Transactions of KSAE, Vol. 16, No. 3, pp.23-29 (2008)

Copyright © 2008 KSAE
1225-6382/2008/093-04

능동적 안전성을 고려한 윈도 세이프티 모듈의 개발

이 중 순*[1] · 손 일 문[1] · 곽 효 연[2]

동명대학교 자동차공학과[1] · 수원과학대학 산업경영과[2]

A Development of Safety Window System Module Considering Active Safety Technology

Joongsoon Lee*[1] · Ilmoon Son[1] · Hyoyean Kwak[2]

[1]*Department of Automotive Engineering, Tongmyung University, Busan 608-711, Korea*
[2]*Department of Industrial Management, Suwon Science College, Gyeonggi 445-742, Korea*
(Received 17 May 2007 / Accepted 1 January 2008)

Abstract : It is necessary to develope the active safety system in terms of driver's safety and convenience. In this paper, we were developed the non-contact type of safety window system operated by the initial value of feedback control such as the output signal of photo sensor. It was designed based on the control algorithm with an improved load sensitivity. Therefore, compared with the existing system, it is possible to prevent the occurrence of a mull-function. Also, it has a convenient functions of the window such as an auto up/down and closing, and has a response times better. It can be installed the various types of common vehicles that have the different movement distance and speed of window. In conclusion, the developed system may be adapted the vehicle commercially.

Key words : Safety window system(윈도 세이프티), Advanced safety vehicle(첨단 안전 자동차), Signal frequency (신호 주기), Response time(응답시간), Sensing module(센싱 모듈), Motor drive module(모터 드라이버 모듈)

1. 서 론

자동차의 주행 안정성과 운전자의 편의성을 위한 장치를 장착한 첨단 안전 자동차(ASV : Advanced Safety Vehicle)의 개발이 활발하게 진행됨에 따라 2010년 정도에는 보편화되어질 것으로 예측되지만, 이러한 장치에 고장 또는 오동작이 발생할 경우에는 탑승자의 안전을 위협할 수 있기 때문에 상당한 주의가 필요하다.[1,2)]

우리의 자동차 산업이 질적인 발전과 경쟁력을 갖추기 위해서는 관련 첨단 기술의 연구 개발은 물론, 고부가가치 상품을 생산하여야 하는 중요한 전환점에 처해있는 것도 사실이다.[3)] 따라서 자동차 성능과 품질의 개선뿐만 아니라 운전자 및 탑승자를 배려하는 인간중심적인 안전성과 편의성, 나아가서는 쾌적성과 감성을 고려한 상품의 개발은 국제 경쟁력 우위를 점하기 위한 매우 중요한 요소라고 판단된다.[4)]

한 예로서 탑승자의 편의성과 안전을 위한 시스템 중에서 윈도(window)의 안전을 위한 스마트 윈도우(smart window) 시스템이 현재 일부 차량에 적용되고 있는데, 이는 전동식 윈도가 상승 중에 이물질이 끼었는지를 감지하여 윈도 동작을 제어하는 것이다.

국내 · 외에서 전동식 윈도 조작장치 및 원터치 조작장치의 부주의한 사용에 의한 안전사고가 보고되고 있다. 우리나라의 경우, 1997년 한국소비자원

*Corresponding author, E-mail: jslee@tu.ac.kr

의 자동차 윈도 안전성 실태조사에 따르면 27건의 사고가 발생한 것으로 나타났다.[5] 취급설명서에 이와 관련된 경고표시를 한 경우는 조사대상 차종의 평균 45.65%만 제대로 표시하였으며 그 중에서 40.8%는 윈도 개폐를 직접적으로 설명하지 않고 다른 부분에 분산 · 기재 되어 있었다. 자동차 윈도에 의한 위해 가능성에 대한 경고표시의 미흡은 제조물 책임법(PL : Product Liability)의 대상이 된다. 뿐만 아니라 국내 자동차의 윈도 상승력에 대한 안전기준이 없어 제조자의 사내표준과 설계 담당자의 판단에 따라 결정이 되는 실정이다. 차종에 따라 다소 차이는 있지만 윈도 상승력은 대략 170±50N의 힘의 걸리고 최대 211.7N인 것으로 나타났다. 이것은 외국의 기준과 비교하여 매우 강한 힘이 작용하여 안전사고의 강도가 커지는 상황을 야기시킨다.

2000년부터 2005년 말까지 일본 국민생활센터 위해정보시스템에 보고된 자동차 창문 안전사고는 40건으로 그 부상정도가 심각하였다.[6]

한편, 미국의 소비자단체들은 자동차 창문과 차창 틀에 목이 끼는 등의 사고로 최소한 37명의 어린이가 사망했다고 주장하고 있다. 따라서 미국은 2008년까지 미국 내 모든 차량에 대해 파워 윈도 안전장치 장착을 의무화하고, 미국 연방 고속도로 안전부는 2008년까지 수입차량을 포함한 모든 미국 내 운행차량은 보다 안전한 파워 윈도 스위치를 장착해야 한다고 밝히고 있다.[7]

현재 국내의 일부 차량에 적용된 윈도 세이프티는 각 윈도 스위치 모듈에 컨트롤러가 설치된 상태에서 윈도에 일정한 부하가 감지되면 안전 기능을 실현하는 형태이다. 그러나 윈도 세이프티 장치가 장착되어 있지 않은 차종에 이러한 형태의 세이프티 장치를 설치하기 위해서는 관련 배선 및 모터의 교체가 불가피하기 때문에 설치의 용이성과 비용적인 측면에서 현실성이 없다. 또한, 윈도의 부하를 감지하는 방법은 노약자의 경우에 부상을 당할 수 있을 정도의 응답성을 가지기 때문에 윈도 부하 감지 응답성을 향상 시킬 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결할 수 있는 향상된 개념의 윈도 세이프티 모듈을 개발하여 상용화하고자 한다.

2. 모듈의 설계 제작

2.1 윈도 세이프티 센싱 모듈

윈도 세이프티 장치는 크게 윈도 세이프티 센싱 모듈과 윈도 모터 드라이브 모듈로 구성되는데, Fig. 1은 광센서를 이용한 윈도 세이프티 센싱 모듈의 개략도를 나타낸 것이다.

윈도 세이프티 센싱 모듈은 윈도의 위치와 끼임 발생을 감지하기 위한 것으로 일정한 간격으로 타공이 되어 있는 센싱 스케일과 센싱 스케일의 움직임을 원활하게 하기 위한 센싱 모듈 하우징, 윈도에 센싱 스케일을 용이하게 고정 할 수 있도록 제작한 윈도 고정 클립, 윈도 동작시에 윈도의 위치와 끼임 발생을 신호로 발생 시키는 감지부 등으로 구성하였다.

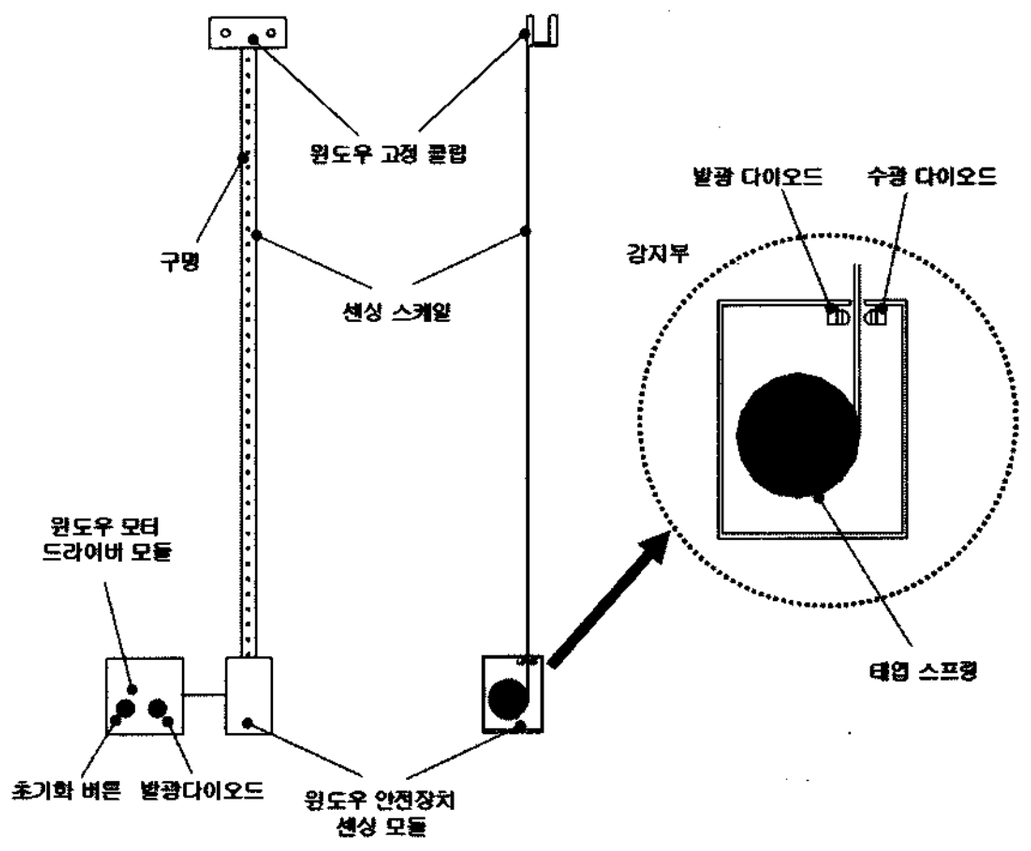


Fig. 1 Schematic diagram of window safety module

센싱 스케일은 10mm 간격으로 직경 3mm의 구멍이 뚫린 얇은 금속판으로 제작하였으며, 개발 과정에서 구멍의 직경이 2mm 이상이면 감지부에서 신호를 발생하는데 문제가 없는 것으로 나타났다.

그리고 센싱 스케일의 형상(원형, 슬릿)에 의한 감지부의 센싱 능력은 큰 차이를 보이지 않아 본 연구에서는 가공성을 고려하여 원형으로 결정하였다.

Fig. 2는 윈도 세이프티 센싱 모듈을 차량에 장착한 예를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 윈도 고정 클립을 이용하여 센싱 스케일을 윈도에 고정하고, 센싱 모듈 하우징을 도어 내부의 적정한 위

치에 고정하면 윈도의 동작에 따라 센싱 스케일이 연동하게 된다.

윈도의 상·하향 동작시에 센싱 스케일의 동작이 원활해야 할 뿐 아니라, 상향 행정시에는 센싱 스케일의 장력이 일정하게 유지되어야 하기 때문에 센싱 스케일 하단부는 센싱 모듈 하우징 내에 설치되어 있는 코일 스프링에 연결하였다.

센싱 모듈의 감지부는 수광·발광 소자로 구성하였으며 센싱 스케일의 직각방향에 설치하고, 감지부의 위치는 센싱 스케일의 움직임에 따른 영향을 최소화하기 위하여 하우징의 센싱 스케일 출구에 설치하였다.

센싱 스케일은 발광 소자 및 수광 소자 사이에 위치하여 이동하며 구멍을 통하여 발광 소자의 빛이 수광 소자로 입사되도록 하는데, 발광 소자에서 나온 광이 구멍을 통과하는 횟수와 서로 이웃한 구멍을 통과하는데 걸리는 시간을 측정하여 윈도의 이동 정보 및 위치를 판단하여 윈도 모터 드라이브 모듈에 전달된다.

윈도 모터 드라이버 모듈은 윈도 세이프티 센싱 모듈로부터 입력되는 신호 주기의 변화 또는 위치를 체크하여 윈도 모터의 동작을 제어하게 된다. 즉, 윈도에 끼임이 발생하여 부하가 증가하게 되면 윈도 동작 센싱 모듈에서 발생하는 신호의 주기가 변하는데, 이를 감지하여 윈도 모터를 역회전 시켜 감지 위치로부터 100mm 하향 이동시키게 된다. 또한, 장애물의 감지는 윈도의 동작 모든 영역에서 이루어진다.

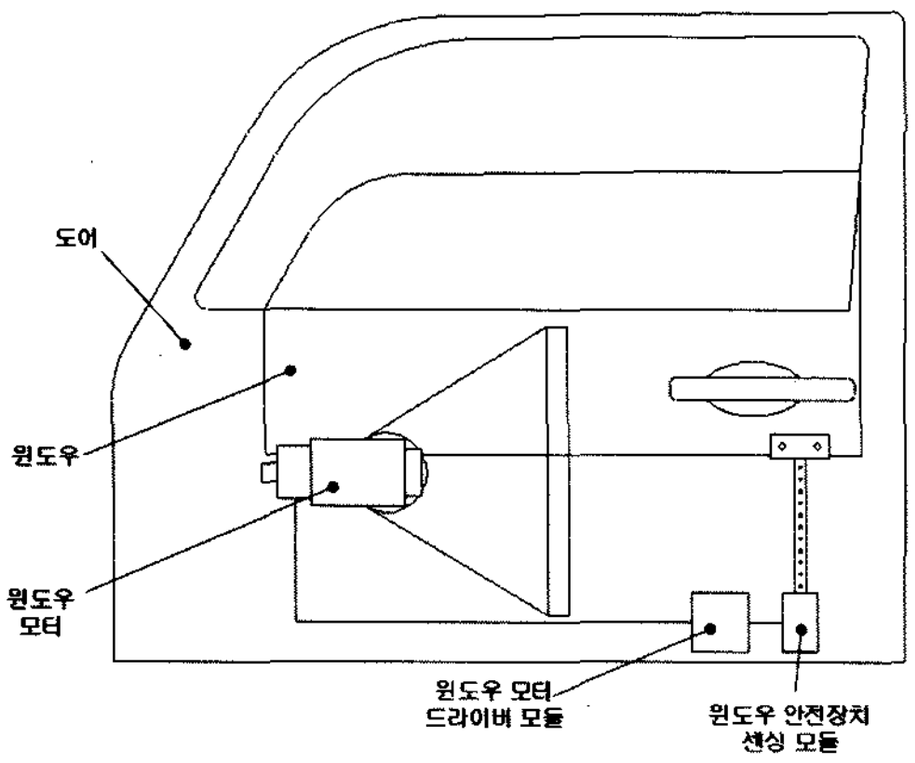


Fig. 2 An example of installation of the system module

2.2 윈도 모터 드라이버 모듈

기존의 윈도 세이프티 장치는 윈도 모터의 회전속도에 따라 신호를 출력하는 홀 센서를 내장하고 있으며, 윈도에 물체의 끼임이 발생할 경우 홀 센서 신호의 주기 변화를 감지하여 윈도 모터를 제어한다. 또한 윈도가 완전히 닫힐 때는 윈도에 물체의 끼임이 발생하지 않은 상황이지만 홀센서의 출력 신호 주기가 증가하기 때문에 윈도를 역회전 시킬 수 있다. 즉 윈도 세이프티 기능 때문에 윈도를 완전히 닫을 수 없는 상황이 발생한다. 따라서 윈도가 완전히 닫힐 때에는 윈도 세이프티의 기능을 해제하기 위하여 윈도가 완전히 닫히는 위치를 감지하여 신호를 출력하는 리밋 스위치가 설치되어 있다.

연구를 통하여 개발된 윈도 세이프티 장치는 윈도 동작시 발생하는 일정 주기의 신호를 체크하여 윈도 세이프티 기능을 수행하는 방법에는 기존의 장치에 비해 큰 차이가 없지만, 본 장치를 개발하는 목적중의 하나가 윈도 세이프티를 구비하고 있지 못한 차량에 윈도 세이프티를 적용 가능하게 하는 것이기 때문에 윈도 세이프티의 설치가 쉽고 차종에 상관없이 적용할 수 있는 기능을 부가한 것이다.

또한, 다양한 차종에 적용하기 위하여 윈도 모터 드라이브 모듈은 윈도 세이프티 센싱 모듈로부터 입력되는 신호를 이용하여 윈도 모터를 제어하는 역할과 함께 초기 설치시에 윈도 이동 거리와 이동 속도에 대한 정보를 초기화하는 역할을 한다.

차량의 윈도는 차종에 따라 이동거리는 물론, 윈도의 평균 동작 속도가 일정하지 않다.

신차의 경우, 초기에는 윈도 동작 속도의 편차를 무시할 수 있는 정도이지만 사용연수가 증가함에 따라 모터의 노후화나 이물질 끼임, 배터리의 전압 등과 같은 이유로 인하여 윈도의 동작 평균 속도와 속도 편차의 변화가 생길 수 있으며, 이는 모터 드라이버의 과부하 발생과 구동회로의 이상 발열 현상 등을 야기할 수 있기 때문에 의도하지 않은 안전사고의 원인이 된다. 따라서 윈도의 정상적인 동작을 위하여 윈도의 평균 동작 속도 변화에 반응하는 세이프티 기능이 고려될 필요성이 있다.

Fig. 3은 윈도 끼임 발생에 따른 개발된 윈도 세이프티 기능 수행 예를 나타낸 것이다. 그림에서 구형

파 형태의 시그널은 윈도의 동작에 따라 발생하는 시그널을 표시한 것이다.

A 경우는 윈도가 정상적으로 동작할 때의 예를 나타낸 경우이며, 주기는 10ms로 가정하였다.

B 경우는 동작 중 끼임이 발생한 경우를 나타낸 것으로 시그널의 주기가 10ms+a 값에 이르면 윈도 세이프티가 작동한다. 즉, 윈도 동작에 문제가 발생하여 평균 속도가 늦어지면 윈도가 초기에 상승하다가 윈도의 끼임이 발생한 것으로 판단하여 윈도 세이프티 기능을 수행한다.

그러나 기존의 윈도 세이프티는 시그널 주기를 미리 입력값으로 설정해 두기 때문에 윈도의 평균 동작 속도 변화에 관계없이 세이프티 기능을 수행한다. 그러나 이러한 방식의 윈도 제어 알고리즘은 오작동이 발생할 수 있기 때문에 단순히 윈도를 닫을 수 없는 상황 뿐 아니라 끼임이 발생한 경우에도 윈도 세이프티 기능을 수행하지 못할 수 있다.

Fig. 4는 개선된 윈도 세이프티의 제어 알고리즘 일부를 나타낸 것이다.

윈도 세이프티장치를 초기 설치 할 경우 적용 차량의 정상적인 윈도 동작 속도와 행정을 인식하기 위하여 초기화 작업이 필요하다. 적용 차량의 윈도를 전개한 상태에서 윈도 안전장치를 설치하고 윈도 모터 드라이브 모듈에 설치된 초기화 스위치를 On 시키면 초기화 동작 표시 발광다이오드가 점등되며 초기화를 준비하게 된다. 윈도를 전개 상태에서 전폐 상태까지 1회 상향 동작시키게 되면 윈도 동작 기간 동안 윈도 동작 센싱 모듈에서 발생된 신호가 마이컴으로 입력된다. 이 때 마이컴은 윈도 동작 센싱 모듈에서 입력되는 신호의 주기와 횟수를

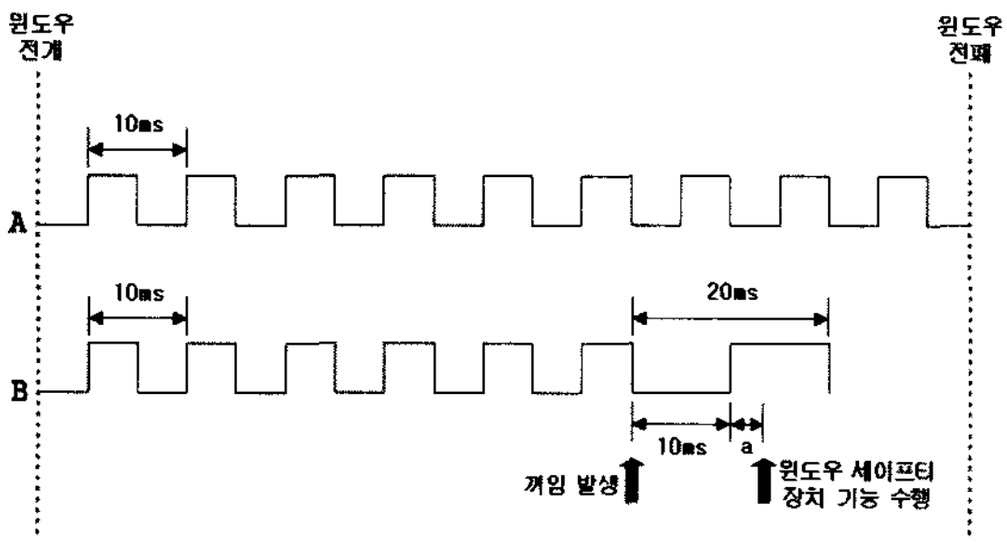


Fig. 3 Examples of the functional operations of the window safety system when get jammed in

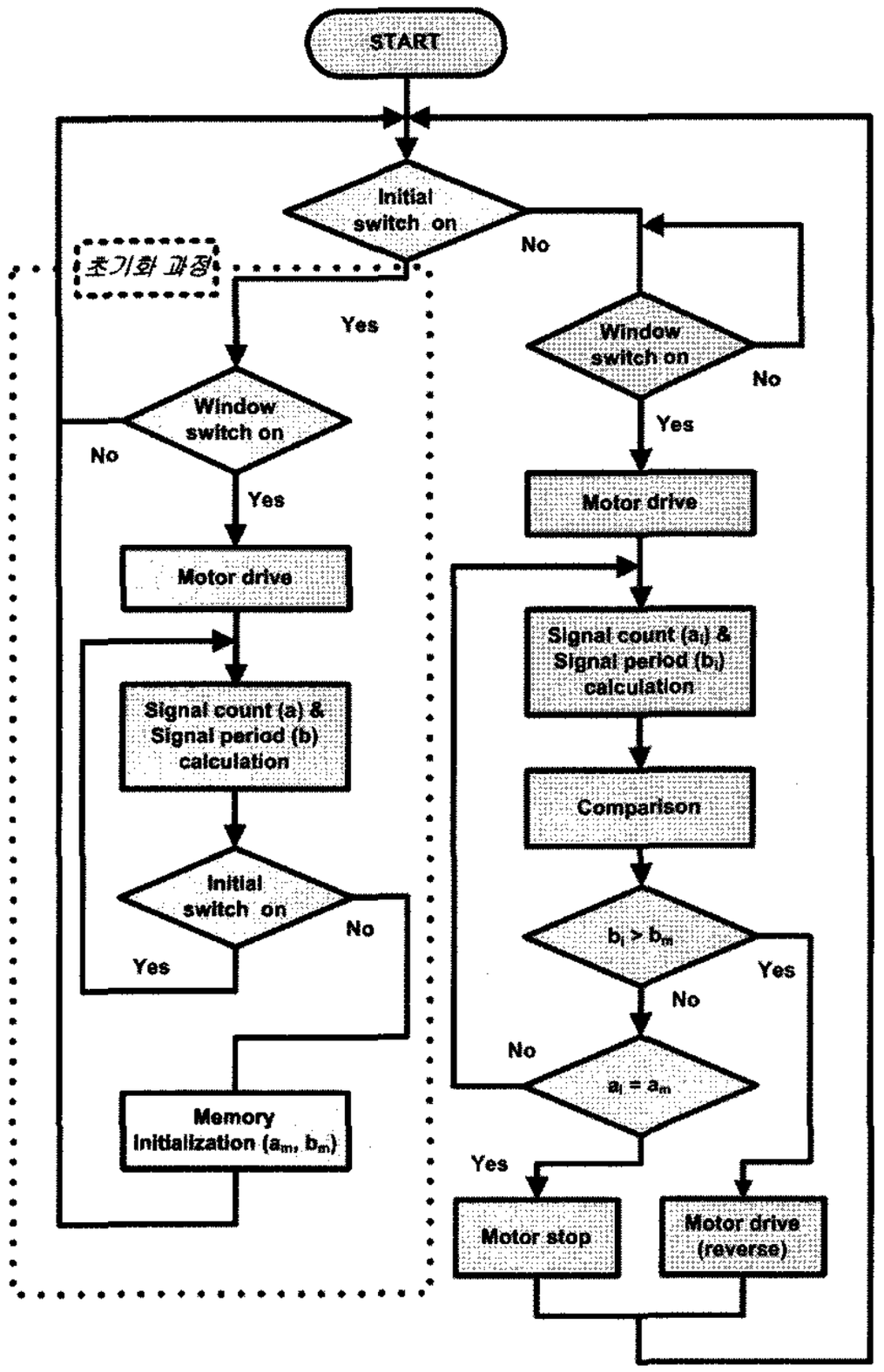


Fig. 4 Flow chart of control algorithm of window safety system

계산하게 되고, 초기화 스위치를 OFF시키면 메모리에 입력된 신호 주기의 최대값(bm)과 입력 신호 횟수(am)를 윈도 모터 드라이버 모듈내의 메모리에 저장시키면서 초기화 과정을 종료하게 된다. 이때 초기화 동작 표시 발광다이오드는 소등 된다.

초기화 된 정보는 이 후 윈도 동작시 입력되는 신호(ai, bi)와 비교하여 윈도 작동을 제어하게 된다. 즉, 윈도의 부하발생(bi > bm)이 신호 발생 횟수 보다 적은 조건에서 이루어지면 윈도 세이프티 동작을 수행하고 입력된 신호 발생 횟수와 동일한 횟수가 되면(ai > am) 윈도 세이프티 동작을 해제하여 윈도가 전폐되도록 한다. 이 과정으로 인해 기존의 윈도 세이프티장치에서 필요했던 리미트 스위치를 생략할 수 있다. 윈도의 동작 속도 변화에 대응하여 윈도 세이프티 기능을 수행하기 위해 윈도가 동작하는 각 위치에서의 신호 주기를 측정하여 메모리에

저장함으로써 다음 윈도 동작시 윈도 세이프티 수행 신호 주기로 사용하도록 하였다.

한편, 윈도 모터 드라이브 모듈 회로는 기본적인 윈도 세이프티 기능뿐만 아니라 모터 동작 노이즈에 의한 시그널 입력의 왜곡을 최소화하기 위해 노이즈 차단 회로를 추가하였다. 그리고 필요시 운전석 도어 윈도 스위치를 이용하여 조수석과 뒤쪽 좌우 도어의 윈도를 제어할 수 있도록 통신 시스템을 갖추고 있다. 개발된 윈도 모터 드라이브 모듈은 윈도 세이프티 기능 외에 다양한 기능을 추가할 수 있다. 예를 들면, 윈도 스위치 1회 동작으로 윈도를 전폐 또는 전개시키는 자동 업/다운(auto up/down) 기능을 구현할 수 있다. 자동 업/다운 기능은 최근의 차량에는 대부분 적용되어 있지만, 고급 차량을 제외하고는 윈도 세이프티 기능이 적용되지 않은 차량이 많다. 즉, 이전의 차량에는 적용되어 있지 않거나 윈도 세이프티 기능이 없는 상태이며, 이 경우에 자동 업 기능은 위험하기 때문에 자동 다운 기능만이 적용되어 있다.

3. 윈도 세이프티 성능 시험 및 고찰

3.1 성능 시험 장비

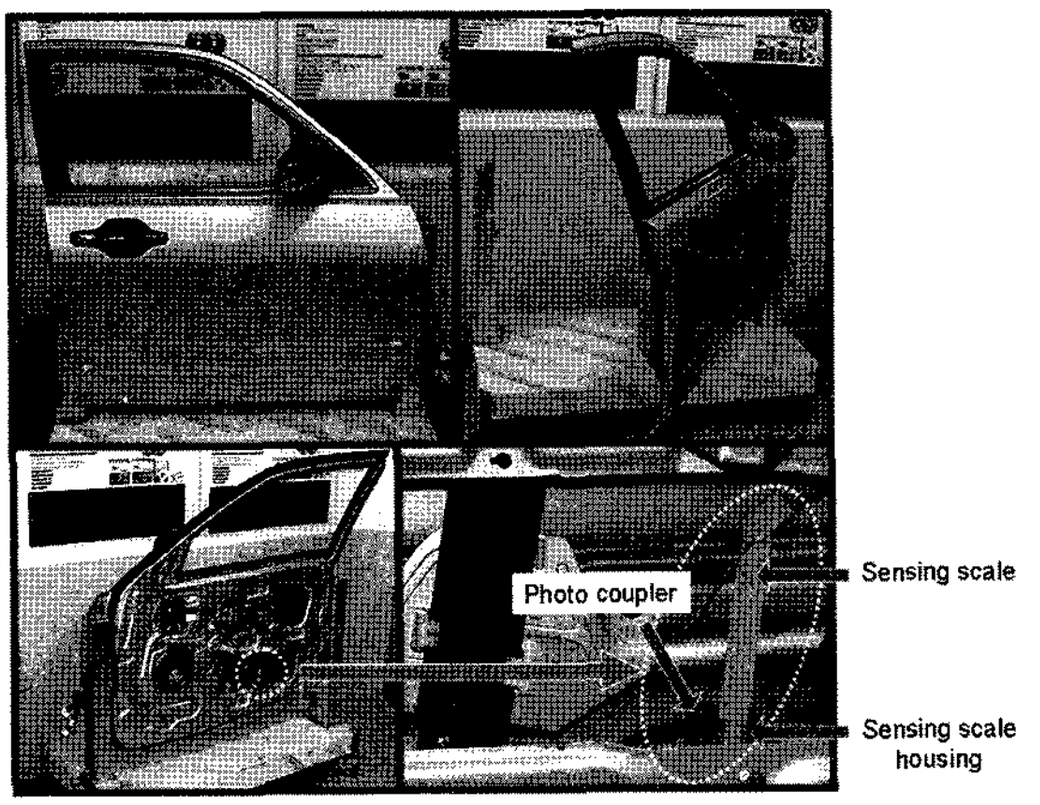
Fig. 5(a), (b)는 개발된 윈도 세이프티의 감도를 테스트하기 위하여 제작한 도어 테스트 장치를 나타낸 것이다. Fig. 5(a)는 세이프티가 기 장착된 차량(A type)에 개발된 윈도 세이프티를 설치한 사진이며, Fig. 5(b)는 세이프티가 적용되어 있지 않은 차종(B type)에 윈도 세이프티를 설치한 사진이다.

Fig. 6은 Fig. 6(a), (b)에서 언급한 A type과 B type에 각각 개발한 윈도세이프티를 부착한 후 로드 셀을 이용하여 이의 감도를 측정하는 사진이다.

윈도 이동행정의 중앙 지점에 로드셀(SUU type, CA : 20kg$_f$, senstech Co., Ltd)을 설치하고 세이프티 기능이 수행되기 전까지 로드셀에 가해지는 윈도의 하중을 측정하였다. 인디케이터(DI-10W)를 이용하여 로드셀의 초기화를 시켰고, 시그널은 시간에 따른 하중의 이력값으로 저장하였다.

3.2 성능시험 결과 및 고찰

Fig. 7은 기존의 윈도 세이프티가 적용된 차량의



(a) A type

(b) B type

Fig. 5 Equipment for testing of functions of window safety system

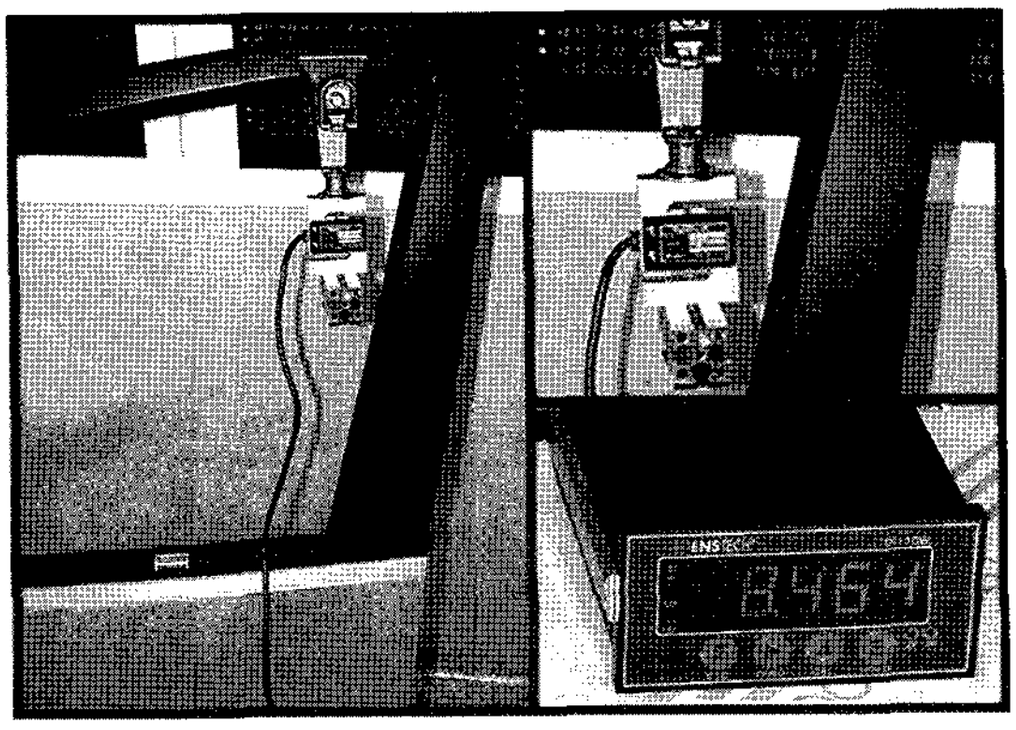


Fig. 6 Sensitivity test of window safety system

윈도 감도를 시간에 경과에 따라 나타낸 것이다. 이는 데이터 수집 프로그램(data logging program)을 사용하여 입력되는 윈도 작동 하중이 1kg$_f$이 되는 100ms 위치에서 트리거링 하면서 연속적으로 50회

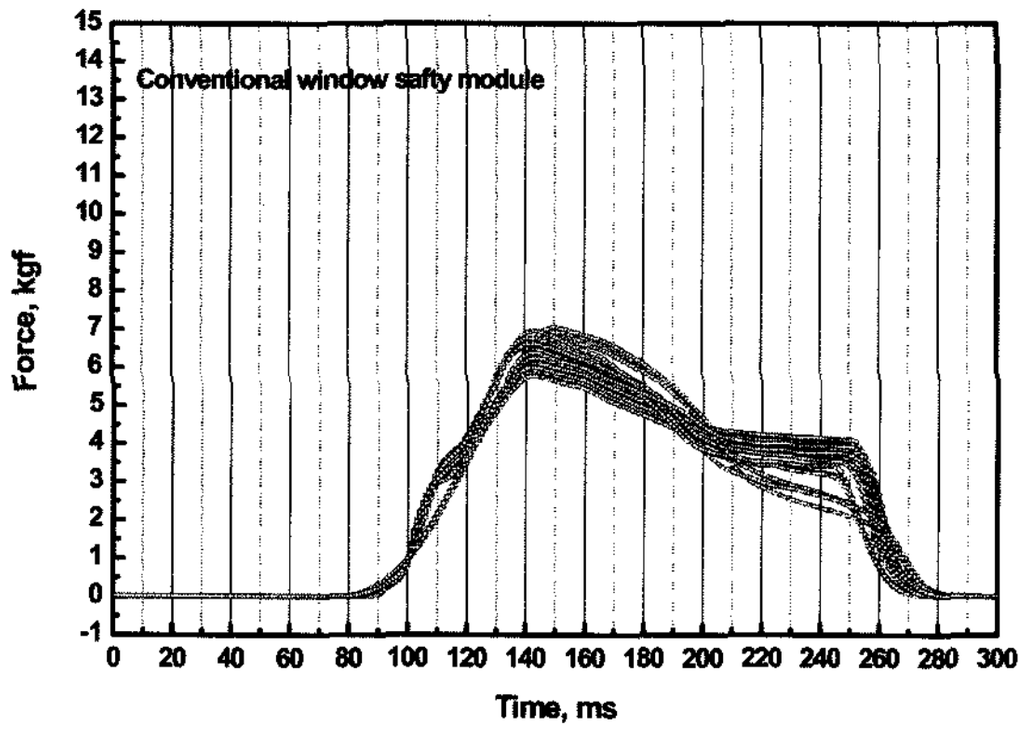
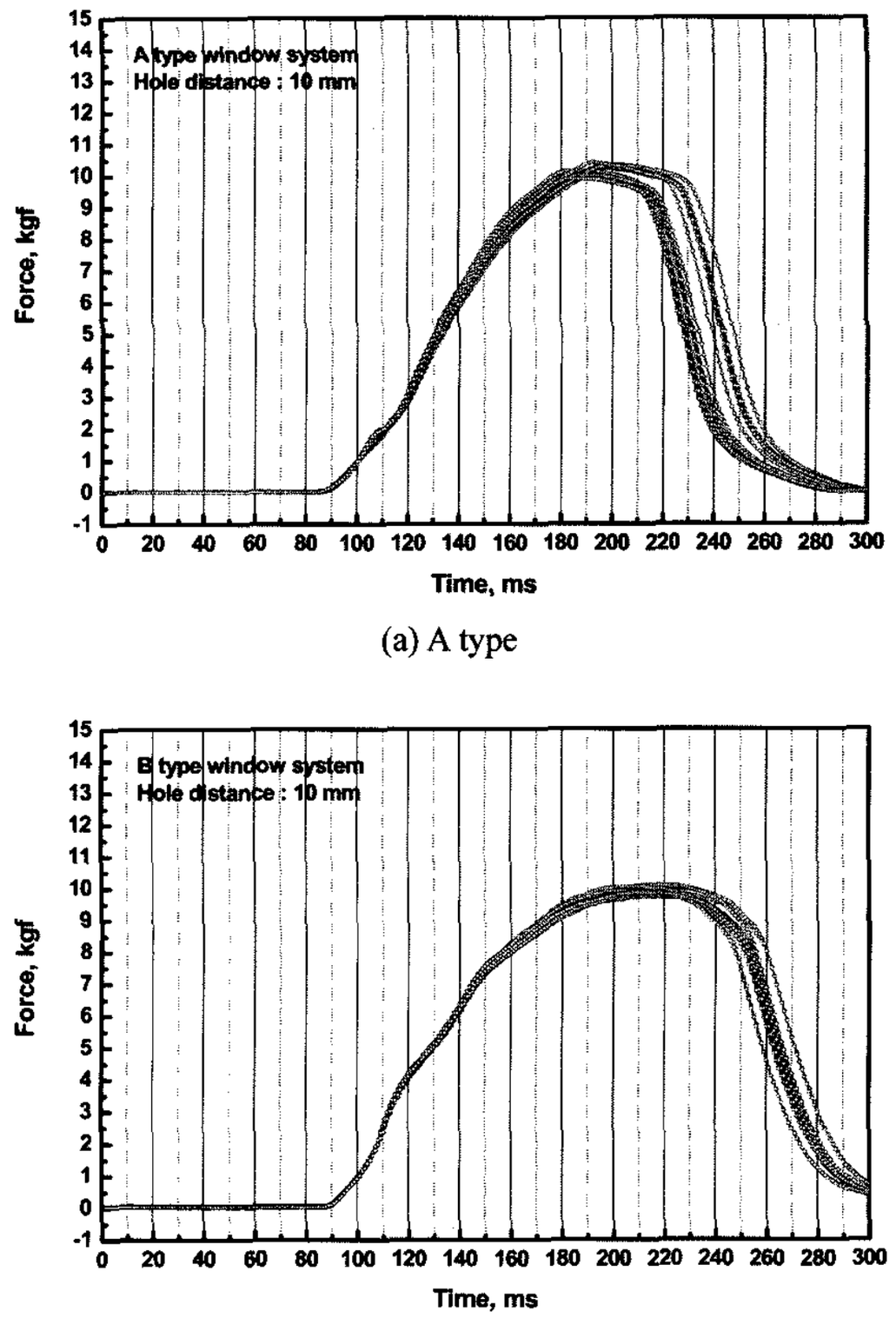


Fig. 7 Sensitivity test of the conventional window safety system

반복 동작시켜 저장한 값을 도시한 것이다. 편의상 윈도 동작 감도의 기준은 100ms 시점을 기준으로 표현하였다. 약 90ms부터 로드 셀에 가해지는 하중이 증가하기 시작하여 140~150ms 경과한 지점에서 약 7kg_f의 하중을 보인 후 감소함을 알 수 있고, 윈도를 50회 반복적으로 동작을 시켰음에도 불구하고 하중의 편차가 미미하여 전체적으로 재현성이 양호함을 알 수 있다.

Fig. 8(a), (b)는 본 연구를 통하여 개발한 윈도 세이프티가 적용된 윈도의 감도를 50회 측정한 값으로 시간 경과에 따라 윈도에 가해지는 하중을 나타낸 것이다. Fig. 8(a)는 윈도 모터의 특성에 따른 영향을 배제하기 위하여 Fig. 8에서 테스트 한 차종과 동일한 종류의 차종(A type)에 적용한 경우이고, Fig. 8(b)는 윈도 세이프티가 미 장착된 차량(B type)에 개발한 세이프티를 적용한 결과를 나타낸 것이다. Fig. 8(a)와 (b) 모두 윈도 세이프티 감도를 결정하는 센싱 스케일의 구멍 간격은 10mm인 경우이며, 감도의 측정결과 두 경우 모두 약 90ms에서 로드 셀에 가해지는 하중이 증가하는 현상을 볼 수 있다. 또한, Fig. 8(a)의 경우에는 180~190ms 영역에서 약 10kg_f의 하중을 보인 후 감소하고, (b)의 경우에는 200~210ms에서 약 10kg_f의 하중을 보인 후 감소함을 알 수 있다. 두 경우 모두 하중 변화의 재현성이 양호하며, 세이프티 기능의 재현성도 기존 세이프티와 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

한편, 개발한 윈도 세이프티의 감도는 센싱 스케일의 구멍 간격에 의해 시그널 주기가 결정되며 윈도의 동작시에 시그널 주기의 편차에 의해 a값이 결정되기 된다. 즉, 1차적으로는 센싱 스케일의 구멍 간격을 좁힐수록 윈도 세이프티의 감도를 개선할 수 있으며 2차적으로 윈도 모터의 속도를 일정하게 하여 a값을 최소화 하는 방법이 있다.



(a) A type

(b) B type

Fig. 8 Sensitivity test results of the developed system (hole distance:10mm)

Fig. 9는 차량 A type에 센싱 스케일의 간격을 5mm로 조정한 윈도 세이프티를 적용하여 테스트한 결과이다. 윈도 세이프티의 재현성은 더욱 양호한 것으로 나타나고 150~160ms 범위에서 약 8kg_f의 하중을 보인 후 감소하는 것을 알 수 있다.

Fig. 10은 지금까지 기술한 차량 A type에서 실시되었던 기존 및 개발 세이프티의 감도 차이를 비교하고자 종합적으로 나타낸 것이다. 여기에서 윈도 세이프티 응답 시간이란 데이터가 트리거된 100ms부터 최고의 하중을 나타내는 시간값의 차이를 의미한다.

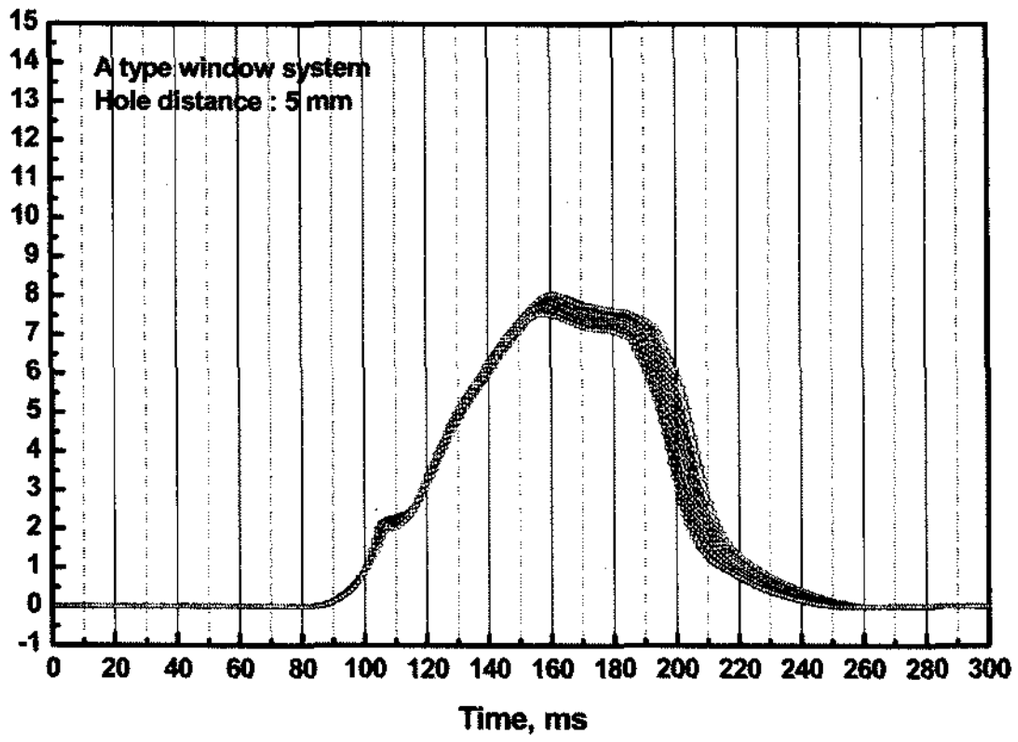


Fig. 9 Sensitivity test results of the developed system (hole distance: 5mm)

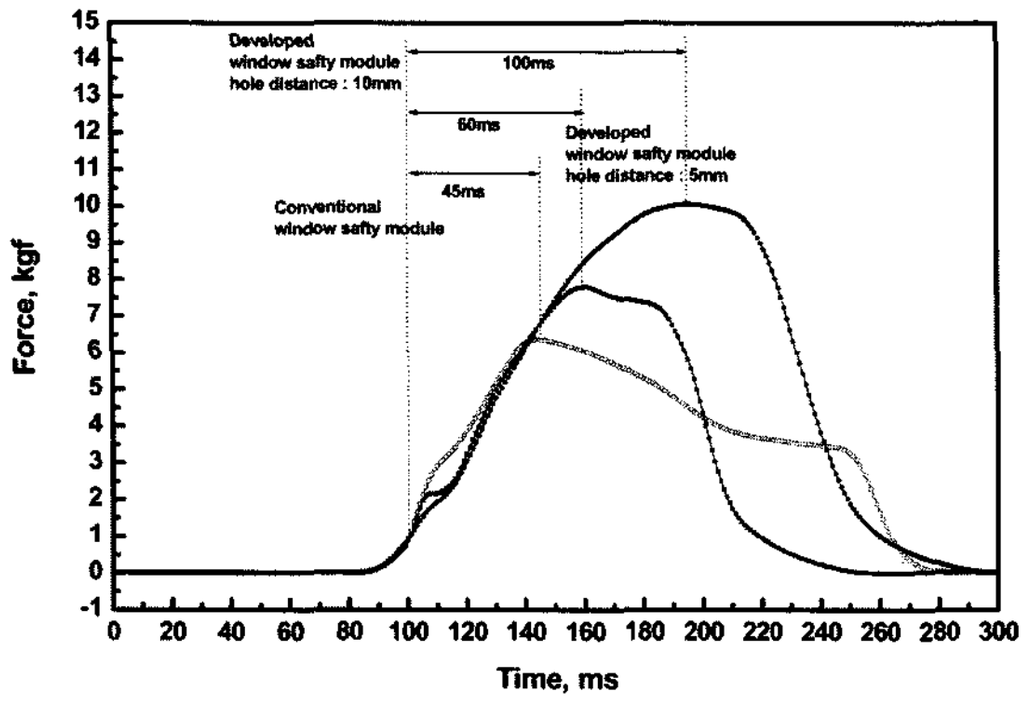


Fig. 10 Comparison of the response evaluation between the conventional and developed widow safety system

4. 결 론

탑승자의 안전성과 편의성을 고려한 ASV(advanced safety vehicle) 개념을 적용한 비접촉 방식의 윈도 세이프티 장치를 개발하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다. 또한 윈도 상태의 이상이나 모터 자체의 문제로 인한 윈도 위치에 따른 윈도 모터 속도의 편차를 최소화하여야만 윈도 세이프티의 감도를 결정하는 a 값을 최소화 할 수 있기 때문에, 향후 계속적인 연구를 통하여 윈도 모터의 속도를 일정하게 제어하여 윈도 세이프티의 감도를 개선하는 것이 과제이다.

1) 센서 출력 피드백 회로를 구성하여 기존의 윈도 세이프티와 비교하여 응답성이 양호하고 윈도 동작 시스템 및 윈도 이동거리와 동작 속도 등이 상이한 다양한 차종에 적용할 수 있는 윈도 세이프티를 개발하였다.
2) 기존의 윈도 세이프티 장치에서 발생할 수 있는 오작동의 방지는 물론, 부하 감지도가 개선된 제어 알고리즘을 확보하였고, 윈도 모듈간의 통신 시스템을 개발하였다.
3) 세이프티 기능 외에 자동 업/다운 기능 및 자동 윈도 닫힘 기능 등 다양한 편의 기능을 추가 할 수 있는 시스템을 개발하여 상용화하였다.
4) 인체에 가한 전체적인 하중의 총합과 자동 다운 기능의 신속도 등을 고려할 때, 개발된 윈도 세이프티의 센싱 스케일 구멍간격 5mm인 경우가 상대적으로 우수한 성능을 보임을 확인할 수 있었다.

References

1) S. S. Cho, S. J. Han and H. I. Bae, "Analysis of Occupant Safety to Meet the Requirements of the 25mph Unbelted and the NCAP Test Conditions," Fall Conference Proceedings, KSAE, pp.1610-1615, 2005.
2) B. S. Kim, "Advanced Safety Vehicle," Journal of KSAE, Vol.26, No.4, pp.23-25, 2004.
3) I. M. Son, J. S. Lee and H. Y. Kwak, "A Review ; Studies on Automotive Ergonomics in Korea," Conference Proceedings of Branch of Busan·Ulsam·Gyeongnam in the Korean Society of Automotive Engineers, pp.114-128, 2007.
4) W. S. Yoo, J. H. Sohn, K. S. Kim and J. S. Lee, "Analysis of Perceptual, Cognitive, and Motoral Characteristics and their Effects on Driving Performance," Transactions of KSAE, Vol.7, No.6, pp.222-230, 1999.
5) Korea Consumer Agency, http://www.kca.go.kr
6) National Consumer Affairs Center of Japan, www.kokusen.go.jp
7) M. Sunwoo and D. Jung, "The Future of Intelligent Vehicle," Auto Journal, Vol.27, No.6, pp.30-33, 2005.