

## 전자식 X-Y 이축 가속도 센서를 이용한 오프셋 및 경사 충돌에 대한 충돌 판별 성능 개선에 관한 연구

박 서 욱<sup>\*1)</sup> · 전 만 철<sup>2)</sup>

한국과학기술원 기계공학과<sup>\*1)</sup> · (주) 현대 오토넷 Safety Electronics 팀<sup>2)</sup>

### A Study on Improvement of Crash Discrimination Performance for Offset and Angular Crash Events Using Electronic X-Y 2-Axis Accelerometer

Seowook Park<sup>\*1)</sup> · Mancheol Jeon<sup>2)</sup>

<sup>\*1)</sup>Department of Mechanical Engineering, KAIST, Daejeon 305-701, Korea

<sup>2)</sup>Hyundai Autonet Co., Ltd., San 136-1, Bubal-eub, Ichon-si, Gyeonggi-do 467-860, Korea

(Received June 12 2002 / Accepted 19 November 2002)

**Abstract** : In today's design trend of vehicle structure, crush zone is frequently reinforced by adding a box-shaped sub-frame in order to avoid an excessive deformation against a high-speed offset barrier such as EU Directive 96/97 EC, IIHS offset test. That kind of vehicle structure design results in a relatively monotonic crash pulse for airbag ECU(Electronic Control Unit) located at non-crush zone. As for an angular crash event, the measured crash signal using a single-axis accelerometer in a longitudinal direction is usually weaker than that of frontal barrier crash. Therefore, it is not so easy task to achieve a satisfactory crash discrimination performance for offset and angular crash events. In this paper, we introduce a new crash discrimination algorithm using an electronic X-Y 2-axis accelerometer in order to improve crash discrimination performance especially for those crash events. The proposed method uses a crash signal in lateral direction(Y-axis) as well as in longitudinal direction(X-axis). A crash severity measure obtained from Y-axis acceleration is used to improve the discrimination between fire and no-fire events. The result obtained by the proposed measure is logically ORed with an existing algorithm block using X-axis crash signal. Simulation and pulse injection test have been conducted to verify the performance of proposed algorithm by using real crash data of a 2,000cc passenger vehicle.

**Key words** : Offset deformable barrier(ODB; 오프셋 변형벽), NCAP(New Car Assessment Program; 신차 평가제도), ESP(Electronic single-point sensing system; 전자식 단일 감지 시스템), Crash severity(충돌 가혹도), R-TTF(Required time-to-fire; 요구 점화 시간), Pulse injection method(펄스 분사법)

#### 1. 서론

차량 충돌 시 승객의 안전을 위한 승객 구속 장치(Occupant Restraint System)의 개발에 있어서 과거에

는 고속의 고정벽 충돌 시험을 중시 하였다. 예로써, 미연방 도로 교통 안전국(NHTSA)의 FMVSS 208에 의한 정면 및  $\pm 30^\circ$  경사 고정벽에 대한 30mph 충돌 시험,<sup>1)</sup> 신차 평가제도(New Car Assessment Program; NCAP)에 의한 35mph 정면충돌 등이 그것이다. 특히, 신차 평가제도는 미국, 유럽, 일본 등에

\*To whom correspondence should be addressed.

Seowook.park@mclab3.kaist.ac.kr

서는 이미 시행 중에 있으며, 국내에서도 1999년도 부터 승용차를 대상으로 정면충돌 시험을 실시하고 그 결과를 일반에 공개하고 있다.

유럽에서는 주로 오프셋 충돌에 대한 승객 보호 요건을 규정하고 있다. 유럽 연합에서 규정하고 있는 법규(EU Directive 96/79 EC)는 1998년 10월부터 모든 신차에 적용되고 있다. 여기서 규정하고 있는 시험 조건은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 35mph의 속도로 변형벽에 40% 오프셋 충돌하는 것이다.<sup>2)</sup>

최근에는 실제 차량 사고와 보다 유사한 충돌 유형인 오프셋 변형벽(Offset Deformable Barrier; ODB)에 대한 시험의 중요성이 많이 강조되고 있는 추세이다. 미국의 고속도로 안전 보험 개발원 (Insurance Institute for Highway Safety; IIHS)에서 실시하는 64 kph, 40% 오프셋 충돌시험 또는 이와 거의 유사한 Euro NCAP 시험 등이 그것이다.

오프셋 충돌에서의 승객의 상해치 및 차량 변형에 대한 요구 조건을 만족하기 위해서, 차체설계 시 충돌부(Crush Zone)의 차체 강성을 보강하기 위한 우물 정(井)자 서브 프레임 등을 삽입하기도 한다. 이 경우 경사 충돌 및 오프셋 충돌에서 차체 변형량을 줄일 수 있는 반면, 충돌 신호에 포함된 진동 에너지 성분이 줄어들어 단조로운 형태(monotonic)의 충돌 펄스가 얻어진다. 따라서 전개 조건에 해당되는 오프셋 및 경사 충돌과 비점화 정면 고정벽 충돌 조건과의 구별이 매우 어렵게 된다.

현재의 에어백 시스템은 대개 비충돌부(Non-crush Zone)에 장착된 단축 가속도 센서(Single-axis

Accelerometer)를 사용하여 충돌 신호를 감지하는 전자식 단일 감지 시스템(Electronic Single-point Sensing System; ESPS)을 주로 채택하고 있는 추세이다. 그러나 이러한 시스템으로는 오프셋 및 경사 충돌에 대해서 원하는 충돌 성능을 얻기 힘든 경우가 많다.

본 논문에서는 이러한 오프셋 및 경사 충돌 성능을 개선하기 위하여, 차량의 종 방향(X-축) 충돌 신호 뿐 아니라 횡 방향(Y-축) 충돌 신호를 모두 감지할 수 있는 전자식 X-Y 이축 가속도 센서(Electronic X-Y 2-axis Accelerometer)를 채택한 새로운 에어백 충돌 판별 알고리즘을 제시하고자 한다.

이는 기존의 연구에서 제시하고 있는 단축 가속도 센서를 차량의 여러 부위(예로써, B-필러, 락커 등)에 장착하는 접근 방식<sup>3)</sup>과는 몇 가지 점에서 차별화된 방식이라고 하겠다.

즉, 단축 가속도 센서를 여러 부위에 장착하게 되면 원격 가속도 센서와 중앙 제어부 간의 통신 문제가 대두된다. 이 경우 차량의 배선이 복잡해질 뿐 아니라, 충돌 신호를 전송 시 전자파 등으로 인한 신뢰성 문제도 검토되어야 한다. 또한, 가격적인 측면에서도 불리한 점이 많다.

뿐만 아니라, 이러한 접근 방식에 의하면 가속도 센서를 충돌부에 장착해야 하므로 충돌 시 센서의 파손, 회전, 탈거 등의 여러 가지 문제점이 예상된다. 또한, 충돌부에 장착함에 따라 충돌 신호의 진폭이 매우 크게(수백 g 정도) 감지되기 때문에, 제한된 감지 영역(100g 또는 250g)을 가진 전자식 가속도 센서의 경우 신호 왜곡이 발생할 가능성이 높다.<sup>4)</sup> 또한, 충돌 부위에 장착된 가속도 센서가 겪는 심각한 문제점 중의 하나는, 여러 가지 오작동 조건(예로써, 도어 광 닫기, 망치로 치기, 등)에서의 에어백 오진개 가능성이다.

그러나 본 논문에서 제안하고자 하는 방식은 비충돌부에 위치한 에어백 전자 제어장치 내에 장착된 원 칩 형태의 이축 가속도 센서를 채택하는 것이다. 따라서 앞 선 연구에서 예상되는 여러 가지 문제점-예컨대, 신뢰성 문제, 과도한 진폭으로 인한 신호 왜곡 문제, 복잡한 배선, 통신 방식 등으로 인한 가격 상승-등을 해결할 수 있는 보다 현실적인 방안이라고 하겠다.

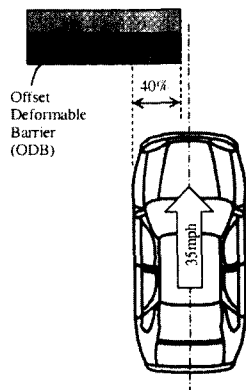
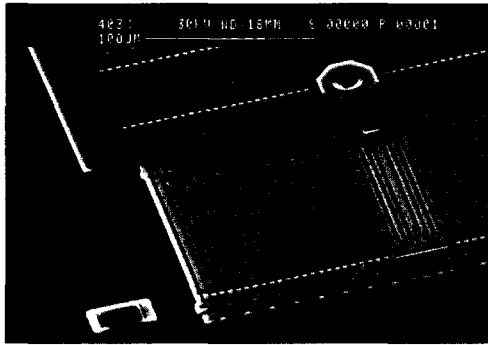


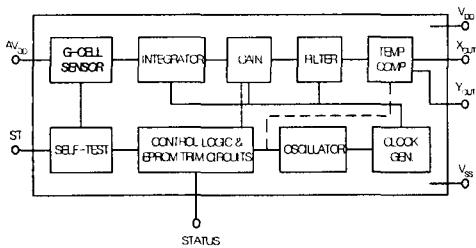
Fig. 1 Test configuration (EU Directive 96/79 EC)

## 2. 전자식 X-Y 이축 가속도 센서

최근의 미세전자기계시스템(Micro-Electro-Mechanical Systems: MEMS) 기술의 발달에 힘입어 Fig. 2에서 보는 바와 같은 반도체 가속도 센서가 자동차 전장용으로 상용화되기 시작했다. 더욱이 이러한 MEMS 기술을 이용한 이축 가속도 감지부(g-cell)와 신호처리부가 원 칩으로 상용화됨에 따라 본 논문에서 제안하고자 하는 충돌 판별 알고리즘을 실제로 구현할 수 있게 되었다. 예로써, Fig. 2는 모토롤라에서 2000년도부터 양산을 시작한 전자식 X-Y 이축 가속도 센서의 구성도를 보여주고 있다. 본 연구에서는 이 센서를 충돌 감지 센서로 채택하였다.



(a) MEMS structure of g-cell



(b) Block diagram of X-Y 2-axis accelerometer

Fig. 2 Electronic X-Y 2-axis accelerometer(from Motorola)

## 3. X-축 가속도 센서만을 이용한 충돌 판별시의 문제점

비충돌부에 장착된 전자식 에어백 제어장치에 의한 정면충돌 감지 영역은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 차량 진행 방향에 대해  $\pm 30^\circ$  영역에 해당된다. 실제로 전자식 에어백 제어장치에 장착된 X-축 가속도 센서는 충돌 신호의 X-축 성분만을 감지한다. 따라

서 경사 충돌의 경우, 충돌 각도가 점차 커짐에 따라 차량 중 방향으로의 성분은 줄어들 수밖에 없다. 또한 오프셋 변형벽(ODB) 충돌의 경우도 충돌 초기에 매우 미약한 충돌 신호가 감지되기 때문에 원하는 시간에 에어백 전개판별을 하기 매우 힘든 경우가 많다. 실제 차량 충돌 사고는  $90^\circ$  정면충돌 보다는 경사 충돌 내지는 오프셋 충돌이 대부분이므로 이러한 충돌 유형에 대한 충돌 판별 성능 확보는 에어백 제어장치의 매우 중요한 과제이다.

Table 1은 에어백 개발 시에 실시하는 4가지 전형적인 충돌 시험 유형에 대해 설명하고 있다. 여기서, (a) 및 (b)는 안전띠 조임기(Belt-pretensioner) 동작을 위한 점화 및 비점화 정면 고정벽 충돌에 관한 임계속도를 보여주고 있다. 주어진 예에서는 정면 고정벽 충돌, (b)는 안전띠 조임기의 점화를 위한 임계속도이면서, 동시에 에어백 비 점화를 위한 임계속도이다. 그 외 (c) 및 (d)는 경사 충돌 및 오프셋 변형벽

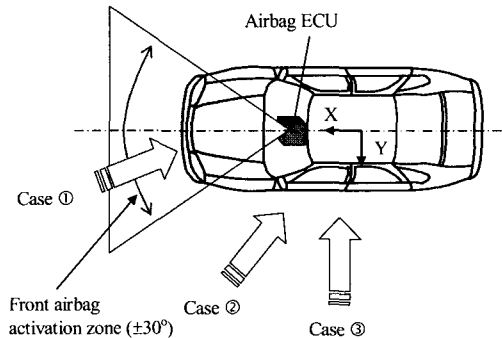


Fig. 3 Front airbag activation zone

Table 1 Description of four crash events

No.	Crash type	Configuration	Requirement
(a)	Low-speed frontal (16kph)		BPT no fire
(b)	Medium-speed frontal (24kph)		ABG no fire (= BPT must fire)
(c)	Angular (32kph)		BPT & ABG must fire
(d)	High-speed ODB (56kph)		BPT & ABG must fire

Note) BPT: Belt-pretensioner, ABG: Airbag

충돌로서 안전띠 조임기 및 에어백 점화 조건에 해당된다.

Table 1에서 설명한 충돌 유형에 대해서 2,000cc 급 중형 승용차로부터 얻어진 X-축 실차 충돌 신호는 Fig. 4와 같다. 여기서 보는 바와 같이, (a)와 (b) 처럼 같은 충돌 유형인 고정벽 정면충돌의 경우에는 안전띠 조임기 점화 및 비점화 조건간의 구별이 가능해 보인다. 그러나 에어백 점화 조건인 경사 충돌 (c) 및 오프셋 변형벽 충돌(d)와 에어백 비점화 조건인 고정벽 정면충돌(b) 간의 구별이 쉽지 않다는 것을 알 수 있다.

충돌 판별 알고리즘에 사용되는 대표적인 물리량인 속도 및 충돌 에너지 값을 분석하면,<sup>5,6)</sup> 단지 X-축 충돌 신호만을 이용하면 점화 및 비점화 충돌 조건간의 구별이 매우 어렵다는 것을 알 수 있다. 이러한 난점은 안전띠 착용유무에 따른 이중 임계치 로직<sup>7)</sup>을 적용하면 더욱 심각해진다.

이와 같은 문제점을 극복하기 위하여 본 논문에서는 Y-축 가속도 신호를 추가적으로 이용하는 방법을 제시하고자 한다. 앞 절에서 소개한 바와 같은 전자식 X-Y 이축 가속도 센서가 이미 상용화되어 있으므로 본 논문에서 제시하고자 하는 방법은 쉽게 실용화가 가능한 방법이다.

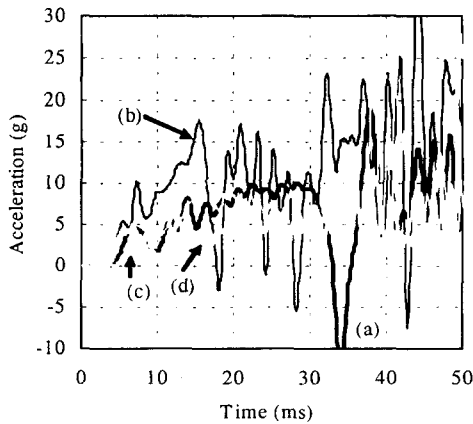


Fig. 4 X-axis acceleration data for four crash events

#### 4. X-Y 이축 가속도 감지 알고리즘

##### 4.1 Y-축 충돌 가혹도

차량 횡 방향(Y-축)으로 감지되는 충돌 신호로부터

터 충돌 가혹도(Crash Severity)에 비례하는 물리적인 값을 얻기 위하여 다음과 같은 알고리즘 변수 값을 도입하였다.

$$\Delta V_y(t) = |V_y(t - \Delta t) - V_y(t)| \quad (1)$$

여기서,  $V_y$ 는 Y-축 가속도 신호를 적분하여 얻은 속도 값이다. 식 (1)로부터 얻어지는 값은 주어진 시간,  $t$  시점에서 정해진 시간 간격,  $\Delta t$  이전 동안의 속도 변화량(Delta Velocity)에 해당되는 값이며,  $\Delta t$ 는 차량 특성에 따라 결정되는 알고리즘 변수 값이다.

일반적으로 속도 변화량은 충돌 가혹도 및 해당되는 승객 상해의 위험도에 대한 좋은 예측치로 간주되고 있다.<sup>8)</sup> 현재 시점을 기준으로 하여 과거  $\Delta t$  동안의 시간 윈도우에서의 속도 변화 값의 절대치는 충돌 가혹도를 나타내는 좋은 물리량이 될 수 있다. 여기서, 절대치를 취한 이유는 경사 및 오프셋 충돌의 좌, 우측방향에 무관하게 충돌 가혹도의 값을 얻기 위함이다.

식 (1)로 주어지는 변수 값을 Table 1에서 제시된 몇 가지 충돌 유형에 대해 분석한 것이 Fig. 5와 같다. 점화 및 비 점화를 판별하기 위한 임계곡선(Threshold curve)은 비점화 충돌 조건에 해당되는 충돌 가혹도 곡선이 최악 조건 하에서 임계치를 넘지 않도록 설정한다. Fig. 5의 경우에서 보면, 에어백 비 점화 조건인 (a), (b)의 충돌 신호에 최악 조건인

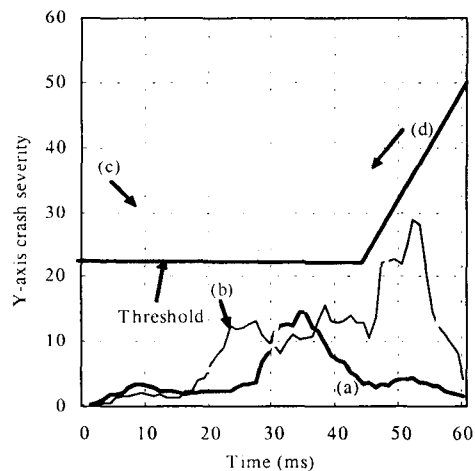


Fig. 5 Y-axis crash severity plot for four crash events

+15%의 진폭 변화를 주고 얻어진 충돌 가속도 곡선이 임계곡선을 넘지 않도록 한다. 동시에, 에어백 점화 조건인 (c), (d)에 대해서는 -15%의 진폭 변화를 주더라도 임계곡선을 넘도록 한다. 여기서, ±15%의 진폭 변화를 주는 것은 여러 가지 감지 오차 요인(즉, 에어백 제어 장치의 하드웨어 공차 및 장착 공차, 충돌 시험 조건의 공차, 차량 공차 등)을 감안한 것이다. 실제로는 점화 및 비 점화 안전 여유를 최대한 확보하도록 ±15% 이상의 진폭 변화를 고려해서 임계곡선을 결정한다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 Y-축 충돌 가속도 값을 이용하면 점화 및 비 점화에 대한 판별력이 훨씬 개선될 수 있음을 알 수 있다. 즉, Fig. 4에서 본 바와 같이 X-축 충돌신호 만으로는 구별하기 힘든 충돌 유형인 32kph 경사 충돌(c) 및 56kph 오프셋 변형벽 충돌(d)이 Fig. 5에서는 비 점화 충돌 조건인 (a), (b)와 쉽게 구별이 됨을 알 수 있다.

#### 4.2 측면 충돌에 의한 정면 에어백 비점화

앞 절에서 제시한 새로운 알고리즘 변수를 사용하면, 측면 충돌에 의해서 정면 에어백이 비정상적으로 점화될 우려가 있다. 따라서 Fig. 3에서 설명한 정면 에어백 동작 영역을 벗어난 충돌(case ② 또는 case ③)의 경우에 대해서는 정면 에어백 점화를 금지해야 할 필요가 있다. 본 논문에서는 Y-축 가속도의 적분을 통해 얻어지는 속도 값,  $I_y$ 가 정해진 임계치를 넘는 경우, 측면 충돌의 가능성이 높으므로 판단하고 Y-축 충돌 가속도에 의한 정면 에어백의 점화를 금지시킨다.

Fig. 7은 Table 1에서 설명한 4가지의 정면충돌

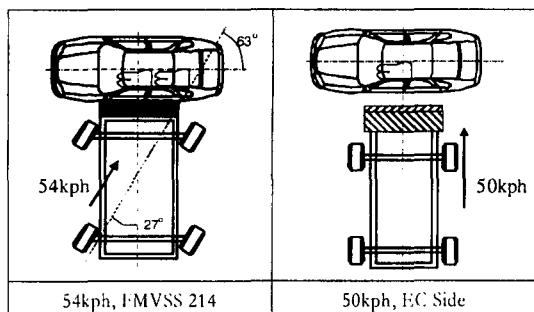


Fig. 6 Description of side impact test

및 Fig. 6에서 기술하고 있는 2가지 측면 충돌에 대한 Y-축 속도 및 측면 충돌에 의한 정면 에어백 비점화를 위한 임계치를 보여주고 있다. 여기서, Y-축 속도를 계산 시, 향후 마이크로컨트롤러로의 구현이 용이하게 할 목적으로, 가속도 센서의 감도(40 mV/g) 및 A/D변환기의 분해능(19.6mV/digit)을 미리 고려하여 디지털 값으로 계산하였다. 이 경우, 아날로그신호로 주어지는 가속도 값을 A/D 변환기로 샘플링 하면 가속도 센서의 감도는  $2digit/g(=40/19.6)$ 가 되고, 샘플링된 가속도 값을 이산 적분기를 통과하면 digit 단위의 속도 값이 얻어진다.

일반적으로 측면 에어백 점화 시간이 정면 에어백에 비하여 상대적으로 빠르기 때문에, 일단 측면 에어백이 점화되고 나면 이때의 Y-축 충돌신호는 주로 측면 충돌에 의한 것으로 판단할 수 있다. 이 경우에는 Y-축 충돌 가속도에 의한 정면 에어백의 점화기능을 금지한다.

또한, 보다 확실한 측면 충돌에 의한 정면 에어백 비점화를 보장하기 위해서, X-축 가속도 신호로부터 얻어지는 승객의 이동 변위 값과 다시 AND 로직을 취한다. 즉, 일정한 X-축 이동 변위에 도달한 경우에 한해서 정면 에어백을 점화시키도록 한다. 이것은 측면 충돌의 경우에는 승객의 차량 진

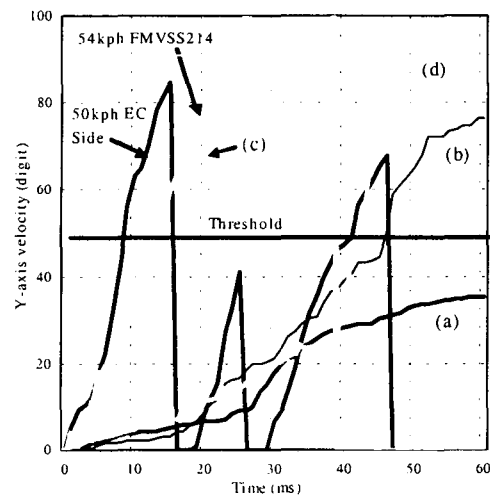


Fig. 7 Y-axis velocity threshold for inhibiting front airbag deployment against side impact

행 방향으로의 이동 변위가 대개 매우 미소하기 때문이다.

앞서 설명한 측면 충돌에 의한 정면 에어백 비점화 로직을 도식으로 표시한 것이 Fig. 8과 같다. 고속 측면 충돌과 경사 충돌의 두 가지 예에 대해서, 이러한 로직이 어떻게 동작하는지를 Fig. 9에서 타이밍도를 통해 설명하고 있다.

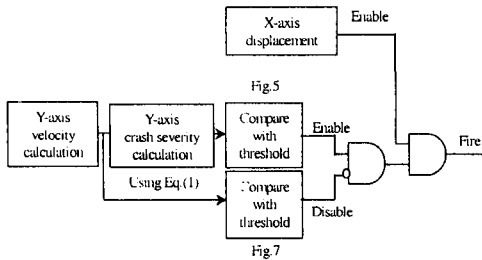


Fig. 8 Logic diagram for disabling front airbag deployment against side impact

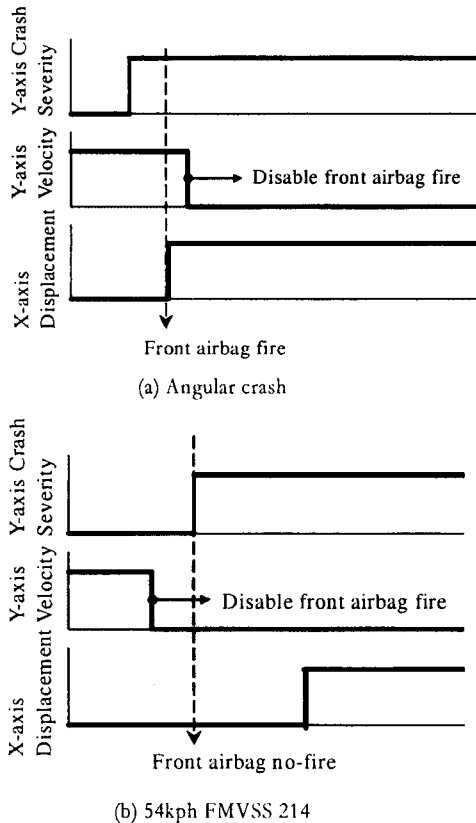


Fig. 9 Illustration of logic diagram shown in Fig.8

### 4.3 X-Y 이축 가속도 센서를 이용한 충돌 판별 알고리즘

Fig. 10은 본 논문에서 제안하는 X-Y 이축 가속도 센서를 이용한 충돌 판별 알고리즘의 전체 구성도를 보여주고 있다.

기존에 주로 채택하는 방식인 X-축 단축 가속도 센서를 이용한 부분(X-축 신호 처리 부분)에 Y-축 가속도 신호를 이용한 신호 처리 부분이 추가된 것을 알 수 있다.

X-Y 이축 가속도 센서는 자체적으로 증폭기(AMP)와 400Hz의 컷오프 주파수를 갖는 아날로그 저역 주파수 통과 필터(LPF)가 내장되어 있다. 이 신호를 A/D변환기로 읽어드리고 디지털 필터(IIR filter)를 통과시킨다. 필터링된 Y-축 가속도 신호를 적분해서 Y-축 속도를 얻는다. 얻어진 Y-축 속도로부터 충돌 가속도 값을 계산하고, 정해진 임계치와의 비교를 통해 정면 에어백 점화 조건을 만족하는지의 여부를 확인한다.

이때, Y-축 속도 값의 분석을 통해 측면 충돌에 의한 정면 에어백 비점화 여부를 체크하고, X-축 이동 변위 값과의 AND로직을 취하여 정면 에어백 점화 여부를 최종 결정한다.

Y-축 신호처리에 의해 결정된 정면 에어백 전개 여부는 기존의 X-축 가속도 센서만을 이용한 충돌 판별 알고리즘 부분<sup>6)</sup>과 OR로직으로 연결되도록 하였다.

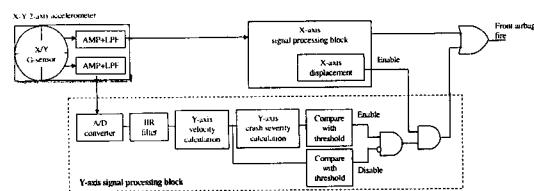


Fig. 10 Block diagram of proposed crash discrimination algorithm using electronic X-Y 2-axis accelerometer

## 5. 알고리즘 성능의 검증

### 5.1 전산 모의실험

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 검증하기 위하여 Matlab을 이용한 전산 모의실험을 수행하였다.

전산 모의실험에 사용한 충돌 데이터는 Fig. 4에서 보여준 2,000cc 급 승용차의 실차 충돌 파형이며, 안전띠 착용 상태 감지에 따른 안전띠 조임기 및 에어백 제어에 관한 시스템 요구 조건<sup>7)</sup>을 만족하도록 알고리즘 변수 값들에 대한 보정(Calibration)을 실시하였다.

먼저, X-축 가속도 센서만을 사용한 경우에 대해서 얻어진 전산 모의실험의 결과는 Table 2-(a)와 같다. 여기서 에어백 요구 점화 시간(Required Time-To-Fire; R-TTF)은 B-필터 가속도 신호를 이중 적분한 값에 5"-30ms 조건을 적용하여 얻었다.<sup>9)</sup>

이 경우, 32kph 경사 충돌(c)에 대해서 비점화(NF) 결과가 얻어지고, 56kph 오프셋 충돌(d)에 대해서는 요구 점화 시간 대비 35ms 이상 지연된 점화시간이 얻어진다. 즉, 주어진 예의 경우, 단축 가속도 센서만으로는 시스템 요구 조건을 만족하기가 힘들다는 것을 알 수 있다.

본 논문에서 제안하는 방법을 적용하여 얻어진 전산 모의실험의 결과는 Table 2-(b)와 같다. 이 결과에서 보는 바와 같이 특히, 32kph 경사 충돌(c) 및 56kph 오프셋 충돌(d)에 대해서도 시스템 요구 사항을 만족하는 결과가 얻어졌음을 알 수 있다. 56kph 오프셋 충돌(d)에 대해서 발생한 최대 8ms 정도의 에어백 점화 시간 지연은, 고속 충돌 필름 분석을 통해 승객 상해치 측면에서 허용할 만한 수준인 것으로 확인되었다.

Table 2 Simulation result for ±15% amplitude variation (Unit: msec)

(a) By only X-axis crash data

Crash type	R-TTF	BPT threshold			Airbag threshold		
		-15%	0%	+15%	-15%	0%	+15%
(a)	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
(b)	29	25	24	23	NF	NF	NF
(c)	35	NF	NF	23	NF	NF	NF
(d)	38	85	81	73	95	87	84

(b) By proposed algorithm using X and Y-axis crash data

Crash type	R-TTF	BPT threshold			Airbag threshold		
		-15%	0%	+15%	-15%	0%	+15%
(a)	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
(b)	29	22	20	19	NF	NF	NF
(c)	35	35	26	23	35	26	25
(d)	38	44	41	38	46	41	40

Note) R-TTF: Required Time-To-Fire, NF: No-Fire

### 5.2 펄스 분사법에 의한 검증

앞 절에서 얻어진 전산 모의실험 결과를 에어백 전자제어 장치를 실제로 사용하여 실험적으로 검증하기 위해서 Fig. 11에서 보여주고 있는 펄스 분사법(Pulse Injection Method)을 사용하였다.

우선, 알고리즘을 마이크로컨트롤러 수준의 언어로 구현하였다. 이때, 보정된 알고리즘 변수 값들은 마이크로컨트롤러 내의 비휘성 메모리 영역에 기록된다. 실차 충돌 데이터를 D/A 변환기를 이용하여 아날로그 신호로 발생시켜, 이를 마이크로컨트롤러의 A/D변환기로 입력한다. 마이크로컨트롤러에 프로그래밍된 알고리즘에 의해 에어백 또는 안전띠 조임기의 점화 여부가 결정된다. 점화가 결정되면 가스 발생 장치(Inflator)로 점화 전류(Firing current)를 전송함으로써 에어백 또는 안전띠 조임기가 동작하는 것이다. 정확한 점화 시간을 알기 위해 이 점화 전류 신호를 측정하였다.

Fig. 12는 점화 및 비점화 충돌조건에 대한 대표적인 경우에 대하여 얻어진 펄스 분사 결과를 보여주고 있다. Fig. 12-(a)는 32kph 경사 충돌(c)에 대한 펄스 분사 결과이다. 에어백과 안전띠 조임기가 25.4ms에서 동시에 동작한 것을 알 수 있다. 이는 Table 2-(b)의 전산 모의실험 결과 중에서 0% 가속도 값에 해당되는 결과인 26ms 와 1ms 이내의 오차로 일치하는 결과이다. 또한, Fig. 12-(b)는 24kph 정면 고정벽 충돌에 대한 결과이다. 이는 Table 2-(b)의 전산 모의실험 결과(즉, 에어백 = NF, 안전띠 조임기=20ms에 동작)와 잘 일치하는 것을 알 수 있다.

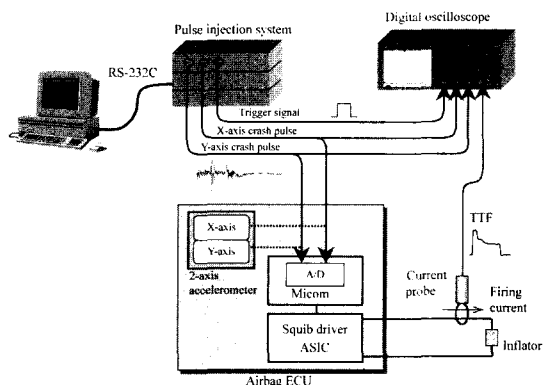
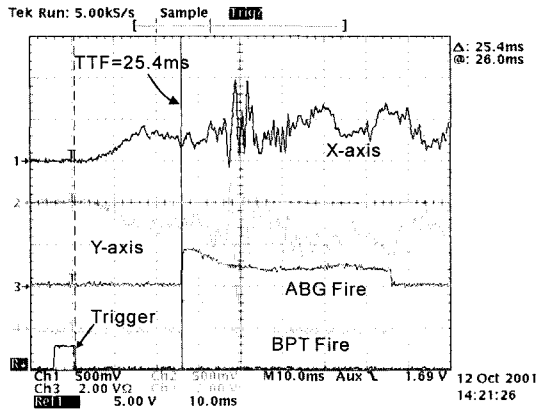
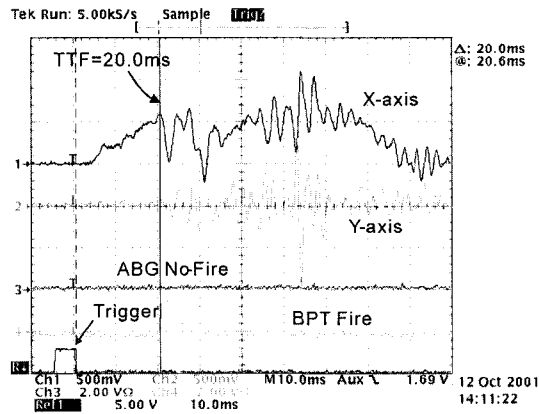


Fig. 11 Test set-up for pulse injection test



(a) 32kph, angular event



(b) 24kph, frontal barrier event

Fig. 12 Algorithm verification by pulse injection method

## 6. 결론

실제 차량 사고에서 자주 발생하는 오프셋 충돌 및 경사 충돌 유형은 비점화 충돌 조건과의 구별이 매우 어렵기 때문에, 현재 주로 적용되고 있는 전자식 단일 감지 시스템으로는 시스템 요구 조건을 만족하기 힘든 경우가 종종 발생한다. 따라서 본 논문에서는 차량의 종 방향(X-축) 충돌 신호 뿐 아니라 횡 방향(Y-축) 충돌 신호를 모두 감지 할 수 있는 전자식 X-Y 이축 가속도 센서를 적용한 새로운 알고리즘을 제안하였다.

본 연구를 통하여 얻어진 주요한 성과를 요약하면 다음과 같다.

1) MEMS 기술에 의한 최신 전자식 X-Y 이축 가속도 센서를 도입한 새로운 충돌 판별 알고리즘을

개발하였다.

2) Y-축 가속도 신호로부터 계산되는 “충돌 가속도”라는 새로운 알고리즘 변수를 제안하였고, 이를 이용한 알고리즘 로직을 개발하였다.

3) 측면 충돌에 의해 정면 에어백이 오동작하지 않도록 하는 로직을 제시하고, 이를 포함하는 전체 충돌 판별 알고리즘을 완성하였다.

4) 전산 모의실험 및 펄스 분사법에 의해, 제안된 알고리즘의 충돌 판별 성능이 오프셋 충돌 및 경사 충돌 유형에 대해, 기존의 단축 감지 센서를 채택한 시스템에 비해 월등히 개선된 것을 보여주었다.

제안된 알고리즘을 적용하면 비점화 충돌 조건에 대한 안전 여유를 충분히 확보할 수 있어서, 필드에서의 실제 차량 사고 시 알고리즘 성능의 강건성(Robustness)이 훨씬 개선될 것으로 기대된다.

더욱이, 최근에 그 요구 사항에 증대되고 있는 안전 안전띠 착용 상태 감지에 따른 에어백 제어 방식을 적용 시, 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 적용함으로써 다 단계의 가속도 수준(Multi-level crash severity)의 구현이 보다 용이하게 될 것으로 믿는다.

## References

- 1) NHTSA, “FMVSS 208”.
- 2) EEVC, “EU Directive 96/79 EC,” 1996.
- 3) Hyun-yong Jeong, Young-Hak Kim, “New Crash Discrimination Algorithm and Accelerometer Locations,” Trans. of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol.8, No.6, pp.182-193, 2000.
- 4) T. Gioutsos, D. Tabar, “Determination of Crush Zone Severity Using a Ball-In-Tube and Accelerometer Sensing System (BASS),” SAE 1999-01-1326, 1999.
- 5) Kian Sung, Changsik Lee, “A Study on the Airbag Crash Recognition Algorithm for Vehicle Impact Modes and Speeds,” Trans. of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol.8, No.6, pp.259-266, 2000.
- 6) Seo Wook Park, Man Cheol Jeon, “Crash Discrimination Algorithm for Airbag Electronic Single-point Sensor,” Trans. of the Korean Society of Auto-



- motive Engineers, Vol.7, No.3, pp.301-309, 1999.
- 7) Seo Wook Park, Man Cheol Jeon, "Dual Threshold Airbag Control Algorithm by using Seat-belt Status Detection," Autumn Conference Proceedings of the Korean Society of Automotive Engineers, pp.1041-1046, 2000.
- 8) C. Boran, et al., "Expanding Restraint Sensing System Discrimination," 4th Internal Symposium and Exhibition on Sophisticated Car Occupant Safety Systems, pp.8-1 ~8-14, 1998.
- 9) D. S. Breed, V. Castelli, "Problems in Design and Engineering of Airbag Systems," SAE 880724, pp.1-30, 1988.