

어레이 파장 가변 광수신기를 갖는 WDM 통신망의 성능분석에 관한 연구

正會員 吳相喆*, 具昌會*, 李在昊*

A Study on the Performance Analysis of WDM Networks with Array Wavelength Tunable Photonic Receiver

Sang Chul Oh*, Chang Hoi Koo*, Jae Ho Lee* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 단일홉 WDM 통신망중에서 가장 많은 주목을 받고 있는 BSN(Broadcast and Select Network)구조와 이러한 통신망에서 발생할 수 있는 트래픽의 불균형에 의한 성능저하를 분석하고 이에 대한 해결책으로 병렬 하드웨어 구조를 갖는 어레이 파장가변필터(AWTF; Array Wavelength Tunable Filter)를 이용하여 동시성 서비스를 지원할 수 있는 WDM 통신망의 구조를 제안한다. 채널의 구조상에서는 SCMD(Single Control channel, Multiple Data channel)방식을 사용하여 다중채널 통신을 가능하도록 하였다. 또한, Uniform 트래픽의 경우와 Nonuniform 트래픽의 경우를 모두 고려하여 각각의 throughput을 비교, 분석하였고 WDM 통신망의 확장과 트래픽의 불균형에 대해서 요구되는 QoS(Quality of Service)를 보장할 수 있는 최적의 어레이 파장 가변 필터의 개수를 추출함으로써 최적의 성능을 보장할 수 있는 BSN구조의 WDM 통신망 설계를 가능하게 하였다.

ABSTRACT

In this thesis, we analyze the Broadcast and Select Network(BSN) architecture coming up to the issues among those in the single-hop WDM networks and the degradation of performance in consequence of the traffic imbalance which will be able to be produced in these network. we propose WDM networks architecture which can support concurrency services by using Array Wavelength Tunable Filter(AWTF) with the parrallel hardware structure as a solution. For the sake of multichannel communications, we make use of the Single Control channel, Multiple Data channel(SCMD) scheme that is one of the channel architecture. Also, we compare and analyze the throughput

*광운대학교 전자통신공학과
Data Communication Lab., Dept. of Electronic Communication Eng., Kwangwoon University.
論文番號:96202-0712
接受日字:1996年 7月 12日

of Uniform & Nonuniform traffic conditions, and obtain the optimized number of AWTF being able to guarantee the Quality of Service(QoS) required by the enlargement of WDM networks and traffic imbalance. Therefore, we can make it possible that the design of the WDM networks with BSN architecture ensures the optimized performance.

I. 서 론

가입자수의 증가와 점점 다양해져 가는 통신 서비스를 수용하기 위해 보다 빠르고 신뢰성있는 통신기술이 요구되고 이에 따라, 제 3세대 통신기술이라고 할수 있는 광통신기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 광통신기술은 기존의 전기적 신호를 이용하던 통신망에서 발생할 수 있는 제한적인 서비스를 30 [THz]정도의 거대한 대역폭과 0.2[dB/km]의 광섬유 저손실 특성, 그리고 보안성을 이용해서 극복할 수 있게 되었고 또한, 광신호를 이용한 시간분할다중접속(TDMA; Time Division Multiple Access), 코드분할다중접속(CDMA; Code Division Multiple Access), 파장분할다중접속(WDMA; Wavelength Division Multiple Access)등의 다중접속기술이 발전함에 따라 다수의 가입자에 대해 초고속의 동시성 서비스 제공이 가능하게 되었다.

100[nm]와 150[nm]의 광섬유 저손실 영역을 여러개의 독립적인 파장채널로 나누어서 사용하는 파장분할 다중화방식은 WDM 통신망의 다중화기술로써 주목받고 있다. 그리고, 파장분할다중접속(WDMA)기술은 서로 다른 각 파장과 파장사이가 1[nm]정도인 D-WDMA(Dense-W-DMA)통신망에서 IMDD(Intensity-Modulation Direct-D-etection) 시스템과 연관된 기술로써 사용하고 있다.

현재, 각 파장대역으로 모든 종단 가입자 장치의 전기적 최대처리속도인 수[Gbps]정도를 지원할 수 있기 때문에 이에 대한 연구가 집중적으로 진행되고 있다.^{[1][2]}

본 논문에서는 BSN구조의 단일혼 다중채널 WDM 통신망에서 다수의 송신단이 하나의 목적지로 동시에 패킷을 전송하여 서비스를 요구하는 경우 1개의 파장 가변 광수신기를 사용하는 기존의 통신망 구조에서는 심각한 성능저하의 원인이 되므로 이에 대한 해소방법으로 어레이 파장 가변 광수신기를 갖는 WDM 통신망을 제안하였다.

그리고, 이와같은 트래픽의 불균형 특성을 고려한 성능분석을 위하여 Uniform 트래픽과 Nonuniform 트래픽으로 구분하여 분석하였으며 다양하게 변화하는 WDM 통신망의 환경에 대해서 요구하는 QoS를 보장할 수 있는 최적의 어레이 파장 가변 광수신기의 개수를 구함으로써 최적의 성능을 보장할 수 있는 BSN구조의 WDM 통신망 설계를 가능하게 하였다.

II. BSN구조를 갖는 WDM 통신망

2.1 통신망의 구성

WDM 통신망에서는 동기를 맞추기 위해 제어 패킷의 길이는 데이터 패킷의 길이보다 작으며 점대점(Point to point) 연결뿐만 아니라 같은 파장으로 여러 노드가 동시에 조율가능하므로 점대다점(Point to multipoint) 연결형태의 멀티캐스트도 지원할 수 있다. 또한, 각각의 노드가 한개이상의 조율 가능한 수신기를 가지고 있으면 다점대점(Multipoint to point) 연결도 가능하다. 이와같은 광통신망에서의 성능은 제어채널을 통해서 튜닝정보를 광수신기로 전송하는 속도와 동시성 서비스를 지원하기 위한 수신기의 수에 따라 제한되어 지며 이러한 튜닝정보의 효율적인 처리를 위한 여러가지 알고리즘이 제안되고 있다.^{[3][4]}

BSN구조를 갖는 다중채널 WDM 통신망에서 여러개의 송신노드가 동시에 하나의 수신노드로 서비스를

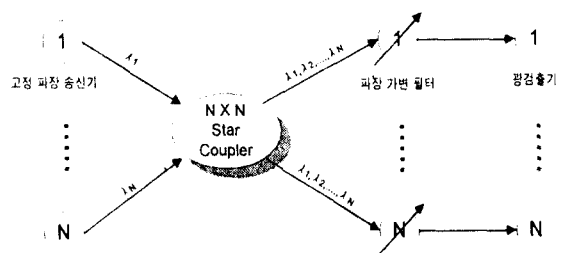


그림 1. BSN구조를 갖는 WDM 통신망
Fig. 1 The WDM networks with BSN architecture

요구하는 경우 파장 가변 수신기는 한번에 하나의 파장만을 수신하므로 수신충돌이 발생하여 전체 광통신망의 성능저하에 큰 영향을 미치게 된다. 현재 가장 주목을 받고 있는 BSN구조는 그림 1과 같이 구성된다.

그림 1에서 사용되는 수동형 Star Coupler는 각 광분할기 전력의 0.3[dB]정도의 점점손실과 삼입손실로 인해서 가입자 수에 제한이 따르는 선형버스구조보다는 전기적 신호와 광신호의 변환으로 발생하는 병목현상없이 빠르게 정보를 중계할 수 있다.^{[5][6]} 또한, 구동하기 위한 여분의 전력이 필요하지 않으며 결합기회로에서 광분할기가 이진 나무구조형태로 구성되므로 단지, 대수적인 광신호 분할손실만이 발생하기 때문에 수동 Star Coupler 형태를 주로 많이 사용하고 있다.^{[8][9]}

현재, 연구되어지고 있는 성형결합기의 포트수는 64×64 또는 144×144까지에서도 낮은 삼입손실과 일정한 분할성능을 지원할 수 있다.^[10]

이와같은 BSN구조의 주요 장점은 다음과 같다.

① 간단한 라우팅과 전력소비의 감소.

수동형 Star Coupler에서 입력포트로 들어오는 모든 파장신호는 모두 합쳐져서 출력포트로 나가기 때문에 부가적인 라우팅이 필요하지 않다. 또한, 수동형 Star Coupler를 쓰기 때문에 능동형 광스위치보다 전력소비면에서 이득이 있다.

② 제어방식의 단순성.

제어채널로 튜닝신호를 보내고 파장 가변 필터를 이용해서 다중화된 파장중에 원하는 파장만을 선택하여 튜닝만을 하면되므로 제어가 단순해 진다.

③ 서로 다른 채널(= 파장)간의 독립된 데이터 속도.

각 채널은 서로 다른 독립된 파장으로 이루어지기 때문에 서로 다른 각각의 채널로 이속도의 데이터 전송이 가능하다.

2.2 BSN구조를 갖는 WDM 통신망의 문제점

기존의 BSN구조를 갖는 WDM 통신망에서는 임의의 수신노드가 각각 하나의 파장 가변 필터를 이용하고 있으므로 여러개의 파장이 동시에 하나의 수신노드로 집중되는 경우 그림 2와 같은 수신충돌을 피할 수 없게되어 throughput의 저하에 큰 영향을 미친다.

그림 2와 같이 4×4 Star Coupler를 통해서 λ_1 과 λ_2 로 두 개의 패킷이 동시에 입력되는 경우 파장 가변

필터는 한번에 하나의 파장으로만 튜닝할 수 있으므로 #1과 #3 파장 가변 필터에서 수신충돌이 발생하게 된다.

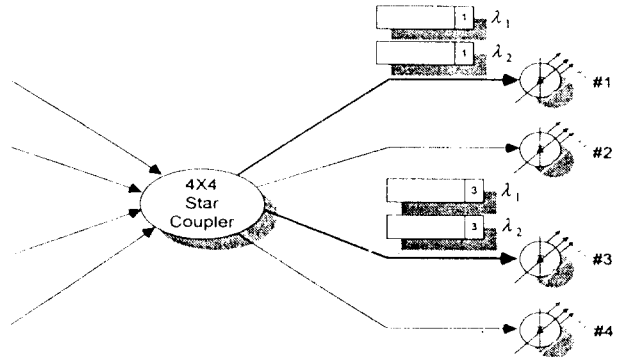


그림 2. 동시에 인가되는 패킷에 의한 수신충돌 예
Fig. 2 The example of receiver collision by reason of simultaneously carried packets

III. BSN구조의 다중채널 WDM 통신망의 구성

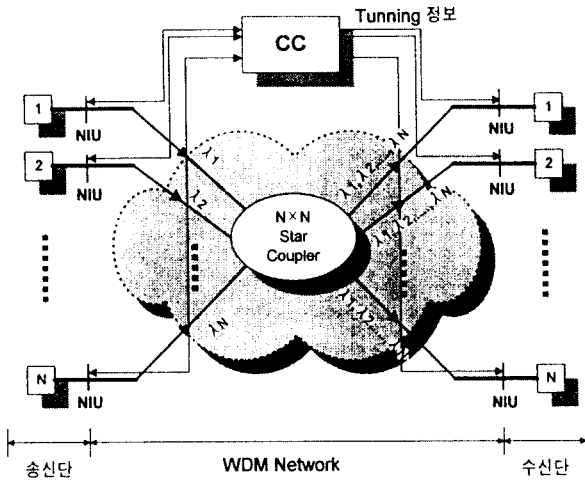
3.1 SCMD 채널방식을 사용하는 WDM 통신망

초고속의 동시성 서비스를 지원하기 위해서는 임의의 한 노드에 대해서 집중되는 광신호에 대한 병렬 처리가 필수적이라고 할 수 있으며 또한, 초고속의 서비스를 요구하므로 소프트웨어적인 방법보다는 하드웨어적인 병렬처리방법이 필요하다.

일반적인 SCMD(Single Control channel, Multiple Data channel) 채널방식을 이용하는 BSN구조의 다중채널 WDM 통신망의 구성은 그림 3과 같다.

그림 3과 같은 집중형 제어기를 사용함으로써 각 사용자 노드에 걸리는 하드웨어적인 부하를 감소시킬 수 있을뿐만 아니라 이것이 LAN의 형태라면 이 집중형 제어기를 Head End로 이용하여 다른 집중형 제어기와 연결하여 통신을 할 수 있다. 그래서 노드수에 제한을 받는 성형결합기의 단점을 극복하여 WAN과 같은 장거리 네트워크가 가능하게 되고 더불어서 파장의 재사용을 통해 파장사용의 극대화를 얻을 수 있게 된다.^[11]

그림 3과 같은 통신망구조에서 제어정보는 패킷의



CC : Central Controller
NIU : Network Interface Unit

그림 3. SCMD 채널방식을 갖는 BSN구조의 WDM통신망
Fig. 3 The WDM networks of BSN architecture with SCMD channel system

데이터 정보에 비해서 작으므로 수 [Mbps]의 전기적 신호로 전송하고 데이터 정보는 광신호의 형태로 Star Coupler를 통해서 전송되어진다.

예를들면, 53 바이트의 ATM 패킷을 얻기 위해서는 5[Gbps]의 데이터채널을 통해서 85[ns] 길이의 데이터 패킷을 전송해야 하며 집중형 제어기가 16비트의 제어패킷을 200[Mbps]로 처리해 주어야 53바이트의 ATM 패킷을 처리할 수 있게 된다.

3.2 제안한 WDM 통신망의 구조

기존의 SCMD 채널방식을 사용하는 BSN구조의 WDM 통신망에서는 수신노드에 1개의 광수신기를 사용함으로써 N개의 노드에서 발생된 패킷이 임의의 한 노드로 인가되는 경우 성능저하에 큰 영향을 주었다.

이러한 통신망의 성능저하를 보상하기 위하여 본 논문에서는 최적의 어레이 파장 가변 광수신기를 사용하여 다양한 WDM 통신망의 환경변화에 효율적으로 대처하게 하였다. 제안된 임의의 각 노드의 구성은 아래의 그림 4와 같다.

송신단에서 발생되어진 데이터 신호는 전기적 신호의 흐름으로 NIU에 입력되고 고정 파장 레이저에

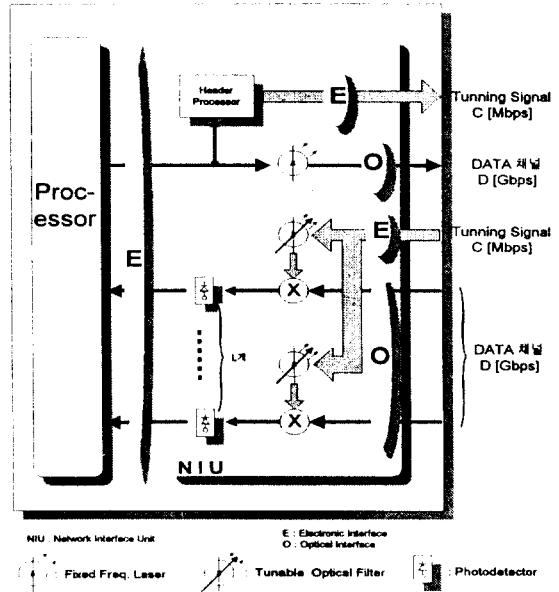


그림 4. 제안된 WDM 통신망의 노드의 구성
Fig. 4 The composition of node for proposed WDM network

의해 변조되어 광신호로 바뀐 후에 전송되어진다. 반면에, 제어정보는 헤더 프로세서에 의해 복사되어 집중형 제어기로 전송되어진다. 이와같이 수[Mbps]정도의 제어채널에 TDM이나 CSMA/CD를 이용하던 기존의 광통신망에서는 단지 전체 제어채널 대역폭의 1/N 정도만을 사용할 수 있었지만 부분송파를 이용해서 다중화하게 되면 전체 전기적 대역폭을 이용할 수 있게되어 대역폭의 효율적 사용을 가져올 수 있다. 그리고, 수신단으로 전송된 각각의 제어신호는 파장 가변 필터에 도달하게 되고 다양한 데이터를 검색하기 위해서 헤테로다인 수신형태를 사용해 수신한다.

위의 그림 4와 같은 헤테로다인 형태의 수신을 함으로써 위상단속 폐회로(PLL: Phase-Lock Loop)가 더 이상 필요하지 않게 되어 구조가 간단해지는 장점을 갖게된다.

IV. 제안한 다중채널 WDM 통신망의 해석

본 논문에서 트래픽의 불균형에 대한 성능저하를

보상하기 위해서 제안된 어레이 파장 가변 광수신기를 갖는 BSN구조의 다중채널 WDM 통신망은 모두 N개의 노드로 이루어진다. 각 노드는 하나의 고정 파장 송신기와 L개의 어레이 파장 가변 필터 그리고 L개의 광검출기로 이루어져서 제어신호에 의해 L개의 어레이 파장 가변 필터를 튜닝하여 인가되는 광신호형태의 데이터 신호를 수신하게 된다. 이러한 각각의 어레이 파장 가변 필터와 광검출기는 하나의 광수신기를 이루므로 L개의 어레이 광수신기로 간주하여 해석한다.

트래픽 불균형에 대한 성능분석을 위해 제안한 모델에서의 트래픽을 Uniform과 Nonuniform형태로 구분하였다. Uniform 트래픽은 전송되는 모든 패킷이 균일하게 N개의 노드로 인가되는 것을 의미하며, Nonuniform 트래픽은 전송되는 패킷의 목적지 주소가 임의의 노드에 집중이 되어 N개의 노드로 균일하게 전송되지 못하는 것을 의미한다. 패킷들이 임의의 각 수신노드에 독립적으로 도달한다고 가정하였을 때 임의의 노드 j로 k개의 패킷이 서로 다른 파장을 가지고 도달할 확률은 $P_j(k)$ 로 나타낼 수 있다. 또한, 임의의 노드 i에서 j로 인가되는 트래픽량 a_{ij} 를 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$a = \sum_{j=1}^N a_{ij}, \quad i=1, \dots, N \quad (1)$$

N개의 패킷이 서로 다른 파장으로 동시에 L개의 어레이 광수신기로 들어오는 경우 L개의 패킷만이 수신에 성공하고 나머지는 수신에 실패하므로 임의의 한 노드에서의 평균 throughput T는 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$T = \frac{1}{a} \sum_{k: P_j(k) \geq 0}^L k P_j(k) \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)를 이용해서 Uniform형태의 트래픽이 인가되었을 경우와 Nonuniform 트래픽이 인가되었을 경우의 성능을 분석한다.

4.1 Uniform 트래픽이 인가되었을 경우

Uniform 트래픽은 N개의 노드에서 발생된 모든 패킷이 균일하게 N개의 수신노드로 인가되는 것을 의미하므로 임의의 노드 i에서 j로 인가되는 Uniform

트래픽은 모든 노드 N에 대해서 일정한 값 a를 가지게 된다. 그러므로, 식 (1)은 $a_{ij} = \frac{a}{N}$ 로 간단히 나타낼 수 있다. 그리고 임의의 수신노드 j로 N개의 패킷 중에 k개의 패킷이 서로 다른 파장으로 동시에 인가되었을 경우 $P_j(k)$ 는 식 (3)과 같이 이항분포형태로 표현할 수 있다.

$$P_j(k) = \binom{N}{k} \left(\frac{a}{N}\right)^k \left(1 - \frac{a}{N}\right)^{N-k} \quad (3)$$

그러므로, 평균 throughput T를 구하기 위해서 식 (3)을 식 (2)에 대입하면 식 (4)와 같이 Uniform 트래픽이 광수신기로 입력되었을 때의 평균 throughput T를 구할 수 있다.

$$T(\text{Uniform}) = \frac{1}{a} \sum_{k=0}^L k \binom{N}{k} \left(\frac{a}{N}\right)^k \left(1 - \frac{a}{N}\right)^{N-k} \quad (4)$$

식 (4)를 정리하여 쓰면 아래의 식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$T(\text{Uniform}) = \sum_{k=0}^{L-1} \binom{N-1}{k} \left(\frac{a}{N}\right)^k \left(1 - \frac{a}{N}\right)^{N-1-k} \quad (5)$$

식 (3)과 같은 이항분포는 노드 수 N이 무한대로 증가하면 식 (6)과 같은 포아송 확률분포(Poisson distribution probability)로 나타낼 수 있다.

$$P_j(k) = \frac{a^k}{k!} e^{-a}, \quad k=0, 1, 2, \dots \quad (6)$$

그러므로, 평균 throughput T를 구하기 위해서 식 (6)을 식 (2)에 대입하면 식 (7)과 같이 Uniform 트래픽하에서 $N \rightarrow \infty$ 로 증가할 경우의 평균 throughput T를 구할 수 있다. 즉, 노드당 하나의 고정 파장 광송신기를 갖는 WDM 통신망의 노드 수가 무한대로 증가하거나 N개의 노드에서 노드당 다중 고정 파장 송신기를 가지고 전송을 함으로써 송신단에서 발생되어 Star Coupler를 통해서 전송되는 패킷의 양이 무한대로 증가되었을 경우를 의미한다.

$$T(\text{Uniform}) = \frac{1}{a} \sum_{k=0}^L k \frac{a^k}{k!} e^{-a} \quad (7)$$

또한, 식 (7)을 간략하게 정리하면 식 (8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$T(\text{Uniform}) = \sum_{k=0}^{L-1} \frac{a^k}{k!} e^{-a} \quad (8)$$

식 (5)와 식 (8)은 송신단의 고정 파장 송신기에서 발생한 트래픽량 a 가 N 개의 수신단으로 균일한 확률값 $1/N$ 을 가지고 도달하는 Uniform 트래픽하에서 각각 노드의 수 N 이 유한일때와 무한일때의 평균 throughput을 나타낸다.

4.2 Nonuniform 트래픽이 인가되었을 경우

Nonuniform 트래픽은 송신단에서 발생한 N 개의 패킷이 모두 균일하게 N 개의 수신단으로 입력되지 못하고 임의의 한 노드로 집중되는 경우를 의미한다.

많은 양의 트래픽이 임의의 하나의 노드로 인가되는 경우 앞의 4.1절과 같은 Uniform 트래픽형태의 해석과는 다른 Nonuniform 트래픽형태의 해석이 필요하다. Uniform 트래픽에 대한 해석에서는 모든 패킷이 균일하게 N 개의 수신노드로 인가되므로 총 트래픽량 a 를 그대로 사용하였으나 Nonuniform 트래픽에서는 모든 패킷이 균일하게 N 개의 수신노드로 인가되지 못하고 임의의 한 노드로 집중되는 경우가 발생하므로 총 트래픽량을 다르게 표현해야 한다.

그러므로, 인가되는 트래픽량을 나타내는 파라미터인 a 를 식 (9)와 같은 Nonuniform 바이어스(bias) 파라미터인 b 에 대한 식으로 표시할 수 있다. ($0 \leq b \leq 1$)

$$a = ba + (1-b)a \quad (9)$$

식 (9)는 ba 의 패킷이 임의의 하나의 노드로 도달하고 $(1-b)a$ 의 패킷이 $1/N$ 의 확률값을 가지고 일정하게 N 개의 노드로 인가되는 경우이다.

1) $b=0$ 인 경우(= Uniform 트래픽)

인가되는 트래픽 a 가 모두 그림 5와 같이 임의의 노드 A, B로 일정한 확률값 $1/N$ 을 가지고 인가되는 트래픽을 의미한다.

2) $0 < b < 1$ 인 경우(= Nonuniform 트래픽)

입력되는 트래픽 a 중에 일부는 Uniform 트래픽이

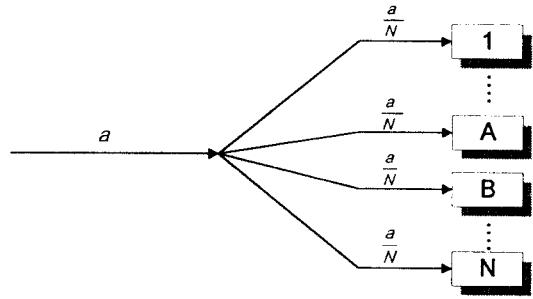


그림 5. $b=0$ 인 경우의 트래픽특성(= Uniform 트래픽)
Fig. 5 The traffic characteristics in $b=0$ case

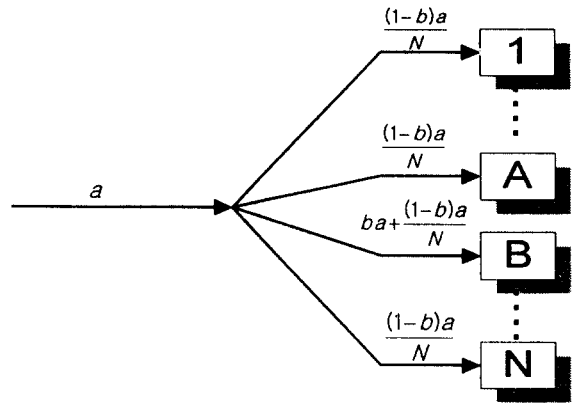


그림 6. $0 < b < 1$ 인 경우의 트래픽 특성(= Nonuniform 트래픽)
Fig. 6 The traffic characteristics in $0 < b < 1$ case

고 나머지 일부가 Nonuniform 트래픽임을 나타내는 것으로 다음의 그림 6에서와 같이 전체 입력 트래픽 a 중에 바이어스 지수 값인 $(1-b)$ 만큼의 트래픽이 일정한 확률값 $1/N$ 을 가지고 임의의 노드 A로 인가되고 나머지 b 만큼의 트래픽이 임의의 노드 B로 1의 확률 값을 가지고 동시에 인가되는 트래픽을 의미한다.

3) $b=1$ 인 경우(= Nonuniform 트래픽)

입력되는 트래픽 a 가 모두 Nonuniform 트래픽인 경우를 의미한다. 그림 7과 같이 입력되는 트래픽 a 모두가 임의의 노드 B로 확률 값 1을 가지고 한꺼번에 인가되는 트래픽을 의미한다.

Nonuniform 트래픽에 따라 트래픽의 불균형이 발

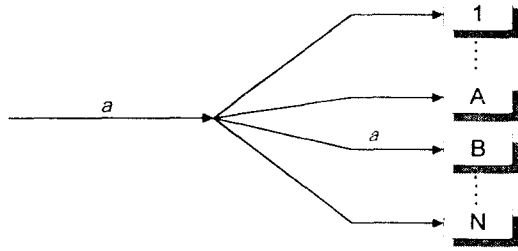


그림 7. $b=1$ 인 경우의 트래픽 특성(=Nonuniform 트래픽)
Fig. 7 The traffic characteristics in $b=1$ case

생하고 임의의 한 노드에서의 throughput은 상당한 저하를 나타낸다.

식 (3)에서와 같이 임의의 수신노드 j 로 N 개의 패킷 중에 k 개의 패킷이 서로 다른 파장으로 동시에 인가 되는 이항분포형태의 확률값 $P_j(k)$ 는 이러한 Nonuniform 트래픽하에서는 식 (9)를 이용하면 식 (10)과 같이 표시할 수 있다.

$$P_j(k) = \binom{N}{k} \left[ba + \frac{(1-b)a}{N} \right]^k \left[1 - \left(ba + \frac{(1-b)a}{N} \right) \right]^{N-k} \quad (10)$$

본 논문에서는 BSN구조의 WDM 통신망에서 이와 같은 Nonuniform 트래픽에 대한 throughput을 높이기 위해 임의의 한 노드에 병렬로 연결된 L 개의 어레이 파장 가변 수신기를 가지므로 서로 다른 채널로 동시에 도달하는 N 개의 패킷중에 L 개를 수신할 수 있다. 그러므로, 평균 throughput은 식 (10)을 식 (2)에 대입하여 식 (11)과 같이 구할 수 있다.

$$T(Nomuni.) = \frac{1}{a} \sum_{k=0}^L k \binom{N}{k} \left[ba + \frac{(1-b)a}{N} \right]^k \times \left[1 - \left(ba + \frac{(1-b)a}{N} \right) \right]^{N-k} \quad (11)$$

또한, 식 (11)은 아래의 식(12)와 같이 정리할 수 있다.

$$T(Nomuni.) = [1 + b(N-1)] \sum_{k=0}^{L-1} \binom{N-1}{k} \left[ba + \frac{(1-b)a}{N} \right]^k \times \left[1 - \left(ba + \frac{(1-b)a}{N} \right) \right]^{N-1-k} \quad (12)$$

식 (12)는 식 (9)와 같은 특성을 갖는 Nonuniform 트래픽이 L 개의 어레이 파장 가변 광수신기를 가진 임의의 한 노드로 인가되었을 경우 평균 throughput을 나타낸다.

V. 성능분석 및 고찰

본 장에서는 제 4장에서 해석한 Uniform 트래픽과 Nonuniform 트래픽을 갖는 제안한 모델에서 어레이 파장 가변 수신기의 개수를 고려한 BSN구조의 WDM 통신망에 대한 성능분석을 수행한다.

5.1 Uniform 트래픽만을 고려한 경우

그림 8에서는 전체 총 트래픽량을 0.8로 고정을 시킨후 전체 송수신 노드의 수를 100에서 1050개까지 변화시키면서 임의의 한 노드에서의 어레이 파장 가변 광수신기의 수가 각각 1, 2, 3, 4, 5개일때의 평균 throughput을 구하였다. 평균 throughput은 노드 수의 변화량에 대해서 선형적인 증가를 보였고 이것은 Uniform 트래픽의 특성을 나타내는 것이다. 그리고, 노드수의 증가보다는 어레이 파장 가변 광수신기의 수인 L 값의 증가에 더 민감한 것을 알 수 있다. 그러므로, 어레이 파장 가변 광 수신기의 수가 1에서 5까지 증가할수록 전체 노드수 변화량에 대한 throughput의 변화량(즉, 기울기)이 좀 더 민감하게 증가함을 볼 수 있다. 또한, $L=4$ 정도가 되면 이 변화량이 일정한 값으로 수렴하게됨을 볼 수 있다.

5.2 Nonuniform 트래픽을 고려한 경우

그림 9에서는 전체 노드의 수를 1024개로 고정시키고 임의의 노드에 할당된 어레이 파장 가변 광수신기의 수가 1개인 전형적인 BSN구조의 WDM 통신망에 대한 성능을 나타내었다. 여기서 트래픽량을 각각 0.1에서 0.9정도로 증가 시켰을 때 바이어스 지수에 따른 throughput의 영향을 알아보았다. 그림 9에서 알 수 있듯이 바이어스 지수가 0%에서 10%로 증가할 경우 throughput의 양은 심한 감소효과를 가져온다. 이것으로 일반적인 BSN구조의 WDM 통신망의 성능은 통신망내에서 발생하는 트래픽의 불균형에 매우 민감한 것을 알 수 있다.

어레이 파장 가변 광수신기의 수가 1개인 경우 바

이어서 지수가 3%정도가 되면 전체 트래픽량과 전체 노드의 수에 선형적으로 비례하여 증가하지않고 이와는 무관하게 일정한 값으로 수렴하게 된다. 이것은 바이어스 지수가 3%이상인 트래픽이 들어오는 경우 트래픽량이 증가하여도 한정된 수의 어레이 파장 가변 광수신기에서는 받아들일 수 있는 한계수신용량이 있기 때문에 이를 넘어서는 경우 수신포화상태에 이르게 되는 것을 나타내는 것이다.

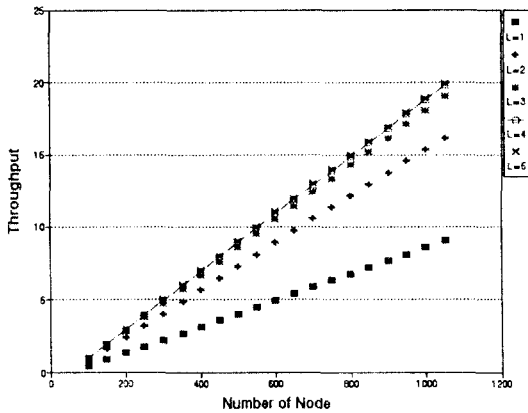


그림 8. 균일 트래픽에 대한 AWTF의 처리율
Fig. 8 The throughput of AWTF relating to the Uniform traffic($a = 0.8, b = 0\%$)

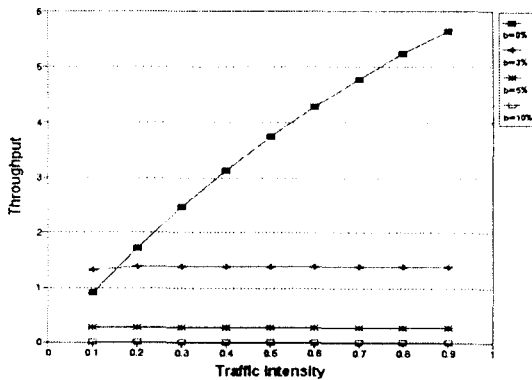


그림 9. 트래픽 불균형에 대한 처리율 비교
Fig. 9 The comparison of the throughput according to the traffic imbalance($N = 1024, L = 1$)

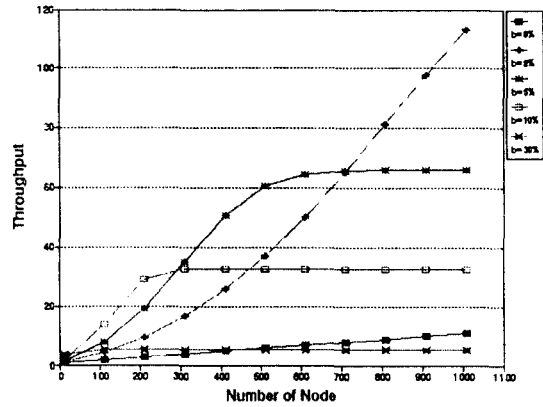


그림 10. WDM 통신망의 규모확장에 따른 트래픽 불균형의 영향($a = 0.8, L = 20$)
Fig. 10 The influence of the traffic imbalance according to the enlargement of WDM networks

그림 10에서는 임의의 한 노드에서 어레이 파장 가변 광수신기의 수가 20개이고 전체 트래픽량이 0.8일 때 바이어스 지수의 변화에 따라서 노드의 수에 대한 throughput을 나타내었다. 바이어스 지수값이 2%정도일때는 20개정도의 어레이 파장 가변 광수신기로 수신할 수 있는 용량을 초과하지 않기때문에 노드 수의 증가에 따라 증가하게 되지만 바이어스 지수가 5%정도가 되면 수신용량을 초과하게 되어 노드의 수가 600개이상으로 증가하게 되면 일정한 값으로 수렴을 하게 된다. 또한, 바이어스 지수값이 10%정도로 커지게 되면 노드의 수가 300개정도에서 부터 수렴 값을 갖게되는 것을 알 수 있다.

5.3 바이어스 허용성(Bias Tolerance)

본 논문의 4장에서는 Nonuniform 트래픽의 특성 파라미터인 바이어스 지수를 추출하였다. 어레이 파장 가변 광수신기의 수가 변화함에 따라 어느 정도의 바이어스 지수값까지 포화상태에 이르지 않고 허용할 수 있는지를 알아보기 위해서 이를 바이어스 허용성이라고 정의하여 성능을 분석한다.

그림 11에서는 임의의 노드당 어레이 파장 가변 광수신기의 수가 10개이고 트래픽량이 0.8일때의 성능 분석 결과이다. 전체 노드수가 변화할 때 바이어스 지수에 대한 throughput의 변화를 나타내고 있다. 전

체 노드의 수가 10개 정도로 적을 때는 바이어스 지수값이 증가하여도 10개의 어레이 파장 가변 광수신기만으로도 수신이 정상적으로 가능하여 포화상태에 이르지 않기 때문에 선형적인 증가를 보이지만 전체 노드의 수가 50개이상으로 커지는 경우 입력되는 트래픽량이 증가하므로 어레이 파장 가변 광수신기는 포화상태에 이르게 되어 throughput은 일정한 값으로 수렴하게된다. 전체 노드수가 100개일 경우 바이어스 지수가 20%정도에서 포화상태를 이루고 노드수가 500개일 때는 바이어스 지수가 5%에서 어레이 파장 가변 광수신기가 포화상태를 이루게 된다. 또한 전체 노드의 수가 1024개로 증가하여 입력 트래픽의 양이 증가하는 경우는 이러한 Nonuniform 트래픽에 대해서 바이어스 허용성을 잃게된다.

그림 12에서는 전체 트래픽이 0.8이고 어레이 파장 가변 광수신기의 수를 그림 11의 2배인 20개로 할당 하였을때 노드수를 변화시켜가면서 바이어스 지수에 대한 throughput을 살펴보았다. 어레이 파장 가변 광수신기의 수가 10개인 그림 11에서는 노드수가 50정도일 때 45%이상 이 되면 어레이 파장 가변 광수신기가 포화상태에 이르게 되어 throughput이 일정하게 유지되지만 어레이 파장 가변 광수신기의 수가 20개 정도로 증가하면 노드 수가 50개일때 발생하는 트래픽에 대해서는 바이어스 지수값이 45%이상에서도 throughput이 지속적인 증가를 보이는 것을 볼 수 있다.

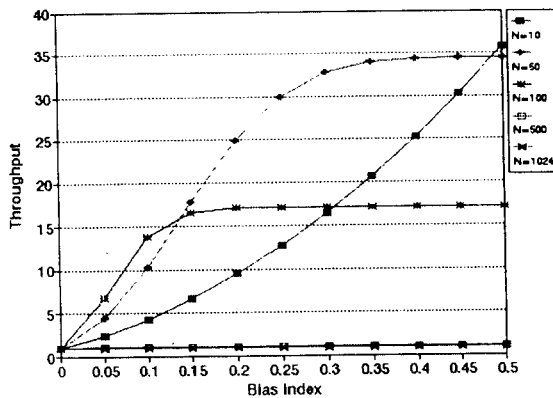


그림 11. WDM 통신망 규모확장에 대한 바이어스 허용성 (L = 10, a = 0.8)
Fig. 11 The bias tolerance according to the enlargement of WDM networks

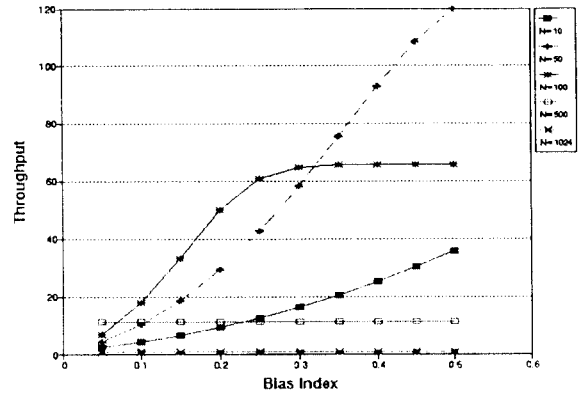


그림 12. WDM 통신망 규모확장에 대한 바이어스 허용성 (L = 20, a = 0.8)
Fig. 12 The bias tolerance according to the enlargement of WDM networks

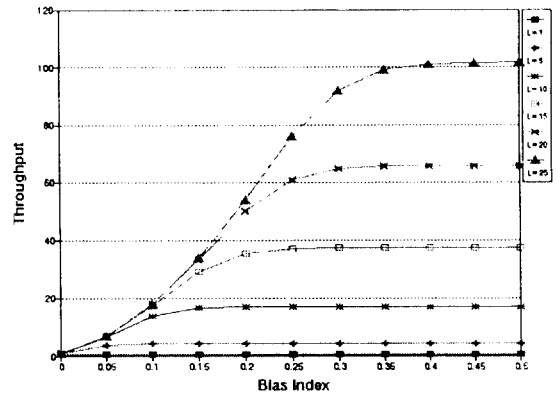


그림 13. AWTF 증가에 대한 바이어스 허용성
Fig. 13 The bias tolerance according to the increasement of AWTF(a=0.8, N=100)

그림 13에서는 전체 트래픽이 0.8이고 노드의 수가 100개일 때 바이어스 지수값에 대한 throughput을 알아 보았다. 어레이 파장 가변 광수신기의 수가 1개일 경우 Nonuniform 트래픽에 대해서 포화상태를 이루지만 어레이 파장 가변 광수신기의 수가 증가할수록 허용할 수 있는 Nonuniform 트래픽의 바이어스 지수 값이 L = 10일 때는 b = 20%, L = 15일 때는 b = 30%로

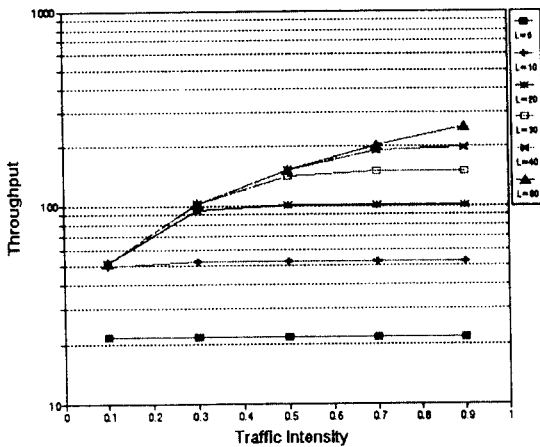


그림 14. 트래픽량의 증가에 따른 AWTF의 처리율
 Fig. 14 The throughput of AWTF according to the increase of traffic intensity(N = 500, b = 10%)

증가됨을 볼 수 있다.

그림 14에서는 전체 송수신 노드의 수가 500개이고 바이어스 지수의 값이 10%일때 어레이 파장 가변 광수신기의 수를 변화시켜가면서 트래픽량에 대한 throughput을 나타내었다. 어레이 파장 가변 광수신기의 수를 증가시킬경우 L=40개정도까지는 증가량이 많은 변화를 이루지만 그 이상이면 둔화된다. 이것은 그림 6에서와 같은 환경에서 최소의 어레이 파장 가변 광수신기로 최대의 throughput을 얻을 수 있는 최적의 어레이 파장 가변 광수신기의 수를 나타내며 그 이상의 어레이 파장 가변 광수신기를 두게되면 낭비가 되는 것을 의미한다.

VI. 결 론

통신 서비스의 요구가 다양해지고 통합화되어감에 따라서 통신망도 점차 초고속화되어가는 추세에 있다. 이러한 욕구를 충족시키기 위해서 거대한 대역폭과 고속의 정보전송이 가능한 광통신 기술이 등장하여 기존의 전기적 통신망에서 발생하였던 병목현상을 해소할 수 있었다. 그 중에 BSN구조를 갖는 WDM 통신망이 가장 주목받는 광통신망 구조로 연구되고 있으며 이러한 통신망 구조에서 다양한 서비스를 만족시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문에서는 다양한 트래픽의 특성을 결정하는

바이어스 파라미터를 추출하여 이 바이어스 파라미터와 BSN구조의 WDM 통신망에서 throughput의 향상을 위해 제안된 어레이 파장 가변 광수신기와와의 관계를 정확히 규명함으로써 최소한의 어레이 파장 가변 수신기를 사용하여 광통신망의 효율을 증대시킬 수 있었다. 또한 송수신 노드의 개수와의 관계도 고려하여 광통신망 규모의 증대에도 효율적으로 대처할 수 있게 하였다.

본 논문에서는 다양한 특성을 가진 트래픽이 존재하게 되는 BSN구조의 WDM 통신망에서 Uniform, Nonuniform의 트래픽 특성을 분석하였다.

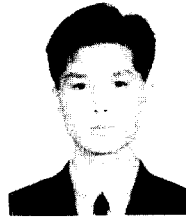
분석결과, 트래픽의 불균형으로 인해서 발생하게 되는 이러한 바이어스 파라미터를 갖는 Nonuniform 트래픽이 광통신망의 성능저하에 상당한 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 그리고, 어레이 파장 가변 광수신기와 노드의 개수에 따라 허용할 수 있는 바이어스 지수값이 서로 다르게 존재하게 되고 이와같은 바이어스 지수값이 그 이상인 Nonuniform 트래픽이 인가되면 어레이 파장 가변 광수신기가 포화상태를 이루어 병렬구조의 어레이 파장 가변 광수신기의 수를 증가시켜도 throughput이 더 이상의 선형적인 증가없이 일정한 값으로 수렴함을 볼 수 있었다. 그러므로, 이러한 Nonuniform 트래픽이 인가되어지는 노드에 최적의 어레이 파장 가변 광수신기를 설치함으로써 트래픽의 불균형에 의한 성능저하를 최소화할 수 있었다.

트래픽의 불균형에 의해서 요구되는 어레이 파장 가변 광수신기의 수를 좀 더 최소화하면서 성능을 향상시키기 위해 공유 어레이 파장 가변 광수신기(SAWTF; Shared Array Wavelength Tunable Filter)에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. B. Mukherjee, "WDM-Based Local Lightwave Networks Part I : Single-Hop Systems", IEEE Network, pp. 12~27, May 1992.
2. C. A. Brackett, "Dense Wavelength Division Multiplexing Networks: Principles and Applications", IEEE J. Sel. Areas in Comm. vol. 8, pp. 947~964, Aug. 1990.

3. R. Chipalkatti, Z. Zang and A. S. Acampora, "High-Speed Communication Protocol for Optical Star Coupler Using WDM", IEEE INFOCOM, pp. 2124~2133, 1992.
4. M. Chen, T. S. Yum, "A Conflict-Free Protocol For Optical WDM Networks", IEEE Globecom, pp. 1276~1281, 1991.
5. I. Chlamtac, A. Ganz, "A Multibus Train Communication Architecture for High-Speed Fiber Optic Networks", IEEE J. Sel. Area in Commun., pp. 903~912, July 1988.
6. N. F. Huang, S. T. Sheu, "DTCAP-A Distributed Tunable-Channel Access Protocol for Multi-Channel Photonic Dual Bus Networks", IEEE Infocom, pp. 908~915, 1995.
7. G. P. Agrawal, "Fiber-Optic Communication Systems", Wiley & Sons, 1993.
8. P. S. Henry, "High-Capacity Lightwave Local Area Networks", IEEE Commun. Mag., vol. 27, no. 10, pp. 20~26, Oct. 1989.
9. G. N. M. Sudhakar, M. Kavehrad, N. Georganas, "Multi-Control Channel Very High Speed Optical Fiber Local Area Networks and Their Interconnections Using Passive Star Topology", Proc. IEEE Globecom, pp. 624~628, Dec. 1991.
10. K. Okamoto, H. Okazaki, Y. Ohmori, and K. Kato, "Fabrication of large scale integrated-optic N×N star couplers", IEEE Photonics Technology letters, pp. 1032~1034, Sept. 1992.
11. V. tandon, M. Wilby, F. Burton, "A NOVEL UP-GRADE PATH FOR TRANSPARENT OPTICAL NETWORKS BASED ON WAVELENGTH RE-USE", IEEE INFOCOM, pp. 1308~1315, 1995.



오 상 철(Sang Chul Oh) 정회원
1995년 2월:광운대학교 전자통신
공학과 공학사
1995년 3월~현재:광운대학교 전
자통신공학과 대학
원 석사과정 재학중
※주관심분야: WDM Networks,
ATM Networks 트
래픽 제어, 큐잉
시스템.



구 창 회(Chang Hoi Koo) 정회원
1991년 2월:광운대학교 전자통신
공학과 공학사
1993년 2월:광운대학교 전자통신
공학과 대학원 공학
석사
1993년 3월~현재:광운대학교 전
자통신공학과 대학
원 박사과정 재학중
※주관심분야: ATM Networks 트래픽 제어, 큐잉 시
스템, WDM Networks

이 재 호(Jae Ho Lee) 정회원
한국통신학회 논문집 제20권 제6호 1995 참조