

아두이노를 이용한 오디오 모니터링 시스템

글. 손재호 · 최은서 TBN 경북교통방송 기술국



개발 배경

방송 송출 중단 사고가 발생한다면, 근무자는 빠른 시간 안에 사고 지점을 찾아 조치를 취해야 합니다. 복잡한 송출계통에서는 정확한 사고 지점과 시간대 및 사고원인을 파악하지 못한다면 신속한 상황 대처가 어려울 수 있습니다. 안정적인 방송 송출을 위해서는 직관적으로 신호 이상 유무를 인식할 수 있고 이벤트 이력을 저장해 사고 시점이 파악 가능한 오디오 모니터링 시스템이 필요합니다.

기존의 송출계통 모니터링 시스템은 데스크톱에 사운드카드를 추가로 장착하여 이용되는 방식이라 구동 방식, 부팅 시간 등 방송사고를 예방하기엔 몇 가지 보완이 필요했습니다. 이러한 점에 착안하여, TBN 경북교통방송은 현 체계에 최적의 시스템을 개발하기 위해 공장 자동화시스템에서 사용되는 HMI(Human Machine Interface)를 접목해 오디오 모니터링 시스템을 자체 개발했습니다.

요구사항

- 자체 개발로 비용 절감 및 기술력 내재화
- 사고 인지 알고리즘을 통한 신속한 사고 구간 파악
- 로그 기능으로 시간대별 신호 상태 및 이벤트 저장
- 음성 알람, 버저 램프, UI를 이용한 사고 알림
- 누구나 쉽게 알아볼 수 있는 직관적인 인터페이스
- 모바일 및 외부 PC를 이용한 24시간 모니터링 가능
- 전원 공급 시 시스템 즉시 동작

이러한 요구사항을 충족시키기 위해 저비용의 아두이노를 이용하고 PCB 및 케이스를 직접 제작하여 자체 기술로 시스템을 개발하였습니다.

시스템 구성

방송 오디오 계통 감시 시스템의 구성은 다음과 같습니다.

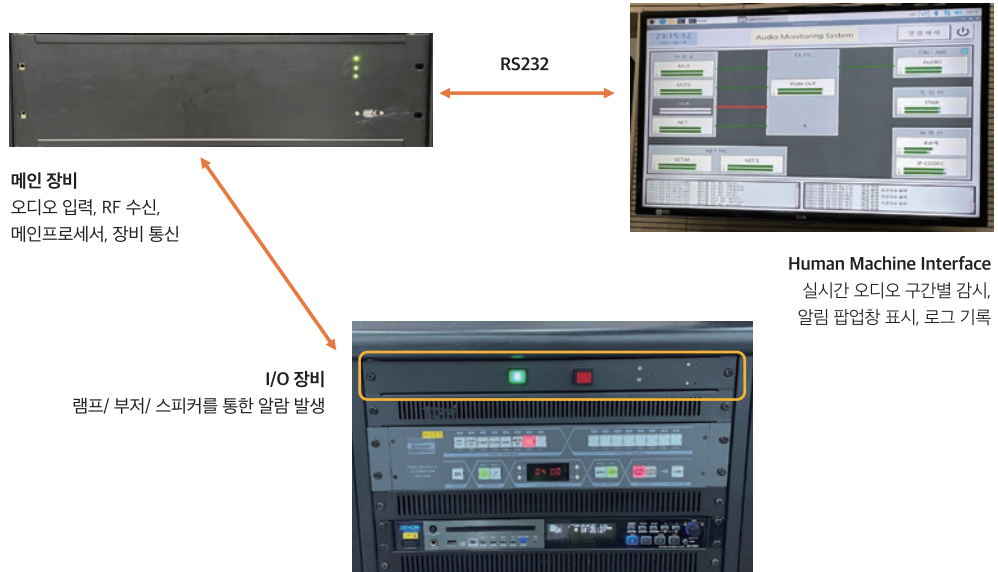


그림 1. 장비 구성도

메인 장비 내·외관



그림 2. 메인 장비 내부 및 외부



메인 장비 정면



메인 장비 후면

I/O 장비 외관



그림 3. I/O 장비 외부

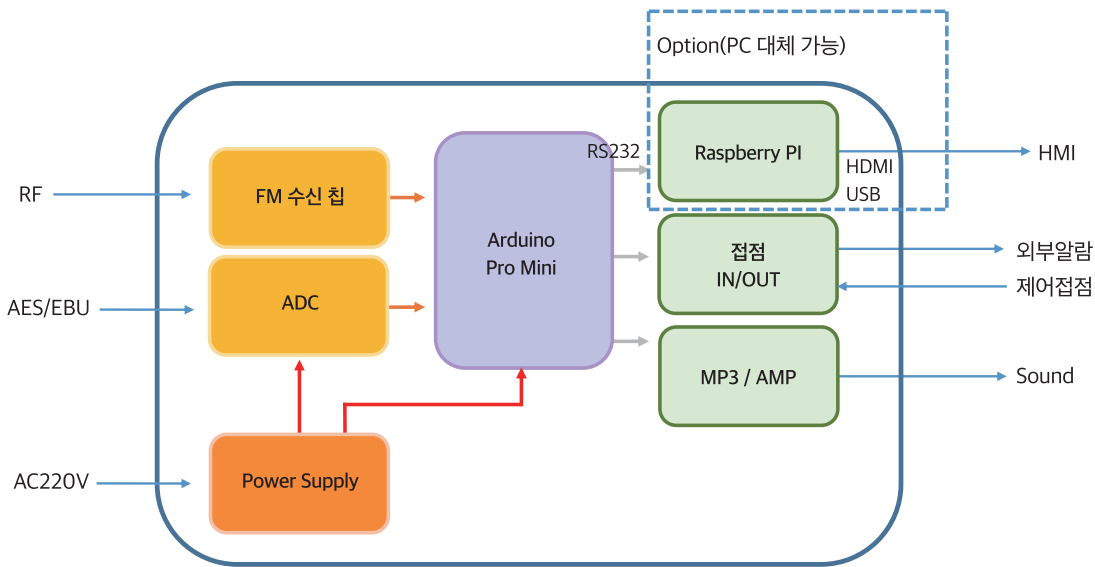


그림 4. 내부 구성도

오디오 신호 변환 모듈 (AES/EBU)

최근 오디오 시스템은 아날로그 신호보다는 디지털 신호를 주로 사용하고 있습니다. 본 시스템에서는 송출계통의 11ch 스테레오 오디오 신호를 디지털 규격인 AES/EBU로 입력받아 신호를 검파하여 피크값을 검출하는 방식을 사용했습니다.

AES/EBU는 프로페셔널 오디오 장치 간 디지털 오디오 신호를 주고받기 위한 표준으로 대부분의 방송용 장비에서 채택되고 있습니다. 가정에서 Hi-Fi용으로 많이 사용되는 S/PDIF의 경우 AES/EBU를 기반으로 만들어져 물리적 인터페이스를 제외한 부분은 AES/EBU와 유사합니다. 단순한 임피던스 병합과 신호 강압으로 AES/EBU를 S/PDIF와 같이 사용할 수 있다는 점을 이용하여, S/PDIF를 아날로그 신호로 변환하는 저렴한 컨버터를 구매해 PCB를 분리하여 회로를 구성했습니다. 후단에는 컨버터의 출력을 OP-AMP를 이용해 라인 레벨로 증폭하여 사용했습니다.

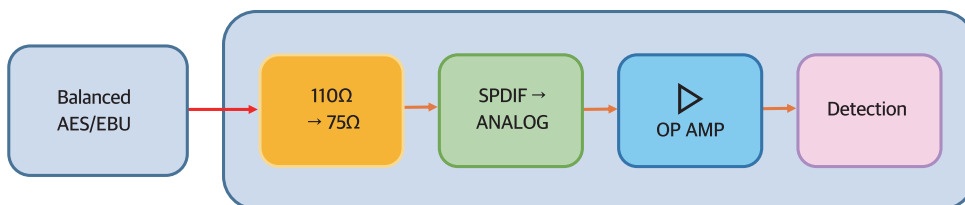


그림 5. 오디오 신호 변환 모듈

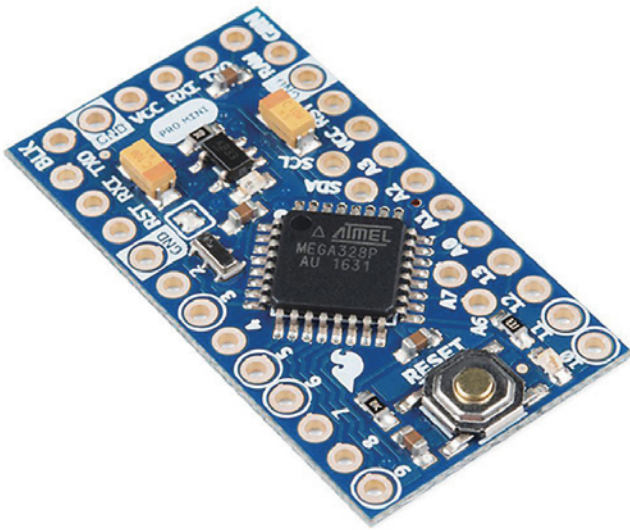


그림 6. 메인프로세서로 사용된 아두이노 프로 미니

메인보드

메인보드는 입력된 오디오 신호를 검파한 뒤 그 신호들을 연산하고 현재 상태를 감시하는 메인 회로입니다. 각 채널의 오디오 신호가 설정된 시간만큼 미리 설정한 Threshold 값보다 낮은 상황이 지속할 경우 사고로 인지하여 경보음을 발생하는 기능을 수행합니다. 메인보드는 신호 처리를 위한 프로세서, 검파 신호인 아날로그 신호를 디지털 값으로 변환하는 12bit ADC, RF 신호 복조를 위한 FM 수신 칩, 램프 및 버저 등의 I/O가 자리하고 있습니다.

초기 구성 단계에 메인프로세서를 라즈베리파이로 이용하려 했으나, 라즈베리파이는 PC와 같이 부팅시간이 소요되기 때문에 부팅시간이 짧고 비용이 저렴한 이점을 가진 ‘아두이노 프로 미니’를 프로세서로 사용했습니다.

검파회로에서 입력받은 피크 값은 아날로그 신호이기 때문에 마이크로프로세서에 바로 입력할 수 없습니다. 아두이노는 아날로그 신호를 입력받기 위해 제품별로 아날로그 신호를 디지털 값으로 바꿔주는 ADC를 내장하고 있지만, 분해능이 낮고 입력 채널 수가 적어 모든 채널을 입력받을 수 없어 외부에 ADC 모듈을 추가했습니다.

8ch 24bit의 고성능 ADC를 이용하여 제작하려 했으나, 프로토타입 테스트에서 불필요한 통신 잡음까지 검출되는 현상이 발견되었습니다. 또한, 단순 감시 목적으로 사용하는 데에 큰 다이내믹 레인지는 불필요하다고 판단하여 저비용의 8ch 12bit ADC 모듈을 사용했습니다.

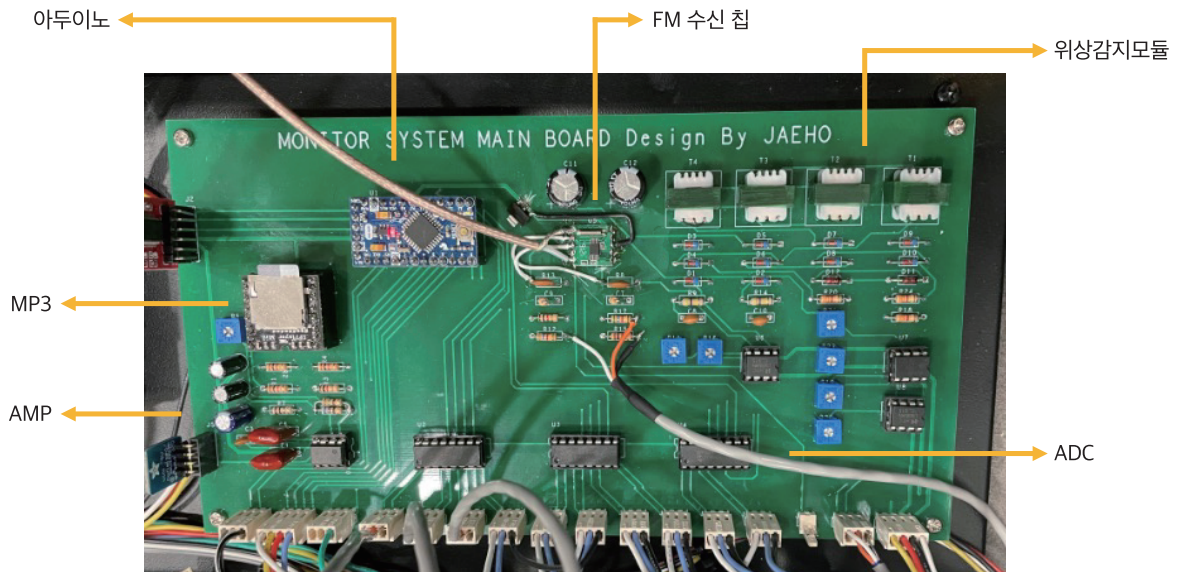


그림 7. 메인보드

FM 수신 칩

FM 수신 칩을 장비에 내장한 이유는 RF 수신 강도를 측정함으로써 송신기 자체 문제를 판단하기 위한 목적입니다. 연주소와 송신소 간의 회선이 정상이더라도 송신소에서 문제가 발생하여 송신기에 오디오 신호가 입력되지 않을 수 있습니다. FM 수신 칩을 내장하여 직접 RF 신호를 수신함으로써 수신된 RF 강도로 송신기의 작동 여부를 확인할 수 있습니다.

예를 들어, RF 수신 강도는 정상이나, 오디오가 수신되지 않을 경우는 연주소-송신소 간 회선 또는 송신소의 문제입니다. 반면에 RF 수신에 되지 않는다면 송신기가 낙뢰 또는 모종의 이유로 작동이 멈춘 경우로 볼 수 있습니다.

위 예시와 같이, 사고는 특정 조건으로 분류할 수 있습니다. 사고 발생 시 송출계통의 어느 중간 지점부터 신호가 없을 시 그 지점 또는 해당 장비에서부터 사고가 있다고 판단하여, 조건에 맞춰 mp3 파일 형식의 음성 알람을 재생함으로써 근무자에게 사고 지점을 알려줄 수 있도록 제작했습니다.

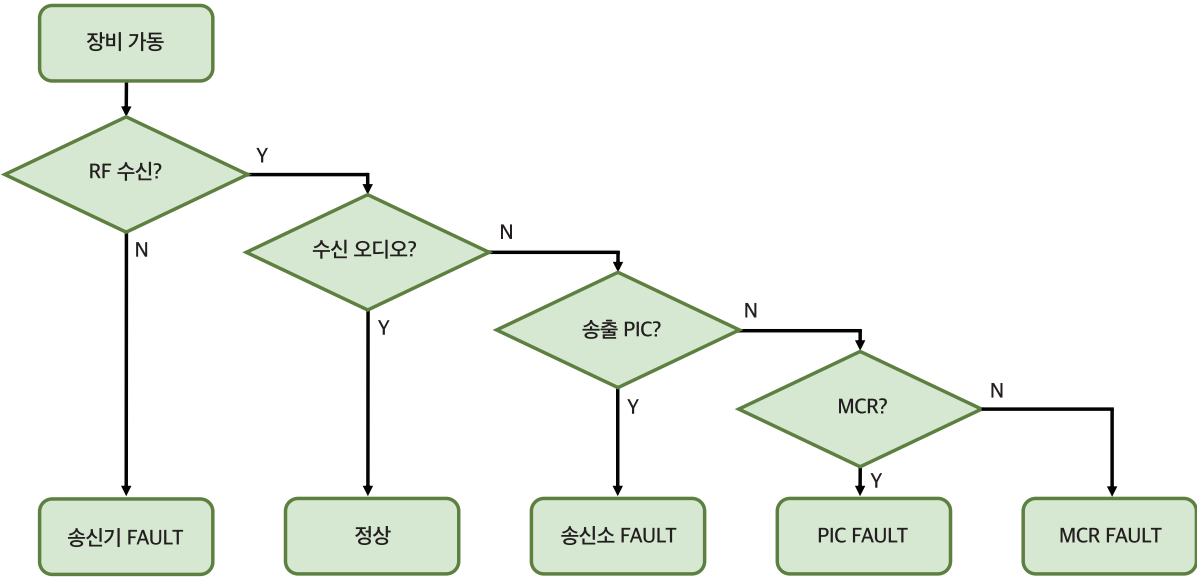


그림 8. 사고 분류 프로세스 flow chart

I/O 모듈

램프(정상 및 사고를 나타내는 램프 2종), 버저, 상황별 알람 발생 스피커가 위치합니다. I/O 장비는 직관적 상황 전달을 위해 최소한의 기능만 수행하도록 했습니다. 이 장비는 모니터링 시스템 본체로부터 전원과 I/O 신호를 입력받아 작동합니다. 구조정실뿐만 아니라 필요에 따라 다른 장소에서도 사용할 수 있도록 커넥터 분배만으로 모듈을 추가로 설치할 수 있게 제작했습니다.



그림 9. I/O 모듈

라즈베리파이 또는 PC

HMI 프로그램을 구동하기 위한 PC입니다. C# .NET Framework가 지원되는 PC는 모두 사용 가능합니다. 본 시스템은 싱글보드 마이크로컴퓨터로 장비에 쉽게 이식할 수 있으며 전력 소모가 적고 비용이 저렴한 라즈베리파이를 사용했습니다. PC는 장비 본체로부터 RS-232 형식으로 데이터를 수신받아 HMI 프로그램에 표출합니다. 로그 기능을 내장하고 있어 바탕화면 폴더에 텍스트 파일 형식으로 이벤트 및 사고를 기록합니다. UI에는 표시되지 않는 키 입력을 통해서 장비의 설정값을 변경할 수 있게 하여 특정 관리자만 수정할 수 있도록 구현했습니다.

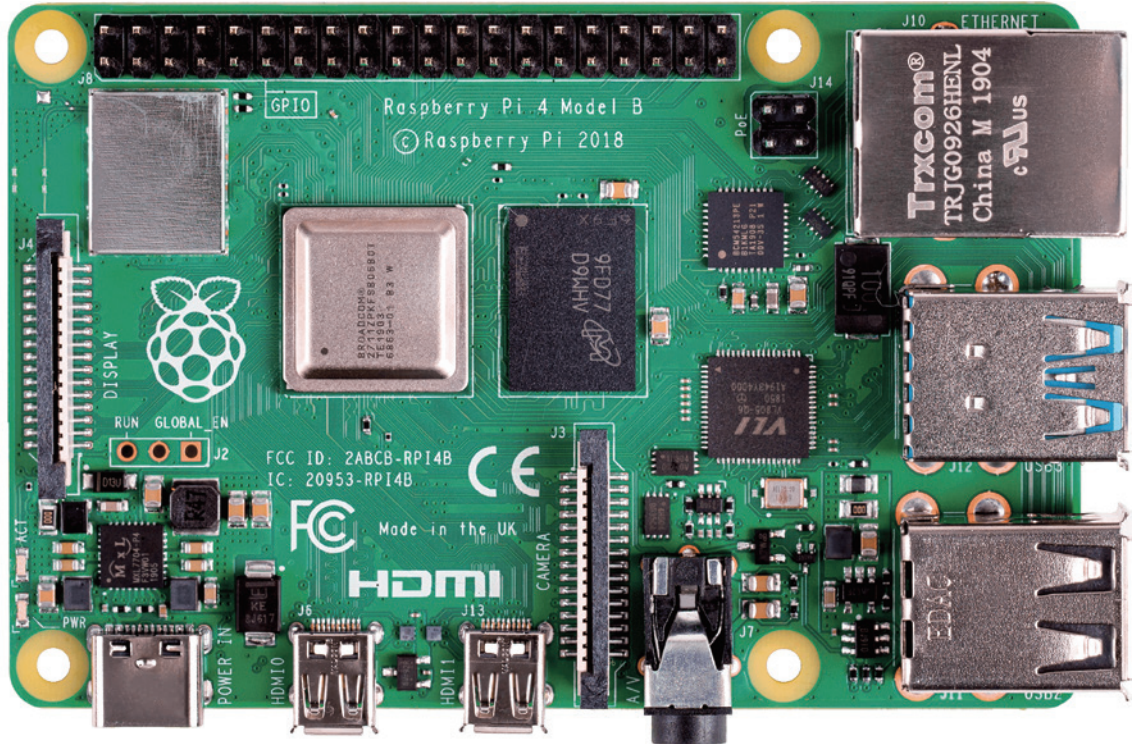
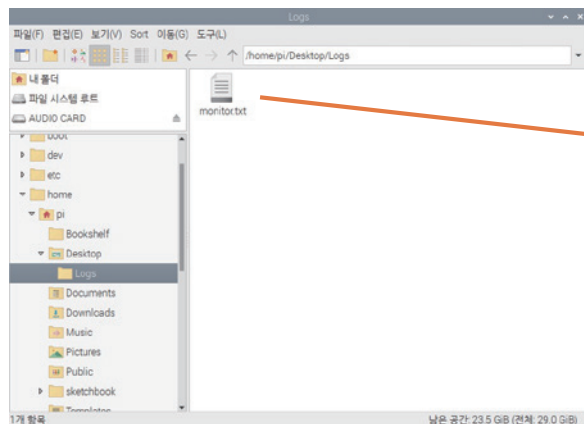


그림 10. HMI 프로그램 구동을 위한 라즈베리파이

로그 저장



1	[제어]	[2021-07-16 00:48:40]	장비 통신 시작
2	[경고]	[2021-07-16 00:48:40]	무선호_TX_PIC_1부조장실
3	[제어]	[2021-07-16 00:48:54]	장비 통신 중단
4	[제어]	[2021-07-16 00:48:55]	장비 통신 시작
5	[경고]	[2021-07-16 00:48:55]	무선호_TX_PIC_1부조장실
...			
4244	[경고]	[2021-10-07 15:33:02]	무선호_NET_PIC_NET(S)
4245	[경고]	[2021-10-07 15:42:34]	무선호_TX_PIC_PGM
4246	[사고]	[2021-10-07 15:43:20]	사고 발생_송신기
4247	[경고]	[2021-10-07 15:43:30]	무선호_ON-AIR
4248	[제어]	[2021-10-07 15:46:16]	경고 리셋
4249	[제어]	[2021-10-07 15:46:16]	경고 멈춤

그림 11. 로그 저장 예시

설정 변경

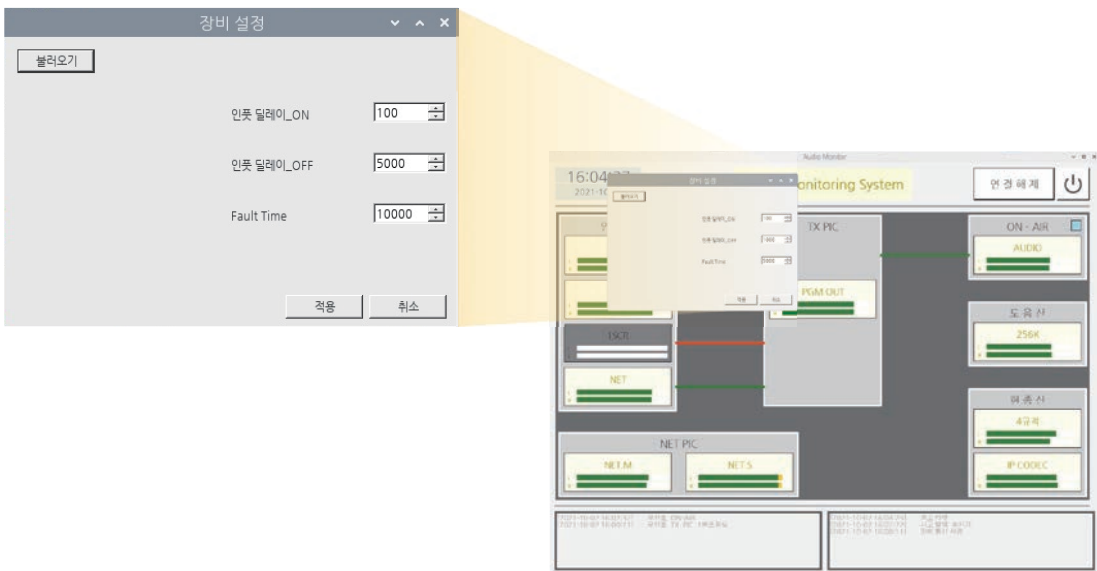


그림 12. 설정 변경 예시

시스템 운용

먼저, 송출 PIC 또는 감시하고자 하는 장비의 입출력 신호를 Through로 케이블을 설치하여 장비에 입력합니다. 그리고 송신기 이상 유무를 감시하기 위해 연주소에 설치된 안테나를 RF 케이블을 이용하여 연결합니다. I/O 패넌을 D-SUB 케이블을 이용해 장비 본체와 연결한 뒤 전원을 공급하면 즉시 동작합니다. HMI 프로그램 실행 후, 연결 버튼을 누르면 장비와 통신을 시작합니다. 통신이 정상적으로 이루어지면 VU Meter가 작동하고 신호의 정상 유무에 따라 상태별 색상으로 표시됩니다.

정상 상태일 때는 녹색 램프만 점등됩니다. 사고 발생 시 적색 램프가 점멸하며 버저가 작동합니다. 이때, 사고 지점을 포함한 경고 안내 텍스트 문장을 음성파일로 변환한 TTS(Text To Speech) 파일이 스피커를 통해 재생됩니다. 이를 통



그림 13. 알람 예시

해 사고를 인식한 후, 녹색 또는 적색 램프를 누를 시 버저와 스피커는 멈추게 되고 적색 램프만 점멸합니다. 사고 조치가 완료되고 정상 상태로 복구되었을 때, 녹색 또는 적색 램프를 2초 이상 길게 눌렀다 떼면 사고 상태가 리셋 되고 녹색 램프가 점등하게 됩니다. 사고 조치를 하지 않고 리셋할 경우, 장비는 사고 상태로 판단하고 멈췄던 버저와 스피커가 다시 작동하게 됩니다.

시스템 개발 후 개선사항

기존 시스템에서는 사고가 발생하였을 때, PIC 절체와 같은 이유로 채널이 변경된 후 복구되었을 경우 근무자가 사고 내용을 확인할 방법이 없었습니다. 현 시스템 도입 후, 이벤트 로그 기록이 저장되기 때문에 특정 시간에 어느 부분에서 문제가 발생했는지 정확한 시점을 확인할 수 있게 되었습니다. 이후 누적된 데이터를 이용하여, 시간대별로 어느 부분에서 어떤 유형의 사고가 주로 발생하였는지 분석하고 개선할 수 있습니다.

현 시스템은 사고 시 알람 표출 및 로그 기록뿐만 아니라, 신호에 이상이 있을 때 화면상에 사고의 위험이 있다는 것을 시각적으로 알려줍니다. 근무자는 위험을 가시적으로 인지하여 큰 사고를 방지할 수 있습니다.

모니터링 시스템의 또 다른 이점은 방송국의 구성에 맞춰 최적화가 가능하다는 것입니다. 설정값을 조정하여 사고의 기준을 더 정밀하게 설정할 수 있고, 각 방송사의 송출계통에 맞게 UI 변경 및 모듈 추가만으로 시스템 수정이 가능합니다.

마치며

방송 시스템을 구성하는 다양한 장비들 가운데 송출에 연관된 주요 신호를 24시간 감지할 수 있어 모니터링이 한층 수월해진 것뿐만 아니라 보다 신속히 방송사고에 대처할 수 있게 되었습니다. 또한 PCB를 직접 제작하는 등 저비용의 프로세서로 구현하여 비용을 절감하였고, 이로 인해 원천 기술을 확보하여 각 방송국의 특성에 맞게 제작이 가능합니다. 향후 해당 기술은 계속해서 보완해 나갈 예정이며, 실용신안 및 지식재산권 출원을 추진하고 있습니다.

TBN 경북교통방송 방송기술인들은 오디오 모니터링 시스템과 같은 기술을 지속적으로 개발 및 보완하며 안정적인 방송 송출이라는 목표를 향해 꾸준히 나아갈 것입니다. 해당 시스템을 『방송과기술』을 통해 전국 각 자리에서 최선을 다하고 있는 방송기술인분들께 공유할 수 있어 큰 영광입니다.

마지막으로 오디오 모니터링 시스템의 설계부터 시작하여 제작하고 운용되기까지의 과정에 있어 함께한 경북교통방송 구성원의 헌신에 감사의 인사를 전합니다. 🙏



그림 14. 모듈 테스트

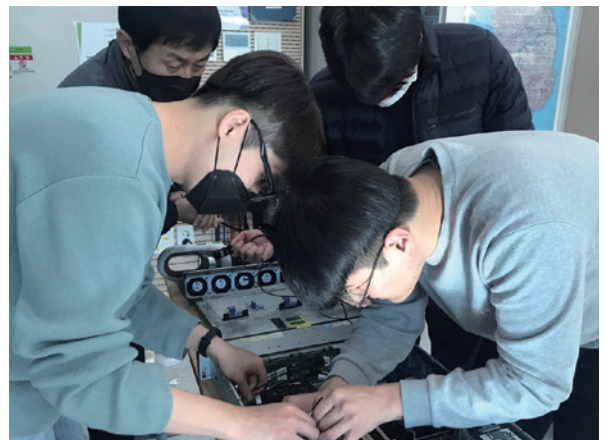


그림 15. 작업현장