

제 5 장 실험 및 결과

제 1 절 실험 환경 구성

5.1.1 화재 수신기 CPU 전면부

그림 5-1은 본 연구에서 사용한 화재 수신기 CPU 전면부의 구성을 나타낸 것이다. 주요 구성은 LED부, LCD부, Tact Switch부로 나눌 수 있으며, 각 기능은 표 5-1과 같다.



그림 5-1. 화재 수신기 전면부 및 조작 버튼 배열

표 5-1. 화재 수신기 CPU 전면부 주요 구성과 기능

구성 부위	기능 설명
LED부	- 상단 화재 경보등 LED: 화재 발생 시 점등되어 전체 경보 상태 표시 - 회로 1~10 LED: 화재가 발생한 해당 회로를 직관적으로 표시 - 전원 및 상태 표시 LED: 교류 전원, 예비 전원, 발신기, 축적 등 시스템 상태를 실시간 확인
LCD부	- 시스템 동작 상태를 시각적으로 제공 - 기본 화면: 날짜·시간, 시스템 전압, 예비 전원 전압, 시계 전원 전압 표시 - 관리 기능: 이벤트 로그 조회, USB 데이터 다운로드, 시간 조정 기능 지원
Tact Switch부	- MODE, SET, 방향키(좌·우), 화재 리셋 버튼: 감시/설정/시험 모드 전환 및 메뉴 탐색 기능 수행 - 부가기능 버튼: 주경종, 지구경종, 유도등제어 및 화재신호 시험, 예비전원 시험, 복구 기능 수행

각 버튼의 주요 기능은 표 5-2와 같다.

표 5-2. 화재 수신기 전면부 버튼별 기능

버튼명	주요 기능
MODE	정상 감시, 설정, 시험 등 운용 모드 전환
SET	설정 모드에서 선택한 항목(회로 번호, 감지기 주소, 경보음 설정 등) 확정·저장
방향 버튼 (좌·우)	메뉴 탐색 및 항목 이동, 주소 설정, 회로 선택, 기록 조회
주경종 버튼	주경종 장치의 ON/OFF 제어 및 동작 시험
지구경종 버튼	지구경종장치의 ON/OFF 제어 및 동작 시험
유도등 버튼	유도등장치의 ON/OFF 제어 및 동작 시험
화재이보 버튼	수신기의 화재신호를 외부 시스템 또는 상위 장치로 전송
동작시험 버튼	화재 발생 상황을 모의로 재현하여 수신기의 동작 여부 점검
도통부저 버튼	회로 도통 상태를 점검하고 이상 발생 시 부저로알림
축적 버튼	이벤트 및 시스템 동작 이력을 내부 메모리에 저장
예비전원 시험 버튼	예비전원 전환 상태 점검
자동복구 버튼	시험경보 동작 후 자동으로 시스템을 정상 감시 상태로 복구
복구 버튼	관리자 조작에 의해 시험·경보 동작 이후 시스템을 수동으로 초기 상태로 복구

그림 5-2는 화재 수신기 전면부의 LCD 화면 구성을 나타낸 것이다. 본 LCD는 시스템 상태, 이벤트 페이지, USB 다운로드, 시간 설정 등 다양한 정보를 시각적으로 제공하여 관리자가 직관적으로 운용할 수 있도록 설계되었다.

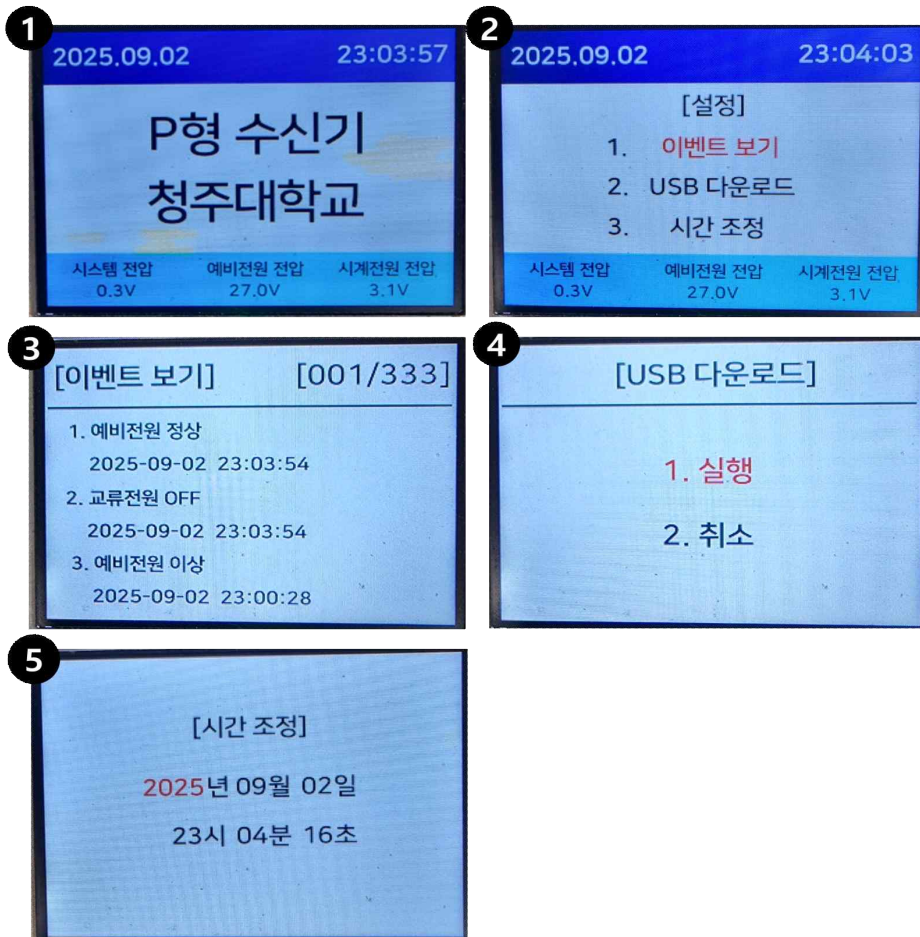


그림 5-2. 수신기의 LCD 표시부 화면 구성

각 화면의 주요 기능은 표 5-3과 같다. 본 LCD는 설정·이벤트 보기·데이터 다운로드·시간 조정 기능을 지원한다.

표 5-3. 화재 수신기 LCD 화면 구성 및 기능

화면 구성	기능 설명
기본 화면 (Main Screen)	시스템 명칭과 설치 장소 표시, 우측 상단에 실시간 날짜·시각 출력, 하단에 시스템 전압·예비전원 전압·시계전원 전압을 동시에 표시하여 전원 상태를 한눈에 확인 가능
설정 메뉴 (Setting Menu)	이벤트 보기, USB 다운로드, 시간 조정 등 주요 관리 기능 선택. 버튼 입력으로 탐색 가능하며, 선택 항목은 빨간색 강조 표시
이벤트 보기 (Event Log)	감지기 동작, 전원 상태 변화, 시험 결과 등을 시간 순으로 기록·표시. 이벤트 번호와 타임스탬프 제공 (예: 예비전원 정상, 교류전원 OFF, 예비전원 이상 등)
USB 다운로드 (USB Download)	저장된 이벤트 로그를 외부 USB 메모리에 저장. "실행/취소" 선택 구조로 단순화하여 현장에서 즉각적인 데이터 백업 가능
시간 조정 (Time Adjustment)	년·월·일·시·분·초 단위로 RTC(실시간 클럭) 수정 가능. 버튼 입력으로 항목 이동·수정이 가능하며, 이벤트 기록의 신뢰성 확보

5.1.2 화재 수신기 CPU 후면부

그림 5-5는 본 논문에서 실제 실험에 사용한 화재 수신기 CPU 후면부에 대한 PCB이다.

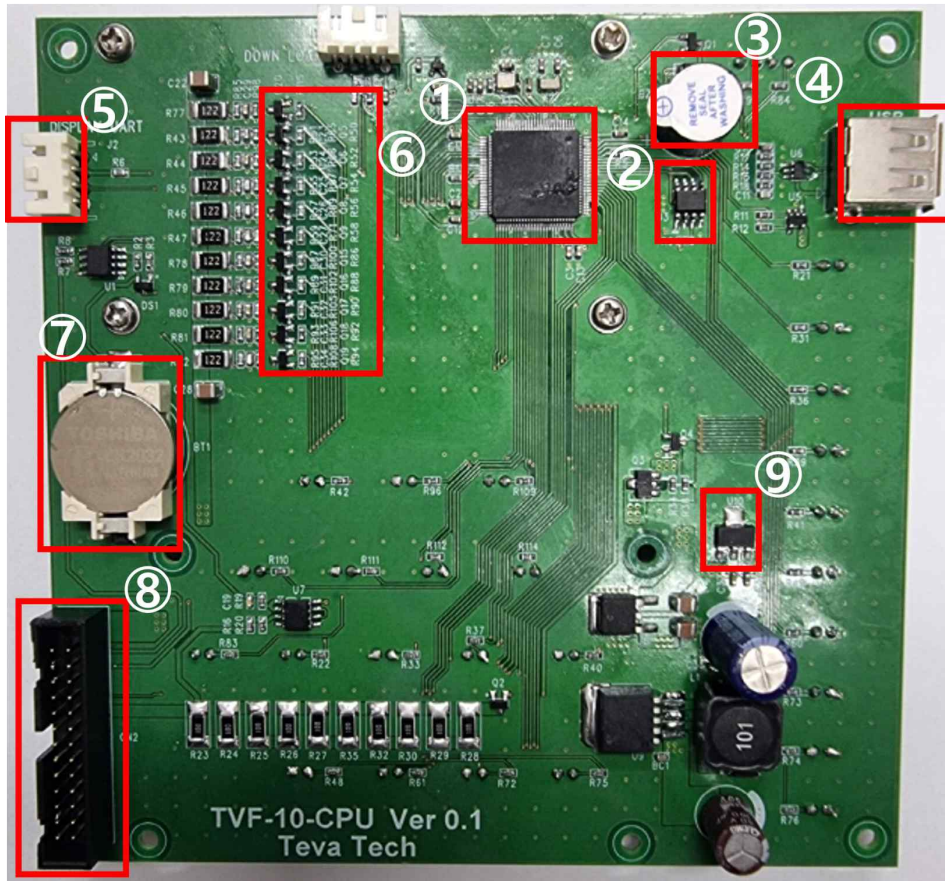


그림 5-3. 실험에서 사용한 화재 수신기 CPU 후면부 PCB

표 5-4는 수신기 CPU 후면부의 주요 구성 요소와 IC에 대한 정보를 나타낸 것이다.

① MCU(STM32F407VET6TR)

보드의 핵심 제어부로, 센서 및 입력 데이터를 처리하고 화재 판정 로직 수행, 전력선 통신 및 출력 제어를 담당한다.

② EEPROM (이벤트 기억장치)

수신기에서 발생하는 이벤트 및 로그 데이터를 저장하여, 관리자가 과거 이력을 확인하거나 다운로드할 수 있도록 한다.

③ BUZZER

회로 단선 또는 오류 발생 시 경보음을 발생시켜 이상 상태를 관리자에게 즉각 알린다.

④ USB 커넥터

내부에 저장된 이벤트 로그를 외부 저장 장치로 다운로드할 수 있는 인터페이스로 사용된다.

⑤ UART_LCD 커넥터

MCU와 연결되어 LCD 표시부에 시스템 상태, 이벤트 로그, 설정 메뉴 등의 정보를 출력한다.

⑥ BJT (전력선 통신부)

전력선을 통해 UART 신호를 송신하기 위해 사용되며, 화재 발생 시 신호를 전력선에 실어 수신기로 전달한다.

⑦ RTC 배터리 (3.3 V 동전형)

실시간 시계(RTC)의 전원을 공급하여, 메인 전원이 차단되더라도 날짜와 시간을 유지한다.

⑧ 전원 커넥터 (POWER-CPU 연결부)

외부 전원부와 CPU 보드를 연결하여 시스템 동작에 필요한 전원을 공급한다.

⑨ LDO (3.3 V 레귤레이터)

외부 전원 입력을 안정된 3.3 V로 변환하여 MCU 및 주변 회로에 공급한다.

표 5-4. 수신기 CPU 후면부의 주요 구성 요소와 IC

번호	부품 정보
①	MCU(STM32F407VET6TR)
②	EEPROM (이벤트 기억장치)
③	BUZZER
④	USB 커넥터
⑤	UART_LCD 커넥터
⑥	BJT (전력선 통신부)
⑦	RTC 배터리 (3.3 V 동전형)
⑧	전원 커넥터 (POWER-CPU 연결부)
⑨	LDO (3.3 V 레귤레이터)

5.1.3 화재 수신기 POWER

본 논문에서 실제 실험에 사용한 화재 수신기 POWER에 대한 PCB는 그림 5-4와 같다.

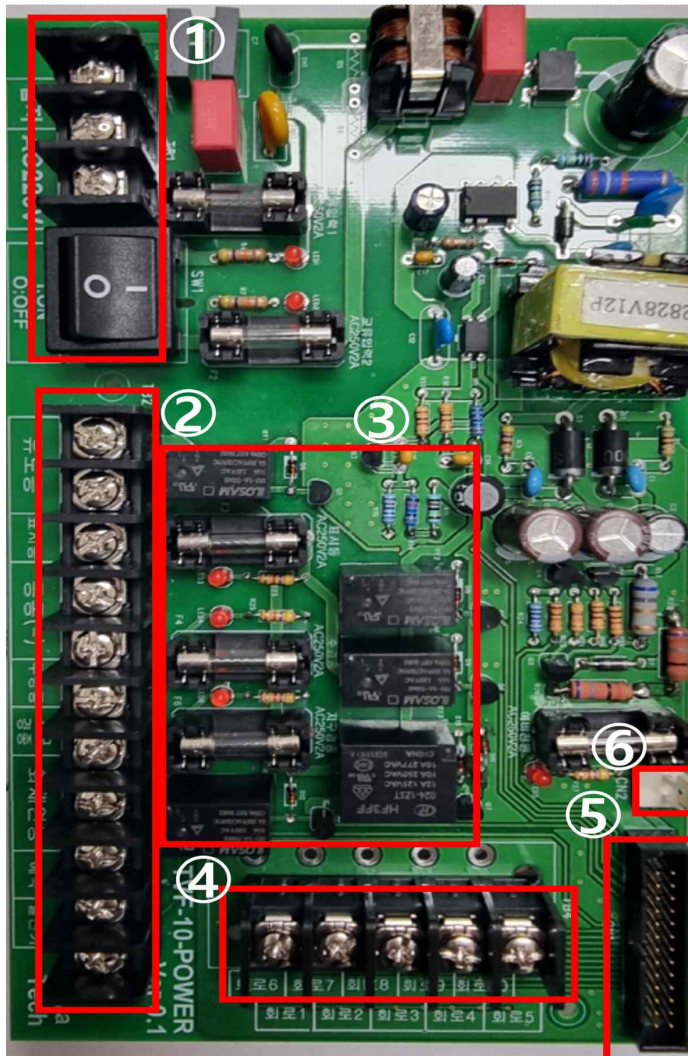


그림 5-4. 실험에서 사용한 화재 수신기 POWER PCB

표 5-5는 수신기 POWER의 주요 구성 요소와 IC에 대한 정보를 나타낸 것이다.

① AC 220 V 전원 입력부 및 ON/OFF 스위치

수신기에 AC 220 V 전원을 공급하는 입력 단자와 주 전원의 차단을 위한 스위치로 구성된다.

② 외부 장치 연결용 터미널 블록

유도등, 표시등, 공통 접지, 주경종, 지구경종, 화재 연동, 예비 전원, 발신기 등을 연결하는 단자로, 외부 장치와의 인터페이스 역할을 수행한다.

③ 출력 제어 릴레이부

주경종, 지구경종, 유도등, 표시등, 화재이보 신호의 ON/OFF 제어를 담당하는 릴레이 회로이다.

④ 감지기 연결용 터미널 블록

1번부터 10번까지의 회로가 마련되어 있으며, 각 회로에는 최대 20개의 감지기를 연결할 수 있다.

⑤ CPU 연결 커넥터

전원부와 수신기 CPU 보드를 연결하는 인터페이스로, 제어 신호 및 전원을 상호 전달한다.

⑥ 24 V 배터리 커넥터

비상 시 사용되는 24 V 예비 전원(배터리)을 연결하는 단자로, AC 전원 차단 시에도 시스템 동작을 유지할 수 있도록 한다.

표 5-5. 수신기 POWER의 주요 구성 요소와 IC

번호	부품 정보
①	AC 220 V 전원 입력부 및 ON/OFF 스위치
②	외부 장치 연결용 터미널 블록
③	출력 제어 릴레이부
④	감지기 연결용 터미널 블록
⑤	CPU 연결 커넥터
⑥	24 V 배터리 커넥터

5.1.4 지능형 열 감지기

본 논문에서 실제 실험에 사용한 지능형 열 감지기 시스템에 대한 PCB는 그림 5-5와 같다.

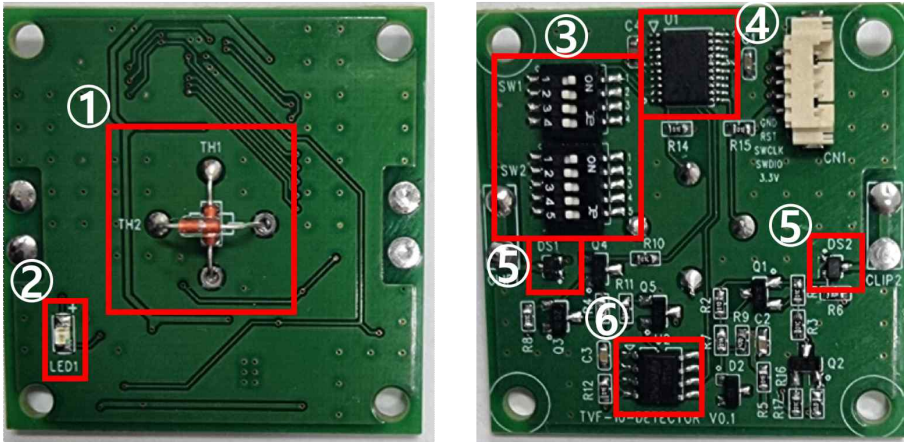


그림 5-5. 실험에서 사용한 지능형 열 감지기 PCB

표 5-6는 감지기의 주요 구성 요소와 IC에 대한 정보를 나타낸 것이다.

① NTC 써미스터 센서부 (TH1, TH2)

두 개의 NTC 써미스터가 배치되어 있으며, 주변 온도 상승 시 저항값이 감소하는 특성을 이용하여 전압 신호를 생성한다. 해당 신호는 MCU의 ADC로 전달되어 화재 판정 알고리즘의 입력 데이터로 사용된다.

② 상태 표시 LED (LED1)

감지기의 동작 상태를 시각적으로 표시하며, 화재 발생 시 점등되어 현장에서 직관적인 확인이 가능하다.

③ 주소 지정 스위치 (DIP Switch)

4비트 및 5비트 스위치를 통해 감지기의 회로 번호(1~10번)와 개별 번호(1~20번)를 지정할 수 있다. 이를 통해 수신기는 전력선 통신을 통해 다수의 감지기 중 특정 위치를 구분할 수 있다.

④ MCU (STM32L010F4P6)

본 감지기의 핵심 제어부로, 센서 데이터의 수집(ADC), 화재 판정 알고리즘 실행, UART 통신 및 출력 제어를 수행한다.

⑤ 스위칭 다이오드부 (DS1, DS2)

입력 전원의 무극성 연결을 지원하기 위해 배치되었으며, 전원 극성이 반대로 인가되더라도 동작하도록 설계하였다..

⑥ Rail-to-Rail OP-AMP

전력선에서 분리된 UART 신호를 증폭하여 MCU의 RX 단자에 안정적으로 인가한다. 이를 통해 미약한 신호도 안정적으로 수신할 수 있으며, 전력선 통신의 신뢰성을 높인다.

표 5-6. 지능형 열 감지기의 주요 구성 요소와 IC

번호	부품 정보
①	NTC 써미스터 센서부 (TH1, TH2)
②	상태 표시 LED (LED1)
③	주소 지정 스위치 (DIP Switch) 4접점, 5접점
④	MCU (STM32L010F4P6)
⑤	스위칭 다이오드부 (DS1, DS2)
⑥	Rail-to-Rail OP-AMP

제 2 절 실험 결과

5.2.1 ISO 9705 규격 모방 실험

본 연구에서는 지능형 열 감지기의 알고리즘을 설계하기 위하여 ISO 9705 규격 모방 실험을 수행하였다. ISO 9705 실험은 이른바 방 모서리 화재 시험(Room Corner Test)으로, 실제 방 크기의 모형을 제작하여 내부 마감재의 화재 확산 특성과 열·연기 발생 특성을 평가하는 국제 표준 화재 시험이다[18].

다만, 본 실험은 인증이나 등급 판정을 목적으로 한 ISO 9705 정규 시험이 아니며, 제안하는 지능형 열 감지기의 알고리즘 설계에 필요한 데이터를 획득하기 위한 축소 모사 시험이라는 점에서 차이가 있다[19].

그림 5-6은 ISO 9705 규격 모방을 위해 제작된 실험 박스를 나타낸 것이다. 박스의 크기는 가로 0.5 m, 세로 0.5 m, 높이 0.7 m이며, 상부에는 감지기를 설치하고, 내부 바닥 중앙에는 고체 연료를 발화원으로 배치하였다. 발화원이 점화되면 발생하는 열은 상부의 감지기에 전달되며, 감지기 내부에 탑재된 써미스터 센서를 통해 온도 변화를 ADC 값으로 수집하였다. 이 데이터를 기반으로 지능형 열 감지기의 화재 판정 알고리즘을 설계하였다. 또한, 실험은 다음과 같은 세 단계로 진행하였다.

- ① **실온 상태 측정:** 외부 자극이 없는 정상 환경에서 감지기의 ADC 값을 측정하여 기준 데이터를 확보하였다.
- ② **비화재 환경 측정:** 난로 및 열풍기를 이용하여 화재는 아니지만 주변 온도에 변화를 주는 환경을 조성하고, 이에 따른 ADC 값을 측정하였다. 이를 통해 비화재 상황에서 발생할 수 있는 온도 변화를 확인하였다.

③ **화재 환경 측정**: 발화원(고체 연료)을 점화하여 실제 화재 상황을 재현하고, 이때 감지기의 써미스터로부터 수집된 ADC 값을 측정하였다. 이와 같은 실험 절차를 통해 얻은 데이터를 기반으로 화재와 비화재 상황을 구분할 수 있는 지능형 화재 감지 알고리즘을 설계 하였다.

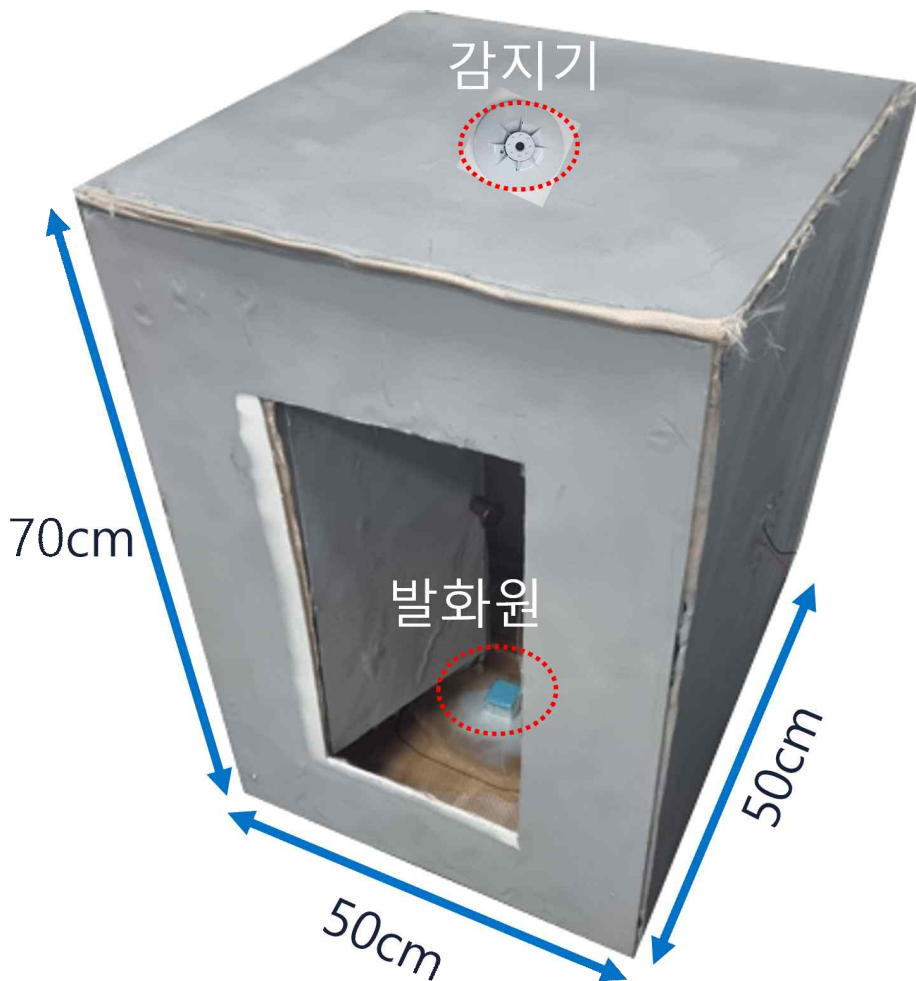


그림 5-6. ISO 9705 규격 모방을 위해 제작된 실험 박스

5.2.2 이동평균 기반 써미스터 ADC 데이터 분석

ISO 9705 규격 모방 실험을 통해 얻은 감지기 내부의 써미스터1,2 ADC 값의 이동평균 그래프는 그림 5-7, 5-8과 같다.

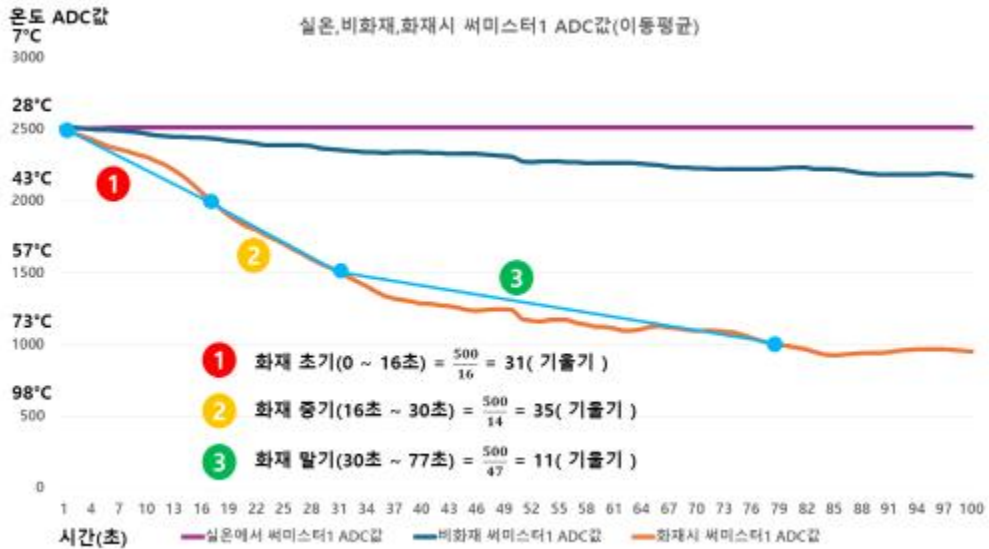


그림 5-7. 써미스터1 ADC값(이동평균)그래프

그림 5-7은 실온, 비화재, 그리고 화재 환경에서 써미스터1의 ADC 값 변화를 나타낸 것이다. 실온에서는 ADC 값이 일정하게 유지되며, 온도가 일정한 정상 상태에서 안정적인 동작을 확인할 수 있다. 비화재 환경(난로, 열풍기 사용)에서는 초기 구간에서 온도 변화에 따라 ADC 값이 감소하였으나, 일정 수준 이후 안정적으로 수렴하였다. 이는 비화재 환경에서도 순간적인 온도 변화가 감지기에 영향을 미칠 수 있음을 확인 하였다.

화재 환경에서는 발화원 점화 직후부터 ADC 값이 눈에 띄게 감소하였으며, 특히 16초 이후부터는 기울기가 크게 증가하였다.

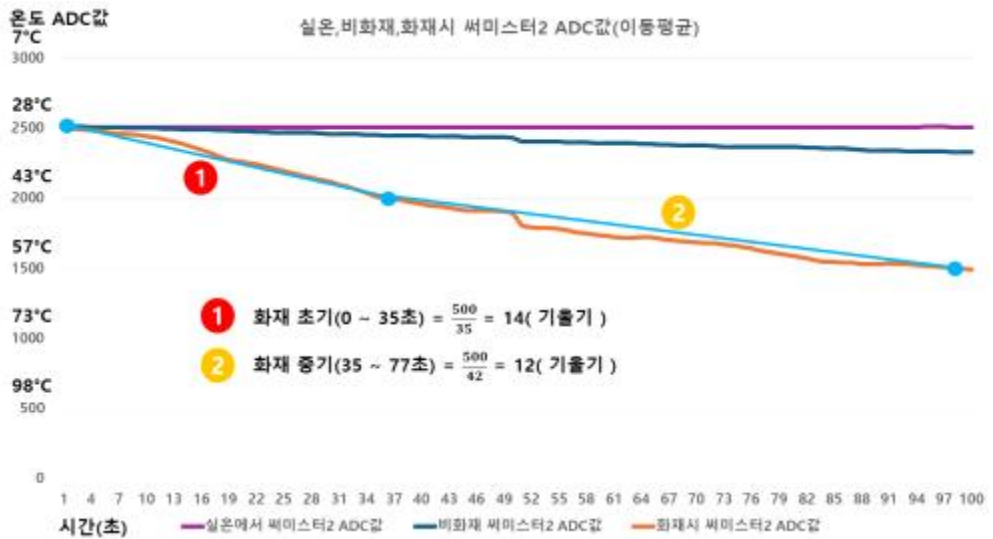


그림 5-8. 써미스터2 ADC값(이동평균)그래프

그림 5-8은 동일한 조건에서 써미스터2의 ADC 값 변화를 나타낸 것이다. 전체적으로는 써미스터1과 유사하나, 초기 응답 시점과 기울기에서 다소 차이가 관찰되었다. 이는 감지기 내부 써미스터의 위치 차이에 따른 온도 전달 지연과 응답 특성의 차이로 해석할 수 있다. 따라서 다중 센서 기반으로 데이터를 종합적으로 분석할 경우, 보다 신뢰성 높은 화재 판정이 가능함을 확인하였다.

5.2.3 써미스터 온도 변화율(기울기)의 이동평균 분석

써미스터1,2 ADC값의 이동평균 값을 통해 얻은 ADC값의 기울기 즉, 온도 변화율의 이동평균 그래프는 그림 5-9, 5-10과 같다.



그림 5-9. 써미스터1 ADC값 기울기의 이동평균 그래프



그림 5-10. 써미스터2 ADC값 기울기의 이동평균 그래프

그림 5-9와 그림 5-10은 ISO 9705 규격 모방 실험으로 부터 얻은 써미스터1과 써미스터2의 ADC값 기울기 즉, 온도 변화율의 이동평균 값의 그래프를 나타낸 것이다. 화재 환경에서는 발화 직후 화재 초기 구간에서 기울기가 빠르게 상승하였으며, 이후 중·후기 단계에서는 서서히 완만한 기울기를 보였다. 이는 화재 초기에 온도 상승 속도가 가장 빠르고, 시간이 지남에 따라 온도 상승 속도가 느려지는 일반적인 화재 진행 특성과 일치한다. 반면, 비화재 환경(난로·열풍기 사용)에서는 갑자기 기울기가 상승하는 구간이 있었으나 곧 안정화되었으며, 실온에서는 기울기 값이 거의 0에 가깝게 유지되었다.

이러한 결과를 바탕으로 제안한 규칙 기반 화재 탐지 알고리즘은 두 개의 NTC 써미스터 데이터를 1초 간격으로 측정한 후, 이동평균을 통해 노이즈를 줄이고 과거 값과 현재 값의 차이를 기울기(온도 변화율)로 정의하였다. 산출된 기울기가 온도 구간별 임계치 이상으로 5초 이상 연속 유지되면 화재로 판정하도록 하였다.

온도 구간은 화재 초기($25\sim43^{\circ}\text{C}$), 화재 중기($43\sim57^{\circ}\text{C}$), 화재 말기(57°C 이상)로 구분하였으며, 각 구간별 임계치는 다음과 같다.

***써미스터1** : 초기 ≥ 30 , 중기 ≥ 20 , 말기 ≥ 10

***써미스터2** : 초기 ≥ 15 , 중기 ≥ 10 , 말기 ≥ 5

또한, 정온식 감지 방식인 특정 온도 기준을 반영하여, 써미스터 측정 온도가 70°C 이상일 경우 기울기와 무관하게 화재로 판정하도록 하였다. 임계치는 난로 및 열풍기와 같은 비화재 가열원 시나리오를 고려하여 설정함으로써, 불필요한 오탐을 최소화 하였다. 그로써 본 연구에서는 ISO 9705 규격 모방 실험 결과를 바탕으로 지능형 화재 감지 알고리즘을 설계하였다.

5.2.4 감지기 성능 평가

본 논문에서 설계한 지능형 열 감지기와 기존 열 감지기들을 대상으로 화재 실험을 진행하였다. 본 실험의 목적은 제안한 지능형 열 감지기의 성능을 기존 감지기들과 정량적으로 비교·평가하는 것이다. 실험은 ISO 9705 규격 모방을 위해 제작된 실험 박스에서 수행하였으며, 동일한 조건을 위해 박스 천장의 동일 위치에 각 감지기를 부착한 뒤 발화 실험을 진행하였다.

그 결과, 제안한 지능형 열 감지기의 화재 감지 시간은 기존 감지기에 비해 크게 단축되었다. 표 5-7은 ISO 9705 규격 모방 실험 환경에서 측정된 감지기별 화재 감지 시간을 비교한 것이다.

표 5-7. 감지기별 화재 감지 시간

구분	감지 시간	비고
지능형 열 감지기	10초	온도 변화율 기반 알고리즘 적용
정온식 열 감지기	72초	임계 온도 70℃ 기준
차동식 열 감지기	54초	$\Delta T/\Delta t$ 기준
복합식 열 감지기	46초	정온식+ 차동식 복합 판정

제안한 지능형 열 감지기는 발화 후 약 10초 만에 화재를 감지하였으며, 이는 다른 감지기들(정온식, 차동식, 복합식)과 비교했을 때, 최소 2.5배 이상 빠른 감지 시간을 보였다. 따라서 본 연구에서 제안한 지능형 열 감지기는 기존 열 감지기와 비교하였을 때, 화재 초기 단계에서 빠르게 감지할 수 있음을 확인하였다.

5.2.5 감지기와 수신기 간 전력선 통신 실험

본 논문에서는 설계한 지능형 열 감지기와 화재 수신기 간 전력선 통신 실험을 수행하였다. 본 실험은 제안한 전력선 통신 방식이 실제 건물 환경과 비슷한 조건에서도 안정적으로 동작하는지를 검증하는 것이다. 이를 위해 수신기의 회로와 감지기 간 전력선의 길이를 200m로 길게 연결하여 통신을 진행하였다.

그림 5-11은 감지기와 수신기 간 통신 파형을 측정된 결과를 나타낸다.

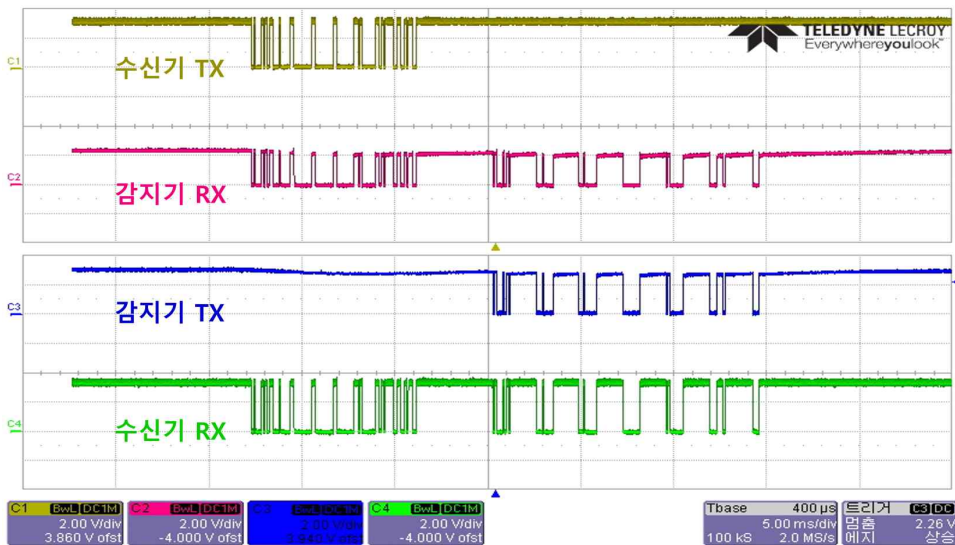


그림 5-11. 감지기와 수신기 간 통신 파형

각 채널은 다음과 같다.

C1 (수신기 TX) : 수신기에서 감지기로 전송되는 UART 송신 파형

C2 (감지기 RX) : 감지기에서 수신된 파형으로, 수신기 TX와 거의 동일한 신호 형태를 보여 안정적인 전송을 확인하였다.

C3 (감지기 TX) : 감지기에서 수신기로 전송하는 UART 송신 파형

C4 (수신기 RX) : 수신기가 감지기로부터 수신한 파형으로, 감지기 TX 신호와 일치함을 확인하였다.

측정 결과, 200 m 전력선을 통해 신호가 전송됨에도 불구하고 신호 형의 왜곡은 최소 수준에 그쳤으며, 비트 손실이나 데이터 전송 오류 없이 양방향 통신이 안정적으로 이루어짐을 확인하였다.

또한, 그림 5-12는 전력선 통신이 정상적으로 동작한 이후, 수신기 LCD에 화재 발생 감지기의 회로 번호와 발생 시간이 정확히 표시된 화면이다. 이를 통해 본 논문에서 제안한 전력선 통신 기반 시스템은 단순한 신호 전송을 넘어 화재 발생 위치 및 이벤트 정보를 신뢰성 있게 전달할 수 있음을 검증하였다.

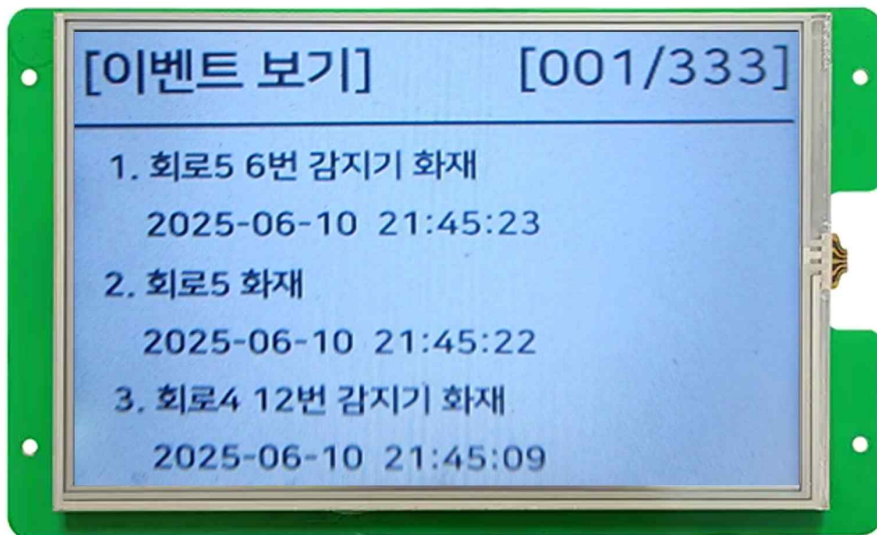


그림 5-12. 수신기 LCD를 통한 화재 감지기 위치 확인

제 6 장 결론 및 향후 연구

화재는 국내뿐 아니라 전 세계적으로 꾸준히 발생하고 있으며, 이에 따라 화재를 사전에 예방하거나, 화재 발생 시 신속하게 초동 조치를 하기 위한 화재 감지 시스템의 필요성이 지속적으로 확대되고 있다. 그러나 현재 상용화된 고기능 화재 감지 시스템은 일반 소비자가 사용하기에는 비용적 부담이 크고, 저가형 시스템은 조기 화재 감지 및 신속한 초동 대응 부분에서 성능이 제한적이다. 따라서 효율적이고 경제적인 화재 감지 시스템 개발을 위해 화재 감지 시스템의 성능 향상 연구가 필요하다.

화재를 조기에 예방하기 위해서는 절대 온도를 기준으로 감지하는 것이 아니라, 온도의 변화율을 감지하여 이를 화재로 판단할 수 있어야 한다. 또한 화재 발생 이후에는 발생 위치를 빠르게 파악하여 화재 진압을 위한 초기 대응 시간을 확보하는 것이 매우 중요하다.

본 논문에서는 이를 위해 지능형 열 감지기를 활용한 실시간 위치 추적 화재 감지 시스템을 설계·구현하였다. 제안된 감지기 내부에는 4점점 및 5점점 슬라이드 스위치를 이용하여 감지기의 회로 번호(1~10번)와 개별 번호(1~20번)를 지정할 수 있도록 하였다. 화재 시 감지기는 감지기 번호 데이터를 수신기로 송신하여, 수신기는 이를 통해 화재 발생 여부뿐만 아니라, 화재가 발생한 정확한 위치 정보를 확보할 수 있다.

또한, 화재 판정을 위해 두 개의 NTC 써미스터를 사용하여 500ms 간격으로 온도를 측정하고, ADC 데이터의 이동평균값을 계산한 후, 과거 값과 현재 값의 차이를 산출하여 기울기(온도 변화율)를 계산하였다. 더 나아가 이 기울기 값 역시 이동평균 방식을 적용하여 ADC값에 대한 노이즈를

줄이고, 온도 구간에 따른 특정 임계치 이상이 일정 시간 지속될 경우 화재로 판정하는 지능형 화재 감지 알고리즘을 제안하였다.

ISO 9705 규격 모방 실험을 통해 본 논문에서 제시한 화재 감지 시스템의 성능을 실험한 결과, 제안된 지능형 열 감지기는 기존 정온식, 차동식, 복합식 감지기에 비해 빠른 시간(약 10초)으로 화재를 감지하였으며, 이는 최소 2.5배 이상의 감지 속도를 나타냈다. 또한 전력선 통신을 이용하여 감지기와 수신기 간 데이터를 안정적으로 송수신하였고, 수신기 전면부 LCD를 통해 화재 발생 위치를 실시간으로 확인하였다.

따라서 본 연구에서 제안한 시스템은 조기 화재 감지와 화재 발생 위치 추적 기능을 통합하여, 경제성과 신뢰성을 갖추었다. 따라서 기존 화재 감지 시스템의 단점을 보완할 수 있음을 확인하였다.

아울러, 본 논문에서는 열센서(씨미스터)를 기반으로 한 지능형 감지기를 설계·검증하였으나, 향후 연구에서는 연기 센서, CO/CO₂ 센서, 광학 센서 등 다양한 센서와의 통합을 통해 더욱 고기능의 화재 감지기를 설계할 가능성을 열어두었다. 이를 통해 제안된 시스템은 단일 센서 기반의 한계를 보완하고, 다양한 화재 환경에서도 신뢰성 높은 조기 감지가 가능할 것으로 기대된다.