

Technical Article

배터리 정확도 재정의: Dynamic Z-Track™ 알고리즘이 추정하기 어려운 배터리 부하를 추정하는 방법



산업용 및 개인용 전자 제품에 고급 기술이 추가됨에 따라 배터리의 부하를 점점 더 추정할 수 없게 되어 더 믿을 수 있고 지능적인 배터리 게이지가 필요해지고 있습니다. 새롭게 떠오르는 AI(인공 지능) 강화 장치에서든 드론, 전동 공구 및 로봇과 같은 기존 시스템에서든 배터리는 매우 동적인 부하 프로필을 갖고 있습니다. 이렇게 추정할 수 없는 부하는 시스템을 안전하게 종료하거나 예상치 못한 브라운아웃을 방지하기 위해 정확한 측정에 의존해야 하는 설계자들에게 큰 과제로 작용합니다. 무선 드릴이 예기치 않게 작동을 멈출 경우에는 사용자의 불만이 높아질 뿐이지만 하늘에서 드론이 떨어진다면 심각한 안전 위험을 초래할 수 있습니다.

배터리 게이지의 기능

배터리 게이지는 전류 및 전압 측정을 사용하여 충전 상태, 성능 상태 및 남은 용량과 같은 필수 매개 변수를 계산합니다. 기존의 Impedance Track™ 기술 기반 배터리 게이지는 배터리 부하가 느리게 변화한다고 가정합니다. 이는 배터리가 방전되는 동안 정확하게 저항을 측정하여 고정밀의 실시간 충전 상태 추정값을 계산하는 방식입니다. [그림 1](#)에 표시된 것처럼 배터리를 저주파 RC(저항 커패시터) 모델로 모델링하는 것은 이러한 천천히 변화하는 배터리 부하에 충분합니다. 그러나 가변 또는 고주파 부하 전류가 흐르는 최신 애플리케이션은 정확한 충전 상태 추정을 유지하기 위해 더 포괄적인 모델과 적응형 알고리즘이 필요합니다.

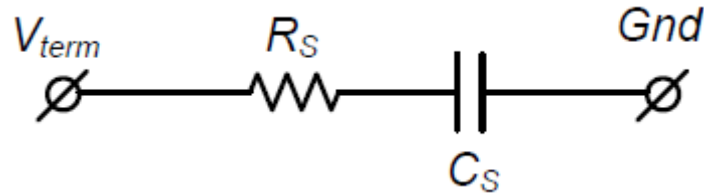


그림 1. 저주파 RC 배터리 모델

Dynamic Z-Track 알고리즘은 BQ41Z90 및 BQ41Z50와 같은 장치를 위해 설계된 배터리 게이징 방법입니다. 기존 Impedance Track 알고리즘의 후속 기술로서, BQ40Z50 및 BQ34Z100과 같은 장치에서 작동하는 Dynamic Z-Track 알고리즘은 동적 부하 전류 조건에서 충전 상태, 성능 상태 및 남은 용량을 정확하게 추정하도록 해 줍니다.

비정상적이거나 고주파 부하가 배터리에 가해지면, Impedance Track 게이지의 기존 RC 모델은 배터리 저항을 정확하게 갱신하기 어려워집니다. 이에 반해 Dynamic Z-Track 알고리즘은 전압 과도를 시뮬레이션하고 동적 전류 프로필에 맞게 조정하는 광대역 과도 모델을 구현합니다. 이 접근 방식을 사용하면 전류가 안정적이지 않은 경우에도 실시간 저항 추정치가 가능합니다.

저항이 중요한 이유

저항 추측은 배터리의 전체 수명 기간 동안 가장 높은 정확도의 충전 상태를 계산하는 데 필수적입니다. 그림 2에 표시된 것처럼 배터리 셀의 저항은 배터리의 사이클 및 노후화에 따라 선형적으로 증가하며, 특정 전환점에 도달하면 수명이 다할 때까지 저항이 기하급수적으로 증가합니다. 저항도 온도에 따라 크게 변동합니다. 배터리 셀 저항과 온도는 온도가 낮을수록 저항이 커지는 반비례 관계를 가지므로 0% 충전 상태에 도달하기 전까지 배터리 셀이 제공할 수 있는 용량 또는 에너지가 낮아집니다.

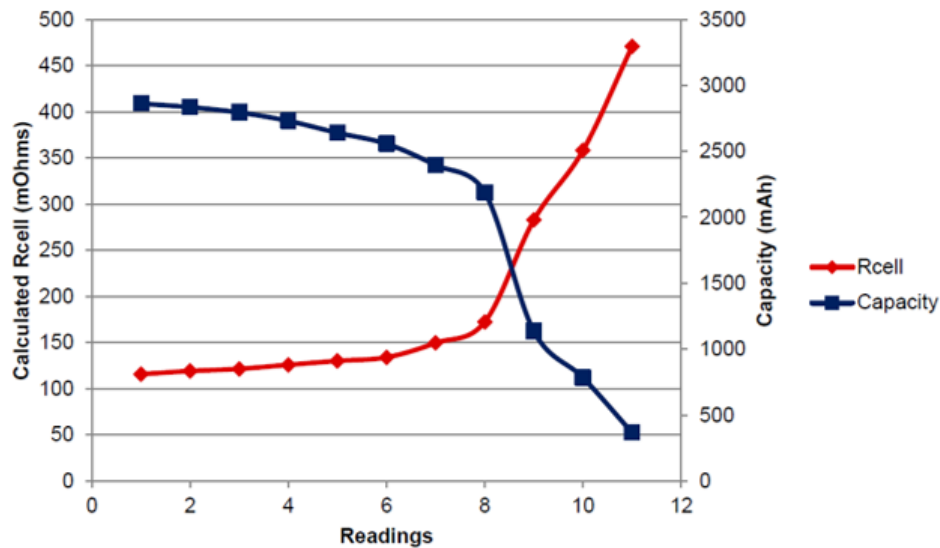


그림 2. 시간에 따른 리튬 이온 배터리 셀의 저항 변화

배터리 게이지가 저항을 업데이트할 수 없는 경우 충전 상태 계산 오류는 배터리 노후화에 비례하여 증가합니다. 충전 상태 및 남은 용량 추정과 관련된 이 오류로 인해 추정할 수 없고 비정상적인 부하에서 저항 업데이트 없이는 정확도가 최대 60% 또는 최저 10%에 달할 수 있습니다. 그림 3에 표시된 것처럼 충전 상태가 갑자기 감소하면서 최종 사용자가 이러한 문제를 경험할 수 있으며 용량이 과대평가되어 장치가 예기치 않게 종료될 수도 있습니다.

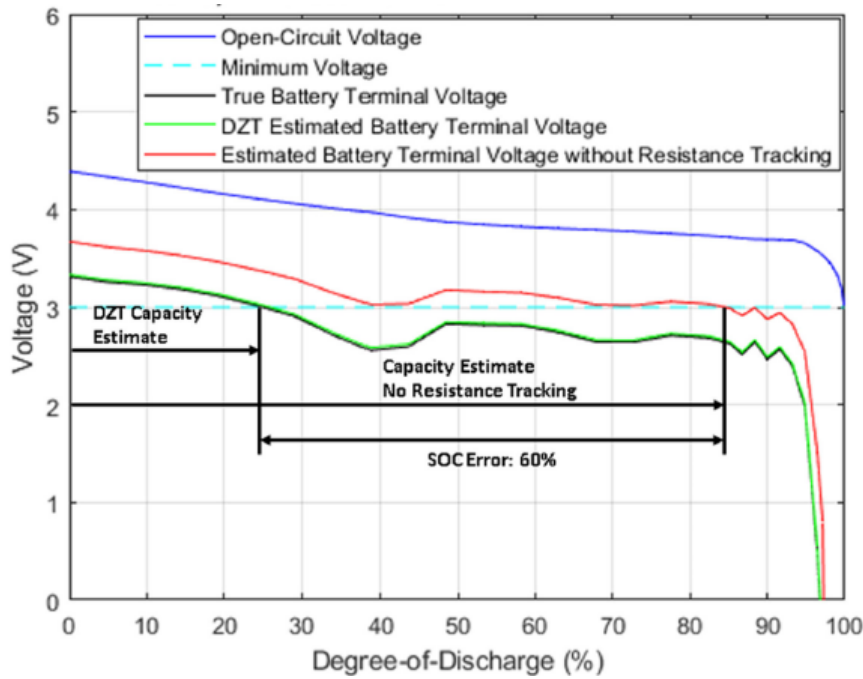


그림 3. 남은 용량 추정 비교: 1.75C 부하에서의 Impedance Track 기술 및 Dynamic Z-Track 기술 대 저항 업데이트 미 적용 예

사용 사례의 예

한 사람이 전기 자전거를 타고 집으로 가고 있다고 가정합니다. 남은 충전 상태가 30%인 것을 확인하고 집에 가기 전에 식료품 가게에 들르기로 결정합니다. 가게에 도착했을 때 충전 상태는 15%였지만, 집에 돌아오는 중 충전 상태가 12%에서 0%로 떨어져 전기 자전거의 작동이 갑자기 멈췄습니다. 이제 자전거 운전자는 페달을 직접 돌려 집까지 가거나 택시를 불러야 합니다.

Dynamic Z-Track 알고리즘은 이러한 상황을 방지합니다. 기존 배터리 게이지와 달리 TI의 Dynamic Z-Track 기술은 추정할 수 없는 부하에서도 최대 99%의 충전 상태 정확도를 제공하여 제조업체에서 배터리 크기를 최적화하고 배터리 작동 시간을 최대 30%까지 확장할 수 있도록 지원합니다. 이를 통해 궁극적으로 최종 사용자에게 드론, 전기 자전거, 노트북 및 휴대용 의료 기기와 같은 까다로운 애플리케이션에서 더 신뢰할 수 있는 성능을 제공할 수 있습니다.

결론

추정하기 어려운 배터리 부하로 인해 까다로운 설계 과제가 주어지지만, 시스템 신뢰성의 한계나 최종 사용자 경험을 반드시 좌우하는 것은 아닙니다. Dynamic Z-Track 알고리즘과 같은 툴을 사용하면 배터리 전원 장치가 간단하게 작동하는 설계를 구현할 수 있습니다. 바로 드론이 예상치 못한 추락 없이 비행을 완료하고 전기 자전거가 작동 중단 없이 탑승자를 집까지 데려다 주는 미래입니다.

추가 리소스

Impedance Track 기술 및 Dynamic Z-Track 기술의 작동 방식에 대한 자세한 내용은 다음 애플리케이션 노트를 참조하세요.

- [Dynamic Z-Track™ 기술: 동적 부하 애플리케이션을 위한 고급 배터리 게이징 알고리즘.](#)
- [BQ2750x 제품군의 Impedance Track 배터리 연료 게이징 알고리즘 이론 및 구현.](#)

상표

모든 상표는 각 소유권자의 자산입니다.

중요 알림 및 고지 사항

TI는 기술 및 신뢰성 데이터(데이터시트 포함), 디자인 리소스(레퍼런스 디자인 포함), 애플리케이션 또는 기타 디자인 조언, 웹 도구, 안전 정보 및 기타 리소스를 "있는 그대로" 제공하며 상업성, 특정 목적 적합성 또는 제3자 지적 재산권 비침해에 대한 묵시적 보증을 포함하여(그러나 이에 국한되지 않음) 모든 명시적 또는 묵시적으로 모든 보증을 부인합니다.

이러한 리소스는 TI 제품을 사용하는 숙련된 개발자에게 적합합니다. (1) 애플리케이션에 대해 적절한 TI 제품을 선택하고, (2) 애플리케이션을 설계, 검증, 테스트하고, (3) 애플리케이션이 해당 표준 및 기타 안전, 보안, 규정 또는 기타 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 전적으로 귀하의 책임입니다.

이러한 리소스는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TI는 리소스에 설명된 TI 제품을 사용하는 애플리케이션의 개발에만 이러한 리소스를 사용할 수 있는 권한을 부여합니다. 이러한 리소스의 기타 복제 및 표시는 금지됩니다. 다른 모든 TI 지적 재산권 또는 타사 지적 재산권에 대한 라이선스가 부여되지 않습니다. TI는 이러한 리소스의 사용으로 인해 발생하는 모든 청구, 손해, 비용, 손실 및 책임에 대해 책임을 지지 않으며 귀하는 TI와 그 대리인을 완전히 면책해야 합니다.

TI의 제품은 [ti.com](https://www.ti.com)에서 확인하거나 이러한 TI 제품과 함께 제공되는 [TI의 판매 약관](#) 또는 기타 해당 약관의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다.

TI는 사용자가 제안했을 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

주소: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

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 © 2025, Texas Instruments Incorporated