

PCMM(PacketCable MultiMedia)을 이용한 HFC 망에서 VoIP 품질 보장방안

The scheme of guaranteeing VoIP quality in HFC network using PCMM

박강현, 김보성, 김희동

(Kang-Hyon Park, Bo-Sung Kim, Hee-Dong Kim)

Abstract : 방송과 초고속인터넷 서비스를 동시에 제공할 수 있는 HFC(Hybrid Fiber Coaxial) 망은 상/하향이 비대칭 구조이며, 하향속도에 비해 상향속도가 1/10 수준이어서 상향 트래픽이 과다하게 생성될 경우 인터넷속도 지연이 발생한다. 지연에 민감한 VoIP 서비스의 품질보장 방안으로는, DOCSIS(Data Over Cable System Interface Specification) 1.1 기반의 상향 스케줄링 기능을 이용한 VoCM(Voice Over Cable Modem)이 있다. 그러나 별도의 VoCM을 사용해야 하며 아날로그 전화기를 사용해 IP 기반의 VoIP 단말을 사용할 수 없다는 단점이 있다. 일반 CM(Cable Modem)에 DOCSIS 1.1 Config File을 이용하여 VoIP 품질을 보장할 경우 별도의 트래픽 대역을 항상 점유해야 하는 단점이 있다. 이에, 본 논문에서는 효율적 대역폭 이용과 단말장비에 종속적이지 않은 방안을 제안하고 일반 CM을 통한 유무선 환경하에서 Dynamic QoS(Quality Of Service)를 제공할 수 있는 PCMM(Packet Cable MultiMedia) 적용 방안 및 시험결과에 대해 고찰하고자 한다.

Keywords: HFC, Static QoS, Dynamic QoS, PCMM

I. 서론

HFC망을 통해 제공되는 서비스는 방송으로부터 시작되었다. 공중파 방송을 안테나로 시청할 수 없는 난시청 지역에 방송을 제공하기 위해 다양한 양질의 방송채널이 확보되어 있는 HE(HeadEnd)에서 닥내 TV까지 동축케이블을 이용하여 방송서비스를 제공해 왔다.

인터넷의 폭발적인 증가와 맞물려 동축망의 재활용 측면에서 인터넷 서비스를 제공하기 위해 동축망에서 광·동축 혼합망(HFC)으로 진화하여 양방향 통신이 가능하게 되었다. 그러나 HFC망은 양방향 비대칭 속도로서 하향 속도는 양호하나 상향 속도는 하향속도의 1/10 수준으로 사용되고 있다.

이러한 상황에서 만일 소수의 가입자가 업로드를 시도하면 상향 대역폭에 순간적으로 트래픽 폭주가 발생하여 통신 특성상 양방향 속도가 같이 느려지게 된다.

양방향 비대칭 속도 조건의 HFC 망에서 QoS를 보장하기 위한 표준 규격 및 동작 특성을 정의한 것이 DOCSIS 1.1 이다. 본 논문에서는 멀티미디어 트래픽의 QoS를 보장하기 위한 PacketCable의 QoS 표준인 PCMM(PacketCable Multimedia)에 대해 그 정의와 구조, 기능시험과 실제 망에서 적용하여 시험한 결과에 대해 기술하도록 한다.

II. PCMM

2.1 PCMM의 정의 및 구조

기존 DOCSIS 1.1의 QoS를 이용하는 VoCM은 VoCM의 RJ11 Port에 연결된 일반 유선전화의 수화기를 들면 VoCM 내부의 전화부를 담당하는 e-MTA(Embedded Multimedia Terminal Adaptor)에서 호 시도로 간주하여 CMTS(Cable Modem Termination System)에 VoIP용 양방향 QoS 요청을 하고, CMTS에서는 VoIP 데이터가 별도의 통로(Flow)를 통해 흐르도록 하여 일반 인터넷 트래픽과 구별하여 QoS를 보장해 주는 구조이다. 그림1에서 VoCM을 이용한 VoIP QoS 제공절차

에 대해 도식하였다.

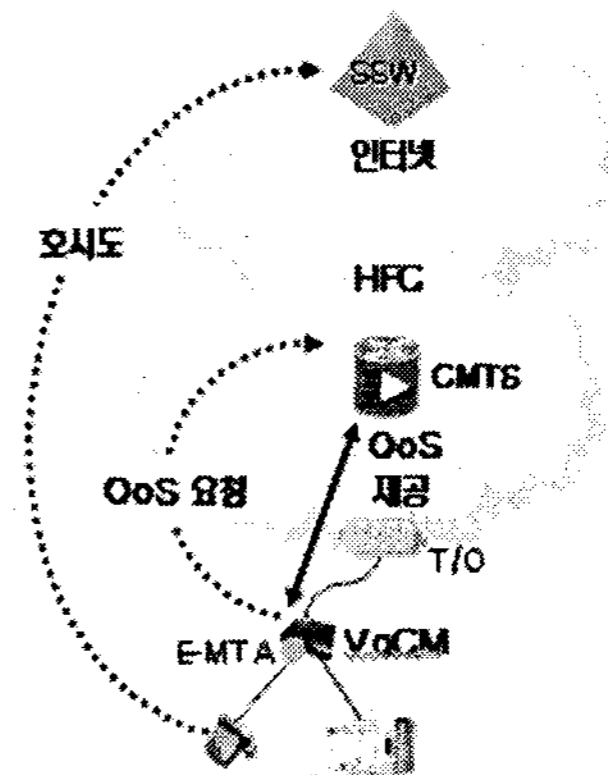


그림1. VoCM을 이용한 VoIP QoS 구성도

이에 비해 PCMM은 QoS를 VoCM처럼 단말단에서 요청하지 않고 외부 장비에서 대신 요청해 주는 구조이기 때문에 QoS 구현 및 적용이 용이하다.

PCMM의 구성요소는 크게 4가지로 구분된다. VoIP Client가 전화통화를 위해 SSW와 호 설정을 시도할 때 호 설정(응용서비스 요청)을 대역폭 자원 요청으로 변경해 주는 AM(Application Manager), AM의 대역폭 자원 요청을 인지한 후 해당 Flow에 대해서 CMTS에 QoS 명령을 내리는 PS(Policy Server), PS의 QoS 요청을 인지 후 해당 Flow에 대해 실질적인 QoS를 적용하는 CMTS 그리고 DOCSIS 1.1이 적용된 CM이다. PCMM은 말 그대로 Multimedia에 대한 QoS를 보장해 주는 방법이나 본 논문에서는 VoIP에 한정하여 PCMM에 대해 설명하고자 한다

VoIP 통신프로토콜은 SIP(Session Initiation Protocol)이 주로 사용되고 있다. PCMM을 이용하여 VoIP QoS를 제공하기 위해서는 VoIP Client(전화단말)와 SSW(SoftSwitch)가 있

으며 앞에서 언급한 AM, PS, CMTS, CM이 있다. 최근에는 All IP 기반으로 진화해 가고 있는 추세이며 VoIP Client로 IP Phone이나 WiFi Phone이 주종을 이루고 있다. 아래 그림2에서 PCMM의 전체 구조를 도식하였다.

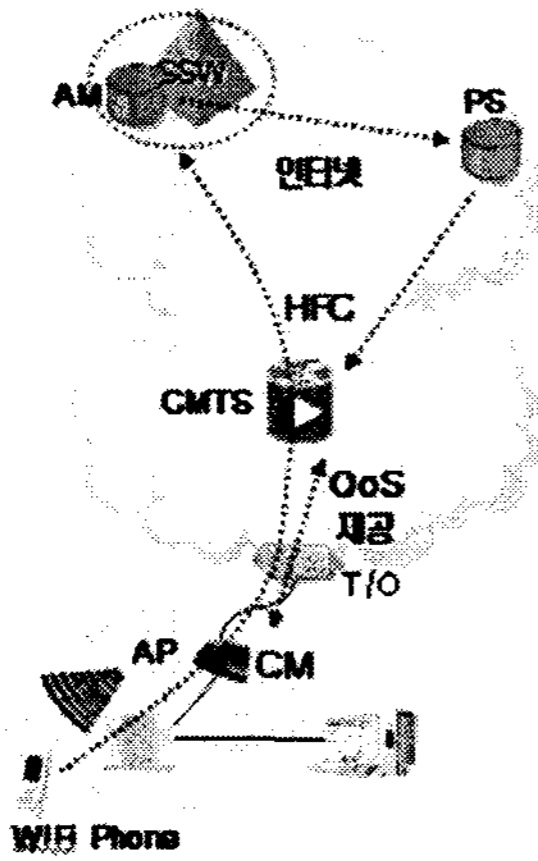


그림2. VoIP QoS를 위한 PCMM 구성도

AM, PS, CMTS간에는 QoS를 제공하기 위하여 표준 프로토콜인 COPS(Common Open Policy Service) 메시지를 사용하여 대역폭 자원 요청 시 HFC 망에서 품질이 보장될 수 있도록 서비스에 대한 시간 및 대역폭 특성을 상세하게 정의한 Flow Spec 정보를 포함하여 전달한다. 그림 3에는 COPS메시지의 사례를 나타내었다.

Flow Spec	
Envelope	: 7
Service Number	: 2
Reserved	: 0x0000
<input type="checkbox"/> Authorized Envelope <input type="checkbox"/> Reserved Envelope <input type="checkbox"/> Committed Envelope	
Token Bucket Rate	: 10000
Token Bucket Size	: 200
Peak Data Rate	: 10000
Minimum Policed Unit	: 200
Maximum Packet Size	: 200
Rate	: 10000
Slack Term	: 800
<input type="checkbox"/> Classifier	
Protocol ID	: 257
DS Field (DSCP or TOS)	: 0x00
DS Field (DSCP or TOS) Mask	: 0x00
Source address:	210.216.49.157 (210.216.49.157)
Destination address:	110.120.130.140(110.120.130.140)
Source IP Port	: 0
Destination IP Port	: 44566
Priority	: 0x40

그림3. COPS Message, Flow Spec

2.2 Application Manager

VoIP Client로부터 호설정 요청을 감지하는 AM의 기능은 해당 서비스에 대한 인증 및 교환을 수행하는 장비에 구현하는 것이 이상적이다. 즉 VoIP의 경우 소프트웨어 스위치(SSW)에서 PCMM을 지원하여 AM 기능을 수용하는 것이 적합한 구조이다. 그러나 SSW에서 PCMM을 지원하지 않는 경우에는 AM 기능을 별도의 장비로 구현해야 하며, 그 예로 DPI(Deep Packet Inspection) 장비가 있다.

DPI가 AM 기능을 수행하기 위해서는 SSW 전단에서 VoIP 데이터가 전달되는 물리적인 회선의 중간에 위치하거나, SSW가 데이터를 복사하여 전달해 줄 수 있다면 직접연결을 하지 않고 구성할 수도 있다. DPI는 VoIP 데이터를 분석하여 호 설정(Call Setup)을 위한 Signaling Packet을 인지한 후 COPS 메시지로 변환하여 PS에게 QoS 요청을 한다. DPI장비가 AM 역할을 하여, QoS를 제공하기 위해서는 후단 SSW의 VoIP 데이터 처리특성을 정확히 이해하고 SSW 제조사의 고유한 기능을 인지해야 한다는 것을 전제로 한다. 그렇지 못할 경우 VoIP 데이터 처리 특성상 QoS 제공의 연속성을 가져가지 못할 수 있다. 예를 들어 VoIP 가입자가택내의 공유기나 AP를 이용하여 VoIP Client를 사용한다면 외부와 통신할 때 Client의 IP와 Port번호가 변경된다. VoIP Client가 SSW와 통신할 경우 정보의 변환이 불가피한 상황이 발생하는데 이런 환경에서도 호설정이 이루어질 수 있도록 SSW에서 NAT(Network Address Translation) Traversal기능을 이용하여 Client가 공유기나 AP를 통해 변경된 정보를 추적하여 Signaling과 Media Traffic이 오류 없이 정상적으로 흐르도록 해주는 기능이 있어야 한다.

SSW마다 이런 Client의 공인/사설환경, 통화 중 호대기, 3자 통화 등 부가기능을 구현하는 구조가 서로 상이하기 때문에 DPI를 사용할 경우 SSW와 호환성 Test는 필수이며 완벽한 QoS를 제공하기 위해서는 장기간 동안 기능개선이 필요하다.

III. 기능시험 및 Field Test 결과

3.1 기능시험 구성

PCMM 기능을 검증하기 위한 시험을 2주간에 걸쳐 진행하였는데 PCMM 인증을 받은 AM, PS 제품을 각각 구성하였으며 VoIP 단말환경은 WiFi Phone을 사용해 구성하였다. 기능 시험 구성도는 그림4에 나타내었다.

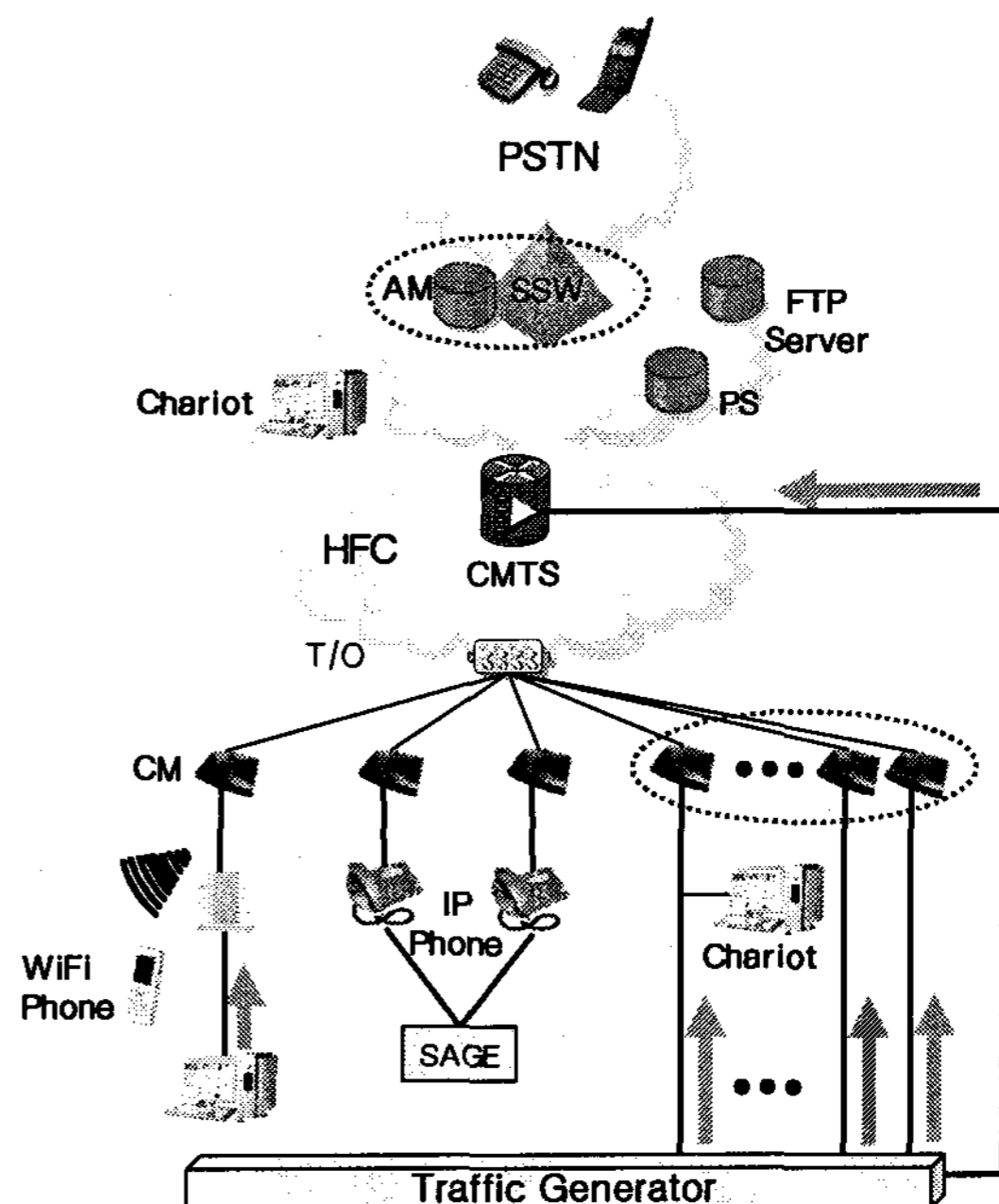


그림4. 기능시험 구성도

- * CMTS : uBR7246VXR, MC28U, CM 16대
- * 변조방식 : 하향 6MHz/64QAM, 상향 1.6MHz/QPSK
- * 단말 : WiFi 3대, 유선전화 1대, Mobile 1대

CM에서 DOCSIS 1.1 QoS를 지원해야 하므로 Config File에 기본적인 DOCSIS 1.1 내용만 적용하여 준비하였다. 별도의 UGS(Unsolicited Grant Service) 항목을 설정하지 않아도 된다.

- * UGS : CMTS가 일정한 시간 간격으로 일정한 크기의 데이터를 CM이 보낼 수 있도록 보장해 주는 상향 스케줄링 방식

시험은 WiFi ~ WiFi, WiFi ~ 일반유선전화, WiFi ~ Mobile간 통화를 하면서 통화 중 대기, 호 전환, 착신전환, Mobile 통화연결 음에 대해 QoS 보장이 되는지를 확인하였다.

3.2 시험결과

측정결과 PCMM이 적용된 VoIP 품질평가 결과, MOS 4.2, 단대단 왕복지연시간은 141ms 결과를 나타냈으며, 이는 국내기준에 적합함을 알 수 있다. 트래픽 과부하 시 PCMM이 적용되지 않은 일반 VoIP의 품질이 열악해 지는 것을 알 수 있었다. 그림 5에는 VoIP 품질측정기인 SAGE로 PCMM 적용 전/후의 MOS(Mean Opinion Score)와 단대단 왕복지연시간의 결과를 나타내었고, 그림 6에는 Chariot을 통해 PCMM 미적용 시 MOS값의 변화를 나타내었다.

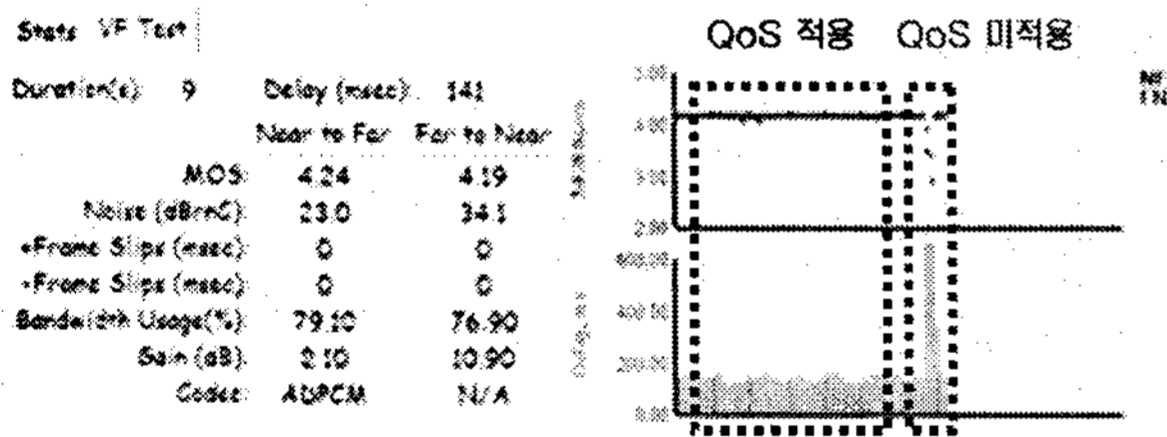


그림5. SAGE 측정결과(PCMM 적용/미적용)
상향/하향 Traffic 부하(2.4Mbps, 40Mbps)

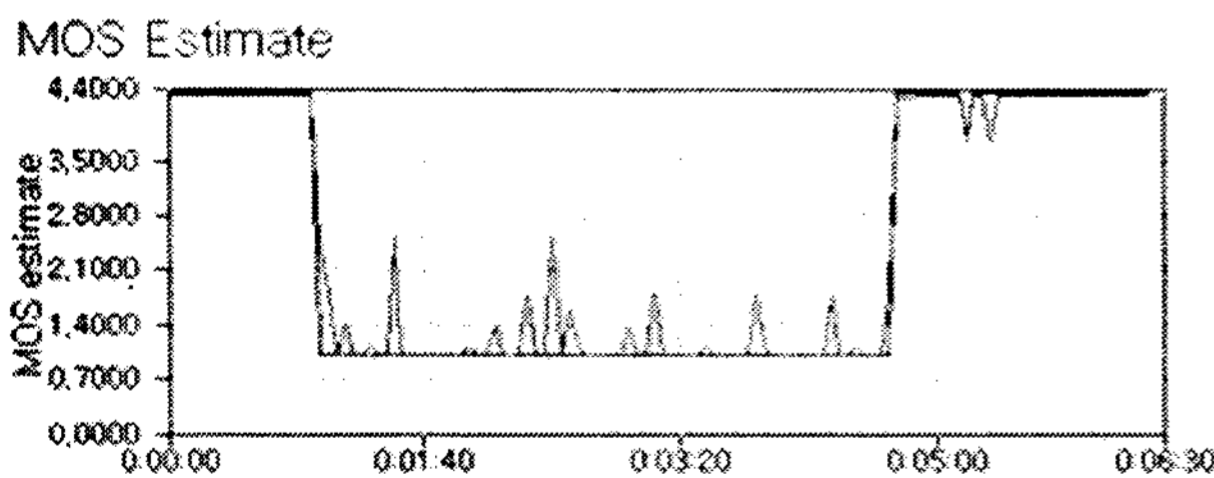


그림6. Chariot 측정결과(PCMM 미적용)
상향/하향 Traffic 부하(2.4Mbps, 28Mbps)

Sfid	Sid	Mac Address	QoS Param	Index	Type	Dir	Curr State	Active Time
2023	971	0030.54d8.e231	3	3	prim	US	act	08:12m
2143	1031	0030.54d8.e231	0	5	dyn(S)	US	act	00:05
2024	N/A	0030.54d8.e231	4	4	prim	DS	act	08:12m
2144	N/A	0030.54d8.e231	0	6	dyn(S)	DS	act	00:05

그림7. PCMM Service Flow 정보

그림7에서 알 수 있듯이 일반 데이터는 Sfid(Service Flow ID) 2023과 2024를 통해서 흐르나 VoIP Traffic은 별도 Flow인 2143과 2144를 통해 흐르게 되어 CMTS ~ CM 구간에서 일반

데이터와 VoIP가 구별되어 보장되도록 하였다.

이러한 VoIP 데이터에 대한 양방향 정보를 AM이 PS에 제공하는데 있어 상향/하향의 기준은 SSW의 미디어서버 IP 주소와 Port번호가 된다. 이를 기준으로 SSW에서 Client로 흐름은 하향(Downstream), Client에서 SSW로 흐름은 상향(Upstream)으로 구분하고 각 흐름에 대한 IP 구분(Classification) 정보도 같이 제공해 준다.

아래 그림8에서 각각 상향과 하향 IP Classification 정보를 제시하였으며 발신/수신 IP주소, 수신 Port 번호, IP Protocol Type이 사용됨을 확인할 수 있다.

```

Classifier Id : 57
Service Flow Id : 2143
CH Mac Address : 0030.54d8.e231
Direction : upstream
Activation State : active
Classifier Matching Priority : 64
PHSI : 0
Number of matches : -
IP Classification Parameters:
  IP Source Address : 210.216.49.149
  Source IP Address Mask : 255.255.255.255
  Destination IP Address : 110.120.130.140
  Destination IP Address Mask : 255.255.255.255
  Destination Port Low : 52138
  Destination Port High : 52138
  IP Protocol Type : 257 (Matches TCP OR UDP)
    
```

```

Classifier Id : 58
Service Flow Id : 2144
CH Mac Address : 0030.54d8.e231
Direction : downstream
Activation State : active
Classifier Matching Priority : 64
PHSI : 0
Number of matches : 810
IP Classification Parameters:
  IP Source Address : 110.120.130.140
  Source IP Address Mask : 255.255.255.255
  Destination IP Address : 210.216.49.149
  Destination IP Address Mask : 255.255.255.255
  Source Port Low : 52138
  Source Port High : 52138
  IP Protocol Type : 257 (Matches TCP OR UDP)
    
```

그림8. 상/하향 IP Classification

VoIP QoS를 위한 PCMM의 AM 역할을 SSW가 하므로 호 시작과 종료를 명확히 알고 있어 호가 시작되면 QoS가 적용되고, 호가 종료되면 바로 QoS가 해제 된다. 즉 CMTS ~ CM 간의 대역폭 자원을 호 통화 시에만 점유하고 호 종료 시 해제하여 대역폭을 효율적으로 사용하게 된다.

비정상적인 호 종료, 즉 VoIP Client가 SSW에 호 종료 신호를 보내지 못하는 경우에는 계속 대역폭 자원을 점유하게 된다. 이 현상을 방지하기 위해 CMTS에서 해당 Flow의 Traffic 유무를 감시하다가 30초(조정가능)동안 Traffic이 없을 경우, Flow를 강제로 해제하여 대역폭 자원이 비정상적으로 점유되는 것을 방지한다.

3.3 현장시험결과

현장시험은 시범가입자 10명을 대상으로 10일간 시험하였다. Call시도(착신/발신)시 AM은 PS에 정확히 대역폭 자원 요청을 수행했는지, PS는 CMTS에 정확히 QoS 적용 명령을 내렸는지, CMTS에서는 CM과 Flow를 생성했는지에 대한 정확도를 기준으로 시험을 실시하였다. 호 시작과 종료의 기준 시

간은 SSW의 과금 정보에 기록된 시간을 기준으로 하였다. 시험결과 총 완료 호 531Call에 대해 530개 QoS를 적용하여 정확도 99.99%를 기록했다.

IV. 결론

PCMM은 장점은 적용이 용이하고 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있지만 무엇보다도 다음과 같이 여러 단계를 거쳐 인증된 VoIP Client 단말의 Traffic에 대해 품질을 보장해 줄 수 있다는 것이다. 호 설정 시 AM인 SSW를 통해 먼저 가입자 인증이 이루어진다. 또한 SSW에 가입자를 등록할 때 PCMM이 필요한 가입자 여부를 구분할 수 있어 PCMM이 필요한 가입자에게만 대역폭 자원 요청을 PS에 전달하게 된다. PS에서도 Source IP 즉 VoIP Client의 공인번호로 변환된 IP가 PS와 연동된 CMTS의 가입자 IP와 일치할 경우에만 해당 Source IP가 수용된 CMTS에 QoS 적용 요청을 하게 된다. 만약 IP가 서로 일치하지 않을 경우 Error Log를 기록하고 QoS 요청을 하지 않는다. 즉, PCMM이 적용된 VoIP Client가 서비스 제공사업자(ISP)의 HFC망이 아닌 다른 사업자 혹은 동일 사업자의 다른 액세스망(광랜 등)에 연결되어 전화를 할 경우, SSW에서 인증 및 호설정은 정상적으로 처리되어 통화는 가능하나 QoS는 IP정보가 서로 다르기 때문에 제공되지 않게 된다.

PCMM은 VoIP 이외에도 Game, VoD, IPTV 등에도 적용될 수 있다. 전체사항은 각 서비스 별로 AM역할을 하는 장비가 별도로 필요하다는 것이다. 즉, 각 Client와 해당 서비스의 인증 및 데이터 흐름에 대한 정보를 정확히 알고 있는 장비에서 AM 역할을 해야 한다. 단 PS는 동일 장비를 사용해도 무방하다. 아래 그림9에 PCMM을 적용한 예를 도식화 하였다.

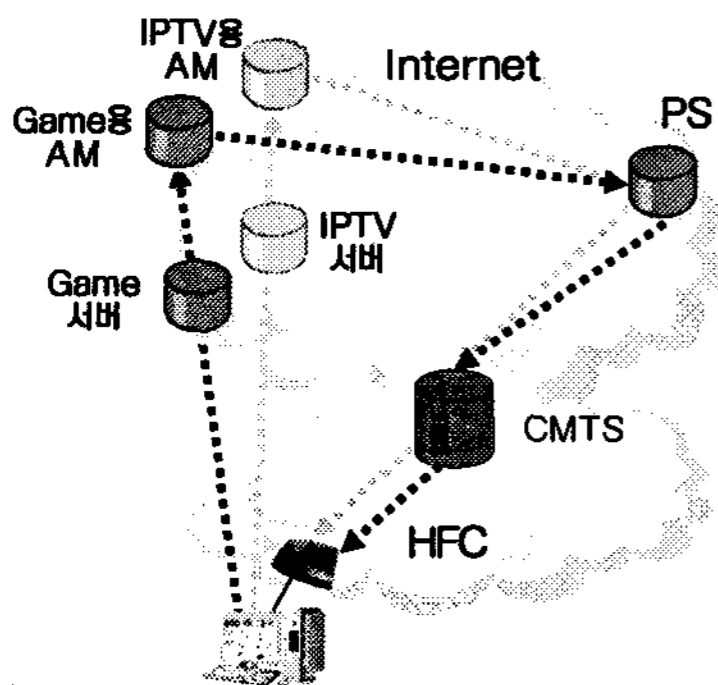


그림9. PCMM 활용분야

All IP 기반의 망으로 진 화함에 따라 유 무선 가입자 망의 경계가 의미 없어지는 IMS 구조에서 AM ~ PS간 주고받는 프로토콜이 Diameter로 변경될 뿐 HFC 망의 QoS는 PCMM을 사용하도록 규정되어 있다.

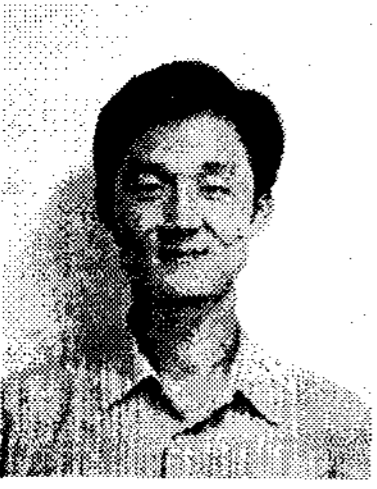
HFC 망에서 고속의 통신속도를 구현할 수 있는 Pre-DOCSIS 3.0, DOCSIS 3.0 환경에서도 상/하향 비대칭 구조에 의한 상향속도 문제는 여전히 존재하게 된다. 왜냐하면 시대에 따라 새로운 Killer Application이 나타나면서 요구하는 대역폭 수준이 높아지고 있기 때문이다. 실제로 Traffic 사용량의 추이를 보면 상향 Traffic이 계속해서 늘어나 하향 Traffic의 1/2 수준까지 이르렀다. 이전에는 사업자 중심의 획일화된 서비스였지만 이제는 개인화된 콘텐츠를 중심으로 개인들이

트래픽을 유발하는 시대라는 반증이다.

PCMM은 이런 상황에서 HFC 망에서 TPS 서비스를 양질의 품질로 쉽게 제공할 수 있는 기반을 마련해 줄 수 있으며, HFC망을 보유하고 있는 사업자들에게는 고객에게 서비스 별로 품질보장을 가능케 해주는 솔루션이라 판단된다.

참고문헌

- [1] Packetcable Multimedia Specification [PKT-SP-MM-I03-051221]
- [2] Packetcable Multimedia Web Service Interface Specification [PKT-SP-MM-WS-I01-051221]
- [3] Multimedia Architecture Framework [PKT-SP-MM-ARCH-V02-051221]
- [4] Packetcable Quality of Service Architecture Technical Report [PKT-TR-QoS-V02-061013]
- [5] Packetcable NAT and Firewall Traversal Technical Report [PKT-TR-NFT-V02-061013]
- [6] DOCSIS 1.1 Radio Frequency Interface Specification [CM-SP-RFIV1.1-C01-050907]
- [7] COPS [RFC2748]



박 강 현

1994년 광운대학교 전자통신학과(공학사)
1996년~현재 (주)LG데이콤 기술연구원
관심분야 : IP백본/액세스, HFC, IMS, NGN



김 보 성

1994년 동의대학교 전기공학과(공학사)
2001년 성균관대학교 정보통신대학원 정보통신공학과(공학석사)
1996년~ 현재 (주)LG데이콤 기술연구원
관심분야 : IP백본/액세스, MPLS, N/W보안, IMS, HFC, NGN



김 회 동

1981년 서울대학교 전기공학과(공학사)
1983년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
1987년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
1997년~현재, 한국외국어대학교 정보통신공학과 교수
관심분야 : 유무선통신망, 정보통신서비스, VoIP