

논문 2005-42TC-6-2

EPON 기반 홈게이트웨이를 이용한 택내 망에서의 방송통신 융합 서비스

(Convergence of Broadcasting and Communication in Home Network
using E-PON based Home Gateway)

박 완 기*, 김 대 영**

(Wanki Park and Daeyoung Kim)

요 약

본 논문에서는 액세스 망 인터페이스로 EPON 정합을 기본으로 하는 홈 네트워크에서 방송 서비스와 IP 데이터 서비스를 융합하는 것에 초점을 두고자 한다. 본 논문에서는 액세스 망에서는 오버레이 전송 방법을 이용하고 홈 네트워크에서는 멀티캐스트 그룹 관리 프로토콜인 IGMP와 IGMP 스누핑 기능을 이용함으로써 액세스 망에서 뿐만 아니라 택내에서도 방송 서비스와 데이터 서비스를 융합시킬 수 있는 새로운 구조를 제안한다. 또한, 홈 게이트웨이를 통해 택내 방송 서비스를 지원하기 위한 일련의 방법 및 절차에 대하여 설명한다. 본 논문에서 제안하고자 하는 방법은 다음의 3 가지로 구성되어 있다. i) 방송 신호와 인터넷 데이터의 오버레이 전송 모델, ii) 다중 튜너 시스템을 이용하는 튜너/변화 모듈에서 특정 방송 채널을 선택하고 선택된 방송 스트림을 IP 멀티캐스트 패킷으로의 변환, iii) 변환된 IP 멀티캐스트 패킷을 L2 이더넷 홈 게이트웨이의 코어 모듈인 L2 이더넷 스위치로 보내고 IGMP 스누핑 기능을 이용하여 L2 멀티캐스트 처리 방법에 의하여 목적지 포트로의 전송.

Abstract

In this paper, we focus on supporting the convergence of broadcasting and communication in home network systems with E-PON based home gateway. We propose a new architecture to provide broadcasting and data services in integrated home network using overlay transport mechanism in access network and IP multicast techniques of IGMP and IGMP snooping in home network. We also detail a set of mechanisms and procedures for home broadcasting service through the home gateway system. Our new scheme is composed of three parts: a) an overlay transmission model of video broadcasting signals (satellite and/or cable TV) and Internet data, b) to select a specific video broadcasting channel and to make of the selected video broadcasting stream into IP multicast packets in tuner/conversion module using multiple tuner system and c) to transfer the converted IP multicast packets to L2 switch of home gateway's core module and to send them out to target port(s) by L2 multicast using IGMP snooping.

Keywords : Convergence Service, Home Gateway, Home Network, IGMP, IGMP Snooping

I. 서 론

DVD 플레이어, 디지털 HDTV 및 디지털 오디오 시스템 등과 같은 다양한 디지털 전자 제품들이 보통의 가정에서도 보편화되고, 여러 대의 PC를 갖고 있는 가

정들도 급속하게 증가하고 있다. 그리고, 가정내 사용자들은 이러한 가전 제품들을 이용한 새로운 유형의 서비스를 요구하고 있는 실정이다. 예를 들어, TV를 시청하고 있는 중간에 방문자를 확인하거나, 디지털 TV를 통하여 인터넷에 접속하거나 또는 PC 또는 PDA 등을 통하여 TV 방송 서비스를 시청하는 서비스 등이 이에 해당된다. 이와 같은 지능형 유비쿼터스 홈 서비스를 구현하는데 있어 홈 게이트웨이는 가장 필수적인 장비중의 하나가 될 것이다. 그래서, 본 논문에서는 다양한 홈

* 정회원, 한국전자통신연구원
(ETRI)

** 정회원, 충남대학교

(Chungnam National University)

접수일자: 2004년7월5일, 수정완료일: 2005년6월18일

장비들에서 사용자들에게 인터넷 서비스 및 케이블 TV 방송 서비스를 동시에 제공할 수 있는 방법에 대하여 기술한다. 우리는 이 서비스를 CBCH(Convergence mechanism of Broadcasting and Communication in Home)라 부르고자 한다. 본 논문에서 제안하는 방법은 맥내의 모든 다양한 장비들에 인터넷 접속 및 방송 서비스를 제공함에 있어 홈 게이트웨이의 네트워킹 자원을 활용할 수 있도록 한다.

그림 1은 현재 홈네트워크가 구성되어 있는 가정의 일반적인 환경의 모습이다. 그림 1에서와 같이 맥내에서는 방송 서비스를 위해 방송용 RF 신호가 전달되는 동축케이블 망과 인터넷 서비스를 포함한 데이터 서비스를 위한 UTP(Unshielded Twisted Pair) CAT-5 기반의 통신망이 병존하고 있다. 이렇게 분리되어 있는 방송과 통신망을 통합하여 서비스 하고자 현재 'Triple Play Service'^[1] 등의 많은 연구들이 수행되고 있다.

그림 2는 일반적인 홈 게이트웨이의 구조를 보여준다. 그림 2에서 공중망(WAN)으로부터 입력되는 IP 패킷은 네트워크 프로세서로 입력되어 패킷 디코딩, 어드레스 룩업, 멀티필드 패킷 분류, 패킷 편집 및 QoS를

위한 트래픽 관리 기능 등의 적당한 처리를 거친다. 네트워크 프로세서에 의한 처리를 거친 패킷은 프로세서의 스위칭/L2 스위치의 스위칭 기능을 거친 후 목적지 호스트로 전달된다. 예견되는 것처럼, 이러한 구조는 네트워크 프로세서의 패킷 처리 능력에 많은 영향을 받는다. 그러므로, IP 네트워크를 기반으로 방송/통신 융합을 구현하는 데 있어서도 네트워크 프로세서가 주요 변수가 될 수 있다.

본 논문에서는 홈 게이트웨이의 프로세서 처리 능력의 영향을 최소화하기 위한 홈 게이트웨이 구조에 대하여 기술한다. 아울러 사용자에게 IP 데이터 서비스에 부가적으로 CATV 또는 위성과 같이 방송 서비스를 동시에 제공할 수 있는 홈 게이트웨이를 제안한다. 이러한 방송/통신 융합 서비스를 지원하기 위하여 액세스 망에서의 오버레이 방송 구조에 대해서도 언급한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저, 홈 게이트웨이 및 홈 네트워크에 제안된 방법을 소개하는데 도움이 될 관련 연구 분야에 대하여 간단히 소개하며, 다음으로 다중 튜너를 이용한 방송/통신 융합을 위한 제안된 시스템 구조에 대하여 설명하고, IGMP 스누핑 기능을 지원하는 L2 스위치를 이용한 IP 멀티캐스트 및 그 제어에 대하여 언급한다. 그리고, 분석을 통하여 일반적인 현재의 홈 게이트웨이에 비해 제안된 시스템의 효율성을 보여준다. 이어서 결론이 이어진다.

II. 관련 연구

1. CWDM을 이용한 오버레이 비디오 방송

홈 사용자들에게 있어서 비디오 방송은 가장 중요한 서비스로 손꼽힌다. 그러므로, 액세스 망 및 맥내 망의 연구 및 구현에 있어 주요 이슈가 되어 왔다. EPON 또는 APON과 같은 TDM 기반 PON 시스템에서는 비디오 오버레이 방송이 궁극적인 WDM을 위한 구동력이

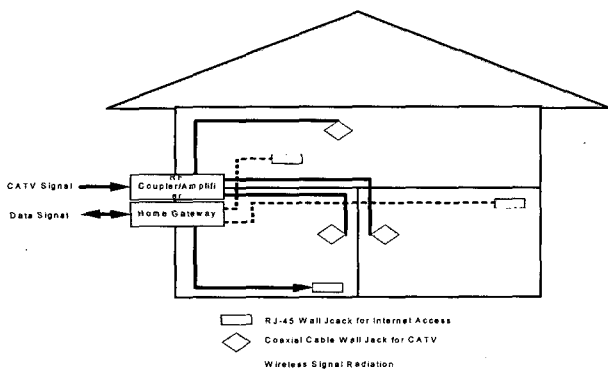


그림 1. 일반적인 홈네트워크 구조
Fig. 1. General Current Home Network Infrastructure.

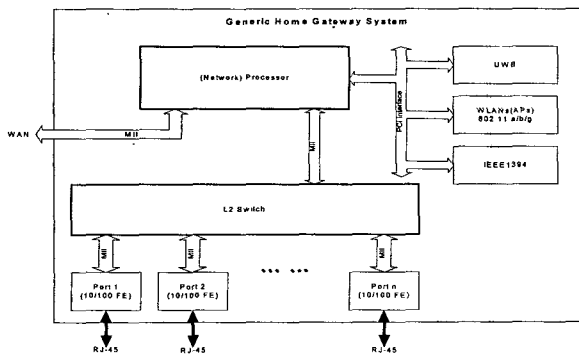


그림 2. 일반적인 홈게이트웨이의 구조
Fig. 2. Architecture of Conventional Home Gateway.

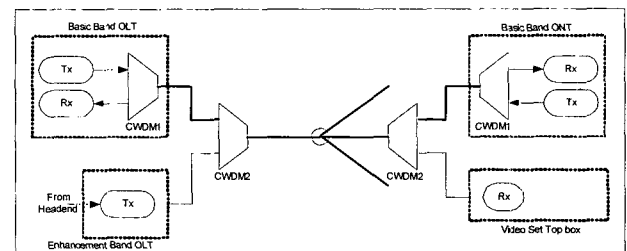


그림 3. CWDM을 이용한 오버레이 방송 구조
Fig. 3. Architecture of broadcast video overlay by CWDM.

되어왔다. 왜냐하면, CATV 서비스 사업자는 케이블 모뎀을 통해 방송 서비스에 부가적으로 데이터 서비스를 제공할 수 있지만, 통신 사업자는 TDM PON 시스템으로 효과적인 방송 서비스를 제공할 수 없기 때문이다.

그림 3은 CWDM 기술을 이용하여 동일한 PON 시스템 상에서 기존의 기본 대역 신호에 또 다른 추가적인 대역 신호를 통합하여 방송 신호를 전송하는 시스템 형상에 대하여 보여준다.^{[2][3]} 기존 PON 시스템은 2개의 다른 파장의 광 신호(λ_2, λ_3)를 이용하여 상향과 하향의 신호로 사용한다. 오버레이 방송 시스템에서는 또 다른 파장의 광 신호(λ_1)를 추가하여 방송을 위한 신호로 활용한다. 동일한 광 섬유로 다른 파장의 신호들을 보내기 위해서는 CO (Central Office) 측에 있는 OLT에서 CWDM 기술을 이용하여 다중화되고, CPE (Customer Premise Equipment) 측의 ONT에서는 CWDM 기술을 이용하여 역다중화된다.^[4]

2. IGMP, IGMP 스누핑 및 IP 멀티캐스트

IP 네트워크에서 비디오 방송 서비스는 IP 멀티캐스트라 불리는 1:N 통신 방법을 통하여 소비자에게 제공된다. IP 멀티캐스트는 송신자에게 추가적인 부담을 주지 않고 다수의 수신자에게 소스 트래픽을 전달한다.

IGMP는 이웃하는 멀티캐스트 라우터들에게 IP 멀티캐스트 멤버십을 보고하기 위한 IPv4 시스템에 의해 사용되는 프로토콜이다. IGMP에서는 멤버십의 관리를 위해 IGMP Query(0x11) 메시지, IGMP Report(0x22) 메시지 및 IGMP Leave(0x17) 메시지를 이용한다.^{[5][6][7]}

홈 게이트웨이를 구현함에 있어 맥내 망 인터페이스를 위해 L2 이더넷 스위치가 널리 사용된다. 그러나, 불행스럽게도 L2 스위치는 입력되는 패킷의 L3 정보를 검사할 수 없기 때문에 IP 멀티캐스트 패킷을 처리할 수 없다. L2 스위치에서는 직접적으로 멀티캐스트 패킷을 처리하는 대신에 IGMP 스누핑^{[8][9]} 및 MLD 스누핑^[8]을 통하여 L2에서 트래픽을 관리한다. IGMP 스누핑을 이용한 L2 멀티캐스트를 처리하기 위해서 홈 게이트웨이의 프로세서는 MAC 멀티캐스트 주소에 대한 맵을 관리만 하면 된다. 이것이 멀티캐스트를 지원하는 호스트 및 장비에서의 기본 기능이다.

3. 방송 시스템 및 셋탑박스

디지털 TV가 방송의 새로운 움직임이며 점점 더 많은 가정으로 확산되어가고 있다. 비디오 방송에 있어서 중심이 되는 것 중의 하나가 압축기술이다. 압축기

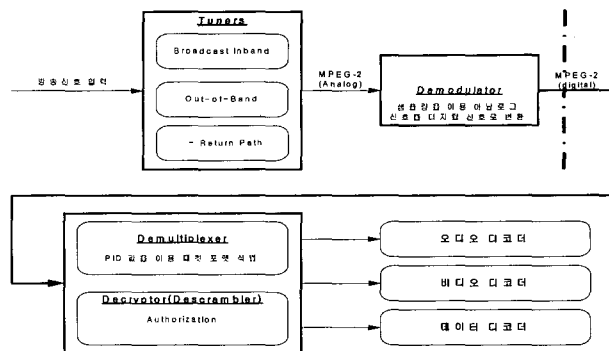


그림 4. 디지털 셋탑박스의 개념적 구조도
 Fig. 4. Conceptual Architecture of Digital STB.

술에서는 작은 양의 네트워크 대역폭을 이용함에도 시현 장비에서는 고화질의 비디오 및 오디오 서비스가 가능하도록 한다. 압축 시스템은 크게 인코더(Encoder)와 다중화기로 구성되어 있다. 인코더는 디지털화, 압축 및 스크램블을 위해 사용되는 소자이다. 디지털 인코더는 동일한 대역폭을 이용할 때 기존의 아날로그 비디오 프로그램보다 몇 배로 고화질의 비디오 방송이 가능하도록 한다.^[10] 인코딩 및 압축 절차를 거친 스트림의 대표적인 포맷은 MPEG-2 스트림이다. MPEG-2 스트림은 다중화에 의하여 처리되고 물리 매체를 통해 전송되기 위해 변조라 불리는 절차를 거쳐 비디오, 오디오 및 데이터가 혼합된다. 디지털 TV 사용자는 STB에 의한 전송된 패킷의 처리 후에 방송 프로그램을 시청할 수 있다. 즉, STB가 방송 운용자에 의하여 수행된 방송 신호 처리에 대한 역 처리를 수행하는 것이다. 그림 4는 디지털 STB의 개념적인 구조를 보여준다.

III. 방송통신 융합을 위한 홈게이트웨이 및 그 제어

앞에서 액세스 망에서 오버레이 모델을 사용하여 방송 망과 IP 망을 통합하기 위한 구현 방법 및 기존의 홈 게이트웨이의 구조에 대하여 소개하였다. 그러나, 앞에서 언급한 바와 같이 액세스 망에서는 방송 망과 IP 망이 통합되었다 할지라도 홈 네트워크에서는 다시 분리되고 있다. 본 장에서는 맥내에서도 방송 케이블 망과 IP 홈 네트워크를 IP 망을 기반으로 하여 융합할 수 있는 새로운 구조를 제안한다. 또한, CPU의 부하를 경감시킴으로써 홈게이트웨이의 성능을 향상시키는 홈 게이트웨이 구조에 대하여 제안한다.

1. 방송통신 융합을 위한 시스템 구조

이 절에서는 맥내에서 방송/통신 융합을 실현하고 홈

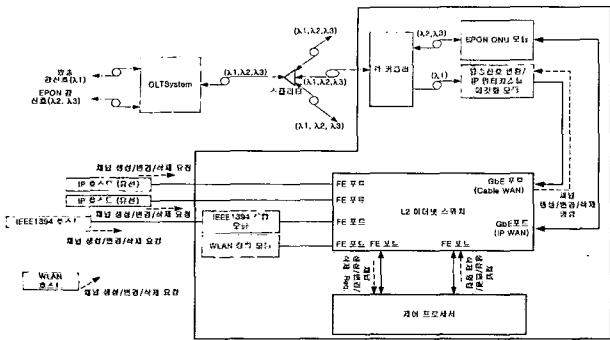


그림 5. 방송통신 융합을 위한 홈네트워크 및 홈게이트웨이의 구조

Fig. 5. Architecture of Home Network and Home Gateway to Converge Broadcasting and Communication.

게이트웨이 프로세서의 부하를 경감시킴으로써 홈 게이트웨이의 성능을 향상시킬 수 있는 홈 게이트웨이에 대하여 기술한다. 그림 5는 방송/통신 융합을 위한 전체 구조 및 그 시스템에서의 홈 게이트웨이의 구조를 보여 준다. 액세스 망의 CO에서 CPE에 이르는 부분을 보여 주고 있으며, 동시에 방송 신호와 IP 패킷을 융합하기 위해 IP 멀티캐스트 패킷을 사용하는 홈 게이트웨이의 내부 구조를 보여준다.

그림 5에서 보여주는 것처럼 CO에서 CPE에 이르는 액세스 망에서는 오버레이 방송 구조를 갖는다. 오버레이 방송 구조에서는 비디오 방송 신호가 추가됨으로써 3개의 광 신호가 사용되어 케이블 TV 비디오 방송 신호용 및 EPON 시스템 상/하향 신호로 각각 사용된다.^[4]

홈 게이트웨이에 도착한 신호는 CWDM 기술에 의하여 방송신호와 EPON 신호로 분리되며, EPON 신호는 EPON 모듈로 전달되어 처리 후 홈 게이트웨이의 코어 모듈인 L2 이더넷 스위치로 전달된다. 반면, 분리된 또 다른 신호인 방송 신호는 ‘방송신호 변환 및 IP 멀티캐스트 패킷화’ 모듈로 전달되어 다음에서 언급하는 기능 처리 후 L2 이더넷 스위치로 전달된다.

- CATV용 광 신호(λ_1)가 ‘방송신호 변환 및 IP 멀티캐스트 패킷화’ 모듈로 전달
- 광/전 변환을 통해 광신호를 RF 전기신호로 변환
- 이 모듈은 다중 튜너로 구성되어 있고, 동작 튜너는 홈 게이트웨이 코어 모듈의 프로세서에 의해 제어/선택
- 동작 튜너가 요구된 방송 채널 신호를 추출
- 추출된 RF 데이터는 복조과정을 거쳐 디지털

MPEG 스트림으로 변환

- 디지털 MPEG 스트림은 홈 게이트웨이 코어 모듈의 프로세서에 의해 제어된 멀티캐스트 주소를 갖는 IP 멀티캐스트 패킷으로 변환
- 변환된 멀티캐스트 패킷이 홈 게이트웨이 코어 모듈의 구성 요소인 L2 스위치로 전달4.

L2 스위치로 전달된 패킷은 L2 멀티캐스트 MAC 테이블을 기반으로 하여 목적지 포트에 전달된다. L2 MAC 테이블의 관리는 홈 게이트웨이 제어 프로세서에 의해 수행되며, IGMP 프록시 및 L2 스위치의 IGMP 스누핑 기능을 기반으로 하여 이루어진다. 만약 새로운 홈 사용자가 이미 서비스되고 있는 방송 채널을 시청하고자 하면, L2 스위치는 L2 스위치의 멀티캐스트 MAC 테이블에 해당 포트를 추가함으로써 서비스를 제공할 수 있다. 그러나, 만약 현재 서비스중이 아닌 채널을 선택한다면, 홈 게이트웨이 프로세서의 제어에 따라 동작 튜너가 신규 할당되고, L2 스위치에는 그 채널에 해당하는 L2 멀티캐스트 MAC 테이블이 신규로 생성된다. 채널의 생성 및 삭제의 관리는 IGMP 스누핑 기능을 기반으로 하여 프로세서에서 별도의 관리 메커니즘을 통해 이루어진다.

2. 채널 ID 및 L2/L3 멀티캐스트 주소 할당

그림 6은 방송/통신 융합형 홈 게이트웨이에서 ‘방송신호 변환 및 IP 멀티캐스트 패킷화’ 모듈의 구조를 보여준다. 그림 6에서 보여주는 것처럼, 이 모듈은 광/전 변환부, 다중 튜너부, 패킷 스케줄러 및 IP 멀티캐스트 패킷 생성부로 구성된다.

광/전 변환부에서는 광신호로 입력된 신호를 튜너를 이용하여 RF 전기 신호로 변환하고, 다중 튜너와 다중 복조기로 구성된다. 다중 튜너부에서는 홈 게이트웨이 프로세서의 제어에 의해 동작 튜너가 선택되고, 시청자

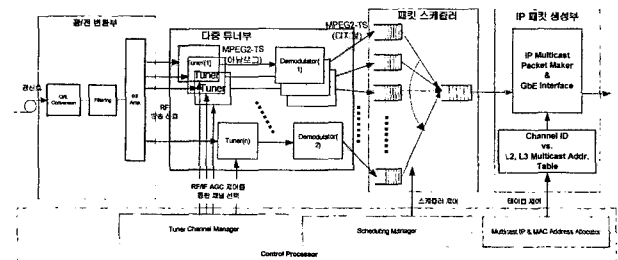


그림 6. 방송신호 변환 및 IP 멀티캐스트 패킷 생성
Fig. 6. Conversion of CATV Signal and IP Multicast Packet Generation.

의 채널 선택에 따라 채널 ID가 설정되고 동작 튜너는 해당 방송 신호를 추출하여 대응되는 복조기로 전달한다. 복조기에서는 튜너로부터 전달된 아날로그 MPEG 스트림을 디지털 MPEG 스트림으로 변환한다. 변환된 스트림은 패킷 스케줄러의 제어에 따라 순서적으로 IP 멀티캐스트 패킷 생성부로 전달된다. IP 패킷 생성부에서는 홈 게이트웨이 프로세서의 제어에 의해 만들어진 채널 ID vs. L2/L3 멀티캐스트 테이블을 룩업하여 해당 패킷의 멀티캐스트를 포함하는 멀티캐스트 패킷을 생성하여 L2 이더넷 스위치로 전달한다. 이러한 일련의 동작을 수행하기 위해 홈 게이트웨이 프로세서는 동작 튜너의 관리, 스케줄러의 관리, 멀티캐스트 IP 주소 및 MAC 주소의 할당 등의 기능을 수행하여야 한다.

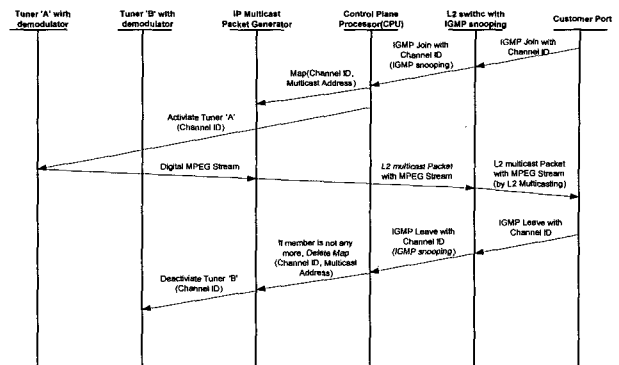


그림 7. 채널 생성/삭제/데이터 전달의 예
Fig. 7. Typical example of Channel Creation and Deletion and Data Transfer.

3. 채널 생성/삭제/변경 절차

방송 서비스를 위한 채널 생성, 삭제 및 절차는 프로세서가 IGMP Join 메시지 또는 IGMP Leave 메시지 수신하거나 프로세서가 주기적인 IGMP Query 및 Report 메시지의 관리를 통해 특정 채널이 더 이상 존재할 필요가 없음을 인식하였을 때 발생한다. IGMP 메시지의 수신은 L2 이더넷 스위치의 IGMP 스누핑 기능을 통하여 이루어진다. 주기적인 IGMP Query 및 Report 메시지의 모니터링의 경우에 있어서는 해당 채널 식별자 및 L2 멀티캐스트 테이블의 관리를 통해 해당 멤버십이 에이징이 발생하였을 경우에 일어난다. 채널 변경에 대해서는 채널 생성 및 채널 삭제의 동시 또는 순차적인 과정에 의하여 이루어진다. 채널 생성 및 삭제를 위한 절차는 다음과 같다.

채널 생성 절차

채널 생성은 L2 스위치로부터 IGMP Join 메시지를 수신하는 경우에 시작된다.

- ① 프로세서가 IGMP 스누핑 기능을 통해 IGMP Join 메시지 수신
- ② 수신된 채널의 멀티캐스트 테이블이 존재하는지 여부를 확인
- ③ 존재하면, L2 멀티캐스트 테이블의 멤버십 테이블에 멤버로서만 포트 추가
- ④ 만약 테이블에 존재하지 않는다면 ⑤~⑦ 이하의 동작을 수행한다.
- ⑤ IDLE 튜너 폴로부터 하나의 튜너를 선택
- ⑥ 선택된 튜너에 요구된 채널 ID를 할당
- ⑦ L2 스위치에 멀티캐스트 테이블 생성

채널 삭제 절차

채널 삭제는 L2 이더넷 스위치로부터 IGMP Leave 메시지를 수신하거나, 프로세서의 판단에 따라 멀티캐스트 멤버십이 사라졌다고 인식하였을 때 발생한다.

- ① 해당 L2 멀티캐스트 MAC 테이블에서 해당 포트를 삭제
- ② 해당 L2 멀티캐스트 MAC 테이블에 동작중인 다른 포트가 있는지 점검
- ③ 만약, 존재한다면, 아무것도 하지 않고 끝낸다.
- ④ 만약에 존재하지 않는다면, 해당 튜너를 IDLE 튜너 풀에 반환한다.

이러한, 일련의 과정을 거쳐 채널 생성 및 삭제의 과정 및 데이터 전달이 이루어지는 과정의 한 예를 그림 7에서 볼 수 있다.

4. CPU 부하 경감을 위한 구조 및 패킷 흐름

기존의 전형적인 홈 게이트웨이 구조는 앞의 I장의 그림 2에서 보여주는 구조를 갖는다. 그림 2에서 보는 바와 같이 기존의 홈 게이트웨이는 모든 트래픽이 프로세서를 MII 포트를 통하여 입력된다. 입력된 트래픽은 목적지 포트의 위치에 따라 프로세서의 스위칭 기능만 거친 후 전달되거나, 프로세서의 스위칭 기능 및 L2 스위치의 스위칭 기능을 거친 후 목적지 포트에 전달된다. 따라서, 앞에서 언급한 바와 같이 이러한 구조는 프로세서의 패킷 처리 능력에 절대적인 영향을 받는다.

본 논문에서 제안하는 홈 게이트웨이는 모든 IP 데이터 트래픽이 L2 스위치의 WAN 포트를 통하여 입력된다. L2 스위치에서는 멀티캐스트 패킷과 유니캐스트 패킷으로 구분하여 유니캐스트 패킷은 프로세서와 연결된

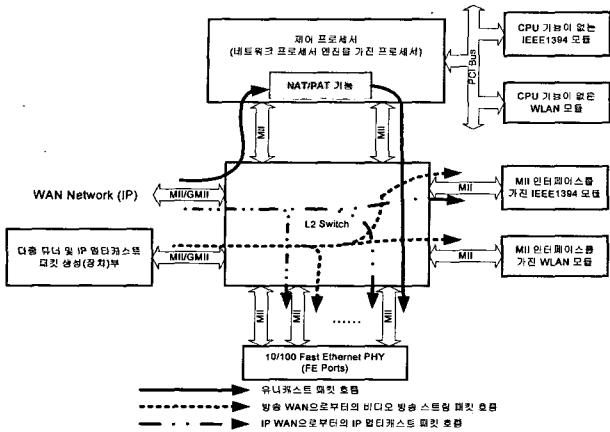


그림 8. 제안된 홈게이트웨이의 구조
Fig. 8. Architecture of Proposed Home Gateway.

CPU 포트를 통하여 프로세서로 전달되고, 기존 홈 게이트웨이에서와 같은 방법으로 처리된다. 반면, 멀티캐스트 패킷은 직접 홈 게이트웨이 프로세서로 전달되지 않고 L2 이더넷 스위치의 L2 멀티캐스트 MAC 테이블을 기반으로 하여 L2 멀티캐스트 방식으로 처리된다. 이를 위하여 IGMP 스누핑 기능을 이용하여 L2 스위치로 전달되는 IGMP 패킷을 프로세서로 전달한다. 전달된 IGMP 패킷은 프로세서에서의 IGMP 프로시 기능 및 멀티캐스트 테이블 관리, 그리고, 방송 멀티캐스트 패킷을 위한 테이블 관리 및 다중 튜너 관리를 위해 사용된다. 그림 8은 본 논문에서 제안하는 홈 게이트웨이의 코어 모듈의 구조 및 패킷 종류에 따른 트래픽 흐름을 보여준다.

그림 8에서 보는 바와 같이 제안된 홈 게이트웨이는 2 개의 상향 링크 인터페이스를 갖는다. 즉, IP 데이터 망을 위해서 1포트 및 방송 서비스를 위한 인터페이스로 1포트를 갖는다.

IV. 분석 및 비교

그림 9 및 그림 10은 현재의 기존 홈 게이트웨이와

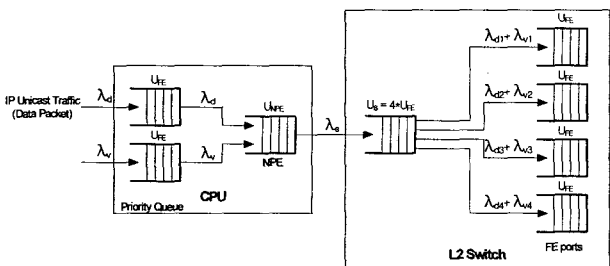


그림 9. 기존 홈게이트웨이 모델
Fig. 9. Generic Home Gateway Model.

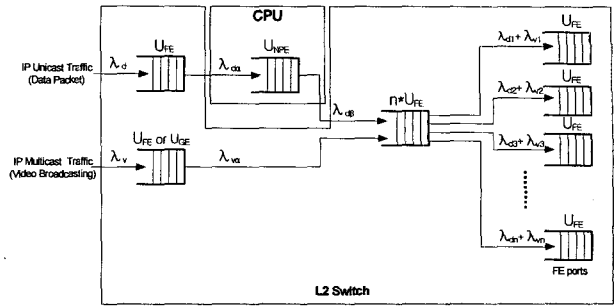


그림 10. CBCH 홈게이트웨이 모델
Fig. 10. CBCH Home Gateway Model.

본 논문에서 제안된 CBCH 홈 게이트웨이를 위한 분석 모델을 보여준다.

모델 분석을 위해 사용되는 기호는 다음과 같다.

λ_d	데이터 패킷의 도착률
λ_v	비디오 방송 스트림의 도착률
λ_s	스위치로 입력되는 패킷의 도착률
λ_{di}	i -번째 목적지 포트의 데이터 패킷 도착률
λ_{vi}	i -번째 목적지 포트의 비디오 패킷 도착률
U_{FE}	10/100이더넷 포트의 가능 서비스 rate
U_{NPE}	네트워크 프로세서의 가능 서비스 rate
U_s	L2 이더넷 스위치의 가능 서비스 rate
λ_{da}	트위크 프로세서로의 데이터 패킷 도착률
λ_{dv}	NPE 처리 후 L2 스위치로의 데이터 패킷의 도착률
U_{tG}	기존 홈 게이트웨이의 전체 서비스 rate
U_{tC}	CBCH 홈 게이트웨이의 전체 서비스 rate
p_{tG}	기존 홈 게이트웨이의 전체 utilization
p_{tC}	CBCH 홈 게이트웨이의 전체 utilization
T_s	서비스 시간

1. 기존 홈게이트웨이 분석

식 (1)과 같이 가정하면,

$$\lambda_d + \lambda_v \leq U_{FE} \tag{1}$$

다음과 같다.

$$\lambda_s = \lambda_d + \lambda_v \tag{2}$$

그러므로, U_{NPE} 가 $(\lambda_d + \lambda_v)$ 보다 큰 경우에 있어서는 기존의 홈 게이트웨이의 전체 서비스 rate는 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned}
 U_{IG} &= (\lambda_{d1} + \lambda_{v1}) + (\lambda_{d2} + \lambda_{v2}) + (\lambda_{d3} + \lambda_{v3}) \\
 &+ \dots + (\lambda_{dn} + \lambda_{vn}) = \sum (\lambda_{di} + \lambda_{vi}) \\
 &= \lambda_s = \lambda_d + \lambda_v \tag{3}
 \end{aligned}$$

그러면, 전체 홈 게이트웨이의 Utilization은 홈 게이트웨이의 NPE의 처리율(U_{NPE})에 달려있다. 즉, 식 (4)와 같다.

$$\rho_{IG} = U_{IG} \cdot T_s = (\lambda_d + \lambda_v) \cdot T_s \tag{4}$$

하지만, U_{NPE} 가 U_{FE} 보다 작은 경우에 있어서는 (3)과 (4)는 임의의 경우에는 사실이다. 즉, 전체 홈 게이트웨이의 Utilization은 U_{NPE} 에 달려있다. 이제 식 (1)의 $(\lambda_d + \lambda_v)$ 와 U_{NPE} 를 비교해야 한다.

그러므로, $\lambda_d + \lambda_v \geq U_{NPE}$ 의 경우에는 기존 일반 홈 게이트웨이의 전체 Utilization은 (4)와 같다. 그러나, $\lambda_d + \lambda_v < U_{NPE}$ 의 경우에 있어서는 식 (5)와 같이 된다.

$$\rho_{IG} = U_{IG} \cdot T_s = U_{NPE} \cdot T_s \tag{5}$$

2. CBCH 홈게이트웨이 분석

식 (6)과 같이 가정하자.

$$\lambda_d \leq U_{FE} \tag{6}$$

그러면, 식 (7)과 같다.

$$\lambda_{d\alpha} = \lambda_d \text{ and } \lambda_{v\alpha} = \lambda_v \tag{7}$$

그리고, L2 스위치로 입력되는 데이터 패킷의 도착률 ($\lambda_{d\beta}$)은 λ_d 와 U_{NPE} 에 달려있다.

먼저, $\lambda_d \leq U_{NPE}$ 의 경우에 있어서는 L2 스위치로의 도착률은 데이터 패킷의 도착률과 같다. 그러므로, CBCH 홈 게이트웨이의 전체 Utilization(ρ_{IC})은 식(8)과 같다.

$$\rho_{IC} = U_{IC} \cdot T_s = (\lambda_d + \lambda_v) \cdot T_s \tag{8}$$

여기서, 우리는 식(4)와 식(8)이 같기 때문에 기존 홈 게이트웨이의 전체 Utilization과 CBCH 홈 게이트웨이의 전체 Utilization이 같다고 오해할 수 있다. 그러나,

조건 식(1)과 식(6)이 서로 다른 상태이므로 결과 값이 같은 것이 아니다.

다음으로, $\lambda_d \geq U_{NPE}$ 의 경우를 생각해보면, NPE를 통해 L2 스위치로 입력되는 데이터 패킷의 도착률은 U_{NPE} 가 된다. 다시 말해, L2 스위치로의 데이터 패킷의 도착률은 NPE의 서비스 rate, 즉 성능에 의존한다. 하지만 L2 스위치로의 비디오 데이터 패킷의 도착률은 이 경우에서도 역시 λ_v 가 된다. 그러므로, CBCH 홈 게이트웨이의 전체 Utilization은 식(9)와 같다. 식(9)에서 알 수 있는 것처럼 데이터 패킷의 Utilization은 NPE의 성능에 좌우되지만, 비디오 패킷을 위한 Utilization은 변하지 않는다.

$$\rho_{IC} = \lambda_v \cdot T_s + U_{NPE} \cdot T_s = (\lambda_v + U_{NPE}) \cdot T_s \tag{9}$$

3. 비교 및 요약

식(4)와 식(5)는 특정 조건에서의 기존 홈 게이트웨이의 Utilization에 대하여 보여준다. 그리고, 식(8)과 식(9)는 역시 특정 조건에서의 CBCH 홈 게이트웨이의 Utilization에 대하여 보여준다. 표 1.은 기존 홈 게이트웨이와 CBCH 홈 게이트웨이의 특정 조건들에 대한 Utilization에 대한 요약을 보여준다.

표 1. Utilization의 비교
Table 1. Comparison of Utilization.

	Condition	Utilization
Generic H.G.	$\lambda_d + \lambda_v \leq U_{NPE}$	$\rho_{IG} = (\lambda_d + \lambda_v) \cdot T_s$
	$\lambda_d + \lambda_v \geq U_{NPE}$	$\rho_{IG} = U_{NPE} \cdot T_s$
CBCH H.G.	$\lambda_d \leq U_{NPE}$	$\rho_{IC} = (\lambda_d + \lambda_v) \cdot T_s$
	$\lambda_d \geq U_{NPE}$	$\rho_{IC} = (\lambda_v + U_{NPE}) \cdot T_s$

이 표 1에 보여준 결과를 통해 우리는 직관적으로 CBCH 홈 게이트웨이가 기존 홈 게이트웨이보다 우수함을 알 수 있다. 또한 CBCH 홈 게이트웨이에서는 요구된 비디오 서비스 대역폭이 사용자의 호스트가 연결된 L2 스위치 포트의 능력을 초과하지 않는다면 비디오 방송 서비스를 보장할 수 있다.

V. 결 론

홈 게이트웨이는 액세스 망을 맥내 망과 연결시키는 정합 장치이다. 본 논문에서는 액세스 망에서 뿐만 아니라 맥내에서도 융합 서비스를 제공할 수 있는 방법을

제안하였다.

또한, 본 논문에서는 기존의 홈게이트웨이와 CBCH 홈게이트웨이의 성능 비교를 위한 모델을 보여주었다. 그리고, 분석 결과의 비교를 통해 제안된 CBCH 홈 게이트웨이 구조가 기존의 홈 게이트웨이 구조보다 우수함을 보였다. 또한 CBCH 홈 게이트웨이는 다양한 홈 디바이스들에게 동시에 IP 서비스와 방송 서비스를 제공할 수 있다. 즉, CBCH 홈 게이트웨이는 방송 통신 융합 서비스를 제공할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 신승목, "Issues on Triple Play Service: Multicast scalability and QoS", Netmanias Network Newsletter, pp17-21, Sep. 2003.

[2] Kyeong Soo Kim, "On the Evolution of PON-Based FTTH Solutions," (Invited paper) Proc. Of JCIS 2002, pp.1402-1405, Mar. 2002.

[3] Fu-Tai An, Kyeong Soo Kim, Yu-Li Hsueh, Matthew Rogge, Wei-Tao Shaw, and Leonid G. Kazovsky, "Evolution, Challenges and Enabling Technologies for Future WDM-Based Optical Access Networks," 2nd Symposium on Photonics, Networking and Computing, Sep.. 2003.

[4] 이상연, 이형섭, "CATV Overlay를 위한 EPON 망 구조에 대한 분석", 2003 전자공학회 통신 소사 이어트 워크샵 논문집, Vol. 26, No. 2, pp117-120, Nov. 2003.

[5] Cisco systems, INC. "Internetworking Technologies Handbook," 4th edition, Cisco Press, Sep. 2003.

[6] Internet Engineering Task force, "Internet Group Management Protocol, Version 3," RFC 3376, Oct. 2002.

[7] Internet Engineering Task force, "Internet Group Management Protocol, Version 2," RFC 2236, Nov. 1997.

[8] Internet Engineering Task Force, "Considerations for IGMP and MLD snooping Switches," Internet Draft, May 2004.

[9] Jun Wang, Limin Sun, Xiu Jiang, Zhimei Wu, "IGMP snooping: a VLAN-based multicast protocol," Proc. Of Hih Speed Networks and Multimedia Communications 5th IEEE International Conference, pp335-340, July 2002.

[10] Gerard O'Driscoll, "The Essential guide to Digital Set-top Boxes and Interactive TV," Prentice Hall, Apr. 2000.

저 자 소 개



박 완 기(정회원)
 1991년 충남대학교 전자공학과 학사.
 1993년 충남대학교 전자공학과 석사.
 2004년 충남대학교 정보통신 공학과 박사 수료.

1993년~2000년 국방과학연구소
 2000년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원
 <주관심분야 : 홈네트워크, 이더넷, EPON, 홈디지탈 멀티미디어>



김 대 영(정회원)
 1975년 서울대학교 전자공학과 학사
 1977년 한국과학기술원 전기전자 공학과 석사
 1983년 한국과학기술원 전기전자 공학과 박사

1983년~현재 충남대학교 교수
 2005년 현재 충남대학교 공과대학장
 2003년~현재 ANF(Advanced Network Forum) 의장
 2002년~현재 APAN-KR 의장
 2002년~현재 KIEF 의장
 <주관심분야 : Advanced Communication Protocol, Advanced Internet Protocol, 무선 인터넷>