

노약자용 휠체어 리프트 유압시스템 설계† (Design of Hydraulic Power Lifter for the Elder and the Handicapped)

이 수 철*, 임 구**
(Soo Cheol Lee and Goo Lim)

요 약 본 연구는 대중교통 수단인 버스를 이용하는 교통약자인 휠체어 장애인의 접근을 돕는 휠체어리프트 개발을 위하여 안전을 고려한 유압시스템과 제어장치를 제작하기 위한 설계기술에 대하여 논하고자 한다. 현대는 고령화시대에 진입하면서 노약자와 장애인의 이동권과 접근권이 문제로 대두되고 있다. 본 연구에서는 기존 전동휠체어장애인과 보호자를 버스에 탑승 할 수 있는 접근성을 향상하는데 중요한 역할을 하는 리프트를 제작하는 과정에서 발생하는 안정성과 편리성을 중심으로 리프트를 설계 제작하고자 한다. 이 설계기술은 노약자 및 장애인의 이동권과 접근권을 향상시킬 수 있는 전동휠체어리프트의 대량생산체제를 확보하기 위한 중요한 기초자료가 됨으로써 제품의 안전도와 정밀도 품질보증 확보에 큰 기여를 하게 된다.

Abstract This study has been advanced to the design method for embodying the hydraulic circuit and control device in considering the safety for the development of wheelchair lift, using in the public transportation bus. Recently, mobility and accessibility occurs for the elder and the handicapped in the aging problem. In this paper, we design the hydraulic power system to operate lifter loading one wheelchair handicapped person and one's supporter to get in the bus. We develop the lifter safely. We check the trajectories of lifter inside frame box to protect its corrosion and the stress at the joints of mechanical structure. Those can be helped to keep the safety and accuracy of the multiple dynamic systems for precision quality assurance in mass production.

1. 서 론

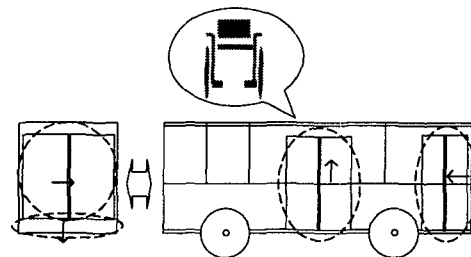
현재 국내에서는 휠체어 장애인을 위한 대중교통차량운행이 극히 미흡한 실정이며, 이를 일부 해소하기 위해 1997년 9월 보건복지부와 민간기업에서 특장 버스 한 대를 마련해 준 것이 계기가 되어 장애인 전용 셔틀버스를 부천지역에서 첫 운행을 시작한 적이 있다. 현재 각 시마다 일부 지역에 한하여 장애인 전용 셔틀버스가 운행 중에 있지만, 대중교통 차량의 리프트장치 기술 부족으로 외국의 리프트장치를 수입하여 운영하고 있는 실정이며, 사용에 있어서 국내 실정에 맞지 않아 불편한 점이 많다.

이 설계기술은 노약자 및 장애인의 이동권과 접근권을 향상시킬 수 있는 휠체어리프트의 대량생산체제를 확보하기 위한 중요한 기초자료가 됨으로써 동제품의

안전도와 정밀도 품질보증 확보에 큰 기여를 하게 된다.

2. 개념설계

대중교통수단인 시내버스에 휠체어장애인이 탑승할 수 있도록 보조하는 승하강 리프트를 개발한다. 휠체어를 탄 승객이 출입하기 위하여 장착되는 리프트가 일반 대중이 출입하는데 방해가 되지 않도록 리프트의



<그림 1> 리프트 장착위치

† 이 논문은 2001학년도 대구대학교 학술연구비지원에 의한 것임
*대구대학교 공과대학 자동차산업기계공학부 부교수
**대구대학교 대학원 기계공학과 석사과정

형상 및 구동방식이 결정되어야 하고 이를 적용하기에 가장 적합한 위치를 선정하는 기본 설계에서, 장착위치는 뒤쪽 옆문으로 하고 서랍 식으로 리프트 몸체가 중간 계단 속으로 들어가서 저장되어 있다가 휠체어 장애인을 승하차시키기 위하여 계단에서 빠져 나와 위 아래로 작동하는 형태를 채택하여 기본설계를 실시하였다.(그림 1 참조)

리프트를 설계하는 필요한 설계 개념의 항목과 내용은 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 유압시스템 및 기구부 설계 개념

구 분	내 용	
유압장치 및 제어시스템 개발	· 휠체어 리프트 유압회로 상세 설계 · 유압회로 제어장치 제작 · 성능 및 안전도 시험	시스템을 통합한 시제품제작 및 기능평가와 수정 보완
리프트 기구부 개발	· 구조/강도 해석 및 상세 설계 · 기구부 제작 및 시제품 장착 · 성능 및 안전도 시험	

3. 기본설계

3.1 기본사양

상기 개념설계에 입각한 기본설계를 실시함에 있어 필요한 기본사양은 다음과 같다.

- 대상 차종 : 45인승 일반 시내버스
- 탑재공간 : 측면 도어 맞은 편 좌석 2개를 제거한 공간
- 대상자 : 전동휠체어 장애인 및 보호자(최대하중 175Kg)
- 리프트 방식 : 서랍식
- 리프트 장착위치 : 측면 계단 최하단부

3.2 기본구성도

상기 기본사양을 만족하는 리프트의 기구부와 유압 제어시스템의 기본설계 구성도는 <표 2>와 같다.

<표 2> 기본설계의 구성도

구 분	내 용
동력원	· 전동모터 2개 (In-Out Motor, Barrier Actuator Motor), 유압펌프모터 1개 (Lift Actuator Motor)
Controller	· 제어 board
조정장치	· Wired Hand Control, Remote Control (Optional)
Sensors	· Ground Sensing S/W, Floor Level S/W, Stow Start S/W, Stow, Lock Release S/W, Full-Out S/W, Lift-Out S/W
Lifting Capacity	· 750 lbs
Weight	· 495 lbs

3.3 동작방식

(1) 기본 동작

버스도착 → 자동문 열림 → platform이 밖으로 나옴 → carriage 하강 → barrier가 열림 → 장애인 리프트 carriage에 탑승 → barrier가 닫힘 → carriage지 상승 → vehicle floor까지 올림 → 장애인 리프트 버스에 탑승 → 빈 carriage지를 stow floor까지 내림 → platform이 안으로 들어감 → 자동문 닫힘 → 버스출발

(2) 입력에 따른 동작

- UP Switch

① platform 안 → platform 완전히 밖 → vehicle floor까지 carriage 상승(barrier가 닫힌 상태)

② ground → vehicle floor까지 carriage 상승(barrier가 닫힌 상태)

- DOWN Switch

① platform 안 → platform 완전히 밖 → carriage 하강 → barrier 열림(barrier가 닫힌 상태)

② vehicle floor → carriage 하강 → barrier 열림

- STOW Switch

① vehicle floor → stow floor까지 carriage 하강 → platform 안으로 들어감

② ground → stow floor까지 carriage 상승 → platform 안으로 들어감

(3) 설계시 고려사항

① 위치 제어 스위치 신호에 의한 모터 정지 시 미끄러짐이 생기는 경우

② 리프트 작동 중 위치 제어 스위치 중간에 carriage 정지 위치 검출

③ barrier가 닫힐 때 safety limit switch가 작동될 때의 센서 부착 여부 및 위치 파악

④ barrier가 열릴 때 또는 닫힐 때 동작 중 정지에 대한 오동작 대처

⑤ 장애인 휠체어 보호용 guide에 대한 설계 및 제어의 안전대책

⑥ 전체 system down시 대처

⑦ 승하차 자동문 개폐에 따른 리프트 platform의 IN/OUT 문제

⑧ 악천후시 제어부 보호 및 기구부 보호

⑨ 장애자 휠체어 carriage 탑승 시 장애인의 무게에 의해 리프트 뒷부분이 들리는 것에 대한 대처

⑩ 조작 S/W의 각 button별(UP, DOWN, STOW) 오조작 시 대처(button을 잘못 알고 누르거나 제대로 눌렀지만 오동작)

⑪ 경사나 굴곡이 있는 곳에서의 platform 바닥에 내렸을 때의 보정

⑫ key를 one 섀키초방식으로 작동 할 것인지 또

는 계속 누르는 동안 작동할 것인지? (갑자기 돌발 상태에서 멈출 경우 고려)에 대한 방안 선정

(4) 대처방안

- ① 감속기를 이용하게 되면 미끄러짐을 방지할 수 있음.
- ② 모터를 switch별로 작동시킴.
- ③ 열릴 때 limit switch 외에 다른 검출방법을 고려.
- ④ 전원 차단 후 수동 전환하여 열림 또는 닫힘.
- ⑤ 현재 구성된 보호용 가이드 그대로 적용.
- ⑥ 수동 전환하여 수동장치 이용.
- ⑦ 열려 있을 때만 작동함. 열림 상태로 버스 출발할 경우 고려하지 않음.
- ⑧ 방수connector 사용 및 재질 고려.
- ⑨ 버스 장착 시 문제 발생 없음.
- ⑩ Stow 버튼 안전장치 고려.
- ⑪ 고려하지 않음.
- ⑫ push button switch는 사용하여 누르고 있는 동안만 작동함.

3.4 안전대책

안전대책의 항목은 <표 3>과 같으며, 기타 리프트 승객(휠체어장애인)의 안전을 위한 손잡이 등이 있다.

<표 3> 안전대책의 항목별 내용

구분	내용
비상 Battery	· 차량의 Battery가 방전되었을 경우를 대비하여 옵션사항으로 보조 Battery가 있다.
Emergency Back-Up	· 전기적인 문제에 의해 작동하지 않을 경우 Manual로 작동시킬 수 있다. - Manual Down Valve에 의해 유압펌프로 유압실린더를 작동시켜 Platform을 Stow Flow에 위치시킨다. - Release Cable을 잡아당겨 고정시키고 Platform을 밀어 넣는다.
제어 보드상의 Key 조작	· 전기적인 문제에 의해 제어 보드가 작동 불능의 상태가 되면 사용자는 Manual 방식에 의해 작동시킬 수 있다. (Wired Hand Control 또는 Remote Control이 동작하지 않을 때)
Barrier 장치	· 리프트이용자(장애인)이 지면에서 타고 내리는 순간을 제외하고는 항상 수직으로 세워져 있다.
Sensor 류	· 리프트의 상태를 체크하여 제어 보드에 전달

4. 유압 및 전자제어시스템 설계

4.1 기본사양

- 움직이는 요소 안전율 : 6 (bearing, chain)
- 움직이지 않는 요소 안전율 : 3 (platform, frame, 부속물)
- 리프트 하중: 170kg(휠체어장애인 및 보호자)
- carriage 부하 하중: 600lb = 272.154kg
- platform 이동속도: 50~200mm/s

4.2 유압실린더

- 유압실린더 stroke 70mm (최대 100mm)
- carriage 부하하중 600lb \approx 2668.92N, carriage 자체하중 48.3kg \approx 473.34N
=> carriage 무게 및 부하하중 3000N으로 설정
- 실린더회전축: carriage의 link 거리비=약 1:10
- 유압펌프 작용력 3000N \approx 3000kgf
- 내경 ϕ 60~ ϕ 45, 압력 140bar~200bar

4.3 유압탱크, 유압펌프

- 유압탱크 용량 1gallon = 3.7853 l 이상
- 유압펌프 최대압력 140bar~200bar
=> 140bar 내경, ϕ 60(실린더 축 제외)일 때 stroke 70mm 인 경우 필요한 유량은 약 197cc(유압펌프 토출 유량 결정을 위해 사용)
ex) 22cc/s 유압펌프를 예로 들면 197/22 = 8.95s 즉, 리프트가 바닥에서 버스승차 높이까지 상승하는데 걸리는 시간은 약 9s
=> 유압펌프 토출량으로 리프트의 속도결정

4.4 배어링

4개 : 각각 3000N/4(=750N)의 하중을 받음

4.5 DC모터, DC모터 브레이크

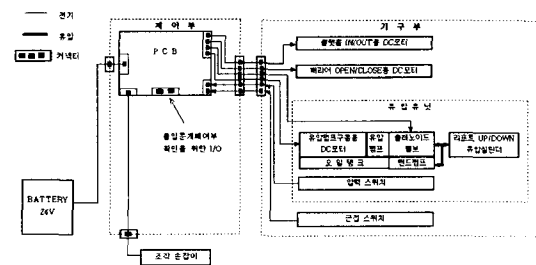
- F=4842N + 10807N; slide 마찰계수 0.005
- 이송력 F \approx 54.04N \approx 5.4kgf(아래 그림 참조)
- 사용전압 : 24V
- 이송을 위한 DC모터 출력값(기어박스 부착) => 설계값 5.4kgf
- 안전을 고려 출력값 10kgf으로 모델 선정
- platform xchain용 DC모터 $N \times n \times \pi D / 60s = 200mm/s$ 이상 (N : rpm, D : 지름 n : 기어비)
 $N = (60 \times 200) / (n \times \pi D)$
ex)모터 2000rpm이라 가정하면 D = 1.9/n
D \approx 30mm이면 기어비 n \approx 1: 15.7
- 모터 용량에 알맞은 DC모터 브레이크 24V (단, worm gear type의 gear box를 사용하면 모터

- brake를 사용할 필요가 없다.)
- barrier DC모터
 - 회전운동을 직선운동으로 변환
 - stroke 90mm (최대 100mm)

5. 상세설계 및 제작

5.1 휠체어리프트 전자회로 및 유압제어시스템

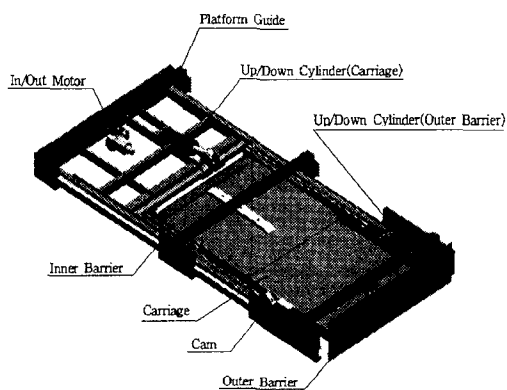
<그림 2>는 휠체어리프트의 전체 시스템 구상도를 나타내는 것으로 이 시스템은 휠체어장애인을 차량(대중교통차량, 버스)에 탑승시키기 위해 직선운동 및 상·하운동을 한다.



<그림 2> 전체 구상도

직선운동은 전기 신호에 의해 전기 액추에이터를 동작시켜 리프트가 차량의 밖으로 돌출되거나 안으로 삽입되는 동작을 하며, 상·하운동은 차량에 탑승자가 승·하차시키기 위해 큰 부하에서 사용할 수 있는 유압 액추에이터로 상·하운동을 한다.

리프트 시스템은 <그림 3>과 같이 크게 기구부와 유



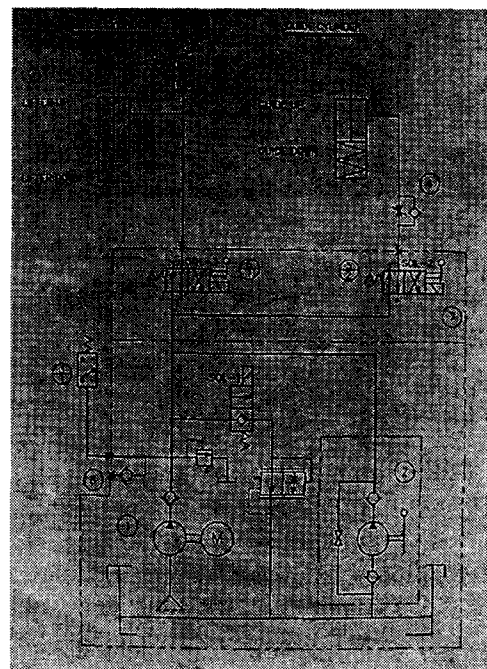
<그림 3> 기구부와 구동부

압·전기 액추에이터를 제어하는 제어부로 나눌 수 있으며 리프트는 탑승자를 승·하차하기 위해 순차적으로 제어된다. 본 시스템의 제어프로그램은 PIC전용 C-compiler를 사용하였으며, PIC16C72A CPU를 적용하였다.

<그림 4>에서 볼 수 있듯이 In/Out 모터에 의해 리프트의 선형운동(돌출 및 삽입)이 행해진다.

그리고, 제어부에서는 차량의 문이 열린 것을 확인한 후 In/Out 모터를 동작시키며 4개의 L/S를 통해 위치를 제어한다.

차량 밖으로 돌출된 리프트는 제어부를 통해 유압 액추에이터를 제어한다.



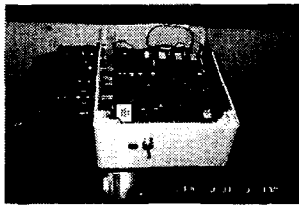
<그림 4> 유압회로도

<그림 4>에서 볼 수 있듯이 유압회로는 일반적으로 사용되는 지게차의 유압회로와 유사한 제어방식을 사용하고 있으며, 전자-유압제어 방식으로 제어된다. 제어부에서 리프트의 위치를 검출하여 설정위치에 오면 리프트의 상·하 동작을 위해 유압구동용 모터 및 2개의 solenoid valve를 작동시킨다. 리프트의 상·하운동을 위한 위치검출은 3개의 limit switch와 압력switch로 행해진다.

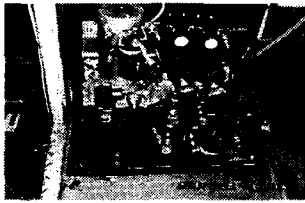
제어부는 불필요한 전력의 소모를 줄이기 위해 리프트의 상승시만 유압구동용 모터를 동작한다.

유압실린더는 부하하중 600lb에서 동작이 가능하기 위하여 최대 3000kgf의 출력이 가능하도록 설계되어 있으며, 작동압력 140~200bar를 사용하였다. 하강시는 리프트의 자중 및 부하하중에 의해 동작되며, 압력awitch 및 limit switch에 의해 위치를 검출한 후 제어부에서 리프트의 동작을 제어하도록 되어 있다.

리프트를 차량에 삽입할 경우, 상승시 유압펌프용 모터를 동작시켜 실린더를 제어할 수 있으나, 하강시 자중에 의해 동작하므로 설정위치 이하에서 유압펌프용 모터를 동작시켜 상승시와 같은 원리로 제어가 가능하게 하였다. 제어부 및 유압시스템은 다음 <그림 5>에서 볼 수 있다.



(a) 전자회로 상자



(b) 유압제어장치

<그림 5> 전자회로 상자 및 유압제어장치

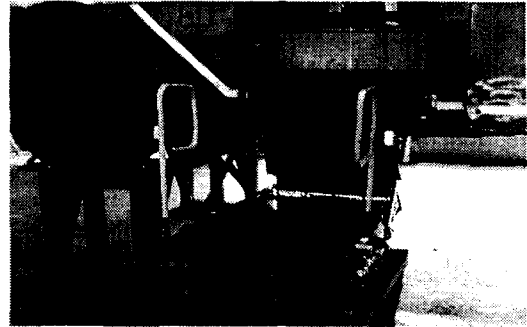
5.2 기구부 장착 및 작동

다음 <그림 6>와 <그림 7>은 차량에 리프트가 설치된 모습을 보여주는 것으로 차량의 후문 쪽에 설치가



<그림 6> 휠체어리프트 장착 전경

가능하다. 리프트의 동작은 일반적으로 제어기에 의해 동작되며 차량의 전기장치 및 제어기에 문제가 발생했을 경우 승객의 승·하차를 포함한 모든 동작이 수동으로 조작 가능하다.



<그림 7> 휠체어리프트 하강 모습

6. 안전도 점검

전원공급이나 전자회로장치 등의 문제로 유압펌프 및 시스템에 문제가 발생되었을 비상시, 수동 유압 Jacket을 작동시켜야 한다.(그림 8 참조) 그리고, 휠체어리프트의 반복사용에 따른 문제점 등을 도출하는 과



<그림 8> 비상 수동유압Jacket



<그림 9> 처짐량 측정 광경

정에서 가장 문제가 되는 것은 프레임의 처짐이 발생되고 있다. 이러한 처짐량을 측정하여 보정하였다.(그림 9 참조)

7. 결론

본 논문에서 전동휠체어 장애인과 보호자를 차량에 탑승할 수 있는 제이기 및 장치를 구성하고, 실차량에 적용하여 동작성을 확인한 결과, 차량에 설치하여 장애인 및 노약자의 승·하차시 충분히 이용가능하며, 자동제어시스템의 하드웨어와 소프트웨어의 상품성을 개선하였다. 휠체어장애인의 안전을 위한 보조장치와 소프트웨어를 추가 개발하여 적용한다면, 상품성을 확보함으로써 장애인과 노약자의 이동권을 확보한다는 측면에서 큰 기여를 할 것으로 본다. 본 논문의 결과를 토대로 향후 리프트 개발에 중요한 Know-How를 확보하였고, 다양한 형태의 리프트를 개발하는데 기본적 기술자료를 축적하게 되었다. 이 설계기술은 노약자 및 장애인의 이동권과 접근권을 향상시킬 수 있는 전동휠체어리프트의 대량생산체제를 확보하기 위한 중요한 기초자료가 됨으로써 동 제품의 안전도와 정밀도 품질 보증 확보에 큰 기여를 하게 된다.

참 고 문 헌

- [1] 교통개발연구원, "교통약자를 고려한 교통수단제공 및 시설정비지침 연구", 2000
- [2] 장애인복지과, "95장애인 실태조사 결과", 보건복지부 사회복지정책실 장애인복지과, 1996
- [3] 박을중외 2인, "장애인·노약자를 위한 특별수송체계에 관한 연구"
- [4] 조일욱 외 1인, "편의시설 다시보기", 제단법인 파라다이스 복지재단과 장애인 편의시설 촉진시민모임, 1998.
- [5] 박종철, "대중교통차량 승하차 리프트 및 안전장치에 관한 연구", 대구대학교 산업정보대학원 석사학위논문, 2000
- [6] 이태문, 이권용, 황우석, "대중교통 버스장착용 휠체어 리프트 기구부설계 및 해석", 대한의용생체공학회 춘계학술대회 발표논문집, 22권, 1호, 2000

[7] 정선모, "기계설계", 문운당, 1997.

[8] 이원평, "기계설계연습", 원화, 1994.

[9] ISO/DIS 9386-1 Power-operated lifting platforms for persons with impaired mobility—Rules for safety, dimensions and functional operation—part 1: vertical lifting platform

[10] Americans With Disabilities (ADA) Accessibility Guidelines for Transportation Vehicles (Subpart B—Buses, Vans and Systems), 49 CFR Part 37 [Docket OST-1998-3648; Notice No.98-15] RIN 2105-AC00: Transportation for Individuals with Disabilities (The Dept. of Transportation/ Federal TransitAdministration Regulations).



이 수 철(Soo Cheol Lee)

1982년 서울대학교 농공학과 졸업
1993년 미국 Columbia대학원 기계공학과 졸업 (M.Phil./Ph.D.)
1994년~현재 대구대학교 자동차산업기계공학부 부교수
관심분야: 시스템분석, 공장자동화



임 구 (Goo Lim)

1997년 대구대학교 제어계측공학과 졸업
1998년 ~ 현재 (주)삼주기계 기술연구소 연구팀장/주임연구원
2001년 ~ 현재 대구대학교 대학원 기계공학과 석사과정