

블루투스 기반 임베디드 VoIP 시스템 구현 및 음질 개선 방안

*강진아, *양영배, **임재윤
*제주대학교 통신공학과, **제주대학교 통신컴퓨터공학부
전화 : 064-754-3635 / 핸드폰 : 016-696-1917

Implementation of Embedded VoIP System based on Bluetooth and Method of Voice Quality Improvement for that system

Jin-Ah Kang, Young-Bae Yang, Jea-Yun Lim
Dept. of Telecommunication Engineering, Cheju National University
E-mail : the_dreamer@hanmail.net

Abstract

In this paper, we aim to communicate wirelessly as applying the Bluetooth technology to the VoIP system, and we select the embedded system which can be guaranteed performance and economical efficiency for implementation that system. So we implemented embedded Bluetooth AP and embedded VoIP system based on Bluetooth. For voice quality improvement in the implemented system, the Bluetooth ACL link and the appropriate Bluetooth packet was selected. Also, it was designed about the handling method of voice packet by using variable jitter buffer and then tested on embedded VoIP system based on Bluetooth .

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 전화기능뿐 아니라 각종 인터넷 서비스를 포함하는 필수 서비스로 자리매김 할 것으로 예상된다.

기존 유선 네트워크 기반 VoIP 단말은 공간제약의 문제점을 갖는데, 최근의 진보된 무선 네트워크 기술을 적용함으로써 휴대성 및 사용의 편리성을 가져올 수 있다. 이를 위한 무선 네트워크 기술 중의 하나인 블루투스는 근거리 무선 인터페이스를 통하여 음성 및 데이터 전송 서비스를 지원하는 통신 프로토콜로써 작고, 저렴한 가격, 적은 전력소모의 장점에 기인하여 이동통신단말기, 휴대용 장치들과 네트워크 AP(Access Point), 그리고 기타 주변 장치들 간의 작은 구역 내 무선 연결을 위한 기술을 제공한다[1].

본 논문에서는 블루투스 기술을 VoIP 시스템에 적용하여 VoIP 음성 통화 기능을 무선화 하는 것을 목표로 하고, 이를 실현함에 있어서 성능보장 및 경제성에 부합하는 임베디드 시스템(embedded system)을 채택한다. 또한 구현 시스템에서의 음질 개선을 위하여 적합한 블루투스 ACL 패킷 형태를 선택하고 가변 지터버퍼를 적용한다.

II. 블루투스 링크 응용

2.1 블루투스 무선 링크

블루투스 무선 장치간에 정의되는 링크로는 SCO(Synchronous Connection-Oriented) 링크와 ACL(Asynchronous Connection-Less) 링크가 있다. SCO

링크는 음성과 같은 시간 종속 데이터 전송에 사용하는 동기화 링크이고, ACL 링크는 패킷 기반의 데이터 전송에 사용하는 비동기화 링크로써 링크의 대부분을 차지한다[1,2].

2.2 ACL 링크를 이용한 음성 전송

ACL 링크는 패킷 기반의 데이터 전송을 위해 사용된다. 그러므로 ACL 링크를 통해 전송되는 음성 신호는 디지털 데이터이어야 한다. 이는 음성 신호를 디지털 데이터로 바꾸고 이를 패킷화하여 전송하는 VoIP 통신에 부합된다. 패킷화된 음성 데이터는 블루투스 상위 프로토콜 스택(stack)을 통해 전송될 수 있다[1].

실제 구현을 위해서는 아날로그 음성 신호를 디지털로 처리하기 위한 음성 코덱과 상위 프로토콜 스택을 포함하는 블루투스 모듈이 요구된다. 본 논문에서는 RFCOMM 프로토콜 스택에 기반한 블루투스 모듈과 DSP 기반의 음성처리 모듈을 사용하였다. DSP 기반의 음성처리 모듈은 PCM(Pulse Code Modulation) 샘플링과 G.723.1 음성 압축 기능을 지원함으로써 소프트웨어로 구현된 음성 코덱에 비하여 CPU 부하를 줄이고 보다 안정적인 음질을 제공한다.

DSP 기반의 음성처리 모듈과 블루투스 ACL 링크를 이용하는 음성 전송 시스템 구조는 그림 1과 같다.

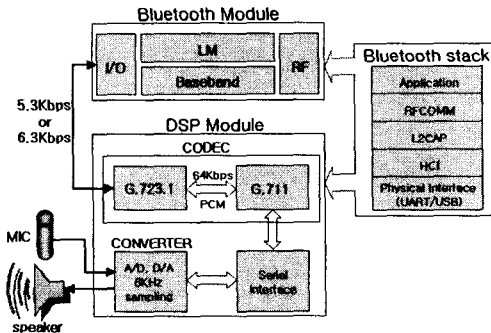


그림 1. ACL 링크를 이용한 음성 전송 시스템 구조

III. 블루투스 기반 임베디드 VoIP 시스템 구성

본 논문에서 구현한 블루투스를 이용하는 VoIP 무선 통신 시스템은 임베디드형의 블루투스 AP와 블루투스 통신에 기반하는 임베디드형의 VoIP 단말기를 이용하여 이루어진다. 그 구성은 그림 2와 같다. 여기에서 IP 네트워크와 PSTN 네트워크를 연결하는 게

트웨이는 H.323 프로토콜을 지원하므로, 구현 시스템에서의 시그널링 프로토콜은 H.323에 기반한다.

음성 통화를 위한 콜셋업 과정에서의 H.323 프로토콜 구성을 블루투스 AP에 구현하여 단말기에서는 별도의 시그널링 프로토콜을 추가하지 않아도 되도록 하였다. 이는 향후 VoIP 시그널링 프로토콜이 SIP 등의 이종 프로토콜로 전환될 시에 단말기의 유용성을 보장하게 된다.



그림 2. 블루투스 기반 VoIP 시스템 구성

3.1 임베디드 블루투스 AP 구조

블루투스 AP는 IP 네트워크로부터 VoIP 음성 패킷을 수신하여 음성 데이터만을 추출하고, 이를 다시 블루투스 ACL 패킷화하여 블루투스 모듈을 통해 목적 단말기로 무선 전송하는 동작을 한다. 이를 개별의 MCU(Micro Controller Unit)를 이용하는 하나의 임베디드 시스템으로 구성하였고 그 구조는 그림 3과 같다.

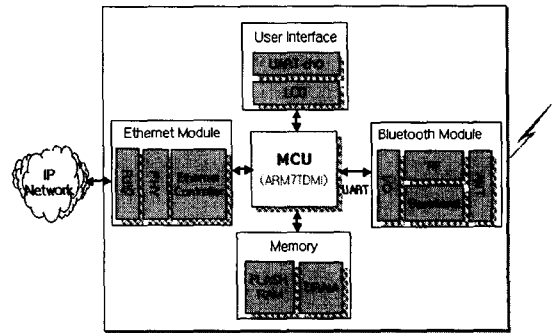


그림 3. 임베디드 블루투스 AP 구조

그 구조는 ARM7TDMI core의 32-bit 마이크로프로세서를 중심으로 메모리, 이더넷 모듈, UART와 LCD로 이루어진 사용자 입·출력 모듈, 그리고 블루투스 모듈로 이루어진다. 블루투스 모듈과 마이크로프로세서의 연결은 표준 입·출력 포트인 UART로 이루어지므로 UART 장치 드라이버를 이용한다.

임베디드 블루투스 AP를 동작시키기 위한 소프트웨어는 uClinux 운영체제와 그에 기반하여 구현된 블루

투스 상위 프로토콜 스택 및 H.323 프로토콜 스택 등을 포함한다.

3.2 블루투스 기반 임베디드 VoIP 단말기 구조

블루투스 기반 임베디드 VoIP 단말기는 블루투스 AP로부터 ACL 음성 패킷을 수신하여 음성 데이터만을 추출하고, 이를 DSP 기반 음성처리 모듈로 전송하여 음성을 재생한다. 그리고 그 역과정으로 DSP에 의해 생성된 음성 데이터를 ACL 음성 패킷화하여 블루투스 AP로 전송함으로써, AP에 의하여 상대편 단말기로 음성 데이터를 보내도록 한다. 이에 대한 구현된 임베디드 시스템의 구조는 그림 4와 같다.

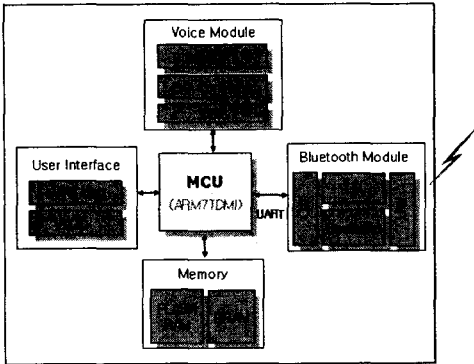


그림 4. 블루투스 기반 임베디드 VoIP 단말기 구조

그 구조는 임베디드 블루투스 AP에서 사용한 것과 동일한 마이크로프로세서를 중심으로 하여 블루투스 모듈과 DSP 기반의 음성처리 모듈로 구성된다. DSP 기반 음성처리 모듈은 2장에서 설명한 것과 같이 G.723.1 음성 압축을 지원한다.

블루투스 기반 임베디드 VoIP 단말기를 동작시키기 위한 소프트웨어는 uClinux 운영체제와 그에 기반하여 구현되는 블루투스 상위 프로토콜 스택 및 가변 지터 버퍼 알고리즘을 포함한다.

IV. 블루투스 기반 임베디드 VoIP 시스템에서의 음성 패킷 처리기법

4.1 음성 통신을 위한 블루투스 패킷의 선택

ACL 링크를 이용한 통신에서 패킷 형태의 선택은

중요하다. 특히 VoIP 시스템과 같은 특정 타이밍과 speech frame 단위로 음성 데이터 전송이 이루어질 경우에는 블루투스의 전송 패킷 형태의 특성과 잘 부합되어야만 한다.

블루투스에서 양방향 전송시 단일 슬롯 패킷 형태(DM1, DH1)는 2슬롯(1.25ms)을 사용하고, 3슬롯 패킷 형태(DM3, DH3)는 6슬롯(3.75ms)을 사용하며, 5슬롯 패킷 형태(DM5, DH5)는 10슬롯(6.25ms)을 사용한다. 그러므로 VoIP 시스템에서 전송되는 음성 데이터(24byte)를 고려했을 경우 최대 데이터율은 각각 153.6Kbps, 51.2Kbps, 30.72Kbps가 되고, 이는 모두 VoIP 통신 속도(6.3Kbps)를 만족한다. 그러나 여기서 DM1인 경우는 최대 페이로드 크기가 17byte이므로 24byte를 전송하기 위해서는 분할하여 전송이 이루어져 4슬롯을 사용해야 하고, 스택에서의 분할과 조립에 의한 지연요소가 추가되므로 데이터율은 더욱 안 좋아진다. 이에 반해 DH1인 경우는 최대 페이로드 크기가 27byte이므로 24byte인 음성 데이터를 전송하는데 있어 슬롯 사용을 효과적으로 하게 된다. 그리고 데이터율도 다른 패킷 형태 보다 최소 3배 이상 높으며, 이러한 높은 데이터율은 재전송 횟수를 24회까지 가능하게 하여 낮은 링크 품질 환경에서도 비교적 좋은 음질 유지가 가능하다. 다른 패킷 형태인 경우도 VoIP 통신에서의 전송 속도 이상의 데이터율을 보이므로 이용할 수 있겠지만, 재전송 가능 횟수는 3슬롯 패킷 형태가 8번, 5슬롯 패킷 형태는 4번이므로 낮은 링크 품질에는 불리할 수 있다. 그리고 24byte를 전송하기 위해 3슬롯 또는 5슬롯을 사용하는 것은 슬롯 사용에 있어 효과적이지 않다. 결과적으로 블루투스 패킷 형태 중에서 VoIP 음성 데이터 처리에 가장 효율적으로 쓰일 수 있는 패킷 형태는 DH1임을 확인 할 수 있고 본 논문의 구현 또한 이를 적용하였다.

4.2 블루투스 기반 임베디드 VoIP 단말에서의 가변 지터버퍼 적용

VoIP에서 네트워크 상태에 따라 지터(jitter)가 변하는 것은 IP 망의 일반적인 현상이다. 따라서 지터버퍼의 크기를 고정된 값으로 설정하지 않고 네트워크의 패킷 전달지연 크기와 관련하여 가변적으로 설정한다면 보다 안정적인 음질이 보장될 것이다. 따라서 본 논문에서는 음성 통신 초기 단계에서 지터 버퍼의 크기를 결정하는 절차를 거치도록 구현하였다.

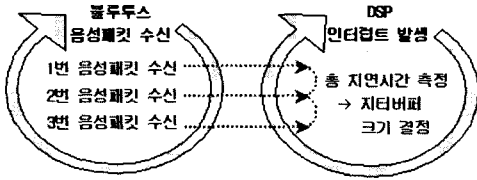


그림 5. 가변 지터버퍼 크기 결정

그림 5는 송신단-대-수신단의 패킷 전달지연을 측정하는 알고리즘을 나타낸다. 즉, 현재 수신된 음성 패킷에 대한 다음번의 음성 패킷이 수신되지 않는 동안에는 DSP의 인터럽트 발생 주기에 근간하여 이 구간의 시간을 측정하고, 해당 패킷이 수신되게 되면 이전까지 측정된 시간을 패킷 전달지연으로 수용한다. 이를 일정 패킷량에 대하여 반복 측정하여 그 평균값을 구하고 이를 기준 지터 크기인 150ms에서 감산함으로써 적절한 지터버퍼의 크기를 찾는다. 이러한 동작은 매프레임 시 수행된다.

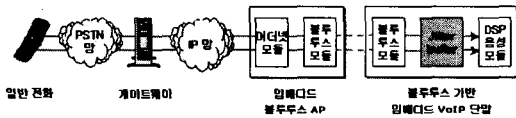


그림 6. 가변 지터버퍼 적용 위치

그림 6은 앞서 설명한 가변 지터버퍼를 전체 시스템과 관련하여 나타내고 있다. 또한 이에 대한 실험결과는 그림 7에 나타내었다. 이 실험에서 결정된 가변 지터버퍼의 크기는 3frame(24byte/1frame)임을 확인할 수 있었다.

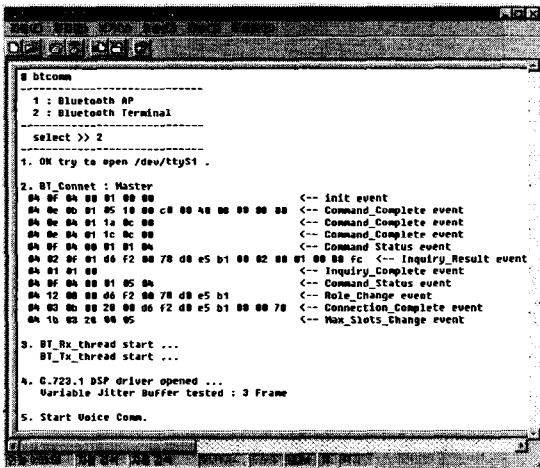


그림 7. 블루투스 VoIP 단말에 대한 모니터링

V. 결론

VoIP 기반의 인터넷 텔레포니 서비스는 최근 몇 년 동안 여전히 관심의 대상이 되고 있고, 상용화까지 이르는데 대한 문제점들 또한 연구개발로 인하여 점진적으로 해소되고 있다.

본 논문에서는 VoIP의 보다 나은 활용성을 고려하여 블루투스 기술을 적용하였고, 이로써 무선 통신의 장점을 기존 VoIP에서도 이용하고자 하였다. 이에 대한 연구내용으로는 블루투스 ACL 링크 기반의 임베디드 VoIP 단말과 AP 시스템을 구현하였고, 구현 시스템에서의 음질 개선을 위한 방안으로 가변 지터버퍼를 설계하였다.

추후에는 다중 통신과 같은 블루투스의 여러 가지 장점을 활용하기 위한 연구와 최적화된 임베디드 시스템으로 구현하기 위한 연구가 지속적으로 이루어져야 하겠다.

참고문헌

- [1] Miller and Brent A. "Bluetooth Revealed", Prentice-Hall, 2000
- [2] 주민철, "블루투스 시스템에서의 채널상태분석을 이용한 ACL 링크 관리 방식", 한국통신학회 하계 학술대회 논문집, 2001
- [3] 김도영, 강태규, 김대용, "VoIP 국내의 기술동향 및 발전전망", 전자공학회지 Vol.26, No.6, 2001
- [4] Jonathan Davidson, James Peters, "Voice over IP Fundamentals", cisco systems, 2000