

# BcN 서비스 중단간 품질측정 기술 개발

김진철\*

하상용\*\*

## ◆ 목 차 ◆

1. 서 론
2. 품질측정 기술
3. BcN서비스 품질측정 단말 agent 설계
4. 구현 및 시험
5. 결 론

## 1. 서 론

현재의 통신서비스는 빠른 정보통신 기술 개발과 서비스의 이동성(Mobility), 편의성 등 이용자들의 서비스에 대한 요구증대에 따라 단순 정보교환의 역할에서 인터넷상거래, 오락, 전화, 교육, 방송 등 기존 서비스들이 통합·융합되는 복합서비스로 발전하고 있다. 이에 따라, 인프라는 백본 및 가입자망이 빠르게 고도화되고, 트래픽 특성이 서로 다른 다양한 서비스들의 원활한 제공을 위하여 QoS, IPv6, 보안, 이동성 등 차세대 통신 기술의 제공을 요구하는 광대역통합망(BcN)으로 발전하고 있다.

따라서, 국내에서는 2004년부터 BcN 기반구축 사업을 추진하여 2005년 현재 주요 유·무선 통신사업자들을 중심으로 BcN 시범망 구축 관련 4개의 컨소시엄(옥타브, 광개토, 유비넷, 케이블)이 구성되어 BcN 음성전화, 영상전화, 고품질 VoD, IP-TV 등 고품질의 BcN 시범서비스 제공을 시도하고 있으며, 2006년도부터 단계적으로 상용화를 추진하고 있다. 광대역통합망(BcN)은 초고속인터넷, PSTN, W-CDMA, 지상파 방송 등 기존에 개별로 존재하던 유·무선, 방송망들이 패킷기반의 단일망으로 통합되므로, 기존망에서 제공되던 서비스의 특성을 반

드시 제공할 수 있어야 한다. 따라서, 주소(IPv6), 보안, 이동성 등 차세대 통신기술의 지원과 더불어 특히 품질보장망의 구축은 필수적으로 선행되어야 할 과제이다. 품질보장망은 서비스 중단간 이용자 서비스별 요구수준에 따라 전송속도, 손실, 지연 등 서비스품질(QoS) 수준을 차별화하여 제공가능한 통신망으로, BcN 품질보장망의 구축을 위해서는 QoS제어, 인증, 과금 및 품질 관리 등 관련 기술 개발 및 표준화 추진이 필요하다. 현재 BcN 시범망의 액세스 구간은 802.1p/Q기술을 적용하고, 망 구간은 DiffServ, MPLS기반의 DiffServ 등 각종 QoS 보장기술을 적용하여 품질보장망을 구축하고 있다. 또한, QoS Manager, RSVP-TE 등 QoS 제어 기술을 도입하여 BcN서비스에 대한 중단간 QoS 보장을 시도하고 있다. 한편으로, ETRI에서는 BcN의 중단간 품질보장기술로서 플로우(flow) 기반의 대역폭보장이 가능한 QoS 라우터와 QoS 제어기술인 NCP를 개발 중에 있다. 하지만, 품질보장망 구축 촉진과 BcN서비스의 이용활성화를 위해서는 BcN서비스별 중단간 품질관리가 필수이다. 이러한 요구를 반영하여 현재 정부에서는 BcN 품질관리센터를 구축중에 있고, 향후 BcN 서비스에 대한 중단간 품질관리를 수행 할 예정이다. 따라서, 본 고에서는 현재 BcN 품질관리센터에서 개발중인 BcN 서비스 중단간 품질측정 기술에 대해 소개하고자 한다.

\* 한국전산원 BcN 기획팀 김진철 선임연구원

\*\* 한국전산원 BcN 기획팀 하상용 팀장

기존의 초고속인터넷, 기업회선 등 통신망에서의 품질관리는 Probe, OAM 기술 및 상용화된 계측기를 통한 백본구간 중심의 품질관리가 이루어져 왔다. 하지만, BcN은 서비스 특성상 백본구간에서의 서비스클래스별 차별화된 품질관리가 이루어져야 하고, 또한 이용자의 체감품질(QoE)이 반영된 서비스별 종단간 품질관리가 이루어져야 한다. 하지만, 현존하는 품질측정 장비는 망 중심의 품질측정 장비가 주류를 이루고, 서비스 품질측정 장비 역시 계측기 형태로 제공되어 BcN망에서 실서비스 이용시에 이용자별로 종단간 서비스 품질측정에 적용하기에는 비용 및 이용의 편의성면에서 어려움이 있다.

따라서, 본 고에서는 서비스별 종단간 품질측정이 가능한 BcN 품질측정 단말 agent의 개발 및 시험결과에 대해 소개하고자 한다. BcN 품질측정 단말 agent는 BcN서비스별 종단간 품질관리가 가능한 톨로서, IP전화, 영상전화 등 BcN 단말기에 소프트웨어(or 하드웨어 칩) 형태로 탑재되어 서비스 이용시마다 Packet Capturing 방식으로 패킷을 캡처한 후, R값, MOS값, 호성공률(접속 성공률), one way delay, jitter, packet loss, 해상도 등 품질지표 값을 측정한다.

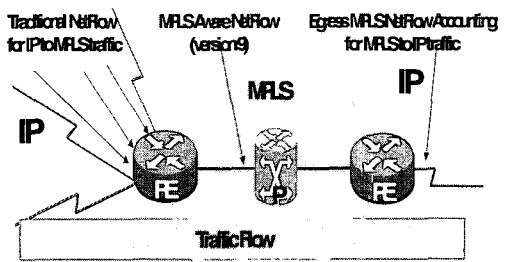
본 고의 구성은 다음과 같다. 2장에서 품질관리 기술에 대해 소개하고, 3장에서는 BcN 품질측정 단말 agent의 설계에 대해 기술하며, 4장에서 구현 및 시험결과를 소개하고, 5장에서 결론 및 향후 연구과제를 기술하도록 한다.

## 2. 품질측정 기술

### 2.1 수동측정 방식(Passive Measurement)

수동적 측정 방식은 IP/MPLS 라우터의 각 포트를 경유하여 전송되는 트래픽량을 지속적으로 측정하여 분석하는 방식이다. 그림 1은 Cisco NetFlow의 IP/MPLS 트래픽 측정 구조를 보여주고 있다.

각 지점에서 측정된 결과는 중앙집중형의 네트워크 트래픽 관리 센터로 전달이 되어 통신망 전체의 부하 상황과 각 링크의 이용율, 주요 지점의 부



(그림 1) Cisco NetFlow의 IP/MPLS 트래픽 측정

하 증가 추세 분석 등의 기능이 수행된다. 각 포트에서 측정된 트래픽을 주요 서비스 유형별로 분류하여 트래픽량을 분석하고, 이러한 서비스 유형별 트래픽 분류 및 서비스별 대역폭 이용율을 분석하면 시간대별 서비스 이용 현황 및 비정상적인 트래픽의 증가 등을 한눈에 파악할 수 있고, 특정 서비스의 품질 보장 성능과 연계하여 통신망의 트래픽 엔지니어링에 활용할 수 있다.

하지만, 이러한 제품들은 망구간의 품질관리에는 유용하게 사용되나 이용자 단말과 단말간 즉 서비스 종단간 품질측정의 적용에는 어려움이 있다.

### 2.2 능동측정 방식(Active Measurement)

차세대 품질 보장형 인터넷 사용자의 종단간 패킷 전달 성능을 직접 측정하고 분석하기 위해서는 능동적인 측정이 필요하다. 능동측정 방식은 측정하고자 하는 지점에 time stamp가 기록된 OAM 패킷을 삽입하고, 목적지의 도착 시간의 time stamp를 다시 기록하여 송수신단 간의 전달 지연을 측정할 수 있다. 또한 이전의 전달 지연 시간과 다음의 지연 시간을 서로 비교하면 전달 지연 시간 변동(jitter)을 측정할 수 있게 된다. 능동적 측정에서 많이 사용되는 방법으로 ICMP (Internet Control Message protocol)의 Echo message 기능을 사용하는 "ping" 기능과 trace route 기능을 활용할 수 있다. 일반적인 사용자들이 서비스를 제공받고자 하는 컴퓨터와의 접속 가능 여부를 확인하기 위하여 사용하는 ping 기능과 동일하게, 패킷 전달 지연 시

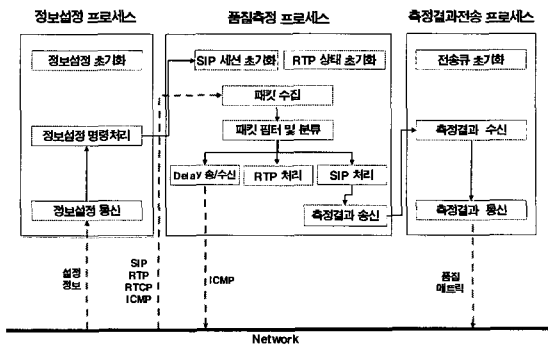
간을 측정하고자 하는 두 단말기간에 주기적으로 ICMP Echo request 메시지를 전송하며, 메시지 발송시간과 수신측에서의 도착 시간, ICMP Echo reply 발송시간과 도착시간을 각각 분석하면 두 단말기간의 패킷 전달 지연 시간을 측정할 수 있다.

현재 BcN의 구축 초기 단계에서 IP/MPLS 라우터에 MPLS OAM 기능은 충분히 구현되어 있지 않으며 표준화 진행중에 있다. 따라서, 별도의 성능 측정용 probe 패킷을 주기적으로 생성하고, 지정된 목적지로 전송하는 방식을 주로 활용해야 할 것이다. 또한, 능동적 측정방식은 실트래픽이 아닌 가상의 트래픽을 생성하여 중단간 서비스 품질을 측정하는 방식이므로 실트래픽에 대한 품질측정이 불가능하여, 수동 측정 방식에 비하여 품질측정 결과에 대한 신뢰도가 낮은 단점이 있다.

따라서, BcN 환경에서는 이용자 체감품질(QoE) 등이 반영된 서비스별 중단간 품질에 대한 정확한 관리를 위해서 가입자 맥내의 BcN 단말기에 위치하여 실 서비스 이용시에 품질을 관리할 수 있는 기술에 대한 연구개발이 필요하다.

### 3. BcN서비스 품질측정 단말 agent 설계

본 장에서는 BcN 서비스의 중단간 품질측정이 가능한 BcN 품질측정 단말 agent의 설계부분에 대하여 소개한다. 그림 2는 BcN 품질측정 단말 Agent의 전체 프로세스 구조를 보여주고 있다.



(그림 2) BcN 품질측정 단말 Agent 프로세스 구조

정보설정 프로세스는 BcN 품질측정 단말 agent의 품질측정 환경(Configuration File 등) 조회 및 설정값 변경 기능을 제공하고, 품질측정 프로세스는 BcN 단말기로부터 수신되는 패킷 중 품질측정에 필요한 SIP, RTP/RTCP 등의 패킷을 캡처 한 후, 이를 분석하여 VoIP, 영상전화 등 BcN 서비스에 대한 품질 지표값을 측정한다. 측정결과 전송 프로세스는 RTCP XR 프로토콜을 확장하여 품질측정 결과값을 품질관리시스템에 전송하는 기능을 한다.

#### 3.1 정보설정 프로세스

정보설정 프로세스는 정보설정 초기화, 정보설정 명령처리 및 정보설정 통신 블록으로 구성된다.

##### 1) 정보설정 초기화 블록

정보설정 초기화 블록은 단말 agent의 초기 구동시 단말에 저장된 품질측정 설정 파일을 로딩하여 초기 환경을 설정하는 기능으로 다음과 같은 환경설정 구조체의 값들을 초기화 한다.

- SIP 세션 풀 크기
- RTP 상태 테이블 풀 크기
- 패킷 수집 네트워크 장치 명
- 필터링 룰
- SIP UDP 포트 번호
- 정보 설정 통신 포트 번호
- 수집 서버 IP
- 수집 서버 포트 번호
- 품질측정 서비스 종류
- 품질 측정 지표 리스트(R값, MOS값, 해상도, delay, jitter, loss 등)

##### 2) 정보설정 통신 블록

정보설정 통신 블록은 단말 agent의 품질측정 환경을 설정하기 위하여 품질관리시스템으로부터 환경설정 구조체가 포함된 메시지를 수신하여 정보설정 처리 블록에 전송하고, 그 처리결과를 품질관리시스템에 전송하는 기능을 한다.

##### 3) 정보설정 처리 블록

정보설정 처리 블록은 정보설정 통신 블록으로

부터 수신된 명령을 처리하여 환경 구성파일을 변경하고 그 결과를 정보설정 통신 블록에 전송한다.

### 3.2 품질측정 프로세스

품질측정 프로세스는 수신되는 패킷 중 품질측정에 필요한 SIP, RTP/RTCP 등 패킷을 캡처한 후, 헤더를 분석하여 호성공률, delay, jitter, loss, R값, MOS값, 해상도 등 품질지표 값을 측정하는 기능을 하며, 다음과 같은 블록들로 구성된다.

#### 1) SIP 세션 초기화 블록

SIP 세션 초기화 블록은 SIP 세션 처리를 위한 세션 풀을 생성하고, Linked List로 구성한 후, 다음과 같은 세션 정보를 초기화 한다.

- SIP Key(Source IP/Port, Destination IP/Port)
- Source DN(Dial Number), Destination DN
- 호 상태
- 호 시작시간, 종료시간

#### 2) RTP 상태 초기화 블록

RTP 상태 초기화 블록은 RTP/RTCP 패킷을 처리하기 위한 상태 테이블을 생성하여 Linked List를 구성하고, 다음과 같은 RTP 상태 테이블 정보를 초기화 한다.

- RTP Key (Source IP, Source Port, Destination IP, Destination Port)
- SSRC 필드 값
- RTP 시작, 최종 시퀀스 번호
- RTP 시작, 최종 타임스탬프
- RTP 시작, 최종 수신시간
- One way delay (MIN, AVG, MAX)
- Jitter
- RTP 전송 수신 패킷 개수

#### 3) 패킷 수집 블록

패킷 수집 블록은 패킷수집 라이브러리를 이용하여 단말기로부터 수신되는 패킷을 수집하고, 패킷 필터 및 분류 블록으로 전송하는 기능을 한다.

#### 4) 패킷 필터 및 분류 블록

패킷 필터 및 분류 블록은 패킷 수집 블록으로부터 수신된 패킷들 중, 품질측정에 필요한 패킷을

필터 및 분류하여 수집시각(time stamp)을 기록하고, 포트번호를 검사한 후 SIP 패킷이면 SIP 처리 블록으로, RTP 패킷이면 RTP 처리 블록으로 전달하는 기능을 한다.

#### 5) SIP 처리 블록

SIP 처리 블록은 패킷필터 및 분류 블록으로부터 SIP 패킷을 수신 하여 SIP헤더 및 SDP 프로토콜을 분석 한 후, SIP 세션정보(Source DN, Destination DN, Source IP, Destination IP, 호 시작시간, 호 종료시간)와 호성공률, 해상도 등을 측정하여 SIP 세션 종료 시, RTCP XR 중 SIP 세션 메트릭에 측정결과를 기록한다.

SIP 처리 블록에서 측정하는 품질지표 값에 대한 측정방식은 다음과 같다.

- 호성공률 측정 방식 : 호 성공률은 총 시도한 통화 중 성공적으로 호 접속이 이루어진 비율(%)로 SIP INVITE메시지를 수신한 후, 200OK, ACK 메시지까지의 절차를 분석하여 SIP Response Message의 상태코드가 2xx, 3xx면 호 성공으로 간주하고, 4xx, 5xx, 6xx면 호 실패로 간주하여 { 전체 연결 호 개수 - 실패한 호 개수 / 전체 연결 호 개수 \* 100 } 수식을 적용하여 측정한다.
- 해상도 측정 방식 : 해상도는 화상 이미지의 정밀도로 SIP Response 메시지에 포함된 SDP 속성 중 Media Attribute 값을 참조하여 측정한다.

#### 6) RTP 처리 블록

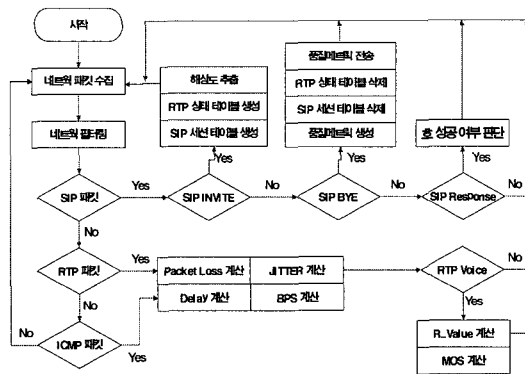
RTP 처리 블록은 패킷필터 및 분류 블록으로부터 RTP/RTCP 패킷을 수신하여 헤더를 분석한 후, 음성 및 영상서비스 중단간 one way delay, jitter, packet loss, R값, MOS값 등 품질지표 값을 측정하여 RTP 상태 테이블에 저장하고 SIP 세션 종료 시 RTCP XR 메시지의 RTP 품질메트릭에 측정값을 출력한다. RTP 처리 블록에서 측정하는 품질지표 값에 대한 측정방식은 다음과 같다.

- One way delay 측정 방식 : One way delay는 송신단말에서 수신 단말까지의 패킷에 대한 중단간 단방향 지연으로 RTCP RR의 DLSR, LSR 필드 값을 참조하여 RTT를 구한 후, { RTT/2 } 수식을 적용하여 측정한다.

- Jitter 측정 방식 : Jitter는 송신 단말에서 수신 단말까지의 패킷에 대한 종단간 단방향 지연의 변량으로 RTP 패킷의 도착시간을 기준으로  $J(i-1) + (Inter\_arrival\_jitter - J(i-1))/16$ ,  $inter\_arrival\_jitter = |R(i) - R(i-1) - (S(i) - S(i-1))|$  수식을 적용하여 측정한다.
- Packet loss rate 측정 방식 : Packet loss rate는 정상적인 호 연결 후 실제 전송된 데이터의 총 패킷수 중 유실된 패킷의 비율(%)로서 RTP 헤더의 Sequence Number를 참조하고  $(송신패킷수 - 수신패킷수) / 송신패킷수 * 100$  수식을 적용하여 품질지표 값을 측정한다.
- R값, MOS값 측정 방식 : R값과 MOS값은 E-model을 기반으로 한 종단간 객관적, 주관적 품질평가 방법으로 RTP 헤더의 분석을 통해 측정된 One way delay, Packet loss, 코덱 type에 따른 기본 값을 국제 표준 G.107에서 제시하는 수식에 적용하여 R값을 우선 측정하고, 변환 수식을 통해 MOS값을 측정한다. 위에서 측정된 3가지 항목 이외의 변수는 G.107에서 제시하는 기본값을 이용한다.

7) Delay 송/수신 블록

Delay 송/수신 블록은 RTCP RR의 DLSR 필드 값과 LSR 필드값이 구현되지 않은 응용 서비스의 경우, 종단간 단말 agent간에 ICMP 메시지를 송수신하여 RTT를 구한 후,  $\{ RTT/2 \}$  수식을 적용하여 측정한다.



(그림 3) 품질측정 프로세스 흐름도

8) 측정결과와 송신 블록

측정결과와 송신 블록은 SIP, RTP 처리 블록으로부터 품질측정 결과를 전달받아 전송 큐에 저장한다.

그림 3은 품질측정 프로세스의 품질측정 흐름도를 보여준다.

3.3 측정결과와 전송 프로세스

측정결과와 전송 프로세스는 품질측정 프로세스로부터 측정된 결과를 수신하여 품질관리시스템에 전송하는 기능으로 전송큐 초기화 블록, 품질결과와 송신 블록, 품질결과 송신블록으로 구성된다.

1) 전송 큐 초기화 블록

전송 큐 초기화 블록은 품질측정 프로세스에서 측정된 품질 결과 값을 품질관리시스템으로 전송하기 위한 메시지 전달 버퍼를 생성한다.

2) 측정결과와 수신 블록

측정결과와 수신 블록은 품질측정 프로세스의 측정결과와 송신 블록으로부터 전송 큐에 저장된 품질측정 결과를 읽어 RTCP XR 메시지를 생성한 후, 품질결과와 송신 블록에 전달한다.

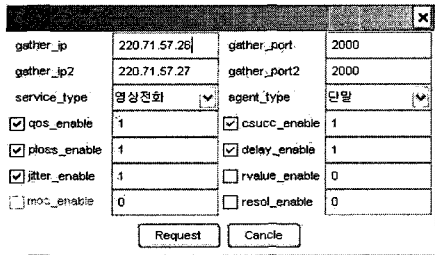
그림 4는 본 고에서 확장된 RTCP XR 메시지 포맷을 보여준다.

3) 품질결과와 통신 블록

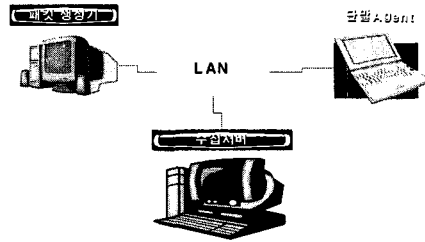
품질결과와 통신 블록은 품질결과와 수신 블록으로부터 수신된 RTCP XR 품질메트릭을 TCP/IP 프로토콜을 이용하여 품질관리시스템으로 전송하는 기능을 한다.

	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
헤더	Ver2	IP	Block Count	PT=207													Length															
SIP	Block Type = 100		Reserved													Length																
			Source DN																													
			Destination IP																													
			Destination IP																													
			Call ID (12B Byte)																													
			Call Start Time																													
			Call End Time																													
			Service Type	Agent Type											QoS 유전모드																	
			CS Type	RAM Size											CPU Speed																	
			RAM Size											호 상용여부																		
Audio 또는 Video	Block Type = 101 / 102		Reserved													Length																
			SSRIC																													
			Total Sent Packets																													
			Total Receive Packets																													
품질메트릭			BPS (Kbps)																													
			One Way Delay (Min)						One Way Delay (Avg)																							
			One Way Delay (Max)						Jitter																							
			R-Value						MOS																							
			해상도 (Width)						해상도 (Height)																							

(그림 4) RTCP XR 메시지 확장



(그림 5) 정보설정 실행 화면



(그림 6) 품질측정 기능 시험 환경

## 4. 구현 및 시험

### 4.1 구현 결과

본 고에서 소개된 BcN 품질측정 단말 agent는 패킷 수집을 위하여 공개용 패킷캡처 라이브러리 pcap을 사용하였고, 정보설정 및 품질측정, 측정결과 전송 프로세스는 Window CE, Linux 기반의 Ansi-C 언어로 구현하였다. CPU의 로드를 최소화하기 위하여 Posix thread 기법을 통해 세부 기능들을 구현하였으며, 단말에 포팅되어 데몬 형태로 실행된다.

품질관리시스템의 단말 agent 정보설정 및 변경 기능은 JRE 1.4.0을 이용하여 구현하였다.

그림 5는 본 고에서 구현된 품질관리시스템의 정보설정 실행 화면을 보여준다.

### 4.2 시험 결과

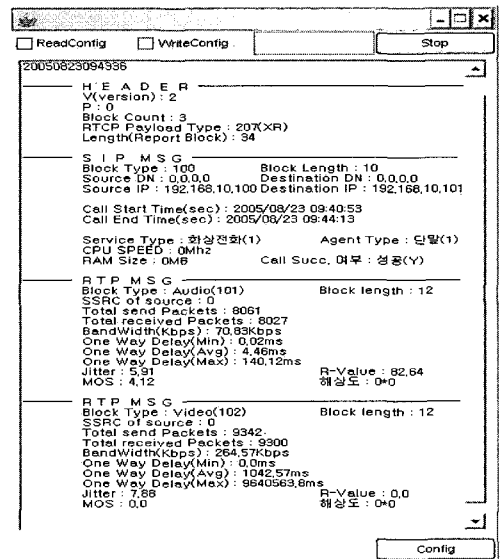
본 고에서는 개발된 BcN 품질측정 단말 agent의 품질측정 기능을 시험하였다. 그림 6과 같은 로컬 테스트베드를 구성하여 영상전화 서비스에 대한 품질측정 시험을 수행하였다.

시험 절차는 다음과 같다. 첫째, Window XP용 패킷생성기(Sniffer)를 통해 SIP 세션 설정 메시지와 RTP/RTCP 영상스트리밍을 생성하여 단말 agent에 전송한다. 둘째, 단말 agent는 SIP와 RTP/RTCP 패킷을 수신하여 호성공률, packet loss, delay, jitter, R값, MOS값, 해상도를 측정한다. 셋째, 수집서버는 품질측정 결과를 윈도우즈 화면에 출력한다.

그림 7은 단말 agent에서 측정한 품질측정 결과에 대한 윈도우 화면이다. 그림 7에서는 SIP 프로토콜의 분석을 통해, 세션 정보, 서비스 종류 및 단말기 성능, 호성공률 등의 정보에 대한 측정이 가능하고, RTP/RTCP 프로토콜의 분석을 통해 R값, MOS값, delay, jitter, loss, 해상도 등 품질지표 값의 측정이 가능함을 보여주고 있다.

## 5. 결론

본 고에서는 BcN망에서 서비스별 중단간 품질관리 가능한 품질측정 단말 agent의 설계 및 구현



(그림7) 품질측정 결과 윈도우

결과에 대해 소개하였다. 또한, 영상전화서비스 시험 환경을 구축하고 단말 agent의 기능시험을 통하여 실서비스 이용시에 패킷 분석을 통한 R값, MOS값, 호성공률, delay, jitter, packet loss, 해상도 등 서비스 종단간 품질지표 값의 측정이 가능함을 보였다.

하지만, BcN 품질측정 단말 agent는 IP전화, 영상전화 등 BcN 단말기에 소프트웨어(or 하드웨어 칩) 형태로 탑재되어 실 서비스 이용시에 CPU의 부하 없이 품질측정이 가능해야한다. 또한, 다양한 성능분석을 통한 기능 업그레이드를 통하여 상용틀과의 오차범위를 최소화하고 품질측정 기능상의 신뢰성을 확보하여야 한다.

따라서, BcN 품질관리센터에서는 이러한 요구사항에 대하여 지속적인 연구를 수행하여 BcN 품질측정 단말 agent의 상용화를 추진 할 예정이다.

### 참 고 문 헌

- [1] "TMF 701: Performance Reporting Concepts & Definitions ver.2.0", TM Forum, Nov. 2001.
- [2] "ITU-T G.107: The E-model, A computation Model for use in Transmission Planning", 2003.
- [3] "RTP: Audio and Video for the Internet", Addison Wesley, 2003.
- [4] "Internet Communications Using SIP Delivering VoIP and Multimedia Service with Session Initiation Protocol", Wiley, 2001.
- [5] ITU-T Rec. Y.1711, Operation & Maintenance mechanism for MPLS networks, Nov. 2002.
- [6] RFC 2330 (1998), Framework for IP Performance Metrics
- [7] RFC 3357 (2002), One-way Loss Pattern Sample Metrics
- [8] RFC 3393 (2002), IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM)
- [9] RFC 3432 (2002), Network Performance Measurement with periodic streams
- [10] EU Premium IP Project, <http://www.cordis.lu/ist/home.html>
- [11] AQUILA Project, <http://www.ist-aquila.org/>
- [12] MESCAL, <http://www.mescal.org/>
- [13] TEQUILA, <http://www.ist-tequila.org/>
- [14] CAIDA (Cooperative Association for Internet Data Analysis), <http://www.caida.org/>
- [15] CANARIE, <http://www.canarie.ca/about/index.html/>
- [16] Widely Integrated Distributed Environment (WIDE), <http://www.wide.ad.jp/>

### ● 저 자 소 개 ●



#### 김진철

1997년 한밭대학교 전자계산학과 (BS)  
 1999년 건국대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 (MS)  
 2003년 건국대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 (Ph.D)  
 2003년~현재 한국전산원 BcN 기획팀 선임연구원  
 관심분야 : VoIP, QoS Management, Multicast Routing Protocol, Mobility



#### 하상용

1987년 한양대학교 전자공학과 (BS)  
 2003년 한국정보통신대학원 공학 (MS)  
 2003년~2004년 한국전산원 국가망팀장  
 2005년~현재 한국전산원 광대역통합망팀장  
 관심분야 : BcN/홈네트워크 등 IT839분야, U-city, 유비쿼터TM