

## 근접센서를 이용한 차량 도어 제어 충돌 방지 시스템

이석희\*(고려대 대학원), 조한석(고려대 제어계측공학과), 허종규(고려대 전자및정보공학부)  
이정현(고려대 대학원), 김희국(고려대 제어계측공학과)

### Car-door-controlled collision protection system using proximity sensor

S. H. Lee(CIE. Dept., KU), H. S. Cho(CIE. Dept., KU), J. K. Heo(EIE. Dept.,KU)  
J. H. Lee(CIE. Dept., KU), W. K. Kim(CIE. Dept., KU)

#### ABSTRACT

In this study, a car-door-controlled collision protection system using proximity sensor is proposed and its preliminary analysis and several preliminary experiments are conducted. The proposed system has three additional sub-components on the car-door : that is, a pair of extra electro-magnetic actuator that are attached to the sliding bar of the open/close car-door four-bar mechanism, a proximity sensor that would be attached to the outside surface of the door which is likely to frequently contact to the object and a driving control circuit of the whole system. A proximity sensor is used to detect object close to the car-door, the driving control circuit provides actuating power command to the electro-magnets to generate braking force to stop the swing motion of the car-door. It is verified through kinematic analysis of the four-bar car-door open/close mechanism and through experiments that the magnitude of maximum electronic magnetic force could provide the braking force enough for this application. For this purpose, an electro-magnet driving circuit is implemented and tested. And also to increase the safety of the system a time delay circuit is implemented and tested.

**Key Words** : Electromagnet (전자석), Proximity Sensor (근접센서), Ultrasonic Sensor (초음파 센서), Infrared Sensor (적외선 센서), Car-door Collision Protection(차량 도어 충돌 방지)

#### 1. 서론

차에 승차하거나 하차하는 사람이 차량 도어를 열고 닫는 과정에서 예기치 않은 접촉사고나 대형 교통사고가 빈번히 발생된다. 특히, 주변상황을 인식 하면서 차량 도어를 적절히 열기를 기대할 수 없는 유아들의 경우에 사고 위험성이 매우 높은 것은 말할 것도 없거니와 심지어 성인의 경우에도 주차 후 비좁은 공간에서 차량 도어를 열 차와 접촉이 없도록 적절히 열지 못해 주변의 차량이나 벽 등에 충격을 가하고 피해를 입거나 입히는 크고 작은 사고가 많이 발생된다. 따라서, 차량 문이 열리는 순간부터 주변의 상황을 인지하여 차량의 문이 열리는 속도를 감속하여 사고를 방지하는 차량도어제어 안전장치가 필요하다. 이러한 기능을 가지는 기전장치는 저자들이 파악하는 바로는 현재까지 상용화된 제품은 거의 없는 것으로 알고 있으며 Fig. 1처럼 문 바깥쪽에 액

세서리 용품을 부착하는 방안이 제시되고 있다.



Fig. 1 기존의 차량 도어 보호를 위한 부착물

따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안의 하나로서 “차량 도어 제어 충돌 방

지 시스템”을 제시한다. 차량 도어 제어 충돌 방지 시스템은 차량 도어에 부착된 근접센서(초음파 센서, 적외선 센서)와 차량 도어의 개폐 메커니즘의 미끄럼 관절부분에 장착된 전자석을 이용하는 구조로서 차량 도어의 움직임을 제동하는 방식을 취하고 있다. 차량 개폐시 사용되는 도어 메커니즘의 분석과 본 연구에서 제시된 차량 도어 제어 충돌 방지 시스템의 구현을 통하여 본 논문에서 제시된 방식이 효율적이며 실제 활용 가능성이 높음을 확인한다.

## 2. 전체 시스템 구조

Fig. 2는 차량의 문을 나타내며 ①번 영역은 실제적으로 외부 물체와 접촉이 가장 빈번한 부분이므로 이 부분에 근접센서(초음파 또는 적외선 센서)를 부착한다. 그리고 Fig. 2의 ②번 영역은 자동차의 본체와 문을 연결해주는 부분으로써 자동차 문을 일정한 간격으로 유지 시켜주기 위해 홈이 파여 있는 로드 부분에 전자석 제동장치가 장착된다.

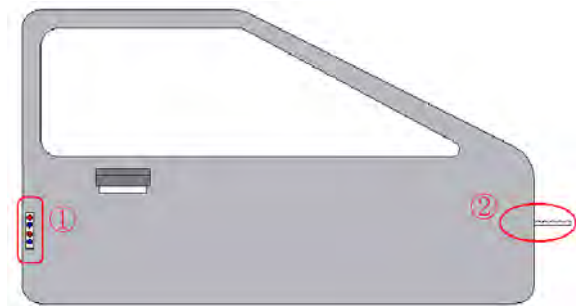


Fig. 2 차량 도어

문의 개폐시 차량 주위의 상황을 인지하기 위해 Fig. 2의 ①번 영역에 설치된 초음파 센서로서는 3cm ~3m의 측정범위를 가지는 Fig. 3에 보인 SRF-04를 사용하였다.

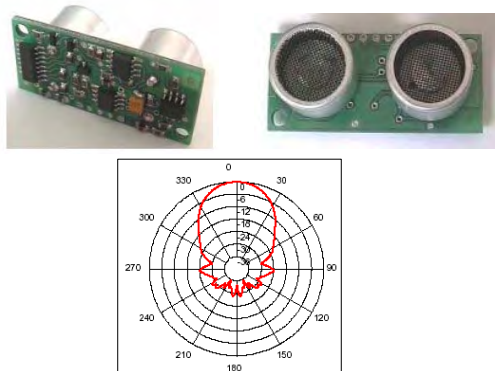


Fig. 3 초음파 센서 SRF-04

그리고 위 초음파 센서와 같은 위치에 적용될 수 있는 적외선 센서로서는 Fig. 4의 GP2D120를 사용하였다. 이 센서의 측정 거리는 4cm~30cm로 초음파 센서와 같은 거리를 측정할 수 있다.



Fig. 4 GP2D120 초음파 센서

이러한 문의 개폐에 관련된 메커니즘은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 차량 도어 끝단의 양 쪽 부분에 총 두 개의 회전관절(관절 1과 2)과 차량몸체에 고정된 회전관절(관절 4) 그리고 차량몸체와 문을 연결하는 하나의 미끄럼관절(관절 3)을 가지는 RRPR 형태의 4절 메커니즘 구조를 가지고 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 차량 도어 개폐 4절 메커니즘의 미끄럼관절 부분에 전자석 제동 장치를 장착하여 도어를 제어하게 된다.

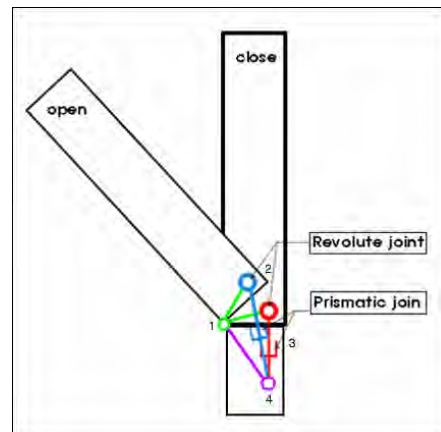
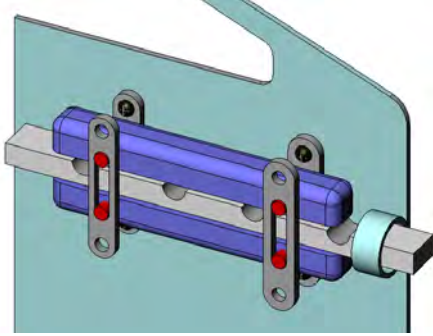


Fig. 5 위에서 본 차량 도어 개폐 메커니즘



Fig. 6 차량 도어에 부착된 미끄럼 관절

Fig. 6은 실제 차량 도어에 부착되어 있는 미끄럼 관절을 나타낸다. 차량 도어의 제동을 위해 본 논문에서는 Fig. 7과 같은 구조의 전자석 제동장치를 부착하는 방법을 제안하여 이에 관련된 예비 실험을 수행하였다.



(a) 개념도



(b) 실제 시스템

Fig. 7 전자석 제동장치: (a) 개념도 (b) 실제 시스템

### 3. 도어 개폐 메커니즘 해석

Fig. 8은 차량 도어 개폐 4절 메커니즘의 개략도이다. Sonata NF의 경우 앞문의 개폐 4절 메커니즘의 링크 길이는 대략  $l_1 = 15cm$ 과  $l_2 = 5cm$ 로 측정되었다. 편의상, 차량 몸체에 고정된 회전관절 각을  $\theta$ 로 미끄럼 관절 변수를  $x$ 로 나타내었다.

이러한 사절 메커니즘에서 두 개의 변수  $\theta$ 와  $x$ 는 코사인 법칙으로부터 다음과 같은 관계식을 만족한다:

$$x^2 = l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2\cos\theta \quad (1)$$

식 (1)을 시간에 대해 미분하면

$$2x\dot{x} = 2l_1l_2\sin\theta\dot{\theta} \quad (2)$$

이며 이 식을 정리하면 다음의 식을 얻는다.

$$\dot{x} = G_\theta^x \dot{\theta} \quad (3)$$

여기서

$$G_\theta^x = \frac{2l_1l_2\sin\theta}{\sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2\cos\theta}} \quad (4)$$

이며  $G_\theta^x$ 는 속도 계인(자코비안)을 나타낸다.

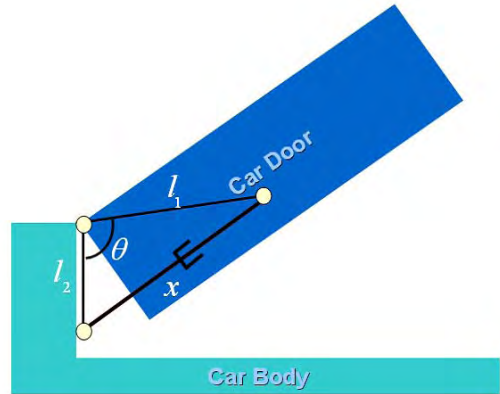


Fig. 8 차량 도어 개폐 4절 메커니즘의 기구학 구조

한편, 가상일의 정리로부터  $x$ 를 변위로 가지는 미끄럼 관절에서의 힘( $f_x$ )과  $\theta$ 를 변위로 가지는 회전관절에서의 토크( $\tau_\theta$ )사이의 관계식은 아래와 같다:

$$\tau_\theta = G_\theta^x f_x \quad (5)$$

이 식으로부터 전자석의 제동력이 주어졌을 때 차량의 몸체와 문의 끝단에 고정된 회전관절(관절 1)에 대한 도어의 회전 제동토크를 구할 수 있다. Fig. 9는 제동 토크에 해당하는 구동전압에 대한 전자석 제동 토크를 나타낸다. 이 그림으로부터 MLSH01-0 전자석으로부터의 힘으로 인한 도어 회전관절에서의 최대 토크는 600[LBS]임을 확인할 수 있다.

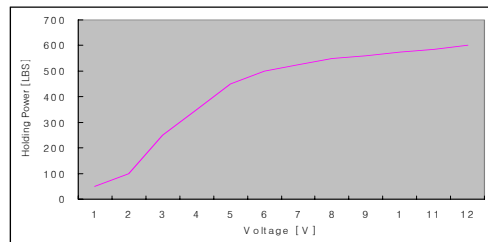


Fig. 9 전자석(MLSH01-0)의 구동 토크와 구동 전압

#### 4. 도어 제동용 전자석 회로 제작

Table 1은 상용 전자석의 모델과 사양을 나타낸다. 특히, 차량 도어에 삽입될 수 있는 크기 및 무게를 고려하여 MSLH01-0 모델을 선정하였다.

Table 1 상용 전자석의 사양

모델명	정격 전압	정격 전류	외형 치수	HOLDING POWER
EML-39D	12/24V DC	670/350mA	L267XW51XD38mm	1,650 LBS
EML-6F300D	12/24V DC	900/450mA	L208XW51XD51mm	3,000 LBS
MLSH01-0	12/24V DC	500/250mA	L250XW42XD26mm	600 LBS
ML01	12/24V DC	500/250mA	L266XW73XD40mm	1,200 LBS

Fig. 10은 본 연구에서 제작한 MSLH010-0 전자석 제동 회로도를 나타낸다. Fig. 12의 ①과 ②는 각각 전자석의 구동 회로와 전체 차량 제동 충돌 방지 시스템의 컨트롤러를 나타낸다. 특히, Fig. 11의 ③은 탑승자의 안전을 위하여 Fig. 11의 회로도와 같이 전체 시스템의 ON후 자동으로 일정 시간 후에 전체 시스템의 OFF를 유도 할 수 있도록 555 Timer를 사용한 시간 지연 회로이며 이 회로는 자동으로 시스템의 OFF를 구현하거나 Dip\_S/W를 사용하여 5~35 초를 선택할 수 있도록 구현되었다. 그리고 전원이 제거되었을 경우 모든 차량 도어 제동 시스템은 기존의 차량 도어에 아무런 영향을 미치지 않도록 설계되었다. 특히, 차량 도어 제동 시스템의 작동 및 중단은 차량 안에서 도어를 열게 되는 경우에만 작동하도록 도어 안쪽의 손잡이 부분에 설치하였다.

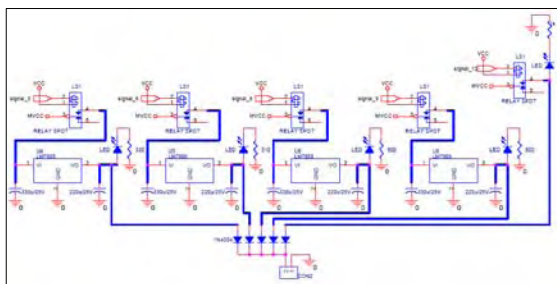


Fig. 10 전자석 제동 회로도

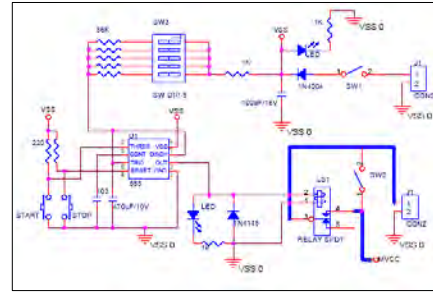


Fig. 11 차량 도어 안전 및 시간지연 회로도

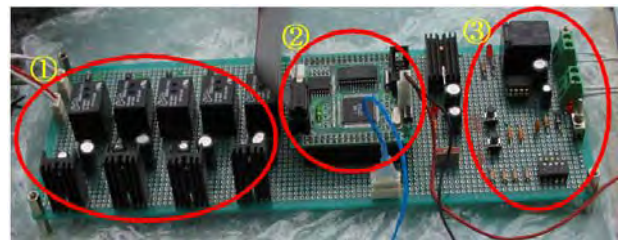


Fig. 12 실제 제작된 회로도

#### 5. 차량 도어 제동 실험

이상과 같이 제작된 회로 및 초음파 센서 그리고 전자석 구동 및 제어 회로를 이용하여 모의 실험을 실행하였다. 실험에서 사용된 구조에서는 Fig. 7에서 보는 바와 같이 한쪽 로드(Prismatic Joint)에 최대 600[LBS]인 MSLH01-0 전자석 두 개가 위 아래로 부착되는 구조를 그대로 활용하였으며 따라서 제동 토크의 크기는 전자석 하나의 제동력의 2배가 되도록 하였다. 그리고 거리에 따라 부드럽게 전자력이 가해지도록 하되 외부 물체가 3cm 까지 접근했을 때 최대의 전자력 823[LBS]이 발휘되도록 회로도가 설정되었다. Fig. 13은 초음파 센서로부터 접근 물체가 30cm 의 거리로부터 1cm이하까지 접근함에 따라 전자석에 의해 발휘되는 실제 제동력의 크기를 보여주고 있다. 이 밖에 여러 실험을 통하여 제작된 전자석 제동 회로도 및 그 밖의 차량 도어 안전 및 시간 지연 회로도의 성능실험을 확인하였으며 모두 계획한 바와 같이 시스템의 기능에 맞게 정상적으로 작동함을 확인하였다.



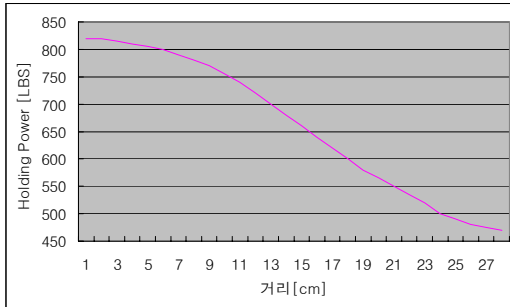


Fig. 13 근접 거리에 대한 차량 도어 정지 토크

최대 크기의 전자력인 823 [LBS]가 가해졌을 때에도 사람의 힘으로 차량 도어의 sliding bar를 이동하는 것은 불가능하였다. 따라서, 앞에서 언급한 바와 같이 차량 도어 제어 충돌 방지 시스템에 장착된 두 개의 전자석에서 제공되는 최대 토크는 1200[LBS]로서 차량 도어를 급제동하기에도 충분한 것으로 판단하고 있으나 이를 확인하기 위해 차량 도어에 직접 부착하여 실험을 수행할 예정이다.

한편, 전자석 제동력이 가해진 후의 도어의 회전 감 가속도는

$$\alpha = \frac{T_{\theta}}{J_0} = \frac{G_{\theta}^x f_x}{J_0} \quad (6)$$

와 같이 구해질 수 있으며 여기서  $J_0$ 는 도어에 고정된 회전관성에 대한 도어 전체의 관성을 나타낸다. (6)에서 알 수 있는 바와 같이 전자석의 제동력을 변화함으로써 움직이는 문을 상황에 따라 부드럽게 또는 급하게 정지시키도록 쉽게 조절할 수 있음을 알 수 있다.

## 6. 결론

본 논문에서는 차량 도어의 개폐시 충돌을 방지할 수 있는 시스템에 대한 기초 해석을 수행하였다. 먼저, 전체 차량 도어 개폐 충돌 방지 시스템의 구조를 제시하고 시스템의 구현에 필요한 차량 도어 개폐 메커니즘의 기구학 해석을 통하여 요구되는 전자석 제동력에 관하여 조사하였으며 전자석 구동 회로를 제작하여 차량 도어 개폐 충돌 방지 시스템에 필요한 충분한 제동력을 가지는 가에 대해 확인하였다. 무엇보다도 본 시스템의 구현에 있어 중요한 요인 중의 하나는 저가의 시스템의 구현을 목표로 하였으며 작동원리의 가능성을 확인한다는 범위내에서 적외선 센서나 초음파 센서를 선정하였으며 각각의 효용성에 관한 기초 실험을 수행하였다.

본 차량 도어 개폐 충돌 방지 시스템이 성공적으로 구현되는 경우 차량 안전의 증진 측면에서 매우

큰 파급효과가 예상되며 이를 위해 보다 다양한 주변상황에 대해 유용한 시스템으로의 개발을 위한 알고리즘의 개발이 필요하며 현재 이러한 노력이 진행되고 있으며 초기 모형이 곧 완성될 예정이다.

## 후기

제 7회 2005년 현대·기아 자동차 설계 공모전 입상작으로 현대·기아 자동차 지원으로 연구 및 제작되었습니다.

## 참고문헌

1. Ueno, T., Jinhao Qiu, and Tani, J., "Magnetic force control based on the inverse magnetostrictive effect," IEEE Transactions on Volume 40, Issue 3, pp. 1601 - 1605, May 2004.
2. Kawabata, K., Nishioka, N., Po Chih Lin, Nakamura, H. and Kobayashi, H., "Distance measurement method under multiple ultra sonic sensors environment," Proceedings of the 1996 IEEE IECON 22nd International Conference on Volume 2, pp. 812 - 816, 5-10 Aug. 1996.
3. Yuzbasioglu, C. and Barshan, B., "Range estimation using simple infrared sensors without prior knowledge of surface parameters," Signal Processing and Communications Applications Conference, 2004. Proceedings of the IEEE 12th, pp. 481 - 484, 28-30 April 2004.
4. Martinez-Iturralde, M., Martinez, G., Atencia, J., Garcia Rico, A. and Florez, J., "Analysis of voltage measurement techniques for direct torque control of induction motors," Electric Machines and Drives Conference, 2003. IEMDC'03. IEEE International Vol 2,, pp. 1151 - 1155, 1-4 June 2003.
5. 김갑순 "이동로봇을 위한 초음파센서를 이용한 소형장애물 감지," 한국정밀공학회 2004년도 추계학술대회, pp.21-24, 2004
6. C.S. Song, H.J. Yang, "A study on the modeling of solenoid valve for anti-lock brake system," 한국정밀공학회지, 1225-9071, 제12권12호, pp.81-90, 1995
7. C.S. Song, J.S. Yoon, J.B. Suh, "A study of electromagnetic proportional flow control valve," 한국정밀공학회지, 1225-9071, 제10권1호, pp.100-107, 1993