

# VoIP를 위한 인터넷과 공중전화망 연동 기술의 분석

## A Technical Analysis on Interworking between Internet and Public Telecommunication Network for VoIP

민재홍(J.H. Min)      기술기준연구팀 책임연구원  
조평동(P.D. Cho)      기술기준연구팀 책임연구원, 팀장

요즘 인터넷을 이용한 무료 전화가 각광을 받고 있고, 이와 같은 무료 인터넷폰 서비스를 실현 가능하게 한 것이 바로 VoIP 기술이다. 예전에는 웹에서 웹으로의 통화 방식만을 지원했으나, 지금은 일반전화로의 통화뿐만 아니라 지능망 서비스, 이동 전화 통화까지 지원하는 등 VoIP를 이용한 음성 통화가 제공하는 서비스의 폭이 커지고 있다. 따라서 본고는 인터넷폰 서비스 제공을 위한 인터넷과 공중전화망의 연동 개념을 확립하고 해당 통신망 연동에 있어서의 기술 요구 조건을 도출함으로써, 인터넷폰 서비스 이용자의 보호를 위한 적정 수준의 서비스 품질 확보 방안을 제시하고자 한다.

### I. 서론

최근 폭발적인 인터넷 이용자의 증가는 망을 통한 다양한 멀티미디어 서비스의 제공에 기인한다. 즉, 기존의 데이터 서비스는 물론, 전자 신문을 통한 데이터베이스 검색, 사용자의 요구에 의해 필요한 방송 서비스를 제공 받는 주문형 비디오, 집에서 인터넷과 전화 및 팩스를 이용한 SOHO(Small Office Home Office), 저렴한 인터넷 폰 서비스 등이 그 예라고 할 수 있다. 이 가운데에서도 최근 개방성을 앞세워 인기를 끌고 있는 VoIP(Voice Over Internet Protocol) 기반의 무료 인터넷 폰 서비스는 기존의 음성 통신 시장에 새로운 변화를 야기하고 있다.

인터넷 폰이 일반에게 다가갈 수 있는 가장 큰 요인은 무료 PC-to-Phone과 국제 전화 등에서 적용되고 있는 저렴한 통신비용이고, 유연한 대역폭을 활용한 부가서비스 구현, 차별화된 서비스 및 다양한

서비스와의 통합 등도 인터넷 폰이 지닌 장점이라 할 수 있다. 또한, 어느 곳에서나 접속 가능한 접근 용이성과 거리에 상관없는 동일한 요금 등도 들 수 있다.

인터넷 폰 서비스는 1995년 VocalTec에 의해 시작되어, 통화품질의 개선으로 일본 정부가 2006년 실시 예정인 4세대 이동통신의 기본 통화방식으로 인터넷 폰을 채택했고, 국내 최대 기간통신업체인 한국통신이 최근 인터넷 폰 업체와 제휴해 세계 시장 공략을 선언하였다. 그러나 아직 유선전화에 비해 떨어지는 통화 품질이나 전화 번호 체계, 과금 문제, 지능망을 통한 부가서비스의 연동기술, 표준화 문제 등 해결해야 할 많은 과제들이 있다.

본고는 인터넷 폰 서비스 제공을 위한 인터넷과 공중전화망의 연동 개념을 확립하고 해당 통신망 연동에 있어서의 기술 요구 조건을 도출함으로써, 인터넷 폰 서비스 이용자의 보호를 위한 적정 수준의 서비스 품질 확보 방안을 제시하고자 한다.

## II. 인터넷과 공중전화망의 연동

본 장에서는 확산되고 있는 VoIP를 통한 인터넷 폰에 대해 소개를 하고, 일반전화와의 통화를 위해 필수적인 요소인 VoIP 망과 공중전화망의 연동에 대하여 살펴보고자 한다.

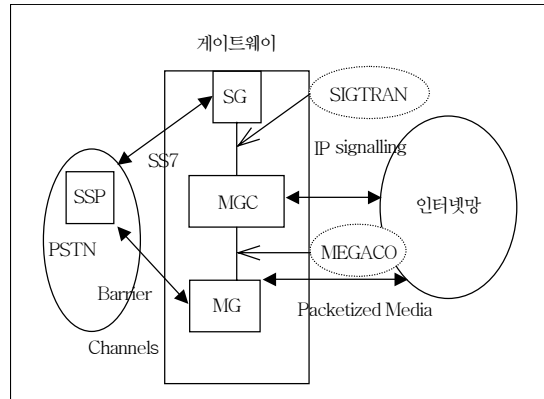
### 1. VoIP 기술 개요

VoIP 구현을 위해 주로 사용되는 프로토콜들은 현재 가장 많이 쓰이는 ITU-T에서 제시한 H.323 과 IETF(Internet Engineering Task Force)의 SIP와 MGCP, MEGACO(Media Gateway Control), SIGTRAN 등이 있다. 현재 대다수의 장비 업체들과 서비스 업체들이 H.323 프로토콜을 지원하고 있다. 일반적으로 VoIP 음성 통화를 구현하기 위해서 우선은 호를 제어하기 위한 제어 프로토콜로써, 공중전화망의 전화 프로토콜인 SS7과 인터넷망의 H.323이나 SIP와 같은 호 제어 프로토콜이 필요하다.

또한, 인터넷망과 공중전화망의 연동 시, 개개의 망에서 쓰이는 호 제어 프로토콜과 미디어간의 상호 변환을 제어하는 게이트웨이(Gateway)가 필요하고, 게이트웨이는 SG(Signalling Gateway), MGC(Media Gateway Controller) 및 MG(Media Gateway)의 3부분으로 구성된다.

SG는 SS7이나 Q.931과 같은 대역폭 밖의(out-of-band) 시그널링을 중단하고, MGC에게 변환된 시그널링을 보내는 역할을 하는데, 이런 시그널링 변환프로토콜의 예로써 SIGTRAN이 있다. MGC는 호 처리, 라우팅, 프로토콜 변환 등의 기능을 수행하며 SGCP, MGCP, MEGACO, H.248과 같은 미디어 변환 제어 프로토콜을 이용하여 MG를 제어한다. MG는 인터넷망에서 만들어진 RTP 패킷을 공중전화망에서 사용되는 미디어 형태로 변환하거나, 그 역으로 변환을 한다.

(그림 1)은 앞에서 설명한 프로토콜들과 게이트웨이를 이용한 일반적인 VoIP 음성 통화 구현의 구성도이다[4],[10].



(그림 1) VoIP 음성 통화 구현을 위한 구성도

### 2. VoIP 망과 공중전화망의 연동 방법

VoIP 망과 공중전화망 간의 연동을 할 경우에는 게이트웨이의 역할이 중요하다. 게이트웨이는 VoIP 망과 공중전화망 사이의 비디오, 오디오 데이터 형식을 망에 맞게 적절하게 변환시켜 줌으로써, 두 망 사이의 연동을 가능하게 해준다.

VoIP 망과 공중전화망의 연동에 있어서 게이트웨이의 역할은 크게 2가지가 있고, 현재는 시그널링과 미디어 변환기능이 분리되어 시그널링 게이트웨이와 미디어 게이트웨이로 나누어지고 있는 추세이다.

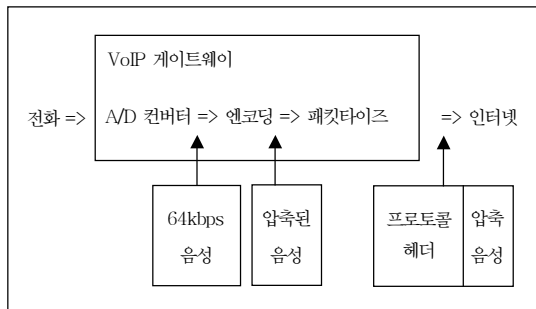
#### 가. 호 시그널링 변환

공중전화망으로 부터 호 시그널링이 들어오면 게이트웨이는 IP 프로토콜로 변환시켜서 호 연결(Connection)을 요구한다. 여기서 사용되는 IP 프로토콜은 H.323, SIP 등이 있다. H.323 프로토콜을 이용할 경우에는 H.225, H.245 등과 같은 시그널링 프로토콜과 미디어 전송을 위한 RTP(Real-time Transport Protocol)/RTCP(Real-time Transport Control Protocol) 등이 요구된다.

#### 나. 미디어 변환

게이트웨이의 또 하나의 역할은 인터넷망과 공중전화망 사이에서 오디오, 비디오 데이터를 망의 형식에 맞게 미디어 변환하는 것이다. 게이트웨이에서

공중전화망의 G.711 형태의 음성을 (그림 2)와 같이 G.723.1이나 G.729 음성 패킷으로 변환시켜 준다. 엔코딩(encoding) 방식은 오디오 코덱에 따라 다르고, 대표적으로 사용되는 오디오 코덱은 G.723.1과 G.729A 등이 있으며, 이들은 특정 크기를 가지는 프레임 단위로 음성을 변환시킨다[2].



(그림 2) 게이트웨이의 변환 과정

### 3. 관련 표준화 단체의 기술 동향

#### 가. ITU-T의 표준화

ITU-T는 Study Group 16 Multimedia에서 VoIP와 관련된 사항으로 H.323을 비롯한 H.22x, H.23x, H.24x 등의 표준화를 진행하였다.

##### 1) H.323 기술개요

H.323 기술은 1990년에 Multimedia를 위한 ISDN 표준을 이용하기 위해 ITU-T H.320을 표준화하였고, 1995년에 다른 망에서의 표준화로 H.324 (GSTN), H.321(H.320 over ATM), H.322(H.320 over Ethernet)가 진행되었으며, 1996년 인터넷 환경을 위한 H.323v1이 표준화 되었다. H.323의 기능 및 역할은 호 수락제어(admission), directory service 연결 설정, 종단간의 capability 교환, logical channel의 개설과 종료, Point-to-Point 및 Point-to-Multipoint 지원과 상태변환, 패킷 망에서의 실시간 전송 등의 기능을 가지고 있다.

H.323의 개정작업으로, H.323v2에서는 Fast call setup, Security framework, Large scale

conference 등의 기능이 추가되었다. H.323v3에서는 Real-time Fax, UDP connection 및 부가서비스 기능 등이 추가되었다. H.323v4에서는 MEGACO 지원을 위한 구조로 바뀌었으며, 여러 가지 부가기능이 추가되었다.

##### 2) H.323 프로토콜 구성 요소

오디오 코덱은 주로 G.723.1과 G.729가 많이 쓰이고 있으며, 구성요소 중의 비디오 코덱은 VoIP를 이용한 음성 통화의 구현에는 필요하지 않다.

- 오디오 코덱: G.711, C.722, G.728, G.723.1, G.729
- 비디오 코덱: H.261, H.263
- H.225: 호 시그널링, 패킷화(Packetization), RAS (Registration, Admission and Status) 기능을 가진 프로토콜
- H.245: 미디어 제어 프로토콜
- T.120: 데이터 제어 및 회의 제어 프로토콜
- RTP: 실시간 전송 프로토콜(RFC 1889)
- RTCP: 실시간 전송 제어 프로토콜(RFC 1889) [4],[13]

#### 나. ETSI의 표준화

ETSI는 TIPHON(Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks)이라는 프로젝트를 수행하고 있다. 1997년 60개 이상의 업체의 참여로 구성되었으며, H.323v2를 기반으로 회선망과 IP 망, 그에 연결되는 단말 장치와의 상호 연동 메커니즘과 멀티미디어 통신 관련 파라미터들을 규정하고 있다.

#### 다. IETF의 표준화

IETF는 2001년 3월 현재 8개의 표준화 영역으로 구성되어 있고, 이 중에서 VoIP와 관련된 표준화 영역은 Transport Area이며, 이 영역의 워킹 그룹의 활동은 다음과 같다.

1) PSTN and Internet Internetworking(PINT)

PINT 워킹 그룹은 인터넷 응용프로그램의 공중전화망 전화서비스 요청과 공중전화망 서비스의 확장에 따른 접속 기준을 정의하는 다음과 같은 활동을 하고 있다.

- 인터넷 사용자가 공중전화망 단말기에 전화를 걸 수 있도록 하는 구조와 프로토콜 연구
- 인터넷 응용프로그램 혹은 서버와 공중전화망의 지능망 서비스 노드 사이에 쓰이는 프로토콜인 SSTP(Service Support Transfer Protocol) 규정
- 공중전화망과 인터넷의 연동에 따른 Security 문제
- 인터넷 응용프로그램과 공중전화망 관리시스템 사이의 서비스 관리 프로토콜을 지원하기 위한 SSTP MIB(Management Information Base) 제정
- 공중 지능망 서비스를 위한 구조와 프로토콜의 확장 연구[7],[8]

2) Services in the PSTN/IN Requesting Internet Service(SPIRITS)

SPIRITS 워킹 그룹은 PSTN과 지능망이 IP 망 요소들에게 어떻게 서비스를 요청할 것인가를 정의하기 위하여 다음과 같은 활동을 하고 있다.

- 공중망/지능망으로부터 요청이 들어온 서비스를 지원할 방안
- 공중망/지능망이 IP 호스트의 서비스를 요청하고 상태를 공중망/지능망에게 알려줄 수 있는 프로토콜
- SPIRITS 형태의 기능을 제공하는 데 따르는 보안
- 인터넷 응용프로그램과 공중망/지능망 관리 시스템이 관리할 수 있도록 SPIRITS MIB 정의

3) IP Telephony(IPTEL)

IPTEL은 IETF에서 인터넷폰 호 설정 과정을 표

준화하기 위한 IP Telephony(IPTEL) 워킹 그룹 중 하나로 다음과 같은 활동을 수행하고 있다[6].

- 호 처리 절차(Call Processing Syntax) 연구: H.323 게이트키퍼와 같은 관리서버들이 호를 받았을 때, 전화를 어떻게 포워딩하고 리다이렉팅 하는가 등의 절차
- 서비스 모델 개발: 호 처리 절차와 이에 따른 서비스 모델 개발
- Gateway Attribute Distribution Protocol 연구 [7]

### III. 통신망 연동 문제점

VoIP를 위한 인터넷과 공중전화망의 연동에 있어서 다음과 같은 문제점이 고려된다.

- 통화 품질상의 문제점
- 망 운용상의 문제점: 과금 문제, 망 관리, 망의 확장성
- 호 설정 및 제어상의 문제점
- 표준간의 호환성 문제

여기서는 위의 고려사항 중에서, 공중망의 전화 서비스에 비하여 현저하게 떨어지는 통화품질에 영향을 주는 요소들과 문제점에 대해서 알아보고자 한다.

#### 1. 지연

PSTN에서 통화를 할 때는 지연(delay) 현상이 문제가 되지 않으나, 패킷 네트워크에서는 다음의 3가지 종류의 지연 현상이 불가피하게 일어난다.

##### 가. 전달(propagation) 지연

광섬유나 구리를 사용하는 네트워크에서 광속에 의해 발생하는 지연이다. 진공 상태에서 광속은 초당 186,000마일이며, 구리선에서 초당 100,000마일을 이동한다. 이러한 지연을 인간의 귀로는 거의

인식할 수 없지만, 처리 지연이 전달 지연과 결합이 되면 음성 품질이 저하되는 것을 느낄 수 있게 된다.

#### 나. 직렬화(serialization) 지연

비트(bit)나 바이트(byte)를 인터페이스에 정확하게 위치시키는 데 걸리는 시간이다.

#### 다. 처리(handling) 지연

기존의 전화 통신망에도 영향을 줄 수 있지만, 패킷 방식 환경에서 더 큰 문제가 된다. 이것은 실제 패킷화(packetization)와 아날로그 음성을 디지털화하는 코덱에서 압축, 패킷스위칭, 지터 버퍼링(jitter buffering) 등에 의한 시간이다.

그 외에도 네트워크 자체의 지연 현상인 미디어 접근 지연(mediaaccess delay)과 라우팅(routing) 등에서 지연 현상이 발생한다.

ITU-T G.114는 (그림 3)과 같이, 단방향의 지연이 150ms 이내이면, 우수한 통화 품질로 규정하고 있다[3]-[6].

단방향 지연 시간(ms)			
이주 우수	우수	나쁨	매우 나쁨
0	150	300	450

(그림 3) 단방향 지연시간에 따른 통화 품질

## 2. 지터

지터(jitter)는 패킷의 도착 간격시간의 분산으로써, 패킷 기반의 네트워크에서만 존재한다. VoIP를 이용한 전화에서 지터가 발생하면, 수신자가 패킷을 재생할 때, 늦게 도착한 패킷은 재생을 하지 못하게 됨으로써 통화 품질의 저하가 일어날 수가 있다. 그래서 이런 지터 현상을 없애기 위해 지터 버퍼를 사용하며, 지터 버퍼에는 정적(static) 지터 버퍼와 동적(dynamic) 지터 버퍼가 있다[4].

## 3. 반향

반향(echo)은 송신자의 음성이 수신자측을 거쳐 다시 송신자의 귀에 들리는 현상으로, 통화 품질에 상당한 영향을 미치는 요소이다. 반향은 Hybrid 반향과 Acoustic 반향 두 가지 종류가 있다. Hybrid 반향은 4가닥에서 2가닥으로 변환하는 과정에서 생기는 임피던스(impedance) 불일치로 주로 발생한다. 이러한 Hybrid 반향은 게이트웨이나 전화기에서 적절히 처리해야 한다. Acoustic 반향은 핸드셋(hand set)이나 라우드 스피킹(loudspeaking) 전화의 라우드 스피커(loud speaker)나 마이크로폰(microphone) 사이에서의 상호통화(cross talk)에서 발생한다. 특히 VoIP에서는 IP Phone 또는 PC에 의한 Acoustic 반향이 음성 품질에 영향을 많이 미치기 때문에 이에 대한 해결을 해야 한다.

또한, 송신자가 말한 것이 수신자에게 전달되고, 그 전달된 내용이 수신자의 송신부를 통해 다시 송신자에게 들리는 수신자 에코(listener echo)는 최악의 통화 품질을 야기한다.

이러한 점에서 VoIP를 이용한 전화에서 반향의 발생은 통화 품질 저하에 영향을 미치는 요소이기 때문에, 반드시 제거해야 한다. 에코를 없애기 위해서 반향 억압기(suppressor)와 반향 소서(cancellation) 방법이 있다. 일반적인 공중전화망에서 반향은 반향 소거 방법으로 제어하며 일반적인 반향점에서는 임피던스 차이를 철저하게 제어한다[4],[9].

## 4. 패킷 손실

네트워크상에서의 패킷 손실(loss)은 흔하며, 쉽게 예상할 수가 있는 일이다. 그래서 대부분의 프로토콜은 패킷 손실을 통해 네트워크의 상태를 알고, 전송하는 패킷의 수를 줄인다. VoIP에서 음성 패킷의 손실은 통화 품질에 영향을 끼친다. 패킷이 하나 손실되었을 경우, 손실된 부분은 재생을 못하게 됨으로써, 사용자는 묵음(silence)을 듣게 된다. 또한 연속적인 패킷 손실이나 패킷 손실이 빈번하게 발생하면, 통화 품질이 급격하게 떨어지게 된다.

그래서 이런 손실로 인한 통화 품질 하락을 막기 위해서, 패킷 은폐 방법(packet concealment)이 사용된다. 패킷 손실 시, 손실된 패킷 이전에 받은 패킷을 재생함으로써, 수신자가 패킷 손실로 인한 묵음을 알아채지 못하게 한다. 그러나 이 방법은 하나의 패킷이 손실될 때에만 유용할 뿐, 다수의 패킷 손실 시에는 별다른 효과가 없다. 요즘의 패킷 네트워크에서, 패킷 은폐 방법은 낮은 비트 속도의 코덱에 내장되어 작동이 된다[4].

### 5. 아날로그 - 디지털 변환

일반적으로 64kbps PCM의 다음 두 가지 기본 변이형이 사용된다. 이 두 가지 방식은 모두 로그리듬(logarithm) 압축을 사용하여 8비트로 12비트에서 13비트의 직선형 PCM 품질을 달성한다는 점에서 비슷하지만, 이러한 압축 방식에는 a-law와  $\mu$ -law가 있다( $\mu$ -law가 저주파수 레벨 신호대 잡음비 성능에서 약간 우수하다). 그 동안에는 지역에 따라 사용하는 방식이 달랐다. 즉, 북아메리카에서는  $\mu$ -law 변조 방식을 사용하고 유럽에서는 a-law 변조 방식을 사용했다. 장거리 전화를 할 때  $\mu$ -law와 a-law 사이의 변환을 하는데 필요한 것은 전부 a-law를 사용하는 쪽에서 처리를 해야 한다.

또 다른 압축 방식은 ADPCM(Adaptive Differential Pulse Code Modulation)이다. 일반적으로 사용하는 ADPCM의 예로, ITU-T G.726은 4-비트 샘플을 사용하여 엔코딩을 하며, 전송 속도는 32kbps 이다. PCM과는 달리, 이 4비트 방식은 음성의 진폭을 직접 엔코딩하는 것이 아니라 아주 초보적인 1차원적 예측 방식으로 진폭의 차이와 진폭 변화율을 엔코딩한다. PCM과 ADPCM은 파형 자체의 중복적인 특성을 활용하는 “과형” 코덱(coder-decoders) 압축 기법의 예이다. 음성 생성의 소스 특성에 대한 지식을 좀더 활용하는 새로운 압축 기법이 지난 10년에서 15년 동안 개발되었다. 이러한 기법은 원래의 음성 진동과 구강 형태를 단순하게 표현한 파라메트릭(parametric) 정보만을 보내어

음성을 압축하는 신호 처리 기법을 사용한다. 이렇게 하면 그 정보를 전송하는 데 대역폭이 더 필요하게 된다. 이러한 기법들은 일반적으로 “source” 코덱으로 분류할 수 있으며, 그 중에는 LPC(Linear Predictive Coding), CELP(Code Excited Linear Prediction) 및 MP-MLQ(Multipulse Multilevel Quantization) 등과 같은 변이형이 포함되어 있다.

CELP, MP-MLQ, PCM, 및 ADPCM 코딩 방식은 ITU-T의 G-시리즈 권고에 표준화되어 있다. Packet voice에서 가장 많이 사용하는 음성 코딩 표준은 다음과 같다.

- G.711: 앞에서 약속한 64kbps PCM 음성 코딩 기법을 규정하는 것으로, G.711 방식으로 엔코딩된 음성은 이미 공중전화망에서 또는 PBX를 통하여 디지털 음성을 전달할 수 있는 포맷으로 되어 있다.
- G.726: 40, 32, 24, 26kbps의 ADPCM 코딩을 규정하는 것으로서, ADPCM 음성도 packet voice와 공중전화망이나 PBX 망 사이에서 서로 교환할 수 있다. 다만, 공중전화망이나 PBX 망에 ADPCM 처리 기능이 있어야 한다.
- G.728: CELP 음성 압축 방식의 16kbps 저 지연 변이형을 규정하는 것이다. CELP 음성 코딩은 전화통신망으로 또는 전화통신망을 통하여 전달할 수 있도록 공공 텔레포니 포맷으로 코드 변환이 되어야 한다.
- G.729: 음성을 8kbps 스트림으로 코딩할 수 있는 CELP 압축을 규정하는 것이다. 이 표준의 두 가지 변이형(G.729와 G.729 Annex A)은 계산의 복잡성에서 크게 다르지만, 두 가지 모두 일반적으로 32kbps ADPCM과 같은 수준의 음성 품질을 제공한다.
- G.723.1: 전체적인 H.324 계열 표준의 일부로서, 아주 낮은 비트 속도로 멀티미디어 서비스의 음성이나 다른 오디오 신호 요소들을 압축하는데 사용할 수 있는 압축 기법을 규정하는 것이다. 이 종류의 코더에는 5.3kbps와 6.3kbps의

두 가지 비트 속도가 관련되어 있다. 6.3kbps의 비트 속도는 MP-MLP 기술에 기초한 것으로 품질이 더 뛰어나며, 5.3kbps의 비트 속도는 CELP에 기초한 것으로, 품질이 양호하며 시스템 설계자들이 좀더 유연하게 설계할 수 있다.

VoIP를 이용한 전화에서 디지털에서 아날로그로의 전환은 인터넷망에서 공중전화망으로 넘어갈 때 일어난다. 이때 디지털은 압축된 음성이기 때문에 아날로그 전환 시 음질이 처음의 음질과는 다르게 된다. 즉 손상이 일어난다. 이러한 디지털-아날로그 변환이 많이 일어나면 통화품질이 급격히 떨어지기 때문에, 최소한의 변환이 일어나는 것이 좋다. ITU-T 권고에서는 7번 이상의 변환은 권장하지 않고 있다[4],[9]-[11].

#### IV. 인터넷폰 서비스 QoS 보장 방안

앞에서 언급한 것처럼, packet voice 네트워크에서 이상적인 단방향 지연시간은 150ms와 200ms 사이이다. 코덱과 두 라우터 사이의 패킷화에 의해 발생하는 지연시간은 통상 50ms에서 60ms 사이이다. 따라서 네트워크 양단간의 실시간 데이터 전송 시에, 100ms에서 140ms 까지만 사용 함으로써, QoS 보장을 위한 필요한 지연과 지터를 제공하는 네트워크를 설정하는 방법을 설명하고자 한다.

모든 QoS 문제를 해결하는 데 한 가지 QoS 톨에만 초점을 맞추지 말고 네트워크를 전체적으로 파악하면서 네트워크의 어느 부분에 어느 톨을 사용할 것인지 결정해야 한다. 다음은 VoIP에 적용할 수 있는 QoS의 개념과 특성을 기술한다.

##### 1. 헤더 압축(Header Compression)

RTP(Real-Time Transport Protocol)는 오디오와 비디오를 포함하는 실시간 데이터를 전송하는데 쓰이는 인터넷 표준 프로토콜이다. RTP는 데이터 부분과 RTCP라고 하는 제어 부분으로 구성되어

있다. RTP의 데이터 부분은 연속적인 미디어(예를 들면, 오디오와 비디오)와 같은 실시간 속성을 지닌 응용프로그램을 지원하는 프로토콜이며 타이밍 재구성, 손실 감지, 콘텐츠 식별 등의 기능이 포함되어 있다. RTP는 수신기에서 멀티캐스트 그룹으로 QoS 피드백을 제공하며, 다양한 미디어 스트림의 동기화 기능도 지원한다.

프레임 음성이 매 20ms 간격으로 샘플링되는 packet voice 환경(G.729)에서는 20바이트의 페이로드를 생성한다. 총 패킷 크기는 IP 헤더(20바이트), UDP 헤더(8바이트), RTP 헤더(12바이트) 및 20바이트의 페이로드 등으로 구성된다. 헤더 크기가 페이로드 크기의 두 배라는 점에 주목해야 한다. 느린 링크에서 매 20ms 간격으로 패킷을 생성하면서, 헤더는 대역폭의 많은 부분을 소모한다.

사용할 수 있는 대역폭을 불필요하게 소모하지 않도록, cRTP(compressed RTP)는 링크 별로 사용한다. 이 압축 방식에서는 IP/UDP/RTP 헤더를 UDP 체크섬(checksum)이 보내지고 있지 않을 때는 대부분 2바이트로 줄이고 UDP 체크섬이 사용되고 있을 때는 4바이트로 줄이게 된다. 또한, TCP/IP 헤더 압축에서는 다수의 동시 TCP 연결에 대해 공유 상태를 유지하는 것처럼, 이 IP/UDP/RTP 압축에서는 다수의 세션 환경에 대해 상태를 유지해야 한다. 세션 환경은 IP 소스와 수신지 주소, UDP 소스와 수신지 포트 및 RTP SSRC(synchronization source) 필드 등의 조합으로 정의된다. 압축 시스템은 이러한 필드에 대해 해시(hash) 함수를 사용하여 저장된 세션 환경표를 색인 처리할 수 있다. 압축된 패킷에는 세션 환경 식별자(Session Context Identifier)라고 하는 작은 정수가 따라 다니므로 패킷을 해석할 세션 환경을 알 수 있다. 복원기는 세션 환경 식별자를 사용하여 저장된 세션 환경표를 색인 처리한다.

cRTP는 대부분의 경우 40바이트의 헤더를 2~4 바이트로 압축할 수 있다. 때때로, IP/UDP/RTP 헤더는 특정 항목이 변경될 경우에는 압축시킬 수 없다. 예를 들어, '페이로드 타입 항목'과 같은 특정한

항목이 변경된다면, 압축되지 않은 헤더를 보내야 한다. cRTP는 대역폭이 문제가 되고 RTP 트래픽이 많은 WAN 인터페이스에서 사용해야 한다. 그러나 고속 네트워크에서는 압축/복원 오버헤드 때문에 적용이 어렵다는 단점이 있다.

## 2. 대기열(Queuing)

### 가. Weighted Fair Queuing(WFQ)

WFQ는 대기열이 대역폭 부족 상태가 되지 않게 하고 트래픽이 예측 가능한 서비스를 받도록 보장하는 역할을 한다. 양이 적은 트래픽 스트림은 전체 부하를 적시에 전송하여 우선적으로 처리한다. 양이 많은 트래픽의 경우에는 남아 있는 용량을 공유하고, 대역폭을 동일하게 나누거나 비례적으로 분배한다.

WFQ의 가중치 설정은 IP Precedence, RSVP 및 FECN(Forward Explicit Congestion Notification)/BECN(Backward Explicit Congestion Notification)의 세 가지 메커니즘에 의해 영향을 받는다. IP Precedence 필드의 값은 0(기본값)과 7 사이이고, 우선 순위 값이 증가하면, 알고리즘에 따라 더 많은 대역폭이 할당되므로 보다 자주 전송하는 것이 가능해진다. 프레임 릴레이 네트워크에서, 폭주 상태 존재 여부는 FECN과 BECN 비트로 표시된다. 폭주 상태 플래그가 붙으면, 알고리즘이 사용하는 가중치가 바뀌어 폭주 상태에 있는 대화가 전송되는 간격이 커지게 된다.

### 나. 사용자 정의형 대기열 처리(Custom Queuing)

사용자 정의형 대기열 처리 방식을 사용하면 가용 대역폭의 일정 비율을 특정한 프로토콜에 지정할 수 있다. 최대 10개의 아웃풋 대기열을 정의할 수 있으며, 시스템 메시지를 위한 추가 대기열도 정의할 수 있다. 각 대기열은 라운드 로빈(Round Robin) 방식으로 차례대로 서비스를 제공받으며, 다음 대기열로 넘어가기 전에 각 대기열의 트래픽의 일정 부

분을 전송하게 된다.

라우터는 각 대기열에서 몇 바이트를 전송해야 하는지를 인터페이스 속도와 설정된 트래픽 비율을 기초로 결정하고, 특정 대기열의 사용하지 않은 대역폭은 다른 트래픽이 사용할 수 있다. 한편, 네트워크 관리자가 트래픽의 종류 및 특성을 파악하고 있어야 하므로 행정 업무가 증가한다.

### 다. 우선 순위 대기열 처리(Priority Queueing)

우선 순위 대기열 처리 기능을 사용할 경우 네트워크 관리자가 트래픽을 네 가지 우선 순위(high, normal, medium, low) 대기열 중의 하나에 할당을 하면, 우선 순위가 높은 대기열의 트래픽이 모두 처리되고, 그 다음에 우선 순위가 다음인 패킷이 처리된다.

대기열 처리 방식을 이용하면 중요한 트래픽이 항상 필요한 만큼 대역폭을 확보할 수 있으며, 다른 응용프로그램에는 대역폭을 할당하지 않을 수 있다. 따라서 응용프로그램이 필요한 대역폭을 확보하도록 트래픽 흐름을 반드시 이해해야 하고, 우선 순위가 가장 높은 트래픽이 최소한의 대역폭을 필요로 하는 경우에 사용하는 것이 바람직하다.

## 3. 패킷 등급화(Packet Classification)

### 가. IP 우선 순위 - 서비스 등급

IP 우선 순위(IP Precedence)는 서비스 등급을 기준으로 트래픽을 전송할 수 있는 지엽적인 기능이다. IP 우선 순위는 IP 헤더의 ToS(Type of Service) 필드를 사용하여 우선 순위 등급을 부여한다. 네트워크 오퍼레이터는 최대 여섯 가지 서비스 등급을 정의하고 정책 맵과 ACL(Access Control List)을 사용하여 각 클래스에 대한 폭주 처리 방식과 대역폭 할당의 면으로 네트워크 정책을 정의할 수 있다.

IP 우선 순위 기능은 IP 헤더의 ToS 필드에 있는 세 개의 우선 순위 비트를 활용하여 각 패킷에 대한 CoS 할당을 지정한다. IP 우선 순위 기능은 고객 지정(예를 들면, 어플리케이션이나 액세스 라우터에 의



한 것) 및 IP나 MAC(Media Access Control) 주소, 물리적인 포트, 어플리케이션 등에 기초한 네트워크 할당 등을 포함하여 우선 순위 할당과 관련하여 상당한 유연성을 가지고 있다.

ToS 필드에서 사용할 수 있는 IP 우선 순위 설정 항목은 <표 1>과 같다.

<표 1> ToS(IP Precedence) of IP Header

Service type	Purpose
routine	Set routine precedence (0)
priority	Set priority precedence (1)
immediate	Set immediate precedence (2)
flash	Set flash precedence (3)
flash-override	Set flash override precedence (4)
critical	Set critical precedence (5)
Internet	Set internetwork control precedence (6)
network	Set network control precedence (7)

IP 우선순위 비트 설정 6과 7은 네트워크 제어 정보(라우팅, 업데이트 등) 용으로 사용되고 있다. 모든 패킷은 일반적으로 0으로 분류된다. IP Precedence 기능을 이용하면 네트워크가 (고객이 지정하는 우선 순위를 인정하는) 수동 모드로 작동할 수도 있고 (우선 순위 할당을 설정하거나 무시하는 정의된 정책을 활용하는) 능동 모드로 작동할 수도 있다.

IP 우선순위는 연관 기술(예를 들면, Tag Switching, Frame Relay, ATM 등)에 매핑되어 이질적인 네트워크 환경에서 종합적인 QoS 정책을 제공할 수도 있다. 그렇기 때문에, IP 우선순위는 기존의 어플리케이션을 수정하거나 복잡한 네트워크 신호 처리를 하지 않고도 서비스 등급을 설정할 수 있다. IP 우선순위는 대기열 처리 방식이 아니지만, 다른 대기열 처리 방식(WFQ, WRED)이 패킷의 IP 우선순위를 기준으로 우선 순위를 설정할 수 있는 기능을 사용하게 할 수 있다.

#### 나. Policy 기반의 라우팅

Policy 기반 라우팅에서는 시스템 관리자가 트래

픽 플로우에 대해 잘 정의된 정책을 설정할 수 있으며 트래픽 전송과 라우팅을 결정하는데 라우팅 프로토콜에만 전적으로 의존하지 않는다. Policy 라우팅에서도 IP 우선순위 필드를 설정하여, 네트워크가 다양한 서비스 등급을 사용할 수 있게 한다.

Policy는 IP 주소, 포트 번호, 프로토콜, 패킷 크기 등을 기초로 한다. 이러한 요소들 중의 하나를 사용하여 정책을 만들 수도 있고, 이러한 요소들을 전부 사용하여 복합 정책을 만들 수도 있다. Policy 기반 라우팅 기능이 설정된 상태에서 인터페이스에 수신되는 모든 패킷은 “라우팅 맵”이라고 하는 고급 패킷 필터를 통하여 전달된다.

라우팅 맵 명령문은 permit이나 deny로 표시할 수도 있다. 명령문이 deny로 표시되면, 우선 순위 기준에 일치하는 패킷조차 정상적인 전송 채널을 통하여 되돌려 보내진다(바꾸어 말하면, 수신지 기준 라우팅이 수행된다). 명령문이 permit으로 표시되어 있고 패킷이 우선 순위기준에 일치하는 경우에만 우선적으로 처리된다. 명령문이 permit으로 설정되어 있고 패킷이 기준에 일치하지 않으면, 그 패킷은 정상적인 채널을 통하여 전송된다.

IP 표준 ACL을 이용하여 기준을 설정하는 데 사용된다. 표준 IP 액세스 목록은 발신 주소의 일치 기준을 지정하는 데 사용되며, 확장 액세스 목록은 어플리케이션, 프로토콜 유형, ToS, 우선 순위 등을 기준으로 일치 기준을 지정하는 데 사용한다.

일치 구문 기능은 지정된 최소값과 최대값 사이에 일치하는 패킷 길이를 포함하도록 확장되었다. 그 다음에 네트워크 관리자는 대화형 트래픽과 벌크 트래픽 사이를 구분하는 기준으로 매치 길이를 사용할 수 있다. 정책 라우팅 프로세스는 일치하는 것이 발견될 때까지 라우팅 맵을 검색한다. 라우팅 맵에 일치하는 것이 없거나, 라우팅 맵 항목이 permit이 아니라 deny이면, 정상적인 라우팅이 진행된다.

#### 다. Resource Reservation Protocol(RSVP)

인터넷에서 서비스 가입자들이 요구하는 멀티미디어 서비스를 원하는 서비스 품질로 제공하기 위해서

는 각각의 사용자들에 따른 QoS를 제공해야만 한다. 현재 이러한 사용자들이 요구하는 QoS를 제공하기 위한 접근은 IETF에서 표준화를 하고 있는데 IETF에서 제일 먼저 제안한 QoS 보장형 서비스 모델이 바로 RSVP라는 신호 프로토콜을 사용해서 사용자 QoS를 제공하고자 하는 Integrated Service 이다.

Integrated Service는 특정 스트림 즉, 플로우에 특별한 QoS를 제공하기 위해서는 라우터에게 자원 예약이 반드시 필요하며 이를 위해 라우터에서 각 플로우별 상태를 유지해야 한다.

이런 자원 예약을 위해서 사용되는 프로토콜이 바로 RSVP 이다. RSVP는 Integrated Service 기준 모델에 따라 구현하였는데, 특징으로써 유니캐스트 환경 혹은 멀티캐스트 환경에서 자원을 단방향(송신자로부터 수신자로)으로 수신자가 중간 노드들(라우터들)을 경유하여 예약하며, 이때의 자원 예약 상태는 모든 라우터와 호스트에서 Soft state로 유지된다는 것과 멀티캐스트의 경우 플로우 별로 예약한 자원을 공유할 것인지 독점할 것인지 등을 정의한 스타일을 가지고 있다.

이러한 RSVP의 동작은 송신자가 자신의 플로우 특성을 알리는 패킷을 주기적으로 전송하며, 이 패킷에 대한 응답으로써 각 수신자는 자신이 원하는 자원을 송신자로 주기적으로 보내는데, 수신자로부터 송신자까지의 경로 자원을 앞서 언급한 스타일에 따라 예약하게 된다.

Soft state라는 것은 바로 주기적으로 자신이 예약한 자원을 계속해서 알려줌으로써 라우터가 자신에게 할당하는 자원을 계속해서 유지해 달라고 요청하기 때문에 생겨난 이름이다.

그런데, 다수의 수신자와 동적으로 변하는 그룹에 있어서 플로우에 해당하는 자원을 보장해 주려는 시도로써 제안된 Soft state 방법은 각 수신자들에게 자원을 예약해 주는 이점이 있는 반면에, 주기적으로 갱신된 상태 및 각 플로우 별로 자원을 예약하기 위해서 라우터에게 할당하는 자원 등의 부담으로 말미암아 라우터의 성능 저하를 초래하게 된다. 따라서 수많은 플로우가 존재하는 인터넷 전체에서 RSVP 방식이

적용된다는 것은 사실상 불투명하다고 할 수 있다.

다음은 Integrated Service의 문제점에 대한 것이다.

- 플로우 수가 증가하면 플로우 상태 정보량도 증가하므로, 상태 정보 저장을 위한 방대한 저장공간이 필요하며 이를 관리하기 위한 처리 부하가 증가하게 된다. 따라서 이와 같은 구조는 확장성에 심각한 문제를 야기한다.
- 라우터의 기능 요구사항이 증가한다.
- 서비스의 품질을 보장하기 위해서는 Integrated Service를 제공하는 라우터가 망 전체에 설치되어야 한다.

#### 4. 트래픽 셰이핑(Traffic Shaping)

트래픽 셰이핑은 네트워크 내부로 유입되고 유출되는 트래픽의 양과 유출되는 트래픽의 속도를 조절하는 메커니즘이다. 대표되는 방법으로는, Leaky-Bucket 방법과 Token-Bucket 방법 그리고 이들을 통합한 복합 방법이 있다.

##### 가. Leaky-Bucket 방식

Leaky-Bucket은 일정하지 않은 트래픽을 일정하게 유지시켜 네트워크에 전송시키기 위한 방식으로 ATM 네트워크에서 셀트래픽의 속도를 조절하기 위해 제안되었으나 패킷 망의 네트워크 레이어에서도 사용되고 있다. Bucket(FIFO Queue)의 크기와 전송률은 일반적으로 사용자가 조절할 수 있으며 바이트 단위로 표시한다. 이 방식은 네트워크로 전송되는 트래픽을 아주 단순히 제어하고 조절할 수 있으며 구현 또한 비교적 쉽고, 네트워크 내의 한 종류의 트래픽 양을 조절하는 임의의 임계치(threshold)로 사용할 수 있는 방식인 반면, 여러 종류의 트래픽 속도를 지원해야 하는 경우에는 비효과적이다.

##### 나. Token-Bucket 방식

Token-Bucket은 Leaky-Bucket과 달리 Buc-

ket 자체를 FIFO 큐로 사용하지 않고 트래픽을 제어하기 위한 제어용 토큰을 관리하는 용도로 사용한다. 트래픽은 토큰의 유무에 따라 흐름의 제어를 받게 되는데, 고속도로의 톨게이트에서 통행료를 지불하는 차량들이 통과하듯이 트래픽은 토큰이 있을 경우 통과하게 된다. 또한 항상 정해진 일정량만 통과하도록 되어 있는 Leaky-Bucket과는 달리 트래픽이 버스티한 경우에도 정해진 한계치 범위 내에서는 통과가 가능하다. 따라서 네트워크의 자원 활용을 보다 효율적으로 할 수 있는 장점을 가진다.

#### 다. 복합 방식

위의 두 가지 방식의 장점을 활용한 복합 방식도 제안되었는데, 먼저 Token-Bucket으로 트래픽 양의 버스트를 허용하면서 조절한 후, Leaky-Bucket을 이용해서 특정 한계치의 값만큼 일정하게 트래픽을 전송하는 방식이 복합 방식이다. 이 방식을 이용하면 다수의 Token-Bucket 방식이 가질 수 있는 특정 클래스의 자원 독점 혹은 경쟁을 막을 수 있을 뿐만 아니라 트래픽 클래스의 차별화를 훨씬 용이하게 구현할 수 있게 된다.

### 5. 프래그멘테이션(Fragmentation)

멀티링크 프래그멘테이션과 인터리빙 또는 MMP(Multichassis Multilink PPP)의 기초 이론은 느린 대역폭 링크에서는, 비교적 큰 패킷은 분해하여 큰 패킷의 조각들 사이에 비교적 작은 패킷을 넣는 방법이 있어야 한다는 것이다. 이 방법은 MP(Multilink PPP)의 일부 기능을 수용·수정하여 인터리빙을 가능하게 한다.

또한 해결해야 하는 문제는 큰 MTU(Maximum Transmission Unit) 패킷(1,500바이트)이 56kbps 라인을 통과하는 데 215ms가 걸린다는 점이다. 리얼타임 패킷, 특히 음성의 경우, 150ms에서 200ms까지의 총 지연 목표는 이미 넘게 된다. MMP는 MP가 패킷을 분해할 수 있는 능력을 기초로 구축이 된다. MMP는 4레벨이나 16레벨의 서스펜션(대기열

처리) 기능을 제공하는 반면, MP는 한 레벨만 제공한다. MMP에서는 MMP를 지원하기 위해 링크의 양쪽 끝이 모두 필요하지 않다[8].

### 6. 혼잡 회피(Congestion Avoidance)

엄격한 큐(queue) 관리에도 불구하고 다양한 트래픽을 수용하다 보면 혼잡(congestion)상황을 완전히 피할 수는 없게 된다. 혼잡은 네트워크의 작동을 예측하기 어렵게 하고, 데이터 손실률을 높이며, 또한 재전송률을 증가시킨다.

#### 가. RED(Random Early Detection)

다수의 플로우가 동시에 네트워크에 존재할 때, 어느 한 부분에서 혼잡상황이 발생하면, 모든 플로우가 거의 동시에 데이터 손실을 겪게 되는 “글로벌 동기화” 현상을 방지하기 위하여 임의로 플로우를 선택하여 탈락(drop)시키는 방식을 RED라고 한다. RED는 큐 길이를 측정하여, 시스템 관리자가 설정해 둔 한계치 값에 접근하면 임의로 특정 플로우를 선택하여 패킷을 탈락시켜 송신측의 송신 속도를 늦출 수 있도록 한다.

#### 나. WRED(Weighted Random Early Detection)

WRED는 RED의 단점을 보완, 서비스 차별성을 유지하면서도 혼잡을 제어할 수 있는 방법으로 혼잡 발생 시 탈락시킬 플로우를 특정 기준(정책, IP 우선순위에 따라 우선순위를 두고 선택하는 방법이다.

### 7. QoS의 경험적 방법

네트워크 에지 상에서 QoS를 구현할 때의 기본적인 제안방법으로써는 low-bandwidth WAN circuit인 경우 cRTP와 프래그멘테이션 방법을 사용함으로써 음성 관련 패킷의 QoS를 보강해 줄 수 있으며, 또한 음성 플로우에 우선순위를 부여하는 WFQ 방법을 사용함으로써 QoS를 제공해 준다. WFQ 방법 중 CB-WFQ(Class Based-WFQ) 방법

이 있는데 트래픽 플로우를 IP RTP Priority와 IP 우선순위를 사용하여 분류함으로써 WFQ 보다 효과적으로 음성 관련 트래픽 플로우의 QoS를 향상시켜 줄 수 있다.

백본 네트워크에서는 Congestion Avoidance를 이용하여 QoS를 구현할 수 있으며 백본과 에지가 서로 상호 작용을 하면 더욱 효과적인 QoS를 제공할 수 있다.

## V. 결론 및 향후 연구방향

인터넷이 기존 통신환경에 미치는 엄청난 영향으로 다양하고 보편적인 멀티미디어 서비스가 구체화되고 있다. 특히 음성 및 데이터를 단일 네트워크로 보내는 “통합(Convergence) 네트워크” 개념이 새로운 패러다임으로 전개되고 있다. VoIP 기반의 인터넷폰 서비스가 가장 큰 예라고 할 수 있다. 세계적인 시장조사 기관인 IDC는 인터넷폰 시장이 2001년 3억 8,000만 달러에서 2004년 18억 7,000만 달러로 5배 이상 커질 것으로 전망했다. 그리고 인터넷폰은 단말기나 가전기기 등을 통해 무선 인터넷에 접속할 수 있는 All IP가 구현되는 4세대 이동통신 환경에서 더욱 큰 힘을 발휘할 것이다[3].

본고는 VoIP를 위한 인터넷과 공중전화망의 연동을 여러 측면에서 살펴보았다. 즉 인터넷의 구조와 관련 기술 및 추세 등을 분석하고, 공중전화망의 구조에 대해 정리하였다. 또한 VoIP 기술 및 공중전화망과의 연동에 대해 관련 표준화 단체의 기술 동향을 조사하고, VoIP를 위한 인터넷과 공중전화망의 연동에 있어서의 문제점을 도출하였다. 가장 큰 문제인 공중전화망에 비해 현저히 떨어지는 통화 품질을 개선할 수 있는 QoS 툴킷 및 기술을 소개하였다.

앞으로도 인터넷폰의 통화품질 제고를 위한 다각도의 연구가 계속될 것이다. VoIP를 위한 통신망의 연동에 있어서 여러 가지의 고려사항이 존재하고, 이런 문제점을 해결하기 위해 관련 단체의 연구가 한창이다. 우리나라에서도 2000년 4월에 VoIP 포럼이 창설되었다. 국내의 관련 연구기관, 산업체 및

학계가 참여하는 대규모의 포럼이 창립된 것은 이례적인 일로서, 그만큼 인터넷폰 사업의 효용성이 높게 평가 받았기 때문이라고 볼 수 있다.

그러나 앞서 언급했듯이, 인터넷폰 사업의 발전 및 효과적인 인터넷과 공중전화망의 연동을 위해서 해결해야 할 다음과 같은 과제가 남아 있다.

- 인터넷 텔레포니의 QoS 및 통화 품질 개선을 위한 기술 지침 정립
- 인터넷 텔레포니의 지능망 및 신호망과의 결합에 의한 지능형 서비스 제공을 위한 국제 표준화연구 및 기술 규정 정립
- 인터넷 텔레포니를 위한 Numbering-plan 및 서비스 이용에 따른 과금문제에 대한 국제 표준화연구 및 기술 규정 정립
- 인터넷 텔레포니의 향후 IMT-2000에서의 IP 및 VoIP 수용에 관한 연구와 국제표준화

따라서 인터넷폰 서비스의 보편화, 활성화 및 이용자의 보호라는 측면에서 앞서 언급했던 위의 4가지 문제에 대한 연구가 계속 진행되어야 할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] 김영한, 고석갑, “VoIP 기술개요 및 표준화 동향,” 정보처리학회 제8권 제2호, 2001. 3.
- [2] 월간 On the net 2 월호, 정보시대.
- [3] 전자신문사, “인터넷 텔레포니 출범,” 2000. 4. 10.
- [4] Jonadan Davidson and James Peter, “Voice over IP Fundamentals,” Cisco Press, 2000. 1.
- [5] <http://myhome.netsgo.com/kayroh/Kronos.html>
- [6] <http://www.ietf.org/html.charters/iptel-charter.html>
- [7] <http://www.bell-labs.com/mailling-lists/iptel/>
- [8] <http://www.cisco.com>
- [9] Bill Douskalis, “IP Telephony,” *HP Professional Books*, pp. 128 - 129.
- [10] “Dual Rate Speech Coder For Multimedia Communications Transmitting at 5.3 and 6.3kbts/s,” ITU-T Recommendation G.723.1, Mar. 1996.
- [11] “Coding of Speech at 8kbts/s Using Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction(CS-ACELP),” ITU-T Recommendation G.729, Mar. 1996.
- [12] Miller, “Voice Over IP,” *M&T Books*, 2000.