

# UWB 기반 수면 모니터링을 위한 임베디드 시스템에 관한 연구

윤이진, 최해민, 오현우

한국전자통신연구원 미래원천연구본부

un2genie@gmail.com, haaeminxd@gmail.com, hyunwoo@etri.re.kr

## A Study of Embedded System for Sleep Monitoring based on UWB

I Jin Yun, Hae Min Choi, Hyun Woo Oh

Futtrue&Basic Technology Research Division

Electronics and Telecommunications Research Institute

### 요 약

본 논문은 비접촉식 수면 모니터링을 위한 UWB 레이더 기반의 임베디드 시스템을 제안한다. UWB 레이더로 호흡수, 심박수를 검출하고 임베디드 보드에서는 온/습도, 조도의 환경 요소를 센싱한다. 모바일 앱과 통신하여 유저 및 서버의 정보를 연동할 수 있고, 임베디드 보드에서 모아진 데이터는 서버로 전송된다. 서버에서는 생체정보와 환경정보 그리고 수면상태 정보를 제공하여 사용자로 하여금 수면 상태에 따른 서비스를 이용할 수 있도록 한다.

### I. 서 론

현재 수행되고 있는 수면 다원검사는 높은 검사비용, 여러 센서를 신체에 부착해야 하는 불편함, 평소 수면 환경과의 상이함 등의 문제점이 존재하여 새로운 수면 모니터링 기술 개발이 필수적인 상황이다. 이에 다양한 센서를 활용한 수면 모니터링 연구들이 진행되었다. 그 예로는 산소포화도(PPG센서)를 측정된 수면 무호흡 검출, 흉강의 움직임(가속도센서)을 이용한 호흡 상태 측정[1], 배개에 부착한 압력센서를 활용한 호흡 신호 검출[2], 심전도 신호와 심박 변화율을 이용한 수면 무호흡 검출[3] 등이 있다. 이러한 부착형 센서들을 사용한 수면 상태 측정은 검사 비용을 절감하고 과정을 간소화 한다는 장점이 있지만 센서의 부착으로 인한 불편함을 해소하기에는 어려운 상황이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 비접촉형 수면 모니터링을 위한 임베디드 시스템을 제안한다. 본 논문에서는 수면 상태를 측정하기 위해 IR-UWB 레이더를 사용하여 호흡수, 심박수를 검출하였다. 또한, 생체 신호 외에도 수면에 영향을 줄 수 있는 온도, 습도, 조도의 환경 센서를 자체 제작한 임베디드 디바이스에서 센싱함으로써 수면 환경에 영향을 끼칠 수 있는 요소들을 수집하였다. 임베디드 디바이스에서 수집한 데이터들은 일정한 주기로 서버로 전송된다.

### II. 본론

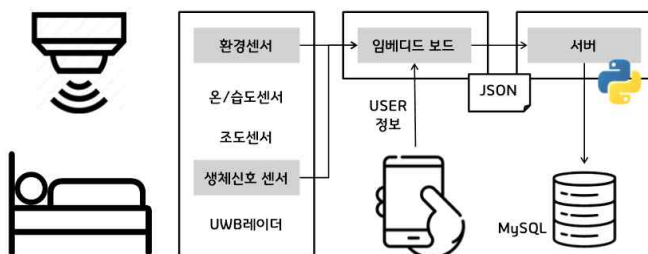


그림 1 수면 모니터링 시스템 구성도

그림 1은 본 연구에서 사용하는 수면 모니터링 시스템의 구성도를 나타낸다. UWB 레이더는 500ms 주기로 생체 신호를 센싱하여 MCU로 전송한다. 임베디드 보드에 부착된 환경 센서인 온/습도, 조도 센서는 각각 2초, 500ms 주기로 센싱 데이터를 MCU로 전송한다. 스마트폰 앱에서는 BLE 통신을 사용하여 임베디드 디바이스의 MAC 어드레스를 탐지하고, MCU가 데이터를 전송할 서버의 IP와 포트를 지정할 수 있다. 모바일 앱에서 임베디드 디바이스와 연결되면 Open API key, User ID, Server IP, 타임스탬프를 전송한다. 위의 과정을 통해 수집된 정보 및 데이터는 JSON 형식으로 HTTP 프로토콜을 사용하여 1초 주기로 서버로 전송된다. 서버는 실시간으로 데이터를 수신 받아 JSON 데이터를 Python Dictionary로 변환하고 MySQL에 저장한다.

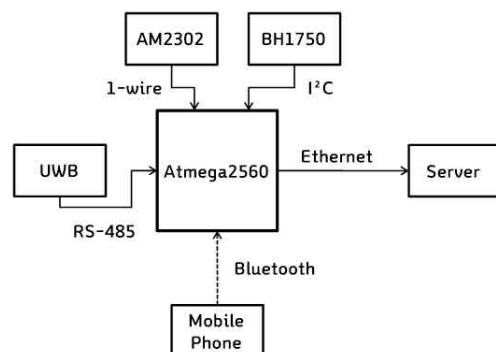


그림 2 H/W 인터페이스 구성도

그림 2는 수면 모니터링 모듈에서 사용하는 센서 및 하드웨어들의 통신 인터페이스를 나타낸다. 오픈소스 하드웨어 플랫폼의 종류에는 아두이노와 라즈베리 파이 등이 있지만, 임베디드 디바이스의 소형화, 경량화 및 저전력 동작을 위한 임베디드 디바이스 제작을 목적으로 Atmega2560을

사용하였다. UWB 레이더는 통신 거리가 길고 여러 레이더를 하나의 임베디드 디바이스에서 관리 가능하게 하기 위하여 RS-485 모듈로 통신한다. 온/습도 센서는 low 신호 이후의 high 신호 길이로 “0”과 “1”을 판별하는 1-wire 통신, 조도 센서는 데이터 선과 클럭 선을 이용한 I2C 통신을 사용한다. 스마트폰 앱과의 통신은 BLE 5.0을 사용한다. 임베디드 디바이스의 Ethernet 모듈은 HTTPD Client 모드로 서버에 데이터를 전송한다.



그림 3 피실험자의 수면상태 측정 환경

그림 3은 수면 모니터링을 위한 실험 환경을 나타낸다. UWB 레이더는 사용자의 기준에서 측면으로 약 1m 거리에 설치한다. 수면 모니터링 측정은 수면시간 6시간을 기준으로 실시되었다.

api_key	user_id	timestamp	type	data	temperature	humidity	lux
596458fe...	48	2020-2-19 ...	3	//8BVaIBAAk8nAAAAABnhwEPReOv+vr...	34.9	9.8	220
596458fe...	48	2020-2-19 ...	3	//8BVaIBAAhUnAAAAADOUAOTZdb2++...	34.9	9.7	220
596458fe...	48	2020-2-19 ...	3	//8BVaIBAAo7nAAAAADRxUOS8Xw+e3...	34.9	9.7	219
596458fe...	48	2020-2-19 ...	3	//8BVaIBAAvrmAAAAJPx0COuIU+HG...	34.9	9.6	219
596458fe...	48	2020-2-19 ...	3	//8BVaIBABRFnAAAAKrnHUTavCWfeU...	34.9	9.5	219
596458fe...	48	2020-2-19 ...	3	//8BVaIBAAOnAAAAAL6oFkK2onw8ID...	34.9	9.6	219
596458fe...	48	2020-2-19 ...	3	//8BVaIBAAOnAAAAAEmMfLPOk+AS...	34.9	9.6	219
596458fe...	48	2020-2-19 ...	3	//8BVaIBAA9nAAAAJg910E1ro9oPPV...	34.9	9.6	219
10173350...	39	2019-9-17 ...	3	//8BVaIBAA5GxwAAAD03L0GAJR+96sc...	34.9	9.8	229
10173350...	39	2019-9-17 ...	3	//8BVaIBABRExwAAAL8MMkGor959NG...	34.9	9.9	229
10173350...	39	2019-9-17 ...	3	//8BVaIBABRExwAAAI9rv0AU7OY9fFo...	34.9	9.8	229
10173350...	39	2019-9-17 ...	3	//8BVaIBABYxwAAAC+K00NvSx4+AA...	34.9	9.9	228
10173350...	39	2019-9-17 ...	3	//8BVaIBAAyxwAAAJ7vJUNCdF+9Gc7...	34.9	9.8	228
10173350...	39	2019-9-17 ...	3	//8BVaIBAA7xwAAAArIs0IcVNW87Bb...	34.9	9.8	229

그림 4 데이터베이스에 저장

그림 4는 그림 3의 실험 환경에서 측정한 데이터를 파이썬 HTTP 서버로 수신하여 실시간으로 MySQL 데이터베이스에 저장한 화면이다. 모바일 앱과 연동하여 Open API key, User ID, 타임스탬프를 수신하고 UWB 생체 신호 데이터, 온도, 습도, 조도 데이터의 센싱 및 서버 수신이 완료된 것을 확인할 수 있다.

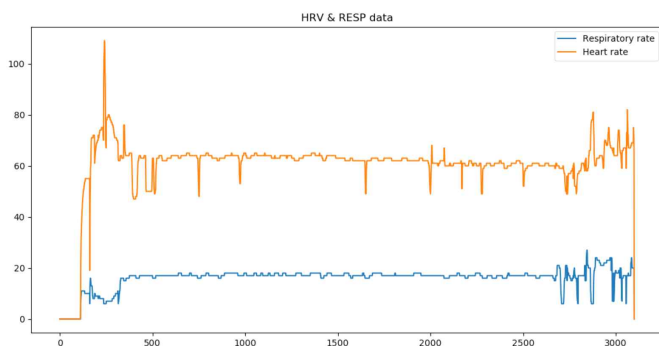


그림 5 수면환경 측정 데이터 그래프

그림 5는 그림 3에서 측정한 데이터 중 1시간 동안의 호흡수 및 심박수 데이터를 시각화한 그래프이다. 안정적인 수면을 취하는 것으로 간주되는 500~2500 사이 수치를 확인해보면 심박수는 60~70, 호흡수는 17~18로 기본 간호학 상 성인의 정상적인 생체 수치이므로 생체 지표 데이터를 습득하는데 성공한 것으로 볼 수 있다. 해당 범위 외의 데이터나, 큰 변동 폭을 보이는 값은 수면 중 뒤척임으로 인한 오차로 확인된다.

### III. 결론

본 논문에서는 사용자의 불편을 최소화할 수 있고 검사 비용을 절감하는 UWB 레이더 기반의 수면 모니터링을 위한 임베디드 시스템을 제안하였다. 비접촉식 레이더를 활용한 수면 모니터링은 사용자가 수면 검사를 하면서 느낄 수 있는 불편함을 최소화하여 보다 더 정확한 결과를 얻을 수 있다. 또한, 모바일 앱으로 기기 및 사용자, 서버를 관리하고 직접 매칭함으로써 수면 모니터링 시스템의 규모의 확장도 가능하다. 본 연구는 UWB 레이더로부터 얻을 수 있는 생체 지표 중 호흡수, 심박수만을 추출하여 확인하였지만, 움직임 여부 및 생체 바이탈 신호도 얻을 수 있기 때문에 향후 해당 신호들을 활용한 수면 효율 분석에 대한 연구로 이어질 수 있다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2018년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 수행된 연구임. (20001841, “학습기반 지능형 상황인지 웨어러블 서비스 시스템 개발”)

### 참 고 문 헌

- [1] 윤상일, “TPG센서 및 가속도센서를 이용한 수면 무호흡 측정 시스템에 관한 연구”, 단국대학교 대학원, 학위논문(석사), pp.1~57, 2017.
- [2] 전명, “압력센서 기반 호흡측정 수면배개”, 계명대학교 대학원, 학위논문(석사), pp.1~28, 2017.
- [3] 조성필, “HRV를 이용한 수면 무호흡 검출에 관한 연구”, 연세대학교 대학원, 학위논문(석사), pp.1~42, 2003.