

논문 2012-07-12

모바일 감성 센싱 단말기의 무선 충전을 위한 프로토콜 설계 및 구현

(Design of the Protocol for Wireless Charging of
Mobile Emotional Sensing Device)

김 선 희*, 임 용 석, 임 승 옥

(Sun-Hee Kim, Yong-Seok Lim, Seung-Ok Lim)

Abstract : In order to supply emotion service depending on user's emotional change in a mobile environment, various researches have been carried. This paper discusses a protocol for wireless charging and an embedded platform of the mobile emotional sensing device which supports that. Wireless charging process relieves user's vexatious task to charge the emotional sensing device. To support wireless charging, there are one basestation and several mobile devices. Basestation coordinates and controls the devices over wireless communication, as well as supplies energy. For 1:N communication we defines the network whose superframe is classified into four categories: a network join superframe, a charging request superframe, a charging superframe and an inactive superframe. Physical layer provides how to supply energy to the devices and communicate physically. Mobile device is equipped with energy charged circuits, which correspond with the defined energy supplying method, as well as bidirectional communication circuits. Mobile device monitors and analyzes its own battery status, and is able to send a request packet to basestation. Therefore, it can be charged before its battery is exhausted without user's perception.

Keywords : Mobile device charging, Wireless charging protocol, In-band communication, Mobile emotional sensing device

1. 서론

기존의 과학 기술 및 산업은 인간의 일상생활에 편리함을 제공하는데 중점을 두었다. 그래서 다양한 기능의 고성능 제품들이 일괄적으로 제공되었다. 하지만 시간이 지남에 따라 이제는 단순히 생활의 편리함을 넘어서 인간의 감성을 자동으로 인지하고, 사용 상황 및 사용자의 감성에 맞게 감성 정보를

처리함으로써 사용자의 감성에 맞춘 서비스를 제공하고자 하는 형태로 패러다임이 변화하고 있다. 개인의 감성 상태를 표현하거나 혹은 서로 공유하는 감성폰, 가상과 현실이 공존하는 증강 현실이나, 나아가 생활 구석구석 스며들어 동작하는 퍼베이시브 컴퓨팅(pervasive computing) 등은 인간 중심의 기술 개발 철학을 포함하는 예라 할 수 있다 [1-3].

인간의 감성을 기반으로 하는 서비스를 제공하기 위해서는 모바일 감성 시스템의 감성 센싱 디바이스로부터 감성 관련 생체 신호를 전달 받아서 감성 추론 알고리즘을 수행해야 한다. 여기에 순간적인 심리 또는 생체의 상태 뿐 아니라 장소와 날씨 등의 생체 외적인 환경 정보, 그리고 사용자의 행동 패턴 등이 결합된다. 이를 위하여, 상황에 따른 감성 추론의 결과와 그에 따른 사용자의 대응 형태를 일정 기간 동안 수집, 분석함으로써 사용자의 감성 상태에 따른 행동 양식을 학습하여 점차적으로 사

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2012. 01. 05., 수정일 : 2012. 02. 15.,
채택확정 : 2012. 02. 21.

김선희, 임용석, 임승옥 : 전자부품연구원

※ 본 논문은 지식경제부 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다. [과제 번호: KI002164, 센싱기반 감성서비스 모바일 단말 기술개발]

용자에게 특화된 사용자만의 감성 모바일 시스템을 구축하게 된다 [1-3].

감성 모바일 시스템에 있어 감성 추론 알고리즘과 사용자의 서비스 연결 못지않게 중요한 것으로 감성 단말기의 소형화 및 휴대성, 이동성 등을 꼽을 수 있다. 따라서 감성 단말기의 동작 및 대기 중 파워 소모, 그리고 배터리 용량이 고려되어야 한다. 소형화/경량화만을 생각하여 소형 배터리를 선택하면 상대적으로 동작 지속 시간이 짧기 때문에, 단말기의 배터리가 모두 소진되기 전에 사용자가 직접, 빈번하게 충전을 해야 하는 불편함이 있다.

최근 이러한 사용자의 요구에 맞추어 모바일 단말기를 연결선 없이 충전할 수 있는 무선 충전에 대한 연구 및 제품 개발이 잇따르고 있다. 무선 충전 관련 세계 최대 연합체인 Wireless Power Consortium(WPC)는 Fulton, Philips, Olympus, NI, Sanyo, ConvenientPower, Logitech, Sangfei, Ti 등의 업체가 중심이 되어, 무접점 충전기를 위한 자기 유도 방식 기반의 무선 충전 표준을 제정하였다. 현재 회원사가 약 200여 곳으로 늘어났는데, 이는 무선 충전 기술이 상용화 및 시장성 등에서 경쟁력을 갖추기 시작했음을 반영한다 [4]. 이 외에도 Qualcomm 및 Intel, Powermat, Seiko Epson, Splash Power, Palm Pre, Mojo mobility 등 많은 업체들이 모바일 단말기의 무선 충전 기술을 개발하고 있으나, 아직까지는 주도적인 표준 기술 없이 다양한 연구가 진행되고 있다 [5-11].

WPC를 비롯하여 무선 충전 제품으로 선보이고 있는 것들 대부분은 전자기 유도를 이용하기 때문에, 충전 거리가 매우 짧다는 한계가 있다. 이를 극복하여 충전 거리를 확장함으로써 사용자들의 편의성을 증진시킬 수 있도록 본 논문에서는 자기 공진 방식을 사용하였다 [10-11].

다음 2장에서 모바일 감성 센싱 단말기의 무선 충전을 위한 충전 및 통신 프로토콜을 제안하고, 3장에서 이를 구현하기 위한 임베디드 플랫폼을 제안한다. 마지막으로 결론을 맺으며 본 논문을 마칠 것이다.

II. 모바일 감성 센싱 단말기의 무선 충전을 위한 충전 및 통신 프로토콜

제안하는 모바일 감성 센싱 단말기를 위한 무선 충전 프로토콜은, 충전 에너지를 공급하는 베이스 스테이션과 에너지를 받아서 배터리에 충전하고 이를 바탕으로 동작하는 수개의 모바일 감성 센싱 단말기들 간의 네트워크 구성 및 충전 상황 제어에 관한 규약이다. 이는 자기장 공진 방식을 이용하여 수 m 이내로 충전 거리를 확장한 충전 시스템을 기반으로 한다. 따라서 베이스 스테이션을 중심으로 모바일 단말기들과 무선 통신 네트워크를 구성하고, 베이스 스테이션의 제어에 따라 단말기들을 순차적으로 혹은 동시에 충전할 수 있는 스케줄링 기술이 필요하다.

1. 네트워크 계층 구조

제안하는 자기 공진 기반 무선 충전 네트워크는 그림 1과 같이 네트워크 합류 슈퍼프레임, 충전 요청 슈퍼프레임, 충전 슈퍼프레임 그리고 비활성 충전 슈퍼프레임으로 구성된다. 시간 분할 다중 접속 방식을 기반으로 동작하며, 요청 구간에서 베이스 스테이션이 먼저 패킷을 전송하고, 이어 나오는 응답 구간에서는 단말기가 패킷을 전송한다.

1.1 네트워크 합류 슈퍼프레임

모바일 감성 센싱 단말기는 네트워크 합류 슈퍼프레임의 Wake-up 신호를 통해 네트워크를 인식하고, 이어 나오는 요청 구간에서 베이스 스테이션의 합류 요청에 따라 네트워크에 합류한다. 이때 Wake-up 신호 및 합류 요청 패킷은 브로드캐스트이며, 합류 요청 패킷에는 응답 구간의 슬롯 개수 정보가 들어 있다. 합류 요청 패킷을 받은 단말기(들)는 1~(슬롯 개수) 사이의 임의의 수를 생성한 뒤, 응답 구간의 해당 슬롯에서 기기의 고유 아이디 정보를 포함한 응답 패킷을 보낸다. 응답 구간이 끝나면 베이스 스테

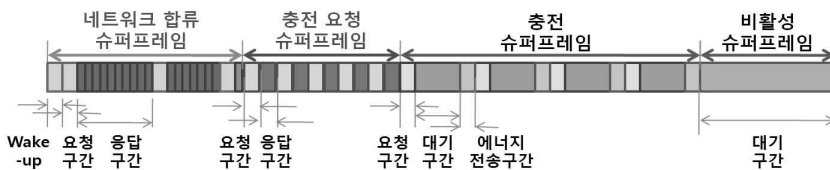


그림 1. 네트워크 슈퍼프레임 구조

Fig. 1. Superframe Structure

이선은 다시 합류 요청 패킷을 보내게 되는데, 이전 응답 구간 중 충돌이 한번 이상 발생하였다면 응답 구간 슬롯 개수를 2 이상으로 설정한다. 그리고 충돌 없이 수신된 패킷에 대한 응답으로, 해당 단말기의 고유 아이디와 그 단말기에 할당 할 네트워크 아이디를 함께 전송함으로써, 네트워크 아이디를 할당 받지 못한 단말기들만 다시 응답 구간에 참여하도록 한다. 네트워크 합류 슈퍼프레임은 응답 구간에서 충돌이 발생하지 않을 때까지 요청-응답 과정을 반복한다.

1.2 충전 요청 슈퍼프레임

네트워크 합류 슈퍼프레임이 끝난 후 충전 요청 슈퍼프레임을 시작한다. 단말기는 요청 구간 동안 베이스 스테이션으로부터 수신된 패킷을 확인하여 패킷의 목적지 네트워크 아이디와 자신의 네트워크 아이디가 동일한 경우, 다음 응답 구간에서 응답 패킷을 보낸다. 이러한 과정을 반복하여 베이스 스테이션은 네트워크에 합류되어 있는 각 단말기의 상태 정보-배터리량, 거리, 서비스 우선 순위, 사용 유무-를 수집하고, 이를 바탕으로 충전 서비스 계획을 세운다.

1.3 충전 슈퍼프레임

충전 슈퍼프레임은 요청 구간, 대기 구간 그리고 에너지 전송 구간으로 구성된다. 충전 서비스 계획에 따라, 베이스 스테이션은 충전하려는 단말기의 네트워크 아이디를 패킷에 실어 요청 구간 동안 전송한다. 패킷을 수신한 단말기들은 자신의 네트워크 아이디가 목적지 네트워크 아이디로 지정된 경우, 에너지 전송 구간에서 충전을 시작하고, 그 외 다른 단말기들은 에너지 전송 구간이 끝나기를 기다린다. 이때 네트워크 아이디는 특정 기기만을 지칭하여 에너지를 전송할 수도 있고, 혹은 모든 기기들을 지칭하여 동시에 충전을 할 수도 있다.

대기 구간은 충전 슈퍼프레임 동안에 새로 충전 서비스를 받고자 하는 단말기가 있는지 확인하는 구간이다. 새로운 단말기가 인식되었을 때 네트워크 합류 슈퍼프레임부터 다시 시작할지, 그대로 충전 슈퍼프레임을 진행할지는 베이스 스테이션이 네트워크 상황에 따라 결정한다.

1.4 비활성 슈퍼프레임

네트워크에 합류되어 있는 단말기가 없거나 혹은, 합류되어 있는 단말기들이 충분히 충전되어 있어 더 이상 에너지를 전송할 필요가 없을 때 비활성 슈퍼프레임 상태가 된다. 비활성 슈퍼프

레임에서 네트워크 합류 슈퍼프레임으로의 전환은 2가지 방법에 의하여 이루어진다.

첫 번째로 베이스 스테이션은 충전 슈퍼프레임이 끝나고 비활성 슈퍼프레임을 시작할 때 네트워크 내 모바일 단말기의 상황에 따라 비활성 슈퍼프레임 시간을 설정한다. 해당 시간이 지나면 비활성 슈퍼프레임을 끝내고 다시 네트워크 합류 슈퍼 프레임으로 전환한다.

두 번째 방법은 단말기의 요청에 의하여 네트워크 합류 슈퍼프레임을 시작하는 경우이다. 이때 단말기는 기존의 네트워크에 합류되어 있던 단말기일 수도 있고 혹은 새로 네트워크 서비스 영역으로 진입한 단말기일 수도 있다. 단말기는 현재 배터리의 상태에 따라 베이스 스테이션에게 충전을 요청할 수 있기 때문이다.

2. 모바일 단말기 모드

모바일 단말기는 크게 충전 모드와 통신 모드, 그리고 대기 모드로 동작할 수 있다. 대기 모드에서는 단말기 본래의 동작을 수행하며 배터리의 상태를 확인하고 아울러 통신 채널을 관찰하여 베이스 스테이션으로부터 전달되는 Wake-up 신호를 감지한다. Wake-up 신호를 받으면 통신 모드로 전환하고, 베이스 스테이션으로부터 네트워크 합류 요청 패킷을 받으면 충전 프로토콜을 시작한다.

또는, 사용 가능한 배터리량이 일정 수준 이하로 낮아지면 단말기는 충전 서비스를 받기 위하여 통신 모드로 전환한 뒤, 주변의 충전 시스템, 즉 베이스 스테이션을 검색하기 시작한다. 이 때 단말기는 일정 기간 동안 신호 검색을 통하여 충전 네트워크의 존재 여부 및 상태를 파악한다. 만약 네트워크가 검색되었으며, 네트워크 합류 슈퍼프레임 구간에 있다면 네트워크 합류 슈퍼프레임 프로토콜에 따라 네트워크에 합류되어 충전 서비스를 받을 수 있다.

만약 충전 요청 슈퍼프레임 구간에 있다면 해당 슈퍼프레임이 끝날 때까지 기다려야 한다.

혹은, 충전 슈퍼프레임 구간에 있다면 대기 구간 동안 베이스 스테이션에게 단말기의 고유 아이디, 서비스 우선 순위 및 배터리 정보를 포함한 패킷을 보낸다. 이 과정에서 수개의 단말기가 동시에 패킷을 보내면 패킷 충돌에 의하여 베이스 스테이션에서는 패킷 수신에 실패할 수 있다. 이렇게 베이스 스테이션에서 패킷 수신을 실패하는 경우와 또는 베이스 스테이션에서 현재의 충전 서비스를 계속 유지하고자 하는 경우, 단말기는 충전 슈퍼프레임이 끝날 때까지 계속 대기 모드에서 패킷을 전송하게

된다.

일정 시간 동안 아무런 신호도 검색되지 않는다면, 즉 비활성 슈퍼프레임 구간이라면 단말기는 베이스 스테이션에게 충전 서비스를 요청한다. 이때는 아로하(Aloha) 방식에 따라 패킷을 송수신한다.

3. 물리 계층 구조

충전 프로토콜을 위한 물리 계층은 에너지 송신부, 에너지 수신부, 통신 송신부 그리고 통신 수신부로 구분 되는데, 그 중 베이스 스테이션은 에너지 송신부와 통신 송/수신부, 단말기는 에너지 수신부와 통신 송/수신부로 구성된다.

3.1 에너지 송신부

베이스 스테이션의 에너지 송신부는 안테나, 매칭회로 그리고 에너지 전달 신호 생성 회로로 구성된다. 이 때, 단말기의 개수 및 위치 등에 따라 안테나의 공진 주파수가 변화하므로 매칭 회로는 동적으로 주파수 조절이 가능하도록 구성한다. 또한 안테나단의 전류 및 전압을 모니터링하는 기능을 추가하여 최대 에너지 전송 상태를 찾아낼 뿐 아니라 에너지 전송 중 단말기 및 주변 환경의 변화를 감지하도록 한다.

3.2 에너지 수신부

에너지 수신부는 단말기에 구현된다. 안테나, 매칭회로, 에너지 정류부 그리고 에너지 안정화부를 거쳐 배터리 충전 회로에 에너지를 전달한다. 단말기는 배터리의 충전 상태를 모니터링하는 기능을 구현하여, 충전 서비스 요청 여부를 결정하고, 또한 베이스 스테이션에 현재 배터리 상태 정보를 전달할 수 있도록 한다.

3.3 통신 송수신부

통신 송수신부는 베이스 스테이션과 단말기 양쪽 모두에서 구현된다. 통신 물리 계층은 KS X 4651-1 “정보기술 - 자기장 통신 네트워크 - 저주파 대역 - 제 1 부: 물리 계층 요구 사항”을 따른다 [12]. 덧붙여, 베이스 스테이션과 단말기는 수신 신호 세기 측정 기능을 지원한다. 이는 베이스 스테이션과 단말기 간의 거리를 측정하는데 사용될 뿐 아니라, 주변에 충전 네트워크 존재 여부 및 패킷 충돌 여부를 판단하는데 사용된다. 즉, 기본 패킷(프리앰블+ 헤더) 길이에 해당하는 시간 동안 수신 신호의 세기가 일정값 이상이 되면, 네트워크가 존재함을 알 수 있다. 또한 합류 슈퍼프레임의 응답 구간처럼 하나 이상의 패킷 수신이 가능한 시간 슬롯

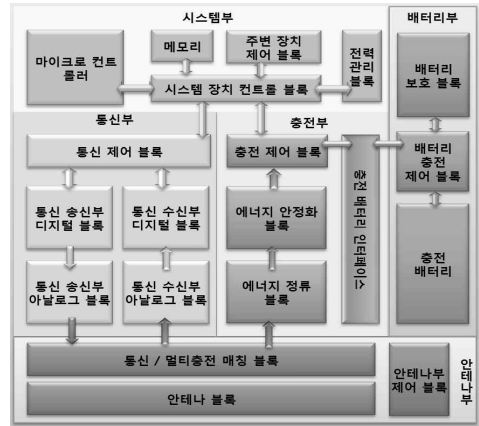


그림 2. 단말기를 위한 임베디드 플랫폼 하드웨어 블록도

Fig.2. Hardware Blockdiagram of Embedded Platform for Mobile Device

에서 위와 같이 신호는 검출되나 패킷이 정상 수신되지 않으면, 패킷 충돌에 의한 오류로 판단한다.

에너지 송수신과 통신 송수신은 동일한 안테나를 사용하지만 각각의 아날로그 모듈 특성은 다르기 때문에 통신을 위한 별도의 매칭 회로 및 통신/충전 분리를 위한 회로를 구현한다.

III. 모바일 감성 센싱 단말기를 위한 임베디드 플랫폼 설계

1. 임베디드 플랫폼 하드웨어 설계 및 구현

모바일 감성 센싱 단말기를 위한 임베디드 플랫폼은 그림 2와 같다. 플랫폼 하드웨어는 시스템부, 통신부, 충전부, 안테나부 그리고 배터리부로 구성된다.

그림 3은 제안하는 플랫폼에 따라 에물레이션을 위하여 구현된 보드이다. 소형, 저전력 모바일 단말기를 위하여 시스템의 마이크로 컨트롤러로는 8051을, 그리고 외부 메모리는 시리얼 롬을 사용하였다. 시스템 디버깅을 위한 디버거 및 시리얼 포트 등은 별도의 보드(디버깅 포트 모듈)로 제작하여 필요할 때만 연결하도록 하였다.

통신부 및 충전부의 디지털 하드웨어 파트는 FPGA를 이용하여 모바일 감성 센싱 단말기 전용으로 설계하였다. BPSK 모듈레이션을 사용하므로, 통신 송신부는 패킷 구성에서부터 BPSK 모듈레이션

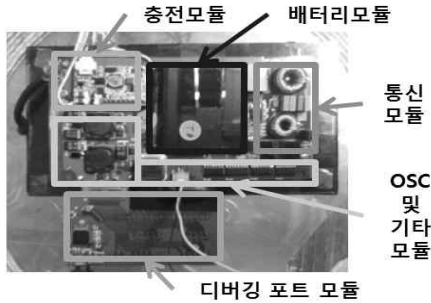


그림 3. 단말기용 에뮬레이션 보드
Fig. 3. Emulation board for mobile device

까지 디지털 블록으로 구현하고, 신호 증폭기만 아날로그 블록으로 구현하였다. 통신 수신부는 직접 변환(Direct Conversion) 방식을 적용하였다. 따라서 안테나에서 수신된 신호는 LNA(Low Noise Amplifier) 아날로그 블록을 통과한 뒤 바로 ADC를 통하여 디지털 신호로 샘플링 되었다. 이후 반송파 대역 처리에서부터 디지털 블록으로 구현하였다. 이렇게 통신 송수신부의 대부분을 디지털 하드웨어 전용 블록으로 구현함으로써 소형, 저전력 단말기에 적합하도록 하였다.

충전 수신부 정류 회로(Rectifier)와 안정 회로(Regulator)로 구현하였다.

안테나부의 매칭 회로는 충전용과 통신용을 별도로 설계하였을 뿐 아니라 스위치를 두어 안테나에서 한번에 하나씩만 연결되도록 하였다. 이는 충전시 안테나 매칭에 영향을 주는 요인을 감소시켜 매칭 작업을 수월하게 하기 위함이다.

배터리부는 충전 배터리와 배터리 보호 블록, 그리고 충전 제어 블록으로 구성하였다. 다만 에뮬레이션의 효율성과 편리성을 위하여 단말기 에뮬레이션 보드는 충전 배터리가 아닌 외부 전원 공급 장치를 통하여 전원을 공급 받았다.

2. 임베디드 플랫폼 소프트웨어 설계 및 구현

그림 4는 모바일 감성 센싱 단말기를 위한 임베디드 플랫폼의 소프트웨어 블록다이어그램이다. 스케줄링 블록을 중심으로 하여, 충전 및 통신을 제어한다. 전력 관리 블록에서는 배터리량 등 충전/전력 분석 결과 및 실시간 충전 상황 모니터링을 통하여 모바일 단말기의 동작 모드 및 전력 모드를 결정한다. 그리고 네트워크에 합류하여 정보 교환 및 베이스 스테이션의 관리 하에 충전을 진행하기 위한 통신 제어 블록들-랜덤 접속 제어 블록, 수신

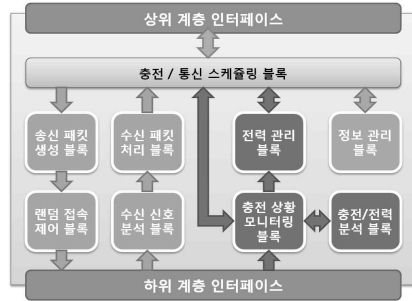


그림 4. 단말기를 위한 임베디드 플랫폼 소프트웨어 블록도

Fig.4 Software Blockdiagram of Embedded Platform for Mobile Device

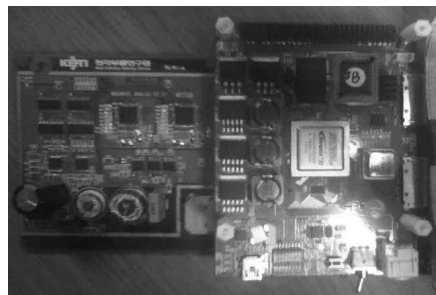


그림 5. 베이스스테이션용 에뮬레이션 보드
Fig.5. Emulation board for basestation

신호 분석 블록, 송신 패킷 생성 블록 그리고 수신 패킷 처리 블록-이 있다.

3. 에뮬레이션

모바일 감성 센싱 단말기의 에뮬레이션을 위하여 그림 5와 같이 베이스 스테이션용 에뮬레이션 보드를 구현하였다. 1:2 네트워크를 구성하여, 2대의 단말기를 동시에 충전하는 방법과 시간 슬롯으로 나누어 개별 충전하는 방법을 테스트 하였다. 자기 공진 기반의 무선 통신 네트워크는 약 1.5m, 충전은 약 50cm 까지 구현되었다.

IV. 결론

기존 생활의 편리함을 위한 기술 개발을 넘어 사용자의 오감을 만족시키고 사용자의 감성에 맞춘 서비스 분야가 지속적으로 증가할 것이다. 이를 위하여 감성 센싱 단말기에 대한 소형화 및 휴대성과 더불어 장시간 사용을 통한 사용자의 편의성이 다

시금 대두된다. 특히, 모바일 감성 센싱 단말기는 실시간으로 생체 정보를 분석하고 감성을 추론해야 하기 때문에 빠른 파워 소모에 따른 배터리 충전이 고려되어야 한다.

이를 위하여 본 논문에서는 모바일 감성 센싱 단말기를 위한 무선 충전 및 통신 프로토콜 그리고 단말기 플랫폼을 제안하였다. 제안된 충전 프로토콜과 임베디드 플랫폼에 따라 에뮬레이션 보드를 구현하였으며, 소형, 저전력 단말기에 적합하도록 시스템 및 통신 회로를 설계하였다. 자기 공진을 기본으로 충전 및 통신이 이루어지므로, 자기 유도 방식에 비하여 거리를 확대하면서도, 크기에 있어 단말기에 적용할 수 있다는 가능성을 보였다. 그리고 아직까지 대다수의 자기 공진 충전 시스템이 1:1 방식인데 비하여, 본 논문에서는 통신 네트워크를 기반으로 하여 다수의 단말기들을 동시/개별 충전할 수 있도록 하였다. 또한 배터리 상태 모니터링 및 통신 프로토콜을 통하여 사용자의 개입 없이 단말기가 충전 되는 것을 특징으로 한다. 현재는 효율적인 에뮬레이션을 위하여 동작 전원은 외부에서 공급받고 있지만, 앞으로는 충전 배터리로 구동되는 보드를 설계하여 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] 임용석, 임승욱, "구조화된 감성프레임워크를 이용한 감성추론 서비스 구현," 대한임베디드공학회 추계학술대회, 2011.
- [2] 추윤희, "e-Business 사례 : 감성 ICT," <http://blog.naver.com/995503ho/40130513034>.
- [3] 조면균, "사용자의 감성인식을 통한 감성통신 시스템," 대한임베디드공학회논문지, Vol. 6, No. 4, pp.201-207, 2011.
- [4] 권해주, "스마트폰,노트북 무선충전기 시장 뜬다," 파이낸셜뉴스, http://www.fnnews.com/view?ra=Sent0901m_View&corp=fnnews&acid=0922495125&cDateYear=2011&cDataMonth=12&cDateDay=18.
- [5] WIRELESS POWER CONSORTIUM, <http://www.wirelesspowerconsortium.com>.
- [6] 자기장통신융합포럼, <http://www.mfan.or.kr>.
- [7] R. Koo, "Powermat to unveil its wireless charging pad for portable devices," <http://kr.aving.net/news/view.php?articleid=111102>, 2009.
- [8] 박민정, "퀄컴, 무선 충전 기술 'e존' 공개," http://kr.aving.net/news/view.php?articleid=157287&mn_name=news&cateid=01, 2010.
- [9] Nilay Patel, "Intel demos a wireless power broadcasting system, villagers terrified," <http://www.engadget.com/2008/08/21/intel-demos-a-wireless-power-broadcasting-system-villagers-terr/>, August 2008.
- [10] 윤재훈, "EMC 최근 기술 동향, RF 에너지 전송 기술의 진과 환경," 한국전자과학회지, Vol. 22, No. 5, pp.36-43, 2011.
- [11] 윤재훈, 변우진, 최재익, 이호진, "RF 에너지 전송 기술 산업화를 위한 분석," 전자통신동향분석, Vol. 26, No. 4, pp.79-89, 2011.
- [12] KSX4651-1, 정보기술 - 자기장 통신 네트워크 - 저주파 대역 - 제1부: 물리계층요구사항, 2009.

저 자 소 개

김 선 희 (Sun-Hee Kim)



2000년 이화여대 전자공학과 학사.

2002년 이화여대 정보통신학과 석사.

현재, 전자부품연구원 선임 연구원.

관심분야: 임베디드 하드웨어

Email: elecsunny@keti.re.kr

임 승 옥 (Seung-Ok Lim)



1997년 건국대 전자공학과 학사.

1999년 건국대 전자공학과 석사.

2005년 건국대 전자정보통신공학과 박사.

현재, 전자부품연구원 책임 연구원.

관심분야: 임베디드 시스템, 무선전력

Email: solim@keti.re.kr

임 용 석 (Yong-Seok Lim)



2001년 고려대 전자공학과 학사.

2003년 고려대 전자공학과 석사.

현재, 전자부품연구원 선임 연구원.

관심분야: 임베디드 하드웨어, Real-time OS.

Email: busytom@keti.re.kr