

논문 2006-43TC-11-20

GMPLS 기반의 GLSP 경로 설정 알고리즘

(GLSP setup algorithm based on a GMPLS)

김 경 목*, 오 영 환*

(Kyoung-Mok Kim and Young-Hwan Oh)

요 약

최근 인터넷 트래픽의 급격한 증가로 다양한 트래픽 처리를 위한 대역폭 확보 및 효율적인 트래픽 처리 기술이 요구되고 있다. 이러한 요구에 백본네트워크에서 발생하는 트래픽 처리를 위한 다양한 경로설정 알고리즘이 소개되고 있지만 획일적인 노드 운용으로 부분적인 링크에서의 경로 설정 실패 확률을 증가시키고 있다. 즉, 미리 결정된 최대 채널 설정 허용 시간은 한정적인 설정 성공률을 가지며 이후 발생하는 트래픽의 손실 확률을 증가시킬 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 가변적인 연결 설정 시간을 적용하여 허용 시간을 초과한 채널 요구 트래픽의 경우도 채널 설정을 제공함으로써 추가적인 트래픽 서비스를 제공할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 네트워크 상황 변화에 따른 가변적인 연결 설정 지연시간 파라미터를 사용하는 GLSP (Generalized Label Switch Path) 경로 설정 알고리즘을 제안하였다. 알고리즘은 획일화된 백본 네트워크의 설정 확률을 값을 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 있다.

Abstract

Establishment of bandwidth and effective traffic processing are required to treat various traffics according to a rapid increase in Internet traffic. A path setup algorithm was introduced to support backbone traffic processing but the failure probability is increasing according to fixed operation in nodes. In other words, fixed maximum permitted time can be raised failure probability. So as to solve this problem, this paper introduces variable path setup time algorithm which support channel service of excessive traffic that is generated from not allowed channel. We proposed GLSP(Generalized Label Switch Path) setup algorithm that use variable path setup time parameters. This algorithm can improve path setup probabilities of backbone network that is composed of fixed way.

Keywords : GLSP setup algorithm

I. 서 론

인터넷 트래픽의 다양화로 인한 패킷의 처리 절차가 복잡화됨에 따라 획일적인 패킷 처리를 위한 MPLS (Multi-Protocol Label Switching) 기술이 소개 되었다. MPLS 기술은 다양한 트래픽의 경로 설정을 위한 레이블을 정의함으로써 고속의 데이터 처리는 물론 GMPLS 제어 평면에 사용될 시그널링 절차를 제공하

고 있다. 이러한 백본 네트워크는 광 네트워크이며 광 채널 하나는 각 링크에서 할당되는 파장 레이블을 매핑 시킨다. 즉, 백본에서 사용되는 레이블의 할당은 파장 정보를 기반으로 한 경로 설정 유무를 결정짓는 중요 파라미터이며 소요되는 설정 시간은 궁극적인 트래픽 서비스의 제공 여부를 결정한다^{[1][2]}. 일반적인 레이블 스위칭은 각 노드에서 소요되는 최대 허용 시간을 적용하여 운영되므로 이상의 소요 시간이 발생할 경우 채널 요구의 실패와 동시에 이후 발생하는 트래픽의 손실을 초래하게 된다^{[3][4]}.

획일적인 허용시간의 운용이 아닌 네트워크 상황에 따른 가변적인 레이블 설정 허용시간 적용은 트래픽 손실에 보다 적응적인 역할을 수행하며 채널 연결 성공

* 정희원, 광운대학교 전자통신공학과
(Dept. of Electronics and Communications
Engineering, Kwangwoon University)

※ 이 논문은 2006년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

접수일자: 2006년8월21일, 수정완료일: 2006년11월20일

확률을 증가시킬 수 있다. 최대 허용 연결 설정 시간의 연장은 이후 발생 되는 트래픽의 서비스를 제공할 수 있는 마아진의 증가로 해석될 수 있다^{[4][5][6][7][8]}.

채널 설정 확률 값의 상대적인 결과를 산출하기 위해 ns-2 시뮬레이터를 사용하였으며 4 계층 구조를 갖는 네트워크 모델을 사용하였다. 4계층 구조는 GMPLS 기본 구조이며 계층 구분을 위해 터널 노드와 일반 노드로 구분하여 상위 터널 노드일수록 보다 많은 연결 설정시간이 소요되는 것으로 가정한다.

본 논문의 구성은 II장에서는 GLSP 설정 알고리즘을 기술하고, III장은 제안한 알고리즘에 대한 성능평가 수행하며, IV장에서는 결과에 대한 비교 및 고찰 그리고 V장에서 결론을 맺는다.

II. GLSP 설정 알고리즘

GLSP (Generalized Label Switch Path) 설정 알고리즘은 연결 지향형 트래픽 서비스로 기존의 확정된 채널 연결 설정 방식과 차별화 된 가변적인 채널 연결 허용 시간 알고리즘이다. 이 방식은 채널 연결 요구가 발생할 때 마다 최소화 된 지연 시간 파라미터를 추가함으로써 최종 노드까지의 전체 지연 시간이 증가하여 설정 확률을 증가시킨다. 이미 설정된 임계값은 네트워크의 상황 변화에 가변적인 임계값을 적용 할 수 없는 방식이며 백업 경로 설정을 위한 경로 설정 단계에서 실패 확률을 증대시키는 결과를 초래한다. 그러므로 네트워크 상황 변화에 따른 추가적인 전송 지연 파라미터 값을 필요로 한다.

레이블은 파장 경로를 기반으로 하는 GMPLS에서 지연 및 기타 policy를 만족하는 범위 내에서 할당되어야 하며 이렇게 완성된 경로는 CR(Constraint Based Routing)-GLSP라 한다. 또한 경로설정을 위한 링크 단위의 처리 주체는 O-LSR(Optical Label Switch Router)이며 파장 할당을 위한 프로토콜 및 IP 트래픽의 처리 모듈을 포함하고 있다. 네트워크의 연결 요구 조건에 만족하지 않는 경우는 재설정 과정으로 천이되며 알고리즘을 반복한다. 즉, 최초의 요구가 발생하면 허용 연결 시간을 산출하기 위해 제안한 알고리즘이 동작한다.

알고리즘의 동작을 위해 G 함수가 정의 되며 하나의 물리적인 파이버에 여러 개의 파장이 존재하기 때문에 직렬 노드 상에 가상적인 mesh망이 형성된 것으로 가정한다. 노드와 링크로 구성된 네트워크를 $G = (N, L)$

로 정의하며 $N = n_1, n_2, \dots, n_{|M|}$, $L = l_1, l_2, \dots, l_{|L|}$ 이 된다. 하나의 링크는 (n_1, n_2) 의 노드 쌍으로 표현된다. $D_{ij} (i \neq j)$ 는 노드 i 에서 노드 j 까지의 전파 지연을 나타낸다. $K = k_1, k_2, \dots, k_{|K|}$ 는 양단의 edge O-LSR에서 서비스 클래스를 만족시키는 일련의 트래픽 요구 집합이다. 각각의 트래픽 요구 $k \in K$ 는 (I_k, E_k, ϵ_k) 로 정의될 수 있는데 여기서 I_k 는 인입 O-LSR, E_k 는 인출 O-LSR, 그리고 ϵ_k 는 요구되는 k 값에 대한 허용 edge-to-edge delay를 의미한다. 트래픽 flow는 λ^{IE_k} 와 같이 정의하며 k 번째 트래픽 요구에 해당하는 평균 flow를 의미한다.

1. GLSP 설정 조건

채널 연결 조건을 만족시키기 위한 constraint 변수들은 새로운 경로 설정의 최적화를 위한 객체 함수 형식으로 표현된다. ν_{ij} 는 가상 노드의 집합으로 구성되며 "0"과 "1"값의 상수 값을 가진다. 값이 "1"인 경우는 가상 토폴로지에서 물리적인 직접 광 링크가 존재하는 경우이며 "0"인 경우는 그렇지 않은 경우를 의미한다. e_{ij} 는 해당 링크에서 가용 파장을 가지고 있는 경우와 그렇지 않은 경우로 구분된다. 즉, 가상 링크 상에 CR-GLSP 경로가 설정되는 경우와 경로 설정이 불가능한 경우를 의미한다.

$$\sum_j \nu_{ij} \leq T_i, \quad \sum_i \nu_{ij} \leq R_j \tag{2-1}$$

여기서 T_i 와 R_j 는 transmitter와 receiver의 포트 수가 된다. 즉, 광 링크의 전체 크기는 물리적인 포트에서 지원하는 송수신 링크의 크기보다 작아야 한다. Constraint 조건 함수 식 (2-1)은 하나의 포트에 단 한 개의 light path를 설정 할 수 있음을 의미한다.

$$\lambda_{ij} = (\nu_{ij} \sum_{I, E} \lambda^{IE_{ij}}) + e_{ij} \lambda^{I_k E_k} \tag{2-2}$$

식 (2-2)은 링크에서 발생하는 전체 트래픽을 나타낸다. 즉, 광 파이버 링크가 존재하는 경우는 ν_{ij} 값이 "1"이 되어 중간 노드에서 발생하는 전체 트래픽의 합산이 이루어지며 그렇지 않은 경우는 파이버 단위에서의 발생 트래픽이 "0"이 된다. 후항의 경우도 링크에서의 light path가 존재 할 경우만 발생 트래픽의 값이 존재한다.

$$\sum_j \lambda_{ij}^{I_k E_k} - \sum_j \lambda_{ij}^{I_k E_k} = \begin{cases} \lambda_{ij}^{I_k E_k}, & i = I_k \\ -\lambda_{ij}^{I_k E_k}, & i = E_k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-3)$$

식 (2-3)은 edge 라우터끼리의 전송 단계에서 트래픽의 발생량의 정도를 나타내는 식으로 마이너스 트래픽이 발생할 경우는 egress 노드가 발생 노드임을 의미한다.

$$\lambda_{ij} \leq W_{ij} C \quad (2-4)$$

식 (2-4)은 발생 트래픽이 전체 트래픽 보다 작아야 하는 조건을 의미하며 여기서 C는 하나의 파이버 당 각 파장의 용량, W_{ij} 는 노드 i 와 j 사이에서 가장 토폴로지에 속하는 각 링크의 파장 수를 의미하며 새로운 CR-GLSP의 추가는 링크의 가용 용량을 초과 하지 않아야 한다.

$$\lambda_{ij}^{I_k E_k} = e_{ij} \lambda^{I_k E_k} \quad (2-5)$$

식(2-5)은 GLSP상에 링크가 존재하지 않는 경우 트래픽의 경로 지정은 불가능함을 의미한다. 즉, 조건을 만족시키는 경로 지정이 가능할 경우는 $\lambda_{ij}^{I_k E_k} = \lambda^{I_k E_k}$ 을 만족한다.

$$e_{ij} \leq \nu_{ij} \quad (2-6)$$

최종적으로 식 (2-6)은 파이버 상의 가상적인 토폴로지가 존재하는 경우는 링크상의 light path 설정이 가능함을 보이고 있다. 식 (2-6)을 기반으로 layer 3 port throughput 의 관계식은 다음과 같다.

$$\lambda_{ij} \leq W_{ij} C \{1 + (\alpha - 1) Q_j\} \quad (2-7)$$

즉, 트래픽 flow가 중간 노드의 O-LSR로 향할 때 트래픽의 요구는 IP 라우터 포트에서 처리하는 최대 throughput의 크기보다 작아야 하며 $\alpha \leq 1$ 은 최대 layer 3 port throughput을 의미하고 optical layer throughput의 일부가 된다. CR-GLSP에 전송되는 패킷은 식 (2-8)과 같은 end-to-end delay를 발생하게 된다.

$$\sum e_{ij} \lambda_{ij}^{I_k E_k} D_{ij} + d_{node} \quad (2-8)$$

여기서 d_{node} 는 CR-GLSP 상의 모든 노드에서 발생하는 전체 지연시간 또는 처리 시간을 나타낸다. 일반적으로 광 인터넷에서의 전송 지연은 전파지연을 의미하며 WDM 네트워크에서 광 경로의 길이에 따라 결정

되는 고유의 값을 갖게 된다. 광 인터넷에서의 전송 경로 설정은 항상 송수신 노드 간 직접 경로가 설정되는 것이 아니므로 여러 개의 경로를 통해 구성될 수 있다. 트래픽 grooming이 발생하는 경우 하나의 경로가 아닌 multi light path가 존재하게 되는데 결국 노드에서의 처리 시간이 증가됨을 나타낸다. 즉, d_{node} 는 layer 3 처리 지연으로 간주 될 수 있다. 따라서 λ_m^{IE} 는 m번째 O-LSR에서의 aggregate 된 패킷의 도착율, 그리고 μ_m^{IE} 는 해당 노드에서의 처리율을 의미한다. 평균 layer 3 처리 지연은 식 (2-9)과 같이 정의 된다.

$$\tau = \sum_{m=1}^M \frac{\rho_m^{IE}}{(1 - \rho_m^{IE}) \lambda_m^{IE}} \quad (2-9)$$

여기서, $\rho_m^{IE} = \lambda_m^{IE} / \mu_m^{IE}$ 는 효율을 나타내며 로컬 연결과 처리율 변수를 사용하여 식 (2-10)과 같이 유도된다.

$$\tau = \sum_{i,j} \frac{e_{ij} Q_i}{\mu_j - (\sum \lambda_{ij} + \lambda^{I_k E_k})} \quad (2-10)$$

DS(Differentiate Service) 클래스에 속하는 k 번째 트래픽의 지연은 식 (2-11)과 같이 정의 될 수 있다.

$$f(e_{ij}) = (\sum_{i,j} e_{ij} \lambda^{I_k E_k} D_{ij}) + \tau \quad (2-11)$$

위 식에서 τ 는 GLSP 경로 상의 모든 노드에서 layer 3 처리 시간이 전혀 발생하지 않는 경우 "0"의 값을 취하게 된다. 또한 k 번째 트래픽 flow의 QoS 요구 사항을 만족하기 위해서는 식 (2-11)의 값은 최소화 되어야 한다. 다시 말하면 최소화 된 값이 지연에 관한 QoS를 만족하지 못하는 경우 변수 e_{ij} 에 적용할 수 없다.

위 식들을 바탕으로 다음 식(2-12),(2-13)와 같이 tolerable QoS 및 layer 3 처리율과 관련된 constraint 요소를 추가적으로 정의 할 수 있다.

$$0 \leq f(e_{ij}) \leq \varepsilon_k \quad (2-12)$$

$$\mu_j \geq \nu_{ij} \sum_i \lambda_{ij}^{IE} + e_{ij} Q_j \lambda^{I_k E_k} \quad (2-13)$$

위에서 정의한 조건 함수들은 채널 요구에 관련한 서비스 트래픽의 허용 지연 시간을 만족해야 하며 증가된 지연 시간의 함수 $f(e_{ij})$ 는 최대 허용 지연 시간(ε_k) 보다 작은 값을 가져야 한다.

2. 채널 설정 요구에 따른 동작 과정

경로 설정에 대한 요구 발생 시 각 노드에서 가지고 있는 서비스 제공 파라미터 값에 의해 경로 설정 여부가 결정된다. 다음은 k 번째 경로 설정 요구의 발생에 대한 GLSP 설정 알고리즘이며 step 3은 추가 지연시간을 의미한다.

- Step 1 : 노드는 k 번째 설정 요구와 관련된 파라미터 값 획득
- Step 2 : I_k 또는 E_k 의 송 수신기 운용이 가능하지 않을 경우 step 3 로 전달
- Step 3 : 식 (2-12)의 최소값을 가진 GLSP 가 존재할 경우 step 5로 전달. 조절 가능할 경우 ϵ_k 을 수정하고 step 2 로 전달되며 위의 조건 모두 만족하지 않을 경우 step 4 로 전달
- Step 4 : GLSP 요구를 실패하고 step 5 로 전달
- Step 5 : GLSP를 위한 자원을 할당하고 네트워크 상태 업데이트
- Step 6 : 종료

위의 과정에서 자원 할당을 위한 과정은 이미 정해진 노드에서의 파라미터 값에 ϵ_k 을 수정하는 형태로 결정된다. 경로 설정 가부가 결정되면 정해진 경로를 통해 정보 전송 단계로 천이 된다. 추가적인 채널 요구가 발생하면 ϵ_k 값을 재설정하여 연결 실패 확률을 감소시킨다.

각 노드에서 결정되는 광 경로는 해당 노드에서 가지고 있는 가용 파장의 수와 연결 설정 시간에 의해 결정된다. 경로 설정 요구 메시지는 setup message object로 구성되며 최종적으로 인입 노드에서 구성된다. 트래픽 요구는 $\{\lambda_{ij}^{IE}\}$ 로 정의되어 전체 네트워크의 트래픽에 관련된 라우팅 할당 정보의 집합이 형성되며 이를 통해 파장 정보의 교환이 이루어진다. LSP 설정의 오류가 발생하게 되면 GMPLS 시그널 프로토콜(CR-LDP, RSVP-TE)에 의해 사실이 검출되고 라우팅 프로토콜에 의해 새로운 토폴로지의 업데이트 정보가 갱신된다. 즉, 다시 말하면 FEC와 GLSP 정보의 업데이트가 완성된다.

3. SRLGs(Shared Risk Link Groups)을 이용한 연결 설정 과정
 S 는 네트워크와 관련된 SRLGs(Shared Risk Link

Groups) 집합이며 하나의 노드 또는 하나의 링크는 하나 이상의 SRLG에 속한다. S_{ij} 는 링크 (i,j) 와 관련된 SRLG 구분자의 집합이며 S_n 은 노드 n 에서의 SRG 구분자의 집합을 의미한다. 전체 네트워크 SRG 집합은 $S = (\cup_{n \in N} S_n) \cup (\cup_{\ell \in L} S_\ell)$ 이 되며 경로 재설정에 필요한 파라미터 값으로는 SRG/SRLG 구분자의 누적된 값을 갖는 $S(k_1)$ 을 사용한다. 여기서 새로운 파장 정보를 획득하기 위해서는 같은 송수신 노드인 I_{k_1} 와 E_{k_1} 그리고 같은 QoS 요구사항과 관련된 전송 지연 ϵ_{k_1} 과 대역폭 B_{k_1} 값을 갖는다. 식 (2-14)을 이용하여 노드의 layer 3 평균 처리 지연시간을 유도 할 수 있다.

$$\tau_n = \sum_{I,E} \frac{\rho_n^{IE}}{(1 - \rho_n^{IE})\lambda_n^{IE}} \tag{2-14}$$

지연 시간 발생은 해당 노드를 통한 모든 트래픽 flow가 전달되기 때문에 하나의 flow가 추가되거나, 수정 또는 삭제될 때는 $\{\tau_n\}_{n \in N}$ 는 업데이트 되어야 한다. D_{ij} 와 B_{ij} 은 링크에서의 전송 지연과 가용 대역폭을 의미하며 다음은 대역폭과 지연시간을 고려한 경로 설정 과정을 나타낸다.

- Step 1 : If $B_{ij} < B_{k_1}$, set $D_{ij} = \infty$
- Step 2 : If $S_{ij} \in S(k_1)$, set $D_{ij} = \infty$
- Step 3 : (Backup path initialization) Set $P = \{I_{k_1}\}$, $m = I_{k_1}$, Let $f(P) = \tau_{I_{k_1}}$ (be the total delay on the backup path)
- Step 4 : 다음 수식을 만족하는 노드 m 까지 가장 낮은 지연 cost를 가진 노드 n^* 결정

$$\min_{n \in N, n \notin P} [D_{m,n} + \tau_n]$$
- Step 5 : n^* 값을 P 에 추가
 즉, $f(P) = f(P) + D_{m,n^*} + \tau_{n^*}$.
- Step 6 : If $f(P) > \epsilon_{k_1}$, then no backup path
 If $n^* = E_{k_1}$ then algorithm has executed successfully
- Step 7 : Set $m = n^*$ and go to Step 4

위 과정에서 QoS를 지원하는 서비스 클래스는 여러 가지 파라미터가 있지만 본 논문에서는 delay(지연)값만을 고려하여 최적화된 경로 설정 구성을 목적으로 하

였다. 위의 과정이 실패하면 QoS 특성을 만족시키는 대체 가용 파장의 획득이 불가능하고 최대 지연과 최소 대역폭을 위한 새로운 파라미터 값으로 수정되어야 하며 재설정이 완료 되어도 지연 시간이 추가된 형태의 운용이므로 이전의 조건을 만족하는 성능은 얻지 못한다. 다시 말하면 경로 재설정을 위한 요구에 대한 충족 정도는 감소하게 되므로 적절한 임계값을 필요로 한다. 이유는 무한대의 감소는 네트워크의 운용의 서비스 질이 현저히 감소되기 때문이다.

4. RWA를 이용한 연결 실패 확률

서비스 제공 요구가 발생할 경우 light path를 설정하는 방법은 RWA (Routing and Wavelength Assignment)을 이용하여 구성된다. RWA는 크게 두 가지 기능으로 구분되는데 연결 실패 확률을 최소화 시킬 수 있는 링크를 선택하는 방식과 파장을 선택하는 방식이다. 라우팅 정보로 사용되는 파장은 일반적인 MPLS 네트워크의 경우 모든 레이블 depth를 그대로 사용하지만 GMPLS의 경우는 레이블 depth의 크기를 가변적으로 제한 사용함으로써 채널에서의 부하를 최소화 시킬 수 있다. 성능평가를 위해 링크에 발생하는 부하는 독립적으로 구성하며 연결 요구 실패 시 일정 시간 경과 후 연결 설정 요구가 재생된다고 가정하였다. 다음 식 (2-15)은 i 번째 링크의 경로에서 k 개의 파장이 사용될 확률 값이다.

$$p_k^{(i)} = \frac{(\lambda_i T)^k}{k!} p_0^{(i)} = \frac{L_i^k / k!}{\sum_{l=0}^W L_i^l / l!} \quad (2-15)$$

여기서, W는 광 파이버 파장의 수를 의미하여 λ_i 는 경로의 i 번째 링크의 도착율, T는 평균 연결 설정 시간을 나타낸다. 즉, path L_i 의 i 번째 링크에 부여되는 평균 부하는 λ_i 와 T로 표현될 수 있다. 만약 경로 n개의 링크에서 사용 중인 파장의 수가 k개일 때의 확률 값을 $q_k^{(n)}$ 라 한다면 관계식은 다음 식 (2-16)과 같고 흡수는 1이상으로 가정한다.

$$q_k^{(n)} = \sum_{i=0}^W \sum_{j=0}^W R(W-k | W-i, W-j) q_i^{(n-1)} p_j^{(n)} \quad (2-16)$$

어랑 손실 공식을 이용하여 링크 s에서의 블록킹 확률은 식 (2-17)과 같이 유도 할 수 있다.

$$B_s = E(L_s, W) = \frac{L^{W_s} / W!}{\sum_{i=0}^W L^i / i!} \quad (2-17)$$

여기서 L_s 는 링크에 제공되는 부하이다. 파장 변환 기능을 포함하는 L_s 값은 다음 식 (2-18)과 같이 근사화 된다.

$$L_s = \sum a_{s,l} A^l (1 - P^l) / (1 - B_s) \quad (2-18)$$

여기서, A^l 은 경로 l상의 제공된 부하, P^l 은 경로 l의 블록킹 확률 값을 나타낸다.

$a_{s,l}$ 은 다음 식 (2-19)과 같은 링크 경로 빈도 metric을 의미하며 “0”과 “1”값을 취한다.

$$a_{s,l} = \begin{cases} 1 & \text{if } s \in l \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-19)$$

따라서 네트워크의 평균 블록킹 확률은 다음 식 (2-20)과 같다.

$$P_B = \sum_l P^l A^l / \sum_l A^l \quad (2-20)$$

그러므로 식 (2-20)을 바탕으로 링크 s에서의 블록킹 확률 값은 다음 식(2-21)과 같이 유도된다.

$$B_s = E(\sum_l a_{s,l} A^l (1 - P^l) / (1 - B_s), W) \quad (2-21)$$

위의 식 (2-21)과 같이 유도된 값은 계층 노드를 갖는 노드별 적용되는 최대 허용 지연 값에 따라 다르게 발생하는 GLSP 설정 실패 확률 값을 의미하게 된다. 즉, path에서의 실패 확률은 각 링크에서 실패 확률의 합의 형태로 구성된다. 채널 요구가 발생하고 그에 따른 실패 확률은 사용 파장의 수에 의해 결정되며 여유 파장의 증가 정도에 따라 향상된 채널 제공 서비스를 지원할 수 있다. 노드에서 운용되는 파장의 수가 증가함에 따라 블록킹 확률 값은 감소되지만 시그널 트래픽의 증가를 초래하여 제어 신호의 채널 효율이 감소하는 결과를 발생하게 된다.

III. 성능평가

1. 성능평가 환경

성능평가를 위한 네트워크 환경은 노드 16개의 가상 mesh 토폴로지를 사용하였으며 각 노드사이의 링크는 1개의 파이버로 연결되어 있고 하나의 파이버 당 32개의

표 3-1. TCL 시뮬레이션 파라미터
Table 3-1. Simulation parameters for TCL.

contents	value	remarks
ldp_packet_size	40Byte	
burst_time	0.5ms	
idle_time	5ms	
arrival_rate	poisson distribution	
trace_ldp	1	default
trace_mpls	1	default
control_driven	1	default
enable-on-demand	1	default
error_rate	[0,0.05]	
bandwidth	10Mbit	
processing_time	5ms	

파장으로 구성된다. 즉, 물리적으로는 하나의 링크가 존재하지만 하나의 링크에 32개의 채널이 존재하므로 파장 변환을 통한 파장 라우팅 역할을 수행한다. 다음 표3-1은 성능평가를 위한 ns-2 MPLS_TCL 시뮬레이션 설정 환경을 나타낸다.

2. GLSP 연결 설정 절차

성능평가를 위해 ns-2 툴을 사용하였으며 자원 예약 절차 및 트래픽 처리를 기반으로 한 GLSP 설정과정의 시뮬레이터 내부 디렉터리 구조는 처음 GLSP 연결 요구가 발생하게 되면 LSPid의 값이 "-1" 인가를 판단하고 "-1"인 경우는 PFT(Partial Fording Table)의 참조를 위한 단계로 천이 된다. lookup 과정이 성공하면

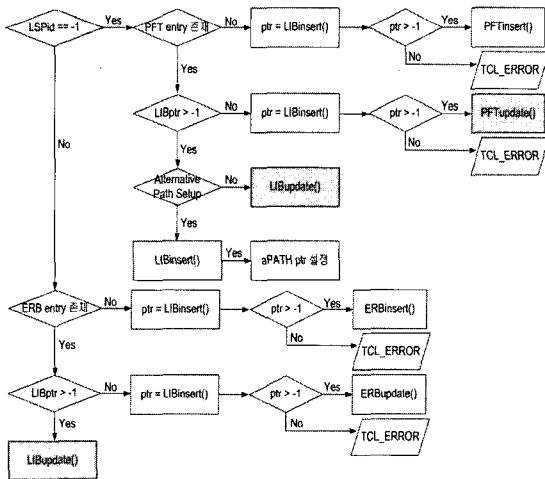


그림 3-1. GLSP 설정 절차
Fig. 3-1. GLSP setup procedure.

LIBprt(Lable Information Base pointer)의 값이 "-1"보다 클 경우 alternative path setup 동작을 수행하며 다음 경로가 존재하지 않으면 최종적인 LIB 테이블의 업데이트를 진행한다. "-1"값보다 작은 경우에는 LIBinsert()함수를 호출하게 되어 ptr 값과 "-1"을 비교하여 만족하는 경우에는 PFT 테이블의 업데이트를 수행한다. ERB entry의 업데이트 과정은 본 논문에서는 배제하였으므로 생략하기로 한다. 즉, "-1" 값과의 비교를 통해 발생하는 패킷과 기존 테이블의 alternative path 또는 테이블 insert() 동작, 업데이트 동작을 결정하게 된다.

3. GLSP 해지 절차

연결 해지 과정은 그림 3-2와 같이 연결 설정 과정과 마찬가지로 PFT 테이블의 존재 여부에 따라 업데이트 함수가 호출되며 최종적인 PFTdeleteLIBptr() 기능을 수행하여 테이블 엔트리를 삭제한다. 해지의 경우도 마찬가지로 ERB 테이블의 업데이트 및 삭제기능은 본 논문에서는 배제하기로 한다.

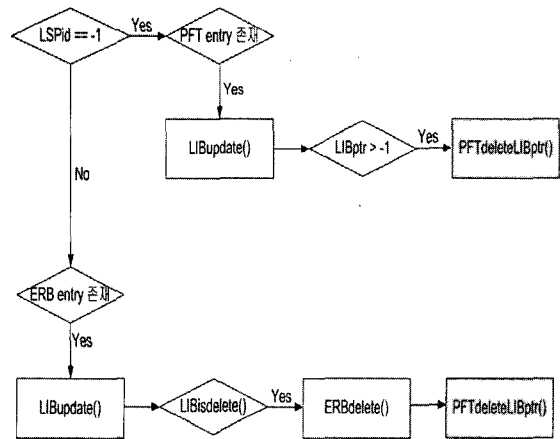


그림 3-2. GLSP 연결 해지 절차
Fig. 3-2. GLSP release procedure.

IV. 비교 및 고찰

다음 그림 4-1은 노드에 부가되는 트래픽의 정도에 따라 발생하는 채널 요구 실패 확률을 나타낸 것이다. flexible 방식이 상대적으로 fixed 방식 보다 낮은 연결 실패 확률로 발생함을 알 수 있다. 초기 부하의 발생을 2Mbit/sec 이상으로 산출한 이유는 이하의 트래픽 발생은 거의 동일한 확률 값이 산출되기 때문이다. 즉, 최저 2Mbit/sec 이상에서 제안한 알고리즘의 항상 여부가 현

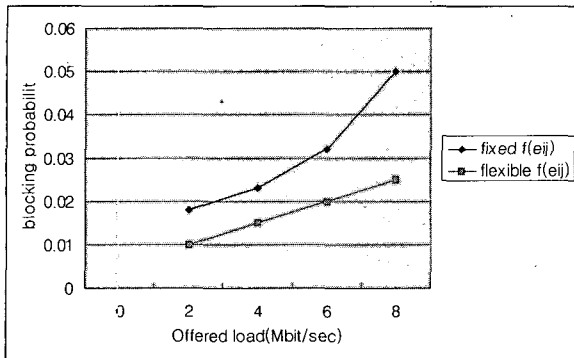


그림 4-1. 허용 연결 시간의 변화에 따른 블로킹 확률
 Fig. 4-1. Blocking probability according to permitted setup time.

저히 발생한다. 이렇게 최소 값을 2Mbit로 설정한 이유는 GMPLS 백본 네트워크에서 발생하는 트래픽의 O-LSR 처리 기본 단위가 8Mbit 이상이기 때문이다. 또한 백본 네트워크에서 발생하는 허용 지연시간의 능동적인 변화 정도에 따라 결과 그래프의 기울기 정도가 보다 급격하게 발생된다. 허용 시간의 변화는 노드에서의 처리 부담은 증가시키지만 실패 확률의 감소를 가져오게 되어 서비스를 증가시키는 장점을 갖는다. 최초의 시스템 초기 값 운용은 fixed 방식이며 알고리즘이 적용된 형태는 flexible 방식이다. 즉, 이 두 방식에 식 (2-12) 값이 적용되어 다음의 결과로 산출된다.

V. 결 론

GLSP 설정 알고리즘은 확실적인 허용 연결 지연시간에 추가적인 요구에 따른 지연 시간 파라미터 값을 추가하여 채널 연결 실패 확률을 감소시킬 수 있다. 즉, 허용 연결 시간을 초과하는 경우에도 채널 설정확률이 증가하기 때문에 추가 트래픽 서비스가 가능하게 된다.

제안한 알고리즘은 각 노드에서 발생하는 트래픽 처리를 위한 레이블 할당 시간의 가변적인 운용으로 기존의 확정적인 허용시간의 틀을 벗어나 허용시간이 초과 되어도 최대 임계 범위를 벗어나지 않는다면 그에 따른 레이블 할당 및 채널 서비스를 제공함으로써 트래픽 손실률을 현저하게 감소시켜 레이블의 적응적인 운용을 기대하고 단위 시간당 처리율을 증대시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 연장된 시간의 결정은 constraint policy에 따라 정해지며 성능평가 결과 서비스 요청의 부하가 증가함에 따라 보다 현저하게 향상된 블로킹 확률을 확인할 수 있었다. 유동적인 설정 시간의 운용은 미래 다양한 트래픽 처리는 물론 파장 단위의 전송 채널

구성 기술에 적응적인 역할을 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] L. Berger, "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Function Description," RFC 3471, January 2003.
- [2] B. Janoussi, L. Andersson, "Constraint-Based LSP Setup using LDP," RFC 3212, January 2002.
- [3] SuKyoung Lee, David Griffith, Joo-Seok Song, "Lambda GLSP setup with QoS requirements in optical Internet," *Computer Communication* 26, pp. 603-610, June 2002.
- [4] D. Awduche, L. Berger, D. Gen, "RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels," RFC 3209, December 2001.
- [5] E. Rosen, D. Tappan, G. Fedorkow, "MPLS Label Stack Encoding," RFC.3032, January 2001.
- [6] J. Cucciarra, H. Sjostrand, "Definition of Managed Objects for the Multiprotocol Label Switching, Label Distribution Protocol (LDP)," IETF Internet draft, Work in Process, June 2001.
- [7] L. Andersson, P. Doolan, "LDP Specification," RFC 3036, January 2001.
- [8] D. Awduche, "Multiprotocol Lambda Switching : Combining MPLS traffic Engineering Control with Optical Crossconnects," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 39, pp. 111-116, March 2001.

저 자 소 개



김 경 목(정회원)
1996년 서울산업대학교
전자공학과 졸업(공학사)
2002년 광운대학교 대학원
전자통신공학과 졸업
(공학석사)
2006년 광운대학교 대학원
전자통신공학과 졸업
(공학박사)

현재 서울산업대학교 전자정보공학과 겸임교수
<주관심분야: Optical Internet, MPLS, GMPLS>

오 영 환(종신회원)
대한전자공학회 논문지
제 42권 TC편 제 5호 참조