

# 적응적 QoS를 지원하는 인터넷 화상전화의 구현

최 태 욱<sup>†</sup> · 김 영 주<sup>††</sup> · 정 기 동<sup>†††</sup>

## 요 약

현재의 인터넷 전화는 가변적인 대역폭과 패킷손실, 지연으로 인하여 일반 전화만큼의 통화품질을 제공하지 못하고 있다. 더욱이 비디오를 포함하는 화상전화에서 QoS를 보장하기는 더욱 어렵다. 본 논문에서는 가변적인 네트워크 변화에 적응적으로 대처할 수 있는 응용수준의 QoS 제어 기법들을 고찰하고 화상전화에 적합한 오류제어 기법과 혼잡제어 기법을 설명한다. 또한, 이러한 기법들을 기반으로 적응적 QoS를 지원하는 인터넷 화상전화를 설계 및 구현한다. 실험 결과, 구현된 화상전화는 음성과 화상 데이터의 패킷손실률 크게 줄일 수 있었고 경쟁하는 다른 TCP 플로우들을 고려해서 전송률을 조절하였다.

## Implementation of Internet Video Phone Supporting Adaptive QoS

Tae-Uk Choi<sup>†</sup> · Young-Ju Kim<sup>††</sup> · Ki-Dong Chung<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

In the current Internet, it is difficult for an Internet Phone to guarantee the QoS due to variable network conditions such as packet loss rate, delay and bandwidth. In addition, the QoS of an Internet Video Phone is more hard to guarantee because of video data. In this paper, we investigate application-level QoS control schemes that can adapt to variable network conditions, and describe an error control scheme and a congestion control scheme. Based on these QoS control schemes, we have designed and implemented an Internet Video Phone System that supports adaptive audio and video delivery. Through experiments, we found that the Internet Video Phone can reduce the packet loss rate considerably as well as adjust the transmission rate considering other TCP flows.

**키워드 :** VoIP, 인터넷 화상전화(Internet Video Phone), 적응적 QoS(Adaptive QoS), 오류 제어(Error Control), 혼잡 제어(Congestion Control)

### 1. 서 론

인터넷망을 포함한 IP 기반망을 통해 음성, 팩스 및 관련 서비스를 제공하는 VoIP(Voice over IP)는 최근 IT업계의 주요한 관심을 끌고 있다[1]. 인터넷 전화는 전용회선 대신 IP망을 이용하기 때문에 국제 또는 시외 통화료를 대폭 낮출 수 있으며, 기존의 컴퓨터 기술과 쉽게 통합될 수 있는 장점을 가지고 있어 국내외적으로 기존 통신사업자는 물론 인터넷 사업자들까지도 많은 관심을 가지고 있다. 더욱이, 네트워크와 VoIP 기술의 발전으로 비디오를 포함한 인터넷 화상전화(Internet Video Telephony)에 대한 요구가 증가하고 있으며 이에 관한 연구개발이 활발히 진행 중이다. 그러나 현재의 인터넷 전화는 가변적인 대역폭과 손실(loss), 지연(delay)으로 인하여 일반전화만큼의 통화품질을 제공하지 못한다. 일반적으로 음성의 경우 패킷손실률이 10%를 초과하거나 단방향 지연이 150ms 이상이 될 경우는 사용자가 느끼는 통화품질은 크게 떨어질 수 있다. 또한, 압축된 비디오의 경우 패킷손실률이  $10^{-9}$ , 단방향 지연이 250ms 이

하의 QoS를 요구한다.

따라서 인터넷 화상전화는 다음과 같은 QoS 저하 요소를 고려해서 설계돼야 한다. 첫째, 비디오 압축 표준인 H.263이나 MPEG4는 영상 압축을 위해서 프레임간의 움직임 예측과 보상 기법을 사용하기 때문에 프레임의 일부가 전송중에 손실될 경우 다음 프레임들까지 오류가 확산된다는 단점을 가진다. 따라서 패킷손실과 오류확산을 방지하기 위한 기법이 요구된다. 둘째, 음성과 화상을 동시에 주고받기 위해서 많은 네트워크 대역폭을 요구하므로 네트워크의 혼잡(congestion)의 원인이 될 수 있다. 따라서 네트워크 대역폭 상태에 따라 전송률을 조절할 수 있는 기능이 필요하며, 다른 TCP 플로우들과 공정한 대역폭을 공유할 수 있어야 한다.

본 논문에서 이러한 문제점들을 고려하여 적응적 오류 제어와 혼잡 제어를 수행하는 인터넷 화상전화를 설계 및 구현한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 오류 제어와 혼잡제어 기법의 관련 연구들을 살펴보고, 3장에서는 구현된 화상전화의 설계 이슈들(시스템 구조, PFEC 오류제어 기법, EAIMD 흐름제어 기법)을 살펴본다. 4장에서는 실제 구현된 세부 모듈들과 사용자 인터페이스를 설명한다. 그리고 5장에서는 구현된 화상전화의 성능을 평가하고, 6장에서 결론을 맺는다.

<sup>†</sup> 초 회 원 : 부산대학교 대학원 전자계산학과

<sup>††</sup> 정 회 원 : 신라대학교 컴퓨터정보공학부 교수

<sup>†††</sup> 송신회원 : 부산대학교 전자계산학과 교수

논문접수 : 2003년 4월 21일, 심사완료 : 2003년 8월 20일

## 2. 관련 연구

### 2.1 오류 제어 기법

인터넷상에서 H.263과 MPEG4 기반 비디오를 전송할 때, 가장 큰 문제는 패킷 손실로 인한 오류 확산(error propagation)이다. 이것을 방지하기 위한 가장 간단한 방법은 주기적으로 내부압축된(intra-coded) 프레임을 전송하는 것이다. 그러나 이것은 많은 대역폭을 요구한다는 단점이 있다. 좀 더 향상된 기법으로 NV와 VIC[2], IVS[3]등에서 사용된 조건 회복(conditional replenishment) 기법이 있는데, 프레임 안에서 손실이 발생한 부분의 매크로 블록들만 내부 압축(intra coding)하여 전송한다. 또한, 네트워크 수준에서 대표적 오류 제어 기법들로서 ARQ(Automatic Repeat reQuest)와 FEC (Forward Error Correction)가 있다[4-6]. ARQ는 추가적인 대역폭 오버헤드 없이 오류에 대한 탄성(resilience)을 제공한다. 그러나 재전송 지연 시간을 수반하기 때문에 대화식의 실시간 비디오 응용에는 적합하지 못하다. FEC는 원 정보(original information)와 함께 부가정보(redundant information)를 보냄으로써 원 정보가 손실됐을 때 중복정보를 이용해서 손실된 원 정보를 복구한다. 이 기법은 재전송 지연 없이 손실에 대한 탄성을 제공하는 장점이 있다. 그러나 부가정보로 인한 대역폭 오버헤드가 크다는 단점이 있어 인터넷 화상전화에 적용할 경우 네트워크 대역폭 낭비를 가져올 수 있다.

### 2.2 흐름 제어 기법

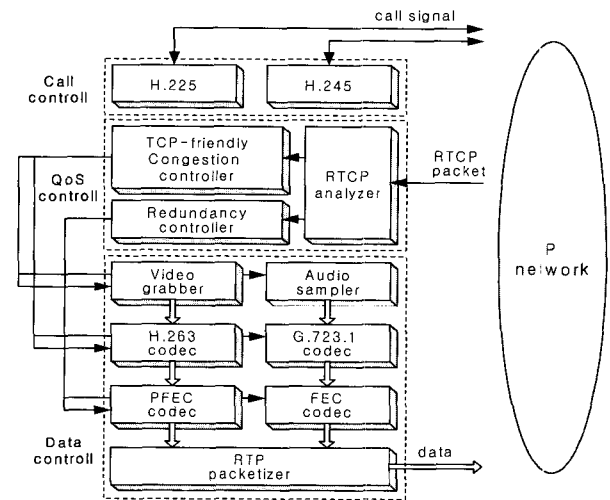
인터넷과 같은 공유 네트워크에서 화상전화는 네트워크 혼잡이 발생할 때 적응적으로 데이터의 전송률을 조절할 수 있어야 한다. 또한, 다른 플로우들과 공정하게 대역폭을 공유하기 위해서 “프로토콜간 공정성(Inter-protocol fairness)”을 지원해야 한다. 예를 들면, TCP는 네트워크 혼잡이 일어날 경우 스스로 대역폭을 줄이는 반면, 대부분의 인터넷 멀티미디어 응용들이 사용하는 UDP나 RTP는 전송률 제어 기능이 없어 네트워크 상태에 따라 대역폭을 조절하지 못한다. 결국, 응용수준의 혼잡 제어가 없을 경우 TCP 대역폭만 계속 줄어드는 현상이 일어나게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 많은 TCP-friendly 혼잡제어 기법들이 제안되었으며 LDA[7]와 RAP[8]는 대표적인 알고리즘이다. LDA(Loss-delay based Adjustment)는 RTCP 프로토콜 기반으로 실측된 패킷손실률과 지연 등의 값을 이용하여 TCP 트래픽의 대역폭을 추정하고 추정된 대역폭의 범위를 기준으로 전송률을 조절한다. RAP (Rate Adaptation Protocol)는 ACK 메시지를 기반으로 패킷손실률을 계산하고 이를 바탕으로 네트워크 상태를 추정한다. 또한 전송률 조절을 위해서 패킷간의 전송간격(inter-packet gap)을 주기적으로 갱신한다.

## 3. 설계 이슈들

### 3.1 시스템 구조

(그림 1)은 구현된 인터넷 화상전화의 시스템 구조를 보여

준다. 이 시스템은 크게 3개의 모듈(Call 제어, QoS 제어, Data 제어)로 구성된다. Call 제어 모듈은 H.323 기반 시스템과 연결을 위하여 H.225와 H.245를 구현한다. H.225는 사용자가 전화통화를 요청할 경우 상대 시스템과 호 연결(call setup)을 수행한다. H.245는 양측 시스템간의 capability 교환, 논리적 채널 설립 등을 수행한다. 본 화상전화는 이 모듈의 구현을 위해서 OpenH323 라이브러리[11]를 사용하였다.



(그림 1) 인터넷 화상전화의 시스템 구조

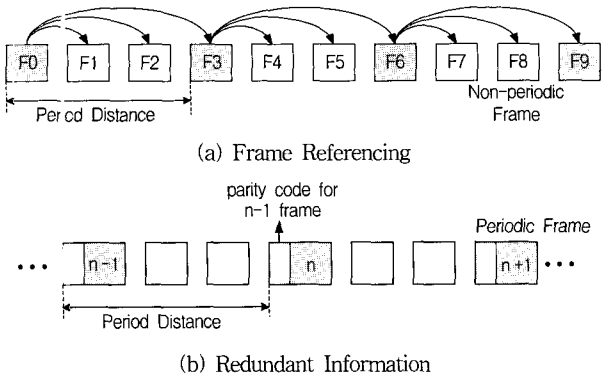
Data 제어 모듈은 오디오 부분과 비디오 부분으로 나뉜다. 오디오 데이터는 PCM 데이터 형식으로 샘플링된 후 G.723.1로 압축된다. 압축된 오디오 데이터는 FEC 코덱에 의해 생성된 부가정보와 함께 상대방측에 전송된다. 비디오 데이터의 경우 각 프레임은 카메라에서부터 비트맵 형식으로 캡처된 후 H.263으로 압축된다. 오디오 데이터와 다르게 비디오 데이터는 PFEC 모듈을 이용한다. 이것은 오디오가 비디오 보다 상대적으로 더 우선순위가 높은 데이터이기 때문이다. 따라서 본 시스템에서 오디오는 모든 패킷에 부가정보를 보내고 비디오는 주기적 프레임에만 부가정보를 보내도록 설계되었다.

QoS 제어 모듈은 적응적 QoS를 지원하기 위한 RTCP 분석기, 혼잡 제어기와 부가정보 제어기로 나뉜다. RTCP 분석기는 RTCP에 포함된 피드백 정보를 기반으로 패킷손실률, 병목 대역폭(bottleneck bandwidth), 중점간 지연등의 QoS 정보를 계산한다. 혼잡 제어기는 분석된 피드백 정보를 바탕으로 오디오와 비디오의 초당 샘플링 횟수와 H.263 코덱의 양자화 계수를 결정한다. 또한, 부가정보 제어기는 평균 네트워크 손실률을 기반으로 order 값을 결정하고 이를 FEC와 PFEC 모듈에게 전달한다.

### 3.2 PFEC 오류 제어 기법

본 연구에서는 기존의 FEC보다 적은 부가정보량을 가지고 오류 확산을 방지할 수 있는 PFEC[9] 기법을 이용한다. PFEC는 모든 프레임에 부가정보를 부여하지 않고 주기적으로 특정 프레임에만 부가정보를 부여하는 FEC 기법이다.

이 기법은 비디오 프레임의 주기적 프레임(periodic frame)과 비주기적 프레임(non-periodic frame)으로 구별하고 주기적 프레임과 비주기적 프레임의 참조 방식을 달리한다.



(그림 2) PFEC의 프레임 참조와 부가정보

(그림 2)(a)에서 볼 수 있듯이, 매  $d$  번째 프레임이 주기적 프레임, 주기적 프레임 사이에 있는 프레임들을 비주기적 프레임이라고 정한다. 주기적 프레임은 이전주기의 주기적 프레임을 참조하고 비주기적 프레임은 주기내의 주기적 프레임을 참조한다. 이로써 비주기적 프레임들은 손실되더라도 해당 주기의 주기적 프레임만 손실 없이 도착한다면 오류확산은 방지될 수 있다. 반대로 주기적 프레임이 손실될 경우 주기내의 모든 프레임은 물론 다음 주기의 프레임들까지 손실이 확산된다. 따라서, 주기적 프레임은 높은 우선순위를 가지고 보호되어야 한다. (그림 2)(b)는 주기적 프레임의 손실 확률을 줄이기 위하여 부가 정보를 부여하는 방법을 보여준다. 각각의 프레임은 하나의 패킷을 구성하며, 주기적 프레임을 포함하는 패킷을 주기적 패킷(periodic packet)이라고 하고 비주기적 프레임을 포함하는 패킷을 비주기적 패킷(non-periodic packet)이라고 한다. 그림에서 볼 수 있듯이, PFEC는 주기적 프레임을 보호하기 위해서 주기적 패킷에만 부가정보를 추가한다. 즉,  $n$ -th 주기적 프레임은 이전  $(n-i)$ th 주기적 프레임들의 부가정보와 함께 전송된다. 이 때, 부가정보의 개수는 여러 개가 될 수 있으며 이 개수를 PFEC의 order라고 한다. Order가 1일 때, 수신측에서  $n$ -th 주기적 프레임이 손실되고  $(n+1)$ th 주기적 프레임은 도착했다면,  $(n+1)$ th 주기적 프레임에 포함되어 있는  $n$ -th 주기적 프레임의 부가정보를 이용하여 손실된  $n$ -th 주기적 프레임을 복구할 수 있다. 결국, PFEC는 모든 프레임에 부가정보를 부여하지 않기 때문에 부가정보의 양을 줄일 수 있고, 주기적 프레임을 보호함으로써 오류 확산을 방지할 수 있다.

가변적인 대역폭과 패킷 손실률을 가지는 인터넷에서 PFEC의 성능을 극대화시키기 위해 네트워크 상태에 따라 부가정보의 양을 조절해야 한다. 즉, 네트워크 손실률이 클 때는 부가정보의 양을 늘리고 패킷손실률이 낮을 때는 부가정보의 양을 줄이는 것이다. Bolot 등은 네트워크 상태에 따라 부가정보의 양을 동적으로 조절해주는 적응적 FEC 기법을 제안한 바 있다[10]. 본 화상전화 시스템은 RTCP 피드백 정

보를 기반으로 네트워크 손실률을 측정하고, 측정된 네트워크 손실률을 기반으로 order 값을 조절한다. 즉, 현재 네트워크 손실률이 일정한 임계치(TH)보다 높을 때는 order 값을 올려서 손실된 패킷의 복구률을 높이고, 네트워크 손실률이 낮을 때는 order를 줄임으로써 부가정보의 양을 줄인다. (그림 3)은 구현된 부가정보 제어 알고리즘을 보여준다.

```

if ( average loss rate > TH )
    order = order + 1 ;
else
    order = order - 1 ;
    
```

(그림 3) 부가정보 조절 알고리즘

### 3.3 EAIMD 혼잡 제어 기법

본 연구는 TCP의 AIMD(Additive Increase Multiplicative Decrease) 알고리즘을 확장하여 화상전화에 적합하게 설계된 EAIMD 혼잡 제어 기법을 제안한다. (그림 4)에서 볼 수 있듯이 AIMD는 네트워크 상태를 판단하여 네트워크 대역폭의 여유가 있을 때는 전송률을 additive하게 증가시키고, 네트워크 혼잡이 발견되면 전송률을 multiplicative하게 감소시키는 방법이다. 네트워크 상태의 판단을 위해 TCP 플로우의 평균 대역폭  $B$ 를 추정한다. 그리고  $B$ 에 따라 전송률을 증감할 때 INC 및 GAIN 값들을 결정하는 방법에 따라 시스템의 성능이 크게 달라질 수 있다. [3]에서는 INC = 1.5과 GAIN = 2를 사용했고, [7]에서는 식 (1)과 식 (2)를 이용하여 계산하였다.  $r$ 은 현재 transmission rate이고  $b$ 는 bottleneck bandwidth,  $R_f$ 는 reduction factor로서 3이 사용되었다.

$$INC = INC \times (1 - r/b) \tag{1}$$

$$GAIN = (1 - loss \times R_f) \tag{2}$$

```

if ( r_i <= B )
    r_i = r_{i-1} + INC ;
else
    r_i = r_{i-1} / GAIN ;
    
```

(그림 4) AIMD 알고리즘

EAIMD 기법은 인터넷 화상전화에서 통화품질에 영향을 미치는 네트워크 트래픽 요소인 패킷 손실, 지연 그리고 병목 대역폭  $b$ 를 고려한다.  $b$ 는 패킷이 전송되는 경로에 걸쳐 가장 낮은 대역폭을 가지는 라우터에서의 대역폭을 의미한다. 이것은 연속된 두 개의 패킷 간격을 이용하여 식 (3)와 같이 계산될 수 있다[7].

$$b = \frac{\text{probe packet size}}{\text{gap between 2 probe packets}} \tag{3}$$

EAIMD에서는 현재 네트워크 상태(경쟁 TCP의 대역폭)를 추정하기 위해 식 (4)을 이용한다.

$$B = \frac{1.3 \times \text{packet\_size}}{\text{delay} \times \sqrt{\text{loss}}} \quad (4)$$

또한, 네트워크 상태가 양호할 때 전송률을 증가시키기 위해 사용하는 INC는 식 (5)을 이용하여 계산한다.  $r_n$ 은 현재 전송률을 나타낸다.

$$INC = (1 - e^{-\frac{r_n}{R'}}) \times r_n, \text{ where } R' = b \times (1 - \text{loss}) \quad (5)$$

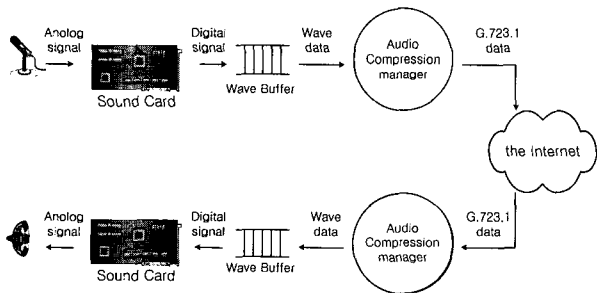
네트워크가 혼잡 상태일 때 전송률을 감소시키기 위해 사용하는 GAIN 값을 구하기 위해 식 (6)을 이용한다.  $G_s$ 는 송신측에서 연속적으로 전송된 패킷간의 갭(gap)을 의미하고  $G_r$ 은 수신측에서 연속적으로 수신된 패킷간의 갭을 나타낸다.

$$GAIN = \frac{G_s}{G_r} (1 - \sqrt{\text{loss}}) \quad (6)$$

#### 4. 구현 이슈들

##### 4.1 음성 송수신 모듈

G.723.1은 ITU-T의 표준으로 초당 6.4Kbps와 5.3Kbps로 압축이 가능하여 실시간 인터넷전화나 POTS-PSTN에 이상적으로 적용할 수 있다[12]. 본 연구는 실시간 음성 전송을 위한 코덱으로 가장 압축률이 높은 G.723.1을 이용하여 음성데이터를 압축한다. 이를 위해 Windows API로 제공되는 ACM(Audio Compression Manager)을 이용하였다. (그림 5)는 구현된 오디오 송수신 시스템을 보여준다. 사운드 카드는 샘플당 16bit, 초당 8000Hz로 음성신호를 디지털 신호로 샘플링하고 이를 PCM 데이터 형식으로 반환한다. 버퍼링된 PCM 데이터는 ACM을 통하여 G.723.1로 압축된다. 압축된 G.723.1 데이터는 RTP 패킷으로 구성되어 네트워크를 통해 전송된다. 수신된 G.723.1 데이터는 ACM의 DecodeFrame() 함수를 통해 PCM 데이터로 복원되고 사운드 카드의 버퍼로 전달된다. 본 시스템은 실제 음성을 20ms 단위로 버퍼한 240byte 크기의 오디오 유닛 3개씩을 G.723.1 압축을 위해 ACM으로 전달하였다.

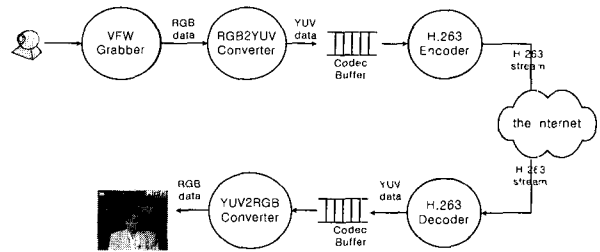


(그림 5) G.723.1 송수신 시스템

##### 4.2 실시간 화상 전송 모듈의 구현

본 연구에서는 영상 압축을 위해 H.263[13] 소스를 분석

하고 이를 실시간 전송이 가능하도록 코드를 수정하였다. 구현된 H.263 시스템은 QCIF 영상정보를 H.263 스트림으로 압축하는 인코더와 H.263 스트림을 RGB 포맷으로 복원하는 디코더로 크게 구성된다. (그림 6)에서 볼 수 있듯이 Windows의 VFW(Video For Window) API를 이용하여 카메라로부터 QCIF 영상을 RGB 포맷으로 캡처링한다. 캡처된 RGB 포맷의 데이터는 H.263 인코딩을 위해 YUV 포맷으로 변환된다. H.263 인코더는 YUV 데이터를 H.263 스트림으로 압축하고 압축된 스트림은 1K단위로 RTP 패킷타이징되어 전송된다. 수신측의 H.263 디코더는 전송된 H.263 스트림을 YUV 데이터로 복원한다. 복원된 YUV 데이터는 YUV2RGB 변환기에 의해 RGB 포맷으로 변환된 후 화면에 재생된다. H.263 인코더에서 양자와 계수는 압축률과 전송률을 결정하는 중요한 요소로서 이 값이 클수록 압축률은 높아지고 H.263 스트림 크기는 작아진다. 따라서 본 시스템의 혼잡제어 기법은 비디오데이터의 전송률을 조절하기 위해서 H.263 코더의 양자화 계수를 조절한다.



(그림 6) H.263 송수신 시스템

```

class CMfcEndPoint : public H323EndPoint
{
public :
    CMfcEndPoint() ;
    virtual ~CMfcEndPoint() ;
    BOOL Initialise() ;

    /* 주요 멤버 함수들 */
    virtual void MakeCall() ;
    virtual int OnAnswerCall() ;
    virtual void OnConnectionEstablished() ;
    virtual void OnConnectionCleared() ;
    ...

protected :
    CVPhoneDlg * m_dialog ;
    ...
};
    
```

(그림 7) 구현된 CMfcEndPoint 클래스

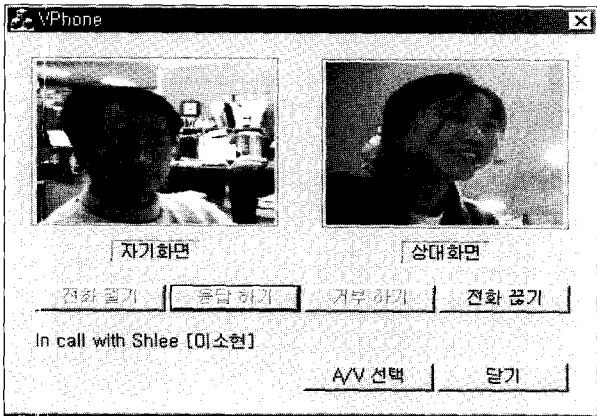
##### 4.3 콜 제어 모듈의 구현

본 논문에서는 호 제어를 위해 OpenH323 라이브러리[10]를 이용하였으며 이를 위해 Endpoint 클래스에서 상속받은 하나의 자식 클래스를 구현하였다. (그림 7)은 구현된 CMfcEndPoint 클래스를 나타낸다. 사용자가 전화 통신을 위해 "통화" 버튼을 누를 때 MakeCall() 함수가 불려지고 이것

은 상대 endpoint에게 전화 연결을 시도한다. 상대방의 전화 걸기 요청이 들어올 경우 OnAnswerCall() 함수가 자동으로 클백되어 사용자에게 전화 요청이 왔음을 알린다. 사용자가 전화 받기를 허가했을 때 비로소 서로간의 호 연결은 이루어진다. 전화 연결이 성공적으로 수행되었을 때 OnConnectionEstablished() 함수가 수행되며 전화 걸기에 실패하거나 전화 통화의 종료시에는 OnConnectionCleared() 함수가 불려진다.

4.4 사용자 인터페이스

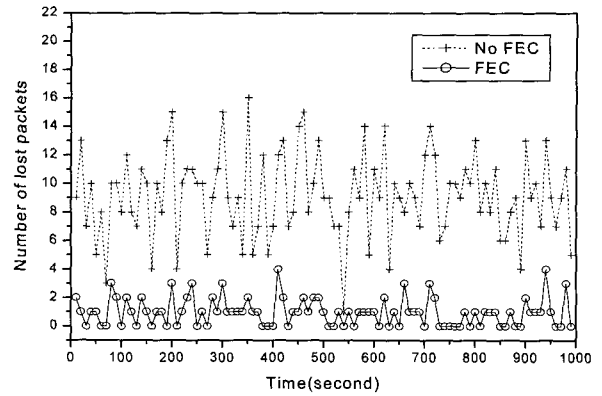
본 인터넷 화상전화는 펜티엄 PC, Windows 2000 환경에서 Visual C++로 구현하였으며, 오디오 장치는 Sound Blaster를 이용하였고, 비디오 장치로는 USB PC Camera를 사용하였다. (그림 8)은 구현된 인터넷 화상전화의 실행 화면을 보여준다. 사용자 인터페이스로서 그림에서 볼 수 있듯이 자기 자신의 화면과 통화하고 있는 상대방의 화면, 그리고 "전화 걸기", "응답 하기", "거부 하기", "전화 끊기" 버튼들이 있다. 또한, A/V 선택 버튼을 통해서 사용자가 원하는 오디오/비디오 코덱을 선택할 수 있으며, 전화 통화에 비디오 데이터를 포함 여부와 Silence Detection의 사용 여부를 선택할 수 있다. Silence Detection이 체크될 경우 사용자가 말을 하지 않는 동안 음성 데이터 패킷을 보내지 않는다.



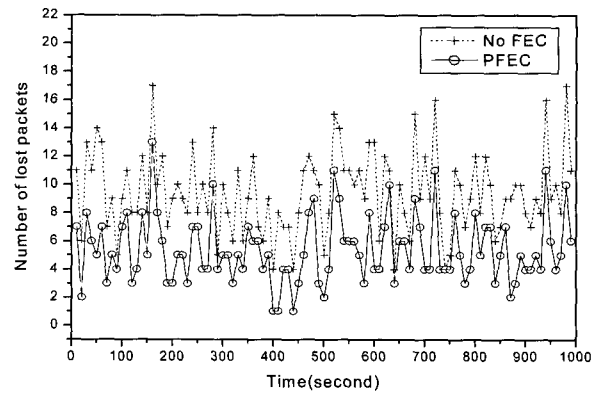
(그림 8) 인터넷 화상전화 시스템의 실행 화면

5. 성능 평가

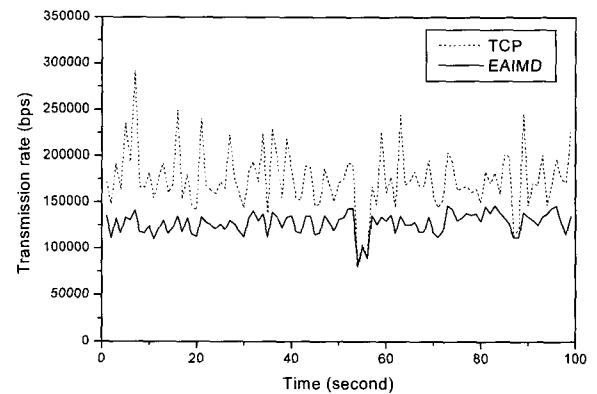
구현된 화상전화의 성능을 측정하기 위해서 인터넷상에서 실험을 수행하였다. 측정은 부산대와 서울 성심여대 사이에서 오후 시간대에 이루어졌으며 이 때 수집된 네트워크 트래픽의 평균 패킷 손실률은 5.7%, 종점간 지연은 101ms이었다. 또한, 오디오 데이터는 초당 8000 샘플링하였고 샘플당 비트수는 8bit를 사용했다. 비디오 데이터는 카메라로부터 초당 10프레임이 캡처하여 H.263으로 인코딩했다. 그리고 오디오 데이터의 패킷크기는 G.723.1의 코딩률(5.3Kbps)을 고려해서 64byte로 정했고, 비디오 데이터의 경우는 H.263 코덱의 코딩률(약 40kbps)을 고려하여 512byte로 정했다.



(그림 9) 오디오 데이터의 오류 제어 효과



(그림 10) 비디오 데이터의 오류 제어 효과



(그림 11) 전송률 제어의 효과

(그림 9)와 (그림 10)은 음성과 화상 데이터의 오류 제어 효과를 보여준다. 2.3절에서 설명했듯이 음성 데이터의 경우 손실을 방지하기 위해 FEC 기법을 사용하고 비디오 데이터의 오류 제어를 위해서 PFEC 기법을 사용한다. 그림에서 볼 수 있듯이 오디오 데이터에 대한 패킷 손실은 거의 모두 복구가 가능하고 비디오 데이터의 경우도 패킷 손실을 크게 줄일 수 있음을 알 수 있다. 특히, 비디오 데이터의 경우 손실된 패킷은 대부분 상대적으로 중요도가 낮은 비주기적 프레임들이다. 3장에서 설명했듯이 비주기적 프레임의 오류는 확산되지 않아 전체적인 비디오 품질을 크게 떨어뜨리지 않는다.

(그림 11)은 구현된 화상전화의 전송률 제어 효과를 보여준다. 음성 및 화상 데이터, 그리고 오류제어를 위한 부가정보를 포함한 전체 전송률이 너무 클 경우 네트워크의 혼잡을 가져올 수 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 EAIMD는 추정된 TCP 대역폭을 넘지 않도록 전송률을 조절할 수 있음을 알 수 있다.

### 6. 결 론

본 논문의 목표는 적응적 QoS 조절 기능을 가지는 화상전화의 구현이다. 기존의 연구 개발된 video conference 응용인 Vic[2], NV, IVS[3]는 Mbone상에서 RTP와 IP multicast를 이용하고, 소프트웨어 기반의 H.261 비디오 코덱을 구현하였다는 점에서 의의가 있다. 특히, IVS는 네트워크 상태 변화를 고려하여 간단한 에러 제어 기법과 혼잡 제어 기능을 구현하였다. 그러나 에러제어로 사용되는 NACK 피드백과 조건부 회복(conditional replenishing) 방법은 종점간 지연이 커질 수 있고, 혼잡 제어 기법은 단순히 패킷 손실률만을 고려하기 때문에 화상전화에 적용하기는 무리가 있다.

본 논문은 인터넷 화상전화에 적합한 QoS 제어 기법을 고찰하고 이를 기반한 화상전화 시스템을 설계 및 구현하였다. 구현된 시스템의 특징은 다음과 같다. 첫째, 음성 압축을 위해 G.723.1 송수신 모듈과 화상 압축을 위한 H.263 송수신 모듈들을 구현하였다. 둘째, H.323 기반 연결 설정을 위하여 OpenH323 라이브러리를 사용하여 H.225와 H.245 프로토콜을 구현하였다. 셋째, 비디오 데이터의 손실시 발생하는 오류 확산을 방지하기 위해서 PFEC 기법을 구현하였다. 넷째, 네트워크 혼잡을 방지하고 다른 TCP 플로우와 공정한 대역폭 공유가 가능한 EAIMD 혼잡 제어 기법을 구현하였다.

실제로 H.323 프로토콜은 코드가 너무 무거워서 모바일 경량 시스템에 탑재하기 힘들다. 따라서 3GPP 네트워크의 호 설정 표준인 SIP으로 대체가 필요하다. 향후, 구현된 시스템을 모듈화, 경량화 시켜 모바일 환경 및 차세대 ALL-IP 통신망에 적용하도록 수정할 예정이다.

### 참 고 논 문

[1] 이상훈, "VoIP 시장 전개방향과 기술전망", 정보처리학회지, 제8권 제2호, Mar., 2001.  
 [2] S. McCanne and V. Jacobson, "Vic : a flexible framework for packet video," ACM Multimedia, San Francisco, CA, pp. 512-522, Nov., 1995.  
 [3] T. Turletti and C. Huitema, "Videoconferencing on the Internet," IEEE/ACM Trans. Networking, Vol.4, No.3, June, 1996.  
 [4] C. Perkins, O. Hodson and Hardman, "A Survey of Packet Loss Recovery Techniques for Streaming Audio," IEEE Network, Vol.12, No.5, Sep., 1998.  
 [5] 최태욱, 정기동, "VoIP를 위한 적응적 FEC 기반 에러 제어 알고리즘", 정보처리학회논문지C, 제9-C권 제3호, pp.375-384, June, 2002.  
 [6] Injong Rhee and Srinath R. Joshi, "Error recovery for in-

teractive video transmission over the Internet," IEEE Journal of Selected Areas in Communications, Vol.18, No.6, June, 2000.

[7] D. Sisalem and H. Schulzrinne, "The loss-delay based adjustment algorithm : A TCP-friendly adaptation scheme," in Proc. of NOSSDAV, Cambridge, England, July, 1998.  
 [8] R. Rejaie, M. Handley and D. Estrin, "RAP : An end-to-end rate-based congestion control mechanism for realtime streams in the Internet," in Proc. of IEEE Infocom, Mar., 1999.  
 [9] T. U. Choi, M. K. Ji, S. H. Park, K. D. Chung, "An adaptive Periodic FEC scheme for Internet video applicatiors," Springer LNCS 2170, pp.691-702, 2001.  
 [10] J-C. Bolot, T. Turletti, "Experience with control mechanisms for packet video in the Internet," Computer Communication Review, Jan., 1998.  
 [11] <http://www.openh323.org/>.  
 [12] ITU-T Recommendation G.723.1, "Dual rate speech coder for multimedia communications transmitting at 5.3 and 6.3 kbits/s," March, 1996.  
 [13] ITU-T Recommendation H.263, "Video coding for low bitrate communication," Jan., 1998.



### 최 태 욱

e-mail : tuchoi@pusan.ac.kr  
 1997년 동의대학교 전산통계학과(학사)  
 1999년 부산대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)  
 2002년 부산대학교 대학원 전자계산학과 박사수료  
 관심분야 : VoIP, 멀티미디어, QoS



### 김 영 주

e-mail : yjkim@silla.ac.kr  
 1988년 부산대학교 계산통계학과(이학사)  
 1990년 부산대학교 대학원 계산통계학과(이학석사)  
 1990년~1995년 큐닉스컴퓨터 응용 시스템 연구소  
 1999년 부산대학교 대학원 전자계산학과(이학박사)

2000년~현재 신라대학교 컴퓨터정보공학부 전임강사  
 관심분야 : 부산시스템, 멀티미디어, 영상 압축 및 통신



### 정 기 동

e-mail : kdchung@pusan.ac.kr  
 1973년 서울대학교 졸업(학사)  
 1975년 서울대학교 대학원 졸업(이학석사)  
 1986년 서울대학교 대학원 졸업(이학박사)  
 1990년~1991년 MIT대학 교환 교수  
 1995년~1997년 부산대학교 전자계산소 소장

1999년~2001년 부산대학교 BK21 사업 단장  
 1978년~현재 부산대학교 전자계산학과 교수  
 관심분야 : 병렬처리, 멀티미디어