

수면상태 감지 시스템 개발에 관한 연구

구운서, 이지형, 류상욱, 김경호
 단국대학교 전자컴퓨터공학과

Studies on Development of Sleeping Patterns Sensing System

Yoon-Seo Koo, Ji-Hyoung Lee, Sang-Ouk Ryu, Kyung-Ho Kim
 Electronic Engineering, Dankook University

Abstract - 본 논문에서는 압력·온도 센서를 이용하여 수면자의 수면상태를 인식하고 이를 감지할 수 있는 수면상태 감지 시스템을 제안 하였다. 기존의 수면상태를 측정하는 방법에 있어 문제점으로 들 수 있는 고가의 장비, 측정의 불편 등을 해소하기 위해 사용이 간단한 Straingage 타입의 압력센서와 프로브 타입의 온도센서를 이용하여 저비용의 효율적인 시스템을 구현 하였고, 수면 매트에 실제 적용하여 그 유효성을 평가하였다. 제안된 시스템은 압력·온도센서를 이용해 수면 매트부, 센싱데이터를 감지·수집하여 수신된 데이터를 증폭하는 수면상태 감지정보 시스템부로 구성되었다. 시스템 구축을 위해 먼저, 수면 매트부는 비접촉 방식의 압력·온도 센서를 사용하였고, 수면상태 감지정보 시스템부는 미세한 변화를 보이는 데이터를 차동 증폭기 원리를 이용하여 증폭하였다. 센서가 수면자에 의해 변환할 때 발생하는 아날로그 신호를 검출·증폭한 후 감지하는 시스템이다. 본 연구에서 제안한 수면상태 감지 시스템을 이용하여 개인생활 습관인 수면시간을 실시간으로 감지하고 데이터화하여 수면자의 수면 상태를 파악하여 건강한 수면을 위한 방법을 권고할 수 있다. 향후 감지된 데이터를 이용해 실시간으로 가족들의 수면상태를 알릴 수 있는 헬스케어 모바일 응용 서비스로도 활용이 기대된다.

1. 서 론

인간이 살아가는 동안 깨어서 활동하는 시간은 전체의 2/3이고, 인생의 약 1/3 의 시간을 수면으로 보낸다[1]. 신생아의 경우는 하루 24시간 중에 16시간동안 수면을 취하며, 노인의 경우 5~6 시간 동안 수면을 취한다. 이 1/3의 시간은 허비해 버리는 시간이 아니고 나머지 2/3의 시간을 보다 유용하게 사용하도록 모든 기능이 정리되고 재충전되는 시간이다. 수면시간은 인간에게 있어서 가장 중요한 휴식 시간이며, 육체적·정신적 기능들을 재충전하는 시간이다. 이러한 수면의 역할에 대해서는 많은 연구자들이 다양한 학설을 주장하고 있다. 하나는 외부 리듬에 체내의 활동과 휴식을 같이 조화시키려 하는 적응 행동으로서의 수면이고, 다른 하나는 자신의 내부 환경에 대응해서 적극적으로 활동을 저하시키는 능동적·생리 기능이다. 특히 인체가 적정 체온을 유지하기 위해서는 많은 에너지를 필요로 하는데, 수면에 문제가 있을 경우 이러한 에너지 생산 기능에 문제가 발생할 수 있다. 그러므로 체온을 유지하기 위한 필수 조건으로서의 수면은 고차원적인 생리 기능으로 볼 수 있다[2].

본 논문에서 저비용의 효율적인 압력·온도 센서로 실제 수면매트에 적용하여 수면자의 수면상태를 감지하여 방법과 감지된 데이터로 건강한 수면을 위한 방법을 알려주고, 감지된 데이터로 응용 서비스로의 활용이 가능함을 보여준다.

2. 수면상태 감지 시스템

2.1. 수면상태 감지에 사용되는 센서기술

기존의 수면상태 인식기술에는 사람의 몸무게에 의하여 물체와 사람사이의 접촉면에 발생하는 압력의 분포를 측정하여 이 값을 이용한 방법이 제안되었다[1]. 하지만 이 기술에는 연속적인 모니터링 기능이 없고, 고가의 장비, 측정 불편의 단점이 있다. 이러한 불편함을 해소하기 위해서 본 연구에서는 기존의 수면상태 인식 기술과 이에 적용할 수 있는 가격이 싸고, 측정이 용이한 비 접촉방식의 압력·온도 센서를 사용하여 수면상태를 감지할 수 있는 방식을 제안한다.

〈표 1〉 수면상태 감지에 사용되는 센서 기술

기술	가격 및 적용성	요 구 사 항
제압분포측정기	고가, 즉시	신체와 측정기간 직·간접적인 접촉 및 추가장비 필요
압력센서	고가, 응용	센서를 촘촘히 설치하기 때문에 매트 의 정도에 영향
On/off 스위치	고가, 응용	매트에 많은 수의 센서 배치
압력·온도 센서	저가, 응용	매트에 많은 수의 센서 배치

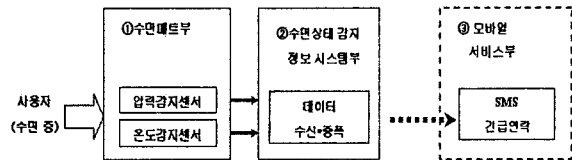
압력센서를 이용한 인식 기술은 무게에 의한 절대적인 혹은 상대적인 압

력으로 인해 발생하는 신호를 측정하는 방법이다[3]. 온도센서는 온도 변화량에 따라 저항이 변화하여 신호를 측정하는 방법이다.

본 논문에서는 표 1 에서 제시한 여러 기술 중 압력·온도 센서를 선택하였다. 변화량이 미세하여 측정의 어려운 단점이 있지만 증폭을 이용하여 측정이 용이하게 할 수 있기 때문에 적용성 및 비용에서 있어서 상대적으로 장점을 보이는 압력·온도 센서를 선택하였다.

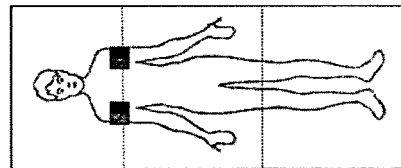
2.2 수면상태 감지 시스템 구성도

본 절에서는 제안하고자 하는 센서를 이용한 수면상태 감지 시스템의 구성에 대해 설명한다. 수면상태 감지 시스템의 구성은 그림 1 과 같이 수면 매트부, 수면상태 감지정보 시스템부, 모바일 서비스부로 구성되어 있다. 계속해서 시스템 구성요소들의 세부적인 구조와 기능에 대해 설명한다.



〈그림 1〉 수면상태 감지 시스템 구성도

수면 매트부는 수면자의 상태를 감지하기 위해 압력·온도 센서를 이용하였다. 사람의 유무를 감지하기 위해 압력센서와 온도센서를 그림 2 와 같이 사람의 가슴부분과 비슷한 위치한 수면매트의 위쪽에서부터 1/3 지점에 각각 한 개씩 2쌍(P:압력센서, T:온도센서)을 일렬로 배치하였다. 압력센서는 사람의 무게인 물리적인 힘에 의해 눌려졌을 때 전기적인 신호를 발생시켜 사람의 유무를 감지한다. 그러나 사람이 아닌 물체의 물리적인 힘에 의해 사람으로 오감지할 수 있기 때문에 온도센서를 병행하여 사용하였다.



〈그림 2〉 압력·온도 센서 배치도

수면상태 감지정보 시스템부는 두 센서로부터 주기적으로 전달받은 데이터를 확인하고 이를 증폭한다. 센서로부터 전달받은 정보의 변화량이 사람이 확인하기에 너무 미세하여 관찰하기 어렵기 때문에 오실로스코프로 측정이 용이한 0~5V 사이의 값으로 증폭하였다.

압력센서는 Strain gage $1k\Omega \pm 1\%$ 를 사용하여 측정범위를 $1k\Omega \pm 0.5\%$ ($995\Omega \sim 1005\Omega$) 로 하였고[4], 온도센서는 프로브 형태로 측정범위는 $20^{\circ}C \sim 35^{\circ}C$ 로 하였다[5]. 압력센서를 실제 매트에 설치하여 사람이 누워서 테스트 해본 결과 $1k\Omega \pm 0.5\%$ ($995\Omega \sim 1005\Omega$) 사이에서 변화를 보여서 측정범위를 정하였다. 온도센서는 보통 실내 온도가 $24^{\circ}C \sim 26^{\circ}C$ 가 적당하지만 수면 시 침구를 사용하고 측정위치가 사람의 등 부분과 접촉하는 수면매트 위이기 때문에 사람의 체온을 고려하여 측정범위를 $20^{\circ}C \sim 35^{\circ}C$ 로 하였다[6]. 이외의 온도에서는 건강한 사람의 숙면에 지장을 준다.

모바일 서비스부는 향후 감지된 데이터를 바탕으로 수면자의 이상이 생겼을 시, 즉 수면시간이 지났는데도 잠자리로 오지 않을 시, SMS, 벨 등으로 가족이나 지인에게 알릴 수 있는 모바일 서비스로 활용할 수 있다.

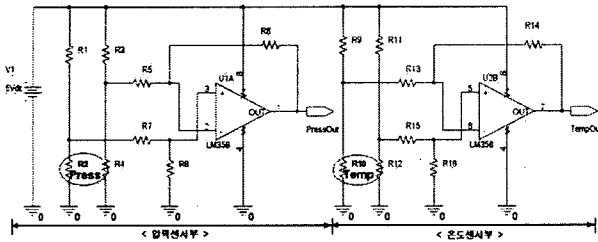
3. 설계, 측정 및 수면상태 확인

본 장에서는 2장에서 제시한 수면상태 감지 시스템 구성요소들을 통합하여 수면자의 상태를 확인할 수 있는 회로 설계와 수면상태를 분석할 수 있는 경우를 보인다. 수면상태 확인 중 사람이 아닌 물체의 물리적인 힘이나

주변 환경에 의해 오 감지했을 때 분별할 수 있는 방법을 기술한다. 그리고 측정 방법은 수면이 들고 최초 측정시 측정값을 기준값으로 하고 주기적으로 측정하여 기준값과 비교하여 수면상태를 확인하였다.

3.1 수면상태 감지 시스템 회로 설계

수면상태 감지 시스템 회로는 LM358(Dual Operation Amplifiers) 칩으로 차동증폭기의 원리를 이용하여 1쌍의 압력 온도센서 회로도를 그림 3과 같이 설계하였다[7].



〈그림 3〉 수면상태 감지 시스템 회로도

5V의 전압을 인가하여 R3(온도센서)과 R12(압력센서)의 변화로 각각의 증폭율(A_P, A_T)에 따라 출력 값을 구할 수 있다. 압력센서 증폭율 A_P, 온도센서 증폭율 A_T는 식 3.1과 같이 구할 수 있다.

$$A_p = \frac{R_6}{R_5} \left(= \frac{R_8}{R_7} \right), \quad A_T = \frac{R_{14}}{R_{13}} \left(= \frac{R_{16}}{R_{15}} \right) \quad \text{--- (식 3.1)}$$

차동 증폭기의 원리를 이용하여 압력의 변화에 따른 출력값 V_{po} 는 식 3.2로 구할 수 있다.

$$V_{po} = V \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \times A_p = V \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \times \frac{R_6}{R_5} \quad \text{--- (식 3.2)}$$

마찬가지로, 온도의 변화에 의한 출력값 V_{to} 는 식 3.3로 구할 수 있다.

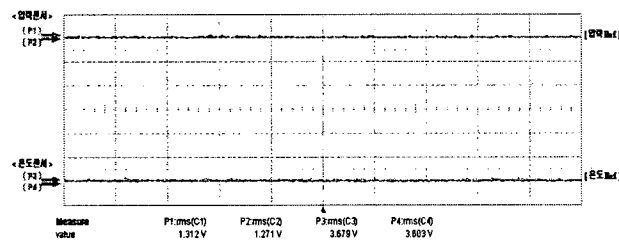
$$V_{to} = V \left(\frac{R_{12}}{R_{11} + R_{12}} - \frac{R_{10}}{R_9 + R_{10}} \right) \times A_T = V \left(\frac{R_{12}}{R_{11} + R_{12}} - \frac{R_{10}}{R_9 + R_{10}} \right) \times \frac{R_{14}}{R_{13}} \quad \text{--- (식 3.3)}$$

으로 구할 수 있다.

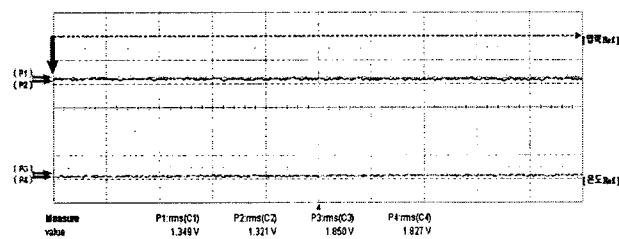
3.2 수면상태 확인

수면자가 수면상태에 있다고 알고 있지만, 수면자가 아닌 다른 물체의 물리적인 힘이나 다른 외부 영향에 의해 수면자로 오 감지 할 수 있다. 이런 경우는 수면매트위에 수면자가 없지만 다른 어떤 사물이 올려진 경우, 난방으로 인해 실내의 온도가 상승하는 경우, 마지막으로 수면자가 있을 경우와 비교하여 수면상태를 확인하는 방법을 오실로스코프로 전압을 측정한다. 여기에서 2쌍의 압력·온도 센서를 사용하였고 오실로스코프 상의 압력센서 (P1, P2), 온도센서(P3, P4)로 나타내었다.

먼저 그림 4와 같이 수면매트 위에 아무것도 없을 경우의 측정값을 기준으로 설정한다.



〈그림 4〉 아무것도 없을 경우의 파형(Ref. 파형)



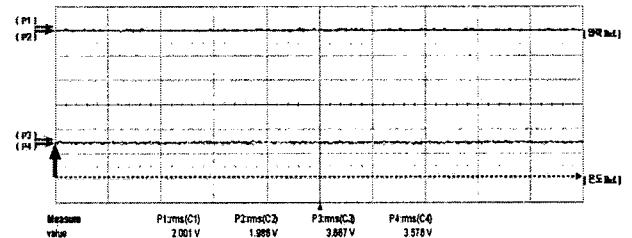
〈그림 5〉 사람이 있을 경우의 파형

수면 매트 위에 사람이 있을 경우

수면매트 위에 수면자가 아닌 어떤 사물에 의해 수면자로 오 감지할 수 있는 경우의 파형은 그림 5와 같이 측정된다. 그림 4와 비교하여 압력센서의 변화는 있으나 온도 센서의 변화는 없음을 알 수 있다. 이 경우 압력센서는 어떤 사물의 무게로 물리적인 힘에 의해 변화한 경우로 수면자가 없음을 알 수 있다.

실내 온도가 상승했을 경우

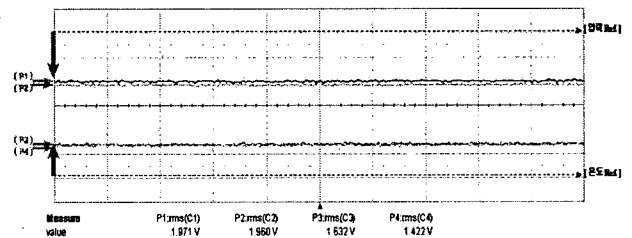
수면매트 위에 수면자는 없지만 실내 온도의 상승으로 수면자로 오 감지할 수 있는 경우의 파형은 그림 6과 같이 측정된다. 그림 4와 비교하여 온도센서의 변화는 있으나 압력센서의 변화는 없음을 알 수 있다. 이 경우 온도센서는 가정의 난방기 등으로 인해 실내온도가 상승하여 온도센서가 변화한 경우로 수면자가 없음을 알 수 있다.



〈그림 6〉 실내 온도가 상승했을 경우의 파형

수면 매트 위에 수면자가 있을 경우(수면 중)

수면매트 위에 수면자가 있을 경우의 파형은 그림 7과 같이 측정된다. 그림 4와 비교하면 사람의 체온과 몸무게로 인해 압력·온도 센서 모두 변화한 경우로 수면매트 위에는 수면자가 있음을 알 수 있다.



〈그림 7〉 수면자 있을 경우(수면 중)의 파형

4. 결 론

본 논문에서는 사용이 간단한 Strainage 형의 압력센서와 Probe 형의 온도센서를 이용하여 저비용의 효율적인 수면상태 감지 시스템을 구현 하였으며, 구현된 측정시스템에 대한 유효성에 대한 확인을 하였다. 실제 수면 매트에 적용하여 수면자의 수면시간을 알 수 있는 데이터를 획득하였고 이 데이터로 수면자가 건강한 수면을 했는지 알 수 있다.

건강한 수면을 취하는 데에는 다음과 같은 몇 가지 방법을 권고한다. 잠 자리에 드는 시간과 아침에 일어나는 시간을 규칙적으로 하기, 낮잠을 피하기, 낮에 많이 날 정도의 운동하기, 술 담배 피하기, 적당한 수분섭취와 과식 피하기 등이 건강한 수면에 도움을 준다.

현재의 측정시스템에서는 침대에 한명만 취침을 한다는 가정 하에 압력·온도 센서를 2쌍으로 구성하였다. 본 연구를 바탕으로 압력·온도 센서 배치에 대한 연구를 통해 2인의 데이터를 동시에 측정하는 기술개발까지 목표로 하고 있다. 또한 수면 중 측정된 자료의 활용도를 높이기 위하여서는 불가피하게 나타나는 움직임에 의한 영향을 최소화하고 이를 보상하는 방법에 대한 연구도 수행하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] Parsons, "The Bedroom", Human Factors, 14(5), 1972
- [2] 井上昌次郎 저, 이영길 역, "수면과 뇌", 대한교과서 주식회사
- [3] 안동인, 김명희, 주수중, "ON/OFF 스위치와 센서를 이용한 홈 거주자의 위치추적 및 원격 모니터링 시스템", 한국정보과학회 논문지 제12권 6호, p. 66-67, 2006.2.
- [4] CAS, 스트레인게이지, <http://www.cas.co.kr/>
- [5] Technox Inc., 써미스트, <http://www.technox.co.kr/>
- [6] 신호준, "수면 초기 실내 온도 변동이 인체에 미치는 영향", 한국교육학술정보원, pp. 56-57, 2007
- [7] 김장기 외 9인저, "전자회로", 청문각, pp. 52-54, 2001