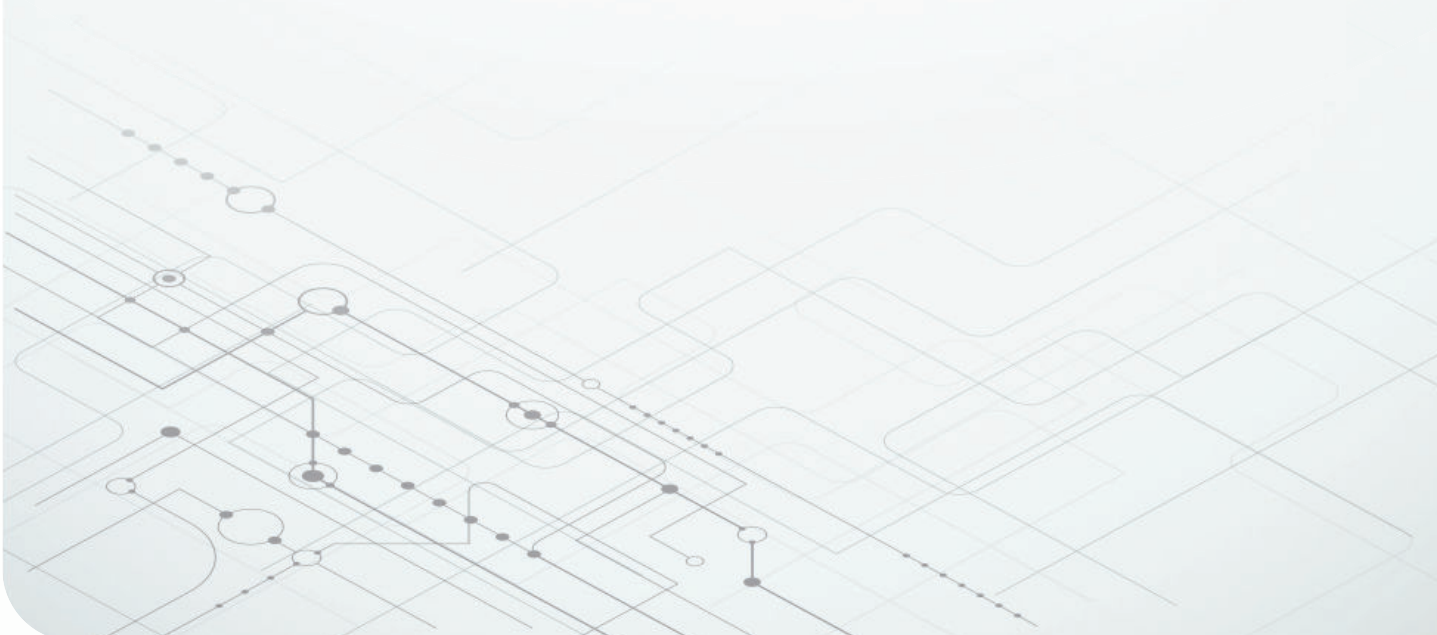


에너지 밀집형 주택을 위한 엣지 인텔리전스



Brandon Kanter
Systems Manager
Energy Infrastructure



고급 감지, 보호 및 처리를 통한 더 안전하고 지능적인 주거용 에너지 시스템 설계

한눈에 보기

- 현대 주택은 단순한 전력 배전 구조에서 더 지능적인 모니터링과 보호가 필요한 상호 연결된 동적 환경으로 진화하고 있습니다.
- 엣지 인텔리전스는 태양광, 배터리 저장 장치, EV 충전 설비를 갖춘 주거용 에너지 시스템으로 실시간 고장 감지 및 응답을 가능하게 합니다.
- 고급 감지 기술은 일반적인 전기적 이벤트와 위험 상황을 정확히 구별하여 불필요한 전원 차단을 방지하고 시스템 신뢰성을 향상시킵니다.
- 통합 보호 아키텍처는 정밀 측정, 로컬 프로세싱, 연결 능력을 결합하여 한층 안전하고 효율적인 가정용 에너지 관리를 실현합니다.

소개

텍사스의 무더운 여름날, 주택 소유자가 집에 도착하여 EV를 충전기에 연결합니다. 태양광 패널은 집에서 소비하는 것보다 더 많은 전력을 생산하여 남은 전력으로 가정의 배터리 시스템을 충전하거나 그리드로 전력을 되돌려 보냅니다. 이른 시간에 식기세척기는 예정대로 작동했고, 에어컨 시스템은 자동으로 최대 용량까지 가동되었습니다.

태양광 설비, 배터리 저장 장치, EV 충전소와 같은 가정용 시스템은 그 자체로는 평범하고 익숙하게 느껴질 수 있습니다. 그러나 이들이 상호작용할 때, 더 높은 전력화 부하, 가변적 요금제, 에너지 저장, 양방향 전력 흐름에 의해 형성되는 다른 형태의 가정 에너지 환경이 만들어집니다. 고전력 시스템이 점점 더 보편화됨에 따라, 주택은 연결된 가전 제품 및 분산 에너지원과 함께 전기적으로 복잡한 시스템을 지원하는 더 스마트한 에너지 관리를 필요로 하고 있습니다. 이것이 바로 에너지 밀집형 주택입니다.

에너지 밀집형 주택은 벽과 지붕 전체에 더 많은 에너지를 분배하므로 본질적으로 더 많은 위험이 발생합니다. 전력화가 진행될수록 보호 시스템의 오류 허용 범위가 줄어들

기 때문입니다. 이러한 위험을 해결하기 위해 엔지니어는 정확히 감지하고, 로컬에서 상태를 분석하며, 가시성과 조율에 필요한 연결을 제공할 수 있는 시스템을 설계해야 합니다. 이러한 시스템은 기존의 보호 및 제어 기술의 한계를 극복해야 합니다.

엔지니어링 과제

임계값 기반 차단기는 에너지 밀집형 주택의 특징인 전력 흐름의 변동성과 맥락 의존적 동작에 적절하게 대응할 수 없습니다. 에너지 관리 시스템은 감지, 신호 컨디셔닝, 데이터 변환, 처리, 통신을 포함한 여러 기능 영역을 통합해야 하며, 각 영역은 전기적 잡음이 심하고 전압이 높은 환경에서 오작동으로 인한 차단 없이 안정적으로 작동해야 합니다.

절연 및 감지 기술의 발전으로 설계자는 고전압 및 고전류 조건을 안전하게 관리할 수 있게 되었으며, 그 결과 전기적 위험 요인의 위험을 낮추고 주택 소유자를 위한 시스템 보호 기능을 개선할 수 있습니다. 그러나 지나치게 민감한 보호 조치는 부족한 보호 조치만큼이나 시스템에 좋지 않습니다.

엔지니어의 과제는 민감도와 선택성을 최적으로 조화시키는 보호 시스템을 설계하는 것입니다. 실제 고장이 없는 상태에서 보호 장치가 전원을 차단하는 오작동 차단은 그에 이어진 하위 시스템에 상당한 영향을 미칠 수 있습니다. 고장 분류 성능을 향상시키면 시스템이 과도 현상과 실제 고장 상황을 더욱 일관되게 구별할 수 있어 불필요한 차단을 줄이고 주택 소유자와 서비스 공급자 모두를 위한 시스템 안정성을 높일 수 있습니다.

에너지 밀집형 주택을 최적화하려면 엔지니어가 시스템을 통해 전력이 어떻게 이동하는지 관찰해야 합니다. **그림 1**은(는) 회로 수준에서 원격 부하 관리, 자동화 및 제어 기능을 제공하는 스마트 차단기 솔루션의 예시를 보여줍니다. 고해상도 측정 기술은 부하 및 분산 에너지원 전반에 걸쳐 전압, 전류 및 시스템 동작에 대한 상세한 데이터를 제공할 수 있습니다. 이러한 가시성은 엔지니어가 고장 감지 성능

을 향상시켜 보호, 제어 및 에너지 관리에 대해 더욱 정보에 입각한 결정을 내릴 수 있도록 돕습니다.



그림1. 회로 수준에서 원격 부하 관리, 자동화 및 제어 기능을 제공하는 스마트 패널 솔루션

지능형 보호 아키텍처

시스템 수준에서 에너지 밀집형 주택을 위한 보호 시스템은 다음 세 가지 동작의 연속적인 루프로 작동합니다.

- 감지 - 고해상도 감지로 전압, 전류 및 시스템 상태를 실시간으로 캡처합니다.
- 분석 - 임베디드 프로세싱으로 전기적 신호 특성을 평가하여 패턴과 이상 상태를 식별합니다.
- 응답 - 보호 메커니즘이 맥락에 따라 작동하여 적절하게 고장을 격리하거나 작동 상태를 유지합니다.

지속적인 감지와 탐지

감지 단계에서, 매우 동적인 환경의 보호 시스템은 넓은 동작 범위에 걸쳐 전압과 전류의 실시간 측정값을 수집하기 위해 지속적으로 작동해야 합니다. 샘플링과 처리가 때로는 밀리초 단위로 이루어지기 때문에, 감지 시스템이 정보를 캡처하고 전달하려면 지연 시간을 줄이는 것이 중요합니다.

로컬 지능을 통한 분석

임베디드 프로세싱을 활용하면 보호 시스템이 단순히 정해진 임계값에 응답하는 것을 넘어 전기적 동작 특성을 직

접 해석할 수 있습니다. 에너지가 공급되는 주택 환경에서는 단순한 고정 규칙만으로 전기적 신호 특성을 정의하기 어렵기 때문에 이러한 차이가 매우 중요합니다. 데이터가 발생하는 현장에서 패턴 기반 분석을 수행하면 응답성을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 핵심 안전 기능의 네트워크 연결 의존도를 줄여 정확도가 대폭 향상됩니다. TI(텍사스 인스트루먼트)의 **CCStudio™ Edge AI Studio**와 같은 설계 도구를 활용하면 데이터 수집 및 라벨링부터 모델 평가 및 배포에 이르는 전 과정을 간소화할 수 있습니다.

적응형 보호 및 시스템 응답

마지막 단계는 응답입니다. 기존의 이분법적 시스템 모델에서는 측정값이 지정된 임계값을 초과하면 시스템이 차단됩니다. 그러나 에너지 밀집도가 높아진 주택 환경에서는 단순히 전원을 차단하는 수준을 넘어선 세심한 응답이 필요합니다. 과도 돌입 전류와 지속적인 고장을 구분하여 맥락을 평가하고, 태양광, 에너지 저장 장치, EV 충전 시스템(그림 2) 간에 양방향으로 흐르는 전력 방향을 인식할 수 있는 지능형 보호 시스템이 필요합니다. 이를 통해 보다 선택적인 개입이 가능해지며, 집안 전체의 부하 분산을 조율하여 안전성과 시스템 성능을 동시에 관리할 수 있습니다.



그림2. 지능형 모니터링 시스템: 양방향 에너지 흐름이 원활하게 유지되도록 하는 동시에 고장과 위험 요소로부터 주택을 보호

시스템 통합: 감지에서 가시성까지

감지, 처리, 통신이 함께 작동하여 시스템 성능을 결정하는 에너지 밀집형 주택에서는 물리적 시스템을 넘어선 가시성이 신뢰할 수 있는 작동의 기본이 됩니다. 개별적으로 이러한 기술은 핵심 기능을 가능하게 하지만, 따로 나누어진 설계는 시스템 성능, 확장성 및 신뢰성을 제한합니다. 이 기술들의 완전한 가치는 엔지니어가 이를 응집력 있는 엔드 투 엔드 아키텍처로 통합할 때 비로소 드러납니다.

IT는 감지, 절연, 데이터 변환, 엣지 프로세싱 및 연결을 포함한 전체 신호 체인에 걸쳐 이러한 아키텍처를 지원합니다. 감지 경로에서 정밀 아날로그 및 계측 기술은 설계자가 넓은 동적 범위에 걸쳐 전압과 전류를 정확하게 캡처하도록 돕습니다. 그런 다음 절연 및 신호 체인 장치는 고전압 영역과 저전압 프로세싱 전자 장치 사이를 이동하는 신호의 무결성을 유지하는 데 도움을 줍니다.

설계자는 데이터 변환 및 신호 컨디셔닝 기술을 사용하여 전기적 동작을 활용 가능한 시스템 데이터로 변환하고, 엣지에서의 임베디드 프로세싱을 활용해 보호 및 제어 기능을 위한 로컬 분석을 지원할 수도 있습니다.

지능형 보호 아키텍처의 작동 방식

그림 3의 흐름을 보면 감지 계층에서 시작하여 시스템이 전압 및 전류와 같은 물리적 매개 변수를 캡처하고 그 양을 시스템에서 발생하는 일을 나타내는 전기 신호로 변환합니다.

이러한 신호는 신호 컨디셔닝 단계로 이동하며, 여기서 프런트 엔드가 신호를 증폭, 필터링 및 절연하여 전기적 잡음이 심한 고전압 환경에서도 데이터가 정확하고 활용 가능한 상태를 유지하도록 합니다.

신호가 컨디셔닝되면 엣지 처리 계층은 로컬 분석을 실행하여 패턴을 감지하고 이벤트를 분류하며 이상 상태를 표시함으로써 데이터를 실시간 시스템 인사이트로 변환합니다.

그런 다음 통신 계층은 처리된 정보를 서브시스템 간에 전달하고,

필요한 경우 외부 인터페이스로 내보내 시스템이 조율, 진단 및 제어를 지원할 수 있도록 합니다.

Fault detection signal chain

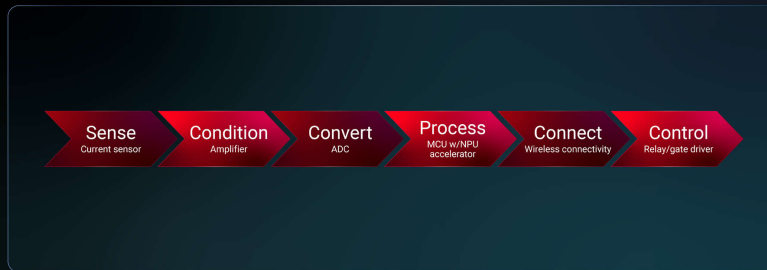


그림 3. 지능형 보호 아키텍처의 단계

지능형 보호를 위한 구성 요소

- 전기적 동작을 시스템에서 활용 가능한 데이터로 캡처하기 위한 정밀 **아날로그-디지털 컨버터** 및 **절연 모듈 레이어**.
- 잡음이 많은 고전압 환경에서 정확하게 측정하기 위한 계측 증폭기 및 신호 체인 장치.
- 로컬 보호 및 제어 분석을 위한 **TinyEngine™ 신경 처리 장치**를 갖춘 **TI의 MSPM0G5187 마이크로컨트롤러**와 같은 임베디드 프로세싱 장치.
- 서브시스템 전반의 진단, 가시성 및 에너지 관리를 위한 유선 및 무선 연결 기술.

마지막으로 진단, 가시성 확보, 에너지 관리 등의 영역에서 사용할 수 있도록 가정용 에너지 서브시스템 간 또는 클라우드 기반 인터페이스로 관련 데이터를 전송하는 역할을 하는 유선 및 **무선 연결 기술**.

엣지 지능화가 중요한 이유

보호 기능은 클라우드 리소스와의 연결에 의존하거나 네트워크 지연으로 인한 지연 시간을 용인할 수 없기 때문에, 엔지니어는 중요한 안전 결정을 현장에서 실시간으로 내릴 수 있도록 에너지 밀집형 주택 시스템을 설계해야 합니다. 따라서 엔지니어는 즉각적이고 적절한 조치를 취할 수 있도록 엣지에서 측정값을 분석하고 전기적 동작 특성을 해석하도록 시스템을 설계하게 됩니다.

주거용 에너지 환경이 더욱 역동적으로 성장함에 따라 AI(인공 지능)의 접근성이 높아지면서 엣지 프로세싱은 한층 더 실용적이고 강력해지고 있습니다. 가전제품의 가동, 모터 작동, 과도 전류 변화와 같은 정상적인 작동 이벤트는 때로 고장 상황과 유사하게 보일 수 있습니다. 엣지 시는 고정된 임계값에만 의존하는 대신 이벤트의 여러 특성을 병렬로 평가하여 이 문제를 해결하도록 돕습니다. 이를 통해 해당 이벤트가 예상된 동작인지, 아니면 개입이 필요한 상황인지를 판단하는 시스템의 능력이 향상됩니다.

아크 고장 감지와 같은 애플리케이션에서는 추가적인 맥락을 파악함으로써 위험한 이벤트와 무해한 이벤트를 구별하는 데 도움이 됩니다. 이는 불필요한 중단 발생을 줄여 시스템이 더 정확하게 응답하고 개선된 사용자 경험을 지원할 수 있게 합니다.

주거용 에너지 시스템의 지능형 보호

시스템 간의 상호 작용이 에너지 밀집형 주택을 정의하며, 설계자가 따르는 아키텍처 원칙은 단순한 이론에 그치지 않습니다. 설계자는 이러한 원칙에 따라 점점 더 복잡해지는 환경에서 안전성, 효율성, 신뢰성을 확보해야 하는 주거용 에너지 시스템을 설계해야 합니다.

스마트 회로 차단기

전력 패널은 수동적인 배전 노드가 아닌 지능형 제어 지점으로 변모하고 있습니다. 스마트 회로 차단기 패널은 시스템의 중앙 제어 지점 역할을 하여 시스템 구성 요소에 대한 원격 진단 및 리셋 기능을 지원할 수 있습니다.

고급 스마트 계량기

에너지 측정의 패러다임이 정기적인 보고에서 지속적인 시스템 인사이트 확보로 전환되고 있습니다. 이전 세대의 스마트 계량기는 주로 원격 검침에 집중했지만, 최근 모델은 훨씬 정밀한 인사이트를 제공하여 가전 제품별, 시간대별 에너지 사용량을 세부적으로 분석할 수 있게 해줍니다.

이러한 향상된 가시성은 운영자 입장에서든, 사용자 입장에서든 유용합니다. 전력회사는 그리드 수요를 더욱 효율적으로 관리할 수 있고, 주택 소유자는 가정 내 시스템이 언제, 어떻게 에너지를 소비하는지 명확히 이해할 수 있습니다.

더 안전하고 단순한 에너지 관리

주택 소유자에게 지능형 모니터링 및 보호의 가치는 단순합니다. 바로 더 큰 마음의 평화입니다. 태양광, 배터리 저장 장치, EV 충전, 연결된 부하가 모두 상호 작용하는 에너지 밀집형 주택에서 보호 시스템은 정확하게 감지하고, 맥락을 해석하며, 적절하게 응답하여 불필요한 중단 없이 집을 더 안전하고 안정적으로 유지해야 합니다.

주거용 에너지 시스템이 더욱 복잡해짐에 따라, 건설업자와 시스템 설계자에게는 이러한 능력이 규정 준수 목표와 더 예측 가능한 시스템 성능을 지원하는 데 도움이 될 수 있습니다.

그리고 설계자가 시스템의 자체 모니터링 및 보호 방식에 대해 더 큰 확신을 가질 때, 더 높은 충전 속도, 에너지 자산 간의 더 나은 조율, 더 진보된 가정용 에너지 관리와 같은 기능으로 더 자신 있게 나아갈 수 있습니다.

결론

에너지 밀집형 주택을 이끄는 트렌드인 전력화, 재생 가능 에너지 발전의 통합, 향상된 시스템 지능화는 향후 10년간 계속될 것입니다. 주거용 에너지 시스템이 더욱 복잡해짐에 따라 수동 관리는 점차 비실용적이 될 것이며, 통합 아키텍처와 신뢰할 수 있고 즉각적으로 응답하는 자동화의 중요성이 더욱 커질 것입니다. 에너지 밀집형 주택은 매우 동적이며 연결되어 있기 때문에 정확히 감지하고 로컬에

서 응답하며, 시스템 전체에 걸쳐 지능을 통합하는 능력은 더 안전하고 복원력이 뛰어나며 효율적인 주택을 구축할 뿐만 아니라 주택 소유자에게 더 큰 신뢰와 제어 권한을 부여하는 기초가 될 것입니다.

추가 리소스

- 자사 블로그 읽어보기: "[더 스마트한 차단기, 더 안전한 집: 에너지가 풍요한 주택 속에 숨겨진 기술](#)"

작성자 소개

Brandon Kanter는 TI의 에너지 인프라 부문 시스템 매니저로, 태양광, EV 충전, 스마트 그리드 시스템을 포함한 지속 가능한 에너지 분야의 혁신에 집중하고 있습니다. 이전에는 산업용 및 자동차용 전력 관리 통합 회로 분야에서 비즈니스 리더 겸 애플리케이션 매니저로 근무했으며 University of Kentucky에서 전기 공학 학사 학위와 경영학 석사 학위를 받았습니다.

중요 알림: 이 문서에 기술된 텍사스 인스트루먼트의 제품과 서비스는 TI의 판매 표준 약관에 의거하여 판매됩니다. TI 제품과 서비스에 대한 최신 정보를 완전히 숙지하신 후 제품을 주문해 주시기 바랍니다. TI는 애플리케이션 지원, 고객의 애플리케이션 또는 제품 설계, 소프트웨어 성능 또는 특허권 침해에 대해 책임을 지지 않습니다. 다른 모든 회사의 제품 또는 서비스에 관한 정보 공개는 TI가 승인, 보증 또는 동의한 것으로 간주되지 않습니다.

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you fully indemnify TI and its representatives against any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#), [TI's General Quality Guidelines](#), or other applicable terms available either on ti.com or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products. Unless TI explicitly designates a product as custom or customer-specified, TI products are standard, catalog, general purpose devices.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may propose.

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025