

Motor/Motion Control, Industrial Connectivity, Power Of Ethernet 이해하기



VISIT ANALOG.COM

 **ANALOG
DEVICES**

AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

산업 자동화의 차세대 진화: 자기 인식 모션 제어

Jeff DeAngelis, 아나로그디바이스=제프 드앤젤리스

산업 자동화의 차세대 진화는 기계가 독립적으로 성능 파라미터를 조정하여 공장 작업자로부터 할당 받은 작업을 완료하거나, 생산성을 향상시키는 인공 지능(AI) 관찰자 알고리즘의 입력을 바탕으로 스스로를 재구성해 동작을 최적화할 것을 요구한다.

자기 인식 기계(Self-Aware Machine)의 가치는 생산성을 극대화하고 장비의 가동 수명을 연장하며 유지보수 비용을 줄이는 능력에 있다.



• Productivity and maintenance tools provide performance targets to the self-aware motion control elements to modulate factory performance through the APIs

• Self-aware motion control system continuously drives real-time performance optimization at the control and field levels based on the working environment conditions

자동화 피라미드. [이미지=아나로그디바이스]

자기 인식 모션 제어를 향한 여정

자기 인식(self-awareness)이란 시스템이 가진 능력과 수행해야 할 목표에 대한 이해를 바탕으로 스스로에 대한 지식을 가지고 있는 시스템으로 정의할 수 있다. 실제로 자기 인식 모션 제어 시스템은 센서 입력과 요청되는 시스템 파라미터를 해석하고, 자신의 작동 동작을 요청된 시스템 수행과 비교하는 기능을 제공하는 다중 제어 루프의 구현을 필요로 한다.

이러한 목표를 달성하고 자기 인식 모션 제어 시스템을 구현하려면 시스템 동작을 모니터링하고, 드라이브 시스템의 작업 환경에 따라 수행을 동적으로 조정하는 적응형 모션 제어 에이전트를 만들어야 한다.

이 글은 자율 에이전트를 사용하여 지속적으로 변화하는 작업 환경 조건을 감지 및 모니터링하여 자기 인식 모션 제어 시스템을 달성하는 방법을 제공하는 데 초점을 맞추고 있다. 이러한 조건은 현장 수준의 드라이브에서 모션 파라미터를 가져오는 일련의 중첩된 폐쇄 루프 실시간 수행 모델로부터 도출된다.

드라이브 시스템의 전기적 및 기계적 모델이 도출되면 이 모델을 사용하여 자동화 피라미드의 감독, 계획 또는 관리 수준에서 요청된 원하는 시스템 수행을 비교하고 조정한다. 새롭게 원하는 시스템 수행은 자동화 피라미드의 감독 역할 이상의 모든 수준에서 요청되면 일련의 새로운 제어 파라미터가 모션 제어 시스템의 적응형 제어 부분에 전달된다. 그리고 나서, 시스템은 새로운 수행 요청에 맞춰 수행을 조정하여 반응한다.

자기 인식 모션 제어 시스템 구현의 두 가지 주요 이점은 실시간으로 모션 제어 시스템의 수행을 자동으로 스스로 조절하고 극대화할 수 있다는 것이다. 이 새로운 기능은 자동화 피라미드의 감독, 계획 및 관리 수준에서 생산성을 향상하여 자기 인식 모션 제어 시스템을 조정할 수 있는 기회를 제공한다. 또한 AI 지원 소프트웨어 알고리즘을 사용하여 시스템 수행을 조정함으로써 공장 전체에서 더 나은 결과를 얻을 수 있다.

이제, 자기 인식 모션 제어 시스템을 구현하는 데 필요한 네 가지 기본 요소를 보다 잘 이해할 수 있도록 자기 인식 모션 제어 컨셉 맵을 살펴 보기로 한다.

자기 인식 모션 제어 컨셉 맵

이러한 단계의 자기 인식 모션 제어를 구현하려면 제어 시스템 맵의 개발이 필요하다.

요소 I

목표 또는 작업

시스템이 달성해야 할 명확한 목표 또는 작업을 지정해야 한다. 이 사례의 경우, 목표 또는 작업은 "맥주잔을 흘리지 않는 가장 좋은 방법으로 맥주잔을 A 지점에서 b 지점으로 옮긴다" 는 것을 의미한다.

요소 II

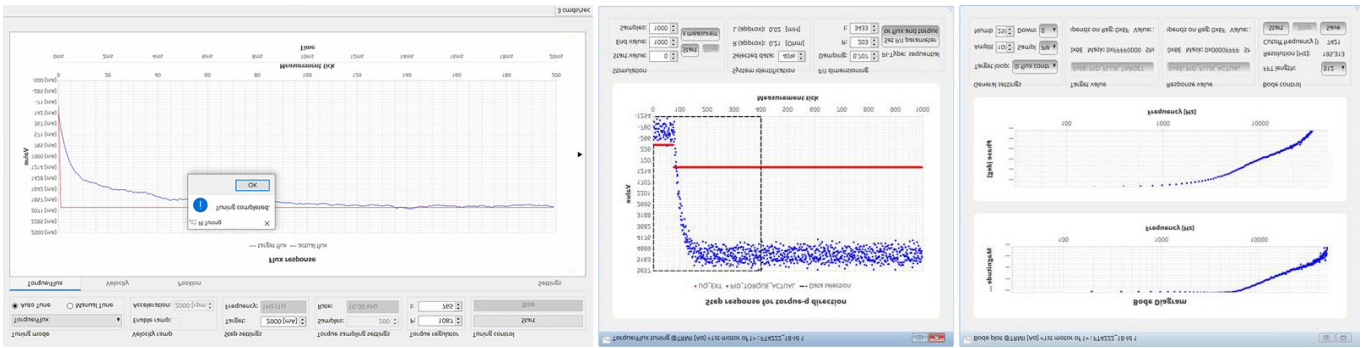
원하는 시스템 동작

목표가 확정되면 다음 단계의 자기 인식 동작 제어 맵이 원하는 모션 동작을 시작한다. 맥주잔 사례에서 이것은 "선형 동작을 사용하여 맥주잔을 옮기면서 기계 시스템의 필요한 제어 안전 한계 범위 내에서 맥주잔의 다양한 무게와 크기를 보상하기 위해 자동으로 동작을 조정한다" 가 될 것이다.

목표와 원하는 시스템 동작이 정해지면 적응형 제어 엔진은 고유의 작업 환경 내에서 동작하면서 모션 제어 드라이브와 통합된 기계 시스템을 자동 조정하여 최대 동작 수행을 달성함으로써 핵심 드라이브 시스템 운동학과 동반된 기계 시스템 간의 융합을 동적으로 수행하게 된다.



자기 인식 모션 제어 컨셉 맵. [이미지=아나로그디바이스]



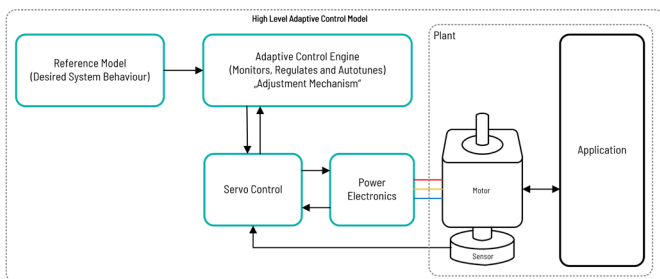
토크 자석 전류, 속도, 위치 루프의 모니터링 및 자동 튜닝. [이미지=아나로그디바이스]

요소 III

핵심 드라이브 시스템

자기 인식 모션 제어 시스템의 핵심은 운동학이다. 과제는 모터 및 드라이브 시스템의 수행 능력을 관찰, 학습 및 모니터링하는 것이다. 드라이브 시스템의 작동 모델을 생성하려면 모션 파라미터와 시스템의 물리적 제한에 대한 기본적인 이해를 얻기 위해 지능형 관찰자를 구현해야 할 필요가 있다. 이는 전용 위치 센서가 있는 FOC(Field-Oriented Controller) 또는 센서리스 FOC 방법을 통해 모터가 동작 환경에서 어떻게 스트레스를 받고 반응하는지 학습하여 인지하게 된다.

모터의 토크 자속 전류 루프, 속도 루프 및 위치 루프의 제어 파라미터 값을 모니터링하고 자동 조정함으로써 드라이브 시스템 반응을 최적화할 수 있다. 이러한 정보의 데이터그램이 수집되고 지능형 관찰자에게 제공되면, 모션 제어 파라미터를 계산하고 기본 모션 제어 알고리즘이 최적의 모션 파라미터 세트로 수렴하도록 최적화 알고리즘이 구현된다. 이제 드라이브 시스템의 모션을 모델링하고 최적화하기 위한 간접 모션 모델이 생성되었으므로 적응형 제어 엔진을 도입하여 다음 단계의 자기 인식 모션 제어 솔루션을 구현할 수 있다.



적응형 제어 모델. [이미지=아나로그디바이스]

요소 IV

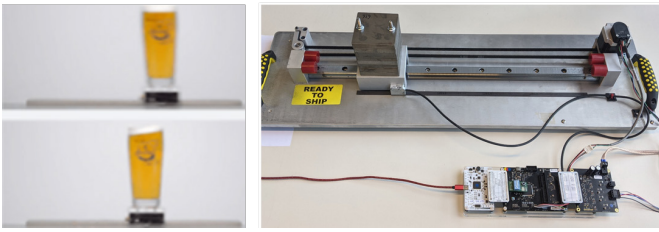
적응형 제어

시스템의 운동학 및 FOC 자동 조정 기능을 기반으로, 이제 자기 인식 모션 제어를 구현하는 다음 단계인 적응형 제어 엔진에 집중할 수 있다. 이 다음 단계의 지능형 모션은 원하는 시스템 동작을 적응형 제어 엔진에 전달하는 데 중점을 둔다. 이 시스템 동작은 생산 직원, 공장 감독자가 제공하거나 지능형 센서 네트워크를 통해 공장 데이터를 수집하는 AI 생산성 알고리즘에서 생성된다.

원하는 동작이 적응형 제어 엔진으로 전달되면, 자기 인식 모션 제어 시스템은 원하는 시스템 동작과 일치하도록 드라이브 시스템의 동작 파라미터를 동적으로 재구성하기 시작한다. 이러한 원하는 동작의 몇 가지 예로서 공장 처리량을 증가시키거나 안전 모드로 작동하여 모터의 가동 수명을 연장하는 요청 등을 들 수 있다.

모션 제어 시스템이 이러한 새로운 단계의 요청된 수행을 달성하기 위해 모션 제어 파라미터를 자동으로 조정함에 따라 적응형 제어 시스템은 폐쇄 루프 시스템을 지속적으로 모니터링하면서 원하는 수행 수준을 유지한다. 이 상태는 드라이브 시스템이 기계 시스템의 마모로 인해 달라지거나 모터의 작업 환경에 변화가 발생하는 경우에도 유지된다. 이제 시스템은 궁극적인 단계의 자기 인식 모션 제어를 완성했다.

이러한 컨셉을 보여주는 가장 좋은 방법은 실제 사례를 이용해 확인하는 것이다. 이 사례는 모든 맥주 애호가들이 바라듯이, 거품이 떠 있는 맥주잔을 바텐더로부터 긴 바를 지나는 동안 한 방울도 흘리지 않으면서 전달되도록 하는 것이다. 이 사례가 자기 인식 모션 제어 시스템 구현과 어떻게 관련되는지 알아보자.



작동 중인 자기 인식 모션 제어의 예 (가변 부하 질량). [사진=아나로그디바이스]

여기서 작업의 목표는 바텐더(A 지점)로부터 긴 바에 앉아 있는 고객 (b 지점)에게 맥주를 한 방울도 흘리지 않고 가능한 가장 빠른 시간에 배달하는 것이다. 이 경우 플랜트 시스템은 무게 감지기가 내장된 컵 홀더이며, 컵 홀더는 다양한 크기의 맥주잔의 무게를 감지하고 선형 모터를 사용하여 맥주잔을 긴 바를 통해 전달한다.

이제 이 사례에 대해 생각해 보면, 자기 인식 모션 제어 시스템은 가능한 가장 빠른 시간에 고객에게 맥주를 전달하는 데 유용하게 이용될 뿐 아니라, 동시에 고객이 완전히 비었거나 부분적으로 빈 맥주잔을 컵 홀더에 다시 놓으면 자기 인식 제어 시스템은 속도와 수행을 자동으로 조정하여 리필하거나 치우기 위해 맥주잔을 바텐더에게 다시 가져간다. 이 시스템은 또한 바텐더가 고객에게 배달할 다른 종류의 음료와 다른 크기의 잔을 사용하는 경우 수행 목표를 조정하는 데에도 유용하다.

지금은 SF소설처럼 들릴 수도 있지만 자기 인식 모션 제어 기술 개발은 점점 더 정교화되면서 본격적인 등장을 준비하고 있다. 전체 공장이 자기 인식 모터와 지능형 센서를 사용하는 장비에 기반하여 운영되는 광경을 상상해 보자. 이 혁신적인 공장은 잠재적인 장비 고장을 자기 교정하고, 생산 공정을 자동으로 조정하여 생산성을 극대화하며, 공장 전체에서 장비의 가동 수명을 연장하는 첨단 능력을 갖추게 될 것이다.

Industry's Lowest Power, Robust 10BASE-T1L PHY

ADIN1100

- ▶ IEEE Standard 802.3cg-2019 compliant
- ▶ Cable reach up to 1700 m with 1.0 V p-p and 2.4 V p-p
- ▶ Supports intrinsic safety applications
- ▶ Low power consumption: 39 mW (dual supply, 1.0 V p-p)

Learn More at analog.com/ADIN1100



인텔리전트 노드에 대한 원격 모션 제어 로 신뢰성 높은 자동화 구현에 기여하는 10BASE-T1L 이더넷 기술

인더스트리 4.0으로 이해 먼 거리에 있는 에지에도 인텔리전스를 추가할 수 있게 됐고 10BASE-T1L 이더넷은 PoDL(power over data line) 기능 및 높은 데이터 전송 속도, 이더넷 기반 프로토콜들과의 호환성을 앞세워 산업용 분야를 위한 길을 열어가고 있다.

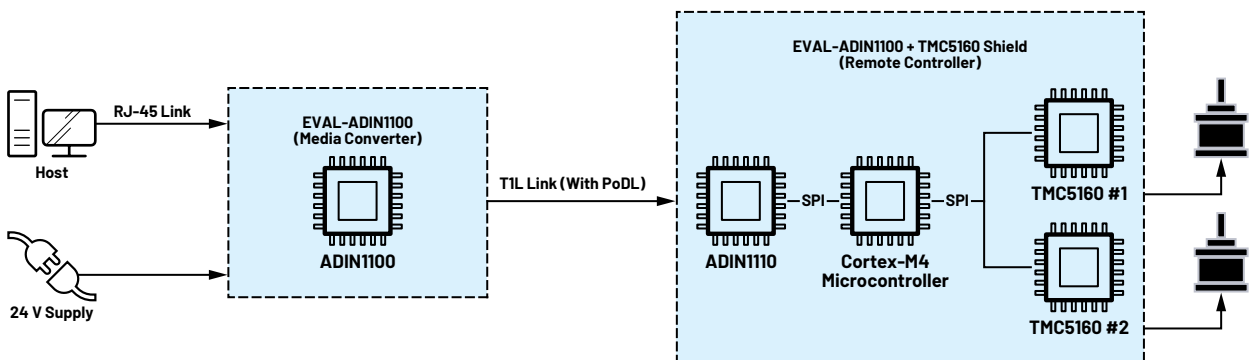
이 글에서는 컨트롤러와 사용자 인터페이스를 여러 센서와 액추에이터 같은 엔드포인트들과 연결하기 위해 새로운 10BASE-T1L 이더넷 물리층 표준이 자동화 및 산업용 애플리케이션에 어떻게 통합될 수 있는지 설명한다. 이 모든 작업은 양방향 통신을 위한 표준 이더넷 인터페이스를 사용해서 할 수 있다.

10BASE-T1L은 산업용 커넥티비티를 위한 물리층 표준이다. 이는 표준 연선(twisted pair cable)을 사용해 최대 1000m까지 최대 10Mbps의 데이터 전송과 전원 공급이 가능하다. 낮은 지연시간과 PoDL 기능을 통해 센서나 액추에이터 같은 디바이스들을 원격으로 제어할 수 있다. 이 글에서는 두 개 이상의 스테퍼 모터를 동기적으로 제어하는 원격 호스트로 구성된 시스템을 구현하는 방법을 설명함으로써 원거리에 대한 실시간 통신 기능을 시연해 보인다.

시스템 개요

<그림 1>은 이 시스템의 개략도를 보여준다. 호스트 측에서는 ADIN1100 및 ADIN1200 이더넷 PHY가 표준 링크와 10BASE-T1L 링크 사이의 변환을 담당하고 원격 측에서는 컨트롤러가 ADIN1110 이더넷 MAC-PHY를 사용해 이 링크와 인터페이스 한다. 이때 데이터와 명령을 교환하기 위해 오직 SPI만을 필요로 한다. ADI의 Trinamic TMC5160 스테퍼 모터 컨트롤러 및 드라이버는 이 컨트롤러 상에서 어떠한 계산도 할 필요 없이 포지셔닝을 위한 6포인트 램프(six-point ramp)를 생성할 수 있어 이를 활용해 정밀 및 동기화한 모션 제어를 달성할 수 있다.

또한 이들 디바이스들을 사용하면 마이크로컨트롤러(MCU)가 필요로 하는 주변장치, 컴퓨팅 성능, 코드 크기를 최소화할 수 있어 시장에서 판매되고 있는 다양한 MCU 제품을 사용할 수 있다. 아울러 주어진 전력 소모 범위 이내에서 전체 원격 서브시스템을 구동하는 데 필요한 전력을 데이터 라인으로부터 직접 공급받을 수 있기 때문에 오직 미디어 컨버터 보드에만 로컬 전원을 공급하면 된다.

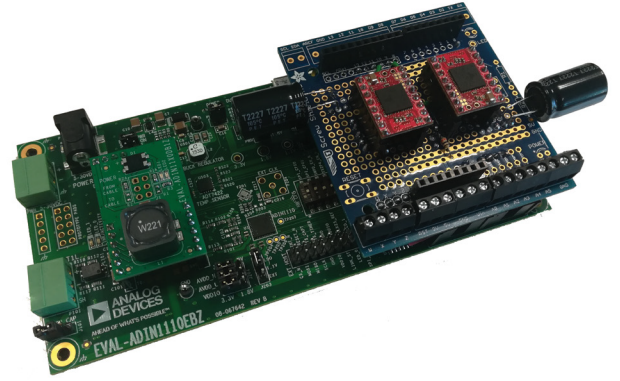


<그림 1> 시스템 개요

시스템 하드웨어

- ▶ **EVAL-ADIN1100** 보드 ADIN1100 10BASE-T1L PHY와 ADIN1200 10BASE-T/100BASE-T PHY를 함께 사용해 한 물리층 표준에서 다른 물리층 표준으로 메시지를 변환한다. 이 보드는 다양한 동작 모드로 구성할 수 있다. 이 프로젝트에서는 스탠더드 모드 15(Standard Mode 15 : 미디어 컨버터)를 사용했다. 또한 EVAL-ADIN1100 보드는 미디어 변환에 필요한 기본 구성을 수행하고 진단 정보를 읽기 위한 MCU를 통합하고 있다는 점이 특징이다. 하지만 이 보드는 전송 및 수신 메시지와 상호작용은 하지 않으며 통신에 대해 전적으로 투명하게 작동한다.
- ▶ **EVAL-ADIN1110** 보드 원격 디바이스에서 컨트롤러의 핵심을 이룬다. ADIN1110 10BASE-T1L MAC-PHY는 10BASE-T1L 링크를 통해 데이터를 수신하고 이것을 SPI 인터페이스를 통해 온보드 Cortex®-M4 마이크로컨트롤러로 전송해 처리토록 한다. 또한 이 보드는 보드에 기능을 추가할 수 있도록 쉴드를 설치하는 데 사용될 수 있는 아두이노 우노(Arduino Uno) 호환 헤더를 갖고 있다.
- ▶ TMC5160 쉴드 보드 아두이노 쉴드 폼팩터를 기반으로 개발된 맞춤형 보드다. 하나의 쉴드 보드는 최대 2개의 TMC5160 SilentStepStick 보드를 지원하며 여러 개의 쉴드 보드를 적층해 제어 가능한 모터의 최대 수를 늘릴 수 있다. 모든 드라이버가 동일한 SPI 클럭 및 데이터 신호를 공유하지만 칩 선택 라인은 독립적으로 유지된다. 이러한 구성을 통해 다음과 같은 두 가지 통신 모드가 가능하다. 먼저 칩 선택 라인들이 개별적으로 어서트되면 MCU는 예컨대 모션 파라미터를 구성하기 위해 단일 컨트롤러들과 통신할 수 있다. 그러지 않고 많은 칩 선택 라인들이 동시에 어서트되면 선택된 모든 드라이버들은 동일한 명령을 동시에 수신한다. 후자의 모드는 주로 모션 동기화 용도로 사용된다. 이 보드는 또한 StepStick 보드에 약간의 추가적인 입력 커패시턴스를 제공함으로써 모터 기동 시 전류 피크를 낮추고 정상 동작 시 전류 프로파일을 매끄럽게 한다. 이에 PoDL을 사용해 최대 2개의 NEMA17 모터로 이뤄진 전체 시스템에 전원을 공급할 수 있다(디폴트 셋업일 경우 최대 전송 전력은 24V, 12W). 또한 이 보드는 컨트롤러로부터의 위상 출력을 좀더 접근하기 쉽게 하는 스크류 단자를 사용함으로써 스테퍼 모터와의 연결을 수월하게 하는 데 사용될 수도 있다.

- ▶ 2개의 EVAL-ADIN11X0EBZ 보드 하나는 미디어 컨버터를 위한 것이고 또 하나는 EVAL-ADIN1110EBZ를 위한 것으로 시스템에 PoDL 기능을 추가하는 데 사용된다. 이 보드는 플러그인 모듈로서 평가 보드들의 MDI 프로토타이핑 헤더에 탑재할 수 있으며 데이터 라인으로부터 전원을 공급 또는 수신하도록 구성할 수 있다.

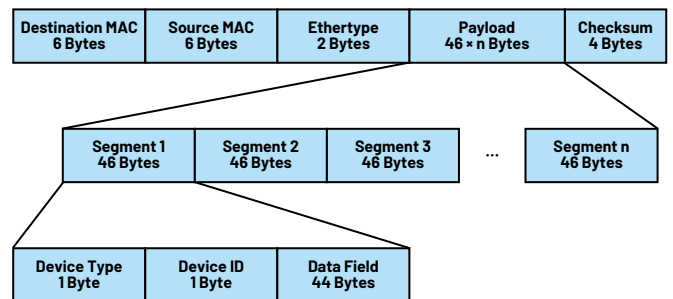


<그림 2> EVAL-ADIN1110, EVAL-ADIN11X0EBZ, TMC5160 쉴드 보드를 조립한 모습

소프트웨어

소프트웨어 코드는 다운로드해 사용할 수 있다 : "[10Base-T1L 이더넷을 활용한 원격 모션 제어](#)".

코드를 경량화하고 통신 오버헤드를 최소화하기 위해 데이터링크 층 위쪽으로는 표준 통신 프로토콜들을 구현하지 않았다. 모든 메시지는 이더넷 프레임의 페이로드 필드를 사용해 사전에 지정된 고정 포맷으로 교환된다. 데이터는 46바이트 세그먼트들로 이뤄지는데 2바이트의 고정형 헤더와 44바이트의 데이터 필드로 구성된다. 이 헤더에는 수신한 데이터를 어떻게 처리할지 결정하는 8비트 디바이스 유형 필드와 동일한 유형의 디바이스가 여러 개 있는 경우 개별 물리 장치를 선택할 수 있는 8비트 디바이스 ID 필드가 포함돼 있다.



<그림 3> 통신 프로토콜 포맷

호스트 인터페이스는 파이썬(Python)으로 작성돼 있어 윈도우 및 리눅스 호스트와 호환이 가능하다. 이더넷 통신은 Scapy 모듈을 사용해 관리되기 때문에 이더넷 데이터 링크를 포함한 스택의 각 층에서 패킷을 생성, 전송, 수신, 조작할 수 있다.

이 프로토콜에서 정의하고 있는 각각의 디바이스 유형은 클래스가 지정돼 있다. 여기에는 교환하고자 하는 변수들을 직접 수정하는 것이 아닌 데이터를 저장할 수 있는 속성과 이러한 속성들을 수정하는데 사용할 수 있는 일련의 메소드들을 포함한다.

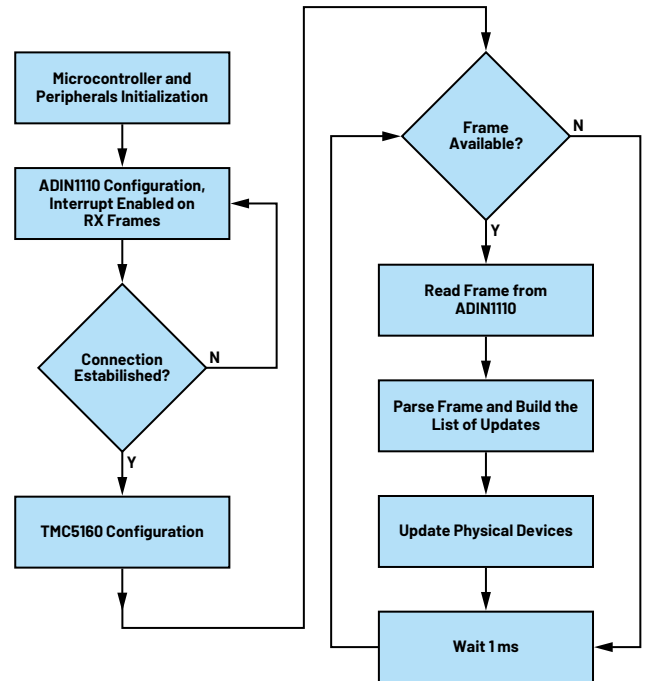
예를 들어 이 모션 컨트롤러의 스피드 모드에서 모션 방향을 변경하기 위해서는 방향 플래그에 0 또는 1 값을 수작업적으로 지정하는 것이 아니라 "setDirectionCW()"와 "setDirectionCCW()" 메소드를 정의하면 된다. 또한 각각의 클래스는 "packSegment()" 메소드를 포함하는데 이 메소드는 제어하고자 하는 디바이스에 대응하는 세그먼트를 해당 디바이스 유형에 미리 정해진 포맷에 따라서 바이트(byte) 어레이 형태로 패키징하고 반환한다.

펌웨어는 ChibiOS 환경을 사용해서 C로 작성됐다. ChibiOS 환경은 여타 툴들 중에서 실시간 운영체제(RTOS), 하드웨어 추상화층(HAL), 주변장치 드라이버들을 포함해 유사한 마이크로컨트롤러들 간에 코드를 손쉽게 이식할 수 있다.

이 프로젝트는 다음과 같은 3개의 맞춤형 모듈을 기반으로 한다

- ▶ ADIN1110.c : SPI 인터페이스를 통해서 ADIN1110과 데이터와 명령을 교환할 수 있도록 하기 위해 사용되는 드라이버다. 이 드라이버는 디바이스 레지스터로부터 데이터를 읽고 쓰기 위한 로우 레벨의 통신 함수들과 이더넷 프레임을 전송 및 수신하기 위한 하이 레벨의 함수들을 포함한다. 또한 10BASE-T1L 트랜시버들 사이에 통신을 구축하는 데 사용되는 함수들도 포함하고 있다. 새로운 프레임을 활용할 수 있는지 여부를 알려주는 핀은 지연시간을 최소화하기 위해 인터럽트 형태로 읽혀진다.
- ▶ TMC5160.c : TMC5160 모션 컨트롤러를 제어하는 데 필요하고 완전한 기능의 모션 컨트롤러 모드로 동작하도록 구성하는 모든 함수들을 구현하고 있다. 고정 속도 모드와 위치 제어 모드를 모두 구현하고 있어 6포인트 램프를 사용해 매끄럽고 정밀한 포지셔닝을 가능하게 한다. 개별 칩 선택 라인들을 가진 단일 SPI 버스를 통해 여러 모션 컨트롤러들과 통신이 가능하다. 또한 모션 동기화를 용이하게 하는 일련의 함수들과 typedefs를 제공한다.

- ▶ Devices.c : T1L 링크로부터 수신된 데이터와 컨트롤러에 연결된 물리적 디바이스 사이의 인터페이스다. 이는 호스트 인터페이스에 정의돼 있는 것과 유사한 구조체들과 유효한 데이터를 담고 있는 새로운 프레임이 수신될 때마다 그것들을 업데이트하기 위한 함수들을 포함하고 있다. 또한 이 모듈을 사용하면 어떤 구조체가 업데이트될 때마다 어떤 동작을 실행할지 지정할 수 있다. 예를 들어 특정 디바이스 어드레스에 수신된 명령이 어느 물리적 모션 컨트롤러와 관련된 것인지 지정할 수 있다.

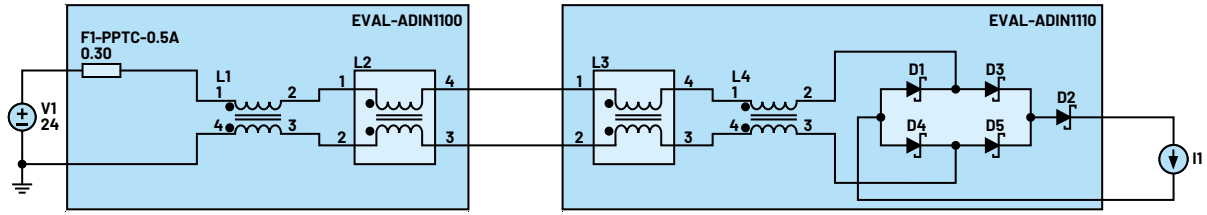


<그림 4> 펌웨어 플로우차트

시스템의 특징과 검증

이 프로젝트는 컨트롤러와 사용자 인터페이스를 여러 센서와 액추에이터 같은 엔드포인트들과 연결하기 위해 새로운 10BASE-T1L 이더넷 물리층 표준이 자동화 및 산업용 애플리케이션에 어떻게 통합될 수 있는지 보여주기 위한 것이다.

이러한 애플리케이션은 산업 분야에서 저전력 자동화 작업은 물론, 경량 로봇과 CNC 머신(데스크톱 3D 프린터, 데스크톱 밀링 머신, 그 밖에 다른 카르테시안 플로터(cartesian plotter)) 등에 폭넓게 사용되는 여러 개의 스테퍼 모터에 대한 실시간 원격 제어를 겨냥하고 있다. 이 애플리케이션의 활용 사례는 또 다른 형태의 액추에이터와 원격 제어 장비들로도 확대될 수 있다.



<그림 5> 전원 경로 개략도

이 시스템은 비슷한 용도로 사용되고 있는 기존 인터페이스보다 다음과 같은 이점을 제공한다.

- ▶ 단일 연선 사용으로 배선 간소화 : 데이터 라인을 통해 전원 공급이 가능해 센서 같은 저전력 디바이스를 이 연결로부터 직접 구동할 수 있으며 나아가 필요한 배선과 커넥터 수를 더욱 줄일 수 있어 전체 시스템의 복잡성, 비용, 무게를 낮출 수 있다.
- ▶ PoDL 표준을 사용한 전원 공급 : 데이터 라인에 DC 전압을 엮어서 네트워크에 연결된 디바이스들에 전원을 공급할 수 있다. 오직 수동 소자들만을 사용해서 이러한 유형의 결합을 이룰 수 있으며 일단 수신기 단에서 전압 필터링이 이뤄지면 정류 절차 없이 곧바로 디바이스나 DC-DC 컨버터에 전원을 공급할 수 있다. 이러한 유형의 결합에 사용되는 소자들을 적절히 선택하기만 한다면 고효율 시스템을 달성할 수 있다. 이 프로젝트는 평가 보드에 탑재된 표준 소자들을 사용해서 전반적으로 약 93%의 효율을 달성했다(24V 전원을 사용하고 총 부하 전류는 200mA). 이 같은 결과 또한 개선의 여지가 큰 편으로 대부분의 손실이 전원 경로상의 수동 소자들의 저항성 강하로 인한 것이다.
- ▶ 라스트 마일과 엔드포인트 연결 모두에 사용할 수 있는 다재다능성 : 아나로그디바이스의 10BASE-T1L 디바이스들은 최대 1.7km의 거리까지 테스트를 통과했다. 또한 시스템 복잡성에 영향을 적게 미치면서 데이터 체인 연결이 가능하다. 일례로 설계 복잡성을 낮추는 2포트 스위치 제품인 ADIN2111을 사용하면 데이터 체인 기능을 갖춘 디바이스 설계가 가능해 해당 링크를 엔드포인트 망에 적합하게 만들 수 있다.
- ▶ 데스크톱 및 노트북PC와 같이 이미 이더넷 컨트롤러를 내장하고 있는 기존 장비들과의 손쉬운 인터페이스 : 데이터 프레임은 이더넷 데이터 링크 표준을 따르며 이 위로 모든 이더넷 호환 프로토콜들을 구현할 수 있어 표준 이더넷 링크와의 브리지로서 미디어 컨버터만 추가로 요구된다. 예컨대 이 프로젝트에 사용된 보드인 EVAL-ADIN1100을 투명한 미디어 컨버터를 위한 레퍼런스 디자인으로 사용할 수 있는데 이때 2개의 이더넷 PHY와 구성 및 디버깅 용도의 마이크로컨트롤러(옵션)만 추가로 필요하다.

- ▶ 전이중(full duplex), 최대 10Mbps에 이르는 높은 데이터 레이트 : 산업용 이더넷 기반 프로토콜들을 구현해 올릴 수 있는 데이터체인 토폴로지와 결합할 경우 균일한 전송 지연시간이 요구되는 실시간 애플리케이션에 활용할 수 있다.
- ▶ 트랜시버와 미디어 사이의 절연 : 애플리케이션의 안전성과 강건성 요구 사항에 따라 용량성 결합(capacitive coupling) 또는 자기 결합(magnetic coupling)을 통해 절연을 달성할 수 있다.

이 시스템의 성능을 평가하기 위해 다양한 측정을 실시했다. ADIN1110 트랜시버 및 TMC5160 컨트롤러와의 통신을 위해 사용되는 모든 주변 장치들은 표준 하드웨어 구성을 통해 달성할 수 있는 최대 속도로 구성됐다.

해당 마이크로컨트롤러의 시스템 클럭이 80MHz인 점을 고려해 모션 컨트롤러를 위해서는 SPI의 데이터 레이트를 2.5MHz로 설정하고 ADIN1110 트랜시버를 위해서는 20MHz로 설정했다. TMC5160의 경우 마이크로컨트롤러 클럭 설정을 조절하고 이 IC에 외부 클럭 신호를 제공함으로써 SPI 주파수를 최대 8MHz까지 더 높일 수 있는 데 반해 ADIN1110은 데이터 시트 상의 최대 한계가 25MHz다.

지연시간을 보면 데이터 요청을 한 시점과 응답 프레임을 수신한 시점 사이의 총 시간이 약 4ms로 평가됐다. 이는 500개 샘플에 대해 와이어샷 프로토콜 분석기를 사용해 데이터 요청 타임스탬프와 응답 타임스탬프 사이의 차이를 계산한 평균값이다. 시스템의 어느 부분이 이 지연의 원인인지 파악하기 위한 추가적인 평가도 실시했다.

이 결과에 따르면 주된 원인은 RTOS가 제공하는 지연 기능인 것으로 나타났다. 이는 최소 1ms의 지연을 허용하는데 TMC5160의 쓰기 동작과 읽기 동작 사이의 간격을 설정하기 위해 사용된 것이다. 그런데도 요구되는 지연시간은 수십 나노초(ns) 수준이다. 이러한 지연은 더 짧은 지연 간격을 허용하는 다른 타이머 기반 지연 기능을 정의함으로써 향상할 수 있을 것이다.

이 지연의 두 번째 원인은 프레임 수신하는 데 사용되는 Scapy 함수로서 이는 함수를 호출한 후에 3ms의 최소 셋업 시간을 필요로 한다. 실제 애플리케이션에서는 Scapy 같은 써드파티 툴이 아니라 운영 체제의 네트워크 어댑터 드라이버를 사용해 직접 인터페이스를 개발함으로써 이 지연을 향상할 수 있다. 하지만 이 방법은 다른 운영 체제들과 호환이 불가능해지고 코드 복잡성이 높아진다는 단점이 있다.

GPIO를 토글하고 오실로스코프로 하이(high) 기간을 측정함으로써 마이크로컨트롤러에 구현된 콜백의 정확한 실행 시간을 측정했다. 이렇게 측정한 실행 시간은 수신된 프레임을 읽고 파싱(parsing)하고 모션 컨트롤러로 명령을 전송하기 위해 사용된 함수들을 포함한다.

<표 1> 측정된 실행 시간

명령	실행 시간 (ms)	누적 지연 시간 (ms)	최적의 실행 시간 (ms)
동기화된 모션, 2개 모터 (x24 TMC5160 레지스터 접근)	24.058	24	0.058
모터 데이터 요청 (x3 TMC5160 접근)	3.109	3	0.109
더미 데이터 요청 (TMC5160 상호동작 없음)	0.08	0	0.08

PoDL을 사용해서 원격 디바이스에 전원을 공급할 때 전송 경로를 따른 전력 손실을 평가하기 위한 측정들도 실시했다. 모션 컨트롤러 쉴드 보드를 전자 부하로 교체하고 0.1A부터 0.5A까지 100mA 간격으로 다양한 전류값을 설정해서 테스트를 실시했다. 이를 통해 어떤 소자들이 전력 손실에 중대하게 영향을 미치는지 알 수 있으며 이 결과에 따라서 더 높은 전류 정격을 달성하도록 설계를 개선할 수 있다.

<표 2> 시스템 효율

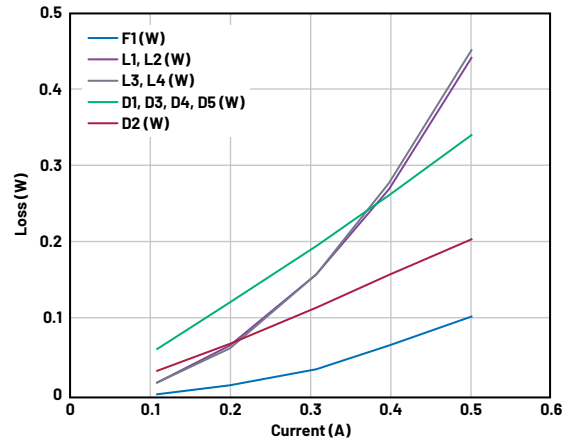
전류(A)	입력 전력(W)	출력 전력(W)	출력 전력(W)
0.109	2.61	2.47	95
0.2	4.7	4.45	93
0.308	7.37	6.7	91
0.399	9.54	8.51	89
0.502	12	10.45	87



저자 소개

알레산드로 레오나르디(Alessandro Leonardi)는 아나로그디바이스(Analog Devices) 밀라노 지사에서 고객 관리를 맡고 있다. 밀라노 공과대학에서 전자공학 학사학위 및 석사학위를 취득했다. 졸업 후 ADI에서 필드 애플리케이션 수습 프로그램에 참여하면서 경력을 시작했다.

DC Power Losses



(그림 6) 각 수동 소자의 전류에 따른 전력 손실

이 결과를 보면 브리지 정류기와 쇼트키다이오드 D2가 전력 손실의 주된 요인이라는 것을 알 수 있다. 두 소자 모두 역극성 보호에 사용되는 것이다. 이 소자들을 MOSFET 트랜지스터와 아이디얼 다이오드 컨트롤러에 기반한 유사 회로로 교체함으로써 이러한 보호 기능을 유지하면서 더 높은 효율을 달성할 수 있다. 전류값이 높을수록 손실에 있어서 입력 및 출력 필터링에 사용되는 결합 인덕터의 DC 저항의 비중이 커지기 때문에 전류 용량을 높이기 위해서는 더 높은 전류 정격의 비슷한 인덕터를 사용해야 한다.

이처럼 인더스트리 4.0은 인텔리전트 자동화의 한계를 끌어올리고 있다. ADIN1100, ADIN1110, 10BASE-T1L 트랜시버들과 함께 ADI Trinamic 기술을 사용하면 에지에 전원을 공급하지 않고도 컨트롤러로부터 최대 1700m 멀리 떨어져 있는 센서와 액추에이터들을 원격으로 제어할 수 있다. 신뢰성 높은 원격 제어를 구현함으로써 성능이나 속도 저하를 일으키지 않으면서 스테퍼 모터를 보다 먼 거리에서도 손쉽게 실시간으로 제어할 수 있다. 이러한 시스템 솔루션은 전례 없는 응답 시간과 극대화된 성능을 통해 산업용 분야에 일대 변화를 가져올 것으로 기대된다.

새로운 10BASE-T1L 표준 - 무엇이 달라졌나?

Thomas Brand, 토마스 브랜드
Thomas Tzscheetzsch, 선임 FAE, 토마스 츠체츠쉬
Senior Field Technical Leader, 선임 필드 기술 리더

개요

다양한 장치 간의 데이터 통신은 일상생활의 많은 측면에서 필수적이다. 디지털화와 인더스트리 4.0에 따른 기기 사용의 확산과 데이터양의 급격한 증가는 통신 환경에 변화를 가져오고 있다. 일례로 공정 자동화 같은 분야는 공장 전체를 연결하는 통합 네트워크를 필요로 한다. 데이터는 운영 기술(OT) 기계에서 추출해 처리한 다음, 추가적인 처리를 위해 회사 수준(IT)에서의 컴퓨팅 시스템에 제공되어야 한다. 이전 4~20mA 또는 필드버스 애플리케이션이 데이터 통신 측면에서 한계에 이르면서 이더넷이 통신 표준으로 떠오르고 있다.

기본적으로 이것은 새로운 이더넷 표준 10BASE-T1L 2-와이어 이더넷 솔루션으로, 10Mbps 전송 속도로 최대 1000m 라인 길이까지 가능하고 PROFINET, EtherNet/IP, OPC UA, Modbus-TCP 등과 같은 전송 프로토콜을 지원한다. 10BASE-T1L 표준을 사용하면 기존 2-와이어 케이블을 계속 사용할 수 있어 투자비용이 크지 않다. 이 글에서는 10BASE-T1L의 기본 사항을 설명하고 다양한 애플리케이션에 적합한 커넥터 선택과 관련해 대응하는 제품을 알아본다. 또한 10BASE-T1L에서는 데이터 라인을 통한 다양한 연결 장치의 전력 전송이 중요한 역할을 한다.

들어가며

데이터 통신이 산업 부문뿐 아니라 공정 자동화에서도 어느 때보다 큰 역할을 하고 있다. 급증하는 데이터 양으로 인해 이전 4~20mA 또는 필드버스 애플리케이션이 한계에 다다르면서 이더넷이 통신 표준으로 자리 잡고 있다. 표준 이더넷 4-와이어 솔루션은 단일 연선 케이블 또는 단일 쌍 이더넷(SPE)으로 구성된 10BASE-T1L이라고 하는 2-와이어 솔루션으로 발전했다. 물리 계층의 상위 계층에서(논리계층 이상에서), 10BASE-T1L은 100Mbps 또는 1000Mbps의 기존 산업용 이더넷 기술과 호환되므로 보완적인 역할을 할 수 있다.

10BASE-T1L은 특히 공정 자동화에서 표준으로 자리매김하고 있으며, 이 분야에 전면적인 변화를 가져올 것으로 전망된다. 현재까지만 해도 센서와 액추에이터는 일반적으로 4~20mA 아날로그 인터페이스 또는 필드버스를 통해 연결됐다. 기계 공학이나 공장 자동화와 달리 공정 자동화에서 이러한 센서와 액추에이터는 보통 제어 시스템이나 원격 I/O 시스템과 멀리 떨어져 있어서 200m에서 1000m 이상 거리도 일반적이다. 그렇다면 10BASE-T1L은 정확히 무엇이고, 이 기술이 제공하는 장점은 무엇이며, 왜 새로운 표준인가? 이 질문에 대한 답변이 이 글의 주요 내용이다.

10BASE-T1L이란?

10BASE-T1L은 이름에 대략적인 의미가 담겨 있다. 국제전기전자공학회(Institute of Electrical and Electronics Engineers)의 약어인 'IEEE'가 여기에 사용된다.

매체 유형의 '10'은 10Mbps의 전송 속도를 나타낸다. 'BASE'는 베이스밴드 신호를 가리키며, 이는 이더넷 신호만 매체를 통해 전송할 수 있다는 것을 의미한다. 'T'는 '트위스트 페어'를 의미하며, 숫자 '1'은 1km 범위를 나타낸다. 뒤에 따라오는 'L'은 '장거리'를 나타내는데, 이 경우에는 세그먼트 길이가 1km 이상 가능하다는 것을 뜻한다.

다른 네트워크 기술도 있다. 예를 들면 10BASE-2(최대 세그먼트 길이가 185m인 얇은 동축 케이블), 10BASE-5(최대 세그먼트 길이가 500m인 굵은 동축 케이블), 10BASE-F(광섬유 케이블) 또는 10BASE-36(다중 베이스밴드 채널을 지원하고 최대 세그먼트 길이가 3600m인 광대역 동축 케이블) 등이 있다.

10BASE-T1L은 OSI 모델의 어느 계층?

10BASE-T1L은 기존 2-와이어 인프라를 사용해 10Mbps 전송 속도로 최대 1000m의 라인 길이를 실현한다. 물리적 이더넷 기술은 OSI 모델의 계층 1(비트 전송 계층 또는 물리 계층)에서만 정의된다. 비트 전송 계층에서 10BASE-T1L은 PROFINET, Modbus 등과 같은 일반적인 이더넷 프로토콜뿐 아니라 빌딩 관리 시스템에 흔히 사용되는 BACnet, KNX, LON과 같은 다른 버스 시스템도 지원한다. 표 1은 개요를 보여준다.

10BASE-T1L은 계층 1에서 특수한 이더넷 PHY를 사용해 구현된다. 이더넷 프레임은 MII(media-independent interface), RMII(reduced MII) 또는 RGMII(reduced gigabit MII)를 통해 MAC과 PHY 간에 전송된다. MAC은 이더넷 표준 IEEE 802.3에 의해 정의되고 데이터 링크 계층(계층 2)에서 구현된다. PHY는 물리적 인터페이스를 형성하고 전송 매체와 디지털 시스템 사이에서 데이터 인코딩과 디코딩을 담당한다.

10BASE-T1L은 어떤 디바이스와 기계에서 사용하며, 기존 인프라를 어느 정도까지 함께 사용할까? 10BASE-T1L은 대부분은 아니지만 많

은 공정 자동화 애플리케이션에서 4~20mA의 표준화된 신호를 대체하도록 설계됐다. 그러나 이것이 4~20mA 전류 루프를 통해 연결된 구형 필드 계측기를 10BASE-T1L 지원이 가능한 신형 필드 계측기로 교체해야 한다는 의미는 아니다. 이러한 기존 장치는 소프트웨어 구성 가능 I/O(SWIO)모듈을 통해 연결할 수 있으며, 원격 I/O는 10Mbps 이더넷 업링크로 PLC로 연결하기 위한 수집 지점 역할을 한다.

소프트웨어 구성 가능 I/O 모듈은 재구성 가능한 모듈 채널이 있으므로 방대한 재배선 작업이 필요 없이 빠르고 쉽게 원격으로 작업한다. 채널은 전류와 전압 모두에 대한 입력 또는 출력으로 구성하거나 디지털과 아날로그로 구성한다. 일부 경우에는 장치와 데이터에 대한 전력을 모두 10BASE-T1L을 통해 제공해야 한다는 요구사항이 있다. 이는 표준의 일부로 정의된다. 그림 1은 4~20mA 전류 루프를 통해 연결된 기존 필드 계측기와 새로운 10BASE-T1L 지원 필드 계측기를 혼합해 구축한 사례를 나타낸 것이다.

10BASE-T1L은 최대 1000m 케이블 길이에서 2.4V와 최대 200m의 짧은 길이에서 1V의 두 가지 진폭 모드를 지원한다. 1.0Vp-p 진폭 모드를 통해 이 기술은 방폭 환경에서도 사용할 수 있으며, 해당 영역에

표 1. OSI 모델과 프로토콜 및 버스 시스템 개요

OSI 모델 계층		BACnet	Modbus	KNX	LON
호스트 계층	7 애플리케이션	BACnet 애플리케이션 계층			
	6 애플리케이션	-	Modbus		LON
	5 세션	-		KNX	
미디어 계층	4 트랜스포트	UDP(BACnet/IP), TCP(BACnet/SC)	TCP		TCP
	3 네트워크	BACnet 네트워크 계층	IP, ARP, RARP		IP
	2 데이터링크	ISO 8802 (IEEE 802.3)			
	1 물리층	차폐 또는 비차폐 단일 꼬임쌍 (IEEE 802.3cg)			

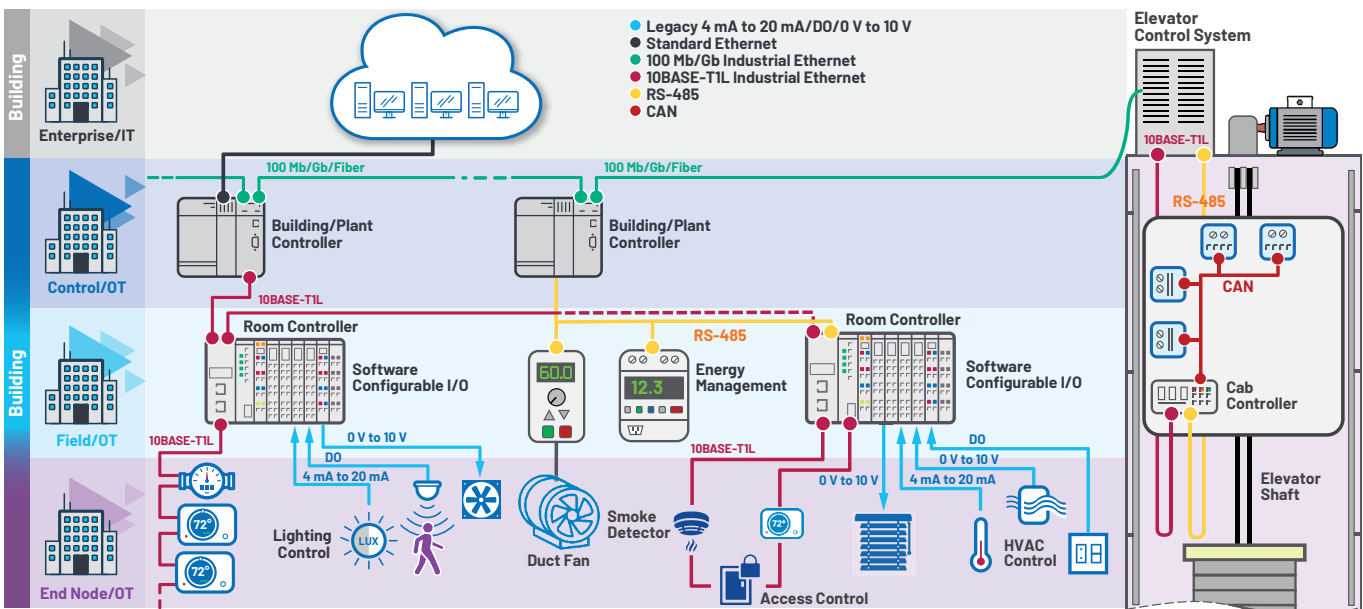


그림 1. 기존 필드 계측기와 10BASE-T1L을 지원하는 신형 필드 계측기로 구축된 아키텍처 예시

적용되는 엄격한 최대 에너지 소비 요건을 충족한다. 10BASE-T1L 표준을 기반으로 공정 자동화를 위한 본질적으로 안전한 동작을 정의하는 APL(advanced physical layer)이 산업 컨소시엄에 의해 지정됐다.

이더넷-APL을 사용하면 필드에서 클라우드까지 연결된 매끄러운 공정 자동화 설치로 전환할 수 있어 잠재적으로 폭발 위험이 있는 지역을 포함하여 식음료, 제약, 석유 및 가스 산업 설비에 적용한다. 또한, APL은 단일 트윈스트 페어 라인에서 전력 공급 단계도 정의한다. 10BASE-T1L에는 구체적인 전송 매체(케이블)가 정의돼 있지 않다. 케이블의 반사 손실과 삽입 손실에 대한 요구사항만 지정돼 있다. 필드버스 타입 A 케이블은 선택하기에 적합한 케이블이며, 이에 따라 기존 PROFIBUS 또는 파운데이션 필드버스 케이블을 재사용할 수 있다.

10BASE-T1L은 문제없이 최대 1000m의 케이블 길이에서 균형된 한 쌍의 컨덕터로 작동한다. 그러나 잡음이 있는 산업 환경에서는 커넥터, 나사 단자 또는 편치다운 블록을 사용하는 타입 A 케이블과 같은 차폐 케이블이 필요하다. 일부 10BASE-T1L 스위치 칩은 케이블에서 신호 품질을 검사하는 진단 기능을 통합하고 있다. 이처럼 10BASE-T1L은 매우 견고한 통신 기술이다. 심지어 전선을 혼합 구성해도 문제가 되지 않는다.

10BASE-T1L의 장점은?

HART 및 필드버스 장치에서 기존 4~20mA는 데이터 대역폭이 단 몇 kbps로 제한적이다. 하지만 10BASE-T1L을 사용하면 10Mbps의 속도가 가능하다. 10BASE-T1L에서는 프로세스 값뿐 아니라 구성과 파라미터화 정보 같은 추가적인 장치 파라미터도 전송한다. 미래에는 더 복잡해지는 센서 소프트웨어 업데이트뿐 아니라 센서 라인의 단락과 같은 오류 및 네트워크 진단을 데이터 라인으로 비교적 빠르게 수행하게 될 것이다. 10BASE-T1L에는 게이트웨이와 컨버터가 더 이상 필요 없기에 구성도 쉽다. 또한, 게이트웨이가 제거되어 이전 설치 방식에 따른 비용과 복잡성이 크게 줄어들고, 이로 인해 생성되는 데이터 섬 이슈도 해결된다.

이 밖에 데이터 라인을 통해 더 높은 전력을 전송한다. 예를 들어 본질적 안전 지역(위험 지역)에서 500mW를, 비본질적 안전 지역에서 최대 60W까지 전송할 수 있다. PROFINET, EtherNet/IP, HART-IP, OPC UA 또는 Modbus-TCP 같은 이더넷 표준과 MQTT 같은 IoT 프로

토콜은 필드 장치를 클라우드에 쉽고 강력하게 연결하도록 한다.

10BASE-T1L은 스위치 모듈과 함께 구성되나?

표준 이더넷과 마찬가지로 10BASE-T1L에도 다양한 네트워크 세그먼트와 장치를 연결하는 브리지가 있다. 연결된 장치에 전력을 공급하기 위해 다양한 네트워크 토폴로지를 구현하고 사용할 수 있다. 공정 자동화에서 스위치는 종종 컨트롤러, HMI 및 클라우드에 연결된다. 스위치는 가용성을 높이기 위해 링 토폴로지의 형태로 매체를 이중화하여 구성할 수 있다.

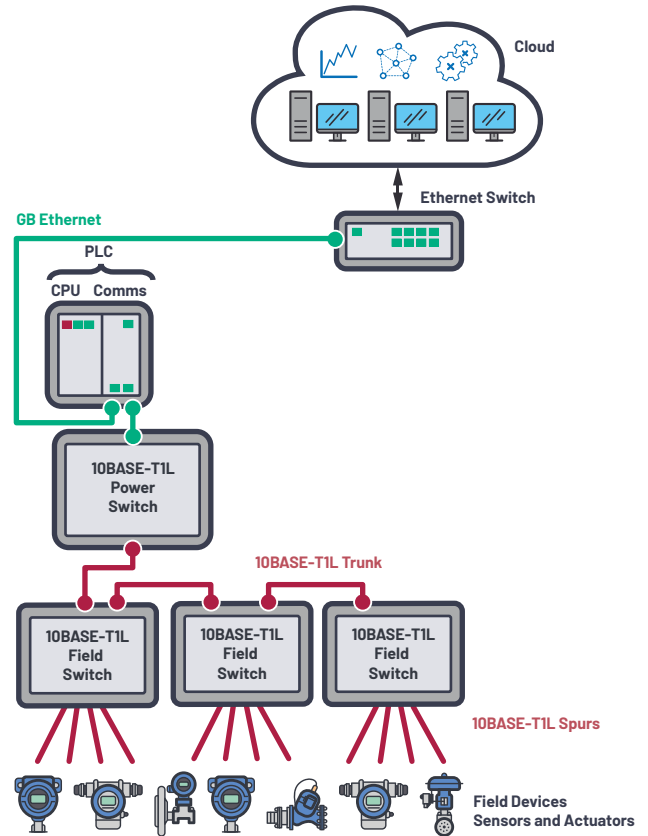


그림 2. 스위치 인터커넥션 다이어그램 예시

공정 자동화에서 장치, 센서 및 액추에이터에 대한 연결은 스퍼라고 하는 반면, 스위치와 제어 시스템까지 실행하는 사이의 연결은 트렁크에 속한다. 장치의 통합 밀도가 계속해서 높아짐에 따라 잠재 가능

표 2. 공정 자동화의 다양한 통신 기술 개요

	HART 지원 4mA-20mA	필드버스	10BASE-T1L
데이터 대역폭	1.2kbps	31.25kbps	10Mbps
상위 수준 이더넷 네트워크에 연결	복잡한 게이트웨이	복잡한 게이트웨이	게이트웨이 없이도 매끄러운 연결 구현
계측기에 대한 전력 공급	<40mW	제한적	본질적 안전 : 500mW 비본질적 안전 : 최대 60W(케이블에 따라 다름)
노하우 / 전문지식	노하우 / 전문지식 축소	노하우 / 전문지식 축소	이더넷 기술은 모든 대학 졸업자에게 매우 친숙

성도 점점 더 높아진다. 예를 들어 10BASE-T1L 스위치는 전력을 공급 받을 수 있는 추가 센서에 직접 연결되는 센서에 통합될 수 있다. **그림 2**는 다양한 스위치 인터커넥션의 예를 나타낸 것이다.

10BASE-T1L 지원 장치와의 통신은 호스트 프로세서를 통해 이뤄진다. 통신은 일반적으로 통합 MAC 기능, 수동 미디어 컨버터 또는 10BASE-T1L 포트가 있는 스위치가 필요하다.

'2-와이어'를 통해 장치에 전력을 공급할 수 있나?

10BASE-T1L 표준은 센서와 액추에이터로부터 데이터 통신을 제공할 뿐 아니라 신호 라인을 통해 이들 장치에 전력을 공급하는 것도 가능하다. 구체적으로 10BASE-T1L은 비본질적 안전 지역에서 최대 60W의 전력을 공급한다. 방폭(본질적 안전) 지역에서는 전력이 500mW로 제한된다. 이 경우, 신호 진폭도 표준 애플리케이션의 진폭 2.4V에서 1V로 감소해 해당 환경에서 적용되는 최대 에너지에 대한 엄격한 요구사항을 준수한다. 이에 따라 본질적 안전 지역에서는 줄어든 전송 거리만 가능하다. **표 3**은 Type 18 AWG 케이블에서 다양한 라인 길이와 영역에 대한 가능한 전력 전송 수준의 개요를 제공한다.

표 3. 다양한 케이블 길이에서의 전력 전송 수준 개요(Type 18 AWG)

	55V	24V
1000m	7.7W	1.23W
400m	20W	3.2W
150m	52W	8.3W

결론

10BASE-T1L은 공정 자동화를 위한 비교적 견고한 통신 표준으로서, 기존 인프라의 재사용 가능성 등 이전 4~20mA 애플리케이션에 비해 많은 장점을 제공한다.



Long-Reach, SPoE Solutions for Smart Building and Factory Automation

LTC4296-1

- ▶ IEEE 802.3cg compliant SPoE PSE controller
- ▶ Five independent PSE ports
- ▶ Wide input-supply operating range: 6 V to 60 V
- ▶ Adjustable source and return electronic circuit breakers
- ▶ 52 μ A (typical) and 51 μ A (typical) input supply current in sleep and disabled states, respectively

Learn More at [analog.com/ LTC4296-1](https://analog.com/LTC4296-1)

스마트 빌딩 vs. 인텔리전트 빌딩, 당신의 선택은?

베리 멀리건, 아나로그디바이스 마케팅 매니저

이 글에서는 인텔리전트 빌딩이란 무엇이고, 인텔리전트 빌딩으로 전환하도록 하는 동력은 어떤 것들이며, 새로운 이더넷 기술을 사용해서 기존 빌딩을 어떻게 인텔리전트 빌딩으로 탈바꿈할 수 있는지 알아본다.

인텔리전트 빌딩이란?

'인텔리전트 빌딩(intelligent building)'이라는 용어는 1980년대 초에 미국에서 처음으로 사용하기 시작했다. 워싱턴에 위치한 인텔리전트 빌딩 협회(Intelligent Building Institution)는 인텔리전트 빌딩을 다음과 같이 정의하고 있다.

"인텔리전트 빌딩은 다양한 시스템들을 도입해서 자원을 통제된 방식으로 효과적으로 관리함으로써 기술적 성능, 투자 및 운영비용 절감, 유연성을 극대화하는 빌딩을 말한다."

어떤 사람이 "자기의 이익을 위해서 똑똑하다(smart)"고 말은 해도 "자기의 이익을 위해서 지적이다(intelligent)"라고 말하지는 않는다. 이는 똑똑한 것과 지적인 것이 명확한 차이가 있기 때문이다.

"똑똑한 사람은 말하고 지적인 사람은 듣는다"는 말이 있다. 마찬가지로 스마트 빌딩과 인텔리전트 빌딩의 차이는, 스마트 빌딩은 사용자가 시스템을 자신의 의도에 맞게 동작하도록 프로그램하는 것이고, 인텔리전트 빌딩은 적절한 센싱과 처리 기능을 사용해서 빌딩이 스스로 감지하고 최적이라고 판단되는 것을 프로그램하는 것이다. 이를 위해서는 필요한 외부 환경 정보를 가능한 많이 수집하기 위한 센싱 기능, 수집된 데이터를 빌딩의 '뇌'(현장 내 또는 클라우드에 위치)로 전송하기 위한 통신 경로, 그리고 최적의 조치에 대한 실행을 지시하기 위해 수집된 정보를 처리하는 머신러닝 알고리즘이 필요하다. 그런 다음에 이 조치는 실행을 위한 관련 시스템에 동일한 통신 경로를 통해 전달된다.

인텔리전트 빌딩의 동향

만약에 우리가 황무지나 무인도에서 조난을 당하는 불운한 상황에 처하게 된다면 생존을 위해 3가지 원칙을 기억해야 한다. 3시간 안에 피난처를 찾고, 3일 안에 물을 찾고, 3주 안에 먹을거리를 찾아야 한다는 것이다. 여기서 가장 중요한 것은 피난처를 찾는 것이다. 오늘날 우리는 황무지에서 조난을 당한 것은 아니지만, 지구의 미래와 인류의 미래를 위해서는 우리의 피난처로서 인텔리전트 빌딩으로 전환하는 것이 시급하게 되었다.

새로 건설하는 빌딩이나 기존 빌딩을 인텔리전트 빌딩으로 전환하는 것은 디지털화를 통해서 가능하다. 이는 빌딩 운용 및 유지관리와 관련한 요소들이 실시간으로 측정되고 빌딩의 두뇌로 보내져 분석되고 관리되는 디지털 신호로 변환하는 과정이다. 에너지 효율을 높이고 지속가능성을 높이기 위해 신규 또는 기존 빌딩을 디지털화 하는 것은 탄소 배출 저감을 위한 중요한 요소들이다.

미래의 인텔리전트 빌딩을 위해서는 다음과 같은 4가지 측면을 고려해야 한다.

- ▶ **건강과 안전** : 공간이 입주자들의 안락함을 높이도록 설계되었는가? 입주자가 안전함을 느끼고 입주 환경이분위기와 삶의 질을 높이도록 설계되었다면, 이들은 생산성을 더욱 높일 수 있을 것이다. 사회적 거리두기 완화로 인해 재택근무 대신 사무실 근무 형태로 복귀하는 추세라 이러한 측면은 더 중요해졌다.
- ▶ **지속가능성** : 공간은 탄소 배출을 줄일 수 있을 만큼 효율적인가? 이는 에너지 비용을 절감하고 유지관리 비용을 줄인다는 점에서 건물주에게 이득일 뿐 아니라, 더 많은 사람들에게도 환경적, 경제적, 사회적으로 이득이다.

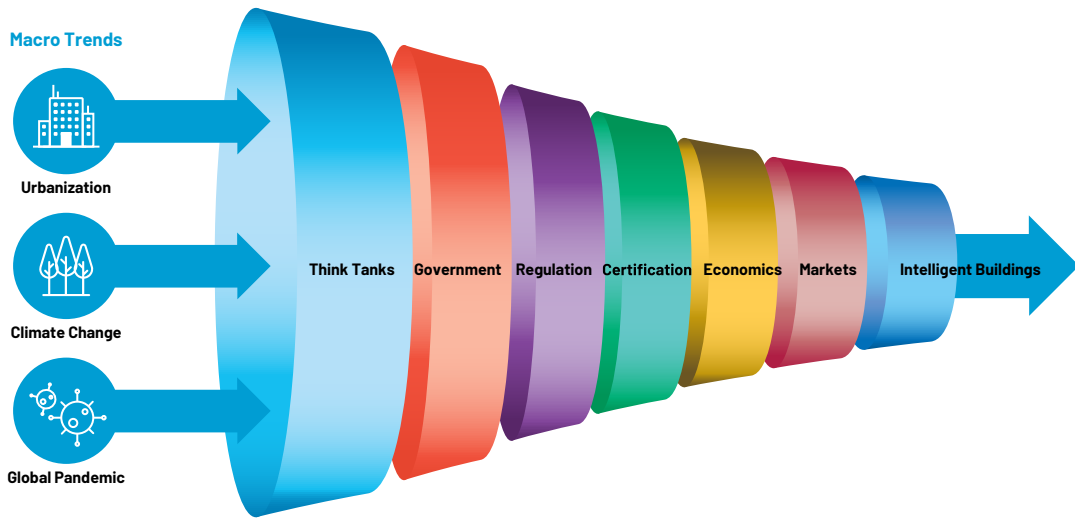


그림 1 인텔리전트 빌딩에 대한 영향 요소의 퍼널(Funnel)

- ▶ **탄력성** : 건물 수명이 오래 갈 수 있게 미래를 염두에 두고 설계되었는가? 오늘날 빌딩은 150년 이상을 지속하도록 건설된다. 미래에 어떤 혁신이나 첨단 기술이 등장할지 모르지만, 갈수록 더 많은 시스템이 온라인으로 연결되고 IP 주소가 부여됨에 따라, 빌딩의 IT 및 OT 인프라가 미래에 예상되는 데이터 트래픽 증가를 처리할 수 있도록 계획할 수는 있다.
- ▶ **경제성** : 경제적 이득이 없다면 변화를 수용하기가 쉽지 않다. 돈은 가치이고, 빌딩을 지능적으로 만듦으로써 가치를 높일 수 있다. 하지만 비용 절감을 실현하기까지는 먼저 자본 투자가 필요하다. 건물주가 자신의 건물을 인텔리전트 빌딩으로 업그레이드하기 위해서는 혁신적인 파이낸싱 모델이 필요할 것이다.

이러한 4가지 측면을 충족할 수 있는 것이 빌딩 자동화이다. 오늘날 빌딩 자동화는 상당 부분이 폐쇄적인 사일로(silo)형 시스템들이 분리된 환경에서 동작하며 다른 시스템에 영향을 미치지 않고 자신이 맡은 기능을 수행하도록 설계되었다. HVAC, 조명, 출입 제어, 화재 경보, 엘리베이터, 점유 감지 같은 시스템들을 들 수 있다. 사일로형 시스템들은 대체로 비효율적이라서 탄소 배출 증대로 이어진다.

이제 인텔리전트 빌딩으로의 전환을 추진하는 매크로 트렌드와 인텔리전트 빌딩 기술에 투자함으로써 거둘 수 있는 이점에 대해서 알아보자.

인텔리전트 빌딩은 왜 필요한가?

그림 1은 인텔리전트 빌딩에 대한 수요가 현 시대에 어떻게 도출되는지 보여주는 생태계의 대략적 개요이다. 먼저 세계적인 매크로 트렌드로서 도시화와 기후 변화부터 살펴보자.

도시화는 점점 더 많은 인구가 시골 지역에서 도시 지역으로 이주하는 것을 말한다. 사람들은 더 나은 삶을 찾아서 도시로 이동한다. 도시는 일자리가 더 많고 상품, 서비스, 의료, 교육에 대한 접근성이 더 좋다. 인구 증가 또한 도시화에 일조하고 있으며, 2050년에는 세계 인구의 65% 이상이 도시 지역에 거주할 것으로 예상된다. 2060년에는 전 세계 빌딩의 전용면적이 두 배로 늘어날 것으로 예상된다. 이는 뉴욕시를 40년 동안 매월 한 개씩 새로 건설하는 것과 맞먹는다.

기후 변화는 전 지구적 및 지역적 기후 패턴의 변화를 말한다. 기후 변화는 20세기 중반에서 후반으로 가면서 더욱 심화되었는데, 주된 이유는 화석 연료 사용으로 인해 대기 중에 더 많은 이산화탄소가 발생했기 때문이다. 국제에너지기구(IEA)는 전 세계 이산화탄소 배출의 40%가 빌딩으로부터 발생하는 것으로 추산하고 있으며, 이 가운데 28%는 전적으로 빌딩을 가동하고 유지관리 하는 데 따른 것이다. 더 놀라운 사실은 현재 빌딩에서 사용되는 에너지의 50%는 낭비되고 있다는 것이다. 빌딩에서 에너지 소비와 그에 따른 이산화탄소 배출이 최근 간신히 증가세를 멈추었지만 앞으로 더 많은 빌딩이 지어질 추세를 볼 때, 만약 에너지 효율을 높이지 않는다면 빌딩이 환경에 미치는 영향은 더 심해질 것이다.

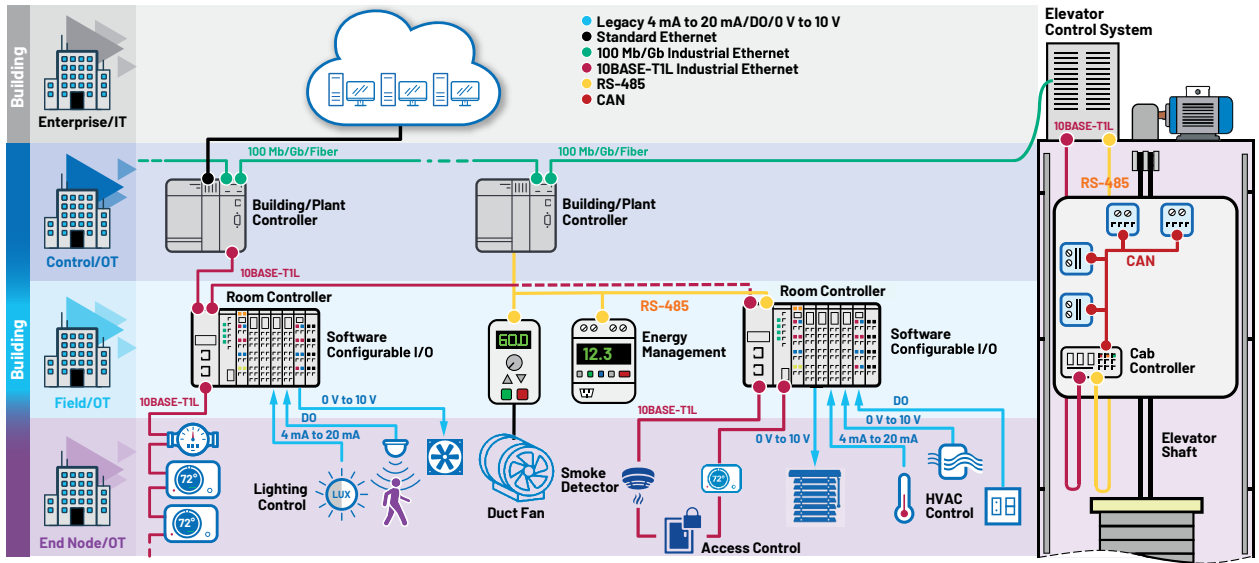


그림 2 인텔리전트 빌딩 인프라

UN 환경 프로그램이나 세계은행 같은 영향력 있는 싱크탱크들은 빌딩의 에너지 효율을 높이기 위한 정책들에 초점을 맞추고 있으며, 지속가능하고 지능적인 빌딩에 투자하는 것과 기존 빌딩을 현행 EU 지속가능성 요건을 충족하도록 개조하는 것에 대해 인센티브를 제공한다.

기후 변화 저지 목표를 달성해야 하는 각국 정부들은 이 같은 제안들을 도입하기 시작했다. EU는 그린딜 정책(Green Deal policy)의 일환으로, 대규모 개조 프로그램에 대해 자금을 지원한다. EU에는 약 2억2천만 개의 빌딩이 있다. 이 중에서 85%가 2001년 이전에 지어진 것이고 기존 빌딩의 90%는 2050년에도 여전히 서 있을 것으로 예상되므로 개조를 위한 시장 기반이 크다고 할 수 있다. EU는 2030년까지 3천만 개의 빌딩을 개조한다는 목표를 세우고 있다. 미국에서는 인프라 법과 스마트 빌딩 가속화 법이, 중국에서는 5개년 계획이 비슷한 역할을 수행할 것으로 기대된다.

다양한 정부 정책과 빌딩에 대한 규정들이 빌딩의 에너지 효율을 높이도록 유도하고 있다. EU는 개정된 빌딩 에너지 성능 규정의 시행을 앞두고 있으며, 미국에서는 ASHRAE 표준이 규정 준수를 유도한다. 이 밖에 많은 나라들도 저마다 관련 규정을 도입하고 있다.

친환경 및 인텔리전트 빌딩 인증 역시 보편화하고 있다. 경우에 따라 이는 특정한 자본 투자를 위한 필요 요소이지만, 장기적으로 보면 이러한 인증이 빌딩의 잠재 수익에 있어서 프리미엄을 높일 수 있다. LEED, BREEAM, EDGE가 친환경 인증으로서 잘 알려진 것들이며,

중국에서도 자체적인 인증을 개발하고 있다. 인텔리전트 빌딩 인증은 보다 최근의 것이지만, TIA와 UL이 손잡고 SPIRE를 개발함으로써 향후 이 프로그램 역시 보편화 될 것으로 보인다.

빌딩의 이 같은 잠재적 개선은 빌딩을 더 건강하고 친환경적이며 지능적으로 만듦으로써 경제적 이득을 가져다준다. 조사에 따르면, 런던에서 인증을 받은 빌딩은 그렇지 않은 빌딩보다 동일 면적에 대해 임대나 매각에 있어서 4%의 프리미엄을 얻을 수 있다고 한다.

빌딩의 변화는 전 세계적으로 가속화하고 있으며, 주요 빌딩 자동화 회사들은 이 기회를 포착하기 위해서 주시하고 있다. 이들의 분기 매출 보고서를 보면 이들 빌딩 자동화 회사의 고객들이 친환경적이고 건강한 빌딩을 통해서 수백만 톤의 탄소 배출을 줄이게 된다는 것을 강조함을 알 수 있다. 이를 가능케 하는 것이 대량의 빌딩 디지털화이다. 에지 노드(edge node)까지의 전 과정에 걸쳐서 지능화를 이루고, 더 많은 지능 데이터를 수집하고, 다양한 빌딩 시스템으로부터 실행 가능한 통찰을 끌어냄으로써 빌딩의 성능을 세밀하게 조절하고 최적화해서 최대의 에너지 효율과 최대의 지속가능성을 달성할 수 있다.

인텔리전트 빌딩, 어떻게 달성할까?

오늘날 대부분의 빌딩은 빌딩 관리 시스템(BMS)을 갖추고 있는데, 서두에서도 언급했듯이 조명, HVAC, 출입 제어 같이 각각의 기능을 수행하는 고립된 서브시스템들로 이루어졌다. 인텔리전트 빌딩을 달성

하기 위해 기존 인프라를 허물고 새로 구성하는 것은 비용이 너무 많이 들 것이다. 이때, 반도체 업계가 중요한 역할을 할 수 있다. 반도체 기술을 통해 현재 인프라를 디지털화하고 고립된 빌딩 시스템들을 상호 연결하여 개조 시장을 이끌어낼 수 있기 때문이다. 그림 2는 다양한 기술과 통신 프로토콜을 사용해서 기존의 BMS 시스템을 인텔리전트 빌딩으로 탈바꿈하는 과정을 보여준다.

이더넷은 높은 통신 속도로 인해 일상생활이나 기업에서 흔히 사용하는 프로토콜이지만, 도달 가능 거리와 지원 가능한 토폴로지에 있어서 한계가 있다. 하지만 1킬로미터 거리까지 단일 연선 같은 단순한 케이블을 통해서 이더넷과 IP를 전송할 수 있다면 어떨까? 그렇게 되면 클라우드부터 에지 노드까지 전 과정에 걸쳐 매끄러운 연결이 가능해지고, IT와 OT를 융합함으로써 기존 시스템들 간의 장벽을 허물어, 바로 실행 가능하거나 유용한 통찰을 생성할 수는 없지만 이 시스템들로부터 데이터를 수집할 수 있다.

10BASE-T1L은 에지 커넥티비티를 가능케 하는 핵심 기술로서, 클라우드부터 에지 노드까지 전 과정에 걸쳐 매끄러운 연결을 가능하게 하고, 어디에서나 실시간 실행 가능한 제어를 할 수 있는 IP 주소가 부여된 에지 노드를 제공한다. 이러한 제어가 가능하면 보유 비용을 절감할 수 있다. 네트워킹을 간소화하고, 데이터를 손쉽게 수집 및 해석하고, 설치와 유지관리를 간소화할 수 있기 때문이다. 또한, 기존에 단순한 아날로그 센싱을 사용하던 곳에 지능성을 추가할 수 있다. 에지를 디지털화하고 좀 더 지능적인 데이터를 생성함으로써 전체 빌딩을 디지털화 할 수 있다.

10BASE-T1L은 2019년에 IEEE에서 802.3cg로 승인되었다. 아나로그디바이스(Analog Devices)는 이 위원회의 회원사로서, 이 표준 제정에 일조했다. 이 표준의 뼈대는 단일 케이블을 통해서 10Mbps의 통신 속도로 전원과 데이터를 제공한다는 것이다. 케이블은 단일 연선이고 도달 가능 거리는 1킬로미터이다. 여기에서 중요한 점은 빌딩 개조 작업을 위해서 기존의 연선 케이블을 사용할 수 있다는 것이다.

이 표준은 RS-485 같은 기존 인프라와 비교할 때 몇 가지장점을 갖는다. 통신 속도가 1킬로미터 거리에 걸쳐 일정하며, RS-485처럼 거리에 따라 달라지지 않는다. 뿐만 아니라 10BASE-T1L은 데이터에 있어서 노드 수에 제한이 없다. RS-485는 256개로 노드 수가 제한된다. 또 한 가지 중요한 장점은 PoE(Power over Ethernet)와 유사하게 동일한 단일 연선을 통해서 최대 52W의 전원을 공급할 수 있다는 것이다. RS-485는 설계된 전력(engineered power)으로 제한된다.

하지만 RS-485는 빌딩 자동화에 있어서 특정 사용 사례에서 여전히 쓸모가 많다. 빌딩은 하루아침에 완전 디지털로 전환할 수 있는 것이 아니다. 따라서 당분간은 10BASE-T1L이 기존 시스템들과 공존해야 할 것이다. 10BASE-T1L은 에지까지 전 과정에 걸쳐 매끄러운 IP를 제공하면서 기존 아키텍처의 RS-485 및 소프트웨어 구성 가능 I/O들과 함께 작동할 것이다.

이 표준은 1킬로미터 거리를 충족하기 위한 가이드라인을 제시하고 있지만, 이 거리를 전부 도달할 수 없을 것이라는 이해 차원에서 다른 케이블을 사용하는 것에 대해 제한을 두지 않고 있다. 차폐 및 비차폐 케이블을 모두 사용할 수 있다. 따라서 대부분의 경우 개조가 가능하다. 1킬로미터 케이블 중 어디에서 문제가 발생했는지 정확히 파악할 수 있다면 큰 도움이 될 것이다. BMS 시스템 작업자라면 킬로미터 길이의 케이블로 시스템을 설치하고 시험운영하고 유지관리하기가 얼마나 수고로운 일인지 잘 알 것이다. 다행히도 10BASE-T1L은 적합성 및 링크 품질 테스트가 가능할 뿐만 아니라 케이블 설치 및 유지관리와 관련한 테스트도 가능하다.

맺음말

지구 온난화로 인해 지구상의 많은 종들이 멸종되어 감에 따라, 인텔리전트 빌딩으로의 전환은 탄소 배출 저감을 위한 노력의 일환으로서 중요하게 되었다. 우리가 지금 노력하지 않는다면 다음에 멸종되는 종은 인류가 될지도 모른다. 인텔리전트 BMS는 지속가능성과 효율, 통신, 빌딩 제어와 자동화, 작업자의 건강과 안전, 보안과 관련해서 의 사결정에 필요한 데이터를 제공한다. 그러므로서 빌딩 시장에서 건강과 안전, 지속가능성, 탄력성, 경제성을 높일 수 있게 해준다.



Long-Reach, SPoE Solutions for Smart Building and Factory Automation

LTC9111

- ▶ IEEE 802.3cg compliant SPoE PD controller
- ▶ Wide Input Voltage Range: 2.3V to 60V
- ▶ Supports Serial Communication Classification Protocol (SCCP)
- ▶ Wakeup Signature
- ▶ Integrated 3.5V Standby Regulator
- ▶ 150 μ A Maximum Current During Classification

Learn More at [analog.com/ LTC9111](https://analog.com/LTC9111)

PoE 용 전원 서브시스템 설계

글: 아나로그디바이스(Analog Devices, Inc.)

개요

PoE(Power over Ethernet) 기술을 활용하면 기존의 CAT5/5e/6 이더넷 케이블을 통해 데이터 전송과 전원 공급을 할 수 있다. PoE 시스템은 감시 카메라, 홈/빌딩 제어, 디지털 간판, VoIP 전화기, 와이파이 액세스 포인트 같은 애플리케이션에 사용하기에 유용하다는 것이 입증되었다. 이 글에서는 PoE 시스템 설계, 그 중에서도 특히 PD(powered device) 전원 서브시스템 설계에 관해서 자세히 알아본다.

머리말

PoE 시스템은 네트워크 스위치나 미드스팬 인젝터 스위치 같은 몇몇 형태의 PSE(power sourcing equipment)와 PD 장비들로 구성된다(그림 1).

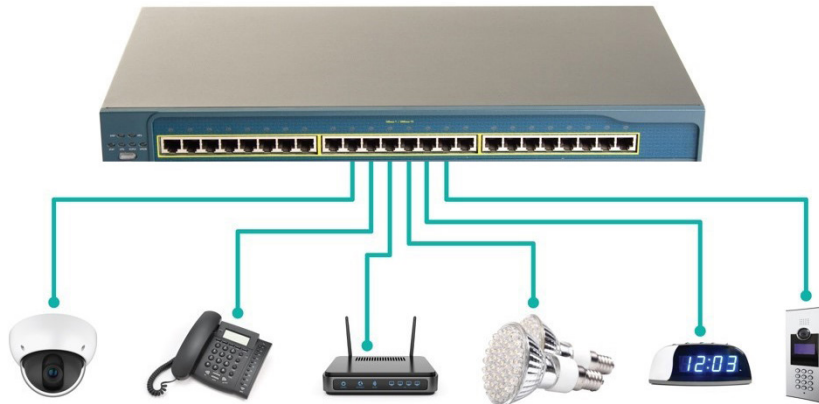


그림 1. PSE(위)와 PD(아래) 장비들로 구성되는 PoE 시스템 예시

PoE는 최종 장비에 연결해야 하는 케이블 수를 줄일 수 있다는 점에서 유리하다. 단일 이더넷 케이블을 사용하므로 설치를 간소화할 수 있을 뿐만 아니라, 중앙에서 전원 관리가 가능하다. 다시 말해, PD들을 원격으로 켜고 끌 수 있으며, PSE가 무정전 전원공급장치(UPS) 전원을 사용한다면 AC 전원이 끊기더라도 PD 장비들을 계속해서 작동시킬 수 있다.

물론, 엔드포인트까지 효율적으로 제공할 수 있는 전력의 양과, 전력을 공급하는 네트워크 스위치에서부터 엔드포인트까지의 거리에는 제한이 있다. 표준에서 정의하고 있는 PoE 가능 스위치에서부터 PoE PD까지의 최대 거리는 100미터이다. 하지만 PoE 이더넷 확장기를 사용하면 이 거리를 늘릴 수 있다.

전원은 이더넷 케이블의 트위스티드 데이터 와이어를 사용해서 공급된다. 각각의 이더넷 케이블은 4쌍의 데이터 와이어를 포함한다. 기가비트 이더넷(현재 가장 널리 사용되는 유형)은 4쌍 모두 데이터를 전송한다. 전원은 그림 2에서 보듯이 이들 4쌍의 와이어 중에서 2쌍의 와이어 조합을 사용해서 공급할 수 있다. 두 가지 조합 방식 중 하나를 Alternative A라고 하고, 나머지 하나를 Alternative B라고 한다.

IEEE 표준을 충족하려면, PD는 Alternative A와 Alternative B를 모두 지원해야 하고, PSE는 Alternative A나 Alternative B를 지원하거나, 또는 둘 다 지원할 수 있다.

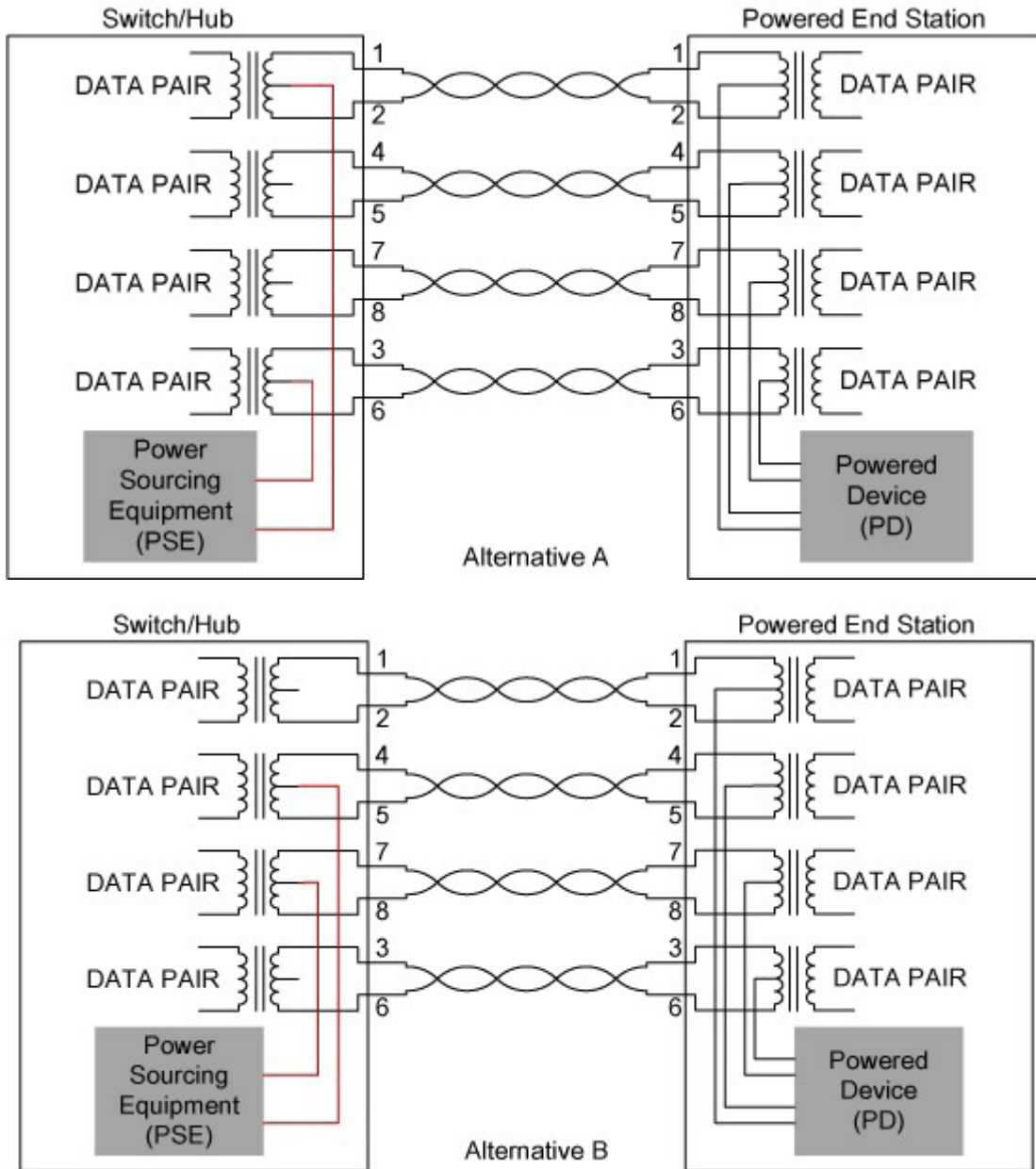


그림 2. Alternative A와 Alternative B 전원 연결 방식을 보여주는 PoE 에코시스템

IEEE 표준은 엔드포인트에 공급할 수 있는 전력량을 규정하고 있다.

- ▶ IEEE802.3af는 2003년에 승인된 첫번째 표준으로서, 이더넷 케이블에서 2쌍의 와이어를 사용해 15.4W/포트를 출력하도록 규정했다. 이는 100미터 거리에서 PD가 12.95W의 전원을 공급받을 수 있다는 것을 뜻한다.
- ▶ 2009년에는 IEEE가 PoE+ 표준(802.3at)을 승인했다. 이 표준을 통해 PD는 100미터 거리에서 25.5W의 전원을 공급받을 수 있다. 이 표준은 하위 호환이 가능하므로, 이전 표준 기반의 PD들이 새로운 표준의 PSE와 함께 작동할 수 있다.
- ▶ 2018년 9월에 승인된 IEEE 802.3bt는 100미터 거리에서 PD에 71W를 공급한다. 이 표준에 따라 PSE는 단일 이더넷 케이블을 이용해 100W를 출력할 수 있게 되었고, 그럼으로써 PoE 시장을 LED 조명이나 대형 디스플레이 분야까지 확대하게 되었다.

표 1. 은 PSE가 공급하고 PD가 공급받을 수 있는 전압 범위를 보여준다.

	IEEE802.3af (V)	IEEE802.3at (V)	IEEE802.3bt (V)
PSE 급전(출력)	44 ~ 57	50 ~ 57	50 ~ 57
PD 수전(수신)	37 ~ 57	42.5 ~ 57	42.5 ~ 57

PoE 시스템 설계: PD 전원 서브시스템

통상적인 PD 전원 서브시스템은 그림 3과 같은 모습이다.

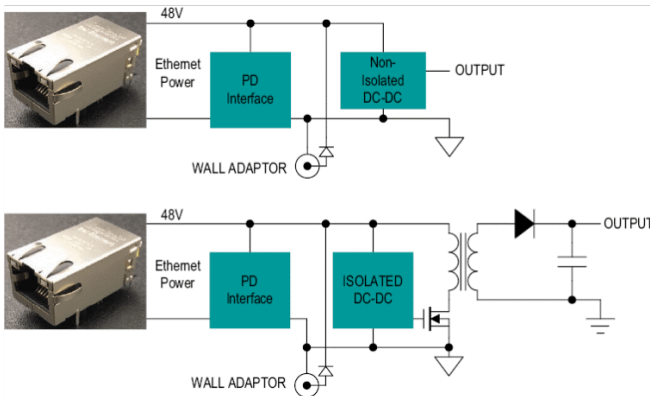


그림 3. PoE PD 전원 서브시스템 (위: 비절연형, 아래: 절연형)

PD 전원 서브시스템은 이더넷 케이블로부터 전원을 받아들이는 PD 인터페이스 컨트롤러와 이것을 회로 기능에 필요로 하는 전원 레일로 하향 조정하는 DC-DC 컨버터로 구성된다. 표 2는 PD가 PoE 커넥터로부터 인출할 수 있는 최대 전력량을 보여준다. PD는 PD 인터페이스 컨트롤러의 분류에 따라 자신의 클래스를 확인하고 해당 클래스에 따

른 적정 전력량을 수신해야 한다. PD 클래스 분류에 관한 자세한 내용은 IEEE802.3bt 표준에서 확인할 수 있다.

표 2. PoE 커넥터로부터 인출할 수 있는 전력량

PD 클래스	PD가 인출할 수 있는 최대 전력 (PClass_PD)(단위: W)
1	3.84
2	6.49
3	13
4	25.5
5	40
6	51
7	62
8	71

적합한 전원 솔루션을 선택하기 전에, 다음의 체크 리스트들을 확인하는 것은 자신이 설계하고자 하는 PD의 요건을 파악하는 데 도움이 된다:

▶ PD에 얼마나 많은 전력이 필요한가?

PD가 필요로 하는 최대 전력에 근거해서 그에 부합하는 적정 클래스를 선택한다. 이때, PD 전력보다 지나치게 높은 클래스를 선택하지 않는 것이 좋다. 한 가지 이유는 전력량이 높아질수록 전원 솔루션에 지불해야 할 비용이 늘어나기 때문이고, 또 다른 이유는 동일한 PoE 네트워크에 연결된 다른 PD들에 PSE가 할당할 수 있는 전력량이 줄어들기 때문이다.

▶ 절연이 필요한가?

PD와 PSE는, 프레임 접지(사용할 경우)를 포함한 모든 접근 가능한 외부 도체들과, PD나 PSE에 사용되지 않는 것을 포함한 모든 MDI(media-dependent interface) 리드들 사이에 절연을 제공한다. 사용자는 서로 다른 전기 절연 특성이 필요한 두 가지 배전 환경을 고려해야 한다.

- A 환경: LAN 또는 LAN 세그먼트와 모든 연결된 장비가 전적으로 단일 저전압 배전 시스템과 단일 빌딩 이내로 국한되는 경우이다. A 환경용 다중포트 네트워크 인터페이스 디바이스(NID)는 링크 세그먼트들 사이에 전기 절연을 필요로 하지 않는다.
- B 환경: LAN이 개별 배전 시스템 사이의 경계나 단일 빌딩의 경계를 넘어가는 경우이다. 이러한 환경에서는 여러 PSE와 PD를 갖춘 장비, 또는 PSE와 PD 모두가 각각 관련 MAU/PHY(media attachment unit/physical layer)의 절연 요구 사항을 충족하거나 능가해야 한다.

예를 들어, PD가 단일 디바이스이고 어떠한 외부 커넥터가 없고 플라스틱 케이스 안에 들어 있다면(예: 보안 카메라, PoE-LED 전구, 저가형 IP 전화기 등) 절연이 필요하지 않다. 이 경우에는 비절연형 전원 솔루션을 선택함으로써 설계를 간소화하고 비용을 낮출 수 있다.

▶ **PD를 벽면 전원도 이용할 수 있도록 설계해야 하는가?**

예를 들어 아직 PoE가 가능하지 않은 건물에서 IP 전화기를 사용하기 위해 AC 전원 어댑터 입력이 필요할 수 있다. 그러므로 PoE가 가능하지 않은 곳에서 PD를 사용해야 하는 경우에는 벽면 전원과의 인터페이스 기능을 지원하는 PD 인터페이스를 선택해야 한다.

▶ **관계 당국의 규제를 준수하기 위해 PD가 저전력 대기 모드를 지원할 필요가 있는가?**

IP 전화기 같은 장비가 휴지 시간(업무 시간 중 사용되지 않을 때)과 슬립 시간(업무 시간이 아닐 때)에 되도록 더 적은 전력을 소모하도록 하는 것과 같이, 녹색 전력 기능에 대한 규제가 갈수록 엄격해지고 있다. 규제를 준수하고 보다 친환경적인 세상을 만드는 데 기여하기 위해서 MPS(maintain power signature) 및 저전력 슬립 모드 같은 기능을 포함하는 PD 인터페이스 컨트롤러를 선택한다.

▶ **고효율이 중요한가?**

효율이 높으면 전력 손실을 줄임으로써, PD의 방열 요건을 완화할 수 있다. 열 발산이 낮아지면 동작 온도를 낮출 수 있으며, 이는 신뢰성 향상으로 이어진다. PD가 작동하기 위해서 가령 60W 정도의 높은 전력이 필요하다고 가정할 때, 효율이 80%인 PD라

면 $60W/80\% = 75W$ 의 입력 전력이 필요할 것이다. 이는 PD가 커넥터로부터 인출할 수 있는 최대 전력인 71W(클래스 8)를 초과하므로 PoE 활용이 불가능하다. 효율이 90%인 PD라면 $60W/90\% = 67W$ 의 입력 전력을 필요로 하므로, 클래스 8(71W) 요건을 여유 있게 충족할 수 있다. 이러한 경우, 고효율은 필수다. 아울러, 설계하는 PD의 클래스를 되도록 낮게 하는 것이 항상 바람직하다. 그렇게 함으로써 시스템에서 남는 PoE 전력을 더 많은 PD 디바이스들로 할당할 수 있다. 고효율은 경계선 상에 있는 PD를 보다 낮은 전력 클래스에 포함될 수 있게 한다.

PD 인터페이스 컨트롤러 선택

PD 인터페이스 컨트롤러를 선택할 때는 다음과 사항들을 고려해야 한다.

- ▶ IEEE 802.3af/at/bt 호환
- ▶ 타입 1~4 PSE 클래스 지시기 또는 외부 벽면 전원 지시기 출력
- ▶ 간소화된 벽면 전원 인터페이스
- ▶ 멀티 이벤트 클래스 0~8
- ▶ 지능형 MPS
- ▶ 슬립 모드 및 초저전력 슬립 모드

이는 앞서 언급한 대부분의 PD 요구 사항을 충족하는 특성들이다. 나머지 요건들은 DC-DC 컨트롤러를 사용해서 충족할 수 있다. 표 3은 권장할 만한 몇몇 PD 인터페이스 컨트롤러 제품들과 이들 제품의 주요 특징을 보여준다.

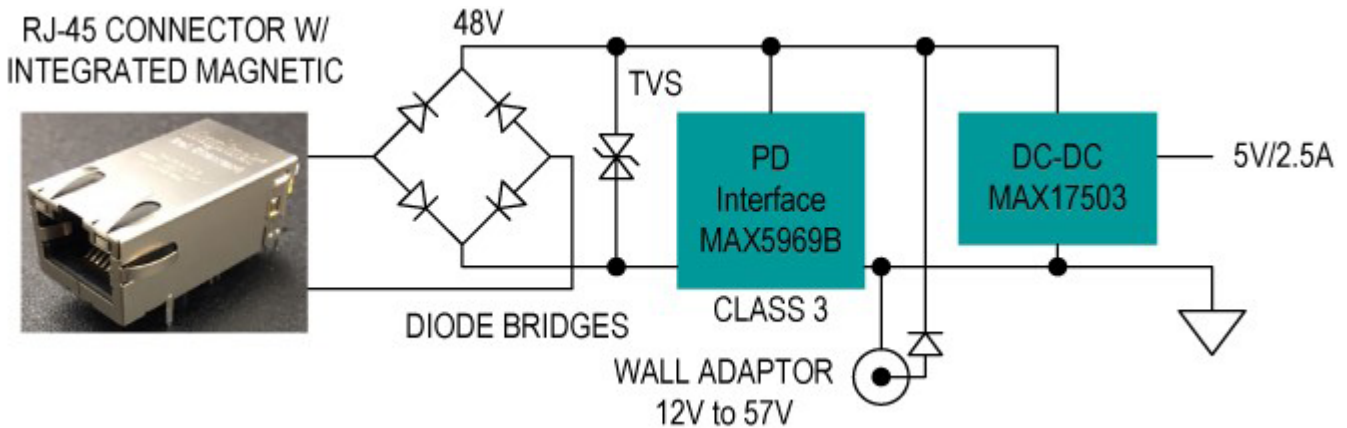


그림 4. MAX5969B와 MAX17503을 사용한 클래스 3 PD(비절연형)

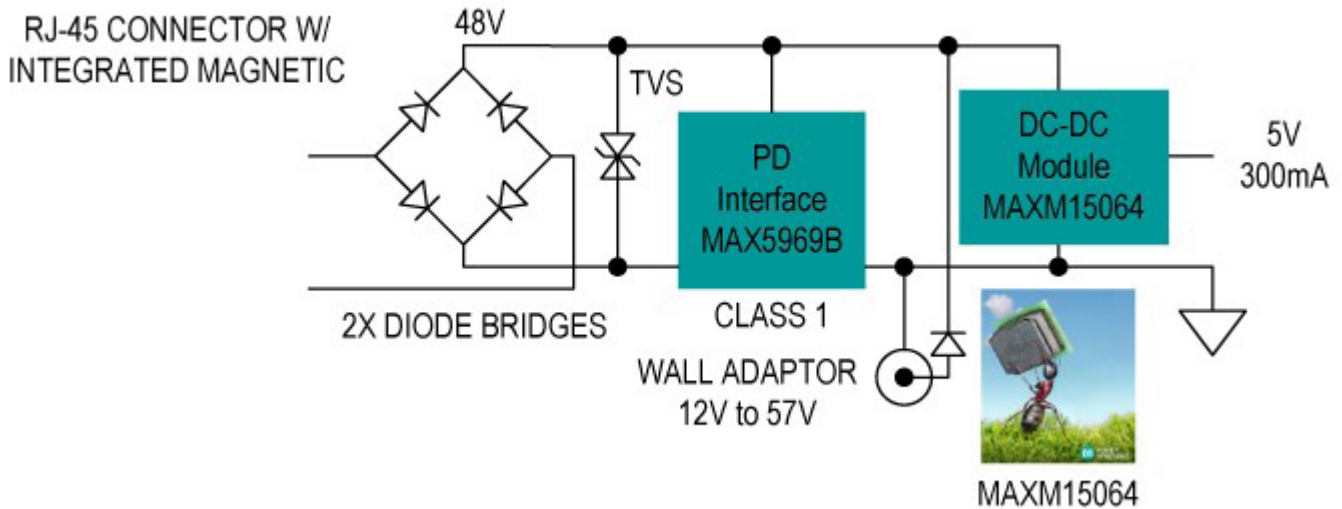


그림 5. MAX5969B와 소형 μ SLIC 전원 모듈 MAXM15064를 사용한 클래스 1 PD(비절연형)

표 3. 권장되는 PD 인터페이스 컨트롤러 제품들

	802.3af/at 호환	CoC 호환	70W
MAX5969	X		
MAX5981	X	X	
MAX5982	X		X

비절연형 DC-DC 컨버터 선택

PD가 절연이 필요 없다면, DC-DC 컨버터로는 고전압 벽 컨버터가 적합할 것이다. 효율, 총 솔루션 크기, 비용을 중요하게 고려해야 한다. 이러한 요건들을 고려하면 동기 정류, 넓은 입력 전압 범위, 높은 집적 수준을 특징으로 하는 부품들을 사용해야 한다. 그림 4는 효율과 크기 요구 사항을 충족하는 비절연형 DC-DC 컨버터 솔루션의 예를 보여준다. 이것은 클래스 3 PD이다. MAX5969B는 PD 인터페이스이고, MAX17503은 DC-DC 벽 컨버터(비절연형)이다. 출력은 5V/2.5A이고, 피크 효율은 92%이다.

그림 5는 또 다른 비절연형 DC-DC 컨버터의 예로서, 5V/300mA인 MAXM15064 μ SLIC 전원 모듈을 사용한 클래스 1 솔루션이다. MAXM15064는 매우 작은 크기의 μ SLIC 10핀 2.6mm x 3.0mm x 1.5mm 패키지로 제공된다.

절연형 DC-DC 컨버터 선택

PD에 절연이 필요한 경우에는 약 40W의 전력(클래스 5 이하)을 제공할 수 있는 플라이백 컨버터가 적합할 것이다. 필요한 부품 수를 최소화하는 제품을 사용함으로써 보드 공간을 절약하고 비용을 낮출 수 있다. 예를 들어 출력 전압 레귤레이션을 위한 피드백에 옵토커플러가 필요 없는 절연형 플라이백 컨트롤러를 사용함으로써 많은 외부 부품을 없앨 수 있고, 그럼으로써 그만큼의 보드 공간을 절약하고 비용을 낮출 수 있다. 또한 옵토커플러는 시간이 지나면서 성능 저하를 일으키므로, 옵토커플러를 사용하지 않는 것은 신뢰성을 높이는 결과를 가져온다.

그림 6은 절연형 DC-DC 컨버터 솔루션의 예시이다. 이는 클래스 2 PD이고, 5V/1A 출력을 낼 수 있으며, 12V~57V 벽면 전원 입력 전압으로 동작할 수 있다. 이 솔루션은 PD 인터페이스로서 MAX5969B와, 옵토커플러를 필요로 하지 않는 플라이백 DC-DC 컨버터로서 MAX17690을 사용한 것이다.

플라이백 DC-DC 컨버터의 효율을 더 향상시키기 위해 출력 정류 다이오드를 동기 정류로 교체할 수 있다. 그림 7의 회로는 이러한 예를 보여준다.

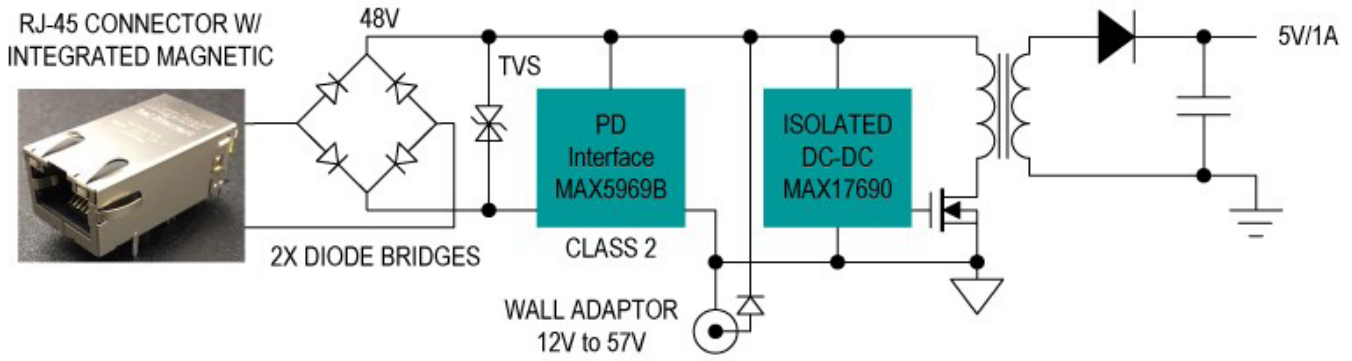


그림 6. MAX5969B와 옵토커플러를 필요로 하지 않는 MAX17690을 사용한 클래스 2 PD(절연형)

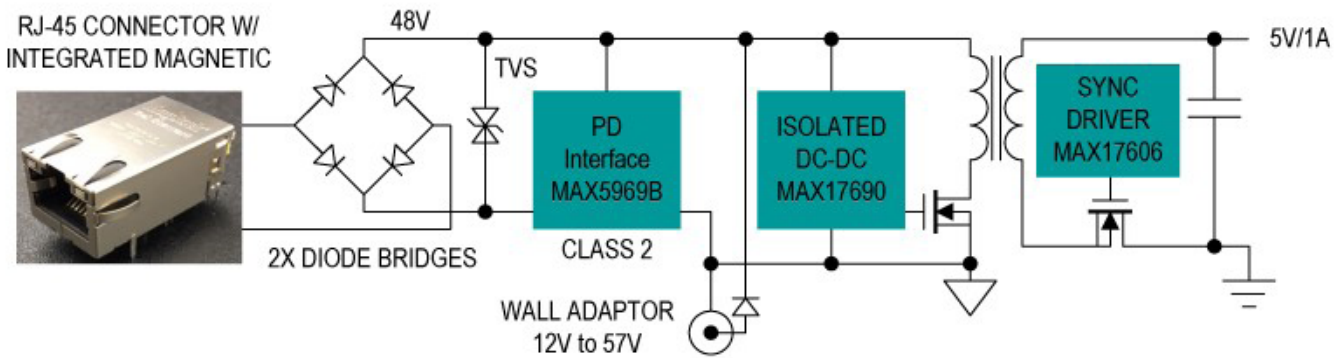


그림 7. MAX5969B와 MAX17690 조합에, 효율을 극대화하기 위한 옵션으로 출력 동기 FET 드라이버인 MAX17606을 사용하는 클래스 2 PD(절연형)

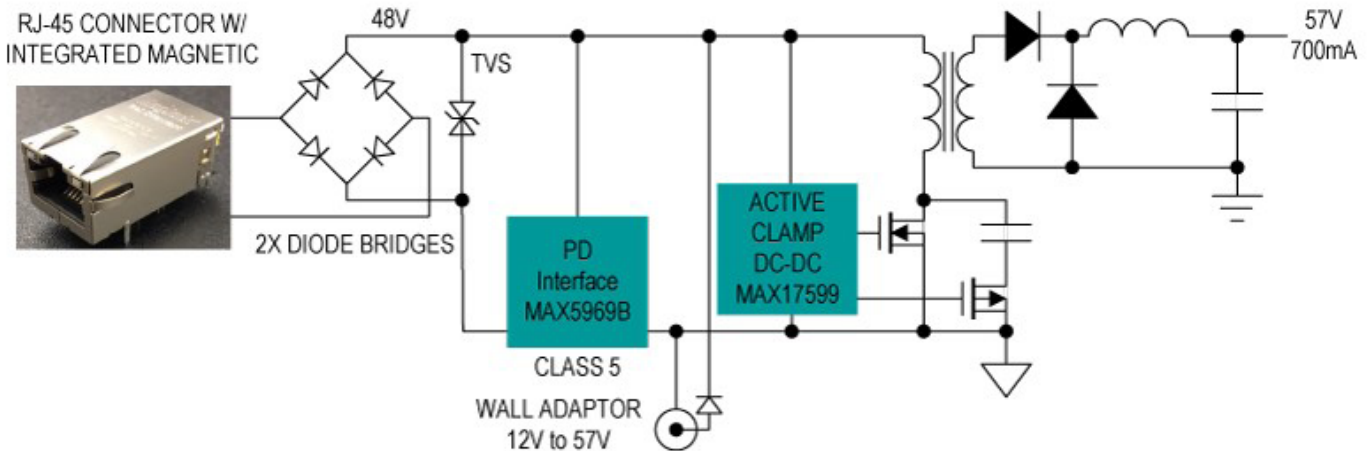


그림 8. MAX5969B와 MAX17599 능동형 클램프-포워드 DC-DC를 사용해 고효율을 달성하고 EMI를 낮추는 클래스 5 PD(절연형)

40W 이상의 출력 전력을 위해서는, 플라이백 컨버터도 잘 작동하기는 하지만, 더 높은 효율을 달성하기 위해 능동형 클램프-포워드 컨버터를 사용할 것을 권장한다. 높은 출력 전력에서는 PD에서 발열을 줄이기 위해 효율이 매우 중요하다. 능동형 클램프-포워드 컨버터는 그 소프트 스위칭 에지 덕분에 낮은 전자기 간섭(EMI) 특징을 갖는다. 그림 8은 능동형 클램프-포워드 DC-DC 컨버터를 예시한 것이다. 이 컨버터는 91.5%의 피크 효율로 700mA, 57V의 절연형 출력 전압(총 40W)을 제공한다.

맺음말

갈수록 더 많은 디바이스들이 네트워크로 연결됨에 따라, 커넥티비티와 전원 모두를 제공하는 단일 이더넷 케이블 상에서 이들을 구동하는 것은 편리한 옵션이 된다. 뿐만 아니라 중앙에서 관리가 가능한 스위치를 통해 전원을 공급하므로, 디바이스를 원격으로 켜고 끌 수 있으며 로컬 전원이 중단되더라도 계속해서 작동할 수 있는 점과 같은 다른 장점도 가진다.

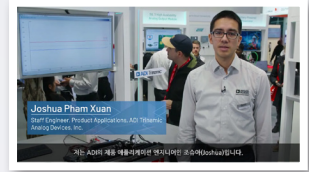
가장 최신 표준인 IEEE 802.3bt 표준은 더 다양한 유형의 디바이스들에게 PoE를 통해 전원을 공급할 수 있게 해준다. 공급할 수 있는 전력량이 증가함에 따라, 복잡한 전원 시스템 설계를 지원하기 위해 더 높은 효율과 더 넓은 입력 전압 범위가 필요해졌다. 시스템에 사용하도록 잘 레귤레이트된 전압을 제공하기 위해서는 PD 컨트롤러와 DC-DC 컨버터를 신중하게 선택하는 것이 중요하다.

참고문헌

- ▶ PoE Chipsets Market Size Worth \$1.22 Billion by 2025 | CAGR, 12.6%. Grand View Research, Inc. 14 Aug. 2018, www.prnewswire.com/news-releases/poe-chipsets-market-size-worth-1-22-billion-by-2025-cagr-12-6-grand-view-research-inc-843035168.html.
- ▶ https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/power-over-ethernet-solution-market-84424663.html?gclid=EAlalQobChM186airsDm3wIV8iCtBh2-vg5rEAAYASAAEgK3y_D-BwE
- ▶ <http://www.delloro.com>

ADI의 트라이나믹(Trinamic) 모션 제어 및 정밀 전류 감지

ADI의 최신 트라이나믹 서브 컨트롤러를 보여주는 고속, 고성능 모터 제어 및 정밀 전류 감지 데모를 소개합니다. 오늘날 수십억 개에 이르는 모터들은 전세계 전력의 40% 이상을 소비하고 있습니다. 제조 공정에서 탄소발자국을 줄이고, 지속산업한 산업으로 나아가기 위해서는 더 효율적인 모터를 사용할 필요가 있습니다. 이를 위한 ADI의 솔루션을 같이 보실까요?



Watch Now

ADI, 인더스트리 4.0을 위한 엣지 기반 AI 지원

아날로그 디바이스 (ADI)의 솔루션은 오토센스(OtoSense) 비주얼 톨킷으로 설계된 AI 모델을 통해 소리와 진동을 감지하여 엣지에서 모든 자산을 지속적으로 실시간 모니터링이 가능하도록 지원합니다.



Watch Now

스마트 제조의 핵심 구성 요소: 지능형 모션 컨트롤

지능형 모션 컨트롤은 스마트 제조의 핵심 구성 요소입니다. 펌프, 컨베이어 벨트, 압출 프레스에서 로봇틱스에 이르는 지능형 모션 컨트롤은 고도로 민첩하고 지속 가능한 제조를 가능하게 합니다.



Watch Now

산업용 커넥티비티: 디지털 혁신을 실현하는 핵심 요소

산업용 커넥티비티는 제조 설비 전반에 걸쳐 전달되는 풍부한 데이터 세트의 사용 가능성을 열어주는 핵심 요소입니다. 디지털 혁신 전략은 이러한 새로운 데이터 세트를 사용하고, 첨단 분석 기능을 적용하여 실시간으로 제조 공정을 제어 및 최적화함으로써 생산 병목현상을 식별하고, 에너지 소비를 줄이는 것은 물론, 자산상태 모니터링으로 예기치 못한 가동중단을 제거하는 것입니다.



Watch Now

ADI 갈릴레오 - 10BaseT1L 기반 유선 상태 모니터링

ADI의 갈릴레오(Galileo) 상태 모니터링 플랫폼은 최대 1km의 거리에서 2개의 와이어로 센서에 전원을 공급하고, 자산 상태에 액세스할 수 있는 10BASE-T1L 단일쌍 이더넷 연결 기능을 갖춘 새로운 진동 모니터링 솔루션입니다. ADXL359 MEMS 진동 센서는 저전력, 저잡음 다축 센싱 솔루션을 제공하고, ADIN1110 10BASE-T1L MAC-PHY는 간단한 SPI 인터페이스를 통해 저전력 프로세서에 대한 단일쌍 이더넷 연결을 제공합니다. 따라서 MAC이 내장된 프로세서를 사용할 필요가 없으며, 엣지 프로세싱을 위한 프로세서를 보다 유연하게 선택할 수 있습니다. ADXL359와 ADIN1110을 결합하면, 원격으로 전원을 공급하고, 혹독한 원격 산업용 애플리케이션에 구축 가능한 저전력 및 소형 폼팩터의 진동 감지를 위한 새로운 상태 모니터링 센서를 구현할 수 있습니다.



Watch Now

10BASE T1L PHY 내장 2포트 이더넷 스위치 - 빌딩자동화 네트워크 최적화

ADIN2111은 장거리 10BASE-T1L 기술을 사용하여 건물의 모든 노드에 이더넷 연결을 추가할 수 있으며, 빌딩 네트워크와 이더넷을 원활하게 연결해 네트워크 관리를 간소화할 수 있습니다. ADIN2111은 SPI를 통해 다양한 호스트 컨트롤러와 인터페이스할 수 있으며, 저전력 엣지 노드를 설계할 수 있습니다. 이 제품은 일련의 진단 기능 세트를 통해 1km 길이의 케이블에서 2%의 정확도로 실시간 오류 감지 및 결함 위치를 식별하며, 시스템 가동중단 및 커미셔닝 시간을 줄일 수 있습니다. 또한 센서, 액추에이터, 컨트롤러 및 화재 패널 네트워크를 라인 및 링 토폴로지와 연결할 수 있으며, 기존에 구축된 단일 및 연선 케이블 인프라 활용이 가능합니다.



Watch Now

ADI 10BASE-T1L, 이더넷 커넥티비티의 새로운 통찰력

아나로그디바이스(ADI)의 10BASE-T1L 커넥티비티는 새로운 데이터 스트림, 추가 공정 변수 및 보조 측정에 액세스할 수 있도록 지원합니다. ADIN1100 물리층 디바이스와 ADIN1100 MAC PHY로 지원되는 강력한 단일 연선 이더넷의 긴 도달범위를 통해 인더스트리 4.0 버전의 원활한 연결을 실현하는 과정에서 얼마나 큰 변화가 일어나고 있는지 확인해 보십시오. 필드 계측기 설계를 위한 최적화된 시스템 전력 규격과 필드 스위치를 위한 유연한 아키텍처를 지원하는 ADI는 공정 플랜트의 위험지역과 원격지까지 연결을 확장하고 있습니다.



Watch Now

10BASE-T1L을 통해 엣지 센서와 연결 - 인더스트리 4.0에 대한 새로운 통찰력 확보

아나로그디바이스(ADI)의 10BASE-T1L 커넥티비티를 통해 새로운 데이터 스트림과 추가 프로세스 변수 및 보조 측정을 수행할 수 있습니다. 완벽한 연결을 실현하는 인더스트리 4.0으로 나아가기 위해 ADIN1100 물리 계층 디바이스와 ADIN1100 MAC PHY의 긴 도달거리와 강력한 단선 이더넷으로 어떻게 시장 판도를 변화시킬 수 있는지 확인해 보십시오. 필드 계측기(Field Instrument) 설계를 위한 최적화된 시스템 전력규격과 필드 스위치(Field Switch)를 위한 유연한 아키텍처를 지원하는 ADI는 위험구역과 원격지에 위치한 공정 설비까지 연결을 확장하고 있습니다.



Watch Now

산업용 모터 제어를 위한 절연 기술

이번 데모 동영상에서는 사용자 인터페이스에서 전력 인버터에 이르기까지 신호 체인 전반에 걸쳐 산업용 모터 제어 시스템을 위한 아나로그디바이스(ADI)의 절연 기술을 보여줍니다. 이 기술은 통신, 게이트 드라이브, 신호 및 전류/전압 피드백 절연 등이 포함됩니다.



Watch Now

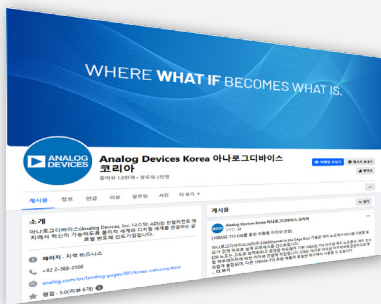
아나로그디바이스한국 SNS 채널에서 더 많은 한국어 콘텐츠를 보실 수 있습니다.


 **Microsite**



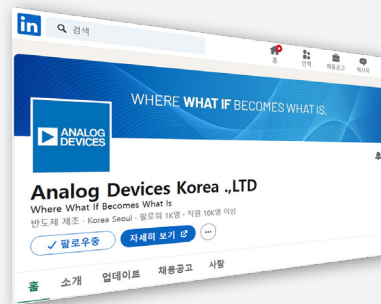
[View Now](#) 

 **Facebook**



[View Now](#) 


 **LinkedIn**



[View Now](#) 

 **Naver Blog**



[View Now](#) 

 **Youtube**



[View Now](#) 



For regional headquarters, sales, and distributors or to contact customer service and technical support, visit analog.com/contact.

Ask our ADI technology experts tough questions, browse FAQs, or join a conversation at the EngineerZone Online Support Community. Visit ez.analog.com.

©2023 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

VISIT ANALOG.COM