

IEEE 802.15.6 표준 기반 무선 USB 서비스를 위한 실시간 위치인식 플랫폼 설계

허 경[†], 손원성^{**}

요 약

*본 논문에서는 웨어러블 컴퓨터 시스템을 구축하기 위해, WUSB over WBAN 프로토콜에서 구현된 실시간 위치인식 플랫폼 기술을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 실시간 위치인식 플랫폼 기술은 웨어러블 컴퓨터의 주변 장치를 구성하는 WUSB over WBAN 프로토콜 기반 센서 노드 망에서 동작한다. 그리고 WUSB 호스트가 전송한 WBAN 비컨이 수신된 시간차를 계산하여 센서노드의 위치를 결정하고, 가상 물체의 동작을 결정하게 된다.

A Real-Time Localization Platform Design in WUSB Services based on IEEE 802.15.6 WBAN Protocol for Wearable Computer Systems

Kyeong Hur[†], Won-Sung Sohn^{**}

ABSTRACT

In this Paper, we propose a Real-Time Localization Platform Built on WUSB (Wireless USB) over WBAN (Wireless Body Area Networks) protocol required for Wearable Computer systems. Proposed Real-Time Localization Platform Technique is executed on the basis of WUSB over WBAN protocol at each sensor node comprising peripherals of a wearable computer system. In the Platform, a WUSB host calculates the location of a receiving sensor node by using the difference between the times at which the sensor node received different WBAN beacon frames sent from the WUSB host. And the WUSB host interprets motion of the virtual object.

Key words: Localization (위치인식기술), Wearable Computer, UWB, WBAN (Wireless Body Area Networks), Wireless USB

1. 서 론

웨어러블 컴퓨터(Wearable Computer)는 인간 중심의 기술 경향과 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 근간으로 하는 차세대 컴퓨팅 분야에서 그 중심에 위치한다고 말할 수 있다[1-2]. USB 기술은 PC와 주변장치를

쉽게 연결해주는 대표적인 Host to Devices 통신 BUS기술로 현재까지 20억 개 이상의 디바이스들이 사용되고 있다[3]. 한편, Intel 등의 기업들을 중심으로 형성된 WiMedia Alliance는 WiMedia MAC의 무선 기술을 이용한 Wireless USB 규격을 개발하였다[4-6]. WiMedia MAC은 WiMedia Alliance에서 개

※ 교신저자(Corresponding Author): 손원성, 주소: 인천시 계양구 교대길 45(407-753), 전화: 032)540-1289, FAX: 032)548-0288, E-mail: sohnws@ginue.ac.kr
접수일: 2011년 12월 28일, 수정일: 2012년 4월 21일
완료일: 2012년 5월 4일

[†] 정회원, 경인교육대학교 컴퓨터교육과 부교수
(E-mail: khur@ginue.ac.kr)

^{**} 종신회원 경인교육대학교 컴퓨터교육과 부교수

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2010-0002366). 또한 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2011-0016145).

발한 UWB 기반의 분산화된 D-MAC (Distributed MAC) 프로토콜이며, WUSB는 유선 USB와 동일한 기능을 제공하도록 설계되었으며 호스트와 디바이스 간 3m 이내 거리에서 최대 480bps의 전송대역폭을 제공하며 최대 거리 10m 이내까지 동작되도록 설계되었다[4-6]. WBAN (Wireless Body Area Networks) 표준은 근거리, 저전력, 고신뢰성 무선통신을 목표로 하고 있으며, 용도에 따라 의료용 또는 비의료용 서비스에 활용된다. 미래 사회에는 다양한 무선 장치들이 인체에 구성되어 네트워크를 형성할 것이다. 이에 따라 WBAN 기술이 요구된다[7].

이동성과 상황인식은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 중요한 역할을 한다. 이동성을 보장하기 위해서 위치 인식 분야에 그동안 많은 관심이 있어 왔다. 그로 인해 Active Badge [8], Cricket [9], RADAR[10] 등의 위치 인식 알고리즘이 등장하게 되었다. GPS (Global Position System)이 실내 환경에서 적합하지 않은 반면에 위에서 제안된 알고리즘은 실내에서의 위치 정보를 제공되도록 고안되었다.

본 논문에서는 웨어러블 컴퓨터 시스템을 구축하기 위해, WUSB over WBAN 프로토콜에서 구현된 가상현실 플랫폼 기술을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 가상현실 플랫폼 기술은 웨어러블 컴퓨터의 주변 장치를 구성하는 WUSB over WBAN 프로토콜 기반 센서 노드 망에서 동작한다. 그리고 WUSB 호스트가 전송한 WBAN 비컨이 수신된 시간차를 계산하여 센서노드의 위치를 결정하고, 가상 물체의 동작을 결정하게 된다.

2. 웨어러블 컴퓨터 시스템을 위한 WUSB over WBAN 프로토콜

WUSB는 기존의 USB와 마찬가지로 PC를 WUSB Host로 하고 무선 USB 규격을 적용한 주변 WUSB Device가 중앙집중방식으로 접속하는 형태이다 [7-8]. WUSB는 WiMedia D-MAC 상에서 동작하는데, WUSB 채널은 WiMedia D-MAC 수퍼프레임에서 Private 구간들의 집합으로 형성된다. Private 구간은 특정 어플리케이션 그룹 멤버 디바이스들만 예약 전송 가능한 구간으로, 다른 어플리케이션의 디바이스들의 이 Private 구간에 대한 정보를 얻을 수 없다. 이러한 Private 구간들의 설정은 MMC (Micro-

scheduled Management Commands) 제어 패킷이 담당하게 된다. MMC는 WUSB 호스트가 자신의 클러스터에 속한 디바이스들에게 방송하는 제어 패킷으로 다음 MMC 패킷이 전송될 시간정보, I/O control 시간정보, 호스트와 디바이스들간 통신 스케줄 정보 등을 포함하고 있다. 하나의 MMC는 다음 MMC전까지 이루어질 USB 트랜잭션에 대한 스케줄링 정보를 포함하며 모든 WUSB 호스트와 WUSB 디바이스간 통신은 MMC에서 스케줄 된 순서와 시간에 맞추어 통신하게 된다[7-8].

IEEE 802.15.6 WBAN의 연구 범위는 움직이거나, 정지 상태에서 3m 범위까지 사람의 활동 공간에서 무선 접속을 제공할 수 있는 물리 계층과 데이터 링크계층을 표준화하고, 저전력, 소형화에 초점을 맞추고 있다[10]. IEEE 802.15.6은 하나의 허브와 여러 개의 노드가 스타 토폴로지를 구성하여 하나의 독립적인 네트워크를 형성한다. IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜은 수퍼프레임 구간 내 Beacon Period를 설정하여 허브 디바이스가 비컨을 전송하는 Beacon mode로 동작한다. Beacon mode는 비교적 많은 양의 트래픽이 발생하는 Non-Medical 환경에서 사용된다. Beacon mode의 Active Beacon Period는 그림 1과 같이 Exclusive Access Phase 1 (EAP1), Random Access Phase 1 (RAP1), Type-I/II Access Phase, EAP2, RAP2, Type-I/II Access Phase, Contention Access Phase (CAP)로 나누어 진다. EAP1과 EAP2는 높은 우선순위를 갖는 데이터를 보내기 위해 할당된 구간이고 RAP1, RAP2, CAP는 나머지 데이터를 전송하기 위해 할당된 구간으로 경쟁 기반의 접속 방식이다. 여기서 각 구간의 접속을 위해, CSMA/CA 또는 Slotted Aloha 방식을 이용한다. Type-I/II Access Phase은 비경쟁 기반의 접근방식으로 허브와 노드는 미리 할당된 구간을 이용한다. 본 논문에서는 그림 2와 같이 WUSB 호스트와 디바이스들간 통신을 위해 Type-I/II Access Phase 구간을 할당하여 MMC 스케줄링 기능을 지원한다.

그림 3은 사용자가 WUSB 호스트와 WBAN 허브 호스트의 기능을 동시에 수행하는 웨어러블 스마트 컴퓨터를 갖는 경우, 하나의 WUSB 클러스터와 하나의 WBAN 클러스터가 결합되어 웨어러블 컴퓨터 시스템을 구성한 사례를 나타낸다.

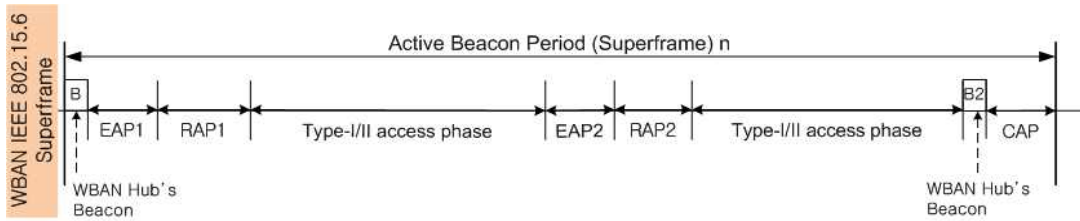


그림 1. IEEE 802.15.6 Beacon mode에서의 Superframe 구조

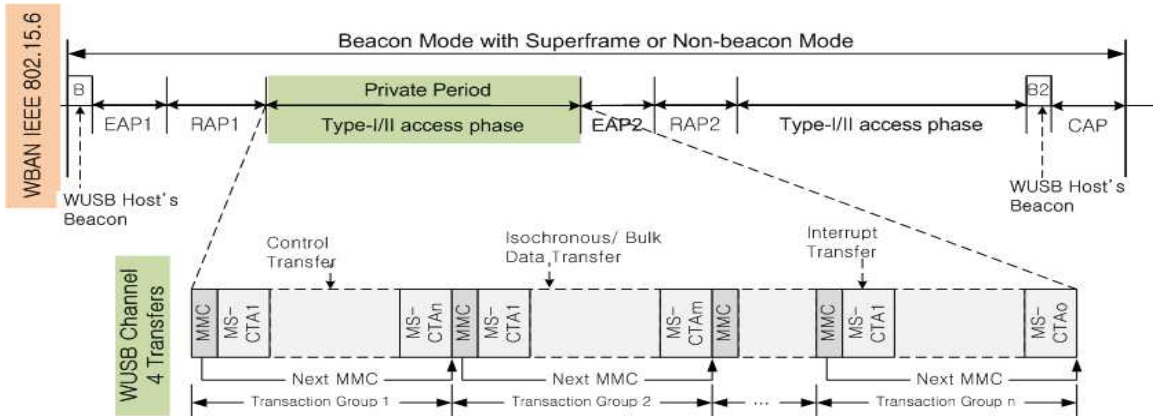


그림 2. WUSB over IEEE 802.15.6 MAC 구성

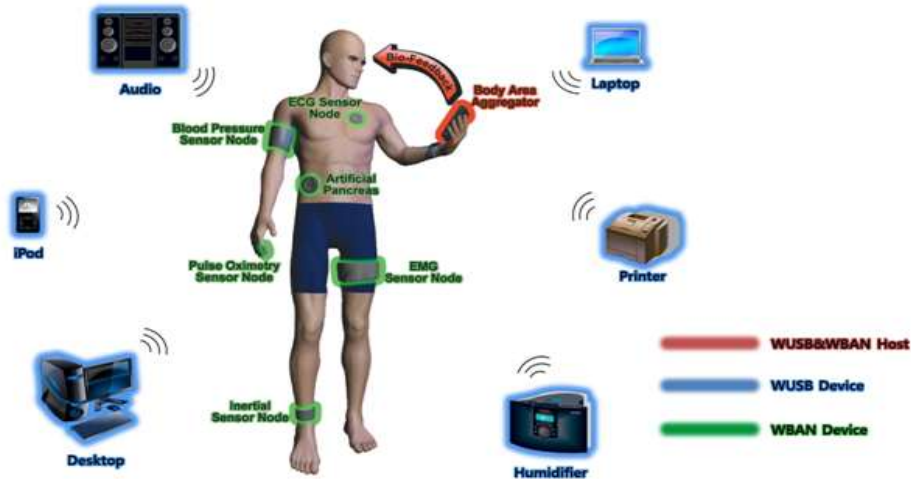


그림 3. WUSB over WBAN 기반 웨어러블 컴퓨터 시스템

3. WUSB over WBAN 기반 가상현실 플랫폼

Active Badge와 Active Bat [8]은 천장 등에 붙어 있는 센서노드가 사용자가 가지고 있는 발신기로부터 정보를 획득하는 방식이다. Active Badge가 적외선(Infrared)를 사용하는 반면 Active Bat은 RF와 초음파를 사용한다. 반면 RADAR [10]는 802.11 RF를 사용하여 위치를 알아내는 방식이지만 RF와 초음파를 기반으로 한 알고리즘만큼 정확도를 보장해주지

못하는 단점이 있다. 다만 RADAR은 AP외에 다른 어떤 기반 시설도 필요하지 않는 장점이 있다. Cricket 구조는 Active Badge와 Active Bat 시스템과 반대 개념으로 생각하면 된다. 즉, 사용자가 가지고 있는 WUSB 호스트가 초음파와 RF를 센서노드로부터 받아들여서 위치를 계산하는 방식이다.

그림 4와 같이 작업 공간을 지었으며, 각 꼭지점에 붙어 있는 센서 노드에서는 초음파와 RF 신호를 동시에 보낸다. WUSB 호스트는 초음파와 RF사이에

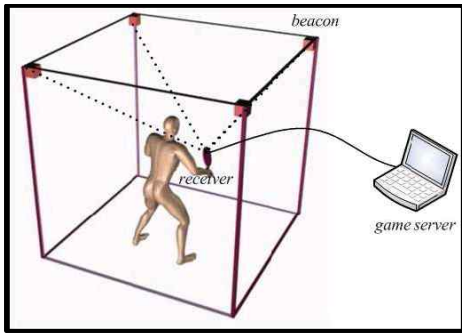


그림 4. Workspace configuration

WUSB 호스트에 도달하는 시간의 차이를 이용하여 각각의 신호로부터의 거리를 계산하게 된다. 그리고 계산된 값은 상황인식 에이전트에 전달되고 이를 이용하여 센서노드의 위치를 계산하게 된다.

중전의 Cricket[9]과 다른 점은 WUSB 호스트가 호스트(게임에이전트)와 분리되어 있다는 것이다. WUSB 호스트는 센서노드들로부터 받은 정보를 게임에이전트에게 보내는 작업만을 수행하게 되는 것이고 실제 위치를 계산하는 과정은 에이전트에서 이루어지는 차이를 가지고 있다. 본 논문에서는 WUSB over WBAN 기반의 가상현실 플랫폼 기술을 개발한다. 구현을 통해서 WUSB over WBAN을 가상현실 게임에 도입한다면 종래의 게임과는 다른 쉽고 편한 인터페이스를 가진 유비쿼터스 게임을 만들 수 있다. 본 시스템에서는 초음파 수신기와 발신기로 이루어진 초음파 센서 모듈을 사용하였다. 초음파 센서 모듈은 메인 노드에 부착시켜서 사용하게 된다. 메인 노드의 구성은 8-bit AVR MCU, 2.4GHz ISM bandwidth를 사용하는 송수신기, 128KB 메모리들로 이루어져 있다.

게임에서 사용되는 센서노드와 수신기는 위에서 설명한 센서 노드들이 동일하게 사용된다. 그리고 계

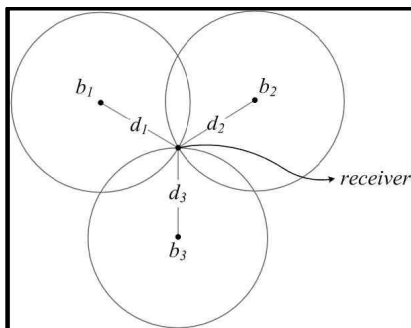


그림 5. 삼변측량

임에 사용되는 센서노드는 천장에 붙어 있어야 하고 WUSB 호스트 또한 사용자가 들고 움직이기게 가벼워야 한다. 개발된 노드들은 이런 제약조건을 만족하고 있다. 실제 실험에서는 게임 에이전트와 WUSB 호스트 사이에 RF가 아닌 시리얼 케이블을 통해서 통신을 하고 있다.

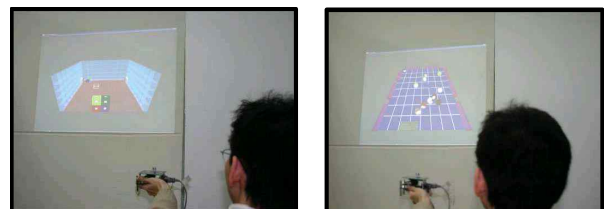
상황인식 게임 에이전트는 삼변측량 방법을 이용하여 센서노드의 위치를 계산할 수 있게 된다. 센서노드의 위치를 (x, y, z)라고 하고, WUSB 호스트의 좌표를 (bx, by, bz)라고 하면 다음과 같은 식이 성립한다.

$$(x - b_x)^2 + (y - b_y)^2 + (z - b_z)^2 = d^2 \tag{1}$$

위와 같은 식이 각 센서노드 b1, b2, b3에 대해서 존재하게 된다. 이를 Newton-Raphson 방법을 이용하여 센서노드의 위치(x, y, z)를 구하게 된다.

WBAN은 사용자 또는 움직이는 물체의 위치를 제공함으로써 더 자연스러운 인터페이스 환경을 제공하여 준다. 이것은 가상현실을 이용하여 게임을 만드는데 있어서 매우 중요한 역할을 한다. 우리는 가상현실 게임 'table squash'와 'billiard' 2종류를 개발하였다. 그림 6-(a)에서 보듯이 'table squash'는 옆벽과 뒷벽으로 이루어진 가상공간에서 게임을 한다. 그림에는 또한 공과 벽돌 모양의 라켓을 볼 수 있다. 그림 6-(a)를 보면 실제 게임 유저가 게임을 하는 공간을 보여준다. 'table squash'에서는 벽돌 모양의 라켓이 유저가 움직이는 수신기이다. 수신기가 움직이면 위치를 추적하여 가상공간에서 라켓의 움직임을 결정하게 되는 것이다. 그림 6-(b)는 'billiard'의 가상공간과 실제공간을 보여주고 있다.

그림 7은 위치인식과 게임사이의 관계에 대해서 설명해주고 있는 그림이다. 두 개의 framework는 TCP/IP를 이용하여 통신을 한다. 비록 지금은 이 framework가 게임 에이전트 안에 모두 존재하지만



(a) table squash : 실제공간 (b) billiard : 실제공간

그림 6. 각 게임에서 가상공간과 실제공간

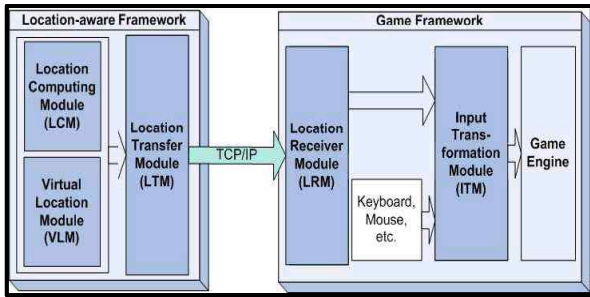


그림 7. Location-aware and game Platform frameworks.

미래에는 온라인 게임에도 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 위치 정보는 Game Framework안 Location Receiver Module에 전달된 다음 Input Transformation Module(ITM)로 간다. ITM은 위치정보를 게임 상황에 맞게 조절하는 역할을 수행하고 있다. 우리는 지금은 비록 위치 인식만으로 게임을 즐기는 단계에 머물러 있지만 방향성까지 고려된 게임으로 확장을 시키고 있다. 라켓의 방향을 결정하기 위해서는 많은 수신기가 필요할 것으로 분석된다.

4. 시뮬레이션 결과 분석

센서노드와 수신기 사이의 거리 정보는 비동기화 상태에서 이루어진다. 메인 노드는 16-bit의 타이머를 사용하여 센서노드로 부터 RF가 들어온 순간부터 타이머를 돌려서 초음파가 들어오면 타이머를 정지시킨다. 이를 이용하여 센서노드와 수신기 사이의 거리를 계산하게 되는 것이다. Location-aware framework와 Game Framework는 모두 C++로 만들었으며 1.4GHz Pentium M CPU, 512MB RAM의 환경에서 수행되었다.

거리 측정의 정확도 역시 테스트 되어졌다. 실제 수신기로부터 센서노드까지의 거리를 자를 이용해서 재고 난후 게임에서 제안한 거리 측정 알고리즘을 이용해서 거리를 다시 측정하였다. 이 각각의 과정은 2000번의 실험 측정으로 시행하였다. 그림 8은 49.6 cm의 실제 거리에 있는 센서노드와 수신기 간 거리를 측정한 통계이다. 이 테스트는 가상현실게임에서의 정확도를 보장해주는 중요한 척도가 된다.

5. 결 론

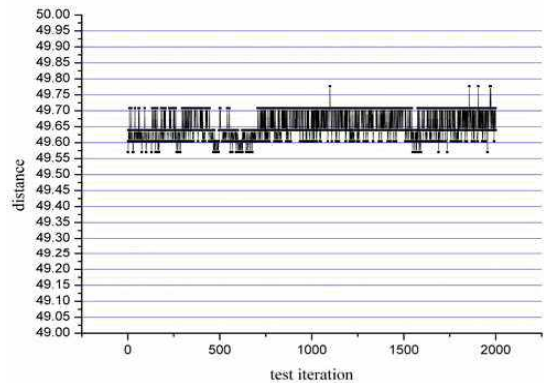
본 논문에서는 웨어러블 컴퓨터 시스템을 구축하

Distance (cm)	Frequency (2,000 times in total)
49.5704	71
49.6048	454
49.6392	1004
49.708	471

(a) 측정된 거리

mean \bar{X} = 49.64515 cm
variance S^2 = 0.001517 cm
standard deviation S = 0.038945 cm
standard error SE = 0.000871 cm

(b) 통계학적 분석



(c) 측정 회수별 따른 거리 측정값 그래프

그림 8. 49.6cm 거리에서 측정한 결과

기 위해, WUSB over WBAN 프로토콜에서 구현된 가상현실 플랫폼 기술을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 가상현실 플랫폼 기술은 웨어러블 컴퓨터의 주변 장치를 구성하는 WUSB over WBAN 프로토콜 기반 센서 노드 망에서 동작한다. 그리고 WUSB 호스트가 전송한 WBAN 비컨이 수신된 시간차를 계산하여 수신기의 위치를 결정하고, 가상 물체의 동작을 결정하게 된다. 현재 구현 상태에서는 위치 데이터가 10Hz의 속도로 계산된다. 그러나 real-time 게임을 위해서는 보다 빠른 처리속도가 요구된다. 또한 많은 게임 어플리케이션은 위치 인식뿐만 아니라 방향 인식에도 관심을 기울여야 한다.

참 고 문 헌

[1] 이우훈, 손민정, “원키 키보드: 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 문자입력을 지원하는 초소형 QWERTY 키보드,” 한국디자인학회 학술발표대회, pp. 82-83, 2006.

[2] Robert Rosenberg and Mel Slater, "The Chording Glove: A Glove-Based Text Input Device," *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Review*, Vol. 29, No. 2, pp. 223-231, 2009.

[3] USB 2.0, USB-IF, <http://www.usb.org/home>, 2006.

[4] Certified Wireless USB 1.1, <http://www.usb.org/developers/wusb>, Sep. 2010.

[5] K.I. Kim, "Adjusting Transmission Power for Real-Time Communications in Wireless Sensor Networks," *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, Vol. 10, No. 1, pp. 21-26, 2012.

[6] 허경, 손원성, "무선 홈 네트워크에서 고속 멀티미디어 서비스의 Fair QoS 제공을 위한 UWB Distributed MAC 프로토콜의 타임 슬롯 할당 방안," 멀티미디어학회논문지, 제12권, 제3호, pp. 419-426, 2009.

[7] IEEE 802.15 WPAN Task Group 6 Body Area Networks (BAN), <http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>. 2009.

[8] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons. "The Active Badge Location System." *ACM Transactions on Information Systems*, Vol. 10, No. 1, pp. 91-102, 1992.

[9] N. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan. "The Cricket Location-Support System." *Proc. of 6th ACM MOBICOM*, pp. 342-350, 2000.

[10] P. Bahl and V. Padmanabhan. "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System." *Proc. of IEEE INFOCOM*, pp. 145-153, 2000.



허 경

1998년 고려대 전자공학과 학사
 2000년 고려대 전자공학과 석사
 2004년 8월 고려대 전자공학과
 통신공학 박사
 2004년 8월~2005년 8월 삼성중
 합기술원(SAIT) 전문연
 구원

2005년 9월~현재 경인교대 컴퓨터교육과 부교수
 관심분야: QoS, Wireless MAC, 컴퓨터교육



손 원 성

1998년 동국대 컴퓨터공학 학사
 2000년 동국대 컴퓨터공학 석사
 2004년 연세대학교 컴퓨터과학 공
 학박사
 2004년~2006년 Carnegie
 Mellon Univ., Post Doc.

2006년~현재 경인교육대학교 컴퓨터교육과 부교수
 관심분야: HCI, 멀티미디어 문서처리, 컴퓨터교육