

인클루시브 디자인을 고려한 PBV(목적기반 차량) 도어 스텝 메커니즘 설계 조규형¹⁾ · 박기철^{*2)}

홍익대학교 기계시스템디자인공학과¹⁾ · 홍익대학교 기계시스템디자인공학과²⁾
홍익대학교 홍익대학교

Inclusive Design of PBV(Purpose Based Vehicle) Door Step Mechanism

Kyuhyoung Cho¹⁾ · Kicheol Pak^{*2)}

¹⁾Department of Mechanical System Design Engineering, Hongik University, 94 Wauson-ro, Mapo-gu, Seoul, Korea

^{*2)}Department of Mechanical System Design Engineering, Hongik University, 94 Wauson-ro, Mapo-gu, Seoul, Korea

Abstract : In the near future, it is expected that the direction of mobility development will be expanded in various ways due to the advent of PBV. As autonomous driving technology advances, the role of the driver's seat will gradually decrease, and the situation in which passengers will have to get on and off alone will increase. In particular, in the situation of getting on and off, the subject that should be considered first is the vulnerable in transportation. This paper introduces a PBV door step designed for an inclusive boarding and alighting experience. Various PBV built-in door step mechanisms that operate only when passengers get on and off and a suitable structure were designed.

Key words : Public Built Vehicle(목적기반 차량), Door Step(도어 스텝), Ramp(경사로), Stair(계단), Slope(경사지)

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

인클루시브 디자인이란, ‘모든 사람을 포용하고 배려하는 디자인으로 성별, 장애유무, 국적, 문화적 배경에 상관없이 사용자가 의도를 알 수 있는 디자인’을 말한다.¹⁾ 교통약자의 이동권도 보장하면서 누구에게도 난관 없이 차량을 승하차하려면 인클루시브 디자인이 필요하다. 차량에 탑승하고 목적지에 도착하여 하차하는 과정까지 어느 사용자더라도 자연스러워야 한다.

대부분 운전자는 만 18~70세로 신체적으로 건강한 사람들로 구성된다. 하지만 근미래에 대부분 차량이 자율주행으로 운행된다면 운전자는 줄어들고, 기존에 운전하지 못했던 사람도 차량을 이용할 수 있게 되면서 이동 수요가 증가할 것이다.²⁾ 그래서 운전자 도움 없이 차량에 승하차하지 못하는 사람들을 위한 인클루시브 디자인을 고려해야 한다. 본 논문에서 승하차하기 힘든 사람들도 포용할 수 있는 도어 스텝 디자인 및 구조를 제안한다.

1.2 타겟 설정

교통약자의 이동편의 증진법에 따르면 교통약자는 ‘장애인, 고령자, 임산부, 영유아를 동반한 사람,

* Corresponding author, E-mail: hide@hongik.ac.kr

어린이 등 일상생활에서 이동에 불편을 느끼는 사람'이라고 정의한다. 교통약자가 대중교통을 이용할 때 본인이 타야 할 차량을 찾고 승차하는 과정, 목적지에 하차하는 과정에서 차량을 놓치거나 충돌하여 넘어지는 상황이 종종 발생한다. 특히 휠체어 이용자인 경우, 경사판 없이 차량에 승하차할 수 없다.

본 논문에서 제시하는 PBV는 어린이와 고령자가 포함된 4명의 가족 단위로 이루어진 라운지 컨셉이고, PBV 저장면 높이는 400mm다. 가족 여행이나 캠핑으로 유모차나 캐리어를 끌고 가는 상황에는 경사로가 필요하다. 어린이, 고령자에게 400mm는 높으므로 이들에게 계단이나 경사로를 제공하고, 휠체어 이용자들도 사용할 수 있는 도어 스텝 치수 및 형상을 구상했다.

2. 도어 스텝 컨셉

2.1 치수 선정

자율주행 기술이 레벨 5단계로 구축되고 자율주행 차량이 완전히 정착되는 과정에서 현행법이 다소 적용될 것이다. 경사로가 장착되어 있고 PBV 크기와 가장 유사한 저장버스를 참고하여 도어 스텝 치수를 선정했다.

국도교통부의 저장버스 표준모델에 관한 기준에 따르면 저장버스 치수는 휠체어 이용자를 중심으로 규정된다. 경사판의 각도는 경사로가 보도 높이 200mm에 올라가는 기준으로 약 4.76° 이하여야 하고, 저장면의 높이는 340mm 이하이어야 한다. 또한, 모든 저장버스에 차체 경사장치(Kneeling System)가 적용되어 높이 60mm 이상 조절이 가능해야 한다.

차체 경사장치는 특히 기술이기 때문에 PBV에 적용하지 않았고, PBV 저장면 높이 400mm에서 사용자에게 적합한 경사로의 각도, 길이를 선정했다. 보도가 없는 경우 전동 휠체어가 최대 올라갈 수 있는 최대각도 15°와 보도가 있는 경우의 각도 7.16°인 경사판 길이 1600mm로 정했다. 또한, 저장버스에서 휠체어 기준으로 규정된 최소 문 폭이 900mm인 점에서 PBV에 들어가는 폭을 저장버스와 동일하게 900mm로 설정하였다.

Table 1 저장버스 및 PBV 비교

| | 저장버스 | PBV |
|---------------------------|--------------|-------------|
| 최대 저장면 높이 | 340mm | 400mm |
| 차체 경사장치 (Kneeling System) | 60mm | - |
| 경사판 각도 (보도 없는 경우) | 18° | 15° |
| 경사판 각도 (보도 있는 경우) | 4.76° (1/12) | 7.16° (1/8) |
| 경사판 길이 | 900mm | 1600mm |

2.2 도어 스텝 메커니즘

2.2.1 리프팅 메커니즘

리프팅 메커니즘에서의 스텝은 총 한 단으로 이루어져 있고 스텝이 위치하는 높이는 200mm이다. 문이 열릴 때 스텝이 200mm 길이로 나와 계단으로써 사용한다. 무거운 짐이나 전동 휠체어 등을 넣어야 하는 경우, 스텝이 리프팅 방식으로 올려줘서 무거운 물체를 PBV에 넣을 수 있는 역할을 한다.

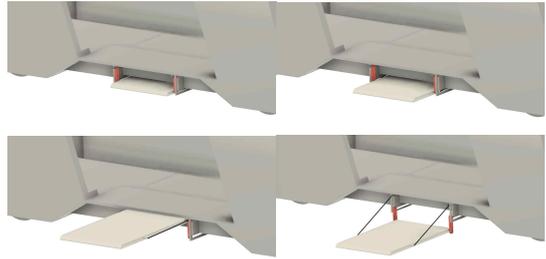


Photo. 1 Lifting Mechanism

2.2.2 슬라이딩 메커니즘

슬라이딩 메커니즘의 스텝은 총 2단으로 나누어져 있고 스텝이 위치하는 높이는 200mm다. 앞서 리프팅 메커니즘과 동일하게 스텝이 처음에는 짧게 200mm 길이로 한 단만 나와서 계단으로써 사용한다. 경사로가 필요한 상황에는 2단으로 겹쳐있는 도어 스텝이 길게 뻗어 나온다. 스텝이 나오는 시간을 축소하기 위해 스텝이 나오는 경로를 곡선형으로 설계했고, 도어 스텝 옆 벽면에 두 개의 축으로 각도를 형성할 수 있도록 가이드 라인을 추가했다.

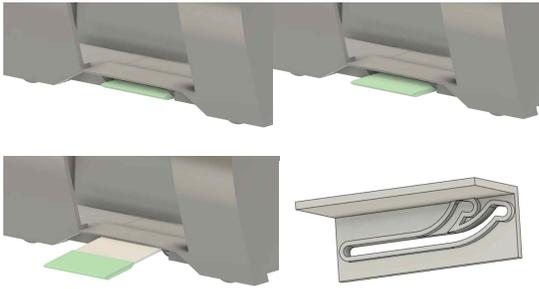


Photo. 2 Sliding Mechanism

2.3 도어 스텝 단계 구조

높이 400mm에서 가장 적당한 계단 수는 지면, 중간 계단, PBV 저장면으로 총 3단이 가장 적합하다고 판단했다. 3단으로 분리되는 도어 스텝은 슬라이딩 메커니즘에 적용되고, 계단 및 경사로 변환 시간이 단축될 수 있는 구조를 위해 도어 스텝 양옆에 4개의 링크를 추가했다. 모터 2개만으로 계단 및 경사로 변환할 수 있도록 시뮬레이션한 결과, 두 번째 스텝에 링크를 추가한 구조가 가장 적합했다.

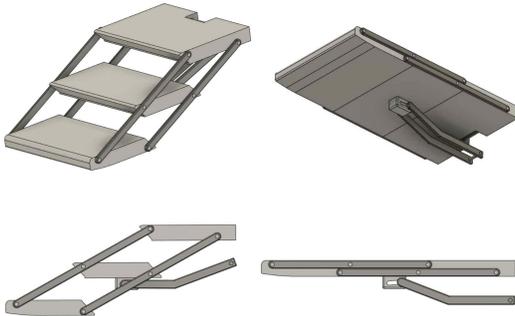


Photo. 3 Door Step Conversion

3. 도어 스텝 구현 및 검토

메커니즘이 시뮬레이션으로 검증되더라도 실제로 가능하고 문제점이 없는지 프로토타입 검증이 추가로 필요하였다. 프로토타입은 실제 계단의 5분의 1 크기로 제작하였고, 아두이노와 서보 모터 2개로 움직임을 구현했다. 계단 및 경사로 변환 과정에서 두 모터의 상호작용이 중요하게 작용했다.

계단 및 경사로 변환 시, 하나의 모터로만 작동되지 않았고 두 모터가 동시에 일정한 각속도로 움직여야 한다. 또한, 도어 스텝 변환 움직임이 부드럽기

위해서는 두 번째 스텝 아래의 링크 축에 약간의 슬라이드 구조가 추가되어야 한다는 점을 실험을 통해 확인하였다.

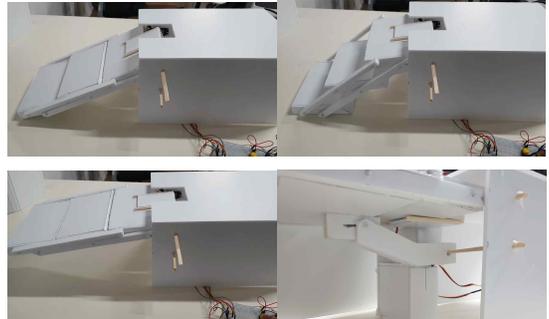


Photo. 4 Door Step Prototype

4. 결론

자율주행 기술이 가속화되면서 일부 지역에서 자율주행 시범 운행이 진행 중이다. 근미래에 대부분 차량이 자율주행으로 운행되면 법적으로 운전하지 못하는 만 18세 이하, 고령자, 장애인 등 폭넓은 사용자들이 PBV를 이용할 것이다. 특히, 지역 간 외출 빈도가 연간 평균 27.3회인 일반인에 비해 2.7회인 지체 장애인은 외출 빈도수는 더욱 증가할 것으로 전망된다.³⁾ 지체 장애인을 포함한 고령자, 어린이 등 모든 사람이 차별 없이 차량을 승하차할 수 있도록 도어 스텝에 인클루시브 디자인을 적용된 사용성 연구가 필요하다.

본 논문은 대학혁신지원사업비를 지원받았음.

References

- 1) Centre for Inclusive Design, Inclusive Design, <https://centreforinclusivedesign.org.au/index.php/resources/inclusive-design/>, 2022
- 2) Sang Koo, "An Observation on Purpose Built Vehicle(PBV) Design Factors in a Mobility Service System", Transactions of KSAE, Vol.28, No.12, pp.865-874, December 2020
- 3) National Assembly Research Service, Transition Status and Improvement Measures for South Korea Transportation Services for People with Disabilities, NARS Legislation and Policy Studies, Vol. 35, 2019