유비쿼터스 홈/오피스를 위한 음성, 데이터 통합 액세스 포인트 개발에 관한 연구

Development of Voice, Data Integrated Access Point for Ubiquitous Home/Office

이상학[1,2] 김대환[1] 정태충[2], [1]전자부품연구원 [2]경희대학교 컴퓨터공학과
Sang-Hak Lee[1,2], Dae-Hwan Kim[1] Tae-Choong Chung[2],
1Korea Electronics Technology Institute 2Dept. of Computer Eng., Kyunghee University

Abstract

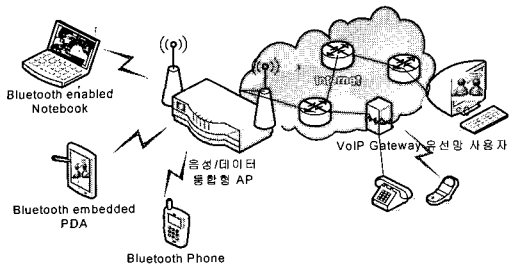
"언제, 어디에서, 어떤 형태의 접속"도 가능하게 하는 유비쿼터스 네트워크 환경의 실현을 위해 음성, 데이터의 통합은 우선 지원되어야 할 애플리케이션이다. 블루투스는 음성, 데이터의 동시 처리가 가능한 무선 개인 영역 네트워크(WPAN: Wireless Personal Area Network) 표준이다. 저가, 저전력의 무선 통신을 기반으로 휴대폰, 무선 전화기(Cordless Telephone) 의 음성 통화와 노트북, PDA 등의 정보기기의 인터넷 접속을 가능하게 한다. 본 논문에서는 블루투스의 음성, 데이터 통합 처리를 구현한 블루투스 액세스 포인트(Access Point)에 대해 기술한다. 근거리 무선 데이터 통신과 유선 네트워크의 연결을 이루어 노트북, PDA 등 단말기의 인터넷 동시 접속을 지원하며 블루투스 폰의 VoIP 통화를 구현하였다. 개발 완료된 시스템의 테스트 결과 다양한 벤더들의 제품들과 호환성을 이루어 표준안을 만족하였으며 성능 면에서 역시 규격에서 제시한 최대치에 근접한 매우 우수함을 나타내었다.

Keywords : Voice/Data Integrated Access Point, Bluetooth, WPAN(Wireless Personal Area Network)

I. 서 론

저전력(RF 전력: 1mW-100mW), 저가($5 정도)의 개인영역 무선 네트워크(WPAN; Wireless Personal Area Network) 표준 프로토콜인 블루투스는 음성, 데이터 통신을 동시에 지원하며 여러 응용 프로파일들이 정의되어 있어 다양한 응용에서 사용되고 있다[1]. 블루투스가 응용되는 기기들은 핸드폰의 무선 핸즈프리, Cordless Telephone, 마우스, 키보드, 노트북, PDA, 액세스 포인트 등이다. 대부분은 근거리에서 음성, 데이터를 전송하는 응용 애플리케이션에서 이용된다. 본 논문의 액세스 포인트는 블루투스를 사용하여 PDA, 노트북 등에서 인터넷에 접속하려 할 때, 무선 블루투스와 유선 이더넷을 연결해 주며, 블루투스 폰을 통해 음성통화를 할 때, 블루투스 폰과 유선 전화망을 연결 해 주는 기능을 수행하는 자립형 시스템(stand-alone system) 이다[5]. [그

림 1]은 개발된 시스템의 동작 환경이다.



[그림 1] 음성/데이터 통합 액세스 포인트 동작 환경도

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 음성/데이터 동시 지원 블루투스 액세스 포인트를 개발하기 위한 기반 기술들 즉, 블루투스 프로토콜, 임베디드 시스템 및 임베디드 운영체계에 대해 살펴본다. 3장에서는 시스템 개발을 위한 개발환경에 대해 알아보고 4장에서는 임베디드 시스템 상에서의 블루투스 액세스 포인트의 효율적인 구현을 위한 구조 설계의 제안에 대해 설명한다. 5장에서는 개발된 시스템의 기능 및 성능 시험을 위한 다양한 제품들과의 테스트를 수행하여 개발된 시스템이 다양한 제품들과의 호환성을 이루고 있음을 보이고자 한다. 마지막으로 6장에서는 결론 및 향후 연구 방향으로 끝을 맺고자 한다.

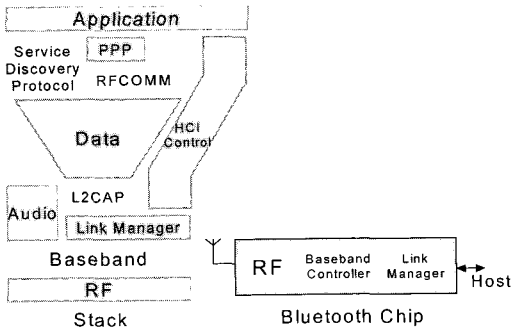
Ⅱ. 관련연구

임베디드 블루투스 액세스 포인트 시스템을 개발하기 위해서는 여러 기술들을 필요로 한다. 블루투스 프로토콜에 대한 구현 기술, 범용 시스템이 아닌 자립형(stand-alone) 임베디드 시스템을 설계하고 구현하기 위한 기술, 그리고 임베디드 시스템의 중요한 기술 요소인 임베디드 운영체계이다. 본 연구에서는 임베디드 리눅스를 채택하여 개발되었으며, 블루투스 프로토콜 역시 그 위에서 개발되었다. 시스템을 구성하는 이와 같은 기술들의 연구동향과 개발에 미치는 영향에 대해 알아보겠다.

2.1. 블루투스

블루투스는 2.4GHz ISM(Industrial scientific and medial) 라디오 밴드 대역을 사용하는 개인 영역 무선 네트워크 표준 프로토콜이다. 1998년 Erisson, Nokia, IBM, Toshiba, Intel 등 5개사 모여 라이선스가 없는 핸드헬드 기기의 무선 접속을 위한 기술을 만들고자 했다. 이후 2001년 2월 RF 무선 통신 인터페이스와 이와 관련된 프로토콜을 정의한 표준안 1.1 이 만들어졌다[1]. 표준안은 크게 두 부분으로 나뉘어져 있는데 프로토콜 전체 계층을 정의하는 Core Specification과 블루투스 기기간의 상호 연동을 위한 응용 애플리케이션을 지원하기 위한 Profile Specification 이다. 현재 21 개의 프로파일이 정의되어 있다.

블루투스를 이용하여 시스템을 구성하려 할 때는 RF와 베이스밴드가 단일 칩으로 된 블루투스 칩과 USB, UART, PCMCIA 표준 인터페이스를 통해 호스트와 통신한다. 블루투스 프로토콜 스택과 칩의 구조는 [그림 2]와 같다.



[그림 2] 블루투스 스택과 칩 구조

(그림 2)에서 L2CAP(Logical Link Control and Adaptation Protocol) 상위 프로토콜은 호스트에서 수행된다. 블루투스 프로토콜은 PC, PDA, 휴대폰, 이동형 단말 등 다양한 형태의 디바이스에 구현되어 응용되고 있다.

2.2. 임베디드 시스템

임베디드 시스템은 우리 생활에서 쓰이는 각종 전자기기, 가전제품, 제어장치 중 단순히 회로로만 구성된 것이 아니라 마이크로프로세서가 내장되어 있고, 그 마이크로시스템을 구동하여 특정한 기능을 수행하도록 프로그램이 내장되어 있는 시스템을 가리킨다[2]. 우리가 현재 널리 사용하고 있는 PC는 매우 강력한 컴퓨팅 능력을 지니고 있어 다양한 응용 애플리케이션이 수행될 수 있는 범용성을 지니고 있다. 이에 비해 임베디드 시스템은 전용 기능만을 수행하기 위해 최적화된 하드웨어, 소프트웨어로 구성된다. 따라서 전체 시스템 가격이나 전력을 낮추기 위해 시스템에 많은 하드웨어적인 제약을 가하고 범용 운영체제를 사용하기 보다는 일반적으로 특화된 실시간 운영체제를 사용한다[2].

이러한 임베디드 시스템의 대표적인 응용 분야들로는 정보가전, 사무기기, 공장자동화, 가정자동화 등의 제어와 이동전화, PDA, 스마트폰 등의 모바일 디바이스 등이 있다.

임베디드 시스템을 구성하는 하드웨어는 마이크로프로세서, 메모리, DSP, LED 등이 있다. 보통 마이크로프로세서의 크기나 성능에 관계없이 마이크로프로세서가 삽입된 시스템은 임베디드 시스템이라 하지만 일반적으로 32bit 이하의 마이크로프로세서를 사용한 시스템을 일컫는다. 그 외, 시스템 소프트웨어의 저장, 동작을 위한 메모리가 포함되며, 그 동작 업무에 따라서 특정 DSP가 들어가기도 한다. 사용자와의 인터페이스는 복잡한 구현보다는 단순한 LED 몇 개와 액정디스플레이로 상태를 표시한다.

임베디드 시스템에 들어가는 운영체제는 초기에는 시스템이 단순하여 필요하지 않았지만, 시스템 자체가 커지고 네트워크나 멀티미디어가 시스템에 장착되면서 기능이 복잡해졌기 때문에 실시간 운영체제가 도입되었다. 초기에는 상용 RTOS(Real-time O/S)가 주로 이용되어 개발되었으나 리눅스의 성능과 안정성이 입증되고 다양한 프로세서들을 지원하기 시작하면서 리눅스를 활용한 응용 사례가 늘어가고 있다. 현재 리눅스가 지원하는 CPU는 인텔 계열, 알파, 파워 PC, MIPS, ARM 계열, SH 계열을 지원하고 있다. 또한 각종 주변 장치들의 드라이버 개발도 용이하다.

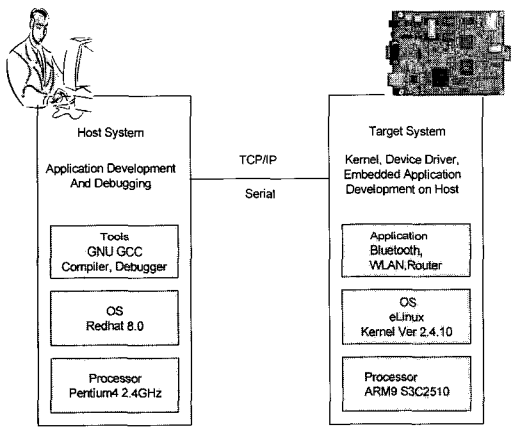
임베디드 시스템의 개발 시에는 일반적으로 커널, 디바이스 드라이버, 그리고 기본적인 GNU 컴파일러 툴 체인을 갖추어야 한다. 이외에 일부 임베디드 리눅스 소프트웨어 개발 벤더들은 포괄적인 개발 툴들과 구성 요소들을 제공한다. 이 툴들에는 일반적으로 크로스 컴파일러, 디버거, 에디터, 구성 툴, 디바이스 드라이버, 파일 시스템, 네트워킹 스택 및 유틸리티가 포함된다[8].

MontaVista, REDSonic, Viosoft, Jungo, Metrowerks사와 같은 회사들은 임베디드 리눅스 개발 환경 솔루션을 제공한다. MontaVista와 REDSonic사 같은 몇몇 회사들은 자체 리눅스 버전을 공급하는 한편, Metrowerks과 Viosoft사 같은 다른 회사들은 다른 벤더의 리눅스 버전과도 함께 작업할 수 있는 개발 환경을 제공한다. 또한 Jungo, Viosoft, RED

Sonic, Metrowerks사는 홈 게이트웨이와 같은 애플리케이션을 대상으로 하는 전문 소프트웨어를 가지고 있는 회사들에 속한다.

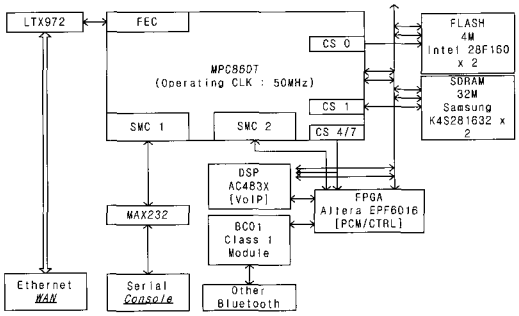
Ⅲ. 개발환경

임베디드 블루투스 액세스 포인트를 개발하기 위해서는 프로세서 선정, 시스템 설계, 그리고 프로세서에 맞는 개발환경을 구축하는 단계가 있다. 개발된 시스템에서는 MPC860T 프로세서를 사용하여 개발되었다. 프로세서를 선정한 후, 프로세서에 맞는 임베디드 시스템 개발환경을 갖추었다. 일반적으로 호스트 시스템에서 Cross compiler를 이용해 운영체계의 커널, 디바이스 드라이버, 애플리케이션을 개발한 후, 이를 타깃 시스템으로 네트워크를 이용해 다운로딩 한 후 동작시킨다. 아래 [그림 3]은 이와 같은 개발환경을 도식화한 것이다.



[그림 3] 시스템 개발환경

블루투스 액세스 포인트 시스템 내에서의 블루투스 모듈과 프로세서 간에는 UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) 인터페이스를 통해 통신하였다. 블루투스 모듈에서는 RF와 베이스밴드 계층까지 처리하고 상위 프로토콜은 호스트 프로세서에서 처리한다. 설계된 하드웨어 시스템의 블록도를 [그림 4]에 나타냈다



[그림 4] 하드웨어 시스템 블록도

유선 네트워크는 LTX972 PHY 칩을 사용해 연결하였다. 시리얼 통신을 위해 MAX323 칩을 사용하였다. 그 외에 메모리는 FLASH 8Mbyte와 SDRAM 64Mbyte가 탑재되었다. 유선 이더넷은 블루투스를 유선 네트워크에 연결하기 위해 반드시 포함되어야 하며 시리얼 인터페이스는 개발 중 사용하였다. 이와 같은 개발환경과 하드웨어 플랫폼 상에서 블루투스 프로토콜 및 프로파일의 구현에 대한 내용을 다음 장에 기술한다.

Ⅳ. 시스템 설계 및 구현

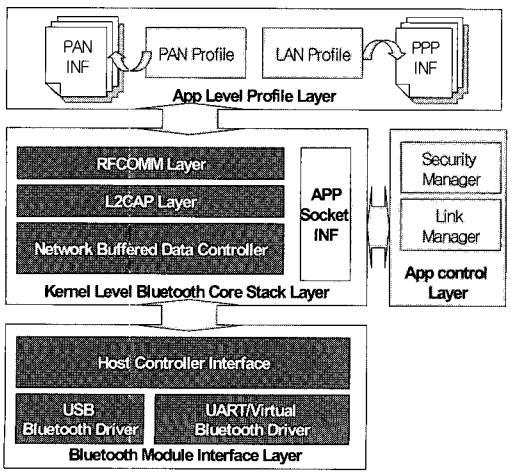
블루투스 프로토콜 스택은 기본적으로 표준안 사양을 충실하게 따라 만들어졌다. 본 논문의 블루투스 액세스 포인트는 피코 넷의 마스터 기능을 수행한다. 블루투스에서 피코넷(piconet)의 마스터는 최대 7대까지의 슬래이브(slave) 의 접속이 가능하다[6]. 따라서 본

시스템 역시 7대의 블루투스 기기들이 접속하도록 설계, 구현되었다. 또한 블루투스를 통해 네트워크에 접속하는 응용 프로파일은 사양에 LAP(Lan Access Profile) 과 PAN(Personal Area Networking Profile)의 두 가지로 정의되어 있다. 본 시스템에서는 이 두 가지 프로파일을 모두 구현하였다. [그림 5]은 구현된 블루투스 스택의 구조를 나타낸 것이다.

개발된 스택은 계층적 구조로 이루어져 있다. 다음은 프로토콜의 설계에 대해 기술한다.

4.1. 시스템 설계

프로토콜과 프로파일은 크게 세 계층으로 이루어져 있으며, 네 개의 모듈로 구성된다. 가장 하위 계층부터 블루투스 모듈 인터페이스 계층(Bluetooth Module Interface Layer), 커널 레벨 블루투스 코어 스택 계층(Kernel Level Bluetooth Core Stack Layer), 애플리케이션 제어 계층(Application Control Layer), 그리고 애플리케이션 레벨 프로파일 계층(Application Level Profile Layer)으로 구성된다.



[그림 5] 블루투스 프로토콜 스택 구조도

위 모듈 중 프로파일과 제어 계층이 리눅스 시스템의 애플리케이션 레벨에서 동작하고 그 밑의 하위 계층들은 리눅스 커널 레벨에서 동작한다. 7대 클라이언트 동시접속을 위해 시스템 시작 시에 7개의 상주 프로그램(daemon)을 동시에 시작하도록 하였고 이들은 클라이언트와의 연결 접속 설정, 해제를 지속적으로 수행하며 계속 동작한다.

각 계층 간의 인터페이스는 애플리케이션 레벨인 프로파일 계층과 제어 계층에서 코어 스택 계층을 시스템 콜로 호출한다[9]. 코어 스택 계층 내에서의 프로토콜 계층 간의 통신은 네트워크 데이터 버퍼를 사용하여 메시지를 주고받는다. 이제 각 계층별 구현 내용을 살펴본다.

4.2. 블루투스 Kernel Level 프로토콜 계층

블루투스 모듈 인터페이스 계층은 주로 블루투스 모듈과의 인터페이스를 담당한다. 드라이버계층은 실제 하드웨어 모듈과의 인터페이스 드라이버이다. 드라이버는 USB 버스와 UART 버스에 대해 구현되었다. 그 상위의 HCI(Host Controller Interface)는 블루투스 모듈을 다른 호스트에 끼워 사용할 경우, 모듈과 호스트를 연결하는 전송버스를 통해 통신할 수 있도록 하는 프로토콜 계층이다[1].

코어 스택 계층은 일부 응용 애플리케이션을 제외하고 블루투스 기기들이 동작하기 위해 반드시 구현되어야 하는 프로토콜이다. L2CAP(Logical Link Control and Adaptation Protocol)은 여러 채널의 통신이 가능하게 제어하고 다중화 기능과 상위 프로토콜 계층의 긴 패킷을 하위 프로토콜 계층의 작은 패킷 크기에 맞게 분해하고 패킷 헤더를 추가한다. 즉, 상위 프로토콜 계층에 맞도록 패킷

을 다시 조립하는 과정인 SAR(Segmentation and Reassembly) 기능을 수행한다[1]. RFCOMM 프로토콜은 시리얼 라인은 에뮬레이션 함으로써 COM 포트를 사용하는 기존 프로토콜과 애플리케이션들이 블루투스 디바이스를 사용할 수 있게 한다[3]. 본 시스템인 액세스 포인트의 경우 LAP(Lan Access Profile)에서 반드시 필요로 하는 프로토콜이다.

Link Manager는 LMP(Link Manager Protocol)을 이용하여 물리적 링크의 파라미터들을 협상하고 설정하여 물리적 링크를 관리한다.

이 계층들 간의 수신한 패킷이나 송신할 패킷은 네트워크 데이터 버퍼를 통해 읽고 쓰게 된다. 버퍼는 대기열(queue) 데이터 구조를 이용하여 구현하였다.

커널 레벨 프로토콜들은 일반적인 C언어를 사용하여 구현되었으며 시스템 환경에 의존도를 최소화하여 이종 시스템에 쉽게 포팅 가능하다. 임베디드 장비의 경우 PC의 개발환경과는 다르게 다양한 개발 환경들이 상존하고 있다. 따라서 보다 많은 장비에서 빠르게 개발하기 위해서는 이식성을 높여야 한다.

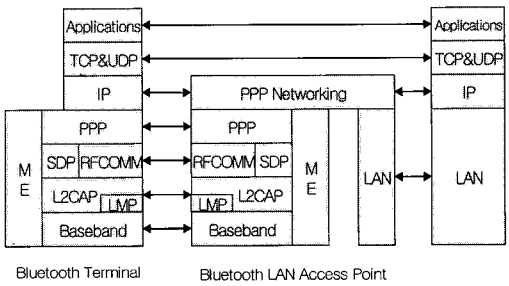
4.3. 블루투스 Application Level 프로토콜 계층

블루투스 애플리케이션 레벨 프로토콜은 블루투스 사양에서 프로파일(Profile)이라 불린다. 이는 다양한 특성의 기기들이 서로 통신을 할 수 있도록 특정 기능(응용 프로그램, 예: 네트워크 접속) 마다 필요한 프로토콜들을 명확히 정의하여 각 회사들이 그 정의에 따라 프로토콜 계층을 구현하게 한다[7].

블루투스에서 네트워크 접속을 위해 정의된 프로파일은 LAP(Lan Access Profile)과 PAN(Personal Area Networking Profile)이다. 두 프로파일은 다른 구조를 정의하여 네트워크 접속방법을 구현하도록 하였다. 본 시스템에서는 두 가지 프로파일을 모두 구현하여 블루투스를 이용하여 네트워크에 접속하고자 하는 블루투스 기기들을 최대한 수용하고자 노력하였다.

IEEE 표준에서 이기종 LAN 기기간의 연결을 위해 LLC (Logical Link Control) 계층을 정의하고 있다. IEEE802.3 (CSMA/CD), IEEE802.4 (Token Bus), IEEE802.5 (Token Ring), IEEE802.11 (Wireless) 등을 수용하여 상이한 MAC을 가진 이들 상위에 IEEE802.2 (LLC)가 놓여 이들 간의 인터페이스를 정의한다. 본 시스템의 블루투스 역시 이들 중의 하나로 간주되어 LLC 계층에서 이더넷과의 브리징을 한다.

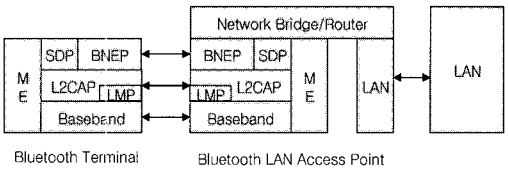
우선 LAP에 의한 네트워크 접속을 위한 구현은 [그림 6]에 프로토콜 구조도에 따른다.



[그림 6] 블루투스 LAP 구조도

LAP 에 의한 네트워크 접속은 프로파일 레벨에서 PPP 프로토콜을 구현하였다. 이는 Bleutooth를 하나의 시리얼 통신기기로 간주하여 상위 애플리케이션에서는 기존의 사용 환경을 그대로 유지하여 사용할 수 있도록 한다. 따라서 리눅스 시스템에서 본 구현된 프로토콜

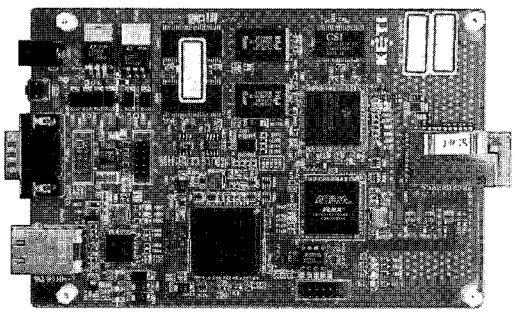
을 하나의 가상 시리얼통신 디바이스로 설정되게 된다[5].



[그림 7] 블루투스 PAN 구조도

다른 네트워크 접속 방법으로는 PAN (Personal Area Networking Profile)이 있는데, 이 프로파일에서는 PPP 통신을 이용하지 않고 BNEP (Bluetooth Network Encapsulation Protocol) 사양을 정의하여 블루투스 패킷과 IEEE802.3/Ethernet 패킷간의 직접 변환을 통한 네트워크 브리징이 이루어지도록 하였다. (그림 7)은 블루투스 PAN 프로파일의 네트워크 프로토콜 스택 구조도를 나타낸 것이다.

본 시스템에서는 LAP과 PAN 프로파일이 동시 동작하도록 구현되었으며, 블루투스 디바이스들의 다중 접속이 가능하도록 하였다. [그림 8]은 실제 개발된 하드웨어 시스템의 사진이다.



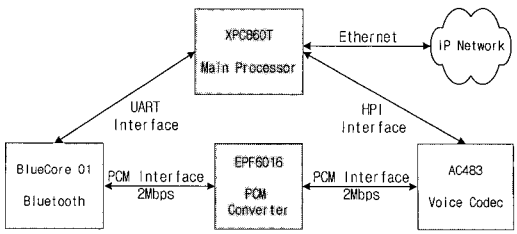
[그림 8] 블루투스 액세스 포인트 플랫폼 사진

사진에서 플랫폼 오른쪽에 장착된 모듈이 블루투스이다. 유선 네트워크 연결을 위해 하나의 이더넷이 장착되어 있고 개발용 시리얼 포트가 탑재되어 있다.

4.4. 음성 신호처리 부분

음성 신호의 전달을 위해 사용하는 전송 방식으로 일반적으로 PCM(Pulse Code Modulation) 방식을 들 수 있다. PCM 방식은 mu-law PCM(북미), a-law PCM(유럽) 방식으로 전송 속도는 64Kbps이고 고음질의 재생을 할 수 있다. 응용 방식으로는 DPCM (differential pulse code modulation), ADM (adaptive delta modulation), ADPCM (adaptive differential pulse code modulation)등이 있지만 음성의 인접 표본 값 사이의 상관관계가 높을 때만 사용 가능하다. 이들은 과거 표본 값으로부터 현재의 표본 값을 예측하여 그 차이를 부호화하는 방식으로 24~48Kbps의 전송속도에서 고음질 재생이 가능하다. 그러나 QoS가 보장되지 않는 네트워크를 사용하여 음성을 전달하고자 하는 경우 음성 패킷의 손실 등으로 인한 음질 저하를 방지하기 위해 G.723/723.1등의 압축방법을 사용하여 음성을 전달하게 된다.

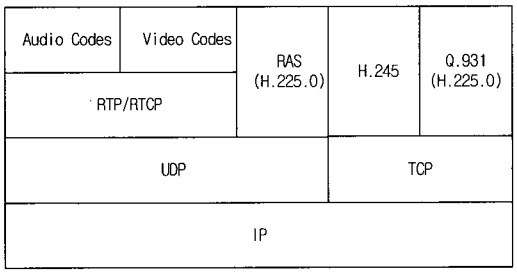
시스템에 사용된 블루투스 모듈의 PCM 신호는 8K sampling 13bit linear PCM 신호를 지원하며, power-on 기능을 내장하고 있다. [그림 9]는 시스템 내부의 음성 신호의 흐름을 나타냈다.



[그림 9] 음성 PCM 처리 흐름

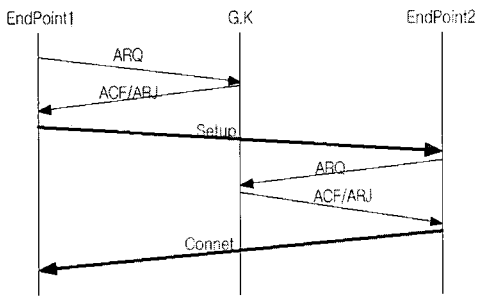
UART 인터페이스는 115200bps를 기본으로 설정하였다. PCM 인터페이스를 위한 클록 및 플레임 동기신호는 FPGA에서 생성하여 음성 코덱과 블루투스 모듈에 전달하게 하였으며, 블루투스 모듈과는 256Kbps로 음성 코덱과는 2Mbps로 PCM 데이터를 전달하게 된다.

VoIP 신호 시그널링을 위해 H.323 프로토콜을 탑재하였다. 일반적으로 터미널, 게이트웨이, 게이트 키퍼(Gatekeeper) 으로 구성된 H.323 네트워크에서 터미널 기능을 수행하며 [그림 10]의 프로토콜 스택을 구현하였다.



[그림 10] H.323 프로토콜 구조

호(call) 처리를 시그널링은 H.323 규격의 여러 모델 중 [그림 11]의 Direct Endpoint Call 시그널링을 거쳐 이루어진다.



[그림 11] 단말간의 직접 호 설정

V. 실험 및 결과

개발된 블루투스 네트워크 액세스 포인트의 기능 및 성능 측정을 위해 시중에 판매되고 있는 블루투스 장치들을 이용하여 실험하였다. 사용된 블루투스 USB 동글은 하스넷사의 BUD, 휴처인터넷사의 Blueberry, 3COM사의 USB Adapter, Unwill사의 USB Adapter 등이다. 클라이언트 단말기는 HP사의 PDA iPAQ 5450 와 일반 노트북에 블루투스 USB 동글을 장착하여 실험하였다.

위의 여러 제조사의 제품을 사용하여 시스템의 호환성을 보이려 노력하였고, 다른 제품들 상에서 성능 차이가 발생하는지를 확인하려 하였다. 제품의 성능 측정은 일반적인 파일 전송을 수행하여 속도를 측정하였다. [표 1]은 실험 결과를 정리한 것이다.

[표 1] 블루투스 액세스 포인트 성능 측정표

블루투스 단말제품	성 능
HP iPAQ 5450 (블루투스 내장)	400~450Kbps
하스넷 BUD	580~600Kbps
휴처인터넷 Blueberry	570~590Kbps
3COM USB Adapter	560~600Kbps
Unwill USB Adapter	520~580Kbps

위의 4개 사의 블루투스 모듈을 통한 시스템 접속 시 모두 이상 없이 동작하였다. 이들을 노트북에 장착하여 네트워크 접속 속도를 측정하여 차이를 알아보았다. 모듈 간의 약간의 차이는 있었으나, 이는 매우 작은 차이이며 성능 차이가 있다고 할 수 있을 정도는 아니다. 다

만 실험에 사용한 PDA인 HP iPAQ5450의 경우 노트북에 비해 약간의 성능이 떨어짐을 알 수 있었다.

개발된 시스템은 클라이언트로 접속하는 다양한 USB 모듈과의 호환성이 충족되었으며, 성능 면에서도 규격의 최고속도에 근접한 뛰어난 결과를 보였다.

Ⅵ. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 블루투스 표준 사양을 따라 개발된 자립형(stand-alone) 임베디드 액세스 포인트 시스템의 설계 및 구현에 대해 알아보았다. 임베디드 시스템의 개발은 특성상 주어진 태스크에 최적화된 하드웨어, 소프트웨어를 구성하여 개발되어야 한다. 본 논문에서는 이를 위해 프로세서의 선택에서부터 플랫폼 설계 및 구현과 이를 기반으로 하는 시스템 소프트웨어 구조 설계, 시스템 소프트웨어 이식, 구현 등의 단계를 거쳐 체계적으로 개발하였다.

임베디드 환경에서 애플리케이션의 기능을 구현하기 위한 새로운 구조를 설계하고 개발하였다. 이를 검증하기 위해 다양한 블루투스 모듈을 이용하여 실험하였으며 그 결과, 기능 및 성능에서 매우 우수함을 보였다.

향후에는 이러한 소형화된 임베디드 기기들이 보다 많이 개발되고 사용될 것이다. 이를 위해서 시스템의 안정화, 저전력 및 최적화된 리소스의 예측을 통한 개발 등의 기술들에 대한 연구가 심화되어야 할 것이다. 또한 임베디드라는 분야는 개발환경에도 프로젝트에 따라 많은 차이를 가지므로 이러한 환경에서 빠르고 안정적으로 소프트웨어를 개발할 수 있도록 이 분야에 많은 연구가 이루어져야 하리라 생각된다.

■ REFERENCE

[1] 이태진, 강우식, 이재율, "근거리 무선 통신 시스템 : Bluetooth", 한국통신학회지 (THE PROCEEDINGS OF THE KOREAN INSTITUTE OF COMMUNICATION SCIENCES) : 정보통신 2000.11 v.17, n.11, pp.63-73 1226-4725

[2] 박영환, 임베디드 시스템 & 임베디드 리눅스, 사이텍미디어, 2002

[3] S. Chiu, H.Chang, and R. Chang, "Providing Mobile LAN Access Capability for Bluetooth Devices", Parallel and Distributed Systems, 2002. Proceedings. Ninth International Conference, pp.631-636, Dec. 2001

[4] J. Chen, and K. Yen, "Transparent bridging support for Bluetooth-IP service interworking", International journal of network management, pp.379-386, May 2002

[5] Y. Lim, J. Kim, S. Min, and J. Ma, "Performance Evaluation of the Bluetooth-based Public Internet Access Point", Information Networking, 2001. Proceedings. 15th International Conference, pp.643-638, Feb. 2001

[6] Bluetooth SIG, Specification of the Bluetooth System-Core, 2001.

[7] Bluetooth SIG, Specification of the Bluetooth System-Profiles, 2001.

[8] 박재호, 임베디드 리눅스, 한빛미디어, 2001

[9] R. Kraemer, "Bluetooth based wireless Internet applications for indoor hotspots: experience of a successful experiment during CeBIT 2001", Local Computer Networks Proceedings. LCN 2001. 26th Annual IEEE Conference, pp.518-524, Nov. 2001

[10] P. Bhagwat, "Bluetooth : Technology for Short-Range Wireless Apps", Internet Computing, IEEE , Volume: 5 Issue: 3, pp.96-103, May-June 2001

Biography

이 상 학

e-mail : shlee@keti.re.kr

1993년 전주대학교 수학과(이학사)

1997년 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)

2000년 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과(박사수료)

2000년~현재 전자부품연구원 유비쿼터스컴퓨팅연구센터 선임연구원

관심분야 : Sensor Network, Combinatorial Optimization, Meta-Heuristic Algorithm

김 대 환

e-mail : kimdh@keti.re.kr

1991년 명지대학교 전자공학과(공학사)

1993년 명지대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1993년~현재 전자부품연구원 유비쿼터스컴퓨팅연구센터 책임연구원

관심분야 : Sensor Network, Digital Signal Processing, Embedded System.

정 태 충

e-mail : tcchung@khu.ac.kr

1980년 서울대학교 전자공학과 (공학사)

1982년 한국과학기술원 대학원 전자계산공학과 (공학석사)

1987년 한국과학기술원 대학원 전자계산공학과 (공학박사)

1987년~1988년 KIST 시스템 공학센터 선임연구원

2001년 미국 Iowa 대학 교환교수

1998년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 정교수

관심분야 : 인공지능, 지능에이전트, 메타알고리즘