Check for updates

Journal of KIIT. Vol. 24, No. 10, pp. 155-163, Oct. 31, 2026. pISSN 1598-8619, eISSN 2093-7571
http://dx.doi.org/10.14801/jkiit.2026.24.10.155

IR 데이터 추출을 위한 ROIC 모듈 및 메인보드 설계 개발

천종훈*[1], 양승호**, 박성호*[2]

Development of an ROIC Module for IR Data Extraction and Mainboard Design

JongHun Chun*[1], SeungHo Yang**, and SungHo Park*[2]

요 약

본 논문은 정밀 농업 환경에서 작물 상태와 병충해를 탐지하고 실시간 AI 분석 시스템과 연동하기 위한 통합 하드웨어를 개발하였다. 이를 위해 기존 비냉각형 센서의 온도 오차 및 영상 왜곡 문제를 개선한 IR 데이터 추출용 ROIC 기반 메인보드를 설계하였다. 이 시스템은 12-bit DAC와 14-bit ADC 사양을 갖춘 신호 처리 모듈을 적용했으며, 특히 14-bit ADC를 도입해 기존 대비 4배 더 정밀한 전압 분해능을 확보한 것이 특징이다. 더불어 PCB 회로 최적화와 24시간 연속 에이징 테스트를 거쳐 영상 송출 및 적외선 검출 기능의 정상 동작과 시스템 안정성을 철저히 검증하였다. 결과적으로 정밀 농업 현장에서 신뢰도 높게 운용할 수 있는 최적화된 데이터 취득 시스템을 성공적으로 구현하였다.

Abstract

This paper developed an integrated hardware system to detect crop conditions and pest infestations in a precision agriculture environment and link it with a real-time AI analysis system. To this end, an ROIC-based mainboard for IR data extraction was designed, improving the temperature error and image distortion problems of existing uncooled sensors. This system applied a signal processing module equipped with 12-bit DAC and 14-bit ADC specifications, and is characterized in particular by securing a voltage resolution four times more precise than previous models by introducing a 14-bit ADC. In addition, through PCB circuit optimization and a 24-hour continuous aging test, the normal operation of image transmission and infrared detection functions, as well as overall system stability, were thoroughly verified. As a result, an optimized data acquisition system that can be reliably operated in precision agriculture fields was successfully implemented.

Keywords
distributed graph database, recommender systems, collaborative filtering, cloud computing

* 국립목포대학교 스마트모빌리티학부 교수(*2 교신저자)
- ORCID[1]: https://orcid.org/0009-0008-6004-4861
- ORCID[2]: https://orcid.org/0009-0004-2164-614X
** (주)유니컴퍼니 대표
- ORCID: https://orcid.org/0009-0007-5597-4776

· Received: Aug. 31, 2026, Revised: Oct. 20, 2026, Accepted: Oct. 23, 2026
· Corresponding Author: SungHo Park
Dept. of Smart Mobility, Mokpo National University, Korea
Tel.: +82-61-380-8642, Email: shpark87@mnu.ac.kr

Ⅰ. 서 론

적외선(IR, Infrared) 열화상 데이터 추출 기술은 농업 분야에서 작물의 생육 상태 파악 및 병충해 감염 여부를 비파괴적으로 모니터링하는 데 중요한 역할을 수행하고 있다[1][2]. 최근 항공드론(Aviation drone) 및 융합 비전 시스템을 활용한 정밀 농업 및 예찰 기술이 고도화됨에 따라, 야외의 다양한 환경 요인 속에서도 실시간 AI 분석 시스템과 안정적으로 연동 가능한 고성능 IR 데이터 추출 모듈의 필요성이 대두되고 있다[3]-[5]. 특히 기존 열화상 센서 시스템은 외부 온도 변화에 따른 영상 왜곡에 취약하여 측정 정밀도가 저하될 수 있으며, 이는 정밀 농업에 활용되는 영상 데이터의 신뢰성을 낮추는 요인이 된다[6][7].

기존 선행연구에서는 열화상 카메라를 활용한 작물의 열정보 수집 및 생육 상태 모니터링 기술이 연구되었으며[7][8], 비냉각형 마이크로볼로미터 기반 ROIC의 신호 판독 및 처리 구조에 관한 연구도 수행되었다[6]. 그러나 정밀 농업 환경에서 안정적인 영상 데이터 수집과 실시간 AI 분석 시스템의 연동을 위해서는 IR 센서의 신호 취득뿐만 아니라 전원 공급, 영상 데이터 처리 및 통합 제어를 위한 하드웨어 구성이 요구된다. 특히 센서와 메인보드 간의 신호 전달 과정에서 발생할 수 있는 전기적 노이즈와 열적 간섭을 최소화하는 회로 설계가 중요하다.

따라서 본 논문에서는 기존 열화상 센서의 측정 오차 및 영상 왜곡 문제를 고려하여 IR 데이터 추출용 ROIC 기반 모듈과 열화상·실화상 통합 메인보드를 설계 및 제작하였다. 열화상 데이터의 안정적인 취득을 위해 센서 인터페이스와 신호 처리 및 영상 데이터 수신 회로를 구성하였으며, PCB 부품 배치와 전원·신호 처리 구조를 최적화하였다. 또한 실화상 및 열화상 카메라의 영상 송출 연동 시험과 24시간 연속 에이징 테스트를 수행하여 개발된 하드웨어의 동작 안정성과 시스템 적용 가능성을 검증하였다.

Ⅱ. IR 데이터 추출을 위한 ROIC 모듈 개발

ROIC(Readout Integrated Circuit)는 적외선 검출기에서 발생하는 전기적 신호를 판독하고 처리하는 핵심 집적회로이다. 본 연구에서는 ROIC 기반의 IR 데이터 추출 모듈 개발을 위해 열화상 센서와 신호 처리 회로의 연동 구조를 구성하고, 데이터 취득 및 제어 기능을 통합하는 하드웨어 설계를 수행하였다. 이를 통해 적외선 검출기에서 발생하는 전기적 신호를 수집하고, 아날로그 신호의 변환 및 처리 과정을 거쳐 영상 데이터를 안정적으로 취득할 수 있도록 하였다. IR 데이터 추출을 위한 ROIC 기반 모듈의 주요 작동 순서는 다음 표 1과 같다.

표 1. IR 데이터 추출을 위한 ROIC 모듈
Table 1. ROIC module for IR data extraction

Operation	Description
Initialization	Configuration of operating conditions and data acquisition parameters for the IR sensor module
Thermal integration	Generation of electrical signals from incident infrared radiation in the detector
Thermal readout	Readout and conversion of analog detector signals into digital data
Data transmission	Transfer of converted IR data to the mainboard and image processing system
Circuit reset	Repetition of data acquisition and readout according to the configured frame rate

열 집적, 열 판독 작업에서 전기 구조적 결함으로 인한 측정 오차가 발생하였다. 측정 오차가 발생하는 원인은 비냉각형 센서가 일정한 소자의 온도 유지가 가능하지 않기 때문이며, 센서가 탑재된 기판 온도에 의한 영상 왜곡이 발생하였다.

열 집적 작업에서는 검출하려는 객체 및 외부의 온도에 따른 비선형성으로 인해 복사 에너지의 손실이 발생하여 측정 IR 센서값에 오차가 발생하였다. 다음 그림 1은 열 흐름에 의한 IR 센서값 측정 오차 발생 지점을 보여주고 있다.

본 연구에서는 IR 데이터 추출 모듈의 성능 및 신호 처리 안정성을 확보하기 위해 디지털 신호 처리 프로세서(DSP)를 활용한 ROIC 기반 모듈의 하드웨어 연동 구조를 개발하였다.

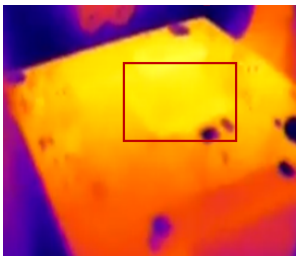


그림 1. 열 흐름에 의한 IR 센서값 측정오차 발생 지점
Fig. 1. Points where measurement errors occur in IR sensor readings due to heat flow

해당 모듈에는 On-chip 2채널 12-bit DAC와 40-kSPS 14-bit ADC 등의 신호 처리 기능이 포함되어 있으며, 이를 기반으로 열화상 데이터 취득 및 영상 보정이 가능하도록 통합 메인보드의 회로 구성을 설계하였다. 다음 표 2는 개발에 적용한 ROIC 모듈의 주요 사양을 나타낸다.

표 2. ROIC 모듈의 주요 사양
Table 2. Specifications of the ROIC module

ROIC design specifications	
2-channel 12-bit DAC	40-kSPS 14-bit ADC
CMOS temperature sensor (> 12 mV/°C)	400-MHz PLL
IR resolution: 640 × 480	MBA circuit (60 Hz)
2D MD-CDS detection for TEC elimination	Anti-blooming circuit

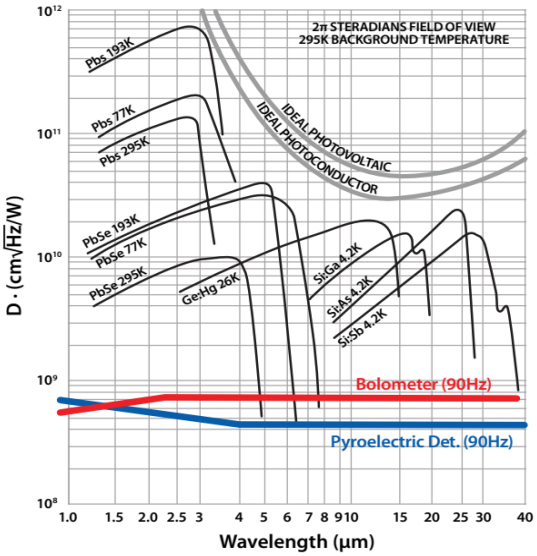


그림 2. 각종 IR 디텍터 소재의 검출능(D) 곡선
Fig. 2. Detector capability (D) curves of various IR detector materials

적외선 검출기는 검출 소재 및 동작 방식에 따라 서로 다른 파장별 검출 특성을 나타낸다. 본 연구에서는 이러한 검출 특성을 고려하여 IR 데이터 추출을 위한 ROIC 기반 모듈의 신호 취득 및 처리 구조를 구성하였으며, 열화상 센서와 통합 메인보드 간의 안정적인 데이터 연동이 가능하도록 개발하였다. 다음 그림 2는 각종 IR 디텍터 소재의 검출능(D) 곡선을 나타낸다.

다음 그림 3은 IR 카메라 마이크로볼로미터 블록 다이어그램이다.

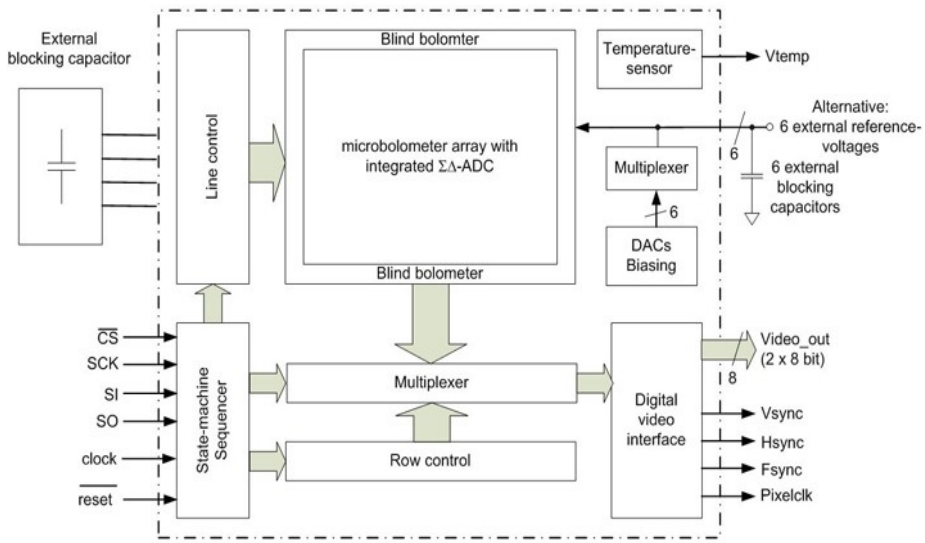


그림 3. IR 카메라 마이크로볼로미터 블록 다이어그램
Fig. 3. IR camera microbolometer block diagram

III. 열화상 번짐 차단 기능을 적용한 ROIC 모듈 개발

열화상 번짐 차단 회로(Anti-Blooming)는 적외선 검출기의 출력 신호가 포화될 때 발생할 수 있는 영상 번짐 현상을 억제하기 위한 회로이다. 그림 4는 MCT(Mercury Cadmium Telluride) 광전형 검출기를 이용한 Anti-Blooming 회로의 구성 예시로, 광전류에 의한 픽셀 포화 현상을 방지하기 위해 NMOS 트랜지스터를 적용한 구조이다.

MCT 다이오드에서 발생한 광전류가 증가하여 픽셀의 출력이 포화되면 NMOS 트랜지스터가 턴온(Turn-on)되어 잉여 광전류를 바이패스(Bypass) 경로로 전달한다. 이러한 구조는 광전류의 과도한 축적을 억제하여 인접 픽셀로의 신호 확산을 방지하는 역할을 한다. 본 연구에서는 해당 회로의 동작 원리를 검토하고, 번짐 차단 기능을 갖춘 ROIC 기반 센서 모듈의 신호 취득 및 처리 구조를 구성하였다.

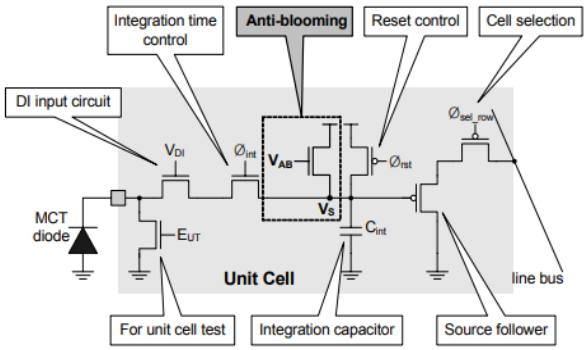


그림 4. MCT 기반 번짐 차단 회로
Fig. 4. MCT-based anti-blooming circuit

한편, 비냉각형 마이크로볼로미터 기반 MBA 검출기는 MCT 광전형 검출기와 다른 방식으로 적외선 신호를 취득한다. MBA 검출기는 적외선 흡수에 따른 온도 변화와 저항 변화를 이용하며, Thermal via 면적과 앵커 금속 저항을 최소화하는 구조를 통해 신호 취득 과정의 노이즈를 저감할 수 있다.

본 연구에서는 ROIC 모듈의 저잡음 신호 취득 성능을 확보하기 위해 마이크로볼로미터 검출기의 구조적 특성을 고려한 신호 처리 회로와 통합 메인보드의 연동 구조를 개발하였다. 3차원 Recess 구조에서 희생층의 두께 균일도와 Bolometer layer의 저항온도계수(High TCR, Temperature Coefficient of Resistance), 접촉저항 및 1/f 노이즈 특성을 검토하였으며, 이를 바탕으로 신호 취득 과정에서 발생할 수 있는 전기적 간섭을 저감하기 위한 회로 배치 최적화를 수행하였다. 특히 마이크로볼로미터와 온도센서의 배치를 조정하고 Thermal via 면적을 축소하여 신호 경로의 안정성을 확보하고자 하였다. 다음 그림 5는 잡음 측정 조건 및 셋업을 나타낸다.

Detector는 구조체와 지지대 등으로 구성되어 있으며 구조체는 적외선 복사 에너지 흡수율이 높고 그에 따른 반응온도가 상승되고 열이 효과적으로 전기적 신호로 변환되기 위해서는 외부로 빠져나가는 열손실을 최대한 억제해야 하므로 지지대는 단면적이 작고, 열전도율이 작은 물질로 구성된다. 감지 재료는 미세한 온도 변화에도 민감하게 반응하도록 음(-)의 저항 온도 계수가 우수한 산화바나듐(VOx) 반도체를 적용하여 센서의 감도를 높이는 구조이다.

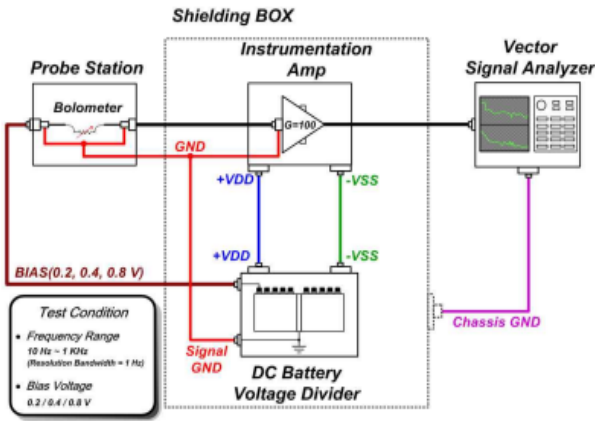


그림 5. 잡음측정 조건 및 셋업
Fig. 5. Noise measurement conditions and setup

PCB 설계를 위해 IR 카메라 제작에 포함되는 모듈에 대한 회로분석을 수행하고 접촉저항 저감기술을 활용하여 통합 MCU 보드로 제작하였다. 다음 그림 6은 검출기 구조를 보여주고 있다.

본 연구에서는 ROIC 기반 모듈의 안정적인 IR 데이터 취득을 위해 열화상 센서의 신호 처리 회로와 통합 메인보드 간의 연동 구조를 개발하였다. 특히 마이크로볼로미터와 온도센서의 회로 배치를 조정하고 Thermal via 면적을 축소하여 열적 간섭 및 신호 노이즈 발생 가능성을 저감하도록 설계하였다.

또한 아날로그·디지털 신호의 접지 구조를 분리하고 PCB의 전원 무결성(PI) 및 신호 무결성(SI)을 검토하여 회로 간 간섭을 최소화하였다. 이를 통해 IR 센서의 데이터 취득 및 신호 처리가 안정적으로 수행될 수 있도록 하였다.

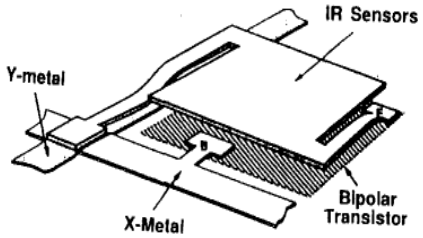


그림 6. 검출기 구조
Fig. 6. Detector structure

Ⅳ. IR 카메라 회로 보드 PCB 개발

IR 카메라 회로 보드 PCB 개발을 위해 Main board 통합 회로의 PCB Artwork를 설계하고 Post-Analysis를 진행하여 회로의 개선이 필요한 지점을 도출하였다. 다음 그림 7은 PCB 아트워크 설계 결과를 나타낸다.

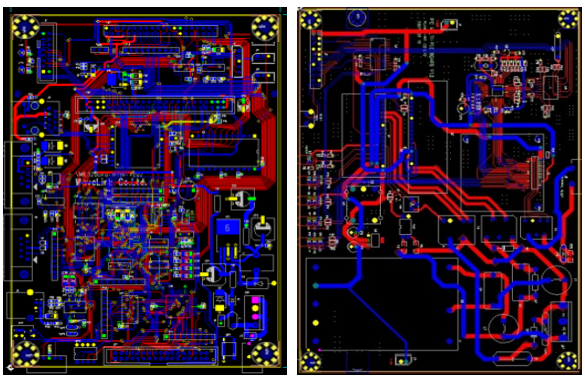


그림 7. PCB 아트워크
Fig. 7. PCB Artwork

Post-Analysis에서는 PCB 회로의 CAD Data를 추출하고 집적 면적이 높은 곳을 확인하여 회로의 분리 작업을 수행하였다. 다음 그림 8은 PCB Design에서 추출한 CAD Data를 보여주고 있다.

분석 결과 마이크로볼로미터와 온도센서 간 회로도에서 집적 면적이 높고 전압 하강 및 노이즈를 유발하는 Impedance mismatching 가능성이 높음을 확인하였다.

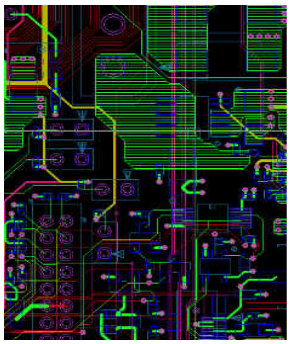


그림 8. PCB Design에서 추출한 CAD Data
Fig. 8. CAD data extracted from PCB design

노이즈 제거를 위해 마이크로볼로미터와 온도센서 배치를 변경하여 Thermal via 면적을 축소하였다. PCB PI(Power Integrity) 설계 규칙 검사를 수행하고 상기한 모듈 배치 변경에서 발생하는 전기적 오류가 없는지 검사하였다. 아날로그, 디지털 신호의 GND를 각각 전면, 후면부에 분할 배치하고 회로에서 발생하는 임피던스의 확인 및 안정화 작업을 수행하였다.

PCB SI(Signal Integrity) 설계 규칙 검사를 수행하고 주파수 이상으로부터 발생하는 노이즈 문제를 개선하였다. 다음 그림 9는 주파수 이상으로 인한 회로의 노이즈이다.

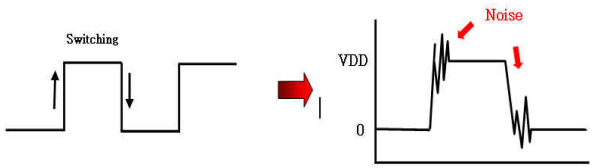


그림 9. 주파수 이상으로 인한 회로의 노이즈
Fig. 9. Circuit noise caused by frequency abnormalities

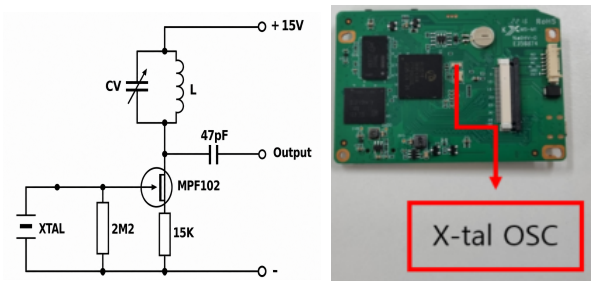


그림 10. X-tal OSC 회로
Fig. 10. X-tal OSC circuit

디지털 시스템의 안정적인 동작을 위해 24MHz 크리스탈 오실레이터(X-tal)를 적용하여 IC 및 주변

회로에 기준 클럭을 공급하도록 설계하였다. 이를 통해 IR 데이터 취득 과정에서 안정적인 동기화 및 타이밍을 유지하도록 하였다. 그림 10은 X-tal OSC 회로를 나타낸다.

통합 메인보드의 IR 데이터 취득 및 신호 처리를 위해 센서 인터페이스, 아날로그 신호 변환 및 영상 데이터 수신 회로를 구성하였다. 그림 11은 IR 센서의 데이터 및 제어 신호 인터페이스, 그림 12는 센서 온도 신호의 ADC 변환 회로, 그림 13은 MIPI CSI 기반 영상 데이터 수신 인터페이스를 나타낸다.

IR 센서 인터페이스 회로는 센서의 데이터 출력과 클럭 및 제어 신호를 메인보드에 전달하도록 구성하였다. 센서 온도 신호 취득 회로에는 ADC를 적용하여 아날로그 온도 신호를 디지털 데이터로 변환하고, 센서 상태를 확인할 수 있도록 설계하였다. 또한 MIPI CSI 인터페이스의 클럭 및 데이터 신호 연결을 구성하여 영상 데이터 수신이 가능하도록 하였다. 이를 통해 IR 센서의 데이터 취득, 온도 정보 변환 및 영상 데이터 처리를 위한 하드웨어 연동 구조를 구현하였다.

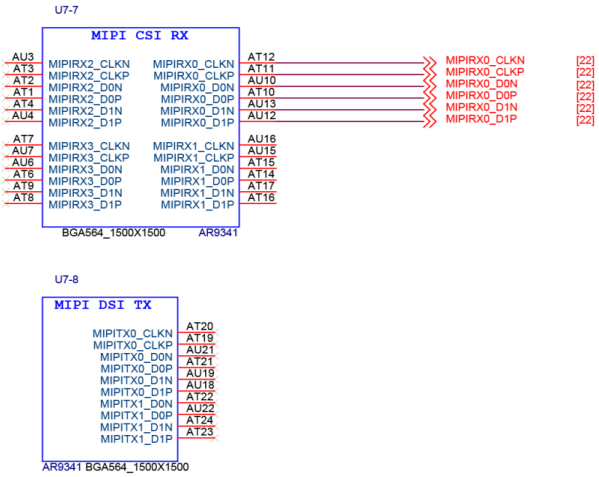


그림 13. MIPI CSI 영상 데이터 수신 인터페이스 회로도
Fig. 13. MIPI CSI image data receiving interface circuit

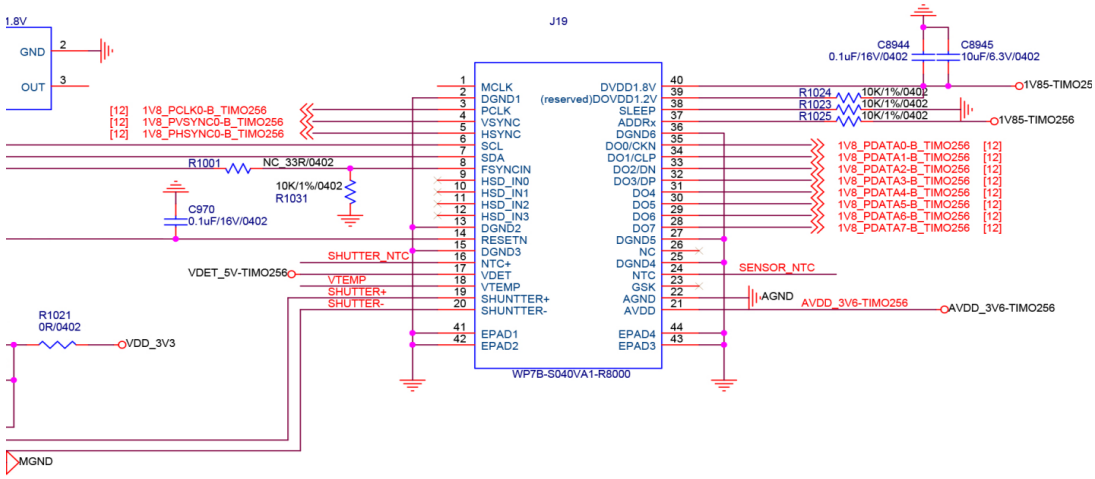


그림 11. IR 센서 데이터 및 제어 인터페이스 회로도
Fig. 11. IR sensor data and control interface circuit

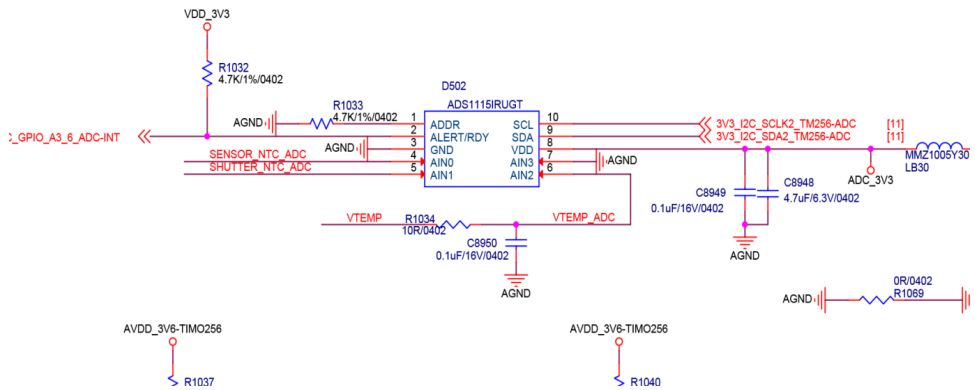


그림 12. IR 센서 온도 신호 취득 및 ADC 회로도
Fig. 12. IR sensor temperature signal acquisition and ADC circuit

회로 간에 전압 차로 인한 오류 및 손상을 모두 방지하기 위하여 전압 레귤레이터를 회로의 전압 공급 접합단에 장착하여 과전류로 인한 파손을 막는 역할을 하였다.

전압 강하를 위한 전력 분배 회로에는 스위칭 방식 대비 전력 효율은 다소 낮으나, 출력 신호의 노이즈(Ripple/Noise) 발생이 현저히 적은 리니어 방식의 LM317T 레귤레이터를 채택하여 마이크로볼로미터의 미세 아날로그 신호 취득(MBA) 과정에서의 신호 무결성을 확보하였다. 임베디드 기반의 4~26MHz 크리스탈 오실레이터 내장하여 디지털 시스템을 동기화 하였다. 자체 플래시를 이용한 메모리 및 보호 회로 설계를 구현하였고, 전압 증폭/강하 레귤레이터를 적용하여 전력 분배 회로를 구현하였다. 다음 그림 14는 PCB 전면부 구성도, 그림 15는 PCB 후면부 구성도를 나타내고 있다.

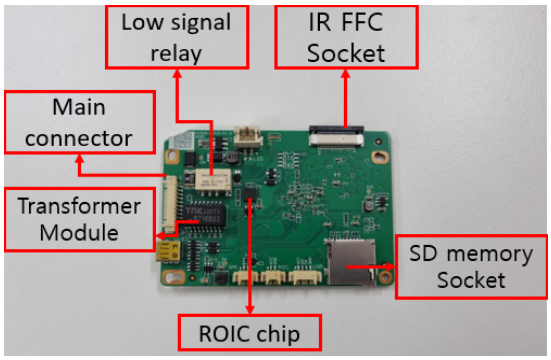


그림 14. PCB 전면부 구성도
Fig. 14. PCB front-side configuration diagram

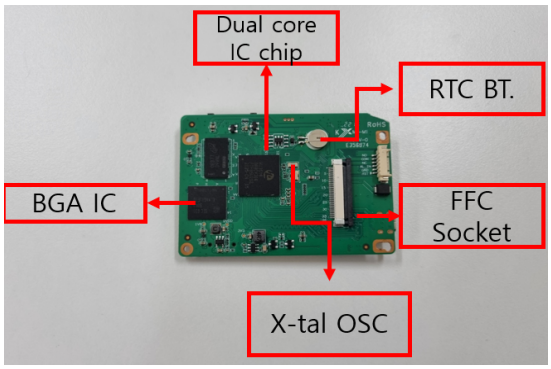


그림 15. PCB 후면부 구성도
Fig. 15. PCB rear-side configuration diagram

동작 테스트 결과 PCB Main board 및 실화상 카메라, 적외선 카메라 모듈 등과 사출 가공된 프레임을 제작하여 동작 테스트를 수행하였다. 동작 테스트는 외형부터 발열 체크 및 프로그램 연동으로 진행하였다.

다음 그림 16은 PCB 모듈이며 그림 17은 송출 프로그램 연동이 완료된 모습이다. 다음 그림 18은 송출 발열 테스트 1h. 발열 테스트 6h을 보여주고 있다.

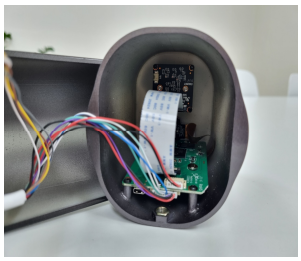


그림 16. PCB 모듈
Fig. 16. PCB module

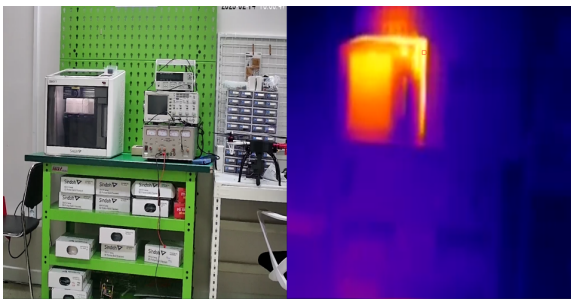


그림 17. 송출 프로그램 연동 완료
Fig. 17. Image streaming integration

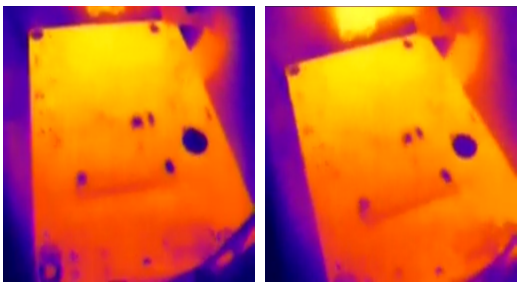


그림 18. 송출 발열 테스트 1h. 발열 테스트 6h
Fig. 18. Thermal test results after 1 and 6 hours of operation

테스트 진행 항목으로 PCB 및 모듈의 정상 위치 안착 여부는 1차 기구 목업(Mock-up) 검증 과정에서 발생한 기구적 고정 홈의 0.5mm 간격 오차를 분석하여 최종 사출 프레임의 치수 정밀도를 보완하였으며 이를 통해 진동 및 충격 환경에서도 구조적 안정성을 유지하도록 안착시켰다. 실화상 및 적

외선 송출 프로그램과의 연동 여부로는 실화상 및 적외선 카메라의 정상 연동을 확인하였다.

각 부품별 발열 여부 및 누전, 합선 가능성 여부 테스트 진행 결과 누전, 합선 가능성 존재 부위 2회 검사 실시 하였으며 동작 확인 후 1시간 간격으로 총 6시간 발열 상태를 측정 완료하였다. 제안된 보드의 전기·열적 신뢰성을 평가하기 위해 실내 온도 24℃, 습도 27%의 환경에서 24시간 연속 에이징(Aging) 테스트를 수행하였다. 시스템 전원 인가 후 15분 시점부터 내부 온도가 수렴하여 유의미한 추가 온도 상승은 발생하지 않았으며 24시간 최종 구동 결과 열 집중 구간에서 최고 온도 23.9℃를 기록하여 PCB 분할 배치 및 Thermal Via 최적화 설계의 열 분산 효용성을 확인하였다. 이 과정에서 발화 위험성, 해상도 저하 및 적외선 검출 기능 이상 등의 결함은 전혀 관찰되지 않았다.

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 정밀 농업 분야에서 작물의 생육 상태 분석 및 병충해 감염 여부를 실시간으로 탐지하기 위해 고해상도 영상 취득 및 왜곡 보정 기능을 갖춘 DSP 탑재 ROIC 모듈을 기반으로 IR 데이터 추출 모듈을 개발하고, 통합 메인보드 시스템을 설계 및 구현하였다.

기존 비냉각형 마이크로볼로미터의 온도 취약성 한계를 개선하기 위해 On-chip 2-채널 12-bit DAC와 40-kSPS 14-bit ADC 사양을 갖춘 신호 처리 모듈을 적용하였다. 특히 14-bit ADC는 입력 신호를 최대 16,384단계로 양자화할 수 있어 동일 입력 범위의 12-bit ADC 대비 이론적 전압 분해능을 4배 세분화할 수 있으며, 이를 기반으로 열화상 데이터의 정밀한 신호 취득 및 영상 보정이 가능하도록 설계하였다. 하드웨어 설계 측면에서는 변압 모듈과 IC 칩 등을 PCB 전·후면으로 분할 배치하고 저잡음 레귤레이터를 채택하여 임피던스 불일치 및 열전도 현상을 구조적으로 차단하였다. 또한, CMOS 온도 센서와 400MHz 고정 PLL을 연동하여 시스템 동기화를 이룸으로써 급격한 온도 상승을 방지하였다.

기존 연구가 열화상 데이터를 활용한 작물 생육 정보 분석[1] 및 마이크로볼로미터 기반 ROIC의 신호 판독 구조[5]에 중점을 두었다면, 본 연구는 ROIC 기반 IR 데이터 추출 모듈과 열화상·실화상 통합 메인보드를 직접 설계 및 구현한 점에서 차별성을 갖는다. 특히 PCB 회로 배치 최적화, 저잡음 전원 및 신호 처리 회로 구성, 영상 송출 연동을 통합적으로 수행하였으며, 24시간 연속 구동 시험을 통해 하드웨어의 동작 안정성을 확인하였다.

개발된 메인보드에 대한 24시간 연속 에이징 테스트 결과, 열 집중 구간의 최고 온도가 23.9℃로 안정적으로 억제되었으며 영상 번짐이나 적외선 검출 오류 없이 우수한 신뢰성을 입증하였다. 본 연구를 통해 확보된 고정밀 IR 데이터 추출 기술은, 향후 실시간 AI 영상 분석 시스템을 탑재한 항공드론(Aviation drone) 및 UAM 플랫폼과 연계되어 야외 극한 환경에서도 정밀 예찰의 정확도를 극대화하는 핵심 인프라로 기여할 것으로 기대된다.

References

[1] G. Messina and G. Modica, "Applications of UAV thermal imagery in precision agriculture: State of the art and future research outlook", Remote Sensing, Vol. 12, No. 9, Art. no. 1491, May 2020. https://doi.org/10.3390/rs12091491.

[2] O. Nesher, et al., "Performance of BF focal plane array 320×256 InSb detectors", Proc. of SPIE, California, USA, Vol. 4820, pp. 699-707, 2003. https://doi.org/10.1117/12.451313.

[3] J.-H. O, Y. Park, and Y.-H. Sohn, "A study on the method of collecting thermal information using thermal imaging cameras for smart farms", The Journal of Social Convergence Studies, Vol. 5, No. 3, pp. 65-72, Jun. 2021. https://doi.org/10.37181/JSCS.2021.5.3.065.

[4] J.-Y. Lee, C. B. Moon, and B.-M. Kim, "Big data model for analyzing plant growth environment informations and biometric informations", Journal of Korea Society of Industrial Information Systems, Vol. 25, No. 6, pp. 15-23, Dec. 2020. https://doi.org/10.9723/jksiis.2020.25.6.015.

[5] S. Hochreiter and J. Schmidhuber, "Long

short-term memory", Neural Computation, Vol. 9, No. 8, pp. 1735-1780, Nov. 1997. https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735.

[6] S. Fusetto, A. Aprile, P. Malcovati, and E. Bonizzoni, "Readout IC architectures and strategies for uncooled micro-bolometers infrared focal plane arrays: A review", Sensors, Vol. 23, No. 5, Art. no. 2727, Mar. 2023. https://doi.org/10.3390/s23052727.

[7] T. S. Choi and J. Yun, "Three-dimensional shape recovery from the focused-image surface", Optical Engineering, Vol. 39, No. 5, pp. 1321-1326, May 2000. https://doi.org/10.1117/1.602498.

[8] C. Park, T. Kang, and C. Shin, "Implementation of YOLO-based crop growth measurement mobile application for smart agriculture", Smart Media Journal, Vol. 14, No. 4, pp. 32-38, Apr. 2025. https://doi.org/10.30693/SMJ.2025.14.4.32.

저자소개

천 종 훈(JongHun Chun)



1996년 2월 : 조선대학교 전기공학과(통신)(공학박사)
1994년 11월 ~ 1997년 11월 : 에스케이하이닉스(구현대전자) 통신연구소 팀장
1997년 11월 ~ 1999년 2월 : ㈜한화 통신연구소 책임연구원
1999년 3월 ~ 2026년 2월 : 전남도립대학교 인공지능드론학과 교수
2026년 3월 ~ 현재 : 국립목포대학교 스마트모빌리티학부 교수
관심분야 : 항공드론통신, 무선/위성통신, 근거리통신망

양 승 호(SeungHo Yang)



2013년 2월 : 인하대학교 경영학과(경영학사)
2019년 10월 ~ 현재 : ㈜유니컴퍼니 대표이사
관심분야 : 인공지능, 열센서, ROIC, 전자회로

박 성 호(SungHo Park)



2005년 8월 : 조선대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
1998년 2월 ~ 2026년 2월 : 전남도립대학교 인공지능드론학과 교수
2026년 3월 ~ 현재 : 국립목포대학교 스마트모빌리티학부 교수
관심분야 : 항공드론, 빅테이터 활용, 정보화관리