

배터리 관리 패러다임의 전환

: BMS-as-a-Service 기반의 배터리 진단

한세경

CEO /  BETTERWHY

Professor /  **KNU** 경북대학교
KYUNGPOOK NATIONAL UNIVERSITY

2022. 2.



CONTENTS

01

Issues



02

Technology



03

Business



04

Spin-off



The background features a complex, glowing circuit board pattern in shades of gray and white. Several bright, starburst-like light effects are scattered across the circuit lines. Four large, rounded, pill-shaped elements are positioned around the central text: a light gray one in the top-left, a light green one in the top-right, a dark green one in the bottom-right, and a medium green one in the bottom-left.

01 Issues

배터리 영역별 Issues

1. 전기자동차 및 ESS



- 최근 일련의 전기차 및 ESS 발화사고의 상당 부분이 수지형 리튬금속(덴드라이트) 생성으로 인한 양극의 직접적 내부 단락 혹은 가스발생으로 인한 열 폭주가 직접적 원인으로 지목됨
- ESS 화재사고는 크게 보호시스템 오류, 환경(습도, 동물)적 요인, 셀 불량 등의 요인으로 나눌 수 있으며 이 중 셀 불량 요인이 전체 사고의 절반 가까운 비중을 차지하고 있음.
- 현재까지 대부분의 BMS 및 배터리 관련 시스템은 1차원적 이상동작 감지(과전압, 과전류, 전압산포 등) 수준에 머물러 있으며 셀 내부의 급격한 상태변화나 이상 전조증상에 대한 실시간 진단기술이 개발/적용 되어 있지 않음

2. PEM 및 DRONE



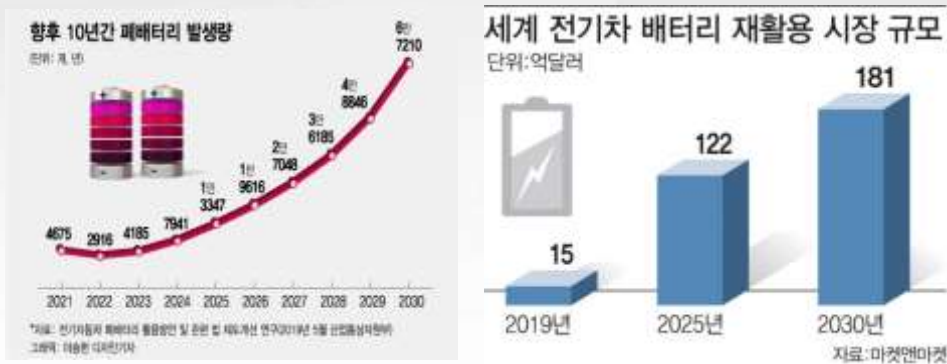
"드론 배터리 과충전하면 화재 위험"



- 개인 및 집단이 관리하는 전동킥보드, 전기자전거는 가혹한 사용조건, 배터리 관리 부실 등으로 인해 화재사고 발생, 유지보수 비용 증대 등의 문제 발생
- 개인과 달리 집단으로 관리하는 운영사는 제품 자체에 이력관리(위치 추적, 활동량 조회 등) 시스템은 갖추고 있으나 배터리 진단이나 관리는 배터리 팩 자체의 on-Board BMS에만 의존
- 개인 및 집단 모두는 체계적이고 안전한 충전 관리 시스템을 갖추지 못하고 있음

배터리 영역별 Issues

3. 배터리 재활용



- 배터리 교체 주기가 다가오면서 폐 배터리 재활용에 대한 관심이 증대되고 있지만 폐 배터리에 대한 표준화된 평가나 재활용 기준이 없는 상황
- 폐 배터리는 회수 후 분해, 시험 등의 과정을 현장 (On-site) 평가에만 의존
- 수거된 폐 배터리는 전량에 대하여 전담인원이 수동으로 진단 검사를 하고 있어 결과의 일관성 및 신뢰성이 떨어지며, 경제적인 측면에서도 효율성이 낮아 프로세스 개선이 필요

4. IT 기기 및 배터리 기반 가전

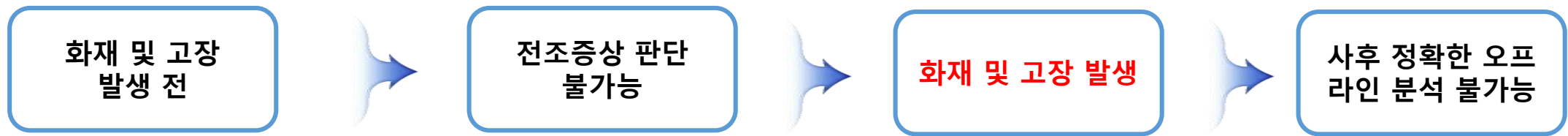


- 접촉성 기기의 발열·발화 사고로 인하여 인명 피해로 확산되고 있는 시점에서 제품의 결함, 발열·발화 등의 원인이 무엇인지를 파악 못하는 상황임.
- 현재 단순히 제품의 교환 및 환불을 통해 확산을 막고 있지만, 소비자의 안전에 대한 대처가 미흡한 상황임.

기존 BMS의 한계_안전 진단에 부적합

- 사전 정의된 Data를 이용하여 Algorithms 개발
 - 실험 기반 Algorithms를 탑재하여 패턴 변화 및 환경변화 반영 불가능 → 오류발생 가능성 ↑
 - 잠재적, 산발적인 위험 인식 문제 노정
- 한정된 Data 수집, Computing 능력 ↓
 - 전류적산 등의 단순한 모델을 사용할 수 밖에 없는 환경
 - 화학물인 배터리의 성질/상태 분석에 부적합
- 화재/고장 예방 및 진단 능력이 미약하며, 이상 발생후에도 정확한 오프라인 분석 불가능
- 최근 사고 이후 사후 분석을 위한 데이터 저장 서버를 별도로 운영하지만 서비스가 전제되지 않은 저장 방식의 문제와 방대한 데이터에 대한 점진적 분석 결과가 존재하지 않아 실제 활용도가 떨어짐. 무엇보다 사후 분석을 위한 용도로서 사고 전의 이상 진단 등에 활용되기 어려움

<기존 BMS>



클라우드 BMS(BaaS, BMS-as-a-Service)

01 Issues

고성능 환경 / 빅데이터 처리 / 체계화된 FRAMEWORK



실시간 배터리 분석을 통한 문제 대응 가능



배터리 실시간 분석

- 현재 배터리의 상태 분석
- 과거 Property 값 기반 분석
- 통계 기반 분석

문제 발생 예상

- 다양한 Property 추정과 이를 기반으로 한 잠재적 이상 진단
- Property의 통계적 특성변화에 따른 수명 진단, 예측

Why Online Platform?

Online Middleware Platform for Proactive Diagnostics

- 배터리 진단, 특히 이상진단의 필요성은 누구나 인지하고 있는 사항
- 진단 시스템 구현에는 체계적 접근, 다양한 property 생성 능력 필요
- 특히 사전 데이터 없이도 환경에 따라 배터리의 특징 및 상태변화를 추정할 수 있는 동적 학습 능력 필요 (Unsupervised Learning)



어떤 것이 배터리
이상에 해당하지?

이상이 발생하면
뭐가 이상해지지?

어떤 정보를 가지고
이상을 진단하지?

배터리의 상태를
어떻게 추정하지?

CONAN
-이상진단 서비스-

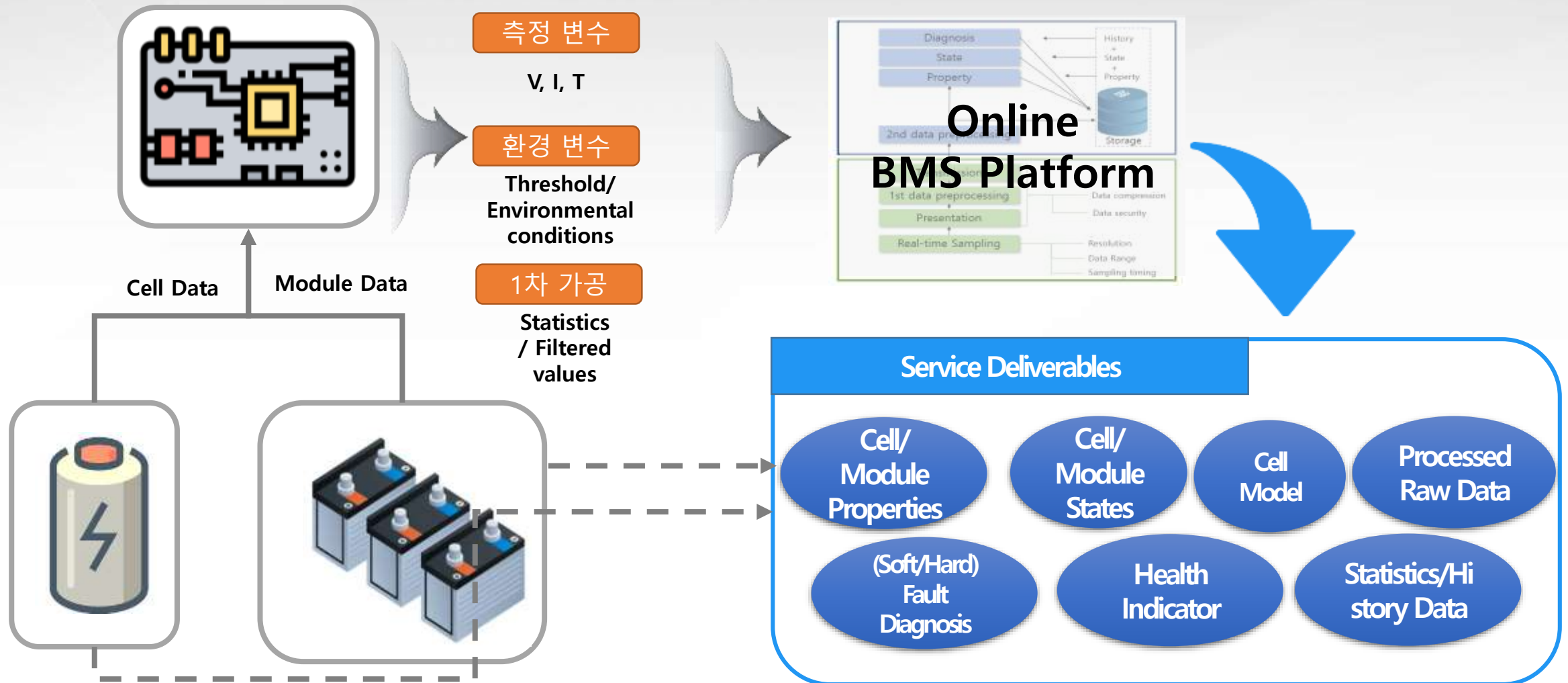
이상에 대한
정의

배터리 상태
추정

배터리 Property
추정

기술개발 및 기반
데이터 확보

Service Deliverables

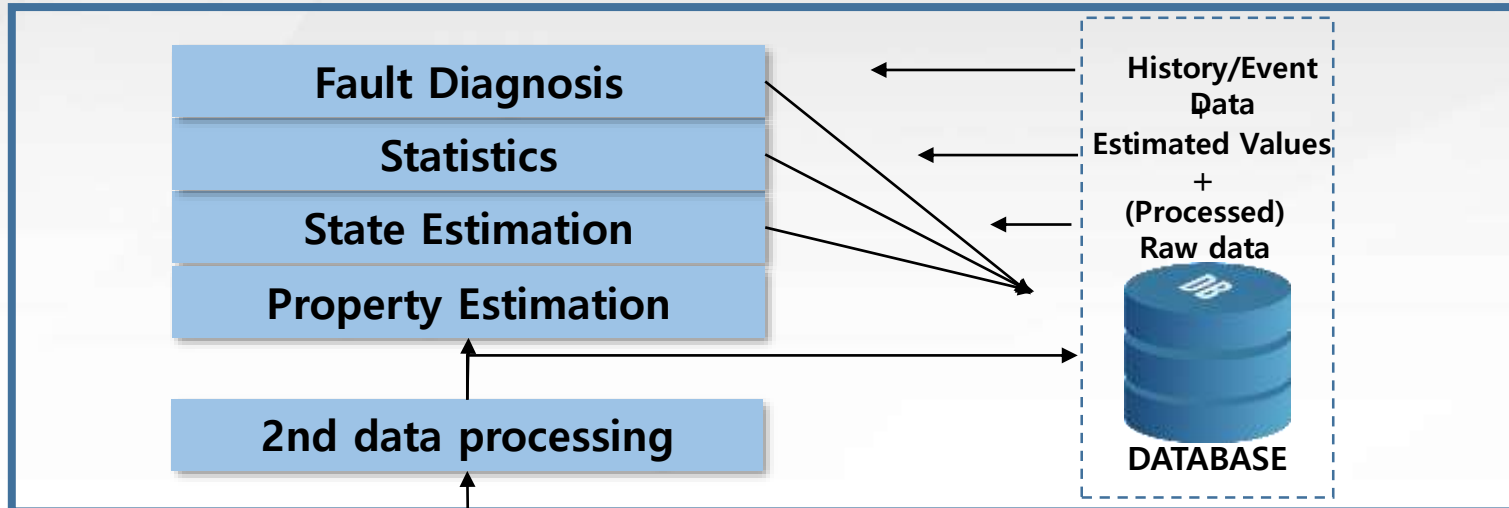


Platform Considerations

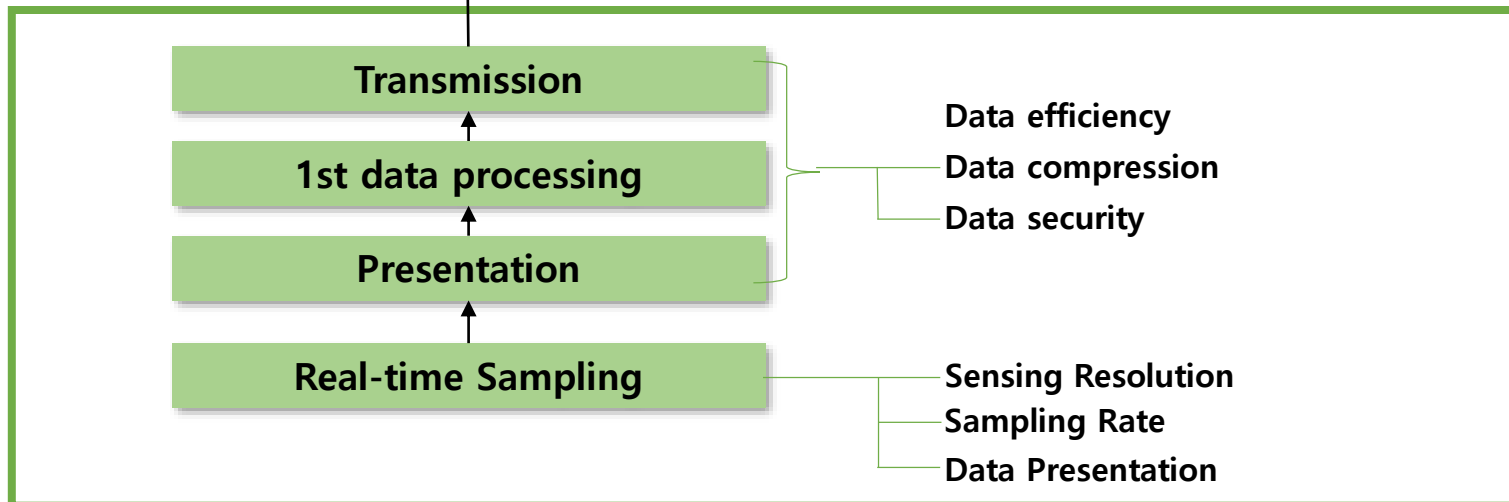
01 Issues

Data Stream & Processing

Cloud Server



Local BMS



Control System



Platform Considerations

Service Framework



Stream Data Real Time Management

- 스트림 데이터 기반 연속 상태 추정
- 실시간 Hard fault 진단

Ex) • SOC 추정
• SOP 추정
• SOAE 추정
• Hard Fault Diagnosis



Event Generation & Propagation

- 특정조건 성립시 state 및 property 추정 및 진단
- 타 서비스 연계 및 이벤트 전파

Ex) • DCIR/ECM 추정
• WDF
• SOH
• Soft Fault Diagnosis



Cyclic & Scheduled Data Processing

- 데이터 통계화
- 주기성 property 추정
- long term soft fault 진단

Ex) • ICC/ P-Correlation
• Statistics
• Raw data Filtering
• Health indicator 생성



02 Technology

- 화재 및 고장을 예방 및 진단 할 수 있는 실시간 모니터링 시스템

기초 데이터의 유동적 수집부터 데이터 압축, 전처리, 저장. 실시간으로 배터리의 이상진단 및 다양한 상태 추정 서비스 제공

- 배터리 Domain Knowledge에 기반한 다층적/복합적 Property 생성

- 생성된 Property를 통해 2차적 Property 및 State를 재생성, 연쇄적인 알고리즘 확장을 통해 확률적으로 보다 정교한 추정을 실행

- 체계화된 Cloud 기반 플랫폼

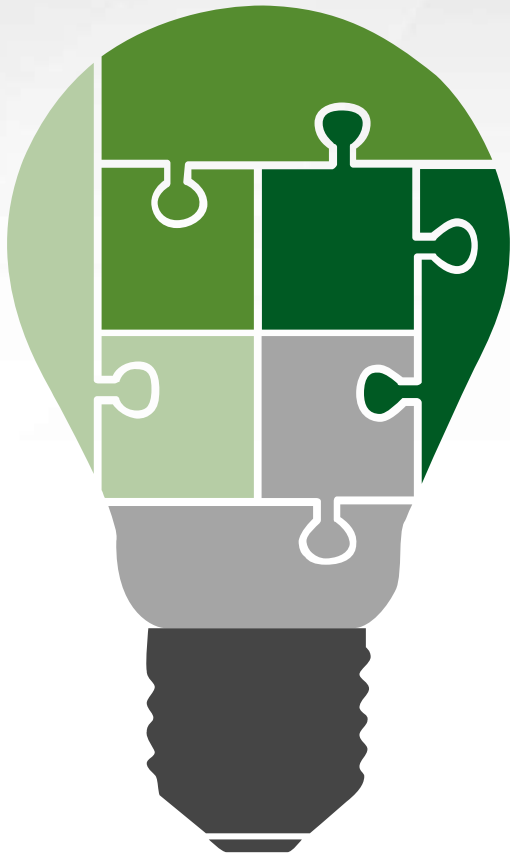
- Data-driven 기반 알고리즘 구동에 적합한 플랫폼 하부구조, 배터리 분석에 최적화된 아키텍처를 보유

- 호환성, 확장성, 보안성 등이 확보되어 알고리즘의 상업적 가치의 확대에 용이



필요 기술 역량 I - 배터리 진단 기술

배터리 물성 분석 노하우



< 배터리 상태 추정 기술* >

배터리 파라미터 /
사용자 운전패턴



물성해석 기반
상태 추정 모델



수십 가지 이상의 *Data driven* 기반 배터리 상태
및 속성 추정

< 배터리 이상 진단 기술*>

배터리 파라미터 /
사용자 운전패턴 /
추정 속성 및 상태



물성해석 기반
이상진단 로직

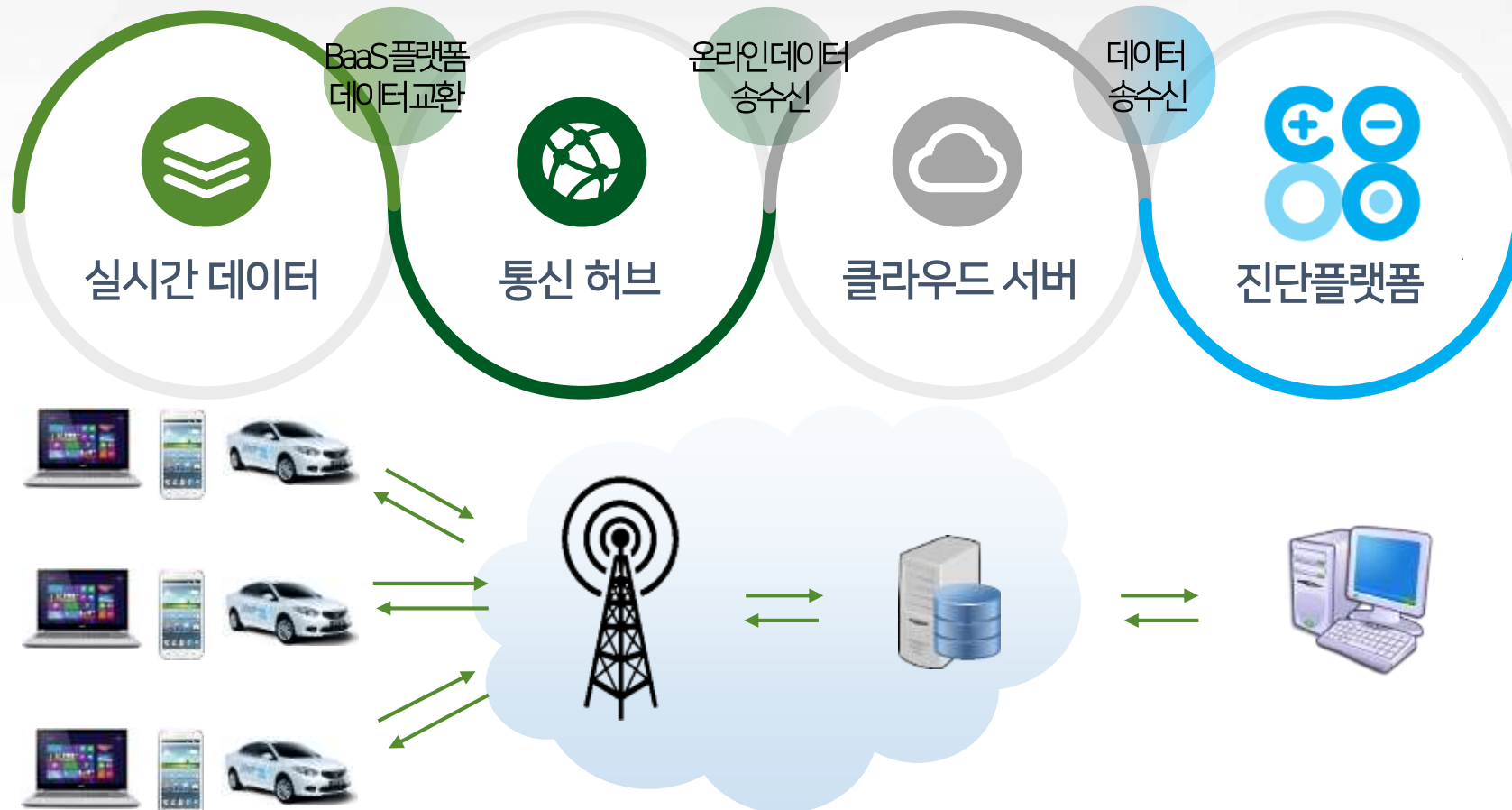


팩, 모듈, 셀 레벨에서의
정밀 이상 진단 기술 확보

필요 기술 역량 II - 플랫폼 설계 기술

배터리 진단 전용 Big-Data 플랫폼 설계 노하우

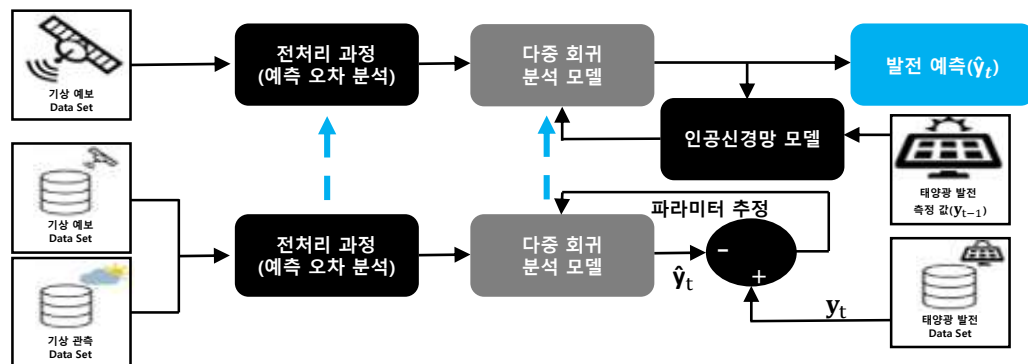
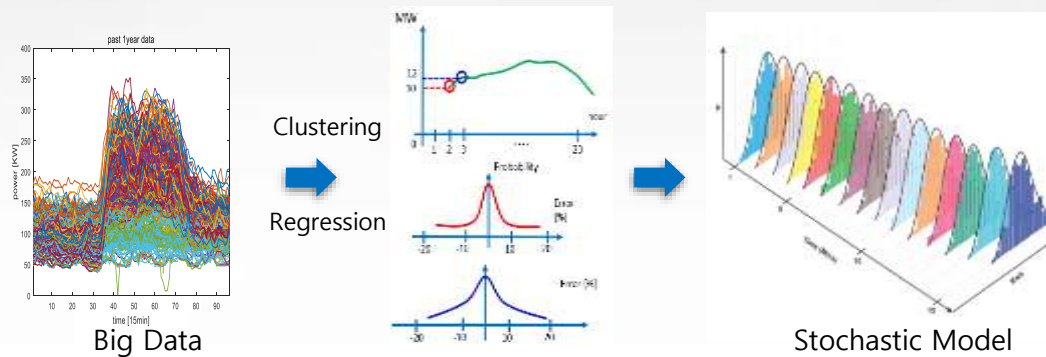
<고도화된 배터리 상태 추정을 위한 온라인 데이터 분석 기술>



확장성-Application Specific Services

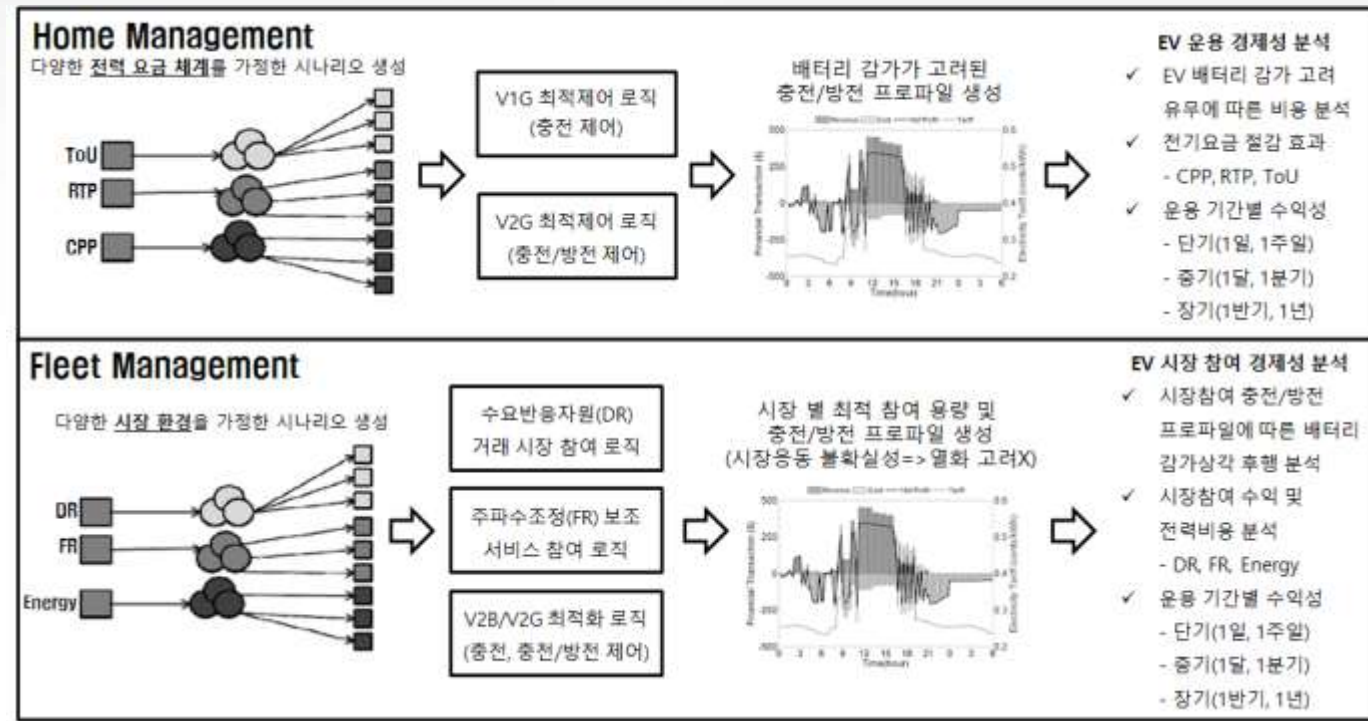
어플리케이션 specific service

패턴인식/행동기반 확률론적 예측 모델



<과거 데이터 기반 확률론적 예측 모델 개발>

전기차등 분산배터리자원기반 VPP/Aggregator 설계



<전기차, ESS 등 분산배터리 기반의 시장참여를 위한 Aggregator 설계>



***02-1* 배터리 진단 기술**

Definition of the Battery Anomaly



0. 배터리 이상에 대한 정의

- 배터리에서 발생할 수 있는 이상에 대한 사전 정의

1. 필요 Property 정의

- 이상과 Property 간의 관계 분석
- 각 이상 항목 별 진단에 필요한 Property 정의

2. 이상진단 방법론 정의

- Property 활용 방안 구상
- 복합적 진단 방법 설계
- 지도/비지도 학습 모델 설계

3. 개발 우선순위 정의

- 진단 서비스 개발 소요시간 분석
- 어플리케이션별 진단 항목별 중요도 선정

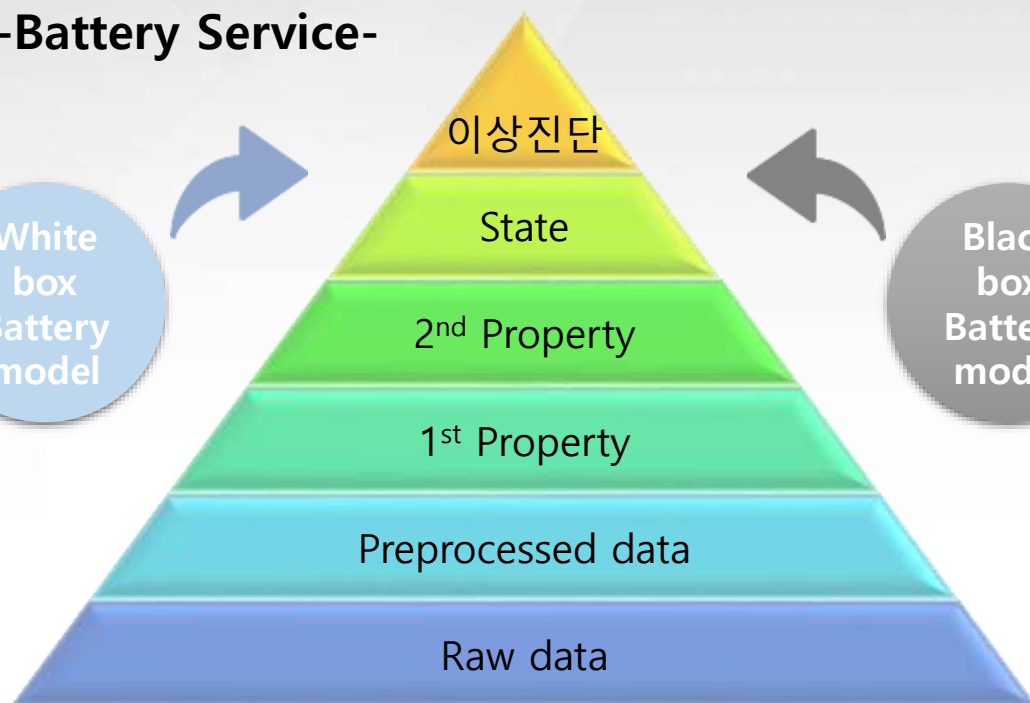
배터리 모듈별 속성 및 상태 정의

CONAN

-Battery Service-

White box
Battery model

Black box
Battery model



❖ Raw 데이터

Processed data	Model Raw Data(MRD)	Average filtered RD	Median filtered RD	Smoothed RD	I_bias corrected RD	V_bias corrected RD
Raw data	Cell Voltage	Module Voltage	current			

❖ 셀 단위

Abnormal	Increase Resistance	decrease Capacity	Swelling	Electrolyte leak	Dendrite	FoI (End of life)
State	DfC (Distance to Full Charge)	Effective cell CR(Capacity retention)	SOP(State of Power)	SOAE(State of Available Energy)	DTE (Distance to Empty)	TTE(Time to Empty)
2nd Property	Property's Median	Property's Average	Property's Trend	Property's confidence interval	Property's Variation	Property's Standard Deviation
1st Property	Nominal CR (Capacity retention)	OCV (Open Circuit Voltage)	Accumulated current of 'W' pattern)	Accumulated current of 'W' pattern)	Internal Resistance)	Equivalent Circuit Model parameters
	LCVP(Length of CV period)	ACCVP(Accumulated current of CV period)	PAKP(Position of Active Knee point)	LATP(Length of Active Transient Period)	SSV (Steady-state voltage)	LRTP(Length of Rest Transient Period)
	PRKP(Position of Rest Knee Point)	WDF parameters				

CONFIDENTIAL!!

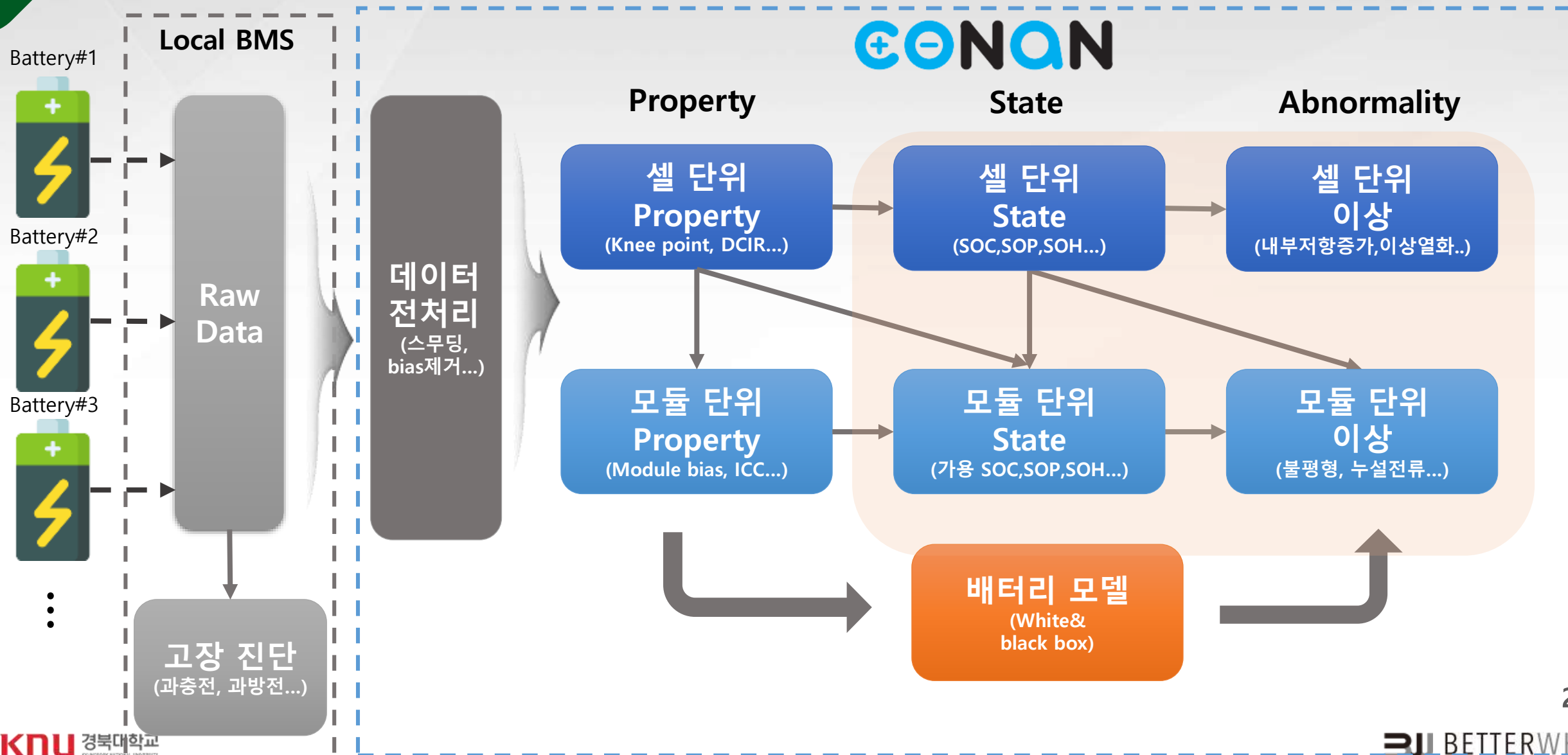
❖ 모듈 단위

Abnormal	Decrease effective CR	Increase Voltage bias	Increase Current bias	Series imbalance	Parallel imbalance	Insulation breakdown
State	Abnormal Property Correlation	Abnormal State Correlation	Global property outlier			
2nd Property	Effective Module CR	Effective SoP	Effective SoAE	Effective DTE	Effective TTE	
	Property's Median	Property's Average	Property's Trend	Property's confidence interval	Property's Variation	Property's Standard Deviation
1st Property	Property's Correlation	Property's ICC(Inter class correlation)				
	Voltage bias	Current bias	Series SOC balance	Series CR balance	Parallel R balance	Parallel CR balance
	Nominal module CR					

CONFIDENTIAL!!

진단을 위한 접근/분석 체계도

➤ 배터리 이상진단을 위한 다양한 정보 생성

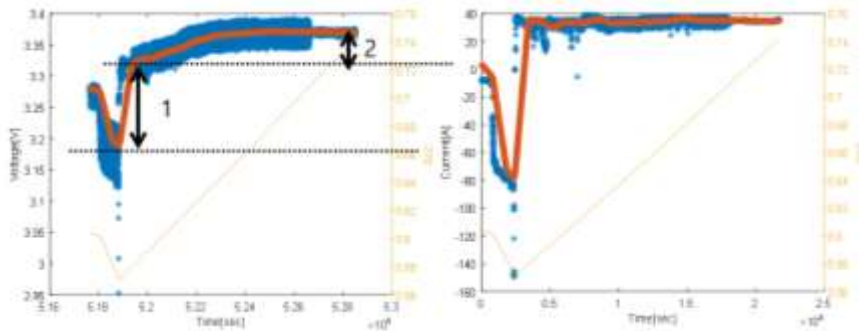


Indirect Property 예시

배터리 정상상태 구간에서 생성한 Property

Ex) Steady state V

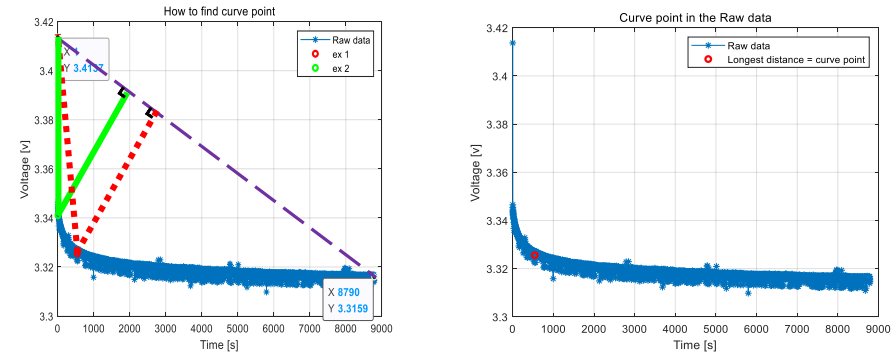
: 과도구간이 끝나고 saturation 된 정상상태 과전을 기반으로 한 property



배터리 과도 구간에서 생성한 Property

Ex) Knee point

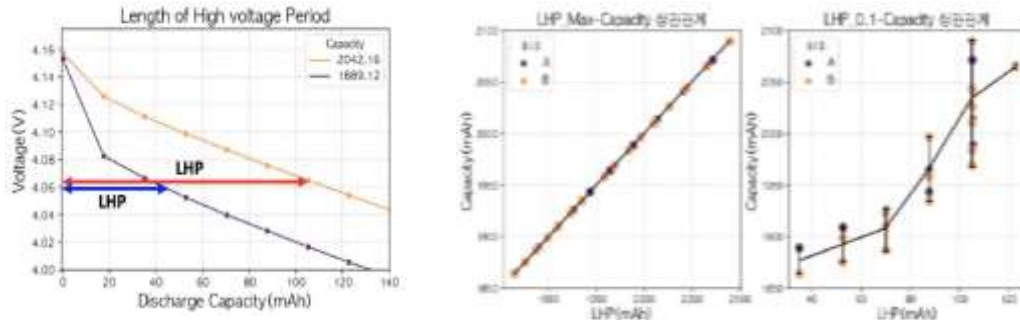
: 전류급변시의 과도구간의 형태를 계량화한 property



배터리 CV 구간에서 생성한 Property

Ex) LHP

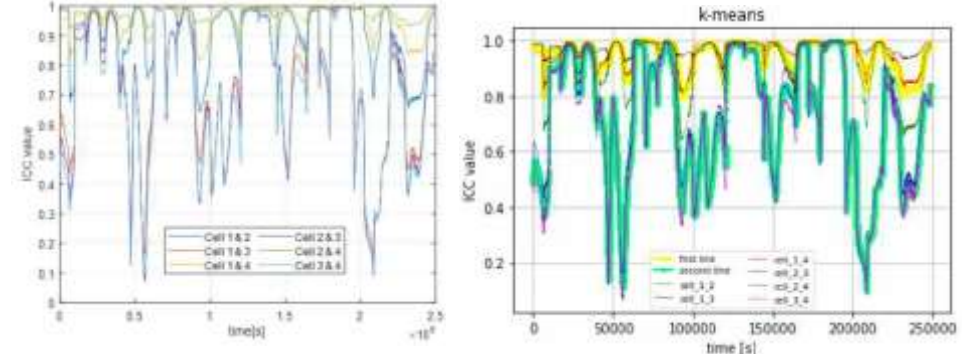
: 완전 충전 이후 방전 시, sudden drop 구간의 특징을 계량화한 property



전체 사용 구간에서 생성한 Property

Ex) ICC

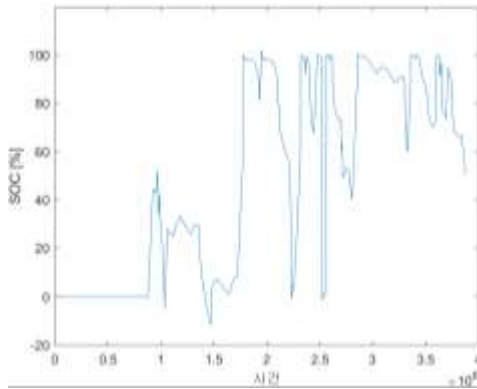
: 셀간의 전압 변화에 대한 상대적 추이 변화를 바탕으로 한 property



Direct Property & State 추정 예시

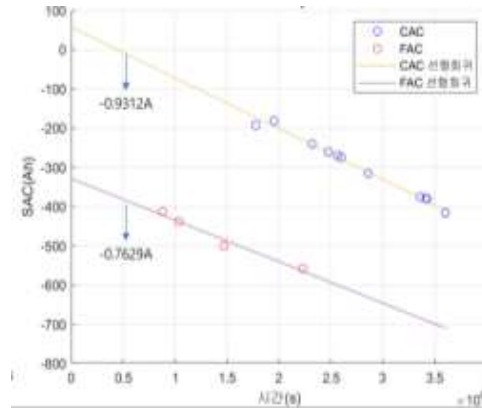
➢ 서비스 개발시 운용 환경 반영이 가능한 기초(1차) property 생성

전류 적산 기반 SOC 추정



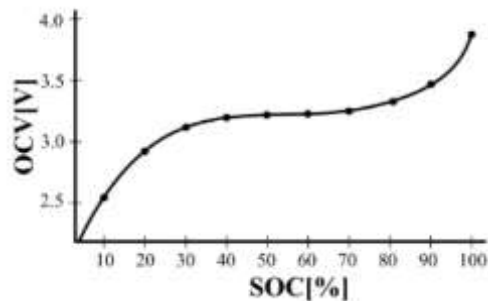
< 기존 SOC 계산 방법 (전류 적산)>

전류 Bias
보정



< Property 활용한 SOC 계산>

전압기반 SOC 리셋



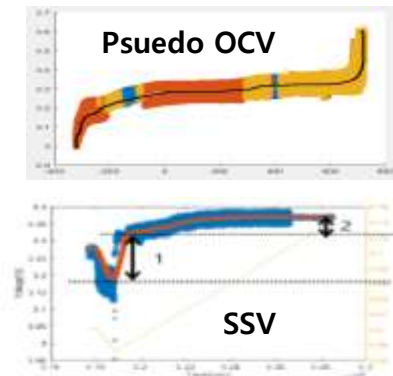
< 기존 SOC 리셋 방법 (OCV 매칭)>



Pseudo OCV

전압 Bias

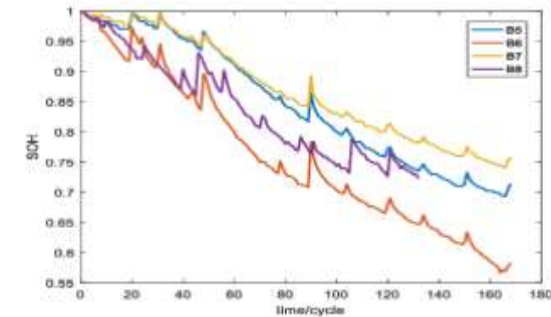
SSV



< Property 활용한 SOC 계산>

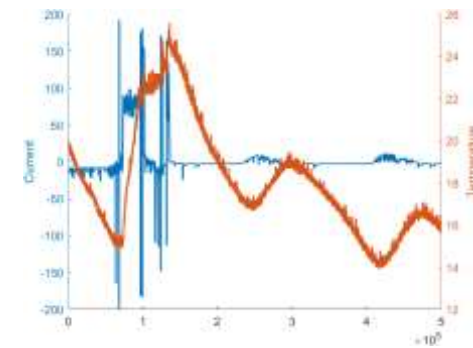
Effective CR 추정

기존: 고정된 CR 또는 사이클 기반 감소된 CR 사용



운용조건 계량화

조건별 property 변화
통계화(신뢰구산 도출)



<사용환경(온도, activation degree 등)에 따른 실질 가용용량
(Effective CR) 추정>

➢ 실험실 환경에서는 잘 취득 되지만 실제 운용환경에서는 취득하기 힘든 속성 추정 가능

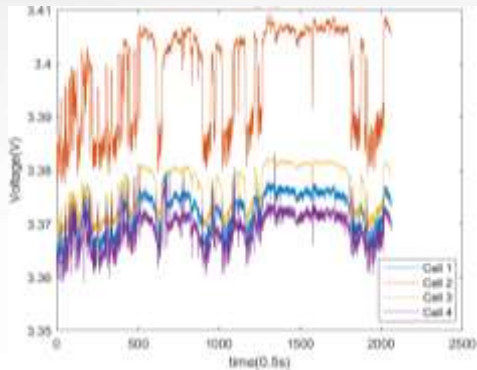
데이터
분석

모델인자
사전검토

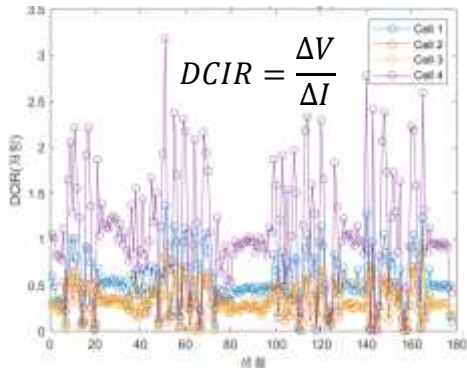
모델
학습

정확도
개선모델

Ex) 배터리 내부저항 추정 서비스



<전류 변화가 큰 어플리케이션의 데이터>

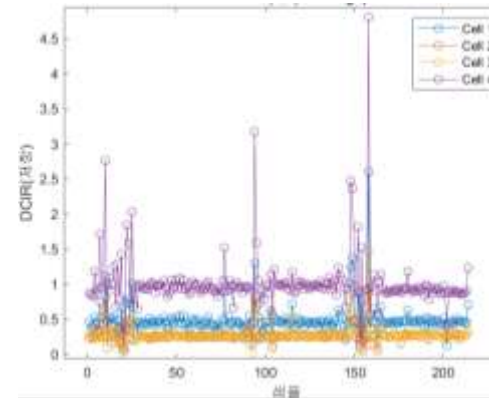


<기존 방식 적용 시 DCIR 추정결과>

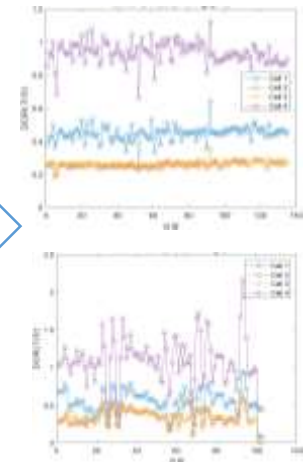
1. 샘플링 타이밍 보정

			셀 전압 변화 Detecting 시점	
전압	3.55	3.57	3.61	3.43
			전류 변화 Detecting 시점	
전류	97.5	100	0.5	0.3

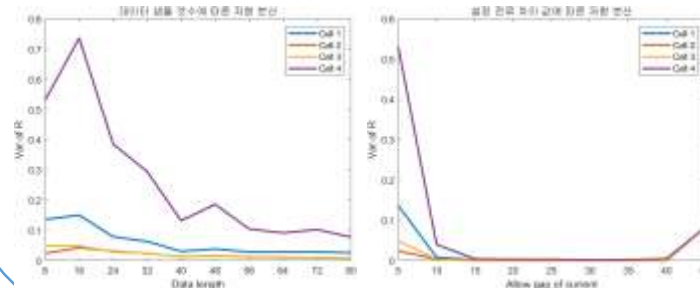
2. 파라미터 사전 검토 및 적용



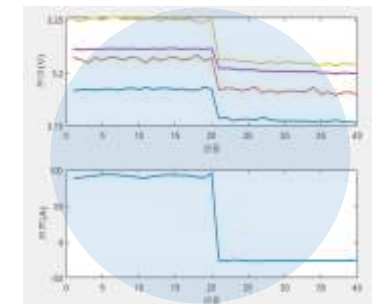
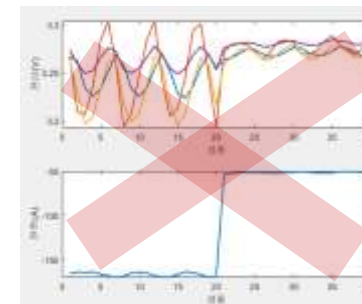
파라미터
사전검토



3. 학습을 통한 모델 파라미터 조정



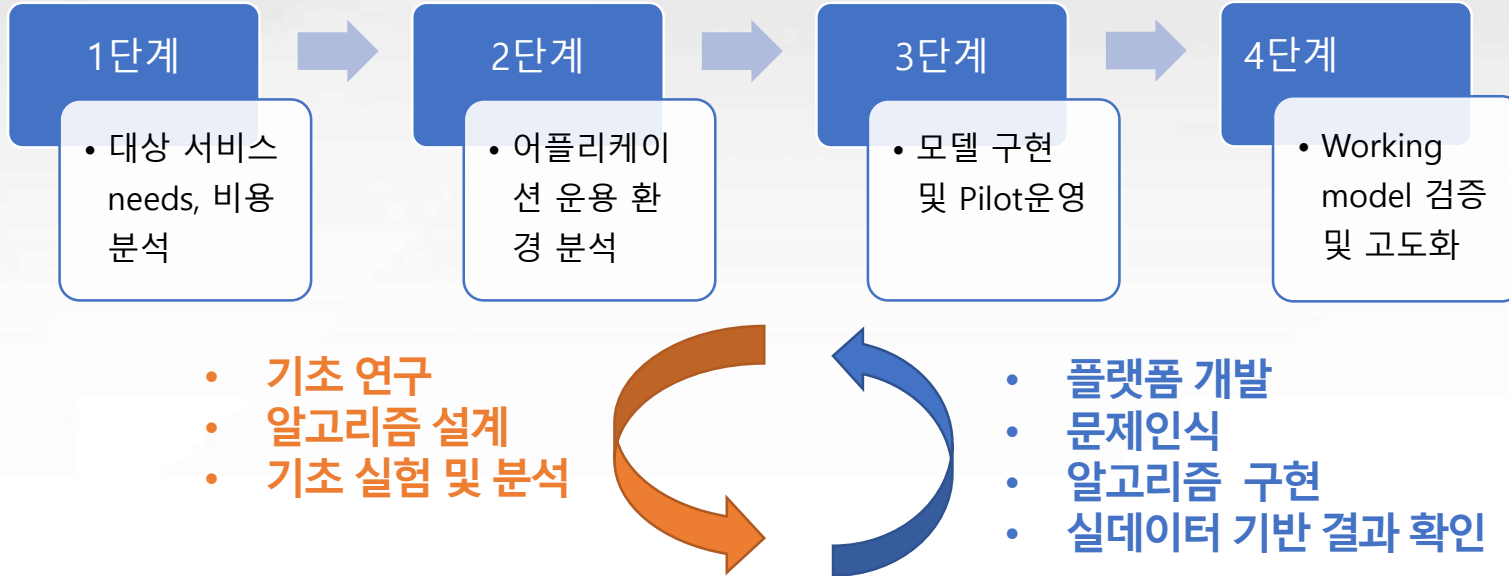
4. 정확도 개선 모델 적용



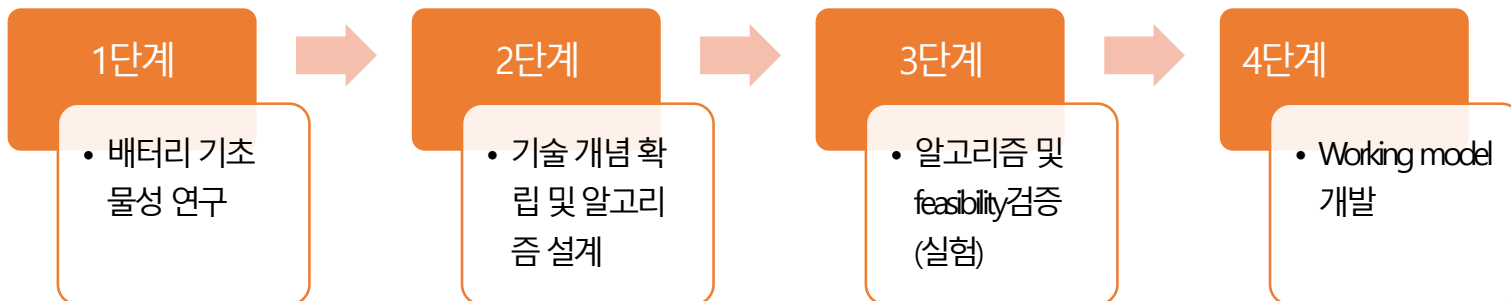
단계적 개발 체계 구축

기초연구부터 응용서비스 개발까지의 유기적 협력체계 구축 필요

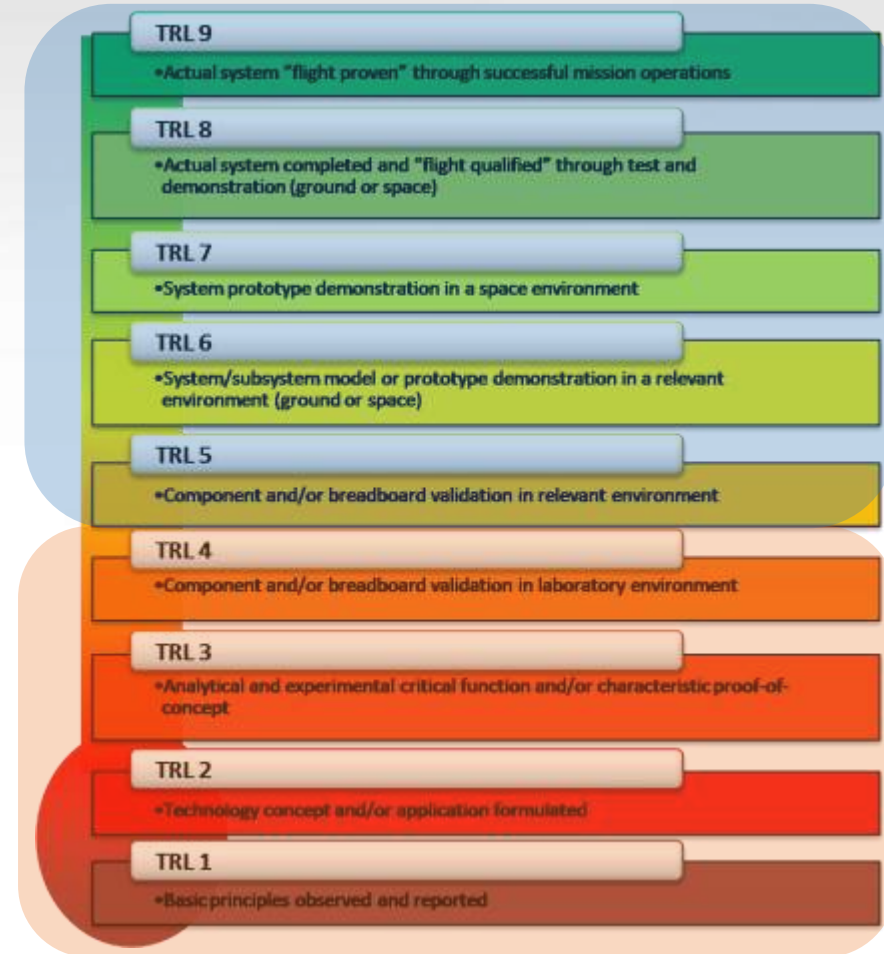
플랫폼 구현 및 서비스 적용



기초연구 그룹

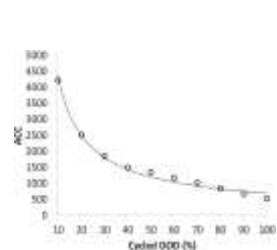
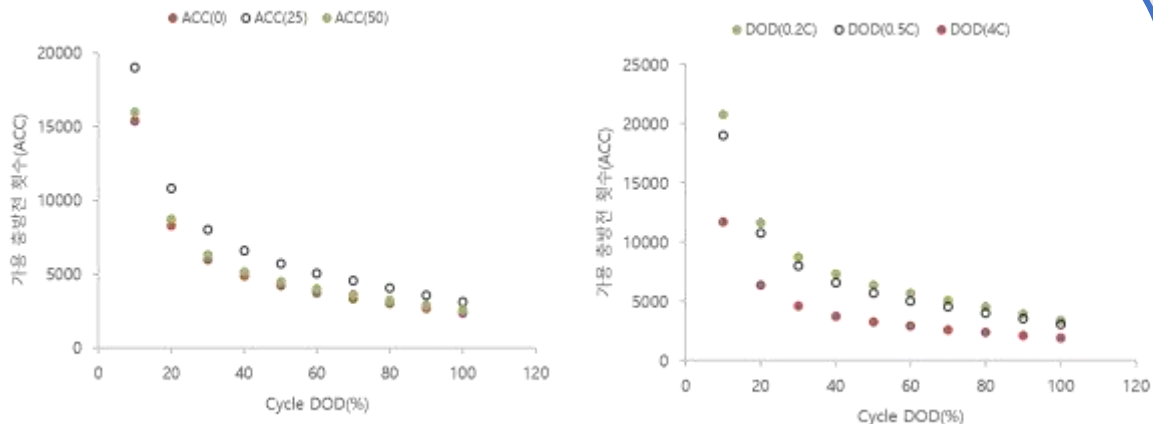


TRL 5~TRL 9

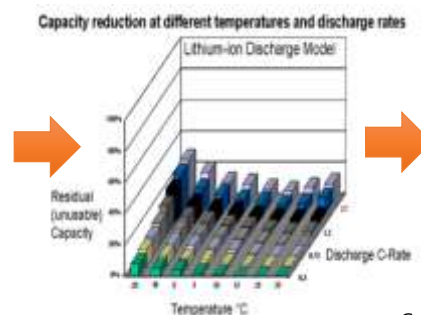


TRL 1~TRL 4

열화밀도 함수 기반 SOH 추정 연구

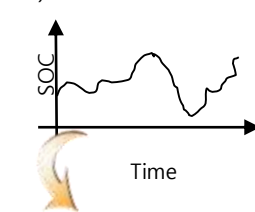


<표준화된 수명시험>



<열화밀도함수 도출>

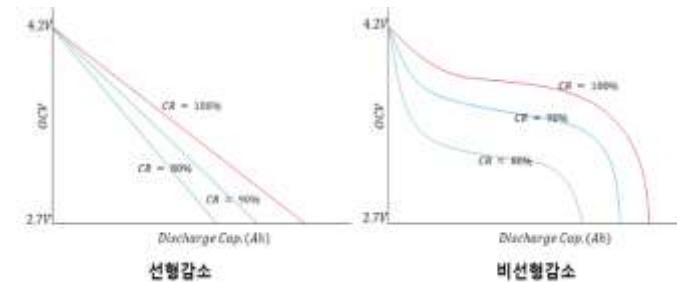
Ex) SOH=95% 도출!



$$SOH = 1 - \int W(s, T, c) ds$$

C-rate 온도, SOC를 인자로 하는 열화밀도 함수정의 표준 시험을 통해 임의 패턴에 대한 수명 추정 가능

OCV Curve 기반 SOH 추정 연구



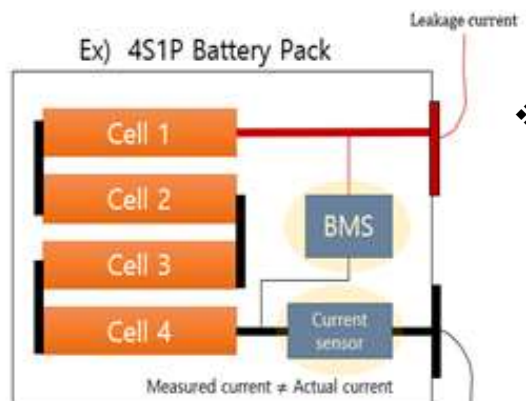
CR	100	90	80
mAh			
0	4.2V	4.2V	4.2V
100			
200			
300		3.7V	3.7V
400			
500	3.7V		
600			
700			
800		2.7V	2.7V
900			
1000	2.7V		

선형감소

CR	100	90	80
mAh			
0	4.2V	4.2V	4.2V
100	4.1V		4.1V
200		4.1V	
300			
400			
500	3.7V		
600			
700		3.7V	3.7V
800			
900		2.7V	
1000	2.7V		

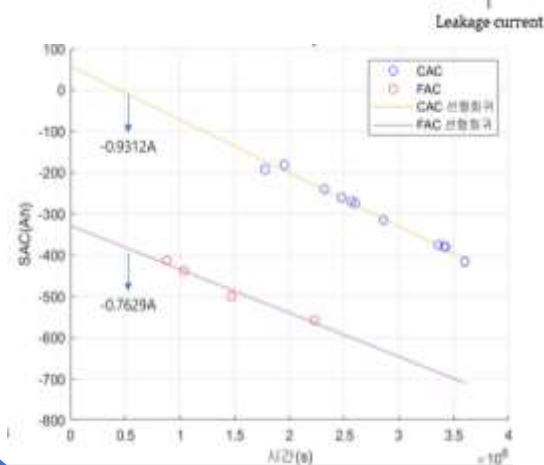
비선형감소

전류 편향 (누설전류) 추정 서비스



❖ 전류 bias값 발생 원인 분석

- 누설 전류
- 절연 파괴
- 센서 측정 오차



CAC property

FAC property

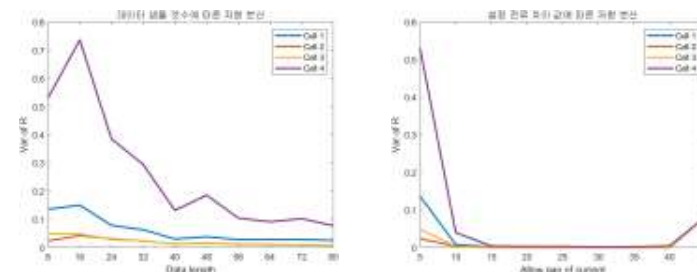
Current bias

DCIR 추정 서비스

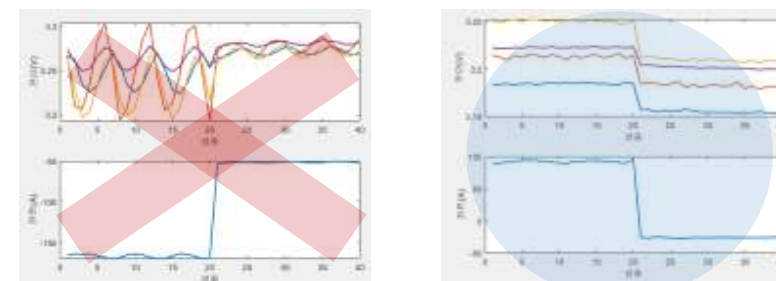
❖ 샘플링 타이밍 동기화

				셀 전압 변화 Detecting 시점		
전압	3.5	3.55	3.57	3.61	3.43	3.44
				전류 변화 Detecting 시점		
전류	99.5	97.5	100	0.5	0.3	0.3

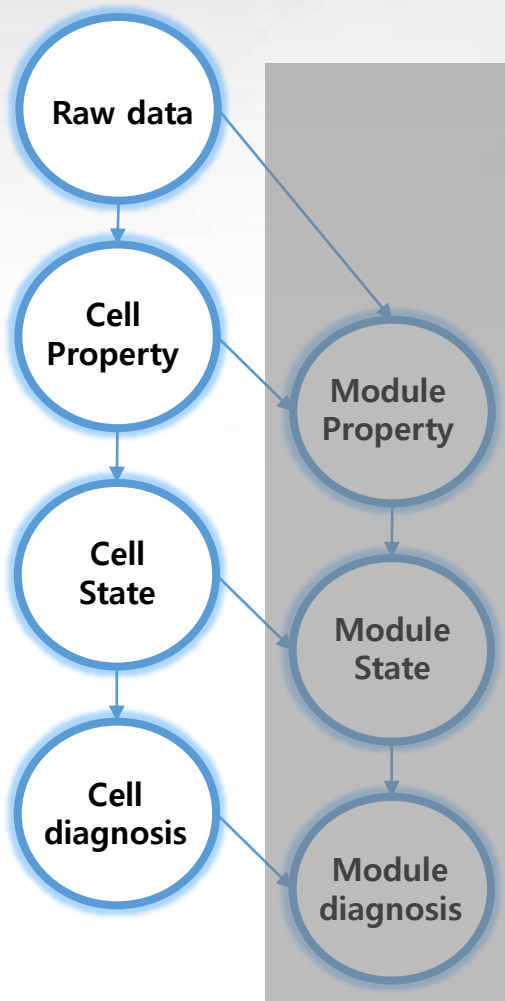
❖ 어플리케이션 별 최적의 샘플 개수, 전류 threshold 설정



❖ 선택적 DCIR 취득



- ❖ 셀 단위 속성: 동일한 건전도에서는 항상 일정하게 취득할 수 있는 고유한 값
- ❖ 셀 단위 상태: 사용환경, 이력에 따라 달라지는 현재 상태, 어플리케이션 상의 의미를 가지는 값



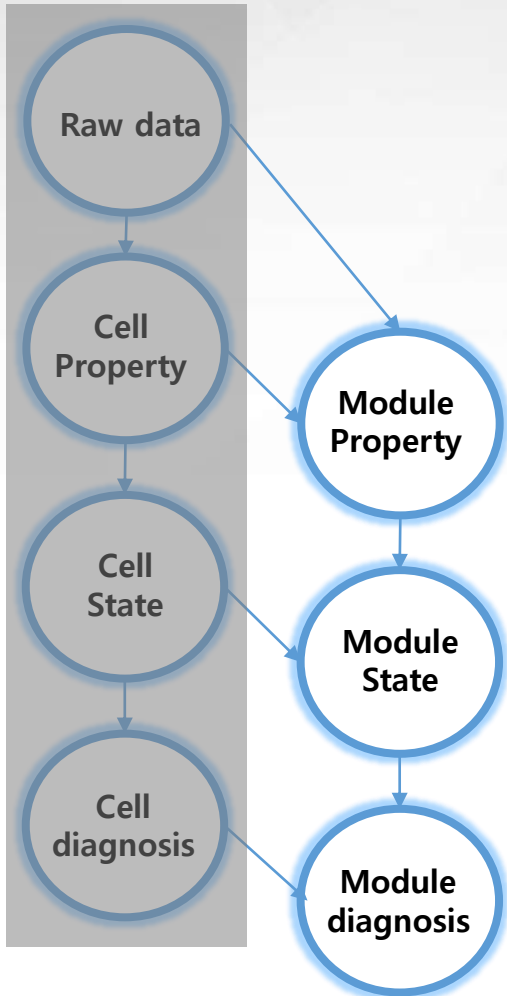
Raw data(RD)	셀 전압	전류	셀 온도	SAC (적산 전류)	WSAC (weighed SAC)	
Processed data	Model Raw Data(MRD)	Average filtered RD	Median filtered RD	Smoothed RD	I bias corrected RD	V bias corrected RD
셀 단위 속성	Nominal CR (Capacity retention)	OCV(Open Circuit Voltage)	CAC / FAC (Ceil/ Floor Accumulated current)	WACx (Accumulated current of 'W' pattern)	DCIR (Direct Current Internal Resistance)	Equivalent Circuit Model parameters
	LCVP(Length of CV period)	ACCVP(Accumulated current of CV period)	PAKP(Position of Active Knee)	LATP(Length of Active)	SSV (Steady-state voltage)	LRTP(Length of Rest Transient Period)
	PRKP(Position of Rest Knee Point)	WDF parameters				
셀 단위 상태	DFC (Distance to Full Charge)	Effective cell CR(Capacity retention)	SOP(State of Power)	SOAE(State of Available Energy)	DTE (Distance to Empty)	TTE(Time to Empty)
셀 단위 진단	Increase Resistance	decrease Capacity	Swelling	Electrolyte leak	Dendrite	

CONFIDENTIAL!!

* 환경변수: 최대 & 최소 (전압, 전류, 온도)

모듈 레벨 속성 및 진단

- ❖ 모듈 단위 속성: 집합 셀 간의 관계나 모듈 단위 전체에서 정의할 수 있는 속성
- ❖ 모듈 단위 상태: 집합 셀간의 관계나 모듈 단위 전체에서 정의되는 상태



Raw data(RD)	셀 전압	전류	셀 온도	SAC (적산 전류)	WSAC (weighed SAC)	
Processed data	Model Raw Data(MRD)	Average filtered RD	Median filtered RD	Smoothed RD	Current bias corrected RD	Voltage bias corrected RD
모듈 단위 속성	Voltage bias	Current bias	Series SOC balance	Series CR balance	Parallel Resistance balance	Parallel CR balance
	Cell Voltage Correlation	ICC	DCIR Correlation	Voltage Bias Correlation		
모듈 단위 상태	Effective CR	Effective SoP	Effective SoAE	Effective DTE	Effective TTE	
모듈 단위 진단	Decrease effective CR	Increased Voltage bias	Increased Current bias (절연파괴)	Cell series imbalance	Cell Parallel imbalance	
	Abnormal Property Correlation	Abnormal State Correlation				

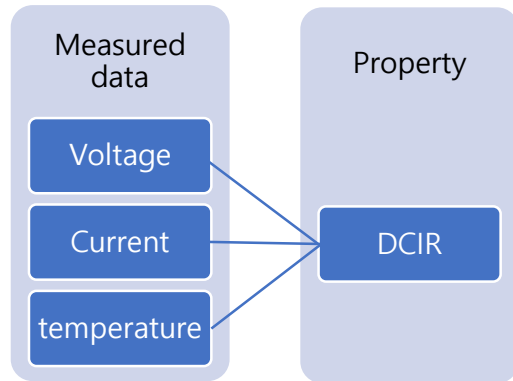
CONFIDENTIAL!!

* 환경변수: 최대 & 최소 (전압, 전류, 온도)

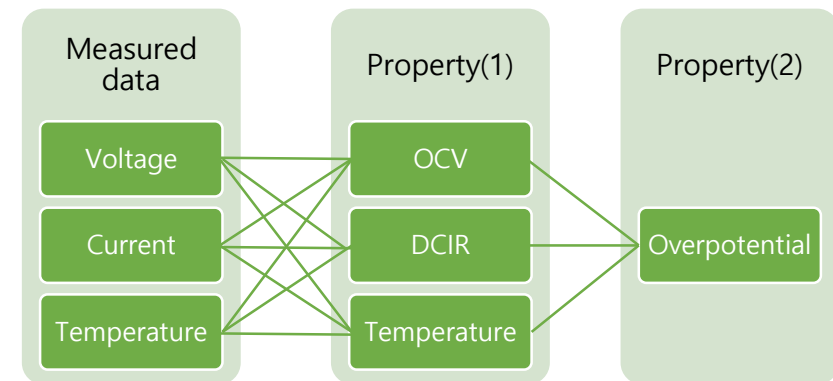
속성 및 상태 계층화

- 각 property 및 state는 raw data 를 기반으로 생성되기도 하지만 low level의 property 및 state 를 바탕으로 생성될 수 있도록 프레임워크 레벨에서의 계층적 구조를 지원

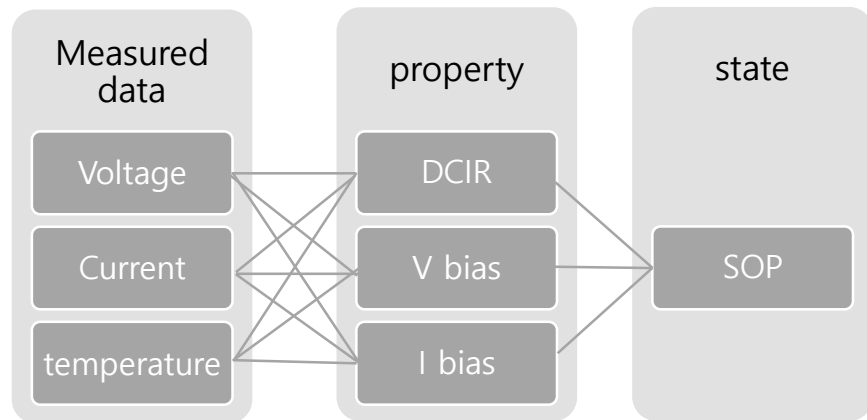
Measured data를 이용한 Property 추정



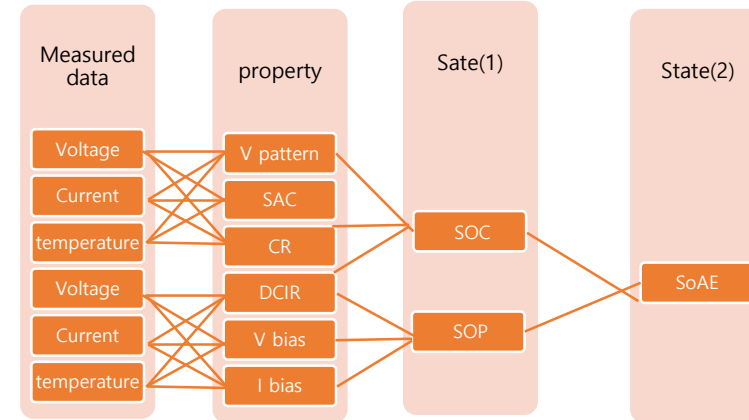
Property를 이용한 property 추정



Property를 이용한 State 추정

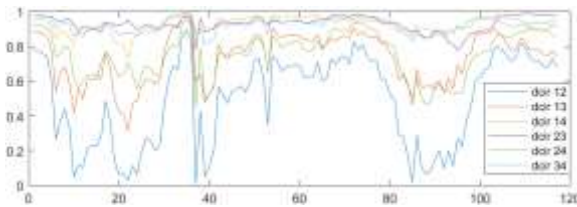


State 및 Property를 이용한 State 추정

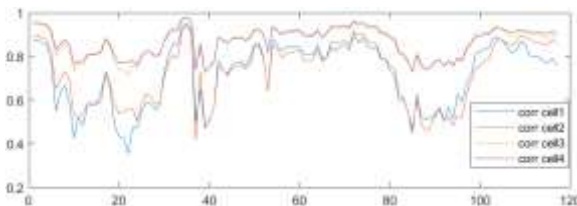


Property Correlation

- 각 셀 및 모듈 간 Property 간 상관도 분석

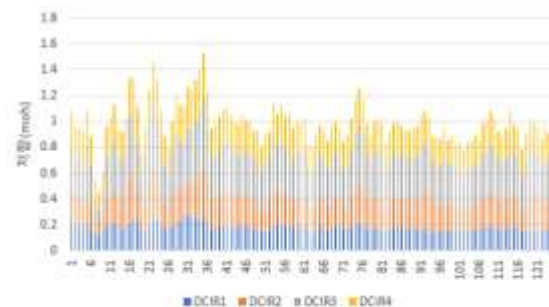


- 이상 진단에 사용



Property

- 특정 조건, 상황에서 얻은 배터리의 특징 값
- EX) DCIR(Direct current Internal Resistance)

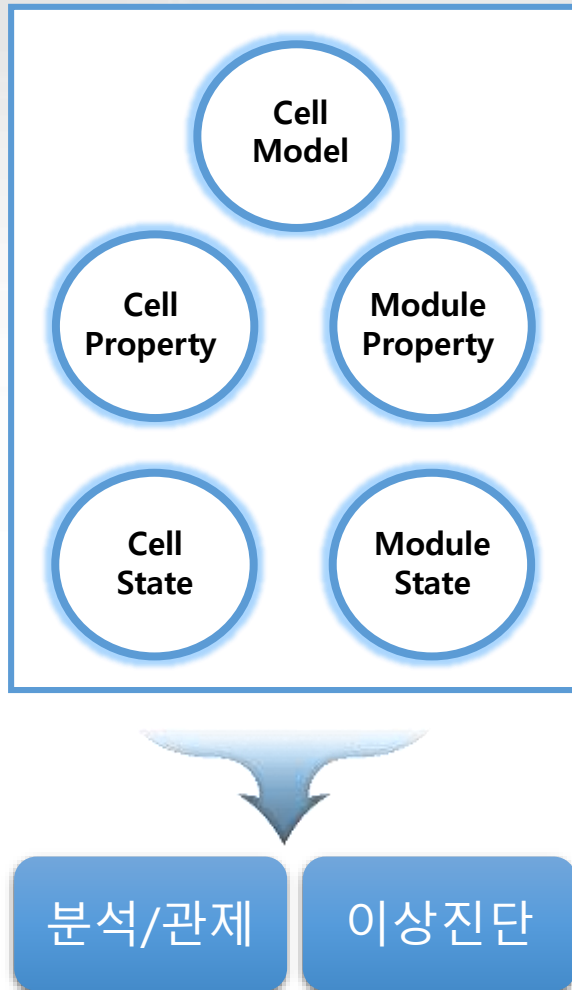


Property Statistics

- 추정 property의 통계적 특성 및 확률적 신뢰구간 생성



추계학적(Stochastic) 건전도 지표



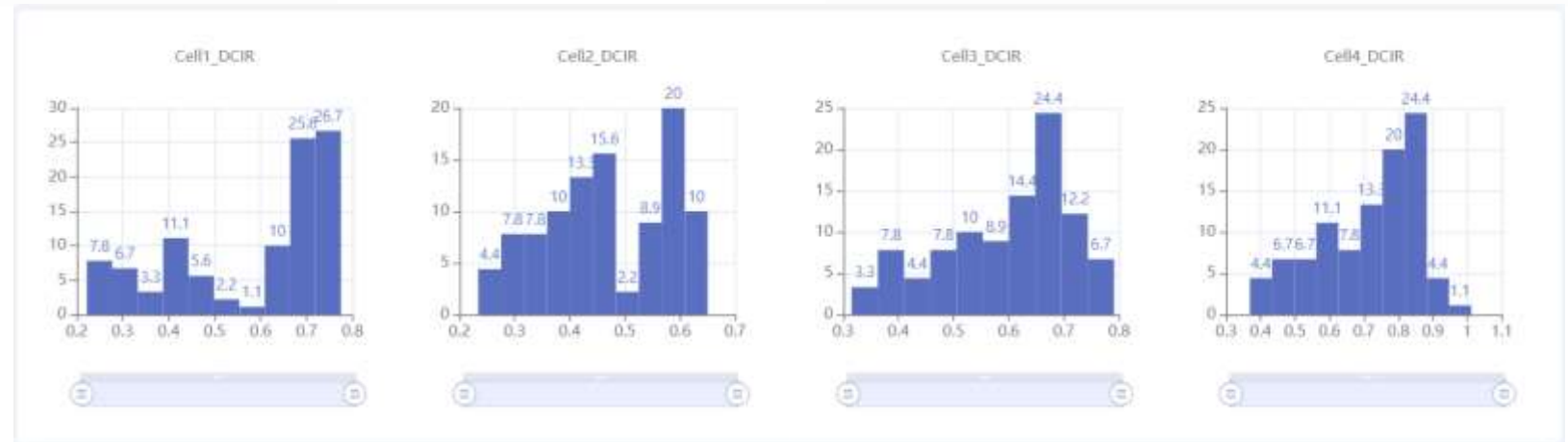
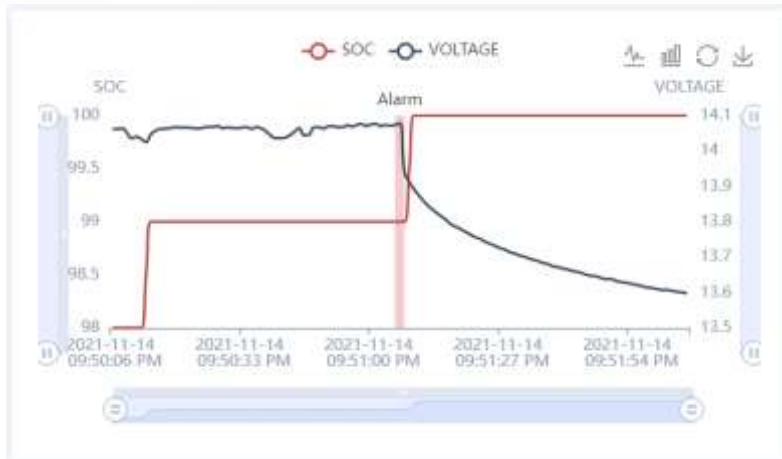
- 데이터의 특징에 따라 Raw data, Property, State의 맞춤 통계화를 진행.
- 추정 property/state의 신뢰구간 설정, 기계학습 기반의 패턴 분류, 모델 파라미터 자동 학습, 이상 진단 등의 용도로 활용

Raw data(RD)	V cell stat	Current stat	PV current stat	Alter current stat		
셀 속성 통계화	Nominal CR stat	OCV stat	CAC stat / FAC stat	WACx stat	DCIR stat	ECM params stat
	LCVP stat	ACCVP stat	PAKP stat	LATP stat	LRTP stat	PRKP stat
셀 상태 통계화	DFC stat	Effective cell CR stat	SOP stat	SOAE stat	DTE stat	TTE stat
모듈 속성 통계화	Voltage bias stat	Current bias stat	Cell V correlation stat			
모듈 상태 통계화	Effective CR stat	Effective SoP stat	Effective SoAE stat	Effective DTE stat	Effective TTE stat	

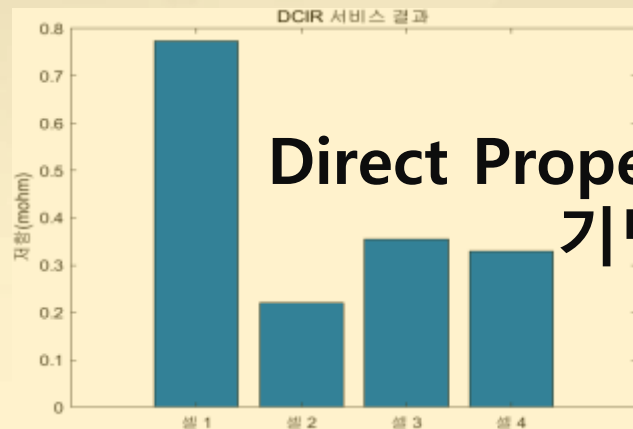
CONFIDENTIAL!!

실제 추정 서비스 결과 예시

02-1 배터리 진단 기술

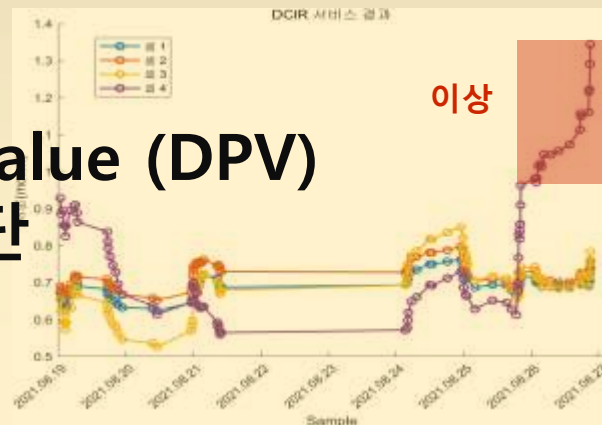


Cell Property 기반 진단

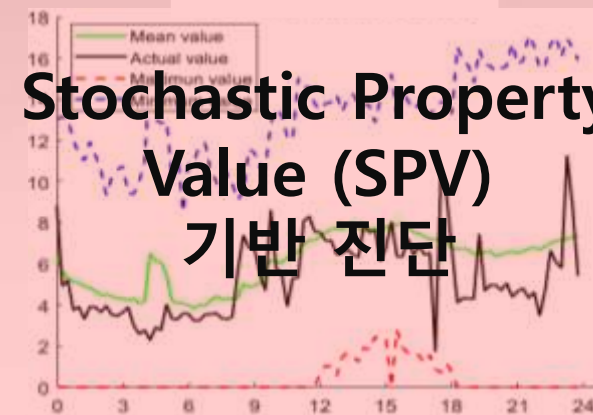


Direct Property Value (DPV)
기반 진단

Regression Trend 기반 진단

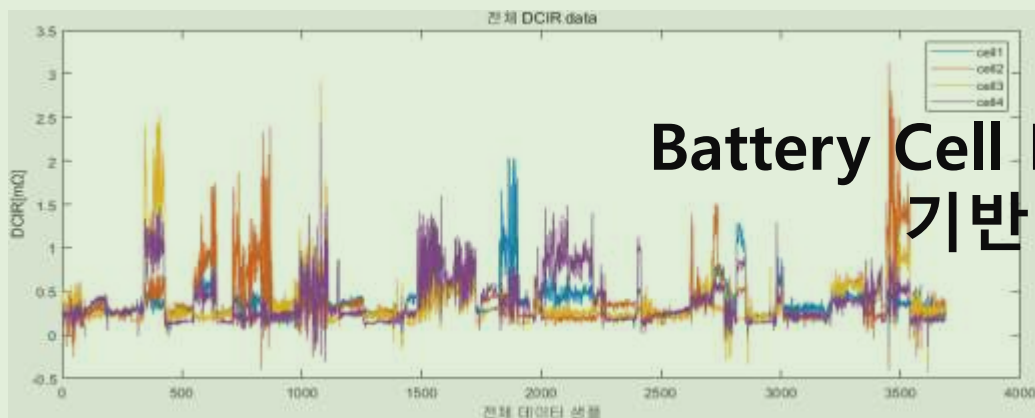


신뢰구간 기반 진단



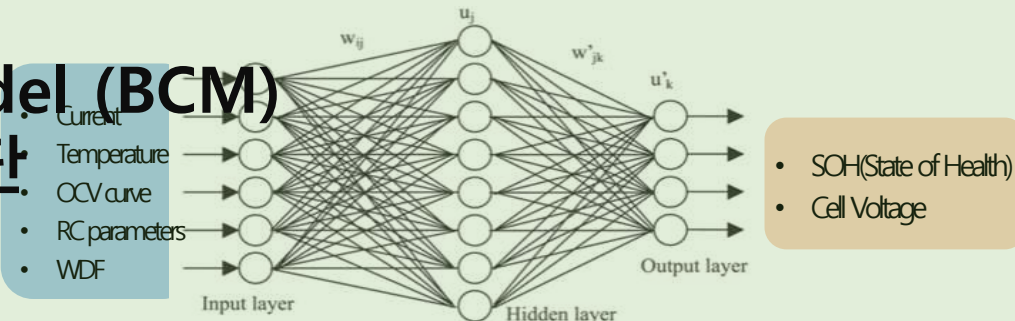
Stochastic Property Value (SPV)
기반 진단

비지도 기계학습(Unsupervised learning) 기반 군집화



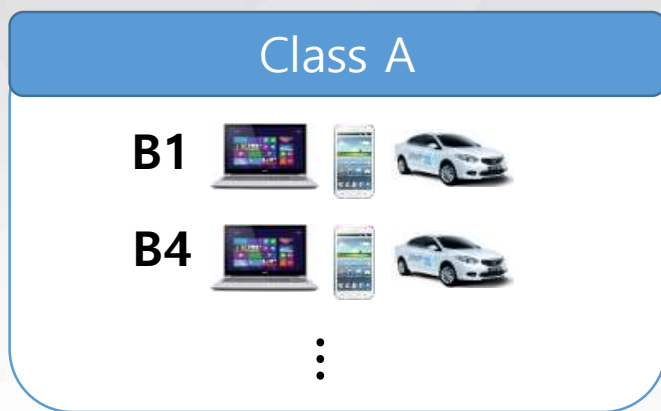
Battery Cell Model (BCM)
기반 진단

셀 모델(Blackbox/Whitebox) 기반 진단



비지도 기계학습 기반 자동 분류 (사전데이터 不要)

02-1 배터리 진단 기술



Class A의 평균, 분산, 신뢰구간

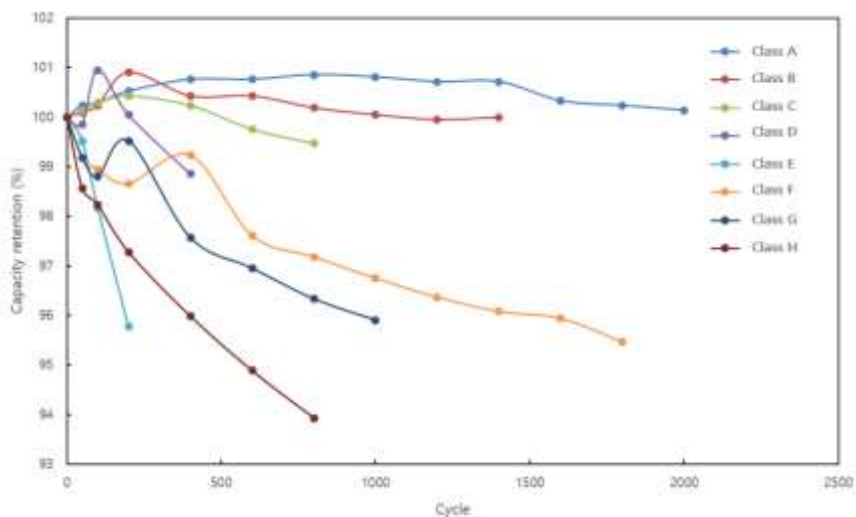


Class B의 평균, 분산, 신뢰구간

...



Class n의 평균, 분산, 신뢰구간



Class Property

ID	Value	Class	이상
B1	70	Class A	Critical
B2	99	Class B	Good
...
Bn	xx	Class n	Xx

Unsupervised Learning 기반 자동 분류 및 이상판단 기준 설정

DPV* 기반 이상 진단

02-1 배터리 진단 기술

* Direct Property Value

1. Property 값이 임계 기준치를 넘은 경우 이상으로 진단

특정 셀 t(i) 시점 Property 값 > 설정 값

Ex) DCIR

	10월 1일	10월 7일	10월 11일
셀 4	0.2	0.5	1.1

- 10월 1일 셀 4의 DCIR은 정상 수준
- 10월 7일 주의 단계로 상승
- 10월 10일 위험 단계로 상승



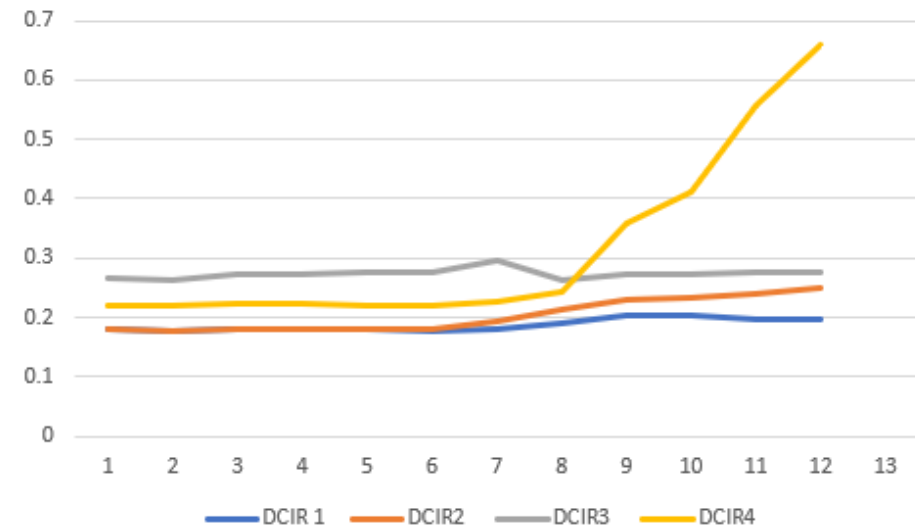
2. Property 값의 미분치를 기반으로 이상진단

$$\frac{\text{특정 셀 } t(i) \text{ 시점 Property 값}}{\text{특정 셀 } t(i+\alpha) \text{ 시점 Property 값}} \rightarrow \begin{matrix} 1. \text{ Good} \\ 2. \text{ Warning} \\ 3. \text{ Critical} \end{matrix}$$

Ex) DCIR

	1월	2월	3월	4월
셀2	0.3mΩ	0.3mΩ	0.5mΩ	0.8mΩ

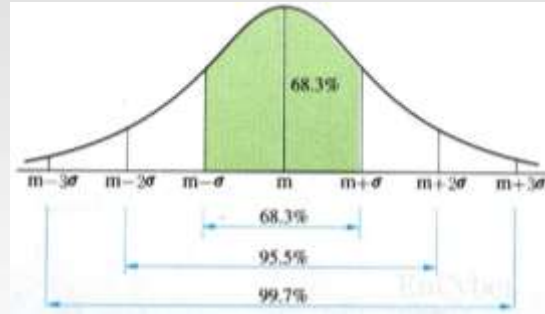
- * 시간에 따른 셀2의 지속적인 DCIR 증가
- * 4월 DCIR 비율 > 1월 DCIR 비율 * 2 -> Critical



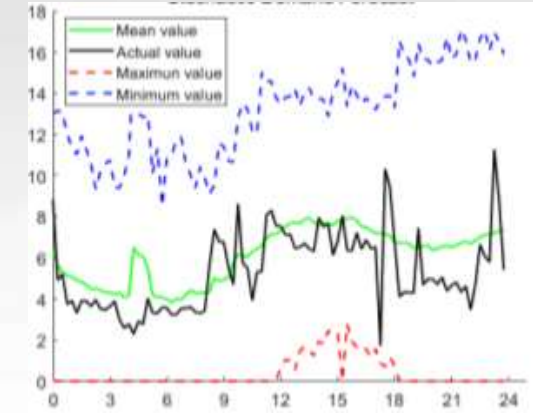
SPV* 기반 이상 진단

* Stochastic Property Value

Warning 판단 기준 신뢰구간: $m \pm 2\sigma$
Critical 판단 기준 신뢰구간: $m \pm 3\sigma$

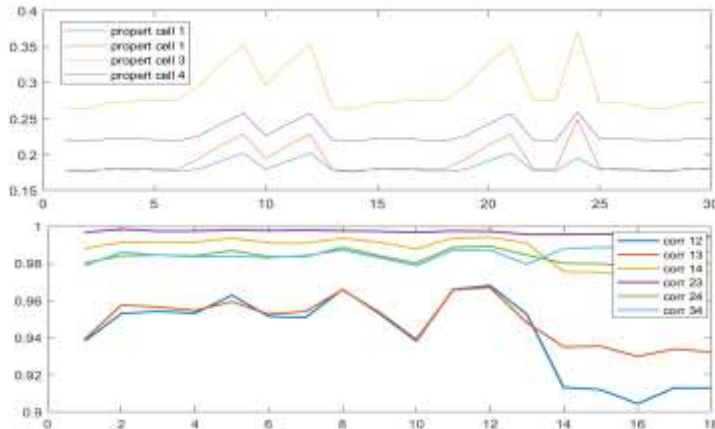


과거 유사환경에서의 Property를
기반으로 신뢰구간 생성



*criterion 은 기계학습 기반 자동 생성

❖ 셀간 ICC 기반 Property



셀12	셀13	셀14
0.98	0.85	0.88

셀12	셀23	셀24
0.98	0.84	0.84

셀13	셀23	셀34
0.85	0.84	0.87

셀14	셀24	셀34
0.88	0.84	0.87

Corr_cell_1
0.90

Corr_cell_2
0.88

Corr_cell_3
0.85

Corr_cell_4
0.86

Corr_cell_# > 0.85*
Good!!
Corr_cell_# > 0.6
Warning!!
Corr_cell_# < 0.6
Critical!!

셀12	셀13	셀14	셀23	셀24	셀34
0.98	0.85	0.88	0.84	0.84	0.87

BCM* 기반 이상 진단

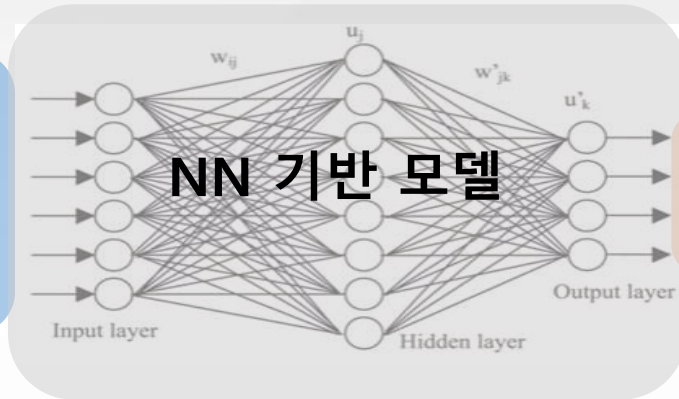
02-1 배터리 진단 기술

* Battery Cell Model

실 데이터와 배터리 모델 출력 간의 차이를 통한 진단

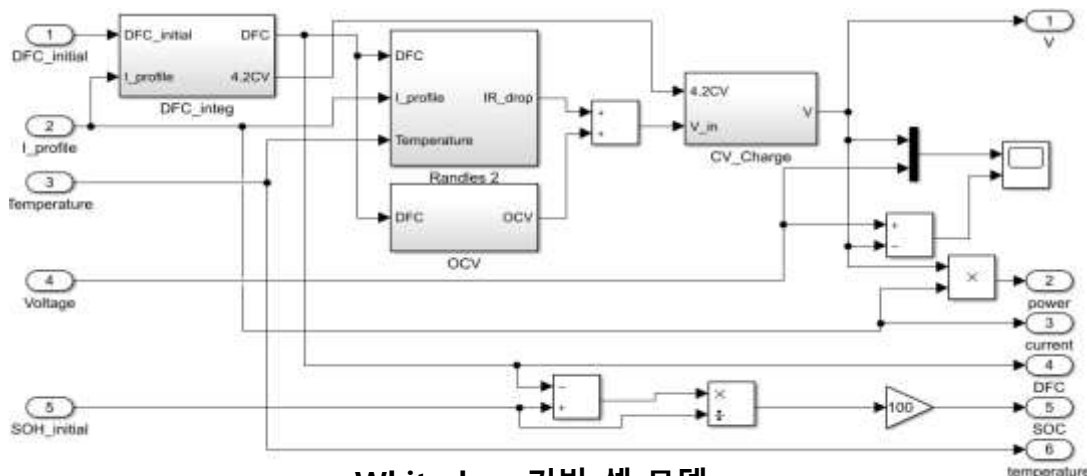
- 기초연구를 통한 다양한 수준의 배터리 모델 서비스 적용
- 각 모델별 파라미터는 실험데이터 뿐 아니라 운용데이터의 기계학습을 통한 자동 수정 수행

- VT Samples
- OCV curve
- RC parameters
- WDF



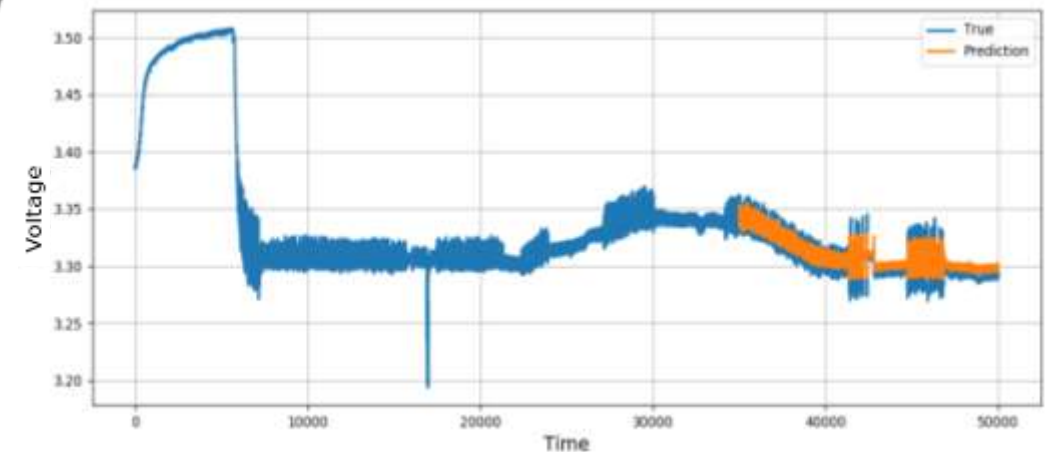
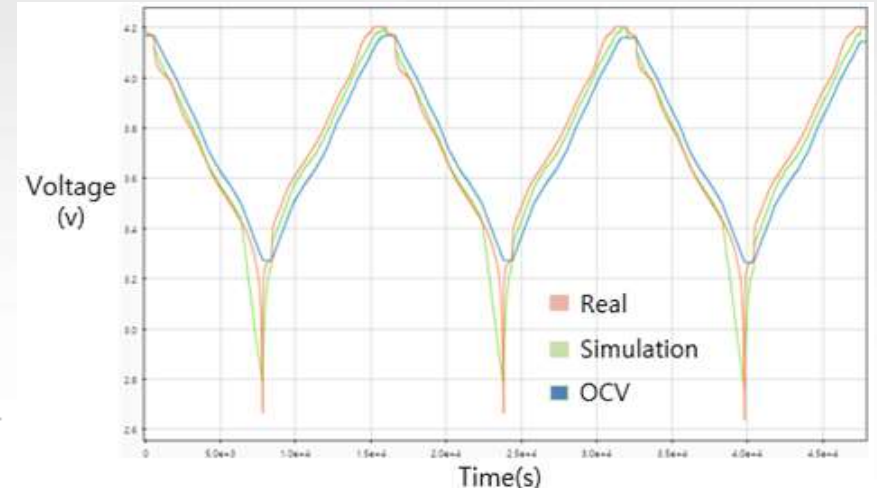
- Properties
- Voltage Samples

<Black-box 기반 셀 모델>



<White-box 기반 셀 모델>

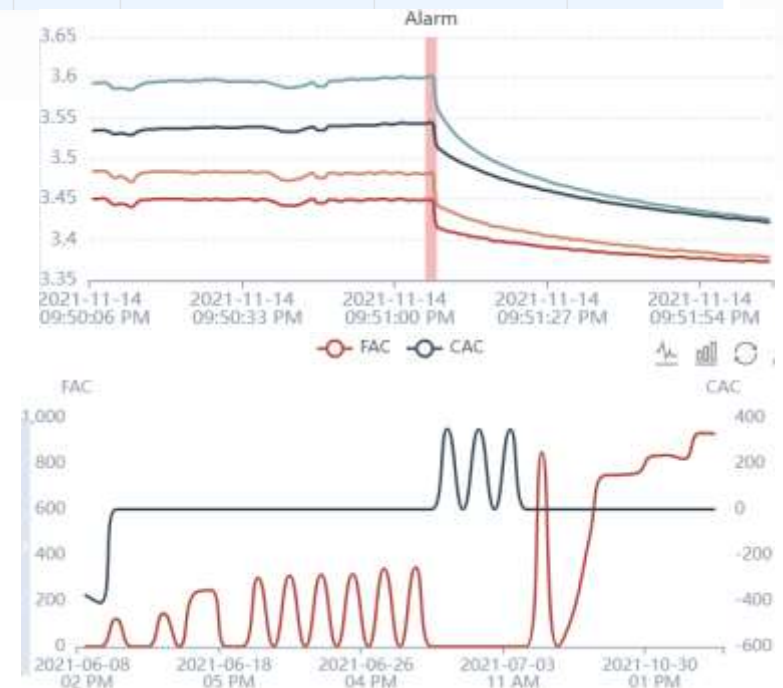
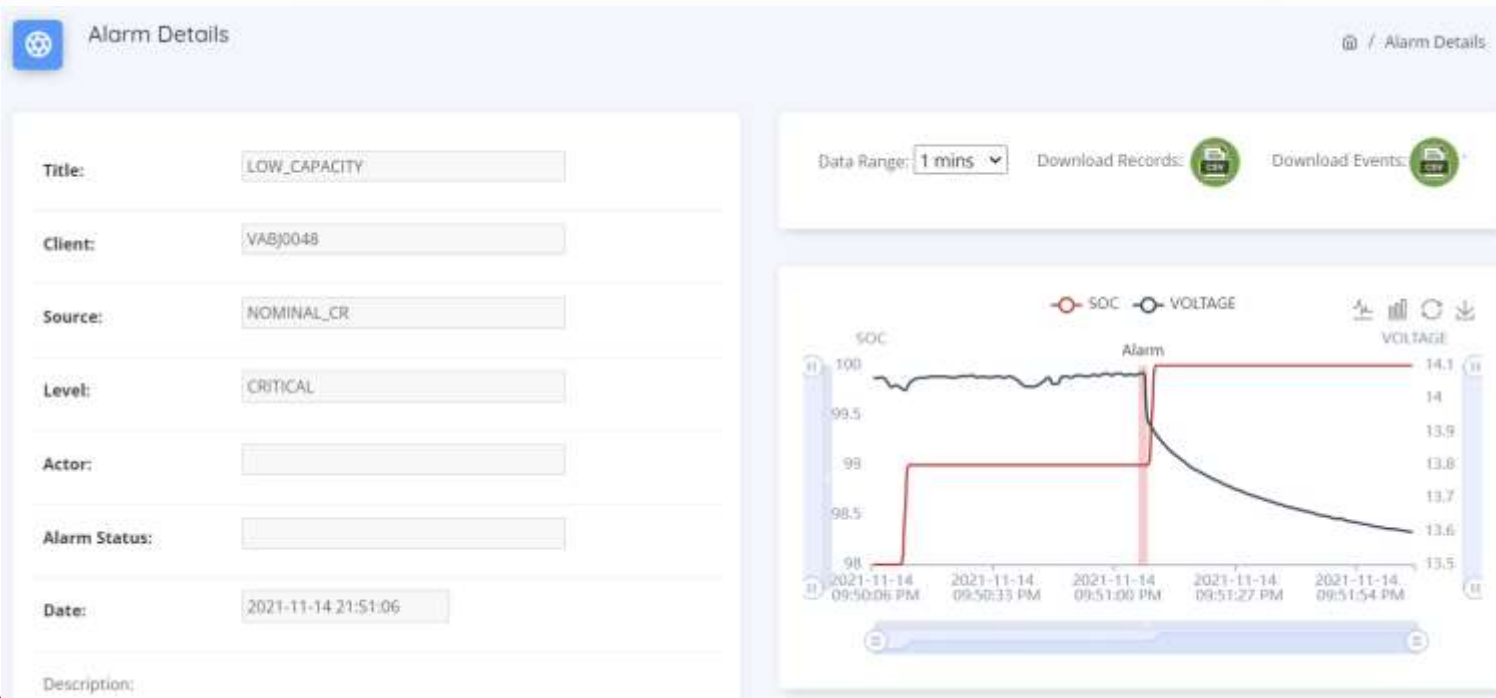
최대 오차율 : 5%(SOC 0~10% 영역 제외)
평균 오차율 : 1% 미만



실제 진단 서비스 결과 예시

02-1 배터리 진단 기술

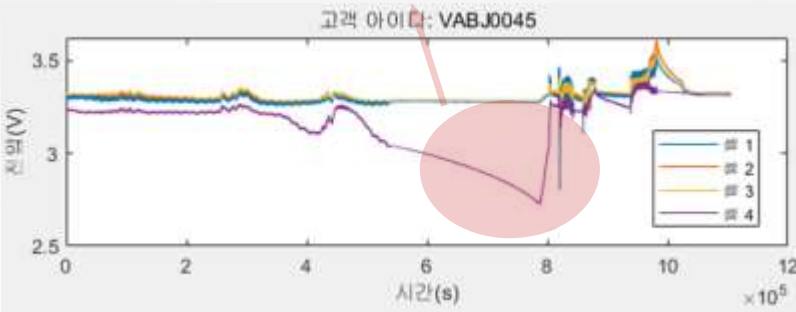
Title	Client ID	Level	Source	Status	Description	Actor	Handled Date	Timestamp	Time Since
UNDERTEMP_ALARM	STMV4	WARNING	BATTERY CELL I	INACTIVE	UNDERTEMP_ALARM Alarm from STMV4 by CELL Sensor 5: -40.0°C @ WARNING	hyjo1006	2021-11-05 12:08:23.233337	2021-11-05 11:37:51	1 week, 1 day
UNDERTEMP_ALARM	STMV4	WARNING	BATTERY CELL I	INACTIVE	UNDERTEMP_ALARM Alarm from STMV4 by CELL Sensor 5: -40.0°C @ WARNING	maka	2021-11-05 11:53:02.525803	2021-11-05 10:37:51	1 week, 1 day
INC_CELL_3_R	VABJ0114	WARNING	DCIR	INACTIVE	the dcur of cell3 is 1.2 times larger than previous one	kak2	2021-11-13 21:04:25.780695	2021-11-12 18:22:15	1 day, 2 hours
HIGH_CELL_R	VABJ0100	CRITICAL	DCIR	INACTIVE	the dcur of cell4 is 1.5 times larger than the dcur of cell1	kak2	2021-11-09 10:33:47.705516	2021-11-08 14:44:10	5 days, 6 hours
MODE_FAULT_ALARM	VABALARM	WARNING	MAIN 300	INACTIVE	MODE_FAULT_ALARM Alarm from VABALARM by CURRENT Sensor 3: -6A @ WARNING	hyjo1006	2021-11-01 15:47:38.187345	2021-11-01 13:11:21	1 week, 5 days
LOW_CAPACITY	VABJ0100	CRITICAL	NOMINAL_CR	INACTIVE	Battery pack capacity has been reduced. Check resistance and cell capacity, soh: 5.158256118627087	kak2	2021-11-09 10:28:42.001735	2021-11-08 17:25:55	5 days, 3 hours
LOW_CAPACITY	VABJ0100	CRITICAL	NOMINAL_CR	INACTIVE	Battery pack capacity has been reduced. Check resistance and cell capacity, soh: 5.206770744514209	kak2	2021-11-09 10:34:13.539178	2021-11-08 15:44:16	5 days, 5 hours



BaaS 플랫폼 기반 실 이상진단 사례

02-1 배터리 진단 기술

“고객 인지 현황 및 일반적인 모든 상황이 정상”
통상의 BMS는 단순 셀 불평형 상태로 판단하며
이상 유무 판단 불가능



실시간 Raw Data



이상 발생 알람후 리콜 조치->누액 셀 확인



▲한겨레 배터리와이 대표 (우성덕 기자)

2차전지 산업의 성장과 함께 배터리의 화재 예방이 관련 업계의 최대 화두로 부상한 가운데 배터리의 이상 징후를 실시간으로 진단할 수 있는 시스템을 세계 최초로 상용화한 스타트업(신생기업)이 등장했다. 주인공은 경북 왜곡에 본사를 둔 배터리와이(Better-Why)다.

언론 취재

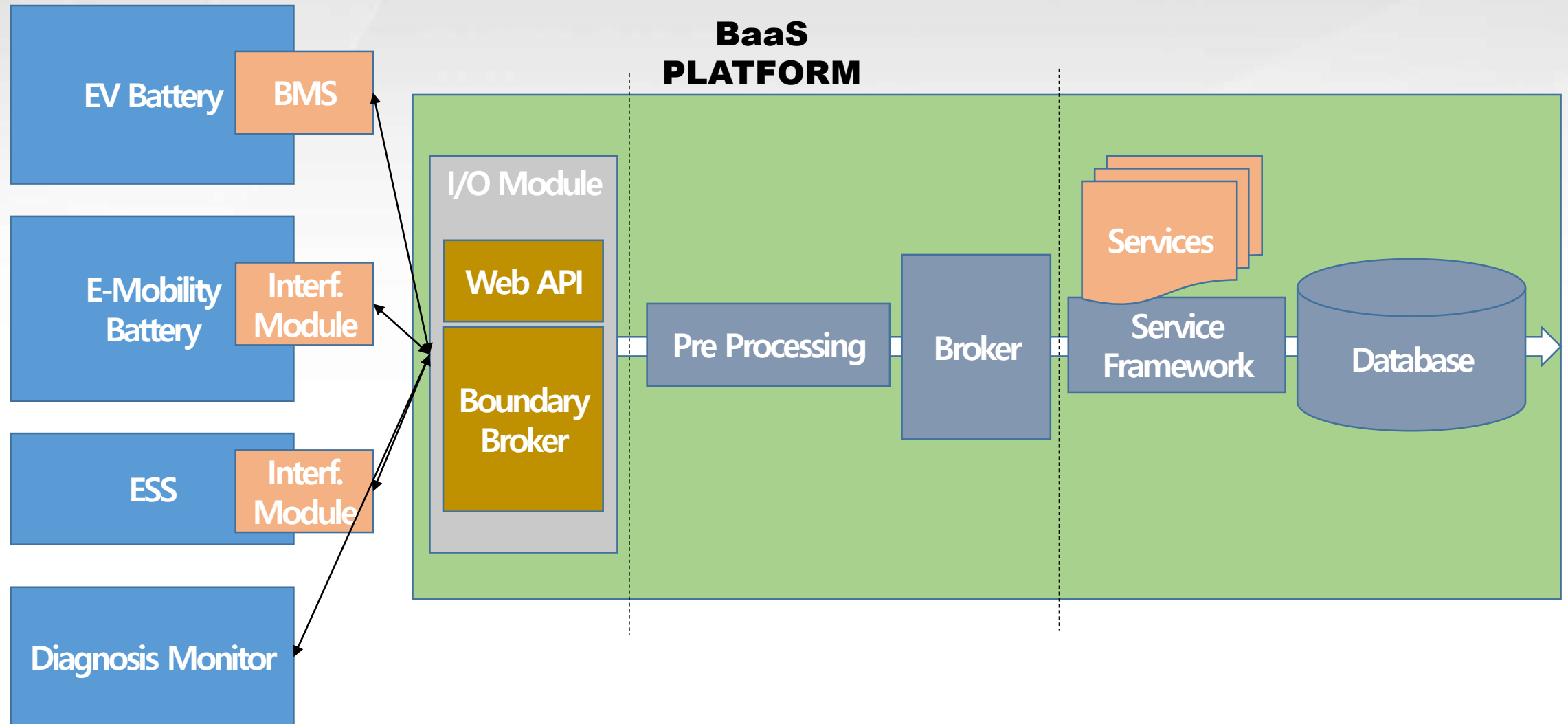
39



02-2 배터리 진단 전용 Big-data 플랫폼 설계 기술

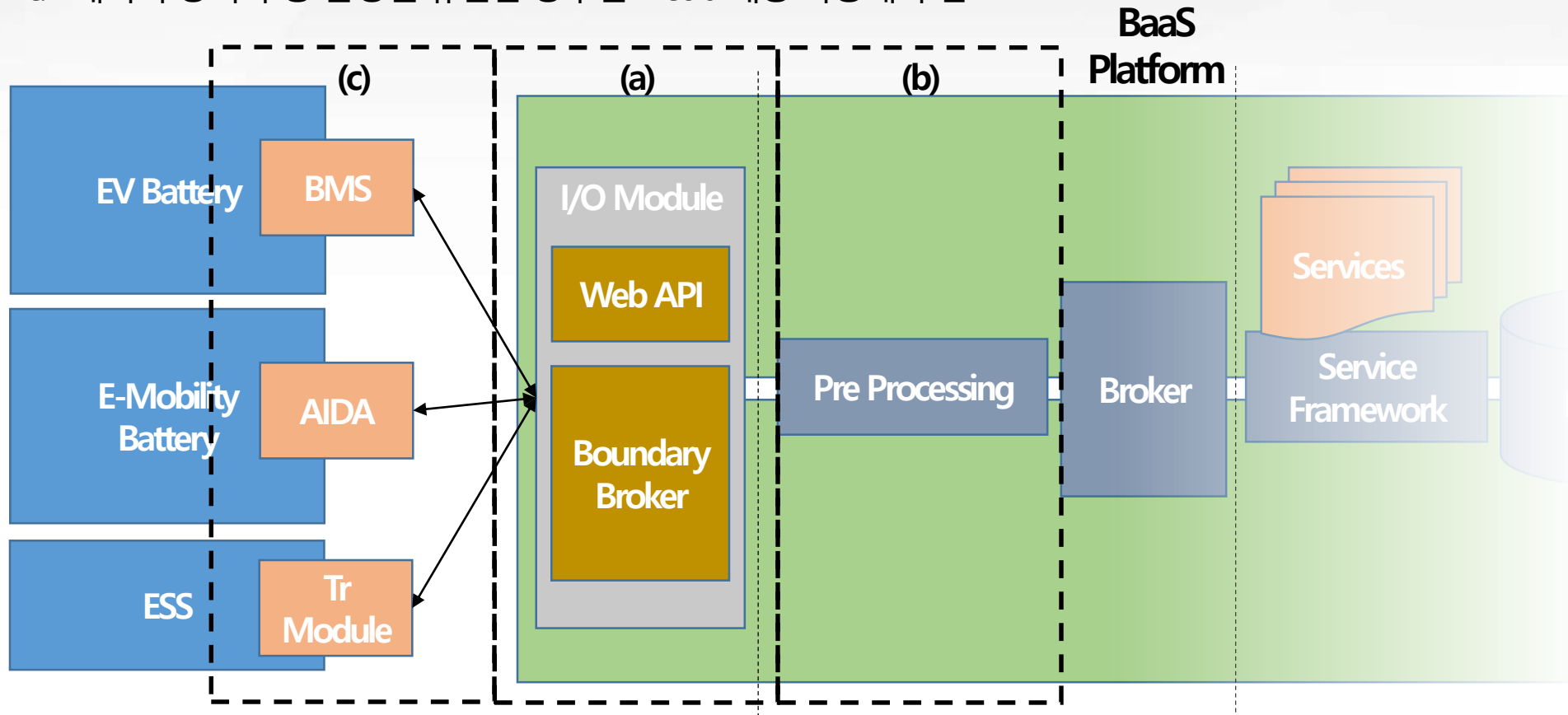
Platform Architecture Overview

02-2 플랫폼 설계 기술



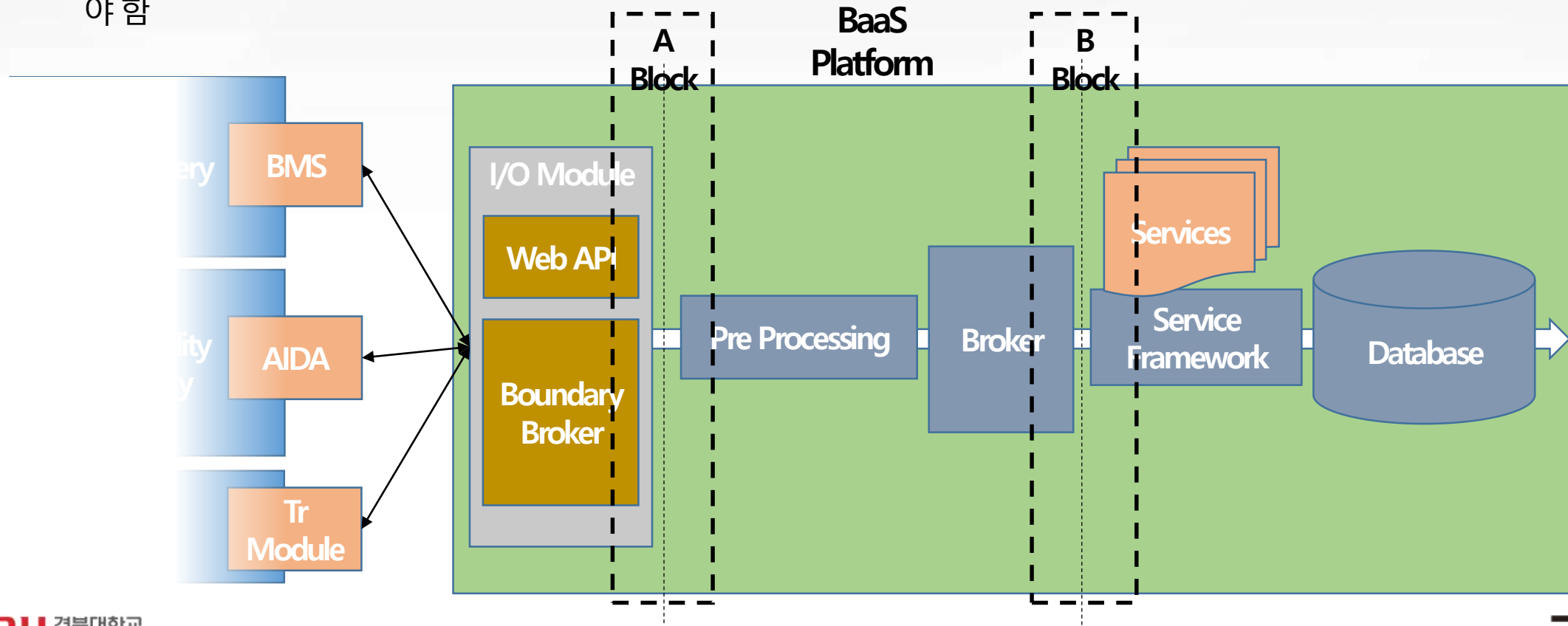
다양한 배터리 시스템 및 데이터 전달 방식의 유연한 호환성 확보

- a. I/O Translator 단을 분리하여 다양한 데이터 전달 방식에 유연하게 대응가능해야 함 (HTTP, MQTT 등)
- b. Pre-Processing을 통해 배터리 raw data 가공 및 압축. Network cost를 줄이도록 설계
- c. 배터리 장치 구동 환경별 유연한 송수신 Media 대응 가능해야 함



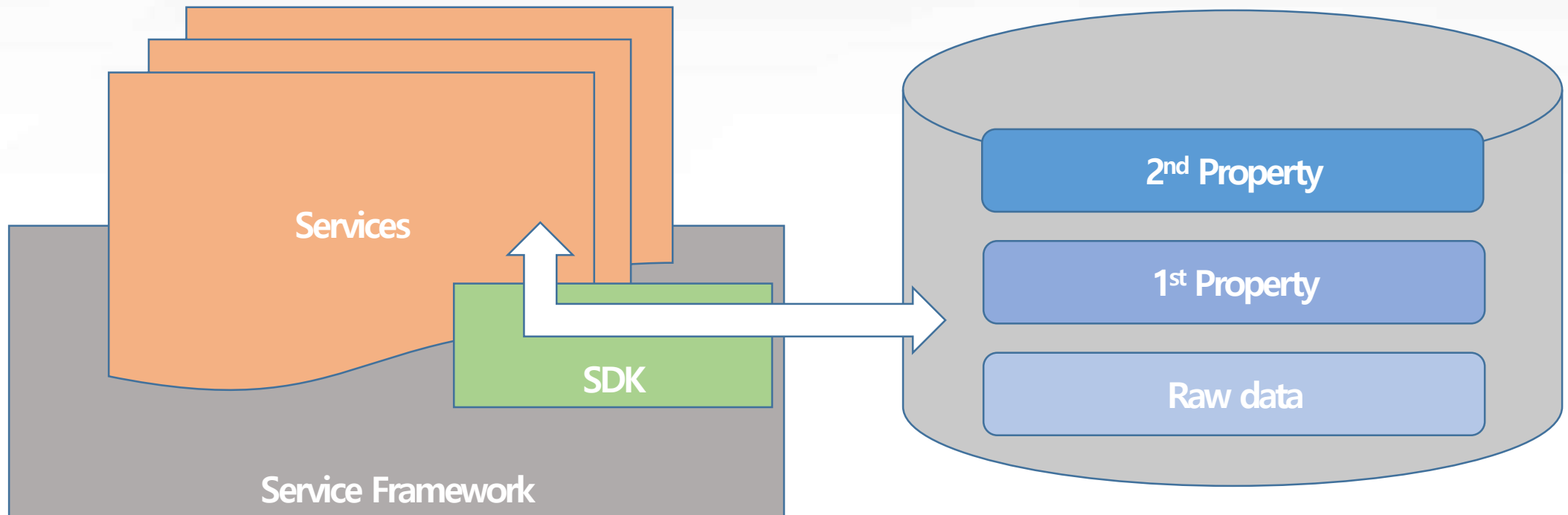
다원화된 보안 구조

- 외부 침입을 막기 위해 공개키 보안 뿐 아니라 데이터 전달메커니즘 적으로 보안을 확보하기 위한 다원화 설계가 이루어져야 함.
- 잘못된 외부 데이터에 의한 시스템 손상을 방지하고 분산시스템에서 Load Balance 기능을 대체하여 시스템 과부하를 억제가능해야 함



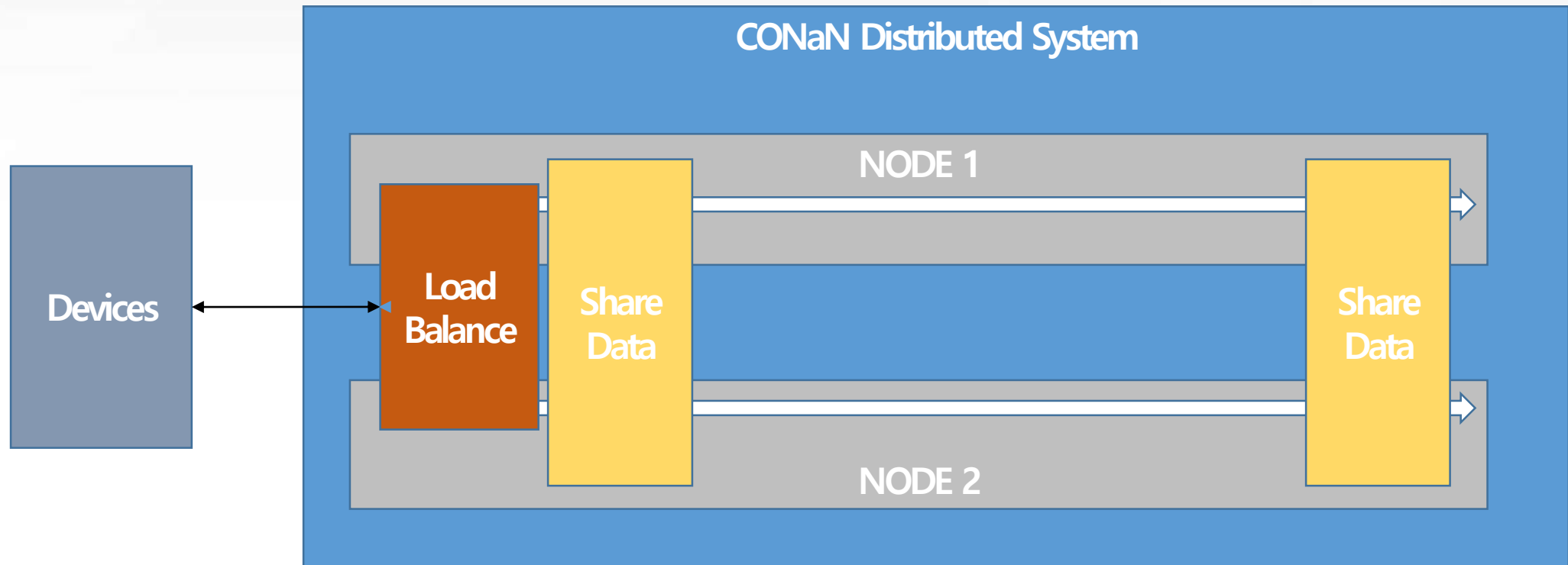
계층화 된 배터리 Property 저장 및 관리

- 1차 raw Property를 기본으로 2차, 3차 가공된 Property를 효율적으로 저장 관리 되며 이를 재 생산 하여 배터리의 이상 진단 및 상태 추정을 유연하게 수행할 수 있도록 Service Framework 레벨에서 계층화된 설계필요



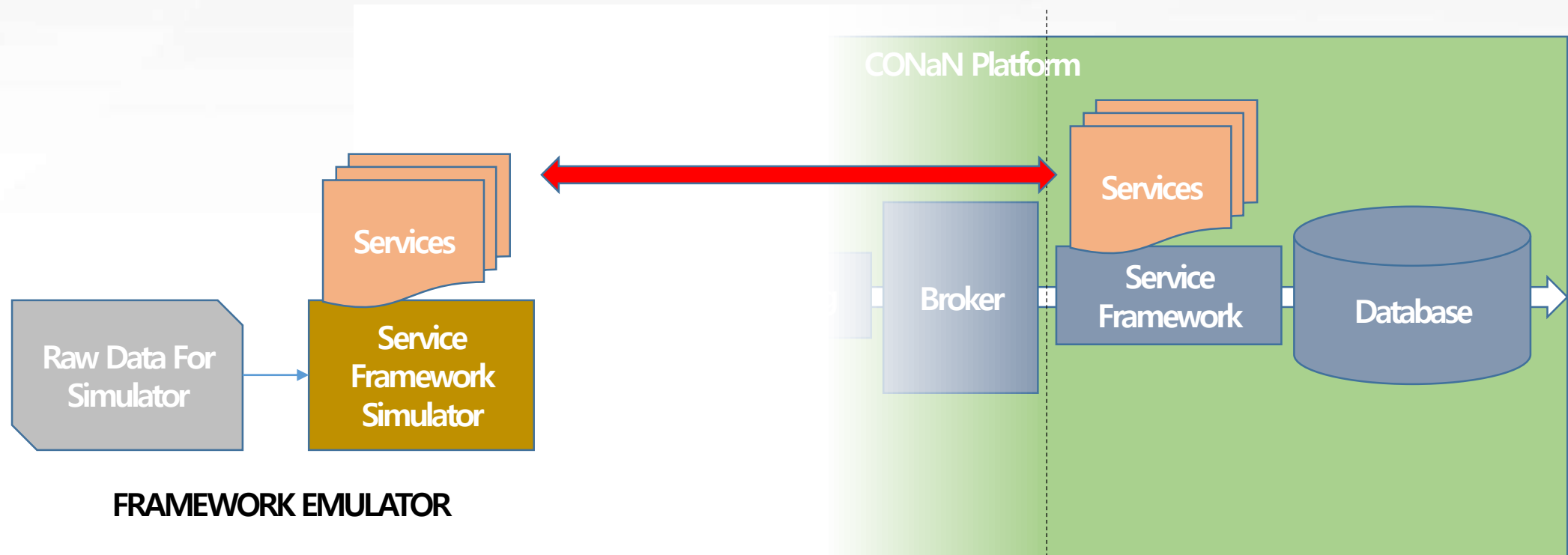
대상기기의 유연한 확장이 가능한 분산 처리 구조

- 대응 기기의 추가에 의한 서버 과부하를 억제하기 위한 분산처리 시스템을 지원하며 효율적인 분산 처리 시스템을 도입하여 분산 처리가 필요한 부분과 아닌 부분을 구분하고 데이터 세어링 부하를 최소화 하도록 설계



서비스 개발자들을 위한 편리한 개발 환경 제공

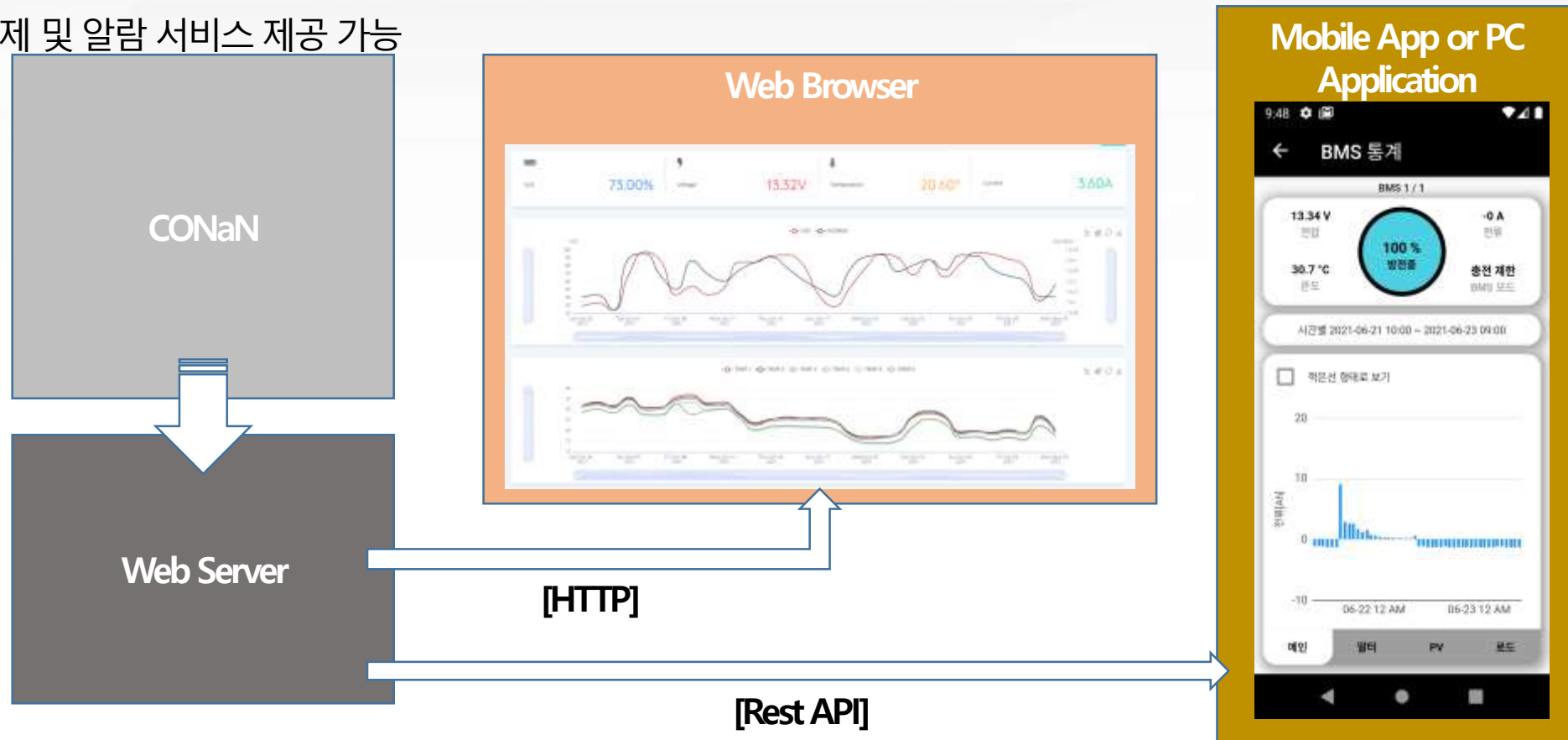
- 알고리즘 개발자들이 Offline으로 데이터를 분석하고 Service화 하여 테스트 할 수 있도록 Online Framework 과 동일하게 동작하는 오프라인 에뮬레이터 환경과 표준화된 SDK 및 개발 문서 제공



Variable UX Interface

관제 및 관리 UX 시스템을 위한 다양한 Interface 제공

- 서비스 결과의 Visualization 및 3rd party 전송을 위한 Web 관제 기반 인터페이스가 구현되어 있음
- Web Page 또는 Web API를 통한 각 OS별 Application이나 Mobile App등 다양한 형태의 관제 시스템으로 구현 가능하여 편리한 실시간 관제 및 알람 서비스 제공 가능

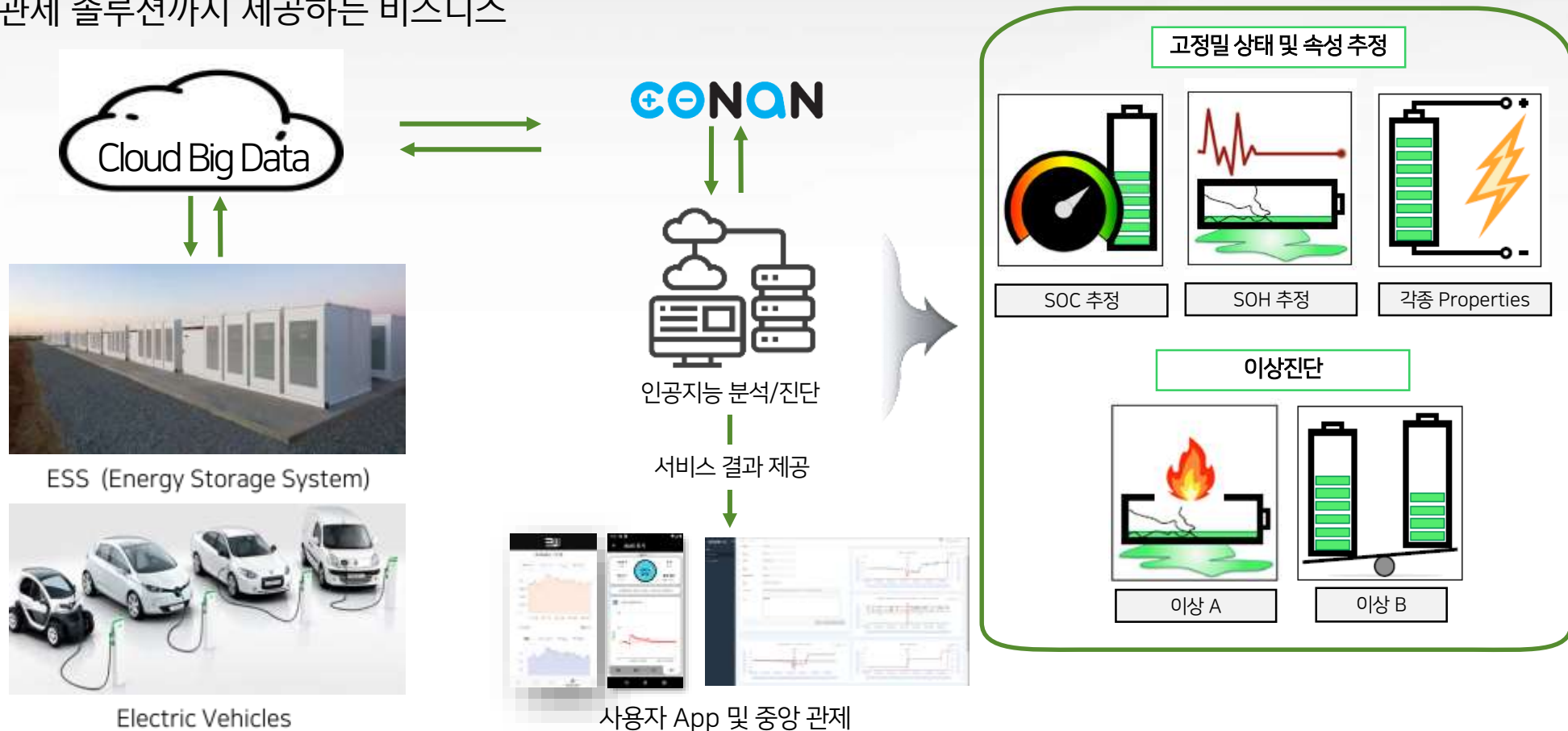


The background features a complex network of glowing white circuit lines on a light gray background. In the center, there is a white cloud icon. The overall aesthetic is high-tech and digital. Decorative elements include a gray curved shape in the top-left corner, a light green curved shape in the top-right corner, a dark green curved shape on the right side, and a dark green curved shape in the bottom-right corner.

03 **Business**

맞춤형 B2B Solution

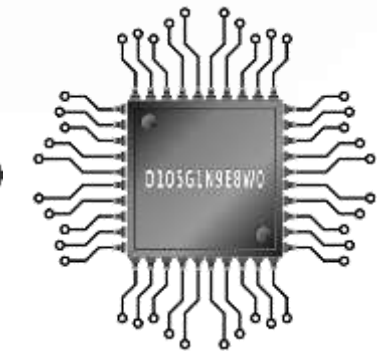
- EV, ESS 및 중장비 기계(전기화)의 BaaS 플랫폼과의 시스템 연동을 통한 실시간 배터리 상태, 속성 추정 및 이상 진단, 그리고 맞춤형 관제 솔루션까지 제공하는 비즈니스



표준형 양산 B2B 솔루션 (Before Market)

- 플랫폼 연계를 위한 표준화된 칩셋 및 Library를 이용하여 양산 제품에 탑재함으로써 배터리를 기반으로 하는 모든 종류의 IT, 전자, 전기 제품에 배터리 안전 진단 및 관리 서비스를 제공하는 비즈니스

각종 배터리가전



CONaN Gateway Module
(H/W IP, S/W Library)

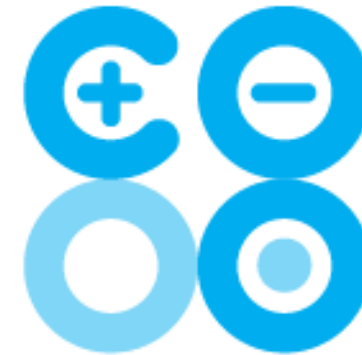
배터리 사이클 Data



배터리 상태, 속성,
이상진단 등 서비스 결과
제공



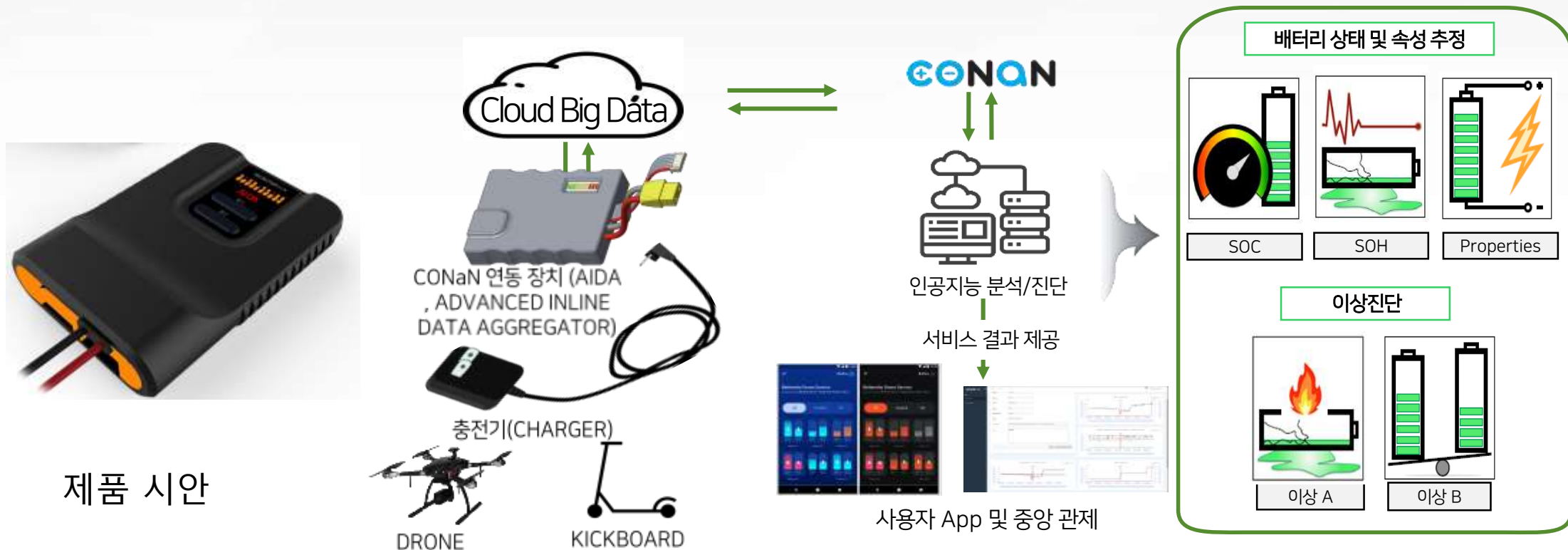
데이터 저장 / 분석 / 진단



CONaN

After Market용 B2C Solution

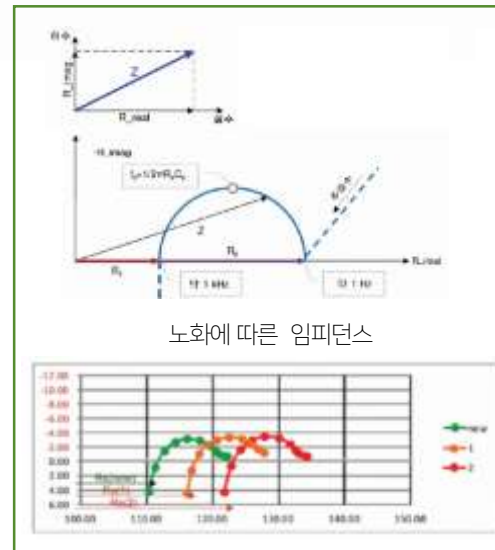
- 기 출고된 배터리 기반 구동 기기(드론, 킥보드 등)의 배터리에 배터와이가 개발한 배터리 관리 장치(AIDA, Advanced Inline Data Aggregator)를 연결하여 배터리 관리 서비스를 제공하는 비즈니스
- AIDA 기기 판매, 배터리 관리 서비스로, 사업영역확대를 위한 가입자 확보. 관련 IP 확보 중 / '21년 연말 출시 예정



폐배터리 재활용/재사용 Business



< 배터리 충방전기 >



< 임피던스 분광법 >

Pre-Evaluation

- Run Time 환경에서의 지속적인 배터리 상태 추정
 - 클라우드 플랫폼 및 독자적 상태 추정 기술을 활용한 고정밀 배터리 상태 추정
 - 실시간 배터리 이상 진단 및 잔존가치 평가 및 이력화
 - 배터리 폐기 단계 결정 및 이상 징후 발견 시 신속 AS
 - 자동 학습을 통한 배터리 상태 추정용 기반 데이터 생성

On-site Diagnosis

- 임피던스 분광법 및 충방전 테스트 기반 진단기
- 온라인 진단 결과를 바탕으로 취약 부분 정밀 진단
 - 특정 이상 셀에 대한 단일 정밀 진단 소요 시간 절감, 효율 향상
 - 기존 사용환경에 대한 데이터가 없는 배터리에 대해 검수 과정 자동화 및 매뉴얼 생성

Post-Management

- 2nd life 배터리 팩의 지속적 상태 추정 및 관리
 - 플랫폼연계를 통한 재활용 팩의 사후 관리
 - 안전사고 예방 및 수명 극대화
 - 상태 추적을 통한 재활용 팩 활용의 기반 데이터 확보

The background features a complex, glowing circuit board pattern in shades of gray and white, creating a sense of depth and technology. Several large, rounded green shapes are scattered across the image, adding a modern, organic feel to the technical theme.

04 Spin-off



'People for Better World thru Better Question'

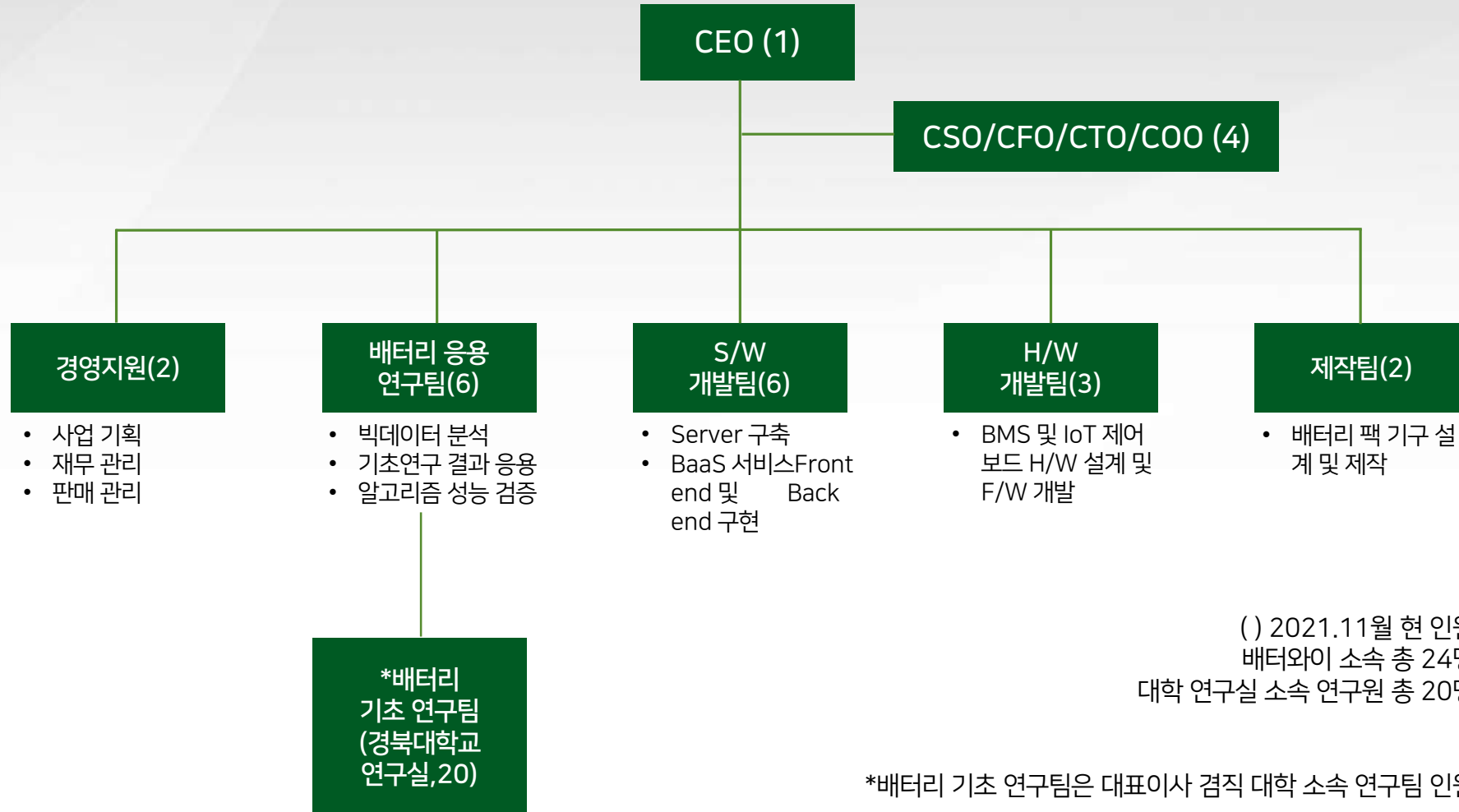
배터리물성연구(기반기술)

Big-Data 처리 연구(응용기술)

Battery 상태 추정

Big Data 엔지니어링

- 회사명 : (주)배터와이 (BETTERWHY)
- 설립 : 2020년 05월
- 대표 : 한세경 (경북대학교 전기공학과 교수)
- 조직 : 배터와이 소속 서비스 개발 인력 - 24 명
대학 연구실 소속 기초 연구 인력 - 20 명
(2021.11 現)



Online BMS 서비스 경진 대회 및 CES 2022 참가

- 중국 칭와대, 미국 Texas A&M, 캐나다 원저대, 일본 도쿄이공대, 홍콩이공대, POSTECH, GIST 등의 대학 연구진 및 현대자동차, 현대 일렉트릭, 한화에너지 등의 대기업에서 본 경진대회에 참가 신청
- 본 대회 결과 및 플랫폼 연동 제품 전시를 위해 CES 2022 참가

APPLICATION

APPLICATION PERIOD

2021.10.20 (Wen) ~ 2021.11.01 (Mon)
12:00 AM (Korea Stand Time)

APPLICATION METHOD

Please fill in the form and submit it at the following application web page:

<http://betterwhy-open-competition.com>

DEVELOPMENT PERIOD

2021.11.01 (Mon) ~ 2021.12.03 (Fri)

QUALIFICATION

An individual or team engaged in a relevant company or institute (including university) with expertise or experience on BMS development. The eligibility will be confirmed after the applications are filed.

COMPETITION GOALS

The participants are to develop the services on **CONON** platform to estimate the following items for the real battery packs in operation

- ▶ Amount of the Cell Imbalance
- ▶ Amount of the Cell Voltage Bias
- ▶ Amount of the Pack Current Bias
- ▶ Trajectory of the State-of-Charge
- ▶ Usable Pack Capacity
- ▶ Kind of the Battery Abnormality and the degree, if any exists

1st OPEN COMPETITION for Better Battery Service Algorithms

BETTERWHY

REAL-TIME Battery operation data will be streamed for your service

REAL-WORLD The battery services will be immediately effective on working battery packs

AWARD Total prize money of 10000 USD

OPEN PLATFORM Well defined APIs will be provided for your service development

RECOGNITION Winners will be recognized in CITE 2021

SECURITY Your source code will not be submitted and you will have full authority for your development

CONVENIENCE Various utility services and basic properties of battery will be given for your service

JOIN NOW

CONON

OPEN PLATFORM for REAL BMS-as-a-Service

Local (Traditional) BMS has several shortcomings such as lack of diagnostic capability due to limited operational characteristics. A cloud-BMS is an emerging alternative that can provide functions for sophisticated diagnosis, and real-time state estimation of the batteries. To this end, a real-time online BMS platform dubbed **CONON** has been developed for a real BMS-as-a-Service (BaaS). It is currently working for hundreds of actual battery systems including motorhomes, drones, and is being expanded for the various other battery devices. It is featured with an open platform architecture, utilities and functions for the estimation of essential battery properties. In order to share the platform capability, an open competition is organized for the development of the battery services on this platform. Interested participants can join the event and can share the experience of the world first open BaaS platform while realizing their own ideas for the battery services. Best performers will be awarded and the selected service modules will be licensed for the commercial operation of real-world battery devices.

APPLICATION

APPLICATION PERIOD 2021.10.18 (Mon) ~ 2021.10.27 (Wed) 12:00 AM (Korea Stand Time)

APPLICATION METHOD Please send your 'Team Name', 'Department/Where your team belongs to', 'Contactable E-mail Address & Mobile-Phone Number' to the following E-mail address

DEVELOPMENT PERIOD 2021.11.01 (Mon) ~ 2021.12.03 (Fri)

QUALIFICATION University undergraduate, graduate student or topgunner who has BMS expertise or technology are eligible to participate (Through critical evaluation for the suitability, we will send participation approval message to your contact)

AWARD 1st place : Trophy & 10,000USD, 2nd place : Trophy & 5,000USD, 3rd place : Trophy & 3,000USD

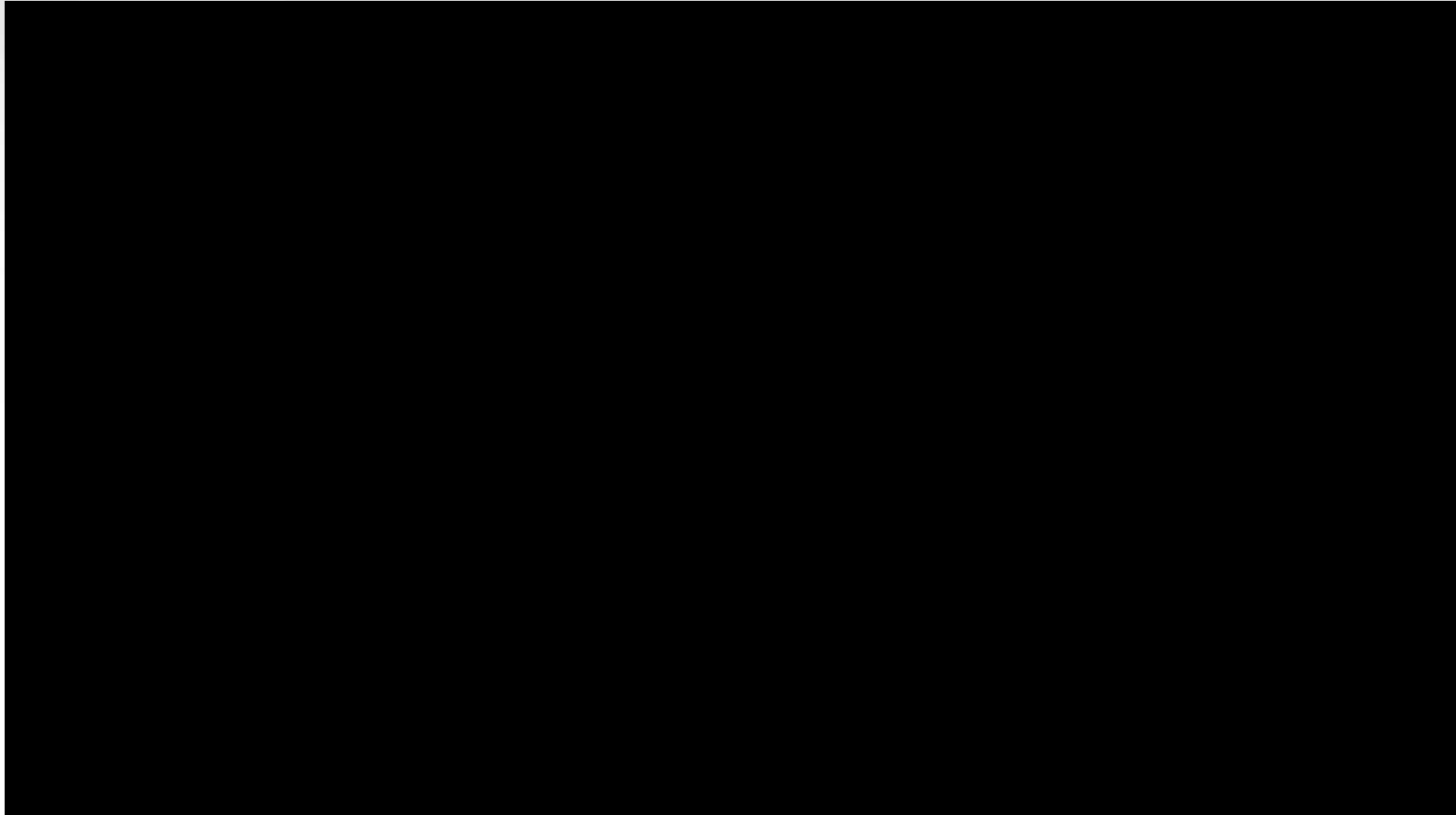
COMPETITION ITEMS

- ▶ Estimation of Cell Imbalance
- ▶ Estimation of Voltage Bias
- ▶ Estimation of Current Bias
- ▶ Estimation of State of Charge
- ▶ Estimation of Pack Capacity
- ▶ Estimation of Battery Abnormality

BENEFIT Selected service modules will be licensed for commercial operation

CONTACT +82-04-973-0102 contact@better-why.com

대회 홍보 영상



언론 속의 BETTERWHY

매일경제

뉴스 오피니언 프리미엄 연예 스포츠 증권 부동산

경제 기업 사회 국제 부동산 증권 정치 과학 문화 기획연재 Special Edition 인기뉴스 알로파미 오늘의 대결

배터와이, 실시간 배터리 이상 진단 시스템 세계 최초 개발

배터리 이상 징후 관리 'BMS 시스템' 상용화
업 통해 배터리 잔존-가용 용량 실시간 확인
한세경 경북대 전기공학과 교수가 창업
배터리 셀 제조업체와 협력 논의 중

우성욱 기자 | 입력 : 2021.10.14 14:54:52



한세경 배터와이 대표, 우성욱 기자

2차전지 산업의 성장과 함께 배터리의 화재 예방이 관련 업계의 최대 화두로 부상한 가운데 배터리의 이상 징후를 실시간으로 진단할 수 있는 시스템을 세계 최초로 상용화한 스타트업(신생기업)이 등장했다. 주인공은 경북 외곽에 본사를 둔 배터와이(Better-Why)다.

KBS 대구경북

7 화재 막고 수명도 연장... '전기차 배터리' 기술 개발

다구경복

KBS 대구 (유증상자 행동수칙) ④ 의료기관 방문 시 자기 차량 이용하고 마스크를 착용

파이낸셜뉴스 사회

배터와이, CES서 배터리 이상진단 플랫폼 경진대회 열어

배터와이뉴스 | 입력 2022.01.12 09:42 | 수정 2022.01.12 10:00

| 국내외 배터리 업계 주목 받아

경북대 전기공학과 배터리연구실 스핀오프 기업이 CES 2022에서 세계 최초로 배터리 이상진단 플랫폼 기반 경진대회를 열어 관심을 끈다. 한세경 배터와이 대표(오른쪽)와 최윤철 부대표가 시상식을 진행하고 있다. 사진=배터와이 제공

【파이낸셜뉴스 대구=김창복 기자】 경북대 전기공학과 배터리연구실 스핀오프 기업이 CES 2022에서 세계 최초로 배터리 이상진단 플랫폼 기반 경진대회를 열어 국내외 배터리의 업계의 주목을 받고 있다.

배터와이는 현대일렉트릭과 공동으로 라스베이거스에서 열린 CES 2022 기간 중인 지난 6일(미국 현지 시각) '클라우드 기반 배터리 이상진단 플랫폼 기반 경진대회'를 성황리에 개최했다고 12일 밝혔다.

현재 배터리의 시장을 이끌고 있는 30여개 국내외 유수의 기업 및 연구기관, 전문가 등이 대거 신청했고, 일본, 중국, 미국, 유럽 소재의 연구기관에서도 참가하는 등 배터리의 업계에서 큰 화제가 됐다.

Meeting ID: 338 915 8444
Passcode: c3igDj

'People for Better World thru Better Question'

감사합니다



 BETTERWHY

 KNU 경북대학교
KYUNGPOOK NATIONAL UNIVERSITY