

MPLS 시스템에서 트래픽 엔지니어링 확장을 고려한 IS-IS 라우팅 프로토콜

(An IS-IS Routing Protocol with Traffic Engineering Extensions in MPLS System)

양 미 정[†] 박 혜 경[†] 함 진 호[†] 김 상 하^{††}
(Mi-Jeong Yang) (Hae-Kyeong Park) (Jin-Ho Hahm) (Sang-Ha Kim)

요약 본 논문에서는 IP 라우팅을 위한 IS-IS 라우팅 프로토콜의 설계 및 구현 방법에 관하여 제시하고자 한다. IS-IS는 대표적인 링크 상태 라우팅 프로토콜 중 하나로 확장성 및 운용의 용이성 등으로 인해 최근 백본 망 및 대형 사업자 망에서 적용 범위를 넓히고 있는 라우팅 프로토콜이다. 따라서, 백본망으로 사용되는 MPLS 시스템에서의 IS-IS 라우팅 프로토콜의 구현 기술은 중요한 요소가 된다. 특히, MPLS 시스템에서 품질 보장형 서비스를 제공하기 위해서는 확장 IS-IS 프로토콜에서의 망의 상태 정보 및 가용 자원 정보의 전달이 선행되어야 한다. 따라서, 본 논문에서는 IP 라우팅을 위한 IS-IS 라우팅 프로토콜 및 트래픽 엔지니어링을 위한 확장 IS-IS 라우팅 프로토콜의 설계 및 ATM 기반 MPLS 시스템에서의 구현 기술을 제시하고자 한다.

키워드 : MPLS, IS-IS, 트래픽 엔지니어링

Abstract This paper proposes the architecture of Intermediate System to Intermediate System routing protocol. IS-IS is a link state routing protocol designed to provide routing in a network layer protocols with datagram services. IS-IS has favored scalability and stability. So, it is important to support IS-IS for the MPLS system used in backbone networks. Especially, IS-IS must provide network state information and available resource information for supporting quality of services in MPLS network. Therefore, we propose the design architecture of IS-IS routing protocol and the implementation technologies. Also, we propose extended architecture for traffic engineering in ATM based MPLS system.

Key words : MPLS, IS-IS, Traffic Engineering

1. 서론

최근 인터넷 사용자의 증가 및 네트워크 규모의 확대에 의해 IP(Internet Protocol) 라우팅 프로토콜의 중요성이 커지고 있다. IP 라우팅 프로토콜에는 크게 자치 시스템(Autonomous System)내부의 라우팅을 위해 동작하는 내부 라우팅 프로토콜과 자치 시스템간의 라우팅을 위해 동작하는 외부 라우팅 프로토콜이 있다. 내부 라우팅

프로토콜에는 RIP(Routing Information Protocol), OSPF(Open Shortest Path First), IS-IS(Intermediate System to Intermediate System)등이 있고, 외부 라우팅 프로토콜에는 EGP(Exterior Gateway Protocol)와 BGP(Border Gateway Protocol) 등이 있다.

이러한 IP 라우팅 프로토콜은 대부분 복잡하고, 계속하여 표준화가 진행됨으로 인해 이를 개발하고 지속적으로 보완, 확장해 가는 것이 쉽지 않다. 따라서, 현재 국내의 많은 업체가 제품 개발에 라우팅 프로토콜을 사용함에도 불구하고 라우팅 프로토콜을 개발하지 못하고 있다. 그러나, 라우팅 프로토콜의 효율적인 구현은 장비의 성능 및 그 망의 서비스 가용성에 영향을 주는 요소이다. 따라서 라우팅 프로토콜의 설계 및 구현 기술은 인터넷의 핵심적이며 기반이 되는 기술로 추후 서비스 차별화 등을 제공하기 위해서는 필수적인 부분이다.

· An IS-IS Routing Protocol with Traffic Engineering Extensions in MPLS System

† 비회원 : 한국전자통신연구원 연구원
mjyang@etri.re.kr
phk@etri.re.kr
jhhahm@etri.re.kr

†† 종신회원 : 충남대학교 컴퓨터학과 교수
shkim@cclab.cnu.ac.kr

논문접수 : 2003년 5월 26일
심사완료 : 2004년 8월 2일

대표적인 자치 시스템 내부 라우팅 프로토콜인 OSPF는 모든 목적지로 향하는 최단 경로를 찾기 위해, OSPF 영역내의 라우팅 정보 뿐 아니라, 영역 외부의 라우팅 정보도 받아들여 라우팅 테이블을 만든다. 따라서 OSPF 라우팅 데이터 베이스의 크기가 증가하고, 영역간에 라우팅 정보를 전달하기 위한 오퍼레이션이 필요하며, 경로 계산 시 오버헤드가 발생한다. 이에 비해 OSPF와 동일한 링크 상태 라우팅 프로토콜인 IS-IS는 영역 내에서만 최적의 경로를 계산하고 영역 간 라우팅은 영역 경계상의 라우터에서 전달함에 따라 계산의 복잡도가 작고, 전달되는 라우팅 패킷이 현저히 감소되며, 내부 오퍼레이션도 OSPF에 비해 간단하다. 또한 영역간의 경로 결정에는 운용자의 의도를 반영할 수 있다. 따라서, 대형 망 사업자나 백본 망의 경우에는 라우팅 프로토콜 자체의 오버헤드가 적으면서 운용자들이 자신의 정책에 따라 쉽게 운용할 수 있는 IS-IS를 선호하는 추세이다. 또한, IS-IS는 동일한 망 구조 하에서 라우팅 데이터 베이스 크기가 적고 간단한 오퍼레이션으로 인해 많은 수의 라우터를 IS-IS 네트워크에 포함할 수 있어 확장성(scalability) 측면에서 큰 장점을 가진다.

1987년 OSI의 CLNP(ConnectionLess Network Protocol) 라우팅을 위해 개발된 IS-IS는 OSPF 개발의 기초가 되었으며 1990년에 IP 라우팅을 동시에 수용 가능한 통합 IS-IS(integrated IS-IS)로 확장되었다[1-3]. 이하 본 논문에서의 IS-IS 라우팅 프로토콜은 통합 IS-IS 라우팅 프로토콜을 지칭한다.

또한, 최근 인터넷 사용자의 증가로 인한 트래픽의 증가와 함께 다양한 형태의 응용들로 인해 최신행 서비스만을 제공하던 인터넷에 새로운 품질 보장형 서비스를 요구하게 되었다. 이러한 특정한 요구를 만족하는 서비스를 제공하기 위해서는 수시로 변경되는 망의 가용 자원 정보의 분배가 필수적인 부분이다. 이를 위해 OSPF와 IS-IS에서 다양한 트래픽 파라미터들에 대한 가용 정보를 전달하도록 확장하는 방안이 최근 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 활발하게 논의되고 있다[4,5]. OSPF와 IS-IS와 같은 링크 상태 라우팅 프로토콜에 의해 망의 상태 정보 및 가용 자원 정보를 전달 받을 경우, 이 정보를 이용하여 요구하는 QoS(Quality of Service) 조건을 만족하는 경로를 계산하는 것이 가능해진다. 이를 기반으로 요구하는 품질 보장형 서비스를 제공할 수 있게 된다.

본 논문에서는 상기의 특성을 갖는 IS-IS 라우팅 프로토콜을 구현하기 위한 소프트웨어 구조 및 QoS 라우팅을 위한 추가적인 기능 구조와 함께 트래픽 엔지니어링을 제공하기 위한 확장 IS-IS 프로토콜 소프트웨어 구조를 제시하고자 한다. 라우팅 프로토콜은 그 특성상

다양한 시스템의 구성 요소가 되므로 본 구현에서는 독립적인 IS-IS 라우팅 프로토콜 구조 실현을 주 목표로 한다. 또한, 지금까지 상용 라우팅 프로토콜 제품에서조차 제공되지 않고 있는 트래픽 엔지니어링을 위한 확장 기능 구조를 실현하고자 한다. 본 논문에서의 IS-IS는 국내 초고속 백본망을 구성하게 될 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 기반 MPLS(MultiProtocol Label Switching)[6] 시스템에 적용 개발되었다. 본 논문은 서론에 이어 2장에서는 IS-IS의 개발 시스템인 ATM 기반 MPLS 시스템의 구조를 제시하고, 3장에서는 IS-IS의 설계 및 구현, 4장에서는 트래픽 엔지니어링을 위한 확장 IS-IS 라우팅 프로토콜의 설계 및 구현 기술을 제시한다. 5장에서는 시험 및 그 결과를 설명하고, 6장에서 결론을 맺는다. 본 논문에서 제시되는 설계 및 구현 기술에서는 IS-IS 표준 규격에서 제시하고 있는 기본 기능 실현 보다는 MPLS 시스템 및 트래픽 엔지니어링을 위한 IS-IS의 구현 기술에 중점을 두고 있으며 독자적인 구현 구조를 제시하고자 한다.

2. MPLS 시스템 소프트웨어 구조

본 장에서는 IS-IS 라우팅 프로토콜의 구현 기반 시스템인 MPLS 제어기(MSC : MPLS System Controller)에 탑재되는 소프트웨어 구조를 제시하고자 한다 (그림 1).

먼저, 라우팅 프로토콜 블록은 자치 시스템 내부의 라우팅 정보들을 전달하는 RIP, OSPF 및 IS-IS와 자치 시스템 간의 라우팅 정보를 전달하는 BGP로 구성된다. 각 라우팅 프로토콜은 피어와 통신하여 라우팅 정보를 수집하게 되고 이 루트 정보는 라우팅 정보 테이블(RIB: Routing Information Base)에 반영된다. 대부분 라우팅 프로토콜 및 신호 프로토콜이 TCP/IP를 통해 피어 간 제어 패킷을 교환하는데 반해, IS-IS 라우팅 프로토콜은 계층 2에 직접 캡슐화 된다. 따라서, ATM을 기반으로 하고 있는 본 시스템에서 IS-IS 패킷은

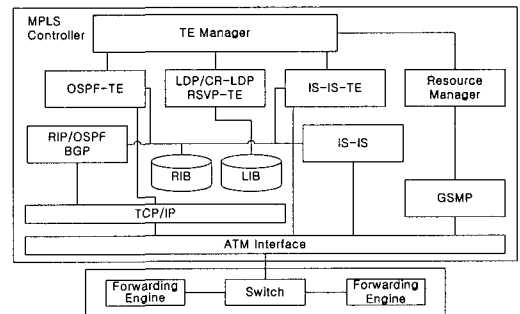


그림 1 ATM 기반 MPLS 시스템 소프트웨어 구조

ATM 인터페이스 블록을 통해 AAL(ATM Adaptation Layer) 5 페이로드에 캡슐화 되어 송수신 된다. 확장 라우팅 프로토콜 블록은 트래픽 엔지니어링을 위한 확장 기능 블록으로 4장에서 상세히 설명된다.

MPLS 신호 블록은 LDP(Label Distribution Protocol), CR-LDP(Constraint Routing LDP) 및 RSVP-TE(Resource Reservation Protocol - Traffic Engineering)[7,8]로 구성된다. MPLS 신호 프로토콜은 라우팅 프로토콜 블록에서 생성한 라우팅 정보 테이블을 이용하여 동일 포워딩 그룹을 계산하고, 고속 스위치 경로(LSP: Label Switched Path)를 설정한다. 이러한 고속 스위치 경로 정보들은 레이블 정보 테이블(LIB: Label Information Base)에 저장된다. LDP에 의해 설정된 고속 스위치 경로는 최선형 서비스를 위한 것으로 최선형 고속 스위치 경로(best-effort LSP)라 한다.

그리고 품질 보장형 서비스를 위해서는 확장 라우팅 프로토콜에서 제공하는 정보를 이용하여 제한 조건을 갖는 최단 경로가 계산되며, 계산된 경로에 따라 고속 스위치 경로를 설정한다. 이러한 고속 스위치 경로는 제한 사항 기반 고속 스위치 경로(CR-LSP: Constraint based Routing-LSP)라 하며, 트래픽 엔지니어링용 레이블 정보 테이블(TE-LIB)에 저장된다. 제한 사항 기반 고속 스위치 경로의 설정, 관리 및 해제하는 기능은 CR-LDP 또는 RSVP-TE에서 수행한다.

자원 관리 블록은 GSMP(General Switch Management Protocol)로부터 수신되는 자원 정보를 바탕으로 시스템의 자원을 관리한다. 또한, MPLS 신호 블록에서 고속 스위치 경로 설정을 위해 필요한 자원을 요구할 경우, 이를 할당하고 변경된 가용 자원 정보를 확장 라우팅 프로토콜에게 전달한다. 확장 라우팅 프로토콜 OSPF-TE 혹은 IS-IS-TE는 이러한 가용 자원 정보를 피어에게 전달 함으로서 모든 시스템들이 망의 현재 상태를 정확하게 알 수 있도록 한다.

3. IS-IS 설계 및 구현

IS-IS는 OSPF와 마찬가지로 망의 토폴로지 정보를 가지고 최단 경로 계산 알고리즘을 사용하여 루트를 계산하는 링크 상태 프로토콜 중 하나로, IS-IS가 동작하는 이웃과의 연결 설정을 위해 Hello 프로토콜을 사용하며, 여러 영역으로 나누어 운용할 수 있다. 그러나 OSPF와 달리 영역 내에서만 최적의 경로를 선택하고 영역외부의 라우팅 정보를 유입하지 않고, 경계 라우터를 통해 라우팅 되도록 지정함으로써, 라우팅 정보 전달 및 경로 계산을 위한 오버헤드가 적다. 실제로 IS-IS 라우팅은 크게 레벨 1 라우팅과 레벨 2 라우팅으로 구분 되는데, 레벨 1 라우팅에서는 동일 영역내의 링크 상

대 정보만을 갖는 레벨 1 링크 상태 데이터베이스(LSDB: Link State Database)를 바탕으로 영역 내부의 라우팅 정보를 제공한다. 이에 반해 레벨 2 라우팅에서는 동일 영역 내 또는 다른 영역의 링크 상태 정보를 갖는 레벨 1 및 레벨 2 링크 상태 데이터 베이스를 유지하고 영역간 라우팅 정보도 제공한다.

본 장에서는 상기한 특성을 갖는 IS-IS 라우팅 프로토콜을 실현하기 위한 구조를 제시하고자 한다. 서론에서 언급한 것과 같이 제안된 구조는 IS-IS 라우팅 프로토콜의 독립적인 구조 실현을 목표로 IS-IS 라우팅 프로토콜 블록을 중심으로 시스템 종속적인 블록과는 명확한 인터페이스만으로 통합 가능한 구조를 갖는다. 이를 포함한 상세한 소프트웨어 구조, 프로세스간 인터페이스 구조를 1절에서, ATM 인터페이스를 갖는 MPLS 시스템에서의 IS-IS 라우팅 프로토콜 수용 구조는 시스템 구현의 주요 기술이 되며 이를 2절에서 제안하고자 한다.

3.1 소프트웨어 구조

IS-IS를 구현하기 위한 블록 구성은 그림 2에서와 같이 시스템 파라미터들, 각종 데이터베이스 및 PDU(Protocol Data Unit) 처리 함수, 최단 경로 계산 알고리즘으로 구성된다.

초기 IS-IS의 구동을 위해 운용자는 시스템 식별자 및 영역 주소를 시스템 변수로 지정한다. 시스템 식별자와 영역 주소는 NSAP(Network Service Access Point) 주소 체계를 따르며, 모든 IS-IS 시스템은 적어도 하나의 NSAP 주소를 가지며 각 영역 내의 시스템은 유일한 시스템 식별자를 가져야 한다.

IS-IS 라우팅을 구동 시킬 인터페이스 정보는 인터페이스 데이터베이스(Circuit Database)를 생성하고 IS-IS가 동작하게 되면 인터페이스 데이터베이스의 인터페이스 정보를 이용해 브로드캐스트 또는 점대점 hello 메시지로 이웃을 형성하게 된다. 이웃 형성 시 얻은 정보로 이웃 정보 데이터베이스(Adjacency Database)를 경

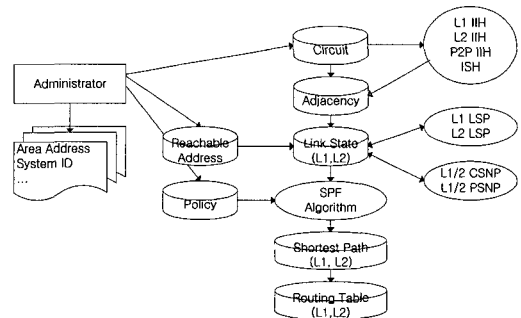


그림 2 IS-IS 기능 구조도

신하게 된다.

유입되는 라우팅 정보 선택을 위한 유입(import) 정책 및 IS-IS 라우팅에 의해 생성된 라우팅 정보의 선택적인 분배를 위한 유출(export) 정책 정보는 운용자의 설정에 의해 정책 데이터베이스(Policy Database)에 저장된다. 최단 경로 계산 알고리즘에서는 경로 계산 시 정책 데이터베이스 정보를 반영하여야 한다.

링크 상태 데이터베이스(Link State Database)는 로컬에서 생성된 링크 상태 패킷 정보 및 이웃 노드들에서 받은 최신의 링크 상태 패킷 정보를 유지한다. 각 노드의 로컬 링크 상태 패킷은 인터페이스 데이터베이스, 이웃 정보 데이터베이스 및 운용자가 입력한 접근 가능 주소 정보 데이터베이스(Reachable address Database)의 내용을 기반으로 만들어진다. 링크 상태 데이터베이스는 영역 상의 모든 라우터에서 동일하게 유지되어야 하며 이를 위해 순서 번호 패킷을 교환하여 동기화를 유지한다.

최단 경로 계산 알고리즘은 링크 상태 데이터베이스의 엔트리 정보로 최단 경로를 계산한다. 이 때 운용자가 입력한 라우팅 정보의 유입 및 유출 정책에 의해 각 경로의 우선 순위를 반영하거나 타 라우팅 프로토콜에서 습득한 경로 정보를 IS-IS 링크 상태 패킷으로 생성하여 전달하게 된다.

ATM 기반 MPLS 시스템에서 사용되는 IS-IS 관련 주요 패킷으로는 점대점 인터페이스에서 NSAP 주소를 교환하고 이웃 인식을 위한 점대점 이웃 인식 패킷(Point-to-Point IS to IS Hello PDU), 이웃 노드간에 링크 상태 교환을 위한 링크 상태 패킷(Link State PDU) 및 링크 상태 데이터베이스의 동기화를 위한 순서 번호 제어 패킷(Sequence Number PDU)이 있다. 링크 상태 패킷은 최대 링크 상태 패킷 생성 주기마다, 이웃 간 연결 설정의 생성 및 해제 이벤트 발생 시, 인터페이스의 생성 및 다운 이벤트 발생 시, 접근 가능 주소의 메트릭 값, 영역 주소 및 시스템 식별자 변경 시에 전송된다. 순서 번호 제어 패킷은 시스템간 링크 상태 데이터베이스의 동기화를 위해 사용되는 패킷으로 점대점 망에서 링크 상태 패킷 수신에 대한 확인 응답 및 특정 링크 상태 패킷의 재전송을 요청하기 위해 사용되거나 모든 링크 상태 패킷에 대한 요약 정보를 이웃 노드에게 전달하여 양단간 링크 상태 테이블을 동일하게 유지하기 위해 사용된다.

IS-IS는 기본적으로 브로드캐스트 망과 점대점 망 형태의 인터페이스만을 지원하지만 ATM 인터페이스를 갖는 본 시스템에서는 하나의 ATM 연결에 다수의 IS-IS 인터페이스를 설정하고 각 인터페이스에 IS-IS 이웃을 형성하고 이를 유지 관리하는 서브 인터페이스

구조를 실현하였다.

IS-IS 블록내의 모든 루틴은 자체 타이머에 의해 주기적으로 실행된다. 그리고, 이웃노드에서 수신 한 패킷에 의해 구동 되거나, 운용 관리 프로세스의 운용자 명령어 처리 요구에 의해 구동된다. IS-IS 블록과 관련 프로세스 간 통신 구조가 그림 3에 도시되어 있다.

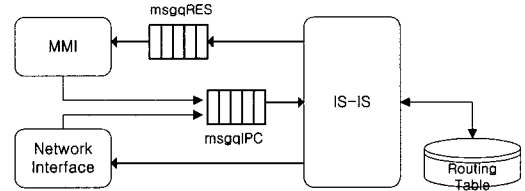


그림 3 IS-IS 관련 프로세스 통신 구조

IS-IS 블록은 두 개의 프로세스로부터 메시지 수신 큐를 통해 메시지를 수신한다. 네트워크 인터페이스 프로세스는 포워딩 엔진으로부터 수신한 ATM ALL5 PDU 중 IS-IS 관련 패킷을 추출하여 IS-IS 블록으로 전송한다. IS-IS 블록에서 이웃 노드에게 패킷을 전송할 때에는 패킷 송신 함수를 호출하여 네트워크 인터페이스로 전송한다. 또한, 운용자 인터페이스 프로세스는 운용자 요청에 의한 명령어를 IS-IS 블록으로 전송한다. 해당 명령어에 대한 응답은 메시지 송신 큐를 통해 운용자 인터페이스 프로세스로 전송된다.

이와 같이 본 논문에서 제시된 IS-IS 라우팅 프로토콜은 계층 2와의 IS-IS 패킷 송수신을 위한 인터페이스, 시스템의 IP 계층 라우팅 테이블로의 라우팅 정보 추가/삭제 인터페이스, 운용자에 의한 라우팅 프로토콜의 구성 변경 인터페이스만을 갖는 독립적인 구조로 구현되었다. 따라서, 다른 시스템으로의 이식성 및 기능 확장성 측면에서 큰 장점을 갖는다.

IS-IS 라우팅 프로토콜에 의해 생성된 경로 정보는 IP 계층의 라우팅 테이블에 반영되고 이는 포워딩 테이블을 생성하기 위해 사용된다. 포워딩 테이블을 생성하기 위한 라우팅 정보의 흐름 및 관련 블록 인터페이스가 그림 4에 도시되어 있다.

각 라우팅 프로토콜에 의해 생성된 라우팅 정보는 IP 계층에서 라우팅 정보 테이블로 통합된다. MPLS 신호 블록은 라우팅 정보 테이블을 기반으로 MPLS 도메인 내의 경로를 위한 레이블 정보 테이블을 구성한다. 포워딩 테이블을 생성하는 포워딩 제어 블록은 IP 블록으로부터 라우팅 정보 테이블을, MPLS 신호 블록으로부터 레이블 정보 테이블 및 자원관리 블록으로부터 ATM 연결 자원 정보를 수신하고 이를 통합하여 포워딩 테이블을 생성한다. 포워딩 제어 블록으로 전달되는 라우팅

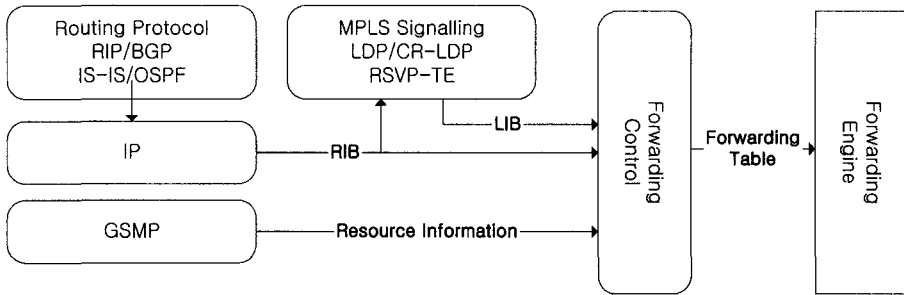


그림 4 라우팅 정보 흐름

정보 테이블은 non-MPLS 도메인으로의 패킷 포워딩을 위한 포워딩 엔트리 생성에 이용된다. 포워딩 제어 블록에 의해 생성된 포워딩 테이블은 포워딩 엔진에 전송되어 IP 데이터그램 포워딩에 사용된다.

3.2 ATM 인터페이스 구조

IS-IS 라우팅 패킷은 계층 2에 캡슐화 되므로 ATM 인터페이스를 갖는 본 시스템에서는 AAL 5 PDU에 전달되는 IS-IS 패킷을 송수신하기 위한 포워딩 엔진과 MPLS 제어기와와의 인터페이스 구조가 필요하다. 이를 위해 포워딩 엔진과 MPLS 제어기간에는 목적지가 MPLS 제어기인 패킷을 전달하기 위한 포워딩 제어 채널이 설정되어 있다. 포워딩 제어 채널은 각 포워딩 엔진 당 하나씩 설정되며 특정 ATM 채널을 사용한다[9]. 이 포워딩 제어 채널을 이용해 패킷을 전달하기 위한 포워딩 제어 프레임 구조는 그림 5와 같다.

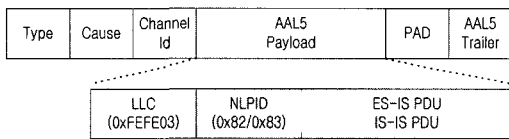


그림 5 포워딩 제어 채널에서의 IS-IS 패킷 전달구조

타입 필드는 뒤따르는 패킷의 종류를 구분하는 식별자로 ES-IS(End System to Intermediate System)와 IS-IS를 구분한다. ES-IS는 이웃 시스템의 시스템 식별자를 인식하기 위한 프로토콜로 IS-IS 구동 시 IS-IS 이웃 식별 프로토콜 구동 전에 운용자의 개입 없이 자동으로 동작되도록 구현하였다. 원인 필드는 MPLS 제어기의 특별한 처리를 요하는 패킷의 특성을 표시하는 값으로 IS-IS에서는 정상 패킷을 의미하는 0x00을 사용한다. 채널 식별자 필드는 패킷을 수신한 채널을 식별하기 위한 값이다.

포워딩 엔진에서 IS-IS 관련 패킷을 캡슐화 하기 위한 절차는 그림 6에 도시되어 있다. IP 도메인에서 포워딩 엔진으로 수신되는 AAL5 PDU에서 논리 링크 제어

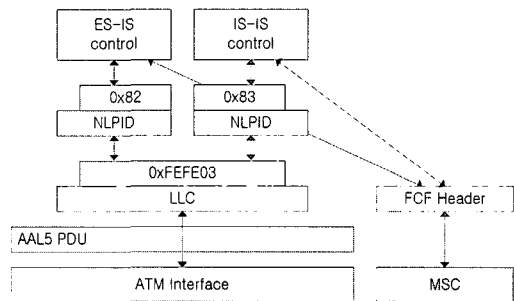


그림 6 포워딩 엔진에서의 IS-IS 패킷 처리 절차

(LLC: Logical Link Control) 값에 따라 네트워크 계층 식별자(NLPID: Network Layer Protocol Identifier)를 구분한다. 네트워크 계층 식별자 값에 따라 ES-IS 또는 IS-IS 프로토콜 처리를 위해 해당 패킷을 MPLS 제어기로 전달된다. MPLS 제어기에서 송신하려는 ES-IS와 IS-IS 패킷은 논리 링크 제어 및 네트워크 계층 식별자 헤더를 생성한 후 포워딩 엔진으로 전달된다.

4. 트래픽 엔지니어링을 위한 확장 IS-IS 설계 및 구현

최근 인터넷에서의 다양한 응용으로 인해 품질 보장형 서비스에 대한 요구가 부각되고 있다. 이러한 요구는 MPLS를 이용해 QoS를 만족하는 독립적인 경로를 제공함으로써 수용 가능하다. 그러나, 이러한 QoS 경로 제공은 링크 상태 라우팅 프로토콜에 의한 가용자원 정보 전달이 선행되어야 한다.

본 장에서는 이러한 트래픽 엔지니어링을 위한 IS-IS 라우팅 프로토콜의 확장 기능 및 구현 기술에 대해 제시하고자 한다. 트래픽 엔지니어링을 위한 확장 기능의 실현은 해당 시스템의 특성 및 가치를 부각시킬 수 있는 주요 요소이지만 아직까지는 상용 라우팅 프로토콜 제품에서도 완벽한 기능을 제시하지 못하고 있는 부분으로 경제적 이점을 가질 수 있다. IS-IS의 트래픽 엔지니어링을 위한 확장 기능에는 추가적인 메트릭 정보

를 설정하기 위한 운용자 명령 처리 기능, 확장 링크 상태 정보의 분배 기능, 트래픽 엔지니어링을 위한 링크 상태 데이터베이스 관리 기능 및 수시로 변경되는 링크의 자원 정보를 처리하는 기능 등의 세부 기능이 제공되어야 한다.

4.1 확장 TLV 수용 구조

트래픽 엔지니어링을 위한 IS-IS 확장에서는 새로운 TLV(Type Length Value)를 제안하고, 이 TLV들이 트래픽 엔지니어링과 관련된 링크 상태 정보를 전달할 수 있게 하였다[9]. 제안된 TLV는 기존의 TLV를 대체하여 사용하도록 정의하였다. 통상 TLV 22와 TLV 135를 “새로운-TLV”로, TLV 2와 TLV 128/130을 “기존-TLV”로 지칭한다. 새로운-TLV는 기존-TLV의 정보를 전달하면서 선택적인 sub-TLV에 트래픽 엔지니어링을 위한 추가적인 정보들을 전달한다.

이상은 프로토콜 표준에서 규격으로 제시되어 있는 부분으로 단순 IS-IS 라우팅 프로토콜의 확장으로 수용 가능하다. 그러나, 두 종류의 TLV를 동시에 수용하기 위한 구조가 고려되어야 한다. 이는 시스템 구현 종속적인 부분으로 본 논문에서는 다음과 같은 구조를 제시하고자 한다. IS-IS 링크 상태 라우팅 프로토콜은 기본적으로 동일한 링크 상태 데이터베이스를 바탕으로 라우팅 테이블을 계산하므로 루프 없는 경로를 제공하였다. 그러나, 새로운-TLV가 기존-TLV를 대체하게 되는 전환 과정에서 상이한 정보를 바탕으로 경로를 계산할 수 있으며, 이로 인해 라우팅 루프가 발생할 수 있다. 따라서, 기존 IS-IS 라우팅 환경에서 트래픽 엔지니어링 확장 기능으로의 전환을 위해서는 동일 영역내의 모든 IS-IS 라우팅을 중단하고 확장 IS-IS 라우팅 환경으로 전환은 가능하다. 그러나, 운용 중인 망의 라우팅을 중단하지 않고 새로운 확장 IS-IS 라우팅 환경으로의 전환을 위해서는 이를 위한 IS-IS 라우팅 프로토콜의 운용 방법 및 이를 지원하기 위한 IS-IS 라우팅 프로토콜 내에서의 기능이 필요하다.

따라서, 본 논문에서는 확장 매트릭 값 및 트래픽 엔지니어링 적용을 위한 5가지 상태(모드1~모드5)를 정의하였다. 모드1과 모드5는 각각 기존-TLV와 새로운-TLV만을 분배하고 수락하는 상태이다. 모드2는 기존-TLV만을 분배하고 기존-TLV와 새로운-TLV 모두를 수락하고, 모드3은 새로운-TLV만을 분배하고 기존-TLV와 새로운-TLV 모두를 수락한다. 모드4는 두 가지 TLV를 모두 분배하고 수락하는 상태이다. 기존-TLV만을 분배하고 수락하는 모드1에서 트래픽 엔지니어링을 지원하는 망으로의 전환은 첫째, 망 내의 시스템을 순차적으로 모드4를 거쳐 모드5로 전환하는 방법과 둘째, 모드 1에서 모드 2, 모드 3을 거쳐 모드 5로

전환하는 두 가지 방법으로 가능하다. 즉, 운용자는 위 2가지 방법 중 하나를 선택하고 운용 중인 IS-IS 라우팅의 중단 없이 트래픽 엔지니어링을 위한 확장 IS-IS 라우팅으로의 전환이 가능하다.

4.2 확장 소프트웨어 구조

품질 보장형 서비스를 위한 트래픽 엔지니어링 기능을 위해서는 2장에서 제시된 기본 소프트웨어 구조의 보완 및 각 블록간 새로운 인터페이스가 정의 실현되어야 한다. 따라서, 본 절에서는 트래픽 엔지니어링 확장 기능을 제공하기 위한 각 블록 별 기능 및 인터페이스를 제시하고자 한다. 블록 별 상세 기능 및 인터페이스 구조는 구현 종속적인 부분으로 시스템의 특성을 반영하여 구현되고 있으며 본 논문에서는 각 블록별 독립성을 최대화할 수 있는 인터페이스 제시에 초점을 두고 있다.

본 논문에서 제안한 ATM 기반 MPLS 시스템에서의 트래픽 엔지니어링을 위한 확장 구조는 그림 7과 같다. 그림 7의 IS-IS 확장 블록은 운용자에 의해 설정된 로컬 트래픽 엔지니어링 링크 정보를 저장 관리하고 이 링크 상태 데이터베이스 정보를 이웃 노드들에게 전달한다. 또한, 자신의 로컬 링크 정보와 다른 노드에게서 수신한 트래픽 엔지니어링 링크 정보는 경로 계산 블록에 전달한다. 여기서 경로 계산 블록은 제한사항을 가지는 경로를 계산하는 블록으로 트래픽 엔지니어링 블록에 포함된다.

경로 계산 블록이 트래픽 엔지니어링 관리 블록으로부터 제한사항이 있는 경로의 설정 요청을 수신하면 이 트래픽 엔지니어링 링크 상태 데이터베이스를 기반으로 최단 경로를 계산한다. 계산된 결과는 다시 트래픽 엔지니어링 운용 관리 블록으로 전달되고, 트래픽 엔지니어링 관리 블록에서는 계산된 경로의 설정을 위해 CR-LDP 또는 RSVP-TE가 동작하는 신호 블록으로 경로 설정 요청을 송신한다.

경로 설정 요청을 수신한 신호 블록은 제한사항을 갖는 경로를 위한 레이블 정보 테이블을 생성하고 자원 관리 블록을 통해 ATM 연결을 설정하게 된다. 이렇게 경로가 설정되거나 해제되면 링크별 자원 상태가 변경됨에 따라 변경된 자원 정보는 자원 관리 블록에서 관리되고 IS-IS 확장 블록으로 전달된다. 변경된 링크 상태 정보는 링크 상태 데이터베이스에 반영되고 이웃 노드들에게 분배되며 이상의 절차를 반복하게 된다. 표 1에서는 그림 7의 블록간 인터페이스에 사용되는 API(Application Program Interface) 및 그 기능을 요약해서 제시하고 있다.

각 API에서 사용되는 인수 중 대역 정보로는 링크의 물리적인 최대 대역 정보(max-bw), 중복 예약을 제공

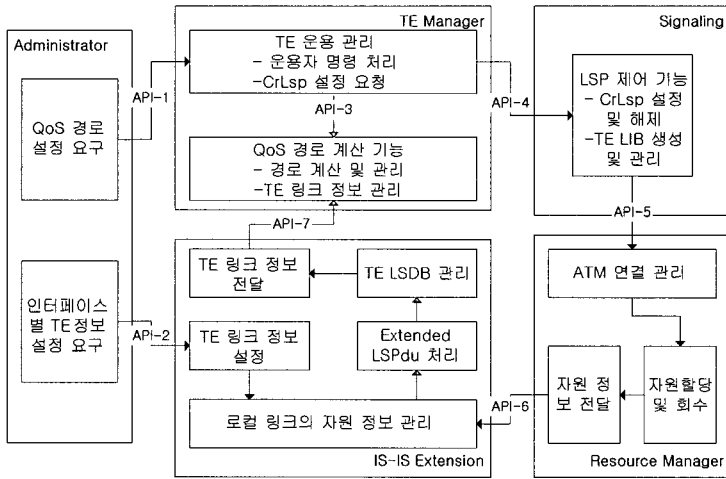


그림 7 품질보장형서비스를 위한 블록간 인터페이스

표 1 트래픽 엔지니어링을 위한 API

API	의 미
1 add/del qospath(fm, to, rq-bw, color, state)	출발지(fm)에서 목적지(to)까지 대역(rq-bw)을 만족하고 특정 링크 그룹(color)을 포함(state=include) 또는 배제(state=exclude)하는 QoS 경로 설정 및 해제 요청
2 set tepara(te-metric, max-bw, resable-bw, color)	각 인터페이스 별 TE 파라미터 설정 요청
3 comp path(fm, to, rq-bw, color, state)	조건을 만족하는 경로 계산 요청
4 set/noset erlsp(fm, to, n1, n2,...,nx, bw)	계산된 경로(n1, n2, ..., nx) 상의 LSP 설정 요청
5 set/noset atmcon(in-port, in-label, out-port, out-label, nexthop, prefix)	LSP 설정을 위한 atm 연결 설정 요청
6 modify resource(if, unres-bw)	LSP 설정 및 해체에 따른 인터페이스(if) 별 가용 대역폭(unres-bw) 변경 정보 전달
7 add/del telink(local, remote, te-metric, max-bw, resable-bw, unres-bw, color)	토폴로지상의 변경된 TE 링크(local/remote) 정보 전달

하기 위해 실제 사용 가능한 최대 대역 정보(resabel-bw), 현재 사용 가능한 대역 정보(unres-bw)가 있다. 망 운용자에 의해 할당되는 그룹 식별자(color)는 각 인터페이스에 할당된 각 관리 그룹을 의미하는 것으로 특정 그룹을 포함 또는 배제하는 QoS 경로를 설정할 때 사용 가능하다.

5. 시험 및 결과

이상과 같이 구현된 IS-IS 라우팅 프로토콜은 ACE 2000 ATM 스위치를 기반으로 하는 MPLS 시스템(이하 aceMPLS)에 탑재하여 시험 하였다. 시험 망 구성 예가 그림 8에 도시되어 있다. 본 장에서의 시험은 일반적인 상용 라우팅 프로토콜 제품이 평가 기준으로 제시하는 상호 운용성 시험 및 적합성 시험에 중점을 두고 있다. 따라서, 라우팅 프로토콜 상용 시험기 및 상용 라우터와의 상호 운용성 시험 결과와 표준 규격에서 제시하는 적합성 시험 항목 별 시험 결과를 제시하고자 한

다. 또한, 동일 시스템 내에서 구동되고 있는 다른 종류의 라우팅 프로토콜과의 연동 시험 결과도 제시하고자 한다. 이와 더불어, 자치 시스템 내부 라우팅 프로토콜의 주요 성능 인자는 라우팅 정보의 추가 시 이들이 전파되어 모든 시스템의 라우팅 정보로 반영되는데 걸리는 수렴 시간(convergence time)이 되며, 이러한 수렴 시간은 각 시스템의 IS-IS 라우팅 프로토콜이 추가되는 라우팅 정보의 변화를 반영하는데 걸리는 시간으로 요약된다. 이에 대한 시험 결과도 본 장에서 제시하고자 한다.

그림 8에서 실제 구현된 aceMPLS 시스템과 미들웨어를 통한 운용관리 시스템 및 망관리 시스템의 관리자 인터페이스 화면을 볼 수 있다.

시험망은 그림 9와 같이 두개의 영역으로 구성되며 각 시스템은 영역내에서의 시스템 식별자를 갖는다. aceMPLS 시스템의 다양한 기능 시험을 위해 Adtec사의 AX4000 시험 장비와의 연동 시험을 수행하였다.

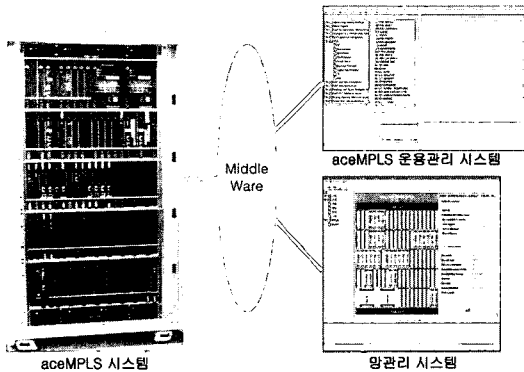


그림 8 aceMPLS 시스템 및 관리 시스템

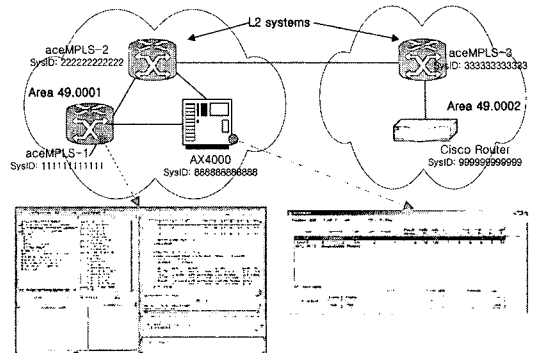


그림 9 IS-IS 시험 망 구성도

AX4000은 IS-IS 라우팅 프로토콜의 에뮬레이션을 제공하는 시험 장비로 두 개의 물리적인 ATM 인터페이스로도 다양한 구성 환경 설정이 가능하다. aceMPLS 시스템 및 AX4000의 구성 설정 화면 예가 그림 8에 도시되어 있다. 또한, 상용 라우터와의 연동 시험을 위해 가장 널리 사용되는 Cisco 라우터(IOS 12.1(3a)T2)를 사용하였다.

상기 시험 망에서 사용자 인터페이스를 통한 구성 정보 설정 및 보고, 망관리 인터페이스를 통한 구성 정보 설정 및 망관리 정보 보고, aceMPLS 시스템 간 이웃

설정 및 라우팅, aceMPLS와 AX4000과의 이웃 설정 및 라우팅, 그리고 aceMPLS 시스템과 Cisco 라우터와의 이웃 설정 및 라우팅 기능 등을 시험 완료 하였다.

또한, 제한된 환경에서 다양한 라우팅 환경 시험을 위해 AX4000의 에뮬레이션 기능을 이용하였으며 이를 통해 주어진 환경에서의 적합성 시험을 완료하였다. 적합성 시험을 위한 평가 항목은 [1]의 Annex A에 준하며 평가 항목별 시험 결과를 요약하면 표 2와 같다.

또한, aceMPLS 시스템에는 RIP, OSPF 및 BGP가 동시에 운용 가능하므로 IS-IS 라우팅 프로토콜과 타 라우팅 프로토콜과의 연동 기능이 제공되어야 한다. 이

표 2 적합성 시험 항목 및 결과

대항목	소항목	시험 결과
기본 기능	일반 사항	기본 라우팅 기능 제공
	기본 라우팅 기능 관리 정보에 의한 관리 기능 default-metric 지원 기능	모든 기본 라우팅 기능이 구현 되었음 망관리에 의한 관리 기능이 구현 되었음 default-metric이 구현되었음
	시스템 환경	규격 기반 오퍼레이션 제공
	망 종속적 기능	점대점 망에서의 이웃 설정 제공
	갱신 프로세스기능	링크상태 패킷/순서번호 제어패킷 제공
	링크상태 패킷의 생성/전달 링크상태 패킷의 타이머관리 순서번호패킷의 생성/처리	링크상태 패킷의 정확한 생성 및 전달 기능 구현 링크상태 패킷의 활성 시간 관리 기능 구현 순서번호 패킷의 생성 및 순서제어 기능 구현
	경로결정 프로세스기능	메트릭 기반 최단 경로 제공
	최단 경로 제공 오버로드 기능 포워딩 정보 생성 기능	지원 메트릭에 따라 최단 경로 계산 기능 구현 오버로드 LSDB의 경로계산 제외 기능 구현 포워딩 정보 생성 및 관리 기능 구현
포워딩 및 수신 프로세스기능 포워딩 정보 선택 기능 데이터 패킷의 송/수신 기능	포워딩 경로의 선택 패킷 송수신 기능 제공 포워딩 경로의 선택 기능 구현 선택된 경로로의 패킷송신 및 패킷수신기능 구현	
레벨 1 기능	일반 사항	기본 레벨1 라우팅 기능 제공
	레벨1 갱신 프로세스기능	레벨1 링크상태 패킷/순서번호 제어패킷 제공
	레벨1 경로결정 프로세스기능	가장 근접한 레벨2 시스템을 통한 라우팅 제공
레벨 2 기능	일반 사항	기본 레벨2 라우팅 기능 제공
	레벨2 망 종속적 기능	명시적 접근 가능 주소와의 이웃 기능 제공
	레벨2 갱신 프로세스기능	레벨2 링크상태 패킷/순서번호 제어패킷 제공
	레벨2 경로결정 프로세스기능	레벨1 시스템에서 근접 레벨2 시스템을 식별하기 위한 플래그 기능 제공

를 위해 IS-IS 라우팅 프로토콜 블록에서는 타 라우팅 프로토콜에 의해 생성된 라우팅 정보를 IS-IS 이웃에게 전달하여 IS-IS 라우팅 정보로 반영하는 기능을 제공하고 있다. 또, 이와 반대로 IS-IS에 의해 생성된 라우팅 정보가 타 라우팅 프로토콜에 반영되는 기능을 함께 제공하고 있다. 이러한 라우팅 프로토콜간 연동 기능으로 IS-IS와 RIP, IS-IS와 OSPF, IS-IS와 BGP간 연동용 시험을 통해 확인하였다.

수렴 시간에 영향을 주는 IS-IS 라우팅 프로토콜의 성능 평가 결과는 그림 10과 같다.

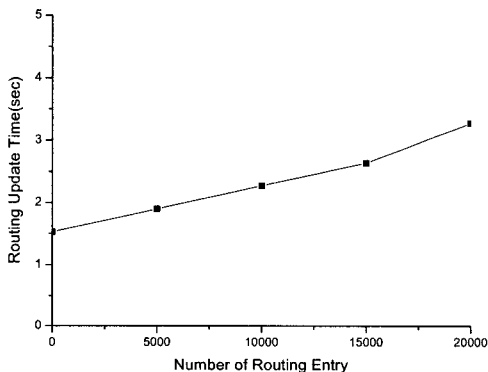


그림 10 라우팅 정보 증가에 따른 라우팅 정보 수정 시간

전체 망에서의 수렴 시간은 망 구성에 따라 영향을 받으므로 IS-IS 자체의 성능 평가를 위해 대량의 라우팅 정보가 유입되었을 때 최단 경로를 계산하는 시간, 관련 관리 정보를 수정하는 시간 및 IP 계층의 라우팅 테이블을 수정하는 시간을 포함하는 라우팅 프로토콜 수정 시간을 측정하였다. 그림에서와 같이 5000개의 새로운 라우팅 정보를 수정하는데 걸리는 시간은 일정하게(약 400msec) 증가함을 알 수 있다. 즉, 현재 저장된 라우팅 개수와는 무관하게 대량의 라우팅 정보가 생성되더라도 일정한 짧은 시간에 라우팅 수정이 완료됨을 알 수 있다. 이는 본 논문에서 구현된 IS-IS 라우팅 프로토콜을 이용한 시스템으로의 망 구성 시 예측 가능한 성능의 수렴 시간을 갖는 자치 시스템 내부 라우팅을 구성할 수 있음을 의미한다.

6. 맺음말

본 논문에서는 ATM 기반 MPLS 시스템에서 IS-IS 라우팅 프로토콜을 제공하기 위한 소프트웨어 구조를 제안하였다. 또한 품질 보장 서비스를 제공하기 위해 필요한 트래픽 엔지니어링을 위한 확장 IS-IS 라우팅 프로토콜 기능 및 소프트웨어 구조를 제안하였다.

IS-IS는 확장성 및 운용 용이성의 장점으로 인해 대

형 망 사업자나 백본 망에서 선호되고 있는 라우팅 프로토콜이며, 따라서 백본망에서 사용될 MPLS 시스템에서 IS-IS 기능을 제공하는 것은 중요한 의미가 있다. 현재 ATM 기반 MPLS 시스템에서의 IS-IS 라우팅 프로토콜 기능은 구현 완료 후 초고속 국가 망 구축을 위한 상용 시스템의 벤치 마킹 시험을 준비 중에 있다. 뿐만 아니라 IS-IS 라우팅 프로토콜이 갖는 확장성 및 운용상의 용이성 등의 장점으로 인해 다양한 망에서 적용될 것으로 예상된다. 실제 광 가입자 액세스 시스템에서도 구현 적용될 예정이다. 또한, 추후 IPv6[10] 및 GMPLS(Generalized-MPLS)를 위한 IS-IS 라우팅 프로토콜의 확장[11][12] 기능을 계속적으로 연구 구현할 예정이다.

IS-IS 라우팅 프로토콜은 계층 2를 기반으로 하는 유일한 라우팅 프로토콜로 IPv6로의 전환이 프로토콜 제어 패킷의 송수신과는 무관하여 전달 경로 정보만을 확장함으로써 유연하게 IPv6의 수용이 가능하리라 예상된다. 또한, GMPLS망에서는 GMPLS를 고려한 트래픽 엔지니어링 확장 기능이 링크 상태 라우팅 프로토콜에서 제공되어야 하며 이는 IS-IS에서 수용 가능하다. 이러한 기능은 품질 보장 경로를 생성하고 광 링크의 장애 시 우회 경로를 생성할 수 있는 방법을 제공하게 될 것이다.

참고 문헌

- [1] "Information technology-Telecommunications and Information exchange between systems-Intermediate system to Intermediate system Intra-domain routing information exchange protocol for use in conjunction with the protocol for providing the Connectionless-mode Network Service(ISO 8473)," ISO 10589, 1990.
- [2] J. Moy, "OSPF Version 2," RFC 1247, Jul. 1991.
- [3] R. Callon, "Use of OSI IS-IS for Routing in TCP/IP and Dual Environments," RFC 1195, Dec. 1990.
- [4] T. Li et. al., "IS-IS extensions for Traffic Engineering," Internet Draft, draft-ietf-isis-traffic-04.txt, Aug. 2001.
- [5] D. Katz et. al., "Traffic Engineering Extensions to OSPF Version 2," Internet Draft, draft-katz-yeung-ospf-traffic-08.txt, Sep. 2002.
- [6] T. Li, "MPLS and the Evolving Internet Architecture," IEEE Communications Magazine, Vol. 37, Dec. 1999, pp. 38-41.
- [7] B. Janoussi et.al., "Constraint-Based LSP Setup using LSP," RFC 3212, Jan., 2002.
- [8] D. Awduche et. al., "RSVP-TE Extensions to RSVP for LSP Tunnels," RFC 3209, Dec. 2001.
- [9] J. You et. al., "Design of the Packet Forwarding Architecture of the ATM Based MPLS Edge

Node," ICOIN 2000, pp. 431-433.

- [10] C. Hopps, "Routing IPv6 with IS-IS," Internet Draft, draft-ietf-isis-ipv6-02.txt, Apr. 2001.
- [11] K.Kompella et. al., "Routing extensions in Support of Generalized MPLS," Internet Draft, draft-ietf-ccamp-gmpls-routing-05.txt, Aug. 2001.
- [12] K.Kompella et. al., "IS-IS extensions in Support of Generalized MPLS," Internet Draft, draft-ietf-isis-gmpls-extensions-14.txt, Aug. 2002.



양 미 정

1991년 부산대학교 전산통계학과 학사
2001년 충남대학교 컴퓨터과학과 석사
1991년~현재 한국전자통신연구원 선임
연구원. 관심분야는 인터넷 QoS, 라우팅
프로토콜, IPv6



박 혜 경

1990년 창원대학교 전자계산학과 학사
1992년 경북대학교 컴퓨터공학과 석사
1992년~1993년 한국원자력연구소 연구
원. 1997년 경북대학교 컴퓨터공학과 박
사. 1997년~현재 한국전자통신연구원 선
임연구원. 관심분야는 홈네트워크, 이동

통신, 병렬 알고리즘



함 진 호

1982년 한양대학교 전자공학과 학사
1984년 한양대학교 전자통신공학과 석사
1998년 한양대학교 전자통신공학과 박사
1984년~현재 한국전자통신연구원 책임
연구원. 1999년~2001년 NIST Guest
Researcher 공동연구 파견. 1993년~현

재 광대역통합망연구단 라우터S/W팀장



김 상 하

1980년 서울대학교 화학과 학사. 1984년
U. of Houston 화학과 석사. 1989년 U.
of Houston 전산학과 박사. 1989년
HNSX Supercomputers Inc. 자문위원
1990년~1991년 시스템공학 연구소 선임
연구원. 1992년~현재 충남대학교 컴퓨터

과학과 교수. 관심분야는 컴퓨터 네트워크, 이동통신, 무선
인터넷