

# 음성 전화를 위한 Internet-ISDN 연동 게이트웨이 신호 프로토콜 검증

유 상 신<sup>†</sup>

## 요 약

인터넷 전화의 광범위한 사용에 핵심적인 요소는 통화 품질의 향상과 기존 망과의 자연스러운 연동이다. 이 중 연동은 인터넷 망과 전화망간의 프로토콜 변환을 수행하는 인터넷 전화 게이트웨이에 의해 수행된다. 본 논문에서는 기존의 교환망인 ISDN에 접속된 일반전화와 인터넷 전화간의 연동을 위한 연동의 필요성과 가능성, 연동을 위한 요구사항을 도출하였다. 이를 위해 연동기능부 신호 프로토콜을 분석하여 페트리네트로 모델링 하였고, 도달성 트리를 이용해서 본 연구의 목적인 연동 가능성을 확인하였으며, 아울러 연동 기능부가 데드락, 생동성 및 제한성의 특성을 만족할 수 있음을 확인하였다.

## Signalling Protocol Validation of Internet-ISDN Interworking Gateway for Voice Telephony

Sang-Shin Yoo<sup>†</sup>

### ABSTRACT

Critical to more widespread use of Internet telephony are the smooth interoperability with the existing telephone network and the improved quality of voice connections. Of these requirements, this interoperability comes through the use of Internet Telephony Gateway's which perform protocol translation between an IP network and the Public Switched Telephone Network. In this paper, we have focused on the necessity and possibility of interoperability, and furthermore derived the necessary requirements for interoperability between IP networks and PSTN. For this purpose, we have analyzed the signalling protocols for gateway system. Then, we have modelled the inter-working part using the Petri-Net model. Through reachability trees of the Petri-Net model, we have confirmed that interoperability is possible, and that characteristics of deadlock, liveness, and boundness are satisfied.

### 1. 서 론

기존의 음성 전화는 64 Kbps 대역폭을 기본으로 하는 회선교환망을 이용해서 이루어졌고, 전자메일이나 파일 전송과 같은 데이터 서비스들은 패킷망을 통해 별도로 이루어져 왔다. 그러던 것이 90년대 들어서는

모든 서비스를 하나의 네트워크에서 제공하고자하는 광대역 ISDN(B-ISDN)으로 시선이 모아졌다. 그러나 최근 웹 서비스를 기폭제로 인터넷이 급속히 확산되고, 초고속망을 비롯한 네트워크 하부 구조에 대한 투자가 활발히 이루어지면서 B-ISDN과 인터넷이 상호 보완적인 관계를 이루면서 네트워크의 양대 축을 형성하고 있다. 이러한 흐름으로 B-ISDN에서의 멀티미디어 연구와 아울러 인터넷을 통한 멀티미디어 서비스 연구가

\* 전주대 1999년 연구비 지원 연구결과임  
† 정 회 원 : 전주대학교 컴퓨터공학과 교수  
논문접수 : 1999년 4월 13일, 심사완료 : 1999년 9월 6일

급진전되고 있다. 이러한 연구 중의 하나가 인터넷 전화 서비스이다. 인터넷의 대역폭 향상 및 음성 압축과 같은 기술발전이 음성 품질의 획기적인 향상을 가능하게 함에 따라 현재 인터넷 전화가 기존 시장에 위협적으로 다가서고 있는 중이다.

인터넷 전화의 발전에 있어 가장 중요한 것은 가격 이전에 기존의 회선교환 서비스 못지 않은 음성 품질 및 다양한 기능 제공을 위한 핵심 기술의 개발이다. 그러나 인터넷 내에서의 자유롭고, 품질 좋은 전화서비스만으로 만족할 수 있겠는가? 그렇다면 기존의 전화는 폐기되어야 하는가? 아니면 양립해야 하는가? 물어볼 필요도 없이 서비스 품질 못지 않게 중요한 요소 중의 하나가 기존 망과의 연동기술이다. 만약 연동 문제가 해결되지 않는다면 인터넷 전화를 가진 사람과 PSTN/ISDN 전화를 가진 사람간의 통화가 불가능해 지기 때문에 사용자들은 수신자가 어떤 네트워크에 접속되어 있는지에 따라 다른 전화를 사용해야 한다는 문제점이 발생한다. 다시 말하면 PSTN 혹은 ISDN 전화와 인터넷에 연결되어 있는 인터넷 전화간에 자연스러운 통화가 가능하도록 하는 것이 필수적인 것이다. 기존의 전화망과 인터넷간의 연동을 위해서는 실제 음성 데이터를 주고받는 사용자 평면, 연결의 설정 및 해제에 요구되는 신호를 주고받는 제어 평면, 관리에 관련된 관리평면 등 모든 측면에서의 변환 문제가 해결되어야만 한다. 본 연구에서는 기존의 전화망들 간에는 어느 정도 연동 문제가 해결되어간다는 전제아래 기존 전화망의 대표적인 광대역 ISDN과 인터넷간의 연동에 관해, 특히 호 처리와 관련된 연동 기능에 초점을 맞춘다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 B-ISDN과 인터넷의 연동에 관련된 일반적인 내용에 대하여 설명한다. 제3장에서는 연동에 관계되는 B-ISDN 신호 시스템과 인터넷 신호시스템 각각에 대해 알아보고, 제4장에서는 B-ISDN과 인터넷 사용자부의 연동방안 그리고 연동시 연결의 설정과 해제 절차, 연동 시의 신호 프로토콜 모델링을 기술하고, 가장 일반적인 프로토콜 검증 수단인 페트리네트로 이를 검증한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 신호 시스템 및 연동 개요

음성전화를 위한 B-ISDN과 인터넷간의 연동기능은 프로토콜 참조 모델을 고려하면 크게 사용자 평면과

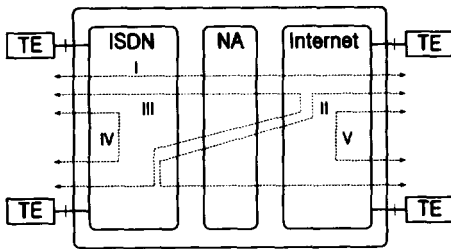
제어 평면으로 구분되는데, 사용자 평면은 사용자 데이터 전달기능의 차이에 기인한 패킷화 지연 문제의 해결 방안, 손실 복구를 위한 다양한 FEC(Forward Error Correction) 방안, 지터의 흡수를 위한 동적인 재생 버퍼 이용, 그리고 네트워크 QoS(Quality of Service) 향상을 위한 자원 예약 등의 연구가 필요하고, 제어 평면은 호와 베어러 연결의 설정 및 해제 등에 필요한 이질적 신호를 처리하는 것이 요구된다. 본 연구에서는 서로 다른 이종 망을 연동시키기 위해 필수적으로 요구되는 제어 평면의 연동, 즉 신호의 연동에 초점을 맞춘다[1-4].

기존에 B-ISDN과 N-ISDN의 연동과 같은 경우에는, 신호 측면에서는 유사한 측면이 많아 정보 요소의 매핑 등에 의해 자연스럽게 연동이 이루어지고, 사용자 평면에서는 패킷화에 따른 지연, 반향 등이 주요 문제가 되는 양상이었고, 개개의 표준이 명확했기 때문에 연동에 대한 표준화 연구도 활발히 이루어졌다. 그러나 전화서비스를 위한 회선망과 인터넷간의 연동은 사용자 데이터 측면은 물론 신호 측면에서도 이질적인 요소가 많고, 인터넷에서의 프로토콜 자체에 대한 표준도 난립하고 있는 상황이어서 현재까지는 인터넷 전화의 표준을 정립하는데 초점이 맞춰지는 상황이었다. 그러나 최근에 인터넷 전화에 대한 주도적인 표준이 나타나고, 인터넷 전화 시장이 커짐에 따라 기존 망과의 연동 문제가 자연스럽게 주요 이슈로 떠오르고 있다.

연동을 위해서는 연동의 대상이 되는 양측의 프로토콜이 명확해야 하는데 현재 ISDN 프로토콜은 표준이 비교적 명확하지만 인터넷에서의 신호 표준은 아직 명확한 표준이 없는 상태이다. 현재 인터넷 전화의 표준은 두 가지 흐름이 있는데 하나는 ITU-T에서 LAN용 멀티미디어 통신을 위해 제정한 H.323 표준 가운데 음성 소스에 관계된 부분과 전송 및 제어에 관계된 부분을 발췌하여 이용하고, 여기에 미비한 부분은 IMTC의 VoIP Forum에서 보완하는 것이다. 현재 사용되는 게이트웨이들은 연동을 위한 기준으로 H.323을 구현하여 제공하고 있으나 선택사항이고, 실제로는 자사 제품간에만 통신이 이루어지는 경우가 대부분이다. 뿐만 아니라 H.323을 이용하는 경우는 멀티미디어 서비스를 위한 구성에서 음성만을 취하므로 전체적인 구조가 복잡한 편이고, 인터넷 전화 자체의 특성을 충분히 반영하는데 한계가 있다. 다른 하나는 기존에 멀티미디어 서

비스를 위한 복잡한 구조를 벗어나 단순하면서도 인터넷의 기존 서비스와 조화를 이루는, 그리고 일반적으로 수백 개의 기능 서비스를 갖고 있는 전화 서비스의 특성에 맞게 손쉽게 새로운 서비스를 창출할 수 있는 새로운 접근으로 IETF의 MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control) Working Group에서 SIP(Session Initiation Protocol)가 연구되고 있다. 따라서 최근에는 인터넷 전화만의 특성을 반영하여 단순하게 만들 수 있고, WWW과 같은 기존의 인터넷 서비스와 조화를 이루며 독창적으로 개개인이 자신만의 독특한 서비스를 쉽게 만들 수 있는 SIP에 대한 관심이 일고 있다. 본 연구에서는 1999년 3월에 IETF RFC 2543으로 제시된 SIP를 중심으로 연동에 대해 연구한다.

ISDN망과 인터넷간의 연동 시에 가능한 연결 시나리오는 (그림 1)과 같이 다섯 가지 경우가 존재한다.



(그림 1) ISDN과 인터넷간의 연동 시나리오

이 중에서 ISDN 내부에서의 상호 연결인 시나리오 IV의 경우를 제외한 나머지의 경우가 인터넷 전화와의 연관성을 갖는 경우인데 각각에 대해 간단히 알아보면 다음과 같다.

2.1 인터넷을 통한 인터넷 전화간 연결

인터넷을 통한 음성 데이터 송수신의 가장 기초적인 형태로서 상대방에게 전자메일주소, 혹은 IP 주소를 이용해 직접 전화를 걸며 이 방법을 이용하려면 상대방도 인터넷을 이용하고 있어야 한다.

2.2 Gateway를 통한 기존 전화/인터넷 전화간 접속

ISP에서 제공하는 서비스들의 일반적인 경우로써 (그림 2)(b)와 같이 인터넷으로 전화를 걸지만 수신자는 일반 전화로 받을 수 있게 한 것이다. 인터넷상에서 전화를 걸면 인터넷을 통해 게이트웨이 서버로 연

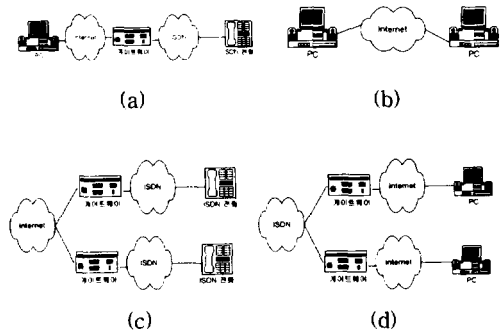
결되고 여기서 다시 세계 각국의 교환기를 거쳐 일반 전화로 연결되는 것이다.

2.3 인터넷을 경유한 ISDN 전화간 접속

(그림 2)(c)에 나타난 바와 같이 송신자가 ISDN 전화로 게이트웨이 서버에 전화를 걸면, 송신측 게이트웨이는 인터넷을 통해서 수신측 게이트웨이로 신호를 전달한다. 수신측 게이트웨이는 ISDN을 통해 수신측에 전화를 중계하게 되는 것이다.

2.4 ISDN을 경유한 인터넷 전화간 접속

(그림 2)(d)에 나타난 바와 같이 인터넷 전화에서 게이트웨이 서버로 전화를 걸면 이것이 ISDN을 통해서 상대방 게이트웨이 서버로 음성 신호를 전달한다. 수신측 게이트웨이 서버는 다시 인터넷을 통해 수신측 인터넷 전화로 연결시킨다. 주소 변환과 위치 관리 서버 등이 중요한 역할을 수행하게 된다.



(그림 2) 인터넷 전화와 ISDN 전화간 연결 형태

이상에서와 같이 다양한 형태의 연결에 게이트웨이를 통한 망간 접속이 요구되고, 국내에만 40여 개 업체가 참여할 만큼 증가세에 있는 기존 전화와 인터넷 전화간의 연결 수요를 고려할 때, 현재 연동 장비의 수요는 요구되는 회선 수가 기존 교환기 시장 못지 않을 것으로 예상된다.

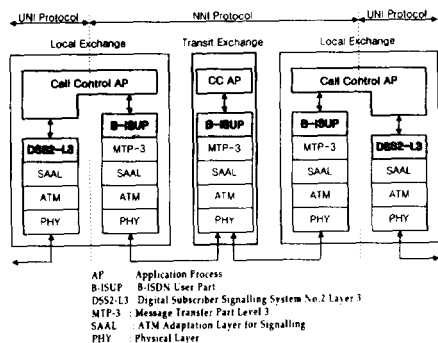
3. ISDN 및 인터넷 신호시스템의 구조

3.1 B-ISDN 신호 시스템의 기본 구조

기본적인 B-ISDN 신호 시스템 구조는 (그림 3)과 같다[3]. 이 구조는 신호 시스템의 단계적인 신호 제공

능력을 정의하는 CS-1, 2, 3의 3단계 중에서 CS-1 신호 시스템에 대한 것이다.

B-ISDN 신호 시스템의 구조는 그림에서 볼 수 있듯이 신호 시스템의 접면에 따라서 사용자-망간(UNI) 및 망-노드간(NNI) 프로토콜로 나눌 수 있다[4]. 또한 각 프로토콜은 그 기능에 따라서 계층화된 구조로 되어 있으며, 크게 신호 정보 전달 프로토콜과 연결 설정 프로토콜로 구분할 수 있다. 전달 프로토콜은 신호 정보를 목적지까지 신뢰성 있게 전달하는 기능을 제공하며 신호망 기능 이하의 계층이 이에 해당된다[5]. 즉, UNI 프로토콜에서는 SAAL이 하에 해당되며 NNI 프로토콜에서는 MTP-3 이하 계층이 해당된다.



(그림 3) B-ISDN CS-1 신호 시스템의 구조

연결 설정 프로토콜은 신호 기능을 수행하는 개체간의 호 설정 및 해제에 관련된 절차를 규정한다. 그림에서 DSS2 계층 3, B-ISUP 프로토콜 처리부 및 호 처리 응용 프로세스가 이에 해당된다.

MTP-3는 신호망 내에서 신호점들 사이의 메시지를 전송하는데 관련된 기능과 절차들로 구성되어 있으며 이를 신호망 기능이라고 한다. 이때 신호점들은 신호링크에 의하여 서로 연결되어 있으며, 앞에서 언급하였듯이 CS-1 신호 시스템의 경우, 이 신호링크의 역할은 SAAL에 의해 수행된다. 신호망 기능은 신호링크나 신호 전달점들의 고장이 발생한 경우에도 신호메시지들의 신뢰성 있는 전달을 보장하여야 한다. 따라서 신호망 기능은 신호망의 상대 신호점에 고장 및 그 결과를 알리고 메시지의 라우팅을 적절히 재구성하는데 필요한 기능과 절차들을 포함하고 있다.

DSS2 계층 3 프로토콜(Q.2931)은 Release 1 서비스 즉, 단순한 점-대-점 호 연결 제공과 제한된 부가 서

비스 제공, 반영구적 연결 제공 등의 서비스를 제공하기 위하여 망과 사용자간의 신호 메시지 교환 기능을 수행한다. 이러한 Q.2931 프로토콜은 B-ISDN 사용자-망간의 접면에 위치하면서 구조적으로 상위 계층 호 제어부와 하위 계층 SAAL 사이에 위치한다.

Release 1 서비스를 지원하기 위한 B-ISUP의 구조는 OSI 응용계층의 구조를 기반으로 이루어져 있다. 즉, B-ISUP의 전체 구조는 하나의 교환기 응용 프로세스로 볼 수 있으며, 그 구성은 상위의 호 제어·호환성 유지제어 기능부와 호와 베어러 제어를 위한 각 ASE들과 이들을 제어하기 위한 SACF를 포함하는 AE부, MTP-3와의 메시지 교환을 위한 NI(Network Interface) 부로 이루어져 있다.

### 3.2 B-ISDN 신호 메시지 및 절차

본 절에서는 다양한 형태의 호를 제공하기 위한 기본이 되는 점-대-점 연결 형태의 호 설정 절차 및 연결에 필요한 신호 메시지에 대하여 정의한다.

점-대-점 호 연결 설정 신호 절차는 B-ISDN의 가장 기본이 되는 신호 절차로서 이를 기반으로 하여 적절한 신호 메시지 및 상태 관리의 변화를 통하여 다양한 형태의 연결을 제공할 수 있다. 또한 이 연결 절차는 다른 형태의 연결을 설정하기 위하여 필수적으로 선행되어야 하는 절차이다. 우선 점-대-점 연결에 필요한 신호 메시지에 대하여 살펴보기로 한다.

#### 3.2.1 점-대-점 호 설정을 위한 신호 메시지 정의

모든 호 설정을 위해서는 단말로부터 교환기로 신호 절차를 수행하기 위한 메시지가 필요하며, 점-대-점 기본호의 경우 사용자-망간의 DSS2 계층 3 프로토콜간에 주고 받는 신호 메시지로써 다음과 같이 정의하고 있다[6].

<표 1> DSS2 계층 3 프로토콜 메시지

용도	메시지 종류	기능
호 설정 메시지	ALERTING	착신 단말의 호출중의 내용 전달
	CALL PROCEEDING	호 설정 절차의 진행을 통보
	CONNECT	착신 단말의 호 응답 통보
	CONNECT ACKNOWLEDGE	CONNECT에 대한 응답 통보
	SETUP	호 설정 요구

<표 1> 계속

용도	메시지 종류	기능
호 해제 메시지	RELEASE	호 해제 요구
	RELEASE COMPLETE	호 해제 완료
재시작 메시지	RESTART	재시작 절차 요구
	RESTART ACKNOWLEDGE	재시작 절차 완료
기타 메시지	NOTIFY	호 관련 정보 전달
	STATUS	상태 정보 통보
	STATUS ENQUIRY	상태 정보 요구

사용자-망간의 신호 절차를 통하여 시작된 신호 메시지가 망의 노드를 통해서 착신 단말까지 전달되기 위해서는 B-ISUP 프로토콜 개체를 통하여 착신 교환기까지 전송되어야 하며 이를 위해서 정의된 망-노드 간 전달 메시지는 <표 2>와 같다. 여기서 각 메시지의 방향은 순방향과 역방향으로 표시되는데 순방향 메시지는 발신 교환기에서 착신 교환기로 전송되는 메시지를 지칭하며 역방향 메시지는 착신 교환기에서 발신 교환기로 전달되는 메시지임을 나타낸다.

<표 2> B-ISUP 프로토콜 메시지

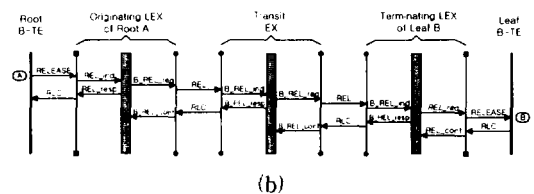
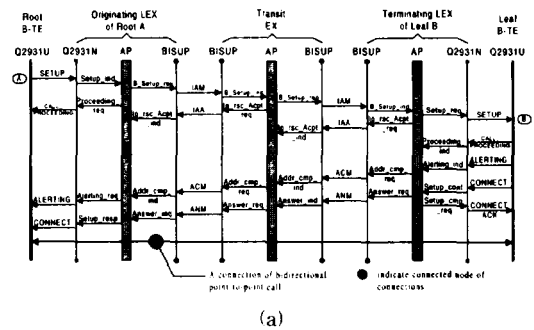
메시지 종류	방향	기능
Address Complete Message (ACM)	역방향	착신단과의 경로 설정에 필요한 모든 정보를 수신완료 했음을 통보
Answer Message (ANM)	역방향	착신 단말의 호 응답을 통보
Call Progress Message (CPM)	역방향	호 설정시 또는 완료 이후 단말의 상태 변화를 통보
Initial Address Message (IAM)	순방향	호 설정 요구 메시지로 주소 및 자원에 대한 정보 포함
IAM Acknowledge Message (IAA)	역방향	자원 설정에 대한 응답을 통보
IAM Reject Message (IAR)	역방향	자원 설정의 거부를 통보
Release Message (REL)	역방향	호 해제 요구 통보
Release Complete Message (RLC)	역방향	호 해제 완료 통보
Subsequent Address Message (SAM)	순방향	Overlap 전달 방식에서 추가적인 주소 정보 전달 기능을 수행

단말로부터 시작된 신호 메시지가 망을 거쳐서 상대방의 단말까지 전달되기 위해서는 UNI 신호 메시지와 NNI의 신호 메시지만 적절한 매핑 기능이 필요하다. 즉, 발신 국부 교환기 및 착신 국부 교환기에서 UNI 메시지와 NNI 메시지간의 적절한 매핑을 해주어야 한

다. 또한 망의 중계 교환기에서는 B-ISUP 프로토콜간의 전달 메시지를 적절히 다음 중계 교환기로 전달해 주어야 한다.

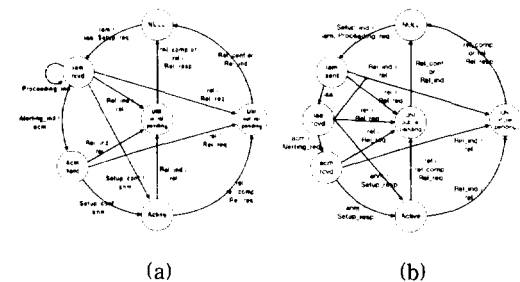
3.2.2 점-대-점 호 설정 및 해제 절차

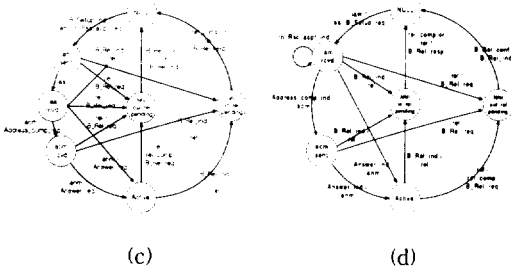
기본 호 설정 및 해제를 위한 신호 메시지에 대한 정의를 바탕으로 하여 점-대-점 구조의 신호 절차를 수행하는 과정을 도식하면 (그림 4)와 같다.



(그림 5) 점-대-점 호 설정 절차 및 해제 절차  
(a) 호 설정 절차 (b) 호 해제 절차

기본호 설정 및 해제 절차를 수행하기 위한 교환기 내부의 호 제어 응용프로세스 부의 상태 천이를 상태 천이 머신 형태로 표현하면 (그림 5)와 같다. 여기서 표현한 상태 천이는 UNI 착/발신호와 NNI 착/발신호에 대한 처리를 나타내며 주어진 상태 천이도를 기반으로 객체 지향적인 직접적인 구현이 가능하게 된다.





(그림 5) NNI와 UNI의 착발신호 처리부 상태천이도

- (a) UNI 착신호 처리부 (b) UNI 발신호 처리부
- (c) NNI 착신호 처리부 (d) NNI 발신호 처리부

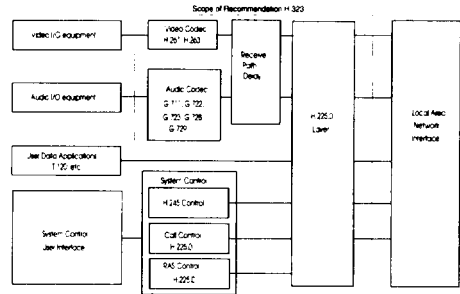
3.3 인터넷 신호 시스템의 기본 구조

인터넷 전화를 위한 신호 시스템은 유용한 서비스를 제공하기 위해 연결 설정 및 해제, 능력 교환, 회의 제어를 위한 일련의 제어 프로토콜을 요구한다. 현재 이와 같은 요구를 만족시키는 많은 신호방식이 존재하지만 국제 표준으로 대두되고 있는 대표적인 두 개의 프로토콜이 있는데, 하나는 ITU-T의 H.323이고 다른 하나는 IETF의 SIP이다[7]. 물론 인터넷 전화 서비스 품질과 관련해서 지연이나 손실과 같은 특성이 중요하지만 두 경우 모두 전송되는 음성 데이터는 RTP(Real-time Transport Protocol)를 통해서 전달되므로, 어느 신호 프로토콜을 선택하느냐 하는 것은 인터넷 전화 서비스 품질(QoS)에 거의 영향을 미치지 않게 된다. 따라서 본 연구에서는 원래의 목적대로 신호 측면에만 초점을 맞춘다.

먼저 ITU-T의 H.323 시리즈 권고안들은 인터넷상에서의 멀티미디어 통신을 위한 프로토콜과 절차들을 정의한다. H.323은 그림 6과 같이 제어를 위한 H.245, 연결 설정을 위한 H.245.0, 대형 회의를 위한 H.332, 부가 서비스를 위한 H.450.2와 H.450.3, 보안을 위한 H.235, 회선교환 서비스와의 상호 연동을 위한 H.246을 포함한다. H.323은 QoS를 보장하지 않는 LAN 상에서 멀티미디어 통신을 위한 프로토콜로 출발했으나 인터넷 전화의 보다 복잡한 필요를 맞추기 위해 변화되고 있다.

다음으로 IETF의 MMUSIC 워킹그룹에 의해 개발된 SIP는 웹에서 사용되고 있는 HTTP 프로토콜의 헤더 필드, 부호화 규칙, 예러 코드, 보충 메카니즘의 많은 부분을 재사용함으로써 인터넷 전화 신호에 대한

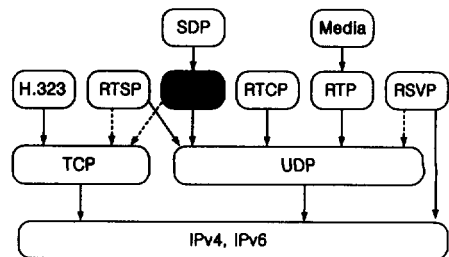
효과적인 접근 방식을 취한다.



(그림 6) H.323 구조

SIP는 H.323과 비교해서 프로토콜이 단순해 구현이 용이하고, 향후 인터넷의 변화에 동적으로 적용이 가능해 확장성 및 유연성의 측면에서 장점이 있으며, 새로운 서비스의 창출 시에도 기존의 지능망과 유사한 구조로 효과적인 대응이 가능한 장점이 있다. 특히 웹에서의 CGI 개념을 이용해서 개인적으로 자기만의 서비스를 구현할 수 있는 혁신적인 기능이 가능하다. H.323은 상당한 수준의 구현 및 연구가 이루어져 있으나 SIP는 상대적으로 아직 연구 자체가 활발히 진행중이고, 연동에 관련된 규격이나 연구가 미진한 상태라는 점에서 본 연구에서는 H.323보다는 SIP와의 연동을 연구하고자 한다.

인터넷 전화를 위한 신호 시스템의 구조는 그림 7에서 볼 수 있듯이 기능에 따라서 계층화된 구조로 되어 있다. 다른 인터넷 서비스와 유사하게 정보의 전달은 연결형 혹은 비연결형 서비스를 위해 TCP/UDP를 사용하며, SIP를 통해 개체간의 호 설정 및 해제에 관련된 절차를 규정한다. 신호 절차 수행에 사용되는 각 계층의 기능에 대하여 정리하면 다음과 같다.



(그림 7) 인터넷 전화 프로토콜 아키텍처

먼저 IP(Internet Protocol)는 네트워크 계층에 속하며 종단 시스템간에 비연결형 서비스를 제공한다. 종단 시스템간의 중간 시스템들은 단지 IP와 그 하위 계층만을 구현하며 선택적으로 상위 계층을 구현할 수도 있다. IP는 상위 계층으로부터 데이터를 수신한 다음 수신된 데이터에 관련된 정보를 포함하는 헤더를 추가해서 하위 계층으로 그것을 전달한다. 이와 같은 패킷들을 IP 데이터그램이라고 한다. IP의 가장 중요한 서비스는 패킷을 적당한 다음 홉으로 전달하는 것으로 이와 같은 목적에 필수적인 모든 라우팅 정보가 IP 헤더에 포함된다. 수송계층에서 내려온 데이터의 크기가 링크가 처리할 수 있는 최대 크기보다 더 클 때, IP 프로토콜은 패킷의 분해와 재조립을 수행한다.

다음에 UDP(User Datagram Protocol)는 수송계층 프로토콜로 상위 계층에 비연결형 서비스를 제공한다. UDP는 패킷이 자신의 목적지의 도달할 것을 보장하지 않는다. 그러나 신뢰성의 부족은 오히려 UDP가 실시간 오디오 같은 특정 응용들에 적합하도록 만든다. 이 같은 응용들은 신뢰성 메카니즘들을 UDP의 상위에서 만들기 때문이다. 따라서 응용들은 패킷의 재전송이 적합한지 여부를 결정할 수 있고, 데이터의 흐름에 대한 더 나은 제어를 응용 관점에서 달성할 수 있다.

TCP(Transmission Control Protocol)는 신뢰성있는 연결 중심형 수송 서비스를 제공한다. 어떤 데이터를 전달하기 전에 종단 시스템간에 연결이 먼저 설정되어야 한다. 연결 설정 후에 패킷들이 목적지에 도달했다는 것을 보장하기 위해 모든 패킷들을 관리하며, 이와 같은 연결 중심형 서비스를 제공하기 위해서 타임 아웃이나 재전송이 구현된다. 또한 흐름 제어와 에러 검출을 포함하며, 손상된 패킷은 폐기 혹은 재전송되며, 패킷이 에러 없이 목적지에 도착했다는 것을 체크하기 위해 응답을 사용한다. 따라서 신뢰성있는 데이터 교환에 적합하다. 그러나 실시간 응용은 요구조건들이 완전히 다르기 때문에 대개 자신만의 타임 아웃이나 흐름제어 메카니즘을 구현해야만 한다. 데이터 교환에 있어서 핵심은 정보의 정확성에 모아지고, 실시간 응용들은 정보가 제시간에 수신되었는지에 관심이 있다.

최근에 인터넷 응용은 다중 참여자 응용의 사용이 증가하고 있고, 인터넷 상에 실시간 트래픽의 양이 계속적으로 증가하고 있다. 실시간 응용의 요구사항은 기존의 데이터 서비스와는 다르다. 초점이 데이터의 완전성보다는 시간 지연에 모아진다. TCP는 신뢰성있

는 통신에는 적합하지만 흐름제어나 에러 검출은 낮은 시간 지연 전송에 적합하지 못하다. 이 때문에 RTP(Real-Time Transport Protocol)라는 새로운 프로토콜이 개발되었다. RTP는 프레임과 세그멘테이션을 책임지는 비연결형 혹은 연결 중심형 하위 계층 프로토콜 상에서 동작할 수 있다. TCP와 달리 RTP는 신뢰성 메카니즘을 제공하지 않는다. RTP는 연결의 서비스 품질(Quality of Service)를 감시하고, 시계와 타임 스탬프를 통해 다양한 미디어간의 동기를 제공하는 RTCP라 부르는 제어 프로토콜을 사용한다. RTCP는 또한 SDES(source description)를 포함한다. RTCP는 제어 메시지를 전달하기 위해 대역폭의 일부를 사용한다.

SIP(Session Initiation Protocol)는 멀티미디어 세션을 설정, 수정, 종료하기 위해 사용된다. IP 전화 호는 상호간에 음성이 교환되는 일종의 멀티미디어 세션이라고 생각할 수 있는데, SIP는 최종 사용자들의 개인적인 이동과 능력 협상을 지원하며 인증, 접근 제어, 비밀 및 일치와 같은 기초적인 보안 서비스를 지원한다. 텍스트 기반의 프로토콜로서 텍스트 기반의 HTTP에 기반하고 있고, 모든 메시지들은 UTF-8 부호화로 ISO 10646 문자 집합에 따른다. TCP 혹은 UDP 상에서 동작이 가능하나 메시지 형식은 프로토콜에 독립적이며, UDP가 사용된다면 재전송이나 에러 검출과 같은 신뢰성을 제공하기 위한 메카니즘들이 응용 계층에 구현되어야만 한다.

### 3.4 SIP 신호 메시지 및 절차

#### 3.4.1 SIP 신호메시지

SIP는 클라이언트-서버 프로토콜로서 클라이언트는 요구를 발생시키고, 서버는 응답(response)을 가지고 대답한다. 요구와 응답이라는 두 가지 종류의 메시지가 있는데 메소드라 부르기도 하는 이 메시지들을 통해서 간단하게 원하는 기능을 제공할 수 있다[8-11]. SIP의 현재 버전(SIP 2.0)은 INVITE, ACK, OPTIONS, REGISTER, CANCEL, BYE 총 6종류의 메시지를 포함한다.

INVITE는 멀티미디어 세션 내에 특정 상대방을 탐색을 요청하기 위해 사용된다. 미디어 스트림을 수신할 포트라든지 무슨 코덱이 사용될 것인지 같은 세션 파라미터의 협상은 INVITE를 통해서 이루어진다. 호의 중간에 새로운 INVITE 요구를 보냄에 의해 미디어

스트림의 파라미터를 변경하는 것도 가능하다.

ACK 메소드는 새로운 연결에 응답하기 위해 보내진다. ACK는 미디어 스트림의 파라미터를 기술하는 세션 기술자(session description)를 포함한다.

OPTIONS는 서버의 능력에 대한 정보를 얻기 위해 사용된다. 서버는 그것이 지원하는 메소드들을 리턴한다. REGISTER는 서버에게 사용자의 현재 위치를 알려준다. 이 방식을 통해 사용자는 언제든지 자신이 로그인한 곳으로 연결될 수 있다.

BYE는 클라이언트가 세션을 끝내기 위해 메소드를 보낸다. 두 사람간 호의 경우에는 호는 해제된다. CANCEL 메소드는 병렬 탐색을 종료시킨다. 서버가 특정 사용자를 연결시키고자 할 때, 서버는 여러 위치를 시도해 볼 수 있다. 사용자가 연결되었다면 탐색의 나머지는 종료된다.

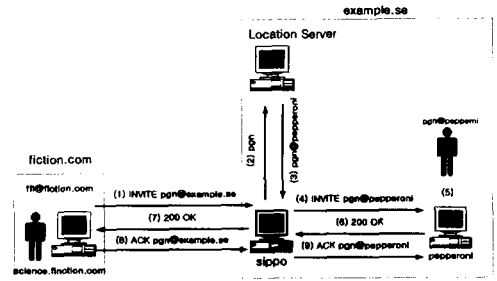
서버가 요구를 수신했을 때 서버는 해당되는 응답을 돌려보내는데 응답의 종류는 응답 메시지내의 코드 번호에 의해 식별된다. 6개의 주요 응답이 있는데 <표 3>과 같다.

<표 3> SIP 응답

1xx	Informational
2xx	Successful
3xx	Redirection
4xx	Request Failure
5xx	Server Failure
6xx	Global Failure

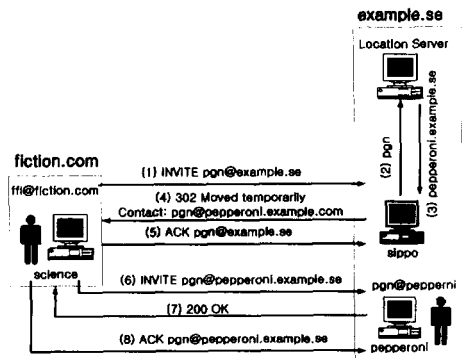
서버는 이 응답들을 가지고 호의 상태에 관해 클라이언트에게 통지하는 것이다 SIP에서 연결을 지원하는 서버는 프록시(proxy)와 리다이렉트(redirect)라는 두 가지 동작 모드로 존재할 수 있다.

먼저 프록시 서버는 (그림 8)과 같이 사용자로부터 INVITE 메시지를 수신했을 때, 메시지 내에 포함된 수신자를 확인하고, 자신이 직접 위치 정보를 등록, 안내하는 Location Server에 접속하여 해당 수신자의 최종적인 위치정보를 찾아낸 후, 사용자를 대신해서 INVITE 메시지를 보내고 응답을 수신한 후 이를 사용자에게 돌려준다. 서버가 모든 과정을 대행하기 때문에 사용자는 모든 과정을 알 필요 없이 서버에게 요청하는 것으로 끝난다.



(그림 8) 프록시 모드 SIP 동작

Redirect 서버는 (그림 9)와 같이 Location 서버를 통해 사용자의 현재 위치를 클라이언트에게 알려주고, 클라이언트로 하여금 다시 수신자를 직접 접속하도록 한다. 클라이언트는 서버가 찾아준 새로운 위치로 새로운 INVITE 요구를 발생시켜야만 한다.



(그림 9) Redirect 모드 SIP 동작

SIP에서의 각 메시지들은 (그림 10)에서 보는 INVITE 메시지의 예와 같이 시작 라인, 여러 개의 헤더 필드들, 빈 라인 그리고 세션 기술자를 포함할 수 있는 선택적인 메시지 바디 부분으로 구성된다.

```
INVITE sip:pgn@example.se SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP science.fiction.com
From: Fingal <sip:ffl@fiction.com>
To: Patrik <sip:pgn@example.se>
Call-ID: 1234567890@science.fiction.com
CSeq: 1 INVITE
Subject: lunch at La Empenada?
Content-Type: application/sdp
Content-Length:...
```

```
v=0
o=ffl 53655765 1253687637 IN IP4 123.4.5.6
s=Chorizo
c=IN IP4 science.fiction.com
m=audio 5004 RTP/AVP 0 3 5
```

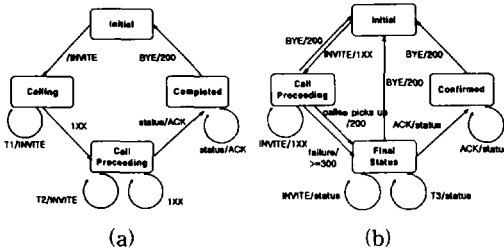
(그림 10) SIP 요구 메시지에



세션은 물론 다른 프로토콜이 사용될 수도 있지만 일반적으로 SDP(Session Description Protocol)을 사용해서 기술된다. 세션 기술은 메시지 바디 부분에 포함된다.

3.4.2 SIP 신호방식 상태전이

앞서 설명했었던 SIP 메시지를 통한 연결의 설정 및 해제 기능을 수행하기 위해서 요구되는 6개의 메시지를 알아보았는데, (그림 11)은 클라이언트와 서버에서 이를 구현하기 위해 필수적인 상태전이도를 보여준다.



(그림 11) SIP 상태전이도

(a) 클라이언트 상태전이도 (b) 서버측 상태전이도

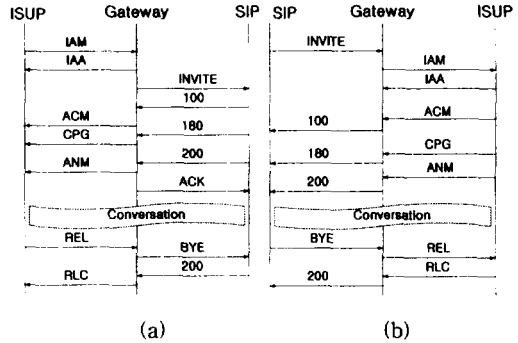
4. ISDN와 인터넷 신호방식 연동

4.1 게이트웨이에서의 신호 절차

ISDN 신호 시스템과 인터넷에서의 SIP 신호 시스템 간의 연동은 연결 설정 및 해체에 사용되는 절차의 유사성에서 그 가능성을 찾아볼 수 있다. 본 연구에서의 연동은 각 신호 시스템에서 발생하는 신호 메시지의 변환 매핑을 통해 연동 기능을 제공하는 것이다. 다시 말하면 연동 기능부의 신호 모듈은 SIP와 ISUP에서 발생하는 신호 메시지를 분석하여 상대방 네트워크의 신호 메시지로 매핑하여 줌으로써 망간 연동을 지원하는 것이다. 따라서 연결이 설정중일 때, 게이트웨이를 위한 가장 중요한 정보는 메시지의 종류(ACM, IAM, INVITE, BYE, ...)이다. 물론 메시지 내에 포함된 정보도 중요하기는 하지만 이는 메시지의 목적 자체를 수정하지는 않는다.

단순한 매핑에 의해 연동이 가능한지를 검증하는 것이 필요한데 이를 위해 먼저 게이트웨이에서의 신호 절차를 보면 (그림 12)와 같다.

(그림 12)와 같이 신호메시지 자체에는 유사한 매핑 관계가 존재한다. 그러나 매핑 시에 부가적으로 요구



(그림 12) 게이트웨이에서의 신호 절차

(a) ISUP to SIP Call (b) SIP to ISUP call

되는 SIP 헤더와 ISUP 파라미터간의 명확한 대응관계는 없다. 따라서 SIP 헤더 중에 모든 ISUP 지시자들을 분배하는 것은 가능하지 않다. 이들 파라미터들을 매핑시키는 최적의 방법은 SIP의 메시지 바디 부분을 사용하는 것이다. 지시자들은 첫 번째 게이트웨이(ISDN-Internet)에서 파싱될 것이고, 텍스트 형태로 변환될 것이다. 다음에 두 번째 게이트웨이(Internet-ISDN)는 정보를 읽어서 ISUP 메시지를 발생시키는 데 사용할 수 있을 것이다. 파라미터의 매핑이 정확히 일치하지 않는 경우에는 기본 값을 사용할 수 밖에 없다. 물론 SIP는 파라미터의 확장 등이 비교적 자유로워서 필요에 따라 새로운 파라미터의 사용 등이 가능하다.

4.2 페트리네트에 의한 연동 처리부 검증

통신 프로토콜에 대한 규격 명세는 일반적으로 프로토콜의 상태(state)와 상태 천이(state transition)에 의해 표현되는 유한 상태 머신(Finite State Machine: FSM)에 의해 가장 잘 이해된다. FSM 형식 모델은 프로토콜의 규격 및 검증, 적합성 검사 분야에서 매우 중요한 역할을 수행하는데 FSM의 기본적인 형태는 상태전이 테이블, 상태천이도로 나타나고, 일반화된 형식으로는 Touring Machine 등이 있다. 그런데 기본적인 FSM으로는 변수와 같은 임의의 값 표현 등에 한계가 있어 확장된 형태의 EFSM(Extended FSM)을 사용하여 모델링 능력을 향상시키는데 대표적으로 LOTOS, ESTELLE 등이 있다. 한편 규격의 검증을 위해서는 모델링 능력보다는 분석 능력이 강조되는데 이 경우에는 FSM의 기능을 제한하는 방법을 사용하게되고, 대표적으로 Petri-Net, Predicate/Transition Net, FIFO

Net 등이 있는데, 통신 프로토콜의 경우의 분석에는 일반적으로 페트리네트가 사용되고, 본 연구에서도 연동기능부를 페트리네트를 이용해서 모델링하고 검증하였다.

4.2.1 페트리네트 (Petri-Net)

페트리네트는 통신 프로토콜의 설계 과정에서 프로토콜 이상 유무를 발견하여 보다 완전한 프로토콜을 만드는 데 이용되는 대표적인 프로토콜 검증 수단으로, 표지소(place) P, 천이(transition) T, 방향성 호(arc) A의 집단으로 나타내어지며, 표지소는 토큰(token)을 가질 수 있다[12-14].

페트리네트 PN의 수학적 정의는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 PN &= (P, T, A, M) \\
 P &= \{p_1, p_2, \dots, p_n\} \\
 T &= \{t_1, t_2, \dots, t_m\} \\
 A &\subseteq \{P \times T\} \cup \{T \times P\} \\
 M' &= \{m'_1, m'_2, \dots, m'_k\}
 \end{aligned}$$

여기서 M'는 초기 상태를 나타내며 M은 도달가능한 상태의 집합을 나타낸다.

페트리네트 그래프는 이와 같은 수학적 모델을 도식화한 것으로 표지소 P는 원(circle)으로, 천이 T는 막대(bar)로 나타내며, 입력 및 출력은 표지소와 천이, 천이와 표지소를 잇는 호(arc)로 구성된다.

페트리네트의 상태는 각 표지소에 주어진 토큰의 수로 표현된다. 토큰은 표지소에 주어지며 천이의 점화(firing)를 제어한다. 페트리네트의 점화 규칙은 한 천이로 입력이 연결된 표지소에 모두 토큰이 존재하면 그 천이는 점화 가능(firing enabled) 상태라고 하며, 하나의 천이가 점화하게 되면 그 천이에 연결된 모든 표지소의 토큰은 제거되며, 출력 표지소에 새로운 토큰이 생기게 된다.

페트리네트로 모델링된 시스템에 대해서 다음과 같은 특성을 분석할 수 있다.

- (1) 도달성 (Reachability) : 모든 시스템의 유동적인 특성을 분석하는데 기초가 되는 특성으로  $M_n$ 이 도달 가능하다는 것은 초기 표시(marking)  $M_0$ 에서 점화 순서에 의해  $M_n$ 까지 도달할 수 있음을 의미한다.
- (2) 제한성 (Boundness) : K-bounded 되었다는 것은 표지소의 최대 토큰 수가 K개로 제한되었다는 것

을 의미한다. 특히 모든 표지소에 토큰이 1개일 때를 안정(safe)하다고 한다.

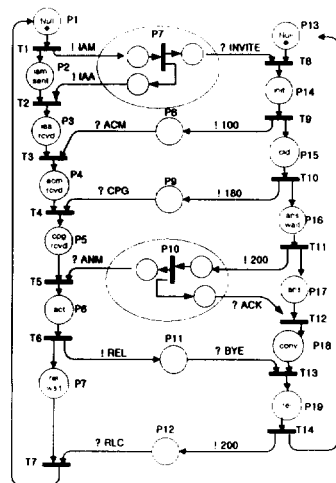
- (3) 생동성(Liveness) : 생동성은 시스템의 고착상태(dead-lock) 과 관련된 특성으로 생동성은 페트리네트의 도달성 트리에서 항상 초기 상태로 되돌아 갈 수 있을 경우 그 시스템은 생동성이 있다고 한다.

페트리네트로 모델링된 시스템을 해석하는 방법으로 도달성 트리(reachability tree)방법이 있다. 도달성 트리는 초기 표시(marking)  $M_0$ 를 트리의 근원으로 시작하여 점화 가능한 천이를 가지로 하여 트리를 구성해 나가는데 더 이상 새로운 표시 상태가 나오지 않을 때까지 점화하여 구한 트리를 말한다. 이렇게 구해진 도달성 트리와 표시 상태 집합을 분석해 보면 시스템의 특성을 알 수 있다.

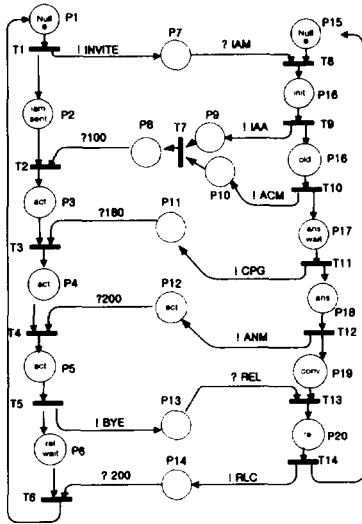
4.2.2 연동기능부의 페트리네트 모델

앞서 설명된 연동 기능부에서의 신호 절차를 페트리네트로 모델링하면 (그림 13) 및 (그림 14)와 같다. 인터넷에서의 발신 및 ISDN에서의 발신의 두 가지 경우로서 (그림 13)은 ISDN 발신호를, 그림 14는 ISDN 착신호를 모델링한 것이다.

(그림 13)의 경우에 대한 신호 시스템의 데드락 및 생동성과 같은 신호방식의 적합성을 검증하기 위한 도달성 트리는 (그림 15)와 같이 구해진다. 사용된 상태 집합은 <표 5>와 같다. 도달성 트리를 통해 본 결과와

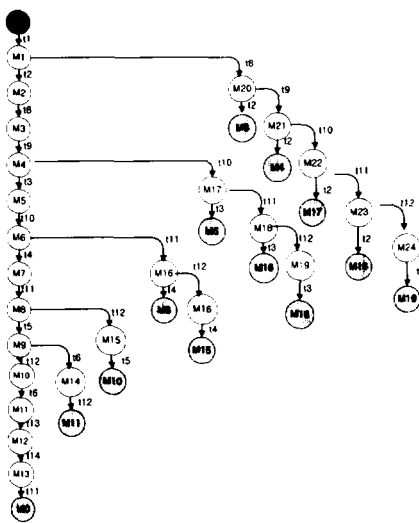


(그림 13) ISDN 발신호 페트리네트 모델



(그림 14) ISDN 착신호 페트리네트 모델

같이 초기 상태로부터 시작하여 연동기능부의 신호 프로토콜은 데드락 발생없이 항상 초기 상태로 돌아옴을 확인할 수 있고, 초기 상태에서 모든 상태로의 천이가 가능하며, 발생되는 토큰의 수도 항상 2 이하로 제한되어 boundness도 만족됨을 확인할 수 있다. 따라서 신호 메시지의 매핑에 의해 기본적인 신호 연동이 가능함을 확인하였다. (그림 14)의 모델에 대해서도 동일한 결과를 얻을 수 있다.



(그림 15) ISDN 발신호 모델링에 대한 도달성 트리

<표 5> 착신호와 발신호 도달성 트리의 상태 집합

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19
M0	1												1						
M1		1					2							1					
M2			1					1						1					
M3				1											1				
M4					1											1			
M5						1											1		
M6							1											1	
M7								1											1
M8									1			2							
M9										1									1
M10											1								1
M11												1							1
M12													1						1
M13														1					1
M14															1				1
M15																1			1
M16																	1		1
M17																		1	1
M18																			1
M19																			1
M20																			1
M21																			1
M22																			1
M23																			1
M24																			1

5. 결 론

본 논문에서는 PSTN, ISDN 등의 기존 전화망에 접속된 일반전화와 최근 급부상하고 있는 인터넷 전화간의 연동을 위한 연동의 필요성과 가능성, 연동을 위한 요구사항의 도출에 초점을 맞추었다. 이를 위해 연동과 관계된 ISDN과 인터넷의 각 신호 시스템 구조를 분석하고, ISDN과 인터넷의 기본 호 처리부 상태 천이를 살펴보았다. 이를 통해 신호 처리부의 연동은 신호메시지의 매핑에 의해 가능할 것을 도출하였고, 이를 증명하기 위해 연동을 위한 핵심 장치인 게이트웨이의 연동기능부 신호 프로토콜을 분석하여 페트리네트로 모델링 하였다. 다음에 페트리네트 도달성 트리를 이용해서 연동 가능성 및 연동 기능부의 데드락 및 생존성, 제한성에 대한 검증은 수행하였다. 검증 결과가 모든 특성이 만족됨을 확인할 수 있었다. 앞으로는 SIP에서 개인이 자유롭게 자신만의 서비스를 만들어낼 수 있는 구조를 통해 인터넷 고유의 독창적인 서비스를 연구하고, 게이트웨이에서의 미디어 변환부에 대한 효과적인 구현 방안을 도출하며, 대용량 게이트웨이 구현을 위한 신호 처리부의 구현 방안 등의 연구를 통해 인터넷과 기존 망에서의 자유로운 통화뿐만 아니라 상호 연동 접속 시에도 최적의 서비스를 제공할 수 있도록 하는 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 김덕진외, "광대역 ISDN 신호방식의 ISCP에 관한

연구”, 한국통신 장기 기초 연구과제 제3차년도 보고서, 고려대학교, Dec., 1995

[2] 이성창, 한치문, “ATM 신호 기술 및 스위치 네트워크구성”, 대한전자공학회지, 제19권, 제8호, Aug., 1992.

[3] Y. K. Kim and D. J. Kim, “Design and Verification of DSF Structure of B-ISDN Call Control Application Process for Multiconnection Call,” *ITC-CSCC'96*, July, 1996.

[4] ITU-T, Recomm. Q.2931, B-ISDN DSS2 User Network Interface Layer 3 Specification for Basic Call/Connection Control, Sep., 1994.

[5] H. Schulzrinne and J. Rosenberg, “A Comparison of SIP and H.323 for Internet Telephony,” Network and Operating System Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV), Cambridge, England, July, 1998.

[6] M. Handley, H. Schulzrinne, E. Schooler, and J. Rosenberg, “SIP : Session Initiation Protocol,” Internet Draft, Internet Engineering Task Force, Sep., 1998.

[7] H. Schulzrinne and J. Rosenberg, “The Session Initiation Protocol : Providing Advanced Telephony Services Across the Internet,” *Bell Labs Technical Journal*, 1999.

[8] H. Schulzrinne, “The Session Initiation Protocol,”

*VON Conference*, Washington, DC, Sep., 1998.

[9] H. Schulzrinne and J. Rosenberg, “Internet Telephony : Architecture and Protocols—an IETF Perspective,” *Computer Networks and ISDN Systems*

[10] J. Peterson, *Petri Net Theory and the Modelling of Systems*, Prentice-Hall, 1981.

[11] M. Diaz, “Modelling and Analysis of communication and cooperation protocols using Petri net based models,” *IEEE Computer Network*, Vol.6, No.6, Dec., 1982.

[12] T. Murata, “Petri Nets : Properties, Analysis and Applications,” *Proceedings of the IEEE*, Vol.77, No.4, Apr., 1989.

### 유 상 신



e-mail : syyoo@www.jeonju.ac.kr

1986년 2월 고려대학교 전자공학과(학사)

1988년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과(석사)

1997년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1997년 9월 ~ 1999년 10월 현재 전주대학교 컴퓨터공학과 전임강사

관심분야 : 멀티미디어 시스템, 광대역 ISDN,