디스플레이용 판유리 이송을 위한 양방향 이송 로봇장치

이동훈^a, 김성동^a, 이치범^a, 조영학^{a*}

Full Duplex Robot System for Transferring Flat Panel Display Glass

Dong Hun Lee^a, Chibum Lee^a, Sung Dong Kim^a, Young Hak Cho^{a*}^a Department of Mechanical System Design Engineering, Seoul National University of Science & Technology,
232 Gongneung-ro, Nowon-gu, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Article history:

Received	12	February	2013
Revised	18	July	2013
Accepted	23	July	2013

Keywords:

Glass wafer transfer
Full duplex robot system
V-guide bearing
Linear transfer

ABSTRACT

This study addresses the development of a full duplex robotic system for transferring flat-panel display glass. We propose to accomplish this using a bidirectional linear transfer mechanism in place of the conventional rotary transfer mechanism. The developed full duplex robot comprises a driving part that carries the glass panel laterally, vertical part that can be moved up and down by means of a ball screw and linear motion guide arrangement, and hand part that slides by the cylinder of the driving part along the guide rail with a V-guide bearing attached to the bottom of the support. In addition, an alignment part prevents the hand part from derailing and holds the hand part while the driving part moves horizontally. The full duplex robot lifts and drives a glass panel directly while transferring it to the buffer and does not require rotational motion. Therefore, both transferring and stacking are realized with a single device. This device can be used in existing industrial facilities as an alternative to existing industrial robots in current as well as future process lines. The proposed full duplex robot is expected to save considerable amounts of time and space, and increase product throughput.

1. 서론

현재 산업 현장에서는 다양한 로봇이송장치^[1,2]가 사용되고 있으며, 특히 반도체 및 디스플레이 관련 분야에서는 생산성 향상을 위해 고속, 경량화 추세에 맞추어 다양한 이송 로봇장치가 개발되어 현장에 투입되고 있다. 이 중에서 패널 이송 로봇장치는 액정표시장치(LCD), 플라즈마디스플레이패널(PDP), 유기발광표시장치(OLED), 솔라셀(solar cell) 등에 사용되는 박판형 판유리 기판의 불량 여부를 검사하기 위해 판유리를 검사장비의 검사부 쪽으로

이송시키거나, 판유리 디스플레이 제작 공정 중 다른 공정으로 판유리를 이송시키기 위해 많이 사용된다.

판유리 등의 얇은 패널 이송에 사용되는 장비로는 핸드(hand)를 이용한 이송장치^[3]가 주로 사용되고, 이러한 핸드 이송장치는 판유리의 아랫면을 떠받친 핸드가 승·하강, 회전, 전·후 이동하여 판유리를 이송시킨다. 또한 이송 로봇장치는 제작이 완료된 판유리를 적재부에 적재하거나, 적재되어 있는 판유리를 꺼내어 이송시키기 위해서 사용되기도 한다. 판유리가 적재되는 적재부는 일반적으로 판유리가 이송되는 방향의 상하방향에 위치하고 있어 판유리를 이

* Corresponding author. Tel.: +82-2-970-6361

Fax: +82-2-974-8270

E-mail address: yhcho@seoultech.ac.kr (Young Hak Cho).

송시키기 위해서는 판유리를 이송시키는 핸드부가 판유리 아랫면으로 들어가게 된다. 판유리 아랫면에 밀착된 핸드부를 들어 올려 적재부에서 꺼내어져 이송되고 로봇 중심으로 들어온 후 180° 방향전환을 하여 다른 공정장비나 이송장치로 이송된다. 이 때, 판유리는 별도로 구비된 회전장치에 의해 회전하게 되고, 승·하강 장치에 의해 상하로 이동되어 공정장비나 다른 이송장치로 이송된다 (Fig. 1(a)).

그러나, 판유리를 로봇 중심부에서 회전 후 이송하는 구조는 강제로 회전시킴으로써 판유리에 회전관성에 의한 움직임으로 인하여 스크래치가 발생하는 문제가 있다. 또한, 판유리의 회전, 승·하강, 전·후진 이동이 각각의 개별 장치에서 이루어지게 된다. 따라서, 판유리 적재 및 이송 작업에 시간이 많이 소요될 뿐만 아니라, 판유리를 회전시키기 위한 별도의 장치가 필요하다. 이로 인해 장치의 부피가 증가하여 작업공간을 많이 차지하고, 복잡한 구조로 이루어져 있어 초보자가 작동시키기 어렵다는 문제점이 발생하게 된다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 여러 가지 방법들이 제안되었는데, 벨트 방식을 이용한 기판이송장치 및 기판처리 시스템^[4]은 이송장치 핸드의 크기가 제한되고, 높이가 크다는 문제점이 있으며, 이송 로봇의 핸드에 가이드를 부착하여 이송하는 방식^[5]은 가

이드부 크기에 제한이 있어 긴 거리의 이송에 부적합한 문제점이 있다. 본 연구에서는 V-가이드 베어링을 이용하여 회전 이송하는 중심부를 직선 이송으로 변경한 새로운 로봇 이송장치 개발을 목적으로 한다. 이번에 개발된 로봇 이송장치(Fig. 1(b))는 위에서 언급한 문제점을 해결하며, 차세대 평판 디스플레이에 사용되는 유리 패널의 초대형화에 따른 기존의 다관절 로봇 핸드 방식 이송시스템의 한계를 극복할 수 있는 대체 방안으로도 기대된다.

2. 양방향 이송 로봇장치의 설계

최근 들어 초대형 유리기판을 옮기는 디스플레이용 판유리 이송 로봇의 기술진화가 머지않아 한계점에 도달할 것이란 전망이 나오고 있다. 이는 얇은 판유리 기판 면적이 커질수록 로봇팔로 이송하기가 점점 어려워지고 제품수율에도 악영향을 주기 때문이다. 따라서, 본 연구에서는 이와 같은 문제점들을 해결하기 위해 직선운동을 하는 이송 로봇장치를 개발하였다.

Fig. 2는 기존과 다른 방식으로 판유리 기판을 전달하는 양방향 이송 로봇장치의 전체 및 각 부분의 개략도로, 상·하 구동부(up-down part), 주행부(driving part), 핸드부(hand part), 얼라인부(alignment part) 및 적재부(buffer part)로 이루어져 있다. 상·하 구동을 위해 스텝핑 모터(steping motor), 볼 스크류(ball screw) 및 LM 가이드(LM guide)를 이용하였으며, 적재 및 반송을 위한 적재부 1과 적재부 2 사이의 전·후진 이동은 주행부, 핸드부 및 얼라인부의 연동에 의해서 이루어진다.

본 장치의 가장 큰 특징은 판유리의 전·후진 이송량(stroke)을 증가시키기 위하여, 핸드부 상판과 핸드부 하판, 주행부가 독립적으로 운동하도록 되어 있다. Fig. 3은 판유리를 적재부 1로부터 적재부 2로 이송하기 위한 장치의 작동원리를 나타낸다. 먼저 주행축 실린더가 이송하고자 하는 대상이 있는 위치로 이동(Fig. 3(a))한 후 주행축 클램프가 실린더를 전진시켜 핸드부의 하판 A점에서 고정(Fig. 3(b))하게 된다. 이후 핸드부의 이탈을 방지하기 위해 핸드부 하판을 고정시켰던 얼라인부의 실린더가 후진(Fig. 3(c))한 후

(a) Rotational transfer system^[3]

(b) Proposed transfer system

Fig. 1 Schematic view of rotational device and proposed device

Table 1 Specification of full duplex robot

Size (mm)	470 L × 312 W × 706.5 H
Workpiece(glass) (mm)	250 L × 150 W × 5 T (~1 kg)
Pass Line	300 mm (± 1 mm)
Tact Time	16 sec
Up & Down Stroke	Up-down Driving Part: 140 mm (1st Buffer → 2nd Buffer)
Forward & Backward Stroke	Forward & Backward Driving Part: 200 mm + Hand Part: 100 mm

주행축 실린더를 이용하여 전진(Fig. 3(d))한다. 주행축이 한계 위치에 도달하면, 핸드부 하판에 부착되어있는 실린더를 이용하여 핸드부 상판을 적재부로 이동(Fig. 3(e))시켜 부족한 이송량을 보충하게 된다. 적재함 2에서 적재함 1로 반송하기 위해서는 주행부

클램프가 핸드부의 하판 B 점에서 체결하여 반대 방향으로 스트로크를 증가시키도록 한다. 상하구동을 포함한 전체적인 구동에 대해서는 4장에서 설명하기로 한다.

Fig. 2 Schematic view of assembly & parts of full duplex robot

Fig. 3 Operation principles of full duplex robot (a) Forward- backward driving part change, (b) Driving part cylinder moving, (c) Align part cylinder moving, (d) Forward-backward driving part & Hand part moving, (e) Hand part cylinder moving

2.1 설계 및 제작 조건

본 연구에서 개발된 장치는 실제 현장에서 사용하는 판유리 이송 장치를 약 1/2(2세대 판유리 이송 장치 기준: 920 mm × 730 mm)로 축소한 모델이며, 이 때 이송 대상인 판유리는 250 mm × 150 mm × 5 mm의 크기와 약 1 kg의 하중을 가진다. Table 1은 양방향 이송 로봇장치의 사양을 나타내고 있다.

2.2 상·하 구동부

Fig. 4에서 보이는 바와 같이 판유리 기판의 상·하 구동을 위해 스텝 모터, 볼 스크류 그리고 LM 가이드를 사용하였으며, 이를 통해 진동 및 변형률을 최소화 하였다. 볼 스크류와 스텝 모터는 직결 커플링(direct coupling)을 이용하였으며, 볼 스크류가 무게 30 kg, 효율 85%, Pitch 10 mm를 가진다고 가정하였을 때 정지상태의 부하 토크 및 가감속 상태의 부하 토크는 각각 1.10 N·m 및 2.08 N·m로 계산된다. 이에 따라 볼 스크류는 THK 사의 BLK1510-5.6 type을, 스텝 모터는 Autronics 사의 A41K-M599-B type을, LM 가이드는 THK 사의 HSR10 type을 선정하였다.

2.3 주행부 및 핸드부

주행부는 직선 운동을 통해 판유리를 이송시키는 부분으로 주행축 실린더와 V-가이드 베어링으로 구성되어 있다. 주행축 실린더는 기준부하율이 70%, 공급 유체 압력이 $2.943 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, 부하하중이 98.1 N 일 때 C Type의 실린더에 대해, 내경이 25 mm로 계산되었다.

앞서 언급한대로 핸드부는 본 장치에서 2가지 역할을 한다. 첫째는 판유리 이송을 위한 적재함 역할이며, 둘째는 주행부와 연동되어 판유리의 이송 역할을 담당한다. 즉, 주행부에 의해 적재부 1에서 반출된 판유리를 다른 적재부 2로 이송시, 상판과 하판의 상대

운동으로 부족한 이송량을 보상에 주는 역할을 담당한다.

2.4 얼라인부 및 적재부

얼라인부는 주행부 클램프가 핸드부 하판 A점과 B점 사이의 체결 위치 변경시(Fig. 3(a) 참조)핸드부를 고정시키는 역할을 하며, 적재부는 판유리를 보관 및 전체적인 장치의 프레임 역할을 한다.

3. 양방향 이송 로봇장치의 동작 해석

본 이송장치의 동작은 크게 상·하 구동과 전·후진 구동으로 나눌 수 있다. 각각의 구동에 대해 처짐 해석을 통해 장치의 안전성을 검증하였으며, 해석에는 SolidWorks-Simulation을 이용하였다.

3.1 상·하 구동부

Fig. 5는 상·하 구동부의 승·하강 시 구조물의 처짐을 해석한 결과이다. 기준이 되는 주행축을 강체로 가정하였으며, 핸드부의 하중 10 kg과 판유리의 하중 1 kg이 작용할 때, 승강(Fig. 5(a)) 및 하강(Fig. 5(b)) 시 정적인 처짐을 각각 계산하였다. 이 때 최대

Fig. 4 Schematics of up-down driving part

(a) Downward movement

(b) Upward movement

Fig. 5 Simulation results for up-down motion of stepping motor

(a) Initial position of hand part cylinder

(b) Forward movement of hand part cylinder

Fig. 6 Simulation results for hand part cylinder

처짐 변위는 최대 변위 0.0472 mm로 설계의 안전성에 문제가 없는 것으로 판단된다.

3.2 주행부 및 핸드부

Fig. 6은 주행부 및 핸드부의 전·후진 시 핸드부 실린더의 처짐을 해석한 결과이다. 기준이 되는 V-가이드 베어링을 강체로 가정하였으며, 상·하 구동부에서와 마찬가지로 핸드부의 하중 10 kg, 판유리의 하중 1 kg이 작용할 때, 핸드부 실린더가 초기상태 및 전진한 상태에 대한 정적인 처짐을 각각 계산하였다. 이 때 최대 변위는 0.135 mm로 설계의 안전성에 문제가 없는 것으로 판단된다.

4. 제어 설계 및 동작 flow

양방향 이송 로봇의 제어는 실린더, 모터 및 센서를 대상으로 순차적 제어를 하였다. 즉, 센서, 실린더의 입출력제어, 스텝 모터 제어에 Ethernet 기반의 PLC (Mitsubishi Q series)를 이용하였으며, 터치 스크린으로 조작하는 방식을 선택하였다.

전체적인 제어는 다음과 같은 순서로 진행하였다. 먼저 초기 위치에서 적재부 1-1단에 있는 판유리를 광센서로 확인한 후 주행부

(a) Flowchart for unloading

(b) Flowchart for loading

Fig. 7 Flowchart of glass unloading & loading

실린더가 원하는 위치로 이동하여 핸드부와 고정한다. 이 후 주행축 실린더가 전진 후 실린더 내장형 센서에서 전진 완료를 확인한 후, 상·하 구동부에서 주행부를 위로 이동시켜 판유리가 핸드부와 압착이 되도록 한다. 핸드부에 있는 광센서를 이용하여 판유리의 적재 여부를 확인한 후, 주행부 실린더는 후진을 하게 된다. 다음 적재부 2-1단에 적재하기 위해서 열라인 실린더가 전진을 하여 핸드부가 이탈하는 것을 막고 중심을 잡은 후, 주행부 실린더가 위치 체인지를 하게 된다. 위치 체인지 작업이 완료된 후 주행부 실린더가 다시 전진하게 되며, 실린더 센서로부터 전진 완료 확인 후 상하 구동부가 아래로 내려가게 되어 판유리가 적재부 2-1단에 적재가 된다. 마지막으로 주행부 실린더가 후진을 하면서, 핸드부가 적재부로부터 빠져나오게 된다.

Fig. 7(a)은 적재부로부터 판유리 기판을 배출 시의 동작 순서를, Fig. 7(b)는 적재부에 판유리 기판을 적재 시의 동작 순서를 나타내고 있다.

5. 제어 설계 및 동작 flow

Fig. 8은 완성된 양방향 이송 로봇장치의 사진이다. 본 장비는 핸드부 및 적재부에 장착된 광센서(Fig. 8의 A)를 이용하여 핸드부에 판유리의 적재 여부를 판단하며, 상·하 구동부의 광센서(Fig.

Fig. 8 Fabricated full duplex robot (A,B: photo sensor)

(a) Initial position

(b) Forward movement of hand part

(c) Backward movement of hand part and driving part

(d) Change of align part & centering

(e) Forward movement of hand part and driving part

(f) Upward movement of up-down driving part

Fig. 9 Photos of transferring mechanism by full duplex robot

8의 B)는 상·하 구동부의 위치를 확인하기 위해 장착하였다. 실린더의 내장형 마그네틱 센서는 실린더가 전·후진을 완료하였는지를 판별하는 리미트 센서로 사용하였다.

Fig. 9는 제작된 양방향 이송 로봇장치의 전체적인 이송 메커니즘을 동작 순서대로 보여주는 사진들이다. 왼쪽 적재부 1에서 오른쪽 적재부 2로 판유리를 이송 시 주행부, 핸드부, 얼라인부의 동작 순서를 보여주고 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 V-가이드 베어링을 통해 슬라이딩 구조를 가지는 양방향 핸드가 디스플레이용 판유리를 적재 및 이송하는 양방향 로봇형 이송장치를 개발하였다. 양방향 로봇형 이송장치는, 판유리를 적재부에 이송함과 동시에 승강 및 주행 이동되어 판유리를 적재하므로 회전 작업이 필요치 않고, 판유리 이송과 적재 작업이 하나의 장치로 이루어졌다. 또한, 양방향 로봇의 제어를 위해 PLC를 이용하여 센서, 실린더의 입·출력제어 및 스텝 모터 제어 등을 수행하였다. 이와 같이 개발된 장비는 현 산업현장에 사용이 가능하고 기존 공정증설 및 새로운 공정라인에 기존 산업용 로봇을 대체할 수 있을 뿐 아니라, 공정라인 설계 시 양방향 로봇형 이송장치를 이용하여 공간 활용을 효율적으로 할 수 있어 생산량 증대에도 도움이 될 것으로 기대된다.

후 기

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] Ryu, S. J., Heo, J. Y., Cho, S., 2011, Development of Clamp Type Transferring Mechanism for Package Substrate's Wet Process, J. Korean Society for Precision Engineering, 28:2 193-201.
- [2] Kim, G. H., Lim, J. G., Park, A. Y., Baek, S. H., Kang, J. O., Hong, S. W., 2010, A study on high-speed turn-and-transfer system for large LCD panel, 2010 KSMTE Spring Conference, 10 101.
- [3] Chung, W. J., Jung, D. W., Kim, S. B., Yoon, Y. M., 2006, A Study on Six Sigma Robust Design of Gripper Part for LCD Transfer System, Journal of KSMTE, 15:5 65-71.
- [4] Choi, D. G., 2010, Substrate transferring device and a substrate processing system including the same, capable of improving productivity, KR Patent: 10-2010-0135626.
- [5] Oh, J. H., Jang, S. Y., 2005, Bidirectional transfer robot hand and a transfer robot using the same for saving the space by conveying glasses in parallel without rotation, KR Patent: 10-0574042-0000.