

WDM 링에서 트래픽 전송효율을 최대화하기 위한 네트워크 설계방법 및 트래픽 그루밍 알고리즘

The Network Designs And Traffic Grooming Algorithm to Maximize the Throughput in WDM Ring Networks

윤승진*
SeungJin Yoon*

Abstract

In this paper, novel traffic grooming algorithms are proposed with a primary goal of maximize the throughput in WDM(Wavelength Division Multiplexing) ring networks. To achieve this goal, we analyze two network designs that are Lightpath Designs and Virtual Topology Designs and simulate the throughput in various traffic environments. From this methods, we propose novel traffic grooming algorithms to maximize the throughput.

요 약

본 논문은 WDM(Wavelength Division Multiplexing:파장 분할 다중화) 기법을 이용한 링 네트워크 구조의 여러 가지 설계방법들을 분석하고, 트래픽 전송효율을 최대화하기 위한 트래픽 그루밍 알고리즘을 제안하였다. 이를 위하여 네트워크 구조를 크게 광경로(Lightpath) 관점을 이용한 여러 가상 토폴로지(Topology)에 의한 네트워크 설계 방법과 연결-링방식의 관점을 이용한 네트워크 설계방법으로 나누어서 성능을 평가하고 비교·분석하였다. 이를 기반으로 WDM 링 네트워크 구조에서 트래픽 전송효율을 최대화할 수 있는 트래픽 그루밍 알고리즘을 제시하였다.

성능평가를 위하여 다양한 네트워크 설계방법들에 대하여 불균형 트래픽에 대하여 시뮬레이션을 실시하였다. 이를 통해 여러가지 설계방법중 최적의 방안을 도출하였고, 이를 기반으로 트래픽 전송효율을 최대화할 수 있는 트래픽 그루밍 알고리즘을 제안하였다.

Key words : WDM, SADM, Traffic Grooming, Ring Topology

I. 서론

고속 대용량의 트래픽을 수용할 수 있고 망 고장시 빠른 회복 능력을 가지고 있기 때문에 고속 광 전송 망 기반 구조로 SONET(Synchronous Optical Network) 자기 치유 링(Self - Healing Ring) 구조가 널리 사용되고 있다.

SONET 자기 치유 링은 사용하는 파장에 데이터를 삽입하고 추출할 수 있는 SADM(SONET Add/Drop Multiplexer)과 서로 다른 SADM을 상호 연결하는 광

섬유로 구성되어 있다. SADM은 여러 낮은 전송 트래픽을 하나의 높은 전송 트래픽으로 모아주고, 높은 전송 트래픽을 여러 낮은 전송 속도 트래픽으로 분리시켜준다. 하지만 기존 SONET링 구조의 망으로는 앞으로 전개될 HDTV, VOD등과 같은 대용량 멀티미디어 서비스와 다양한 정보 통신 서비스들의 통합으로 인한 통신 대역의 요구량을 충족시킬 수 없다.[1-6]

WDM 기법은 방대한 광섬유 대역을 효율적으로 사용하기 위하여 빛의 파장 영역을 분할하여 채널을 다중화하는 기법으로 하나의 광섬유를 통하여 여러 파장을 동시에 전송할 수 있게 해준다. 각 채널은 높은 데이터 전송용량(현재 10Gbps)을 가지고 있으며 하나의 광섬유에 다수개의 파장을 할당하여 많은 양

* 서경대학교 컴퓨터공학과

(Department of Computer Engineering, Seokyeong University)

接受日:2009年 6月 21日, 修正完了日: 2009年 6月 25日

의 데이터를 동시에 전송할 수 있다. 이러한 WDM 링에서 하나의 파장은 하나의 SONET 링으로 구성할 수 있으므로 WDM 기법은 하나의 광섬유를 통해 다중의 SONET 링을 제공할 수 있다.

WDM 기법을 사용하는 네트워크를 설계할 때 중요한 점은 네트워크 구성에 요구되는 전체 비용 요소를 최적으로 할당하여 전체 네트워크 효율을 최대화하는 것이다. 네트워크 효율을 최대화하기 위해서는 광소자부분인 파장을 최적으로 이용하고 전기적 소자부분인 SADM을 최적으로 할당하여 네트워크의 전송 효율을 최대화하여야 한다. 하지만 이 두가지는 서로 보완 관계 있으므로 동시에 최적화하여 만족시키기는 어렵다. 현재 WDM 기술의 발달과 고속 광전송 소자의 개발로 인하여 파장보다는 상대적으로 SADM이 네트워크 효율에 많은 영향을 미친다. 따라서 네트워크 효율을 최대화하기 위해서는 파장보다는 SADM의 최적화할당이 이루어져야 한다[2-6]. 이러한 SADM은 WDM 네트워크를 설계할 때에 OADM(Optical ADM)의 사용과 효과적인 네트워크 설계방안을 사용함으로써 전송효율을 최대화할 수 있다.

최근 트래픽 그루밍 알고리즘에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 광경로(Lightpath)를 기반으로 광경로 분할없이 파장을 구성하는 방법[5], 네트워크 트래픽을 하나 이상의 특정 노드를 경유하도록 가상 토폴로지를 구성하여 트래픽을 그루밍하는 방법[6], 연결을 기반으로 하여 경험적 알고리즘에 의해 트래픽을 그루밍하는 방법[7], 단순 불균등 트래픽에 대한 연구[8], SADM수를 최소화하는 알고리즘[9], 멀티링환경에서 비용요소를 최소화하는 알고리즘[10] 등이 있다. 그러나 기존 트래픽 그루밍 알고리즘은 WDM 링 네트워크 비용요소를 최소화하기 위한 설계방법으로 네트워크의 트래픽 전송효율을 최대화하기 위한 설계방법에 대해서는 고려되지 않았다.

따라서 본 논문은 WDM 링 네트워크 구조를 설계함에 있어서 전체 네트워크를 광경로 관점을 이용한 여러 가상 토폴로지(Topology)에 의한 방안과 연결-링방식의 관점을 이용한 방안으로 나누어서 네트워크를 설계해보았다. 그리고, 이 기법들을 여러 트래픽 상황에 따라서 비교·분석하였다. 이를 통해 다양한 네트워크 설계방안중 네트워크 전송효율을 최대화할 수 있는 트래픽 그루밍 알고리즘을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 WDM 링 네트워크 구조와 여러 설계 방법들의 특징등에 대하여 기술하고, III장에서는 트래픽 전송효율을 최대화하기 위한 트래픽 그루밍 알고리즘을 제안한다. IV장에서는 여러 설계방법들과 제안된 알고리즘의 시뮬레이션 및 결과에 대하여 분석하였으며, V장에서 결론

을 맺는다.

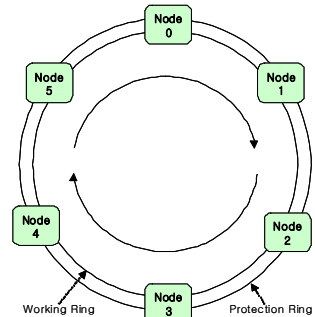


그림 1 . SONET 자기 치유링(단방향 링)

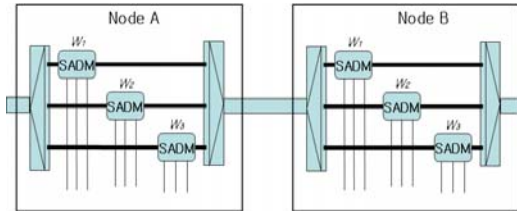
II. WDM 링 네트워크 및 설계 방법

1. WDM 링 네트워크

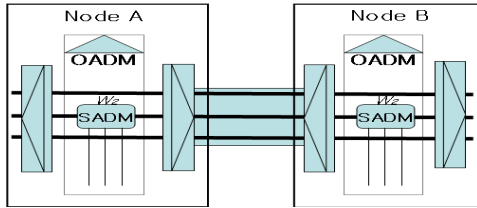
자기치유 SONET 링은 대용량의 트래픽을 수용할 수 있고 망 고장시 빠른 회복 능력이 있기 때문에 현재 고속 광전송망의 기본 구조로 널리 사용되고 있다. 하지만 기존의 SONET 링 구조로는 다양한 통신서비스의 컨버전스 및 새로운 대용량의 서비스 등장으로 인한 폭발적인 통신대역의 증가를 만족시킬 수 없다.

WDM 기법은 이러한 대용량의 서비스를 수용하기 위한 방법으로, 빛의 저손실 파장영역을 분할하여 하나의 광섬유를 통해 다수의 파장 채널을 제공한다. WDM 기법을 사용하는 링 네트워크에서 각각의 파장 채널은 독립적인 SONET 링으로 구성할 수 있다. 그림 2는 이러한 SONET 링으로 구성하는 방법을 나타내고 있다. 그림2-a)는 WDM 기법에 의해 분할된 각각의 파장을 SONET 링으로 구성할 때, 링의 구성하는 모든 노드들이 모든 파장을 이용할 수 있는 WDM 링의 노드 구조이다. 하나의 노드가 전송하길 원하는 트래픽을 모든 파장에 분산하여 전송한다. 즉 3개의 파장을 사용할 경우 각각의 노드들은 전송하길 원하는 트래픽을 3개의 파장중에서 사용 가능한 파장들에 분산하여 전송한다. 하지만 이러한 구조에서는 네트워크를 구성하는 각각의 노드들이 모든 파장에 대하여 SADM을 필요로 하므로 각 노드는 파장수 만큼의 SADM의 수가 요구된다. 그림 1-b)는 트래픽 그루밍 방법과 OADM(Optical ADM)을 사용하여 네트워크에서 요구하는 SADM 수를 줄인 WDM 링 구조이다. 여러 파장 중 자기에게 필요한 파장을 선택적으로 다중화할 수 있는 OADM(Optical ADM)을 사용하여 SADM의 수를 줄이는 방법을 나타내고 있다. 그리고 각 SADM은 낮은 용량의 트래픽을 높은 용량의 트래픽으로 다중화하고 그 역으로 역다중화 할 수

있다. 예를 들면, 4개의 OC-48(2.5Gmb/s) 스트리프는 하나의 OC-192(10Ggb.s) 스트리프로 다중화할 수 있는 것이다. 이 방식을 트래픽 그루밍(Traffic Grooming)이라 하는데, 이때 트래픽그루밍 요소(g factor)는 4이다. 트래픽그루밍 방식을 사용함으로써 전체 네트워크의 효율을 최대화 할 수 있다.



(a)OADM이 없는 노드구조



(b)OADM을 사용하는 노드구조

그림 2. OADM과 SADM 할당

2. WDM 링 네트워크 설계 방법

WDM 링에서 네트워크를 설계하는 방법은 크게 광경로(LightPath) 관점을 이용한 여러 가상 토폴로지를 이용하는 방법과 여러 연결을 연결-링형태로 만들어서 트래픽 그루밍하는 최적 알고리즘 방법으로 나뉜다.

2.1 광경로 관점을 이용한 여러 가상 토폴로지

광경로는 하나 이상의 링크를 돌고 있는 광통신 연결을 의미한다. 각 광경로는 상호 연결성(Full duplex)을 가지고 있으며 1쌍의 SADM에 의해서 다중화/역다중화를 할 수 있다. 그리고, 모든 광경로는 같은 전송속도를 가지고 전송되어 진다. 이 광경로 용량만큼 트래픽 연결을 포함할 수 있다. 예를 들면, 네트워크의 모든 트래픽이 OC-12(622.08Mbps)의 용량을 가지고 있고, 광경로는 OC-48(2.5Gbps)의 용량을 가지고 있으면 트래픽그루밍 요소는 4가 되어서, 하나의 광경로를 통하여 4만큼의 트래픽 연결을 묶어서 보낼 수 있다. 이런 광경로 관점을 이용한 네트워크 설계 방법은 여러 가상 토폴로지에 따라서 그 특

성과 성능차이가 뚜렷하다.

2.1.1 일대일(Point-to-Point WDM)링

네트워크의 각 링크가 한 홉의 광경로를 가지고 있는 WDM 링으로, 바로 이웃하는 노드들 사이에 광경로가 일대일로 연결되어 있기 때문에 일대일(Point-to-Point WDM) 링이라 불리운다. 그런데, 광경로가 각 노드들을 그냥 통과하지 않고 모든 노드에서 다중화/역다중화가 발생하기 때문에 진정한 의미의 광통신 노드를 가지고 있다고 할 수 없다. 다만, 모든 트래픽이 각 노드에서 분할되기 때문에 과장수를 줄일수 있다.

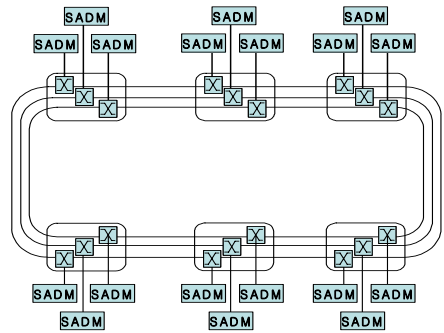


그림 3. 일대일링

2.1.2 전광(Fully-Optical WDM)링

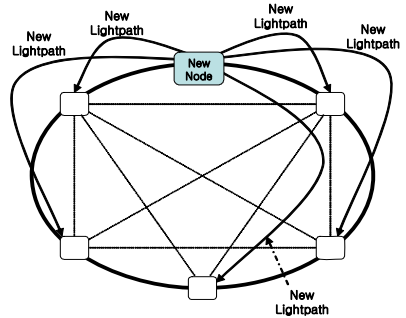


그림 4. 전광링

각 트래픽 연결 그 자체의 구조로 광경로를 만드는 방법으로, 노드 i 와 j 사이에 트래픽 매트릭스 $T = [T(i, j)]$ 가 존재할 때, 광경로의 트래픽그루밍 요소를 g 라 가정하면, 광경로 숫자가 $\lceil T(i, j)/g \rceil$ 가 되는 네트워크가 전광(Fully-Optical)링 구조로 그루밍된 트래픽 모임이 하나의 광경로를 구성하게 된다

2.1.3 싱글허브(Single-Hub WDM) 링

네트워크 상에 모든 트래픽 연결이 ‘허브’라 불리는 한 노드를 거쳐서 이루어지는 방법으로, 트래픽의 출발 노드에서 허브로, 다시 허브에서 목적지 노드로

연결하는 방식이다. 허브노드에서 데이터를 삽입과 추출이 가장 많이 이루어지는 구조이다.

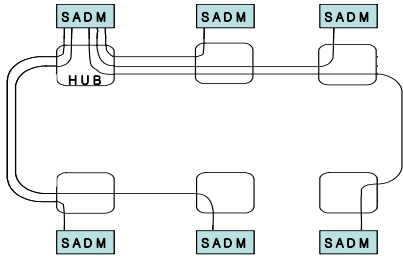


그림 5. 싱글허브링

2.1.4 더블허브(Double-Hub WDM) 링

더블허브링은 네트워크 상에 모든 트래픽 연결이 두 개의 허브로 연결되는 방식으로, 트래픽의 출발노드에서 가까운 허브노드로 데이터를 전송한 후, 다시 목적지 노드로 트래픽을 연결하는 방식이다.

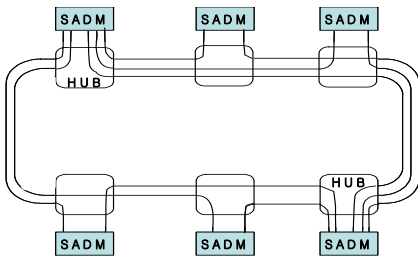


그림 6. 더블허브링

2.1.5 계층구조(Hierarchical WDM) 링

몇 개의 백본노드(BackBone Node)를 중심으로 백본노드들끼리는 일대일로 연결하는 네트워크를 구성하고, 나머지 백본노드들을 제외한 일반노드들은 지역 일대일링 구조로 연결하는 방식이다. 이 네트워크 설계방식은 백본노드의 갯수에 네트워크의 효율이 달라질 수 있다.

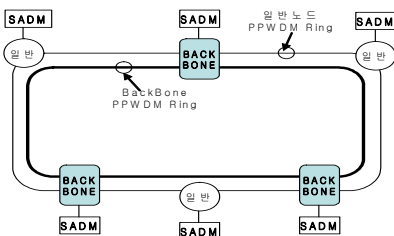


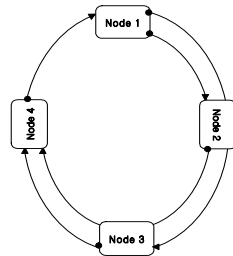
그림 7. 계층구조링

2.2 연결-링 관점에서 네트워크 구성

이 방법은 네트워크의 상의 모든 트래픽 연결을 최

대한 연결-링 형태로 만들어서 한 과장에 여러 트래픽 연결-링을 그루밍하여 트래픽 전송효율을 최대화하는 방법이다[8]. 그림 8과 같이 트래픽 패턴이 주어지면 이를 최대한 연결-링이 되도록 구성하도록 트래픽 패턴을 배열하여 네트워크를 구성한다.

·트래픽 패턴 : $T_{ij} = \{ t_{12}, t_{23}, t_{13}, t_{34}, t_{41} \}$



- 연결-링 구성
- 연결-링₁ = {t₁₂, t₂₃}
- 연결-링₂ = {t₁₃, t₃₄, t₄₁}

그림 8. 연결-링 관점

III. 전송효율 최대화 트래픽 그루밍 알고리즘

본 장에서는 WDM 링 네트워크 구조에서 트래픽 전송효율을 최대화할 수 있는 트래픽 그루밍 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 네트워크상의 모든 트래픽 연결을 연결-링 형태로 구성하는 연결-링 구성 알고리즘과 구성된 연결-링을 효율적으로 과장해 할당하는 연결-링 최적할당 알고리즘으로 구성된다.

1. 연결-링 구성 알고리즘

N개의 노드로 구성된 WDM 링에서 임의의 i 노드에서 발생하는 전체 트래픽 연결의 수를 T_i로 정의하고, i 노드에서 j 노드로 전송하길 원하는 트래픽 연결의 수를 T_{ij}로 정의한다. 균형 트래픽의 각 노드의 T_{ij} 값이 동일한 반면 불균형 트래픽에서는 T_{ij} 값이 다르다. T_{ij}에 속해 있는 임의의 연결을 t_{ij}라 정의하면, 네트워크 전체적으로 연결들의 조합으로 이루어진 연결-링을 구성할 수 있다. 이때 구성되는 연결-링은 불균형 트래픽 상황이므로 완전 연결-링과 부분 연결-링으로 구분된다.

트래픽 전송효율을 최대화하기 위해서는 효율적으로 연결-링을 구성하기 위한 기법이 필요하다. 그림 9는 연결-링을 구성할 때, 연결-링에 존재하는 갭(Gap)의 수가 많을수록 동일한 SADM수에서 전송되는 트래픽 연결의 수가 줄어든다. 그림 9는 연결-링 구성 구성과정에 의해 1번 노드에서 4번 노드까지의 부분 연결-링이 구성된 가운데 트래픽 연결이 T_{ij} = {t₁₂, t₂₄, t₃₄} 존재할 때, 각 부분 연결-링과 연결-링₂를 구성할 때 그림이다. 그림 9-b)는 그림9-a)보다 갭이 더 발생하는 경우로 네트워크에서 제공가능한 SADM수에 따라 전송 가능한 트래픽

연결의 수가 줄어든다. 따라서 연결-링을 구성할 때에 공백이 존재하지 않는 완전 연결-링을 구성하거나 되도록 공백의 수가 적은 부분 연결-링을 구성함으로써 트래픽 전송효율을 높일 수 있다.

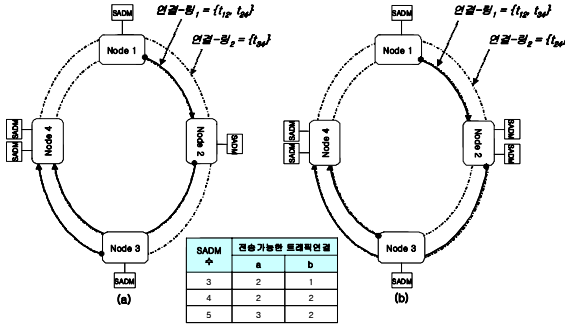


그림 9. 갭(Gap)과 트래픽 전송효율

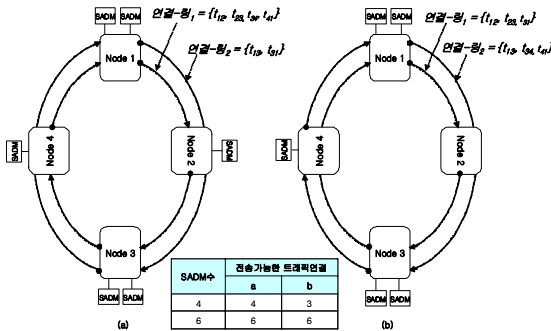


그림 10. 트래픽 연결이 많은 연결-링 구성

그림 10은 트래픽 연결이 많은 연결-링 구성을 통한 전송효율을 높이는 방법을 나타낸다. 동일한 트래픽 환경하에서 연결-링을 구성할 때, 그림10-a)는 4개의 트래픽 연결로 구성된 연결-링과 2개의 트래픽 연결로 구성된 연결-링으로 완전 연결-링을 구성하고 있다. 그림10-b)는 3개의 트래픽 연결로 구성된 연결-링과 3개의 트래픽 연결로 구성된 연결-링을 구성하고 있다. 그림10-a)의 연결-링 구성방식은 하나의 연결-링에 되도록 많은 트래픽 연결을 집중함으로써 그림10-b)의 연결-링 구성보다 제한된 비용요소에서 전송효율을 높일 수 있다. 그림10-a)방식에서 4개의 SADM으로 전송할 수 있는 트래픽 연결이 4개이지만, 그림10-b)방식에서는 3개의 트래픽 연결만이 전송가능하다. 다만 네트워크에서 사용가능한 SADM이 충분할 때는 전송효율의 차이점이 별로 나타나지 않는다.

그림 11은 이러한 점을 이용하여 단방향 링에서 트래픽 매트릭스가 주어졌을 때 연결-링을 구성하는 알고리즘의 흐름도를 나타내고 있다.

먼저 주어진 트래픽 매트릭스에서 연결들을 결합하여 완전 연결-링을 구성한다. 이때, 트래픽 연결이 많은 완전 연결-링부터 구성할 수 있도록 완전 연결-링 구성을 반복한다. 트래픽 연결이 많은 연결-링 구성이 완료되면 이를 완전 연결-링 리스트에 추가한다. 완전 연결-링으로 구성되지 않고 남아있는 트래픽 연결들을 이용하여 부분 연결-링을 구성한다. 이때에는 갭이 적고 트래픽 연결이 많은 부분 연결-링을 구성할 수 있도록 연결-링을 구성한 다음 이를 부분 연결-링 리스트에 추가한다.

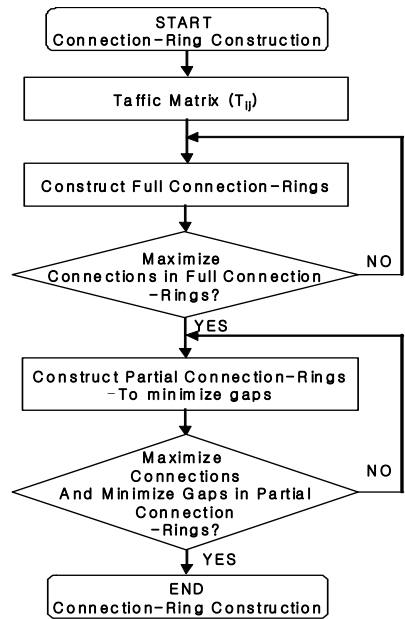


그림 11. 연결-링 구성 알고리즘 흐름도

2. 연결-링 최적화 알고리즘

연결-링 최적화 알고리즘은 연결-링 구성 알고리즘을 통해서 구성된 연결-링들을 가지고 네트워크내에 존재하는 모든 트래픽들을 제한된 파장과 SADM 환경하에서 최대의 전송효율을 발생시킬 수 있도록 연결-링들을 그룹핑하여 묶어 주고 이를 파장에 할당하는 방식이다.

$$g = \lceil \frac{B_w}{B_c} \rceil \quad (1)$$

트래픽 하나의 연결-링의 전송 용량을 B_c , 한 파장의 전송 용량을 B_w 라고 하면, 한 파장이 수용할 수 있는 연결-링의 수 g 는 식(1)과 같이 구할 수 있다.

이때 g 는 그룹핑 요소(Grouping Factor)가 된다. WDM 링 네트워크에서 사용 가능한 파장수를 W_T ,

SADM수를 $SADM_T$ 라고 하면, 연결-링 구성 알고리즘에 의해 주어진 파장에 할당되는 연결-링수(C_T)는 식(2)와 같이 구할 수 있다.

$$C_T = W_T \times g \quad (2)$$

하나의 파장은 그루밍 요소(g)만큼의 연결-링을 포함할 수 있으므로, 구성된 전체 연결-링 중 g 개를 선택하여 하나의 파장을 할당하여 그루밍 할 수 있다. 이때 임의의 g 개의 연결-링을 선택하여 파장에 할당할 경우, 공유 SADM이 최대가 되도록 연결-링을 그루밍하여야 한다.

그림12는 4개의 연결-링을 g 가 2이고, $W_T = 2$, $SADM_T = 6$ 일때 파장에 연결-링을 할당하는 방식에 따른 트래픽의 전송효율을 나타내고 있다.

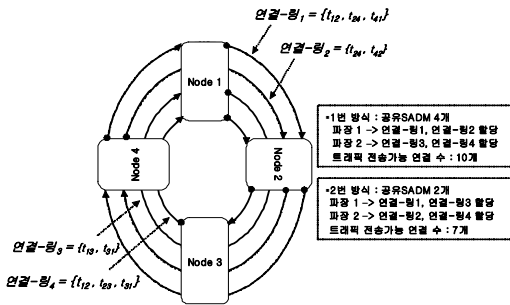


그림 12. 공유 SADM과 연결-링 최적할당

그림 13에서 연결-링 최적할당 알고리즘의 전체 흐름을 나타내고 있다. 초기 연결-링을 선택할 때에는 트래픽이 연결이 가장 많이 가지고 있는 연결-링 집합에서 SADM이 가장 적게 사용하는 연결-링을 기준 연결-링으로 선택하여 그루밍 리스트에 추가한다. 그루밍 되지 않고 남아있는 각각의 연결-링을 그루밍 리스트에 있는 연결-링과 비교하여 최대의 트래픽 연결을 전송할 수 있는 연결-링 집합에서 공유 SADM수가 최소가 되는 연결-링을 그루밍 리스트에 추가한다. 이를 통해서 사용되는 SADM수를 최대한 줄이면서 네트워크상의 트래픽을 최대한으로 전송할 수 있다. 이런 과정을 반복하여 선택된 g 개의 연결-링을 리스트에 추가하고, 이 연결-링들을 하나의 파장에 그루밍한다. 이러한 과정을 네트워크에서 사용 가능한 파장수(W_T)만큼 반복 수행한다. 이때, 사용 가능한 SADM수($SADM_T$)를 고려한 연결-링을 그루밍 알고리즘을 설계하여야 한다.

네트워크를 설계할 때, 요구되는 SADM수는 식 3과같이 각각의 노드에서 모든 파장에 대하여 요구되는 SADM수를 초과할수는 없다.

$$SADM_T \leq W_T \times N \quad (3)$$

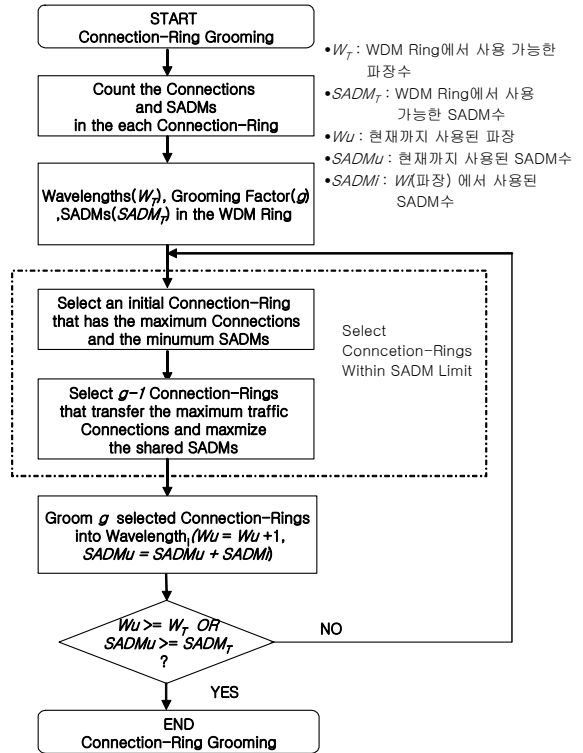


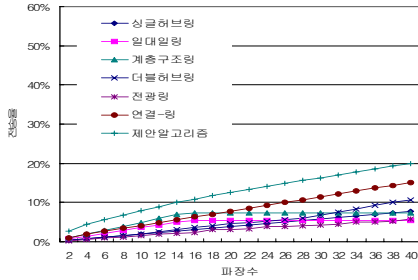
그림 13. 연결-링 최적할당 알고리즘 흐름도

IV. 시뮬레이션 결과 및 비교·분석

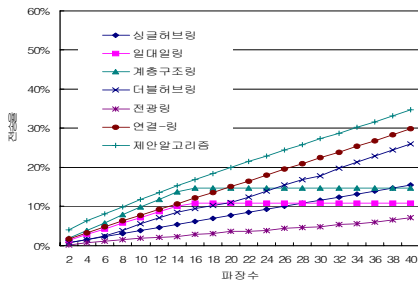
본 장에서는 다양한 WDM 링 네트워크 설계방법들에 대하여 시뮬레이션 결과를 분석한다. 네트워크 설계방법은 광경로 관점의 가상 토폴로지를 이용한 전광링, 싱글허브링, 더블허브링, 계층구조링 방식과 연결-링 관점에 설계방법으로 나누어 트래픽 전송효율을 비교·분석하였다. 또한 연결-링 구성과 연결-링 최적할당 알고리즘으로 구성된 트래픽 그루밍 알고리즘과도 전송효율을 비교·분석하였다. 네트워크에서 발생하는 트래픽은 연결의 수가 1에서 6가지의 난수를 발생시켜 다양한 트래픽 양을 갖도록 하였다.

그림 14에서는 노드수가 20인 WDM 단방향 링에서 파장수가 2에서 40으로 증가시켰을 때, 네트워크 전송효율을 나타내고 있다. SADM수의 영향을 줄이기 위하여 SADM수는 300으로 고정하였다. 트래픽의 전송효율은 연결-링, 계층구조링, 더블허브링 순서로 우수한 효율을 보였다. 다만, 파장수가 적은 상황에서는 계층구조링이 우수한 전송효율을 보이고 있다. 이는 파장수의 제약에 따른 일대일의 전송효율 제약이 계층구조링에서도 영향을 미치기 때문이다. 그루밍

요소가 2에서 4로 변화더라도 같은 결과를 보이고 있다. 본 논문에서 제안한 알고리즘의 트래픽 전송효율이 가장 우수한 결과를 보이고 있다.



(a) $g = 2$

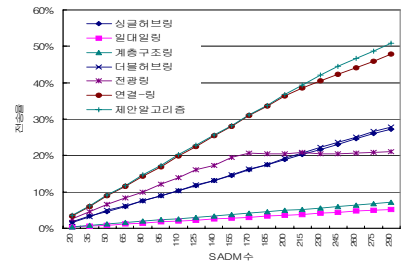


(b) $g = 4$

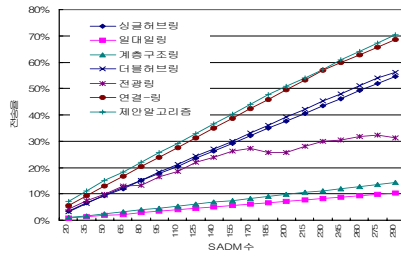
그림 14. 파장수에 따른 전송효율

그림 15는 노드수가 20인 WDM 단방향 링에서 SADM가 20에서 400으로 증가시켰을 때, 네트워크 전송효율을 나타낸다. 파장수의 영향을 줄이기 위하여 파장수는 150으로 고정하였다. SADM수에 따른 트래픽의 전송효율은 연결-링, 더블허브링, 싱글허브링 순서로 높은 효율을 보이고 있다. 다만, 전광링이 더블허브링 보다 우수한 성능을 보이고 있다. 전광링은 파장수의 영향을 가장 많이 받기 때문에 파장수의 영향이 적은 상황에서는 우수한 성능을 나타내기 때문이다. 그러나, 그루밍 요소가 커짐에 따라 전송효율은 증가율은 다소 높지 않게 나타나고 있다. 제안 알고리즘이 SADM수의 변화에 따른 트래픽 전송효율도 다른 설계방법들보다 우수한 성능을 보이고 있다.

그림 16은 네트워크를 구성하는 파장수와 SADM수 동시에 증가시킬 때 트래픽 전송효율을 나타내고 있다. 파장수는 18에서 40으로 증가시키고, SADM수는 180에서 400으로 증가시켰다. 이때, 트래픽 전송효율은 본 논문에서 제안한 알고리즘, 연결-링, 더블허브링, 계층구조링, 싱글허브링구조의 순서로 높은 전송효율을 보이고 있다.

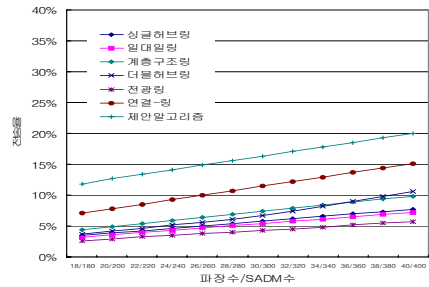


(a) $g = 2$

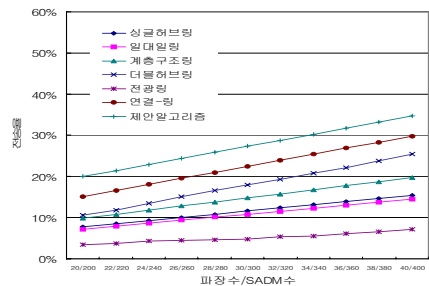


(b) $g = 4$

그림 15. SADM수에 따른 전송효율



(a) $g = 2$



(b) $g = 4$

그림 16. 파장수/SADM수에 따른 전송효율

V. 결론

본 논문에서는 고속 대용량의 WDM링 네트워크에서 다양한 설계방안에 대하여 전송효율을 비교하였고, 이를 기반으로 전송효율을 최대화 할 수 있는 트래픽 그루밍 알고리즘을 제안하였다.

네트워크 설계방법은 광경로관점을 이용한 여러 토폴로지에 의한 설계방법과 여러 연결을 연결-링로 만들어서 그루밍하는 최적 알고리즘 방법으로 설계한다. 광경로를 이용한 여러 토폴로지 관점에서 파장수 증가에 따른 트래픽 전송효율은 더블허브링과 계층구조링 구조가 유리하고, SADM수 증가에 따른 트래픽 전송효율은 더블허브링과 싱글허브링 구조가 유리하다. 또한, 파장수와 SADM수를 동시에 증가시키는 상황에서는 더블허브링과 계층구조링의 전송효율이 높은 결과를 나타냈다. 이를 연결-링 관점의 설계방법과 비교해 보면 연결-링 관점에서의 설계방법이 여러 토폴로지에 의한 설계방법보다 전송효율이 높은 결과를 보이고 있다.

전송효율을 최대화하기 위한 트래픽그루밍 알고리즘은 연결-링 관점의 네트워크 설계방법을 기반으로 네트워크 전송효율을 최대화하기 위하여 연결-링 구성 알고리즘과 연결-링 최적할당 알고리즘으로 구성하였다. 연결-링 구성 알고리즘은 네트워크 주요 비용요소인 파장과 SADM의 사용을 최소화하기 위하여 갭(Gap)이 없거나 갭(Gap)의 수가 적은 연결-링을 구성하고, 하나의 연결-링의 많은 트래픽 연결을 포함하도록 알고리즘을 설계하였다. 연결-링 최적할당 알고리즘에서는 제한된 비용요소 환경하에서 트래픽 전송효율이 최대화가 될 수 있도록 각 연결-링들을 파장에 할당되도록 알고리즘을 설계하였다.

시뮬레이션 결과 동일한 트래픽 상황에서 본 논문에서 제안한 알고리즘이 파장수가 증가할 때, SADM수가 증가할 때, 파장수와 SADM수가 동시에 증가하는 상황에서 모두 기존 연결-링 관점의 설계방안보다 트래픽 전송효율이 우수한 결과를 보였다.

참고문헌

[1] Chungpeng Fan, "Optical Networking - A Paradigm Shift of Technology," WDM Forum, Jun. 1998.
 [2] O.Gerster, R.Ramaswami and G.Sasaki, "Dynamic Wavelength Allocation in WDM Ring Networks with Little or No Wavelength Conversion," The 34th Allerton conf. on Communications, Control, and Computing, 1996.
 [3] O.Gerster, P. Lin and G.Sasaki, "Wavelength Assignment in a WDM Ring to Minimize Cost of

Embedded SONET Rings," INFOCOM'98, 1998.
 [4] Eytan H.Modiano and Angela L.Chiu, "Traffic Grooming Algorithms for Minimizing Electronic Multiplexing Cost in Unidirectional SONET/WDM Ring Networks," CISS'98, Mar. 1998.
 [5] O.Gerster, R.Ramaswami and G.Sasaki, "Cost Effective Traffic Grooming in WDM Rings," IEEE/ACM Trans. Networks, May. 1998.
 [6] X.Zhang, C.Qiao, "An Effective and Comprehensive Solution to Traffic Grooming and Wavelength Assignment in SONET/WDM Rings," SPIE Proc. of Conf. on All-Optical Networking, vol.3531, pp.221-232, Nov. 1998.
 [7] O.Gerster, P.Lin, G.Sasaki, "Combined WDM and SONET Network Design," INFOCOM'99, 1999.
 [8] Jane M.Simmons, Evan L.Goldstein, Adel A.M.Saleh, "Quantifying the Benefit of Wavelength Add-Drop in WDM Rings with Distance-Independent and Dependent Traffic," IEEE Journal of Lightwave Tech., vol.17, no.1, Jan. 1999.
 [9] Sung-Jin Yoon, Sun-Sik Roh, Won-ho So and Young -Chon Kim, "Traffic Grooming Algorithm for Minimizing the number of SONET ADM in WDM Bidirectional Ring Networks" OECC 2000, pp.228-229, July.2000.
 [10] Sun-Sik Roh, Won-Ho So and Young-Chon Kim "Design and Performance Evaluation of Traffic Grooming Algorithms in WDM Multi-Ring Networks", Photonic Network Communications, Vol.3, No. 4, pp.335-348, 2001.
 [11] K.Zhu and B.Mukherjee, "Traffic grooming in an optical WDM Mesh network" IEEE J.Select. Areas Commun., Vol.20, 2002

저 자 소 개

윤 승 진 (정회원)



1999년 : 전북대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)
 2001년 : 전북대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)OOOOO과 (공학석사)
 2007년 8월 ~ 현재 : 서경대학교 대학원

2001년 ~ 2002년 : LG전자 CDMA 단말연구소
 2002년 ~ 현재 : 한국산업기술평가관리원 근무
 <주관심분야> 광통신 및 통신알고리즘