

논문 2011-4-12

하이브리드 임베디드 IP-PBX 개발

Development of the Hybrid embedded IP-PBX

김삼택*

Sam-Taek Kim

요 약 현재, SIP 기반의 인터넷 전화 서비스는 일반 사용자의 폭발적인 인기에 따라 인터넷 전화 교환기 이용자의 다양한 요구사항이 증가하고 있다. 그중 가장 중요한 요구사항은 하이브리드 인터넷전화 시스템으로 인터넷 전화뿐 아니라 일반 PSTN 전화기에 연결될 수 있어야 한다. 따라서 본 논문에서는 기업용 하이브리드 인터넷 전화 교환기(IP-PBX)를 개발하였다. 본 장치에 다수의 인터넷 전화기는 물론 일반전화기를 연결하여 사용할 수 있도록 FXS 모듈을 개발하여 내장하였으며, 또한 FXO 모듈을 개발하여 일반 기업에서 오랫동안 사용해온 일반전화(PSTN)번호를 그대로 사용할 수 있도록 하였다 그리고 실제 사용 여부를 판단하기 위하여 동시 콜 시험과 음성품질시험을 통해서 그 타당성을 입증하였다.

Abstract Nowadays, Internet Telephony Services based on SIP are gaining an explosive increase for general user. Thus a various demands of the user about convenience of IP-PBX are growing. The most important requirements of these is hybrid IP telephony system which is connected not only internet telephone but also general PSTN telephone. Therefore, in this paper, we have developed Hybrid IP-PBX connected all type of telephony terminals for small office. We have developed FXS module for connecting all type and FXO for using PSTN telephone number also. This Hybrid IP-PBX that is can be connected Soft-phone provide various optional services. We measured voice quality and test simultaneous calling for proof of validity.

Key Words : VoIP, IP-PBX, IP Telephony, SIP, FXS, FXO, PSTN

1. 서 론

VoIP(Voice over Internet Protocol)는 패킷교환망인 인터넷 상에서 연속성과 실시간성을 가지는 음성정보를 실어 나르는 기술이다. 다양한 응용분야가 가능하지만, 현재는 인터넷폰과 거의 동일한 의미로 사용되고 있다. VoIP 보급은 인터넷 인프라 개선, 음성 코덱 기술의 발달, 국제 표준안 규격에 맞춘 VoIP 장비 및 소프트웨어의 상용화로 인해 확산되었다. 또한, 인터넷에서의 음성서비스를 통해 고객과의 접촉이 쉬어짐에 따라, 기존 통신망 기반의 서비스업체들이 VoIP를 도입하기 시작하였다.^[1]

VoIP는 패킷 전송 방식을 사용하기 때문에 통화 중 회선을 전송하는 기존 전화망보다 훨씬 효율적으로 망을 사용하여 통신 원가를 낮출 수 있다. 그래서 과거에는 장거리 전화용으로 그 활용범위가 지속적으로 확대되었고 현재는 PSTN전화를 대체하는 수단으로 사용 범위가 증가하고 있다.^[2] 인터넷전화기술의 발전과 사용자의 증가로 요구사항이 많아지고 있으며 그중 원가절감과 그린 IT를 실현하기위한 방안으로 IP-PBX에서 기존의 PSTN 전화기를 그대로 사용할 수 있는 방안이 연구되어 왔다.^{[3]-[4]}

따라서 본 논문에서는 인터넷을 이용한 음성통신의 급속한 발전에 따라 기업용 하이브리드 인터넷 전화 교환기(IP-PBX)를 개발하였다. 본 장치는 다수의 인터넷

*정회원, 우송대학교 컴퓨터정보학과(교신저자)
접수일자 2011.7.21, 수정일자 2011.8.10
게재확정일자 2011.8.12

전화기는 물론 일반전화기를 연결하여 사용할 수 있도록 FXS 모듈을 개발하여 내장하였으며, 또한 FXO 모듈을 개발하여 내장 기업에서 오랫동안 사용해온 일반전화(PSTN)번호를 그대로 사용할 수 있도록 하였다 그리고 실제 사용 여부를 판단하기 위하여 동시 콜 시험과 음성 품질시험을 통해서 그 타당성을 입증하였다.

II. 하이브리드 IP-PBX 시스템 하드웨어

본 논문에서는 하이브리드용 인터넷 사설 전화교환기를 설계하였다. PSTN 포트에 전송되는 아날로그 시그널은 PCM 칩을 통하여 디지털 시그널로 변환되어 TDM 인터페이스를 경유하여 CPU(CSP)로 전송되고 칩 벤더(Mindspeed)가 제공하는 소프트웨어DSP 기능을 이용하여 G.711, G.729 등의 코덱으로 변환된다. 변환된 음성신호는 CPU에서 RTP 데이터로 변경되어 목적지로 전송된다. WAN 포트나 LAN 포트에서 전송되는 트래픽 중 VoIP 트래픽은 상위 CPU에서 처리하고 VoIP 트래픽이 아닌 일반적인 데이터는 하위 CPU(MSP)에서 처리되어 전송된다.^[4] 따라서, 인터넷 데이터량이 많은 경우에도 IGW는 SIP 메시지는 어느 정도 균등하게 처리할 수 있다. 다만, 무선LAN 트래픽은 암호화 문제 등으로 인하여 상위 CPU(CSP)가 처리하여야 하므로 무선 LAN 트래픽이 많은 경우에는 IGW의 성능에 영향을 줄 수 있다. 그리고 현재의 WiFi 모듈은 상용으로 판매되는 Mini PCI 타입의 모듈을 장착한 것으로 시중에서 판매되는 AP 정도의 품질을 제공하므로 WiFi폰 사용 시 음성품질의 보장은 아직 취약한 부분으로 남아 있다.^[5]

1. 기능 및 성능

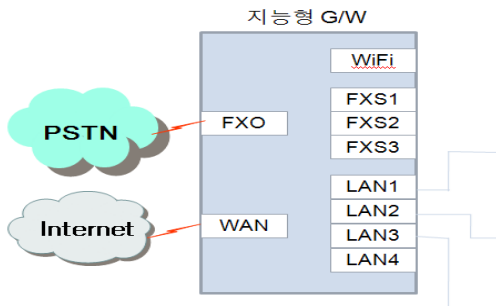


그림 1. 하이브리드 IP-PBX 시스템 구조
Fig. 1. The structure of hybrid IP-PBX System

스탠드 얼론 타입의 장치에는 WAN/LAN/WiFi/PSTN이 고정형으로 제공되어 추가 옵션 모듈을 장착할 수 없는 구조이다. 아날로그(FXO/FXS)단말 수용은 최대 4개까지이며 PSTN 포트를 증설하기 위해서는 별도의 외장형 게이트웨이를 이용하여야 한다.

2. 국선 백업

전원에 장애가 발생하여 인터넷 전화사용이 가능하지 않을 때를 대비하여, 본 논문에서는 그림 2와 같이 FXS에 연결되어 있는 아날로그 폰이 자동으로 FXO에 연결된 국선 라인으로 연결하는 것을 지원하며, Line(FXO)과 Tel1(FXS1)가 전원 장애 시 자동 릴레이 된다. WAN 라인의 장애 시 또는, 호 처리 장치가 응답이 없는 경우, 내선에서 다이얼링한 전화번호 앞에 “*”를 추가하여 FXO 모듈로 넘기면 FXO모듈에서 오프-훅(off-hook)을 한 후 “*”를 제거한 전화번호를 DTMF로 전달하여 호 연결을 시도한다.^[6]

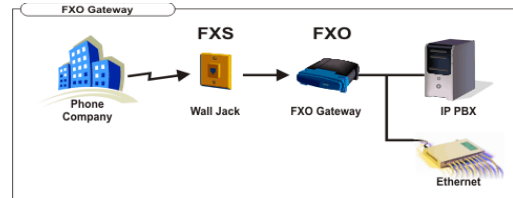


그림 2. 국선 백업 개념도
Fig. 2. The backup conceptual diagram of local loop

3. FXO(Foreign exchange office), FXS (Foreign exchange station) 모듈 설계



그림 3. FXS, FXO H/W 모습
Fig. 3. H/W of FXO, FXS

본 논문에서 개발한 임베디드형 하이브리드 인터넷사설 교환기는 아날로그 전화선을 IP-PBX에 연결하기 위하여 4포트를 한 모듈로 하는 FXO 모듈을 내부에 설치하도록 하였으며, 또한 한 선 이상의 기존의 PBX를 VoIP 전화 시스템 또는 제공자에게 연결하는데 사용하기 위하여 FXS를 그림에서 보는바와 같이 구현하였다.

III. 소프트웨어 구조 및 하이브리드 IP-PBX 통화 알고리즘

1. 소프트웨어 구조

본 논문에서 구현한 하이브리드 인터넷 사설 교환기 시스템의 소프트웨어 스택 구조는 그림 4와 같이 구성하였다. mainSipProxy 는 SIP 프로토콜 관련 기능을 담당한다. 그리고 mainRelayMedias 는 caller와 called의 네트워크가 서로 다른 경우 IP-PBX가 미디어데이터를 릴레이하며, mainMusicPlayer는 홀딩(holding) 음악이 제공하는 작업을 담당한다. mainIvrComm 은 IVR 모듈과 소켓통신을 하여 IVR 모듈이 요청하는 정보를 제공하는 기능을 담당한다.^{[7]-[9]} mainGroupWare는 그룹웨어(메신저, 소프트폰)와 연동 기능을 담당하며, mainSipSms는 SMS 전송, 수신을 담당한다. 끝으로 mainCgiComm은 WebConfig의 cgi 프로그램과 연동하는 기능을 담당하도록 설계하였다.^[10]

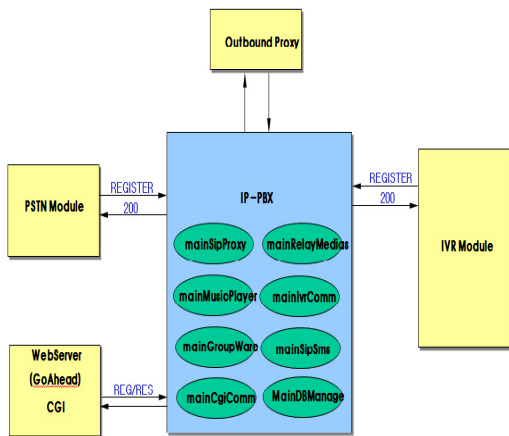


그림 4. IP-PBX 시스템 소프트웨어 구조
Fig. 4. The structure of IP-PBX System S/W

2. 내선 통화 알고리즘

본 논문에서 개발한 하이브리드 인터넷 사설교환기를 이용한 내선 직접통화 알고리즘은 먼저 하이브리드 IP-PBX에 연결되어 있는 전화기 #1과 #2 전화기를 통하여 서로 통화를 할 때는 다음과 같은 통화 알고리즘을 따른다.

- 가. 내선#1은 IP-PBX에 INVITE송신
- 나. IP-PBX는 내선#1에 100과180 송신
- 다. IP-PBX는 내선#2에 INVITE송신
- 라. 내선#1과 내선#2에게 벨 울림.
- 마. 본사의 어드레스 서버에 해당 주소 문의.
- 내선#1과 내선#2가 서로 통화 한다.
- 바. 통화가 끝나면 각자의 단말기에 BYE 송신.

3. 본 지점 내선통화 알고리즘

본 논문에서 개발한 하이브리드 IP-PBX를 이용한 본 지점간의 통화 알고리즘은 그림 5와 같다. 먼저 지사 IP-PBX에 연결되어 있는 내선#1 전화기를 통하여, 본사 IP-PBX에 연결된 내선#2 전화기에 통화를 하기위해서 다음과 같은 통화 알고리즘을 따른다.^[11]

- 가. 지사 IP-PBX에 연결된 내선#1이 IP-PBX에 INVITE 송신
- 나. 본사 IP-PBX는 자신에게 연결된 해당 내선#2에 INVITE를 송신
- 다. 각각 100, 180, 200을 통하여 지사 내선#1과 본사 내선#2가 서로 통화

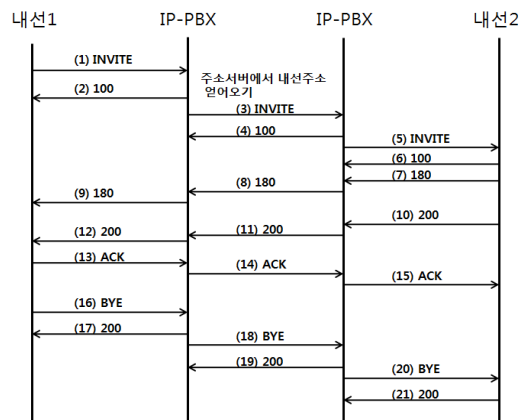


그림 5. 본 지점 내선 통화 알고리즘
Fig. 5. A algorithm of extension call at inter-office

4. 커플모드 내선 통화 알고리즘

전화기나 IP-PBX는 하드웨어 적인 제한이 있어 전화를 사용하는 사용자들에게 주소록과 같은 통신 서비스가 매우 부족하다. 따라서 본 논문에서는 사용자 PC와 인터넷 전화를 함께 사용할 수 있는 커플 모드를 구현하여 PC등에 저장된 주소록을 이용하여 곧바로 전화를 할 수 있도록 하였다. 그에 따른 통화 알고리즘은 다음과 같다.

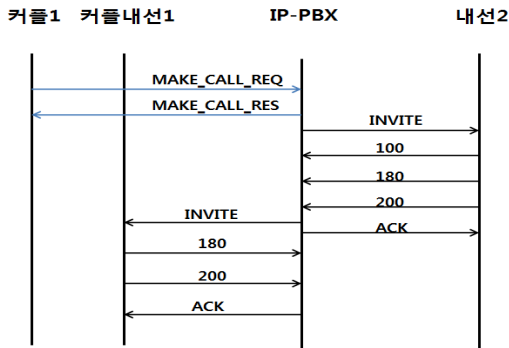


그림 6. 커플모드 내선통화 알고리즘
Fig. 6. A algorithm of extension call at couple-mode

5. 자동응답시스템(ARS) 알고리즘

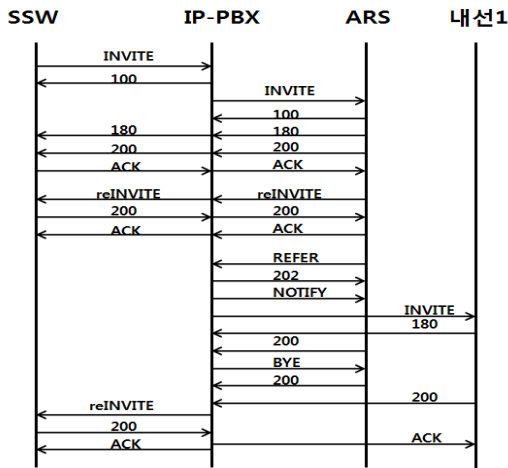


그림 7. 자동응답시스템(ARS) 알고리즘
Fig. 7. A algorithm of ARS

본 논문에서 개발한 하이브리드 IP-PBX는 외부에서 전화가 오면 IP-PBX 내의 자동응답 시스템이 자동으로 작동되어 콜러(caller)의 통화를 원활하게 도와주는 역할

을 한다. 그에 따른 통화 알고리즘은 다음과 같다.

가. 통신 서비스회사에 설치된 SSW(soft switch)통해서 IP-PBX에 INVITE가 인가되면 IP-PBX는 ARS 시스템으로 INVITE 송신

나. 100, 180, 200, 을 통해서 서로 약속된 정보를 주고 받고 문제가 없으면 콜러는 ARS와 통화시도

다. ARS 시스템과 통화를 시도하면서 최종 통화 대상 입력

라. ARS시스템은 콜러의 최종 내선#1에 INVITE를 송신

마. 콜러와 내선#1가 통화 시작

6. FXO를 이용한 내선통화 알고리즘

본 논문에서 개발한 하이브리드 IP-PBX는 인터넷 전화는 물론 일반전화와도 통화가 가능하도록 하였다. 일반전화와 인터넷전화와의 통화 알고리즘은 먼저 일반 전화 회선으로 들어오는 INVITE는 본 IP-PBX의 FXO모듈을 통하여 받는다. 그리고 IP-PBX는 해당 주소에 연결되어 있는 주소로 INVITE를 보내 서로 통화가 이루어지도록 하였다.

7. FXS를 이용한 내선통화 알고리즘

본 논문에서는 또한 RJ11 커넥터를 통해서 일반 전화기를 하이브리드 IP-PBX에 연결할 수 있도록 FXS 모듈을 구성하여 내장함으로써 일반 전화기를 사용하여서도 인터넷 전화 통화를 할 수 있도록 하였다. 그림 8은 일반 전화기를 통해서 인터넷 전화 통화를 할 수 있는 알고리즘이다.

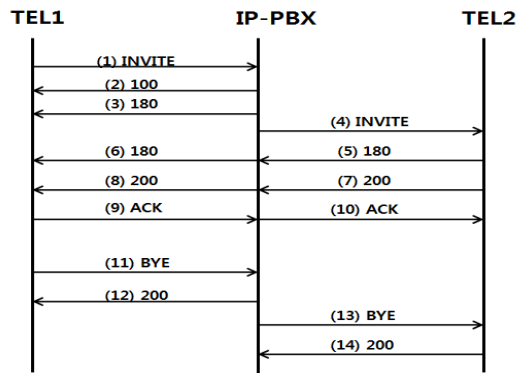


그림 8. FXS를 이용한 내선통화 알고리즘
Fig. 8. A algorithm of extension call using FXS

IV. 시험 평가 및 제안 알고리즘 성능 평가

1. 시험 구성도

본 논문에서 개발한 하이브리드 IP-PBX의 성능을 검증하기 위하여 그림 9와 같이 시스템을 구성하였다. 본지 시간의 통화 시험을 하기 위하여 2개의 하이브리드 IP-PBX를 설치하고 본사에 설치된 하이브리드 IP-PBX에는 무선공유기(NAT)밑에 내선번호 2021부터 2024까지 4대의 인터넷폰을 연결하였으며, 유선 공유기(NAT) 밑에 내선 2001에서 2004까지 4대의 인터넷 폰을 연결하였다. 그리고 FXO의 RJ11커넥터에 일반 전화(PSTN)번호 042-933-0140번을 연결하였으며, FXS를 이용하여 일반전화기 3대를 내선 번호 2011부터 2013까지 연결하였다. 또한 지사에는 역시 하이브리드 IP-PBX에 공유기를 이용하여 내선번호 3001부터 3004까지 4대의 인터넷 폰을 연결하였다. 그리고 통신회사에 설치된 소프트 스위치를 자체 제작하였다.

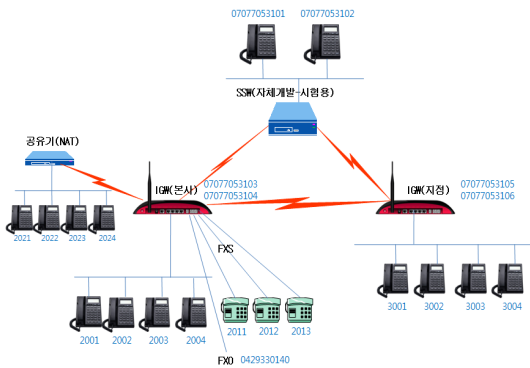


그림 9. IP-PBX 성능평가 시스템 구성도
Fig. 9. A IP-PBX system diagram for performance evaluation

2. 하이브리드 PBX의 VQT (Analog) 시험

인터넷 라인은 멀티미디어 데이터를 수 많은 사람들이 동시에 공유해서 사용하는 특성이 있다. 이러한 이유로 일반 전화에 비하여 인터넷 전화는 통화 음성의 품질에 많은 영향이 있을 수 있으며 매우 중요한 요소이다. 그래서 본 논문에서는 그림 10과 같이 통화 음성 품질 측정장치인 Agilent VQT 이용하여 인터넷 전화에서 가장 많이 사용하는 코덱 G.711 alaw, ulaw와 G.729 a에 대하여 지연이 150ms 이하에서 TEL1과 TEL2를 10회 반복

으로 서로 통화할 때 음성 품질을 측정하였다.

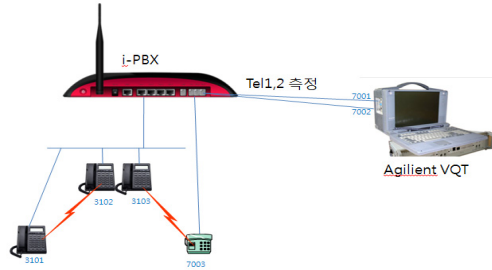


그림 10. TEL1과 TEL2 10회 반복통화 시 음성품질 측정
Fig. 10. Voice measurement evaluation in 10 calls repeatedly between TEL1 and TEL2

이와 같이 시험한 결과 G.711 alaw와 G.711 ulaw에 대하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

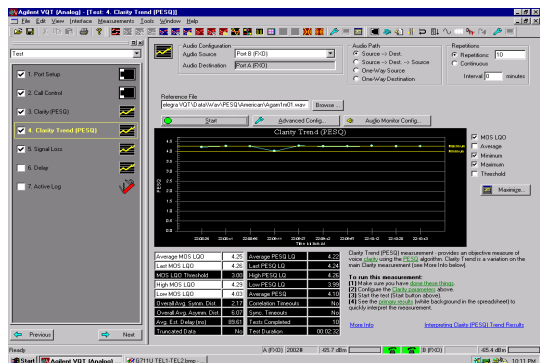


그림 11. G.711 alaw 측정결과
Fig. 11. The measurement result of alaw



그림 12. G.711 ulaw 측정결과
Fig. 12. The measurement result of ulaw

그림에서 보는바와 같이 본 논문에서 개발한 하이브리드 IP-PBX의 음성 품질은 다음 표와 같다.

표 1. QoS 미 적용 시 호 완료율 측정 결과
Table 1. The measuring results of voice quality

| 측정 | 평균값 | 최대값 | 최저값 | 지연 |
|-----------------|------|------|------|-------|
| G.711 alaw a->b | 4.28 | 4.31 | 4.16 | 79.77 |
| G.711 alaw b->a | 4.23 | 4.29 | 3.87 | 85.53 |
| G.711 ulaw a->b | 4.31 | 4.32 | 4.29 | 80.51 |
| G.711 ulaw b->a | 4.25 | 4.29 | 4.03 | 89.61 |
| G.729a a->b | 3.77 | 3.86 | 3.54 | 87.84 |
| G.729a b->a | 3.77 | 3.81 | 3.72 | 83.36 |

따라서 2개의 코덱에 대한 음성 품질은 표준치 4.0이상을 얻을 수 있었다.

3. 동시 호 시험

본 논문에서 개발한 하이브리드 IP-PBX는 여러대 인터넷 및 일반 전화를 연결하여 사용하는 장치이므로 동시 몇 사용자가 사용할 수 있는가에 대한 평가도 매우 중요하다. 따라서 본 논문에서는 그림 13과 같이 최대 통화 측정 장치인 아바쿠스(abacus)를 이용하여 시스템을 수정하여 측정을 하였다.



그림 13. 동시 호 측정 개념도
Fig. 13. The conceptual diagram of measuring the number of simultaneous telephone calls

동시 호 측정 결과로는 그림 14와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 본 실험을 위해서 동시 호는 60콜로 하였을 때 CPU 사용률은 약 72.1%이었으며, 메모리 사용은

83688KB 사용하였으며 60콜 모두 에러 없이 통화가 되었음을 알 수 있다.

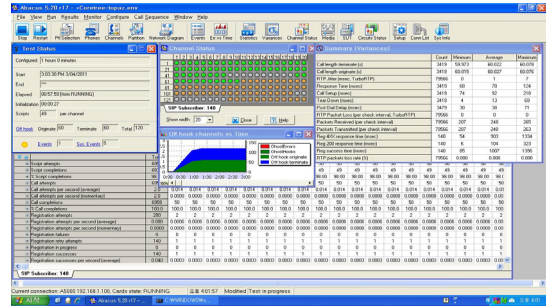


그림 14. 동시 호 측정결과
Fig. 14. The result of measuring the number of simultaneous telephone calls

V. 결론

본 논문에서는 인터넷 전화 시대를 맞이하여, 다수의 인터넷 전화기는 물론 일반전화기를 연결하여 사용할 수 있도록 FXS 모듈을 개발하여 내장하였으며, 또한 FXO 모듈을 개발하여 내장 기업에서 오랫동안 사용해온 일반 전화 번호를 그대로 사용할 수 있도록 하였다 그리고 실제 사용 여부를 판단하기 위하여 동시 콜 시험과 음성품질시험을 한 결과 인터넷 전화에서 가장 많이 사용하는 G.711, G.729음성 코덱에 대하여 음성품질의 기준 MOS 값 4.0이상을 얻을 수 있었으며, 음성 지연 시간의 기준치인 150ms보다 적은 평균 85ms를 얻었다. 그리고 동시에 60콜 측정 결과도 시험결과에서 보는바와 같이 아주 우수함을 증명할 수 있었다. 본 논문에서 개발한 하이브리드 인터넷 사설 교환기를 이용하면 기존 PSTN 유선 전화를 그대로 사용하면서 다양한 인터넷 서비스를 이용할 수 있다.

참고 문헌

- [1] 유승진, 김삼택, 이성기 “VPN을 적용한 인터넷 전화 단말기의 설계”, 한국통신학회논문지 v.30
- [2] 김삼택, “임베디드 SOHO IP 교환기 개발”, 한국인터넷방송통신학회논문지 제10권2편, 103-111쪽, 2010년

- 4월.
- [3] 김삼택 “VPN 기능을 가진 음성보안용 IP-PBX 개발”, 한국인터넷방송통신학회논문지 제10권 6호, 2010년 11월.
 - [4] 김삼택 “SIP 기반 음성 및 화상회의용 하이브리드 IP-PBX 시스템 구현”, 한국인터넷방송통신학회논문지 제9권 4호, 115-122쪽 2009년 8월.
 - [5] “VPN을 적용한 인터넷 전화단말기의 성능평가에 관한 연구”, 한국통신학회 05-30-6A-01., pp445-454
 - [6] SIP프로토콜 스택을 기반으로 하는 분산형 IP-PBX 단말기 설계., 한국통신학회. pp377-384
 - [7] RFC 793 Transmission Control Protocol (TCP)
 - [8] RFC 768 User Datagram Protocol (UDP)
 - [9] RFC 2327 Session Description Protocol (SDP)
 - [10] Allan Sulkin, PBX Systems for IP Telephony : Migrating Enterprise Communications, McGraw-Hill, April 2002.
 - [11] Harte Lawrence and Flood Robert, Introduction to Private Telephone Systems: KTS, PBX, Hosted PBX, IP Centrex, CTI, IPBX and WPBX, Lightning Source Inc, MAy 2005.

저자 소개

김 삼 택(정회원)



- 1985년 : 한남대학교 전자계산학과 학사졸업
- 1987년 : 중앙대학교 전자계산학과 석사 졸업.
- 2005년 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사학위
- 1995년 3월 ~ 2007년 8월 : 우송정보대학 컴퓨터정보통신계열 교수.
- 2007년 9월 ~ 현재 : 우송대학교 컴퓨터정보학과 교수
<주관심분야 : 유/무선 네트워크, VoIP, 모바일 컴퓨팅, ITS>