

이 종원, *김 희식, 유 형석

한국과학기술원 CAD/CAM 연구실

Development of a measuring device for scale accuracy of measuring Tapes

Jong-Won Lee, Hie-Sik Kim, Hyung-Suk Yoo

Korea Advanced Institute of Science & Technology CAD/CAM Lab.

Abstract

An optical device, named "T-MES", to measure the accuracy of printed scale of measuring tapes was developed. It has 11 optical sensors, that are exactly positioned every 100 mm on the 1 m frame. The sensors detect the beginning of the printed part and generate the pulses. The time difference between each signal pulse and the first sensor signal pulse is proportional to the error of printed scale. The measured data are transmitted through a IEEE-488 interface to a IBM-AT computer and analyzed. The analysis software continuously displays the measured result on the CRT.

1. 연구개발 필요성

출자는 강대형 (steel tape)과 섬유재 (fiber glass) 두가지가 있으며 한국에서는 5-6개 생산업체가 있다. 국내 출자 생산량의 90% 이상이 수출되는 수출위주의 생산체계이다. 현재까지의 측정방법은 출자눈금 인쇄 완료후에 채취 (Sampling)선정하여 육안으로 기존 출자와 비교 검사 하고 있다. 출자눈금정밀도 측정장비는 세계적으로 아직 개발된 것이 없으며 자동측정, 전수검사, 고정밀도 측정,

눈금인쇄와 동시측정의 요건을 갖춘 장비의 개발이 절실히 필요하다. 눈금의 종류는 미터식과 인치형 두가지 있다. 현행 눈금 인쇄 속도는 20-50m/분이며, 한개 Reel의 Tape 총길이는 1500m이다. 출자길이의 종류는 1m부터 100m까지 수십종류가 있으며 특히 2m와 3m 길이의 제품이 많이 생산된다. 눈금긋기는 출자 종류와 수지 눈금모판 제작 공정에따라 0.15mm 에서 0.35mm 까지 다양하다.

출자 제품의 최종적 정밀도는 눈금정밀도 뿐만 아니라 시작 기준점의 고리 부의 가공설치 정밀도의 합으로 결정된다. 출자제품의 요구정밀도는 KS1급 경우 처음 1m에 0.3mm 다음 연장길이에 대해서는 1m 증가마다 0.1mm씩 허용오차가 증가된다. 즉 순수 눈금만의 허용오차는 KS1급인 경우 1m에 0.1mm, KS2급인 경우 m당 0.2mm가 된다. 섬유재 출자 KS1급 경우에는 허용오차가 좀 커서 m당 0.1mm정도이다. 인쇄된 눈금의 정밀도 오차의 근본원인은 여러가지가 있으나 그 첫째원인은 인쇄작업시 잉크칠해진 눈금모판의 회전속도와 인쇄대상재료인 출자 tape의 이송속도 간의 미세한 차이때문이다.

2. 출자논금 측정방법의 종류

길이 측정방법에는 접촉식과 비접촉식 두가지 종류가 있다. 인쇄된 출자논금의 잉크두께가 매우 얇기때문에 출자 논금정밀도 측정에 접촉식 방법은 매우 곤란하며 비접촉식 측정법이 우선적으로 선정되어야한다. 논금의 흑백 명암대조를 이용한다면 광학적 측정법이 다른 어떤 비접촉식 센서 활용방법보다 매우 적합하다.

정밀 길이측정에 실제적으로 자주 사용되고있는 광학 센시의 종류는 감광-transistor, 감광-diode, 선형 위치검출 센서, CCD-array 센서 등이 있다. 신호처리를 위한 전자회로 설계제작의 간단함을 위해서는 한개소자로 구성된 광학센서가 우선적합하다. 논금인쇄공정과 동시에 그 정밀도를 측정검사가기 위해서는 인쇄된 출자가 움직이는 동안 연속적으로 측정해야 한다. 최고 인쇄속도에서 논금의 진행을 정확히 감지하려면 센서의 반응속도가 빨라야 한다. 감광-Tr.이 논금 진행주파수인 1KHz 정도에서 충분히 반응함을 실험 확인하였다.

광학센서 이용 논금 파악하기 위한 작동원리의 종류는 논금의 영상을 맺히게하는 광학렌즈를 사용하는 법과 렌즈없이 직접반사광을 이용하는 방법 두가지로 나눌 수 있다. 직접반사광을 이용하는데는 레이저 광선등을 초점모든 작은 광점을 대상물의 측정점에 비추거나 또는 논금과 같은 무늬의 격자판(mask)을 이용하면 논금의 정밀위치를 감지할 수 있다. 작은 광점 형성을 위한 광학장치의 복잡성과 정밀 격자판의 제작상 어려움을 고려하면 영상용 렌즈 사용법이 적합하다. 검사요건은 출자 전구간내 일정거리마다 기준점과의 절대거리 오차를 측정해야 한다. 한개 센서로 측정점 1곳만 이용하는 경우에는 출자 Tape의 진행속도를 별도로 정밀 측정해야 하는 어려움이 있고, 두점반 측정하는 경우 각 반복 측정구간에

발생되는 측정오차의 누적이 측정 정밀도를 매우 저하시킬 수 있으므로 가능한 긴 구간에 여러개의 센서를 부착 감지해야한다. 요구 측정 내용이 0.1mm 단위의 인쇄오차 구분 파악이므로 개발할 장치의 측정정밀도가 0.03mm 이면 실제적으로 충분하다.

3. 개발한 측정장치 "T-MES"의 작동원리

앞부분에서 대상물의 측정 요구조건을 상세히 분석하였고 개발할 장치의 설계사양은 그에 따라 규정된다. 설계사양에 가장 적합한 측정원리를 선정하여 센서장치를 개발하였다. 여기서 개발한 측정장치의 차후 언급시에 지칭을 간단히 하기위하여 잘 이름을 지어 "T-MES"라고 하였다.

출자논금의 정밀도는 길이오차를 말하며 길이오차를 측정하기 위해서는 이론적으로 고정밀도의 기준자가 필요하다. T-MES에서 기준자는 논금감지센서 부착위치의 높은 정밀도에 의하여 자체기 기준자가 된다. 광학센서 11개가 기준점으로부터 정확히 100mm 마다 고정위치하며 각 센서는 논금의 이동 진행에 따라 논금과 똑같은 모양의 전기신호(pulse)를 발생한다. 센서 설치위치의 정밀성은 신뢰성높은 두가지 방법으로 조정확인되었다.

기준점에 위치한 센서의 출력 논금신호와 각 측정점 센서에서의 출력신호를 서로 비교 하여 그 지연 시간을 측정하여 논금오차를 확인하게 된다. 신호 차이시간 측정을 위하여 일정 주파수의 기준파를 만들어 해당시간 동안의 파형변화(pulse) 갯수를 계산 하며 그 측정 결과 수치는 IEEE-488 신호연결법(Interface)을 통하여 IBM-PC-AT에 입력된다. 측정 시간을 길이로 환산하여 주기 위해서는 측정순간의 출자진행속도가 컴퓨터에 파악되어야하므로, 논금 단위 길이(1mm) 지나는 시간에 대한 측정지역시 다른 정밀도 오차 측정값과 함께 컴퓨터에 입력된다.

컴퓨터 화면에서는 입력된 오차 측정치가 한눈에 쉽게 파악되도록 막대그림표로 보여주면서 측정과 동시에 합격/불합격의 판정신호를 IEEE-488신호 연결을 통하여 즉시 컴퓨터 외부로 송신한다. 모든 측정 결과 수치는 파일로 만들어져 자기저장판(floppy disk)에 저장된다.

4. Software 구성

4.1. 측정 program

a) 사용언어:Quick-BASIC

GPIB-board 구동을 위하여 Quick-BASIC을 사용하였다. 측정치의 입력속도를 높이기 위하여 측정장치 T-MES와 IBM-PC 사이의 통신용으로 IEEE-488 병렬 신호연결법(parallel interface) 채택하였으며, GPIB-board는 이 목적에 사용된다.

b) 구성

(1) GPIB-board initialize

- GPIB-board 정의하여 IBM-PC가 운용할수 있도록 해준다.
- Wait time limit를 결정하여 인쇄마리(lot) 끝을 파악하기 위해 시간제한을 설정한다.
- 자동 측정시 새 출자 시작점을 파악하기위한 SRQ신호를 받아들일수 있도록 준비한다.

(2) 화면구성

- 막대그림표 표시용 외각 기본틀을 그려준다.
- 각 menu들의 이름과 직전에 사용된 menu 들을 display 해 주며, 직전에 사용된 menu 들은 "OLDATA"file 에 저장됨

(3) menu선택

- 화살표 key들을 이용하여 menu를 선택한다.
 - : 좌.우 key는 menu 종류를 옮긴다.
 - 상.하 key는 menu 내용을 변화시킨다.
- 선택하는 menu의 종류
 - : unit(meter/feet), length, degree
 - lot number, wrs(wait, run, stop)
- return(↵)key가 눌리면 wrs에 따라

다음과 같이 수행된다.

```

: wait - menu 선택 계속
run - 출자 오차 측정시작
stop - 수행종지
  
```

(4) 오차 측정값 입력 (read)

- 선택된 menu에 따라 출자 길이에 해당하는 갯수만큼의 측정치를 읽어 들임.
- SRQ 신호에 따라 새 출자 시작점을 찾는다.
- 제한시간 초과하도록 측정치가 입력되지 않으면 lot가 끝난 것으로 처리한다.
- d(1)-d(11) 11개 측정치를 ASCII 글자 즉 8-bit로 입력된다.
- ASCII 번호값을 계산하여 11개의 인쇄 오차값 $er(i)=d(i+1)/d(1)$ 을 결정한다.

(5) 화면에 그림표시

- 10cm 마다의 측정오차를 허용오차 한계치에 대하여 백분율로 계산하여 1m 구간별로 막대그림표로 표시한다.
- 10m 이하 출자는 1m마다 최대오차를 오차 한계치에 대한 백분율로 계산하여 75m까지 한 그림표에 연속적으로 표시한다.
- 10m 이주는 10m마다 최대 오차를 오차 한계치에 대한 백분율로 계산하여 표시한다.
- 합격,불합격을 판정하여 바로 표시하고 또한 컴퓨터 외부로 신호를 보내 활용하게 한다.
- 불합격 갯수및 불량률을 매측정순간 계산하여 보여준다.

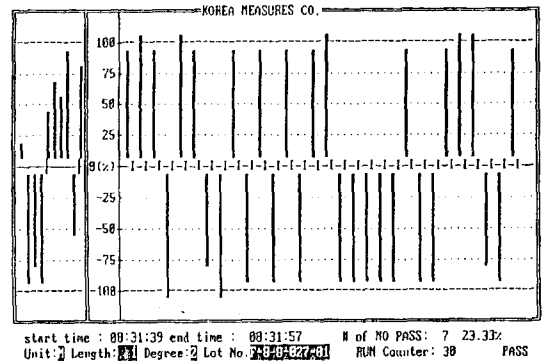


그림 1. 출자누름 정밀도 측정치 표시중의 화면

(6) 측정결과치의 file 저장

- file 이름은 lot 번호와 동일하게 된다.
- 첫부분 내용은 unit, degree, length, data, start time 등을 수록한다. 본내용 측정치는 +-와 0.01mm단위의 두자리 정수로 구성되며 합/불합격의 표시 (P,N)가 뒤따른다.
- 마지막부에는 측정 종료 날짜와 시간 그리고 불합격 갯수를 기록한다.

4.2. 측정지 처리 program

- a) 사용언어 : FORTRAN-77
b) 구성

(1) 측정지 file 선정

- floppy-disk 1장의 data file name들을 읽어 화일명 모은 화일 "ENAME"을 만든다.
- "ENAME"에서 읽어들이는 화일명들 표시해주고, 번호로 선택한다.

(2) 기록 측정지 입력 및 계산내용

- 선택된 기록 file로 부터 값을 읽어 실제 측정치를 계산하고, 각 정밀도 등급에 따른 합격,불합격 갯수를 계산한다.

(3) 특정 출자의 인쇄오차 보여주기

- 지정 출자 번호를 받아들이어 출자의 측정치를 50개 단위로 끊어서 보여준다.

(4) 구간별 인쇄 오차 보여주기

- 출자번호와 구간을 받아들이어 지정된 출자의 측정치를 50개 단위로 끊어서 보여준다.

(5) 각 정밀도 등급에 따른 합격,불합격 갯수

- 사용된 lot의 정보 lot number(=file name), unit, 출자의 길이, lot 길이, degree 등을 보여준다. 각 degree 에 따른 합격,불합격 갯수를 보여준다. 사용된 degree는 화면에 깜박거리게 하여 알려준다

(6) 날짜, 시간 표시

인쇄된 날짜와 시작시간 및 종료시간을 보여준다.

(7) Databank "LOTUS"용 data 입력 file-을

만들어 준다.

5. 측정장치 기계적 구조

(1) 광원,렌즈

광원은 AC 15V용 꼬마전구 사용하여 부피를 작게하고 센서의 필요 입력 광량에 충분하게 조명하였다. 렌즈는 눈금을 센서면에 확대 영상 맺히게 한다.

(2) 광 센서

광량 Transistor를 사용하고 눈금 신호출력이 200mV 정도 되었다.

(3) 신호 증폭기(Amplifier)

각 센서출력을 Op-Amp 와 comparator를 이용하여 눈금모양과 똑같은 전기 신호를 발생하게 하였다.

(4) 측정구간 파악 (1000개 눈금counter) 회로

측정구간을 파악하여 인쇄오차를 잡산하기위하여 적산계산회로를 구성하였다. 출력 1m 구간에 millimeter 눈금이 1000개 있으므로 눈금을 1000개 보내면 신호발생하여 다시 새로운 구간을 측정한다. inch 눈금 측정서에는 3feet 구간에 576 (36x16)개 눈금 통과 확인시마다 새로 측정하게된다.

(5) 백지 확인 및 새 출자 신호 출력회로

적산 계수회로에 일정한 전기신호(pulse)를 입력 시키면서 상한숫자를 정해두고(preset) 그 시간 동안 눈금신호가 안들어오면 백지공간으로 인식 백지확인 신호를 보낸다. 백지후에 들어오는 첫 눈금을 새 출자 시작으로 인식하여 새 출자 신호를 내보낸다.

(6) 시작점

측정구간 신호와 새 출자 시작점 신호를 OR-gate에 통과시켜 측정 시작신호로 내보낸다. 이 신호는 counter & latch 부분의 11개 counter를 작동 시킨다.

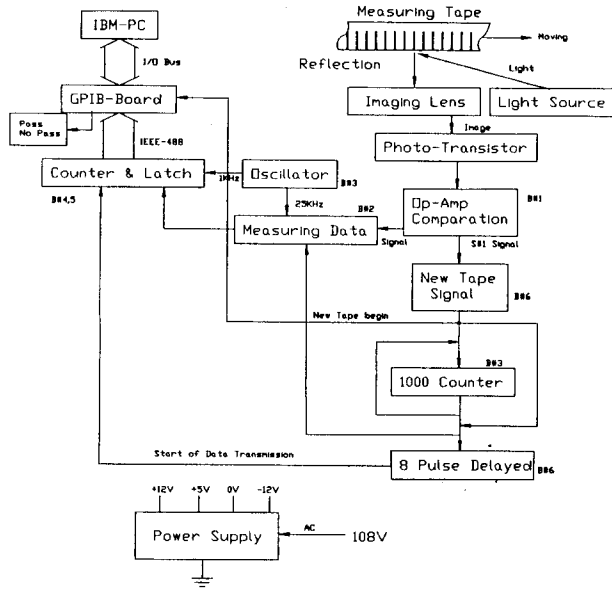


그림 2. 출자눈금측정장치 T-MES의 기계적 구조와 중요신호 발생회로의 기능

(7) 주파수발생기 (Oscillator)

출자 인쇄속도에 따라 1mm 눈금에 약100개 정도의 전기 신호(pulse)가 들어가도록 여러가지 주파수의 (25, 35, 50, 100KHz) 직각파를 발생한다.

(8) 측정지 발생 회로

Oscillator의 직각파와 눈금신호에 의한 오차를 AND-gate에 통과시켜 counter & latch 부분의 11개 counter의 입력신호로 연결시켜준다.

(9) 측정지 계산과 컴퓨터 연결 (counter & latch)

측정치 발생회로의 출력으로 11 곳 센서위치의 눈금오차를 계산해서 기억하고 있다가 8 눈금 통과후 GPIB-board에 차례로 연결 입력시켜 준다.

6. 결 론

여러개의 출자를 연결 반복측정시험한 결과, 측정장치 "T-MES"의 반복 측정정밀도는 0.02mm이며 요구하는 측정 내용인 0.1mm단위는 충분히 구분

파악하였다. 장치의 절대적 측정정밀도는 센서부착 위치의 정밀성에 의하여 정하여지며 실험결과 0.03mm 정밀도를 보여주었다. T-MES의 정밀도 고정작업을 위하여 임의의 출자를 선정하여 공구 현미경과 같은 micrometer 정밀도의 길이 측정 기계를 이용 측정하고 그 결과수치와 일치되도록 센서위치를 미세조정하였다.

T-MES의 자동화 수준과 정밀성은 매우 우수하나 다음과 같은 적용상의 제한성 내지는 보완해야 할 점이 있다.

- 미터링 눈금과 인치형 눈금을 각각 측정하기 위한 별도의 센서 부착된 장치가 필요하다.
- 단위 눈금길이(1mm)이상의 인쇄오차가 발생할 경우 현재 제작된 신호처리 회로로서는 측정이 곤란하다.
- 측정대상물과 T-MES의 온도차에 의한 열팽창으로 인한 길이측정오차는 1℃ 변화에 1m 강철 구조물이 0.01mm의 길이오차를 발생하며 이에 대한 보정이 프로그램 계산상 되도록 하여야 할 것이다.

7. 참고문헌

- (1) 김희식; "-FA 강좌- 계측및 감시 기술", 컴퓨터 월드 1988년 9월호, P.212-230