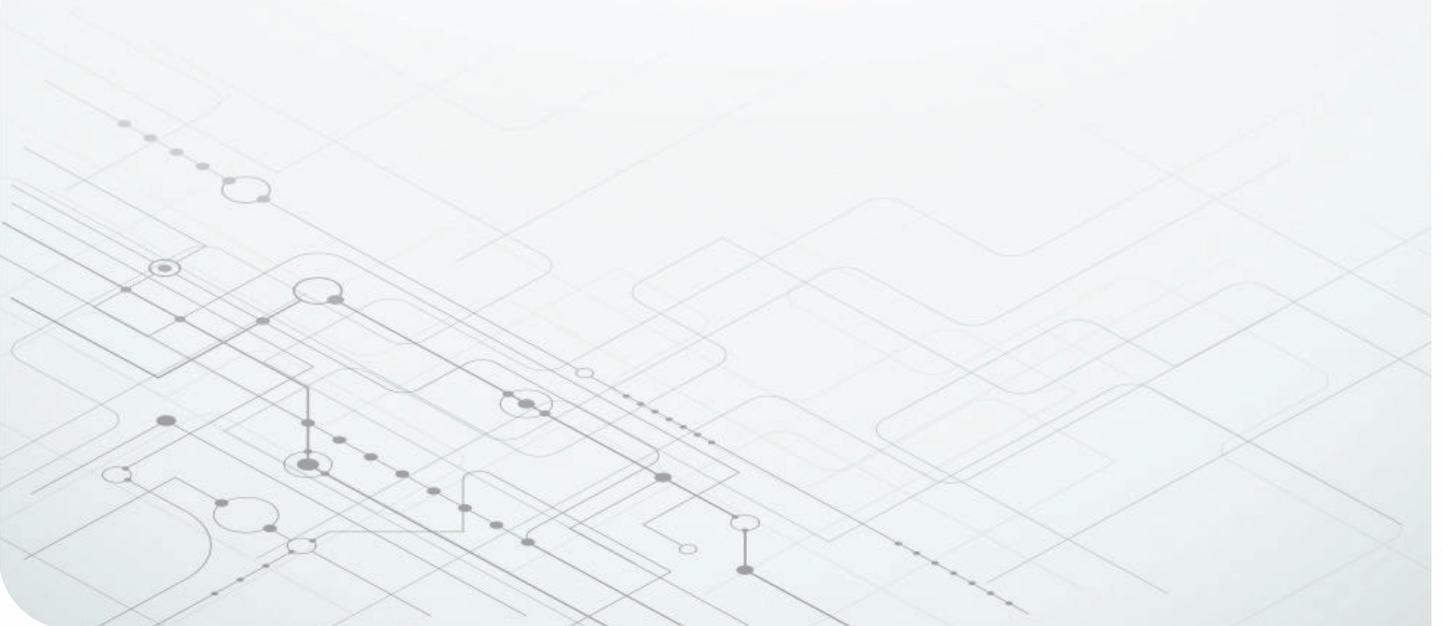


그리드를 현대화하여 연결, 안정성 및 보안 강화



Henrik Mannesson
General Manager
Grid Infrastructure



커뮤니티와 전기 그리드 시스템은 다양한 에너지 요구를 충족하기 위한 실시간 통신, 지속 가능성 조치 및 분산화 노력에 대한 수요를 증가시키고 엔지니어와 설계자가 연결 표준과 접근 방식을 정의합니다.

한눈에 보기

이 백서에서는 그리드 현대화의 네 가지 주요 요소에 대한 개발 사항을 요약합니다.



1 분배된 에너지 자원을 그리드의 핵심 부분으로 사용

더 많은 지역에서 재생 가능한 에너지원의 분산을 인프라를 강화하기 위한 수단으로 보고 있습니다.

1



2 그리드 균형을 유지하는 데 도움이 되는 양방향 EV 충전

전기 자동차(EV)는 충전 요구 사항 예측에서 전력 절약 또는 그리드에 초과 에너지 다시 추가에 이르기까지 스마트 그리드의 중요한 역할을 합니다.

2



3 그리드의 실시간 데이터 모니터링 및 제어

유선 및 무선 기술을 통해 그리드의 실시간 데이터를 전송하는 것은 물론 자동화, 분배 및 제어도 가능합니다.

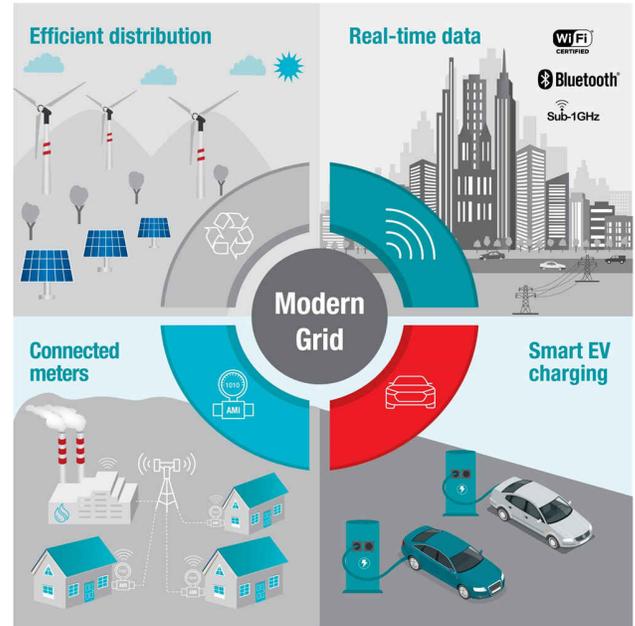
3



4 연결된 배터리 구동 가스 및 수도 계량기

연결된 그리드는 전기 그 이상입니다. 가스 및 수도 시설에서 연결, 감지 및 제어를 위한 다양하고 간단하고 저렴한 솔루션을 채택할 수 있습니다.

4



발전소를 주택, 건물, 공장, 차량, 도시 및 기타 분야에 연결하는 배전 네트워크에는 안정성 및 복원력을 위한 업그레이드가 지속적으로 필요합니다. 그리드 운영자는 발전, 송전 및 배전에 연결된 첨단 센서를 활용하여 건강 및 안전 요구 사항을 모니터링하고, 오래되고 비용이 많이 드는 자산을 최적화하고, 고장 및 수요 증가를 감지하고, 정전 시 전력을 보다 빠르게 복원할 수 있습니다.

그리드 자산의 데이터를 통해 운영자는 다양한 세대의 혼합, 환경 조건 또는 보안 위험을 비롯한 인프라 성능에 대한 통찰력을 높일 수 있습니다. 스마트 그리드 센서를 사용하면 변압기 및 전력선과 같은 장비를 원격으로 모니터링할 수 있으며 수요 측 리소스 관리를 용이하게 할 수 있습니다. 스마트 그리드 센서는 또한 기상 상황 및 전력선 온도를 모니터링하여 라인의 운반 용량을 계산할 수 있습니다. 산업용 이더넷, RS-485, 컨트롤러 영역 네트워크 및 Wi-SUN(무선 스마트 유틸리티 네트워크)과 같은 다양한 유선 및 무선 프로토콜은 센서가 수집한 정보를 통신할 수 있습니다.

부하 측면에서는 스마트 계량기는 소비자가 EV 충전과 가정에서 재생 가능한 에너지 솔루션으로의 전환을 용이하게 하도록 도와줍니다. 스마트 계량기는 또한 소비자가 에너지 수요와 공급원을 기반으로 더 나은 선택을 할 수 있도록 도와줍니다. 그리고 다른 경우에는 가정이나 자동차가 그리드에 에너지를 반환하는 경우와 같이 **양방향 충전**을 모니터링하는 데 도움이 될 수 있습니다.

한때 피드백과 수동 부하가 최소화된 전기 기계 시스템의 네트워크였던 것이 지능형 장치와 현대화 전략에 의해 고도로 자동화되고 구동됩니다. 그 결과 발전부터 송전, 배전에서 최종 사용에 이르기까지 보다 상호 연결된 전력 공급 네트워크가 구축되어 분산 에너지 리소스를 통합하고 그리드 안정성 및 복원력을 높일 수 있습니다.

분배된 에너지 자원을 그리드의 핵심 부분으로 사용

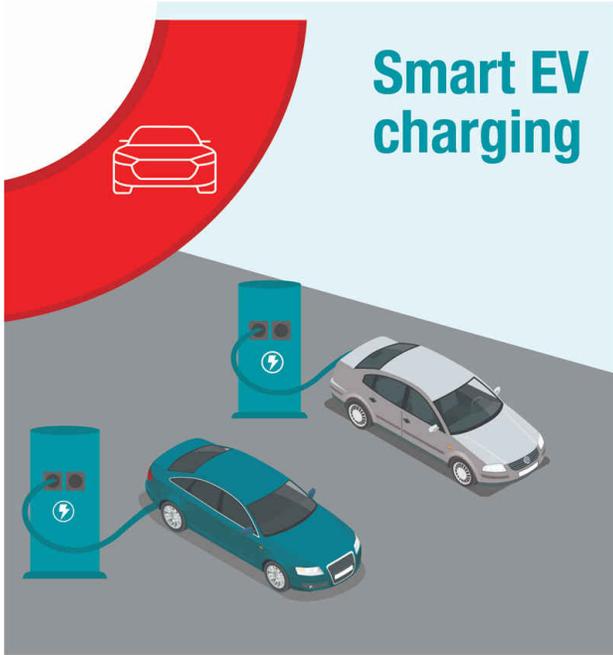


전통적으로 전력 그리드는 공공시설 소유의 중앙 집중식 발전, 송전 및 배전선에서 소비자로 흐르는 전력의 "일방 통행로"였습니다. 태양과 풍력 에너지가 전력망의 더 큰 부분을 차지하기 시작함에 따라 동적 관리가 더욱 보편화될 것입니다. 전력회사들은 소규모 분산 시스템으로 전기를 생산하는 소비자의 수가 적지만 증가하고 있는 가운데 전력망을 상호 연결된 웹으로 간주하게 되었습니다. 다시 말해, 가정과 차량은 에너지 소비와 발전 단위 역할을 번갈아 수행할 수 있습니다.

태양과 풍력 에너지는 탄소 배출이 전혀 없으며, 화석 연료와 달리 가격 변동에 영향을 받지 않습니다. 점점 더 많은 지역(특히 햇빛이나 바람이 풍부하고 전기 비용이 많이 드는 지역)이 그리드 패리티에 도달하고 있습니다. 재생 가능한 에너지가 화석 연료 비용보다 같거나 더 저렴하기 때문입니다.

태양광 마이크로 인버터는 태양광 전력 산업의 핵심 부분입니다. 텍사스 인스트루먼트(TI)는 그리드 연결 및 오프그리드 등 모든 크기의 인버터를 대상으로 디지털 제어 루프를 처리하여 시스템 효율성을 극대화하고 제품 수명을 연장할 수 있는 광범위한 **절연 및 비절연 게이트 드라이버**, **디지털 아이솔레이터**, **이더넷과 RS-485 트랜시버**, **전류 감지**와 **전압 모니터링** 디바이스 및 **MCU(마이크로컨트롤러)**를 보유하고 있습니다. 이러한 모든 제품은 가장 혹독한 환경, 특히 극한 온도에서 작동해야 합니다.

그리드 균형을 유지하는 데 도움이 되는 양방향 EV 충전



배전 시스템은 원래 피크 수요를 충족하기 위해 설계되고 레이디얼 인프라를 통해 수동적으로 전력을 공급하지만, 스마트 그리드는 고객의 선택의 폭을 넓혀줄 뿐만 아니라 로컬, 원격 또는 자동으로 관리할 수 있습니다. 스마트 그리드를 사용하면 전기 사업자가 소비자 행동의 변화를 따라갈 수 있습니다(예: 가정에서 EV 배터리를 충전하는 경우 사용량이 적은 시간에 야간에 충전이 수행됨).

최고 성능의 EV에는 22kW 범위의 온보드 충전기가 있습니다. 양방향 충전기의 아이디어는 EV를 배터리 저장 요소로 사용할 수 있는 가능성을 함께 제공합니다. 차고의 EV가 한 번 충전으로 400마일을 갈 수 있다고 가정해 보겠습니다. 그러나 통신, 클라우드 컴퓨팅 및 현대화된 그리드를 통해 자동차는 소유자가 내일은 50마일 이상을 주행하지 않을 것이라는 것을 "인식"합니다. 기술적으로 오전 7시에 배터리가 완전히 충전되지 않아도 되므로 현지 소비를 위해 밤새 차량에서 에너지를 빼낼 수 있고 사용량이 많은 시간에 그리드에 다시 넣을 수 있습니다. 공용 충전 인프라에도 이와 유사한 접근 방식이 있으며, 스테이션 간 부하 균형을 달성합니다.

또한 그리드 전력 품질을 개선하고 유입된 고조파 전류를 줄이기 위해서는 순방향 부하의 대부분이 DC이므로 전력 역률 보정이 필요합니다. 예를 들어, 350kW로 작동하는 오

포보드 급속 EV 충전기에서 입력은 그리드에서 나오는 3상 AC 연결이고 배터리 출력은 DC입니다.

능동 3상 역률 보정을 위한 여러 토폴로지가 있습니다. **10kW, 양방향 3상 3레벨(T형) 인버터 및 PFC 레퍼런스 설계**는 양방향 전력 보정을 지원하며, 스위칭 주파수가 더 높은 SiC(실리콘 카바이드) MOSFET(급속 산화막 반도체 전계 효과 트랜지스터)를 사용하여 효율을 개선하고 자기 크기를 줄여서 전체 시스템 크기를 줄입니다. 이 토폴로지는 EV 충전 및 태양광 인버터와 같은 고전력 스마트 그리드 애플리케이션으로 확장 가능합니다. 스위칭 손실이 더 낮은 SiC MOSFET은 더 높은 DC 버스 전압(최대 800V)과 피크 효율을 97% 이상 보장합니다.

그리드의 미래에 대한 TI의 지속적인 투자의 일환으로 TI는 그리드에 연결된 충전기와 EV 내의 배터리 관리 시스템 모두에서 EV 충전을 가능하게 하는 데 필요한 구성 요소를 발전시키고 있습니다. 그리드 및 EV 배터리의 고전압이 발생할 가능성이 있으므로, 절연 장치는 모든 EV 충전 또는 배터리 관리 시스템 설계에 필수적입니다. 이러한 장치에는 절연 및 비절연 증폭기, 절연 및 비절연 인터페이스 통합 회로, 신호 아이솔레이터용 전원과 같은 통신 및 보호 회로가 포함되어 있습니다.

그리드의 실시간 데이터 모니터링 및 제어



전력회사들은 지속적으로 빠르게 그리드의 변혁으로 인해 비즈니스의 주요 측면에서 중요한 과제에 직면해 있습니다.

일반적으로 도시의 그리드 네트워크는 전선으로 지상 분포에 의존했습니다. 이 시스템은 대도시에서 더 많은 가공선을 위한 공간이 없고 사람들이 집 앞이나 앞의 전선을 보는 것을 좋아하지 않기 때문에 땅속으로 파고든 전선관에 자리를 내줄 것입니다.

과거에는 전력회사가 지상에서 결함을 찾는 방법이 매우 간단했습니다. 그들은 쓰러진 전선, 전선에 매달린 나무 또는 전선에 너무 많이 쌓인 눈을 발견하기 위해 유지 보수 트럭을 보내 전선을 따라 운전했습니다. 이러한 모든 경우에 정전 원인은 매우 분명했습니다. 그러나 그리드 현대화를 통해 지하 고장을 확인할 수 없는 경우 실시간 통신, 측정 및 감시, 신속한 대응 및 수리가 가능합니다.

전력회사 그리드 시스템을 연결하는 데 있어 실시간 데이터 관리의 사용이 그 어느 때보다 중요해졌습니다. 목표는 데이터를 최대한 활용할 수 있는 사람들에게 데이터를 제공하는 것입니다. 최신 모바일 장치는 마이크로그리드를 구성하는 태양광 발전 패널을 통합하는 여러 에너지원뿐만 아니라 스마트 그리드의 데이터 전달 및 제어를 위해 즉시 사용 가능한 플랫폼입니다. **Wi-Fi®** 및 **Bluetooth®**는 무선 그리드 연결을 위한 분명한 방법이며, 필요한 경우 중간 게이트웨이가 다른 옵션이 될 수 있습니다. TI의 **그리드 IoT 레퍼런스 설계: Wi-Fi를 사용하여 회로 차단기 및 센서를 기타 장비에 연결하는** 것은 스마트 그리드의 실시간 자산 모니터링을 위해 설계되었습니다. 레퍼런스 설계의 주요 이점은 다음과 같습니다.

- 실시간 자산 상태 모니터링(Wi-Fi® 통신을 통해 전류, 전압 및 온도 수준 모니터링).
- 중요한 애플리케이션을 위한 중복 가변 데이터 전송 속도 기능 추가.
- 변전소 내 유선 통신을 위한 백업.
- 고장 감지를 위한 응답 시간 개선.
- 전력 가동 중지 시간 감소.

이 레퍼런스 설계는 Wi-Fi 통합이 높은 데이터 속도와 큰 대역폭이 필요한 변전소 장비 및 가정용 차단기에 실행 가능한 솔루션임을 보여줍니다. Sub-1GHz 연결은 변전소 및 분배 자동화를 위한 낮은 전력 소비로 장거리 데이터를 전

송할 때 적용 가능한 또 다른 무선 기술로, 여러 노드(예: 오류 표시기)가 스타 네트워크 형성을 위해 하나의 데이터 수집기로 데이터를 전송해야 하는 경우에 유용합니다. 두 기술은 기본 SimpleLink 소프트웨어 개발 키트 기반의 SimpleLink™ 무선 MCU 제품군을 통해 제공되며, 100% 코드 재사용과 여러 무선 연결 기술 간의 원활한 전환을 촉진합니다.

그리드 IoT 레퍼런스 설계: Sub-1GHz RF를 사용한 오류 표시기, 데이터 수집기, 소형 RTU 연결은 여러 센서 노드(이 경우 FPI[오류 경로 표시기])와 TI 15.4 스택을 사용하는 수집기 사이의 스타 네트워크에 무선 Sub-1GHz 통신을 사용합니다. 이 설계는 오버헤드 FPI와 배포 자동화의 데이터 수집기를 애플리케이션 시나리오로 사용하여 단거리(50m 미만)의 저전력 소비에 최적화되었습니다.

또한 TI의 SimpleLink 제품군의 **CC1310**를 사용했으며, Sub-1GHz 무선 주파수(RF) 트랜시버와 Arm® Cortex®-M3 MCU도 통합되어 있습니다. TI 15.4 스택은 미국, 유럽 통신 표준 협회 및 중국 주파수 대역을 통해 비콘 모드 통신을 구성합니다. 전류 소비 데이터는 전송 전력 수준(0 ~ +10dBm) 및 비콘 간격(0.3초~5초)을 최적화하여 50Kbps 데이터 속도에서 1~300바이트의 단일 패킷 데이터 전송에 사용할 수 있습니다.

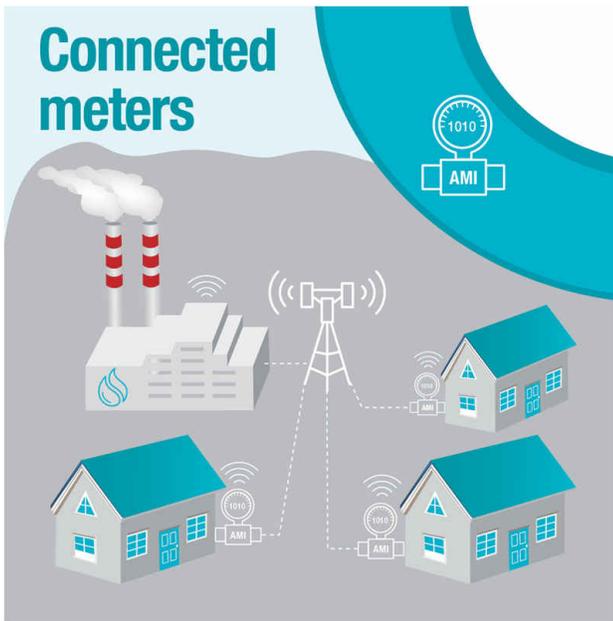
전기 네트워크가 풍력 터빈과 태양 전지판에서 여러 피드-인 지점을 사용하여 재생 가능한 전력원에 연결됨에 따라 배전은 더욱 복잡해집니다. 자동화의 증가는 원격 측정, 서비스 및 수리로 정의된 기능이며, 실시간 모니터링 및 제어와 높은 안정성이 필요합니다. 네트워크 이중화는 이러한 복잡한 스마트 그리드에서 매우 중요합니다. 이러한 중요한 구성 요소 또는 기능의 중복으로 인해 시스템이 고장 시나리오에서 계속 작동할 수 있으므로, 재산 피해 또는 수명 손실로 이어질 수 있는 네트워크 가동 중단 시간이 줄어듭니다. 또한 네트워크 중복성을 통해 작업자는 전원 공급을 중단하지 않고 네트워크의 하위 집합에 대한 유지 관리를 수행할 수 있습니다.

이더넷은 그리드 관리를 위한 IEC(International Electrotechnical Commission) 61850 이더넷 표준에 따라 널리 사용되고 손쉽게 사용할 수 있습니다. 이중화 프로토콜은 신뢰성을 추가하고 스마트 그리드를 위한 관리 네트워크로 이더넷을 활성화하는 빌딩 블록입니다. IEC 62439-3은 유선 이더넷의 무손실 이중화 구현을 위한

PRP(병렬 중복 프로토콜) 및 HSR(High-Availability Seamless Redundancy)의 두 가지 아키텍처를 정의합니다. Arm 기반 프로세서 및 MCU는 이러한 프로토콜 및 관련 컷스루 스위칭을 위한 지원을 통합합니다. PRP를 사용하면 각 노드가 두 개의 병렬 LAN(Local Area Network)에 연결됩니다.

소스 노드는 각 인터페이스에 하나씩 각 패킷의 복사본 두 개를 전송합니다. 대상 노드는 프레임을 수신하고 첫 번째 복사본을 수락한 다음 두 번째 프레임을 삭제합니다. 두 네트워크 중 하나가 작동할 수 있는 한, 대상 노드는 항상 가동 중지 시간 없이 최소한 하나의 패킷을 수신합니다. HSR 링은 두 LAN 대신 링 토폴로지를 사용하여 PRP와 동일한 수준의 이중화 기능을 제공합니다.

연결된 배터리 구동 가스 및 수도 계량기



연결된 계량기 배포 작업은 처음에는 전기로 시작했지만 유량계 시장(가스, 물, 열) 내에서 자동 계량기 판독(AMR)과 스마트 계량기 채택도 추진력을 얻고 있습니다.

기계적 고장을 줄이고, 정확도를 높이고, 인텔리전스, 가스 및 수도 계량기의 이점을 추가하는 방법은 다음과 같습니다.

- 정확도가 높고 에너지 소비가 적은 초음파 유량 측정.
- 데이터 및 고장의 실시간 모니터링과 통신을 위한 유선 절연 및 비절연 통신.

- 연결을 보장하거나 기존 네트워크 인프라에 연결할 수 있는 긴 범위의 무선 통신.
- 효율성을 극대화하고 최소 10년의 배터리 수명을 제공하는 지능형 전원 관리.

전기 계량기에 전원을 공급하는 것은 분명합니다. 전력선에서 측정하기 때문에 전기 계량기가 있는 곳에 전력이 있습니다. 하지만 배터리로 구동되는 기술은 가스와 물 계량에서 표준이며, 전력 예산이 훨씬 더 저렴하기 때문에 훨씬 더 까다롭습니다. 또한 상업적인 도전도 있습니다. 많은 지역에서 전기 공급업체보다 작은 법인이 가스와 물을 처리합니다. 같은 지역에서 한 조직이 전기 계량기 네트워크를 소유하고 있지만 여러 회사가 주민에게 물을 공급하는 경우가 있을 수 있습니다.

또한 AMR 기능을 추가하고자 하는 수도 또는 가스 설비 공급자는 기존의 모든 계량기를 대체하거나 정확한 유량 측정 및 무선 전송 결과를 위한 전자 애드온 모듈을 설치할 수 있습니다. 이러한 애드온 모듈은 CC1350 SimpleLink 무선 MCU로 지원되는 **유도성 센서를 통한 저전력 유량 측정 레퍼런스 설계**에 나와 있는 것처럼 소비자에게 AMR 기능을 제공하는 저렴한 솔루션을 제공합니다.

가스 또는 수도 계량기 네트워크에서 스마트 계량기는 사용 데이터를 수집하여 업스트림 제어 노드에 보고하는 센서입니다. 정확한 초음파 측정은 기계적 고장을 줄이고 시스템 안정성을 높이는 데 도움이 됩니다. 초음파 측정을 통해 기계 부품이 없는 솔리드 스테이트 센서 아키텍처를 사용하여 기계적 마모와 손상이 없습니다. SoC(초음파 유량 측정 시스템 온 칩)의 도입으로 이 기술로 전환하는 비용이 크게 절감되었습니다.

스마트 가스, 수도 및 전기 계량기에 대한 TI의 업계 선도하는 통합 회로 및 레퍼런스 설계는 OEM(Original Equipment Manufacturer)이 초저전력 유선 및 무선 인터페이스 장치를 통해 측정 정확도를 개선하고 배터리 수명을 연장하기 위한 설계 과제를 해결할 수 있도록 도와줍니다.

초음파 센서 수도 계량기 프론트 엔드 레퍼런스 설계는 엔지니어가 저전력 소비 및 최대 통합으로 고성능 계측기를 제공하는 통합 초음파 센서 AFE(아날로그 프론트 엔드)를 사용하여 초음파 수도 계량 하위 시스템을 개발하도록 지원합니다. 이 설계는 **MSP430FR6047** 초음파 센서 SoC를

기반으로 합니다. 이 SoC는 파형 캡처 기반 접근 방식을 통해 넓은 범위의 유량에서 높은 정확도를 지원하는 통합 초음파 센서 하위 시스템 AFE를 제공합니다. 또한 이 디바이스는 극소수의 외부 부품만을 필요로 하는 최대한의 통합을 통해 시스템 비용을 낮은 초저전력 계량을 달성하는데 도움이 됩니다.

마찬가지로 **배터리로 구동되는 스마트 유량 계량기의 배터리 및 시스템 상태 모니터링 레퍼런스 설계**는 배터리 수명을 예측하는 매우 정확한 전력 측정 및 상태 예측을 제공합니다. 모니터링 하위 시스템은 또한 과전류 조건으로부터 보호하여 배터리 수명을 획기적으로 줄여줍니다.

결론

전국적으로, 주와 공공시설들은 과도기적 수동, 전기 및 전기 기계적 그리드를 동적 제어가 가능한 활성 전자 그리드로 변환하여 미래의 그리드를 구축하기 위해 분주합니다. 그리드 현대화를 위한 기술 동인은 다음과 같습니다.

- 전자 기술과 반도체 장치를 그리드의 에지에 있는 계량기에 도입합니다.
- 분산된 재생 가능 생성 자원을 통합합니다.
- 전기 운송 시스템 및 충전 인프라에 적응합니다.
- 그리드 모니터링, 보호 및 제어를 개선합니다.

전력을 보다 안정적이고 효율적으로 제공하기 위해 통신 및 함께 작동하는 **그리드** 및 제어 장치를 현대화하면 정전 발생 빈도와 기간이 크게 감소하고, 폭풍의 영향이 감소하며, 정전 발생 시 서비스를 더 빠르게 복원할 수 있습니다. 노후화된 시스템을 업데이트하는 것은 쉽지 않으며, 빨리 이루어지지 않지만 궁극적으로 앞으로 수십 년간 사회와 경제에 유익한 것으로 입증되었습니다.

추가 리소스

- **그리드 인프라를 위한 커넥티드 기술**에 대해 자세히 알아보십시오.
- 기술 문서 **"Wi-SUN FAN이 커넥티드 인프라를 개선하는 방법"** 및 **"EV 충전을 위한 3가지 설계 고려 사항"**을 확인하십시오.
- **RS-485 설계 가이드**를 다운로드하십시오.

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.

Bluetooth® is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc.
Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.
모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), 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 will 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](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.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.

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

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated