

DIGITAL INNOVATION & CHASSIS DEVELOPMENT

AI 활용한 예측 기반 설계와 버추얼 검증,
버추얼 센서와 고장진단 예측 및 활용

현대자동차 이재길 상무



NEED FOR DIGITAL TRANSFORMATION

현재 시장은 매우 빠르게 기술의 진보가 이루어짐

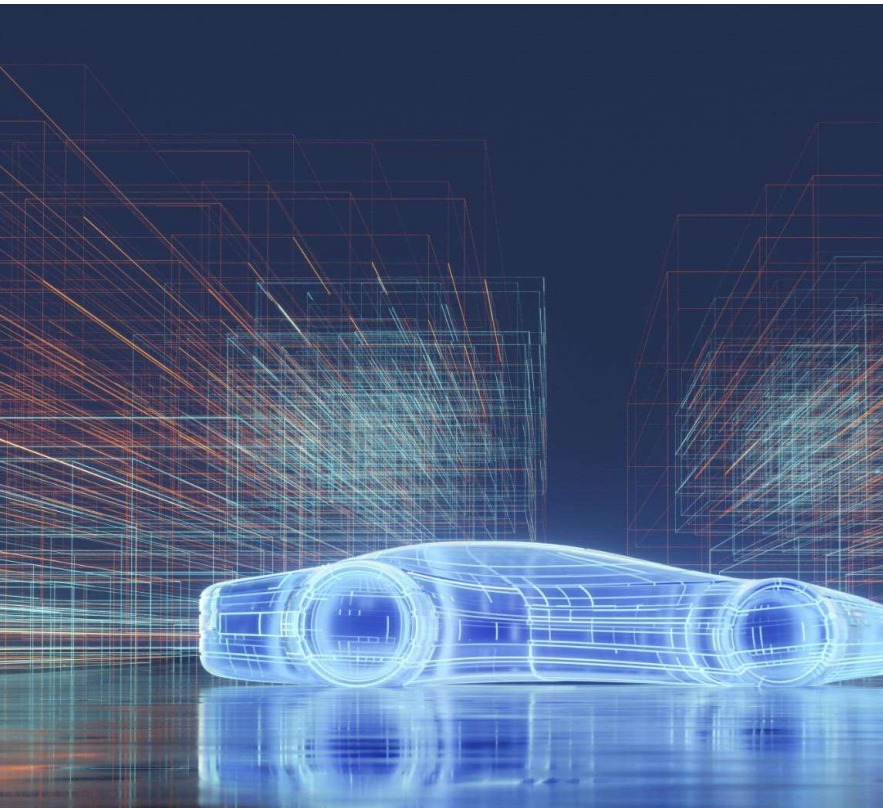
전통적인 개발 방식에는 속도의 한계가 있음

디지털 전환의 목표

개발 속도를 높이고, 품질과 비용의 효율성을 제고함

전략적 관리 관점

디지털 전환은 지속성과 경쟁력을 확보하기 위한 전략적 선택



DIGITALIZATION OF CHASSIS DEVELOPMENT PROCESS

1. 설계 단계 시스템별 개발 목표 배분 : ATTRIBUTE ENGINEERING

컨셉 개발 단계에서 차량의 전반적인 성능 사이의
최적 밸런스를 위한 AI 기반의 방법론

2. 유효성 검증 및 시험 평가 : VIRTUAL VERIFICATION

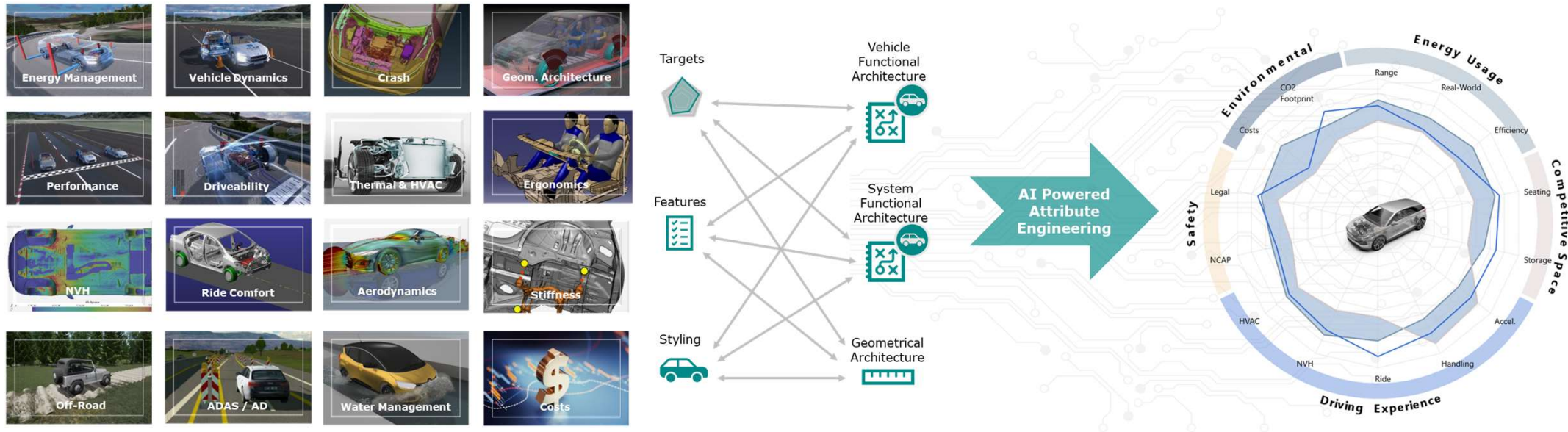
단순 해석이 아닌 실제와 유사한 상황 재현을 통한 검증

3. 차량 양산 후 유지 관리 : STATUS MONITORING & MAINTENANCE

고객과의 상호 이익을 위한 정보 제공 시스템과
이를 위한 센서 가상화 기술

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

1. ENGINEERING DESIGN : ATTRIBUTE ENGINEERING



컨셉 개발 단계에서 ‘성능/상품성’과 ‘설계 사양’ 사이의 관계와 각 성능 사이의 Trade-off를 고려하여 최적화된
방향성 결정

➔ 전통적 ‘해석모델’의 한계를 뛰어넘는 새로운 방법론 필요

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

1. ENGINEERING DESIGN : ATTRIBUTE ENGINEERING

Key Parameters (Significance > 1%)

Body

- Weight
- Weight distribution
- Center of gravity
- Vehicle inertia
- Vehicle geometry

Tyre

- Dimension
- Type

Aerodynamics

- Downforce (front/rear)

Chassis

- Suspension
 - Spring & Damper
 - Anti-Roll bar
 - K & C
- Steering system
 - Ratio
- Controls
 - Torque vectoring
 - Rear wheel steering

Powertrain

- Layout

Maneuver | Driving Modi

Cornering

- Slowly increasing steering
- Constant radius cornering

Cornering transient

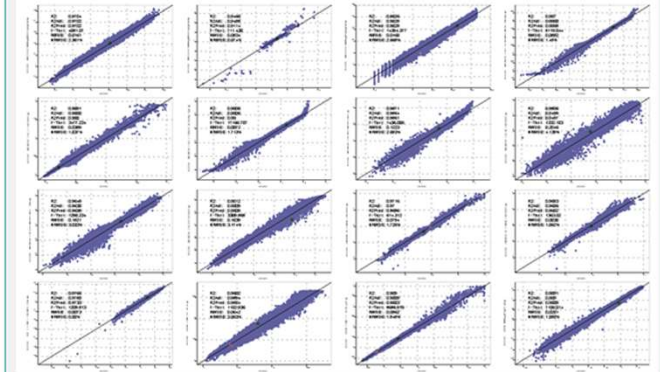
- Accelerated cornering
- Brake in turn

Agility

- Turn in
- Slalom
- Double lane change



Predictive Model (RNN Neural Network)



KPI | Attributes (> 25 single KPI's)

Physical (ISO)

- Maximum A_y [g]
- Roll angle gradient [$^{\circ}/g$]
- Rear axle slip stiff. [$^{\circ}/g$]
- ...

Objective (AVL-DRIVE™)

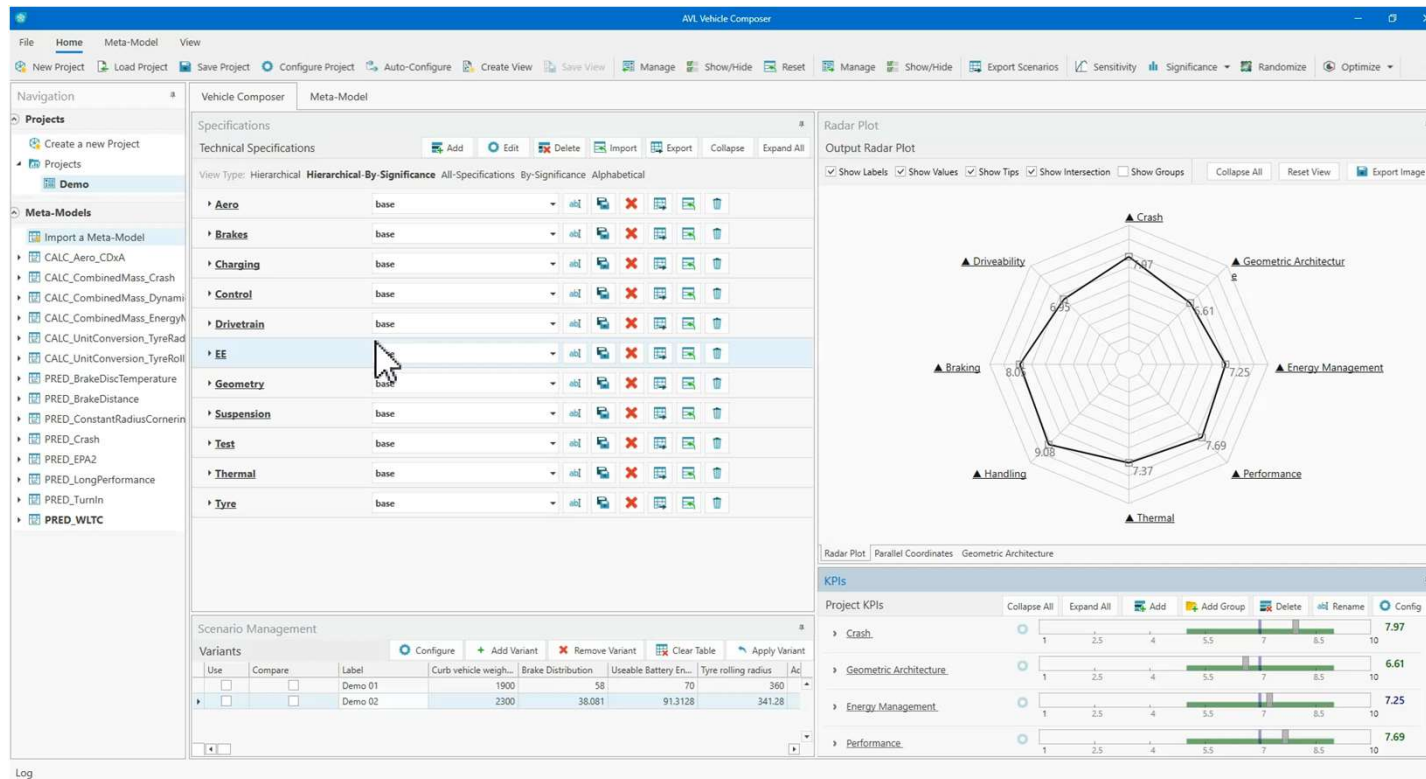
- Cornering [DR]
- Cornering Transient [DR]
- Agility [DR]
- ...

Handling 항목에 대해 25개 이상 파라미터, 7개 평가모드 검토 : 30만개 simulation 필요

➔ Recurrent Neural Network 이용 AI 모델 : 정확도 96%

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

1. ENGINEERING DESIGN : ATTRIBUTE ENGINEERING



하나의 설계 스펙 영향도 검토시 최소 수 분 → 0.01s : Real Time

Multi-Attribute 조율을 위해서는 기존 전통적인 방법으로 컨셉 개발 시 수주 소요 → 1 시간↓

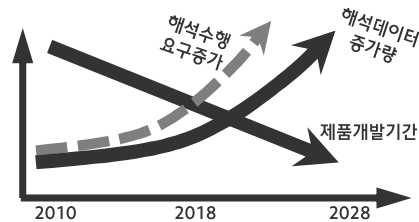
VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

1. ENGINEERING DESIGN : AI-BASE TIRE DESIGN

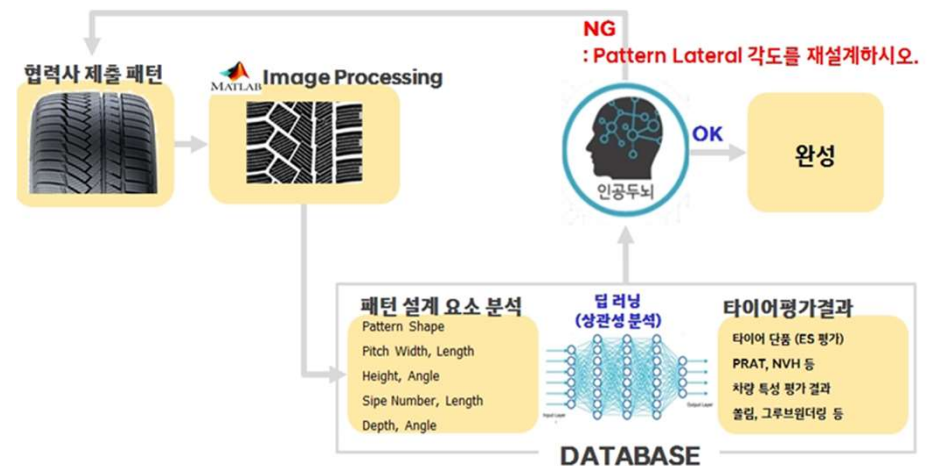
현 상황 및 이슈

- 증가하는 데이터를 위한 해석 수행 대응체계 필요
 - 해석 데이터 양과 복잡성의 폭발적 증가
 - 타이어 성능 리뷰 문제점 판단 및 개선안 분석 모델 부재

- 공수 효율화 및 수준 향상 필요
 - 해석 정보 추적성을 통한 재할용성 확대
 - 자동화 기반 분석 수행을 통한 기계적이고 반복적인 업무 축소



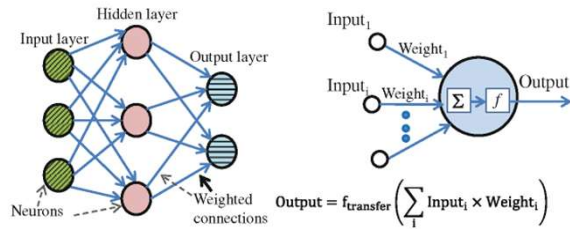
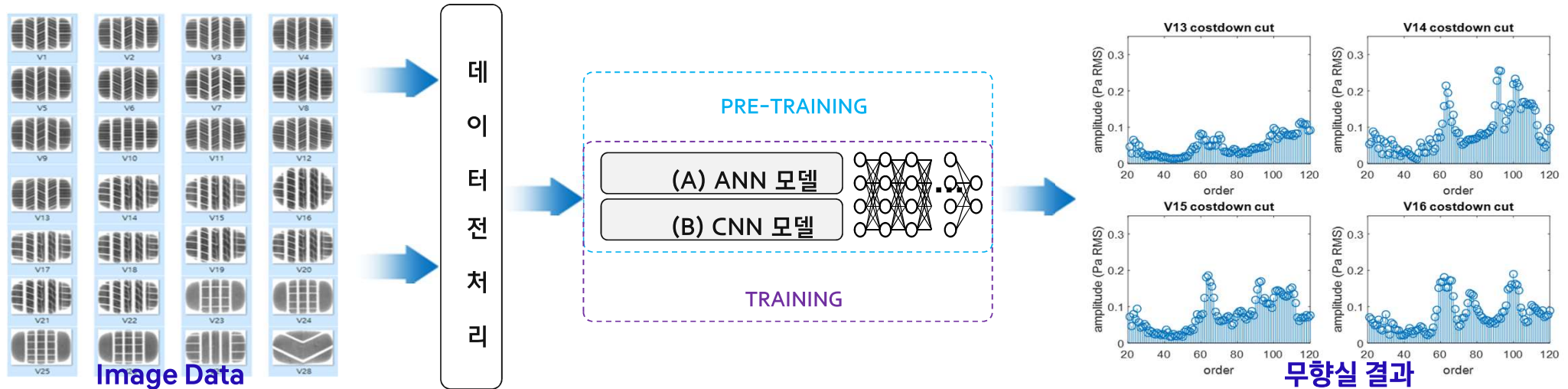
지능형 학습 및 신속한 결과 예측 환경



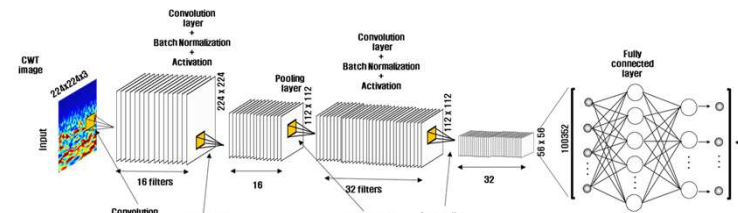
협력사 기반의 타이어 NVH 설계 리뷰 진행으로 인한 한계 존재 (개발 초기 단계 완성도 저하 (개발기간 증가))
개인별 경험/직관 기반의 리뷰 프로세스 ➡ 데이터 분석/지능형 학습으로 판단

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

1. ENGINEERING DESIGN : AI-BASE TIRE DESIGN



ANN 기반 모델 (Supervisor)

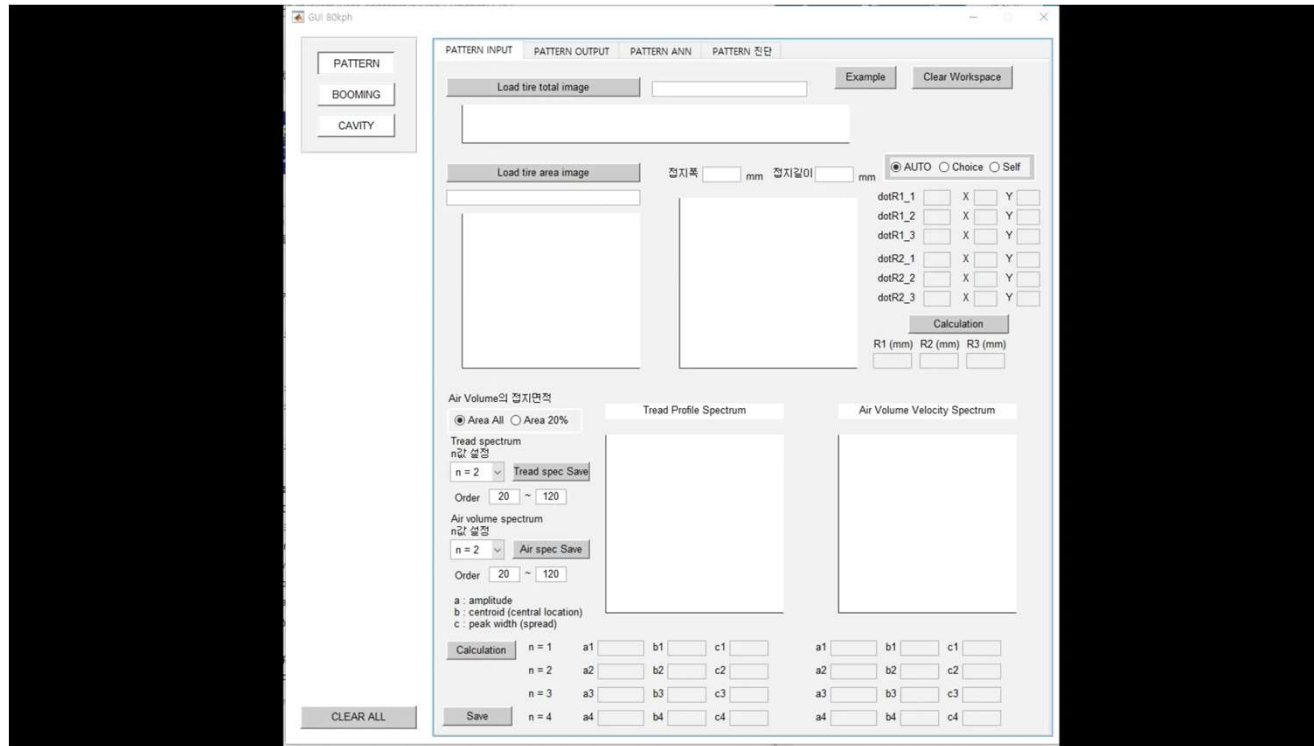


CNN 기반 모델 (Non-Supervisor)

패턴 이미지 프로세싱을 이용한 데이터 전처리 → 무향실 결과를 활용한 ANN/CNN 학습 모델 개발

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

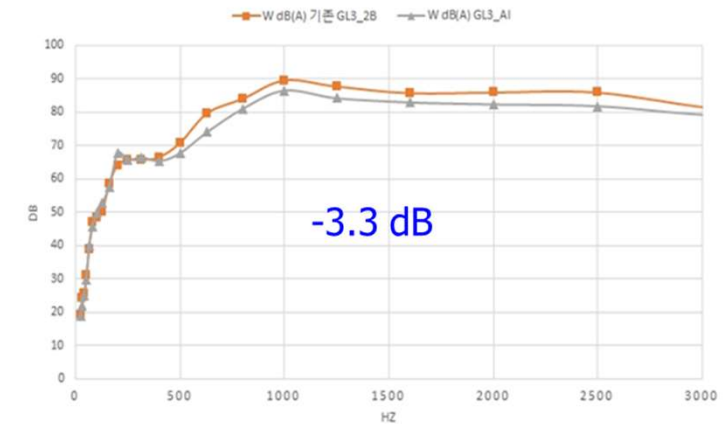
1. ENGINEERING DESIGN : AI-BASE TIRE DESIGN



[Tire mold design and manufacturing]



[NVH Evaluation Results]

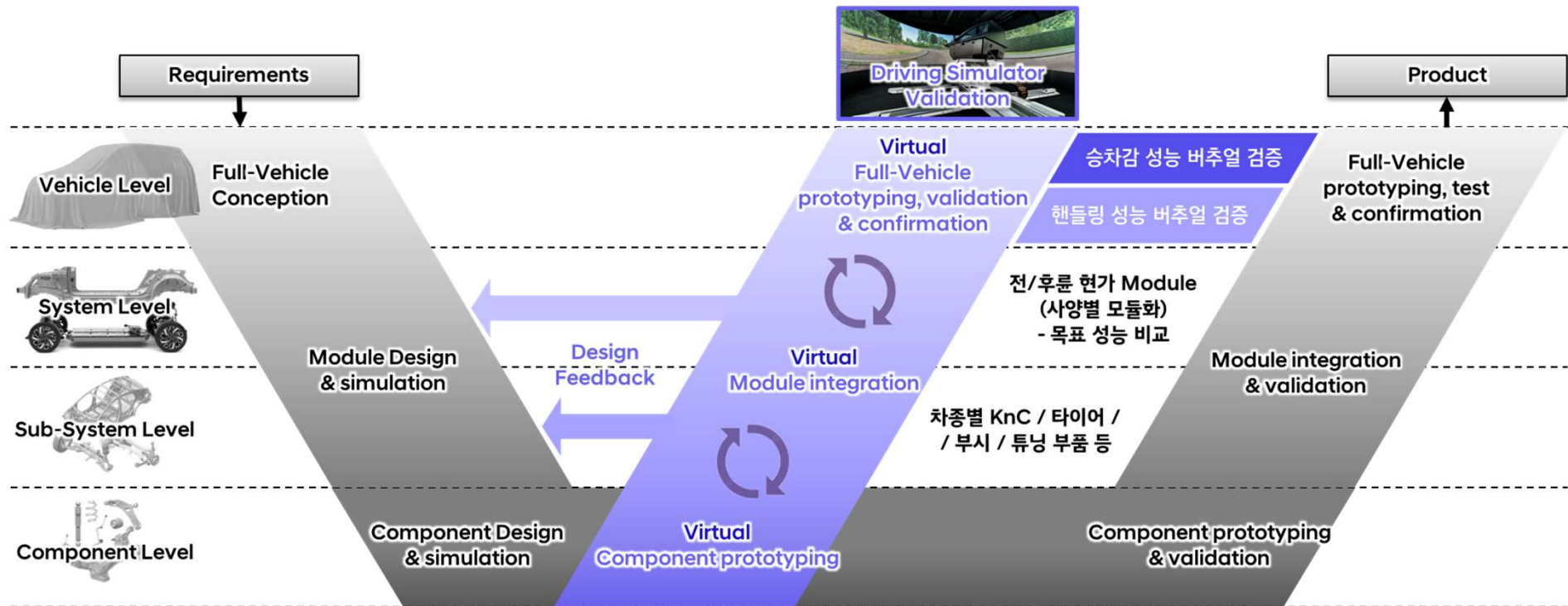


인공지능 기술을 활용한 GUI 기반 설계 엔지니어링 툴 개발

협력사와 타이어 몰드 설계 협업 : 기존 대비 패턴노이즈 -3.3 dB 개선 효과 (제품 양산)

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

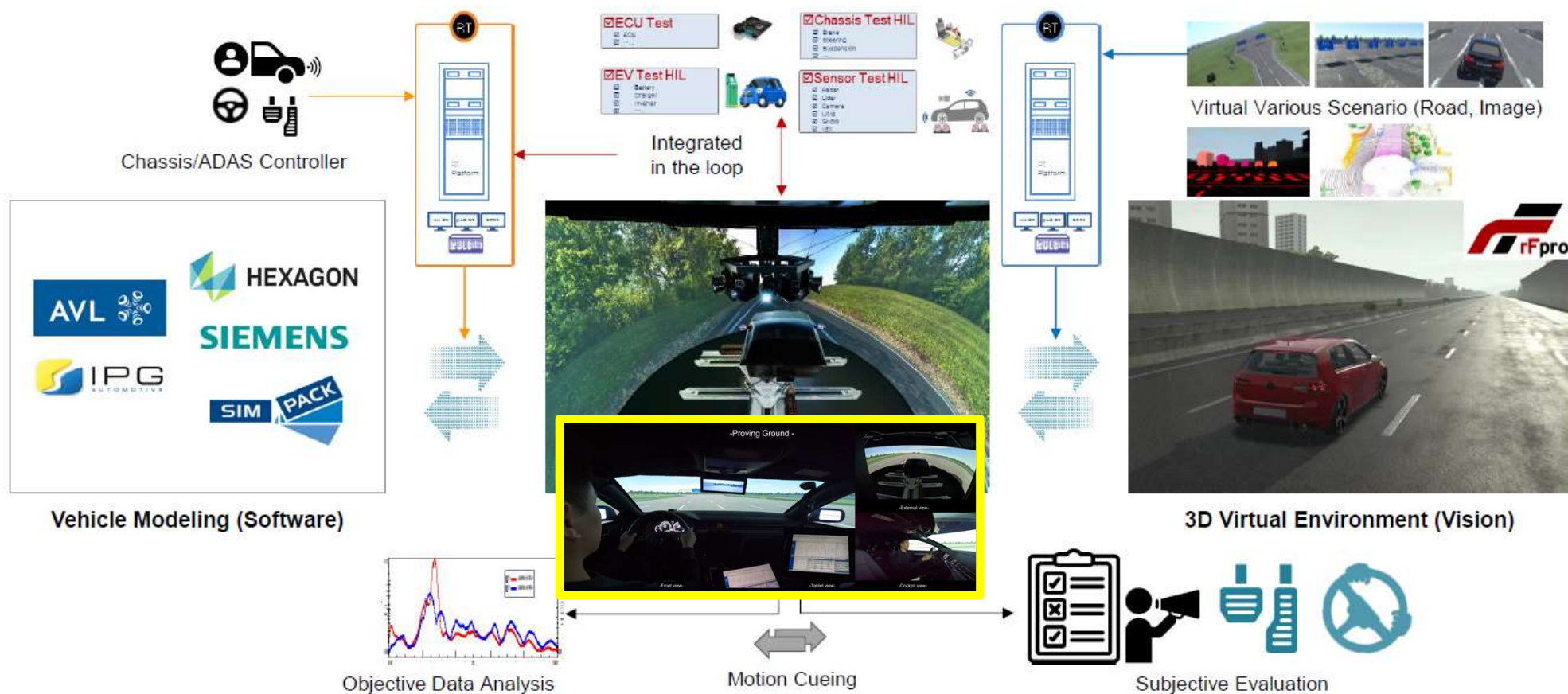
2. VIRTUAL VERIFICATION : DYNAMIC DRIVING SIMULATOR



R&H 개발을 위해 드라이버의 시각 정보와 차량 모션 피드백의 종합적이며 연속적인 aligning이 매우 중요
: 단순 해석의 한계

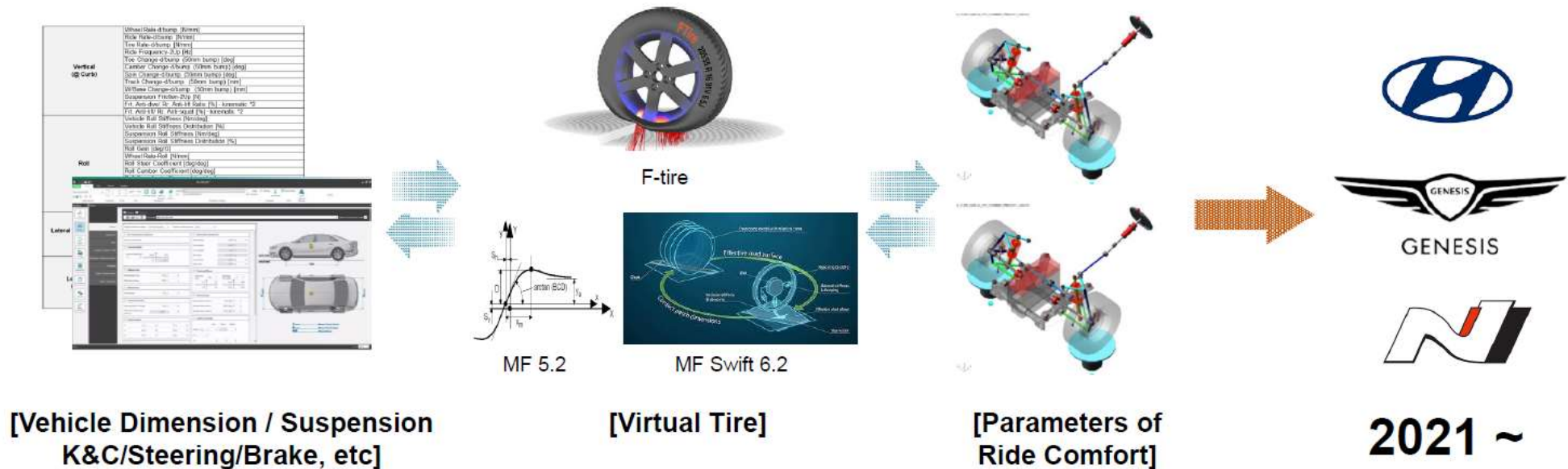
VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

2. VIRTUAL VERIFICATION : **DYNAMIC DRIVING SIMULATOR**



VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

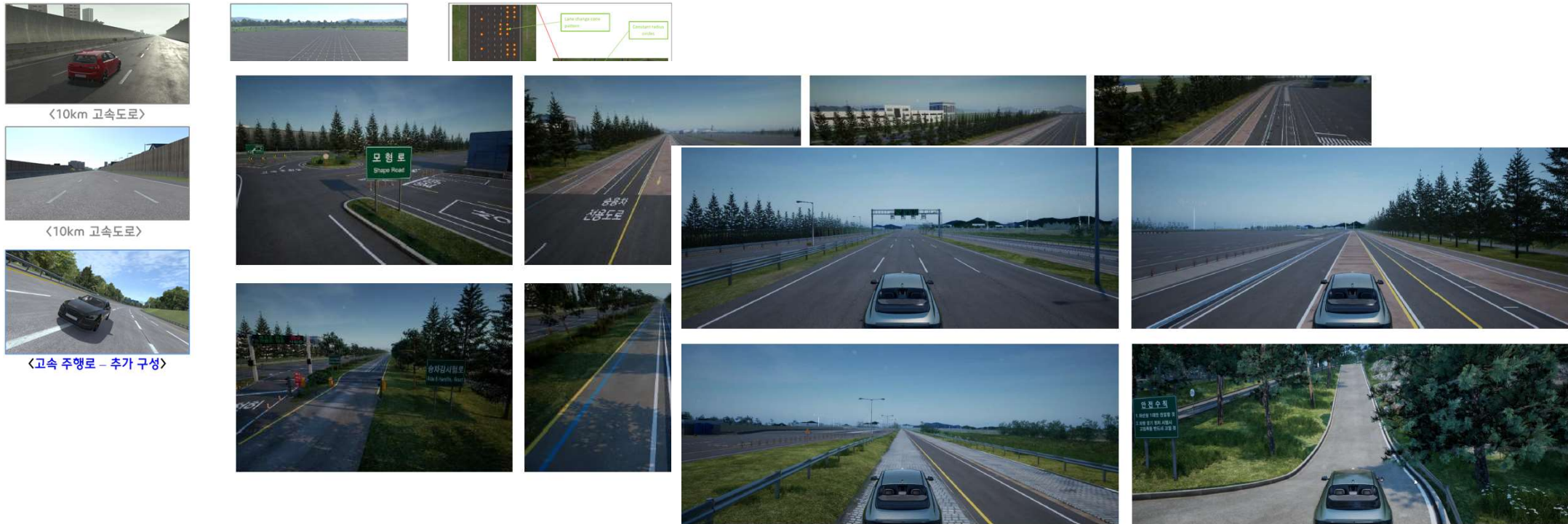
2. VIRTUAL VERIFICATION : DYNAMIC DRIVING SIMULATOR



DRIVING SIMULATOR 사용 전 : 지오메트리 검증기간 최소 1개월 소요 >>> DRIVING SIMULATOR : 3일

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

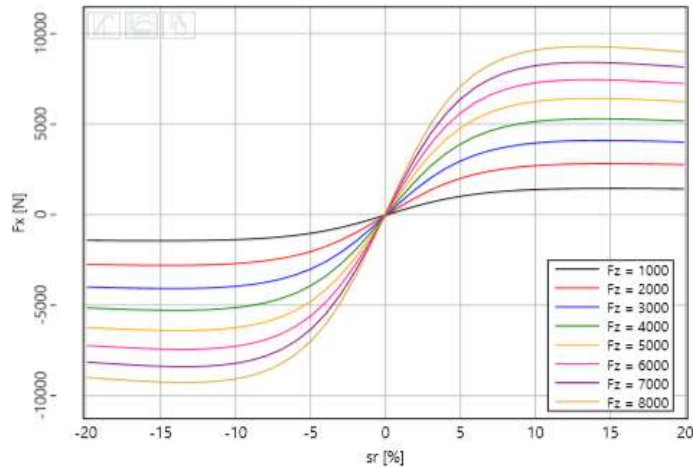
2. VIRTUAL VERIFICATION : **DYNAMIC DRIVING SIMULATOR**



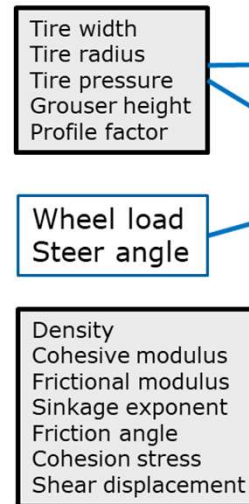
다양한 주행 시나리오/환경 구축, 장소에 구애 받지 않음 >>> **차량 개발 연속성 확보 (한국→유럽→미국, 24H 개발)**

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

2. VIRTUAL VERIFICATION : OFF ROAD SIMULATION



Wheel Parameters



Wheel sinkage (Bekker)



Road (base) resistance



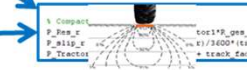
Soil compaction resistance



Bulldozing resistance



Soil modification



Soft Soil Tire (SST):

- Traction Force
- Wheel Sinkage
- Soil Compaction
- Bulldozing Effect
- Multipass Effect
- **Real-time capable**

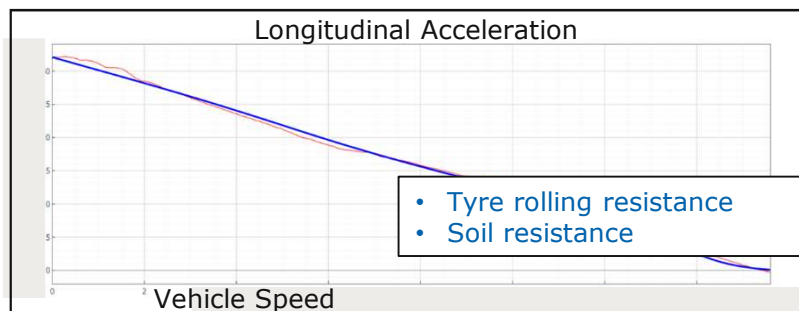


일반 도로 노면 조건 : Pacejka MF model >>> 오프로드 노면 Soft Soil Tire 모델

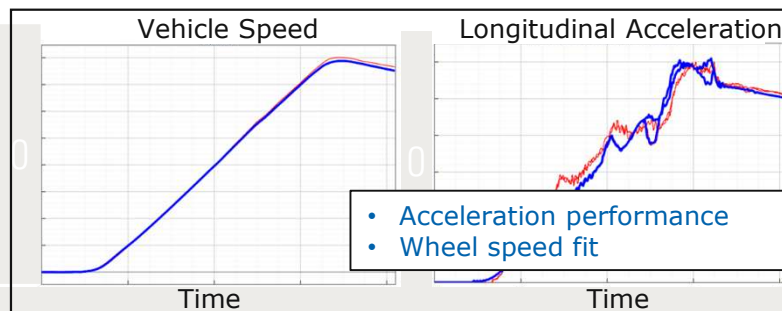
VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

2. VIRTUAL VERIFICATION : OFF ROAD SIMULATION

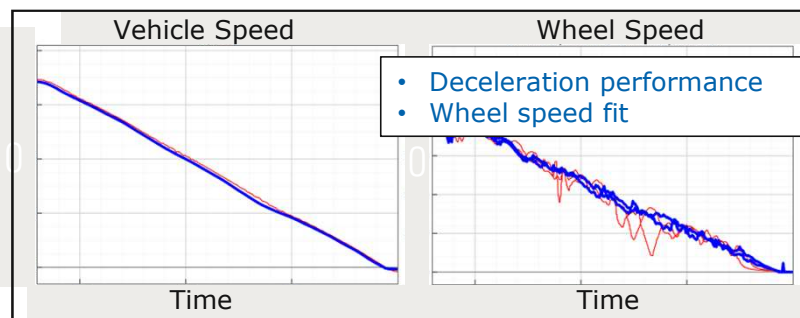
Driving Resistance: Coast down



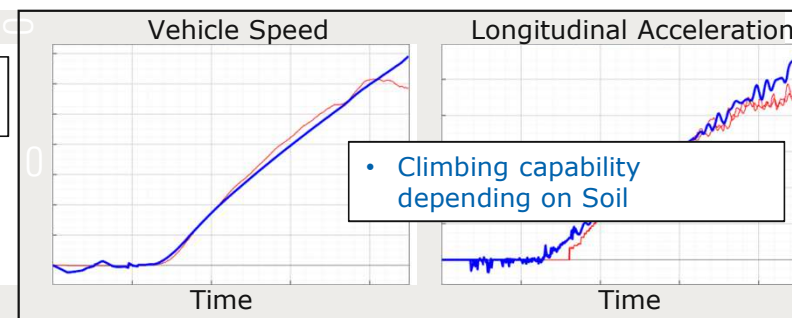
Driveaway: Full load acceleration



Performance: Braking



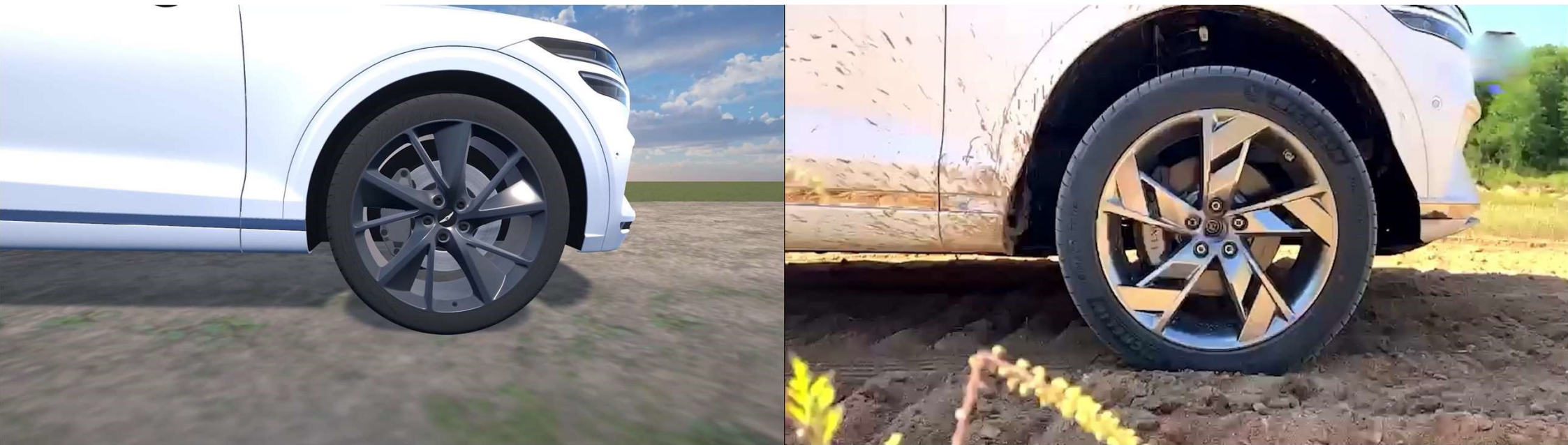
Driveaway: at HILL



실차와 시뮬레이션 모델간 정합성 : ~95% 수준

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

2. VIRTUAL VERIFICATION : **OFF ROAD SIMULATION**

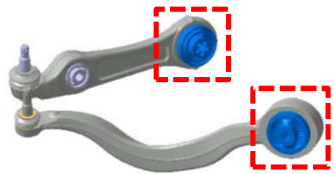


현재 종방향 simulation은 95% 수준 달성, 횡방향/스노우 등 추가 개발 필요

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

3. STATUS MONITORING & MAINTENANCE

LWR ARM BUSHING



- 주요 파손 모드
- : 성능 열화, 오일 누유(Hydro type)
- : 강성 변화, 소음 이슈



SHOCK ABSORBER



- 주요 파손 모드
- : 실 손상에 의한 오일 누유
- : 감쇄력 변화, 소음 이슈



WHEEL BEARING



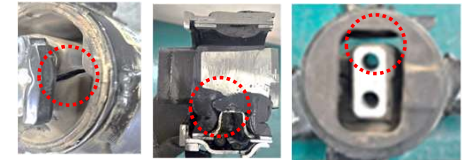
- 주요 파손 모드
- : 부식에 의한 볼 베어링 박리
- : 진동 & 소음 이슈



PE MOUNTINGS



- 주요 파손 모드
- : 인슐레이터 파손 및 열화, 강성 변화
- : 하이드로 유닛 파손, 댐핑 변화



조향/제동 액추에이터와 달리 센서화 되지 않은 시스템의 고장에 대해 사전 고장 진단 및 수명 예측 필요
 >>> 불필요한 과정비 예방, 사전 정비 정보로 고객 불편함 해소 + 안전

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

3. STATUS MONITORING & MAINTENANCE



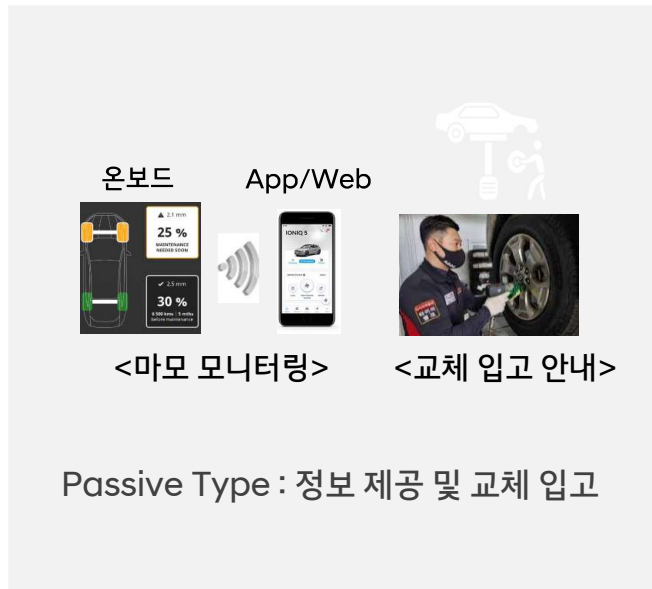
차량내 이미 적용되어 있는 센서 신호를 AI로 분석하여 고장 모드 판단

>>> 직접 방식이 아닌 간접 방식으로 원가 절감과 동시에 효과적인 이상 검출 동시 구현

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

3. STATUS MONITORING & MAINTENANCE

마모 모니터링 및 정보 제공



주행 제어 시스템과 연계



자율주행 및 무인화 안전성 보장



SDV의 '전동화' + '자율주행 무인화' 확산을 고려한 타이어 마모 진단 서비스 아키텍처 정의고객 안전을 위한 차량 고장 예측 PHM (Prognostics & Health Management) Feature 기술로서의 중요도

>>> 고객 중심 서비스 Feature 및 아키텍처 정의

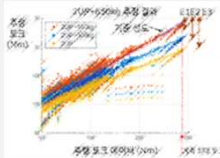
VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

3. STATUS MONITORING & MAINTENANCE

요소 기술

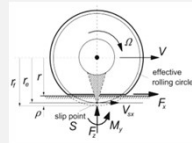
[중량 추정]

- '구동토크-증가속도' 실측 기반



[ERR 추정]

- Effective Rolling Radius 산출 기법
- ERR 구성 인자별 DB 확보 기술



[Wear Rate 추정]

- 타이어 단품 마모율 산출 기법
- 차종 실측 기반 + Fleet DB AI 추정기

차종	구분	규격	Wear Rate (km/mm)		
			실제	예측	차이
			18,654	18,225	-429
			20,684	20,332	-352
			7,638	8,133	+494
			20,198	18,672	-1,526

진단 기술

[휠 속도 기반 진단]

- 4개 휠 회전 속도 상대 비교
- 공기압 및 추정 동반경 기반
- 휠 회전 주파수 특성



[Wear Damage 예측]



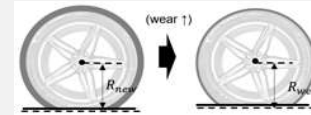
$$Q = K \frac{F_n s}{H}$$

Archard's Wear Model

- 물리모델 기반 타이어 에너지 분석
- Slip distance + Sliding force 기반
- Archard 모델 확장으로 마모량 계산

[실시간 ERR 예측]

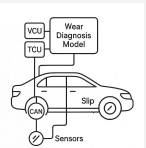
- 물리모델 기반 실제 동반경 변화 분석
- 정확한 실제 차속 기반
- 차속대비 휠속 변화 계산 후 ERR 산출



탐 재 전 략

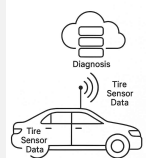
[온보드 방식]

- Full CAN 데이터 사용
- Low 리소스 사용 고려
- ms 수준의 빠른 응답성



[클라우드 방식]

- Low CAN 데이터 사용
- AI 등 High 리소스 가능
- 전송 용량/지연 고려



차량내 이미 적용되어 있는 센서 시그널을 AI로 분석하여 고장 모드 판단

>>> 직접 방식이 아닌 간접 방식으로 원가 절감과 동시에 효과적인 이상 검출 동시 구현

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

4. VIRTUAL SENSOR

From in-vehicle hardware sensors...



Data Science & Machine Learning



Automotive Domain Expertise

The hardware sensor is being replaced by software-based solutions



Wheel displacement estimation

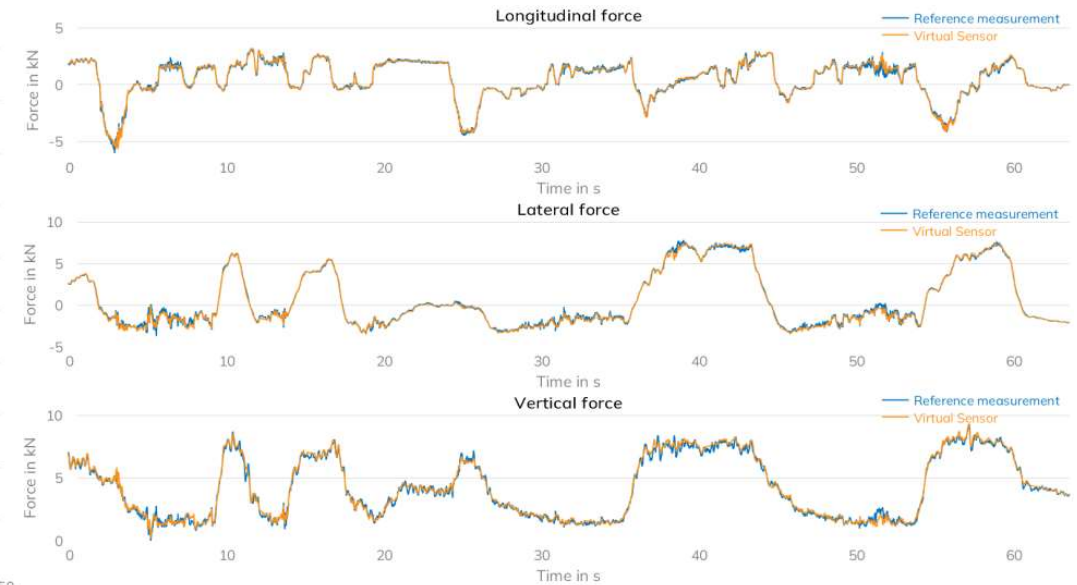
추가 센서 없이 기존 차량에 보유중인 센서 활용 >>> 원가 절감 / 활용 분야 확대 적용 / 센서품질 이슈 Free

VIRTUAL DEVELOPMENT APPLICATION CASES

4. VIRTUAL SENSOR



Suspension Travel



Wheel Load

실차 계측 결과와 서스펜션 변위 1mm, 하중 0.35kN 이하 수준 정밀도 확보



SUMMARY AND CONCLUSION

DEVELOPMENT ACCELERATION

시장 변화에 대응하는 것을 넘어 변화를 이끌어 내기 위한 개발 가속화

STAY-CONNECTED

고객과 소통하는 새로운 기술을 적극적으로 수용하여 개발에 활용

BENEFIT for CUSTOMERS

고객이 체감하는 가치를 향상시킴으로써 고객/공급자 상호 이익 추구

Q1. 샤시 업계는 변화의 속도에 대응할 준비가 되어있는가?

Q2. 기술 융합의 시대, 샤시는 무엇을 해야 하는가?

Q3. CHASSIS for FUN? Or CONVENIENCE?