HD HYUNDAI ROBOTICS

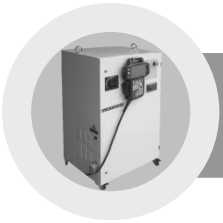
경고

모든 설치 작업은 반드시 자격 있는

설치기사에 의해 수행되어야 하며

관련 법규 및 규정을 준수하여야 합니다.

Hi5aATC230629FMKR2



Hi5a 제어기 기능설명서

비접촉식 툴 보정기능

HD HYUNDAI ROBOTICS

HD HYUNDAI ROBOTICS

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. 2 판
Copyright © 2023 by Hyundai Robotics

HD
HYUNDAI
ROBOTICS

목 차

1. 개요 1-1

1.1. 주요 사양 1-3
1.1.1. TCP(Tool Center Point) 소개 1-3
1.1.2. 툴 보정 기능 소개 1-4
1.2. 툴 보정기능 동작 순서 1-6

2. 설치 2-1

2.1. 시스템 요구사항 2-2
2.1.1. 센서 요구 사항 2-2
2.2. 시스템 설치 2-2
2.2.1. 센서 설치 2-2
2.2.2. 통신 설정 2-3
2.2.3. 툴 보정 기능용 로봇 프로그램 복사 2-4
2.2.4. 바이트 스왑(Byte Swap) 확인 2-5
2.2.5. 측정 이동을 위한 패턴 지정 2-5
2.2.6. 측정 이동 파라미터 셋팅 2-7
2.2.7. 센서 컨트롤러 설정 2-8

3. 기능 가이드 3-1

3.1. Vector Run 3-2
3.1.1. Vector Run 의 개요 3-2
3.1.2. Vector run 순서도 3-3
3.2. Reference Run 3-4
3.2.1. Reference Run 의 개요 3-4
3.2.2. Reference run 2D 순서도 3-5
3.3. Measurement 3-6
3.3.1. Measurement 의 개요 3-6
3.3.2. Measurement 2D 순서도 3-7

4. 사용 예시 4-1

4.1. 작업 내용 4-2
4.2. 툴 데이터의 좌표계 방향을 센서에 등록 4-3
4.3. 2D 기준 데이터 등록 4-6
4.4. 작업 프로그램 티칭 4-9
4.5. 툴 강제 변형 및 작업 위치 오차 확인 4-10
4.6. 센서를 이용한 변형량 측정 및 툴 자동 보정 수행 4-12
4.7. 툴 자동 보정 후 작업 프로그램 재확인 및 작업 재개 4-15
4.8. 기타 작업 프로그램 4-16

HD HYUNDAI ROBOTICS

HD HYUNDAI ROBOTICS

그림 목차

그림 1.1 축 원점 및 툴 길이 최적화 기능 교시 방법 1-3
그림 1.2 손상되기 전 티칭 위치 1-4
그림 1.3 툴 손상으로 인해 이탈된 툴 위치 1-4
그림 1.4 툴 보정기능 수행 1-5
그림 1.5 손상된 툴을 보정하여 원래 작업 위치 복원 1-5
그림 2.1 센서 좌표계 2-2
그림 2.2 시스템 네트워크 구성 2-3
그림 2.3 DeviceNet Master 설정 및 스캔 실행 화면 2-4
그림 2.4 센서 내부의 로봇 이동 패턴: Circle 2-5
그림 2.5 센서 내부의 로봇 이동 패턴: 수직 이동 2-6
그림 3.1 Vector Run 기능 순서도 3-3
그림 3.2 Reference Run 2D 기능 순서도 3-5
그림 3.3 2D 측정 기능 순서도 3-7
그림 4.1 예시 작업의 시스템 구성 4-2
그림 4.2 툴 변형 전 작업물 티칭 위치 4-9
그림 4.3 툴 강제 변형 4-10
그림 4.4 오차가 발생한 상태 4-11
그림 4.5 툴 변형량 측정 및 자동 보정 수행 4-14
그림 4.6 작업 프로그램 위치 확인 4-15

HD HYUNDAI ROBOTICS

HYUNDAI ROBOTICS

1

개요

1. 개요

본 설명서는 LEONI 센서를 이용한 비접촉식 툴 보정기능에 대하여 설명합니다.

◆【필수 설명서】◆

- Hi5a 제어기 조작설명서

◆【참고사항】◆

- 본 기능설명서는 Hi5a V40.17-00 버전을 기준으로 작성되었습니다.
- 툴 보정기능은 옵션 기능입니다. '툴데이터 자동 보정(ATDC)' 라이선스 입력 후 기능을 실행하십시오.
- 센서와 통신 시 내장 DeviceNet 을 사용하는 경우 '내장 Fieldbus(DeviceNet)' 라이선스가 필요합니다.

HD HYUNDAI ROBOTICS

1.1. 주요 사양

1.1.1. TCP(Tool Center Point) 소개

로봇에서는 툴을 이용한 작업을 수행하기 위하여 R1 축 플랜지(Flange) 위치를 기준으로 TCP 의 거리와 각도를 설정합니다. TCP 는 로봇이 동작하기 위해 참조하는 기준점이며 이 위치와 방향을 원하는 곳으로 지정하기 위해 각 축을 제어합니다. 따라서 사용하는 툴의 TCP 가 설정되지 않거나 부정확 한 경우 정확한 동작을 보장할 수 없습니다.

산업용 로봇에서는 이러한 TCP 의 위치를 지정하기 위하여 다음과 같은 방식으로 캘리브레이션을 지정합니다.

1. 아래의 그림과 같이 뾰족한 팁을 준비하여 외부에 고정
2. 툴의 뾰족한 부분(통상적으로 토치 끝단에서 정해진 만큼 돌출된 와이어 끝단)을 외부 고정 팁에 위치 시키고 위치 기록
3. 툴의 방향만 변경시키면서 뾰족한 부분은 외부 고정팁에 위치시켜 위치 기록을 반복 수행
4. 축 원점과 툴 길이를 모두 찾아낼 경우는 7 점, 툴 길이만 찾아내는 경우에는 4 점 이상을 기록
5. 로봇의 자동 캘리브레이션 기능 중 '축 원점 및 툴 길이 최적화'를 수행하여 TCP 위치를 기록

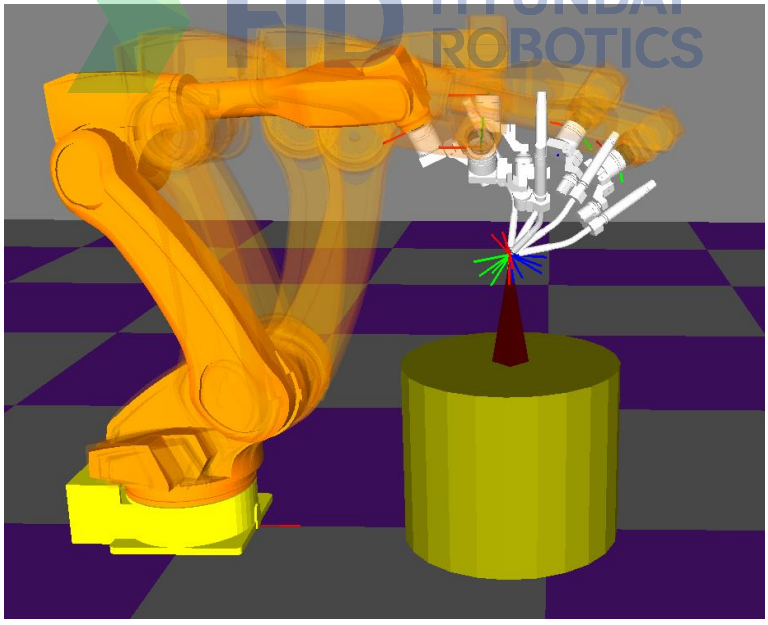


그림 1.1 축 원점 및 툴 길이 최적화 기능 교시 방법

6. TCP 의 각도는 툴 데이터 메뉴의 '툴 각도 보정'기능을 이용하여 설정

1.1.2. 툴 보정 기능 소개

산업용 로봇에서 반복된 작업의 품질을 보장하기 위해서는 TCP의 위치가 일정해야 합니다. 그러나 주변 장치와의 충돌이나 반복된 열변형 등으로 인해 토치가 손상되면 원래 티칭된 위치와 다른 위치로 TCP가 이동하게 되어 문제가 발생합니다. 이 경우 툴의 변형을 물리적으로 원래 상태로 복원하거나 변형된 위치를 TCP를 보정하는 방법을 사용하여 문제를 해결할 수 있습니다. 그러나, 툴을 물리적으로 복원하는 작업은 복원용 별도 지그를 이용하여 사람이 수행해야 하는 작업이며 실제로 실행하기 어려운 경우가 많습니다. 따라서 변형량을 측정하여 이 변형량 만큼 TCP를 보정하는 방법이 더 편리하고 자동화하기 쉽습니다.
당사 로봇의 툴 보정기능을 이용하면 작업자의 개입없이 자동으로 로봇의 TCP 보정량을 측정하고 이를 툴 데이터에 반영하여 원래 티칭된 작업을 계속 수행할 수 있다.

그림 1.2 손상되기 전 티칭 위치

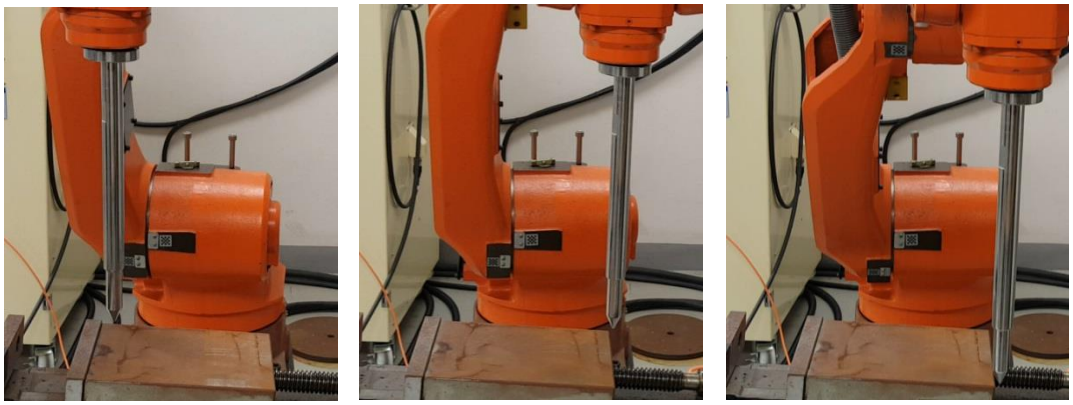


그림 1.3 툴 손상으로 인해 이탈된 툴 위치

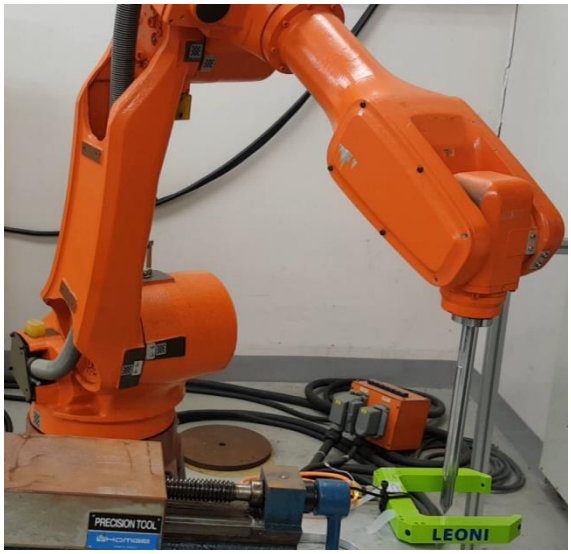


그림 1.4 툴 보정기능 수행

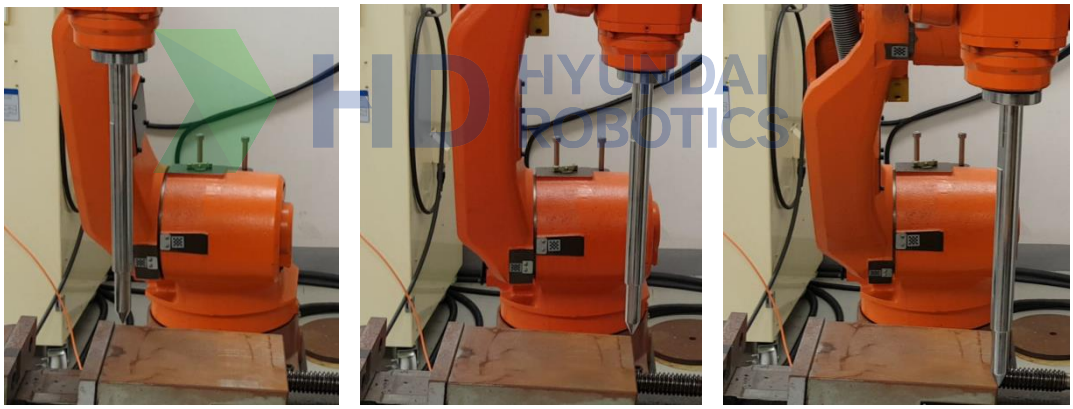
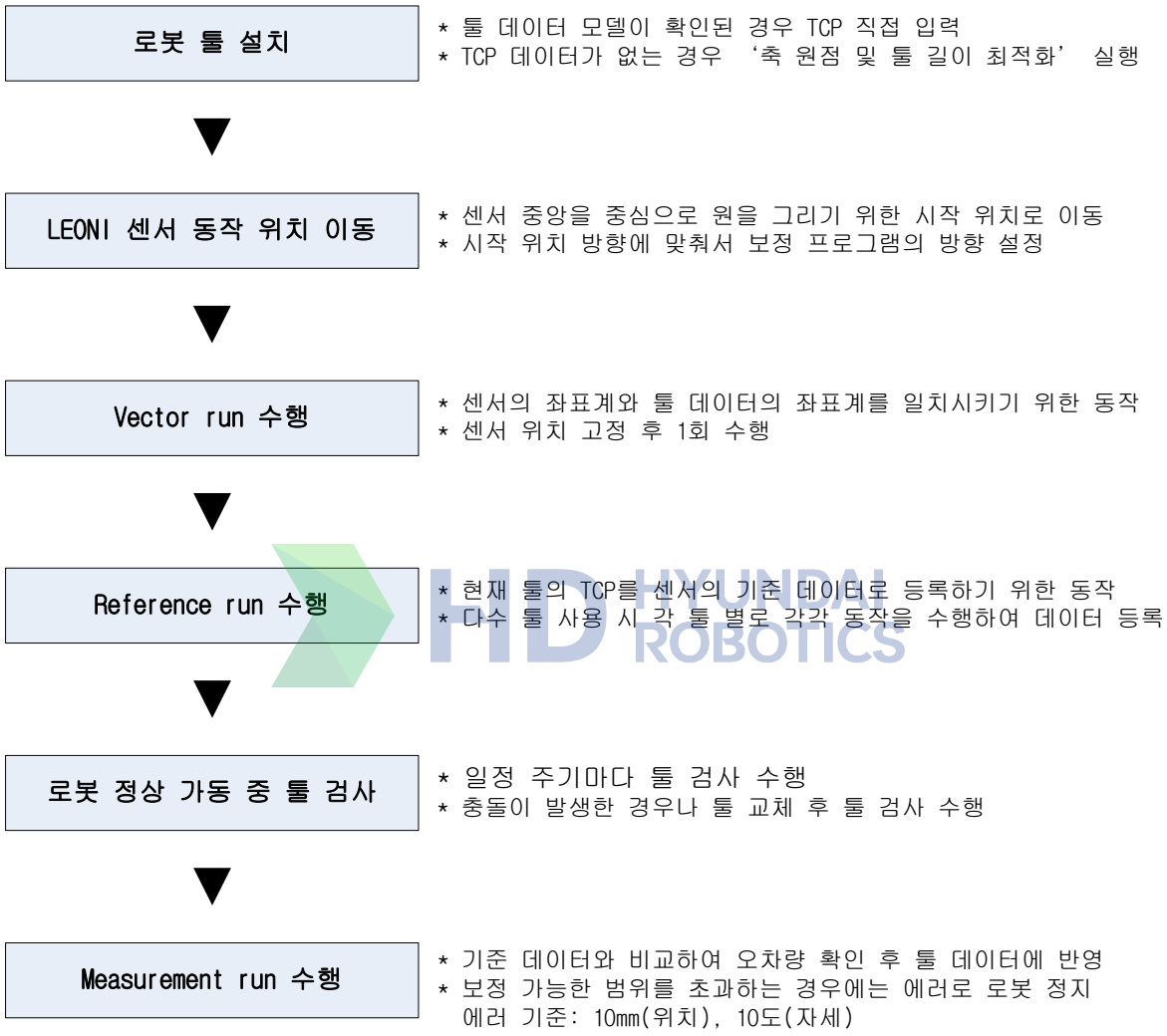


그림 1.5 손상된 툴을 보정하여 원래 작업 위치 복원

1.2. 툴 보정기능 동작 순서



HYUNDAI ROBOTICS

2

설치

2.1. 시스템 요구사항

2.1.1. 센서 요구 사항

(1) 용접 토치와 같은 회전 대칭 형태의 툴

(2) 해당 툴을 원 궤적, 수직 궤적으로 이동할 수 있어야 함

(3) Robot 과 툴의 DeviceNet 통신 기능

2.2. 시스템 설치

2.2.1. 센서 설치

하기의 Light sensor 유닛을 적당한 위치에 설치합니다. 권장되는 위치는 로봇의 동작 영역 중 이동이 쉽고 고정 후 위치 변동이 없는 곳입니다.

센서의 개구부를 로봇 좌표계의 X 방향 또는 Y 방향을 향하도록 배치해야 원 궤적의 동작을 수행하기 용이합니다.

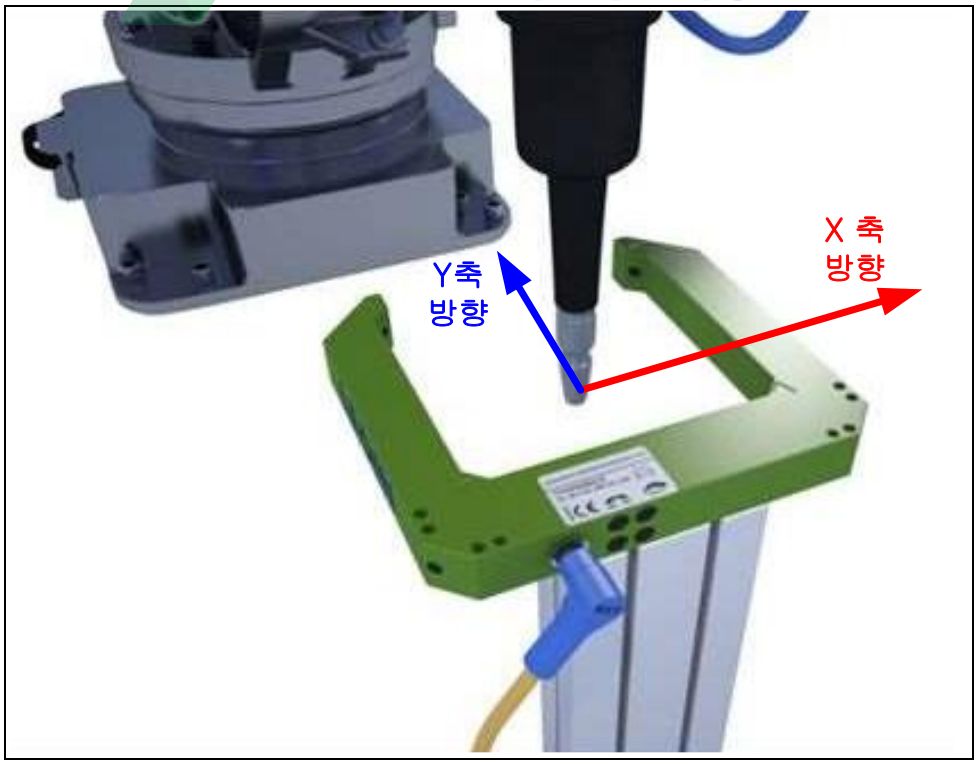


그림 2.1 센서 좌표계

2.2.2. 통신 설정

- 제어기 DeviceNet 을 Master 로 설정합니다.
- LEONI 센서를 DeviceNet slave 19 번 노드로 설정합니다.

참고) 센서의 노드 번호 설정 방법은 LEONI 센서 설명서를 참고하십시오.

- Advintec TCP-Controller 를 하기 그림과 같이 연결합니다.

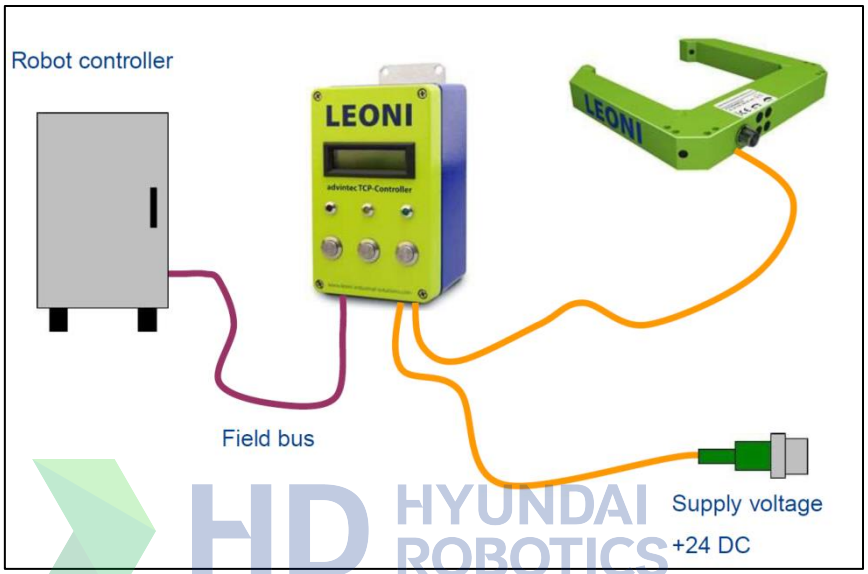


그림 2.2 시스템 네트워크 구성

- Advintec TCP-Controller 하단의 단자는 다음과 같습니다. 이 중 'FB in'을 로봇 제어기와 연결합니다. 센서 이외에 용접기 등 외부 장비가 있는 경우 'FB out'포트를 이용하여 연결합니다. 'LS'는 Light sensor 와 연결하고 'PWR'에는 24V 를 공급합니다.
- 통신선과 전원선 연결이 모두 완료된 후 제어기 내장 DeviceNet master 를 설정합니다. CAN Port 는 연결하는 통신 보드의 종류에 따라 선택합니다.
- 'F1: 노드 검색'을 실행하여 센서가 19 번에 올라오는 것을 확인합니다.

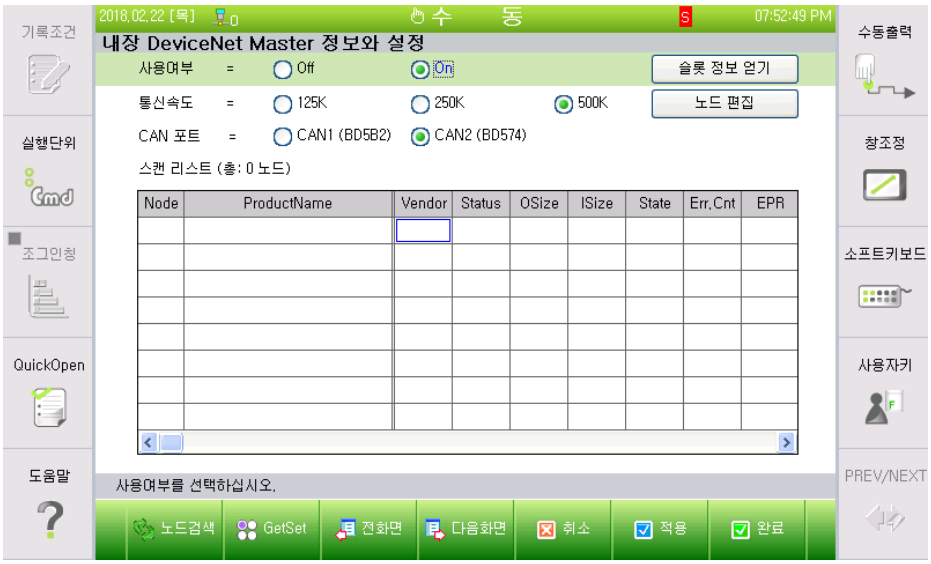


그림 2.3 DeviceNet Master 설정 및 스캔 실행 화면

2.2.3. 툴 보정 기능용 로봇 프로그램 복사

당사에서 제공하는 툴 보정용 프로그램 파일들을 제어기에 삽입합니다.

- G00.IDV: 툴 보정 프로그램 용 ID 변수 지정 파일
- 1000_GETMESVAL.JOB: 센서에서 입력되는 측정량을 읽어 툴에 반영
- 1001_VECRUN.JOB: Vector run 수행 프로그램
- 1002_REF2D.JOB: 2D Reference run 수행 프로그램
- 1003_REF3D.JOB: 3D Reference run 수행 프로그램
- 1004_REF5D.JOB: 5D Reference run 수행 프로그램
- 1006_MES2D.JOB: 2D Measurement run 수행 프로그램
- 1007_MES3D.JOB: 3D Measurement run 수행 프로그램
- 1008_MES5D.JOB: 5D Measurement run 수행 프로그램
- 1020_INIT_SET.JOB: 측정 이동을 위한 파라미터 세팅
- 1021_CALC_C1.JOB: 1 번째 double-circle 패턴을 생성
- 1022_CALC_OS.JOB: oscillate 패턴을 생성
- 1023_CALC_C2.JOB: 2 번째 double-circle 패턴을 생성

2.2.4. 바이트 스왑(Byte Swap) 확인

LEONI 센서에서 입력되는 word 데이터의 바이트 스왑을 On 으로 설정합니다. 정상적으로 설정된 경우 방향 별 위치, 각도 데이터가 30000 으로 입력됩니다. 바이트 스왑이 off 인 경우 계산된 좌표 데이터가 12405 로 잘못 입력됩니다.

2.2.5. 측정 이동을 위한 패턴 지정

툴 보정을 위한 동작은 다음과 같은 2 가지 패턴으로 구성됩니다.

(1) Double-Circle

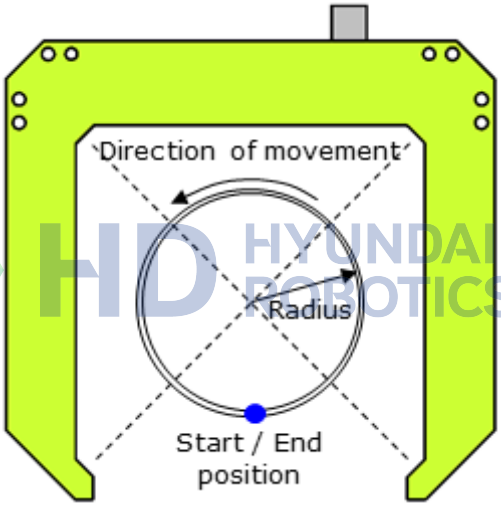


그림 2.4 센서 내부의 로봇 이동 패턴: Circle

툴을 그림에서 보이는 시작 종료 위치에서부터 반시계방향으로 2 바퀴 회전합니다.
센서 내부에는 회전하는 원의 직경을 설정할 수 있습니다. 설정된 반지름과 동일한 원궤적으로 로봇이 동작하도록 측정 이동 패턴을 지정해야 합니다. 시작 지점은 원 궤적 중심이 센서 라인의 교차점에 수직으로 위치하도록 기록합니다.

(2) Oscillate

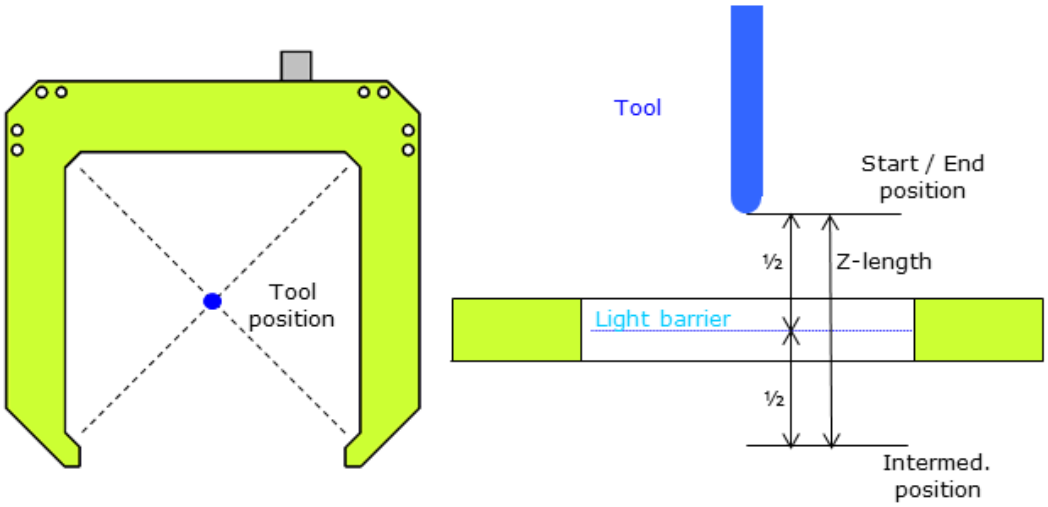


그림 2.5 센서 내부의 로봇 이동 패턴: 수직 이동

툴을 센서 라인이 교차하는 지점에서 상하로 이동하여 Z 방향을 측정합니다. 교차점은 double-circle 의 중심이 되므로 시작 위치를 정확히 티칭해야 정확한 Z 방향의 측정이 가능합니다.

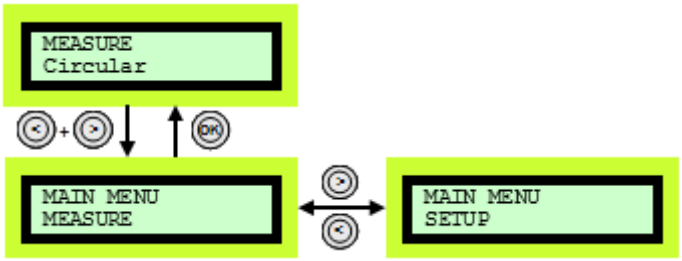
2.2.6. 측정 이동 파라미터 셋팅

측정 이동을 위한 파라미터는 1020_INIT_SET.JOB 파일에서 설정합니다.

giToolNrCorr=1 ----→ 보정할 툴 번호 입력
giToolNrOrig=25 ----→ 처음 설치된 툴 번호 입력
'-- moving pattern parameter
giStPoseDir=0 '0:Y+, 1:X+, 2:Y-, 3:X- ----→ 측정 이동 시작 위치의 방향
gdRadius=20 ----→ Double circle 패턴의 반경
gdMaxTrMov=20 'Max trnaslational moving distance --→ 시작 위치부터 하강 거리
gdOscDist=30 'center - up,down distance ----→ Oscillate 패턴 상하 거리
gdOrientLen=30 'Orientation Length ----→ 2nd double-circle 하강 거리
gdMoveSpeed=100 'Moving speed ----→ 측정 이동 속도

2.2.7. 센서 컨트롤러 설정

센서 컨트롤러의 MEASURE(측정), SETUP(설정) 간 전환은 하기와 같은 조작으로 이루어집니다.



각 메뉴로 진입은 OK 버튼을 이용합니다. 상위 메뉴로 이동하기 위해서는 방향키를 눌러 '<-- back -->' 를 확인 후 OK 를 누르면 됩니다.
파라미터 설정 시 OK 버튼을 길게 누르면 현재 값이 저장됩니다. 설정을 저장하지 않고 나오기 위해서는 좌우 방향키를 동시에 길게 누릅니다.

측정 기능 사용 전에는 다음과 같은 설정을 수행해야 합니다. 아래 표기된 항목 이외의 값은 기본값을 사용해도 무방합니다. 센서 설정에 대한 자세한 내용은 센서 설명서를 참조하십시오.

(1) BASIC – Dimension: 2D, 3D, 5D 선택. 로봇 컨트롤러는 이 설정에 맞는 작업 프로그램만 수행할 수 있습니다.
(2) BASIC – Radius: Double circle 패턴의 반경을 설정합니다. 이 값과 로봇 프로그램의 반경이 같아야 합니다.
(3) BASIC – Z Length: Oscillate 패턴의 상하 이동 거리를 설정합니다. 이 값과 로봇 프로그램의 상하 거리가 같아야 합니다.
(4) BASIC – Orient Length: 5D 에서 사용되는 툴 변형 각도 측정을 위한 2 번째 Double circle 패턴의 하강 각도를 설정합니다. 이 값과 로봇 프로그램의 이동 거리가 같아야 합니다.
(5) BASIC – Options – Measure direct: 측정 패턴의 툴 전진 방향을 지정합니다. 기본은 down(아래방향)입니다.
(6) BASIC – Options – Redundance: 측정 이동에서 센서 내부의 계산된 값들 간 오차의 여유입니다. 이 값이 너무 작으면 툴 상태에 따라 측정 이동 시 에러가 발생합니다. 기본값은 0.1mm 이며 측정 이동에서 에러가 발생하지 않는 수치까지 증가시켜 설정합니다.
(7) USER – Max Tolerance: 기준 툴과 비교하여 보정할 수 있는 최대 거리입니다. 최대치인 10.0 mm 로 설정합니다.
(8) USER – Max Ori Tol.: 기준 툴과 비교하여 보정할 수 있는 최대 각도입니다. 최대치인 10.0 deg 로 설정합니다.
(9) GLOBAL – Bus - DevNet – Mac ID: DeviceNet slave 의 node 번호를 설정합니다. 기본적으로 19 번을 사용합니다. 이외의 번호를 설정하기 위해서는 G00.IDV 파일을 수정해야 합니다. 이 작업은 수행해야 하는 경우 당사로 문의하십시오.
※ 직접 변경 방법: 노드 번호 1 변경마다 단일 신호 시 128, Byte 이면 16, Word 이면 8 에 해당하는 값을 변경
(10) GLOBAL – Bus - DevNet – Datarate: DeviceNet baudrate 를 설정합니다. 제어기의 DeviceNet master 의 baudrate 와 같도록 설정하십시오.

(11) GLOBAL – Bus - DevNet – Byte Swap: word 데이터 byte swap 을 Yes 로 설정합니다.

HD
HYUNDAI
ROBOTICS

HYUNDAI ROBOTICS

3

기능 가이드

3.1. Vector Run

3.1.1. Vector Run 의 개요

툴 보정용 센서는 측정된 데이터를 이용하여 X, Y, Z, RX, RY, RZ 옵셋량을 계산합니다. 이 때 센서의 기본 좌표계는 로봇의 좌표계와 일치하지 않습니다. 따라서 센서의 좌표계 방향을 로봇의 좌표계와 일치하도록 하는 동작이 vector run 입니다.
Vector run 동작은 센서 설치 후 1 회만 수행하면 되며 이후로 다시 수행할 필요는 없습니다.

HD HYUNDAI ROBOTICS

3.1.2. Vector run 순서도

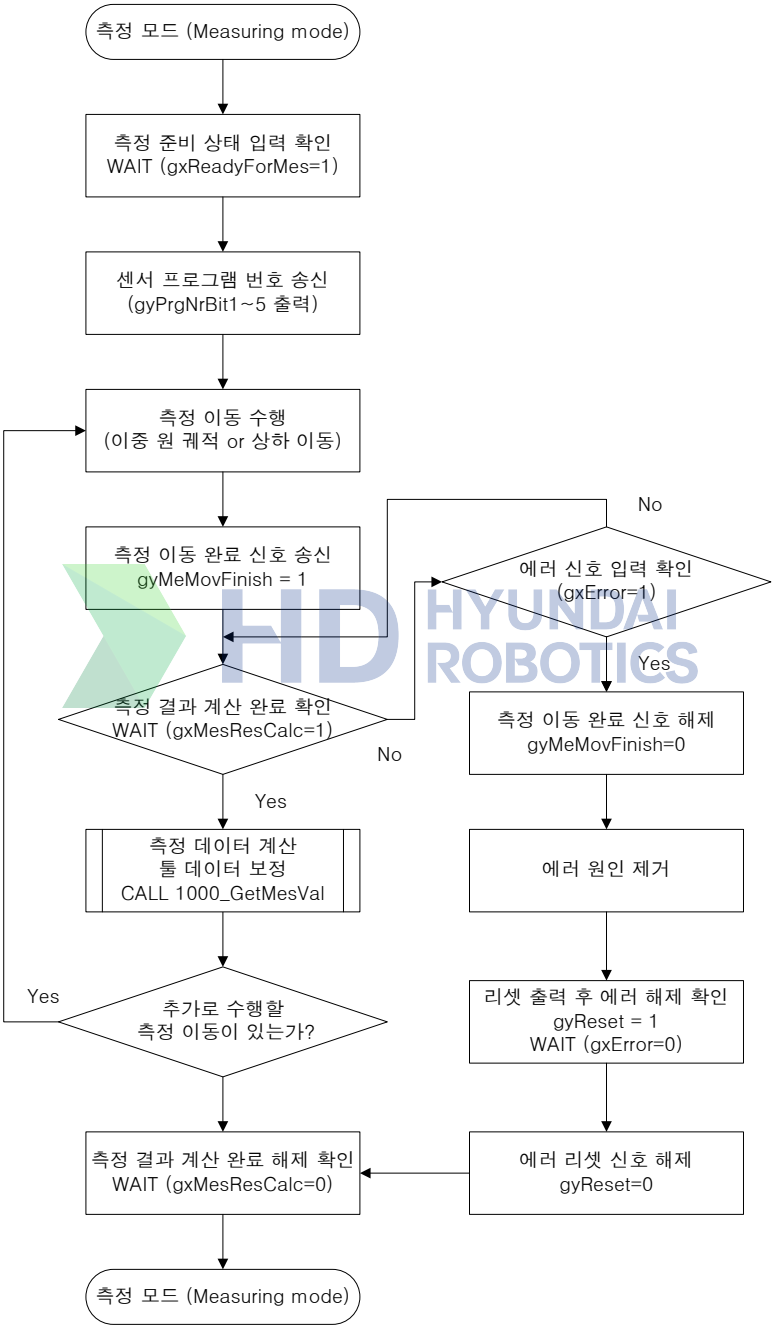


그림 3.1 Vector Run 기능 순서도

3.2. Reference Run

3.2.1. Reference Run 의 개요

툴이 정상적으로 설치된 후 측정 이동을 수행하여 기준 데이터를 저장합니다. 이 기준 데이터는 이후 툴 보정을 하기위한 비교 데이터로 사용됩니다. 이러한 기준 데이터를 생성하기 위한 작업이 Reference run 입니다. 각 기준데이터는 측정 dimension 설정에 따라 2D, 3D, 5D 로 나누어집니다. 2D 는 1 회의 double-circle 측정, 3D 는 1 회의 double-circle, oscillation 측정, 5D 는 1st double-circle, oscillation, 2nd double-circle 측정을 수행합니다

HD HYUNDAI ROBOTICS

3.2.2. Reference run 2D 순서도

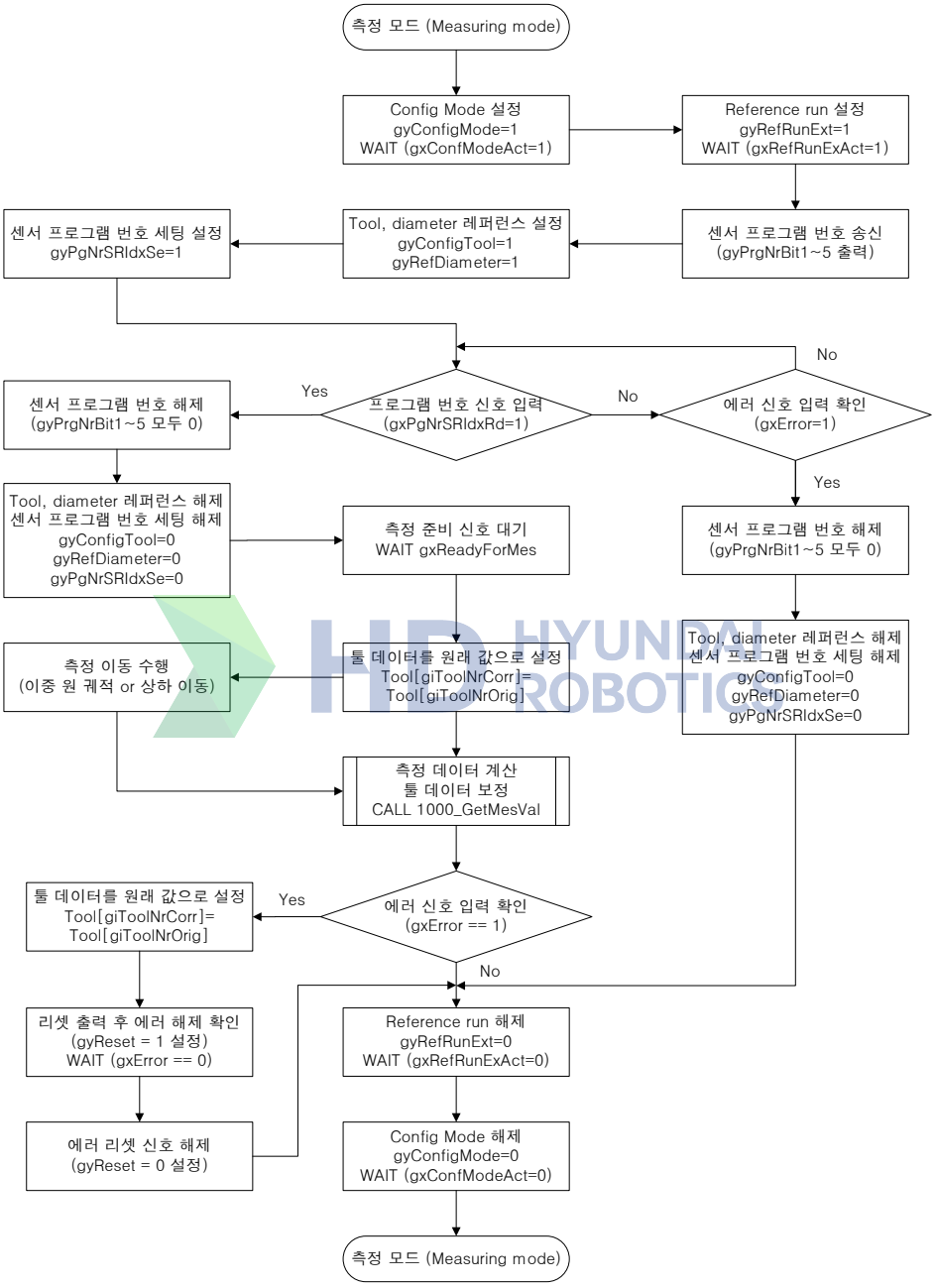


그림 3.2 Reference Run 2D 기능 순서도

3.3. Measurement

3.3.1. Measurement 의 개요

로봇에 장착된 툴은 주변 설비와 충돌, 툴 교체, 지속적인 반복 작업을 수행하면서 서서히 변형될 수 있습니다. 이 경우 생산 공정에 차질이 발생하게 되므로 이를 방직하기 위해 주기적인 툴 측정이 필요합니다. Measurement 동작은 툴 보정 센서에서 측정 이동을 수행하여 툴 변형량을 계산한 후 이를 보정하거나 에러를 검출합니다.

HD HYUNDAI ROBOTICS

3.3.2. Measurement 2D 순서도

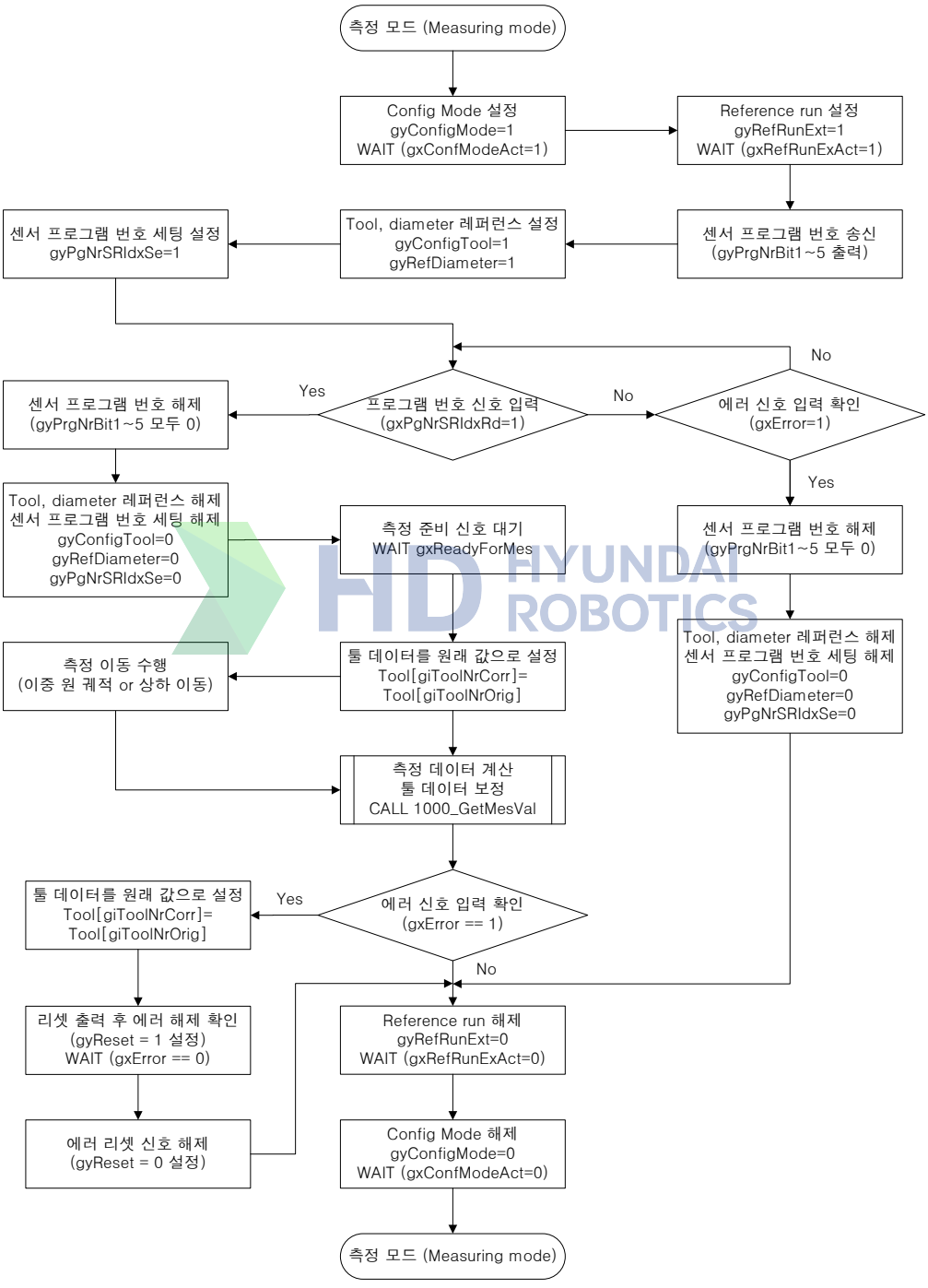


그림 3.3 2D 측정 기능 순서도

HD
HYUNDAI
ROBOTICS

4

사용 예시

4.1. 작업 내용

이번 내용에서는 간단한 작업 예시를 통하여 실제로 기능을 사용하는 경우 어떤 식으로 보정이 수행되는지를 설명합니다.

각 작업은 다음과 같이 구성됩니다.

(1) 바이스 주변 모서리를 따라 움직이는 간단한 동작 티칭

(2) 정상적인 툴 상태인 상태에서 툴 보정 데이터 설정

(3) 툴 변형을 임의로 발생시킴

(4) 툴 변형에 따른 작업물의 오차를 확인

(5) 툴 보정기능을 동작

(6) 변형된 툴에 맞는 보정량 적용을 작업물 티칭 위치로 확인

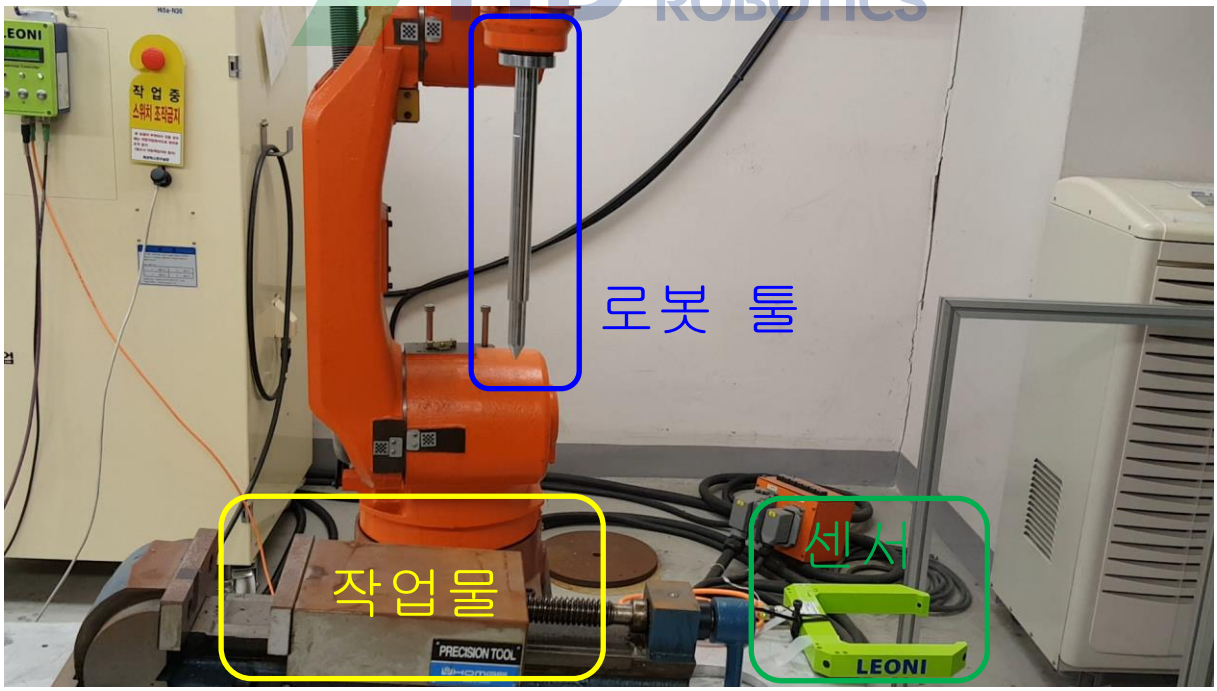


그림 4.1 예시 작업의 시스템 구성

4.2. 툴 데이터의 좌표계 방향을 센서에 등록

먼저 정상적인 툴 데이터의 툴 좌표계를 센서를 이용하여 등록합니다.

```
'-- Vector-run extern without signal reflection
    '-----------------------------------------------
    '-----------------------------------------------
    '-- Initial parameter setting
    CALL 1020_INIT_SET

    '-- Calculate Circle Pose
    CALL 1021_CALC_C1

    '-- Activate configuration mode -
    gyConfigMode=1
    WAIT gxConfModeAct

    '-- Activate Vector run extern --
    gyVectRunExt=1
    WAIT gxVecRunExAct

    '-- Set Program Number 1 --
    gyPrgNrBit1=1
    gyPrgNrBit2=0
    gyPrgNrBit3=0
    gyPrgNrBit4=0
    gyPrgNrBit5=0

    '-- Set to Program No. set --
    gyPgNrSRIdxSe=1

    '-- Wait for confirmation of program number --
    WAIT gxPgNrSRIdxRd OR gxError

    '-- Vector-run only if input gxPgNrSRIdxRd is set --
    IF gxPgNrSRIdxRd=1 THEN

    '-- Reset Program Number 1 --
    gyPrgNrBit1=0
    gyPrgNrBit2=0
    gyPrgNrBit3=0
    gyPrgNrBit4=0
    gyPrgNrBit5=0

    gyPgNrSRIdxSe=0

    '-- Wait until ready --
```

```
    WAIT gxReadyForMes

    '-- Reset tool data --
    Tool[giToolNrCorr]=Tool[giToolNrOrig]

    '-- Double-circle 1 with Tool_corrected --
S1  MOVE L,gpCirPose1,S=50%,A=0,T=giToolNrCorr              '-- Move to starting point
S2  MOVE C,gpCirPose2,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 1st quarter circle movement
S3  MOVE C,gpCirPose3,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 2nd quarter circle movement
S4  MOVE C,gpCirPose4,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 3rd quarter circle movement
S5  MOVE C,gpCirPose1,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 4th quarter circle movement
S6  MOVE C,gpCirPose2,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 1st quarter circle movement
S7  MOVE C,gpCirPose3,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 2nd quarter circle movement
S8  MOVE C,gpCirPose4,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 3rd quarter circle movement
S9  MOVE C,gpCirPose1,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 4th quarter circle movement

    '-- Execute "Get measured values and Correction"
    CALL 1000_GetMesVal

    '-- Double-circle 2 with tool_corrected
S10 MOVE L,gpCirPose1,S=50%,A=0,T=giToolNrCorr              '-- Move to starting point
S11 MOVE C,gpCirPose2,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 1st quarter circle movement
S12 MOVE C,gpCirPose3,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 2nd quarter circle movement
S13 MOVE C,gpCirPose4,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 3rd quarter circle movement
S14 MOVE C,gpCirPose1,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 4th quarter circle movement
S15 MOVE C,gpCirPose2,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 1st quarter circle movement
S16 MOVE C,gpCirPose3,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 2nd quarter circle movement
S17 MOVE C,gpCirPose4,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 3rd quarter circle movement
S18 MOVE C,gpCirPose1,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 4th quarter circle movement

    '-- Execute "Get measured values and Correction"
    CALL 1000_GetMesVal

    '-- Double-circle 3 with tool_corrected --
S19 MOVE L,gpCirPose1,S=50%,A=0,T=giToolNrCorr              '-- Move to starting point
S20 MOVE C,gpCirPose2,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 1st quarter circle movement
S21 MOVE C,gpCirPose3,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 2nd quarter circle movement
S22 MOVE C,gpCirPose4,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 3rd quarter circle movement
S23 MOVE C,gpCirPose1,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 4th quarter circle movement
S24 MOVE C,gpCirPose2,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 1st quarter circle movement
S25 MOVE C,gpCirPose3,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 2nd quarter circle movement
S26 MOVE C,gpCirPose4,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 3rd quarter circle movement
S27 MOVE C,gpCirPose1,S=gdMoveSpeed mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 4th quarter circle movement

    '-- Execute "Get measured values and Correction"
    CALL 1000_GetMesVal
```

```
'-- Acknowledge error during measurement --
'-- Identify and rectify error cause --
IF gxError=1 THEN
'-- Reset tool data --
Tool[giToolNrCorr]=Tool[giToolNrOrig]
gyReset=1
WAIT gxError=0
gyReset=0
ENDIF

ELSE '-- Error when setting program number --
'-- Reset Program Number 1 --
gyPrgNrBit1=0
gyPrgNrBit2=0
gyPrgNrBit3=0
gyPrgNrBit4=0
gyPrgNrBit5=0

gyInitTMeAct=0
ENDIF

'--Turn off Vector-run extern --
gyVectRunExt=0
WAIT gxVecRunExAct=0

'-- Turn off configuration mode
gyConfigMode=0
WAIT gxConfModeAct=0
END
```

HD HYUNDAI ROBOTICS

HD HYUNDAI ROBOTICS

4.3. 2D 기준 데이터 등록

이후 이번 예시에서 사용할 2D 방향 기준 데이터 등록을 수행합니다. 응용에 따라 3D, 5D 기준 데이터도 등록할 수 있습니다.

```
'-- Reference run extern 2D without signal reflection --
    '------------------------------------------------------
    '------------------------------------------------------
    '-- Initial parameter setting
    CALL 1020_INIT_SET

    '-- Calculate Circle Pose
    CALL 1021_CALC_C1

    '-- Activate configuration mode -
    gyConfigMode=1
    WAIT gxConfModeAct

    '-- Activate reference run extern --
    gyRefRunExt=1
    WAIT gxRefRunExAct=1

    '-- Set Program Number 1 --
    gyPrgNrBit1=1
    gyPrgNrBit2=0
    gyPrgNrBit3=0
    gyPrgNrBit4=0
    gyPrgNrBit5=0

    '-- Set referencing for tool --
    gyConfigTool=1

    '-- Set referencing for diameter --
    gyRefDiameter=1

    '-- Set to Program No. set --
    gyPgNrSRIdxSe=1

    '-- Wait for confirmation of program number --
    WAIT gxPgNrSRIdxRd OR gxError
    '-- Reference run only when input gxPgNrSRIdxRd is set --
    IF (gxPgNrSRIdxRd=1) THEN
    '-- Reset Program Number 1 --
    gyPrgNrBit1=0
    gyPrgNrBit2=0
    gyPrgNrBit3=0
    gyPrgNrBit4=0
```

```
    gyPrgNrBit5=0
    '-- Reset referencing for tool --
    gyConfigTool=0
    '-- Reset referencing for diameter --
    gyRefDiameter=0
    '-- Reset to program number set --
    gyPgNrSRIdxSe=0
    '-- Wait until ready --
    WAIT gxReadyForMes
    '-- Reset tool data --
    Tool[giToolNrCorr]=Tool[giToolNrOrig]
    '-- Double-circle with tool_corrected
S1  MOVE L,gpCirPose1,S=50%,A=0,T=giToolNrCorr      '-- Move to starting point
S2  MOVE C,gpCirPose2,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 1st quarter circle movement --
S3  MOVE C,gpCirPose3,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 2nd quarter circle movement --
S4  MOVE C,gpCirPose4,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 3rd quarter circle movement --
S5  MOVE C,gpCirPose1,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 4th quarter circle movement --
S6  MOVE C,gpCirPose2,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 1st quarter circle movement --
S7  MOVE C,gpCirPose3,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 2nd quarter circle movement --
S8  MOVE C,gpCirPose4,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 3rd quarter circle movement --
S9  MOVE C,gpCirPose1,S=50mm/s,A=0,T=giToolNrCorr  '-- 4th quarter circle movement --

    '-- Execute "Get measured values and Correction"
    CALL 1000_GetMesVal

    '-- Acknowledge error during measurement --
    '-- Identify and rectify error cause --
    IF gxError=1 THEN
    '-- Reset tool data --
    Tool[giToolNrCorr]=Tool[giToolNrOrig]
    gyReset=1
    WAIT gxError=0
    gyReset=0
    ENDIF
    ELSE '-- Error when setting program number --

    '-- Reset Program Number 1 --
    gyPrgNrBit1=0
    gyPrgNrBit2=0
    gyPrgNrBit3=0
    gyPrgNrBit4=0
    gyPrgNrBit5=0
    '-- Reset referencing for tool --
    gyConfigTool=0
    '-- Reset referencing for diameter -
    gyRefDiameter=0
    '-- Reset to program no. set --
```

```
gyPgNrSRIdxSe=0
ENDIF
'-- Turn off reference run extern --
gyRefRunExt=0
WAIT gxRefRunExAct=0
'-- Turn off configuration mode --
gyConfigMode=0
WAIT gxConfModeAct=0
END
```

HD HYUNDAI ROBOTICS

4.4. 작업 프로그램 티칭

아래와 같은 사각형 구조물의 모서리를 따라가능 작업 프로그램을 티칭합니다.

```
=== 0901.JOB ===
'확인프로그램
S1    MOVE P,S=50%,A=3,T=1
S2    MOVE L,S=30%,A=0,T=1
      DELAY 0.1
S3    MOVE L,S=40mm/s,A=3,T=1        DELAY 0.1
S4    MOVE L,S=40mm/s,A=3,T=1        DELAY 0.1
S5    MOVE P,S=50%,A=3,T=1
      END
================
```

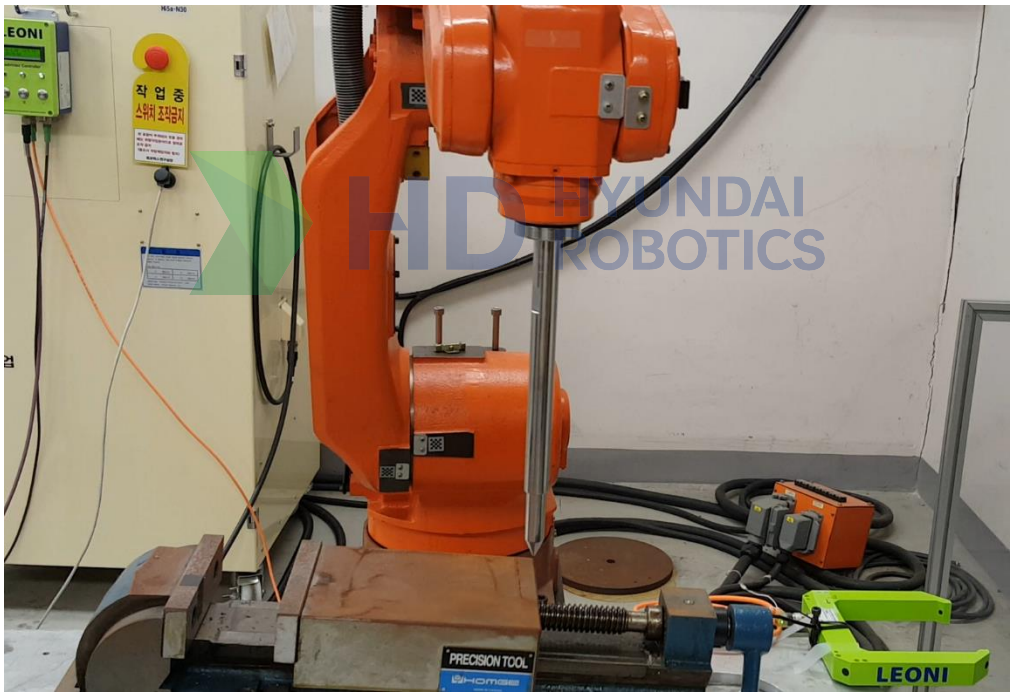


그림 4.2 툴 변형 전 작업물 티칭 위치

4.5. 툴 강제 변형 및 작업 위치 오차 확인

시험을 위하여 로봇의 툴을 강제로 변형시킵니다.

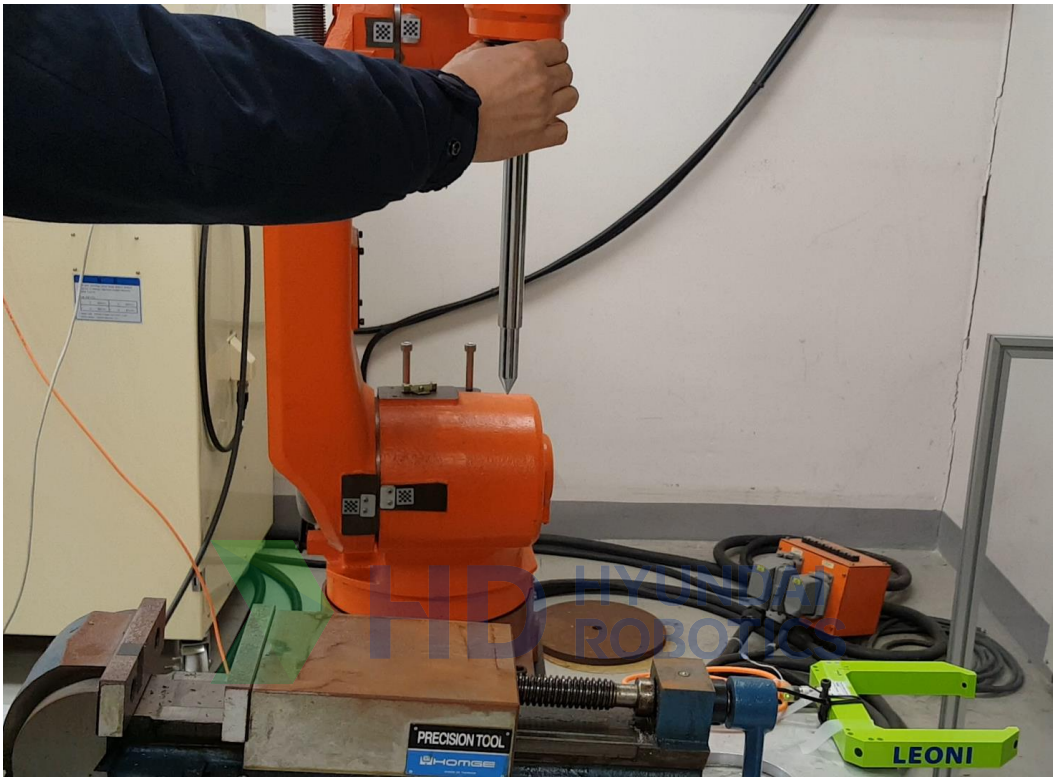


그림 4.3 툴 강제 변형

툴의 변형에 따라 작업물에서 오차가 발생하는 것을 확인합니다.

그림 4.4 오차가 발생한 상태

4.6. 센서를 이용한 변형량 측정 및 툴 자동 보정 수행

```
'-- Measurement 2D without signal reflection
'-- Initial parameter setting
      CALL 1020_INIT_SET

      '-- Calculate Circle Pose
      CALL 1021_CALC_C1

      '-- Reset pending error
      IF gxError=1 THEN
      gyReset=1
      WAIT gxError=0
      gyReset=0
      ENDIF

      '-- Set Program Number 1 --
      gyPrgNrBit1=1
      gyPrgNrBit2=0
      gyPrgNrBit3=0
      gyPrgNrBit4=0
      gyPrgNrBit5=0

      '-- WAIT ready --
      WAIT gxReadyForMes

      '-- Reset tool data --
      Tool[giToolNrCorr]=Tool[giToolNrOrig]
      '-- Double-circle with Tool[giToolNrCorr]
S1    MOVE L,gpCirPose1,S=50%,A=0,T=giToolNrCorr        '-- Move to starting point       --
S2    MOVE C,gpCirPose2,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 1st quarter circle movement --
S3    MOVE C,gpCirPose3,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 2nd quarter circle movement --
S4    MOVE C,gpCirPose4,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 3rd quarter circle movement --
S5    MOVE C,gpCirPose1,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 4th quarter circle movement --
S6    MOVE C,gpCirPose2,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 1st quarter circle movement --
S7    MOVE C,gpCirPose3,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 2nd quarter circle movement --
S8    MOVE C,gpCirPose4,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 3rd quarter circle movement --
S9    MOVE C,gpCirPose1,S=50mm/s,A=3,T=giToolNrCorr  '-- 4th quarter circle movement --

      '-- Execute "Get measured values and Correction"
      '-- Get measurement result and Correction --
      '----------------------------------------
      V100%=19 'sensor node number
      '-- Set measurement movement to finished --
      gyMeMovFinish=1

      '-- Wait until measurement result is calculated or error --
```

```
    WAIT gxMesResCalc=1 OR gxError=1

    '-- Read measured values only if gxMesResCalc == 1 --
    IF gxMesResCalc=1 THEN
    gdCorrX =(gxXOffsetBit - 30000)   / 100.0 '-- X-Offset --
    gdCorrY =(gxYOffsetBit - 30000)   / 100.0 '-- Y-Offset --
    gdCorrZ =(gxZOffsetBit - 30000)   / 100.0 '-- Z-Offset --
    gdCorrRX=(gxXOriOffset - 30000) / 100.0 '-- Rotation around X --
    gdCorrRY=(gxYOriOffset - 30000) / 100.0 '-- Rotation around Y --
    gdCorrRZ=(gxZOriOffset - 30000) / 100.0 '-- Rotation around Y --
    ENDIF

    '-- If error gxError set correction to zero
    IF gxError=1 THEN
    gdCorrX =0
    gdCorrY =0
    gdCorrZ =0
    gdCorrRX=0
    gdCorrRY=0
    gdCorrRZ=0
    ENDIF

    '-- Reset Measurement movement to finished
    gyMeMovFinish=0

    '-- WAIT until calculated measurement result is reset
    WAIT gxMesResCalc=0
    '-- Apply correction to tool data
    LP1=P*
    LR1=(0,0,0,0,0,0)T
    LR1.X=gdCorrX
    LR1.Y=gdCorrY
    LR1.Z=gdCorrZ
    LR1.RX=gdCorrRX
    LR1.RY=gdCorrRY
    LR1.RZ=gdCorrRZ

S1  MOVE P,P*-LR1,S=10%,A=0,T=giToolNrCorr
    LP2=P*
    ATDC T=giToolNrCorr,OrgP=LP1,NewP=LP2
    DELAY 0.1
    END
    '-- Acknowledge error during measurement --
    '-- Identify and rectify error cause --
    IF gxError=1 THEN
    '-- Reset tool data --
    Tool[giToolNrCorr]=Tool[giToolNrOrig]
```

```
gyReset=1
WAIT gxError=0
gyReset=0
ENDIF

'-- Reset Program Number 1 --
gyPrgNrBit1=0
gyPrgNrBit2=0
gyPrgNrBit3=0
gyPrgNrBit4=0
gyPrgNrBit5=0
END
```

그림 4.5 툴 변형량 측정 및 자동 보정 수행

4.7. 툴 자동 보정 후 작업 프로그램 재확인 및 작업 재개

툴 보정이 완료된 후 작업 프로그램을 확인하고 본래 작업을 재개합니다.

그림 4.6 작업 프로그램 위치 확인

상기 그림과 같이 기존 작업프로그램을 동작했을 때 오차가 사라진 것을 확인할 수 있습니다.
이후 본래 작업을 계속 진행할 수 있습니다.

4.8. 기타 작업 프로그램

예시 프로그램에 CALL 명령에서 사용한 각종 작업 프로그램은 파라미터 초기값 설정 및 측정 용 원 궤적 생성 내용들입니다.

초기값 파라미터 설정 프로그램

```
'-- tool number to be corrected
 giToolNrCorr=1
 giToolNrOrig=25
 '-- moving pattern parameter
 giStPoseDir=0   '0:Y+, 1:X+, 2:Y-, 3:X-
 gdRadius=20
 gdMaxTrMov=20 'Max trnaslational moving distance
 gdOscDist=30 'center - up,down distance
 gdOrientLen=30 'Orientation Length
 gdMoveSpeed=100   'Moving speed
 END
```

원 궤적 생성 프로그램

```
'-- copy current pose to the start pose --
 gpStartP=P*
 '-- calculate poses for circle
 gpStartP.Z=gpStartP.Z - gdMaxTrMov
 gpCirPose1=gpStartP
 gpCirPose2=gpStartP
 gpCirPose3=gpStartP
 gpCirPose4=gpStartP
 IF giStPoseDir=0 THEN
 gpCirPose2.X=gpCirPose2.X - gdRadius
 gpCirPose2.Y=gpCirPose2.Y - gdRadius
 gpCirPose3.X=gpCirPose3.X - 0
 gpCirPose3.Y=gpCirPose3.Y - gdRadius*2
 gpCirPose4.X=gpCirPose4.X + gdRadius
 gpCirPose4.Y=gpCirPose4.Y - gdRadius
 ELSEIF giStPoseDir=1 THEN
 gpCirPose2.X=gpCirPose2.X - gdRadius
 gpCirPose2.Y=gpCirPose2.Y + gdRadius
 gpCirPose3.X=gpCirPose3.X - gdRadius*2
 gpCirPose3.Y=gpCirPose3.Y + 0
 gpCirPose4.X=gpCirPose4.X - gdRadius
 gpCirPose4.Y=gpCirPose4.Y - gdRadius
 ELSEIF giStPoseDir=2 THEN
 gpCirPose2.X=gpCirPose2.X + gdRadius
```

```
gpCirPose2.Y=gpCirPose2.Y + gdRadius
gpCirPose3.X=gpCirPose3.X + 0
gpCirPose3.Y=gpCirPose3.Y + gdRadius*2
gpCirPose4.X=gpCirPose4.X - gdRadius
gpCirPose4.Y=gpCirPose4.Y + gdRadius
ELSEIF giStPoseDir=3 THEN
gpCirPose2.X=gpCirPose2.X + gdRadius
gpCirPose2.Y=gpCirPose2.Y - gdRadius
gpCirPose3.X=gpCirPose3.X + gdRadius*2
gpCirPose3.Y=gpCirPose3.Y - 0
gpCirPose4.X=gpCirPose4.X + gdRadius
gpCirPose4.Y=gpCirPose4.Y + gdRadius
ENDIF
END
```

● **Daegu Office (Head Office)**

50, Techno sunhwan-ro 3-gil, yuga, Dalseong-gun, Daegu, 43022, Korea

● **GRC**

477, Bundangsuseo-ro, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Korea

● **대구 사무소**

(43022) 대구광역시 달성군 유가읍 테크노순환로 3 길 50

● **GRC**

(13553) 경기도 성남시 분당구 분당수서로 477

● **ARS : +82-1588-9997 (A/S center)**

● **E-mail : robotics@hyundai-robotics.com**

HD HYUNDAI ROBOTICS