

대한기계학회 주최

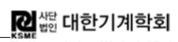
제10회 전국학생설계경진대회(2020년)

설계 최종 보고서

참가부	고등부 (O)				
참가분야	공모주제 (O) / 자유주제 ()				
참가팀명	토마스머머리				
설계제목	노인 환자를 위한 트레이싱 링거대				
지도교수/교사	(소속)인천과학예술영재학교 (성명)김형섭 (이메일) hskim@ice.go.kr				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	배윤진	인천과학예술영재학교			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL		
1	배윤진	인천과학예술영재학교/2학년	annieyoon03@naver.com		
2	김수빈	인천과학예술영재학교/2학년	lovesally523@naver.com		
3	김민준	인천과학예술영재학교/2학년	kmj4275123@naver.com		
4					
5					
6					



설계 요약문

참가분야	공모주제 (O) / 자유주제 ()				
참가팀명	토마스머머리				
설계제목	노인 환자를 위한 트레이싱 링거대				
대표자명	배윤진				
	1. 설계의 목적 본 설계는 노화로 인해 건강상의 어려움을 겪는 노인 환자들을 위한 맞춤 스마트 링거대로, 이는 노인 문제와 근 미래에 초고령사회로 진입할 것에 대 비하여 실버 복지에 도움을 주기 위함이란 목적을 가진다. 2. 설계내용				
	- 링거대에 고정하는 봉과 고정대 - 블루투스 센서 두 개 - 아두이노 우노 보드, 연결단자 - 바퀴 조종 모터 2 개 - 환자 추적 디바이스용 아두이노 우도보드, 블루투스 모듈				
요약문	환자 추적 디바이스에서 블루투스를 통해 주기적으로 나오는 신호를 링거대의 두개의 센서가 감지하고 신호 간격을 분석하여 환자의 위치를 확인한다. 확인된 방향으로 옴니휠을 통해 줄꼬임 없이 링거대가 모터를 통해 따라가는 기능을 수행할 수 있다.				
	3. 활용방안 및 기대효과 본 팀이 설계한 기계장치를 통해 링거대를 사용하는 노인 환자들이 더욱 안 전하고 편안하게 활동할 수 있을 것이라고 기대된다. 이 링거대는 자동으로 사용자를 따라오기 때문에 신체거동이 어려운 노인들에게 있어 두 손 모두 자유롭게 사용할 수 있다는 점에서 활동이 더욱 편해질 것이다. 또한 이동하 면서 별도의 회전을 요구하지 않기 때문에 링거줄의 꼬임이 적을 것이다. 이 러한 면에서 병원 내 링거대를 사용하는 노인 환자들의 편의성을 높여줄 수 있을 것이라고 기대된다.				
설계프로젝트의 입상 이력	※ 교외 출품실적이 있는 경우 작성- 출품작명 :- 출품대회명 :- 수상 내역 :				

1. 설계의 필요성 및 목적

본 설계를 통해 노화로 인해 많은 건강 상의 어려움을 겪는 노인들을 위하여 발명된 기기를 통해 실질적인 도움이 되고자 한다. 많은 노인 환자들을 위하여 이들을 위한 맞춤 스마트 링거대를 설계하였다. 이는 고령화 사회에 들어선 이래 여러 직면한 노인 문제와 근 미래에 초고령사회로 진입할 것에 대비하여 실버 복지에 도움을 주기 위함이란 목적을 가진다.

-노인의 건강 문제 실태 조사

국민건강보험공단의 자료에 따르면 2018년 0세부터 85세까지 연령별 평균 수진횟수를 조사한 결과 노인의 평균 수진횟수의 최솟값인 37,785.06일/천명(65~69세) 이 그 이하 나이의 사람들의 최댓값인 33,678.99일/천명(1~4세) 보다 높은 수치를 보였다. 85세 이상의 평균 수진횟수는 76,419.89일/천명에 달하며 압도적으로 높은 수치를 보였다.

2. 설계 핵심 내용

(1) 설계 문제의 정의

본 설계는 노인 환자를 위한 맞춤 스마트 링거대를 제작하는데 목적을 두고 있다.

따라서 설계의 목적에 따라 다음과 같이 설계 문제를 정의한다.

본 설계의 기계 장치는 블루투스 장치에 의해 링거대가 자동으로 따라올 수 있도록 한다.

본 설계는 링거대의 바퀴 부분을 옴니휠을 이용함으로서 줄이 꼬이지 않도록 별도의 불필요한 회전 없이 트레이싱이 가능케 한다.

또한 본 설계는 노인 환자들의 편의성을 높이고 기존의 링거대로 인해 발생하는 사고를 줄일 수 있도록 한다.

(2) 설계의 독창성 및 접근 방법

1) 설계 방법 및 배경

움직이는 사용자를 트레이싱한다는 점에서 "무인캐리어를 위한 위치 추정 연구⁽¹⁾"를 참고하여 설계를 했다. 위 연구는 근거리 통신망을 이용해 위치를 추정하기 위해 구축되어야 하는 통신망 환경이 무인캐리어와 같이 변하는 경우 발생하는 사용의 제약 문제를 해결하고자 한다. 비컨을 이용하여 통신패킷 속에 있는 RSSI 값이 통신 거리 변화에 따라 변화하는 것을 이용하여 무인 캐리어가 사용자의 위치를 추정하는 알고리즘을 제안하였다. 또한 사용자의 위치를 두 개의 수신 모듈이 거리를 측정하여 수신된 RSSI 값을 이용하여 캐리어와 사용자사이의 각도와 거리 계산을 통한 사용자의 위치를 추정할 수 있다. 연구 결과 최대 10~12%의 오차로 실제 적용가능한 정확도를 보였다.

따라서 위 연구를 통해 비컨을 이용한 사용자의 위치 추정이 실제 적용 가능한 정확도 내에서 이루어질 수 있을 것으로 보인다.

이에 따라 비콘을 이용하여 링거대를 설계하기로 했다. 또한 직접 실제 링거대에 부착하는 것은 코로나로 인해 어려워진 관계로, 참고 자료의 내용과 같이 알루미늄 막대를 이용하여 링거대의 밑부분과 비슷하게 구현해보았 다.

2) 설계의 독창성

기존에 환자를 따라가는 링거대는 크게 세 가지 종류가 개발되어 있었다.

(1)초음파 센서의 이용⁽²⁾

특허 "환자 자동추적 링거대"의 링거대도 옴니휠을 통해 모든 방향으로 환자를 자동으로 따라가게 하는 것을 목적으로 하고 있다. 그러나 초음파 센서를 이용하여 환자의 위치를 추적한다는 점이 다르다. 또한 상세한 알고 리즘에 관해서는 서술되어있지 않다.

(2)적외선 센서의 이용⁽³⁾

- 위 선행기술은 링거대가 환자의 이동에 맞추어 따라온다는 점을 포함한다. 다만, 적외선 센서를 이용하여 환자의 위치를 추적한다는 점이 다르다.
- 위 선행기술은 적외선 감지 회로와 아날로그 비교기를 이용하여 인식하는 센서에 따라 DC 모터의 회전 방향과 속도를 조절하여 링거대가 환자의 방향을 인식하고 따라오도록 구현하였다. 다만, 측정과정 중 조명과 햇빛의 영향을 받는다는 점에서 한계를 보인다.

(3)영상처리 알고리즘의 이용⁽⁴⁾

- 위 선행기술은 링거대가 환자의 이동에 맞추어 따라온다는 점을 포함한다. 다만, 영상처리 알고리즘을 이용하여 환자의 위치를 추정한다는 점이 다르다.
- 위 선행기술은 영상처리를 통해 사용자를 인식하고 라즈베리파이에서 바퀴의 정방향, 역방향 제어를 수행한 후, 영상처리의 데이터를 얻어 바퀴의 각도제어를 처리하였다. 다만, 배터리 소모량이 크고, 아두이노의 출력이 작아 바퀴 4개를 구동하지 못했다는 점에서 한계를 보였다.

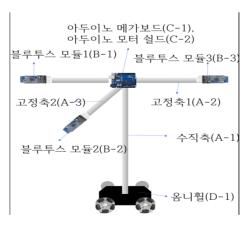
3) 설계의 제약조건 및 문제 해결 방법

본 기계장치는 모터의 힘으로 움직이기 때문에, 외부 전원장치가 필요하고, 주기적으로 교체해주어야 한다. 만약 장치가 방전돼서 손으로 끌어야 할 때에는 오히려 설치된 장비들의 무게로 인해 이동을 불편하게 할 수 있다. 또한 화장실에 링거대를 갖고 들어가는 경우에 장치가 방수처리 되어있지 않다면 고장을 초래할 수 있다.

모터가 작동할 때 발생하는 소음이 다른 환자들에게 불편함을 느끼게 할 수 있다 여러 대를 동시에 사용하는 경우 블루투스 연결 문제가 발생할 수 있다.

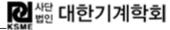
(3) 설계 내용

(1)전체 구성



[Fig.1] 트레이싱 링거대 구성도

본 장치는 크게 2가지 장치(링거대, 환자 추적 디바이스)와 이들을 세분화해서 총 5가지 부분으로 나누어진다.



- -트레이싱 링거대: 수직축(A-1)과 고정축1(A-2), 고정축2(A-3)
- -트레이싱 링거대: 블루투스 HM-10 모듈 세 개(B-1), (B-2), (B-3)
- -트레이싱 링거대: 아두이노 메가 보드(C-1), 아두이노 모터 쉴드 L293D (C-2)
- -트레이싱 링거대: 옴니휠(D-1)
- -환자용 비콘: 환자 추적 디바이스용 아두이노 우노보드(E-1), 블루투스 HM-10 모듈(E-2)

각 부분에 관한 자세한 설명은 다음과 같다.

가. 링거대

a. 링거대 고정축(A-1), (A-2), (A-3)

고정축1(A-2)의 길이는 선행기술 조사내용을 바탕으로 40cm로 지정한다.

수직축(A-1)의 상단에 고정축1(A-2)의 중간에 연결된다. 고정축2(A-3)의 한쪽 끝이 고정축1(A-2)의 중간 부분에 수직으로 연결된다.

b. 블루투스 HM-10 모듈 세 개(B-1), (B-2), (B-3)

비콘 구현을 위하여 RSSI 값을 측정하기 위해 BLE 4.0을 지원하는 HM-10 모듈을 이용했다. 모듈 두 개(B-1), (B-3)는 고정축1(A-2)의 양 끝에 고정된다. 모듈 한 개(B-2)는 고정축1의 중간 부분에 고정된다.

c. 아두이노 메가 보드(C-1), 아두이노 모터 쉴드 L293D(C-2)

보드는 모터쉴드와 블루투스 모듈들을 이용하기 위해 메가 보드를 이용했다. 본 아두이노 메가 보드(C-1)는 모터 쉴드(C-2)가 부착되어있으며, 고정축1(A-1)에 연결되어있다. 보드는 블루투스 센서 세 개(B-1), (B-2)와 점퍼선으로 연결된다.

d. 옴니휠 (D-1)

본 바퀴 조종모터는 아두이노 메가 보드(C-1)와 점퍼선으로 연결된다.

나. 환자용 비콘

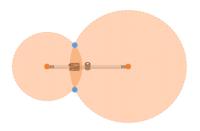
a. 아두이노 우노보드(E-1), 블루투스 HM-10 모듈(E-2)

본 환자 추적 비콘은 환자 추적 디바이스용 아두이노 우노보드(E-1), 블루투스 HM-10 모듈(E-2)로 구성된다. 아두이노 우노보드(C)와 블루투스로 연결되어 링거대가 사용자를 따라갈 수 있도록 한다.

(2) 비콘 구현

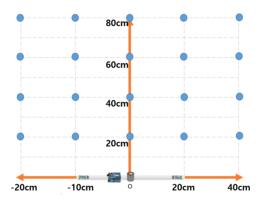
비콘의 리스너 역할을 하면서 링거대에 고정될 아두이노 메가 2560(Arduino Mega 2560 / C-1)에 블루투스 센서(HM-10 / B-1, B-2, B-3)를 연결하였다. 마찬가지로 환자 추적 디바이스용 아두이노 우노 R3(Arduino UNO R3 / E-1)에 블루투스 센서(HM-10 / E-2)를 연결했다. 제안서에서 제안되었던 HC-06 모듈보다 좀 더 수월하게 구현하기 위해 비컨 기능을 지원하는 HM-10 모듈을 사용하였다.

선행기술 조사내용에 입각하여 블루투스 센서 B-1, B-2의 거리를 40cm로 고정시켰다. 비콘은 한 장치에서 다른 장치로 신호를 일방적으로 보내는 형태이다. 따라서 E-2 블루투스 모듈을 peripheral(신호를 보내는 쪽)으로, B-1, B-2, B-3 블루투스 모듈을 central(신호를 받는 쪽)으로 구현하기로 했다.



[Fig.2] 비콘의 작동

B-1, B-2(그림에서 주황색 점)에서 각각 측정되는 신호를 통해 E-2의 위치를 추정하면 다음 원의 원주 상에 있는 것을 알 수 있다. 이때 실제로 물체가 있을 것으로 예상되는 곳은 파란색 점 두가지로 결정된다. 여기서 B-3의 측정값을 이용하여 두 점 중 하나의 점으로 위치를 결정할 수 있다.



[Fig.3] 위치 측정 실험

B-1, B-2를 고정시키고 위 그림과 같이 20cm 간격으로 위치를 설정하여 E-2의 위치를 측정하는 실험을 하였다. 각 위치별로 (x, y)(cm)를 x / y꼴로 나타내면 다음과 같다.

	-40cm	-20cm	0	20cm	40cm
80cm	-38.5 / 74.5	-19.1 / 76.0	-0.5 / 78.5	19.5 / 76.1	41.4 / 74.9
60cm	-38.6 / 61.5	-19.3 / 60.7	-0.3 / 60.2	19.5 / 64.1	41.1 / 60.9
40cm	-39.2 / 40.5	-19.5 / 40.8	-0.2 / 40.1	19.8 / 40.2	40.6 / 40.8
20cm	-39.4 / 20.4	-20 / 20.9	-0.2 / 20.5	19.8 / 20.7	40.3 / 20.8

(2)모터 제어

노인 분들의 링거대 사용 시 급격한 변화는 일어나지 않을 것이라 예상되어 PID 제어 중 D 제어를 제외한 PI 제어를 구현하고자 한다. 오차신호에 적당한 비례상수를 곱해서 제어신호를 만들어 내는 제어기법인 P 제어가 가진 문제점을 보안하기 위해 I 제어도 함께 구현하고자 하였다. I 제어를 통해 P 제어만 구현하였을 때 발생하는 미세한 오차로 인한 문제를 해결할 수 있다.

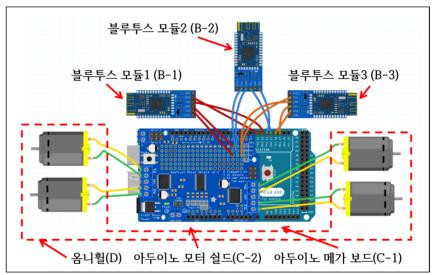
본 설계에 있어 모터에서 PI 제어의 구현을 통해 사용자의 움직임에 맞추어 링거대가 따라올 수 있게끔 한다.

3. 설계 수행 일정

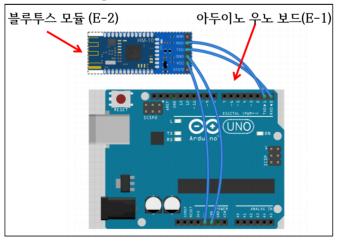
설계 진행 내용	4월	5월	6월	7월	8월	9월
재료 구입						
아두이노 하드웨어/구조 설계						
아두이노 하드웨어/구조 제작						
비컨 정확성 개선(실험 진행)						
모터 PI제어 설계						

4. 설계 결과물

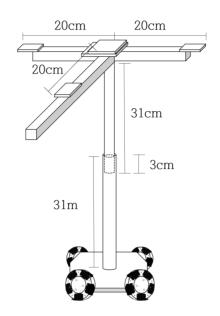
(1) 최종 결과물 형상 및 작동원리



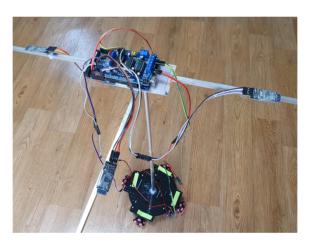
[Fig.4] 트레이싱 링거대 회로도



[Fig.5] 환자용 비콘 회로도



[Fig.6] 트레이싱 링거대 도면



[Fig.7] 완성된 작품(트레이싱 링거대) 사진



[Fig.8] 완성된 작품(환자용 비콘) 사진

비컨 구현 중 거리에 따른 RSSI의 크기의 편차가 많이 크기 때문에 정확한 거리를 계산하지 않고 크기 비교만을 통하여 방향을 결정하기로 했다. 거리는 측정된 RSSI에 대해 $a \cdot 10^{bL}$ (L은 수신신호세기와 송신신호세기의 차)인 것을 이용하여 a, b를 결정했다. 그 후 이 식을 이용하여 D_1, D_2, D_3 를 계산했다. 그 후의 알고리즘은 다음과 같다.

- i) 만약 $D_1^2 + D_2^2 > 60^2$ 이면 정지한다.
- ii) 만약 $D_1^2 + D_2^2 < 60^2$ 인 경우.

링거대 중심을 원점 (0,0)으로 잡았을 때 사용자의 비콘의 위치가 (x,y), 각 블루투스 모듈 비콘 (B-1), (B-2), (B-3)의 좌표를 $(x_1,y_1)=(0.2,0)$, $(x_2,y_2)=(0,0.2)$, $(x_3,y_3)=(-0.2,0)$ 라고 하자. 각 비콘으로부터 사용자의 비콘까지의 거리를 D_1,D_2,D_3 라고 하면 다음과 같은 세 개의 식을 구할 수 있다.

$$(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = D_1$$
$$(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = D_2$$
$$(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 = D_3$$

이를 행렬을 이용해서 풀면 다음과 같이 구할 수 있다.

$$x = \frac{(-y_2 + y_3)(D_1^2 - D_2^2 - x_1^2 + x_2^2 - y_1^2 + y_2^2) - (-y_1 + y_2)(D_2^2 - D_3^2 - x_2^2 + x_3^2 - y_2^2 + y_3^2)}{(-x_1 + x_2)(D_1^2 - D_2^2 - x_1^2 + x_2^2 - y_1^2 + y_2^2) - (-y_1 + y_2)(-x_2 + x_3)}$$

$$y = \frac{(-x_2 + x_3)(D_1^2 - D_2^2 - x_1^2 + x_2^2 - y_1^2 + y_2^2) - (-y_1 + y_2)(D_2^2 - D_3^2 - x_2^2 + x_3^2 - y_2^2 + y_3^2)}{(-y_1 + y_2)(-x_2 + x_3) - (-x_1 + x_2)(D_1^2 - D_2^2 - x_1^2 + x_2^2 - y_1^2 + y_2^2)}$$

이를 통해 옴니휠을 이용하여 (x,y)쪽으로 별도의 회전없이 바로 트레이싱이 가능하다.

(2) 최종설계 결과물의 장단점 및 의의

본 설계는 사용자의 움직임에 따라 링거대가 자동으로 따라올 수 있도록 하는데 목적을 두고 있다. 따라서 본 설계를 통해 노인 및 거동이 불편한 환자들의 편의성을 높이고, 기존의 링거대로 인해 발생하는 사고를 방지해 준다.

본 설계는 적외선 센서를 사용하여 구현하였던 기존의 사용자를 따라가는 링거대와는 다르게 비콘을 사용하여 조명과 햇빛의 영향을 받지 않도록 하였다.

본 설계는 영상처리 알고리즘을 사용하였던 기존의 사용자를 따라가는 링거대와는 다르게 HM-10의 sleep mode를 통해 배터리를 아낄 수 있다.

또한 본 설계는 자유자재로 회전 없이 이동할 수 있는 옴니휠을 사용함으로써 링거 줄의 꼬임을 방지할 수 있다.

본 설계는 기존에 일반적으로 사용되는 링거대에 추가로 부착하여 사용이 가능하기 때문에 추가적으로 들어가는 비용이 적어, 경제적인 측면에서 보았을 때 상용화 가능성이 충분히 높을 것으로 판단된다.



5. 활용방안 및 기대효과

본 설계는 대부분의 사람이 링거대를 사용하는 병원이나, 요양원에서 사용할 수 있다. 기존의 링거대는 직접 끌고 다녀야 했기 때문에 손의 자유도가 낮아져 거동에 불편함이 있고, 링거대가 넘어지면서 발생하는 안전사고의 문제점도 있다. 본 설계물은 자동으로 사용자를 따라오기 때문에 두 손을 자유롭게 사용할 수 있다는 장점이 있다. 이렇게 본 설계를 활용하면 편의를 크게 증가시킬 수 있다.

오늘날, 고령화가 점점 심해지면서 노인의 수가 늘어나고 있다. 이에 따라 병원과 요양원의 이용자수가 늘어나고 있고, 1인당 평균 입원일수또한 증가하고 있다. 이러한 추세에서, 본 설계는 입원한 노인분들의 삶의 질을 더욱 올려줄 것으로 기대된다.

<참고문헌>

- (1) 박남욱, 최진규, 2019, 무인캐리어를 위한 위치 추정 연구, The Journal of Korean Institute of Information Technology Vol. 17, No. 4, pp.37-42
- (1) 박건주.환자 자동추적 링거대(follow linger).특허 출원번호 1020160124833, 출원일 2016년 9월 28일.
- (2) 김동빈, 설성호, 장은영, 김승겸. (2017). 적외선 센서를 이용한 환자를 따라오는 링거대. 한국정보기술학회 종 합학술발표논문집, (), 304-305.
- (3) 강나현, 권예지, 김소정, 이은비 (2016). 환자를 따라가는 링거대. 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 졸업작품 최종보고서.
- (4) 보건·복지 > 복지 > 건강보험통계 > 급여실적(국민건강보험공단) > 건강보험통계:연령별, 성별 요양기관종 별 평균 수진횟수(총계) (2020.05.10.)
- (5) 유기석, 비콘을 이용한 실내 위치 정보 제공 장치 및 이를 위한 방법, 10-2015-0068293, 2015.05.15., 2016.11.22