

2026 EDITION

기술 카탈로그 HYPERDYNE

탄성구동기 기반 하드웨어 원천기술 · 제어/알고리즘 · 시스템 응용 · 평가·벤치마킹 인프라를 아우르는 통합 기술 포트폴리오.

T1	T2	T3	T4
하드웨어 원천기술	제어·알고리즘 원천기술	시스템 응용 기술	평가·벤치마킹 인프라

VISION

지구를 초월하여, 우주 환경에서도 작동하는 차세대 고출력 지능 작업.

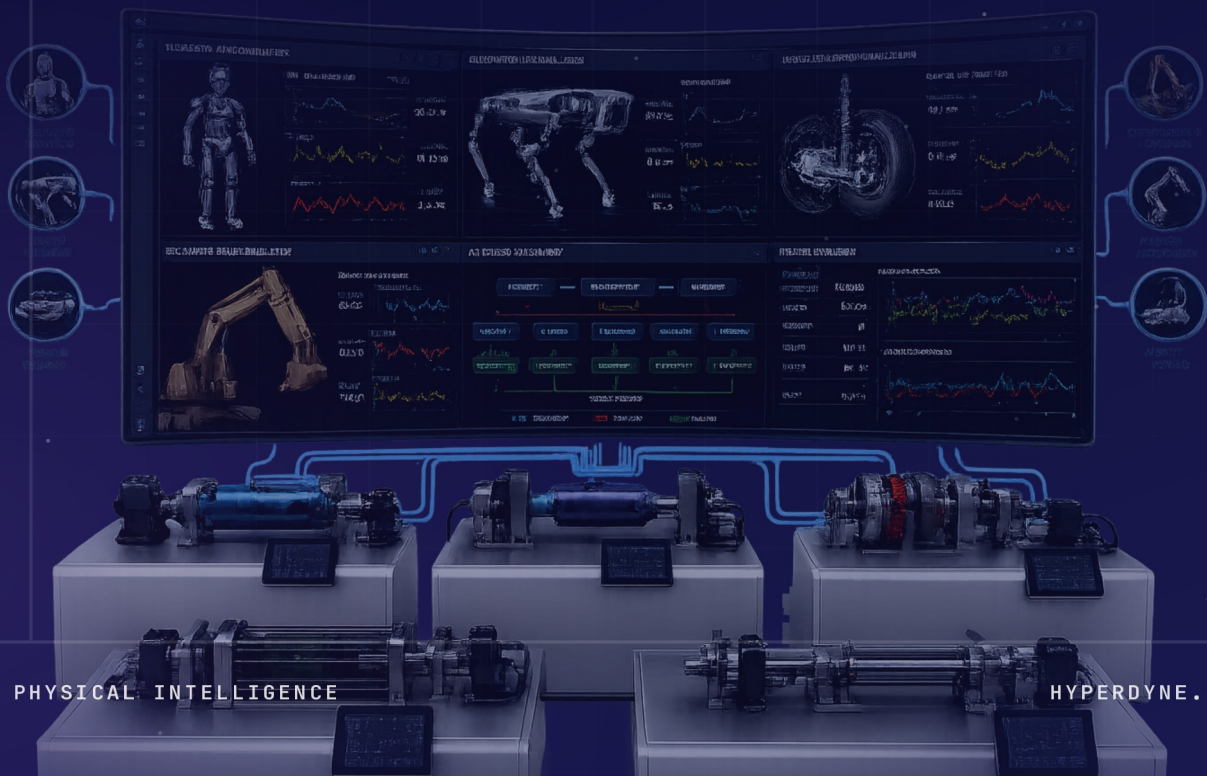
◆ MANIFESTO

Beyond Physical AI

'Hyper Physical Intelligence'

가상의 결과(AI)를 현실화하는 고성능 구동기술을 적용한 광범위한 초정밀 물리작업 구현 플랫폼.

로봇부터 중공업·방산 산업을 넘어 우주스케일 중장비까지 — 하이퍼다인이 Realization의 미래입니다.



BUSINESS SECTORS

사업 분야

하이퍼다인의 구동 원천기술이 적용되는 5대 사업 분야.

01

HEAVY INDUSTRY

중장비 · 건설 로봇



02

ROBOTICS

휴머노이드 · AMR



03

MOBILITY

차량 샴시 · 서스펜션 · 조향 구동



04

DEFENSE

고출력 · 정밀제어 방산 특수장비



05

SPACE

극한환경 · 우주 임무 구동 모듈



CONTENTS · 목차

전체 기술 인덱스

T1 하드웨어 · T2 제어·알고리즘 · T3 시스템 응용 · T4 평가·벤치마킹의 4개 축으로 구성된 15개 기술 항목.

T1 — 하드웨어 원천기술				4 ITEMS · p. 04-09	
T1-A	QRHD — 회전형 준 하이퍼 구동기	06	T1-C	RHD — 회전형 하이퍼 구동기	08
T1-B	QLHD — 직동형 준 하이퍼 구동기	07	T1-D	LHD — 직동형 하이퍼 구동기	09
T2 — 제어 알고리즘 원천기술				p. 10	
T3 — 시스템 응용 기술				5 ITEMS · p. 12-16	
T3-A-1	4륜 독립 액티브 서스펜션	12	T3-B-1	고하중·고정밀 힘제어 굴착로봇	15
T3-A-2	액티브 롤 스테빌라이저(ARS)	13	T3-B-2	5절 링크 2축 호핑 플랫폼	16
T3-A-3	차세대 리니어 액티브 스트럿	14			
T4 — 평가·벤치마킹 인프라				4 ITEMS · p. 18-21	
T4-A	다이나모미터 테스트 인프라	18	T4-C	쿼터카/하프카 HILS 시험기	20
T4-B	4단계 평가 프로토콜	19	T4-D	범용 로봇 HILS 플랫폼	21

SECTION

T1 하드웨어 원천기술

4 ITEMS · DRIVE STACK

모터 · 전동체 · 탄성체 · 인버터의 4축 설계 역량으로 모든 구동 요구에 대응. 회전형·직동형 × 준 하이퍼·하이퍼의 4종 라인업으로 협동·휴머노이드 관절부터 고하중 산업·차량 응용까지.

4대 구동기 라인업

A	QRHD — 회전형 준 하이퍼 구동기	06
B	QLHD — 직동형 준 하이퍼 구동기	07
C	RHD — 회전형 하이퍼 구동기	08
D	LHD — 직동형 하이퍼 구동기	09

T1 하드웨어 원천기술

4 ELEMENTS · DRIVE STACK

하이퍼다인은 **모터 / 감속기 / 탄성체 / 인버터** 설계 기술을 바탕으로 모든 구동요구에 대응하며 최적의 솔루션을 제시합니다.

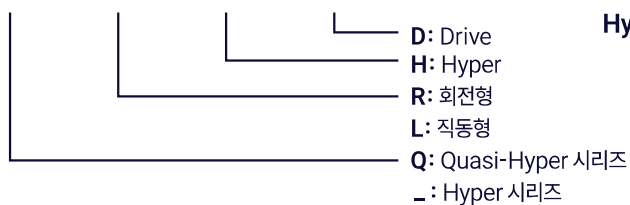


T1 하드웨어 원천기술

4 ELEMENTS · DRIVE STACK

명칭설명

Q R H D



Quasi-Hyper 시리즈는 고하중 타겟에 중점을 둔 구동기로 힘 전동 효율 80% 내외

Hyper 시리즈는 고하중/고효율을 위한 구동기로 힘 전동 효율 95% 이상

구동기 제품

회전형

직동형

Quasi-Hyper
시리즈

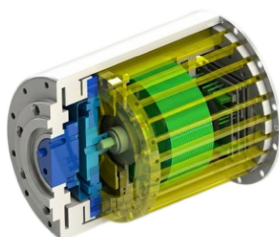


필요기술  



   필요기술

Hyper
시리즈



필요기술   



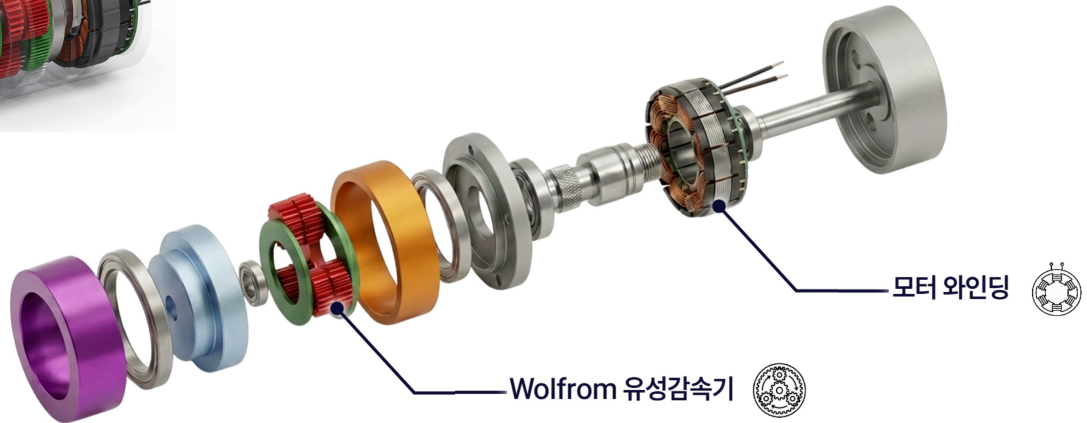
    필요기술

T1-A 회전형 준 하이퍼 구동기 (QRHD)

QUASI ROTARY HYPER DRIVE (QRHD)



회전형 준 하이퍼 구동기
QRHD



일반 설명

2단 유성감속 구조의 최적 설계를 통해 고효율·고역구동성을 실현한 회전형 구동기입니다. 잇수 및 전위계수의 동시 최적화로 순·역방향 전달 효율을 극대화하여, 동급 하모닉 감속기 대비 높은 효율과 우수한 역구동 특성을 확보합니다. 작은 체적 내에서 중·고 토크를 실현하며 BLDC 모터와 일체형으로 패키징하여 협동 로봇 및 휴머노이드 관절에 직접 적용 가능합니다.

특징

- 2단 유성감속 구조 (Wolfrom Type) 적용 — 작은 체적 내 중·고 감속비 및 고토크 실현
- 잇수·전위계수 준뉴턴법 동시 최적화 — 순·역구동 효율 동시 최대화
- 역구동 시작 토크 극소화 설계 — 접촉력 검출·센서리스 힘 추정에 유리한 구조
- BLDC 모터 일체 패키징 · 외경·마운트 패턴을 동급 하모닉과 유사하게 설정

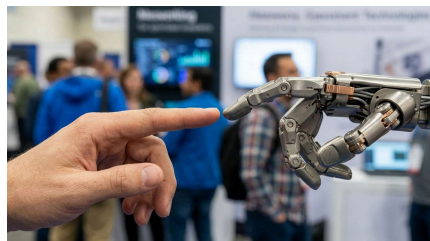
장점

- 전위계수 최적화로 하모닉 대비 순구동 효율 대폭 향상 → 발열·전력 손실 저감
- 역구동 시작 토크 극소화 → 별도 토크센서 없이 접촉력 검출 및 힘 추정 가능
- 기계 대역폭 극대화 → 고속 위치·힘 응답이 요구되는 관절에 유리
- 동급 하모닉 외형 치수 내 직접 대체 가능 → 기존 시스템 재설계 불필요

응용분야



협동로봇 및 휴머노이드
관절 구동기



인간-로봇 상호작용(HRI)
시스템

센서리스 힘 추정이
요구되는 시스템

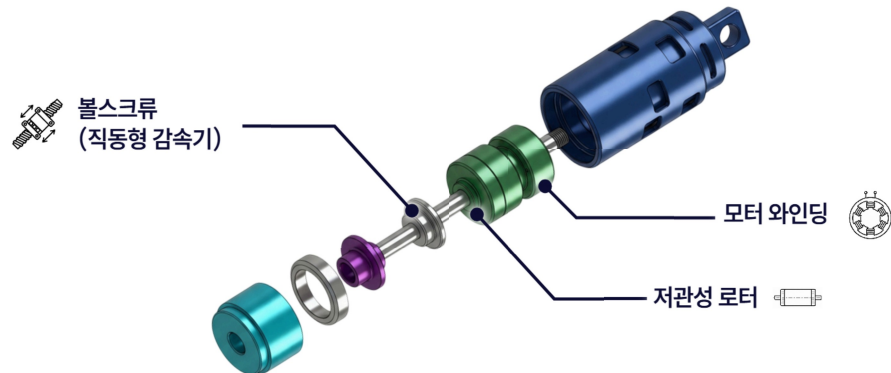
하모닉 감속기의 대체가 필요한
고효율 산업용 관절

T1-B 직동형 준 하이퍼 구동기 (QLHD)

QUASI LINEAR HYPER DRIVE (QLHD)



직동형 준 하이퍼 구동기
QLHD



일반 설명

하이피치 볼나사와 1단 유성감속기를 결합한 최적 설계 직동형 구동기입니다. 하이피치 볼나사 고유의 높은 역구동성과 빠른 선형 응답 특성을 살려 넓은 스트로크·고속 응답이 요구되는 선형 구동 응용에 최적화됩니다. 전류·엔코더 기반 센서리스 힘 추정과 조합하면 별도 힘센서 없이 정밀 축력 제어가 가능하며, 소형 경량 일체형 패키징으로 협소 공간에도 탑재 가능합니다.

특징

- 하이피치 볼나사 + 1단 유성감속기 결합 — 역구동성·응답성·소형화를 동시에 최적화한 순수 전동 설계
- 하이피치 볼나사 선정으로 높은 역구동성 확보 — 외력에 유연하게 반응하는 컴플라이언트 직동 특성
- BLDC 모터 + 유성감속기 + 볼나사 직렬 배치 — 소형 경량 일체형 패키징
- 전류·엔코더 기반 센서리스 추력 추정 기능 — 별도 힘센서 없이 정밀 힘 제어 가능

장점

- 하이피치 볼나사로 역구동성 우수 → 외력 반응성 높고 컴플라이언트 직동 특성 확보
- 기계 대역폭 극대화 → 고속 선형 위치·힘 제어에 유리
- 1단 유성감속 적용으로 소형·경량 패키징 — 협소 공간 탑재 가능
- 센서리스 힘 추정 조합으로 별도 힘센서 없이 정밀 축력 제어 실현 가능

응용분야



액티브 스트럿



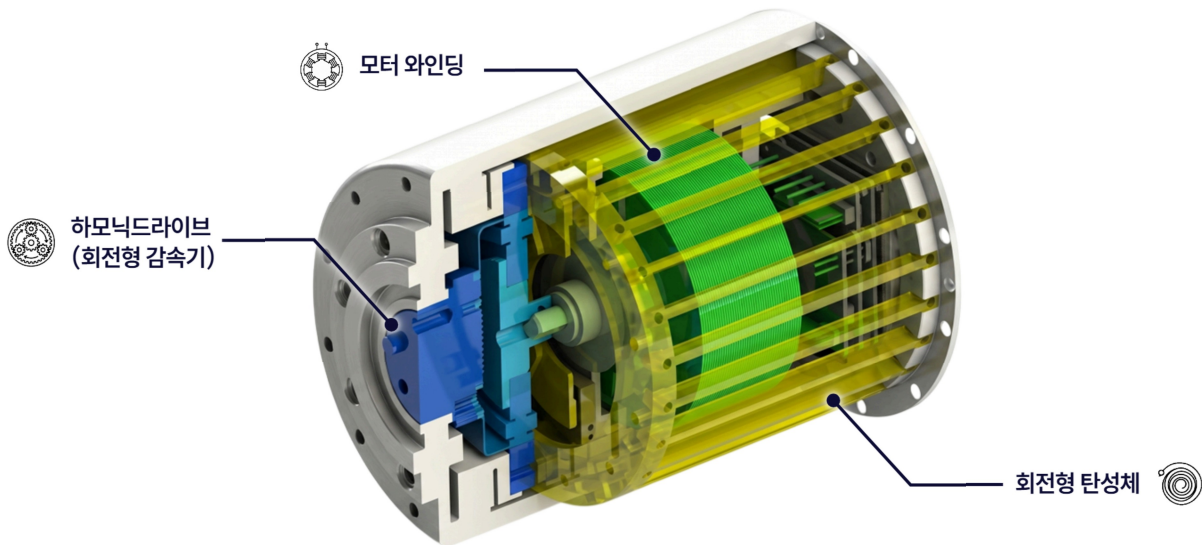
산업용 선형
위치제어 구동기

로봇 팔·다리의
선형 관절 구동기

역구동성이 요구되는
협동·웨어러블 직동 관절

T1-C 회전형 하이퍼 구동기 (RHD)

ROTARY HYPER DRIVE (RHD)



일반 설명

고감속기에 탄성체를 직렬로 내장한 회전형 직렬탄성구동기 (SEA)입니다. 탄성체 변형량을 엔코더로 측정하여 단일 센서만으로 절대 토크를 추정하며, 외란관측기(DOB) 기반 모터 코킹·토크 리플 능동 보상으로 고충실도(High-Fidelity) 임피던스 제어를 실현합니다. 탄성체의 저대역통과 특성이 충격을 흡수하여 구동기 내구성과 안전성을 동시에 향상시킵니다.

특징

- 고감속기 + 비틀림 탄성체 직렬 내장 — 직렬탄성구동기 (SEA) 구조로 고토크·정밀 힘 측정 일체화
- TFSEA 방식: 단일 엔코더만으로 절대 토크 측정 → 센서 수 최소화, 구조 간소화
- DOB 기반 코킹·토크 리플 능동 보상 — 고충실도 토크 제어 실현
- 탄성체 변형 기반 가변 임피던스 스펙트럼 구현 · 양방향 선형성 검증

장점

- TFSEA 구조: 엔코더 1개만으로 절대 토크 측정 → 구조·배선 간소화
- DOB 기반 리플 보상으로 고충실도 임피던스 제어 — 정밀 힘 상호작용 실현
- 탄성체 저대역통과 효과로 외부 충격 흡수 → 감속기·전동체 보호, 내구 수명 향상
- 탄성체 강성·감속비 조합으로 토크 밀도와 컴플라이언스 설계 자유도 확보

응용분야



E-corner 모듈
회전형 서스펜션



족형 로봇

관절의 고충실 토크제어가
필요한 시스템

사람과 정밀한 상호작용이
필요한 시스템

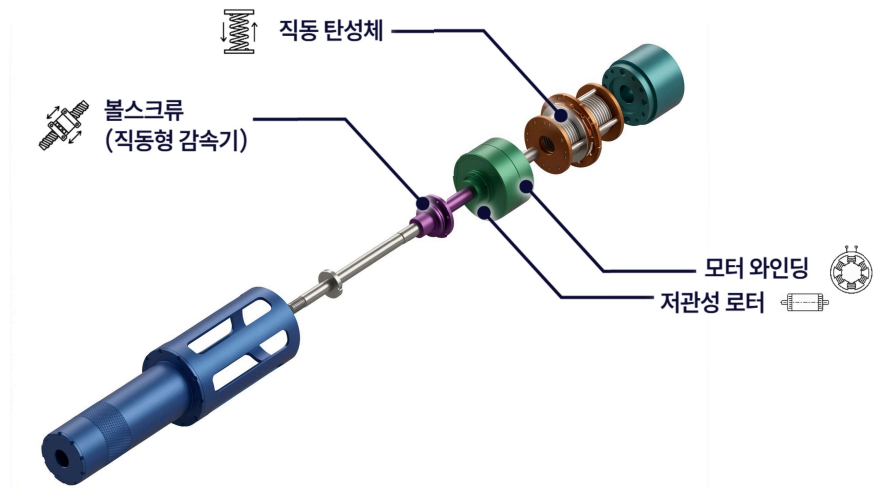
저임피던스 고토크 제어가
필요한 시스템

T1-D 직동형 하이퍼 구동기 (LHD)

LINEAR HYPER DRIVE (LHD)



직동형 하이퍼 구동기
LHD



일반 설명

로우피치 볼나사에 탄성체를 직렬로 내장한 고하중 직동형 직렬탄성구동기(SEA)입니다. 모터·볼나사·유성감속기·탄성체를 하나의 스트럿 구조 내에 직렬 집적하여, 탄성체 변형량을 엔코더로 측정하고 외란 없는 정밀 축력 제어를 실현합니다. 탄성체가 충격을 흡수하고 힘 정보를 제공하므로, 별도의 힘센서 없이도 고신뢰 선형 힘 제어가 가능합니다.

특징

- 로우피치 볼나사 + 탄성체(F-SEA) 직렬 내장 — 직렬탄성구동기(SEA) 구조로 고추력·정밀 힘 측정 일체화
- F-SEA 구조: 모터-스크류-너트-탄성체-로드 직렬 배치로 충격 흡수 및 축력 측정 일체화
- 탄성체 변형량 엔코더 측정 → 외란 없는 정밀 힘 센싱, 별도 힘센서 불필요

장점

- F-SEA 구조로 탄성체 변형량 엔코더 측정 → 외란 없는 정밀 힘 센싱·힘 제어 실현
- 탄성체 내장으로 외부 충격 흡수 → 볼나사·감속기 보호, 내구 수명 및 안전성 향상
- 로우피치 볼나사 특성상 고추력 실현 → 고하중 선형 구동 응용에 최적

응용분야



큰 추력이 필요한
휴머노이드 하체



힘제어가 필요한
랙피니언 시스템

고정밀 힘제어가 필요한
액티브 스트럿

T2 제어·알고리즘 원천기술

2 SERIES · 6 CHALLENGES · CONTROL STACK

하이퍼다인의 구동기는 넓은 범위의 모션제어와 힘제어를 커버하고 있습니다. **Quasi-Hyper** 시리즈는 고감속으로 인해 역구동성이 떨어지고, 구동력 측정에 한계가 존재하며, 감속기의 복잡성을 고려해야 합니다. **Hyper** 시리즈는 탄성체로 인해 제어대역이 물리적으로 제약이 되고, 모델은 비선형·불확실해지며, 토크를 측정할 방법도 새로 설계해야 합니다. HYPERDYNE은 이 난제들을 모두 해결하는 제어기술 풀 스택을 보유하고 있습니다.

Quasi-Hyper 시리즈

Quasi-Hyper 시리즈 · 난제 1

역구동 능력의 한계

◆ 보유 역량

고출력에 초점을 맞춘 Q시리즈는 고감속 감속기를 사용합니다. 고감속 기어는 역구동성이 떨어집니다. HYPERDYNE은 하드웨어의 효율 자체를 높일 수 있는 기술을 보유하고 있습니다.

◆ 이런 것을 할 수 있습니다

- + 마찰력 보상 기반 역구동성 능력 확보
- + 관성 보상 기반 역구동성 능력 확보

Quasi-Hyper 시리즈 · 난제 2

구동력 측정의 한계

◆ 보유 역량

고출력에 초점을 맞춘 Q시리즈는 전달력 측정을 위한 장치가 없습니다. 센서리스 제어를 통해 구동력을 추정하고 제어할 수 있어야 합니다.

◆ 이런 것을 할 수 있습니다

- + 다양한 관측기 설계 능력
- + 센서리스 추정을 통한 임피던스 제어

Quasi-Hyper 시리즈 · 난제 3

감속기의 복잡성

◆ 보유 역량

감속기 자체가 가진 리플, 백래쉬 등의 하드웨어 특성을 충분히 이해하고, 모델링 및 보상할 수 있는 기술을 보유하고 있습니다.

◆ 이런 것을 할 수 있습니다

- + 감속기의 복잡한 특성을 모델링
- + 리플, 백래쉬 등의 보상 제어

Hyper 시리즈

Hyper 시리즈 · 난제 1

탄성체로 인한 물리적 제어대역 한계

◆ 보유 역량

탄성체가 삽입되는 순간 구동기의 제어 대역은 물리적으로 제한됩니다. HYPERDYNE은 이 한계를 풀어내기 위한 핵심 제어 기술 풀스택을 다년간의 연구를 통해 축적하고 보유하고 있습니다.

◆ 이런 것을 할 수 있습니다

- + 세밀한 동역학 모델을 기반으로 한 정밀 힘·임피던스 제어
- + 소형 정밀 시스템부터 고하중까지 — 차량 현가·조향·로봇 다리 전 영역 적용
- + 탄성체의 에너지 저장 특성을 성능 자원으로 역전 활용하는 자연 동역학 제어

Hyper 시리즈 · 난제 2

모델의 복잡성·불확실성

◆ 보유 역량

탄성구동기는 구조가 본질적으로 복잡한 모듈입니다. 스프링 비선형성, 감속기 리플, 모터 코킹, 요소간 마찰, 측정 오차 등 내부 요인에 더해, 외부 환경과의 상호작용에서 발생하는 불확실성까지 필수적으로 고려되어야 합니다.

◆ 이런 것을 할 수 있습니다

- + 스프링 비선형 특성의 정밀 해석 및 제어 반영
- + 감속기 리플·모터 코킹의 실시간 보상
- + 외부 부하 변동 조건에서의 강인(robust) 제어

Hyper 시리즈 · 난제 3

힘·토크의 추정 방법

◆ 보유 역량

힘 센서는 비싸고, 충격에 취약하다는 한계점을 가집니다. HYPERDYNE은 다양한 탄성체 기술을 기반으로, 센서 없이 토크를 효과적으로 추정하고 이를 제어에 활용하는 기술을 보유하고 있습니다.

◆ 이런 것을 할 수 있습니다

- + 힘 센서 없이 외부 상호작용 토크 실시간 추정
- + 광역 강성 변화에도 일관된 외부 토크 주파수 응답 확보
- + 충격·진동이 큰 환경에서 강건한 외부 힘 추정
- + 차량 현가·조향, 사족 로봇의 지면 반력 추정

SECTION

T3 시스템 응용 기술

2 CATEGORIES · 5 ITEMS

하드웨어(T1)와 제어·알고리즘(T2)을 결합하여 현장에 적용한 산학협력 시스템 포트폴리오. 차량 섀시·서스펜션부터 보행 플랫폼·구동기 응용 모듈까지 – 2개 서브카테고리 · 4종 시스템.

A 차량 섀시·서스펜션·조향 시스템

A-1	4륜 독립 액티브 서스펜션	12
A-2	액티브 롤 스태빌라이저 (ARS)	13
A-3	차세대 리니어 액티브 스트럿	14

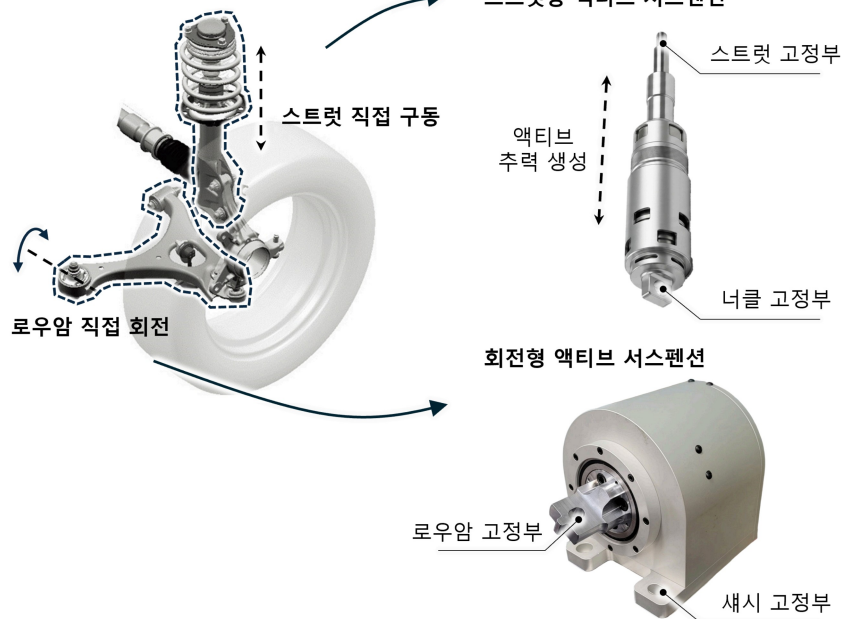
B 특수환경·로코모션 플랫폼

B-1	고하중·고정밀 힘제어 굴착로봇	15
B-2	5절 링크 2축 호핑 플랫폼	16

T3-A-1 4륜 독립 액티브 서스펜션

4-WHEEL ACTIVE SUSPENSION

서스펜션 구동의 두가지 타입



일반 설명

차량의 네 바퀴를 독립적으로 능동 제어하여 비정형 노면에서도 최적의 주행 안정성과 승차감을 제공하는 4륜 독립 액티브 서스펜션. 각 바퀴에 고하중용 탄성구동기를 적용하여 노면 충격으로부터 구동계를 보호해 내구성을 확보하며, 노면 입력에 대한 힘과 임피던스를 실시간으로 정밀하게 조절합니다. 현대 자동차, 현대위아와의 공동개발을 통해 HILS 테스트 및 시제 작품 성능 검증을 완료하였습니다.

특징

- 구성: 탄성구동기 기반 액티브 시스템
- 제어: 스카이훅, 그라운드훅 제어
- 검증인프라: HILS 실제 코너모듈 리프팅 실험
- 공동개발: 현대자동차, 현대위아

장점

- SEA 기반 고토크·정밀 힘 제어로 기계식 서스펜션 대비 능동 감쇠·강성 구현
- 외란 관측기 기반 강인 제어로 비정형 노면 입력에서도 안정적 거동
- 실차 수준 쿼터카 HILS 시험으로 강성 실현·감쇠력 효과 검증
- 승차감(감쇠)과 핸들링(강성)을 주행 상황에 맞춰 실시간 트레이드오프

응용분야

승용·SUV 프리미엄 세그먼트 액티브 서스펜션

전동화 플랫폼(전기차) 언더바디 통합 서스펜션

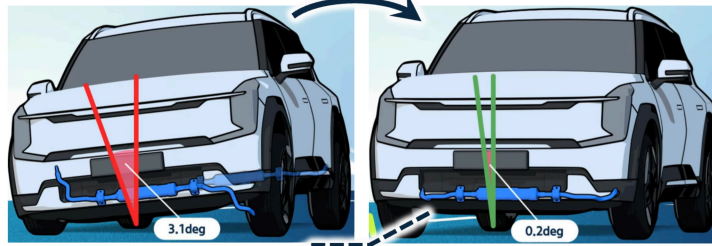
비정형 노면·오프로드 차량 능동 감쇠

자율주행 차량 승차감 최적 제어 플랫폼

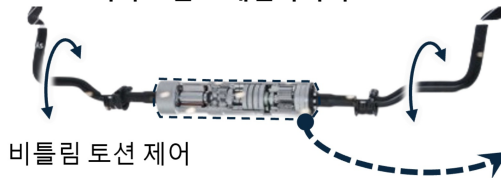
T3-A-2 액티브 롤 스테빌라이저 (ARS)

ACTIVE ROLL STABILIZER

선회시 차량 롤 거동의 안정화

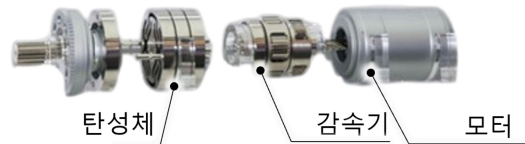


액티브 롤 스테빌라이저



비틀림 토크 제어

탄성구동기가 적용된 ARS



일반 설명

코너링 시 발생하는 차체 롤 모션을 능동적으로 제어하여 주행 안정성과 승차감을 동시에 확보하는 셀프 밸런싱 능동형 롤 스테빌라이저(ARS). 회전형 직렬탄성구동기(SEA)로 스테빌라이저 바를 구동하여 주행 상황에 따라 롤 강성을 연속 가변하며, 고토크와 정밀 힘 제어를 동시에 구현합니다.

특징

- 목표 제어 토크 1,000 Nm · 스텝 응답 200 ms 이내 · 시정수 약 30.5 ms
- 모터-3단 유성감속기-토션탄성체, 스테빌라이저 바 직렬 배치
- 플로팅 스테이터 구조로 차량 좌우 거동에 따라 본체가 함께 회전
- 스프링 변위·강성 기반 토크 추정 + 피드포워드 + 피드백 (FB-PD) 힘·임피던스 제어

장점

- 회전형 SEA의 탄성체 변형 기반 1,000 Nm급 고토크 정밀 힘 제어 (RMS 오차 10% 이하)
- 차체 롤 능동 억제로 코너링 접지력·조향 안정성 극대화 + 승차감 동시 개선
- 주행 상황별 롤 강성·감쇠 가변 (임피던스 제어) → 스포츠·컴포트 모드 양립
- 탄성체의 저대역통과 효과로 외부 충격 흡수 → 전동체·감속기 보호, 내구 수명 향상

응용분야

승용차·SUV용 능동형 롤 스테빌라이저(ARS) 및 48V 새시 시스템

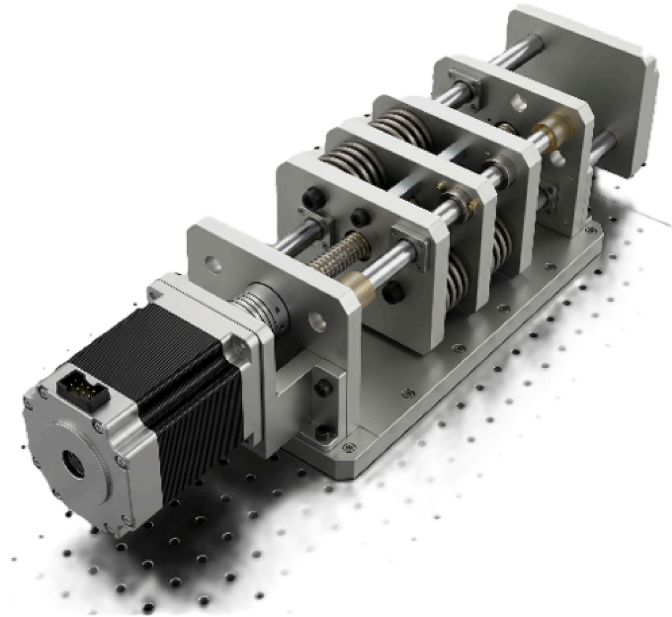
전기차·하이브리드차 고급 현가 및 코너링 안정성 제어 모듈

험로·오프로드 SUV/픽업트럭 (스테빌라이저 디커플링 필요)

자율주행 차량 승차감·주행 안전성 향상용 능동 새시 제어

T3-A-3 차세대 리니어 액티브 스트럿

LINEAR ACTIVE STRUT



일반 설명

차세대 리니어 액티브 스트럿은 현대자동차와 공동 개발한 차량용 능동 서스펜션 구동기로, 기존 유압식 스트럿의 누유·부피·응답성 한계를 극복하기 위해 BLDC 모터·볼스크류·유성감속기·직렬탄성구동기(SEA) 기반 직동형 구동부를 하나의 스트럿 실린더 내부에 집적한 전기·기계 복합 구조입니다. 4륜 독립 제어로 수직 감쇠력과 차체 거동을 실시간 제어하여 승차감과 주행 성능을 동시에 개선합니다.

특징

- 최대 추력 6 kN급 · 스트로크 속도 1 m/s 이상 · 힘 변화율 23 kN/sec 목표
- BLDC (Kt 0.11 Nm/A · 14 pole-pairs) + 볼스크류 리드 10~25mm + 4.5~7.5 유성감속기
- F-SEA 구조: 모터-스크류-너트-탄성체-로드 직렬 배치로 충격 흡수 및 힘 측정 일체화
- 150 A급 모터 드라이버 · 리니어 변위 센서 · 쿼터카 시험기 기반 0차 POC 실차 검증 완료

장점

- 유압식 대비 빠른 응답성과 정밀한 감쇠력 제어 (4 kN 스텝 시 23 kN/sec 힘 변화율 목표)
- F-SEA 구조로 탄성체 변형량을 엔코더로 측정 → 외란 없는 정밀 힘 센싱·힘 제어
- DOB 기반 2자유도 제어기 + 비전도성 액체 냉각으로 연속 운전 성능 유지

응용분야

고성능 승용차·프리미엄 세단의 4륜 액티브 서스펜션

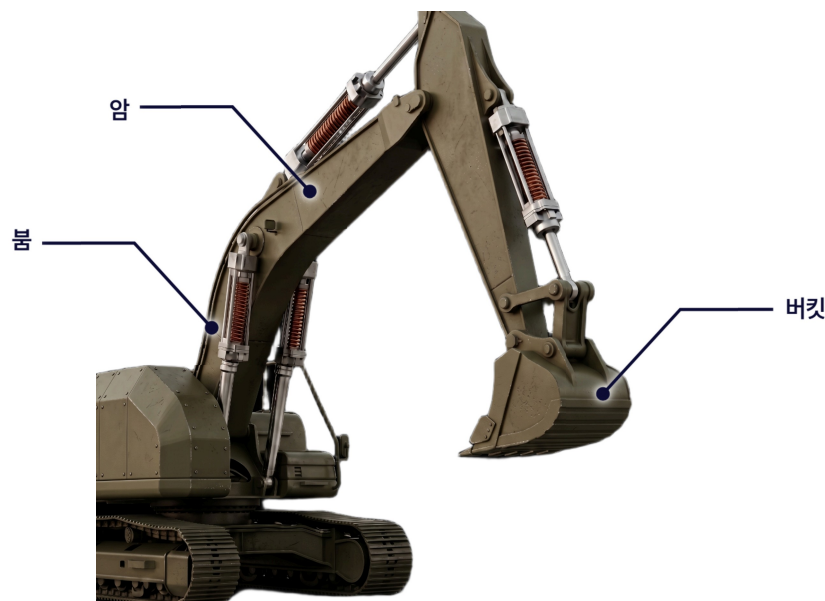
전기차·SUV의 차고 조절 및 롤·피치 제어용 능동형 스트럿

자율주행차의 승차감 개선 및 차체 자세 정밀 제어

쿼터카 HILS 시험 장비 및 능동 서스펜션 제어 알고리즘 개발 플랫폼

T3-B-1 고하중·고정밀 힘제어 굴착로봇

HIGH-LOAD HIGH-PRECISION FORCE-CONTROLLED EXCAVATION ROBOT



일반 설명

고출력 직렬탄성구동기를 굴착기 붐·암·버킷 3축에 통합 적용한 차세대 전동 굴착로봇 시스템. 기존 유압굴착기로는 불가능했던 0.1N급 정밀 힘 측정과 70kN급 고출력 힘을 동시에 실현하여, 방산 EOD·지뢰제거, 극한환경(고진공·극저온) 작업, 자율 굴착 등 사람의 촉각 수준 접촉 제어가 필요한 작업을 가능하게 합니다.

특징

- 붐 구동기: 최대추력 73.3kN · 최대구동속도 125mm/s · 모터파워 24.5kW · 힘제어 대역 5Hz
- 암 구동기: 최대추력 70.1kN · 최대구동속도 155mm/s · 모터파워 22.5kW · 힘제어 대역 8Hz
- 버킷 구동기: 최대추력 33.3kN · 최대구동속도 195mm/s · 모터파워 19.5kW · 힘제어 대역 12Hz

장점

- 톤급(73.3 kN) 고출력과 0.1 N 단위 정밀 힘제어를 동시에 실현하는 솔루션
- 별도 로드셀 없이 탄성체 변형 측정으로 직접 힘 산출
- 탄성체 충격흡수 구조로 가혹 현장에서도 모터·감속기·제어부 보호
- 구동기 단위 실시간 물리 데이터 자동 생성 → Physical AI 자율 작업 즉시 활용 가능

응용분야

방산 특수장비 — 지뢰 제거·EOD·폭발물 취급 등 정밀 접촉 제어 임무

극한환경 작업장비 — 고진공·극저온·미세분진 (우주 탐사·월면 작업)

건설·중장비 자율 굴착 — 정밀 접촉·반력 제어 기반 무인 시공

Physical AI 자동화 플랫폼 — 자율 작업 SW 직결형 센싱 인터페이스

T3-B-2 5절 링크 2축 호핑 플랫폼

5-BAR 2-DOF HOPPING PLATFORM



일반 설명

5절 링크 2축 병렬 플랫폼은 베이스에 고정된 2개의 모터가 직렬 링크와 병렬 링크를 통해 단일 말단점을 구동하는 2자유도(2-DOF) 병렬 기구 구동기를 본체 측에 집중시켜 다리 말단의 반사 관성(reflected inertia)을 크게 낮추었으며, 고대역 힘 제어와 순간 충격 대응에 유리한 각형 로봇용 다리 플랫폼을 구현합니다.

특징

- 구성: 2개 베이스 고정 모터 + 4개 링크 5절 페루프 병렬 기구 (말단 2-DOF)
- 제어 공간: 조인트 / 직교(Cartesian) / 회전 작업공간 3종 표현 지원
- Ground Contact Force Observer(GCFO) 기반 센서리스 지면 반력 추정
- 검증: 가상 강성 1,400 N/m 호핑 실험 + 포스 플레이트 기반 힘 계측 검증 완료

장점

- 구동기를 베이스에 배치해 말단 반사 관성 최소화 → 빠른 응답성·낮은 충격 전달
- 병렬 구조로 강성·출력 밀도 우수, 링크 자체는 경량화 → 고속 호핑·러닝 적합
- 2축 독립 구동 + 이관절 좌표 변환으로 직교 공간(x, y) 힘·위치 제어 직관적
- 회전 작업공간 기반 GCFO 탑재 → 힘/토크 센서 없이 접촉력 실시간 추정

응용분야

4족·2족 보행 로봇의 호핑·러닝용 다리 모듈 (SLIP 모델)

자연 동역학을 활용한 저에너지 보행/호핑 연구 플랫폼

충격 완화형 착지 제어 및 착지 전략 최적화 실험 장치

센서리스 지면 반력 추정·임피던스 제어 알고리즘 검증 벤치마크

SECTION

T4 평가·벤치마킹 인프라

4 ITEMS · DYNAMOMETER TEST INFRASTRUCTURE · QUARTER-CAR / HALF-CAR HILS · ROBOT HILS

구동기 동특성의 정량 분석과 객관적 벤치마킹을 가능케 하는 시험·검증 인프라.

평가·벤치마킹 인프라

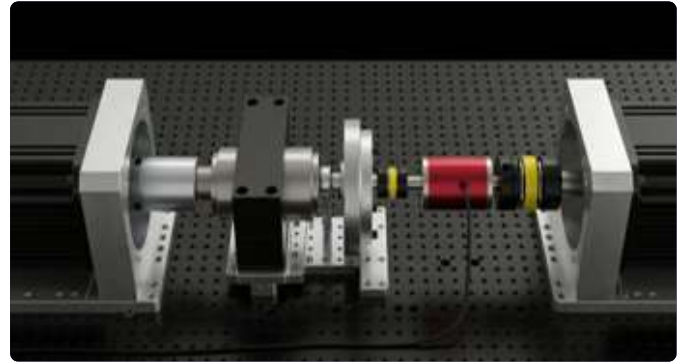
A	다이내미터 테스트 인프라	18
B	4단계 구동기 동특성 평가 프로토콜	19
C	쿼터카/하프카 HILS 시험기	20
D	범용 로봇 HILS 플랫폼	21

T4-A 다이나모미터 테스트 인프라

DYNAMOMETER TEST INFRASTRUCTURE



단축 다이나모미터



양단 다이나모미터

일반 설명

3조 척으로 시험 구동기 스테이터를 고정하고, 단일 축에 엔코더, 토크 센서, AC 서보 모터를 직렬 배치한 기본 셋업입니다. 3조 척의 자동 중심(Self-centering) 구조로 다양한 외경의 구동기를 별도 지그 없이 고정하며, 단일 하드웨어 위에서 셋업을 전환하여 운용합니다.

특징

- 3조 척 자동 중심 구조 — 다양한 외경의 구동기를 별도 지그 없이 고정
- 무부하 / 고정 부하 / 외부 부하·가진 셋업을 단일 하드웨어로 전환 (분해·재조립 불요)

장점

- 시스템 식별·제어기 성능·외란 응답 시험을 단일 인프라에서 일괄 수행
- AC 서보 모터의 위치·속도·힘 제어 모드 전환으로 정·가변 부하 인가

응용분야

협동로봇·휴머노이드 관절 구동기 동특성 평가

액티브 서스펜션 액추에이터 시험 평가

일반 설명

시험 구동기를 중앙 브래킷에 직접 마운트하고, 좌·우 양단에 AC 서보 모터를 배치한 셋업입니다. 좌·우 모터를 독립 제어해 양방향 부하·가진 인가가 가능하며, 중앙 직렬 토크 센서와 엔코더로 위치 및 토크를 동시 계측합니다.

특징

- 좌·우 양단 AC 서보 모터 독립 제어 — 양방향 부하·가진 동시 인가
- 중앙 시험 구동기 직접 마운트 + 직렬 토크 센서·엔코더로 위치·토크 동시 계측

장점

- 단축 셋업으로 재현 불가능한 양방향 부하·중첩 가진 시험 가능
- 시간·주파수 영역 표준 가진 프로파일(Step·Ramp·Chirp·PRBS) 적용으로 이종 모델 직접 비교

구동기 역구동성·투명성 정량 평가

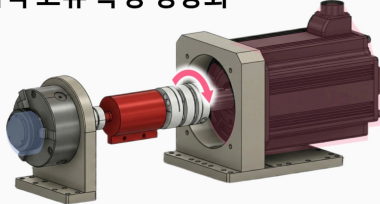
상용·신규 구동기 동특성 벤치마킹

T4-B 4단계 구동기 동특성 평가 프로토콜

4-STEP EVALUATION PROTOCOL

1. 시스템 식별화

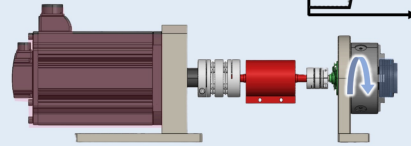
기계적 고유 특성 정량화



- 관성, 마찰, 백래시, Stribeck

2. 제어 성능 평가

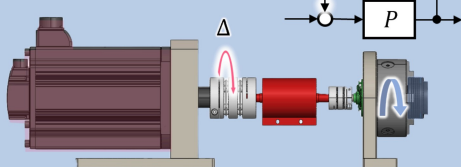
제어 추종 성능 확보



- 위치/속도/힘 추종, 대역폭, 감쇠비

3. 부하 강건성 평가

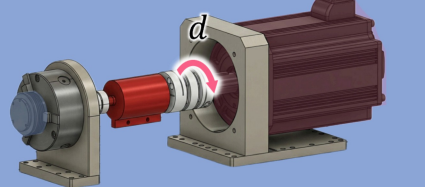
가변 부하 환경 추종 강건성



- 가변 부하 환경에 대한 성능 평가

4. 외란 억제 평가

외란 인가 시 조절 능력 정량화



- 외란 억제 능력 성능 평가

일반 설명

정적 카탈로그 스펙만으로는 드러나지 않는 구동기의 동적 성능을 체계적으로 드러내기 위해 수립한 4단계 평가 프로토콜.
① 시스템 식별, ② 이상 환경에서의 제어 성능, ③ 정적·가변 부하 강건성, ④ 동적 외란/역구동성 상호작용의 순서로 진행하며, 각 단계에서 시간/주파수 영역 지표를 동시에 산출해 구동기 간 객관적 비교를 가능케 합니다.

특징

- Step 1 시스템 식별: 마찰·백래시·관성 등 기본 파라미터
- Step 2 제어 성능: 응답속도 · 정상상태 오차 · 진동 억제
- Step 3 부하 강건성: 정적/가변 부하 변동 대응
- Step 4 상호작용: Chirp 가진 기반 동적 외란 · 역구동성 평가

장점

- 구동기 간 1:1 비교가 가능한 동일 조건 테스트 시나리오 제공
- 위치·속도·힘 제어 성능과 상호작용 성능을 통합 평가
- 역구동성 등 휴머노이드·협동로봇 핵심 지표를 정량 산출
- 실제 데이터에 기반한 실시간 검증 시스템 구현

응용분야

상용·신규 구동기 동특성 벤치마킹

QDD / SEA / 하모닉 감속기 타입별 비교 분석

로봇 제조사 구동기 선정 프로세스

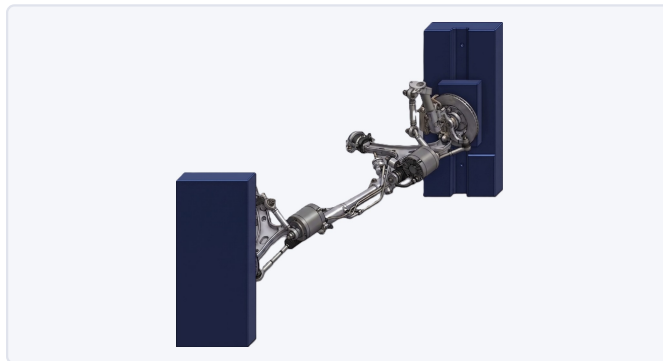
구동기 제어 알고리즘 R&D 성능 검증

T4-C 쿼터카/하프카 HILS 시험기

QUARTER-CAR / HALF-CAR HILS TESTER



쿼터카 HILS 시험기



하프카 HILS 시험기

일반 설명

1/4 차량 모사 쿼터카 프레임에 실물 서스펜션을 장착하고, 리니어모터 가진기로 노면 입력을 재현하는 HILS 시험기. 능동 서스펜션(액티브 스트럿, 세미액티브 댐퍼 등)의 감쇠력·강성 제어 알고리즘을 실차 투입 전 실물 수준에서 검증합니다.

특징

- 1/4 차량 모사 프레임 + 실물 서스펜션 스트럿 장착
- 리니어모터 직접 구동 — 노면 프로파일(ISO 8608 등) 정형/비정형 재현
- 맥퍼슨/더블 위시본 검증 — 조절식 링크·마운트로 다차종 지오메트리 대응
- 전동 원치 기반 sprung mass 적재 — 50kg 단위 하중 조합, 1인 운용
- 기계식 중력보상 스프링 — 동적 간섭 없음, zero maintenance
- 자체 개발 모션 컨트롤러 + 모델기반 고급 제어 (피드포워드 + 피드백 + 반복학습)

장점

- 실차 투입 전 서스펜션 제어 알고리즘의 안정성·성능을 실물 수준으로 사전 검증
- ISO 8608 기반 노면 프로파일부터 실주행 데이터 리플레이까지 다양한 시나리오 재현
- SW 커스터마이징 즉시 대응 — 시험 모드 추가, 제어 로직 수정 등 현장 요구 반영
- 완전 국산 시스템 — 부품 조달·A/S·기술지원 시차 없음

응용분야

차량 능동형 서스펜션 제어 알고리즘 검증

Zero-Force Control · 임피던스 제어 로직 실증

일반 설명

좌·우 2륜을 동시에 모사하는 하프카(1/2 차량) 구조로, 롤(Roll) 방향 거동을 포함한 능동 롤 제어(ARS, Active Roll Stabilization) 알고리즘을 실물 수준에서 검증하는 시험기. 쿼터카로는 재현할 수 없는 좌우 휠 간 커플링·롤 강성·안티롤바 효과를 실험적으로 평가합니다.

특징

- 좌·우 독립 리니어모터 가진기 2축 — 동위상(heave) / 역위상(roll) 가진 가능
- 하프카 프레임에 좌우 서스펜션 + 안티롤바(스테빌라이저) 실물 장착
- 능동 안티롤바(ARS), 세미액티브 댐퍼, CDC 등 롤 제어 디바이스 통합 시험
- 쿼터카 리그와 동일한 조절식 링크·마운트 구조 — 차종별 트랙 폭·서스펜션 지오메트리 대응
- 좌우 독립 sprung mass 적재 — 편하중(비대칭 적재) 조건 재현 가능

장점

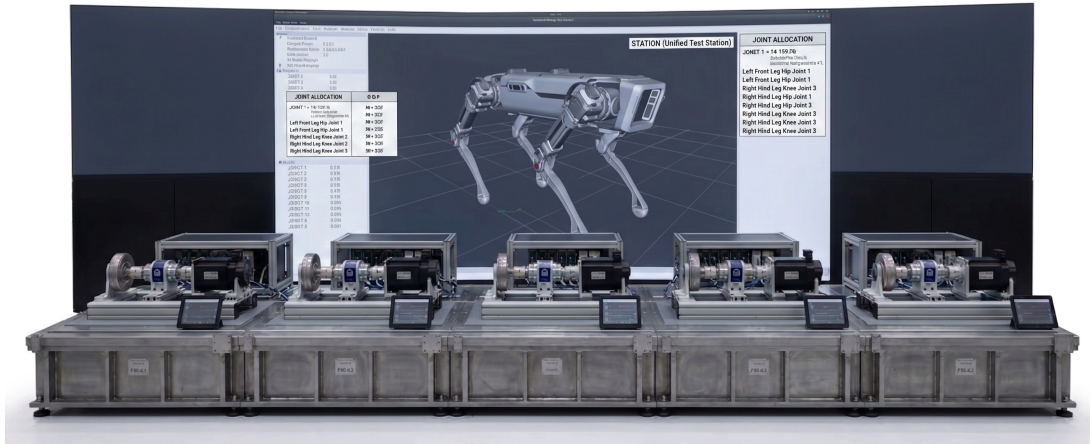
- 롤 모드 고유진동수, 롤 감쇠비, 롤 강성 등 횡방향 동특성을 실물 수준에서 직접 측정
- 코너링 시 하중 이동 시나리오 재현 — 안티롤바·ARS 제어 성능 정량 평가
- 좌우 동시 가진으로 heave/roll 모드 분리 시험 가능
- 쿼터카 시험기와 제어 SW·모션 컨트롤러 플랫폼 공유 — 통합 운영, 학습 비용 최소화

리니어 액티브 스트럿(LAS) 성능·내구 평가

차세대 전동식 유압 통합 댐퍼 검증 플랫폼

T4-D 범용 로봇 HILS 플랫폼

ROBOTIC HILS PLATFORM



일반 설명

실제 로봇 시스템 없이도 임의 형상의 로봇(사족 보행·매니퓰레이터·휴머노이드 등 무관)을 조인트 단위에서 검증할 수 있는 범용 Hardware-in-the-Loop Simulation(HILS) 플랫폼. 시뮬레이션이 로봇 형상·움직임에 따라 산출한 각 관절의 부하를 다이내모미터 어레이가 실시간 재현하고, 실제 모터·SEA·감속기의 응답을 시뮬레이션에 피드백한다. 기존에는 실로봇이 완성된 후에만 가능했던 구동기·제어기 검증을 설계 초기 단계부터 시작할 수 있으며, 더 나아가 모터·감속기·링크 길이·관성 등 시스템 파라미터를 자동 최적화하는 'Design-in-the-HILS-loop' 까지 연결된다.

특징

- N축 다이내모미터 어레이 (로봇 형상에 맞춰 확장 가능)
- 실시간 루프 1 ms (1 kHz) · EtherCAT 동기 제어
- 시뮬레이션 환경: 지형·중력·접촉·외란 사용자 정의

장점

- 실제 로봇 제작 전 단계에서 구동기·제어기 통합 검증 가능
— 설계 변경 비용·기간 대폭 절감
- 로봇 형태 무관(사족·이족·매니퓰레이터·휴머노이드) — 동일 인프라로 다중 로봇 동시 R&D
- 가상 로봇의 형상·환경·외란 조건을 자유 변경 → 평지·슬로프·우주·재난 환경 시나리오 재현
- 링크 길이·감속비·관성·강성 등 설계 파라미터를 HILS 루프 내에서 자동 탐색·최적화 가능

응용분야

임의 형상 로봇 (사족·이족·매니퓰레이터·휴머노이드) 구동기 사전 검증

실제 로봇 투입 전 제어 알고리즘·강화학습 정책 검증 및 sim-to-real 데이터 확보

모터·감속기·링크 설계 파라미터 최적화
(Design-of-Experiments 자동 루프)

디지털 트윈 기반 가상 R&D 플랫폼 · 신규 로봇 컨셉 사전 평가

THANK YOU

HYPER PHYSICAL INTELLIGENCE

WEB

hyperdyne.co.kr

EMAIL

ceo@hyperdyne.co.kr

TECH INQUIRIES

탄성구동기 · 제어·알고리즘 · 시스템 응용 · 평가/벤치마킹