

IPTV 특집논문-07-12-2-02

## Packet Transport System에 의한 효율적인 IPTV 분배망 구축 방안

장진희<sup>a)‡</sup>, 박승권<sup>a)</sup>, 노진영<sup>b)</sup>, 노태환<sup>b)</sup>

### An Efficient IPTV Distribution Network by Packet Transport System

Jin Hee Jang<sup>a)‡</sup>, Seung Kwon Park<sup>a)</sup>, Jin Young Roh<sup>b)</sup>, and Francis Tai Noh<sup>b)</sup>

#### 요 약

방송과 통신의 대표적 융합서비스인 IPTV 서비스는 네트워크 상에서 QoS 보장, 멀티캐스팅 효율성, 높은 대역폭이 요구된다. 전형적인 TDM 중심의 메트로 전송 네트워크는 안정적이고 복구가 가능한 방식으로 고정된 음성 트래픽을 전송할 수 있게끔 설계되었기 때문에 폭주 특성을 지니는 데이터 트래픽을 수용하기에는 병목현상과 대역폭 낭비의 단점이 있다. 그리고 고급 하이엔드 서비스와 Best Effort의 로우엔드 서비스를 분별하지 못하여 전송 네트워크에서는 모든 데이터를 동일하게 취급을 한다. 이러한 폭주 트래픽의 증가와 QoS를 근본적으로 해결하기 위해서는 무엇보다도 새로운 전송 네트워크 설계가 절실히 요구된다. 논문에서는 TDM 중심의 메트로 전송 네트워크를 패킷 중심의 전송 네트워크로 변화 방법을 제시하고 또한 패킷 중심의 전송 네트워크의 장점과 실효성도 함께 제시한다. 그리고 패킷 중심의 전송 네트워크인 Packet Transport System 방법에 관한 기술요소와 특징들에 대해서도 함께 제시한다. 연구결과 패킷 중심의 전송 네트워크인 Packet Transport System은 기존의 TDM 특성을 수용할 뿐 아니라 QoS, 멀티캐스트, 높은 대역폭의 수용으로 효과적인 대역폭 운용과 안정적인 패킷 전송성을 가지고 있으며, 또한 광 경로 상의 장애 발생 시 트래픽의 생존성 확보를 위한 보호 메커니즘을 고려한 알고리즘을 통해서 각 서비스 클래스별 차등화된 QoS를 보장할 수 있다.

#### Abstract

IPTV Services that is representative union service of broadcasting and telecommunication need guarantee of QoS, efficiency of multicasting, and high bandwidth on the network. Because typical TDM based metro transport network was designed by transporting fixed voice traffic with stable and recovering method, it has a defect of bottleneck and a waste of bandwidth for acceptance of data traffic with burst feature and then all of data are treated equally at the transport network because it cannot classify between advanced high end service and best effort low end service. For completely resolving this kind of problem about increasing burst traffic and QoS issues, firstly we need to new design for transport network. This Paper presents transformation method from TDM based metro transport network to packet based transport network and advantage and effectiveness of packet based transport network and also indicates technical factor and characters about method of packet transport system. As a result of research, the Packet Transport System, which is a transmission network for packet delivery, take in not only a specific character of legacy TDM but QoS, Multicast and high bandwidth, then, it is able to keep an effective bandwidth and a stabilized performance of packet transmissions. Additionally, if a fault be occurred on an optical link, the system is able to guarantee a differential QoS by an each service class using an algorithm to make certain of a traffic existence and contain a protective mechanism.

Keywords : IPTV, Packet Transport System, IPTV Distribution

a) 한양대학교 전자통신공학과  
Dept. of Electronic Communication Engineering, Hanyang University  
b) 트로 솔루션스  
TRoh Solutions  
‡ 교신저자 : 장진희 (equite@hanmail.net)

## I. 서 론

첨단 정보통신 기술의 발전은 기존 미디어의 한계를 뛰어넘는 새로운 커뮤니케이션 양식을 끊임없이 등장시키고

있다. 이미 기존 대중매체의 단점을 보완하여 새로운 정보 처리 및 정보전달기술이 융합된 뉴미디어들이 인터넷의 통신속도 발달과 동영상 및 소리를 동시에 전달하는 멀티미디어 기술의 발전에 힘입어 점차적으로 오락, 교육, 통신 등의 서비스까지 영역을 넓혀감에 따라 일반 방송에서도 인터넷의 영향을 받은 일련의 변화가 일고 있다. 그 예로 고객과 양방향 통신을 할 수 있는 뉴미디어의 패러다임으로 IPTV (Internet Protocol Television)가 등장하였다. IPTV는 IP 기반의 광대역 통신망을 통하여 전달되는 다양한 콘텐츠를 기존의 TV를 이용하여 제공받을 수 있는 서비스를 의미한다. 방송과 통신의 대표적 융합서비스인 IPTV 서비스는 네트워크 상에서 QoS(Quality of Service) 보장, 멀티캐스팅 효율성, 높은 대역폭이 요구된다. 하지만 IPTV 서비스를 하기 위해서 기존의 메트로 전송 네트워크(Metro Transport Network) 구조로는 효율적으로 전송이 어렵다는 단점이 있다.

전형적인 TDM 중심의 메트로 전송 네트워크는 안정적이고 복구가 가능한 방식으로 고정된 음성 트래픽을 전송할 수 있게끔 설계 되었기 때문에 폭주 특성을 지니는 데이터 트래픽을 수용하기에는 병목현상과 대역폭 낭비의 단점이 있다. 그리고 고급 하이엔드 서비스와 Best Effort의 로우엔드 서비스를 분별하지 못하여 전송 네트워크에서는 모

든 데이터가 동일하게 취급을 한다. 이러한 폭주 트래픽의 증가와 QoS를 근본적으로 해결하기 위해서는 무엇보다도 새로운 전송 네트워크 설계가 절실히 요구된다.

본 고에서는 TDM 중심의 메트로 전송 네트워크를 패킷 중심의 전송 네트워크로의 변화 방법을 제시하고 또한 패킷 중심의 전송 네트워크의 장점과 실효성도 함께 제시한다. 그리고 패킷 중심의 전송 네트워크인 Packet Transport System (PTS) 방법에 관한 기술요소와 특징들에 대해서도 함께 제시한다.

## II. 기존 메트로 전송 네트워크의 구조와 IPTV 분배망으로서의 문제점

### 1. TDM 중심의 메트로 전송 네트워크 구조

통신 (Telecommunication)을 위한 전송 네트워크는 액세스 네트워크 (Access Network), 메트로 네트워크 (Metro Network) 그리고 백본 네트워크 (Backbone Network)으로 나눌 수 있다. 액세스 네트워크는 고객과 통신사의 장비를 이어준다. 메트로 네트워크는 일반적으로 메트로 지역의 전송장비와 시설을 포함하나 그 크기 및 범위, 구성의 복잡

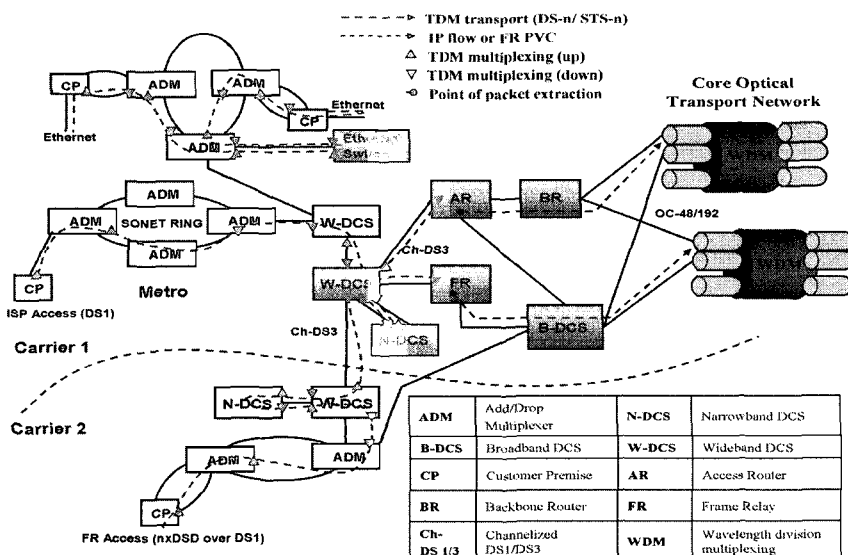


그림 1. 전형적인 TDM 중심의 메트로 전송 네트워크  
Fig. 1. Typical TDM Metro Transport Network

한 정도는 적용 방법에 따라서 조금씩 차이가 날 수 있다. 백본 네트워크는 대도시간 전송 서비스를 제공하는 전송 장비와 장거리 스위치로 이뤄진다.

패킷 스위치와 라우터는 보통 대규모 메트로 지역에 설치된다. 그러나 패킷 스위치와 라우터는 전송 네트워크 장비에 비해 운영하기에 더 복잡한 점이 있기에 패킷 스위치 장비는 전송 장비보다 더 적은 수의 지역으로 통합된다. 패킷 트래픽은 메트로 전송 네트워크를 통해 패킷 스위치나 라우터로 보내진 후 같은 메트로 지역내의 다른 고객 위치로 스위칭 되거나 다른 백본 지역으로 스위칭 된다.

그림 1은 오늘날의 TDM 중심의 메트로 네트워크의 한 예이다. 전송 및 다중화 (Multiplexing) 장비가 중앙 국사에 위치하고 여타 국사와 광섬유로 연결되어 있다. 대부분의 통신사는 현재 SONET/SDH를 사용하고 있으며 메트로 네트워크에서 전송장비는 SONET 자동복구링 (Self-healing Ring)에 귀속되어 추가적인 안정성을 제공하고 있다.

광대역 디지털 상호 연결 시스템 (Broadband Digital Cross-Connect System B-DCS)은 메트로망과 백본망 사이의 인터페이스에 연결되어 있다. 메트로망과 백본망의 게이트웨이 역할을 하는 구성체는 그림 1에서 색깔이 있는 것으로 표현되어 있다. 고객에게 제공되는 단대단 (End-to-End) 서비스를 고려한다면 이 그림은 더욱 복잡해진다. 고객의 전송회선 (Transport Circuit)이나 패킷 서비스가 통신사업자 및 인터넷 서비스 사업자 (Internet Service Provider ISP) 등이 복합하여 제공될 수 있기 때문이다.

## 2. TDM 기반의 메트로 전송 네트워크의 문제점

### 2.1 TDM 다중화/역다중화

메트로 네트워크에는 TDM 다중화/역다중화의 대상이 되는 구역이 다수 존재한다. TDM 다중화 계층이 다른 속도의 회선들을 만들어내고 링크 효율을 최적화 하기 위해서는 같은 목적지로 가는 회선별로 모으는 다중화가 반드시 이뤄져야 한다. 이런 과정을 처리하기 위해 DS0, DS1 (또는 SONET VT-1.5), DS3 (또는 SONET STS-1) 신호 단위로 Narrowband (N-DCS) 및 Wideband (W-DCS), Broadband (B-DCS) 등 세 종류의 Digital Cross-Connect

System (DCS)이 개발되었다. 계층형 TDM 구조의 결과로, 네트워크에 TDM 중심의 서비스보다 데이터 트래픽이 증가함에 따라 네트워크 서비스 사업자가 다중 패킷 액세스 회선에서의 통계적 다중화 방식(Multiple Multiplexing)의 이점을 활용하지 못하게 되었다. TDM 다중화 계층은 고객 액세스 회선의 크기를 DS1, DS3, STS 단위로 제한한다. 이것은 고객이 최고 요구량을 수용하기에 충분할 정도의 액세스 회선을 구입해야 하는 것을 의미하고 대개 고비용 저링크 효율의 결과를 초래한다.

### 2.2 비효율적인 Ethernet 전송

TDM 전송기반에서는 이더넷 트래픽 전송 역시 비효율적이다. 현재 이러한 서비스를 제공하기 위해서는 고객 이더넷 프레임이 TDM 회선으로 캡슐화되고 Hub and Spoke 구조의 게이트웨이에 있는 이더넷 전용 스위치로 보내지게 된다. 이더넷 서비스 수요의 대부분이 인트라 메트로여서 이런 구조는 비효율적이다. 다중의 Low-rate 고객 액세스 회선은 하나의 Higher-rate 신호로 모아져서 공통된 패킷 스위칭 플랫폼으로 보내진다. 이를 위해서는 패킷 스위칭과 라우팅 기능이 각 고객 액세스 회선으로 적용되기 전에 대부분의 액세스 라우터와 패킷 스위치가 채널화된 TDM 인터페이스를 지원하는 것을 필요로 한다. 낮은 고객 밀도, 높은 전력소비, 필요한 공간 등을 고려한다면 액세스 라우터와 패킷 스위치의 채널화 인터페이스는 전통적으로 패킷 인터페이스보다 고가였고, 현재의 액세스, 메트로 네트워크의 비용구조에 깊은 영향을 끼치고 있다.

### 2.3 TDM의 구조적 비효율성

폭주 데이터 트래픽 (Busty Data Traffic) 전송의 효율성을 높이기 위해 SDH/SONET가 기본적으로 안고 있는 구조적인 한계를 보완할 목적으로 최근 정교성과 융통성을 더욱 개선시키기 위해 VCAT (Virtual Concatenation; 가상 연결)이 정의 되었다. 이러한 개선된 VCAT는 기존 SDH/SONET ADM 에 packet 기능을 Hybrid 형태로 부분적으로 접목한 대부분의 MSPP System에 적용되어 상용화 되고 있다.

기존의 계층망 다중화 방식에서 이런 변화는 SDH/SONET 네트워크가 고정된 동기 음성 트래픽 전송에 대부분 쓰이지만 일부 비동기 데이터 트래픽을 전송할 필요가 있을 때 매우 유용하고 이점을 가져다 준다. 그러나 데이터 트래픽의 상대적 분량이 증가하고 동기 음성 트래픽의 그것을 초과하면서 고정된 동기회선의 정교성 개선만으로는 충분치 않은 시점에 이르게 된다. 서비스 사업자는 고객에게 지원되는 서비스의 폭주 트래픽 (Bursty Traffic)의 순간 최대율을 고려하여 SDH/SONET 회선을 제공해야만 한다. 이 회선에서의 실제 평균사용량은 대개 순간최대속도의 일부분에 불과하기 때문에 네트워크의 전반적 효율은 여전히 낮다. 그림 2는 폭주 트래픽이 있는 데이터 서비스를 전송하는 SONET 회선의 낮은 효율성을 보여준다.

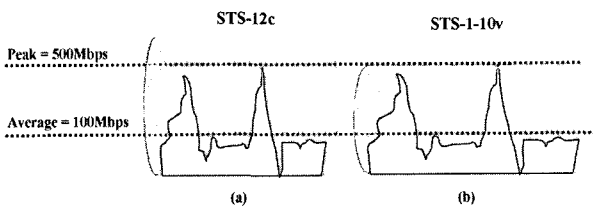


그림 2. 데이터를 전달하는 SONET 회선의 낮은 이용률  
Fig. 2. Low Utilization of a SONET circuit carrying bursty traffic

### III. 패킷 기반의 메트로 전송 네트워크 와 Packet Transport System으로의 진화

#### 1. 패킷 기반의 메트로 전송 네트워크

앞서 언급한 Data Traffic의 전송에서의 TDM이 갖는 문제점들은 기존의 TDM 중심의 ADM 시스템에 패킷 애그리게이션 (Packet Aggregation) 기능을 접목한 하이브리드 (Hybrid) 형태의 MSPP System에 의해 어느 정도 보완 될 수 있다. 하지만 IPTV가 보편화 되면 메트로 네트워크는 가입자 망의 HFC, FTTH, 광랜 스위치 등으로부터의 수많은 기가비트 이더넷 링크들을 효율적으로 콘텐츠 분배지점 (Contents Distribution Points)들로 연결 분배해주는 거대한 패킷 기반으로 바뀌기 때문에 Hybrid 형태의 MSPP에서 지원되는 제한적인 패킷 기능은 심한 확장성 (Scalability) 문제에 직면하게 될 것이다. 이러한 데이터 중심 환경에서는 기존의 TDM 트래픽을 모두 패킷화 하여 100% 패킷 전송 네트워크로 통합 하는 것이 바람직 할 것이다. 그림 3에서 네트워크가 패킷화 됨에 따라 전송 네트워크 구성요소들이 어떻게 진화되는가를 잘 묘사하고 있다. 네트워크가 패킷 중심으로 진화함에 따른 전송 네트워크 요소의 진

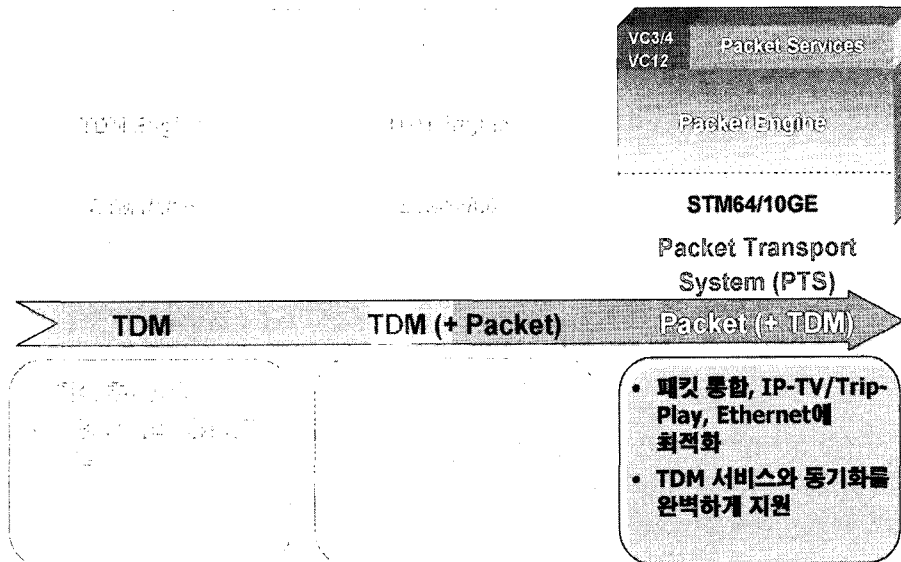


그림 3. 전송 네트워크의 진화발전  
Fig. 3. Evolution of Transport Network

화를 순수 TDM 중심에서 패킷을 접목한 Hybrid TDM/ Packet, 그리고 순수 Packet Switch Fabric 중심으로의 진화 하는 데 따른 문제점들과 대책이 일찍이 ATM 기반의 Packet Network에서도 지적된 바 있다<sup>10)</sup>.

IETF(Internet Engineering Task Force)는 단대단 PW (Pseudo-wires)로 패킷 기반의 전송 네트워크상에서 모든 형태의 데이터 트래픽을 전달하는 단일화된 방식을 정의하였다. IETF의 PWE3 (Pseudo Wire Emulation Edge to Edge) 워크그룹이 MPLS (Multi Protocol Label Switching) 터널에서 Level1, Level2 서비스를 전달하기 위해 "Martini Scheme"으로 불렸던 Signaling과 Encapsulation 방식을 정의하였다. 이 방식은 처음으로 캐리어가 보유중인 모든 데이터 서비스를 패킷 중심의 전송 네트워크로 이전 시킬 수 있게 하였다. 그리하여 전송 네트워크 활용도를 높게 끌어 올리는 한편 Point-to-Point 중심의 전송 네트워크를 데이터 네트워크의 스위칭과 통합 장비로부터 분리하는 기존의 패러다임을 유지하였다.

또한 기존의 SDH/SONET ADM과 MSPP가 네트워크 확실성 (Network Reliability)을 위해서 TDM 증속회선 중심으로 지원한 네트워크 장애 발생 시의 50ms 이내 절체요건을 패킷 중심에서는 각각의 CoS (Class of Service)별로 50ms내에 지원 할 수 있도록 IEEE 802.17 워크그룹이 RPR (Resilient Packet Ring) 표준을 정의하여 주관하고 있다<sup>2)</sup>. RPR은 단순히 캐리어급 특성을 지닌 링 공유매체에 대한 액세스 컨트롤 프로토콜이다. RPR은 SONET/SDH 단대단 경로 체인을 폭주 트래픽의 효율적인 통계적 다중화 (Statistical Multiplexing)가 가능한 진정한 의미의 공유 매체로 변환시킨다. RPR은 여러 개의 CoS 및 가용 대역폭을 사용자간 공평히 제공하는 가중 페어네스 (Fairness)를 지원한다. RPR은 물리 계층과 무관하며 모든 SONET/ SDH 페이로드 크기로 GFP (Generic Frame Procedure) Framing 전송이 가능하다.

새로이 떠오르는 RPR MAC (Media Access Control)은 MPLS의 신호 및 트래픽 처리 능력과 수도와이어 개념에 대한 지원등과 같이 모든 서비스로 패킷을 효율적으로 보낼 수 있는 전송 네트워크를 만들 수 있다.

## 2. PTS (Packet Transport System)

모든 형태의 데이터 트래픽을 단일화된 패킷 방식으로 전송하기 위해서 패킷 전송 시스템(Packet Transport System PTS) 시스템 플랫폼이 필요하게 되었으며 이미 대규모 상용화되어 제공 중이다<sup>8, 9)</sup>. PTS의 기본 원칙은 다음과 같다. SONET/SDH 표준 기술, RPR MAC에 근거한 트래픽 관리 계층, IETF의 수도와이어 방식에 근거한 포워딩 및 컨트롤 플레인 계층, 패킷 중심 기반에서 모든 서비스를 표준 수도와이어 형태로 전송하기 위해서이다. 그림 4에 패킷 전송 네트워크에서의 수도와이어의 전송을 위한 계층 구조가 설명되어있다. 다음과 같은 구성 요소를 갖춘 네트워크를 패킷 ADM (Add-drop Multiplexer) 또는 PTS 링 네트워크 (Ring network)이라 부른다.

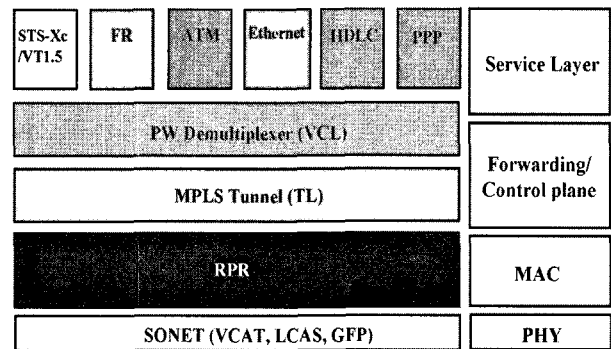


그림 4. 패킷 전송 네트워크의 계층 구조  
Fig. 4. The Layer Architecture of Packetized Transport Networks

표준 SONET/SDH 물리적 계층은 SONET/SDH OAM 기능, 안정적인 동기화 매커니즘, 그리고 기존의 SONET/SDH 네트워크와의 상호작용에 사용된다. 기존 SONET/SDH 네트워크의 여유 공간에서의 가상 패킷 네트워크의 지정내지는 SONET/SDH 백본을 통한 패킷 네트워크간의 효율적인 상호접속을 위해 VC (Virtual Concatenation)와 LCAS(Link Capacity Adjustment Scheme)로도 사용될 수 있다.

RPR MAC은 링 토폴로지상의 패킷 전송 네트워크에서 CoS 트래픽 매니저의 기능을 한다. RPR은 폭주 서비스에 대한 대역폭의 공평하고 최적의 사용이 가능하도록 다수의

노드, 사용자, 서비스 간의 공유 링을 만드는데 이용된다. 이는 고도의 효율적인 통계적 다중화 오버북킹(Statistical Multiplexing Overbooking)과 공간 재활용 (Spatial Reuse)을 이용하여 가능해진다. MAC은 지터에 민감한 서비스에 대해서는 엄격한 SLA (Service Level Agreement)를 준수하고 CIR과 PIR로 서비스 보장하면서 대역폭이 필요에 따라 역동적으로 할당하게 한다. 이런 접근은 전송효율을 높일 뿐 아니라 서비스 밀도를 현저히 높일 수 있다. 캐리어는 전송 네트워크를 데이터 기반으로 만드는 것만으로 수익성을 획기적으로 전환할 수 있다.

무접속 RPR MAC은 서비스 사업자가 전송 네트워크 최초로 SONET 기반 물리적 시설로부터 클라이언트 대역폭 관리 계층을 효과적으로 분리하게끔 하였다. 지금까지의 전송 네트워크는 서비스별 CoS와 대역폭 프로파일을 무시하고 각 서비스를 위한 물리적 시간슬롯 (Timeslot) 연결의 지정이 하나로 묶였었기에 이 분리는 혁신적이다. 이제 전송 서비스는 물리적 시설로부터 독립된 적정한 대역폭 프로파일과 CoS에 따라 지정이 가능해졌다. 최우선급(High-priority) 서비스는 보장되면서 중간급 (Medium-priority) 서비스와 Best Effort 서비스는 공유 매체에서 통계적 다중화가 될 수 있다.

### 3. PTS와 IPTV 및 VOD 전달망

IPTV/VOD를 포함한 프리미엄 클래스 데이터 서비스 (Premium Class data service)에 요구되는 네트워크 요구사항을 충족시키기 위한 솔루션으로는 크게 네 가지가 검토될 수 있다고 본다.

우선 (1) L3 MPLS Switch에 의한 Hub and Spoke 방식과 링 토폴로지에 의한 방식이 검토될 수 있겠으며 링 토폴로지에 의한 방식은 다시 (2) L3 MPLS switched Ring (Hub and Spoke의 링 구조), (3) PTS 의 RPR 패킷 링, (4) MSPP 및 SDH ADM 의 Drop & Continue에 의한 링 방식 등을 고려해 볼 수 있을 것이다.

[11]에서 처음 세 가지 방법들에 대한 비교 검토를 제시하고 있으며 특히 (4)번의 경우는 VOD를 위해 POP과 액세스 장비 사이의 리턴 채널이 같은 기반에서 제공될 수

없으며 또한 VOD 및 IPTV를 위한 공동 기반으로 고려되기 어려운 문제 등이 있으리라 본다. 반면에 (3)의 PTS PRR 패킷 링은 VPLS에 의해 IPTV 멀티캐스트와 VOD 유니캐스트를 동시에 효율적으로 지원하며 KDDI도 VPLS Ring을 이용하여 방송 TV, VOD, 인터넷 액세스 뿐만 아니라, 동일 네트워크에서 VOIP와 무선 백홀 (Wireless Backhaul)까지 지원하여 아주 간결한 네트워크 구축을 통하여 OPEX를 많이 줄이고 있다.

## IV. PTS를 이용한 IPTV 분배망 구축 방안

### 1. IPTV 네트워크 구성

그림 5와 같이 하나의 중앙 비디오 헤드엔드 (National Video Head End)와 다수의 지역 비디오 헤드엔드 사이트 (Local Video Head End Site)간의 패킷 영상 트래픽 (이더넷 상에서 IP로 전송되는 영상 트래픽)의 전송 및 분배가

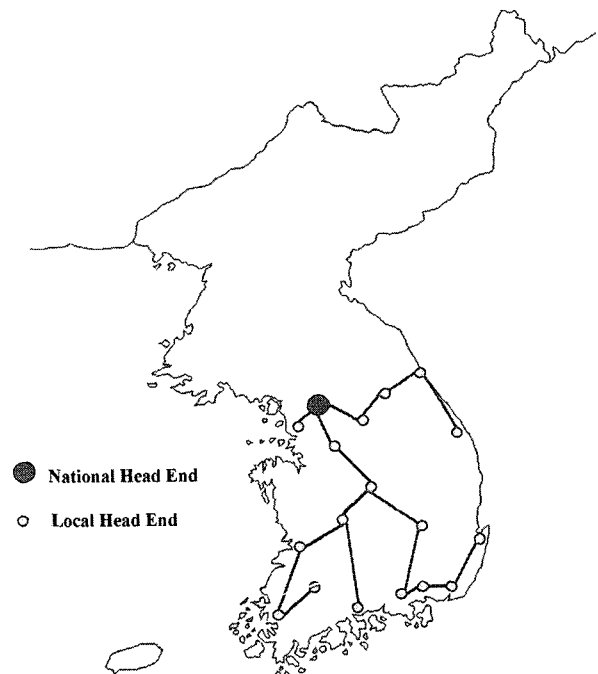


그림 5. 비디오 분배 전송 네트워크  
Fig. 5. Video Distribution Transport Network

이루어지고 전국 방송영상 채널은 인공위성 네트워크로부터 중앙 비디오 헤드엔드로 다운로드되어 모든 지역 비디오 헤드엔드 사이트로 멀티캐스트 된다고 가정한다. 이 시점에서 지방 방송영상 채널이 다운로드되고 전국방송채널과 묶어진다. 중앙 비디오 헤드엔드는 모든 지역 비디오 헤드엔드 사이트로 콘텐츠를 분배하는 중심 VoD (Video On Demand) 서버를 포함한다고 가정하고 VoD 관리 및 엔드 유저 (End-user)로의 분배가 지역 비디오 헤드엔드에서 진행된다. 네트워크 설계 범위는 중앙 비디오 헤드엔드와 모든 지역 비디오 헤드엔드 사이트간의 패킷 영상 트래픽의 분배를 위한 전송방법 제공에 집중되었다. 지역 비디오 헤드엔드에서 고객에게 보내지는 방송과 VoD 트래픽의 분배 방법은 고려하지 않았다. 본 고에서 제시하는 IPTV 메트로 네트워크의 설계 방향은 다음과 같다.

패킷 영상 트래픽의 분배를 위한 RPR 기반의 전송방법과, 방송 영상과 VoD 이라는 두 가지의 독립된 다운스트림 영상 트래픽을 위한 하나의 방법을 제시한다. 또한 영상 트래픽의 1 GE (Gigabit Ethernet)이 멀티캐스트 되고 각 지역 비디오 헤드엔드 사이트에서 분배된다는 가정에서 방송 영상 분배 방법을 제시하며 지연과 패킷 손실 요구사항 등 서비스 특성에 의해 패킷 영상 트래픽을 구분하고 클래스별로 나누는 방법을 제시한다. 마지막으로 RPR에 의거한 유용성과 확장성이 높은 방법을 제시한다.

그림 6은 네트워크 구조로 한 개의 중앙 비디오 헤드엔드와 17개의 지역 비디오 헤드엔드 사이트간의 연결을 보여준다. 그림 6에 있는 사이트간의 연결 시 필요한 FICON (Fiber Connectivity)은 보장 된다고 가정한다. 파이버 맵상에서는 때로 두 개의 지역 비디오 헤드엔드 간에 싱글 단대로 보이기도 하나 여기에서는 다중 파이버로의 연결이 가능한 것으로 가정한다. 그러므로, 각 지역 비디오 헤드엔드에는 하나 이상의 RPR 스테이션이 있을 수 있어서 링 토폴로지 구성이 가능하다고 가정한다.

네트워크 요소가 이중화되지 않은 하나의 중앙 비디오 헤드엔드가 있다고 가정한다. 전국 브로드캐스트 비디오 채널이 인공위성 다운링크를 이용하여 이곳으로 다운로드 된다. 중앙 비디오 헤드엔드에서 SD (Standard Definition), HD (High Definition), VoD 트래픽을 통합하는데 Level3 스위치 하나를 사용한다. Level3 스위치는 다음의 기능을 수행한다.

중앙 비디오 헤드엔드와 전국 VoD 서버로부터의 트래픽을 통합하고, VoD 콘텐츠 및 방송영상 분배를 위한 멀티캐스트 그룹을 위한 IGMP (Internet Group Management Protocol) 서버로 사용한다. 또한 두 개의 전용 이더넷 인터페이스를 통해 전송 네트워크로 방송영상 트래픽을 전달한다.

그림 6에 중앙 비디오 헤드엔드 내부의 연결성에 대한

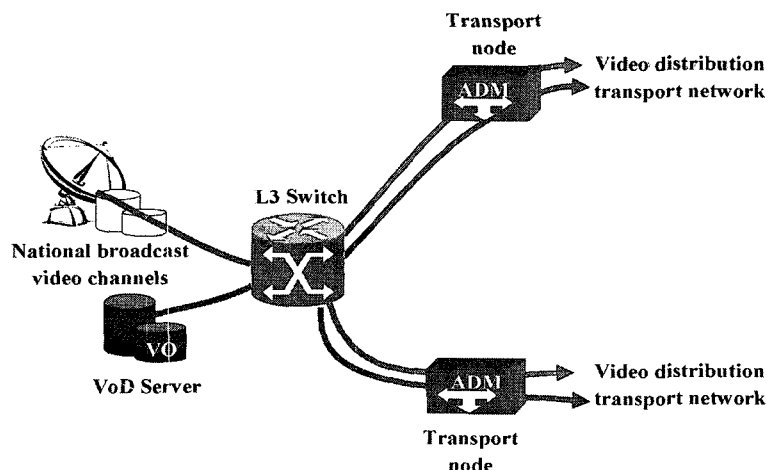


그림 6. 중앙 비디오 헤드엔드  
Fig. 6. National Head End

설명이 있다. 여기서는 SDH ADM 같은 기존의 보편적인 전송 네트워크의 사용을 가정한다.

중앙 비디오 헤드엔드에서 각 지역 비디오 헤드엔드로 멀티캐스트 되어지면서 지역 비디오 헤드엔드에서 방송영상 채널은 전국방송 스트림에 포함되어진다. 지역 VoD 서버는 지역 비디오 헤드엔드에 위치한다. 방송 영상과 VoD 등 두 가지의 스트림을 전송하는 트랜스포트 네트워크 트래픽은 두 개의 기가비트 이더넷 인터페이스 포트를 통해 2계층과 3계층 스위치로 전달된다. TV 채널 분배를 위해서 2계층 스위치는 IGMP와 같은 2계층 기능을 수행할 수 있어야 하고 멀티캐스트 서버처럼 작동되어야 한다. 2계층 스위치는 다음과 같은 일부 3계층 기능을 수행한다고 가정한다.

전국 또는 지역 방송 채널을 통합하기 위해서는 중앙 비디오 헤드엔드로부터 방송 영상채널과 VoD 콘텐츠를 위해 지역 비디오 헤드엔드 내부의 전송 네트워크 부분으로의 인터페이싱이 되어야 하고, 지역 방송 영상 트래픽을 위해 지역 비디오 헤드엔드로의 인터페이싱이 되어야 한다. 또한 지역 VoD 서버로의 인터페이싱도 가능해야 한다. 지역 서버처럼 방송영상 채널을 위해 멀티캐스트를 사용해야 하며 IGMP 스누핑 (Snooping) 기능을 사용해야 한다. xDSL 고객에게 영상 분배하기 위한 IP DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)와의 인터페이싱도 되어야 한다.

지역 SD/HD 채널이 전국 방송 영상 스트림으로 편입된 후 트래픽은 하나 또는 그 이상의 기가비트 이더넷 링크를

통해 IP DSLAM으로 보내진다. 그림 7에서 지역 비디오 헤드엔드 내부의 관련 네트워크 부분과의 연결성을 보여준다. 이는 기존 SDH ADM와 같은 보편적인 전송 네트워크 요소의 사용을 가정한다.

## 2. PTS를 활용한 효율적인 IPTV 및 VOD 분배망 구성

여기서 기반으로 하는 패킷 기반의 전송<sup>5, 6</sup> 방법은 패킷 전송 스위치 (Packet Transport Switch PTS)이라 불리는 새로운 형태의 전송 네트워크이다(Packet ADM이라 불리기도 함). 이 네트워크 요소는 IEEE 802.17 RPR<sup>12</sup> 기술표준에 근거하여 패킷 기반 기능을 가진 캐리어급의 광 전송 방법을 제공한다. 이 네트워크 설계에서 고려된 패킷 ADM 또는 PTS는 IP, 이더넷 또는 TDM 전송 네트워크 요소 등에 기반을 둔 여타 방법에 비해 매우 중요한 비교 우위를 제공한다<sup>11</sup>. 그림 8에서 본 물리적 토폴로지 위에 다수의 논리적 RPR 링을 생성할 수 있기 때문이다. 그림 8의 전송 네트워크 토폴로지는 하나의 중앙 비디오 헤드엔드와 다수의 지역 비디오 헤드엔드 사이트가 몇 개의 단대단 파이버 링크로 이어져 네트워크상의 노드간에 선형적 연결을 제공하는 것을 보여준다. 이 네트워크 설계는 전체 영상 분배 네트워크에 펼쳐지고 기가비트 이더넷 인터페이스를 통해 중앙 비디오 헤드엔드 사이트와 연결되는 두 개의 RPR 링을 생성하는 것에 기반을 둔다. RPR이 가능한 PTS의 멀티

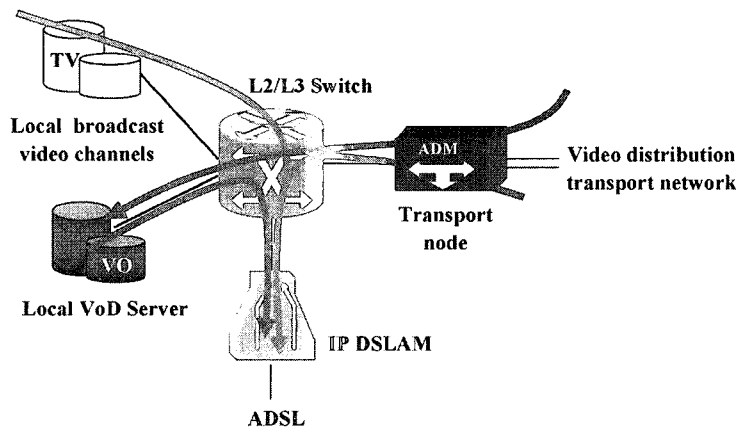


그림 7. 지역 비디오 헤드엔드  
Fig. 7. Local Head End



캐스팅 기능의 이점 및 효과적인 트래픽 관리와 높은 활용도를 보장하는 이점을 살릴 수 있는 것이다. 멀티플 파이버가 모든 사이트에 설치 가능하여 두 개의 RPR 링 인터페이스 구축한다는 것이 전제된다.

이 방법이 가져다 주는 가장 중요한 경제적 혜택 중 하나는 중앙 비디오 헤드엔드와 전송분배 네트워크에서 Level3 스위치와 연결하는데 필요한 인터페이스 포트 수를 줄일 수 있다는 것이다. 그림 8에서 볼 수 있듯이 기가비트 이더넷을 통해 두 개의 RPR 링을 연결하는 PTS/패킷 ADM의 기능은 중앙 비디오 헤드엔드의 라우터 포트를 제거할 수 있게 하여 여기에 들어가는 인터페이스 비용을 50% 정도 줄일 수 있다.

방송영상과 VoD 콘텐츠의 분배는 모든 지역 비디오 헤드엔드로 효과적인 영상 트래픽을 배분하게 될 공동방송영역의 생성을 필요로 한다. 그림 8에서처럼 논리적 RPR 구조상에 VPLS(Virtual Private LAN Service)을 정의함으로써 앞서 언급한 방송영역을 제작하는 것이다. 영상 트래픽

의 분배를 위한 대역폭 제한은 다음과 같다고 가정한다. 1x1 GE 스트림이 중앙 비디오 헤드엔드에서 지역 채널이 포함되는 지역 비디오 헤드엔드 사이트까지 전국 방송 영상채널을 전송한다. 그리고 1x1 GE 스트림이 중앙 비디오 헤드엔드의 VoD 서버와 각 지역 비디오 헤드엔드의 지역 VoD 서버간이 영상 콘텐츠를 전송한다.

두 개의 멀티캐스트 영상 트래픽 스트림의 분명한 차이를 유지하기 위해선 각 트래픽마다 독립적인 VPLS를 만드는 제안이 있을 수 있다. 예를 들어 방송영상의 분배를 위한 VPLS와 VoD 콘텐츠를 위한 VPLS의 경우처럼 중앙 비디오 헤드엔드에서 모든 지역 비디오 헤드엔드 사이트로의 VoD 분배는 멀티캐스트로 이뤄진다고 가정한다. 지역 VoD 서버에서 엔드유저까지의 VoD 트래픽의 실제 전달은 단대단 유니캐스트로 간주된다. 이것은 그림 8에서 설명되듯이 중앙 비디오 헤드엔드에서 기가비트 이더넷 인터페이스로 연결된 두 개의 논리적 RPR 링 모두에 해당한다.

본 고에서 제시하는 네트워크의 설계 방향은 그림 5의

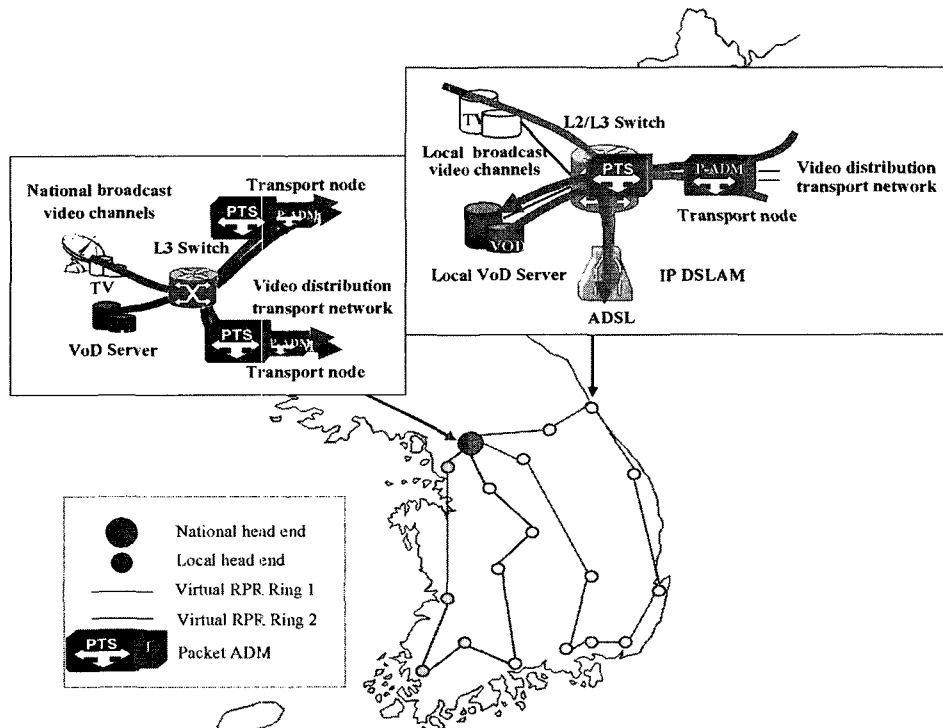


그림 8. 논리적 RPR 링 연결  
Fig. 8. Logical RPR Ring Connectivity

물리적 토폴로지 상의 두 개의 논리적 RPR 링을 만드는 것을 가정한다. 논리적 RPR 링은 방송과 VoD 트래픽의 효과적인 분배를 제공하기 위해 PTS/패킷 ADM이 RPR의 장점을 최대한 활용할 수 있도록 한다. 그림 8은 두 개의 사이트 간에 단대단 파이버 링크로 논리적 RPR 연결이 만들어진 것을 보여준다.

이 방법은 논리적 RPR기반에서 공동방송영역을 만드는 것도 포함하고 있다. RPR에 의해 생성된 공유매체상에 VPLS 서비스 인프라를 정의함으로써 중앙 비디오 헤드엔드에서 각각의 지역 비디오 헤드엔드 사이트로 방송영상과 VoD를 효과적으로 분배하는 것이 가능하다. 그림 9에서는 어떻게 서비스 수준의 연결이 두 개의 VPLS 도메인을 정의함으로써 생성되는지 보여준다.

각 VPLS는 다중 VPLS CTP (Connection Termination Points)을 설정하여 한 개의 RPR 이상으로 확장된다. PTS/패킷 ADM은 다중 VPLS CTP를 설정하여 브리지 형태로 다중 VPLS 멤버간의 연결이 가능해진다. 이더넷 트렁크

인터페이스를 VPLS CTP로 설정함으로써 원거리 VPLS 멤버간의 연결과 트렁크 인터페이스가 가능하여 두 개의 링 사이에 VPLS 연결이 가능해진다.

PTS/패킷 ADM은 전통적 전송 네트워크 요소의 패킷 기반 전송 시스템으로의 진화를 상징한다. 복수의 서비스를 복수의 속도로 투명하게 전송하고, 캐리어급의 유용성, 확장성, 사용자와 네트워크 인터페이스의 넓은 범위 등에서 SONET ADM과 같은 기능들을 제공한다. 그러나 전통적 SDH/SONET ADM 또는 Hybrid ADM인 MSPP와 과 달리 PTS/패킷 ADM은 효율적인 통계적 다중화 방식을 제공한다. 최적의 대역폭 활용과 단순 프리미엄 서비스 이상의 다중의 CoS을 위한 데이터 서비스가 통계적 다중화 방식을 통해 이뤄지게 된다. PTS/패킷 ADM은 자동발견기능과 안정적이고 빠른 컨트롤 플레인 권한설정을 이용함으로써 지능형 전송을 가능하게 하였다<sup>[5]</sup>. 그림 10에 PTS/패킷 ADM과 전통적 전송네트워크가 어떻게 경로 관리, 트래픽 관리, 물리적 계층을 지원하는지가 나와있다. 그러나 주요

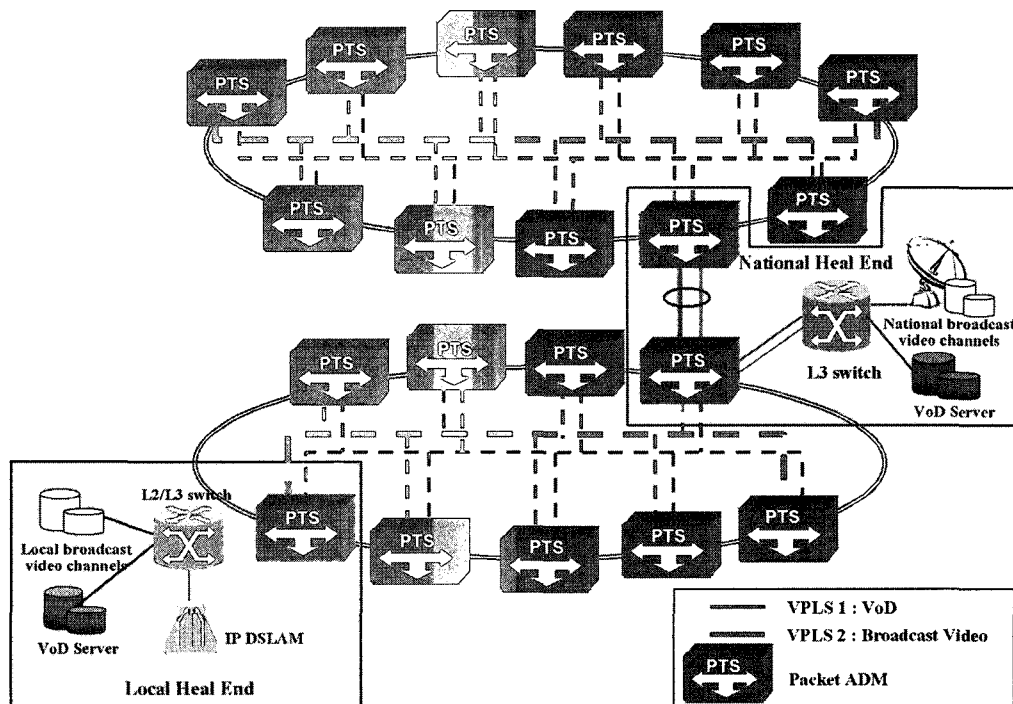


그림 9. VPLS 논리적 설정 서비스 수준  
Fig. 9. VPLS Logical Configuration - Service Level

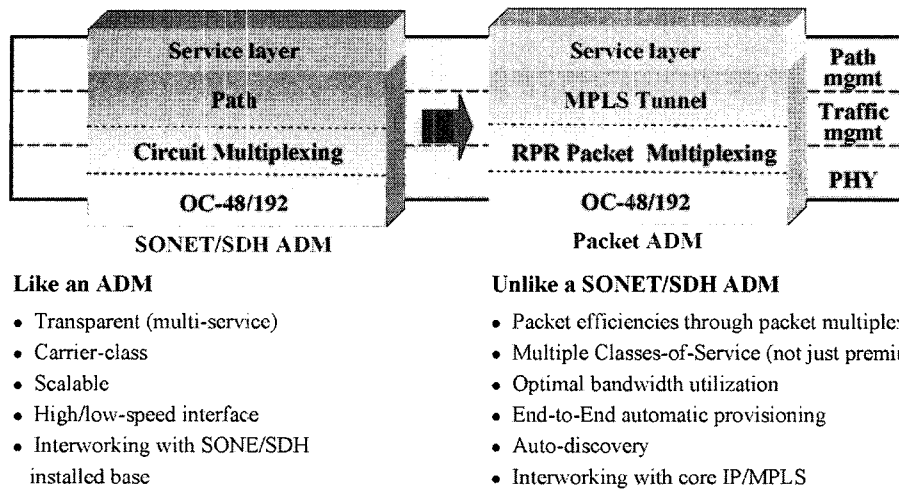


그림 10. PTS/패킷 ADM 진행 구간  
Fig. 10. Packet ADM Building Blocks

차이점은 패킷 ADM이 패킷 서비스를 지원하도록 진화해 온 것에서 볼 수 있다. 패킷 서비스는 MPLS와 RPR을 통해 경로, 트래픽 관리기능을 지원하는 오늘날 트래픽의 가장 중요한 형태이다.

MPLS와 RPR은 패킷 기반 전송 구조의 근본적인 기술이다<sup>[6]</sup>. MPLS는 모든 서비스의 보편적인 캡슐화 방법을 지원하여 통합서비스와 방송영상과 VoD 콘텐츠 분배와 같은 멀티캐스트 서비스 등 데이터, TDM 서비스의 패킷 전송을 가능케 한다. 한편 RPR은 MAC 트래픽 매니지먼트 계층 및 SONET 물리 계층 상의 공유매체를 생성, 통계적 다중화 기능, CoS 차별화, RPR 절체 스위칭을 지원한다. 패킷 ADM은 RPR과 MPLS를 하나의 네트워크 부문에 통합하여 E-Line, E-LAN 등 캐리어 이더넷 서비스 모두를 전송 가능케 한다. 이 서비스들은 방송영상과 VoD 콘텐츠 분배 같은 엔드유저 어플리케이션을 전달하는 기본적인 기반으로 사용될 수 있겠다. 세부적으로 RPR 상의 E-LAN 서비스가 패킷 기반 전송 네트워크 기반 위에 가장 효율적인 멀티캐스트 분배를 하는데 사용될 수 있다.

IEEE 802.17 RPR<sup>[2]</sup>에서 이중 역방향 (Dual Counter Rotating) 파이버 링크로 연결된 RPR 노드들로 구성된 양방향 링 기반 구조를 위한 MAC 계층이 정의된다. 데이터

서비스의 통계적 다중화 방식, 대역폭 재할용 (겹치지 않는 링 일부의 공동사용), CoS, SONET/SDH 전송네트워크 대비 향상된 장애허용성 (Resiliency) 등이 여기서 지원된다. 장비 및 시설 훼손에 대한 50ms 이내의 절체 보장 등 캐리어급의 유용성을 제공한다. RPR은 정해진 성능특성을 지닌 무손실 매체를 지원한다. 패킷 트래픽이 통계적으로 다중화되어 네트워크 자원활용을 최적화하는 공유매체가 만들어진다. 모든 접속자들이 전체 링 용량을 공평하게 활용하도록 보장하는 메커니즘과 함께 프레임의 공평한 링 활용을 보장하도록 RPR 트래픽 매니지먼트가 더해졌다. IEEE 802.17 RPR 표준에 가용링크 대역폭의 가중치에 따라 역동적으로 분배하는 페어니스(Fairness) 알고리즘이 정의돼 있다.

### V. 맺음말

지금까지 TDM 중심의 메트로 전송 네트워크의 문제점과 이를 개선하기 위한 패킷 기반의 PTS의 장점을 설명하였고 IPTV를 PTS 기반으로 구성하는 방안을 제시하였다. 최근 방송통신 융합의 서비스로 IPTV 등과 같은 디지털 영상서비스, 양방향 데이터 서비스, 다양한 개인 맞춤형 서

비스들이 나타나고 있고 이는 광대역 통신망을 통해 제공 한다. 하지만 광대역 통신망에서는 네트워크 상에서 QoS 보장, 멀티캐스팅 효율성 그리고 높은 대역폭이 요구되기 때문에 기존의 네트워크로 지원하기에는 적합하지 않다.

PTS는 기존의 TDM의 특성을 모두 수용할 뿐 아니라 QoS 보장, 멀티캐스트 효율성, 높은 대역폭의 수용으로 효과적인 운용과 안정적인 전송 성능을 가지고 있으며, 또한 광 경로 상의 장애 발생 시 트래픽의 생존성 확보를 위한 보호 메커니즘을 고려한 알고리즘을 통해서 각 서비스 클래스별 차등화된 QoS를 보장할 수 있다.

TDM 중심의 전송 네트워크를 패킷 기반 전송 네트워크로 전환이 되면 데이터 전달방식의 효율화 증가로 인해 전송장비 유지 및 확장 비용이 감소하게 되는 장점이 있다. 또한 단일 네트워크 구현으로 시스템의 복잡도를 감소시킬 수 있어 새로운 서비스 확장에 유리하다.

패킷 기반의 전송 네트워크는 방송통신 융합 환경에서 IPTV 등 다양한 서비스 요구가 발생하는데 기존에 비효율적인 TDM 기반의 전송 네트워크에서 시도하지 못한 다양한 서비스를 효율적으로 제공할 수 있으며 새로운 서비스 요구 시 망 구조 변경에 능동적으로 대처가 가능하다.

참 고 문 헌

- [1] R. Doverspike, K. K. Ramakrishnan, J. Wei, J. Pastor, and C. Kalmanek "Service driven networks for packet-aware transport,"Optical Fiber Communication Conference, March 2005.
- [2] IEEE 802.17 - 2004, Resilient Packet Ring (IEEE, 2004).
- [3] C. Lima, J. Huang, and J. Pan, "MPEG-2 digital video transport over IP/Ethernet/MPLS networks," National Fiber Optic Engineers Conference, March 2005.
- [4] L. Aguirre-Torres and G. Rosenfeld, "A comparison of layer-2 protection and restoration mechanisms for data-aware transport networks," National Fiber Optic Engineers Conference, March 2005.
- [5] T. Afferton, R. D. Doverspike, C. R. Kalmanek, and K. K. Ramakrishnan, "Packet-aware transport for metro networks," IEEE Commun. Mag. 42(3), pp.120 - 127, 2004.
- [6] E. Hernandez-Valencia and G. Rosenfeld, "The building blocks of a data-aware transport network: deploying viable Ethernet and virtual wire services via multiservice ADMs," IEEE Commun. Mag. 42(3), pp.104 - 111, 2004.
- [7] 김홍익 박승권, "케이블 방송 TPS 서비스", TTA Journal, No.107, pp.104-108, 2006년 9월
- [8] Munefumi Tsurusawa, and al, "Field Trial of 10Gb/s RPR for a Next Generation Multi-service Metropolitan Area Network," NFOEC 2005
- [9] Munefumi Tsurusawa, and al, "Management Capability of Wide-Area Ethernet Network Using Ethernet OAM Functionality Based on a Resilient Packet Ring Equipment", IEEE Globecomn2006
- [10] Tai H. Noh, "ATM Scenarios for SDH/SONET Networks,"Bell Labs Technical Journal, January-March pp.81-93, 1998
- [11] 노진영, 노태환, "IPTV/VOD 분배망 방안들의 비교분석 및 제안", 방송통신공학 학회지, 2007년 1월

저 자 소 개



장 진 회

- 2007년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 공학석사
- 현재 : 다음커뮤니케이션 네트워크 & 정보보호 팀장

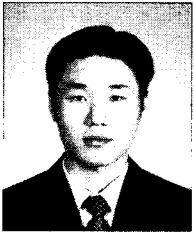
---

 저 자 소 개
 

---

**박 승 권**

- 1982년 2월 : 한양대학교 전자통신전파공학과 공학사
- 1983년 8월 : Stevens Institute of Technology, 전자공학과 공학석사
- 1987년 12월 : Rensselaer Polytechnic Institute, 전자공학과 공학박사
- 1984년 1월 ~ 1987년 8월 : Rensselaer Polytechnic Institute, Electrical, Computer and Systems Engineering Dept., Research Assistant
- 1987년 9월 ~ 1993년 1월 : Tennessee Technological University, Electrical Engineering Dept., 조교수 및 부교수
- 1993년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 공과대학 전자전기컴퓨터공학부, 교수
- 2006년 6월 ~ 현재 : 정보통신부 디지털케이블방송정책연구위원회 위원장

**노 진 영**

- 1997년 5월 : Rutgers University(미국 뉴저지 주립대학) 전자공학과 공학사
- 1998년 3월 ~ 2001년 6월 : 대한민국 공군 복무(중위전역)
- 2001년 12월 ~ 2003년 3월 : (주)일진, 광부품 사업본부(해외영업담당)
- 2003년 5월 ~ 2005년 6월 : (주)로빈, System Engineering and Marketing
- 2005년 8월 ~ 현재 : 트로 솔루션스, Project Management

**노 태 환**

- 1981년 2월 : 서울대학교 기계공학과 공학사
- 1984년 12월 : Rensselaer Polytechnic Institute, 컴퓨터 공학 공학석사
- 1995년 5월 : Stevens Institute of Technology, Computer Information Engineering(정보통신 공학), 공학박사
- 1985년 1월 ~ 1987년 6월 : 미국 SPS Technologies, Robotics & CIM Division
- 1987년 6월 ~ 1998년 2월 : 미국 Bell Labs 수석 연구원(AT&T & Lucent Technologies, Holmdel NJ)
- 1998년 3월 ~ 2001년 8월 : 한국 루슨트 테크놀로지스 전무(Head of Network Planning and Systems Engineering Center-NPSEC)
- 2001년 12월 ~ 2003년 5월 : 한국 마르코니 커뮤니케이션스 대표이사/사장
- 2003년 6월 ~ 현재 : 트로 솔루션스 대표이사, Corrigent Systems Korea 대표 겸임(2005년 10월 ~)