creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:21031-000002233944

공 학 석 사 학 위 논 문

레이저와 CCD센서를 이용한 자동차 축심 측정 장치 개발

2016년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

정보통신공학과

최 근 호

공 학 석 사 학 위 논 문

레이저와 CCD 센서를 이용한 자동차 축심 측정 장치 개발

지도교수 : 류 지 열

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2016년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

정보통신공학과

최 근 호

최근호의 공학석사 학위논문을 인준함.

2016년 2월 26일

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

주 심 공학박사 하 덕 호 (인)

위 원 공학박사 윤 종 락 (인)

위 원 공학박사 류 지 열 (인)

목 차

Abstract **iv**

제1장 서 론 ····· 1

제2장 레이저와 CCD 센서의 구조 및 동작원리 ·· 4
2.1 레이저의 구조 및 동작원리 ····· 4
2.2 CCD 센서의 구조 및 동작원리 ····· 6

제3장 측정 장치의 측정원리 ····· 9
3.1 측정원리 ····· 10
3.2 동심도 측정 ····· 11
3.3 직각도 측정 ····· 12

제4장 제안하는 DPSD 개발 ····· 14
4.1 시스템 구성 ····· 14
4.2 제어부 개발 ····· 18

제5장 결과 및 분석 ····· 25

제6장 결 론 ····· 33

참고문헌 ····· 34

그림 목차

[그림 2.1] 레이저 다이오드의 동작 원리 ····· 6
[그림 2.2] CCD 이미지 센서의 구조 ····· 7
[그림 3.1] 제안하는 DPSD의 구성 ····· 10
[그림 3.2] CCD 센서에 입사되는 레이저 광 ····· 11
[그림 3.3] 직각도 이탈에 의한 광축의 변화 ····· 12
[그림 4.1] DPDS 전체 시스템 구성 ····· 14
[그림 4.2] 레이저부 구성 ····· 15
[그림 4.3] 센서부 구성 ····· 16
[그림 4.4] 제어부 전면 ····· 17
[그림 4.5] DPSD 소프트웨어 화면 ····· 17
[그림 4.6] CCD 센서용 아날로그 구동회로 및 출력신호 ···· 19
[그림 4.7] 제어부의 AD 변환기 및 주변회로 ····· 20
[그림 4.8] CCD 센서 및 AD 변환기 구동회로 ····· 21
[그림 4.9] AD 변환기 취득 신호 주소생성 회로 ····· 22
[그림 4.10] CCD 센서 중심값 취득 개념 ····· 23
[그림 5.1] DPSD의 현장 실험환경 ····· 25
[그림 5.2] 마이크로컨트롤러 펌웨어 흐름도 ····· 26
[그림 5.3] 동심도 반복 정밀도 ····· 27
[그림 5.4] 직각도 반복 정밀도 ····· 28
[그림 5.5] 동심도 X의 이동에 대한 출력 데이터 ····· 29
[그림 5.6] 동심도 Y의 이동에 대한 출력 데이터 ····· 29
[그림 5.7] 직각도 X의 이동에 대한 출력 데이터 ····· 30
[그림 5.8] 직각도 Y의 이동에 대한 출력 데이터 ····· 30

표 목차

[표 5.1] DPSD의 주요사양 31
[표 5.2] 기존 측정 방식과의 비교 32

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

Development of Automotive Axis Centroid Measurement System
Using Laser and Linear CCD Sensor

Choi Geun Ho

Department of Information and Communications Engineering, The Graduate School
Pukyong National University

Abstract

Development of the displacement sensor is a rapidly being shifted from the contact displacement sensor to the non-contact displacement sensor. The non-contact displacement sensor is measured using the eddy-current, ultrasonic and laser, but the displacement measurement is applied to the laser and a CCD sensors in this research. to measure the matching states of the central axis of the dynamometer and the power transmission system of an automobile engine DPSD(Digital Position Scanning Device) is that are required by the automotive industry.

DPSD allows real-time measurement by informing the squareness and concentricity from the reference to the object in X, and Y coordinates. It informs workers to the engine axis, and matching steady. To inform and calibrate on-axis the squareness and concentricity, it takes a lot of time for workers.

This thesis present the development of DPSD using laser and linear CCD sensor. The proposed DPSD consists of laser unit, sensor unit and control unit. The laser unit contains fine control stage to control laser unit on the measurement unit. The sensor unit is attached on the measured system, and it contains optical system and measurement sensor to measure concentricity. The control unit is comprised of power supply, calculation and display unit of squareness/concentricity, and alarm unit to inform acceptable range of the squareness and concentricity. The proposed DPSD showed very low measurement time and cost as compared to the conventional manual technique. We believe that this system is alternative system for real time measurement in the industries.

제1장 서 론

변위센서의 발전은 접촉식 변위센서에서 비접촉식 변위센서로 그 발전이 빠르게 이루어지고 있는 실정이다. 비접촉식 변위센서는 크게 와전류, 초음파 및 레이저를 이용하지만, 본 논문에서는 레이저와 리니어 CCD센서를 이용한 화상시스템을 선택하여 기술한다. 레이저 방식은 다른 방식보다 주변 외란에 대한 영향이 적기 때문에 많이 채택되어지고 많은 발전을 이루고 있다. 따라서 레이저 변위센서는 변위센서 측면에서 적용된 이래로 비접촉식 방식으로는 가장 안정적인 측정이 가능한 센서라고 볼 수 있다. 지금까지 레이저 변위센서는 FPD, 반도체, 자동차 업계등을 포함해서 다양한 응용에서 적용되어 활용되고 있다[1-3].

기존 레이저 변위센서는 PSD 수광소자를 사용하지만 CCD 센서를 수광소자로 사용하는 CCD 센서 타입 레이저 센서로 진보되고 있다. PSD는 수광소자로 들어가는 전체 빔 스폿의 광량 분포를 이용해 빔 스폿 중심을 결정하고 이것을 대상물체의 위치로 확인한다. 하지만 광량의 분포는 대상물체의 표면상태나 외부환경에 영향을 받으므로 측정치가 변동하게 된다. 반면에, CCD 센서는 픽셀별로 빔 스폿 광량분포의 피크치를 검출하여 이것을 대상물체의 위치로 확인한다. 또한, 레이저와 CCD 센서를 이용한 기본적인 물체의 거리를 측정하는 변위센서는 고도의 기술발전이 비약적으로 발전하였지만 산업 현장에서 필요로 하는 응용에 따른 기술의 발전은 무궁무진하다고 볼 수 있다[4-6].

본 연구에서는 자동차 업계에서 필요로 하는 자동차 엔진의 동력계와 동력 전달계의 축심의 일치 상태를 측정하는 방법에 레이저와 CCD 센

서를 사용하여 측정하고자 한다. 축심 일치 상태는 진동 및 편심에 의한 소음발생과 피로손상, 내구성 저하 등의 원인이 되는 중요한 요소로서, 일반적인 경우 엔진 시험실의 엔진 베이스에 엔진 지지용 지지대를 부착하여 실험실의 가동을 중단한 상태에서 축심 일치 작업을 수행한다. 이는 작업시간의 소요 및 계측작업자의 숙련도에 의존하는 현행의 계측방법으로는 피할 수 없는 과제가 된다. 따라서 계측 작업자의 숙련도에 의존하는 것은 많은 시간과 비용이 발생하여 축심 일치 작업의 디지털 정보화가 시급한 상황이다. 축심 일치 작업은 결과적으로 두 물체간의 동심과 직각도를 일치시키는 작업으로 동력계와 동력 전달계간의 동심과 직각도를 일치시키는 작업이다[7].

본 연구에서는 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 광원으로 가시광영역의 레이저 다이오드를 사용하고, 수광센서로는 리니어 타입의 CCD 센서를 사용하여 새로운 방식인 DPSD(Digital Position Scanning Device)를 개발하고자 한다. DPSD는 1개의 레이저와 4개의 CCD 센서를 이용하여 중심점을 기준으로 동심도와 직각도의 X축과 Y축의 좌표로 작업자에게 현재의 축심 상태를 알려준다. 이 방식은 발광부에서 발생되는 레이저 광을 수광부가 감지하여 동심도를 측정하고, 수광부에 장착된 반사경(Half Mirror)에 의해 돌아오는 레이저를 다시 발광부에서 감지하여 직각도를 좌표형태로 표시해 주는 원리이다. 이를 위해, 레이저를 구동하기 위한 구동회로를 설계 및 구동하였고, 레이저 광의 데이터를 수신 및 취득하는 CCD 센서를 직접 구동할 수 있는 CPLD(Complex Programmable Logic Device)의 내부 회로 및 프로그램을 설계하고 제작하였다. CCD 센서를 통하여 획득되어 지는 아날로그 신호레벨을 AD 변환기를 이용해 디지털 데이터를 취득하고, 디지털 출력 값을 CPLD를

이용하여 SRAM에 저장하게 된다. 저장된 디지털 데이터를 마이크로프로세서 및 마이크로컨트롤러를 이용하여 삼각법 및 자체 연구한 알고리즘으로 처리하여 변위 값을 출력장치(LCD 및 7-세그먼트)에 표시하고, 다른 시스템에 RS-232통신을 이용해 변위값을 전송할 수 있는 시스템을 제안한다[7-8].

본 논문의 2장에서는 DPSD에 사용될 레이저와 CCD 센서의 동작원리 및 종류에 대해 간단히 기술하고, 3장에서는 DPSD에서 1개의 레이저를 이용해 취득되는 동심도와 직각도의 측정원리를 설명한다. 4장에서는 제안하는 DPSD를 구동하기 위한 전원, 센서구동, 센서신호 취득, 신호처리, 통신 등의 측정 장치 개발에 대해 설명하고, 5장에서는 측정결과 및 분석을 기술하고, 마지막으로 6장에서는 결론과 함께 향후 연구 방향에 대해 간략히 서술한다.

제2장 레이저와 CCD 센서의 구조 및 동작원리

이 장에서는 일반적인 레이저와 CCD 센서의 종류 및 동작원리를 알아보고 주요 성능 지수 및 수식에 대해 간단히 서술한다. 그리고 본 연구에서 설계 및 구현에 사용한 레이저 및 CCD 센서의 구조와 동작원리에 대해 설명한다.

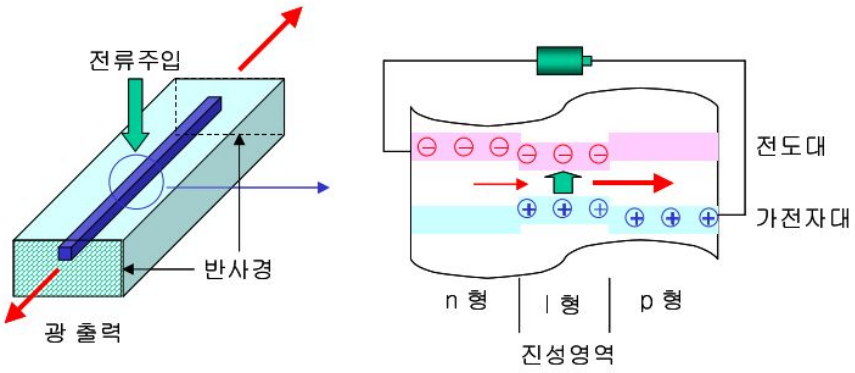
2.1 레이저의 구조 및 동작원리

레이저는 크게 기체/고체 레이저와 반도체 레이저로 구분할 수 있다. 기체/고체 레이저는 다양한 종류와 응용분야에 적용할 수 있지만 가격이 비싸고 넓은 설치장소가 요구되며 소비전력이 크고 대형 냉각장치가 요구된다. 이에 반해 반도체 레이저는 소형이며, 대량 생산에 의한 저가격을 꾀할 수 있지만, 장시간에 걸친 소재 개발 및 대규모 시설투자가 요구되기도 한다[9].

반도체 레이저는 반도체 내에서 전자의 광학천이에 의한 광자의 유도방출을 이용한 광파의 발진기 및 증폭기를 총칭하는 의미로 1960년대에 도입되었다. 레이저는 광학관련 분야에 큰 전환점을 불러 일으켰으며, 최근에는 모든 산업분야에 적용되어 지고 있다. 특히 반도체 레이저 다이오드는 부피 및 성능이 뛰어나고, 가격적인 면과 실용적인 면에서 많은 장점이 있다. 본 논문에서는 이러한 장점들로 인해 반도체 레이저 다이오드를 사용하였고, 이에 대한 특성을 간략히 살펴보기로 한다. 반도체 레이저 다이오드는 PN접합을 이용하는 구조로 매우 간단하여 소

형이고 경량이므로, 적용이 용이하고 대량생산으로 가격이 저렴한 편이다. 또한 수명이 길어 신뢰성이 높고, 저 전류와 저 전력 동작에 의한 직접 여기가 가능하다. 일반적인 트랜지스터와 호환이 가능하고, 전기에너지에서 빛에너지로의 에너지 변환 효율이 높다. 또한 직접 여기시키는 변조도가 10GHz 이상의 주파수로 동작되므로 고속으로 동작하는 광통신 응용에도 적합하고, 고속 측정모드에서의 적용이 가능하다. 레이저와 전자적인 소자를 한 개의 칩에 제작시키는 광전 직접 회로의 구현이 가능하고, 출력되는 광의 형태를 여러 가지 광학계와 여러 형태의 빛으로 출력이 가능하여 좁은 영역 및 넓은 영역의 적용이 가능하다[10].

그림 2.1은 레이저 다이오드의 동작원리를 나타낸 것이다. 이러한 소자의 동작원리는 그림 2.1의 오른쪽 그림에 나타낸 것처럼 PIN 다이오드에 순방향 전압을 걸어줌으로써 진성 영역에 전자와 정공을 공급하게 된다. 전자와 정공이 진성 영역에 모이면서 서로 결합하여 밴드 갭 에너지 차이에 해당하는 만큼의 광자(Photon)를 발생하게 된다. 레이저 다이오드의 광 출력 부위는 반사경으로 이루어져 있고 반사경은 레이저 공진기를 구성하는 주요소이다. 진성 영역에서 발생하는 빛이 반사경 사이를 왕복 진행하면서 광 증폭이 되고 그 일부를 반사경 밖으로 출력하는 것이다. 따라서 반사경은 100% 반사율 보다는 작게 되고 투과율이 0% 이상이어야 한다[9].



[그림 2.1] 레이저 다이오드의 동작 원리

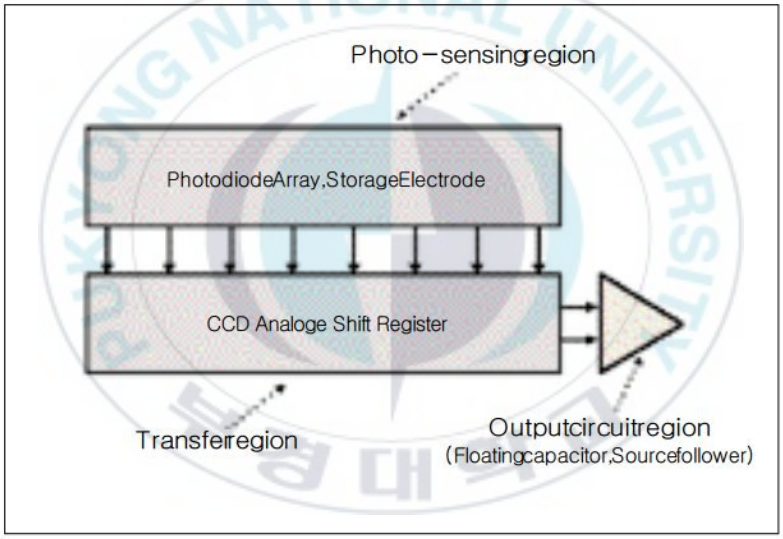
2.2 CCD 센서의 구조 및 동작원리

인간의 오감 중 시각 정보 획득을 위한 기술 개발은 1960년대 말부터 시도되었다. 이른바 디지털 영상 구현기술은 1970년에 CCD(Charge Coupled Device)기술이 소개되고, 70년대 중반부터는 상업적으로 CCD 센서가 개발되기 시작하면서부터 본격화되고 있다. 2000년대에 접어들면서 인터넷과 멀티미디어라는 정보화 시대를 맞이하여 폭발적으로 그 용도 또한 넓어지고 있다. 본 논문에서는 CCD 센서를 산업현장의 측정 시스템에 적용하였다. 미세화 기술에서도 5㎛이하의 화소가 실현된지 오래되었으며 이미지 크기의 소형화 등 센서의 성능이 현저히 향상되고 있다[6].

CCD 센서는 전하결합소자라고 하며, 대표적인 사용방법에 대한 분류로 Line image sensor와 Area image sensor로 사용되어 왔다. 광전변화 소자의 하나로, 조사된 빛의 강약에 대한 광학상을 그 강약에 따른 신호전하로 변환하는 동작을 한다. 전하의 신호전압으로의 변환은 수평

CCD의 출력부에서 행한다. 이와 같이 CCD는 빛의 양을 전기적인 신호로 변환해 주는 소자이다[11].

CCD 센서의 내부구조는 크게 Photo-sensing region, Transfer region 및 Output-circuit region의 세부분으로 나누어진다. 이것을 간단히 그림으로 표시하면 그림 2.2와 같다. 그림 2.2에서 볼 수 있듯이 외부에서 들어온 빛은 Photo-sensing region에서 감지되고, Transfer region으로 그 신호가 이동한 다음 Output-circuit region으로 전달되는데, 이 때 전압이나 전류 신호로 변환된다.



[그림 2.2] CCD 이미지 센서의 구조

CCD는 신호전하를 전송하는 구조에 따라 Interline형 CCD, Frame Interline형 CCD, Frame Transfer형 CCD 및 축적부를 갖지 않는 Frame Transfer형 CCD로 구분할 수 있다[4].

본 논문에서는 리니어 CCD 센서를 사용하였다. 이는 일반적인 카메

라에 사용되는 면적형의 CCD 센서와는 달리 2,048개의 픽셀을 일렬로 정렬하여 빛을 수광하는 방식으로 레이저를 이용한 변위센서에 사용하기에는 최적의 조건을 갖추었다고 볼 수 있다.

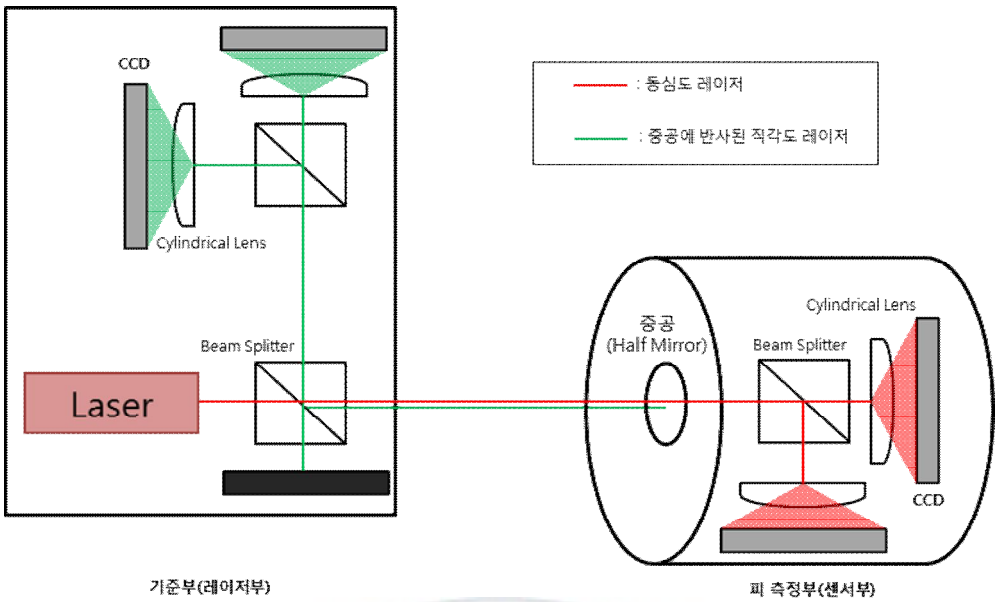
PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

제3장 측정 장치의 측정원리

미소변위 측정장치가 적용된 자동차 엔진 축심 일치 시스템에 있어 자동차 엔진의 동력계와 동력 전달계의 축심 일치는 진동 및 편심에 의한 소음발생과 피로 손상, 내구성 저하등의 원인이 되는 중요한 요소이므로, 레이저 미소변위 측정장치는 동력계와 동력 전달계의 축심의 일치 여부, 즉 동심도 및 직각도를 계측하기 위하여 다음과 같은 방법을 사용한다.

기존에 엔진 시험실에서 작업자가 다이얼 게이지를 이용하여 축심 일치 작업을 해오던 방법을 대체하여 마스터 대차를 이용하여 엔진 시험실과 마스터 룸의 하부장치를 동일조건으로 세팅하고, 같은 방법으로 엔진 대차도 마스터 대차와 같은 조건으로 하부를 세팅한다. 상기와 같이 동일한 조건을 가진 대차를 마스터 룸에서 레이저 광원과 CCD 센서에 의한 미소변위 측정장치를 사용하여 축심 일치작업을 진행한다.

이 방식에 사용된 미소변위 측정 장치는 그림 3.1과 같이 발광부에서 나오는 레이저를 수광부가 감지하여 동심도를 표시하고, 수광부의 중공에 장착된 반사경에 의해 돌아오는 레이저를 다시 발광부에 설치된 CCD 센서에서 감지하여 직각도를 좌표로 표시하는 원리이다. 따라서 본 연구에서 제안하는 방식을 통해 미소변위 측정 시스템을 이용한 축심 정렬 작업은 엔진 실험실이 아닌 별도의 공간인 마스터 룸에서 이루어져 엔진 시험실의 가동률을 향상시키며, 실시간으로 동심도와 직각도의 좌표를 알려주기 때문에 기존의 측정방법보다 시간단축의 효과는 물론 계측 작업자의 숙련도에 의존한 문제점을 개선할 수 있다[3].



[그림 3.1] 제안하는 DPSD의 구성

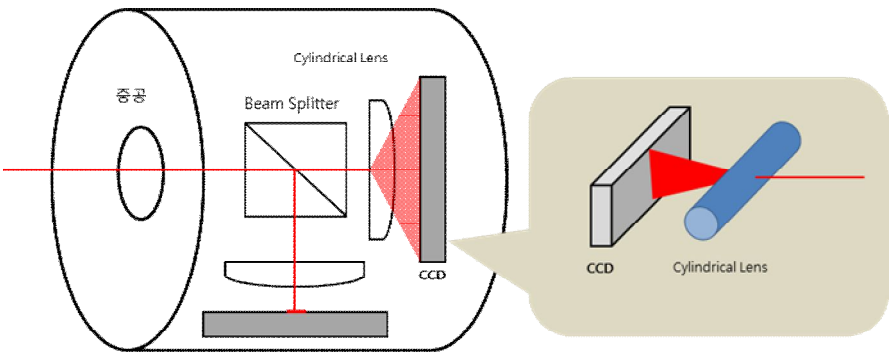
3.1 측정원리

미소변위 측정 장치는 직선상에 2,048개의 미소한 광전 센서가 조밀하게 배열된 CCD 센서에 입사되는 레이저 광의 분포중 일정 광량을 초과하는 영역의 중심점을 자동으로 출력하는 전자 계측 장치이다. 미소변위 측정장치는 1㎛이하의 분해능과 14㎛의 정밀도를 가지도록 설계되었다. 미소변위 측정 장치는 중심점을 기준으로 입사광이 양의 방향과 음의 방향으로 이동하였을 때, 거리로 환산하여 각각 '+' 및 '-'로 표시하고, 7-세그먼트형 LED, LCD 및 RS-232를 통한 PC로의 전송을 통해 작업자가 인지할 수 있게 한다[3-4].

3.2 동심도 측정

그림 3.2와 같이 기준부로부터 전달되어진 평행 레이저 광은 피 측정부(센서부)에 부착된 센서부에 입사된다. 레이저 광이 피 측정부의 중심에 존재하는 원형의 중공에 입사되어 통과되면 측정 영역 2mm내에 정렬되기 때문에 측정이 가능한 것으로 간주할 수 있다. 이 때, 중공에 설치된 반사경에서 광량의 50%는 피 측정부의 내부로 통과시키고, 나머지 50%는 다시 반사를 시키게 된다.

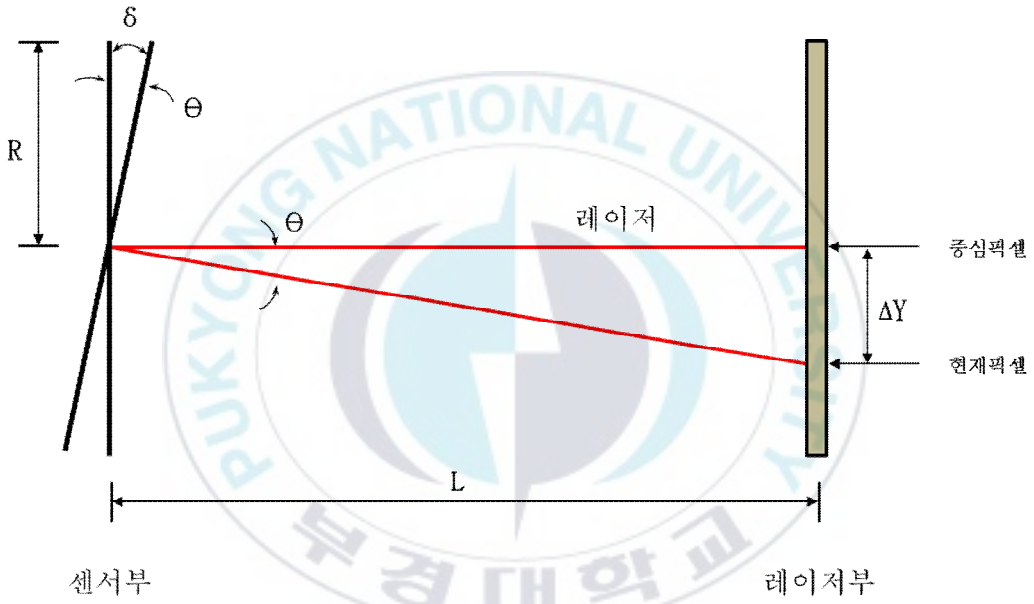
피 측정부에 입사된 레이저 광은 광 분할기(Beam Splitter)에 의하여 다시 50%는 세로방향으로, 나머지 50%는 가로방향으로 정렬된 실린더형 렌즈(Cylindrical Lens)를 통과하여 CCD 센서에 측정이 유리하게 포인트형의 광을 '1'자형으로 변형시켜 입사하게 된다. 다시 말해, 실린더형 렌즈를 통과한 레이저 광은 그림 3.2와 같이 종축 방향만의 변위를 인지하게 되며, 이러한 원리에 의해 레이저광의 미소변위의 발생 즉, 위치변환 기준 축과 조립축의 동심도 이탈정도를 정량적으로 측정할 수 있다[3].



[그림 3.2] CCD 센서에 입사되는 레이저 광

3.3 직각도 측정

피 측정부 정공에 부착된 반사경을 통해 레이저 광중에 50%는 다시 기준부(레이저부)로 반사되어 돌아오게 된다. 이 반사광은 레이저부의 광 분할기에 의하여 두 개의 CCD 센서에 입사된다. 직각도의 이탈에 의한 광축의 변화를 그림 3.3에 나타내었다.



[그림 3.3] 직각도 이탈에 의한 광축의 변화

피 측정부의 반사면과 레이저부 간의 양축간 거리를 L, 직각도를 측정하는 원의 반경(여기서는 센서부의 직경)을 R, 광 분할기에 반사되는 레이저의 각도를 θ, 직각도를 측정하는 지점의 편차를 δ, 미소변위 측정장치에 입사되는 레이저 광의 중심위치를 Y라고 하면 식(3.1)과 같이 표현할 수 있다.

$$\tan\theta = \frac{Y}{L} = \frac{\delta}{R} \tag{3.1}$$

이 식을 편차에 관한 식으로 정리하면, 식(3.2)와 같이 표현할 수 있다.

$$\delta = R \times \frac{Y}{L} \tag{3.2}$$

본 연구에서 제안하는 시스템은 자체 계산하여 좌표를 표시한다. 한편, 설치 시에는 L을 인지하여 설치를 해야 하며, 신호처리 과정에서 L의 수치를 대입하여 정확한 직각도를 나타내어야 한다[3].

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

제4장 제안하는 DPSD 개발

4.1 시스템 구성

본 연구에서 제안하는 DPSD는 그림 4.1과 같이 레이저부, 센서부 및 제어부로 구성되어 있다. 레이저부는 측정부에 안착되며, 레이저부를 조절할 수 있는 미세조정 스테이지가 포함되어 있다. 레이저부에는 미세조정 스테이지상에 레이저 및 평행도 계측용 센서가 내장되어 있어 평행한 레이저 광을 발광하면서 센서부의 중공에 부착된 반사경으로부터 반사된 광의 경로를 측정하여 직각도를 측정하게 된다. 센서부는 피측정체에 부착되며, 볼트를 이용해 탈착이 용이하도록 제작하였다. 내부에는 광학계와 동심도 계측용 센서가 내장되어 있어 레이저부로부터 입사된 레이저 광의 경로를 계측하여 동심도를 측정하게 된다. 제어부는 전원 공급장치와 동심/직각도 계산 및 표시장치, 동심도 및 직각도 허용범위를 알리는 알림장치 등을 내장하고 있다.

[그림 4.1] DPSD 전체 시스템 구성

레이저부와 센서부는 3장에서 그 구조를 설명하였으므로 이 장에서는 제어부를 중점으로 설명한다.

DPSD의 레이저부는 그림 4.2와 같이 구성되어 있다. 반도체 레이저는 측정의 소스가 되는 레이저 광을 발생시키는 역할을 하며, 콜리 메이트 렌즈는 레이저 광의 평행 조정을 담당하게 된다. 그리고 광 분할기는 입사된 레이저를 직각도의 X축 측정과 Y축 측정을 위해 레이저 광을 분할해 주는 역할을 하며, 실린더형 렌즈는 포인트 형의 레이저 광을 세로 '1'자형 레이저 광으로 변환하여 CCD 센서가 광을 측정하기 용이하도록 해준다.

[그림 4.2] 레이저부 구성

센서부는 그림 4.3과 같이 구성되어 있으며, 레이저부와 구성상의 가장 큰 차이점은 센서부 중공에 반사경이 부착되어 있다는 점이다. 반사경에 의해 한 개의 레이저 광을 이용하여 모든 동심도/직각도 측정이 가능하다. 따라서 제작 시 반사경이 최대한 평행하게 부착되도록 세심

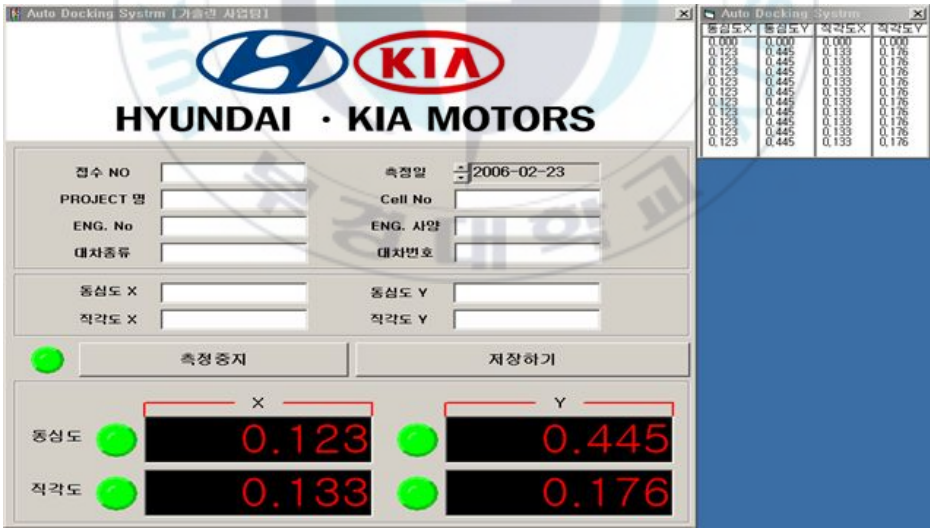
한 설계가 필요하다. 나머지 구성으로는 광 분할기, 실린더형 렌즈 및 CCD 센서가 있으며 레이저부의 구성과 동일하게 구성되어 동심도를 측정하게 된다.

[그림 4.3] 센서부 구성

그림 4.4는 제어부를 나타낸 것이다. 제어부에는 반도체 레이저를 구동할 수 있는 구동회로와 CCD 센서 및 데이터를 저장할 수 있는 주소 생성회로를 CPLD에 내장하고 있고, 전체 프로세서를 제어할 수 있는 마이크로프로세서가 내장되어 있다. 뿐만 아니라, 동심도와 직각도를 디스플레이할 수 있는 디스플레이부를 7-세그먼트로 표현하였다. PC와의 통신을 위해서 선택할 수 있는 스위치가 내장되어 있어 PC로 업로드를 할 수 있다.

[그림 4.4] 제어부 전면

그림 4.5는 DPSD의 소프트웨어 화면을 나타낸 것이다. 소프트웨어는 DPSD의 제어부에서 RS-232를 통해 PC로 업로드된 디지털 계측 정보를 작업자에게 다시 각인시키는 동시에 축심 일치 정보의 저장 및 관리가 가능하게 C++을 이용하여 제작하였다.



[그림 4.5] DPSD 소프트웨어 화면

4.2 제어부 개발

DPSD의 제어부에는 4개의 신호처리보드와 1개의 메인보드로 구성되어 있다. 신호처리 보드는 반도체 레이저의 구동전원을 공급하고, CCD 센서의 데이터를 저장할 수 있는 주소생성회로를 CPLD에 내장하고 있으며, 전체 프로세서를 제어할 수 있는 마이크로컨트롤러가 내장되어 있다. 신호처리 보드는 4개의 CCD 센서 간의 상호 잡음을 제거하기 위하여 각각의 CCD 센서별로 4개를 내장하였다.

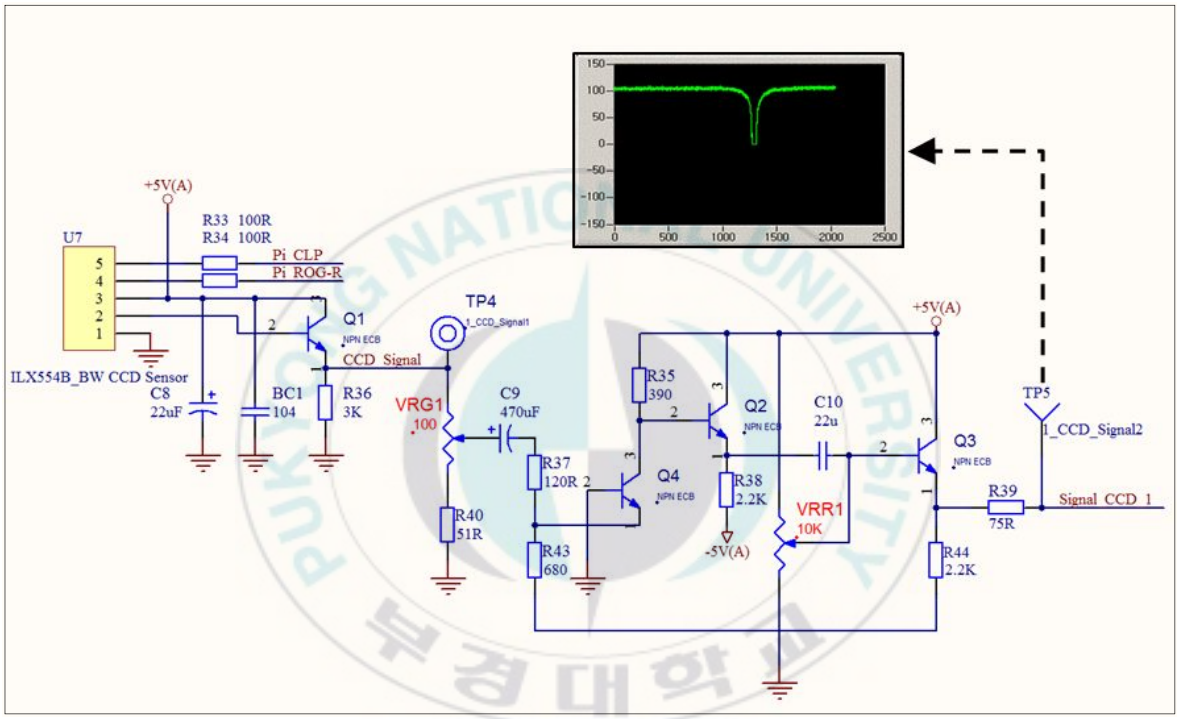
메인보드는 4개의 신호처리 보드로부터 좌표데이터를 수신받아 종합하여 7-세그먼트를 이용한 좌표 표시 및 PC와의 통신을 처리하게 된다.

사용자에게 가장 중요한 역할을 수행하는 제어부 개발에 대해 설명하도록 한다.

신호처리 보드에는 CCD 센서를 구동하고, CCD 센서로부터 입력되는 아날로그 신호를 처리할 수 있는 CCD 센서를 위한 아날로그 구동회로가 내장되어 있고, CCD 센서 전용 AD 변환기, 변환된 디지털 신호들을 취득하는 CPLD와 신호처리 알고리즘이 적용 가능한 MCU가 포함되어 있다.

CCD 센서는 리니어 B/W CCD 센서인 ILX554B를 사용하였고, CCD 센서는 5핀 커넥터를 이용하여 인터페이스 하였다. CCD 센서를 구동하기 위한 회로는 그림 4.6과 같이 5V의 전원을 공급하고, Pi_CLP와 Pi_ROG-R 단자에 클럭과 동기 신호를 공급하여 준다. CCD 센서는 클럭과 동기 신호에 따라 아날로그 출력신호가 발생되면 그림 4.6의 VRG1을 이용하여 신호 이득을 조정하고, VRR1을 이용하여 기준 전압

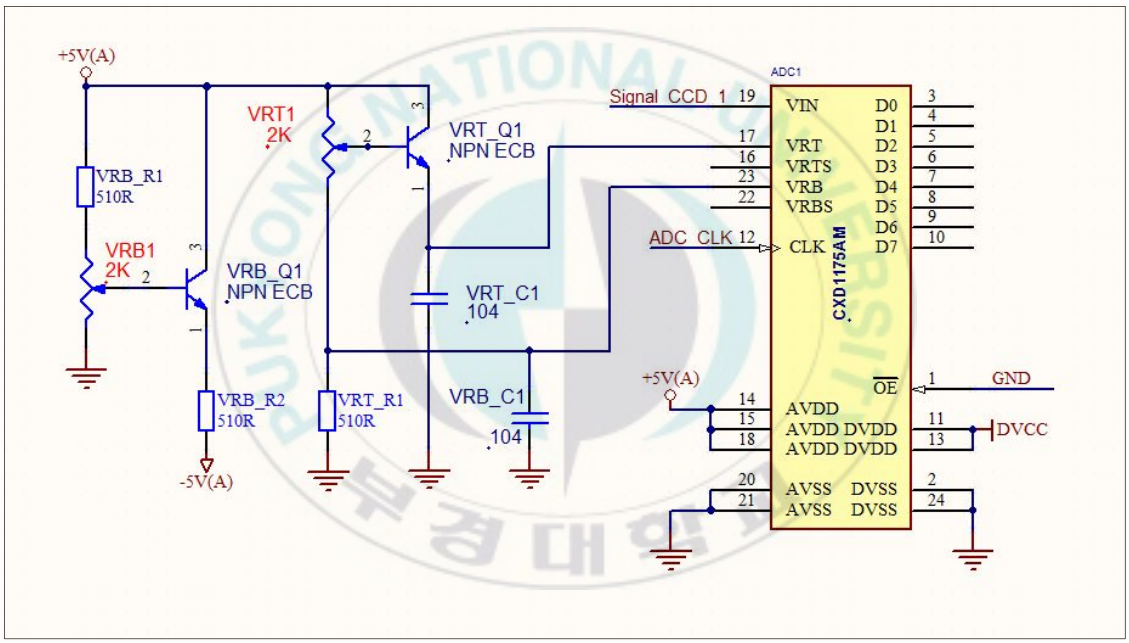
을 설정하여 준다. 이 때, CCD 센서의 출력 신호는 레이저 광의 광량상태 및 외란에 의해 일정하지 않으므로 TP5를 통해 CCD 센서의 출력신호를 그림 4.6의 출력신호와 같이 안정적인 신호가 되도록 설정을 하여야 한다. 안정화된 CCD 센서의 출력 신호는 CCD 센서 전용 AD 변환기의 아날로그 입력으로 연결되어 디지털 데이터로 변환된다[12].



[그림 4.6] CCD 센서용 아날로그 구동회로 및 출력신호

그림 4.7은 CCD 전용 AD 변환기의 구성을 나타낸 것이다. 안정화된 CCD 센서의 출력신호는 CCD 센서 전용 8비트 CMOS AD 변환기 CXD1175AM를 이용하여 AD 변환을 한다. 레이저 광에 의한 CCD 센서 출력신호는 레이저 광량과 외란에 의해 출력되는 신호의 최저레벨 및

최고레벨에 잡음신호가 포함되기 쉽다. 따라서 CXD1175AM은 외부 회로를 통하여 입력 신호의 최대값과 최소값에 대한 설정이 가능한 기능을 포함하고 있다. 그림 4.7의 VRB_Q1을 이용하여 최소값을 설정하고, VRT_Q1을 이용하여 최대값을 설정하여 잡음성분의 포함이 우려되는 최소레벨과 최대레벨의 신호를 제외하고 잡음성분이 적은 신호영역만을 AD 변환하여 CCD 센서의 아날로그 출력 신호를 디지털 데이터로 취득한다[13-15].



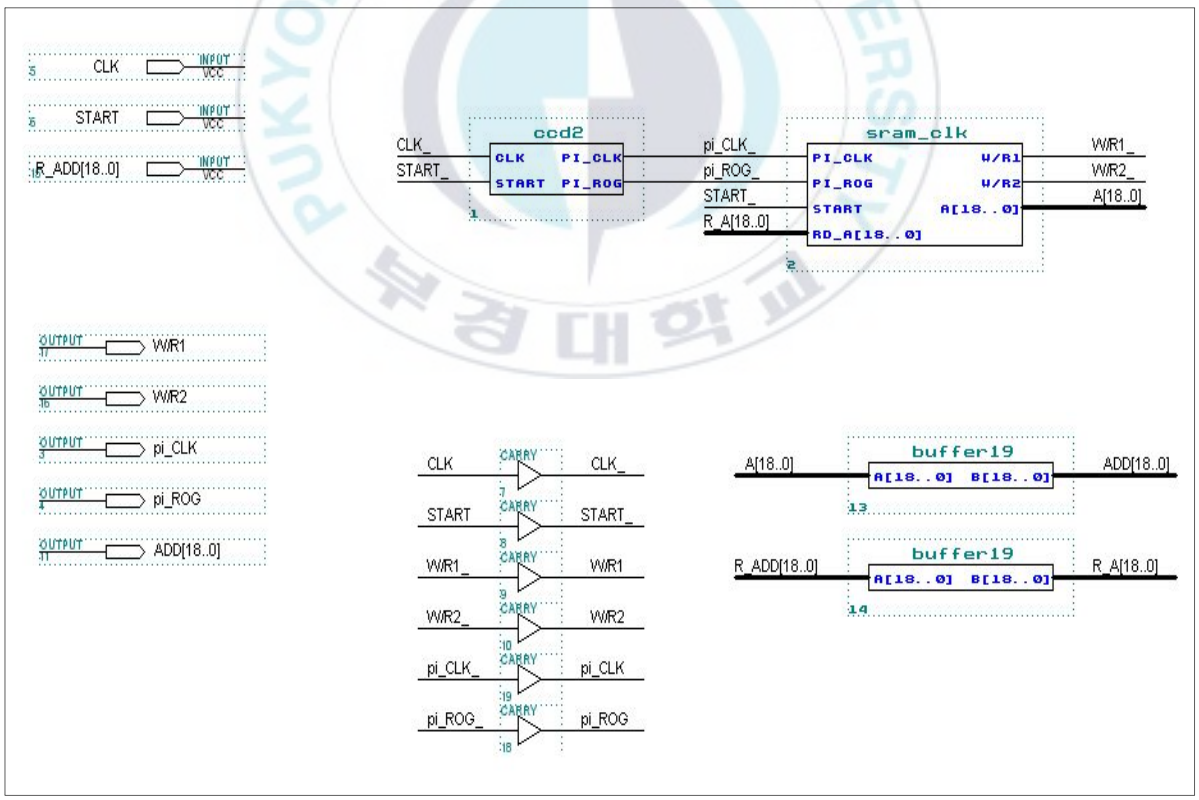
[그림 4.7] 제어부의 AD 변환기 및 주변회로

AD 변환기는 CPLD(EPM7128SLC84)에서 발생되는 동기 클럭을 이용하여 변환결과를 출력하게 된다. 여기서 CPLD는 AD 변환기의 출력 데이터를 SRAM에 저장하고, AD 변환기 및 CCD 센서의 구동 신호를 만들어내는 중요한 역할을 수행한다. 신호처리 보드의 전체적인 타이밍

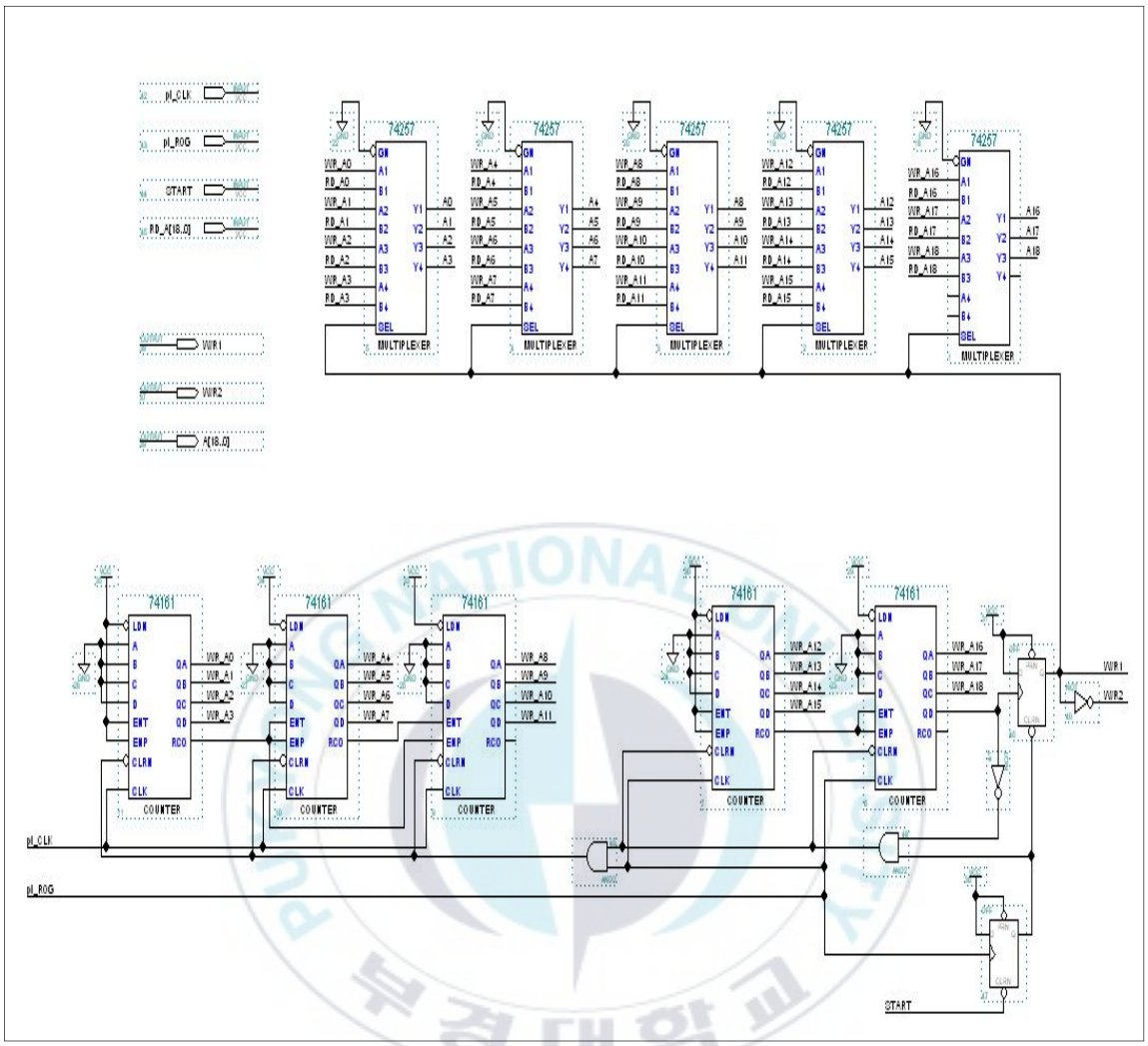
제어는 마이크로컨트롤러가 제어하지만, 그 수행은 CPLD가 하게 된다.

CPLD는 마이크로컨트롤러에서 시작신호를 입력받아 AD 변환기에서 출력되는 디지털 신호를 SRAM에 쓰고, 종료신호를 마이크로컨트롤러에게 출력하게 된다. 이 때, 종료신호를 입력받은 마이크로컨트롤러가 SRAM에 저장되어 있는 CCD 센서의 데이터를 처리하기 위해 어드레스를 발생시키며, 필요한 주소의 데이터 읽기를 수행할 때 디코더 역할을 하는 논리회로를 포함한다.

그림 4.8은 CCD 센서 및 AD 변환기를 구동하는 구동회로를 나타내었으며, 그림 4.9는 AD 변환기의 출력 신호를 SRAM에 쓰기작업을 수행하는 CPLD 내부 논리회로를 나타낸 것이다.



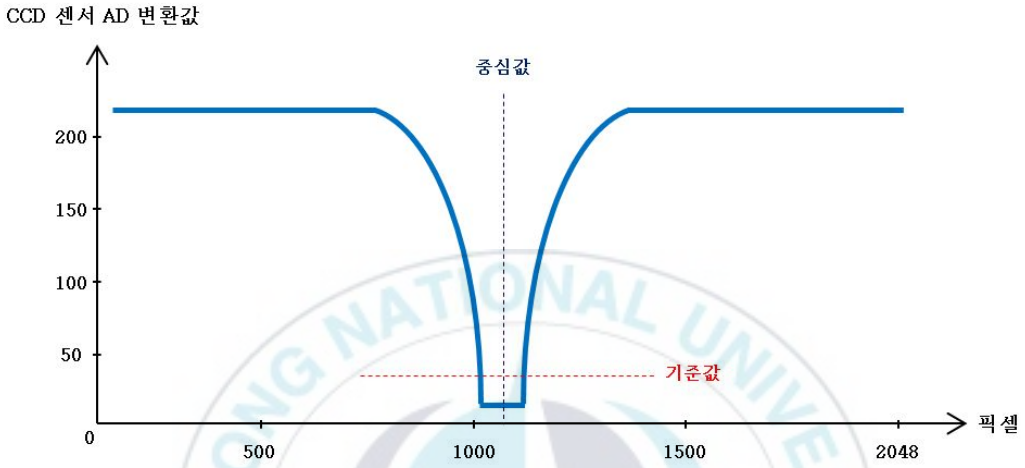
[그림 4.8] CCD 센서 및 AD 변환기 구동회로



[그림 4.9] AD 변환기 취득 신호 주소생성 회로

마이크로컨트롤러는 CPLD에 의해 쓰여진 CCD 센서의 출력 데이터를 SRAM으로 부터 읽어온다. 이 때, 마이크로컨트롤러는 2,048개 픽셀을 단위로 1프레임씩 그 정보를 읽어온다. 그림 4.10에서 보는 바와 같이 데이터를 읽어 들일 때, 미리 정해둔 기준값을 이용하여 기준값보다 낮은 CCD 센서의 AD 변환값이 감지되면 유효픽셀로 인식하게 된다. 유

효픽셀이 1개가 되면 이상적인 시스템이 될 수 있겠지만, 레이저 광의 한계와 외란 및 전기적 잡음 때문에 1개가 되기 힘들다. 따라서 일반적으로 수십 개의 픽셀이 존재하는 유효픽셀 내에서 정중앙에 위치하는 픽셀이 중심값이 된다.



[그림 4.10] CCD 센서 중심값 취득 개념

중심값을 도출하게 되면 이는 레이저 광의 중심에 해당하는 위치라고 판단해도 무관하게 된다.

가장 이상적인 DPSD 시스템은 상기내용에서 언급했던 바와 같이 유효픽셀의 수가 1개가 되는 것이다. 하지만 레이저 광의 특성과 외란 및 전기적 잡음 때문에 이상적인 시스템을 구현하기가 어렵다. 따라서 중심값을 도출하기 위해 마이크로컨트롤러는 기준값을 정하며, 중심값을 레이저광과 보드의 튜닝상태에 따라 5~10번을 연속으로 취득 후, 그 값을 더하고 그 평균한 값을 이용하여 더욱 안정적이고 정확한 중심값을 도출하게 된다[3].

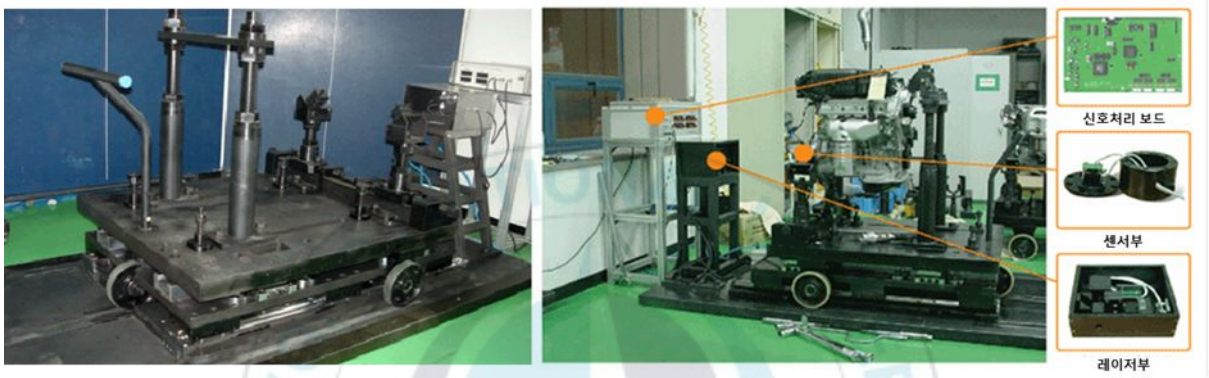
이렇게 도출된 안정적인 중심값을 식 (3.1) 및 식 (3.2)의 Y변수에 대입하여 변위변환 알고리즘을 적용함으로써 변위값으로 변환하고 RS-485 통신을 이용하여 메인보드로 전송한다.

메인보드는 4개의 RS-485통신 단자를 이용하여 마스터로써 동심도 X, 동심도 Y, 직각도 X 및 직각도 Y에 해당하는 각각의 신호처리 보드로부터 변위값을 실시간으로 수신한다. 수신된 변위값은 4개의 7-세그먼트를 제어하여 작업자에게 변위에 대한 정보를 알려주고, RS-232통신을 이용하여 PC로 변위값을 업로드 한다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

제5장 결과 및 분석

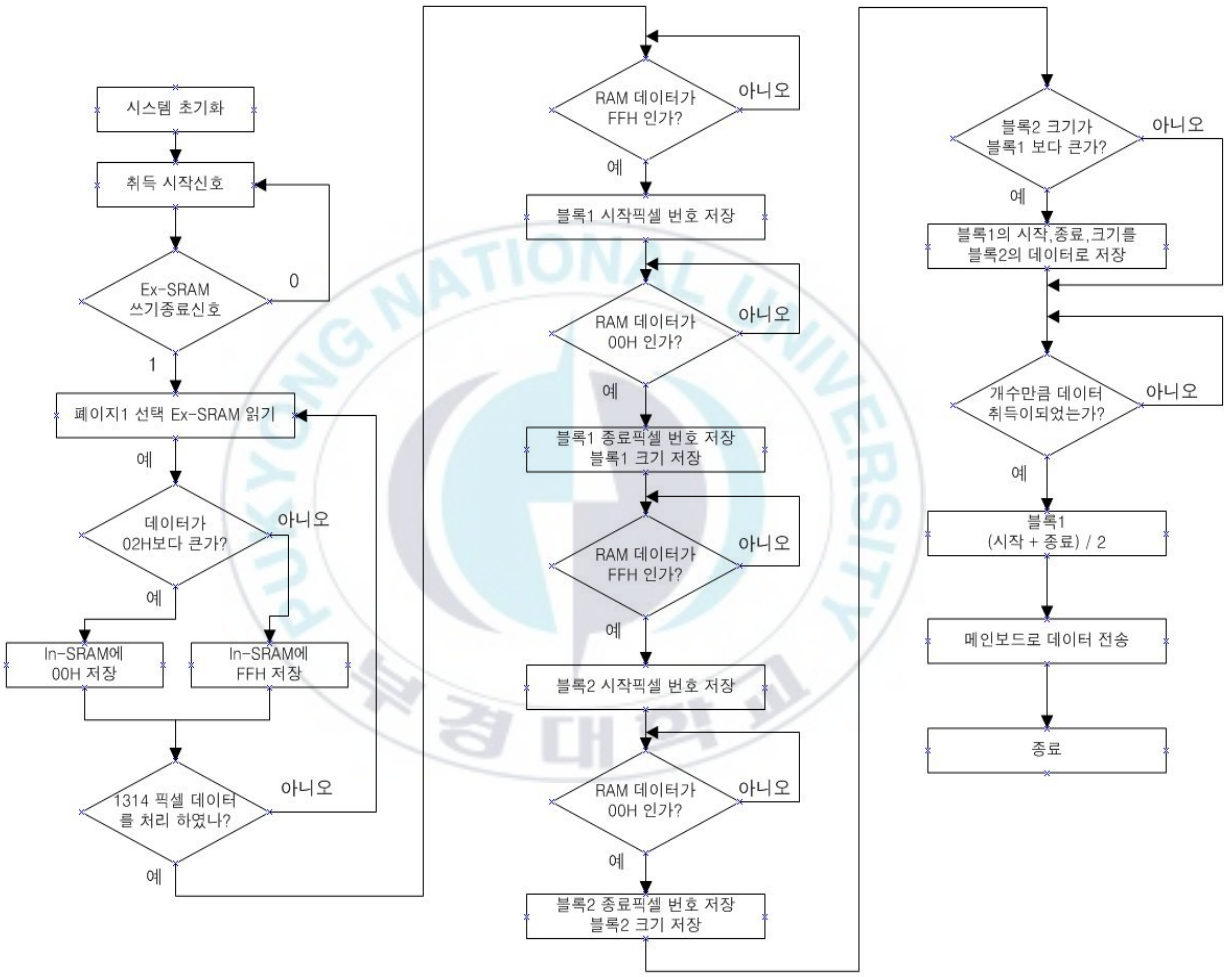
제작 완성된 DPSD를 그림 5.1과 같이 실험 베이스에 레이저부와 엔진에 센서부를 설치하여 엔진 대차의 탈착을 통해 반복 정밀도 및 실제 변위데이터 획득을 통해 DPSD의 성능을 실험하였다.



[그림 5.1] DPSD의 현장 실험환경

엔진의 축심 일치 작업은 그림 5.1과 같이 베이스위에 엔진 이동용 대차를 이동 후 고정하여 엔진의 축심을 일치시킨다. DPSD의 실험은 엔진 이동용 대차를 DPSD가 설치된 베이스에 고정하여 DPSD의 표시 내용을 통해 축심 일치 작업을 진행한 후 기존의 다이얼 미터를 이용한 일치 상태를 점검하여 계측상의 차이가 없음을 확인한 다음, 엔진 이동용 대차를 베이스에서 여러 번 탈착하고 DPSD를 초기화하면서 반복 정밀도를 측정하였다. 계측기에 있어서 반복 정밀도는 가장 중요한 지표 중에 하나이기 때문이다. 그리고 100㎛씩 센서부를 동심도와 직각도에 해당하는 방향으로 이동시키면서 픽셀의 중심값에 대한 정보를 취득하

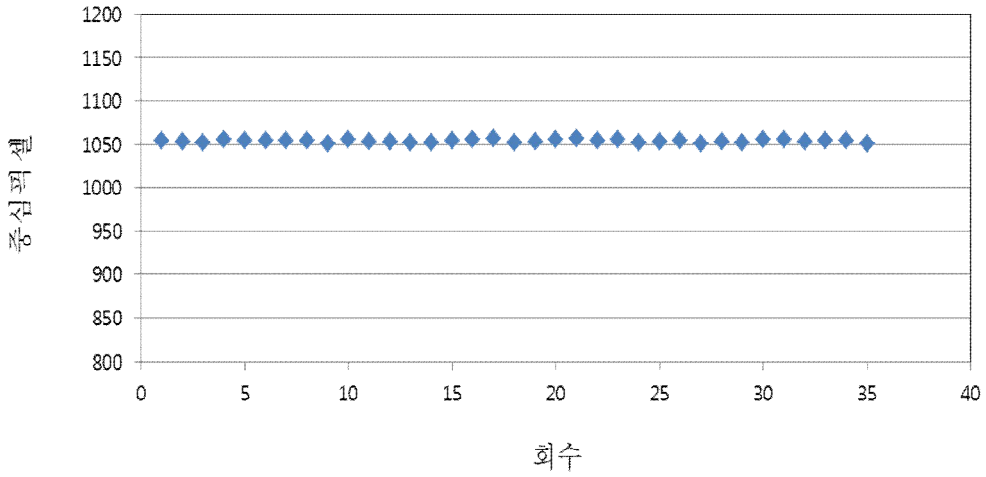
였고, 그림 5.2와 같은 펌웨어로 프로그램되어 있는 알고리즘을 통하여 중심픽셀의 데이터가 거리데이터로 취득되는 것을 확인하였다. 측정 결과를 도출하기 위한 신호처리 보드에 프로그램되어 있는 알고리즘은 그림 5.2와 같다.



[그림 5.2] 마이크로컨트롤러 펌웨어 흐름도

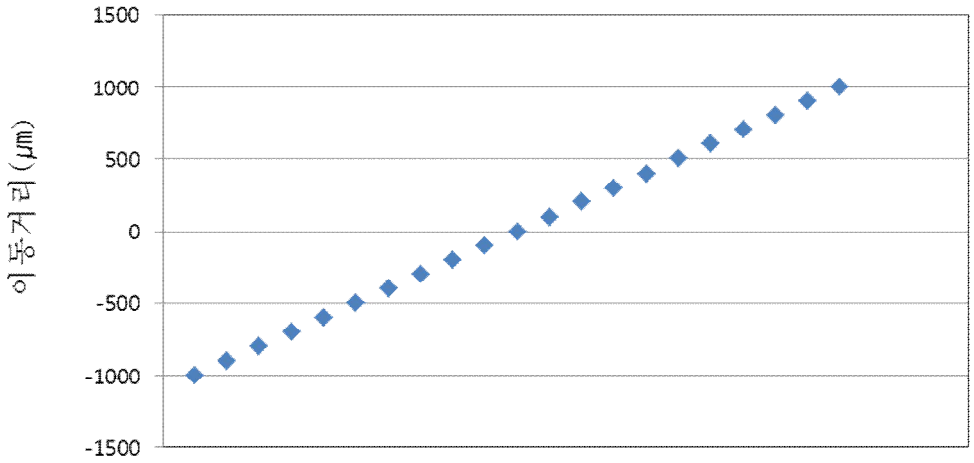
그림 5.3은 동심도의 반복 정밀도를 측정한 결과이며, 그림 5.4는 직각도의 반복 정밀도를 나타낸 것이다. 두 가지 경우 모두 반복정밀도는 픽셀 기준으로 차이가 없음을 알 수 있다. 하지만, 엔진 축심 일치 상태에서 중심픽셀은 약 1,024번 픽셀에 위치하여야 하지만 1,050번 픽셀에 위치하고 있다. 이는 베이스와 레이저부의 조립 시에 생기는 조립오차이며 소프트웨어적으로 보정을 하여 1,050번 픽셀의 위치를 '0'의 값으로 제로셋을 하여 사용한다.

[그림 5.3] 동심도 반복 정밀도

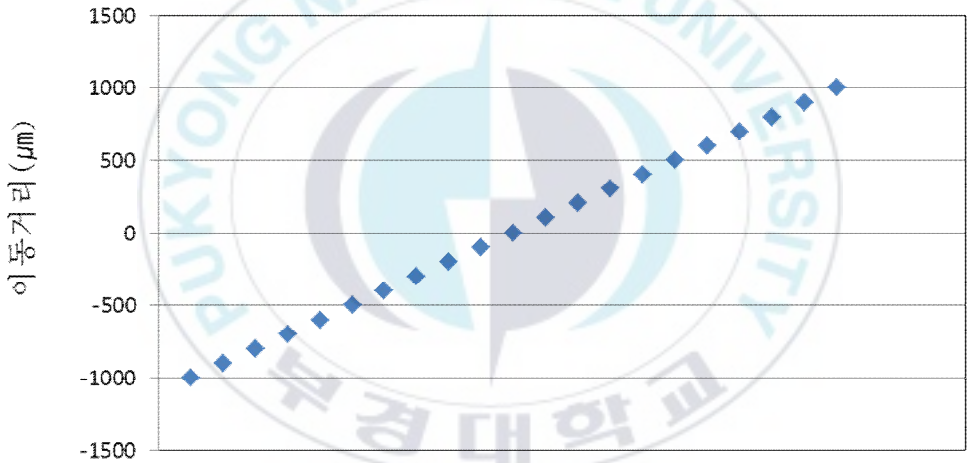


[그림 5.4] 직각도 반복 정밀도

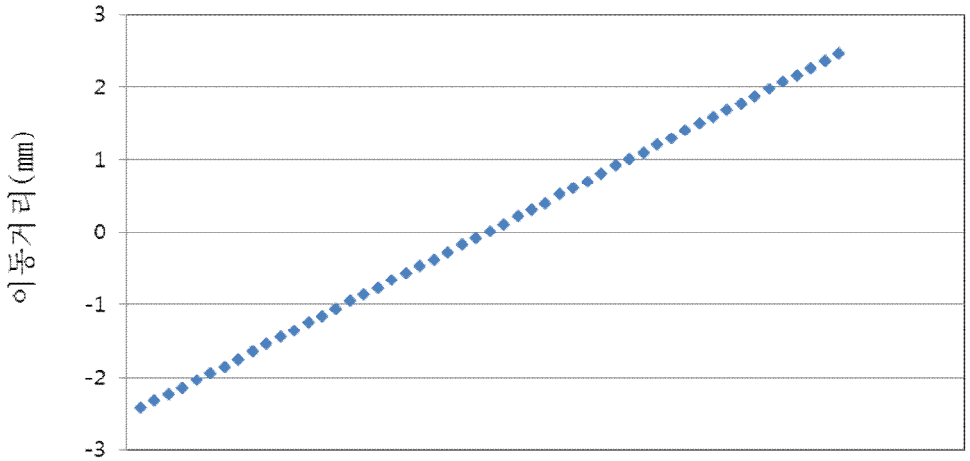
그림 5.5와 그림 5.6은 동심도의 축심일치 상태를 기준으로 X방향과 Y방향으로 100㎛씩 이동에 따른 출력 데이터를 나타낸 것이며, 그림 5.7과 그림 5.8은 직각도의 축심 일치 상태를 기준으로 X방향과 Y방향으로 100㎛씩 이동에 따른 출력데이터를 나타낸 것이다. 이는 펌웨어의 거리변환 알고리즘을 적용하여 취득한 데이터이다. 실제 이동한 100㎛씩의 거리만큼 DSPD의 동심도/직각도의 출력좌표가 100㎛씩 이동하는 것을 알 수 있다.



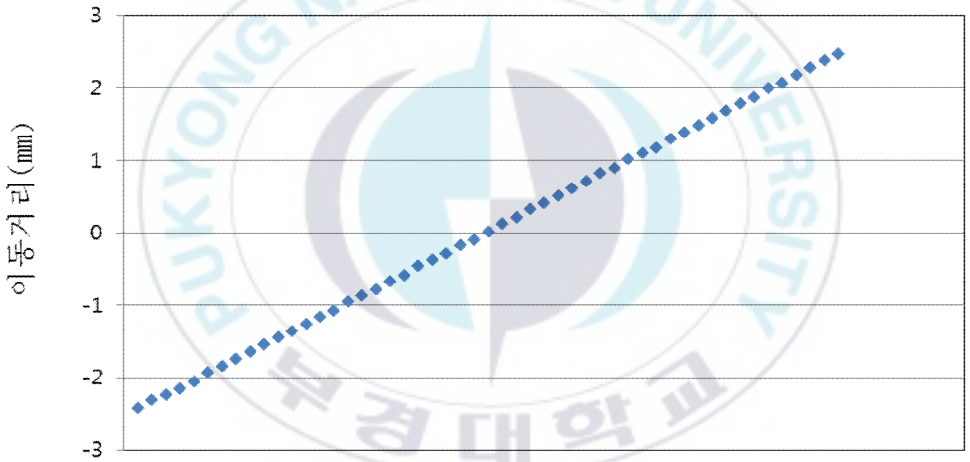
[그림 5.5] 동심도 X의 이동에 대한 출력 데이터



[그림 5.6] 동심도 Y의 이동에 대한 출력 데이터



[그림 5.7] 직각도 X의 이동에 대한 출력 데이터



[그림 5.8] 직각도 Y의 이동에 대한 출력 데이터

100㎛씩 이동한 결과는 약 1~3㎛씩의 오차가 발생을 하기도 하지만, 모두 허용오차 내에 분포되어 사용상의 문제가 없음을 알 수 있다.

표 5.1은 DPSD의 주요 사양을 나타냈었다.

표 5.2는 DPSD를 설치한 후 기존 측정 방식과의 차이점을 나타내었다. 기존에는 다이얼 게이지를 이용한 접촉식 측정방식이었다면 DSPD

는 비접촉식 측정방식으로 측정이 가능하며, 기존 3~4명의 작업인원이 필요한 반면에 DPSD를 이용하면 2~3명의 인원으로 작업이 가능하다. 그리고 작업시간 또한 기존에 1기의 엔진을 작업하는데 1시간이 소요되었지만, DPSD를 이용할 경우 20분이면 작업이 완료된다. 따라서 축심 일치 작업에 대한 비용과 시간이 절감되었음을 알 수 있다.

[표 5.1] DPSD의 주요 사양

항 목		구 분	사 양
센서부		용도	동심도 측정
		센서	CCD Line Sensor - 2개
		출력	임계광량 이상인 범위의 중심점
		외형	Φ120mm×L76.25mm
레이저부		용도	레이저발광 및 직각도 측정
		광원	650nm / 10mW 반도체레이저
		센서	CCD Line Sensor - 2개
		출력	임계광량 이상인 범위의 중심점
		외형	W172.5mm×H65mm×D128.5mm
정밀도	직각도	Range	5mm
		정밀도	1μm
	동심도	Range	2mm
		정밀도	7μm

[표 5.2] 기존 측정 방식과의 비교

비교 대상	기존 측정	DPSD
측정 방식	다이얼 미터를 이용한 접촉식 측정	레이저를 이용한 비접촉식 측정
작업 인원	3 ~ 4 명	2 ~ 3명
작업 시간	약 1시간	약 20분

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

제6장 결 론

본 논문에서는 자동차 엔진의 축심 상태를 디지털 정보로 확인할 수 있는 DPSD를 개발하였다.

기구적으로 레이저 광의 확산은 반복 정밀도의 측정오차를 크게 하여, 레이저 광의 출력부에 핀 홀을 장착해 레이저 광의 확산을 최소화하여 안정화를 유도하였다. 또한, 레이저 광의 흔들림이나 수직으로의 뒤틀림 현상은 실린드리컬 렌즈를 이용하여 오류를 최소화하였다.

기구적으로 해결하지 못한 외란 및 전기적 잡음은 신호처리 보드의 적용 회로를 최적화하며, 마이크로컨트롤러에 작성된 펌웨어의 신호처리를 통해 영향을 최소화하여 안정적인 데이터가 출력되도록 유도하였다.

DPSD를 이용하여 엔진 축심 일치 작업을 진행하는 작업자가 실시간으로 축심 상태의 확인이 가능하게 하여, 작업 속도 및 안정성을 향상시켰다. 그 결과, 기존 측정 방법에 비해 작업 인원과 작업시간을 줄일 수 있었다.

향후 연구에는 반복 정밀도에 대한 오차를 최소화하여 DPSD의 성능을 극대화하고, 레이저부와 센서부 간의 거리에 대한 오차를 최소화 하기위한 연구가 추가적으로 필요하다고 판단된다.

참고문헌

[1] 지용우, “Laser 변위센서 기술과 검사 계측 System의 발전”, 한국오므론제어기기, 2010년 6월.

[2] 김재기, “레이저 기술의 군사적 응용”, 물리학과 국방기술, 2006년 1월.

[3] 양동원, “레이저 다이오드를 이용한 이진 신호누적 방식의 거리측정기 기술”, 한국군사과학기술학회지 제10권 제4호, pp. 152-159, 2007년 12월.

[4] 카이스코퍼레이션, “센서 활용기술(8)”, 자체 연제.

[5] 영상보안정보창, http://cafe.naver.com/nextwork/212

[6] 김 훈, “초고감도 이미지센서 기술”, 물리학과 첨단기술, 2005년 11월.

[7] 전종우, “CCD/CMOS Sensor의 제어와 이를 이용한 미소변위센서의 개발 및 응용”, 창원대학교, 전자공학과 석사학위논문, 2005년 6월.

[8] 이진이외, “곡선경로를 가지는 마이크로터널링 자동측량시스템”, 조선대학교, 2005년.

[9] 이병식, “반도체 레이저 응용기술”, 세운출판사, 1996년.

[10] 심종인, “반도체 레이저 다이오드”, 물리학과 첨단기술, 2010년 4월

[11] 박선호, “CCD카메라와 영상처리회로설계”, 국제테크노정보연구소, 2004년.

[12] 세운출판편집부, “화상처리 회로기술의 모든 것”, 세운출판사, 1997년.

[13] 최성규, 성명우, 김성우, 김신곤, 임재환, 최근호, Habib Rastegar, 류지열, 노석호, “저전력 12비트 1MSps 연속 근사형 레지스터 아날로그-디지털 변환기 설계”, 한국정보통신학회 종합학술대회 논문집, 제18권, 제1호, pp. 156-157, 2014년 5월

[14] 성명우, 김철환, 최성규, 최근호, 김신곤, 한기정, Habib Rastegar, 류지열, 노석호, “MOS 커패시터를 이용한 12비트 1MSps 연속 근사화 레지스터 아날로그-디지털 변환기 설계”, 한국정보통신학회 종합학술대회 논문집, 제18권, 제2호, pp. 293-294, 2014년 10월

[15] 성명우, 이정훈, 류지열, “저면적 12비트 1MSps 연속 근사형 레지스터 아날로그-디지털 변환기 설계”, 한국정보기술학회 논문지, 제13권, 제1호, 2015년 1월.

별 첨

[발표 논문]

논문제목 (Paper Title)	논문 발표일 (Date)	논문지명 (Journal Title)	저자 구분
레이저와 CCD 센서를 이용한 DPSD 개발	2015.12	대한전자공학회 학술심포지움	제1저자
Development of Low-Power CMOS Programmable Gain Amplifier	2015.10	6th International Symposium on Advanced Engineering	제5저자
Design of power Amplifier for 24-GHz Application	2015.10	6th International Symposium on Advanced Engineering	제5저자
The High-Linearity CMOS LNA using Modified DS Linearization Technique	2015.10	6th International Symposium on Advanced Engineering	제4저자
Fabrication of a Low-Cost Wafer-Level Packing for RF Devices	2015.10	6th International Symposium on Advanced Engineering	제5저자
차량 레이더 센서용 차량 충돌 방지 알고리즘 구현	2015.10	한국정보통신학회 추계종합학술대회 논문집	제1저자
저면적 12비트 연속 근사형 레지스터 아날로그-디지털 변환기	2015.10	한국정보통신학회 추계종합학술대회 논문집	제2저자
24-GHz 응용을 위한 저전력 전압제어발진기 설계	2015.10	한국정보통신학회 추계종합학술대회 논문집	제1저자
77-GHz 저전력 전압제어발진기 설계	2015.10	한국정보기술학회 ICT논문경진대회 논문집	제2저자
24-GHz/77-GHz 이중 대역 CMOS 저 잡음 증폭기 설계	2015.05	한국정보통신학회 춘계종합학술대회	제4저자
77-GHz CMOS 전력 증폭기 설계	2015.05	한국정보통신학회 춘계종합학술대회	제1저자

MOS 커패시터를 이용한 12비트 1MSps 아날로그-디지털 변환기	2014.10	한국정보통신학회 추계학술대회 논문집	제4저자
직류 오프셋 제거 기능을 가진 저 전력 PGA 설계	2014.10	한국정보통신학회 추계학술대회 논문집	제4저자
고 이득 및 저 잡음 77-GHz CMOS 저 잡음 증폭기 설계	2014.10	한국정보통신학회 추계학술대회 논문집	제1저자
고 변환이득 및 저 전력 24-GHz CMOS 믹서 설계	2014.10	한국정보통신학회 추계학술대회 논문집	제6저자
저전력 12비트 1MSps 연속 근사형 레지스터 아날로그-디지털 변환기 설계	2014.05	한국정보통신학회 종합학술대회 논문집	제6저자