

근로효율 향상을 위한 열전소자 기반 스마트 쿨링자켓 시스템 개발

김지인*, 박능업*, 박창병*, 김정훈**, 고석주***

*㈜신라시스템

**경북대학교 비선형동역학연구소

***경북대학교 컴퓨터학부

e-mail : jikim@sillasystem.com

Development Of Smart Cooling Jacket System Based On Thermoelectric Element To Improve Labor Efficiency

Ji-In Kim*, Neung-Um Park*, Chang-Byung Park*, Jung-Hun Kim**, Seok-Joo Koh***

*Research Institute, Sillasystem Co. Ltd.

**Nonlinear Dynamics of Research Institute, Kyungpook National University

***Department of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University

요 약

본 논문은 열전소자를 활용한 열 피로 회복을 위한 쿨링자켓과 사물인터넷 기술을 활용한 효과적인 쿨링자켓 온도 조절을 위한 시스템을 개발하여 산업 근로자, 소방관 등 신체 활동이 많거나 열이 발생하는 근로자의 근로효율 향상에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

1. 서론

최근 폭염 특보 발령 등 온열 질환의 발생이 지속적으로 증가하는 등 열 피로로 인한 문제점이 지속적으로 발생하고 있다. 특히, 열 피로는 산업 근로자, 소방관, 운동선수 등 신체 활동이 높은 활동 인구에서 많은 문제점을 야기하고 있으며, 이는 신체 내 주요 장기(심장, 폐, 간, 신장, 뇌 등)의 온도 상승으로 인하여 극도의 피로감, 지구력 및 인지능력의 급속한 붕괴를 야기하고 심할 경우 뇌손상을 야기하기도 한다. 반대로 심부 체온을 낮출 수 있는 경우 신체 역량이 증가하고, 건강 위험이 감소한다는 연구 결과가 있다. 상기 연구에서는 극한지에서 작전을 수행하는 군인을 대상으로 심부체온을 낮출 수 있는 냉각 기술에 대한 연구가 진행되었다.

특히 열 피로의 경우 근로 효율에도 큰 영향을 미치며, 근로 형태에 따라 최적의 온도 환경 또한 다르다. 각각의 근로환경에는 근로효율을 향상시키기 위한 적정온도가 필요하며, 본 논문에서는 근로효율을 극대화하기 위하여 열전소자 기반의 스마트 쿨링자켓 개발을 제안한다. 해당 디바이스는 온도가 높은 계정이나 지역에서 말초 피부의 온도를 낮춰 줌으로써 피로도를 줄이는 효과를 얻을 수 있으며, 열이 발생하는 근로 현장, 화재 현장과 같은 응급 상황 발생 시 활용할 수 있으며, 폭염 환경에서의 야외 활동 등 다양한 분야에서 응용이 가능하다. 특히, 스포츠 운동 분야에서는 운동 능력 향상 및 짧은 회복시간, 지구력 증가의 효과를 얻을 수 있으며, 체온 낮춤에 의한 열 피로 회복을 통한 피로도 회복의 경우 이미 임상 실험을 통해 검증이 완료되었다.

2. 관련연구

신체 부위 냉각이 심부 체온 변화에 영향을 주는지 확인하기 위하여 다양한 환경에서 실험을 진행하였다. 그림 1은 신체의 각 부위를 30분 동안 냉각했을 때의 심부 체온의 변화를 보여준다.

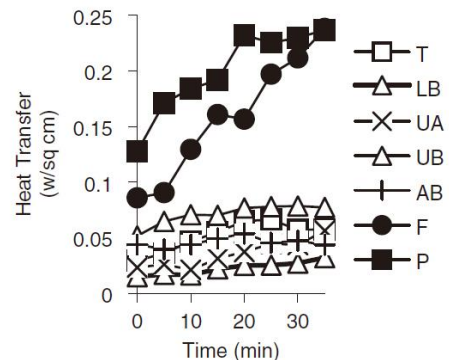


그림 1. 신체 부위별 냉각 효과 비교

그림에서 보면, 심부 체온의 저하에 있어서 가장 효과적인 부위는 등 하부(LB), 어깨 상부(UA), 배(AB), 허벅지(T), 등 상부(UB), 얼굴(F), 손바닥(P) 순으로 효과적인 것을 알 수 있다. 하지만 본 논문에서 개발하고자 하는 냉각 시스템의 주목적은 근로효율의 향상이므로, 근로효율 향상과 사용자 착용의 편의성을 위해 손바닥과 얼굴이 아닌 등 상부를 목표로 설정하고 쿨링 자켓 개발을 제안한다.

본 논문에서 사용하고 있는 열전 소자는 펠티어 효과를 이용한 것으로 다른 도체로 이루어진 회로를 통해 직류 전류를 흐르게 하면 전류 방향에 따라

서로 다른 도체 사이의 접합의 한쪽은 가열되는 반면, 또 다른 한 쪽은 냉각이 되는 현상을 이용한다.

그림 2는 열전소자의 구조와 작동을 보여준다.

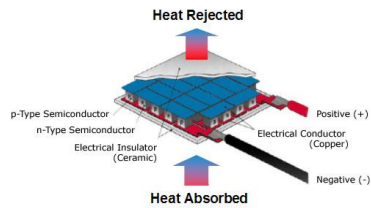


그림 2. 열전 소자 구조와 작동

위와 같은 특성을 바탕으로 열전 소자는 자동차 온도조절 시트, 김치냉장고, 소형 냉장고, 와인 냉장고와 같은 가전제품, 컴퓨터 CPU 냉각장치 등 널리 사용되고 있으며, 본 논문에서도 이러한 특성을 이용하여 스마트 쿨링 시스템을 개발하였다.

3. 스마트 쿨링 자켓

본 논문에서는 근로효율 개선을 위한 심부 체온 하락을 위해 스마트 쿨링 자켓 시스템을 제안한다. 그림 3은 쿨링 자켓 시스템을 보여준다.

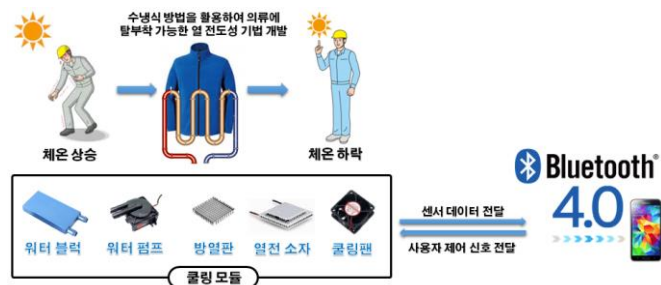


그림 3. 쿨링 자켓 시스템 구성도

본 논문에서 제안하는 스마트 쿨링 자켓 시스템은 열전 소자를 활용한 냉각 모듈을 개발하고, 해당 냉각 모듈을 활용하여 워터 블록 내의 냉매를 냉각시키며, 이러한 냉매는 워터 펌프와 튜브 소재를 활용한 순환 통로를 지나감으로써 등 부위의 냉각을 수행한다. 정밀한 온도 조절을 위하여 스마트폰을 활용한 온도 조절 어플리케이션을 개발하여 사용자 접근성을 높이고, 냉각 모듈을 제어할 수 있도록 한다.

4. 구현

본 논문에서 제안한 열전소자 기반의 스마트 쿨링 자켓을 구현하였다.

냉각 모듈의 경우 열전 소자의 온도와 냉매의 온도를 체크할 수 있고, 스마트폰과의 통신을 위한 블루투스 모듈이 포함된다. 또한 열전 소자, 냉각 팬, 워터 펌프의 전원을 관리할 수 있고, 배터리 체크를 할 수 있도록 구현하였다. 전체 모듈에 대한 전원

관리 기능도 포함되어 있으며, 필요 시 열전 소자 동작 방식 또한 변경이 가능한 형태로 구현되었다.

그림 4는 냉각 모듈의 구조도이다.

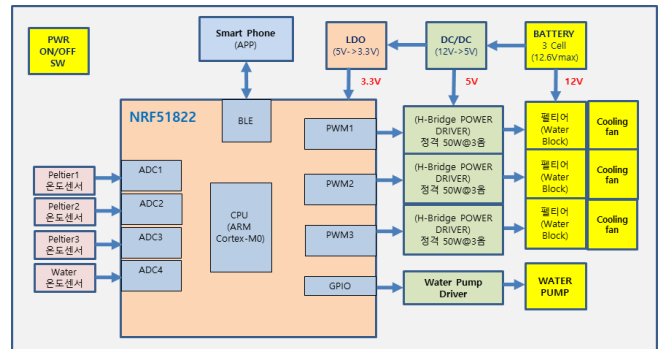


그림 4. 쿨링 모듈 구조도

또한, 스마트 폰을 활용한 모듈의 상태 확인 및 제어를 위해서 안드로이드 기반의 스마트폰 어플리케이션을 개발하였다. 그림 5는 개발된 스마트폰 어플리케이션 화면이다.



그림 5. 스마트폰 어플리케이션

어플리케이션을 시작할 경우 블루투스 모듈 연결 여부를 확인하고, 연결되지 않을 경우 블루투스 스캐닝을 통해 연결 가능한 디바이스 목록을 표시하고 페어링을 수행한다. 온도 조절 화면에서는 모드 변경을 통해 쿨링과 히팅 모드 조절이 가능하고, 단계를 세분화하여 1~20 단계까지 지정이 가능하다. 목표 온도를 설정하게 되면 모드와 레벨에 관계없이 최대 쿨링/히팅으로 빠른 속도로 목표 온도로 도달할 수 있게 한다. 또한, 현재 펠티어의 온도를 화면에 표시하여 사용자 온도 조절에 편의성을 제공한다.

기존 의류에 적용 가능하도록 열 전도성 소재의 탈부착이 가능하도록 개발하였다. 이를 위해 하드 케이스를 제작하였으며, 제작 과정에서 기존 모듈의 모델링 및 기구 설계를 수행하였다. 이 때 냉각 모듈의 성능은 효과적인 열전 소자의 냉각에 따라 많은 차이가 발생하므로 열기의 빠른 배출을 위하여 하드케이스 외부에 통풍을 위한 순환 통로를 제작하였다.

그림 6은 개발 하드 케이스의 기구 설계 및 3D 렌더링 결과이다.

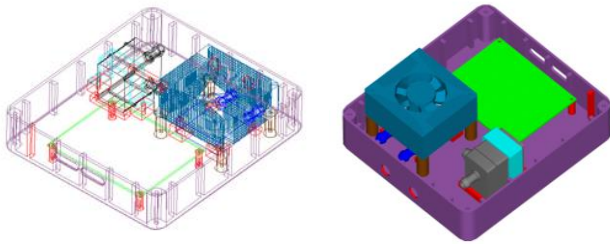


그림 6. 하드케이스 디자인 (3D 렌더링)

본 논문에서는 심부 체온 냉각을 위한 쿨링 모듈과 사용자의 손쉬운 제어 및 정보 확인을 위한 스마트폰 어플리케이션을 개발하여 근로효율을 향상시키기 위한 스마트 쿨링 자켓 시스템을 개발하였다. 그림 7은 개발 완료된 스마트 쿨링 자켓이다.



그림 7. 개발 완성품 (스마트 쿨링 자켓)

쿨링자켓 부분은 효율적인 냉각을 위해 튜브 형태로 구성이 되어 있으며, 냉각 모듈에서 나온 냉매가 가늘게 퍼지는 형태로 구현되어 있다.

6. 결론

본 논문에서는 열전 소자를 활용한 근로효율 향상을 위한 스마트 쿨링자켓과 편리한 쿨링자켓의 상태 확인 및 제어를 위한 스마트폰 어플리케이션을 개발하였다. 이러한 쿨링 기능을 부여하는 제품의 개발은 IT와 융합하여 실생활의 문제점을 해결하고 차별화된 아이템으로써 새로운 시장을 창출할 수 있다. 구체적으로 쿨링자켓의 경우 소방관 등 더위와 싸워야 하는 직업군에 절대적으로 필요하며, 더 나아가 의료용 제품, 군용 제품 등과 같이 광범위한 산업영역으로의 진출이 가능하다.

향후 제품 고도화 및 시장성 강화를 위해 냉각팬 및 방열판의 소형화와 흡기 및 배기 구조 개선을 통한 쿨링 효율 개선을 통한 고효율 시스템 개발을 통해 사용자 편리성 증대를 추구할 예정이다.

감사의 글

이 논문은 중소기업벤처부가 지원한 ‘산학협력기술개발사업’으로 지원을 받아 수행된

연구 결과입니다. [과제명: 노인·근로자의 열 피로 회복 및 고열장애 예방을 위한 스마트 쿨링 자켓 개발 / 과제고유번호: S2635774]

참고문헌

- [1] H. Craig Heller, Dennis A. Grahn, “Enhancing Thermal Exchange in Humans and Practical Applications”, Disruptive Science and Technology, vol. 1, no. 1, pp.11-19, 2012.
- [2] D. A. Grahn, J. L. Dillon, H. C. Heller, “Heat Loss Through the Glabrous Skin Surfaces of Heavily Insulated, Heat-Stressed Individuals”, Journal of Biomechanical Engineering, vol. 131, 20.
- [3] “Thermoelectric Coolers Basics”. TEC Microsystems. Retrieved 16 March 2013.