

블루투스 Piconet을 이용한 임베디드 시스템 원격 제어

장윤석^o 정경호 안광선
경북대학교 컴퓨터공학과

embedded@linux.co.kr^o mcart@korea.com gsahn@knu.ac.kr

Remote Control Embedded System using the Bluetooth Piconet

Youn-seok Jang^o Kyung-ho Jung, Gwang-sun Ahn
Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

요 약

본 논문은 블루투스 피코넷을 이용하여 임베디드 시스템을 원격으로 제어하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 범용 임베디드 시스템에 리눅스 커널을 포팅하고 근거리 무선 통신 규격인 블루투스 기술을 이용하여 산업장비 원격으로 제어하는 블루투스 피코넷 시스템을 설계한다. 각 임베디드 장비는 블루투스 피코넷을 이용하여 개별 제어뿐만 아니라 동시제어가 가능하도록 하였다. 이것은 임베디드 웹 서버를 통해 현장뿐만 아니라 어디에서든지 원격 제어가 가능하다.

1. 서 론

산업장비 제어 및 네트워크 기술의 발전으로 인해 산업장비 제어와 시스템 통합에 관한 새로운 연구개발이 절실히 요구 된다. 이와 관련하여 제품 개발과 생산을 위한 동시공학(CE: Concurrent Engineering) 분야는 상당히 발전되어 있으나 검사/시험을 고려한 동시공학 분야는 이론에 비해 현실적으로 적용하기가 매우 어렵다. 대부분 국내 업체의 경우 개발 생산 및 시험환경의 장비는 단독기기로 생산되고, 점차 PC 중심의 제어 시스템으로 발전되고 있다. 이에 따라 유무선 네트워크를 통한 웹 기반의 원격제어는 기업의 생산성 향상 및 프로세스의 개선과 원가절감을 가져올 수 있다.

공장자동화(FA)용 임베디드 시스템은 상당히 오랜 역사를 가지고 있으나 운영체제 없이 일부 특수목적에만 맞추어 자체 개발된 제어 프로그램에 의해 동작되고 있다. 이러한 산업장비 제어에 있어 PC를 이용한 산업장비 제어가 임베디드 시스템으로 대체되어가고 있으며 운영체제를 통한 통합 환경 하에서의 산업시스템의 제어가 매우 필요하다. 임베디드 시스템을 적용한 산업장비 제어는 동시공학을 기반으로 기업정보 시스템과 제조 시스템을 통합 할 수 있으며 제품 및 생산정보를 지식화하여 인터넷상에서 제품관련 정보를 생성 시점으로부터 필요 시점까지 전사적이고 효과적으로 공유할 수 있다[1].

본 논문에서는 범용 임베디드 시스템에 리눅스 커널을 포팅하고 근거리 무선 통신 규격인 블루투스 기술을 이용하여 산업장비 원격으로 제어하는 블루투스 피코넷 시스템을 제안한다. 리눅스를 운영체제로 채용한 임베디드 시스템은 산업용, 가정용등에 다양하게 이용될 수 있으며, 이동통신등과 연계된 Mobile Networking 분야에서 로열티 비용에 대한 부담을 제거하여 mobile 환경에서의 필요조건을 만족하여 발전 가능한 운영체제이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 블루투스 무선통신 및 피코넷 그리고 임베디드 시스템과 임베디드 시스템을 이용한 원격제어에 대해 알아보고, 3장에서는

설계한 전체 시스템 구조와 동작에 대해 살펴보고, 4장에서는 실험 수행 결과를 살펴본다. 마지막으로 결론 및 향후 연구과제에 대해서 서술한다.

2. 관련 연구

본 장에서는 블루투스 무선통신과 피코넷에 대하여 서술하고, 임베디드 시스템을 이용한 원격제어에 대한 국내외 연구 동향을 소개 한다.

2.1 블루투스 무선통신

네트워크의 발달로 무선통신은 일상생활의 일부분으로 자리 잡고 있으며, 통신기능이 내장되어 있지 않은 기존 장비들 간의 무선 네트워크를 구축할 수 있는 필요성이 대두되고 있다. 이러한 필요성에 따라 전력선 통신, 소형 인터넷 접속기기, 무선 LAN, IrDA 등이 등장하게 되었다. 그러나 최근 등장한 블루투스는 다른 어떠한 통신방식보다 통신기능이 내장되어 있지 않은 디바이스들 간의 무선통신을 손쉽게 구현할 수 있다.

최근 들어 블루투스와 임베디드 시스템을 이용한 다양한 연구가 진행 중이다. 임베디드 리눅스를 이용하여 블루투스 Lan Access Point를 구현한 경우와 블루투스를 이용하여 데이터 및 음성을 무선으로 전송하는 임베디드 시스템을 구현한 연구 등을 예로 들 수 있다.

블루투스는 근거리 무선 인터페이스를 통하여 음성 및 데이터의 전송을 지원하는 통신 프로토콜이다. 블루투스 장치는 전 세계적으로 사용되는 2.4GHz 무허가 ISM(Industrial, Scientific and Medical) 대역 내에서 사용된다. 무허가로 자유롭게 사용할 수 있는 대역은 편리하지만, 다른 장비와의 전파간섭이나 잘못된 접속 등이 일어날 수도 있다. 이에 주파수 호핑(Frequency Hopping)이라는 방식을 이용하여 2.4GHz대역에서 대역폭 1MHz의 채널을 79개 설정 1초에 1600회 변화시켜 전파의 중첩을 방지한다. 또한 양방향 전송을 위해 시간분할 방식(TDD : time division duplex)를 사용하며, 변조 방식으로는 GFSK가 적용된다[2].

서로 간의 통신 영역 안에 있는 블루투스 장치는 ad-hoc 네트워크를 형성하여 통신을 할 수 있다. 이러한 구성을 피코넷이라고 한다. 그림 1은 피코넷의 구조를 나타낸다.

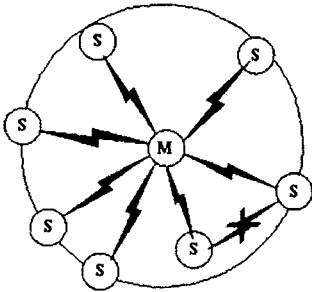


그림 1. 피코넷의 구성

실질적으로 각각의 블루투스 장치는 같은 하드웨어 능력을 가진 동등한 장치이다. 셀룰러 시스템과는 달리 블루투스 시스템은 단말기와 기지국의 구분이 없다. 하나의 채널을 공유하는 2개 이상의 블루투스 장치가 하나의 피코넷을 형성하고, 채널상의 트래픽을 제어하기 위하여 통신에 참여하는 장치 중의 하나가 피코넷의 마스터가 된다. 어떠한 장치도 마스터가 될 수 있지만, 피코넷을 설정한 장치가 마스터 역할을 맡는 것으로 간주되며 다른 장치들은 슬레이브가 된다. 즉, 하나의 블루투스 기기는 피코넷의 마스터로 동작하고 다른 기기들은 슬레이브가 된다. 하나의 피코넷에서 동작할 수 있는 최대 슬레이브 개수는 7개이다. 하나의 마스터에 붙어 있는 각각의 슬레이브는 서로가 직접적으로 통신할 수 없으며 마스터를 통해 통신이 가능하다[3].

본 논문에서는 이러한 피코넷 구조를 이용하여 각각의 슬레이브 임베디드 장비를 마스터 임베디드 장비로 제어할 수 있도록 설계하였다.

2.2 임베디드 시스템을 이용한 원격제어

임베디드 시스템은 정해진 특정 기능을 수행하기 위해 하드웨어에 소프트웨어가 내장된 시스템을 의미한다. 또한 단순한 회로만으로 구성된 장치가 아닌 마이크로프로세서가 내장되어 원하는 작업을 수행, 관리하는 운영체제와 어플리케이션이 포함된 시스템이다.

초기의 임베디드 시스템은 구성이 매우 단순하여 8bit 나 16bit 컨트롤러에 제한된 동작을 하도록 하는 소프트웨어가 적재된 시스템이 대부분을 차지하였다. 그러나 임베디드 시스템의 성장과 네트워크의 발달로 인하여 원격지에서 임베디드 시스템을 통한 제어가 가능하게 되었다. 이러한 임베디드 시스템은 산업분야, 가전분야, 군사용 등 다양한 응용분야에 적용되고 있으며, 우리의 일상생활 가까이에 밀접해 있다. 특히 기존의 산업전자와 공장자동화 시스템 등의 계측장비에도 응용되어가고 있다.

임베디드 시스템은 다양한 점에서 주목받고는 있으나, 메인 메모리와 파일 시스템 기술 그리고 전원문제와 같은 제약을 가지고 있다. 따라서 이러한 부분은 임베디드 시스템의 설계와 응용 프로그램 제작 시에 많이 고려되

어야 할 사항이며 시스템을 구현하는데 있어서 교차개발 환경(Cross Development Environment)을 이용하여 자원 한계를 극복할 수 있다. 운영체제를 포함한 다양한 소프트웨어의 개발은 Host PC에서 개발되었고, 개발된 소프트웨어는 이더넷을 통하여 타겟 보드로 옮김으로써 구동할 수 있다. 이처럼 실제 소프트웨어가 수행될 시스템과 개발하는 시스템이 다른 경우 교차 개발(Cross Development)이라고 하며 다른 CPU 기종에서 사용될 수 있는 기계어로 번역해주는 기능을 가지고 있다 [4][5].

그림 2는 임베디드 시스템을 이용한 원격제어 방식을 나타내고 있으며 RS-232C를 이용하여 산업장비를 제어한다.

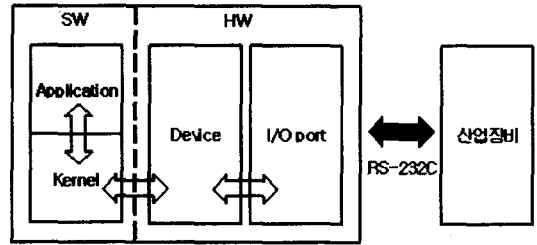


그림 2. 임베디드 시스템을 이용한 원격제어

3. 본 론

본 장에서는 무선 통신을 위한 블루투스 모듈과 임베디드 장비의 전체 시스템 구조와 제어를 위한 설계에 대하여 소개한다.

3.1 전체 시스템 구조

그림 3는 블루투스 피코넷을 이용한 임베디드 시스템 원격 제어에 대한 개략적인 구조를 나타낸다.

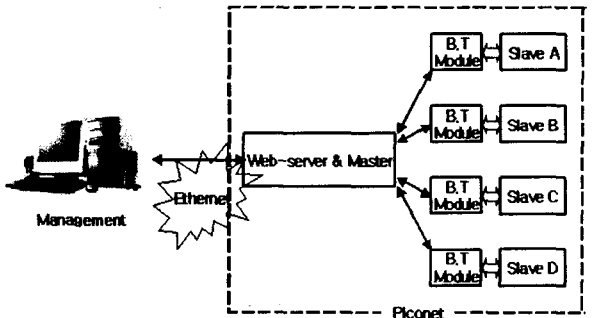


그림 3. 전체 시스템 구조

본 시스템은 블루투스 모듈을 이용하여 마스터와 슬레이브간의 무선 통신이 이루어진다. 각 슬레이브 A,B,C,D는 제어대상이 되는 임베디드 시스템을 나타내며 마스터는 각 슬레이브들을 무선으로 연결하는 블루투스 피코넷을 형성한다. Management는 이더넷을 통해 피코넷의

마스터를 원격으로 제어함으로써 임베디드 장비간의 동시제어가 무선으로 가능하다. 마스터는 임베디드 웹 서버로 포팅되어 CGI를 통해 Management에 각 슬레이브의 상태를 제어 및 모니터링 한다[6].

3.2 시스템 설계

본 논문의 마스터와 슬레이브에 사용된 임베디드 시스템은 서로 다른 종류의 CPU를 탑재하고 있지만 동일한 임베디드 리눅스를 포팅하였다. 또한 서로 다른 크로스 컴파일러를 사용하여 교차개발환경을 이용하여 구현하였다. 표 1은 마스터와 슬레이브에 사용된 임베디드 시스템의 하드웨어 사양을 나타낸다.

표 1. 임베디드 시스템의 개발 구조

	Master	Slave
CPU	Intel XScale PXA-255	MPC860
Memory	SDRAM	64Mbyte
	FALSH	32Mbyte
Serial	UART 1 Slot	UART 1 Slot
	Bluetooth UART 1 Slot	
OS	Embedded Linux	Embedded Linux
Cross-Compiler	arm-linux-gcc, cgi	ppc_8xx-gcc

마스터는 Intel XScale PXZ-255 CPU에 맞는 ARM 컴파일러를 사용하여 포팅을 하였고, 슬레이브는 MPC860 CPU에 맞는 PPC 컴파일러를 사용하였다. 그림 4는 블루투스 모듈을 포함한 하드웨어 구조를 나타낸다.

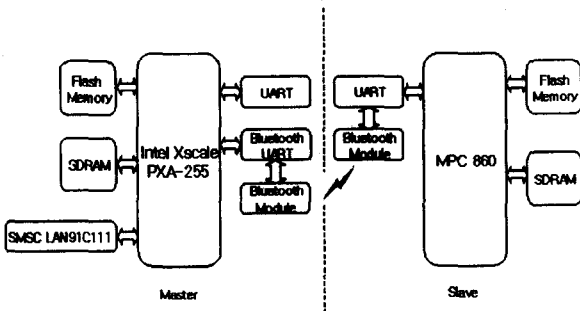


그림 4. 전체 하드웨어 구조

마스터 및 슬레이브의 블루투스 모듈은 UART를 통해서 무선 통신이 이루어지고 슬레이브들의 원격 제어를 위해 마스터의 SMSC LAN91C111 Ethernet Chip을 이용 하였다. 마스터는 Goahead 임베디드 웹 서버를 포팅하여 피코넷에서 원격 제어가 가능하도록 하였다. 마스터와 슬레이브의 블루투스 모듈간에는 Serial 통신 프로 그램밍을 이용하여 구현 하였다[7][8].

4. 실험 동작 및 결과

그림 5는 피코넷을 이용하여 마스터의 임베디드 웹 서버를 통해 원격 제어하는 어플리케이션을 나타낸다.

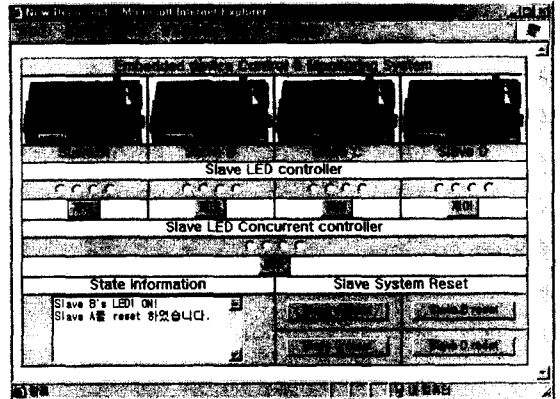


그림 5. 원격제어 어플리케이션

피코넷의 각 슬레이브들은 자신의 상태를 블루투스 무선통신으로 마스터에 전송하고 이와 같은 정보는 이더넷을 통하여 Management에서 모니터링이 가능하다. 이것은 각 임베디드 장비의 동시제어가 가능함을 나타내며, State Information창을 통해 정보를 확인 할 수 있다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 블루투스 모듈을 이용하여 임베디드 시스템들 간의 무선 통신을 설계하였다. 또한 각 임베디드 장비를 슬레이브로 한 블루투스 피코넷을 구성하여 개별 제어뿐만 아니라 동시제어가 가능하도록 하였다. 블루투스 무선통신을 이용하여 임베디드 제어 시스템 설계에 있어 기업의 생산성 향상뿐만 아니라 원가절감을 가져올 수 있고, 웹 서버를 통한 원격 제어로 현장뿐만 아니라 어디에서든지 임베디드 시스템의 제어가 가능하다. 차후에 블루투스 스택을 직접 임베디드 장비에 포팅하여 임베디드 장비와 블루투스 모듈간의 통합과 같은 세부적인 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] 산업자원부, “국내 의 계측기 산업의 현황”, 월간 계장 기술, 2001년 11월.
- [2] Bluetooth, <http://www.bluetooth.com>.
- [3] Jennifer Bray의 1인, “Bluetooth connect without cables” Prenrice Hall, 2001.
- [4] John Lombaro “Embedded Linux”, pp38~77, June 2002.
- [5] Karim Yaghmour, “Building Embedded LINUX Systems”, O’Reilly Press, 2003.
- [6] Jacqueline D. Hamilton, “CGI Programming”, Indigo Storm Designs, Feb, 2000.
- [7] Goahead web-server, <http://www.goahead.com>.
- [8] Alessandro Rubini의 1인, “Linux Device Drivers, 2nd Edition”, O’Reilly Press, 2001.