

스마트 도어를 위한 파워어시스트 제어시스템 설계

Design of Power Assist Control System for Smart Door

박민규† · 성금길* · 이병수**

Min-Kyu Park, Kum-Gil Sung and Byungsoo Lee

1. 서 론

운전자의 안전과 편의를 위하여 자동차부품의 지능화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 자동차부품 중 도어는 승객에 의한 사용빈도가 높은 장치이며 구조, 형상, 개폐력 등에 따라 편의성과 안전성 등에 영향을 미치는 중요한 장치이다. 최근 자동차 도어의 지능화에 대한 활발한 연구로 자동 슬라이딩 도어(automatic sliding door) 및 전동식 파워도어 시스템 등이 개발되었다[1,2]. 그러나 이러한 장치만으로는 차량의 주차 위치 및 바람과 같은 외부환경변화에 따른 도어의 개폐력 변화를 보상할 수 없다. 즉 경사진 곳 등에 주차할 경우 도어의 자중에 의하여 도어가 급격히 열리거나 닫히게 되고 이는 소아 또는 노약자의 경우 안전사고를 유발 할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 선행연구에서는 자동차 도어의 개폐력을 변화시킬 수 있는 스마트도어의 메카니즘 및 제어시스템을 제안하였다[3, 4]. 이는 DC모터와 동력전달장치를 이용하여 승객이 차량 도어를 개폐할 때 힘을 보완할 수 있도록 고안되었다.

본 연구에서는 선행연구에 이어 차량의 롤(roll) 및 피치(pitch) 각도의 변화에 따른 차량 도어의 동적 해석을 수행하고, 도어의 힘을 보완할 수 있는 외란관측기 기반 파워어시스트 제어기를 설계하여 적용한다[5]. 이를 위하여 스마트도어용 제어시스템을 구축하고, 실험을 통해 차량 도어 개폐의 편의성 및 안정성 향상에 대한 파워어시스트 알고리즘의 유용성을 입증한다.

2. 스마트도어 시스템

2.1 구동메카니즘

차량 도어의 개폐력을 보상하기 위해서 기존의 도어 체커를 떼어내고 그 자리에 선형운동력을 발생시키는 구동메

커니즘을 장착한다. 구동 메커니즘은 DC모터, 랙과 피니언 형태의 동력전달기구, 차량바디 연결부 등으로 구성되어 있다. Fig. 1은 메카니즘의 개념도와 개발된 스마트도어용 기구부이며, Fig. 2는 실제 차량 도어에 장착된 모습이다.

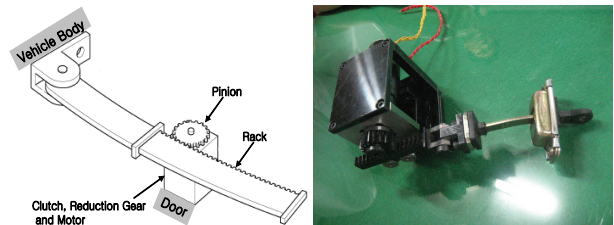


Fig. 1 Concept and developed driving mechanism of smart door system



Fig. 2 Installation into vehicle door module

2.2 제어시스템

Fig. 3은 제어시스템의 구성 및 개발된 제어기 하드웨어를 나타낸다. MCU는 ATmega128을 사용하였으며 모터드라이브는 최대전류 30A인 NT-DMDSC-VNH2SP30를 사용하였다. 또한 차량의 기울어짐과 개폐 속도를 검출하기 위해 가속도센서와 자이로 센서를 장착하였으며, 타 자동차 부품과의 통신을 위해 CAN 통신 기능을 구현하였다.

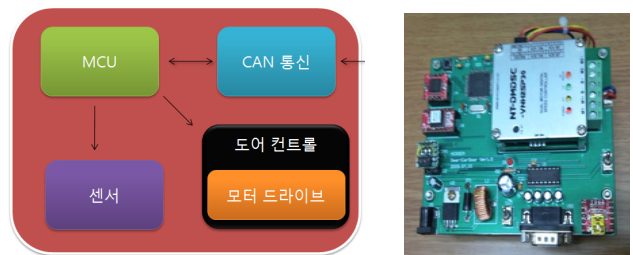


Fig. 3 Diagram and developed control system

† 교신저자; 영남이공대학 기계자동차학부
E-mail : mk_park@ync.ac.kr
Tel : (053) 650-9218, Fax : (053) 625-0861

* 영남이공대학 기계자동차학부

** 계명대학교 기계자동차공학부

3. 파워어시스트 제어기 설계

3.1 차량 도어의 동적 해석

Fig. 4와 같이 차량의 탑승자가 문을 개폐하기 위해 문에 P 의 힘을 팔길이 d 로 가하고, 액추에이터 작용력은 F 문 경첩에는 마찰 토크 T_{fric} 가 존재할 때 도어의 운동방정식은 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} J\ddot{\theta} + c\dot{\theta} + T_{fric} &= T_f + T_g + dP \\ &= \frac{r(\varepsilon_x \sin\theta + \varepsilon_y \cos\theta)}{\sqrt{(r\cos\theta - \varepsilon_x)^2 + (r\sin\theta + \varepsilon_y)^2}} F \\ &\quad - r_g mg(\cos\theta \sin\phi_x + \sin\theta \cos\phi_x \sin\phi_y) \\ &\quad + dP \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, J , c , T_f , T_g , ϕ_x 및 ϕ_y 는 각각 도어의 질량관성 모멘트, 도어 힌지부의 댐핑계수, 액추에이터에 의한 토크, 도어의 자중에 의한 토크, 롤각도 및 피치각이다.

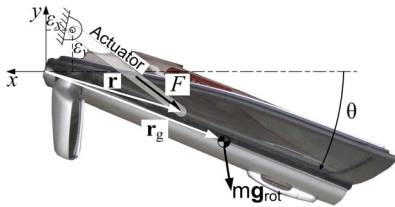


Fig. 4 Vectors described in door fixed coordinate

3.2 외란관측기 기반 파워어시스트 제어

개폐력을 보조하기 위한 파워어시스트 문제는 차량의 롤(roll) 및 피치(pitch) 각도의 변화에 따른 자중에 의한 토크(T_g) 등을 보상하는 것이 가장 효과적인 해결 방법이다. 파워어시스트 제어기의 구현은 식 (1)을 계산하여 피드포워드 방식으로 구현할 수 있지만 계산이 복잡하여 MCU에 부하를 주게 되고, 강풍과 같은 외란, 모델의 불확실성에 대해 대처할 수 없는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 Fig. 5와 같이 외란관측기를 이용해 중력, 마찰, 불확실성을 보상함으로써 파워어시스트 제어 알고리즘을 구현하였다. Fig. 6과 같이 제안된 알고리즘을 제어기 하드웨어에 포팅한 후 제어실험을 수행하였다. 도어를 20도 기울인 상태에서 제안된 파워어시스트 제어기를 동작시켰을 경우 개폐력을 보조함으로써 도어를 기울이지 않았을 때와 비슷한 1.5kgf의 토크가 측정되었다.

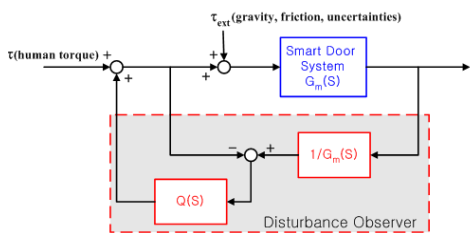


Fig. 5 Block-diagram of power assist control

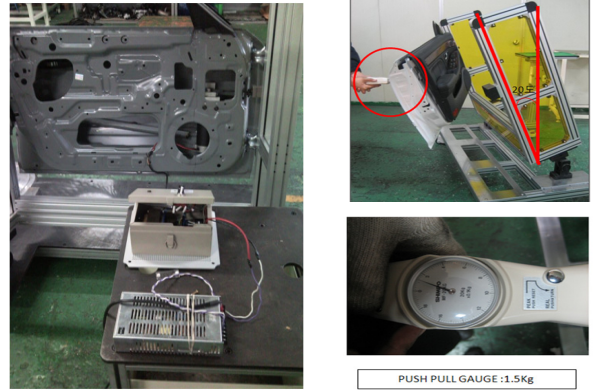


Fig. 6 Experimental setup and result of the power assist control

4. 결론

본 연구에서는 차량 도어의 개폐 시 편의성을 보다 증대시키기 위하여 모터와 동력전달장치 등으로 구성된 파워어시스트 장치를 개발하고, 이를 제어할 수 있는 제어시스템을 구축하였다. 또한 외란관측기 기반의 파워어시스트 제어 알고리즘을 설계·적용함으로써 복잡한 계산없이 효과적으로 개폐력을 보조할 수 있었으며, 그 결과를 실험적으로 검증하였다. 향후 토크센서 등을 시험장치에 부착하여 보다 신뢰성 있는 데이터를 획득하여 분석하고자 한다.

후 기

이 연구는 “대구지역 지능형자동차 부품산업 육성을 위한 연계협력사업” 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] M. Grujicic, G. Arakere, V. Sellappan, J. C. Ziegert, F. Y. Kocer, and D. Schmueser, "Multi-Disciplinary Design Optimization of a Composite Car Door for Structural Performance, NVH, Crashworthiness, Durability and Manufacturability," *Multidiscipline Modeling in Mat. And Str.*, 5, 1-28, 2009.
- [2] R. Nayak and Kee Im, "Optimization of the Side Swing Door Closing Effort," *SAE Technical Paper No. 2003-01-0871*, 2003.
- [3] 성금길, 박민규, 이병수, “자동차용 파워어시스트 스마트도어 시스템 설계,” *한국정밀공학회 춘계학술대회논문집*, pp. 581-582, 2009.
- [4] 박민규, 성금길, 이병수, “파워어시스트 시스템을 이용한 인간감응형 차량 스마트도어 제어,” *한국정밀공학회 춘계학술대회논문집*, pp. 571-572, 2009.
- [5] Sehoon Oh and Yoichi Hori, "Generalized Discussion on the Design of Force-sensor-less Power Assist Control," *10th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control*, pp. 492-497, 2008.