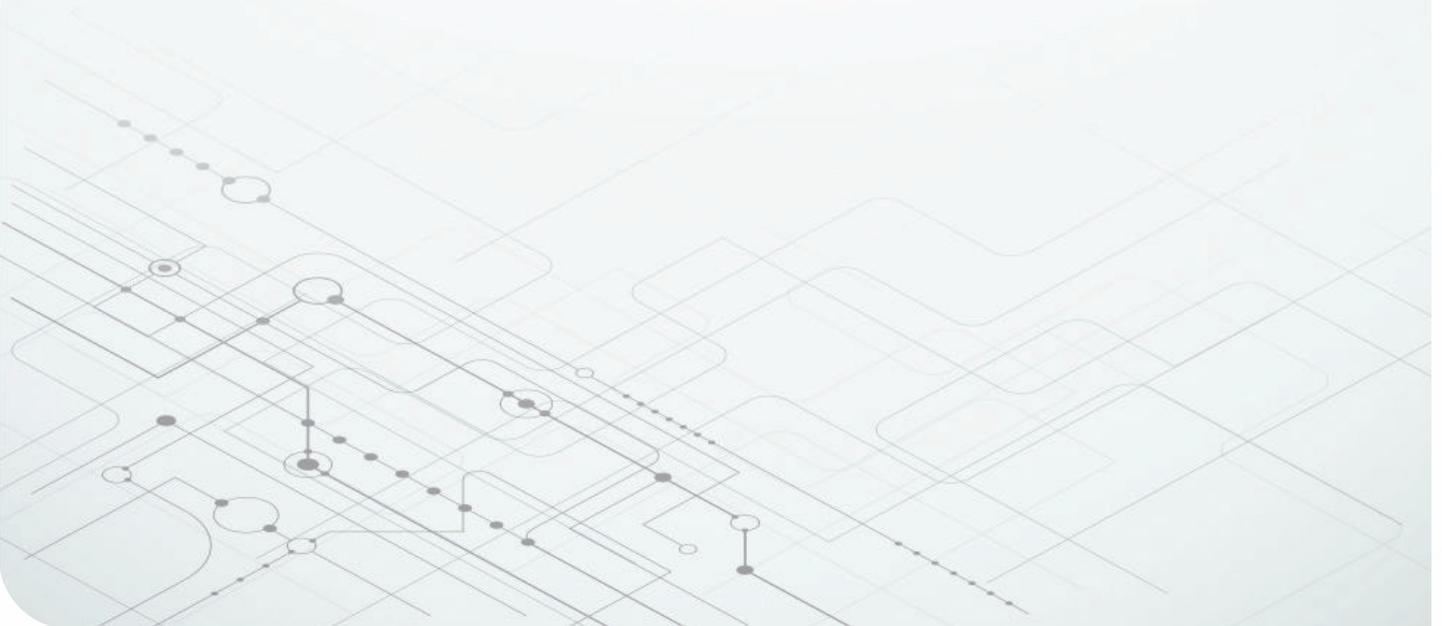


유선 통신과 무선 통신 비교 - EV 배터리 관리



Taylor Vogt,
Applications Engineer,
Battery Management Systems,
Texas Instruments



전기 자동차(EV)의 수요 증가로 제조업체들은 안전하고 비용 효율적인 방식으로 성능을 높일 방법을 모색하고 있습니다.

한눈에 보기

이 백서는 전기 차량(EV)의 유선 및 무선 배터리 관리 시스템의 설계 고려 사항을 진단합니다.



1 EV의 분산형 배터리 관리 시스템 EV의 분산형 배터리 관리 시스템

고전압 EV 배터리 팩에는 셀 전압, 온도 및 기타 진단을 릴레이하기 위해 복잡한 통신 시스템이 필요합니다.



2 유선과 무선 솔루션 평가TI의 유선과 무선 BMS 프로토콜

고정밀 배터리는 유선 또는 무선 방식을 통해 호스트와 통신하여 해당 셀 팩 데이터를 전달합니다. 분산형 배터리 시스템에는 여러 가지 설계 고려 사항과 장단점이 있습니다.



3 유선 또는 무선 환경에서 TI 배터리 모니터 사용EV의 분산형 배터리 관리 시스템

TI의 독자적인 배터리 관리 시스템(BMS) 프로토콜은 유선 및 무선 BMS 구성 모두에 대해 안정적이고 처리량이 많으며 지연 시간이 짧은 통신 방식을 제공합니다.

특별히 관심이 있는 한 가지 분야는 EV 내 개별 배터리 셀의 성능을 실시간으로 모니터링하는 배터리 관리 시스템의 개선입니다. 각 배터리 셀을 효율적으로 모니터링함으로써 EV의 마이크로 컨트롤러(MCU)가 모든 배터리 셀의 적절한 작동과 균형 있는 부하 공유를 보장할 수 있습니다. 이 기술백서는 EV 설계에 최적의 옵션을 찾을 수 있도록 유선 및 무선 BMS 솔루션의 차이점을 살펴봅니다.

EV의 분산형 배터리 관리 시스템

전기 자동차 분야에서 내부 배터리 팩은 800V 이상 확장되어 AC 모터의 과중한 부하를 지원할 수 있습니다. 이는 잠재적으로 100개 이상의 리튬 이온 셀을 차량 새시 내부에 겹쳐서 쌓아야 함을 의미합니다. 안전하면서도 적시에 신뢰할 수 있는 방식으로 셀 진단을 보고할 수 있도록 이러한 고전압 팩에 더욱 정교한 기술이 필요합니다. 일반적인 설계 기법으로 분산형 배터리 팩 시스템이 있습니다. 별도의 인쇄 회로 기판(PCB)에 여러 개의 고정밀 배터리 모니터를 연결하여 셀의 수가 많은 팩을 지원하는 것입니다.

유선 BMS 솔루션에서 꼬임쌍선 배선을 사용한 데이지 체인 방식으로 이러한 모니터를 연결하면 배터리 셀의 각 모듈에서 얻은 데이터의 전파가 가능합니다. 유선과 무선 BMS 솔루션의 차이점은 후자가 데이지 체인 대신 무선 통신 인터페이스를 사용한다는 점입니다. **그림 1**은 400~800V EV의 일반적인 분산형 배터리 팩 시스템을 보여줍니다.

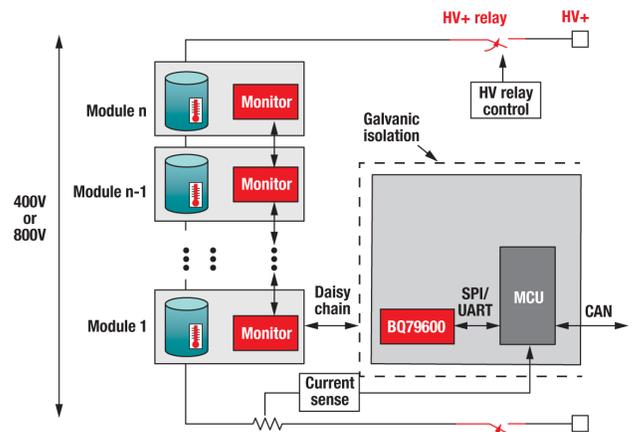


그림 1. 분산형 BMS 예시.

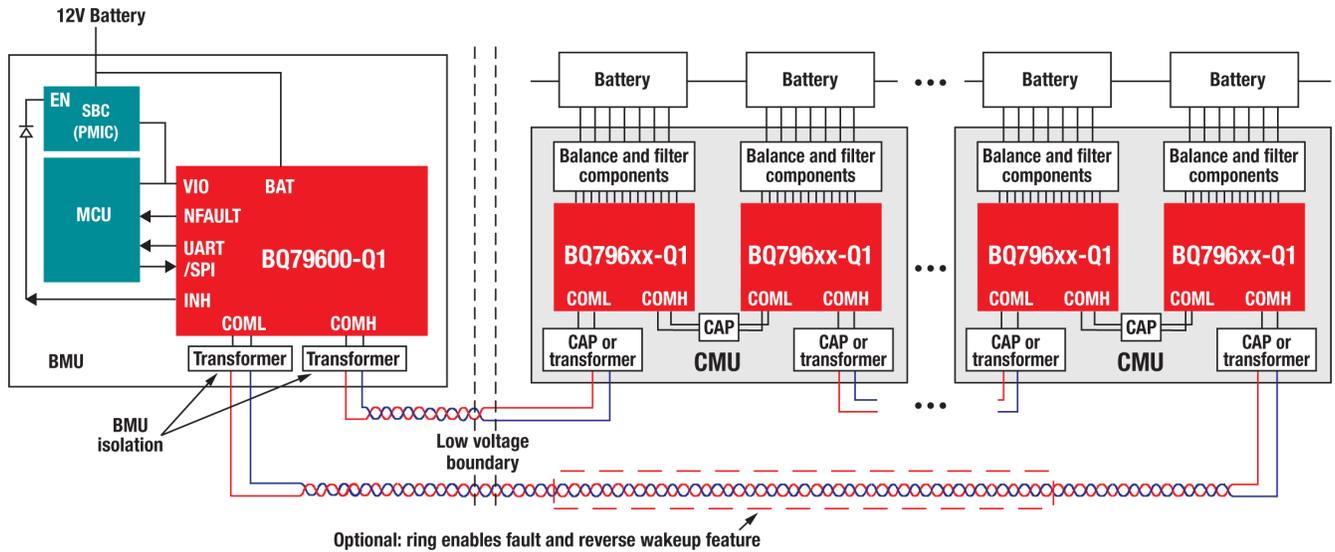


그림 2. 유선 BMS 예시.

그림 1에는 호스트 MCU가 포함된 서브 시스템이 있어 컨트롤러 영역 네트워크 버스를 통해 차량의 제어 유닛과 접속합니다. 이후 MCU 프로세서는 배터리 모듈과 연결된 배터리 모니터 장치를 구동하여 전압과 온도를 감지합니다. 배터리 모니터가 지원하는 채널 수에 따라 고전압 팩을 지원하도록 겹쳐서 쌓는 디바이스의 수도 다를 수 있으며, 이러한 장치는 호스트 MCU와 빠르게 통신해야 합니다. 시스템에서 모니터링 및 통신이 필요한 다른 일반적인 측면으로는 차량을 사용하지 않을 때 고전압의 안전한 연결 해제를 보장하는 고전압 계전기 제어, 충전 상태 계산을 위한 전류 감지, 배터리 팩의 작동 상태가 있습니다.

유선과 무선 BMS의 고려 사항

이 백서에서 초점을 맞추는 사항은 팩과 호스트 MCU에 연결된 각 배터리 모니터 장치의 통신 인터페이스입니다. 두 예시 모두 BQ796xx 모니터 제품군을 사용합니다. 일반적인 유선 솔루션은 배터리 모듈 사이의 꼬임쌍선 배선을 사용한 데이지 체인 케이블로 배터리 모니터를 연결합니다. 무선 통신 방식은 CC2642R-Q1 무선 MCU를 사용하여 데이터를 전송합니다.

그림 2에서 유선 솔루션의 왼쪽에 배터리 관리 또는 모니터 유닛(BMU) 보드가 표시되어 있습니다. 보드에는 호스트 MCU와 BQ79600-Q1 통신 브리지 장치가 있습니다. 이 BMU는 셀 모니터링 장치(CMU)에서 MCU와 다른 BQ796xx 모니터링 장치 사이의 인터페이스 역할을 하여 실제 배터리 셀과 연결합니다. 이러한 CMU는 각 배터리

모니터 장치의 고압측과 저압측 모두에서 꼬임쌍선 데이터 체인 케이블로 상호 연결되며, 링 케이블 옵션이 있어 케이블 파손 시 어느 방향으로든 전송이 가능합니다. 유선 솔루션은 데이지 체인 배선의 양쪽에 절연 부품이 있어야 잡음이 심한 환경에서 견고한 통신이 보장되고 엄격한 차량 전자파 간섭(EMI) 및 전자파 적합성(EMC) 제한을 견딜 수 있습니다.

무선 솔루션은 무선 인터페이스를 사용하여 배터리 모니터에서 무선 송수신기 장치를 통해 범용 비동기 수신기-송신기(UART) 데이터를 호스트 MCU로 전송합니다.

그림 3은 그림 1보다 더 간소화된 CMU를 사용하지만 무선 수신기 노드를 추가하여 CMU에 무선 방식으로 호스트에 셀 데이터를 전송하는 추가 디바이스가 있음을 보여줍니다. 이를 통해 그림 2에 표시된 2개의 CMU가 서로 자연스럽게 절연될 수 있습니다.

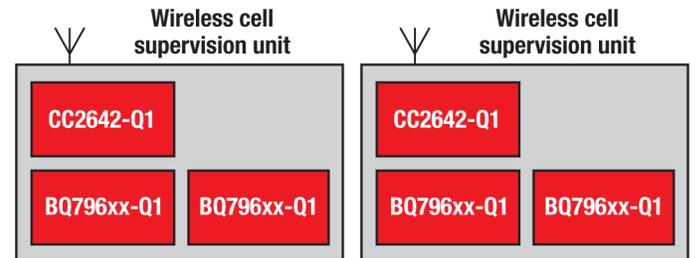


그림 3. 무선 BMS 예시.

두 솔루션 사이의 큰 차이점은 유선 솔루션의 꼬임쌍선 배선을 무선 솔루션에서는 각 BMU의 CC2642R-Q1 장치로 대체한 것입니다.

디바이스를 추가하면 배선에 비해 복잡성과 비용이 증가할 수 있지만, 견고한 통신을 보장하려면 배선의 비용과 무게는 물론 꼬임쌍선 인터페이스의 양쪽에 고성능 절연 부품을 배치해야 할 필요성을 고려해야 합니다. 표 1은 유선과 무선 배터리 관리 솔루션에 대한 추가 고려 사항을 설명합니다.

TI의 유선과 무선 BMS 프로토콜

두 솔루션 모두에 사용되는 TI 프로토콜을 자세히 살펴보면 유선 솔루션은 차동, 양방향, 반이중 인터페이스를 사용하므로 고압측과 저압측 통신 인터페이스 모두에 송신기

(TX)와 수신기(RX)가 있어 기본적으로 저압측에서 고압측으로 정보를 전파합니다. 이러한 TX 및 RX 기능은 디바이스의 베이스 또는 스택 감지를 기반으로 하드웨어에 의해 자동으로 제어되며, 데이터는 각 모듈에 전파되면 다시 클럭됩니다. BQ796xx 디바이스의 RX 토폴로지는 RS-485와 유사하지만 설계 메커니즘이 추가되어 차량 환경의 일반적인 소음 상태로 인해 유발되는 높은 동상 전압을 감쇠합니다. 각 바이트는 2MHz에서 전송됩니다(펄스당 250ns 또는 커풀릿당 500ns). 그림 4와 같이 각 바이트의 시간 간격은 UART 보레이트(정상 작동 시 1Mbps)에 따라 다르지만 바이트 시간은 항상 동일합니다.

고려 사항	유선 BMS	무선 BMS
무게	<ul style="list-style-type: none"> 일반적 안정성 표준 전체 차량 중량 및 복잡성 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 전체 차량 중량 및 복잡성 감소
설계 유연성 및 서비스 가능성	<ul style="list-style-type: none"> 전체 설치 면적 증가로 유연성 감소 정비하기 더욱 어려움 케이블이 분리되는 모듈형 	<ul style="list-style-type: none"> 핏프린트가 작아 차량 내에서 설계 유연성이 높고 더 유연한 배치 가능 정비하기 더욱 쉬움
측정	<ul style="list-style-type: none"> 전압 및 전류의 시간 동기화 측정은 위아래로 전파되어야 하므로 판독 간에 지연이 발생 지연 측정 기능으로 성능 개선 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 무선 시스템은 자연적으로 시간 동기화 측정 강화된 동기화 감지 기능 추가 가능
안정성	<ul style="list-style-type: none"> 유선은 안정적이고 기능 안전 표준을 충족하지만 시간이 지남에 따라 손상 가능 링 아키텍처에는 양방향 이중화 케이블이 내장 수리가 더 복잡할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 유지관리할 와이어 없음 설계로 독특한 차량용 라디오 주파수 환경 및 비가시선 문제를 극복해야 합니다
보안	<ul style="list-style-type: none"> 밀폐되어 안전한 시스템 통신 	<ul style="list-style-type: none"> 보안 프로토콜이 부족한 설계 불량 시스템은 침해가 발생 가능

표 1. 유선과 무선 BMS의 고려 사항.

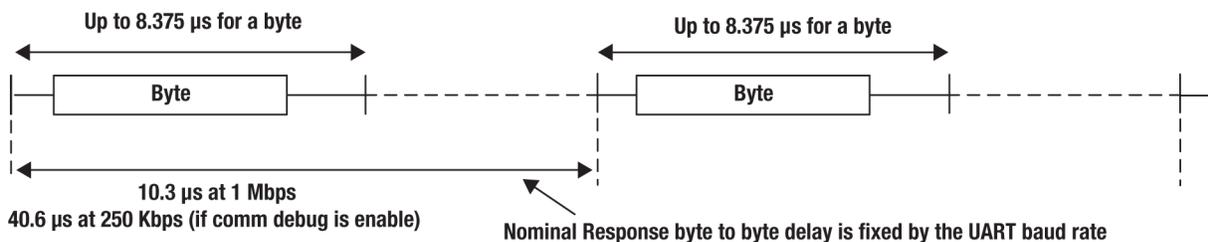


그림 4. BQ796xx 바이트 수준 통신.

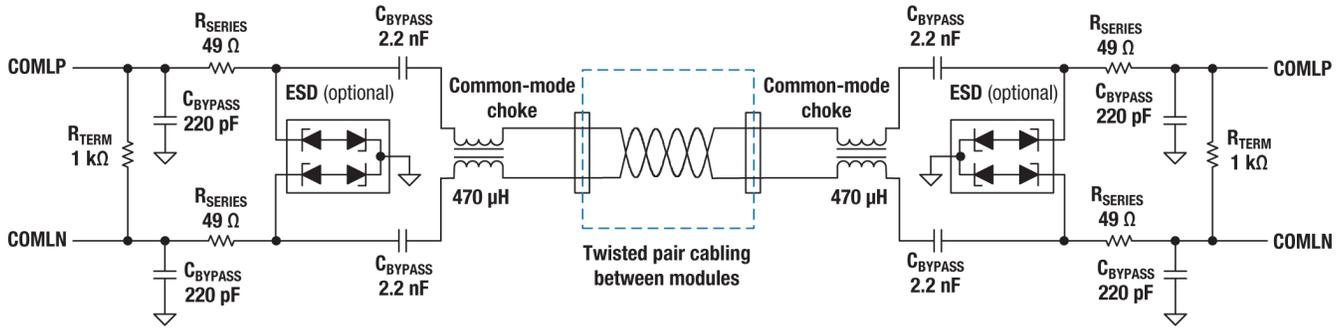


그림 5. 유선 절연 회로 예시.

유선 인터페이스는 엄격한 차량용 EMC/EMI 사양 한도 내에서 안정성을 위해 정전식 또는 유도식 절연을 지원하도록 설계되었습니다. 그림 5는 커패시터와 초크 사용의 예시를 보여줍니다. 각 배터리 모니터 PCB(하나의 스택에 총 64개) 사이에 회로를 설계하여 다양한 크기의 차량 배터리 모듈을 지원할 수 있습니다.

차세대 EV를 개발하는 1등급 업체와 OEM 업체의 요구사항을 충족하기 위해 TI는 2.4GHz 주파수 대역에서 작동하는 Bluetooth® 저에너지 기술 기반의 독자적인 무선 BMS 프로토콜을 개발했습니다. 표 2에는 중앙 장치당 32개의 노드를 지원하는 스타 네트워크 구성, 처리량이 많고 지연 시간이 짧은 데이터 전송 기능, 기능 안전 관련 프로토콜을 포함한 TI 무선 BMS 프로토콜의 특징이 나열되어 있습니다.

기능	목표
안전성이 중요한 반응 시간 (지연 시간)	최대 100ms(안전)
데이터 처리량	무선 디바이스당 최대 400바이트
링크 안정성	99.9999%
보안	보안 및 암호화된 메시지
확장성	최대 32개 무선 디바이스 등
다중 클러스터 지원	예
기능 안전	시스템 수준 ASIL-D / ASIL-C
소비 전력	1차 노드에서 <1mA(평균), 2차 노드에서 <1mA(평균)
링크 버짓	>95dB
네트워크 형성 시간	<600ms

표 2. TI의 무선 BMS 시스템 목표.

두 프로토콜 사이의 큰 차이점은 MCU로부터 상단 모니터로 신호를 전파하고 돌아오는 데이지 체인 꼬임쌍선 배선으로, 무선 스타 네트워크 구성에서 각 모듈은 호스트 프로세서와 개별적으로 통신할 수 있습니다. 두 솔루션 모두 차량용 시스템이 빠르고 안전하게 관련 배터리 팩 데이터를 제공하는 데 중요한 사양을 제공합니다.

결론

EV의 고전압 배터리 팩에 대한 안전하고 안정적인 저비용 솔루션에는 소음이 심한 환경을 견딜 수 있고 팩에 다양한 셀 모듈 배치가 가능한 고품질의 통신 프로토콜이 필요합니다. BQ7961x-Q1 제품군은 유선 또는 무선 통신을 원하는 시스템을 지원할 방안을 제시합니다.

추가 리소스를 통한 유선 또는 무선 BMS 설계 능력화:

- [배터리 관리 시 기능 안전 고려 사항 차량 전기화 백서](#)
- [BQ7961x-Q1 데이터 시트](#)

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 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