

패킷-광 전달망 기술동향 및 시장전망

Technology Status and Market Trends of Packet-Optical Transport Network

김홍주 (H.J. Kim) 광전통합연구팀 책임연구원
주범순 (B.S. Joo) 광전통합연구팀 팀장
김선미 (S.M. Kim) 광네트워크제어연구팀 팀장
이종현 (J.H. Lee) 광인터넷연구부 부장

* 본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업 “패킷-광 통합 스위치 기술 개발” 과제의 연구결과임(과제번호: 2008-S-009-04).

패킷 전달 계층과 광 전달 계층을 하나로 통합하여 비용 감소, 망 효율 증대, 에너지 절감 등의 효과를 가지고, 액세스망, 메트로망, 코어망 영역에 걸쳐 최적의 단대단 경로를 자동으로 제공하는 패킷-광 전달망에 대한 기술동향 및 시장전망을 기술한 것으로서, 배경 기술인 패킷 전달망 기술, 광 전달망 기술, 제어평면 기술과 전반적인 전달망의 발전동향에 대해서 살펴보고, 패킷-광 전달망의 필요성 및 개념, 특징, 기술개발 및 사업자 동향, 시장전망에 대해서 분석한다.

차세대통신기술 특집

- I. 서론
- II. 패킷-광 전달망의 배경
- III. 패킷-광 전달망의 기술동향
- IV. 패킷-광 전달망의 시장전망
- V. 결론

I. 서론

현재 통신사업자의 전달망은 광전송망, 회선망, 패킷망이 각 계층별로 개별적으로 설치, 운용되고 있어, 망 관리가 복잡하고, 장비를 설치하는 상면적이 커서 시설 확장이 용이하지 않고, 소비 전력도 해마다 증가하고 있다. 또한 멀티미디어 서비스의 확산, 무선 데이터 서비스의 증가로 대용량, 고품질 데이터 트래픽이 급증하면서 설비 증설은 계속적으로 요구되고 있으나 수익은 정체 내지 감소하는 상황이다. 따라서 통신사업자들은 새로운 서비스 창출을 통한 수익 증대와 더불어 비용 감축을 통한 수익 전환을 최대 현안으로 인식하고 있다.

전달망의 현안을 해결할 수 있는 비용 절감과 고품질/대용량의 전달 성능을 동시에 달성할 수 있는 방법으로는 첫째, 회선 기반에서 패킷 기반으로 전달망을 전환하여 통계적 다중으로 패킷 전달의 효율성을 제고시키고, 둘째, 패킷 전달망 기술과 광 전달망 기술의 통합으로 CAPEX를 절감하고, 셋째, 다계층 통합제어 및 관리를 통해 OPEX를 절감하는 패킷-광 전달망이 최적의 솔루션으로 제시되고 있다.

본고의 II장에서는 패킷-광 전달망의 배경 기술인 패킷 전달망 기술, 광 전달망 기술과 제어평면 기술에 대해서 살펴보고, 전반적인 전달망의 발전동향에 대해서 알아보도록 한다. III장에서는 패킷-광 전달망의 기술동향으로서 필요성 및 개념, 특징, 기술개발 및 사업자 동향을 알아보고, IV장에서는 패킷-광 전달망의 시장전망에 대해서 분석하고자 한다.

II. 패킷-광 전달망의 배경

1. 패킷 전달망 기술

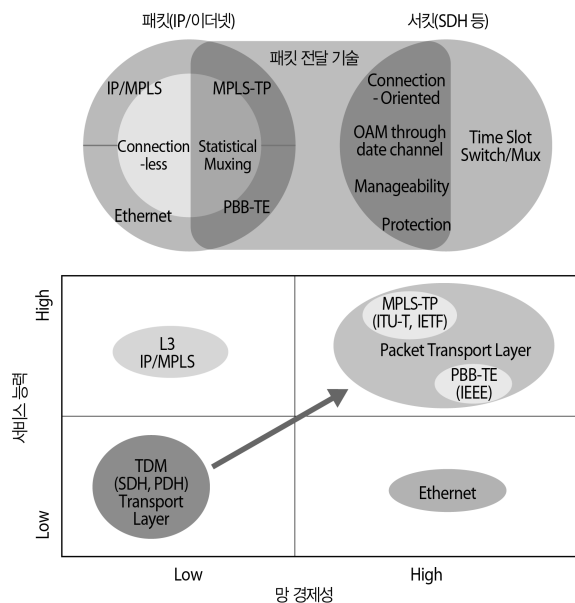
가. 배경 및 필요성

PDH, SDH, OTN 등의 회선망은 구간별 OAM 기능

제공 및 유지보수가 용이하고, 50ms 이하의 실시간 보호절제 기능을 제공하며, 타임슬롯/광채널 기반의 고유의 연결지향성을 가지는 반면, IP 및 이더넷은 비연결성(connectionless) 구조로서 OAM 및 실시간 보호절제 기능을 지원하지 않는다.

따라서 패킷을 전달하기 위한 기존의 선택 기술은 회선망의 캐리어급 전달특성을 이용하는 data over SDH 기술을 주로 이용하고 있다. 라우터에서 사용하는 IP over SDH(일명, POS) 기술은 라우터 간 상호 연결 신호로 이용하고, IP 패킷을 PPP 인캡슐레이션한 후 HDLC-like 프레임링을 하여 SDH 프레임에 CCAT 매핑하는 기술이다. MSPP에서 사용하는 Ethernet over SDH(EoS) 기술은 이더넷 패킷을 GFP 인캡슐레이션한 후 SDH 프레임에 VCAT 매핑하는 기술이다. POS나 EoS는 SDH 프레임 내 풍부한 오버헤드의 OAM 정보, 절제 정보, 타임슬롯의 연결성 정보 등을 이용하여 (그림 1)에서 보는 바와 같이 패킷에 캐리어급 전달 특성을 부여하고 있다.

그러나 data over SDH의 한계는 음성신호에 최적인



(그림 1) 새로운 패킷 전달망으로 전환

SDH의 타임슬롯을 이용함으로써 패킷 전달의 효율성이 떨어지고, 향후 all IP에 대한 확장성이나 업그레이드 능력이 떨어져 미래지향적 전달 솔루션에서 배제될 수 밖에 없는 상황이다. 특히, SDH/MSPP로 구성된 메트로 망을 통해 인터넷 서비스가 이루어지는 경우 패킷의 집선 효율이 낮아서 트래픽 전달 비용이 높으며, 기업 가입자 전용회선의 경우 서비스 비용이 상대적으로 높을 수 밖에 없다. 따라서 음성 서비스를 포함한 대부분 서비스가 패킷화되어감에 따라 SDH의 캐리어급 특성을 이용하지 않는 순수 패킷 기반의 전달망 기술로의 진화 및 발전이 이루어져야 한다.

나. 새로운 패킷 전달망 기술

캐리어급 특성을 갖고 데이터 망에 적합한 새로운 패킷 전달 기술 연구 및 표준화가 (그림 1)과 같이 IEEE, ITU-T, IETF 등에서 최근 완료가 되었거나 진행 중에 있다.

IEEE에서는 이더넷 기반의 PBB-TE(802.1Qay) 기술을 연결지향형 패킷 전달망 기술로 2009년 표준화 완료하였으나, 통신사업자의 채택 선호성이 적음에 따라 이를 지원하는 벤더의 수가 적은 상태이다. 또한 Q in Q 방식의 PB(802.1ad), MAC in MAC 방식의 PBB(802.1ah) 등도 표준화가 완료되었다[1],[2].

반면 ITU-T/IETF에서는 MPLS 기반의 MPLS-TP 라는 연결지향형 패킷 전달망 기술을 제안하였으며, MAC 프레임에 레이블을 스택하는 프레임 구조로서, P2P, P2MP, MP2MP 트래픽 기술을 지원하고 MPLS-TP OAM 및 선형/환형/메시 보호절체 기술이 현재 표준화 중이다[1],[3]. MPLS-TP는 SDH와 유사한 OAM과 보호절체 등 친숙한 look & feel을 제공함으로써 사업자 선호성이 높아 post-SDH를 담당할 중요 패킷 전달망 기술로 인식되면서 대부분 장비 벤더들이 이를 지원하고 있는 상태이다.

MPLS-TP의 주요 표준화 항목은 OAM과 보호절체 분야로서, ITU-T는 기존 Y.1731 기반 OAM 솔루션에

동의를 반면, IETF는 기존 IP/MPLS 기반 BFD에 동의함으로써, 향후 MPLS-TP OAM은 ITU-T와 IETF의 이원화된 표준화 형태로 진행될 것이다. 또한 MPLS-TP 보호절체 표준화도 선형 및 환형 보호절체 분야에서 ITU-T와 IETF 기반 솔루션이 각각 표준화될 전망이다.

패킷 전달 시스템의 글로벌 벤더 제품 현황을 보면, AlcaLu의 1850TSS 장비와 Huawei의 OSN7500 장비는 비표준의 T-MPLS 기반으로 2010년도에 국내 사업자에 1차 적용된 바가 있으며, 시스코의 CPT600은 IETF 버전의 OAM과 보호절체 기능을 가진 MPLS-TP 장비를 출시 예정하고 있다. 국내에서는 ETRI와 산업체가 공동연구로 MPLS-TP 기반의 패킷 전달 시스템을 2012년 하반기 국내 통신사업자 BMT를 위해 준비하고 있다.

패킷 전달 시스템의 주 적용 영역은 모바일 백홀망과 기업가입자 전용회선 용도로 활용할 수가 있으며, 모바일 백홀망 적용은 2012년 하반기부터 초기 시장을 형성할 것으로 예상되고, 일부 사업자는 패킷 전달망을 MSPP를 대체하는 기업가입자 전용회선 용도로 우선적으로 고려하고 있다.

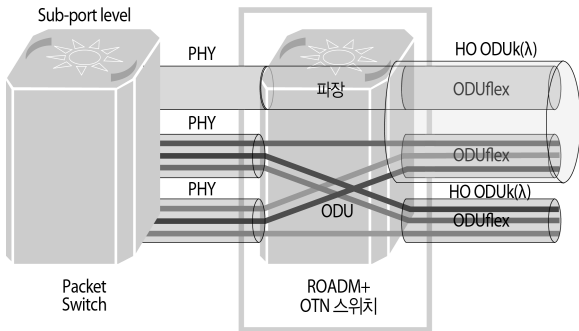
2. 광 전달망 기술

가. 배경 및 광전송 체계

광 전달망에서 광전송 장치 간 전송을 할 때는 표준화된 광전송 체계를 사용하여야 한다. PDH라는 비동기식 디지털 전송계위는 미국 벨 연구소에서 T1(1.544M)이라는 전송신호를 개발한 것이 시초가 되었으며, PDH 광전송은 80년대 후반 565M 광전송 장비까지 발전을 하였다. SDH(일명, SONET)라는 동기식 디지털 전송계위는 미국 벨코어에서 개발되어 PDH의 단점인 bit by bit 다중을 보완하여 바이트 다중을 한 것으로, 신호계위는 155M부터 40G까지 표준화가 되어져 있으며, 모든 신호에 대해 광전송을 기본으로 적용하고 있다.

OTH/OTN 이라는 광 전달 전송계위는 2000년대 초 WDM 표준 광인터페이스(싱글채널)로 ITU-T에서 표준화가 이루어 졌으며, 표준화 이전에는 클라이언트 신호(SDH 또는 이더넷)를 직접 인터페이스하거나 또는 장거리 전송을 위해 wrapper라는 비표준 프레임과 FEC를 이용하였다. 표준 신호계위는 OTU-1(2.6G)부터 OTU-2(10.7G), OTU-3(43G), 현재 100GbE까지 수용할 수 있는 OTU-4(112G)까지 표준화된 상태이다 [4]. 그리고 신규로 정의한 GbE를 매핑하는 ODU0, $n \times ODU0$ ($n=1\sim 80$)의 ODUflex, GMP라는 매핑 표준을 통해서 (그림 2)와 같이 파장 단위 이하의 ODU_n 대역으로 스위칭이 가능한 구조가 되었다. ODU0/ODUflex를 스위칭에 이용하므로서 효율적 대역폭 활용이 가능하고, 1테라급 이상의 대용량 회선 스위치 구조가 용이하여 미국 Verizon, 일본 NTT 등은 백본 영역에서 ODU 스위칭 기능을 요구하고 있는 상태이다.

WDM 전송 체계를 살펴보면 싱글 채널의 전송 속도 한계(beyond 100G) 이상의 전송용량을 적용하기 위해서 파장다중은 반드시 필요한 기술이다. 예를 들어 파이버당 테라급 전송용량을 보내기 위해 WDM 기술을 이용하여 [다중파장 수×광채널의 속도=전송용량], 즉 [80채널×OTU-4(112G)]하면 전송용량이 8테라가 된다. 채널속도, 파장 그리드는 ITU-T에서 표준화가 되어져 있으며, 다중파장 수는 20채널, 40채널, 80채널 120채널 등 파장밀도에 따라 활용할 수가 있다.



(그림 2) 파장 스위치와 OTN 스위치

나. ROADM 시스템

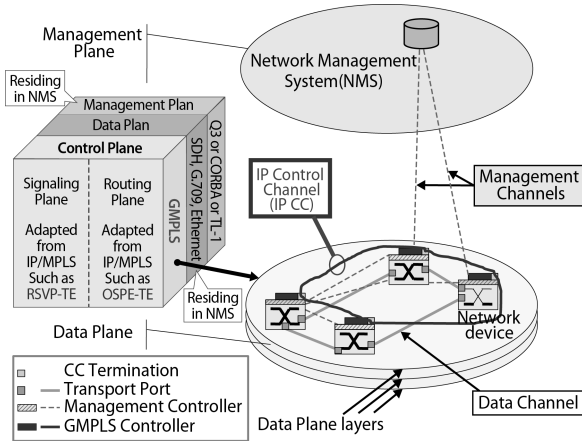
WDM 시스템인 OADM은 환형 망에 적용하여 망 장애 시 실시간 복구가 가능한 망을 구성하는 장비로서 2000년대부터 메트로/백본망에 적용되기 시작했으며, fixed OADM에서 현재는 reconfigurable OADM으로 발전하고 있다. ROADM은 광 add-drop 스위치가 손실이 적고 프로세서 제어가 가능한 WSS 광소자가 나오면서 ROADM 구현 및 시장이 활성화되어졌다. 환형 망에서 임의의 광파장 add-drop 및 pass-thru 기능을 운용자가 자동으로 제어하고, thru node에서 O-E-O 변환 없이 광신호를 투명하게 전송하므로서 클라이언트 신호형태(SDH, 이더넷)에 관계없이 전달 가능한 장비이다[5].

차세대 ROADM 정의는 제어평면을 가진, 파장과 관계없는 분기/결합(C: Coloreless), 방향과 상관없는 채널 연결(D: Directionless), 파장 충돌 없는 채널 연결(C: Contentionless), 가변 대역폭 지원(F: Flex-grid) 기능을 가지는 ROADM 으로 정의하고, 기능 조합에 따라 CD/CDC/CDCF ROADM으로 분류할 수 있다.

3. GMPLS 기반 제어평면 기술

가. 전달망의 제어평면

광 전달망 기술이 발전함에 따라 광 전달망에 지능성을 부여하기 위한 자동화된 광 전달망 제어평면 구조(ASON)를 ITU-T에서 권고하였고, 사용 프로토콜로는 데이터망에서 검증된 라우팅, 시그널링 등을 포함하는 GMPLS 프로토콜을 채택하였다. GMPLS 기반 제어평면 기술이 전달망에 점진적으로 적용됨에 따라 고속 대용량 백본망 장비인 OEO-OXC에는 ASON을 적용하고, WDM/ROADM 장비에는 WSON을 적용하는 등 전달망 고유의 특성을 고려한 표준들이 권고되고 있다. 또한 MPLS-TP 등 패킷 전달망 기술이 새롭게 발전하면서, OAM, 보호절체 및 연결지향성과 같은 기존 회선 전달망 고유의 기능을 패킷 전달망 기술이 가지게 되면서



(그림 3) 제어평면의 구조

자동화된 제어평면 기술도 함께 요구하고 있다. (그림 3)은 전달망의 제어평면 구조를 보여주고 있다.

기존 패킷망, 회선망, WDM 망의 개별적인 계층의 망 자원 제어는 복잡하고 어려워서 새로운 서비스를 수용하기 위한 망 자원 할당 시 서비스 대기 시간이 길어지고, 서비스별 품질 관리도 복잡하여 운용비의 증가를 초래하는 비효율적 제어를 하고 있다. 패킷-광 전달망의 제어평면은 광 계층과 패킷 계층을 통합하여 다계층 통합제어를 함으로서 신속한 서비스 제공, 고가의 전송 자원 사용의 효율성을 증가시킬 수 있으며 최적의 네트워크 트래픽 엔지니어링을 수행할 수가 있다.

다계층 통합 경로 자원 제어 기능은 GMPLS 프로토콜을 이용하여 노드 내 상위 계층에서 경로 자원 부족 시 하위 계층의 경로 설정 및 경로 자원을 운용하는 레이어 간(inter-layer) 제어 기능, 노드 간 동일 계층 내에서 경로 설정 및 경로 자원을 운영하는 레이어 내(per-layer) 제어 기능으로 구분한다. 새롭게 IETF RFC로 표준화된 내용들을 살펴보면 패킷-광 전달망처럼 다계층 네트워크 간 연동을 위한 multi-layer 분야, global GMPLS 제어평면 연동을 위한 inter-domain 분야, GMPLS의 seamless한 망 적용을 고려한 MP/CP inter-plane 간 연동 분야 등 각 네트워크 계층 특성에 따른 발전이 큰 흐름을 구성한다. OIF의 제어평면 기

술 표준은 WSON, MRN/MLN, PCE 관련된 표준이 진행되고 있으며, 다양한 수준의 보호절체/복구, 다양한 채널(파장, 회선, 패킷 등) 단위를 통합 제어하는 표준이 진행되고 있다.

나. GMPLS 프로토콜

GMPLS 프로토콜은 IETF에서 표준화된 제어평면(CP) 프로토콜로서 약 40개의 RFC로 구성되어 있다. 링크관리 및 검출 프로토콜(LMP), 라우팅 프로토콜(OSPF-TE, ISIS-TE), 시그널링 프로토콜(RSVP-TE) 등이 주요 프로토콜이다[6]. GMPLS의 동작 방식은 다음과 같이 3단계로 정의된다.

1단계: LMP를 통한 인접 노드 자동 검출 및 링크 정보 수집, 교환; LMP는 노드 간 링크 수의 증가에 따라 자동화된 관리의 필요에 의하여 정의된 프로토콜로서, 물리적으로 인접한 노드 간의 제어 채널 구성 및 연결성을 확인하고, 각 노드에 속한 링크 속성 정보를 요약 전달하고, 각 링크에 대한 연결성 검증 및 링크 장애를 전파하는 기능이 있다.

2단계: 수집된 링크 정보를 기반으로, 라우팅 프로토콜(OSPF-TE, ISIS-TE)을 통한 네트워크 자원 정보 교환, TEDB 생성; 라우팅 프로토콜은 데이터 평면 네트워크 토폴로지 정보 전달과 LSP 설정을 위한 경로 계산 기능을 가진다. LMP 연동을 통하여 검증된 인접 노드 간 TE 링크 정보를 라우팅 프로토콜로 교환함으로써 해당 네트워크에 대한 동일한 트래픽 엔지니어링(TE) DB를 구축하여 경로 계산에 사용한다. 최근에 경로 계산 기능은 장비의 부하경감 및 추가 기능 확장을 위하여 외부 PCE 형태로 분리되어 운용되도록 권고하고 있다.

3단계: 생성된 TEDB를 기반으로 경로를 계산(PC)하고 시그널링 프로토콜(RSVP-TE)을 통한 LSP 설정 및 해제; 라우팅 엔진 또는 외부 PCE에 구축된 TEDB를 기반으로 계산된 경로를 따라 RSVP-TE Path/Resv 메시지를 교환함으로써 LSP를 생성, 삭제 관리하며, 데

이더 평면에 데이터 전송을 위한 정보를 설정한다.

4. 전달망의 발전동향

(그림 4)의 전달망 기술의 발전 동향을 살펴보면 광 계층의 기술 발전은 싱글채널부터 WDM 기반의 OADM, ROADM, 향후 차세대 ROADМ인 CDCF ROADМ으로 발전할 것이고, 회선 계층의 기술 발전은 음성 서비스 위주의 80년대 이전 PDH 시대부터 90년대 SDH 시대를 거쳐 SDH와 이더넷을 통합한 MSPP 장비 시대가 2000년대부터 활성화 되었다. WDM의 표준 인터페이스로 존재하던 OTH/OTN 기술은 ODU0(GbE 레벨)의 n배 형태로 스위칭이 가능한 ODUflex 구조로 발전하면서 서브파장 스위칭이 가능한 차세대 OTN으로 확대 발전할 것이다.

이더넷 계층은 데이터 서비스의 대표 전달 기술로서 LAN 영역에서 지속적인 발전을 하면서 캐리어급 전달 특성과 확장성을 위해 링크 OAM을 갖는 캐리어 이더넷으로 발전하면서, PB, PBB, PBB-TE로 발전하게 된다. IP/MPLS에 전달 기능을 추가한 T-MPLS는 ITU-T에서 표준을 진행하다가 MPLS와의 호환성 문제로 MPLS-TP가 새로운 패킷 전달망의 주요 기술로 발전하고 있다.

각 계층의 개별 기술은 자체적으로 계속 발전해 나갈 것으로 보이며, SDH와 같은 회선전달 기술과 시장은

점차 축소하는 반면, 이더넷, MPLS-TP 패킷 전달 기술과 전송용량을 확대하는 WDM 기반 광전송 시장은 지속적인 확산 추세를 보일 것이다. 각 전달망 기술의 발전과 더불어, 패킷/회선/광 전달망 기술의 통합으로 CAPEX 절감, 다계층 통합 제어 및 관리를 통해 OPEX 절감을 할 수 있는 레이어 통합시스템 형태의 발전이 전달망의 최적화를 추구하는 한 축으로 발전하고 있다 [6],[7].

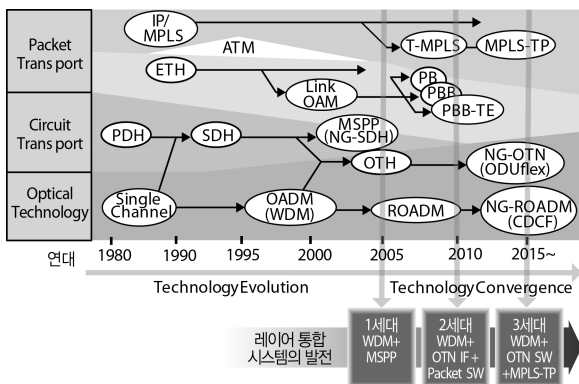
III. 패킷-광 전달망의 기술동향

1. 필요성 및 개념

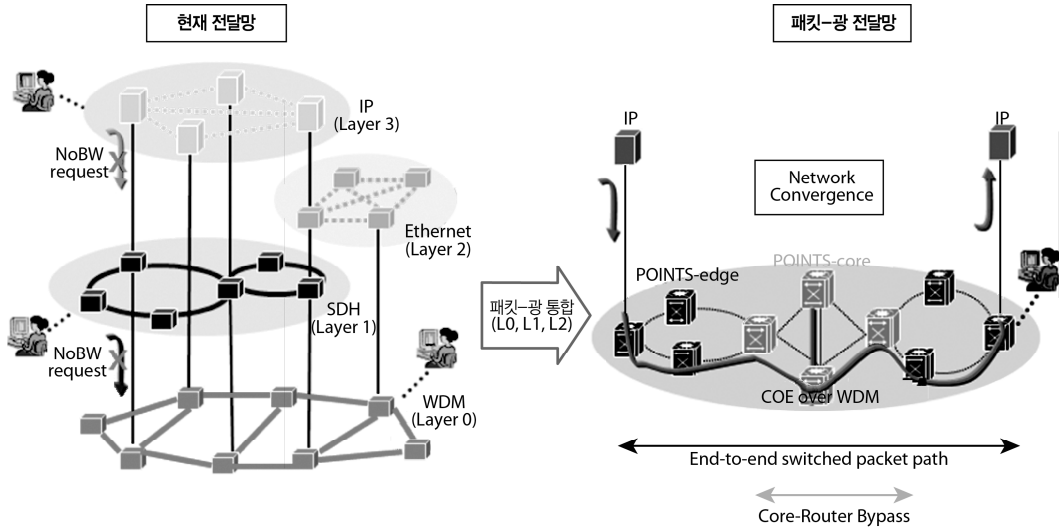
가. 배경 및 필요성

통신사업자의 주요 현안은 수익 증대 및 비용 감소로서 기존 서비스의 수익 흐름을 최대한 유지하면서 IP 기반 서비스의 다양화를 통한 새로운 수익원을 창출하는 것이다. 그러나, 연 약 40% 정도 IP 트래픽이 폭증하면서 대용량 트래픽을 수용하기 위해 사업자는 망을 계속 확장해야 하지만 이로 인한 수익 증대를 기대하기 어려우므로, CAPEX/OPEX를 최소화하는 방향으로 망 구조를 단순화하면서 데이터 전달의 고품질화를 추진할 수 있는 방법을 가질 필요가 있다. 비용 감소를 위해 시스템 통합을 하여 cost/bit를 줄이면서 더 많은 대역폭을 고객에게 제공하는 CAPEX 감축, 간단한 통합 제어/관리를 통한 OPEX 감축이 필수적이다.

CAPEX/OPEX 절감과 대용량/고품질의 전달 성능을 동시에 달성하기 위해서는 네트워크 전환이 필요하고, 첫째, 회선 기반에서 연결지향형 패킷 기반으로 전달망을 전환하여 통계적 다중으로 효율성을 증가시키면서 회선 수준의 품질 및 신뢰성을 확보하고, 둘째, 패킷 전달망 기술과 광 전달망 기술의 통합으로 CAPEX를 절감하며, 셋째, 다계층 통합 제어 및 관리를 통해 OPEX를 절감하는, “패킷-광” 시스템 통합 및 다계층 통합 제어 관리가 전달망의 최적화 솔루션으로 제시되고 있다.



(그림 4) 전달망의 발전 동향



(그림 5) 패킷-광 전달망 개념

나. 개념

현재 통신사업자 네트워크 구조는 (그림 5)에서 보는 바와 같이 라우터로 구성된 L3 계층의 IP 망, L2 계층의 이더넷망, L1 계층의 SONET/SDH 회선망, 그리고 L0 계층의 WDM 망으로 구성되어 있으며, 이들 각각 개별 네트워크는 별도의 관리시스템을 이용하여 제어 및 관리를 하고 있다. 패킷-광 전달망은 패킷 전달 계층과 광 전달 계층을 하나로 통합하여 패킷/회선 교환, ROADM 광파장 교환, GMPLS 기반 통합제어 및 관리 기능을 수행하는 고품질의 차세대 전달망이다. 패킷-광 시스템 통합 및 다계층 통합제어/관리를 통해 CAPEX/OPEX를 줄이면서 데이터 전달의 고품질화를 추구할 수 있다.

그리고, 패킷 레벨의 통합 수준은 전달 계층(L0, L1, L2)과 서비스 계층(L3 이상)을 분리하는 전략으로 L2 레벨까지 통합을 한다. 통신사업자는 서비스 인프라와 전달 인프라의 분리된 구조를 선호하고 있으며, 지원하는 벤더 측면에서 L3 이상은 소수 벤더(예: 시스코, 주니퍼)에 의한 독과점 구조이나, L2 이하는 표준을 우선 시하는 많은 벤더들의 경쟁으로 장비가격의 하락을 기대할 수 있다.

2. 특징

가. CAPEX/OPEX 감축

패킷-광 전달망 장비는 별개로 구성하였던 장비를 하나의 통합된 장비로 구성함으로써 CAPEX와 OPEX를 절감할 수 있다. 각 계층별 시스템으로 별도 설치 시 필요한 장치 내의 redundancy를 제거함으로써 장비 비용 절감, 상면적을 감소할 수 있다. ROADM의 예를 들면 광 트랜스포터로 구성된 채널셀프가 시스템 내 많은 부분을 차지하던 것을, 패킷-광 통합을 함으로서 직접 OTH/OTN 정합이 가능한 광트랜스포터 기능을 하부 서브시스템의 업링크 라인카드에 내장하여 기존 ROADM 광트랜스포터의 랙/셀프/PBA를 줄이므로써 CAPEX를 절감할 수 있다. 또한 접속점이 줄어들어 장애 감소로 인한 신뢰성 개선으로 유지보수 비용 절감 및 통합 관리로 운용비용 절감 등의 OPEX를 절감할 수 있다.

나. 망의 비효율성 극복

통신사업자의 현 메트로 망은 SDH/MSPP 망과 메트로 이더넷 망으로 구성되어 있다. MSPP의 문제점은 비효율적 패킷 처리, all IP에 대한 확장성/업그레이드 능

력 미흡, 메트로이더넷의 문제점은 보호절체 특성이 없고 QoS 기능의 미흡, OAM/유지보수가 어렵다는 단점이 있다. 또한 복잡한 장비 구성 및 망 관리로 CAPEX, OPEX가 증가하고 잦은 O-E-O 변환으로 에너지 소모, 지연증가의 단점이 있다.

패킷-광 전달망을 이용하면 패킷 전달 최적화, 보호절체, QoS, OAM/유지보수 기능이 강화되며, 장비 구성 및 망 관리 단순화, CAPEX/OPEX 감소, O-E-O 변환 최소화, 에너지 소모, 지연 감소 등의 장점을 가질 수가 있어 현재 망의 비효율성을 극복 할 수가 있다.

다. IP 트래픽 Off-load(Cut-thru path)

현재 대부분 통신사업자의 IP 망은 라우터를 기반으로 한 대용량 센터노드의 코어 라우터를 중심으로 에지 라우터가 연결되는 트리형 멀티 홉 라우팅 망 구조이다. 센터노드의 코어 라우터로 네트워크 전체 트래픽이 집중되어 트래픽 증가 대처에 불리하며 지속적인 라우터 용량을 증대해야 한다는 문제점이 있다. 예를 들어 센터노드에서 수십 테라 트래픽 처리를 위해 시스코의 CRS-1 라우터를 이용하던 중, 지속적인 트래픽 증가로 수백 테라급 트래픽 처리가 필요하다면 CRS-3 라우터로 용량 확대를 위한 장비 변경이 반드시 필요하다는 측면이 있다. 이러한 망은 센터노드의 코어 라우터 용량이 망의 확장성을 저해하고 CAPEX를 증가시키는 요인이 되며, 멀티 홉을 거치면서 트래픽의 품질 유지가 어려워 QoS가 필요한 다양한 프리미엄 트래픽을 수용하기가 쉽지 않다.

패킷-광 전달망 기술을 IP/MPLS 망과 전달망으로 이분화된 코어망에 적용하면 코어 라우터의 전체 트래픽 70~80% 를 차지하는 통과(transit) 트래픽을 패킷 전달 계층 또는 광 계층에서 바이패스 시킬 수가 있다. 그러면 대용량 라우터의 증설 및 신설을 억제하여 비용절감, 저에너지 구조, 트래픽 증가 대처에 유리하고, 싱글 홉 라우팅 구조를 가질 수 있어 초저지연, 고품질 망 구조 등을 획득할 수 있다.

3. 기술개발 및 사업자 동향

가. 기술개발 동향

국외 주요 벤더들은 통신사업자의 향후 수요에 대비하여 메트로망 장비와 코어망 장비로 기능을 분류하여 개발을 진행 중이며, 코어망 패킷-광 전달 장비는 AlcaLu, Ciena, Huawei, ECI 등에서 개발진행 중에 있으며, 메트로망 패킷-광 전달 장비는 상기 업체 외 Ericsson, Fujitsu, Cyan 등에서 개발 진행 중이다. Huawei는 ROADМ과 OTN 스위치 기능을 가진 OSN-8800 장비를 출시하면서, 광-회선 장비에 패킷 스위치를 통합한 장비를 단계별로 개발하려는 전략을 추진하고 있다. ECI에서는 2011년에 OMLT라는 테라급 통합 스위칭 장비의 출시 계획을 발표한 바 있다.

국내 패킷-광 전달망 기술은 ETRI와 국내 산업체가 공동연구를 현재 진행하고 있으며, 공동연구산업체는 1 단계 패킷 전달망 장치, 2단계 패킷-광 전달망 장치의 제품 출시 전략을 단계별로 진행 중이다.

나. 사업자 동향

국외 통신사업자 동향을 살펴보면 Verizon은 패킷-광 전달 장비(POTS) 방식, BT는 IPoWDM 방식으로 크게 2가지 형태로 접근 중이다. Verizon은 Edge, Metro edge, Metro core, Backbone core 등 4단계로 적용지역을 분류하고 백본 코어망 영역에 패킷-광 통합 플랫폼을 적용하기 위한 기술요구서를 제시하고, 2012년경 현장 적용을 계획하고 있다. Verizon은 연결지향형 패킷 전달 기술은 MPLS-TP 기술을 적용하고, 코어 영역에서 ODU0(GbE 레벨), ODU2(10GbE 레벨) 스위칭 기능을 요구하고 있으며, 라우터는 필수 영역에만 이용하고 기타영역은 스위치를 이용하자(Switch where you can, Router where you must)는 모토 하에 패킷-광 플랫폼 구조를 적극적으로 추진하고 있는 사업자이다. 영국 최대 통신사업자인 British Telecom은 21CN 프로젝트의 일환으로 2008년도에 PBB-TE 망을 구축한 바 있으며, 현재는 IPoDWDM으로 코어망을 구성하는 것

을 고려 중이다.

국내 사업자 동향은 IV장 2절 “패킷-광 전달망 장비의 국내 시장전망”을 참조한다.

IV. 패킷-광 전달망의 시장전망

1. 패킷-광 관련 장비의 글로벌 시장전망

패킷-광 전달망과 관련된 장비 시장은 ① 광전송 장비 및 ② 캐리어 이더넷 장비 시장으로 구분하고, <표 1>에서 보는 바와 같이 2010년 기준 해당 기술과 직접 관련된 세계 장비 시장의 규모는 약 196억 달러로, 이후 2015년까지 연평균 7.5%로 성장하여 약 282억 달러에 이를 전망이다. 2010년 가장 많은 매출을 발생시키고 있는 MSPP 장비와 SDH 장비는 2010~2015년 간 연평균 성장률이 각각 -8.34%, -17.89%로 매출액이 감소할 것으로 예측하고 있다. metro WDM 장비는 연평균 성장률은 +14.1%로 예측하고 있으며 지속적인 성장을 예상하고 있다.

캐리어 이더넷 장비(CERS)에 대한 시장전망은 사설망 서비스와 인터넷 전용회선, 무선 백홀 서비스 등으로 기존의 TDM 서비스, 프레임 릴레이, ATM 서비스 시장을 대체하고 있는 중이다. 캐리어 이더넷 장비 시장은 2010~2015년 간 연평균 성장률은 10.3%이며 2015년 시장 규모 전망치는 100억 달러를 예상한다. 특히 POTP 시장은 이머징 시장으로 2010~2015년 간 연평균 성장률 +26.41%로 급속히 신장하여 2015년에는 48억 달러의 시장이 형성될 것으로 예상한다.

패킷-광 전달망 장비 시장은 POTP 장비 시장과 CERS 장비 시장과 밀접한 관련이 있는 시장으로 총 시장 규모는 CERS 장비와 POTP 장비 시장을 합한 것으로 산정하여 2015년 시장 규모 전망치는 148억 달러의 시장을 예상한다.

2. 패킷-광 전달망 장비의 국내 시장전망

가. 패킷 전달망 장비 시장 가시화

최근 수년간 스마트폰의 보급이 급격히 확산하면서 무선데이터 트래픽이 폭증함에 따라 MSPP로 기 구축

<표 1> 전 세계 패킷-광 전달망 관련 장비 시장[8]

(단위: M\$, %)

| 구분 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | CAGR |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① Optical Equip. | 13,480 | 14,264 | 15,226 | 16,183 | 17,308 | 18,191 | 6.18 |
| LH DWDM | 3,188 | 3,445 | 3,742 | 3,799 | 3,818 | 3,939 | 4.32 |
| Metro WDM | 2,415 | 3,075 | 3,669 | 4,122 | 4,492 | 4,670 | 14.10 |
| OXC | 939 | 1,342 | 1,321 | 1,378 | 1,440 | 1,513 | 9.99 |
| MSPP | 4,407 | 3,728 | 3,443 | 3,269 | 3,120 | 2,852 | -8.34 |
| POTP | 1,496 | 2,063 | 2,590 | 3,205 | 4,050 | 4,829 | 26.41 |
| SONET/SDH | 1,032 | 608 | 458 | 407 | 385 | 385 | -17.89 |
| ② CERS | 6,161 | 6,983 | 7,727 | 8,406 | 9,110 | 10,053 | 10.3 |
| Routing | 3,773 | 4,339 | 4,860 | 5,346 | 5,880 | 6,570 | 11.7 |
| Switching | 2,388 | 2,644 | 2,867 | 3,060 | 3,230 | 3,483 | 7.8 |
| Total | 19,642 | 21,248 | 22,953 | 24,589 | 26,419 | 28,245 | 7.5 |

주: 2015년 캐리어 이더넷 장비 시장의 경우, 기존 시장의 추세를 반영하여 추정.

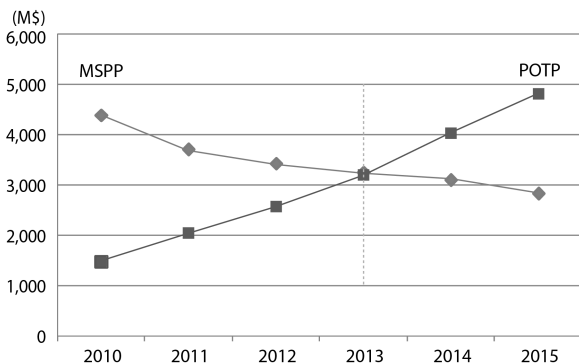
<자료>: Worldwide Telecommunications Equipment 2011~2015 Forecast, IDC, May 2011; Worldwide Carrier Ethernet 2010~2014 Forecast and Analytic, IDC, July 2010.

된 회선 기반의 모바일 백홀망의 트래픽 전달 병목 현상과 패킷 전달의 비효율성과 같은 제한사항으로 인해 MSPP를 대체할 고품질, 고신뢰성, 대용량의 패킷 전달 기반 네트워크에 대한 요구가 증대하고 있어, 곧 장비 시장이 가시화될 것으로 예상된다.

LTE 등 4세대 모바일 백홀망에서 패킷 전달 네트워크 요구는 필수적이며, 이에 대처하기 위해 일부 국내 사업자는 비표준형 패킷 전달 기술(T-MPLS)의 외산 장비를 도입한 바 있고, 향후 추가되는 장비는 표준형 패킷 전달 기술(MPLS-TP)을 탑재한 국산 장비의 도입을 추진할 예정이다. 2012년 하반기에 표준형 패킷 전달 기술(MPLS-TP)을 탑재한 패킷 전달 장비의 BMT를 예정하고 있으며 2013년경 본격적으로 시장이 형성될 것으로 예상된다.

나. 패킷-광 전달망 장비 도입 필요성

중단기적으로 연결지향형 패킷 전달망 시장이 확대되고, 장기적으로는 패킷-광 전달망 장비의 네트워크 적용이 필연적이다. 패킷-광 전달망 장비 시장은 메트로 영역부터 진입하여 향후 코어 영역까지 확산 예정이며, 비용 감소, 망 효율 증대, 에너지 절감 등을 위해 현재의 다계층망은 단일 계층망으로 통합되는 방향으로 진화할 것이고, 이를 위해서는 통신사업자 망에 패킷-광 통합 전달망 장비가 선제적으로 적용되어야 할 것이다. 패킷-광 전달망 장비의 국내 시장 도입 시점은 글로벌 시장에서 POTP가 초기 시장 형태이고, (그림 6)



(그림 6) MSPP와 POTP 시장 추이

에서 보는 바와 같이 POTP 시장이 MSPP 시장을 상회하는 2014년경 이후부터 국내 통신사업자 망에 적용이 예상된다.

V. 결론

통신사업자가 트래픽 폭증에 따라 비용 대비 수익을 유지하기 위해서는 CAPEX, OPEX 감축이 절실히 요구되는 상황이며, 이를 위한 네트워크 전환 솔루션으로 연결지향형 패킷 전달망과 패킷-광 전달망을 전달망의 최적화로 제시하고 있다.

연결지향형 패킷 전달망 기술은 사업자 선호 기술인 MPLS-TP 기술을 중심으로 발전할 것이고, 초기에는 모바일 백홀과 기업 가입자 전용회선에 주로 적용될 것으로 전망된다.

패킷-광 전달망은 현재 글로벌 초기 시장으로 향후 사업자 망 또는 자가 망의 전달 인프라로서의 역할을 충분히 할 것으로 기대 된다. 또한 클라우드 컴퓨팅의 전달 인프라로서의 활용과 미래의 대용량/저전력 그린 네트워크를 개발하는데 필요한 기반 기술로서 활용할 수 있을 것이므로 지속적인 발전적 형태의 광-회선-패킷 통합 전달망의 연구개발이 추진되어야 할 것이다.

용어해설

Y.1731 ITU-T SG13의 이더넷 망에서 OAM 기능 및 체계를 기술한 표준 권고문서를 의미함.

BFD 링크에 의해서 연결된 2개의 포워딩 엔진 사이에서 장애를 검출하기 위해 사용되는 네트워크 프로토콜을 의미하며, IETF RFC 5880(2010. 6.)에서 이를 정의하고 있음.

약어 정리

| | |
|-------|------------------------------------|
| ASON | Automatic Switched Optical Network |
| ATM | Asynchronous Transfer Mode |
| BFD | Bidirectional Forwarding Detection |
| BMT | Bench Marking Test |
| CAPEX | Capital Expenditures |

| | | | |
|-------------|--|--------|-------------------------------------|
| CCAT | Contiguous Concatenation | PBB | Provider Backbone Bridge |
| CDCF | Colorless Directionless Contentionless Flexible-grid | PBB-TE | PBB-Traffic Engineering |
| CERS | Carrier Ethernet Router & Switch | PC | Path Computation |
| CP | Control Plane | PCE | Path Computation Element |
| DWDM | Dense Wavelength Division Multiplexing | PDH | Plesiochronous Digital Hierarchy |
| EoS | Ethernet over SDH | POTP | Packet Optical Transport Platform |
| ETH | Ethernet | POTS | Packet Optical Transport Systems |
| FEC | Forwarding Error Correction | PTL | Packet Transport Layer |
| GFP | Generic Framing Procedure | PTN | Packet Transport Network |
| GMPLS | Generalized MPLS | QoS | Quality of Service |
| HDLC | High-level Data Link Control | RFI | Request For Information |
| IP | Internet Protocol | ROADM | Reconfigurable OADM |
| IPoWDM | IP over WDM | SDH | Synchronous Digital Hierarchy |
| L0/L1/L2/L3 | Layer 0/1/2/3 | SONET | Synchronous Optical Network |
| LMP | Link Management Protocol | TDM | Time Division Multiplexing |
| LSP | Label Switched Path | TE | Traffic Engineering |
| MAC | Media Access Control | TEDB | Traffic Engineering Data Base |
| MP | Management Plane | T-MPLS | Transport-MPLS |
| MP2MP | MultiPoint to MultiPoint | VCAT | Virtual Concatenation |
| MPLS | Multi-Protocol Label Switching | WDM | Wavelength Division Multiplexing |
| MPLS-TP | MPLS-Transport Profile | WSO | Wavelength Switched Optical Network |
| MRN/MLN | Multi-Region/Multi-Layer Networks | WSS | Wavelength Selective Switch |
| MSPP | Multi-Service Provisioning Platform | | |
| NG-SDH | Next Generation SDH | | |
| NMS | Network Management System | | |
| OADM | Optical Add/Drop Multiplexer | | |
| OAM | Operation Administration Maintenance | | |
| ODU | Opticalchannel Data Unit | | |
| ODUflex | Opticalchannel Data Unit Flexible | | |
| OEO | Optical-Electrical-Optical | | |
| OMLT | Optimized Multilayer Transport | | |
| OPEX | Operating Expenditures | | |
| OSPF | Open Shortest Path First | | |
| OTH | Optical Transport Hierarchy | | |
| OTN | Optical Transport Network | | |
| OTU | Optical Transport Unit | | |
| OXC | Optical Cross-Connect | | |
| P2MP | Point to MultiPoint | | |
| P2P | Point to Point | | |
| PB | Provider Bridge | | |

참고문헌

- [1] 강태규, 정태식, 유재훈, “캐리어 이더넷 기술 및 표준화 동향,” 전자통신동향분석, vol. 24, no. 3, 2009, 6, pp. 78-90.
- [2] Heavy Reading “Carrier Ethernet Network Solutions: Packet-Optical Transport & Switching Innovation,” *Ethernet Expo*, Nov. 2010.
- [3] IETF RFC 5654, “Requirements of an MPLS Transport Profile,” Sept. 2009.
- [4] 신종운 외, “초광대역 시대를 여는 광전송 기술,” 전자통신동향분석, vol. 25, no. 6, 2010, 12, pp. 123-135.
- [5] Heavy Reading, “The Need for Next Generation ROADM Network,” Sept. 2010.
- [6] 정태식 외, “패킷-광 통합 전달망 기술 동향,” 전자통신동향분석, vol. 25, no. 6, 2010, 12, pp. 92-109.
- [7] Heavy Reading, “The Core Packet-Optical Transport Evolution,” Dec. 2009.
- [8] IDC, “Worldwide Telecommunications Equipment 2011-2015 Forecast,” DOC#228214, Volume: 1, May 2011.