

# 레이저 위치 지시기와 이동 로봇간의 상호유도제어의 실험적 고찰

## Experimental Investigation on Bi-directional Guidance Control Between an Underwater Mobile Robot and Laser Pointer

。 이 재 철\*, 김 재 회\*\*

\* 한국원자력연구소 (Tel : 42-868-8236; E-mail:jclee2@kaeri.re.kr)

\*\* 한국원자력연구소 (Tel : 42-868-2085; E-mail:jaehkim@kaeri.re.kr)

**Abstract :** In the inspection of the reactor pressure vessel using an underwater mobile robot, we developed a new bi-directional guidance control scheme between an underwater mobile robot and a laser pointer. We imposed damping to the inclinometer embedded in the mobile robot to improve its transient response, and used heuristic control scheme to reduce accidents when the laser pointer loses the mobile robot. We implemented these algorithms to our reactor vessel inspection system and performed a series of experiments.

**Keywords :** guidance control, laser pointer, underwater mobile robot

### 1. 서론

현재 원자로 압력용기의 용접부위 결합 검사는 상용화된 로봇 매니퓰레이터에 의한 초음파 탐상 방법으로 수행되고 있다. 기존의 검사 시스템은 장비의 규모가 크고 가격도 고가일 뿐 아니라 검사시간이 많이 소요되고 조작성 불편한 관계로 점차 이동식의 소형 로봇으로 대체하기 위한 시도가 이루어지고 있다.[1]

본 연구소에서 개발한 수중용 이동식 로봇 검사 시스템인 RISYS(Reactor Inspection SYstem)에서는 이동 로봇을 절대위치로 유도하기 위하여 pan-tilt 방식의 레이저 위치 지시기를 사용하였다. 이러한 방식은 정해진 경로의 자동 검사에는 편리하나 실제 발전소에서 시험하여 본 결과, 조이스틱 등으로 로봇을 임의의 위치로 움직일 필요가 있는 경우가 많이 있어 레이저 위치 지시기를 로봇의 레이저 위치 센서에 조준하는데 시간이 걸리는 단점이 있었다. RISYS에서는 레이저 위치 지시기가 자동으로 로봇을 유도하는 방식과 수동으로 로봇을 움직일 경우 레이저 위치 지시기가 로봇의 위치 센서를 추종하도록 하는 방식을 사용하도록 하여 이를 해결하였다. 로봇이 움직일 때 생기는 위치 센서의 오차를 레이저 유도장치의 제어 입력 값에 반영하였다. 이에 더하여 로봇에 부착된 경사센서를 활용한 로봇 진행방향 예측기법을 사용하여 단순한 추종제어보다 우수함을 확인하였다. 또한 경사센서의 과도 응답 특성 (overshoot 과 rising time)을 개선하기 위하여 두 가지 방법을 사용하였다. 첫번째 방법은 댐퍼가 설치된 내진동형 경사센서(vibration endurance inclinometer)를 사용하였으며, 두 번째는 내장된 댐퍼가 없는 경사센서에서 디지털 필터를 사용하여 구현하였다. 두 가지 방법 모두 과도 응답을 개선하는데 효과가 있으며 로봇이 가속도 운동하는 경우 추적 안정성을 높일 수 있었다. 특히 디지털 필터를 사용하는 방법은 본 RISYS의 이동로봇과 레이저 위치 지시기의 특성에 따라 비교적 자유롭게 변경이 가능한 장점이 있었다.

이상과 같은 방법을 적용하여본 결과 로봇을 임의의 위치로 이동 하더라도 레이저 위치 지시기와 경사센서로부터 절대위치를 항

상 신속히 알 수 있어서 본 RISYS는 검사시간 단축효과를 기할 수 있었으며 이와 함께 편리성이 현저히 향상되었다.

### 2. 시스템 개요

#### 가. RISYS 시스템 개요

본 RISYS시스템의 개요를 그림 1에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 RISYS는 MCS(Main Control System), LASPO(LASer Pointer), RIROB(Reactor Inspection ROBot) 및 UDAS(Ultrasonic Data Acquisition System)등의 모듈로 구성되어있다. 각 모듈의 기능은 다음과 같다.

**MCS:** 사용자 인터페이스 처리 및 검사 전반의 통합적 처리기능을 가진 모듈

**LASPO:** MCS에 의해 주어진 검사경로를 따라 레이저 빔을 정밀하게 제어하는 모듈.

**RIROB:** LASPO의 유도에 따라 위치를 이동하면서 매니퓰레이터 끝단에 장치된 초음파 센서를 필요한 위치/속도로 제어하는 모듈

**UDAS:** RIROB과 MCS에서 오는 위치 정보에 따라 초음파 data를 취득 저장하는 모듈.

#### 나. 상호유도 제어 시스템 개요

서론에서 밝힌 바와 같이 상호유도제어는 로봇이 레이저를 추종하는 제어와 레이저가 로봇을 역 추종하는 제어를 말하며 전자는 일전에 소개되었으며 현재 충분한 실험적 검증을 거쳐 사용되고 있으므로[2][3] 본 논문에서는 후자를 주로 언급하기로 한다. RISYS의 모듈 중 상호유도제어에 직접 관련된 것은 UDAS를 제외한 나머지 모듈이며 이들의 기능 중 상호유도에 관련된 기능을 나타내면 다음과 같다.

**MCS:** RIROB에서 전송되는 현재의 레이저 위치 오차 값과 경사 값, LASPO에서 전송되는 현재 Pan/Tilt 각도 값 및 사용자 인터페이스에서 주어진 로봇의 이동방향에 따라 LASPO의 이동속도와 위치를 결정하는 기능.

**LASPO:** MCS에서 전송되는 속도 및 위치에 따라 Pan/tilt를 0.01도 정도의 오차로 제어하며 backlash를 보상한 후 현재의