

Design and Implementation of Vehicle Hazard Lamp Automatic Operation System Using Acceleration Sensor

Sang-Ryeol Lee*

*Professor, Dept. of Smart Automotive Engineering, Sangji University, Wonju, Korea

[Abstract]

In order to prevent a collision accident during sudden braking, we have proposed an hazard lamps automatic operation system that can be easily installed in existing vehicles that do not have hazard lamps automatic operation. There are several ways to recognize sudden braking. Using GPS, the system does not work in a tunnel, and it is difficult to install the system additionally on an existing vehicle using a vehicle speed sensor. Therefore, the proposed system eliminates these problems by using the acceleration sensor and makes it possible to recognize even the sudden turning and bounce of the vehicle.

▶ **Key words:** Hazard Lamp, Sudden Braking, Acceleration Sensor, GPS, Wheel Speed Sensor

[요 약]

급제동 시 추돌사고를 방지하기 위하여 비상등 자동작동 기능이 없는 기존 차량에 손쉽게 추가 장착이 가능한 비상등 자동작동 시스템을 제안하였다. 급제동을 인식하기 위해서는 몇 가지 방법이 있지만 GPS를 사용하면 시스템이 터널에서 작동하지 않으며 차량 속도 센서를 사용하면 기존 차량에 시스템을 추가로 설치하기 어렵다. 따라서 제안한 시스템은 가속도 센서를 사용하여 이러한 문제점들을 제거하고 차량의 급회전 및 급바운스도 인식 할 수 있도록 하였다.

▶ **주제어:** 비상등, 급제동, 가속도 센서, GPS, 차량속도 센서

I. Introduction

자동차는 인간의 삶을 더 편리하고 운택하게 해주는 도구이기도 하지만 수많은 위험으로부터 인간의 생명을 위협하는 도구이기도 하다. 따라서 자동차 제조사들은 안락한 승차감, 멋진 외형, 조작의 편의성 등을 추구하는 한편 에어백, ABS(Anti-braking System), TPMS(Tire Pressure Monitoring System) 등 다양한 안전장치를 이용하여 승객들의 안전성을 제공하고자 끊임없는 연구개발을 지속해 나가고 있다.

자동차 사고에는 주행 중에 타이어 파손, 브레이크 및 핸들 고장 등과 같은 차량의 기계적 고장에 의한 사고도 있지만 전방의 돌발적인 장애물에 의해 어쩔 수 없이 발생하는 추돌사고 그리고 운전자의 갑작스런 건강이상으로 발생하는 사고^[1] 등 다양하다. 이러한 사고는 전방의 비상상황을 운전자가 조기에 발견하여 적절한 조치를 취한다면 사고율을 대폭 줄일 수 있다.

자동차 운동에너지^[2]는 자동차 중량 m , 제동 초속도 v 라면 $(mv^2)/2$ 이고 제동 시 전마찰의 일량은 타이어와 노면간의 마찰력 f , 제동 거리 s , 마찰 계수 μ , 중력 가속도 g 라면 $fs = (\mu mg)s$ 이다. 자동차 운동에너지와 제동 시 전마찰의 일량은 같으므로 자동차의 제동 거리는 식 (1)과 같다.

$$s = v^2 / (2\mu g) \text{ ----- (1)}$$

식 (1)에서 보듯이 제동 거리는 접지면적이나 자동차 중량과는 무관하고 차속의 제곱에 비례하고 마찰 계수에 반 비례한다. 따라서 자동차의 제동 거리를 줄이기 위해서는 자동차 제동 초속도를 줄여야 한다. 따라서 운전자는 전방의 비상상황이 발생할 경우 뒷 차량에게 비상상황을 즉시 알려 차량의 속도를 줄이게 해야 할 필요가 있다.

전방의 비상상황을 알리는 수동적인 방법은 운전자가 도로상의 비상상황을 발견하고 비상등 스위치를 눌러 비상등을 켜다. 하지만 운전자가 비상상황을 발견하고도 너무 늦게 누르거나 잊어버리고 누르지 않거나 또는 자신이 이미 사고를 당하여 누를 상황이 되지 못할 경우 비상등은 무용지물이 된다. 따라서 비상상황을 알리는 역할을 운전자에게만 맡기지 않고 자동차 스스로 비상상황을 판단하여 비상등을 켤 수 있도록 할 필요가 있다.

비상등을 자동으로 작동시키기 위해서는 급제동 상황을 판단하여야 하는데 급제동은 단위 시간당 차속의 감속량을 계산하여 알아낼 수 있다. 차속은 자동차에 설치된 속도 센

서를 이용^[3]하여 구할 수도 있고 GPS를 이용^[4,5]하여 계산해 낼 수도 있다. 하지만 속도 센서를 이용할 경우에는 비상등 자동작동 기능이 없는 기존의 자동차에 추가로 장착하기가 힘들며 GPS를 이용할 경우에는 터널과 같은 장애물이 있는 곳에서는 작동이 되지 않는 문제점들이 있다.

따라서 본 논문에서는 가속도 센서를 이용함으로써 기존의 자동차에 비상등 자동작동 기능을 추가로 설치하기 쉽고 이용 장소의 제한성이 없으며, 급제동뿐만 아니라 급회전 및 급바운스와 같은 비상상황이 발생되었을 때 이를 자동으로 인식하고 운전자의 의지와 상관없이 비상등을 자동으로 작동시킬 수 있는 시스템을 제안하고자 한다.

2장에서는 비상등 회로의 구성 및 가속도 센서의 기능을 살펴보고 3장에서는 이를 이용한 비상등 자동작동 시스템의 구성과 제어 소프트웨어의 구조를 제안하고 마지막으로 4장에서는 제안 시스템의 특성을 분석하고자 한다.

II. Hazard Lamp Circuit and Acceleration Sensor

본 장에서는 제안하는 시스템을 장착할 비상등 자동작동 기능이 없는 기존 차량의 비상등 회로와 제안하는 시스템에서 사용하는 가속도 센서에 대하여 알아본다.

1. Hazard Lamp Circuit

비상등 회로는 제조회사와 차종에 따라 제각기 다르다. 본 논문에서는 H사 S차량의 비상등 회로^[6]를 사용하였다. 그 회로도 는 [Fig. 1]과 같다.

비상등 작동 과정은 비상등 스위치가 ON 되면 상시 전원이 비상등 스위치를 거쳐 실내정전박스 내의 플래셔유니트를 거쳐 비상등을 거쳐 접지로 흘러감으로서 비상등이 점등된다. 플래셔유니트는 비상등의 깜박임 주기를 결정한다. 비상등 회로의 전류 흐름도는 다음과 같다.

```

상시전원 → 비상등 스위치 7번 →
비상등 스위치 8번 → 플래셔유니트 2번 →
플래셔유니트 1번 → 비상등 스위치 6번 →
↳ 비상등 스위치 9번 → 실내정전박스 →
→ 우측 전후 방향등 → 접지
↳ 비상등 스위치 10번 → 실내정전박스 →
좌측 전후 방향등 → 접지
    
```

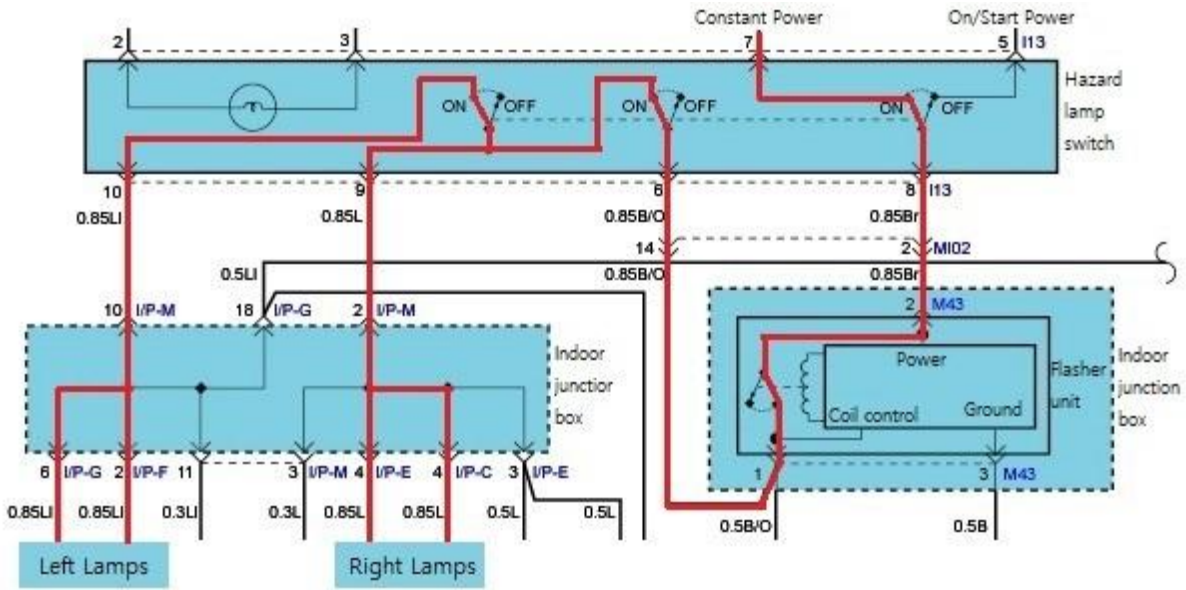


Fig. 1. Circuit diagram of 'S' vehicle's hazard lamp of 'H' company

비상등 스위치의 커넥터 핀은 10개로 되어있으며 [Fig. 2]는 비상등 스위치가 ON/OFF 되었을 때 내부의 핀들의 연결 상태를 보여준다.

Terminal Pin no	OFF (FREE)	ON (LOCK)	REMARK
5			IGN
7			BATT
8			COMMON
6			F BATT
9			RH
10			LH
2			ILL +
3			ILL -

Fig. 2. Connection status of internal pin of the hazard lamp switch

2. Acceleration Sensor

제안하는 시스템에서는 [Fig. 3]과 같은 STmicroelectronics사의 3축 가속도 센서 칩 LIS344ALH를 이용하여 제작된 Newtc사의 AM-3AXIS 가속도 센서 모듈^[7]을 사용한다.

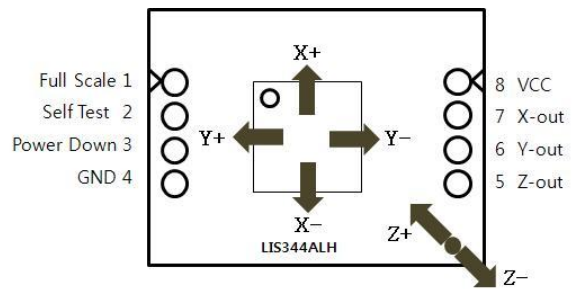


Fig. 3. Architecture of AM-3AXIS

각 핀의 이름과 기능은 [Table 1]과 같다. 여기서 기본적인 동작 모드는 $\pm 2g$, $660mV/g$ 이며 $\pm 6g$ 모드로 동작 시키려면 Full Scale 핀에 VCC 신호를 인가하면 된다. 여기서 g 는 중력 가속도 $9.8m/s^2$ 이다. 그리고 가속도 센서를 Sleep Mode로 만들려면 Power Down 핀에 VCC를 인가하면 되고 Self Test 동작을 원할 경우 Self Test 핀에 VCC를 인가하면 된다.

3축 가속도 센서 칩 LIS344ALH의 입력 전압은 3.3V이며 칩을 수평하게 두면 [Fig. 4]의 사각형으로 표시한 것처럼 전압이 출력된다.

즉, X, Y 축 방향으로로는 0g가 작용하여 1.65V가 출력되며 Z 축 방향으로로는 +1g가 작용하여 2.31V가 출력된다. 따라서 출력되는 전압 값으로 각 축 방향으로 작용하는 가속도를 계산해 낼 수 있다.

Table 1. Function of AM-3AXIS pin

Pin no.	Pin name	Contents
1	Full Scale	0 : ±2g full scale 1 : ±6g full scale
2	Self Test	0 : normal mode 1 : self test mode
3	Power Down	0 : normal mode 1 : power down mode
4	GND	ground
5	Z-out	Z-direction output voltage
6	Y-out	Y-direction output voltage
7	X-out	X-direction output voltage
8	VCC	power (DC 3.3V)

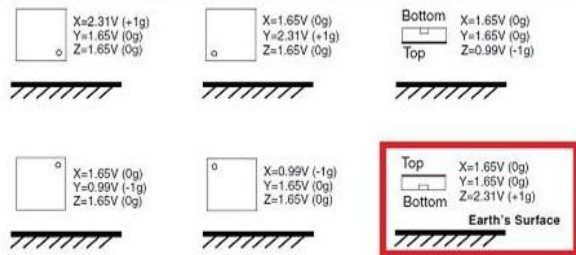


Fig. 4. Output voltage value of LIS344ALH according to the laid direction (based on full scale ± 2g)

III. Hazard Lamp Automatic Operation System

본 장에서는 가속도 센서를 이용하여 자동으로 작동하는 비상등 시스템의 구조와 이를 제어하는 소프트웨어를 제안하고자 한다.

1. Architecture of The Proposed System

자동으로 작동하는 비상등 시스템은 [Fig. 5]과 같이 가속도를 측정하는 센서부와 센서부의 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 ADC(Analog to Digital Converter)부 ADC 출력 값으로부터 비상상황을 판단하고 알리는 MCU(Micro Controller Unit)부 그리고 MCU의 지시를 받아 비상등 스위치를 대신 작동시키는 릴레이부로 구성된다.

여기서 사용하는 MCU는 Newtc사의 ATmega128^{[7,8]}}로서 F 포트가 A/D 컨버터이다. 따라서 AM-3AXIS 센서 모듈의 X-out, Y-out, Z-out 핀을 F 포트에 연결한다.

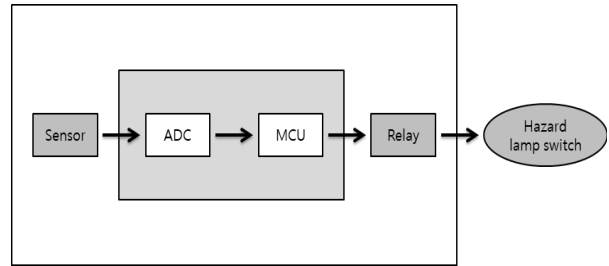


Fig. 5. Architecture of hazard lamp automatic operation system

[Fig. 6]은 릴레이와 기존 차량의 비상등 스위치를 연결하는 방법을 그리고 [Fig. 7]은 릴레이의 내부 회로도를 보여준다. 릴레이가 ON되면 ⑤번 단자와 ③번 단자 그리고 ⑤번 단자와 ①번 단자가 연결되어 마치 [Fig. 2]의 비상등 스위치 ⑥번 단자와 ⑨번 단자 그리고 ⑥번 단자와 ⑩번 단자가 연결된 것과 같아진다. 즉 운전자가 비상등 스위치를 누른 것과 같다.

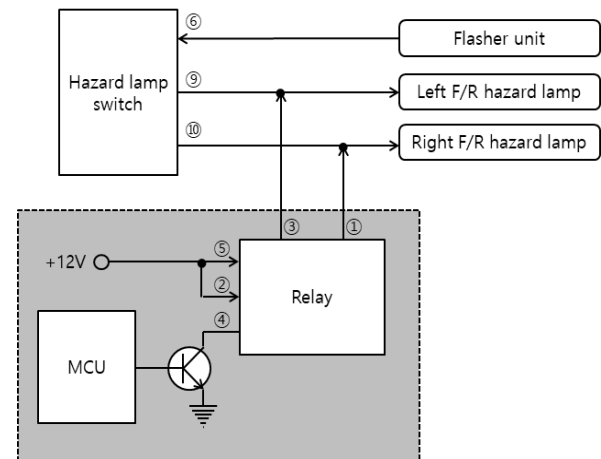


Fig. 6. Connection diagram of relay and hazard lamp switch

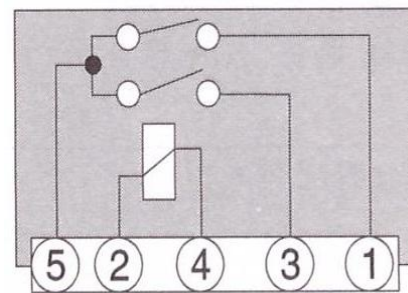


Fig. 7. Internal circuit diagram of relay

비상등 자동작동 시스템의 구현은 [Fig. 8]과 같다.

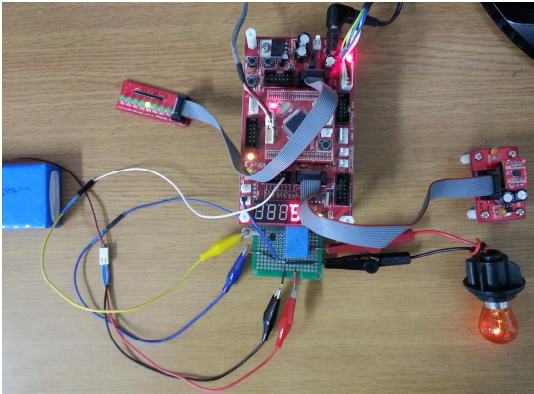


Fig. 8. Hazard lamp automatic operation system

[Fig. 8] 시스템의 구성도는 [Fig. 9]와 같다.

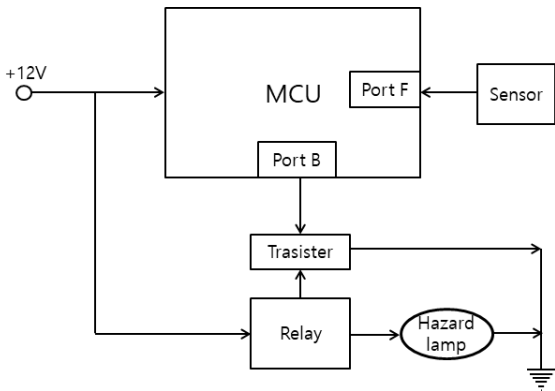


Fig. 9. Block diagram of hazard lamp automatic operation system

12V 전원을 MCU와 릴레이에 공급한다. MCU는 포트 F에 연결되어있는 가속도 센서로부터 가속도 값을 읽어 비상 상황이라면 포트 B를 통해 릴레이 작동 신호를 보낸다. 릴레이는 비상등으로 12V 전원을 공급하여 비상등을 켜다.

2. Control Software of The Proposed System

비상등 자동작동 시스템을 제어하는 소프트웨어의 순서도는 [Fig. 10]과 같다. 먼저 가속도 센서 값을 읽어 급감속 여부를 체크하여 급감속이면 비상등을 점등한다. 그리고 비상등이 점등된 상태에서는 가속도 센서 값을 읽어 일정 시간동안 가속을 지속하면 비상등을 소등한다.

[Table 2]는 가속도 센서의 출력 전압 값을 A/D 컨버터를 통과한 결과 값을 보여준다. ±2g에 대한 ADC 변환 값은 0g와 1g의 실험치를 이용하여 비례적으로 계산된 값이다.

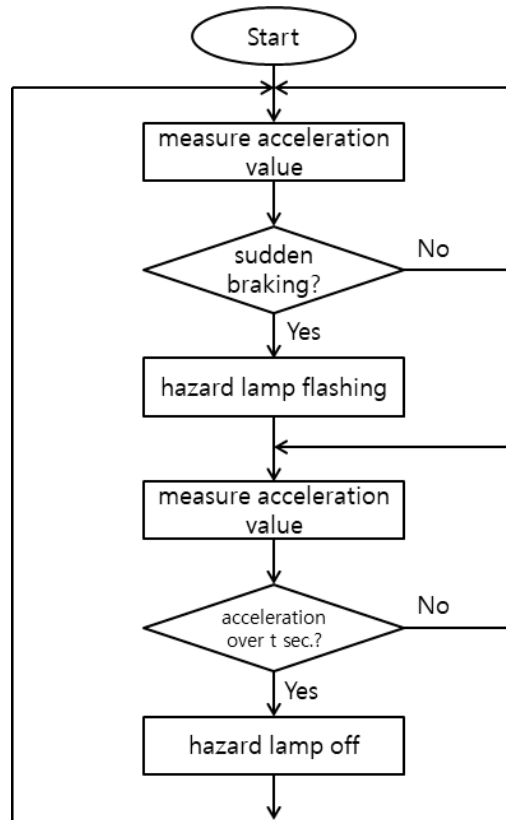


Fig. 10. Control software flowchart of hazard lamp automatic operation system

Table 2. ADC conversion value of output voltage

acceleration	Output voltage	ADC value	Remark
2g	2.97V	(155)	calculated value
1g	2.31V	120	experimental value
0	1.65V	85	experimental value
-1g	0.99V	50	experimental value
-2g	0.33V	(15)	calculated value

[Table 3]은 비상등 자동작동 시스템을 제어하는 프로그램이다. 급감속 여부는 H사의 S차량을 실제 운행하며 ADC 출력 값을 측정하여 115이상으로 정하였다. 115는 0.867g로서 8.4m/s² 즉 초당 시속 약 30km/h로 감속하는 경우이다. 이 값은 차량마다 차이가 있을 수 있으므로 추후 상용화 할 경우 가변적으로 변화할 수 있게 해야 할 것이다. 비상상황 해제는 자동차가 다시 가속을 하며 출발하는 경우이다. 비상상황의 해제 시 ADC 출력 값은 80이하로 정하였다. 80은 -0.143g로서 1.4m/s² 즉 초당 시속 약 5km/h로 가속하는 경우이다. 순간 충돌에 의한 가속

Table 3. Control program of hazard lamp automatic operation system

```

#define LIMIT_XA80 // X-axis acceleration sensor acceleration ADC limit
#define LIMIT_XB115 // X-axis acceleration sensor sudden braking ADC limit
#define LIMIT_YL70 // Y-axis acceleration sensor sudden left turning ADC limit
#define LIMIT_YR100 // Y-axis acceleration sensor sudden right turning ADC limit
#define LIMIT_ZD110 // Z-axis acceleration sensor sudden down ADC limit
#define LIMIT_ZU130 // Z-axis acceleration sensor sudden up ADC limit
#define ACC_TIME 0x8000 // Acceleration holding time
#define STRAIGHT_TIME 0x6000 // straight holding time
#define BALANCE_TIME 0x4000 // balance holding time
#define G0 85 // ADC output of 0g
#define G1 120 // ADC output of 1g
#define ERR 3 // gravity acceleration tolerance
#define ON 0xFF // hazard lamp on
#define OFF 0x00 // hazard lamp off
unsigned char drive_status; // 0:normal, 1:sudden braking, 2:sudden turning, 3:sudden bouncing
unsigned char emerg_status;
unsigned int time;

void main(void){
    unsigned char x, y, z;

    init_devices();
    drive_status = 0;
    while(1){
        startConversion(0); // X-axis sensor Converting
        x = readConvertData();
        startConversion(2); // Y-axis sensor Converting
        y = readConvertData();
        startConversion(4); // Z-axis sensor Converting
        z = readConvertData();
        if(drive_status == 0){
            if(x > LIMIT_XB)
                drive_status = 1; // sudden braking
            else if(y > LIMIT_YR || y < LIMIT_YL)
                drive_status = 2; // sudden turning
            else if(z > LIMIT_ZU || z < LIMIT_ZD)
                drive_status = 3; // sudden bouncing
            if(drive_status != 0){
                PORTB = ON; // hazard lamp on
                emerg_status = 0; // 0:Emergency start
            }
        }else if(drive_status == 1 && x > LIMIT_XA)
            hazard_lamp_off(ACC_TIME); // sudden braking stop
        else if(drive_status == 2 && y > (G0 - ERR) && y < (G0 + ERR))
            hazard_lamp_off(STRAIGHT_TIME); // sudden turning stop
        else if(drive_status == 3 && z > (G1 - ERR) && z < (G1 + ERR))
            hazard_lamp_off(BALANCE_TIME); // sudden bouncing stop
    }
}

void hazard_lamp_off(holding_time){ // hazard lamp off over holding time
    if(emerg_status == 0){
        time = 0;
        emerg_status = 1;
    }
    time++;
    if(time > holding_time){
        PORTB = OFF; // hazard lamp off
        drive_status = 0;
    }
}

```

상황을 배제하기 위하여 이 수치를 일정 시간이상 지속될 경우에만 비상상황 해제로 인식하고 비상등을 소등시킨다.

IV. Analysis on Characteristics for The Proposed System

본 장에서는 가속도 센서를 이용하는 제안 시스템과 GPS를 이용하는 시스템 그리고 차량 내부의 속도 센서를 이용하는 시스템의 특성들을 비교 분석하고자 한다.

각 시스템들이 시간과 장소에 상관없이 언제 어디서나 급제동, 급회전, 급바운스를 얼마나 잘 인식하고 대처할 수 있는지 그리고 비상등 자동작동 기능이 없는 기존 차량에 얼마나 손쉽게 추가 장치가 가능한지를 분석해 본다.

[Table 4]는 급제동 인식 방식에 따른 특성들은 분석한 결과이다. 급감속 인식 기능은 ①, ②, ③ 모두 우수하다. 급회전 인식 기능은 ③은 우수하나 ①은 가능하지만 계산량이 많고 ②는 불가능하다. 차량이 요철 등으로 상하로 흔들리는 급바운스 인식 기능은 ③은 우수하나 ①과 ②는 불가능하다. 기존 차량에 시스템을 추가로 설치할 경우 ①과 ③은 비상 스위치와 연결만 하면 됨으로 설치하기 쉬우나 ②는 차량 속도 센서와도 연결해야 하기 때문에 설치하기 어렵다. 사용 가능 지역은 ②와 ③은 제한이 없으나 ①은 터널 등 장애물이 있는 지역을 통과할 때는 사용할 수가 없다.

따라서 종합적으로 평가하면 제안한 가속도 센서를 이용한 비상등 자동작동 시스템이 가장 우수한 것으로 나타났다.

V. Conclusions

자동차 사고의 여러 유형 중에서 흔히 일어나는 추돌 사고는 비상시 즉시 비상등을 조작함으로써 사고율을 줄일 수 있다. 하지만 운전자가 비상상황을 발견하고도 너무 늦게 비상등 스위치를 누르거나 잊어버리고 누르지 않거나 또는 자신이 이미 사고를 당하여 누를 상황이 되지 못할 경우가 있다. 이러한 문제점을 해결 하고자 본 논문은 비상등 자동작동 기능이 없는 기존 차량에 손쉽게 추가 장치가 가능한 비상등 자동작동 시스템을 제안하였다.

비상등을 자동으로 작동시키기 위해서는 급제동 상황을 판단하여야 하는데 급제동은 단위 시간당 차속의 감속량을 계산하여 알아낼 수 있다. 차속은 자동차에 설치된 속도 센서를 이용하여 구할 수도 있고 GPS를 이용하여 계산해 낼 수도 있다. 하지만 속도 센서를 이용할 경우에는 기존의 자동차에 시스템을 추가로 장착하기가 힘들며 GPS를 이용할 경우에는 터널과 같은 장애물이 있는 곳에서는 작동이 되지 않는 문제점들이 있다. 따라서 본 논문에서는 가속도 센서를 이용하여 급제동의 상황을 판단함으로써 설치의 문제점 및 이용 장소의 제한성을 없앨 수 있도록 하였다. 그리고 가속도 센서는 X, Y, Z 축 세 방향으로 가속도 값을 구할 수 있기 때문에 급제동 뿐만 아니라 원심력에 의한 급회전도 인지할 수 있고 요철이나 웅덩이와 같은 장애물에 의한 차량의 상하운동인 급바운스를 인지하여 비상상황을 알릴 수 있다.

급감속, 급회전, 급바운스 시 ADC 변환 값은 차종에 따라 차이가 있을 수 있으므로 향후 이에 대한 연구가 필요하다.

Table 4. Comparison of characteristics according to the method of sudden braking recognition

Recognition method Check points	① using GPS	② using vehicle speed Sensor	③ using acceleration sensor
Sudden braking	O	O	O
Sudden turning	△	X	O
Sudden bouncing	X	X	O
Ease of installation	O	X	O
Unlimited use area	X	O	O

REFERENCES

- [1] Kyung-Jin Park, Byung-Kwan Park, Myeon-Gyun Cho, "Implementation of a specific pattern of automobile emergency lighting in preparation for a dangerous situation", The Institute of Electronics and Information Engineers, Conference of Summer, pp. 1238-1239, June 2019.
- [2] Honghee Yoo, Yeonjun Kang, Jaeung Lee translation (Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston, Jr., Phillip J. Cornwell, Brian P. Self & Sanjeev Sanghi), "*Dynamics*", Gyeongmunsa, Jan 2017.
- [3] Wei Wei, Jae-ou Chae, Menglei Zheng, Ju-Hyen Sim, Hui Wang and Guangxun Yu, "A Development of Automatically Control of Hazard Lamps of Automobiles", The Korean Society of Mechanical Engineers, Conference of Fall and Spring, pp. 19-25, Vol.2006 No.11, 2006.
- [4] Jeanne Sturm, "*Global Positioning System*", Rourke Pubil, 2008.
- [5] Yunjung Kwon and Sangyep Nam, "Vehicle Emergency Lamp Fuzzy Control Systems Using The GPS", Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol. 51, NO. 6, pp. 276-281, June 2014. DOI: 10.5573/ieie.2014.51.6.276
- [6] Global Service Way, Hyundai Motor Co., <https://gsw.hyundai.com>
- [7] Jingu Choi, Daewoo Ryu, "*KD-128ALL*", NEWTC Co., Feb. 2014. <http://www.newtc.co.kr>
- [8] Eunghyuk Lee, Younghwan Han, Moonseok Jang, Soohong Um, "*Application of AVR ATmega128 Microcontroller*", ITC, Feb. 2019.

Authors



Sang-Ryeol Lee received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Electric Engineering from Hanyang University, Korea, in 1981, 1983 and 2005, respectively. Dr. Lee worked at Samsung Electronics for 10 years.

He is currently a Professor in the Department of Smart Automotive Engineering, Sangji University. He is interested in vehicle electronic control, communication, and information security.