

논문 2006-43TC-11-21

ns-2 시뮬레이터를 이용한 계층 구조를 갖는 GMPLS 레이블 머징 구현 방안

(Hierarchical GMPLS Label Merging Implementation methods Using ns-2 simulator)

김 경 목*, 오 영 환*

(Kyoung-Mok Kim and Young-Hwan Oh)

요 약

최근 인터넷 트래픽의 급격한 증가를 지원하기 위한 광 인터넷이 소개되면서 GMPLS 단위에서의 효율적인 데이터 서비스 방안들이 소개되고 있다. 이러한 기술은 확실적인 구조를 갖는 노드 서비스를 의미하며 전송 효율의 한계성을 드러내고 있다. 이러한 한계성을 해결하기 위해 계층구조를 갖는 파장 단위의 머징을 통한 트래픽 처리 알고리즘 및 레이블 머징 구현을 위한 성능평가 절차를 제안하였다. 계층 구조는 터널 노드와 일반 노드로 구분되며 각각은 임계의 처리 시간을 가지고 있으므로 그에 따른 적절한 운용 레이블의 산출이 필수적이다. 즉, ns-2 시뮬레이터에서 다양한 시간 파라미터를 적용함으로써 각 노드는 고유의 처리시간을 갖게 되며 구현 결과 각 노드에서 필요로 하는 소요 레이블 수를 산출한다. 산출된 값은 여유 파장으로 사용되어 추가적인 트래픽의 처리를 가능하게 한다. 레이블 머징은 파장단위의 트래픽 전송에 있어 채널 자원의 절약 효과측면에서 미래 네트워크의 필수요소로 적용될 것으로 사료된다.

Abstract

In recent years, studies on effective data services based on GMPLS are introduced so as to support excessive internet traffic. and fixed operation can reduce transmission effectiveness. In this thesis we proposed merging algorithm with hierarchical structure and implementation procedure using ns-2 simulator. The structure composed of tunnel nodes and general nodes. Each node has threshold processing time. Result of that, the operation labels can be calculated. In order to evaluate the performance, we used ns-2 network simulator tool and used variable time parameters. The evaluated values can be used in surplus wavelength and be possible to process additional traffic. Label merging will bring a decrease in the cost of channel sources for future network configuration.

Keywords : LSP, merging., ns-2

I. 서 론

인터넷 트래픽의 증가로 인한 노드에서의 다양한 처리방법으로 발생 트래픽에 대한 서비스를 향상을 가져왔다. 하지만 레이블을 사용하는 백본 네트워크에서는

하나의 파장에 하나의 레이블을 할당하는 비효율적인 운용 방식이 적용되어 추가적인 발생 트래픽 처리율은 결여된 형태로 운영되어 손실의 결과를 초래한다^{[1][2]}. 그러므로 목적지가 같은 레이블의 경우 하나의 파장에 할당함으로써 여유 파장이 생성되어 추가적인 트래픽의 처리를 제공할 수 있다.

* 정회원, 광운대학교 전자통신공학과
(Dept. of Electronics and Communications
Engineering, Kwangwoon University)
접수일자: 2006년8월1일, 수정완료일: 2006년11월20일

MPLS(Multi Protocol Label Switch)기술은 GMPLS (Generalized MPLS)를 구현하기 위한 시그널 프로토콜을 수정 없이 제공하며 all optical network의 파장 정

보 교환용으로도 사용된다. 광 패킷 전송을 위해서는 각 노드별 사용 파장에 대한 정보를 공유한 궁극적인 GLSP 설정이 선행되어야 하며 인입된 패킷은 다음 노드로 전달되기 위해 물리 계층의 WDM (Wavelength Division Multiplex) 기술을 이용한다^{[2][3][4]}. 이때 하나의 파장은 하나의 전송 채널로서의 역할을 수행한다^{[5][6][7][8]}. 머징 알고리즘은 목적지가 같은 패킷의 경우 동일한 레이블이 부여된 파장으로 전달되고 머징의 정도에 따라 최종적인 연결 설정 시간과 여유 레이블이 결정된다. 무한대의 머징은 여유레이블 수는 증가하지만 채널 요구에 따른 완료 시간이 증가하여 무의미한 머징이 될 수 있다. 그러므로 최대 임계 허용 시간 및 constraint policy에 따라 머징이 수행된다. 이러한 머징 알고리즘을 적용하기 위해 노드의 종류 마다 고유의 처리시간을 적용하여 최종적인 설정 시간 및 기타 메트릭을 측정한다. 즉 레이블 머징 구현을 위한 절차 및 방법을 제시하며 ns-2 시뮬레이터를 사용하여 각 노드에서 사용되는 적응적인 레이블 수를 산출한다.

본 논문의 구성은 II장에서 머징 알고리즘에 관해 기술하고, III장은 알고리즘 운영 방식, IV장은 성능평가, V장은 비교 및 고찰, VI장은 결론을 맺는다.

II. 레이블 머징 알고리즘

레이블과 플로우 1:1 매핑 운용방식은 광 채널 2.5Gbit의 대역폭을 충분히 활용 할 수 없고 채널효율이 급격히 감소되는 비효율적인 파장 운용 방식이다. 이를 해결하기 위해 머징 기술이 적용되어 운용되는데 기존OXC(Optical Cross Connect)에서의 머징은 최종 노드까지의 목적지가 같아야 하는 제약으로 머징 확률이 극히 작기 때문에 채널 효율 향상 측면에서 의미 없는 머징으로 해석되고 있다. 따라서 기존의 OXC edge 노드에서만 머징이 발생하는 방식에서 모든 노드가 머징 기능을 갖는 O-LSR(Optical Label Switch Router) 노드 구조를 필요로 하며 IP 트래픽 처리 모듈을 동시에 가지고 있다.

본 논문에서는 구체적인 layer 3 처리 모듈에 대한 설명은 배제 한다.

다음 그림2-1은 머징이 적용된 경우와 적용되지 않은 경우를 나타내고 있다. 머징의 정도는 0.5를 기반으로 산출하였으며 입력되는 채널 요구 부하가 4Mbps에서 현저한 차이가 발생함을 알 수 있다. 즉, 입력되는 부하가 증가함에 따라 채널 연결 설정 실패 확률이 현저히 감소된

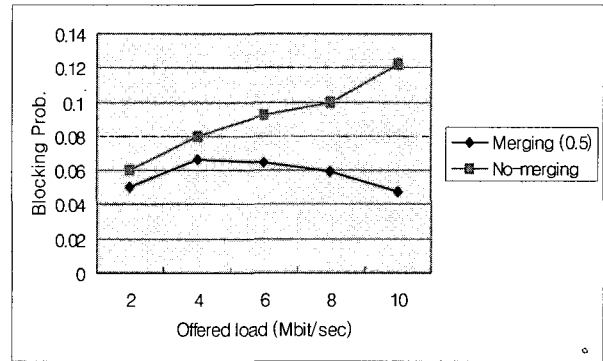


그림 2-1. 머징 과 no-머징에 따른 블록킹 확률
Fig. 2-1. Blocking probability according to merging and no-merging.

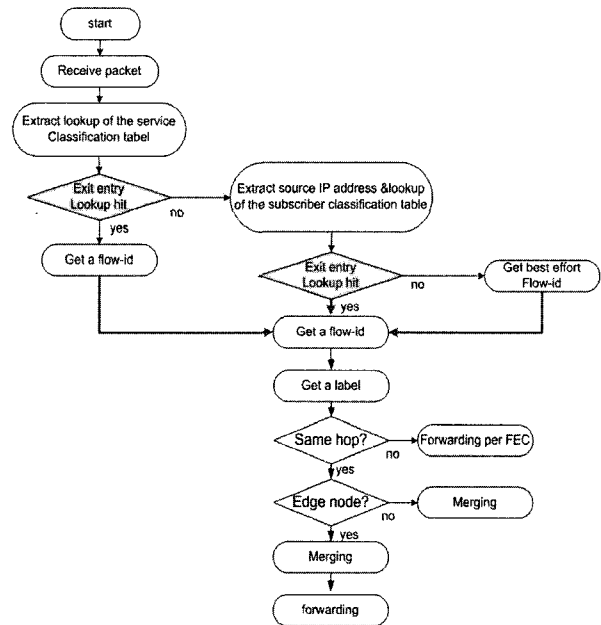


그림 2-2. 레이블 머징 알고리즘
Fig. 2-2. Label merging algorithm.

다. 그러므로 일반적인 운용 방식이 아닌 머징 운용 방식이 필수적으로 요구된다.

무한대의 머징은 채널 효율은 증가하지만 GLSP 설정을 위한 constraint 조건을 만족하지 못하여 연결 실패의 결과를 초래한다. 따라서 머징의 최대 범위는 GLSP 조건을 만족시키는 범위 내에서 수행되어야 한다. 이때 최대의 머징 포인트가 구분된 노드의 머징 특성 값이다. 이렇게 선정된 특성 값을 적용한 성능평가 후 감소되는 레이블의 수는 단위 파장 감소 효과를 발생시켜 궁극적인 채널 효율을 향상시킬 수 있다.

계층 노드는 일반 노드, 1차 노드, 2차 노드, 3차 노드로 구분하며 크기는 터널 노드와 일반 노드로 구분된다. 인입된 패킷에 대한 머징 알고리즘은 다음 그림 2-2와 같이 패킷이 인입되면 패킷의 QoS 등급 구분을

위해 service classification 테이블을 검색하고 해당 서비스 지원이 가능한 경우 flow ID를 할당 받는다. 테이블 검색에 실패하는 경우는 목적지 IP 어드레스에서 패킷 정보를 취득하거나 이미 설정된 subscriber classification 테이블을 검색하여 flow ID를 할당받게 된다. 할당된 flow ID를 근거로 하여 목적지가 같은 경우는 머징을 수행하여 다음 노드로 포워딩 된다.

노드의 종류에 따라 발생하는 머징 확률 값은 결국 다양한 노드의 처리시간을 발생시키며 서로 다른 GLSP 설정 확률이 발생함에 따라 전체적인 flow 처리율도 다르게 된다.

III. 알고리즘 운영 방식

제안한 알고리즘의 운용방식은 확률 값의 증가 정도에 따라 반비례적인 상관관계를 형성하기 때문에 각 metric의 종류에 따라 최대 허용 범위를 적용한 후 cross point 지점에서 사용되는 노드의 레이블 수가 최적의 레이블 수로 간주 될 수 있다. 전기적인 MPLS 네트워크에는 상대적으로 광 인터넷의 레이블보다 훨씬 많은 depth가 존재하지만 FECs의 머징 후 통합 처리는 MPLS의 레이블 스위칭 특성과 OXC의 파장 특성을 복합적으로 결합한 O-LSR 가 수행한다. 머징의 조건은 노드 및 전체 네트워크에서 이미 지정된 한계 값에 준하여 수행된다.

그림 3-1은 제안한 알고리즘의 전체 순서도를 나타

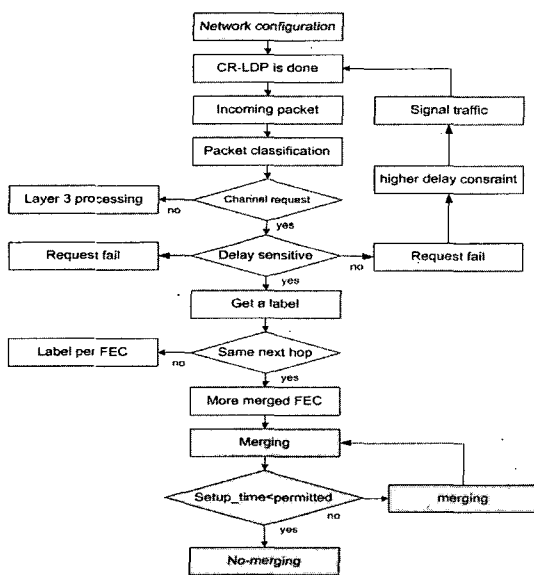


그림 3-1. 제안한 알고리즘의 순서도
Fig. 3-1. Flow chart for proposed algorithm.

내고 있다. 4계층 구조의 네트워크 토폴로지가 완성된 후 각 노드의 레이블 테이블 업데이트를 위해 CR-LDP 과정이 완료된다. 입력되는 패킷에 대한 선별 작업을 수행하고 조건을 만족하는 패킷에 대해 flow ID를 할당한다.

동시에 채널 요구가 발생하면 delay 및 대역폭 조건의 만족여부를 판단한다. 만족하는 경우에는 레이블이 할당되며 그렇지 않은 경우에는 경로 재설정 과정을 위해 최대 전송 지연 값을 높이기 위한 단계로 천이된다. 그 후 상기 동작을 반복한다. 또한 패킷이 발생되더라도 채널 요구 패킷이 아닌 경우는 일반적인 layer 3 처리 동작을 수행한다. 즉, 일반적인 IP 헤더 처리 과정을 거쳐 다음 노드로 포워딩 된다. 레이블을 할당 받은 후 목적지가 같은 가상 링크일 경우는 레이블 머징이 수행되며 머징의 발생 정도에 따라 노드의 패킷 손실률이 다르게 발생한다.

VI. 성능평가

1. 성능평가 환경

알고리즘의 성능평가를 위해 블록킹 확률, 연결 설정 시간, 제어 메시지를 위한 요구 대역폭을 사용하였다. 블록킹은 자원사용이 불가능한 경우이거나 원하는 경로의 중복요구에 따른 연결설정 불능 상태를 의미한다. 연결 설정 시간은 연결 요구의 도착 시부터 연결 구성이 완료될 때까지의 시간을 나타낸다. 제어 메시지의 요구대역폭은 경로의 설정 및 해지가 발생할 때 설정 경로들에 전송되는 제어 패킷이 점유하는 비율을 나타낸다.

성능평가를 위한 네트워크 환경은 노드 16개의 가상 mesh 토폴로지를 사용하였으며 각 노드사이의 링크는 1개의 파이버로 연결되어 있고 하나의 파이버 당 32개의 파장으로 구성된다. 즉, 물리적으로는 하나의 링크가 존재하지만 하나의 링크에 32개의 채널이 존재하므로 파장 변환을 통한 파장 라우팅 역할을 수행한다. 다음 표4-1은 성능평가를 위한 ns-2 MPLS_TCL 시뮬레이션 환경을 나타낸다.

각 노드에서 설정 요구 패킷의 도착은 포아송 분포를 따른다. 각 노드에서의 광 제어패킷의 파장 변환 시간은 10ns이며 실질적인 연결 설정 시간 산출을 위해서는 layer 3 processing time을 고려해야 하므로 최대 230ms로 가정하였다. 이 값은 MPLS에서 동작하는 레이블 처리를 위한 시간을 나타낸다. 16개 노드로 구성된 노드에서의 파장 처리에 대한 처리시간은 전기적인 처리시간의

표 4-1. TCL 시뮬레이션 파라미터
Table 4-1. 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	

수십 ms로 가정 할 때 최종 노드까지의 임계 처리시간은 230ms가 된다. 임계 처리시간을 기반으로 노드의 종류에 따라 머징 발생 확률에 따른 drop_rate가 상대적으로 다르게 발생하며 연결 요구 패킷이 증가함에 따라 고차 노드일수록 보다 많은 패킷 손실이 일어난다.

2. 성능평가

연결 설정 시간 평가를 위해 머징이 발생되며 운용 레이블 수를 증가시킨다. 다음 4-1 은 평가 결과 일부 값이며 실측되는 LDP 완료 시간이 하나의 전송 채널이

```

0.502 5(0->15): L 1 Swap 6 1 28 4
0.5024 8(0->15): L 1 Swap 9 1 27 4
0.5028 11(0->15): L 1 Swap 12 1 25 4
0.5032 14(0->15): U -1 L3 -1 -1 -1 0
0.5044 3(0->15): L 1 Swap 4 1 30 4
0.5048 6(0->15): L 1 Swap 7 1 27 4
0.5052 9(0->15): L 1 Swap 10 1 26 4
0.5068 1(0->15): U -1 Push(ingress) 2 1 32 4
0.5072 4(0->15): L 1 Swap 5 1 29 4
0.5076 7(0->15): L 1 Swap 8 1 27 4
0.508 10(0->15): L 1 Swap 11 1 25 4
0.5084 13(0->15): L 1 Pop(penultimate) 14 0 24 0
0.5096 2(0->15): L 1 Swap 3 1 31 4
0.51 5(0->15): L 1 Swap 6 1 28 4
0.5104 8(0->15): L 1 Swap 9 1 26 4
0.5108 11(0->15): L 1 Swap 12 1 25 4
0.5112 14(0->15): U -1 L3 -1 -1 -1 0
0.5124 3(0->15): L 1 Swap 4 1 30 4
0.5128 6(0->15): L 1 Swap 7 1 27 4
0.5132 9(0->15): L 1 Swap 10 1 26 4
0.5136 12(0->15): L 1 Swap 13 1 24 4
0.5148 1(0->15): U -1 Push(ingress) 2 1 32 4
0.5152 4(0->15): L 1 Swap 5 1 29 4
0.5156 7(0->15): L 1 Swap 8 1 26 4
0.516 10(0->15): L 1 Swap 11 1 25 4
0.5176 2(0->15): L 1 Swap 3 1 31 4
0.518 5(0->15): L 1 Swap 6 1 28 4
    
```

그림 4-1. 성능평가 결과 파일
Fig. 4-1. Result file for evaluation.

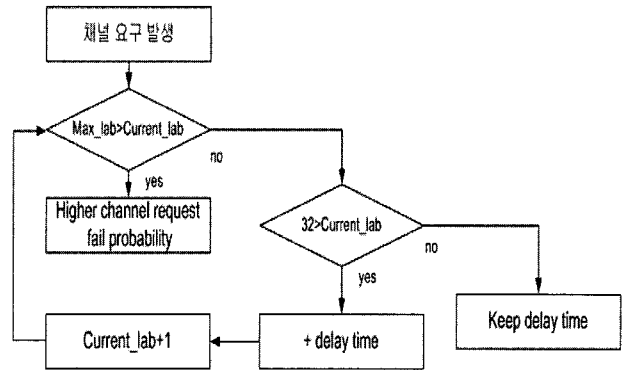


그림 4-2. 허용 연결 시간 증가 절차
Fig. 4-2. Increasing procedure for permitted setup time.

구성되기 위한 연결 설정 시간이 된다. 시그널 대역폭 평가를 위해 머징의 정도에 따라 운용 레이블 수를 증가시켜 시뮬레이션 시간동안 발생하는 LDP 의 개수를 산출하여 미리 정의된 LDP 프로토콜 크기의 곱으로 시그널 대역폭이 결정된다. 블로킹 확률 측면은 레이블 수를 증가시켜 레이블로써 사용되는 레이블 수와 부여된 레이블의 관계를 통해 실패 확률을 계산할 수 있다.

그림 4-2와 같이 레이블 머징의 정도를 결정짓기 위한 최대 허용 연결 시간을 결정하기 위해 최대 레이블 수를 만족하는 범위에서 시작하여 만족하지 않은 조건까지 지속적으로 레이블 하나씩을 증가시킨다. 이유는 머징이 증가 할수록 연결 설정 확률이 증가하기 때문에 발생하는 채널 요구 트래픽의 처리 서비스율을 향상 시켜야 하기 때문이다. 즉, 지속적으로 하나씩 증가시키면 지연시간이 증가되고 그렇지 않은 경우는 기존의 연결 지연 시간을 이용한다.

2.1 머징에 따른 레이블 처리 시간

터널 내부에서 머징이 발생 할 경우 하나의 LSP 설정을 위한 시그널 절차가 머징 요구 수만큼 증가하게 되어 시간 또한 증가 하게 된다. 즉, 구분된 노드의 종류에 따라 다른 값을 갖게 된다. 중단 지점까지의 전송 성공 확률에 따라 전송 레이블 전송 시간이 결정된다. 가상 토폴로지가 변화하면 변화된 정보의 업데이트를 위해 LDP 프로토콜이 동작하며 시뮬레이션 시간 동안 LDP의 발생 횟수에 따라 처리시간이 결정 된다. 또한 성능평가 결과를 위한 trace 파일을 분석하면 LDP 프로토콜 발생시간을 추적 된 머징의 정도에 따라 가장 늦게 발생하는 LDP의 시간으로 최종 단에서 수신하는 패킷의 시간적인 지연을 측정 할 수 있다.

그림 4-3과 같이 각 노드에서 노드의 수가 증가 할수

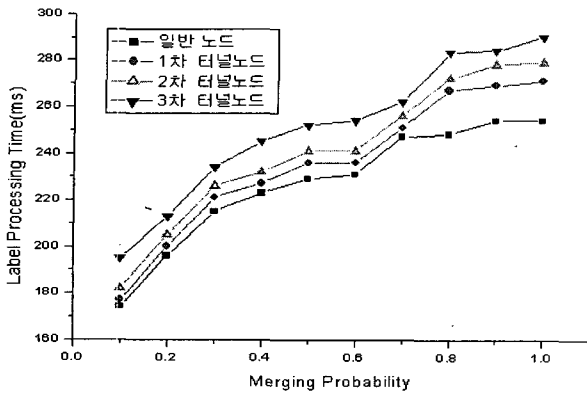


그림 4-3. 머징 확률에 따른 레이블 처리시간
 Fig. 4-3. Label processing time according to merging probability.

록 많은 레이블을 포함하는 high 스택 구조의 트래픽을 전달하므로 레이블 설정 시간이 증가한다. 터널 내부와 외부는 계층노드를 중심으로 구분되며 레이블 설정 확률이 다르게 발생하므로 처리 시간 또한 차이가 난다. 즉, 다시 말하면 터널 내 외부를 상대적으로 1차, 2차, 3차 터널로 구분하여 노드의 수가 증가함에 따라 처리 시간 또한 증가 하는 형태를 띠게 된다. 전반적으로 3차 터널에서 가장 많은 처리시간을 요구하게 된다. 이유는 보다 안쪽 터널에서 보다 작은 레이블 설정 확률 값 및 높은 머징 상수 값을 갖기 때문이다.

2.2 머징에 따른 레이블 요구 대역폭

발생하는 flow가 증가함에 따라 요구되는 레이블은 증가하지만 머징이 터널 내부 또는 외부에서 발생하면 소요 레이블은 감소될 수 있다. 즉, 업데이트 정보의 발생 유무에 따라 결정되며 계층 노드에서는 이미 업데이트가 완료된 상태이므로 전달 받는 요구 및 매핑 메시지는 중단된다. 비 계층 노드는 정상적으로 동작한다. 따라서 전자의 경우는 상대적으로 작은 대역폭을 요구하며 후자는 많은 대역폭을 요구하게 된다.

노드의 수가 증가 할수록 high 스택 트래픽을 처리하기 때문에 데이터에 첨부되는 레이블 수가 증가함과 동시에 각 노드가 가지고 있는 레이블 테이블의 업데이트가 보다 많이 발생한다. 1차, 2차, 3차, 일반 노드의 대역폭 구분은 계층 노드를 중심으로 상대적인 값을 취하게 된다. 머징이 발생 할수록 시그널 트래픽의 발생 정도가 확연한 차이를 보이게 되며 이유는 구분된 노드의 종류에 따라 업데이트 메시지의 발생 유무가 결정되기 때문이다. 레이블 메시지의 대역폭 또한 trace 파일을 추적하면 LDP의 횡수에 따라 정해지게 된다. 즉, 머징

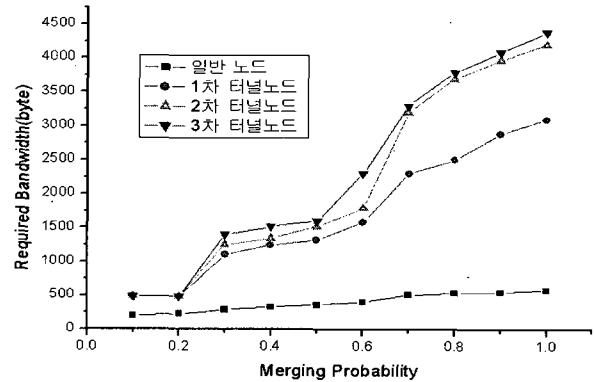


그림 4-4. 머징 확률에 따른 레이블 요구 대역폭
 Fig. 4-4. Required bandwidth according to merging probability

의 정도에 따라 시뮬레이션 기간 중 발생하는 LDP의 수가 다르게 발생하게 되어 총 LDP 개수에 LDP 크기를 곱하게 되면 최종 소요 대역폭을 산출할 수 있다.

그림 4-4는 3차 터널 노드에서 머징 확률이 증가함에 따라 상대적으로 고차 터널의 스택 구조 데이터를 처리하기 때문에 레이블 설정을 위한 시그널 트래픽은 가장 많이 발생한다. 일반 노드에서는 머징 확률이 증가함에 따라 지속적인 업데이트 정보가 발생되지만 데이터에 첨부되는 레이블의 수가 하나이기 때문에 상대적으로 단순한 시그널 트래픽만을 요구하게 된다. 1차와 2차 터널의 경우도 같은 형식으로 발생됨을 보이고 있다.

2.3 머징에 따른 블록킹 확률

계층 노드에서의 머징 발생 정도에 따라 블록킹 확률은 다르게 발생하는데 이유는 고차 노드일수록 머징 확률 값이 증가하게 되어 여유 레이블 수는 병행하여 증가하지만 노드 단위에서의 처리 속도는 현저히 감소하기 때문이다.

그림 4-5의 그래프는 성능평가 10초 동안 각각의 노드에서 drop되는 패킷의 분포를 구분하여 발생하는 패킷의 상대 값으로 산출된 결과이다. 즉, 위에서 산출한 throughput을 기준으로 전체 발생된 요구 패킷에서 drop 된 이벤트의 상대적인 값을 취한 결과이다. 각 노드는 서로 다른 머징 특성 값을 가지고 있기 때문에 곡선의 형태는 유사하게 진행된다. 머징 확률이 "1"에 접근함에 따라 블록킹 확률이 최소화 되는 이유는 블록킹 확률의 척도는 궁극적으로 여유 파장이며 이 값이 증가하기 때문이다.

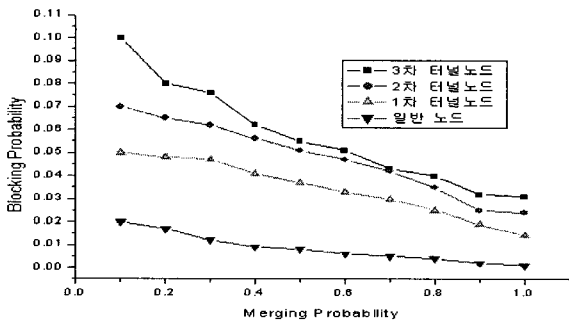


그림 4-5. 머징 확률에 따른 블로킹 확률
Fig. 4-5. Blocking Probability according to merging probability.

3. 레이블 산출

위에서 산출된 결과를 토대로 시스템에서 허용하는 최대 임계값을 적용하여 교차되는 지점이 최적의 머징 특성 값으로 작용한다. 이때 적용된 머징 값은 결정된 Drop_rare를 적용시켜 성능평가 중 발생하는 레이블 수를 산출하는 방식으로 진행한다. 즉, 이 레이블 수는 네트워크에서 요구하는 최적의 사용 레이블이 된다. 따라서 노드에서는 머징 확률 값에 해당하는 레이블을 부여함으로써 다양한 노드에서의 처리방법을 제공할 수 있다.

노드 고유의 레이블 수를 산출하기 위해 레이블 처리 시간, 시그널 트래픽 요구 대역폭, 블로킹 확률 값을 적용하여 시스템에서 가지는 최대 임계 범위를 만족하는 교차점에서 취하는 머징 값을 적용한다.

적용된 성능평가 10초 동안 발생한 레이블 수를 합산하면 계층 노드 고유의 운용 레이블 수가 된다. 즉, 하나의 레이블은 하나의 파장을 의미하므로 총 32개의 레이블 중 감소되는 레이블 수는 여유 파장의 수를 의미한다. 여유 파장의 수가 많아지면 트래픽이 발생함에 따라 패킷 Drop_rate 도 현저히 감소한다. 연결 요구의 실패가 발생하면 이후 발생하는 트래픽은 재설정 과정이 완료 될 때 까지 손실된다. 시뮬레이션은 총 32개의 레이블을 사용하여 성능평가 10초 동안 발생하는 각 노드의 레이블 총 수로 산출하였으며 머징의 발생 확률 값에 따라 현저한 운용 레이블의 감소효과를 보였다. 다음은 네트워크의 요구 특성에 따른 레이블 산출 방법이다.

3.1 연결 설정 시간 고려

다음 그림 4-6에서 보듯이 각 노드의 종류에 따라 서로 다른 최적의 머징 특성 값을 갖는다. 일반 노드에서

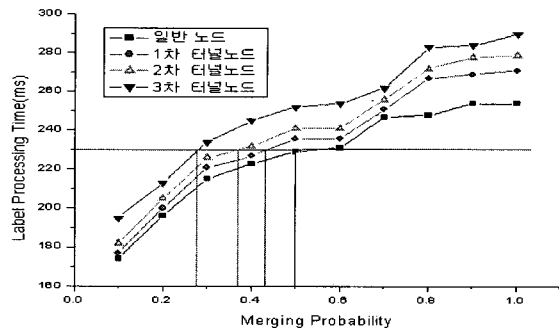


그림 4-6. 머징에 따른 임계 값 적용 후 레이블 처리 시간
Fig. 4-6. Label processing time after merging threshold

는 머징 율 0.5일 때 즉, 인입 노드의 drop_rate가 0.025 일 때 최대의 성능을 발생하며 그때 사용되는 레이블이 최적의 레이블 수량으로 적용된다. 그 밖의 1차 터널 노드는 0.42에서, 2차 터널 노드는 0.38에서, 3차 터널 노드는 0.28에서 최대의 성능을 보장 할 수 있다. 각각의 적용 확률 값에 따라 성능평가 결과에서 성능평가 시간 동안 발생하는 레이블의 총 수가 적용 레이블이 된다.

3.2 시그널 트래픽 요구 대역폭 고려

O-LSR 네트워크에서 발생하는 제어 트래픽의 최대 크기를 만족하는 범위에서 머징 값은 다음 그림 4-7과 같이 2300byte를 가지며 이는 머징의 발생이 증가하게 되면 무한히 증가하게 되므로 MPLS 시그널 트래픽 no-머징 상태(1530byte)의 150%로 산출된 값이며 이상의 트래픽은 노드의 처리시간을 급격히 증가시키는 요인으로 발생하기 때문이다. MPLS 시그널 프로토콜에서 발생하는 트래픽의 크기를 기준으로 CR-LDP 프로토콜의 크기에 따라 결정되고 연결 요구가 발생함에 따라 증가하지만 노드에서의 제어트래픽 처리 속도를 감안하여 2300byte의 트래픽을 발생시켰다.

다음 그림은 최대 허용 제어 트래픽을 만족하는 계층 노드 각각의 머징 값을 나타내고 있다. 그림 4-7에서 각 노드는 최대 허용 제어 트래픽이 2300byte일 때 3차 노드에서 가장 많은 대역폭 소요가 발생하며 이는 머징 상수 값이 증가하기 때문에 업데이트 메시지 즉, CR-LDP 트래픽이 많이 발생하기 때문이다. 머징 정보의 정도에 따라 CR-LDP 트래픽이 결정되기 때문에 일반적인 CR-LDP 정보에 추가적인 머징을 위한 트래픽이 발생한다. 3차 터널 노드는 머징 율이 약 0.6일 때, 2차 터널 노드는 약 0.63일 때, 1차 터널 노드는 약 0.7일

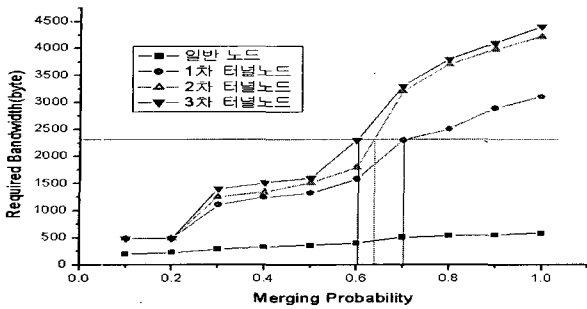


그림 4-7. 머징에 따른 임계 값 적용 후 시그널 요구 대역폭

Fig. 4-7. Required signal bandwidth time after merging threshold.

때 최소의 트래픽을 만족시키며 채널 효율을 증가시킬 수 있다. 여기서 3가지의 노드들이 거의 유사한 머징율을 갖는 이유는 성능 평가 시간이 극히 작은 이유도 있지만 CR-LDP의 트래픽 자체가 광 인터넷에서 상대적으로 극히 작은 값을 갖기 때문이다. 위의 머징 값은 전장에서 정의한 머징 율에 따른 drop_rate 테이블에 준한다.

3.3 블로킹 확률 고려

노드에서의 블로킹 확률 값은 임계 블로킹 확률 값인 0.05를 만족해야만 하며 이 때 교차 되는 각 노드의 지점이 머징 특성 값이 된다. 임계값인 0.05는 OXC에서 운용되는 최대 허용 손실률을 기반으로 적용된 값이며 고차 노드에서 고정적인 최대 블로킹 확률 값을 갖게 된다. 이유는 고차 노드에서는 머징이 발생함에 따라 constraint delay 조건을 만족 시킬 수 없으므로 연결 실패 확률이 증가하기 때문이다. 저차 노드에서는 처리 시간이 현저히 적게 발생하기 때문에 실패 확률 값은 최소 값을 갖게 된다. 또한 머징 확률이 증가하면서 여유 레이블이 증가하게 되고 이에 따라 연결 설정 서비스율이 증가하여 블로킹 확률이 점차 감소됨을 알 수 있다.

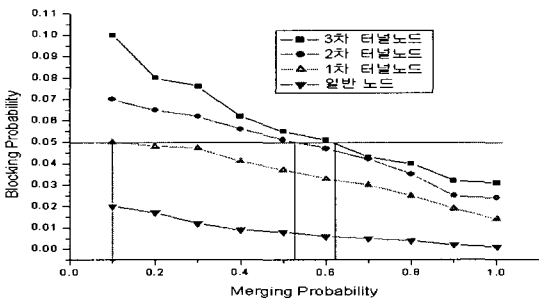


그림 4-8. 머징에 따른 임계 값 적용 후 블로킹 확률

Fig. 4-8. Blocking probability after merging threshold.

그림 4-8에서 3차 터널 노드는 약 0.62의 머징 값을 가질 때 최소의 블로킹 확률 값을 가지며 2차 터널 노드는 약 0.52, 1차 터널 노드는 0.1, 일반 노드는 어떠한 모든 머징 값을 취할 수 있다. 이는 일반 노드는 블로킹과 머징은 서로 독립임을 의미하여 최대의 머징이 수행되어도 항상 임계 이내의 블로킹 확률 값을 보유함을 의미한다.

3.4 머징에 따른 운용 레이블 수

성능평가를 위해 각 노드의 drop_rate를 적용한 error module을 동작하여 기간 중 발생하는 레이블의 수를 산출한 결과 다음과 같은 운용 레이블을 산출하였다. 측정 방법은 레이블 할당을 위해 미리 레이블 테이블을 구성하고 각각 레이블 ID를 부여하여 발생하는 레이블 ID만을 추출하는 방식으로 운용 레이블 수를 산출하였다. 성능 평가 결과 trace file을 분석하면 각 노드 번호에서 발생하는 레이블 번호는 이미 부여된 ID를 의미하며 push 되는 레이블 번호의 합이 해당 노드에서의 운용 레이블이 된다. 다음 표 4-2는 머징 발생 확률에 따른 각 노드에서 발생한 레이블 ID를 갖는 레이블 수를 나타내고 있다.

고차 노드일수록 여유 레이블이 증가하며 전체 노드에서 최소의 운용 레이블 수는 12개이다. 즉, 12개 이내의 O-LSR 운용은 머징에 따른 채널 효율의 향상 효과를 기대 할 수 있지만 무한한 머징에 따른 처리시간의 증가로 인한 연결 설정 실패 확률이 증가하므로 노드의 서비스율이 현저히 감소됨을 알 수 있다. 편차 값은 성능평가를 10회 반복하여 실제 발생한 레이블 수의 평균

표 4-2. 머징에 따른 각 노드의 소요 레이블 수

Table 4-2. Required label of nodes according to merging.

머징 Probability	일반 노드	표준 편차 (σ)	1차 터널 노드	표준 편차 (σ)	2차 터널 노드	표준 편차 (σ)	3차 터널 노드	표준 편차 (σ)
0	32		32		32		32	
0.1	31	1.3	29	1.6	30	1.2	28	0.6
0.2	30	1.2	27	1.5	26	1.1	25	0.2
0.3	29	1.5	26	1.3	26	1.2	23	1.0
0.4	27	0.6	25	2.1	25	1.6	24	1.0
0.5	26	1.6	23	0.2	22	1.2	21	1.2
0.6	25	0.4	21	1.6	20	1.2	18	1.3
0.7	24	1.6	20	1.1	19	1.3	17	2.0
0.8	23	1.4	18	1.2	17	0.9	15	1.9
0.9	23	1.8	17	0.1	17	1.9	14	1.2
1	20	1.6	17	1.3	16	1.6	12	0.6

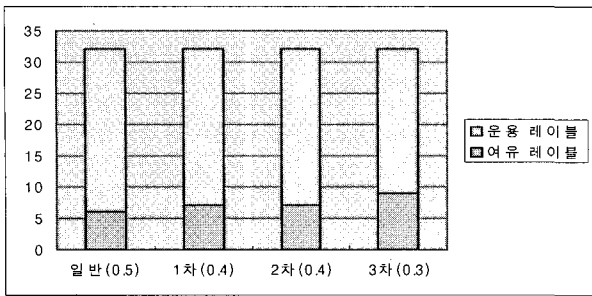


그림 4-9. 레이블 처리시간을 고려한 계층 노드 여유 레이블

Fig. 4-9. Reusable label of nodes according to processing time

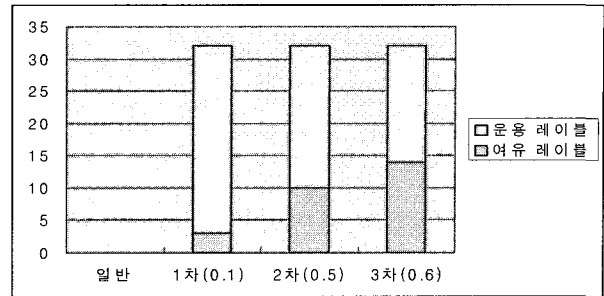


그림 4-11. 블로킹 확률을 고려한 계층 노드 여유 레이블
Fig. 4-11. Reusable label of nodes according to blocking probability.

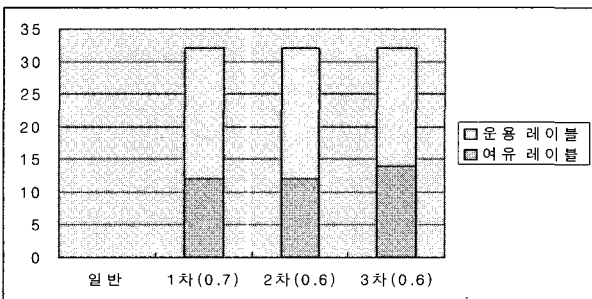


그림 4-10. 시그널 요구 대역폭을 고려한 계층 노드 여유 레이블

Fig. 4-10. Reusable label of nodes according to required signal bandwidth

값에 대한 편차 값이다. O-LSR에서 운용되는 파장은 총 32개 채널로 구성되며 CR-LDP 프로토콜에 의해 각 노드의 파장정보를 공유하게 된다. 따라서 감소되는 레이블 수는 파장 하나의 전송 대역폭 2.5Gbit 이상의 채널 효율 향상 효과를 기대할 수 있다.

그림 4-9에서 레이블 처리시간을 고려한 머징 특성 값을 적용한 결과 일반 노드는 머징 확률이 0.5일 때 6개(18.3%), 1차 노드는 0.4일 때 7개(21.9%), 2차 노드는 0.4일 때 7개(21.9%), 3차 노드는 0.3일 때 9개(28.1%)의 레이블이 감소하였다. 즉, 레이블 처리 시간을 고려한 최적의 머징을 수행했을 경우 평균 22.6% 레이블 감소 효과를 보였다.

그림 4-10과 같이 시그널 요구 대역폭을 고려한 머징 특성 값을 적용한 결과 일반 노드에서는 시그널 대역폭과 무관하게 머징을 수행할 수 있으며 1차 노드는 머징 확률이 0.7일 때 12개(37.5%), 2차 노드는 0.6일 때 12개(37.5%), 3차 노드는 0.6일 때 14개(43.8%)의 레이블이 감소하였다. 즉, 시그널 요구 대역폭을 고려한 최적의 머징을 수행했을 경우 평균 41.1% 레이블 감소 효과를 보였다.

그림 4-11과 같이 연결 설정 블로킹 확률을 고려한 머징 특성 값을 적용한 결과 일반 노드에서는 블로킹 확률과 무관하게 머징을 수행할 수 있으며 1차 노드는 머징 확률이 0.1일 때 3개(9.4%), 2차 노드는 0.5일 때 10개(31.3%), 3차 노드는 0.6일 때 14개(43.8%)의 레이블이 감소하였다. 즉, 블로킹 확률을 고려한 최적의 머징을 수행했을 경우 평균 28.2% 레이블 감소 효과를 보였다.

각 노드는 최적의 머징 특성 값을 가지며 이에 따라 발생하는 채널 효율의 향상 정도는 발생하는 수×2.5Gbit 만큼의 대역폭 효율을 향상시킬 수 있다.

V. 비교 및 고찰

성능평가를 위해 전체 노드의 개수는 16개로 가정하였으며 6개의 계층 노드와 10개의 일반 노드로 구성하였다. 성능평가 시간을 10초로 하였으며 이유는 100초까지 10초 증가 단위로 수행한 결과 근사한 결과를 보이기 때문에 최소단위의 10초로 산정하였다. 노드의 종류에 따라 서로 다른 레이블 설정 확률 값으로 적용하여 머징 발생 전 일반 노드에서의 flow 하나당 처리 시간은 10ns, 업데이트 완료 시간은 500ns로 가정하였다. 네트워크 성능평가 모델에서 16개의 노드가 완료되는 시점은 왕복 320ns이지만 지연 마진을 고려하여 500ns로 산정하였으며 layer 3 처리시간이 고려되었을 경우는 수십 ms 단위로 증가하게 된다. 머징 값에 대한 노드의 drop event 값은 성능 평가를 100번 반복하여 산출된 평균값이며 오차 범위는 ±5% 이내 값을 갖는다. Drop event에 의해 산출되는 throughput은 블로킹 확률 적용을 위한 인덱스로 사용되었으며 손실 패킷과 상대적인 비율이 블로킹 확률 값으로 적용되었다.

알고리즘은 확실적인 레이블 운용을 피하기 위해 노

드마다 고유의 레이블 보유 상수 값을 적용함으로써 레이블 설정에 따른 시간 절약 및 레이블 연결 설정 실패 확률을 줄일 수 있는 효과를 기대하는 것이다. 성능 평가 결과 데이터는 push, swap, pop 레이블의 부여과정이 표시되며 시그널 트래픽을 산출하기 위한 CR-LDP의 발생 수와 발생 시간의 측정이 가능하다. GLSP 네트워크의 전송 특성은 기존의 MPLS 네트워크와 마찬가지로 반드시 레이블 테이블 업데이트를 위한 시그널 프로토콜의 동작과정이 선행되어야 하는데 이때 발생하는 시그널 트래픽은 적절한 일정 기준에 선정되어야 하며 선정된 이후에는 임계 범위를 만족하는 최대 값에 해당하는 머징 특성 값을 선정하게 된다. 네트워크 특성 및 상황에 적응적인 레이블 산출을 위해 레이블 처리 시간, 시그널 요구 대역폭, 블록킹 확률 세 가지 중요요되는 metric에 초점을 맞춰 각각의 최적의 레이블 수를 산출하였다. 각각의 metric에 대해 평균 22.6%, 41.1%, 28.2%의 채널 효율 향상을 가져올 수 있었다. 이렇게 향상된 효율은 각각의 노드에서 채널 요구 트래픽이 발생했을 경우 연결 실패 확률을 현저하게 줄일 수 있는 솔루션을 제공할 수 있다. 소요 레이블 테이블은 머징 발생에 따른 drop rate를 적용시킨 결과 ID가 부여된 레이블을 추출하여 구성된 테이블이며 완성된 테이블은 동일 조건을 갖는 네트워크의 구성 및 운용이 수행될 때 표준 자료로 사용될 수 있다.

VI. 결 론

본 연구는 파장 단위의 스위치 운용에서 채널 효율을 향상시키기 위한 알고리즘이다. OXC 방식에서 발생하는 운용상의 문제점을 해결하기 위해 O-LSR이 제안되었으며 O-LSR 4계층 터널 구조 기반으로 머징 구현 절차 및 방법을 제시하였다.

각 노드에서의 최적화 된 머징의 정도는 성능평가를 위해 사용된 레이블 처리 시간, 시그널 요구 대역폭, 블록킹 확률의 최대 범위에서 구성되며 결정된 최대 머징 값은 각 평가 metric과 머징 확률의 교차점에서 발생한다.

노드 고유의 머징 특성 값을 산출하기 위해 ns-2 시뮬레이터를 이용하였으며 성능평가 metric으로 레이블 처리 시간, 시그널 요구 대역폭, 채널 연결 블록킹 확률을 사용하였다. 산출된 머징 특성 값을 적용한 시뮬레이션 결과 각 노드들은 서로 다른 운용 레이블 수를 발생하였다. 레이블 처리시간 측면에서 감소되는 레이블

수는 일반 노드, 1차 터널 노드, 2차 터널 노드, 3차 터널 노드에 따라 각각 6개, 7개, 7개, 9개의 레이블을 절약하였다. 즉, 32개의 전체 보유 레이블에 대해 상대적으로 18.3%, 21.9%, 21.9%, 28.1%의 채널효율 향상 결과를 보였다. 시그널 요구 대역폭 측면에서 일반 노드는 머징의 증가에 따라 항상 임계 범위이하를 유지하기 때문에 머징과 무관하게 동작하였다. 1차, 2차, 3차 터널 노드에서 각각 12개, 12개, 14개의 레이블 감소 효과를 발생하였다. 즉, 37.5%, 37.5%, 43.8%의 채널 효율 향상을 보였다. 블록킹 확률 측면에서도 일반 노드는 시그널 트래픽 측면과 동일하게 발생하였으며 1차, 2차, 3차 터널 노드는 각각 3개, 10개, 14개의 레이블 감소 효과를 보였다. 즉, 9.4%, 31.3%, 43.8%의 채널 효율이 향상되었다. 전체 네트워크에서 요구되는 metric의 종류에 따라 향상된 채널 효율 평균값은 22.6%, 41.1%, 28.2%의 향상 효과를 보였다. 결과에 따른 레이블의 감소 정도는 불필요한 레이블을 백업 용도로 사용할 수 있게 하며 버스트 특성을 지닌 추가적인 채널 요구 트래픽 발생에 따른 서비스율을 향상시킬 수 있다.

미래의 네트워크로 평가 받는 GMPLS, OPS를 실현하기 위해 산출된 결과는 선택적으로 특성화 된 네트워크에서 적용될 수 있으며 임계값으로 선정된 각 metric의 최대 허용 값은 시스템 성능향상 기대 정도에 따라 가변적인 값을 가질 수 있다. 또한 한정된 자원의 효율적인 운용은 레이블 사용을 절약하여 파장 단위 스위칭 운용 단계에서 채널 효율 향상과 더불어 네트워크 요구 사항의 구분적인 운용 방식에 따른 비용 절감 효과를 기대할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] George Swallow, Loa Andersson, "Requirements for traffic Engineering Over MPLS," RFC 2702, December 2001.
- [2] E. Rosen, A. Viswanathan, "Multiprotocol Label Switching Architecture," RFC 3031, January 2001.
- [3] L. Berger, "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Resource ReserVation Protocol-Traffic Engineering (RSVP_ TE) Extensions," RFC 3431, January 2003.
- [4] E. Mannie, "Generalized Multi-Protocol Label Switching Architecture," RFC 3945, October 2004.

- [5] L. Berger, "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Function Description," RFC 3471, January 2003.
- [6] B. Janoussi, L. Andersson, "Constraint-Based LSP Setup using LDP," RFC 3212, January 2002.
- [7] SuKyoung Lee, David Griffith, Joo-Seok Song, "Lambda GLSP setup with QoS requirements in optical Internet," *Computer Communication* 26, pp. 603-610, June 2002.
- [8] D. Awduche, L. Berger, D. Gen, "RSVP- TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels," RFC 3209, December 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)

2006년 현재 서울산업대학교 전자정보공학과
 겸임교수

<주관심분야: Optical Internet, MPLS, GMPLS>

오 영 환(종신회원)

대한전자공학회 논문지
 제 42권 TC편 제 5호 참조