

논문 2011-06-45

체감형 운동 기기를 위한 개인화된 임베디드 시스템의 개발

A Development of Personalized Embedded System for Interactive Training Machines

변 시 우 *

(Siwoo Byun)

Abstract : In this paper, we propose an interactive embedded system framework for efficient training management in u-health environment. First, we analyzed various requirements of smart training systems for quality of life. We also analyzed the oversea trends and positive effects of the embedded system in terms of both technical and economical factors. Second, we proposed detailed design specification for embedded hardware implementation. Third, we developed effective OS(Operating System) specification for the embedded hardware. Finally, we developed a training scenario and embedded applications such as training control software and analysis software for the smart training systems.

Keywords : Embedded Hardware, Embedded Software, Smart Training System, U-Health

1. 서 론

최근 임베디드 정보통신 기술의 발달과 함께 몸짱 열풍으로 운동 관리 시스템에 대한 관심도가 매우 높아지고 있다. 더 나아가 기존에 경험하지 못하였던 보다 즐겁고 보다 편리한 헬스 서비스의 질적 요구사항도 점차 커지고 있다. 이를 반영하여, 다양한 운동 관리 서비스를 체계적이고 효과적으로 지원해주는 유비쿼터스 기반 임베디드 기술이 활발히 연구, 개발되고 급속히 실용화되고 있다[1].

따라서 새롭게 요구되는 운동, 헬스기구는 이제 더 이상 기존의 단순한 물리기구가 아니라, 고급 정보통신 기술과 융합하여 체계적으로 건강을 관리할 수 있는 스마트 트레이닝 시스템으로의 변화되어야 한다. 더욱이 최근 헬스 시설, 휘트니스 센터의 급증과 함께 실버 산업 분야의 요청에 의하여 프리미엄급 건강관리 시스템에 대한 요구도 커지고 있다. [2].

기존의 운동기구는 단순 기계적 기술만 적용되어 있으므로, 개인을 인식하고, 개인별 운동의 강약과 횟수, 운동시와 운동 후의 신체 상태를 파악할 수 없어 무리한 운동을 하게 되거나 운동의 부작용(디스크 질환, 사망 등)이 발생하는 경우가 많았다. 그리고 계속적으로 운동 결과를 측정하기가 어려워, 효과적인 운동 분석이 불가능한 단점이 있었다.

또한, 현재 대부분의 헬스 기기는 단순히 측정값을 나타내는 표시기(LED, LCD 등) 정도가 부착되어 있다. 향후 보다 체계적인 관리를 위해서는 일단위의 구체적인 운동량과 개인별 신체정보에 관한 다양한 정보의 저장과 체계적인 분석이 필요하다. 현재, 이러한 정보들을 통합 운영하기 위한 운동관리용 임베디드 시스템은 국내외적으로 큰 수요는 있으나, 아직 충분히 시스템화가 진행되지 않은 미개척 분야이므로, 시급한 연구 개발이 필요하다.

본 연구에서는 기존 운동기구에 대하여, 임베디드 기술을 융합하여, 체감성과 흥미성을 높이고, 체계적인 관리와 분석으로 효율성을 강화하여, 최종적으로 운동 효과를 극대화할 수 있는 임베디드 기반의 스마트 헬스-트레이닝 시스템을 제안한다.

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2011. 04. 06., 수정일: 2011. 05. 05.,
2011. 07. 07., 채택확정 : 2011. 07. 18.

변시우 : 안양대학교

II. 관련 기술 동향 및 분석

최근 국내외에서 U-헬스 서비스 상용화를 위한 관련기술 개발이 활발하게 이뤄지고 있다. 이제 헬스, 운동, 재활, 의료 서비스의 공급자와 일반 소비자들은 더욱 효율성이 좋고 저렴한 비용에 양질의 서비스를 편리하게 받을 수 있는 새로운 형태의 U-헬스케어시스템을 기대하고 있다. 앞으로의 첨단 운동 기기들은 고속의 무선통신 방식을 채택하여 헬스 데이터를 송수신이 실시간으로 가능해야 하며, 다양하고 복잡한 U-헬스 환경에서도 운동자의 상황 정보 및 운동자간의 정보를 인터랙티브하게 공유할 수 있는 양방향 인터페이스가 필요하다.[2,3] 또한, 운동관련 세부적인 생체 신호 측정 및 운동 기기의 지능화 기술[4,5]등도 지속적으로 발전되고 있다.

국내에서 인터넷을 통해 가정에서도 운동 관리와 더불어 혈압·맥박·체온·심전도·심폐기능·소변분석·혈당까지 측정할 수 있는 의료기기를 개발했다. 이중 헬스용 통합건강측정기는 가정에서 쉽게 생체신호를 측정할 수 있는 시스템으로서 보건소, 관공서, 의료기관 중심으로 시스템화 되고 있으며, 주로 임베디드 리눅스로 되어 있다[6,7].

체계적인 U-헬스 환경 제공을 위하여 ETRI에서 개발된 임베디드 운영체제인 Qplus도 이 분야에 잘 활용되고 있으며, 국내 기업 중에는 대표적으로 스테드 기반 ARM 프로세서를 지원하는 임베디드 운영체제인 Velos가 멀티미디어 운용기기를 위한 헬스용 임베디드 솔루션으로 제공하고 있다.

해외에서는 미국과 일본의 Lifefitness, Konami를 중심으로 통합된 형태의 헬스기기 시스템이 연구되고 있다. 특히, EU는 현재 네덜란드, 독일·스페인·스웨덴 등 5개국 이 참여하는 이동형 헬스케어 프로젝트의 하나인 MobiHealth 프로젝트를 추진하고 있다. 여기에서는 대표적으로 HP가 기술적인 부문을 지원하여, 환자의 건강관리를 위한 U-모니터링 시스템 및 서비스를 연구중이다. 이 시스템은 가정에서 정기적인 운동, 건강상태를 측정하고 텔레스테이션(TeleStation)이라는 임베디드 장치를 통해 데이터 저장하고, 데이터 센터와의 통신을 수행한다.[8] 최근 국내 연구[9,10]에서도 체성분 측정 장비와 RFID 기술을 사용한 u-health 시스템을 발표하였다.

무엇보다도 최근에는 큰 화면을 갖춘 버추얼-엔터테인먼트형 헬스 운동 기구의 개발이 국내외 운동기기 산업의 큰 요구사항이며, 이제 엔터테인먼트

기능과 융합된 새로운 체감형 임베디드 운동 관리 시스템 기술의 연구와 개발이 시급히 필요하였다.

III. 체감형 임베디드 운동 시스템의 개발

1. 임베디드 시스템 개발 목표

본 연구는 다양한 종류의 헬스기기에 범용적으로 사용이 가능한 스마트 트레이닝 임베디드 시스템을 설계하고, 체력에 맞는 안전한 운동과 지루함이 없는 재미있는 운동관리를 위한 스마트 트레이닝 통합 시스템 플랫폼을 구현하기 위함이다. 이를 위하여 핵심적인 설계 목표를 설정하였다.

첫째, 개인별 운동 정보를 측정할 수 있는 센서를 부착한 헬스 기구를 개발한다. 둘째, 체감성과 엔터테인먼트 기능을 구현이 가능한 임베디드 플랫폼을 개발한다. 셋째, 운동 목표량 달성을 도와주는 스마트 트레이닝 프로그램을 개발한다. 넷째, 헬스기기에서 수집한 정보를 체계적으로 관리하는 운영 시스템을 개발한다.

이를 효율적으로 개발, 운영하기 위한 운동자의 경로에 따른 시스템 흐름도는 다음과 같다.



그림 1. 시스템 흐름도
Fig. 1 System Diagram

2. 임베디드 하드웨어 설계 및 개발

이러한 스마트 트레이닝 환경을 효과적으로 지원하기 위한 임베디드 단말기의 하드웨어 스펙은 다음과 같다. 먼저, 멀티미디어, 센서 데이터의 처리, 여러 프로그램의 동시 실행을 위하여, 임베디드 플랫폼에 맞는 빠르고 안전한 고성능 CPU를 사용한다. 또한, NAND Flash[11,12]는 플랫폼의 응용 프로그램, 라이브러리, 유틸리티 등을 저장하고 실행

행 할 공간을 위해 512M 이상이 필요하다. 그리고, 사용자 인터페이스 및 응용 프로그램을 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 12인치 급의 LCD를 사용하며 정전식 터치스크린이 필요하다. 또한, RFID 리더[13,14]는 운동 회원 정보를 읽어서 개인의 상태에 맞게 운동량을 설정하고, 현재 위치를 확인과 데이터 전송 기능과 연동한다. GPIO 포트는 외부 센서나 데이터 입출력 제어를 위해 필요하다. 또한, 무선 랜은 서버와의 데이터 통신에 사용되며, 운동자 정보와 운동 상태를 송수신한다.

이러한 하드웨어적 요구사항을 효율적으로 지원하기 위한 세부 모듈 구성도는 다음과 같다.

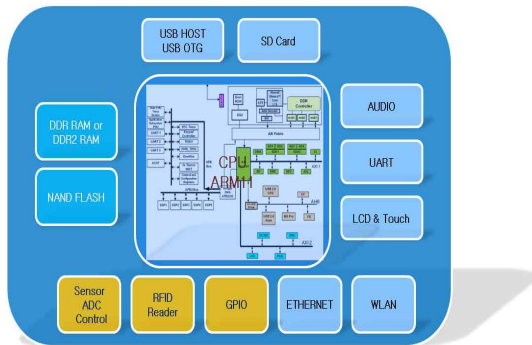


그림 2. 세부 하드웨어 모듈들
Fig. 2 Detailed Hardware Modules

다음은 실질적으로 위의 요구사항을 토대로 결정한 하드웨어 상세 스펙과 구현된 개발 보드이다.

표 1. 하드웨어 상세 스펙
Table 1. Detailed Hardware Specification

구분	내 용	비고
WinCE Eboot	Processor	S5PV210
	DDR RAM	256M
	NAND Flash	256M
	JTAG	emulator
WinCE 6 . 0 B S P Device Driver	Display Driver	15" TFT LCD
	TouchDevice Driver	
	AUDIO Driver	ALC5622
	USB Device Driver	Host 1port
	WI-Fi Device Driver	Ralink
	UART Device Driver	5port(iPhone/RFID/De bug/S-485/ RS-232)
	HDMI Device Driver	HDMI Standard
	SD Device Driver	

Ethernet Driver	W5300
RTC Device Driver	CR2032
RFID Device Driver	RFIDReader
JTAG Device Driver	emulator
INPUT device Device Driver	IR Port : 리모컨 입력 1port
	심장박동 Sensor 입력 2port
	Motion Sensor 입력 4port
OUTPUT Device Driver	PWM(20~30Hz) Photocoupler구동
Conposite AV Device Driver	CCIR601/656입력
Digital Tunner Device Driver	TV Tunner

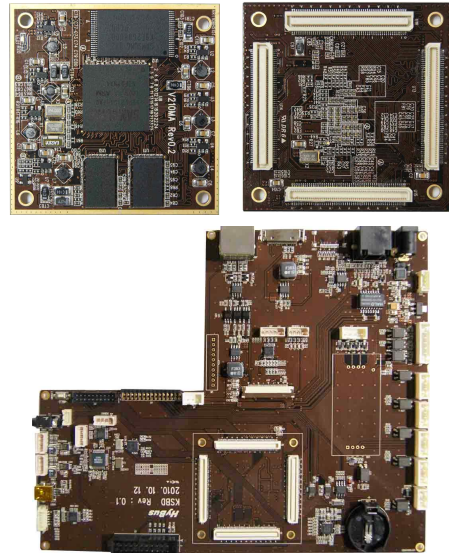


그림 3. 최종 하드웨어 보드
Fig. 3 Final Hardware Board

제시된 시스템 사양으로 하드웨어 설계후, PCB 제작되어 그림3의 사진에 나와 있는 것과 같이 구현되었다. CPU 보드에는 CPU, SRAM, FLASH등 시스템에서 중요하고 고속으로 통신하는 디바이스로 구성되어 있다.

3. 임베디드 OS 환경 구축

이러한 임베디드 운동 단말기에서 스마트 트래이너 효율적 수행을 위한 기본적인 OS는 WinCE 6.0이다. 또한, 초기에는 제안된 임베디드 시스템에

Qplus[15,16]기술을 적용하여 최적화를 추진하였는데, 현재 임베디드 플랫폼은 비주얼 스튜디오 2005 프로페셔널 기반에 플랫폼 빌더 6.0 R3를 설치하여 작업 하였다. 바이너리 롬 파일 시스템, exFAT 파일 시스템, 롬 파일 시스템, 스토리지 관리 제어 패널 애플릿 등을 추가하였다. 또한, 다이렉트3D 모바일, 다이렉트드로우, WMV/MPEG-4 비디오 코덱, 윈도우즈 미디어 플레이어를 추가하고, USB 호스트 서포터, USB HID 키보드 및 마우스, USB 스토리지 클래스 드라이버가 포함되었다.



그림 4. TV Display
Fig. 4 TV 디스플레이

4. 스마트 트레이너: 임베디드 소프트웨어 구현

4.1 TV 기능 인터페이스 구현

이 기능은 운동의 흥미를 위하여 부가되는데, 기존 TV의 기능외에도 경사도, 운동시작/정지, 화면 전환, 운동속도 등이 추가된다.

4.2 스마트 트레이너의 사용자 인터페이스 구현

이 기능은 미리 설정된 운동 시간과 운동 부하 프로파일에 의하여 스마트 트레이너와 1:1 실시간 안내에 따라 운동하는 모드인데, 시스템의 강제적 속도 지정이 아닌 운동자의 체력에 따라 속도를 조

절하는 지능적인 기능도 필요하다.

트레이너 화면에서는 여러 가지의 난이도로 구성된 운동 레벨을 선택할 수 있으며, 이 난이도에 따라 가상 트레이너의 음성 지시가 다르게 전달된다. 또한, 운동자가 원하는 가상트레이너의 캐릭터를 선택하면, 운동 시작과 동시에 원하는 캐릭터를 출력한다.

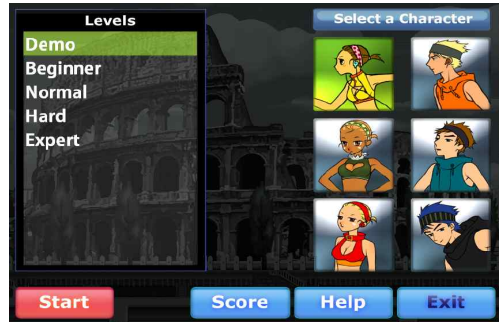


그림 5. 트레이너 캐릭터 선택
Fig. 5 Selection of Trainer Character

다음은 트레이너의 운동중 화면이며, 아래 그림 6과 같이 구성된다.

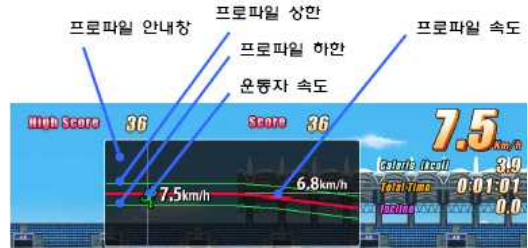


그림 6. 트레이너 정보 화면
Fig. 6 Trainer Information Display

또한, 그림 7의 사진은 운동장비와 하체 운동 부하장치에 핵심인 브레이크 모델과 제너레이터 모델을 나타낸 것이다.

4.3 운동 분석 및 훈련 기법 구현

운동 분석의 기초 모델은 미국 ACES[17]을 기본으로 하였으며, 아래와 같은 절차로 설정된다. 예를 들어, 나이 40세 성인남자의 경우 최대 심박수 HR_Max는 $HR_Max=220-40(Age)=180$ 이 되며, 평상시의 안정된 심박수 HR_Rest가 75라면, 최대 심박수 예비량 HR_LoadRagne는 $HR_LoadRange=HR_Max-HR_Rest=180-75=105$ 가 된다. 최대 운동 부하 THR_MAX는 이 운동로드를 결정하는데,

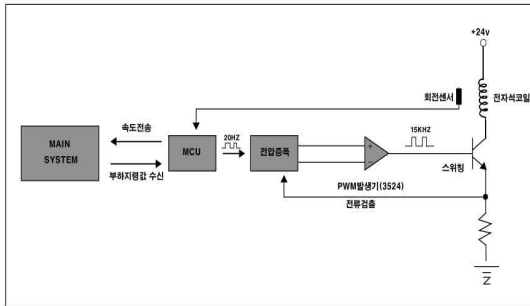
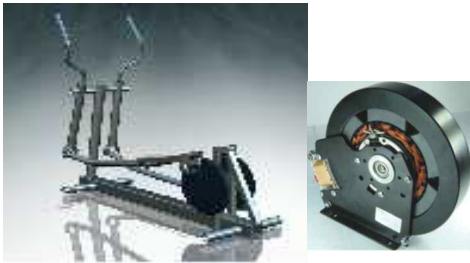


그림 7. 전자 브레이크와 블록 다이어그램
Fig. 7 Electric Brake and its Block Diagram

이 값은 운동 관리자가 가감할 수 있다. 이 예에서는 80%로 설정하였으므로, 훈련 중의 최대운동심박수는 $HR_Max_Recom = HR_Rest + (HR_LoadRagne * 80\%) = 159$ 가 된다. 이 값은 운동중에 부상의 위험에 대비하여 넘지 말아야할 값이다.

다음으로, 훈련 로드 범위 THR_R은 목표한 운동기준에서 10%의 상하범위를 인정하여, 편안하게 운동에 임하도록 하기 위한 것으로서, 이 범위에서 운동하면, 추후에 운동 분석에서 제대로 운동한 것으로 판별한다. 이러한 운동 지표를 가지고 실제 운동을 한 결과는 그림 8과 같은 그래프 형식으로 제공하게 된다. 밝은 청색(위에서 첫째 라인)은 최대 심박수를 뜻하며, 청색(둘째 라인)은 최대 운동심박수이다. 운동의 기준은 적색(넷째 라인)의 패턴이 권장되면, 운동자의 취향과 당일의 컨디션에 따라서 조정된다. 이 적색선의 아래위 10%를 의미하는 초록색선(셋째 라인)과 보라색선(다섯째 라인)은 권장하는 운동범위를 의미한다. 이러한 분석을 통하여, 사용자는 현재 운동 상황을 이해하고, 트레이너는 다음 운동주기의 계획을 효율적으로 설정할 수 있다.

4.4 RFID 기반 스마트 운동 관리 시스템 구현

스포츠 회원의 효율적 운동 관리를 위한 RFID 운영 및 운동 관리 시스템을 구현하였다. 사용된 태

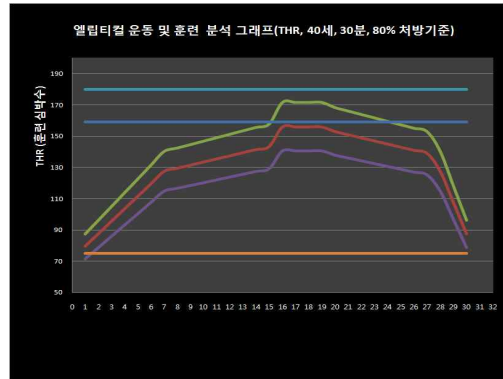


그림 8. 스마트 트레이너의 결과 그래프
Fig. 8 Result Graph of Smart Trainer

그는 손목형과 카드형을 모두 지원하며, 주파수 대역은, 13.56MHz이며, 밴드 손목형 2종, 카드형 1종을 지원하며, 동작거리는 80mm이며, 인터페이스는 USB, PS2를 지원한다.



그림 9.USB형 미니 RFID 판독기
Fig. 9 USB-Type Mini RFID Reader

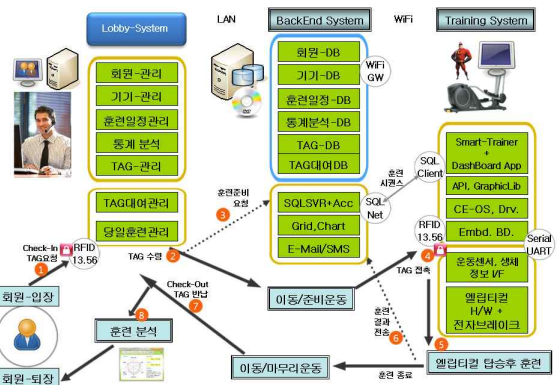


그림 10. RFID기반 운동 시스템의 프로세스 흐름도
Fig. 10 Process Flowchart of RFID-based Training System

RFID 프로세서의 흐름은 운동 회원이 스포츠 센



그림 11. 운동 관리 소프트웨어
Fig. 11 Training Management Software

터의 접수대에서 13.56MHz RFID 태그를 대여 받고, 운동기에서 운동을 한 후 최종적으로 태그를 반납하고 가는 구조이다. 태그의 대여, 반납, 독촉등의 업무 프로세서는 윈도우상에서 폼, 그리드, 차트의 형태로 출력된다. 만일, 일부 회원이 태그를 분실하거나 반납하지 않게 되면, 전체 관리가 부정확해지므로, 1일이상 지연시 문자와 이메일로 독촉하여 회수한다.

그림 12는 스마트 트레이너 단말기와 이를 최종적으로 장착한 물리 운동기기의 상단 사진이다.

IV. 결 론

최근 건강과 몸장 열풍으로 급상승하고 있는 유헬스 시장과 향후 실버산업, 프리미엄 운동기기등으로 부터 기존 헬스케어 기기의 변화에 대한 요구가 커지고 있다.

본 연구에서는 유헬스 분야에서 효과적인 운동 관리를 위한 체감형 임베디드 시스템을 제안하였다. 먼저, 목표 시스템에 대한 다양한 요구조건을 분석하였다. 또한, 임베디드 기반 스마트 트레이닝 시스템의 기술적 측면에서 국내외 동향에 대하여서도 분석하였다. 이를 토대로 스마트 트레이닝 환경을 효율적으로 지원하기 위한 임베디드 단말기의 하드웨어적 요구사항을 분석하고, 상세 구형 스펙을 기술하였다. 또한, 임베디드 운동 단말기에서 스마트 트레이너 수행을 위한 필요한 OS 환경을 구축하였다. 마지막으로, 스마트 트레이너의 훈련 모델링, 운동 관리 프로그램, 단말기 어플리케이션 등 관련된



그림 12. 스마트 트레이너 단말기와 장착 부분
Fig. 12 Smart Trainer Display and its Cradle

다수의 임베디드 소프트웨어에 대한 상세한 설계와 개발 결과물에 대하여 기술하였다.

참고문헌

[1] Changwon Jeong, Suchong Joo, "A study of Service Component Based on Active Model Support Healthcare Application Service in u-Environment", Transactions on Internet and Information Systems, Vol.11, No.2, pp. 31-40, 2010.

- [2] Changwon Jeong, Dongho Kim, Suchong Joo, "Context-based Dynamic Access Control Model for u-healthcare and its Application", The KIPS transactions C, Vol.15-C, No.6, pp. 493-506, 2008.
- [3] Bokyoung Choi, Heeyong Youn, "U-Silvercare Service based on Context-awareness", The KIPS transactions B, Vol.36, No.3, pp. 200-207, 2009.
- [4] Jeongdo Kim, Kapjin Kim, Gisu Chung, Junghwan Lee, Jinho Ahn, Sanggoog Lee, "The Mobile Health-Care Garment System for Measurement of Cardiorespiratory Signal", The KIPS transactions A, Vol.17-A, No.3, pp. 145-152, 2010.
- [5] Byunmun Lee, Yeonhee Park, Yongho Lee, "An Adaptive Pulse Measurement Mechanism using ECG Sensor Node Based on Zigbee", Transactions on Internet and Information Systems, Vol.10, No.3, pp. 27-33, 2009.
- [6] Jisung Jung, Changbong Kim, "Improvement Method and Performance Analysis of Shared Memory in Dual Core Embedded Linux system", Transactions on Internet and Information Systems, Vol.11, No.4, pp. 95-106, 2010.
- [7] 박우람, 김태웅, 박찬익, "리눅스 환경에서 WIPI 를 지원하기 위한 HAL(Handset Abstraction Layer) 이식", 대한임베디드공학회 논문집 3(1), pp. 30-33, 2008.
- [8] 서창준, "임베디드 리눅스 기반의 전자 칠판 시스템 개발", 대한임베디드공학회 논문집 2(4), pp. 214-220, 2007.
- [9] MobiHealth, "Innovative GPRS/UMTS mobile services for applications in healthcare", <http://www.mobihealth.org>, 2010.
- [10] 강경호, 홍민, "RFID 와 체성분 분석기를 이용한 u-Healthcare 시스템 구축", 대한임베디드공학회논문지, Vol.9, No.1, pp. 435-440, 2008.
- [11] 유혜림, 배준성, 신은주, 이봉환, "한방 유비쿼터스 u-Healthcare 시스템", 대한임베디드공학회논문지, Vol.17, No.1, pp. 702-705, 2010.
- [12] Avid Roberts, Taeho Kgil, Trevor Mudge, "Integration NAND Flash Devices onto Servers", Communications of the ACM, Vol.52, No.4, pp. 98-106, 2009.
- [13] Solid Data Systems, "Comparison of Drives Technologies for High-Transaction Databases", White paper, 2007.
- [14] Taewoo Nam, Keunhyuk Yeom, "Framework for Supporting Business Services based on the EPC Network", The KIPS transactions D, Vol.17-D, No.3, pp.193-202, 2010.
- [15] Mikyeong Moon, "A Tag Flow-Driven Deployment Simulator for Developing RFID Applications", The KIPS transactions D, Vol.17-D, No.2, pp.157-166, 2010.
- [16] Dohyung Kim, Sunja Kim, Seungwoo Kim, "The Implementation of Graphic Window Library for RTOS Qplus-P", The KIPS transactions A, Vol.10-A, No.5, pp. 479-486, 2003.
- [17] Kwangyoung Lee, Heungnam Kim, "Development of a Remote Multi-Task Debugger for Qplus-T RTOS", The KIPS transactions C, Vol.9, No.4, pp. 393-409, 2003.
- [18] American Council of Exercise, "ACE: Fitness Certifications", http://www.acefitness.org/getcertified/certification_pt.aspx, 2011.

저 자 소 개

변 시 우



1989년 연세대학교 전산과학과 학사. 1991년 한국과학기술원 전산학과 석사
1999년 한국과학기술원 전산학과 박사. 현재, 안양대학교 디지털미디어학과 교수.

관심분야: 임베디드 소프트웨어, 데이터베이스 스토리지.
Email : swbyun@anyang.ac.kr.