

블루투스 무선기술을 응용한 원격제어 시스템의 설계 (The Design of Remote Control System using Bluetooth Wireless Technology)

전 형 준(Hyung-Joon Jeon)¹⁾ 이 창 희(Chang-Hee Lee)²⁾

요 약

본 논문에서는 블루투스 기기간 전송되는 데이터에 대한 보안성을 향상시키기 위하여 인증과정에서의 PIN 코드를 특정 피코넷을 구성하는 블루투스 기기들에 동일하게 부여하였다. 블루투스 피코넷의 구현을 위하여 블루투스 기기들에 고유의 ID를 부여하고 기기간 데이터 포맷을 달리한 통신 알고리즘을 설계하였고, uCOS-II RTOS 기반의 ARM 프로세서를 사용한 임베디드 하드웨어 모듈을 구현하였다. 여기서는 block 인수를 갖는 함수들을 nonblocking화하고 커널을 간소화함으로써 CPU의 효율을 약 30 %정도 향상시켜 전체 피코넷의 효율을 증대시킴으로써 access point로 사용이 가능하도록 하였으며, 채널 상태에 따라 효과적으로 패킷을 선택함으로써 최대 10 frames의 영상신호 전송 및 음성신호 전송을 가능하게 하였다.

상기의 과정을 통하여 블루투스 피코넷을 제어하기 위한 운영 프로그램을 설계하여 영상 및 음성 그리고 데이터의 처리가 수행됨을 보였고, 이로써 블루투스 기술을 이용한 원격제어 시스템의 상용화 가능성 을 제시하였다.

ABSTRACT

In this thesis, interference phenomena of bluetooth networks requiring security were minimized; strengthened security of piconet by assigning an identical PIN code to bluetooth devices, which was establishing a specific piconet during authentication stage.

To establish a bluetooth piconet system, an unique ID was assigned to each bluetooth device, communication algorithms having different data formats between devices was designed, and an embedded hardware module using ARM processor and uCOS-II RTOS was implemented. About 30% of CPU efficiency in the module was increased by modifying functions including block parameters to work as nonblocking; by the increased efficiency of total piconet, the module could be used as an access point.

The module could transmit maximum 10 frames of image and also audio signal by switching the packet effectively according to channel condition. By above-mentioned process, video, audio, and data could be well transmitted by the bluetooth managing program and the possibility of a commercial remote control system using bluetooth technology was suggested.

1) 정회원 : 삼성 에스원 기술연구소

2) 정회원 : 광운대학교 대학원 전자공학과 박사수료

논문심사 : 2003. 6. 23.

심사완료 : 2003. 7. 18.

1. 서론

본 논문에서는 블루투스 네트워크 상에서 발생될 수 있는 간섭현상을 배제하고 보안성을 향상시키기 위하여 인증과정에서 사용되는 PIN(Personal Identification Number)코드를 하나의 피코넷을 구성하는 블루투스 기기들에 동일하게 부여함으로써 피코넷상에서의 블루투스 기기간 통신보안을 강화하였다. 보안성이 강화된 블루투스 피코넷을 구성한 후, 피코넷 운영 프로그램을 설계하여 이를 수신기, 지문 인식기, 도어 개폐기등과 같은 기기들에 대한 접속 관리를 통하여 시험하였고 임베디드 블루투스 하드웨어 모듈을 이용한 피코넷을 이용하여 영상, 음성, 문자 및 데이터의 전송을 효과적으로 처리할 수 있는 블루투스 네트워크 시스템을 검증하였다.

2. 피코넷 구성을 위한 소프트웨어 설계

어플리케이션과의 인터페이스 즉, 음성처리를 위하여 GSM06.10 음성 압축방식의 WaveIO Class 를, 영상처리를 위하여 JPEG형식 압축방식의 VideoCapture Class를 사용하였다. 소켓을 통하여 어플리케이션에서 블루투스 데몬 인터페이스로 들어온 영상, 음성등의 압축신호와 파일 및 메시지는 블루투스 데몬 내의 BufList에 저장되고 블루투스 스택을 지난 다음 USB 드라이버를 통하여 블루투스 H/W모듈로 전달된다.

이 과정에서 일반적으로 block 인수가 있는 함수들은 하나의 task 로 동작할 때 불필요한 CPU 자원을 소비하게 되고 이로 인하여 임베디드 모듈에서 개별적인 task 처리 시 부하를 높이는 결과를 초래한다.[1] 이는 CPU 자원을 많이 차지하게 되므로 windows의 event 객체를 이용하여 이 문제를 해결하였는데, 미리 생성된 event 객체를 사용하여 다음과 같이 while (SendxxxBPI (xxx,&event)==0){WaitForSingleObject(event,

100);}//while로 프로그램을 작성하여 CPU 자원 문제를 해결하였다. 또한 특정 시스템에 적용하기가 용이한 내장 커널 방식을 사용하여 데이터의 처리 속도를 개선하였다. 결과적으로 block 인수가 있는 함수들을 nonblocking로 동작하게 하고 동시에 일반적인 커널과 비교시 1/4정도인, 약 20Kbyte 로 커널을 간소화하여 그렇지 않은 경우 보다 과부하시 CPU 의 효율을 약 30% 정도 높일 수 있었다.

개개의 어플리케이션과 블루투스 H/W와의 인터페이스는 소켓을 통한 통신을 구현하여 어플리케이션에 대한 프로그래밍을 분리함으로써 블루투스 모듈을 효과적으로 사용할 수 있었다.

3. 효율적 접속 관리를 위한 HCI 분석

기본적으로 USB, UART 지원이 가능하도록 블루투스 HCI 를 이용하여 영상 및 음성, 그리고 데이터의 전송을 행하였고,[2] 슬레이브에서의 조회 스캔명령에서 조회의 시간간격 및 수행시간을 규정하게 되는데, 여기서는 시간간격의 경우 약 0.64 초, 수행시간은 약 0.32 초로 할당하였다. 이러한 과정 이후 마스터는 슬레이브의 블루투스 어드레스와 클럭을 동기할 수 있게 되었고, 또한 Create Connection 과정을 통하여 링크매니저에서 비동기 접속이 이루어지고, 다음에 동기 접속 과정을 통하여 동기 접속이 수행되어 두 블루투스 기기간의 데이터 및 음성 전송이 가능하게 되었다.[3][4][5]

조회 명령으로써 블루투스 기기를 조회 '모드'로 동작시켜 주변에 있는 다른 블루투스 기기를 찾게 되는데, 이를 위하여 조회 스캔모드가 수행되어야 하고 조회 스캔을 위하여 연속적인 조회 스캔간의 시간간격 및 조회 지속시간을 전달하게 되는데, 조회 스캔간의 시간간격으로 0.64 초, 조회 스캔의 지속시간으로 0.32 초를 할당하였다.

한편 링크의 대부분을 차지하는 비동기 접속 링

크에서 채널의 상태에 따라 주어지는 패킷을 어떻게 효율적으로 사용하는가에 따라 전송속도가 많은 영향을 받고 더 나아가 피코넷 전체의 효율을 결정짓게 된다. 따라서 더욱 효과적인 영상 및 음성의 전송을 위하여 제안된 피코넷의 경우 전파 환경이 비교적 양호한 실내환경이란 가정하에 패킷의 종류와 슬롯의 길이를 고려한 비동기 접속 링크를 구성하였다. 즉, 채널의 상태가 좋은 경우 데이터율을 높이기 위해서 DH5 패킷을, 그리고 채널의 상태가 좋지 않을 경우 재전송에 많은 슬롯이 필요하므로 DM1 패킷을 사용하였다. 패킷의 확인 이외에 엑세스 코드는 수신 신호와 관련된 동기화와 옵셋을 보상하는데 이용되기도 한다. 하나의 패킷은 1 개, 3 개, 5 개의 슬롯을 사용할 수 있으며 FEC, 데이터용 ARQ 의 예리 정정 방식을 사용한다. FEC 방식은 패킷의 재전송 횟수를 줄이기 위해서 사용되고 DM1 패킷의 경우 2/3 FEC 방식이 적용된다. 반면에 DH5 패킷은 데이터율을 높이기 위하여 CRC 만이 첨가된다.[6]

〈표 1〉 사용된 패킷
〈Table 1〉 Used packets

패킷	데이터	CRC (비트)	FEC	슬롯	슬롯 길이	전송속도	
						대칭형	비대칭형
DH5	2,728	16	X	5	240	433.9	723.2/57.6
DM1	144	16	2/3	1	2,744	108.8	108.8

4. 블루투스 피코넷 시스템 구현

ARM platform-용 블루투스 프로토콜로서 uCOS-II 상에서 관리되고 사용되어진다. 블루투스의 접속상태를 관리하고 수신기, 지문인식기 및 출입문 제어에 모두 사용되어질 수 있도록 범용으로 설계하여, 네트워크 상에서 블루투스와의 접속, 블루투스 간 테이터 송수신을 관리하고 수신 기의 발생 신호를 호스트에 전송함은 물론 지문인식기의 출입자 정보를 호스트에 전송하고 호스트의 도어 개방정보를 수신하여 도어를 개방시키는 제어기능을 수행하였다.[7]

상위 어플리케이션 계층인 main 디렉토리를 제외한 모든 계층은 모두 library로 관리하였고, hal 디렉토리는 ARM 프로세서(EP7312)의 각 장치를 사용하기 위해서 계층화한 라이브러리로써, boot code, timer, interrupt, I/O port, debug 등의 관련 코드를 내장하였으며, uCOS-II 디렉토리는 OS 커널 부분과 하드웨어 의존적인 코드만 분류해 놓은 디렉토리를 따로 두어 관리하였다.

각 블루투스 기기간의 데이터 포맷을 다음과 같이 정의하여 응용 기기별 데이터의 원활한 처리를 수행하였다.

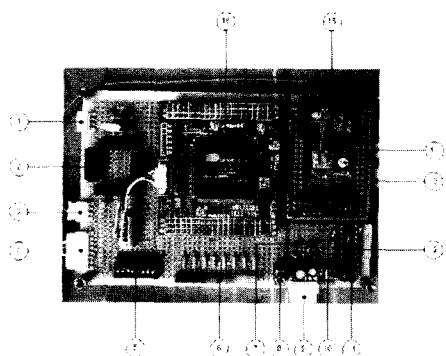
제시한 블루투스 원격제어 피코넷 시스템의 검증을 위하여 ARM 코아를 사용한 u-COS II 기반의 임베디드 시스템을 구현하였는데, 소프트웨어 설계에 있어 개발 kit로는 CSR 社의 CASIRA bluetooth developer kit 를 사용하였고 OS 환경으로는 Windows98, Windows XP, Windows

〈표 2〉 사용된 데이터포맷
〈Table 2〉 Used Data Format

2byte	4byte	7byte	1byte	10byte	1byte
BPI	LENGTH	SERIAL NUMBER	NULL	NO	NULL
2byte	4byte	5byte	1byte		
BPI	LENGTH	출입자 NUMBER	NULL		
2byte	4byte	1byte			
BPI	LENGTH	NULL			

2000과 Visual C++6.0, API 컴파일러와 ARM's 소프트웨어 development tool kit ver.2.50 컴파일러 및 uCOS-II realtime kernel을 사용하였다.

운영 프로그램으로써 제안된 네트워크 시스템에 대한 정보를 관리하고 제어하게 되는데, 이것은 일종의 출입관리 시스템으로도 사용 가능하며 In-door프로그램, Out-door 프로그램, 파일 전송 창, 포트 설정 창, 설정대기 창, 기기 제어 창, 블루투스 데몬 모니터를 위한 부분으로 구성하였다. 구현된 블루투스 피코넷에서 임베디드 모듈은 수신기 및 지문인식기를 블루투스 하드웨어와 연결하기 위한 일종의 중계기로써 동작하며 수신기, 지문인식기 및 도어를 부착할 수 있도록 하였다. 수신기 및 지문인식기의 RS-232 인터페이스, CASIRA RS-232 인터페이스, 블루투스 모듈 인터페이스가 가능하도록 하였다.[8]



[그림 1] 임베디드 하드웨어 모듈
[Fig. 1] Embedded H/W module

5. 실험 및 고찰

5.1 부하량에 따른 CPU 응답 시간

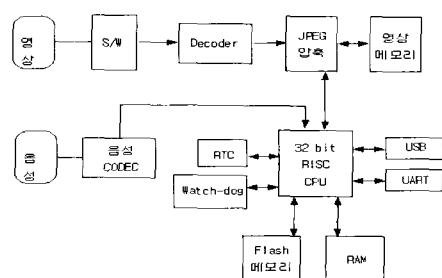
설계, 제작한 임베디드 하드웨어 모듈에는 block 인수를 포함하는 함수들에 대한 nonblocking 화를 적용하고 일반적인 경우에 비하여 약 1/4 크기인, 약 20 Kbyte로 커널을 간소화함으로써 네트워크상에서 부하가 증가될 때에도 임베

드 모듈에의 데이터 처리가 무리없이 수행되어 피코넷 상에서의 블루투스 기기간 정상적인 통신이 이루어질 수 있도록 하였다.

상대적으로 부하량이 50인 때에는 nonblocking 화와 커널 간소화를 적용한 경우에 비하여 그렇지 않은 경우의 응답 시간은 1.1 초로써 큰 차이가 없었다. 그러나 부하량을 점차 증가시키며 측정한 결과 부하량이 250인 경우 응답 시간의 차이는 약 2 배로 늘어났고 부하량이 450인 때에는 0.35 초 정도의 차이를 보였다. 부하량이 650인 때에는 약 0.6 초 정도의 차이가 발생함을 알 수 있었으며, 따라서 CPU의 효율을 최대 약 30 % 정도 증가시킬 수 있었다. 또한 현재까지 보편화되지 않은 고가의 ARM 코아를 대체하여 보다 저가의 16 비트 CPU로서 임베디드 모듈 구현이 가능할 것으로 예상된다.

5.2 비동기 접속 관리에 따른 영상, 음성 처리 결과

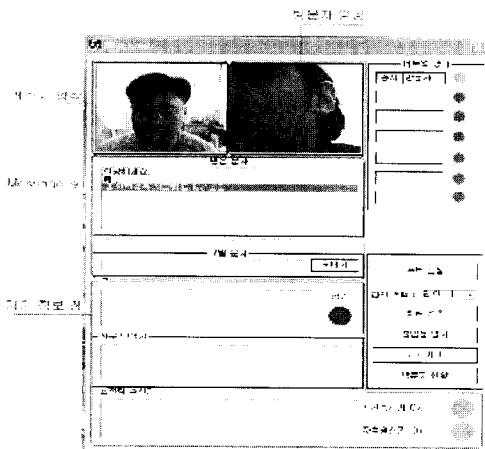
비동기 접속에 있어 블루투스 기기간의 통신시 적용되는 패킷을 매 경우 변화하는 통신 채널 상태에 따라 2 가지로 분류하고 적용하였는데, 이는 블루투스 기기간의 초기 통신 접속 시 헤더와 페이로드는 전송되지 않고 엑세tm 코드만으로 조회와 호출과정이 이루어지는 점에 착안하여 엑세스 코드의 BER을 이용한 1/3 FEC로, 화률에 따른 패킷선택을 함으로써 가능하였다.



[그림 2] 영상 및 음성전송을 위한 시스템 블럭도
[Fig. 2] The system block diagram for video & audio transmission

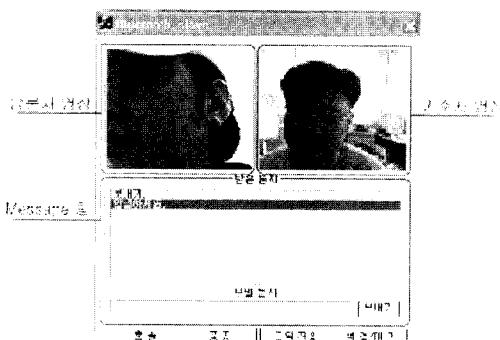
[그림 2]에는 설계한 영상 및 음성 처리부에 대한 블럭도를 나타내었다.

5.3 운영 프로그램 실험 결과



[그림 3] In-door 프로그램
[Figure. 3] In-door program

거주자와 방문자 프로그램의 '파일 전송' 버튼을 누르면 나타나는 창으로, 어플리케이션 인터페이스와 블루투스 데몬 인터페이스의 다중 라인을 사용해서 파일 분할 및 동시 다중파일 전송이 가능하였다. 속도는 회선 상태에 따라 100~200 kbps 정도가 된다.



[그림 4] Out-door 프로그램
[Figure. 4] Out-door program

또한 Out-door 프로그램을 통하여 거주자와 영상, 음성, 파일, 메시지 등을 주고받을 수 있었다. 방문자는 '호출' 버튼을 이용하여 거주자를 호출 한다.

6. 결론

본 논문에서는 제안된 블루투스 피코넷 시스템을 효과적으로 운영하기 위하여 이에 적합한 운영 프로그램을 설계하고 실제 운영을 통하여 블루투스 기기들의 상태를 파악하고 제어하는 등 운영 프로그램의 범용성을 확인하였다.

설계한 블루투스 피코넷 시스템의 시험을 위하여 피코넷의 제어 및 운영이 용이 하도록 블루투스 기기들에 고유의 ID를 구분하고 기기간 데이터 포맷을 달리하여 이를 이용한 통신 알고리즘을 설계하였고, 또한 USB, UART 지원이 가능하도록 HCI를 이용한 임베디드 블루투스 하드웨어 모듈을 구현하였으며, 이를 별도의 운영 프로그램을 통하여 제안된 블루투스 피코넷 시스템을 검증하였다.

피코넷 시스템에 사용한 임베디드 하드웨어 모듈의 경우, uCOS-II RTOS를 기반으로한 32비트 ARM 프로세서를 사용함으로써 다양한 어플리케이션에 대응이 가능하도록 하였다. 또한 상대적으로 많은 부하가 걸리는 경우에 block 인수가 있는 함수들을 nonblocking화하여 동작시키고 커널의 간소화를 통하여 그렇지 않은 경우보다 CPU의 효율을 약 30%정도 증가시켜 저용량의 CPU를 사용한 임베디드 모듈 구성 및 access point로 사용이 가능하게 하였다.

블루투스 기기 초기 접속과정에서의 BER을 체크하여 통신 채널의 상태를 파악한 후 이에 대응되는 비동기 접속 패킷을 선택하여 적용함으로써 더욱 효율적인 데이터의 전송이 가능하였다. 운영 프로그램의 실행 결과, 영상신호 처리의 경우 최대 10 frames 까지 전송이 가능하였고 메시

지 처리는 실시간 전송이 가능하였다. 또한 하나의 access point에서 블루투스 네트워크상에 연결되어 있는 모든 블루투스 기기의 상태를 관리하고 제어할 수 있어 범용적으로 응용될 수 있을 것으로 판단되며, 이로써 블루투스 기술을 이용한 원격제어 시스템의 상용화 가능성을 제시하였다.

※ 참고문헌

- [1] 이현석 외 6인, "임베디드 리눅스 기반의 네트워크 저장장치의 구현 및 성능평가", 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부, 2001.
- [2] Parvin Bhagwat, Adrian Segall, "A Routing Vector Method(RVM) for Routing in Bluetooth Scatternets", MoMuC'99, pp375~379, 1999.
- [3] IEEE802.11 Standard, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications", 1997.
- [4] Gcommkorea, "Bluetooth", pp431~433, 1999.
- [5] "Bluetooth HCI", ATMEL, 2000.
- [6] 주민철 외 5인, "블루투스시스템에서의 채널 상태분석을 이용한 ACL 링크 관리 방식", 전자부품연구원 뉴미디어 통신 연구센타, 2000.
- [7] H.S. Nicolaj, V.W. Miraden, "Wavelets and Time-Frequency Analysis", Proceeding of the IEEE, vol.84, pp523~579, April 1996.
- [8] Dietmar Loy, Atsushi Murase and Andreas doederlin, "System Level Prototyping for Embedded Networking Applications", IEEE 12th International Workshop on Rapid System Prototyping, pp12 ~16, 2001.

전형준



1993년 2월 광운대학교
전자공학과
1995년 2월 광운대학교
전자공학과 대학원(공학석사)
2003년 2월 광운대학교
전자공학과 대학원(공학박사)
1995년 3월 ~ 1998년 5월
(주)대양전기공업주식회사
1998년 5월 ~ 2000년 12월
(주)창원정보통신
2001년 2월 ~ 현재 삼성에스원
기술연구소
관심 분야 : RF H/W회로설계,
블루투스 통신 네트워크

이창희



1985년 2월 광운대학교
전자공학과 졸업
1987년 8월 광운대학교
산업정보대학원 (공학석사)
2002년 2월 광운대학교
대학원 전자공학과 박사 수료
관심 분야 :
컴퓨터 프로그래밍,
디지털 회로 설계