

# 마이크로컨트롤러를 이용한 소방용 댐퍼의 설계 및 제작

論 文
55P-2-7

## Design and Fabrication of a Fire-damper using a Micro-Controller

黃寅鉞<sup>†</sup> · 韓在吉<sup>\*</sup>  
(Ingab-Hwang · Jaegil-Han)

**Abstract** - Recently as a people recognize a safety more about a high and large buildings the importance of a fire-damper which supplies fresh air into the building in case of fire increases greatly. Therefore, in this paper a fire-damper using a micro-controller is designed and fabricated.

In the design of fire-damper a pressure sensor is modeled as a capacitor and the p-spice is used as a circuit simulator. PIC16F72 is used as a micro-controller to drive a pressure sensor and to display a pressure value from the pressure sensor and to drive a motor to open and close a damper. A photo-coupler is used to protect a motor from a overcurrent.

**Key Words** : fire-damper, micro-controller, pressure sensor

### 1. 서 론

건축물의 고층화 및 대형화 되면서 사람들이 많이 모이거나 거주하는 곳에서의 화재 시 안전에 대한 인식이 높아져 가고 있다. 화재 예방을 위해서는 화재감지센서가 사용되며, 화재 시 사람들의 대피를 위한 방법으로는 비상구, 방화벽, 탈출 장비 등을 설치하고, 화재 진압을 위하여서는 소화기, 스프링클러 등을 설치한다. 이러한 기본적인 안전장치 외에 고층건물에서의 화재 시 유해 가스로부터 사람들의 안전을 확보하기 위한 제연설비의 설치가 의무화 되고 있다[1]. 건물 내 화재발생시 연기로 인한 피해를 막기 위해 연기를 통제하기 위한 모든 연기 통제 설비를 제연설비라고 부르며, 제연설비는 연기를 감지하는 설비와 연기가 다른 곳으로 확산되지 않도록 막아주는 설비, 연기를 건물 밖으로 배출하는 설비, 외부의 신선한 공기를 내부로 공급하는 설비 등으로 이루어져있다. 이중 신선한 공기를 공급하는 장치를 댐퍼라고 부르는데, 아파트와 같은 건축물의 경우 계단전실에 제연설비를 갖추도록 소방법에 규정하고 있으며 신선한 공기를 공급하기 위한 댐퍼 역시 설치되어야 한다. 댐퍼는 개폐 장치가 있어 평상시에는 닫혀있으며, 화재 시에는 자동으로 댐퍼가 열려 작동하도록 되어 있다[2][3][4].

따라서 댐퍼가 갖추어야 할 기본적인 조건으로는 화재 시 안정적이며 빠르게 자동으로 동작하여야 한다. 본 논문에서

는 이러한 조건을 만족시키기 위하여 마이크로컨트롤러를 이용하여 댐퍼를 설계 및 제작하였다. 제작된 댐퍼는 화재로 인한 내부공기와 외부공기와의 압력차에 의하여 자동으로 열리도록 설계되었으며, 이를 위하여 압력센서를 모델링하고 이 압력센서로부터 신호를 추출하기 위한 회로와 모터 구동 시 모터의 과전류를 방지하기 위한 보호회로를 개발하였다. 마이크로컨트롤러는 압력센서 구동을 위한 신호와 모터 구동을 위한 신호를 발생시키고 그 외 일반적인 제어동작을 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 압력센서의 모델링

센서는 일반적으로 대상물의 상태를 파악하기 위한 측정된 정보량을 검출하여 물리적, 전기적, 기계적 신호로 나타내는 장치를 말한다. 이러한 센서는 그 사용 용도에 따라 힘, 온도, 거리, 광, 가스, 습도 센서 등으로 구분되며 본 논문에서는 공기의 압력차를 검출하기 위하여 압력센서를 사용하였다. 압력센서의 대다수는 기계적인 변위를 전기신호로 변환하여 검출할 수 있는 것으로 본 논문에서 사용된 압력 센서는 2개의 전극간의 정전용량 변화를 이용하였다. 압력센서는 그림 1(a)의 구조도에서 보이는 봐와 같이 공기의 압력에 따라 두 동판간의 간격이 변화하는 가변 커패시터 구조이다. 그림 1(b)는 압력센서의 내부 부품사진으로 PCB와 동판으로 이루어진 부품의 앞뒷면 사진이다. 따라서 전기적인 신호를 압력센서의 입력 단자에 가하면 압력의 변화에 따라 변화된 압력센서의 커패시터 값에 따른 출력 신호를 얻어낼 수 있다. 압력센서에 압력을 가하지 않았을 경우 HP4263 LCR 매터를 이용하여 압력센서를 직렬 RC 회로로

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 全州大學校 電氣電子工學科 副教授 · 工博. E-mail : igh@jj.ac.kr

<sup>\*</sup> 正會員 : 全州大學校 電氣電子工學科 碩士課程  
接受日字 : 2006년 3월 2일  
最終完了 : 2006년 5월 12일

모델화하여 측정된 압력센서의 커패시턴스 값은 15.4 pF이며, 직렬저항 값은 수 mΩ으로 무시해도 좋을 만큼 작았다. 따라서 압력센서를 회로 시뮬레이션에서 커패시터로 모델링하여 사용하였다.

커패시터의 특성을 갖는 압력센서를 이용하기 위하여 입력 단자에 펄스를 가하고 출력 단자에 나오는 신호의 변화를 이용하였다. 그림 2(a)는 압력센서를 15.4 pF의 커패시터로 모델링한 후 p-spice로 시뮬레이션한 결과이며, 그림 2(b)는 압력센서의 입력단자에 펄스신호를 가하고 출력 단자에 나오는 신호를 측정된 실험 결과이다. 여기서 사용된 입력 신호는 크기가 5 V이고 주파수는 2 KHz이다. 시뮬레이션의 경우 피크전압이 1.13 V이고 방전전압이 0.6 V이며 측정결과는 피크전압이 1.18 V이고 방전전압이 0.56 V로 시뮬레이션의 결과가 실험결과와 잘 일치하며, 이 결과로 압력 센서를 커패시터로 모델링하여 사용하여도 됨을 알 수 있다 [5][6][7].

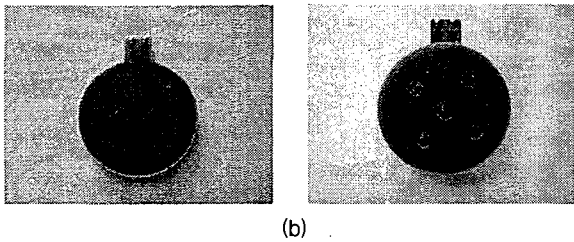
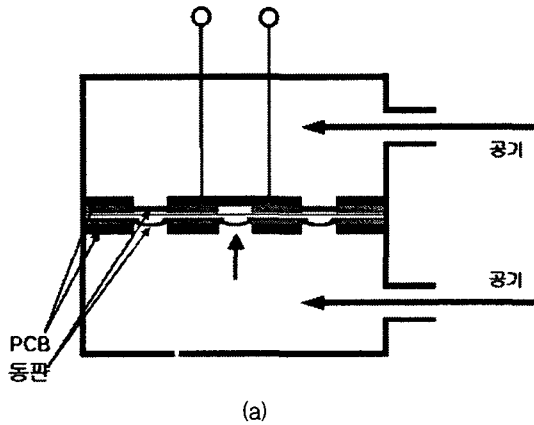


그림 1 (a) 압력센서의 구조도 (b) 압력 센서의 앞뒷면  
 Fig. 1 (a) A structure of a pressure sensor (b) a front and back view of a pressure sensor

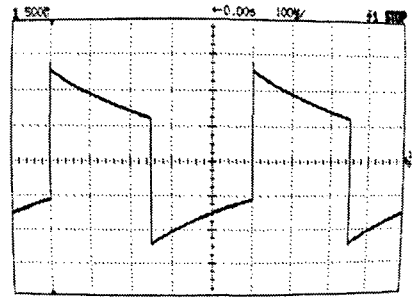
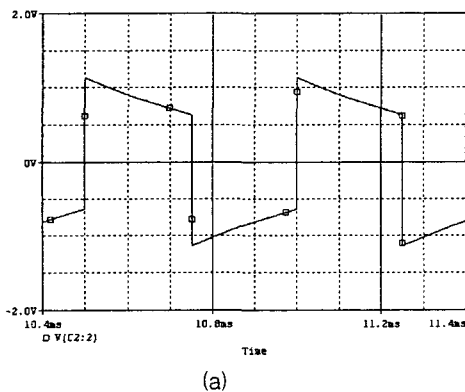


그림 2 (a) 압력센서를 커패시터로 모델링한 후 p-spice로 시뮬레이션 한 파형. 입력 신호 펄스의 크기는 5 V<sub>p-p</sub>, 주파수는 2 KHz (b) 압력센서의 입력 단자에 펄스를 가한 후 출력 단자에서 측정된 신호 파형  
 Fig. 2 (a) P-spice simulated waveform after modeling a pressure sensor as a capacitor. The input pulse is 5 V<sub>p-p</sub>, and 20 KHz (b) a measured waveform at the output port after giving a pulse to the input terminal.

## 2.2 압력센서 구동회로

가변 커패시터 구조의 압력 센서를 이용하기 위하여 입력 단자에 펄스를 가하고 출력 단자에는 압력센서의 커패시턴스 값 변화량에 따른 신호의 변화량 측정을 쉽도록 하기 위해 출력 신호의 파형이 피크 신호의 형태를 가지는 RC 충전·방전 형태의 파형이 나오도록 저항을 압력센서와 병렬로 연결하였다. 압력센서의 출력 신호를 증폭하기 위하여 그림 3(a)에 보이는 것과 같은 연산증폭기를 이용한 차동증폭기를 사용하였으며, 이득은 수식(1)로 주어진다.

$$V_o = \frac{R_2}{R_1}(v_{ref1} - v_1) \quad \text{단, } R_2/R_1 = R_4/R_3 \quad (1)$$

증폭된 피크 신호는 피크 검출기 회로에 의하여 직류 신호로 바뀌고, 이 직류신호를 앞단에서와 같은 구조의 연산증폭기로 한 번 더 증폭하여 사용한다. 여기서 저항 R2는 가변저항으로 R2의 값을 변화시켜 연산증폭기의 이득을 조절한다. 연산증폭기의 이득 조절 기능은 마이크로컨트롤러에서 압력 센서의 출력 값을 보정해주는데 사용된다. 압력센서의 입력 신호는 마이크로컨트롤러에서 발생하는 크기 5 V, 주파수 20 KHz의 펄스를 사용하였다.

그림 3(b)의 (1)번 파형은 압력 센서를 커패시터로 모델링한 후 RC 충전 회로를 차동 증폭한 시뮬레이션 결과로 그림 3(a)의 회로에서 핀1에서의 파형이며, 그림 3(b)의 (2)번 파형은 증폭 후 피크 검출기의 출력 시뮬레이션 파형으로 그림 3(a) 회로에서 핀2에서의 파형이다. 증폭 후 피크 전압은 1.38 V이며, 피크 검출기로 검출한 직류 전압은 1.19 V로 피크 값이 검출됨을 알 수 있다. 그림 3(c)의 (1)번과 (2)번 파형은 회로를 실제로 구성한 후 동작하는 측정값이다. 제작된 회로의 증폭 후 피크 전압은 1.4 V이며, 피크 검

출기로 검출한 직류 전압은 1.2 V로 시뮬레이션 결과와 측정값의 차이가 크지 않음을 보여준다.

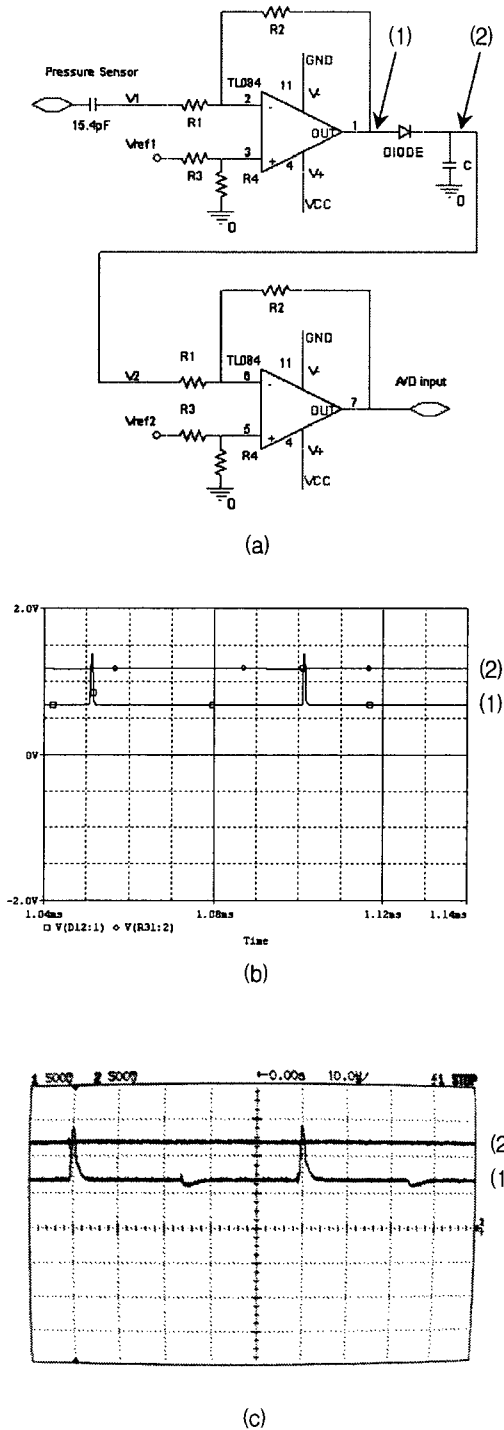


그림 3 (a) 압력센서 증폭 회로와 피크 검출 회로 (b) 피크 검출 회로의 시뮬레이션 파형 (c)제작된 피크 검출 회로의 측정 파형

Fig. 3 (a) A amplifying and a peak detection circuit of a pressure sensor (b) a simulated waveform of a peak detection circuit (c) a measured waveform of a peak detection circuit

### 2.3 모터 구동 및 보호회로

일반적으로 모터 구동에 따른 소모 전류가 많으므로 모터를 컨트롤하는 신호는 마이크로컨트롤러에서 발생시키더라도 직접 모터를 구동 할 수는 없기 때문에, BA6209 모터 구동 IC를 사용하여 모터 구동 회로를 완성하였다. BA6209는 표 1과 같은 모터 구동 논리에 의하여 모터를 구동한다. 입력으로 두 개의 신호를 받아들여 신호 조합에 따라 총 4개의 모터 구동 동작을 할 수 있으나 제어 신호가 모두 Low이거나 High일 경우 모터가 동작하지 않도록 하여 총 3개의 모터 구동 동작을 할 수 있다.

본 논문에서 사용한 모터는 DC 모터이고 댐퍼의 개폐를 위하여 사용된다. 댐퍼의 열고 닫는 위치는 위치제어 모터와 같이 위치를 미리 알아서 제어할 수 없으므로 모터 동작 시간으로 기본 제어를 하나, 댐퍼가 닫혀있는 경우 모터를 계속 동작시키게 되면 과전류가 흐르게 되므로 과전류를 검출하여 모터 구동을 멈추게 하는 보호회로가 필요하다.

보호회로는 그림 4의 회로에서 보이는 바와 같이 모터에 흐르는 과전류를 포토커플러를 이용하여 검출하도록 하였다. 댐퍼가 닫혀 있거나 장애물로 인하여 닫히지 않을 경우 모터에 과전류가 흐르게 되는데 이 전류는 직렬로 연결된 포토커플러의 다이오드에도 흐른다. 다이오드에 많은 전류가 흐르면 광전 효과에 의하여 트랜지스터의 컬렉터 전류도 증가하며, 증가하는 컬렉터 전류로 모터에 흐르는 전류를 판단하고 컬렉터 전류는 컬렉터 부하저항으로 전압으로 바뀌며 기준 값 이상의 컬렉터 전압이 나오면 마이크로컨트롤러에서 모터 구동을 멈추는 신호를 내보내도록 하여 모터의 동작을 멈추어 모터가 보호되도록 하였다.

표 1 모터 제어 신호에 따른 모터구동 논리 테이블  
Table. 1 A logic table to drive a motor according to the motor control signals

input		output		모터동작
pin 5	pin 6	pin 2	pin 10	
L	L	L	L	STOP
H	L	H	L	OPEN
L	H	L	H	CLOSE
H	H	L	L	STOP

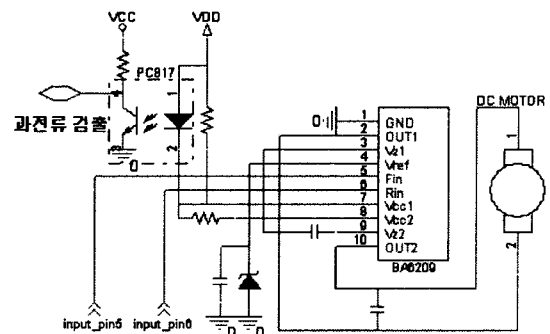


그림 4 BA6209 IC를 사용한 모터 구동회로 및 보호회로  
Fig. 4 A motor drive circuit using a BA6209 IC and a motor protect circuit.

2.4 댐퍼의 구성 및 마이크로컨트롤러 프로그램

본 논문에서는 마이크로칩사의 PIC16F72 IC를 마이크로컨트롤러로 사용하였다. PIC16계열의 마이크로컨트롤러는 유사 RISC 구조와 파이프라인 구성으로 되어있어 속도가 빠르고 CMOS로 제작되어 소비전력이 작고 동작전압의 범위가 넓은 장점이 있다. PIC16F72 IC는 최대 20 MHz의 클럭 속도를 가지며 8bit 5채널 A/D 컨버터 기능과 2K x 14 word의 메모리 용량을 갖는다[8].

PIC16F72 마이크로컨트롤러를 이용한 댐퍼 동작의 블록도는 그림 5와 같으며, 마이크로컨트롤러는 압력센서 구동을 위한 신호를 만들어내고, 이 신호로부터 압력센서 값의 변화량을 읽어 들인다. 이 값을 기준 값과 비교하여 댐퍼의 모터 구동을 판별하며, 모터 구동 시에는 모터에 흐르는 전류량을 측정하여 기준 값 이상의 전류가 흐르면 모터 동작을 정지시킨다. 압력센서로부터 입력된 값은 7 segment를 이용하여 현재의 압력을 표시한다.

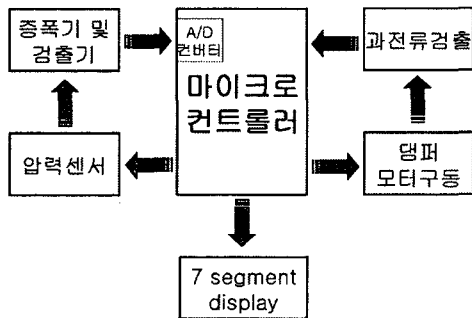


그림 5 댐퍼 동작의 블록도  
Fig. 5 A block diagram of a damper operation

댐퍼 동작을 위한 프로그램의 순서도는 그림 6과 같으며, 댐퍼의 동작 상태에 따라 두 가지로 구분된다. 정상동작 모드 시에는 댐퍼가 열려있을 경우를 대비하여 마이크로컨트롤러는 댐퍼를 닫으라는 신호를 내보낸다. 댐퍼가 닫힌 후 압력센서로부터 아날로그 신호를 마이크로컨트롤러의 A/D 컨버터 입력단자로 받아들인다. A/D 컨버터의 입력 값은 설정되어있는 기준 값과 비교되어 기준 값 이상의 값이 입력되면 댐퍼를 열도록 모터 구동 신호를 내보낸다. 기준 값 이하의 값이 입력되면 다음 A/D 컨버터 입력 신호 값을 대기한다. 또한 A/D 컨버터의 입력 값은 상대치 압력 값으로 변환되어 7 segment에 표시된다.

댐퍼의 동작설정 모드 시에는 1)설정되어있는 모터를 여는 압력의 상대치 값이 표시되고, 2)항상 댐퍼가 닫히도록 설정되어있으며, 3)모터가 열리는 각도를 가변저항을 이용하여 조절할 수 있다.

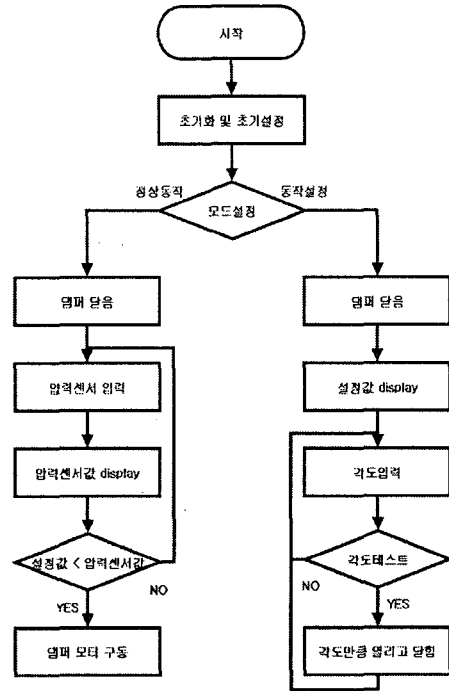
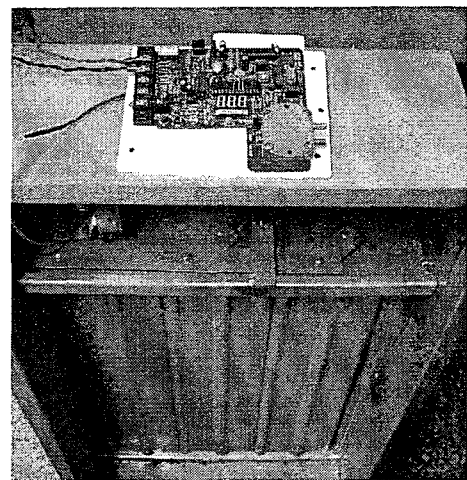


그림 6 댐퍼 동작을 위한 마이크로컨트롤러 프로그램의 순서도

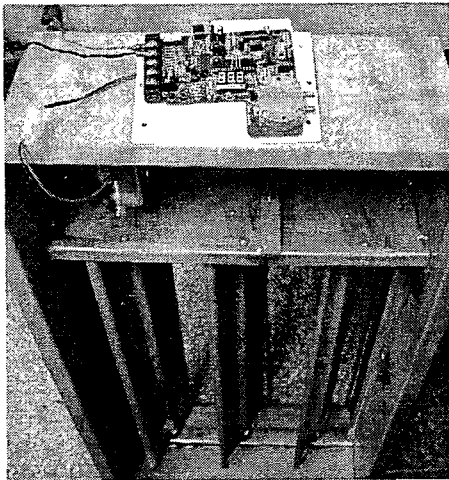
Fig. 6 A flow chart of a micro-controller for a damper operation.

2.5 댐퍼의 제작 및 실험

설계된 댐퍼 제어부와 댐퍼는 제작되었으며, 그림 7은 제작된 댐퍼 제어부와 댐퍼의 사진이다. 그림 7(a)는 댐퍼가 닫혔을 경우의 사진이며, 그림 7(b)는 압력차에 의하여 댐퍼가 열렸을 경우의 사진으로 댐퍼의 동작을 실험으로 확인하였다. 댐퍼의 크기는 39.5 cm x 18 cm x 79 cm 이다.



(a)



(b)

그림 7 제작된 댐퍼와 제어부사진 (a)댐퍼가 닫힌 사진 (b) 댐퍼가 열린 사진

Fig. 7 A picture of a fabricated damper controller and a damper (a) a picture of a closed damper (b) a picture of an open damper

### 3. 결 론

본 논문에서는 아파트와 같은 건축물에서의 화재 시 신선한 공기를 내부로 공급하기 위한 댐퍼를 설계 및 제작 하였다. 댐퍼의 가장 중요한 부분인 마이크로컨트롤러는 PIC16F72 IC를 사용하였으며, 압력센서의 구동과 모터의 구동 및 제어, 7 segment를 이용한 압력 값의 표시 등 여러 가지 제어 동작을 한다. 화재 발생을 감지하기 위한 압력센서는 정전용량 형태의 센서를 사용하였고, 댐퍼를 여는 모터의 구동을 위하여서는 BA6209 모터구동 IC를 사용하였다.

모터구동 시 과전류에 의한 모터의 손상을 방지하기 위하여 큰 전류가 흐르는 모터의 구동 전원선과 작은 전류가 흐르는 모터의 제어 신호선을 쉽게 분리하여주는 포토커플러를 이용하여 보호회로를 제작하였으며, 압력차에 의한 댐퍼의 구동 및 모터 보호회로가 설계한대로 잘 동작하였다.

이러한 소방용 댐퍼는 건축물이 고층화 되고 안전에 대한 관심이 증가되면서, 법규로 설치를 의무화함에 따라 건축물의 필수적인 요소가 되었다. 그로인해, 화재 시 발생한 연기와 유해가스로부터 사람이 거주하는 공간이나 피난로에 유입되는 것을 방지하며 유입된 연기를 댐퍼로 자동 제어함으로써, 연기로 인한 질식사를 방지하고 피난한계농도 이하로 유지하여 불특정다수가 안전한 장소로 피난 할 수 있도록 지원함과 동시에 소방대원의 화재 진압활동을 지원함으로써 인명의 피해를 최소화 할 수 있을 것이다. 앞으로의 댐퍼는 신선한 공기의 유입뿐만이 아니라 소화의 기능을 포함하는 것과 같은 좀 더 복합적인 기능에 대한 연구가 요구되고 있다.

### 참 고 문 헌

[1] 행정자치부, “소방기술기준에 관한규칙”, 2002.[2] 박외철, “제연방식과 풍량에 따른 제연성능의 수치적 연구”, 한

국화재소방학회논문지, Transactions of Korean Institute of Fire Science and Engineering,1229-2826, 제17권2호,pp.56-61, 2003

[3] 김진수, “급기가압 제연설비의 계산법 모델링에 대한 연구”, 대한설비공학회 2002년도 하계학술발표회 논문집 (Ⅲ) (2002년 6월)  
 [4] 박승민, 안병국, 김미경, “급기가압제연설비의 개선에 관한 연구”, 한국화재소방학회:학술대회지, Proceedings of the Korea Institute of Fire Science and Engineering Conference, 한국화재.소방학회 03 춘계학술논문발표회논문집,pp.118-124, 2003  
 [5] 이승준, 김병태, 권영수, 정귀상, “용량형 압력센서의 설계 및 제작”, 한국전기전자재료학회 하계학술대회 논문집, 561-564, 2000.  
 [6] 이대성, 김규철, 박효덕, “C-V Converter for a Fully Differential Capacitive Pressure Sensor”, 전자공학회논문지-SD 제39권 9호, 62-71, 2002. 9.  
 [7] Nicolas A. Gay, “Simulation of a capacitive pressure sensor with VHDL-AMS”, 26th ISSE, 7-12, 2003.  
 [8] 김기영, 박문규, 허석, “아날로그 회로와 마이크로 프로세서를 이용한 PPF 제어기의 구현”, 한국소음진동공학회논문집, 제14권6호, 455-462, 2004.

## 저 자 소 개



### 황 인 갑 (黃寅鉞)

1981년 연세대학교 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 아리조나주립대 전기 및 컴퓨터학과 졸업(박사). 1984년~1986년 삼성전자 연구소 선임연구원. 1993년~1995년 한국전자통신연구원 선임연구원. 1995년~현재 전주대학교 전기전자정보통신공학부 전기전자전공 부교수

Tel : 063-220-2656, Fax : 063-220-2056

E-mail : igh@jj.ac.kr



### 한 재 길 (韓在吉)

2005년 8월 전주대학교 전기전자공학과 졸업. 2005년 9월~현재 동 대학원 전기전자공학과 재학(석사)

Tel : 016-631-3822

E-mail : han44444@gmail.com