

WDM 멀티링에서 전송효율을 최대화하기 위한 트래픽 그루밍 알고리즘

Traffic Grooming Algorithm for Maximizing Throughput in WDM Multi-Ring Networks

윤승진^{*★}, 임철수^{*}
Seung Jin Yoon^{*★}, Chul Soo Lim^{*}

Abstract

In this paper, novel traffic grooming algorithms are proposed with a primary goal for maximizing throughput in WDM Multi-ring networks. To achieve this goal, we design four network topologies that are ITG, STG, MTG, PMTG and simulate the throughput in uniform traffic environments. From this methods, we proposed novel traffic grooming algorithms to maximize throughput in WDM Multi-ring networks.

요약

본 논문에서는 WDM 기법을 이용한 멀티링 네트워크 환경에서 트래픽 전송효율을 최대화하기 위한 트래픽 그루밍 알고리즘을 제안하였다. 이를 위하여 멀티링 네트워크를 독립적, 분리적, 혼합적, 부분혼합적 구조로 나누어서 설명하였고 균등 트래픽 환경에서 성능을 평가하였다. 이를 통해 WDM 멀티링 네트워크 구조에서 트래픽 전송효율을 최대화할 수 있는 트래픽 그루밍 알고리즘을 제시하였다.

Key words : WDM, SADM, Traffic Grooming, multi-ring

I. 서론

현재 물리계층 네트워크 구조로 SONET(Synchronous Optical Network) 자기 치유 링(self-healing ring)이 널리 사용되고 있다.

그림 1은 SONET 자기 치유링을 나타내고 있다. SONET 자기 치유링은 방향성에 따라 단방향 링과 양방향 링으로 구성된다. 단방향 링에서는 이웃하는 노드들이 2 가닥의 광섬유로 연결되어 있으며, 하나의 광섬유에서 한쪽 방향으로 진행되는 광신호를 이용하여 송수신 노드간에 통신을 한다. 나머지 하나의 광섬유는 반대 방향으로 운행되며 자기치유를 위한 보호용으로 사용한다. 양방향 링은 이웃하는 노드들이 2 가닥 또는 4 가닥의 광섬유로 연결되어 있으며, 시계방향과 반시계방향에 대하여 데이터 전송용 광섬유와 자기치유를 위한 보호용 광섬유로 구성된다. SONET 자기 치유 링은 사용하는 파장에 데이터를 삽입하고 추출할 수 있는 SADM(SONET Add/Drop Multiplexer)과 서로 다른 SADM을 상호 연결하는 광섬유로 구성되어 있다. SADM은 여러 낮은 전송 트래픽을 하나의 높은 전송 트래픽으로 모아주고, 높은 전송 트래픽을 여러 낮은 전송 속도 트래픽으로 분리시켜준다. 하지만 기존 SONET 링 구조의 망으로는 앞으로 전개될 HDTV, VOD 등과 같은 대용량 멀티미디어 서비스와 다양한 정보 통신 서비스들의 통합으로 인한 통신 대

역의 요구량을 충족시킬 수 없다.

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 양의 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 네트워크에서 제공되는 필요자원들을 최적으로 이용하여 전송효율을 최대화하는 것이다. 전송효율을 최대화하기 위해서는 광소자부분인 파장을 최적으로 이용하고 전기적 소자부분인 SADM을 최적으로 할당하여 전체 네트워크 효율을 최대화하여야 한다.

네트워크에서 이용할 수 있는 파장과 SADM이 제약되어 있는 환경에서 전송효율을 최대화하기 위해 트래픽 그루밍 방법을 사용한다. 트래픽 그루밍 방법은 트래픽을 전송할 때 같은 목적지를 가진 트래픽을 여러 파장에 분산시키지 않고 하나의 파장에 모아주는 방법이다[1-2].

WDM 링 구조에서 기존 트래픽 그루밍 알고리즘에 대한 연구는 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], SADM 수를 최소화하는 알고리즘[9], 멀티링 환경에서 비용요

* 서경대학교 컴퓨터공학과

★ 교신저자(Corresponding author)

(Department of Computer Engineering, Seokyeong University)

接受日:2011年 6月 2日, 修正完了日: 2011年 6月 28日

소를 최소화하는 알고리즘[10], 대용량 전송에 수반되는 망의 생존도(survivability)를 보장하는 방법으로 그물구조(mesh) WDM 망과 멀티링 구조에 대한 연구[12,13], 단일링 환경에서 네트워크 전송비용 최소화 방안[14]등이 있다.

WDM링 네트워크 구조에서 하나의 광섬유가 수용할 수 있는 트래픽은 제한되어 있다. 따라서 WDM링 네트워크 구조의 응용범위가 근거리 네트워크나 도시 기반 네트워크같은 상대적으로 작은 범위로 국한되어 있다. 따라서 국가를 대상으로 하는 광범위한 지역에서의 응용은 여러 링들이 연결되어 있는 멀티-링 구조가 적합하다. 그러나, 대부분의 연구는 근거리 네트워크 같이 응용범위가 작은 지역을 대상으로 하는 단일 네트워크 구조가 대부분이었다[3-9,14].

따라서 본 논문에서는 광범위한 지역을 대상으로 하는 WDM 멀티-링 네트워크를 설계할 때, 트래픽 전송효율을 최대화하기 위한 트래픽 그루밍 알고리즘을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 WDM 멀티링 네트워크 구조와 그 특성에 대하여 설명하고, 3장에서는 트래픽 전송효율을 최대화하기 위한 트래픽 그루밍 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 여러 설계방법들과 제안된 알고리즘의 시뮬레이션 및 결과에 대하여 분석하였으며, V장에서 결론을 맺는다.

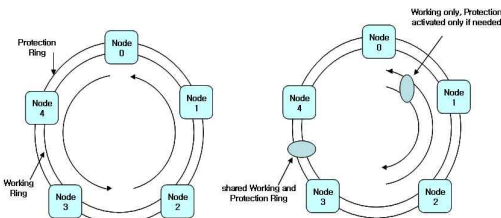


Fig. 1. SONET Self-Healing Ring
그림1. SONET 자기 치유링

II. WDM 멀티링 구조 및 설계방법

1. WDM 멀티링 구조

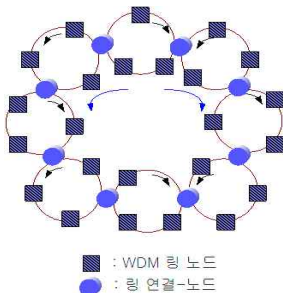


Fig. 2. WDM Multi-Ring Structure
그림 2. WDM 멀티링 구조

광범위 네트워크를 설계하기 위하여 본 논문에서는 그림2와 같은 WDM 멀티링 구조를 정의했다. WDM 멀티링 구조는 전체 네트워크가 작은 단일링 구조로 나누어지고 각각의 단일링들은 서로 독립적으로 동작

하고 관리되어진다. 나누어진 각 단일링들은 모두 같은 수의 노드를 가지고 있고 모두 균등 트래픽을 가지고 있다. 그리고 전체 링 구조에서는 이동 거리가 짧은 방향으로 트래픽을 전송하는 양방향성을 가지고 있고, 각 단일링에서는 이동 거리에 관계없는 단방향성을 가진다.

WDM 멀티링 구조에서는 두 가지 노드구조가 사용된다. 하나는 일반적인 노드에서 사용되는 WDM 링 노드이고 나머지 하나는 링과 링 사이를 연결해 주는 링 연결-노드이다. WDM 링 노드구조는 단일링에서의 노드구조[14]와 같고 링 연결-노드의 구조는 그림 3과 같다.

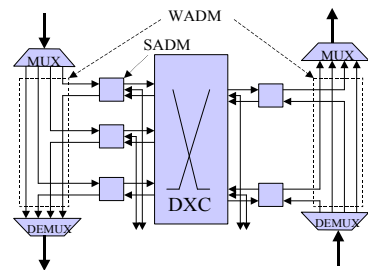


Fig. 3. Ring Connection-Node
그림 3. 링 연결-노드 구조

링 연결-노드는 각 단일링을 위한 WADM과 SADM으로 이루어지고 이를 연결해주는 DXC로 구성되어 있다. 여기에서 각 단일링에서 원하는 파장을 삽입하고 추출하기 위해서 WADM이 이용되고 이를 여러 낮은 전송 트래픽으로 모아주고 분리시켜주기 위해 SADM이 사용된다. SADM을 통해 전기적 신호로 분리된 트래픽들을 DXC를 통해서 다른 링으로 전송된 후 다시 광 신호로 보내어진다.

2. WDM 멀티링 설계방법

2.1 멀티링에서 트래픽 연결

WDM 기법을 이용하여 멀티링을 구성할 때, 광 신호적 특성과 전기적 신호의 특성에 따라서 여러 가지 네트워크 토폴로지를 구성할 수 있다. 네트워크 토폴로지는 각 노드 사이에 광경로라 일컬어지는 여러 전송 채널로 이루어진다. 이때, 하나의 광경로는 하나의 물리적 링크 구간을 선택하고 이 물리적 구간에 파장을 예약함으로써 설정되어진다. 근원 노드와 목적 노드간에 전송되어지는 트래픽을 가진 광경로를 하나의 트래픽 연결이 설정되어진다.

멀티링에서 트래픽 연결은 인트라 연결과 인터 연결로 구분할 수 있다. 근원노드와 목적 노드가 같은 단일링안에 존재하면 인트라 연결이고 서로 다른 단일링에 존재하면 인터 연결이다.

그림 4는 인트라 연결과 인터 연결을 보여주고 있다. 4-a)는 인트라 연결 t_{10} 이고 4-b)는 인터 연결 t_{02} 를 나타내고 있다.

본 논문에서는 WDM 멀티링을 4가지 가상 토폴로지 형태로 분리하여 정의하였다.

멀티링에서 각 트래픽 연결을 파장에 할당하는 방식에 따라 독립적 가상 토폴로지, 혼합적 가상 토폴로지, 분리적 가상 토폴로지 그리고 부분 혼합적 가상 토폴로지로 나누어서 생각할 수 있다.

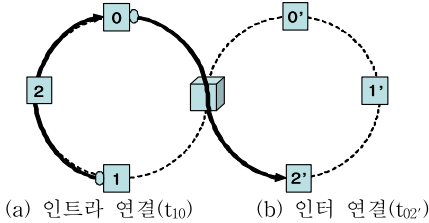


Fig. 4. Traffic Connection
그림 4. 트래픽 연결

2.2 독립적 가상 토폴로지(IVT : Independent VT)

독립적 가상 토폴로지에서는 모든 인터 연결이 링 연결-노드에서 분리되어 서로 다른 단일링에 관계된 인트라 연결처럼 동작하게 된다. 따라서 독립적 가상 토폴로지에서는 모든 트래픽 연결이 인트라 연결처럼 동작하고 관리되어 진다. 이를 위해 링 연결-노드는 모든 파장에 대해서 SADM을 가지고 있어야 한다. 그리고 DXC는 서로 연결된 두 개의 단일링 사이에서 각 SADM의 포트들을 삽입하고 추출하는데 사용된다.

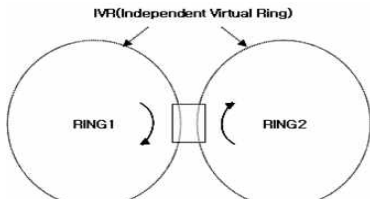


Fig. 5. Independent Virtual Topology
그림 5. 독립적 가상 토폴로지

2.3 분리적 가상 토폴로지(SVT : Separated VT)

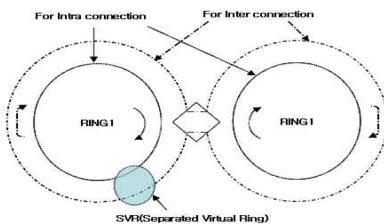


Fig. 6. Separated Virtual Topology
그림 6. 분리적 가상 토폴로지

분리적 가상 토폴로지는 전체 트래픽 연결을 인트라 연결과 인터 연결로 명확히 구분을 한다. 따라서 분리적 가상 토폴로지에서는 사용되는 파장은 인트라 연결과 인터 연결에 함께 할당될 수 없다. 인트라 연결들만을 위해 할당된 파장은 전송용량에 여유가 있더라도 인터 연결을 할당할 수가 없다. 이와 같이 인터 연결을 위해 할당된 파장은 인터 연결만을 수용할 수가

있다. 따라서 링 연결-노드에서는 인터 연결만을 위한 파장만을 삽입하고 추출할 수 있는 SADM만이 요구된다.

2.4 혼합적 가상 토폴로지(MTG : Mixed VT)

혼합적 가상 토폴로지에서는 분리적 가상 토폴로지와 달리 인트라 연결과 인터 연결이 하나의 파장에 함께 할당되어질 수 있다. 혼합적 가상 토폴로지는 전송할 트래픽 연결을 모든 파장의 최대 전송 용량만큼 할당한다. 모든 트래픽 연결을 모두 할당할 때까지 이 과정을 수행한다. 따라서 링 연결-노드에서는 인터 연결을 포함하고 있는 파장에 대해서만 SADM이 요구되어 진다.

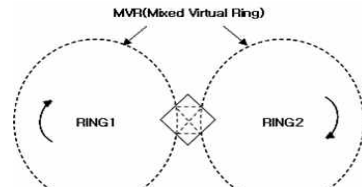


Fig. 7. Mixed Virtual Topology
그림 7. 혼합적 가상 토폴로지

2.5 부분 혼합적 가상 토폴로지(PMVT : Partially Mixed VT)

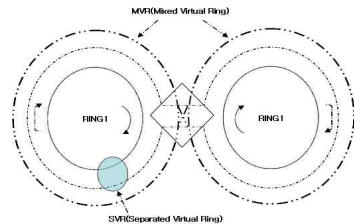


Fig. 8. Partially Mixed Virtual Topology
그림 8 부분 혼합적 가상 토폴로지

부분 혼합적 가상 토폴로지는 분리적 가상 토폴로지와 혼합적 가상 토폴로지를 결합한 하이브리드 형태의 가상 토폴로지이다. 우선 파장의 전송 용량을 최대한 사용할 수 있을 때까지 트래픽 연결을 분리적 가상 토폴로지에 적용한다. 그 다음 남은 트래픽 연결을 가지고 혼합적 가상 토폴로지에 적용한다. 따라서 링 연결-노드에서는 인터 연결만을 위한 파장과 인터 연결이 포함된 파장에 대해서 SADM을 필요로 하게 된다.

III. 전송효율 최대화 트래픽 그루밍 알고리즘

3.1 멀티링에서 트래픽 그루밍

WDM 멀티링에서 트래픽 전송효율을 최대화하기 위해서는 주어진 네트워크 자원을 최대한 효율적으로 사용하여 트래픽 전송효율을 높이는 것이다. 이를 위해 트래픽 그루밍 방법을 사용하여 전송효율을 최대화할 수 있다.

제안된 트래픽 그루밍 알고리즘은 그림 9같이 트래픽 연결 분리, 연결-링 구성, 연결-링 그루밍 부분으로 나누어진다.

멀티링 구조에서 모든 트래픽 연결은 인트라 연결과 인터 연결로 나누어지기 때문에 트래픽 연결 분리는 이를 나누어준다. 연결-링 구성에서는 분리된 트래픽 연결을 가지고 인트라 연결-링과 인터 연결-링을 구성해 준다. 이때 각 연결-링은 각 링크를 중첩되지 않도록 트래픽 연결들을 구성해 준다. 그리고 연결-링 그루밍에서는 네트워크에서 제공되어 지는 파장과 SADM 환경하에서 전송효율이 최대가 되도록 연결-링을 할당해준다.

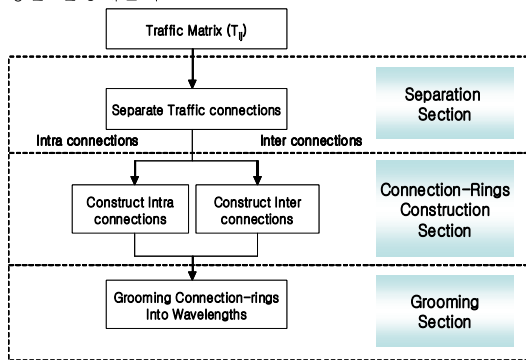


Fig. 9. Traffic Grooming in WDM Multi-Ring
그림 9. 멀티링에서 트래픽 그루밍

3.2 멀티링에서 트래픽 그루밍 알고리즘 설계

우선 r 를 단일링이라 하고 n 을 노드라 가정한다. 그리고 근원 노드와 목적 노드를 s 와 d 라 정의한다. 이때 단일링 r 에는 θ 에서 $N-1$ 까지의 N 개의 노드로 구성되어 있고, (n_a, n_b) 는 노드 n_a 와 n_b 까지의 연결-링을 의미한다. 또한 전체 멀티링은 θ 에서 $K-1$ 까지의 K 개의 단일링으로 구성되어 있고 각 단일링들은 링 연결-노드로 연결되어 진다.

3.2.1 트래픽 연결 분리

트래픽 연결 분리에서는 근원 노드와 목적 노드의 위치에 따라 인트라 연결과 인터 연결로 전체 트래픽 연결을 분리시켜 준다.

알고리즘 I를 통해서 트래픽 연결 분리과정이 수행된다. 근원 노드와 목적 노드가 같은 단일링에 존재하면 인트라 연결이고 그렇지 않으면 인터 연결이 된다.

[알고리즘 I : 트래픽 연결 분리]

```

if(  $r_s \neq r_d$  )
    인터 연결-링 구성();
else
    인트라 연결-링 구성();
 $r_s$  : source ring  $n_s$  : source node
 $r_d$  : destination ring  $n_d$  : destination node
    
```

3.2.2 연결-링 구성

트래픽 전송효율을 최대화하기 위해서는 효율적으로 연결-링을 구성하기 위한 기법이 필요하다. 연결-링의 갯을 최소화 하고 트래픽 연결이 많은 연결-링을 구성함으로써 트래픽의 전송효율을 높일 수 있다.

본 논문에서 연결-링 구성은 분리된 트래픽 연결을 가지고 인트라 연결-링과 인터 연결-링을 만들어 준다.

이를 위해 알고리즘 II와 III에 과정을 통해 연결-링들을 구성해줄 수 있다. 연결-링을 구성할 때에는 단일링에서 전송효율을 최대화하기 위한 연결-링 구성 알고리즘을 이용하여 한정된 자원으로 최대한의 트래픽을 전송할 수 있도록 연결-링을 구성한다[14].

알고리즘 II에서는 각 단일링에 노드 n_s 에서 n_{s+i} 까지의 인트라 연결들을 이용하여 인트라 연결-링을 구성하는 알고리즘이다.

[알고리즘 II : 인트라 연결-링 구성]

```

for  $s = 0, 1, \dots, N-2$ 
  for  $i = 1, 2, \dots, N-1-s$ 
    Construct intra connection-ring( $n_s, n_{s+i}$ )
    
```

알고리즘 III에서는 서로 다른 단일링에 존재하는 노드에서 발생하는 인터 연결-링을 가지고 연결-링을 구성한다. r_s 링에 존재하는 n_j 노드에서 r_d 링에 존재하는 n_j 노드로의 인터 연결들을 가지고 인터 연결-링을 구성한다. 구성되어지는 인터 연결-링은 멀티링에 존재하는 단일링의 수에 영향을 받는다.

[알고리즘 III : 인터 연결-링구성]

```

for  $s = 0, 1, 2, \dots, K-2$ 
  for  $d = s+1, s+2, \dots, K-1$ 
    for  $i = 0, 1, \dots, N-1$ 
      for  $j = 0, 1, \dots, N-1$ 
        Construct inter connection-ring( $r_s \rightarrow n_i, r_d \rightarrow n_j$ )
        
```

3.2.3 독립적 트래픽 그루밍(ITG)알고리즘

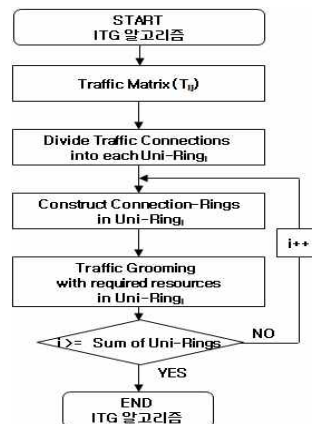


Fig. 10. Independent Traffic Grooming
그림 10. 독립적 트래픽 그루밍

독립적 트래픽 그루밍 방법에서는 인터 연결이 링 연결노드에서 모두 분리되어 각 단일링의 인트라 연결처럼 동작하도록 설계된 구조로써, 전체 네트워크는 인트라 연결-링만으로 구성되어 진다. 독립적 트래픽 구조에서 전송효율을 최대화하기 위해 연결-링 최적화할당 알고리즘[14]을 이용하여 구성된 연결-링들을 할당한다.

그림 10은 독립적 트래픽 그루밍 알고리즘에 대하여 그 흐름을 나타내고 있다. 네트워크의 모든 트래픽 연결을 링 연결노드에서 분리한다. 그 다음 각 단위링별 인트라 연결을 최적의 인트라 연결-링으로 구성해 주고, 주어진 네트워크 환경에서 전송효율을 최대화할 수 있도록 연결-링들을 그루밍해준다. 모든 단일링에서 연결-링 구성과 연결-링 그루밍과정이 완료되면 독립적 트래픽 그루밍 알고리즘이 완료된다.

3.2.4 분리적 트래픽 그루밍(STG)알고리즘

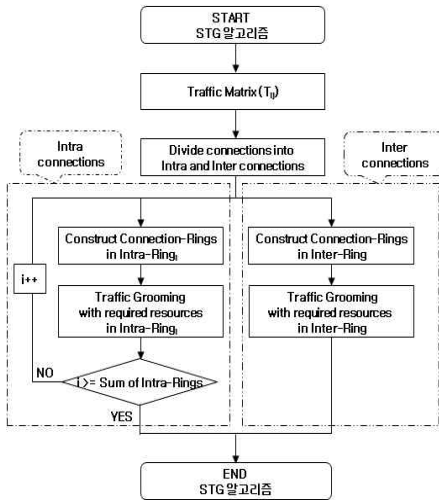


Fig. 11. Separated Traffic Grooming
그림 11. 분리적 트래픽 그루밍

그림 11은 분리적 트래픽 그루밍 알고리즘의 흐름을 나타내고 있다. 분리적 트래픽 그루밍 알고리즘에서는 모든 트래픽 연결을 인트라 연결과 인터 연결로 구분한다. 인트라 연결영역에서는 각 단위링별 연결-링 구성과 트래픽 그루밍 알고리즘을 수행한다. 인터 연결영역에서는 하나의 단위링 구조에서 인터 연결들로 연결-링을 구성한 다음, 주어진 네트워크 환경에서 전송효율을 최대화할 수 있도록 연결-링들을 그루밍해준다.

3.2.5 혼합적 트래픽 그루밍(MTG) 알고리즘

혼합적 트래픽 그루밍 알고리즘에서는 트래픽 연결의 영역을 별도로 구분하지 않고 모든 트래픽 연결을 가지고 연결-링을 구성한다. 구성된 연결-링들은 주어진 네트워크 환경에서 전송효율을 최대화할 수 있도록 연결-링들을 그루밍하여 네트워크 설계를 완료한다. 그림 12는 혼합적 트래픽 그루밍 알고리즘의 흐름을 나타내고 있다.

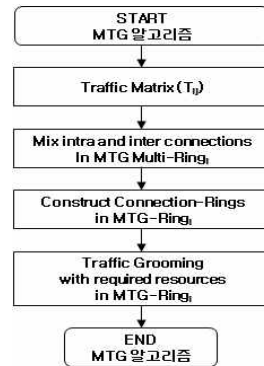


Fig. 12. Mixed Traffic Grooming
그림 12. 혼합적 트래픽 그루밍 알고리즘

3.2.6 부분 혼합적 트래픽 그루밍(MTG) 알고리즘

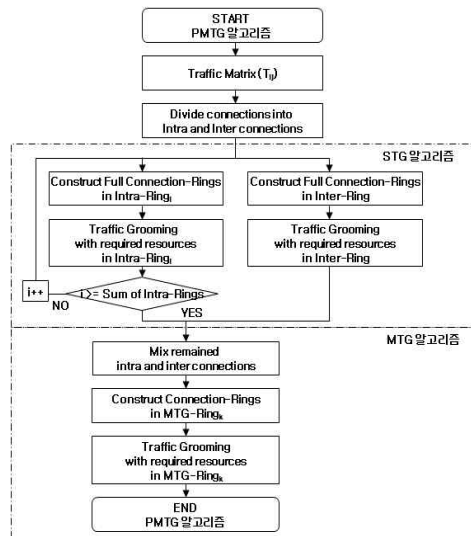


Fig. 13. Partially Mixed Traffic Grooming
그림 13. 부분 혼합적 트래픽 그루밍 알고리즘

부분 혼합적 트래픽 그루밍 알고리즘은 혼합적 트래픽 그루밍 알고리즘과 분리적 트래픽 그루밍 알고리즘을 절충한 형태의 방법이다. 우선 분리적 트래픽 그루밍 알고리즘처럼 모든 트래픽 연결을 인트라 연결과 인터 연결로 분리한 후, 각 영역별 갭이 존재하지 않는 완전한 연결-링 형태로 최적의 연결-링을 구성한다. 그 다음 남아있는 모든 트래픽 연결들은 혼합적 트래픽 알고리즘을 이용하여 트래픽 영역의 구분 없이 연결-링을 구성하여 준다. 주어진 네트워크 환경에서 구성된 연결-링을 가지고 전송효율이 최대화 될 수 있도록 그루밍해준다. 그림 13은 부분 혼합적 트래픽 그루밍 알고리즘의 흐름을 보여주고 있다.

IV. WDM 멀티링에서 시뮬레이션 결과 및 비교·분석

본 장에서는 WDM 멀티링 환경에서 제안된 4가지 트래픽 그루밍 알고리즘에 대하여 시뮬레이션 결과를 분석한다. WDM 멀티링에서 전송효율은 네트워크에서 사용할 수 있는 파장수와 SADM수에 따른 트래픽 전송효율로 비교·분석하였다.

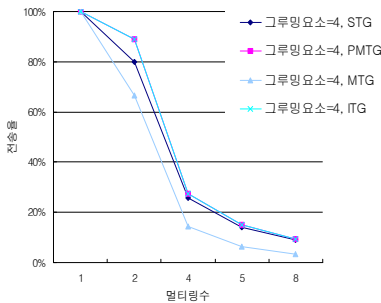
WDM 멀티링에서 트래픽 그루밍 알고리즘의 성능 평가를 위하여 네트워크상의 트래픽은 균등 트래픽을 대상으로 하고 각 단일링은 모두 같은수의 노드를 가지고 있다. 전체 멀티링수는 1에서 8까지로 가정한다.

$$g = \left[\frac{B_w}{B_c} \right] \quad (1)$$

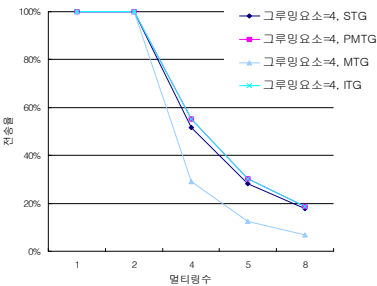
각 트래픽 연결로 구성되어 있는 연결-링의 전송 용량을 B_c , 파장의 전송 용량을 B_w 라고 하면, 한 파장에서 수용할 수 있는 연결-링의 수 g 는 식(1)과 같이 구할 수 있다.

이때 g 는 그루밍 요소(Grooming Factor)가 된다. 본 논문에서는 그루밍요소(g)를 4로 정의한 후, 제안된 알고리즘들의 성능 평가를 실시하였다.

그림 14에서는 네트워크에서 주어진 파장수가 8일 때와 16일 때, 4가지 알고리즘 전송효율을 나타내고 있다.



(a) 파장수 = 8



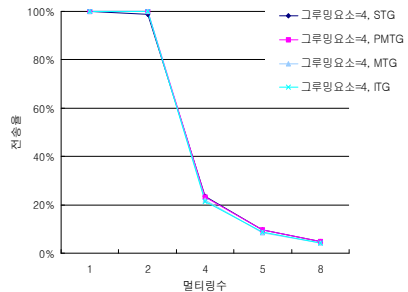
(b) 파장수 = 16

Fig. 14. Throughput of wavelengths
그림 14. 파장수에 따른 전송효율

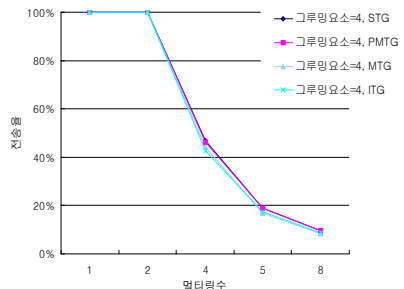
네트워크에서 사용가능한 파장수에 따른 트래픽의 전송효율은 독립적 트래픽 그루밍(ITG)과 부분혼합적 트래픽 그루밍(PMTG), 분리적 트래픽 그루밍(STG), 혼합적 트래픽 그루밍(MTG) 알고리즘 순서로 우수한 효율을 보였다. 독립적 트래픽 그루밍 알고리즘은 하나의 광경로로 여러 트래픽 연결을 모아줌으로써 구성되는 연결-링수를 줄임으로써 트래픽의 전송효율을 높일 수 있었다. 또한 부분 혼합적 트래픽 그루밍 알고리즘은 파장의 전송용량을 최대로 사용함으로써 전송효율을 높일 수 있었다. 그러나 혼합적 트래픽 그루밍 알고리즘은 멀티링 네트워크가 가지고 있는 파장의 재사용성의 특성을 잃어버림으로써 제한된 파장수 환경에서 전송효율을 떨어지는 것을 보이고 있다.

그림 15는 네트워크에서 주어진 SADM수가 80일 때와 160일 때, 4가지 알고리즘 전송효율을 나타내고 있다.

제한된 SADM수에 따른 트래픽의 전송효율은 분리적 트래픽 그루밍 알고리즘과 부분 혼합적 트래픽 그루밍 알고리즘에서 최대효율을 보이고 있다. 그러나 혼합적 트래픽 그루밍 알고리즘은 다른 트래픽 그루밍 알고리즘보다 더 많은 자원을 필요로 하기 때문에 멀티링 네트워크 환경에서 전송효율이 다른 알고리즘보다 낮은 것을 볼 수 있다. 독립적 트래픽 그루밍 알고리즘은 최소의 파장수를 요구하지만 링 연결-노드에서 SADM수가 최대로 요구하기 때문에 트래픽 전송효율이 줄어들게 되었다.



(a) SADM수 = 80



(b) SADM수 = 160

Fig. 15. Throughput of SADMs
그림 15. SADM수에 따른 전송효율

V. 결론

본 논문에서는 광범위한 지역을 대상으로 하는 고속 대용량의 네트워크를 설계할 때, 트래픽 전송효율을 최대화하기 위한 트래픽 그루밍 알고리즘을 제안하였다. 이를 위하여 네트워크 구조를 4가지 가상 토폴로지 구조로 나누어서 설계하였고 이에 따른 성능을 비교·분석하였다. 이를 기반으로 WDM 멀티링 네트워크 구조에서 트래픽 전송효율을 최대화할 수 있는 트래픽 그루밍 알고리즘을 제시하였다.

멀티링에서 네트워크 설계방법은 각 트래픽 연결을 파장에 할당하는 방식에 따라 독립적 가상 토폴로지, 혼합적 가상 토폴로지, 분리적 가상 토폴로지 그리고 부분 혼합적 가상 토폴로지로 나누어서 설계하였다.

WDM 멀티링 환경에서 전송효율을 최대화하기 위한 트래픽 그루밍 알고리즘은 4가지 가상 토폴로지에 따라 트래픽 연결 분리, 연결-링 구성과 연결-링 최적 할당 알고리즘으로 구성하였다.

시뮬레이션 결과 균등한 트래픽 상황에서 독립적 트래픽 그루밍 알고리즘과 부분 혼합적 트래픽 그루밍 알고리즘이 파장수에 제약된 환경에서 다른 알고리즘보다 전송효율이 우수하였고, 분리적 트래픽 그루밍 알고리즘과 부분 혼합적 트래픽 그루밍 알고리즘이 SADM수에 제약된 환경에서 최대의 전송효율을 보이고 있다.

본 논문에서는 고속 광대역의 네트워크 환경에서 주어진 자원에 따른 전송효율을 극대화할 수 있는 네트워크 설계방법을 제시하였다.

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]Jian wang, Biswanath Mukherjee, "Inter connected WDM Ring Networks : Strategies For Interconnection and Traffic Grooming", Optical Network Workshop 2000, Feb, 2000.

[11]K.Zhu and B.Mukherjee, "Traffic grooming in an optical WDM Mesh network", IEEE J.Select. Areas Commun., Vol.20, 2002

[12]Wang.j. and W.Yurcik, "A Multi-Ring Framework for Survivable Group Communications", Symposium of Command and Control Research Program, 2004.

[13]Boworkntummarat, C, et al., "Using mesh and multi-ring methods in the design of survivable wavelength-routed all-optical networks", European Transactions on Telecommunications, Vol2, 2005.

[14]SeungJin Yoon, "The Network Designs And Traffic Grooming Algorithm to Maximize the The Throughput in WDM Ring Networks", Journal of IKEEE, Vol.13, 2009

저 자 소 개

윤 승 진 (정회원)



1999년 : 전북대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)
2001년 : 전북대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학석사)
2007년 8월 ~ 현재 : 서경대학교 대학원
2001년 ~ 2002년 : LG전자 CDMA 단말연구소

2002년 ~ 현 재 : 한국산업기술평가관리원 근무
<주관심분야> 광통신 및 통신알고리즘

임 철 수 (비회원)



1985년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업 (학사)
1988년 : Indiana University 전산학과 졸업 (석사)
1995년 : 서강대학교 전자계산학과 졸업(공학박사)
1988년 ~ 1994년 : (주)아시아나 항공 시스템센터 과장

1994년 ~ 1997년 : (주)SK텔레콤 차장
2009년 ~ 2011년 : 지식경제부 차세대컴퓨팅 PD
1997년 ~ 현 재 : 서경대학교 컴퓨터공학과 교수
<주관심분야> 멀티미디어, 차세대컴퓨팅