

## 자동화 벤치 프레스

정영호\*, 이영기\*, 배본우\*, 조솔희\*, 반재필\*\*

## Automated Bench Press

Yeongho Jeong\*, Younggi Lee\*, Bonwoo Bae\*, Solhee Jo\*, and Jaepil Ban\*\*

### 요 약

코로나19로 인해 혼자 운동하는 사람이 증가하면서 자신의 능력 이상의 무게를 들지 못하여 사고가 빈번하게 발생하고 있다. 또한, 중량을 조절하다가 사고가 발생하는 경우도 있다. 기제품의 경우 사고방지 안전바가 존재하지만, 무게 추를 놓칠 시 안전바에 걸리지 못하여 사고가 발생하는 경우가 존재한다. 이러한 사고를 방지하고자 웹캠이 비상 상황의 모션을 인식함으로써 모터가 운동 기구를 보조하여 들어주는 자동화 벤치 프레스를 제작하고자 한다.

### Abstract

As the number of people working out alone increases due to the covid-19, accidents have frequently occurred when an user try to lift heavy weights beyond he's ability. In addition, accidents can occur during adjusting the weights. Although some existing exercise equipments have accident prevention safety bars, an accident can occur if user misses the weightsTo prevent such accidents, we introduce Automated Bench Press in which the webcam recognizes emergency motion and the motor carries a weight bar.

### Key words

Bench press, DC motor, motion recognition, motor control, automatic control,

### 1. 서 론

최근 혼자 운동을 하는 사람이 증가함과 동시에 사고율 또한 높아져, 운동기구의 안정성에 대해 관심 또한 커지고 있다 [1]. 헬스장 운동 기구 중, 사고 비율이 가장 높고 가장 많이 사용하는 기구는 벤치 프레스이다. [2]에서는 원하는 무게를 공압 조절 밸브로 조절함으로써 플레이트 교체 중 안전사

고를 방지하는 벤치 프레스를 제안한 바 있다. 하지만, 해당 연구는 운동 중에 힘이 부족하여 운동 기구를 놓칠 경우 사고가 발생할 수 있다는 한계가 있다.

본 논문에서는 벤치프레스 운동 시 위험한 상황이 발생했을 때, 웹캠이 사용자의 모션을 인식함으로써 무게 바를 들어주는 자동화 벤치 프레스 시스템을 제안한다. 또한, 편의를 위해 키패드를 사용하

---

\* 금오공과대학교 전자공학부(Kumoh National Institute of Technology Electronic Engineering)

여 중량을 조절하는 기능도 추가하였다. 기구 제작을 통하여 위급 상황에 대한 사용자의 모션을 인식하여 운동 기구를 들어주고 넘버 키패드를 이용하여 중량을 조절해줌을 입증하였다.

## II. 영상 처리 및 인식

영상 인식 및 처리는 파이썬을 이용하여 구현하였다. 파이썬 모듈은 Opencv, Numpy, Mediapipe, KNN-Algorithm을 사용하였다.

먼저, OpenCV로 비디오 캡처 객체를 생성하여 카메라로부터 영상을 받아 처리할 수 있게 한다. 컴퓨터가 사람의 모션을 인식하고 영상을 볼 수 있게 해주는 것이다. 그림 1과 같이 인식되는 손의 수를 1개로 설정하고 Mediapipe를 통해 캠에 보이는 손의 모든 마디에 빨간 점을 그리고 각 손가락의 마디를 선으로 연결한다. NumPy로 손에 보이는 모든 선의 거리를 계산하고 각 선들끼리의 각도를 계산한다. 그리고 이것을 정해진 배열에 대입하여 완성된 손 모양 배열을 만든다. NumPy로 계산한 값들과 특정 손 모양 데이터와 비교를 하여 이 데이터가 어떤 손 모양에 해당하는지 KNN-Algorithm을 통해 알아낸다. 앞의 과정을 통해 알아낸 손 모양에 따라 아래와 같은 상황을 정의하였다.

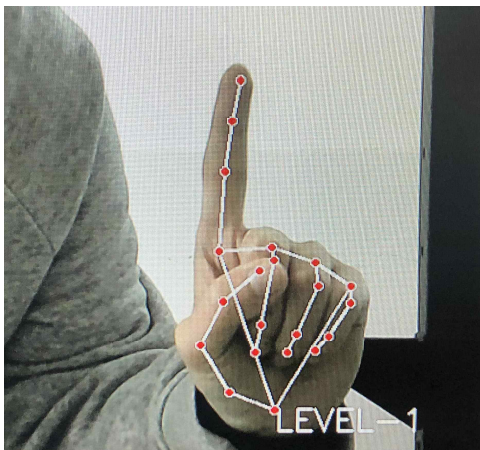


그림 1. 모션 인식  
Fig. 1. Motion Recognition

이를 사용하여 본 연구에서는 지정해놓은 손가락 개수를 인식하여 위급 상황임을 감지하고자 한다.

운동 시 손가락 모션을 취하게 되면 이를 웹캠을 통해 위급 상황으로 인식하여 운동 기구를 들어 올려 주도록 한다.

## III. DC모터 제어

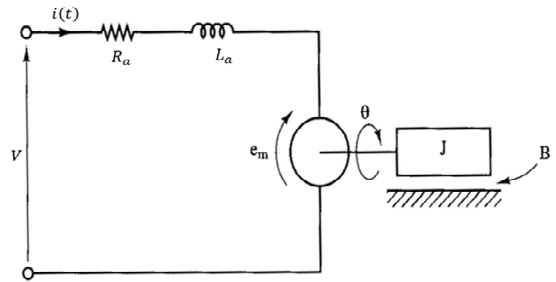


그림 2. 모터의 내부 회로  
Fig. 2. Circuit in motor

그림 2는 DC모터의 개략도를 나타낸다. DC모터의 전류  $I$ 에 대한 수식을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I(s) = \frac{V(s) - e_m(s)}{R_a + L_a s} \quad (1)$$

한편, 모터의 토크는 다음과 같다.

$$\tau = K_t i(t) \quad (2)$$

여기에서  $K_t$ 는 모터 토크 계수,  $i$ 는 모터에 흐르는 전류이다. 수식 (1)에서 전압과 전류가 비례함을 확인할 수 있으며, 수식 (1)과 (2)을 통해 다음과 같은 수식을 얻을 수 있다.

$$\tau = K_t \frac{V(s) - e_m(s)}{R_a + L_a s} \quad (3)$$

수식 (3)을 통해 전압  $V$ 를 조절하여 모터의 토크를 제어할 수 있다는 것을 알 수 있다.

모터 제어는 다음 그림과 같이 피드백이 없는 개회로 제어 시스템(Open loop control system)이 사용되었다.

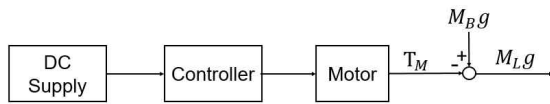


그림 3. 개회로 모터 제어 시스템  
Fig. 3. Open loop motor control system

본 연구에서는 위급 상황을 인지할 경우 전압  $V$ 를 최대치로 입력하여 기구를 들어 올려 주도록 하였다. 또한, 넘버 키패드의 입력을 통해 원하는 무게를 들어 올려 주도록 하는 전압  $V$ 의 값을 조절하도록 하였다. 모터에 인가되는 전압에 따른 양중 무게를 얻기 위해, 각 무게별 실험을 통해 해당 무게에 상응하는 전압  $V$ 를 얻어내어야 한다. 따라서, 다음과 같은 수식을 만족하도록 실험을 진행하고 설계한다.

$$M_B g - T_M = M_L g. \quad (4)$$

여기서  $M_B$ 은 운동 기구의 초기 무게,  $g$ 는 중력 가속도,  $T_M$ 은 모터의 토크,  $M_L$ 은 사용자의 넘버 키패드 입력을 통해 설정되는 운동 기구의 무게이다. 만약  $M_B = 10\text{kg}$  일 때 사용자가 넘버 키패드에 2를 입력하면  $M_L = 2\text{kg}$ ,  $T_M = 8\text{kgf}$  가 되도록 한다.

#### IV. 시제품 제작 및 구현

##### 4.1 시제품 제작

위의 과정을 통해 그림 4와 같이 시제품을 제작하였다. 시제품 윗부분에 웹캠을 설치하여 모션 인식을 진행하도록 한다. 시제품의 왼쪽 부분에 키패드를 배치하여 무게를 입력하도록 하고, 하단부에 모터를 배치하여 운동 기구를 들어 올려 주도록 설계하였다.

##### 4.2 작동 및 실험

식 (4)를 만족하도록 하기 위해, 실험을 진행하였다. 실험 결과는 표1과 같다. 각 무게에 맞는 PWM을 찾아 상황에 맞도록 소프트웨어를 작성하였다. 직접 구현하여 위급 상황 시 손 모양을 인식하여 모터가 운동 기구를 들어 올려주고, 넘버 키패드의 입력을 통해 운동 기구를 원하는 무게로 조절할 수

있는 것을 확인하였다.

#### V. 결론

본 논문에서는 안전하고 편리한 운동기구를 위한 자동화 벤치프레스를 제안하였다. 제안된 방법은 학습시킨 비상 모션을 웹캠에 인식시켜 모터가 작동하게 한다. 또한, 넘버 키 패드에 무게를 입력 시 입력한 무게에 맞게 모터의 토크를 설정한 후 작동한다. 이러한 원리를 통해 기존의 기구보다 더 안전하고 편리하게 운동을 할 수 있다.



그림 4. 시제품 제작  
Fig. 4. Prototype Model

표 1. 인가 PWM에 대한 양중 무게 실험 데이터  
Table 1. Experimental data

$M_L$	PWM	V
2 kg	3 %	0.72 V
4 kg	5 %	1.2 V
6 kg	6 %	1.44 V
8 kg	7 %	1.68 V
위급 상황 시	20 %	4.8 V

#### 참 고 문 헌

- [1] 한국소비자원, “홈트레이닝 관련 위해사례 분석”, 안전보고서, pp. 1-17, 2019.
- [2] 김재열, 양창희, 이장환, 김광수, 박성민, 김석현, “공업 운동 기구 시스템 제작”, 한국자동차공학회 지회 학술대회 논문집, pp. 45-51, 2007.