

미압 센서를 이용한 심박신호 모니터링 시스템

이준연^{1*}

¹동명대학교 미디어공학과

Heartbeat-signal Monitoring System Using Fine-pressure Sensor

Jun-Yeon Lee^{1*}

¹Dept. of Media Engineering, Tongmyung University

요약 본 논문에서는 인체의 심박 신호를 측정하여 검사자의 심장 상태를 체크할 수 있는 심박신호 측정 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 심박 측정 단말기, 게이트웨이, 자료 수집 및 처리를 위한 서버로 구성된다. 구현된 단말기는 지그비 프로토콜을 통하여 센서네트워크를 구성한다. 서버는 센서 노드에서 측정된 데이터를 2차 미분을 수행하여 원하는 심박 신호를 획득하며, 이를 데이터베이스에 저장, 관리한다. 이 시스템을 통하여 무구속, 무자각으로 심박신호를 측정하여 피검자의 심장 상태를 파악할 수 있게 되었다. 실험결과 지그비통신 프로토콜을 이용한 센서 네트워크를 통하여 유비쿼터스 헬스케어 시스템이 구현 가능함을 확인하였다.

Abstract In this paper, we implemented a heartbeat-signal monitoring system that can measure and check the heartbeat of a human body in any time and anywhere. The implemented prototype is composed of heartbeat measurement terminal, gateway, and server that collect and process data. The terminal compose sensor network using ZigBee protocol. And server acquire heartbeat signal through differentiating collected data two times, and store above data to database and manage it. We can understand the status of examinee's heart without restriction and self-awareness. **Through experiment, we confirmed the possibility of ubiquitous healthcare system based on sonsor network using the ZigBee.**

Key Words : Heartbeat-Signal, Zigbee, Sensor Network

1. 서론

현재 한국은 전세계에서 가장 빨리 노인인구가 증가하고 있으며, 핵가족화 현상이 증가하여 독거노인의 수가 증가하고 있는 실정이다. 통계청의 자료에 의하면 이러한 노인들의 약 75%가 고위험군 환자에 속한다. 따라서 고위험군 환자들의 질병에 대한 초기 이상징후를 파악하여 정확한 진단 및 진단 후 질병의 변이를 예측하여 환자의 상태에 따라 적절한 조치를 할 수 있는 U-헬스케어 서비스의 필요성이 증가하고 있다.

이와 관련하여 의료분야에서는 센서 네트워크 기술을 활용하여 휴대용 건강 모니터링 시스템에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 동시에 인체의 내부 및 외부에 장착되는 다수의 소형 생체신호 측정 센서들이 개발되고

있다. 따라서 현재 개발되고 있는 초소형 센서들과 초고속 통신망, 그리고 고성능 무선 통신기기의 연동은 언제 어디서든지 환자의 건강상태 모니터링을 가능케 할 것이고, IT-BT 관련 융합산업 및 미래사회의 인간생활 전반에 막대한 영향을 끼칠 것으로 전망된다. 이를 실현하기 위하여 각 연구단체들은 개인화된 건강관리 서비스를 체계적으로 받을 수 있는 U-헬스케어 시스템 환경을 구축하는데 심혈을 기울이고 있다[1].

U-헬스케어 환경에서는 환자의 기초상태를 파악하기 위한 생체신호의 이용가치가 더욱 높아지고 있다. 생체 활력징후로 이용되는 생체신호에는 맥박, 혈압, 체온, 호흡 등이 있으며 환자의 상태를 파악하는 중요한 지표로 이용된다. 기존의 전통적인 생체신호 획득방법은 의료진에 의해 수동측정 장비를 부착하여 직접 측정하거나 또

*교신저자 : 이준연(jylee@tu.ac.kr)

접수일 10년 03월 10일

수정일 10년 04월 08일

게재확정일 10년 04월 09일

는 접촉식 모니터링 장비를 이용하여 자동으로 측정하게 된다.

생체신호를 측정하기 위한 센서로는 심전도나 호흡수 측정을 위해 ECG 전극을 이용하거나 심장근육에서 발생하는 미세전류 감지 장치가 사용되거나 광혈류 측정장치를 이용하여 적외선광을 손가락 끝의 모세혈관에 투과하여 산소포화도와 맥박을 측정한다. 그러나 접촉식 환자 감시장비는 가격이 고가일 뿐만 아니라 환자의 활동을 크게 제한하기 때문에 집중적인 감시가 필요한 중환자실이나 수술실에 국한하여 사용하고 있으며, 일반 병실에서는 간호사가 일정한 간격으로 환자의 상태를 직접 측정한다. 그러나 일반 병실이나 실버타운 다인병실의 경우 지속적인 감시가 없는 사이에 응급상황이 발생하는 경우가 있기 때문에 간편하면서도 환자의 활동을 제한하지 않고 지속적으로 환자의 생체신호를 감시할 수 있는 장치의 개발이 필요하다[2,3].

일반적으로 생체신호를 측정할 때는 많은 어려움과 불편함이 따른다. 특히 U-헬스케어 환경에서는 생체계측의 과정이 환자에게 어떠한 불편도 주지 않는 가운데 이루어져야하므로 무자각, 무구속 원격 생체계측에 대한 활발한 연구가 진행되고 있다. 이 시스템 중에는 손목시계형 측정 장치를 이용한 혈압 및 산소포화도, 심전도, 호흡수 등을 인지하여 무선 전송할 수 있는 장비를 비롯하여, 재택 건강관리 시스템 연구센터 설립 등에 이르기까지 다양한 방향의 연구가 시도되고 있다[4].

그러나 여전히 기존의 무구속 신호획득 연구도 특정 장비의 지속적인 직·간접 착용요구 및 무선장비의 전원 공급 문제 등으로 인한 제약점들이 존재한다.

본 논문에서는 지그비 기술을 이용하여 무구속, 무자각으로 대상자의 심박신호를 측정, 전송하고, 전송된 데이터를 분석하여 심장 이상 유무를 진단할 수 있는 시스템을 개발하였다.

2. 관련연구

U-헬스케어는 홈 네트워크상의 장치나 휴대용 장치 등을 통해 생체 정보를 실시간으로 모니터링하고, 자동으로 병원 및 의사와 연결되어 언제 어디서나 진료 및 치료가 가능한 시스템을 의미한다.

기존의 의료 서비스는 IT 기술과 접목되면서 단순히 원격진료 단계를 거쳐 전자 헬스케어(e-Healthcare)에서 U-헬스케어로 단계적인 진전이 이루어지고 있다. U-헬스케어에서는 의료기관 중심의 서비스에서 이용자 중심의 서비스로 발전되고, 질병이 발생된 후 치료 중심에서 질

병의 예방 중심으로 변화되며, 나아가 질병 관리에서 웰니스(Wellness)로 진화되고 있다. 이와 같이 U-헬스케어는 환자가 아니더라도 사전 진단을 통해 질병 예방이 가능한 보건의료 서비스로서 생체신호 센싱기술과 유무선 네트워크 연동 기술을 기반으로 환자, 병원, 의료정보 제공자 등이 유기적 연계되어 실시간으로 국민의 건강 상태를 체크하여 삶의 질을 향상시켜줄 수 있다.

U-헬스케어는 시스템의 역할에 따라 센싱, 모니터링, 분석, 경고 등으로 구분된다.

센싱은 환자에게서 발생하는 물리적, 화학적인 현상의 변화를 감지하는 역할을 수행하고, 모니터링은 측정된 생체 정보를 1차적으로 가공하는 단계로서 환자의 정보를 실시간으로 확인하는 역할을 수행한다. 분석의 경우 수집된 데이터로부터 정보를 획득하는 단계로서 환자의 상태를 파악하는 역할을 수행하고, 경고는 획득된 정보를 바탕으로 사용자에게 관련 정보를 알리는 역할을 수행한다.

기존 의료진단에 관한 연구로는 심전도 측정 후 심박동수를 Bandpass filter 와 Threshold를 이용한 R-wave 검출방식을 이용하여 심박동수의 이상 징후를 판단하는 연구가 있었으며[5], 환자 상태에 관한 음성데이터 및 3차원 의료영상 가시화 알고리즘인 광선 추적법, 표면 재구성법, 경계복셀 탐색법을 이용한 전문의에게 필요한 원격회의 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다[6]. 또한 환자의 이상 징후 발생 시 응급의료센터와 의사들에게 연락을 하기 위한 일반적인 RF모듈을 이용한 근거리 통신방법과 블루투스 방법, 단문자서비스(SMS)와 같은 통신체계에 대한 연구가 이루어져 왔다[7].

“지그비 기반의 심전도 센서노드를 사용한 적응형 심박탐지 모델” 연구에서는 지그비 기반의 무선네트워크를 이용하여 무선으로 심전도 센서로 심박 탐지 알고리즘의 문제점을 인식하여 이를 해결하기 위한 방안으로 적응형 심박측정 알고리즘을 제안하였다[8]. 이 논문에서는 심전도 신호를 측정하여 획득한 데이터를 무선으로 전송한다. 전송된 심전도 신호를 보정하여 심박신호를 탐지하는 방안을 연구하였다.

“센서네트워크를 이용한 심전도 측정시스템의 설계 및 구현”에서는 지그비 프로토콜을 기반으로 심전도 측정 센서를 통하여 측정된 심전도 데이터를 무선으로 전송하는 시스템을 구현하였다[9].

“Bluetooth기반의 센서네트워크를 이용한 효율적인 심전도 측정시스템 설계”에서는 심전도 신호 특징 추출과 맥박측정 알고리즘을 접목하여 기존 심전도 신호 측정 알고리즘에 비해 데이터 수신 및 신호 처리비용을 줄이고, 이상신호를 판단하는 센서 게이트웨이에 대하여 연구하였다[1].

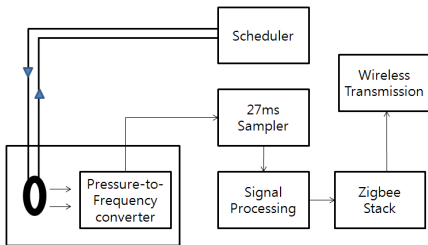
그러나 기존의 심전 모니터링 시스템은 생체신호를 측정할 때 많은 어려움과 불편함을 준다. 심전도 신호는 그 특성상 심장을 중심으로 신체의 좌측과 우측에 센서를 위치시키고, 이를 연결하여야 측정이 가능하므로 U-헬스케어의 특성인 무자각 무구속의 원칙을 만족할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 이러한 불편을 줄이기 위하여 유선케이블을 사용하지 않고 손목 부위에 미압센서를 위치시켜 센서를 착용하고 일상 생활이 가능한 심박 측정 시스템을 개발하고자 한다.

3. 심박측정 시스템

3.1 심박 측정 센서노드

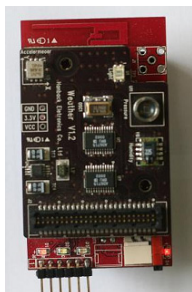
심박 측정 센서는 하드웨어적으로 메인보드, 심박 측정부 그리고 배터리의 3부분으로 구성된다. 심박측정부는 4층으로 이루어진 FR4 재질의 메인보드 사이에 Flexible PCB로 적층되도록 설계되었다. 그 결과 하네스 연결을 할 필요가 없어 전체 면적을 줄이면서 조립성을 간단히 하였다. 그림 1은 센서의 전체 구성도이다.

이 시스템의 보드 설계는 PPG 신호를 이용한 링센서 모니터링 시스템의 보드를 참조하여 설계되었다.



[그림 1] 심박 측정 시스템 블록도

그림 2는 심박 측정 센서와 전송을 위한 지그비 모드를 부착한 사진이다. 이 센서는 모드에 부착되어 직렬 통신으로 압력의 변화를 감지한다.



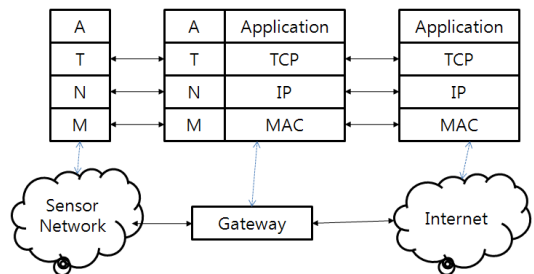
[그림 2] 심박측정 센서노드

압력 측정센서의 특성상 매 측정간격마다 보정을 하여야 하나 측정 주파수가 분당 440Hz 이상이 되어야 하므로 측정시점과 다음 측정시점사이의 보정은 불가능하다. 따라서 정확한 심박 횟수를 계산하기 위하여 미압센서에서 측정된 압력값을 2차 미분하여 압력값의 변화를 정확히 계산한다. 이러한 미분 연산은 센서가 부착된 노드에서 실행할 경우, 저성능 프로세서의 사용으로 지연이 커져 실시간 측정이 불가능하게 되므로 모트에서는 측정된 값을 디지털 변환 후 전송만을 담당한다.

센서네트워크를 구성하기 위하여 사용되는 모트는 TinyOS 2.0 및 telos 플랫폼에 기반한 노드를 사용하였다. telos 플랫폼은 TIMSP430 마이크로프로세서와 Chipcon2420 RF를 사용한 센서노드 플랫폼으로 저전력 지그비 기반의 표준(IEEE 802.15.4)을 지원한다.

3.2 게이트웨이

센서네트워크와 인터넷을 연동하는 경우 두 네트워크를 연결하기 위한 게이트웨이가 필수적이다. 즉 인터넷의 경우 TCP/IP에 기반한 프로토콜을 사용하게 되고, 센서네트워크는 위에서 언급한 바와 같이 IEEE 802.15.4 Zigbee를 사용하므로 두 네트워크 사이의 연동, 변환을 담당하는 게이트웨이가 두 네트워크 사이에 위치하게 된다. 여기서 사용되는 게이트웨이는 응용계층 게이트웨이를 의미한다. 응용계층 게이트웨이란 무선 센서 네트워크와 인터넷의 연동을 위해서 응용 계층에서 그림 3과 같이 두 네트워크의 특성에 맞도록 프로토콜을 변환시켜 주는 게이트웨이를 말한다[10].



[그림 3] 응용 계층 게이트웨이를 통한 연동

응용 계층 게이트웨이의 기능은 전달(Relay) 기능으로 인터넷의 사용자가 응용 계층 게이트웨이에 자신이 필요로 하는 정보를 미리 게이트웨이에 등록해놓고 센서네트워크를 통해 수집된 정보 중 미리 등록된 내용에 부합하는 데이터만을 인터넷으로 전달해주는 기능이다. 응용계층 게이트웨이는 이와 같은 단순 전달 기능뿐만 아니

라 프론트엔드 서버(Front-end server)로 동작하여 센서 네트워크상의 다양한 정보를 미리 수집해 별도의 데이터베이스에 저장한 뒤 사용자가 필요에 의해 질의를 보내면 질의에 해당하는 정보를 보내주거나 또는 사용자의 질의를 센서 네트워크의 응용프로그램 특성에 맞도록 번역하고 그에 맞는 결과를 반환시켜주는 역할을 한다.

3.3 센서 알고리즘

제안 시스템의 센서 알고리즘은 미압 센서에서 압력의 변화하는 값을 추출한 후, 심박측정 알고리즘이 있다. 미압센서에서 측정된 압력값은 압력센서의 특성상 압력을 일정 값으로 보정한 후 다시 측정하여야 하나 매 27밀리초마다 새로운 압력값을 측정하여야 하므로 센서를 보정 후 측정하는것이 불가능하다. 따라서 본 센서로는 심박으로 발생하는 정확한 압력값을 측정하는 것은 불가능하다. 그러나 본 센서의 주 측정대상이 압력값이 아니라 심박에 해당하는 펄스의 수에 있으므로 정확한 압력값이 아니라도 펄스를 계산하는데는 큰 무리가 따르지 않는다 [11].

```

command result_t CalculateHeartbeat(TOS_MsgPtr
msg, uint8_t id)
{
    MHMessage *pMHMsg = (MHMessage *)
&msg->data[0];
    // 새로운 측정값 수신
    if (COUNT <= MAX_COUNTER)
        if ((pMHMsg->originData ==
            TOS_LOCAL_DATA) &&
            (pMHMsg->hopCount == 0))
        {
            pMHMsg->seqNo = getSeqNo();
        }
    // 2차미분 실행후 리턴
    if (inLog(pMHMsg->originData,
        pMHMsg->seqNo) == FALSE)
    {
        pMHMsg->sendingNode =
            TOS_LOCAL_DATA;
        pMHMsg->hopCount++;

        dbg(DBG_TEMP, " 미분 호출\n");
        return &DifferentialCoefficient( * originData);
    }
}
    
```

[그림 4] 심박 탐지 알고리즘

심박 신호 측정과 정의된 이벤트를 비교하여 전송하는 심박 신호 특징 추출 알고리즘은 신호 비교에서 세그먼트에 오차가 발생하거나 왜곡이 생길 수 있다. 심박 신호는 맥박이 정상적인 경우와 다르다는 점을 이용하여 맥박수를 측정하여 정상인 경우와 비교함으로써 앞의 오차를 줄일 수 있다.

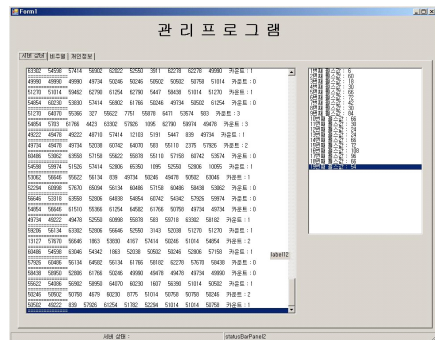
측정된 심박 신호는 생명과 직결되는 정보이기 때문에 조금의 오차도 발생하지 않아야 하지만, 이는 현실적으로 불가능하다. 센서로 측정시 발생하는 오류나 잡음으로 발생한 값은 잡음의 특성상 1차미분시 기울기가 매우 크게 측정이 되며, 이 값은 정상적인 측정값과 구분하기가 매우 힘들다. 따라서 심박 파형을 2차미분한 값에서 잡음에 해당하는 피크를 제거한 후, 최대값을 이루는 파형과 최소값을 이루는 파형을 비교하여 심박수를 카운트한다.

4. 실험 및 평가

4.1 실시간 모니터링

센서 네트워크로부터 수집된 대량의 심박 신호를 실시간으로 환자, 의료진 및 보호자에게 모니터링해줌으로써 환자의 건강상태를 파악할 수 있다. 그림 5는 실시간으로 작동되는 심박 측정 시스템의 모니터링 화면을 나타내고 있다. 이는 센서 노드에서 측정된 가공되기 전의 순수 데이터 값을 보여준다.

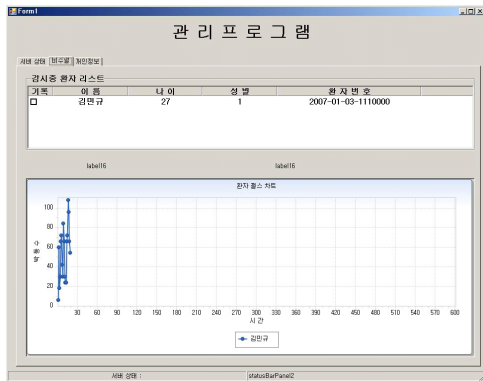
이렇게 측정된 데이터 값에서 2차미분을 거쳐 왜곡된 신호와 잡음을 제거한 후, 심박수, 모니터링 시간, 전체신호 구간설정 등 각종 화면표시 설정을 하게 된다.



[그림 5] 단위시간당 심박 측정값

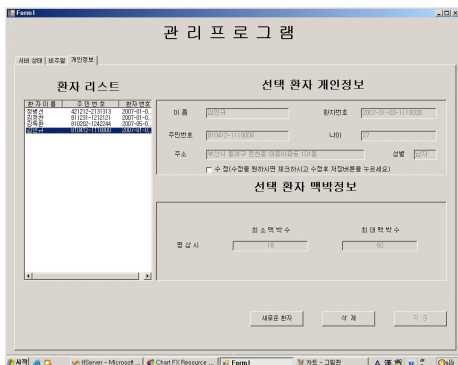
그림 6은 화면 표시를 설정하여 실시간으로 모니터링 하는 화면으로, 데이터베이스에 저장된 환자의 정보를 호출하여 실시간 모니터링에서는 환자의 기본 정보만을 제

공한다. 이와 함께 실시간으로 측정된 심박 신호를 카운트하여 여러 가지 그래프 형태로 제공된다. 그래프 형태는 가속도 형태로 선택하여 표시할 수도 있으며, 녹화기능을 통하여 피측정자에게 보이지 않은 화면을 사후에 제공하게 된다. 또한 피측정자의 심박 신호를 이벤트 처리하여 해당 이벤트 발생시 사용자에게 경보를 해준다.



[그림 6] 미분된 심박 측정값

이벤트는 부정맥과 최대심박수에 접근하는 것 외에도 사용자 정의로 다양한 심박 신호를 정의할 수 있어 향후 유연성있게 활용될 수 있도록 하였다. 또한 심박 신호를 추출하여 이를 2차에 걸쳐 미분함으로써 왜곡된 신호와 잡음을 제거하여 비교적 정확한 심박신호를 측정하였다. 그림 7은 데이터베이스 관리 프로그램을 보여준다.



[그림 7] 측정자 데이터베이스

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 지그비 기반의 무선 네트워크를 이용한 심박 측정 시스템을 구현하였다. U-헬스케어 시스템에서

센서 노드의 데이터 전송 프로토콜로서 지그비를 사용함으로써 다양한 단말기와 연동이 가능하도록 하였다. 이 장치를 이용하여 무구속 무자각으로 심박 신호를 모니터링할 수 있는 새로운 방법을 고안하였다. 기존의 생체신호 측정에 대한 연구는 심전신호가 대부분인데, 본 연구에서는 심박신호를 측정하여 심전데이터에 비해 데이터 수신 및 처리 비용을 줄이고, 신속하게 판단하는 센서 게이트웨이를 설계하였다. 또한 제안하는 시스템은 센서 게이트웨이의 모듈에서 정의한 이벤트에 해당하는 데이터만 전송하고, 사용환경에 따른 이벤트 정의를 지원함으로써 센서의 수명을 더욱 늘일 수 있을 것으로 기대된다.

미래의 IT기술과 BT기술의 발달에 기인하여 소형화된 바이오센서와 더불어 더욱 다양한 데이터를 동시에 수집할 수 있을 것이다. 따라서 다양한 데이터를 분석하는 방법과 이벤트 정의에 대한 연구와 피측정자의 이상신호를 예측할 수 있는 시스템의 연구가 필요할 것이다. 또한 센서노드의 수명과 관련하여 저전력 에너지 소모에 대한 연구가 수반되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 김선재, 오원욱, 이창수, 민병욱, 오해석. “Bluetooth기반의 센서네트워크를 이용한 효율적인 심전도 측정시스템 설계.” 한국정보처리학회논문지C 제16-C권 제6호 pp.699-706. 12월, 2009.
- [2] 백승제, 이철희, 정동현, 최용석, 김준영, 최중무. “유비쿼터스 헬스케어 시스템을 위한 센싱 단말기 구현.” 2004년도 한국정보과학회 봄학술발표논문집. ;31(1):pp.124-126. 2004.
- [3] 김문구. “유비쿼터스 시대의 보건의료: u-Health의 전개.” 국회도서관보. ;42(8):pp.58-63. 2005.
- [4] 한태화, 이영호, 강운구, 서영준, 이경진, 황성철, 박래용. “유헬스 환경을 위한 비접촉 무구속 호흡 신호 측정 시스템.” 대한의료정보학회 2006 춘계학술논문집. 2006.
- [5] 정현권. “심전도를 이용한 24시간 연속 건강상태 모니터링에 관한 연구.” 전남대학교 대학원. 2월, 2003.
- [6] 오해석, 박영택, 정문렬, 구건서, 임승린. “진료차트 및 의료영상 기반의 초고속 원격의료진단망 구축.” 정보통신산업진흥원. 10월, 1997.
- [7] 박덕근. “휴대용 생체신호 측정시스템의 무선데이터 전송방식에 관한 연구.” 서울대학교대학원. 2002.
- [8] 이병문, 박연희, 이영호, “지그비 기반의 심전도 센서 노드를 사용한 적응형 심박탐지 모델.” 한국인터넷정보학회논문지 10권3호. pp.27-33. 3월, 2009.

- [9] 김정원 “센서네트워크를 이용한 심전도 측정시스템의 설계 및 구현.” 한국콘텐츠학회논문지 제8권1호. pp.186-194. 1월, 2008.
- [10] 백상헌, 장민, 장덕현, 조기덕, 최양희, 권태경. “유비쿼터스 센서 네트워크를 위한 무선 센서 네트워크와 인터넷 연동 기법.” Telecommunications Review 제15권2호. pp.337-350. 4월, 2005.
- [11] Urban Wiklund, Marcus Karlsson, Nils Östlund, Lena Berglin, Kaj Lindcrantz, Stefan Karlsson, “Adaptive spatio-temporal filtering of disturbed ECGs: a multi-channel approach to heartbeat detection in smart clothing.”, MBEC Vol.45 No.6 pp.515-523.

이 준 연(Jun-Yeon Lee)

[정회원]



- 1992년 8월 : 중앙대학교 컴퓨터 공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 중앙대학교 컴퓨터 공학과 (공학박사)
- 1992년 8월 ~ 1994년 9월 : Microsoft LTD. Developer
- 2000년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 미디어공학과 교수

<관심분야>

센서네트워크, 클라우드컴퓨팅