



경고



모든 설치 작업은 반드시 자격있는
설치기사에 의해 수행되어야 하며
관련 법규 및 규정을 준수하여야 합니다.





Hi5a 제어기 기능설명서

센서리스 힘제어





본 제품 설명서에서 제공되는 정보는 현대로보틱스의 자산입니다.
현대로보틱스의 서면에 의한 동의 없이 전부 또는 일부를 무단 전재 및 재배포할 수 없으며,
제 3 자에게 제공되거나 다른 목적에 사용할 수 없습니다.

본 설명서는 사전 예고 없이 변경될 수 있습니다.

Printed in Korea - 2023 년 6 월 . 3 판
Copyright © 2023 by Hyundai Robotics Co., Ltd



목 차

1. SoftXYZ	1-1
1.1. 기능 개요	1-2
1.1.1. 기능 요약	1-2
1.1.2. 주의사항	1-3
1.2. 사용 방법	1-4
1.2.1. 프로그램 구조	1-4
1.2.2. 명령문	1-5
1.3. 예제 프로그램	1-7
2. SoftJoint	2-1
2.1. 기능 개요	2-2
2.1.1. 기능 요약	2-2
2.1.2. 주의사항	2-3
2.2. 사용 방법	2-4
2.2.1. 프로그램 구조	2-4
2.2.2. 명령문	2-5
2.3. 예제 프로그램	2-7





HD

HYUNDAI
ROBOTICS

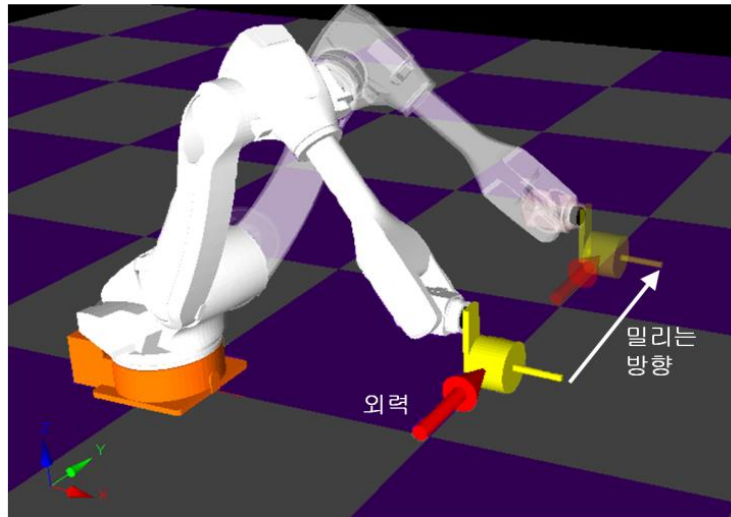
1

SoftXYZ



1. SoftXYZ

1.1. 기능 개요



SoftXYZ 기능은 로봇에 작용하는 외력에 대해 Cartesian 좌표계의 방향으로 밀리는 기능입니다. 본 기능은 소프트웨어적으로 동작하기 때문에 기능을 사용함에 있어 힘/토크 센서 등 추가적인 하드웨어가 필요 없습니다.

1.1.1. 기능 요약

- 1) 외력에 대해 로봇 각 축이 Cartesian 좌표계 기준으로 밀리는 기능
(외력이 사라져도 해당 축이 원래의 각도로 복귀하지 않음)
- 2) 기능에 의해 로봇이 움직이는 최대거리와 최대속도는 LIMIT 명령어로 조절
- 3) 로봇축에 대해서만 사용 가능
- 4) 저속 사출물 핸들링, 공차가 큰 조립 또는 기계가공 등에 적용 가능
- 5) 지원 소프트웨어 버전 : 메인 V40.01-00 이상, DSP SV6.07 이상

1.1.2. 주의사항

- 1) 동일 LIMIT 에 대해 로봇이 커질수록 민감도가 낮아 큰 외력에 대해서만 제어가 가능합니다.
이는 로봇이 커질수록 링크 무게가 커지고 마찰력이 증가하기 때문입니다.
- 2) 본 기능은 로봇축에 대해서만 동작하며, 부가축에 대해서는 사용이 불가합니다.
- 3) SoftXYZ 는 RHemming, ForceCtrl, OnLTrack, 컨베이어 동기 기능과 함께 사용할 수 없습니다.
- 4) 본 기능을 사용하기 전에 부하추정 등을 통한 톨 정보 입력이 필요합니다.
- 5) SoftXYZ on 시 외력이 없는 상태에서도 외란에 의해 로봇이 움직일 수 있습니다. 이러한 민감함을 제거하려면 LIMIT THR 로 문턱값을 크게 설정하면 해소할 수 있습니다. LIMIT THR 은 축별로 설정합니다. 그러나 THR 값이 클수록 민감도는 낮아지므로 큰 외력에 대해서만 감지할 수 있습니다. 따라서, 테스트를 통해 적정 THR 을 찾는 것이 중요합니다.
- 6) 외력에 의한 로봇의 움직임은 LIMIT POS, XnR, VEL 로 제한됩니다. 주변환경과 간섭이 없도록 LIMIT 값을 설정하십시오.



1.2. 사용 방법

1.2.1. 프로그램 구조

SoftXYZ 기능을 사용하기 위해서는 LIMIT 을 설정하고 일정시간 대기 후 기능을 활성화해야 합니다. 밀링 작업이 모두 종료된 후에는 SoftXYZ 기능을 비활성화시킵니다.

예제 프로그램)

```
S1  MOVE P,S=100mm/s,A=1,T=0
    DELAY 2
    LIMIT XnR,X=50, RY=5
    LIMIT VEL,X=5,RY=0.5
    SoftXYZ ON,CRD=1 '기능 시작
S2  MOVE ...
    SoftXYZ OFF '기능 끝
END
```

구분	설명	프로그램 예
조건 설정	- SoftXYZ 의 설정 좌표계를 기준으로 로봇을 제어할 방향(XnR)과 속도(VEL)의 한계(LIMIT)를 지정합니다. - 0 으로 설정된 방향은 SoftXYZ 기능 off 를 의미합니다. - LIMIT XnR,X=30, RY=5 : X 방향 30mm 이동 제한 RY=5deg 로 이동제한 - LIMIT VEL,X=5,RY=0.5 밀링 속도 X 방향 5mm/s 로 제한 밀링 각속도 RY 방향 0.5deg/s 로 제한	LIMIT XnR,X=30, RY=5 LIMIT VEL,X=5, RY=0.5
대기 시간 설정	외력에 대한 로봇 민감도를 향상시키기 위해 SoftXYZ ON 전에 반드시 DELAY 명령으로 로봇을 1~2 초 가량 정지시켜 놓는 것이 좋습니다.	DELAY 2
기능 개시	- SoftXYZ 기능을 on 합니다. CRD=1 : 로봇좌표계 설정	SoftXYZ ON,CRD=1
기능 종료	- SoftXYZ 기능을 off 합니다.	SoftXYZ OFF

1.2.2. 명령문

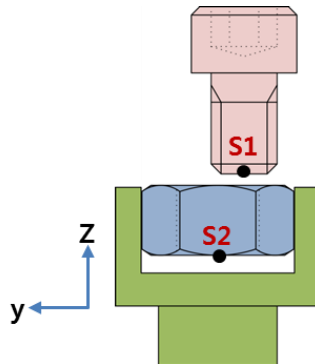
1) LIMIT

설명	SoftXYZ, RHemming, ForceCtrl, OnLTrack 기능에 의해 위치 증분을 반영하여 로봇을 제어할 때, 로봇이 이동할 수 있는 거리와 속도 등을 지정하는 명령문	
문법	LIMIT POS, [+X=<+X 거리>], [-X=<-X 거리>], [+Y=<+Y 거리>], [-Y=<-Y 거리>], [+Z=<+Z 거리>], [-Z=<-Z 거리>] LIMIT VEL, [X=<X 속도>], [Y=<Y 속도>], [Z=<Z 속도>], [RX=<RX 속도>], [RY=<RY 속도>], [RZ=<RZ 속도>] LIMIT THR, [S=<S 문턱값>], [H=<H 문턱값>], [V=<V 문턱값>], [R2=<R2 문턱값>], [B=<B 문턱값>], [R1=<R1 문턱값>] LIMIT XnR, [X=<X 거리>], [Y=<Y 거리>], [Z=<Z 거리>], [RX=<RX 각도>], [RY=<RY 각도>], [RZ=<RZ 각도>]	
파라미터	POS	▪ XnR 과 유사하나 각도 설정은 불가 ▪ 로봇이 이동할 수 있는 최대 거리를 설정(X,Y,Z 방향) ▪ 티칭 경로와 무관, 증분지령에 의한 이동량을 제한하는 값임
	VEL	▪ 로봇이 동작하는 최대 속도를 설정(X,Y,Z,Rx,Ry,Rz 방향) ▪ 티칭 속도와 무관, 증분지령에 의한 이동속도를 제한하는 것임
	THR	▪ 로봇 각 축의 문턱값을 설정(S,H,V,R2,B,R1 축) ▪ 외란에 의한 불필요한 움직임을 제거하고자 함 ▪ 값이 클수록 민감도가 떨어지므로, 최소한의 값을 설정해야 함
	XnR	▪ POS 와 유사하나 각도까지 설정할 수 있음 ▪ 로봇이 이동할 수 있는 최대 거리와 각도를 제한(X,Y,Z,Rx,Ry,Rz) ▪ 티칭 경로와 무관, 증분지령에 의한 이동량을 제한하는 값임 ▪ 지정한 값은 +방향과 -방향에 동일하게 적용됨. ▪ 로봇의 최대동작영역은 POS 와 XnR 의 합집합으로 결정됨.
사용 예	LIMIT POS,+Z=300 'Z 방향으로 이동하는 최대 거리를 300mm 로 설정 LIMIT VEL,Z=40 'Z 방향 최대 이동 속도를 40mm/s 으로 설정 LIMIT THR,H=10 'H 축의 문턱값을 최대토크의 10%로 설정 LIMIT XnR,X=200 'X 방향으로 이동하는 최대 거리를 -200mm~200mm 로 설정	

2) SoftXYZ

설명	센서리스 힘제어 기능 중 하나로서 외력에 대해 직교좌표 기준으로 밀리는 기능	
문법	SoftXYZ <ON/OFF>,CRD=<기준좌표계>,[<사용자좌표계번호>]	
파라미터	ON/OFF	ON: 유효, OFF : 무효
	CRD	- 로봇이 밀리는 기준 좌표계(0=베이스,1=로봇,2=툴,3=U,4=Un) - 기준좌표계가 U, Un(=3,4)인 경우 사용자좌표계 번호 입력
사용 예	(예제 1) Z 방향으로 조립하기 위해 X, Y, RY 방향으로 밀릴 수 있도록 한 경우 : 로봇좌표계 기준으로(CRD=1), X, Y 방향으로 -50~+50mm 범위에서 최대 5mm/s 으로 RY 방향으로 -3~+3 도 범위에서 최대 3deg/s 로 밀리도록 설정 <pre> S1 MOVE P,S=100mm/s,A=1,T=0 DELAY 2 LIMIT XnR,X=50, Y=50,RY=3 LIMIT VEL,X=5,Y=5,RY=3 SoftXYZ ON,CRD=1 ‘기능 시작 S2 MOVE ... SoftXYZ OFF ‘기능 끝 END </pre> (예제 2) 사출물 핸들링 : 로봇좌표계 기준으로(CRD=1), +Y 방향으로만 최대 300mm 까지 최대 200mm/s 으로 밀리도록 설정한 경우. LIMIT THR 명령으로 S, H, V 축에 최대 토크의 10% 이상의 토크가 걸렸을 때만 밀리도록 설정함. <pre> S1 MOVE P,S=100mm/s,A=1,T=0 DELAY 2 LIMIT POS, +Y=300 LIMIT VEL,Y=200 LIMIT THR,S=10, H=10, V=10 SoftXYZ ON,CRD=1 S2 WAIT ... SoftXYZ OFF END </pre>	

1.3. 예제 프로그램

팩인홀(Peg in hole) 작업

로봇 프로그램 --	
	Robot:HA006A-02, 6axes, 2steps
S1	MOVE L,S=100mm/s,A=1,T=1 LIMIT XnR,X=50,Y=50,Z=0,RX=0,RY=3,RZ=0 LIMIT VEL,X=5,Y=5,Z=0,RX=3,RY=3,RZ=0 LIMIT THR,S=0,H=0,V=0,R2=0,B=0,R1=0 DELAY 2 SoftXYZ ON,CRD=1
S2	MOVE L,S=50mm/s,A=1,T=1 SoftXYZ ON,CRD=1 END

로봇의 움직임	▪ 홀과 근접한 S1 으로 이동 ▪ SoftXYZ 기능 on 후 조립완료 점인 S2 로 이동 ▪ 조립이 완료되어 기능 off
위치기록	▪ S1: 홀과 근접한 곳에 팩을 위치시킴 ▪ S2: 팩이 조립 완료되기 위한 틀 끝 위치.
LIMIT 설정	기록한 위치대비 정렬이 필요한 방향과 정렬이 필요하지 않은 방향을 구분하여 값을 설정해야 함. 예제의 팩인홀 작업은 X,Y,RX,RY 방향의 위치 오차가 발생하므로 해당방향의 힘제어가 필요함. ▪ XnR: X,Y,RX,RY 방향으로 작업에 필요한 이동거리를 설정 Z,RZ 방향으로는 외력에 반응하지 않도록 0 으로 설정 ▪ VEL: X,Y,RX,RY 방향으로 힘제어에 의한 움직임의 최대 속도를 설정 Z,RZ 방향으로는 외력에 반응하지 않도록 0 으로 설정 ▪ THR: 축별 문턱값을 설정하여 불필요한 외란에 대한 움직임을 제거 값이 클수록 민감도가 떨어지므로 가능한 작은 값을 사용





HD

HYUNDAI
ROBOTICS

2

SoftJoint



2. SoftJoint

센서리스 힘제어

2.1. 기능 개요

SoftJoint 기능은 로봇에 작용하는 외력에 대해 로봇 각 축이 가상의 스프링처럼 동작하도록 만드는 기능입니다. 본 기능은 소프트웨어적으로 동작하기 때문에 기능을 사용함에 있어 힘/토크 센서 등 추가적인 하드웨어가 필요 없습니다.

2.1.1. 기능 요약

- 1) 외력에 대해 로봇 각 축이 가상의 스프링처럼 동작하도록 만드는 기능
(Softness 가 충분히 작게 설정돼 있을 경우, 외력이 사라지면 해당 축은 원래 각도로 복귀)
- 2) 각 축 softness 는 AXIS 축번호.Softness 명령어로 조절
예1) 1 축의 Softness 를 해당축 용량의 10%로 설정 : `AXIS1.Softness=90`
예2) 7 축의 Softness 를 해당축 용량의 80%로 설정 : `AXIS7.Softness=20`
- 3) 로봇축 및 부가축에 대해 사용 가능
- 4) 지원 소프트웨어 버전 : 메인 V40.03-00 이상, DSP SV6.08 이상



2.1.2. 주의사항

- 1) 동일한 Softness 값이라도 로봇이 커질수록 각 축 스프링 강성은 증가합니다.
이는 로봇이 커질수록 링크 무게와 마찰력이 증가하기 때문입니다.
스프링 강성이 증가함은 같은 각도를 미는데 더 큰 힘이 필요함을 의미합니다.
- 2) 본 기능을 사용하기 전에 부하추정 등을 통해 톨 정보 입력이 필요합니다.
- 3) AXIS.Softness = 0 은 기능이 off 된 것과 동일하고,
AXIS.Softness = 100 일 경우 외력에 가장 민감한 반응을 보입니다.
- 4) 기능 OFF(SoftJoint OFF)시 주의 사항
SoftJoint OFF 를 수행시에는 위치 제어 모드로 순간적으로 변경되므로, 반드시 최종지령을 현재위치로 갱신하는 처리를 넣어야 합니다. 그렇지 않은 경우 최종지령으로 급격히 복귀하기 위한 이상 동작이 발생할 수 있습니다.

프로그램 예)

AXIS5.Softness=90

SoftJoint ON

MOVE P,S=50mm/s,A=0

P1=P*

MOVE P,P1,S=100%,A=7

SoftJoint OFF

← 반드시 현재위치를 저장

← 반드시 SoftJoint OFF 이전에 현재위치 이동명령 삽입

- 5) 다음의 경우 SoftJoint ON 시 축이 낙하할 수 있으니 주의 바랍니다.

- 톨 정보를 잘못 입력한 경우 : (예) 실제 톨은 100kg 인데 0kg 로 입력돼 있을 경우

- AXIS.Softness 를 너무 크게 입력한 경우 :

(예) 축이 낙하하지 않기 위해서는 AXIS.Softness=70 이하의 값이 필요한데,
AXIS.Softness=80 을 입력한 경우

2.2. 사용 방법

2.2.1. 프로그램 구조

SoftJoint 기능을 사용하기 위해서는 먼저 각 축 softness 를 설정해야 합니다. 밀링 작업이 모두 종료된 후에는 SoftJoint 기능을 비활성화시킵니다.

구분	설명	설정 예
조건 설정	- 각 축별 softness 를 설정합니다. - Softness 가 0 으로 설정된 축은 SoftJoint 기능 off 를 의미합니다. - Softness 10 인 경우 축 용량의 90%를 사용한다는 의미입니다. - Softness 100 인 경우는 축 용량의 0%를 사용한다는 의미입니다.	AXIS5.Softness=10 AXIS8.Softness=100
기능 개시	- SoftJoint 기능을 on 합니다.	SoftJoint ON
기능 종료	- SoftJoint 기능을 off 합니다. - SoftJoint OFF 를 실행하면 모든 축 Softness 는 0 으로 리셋됩니다.	SoftJoint OFF

2.2.2. 명령문

SoftJoint 기능에 사용되는 명령문은 softness 설정을 위한 'AXIS.Softness' 명령문과 SoftJoint 기능의 활성화/비활성화에 사용되는 'SoftJoint' 명령문 입니다.

1) AXIS.Softness 문

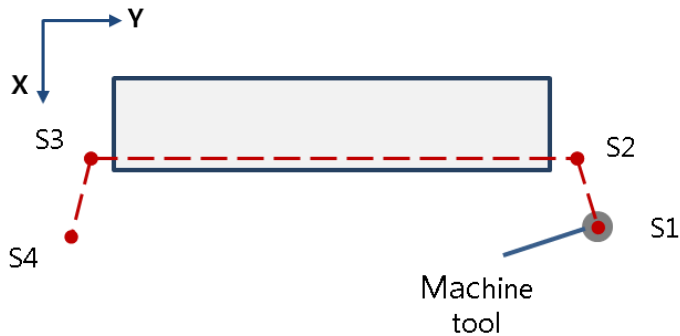
설명	SoftJoint 기능에 사용될 각 축 softness 를 설정하는 명령문입니다.	
입력방법	『[F6]: 명령입력』 → 『[F7]: 대입』 → 『PREV/NEXT』 → 『[F7]: AXIS』 → 『해당 축 번호』 → 『.]』 → 『[F2]: Softness』 → 『ENTER』 → 『Softness 값』 → 『ENTER』 → 『ENTER』	
문법	AXIS<축 번호>.Softness=<Softness 값>	
파라미터	축 번호	SoftJoint 기능이 사용될 축 번호
	Softness 값	0~100 사이 입력 (축 용량의 100%~0% 사용)
사용 예	AXIS5.Softness=90 AXIS10.Softness=80	B 축 softness 를 90 으로 설정 (축 용량의 10%) 부가축 10 축 softness 를 80 으로 설정 (축 용량의 20%)
참고사항	- SoftJoint ON 을 실행하기 전에 반드시 AXIS.Softness 명령문을 이용해 말리고자 하는 축에 대한 softness 를 설정해야 합니다. - AXIS.Softness=0 은 기능 off 와 동일합니다. (축 용량 100%사용) - Softness 값이 클수록 동일한 각도를 미는데 더 작은 힘이 필요합니다.	

2) SoftJoint 문

설명	SoftJoint 기능을 활성화(On)하거나 비활성화(Off)하는 명령문입니다.	
입력방법	『[F6]: 명령입력』 → 『[F1]: 모션, I/O』 → 『PREV/NEXT』 → 『PREV/NEXT』 → 『PREV/NEXT』 → 『[F6]: SoftJoint』 → 『ON or OFF』 → 『ENTER』	
문법	SoftJoint <ON/OFF>	
파라미터	ON	SoftJoint 기능 활성화
	OFF	SoftJoint 기능 비활성화
사용 예	최종 지령각도와 현재 각도가 같은 상태에서 기능 OFF 할 경우	
	AXIS5.Softness=90 SoftJoint ON MOVE P,S=50mm/s,A=0 SoftJoint OFF	B 축 softness 를 90 으로 설정 기능 ON MOVE 도중 외력이 가해짐. 기능 OFF
	최종 지령각도와 현재 각도가 다른 상태에서 기능 OFF 할 경우	
	AXIS5.Softness=90 SoftJoint ON MOVE P,S=50mm/s,A=0 P1=P* MOVE P,P1,S=100%,A=7 SoftJoint OFF	B 축 softness 를 90 으로 설정 기능 ON MOVE 도중 외력이 가해짐. 기능 OFF 직전, 현재 각도를 P1 에 저장 MOVE 명령어 이용 최종지령을 P1 으로 갱신 기능 OFF
참고사항	- 최종 지령각도와 현재 각도가 다른 상태에서 기능 OFF 할 경우, 해당 축이 최종지령 각도로 복귀하면서 충돌이 발생할 수 있습니다. - 이런 문제를 방지하기 위해 SoftJoint OFF 전에 P*와 MOVE 명령을 이용해 최종 지령을 갱신해야 합니다. - 이를 위해 P*는 현재값으로 설정돼 있어야 합니다. (『[F2]: 시스템』 → 『1: 사용자 환경』 → 『8: P* 선택=현재값』)	

2.3. 예제 프로그램

모따기(Chamfering) 작업



로봇 프로그램	
	Robot:HA006A-02, 6axes, 4steps
S1	MOVE L,S=100mm/s,A=0,T=0
S2	MOVE L,S=100mm/s,A=0,T=0
	AXIS4,Softness=80
	AXIS5,Softness=90
	SoftJoint ON
S3	MOVE L,S=50mm/s,A=0,T=0
	SoftJoint OFF
S4	MOVE L,S=100mm/s,A=0,T=0
	END

로봇의 움직임	▪ S1 에서 가공 시작점임 S2 로 이동 ▪ SoftJoint 기능 on 후 S3 로 이동하며 모따기 작업 수행 ▪ SoftJoint 기능 off 후 S4 로 이동
위치기록(S2~S3)	SoftJoint 는 외력에 밀리는 기능이므로 작업물에 힘을 가하기 효과를 얻기 위해서는 티칭점이 작업물의 안쪽에 위치해야 함
Axis.Softness	▪ Softness 의 값은 작업방향, 작업물의 재질, 가공정도를 고려하여 설정 ▪ 상기 예제는 로봇좌표계 기준 +X 방향으로 밀리며 -Y 방향으로 이동하므로 R2 축과 B 축에 Softness 를 설정함



GRC: 경기도 성남시 분당구 분당수서로 477

대구: 대구광역시 달성군 유가읍 테크노순환로 3 길 50

울산: 울산광역시 북구 매곡산업로 21 자동차조선기술관 201-5 호

중부: 충남 아산시 염치읍 송곡길 161

광주: 광주광역시 광산구 평동산단로 170-3 B 동 101 호

ARS 1588-9997 | 1 로봇영업 2 서비스영업 3 구매상담 4 고객지원 5 투자문의 6 채용 및 일반 문의

www.hyundai-robotics.com