항만·선박 내 심정지 환자 응급 처치를 위한 스마트 심폐소생기

신윤정[1], 오민지[1], 이동규[1], 김승환[1], 김지환[2], 김인수[3]
[1]한국공학대학교 전자공학과 ,[2]한국공학대학교 임베디드공학과, [3]ECS텔레콤
dbswjd1797@naver.com, ohminji426@naver.com, dlehdrb30620@naver.com,
seunghwan36@naver.com, djdjskskalal@gmail.com, diun81@daum.net

Smart CPR Device for Emergency Treatment of Cardiac Arrest Patients in Ports and Ships

Yun-Jeong Shin[1], Min-Ji Oh[1], Dong-Gyu Lee[1], Seung-Hwan Kim[1], Ji-Hwan Kim[2], In-Soo Kim[3]
[1]Dept. of Electronic Engineering, Tech University of Korea,
[2]Dept. of Embedded System, Tech University of Korea, [3]ECS Telecom

요 약

본 논문은 항만 작업자와 같이 전문적인 의료 지식이 없는 일반인도 심정지와 같은 응급상황 발생 시 효과적으로 사용할 수 있는 자동화된 심폐소생술 시스템인 Smart CPR Machine을 제안한다. 이 시스템의 주요 특징은 다음과 같다. 첫째, 리니어 레일과 리니어 액추에이터를 이용해 자동으로 정확한 흉부 압박 위치로 이동하며, 색상 인식 카메라와 압박 센서를 통해 정확한 압박 지점을 식별할 수 있다. 둘째, 심박수 센서와 연동하여, 사람의 개입 없이도 심박수에 맞춰 자동으로 심폐소생술을 수행한다. 셋째, 애플리케이션을 통해 실시간으로 심박수를 모니터링하며, 위급 상황 시 119 신고 및 위치 추적 기능을 제공하여 신속한 대응이 가능하다.

1. 서론

항만 작업 중 사고로 숨지거나 다치는 사람은 매년 증가하는 추세이다. 여러 항만 공사에서는 심정지와 같은 응급상황 발생 시 신속한 대처를 위해 항만 근로자를 대상으로 심폐소생술(CPR) 실습 교육을 진행한다[1]. 하지만, 항만에서의 동시다발적 사고 및 운항 중인 선박에서의 예기치 못한 사고로 발생하는 심정지 환자 대응에 항만 근로자의 적극적인 개입을 기대하기 어렵다[2]. 따라서, 항만·선박 내 근로자들의 심박수를 실시간으로 모니터링하여, 심박수 이상이 감지되면 위치 데이터를 전송하고 심정지 환자의 생존율을 높여줄 자동심폐소생기 기술이 필요하다. 이에 본 논문은 “항만·선박 내 심정지 환자 응급 처치를 위한 스마트 심폐소생기”를 제안한다.

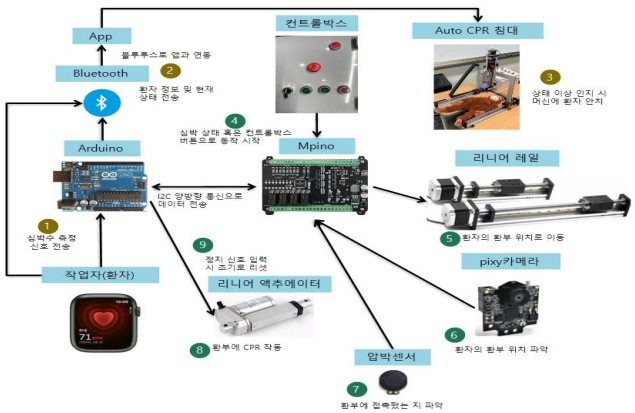
본 시스템의 주요 기능은 네 가지로 나눌 수 있다.

첫째, 항만 근로자의 심박수를 심박수 센서 통해 측정한다. 둘째, 측정된 근로자의 심박수가 정상 심박수보다 낮은 경우, 근로자 위치를 전송한다. 셋째, 스마트 심폐소생기는 이동형과 고정형 모두 가능하다. 넷째, 카메라 센서를 통해 심정지 근로자의 환부를 인식해서 자동으로 심폐소생술을 실시한다.

2. 본론

2.1 시스템 구성도

(그림 1)은 시스템 구성을 도식화한 것이다. 항만 및 선박 작업자의 심박수를 실시간 모니터링하여 위기상황 시, 위치 추적 및 심박수에 따른 자동 심폐소생술을 실시하는 앱과 환자의 압박위치로 이동시킬 수 있는 리니어 레일과 리니어 액추에이터, 환자의 압박부위를 인식하는 카메라와 압박센서, Mpino와 Arduino 보드로 구성된다.



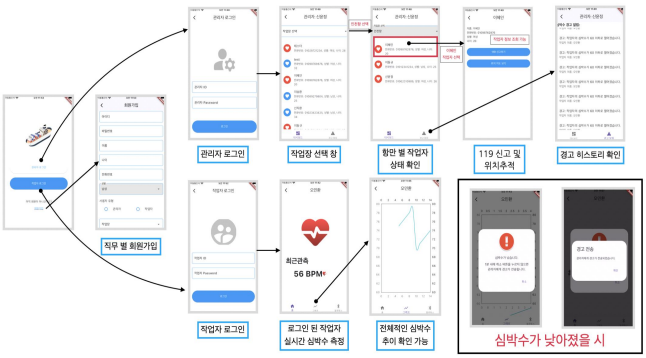
(그림 1) 시스템 구성도

2.2 모바일 흐름도

(그림 2)는 모바일 애플리케이션 흐름을 도식화한 것이다. 이 애플리케이션은 관리자와 작업자 두 가지 사용자 유형에 적합한 서비스를 제공한다.

회원가입 시 사용자는 직무, 개인정보, 근무지 등을 등록하며, 로그인 후 관리자 메인 화면에서 자신이 관리하는 항만을 선택할 수 있다. 선택한 항만에 속한 작업자의 심박수 상태를 실시간으로 확인할 수 있으며, 특정 작업자를 선택하면 해당 작업자의 정보와 위치를 조회할 수 있고, 필요 시 119 신고도 가능하다.

작업자 메인 화면에서는 자신의 심박수를 숫자와 그래프로 시각적으로 확인할 수 있다. 만약 심박수가 비정상적인 상태일 경우, 시스템은 자동으로 관리자에게 경고 알림을 전송한다. 또한, 작업자의 심박수에 따라 스마트 심폐소생기가 자동으로 작동하는 기능도 포함되어 있다.

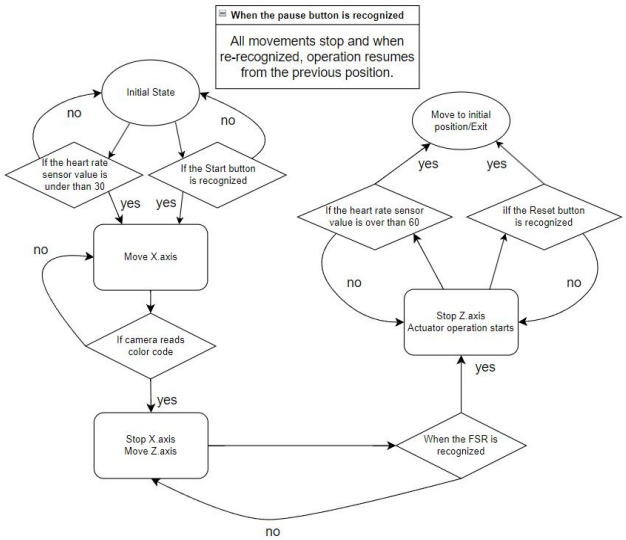


(그림 2) 모바일 흐름도

2.3 리니어 레일 동작 알고리즘

2.3.1 시작 버튼 인식

긴급 환자 발생 시 가장 빠르게 CPR을 시작할 수 있는 방법이다. 시작 버튼을 누르면 x축 레일이 이동하게 된다. 이동 시 카메라가 컬러코드패치를 인식하면 x축이 정지하고 z축이 동작을 시작한다. 이후 실질적인 CPR동작을 하는 액추에이터의 흡착컵에 붙어있는 압력센서가 접촉을 감지하면 레일은 정지하고 액추에이터가 작동하게 된다. CPR이 더 이상 필요 없게 되면 리셋 버튼을 누르면 초기 위치로 돌아가게 된다.



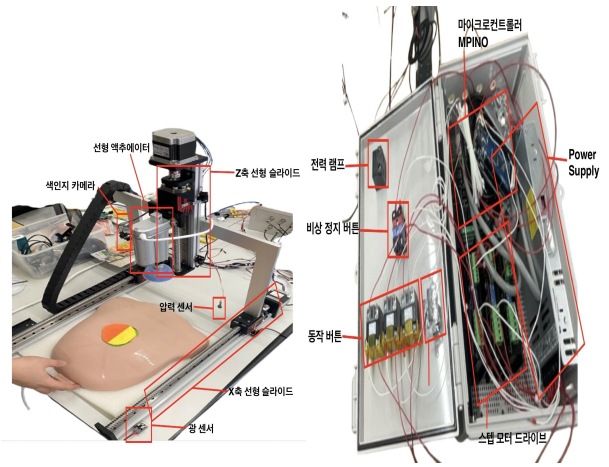
(그림 3) 레일 동작 알고리즘

2.3.2 심박수 인식

전체적인 동작은 시작 버튼 인식과 같지만, 시작 조건과 종료 조건이 다르다. PPG(PhotoPlethysmoGraphy) 기술을 사용하는 심박 센서를 이용해 맥박이 잡히지 않거나 거의 잡히지 않는 심정지 상태를 심박수 30 이하라 가정하고 이에 진입했다면 동작을 시작한다. 시작 버튼 인식과 같은 동작을 수행하고 만약 심박수가 정상 범주 60-100 사이[3]에 진입했다면 초기 위치로 돌아간다. 두 시작 조건과 종료 조건은 교차로 사용 가능하다.

2.4 구현결과

(그림 4)는 개발 완료된 '항만·선박 내 심정지 환자 응급 처치를 위한 스마트 심폐소생기'의 전반적인 형태를 나타낸다.



(그림 4) 항만·선박 내 스마트 심폐소생기

해당 시스템은 자동화된 흉부 압박을 수행할 수 있도록 설계되었다. 색 인지 카메라를 통해 흉부에 부착된 스티커의 색상을 인식하여 정확한 위치에 압박 장치를 정지시켰고, 압박 센서는 흉부에 닿으면 장치의 Z축 하강을 멈추고 압박 동작을 수행하도록 하였다. 광 센서는 장치가 필요 이상으로 이동하지 않도록 제어하였다. 비상 정지 버튼은 긴급 상황 시 물리적으로 전력을 차단해 장치의 안전성을 높였다. 동작 버튼은 Start, Stop, Sleep의 세 가지 모드로 장치의 동작을 제어하였고, 전력 공급 장치와 전력 램프를 통해 안정적인 전원 공급과 전력 상태 확인이 가능하도록 하였다. 또한, 선형 액추에이터와 X, Z축 선형 슬라이드를 통해 흉부로의 정확한 위치 이동과 압박이 가능하다. 또한, 스텝 모터 드라이브와 마이크로 컨트롤러로 장치의 전체 동작을 정밀하게 제어하였다.

3. 결론

본 논문은 심정지로 인한 응급상황을 신속하게 대응하고, 심정지 환자의 생명을 구하는데 궁극적인 목표를 둔다. 스마트 심폐소생기는 이러한 목표를 실제로 구현하여 항만뿐만 아니라 항공기, 구급차 등 다양한 곳에서 활용이 가능하며, 궁극적으로 심정지 환자의 생존율을 높일 것으로 기대된다.

Acknowledgement

본 논문은 해양수산부 실무형 해상물류 일자리 지원사업(스마트해상물류 x ICT멘토링)을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

[1] 김주형, BPA, 감천항 항만근로자 대상 심폐소생술 교육 실시, 부산항만공사, 2023.

[2] 대한 심폐소생협회 기본소생술, 대한심폐소생협회, 2018.

[3] L. Brent Mitchell, 이상 심장 박동 개요, MSD 매뉴얼, 2023