

실용성과 효율성 기반의 배변 리프트 시스템 설계에 관한 연구

송제호*, 박의준**, 허민***

*전북대학교 융합기술공학부(IT응용시스템공학), 스마트 그리드 연구센터

**전북대학교 IT응용시스템공학과

*** (주)휴버스

e-mail:songjh@jbnu.ac.kr

A Study on the design of a bowel lift system based on practicality and efficiency

Je-Ho Song*, Eui-Jun Park**, Min-Heo***

*Dept. of Convergence Technology Engineering(IT Applied System Engineering), Smart Grid Research Center, Chonbuk National University

**Dept. of IT Applied System Engineering, Chonbuk National University

*** Hubus Inc.

요약

본 논문에서는 거동이 불편한 고령 환자 및 요양 환자들의 용변 문제를 해결하고자 실용성과 효율성 기반의 배변 리프트 시스템 설계를 제안한다. 실용성과 효율성 기반의 배변 리프트 시스템은 인 휠 타입 구동 바퀴를 이용하여 이동이 자유롭고, 전동 리프트를 이용하여 침대 위의 환자를 아래까지 원활하게 이동할 수 있도록 하였다. 원활한 시스템의 구동을 위해 인 휠 타입 모터 제어용 메인 컨트롤러, 배변 리프트 제어용 메인 컨트롤러, 전력 공급을 위한 충전 시스템, 급수 모터 작동용 제어기의 회로와 PCB를 설계하고 제작하였으며 구동 프로그램을 설계하였다. 전체 시스템 구현 후 주행 테스트와 리프트 상하 구동 능력 테스트를 진행하였으며 원활한 주행과 리프트 구동을 확인하였다.

세정 기능까지 제공할 수 있도록 하였다.

1. 서론

2. 본론

거동이 불편한 요양 환자나 고령 환자는 움직임에 제약이 있기 때문에 용변 문제로 어려움을 겪는다. 이러한 거동이 불편한 환자들의 용변 문제는 현재 간병인의 부축, 보조기구를 활용한 환자의 직접적인 이동, 기저귀를 채우는 방식 등으로 해결하고 있다.

하지만, 환자를 부축하거나 화장실로 이동하는 과정에서 환자의 부상 위험성이 있으며 환자의 이동을 돕는 보조기구 또한 단순히 환자를 바닥에서 상, 하 방향으로 이동시키는 것을 목적으로 한 것으로 환자 스스로 화장실로 이동하기는 어렵다. 기저귀를 채우는 방식도, 결국은 세정 문제라는 부가적인 문제가 생기기 때문에 용변 문제 해결의 근본적인 해결책이 될 수 없다.

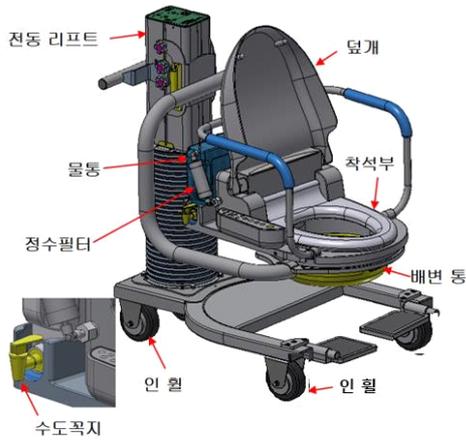
따라서, 본 논문에서는 거동이 불편한 고령·요양 환자들의 용변 문제를 해결하고자 실용성과 효율성 기반의 배변 리프트 시스템을 개발하여 침대 위와 용변 장치 사이에서 환자 이동의 편리성과, 급한 상황에서는 자리에서 즉시 용변을 보고,

2.1 실용성과 효율성 기반의 배변 리프트 시스템

그림 1과 그림 2는 각각 실용성과 효율성 기반의 배변 리프트 시스템의 제어 구성도와 외관의 모습을 나타낸 것이다.



[그림 1] 실용성과 효율성 기반의 배변 리프트 시스템 제어 구성도

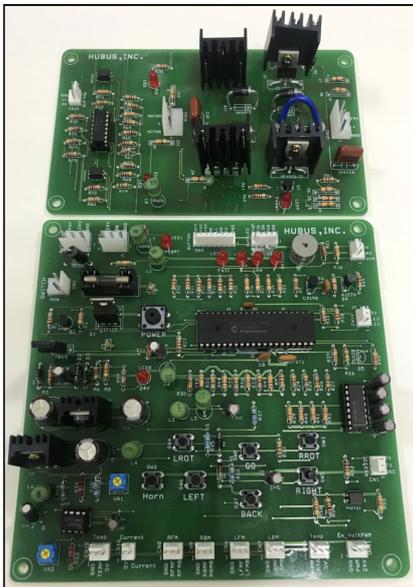


[그림 2] 실용성과 효율성 기반의 배변 리프트 시스템

그림에서 볼 수 있는 바와 같이 배변 리프트 시스템은 인휠 타입 구동 바퀴를 이용하여 이동이 자유롭고, 거동이 불편한 환자가 탑승하고 있는 특성 상, 환자의 안전을 위하여 인휠 구동 모터의 작동 전류를 피드백하여 임계치 이상의 장애물을 만났다고 판단되면, 모터에 공급되는 전류를 차단하는 보호 회로를 적용하였다. 전동 리프트를 이용하여 침대 위의 환자를 배변부 위로 원활히 이동할 수 있게 하였으며, 비데 시스템을 적용하여 용변 후 세정이 가능하게 하였다.[1]

2.2 인휠 타입 모터 제어용 메인 컨트롤러 설계 및 제작

전체 배변 리프트 시스템을 탑승한 채 환자가 원활히 이동할 수 있도록 인휠 모터 제어용 컨트롤러 회로와 인휠 모터 구동 드라이버, 컨트롤러 전원 투입 및 충전 회로와 PCB를 설계 및 제작하였다. PCB에 부속을 삽입한 상태의 모터 드라이버와 컨트롤러의 회로기판을 그림 3에 나타내었다.[2,3]



[그림 3] 모터 드라이버 및 컨트롤러 회로기판

또한, 인휠을 구동시키기 위한 메인 컨트롤러 프로그램을 제작하였으며 전후좌우 4방향 버튼을 누를 시 이를 수행할 수 있는 과정과 360도 좌, 우회전 버튼 입력 시 이에 대응하는 동작이 이루어질 수 있도록 프로그램을 설계하였으며 이와 같은 프로그램의 일부를 그림 4에 나타내었다.

```

#define RIGHT 1
#define LEFT 0
// 다음은 lcd 구동파일 헤더에 있는 것 가져온 것 임

struct a_map {
    boolean temp; // <ADin> 온도 측정
    boolean current; // <ADin> 배터리 출력 전류 측정
    boolean volt; // <ADin> 배터리 충전 측정
    boolean speed; // <ADin> 모터 속도 설정
    boolean a4; // <OUT>
    boolean RFF; // <OUT> 우측알 모터 전진
} a_port;
#byte a_port=0x05;

struct b_map {
    boolean SW; // <in> 전원 투입 상태 감지
    boolean PPOWER; // <OUT> 전원 유무
    boolean gobutt; // <in> 전진 버튼
    boolean backbutt; // <in> 후진 버튼
    boolean leftbutt; // <in> 좌회전 버튼
    boolean rightbutt; // <in> 우회전 버튼
    boolean l_lotbutt; // <in> 좌회전 버튼
    boolean r_lotbutt; // <in> 우회전 버튼
} b_port;
#byte b_port = 0x06;

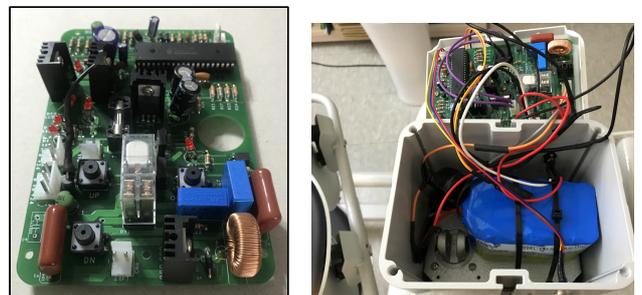
struct c_map {
    boolean sound; // <in> 경음기 울림 버튼
    boolean PWM; // <out> 배터리 충전 릴레이
    boolean irx; // <in> 배터리 출력 릴레이
    boolean itx; // <out> 출력 릴레이
    boolean jjack; // <in> 배터리 충전 과 상태 확인
    boolean Buzzer; // <out> 이상 시 부저 음 발생
    boolean tx; // <out> 통신 송신
    boolean rx; // <in> 통신 수신
} c_port;
#byte c_port = 0x07;

struct d_map {
    boolean LFF; // <output> 좌측 알 모터 전진
    boolean LFB; // <output> 좌측 알 모터 후진
    boolean RFF; // <output> 우측 알 모터 전진
    boolean RFB; // <output> 우측 알 모터 후진
}
    
```

[그림 4] 메인 컨트롤러의 구동프로그램 일부

2.3 배변 리프트 제어용 메인 컨트롤러 설계 및 제작

환자를 침대 위에서 아래로 안전하게 이동할 수 있도록 배변 리프트 업, 다운 제어용 회, 배변 리프트 액추에이터 업, 다운 동작 회로, 배변 리프트의 배터리 온도, 전압, 사용 전류 측정부 회로, 인휠 제어용 컨트롤러 또는 외부 장치와 시리얼 통신이 가능하도록 시리얼 통신 회로도의 회로와 PCB를 설계 및 제작하였다. 그림 5는 PCB와 컨트롤러가 결합된 배변 리프트 제어부와 리프트 상측 내부에 컨트롤러가 조립된 모습을 나타낸 것이다.[4-6]



(a) 배변리프트 제어부 (b) 리프트 내 조립된 모습
[그림 5] 배변 리프트 제어부

또한 배변 리프트 구동 프로그램을 제작하였으며 이러한 프로그램의 일부를 그림 6을 통해 나타내었다.

```

if((b_port.up==0) && (b_port.dn==1)){ // 업 버튼 눌렀을 시, 릴레이 타임
    if(fet_virginUP==0){
        fet_virginUP=1; // 논
        fet_virginDN=0;
        fet_time_startUP=1; // 버튼
        fet_time_startDN=0; // 버튼
        fet_timeDN=0;
    }
    if(fet_timeUP>0){ // 정해진 시간 정해진
        ssdata=0; // 타이머에서
        relay_down=0; // 다운동작
        c_port.dir=0; // 모터 방향
        c_port.FET=1; // FET 온 포
    }
    else c_port.FET=0; // FET 오프,
}

if((b_port.up==1) && (b_port.dn==0)){ // 다운 버튼 눌렀을 시, 릴레이 타임
    if(fet_virginDN==0){
        fet_virginDN=1; // 논
        fet_virginUP=0;
        fet_time_startDN=1; // 버튼
        fet_time_startUP=0; // 버튼
        fet_timeUP=0;
    }
    if(fet_timeDN>0){ // 정해진 시간 정해진
        ssdata=0; // 타이머에서
        relay_down=1; // 다운동작
        c_port.dir=1; // 모터 방향
        c_port.FET=1; // FET 온 포
    }
    else c_port.FET=0; // FET 오프,
}
    
```

[그림 6] 배변 리프트 구동 프로그램

상기 그림은 배변 리프트 메인 기관의 제어 프로그램 중 일 부분으로 업, 다운 버튼을 눌렀을 경우 액추에이터를 정, 역회 전시키기 위한 부분이다. 정, 역회전 전환 시 릴레이의 소손 방지와 서지전압 최소화를 위해 0.5초 간의 딜레이 시간을 부과하였으며 업, 다운 버튼을 누를 시에는 해당 동작을 수행하고, 그렇지 않을 때는 액추에이터 모터가 정지하도록 하는 알고리즘이다.

2.4 모터 구동부의 전력 급을 위한 충전 시스템 설계 및 제작

배변 리프트의 전력공급부와 충전부 회로를 설계하였으며 그림 7에 배변 리프트 리튬이온 배터리와 BMS를 나타내었다.



[그림 7] 배변 리프트 리튬이온 배터리와 BMS

배터리 내부에는 배터리의 충전 전압 제어와 온도 안전을 위한 BMS 회로가 내장되어 있으며, 배터리의 전압은 DC 24V, 6000mA의 것으로, 리프트에 100kg 하중을 얹었을 경우 약 100회 정도의 동작을 수행할 수 있는 용량이다.

```

if(c_port.jjack>0){ // 충전 케이블 연결되면 이 입력받
    // 충전 아답터 보호를 위해 모터 작동시키지 않음
    ssdata=0; // 타이머에서 일정 시간 지나면 시스템 오프시키는 것 시간 리셋함
    b_port.led=0; // 동작 중 엘이디 오프이나 타이머에서 작동하더라도 일단 온이 됨
    c_port.dir=0; // 업, 다운 릴레이, 계속 열어 놓으려고
    c_port.FET=0; // FET 오프, 모터 정지 시점
}

// if(actiondata>0){

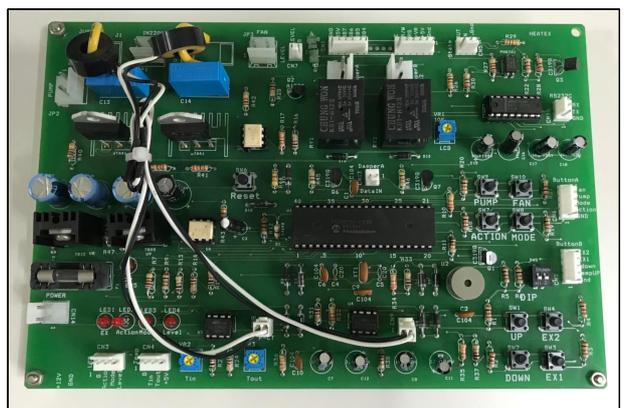
else{
    // d_port.led=0; // 동작 중 엘이디 온
    b_port.led=0;
    b_port.led=0;
    b_port.led=0;
    volt_offTime=0; // 22.5v 저 전압 시 기판 온 하려는 것
    b_port.power=0; // 22.5v 저 전압 시 기판 온 하려는 것
}
    
```

[그림 8] 배터리 충전시 작동 프로그램

그림 8은 메인 기관에 배치된 부품에 의해 배터리를 충전 할 시 동작하도록 한 충전 프로그램의 일부이다. 충전책이 연결되면 충전책 단자로부터 입력되는 전압이 하이가 되어 시스템의 모든 동작을 멈추게 하고 충전이 이루어진다. 충전중에는 충전 상태를 알리기 위해 제어판 외부에 엘이디를 점멸시킨다.

2.5 비데기 동작에 대응하는 급수 모터 작동용 제어기 설계 및 제작

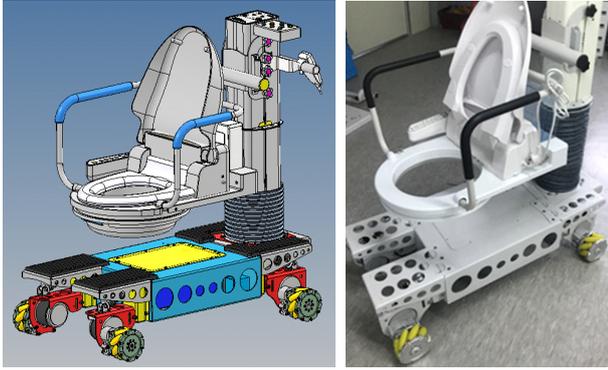
기존의 세정기를 본 시스템에 접목하여 비데 기능을 이용할 수 있도록 하였으며 해당 세정기는 냉, 온수를 분사할 수 있으며 배변판의 히팅 제어가 가능하고 노즐을 간헐적으로 전, 후방향으로 이동하여 물을 분사할 수 있다. 본 시스템에서는 외부 물의 압력을 높이는 방법으로 물탱크 내부에 수중펌프를 위치시키고 세정기를 작동할 때 수중펌프를 작동시켜 노즐에 고압의 물을 공급하고자 한다. 펌프의 전압은 DC 24V이며 세정기로부터 물 분사 시 충분한 압력이 분출될 수 있는 수준이다. 수중펌프를 제어하기 위한 세정 제어기 PCB를 설계 및 제작하였으며 이를 그림 9에 나타내었다.[4-6]



[그림 9] 세정 제어기 PCB 제작 사진

2.6 시스템 외관 및 기구부 동작 시험

실용성과 효율성 기반의 배변 리프트 시스템의 전체 외관 3D 모델링 모습과 외관 모습을 그림 10에 나타내었다.



(a) 3D 모델링 모습 (b) 외관 모습
[그림 10] 실용성과 효율성 기반의 배변 리프트 시스템 제작 모습

배변 리프트 시스템 제작 이후, 제어 모듈과 시스템 구조물을 연동시켜 시스템 장치의 무부하, 부하 시험을 진행하였다. 분동을 이용하여 하중 변경에 따른 전후좌우 방향 이동 및 좌회전, 우회전 등의 진행 시 구조물의 원활성 테스트 결과 양호한 이동 궤적을 보였으며 인 휠 모터 구동 제어 모듈의 열발산, 오동작 등이 발생하지 않았다.



[그림 11] 실용성과 효율성 기반의 배변 리프트 시스템 시험 모습



[그림 12] 리프트 상, 하 구동 능력 테스트

그림 12는 배변 리프트의 상, 하 구동 능력을 시험하는 모습으로 배변판 중심부에 무게추를 올려놓고 리프트 상, 하 작동 시 구동 능력을 알아보기 위함이었다. 시험에는 110kg 분동을 이용하였으며 나무 판재, 종이 등으로 인하여 시험 중량

은 115kg이었다. 시험 결과 원활하게 상, 하강 동작이 이루어지는 것을 확인하였다.

3. 결론

거동이 불편한 환자나 고령 환자의 경우 용변 해결에 있어서 어려움을 겪게 된다. 용변 문제의 해결을 위해 현재로서는 간병인이나 보조기구의 도움을 받지만, 근본적인 해결법이 될 수는 없다.

따라서 본 논문에서는 거동 불편 환자들을 침대 위에서 리프트를 통해 안전하게 화장실까지 이동할 수 있고 유사시에는 기구물 위에서 용변 해결이 가능한 실용성과 효율성 기반의 배변 리프트 시스템을 제안하고 인 휠 타입 모터 제어용 메인 컨트롤러, 배변 리프트 제어용 메인 컨트롤러, 전력 공급을 위한 충전 시스템, 급수 모터 작동용 제어기의 회로와 PCB, 프로그램을 설계 및 제작하고 실용성과 효율성 기반의 배변 리프트 시스템의 주행 테스트와 리프트 구동 능력 테스트를 진행하여 원활한 동작 결과를 확인하였다.

참고문헌

- [1] 유주식, “알기쉬운 기계설계 기초”, 교육과학사, 2020
- [2] 김일진, “전기전자의 기초 및 응용”, 산화전산기획, 2013
- [3] 이지홍, “마이크로프로세서응용실험”, 인터비전, 2008
- [4] 김보연, “센서를 활용하자”, 한진, 2014
- [5] 김상진, 송병근, 오세준, “최신 자동제어”, 북스힐, 2012
- [6] 김대성, “생생 자동제어 기초”, 성안당, 2010

본 성과물은 중소벤처기업부에서 지원하는 2020년도 산학협력 거점형 플랫폼(R&D) (No. S3025892)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.