

# 32bit EISC MCU 기반 임베디드 VoIP Phone의 설계 및 검증

\*강진아, \*진군선, \*\*임재윤, 황영주  
\*제주대학교 통신공학과, \*\*제주대학교 통신컴퓨터공학부, (주)인터에프씨  
전화 : 064-754-3635 / 핸드폰 : 016-696-1917

## Implementation and Verification of Embedded VoIP Phone based on 32bit EISC MCU

Jin-Ah Kang, Goon-Seon Jin, Jea-Yun Lim, Young-Ju Hwang  
Dept. of Telecommunication Engineering, Cheju National University  
E-mail : jinari@cheju.ac.kr

### Abstract

In this paper, we aim to implement the embedded VoIP Phone based on EISC core Microcontroller. EISC is recently new microprocessor architecture, which contains both advantage of RISC and CISC. This advantages are desirably resulted in high code density, high performance and 16/32/64bit scalable instruction length. Also, we select the embedded system which can be guaranteed performance and economical efficiency for implementation that system. As the step of this research, we first study basic system for implementation of target system. Next, we construct the structure of embedded VoIP Phone based on 32bit EISC MCU efficiently. And then we realize that constructed system and verify the performance of that realized system by the test of voice communication in field.

### I. 서론

VoIP(Voice over Internet Protocol)는 인터넷 프로토콜을 하위 통신 프로토콜로 사용하는 통신망의 일부, 또는 전체를 상호 연결에 사용하는 음성 통신 서비스라고 할 수 있다. VoIP는 향후 대부분의 유·무선 통신 네트워크가 IP 기반으로 통합될 시에 전화 기능

뿐만 아니라 각종 인터넷 서비스를 포함하는 필수 서비스로 자리매김 할 것으로 예상된다. 또한 시스템 구현과 관련하여 VoIP 단말기는 여러 가지 종류가 개발되고 있는데, 그 중 임베디드 형태의 VoIP 시스템이 각광받고 있으며, 그 이유는 사용이 편리하고 PC 기반의 단말기에 비하여 안정적인 성능을 보장하기 때문이다.

EISC(Extensible Instruction Set Computing)는 국내에서 개발된 새로운 개념의 마이크로프로세서 구조로, 고정길이 명령어로서 op-code가 필요로 하는 길이만큼 operand를 확장하는 명령어 구조를 구현하여 근래의 임베디드 시스템에서 요구되는 고성능이면서 효율적인 기능을 제공하도록 설계되었다[1].

따라서 본 논문은 EISC 구조를 갖는 32bit MCU(Microcontroller unit)에 기반하여 임베디드 VoIP Phone을 설계 및 검증하는 것을 목표로 한다. 이를 위해, 먼저 G.723.1 코덱 기반 음성 신호처리와 EISC 구조에 대한 이해 및 검토를 수행하고 나서, 적합한 형태의 임베디드 VoIP Phone의 전체 시스템 구조를 설계한다. 또한 설계 시스템 구조에 맞추어 운영체제 및 소프트웨어를 구현한 후 실제 VoIP 망에서의 연동·시험을 하여 기능 검증을 수행하고, 또한 프로그램 크기 요소를 비교 측정함으로써 성능 분석을 수행하고자 한다.

### II. 기반 시스템 연구

#### 2.1 G.723.1 코덱을 이용한 음성 통신 시스템

G.723.1은 H.324 계열 표준의 일부로 음성 신호나 오디오 신호 요소를 아주 낮은 비트 전송 속도로 압축

하는데 사용할 수 있는 압축 기법을 규정한다. 이 코덱에는 두 가지 비트 전송 속도, 즉 5.3Kbps와 6.3Kbps가 관련되어 있다. 높은 비트 전송 속도는 MLMLQ에 기초하며 다소 높은 품질의 사운드를 제공한다 낮은 비트 전송 속도는 CELP를 기초로 하고 있으며 시스템 설계자들이 좀더 융통성을 사용할 수 있다. 표 1은 G.723.1 음성 코덱의 성능을 나타낸 것이다 [2,3]

표 1. G.723.1 음성 코덱 성능

표준화 시기	1995
방식	CELP/MP-MLG
비트율 (Kbps)	5.3, 6.3
알고리즘 지연 (msec)	37.5
계산량 (MIPS)	16
음질 (MOS)	3.7 / 3.98

그림 1은 본 논문에서 설계한 음성 신호처리 모듈의 구조로써, G.723.1 코덱을 지원하는 DSP 칩셋에 기반한다.

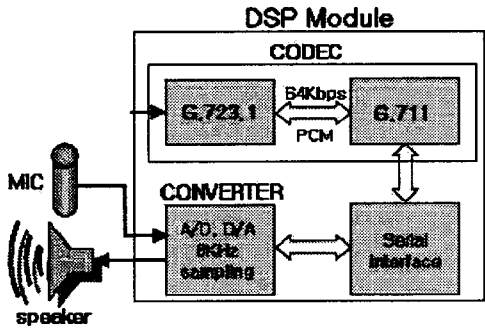


그림 1. G.723.1 기반 음성 신호처리 모듈

동작특성을 살펴보면, 마이크에서 입력된 아날로그 음성 신호는 A/D 컨버터에 의해 디지털화 되어 시리얼 인터페이스를 통해 코덱 프로세서로 전송되고, G.711에 의한 64Kbps의 PCM 음성 부호화 과정을 거쳐, 마지막으로 G.723.1을 통해 6.3Kbps의 압축 음성이 30ms 간격으로 24bytes씩 패킷화되어 최종 출력된다. 이는 음성의 녹음과정이 되고 그 역과정은 음성의 재생과정이 되므로 동시에 두 과정에 대한 실시간 음성 처리가 이루어짐으로써 양방향 통신이 이루어진다.

## 2.2 EISC 구조

EISC는 RISC와 CISC의 장점을 모두 갖는다. 이는 RISC의 장점인 단순하고 복호화가 쉬운 고정 명령어와 CISC의 장점인 복잡하지만 효율적인 명령어의 특

점을 모두 가지는데, 이는 다음의 원리에 기인한다. EISC의 명령어 길이는 고정되어 있지만, 확장 레지스터와 확장 플래그라는 새로운 개념을 도입하여 필요에 따라 operand를 확장하는 명령어 구조체계를 만들 수 있다. 이러한 특징의 명령어는 RISC처럼 복호화가 쉽고 간단한 제어를 가지면서 operand의 크기에 관계없이 고정 길이로 명령어를 표현할 수 있다. 표 2는 프로세서의 성능 비교를 나타낸다[1].

표 2. 프로세서 성능비교

	CISC	RISC	EISC
주요 특징	for high-end computers	32bit 고정된 코드	post-pc devices scalable = 16,32,64 bit
코드밀도	복잡	간단	간단
상대적 프로그램 크기(%)	120-140	140-22	100
성능	낮음	높음	높음
임베디드	부적합	높음	이상적
기타	복잡한 코드와 하드웨어 구성, 64bit 이상 확장이 어려움	16bit MCU, 64bit MCU로 부적합	

## III. 32bit EISC MCU 기반 임베디드 VoIP Phone 구현

### 3.1 전체 시스템 구조 설계

그림 2는 본 논문에서 설계한 32bit EISC MCU 기반 임베디드 VoIP Phone의 구조를 보여주고 있다. 이는 크게 나누어 MCU를 중심으로 외부 메모리부, 이더넷 통신부, 사용자 인터페이스부, 그리고 음성 신호처리부로 구성된다. 외부 메모리는 플래쉬 램과 디램을 장착하고, 이더넷 통신부는 반이중과 전이중 모드에서 10Mbps와 100Mbps를 지원하는 MCU 내장 이더넷 컨트롤러 인터페이스에 PHY 칩과 transformer를 연결한 형태이다. 사용자 인터페이스는 문자형 LCD와 RS232C 콘솔포트, 그리고 키패드로 이루어진다. 또한 음성 신호처리부는 2장에서 설명한 원리에 의하여 G.723.1 DSP 코덱을 이용하여 구성한 것으로, 그림 3에서와 같이 MCU의 특정 external bank에 연결한다.

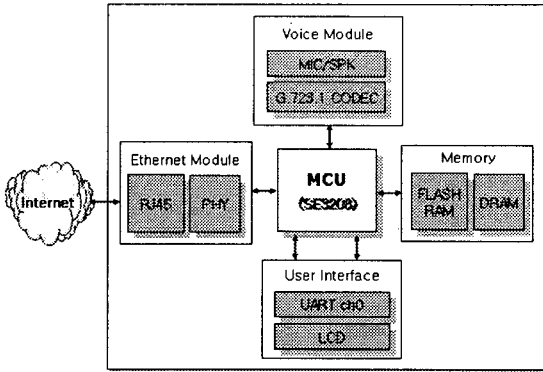


그림 2. 32bit EISC MCU 기반 임베디드 VoIP Phone의 구조

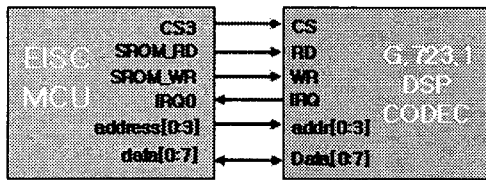


그림 3. MCU와 G.723.1 코덱 간의 연결 구성

### 3.2 펌웨어 구현

그림 4는 앞에서 설계한 32bit EISC MCU 기반 임베디드 VoIP Phone에서 구동되는 전체 펌웨어 구조를 보여준다.

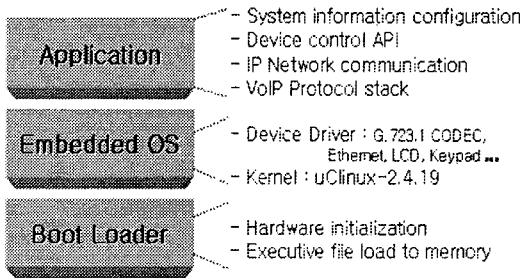


그림 4. 전체 펌웨어 구조

보드에 전원이 인가되면 플래쉬 램의 초기 영역에 저장되어 있는 부트 로더(Boot Loader)가 동작하여 하드웨어 시스템이 초기화 되고, 플래쉬 램의 다른 영역에 저장되어 있는 실행파일을 디램으로 복사하여 구동되도록 한다. 이 때의 실행파일은 설계된 시스템을 위한 임베디드 운영체제와 그에 기반한 응용 프로그램이 합쳐져 있는 이진 데이터 파일을 의미한다. 임베디드 운영체제로는 소스가 공개된 uClinux-2.4.19 커널을 설계한 시스템에 맞도록 포팅하고, 운영체제에서 TCP/IP, ARP와 같은 기본적인 네트워크 프로토콜을 지원한다.

여기에서 앞서 구성한 외부 메모리, 인터넷, G.723.1 DSP 코덱, LCD, 키패드, 콘솔포트와 같이 MCU 외부에 장착한 하드웨어 모듈의 장치 드라이버를 구현하여 커널 내에 포함시킨다. 설계 시스템에서의 MCU 코어인 EISC 계열의 SE3208은 SE3208은 내부에 MMU (Memory Management Unit)를 갖지 않기 때문에 커널 내에 장치 드라이버를 포함시켜 컴파일하는 모놀리식 방식을 채택한다.

## IV. 구현시스템의 기능검증 및 성능분석

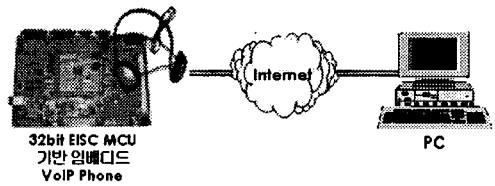


그림 5. 단방향 전송시간 측정 실험

그림 5는 본 논문에서 음성 패킷의 단방향 전송시간을 측정하기 위한 실험 구성도를 나타낸다. 32bit EISC MCU 기반 임베디드 VoIP Phone에서는 음성 신호를 부호화 및 복호화를 하는 동시에 부호화된 음성 패킷을 송신하고, 원격지의 PC에서는 네트워크 분석 프로그램을 이용하여 수신된 음성 패킷의 도달시간을 확인하도록 한다. 이 때에 구현 임베디드 VoIP Phone의 위치는 제주, PC의 위치는 서울에 둔다.

ref.	Source	Destination	Size	Absolute Time	Protocol
12	IP-203...	IP-210...	82	18:49:54.224638	G.723
13	IP-203...	IP-210...	82	18:49:54.274490	G.723
14	IP-203...	IP-210...	82	18:49:54.295380	G.723
15	IP-203...	IP-210...	82	18:49:54.335230	G.723
16	IP-203...	IP-210...	82	18:49:54.364725	G.723
17	IP-203...	IP-210...	82	18:49:54.398821	G.723
18	IP-203...	IP-210...	82	18:49:54.418550	G.723

그림 6. PC에서의 음성 패킷 수신 시각

그림 6은 PC측에서의 음성 패킷 수신 상태이다. 음성 패킷 수신 시간간격을 분석한 결과 100 패킷 이상에 대하여 대체로 40ms 이하로 측정이 되어 양호한 상태를 보인다.

그림 7은 양방향 음성 통화 실험의 구성을 나타낸 것이다. 구현한 임베디드 VoIP Phone과 PSTN 망의 일반전화와의 통화 연결 시험은 IP 네트워크와 PSTN 네트워크를 연결하는 게이트웨이를 이용함으로써 이루어진다. 이용한 게이트웨이는 H.323 프로토콜 지원 장

비로, 이에 따라 임베디드 VoIP Phone에서의 시그널링 프로토콜 또한 H.323 프로토콜 스택으로써 구현한다. 이 실험에서 음성 통화가 성공적으로 이루어짐을 확인하였고 음질 또한 양호하나, 음질 성능에 대한 객관적인 측정이 필요하겠다.

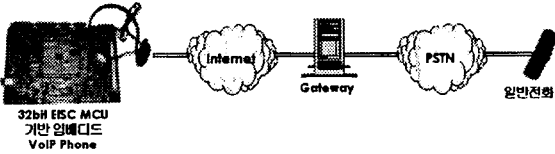


그림 7. 일반전화와의 통화 실험 구성도

다음으로는 구동 프로그램의 크기를 측정하였다. 그 결과는 표 3에 나타나는데, 이는 코어가 다른 MCU에 기반하면서 동일한 사양을 갖는 임베디드 VoIP Phone 플랫폼에서 컴파일된 실행 프로그램의 크기를 비교한 것이다.

표 3. 실행 프로그램의 크기 비교 (단위: bytes)

	32bit ARM MCU (ARM7TDMI)	32bit EISC MCU (SE3208)
응용 프로그램 (ping)	132224	44456
커널 (linux.bin)	949368	783308
VoIP Phone 실행 프로그램 (imaeg.bin)	1120795	911554

본 논문에서 도입한 EISC 계열 SE3208 코어는 내부에 MMU가 없는 것이기 때문에, 비교대상 또한 내부에 MMU를 갖지 않으면서, 거의 비슷한 처리성능을 내는 ARM7TDMI MCU를 채택하였다. 첫 번째로는 완전히 동일한 소스코드인 ping 응용 프로그램을 각각의 플랫폼에서 컴파일한 결과이고, 두 번째로 커널은 동일한 uLinux-2.4.19를 컴파일한 결과로, 커널 특성상 하드웨어와 직접적인 연관이 있기 때문에 완전히 동일한 소스코드라고는 볼 수 없지만 같은 성능을 가지면서 작은 프로그램 크기를 갖는 것은 EISC MCU임을 확인할 수 있다. 마지막 항목은 본 논문에서 구현하고자 한 VoIP Phone 기능을 위한 전체 펌웨어 실행 프로그램으로, 같은 기능을 제공하는 프로그램의 크기를 비교한 것이다. 이것 또한 플랫폼의 기능상의 차이로 인해 완전히 동일한 소스코드라고는 할 수 없

지만 같은 기능 스펙에서 EISC MCU가 작은 프로그램 크기를 낸다는 것을 확인할 수 있다.

## V. 결론

VoIP 기반의 인터넷 전화 서비스는 최근 몇 년 동안 여전히 관심의 대상이 되고 있고, 상용화까지 이르는데 대한 문제점들 또한 연구개발로 인하여 점진적으로 해소되고 있는 실정이다. 이에 대한 앞으로의 연구 대상은 신뢰성을 보장하기 위한 고품질화와 보급화를 위한 저가격, 최적화가 될 것이다.

본 논문에서는 최근에 새로이 개발된 EISC 마이크로프로세서 구조를 갖는 MCU에 기반하여 임베디드 VoIP Phone을 구현함으로써, EISC MCU의 효율성을 입증함과 동시에 시스템 성능은 보장하면서 시스템 경제성도 뛰어난 임베디드 VoIP Phone을 구현하고자 하였다. 이에 대한 연구내용으로는 G.723.1 DSP 코덱을 이용한 하드웨어 기반의 음성 신호처리 모듈을 설계하고, 이를 통합하여 32bit EISC MCU에 기반한 임베디드 VoIP Phone의 하드웨어, 소프트웨어 전체 시스템 구조를 설계 및 구현하였다. 이후에는 구현한 시스템을 실제 필드 상에서 시험하고 측정해봄으로써 시스템의 기능 동작 및 효율성을 입증하였다.

추후에는 설계한 시스템의 성능을 보다 객관적인 방법으로 측정하도록 보완하여야 하겠고, 또한 VoIP의 고품질화를 위한 성능 개선 알고리즘의 연구를 수행하고, 이를 설계 시스템에 적용 및 시험을 통해 보다 진보된 성능 개선 및 검증에 관한 연구 결과를 제시할 수 있어야 하겠다.

## 참고문헌

- [1] <http://adc.co.kr>
- [2] 김도영, 김영선, “인터넷 전화 기술 현황 및 전망”, 한국통신학회지 VOL.21 NO.4 APRIL 2004
- [3] <http://www.cisco.com/global/KR/networking/glossary>
- [4] 임강빈, 정기현, 최경희, “VOIP 음질 개선을 위한 패킷 크기의 최적화”, 전자공학회논문지 제40권 TC편 제9호
- [5] 김도영, 강태규, 김대용, “VoIP 국내의 기술동향 및 발전전망”, 전자공학회지 Vo.26, No.6, 2001