

광 인터넷 네트워크 노드의 자동 구성을 위한 네트워크 구조 설계[†]

(A Network Architecture Design for Autoconfiguration of Optical Internet Network Node)

조기성*, 김동휘**
(Kee-Seong Cho, Dong-Whee Kim)

요약 광 인터넷 네트워크는 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 링크를 사용하여 연결 기반의 서비스를 제공하여야 하는 특성을 가지기 때문에 IP 네트워크의 제어 평면을 광 인터넷 네트워크에 적합하게 확장해야 한다. 본 논문에서는 광 인터넷 네트워크를 위해 기존의 라우팅 프로토콜과 시그널링 프로토콜이 어떻게 확장되는지를 살펴보고, 광 인터넷 네트워크 노드가 자동 구성될 수 있는 오버레이 형태의 네트워크 구조를 제시한다.

핵심주제어 : 광인터넷, 라우팅 프로토콜, 네트워크 구조, 자동구성

Abstract As optical internet network uses WDM links and provides connection-oriented services, the routing and signaling protocols of Internet should be modified to accomodate optical internet network. This paper provides the routing and signaling protocols proper to optical internet network and designs a network architecture that can support autoconfiguration of optical internet network.

Key Words : LMP, WDM, LSA, RSVP

1. 서론

광 인터넷 네트워크는 궁극적으로는 인터넷이나 SONET / SDH 네트워크 등과 통합되어 총체적인 제어와 하고자 하는 것이다. 그러나 초기에는 독자적인 망을 구축하고 점차적으로 기존 망과 통합되는 형태가 될 것이라 예상된다.

광 인터넷은 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 링크를 사용하며, 핵심 노드인 OXC (Optical Crossconnect) 가 패킷의 저장 능력이 없기 때문에 MPLS(MultiProtocol Label Switching)에서의 트래픽 엔지니어링 개념을 도입하여 연결 기반의 서비스를 제공하여야 한다. 따라서, 이를 위한 라우팅 프로토콜과 시그널링 프로토콜 또는 그에 상응하는 프로토콜이 반드시 존재하여야 한다.

본 논문에서는 광 인터넷을 위해 확장된 라우팅 프로토콜의 정보 요소들과 LMP(Link Management Protocol), 필요한 경우에는 시그널링 프로토콜 추가적으로 사용하여 광 인터넷 네트워크 노드의 자동 구성을 가능하게 하는 네트워크 구조를 제시한다.

본 논문의 2장에서는 기존 인터넷에서의 라우팅 프로토콜과 그 정보요소를 살펴보고, 3장에서는 광 인터넷 네트워크를 위해 라우팅 프로토콜과 시그널링 프로토콜이 어떻게 확장되는지를 살펴본다. 4장에서는 이를 바탕으로 광 인터넷 네트워크 노드의 자동구성을 가능하게 하는 광 인터넷 네트워크 구조와 연결

* 한국전자통신연구원

** 대구대학교 정보통신공학부

† 이 논문은 2002년도 대구대학교 학술연구비 일부 지원에 의한 논문임.

설정 방법을 제시하며, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 기존 인터넷에서의 라우팅 정보

인터넷에서 사용되는 라우팅 프로토콜은 망의 현재 토폴로지 상태와, 목적지 주소로의 최적의 경로를 유지하는 역할을 한다. 이를 위해 라우팅 프로토콜은 라우팅 테이블을 생성하고 변경하기 위해 라우팅 정보를 유포한다. 본 논문에서는 인터넷에서 널리 사용되는 Link State 방식의 OSPF(Open Shortest Path First) 라우팅 프로토콜을 대상으로 한다.

OSPF 라우팅 프로토콜은 SPF(Shortest Path First) 알고리즘을 토대로 라우팅 경로를 결정한다. OSPF를 탑재한 각 라우터는 라우팅 데이터베이스를 가지며, 이 데이터베이스는 라우터의 인터페이스에 관한 정보, 인접한 라우터의 상태에 관한 정보 등을 가진다. OSPF는 이 데이터베이스의 정보를 이용하여 IP 패킷의 목적지 주소와 ToS(Type Of Service) 필드에 따라 경로를 결정한다. 각각의 라우터는 자신을 루트로 하여 SPF 알고리즘에 따라 목적지에 대한 라우팅 경로를 계산하여 라우팅 테이블을 생성한다.

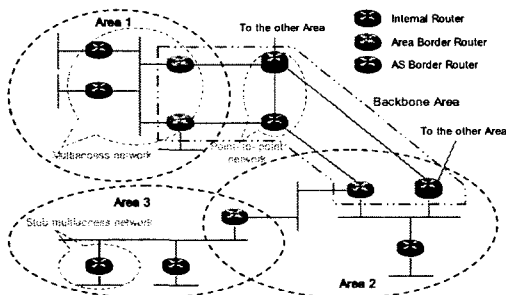


그림 1. OSPF 영역 구성의 예

OSPF는 그림 1과 같이 라우터와 네트워크를 영역(area)으로 묶어 각 영역별로 SPF 알고리즘을 수행한다. 내부 라우터(internal router)는 동일한 영역 내에 속하는 네트워크에 직접 연결된 라우터로써 동일한 라우팅 알고리즘을 구동한다. 영역 경계 라우터(area border router)는 두 개 이상의 영역에 속하는 라우터로써 각각의 영역별로 라우팅 프로토콜을 구동한다. AS(autonomous system) 경계 라우터는 다른 AS에 속하는 라우터와 라우팅 정보를 교환하는 라우터를 말한다.

위의 네트워크 토폴로지 데이터베이스는 방향성이

있는 그래프로 표현된다. 라우터와 네트워크는 점으로 표현되고, 라우터와 라우터를 연결하는 물리적인 점대점 네트워크는 선으로 표현된다. 네트워크는 데이터 트래픽을 통과시킬 수 있는 네트워크(multiaccess network)와 그렇지 못한 네트워크(stub multi-access network)로 구분될 수 있다. Multi-access network에서는 그 네트워크의 대표자인 DR (designated router)을 선정함으로써, 라우팅 프로토콜 트래픽을 줄이게 된다.

OSPF 라우팅 프로토콜 패킷은 hello, database description, link state request, link state update, link state ack 등 다섯 개의 패킷이 사용된다. Hello 패킷은 neighbor를 발견하고 상태를 유지하는 데 사용된다. Hello 프로토콜의 수행이 완료되면 두 라우터 간에는 양방향 통신이 가능하게 된다.

두 라우터는 database description 패킷을 교환함으로써, master/slave 관계를 결정하고 link state request 패킷과 link state update 패킷을 이용하여 링크 상태 데이터베이스를 교환한다.

LSA는 LS update 패킷에 실리는 정보요소이며, 그림 1에서의 라우터 위치에 따라 여러 가지 유형의 LSA를 생성하게 된다.

모든 라우터는 자신이 속한 영역에 연결된 인터페이스 정보를 router LSA로 생성하여 영역 내에 플러딩하며, multi-access 네트워크에서는 DR이 Network LSA를 생성하여 영역 내에 플러딩한다. 영역 경계 라우터는 summary LSA를 생성하여 해당 영역으로 플러딩한다. AS 경계 라우터는 AS external LSA를 생성하여 AS 내의 모든 라우터로 플러딩한다.

모든 유형의 LSA는 그림 2에 나타난 LSA header를 동일하게 사용하며 payload 부분은 LSA 유형별로 조금씩 다르다. LS type이 LSA 유형을 나타낸다.

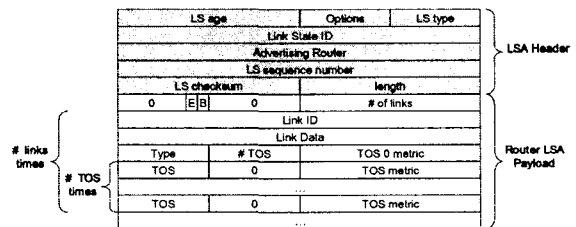


그림 2. Router LSA 형식

그림 2는 router LSA 형식을 나타내는데, 각각의 인터페이스는 TOS별로 metric을 가지며 이들이 모여 Router LSA payload를 구성한다.

Metric 정보들은 방향성 있는 그래프에 포함되어지며 각각의 라우터들은 SPF 알고리즘을 사용하여 next-hop을 구하게 된다.

3. 광인터넷 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜과 시그널링 프로토콜의 확장

OSPF 라우팅 프로토콜의 LSA 형식만으로는 트래픽 엔지니어링을 지원하기가 어렵다. 따라서, IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 'OSPF Opaque-LSA option'을 도입으로써 새로운 유형의 LSA를 가질 수 있도록 OSPF를 확장하고, 이를 기반으로 트래픽 엔지니어링을 지원하기 위해 OSPF 라우팅 프로토콜을 확장하였다. 또한, 단일 제어평면을 구성하고자 하는 GMPLS (Generalized MPLS) 개념에 따라 라우팅 프로토콜과 시그널링 프로토콜이 확장되고 있다.

3.1 라우팅 프로토콜의 확장

확장된 LSA Type은 플래딩 범위가 링크, 영역, AS 인 경우 각각 9,10,11의 값을 사용한다. 트래픽 엔지니어링에서는 영역 내에서는 LSA를 플래딩하고자 하므로 그림 3에서처럼 LSA Type은 10으로 고정되었다.

LSA payload 부분은 TLV(Type-Length-Value) 형태의 오브젝트를 가지게 되는데, link TLV가 트래픽 엔지니어링에 가장 중요한 역할을 수행한다.

Link TLV는 link type, link ID, local interface IP address, remote interface IP address, traffic engineering metric, maximum bandwidth, maximum reservable bandwidth, administrative group 등 9개의 sub-TLV를 가질 수 있다.

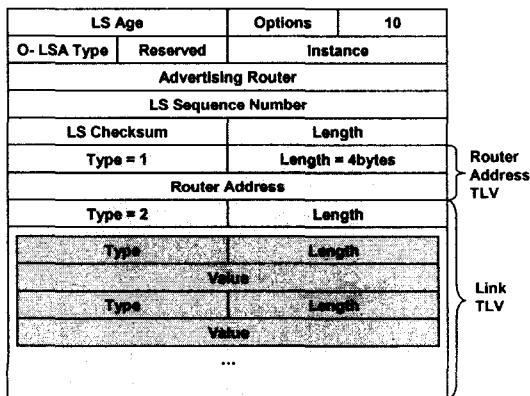


그림 3. 트래픽 엔지니어링 LSA 형식

이러한 sub-TLV들은 링크가 지원하는 최고대역폭, 예약할 수 있는 최고 대역폭, 트래픽 엔지니어링용 metric, 링크에 사용할 리소스 유형 등의 값을 추가적으로 제공함으로써, 링크 상태 데이터베이스와는 구별되는 트래픽 엔지니어링 데이터베이스를 구축할 수 있게 한다. 추후에 라우팅 경로를 계산할 때 대역폭, 리소스 유형 등에 제한을 두게 되면, 방향성 있는 그래프에서 요구를 충족하지 못하는 링크들을 제외하고 SPF 알고리즘을 수행하는 형태로 트래픽 엔지니어링이 제공된다.

광 인터넷 네트워크는 기존의 비연결형 IP 프로토콜과는 달리 연결형 MPLS LSP(Label Switched Path)를 통해 트래픽 엔지니어링 기능을 제공하는 형태이므로 앞에서 언급한 트래픽 엔지니어링 LSA를 좀 더 확장하는 형태가 된다. 즉, 그림 3에서의 link TLV의 sub-TLV 수를 기존 9개에서 13개로 확장하였다. 확장된 sub-TLV는 link local/Remote ID, link protection type, interface switching capability descriptor, SRLG(Shared Risk Linked Group)인데, 이들은 광 인터넷 네트워크가 지원하는 교환 방식을 표현하고 MPLS 기반의 링크 보호/복구 기능을 제공할 수 있도록 한 것이다.

3.2 시그널링 프로토콜의 확장

광 인터넷 네트워크의 연결 설정을 위해서 시그널링 프로토콜이 사용될 경우, 시그널링 프로토콜의 확장도 불가피하다. RSVP(Resource ReserVation Protocol)의 경우 광 인터넷의 연결 경로가 결정되었을 경우, 명시적인 연결(explicit route)을 표현하기 위해 그림 4와 같은 EXPLICIT_ROUTE 오브젝트를 사용한다. 즉, 경로 상의 라우터나 AS들이 EXPLICIT_ROUTE 오브젝트의 서브오브젝트로서 리스트 형태로 나열된다.

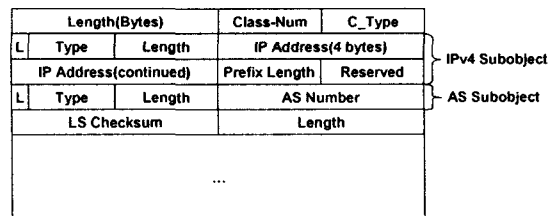


그림 4. EXPLICIT_ROUTE 오브젝트 형식

이 외에도 SESSION_ATTRIBUTE 오브젝트는 경

로의 특성 정보를 표현하기 위해 클래스 유형, 우선순 위 등의 연결 정보를 표현할 수 있도록 확장된다.

4. 광 인터넷 네트워크 노드의 자동구성을 위한 네트워크 구조

지금까지 광 인터넷 네트워크에서 트래픽 엔지니어링 기능이 제공되기 위해서 라우팅 프로토콜과 시그널링 프로토콜이 어떻게 확장되었는지를 살펴보았다.

GMPLS의 개념은 광인터넷 네트워크를 라우팅 프로토콜, 시그널링 프로토콜, 링크 관리 프로토콜을 이용하여 구성하는 것이다. 이를 위해 OSPF 라우팅 프로토콜이나 IS-IS (Intermediate System to Intermediate System) 라우팅 프로토콜이 확장되었으며, RSVP와 CR-LDP(Constraint-based Routed Label Distribution Protocol)과 같은 시그널링 프로토콜도 확장되었다. 또한 광 인터넷 네트워크에서 노드 간의 제어 채널을 유지하고 트래픽 엔지니어링 링크를 관리하기 위해 LMP(Link Management Protocol)가 포함되었다.

이들을 기반으로 오버레이 형태의 광 인터넷 네트워크에서 노드들이 자동 설정될 수 있는 네트워크 구조를 생각해 볼 수 있다. LMP와 NMS(Network Management System)를 사용한다는 전제 하에서, ONC(Optical Network Controller)를 집중형 구조와 분산형 구조로 설계할 수 있다.

4.1 집중형 제어구조에서의 노드 자동 설정

그림 5는 집중형 제어구조에서 노드가 자동설정되는 절차를 나타내고 있다.

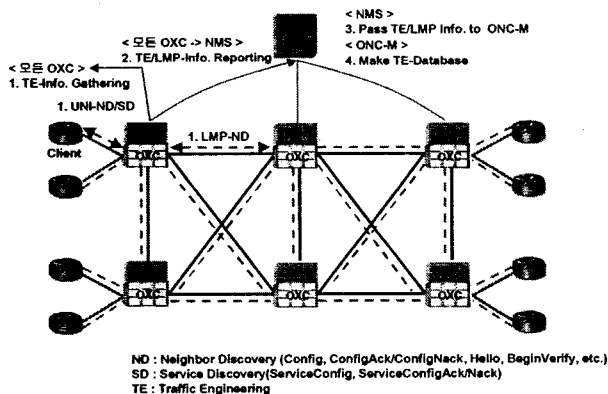


그림 5. 집중형 제어구조에서의 노드 자동 설정

이 구조에서 노드의 자동 설정 절차는 다음과 같이 이루어진다.

1) 클라이언트와 edge OXC 간에는 OIF에서 정의된 UNI 1.0 시그널링을 사용하며, OXC 간에는 IETF에 제안된 LMP를 사용하여 이웃발견(neighbor discovery) 기능을 수행한다. UNI 시그널링과 LMP의 이웃발견 기능은 OSPF 라우팅 프로토콜에서 수행되는 이웃발견 기능과 유사하다.

2) 각 노드는 확장된 OSPF 라우팅 프로토콜에 명시된 LSA에 기반하여 인터페이스별로 트래픽 엔지니어링에 필요한 정보들을 수집하고, 절차 1에서 얻어진 정보와 트래픽 엔지니어링 정보를 NMS로 보고한다.

3) NMS는 수집된 트래픽 엔지니어링 정보와 네트워크 토폴로지 정보를 ONC-M(Optical Network Controller-Master)으로 넘겨준다.

4) ONC-M은 이를 기반으로 트래픽 엔지니어링 데이터베이스를 구축한다.

이 구조에서 자동 설정의 완성은 트래픽 엔지니어링 데이터베이스가 구축되는 시점을 의미한다. 기존의 라우팅 프로토콜에서 라우팅 테이블이 구축되는 시점과 틀린 이유는, 트래픽 엔지니어링에서는 연결 설정에 대한 요구가 없는 라우팅 테이블을 구축할 수 없기 때문이다.

광 인터넷 네트워크는 NMS가 OXC로 직접 연결 설정을 요구하는 영구 연결(permanent connection), NMS가 ONC로 연결 설정을 요구하는 소프트 영구 연결(soft permanent connection), 클라이언트가 ONC로 연결 설정을 요구하는 교환 연결(switched connection) 등의 세 가지 연결 방식을 제공할 수 있다.

그림 6은 집중형 제어구조에서의 소프트 영구연결 설정 절차를 나타낸다. NMS가 ONC-M으로 연결 설정

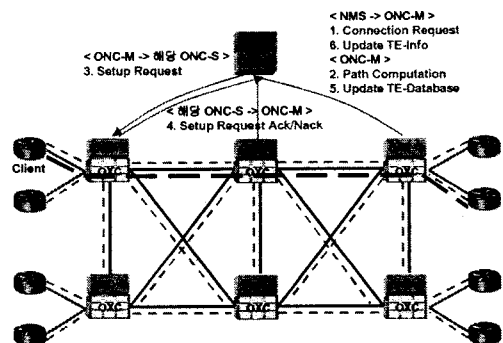


그림 6. 집중형 제어구조에서의 소프트 영구 연결 설정 예

을 요구하면 ONC-M은 경로를 계산하고 경로 상의 ONC-S(ONC-Slave)로 연결 설정 명령을 내린다. 연결 설정이 완료되면 ONC-S는 결과를 보고하고 ONC-M은 트래픽 엔지니어링 데이터베이스를 갱신하며, NMS는 트래픽 엔지니어링 정보를 갱신한다.

그림 7은 집중형 제어구조에서의 교환 연결 설정 절차를 나타낸다. 클라이언트가 연결 요구를 하면, ONC-M에서 경로를 계산하고, 경로 상의 모든 ONC-S로 연결 설정 명령을 내리게 된다. 모든 ONC-S는 인터페이스의 리소스를 확인하며, egress ONC-S는 착신 클라이언트의 호 수락 여부를 확인하게 된다. 모든 절차가 성공적인 경우에 교환 연결을 설정이 완료되며, ONC-M은 트래픽 엔지니어링 데이터베이스를 갱신하며, NMS는 트래픽 엔지니어링 정보를 갱신한다.

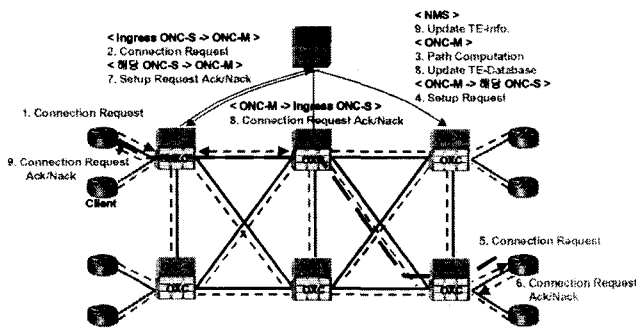


그림 7. 집중형 제어구조에서의 교환 연결 설정 예

4.2 분산형 제어구조에서의 노드 자동 설정

그림 8은 분산형 제어구조에서 노드가 자동설정되는 절차를 나타내고 있다.

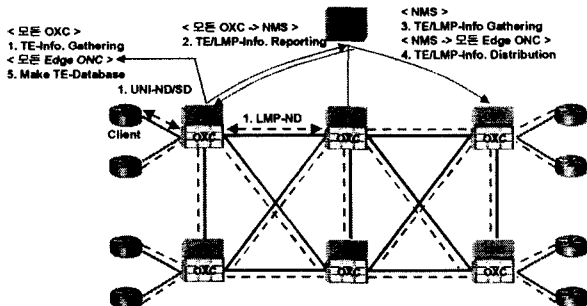


그림 8. 분산형 제어구조에서의 노드 자동 설정

이 구조에서 노드의 자동 설정 절차는 다음과 같이 이루어진다.

- 절차 1), 2) 집중형 제어구조와 동일하다.
- 3) NMS는 수집된 트래픽 엔지니어링 정보와 네트워크 토폴로지 정보를 edge ONC로 넘겨준다.
- 4) Edge ONC들은 이를 기반으로 트래픽 엔지니어링 데이터베이스를 구축한다.

집중형 제어구조에서 트래픽 엔지니어링 데이터베이스가 ONC-M에서 구축되는 반면 분산형 제어구조에서는 Edge ONC에서 구축된다는 것을 알 수 있다.

그림 9는 분산형 제어구조에서의 소프트 영구연결 설정 절차를 나타낸다. NMS가 ingress ONC로 연결 설정을 요구하면 ingress ONC는 경로를 계산하고 경로 상의 ONC로 연결 설정 메시지를 전송한다. 경로 상의 ONC들은 리소스 정보를 확인하며, 연결 설정 메시지는 Egress ONC까지 전달된다. 연결 설정이 성공적으로 완료되면 ingress ONC는 NMS로 결과를 보고하고 NMS는 트래픽 엔지니어링 정보를 갱신한다. NMS는 갱신된 트래픽 엔지니어링 정보를 다시 edge ONC들로 넘겨주며, edge ONC들은 트래픽 엔지니어링 데이터베이스를 갱신한다.

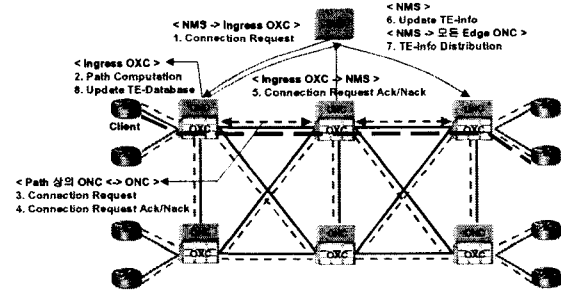


그림 9. 분산형 제어구조에서의 소프트 영구 연결 설정 예

그림 10은 분산형 제어구조에서의 교환 연결 설정 절차를 나타낸다. 클라이언트가 연결 요구를 하면, ingress ONC에서 경로를 계산하고, 경로 상의 ONC로 연결 설정 메시지를 전송한다. Egress ONC-S는 착신 클라이언트의 호 수락 여부를 확인하게 된다. 모든 절차가 성공적인 경우에 교환 연결 설정이 완료되며, ingress ONC는 NMS로 결과를 보고하고 NMS는 트래픽 엔지니어링 정보를 갱신한다. NMS는 갱신된 트래픽 엔지니어링 정보를 Edge ONC로 넘겨주며,

edge ONC들은 트래픽 엔지니어링 데이터베이스를 갱신한다.

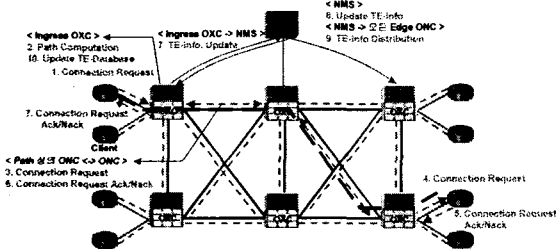


그림 10. 분산형 제어구조에서의 교환 연결 설정 예

5. 결론

본 논문에서는 오버레이 형태의 광 인터넷 네트워크에서 노드들이 자동 설정될 수 있는 네트워크 구조를 제시하였다. 광 인터넷 네트워크가 집중형 제어구조를 가질 경우, GMPLS 구조와는 달리 라우팅 프로토콜과 시그널링 프로토콜을 사용하지 않고 LMP와 NMS를 이용하여 광 인터넷 네트워크 노드들이 자동으로 구성될 수 있다. 그러나, 분산형 제어구조일 경우에는 시그널링 프로토콜이 추가적으로 필요하게 된다.

초기의 광 인터넷 네트워크는 오버레이 모델을 지향하는 추세이며, 이러한 구조 하에서 노드의 수가 많지 않은 경우 집중형 제어구조를 가지는 것이 적합할 것이다. 그러나, 노드의 수가 많아질 경우에는 집중형 제어구조가 ONC-M에 많은 부하를 주게 되므로, 분산형 제어구조가 더 좋은 성능을 발휘할 수도 있다.

참고 문헌

- [1] IETF RFC2178, "OSPF Version 2," Jul. 1997.
- [2] IETF I-D, draft-katz-yeung-ospf-traffic-09.txt, "Traffic Engineering Extensions to OSPF Version 2", Oct. 2002.
- [3] IETF I-D, draft-ietf-ccamp-ospf-gmpls-extensions-08.txt, "OSPF Extensions in Support of Generalized MPLS", Aug. 2002.
- [4] IETF RFC2328, "The OSPF Opaque LSA Option," Jul. 1998.
- [5] IETF RFC2702, "Requirements for Traffic Engineering Over MPLS," Sep. 1999.

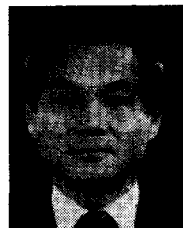
- [6] OIF Implementation Agreement OIF-UNI-01.0, "User Network Interface(UNI) 1.0 Signaling Specification," Oct. 2001.
- [7] IETF I-D, draft-ietf-ccamp-lmp-06.txt, "Link Management Protocol(LMP)", Sep. 2002.
- [8] OIF Contribution oif2001.535, "NNI Requirements & Framework Resource Document," 2001.
- [9] ITU-T G.807/Y.1302, "Requirements for Automatic Switched Transport Networks(ASTN)", Jul. 2001.



조기성 (Kee-Seong Cho)

1982.2 경북대학교 전자공학과
공학사
1984.2 경북대학교 컴퓨터학과
이학석사
1984.3~현재 한국전자통신연구원
책임연구원

(관심분야 : 이동통신망, 통신프로토콜, 네트워크구조, 무선네트워크)



김동휘 (Dong-Whee Kim)

1981.2 경북대학교 전자공학과
공학사
1983.2 경북대학교 전자공학과
공학석사
1995.3 일본 와세다대학 전자통신과
공학박사

1983.3 ~ 1996.2 한국전자통신연구원 선임연구원
1996.3 ~ 현재 대구대학교 컴퓨터 정보공학부 부교수
(관심분야 : 컴퓨터 네트워크, ATM, 영상 통신)