

論文2003-40TC-10-14

NG-SDH 기반 전송 시스템에서의 연결제어 기능 설계

(A Functional Design of Connection Control in the NG-SDG based Transport System)

金永和*, 芮秉護*, 李鍾弦*, 柳在哲**

(Young-Hwa Kim, Byung-Ho Yae, Jong-Hyun Lee, and Jae-Cheol Ryou)

요약

본 논문에서는 NG-SDH(Next Generation - Synchronous Digital Hierarchy) 기반 전송 시스템(이하 NG-SDH 시스템)에서 광네트워크 제어방식의 전반적인 절차를 수행하는 연결제어 기능에 대한 설계 과정을 기술한다. 여기서 NG-SDH는 물리적인 SDH 링크 단위(STM-1, STM-4, STM-16, STM-64, STM-256 등)로만 연결제어가 가능한 기존의 기술과는 달리 트래픽량의 증감에 따라 VC-3(약 50M) 및 VC-4(약 150M) 단위의 SDH 타임슬롯을 자동으로 연결제어를 수행할 수 있는 차세대SDH 기술을 의미한다. 이러한 NG-SDH 기반 연결제어 기능을 통해 인그레스 NG-SDH 시스템에서 다양한 SDH 및 이더넷 라인카드들의 트래픽을 프로비전형(PC, Permanent Connection), 반교환형(SPC, Soft Permanent Connection), 그리고 교환형(SC, Switched Connection) 연결 유형에 따라 적절한 연결 설정이 이루어진다.

Abstract

The paper describes a design process of the connection control function that performs overall procedures of optical network control system in the Next Generation - Synchronous Digital Hierarchy (NG-SDH) based transport system. Here, the NG-SDH means a new SDH technology that could perform automatic connection control with a granularity of VC-3 (about 50M) or VC-4 (about 150M) according to the increase and decrease of traffic, which is different from the existing technology that could perform connection control only with a granularity of a physical SDH link (STM-1, STM-4, STM-16, STM-64, STM-256 etc). The NG-SDH based connection control allows an ingress NG-SDH node to control the appropriate connection establishment process according to connection types such as Permanent Connection (PC), Soft Permanent Connection (SPC), Switched Connection (SC) over various SDH and Ethernet line cards.

Keywords : NG-SDH, PC, SPC, SC, MPLS, GMPLS, LMP, OTN, LSP

* 正會員, 韓國電子通信研究院
(ETRI)

** 正會員, 忠南大學校 情報通信工學部
(Division of Information Communication Engineering)

※ 본 논문은 정보통신부 (MIC) 출연 사업인 "차세대 QoS 서비스 스위칭 기술" 연구개발 과제에 대한 결과물중 일부분으로 관련 연구개발 업무에 도움을 주신 분께 감사드립니다.

接受日字:2003年9月7日, 수정완료일:2003年10月10日

I. 개요

과거 또는 현재의 인터넷은 라우터들을 서로 전용선 형태로 접속한 것으로 라우터들간 라우팅 프로토콜을 이용하여 도달성 정보, 네트워크 토폴로지 및 링크 상태 정보를 교환한다. 이후, 라우터는 네트워크 계층에서 IP (Internet Protocol) 스위칭 방식을 통해 QoS(Quality of Service) 기능이 배제된 Best-effort 수준으로 패킷을 포워딩한다. 이러한 네트워크 계층에서의 서비스품질 등을

개선하기 위해 MPLS(Multi-Protocol Label Switching) 기반 라우터는 네트워크 계층 및 데이터링크 계층 사이에서 레이블 교환을 통해 좀더 효율적으로 패킷을 포워딩한다.

하지만, MPLS는 이더넷, ATM, 그리고 FR 등과 같은 데이터링크 계층의 전송프레임 구조만을 지원하고 있다. 따라서, TDM, 파장 그리고 파이버와 같은 다양한 물리 계층의 스위칭 제어 능력이 요구되거나 광채널당 10 Gbps 정도의 고용량 대역폭을 지원하는 광네트워크의 제어용으로 적용하기 어렵다. 이러한 광네트워크는 전송 프레임 구조에 관계없이 다양한 물리 계층 상에서 종단간 정보를 전달하기 위해 확장된 GMPLS 기반의 광네트워크 제어방식이 요구된다.

따라서, 광네트워킹 제어방식은 광네트워크에서 노드간 신호속도나 전송 프레임 구조와 무관한 접속 능력을 제공하기 위해 기존의 MPLS를 확장한 광네트워킹 기술로써, 이 확장된 개념을 시스템화 하기 위해서는 다양한 네트워크 제어 및 연결구조를 비교검토한 후 해당 시스템에 맞는 방안을 선택해야 한다. 그리고 표준으로 제시된 프로토콜들 뿐만 아니라 노드간 상호연동성을 지원하기 위해 호/연결 제어와 스위칭 자원 관리와 같은 응용 기능들도 추가적으로 개발해야 한다. 이러한 광네트워크의 제어평면은 <그림 1>과 같이 대체로 연결 설정 및 해제를 수행하는 신호방식, 네트워크 도달성 및 형상 정보를 교환하는 라우팅, 그리고 제어채널과 관련하여 노드간 인접 노드의 형상과 제공 서비스를 확인하는 링크관리 등 세 부분으로 구성된다.

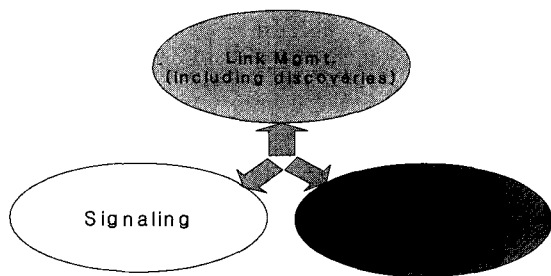


그림 1. 광네트워크 제어평면의 구성요소
Fig. 1. Components of optical network control plane.

이러한 광네트워킹 제어방식의 표준화는 크게 ITU-T, OIF, 그리고 IETF에서 추진하고 있다. ITU-T는 ASTN/ASON에 대한 요구사항 및 구조를 기본으로 제어평면의 전반적인 분산 연결관리 구조를 제시하고 있

으며, IETF는 GMPLS 환경에 적용 가능한 신호방식 및 라우팅 프로토콜 등과 같은 제어평면 프로토콜들을 제시하고 있다. 그리고 OIF는 궁극적인 피어 모델 이전에 오버레이 모델에 적용 가능한 현실적인 상호연동성 규격들을 제시하고 있다. OIF UNI(이하 O-UNI) 규격은 LMP 기반의 ND/SD(Neighbour Discovery and Service Discovery) 절차, 그리고 CR-LDP(Constraint based - Label Distribution Protocol) 또는 RSVP-TE(Resource Reservation Protocol Traffic Engineering) 기반의 호/연결 제어 절차를 권고하고 있다. 즉, 먼저 ND 절차를 통해 IP 제어채널에 대한 기본적 구성과 링크 연결성의 검증 과정 등을 완료한다. 그리고 SD 절차를 통해 신호방식 프로토콜의 버전과 클라이언트 및 백본 네트워크의 전송 특성 등을 교환한다. 연결 설정에서 필요로 하는 라우팅 정보(즉, GMPLS LER간 패스 정보)는 소스 라우팅의 경우 LMP에서 제공한 노드간 링크 연결성 정보를 바탕으로 라우팅 서버에서 해당 패스를 결정하는 방법과 라우팅 프로토콜을 통해 수집된 정보를 근간으로 인그레스 노드에서 해당 패스를 결정하는 방법이 있을 수 있다. 이후, 연결 설정 절차를 수행한 다음 전달 평면을 통해 사용자 정보를 전송한다. 그리고 필요에 따라 연결 삭제 절차를 수행한다. 다음 <그림 2>은 이러한 전반적인 광네트워크 제어방식절차를 나타낸다^{1), 2)}.

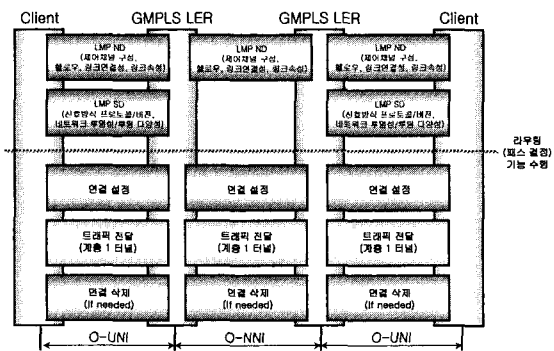


그림 2. 광네트워크 제어방식의 전반적인 절차
Fig. 2. Overall procedures of optical network control system.

본 논문에서는 NG-SDH(Next Generation - Synchronous Digital Hierarchy) 기반 전송 시스템(이하 NG-SDH 시스템)에서 광네트워크 제어방식의 전반적인 절차를 수행하는 연결제어 기능에 대한 설계 과정을 기술한다. 여기서 NG-SDH는 물리적인 SDH 링크 단위

(STM-1, STM-4, STM-16, STM-64, STM-256 등)로만 연결제어가 가능한 기존의 기술과는 달리 트래픽량의 증감에 따라 VC-3(약 50M) 및 VC-4(약 150M) 단위의 SDH 타임슬롯을 자동으로 연결제어를 수행할 수 있는 차세대SDH 기술을 의미한다. 이러한 NG-SDH 기반 연결제어 기능을 통해 인그레스 NG-SDH 시스템에서 다양한 SDH 및 이더넷 라인카드들의 트래픽을 프로비전형(PC, Permanent Connection), 반교환형(SPC, Soft Permanent Connection), 그리고 교환형(SC, Switched Connection) 연결 유형에 따라 적절한 연결 설정이 이루어진다.

이를 위해, 본 논문의 제II장에서는 광네트워크 제어 평면의 기능들을 좀더 상세히 검토하고, 제III장에서는 GMPLS(Generalized Multi-Protocol Label Switching) 기능 측면에서 일반적인 요구사항 및 LSP(Label Switched Path) 관련 요구사항을 기술한다. 제IV장에서는 이전 장의 요구사항들을 근거로 NG-SDH 시스템의 연결제어에 대한 주요 세부 기능 설계 부분, 즉 S/W 기능구조, LCAS(Link Capacity Adjustment Scheme) 연동, LMP(Link Management Protocol)의 링크 연결성 검증, 그리고 연결제어 관련 기능블록간 연동 방법 등을 다룬다. 마지막으로 제V장에서는 NG-SDH 시스템의 연결제어에 대한 향후 연구개발 방향 등을 기술한다. 참고로, 본 논문에서 사용하는 신호방식 프로토콜로서 GMPLS REVP-TE를 적용한다^[3].

II. 광네트워크 제어평면의 기능

광네트워크에서 제어평면과 전송평면은 분리되어 있다. 이는 전송평면의 장애가 제어평면에 영향을 주지 않아야 하며, 또한 제어평면의 장애가 전송평면에 영향을 주지 않아야 한다는 사실을 의미한다. 이러한 제어 네트워크를 위해 다수의 데이터채널과 관련되는 제어 정보를 하나의 공통적인 채널을 통해 교환하는 이른바, 공통 채널 신호방식(CCS, Common Channel Signaling)의 개념을 적용해야 한다. 이러한 CCS 관련 링크는 결합(Associated), 비결합(Non-associated), 그리고 준결합(Quasi-associated)과 같은 세가지 모드가 있다. 광네트워크는 아직은 제어 네트워크의 구성 방법이 초기인 단계로 결합 모드를 일차적으로 사용하는 것이 적절하며, 광네트워크의 확산이 본격적으로 이루어지면 제어 네트워크의 신뢰도 향상을 위해 비결합 및 준결합 모드도

함께 적용할 수 있는 기술이 등장할 것으로 보인다^[4].

이러한 제어 네트워크를 통해 교환되는 광네트워크의 제어방식 프로토콜 중 신호방식 및 라우팅 기능은 MPLS 프로토콜 스택 구조를 확장 적용하지만 링크관리 기능은 GMPLS를 위해 새로이 추가된 기능이다. 하지만, 링크관리 기능은 굳이 GMPLS에만 적용할 수 있는 기능이 아니며, TE 링크와 링크 번들링 개념이 고려된다면 MPLS에서도 적용할 수 있다. 광네트워크의 제어방식 개발 관점에서 요구 기능을 좀더 자세히 기술하면, GMPLS 프로토콜 상위에서 전반적인 연결제어(프로비전형 연결, 반교환형 연결, 교환형)를 관리하고, L2 VPN(Virtual Private Network) 수준의 서비스를 관리하고, 그리고 스위칭 자원의 관리를 담당하는 연결제어 응용 기능 등을 제공해야 한다. 또한, ND/SD 등을 위해 사용하는 LMP와 같은 링크관리 프로토콜, OSPF(Open Shortest Path First) 및 IS-IS(Interior System to Interior System)와 같은 라우팅 프로토콜, 그리고 호/연결 제어를 위해 사용하는 RSVP-TE와 같은 신호방식 프로토콜들은 적용 구간에 따라 UNI, NNI 및 GMPLS 관련 능력을 고려해 확장해야 한다. 또한, 이들 프로토콜들에서 생성된 IP 제어패킷은 이더넷 인터페이스 또는 PPP(Point to Point Protocol) over HDLC(High-level Data Link Control) 형태로 패킷화한 후 전송 미디어 상의 관련 오버헤드 바이트, 예를 들면SONET/SDH의 경우 DCC(Data Communication Channel), OTN의 경우GCC(General Communication Channel) 또는 COMMS(General Management Communications Overhead) 등과 같은 오버헤드 바이트를 이용하여 IP 제어패킷을 전송한다. 물론, IP 제어패킷은 이와 같은 오버헤드 바이트 뿐만 아니라 시스템 개발 비용과 불투

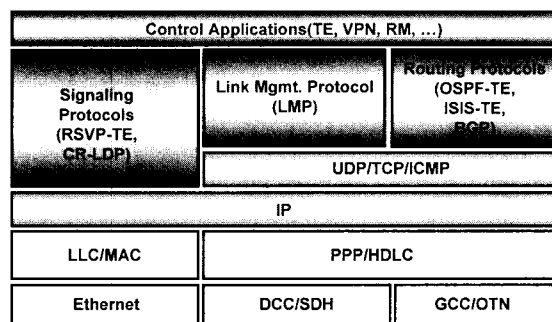


그림 3. 광네트워크 제어평면의 프로토콜 구조
Fig. 3. Protocol structure of optical network control plane.

명(Opaque) 전송에 문제가 없다면 특정 타임슬롯이나 파장을 적용할 수 있을 것이다. 다음 <그림 3>은 이러한 광네트워크 제어평면의 프로토콜구조를 나타낸다^[5].

위의 광네트워크 제어평면의 프로토콜구조를 기반으로 광네트워크를 실현하기 위해 이전의 라우팅 및 신호 방식 방법과는 다른 개념들이 존재한다. 예를 들면, MPLS에서는 레이블 분배 과정을 수행한 후, 최대 32 비트의 레이블 값을 데이터 패킷의 헤더 부분에 삽입한다. 이후, 포워딩 및 레이블 교환을 통해 IP 데이터 패킷을 전송하며, 레이블 포맷은 적용되는 계층 2 유형(예 : ATM, FR, Ethernet, PPP)에 따라 다르고, 단방향 전송만 가능하다. 이 레이블이 관련 데이터 흐름에 대한 대역폭 할당이나 서비스 품질과 같은 특성을 의미할 필요가 없다.

하지만, GMPLS에서는 IP 데이터 패킷에 레이블을 포함하지 않는 대신, 설정된 연결 자체가 목적으로 해당 전송 특성을 나타낸다. 또한, 광네트워크 노드의 스위칭 유형(예 : 램다, 파이버, 타임슬롯 등)에 따라 설정된 연결의 물리적인 의미를 구분할 수 있다. 데이터 패킷을 전송하기 전에 IP 제어패킷의 교환을 통해 연결을 설정한다는 점에서 MPLS와는 달리 실질적인 연결지향형 서킷 교환이라고 볼 수 있다. 또한, LSP(Label Switched Path) 설정시 지연시간을 줄이기 위한 기능과 하나의 LSP에서 단방향 또는 양방향으로 설정할 수 있는 기능을 제공한다. 그리고 장애의 정확한 위치를 파악하는 기능, 라우팅 프로토콜 운용시 수많은 링크에 대한 플러딩 부담을 줄이는 기능, 그리고 인접 노드간 링크 속성 및 링크 연결성 그리고 지원 서비스 유형 등을 자동으로 인식하는 기능들을 제공한다. 링크관리 기능, 라우팅 기능 그리고 신호방식 기능들에 대한 좀더 세부적인 내용은 [6]에 기술되어 있다. 하지만, 이들 장점의 이면에는 ATM 또는 MPLS와 같이 자유로운 대역폭 할당이 어려워 단위 대역폭 단위로 대역폭을 제어해야 하는 단점이 존재한다.

III. GMPLS 기능 요구사항

1. GMPLS 일반

[6]에 기술되어 있는 것 처럼 GMPLS는 MPLS의 패킷 교환 인터페이스와 계층-2 교환 인터페이스 뿐만 아니라 TDM 교환 인터페이스, 램다 교환 인터페이스, 그리고 파이버 교환 인터페이스에 대한 LSP 설정까지를

포함한다. 이는 레이블 교환의 MPLS에 비해 LSP 성격, 레이블의 요청/통신 방법, LSP의 방향성, 장애 전달, 그리고 종단 LSR(Label Switched Router)간 동기 정보 등에 영향을 준다. 또한, GMPLS는 오버레이 모델, 피어 모델, 그리고 하이브리드 모델 모두를 지원할 수 있도록 설계/구현되어야 한다. 이는 신호방식, 링크관리, 그리고 라우팅과 같은 광네트워크 제어평면의 구성요소들을 운용 대상인 네트워크 특성에 따라 통합적으로 제어해야 한다는 것을 의미한다.

좀더 구체적으로 살펴보면, GMPLS에서는 제어 평면과 데이터 평면은 분리되기 때문에, 제어 평면에서의 인접 노드는 데이터 평면의 인접 노드가 더 이상 될 수 없다. 이런 이유로 인접 노드간에 TE 링크를 상호 연관시키기 위해 LMP와 같은 메커니즘이 필요하다. 라우팅은 동일한 목적을 이루려고 하지만 구현 방법에 따라 MPLS의 라우팅 프로토콜을 확장/변경하는 방법과 라우팅 서버를 사용하는 방법 가운데 광네트워크 제어평면의 구성요소 특성에 맞게 조정해야 한다. 예를 들면, 프로토콜을 이용한 라우팅 정보 교환은 네트워크 내의 시스템간 정보 동기화 제어채널 대역폭, 효과적인 보호/절체 그리고 트래픽 엔지니어링 등에 문제가 있기 때문에 실제의 GMPLS 시스템 구현에서는 후자의 방법을 선호하고 있다. 이는 홉바이홉 라우팅 대신 소스 라우팅을 원하는 시스템 개발 상황으로 추정할 수 있다. 하지만, 전자는 라우팅 서버의 안정성 및 신뢰성에 대한 별도의 대책이 요구되나, 본 논문에서는 이 부분을 다루지 않는다.

GMPLS는 수백 수천개의 링크(예: 타임슬롯)가 두 노드에 접속될 수 있는 이유로 TDM, LSC, 그리고 FSC 계층에서 IP 주소지정방식 및 라우팅 모델에 제약이 있다. SONET/SDH 경우 현재 대부분의 네트워크 운용자는 이미 두 노드 사이에 파이버당 수백개의 타임슬롯을 사용하고 있다. 따라서, 각 링크의 종단마다 하나의 IP 주소를 할당하거나, 각 링크를 하나의 독립된 라우팅 인접성으로 표현하는 것은 실용적이지 못하다. 이런 목적을 위해 GMPLS는 기존의 IPv4 및 IPv6 주소지정방식 모델을 보완해야 하며, 기술적인 대안으로 비번호 링크와 링크 번들링과 같은 두가지의 메커니즘을 적용한다. 또한, 신호방식의 경우, 하나의 LSP에 대한 명시적 루트는 데이터링크가 아닌 TE 링크로 표현되어야 한다. 이는 번들 링크에 대한 라우팅 정보를 교환하는 것이지만 번들 링크내의 데이터링크에 대한 라우팅 정보를 교환

하는 것이 아니기 때문이다. 또한, 사용할 데이터링크에 대한 선택은 항상 업스트림 노드가 결정한다. 만일 LSP가 양방향성을 가져야 한다면 업스트림 노드는 각 방향에 대한 데이터링크를 선택해야 한다. 이러한 선택을 다운스트림 노드에게 알리기 위해 세가지 메커니즘(암시적 표시, 번호화 인터페이스 식별자에 의한 명시적 표시, 그리고 비번호 인터페이스 식별자에 의한 명시적 표시)중 네트워크 특성에 따라 적절한 메커니즘을 선택해야 한다.

상기의 GMPLS의 일반적인 요구사항에 추가하여, SDH 스위칭 유형 고유의 연결제어를 위해 고려해야 할 기능요소들은 다음과 같다:

- (1) 포괄적 레이블 요청 포맷
- (2) TDM 타임슬롯 관련 레이블
- (3) 레이블 충돌 대책을 포함한 양방향 LSP 설정
- (4) 신속한 장애 통보
- (5) 일차적 및 이차적 LSP 표시를 위한 보호 정보
- (6) 적절한 단위의 연결제어를 위한 명시적 라우팅
- (7) 전송 기술별 트래픽 파라미터
- (8) LSP 유지보수 상태 처리
- (9) 제어채널의 분리

상기 기능요소들중 SDH 동기식 다중화구조 특성상 (1), (2), (3), (6), (7) 그리고 (8)번의 기능요소들은 필수 항목들이며, (4)번 그리고 (5)번의 기능요소들은 SDH 고유의 OAM 기능으로 적용 가능하기 때문에 선택 항목들이다. 그리고 GMPLS 환경에서는 (9)번 기능요소를 필수로 수용하는 것이 적절하다. 하지만, (9)번의 경우, 제어 네트워크의 설계 방식에 따라 제어채널의 분리 정도를 다양하게 적용할 수 있기 때문에 제어 네트워크의 설계에 세심한 주의를 요한다.

2. LSP 설정

TDM 기반 LSP 설정은 목적지 방향으로 Path 메시지를 전송함으로써 이루어진다. 이 메시지는 LSP 및 페이로드 유형을 표시하는 “일반 레이블 요청(Generalized Label Request, 부호화 유형값은 “5”만 가능하며, 스위칭 유형값은 “100”만 가능함. 그리고 G-PID(Generic Payroad Identifier)는 “27”을 적용)”를 포함하고 있으며, “명시적 루트 객체(Explicit Route Object)”를 NG-SDH 네트워크의 인그레스 노드에서 추가한다. 요청 대역폭은 SENDER_TSPEC에서 표시되며, 특정 전송 기술 관련

파라미터, 예를 들면, 신호 유형, SONET/SDH LSP 관련 연결 및 투명성 등과 같은 파라미터들도 이들 트래픽 파라미터에서 정의한다^{6,7)}.

NG-SDH 기반 네트워크는 양방향 설정을 디폴트로 처리해야 하는 관계로 업스트림 노드는 업스트림 패스를 위해 “업스트림 레이블(Upstream Label)”을 Path 메시지에 포함한다. “레이블 셋(Label Set)” 객체는 업스트림 노드가 다운스트림 노드에게 레이블 선택을 제한하기 위해 사용되지만, 이 객체는 램다 기반 네트워크의 정보이기 때문에 NG-SDH 네트워크에서는 적용하지 않는다. “제안 레이블(Suggested Label)” 객체는 업스트림 노드가 다운스트림 노드에게 하나의 레이블 또는 일련의 레이블에 대한 선호 또는 배제를 표시하기 위해 사용된다. 이 객체를 사용하여 업스트림 노드는 다운스트림 노드와 협상하기 전에 스위칭 자원의 제어를 시작할 수 있다. 따라서, 절체 목적으로 대체 LSP의 조기 설정이 요구되는 상황에서는 유용하다. 하지만, 이 객체 역시 램다 기반 네트워크에서 유용한 정보로 판단되기 때문에 NG-SDH 네트워크에서는 적용하지 않는다. 그리고 데이터링크의 선택 또한 업스트림 노드의 역할이며, 양방향 연결을 위해 각 방향에 대한 데이터링크를 포함해야 한다. 이후, 다운스트림 노드는 Path 메시지에 응답으로 다운스트림 노드는 다운스트림 패스를 위해 “일반 레이블(Generalized Label)”객체를 Resv 메시지를 포함하여 전송한다.

Path 메시지와 Resv 메시지의 “업스트림 레이블(Upstream Label)”과 “일반 레이블(Generalized Label)” 객체는 다양한 수준의 레이블을 포함할 수 있다. 예를 들면, 가상 연결의 SDH 경우, 레이블 리스트가 포함되는데, 각 레이블은 해당 가상 연결 신호의 타임슬롯 위치를 나타낸다. 하지만, 이 레이블 리스트는 반드시 하나의 데이터링크 내에서만 의미가 있기 때문에, 하나의 연결에서 다수의 데이터링크를 사용해야 한다면 이와 대응되는 다수의 LSP를 설정해야 한다. 따라서, 이러한 상황에서는 LSP-ID 대신 Tunnel-ID를 사용하여 해당 연결을 구분해야 한다. 그리고 연속 연결 기반의 SONET/SDH 경우, 단지 하나의 레이블만이 포함된다. 이 레이블은 연속 연결의 최저 신호를 나타내야 한다. 하지만, NG-SDH 기반 네트워크에서는 오버헤드 바이트의 투명성이 보장되는 연속 연결 서비스를 제공하지 않기 때문에, 고순위 타임슬롯(VC-3, VC-4) 단위의 가상 연결 서비스만을 대상으로 연결을 제어해야 한다. 따

라서, “업스트림 레이블(Upstream Label)”이나 “일반 레이블(Generalized Label)” 객체에서 저순위 VC(VC-11, VC-12)에 대한 가상연접 기능을 지원하지 않기 때문에 ‘L’ 및 ‘M’은 모두 ‘0’으로 표시하고, ‘S(1 ~ N)’, ‘U(1 ~ 3)’, ‘K(1 ~ 3)’ 값만을 사용할 수 있다. 참고로 VC-3에서는 N의 값은 64가 된다¹⁶⁾.

IV. NG-SDH 시스템의 연결제어 기능 설계

1. S/W 기능구조

NG-SDH 시스템의 S/W 관점에서 키워드라고 할 수 있는 주요 대기능으로 네트워크 및 시스템 연결제어, OAM, EMS, 그리고 보호 및 절체 기능을 지칭할 수 있다. 이들 대기능들은 동작 위치에 따라 통신 방법이 다를 수 있다. 예를 들면, PC(Personal Computer)에서 동작하는 대기능(네트워크 연결제어와 EMS)과 노드의 MP(Main Processor)에서 대기능(시스템 연결제어와 OAM)간의 통신 인터페이스는 SNMP 매니저와 에이전트를 통해 이루어지며, 노드의 MP 및 LP간 통신 인터페이스는 이더넷 환경을 적용한다. 그리고 동일한 위치에서의 대기능간 또는 내부의 기능 블록간 인터페이스는 전통적인 IPC(Inter-Process Communication) 등을 이용한다. 이들 통신 방법이 기능의 위치에 따라 영향을 받게 되면 S/W 이식성에 문제가 발생할 수 있다. 이를 해결하는 방법으로 미들웨어를 적용할 수 있으나, 성능 문제로 인해 실시간적인 트랜잭션 처리가 요구되는 기능(예를 들면, 시스템 연결제어 기능)에는 응용하기가 어려운 점이 있다. 이 부분은 추후 검토가 필요하다. 이러한 통신 방법을 배제한 상태에서 NG-SDH 시스템의 S/W 기능 구조는 다음과 같다.

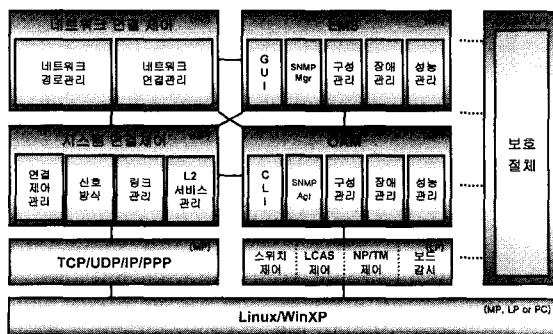


그림 4. NG-SDH 시스템의 S/W 기능 구조
Fig. 4. S/W functional structure of the NG-SDH system.

위의 <그림 4>에서 EMS(Element Management System) 및 OAM(Operation and Maintenance)의 구성/장애/성능 기능들은 각각 노드 외부 및 내부에서 지원되는 관리 평면에 속하는 기능들이다. 그리고 네트워크 연결제어 및 시스템 연결제어 기능들은 제어 평면에 속하는 기능들이며, IPCC(IP Control Channel) 제어, 스위치 제어, LCAS 제어, NP/TM(Network Processor and Traffic Measurement) 제어, 그리고 보드 감시 기능들은 시스템 내부 디바이스들에 대한 시스템 내부의 제어 기능들이다. 그리고 보호 절체 기능은 이들 주요 대기능(네트워크 및 시스템 연결제어, OAM, EMS)에서 공통적으로 적용되는 기능이다.

이들 기능들 중 전통적인 전송 시스템과 다른 부분이 네트워크 및 시스템 연결제어 관련 세부 기능들과 LCAS 및 NP/TM 제어 기능들이다. 그리고 스위치 제어 기능은 시스템 개발 전략에 따라 TDM 기반 서킷 스위칭 방식 또는 패킷 기반 스위칭 방식을 선택할 수 있으나, 중요한 요구사항으로써 스위칭 방식에 관계없이 전통적인 SDH 네트워크의 주요 특징인 장애 감지 이후 50ms 이내에 보호 동작이 완료될 수 있어야 한다는 것이다. 참고로, 현재 진행중인 NG-SDH 관련 프로젝트에서는 향후의 All IP 네트워크 진화 방향으로 초점을 맞추어 패킷 기반 스위칭 방식을 취하고 있다.

2. LCAS 연동

네트워크 이용자의 대역폭 요구는 접속 시간대에 따라 다양할 수 있다. 예를 들면, 업무 시간대의 대역폭이나 특정 요일의 대역폭은 폭주하는 상황이 있는 반면, 프로비전 대역폭의 20 ~ 30% 마저도 이용하지 못하는 상황이 있을 수 있다. 따라서, 예상 대역폭 수준을 사전에 가정하고 언제나 전용선 형태로 네트워크를 운용하는 것은 적절하지 못한 방법이다. 이를 방지 하고 향후 SDH 생존 수단으로 유용하게 이용할 수 있는 메커니즘이 바로 LCAS 프로토콜이다.

LCAS는 SDH(NG-SDH 시스템에서는H4 오버헤드 바이트를 사용) 또는 OTN 기반 네트워크에서 VC (Virtual Concatenation) 기능을 통해 전송하는 컨테이너의 용량을 증가시키거나 감소시킬 때 사용하는 프로토콜이다. 또한, VC 그룹 (VCG) 내의 특정 멤버가 네트워크의 장애에 의해 서비스가 어려울 때 이 멤버를 제거하여 링크 용량을 자동적으로 감소하고 이 멤버의 장애가 제거되었을 때 링크의 용량을 자동적으로 복귀시

키는 기능도 제공한다. 이 프로토콜은 중계 노드에서는 처리되지 않으며, 현재의 연결을 유지하고 있는 네트워크내의 종단 NG-SDH 노드간 적용된다. LCAS 프로토콜과 신호방식 프로토콜간의 간단한 연동 시나리오의 [9]를 참조한다.

LCAS 프로토콜의 개발에서 고려해야 할 부분은 방향성과 연결 유형과의 연동 문제이다. LCAS 프로토콜은 단방향성 동작을 수행한다. 이를 위해, NG-SDH 네트워크에서는 SDH 링크가 대칭형 양방향 속성을 유지하고 있는 관계로 EMS/NMS에서 다운스트림 및 업스트림의 각 방향으로 LCAS 멤버 제어 동작을 개시해야 한다. 또한, 전통적인 전송 시스템은 프로비전형 연결제어만을 처리하지만, NG-SDH 시스템에서는 반교환형 및 교환형까지를 통합 제어하기 때문에 이들의 연결제어에서도 LCAS와의 연동이 고려되어야 한다. 특히, NG-SDH 네트워크에서 신호방식 프로토콜은 양방향 모드를 적용하지만 LCAS 프로토콜은 EMS/NMS의 개입에 의한 단방향이기 때문에 이들 프로토콜간의 통합 운용을 위해 개선의 여지가 있다. 하나의 예로써, GMPLS RSVP-TE 프로토콜에서 LSP 설정시 소스 노드측에서 LCAS 적용 여부를 추가하면 싱크 노드측에서는 이 정보의 상태에 따라 EMS/NMS의 개입없이 업스트림 방향으로 LCAS 멤버 제어 패킷을 전송할 수 있다.

3. 링크 연결성 검증

LMP 프로토콜을 이용한 링크 연결성 검증은 GMPLS 제어방식에서 사용되는 링크 식별자들을 교환하고 데이터 채널들의 물리적 연결성을 검증하기 위해 사용되는 독특한 절차이다. 이는 데이터 채널상에 Test 메시지를 대역내 방식으로 전송하기 때문이다. 특히, 중앙 집중적 라우팅 서버 방식에서 LMP 프로토콜에서 수집된 노드간 링크 접속 정보(국부 및 원격의 TE 링크간 데이터 링크 접속상태 정보)는 네트워크 차원의 위상이나 링크들의 접속 상태 정보로 재구성하여 NG-SDH 네트워크의 종단간 라우팅 패스를 계산하는데 이용할 수 있다. 이 절차는 실제 서비스를 시작하기 전에 시스템 동작 초기에 수행되어야 하며, 이후에는 사용되지 않은 데이터 채널에 대해 주기적으로 실시할 수 있다^[10].

링크 연결성 검증 메커니즘을 개시하기 위해, 노드는 특정 데이터 채널 상에서, 즉, 특정 번들 링크 내의 데이터링크 상에서 Test 메시지의 전송 방법, 검증하고자 하는 데이터 채널의 수, Test 메시지의 전송 간격 등을

자신의 인접 노드와 협상해야 한다. NG-SDH 시스템은 Test 메시지의 전송 방법으로 [11]에서 제시하고 있는 방법 가운데 SDH MS 또는 RS 오버헤드 바이트를 사용하는 방법과 JO(RS 추적) 또는 J1(고순위 패스 추적)의 오버헤드 바이트를 사용하는 방법을 선택적으로 지원하도록 해야 한다.

링크 연결성 검증 기능을 구현하는데 있어서 고려해야 할 부분은 하나 또는 다수의 데이터링크들로 구성된 TE 링크 단위로 연결 상태를 확인하기 때문에 TE 링크의 속성을 명확히 정의해야 하며, 인접 노드간 링크 속성을 관리할 수 있어야 한다. 이를 위해 링크 속성 상 관 메커니즘을 사용하여 하나의 번들 링크에 데이터링크를 추가하거나, 링크의 예약 가능한 최소 및 최대 대역폭을 변경하거나, 동일 번들 링크내의 데이터링크 식별자를 변경할 수 있다. 이러한 TE 링크 관련 정보는 링크관리 프로토콜뿐만 아니라 신호방식 프로토콜, 그리고 연결제어관리 기능에서도 공유할 수 있도록 해야 한다. 이를 위해, NG-SDH 시스템에서는 연결제어관리 기능이 시스템 구성관리 기능으로부터 라인 카드의 형상 정보를 획득한 후, 각각의 TE 링크와 관련 데이터링크들을 재구성하도록 한다. 또한, 중앙 라우팅 서버에서 신속히 반영하기 어려운 데이터링크에 대한 장애 상황을 연결제어관리 기능이 즉시 반영할 수 있도록 한다.

4. 기능블록간 연동

4.1절에서 언급된 다양한 기능블록들 가운데 NG-SDH 시스템의 연결제어 관련 기능블록들간 연동은 라우팅, 신호방식, 링크관리, LCAS 기능들로 구성되는 노드-대-노드 연동과, 이를 위한 시스템 내부의 스위치 및 NP 연결제어 기능들로 구성되는 노드내 연동으로 구분할 수 있다. 여기서 L2 서비스관리 및 NP/TM 제어 기능블록들은 종단 NG-SDH 시스템에서 패킷 관련 연결을 처리하기 위한 연동 관계이며, 다른 기능블록들은 NG-SDH 네트워크 내부에서 회선 및 패킷의 구분없이 고순위 타임슬롯(VC-3, VC-4) 단위의 스위칭을 처리하기 위한 연동 관계이다. 이러한 NG-SDH 시스템의 연결제어 관련 기능블록간 연동은 다음과 같다.

연결제어 관련 기능블록들 가운데 연결제어관리 기능블록이 NGTS 시스템들로 구성되는 NG-SDH 기반 메트로 네트워크에서 노드-대-노드 연동 및 노드내 연동에 대해 연결제어 기능을 총체적으로 제어하며, 이와 관련하여 노드 내부의 연결 자원을 관리한다. 특히, 이 기

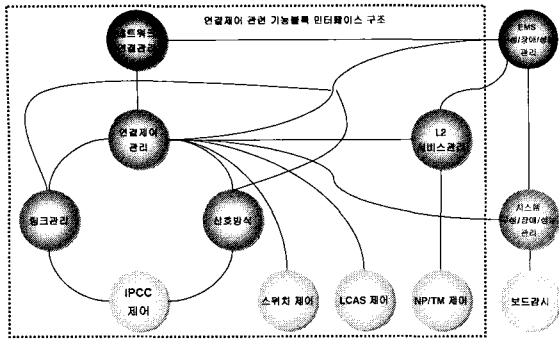


그림 5. NG-SDH 시스템의 연결제어 관련 기능블록간 연동

Fig. 5. Interworking between functional blocks for connection control in the NG-SDH system.

능블록은 프로비전형 연결에서는 타임슬롯 제어를 중앙 라우팅 서버가 수행하는 반면에, 반교환형 및 교환형에서는 각 NG-SDH 노드에서 인접 노드간 프로토콜 교환을 통해 자체적으로 직접 수행해야 한다.

그리고 연결제어 기능에서 필요로 하는 시스템 차원의 구성/장애/성능 관리 정보는 연결제어관리 기능블록에서 중복하여 구성하지 않고 OAM의 구성/장애/성능 관리의 DB를 공유하되, 호/연결 처리의 성능을 개선하기 위해 연결 자원 관련 정보는 부분적으로 중복할 수 있도록 한다. 또한, 시스템 형상 관련 장애 처리는 일차적으로 OAM에서 판단한 후 필요하면 연결제어관리 기능블록으로 통보하도록 한다. 이후, 연결제어관리 기능블록은 내부의 연결 자원 관리 모듈과의 연동을 통해 신호방식 및 링크관리 기능과의 관련 인터페이스를 호

표 1. 연결제어관리 기능블록 관련 주요 API 유형

Table 1. API types for the connection control management functional block.

기능블록	API 유형	기능블록	API 유형
EMS 구성/장애/성능	·연결제어 정보 프로비전 요구/응답/보고	시스템 구성/장애/성능	·데이터링크 정보 요구/응답
네트워크 연결관리	·명시적 루트 질의 보고 ·연결설정 생성/해제의 요구/응답/보고 ·링크용량의 동적 추가/삭제의 요구/응답/보고	L2 서비스 관리	·연결설정 생성/삭제 보고
스위칭 제어	·스위칭 선정/해제의 요구/응답/보고	LCAS 제어	·링크용량의 동적 추가/삭제의 요구/응답/보고
신호방식	·연결 설정 생성/삭제의 요구/응답/보고		

출한다. 연결제어관리 기능블록과 인터페이스하는 주변 기능블록들간의 주요 API(Application Programming Interface) 유형은 다음과 같다.

V. 결론

지금까지 이 논문에서는 링크관리, 신호방식, 그리고 라우팅에 대한 요구사항에서부터 프로비전형 연결, 반교환형 연결 그리고 교환형 연결에 이르기까지 통합 연결 제어, GMPLS 기능 요구사항, 그리고 LCAS 및 링크 연결성 검증 기능들과 같은 세부 기능에 이르기까지 Top-down 접근방식을 통해 NG-SDH 시스템의 연결제어 기능 설계 과정을 제시하였다. 특히, 라우팅 프로토콜의 대체 수단으로써, LMP 프로토콜의 적용방안을 제시하였다, 이는 MPLS 및 GMPLS 네트워크에서 무리없이 적용할 수 있는 프로토콜으로써, 노드간 데이터링크의 프로비전 상황을 자동 검증하고, 이 결과를 바탕으로 EMS/NMS에서 패스 계산을 수행할 수 있는 능력을 지원할 수 있다.

연결제어 기능에 대한 중요한 요구사항중 하나로서 NG-SDH 네트워크 내부에서는패킷 및 서킷 스위칭 방식에 관계없이 GMPLS 기반 고순위(VC-3, VC-4) 타임슬롯 스위칭을 가정하고 있다. 그리고 그 배경에서는 O-UNI 및 O-NNI의 상호연동성 규격 수용을 암시하고 있다. 하지만, 이러한 연결제어에서는 단점이 있을 수 있다. 즉, NG-SDH 가입자의 연결제어는 N * VC-3 단위로만 수행된다는 점이다. 다시 말해서 패킷 처리가 가입자의 다양한 LSP 요구사항을 반영하기 어렵다는 것이며, 가입자 단위의 OAM 기능을 수용하기 어렵다는 것이다. 따라서, 향후의 검토사항으로 패킷 처리를 위해 MPLS 기반 레이블 교환 방식을 추가하는 것이다. 하지만, 이 상황에서도 라우팅 프로토콜 기능을 LMP 프로토콜과 중앙 라우팅 서버로 대체하는 것은 유효하다.

지나친 예단의 가능성도 존재하지만, NG-SDH 기반의 메트로 네트워크에서 OSPF 또는 IS-IS와 같은 라우팅 프로토콜을 사용하지 않고서도 동일한 수준 이상의 라우팅 기능을 지원할 수 있다는 사실을 본 프로젝트를 통해 증명할 수 있다면, 현재 정부 차원에서 추진하고 있는 BCN(Broadband Convergence Network)을 위해 전담 네트워크의 새로운 역사를 통진 시장이라는 무대 위로 올릴 수 있을 것이다.

참고 문헌

[1] OIF, "UNI 1.0 Signaling Specification," oif 2000.125.7, Oct. 2001.

[2] OIF, "Interim NNI Specification," oif2002.025.01, April. 2002.

[3] IETF, "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Resource ReserVation Protocol-Traffic Engineering (RSVP-TE) Extensions," rfc3473, Jan. 2003.

[4] ITU-T, "Requirements for Automatic Switched Transport Networks(ASTN)," G.807, Jul. 2001.

[5] YoungHwa Kim, Kwangjoon Kim, JongHyun Lee, JaeCheol Ryou, "Functional Structure of Control Plane for the Intelligent Optical Internet," COIN+PS2002 Proceeding, Jul. 2002, pp. 268-270.

[6] IETF, "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Architecture," draft-ietf-ccamp-gmpls-architecture-07.txt, May. 2003.

[7] IETF, "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Functional Description," rfc3471, Jan. 2003.

[8] IETF, "SONET/SDH Encoding for Link Management Protocol (LMP) Test messages," draft-ietf-ccamp-lmp-test-sonet-sdh-03.txt, May 2003.

[9] D. Cavendish, Su-Hun Yun, O. Matsuda, K. Murakami, M. Nishihara, "New transport services for next generation SONET/SDH Systems," IEEE Communication Magazine, May. 2002, pp. 80-87.

[10] IETF, "Link Management Protocol(LMP)," draft-ietf-ccamp-lmp-07.txt, Nov. 2002.

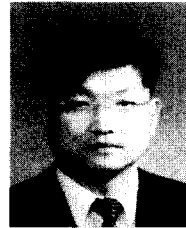
[11] IETF, "Generalized Multi-Protocol Label Switching Extensions for SONET and SDH Control," draft-ietf-ccamp-gmpls-sonet-sdh-08.txt, Feb. 2003.

저자 소개



金永和外(正會員)
 1987년 : 전남대학교 계산통계학과 졸업. 1997년 : 충남대학교 컴퓨터학과 석사 졸업. 2000년~현재 : 충남대학교 컴퓨터학과 박사과정. 1988년~현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원. <주관심분야 : 통신 프로토콜 및 서비스, MPLS/GMPLS, 광인터넷>

<주관심분야 : 통신 프로토콜 및 서비스, MPLS/GMPLS, 광인터넷>



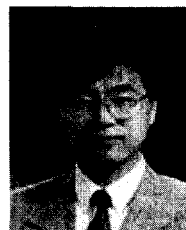
李鍾弦(正會員)
 1981년 : 성균관대학교 전자공학과 졸업. 1983년 : 성균관대학교 대학원 전자공학과 공학석사. 1992년 : 성균관대학교 대학원 전자공학과 공학박사. 1983년~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원. IEEK, KICS, IEEE Communication Society 회원. <주관심분야 : 광인터넷 전달 네트워크 기술, 광전송 기술>

<주관심분야 : 광인터넷 전달 네트워크 기술, 광전송 기술>



芮乘讓(正會員)
 1982년 : 경북대학교 전자공학과 학사. 1984년 : 경북대학교 대학원 전자공학과 석사. 2001년 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 박사. 1984년~현재 : 한국전자통신연구원 광통신연구부 책임연구원. <주관심분야 : 통신시스템 운용관리, 광인터넷>

<주관심분야 : 통신시스템 운용관리, 광인터넷>



柳在哲(正會員)
 1985년 : 한양대학교 산업공학 학사. 1988년 : Iowa State University 전산학 석사. 1990년 : Northwestern University 전산학 박사. 1991년~현재 : 충남대학교 정보통신공학부 교수. <주관심분야 : 컴퓨터 및 통신 보안, 분산처리, 네트워크 관리>

<주관심분야 : 컴퓨터 및 통신 보안, 분산처리, 네트워크 관리>