

碩士學位論文

블루투스 ACL 링크를 이용한 음성전송
LAN Access Point 구현 및 성능분석

指導教授 林 載 允



濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科

梁 昌 云

2003年 6月

블루투스 ACL 링크를 이용한 음성전송
LAN Access Point 구현 및 성능분석

指導教授 林 載 允

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

2003年 6月

濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科 通信工學 專攻



梁 昌 云

梁昌云의 工學碩士學位 論文을 認准함.

2003年 6月

委員長 李 鎔 鶴 印

委 員 康 鎭 植 印

委 員 林 載 允 印

목 차

Abstract.....	2
I. 서론.....	4
II. LAN 무선 접속 방식.....	6
1. 블루투스.....	6
2. HomeRF.....	7
3. IEEE802.11/Wi-Fi.....	8
4. 무선 접속 방식 비교.....	9
III. 블루투스 링크와 음성전송.....	12
1. VoIP에서의 음성전송.....	13
2. SCO 링크에서의 음성전송.....	14
3. ACL 링크를 이용한 음성전송.....	17
IV. 블루투스 응용프로그램 및 AP 구성.....	22
1. LAN AP 프로파일.....	22
2. 응용프로그램 구현.....	26
3. AP 구성.....	33
V. 실험결과 및 분석.....	37
1. 두 블루투스 기기간 데이터 전송 실험.....	38
2. PC 기반 AP를 이용한 데이터 전송 실험.....	39
3. 임베디드 기반 AP를 이용한 데이터 전송 실험.....	40
VI. 결론.....	42
참고문헌.....	44

The Implementation and Performance Analysis of the Voice Transmission LAN Access Point Using Bluetooth ACL Link

Chang-Woon, Yang

Department of Electric and Electrical Engineering
Graduate School of Industry
Cheju National University

Supervised by professor Jae-Yun, Lim



Abstract

Bluetooth is a specification for a radio communication solution that is low cost and short range, and Bluetooth make it a rule to open its technology. Bluetooth technology is now a development phase as specification version 1.1 and is not yet in commonly using step. Voice transmission in existing Bluetooth system appropriates SCO link. But there are much difficulty in purpose of VoIP communication because SCO link has limited bandwidth of 64kbps and control is difficult to process packet.

In this thesis, it was implemented about technique and system to

transmit voice using ACL link. And then it was also implemented about VoIP communication through applying Bluetooth LAN access point system, and from design and implementation of AP(access point) based on PC and embedded system, was analyzed about performance of each situation. For this purpose, the system was composed using the test board mounting the Bluetooth module, voice DSP board, and AP system using EISC(Extensible Instruction Set Computing) chip, and then experiment was consisted through implementing application program based on RFCOMM stack.

By the analysis result of ACL link through the application program and the comparison of the data rate with three different system compositions, it was presented about effective form for voice communication, and from this, was proposed about desirable AP system for VoIP communication.



I. 서론

블루투스는 근거리 무선 인터페이스를 통하여 음성 및 데이터 전송 서비스를 지원하는 통신 프로토콜이다. 블루투스 기술은 모든 디지털 제품들에 저가의 블루투스 칩을 넣어서 사용자가 장치를 연결할 필요 없이 적은 전력소모로 근거리에 있는 장치들이 자동으로 동기를 맞추게 하는 것을 목표로 하고 있다.(Miller and Brent A, 2000)

블루투스는 음성이나 오디오와 같은 지연 시간에 민감한 데이터 통신과 고속이면서 지연시간에 덜 민감한 패킷 데이터 통신을 가능하게 한다. 이와 같이 블루투스 무선 장치간에는 데이터 전송을 위해 두 가지 서로 다른 종류의 링크가 있다. 즉, 동기화 전송(SCO, synchronous connection oriented) 링크와 비동기화 전송(ACL, asynchronous connection less) 링크이다. SCO 링크는 음성과 같은 시간 종속 데이터 전송에 사용하는 동기화 링크이고, ACL 링크는 패킷 기반의 데이터 전송에 사용하는 비동기화 링크로서 링크의 대부분을 차지한다. 그러므로 링크의 대부분을 차지하는 ACL 링크에서 채널의 품질과 데이터의 양에 따라서 주어진 패킷을 효율적으로 사용하는 것은 매우 중요한 문제이다. (Nathan J. Muller, 2001)(주민철, 2001. 7)

이렇듯 각 링크의 특성이 정해져 있으나, LAN(local area network) 상의 음성 데이터 신호를 SCO링크를 이용하여 전송하는데는 여러 가지 문제점이 있다. LAN 상에서의 음성전송은 VoIP(voice over internet protocol) 기법이 최근 각광을 받고 있고 대부분 이를 이용한다. VoIP에서는 음성 데이터 신호를 음성 압축 코덱을 이용하여 저비트율의 디지털 신호로 변환하고, 음성 패킷을 LAN상의 IP(internet protocol)를 이용해 전송하는 기법이다. PCM(pulse code modulation) 데이터 전송을 기반으로 하여 상대적으

로 높은 비트율을 사용하는 SCO 링크를 VoIP 통신에의 적용은 패킷을 효율적으로 사용해야 한다는 면에서 불합리하고 블루투스 모듈에 대한 복잡한 구조변경을 필요로 하는 등의 단점이 있다. 이에 반해 ACL 링크를 이용하면 현재의 블루투스 스펙을 적절히 활용하는 동시에 음성통신에 대한 충분한 대역폭을 확보할 수 있고, 현재의 기술 흐름에 동조할 수 있는 형태로써 다양한 부가적 서비스까지 제공 가능하다. 또한 VoIP 서비스에서의 장애요인인 공간제약의 문제점을 개선하여 휴대성 및 사용자의 편리성을 높일 수 있다.

본 논문에서는 VoIP 통신을 목적으로 하는 블루투스 LAN AP(access point) 시스템을 구현한다. AP는 임베디드 기반으로 설계, 구현하여 성능분석을 한다. 이를 위해 블루투스 모듈을 이용한 테스트 보드와 음성 DSP 보드, 그리고 임베디드 기반 AP를 사용하여 시스템을 구성하고, RFCOMM 스택(stack)을 기본으로 하는 응용프로그램을 구현하여 실험한다. 응용프로그램을 이용한 ACL 링크에 대한 분석 결과와 두 가지 다른 AP 시스템 구성을 가지고 데이터율의 비교를 통해 음성 통신에 대한 효과적인 형태를 제시한다.

본 논문의 구성으로는 II장에서 LAN에 무선으로 접속하기 위한 현재 표준화된 기술에 대해 살펴보고, III장에서 SCO 링크에서 VoIP 음성데이터 전송시 문제점과 ACL 링크를 활용한 음성전송 방법을 설명한다. IV장에서는 LAN AP 프로파일을 설명하였고 호스트 프로토콜스택을 기반으로 응용프로그램을 구현한 후 LAN AP를 구성한다. V장에서는 구현된 시스템을 이용 실험한 결과를 분석하여 VoIP 음성통신을 위한 바람직한 LAN AP 시스템을 제안하였다. 마지막으로 VI장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. LAN 무선 접속 방식

LAN AP는 무선 디지털 전송방식에 기반을 둔 유무선 간 접속기술이다. 이것의 장점은 복잡한 케이블 배선이 필요 없고 장치의 이동이 가능하고 응용성이 광범위하여 편리한 사용자 인터페이스를 가진다. 이러한 무선 접속 방식을 제공하는 표준화된 기술은 블루투스, HomeRF 및 IEEE802.11이 있다.

1. 블루투스

Bluetooth SIG(Special Interest Group)은 1998년 스펙 V1.0A를 발표하고 1999년 IEEE802.15 WPAN(Wireless Personal Area Networking) 워킹 그룹(working group)에 블루투스 스펙을 제출하여 현재 IEEE802.15.1의 표준으로 자리잡았다. 현재는 V1.1 코어스펙(Core specification)과 프로파일 스펙이 발표되고 로열티 없이 공개하는 것을 원칙으로 하고 있다.

블루투스의 사양은 ‘근거리, 저전력, 저가의 무선 인터페이스’ 라고 할 수 있다. 사용하는 주파수 대역은 라이선스 없이 사용할 수 있는 2.4GHz의 ISM(Industrial Scientific Medical)밴드이다. 또 1MHz의 대역폭으로 79개 채널로 나누어 각 채널을 호핑하는 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum) 방식을 채택하였다.

블루투스의 전송범위는 파워클래스에 따라 10~100m의 근거리이며, 최고 전송속도는 1Mbps(실제 723.2Kbps)이다. MAC(Media Access Control)은 TDD(Time Division Duplex) 방식으로 625 μ s의 타임 슬롯을 기반으로

하며, 라운드 로빈(round robin)방식으로 각 장치의 패킷을 교환한다. 또 각 타임슬롯은 의사랜덤(pseudo random) 방식으로 초당 1600번 주파수를 호핑한다. 또 블루투스에는 ACL 링크와 SCO링크라는 두 개의 물리 링크를 제공하여 데이터와 음성을 모두 지원한다.

블루투스의 칩셋은 현재 RF(radio frequency) 부분이 베이스밴드 부분과 통합되어 RF 솔루션으로는 드물게 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor) 공정으로 원칩화가 되고 있다. 칩셋의 가격도 5달러 정도로 저렴하다. 현재 모듈(칩셋과 플래쉬 및 주변 RF 회로를 포함한 것) 사이즈는 10×10mm이하로 작아지고 있으며, 그 전력 소모량도 작아지고 있고, 배터리 전원의 휴대용 기기에도 무리 없이 탑재될 수 있다.

2. HomeRF



HomeRF WG(Working Group)은 SWAP(Shared Wireless Access Protocol)에 기반하여 HomeRF기술을 개발하였다. HomeRF/SWAP은 다음과 같은 전송채널들을 제공한다.

- DECT(Digital Enhanced Cordless Telephone) 표준에 기반한 6개의 음성채널
- IEEE 802.11 무선 인터넷표준에 기반한 하나의 데이터 채널

초기의 전송속도는 이론상 2Mbps의 최대 데이터율을 제공하였지만 버전 2.0에서는 거의 이더넷 수준인 10Mbps를 제공한다.

SWAP은 블루투스나 마찬가지로 라이선스(License) 없이 사용할 수 있는 2.4GHz의 ISM 대역을 사용하며 간섭을 줄이고 보안을 강화하기 위해 FHSS 통신을 이용한다. 도약간격은 1MHz로 두고 초당 50개를 도약한다.

HomeRF는 고가의 IEEE802.11 무선랜을 대체하는 저가의 네트워크로서 점대점 접속만을 제공하고 있다. 또한 무선랜이나 이더넷에서 제공하는 접속의 유연성을 제공하지 않는다. 그러나 이러한 문제는 소규모 네트워크에서는 큰 문제가 되지 않는다.

HomeRF는 블루투스보다 비교하여 가격, 소비전력 면에서 불리할 뿐 아니라 이동성을 갖는 제품이나 ad-hoc 접속에도 적절하지 못하다. 즉 HomeRF는 엄격히 “고정” 기술이기 때문이다.

3. IEEE802.11/Wi-Fi

WECA(Wireless Ethernet Compatibility Alliance)는 IEEE(Institute of Electronic and Electrical Engineers)에서 개발한 무선 네트워킹 표준에 기반을 둔 무선네트워킹 기술을 수용하였다. IEEE802.11b 표준이 바로 Wi-Fi(Wireless Fidelity)의 핵심기술이다. Wi-Fi는 블루투스나 HomeRF 등의 경쟁기술보다 고가이면서 고성능의 통합네트워크를 목표로 하고 있다.

802.11은 블루투스, HomeRF 등과 마찬가지로 2.4GHz대역의 RF신호를 이용하며 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)방식을 이용한다. 이는 17MHz의 고정된 채널에 신호를 전송하여 간섭의 영향을 줄이고 보안성을 높이기 위해 계산된 잡음을 첨가한다. 추가적인 보안성을 제공하기 위해 128비트의 암호화 기술을 이용하는 WEP(Wireless Encryption Privacy)암호화 표준을 이용한다.

FHSS 대신 DSSS를 사용할 때의 장점은 802.11이 11Mbps까지 빨라진다는 것이다. 단점은 가정에서 사용하는 제품들중 주파수대역 2.4GHz를 사용하

는 제품들(전자렌지, 무선도어오프너 등)에 의한 간섭을 많이 받는다. 또한 블루투스와의 공존할 때 오로지 802.11만 간섭을 받아 전송속도가 최대 1Mbps 까지 떨어진다.

802.11은 접속점(access point 또는 base station)이 있어야하며 이러한 접속점은 시스템 소요비용을 증가시킨다. 또한 설치상 매우 복잡한 과정이 필요하므로 플러그 앤 플레이(plug and play) 타입으로 설치할 수 없다. 따라서 블루투스와의 같이 ad-hoc 기반 접속에는 적절치 못하다.

사실 802.11은 케이블 없는 이더넷으로 간주할 수 있다. 802.11 네트워크는 유선 이더넷과 같은 속도 및 신뢰도라는 장점이 있는 반면 높은 가격 및 관리가 문제점이 되고 있다.

이로 볼 때 802.11은 엄격히 데이터 전송을 위한 표준이라고 볼 수 있다. 802.11은 음성전송이나, 어떠한 형태의 테레포니(telephony)도 지원하고 있지 않으나 VoIP를 이용하면 음성신호를 전송할 수 있다.



4. 무선 접속 방식 비교

앞에서 AP를 구현하기 위한 접속 방식에 대한 기술에 대해 분석해 보았다. AP는 여러 가지 측면에서 볼 때, 경제성, 이동성, 접속의 편리성, 데이터율 등 요구조건 들을 충족시켜야 한다. 그러나 단일전송 방식으로는 AP의 요구사항들을 충족시킬 수 없기 때문에 향후 적절히 보완하여 유사한 방식으로 발전될 것이다.

Table 1은 무선 접속 방식에 대한 주요 특징을 비교 분석한 것이다.

Table 1. Comparison for each wireless LAN access technique

구분	블루투스	HomeRF	IEEE802.11/ Wi-Fi
매체	RF	RF	RF
주요용도	ad-hoc 접속	가정, 소규모 사무실 LAN	중·대규모 사무실 LAN
최대 속도	1Mbps	10Mbps	11Mbps
거리	10m	50m	100m
장애물 통과 여부	Yes	Yes	Yes
연결각도	360°	360°	360°
음성/전화 지원 여부	Yes	Yes	No
통신방식	FHSS	FHSS	DSSS
RF 간섭에 대한 민감도	중간	중간	높음
소비전력	낮음	높음	높음
장치당 제조비용	현재 15달러 추후 5달러 예상	70~100달러	100~300달러

블루투스는 초당 1600회의 주파수 호핑 방식을 사용하여 하므로 간섭에 강한 장점을 가지고 있다. 또 음성채널과 데이터 채널을 동시에 지원하여 다양한 응용이 가능한 것도 블루투스의 장점이다. 블루투스와 비교된 다른 기술들은 그 응용분야가 다르다. 즉 IEEE802.11 이나 HomeRF는 랜의 무선화를 위한 솔루션으로 볼 수 있으나 블루투스를 이용한 랜의 무선화는 블루투스의 다양한 어플리케이션의 하나인 것이다. 블루투스의 가장 큰 단점은 낮은 전송 속도이다. 그러나 버전 2.0에서 10Mbps의 전송률을 지원하고 있어 앞으로 발전 가능성이 크다.

블루투스에는 ad-hoc접속, 소형 경량화, 저소비전력, 저가격 등으로 인하여 VoIP 음성통신을 위한 가장 쉬운 방법을 제시하고 있다. 반면 802.11/WiFi는 사용하기가 좀더 용이해지고 가격을 낮출 경우 중·대규모 사무실을 중심으로 HomeRF보다 경쟁력 있는 기술로 판단된다.



Ⅲ. 블루투스 링크와 음성전송

블루투스의 링크에는 SCO 링크와 ACL 링크 두 가지가 있다. SCO 링크는 625 μ s의 일정한 시간 간격으로 예약된 타임 슬롯(slot)을 통해 데이터를 주고받는다. SCO 링크는 대칭적(symmetric)이며, 마스터와 슬레이브 간의 점대점(point-to-point) 연결이 된다. 또 한번 전송된 SCO 데이터 패킷은 재전송 되지 않는다. 따라서 SCO 링크는 시간적 요인이 중요하고 신뢰성은 크게 요구되지 않는 데이터 전송에 적합하며, 주로 음성 채널로 사용된다.

반면 ACL 링크는 예약된 타임 슬롯이 존재하지 않는다. 그리고 포인트-멀티포인트(point-mult point)의 연결이 가능하나, 하나의 마스터와 슬레이브 사이에 ACL 링크는 반드시 한 개만 설정될 수 있다. 또한 데이터 재전송이 가능한 신뢰성이 있는 링크이다. ACL 링크를 이용하면 하나의 피코넷 내부의 모든 슬레이브에게 데이터를 보내는 브로드캐스팅(broadcasting)도 가능하다. 보통 ACL 링크는 일반적인 데이터 통신에 주로 이용된다.

블루투스에 사용되는 패킷도 링크의 종류에 따라 다르다. 보통 FEC(forward error correction) 방식과 CRC(cyclic redundancy checksum)의 유무에 따라 다양한 패킷으로 구분된다. SCO 패킷은 64kbps이고 대칭 모드만 지원한다. ACL의 경우에는 그 패킷의 종류에 따라 전송 속도가 다양하며 비대칭 모드에서 최고 723.2kbps, 대칭 모드에서 최고 433.9kbps까지 이용이 가능하다. 이 장에서는 VoIP 시스템에서 음성신호 전송방법에 대해서 설명하고, SCO 링크 및 ACL 링크의 패킷구조와 그 패킷들을 이용한 VoIP 음성신호 전송시 효율성에 대해 검토한다. 그리고 각 링크에서 음성전송 방법에 대하여 논한다.

1. VoIP에서의 음성 전송

VoIP는 인터넷을 통해 IP 패킷에 디지털화된 음성신호를 담아 보내는 기술로서 실시간 통신을 한다. Fig. 1은 VoIP 통신시스템의 기본구조이다.

VoIP 통신은 혼잡한 인터넷 상에서 실시간으로 발생하는 음성 데이터 신호를 효율적으로 전송하기 위해 전송에 유리한 형태로 압축한다. 아날로그 신호인 음성 신호를 디지털신호로 변환하고 압축하는 표준형태는 ITU-T의 G.711 음성 코덱과 G. 723.1 압축 알고리즘을 많이 이용하고 있다. G.711은 블루투스에서 지원하는 A-law(유럽방식)와 μ -law(북미방식)을 지원하고 있다. G.723.1의 입력은 64Kbps 이고 압축된 출력은 6.3Kbps 이며 매 30ms 마다 24byte씩 압축된 데이터 스트리밍을 출력하게된다.

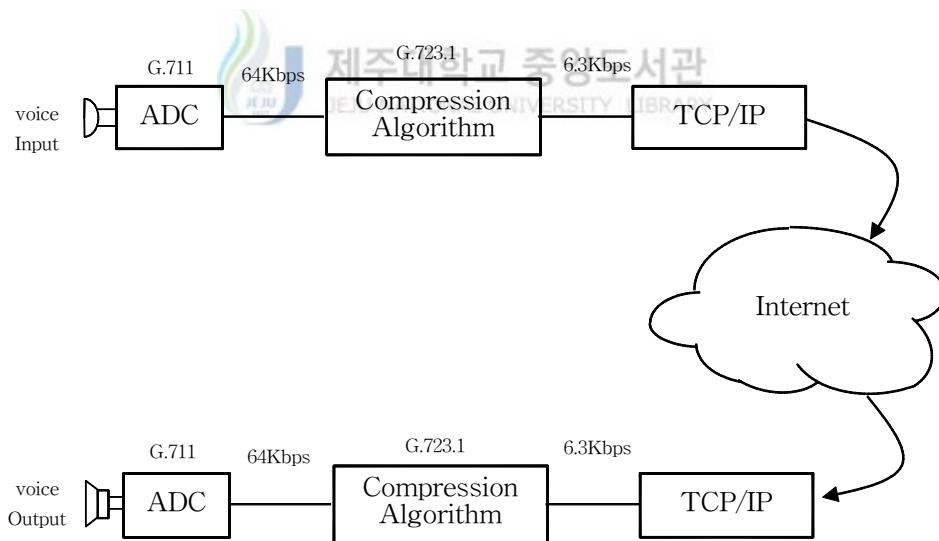


Fig. 1. Basic structure of the VoIP communication system

압축된 음성 신호는 TCP/IP(Transmission control protocol/Internet

protocol)스택에 인캡슐레이션(encapsulation)시켜 LAN상으로 전송하게 된다. TCP/IP는 UDP(User Datagram Protocol)와 TCP 라는 두 종류의 프로토콜을 제공하는데 VoIP는 UDP를 사용하여 전송된다. 그 이유는 UDP는 신속하게 데이터를 전송하여 실시간으로 음성통신 서비스를 제공할 수 있기 때문이다.

2. SCO 링크에서의 음성전송

SCO 채널은 Table 2와 같은 패킷을 이용한 세 가지 형태가 있으며 각 패킷의 대역폭은 항상 64Kbps이다. 왜냐하면 각 채널에 대하여 n 비트인 새로운 패킷은 모든 T_{SCO} 슬롯마다 한번에 송·수신된다. 그러므로 초당 각 방향으로 지나는 비트 수는 $n \times 1 / T_{SCO} \times 2 / 1250 \mu s = 64,000$ bit/second이다. 여기에서 HV3 패킷의 경우 $T_{SCO} = 6$ 이고 $n=240$ 이다. 전달되는 원시 데이터 양이 더 작은 SCO 패킷이 더 보호되어 있을 때 T_{SCO} 는 원래의 대역폭을 유지해야 한다. HV2 패킷(FEC=2/3)의 경우 $T_{SCO}=4$, $n=160$ 이고, HV1 패킷(FEC=1/3)의 경우 $T_{SCO} = 2$, $n=80$ 이다. 이것은 블루투스가 음성을 전달하는 기본 요구조건이다. 하지만 음성 트랜스코딩(transcoding)을 하기 전에 셀룰러 폰의 선형 PCM 오디오 대역폭은 104Kbps이므로 SCO 링크에서의 채널 대역폭 64Kbps는 만족스러운 오디오 품질을 제공하지 않는다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 오디오 부호화 기법을 사용한다. 오디오 부호화 기법을 사용하는 또 다른 기본적인 이유는 블루투스가 무선 통신이기 때문에 갖는 잡음과 전파 방송 오류원에 강하게 하고자 함이다.

Table 2. SCO packet

Packet Type	Payload Header (byte)	User Payload (byte)	FEC	CRC	Symmetric Max. Rate (Kbps)
HV1	no	10	1/3	no	64
HV2	no	20	2/3	no	64
HV3	no	30	no	no	64

블루투스는 세 가지 오디오 부호화 기법이 있는데 A-law 혹은 μ -law 을 사용한 로그 PCM 부호화 기법과 CVSD(continuous variable slope delta modulation) 기법이 있다.

로그 PCM 부호화 기법은 기존의 PSTN(public switched telephone network)에서 사용된다. 이는 로그 전달함수를 이용하여 입력데이터를 압축함으로써 한정된 비트 폭으로 더 정확하게 데이터를 표현할 수 있다. ITU-T의 권고 G.711은 로그 PCM의 특성에 대한 규격을 정의하고 있다. 로그 PCM 부호기의 입력은 8KHz에서 A-law의 경우 13비트, μ -law의 경우 14비트인 3채널이지만, 출력은 8KHz에서 8비트로 부호화된 데이터의 3채널이다. 블루투스는 CVSD 코덱에 대한 샘플 입력과 출력을 부호있는 16비트로 규정하고 있다. Fig. 6은 전형적인 블루투스 오디오 서브시스템의 블록 다이어그램을 나타낸 것이다. 로그 PCM 부호화와 복호화 함수는 8KHz에서 PCM 데이터에 대하여 공통 경로를 갖는다. 그러나 CVSD 코덱은 보간과 데시메이션이 필요하다.

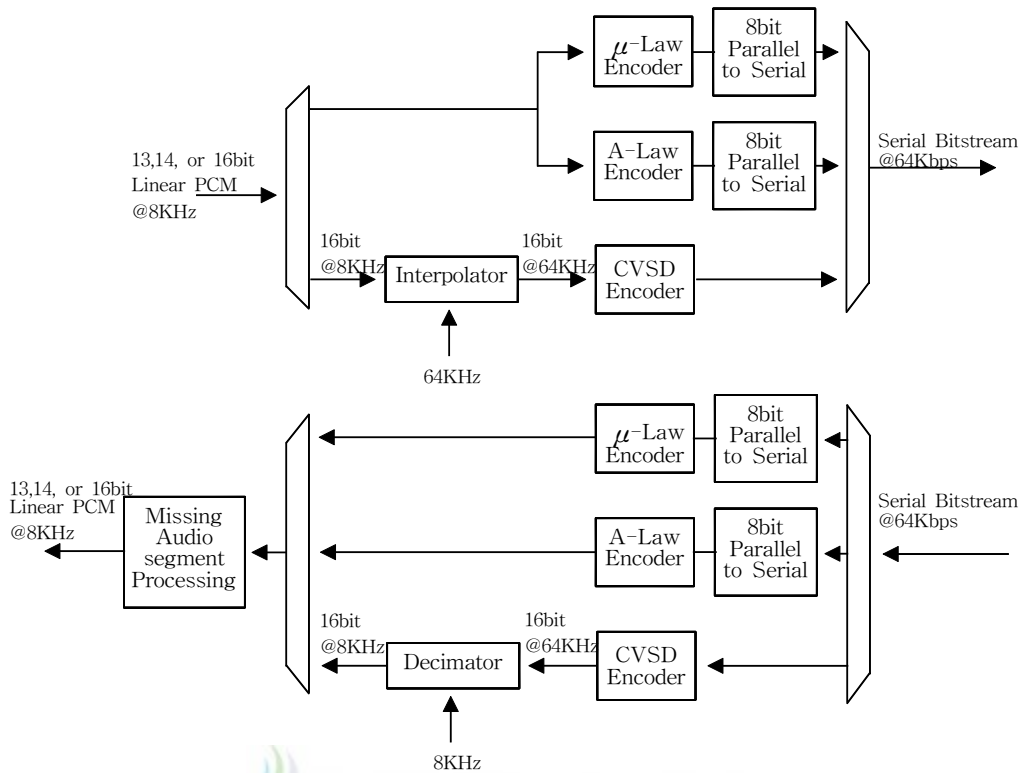


Fig. 2. Audio subsystem on Bluetooth

블루투스 시스템에서 오디오 경로는 두 가지가 있다. HCI(host controller interface) 패킷의 데이터로서의 HCI 경로와 베이스밴드 코덱으로의 직접적인 PCM 접속을 경유하는 경로이다. 그러나 HCI를 경유하는 패킷들은 흐름제어 되고 HCI와 LM(Link Managr) 작업을 수행하는 마이크로 컨트롤러에 의한 가변적 소요시간에 지배된다. 오디오 경로에서 이러한 처리지연은 SCO 패킷을 잃게 되거나 베이스 밴드에서의 값비싼 버퍼링이 요구된다. 이러한 복잡성을 피하기 위해 오디오 CODEC을 8kHz에서 직렬 디지털 PCM열로 직접 인터페이싱하기 위하여 직접 PCM경로를 사용한다. (Jennifer Bray and Charles F Sturman, 2001)

그러므로 VoIP 신호의 전송을 PCM 경로를 이용하여 SCO패킷으로 전

송할 경우 블루투스 모듈을 제어하기 위한 기존의 HCI외에도 PCM 인터페이싱 필요하게 되고, LAN에 접근하기 위한 응용 프로토콜이 새로이 구현되어야 한다. 즉 복잡한 하드웨어의 변경과 새로운 소프트웨어가 추가로 구현되어야 하는 문제점이 있다.

이외에도 고려될 수 있는 점은 패킷의 효율성이다. VoIP 음성 데이터 신호를 HV3 패킷을 이용하여 전송할 경우 6개의 T_{SCO} 가 필요하다. 이는 $1250\mu s \times 6 = 7.5ms$ 가 된다. 즉 VoIP 음성 데이터를 한번 전송하는데 7.5ms의 시간이 걸린다. 그런데 VoIP에서는 매 30ms 마다 24byte가 출력되므로 한번 신호가 전송된 후 22.5ms 동안 빈 패킷이 전송되고 나서 다시 새로운 데이터가 전송된다. 이는 SCO 링크가 예약된 타임슬롯을 사용하기 때문인데 전체 전송시간 중 75%가 낭비되는 셈이다.

3. ACL 링크를 이용한 음성전송



블루투스에서 ACL 링크는 패킷 기반의 데이터 전송을 위해서 사용된다. ACL 링크를 통해 VoIP 음성 데이터의 전송은 블루투스 상위 프로토콜 스택을 이용하면 SCO 링크를 이용하는 방법보다 쉽게 구현할 수 있다. 즉 복잡한 하드웨어의 변경과 소프트웨어의 추가 없이 블루투스에서 제공되는 LAN 액세스 프로파일을 이용하여 구현할 수 있게된다.

1) 패킷형태

모든 ACL 패킷의 페이로드는 Fig. 3와 같이 페이로드 헤더, 페이로드 데이터 자체, CRC 필드 등으로 나누어진다. 페이로드 헤더 필드는 한 슬롯일 경우는 2바이트가 되며 논리적 링크 제어 정보를 포함한다. CRC 필

드는 오류검사를 위해 항상 필요하다.

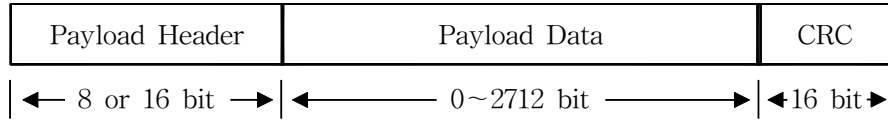


Fig. 3. ACL payload structure



Fig. 4. L2CAP packet structure

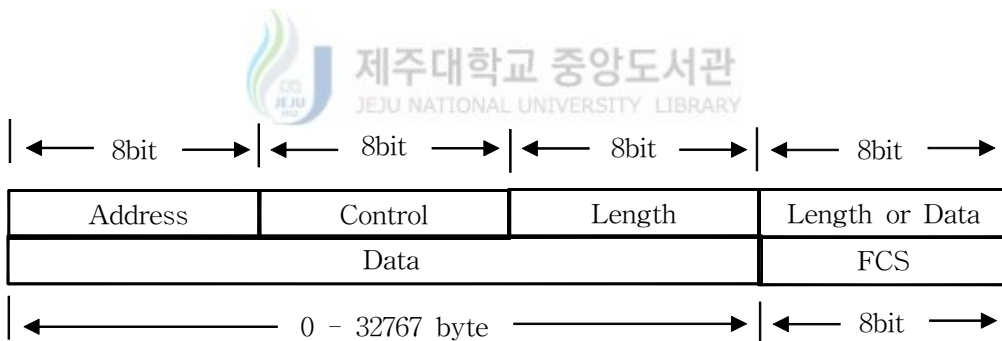


Fig. 5. RFCOMM Frame structure

페이로드 데이터는 실제 전송시 L2CAP 스택으로부터 Fig 5와 같은 형태로 수신된다. 즉 데이터 길이 2byte와 채널 ID 2byte가 더 붙게 되는 것이다. 또 L2CAP 패킷은 RFCOMM 스택으로부터 Fig. 5와 같은 프레임으로 수신된다. 여기서도 주소, 제어신호, 길이, FCS(Frame Check

Sequence) 등 4또는 5byte가 더 붙게된다. 즉, Table 3의 ACL 패킷에서 유저 페이로드의 실제 크기는 표시된 값보다 8 또는 9byte가 적은 크기가 되는 것이다.

Table 3. ACL packet

Packet Type	Payload Header (bytes)	User Payload (bytes)	FEC	CRC	Symmetric Max.Rate (Kbps)	Asymmetric Max. Rate (Kbps)	
						Forward	Reverse
DM1	1	17	2/3	yes	108.8	108.8	108.8
DH1	1	27	None	yes	172.8	172.8	172.8
DM3	2	121	2/3	yes	258.1	387.2	54.4
DH3	2	183	None	yes	390.4	585.6	86.4
DM5	2	224	2/3	yes	286.7	477.8	36.3
DH5	2	339	None	yes	433.9	723.2	57.6

ACL 링크에서 패킷은 Table. 3에서의 페이로드 데이터의 중요도에 따라 2/3 FEC 사용여부로 DM(data medium rate)과 DH(data high rate) 패킷 형태로 나눈다. 데이터 페이로드에 대한 FEC 방식은 패킷의 재전송 횟수를 줄이기 위해 사용된다. ACL 링크에서 실질적인 데이터 전송은 DM 패킷과 DH 패킷이 사용된다. DM은 중간 데이터율을 나타내고, DH는 높은 데이터율을 의미한다. 단일 슬롯 패킷(DM1, DH1)에 비해 3개와 5개의 슬롯 패킷(DM3,5 DH3,5)은 많은 데이터를 운반한다. 비대칭 채널의 5슬롯일 경우 이론적으로 최대 723.2kbps의 데이터율이 실현 가능하다. 그러나 Table 3에 주어진 데이터율은 전송될 수 있는 데이터의 최대 비트 수이고, 실질적으로 블루투스 기기에서는 일반적으로 이보다 데이터율이 낮다.

블루투스에서는 링크 품질과 신뢰성 및 링크 오류를 감안하여 패킷 형태가 선택된다. 링크 품질 상태가 좋으면 데이터율이 좋은 DH형태의 패킷을 전송하는 것이 바람직하고, 링크 품질 상태가 좋지 않으면 오히려 재전송

이 많은 슬롯이 할당되어야 하므로 2/3 FEC가 되어있는 DM형태의 패킷으로 전송하는 것이 효율적이다. 그리고 마스터에서 슬레이브의 패킷 형태를 선택한다.(Jennifer Bray and Charles F Sturman, 2001)

블루투스에서는 호스트의 HCI 명령을 통해 링크 품질을 체크할 수 있고, 링크에서 사용하는 패킷의 형태를 변화시킬 수 있다.

2) 음성 데이터 신호의 생성

VoIP 음성데이터 생성을 위해서는 본 장 제1절에서 살펴본 바와 같이 아날로그 신호를 디지털 데이터 신호로 변환하기 위한 PCM 장치와 이를 전송에 유리한 형태로 압축하기 위한 알고리즘이 필요하다. PCM은 4KHz의 음성 대역을 8KHz 샘플링 비율(sampling rate)로 디지털화하여 64Kbps의 데이터 열로 출력하고, 이를 압축 알고리즘에 의해서 압축된 음성 데이터열을 출력하여 이용하면 효율적으로 전송할 수 있는 음성 데이터 신호가 생성된다.

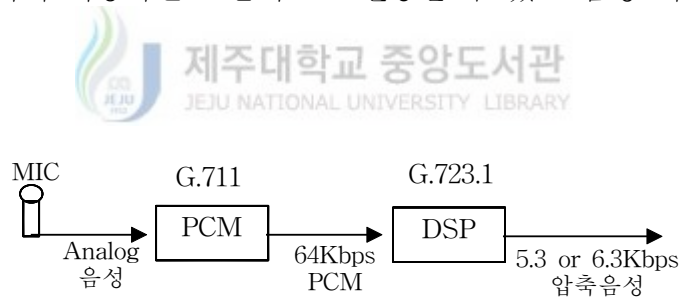


Fig. 6. Audio subsystem

본 논문에서 이용한 오디오 서브시스템은 Fig. 6과 같이 구성되었다. 신호 흐름은 마이크에서 입력된 아날로그 음성이 G.711 음성 코덱이 적용된 PCM 칩인 TP3054를 거쳐 64Kbps의 디지털 데이터로 출력되고 DSP(digital signal processor)에 의해 압축음성을 최종 출력한다. DSP 프로세서로는 BIRDIE 칩이 사용되었고 이것은 ITU-T G.723.1 권고안을 만족하는 음성 코덱 칩이다. 이는 5.3Kbps와 6.3Kbps의 두 가지 데이터율로

출력되는데, 여기서는 6.3Kbps로 설정하였다. G.723.1 음성코덱 알고리즘은 실시간 음성처리와 DSP를 중심으로 다양한 주변장치들을 이용하는데 편리하다.

3) ACL 링크를 이용한 전송

위에서 SCO 링크를 이용하여 VoIP 음성 데이터 신호를 전송할 경우 여러 가지 문제점을 검토해 보았다. 또한 VoIP 음성 데이터 신호는 필요 대역폭이 대폭 축소됨을 알 수 있었다. 이 VoIP 신호는 ACL 링크를 이용, 블루투스 상위 프로토콜 스택을 이용하여 전송할 수 있으므로 별도의 하드웨어와 소프트웨어의 추가 없이 전송할 수 있게 된다.

그리고 ACL 링크는 타임슬롯을 별도로 예약하지 않으므로 SCO 링크처럼 타임슬롯의 낭비가 없다. DM3 패킷의 경우 양방향으로 4개의 타임슬롯(5ms)이 필요하므로 나머지 40개의 타임슬롯(25ms)이 여유가 생긴다. 이러한 여유시간은 데이터 전송 후 남은 시간은 오류 발생시 재전송이나 다른 서비스에 이용할 수 있게 된다.

IV. 블루투스 응용프로그램 및 AP 구성

본 장에서는 블루투스 LAN AP 구성의 핵심이라고 할 수 있는 프로파일을 소개하고 적용된 프로파일을 바탕으로 응용프로그램을 개발, 실제 SE3208 32비트 마이크로프로세서를 이용 임베디드 형태로 구현하였다. 이를 블루투스 모듈인 CSR 칩셋에 적용하여 AP 시스템을 구성하였다. 구현된 블루투스 AP 시스템은 데이터 전송 테스트 및 음성 전송 테스트에 적용하였다.

1. LAN AP 프로파일

프로파일이란 블루투스 SIG에서 기준을 정하고 있는 특정 응용분야나 사용모델을 구현하는데 필요한 프로시저(Procedure)와 프로토콜 스택을 정의하는 기술규격을 의미한다. 모든 프로파일은 공통된 프로토콜을 기반으로 구성되며 고려하는 사용모델을 구현하기 위해 필요한 프로토콜간의 특정 조합으로 이루어진다.

LAN AP 프로파일은 블루투스 장치가 LAN AP와의 블루투스 링크를 통해 유선 LAN에 접속하는 것을 가능하게 한다. 이는 IP 스택을 블루투스 스택에 링크시키기 위해 RFCOMM위에 PPP를 사용하는 방법을 규정한다. Fig. 7에 그 구조가 있다.

Fig. 7에서 LAN AP는 블루투스 장치와 LAN에 상주하는 서버 사이의 매개로 동작한다. 그래서 PC들 사이에 TCP/IP 링크를 제공하는데 사용될 수도 있고, 지역의 PC 그룹과 LAN AP 사이의 망을 제공할 수도 있다.

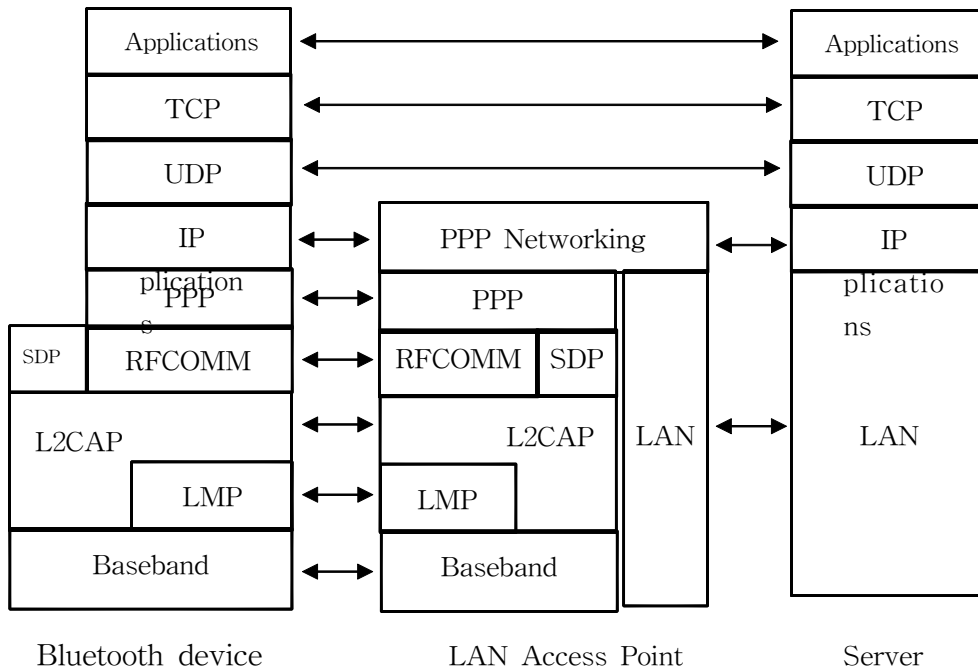


Fig. 7. LAN Access Profile

LAN AP의 프로파일은 일반 블루투스 기기와 마찬가지로 HCI를 기준으로 호스트 컨트롤러 프로토콜과 호스트 프로토콜로 나누는데 Fig. 7에서 HCI에 대한 표시가 없지만, LMP(link manager protocol)와 L2CAP 사이에 존재한다. 블루투스 모듈에 해당하는 호스트 컨트롤러 프로토콜은 베이스밴드, 링크매니저 프로토콜(LMP)이 펌웨어(firmware) 형태로 모듈 내부에 포함된다. 블루투스 하드웨어의 핵심이라 할 수 있는 베이스밴드는 펌웨어 형태의 소프트웨어에 의해 제어된다. HCI 호스트 컨트롤러는 블루투스 어플리케이션에서 내려오는 HCI 명령을 해석하고 링크 매니저와 연동해 적절한 명령을 수행하며 호스트에 해당 메시지(event)를 보내주는 인터페이스를 담당하는 부분이다. HCI는 하드웨어적으로 UART(universal asynchronous receiver and transmitter)또는 USB(Universal Serial Bus)인 터페이스를 이용한다. 이를 제어하는 소프트웨어는 하드웨어를 직접 컨트롤

를하는 부분으로, UART를 사용할 경우와 USB를 사용하는 경우에 따라 두 가지 인터페이스 소프트웨어가 들어가게 된다.

펌웨어 소프트웨어는 대부분 플래시 타입의 메모리에 저장돼 있다가 호스트에서 내려오는 명령을 받아 내부적으로 처리할 수 있으면 처리하고, 외부 RF로 보낼 필요가 있을 때는 링크 매니저에 의해 상대 기기에 명령을 송·수신한 후 결과를 호스트로 올려주게 된다.

호스트는 호스트 컨트롤러인 블루투스 모듈과 연결되어 블루투스 모듈을 제어하고 어플리케이션을 수행하는 곳으로 소프트웨어 부분에 해당된다. 그 종류는 시스템에 따라 달라질 수 있다. 호스트 컨트롤러 인터페이스는 소프트웨어 사양에 관련된 것으로 블루투스 하드웨어 모듈과 서로 주고 받는 패킷의 포맷과 절차를 정의하고 있다. 즉, 블루투스 모듈이 이해할 수 있는 표준 포맷으로 데이터를 만들어 보내주고, 블루투스 모듈은 그 결과를 표준 패킷으로 만들어 호스트로 보내는 방법을 정의하고 있다. 예를 들어 일반적인 TCP/IP 네트워크에서 IP 패킷 포맷은 통신을 하는 상대방 컴퓨터가 어떤 종류이고 LAN 카드가 어떤 종류인지 몰라도 서로 데이터를 주고받을 수 있듯이 블루투스의 HCI도 누구나 이해할 수 있는 HCI 패킷을 정의함으로써 하드웨어 독립성을 강화했다.

L2CAP 레이어(layer)는 인터넷 프로토콜의 TCP 레이어와 거의 비슷한 역할을 한다. L2CAP는 HCI 레이어 바로 위에 위치하며 상위 프로토콜로 64Kbyte까지의 데이터 패킷을 보내고 받을 수 있도록 해준다. 또한, 프로토콜 멀티플렉싱, SAR(segmentation and reassembly), QoS(quality of service), 그룹 전송의 기능을 수행한다.

RFCOMM(radio frequency communications port)은 원래 GSM(global system for mobile communication)폰의 멀티플렉서(multiplexer)를 위해 고안된 ETSI(european tele communications standards institute)의 TS 07.10을 기반으로 한 것으로 RS232 9핀 시리얼 포트를 에뮬레이션하는 역할을

담당한다. 기존의 어플리케이션에 연결하는데 사용되고 블루투스 프로파일 내에서 데이터 전송에 사용된다. RFCOMM은 L2CAP을 경유하여 소프트웨어 스택의 하위 계층까지 연결된다. 그러므로 RFCOMM 서비스가 있을 때는 L2CAP 서비스가 반드시 있어야 한다.

PPP(point to point protocol)는 직렬 회선을 통해 IP 데이터그램을 전송하기 위한 프로토콜로써 IPCP(IP control protocol)기능을 가지고 있어, 블루투스 기기에 IP주소를 할당한다. 따라서 블루투스 기기는 세계적 IP주소를 취득하지 않아도 네트워크에 접근하는 것이 허락된다.

TCP(transport control protocol), UDP(user datagram protocol), IP(internet protocol)는 인터넷 기반의 네트워크와 관련된 통신과 더불어 서로 다른 종류의 연산기와 주변기기 사이의 통신 대부분을 정의하는 프로토콜이다. 이를 블루투스에서는 인터넷에 연결된 임의의 기기와 통신을 하기 위해 전용으로 사용한다.

TCP는 데이터를 패킷으로 분할하고 전송의 다른 지점에서 패킷을 재집합하는 과정을 정의하고, 연결형(connection-oriented) 서비스를 제공한다. 연결형 서비스란 TCP를 이용하는 두 개의 응용프로그램이 데이터를 교환하기 전에 TCP 연결을 설정하고 이 연결을 통하여 데이터를 전달한 후 TCP 연결을 해제하는 방식이다. 그리고 신뢰성 있는 서비스를 제공하기 위해 응용 계층에서의 데이터를 전송에 적합한 크기로 분할하고 종단간에 흐름 제어를 제공한다. 수신 데이터에 대해서는 ACK 신호를 보내 확인 응답을 수행한다.

UDP는 TCP와는 다르게 가상회로를 확립하지 않는 비연결형(connectionless)의 통신을 실행하여 수신측이 송신측에 대하여 확인통지를 회신하는 구조가 아니므로 회선장애 등으로 데이터를 잃어버린 경우에는 상위의 어플리케이션에서 재 송신 처리를 실행할 필요가 있다. UDP에서는 데이터를 TCP에서처럼 세그먼트로 분할하지 않고, 이용자 데이터그램 단

위로 송신하며 데이터그램의 크기가 규정되어 있지 않으므로 이용자는 임의의 크기의 데이터그램을 UDP 패킷으로서 송신할 수 있다. 다만 예를 들어 이더넷(ethernet)상에 있을 때, 이더넷 패킷의 최대 길이인 1500바이트에 수용되지 않을 경우는 복수의 UDP 패킷으로 분할된다. UDP는 통신할 때마다 커넥션을 설정하지 않아도 되므로 실시간성이 요구되는 통화나 음성 등의 어플리케이션이나 비디오중계와 같은 복수의 상대방에게 동시에 송신하는 어플리케이션에 적합하다.

IP는 서로 다른 기기에 특정 IP 주소를 할당함으로써 서로 다른 네트워크에 데이터를 전송하는 방법을 정의한다. IP는 호스트의 상황과 오류전달, IP 주소와 MAC 주소의 상호 변환, 라우팅 정보전달 등의 작업을 처리한다.(서승호, 2002. 10)

2. 응용프로그램 구현



본 논문에서는 위에서 설명한 호스트 프로토콜 스택을 기반으로 하여 임베디드 기반 펌웨어 형태로 구현하였다. 임베디드 응용프로그램은 블루투스 기기에 전원이 투입되면 초기화 설정, 조회, ACL 링크 설정 등 일련의 접속절차를 수행한다.

Fig. 8은 본 응용프로그램의 전체적인 동작 과정을 나타내었다. 우선 최초 전원이 투입되면 기본적인 통신을 하기 조건을 설정한다. 이 과정이 끝나면 HCI를 통해 블루투스 모듈과 호스트 컨트롤러 사이에 통신을 할 수 있는 상태가 된다.

그 다음 단계인 'Search Device'는 주변 기기가 AP에 접속할 수 있도록 설정하는 단계이다. 이 과정에서는 블루투스 모듈을 탐색가능모드로 설정

하면 블루투스 모듈이 주변 장치를 찾아 연결 리스트를 갱신하는 작업을 수행한다.

‘Establishes ACL link’는 탐색모드에서 찾아낸 블루투스 모듈과 ACL 링크를 형성하는 단계이다. 본 프로그램에서는 한 개의 주변 장치를 찾으려면 무조건 ACL 링크를 형성하는 형태로 구현하였다. ACL 링크가 이루어지면 PPP/RFCOMM/L2CAP 연결이 구성되어 LAN과 연동된 상태가 된다. PPP는 IPCP(IP Control protocol) 기능을 이용하여 연결을 요청한 블루투스 장치에게 IP 주소를 할당한다. AP는 IP주소를 이용하여 LAN에 접속된 원격 기기와 블루투스 기기와 통신을 중계한다. 여기서는 Fig. 8을 참조하여 각 단계별로 세부적인 설명을 한다.

1) 초기화(Initialization)

이 부분은 블루투스 모듈과 통신을 하기 위한 UART의 초기 파라미터를 설정하고, HCI를 초기화한다. 호스트의 UART 초기화는 블루투스 모듈의 UART 파라미터와 일치해야 기본적인 통신을 할 수 있다.

HCI 초기화는 “Reset” 명령을 이용한다. 이 명령은 블루투스 호스트 컨트롤러, 링크 매니저(Link Manager), 라디오를 리셋(reset) 시킨다. 리셋 동작이 끝난 후에 블루투스 모듈은 스탠바이 모드(standby mode)로 들어간다. 리셋 동작이 완료된 후에, 호스트 컨트롤러는 자동으로 스펙에 정의된 디폴트 값들을 갖는 파라미터 값으로 재시작 한다.

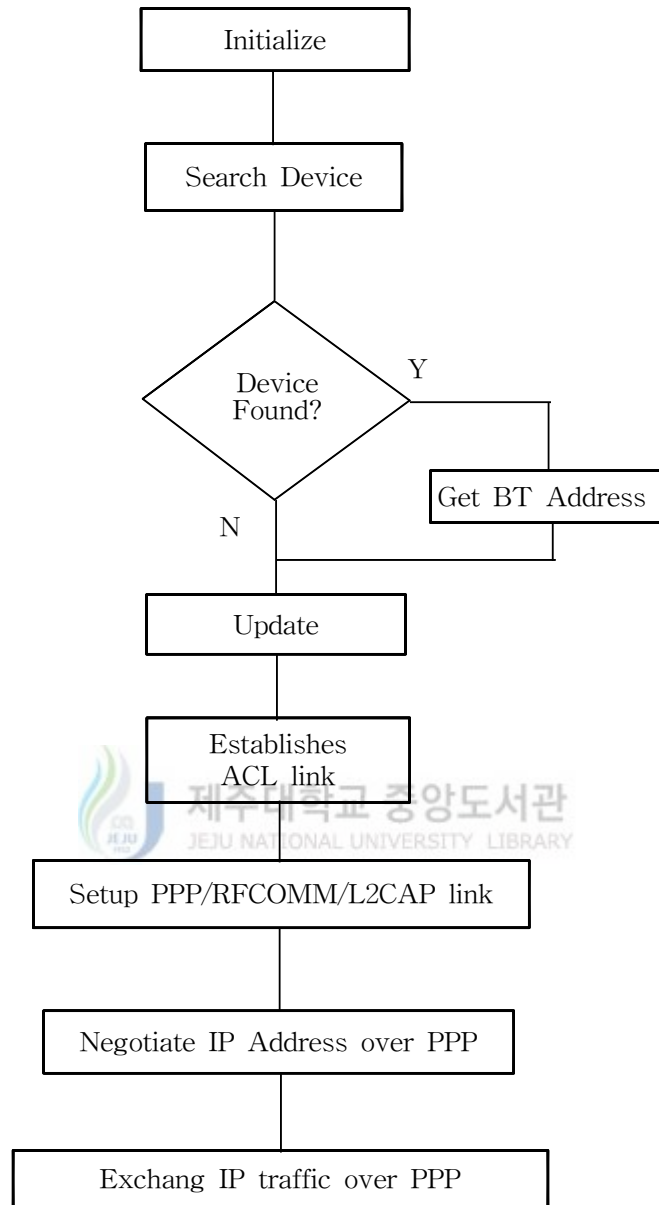


FIG. 8. Flowchart of overall process

2) 주변 블루투스 장치 찾기 (Search Device)

AP에 접속을 하기 위해서는 주변 블루투스 장치가 AP를 발견해야 한

다. 그러기 위해서는 자신의 주소와 액세스코드를 알아낸 후 이를 이용하여 주변 시스템의 주소를 조회한다. 조회에는 원 타임 조회(one-time inquiry) 모드와 탐색가능(discoverable) 조회 모드가 있다. 원 타임 조회는 단 한번 조회를 수행하는 것으로 호스트가 필요할 때마다 조회를 수행하는 것이고, 탐색가능 모드는 일정한 주기마다 자동으로 조회를 수행하여 통신 가능한 주변 블루투스 장치의 리스트를 갱신하는 방식인데, 본 논문에서는 탐색가능 모드를 이용하였다. 탐색가능모드는 인쿼리 스캔(inquiry scan)과 페이지 스캔(page scan)을 설정함으로써 수행되며, 다른 장치가 자신을 찾아서 연결해 주기를 기다리는 상태가 된다. Fig. 9는 이 과정을 나타낸다.

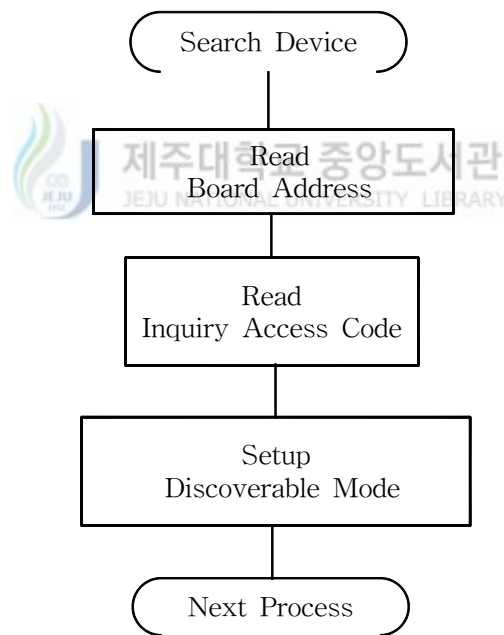


Fig. 9. Search device process

“Read Board_Address”는 AP 자신의 블루투스 모듈의 주소를 읽는 과정

이다.

“Read Inquiry Access Code”는 주변 블루투스 장치를 찾기 위해 자신이 접속 가능한 IAC(inquiry access code)를 먼저 찾은 다음 이 코드를 이용하여 주변 장치의 주소를 조회한다. IAC를 구하는 방법은 두 가지 과정으로 처리되는데, 첫 번째는 Read_Number_Of_Completed_IAC 명령을 호스트 컨트롤러에 전송하여 현재 접속 가능한 IAC 개수를 확인하는 과정이고, 두 번째 과정은 Read_Current_IAC_LAP 명령을 이용하여 현재 접속된 IAC 값을 얻는다.

탐색가능모드(Discoverable Mode)는 Set_Event_Filter, Write_Page_Scan_Activity, Write_Inquiry_Scan_Activity, Write_Scan_Enable 등의 명령을 순차적으로 호스트 컨트롤러로 전송함으로써 이루어지는데, 각 명령에는 적절한 파라미터가 지정된다. Set_Event_Filter 명령에서는 인쿼리 프로세스에서 새로운 장치가 응답하고 보드의 번지로 접속할 수 있도록 설정되었다. 그리고 Write_Page_Scan_Activity, Write_Inquiry_Scan_Activity 명령에서 스캔 간격과 시간을 설정하였고, 나머지 Write_Scan_Enable 명령에서는 인쿼리 스캔과 페이지 스캔 모두 가능하도록 설정하였다.

위 HCI 명령을 호스트 컨트롤러에 전송하면 호스트 컨트롤러는 호스트에 명령 수행 결과로서 이벤트 패킷을 전송한다. 여기에는 보낸 명령의 원래코드, 정상처리여부 정보를 비롯한 특정 정보가 포함 되어있다. 위에서 설명한 각 명령들에 대해서도 매 명령마다 이벤트가 발생되는데 본 프로그램에서는 Fig. 10과 같은 형태로 처리하였다.

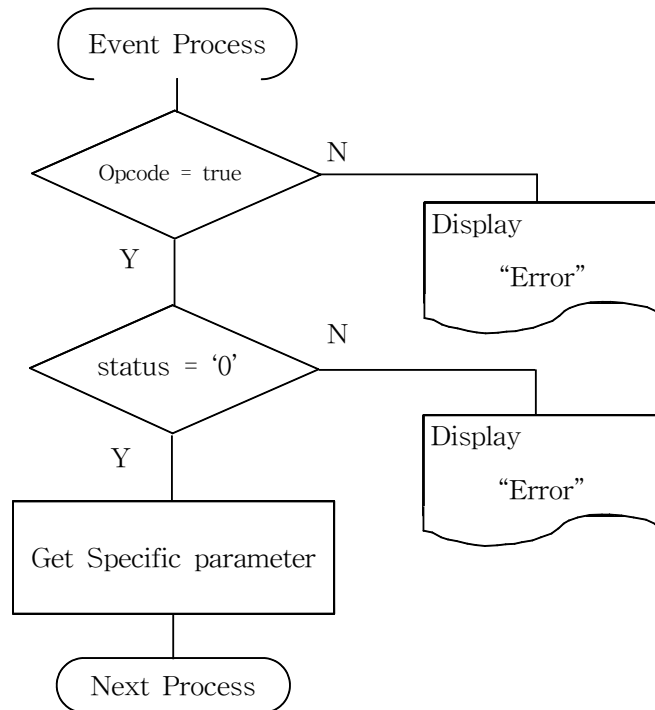


Fig. 10 Flowchart of event process

Fig. 10에서 ‘Opcode’는 원래 명령을 나타내며, ‘status’는 명령의 정상처리 여부를 나타낸다. 이 두 개의 과정에서 에러가 발생하면 그 내용을 표시하고 종료하도록 하였다. ‘Get Specific parameter’는 특정 정보를 얻기 위한 것으로서 호스트 컨트롤러로 전송한 명령이 특정 정보가 필요한 경우에 호출되는 함수형태로 구현된 부분이다. 여기서는 IAC 개수와 IAC 값, 슬레이브 주소(Board Address)와 클럭 오프셋(clock offset)등 링크 형성에 필요한 중요한 파라미터 들을 얻는다.

3) ACL 링크 형성 (Establishes ACL Link)

조회과정을 거쳐 알아낸 상대방 블루투스 장치에 대한 정보를 가지고 ACL 링크를 개설하는 단계이다. ACL 링크 방법은 두 가지가 있는데 하나

는 자동접속(auto connection)이고, 다른 하나는 보안(security)과 관련된 추가정보가 필요한 접속이다. 자동접속은 누가 연결을 요청했는지 고려하지 않고 무조건 접속을 맺어주는 방법이다. 본 논문에서는 자동접속 방법으로 구현되었다.

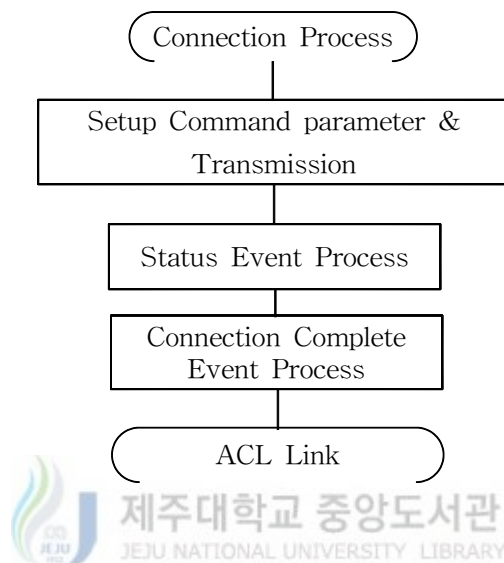


Fig. 11 Connection Process

ACL 링크의 설정은 'Create_Connection' 명령을 이용한다. 이 명령에는 여러 가지 파라미터가 지정되어 호스트 콘트롤러에 전송된다. Fig. 11에서 'Setup Command parameter'는 상대방 블루투스 장치의 보드 어드레스(board address), 패킷 형태, 클럭 오프셋(clock offset) 그리고 마스터와 슬레이브의 역할변경 가능여부 외에 인쿼리 과정에서 얻어진 정보를 포함하여 전송한다. 그 다음 과정인 'Status Event'는 명령이 성공적으로 수행되었는가를 점검한 후 'Connection Complete Event'를 처리한다. 이러한 이벤트들의 처리 방법은 Fig. 10와 동일한 방법으로 처리되었다. 이 부분이 제대로 수행되면 실제로 ACL 링크가 이루어진 것이다. 그리고

'Connection Complete Event'에는 커넥션 핸들(Connection Handle)이라는 파라미터가 있는데 ACL 링크가 이루어지면 호스트와 블루투스 장치 사이에 데이터 전달은 어드레스를 이용하지 않고 이 핸들 값으로 통신하게 된다.

4) 스택 구성

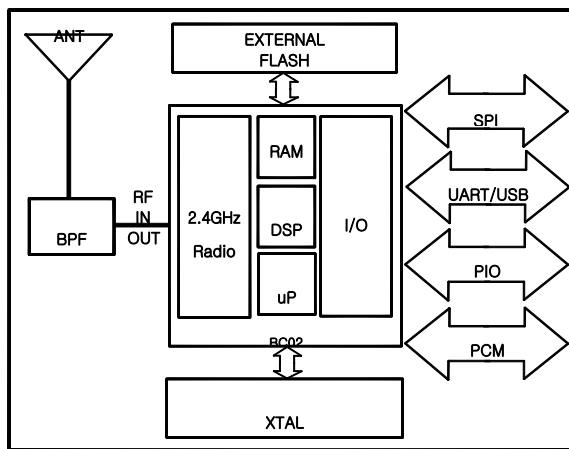
각 스택은 두 개의 함수형태로 구현되었다. 즉 각 스택에 HCI를 기준으로 송신 함수와 수신 함수를 두고 하위 스택의 수신 함수에서 리턴되는 패킷이 발생하면 응용프로그램이 이를 받은 후 상위 스택의 수신함수를 호출하여 처리하고, 반대로 상위 스택의 송신 함수에서 리턴되는 패킷이 발생하면 응용프로그램이 이를 받은 후 하위 스택의 송신 함수를 호출하여 처리하는 형태이다.

3. AP 구성



본 논문에서는 기본적 블루투스 테스트를 위해 CSR 칩셋이 적용된 모듈을 사용하여 테스트 보드를 설계·제작하였고, 이를 Fig. 12에 나타내었다.

제작된 블루투스 테스트 보드에서 사용된 모듈은 블루투스 스펙 버전 1.1이 적용된 모델이고, 외부 인터페이스로 UART와 USB, PCM 등이 있으며, 본 논문의 실험과정에서는 UART와 USB 인터페이스가 사용되었다. 제작된 블루투스 테스트 보드는 PC 응용프로그램에 의해 컨트롤된다. 그리고 이 보드를 응용해 PC 기반과 임베디드 기반의 AP를 구성하였다.



(a) Block diagram



(b) Bluetooth test board

Fig. 12. Bluetooth test board and its block diagram

1) PC 기반

아래 Fig. 13은 PC 기반의 AP 구성을 나타낸 것이다. 블루투스 테스트 보드와 PC는 USB 인터페이스로 연결되어 있고, PC는 다시 네트워크 망에 연결되어 있다. PC의 응용프로그램은 기 구현되어 있는 것을 이용하였다. (김창윤, 2002. 12) 응용프로그램은 블루투스 테스트 보드와 네트워크를 컨트롤하여 AP 기능을 수행한다. 즉, PC를 사이에 두고 블루투스 테스트 보드를 통해 무선 링크가 형성되고 네트워크 망을 통해 유선 링크가 형성되어 유·무선을 결합시켜 주는 하나의 LAN AP 시스템을 구성한 것이다.

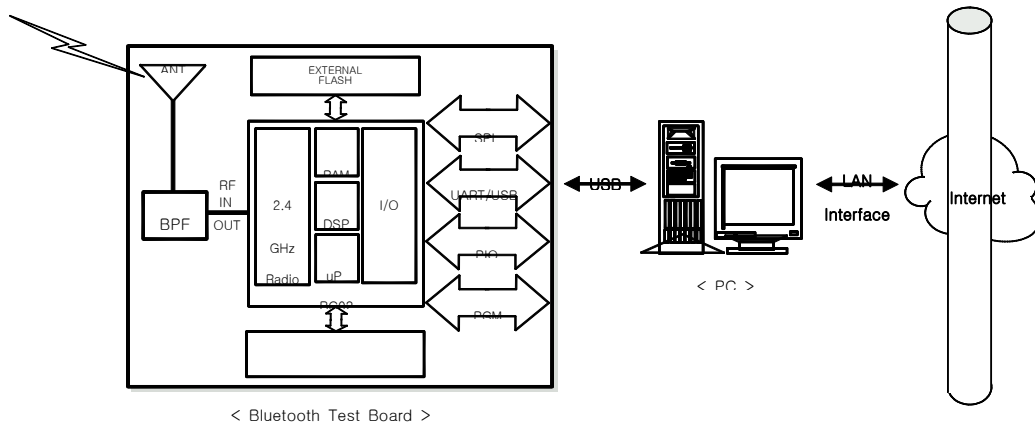


Fig. 13. Configuration of the LAN AP based on PC

2) 임베디드 기반

본 논문에서는 임베디드 기반 LAN AP를 구성하기 위해 32bit 마이크로 프로세서(SE3208)를 중심으로 블루투스 모듈과 이더넷 모듈이 사용되었고, 더불어 HCI 데이터 패킷을 이용한 음성 통신을 위해 DSP 모듈이 사용되었다. 마이크로 프로세서를 호스트로 하여 앞에서 설명한 응용프로그램을 비롯한 L2CAP, RFCOMM, PPP 프로토콜 스택이 펌웨어로 구성되었고, 이를 통해 블루투스 모듈을 제어함으로써 LAN AP의 기능을 수행한다.

Fig. 14는 임베디드 기반 LAN AP의 구성을 나타낸 것이고, Fig. 15는 설계·제작된 임베디드 LAN AP이다. 마이크로 프로세서와 블루투스 모듈은 UART 인터페이스로 연결되었고, 115200 baudrate으로 설정되었다. 외부 ROM에 스택을 포함하는 응용프로그램이 펌웨어로 들어가 있고, UART 채널 0번과 LCD를 통해 보드 동작에 대한 모니터링이 이루어지며, 음성 데이터 전송시 DSP 모듈이 이용된다. AP에 전원 인가시 네트워크 설정이 이루어지고, 블루투스 모듈 초기화가 진행되어 inquiry·page scan 상태에 들어가 클라이언트로부터의 조회에 대한 응답 준비를 한다.

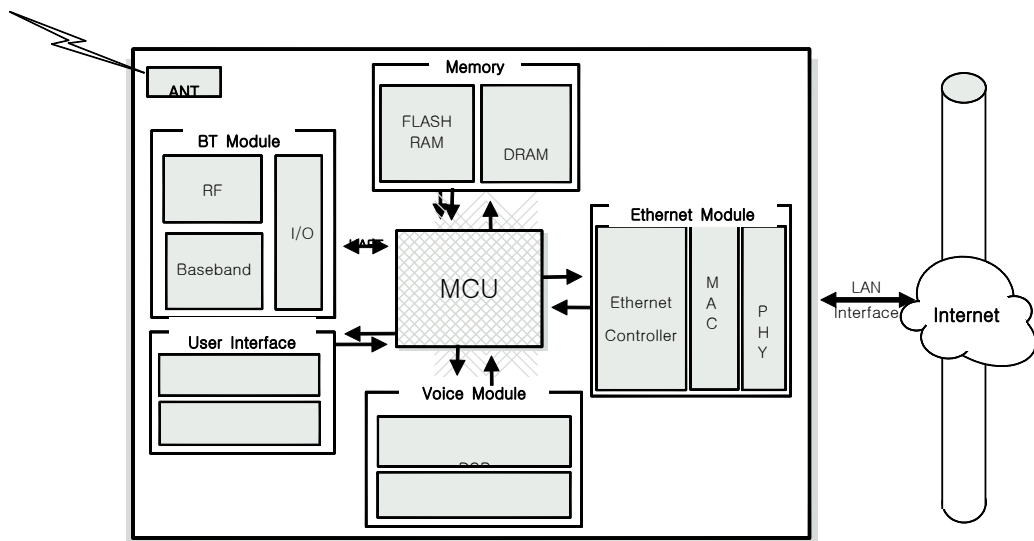


Fig. 14. Configuration of the LAN AP based on embedded system



Fig. 15. Embedded LAN AP

V. 실험 결과 및 분석

본 논문을 위해 블루투스 기기 두 개와 임베디드 기반 블루투스 AP 그리고 PC 기반 응용프로그램을 이용하였다. 각 기기의 모듈은 유한거리가 10m이고 내부 버퍼크기가 192byte로 설정되어 있다.

실험은 유한거리 내에서 데이터율을 결정하는 형태로 세 가지 구성에 대하여 이루어졌다. 각 구성은 두 블루투스 기기간의 실험, PC 기반의 AP를 이용한 실험 및 임베디드 기반의 AP를 이용한 실험이 이루어졌다. 먼저 기본 시험으로서 두 블루투스 기기간의 데이터율이다. 여기서는 위에서 제작된 블루투스 보드의 정상 동작 여부를 확인하고 이를 이용하여 AP를 구성했을 때와의 차이점을 분석하기 위한 과정이다.

두 번째는 PC기반 AP를 이용한 데이터율 시험이다. 이는 첫 번째 시험과 비교하여 AP로서 정상동작 여부를 확인하고 임베디드 기반 AP와 성능을 비교하기 위한 자료로 활용하였다.

세 번째는 임베디드 기반 AP를 이용한 데이터율 시험이다. 두 번째 실험 결과와 비교하여 성능을 분석하였다.

본 논문의 실험에서는 전송 데이터는 텍스트형 파일이며, 크기는 500Kbyte, 정규열 크기는 24byte로 하였다. 패킷형태는 DM3 패킷을 이용하여 데이터율을 결정하였다. DM3 패킷을 사용한 이유는 PPP에서 헤더가 추가되면서 여러 개의 데이터로 분할하는데 따른 마이크로 프로세서의 계산시간을 최소화하여 신속하게 전송하기 위함이다. 그리고 정규열의 크기는 VoIP 음성 통신을 고려하여 24byte로 하였는데, 본 논문에서 구현한 AP 및 오디오 서브시스템에서 사용되는 DSP는 적용된 코덱과 관련하여 정확한 음성 재생을 위해 패킷 크기와 데이터 쓰기 간격이 정해져 있고, 그 규격이 30ms 간격으로 24byte씩 패킷화하는 형태이다. 그러므로 음성

통신을 위한 블루투스 시스템을 고려한 본 논문에서는 정규열 크기를 24byte로 고정하여 실험하였다.

1. 두 블루투스 기기 간 데이터 전송 실험

이 실험은 Fig. 16과 같이 구성한 실험으로 PC와 USB로 인터페이스된 블루투스 기기 둘 간의 데이터 전송 실험이다.



Fig. 16. Test configuration between two Bluetooth device

실험 결과는 500Kbyte 전체를 전송하는데 소요된 시간은 150.2초, 데이터율로 환산하면 26.6Kbps 이다. 그런데 DM3 패킷의 유저 페이로드(user payload)가 121byte 일 때 최대 데이터율인 387.2Kbps가 된다. 여기서는 정규열이 24byte이므로 이에 대한 최대 데이터율을 계산하면 $24 \times 8 \times 400 = 76.8\text{Kbps}$ 가 된다. 이 값을 측정된 데이터율로 나누면 약 3이 되는데 이는 매 패킷당 평균 3회 전송되었고 패킷 수로는 12개가 이용되었음을 나타낸다. 그런데 DM3 패킷은 초당 400 패킷을 전송할 수 있으며, VoIP 신호의 경우 매 30ms 마다 데이터가 출력되므로 이 시간 동안 48패킷을 전송할 수 있다. 그러므로 위 실험 결과에서 전송하고 난 나머지 시간동안 36개의 패킷을 전송할 수 있는 여유가 확보됨을 알 수 있다.

이러한 결과로 볼 때, ACL 링크를 이용한 VoIP 음성 통신의 가능성을 확인할 수 있다.

2. PC 기반 AP를 이용한 데이터 전송 실험

본 실험은 Fig. 17과 같이 구성하였다 즉, PC와 USB로 인터페이스된 두 블루투스 기기를 두고, 한쪽은 AP 역할을 하여 블루투스 장치에서 전송된 데이터를 수신하여 네트워크상의 원격 PC로 전송하는 실험이다.

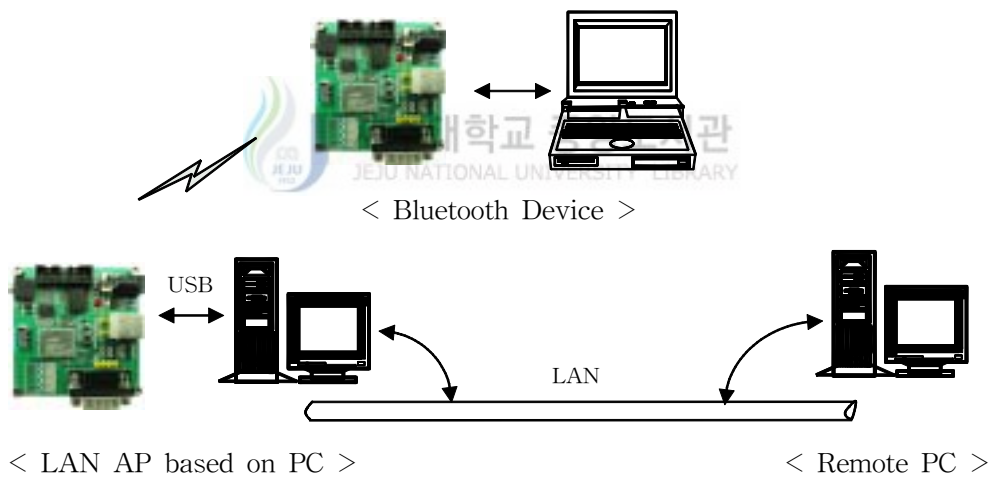


Fig. 17. Test configuration of LAN AP based on PC

실험 결과 26.5Kbps의 데이터율을 얻었다. 제1절의 실험과 비교하여 PPP 프로토콜을 사용한 네트워크 구성이 더해진 형태이므로 네트워크의 통신 환경이 고려의 대상으로 첨가되고, PPP 프로토콜 스택에 대한 처리

과정을 고려해야 한다. 실험 결과는 제1절의 실험 결과와 비슷한 데이터율을 얻었고, 이는 블루투스에 의한 AP의 구성에 문제가 없음을 알 수 있는 결과이다. 또한 데이터율을 유지하면서 블루투스 통신에 네트워크 구성이 더해지는 형태이므로 AP로써 충분한 역할을 할 수 있음을 확인할 수 있다.

3. 임베디드 기반 AP를 이용한 데이터 전송 실험

본 실험에서는 임베디드 AP를 이용하였고, 임베디드 AP는 VoIP 음성통신이라는 특정 목적에 맞게 설계, 제작되었다. 실험 구성을 Fig. 18에 나타내었다.

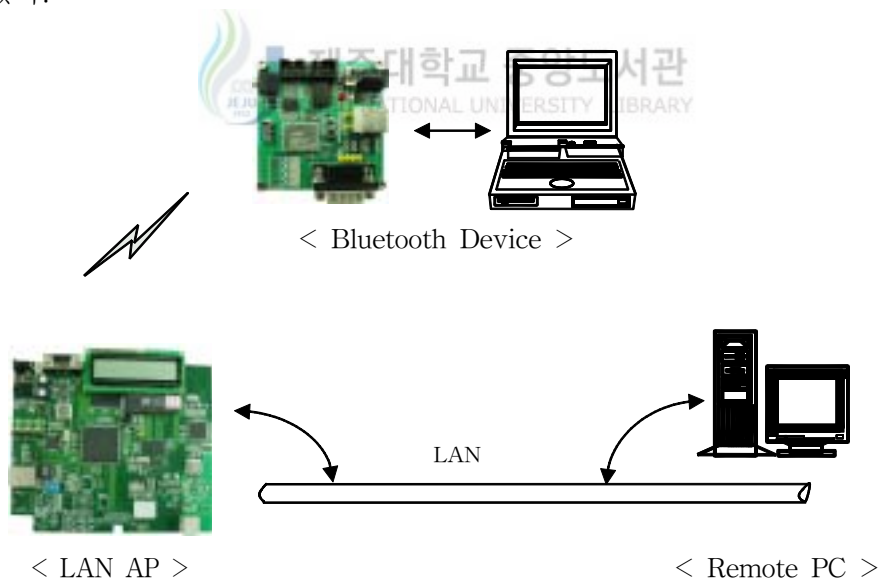


Fig. 18. Test configuration of LAN AP based on embedded system

PC와 USB로 인터페이스된 블루투스 기기에서 500Kbyte의 텍스트 파일

을 전송하면, 임베디드 AP에서는 이를 수신하여 PPP를 통하여 네트워크상의 원격 PC로 전송하는 형태이다. 실험 결과 총 전송시간은 87.0초로 측정되었다. 이를 데이터율로 환산하면 45.9Kbps 이다. 이는 PC기반 실험 결과 대비 약 174%의 높은 데이터율을 보인 것이다. 이러한 결과는 특정 목적을 위해 최적화되어 효과적으로 동작하는 임베디드 시스템의 특성으로 인해 거대한 PC 기반의 프로그램에서 동작되는 시스템과 비교시 데이터율에 좋은 영향을 미친것이다.

본 실험 결과로 얻어진 데이터율을 통해 임베디드 시스템에서의 데이터 전송이 PC를 포함한 타 시스템보다 우수하다는 결과를 얻었고, VoIP 음성 데이터 신호를 ACL 링크를 이용 전송하면 음성통신 패킷의 흐름을 대폭 절감함으로써 잉여 패킷을 이용하여 부가서비스에 활용될 수 있음을 알 수 있다.



VI. 결 론

본 논문에서는 VoIP 통신에 목적을 두고 LAN으로의 무선 접속을 제공하는 표준화된 기술에 대해 살펴보고, 블루투스의 SCO 링크에서 음성 신호의 전송방법과 이를 이용한 VoIP 신호를 전송할 경우 문제점을 살펴보았다. 그리고 그 대안으로서 ACL 링크를 이용한 VoIP 음성 데이터 신호 전송 방법을 제안하고 그에 따라 구성된 블루투스 기반의 LAN AP 시스템에 대한 내용을 기술하였다.

또한 LAN AP는 임베디드 시스템과 PC를 이용한 시스템으로 구성하여 비교 분석하였다. 이를 위해 호스트 프로토콜 스택을 기반으로 하여 응용 프로그램을 구현하고 펌웨어 형태로 임베디드 시스템에 이식하여 AP를 구성하였다. PC기반에서는 기 구현된 응용프로그램을 이용하여 구성하였다.

실험 결과로 얻어진 데이터율 분석을 통해 임베디드 시스템이 PC 기반 시스템 대비 174% 정도 높은 데이터율을 보이고 있음을 확인하였다. 이는 특정 목적에 최적화된 임베디드 시스템이 효과적으로 동작하고 있음을 나타낸다. 이러한 실험 결과로부터 임베디드 시스템은 PC를 포함한 타 시스템보다 가격, 소형 경량화, 소비전력, 사용자 인터페이스 등 여러 가지 측면에서 우수함을 알 수 있었고, 블루투스를 VoIP 통신에 적용하는 본 논문의 방향에도 부합됨을 확인할 수 있었다.

실험 결과를 통해 블루투스 ACL 링크의 흐름제어, 오류 정정 등과 같은 음성 통신과 상충하는 부분을 감안하더라도 음성 통신에서 요구되는 데이터율이 보장됨을 확인하였으며, VoIP 통신에서 이용되는 압축 방식의 사용으로 인해 ACL 링크에서 음성 데이터 신호의 전송시간이 대폭 절감되어 부가적인 서비스의 제공 가능성을 확인하였다. 통화 품질도 현재 VoIP 통신기술 수준의 안정적 통화 품질이 확보됨을 알 수 있었다. 추후 연구방향

으로는 손실된 패킷 보상 및 도착되는 패킷의 시간조정, 패킷의 정렬 등을 처리하는 방법에 대한 연구이다.



참 고 문 헌

- Bluetooth Special Interest Group, 2002. 2, “Specification of the Bluetooth system - Core Part B”
- Bluetooth Special Interest Group, 2002. 2, “Specification of the Bluetooth system - Profiles Part K:9”
- Jennifer Bray and Charles F Sturman, 2001, “Bluetooth connect without cables”, Prentice Hall PTR
- Nathan J. Muller, 2001, “BLUETOOTH DEMYSYIFIED”, The McGraw-Hill Companies
- Miller and Brent A, 2000, “Bluetooth Revealed”, Prentice-Hall
- Held and Gilbert, 2000, “Data over Wireless Networks”, McGraw-Hill,
- Micheal Miller, 2002. 2, “Discovering Bluetooth” (주)사이텍미디어 pp.188-202
- 주민철, 2001. 7, “블루투스 시스템에서의 채널상태분석을 이용한 ACL 링크 관리 방식”, 한국통신학회 하계학술대회 논문집, pp.48-51
- 박홍성, 2001. 7, “피드백 에러를 고려한 블루투스 무선 링크의 성능 분석”, 한국통신학회 하계학술대회 논문집, pp.23-27
- 김정근, 2002. 7, “Bluetooth를 이용한 VoIP Phone의 Wireless LAN Access System 개발”, 대한전자공학회 하계학술대회 논문집, pp.343-346
- 김창윤, 2002. 12, 석사학위논문 “블루투스 ACL 링크에서 효율적인 데이터 및 음성 전송 기법” 제주대학교 대학원 pp.12-16
- 서승호, 2002. 10, “TCP/IP 프로토콜 분석 및 네트워크 프로그래밍”, 정익사, pp.196-353