

# 비전 시스템을 이용한 고속 고정도 자동 정렬장치 연구

홍준희\*, 전경한\*, 김가규\*, 이성훈\*, 최봉열\*\*, 이연정\*\*, 이승하\*\*

\*경북대학교 대학원 전자공학과

(Tel : 053-940-8853 Fax : 053-959-7336 E-mail : thinkme@palgong.kyungpook.ac.kr)

\*\*경북대학교 전자전기공학부

(Tel : 053-950-6553 Fax : 053-959-7336 E-mail : bychoi@ce.kyungpook.ac.kr)

## A Study on High Speed, High Precision Auto-alignment System Using Vision System

Jun-Hi Hong\*, Kyung-Han Chun\*, Ga-Gue Kim\*, Sung-Hun Lee\*, Bong-Yeol Choi\*\*, Yun-Jung Lee\*\*, Seung-Ha Lee\*

\*Department of Electronics Graduate School, Kyungpook National UNIV.

(Tel : 053-940-8853 Fax : 053-959-7336 E-mail : thinkme@palgong.kyungpook.ac.kr)

\*\*Department of Electronic and Electrical Engineering, Kyungpook National UNIV.

(Tel : 053-950-6553 Fax : 053-959-7336 E-mail : bychoi@ce.kyungpook.ac.kr)

### Abstract

Recently, the research of the FPD(Flat Panel Display) which is substituted for CRT(Cathode Ray Tube) has been widely progressed. But most equipment that are used for production of FPD are expensive and we must import these equipment. Among these equipment, most important one is a auto alignment system. In this paper, we present a high speed, high precision auto alignment system, in which a PID auto tuning algorithm, 1 dimensional CCD(Charge Coupled Device) camera, vision board, and vision data processing algorithm are included.

### 1. 서론

최근 들어 노트북 컴퓨터, 소형 TV, 캠코더용 뷰파인더, 휴대용 개인정보보안장치 등에서는 점차 경량화, 평판화된 표시기를 요구하고 있다. 그러나 종래의 대표적인 표시기인 CRT는 주사선이 놓여남에 따라 그 부피가 커져 이러한 요구를 만족시킬 수 없으므로 대체 표시기로서 평판 표시기(FPD)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. FPD의 커리큘터 제조용 노광기의 경우 포토 마스크와 기판을 정밀하게 미끄른 단위 아래의 정밀도로 정렬시킨 후 노광시키는 공정이 필요하며 이 경우 비전시스템을 이용한 자동정렬장치를 마스크와 기판에 마킹되어 있는 마크를 상호 일치시키는 작업에 사용하고 있다. 또한 FPD뿐만 아니라 반도체 에이피와 마스크의 정렬공정에서도 필수적인 기술이라 할 수 있겠다. 이와 같은 자동정렬장치는 FPD나 반도체 제작이 고집적화, 미세화 되어감에 따라 높은 정밀도를 요구하며 대량생산을 위해서 고속정렬이 가능해야 한다.

본 논문에서는 지난해에 이어<sup>[4]</sup> DSP 3축 위치제어기, 비전시스템, 판리제어부를 설계하였다. 3축 위치제어기에서는 오도튜닝과 시리얼 통신 기능을 추가하였고, 비전시스템에서는 기판과 마스크의 위치오차 검출을 위해서 1차원 CCD 카메라와 비전보드를 설계하고 위치오차를 계산하는 비전 영상처리 알고리즘을 구현하였다. 판리제어부에서는 MMI 프로그램을 멀티쓰레딩으로 구현하여 디중작업을 가능하게 했다. 2장에서는 제안하는 자동정렬장치의 전체 시스템 구성과 설계를 설명하고 3장에서는 3축 위치제어기와 서보드로 그림에 대해서 설명한다. 4장에서는 비전 시스템과 오차 검출 알고리즘에 대해서, 5장에서는 사용자 인터페이스 프로그램 '차렷'에 대해서 설명한다. 6장에서는 설계된 시스템의 실험 결과를 제시하고, 마지막 7장에서는 결론을 맺는다.

### 2. 자동정렬장치 시스템의 구성

제안하는 고속 고정도 자동정렬장치는 3축의 XYθ 테이블을 설계함으로써 동하는 고속의 3축 위치제어기, FPD 평판과 마스크의 정렬상태에 대한 정보를 획득하기 위한 1차원 CCD 카메라와 회전하는 영상정보를 이용하여 평판의 정렬오차를 계산하는 비전보드, 그리고 모터의 위치 상태와 비전시스템으로부터 얻은 영상을 표시하고 직관적인 명령지시를 받는 MMI(Man Machine Interface)를 실행하는 마스터보드로 구성되었고 이런 기 모듈들은 VME 버스로 연결하여 물리적인 간섭성을 확보하고 차후에 확장이 용이하도록 한다. 그림 1은 제안하는 고속 고정도 자동정렬장치의 전체 구성도이다.

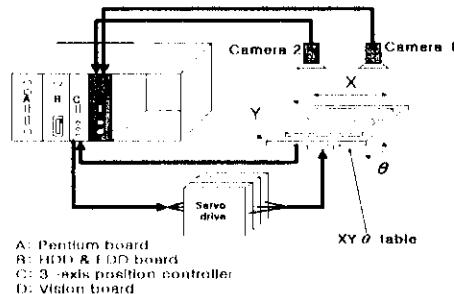


그림 1. 제안하는 고속 고정도 자동정렬 장치 구성

Fig 1. Structure of a proposed alignment system.

### 3. 3축 위치제어기와 제어기 소프트웨어

위치 제어기는 TI(Texas Instrument)사의 TMS320C30 DSP를 사용하여 3개(XYθ)의 선형 BLDC 모터로 구성된 테이블을 직진한 제어 알고리즘을 통해 직진 구동하고 모터의 상태를 온라인으로 청감하여 마스터 보드로 데이터를 전달하는 등의 작업을 실시간으로 처리한다.

그림 2의 펌웨어에서 TMS320C30은 마스터 보드로부터 전달받은 기준위치로 XYθ 테이블을 정렬하기 위해 현재 모터의 위치에 해당하는 모터의 엔코더 출력을 카운터로 계수하고 이 카운터 값은 읽어들여 위치정보를 계산한다. 이

렇게 계산된 정보를 기초로 모터에 인가될 제어 입력을 계산 후, D/A 변환기를 통해 출력하여 시보 드라이브에 인가하면 시보 드라이브는 그에 해당하는 전류를 모터에 인가하여 모터를 구동한다.

제어기 소프트웨어는 TMS320C30 위치 제어기의 시보 알고리즘 및 패널의 PC와의 통신을 위한 소프트웨어 부분이다. 정렬 작업을 시작하게 되면 모터는 원점위치(Home Position)를 설정하는 작업을 하고, 그 이후에 TMS320C30은 현재 위치를 시보 알고리즘에 의해 원점의 작업을 수행하게 된다. 제어기 소프트웨어는 TMS320C30에 내장된 2개의 디이미터 사용하며, 디이미터 1은 위치 제어루틴과 마스터모터의 통신을 위해 사용하고, 디이미터 0은 기동된 후 원점위치를 설정하기 위한 속도 제어루틴을 위해 사용한다. 또한 본 논문에서는 PID 계인을 자동으로 설정하기 위해서 Ziegler, Nichols가 제인한 auto tuning 기법을 도입했다. 그리고 VME 버스를 거치지 않고 3축 위치 제어기로 명령을 주기 위해서 9600bps의 전송 속도를 가지는 시리얼 통신을 구현했다.

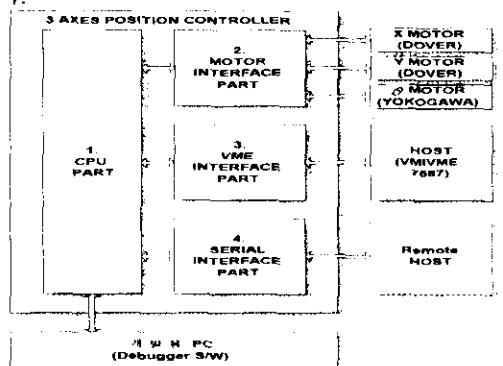


그림 2. 3축 위치 제어기 블록도

Fig. 2. Block diagram of 3 axis position controller.

#### 4. 비전 시스템

비전 시스템은 그림 3과 같이 평판의 위치오차에 대한 정보를 획득하기 위한 4개의 1차원 CCD 카메라와 회전한 영상 데이터를 처리하는 비전 보드, 평판의 위치 오차를 계산하는 비전 소프트웨어로 구성된다. 본 논문에서는 그림 4와 같이 평판마크와 마스크의 마크가 결합된 두 쌍의 영상이 필요하고 그것들에서 그림 5와 같이 X축에 대한 1차원 영상과 Y축에 대한 1차원 영상을 추출한다. 하나의 카메라 시스템은 그림 6과 같은 구조로 되어있고 한 쌍의 2차원 영상정보를 beam splitter를 사용해서 X축과 Y축의 CCD 이미지 센서에 영상정보를 전달하도록 한다.

비전보드는 카메라에서 읽어 들인 평판의 위치정보를 A/D 변환기에서 디지털 신호로 변환하여 DRAM에 저장하고, 이 메모리에 저장된 데이터를 이용해서 평판의 정렬오차를 계산하게 된다.<sup>[5]</sup> 이런 일련의 과정이 빠르게 처리되어야 하기 때문에 고속의 마이크로 프로세서인 TMS320C30을 이용하여 정렬오차를 계산하고 4개의 카메라가 동시에 평판의 위치정보를 읽어들여서 처리하는 병렬 처리 방식을 사용한다. 비전 소프트웨어에서 정렬 오차를 계산하기 위해서는 CCD 카메라에서 획득한 영상 데이터의 펌터링, 유효라인 검출, 그리고 문턱값을 추정하는 과정을 먼저 거쳐야 한다. 데이터 펌터링은 CCD 카메라에서 획득한 잡음이 섞인 데이터를 꺼내려고 만들기 위한 과정으로, 본 논문에서는 기준 데이터에서 전, 후 적당한 개수의 데이터를 평균하는 방법을 사용했다. 그림 7은 CCD 카메라에서 획득한 실제 영상 데이터이다.

펌터링을 거친 데이터는 가장 큰 값 3개를 인식해야 하는 피크(peak)값 추정 과정을 거쳐야 한다. 먼저 문턱값을 255에서 0까지 차례로 감소시키며 데이터 값이 문턱값 보다 커

지는지를 검사한다. 만약 문턱값보다 큰 값이 나오면 그것을 그룹으로 인식하여 문턱값보다 적아질 때까지를 한 그룹으로 끓는다. 이런 방법으로 우리가 원하는 3개의 그룹이 나올 때까지 문턱값을 줄여주며 스캔한다. 3개의 그룹이 나왔을 때 그 값이 의뢰의 영향일 수도 있으므로 그 값보다 조금 작은 값을 대입하여도 3개의 그룹이 되는지를 검사한 다음 그 값을 피크값으로 정한다.

그림 8은 그림 7의 실제 데이터를 펌터링과 피크치 추정을 거친 후 영상 데이터 이니.

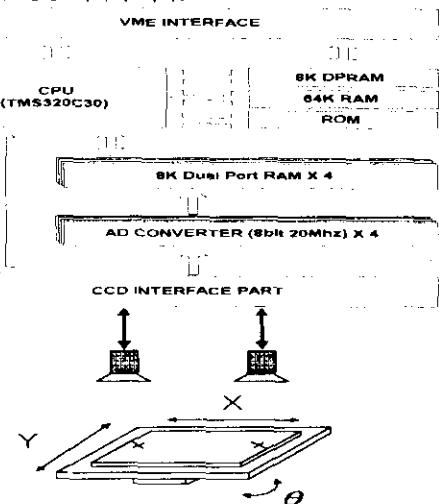


그림 3. 비전 시스템 블록도

Fig. 3. Block diagram of vision system.

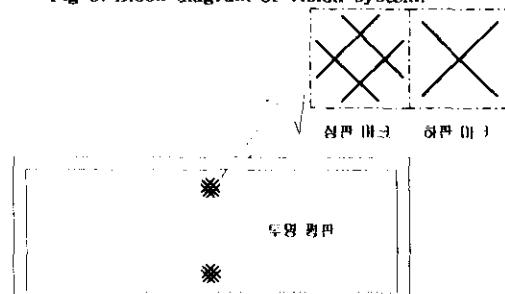
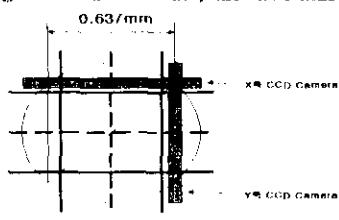


그림 4. 평판과 마스크의 마크

Fig. 4. A mark of flat panel and mask.



CCD 면적 : IGD1501  
CCD cell의 개수 : 5000 개  
cell 1bit의 값 : 7 micron  
화면화의 배율 : 14 倍  
CCD cell 1bit의 카운트값 : 7 / 14 ~ 0.5 micron

그림 5. X 축과 Y 축의 영상정보

Fig. 5. Vision data of X axis and Y axis.

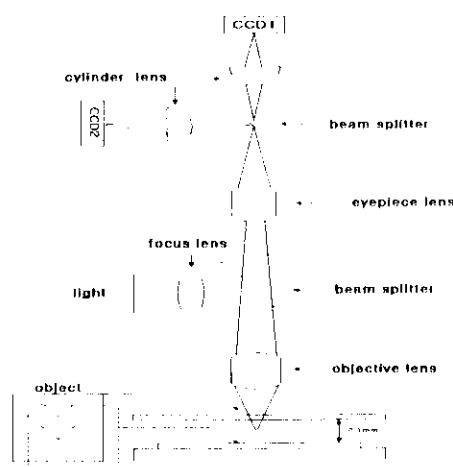


그림 6. 1차원 CCD 카메라 구조

Fig 6. Structure of 1 dimensional CCD camera.

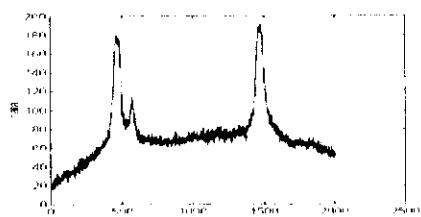


그림 7. 실제 영상정보

Fig 7. Raw vision data.

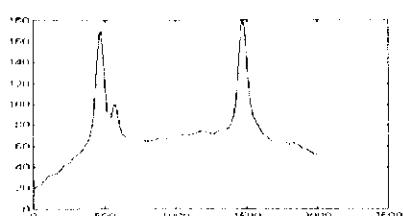


그림 8. 필터링 이후 영상 데이터 및 확장된 피크값

Fig 8. Vision data after filtering and it's peak value.

## 5. Man Machine Interface(MMI)

MMI는 Windows NT 환경에서 Visual C++로 구현되었으며 사용자가 자동 정렬장치를 구동하기 위해 명령을 주고 현재 정렬 장치의 상태를 모니터하기 위한 하나의 그래픽 사용자 환경(Graphic User Interface)이다. 그림 9는 MMI 프로그램 '차렷'의 전체 모습이다.

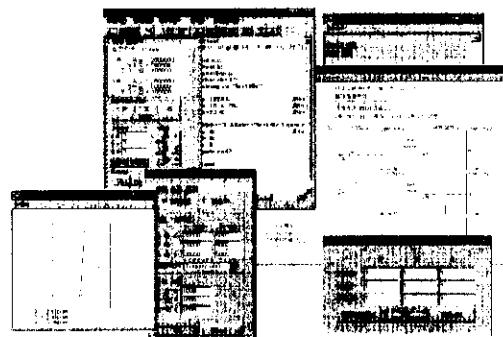


그림 9. MMI 프로그램

Fig 9. MMI program.

'차렷'은 전체 계어를 관리 감독하는 메인 화면과 모터 구동시 필요한 모터의 속도, 가속도, 단위 등을 설정하는 환경 설정창, control 모드로부터 현재 모터에 대한 정보를 받아서 그레이프으로 보여주는 모터의 현재 상태 표시창, 비전 모드로부터 평판의 X축 Y축 θ축 오차를 받아서 이를 표현하는 비전 정보 표시창, 그리고 사용자가 임의로 X, Y, θ 축 모터의 PID 개인을 세팅할 수 있도록 하는 개인 설정창으로 나눈다.

## 6. 통합실험

정렬은 XYθ 데이터를 위에 있는 평판이 선정렬(pre align)된 이후부터 시작된다. 그림 16은 평판이 선정렬 되었을 때 CCD 카메라에서 획득한 평판의 위치 정보이다. 이때 X축은 956μm Y축은 67μm θ축은 10 펄스의 오차가 있다. 그림 10에서 그림 15까지는 정렬작업이 진행되는 동안 각 축 모터의 위치와 위치 오차에 대한 그림이다. 그리고 그림 17은 정렬작업이 끝난 후 CCD 카메라에서 획득한 평판의 위치 정보이다. 본 연구는 10초 이내에 X축과 Y축은 3μm 정도, θ축은 1~2 펄스의 오차를 목표로 실행했다. 위의 실험결과를 보면 정상상태에서 X와 Y축은 1~2μm 정도의 오차가 있고, θ축은 1펄스 이내에서 오차가 있는 것을 알 수 있다.

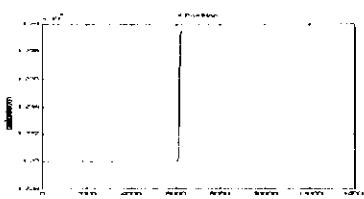


그림 10. X축 위치의 시간 응답

Fig 10. Time response of X axis position.

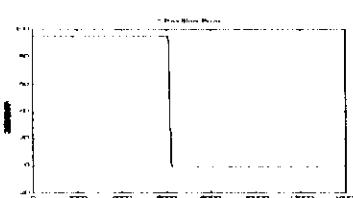


그림 11. Y축 위치의 시간 응답

Fig 11. Time response of Y axis position.

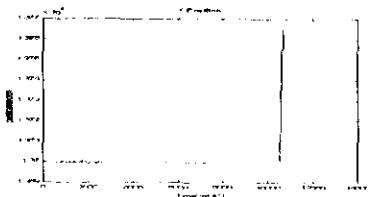


그림 12.  $\theta$  축 위치의 시간 응답  
Fig 12. Time response of  $\theta$  axis position.

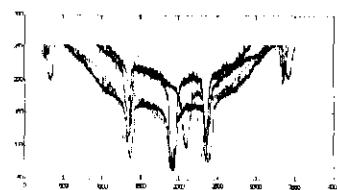


그림 16. 선정렬(pre align)된 영상 정보  
Fig 16. Pre aligned vision data.

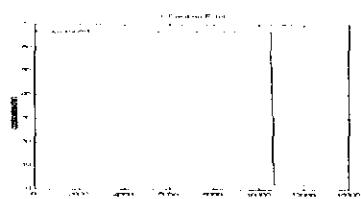


그림 13. X축 위치 오차의 시간 응답  
Fig 13. Time response of X axis position error.

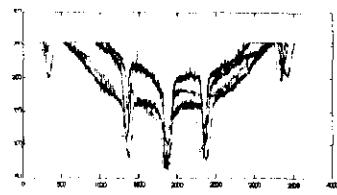


그림 17. 정렬 작업 수행 후 영상 정보  
Fig 17. Aligned vision data.

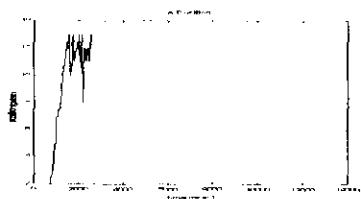


그림 14. Y축 위치오차의 시간 응답  
Fig 14. Time response of Y axis position error.

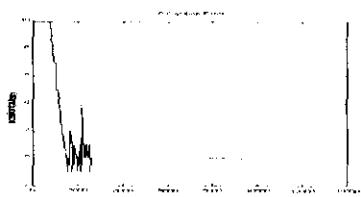


그림 15.  $\theta$  축 위치 오차의 시간 응답  
Fig 15. Time response of  $\theta$  axis position error.

## 7. 결론

본 논문에서는 고속 고정도 자동정렬 장치 개발을 위한 DSP 3축 위치제어기, 비전시스템, 관리제어부를 설계 및 제작하였다. 3축 위치제어기에서는 오토튜닝 기능을 추가하였고, 비전시스템에서는 4개의 선행 CCD 카메라와 비전보드를 설계하였다. 또한 위치오차를 계산하는 영상신호처리 알고리즘을 구현하였다. 관리제어부에서는 오피레이터와의 인터페이스와 전체 시스템의 모니터링을 위한 MMI인 ‘차렷’ 프로그램을 멀티쓰레딩으로 구현하여 다중작업을 가능하게 했다. 지금까지 제작된 시스템은 과정적으로 설계되어야 할 시스템의 구조로 완성이 되었으며 무분석적인 시스템의 동작 상태를 살피하고 수정을 가하여 정상적인 동작을 확인하였다. 그러나 기판과 카메라의 마크에 대한 정확한 영상을 얻기까지는 제작된 카메라의 세밀한 조정과 실험이 필요하다.

따라서 추후 연구에서는 이번에 완성된 시스템을 토대로 무분석으로 미비한 부분을 보완하고 카메라에 대한 실험을 중점적으로 행하여 과정적인 고속 고정도 자동정렬 장치를 완성해야 한다.

## 참고문헌

- (1) "TMS320C3x User's Guide", Texas Instrument, 1994
- (2) "고속 디기털 버스를 제공하는 VME 버스 시스템", 월간 전자과학 제 29권 제 335호, pp. 134-163, 1987
- (3) "VME 버스 설계 시리즈(2) 메모리 보드의 설계", 월간 전자과학 제 29권 제 338호, pp. 172-189, 1987
- (4) 박대현, 이성훈, 전경한, 김가규, 최봉열, 이연정, 이승하, "고속 고정도 자동정렬장치에 관한 연구", 한국자동제어학술회의 논문집, pp. 32-35, 1997
- (5) 김갑중, 김가규, 전경한, 이승하, 이연정, 최봉열, "비전시스템을 이용한 평판의 절편오차 추정", 한국자동제어학술회의 논문집, pp. 919-922, 1997
- (6) "CCD LINEAR IMAGE SENSOR", Toshiba, 1993