

+ 한국텍트로닉스

IPTV 네트워크에서 우수한 QoS 실현

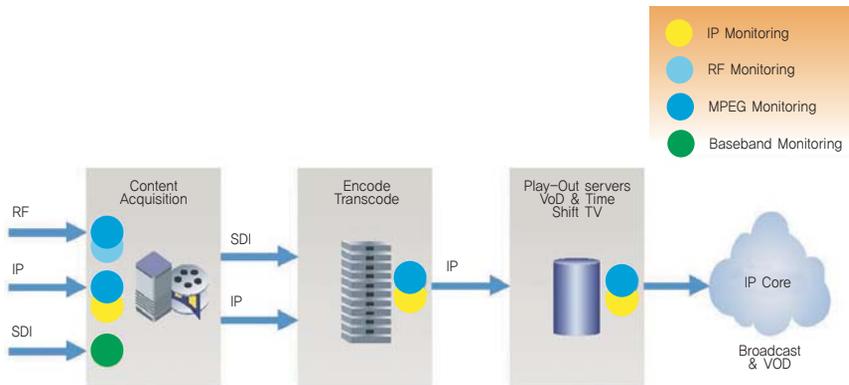
IPTV 헤드엔드 개요

본 글은 IP 헤드엔드 시스템을 중점적으로 다루며, IP 헤드엔드의 기능은 다음과 같다.

- 디지털 프로그램 획득 : 위성이나 지상파 소스의 콘텐츠, 해당 콘텐츠를 디지털로 전송하기 위한 준비(전국 또는 지역).
- 디지털 프로그램 저장 : 지역 콘텐츠, VOD 또는 광고 등 추가, 비 생방송(non-live) 프로그래밍을 저장 및 삽입
- 디지털 프로그램 배포 및 전송 : 프로그램 준비, 집합, 등급 결정, 변조, 캡슐화(인코딩), 암호화 및 기타 프로그램 전송 기술 과정 포괄

이러한 시스템에서 헤드엔드 인제스트(ingest)는 케이블, 위성 또는 지상파 TV 피드 등 다양한 RF 소스에서 대부분 취할 수 있으며, SDI나 IP 피드를 이용한 것으로도 가능하다. 그렇기 때문에 IP, SDI, 그리고 RF와 같은 입력 포맷 이용시 안정된 고품질 IPTV 서비스를 유지하는 비결은 시스템의 무결성을 악화시킬 수도 있는 주요 요인에 집중하는 것이다. 따라서, 통신 네트워크로 출력하기 위해 헤드엔드를 통해 신호가 처리되기 전에 인제스트에서 QoS를 모니터링하는 것은 필수이다. 품질 유지를 위해서는 포괄적인 모니터링을 활용할 수 있으며, [그림 1]에서 주요 모니터링 지점(Key Monitoring Points)을 확인할 수 있다.

[그림 1]의 예에서는 3가지 주요 기능을 별도로 고려할 수 있다. 하지만, 실제로는 여러 과정이 하나의 하드웨어 블록으로 일어날 수 있다.



[그림 1] 주요 모니터링 지점



우리 시스템의 콘텐츠 입력 중 상당비율이 지상파 및 위성 RF 소스에서 나오기 때문에 이러한 인제스트된 신호 품질을 어떻게 확립하고 유지할 것인지 고려할 필요가 있다. 따라서, 다음 세션에서는 시청자들이 서비스와 영상을 완전히 잃어버리기 전에 이러한 문제를 탐지할 수 있도록 지원하는 핵심 RF 측정을 설명하고자 한다.

IP 방송 출력 - 핵심 모니터링 파라미터

통신 사업자들의 주요 운영상 과제는 경쟁이 치열한 시장에서 차별성을 유지하기 위해서 우수한 서비스 품질(QoS) 수준을 효율적으로 실현할 수 있는 방법을 찾는 것이다. 따라서, 점점 복잡해지는 방송환경에서 우수한 QoS 수준을 구현하기 위해서는 화질 및 진단 정보를 직관적이고 간단하게 나타내야만 한다. 높은 QoS 수준을 확보하기 위해서는 운영 직원 및 엔지니어링 직원에게 시스템 성능에 대한 정확하고 시의 적절한 정보를 제공할 필요가 있다.

높은 성능 수준을 유지하고 고객 이탈을 낮추기 위해서는 시스템의 QoS를 개선해야만 한다. 그렇다면, 이제 IP환경에서 서비스 품질이라고 하면 정확하게 무엇을 의미하는 것인가라는 질문이 등장하게 된다.

QoS란 무엇인가?

통신 분야에서 서비스 품질, 즉, QoS라는 것은 ITU 표준 X.902에 "하나 이상의 객체의 집단적인 움직임에 대한 일련의 품질 요건"으로 정의되어 있다. 네트워크 트래픽 엔지니어링에서 QoS는 상이한 여러 데이터 흐름에 다양한 우선순위를 제공하거나 데이터 흐름에 특정 수준의 성능을 보장하는 것으로 이용될 수 있다. IPTV 시스템에서는 이러한 우선순위 설정이 우수한 품질의 비디오 전송을 완수하는데 매우 중요하다.

KPI(Key Performance Indicators : 핵심성과지표)

이와 같은 정의를 확대해 보면, QoS는 적어도 4가지 서비스 부문과 관련하여 사용자의 요건을 지원할 수 있는 서비스 공급자 능력을 의미한다는 것이 분명해 진다.

- **대역폭** : 네트워크는 사용자의 처리량 요건을 지원할 수 있도록 충분한 용량을 유지할 수 있어야 한다.
- **지연 시간 또는 지연** : 패킷을 어떤 특정 송신 노드에서 어떤 특정 수신 노드로 전송하는데 걸리는 시간
- **지터** : 수신 노드에서 패킷 도착 사이에 발생하는 지연의 차이
- **트래픽 또는 패킷 손실** : 패킷 손실이 얼마나 자주 발생하고, 몇 개가 영향을 받았는지

이 4가지 항목을 시스템의 성능을 측정하는데 이용하는 KPI로 간주할 수 있다. 그렇다면, 이제 무엇을 측정할 수 있는 지는 파악이 되었다. 그럼 다음 문제는 왜 측정을 해야 하는 지의 이유를 파악하는 것이다.

IPv4 및 IPv6 프로토콜은 정약상 '최선형(best effort)' 전송 시스템이기 때문에 IPTV 시스템은 '최선형(best effort)' 네트워크상에서 운영된다. 2가지 프로토콜 모두 사용자에게 QoS 서비스를 제공하기 위해 TCP와 같은 다른 지원 프로토콜을 이용한다. 그런데 사실은 데이터 및 음성 서비스는 일반적으로 지터와 지연을 처리할 수 있으나 비디오는 그렇지 못하다.

비디오는 일반적으로 UDP/RTP를 통해 전송되며, 강력한 네트워크 관리 정책 실행이 요구되는 고가용성(대역폭 및 시간)을 필요로 한다. 비디오는 비디오를 운반하는 IP 패킷이 정시에 정확한 순서로 도착하지 않는 '최선형(best effort)' 네트워크로는 성공적으로 전송될 수 없다. 이러한 이유 때문에 IPTV 전송 네트워크에서 무슨 일이 발생하고 있는지를 어떻게 효율적으로 측정할 수 있는가가 중요한 것이다.

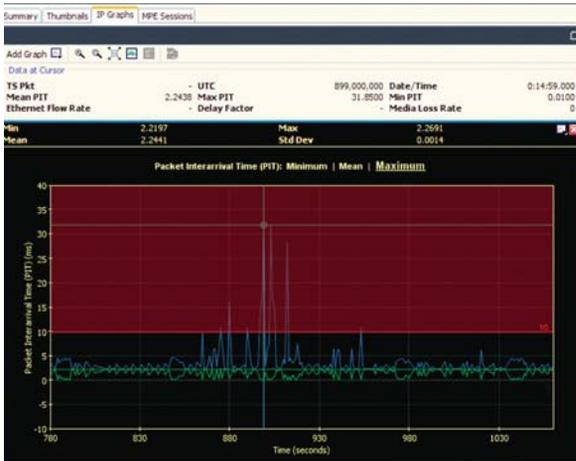
우리는 이미 시스템의 QoS를 모니터링하는데 사용할 수 있는 4가지 핵심 KPI를 분류해 보았다. 적절한 프로비저닝과 트래픽 관리 정책은 처음에 네트워크에 설계되어야 하기 때문에 대역폭은 시스템 설계 단계에서 관리하는 것이라고 주장할 수도 있다. 어떤 네트워크 노드에 있는 세션의 수나, 하나 또는 모든 세션의 대역폭과 같은 운영 측정은 잠재적인 시스템 과부하 지표로 유용하게 사용할 수 있다. 모든 과부하는 프로비저닝 문제의 증상으로 나타날 수도 있는 다른 파라미터를 모니터링 함으로써 예측할 수 있다. 이는 위에서 언급한 나머지 3가지 KPI를 포함할 수도 있다.

처음 2개는 분리하기 어려울 정도로 연결되어 있다(지연시간/지연과 IP지터는 링크의 모든 세션에서 모니터링해야 한다). 예를 들어, 한 개의 전송 스트림(Transport Stream)을 운반하는 4.7Mbps의 세션 하나를 생각해 보자. 프레임당 7MPEG 패킷으로 가정 = 7x188바이트 = 1316바이트

이더넷 헤더	14바이트
IP 헤더	20바이트
UDP 헤더	8바이트
RTP 헤더	12바이트
총	54바이트 과부하 + 1316바이트 페이로드(4.1% 과부하)

이더넷 프레임은 IP/UDP/RTP 캡슐화를 가지고 있다고 가정하자. 따라서, 이더넷 프레임 크기는 1370바이트가 되며, 이는 이더넷 흐름율(flow rate)이 4.886Mbps라는 뜻이 된다.

- 이더넷 흐름율(이더넷 초당 프레임) = 4,886,000[비트/초] / (8[바이트당 비트] × 1370[프레임 당 바이트]) = 445.80 초당 프레임
- 프레임 사이 간격은 1/445.8[이더넷 프레임 레이트] = 0.00224초



[그림 2] 패킷 수신 간격 시간(PIT) 그래프

이상적인 패킷 도착 시간은 2,24ms가 되어야 한다. 이와 같은 이상적인 시간과 조금이라도 차이가 나면 모든 수신 장치에 버퍼 문제가 발생할 수 있다. 일정하게 차이가 나는 것도 문제가 될 수 있지만, IP 지터라고 하는 IP 패킷 사이의 시간이 변하는 현상은 진단하여 시정하지 않으면 큰 문제를 일으킬 수 있다.

라우터 버퍼 크기와 같은 네트워크 설계 요소와 소비자 장비 설계가 QoS 인식에 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에 패킷 지터가 최종 사용자에게 미치는 영향은 가변적이다. 큰 입력 버퍼로 설계된 소비자 셋톱박스는 대부분의 네트워크 지터 영향을 무효화 할 수 있지만, 이렇게 설계를 개선하면 허용성이 낮은 설계보다 비용이 더 많이 드는 것은 거의 확실하다. 따라서, 네트워크에서 모든 과도한 IP 패킷 지터를 측정하여 대응하는 것이 더 나은 방법이다.

측정 프로브는 어떤 기본적인 문제도 소비자가 영향을 받는 상황이 발생할 정도까지 악화된 것은 없다는 것을 확실히 하기 위해 긴 시간동안 패킷 수신 간격 시간(PIT: Packet Inter-arrival Times)을 측정하고 표시할 수 있어야 한다. PIT를 정확하게 측정하여 표시하는 기능은 우수한 네트워크 진단 및 관리를 이루는 열쇠 중 하나이며, [그림 2]의 패킷 수신 간격 시간(PIT) 그래프에 예를 제시하였다.

[그림 2]에서 모니터링 프로브에 한계(붉은 부분)가 설정되었으며, 최근 몇몇 지점에서 이 한계가 초과되었다는 것을 확인할 수 있다. 이렇게 단순한 그래픽 디스플레이를 통해 운영자나 엔지니어들은 중요한 QoS 세부사항을 빠르고, 편리하게 확보할 수 있어 그에 따라 적절하게 대처할 수 있다.

크로스 레이어 타이밍 이슈

관련된 문제이기도 하지만 때로는 간과되기도 하는 IP 네트워크 상으로 MPEG 스트림을 운반함으로써 발생하는 영향이 있다. 전송 스트림 패킷은 IP 패킷(보다 자세히 설명하면, UDP나 UDP 상의 RTP)으로 패킷화 된다. 이는 명목상 IP 패킷 하나당 7개 TS 패킷으로 구성된다. 이 IP 패킷이 처리되면서 모든 7개 TS 패킷이 동시에 MPEG 디코더 버퍼에 도착하는 효과가 발생한다. TS 패킷은 도착시 버퍼 입력에서 똑같은 타임스탬프를 받기 때문에 PCR을 운반하는 모든 패킷의 타임스탬프가 잘못되어 PCR 타이밍 측정에 영향을 주게 된다.

PCR 정확도(PCR_AC)는 도착 시간과는 별개이기 때문에 영향을 받지 않겠지만, PCR유동률(PCR_DR), 주파수 옵셋(PCR_FO), 그리고 전반적인 지터(PCR_OJ)는 도착 시간에 영향을 받는다. VoIP 디코더에는 일정한 비트레이트를 복구하는 MPEG 디코더로 버퍼된 IP 패킷을 출력하는 것이 있다. 이것은 PCR 보간법(Interpolation) 스위치를 올리면, 텍트루닉스 MPEG TS 컴플라이언스 분석기에서 에뮬레이트 할 수 있다. PCR 보간법 스위치를 켜면 IP 패킷 안에 있는 TS 패킷들이 두 IP 패킷 사이로 확산된다.

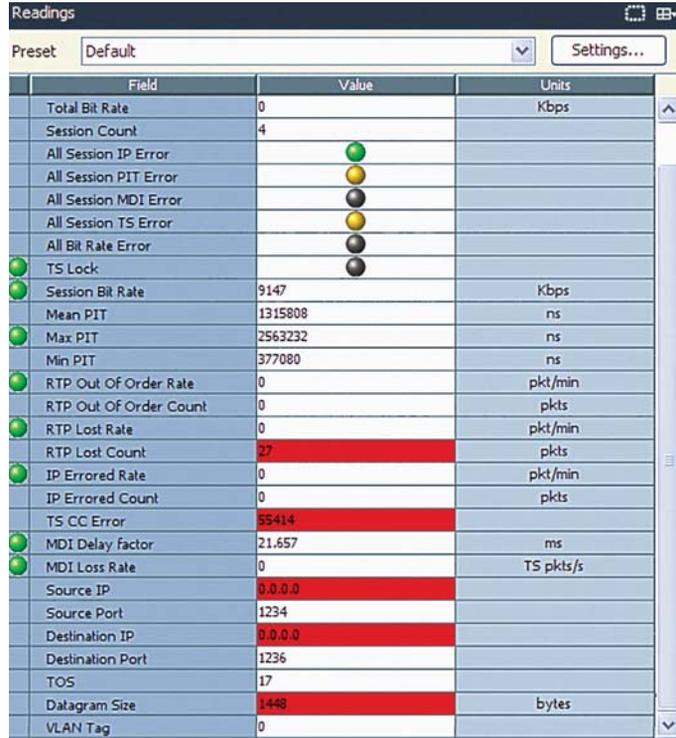
PCR 측정 중 그 어느 것도 VBR(variable bit rate: 가변 비트레이트) 시스템 상에서는 제대로 작동하지 않는다는 것도 알아둘 필요가 있다. 이는 각 TS 패킷에 대한 추가 타이밍 정보 없이는 TS 패킷 도착 시간을 재구성할 수 없기 때문이다.

정확한 PCR 타이밍을 유지하는 것조차도 우수한 비디오 품질을 보장하는데 충분하지 않을 수 있다. 시스템 시간 클럭은 PCR로 인코더에서 디코더로 동기화 할 수 있지만, 프레임 동기화는 패킷 초기 스트림(PES : Packet Elementary Stream) 헤더에 삽입된 표현 시간 지정정보(PTS : Presentation Time Stamp)를 통해 이루어지는 것이 일반적이다. PTS는 90kHz 유니트로 33비트 값을 갖는다(300으로 나눈 27MHz 클럭). PTS 값은 프레임이 디코드에 표시되어야 하는 시간을 나타낸다. PCR과 PTS/DTS가 인코더와 디코더를 동기화시키기 때문에 PCR과 PTS 값이 조금이라도 차이가 나면 버퍼 언더플로우나 오버플로우 문제가 발생하여 시청자에게 가시적으로 분명하게 드러나는 색상 손실과 같은 문제를 유발한다. 따라서, PIT, PCR, 그리고 PTS 타이밍과 같은 시간과 상호 관련된 크로스 레이어 타이밍 측정은 조직적인 타이밍 문제를 추적하는데 매우 유용하다.

다음으로 살펴볼 KPI는 패킷 손실이다. 앞서 라우터에서 발생하는 버퍼링 문제를 언급한 바 있다. 바로 네트워크 라우터의 출력 포트 상의 이러한 버퍼 문제가 패킷 손실을 일으킨다. 네트워크 집결 지점의 라우터가 최대 입력 용량에 가까워지면, 라우터 버퍼가 오버플로우에 다다르게 되면서 출력 인터페이스에 패킷 손실이 발생할 수 있다. 이는 즉각적인 이벤트가 아닐 수도 있지만, 아마도 황금 시간대 TV가 온라인화 되는 이른 저녁시간의 어느 시기에 트래픽을 점진적으로 늘리는 효과를 가져올 수 있다.

만약, 적절한 트래픽 관리 및 프로비저닝이 이루어지지 않았거나, 앞도 되었다면, 패킷 손실이 네트워크를 통해 확산되어 최종 사용자 경험의 질을 떨어트릴 수도 있다. 그러므로, 네트워크 모니터링 시스템은 필수적으로 손실 패킷이나 비순차 패킷을 모두 탐지할 수 있는 기능을 갖추고 있어야 한다. 이는 [그림 3]에 제시되어 있다.

네트워크가 유발한 지연으로 비순차 패킷이 생길 수도 있으나, 이것 역시 셋톱박스가 패킷 순서를 다시 정할 수 있도록 시간을 마련해 주는 버퍼가 큰 셋톱박스 등과 같은 소비자 장비 설계를 통해 최종 사용자 영향을 무효화 할 수 있다. 그렇다 할지라도, 모니터링 장비는 비순차 이벤트를 탐지하는 기능을 갖추고 있어야 하며, 소비자 불만이 제기되기 전에 해당 상황을 분리하고 문제를 해결할 수 있도록 운영자들과 엔지니어들에게 시의 적절하게 진단 정보를 제공할 수 있어야 한다.



Field	Value	Units
Total Bit Rate	0	Kbps
Session Count	4	
All Session IP Error		
All Session PIT Error		
All Session MDI Error		
All Session TS Error		
All Bit Rate Error		
TS Lock		
Session Bit Rate	9147	Kbps
Mean PIT	1315808	ns
Max PIT	2563232	ns
Min PIT	377080	ns
RTP Out Of Order Rate	0	pkt/min
RTP Out Of Order Count	0	pkts
RTP Lost Rate	0	pkt/min
RTP Lost Count	27	pkts
IP Errored Rate	0	pkt/min
IP Errored Count	0	pkts
TS CC Error	55414	
MDI Delay factor	21.657	ms
MDI Loss Rate	0	TS pkts/s
Source IP	0.0.0.0	
Source Port	1234	
Destination IP	0.0.0.0	
Destination Port	1236	
TOS	17	
Datagram Size	1448	bytes
VLAN Tag	0	

[그림 3] RTP 패킷 통계

미디어 전송 지수(Media Delivery Index)

패킷 지연과 패킷 손실 모두 IETF RFC 4445에 고려되었다. 이 RFC는 미디어 전송 지수(MDI)를 설명하는 것으로 패킷 지터(Packet Jitter)나 지연(Delay), 그리고 패킷 손실(Packet Loss) 등 2가지 IP 전송 손상을 계량화하는데 이용하는 단일 감도 지수로 정의된다. 이 2가지 테스트 파라미터는 미디어 지연 계수(MDI-DF)와 미디어 손실률(MDI-MLR)로 정의된다.

- 지연 계수는 패킷 손실을 예방하기 위해서 명목 비트 레이트에서 데이터 스트림이 얼마나 오래 버퍼 돼야(지연) 하는지를 나타낸다.
- 미디어 손실률은 1초 동안 손실된 패킷 수를 의미한다.

MDI가 패킷 지연 및 손실에 대한 '사실상'의 측정으로 업계에서 널리 수용되고는 있으나, 그렇다고 문제가 없는 것은 아니다. 중요한 문제는 MDI는 측정 대상 IP 패킷의 페이로드를 감안하지 않는다는 것이다. 따라서, MDI는 오디오, 데이터, 비디오를 모두 같은 방식으로 처리한다.

기본 UDP(즉, RTP가 아닌) 트래픽이 운반되면 이 문제가 부각된다. 원 UDP 프로토콜은 패킷 손실을 탐지할 수 있는 그 어떤 수단도 제공하지 않는다. 따라서, 원 UDP는 MDI의 패킷 손실 부분은 MPEG 연속성 횡수(Continuity Count) 오류로부터 추정해야만 한다. 그러므로, 전송 스트림 구성(syntax) 오류와 같은 기타 오류를 MDI로 발견할 수 없다.

MDI 지연 계수(MDI-DF)는 전송 스트림 클럭 참조(Transport Streams Program Clock References)에서 나온 전송 스트림 비트 레이트 기반이며, 네트워크 상의 패킷 지터를 측정하는데 이용된다. 그러나, MDI-DF에는 정확한 PCR 값이 필요한데, PCR 값이 정확하지 않을 수도 있다. 따라서, 멀티플렉서의 PCR이 틀린 경우 네트워크에 아무런 문제가 없어도 MDI 오류가 트리거 될 수 있다.

이러한 이유 때문에 MDI 값이 좋다고 해서 IP 전송에 문제가 없다는 뜻은 아니며, MDI 값이 나쁜 경우 그 이유가 IP와 관계없는 다른 문제 때문 일 수도 있다는 것을 감안하는 것이 중요하다. MDI는 정답은 아니며, 단순히 다른 측정을 보완하는 역할만 할 뿐이다.

결론

IP 네트워크로 고품질의 디지털 비디오를 전송하는 것이 어려운 작업이라는 것은 분명하다. 고속 데이터(High Speed Data), VoIP, 그리고 비디오와 같은 차별화된 IP 서비스는 모두 제각기 대역폭 및 QoS 요건이 상이하다. 비디오에는 고가용성(대역폭 및 시간)이 요구되고 이는 강력한 네트워크 관리 정책 실행과 함께 이러한 정책이 상시 유지될 수 있도록 보장하는 적절한 모니터링 툴이 필요하다. IP 비디오는 "최선형 노력" 환경에서는 생존할 수가 없다는 것이 밝혀졌다. 비디오 패킷은 손실 없이 순서대로 도착해야 한다.

이러한 환경에서 테스트 장비 사용은 필수적이며, 네트워크 전반에 적절하게 설치된 모니터링 프로브는 KPI 형태로 중요한 정보를 제공할 수 있다. 이는 운영자들과 엔지니어들이 최종 사용자 경험에 영향을 미칠 수 있는 오류를 유발할 수도 있는 신호품질 하락을 막기 위해서 효율적으로 네트워크 시스템을 관리할 수 있도록 힘을 실어준다.

텍트로닉스 MTM400A 전송 스트림 모니터(Transport Stream Monitor)는 RF, IP, 그리고 ASI 인터페이스 상에서 MPEG 전송 스트림을 실시간 전송 모니터링하는 완전한 솔루션을 제공한다. 이는 강력한 컴퍼던스 모니터링 기능과 심층적인 진단 측정을 단일 통합 솔루션 내에서 결합한다. MTM400A 전송 스트림 모니터의 FlexVuPlus™ 사용자 인터페이스는 특별한 방식으로 비디오 품질과 진단 정보를 간략하게 제시함으로써 점점 더 복잡해지는 방송환경에서 우수한 수준의 QoS를 실현할 수 있도록 만들어 준다.