

IT 기술을 접목한 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템 Whole-body Management System using Ultra-Low Temperature Cyclical Cooling Method Combined with IT Technology

김 주 호*, 이 주 현**, 이 승 호*★

Joo-Ho Kim*, Joo-Hyun Lee**, Seung-Ho Lee*★

Abstract

In this paper, we propose a whole-body management system using ultra-low temperature cyclical cooling method combined with IT technology. The proposed system has the following characteristics. First, it minimizes maintenance costs by circulating nitrogen gas cooled by ultra-low temperature inside the controller. Secondly, based on the information measured by the temperature sensor and oxygen concentration sensor, nitrogen gas is supplied to provide safe ultra-low temperature whole-body management. Thirdly, after entering the user's height, it provides convenient, ultra-low temperature whole-body care that can be controlled using an automatic lift. Fourth, it provides an easy-to-access, easy-to-manage GUI and a manager-only web program for whole-body management system operation. The results tested by the authorized testing agency to assess the performance of the proposed system were measured in the range of $\pm 5\%$, the world's highest temperature sensor accuracy, and a range of -110°C to -150°C greater than the world's highest whole-body management temperature range ($-110^{\circ}\text{C} \sim -140^{\circ}\text{C}$). In addition, humidity was measured at less than 40%, the world's highest, and oxygen concentration was more than 18%, the world's highest. Therefore, the effectiveness of the methods proposed in this paper was demonstrated because they produced the same results as the world's highest levels.

요 약

본 논문에서는 IT 기술을 접목한 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 다음과 같은 특징들을 가진다. 첫 번째로 초저온으로 냉각된 질소가스를 관리기 내부에서 순환시킴으로써 유지비용을 최소화한다. 두 번째로 온도센서와 산소농도센서로 측정된 정보를 기초로 질소가스를 공급하여 안전한 초저온 전신관리를 제공한다. 세 번째로 사용자의 신장을 입력한 후에 전자동 리프트를 이용하여 제어 가능한 편리한 초저온 전신관리를 제공한다. 네 번째로 접근이 쉽고 조작성이 편리한 GUI 및 전신관리 시스템 운영을 위한 관리자 전용 웹 프로그램의 GUI를 제공한다. 제안된 시스템의 성능을 평가하기 위하여 공인시험기관에서 실험한 결과는 온도센서 정확도는 세계 최고 수준인 $\pm 5\%$ 의 범위에서 측정이 되었고, 전신관리 온도범위는 세계 최고 수준 ($-110^{\circ}\text{C} \sim -140^{\circ}\text{C}$)보다 넓은 $-110^{\circ}\text{C} \sim -150^{\circ}\text{C}$ 의 범위가 측정되었다. 또한, 습도는 세계 최고 수준인 40% 미만으로 측정이 되었고, 산소농도도 세계 최고 수준인 18% 이상으로 측정되었다. 따라서 본 논문에서 제안한 IT 기술을 접목한 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템의 성능이 세계 최고 수준과 동일한 결과를 산출하였기 때문에 그 효용성이 입증되었다.

Key words : Ultra-Low Temperature, Cyclical Cooling System, Safety Device, Embedded Control System, GUI, Lift, Temperature Sensor, Oxygen Sensor

* (Undergraduate Student, Professor)Dept. Electronics & Control Engineering, Hanbat National University

** (CEO) M1 INTERNATIONAL INC.

★ Corresponding author

E-mail : shlee@cad.hanbat.ac.kr, Tel : +82-42-821-1137
Manuscript received June. 2, 2020, revised June. 19, 2020, accepted June. 24, 2020.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

크라이오테라피(Cryotherapy)는 1970년대 일본의 토시로 야마우치(Toshiro Yamauchi) 박사에 의해 처음 소개가 된 이후 1984년 유럽 독일에서 Fricke에 의해 치료기술로 발전되어 지난 30년 이상 동안 치료효과에 대하여 다양한 분야에서 연구가 이루어져 왔다. 영하의 온도($-100^{\circ}\text{C} \sim -160^{\circ}\text{C}$)[1]로 냉각된 냉기를 3~5분 동안 얼굴 또는 피부에 자극을 주어 피부의 온도가 약 10°C 정도 내려가 돌아오는 과

정에서 발생하는 혈액순환 및 피부 자극을 통해 신체가 지닌 자가 면역기능을 활성화시켜 항염증효과, 여드름 개선, 근육 및 관절회복 등에 효과가 있다고 알려져 있다[2][3]. 현재 수입되어 사용되는 외산 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템은 온도제어가 질소의 유량제어에 의해서만 결정되어 동상의 위험이 있으며[4], 전자식 안전관리 방식이 아닌 배기장치치를 통한 기계식 안전관리로 질소소비량이 과다하여 질소 낭비가 과다하며 경제성이 낮다. 또한 내부의 산소농도를 알 수 없어 질식 등 산소부족으로 인한 위험성이 높다. 이 외에도 많은 문제점이 내포 하고 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 외산 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템보다 효율이 높고 안전한 관리가 가능하고 운영비용 절약에 따른 경제성이 높은 IT 기술을 접목한 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템을 제안한다.

II. 본론

1. IT 기술을 접목한 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템 구성도

본 논문에서 제안하는 IT 기술을 접목한 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템 구성도는 그림 1과 같다.

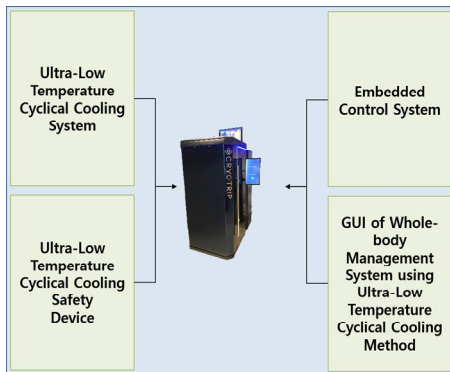


Fig. 1. Composition diagram of Whole-body Management System using Ultra-Low Temperature Cyclical Cooling Method.
그림 1. 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템 구성도

2. 초저온 순환 냉각 장치

초저온 순환 냉각 장치는 액화질소통 속의 액화 질소를 액화질소 공급모듈, 액화질소 공급제어를 통하여 기화기에 공급하고 기화기를 통해 기화된 냉기는 공급용 팬을 통하여 초저온 전신관리 챔버를 냉각하여 사용자에게 -150°C 의 차가운 냉기를 제공한다. 그림 2는 초저온 순환 냉각의 흐름도를 나타내고 있다.

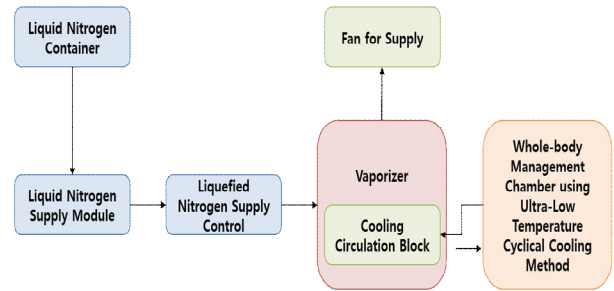


Fig. 2. Flow Chart Ultra-Low Temperature Cyclical Cooling.
그림 2. 초저온 순환 냉각의 흐름도

3. 초저온 순환 냉각 안전 장치

초저온 냉각 안전장치는 산소센서, 전동식 리프트[5], 비상정지 스위치로 구성되어 사용자의 안전을 확보한다. 임베디드 제어시스템 알고리즘과 동기화하여 초저온 전신관리기의 동작 전체에 관여 되도록 하여 사용자의 안전이 확보되도록 설계 및 제작한다. 그림 3은 초저온 순환 냉각 안전 장치의 동작 로직 흐름도를 나타내고 있다.

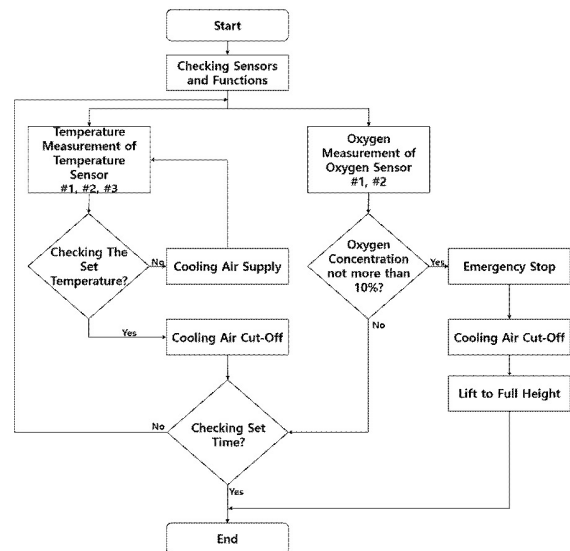


Fig. 3. Operation Logic Flow Chart of Ultra-Low Temperature Cyclical Cooling Safety Device.
그림 3. 초저온 순환 냉각 안전 장치의 동작 로직 흐름도

4. 임베디드 제어 시스템[6]

임베디드 제어 시스템은 초저온 순환 냉각 전신 관리기 구성요소를 제어하도록 설계한다. 전자부는 제어부, 통신부, 전원부로 구성된다. 설계시에 방수, 노이즈 저감, 저전력 안정화, 각종 센서 제어 안정화를 고려한다. 또한 윈도우를 기반으로 하는 제어 PC 또는 Tablet PC로 구성된 통합 제어시스템 등이 가능하도록 설계한다. 그림 4는 임베디드 제어 시스템의 블록도를 나타내고 있다.

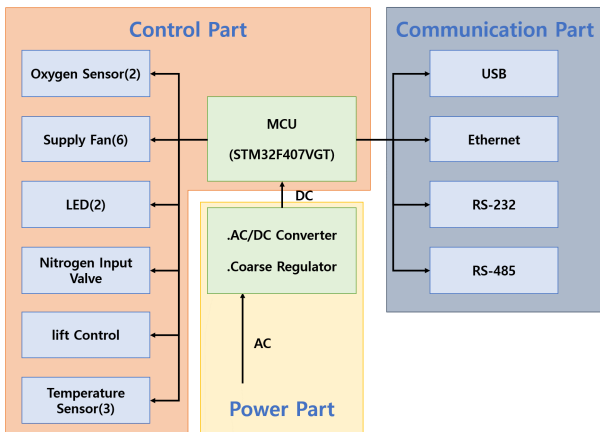


Fig. 4. Block diagram of Embedded Control System.
그림 4. 임베디드 제어 시스템의 블록도

4.1. 제어부

제어부는 STM32F407VET, 2개의 산소센서, 3개의 온도센서, 6개의 공급용 팬, 2개의 LED, 질소입력 밸브, 리프트 컨트롤(인버터, 2개의 리미트센서) 등으로 구성되어 있다. 산소센서, 온도센서, 공급용 팬, LED, 질소입력 밸브, 리프트 컨트롤 등의 제어가 가능하도록 설계한다, 산소센서와 온도센서는 지속적으로 측정결과를 수집하도록 설계한다, 밸브, 리프트 등 세션 운영에 관련된 제어는 입력된 수치로 운영 하도록 설계한다.

4.2. 통신부

통신부는 USB, Ethernet[7], RS-232, RS-485 등으로 구성되어 있다. USB는 펌웨어 업로드를 위해 구성한다. Ethernet은 제어 PC와 Ethernet 통신으로 GUI와 연동으로 구성한다. RS-232는 Ethernet과 같은 제어 PC와의 제어를 통신하기 위해 구성하였으며, RS-485는 확장을 위한 통신 포트로 구성한다.

4.3. 전원부

전원부는 상시 전원 220V 60Hz를 공급받아 제어부 및 통신부, 디스플레이부에 필요한 DC 전원을 AC/DC 컨버터를 통해 공급한다. 저전력 안정화 회로 및 노이즈 저감, 최신 전자파 차감기술을 적용한 회로설계를 반영하여 설계한다.

4.4. 임베디드 제어 시스템의 보드 제작

그림 5는 제작된 임베디드 제어 시스템의 보드를 나타내고 있다.

5. 초저온 순환 냉각 방식의 전신관리 GUI

그림 6의 초저온 순환 냉각 방식의 전신관리 GUI

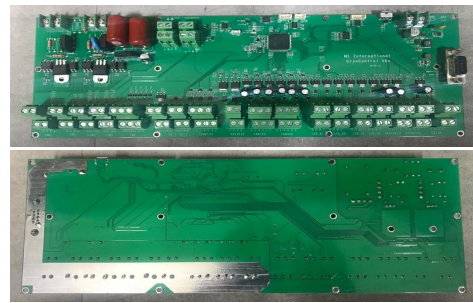


Fig. 5. Board Image of Embedded Control System.
그림 5. 임베디드 제어 시스템의 보드 이미지

는 설정이 필요한 예비냉각, 세션 온도, 세션 시간, 리프트, 세션 확인 및 시작 구성 등을 나타낸다.

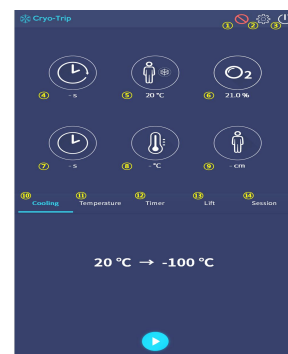


Fig. 6. GUI of Whole-body Management System using Ultra-Low Temperature Cyclical Cooling Method.
그림 6. 초저온 순환 냉각 방식의 전신관리 GUI

그림 7은 전신관리기의 정보 및 고객의 정보, A/S 접수 및 처리에 대한 정보를 확인할 수 있는관리자 전용 웹 프로그램의 GUI를 나타내고 있다.



Fig. 7. GUI of Administrator-Only Web Program.
그림 7. 관리자 전용 웹 프로그램 GUI

6. 성능 실험

6.1. 실험 방법

본 논문에서 제안한 IT 기술을 접목한 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템의 성능을 평가하기 위하여, 공인인증기관에서 그림 8과 같이 테스트 환경을 구축하여 실험하였다. 온도센서 정확도는 온도 25.2±1.1℃, 습도 34±1%R.H.의 조건에서

KOLAS 온도측정기기 교정절차에 따라 진행하였다. 전신관리 온도범위는 -110°C 부터 10°C 의 간격으로 -150°C 까지 반복 측정하였다. 습도는 전신 관리 시스템의 사용대기 상태에서 3단의 습도를 5회 반복 측정하고, 전신관리기를 -110°C 로 구동 한 후에 전신 관리 시스템의 내부에 3단(상, 중, 하)에 표준 습도기를 배치하여 5회 반복 측정하였다. 산소농도는 전신 관리 시스템의 사용대기 상태에서 사용자의 호흡부분(상단)에서 산소농도를 측정하고 5회 반복 측정하여 산소농도를 측정하고, 전신 관리 시스템을 -110°C 로 구동할 때 사용자의 호흡부분(상단)에서 산소농도를 측정하였다.



Fig. 8. Full Hardware Image.
그림 8. 전체 하드웨어 이미지

6.2. 실험 결과

실험 결과는 표1과 같이 온도센서 정확도는 세계 최고 수준인 $\pm 5\%$ 의 범위에서 측정이 되었고, 전신 관리 온도범위는 세계 최고 수준($-110^{\circ}\text{C} \sim -140^{\circ}\text{C}$)보다 넓은 $-110^{\circ}\text{C} \sim -150^{\circ}\text{C}$ 의 범위가 측정되었다. 또한, 습도는 세계 최고 수준인 40% 미만으로 측정이 되었고, 산소농도도 세계 최고 수준인 18% 이상으로 측정되었다. 따라서 본 논문에서 제안한 IT 기술을 접목한 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템의 성능이 세계최고 수준과 동일한 결과를 산출하였기 때문에 그 효용성이 입증되었다.

Table 1. Experimental Results

표 1. 실험 결과

Evaluation Item (Performance Specifications)	Unit	Evaluation Result
Accuracy of Temperature Sensor	%	$\pm 5\%$
Temperature Range of Whole-body Management	$^{\circ}\text{C}$	$-110 \sim 150^{\circ}\text{C}$
Humidity	%	$< 40\%$
Oxygen Concentration	%	$> 18\%$

III. 결론

본 논문에서는 IT 기술을 접목한 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 기존의 외산 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템 보다 효율이 높고 안전한 관리가 가능하고 운영비용 절약에 따른 경제성이 높도록 설계되었다. 제안된 시스템의 성능을 평가하기 위하여 공인시험기관에서 실험한 결과는 온도센서 정확도는 세계 최고 수준인 $\pm 5\%$ 의 범위에서 측정이 되었고, 전신관리 온도범위는 세계 최고 수준($-110^{\circ}\text{C} \sim -140^{\circ}\text{C}$)보다 넓은 $-110^{\circ}\text{C} \sim -150^{\circ}\text{C}$ 의 범위가 측정되었다. 또한, 습도는 세계 최고 수준인 40% 미만으로 측정이 되었고, 산소농도도 세계 최고 수준인 18% 이상으로 측정되었다. 따라서 본 논문에서 제안한 IT 기술을 접목한 초저온 순환 냉각 방식의 전신 관리 시스템의 성능이 세계최고 수준과 동일한 결과를 산출하였기 때문에 그 효용성이 입증되었다. 향후 연구 진행 방향은 개인 맞춤형 국소부위 질소 냉각 장비 개발이 필요하다고 사료된다.

References

[1] WESTERLUND, Tarja, et al, "Thermal responses during and after whole-body cryotherapy (-110°C)," *Journal of thermal biology*, vol.28, no.8, pp.601-608, 2003. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2003.08.006

[2] Banfi, Giuseppe, et al, "Whole-body cryotherapy in athletes," *Sports medicine*, vol.40, no.6, pp.509-517, 2010. DOI: 10.3389/fphys.2017.00258

[3] Bleakley, Chris M, et al. "Whole-body cryotherapy: empirical evidence and theoretical perspectives," *Open access journal of sports medicine*, vol.5, pp.25, 2014. DOI: 10.2147/OAJSM.S41655

[4] Öksüz, S., et al. "Frostbite injury of the breast: a case report," *Annals of burns and fire disasters*, vol.27, no.2, pp.105. 2014.

[5] WOLFF, Richard J, Electric human lift, U.S. Patent Application, No.11, pp.437-309, 2007.

[6] Young-Ji Lee, Joo-Hyun Lee, Seung-Ho Lee, "Development of Embedded Board for Integrated Radiation Exposure Protection Fireman's Life-saving Alarm," *Journal of IKEEE*, vol.23, no.4, pp.1461-1464, 2019. DOI: 10.7471/ikeee.2019.23.4.1461

[7] Metcalfe, Robert M., and David R. Boggs, "Ethernet: Distributed packet switching for local computer networks," *Communications of the ACM*, vol.19, no.7, pp.395-404, 1976. DOI: 10.1145/360248.360253