

※ 광인터넷 특집

광 링크 관리기술



차영욱

안동대학교 전자정보산업학부



허재두

한국전자통신연구원 책임연구원 광전송 S/W 팀장

I. 서론

IETF에서는 광 네트워크에서의 IP를 위하여 프레임워크, O-UNI 및 O-NNI 제어기능의 요구 사항과 GMPLS(Generalized Multiprotocol Label Switching)의 표준화를 진행중에 있다. 기존의 MPLS는 패킷 스위칭만을 지원하나 GMPLS는 다중 스위칭 유형, 즉 TDM 스위칭, 램다 스위칭, 파이버 스위칭을 지원하기 위해서 확장되고 있다. GMPLS의 목적은 단일 제어 평면의 구축, 트래픽 엔지니어링 기능의 지원, 절체와 복구를 수용하고, 광 스위치, 광 전송 그리고 레이블 스위치 라우터를 통합함으로써 캐리어와 서비스 제공자에게 새로운 서비스의 도입을 용이하게 하는 경제적인 방법을 제공한다.

GMPLS의 도입은 기존 MPLS에서 사용되던 신호 및 라우팅 프로토콜의 수정을 요구하며 또한 LMP(Link Management Protocol)와 같은 새로운 프로토콜의 개발을 요구한다. IETF IP-서브 영역의 CCAMP(Common Control Architecture and Measurement Plane) 워킹그룹

에서 정의되고 있는 LMP는 제어채널의 연결성을 설정 및 유지하며, 데이터 링크의 물리적인 연결성을 검증하며, 링크의 속성들을 상호 연관시키며, 링크의 장애를 관리한다. 이러한 LMP는 기존의 디지털 크로스커넥터(DXC)나 라우터의 링크 관리기능을 강화시키며, 광 크로스커넥터(PXC)와 DWDM 시스템이 이중의 광 네트워크에서 지능적으로 상호호환이 될 수 있게 한다.

본 고의 II장에서는 크로스커넥터 사이에서 동작하는 LMP 프로토콜에 대한 IETF 및 OIF의 표준화동향을 소개한다. III장에서는 크로스커넥터와 전송장비사이의 링크관리를 위하여 기존의 LMP에 WDM 관련 기능을 확장하여 사용하는 LMP-WDM과 단순화된 NTIP(Network Transport Interface Protocol) 프로토콜의 표준화동향을 정리한다.

II. 크로스커넥터 사이의 링크관리

1. IETF의 링크관리 프로토콜

GMPLS에서 제어채널은 LMP의 링크관리 정보, RSVP-TE나 CR-LDP의 경로관리 및 레이블 분배정보 그리고 OSPF-TE나 ISIS-TE의 네트워크 토폴로지 및 상태분배 정보를 전달하기 위하여 설정된다. GMPLS 네트워크에서 링크관리를 위한 기본 요구사항은 인접노드 발견 및 제어채널의 관리와 링크속성의 상호교환 기능이며 데이터 링크의 연결성 검증과 장애관리 기능은 부가적인 기능으로 정의하고 있다.

LMP는 노드 사이에 적어도 하나의 활성화된 양방향 제어채널이 요구되며 각 방향별로 노드 내에서 유일한 CCID(Control Channel Identifier)를 할당한다. CCID를 할당하는 한가지 방법은 해당 인터페이스의 IP 주소나 인터페이스 인덱스를 사용하는 것이다. 링크 검증단계에서 사용되는 Test 메시지를 제외한 LMP의 모든 메시지들은 IP 패킷에 실려서 제어채널로 송수신된다. 표 1은 LMP의 각 기능별로 정의된 메시지의 종류 및 주요 정보요소를 나타낸다.

광 도메인에서 사용자 데이터는 네트워크 효율을 높이기 위하여 투명하게 스위치되므로 제어평면의 정보전송이 사용자 데이터의 전송과 분리될 필요가 있다. 이러한 분리는 제어채널의 양호함과 데이터 링크에 대한 양호함의 상관관계가 없어지므로, 제어채널의 연결성을 설정 및 유지하기 위한 관리기능이 요구된다.

제어채널의 관리기능은 파라미터의 협상단계와 keep-alive 단계로 구성된다. 협상단계에서는 Config 메시지를 이용하여 제어채널의 식별자(CCID) 교환, keep-alive 단계의 동작 타이머 협상, LMP의 확장된 기능인 링크 검증절차나 장애고립 절차의 사용에 관한 협상을 수행한다. 제어채널의 연결성을 유지하기 위하여 keep-alive 단계에서는 가벼운 Hello 프로토콜이 수행된다.

1.2 링크속성의 상관관계 교환

다중 스위칭 유형을 지원하는 GMPLS에서 관리되는 링크들의 전체 수는 MPLS 네트워크

〈표 1〉 LMP 기능 및 관련 메시지

기능		메시지	주요 정보요소
제어채널 관리	파라미터협상	Config, ConfigAck/Nack	Hello Config TLV, LMP Capability TLV
	Keep-alive	Hello	TxSeqNum, RxSeqNum
링크속성교환	링크요약정보	LinkSummary, LinkSummaryAck/Nack	TE Link TLV, Data Link TLV
연결성 검증	검증개시	BeginVerify, BeginVerifyAck/Nack	Local/Remote TE Link ID, Bit rate, Encoding Type, Transport Mechanism, No of Data Links, Wavelength
	검증수행	Test, TestStatusSuccess/Failure, TestStatusAck	Verify ID, Interface ID
	검증종료	EndVerify, EndVerifyAck	Verify ID
링크의 장애관리	장애통보	ChannelFail, ChannelFailAck/Nack	Failed Channel TLV
	활성화 통보	ChannelActive, ChannelActiveAck/Nack	Active Channel TLV

1.1 제어채널의 관리

보다 훨씬 많다. 비슷한 특성들을 갖는 여러 개의 링크들을 묶어서 하나의 링크 다발화

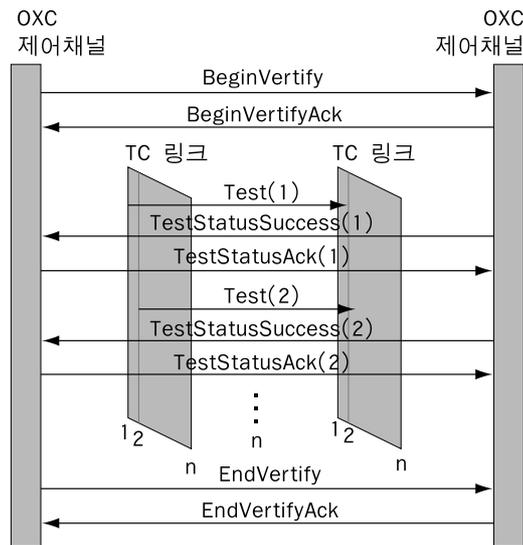
(bundling)로 할당하여 링크상태 프로토콜 (OSPF/IS-IS)에서 처리되는 정보를 줄임으로 대규모 네트워크에 대처할 수 있다. 이러한 링크 다발화는 TE(Traffic Engineering) 링크의 한 종류로 볼 수 있다. 인접노드 사이의 TE 링크 및 TE 링크에 포함되는 데이터 링크인 포트나 컴포넌트 링크의 식별이 요구된다. 신호기능에서는 이러한 TE 링크 및 데이터 링크의 식별자 정보를 물리적인 자원들을 위한 레이블로 사용하게 된다.

LMP는 인접노드 사이의 TE 링크 및 데이터 링크들의 속성을 LinkSummary 메시지를 이용하여 자동으로 교환하므로 수동 구성에 따른 오류의 발생가능성을 개선시킨다. TE 링크의 속성에는 멀티플렉싱 능력, 질체유형, 로컬 및 원격 TE 링크 식별자가 있으며, 데이터 링크의 속성에는 인코딩 유형, 로컬 및 원격 인터페이스 식별자 및 유형(포트 또는 컴포넌트 링크) 그리고 데이터 링크가 사용자 트래픽을 위하여 현재 할당되어 있는지의 정보들이 포함된다. 링크속성의 교환에 의하여 인터페이스 식별자의 매핑에 불일치가 발생한 경우에는 해당 링크의 검증절차를 수행하여야 한다.

1.3 링크 연결성의 검증

두 노드를 상호연결하기 위하여서는 적어도 하나의 데이터 링크가 포함되는 TE 링크가 노드상에 추가되어야 하며 최소한 하나의 활성화된 제어채널이 있어야만 한다. PXC에서는 데이터 링크들이 중단되지 않고 투명하게 통과되므로 데이터 링크의 연결성에 대한 검증을 요구하게 된다. 적절한 검증을 보장하기 위하여서는 데이터 링크가 할당되기전까지는 이들 데이터 링크가 불투명하여야만 한다. 링크 연결성의 검증은 TE 링크를 설정하는 경우에 반드시 수행되어야 하며, 모든 할당되지 않은 데이터 링크들에 대하여 주기적으로 수행될 수도 있다. 그림 1은 데이터 링크의 연결성을 검증하는 절차를 나타낸다.

를 나타낸다.



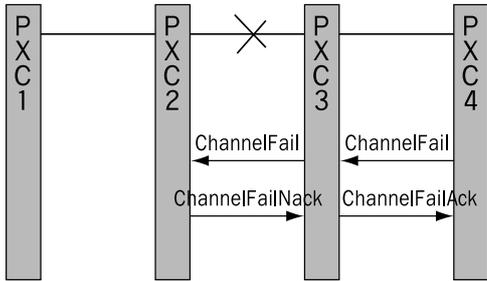
[그림 1] 데이터 링크의 연결성 검증절차

데이터 링크로 Test 메시지의 전송을 위하여 요구되는 검증주기, 인코딩 유형, 전송 메커니즘, 비트율 등의 정보를 BeginVerify 메시지를 통하여 제어채널로 전달한다. 제어채널로 TestStatusSuccess 메시지를 수신한 노드는 해당 데이터 링크의 검증절차를 완료한다. 리스트상의 모든 데이터 링크들에 대한 검증절차가 완료되면 EndVerify 메시지를 제어채널로 전달함으로써 TE 링크의 데이터 링크들에 대한 검증절차를 종료하게 된다.

1.4 링크의 장애관리

두 노드를 연결하는 TE 링크에서 하나 또는 그 이상의 데이터 링크에 장애가 발생한 경우, LMP는 신속한 장애감지 및 고립시키는 기능을 수행한다. PXC들은 비트율, 포맷, 그리고 파장들에 대하여 투명하므로 광 계층에서의 LOL (Loss of Light)이나 데이터의 광 모니터링 등을 이용하는 장애감지가 요구된다. 또한 투명한

포토닉 스위칭과 같은 기술에서는 장애의 위치를 정의할 방법이 현재까지는 없으므로 장애 정보가 제어채널로 전파되어야 한다.



[그림 2] 장애감지 및 고립화 절차

그림 2는 LMP의 장애감지 및 고립화 절차를 나타낸다. 두 PXC 사이의 데이터 링크에 장애가 발생하면 모든 다운스트림 노드들의 파워 모니터링 시스템은 LOL를 감지하게 된다. 데이터 링크의 장애를 감지한 다운스트림 노드는 자신의 업스트림 노드에게 ChannelFail 메시지를 전달한다. ChannelFail 메시지를 수신한 업스트림 노드는 해당 입력채널에도 장애가 감지되었는지를 조사한다. 해당 입력채널에도 장애가 발생되었다면 다운스트림 노드에게 ChannelFailAck 메시지를 반송하며, 장애가 감지되지 않았다면 업스트림 노드는 장애를 국부화시키며 다운스트림 노드에게 ChannelFailNack 메시지를 반송한다.

2. OIF의 인접노드 발견과 제어채널의 관리

OIF(Optical Interworking Forum)는 광 네트워킹 기술을 이용하여 데이터 스위칭 및 라우팅을 위한 서비스와 호환성있는 제품들의 개발을 위하여 1998년에 결성되었다. 신호 메시지의 전송을 위하여 UNI 1.0에서는 파이버내의 대역내 신호, 파이버내의 대역외 신호, 파이버외의 대역외 신호를 규정하고 있다. 인접노드 발견과 제어채널의 유지보수를 위해서 정의된 4 가지

의 기본단계는 다음과 같다.

- 단계 1 : 클라이언트와 ONE(Optical Network Element) 사이에 하나 이상의 제어채널을 생성하기 위하여 제어채널의 유형을 결정하고 제어패킷의 목적지 IP주소 등을 결정하는 단계이다.
- 단계 2 : 제어채널의 기본 파라미터들에 대한 협상이 이루어지는 단계이다.
- 단계 3 : 제어채널의 연결성을 유지하기 위한 Hello 프로토콜이 구동되는 단계이다.
- 단계 4 : 데이터 링크의 연결성을 검증하고 구성된 링크 파라미터들을 상호연관시키는 단계이다. TE 링크에 데이터 링크를 추가하거나 포트 ID를 바꾸거나 링크의 절체 메커니즘을 바꾸기 위해서는 반드시 링크의 요약정보를 교환하여야 한다.

파이버내의 대역내 신호구성에서 제어채널은 모든 컴포넌트 링크에서 실현되므로 단계 3의 Hello 프로토콜만이 동작한다. 대역외 신호구성에서는 인접노드 발견과 제어채널의 유지보수를 위해서 정의된 4가지의 단계들이 LMP 프로토콜을 이용하여 모두 수행된다. 애틀랜타에서 2001년 7월에 개최되었던 SUPERCOMM에서는 25개의 업체들에서 나온 장비들을 메쉬 형태로 연결하여 실시간의 동적인 연결제어에 대한 데모를 수행하였다. 데모를 위하여 UNI 1.0 문서를 기반으로 준비한 Interim UNI 문서에서는 인접노드 발견 및 제어채널의 관리기능을 포함하고 있으며, 이러한 기능은 LMP 기반으로 자동으로 수행되거나 또는 수동으로 구성되는 것을 모두 허용하고 있다.

III. 크로스커넥터와 전송장비 사이의 링크관리

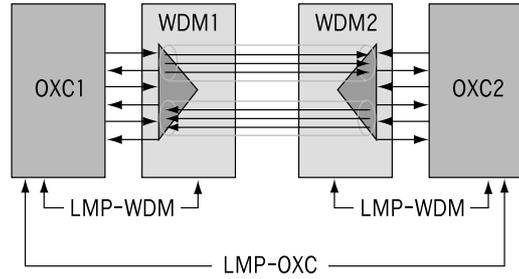
1. 전송장비를 위한 링크관리

대부분의 PXC들은 자신을 통과하는 광 신호의 내부를 볼 수가 없으므로 장애 감지기능은 이슈사항이다. 비록 PXC가 전광일지라도 장거리용 DWDM 전송시스템은 채널들을 전기적으로 중단한 후에 다시 광으로 재생성하므로, 광 경로들의 프레이밍 및 품질 뿐만 아니라 장비의 장애까지도 알 수 있다. 이러한 전송장비의 능력은 PXC들 사이에 있는 채널들의 양호함을 모니터할 수 있는 기회를 제공한다.

2001년 3월의 IETF 회의에서는 크로스커넥터와 전송장비 사이의 링크관리를 위한 표준화로 LMP-WDM과 NTIP(Network Transport Interface Protocol) 프로토콜을 사용하는 제안을 검토하였다. LMP-WDM은 기존의 LMP에 WDM과 관련한 기능을 추가하여 사용하는 것으로 GMPLS 네트워크의 모든 디바이스들에 대한 링크관리를 하나의 LMP 프로토콜로 사용하자는 접근방식이다. NTIP는 장애 이벤트의 신속한 통보에 초점이 맞추어져 있으며 LMP에 비하여 단순성을 강조한 프로토콜이다. LMP가 제어채널, TE 링크 그리고 데이터 링크의 관리를 위한 유한 상태머신(FSM)에서 총 24개의 상태에 46개의 이벤트를 가지고 있는 반면에 NTIP는 4개의 상태와 12개의 이벤트만을 가진다.

2. LMP 프로토콜을 확장한 링크관리

IETF의 CCAMP 워킹그룹에서 정의되어 있는 LMP는 OXC와 OXC 사이의 통신위주로 정의되어 있다. OXC 사이의 링크에 관한 많은 정보는 DWDM 전송시스템이 알고 있다. 이러한 정보를 LMP를 통하여 제어평면에게 알려줌으로써 네트워크의 사용성을 개선시킬 수 있으며, 수동 구성의 노력을 줄이게 하며 또한 장애감지 및 복구기능을 강화시킬 수 있다. OXC와 DWDM 전송장비사이에 확장하여 적용되는 LMP의 모델은 그림 3과 같다.



[그림 3] WDM 전송장비를 위한 확장된 LMP 모델

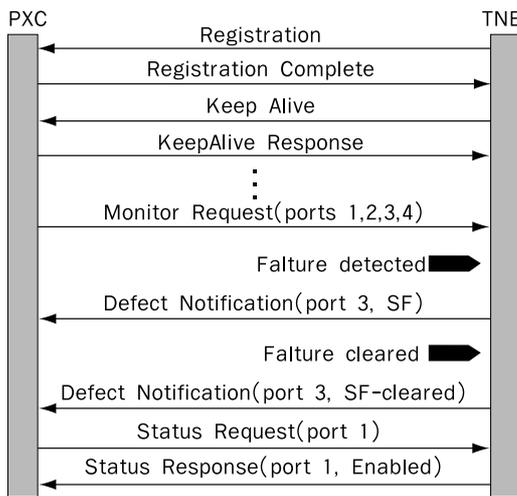
OXC와 OXC 사이의 LMP 세션은 광 계층에서의 GMPLS 신호 및 라우팅을 위하여 TE 링크의 설정 및 관리용으로 유용하게 사용되며, 전송레벨의 OXC와 DWDM 전송장비 사이의 LMP 세션은 OXC들 사이의 링크에 관한 정보를 보완하는데 사용될 수 있다. 두 LMP 세션이 독립적으로 동작하므로 OXC가 두 LMP 세션의 정보를 상호 조정할 수 있어야 한다. OXC와 DWDM 장비 사이에 제어채널이 설정되고 난 후에는 OXC와 OXC 사이에 정의되어 있는 LMP의 링크 관리기능이 OXC-WDM LMP 세션에 동일하게 적용될 수 있다.

포토닉 스위치의 투명한 특성으로 인하여 전통적인 방법들이 더 이상 링크들의 모니터링 및 관리에 적용될 수 없으므로 OXC-WDM LMP 세션을 위하여 성능정보의 요약 및 통보기능의 확장을 고려하고 있다. 성능 모니터링 정보는 OXC의 요구에 의하여 DWDM 시스템이 통보하거나 또는 DWDM이 주기적으로 OXC에게 통보하도록 할 수 있다. 또한 임계치를 구성하여 해당 임계치를 초과하는 경우에 성능정보를 통보하게 할 수도 있다.

3. NTIP 프로토콜

PXC와 전송 네트워크 요소(TNE: Transport Network Element) 사이에 구현되는 NTIP의 주된 목적은 TNE가 PXC에게 결함의 보고를 신

속하게 수행하는 것이다. NTIP는 TCP 기반의 비대칭으로 동작한다. 즉 PXC는 서버로 동작하며 TNE는 단순한 클라이언트로 동작한다. 반면에 LMP-WDM은 대칭 프로토콜이므로 전송 시스템의 링크관리 프로토콜을 단순화하기가 어렵다. 그림 4는 NTIP의 주요 기능을 나타낸다.



[그림 4] NTIP의 절차

인접 발견은 PXC와 TNE 사이에 광 연결성의 자동 발견을 수행하는 기능이며, 결함통보는 TNE가 PXC에게 링크, 파이버 그리고 장비의 장애 및 상태 등을 통보하는 기능이다. 모니터링은 PXC가 TNE에게 광 경로의 오버헤드상에서 특정 패킷을 모니터하도록 요구하는 기능이며, 진단은 PXC가 TNE에게 어떠한 포트나 채널의 진단을 요구하는 기능이다.

LMP에서는 모든 메시지들이 동등한 우선 순위로 처리되나 NTIP에서는 장애나 결함통보 메시지는 높은 우선순위로 처리된다. NTIP에서 정의하고 있는 결함유형에는 SD(Signal Degrade), SF(Signal Fails), AIS(Alarm Indication Signal), OEO 카드나 전송층의 레이저 장애와 같은 장비장애 그리고 기대한 패킷과 삽입된 패킷사이의 불일치 등이 있다.

IV. 결론

다중 스위치 유형을 지원하는 GMPLS의 도입은 새로운 링크관리 프로토콜의 개발을 요구한다. IETF에서는 크로스커넥터들 사이에서 제어 채널과 TE 링크들을 관리하는 LMP 프로토콜의 표준화를 진행중에 있다. OIF의 UNI 1.0에서는 IETF의 LMP 프로토콜을 기반으로 대역의 신호구성에서의 인접노드 발견 및 제어 채널의 관리기능을 규정하고 있다.

대부분의 광 크로스커넥터들이 데이터 링크에 대해 제한된 정보를 가지고 있는 반면에 DWDM 장비와 같은 전송장비들은 광 경로의 상세정보를 알 수 있다. IETF의 CCAMP 워킹 그룹에서는 크로스커넥터와 전송장비사이의 링크관리를 위한 표준화로 LMP-WDM과 NTIP 프로토콜의 사용을 검토하고 있다. LMP-WDM은 기존의 LMP에 WDM과 관련한 기능을 추가하여 사용하는 것이며, NTIP는 단순성을 강조한 프로토콜로 장애 이벤트의 신속한 통보에 초점이 맞추어져 있다.

CCAMP 워킹그룹에서 LMP-WDM과 NTIP의 독립적인 제안은 지난 3월 회의가 마지막이라고 통보하였으므로, 추후의 표준화는 NTIP의 아이디어인 장애관리 기능 및 결함유형들을 LMP-WDM에 수용하여 하나의 링크관리 프로토콜로 진행될 것으로 예상된다.

본 기고문은 한국과학재단 우수연구센터사업의 연구결과입니다.

참고문헌

[1] Bala Rajagopalan et al., "IP over Optical Networks: A Framework," Internet Draft, draft-many-ip-optical-framework-02.txt, January 2001.
 [2] Chuck Semeria, "Generalized Multiprotocol

- Label Switching for the new IP infrastructure,” LIGHTWAVE, December 2000.
- [3] Berger, L., et al., “Generalized MPLS - Signaling Functional Description,” Internet Draft, draft-ietf-mpls-generalized-signaling-02.txt, March 2001.
- [4] Lang, J., et al., “Link Management Protocol(LMP)”, Internet Draft, draft-ietf-mpls-lmp-02.txt, March 2001.
- [5] A. Fredette, et al., “Link Management Protocol(LMP) for WDM Transmission Systems,” Internet Draft, draft-fredette-lmp-wdm-01.txt, March 2001.
- [6] V. Sahay, et al., “Network Transport Interface Protocol(NTIP) for Photonic Cross Connects(PXC),” Internet Draft, draft-sahay-ccamp-ntip-00.txt, February 2001.
- [7] Ayan Banerjee, et al., “Generalized Multiprotocol Label Switching: An Overview of Routing and Management Enhancements,” IEEE Communications Magazine, January 2001.
- [8] OIF, “User Network Interface(UNI) 1.0 Signaling Specifications,” OIF Contribution, OIF2000.125.3, December 2000.
- [9] Ceuppens, L., et al., “Performance Monitoring in Photonic Networks,” Internet Draft, draft-ceuppens-mpls-optical-00.txt, March 2001.
- [10] Kompella, K., Rekhter, Y., Berger, “Link Bundling in MPLS Traffic Engineering,” Internet Draft, draft-kompella-mpls-bundle-05.txt, February 2001.
- [11] Awduche, D. O., et al., “Extensions to RSVP for LSP Tunnels,” Internet Draft, draft-ietf-mpls-rsvp-lsp-tunnel-08.txt, February 2001.
- [12] Bilel Jamoussi, et al., “Constraint-Based LSP Setup using LDP,” Internet Draft, draft-ietf-mpls-cr-ldp-05.txt, February 2001.
- [13] Katz, D., Yeung, D., “Traffic Engineering Extensions to OSPF,” Internet Draft, draft-katz-yeung-ospf-traffic-04.txt, February 2001. 

차영욱

1987년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1992년 충남대학교 계산통계학과 졸업(이학석사)
 1998년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
 1987년 ~ 1999년 한국전자통신연구원(선임연구원)
 1999년 ~ 현재 안동대학교 전자정보산업학부 조교수

▶ 관심분야 : 광 인터넷, 개방형 통신망, 망 관리

허재두

1987년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1990년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 2000년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학박사)
 1987. 2 ~ 현재 한국전자통신연구원 책임연구원/광전송S/W팀장

▶ 관심분야 : optical access network, 통신 프로토콜, 통신망 관리