

H.323 트래픽 분석 시스템의 개발

송병훈*, 정광수**, 민수영*, 고재진*
전자부품연구원*, 광운대학교**

Implementation of Analysis System for H.323 Traffic

Byunghun Song*, Kwangsue Chung**, Soo Young Min*, Jae Jin Ko*

Korea Electronics Technology Institute(KETI)*, School of Electronic Engineering, Kwangwoon

Abstract - 최근 다양한 네트워크 환경이 고속으로 발전하면서 VoIP와 같은 고품질의 서비스들도 빠르게 보편화 되어 가고 있다. 특히 VoIP에 관한 대표적인 국제 표준인 H.323은 가장 많이 개발되어 상용화된 프로토콜로 다양한 환경을 지원하면서도 성능이 뛰어난 것으로 인식되고 있다. 이러한 환경 속에서 서비스 되는 H.323 기반의 트래픽에 문제가 생기게 될 경우, H.323을 구성하는 프로토콜들의 문제인지 네트워크 자체의 문제인지를 제대로 분석하는 것이 매우 중요한 기술적 이슈로 대두되고 있다. 특히 정확한 원인 분석은 H.323 기반의 서비스를 제공하는 네트워크 운영자뿐만 아니라 종단간의 사용자에게도 매우 중요한 서비스 품질의 판단 기준이 되며, 향후 H.323 기반 서비스의 유지 보수에도 많은 도움이 될 것으로 기대되어 지고 있다. 본 논문에서는 다양한 네트워크 환경에서의 H.323 기반의 영상 서비스를 가정할 때 H.323 프로토콜의 주요 하위 표준들인 H.245, H.225, RTP, RTCP등의 프로토콜을 정확히 분석할 수 있는 통합 시스템 개발을 목적으로 한다. 본 논문에서는 제안한 시스템이 실제 네트워크 환경에서 문제가 되는 H.323 응용의 상태를 잘 분석하고 이를 통해 문제점의 원인을 판단할 수 있음을 구현을 통해 검증하였다.

1. 서 론

유무선 네트워크의 발전에 따라 전세계에 통일된 데이터망인 인터넷과의 연계가 가속화 되면서, 오디오를 포함한 다양한 데이터를 동일한 IP망을 통해 전송하는 VoIP(Voice over Internet Protocol) 기술이 급성장하고 있다. 특히, 데이터망에서 오디오 서비스를 제공함에 따른 통화 품질이나 지연 등의 QoS(Quality of Service) 문제가 있음에도 불구하고 비용절감, 기존 인프라의 효율적 운용, 관리의 편리성, 오디오/데이터 통합에 의한 다양한 응용서비스 제공 등의 효과를 거둘 수 있기 때문에 많은 기업 등에서 큰 관심을 보이고 있는 것이 현실이다 [1].

VoIP의 표준화는 ITU-T와 IETF를 중심으로 수행되고 있으며, 가장 대표적인 것이 ITU-T SG16의 H.323과 IETF의 SIP(session Initiation Protocol), MGCP(Media Gateway Control Protocol) 등이다. 이들을 크게 제어 및 시그널링 프로토콜, 게이트웨이 제어 프로토콜, 미디어 전달 프로토콜, 미디어 코

딩 프로토콜 등의 기능으로 구분할 수 있다. 특히, H.323 표준은 다양한 플랫폼 환경에 적용이 유연하여 현재 가장 많은 상용화 제품을 이루고 있으며 성공한 국제 표준으로 인식되고 있다 [2]. 이미 많은 VoIP 응용들과 Netmeeting과 같은 잘 알려진 응용을 통해 일반 사용자들은 H.323을 다양한 네트워크 환경에서 쉽게 사용하고 있다. 또한 최근에는 무선 네트워크 환경에서도 H.323을 적용하여 다양한 서비스들을 시도하고 있다 [3].

그러나 아쉽게도 인터넷 환경에서 H.323을 실제 운영하다 보면 의도하지 않은 다양한 문제점들을 쉽게 경험할 수 있다. 특히 이러한 상황에서 간단하게 네트워크 관점에서 H.323 트래픽을 통해 문제의 원인을 진단하고 이를 통해 서비스를 개선할 수 있는 기능은 매우 매력적이라 할 수 있다. 특히 H.323의 복잡하고 다양한 프로토콜들에서 문제가 생길 경우 그 원인을 발견하고 진단하기가 결코 쉽지 않다. 더군다나 H.323을 서비스하는 네트워크 관리자와 단말기간에 문제가 발생할 경우 빠르고 간단하게 문제를 해결할 수 있는 시스템의 필요성은 절실하다 [4]. 본 논문에서 설계하고 구현한 시스템은 바로 이러한 상황을 위해 제안된 분석 시스템이다.

본 논문은 총 4장으로 기술되어 있다. 먼저 2장에서는 H.323 기술에 관해 기술하였고, 3장에서는 본 논문에서 설계하고 구현한 H.323 트래픽 분석 시스템인 H.323 Sniffer에 대한 기술과 구현에 따른 동작 결과에 대해 기술하였다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대해 기술 하였다.

2. 관련 연구

2.1 H.323의 개요

H.323은 인터넷을 포함한 패킷 기반망에서 오디오, 비디오, 데이터를 지원하는 멀티미디어 통신시스템 표준이다. 현재 VoIP 제품의 많은 수가 H.323에 따라 구현되어 있는데, 이것은 H.323이 기존 망의 하부구조를 변경하지 않고 멀티미디어 서비스를 사용할 수 있도록 해주고, 그림 1에 나타난 바와 같이

LAN과 GSTN, N-ISDN, B-ISDN 등 다른 망과의 상호운용성에 대한 표준도 제공해주기 때문이다. VoIP 관련표준을 프로토콜 스택으로 나타내면 다음과 같다. H.323의 데이터와 제어 응용 패킷은 신뢰성을 갖춘 TCP를 사용하는 반면, 오디오, 비디오 및 SIP, MGCP 등은 UDP를 사용한다. H.323은 패킷기반 망에서 실시간 점대점 및 다중점 멀티미디어 통신을 제공하기 위한 구성 요소, 프로토콜 및 절차를 정의한 것으로, 구현을 위해서는 이 단말, 게이트웨이, 게이트키퍼, MCU(Multipoint Control Unit)의 네 가지 구성요소가 필요하다 [5].

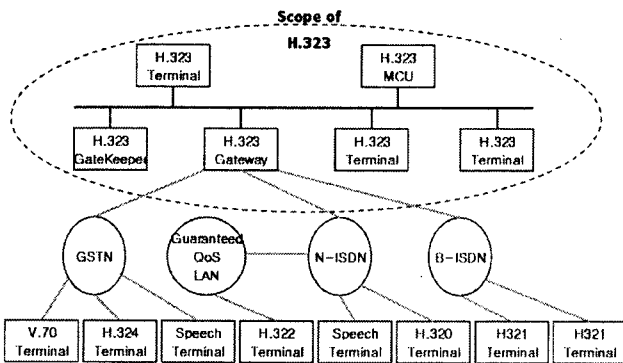


그림 1. H.323 단말의 상호운용성

2.1.1 H.323 단말

H.323 단말은 실시간 양방향 통신을 지원하는 종단장치이다. 단말의 구성요소는 그림 2에 나타난 바와 같다. 모든 단말은 기본적으로 오디오 서비스를 제공하며, 비디오와 데이터 서비스는 선택적으로 지원한다.

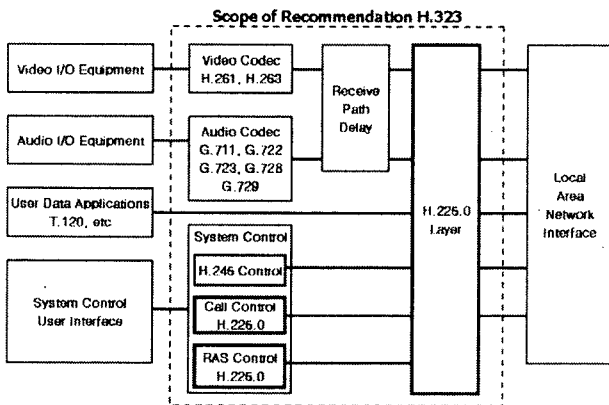


그림 2. H.323 단말의 구성

H.323 단말은 채널의 사용과 협상에 대한 능력을 제공하는 H.245, 호 시그널링 및 설정을 위한 Q.931, 게이트키퍼와의 통신 프로토콜인 RAS(Registration/

Admission/Status), 오디오와 비디오 패킷의 순서화를 담당하는 RTP/RTCP 등을 반드시 지원하여야 한다. 또한 선택적으로 비디오 코덱, T.120 데이터 회의 프로토콜, MCU 능력, 게이트웨이 등을 지원할 수 있다.

2.1.2 게이트웨이

게이트웨이는 H.245와 Q.931 프로토콜을 사용하여 H.323 단말이나 LAN 상의 다른 게이트웨이와 WAN 상의 다른 ITU 단말간에 실시간 양방향 통신을 제공하는 종단장치이다. 즉, PSTN, ISDN 등의 망에 연결된 단말과 링크를 설정하고자 할 때 필요한 것으로, 다른 망과 연결하지 않을 경우에는 불필요하다. 게이트웨이는 H.323 종단장치와 다른 형태의 단말장치간의 변환기능을 수행한다. 예를 들어 H.225 메시지를 H.221 메시지로 변환하는 기능과, 두 메시지간의 통신절차 변환 등의 기능이 여기에 해당된다. 게이트웨이는 또한 오디오와 비디오 코덱간의 변환도 수행하며, LAN과 SCN (Switched Circuit Network) 간에 호를 설정하고 해제하는 역할을 담당한다. H.323 게이트웨이는 H.310, H.321, H.322 및 V.70 표준을 따르는 단말 역시 지원 가능하다.

2.1.3 게이트키퍼

게이트키퍼는 H.323 종단장치에 호 제어 서비스를 제공한다. 게이트웨이와 마찬가지로 게이트키퍼도 H.323에서 필수적으로 있어야 하는 요소는 아니다. 게이트키퍼가 제공해야 하는 서비스는 네 가지 주요 기능 서비스와 네 가지 부가 기능으로 구분할 수 있다. 주요 기능으로는 주소 해석(Address Translation), 수락 제어(Admission Control), 대역폭 제어(Bandwidth Control), 영역 관리(Zone Management)등이 있으며 부가 기능으로는 호 제어 시그널링(Call Control Signaling), 호 권한부여(Call Authorization), 대역폭 관리(Bandwidth Management), 호 관리(Call Management)등이 있다.

2.1.4 MCU

MCU는 세 개 이상의 종단장치 간의 다지점 회의를 제공해주는 장치이다. MCU는 MC (Multipoint Controller)와 MP(Multipoint Processors)로 구성된다. MC는 단말의 공통적인 능력을 정의하기 위해 모든 단말간에 수행되는 H.245 협상을 관리하며 멀티캐스트될 회의 자원을 제어한다. MP는 오디오, 비디오 및 데이터 스트림을 처리하며 선택적으로 제공될 수 있는 기능이다.

2.2 H.323의 주요 프로토콜

본 절에서는 H.323 표준의 핵심 프로토콜들의 주요 구성 및 동작 방법에 대해 기술하고자 한다. H.323은 H.245 미디어 제어, H.225/Q.931 호 시그널링, H.225.0 RAS 등 세 가지 제어 프로토콜과 RTP/RTCP와 같은 전송 프로토콜을 사용한다. 전체적인 H.323 프로토콜의 구성은 그림 3과 같다.

2.2.1 H.225.0 호 시그널링

호 시그널링은 종단 장치들 간에 호를 설정하고 해제하는데 필요한 기본적인 요구사항이다. H.225.0은 호 시그널링을 위해 Q.931 시그널링 프로토콜의 일부를 사용한다. 게이트키퍼가 없는 경우 H.225.0 호 시그널링 메시지는 종단장치들간에 직접 전달된다. 게이트키퍼가 있을 때는 게이트키퍼를 통해 루팅된다. 호 시그널링은 신뢰성을 갖춘 TCP를 사용하여 전달된다 [6].

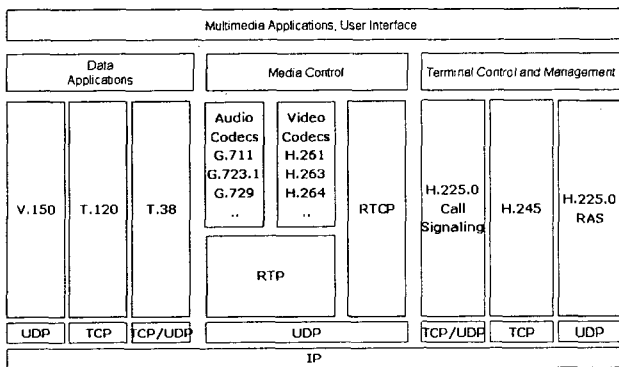


그림 3. H.323 프로토콜의 전체 구성

2.2.2 H.225.0 RAS

H.225.0 RAS 메시지는 종단장치와 게이트키퍼 간의 통신에 사용된다. H.225.0 RAS는 게이트키퍼가 있을 경우에만 필요하다. TCP를 통해 전달되는 H.225.0 호 시그널링과는 달리 H.225.0 RAS는 UDP를 통해 전달된다. H.225.0 RAS 통신은 다음을 포함한다.

- Gatekeeper discovery : 종단장치가 자신의 게이트키퍼를 찾기 위해 사용된다. 게이트키퍼의 전달 주소를 찾아야 하는 종단장치가 GRQ(Gatekeeper Request) 메시지를 멀티캐스트하면, 하나 이상의 게이트키퍼가 게이트키퍼 전달 주소를 포함하는 GCF 메시지로 응답함으로써 게이트키퍼를 찾는다.
- Endpoint registration : 게이트키퍼가 있는 경우 모든 종단장치는 게이트키퍼에 등록하여야 한다. 이것은 게이트키퍼가 자신의 영역에서 호를 라우팅하기 위해 모든 종단장치의 앨리어스 주소와 전달 주

소를 알아야 하기 때문에 필요하다.

c) Endpoint location : 게이트키퍼가 종단장치에 특정한 전달 주소를 배정하기 위해 사용한다. 이것은 게이트키퍼가 앨리어스-전달 주소 데이터베이스를 변경할 때 필요하다.

d) Admissions, Bandwidth Change, Status, Disengage : 게이트키퍼가 수락 제어, 상태 정의, 대역폭 관리 등의 제어 관리기능을 수행할 때 사용된다.

2.2.3 H.245 미디어 제어

H.245는 종단 장치들간에 제어 정보를 교환하기 위한 프로토콜로, RTP/RTCP에 의해 전달되는 모든 미디어 채널의 협상과 설정에 사용된다. H.245 제어는 모든 종단장치에 필수적으로 구현되어야 하며, 다음과 같은 미디어 제어 기능을 제공한다 [7].

a) 종단장치의 능력교환 : H.323은 서로 다른 송신 능력과 수신능력을 종단장치에 제공한다. 각 종단장치는 메시지 내에 미디어 형태, 코덱, 비트율 등과 같은 수신능력과 송신능력을 기록하여 다른 종단장치로 전달한다.

b) 논리채널의 개폐 : H.323 오디오와 비디오 논리 채널은 단방향 링크이며, 데이터 채널은 양방향 링크이다. 오디오, 비디오 및 데이터 통신을 위해서는 분리된 채널이 필요한데, H.245 메시지는 이러한 채널의 개폐를 제어한다. H.245 제어 메시지는 항상 개방되어 있는 논리채널 0을 사용한다.

c) 흐름 제어 메시지 : 통신에 문제가 발생했을 경우 종단장치에 이를 알려주는 기능을 제공한다.

2.2.4 RTP/RTCP

RTP(Real-Time Transport Protocol)는 오디오 및 비디오 데이터를 실시간으로 송수신하기 위해 H.323에서 사용되는 전송 프로토콜이다 [8]. RTP는UDP를 사용하기 때문에 실시간 서비스를 위한 자원예약이나 QoS를 보장해주지 않는다. 따라서 오버헤드가 적은 대신 데이터를 재전송하지는 않는다. RTP 헤더에 있는 타임 스탬프와 순서번호를 사용하여 오디오와 비디오 데이터 스트림 간의 동기화를 맞추고 실시간성을 유지하고 패킷의 손실을 감지한다. RTCP는 데이터 패킷과 동일한 분배 메커니즘을 사용하여 제어 패킷을 주기적으로 전송함으로써 RTP를 이용하는 영상회의에서 QoS를 지원하기 위한 메커니즘이다.

3. H.323 트래픽 분석 시스템

본 논문에서 제안한 H.323 트래픽 분석 시스템은 2장에서 언급한 H.323의 제어 및 시그널링 프로토콜과 전송 프로토콜을 분석하기 위한 응용이다. 특히 H.245와 H.225는 패킷 포맷이 복잡하여 프로토콜 분석이 쉽지 않기 때문에 현재까지 개발된 분석 장비들로서는 정확한 분석이 어려운 점이 있었다. 본 장에서는 제안한 시스템의 구조 및 구현방법에 대해 기술하고자 한다.

3.1 시스템 설계

본 논문에서 제안한 H.323 트래픽 분석 시스템을 H.323 Sniffer라 부른다. 기본적으로 H.323 뿐만 아니라 다양한 통신 프로토콜들을 쉽게 분석하기 위한 구조로 설계 되어있다. 이러한 특징을 위해서 목표가 되는 프로토콜을 핵심 엔진에 쉽게 추가 할 수 있는 플러그인(plug-in) 구조를 지원한다. 그림 4는 구현한 H.323 Sniffer의 전체적인 구조이다. H.323 Sniffer는 구조적으로 크게 데이터 링크 레이어 정보를 수집하기 위한 Link Layer Capture 모듈과 이러한 프레임 정보를 기반으로 목적이 되는 프로토콜, 즉 H.323 프로토콜을 분석하는 Core Engine 그리고 이러한 분석 정보를 기반으로 H.323 정보를 분석하고 다양한 방법으로 표현하는 Presentation 모듈로 구분할 수 있다. 특히, Core Engine과 Presentation 모듈의 H.323 analysis는 본 논문에서 강조하는 주요 기능이다.

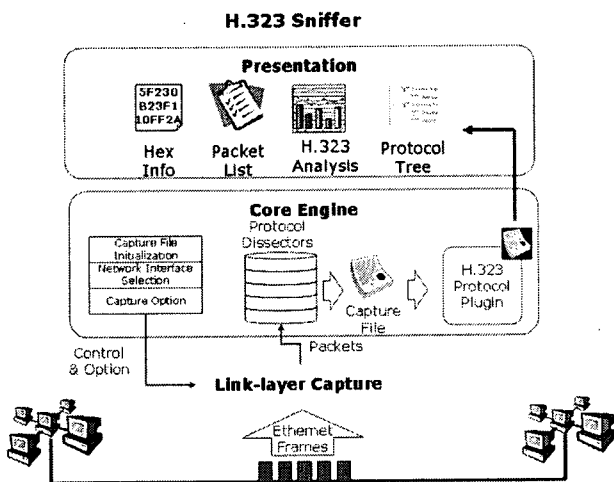


그림 4. H.323 Sniffer의 구조

3.1.1 H.323 Sniffer의 분석 방법

H.323 Sniffer는 종단간의 H.323 기반의 응용이 동작할 때 동일한 링크에서 같이 동작 시키면서

H.323 데이터를 전체 네트워크 트래픽으로부터 추출하는 방식을 사용한다. 제안한 시스템은 다양한 링크 레이어에서 정보를 추출할 수다. 현재 개발된 시스템은 이더넷 프레임에서 정보를 추출하고 있지만 다른 링크 레이어의 정보도 추출이 가능한 구조를 가지고 있다. 이렇게 raw 데이터를 추출하여 Core Engine으로 전달하면 각각의 정보를 그림 5와 같이 트리(tree) 구조로 배치하게 된다. 그리고 분석에 목적이 되는 프로토콜, 즉 H.323 프로토콜을 위한 전용 분석 모듈이 플러그인 형태로 연결되어 동작하게 된다. 그림 6은 이러한 과정을 좀 더 개념적으로 정리한 것이다.

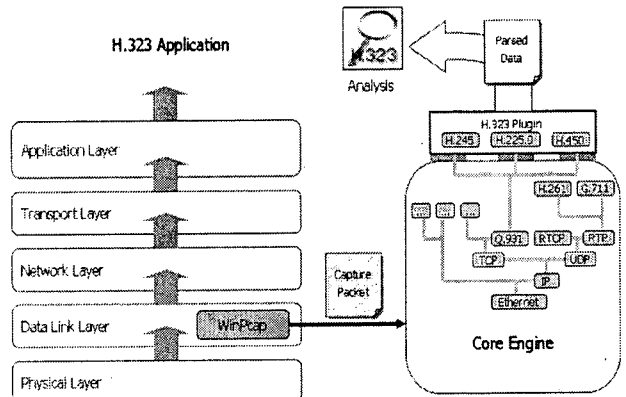


그림 5. Core Engine의 기능

그림 6에서 보면 Core Engine과 플러그인(plugin)의 상호 관계를 보다 자세히 이해할 수 있다. 즉, 플러그인은 Core Engine에게 자신이 분석하고자 하는 프로토콜에 대한 정보를 미리 등록한다. Core Engine에서 링크 레이어의 프레임에 대한 기본적인 프로토콜 파싱(parsing)을 수행할 때 플러그인에 의하여 등록된 프로토콜이 발견 되면 이것을 해당 플러그인 모듈에게 알리게 된다. H.323에서는 TCP기반의 Q.931 패킷이 Core Engine에서 검출되게 되면 H.232 플러그인에게 알려주어 이와 관련된 패킷들을 모두 분석하여 H.323 패킷의 정보들을 구성하게 된다.

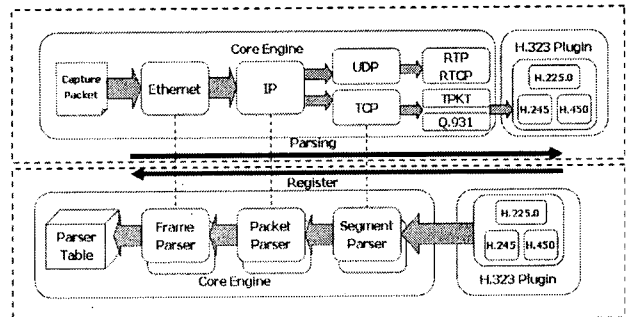


그림 6. Core Engine과 Plugin의 관계

3.2 시스템 구현 및 성능 평가

제안한 시스템은 기본적으로 윈도우 환경에서 동작할 수 있도록 구현되었다. 실험을 위해 무선 랜으로 연결된 종단간의 H.323 기반의 여러 응용들을 동시에 동작 시키면서 제안한 시스템의 기능을 테스트 하였다. 실험에 사용한 H.323 응용은 open-phone과 Netmeeting을 각각 사용하였다.

3.2.1 H.323 Sniffer의 동작 화면

그림 7은 구현한 H.323 Sniffer의 기본 적인 동작 화면이다. 기본적으로 멀티 세션을 지원하며, 네트워크의 전 계층의 상태를 나타내는 기능도 지원한다. 또한 측정을 하고 있는 측정 시스템에 연결된 연결 정보와 특정 패킷 정보를 임의로 편집하고 이를 다시 H.323 서버나 클라이언트로 전송하여 잘못된 패킷을 테스트 하는 기능도 제공한다.

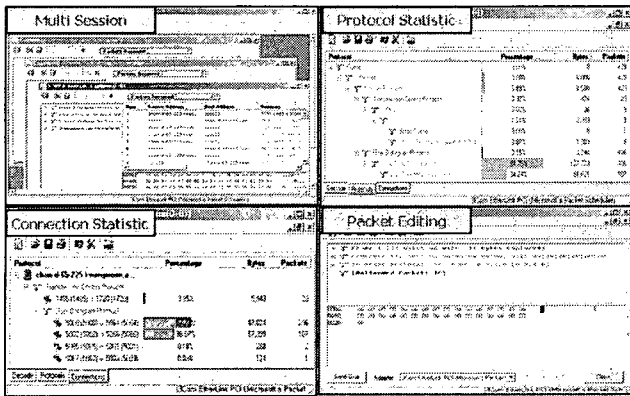


그림 7. H.323 Sniffer의 기능

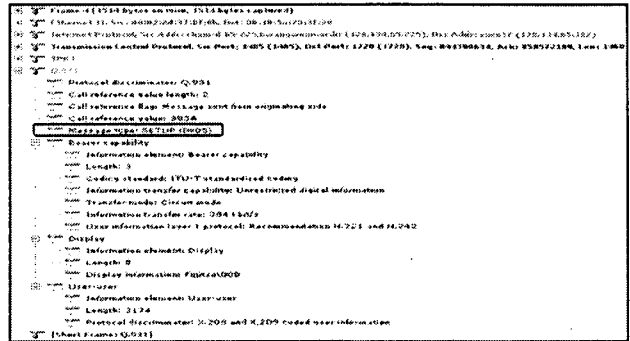
그림 8은 H.323 Sniffer가 실제로 특정 H.323 트래픽을 추적하여 이 정보를 기반으로 연결된 세션을 분석한 화면이다. 그림 8에서 나타내듯이 구현한 시스템이 H.225 메시지를 분석하여 연결된 세션의 각각의 상태를 단계별로 분석한다.

Num	Source Address	Dest Address	Summary
1	cham-d-65-225.kva...	coco12	TCP: 1495 -> 1720 [EST] Seq=944399422 Ack=0 Win=14584 Len=0 Seq...
2	coco12	cham-d-65-225.kva...	TCP: 1720 -> 1495 [RST] Seq=838572118 Ack=44597936 Rst=0...
3	cham-d-65-225.kva...	coco12	TCP: 1495 -> 1720 [ACK] Seq=844399422 Ack=0 Win=14584 Len=0 Seq...
4	cham-d-65-225.kva...	coco12	TCP: 1495 -> 1720 [ACK] Seq=844399422 Ack=0 Win=14584 Len=0 Seq...
5	cham-d-65-225.kva...	coco12	TCP: 1495 -> 1720 [ACK] Seq=844399422 Ack=0 Win=14584 Len=0 Seq...
6	coco12	cham-d-65-225.kva...	TCP: 1720 -> 1495 [ACK] Seq=838572118 Ack=44597936 Rst=0...
7	cham-d-65-225.kva...	coco12	TCP: 1495 -> 1720 [RST] Seq=844399422 Ack=0 Win=14584 Len=0 Seq...
8	coco12	cham-d-65-225.kva...	TCP: 1720 -> 1495 [ACK] Seq=838572118 Ack=44597936 Rst=0...
9	cham-d-65-225.kva...	coco12	TCP: 1495 -> 1720 [ACK] Seq=844399422 Ack=0 Win=14584 Len=0 Seq...
10	coco12	cham-d-65-225.kva...	TCP: 1720 -> 1495 [ACK] Seq=838572118 Ack=44597936 Rst=0...
11	cham-d-65-225.kva...	coco12	H.225: Call Setup (Setup)
12	coco12	cham-d-65-225.kva...	H.225: Call Proceeding (Proceeding)
13	cham-d-65-225.kva...	coco12	H.225: Call Setup (Setup)
14	coco12	cham-d-65-225.kva...	H.225: Call Proceeding (Proceeding)
54	coco12	cham-d-65-225.kva...	H.225: Call Release Complete (ReleaseComplete)
55	coco12	cham-d-65-225.kva...	H.225: Call Release Complete (ReleaseComplete)
56	coco12	cham-d-65-225.kva...	H.225: Call Release Complete (ReleaseComplete)

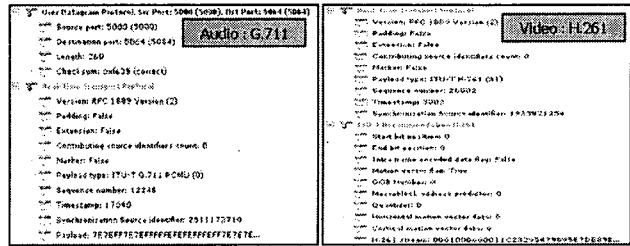
Num	Source Address	Dest Address	Summary
407	coco12	cham-d-65-225.kva...	H.225: Call Release Complete (ReleaseComplete)
408	cham-d-65-225.kva...	coco12	H.225: Call Release Complete (ReleaseComplete)
409	cham-d-65-225.kva...	coco12	H.225: Call Release Complete (ReleaseComplete)
410	cham-d-65-225.kva...	coco12	H.225: Call Release Complete (ReleaseComplete)

그림 8. H.225 메시지의 분석

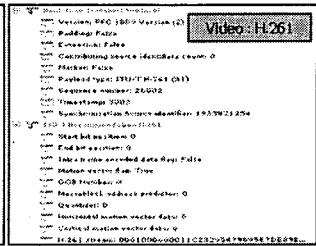
그림 9는 좀 더 자세하게 패킷을 분석하여 하부 내용을 표시한 화면이다. 그림 9의 (a)에서는 Q.931 패킷의 구조를 보여주고 있으며, (b)와 (c)에서는 UDP위에서 전송되고 있는 H.323의 오디오인 G.711과 비디오인 H.261에 대해 나타내고 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 9. H.323 Sniffer의 패킷 분석

3.2.3 H.323 트래픽의 분석

본 절에서는 구현한 시스템의 H.323 트래픽에 대한 분석 기능에 대해 기술한다. 그림 10은 H.323 Sniffer의 분석 기능을 나타낸다. 즉, H.323 Sniffer는 실시간으로 네트워크에서 얻은 H.323 세션의 연결 상태 정보를 분석하여 그림 10과 같은 연결 그래프를 나타낼 수 있다. 이러한 기능을 통해 문제를 보이는 H.323 서비스에서 원인을 보다 쉽게 찾을 수 있으며, 이것은 네트워크 운영자와 H.323 단말기 개발자에게 큰 도움이 된다.

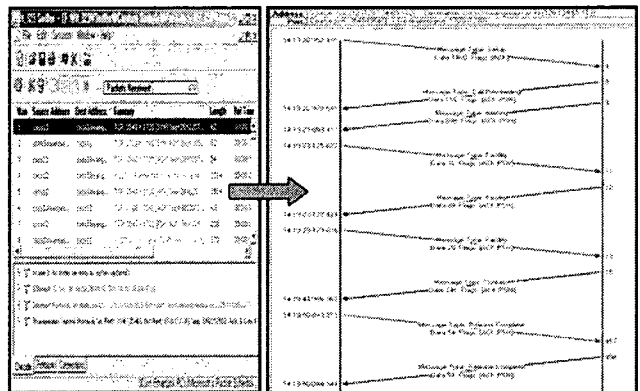


그림 10. H.323 Sniffer의 분석 기능

4. 결 론

VoIP에 관한 대표적인 국제 표준인 H.323은 가장 많이 개발되어 상용화된 프로토콜로 다양한 환경을 지원하면서도 성능이 뛰어난 것으로 인식되어 왔다. 그러나 실제로 이러한 H.323을 구현하여 사용할 때 만약 복잡한 H.323 프로토콜들에서 문제가 생길 경우 그 원인을 조기에 발견하고 진단하기가 쉽지 않다. 더군다나 H.323을 서비스하는 네트워크나 단말 기간에서 복잡한 문제가 발생할 경우 빠르고 간단하게 문제를 진단할 수 있는 시스템의 필요성은 절실했다.

본 연구는 다양한 네트워크 환경에서 서비스되고 있는 H.323 트래픽의 분석을 목적으로 하는 시스템을 개발하는 것이다. 본 시스템은 네트워크 관점에서 서비스 되는 트래픽을 종단간에서 실시간으로 모니터링 하여 이를 기반으로 H.323 표준의 다양한 프로토콜 및 데이터를 분석하는 기능을 제공한다. 실험을 통해 표준 H.323 트래픽을 모두 분석 할 수 있는 시스템을 성공적으로 개발하였음을 증명하였다.

향후 연구 과제로는 개발한 H.323 Sniffer에 실제 서비스되는 오디오 및 비디오 데이터의 정성적인 모니터링을 수행하여 오디오 비디오 관점의 QoS까지 진단하고 분석할 수 있는 기능을 추가 하는 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김지영, "VoIP(Voice over Internet Protocol)", 정보통신기술협회, 2000.10.01
- [2] H323 Forum, <http://www.h323forum.org/>
- [3] Databeam, "A Primer on the H.323 Series Standard", <http://databeam.com/h323/h323.html>. 2000.
- [4] Hong Liu, Mouchtaris, "Voice over IP signaling: H.323 and beyond," IEEE Communications Magazine , Oct. 2000
- [5] ITU-T Recommendation H.323v2, "Packet Based Multimedia Communications System", Geneva, February 1998.
- [6] ITU-T Recommendation H.225.0v2, "Media Stream Packetization and Synchronization on Non-Guaranteed Quality of Service LANs", Geneva, February 1996
- [7] ITU-T Recommendation H.245v2, "Control Protocol for Multimedia Communications", Geneva, February 1996
- [8] RFC1889, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications"