

논문 2008-5-3

## Scale-free uPAN 시스템을 위한 효율적인 WiMedia Bridge의 설계 및 구현

### The Design and Implementation of WiMedia Bridge for Scale-free uPAN System

안재훈\*, 국중진\*, 이장연\*\*, 권대길\*\*, 홍지만\*

Jae-Hoon Ahn, Joong-Jin Kook, Jang-Yeon Lee, Tai-Gil Kwon, Ji-Man Hong

**요약** 유비쿼터스 네트워크 환경은 사람 주변의 모든 기기가 하나의 네트워크로 연결되어 끊임없이 정보를 주고받으며 통신을 가능하게 해주는 전자공간과 실제 공간의 융합이다. 유비쿼터스 환경을 구현하기 위해서는 다양한 기기들이 통신을 위한 규격을 맞추어야 한다. 그러나 각 기기들의 규격을 맞추고 늘어나는 트래픽에 대비하는 일은 유지 보수 등에 있어 매우 어려웠던 효율적인 기술을 필요로 한다. 이러한 유비쿼터스 환경의 구현을 위해 다양한 주변 기기들과의 통신 연결을 위한 기술로 WiMedia Alliance가 있다. 본 논문에서는 Scale-free uPAN 시스템의 일부인 WiMedia 브릿지 기술 구현을 위한 기법을 제안한다. 제안한 기법은, 패킷 변환 및 브릿지 기법을 추가하여, 통신 기기들 간의 규격 의존 관계에서 발생하는 비용을 최소화 할 수 있다. 본 논문의 실험 결과를 통하여, 제안한 기법 시간 및 에너지 상으로 보다 효율적임을 보인다.

**Abstract** Ubiquitous environments make it possible to connect people and objects together seamlessly using networking technology. To realize ubiquitous environments many kinds of devices should follow the exact protocol. To observe protocol and prepare the increasing network traffic are very difficult in the aspects of maintenance, so the new efficient technology is required. Wimedia technology is a prominent ubiquitous technology which can make connection with many devices. This paper propose a energy efficient method for Wimedia bridge implementation which is a part of scale-free uPAN systems. The proposed method can reduce network expenses which is generated by protocol requirements by adding efficient packet encapsulation and bridging technology. It can be proved to be more time and energy efficient by simulations.

**Key Words** : 유비쿼터스, Scale-free, uPAN, WiMedia, Bridge

## 1. 서론

유비쿼터스 네트워크 환경은 사람 주변의 모든 기기가 하나의 네트워크로 연결되어 끊임 없이 정보를 주고받으며 통신을 가능하게 해주는 전자공간과 실제 공간의 융합이다[1]. 이러한 유비쿼터스 주변 환경이 확대 되면서 모든 정보에 대한 활용이 가능해 지고, 네트워크와 연

결되는 기기들이 확대됨에 따라 정보의 활용범위 또한 그 규모와 범위가 보다 광대해 지게 된다.

특히 유비쿼터스 환경하의 모든 기기들은 서로간의 정보 전달을 위해 유선 혹은 무선의 형태로 연결되어 있어야 한다. 그러나 유비쿼터스 네트워크가 연결되기 위해서는 통신 기술의 일반화, 정보기술의 고도화가 전제되어야 한다. 또한 모든 기기들 간의 정보 송·수신을 위해 통신규격의 일치가 필요하지만 모든 기기들의 규격을 일치 시키는 것은 사실상 불가능 하며, 유선 형태의 복잡한 연결방식 또한 모든 기기들을 연결하기에는 제약 사

\*정회원, 숭실대학교 컴퓨터학과

\*\*정회원, 전자부품 연구원 통신네트워크 연구센터

접수일자 2008.9.17, 수정완료 2008.10.3

항이 너무 많다. 본 논문에서는 통신 기기들 간의 보다 다양한 통신을 위한 요구사항들을 분석하고, 그 요구 사항을 만족하는 IP 기술의 무선 서비스 제공에 관한 설계와 구현 방안에 대해 살펴본다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본 연구의 필요성과 연구 범위를 제시한 1장의 서론에 이어, 2장에서는 관련 연구를 살펴본다. 3장과 4장에서는 본 논문에서 제안하는 Bridge 기술의 요구사항과 설계 및 구현에 관련된 내용을 기술한다. 5장에서는 실험과 성능 평가를 통하여 본 논문에서 제안한 시스템이 기존의 시스템에 비해 효율적인 Bridge 기술을 제공하는 것을 확인하고, 6장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

## II. 관련 연구

본 절에서는 IP 기술의 무선 서비스 제공을 위한 기존의 여러 가지 관련 연구를 살펴본다.

### 1. UWB

UWB[2] (Ultra-WideBand) 무선 기술은 주로 군사적인 목적으로 개발되었으나, 지난 2002년 2월에는 미국 연방통신위원회(FCC)가 제한적이지만 상업적 이용을 허용하였다. 무선 반송파를 사용하지 않고 기저대역에서 수 GHz이상의 매우 넓은 주파수 대역을 사용하여 통신이나 레이더 등에 응용되고 있는 무선 기술이다. UWB는 반경 10m 이내 근거리 무선통신기술(WPAN) 방식으로 설계되었고, 1Gbps 이상의 초고속 무선 전송이 가능하다. 또한 국가별 전파규정에 상대적 제약을 적게 받으며, 휴대단말기에 적합한 특징을 가지고 있다.

### 2. WPAN

WPAN[3] (Wireless Personal Area Network) 무선 기반의 편리성과 이동성을 보장하며, 언제 어디서나 사용자 맞춤형 서비스를 제공하는 유비쿼터스 기술을 조기에 정착시킬 수 있는 네트워크 기술이다. WPAN 기술은 속도의 차이를 기준으로 저속의 무선 센서네트워킹 기술과 고속의 미디어 데이터 전송기술로 구분되어진다. WPAN은 10m 이내의 짧은 거리에 존재하는 컴퓨터와 주변기기, 휴대폰, 가전제품 등을 무선으로 연결하여 이들 기기간의 통신을 지원함으로써 다양한 응용 서비스를

창출할 수 있도록 한다.

### 3. Bluetooth

Bluetooth[4]는 개인 근거리 무선 통신 (PANs)을 위한 산업 표준으로 Bluetooth SIG에 의해 정식화 되었다. IEEE 802.15.1 규격을 사용하는 Bluetooth는 다양한 기기들이 안전하고 저렴한 비용으로 2.45GHz 주파수를 대역을 통해 서로 통신할 수 있다. 2007년 8월에 Bluetooth 2.1 버전이 제정되었으며, 안전하고 간편한 공유로 인해 장치간의 공유 기술이 근본적으로 향상되었다. 또한 이로 인해 Bluetooth 사용에 있어 큰 기여를 할 것으로 기대되고 있다.

### 4. ZigBee

ZigBee[5]는 저전력, 저가격, 사용의 용이성을 가진 근거리 무선 센서 네트워크의 대표적 기술중 하나로 2003년 IEEE 802.15.4 작업분과위원회에서 표준화된 PHY/MAC 층을 기반으로 상위 Protocol 및 Application을 규격화한 기술이다. ZigBee 기술은 IEEE 802.15.4-2003 표준이며 ZigBee PRO 코어 스택을 사용하는 ZigBee 2007 버전에서는 IEEE 802.15.4-2006 버전을 사용할 예정이다. 사용하는 주파수는 2.4GHz 와 915MHz, 868MHz 가 있으며 국내의 경우 주파수 확보를 위해 연구 중에 있다. ZigBee의 적용대상은 빌딩 제어, 자동차 분야, 홈 네트워크, 농경, 공정 자동화 등에 사용될 수 있다.

## III. Scale-free uPAN 기술

본 절에서는 Scale-free uPAN 기술에 대한 특징을 살펴보고 Scale-free uPAN의 설계와 구현에 기법에 대해 보인다.

### 1. Scale-free uPAN 구현 기술의 특징

Scale-free uPAN 구현 기술은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 고속 전송 속도를 처리할 수 있는 MAC 프로토콜
- 480Mbps 까지 지원 가능한 USB2.0 인터페이스
- 하드웨어 및 소프트웨어의 버퍼 접근 시간 감소
- 가변적 data rate 처리 기능 및 환경 적응형 기법

## 2. Scale-free uPAN 설계 및 구현

Scale-free uPAN 설계 및 구현을 위해 Scale-free uPAN 규격을 준수하였으며, 향후 변경 및 업데이트가 용이하도록 설계하였다. Scale-free uPAN 시스템 하드웨어 구조는 그림 1과 같다.

### 가. Scale-free uPAN MAC FPGA 개발

MAC을 구현하기 위해서는 MAC의 각각의 기능들을 어디에서 구현할지를 결정해야 한다. 본 구현에서는 MAC Function Partitioning[6]을 시간과 관련하여 시간에 민감성을 기준으로 하드웨어와 소프트웨어 및 펌웨어로 구분하여 구현하였다.

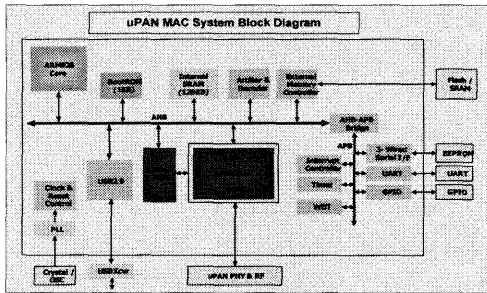


그림 1. uPAN 시스템 하드웨어 블록도  
Fig. 1 uPAN system hardware block diagram

시간에 가장 민감한 동기화, CSMA/CA, 액세스 메커니즘, 송·수신 관련 Baseband 제어, 수신확인 프레임 처리 기능 등은 하드웨어로 구현하였다.

시간에 덜 민감한 부분은 펌웨어로 처리하였으며, 시간에 민감하지 않은 관리 기능들은 디바이스 드라이버를 통하여 구현하였다. MAC FPGA 설계에 있어 각각의 블록들이 어떻게 유기적으로 기능들을 수행하는지는 그림 2를 통해 확인할 수 있다.

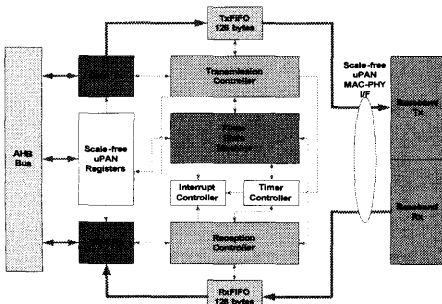


그림 2. MAC 하드웨어 블록도  
Fig. 2 MAC hardware block diagram

수행시간이 오래 걸리고 버스 점유율이 높은 데이터 복사를 위해 MAC 전용 DMA를 RTL로 설계하였다. 전용 DMA를 사용함으로써, 적은 크기의 FIFO를 사용하여 실시간으로 데이터 송·수신이 가능하게 된다.

### 나. MAC 시뮬레이션 검증

Scale-free uPAN의 구현을 위해 설계된 블록을 검증하기 위해 Modelsim6.1f[7] 환경에서 그 동작 상태를 확인하였다. 그림 3에서의 같이 시뮬레이션 환경을 구성하여 두 개의 Scale-free uPAN MAC 인스턴스를 사용함으로써 실제 통신을 하면서 네트워크를 생성하고, 데이터 송·수신 과정을 확인 할 수 있다.

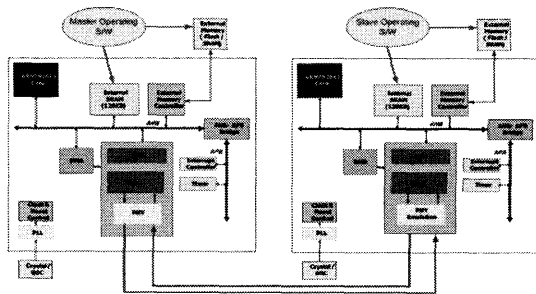


그림 3. MAC 시뮬레이션 테스트 환경  
Fig. 3 MAC simulation test environment

## IV. Scale-free uAPN WiMedia Bridge 기술

본 절에서는 Scale-free uPAN 시스템을 위한 WiMedia Bridge기술을 위한 기법들의 설계와 구현 내용을 자세히 보인다.

### 1. WiMedia Alliance의 특징

WiMedia Alliance[8]에는 UWB를 IEEE 802.3 (Ethernet) 환경에서 동작할 수 있도록 네트워크 프로토콜을 정의하는 WLP (WiMedia Link Control Protocol) 라는 Working Group 이 있다.

WLP 기본 참조 모델은 그림 4와 같다. WLP 는 P2P 네트워킹과 파일 셰어링을 지원하여 홈 네트워크 구현을 목적으로 이미 검증된 WLAN (802.11)에서 TCP/IP Over Wireless PHY Software를 사용할 수 있게 하는데 중점을 두고 있다.

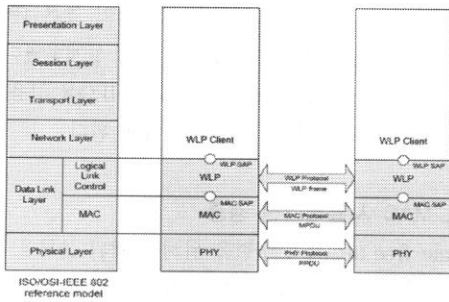


그림 4. WLP 구조 참조 모델  
Fig. 4 WLP Architectural reference model

WLP의 기본 네트워크 구성은 그림 5와 같다. 그림에서와 같이 WLP Bridge는 Ethernet 망으로 연결되고, 무선 디바이스의 데이터를 Ethernet 으로 포워딩 한다. 또한 원격 브리지는 서로 다른 브리지간의 전송 기능을 수행한다.

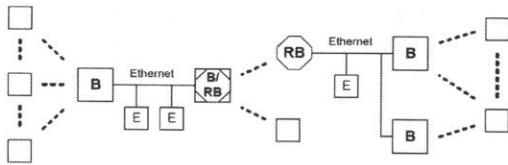


그림 5. WLP 예제 네트워크 구성  
Fig. 5 WLP Example network topology

## 2. Scale-free uPAN WiMedia Bridge 설계 및 구현

다음으로 WiMedia Bridge 구현을 위한 기법들의 설계와 구현 내용을 기술한다.

### 가. Scale-free uPAN WiMedia Bridge 구현

Scale-free uPAN 설계 보드를 검증하고 이를 위한 WiMedia Bridge를 구현하였다. WiMedia Bridge 블록은 그림 6과 같다.

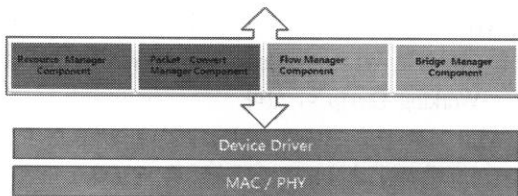


그림 6. Scale-free uPAN WiMedia Bridge 블록도  
Fig. 6 Scale-free uPAN WiMedia Bridge block diagram

WiMedia Bridge는 Resource, Packet Convert, Flow, Bridge의 4가지 블록으로 구성된다. 각각의 블록 구성에 따라 멀티 프로토콜 패킷이 이동하게 되고 적응적으로 패킷을 구성하게 된다. 본 WiMedia Bridge 구현의 네트워크 구성은 그림 5의 구성을 기준으로 한다. 다음은 각 컴포넌트의 구현에 대해 자세히 기술한다.

#### (1) Resource Manager

자원 관리 컴포넌트는 패킷 처리를 위한 자원 관리를 담당하게 된다. 많은량의 패킷 처리를 위해 사용되는 자원의 효율적 관리를 위해 설계되었다. 메모리 블록을 DMA 더블 링크드 리스트로 관리 분배함으로써, 적은양의 메모리를 보다 효율적으로 관리할 수 있다. 메모리 블록에 저장되는 내용으로는 MAC 헤더, PLCP 헤더, 헤더의 길이, 프레임의 길이 등 패킷 캡슐화를 위해 미리 저장해야 하는 것들이다.

#### (2) Packet Convert Manager

WiMedia Bridge[9] 에서 멀티 프로토콜 패킷을 구성 관리하기 위해 설계하였다. 각 클라이언트 디바이스들의 패킷은 Scale-free uPAN에 맞게 재구성된다. 본 구현에서는 패킷의 변환 과정을 위해 헤더 정보, 길이 정보, 데이터 정보를 분리한다. 저장된 정보를 통해 패킷의 종류와 디바이스를 확인하고, 미리 정의한 Case 정보를 통해 포워딩 가능한 캡슐화 패킷으로 재구성 된다. 이로써 멀티 프로토콜 환경에 적응적으로 대응할 수 있다.

#### (3) Flow Manager

패킷의 흐름 관리는 패킷을 전달하기에 앞서 흐름 제어를 한다. 흐름 제어를 위해 카운터 메커니즘을 설계하였다. 카운터 메커니즘을 통해 일정 수 이상의 패킷이 블록 되는 것을 방지할 수 있으며, 카운터 값은 사용자 정의가 가능하도록 설계하였고, 관리 측면에서 카운터의 값을 조정할 수 있다. 예를 들어 초당 상·하향 (480MB/8KB) 60,000개 이상의 패킷이 처리되지 않게 설정을 하는 것이다.

#### (4) Bridge Manager

WiMedia Bridge 컴포넌트는 그림 7에서 보이는 바와 같이 설계되었다. 캡슐화 패킷이 입력되면 분석 과정을 거쳐 포워딩 테이블과 연결 테이블에 의해 전송된다. 포

위딩 테이블과 연결 테이블은 정해진 주기에 따라 정보가 갱신되도록 설계하였다. 또한 패킷 전송의 효율성을 높이기 위해 패킷 버퍼를 두어 흐름 관리를 설계 및 구현하였다.

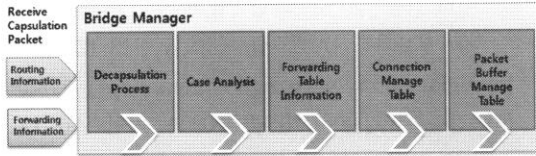


그림 7. WiMedia Bridge 관리 블록도  
Fig. 7 WiMedia Bridge manage block diagram

### V. 실험 및 결과

본 절에서는 설계한 기법들이 결과를 확인하고 이를 통해 Scale-free uPAN 시스템을 위한 WiMedia Bridge 구현의 효율성을 확인한다. 본 논문에서는 성능을 평가하기 위하여, 패킷의 Encapsulation 및 Decapsulation을 확인한다. 또한 패킷의 크기를 변경하며 성능을 측정 하였다.

그림 8은 클라이언트 디바이스의 수를 일정하게 변경시키면서 각 디바이스의 Bridge 요청을 패킷 변환 과정을 기준으로 비교한 결과이다. 결과에서 보듯이 클라이언트 디바이스의 수가 증가함에 따라 일정한 시간을 보이는 것을 확인 할 수 있다. 적은 수의 디바이스 요청의 경우에는 기존의 Bridge 요청과 비교 할 때 패킷 변환 과정이 수행됨으로 속도가 다소 느려지는 것을 확인할 수 있으나, 디바이스가 증가함에 따라 안정적으로 요청을 처리할 수 있음을 보이고 있다.

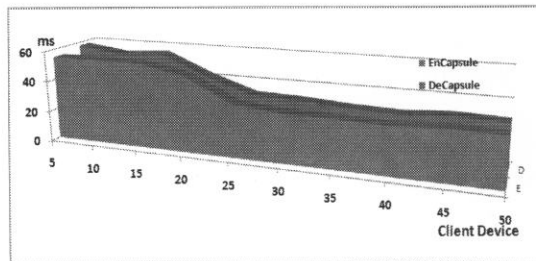


그림 8. 패킷 Encapsulate 및 Decapsulate 비교  
Fig. 8 Packet Encapsulate and Decapsulate compare

그림 9는 클라이언트 디바이스의 Bridge 요청 시 패킷의 크기를 변화시키면서 성능을 측정한 결과이다.

그림 8에서와 마찬가지로 클라이언트 디바이스가 증가함에 따라 안정적으로 동작되는 것을 확인 할 수 있다. 적은 수의 클라이언트 디바이스의 요청의 경우는 위에서와 마찬가지로 기존 기법과의 차이 때문이다.

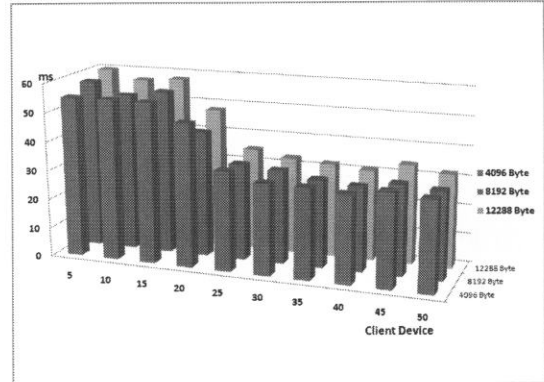


그림 9. 패킷 크기 비교  
Fig. 9 Packet size compare

실험 결과를 바탕으로 Scale-free uPAN 시스템을 위한 WiMedia Bridge 구현에 있어 많은 수의 클라이언트 디바이스를 연결해도 보다 안정적이고 효율적인 성능을 내는 것을 확인할 수 있다. 본 논문에서 제안하고 설계한 기법들에 몇 가지 기법들의 추가가 고려되어야 할 사항들을 확인 할 수 있었으나, 이는 WiMedia Bridge 기법 적용에 있어 효율성을 저해시키지 않는 수준에서 동작함을 확인하였다.

### VI. 결론 및 향후 연구

유비쿼터스 환경에서 다양한 네트워크와의 통신을 위한 요구사항을 확인하고 이를 위한 Scale-free uPAN 시스템을 위한 WiMedia Bridge를 설계하고 구현하였다. WiMedia Bridge는 다른 네트워크 장치간의 연결을 제공하고 다양한 네트워크 환경에서 보다 적응적이고 확장성이 용이한 구조를 가지도록 설계되었다. 성능 측정에 있어 패킷의 변환 과정을 수행함으로써 다소 성능 차이가 보이기도 하였으나 이는 다수의 디바이스가 연결됨에 따라 성능 면에서 차이가 없어지는 것을 확인할 수 있어 많은

수의 디바이스가 연결되는 네트워크 구성에 보다 효율적임을 보인다.

제안한 기법들은 제한적인 네트워크 구성에서 실험되었다. 이를 보다 안정적인 시스템으로 구축하기 위해 보안 및 해결해야 할 부분들이 남아있다.

추후 연구로는 다양한 디바이스 기기들과 연동하여 보다 다양한 환경을 구성하고 WiMedia Bridge 성능개선을 통해 보다 우수한 성능을 발휘하는 시스템을 구현할 수 있을 것이다.

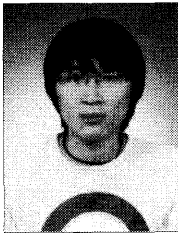
### 참 고 문 헌

- [1] 송형규, 유영환 “유비쿼터스 무선 네트워크 기술”, 2004년도 한국인터넷정보학회, 인터넷정보학회지 제5권 제3호, pp.42-48, 2004
- [2] 허재두, 이현정, 박광로, 남윤석 “WiMedia UWB 기술 동향”, 2007년도 대한전자공학회, 전자공학회지 제34권 제2호, pp.17-28, 2007
- [3] 허재두, 최은창 “WPAN 기술동향”, 2007년도 한국통신학회, 한국통신학회지 (정보와통신) 제24권 제6호, pp.7-17, 2007
- [4] 김병국, 홍성화, 허경, 엄두섭 “블루투스를 이용한 애드혹 네트워크에서의 효율적인 멀티미디어 데이터 전송”, 2008년도 한국통신학회, 한국통신학회지 (정보와통신) 제33권 제3호, pp.112-122, 2008
- [5] ZigBee, <http://www.zigbeeforum.or.kr/> (website)
- [6] 김원수, 강충구 “IEEE 802.11 기반 Ad Hoc Wireless LAN에서의 실시간 통합 서비스를 위한 분산 MAC 프로토콜의 설계 및 분석” 2003년도 한국통신학회, 한국통신학회지 제28권 제10B호, pp.862-875, 2003
- [7] Modelsim, <http://www.model.com/>, (website)
- [8] 정창모 외 3인 “WiMedia Alliance UWB 표준화 현황 및 개발 현황”, 2007년도 IITA 주간 기술 동향 통권 제1317호
- [9] 이광일, 박준희, 박동환, 문경덕 “HPAV/WiMedia 브릿지 기술” 2007년도 대한전자공학회, 전자공학회지 제 34권 제2호, pp. 39~47, 2008

"본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반기술개발사업의 08B3-B2-20S 과제로 지원된 것임 "

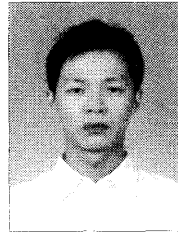
### 저자 소개

#### 안 재 훈(정회원)



- 2007년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사 졸업.
  - 2007년 ~ 현재 숭실대학교 컴퓨터학과 석사과정
- <주관심분야 : 운영체제, 임베디드시스템, 통신, 센서네트워크, etc>

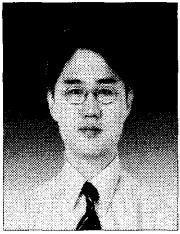
#### 국 중 진(정회원)



- 2005년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사 졸업.
- 2007년 광운대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업.
- 2007년~현재 숭실대학교 컴퓨터학과 박사과정

<주관심분야 : 운영체제, 임베디드시스템, 통신, 센서네트워크, etc>

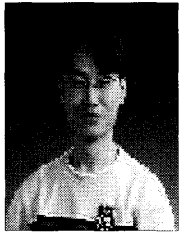
이 장 연(정회원)



- 1996년 한양대학교 전자통신공학 (학사)
- 2002년 한양대학교 전자통신전과공학 (석사)
- 1996.02 ~ 2000.03 : 삼성전자 주임 연구원
- 2002.01 ~ 현재 : 전자부품연구원 선임연구원

<주관심분야> 무선통신 (WPAN,WLAN), H/W 보드설계

권 대 길(정회원)



- 2001년 동의대학교 산업공학과(공학사)
- 2003년 고려대학교 산업시스템정보공학과(공학석사)
- 2003.09 ~ 현재 : 전자부품연구원 전임연구원

<주관심사분야 : 무선 통신 프로토콜>

홍 지 만(정회원)



- 1994년 고려대학교 컴퓨터공학과 학사 졸업.
- 1997년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사 졸업.
- 2003년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사학위
- 2008년 현재 숭실대학교 컴퓨터학과 조교수.

<주관심분야 : 운영체제, 결합허용컴퓨팅, 분산시스템, 임베디드시스템, 센서네트워크,etc>