

# 레거시 AS/RS 듀얼 스택어 크레인 동작 감지를 통한 움직임 3D 시각화 구현

김찬규, 손익상\*

한국전자기술연구원

kimcg@keti.re.kr, \*sonis@keti.re.kr

## Implementing 3D Visualization of Legacy AS/RS Dual Stacker Crane Movements through Motion Detection.

Kim Chan Gyu, Son Ik Sang\*

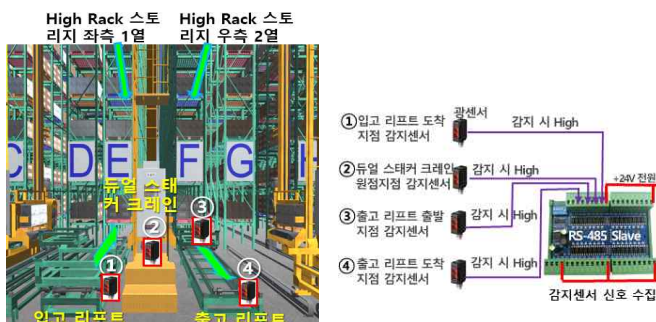
KETI

요약

오래된 구축된 레거시 AS/RS(Automated Storage and Retrieval System) 자동 창고 시스템에는 물류 팔레트를 입고, 출고 시 듀얼 스택어 크레인 동작 움직임과 관련한 정보 생성도 없으며, 외부로 전달을 위한 별도의 신호 인터페이스를 지원하지 않는다. 본 논문에서는 레거시 AS/RS 듀얼 스택어 크레인, 입고 리프트, 출고 리프트에 동작 감지센서 4개 설치 위치와, 동작 감지센서의 신호를 AS/RS 디지털 트윈 PC로 전송하는 방식을 제안한다. AS/RS 디지털 트윈 PC에서는 수신된 신호의 로직 상태에 따라 듀얼 스택어 크레인의 입고 또는 출고 동작을 판단하고, 이 정보를 레거시 AS/RS 듀얼 스택어 크레인 3D 가상화 프로그램에 동기화한다. 이를 통해 한눈에 파악할 수 있는 3D 시각화 시스템을 구현하였다.

### I. 서론

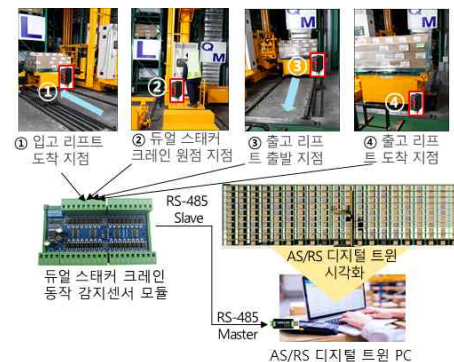
오래된 레거시 AS/RS 시스템은 듀얼 스택어 크레인 움직임 3D 시각화에 필요한 동작 정보 생성이나, 외부 연동을 위한 별도의 신호 인터페이스를 지원하지 않는다. 또한 디지털 트윈 가상화 프로그램과 연계하여 3D 시각화로 나타낼 수 없는 구조이다. 본 논문은 기 구축된 레거시 AS/RS 시스템의 듀얼 스택어 크레인 입고/출고 동작을 3D 가상화하여 시각화를 제안한다. [그림 1]은 듀얼 스택어 크레인 입고/출고 동작 감지센서 4개의 설치 위치와 동작 감지센서 신호 수집을 제시한다. 듀얼 스택어 크레인 동작 감지센서 신호 수집 모듈은 32CH NPN 광 절연 입력 스위칭 디지털 콜렉터로 MODBUS RTU 03 06 command control mode를 지원한다.



[그림 1] AS/RS 듀얼 스택어 크레인 감지센서 위치와 신호 수집

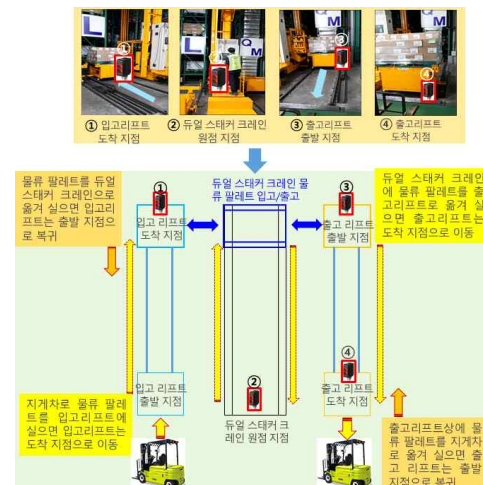
### II. 본론

레거시 AS/RS 시스템은 High Rack 스토리지와 듀얼 스택어 크레인, 입고 리프트, 출고 리프트 장치 등으로 구성되어 있다. [그림 2]은 AS/RS 듀얼 스택어 크레인 동작 감지센서 모듈에서 신호를 수집하여 RS-485통신으로 AS/RS 디지털 트윈 PC에 전송하고, 여기에 덧붙여 AS/RS 디지털 트윈 PC의 가상화 프로그램에 AS/RS 듀얼 스택어 크레인 움직임 여부를 판별하는 로직을 개발 적용해서 3D 시각화로 한눈에 볼 수 있도록 구현한 시스템 구성도를 제시한다.



[그림 2] 동작 감지센서 기반의 AS/RS 디지털 트윈 PC 구성도

[그림 3]은 AS/RS 듀얼 스택어 크레인 장치, 입고 리프트, 출고 리프트의 동작 감지센서로 ① 입고 리프트 도착 지점, ② 듀얼 스택어 크레인 원점 지점, ③ 출고 리프트 출발 지점, ④ 출고 리프트 도착 지점 총 4개이며 감지신호는 High (5V)이다.



[그림 3] 동작 감지센서를 연계한 듀얼 스택어 크레인 입고/출고 프로세스

[그림3]의 AS/RS 듀얼 스택어 크레인 동작이 입고일 때 감지센서의 신호를 이용한 듀얼 스택어 크레인 움직임 3D 시각화 프로세스는 다음과 같다.

- 1) 듀얼 스택어 크레인이 Ready 상태일 때 입고 리프트에 물류 팔레트를 올리면 입고 리프트는 도착 지점 이동하는 애니메이션이 동작한다.
- 2) 입고 리프트가 도착 지점에 도착했을 때 포크로 물류 팔레트를 듀얼 스택어 크레인에 옮긴다.
- 3) 듀얼 스택어 크레인의 이동 애니메이션이 재생되며 애니메이션 매 프레임마다 듀얼 스택어 크레인이 입고할 스토리지로 이동하게 된다. 이때 수평 및 수직으로 속도에 맞춰서 이동한다. 그리고 듀얼 스택어 크레인 원점 지점 감지센서 출력 신호가 High 이면 이동 애니메이션 재생을 완료한다.
- 4) 듀얼 스택어 크레인이 입고할 스토리지로 출발할 때 입고 리프트는 출발 지점으로 되돌아간다.
- 5) 입고할 스토리지에 도착한 뒤 포크로 입고 작업 시작한다. 만약, 작업 중 듀얼 스택어 크레인 원점 지점 감지센서 출력 신호가 High 이면 입고 작업 애니메이션 재생을 완료한다.
- 6) 입고 작업이 끝난 후 듀얼 스택어 크레인은 원래 있던 자리에 수평 및 수직으로 이동해서 복귀한다. 그리고 듀얼 스택어 크레인에 원점 지점 감지센서 출력 신호가 High 이면 이동 애니메이션은 완료되며, 출력 신호가 Low 이면 High가 될 때까지 대기한다.
- 7) 듀얼 스택어 크레인의 복귀가 끝나면 현재 상태를 대기로 변환시켜서 다음 작업을 할 수 있게 대기한다.



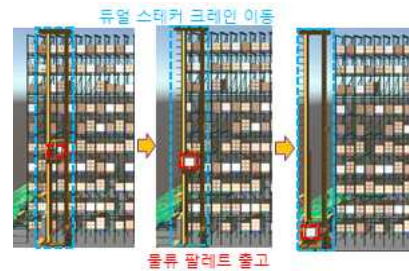
[그림 4] AS/RS 듀얼 스택어 크레인 입고 동작 움직임 3D 시각화  
[그림 4]은 AS/RS 듀얼 스택어 크레인 입고 움직임 3D 시각화 프로세스 결과를 나타낸다.

[그림 3]의 듀얼 스택어 크레인 동작이 출고일 때 감지센서에 신호를 이용한 듀얼 스택어 크레인 움직임 3D 시각화 프로세스는 다음과 같다.

- 1) 듀얼 스택어 크레인 Ready 상태에서 듀얼 스택어 크레인 원점 지점 감지센서 출력 신호가 Low 이면 출고할 스토리지 위치로 듀얼 스택어 크레인이 출발한다.
- 2) 듀얼 스택어 크레인 이동 애니메이션 매 프레임마다 출고할 스토리지를 향해, 수평 및 수직으로 속도에 맞춰서 이동한다.
- 3) 듀얼 스택어 크레인이 출고 스토리지에 도착했을 때 포크로 물류 팔레트 출고 작업을 시작한다. 듀얼 스택어 크레인 원점 지점 감지센서 출력 신호가 High 이면 작업 애니메이션이 완료된다.
- 4) 출고 작업이 끝난 후 듀얼 스택어 크레인은 원래 위치에 수평 및 수직 이동으로 복귀한다. 만약, 듀얼 스택어 크레인 원점 지점 감지센서 출력 신호가 High 이면 이동 애니메이션이 완료된다.
- 5) 출고 리프트 출발 지점 감지센서 출력 신호가 High 이면 물류 팔레트를 포크로 출고 리프트에 싣는 애니메이션이 동작된다. 동작이 종료되면 출력 신호가 Low 로 될 때까지 기다린다. 만약 포크로 물류 팔레트 이동하는 애니메이션이 동작 중에 출고 리프트 출발 지점 감지센서에 출력 신호가 Low 이면 포크 이동 애니메이션은 완료된다. 포크로 물

류 팔레트를 출고 리프트에 싣는 작업이 끝나면 듀얼 스택어 크레인의 상태를 대기-로 변환시켜서 다음 작업을 할 수 있게 한다.

- 6) 물류 팔레트가 실린 출고 리프트는 출발 지점에서 도착 지점으로 이동한다. 그리고 출고 리프트 도착 지점의 감지센서 출력 신호가 High 이면 이동 애니메이션 재생을 완료한다.
- 7) 출고 리프트가 도착 지점에 도착한 뒤 전체 로직과는 별개로 도착 지점 감지센서 출력 신호가 Low 로 될 때까지 대기 하다가 Low 이면 출고 리프트가 출발 지점으로 복귀하는 애니메이션을 재생한다.
- 8) 출고 리프트가 출발 지점의 감지센서 출력 신호가 High 될 때까지 대기 하다가 High 가 되면 출발 지점으로 복귀 이동하는 애니메이션을 완료한다.



[그림 5] AS/RS 듀얼 스택어 크레인 출고 동작 움직임 3D 시각화  
[그림 5]은 AS/RS 듀얼 스택어 크레인 출고 움직임 3D 시각화 프로세스 결과를 나타낸다.

### III. 결론

본 논문에서는 3D 시각화 및 원격 모니터링이 불가능했던 레거시 AS/RS 자동 창고 시스템을 현대화하는 효과적인 방법을 제시하였다. 기존 시스템의 핵심 제어부를 변경하지 않고 듀얼 스택어 크레인과 입고/출고 리프트의 주요 동작 지점에 감지센서를 설치, 움직임을 감지하고 AS/RS 디지털 트윈 PC에 가상화 프로그램상에서 감지신호의 변화를 논리적으로 해석하여 듀얼 스택어 크레인의 입고, 출고, 복귀 등 일련의 동작 과정을 실시간 3D 애니메이션으로 구현했다.

향후 과제로는, 현재의 레거시 AS/RS 시스템의 듀얼 스택어 크레인 입고/출고 리프트의 주요 동작 감지를 넘어 EWM(Extended Warehouse Management)과 같은 상위 창고 관리 시스템과 연동하여 실제 재고 등을 3D 시각화 정보에 결합하는 연구를 진행할 수 있다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2025년도 산업부 재원으로 한국산업기술기획평가원의 지원을 받아(지식서비스산업기술개발사업, 과제번호 20023504) 수행된 연구임.

### 참 고 문 헌

- [1] Andrea Ferrari, Giovanni Zenezini, Carlo Rafele, Antonio Carlin, "A Roadmap towards an Automated Warehouse Digital Twin: current implementations and future developments", 10th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM 2022: Nantes, France, IFAC PapersOnLine Volume 55, pp.1899 - 1905, 2022, (<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.676>)
- [2] Andreas Beham, Sebastian Raggl, Johannes Karder, Bernhard Werth, Stefan Wagner, "Dynamic Warehouse Environments for Crane Stacking and Scheduling", 3rd International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing, Procedia Computer Science, Volume 200, pp. 1461-1470, 2022, (<https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.347>)