

Virtual Source 기반의 최소 간섭 경로를 이용한 멀티캐스트 라우팅 알고리즘

이석진*, 홍경동*, 오문균**, 김영부**, 김성운*
 *부경대학교 정보통신공학과, **한국전자통신연구원
 {stone, omnybus}@mail1.pknu.ac.kr, {mkoh, ybkim}@etri.re.kr, kimsu@pknu.ac.kr

Virtual Source-based Minimum Interference Path Multicast Routing Algorithm

Suk-Jin Lee*, Kyung-Dong Hong*, Moon-Kyun Oh**, Young-Bu Kim**, Sung-Un Kim*
 *Dept. of Telematics Engineering, Pukyong National University
 **Electronics and Telecommunications Research Institute

차세대 인터넷 어플리케이션으로서 각광받고 있는 다양한 실시간 멀티미디어 서비스들이 기존 인터넷망에서 유니캐스트 라우팅 방식으로 제공되면서 사용자수의 한계와 서버의 부하 문제에 따른 여러 문제점을 안고 있다. 이로 인해 한번에 여러 사용자들에게 동일한 데이터를 보내야 하는 멀티미디어 서비스의 경우에는, 각 사용자들에게 데이터를 여러 번 전송하는 유니캐스트 라우팅(Unicast Routing) 방식에 비해 멀티캐스팅(Multicast Routing) 방식으로 전송하는 것이 대역폭 활용면에서 더 효율적이다. 그러나 Multicast Routing을 DWDM 기반의 차세대 광인터넷망에 적용하기에는 optical signal splitter의 사용으로 인한 cost의 증가와 power penalty의 보상 문제 등 해결해야 할 여러가지 문제가 남아있다. 따라서 본 논문은 이러한 제한 사항을 극복하기 위해서 제한된 노드에 대해서만 optical signal splitter를 사용하는 Virtual Source 기반의 Multicast Routing 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

최근, 통신 기술의 발전과 웹의 급격한 확산은 인터넷 사용자수와 다양한 실시간 멀티미디어 트래픽들의 폭발적 증가를 초래하였고, 차세대 인터넷 어플리케이션으로서 각광받고 있는 voice telephony, video-conference, Internet games 등과 같은 다양한 실시간 멀티미디어 서비스들이 기존 인터넷망에서 유니캐스트 라우팅 방식으로 제공되면서 사용자수의 한계와 서버의 부하 문제에 따른 여러 문제점을 안고 있다. 이로 인해 한번에 여러 사용자들에게 동일한 데이터를 보내야 하는 음성 및 비디오 서비스 등의 멀티미디어 서비스의 경우에는, 각 사용자들에게 데이터를 여러 번 전송하는 유니캐스트 라우팅(Unicast Routing) 방식에 비해 멀티캐스팅(Multicast Routing) 방식으로 전송하는 것이 대역폭 활용면에서 더 효율적이다.[1-2]

그러나 Multicast Routing을 DWDM 기반의 차세대 광인터넷망에 적용하기에는 여러가지 문제점이 따르며, 특히 optical signal splitter의 사용으로 인한 cost의 증가와 power penalty의 보상 문제가 가장 근본적을 해결되어야 할 문제로 남아있다.

따라서 이러한 제한 사항을 극복하기 위해서는 제한된 노드에 대해서만 optical signal splitter를 사용하고, 낮은 blocking probability와 높은 자원 사용률을 보장하는 효율적인 알고리즘의 개발이 요구되며, 본 논문에서는 제한된 노드에 대해서만 optical signal splitter를 사용하는 새로운 형태의 Multicast Routing 알고리즘을 제안한다.

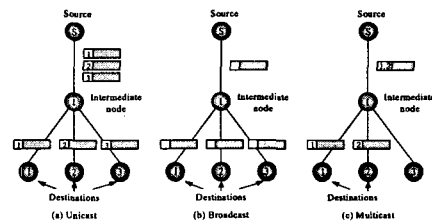
본 논문의 2 장에서는 DWDM 기반의 차세대 광 인터넷망에서 Multicasting 문제 및 Multicast Routing 접근 방향을 기존의 tree generation 방법을 중심으로 살펴본다. 3 장에서는 새로운 개념의 Multicast Routing 알고리즘을 제안하고, 끝으로 4 장에서는 결론 및 향후 연구사항을 기술한다.

2. DWDM 기반의 차세대 광인터넷망에서의 Multicasting 문제

2.1 정의

전송 방식에는 크게 Unicast, Broadcast, Multicast 방식이 있다. Unicast 방식은 1:1 전송방식이며, Broadcast 방식은 1:All의 전송방식이다. 그리고 Multicast 방식은 1:N 또는 M:N의 전송방식을 말한다.

* 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 (R01-2003-000-10526-0) 지원으로 수행되었음.



(그림 1) 전송 방식 별 비교

Unicast 방식은 그림 1(a)와 같이 전송하고자 하는 정보를 각 수신자에게 각각 보내는 것이다. 그림에서 송신자는 3명의 수신자에게 같은 정보의 데이터를 각각 보내고 있다. 결과적으로 같은 정보의 데이터 3개가 동시에 네트워크 상으로 전송되는 것이다. 따라서, 네트워크상의 대역폭의 낭비라고 볼 수 있으며 또한 전송 데이터량의 증가로 인한 네트워크의 혼잡이 발생할 수 있다.

그림 1(b)는 Broadcast 전송방식으로, 하나의 송신자가 네트워크상의 모든 수신자에게 데이터를 전송하는 방식이다. 송신자가 하나의 데이터만 전송하면 각각의 수신자는 복사본을 받게 되는 것이다. 따라서 네트워크의 효율성을 높일 수 있으며, 네트워크 상의 혼잡상황 발생 확률을 줄일 수 있다. 그러나 이 경우 해당 데이터를 받기를 원하지 않는 호스트에게도 데이터가 전달되는 단점이 있다.

그림 1(c)은 Multicast 전송방식을 설명하고 있다. Multicast는 송신자가 해당 데이터를 받기를 원하는 수신자들에게만 데이터를 전달하는 방식이다. 이는 1:N 또는 M:N 전송을 지원함으로써 위에서 언급된 Unicast 방식과 Broadcast 방식을 보완한 것이다. 이처럼 Multicast 전송방식은 송신자측에서는 하나의 데이터 정보를 보냄으로써 네트워크의 효율성을 높이고 네트워크의 혼잡상황을 줄일 수 있으며, 수신자측에서는 원하는 호스트에게만 필요한 정보를 수신할 수 있어서 불필요한 데이터 수신을 방지할 수 있다.

차세대 DWDM 기반의 광인터넷 망에서는 광을 통해 설정된 경로를 통해 data를 전송한다. 이러한 경로를 통해 정보를 전송하는 DWDM 기반의 광인터넷 망에서는 비디오 컨퍼런스, VoIP(Voice over IP), Internet game, Digital TV 등의 real-time multimedia service로 인한 traffic의 폭주 및 service 다변화로 인

한 망의 혼잡 상황은 불가피하다. 이로 인한 Multicast 전송방식을 이용한 차세대 DWDM 기반의 광인터넷 Multicast service는 같은 데이터의 중복 전송으로 인한 네트워크의 대역폭의 낭비 및 네트워크의 혼잡상황이 발생할 가능성을 줄여서 네트워크 사용의 효율을 극대화할 수 있다.

2.2 Multicast Routing 을 위한 기존의 tree generation 방법

Multicast Routing 이란 소스 노드의 정보를 여러 목적지 노드의 집합에게 전달하는 전송절차를 말하며, 이때 multicast 통신을 위해 multicast tree 구조를 취하는 이유는 다음과 같다. 첫 번째 소스 노드는 각각의 목적지 노드에 독립적으로 모든 packet 을 전송할 필요가 없다는 것이다. 단지 인접한 이웃 노드로 packet 을 전송하기만 하면 인접한 노드의 splitting 능력으로 인해 각각의 multicast 목적지 노드로 보내고자 하는 packet 이 전송된다. 두 번째 여러 개의 목적지 노드로 향하는 packet 이 동시에 다발적으로 전송된다는 것이고, 마지막으로 multicast tree 구조는 tree 내의 분기점(branch point)에서 라우터에 의해서만 광전송 packet 이 복사되므로 불필요한 데이터 중복을 최소화 한다는 것이다[3].

Multicast tree 는 크게 두 가지 형태의 접근이 가능하다. 즉 소스 노드를 근간으로 tree 를 형성하는 Source-rooted approach 방법과 Virtual Source 를 근간으로 tree 를 형성하는 Virtual Source-rooted approach 방법이 이에 해당하며, 두 방식 모두 Sparse Splitting Capability 네트워크를 기반으로 제안된다.

Source-rooted approach 방법은 임의의 multicast session 의 소스 노드를 그 tree 의 근간으로 multicast tree 를 형성한다. 이로 인해 Source-rooted approach 방식은 소스 노드와 목적지 노드 사이의 각각의 경로 cost 를 최소화(Source-based Tree 형성 방법)하거나, 전체 tree 를 구성하는데 드는 total cost 를 최소화(Steiner-Based Tree 형성 방법)한다. 그러나 이러한 방법은 shortest 경로를 찾기 위한 지연시간이 길어지는 단점 및 source 를 근간으로 multicast tree 형성하기 위해 계산해야 할 overhead 가 많다는 단점이 있다. 또한 기존의 multicast session 에 대해 임의의 목적지 노드의 추가 및 삭제 시 새로운 multicast tree 를 형성해야 한다는 단점이 존재한다. 뿐만 아니라 임의의 노드 failure 시 새로운 multicast tree 를 형성해야 한다는 번거로움이 있으며, VS 노드가 multicast tree 형성방법에 따른 적절한 경로에 위치해야만 splitter 의 역할을 할 수 있다는 단점으로 인해 불필요한 자원의 낭비(Excess resource usage)를 초래한다는 것이다[3].

Virtual Source-rooted approach 방식은 앞서 살펴본 Source-rooted approach 방식의 한계점을 보완한다[3-4]. 이러한 형태의 알고리즘을 따르는 방식으로 Virtual Source-based multicast tree construction 혹은 간단히 줄여서 VS-based tree 방식이 있다. VS-based tree 형성 방법은 우선 전체 네트워크에서 일부 노드가 VS 노드로 선정이 된다. 이때 VS 노드는 가장 높은 degree 즉 많은 수의 이웃 노드를 가지는 노드가 VS 노드로 선정이 된다. 이들 VS 노드들간 상호 light path 가 형성이 되고, 형성된 경로를 이용하여 정보를 교환하면서 전체네트워크를 각각의 VS 노드를 중심으로 분할한다. 이후 multicast tree 가 형성될 때 VS 노드간의 분할한 지역과 상호 연결성을 기반으로 각 session 에 대한 multicast tree 를 형성하게 된다.

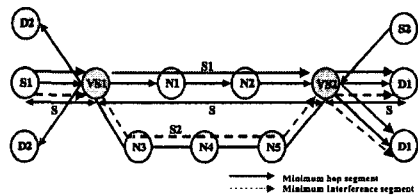
따라서 VS-based tree 형성 방법은 크게 전체 네트워크에서 일부 노드가 VS 노드로 선출이 되어 이들 선출된 모든 VS 노드사이의 경로가 설정됨으로써 모든 VS 노드는 서로에 대한 connection 을 설립하여 전체 네트워크는 마치 VS 노드가 서로 연결된 집합을 형성하여 전체네트워크는 각각의 VS 노드를 중심으로 나머지 노드가 여러 개의 클러스터를 형성한 것처럼 보이게 되는 네트워크 분할 단계(Network Partitioning Phase)와 각각의 multicast session 요청에 대한 소스 및 목적지 노드의 집합이 주어지면 네트워크 분할 단계에 의해 설정된 경로 연결 설정을

이용하여 multicast tree 를 형성하는 tree 형성 단계(Tree Generation Phase)로 나뉜다. 하지만 이러한 방식의 라우팅 방법은 미래의 잠재적인 연결 요구를 고려하지 않아서 시간에 따른 링크 공유로 인한 특정 링크의 traffic 이 증가한다는 한계점을 가진다.

3 새로운 개념의 Multicast RWA 알고리즘 제안

3.1 VS-MIPMR 알고리즘 정의

DWDM multicast 망에서는 대량의 멀티미디어 트래픽이 고속으로 전송되므로 자원의 효율적인 사용 측면에서 망 상황이나 블록에 대한 고려가 필수적이며, 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 light-tree 구성시 광경로 사이의 간섭을 최소화하고 대역폭 보장에 중점을 둔 VS-based 방식의 MIPMR(Minimum Interference Path Multicast Routing) 알고리즘을 제안한다.



- $\Psi_{VV}(S_{VV}(i))$: i 번째 최소 홉 수의 VS 노드 사이 segment $S_{VV}(i)$ 에 할당된 파장
- $R_S(i)$: segment 가중치
- Δ : $N(S)$ 의 임계치($\Delta=0.3W$)

여기서 C_{VV} 와 α_{VV} 가 가장 중요하게 사용되는 파라미터로서, α_{VV} 는 VS 노드와 VS 노드 사이에 light tree 연결요청 정도를 통계적으로 나타낸 segment의 가중치를 나타내며, C_{VV} 는 현재의 연결 요구에 대해 경로 설정이 이루어질 때 다른 light tree의 VS 노드 사이의 최소 홉 수를 가지는 segment 중 영향을 받는 좁은 segment의 집합이다. 또한 VS-MIPMR은 미래의 연결 요구를 고려할 경우 현재 설정되는 segment의 잔여 파장의 임계치를 나타내는 파라미터 Δ 를 정의하는데 이 값은 자원의 효율적인 사용면에서 매우 중요하게 고려된다. 본 논문에서는 MW-MIPMR 연구에서 최적의 결과를 가져온 $0.3W$ 를 잔여 파장의 임계치로 적용한다.[5]

3.2 VS-MIPMR 알고리즘

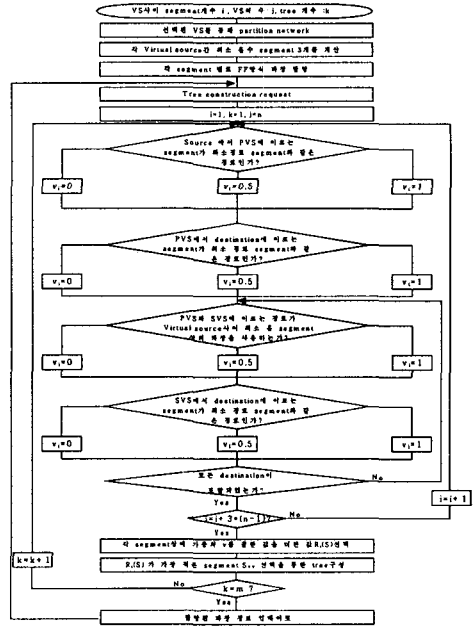
VS-based tree 형성 방식의 경우 VS 노드에서만 파장 변환기가 존재하므로 실제 tree 구성 시에는 PV(S) (Primary VS) 노드와 SV(S) (Secondary VS) 노드 설정을 제외하면 경로 중간에 VS 노드를 거치는 경우를 제외하고는 파장 연속성 제약조건[6]을 만족해야 한다. 따라서 VS 노드 사이의 여러 경로에 어떤 파장이 할당되는가에 따라 그 경로 사이의 가중치가 가변적으로 변한다. 이 특성은 VS-based tree 구성 과정에서 엄청난 계산량을 가져올 수 있으므로 본 알고리즘에서는 계산량을 줄이기 위해 VS 노드 사이의 선택 가능한 segment를 3개로 하고 미리 파장을 선택하여 유지한다. 이때 파장할당 방식은 비교적 간단하고 성능이 뛰어난 FF(First Fit) 방식을 사용한다. 다음은 VS-based tree에서 가중치 결정에 사용되는 수식이다.

$$Max \sum F_{VV} / (\alpha_{VV} \cdot v_i) \tag{1}$$

$$\begin{cases} v_i(S) = 1, & \text{if } (s,d) : S \in C_{VV} \cap \{W_{VV} - \Psi_{VV}(S_{VV}(i))\} = \phi \\ v_i(S) = 0.5, & \text{if } (s,d) : S \in C_{VV} \cap \{W_{VV} - \Psi_{VV}(S_{VV}(i))\} \neq \phi \\ v_i(S) = 0, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{2}$$

$$R_S(i) = \sum_{V(s,d) \in S(s,d)} \alpha_{VV} \cdot v_i(S), \quad VS \in m_{VV}(S_{VV}(i)) \tag{3}$$

식 (1)은 현재의 multicast session 요청에 대한 light tree 구성 시 VS 노드 사이의 최적의 경로를 선택할 조건으로 미래에 요청될 multicast session에 대한 light tree 구성에 대해 VS 노드 경로 사이의 파장 선택 등의 영향을 최소화 시키는 것을 의미한다. 식 (2)는 이전에 요청된 multicast session에 의해 선택되어진 VS 노드 사이의 i 번째 segment 및 파장에 대해 다른 multicast session 요청에 의해 구성된 VS 노드 사이의 최소 홉 수를 가지는 segment가 파장할당 등의 영향을 미치는 정도에 따라 차등화된 값을 부여한 것으로, 파장 할당 시 이전에 설정된 light tree의 경로에 영향을 미치지 않으면 0의 값을, 영향은 미치지 않지만 다른 사용 가능한 파장이 있을 때는 0.5의 값을, 이전에 설정된 light tree의 경로에 영향을 미치고 다른 사용 가능한 파장이 없을 때는 1의 값을 할당한다. 식 (3)은 multicast session 요청에 의해 선택된 i 번째 segment 경로에 대해 모든 잠재적인 VS 노드 사이의 segment에 미치는 영향을 합한 것으로, segment 가중치 $R_S(i)$ 가 가장 작은 값을 가지는 경로를 선택한다. 그림 3은 VS-MIPMR의 알고리즘을 나타낸다.



(그림 3) VS-MIPMR 알고리즘

4 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 VS 노드를 기반으로 multicast session의 요구에 따른 경로 설정시 계산 및 tree 형성 지연시간을 개선시킨 VS-MIPMR 알고리즘을 제안하였다. 제안된 Multicast Routing 알고리즘은 네트워크내의 효율적인 VS 노드의 개수 및 배치 문제를 동시에 고려하여 각 multicast session에 따른 최적의 경로를 설정함으로써 제안된 내용은 차세대 인터넷 백본망으로 사용될 DWDM 망의 제어 프로토콜인 GMPLS에 적용이 가능하다. 또한 본 알고리즘에서 실제 경로 설정시 고려되어야 할 구체적인 optical QoS constraints를 고려하여 차세대 인터넷의 차등화된 QoS 서비스 모델에 따른 차등화된 Multicast Routing 알고리즘의 제안 및 기존 방식들과 비교를 통한 효율성 검증이 향후 연구 과제이다.

[참고 문헌]

- [1] Xijun Zhang, et al., "On Fundamental Issues in IP over WDM Multicast," in Int. Conf. Computer Communications and Networks (IC3N), pp.84-90, Oct. 1999
- [2] G. Sahin, et al., "Multicast Routing and Wavelength Assignment in wide-area networks," SPIE Proceeding, All Optical Networking, pp. 197-208, 1998
- [3] C. Siva Ram Murthy, and Mohan Gurusamy, "WDM OPTICAL NETWORKS: Concepts, Design, and Algorithms," Published by Prentice Hall PTR. ISBN: 0130606375 Published: Nov 26, 2001. Copyright 2000
- [4] N. Sreenath, N. Krishna Mohan Reddy, G. Mohan, and C. Siva Ram Murthy, "Virtual Source Based Tree: A New approach for WDM Optical Multicasting," Proc. Of IEEE Workshop on High Performance Switching and Routing, May 2001
- [5] J. H. Bae, "A study on Differentiated RWA Algorithm for QoS Services in the Next Generation Internet based on DWDM Network," the Degree of Master of Engineering, Pukyong Nat'l Univ., Feb. 2004
- [6] Hui Zang et al., "A Review of Routing and Wavelength Assignment Approaches for Wavelength-Routed Optical WDM Networks", Optical Network Magazine, Jan. 2000