 중계하도록 알고리즘을 정하여 효과적인 라우팅을 할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Hluchyj, M.G. and Karol, M.J., "ShuffleNet : An Application of Generalized Perfect Shuffles to Multihop Lightwave Networks," IEEE J. Select. Areas Commun., vol.9, no.10, pp.1386~1397, Oct. 1991.
- [2] Acampola, A.S., "A Multichannel Multihop Local Lightwave Networks," Proc. IEEE GLOBECOM '87, pp.1459~1467, Nov. 1987.
- [3] 지윤규, 심현정, "WDM 멀티홉 광통신망을 위한 하나 걸른 행과 연결된 이중층 서플넷 토폴로지," 한국통신학회논문지 제22권 5호, pp.1064~1074, May 1997

저 자 소 개

池 尹 圭(正會員) 第38卷 SD編 第6號 參照