

논문 2005-42TC-11-3

# 이더넷/TDM 통합전달 시스템의 설계 및 구현

## (Design and Implementation of Ethernet and TDM Convergence System)

윤 지 욱\*, 이 종 현\*, 염 경 환\*\*

(JiWook Youn, JongHyun Lee, and KyungWhan Yeom)

### 요 약

본 논문에서는 이더넷 패킷과 TDM 신호를 동시에 수용할 수 있는 통합전달 시스템을 설계 및 구현하였다. 구현된 시스템은 하나의 장치에서 MPLS 기반의 L2 VPN 서비스, 프리미엄 멀티미디어 서비스 및 TDM 전용회선 서비스를 동시에 제공할 수 있다. 또한 서킷 네트워크 기반의 보호/복구 기능을 제공함으로써, best effort 형식의 기존의 이더넷 망에서는 가질 수 없었던 높은 신뢰성을 제공할 수 있다는 장점을 가진다. 제안된 서비스를 제공하기 위해서 이더넷 패킷과 TDM 신호에 대한 기존 망과의 연동성 시험이 성공적으로 수행되었다.

### Abstract

We propose a fully converged Ethernet and TDM transport system. Developed Ethernet and TDM convergence system can support not only L2 VPN service and premium multimedia service based on MPLS protocol but also TDM leased line service, simultaneously. Developed convergence system can provide high reliability for Ethernet packet due to support protection and restoration function of circuit based networks. Evaluation for Ethernet and TDM path was successfully performed to show the typical application of the proposed system in the legacy networks.

**Keywords:** 이더넷, 통합전달 시스템, TDM, 품질보장

### I. 서 론

최근에 기가비트 이더넷은 낮은 가격과 운용상의 유연성 그리고 LAN (Local Area Network) 시스템과의 접속의 용이성 때문에 데이터 서비스 공급자뿐 아니라 통신 서비스 공급자에게도 큰 인기를 얻고 있다. 액세스

스 망에 있어서도 고속 인터넷 접속, 스토리지 에어리어 네트워크 접속 및 고 품질/실시간 서비스등과 같은 대용량의 인터넷 서비스가 대중화 되어가는 추세에 기인하여 광대역 액세스 망에 대한 요구가 증가하고 있다. 더욱이 최근에는 엔터프라이즈급 데이터 통신을 값싼 일반 공중망을 이용하여 제공하려는 움직임이 일고 있다. 그러나 best effort 형태의 트래픽 전송에 기반을 둔 현재의 이더넷 시스템은 이러한 요구사항을 수용하는데 있어 신뢰성과 망 보호/복구에 있어 문제점을 가진다. 따라서 현재의 이더넷 망을 전화, 비디오 그리고 보장형 서비스와 같은 실시간 및 고 품질 서비스에 적용하기 위해서는 서비스별 품질을 보장해 줄 수 있어야 하며, SDH/SONET (Synchronous Digital Hierarchy/Synchronous Optical Network) 시스템 수준의 신뢰성

\* 정회원, 한국전자통신연구원 광대역통합망연구단 BCN전달망연구그룹

(BCN Transport Network Research Group BCN Research Division Electronics and Telecommunications Research Institute)

\*\* 정회원, 충남대학교 전기정보통신공학부

(Division of Electrical and Computer Engineering, Chungnam National University)

접수일자: 2005년3월15일, 수정완료일: 2005년11월9일

과 망 보호/복구 능력을 가져야 한다.<sup>[1, 2]</sup>

따라서 본 논문에서는 이와 같은 요구사항을 수용하기 위해서 단일 장치로 기존의 TDM (Time Division Multiplexing) 전용회선 서비스와 기가비트 이더넷 가입자에 대한 L2 VPN (Virtual Private Network) 서비스 및 프리미엄 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 차세대 이더넷/TDM 통합전달 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 NGTS (Next Generation Transport System)라는 이름으로 설계 및 구현되었다. 구현된 NGTS 시스템은 TDM 신호와 이더넷 패킷을 동시에 수용하기 위한 다양한 인터페이스를 가지며, 소비자의 요구에 따라서 또는 서비스 공급자의 정책에 의해서 다양한 서비스를 제공할 수 있으며, 서비스별 차별적인 품질을 보장할 수 있다.

### II. 구성 및 서비스 모델

그림 1은 본 논문에서 제안된 NGTS 시스템의 기능 구성을 나타낸다. NGTS 시스템은 기가비트 이더넷과 10기가비트 이더넷 인터페이스를 가지는 라인카드 (GPIA/TPIA: Gigabit/Ten-gigabit Ethernet Packet Interface Assembly), TDM 신호와 EoS (Ethernet over SDH/SONET) 형태의 SDH 신호 인터페이스를 가지는 TDM/SDH 라인카드(BSIA: Basic SDH/EoS Interface Assembly), 메인 프로세서(MCPA: Main Control Processor Assembly) 및 셀 스위치(SCCA: Switching Control & Clock board Assembly)로 구성된다. 기가비트 이더넷 라인카드와 10기가비트 이더넷 라인카드는 동일한 하드웨어 플랫폼을 가지며 실장되는 소자에 따라서 구분된다. 그림 2는 제작된 기가비트/10기가비트 이더넷 라인카드를 나타내며, 각각 10개의 기가비트 이더넷 포트와 1개의 10기가비트 이더넷 포트를 가진다. TDM/SDH 라인카드는 2개의 STM-16 포트를 가지며, 1+1 절체를 지원한다. 제작된 TDM/SDH 라인카드는 그림 3과 같다. 각 라인카드에는 패킷 데이터에 대한 L2/L3 QoS (Quality of Service)를 보장해 주고, VLAN (Virtual LAN)기능을 제공해 주기 위해서 10 Gbps급 네트워크 프로세서를 사용하였다. NGTS 시스템은 이더넷 시스템의 장점인 낮은 가격과 망 운영에 있어서의 유연성과 확장성을 가지면서 동시에 망의 신뢰성을 보장하기 위해서 서킷 기반의 SDH/SONET 시스템의 빠

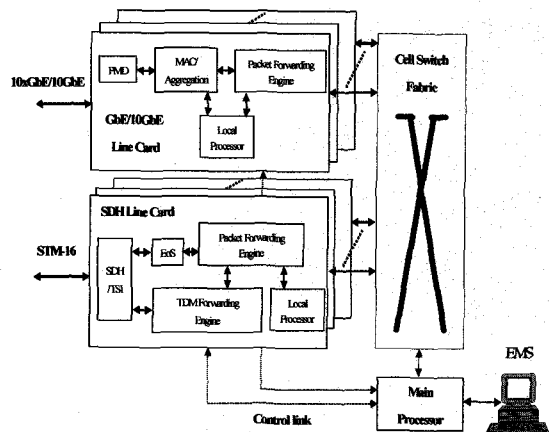


그림 1. NGTS 시스템 기능 구성도  
Fig. 1. Functional block diagram of NGTS system.

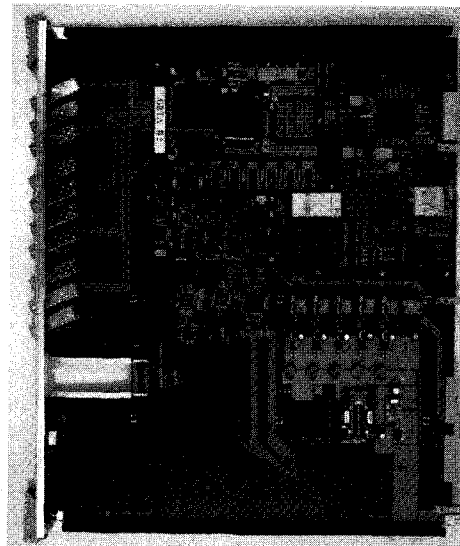


그림 2. 기가비트/10기가비트 이더넷 라인카드  
Fig. 2. Gigabit/10Gigabit Ethernet line card.

른 보호/복구 기능을 가진다. 이러한 특징을 만족하기 위해서 NGTS 시스템은 단일 장치로 기가비트/10기가비트 이더넷, SDH 및 TDM 신호를 수용하기 위한 다양한 인터페이스를 가지며, EoS 기술을 이용하여 이더넷 패킷을 전송한다. 기존의 SDH/SONET 망은 이더넷 망과 연동하는데 있어서 채널별 용량을 제어할 수 없다는 단점을 가진다. 즉 실 시간성을 가지며 변화하는 기가비트 이더넷을 효과적으로 전송할 수 없었으며, 결국 망 자원을 낭비하게 된다. 따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 많은 연구가 진행되어 왔으며, 이들 중 VCAT (Virtual concatenation)과 LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) 기술은 채널별 용량 할당과 확장에 있어서 유연성을 제공한다.<sup>[3, 5]</sup> 이러한 기

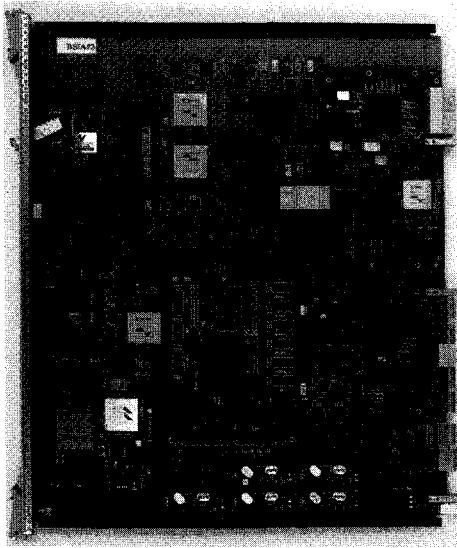
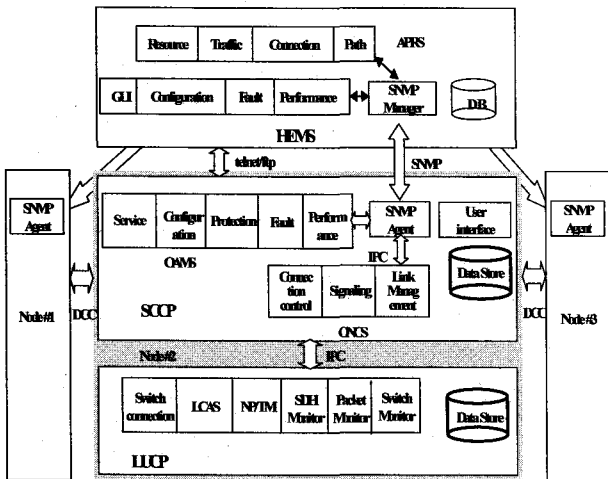


그림 3. TDM/SDH 라인카드  
Fig. 3. TDM/SDH line card.



APRS: Automated network connection Provisioning and Restoration System, HEMS: Hybrid circuit/packet network Element Management Subsystem, SNMP: Simple Network Management Protocol, SCCP: System and Connection Control Processor, ONCS: Optical Networking Control Subsystem

그림 4. NGTS 시스템 제어평면 기능 구성도  
Fig. 4. Block diagram of control plane for NGTS system.

솔들은 SDH/SONET 망의 자원을 보다 유연하게 사용할 수 있게 해주고 이에 대한 실시간 제어를 가능하게 해준다. NGTS 시스템에서는 VCAT과 LCAS 기술을 적용하여 이더넷 패킷에 대해서 높은 신뢰성과 SDH/SONET망의 유연성을 보장해 주었으며, VC-3 단위의 shared VCG (Virtual Concatenation Group)와 dedicated VCG를 제공한다.

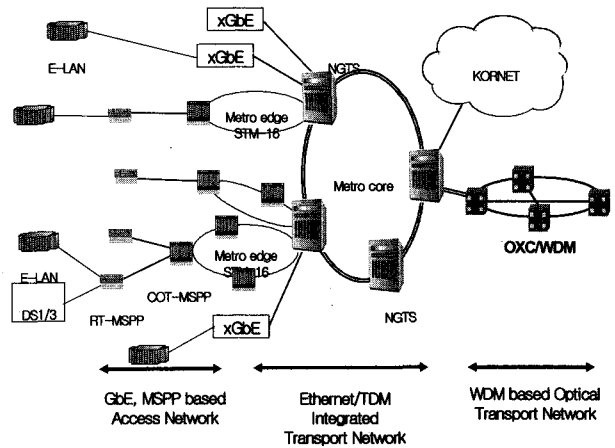


그림 5. 기존 망에 대한 NGTS 시스템의 적용 예  
Fig. 5. Typical application of the NGTS system in the legacy networks.

그림 4는 NGTS 시스템의 제어평면에 대한 구성도를 나타낸다. 제어평면은 중앙에 위치한 ARPS와 HEMS에 의해서 모든 노드들의 SNMP를 제어하는 중앙 집중형 구조를 가진다. 이러한 중앙 집중형 제어구조는 각 노드의 제어평면을 단순화 시킬 수 있고 또한 각 노드의 자원이 망 전체에 걸쳐서 예약 및 관리될 수 있다는 장점을 가진다. NGTS 시스템은 최근에 기가비트 이더넷 시스템에 요구되는 QoS (Quality of Service) 보장형의 다양한 서비스들을 제공하기 위해서 현재의 망에 광범위하게 적용 될 수 있다. 또한 현재의 망과 연동하여 Martini-draft MPLS (Multiprotocol Label Switching)기반의 L2 VPN 서비스<sup>[5]</sup>, 프리미엄 멀티미디어 서비스 및 TDM 신호에 대한 전용회선 서비스를 제공한다. 그림 5는 NGTS 시스템을 현재의 네트워크 망에 적용한 예를 보여주고 있다. 메트로 에지나 브로드 밴드 액세스 영역에서 NGTS 시스템은 기가비트/10기가비트 이더넷 패킷, EoS 신호 및 TDM 신호를 동시에 수용한다. 또한 메트로 코어 영역에 있어서는 기존의 best effort형 이더넷 패킷을 전송하는 KORNET망과 SDH/SONET 신호를 전송하는 WDM/OXC와 같은 백본망과의 연동성을 제공한다.

### III. 실험

그림 6은 제안된 NGTS 시스템이 그림 5와 같은 현재의 망에 적용될 경우 시스템 성능을 검증하기 위한 실험구성을 나타낸다. 실험을 위한 구성은 기가비트 이더넷 라인카드, TDM/SDH 라인카드, 메인 프로세서 및

셀 스위치로 구성된 NGTS 시스템에 액세스 노드에 해당하는 L2 스위치와 COT-MSPP (Central Office Terminal Multi-Service Provisioning Platform)를 연결하였으며, 광 전달망 코어에 해당하는 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 시스템과 OXC (Optical Cross Connection) 시스템을 각각 연결하였다. 또한 패킷 성능 측정기를 이용하여 10 Gbps 용량의 이더넷 패킷의 전송성능을 측정하였다.

먼저 10 Gbps 패킷 포워딩 기능과 L2 VPN 서비스에 대한 성능을 검증하기 위해서 서로 다른 VLAN ID를 가지는 기가비트 이더넷 프레임이 10개의 기가비트 이더넷 포트를 통해서 GPIA에 입력되었으며, 이들 중 9개는 패킷 성능 측정기와 연결되었다. 패킷 성능 측정기는 포트별로 서로 다른 VLAN ID와 우선순위를 가지는 68 바이트의 고정 크기 프레임 생성한다. 표 1은 68 바이트의 고정길이와 데이터 필드에 랜덤 데이터를 가지는 VLAN 패킷에 대해서 48시간 동안 실험한 결과로  $1.2 \times 10^{-11}$ 의 패킷 손실을 나타내었다. 프리미엄 멀티미디어 서비스에 대한 실험은 L2 스위치와 연결된 컴퓨터 단말과 TDM/SDH 라인카드와 연결된 WDM/OXC 시스템을 통해서 수행 되어졌다. 즉 이더넷 패킷에 대한 프리미엄 서비스는 SDH 망의 자원할당/예약 및 복구 기능에 기반을 둔 예약 설정된 VCG를 통해서 수행 된다. 본 실험구성에서 L2 스위치는 패스트 이더넷(100 Mbps)을 통해서 각각 서버와 클라이언트로 동작하고 있는 컴퓨터(PC#3, PC#4)와 연결된다. L2 스위치를 통해서 GPIA로 입력되는 기가비트 이더넷 스트림은 HDTV 트래픽이며, 본 실험에서는 이를 프리미엄 데이터로 가정 하였다.

TDM 전용선 서비스를 시험하기 위해서는 BSIA 유닛을 이용하여 NGTS 시스템을 기존의 WDM 시스템과 OXC시스템에 연동 시켰다. 실험에는 2.5 Gbps의 업 링크 용량을 가지는 COT-MSPP가 사용되었다. TDM 데이터에 대한 크로스 커넥션 기능은 EMS (Element Management System)상에서 해당하는 타임 슬롯을 변환시킴으로써 캠코더(CAM)와 레이저 디스크 플레이어(LDP)사이에서 시험되었다. TDM 패스에 대한 라인절체는 50 ms 이내에 수행되었다. 또한 유닛 보드의 탈장 시에도 50 ms 이내에 유닛 절체가 이루어졌다. 보호/복구에 대한 시험결과는 클러 소스의 복사와 같은 클러 동기를 위한 시간이 포함되었다. 유니

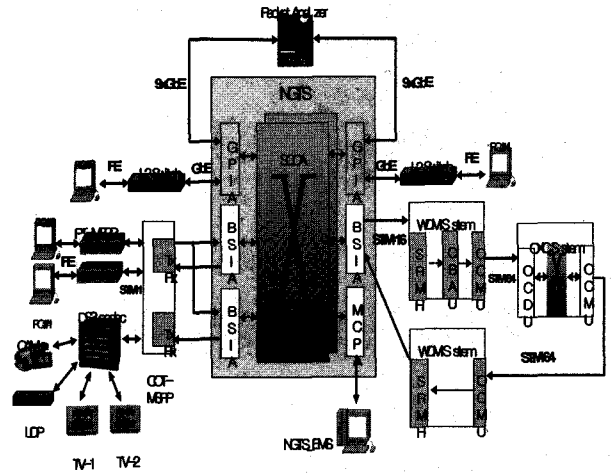


그림 6. NGTS 시스템 실험 구성도

Fig. 6. Experimental setup to evaluate NGTS system.

표 1. 이더넷 패킷에 대한 실험 데이터

Table 1. Packet throughput for 48-hour operation.

ETHERNET	ETHERNET
Link State	Link Up
Line Speed	1000 Mbps
Duplex Mode	Full
Frames Sent	244,541,879,896
Valid Frames Received	244,541,879,893
Bytes Sent	16,628,847,832,856
Bytes Received	16,628,847,832,656
Fragments	0
Undersize	0
Oversize and Good CRCs	0
CRC Errors	0
Vlan Tagged Frames	244,541,879,893
Flow Control Frames	0
Dribble Errors	0
Collisions	0
Late Collisions	0
Collision Frames	0
Excessive Collision Frames	0
Oversize and CRC Errors	0
User Defined Stat 1	0
User Defined Stat 2	0
Capture Trigger (UDS 3)	244,541,879,893
Capture Filter (UDS 4)	244,541,879,893

트 및 시스템 장애에 따른 스위치 복구시간은 4 us 이 내로 측정되었다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 이더넷 패킷과 TDM 신호를 동시에 수용할 수 있는 통합전달 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 하나의 장치에서 MPLS 기반의 L2 VPN 서비스, 프리미엄 멀티미디어 서비스 및 TDM 전용선 서비스를 동시에 제공할 수 있다. 또한 서킷 네트워크 기반의 보호/복구 기능을 제공함으로써, best effort 형식의 기존의 이더넷 망에서는 가질 수 없었던 높은 신뢰성을 제공할 수 있다는 장점을 가진다

### 참 고 문 헌

- [1] Enrique Hernandez-Valencia, "Hybrid Transport Solutions for TDM/Data Networking Services," IEEE Commu. Mag., pp. 104-112, 2002.
- [2] Subra Dravida et al., "Broadband Access over Cable for Next-Generation Services: A Distributed Switch Architecture," IEEE Commu. Mag., pp. 116-124, 2002.
- [3] ITU-T Rec. G.7041, "Generic Framing Procedure," Oct. 2001.
- [4] ITU-T Rec. G.7042, "Link Capacity Adjustment Scheme," Oct. 2000.
- [5] IEEE 802.1Q, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Network: Virtual Bridge Local Area Networks," 1998.

저 자 소 개



윤 지 욱(정회원)  
 1997년 경희대학교  
 전자공학과 학사  
 1999년 경희대학교  
 전자공학과 석사  
 1999년~현재 한국전자통신연구원  
 광대역통합망연구단  
 선임연구원

<주관심분야 : 품질 보장형 이더넷, 광대역 통합  
 망, 광 통신기술>



이 종 현(정회원)  
 1981년 성균관대학교  
 전자공학과 학사  
 1983년 성균관대학교  
 전자공학과 석사  
 1991년 성균관대학교  
 전자공학과 박사

1983년~현재 한국전자통신연구원 광대역통합망  
 연구단 책임연구원

<주관심분야 : 대용량 광 통신기술, 광대역 통합  
 망>



염 경 환(정회원)  
 1980년 서울대학교  
 전자공학과 학사  
 1982년 한국과학기술원  
 전기및전자과 석사  
 1988년 한국과학기술원  
 전기및전자과 박사

1985년~1991 금성전기소재부품연구소  
 책임연구원

1991년~1995 (주) LTI

1995년~현재 충남대학교 전자공학과 교수

<주관심분야 : MMIC, RF 시스템>