

일추 방적공정 관리 시스템을 위한 ROM-chip 개발

이용상, 정성훈

한양대학교 공과대학 섬유공학과

1. 서론

현대 산업화에 있어 가장 비중 있는 분야는 바로 자동화이며, 섬유기계의 자동화야 말로 그 정밀도와 내구성면에서 볼 때 가장 발달된 첨단기술중의 하나라고 할 수 있다. 이러한 자동화의 첫걸음은 시스템의 현 상태를 정확하고도 빨리 이해하는 기술, 즉 모니터링 기술이라 해도 과언이 아니다. 이 모니터링 기술은 데이터의 수집과 분석으로 이루어지며 각각은 하드웨어적, 소프트웨어적 디지털 신호처리(Digital Signal Processing : DSP) 기술에 대한 의존도를 높여가고 있다. 또한, 앞으로는 단순한 데이터 분석에서 그치지 않고 이 데이터를 효과적으로 메인 프레임에 전달하고 저장하여 보다 고차원적인 분석을 할 수 있는 기술의 발달이 요망된다. 이 연구의 목적은 사직경측정 기술과 Intel®의 80C296SA 단일칩 마이크로 컨트롤러를 이용하여 방적사의 사직경 변동을 실시간으로 모니터링함과 동시에, 수집된 데이터를 실시간에 PC로 전송하는 시스템을 개발하는데 있다. 또한, 이 연구의 최종목적인 일추 방적공정 관리 시스템을 개발하기 위하여 본 연구에서는 데이터 수집, 분석 및 전송하기 위한 알고리즘과 프로그램을 개발하였으며, 단일보드 계측기의 독립작동을 위하여 개발된 프로그램들을 ROM-chip에 이식하고 이를 반영구저장 하였다.

2. 직결 실시간 모니터링 시스템 개발

2.1 시스템의 구성

2.1.1 하드웨어

본 시스템은 Fig.1 과 같이 데이터 수집, 전송 및 1차 분석을 위한 FCS-296 메인보드와, Uster Tester3 에 따르는 사결점 정의를 선택하기 위하여 고안된 스위치 부착을 위한, I/O 확장 코드, 데이터 저장 및 2차 분석을 위한 PC로 구성되어있다. FCS-296 은 Intel®의 80C296SA 마이크로 컨트롤러를 이용하는 메인보드이다. 80C296SA 는 기존의 96 계열의 메모리 한계인 64k 바이트의 벽을 6M 바이트로 늘이고, 50MHz 의 클럭 속도에서 RISC 방식으로 동작하며, DSP 기능의 내장으로 DSP 응용분야에서도 손쉽게 사용이 가능하다. FCS-296 의 전체 구성은 다음과 같다.

1. A/D CONVETER 장착 (AD7824)-ANALOG 4CH (8 bit)
2. MEMORY(ROM:4Mb(MAX),RAM:1Mb(MAX))
3. RS232C 내장

- 4. 8255 EXT PORT 장착
- 5. LCD(TEXT,GRAPHIC) PORT
- 6. CHIP BOARD 장착용 HEADER HALL(100PIN)
- 7. RESET SWITCH
- 8. DC5V 입력(DIRECT),DC OR AC 9V 입력(ADAPTOR)

데이터 저장 및 2차 분석을 위한 PC는 시리얼 통신이 가능하고 시리얼 통신을 통한 데이터 처리가 가능한 프로그램을 탑재하고 있어야 한다.

2.1.2 코드 개발

본 시스템에 사용된 소프트웨어는 크게 2가지로 나뉘어지는데, 첫째는 ROM chip에 저장될 이진코드 프로그램과 PC에서 사용될 프로그램으로 나뉜다. 전자는 C언어를 이용하였고, 후자는 LabVIEW®를 이용하여 프로그래밍 하였다. 일반적으로 마이크로 컨트롤러를 제어할 때에는 어셈블러나 C언어를 사용한다. 어셈블러의 장점은 마이크로 컨트롤러 제작회사가 제공하는 니모닉(nimonic)을 통해 하드웨어를 보다 직접적으로 제어하기 때문에 시스템을 운용함에 있어 유연하다는 것이다. 그러나, 각 제작회사마다 니모닉이 다르기 때문에 다른 마이크로 컨트롤러를 이용한 하드웨어를 사용할 경우 처음부터 다시 코딩 해야 하는 이식성 문제가 단점으로 나타난다. C언어는 이와 반대의 현상을 보인다. 본 실험에서는 이식성이 뛰어난 C언어를 선택하여 하드웨어에 보다 독립적인 프로그램을 지향하였다.

2.1.2.1 C언어 프로그래밍

본 프로그램은 크게 4단계로 나누어진다. 각각은, 참조 평균 결정 단계, 데이터 수집 및 전송 단계, 결점 검출 단계, 그리고 통계 분석 단계가 그것이다. 참조 평균 결정 단계는 결점 검출 단계에서 필요한 비교 기준값을 결정하기 위해서 거치게 된다. 참조 평균 단계는 총 측정길이의 6/10 길이를 측정하여 이 부분의 평균길이로서 정하게 된다.

2.1.2.2 LabVIEW 프로그래밍

본 프로그램은 RS-232 프로토콜 규약을 따르는 직렬 통신용 vi(Virtual Instrument)와 배열 제어용 vi, 데이터 저장 vi, 고속 푸리에 변환 vi를 이용하여 115200bps 로 FCS-296 으로부터 사각경 데이터를 수신하여 스프레드 쉬트 프로그램에서 사용할 수 있는 형식으로 저장하고, Short-Time Fourier Transform 을 한다.

2.2 직결 실시간 모니터링 시스템 ROM-chip 개발

본 시스템에 사용되는 ROM chip 개발에는 FCS-296 메인보드와 PC가 사용되었다. 전자는

위에서 언급한 바와 같은 구성에 따라 reset 스위치를 누르면 ROM에 있는 모니터 프로그램에 따라 작동되며, PC와 RS-232 통신으로 명령과 결과를 주고 받는다. 즉, PC 상에서 에디터 프로그램을 이용하여 코딩한 C 언어 스크립트를 컴파일하고, 이를 통해 만들어진 이진 코드를 SCOM이라는 제공된 시리얼 통신 프로그램을 이용하여 RS-232를 통해 메인보드의 RAM(Fig.2)에 전송한다. 이렇게 전송된 이진 코드의 시작번지는 C 언어의 경우 일정하게 012080H이다. 이 코드는 go 명령을 통하여 메인보드 상에서 작동된다. 이런 방식으로 코딩과 디버깅을 반복하여 원하는 알고리즘이 완성되면 startup 코드와의 결합을 하고 이를 다시 컴파일 하여 ROM writer를 이용하여 메인보드의 ROM에 반영구 저장 시킨다.

3. 직결 실시간 모니터링 시스템 검증

3.1 양자화 검증

본 검증은 사구조 분석기 G-580의 아날로그 출력에서부터 나오는 전압값(사직경값)을 수집하는데 있어 그 정확도를 알아 보는데 목적이 있다. 이 실험을 위하여 전압값을 임의로 변경하여 출력할 수 있는 프로그램을 LabVIEW를 이용하여 개발하였다. 검증 결과는 Fig.3와 같이 1차 선형성($R^2 = 1.00$)을 보이나, 8bit 아날로그 디지털 변환칩을 사용하였으므로 최대 해상도는 $0.01953125V (= 5V / 256 \text{ bit} = 1 \text{ LSB})$ 이다. 즉, 양자화 오차는 1/2 LSB인 0.009765 V이다.

3.2 사직경 모니터링

본 실험은 Zweigle®의 사구조 분석기 G-580을 이용하여 계측시에 출력되는 아날로그 신호를 개발한 시스템에 입력, 구동시켜 양 시스템에서 각각 사직경과 변동계수를 측정하고 이를 비교함으로써 개발한 시스템의 정밀도를 알아보는데 그 목적이 있다. 본 실험에는 로우터 방적사 7', 10', 20', 30' 4종과 기타사 T/C65/35 17', T/C 65/35 18', CM18', CM20' 4종, 총 8종을 사용하였다. 실험결과는 Fig.4,5에서 볼 수 있듯이 그 결과가 매우 유사함을 알 수 있다. 그러나, 사직경 측정 결과를 보면 G-580 측정값이 본 시스템의 측정값보다 작게 나오는데, 그 이유는 앞에서 언급한 양자화 오차 때문으로 오차범위는 1 LSB 내에 있다. 그렇기 때문에 CV%는 G-580의 계산치가 본 시스템보다 큰 것을 알 수 있다.

3.3 공정관리 능력 검증

본 검증은 본 시스템을 위해 개발한 사결점 분석 알고리즘의 정확도를 알아보는데 목적이 있다. 이를 위하여 90,000개의 인위적인 데이터를 준비하였다. 90,000개라는 수치는 검증하고자 하는 시스템의 실험 시간을 참조 평균 단계 30초, 실제 계측 단계 50초로 하였으므로 총 80초가 소요되며, 샘플링 비율을 1000 scan / 1 sec로 하였으므로 정확하게는 80,000개

의 데이터가 필요하다. 그러나, 컴퓨터와 본 시스템의 동기화를 계측자가 하는 이유로 여분의 10 초, 즉 데이터 10,000 개의 여분을 80,000 개의 데이터 앞뒤로 배치시켰다. 사결점 분석을 위한 결점 정의를 Table 2 와 같이 코딩하였고, 이에 따라 0.4V 를 평균으로 하여 Table 3 과 같이 nep3 개, thick 4 개, thin 4 개를, 그리고 해상도 검증을 위해 단일 피크를 만드는 데이터도 만들었다. 이 실험을 위해 입력한 전압 데이터를 정의한 샘플링 비율에 따라 출력 할 수 있는 프로그램을 LabVIEW 를 이용하여 개발하였다. 실험 결과 Fig. 6 와 같이 정확하게 분석하였고, 또한 2~3 개의 데이터가 연속적으로 평균보다 1.5 배 이상일 때를 nep 으로 정의 하였을 때, 평균보다 1.5 배 이상인 1 개의 데이터는 nep 으로 분석하지 않는 것으로 보아 해상도 또한 정밀하다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

위와 같은 검증을 통해 볼 때 본 시스템을 위해 개발된 ROM-chip 은 생산되는 방적사의 평균 사직경, 변동계수, 사결점은 물론 데이터 전송에 의한 데이터의 저장 및 재분석까지 일차 방적공정 관리에 필요한 여러 요소를 만족시킨다고 할 수 있다. 이와 같은 시스템은 80C296SA 고성능 마이크로 컨트롤러와 같은 하드웨어, 이를 이용해 필요한 데이터 수집 및 분석 알고리즘 수립을 가능케 한 소프트웨어, 그리고 유연한 가상 계측기구인 LabVIEW 와 같은 개발도구가 있었기에 가능했다. 앞으로는 이를 더욱 발전 시켜 다채널 공정 관리를 위한 다채널 버퍼링 양자화 알고리즘의 개발과 수집된 자료의 압축 저장에 필요한 알고리즘 개발 그리고 ‘웨이브렛’ 등을 이용한 고성능 신호 재분석 등을 가능케 해야 한다.

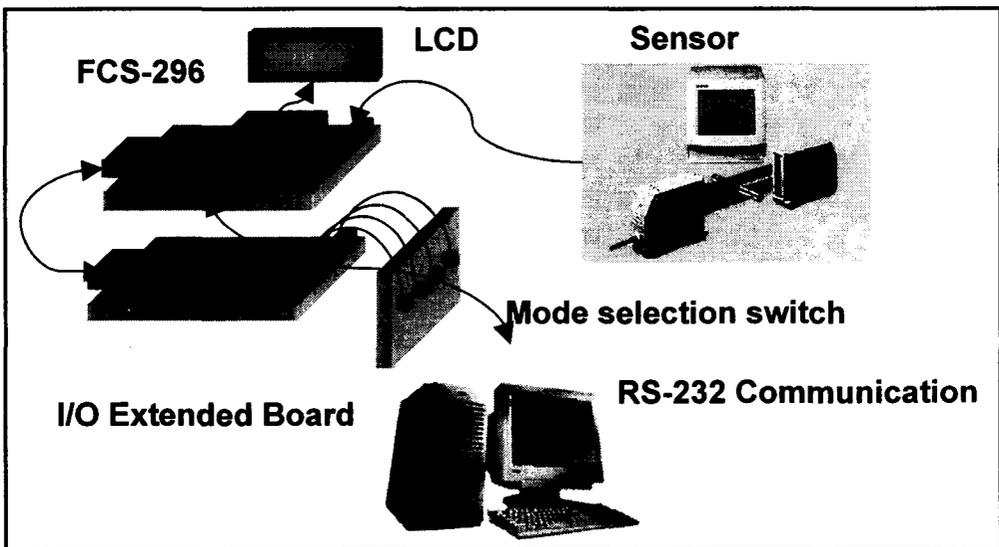


Fig. 1. Monitoring System for One-Spindle Spinning Process

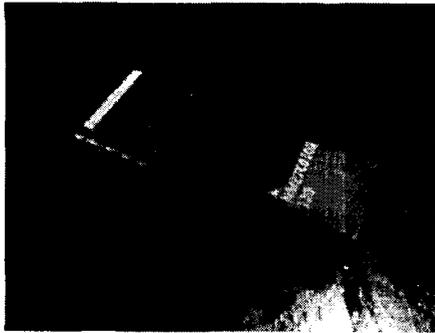


Fig. 2. ROM-Chip

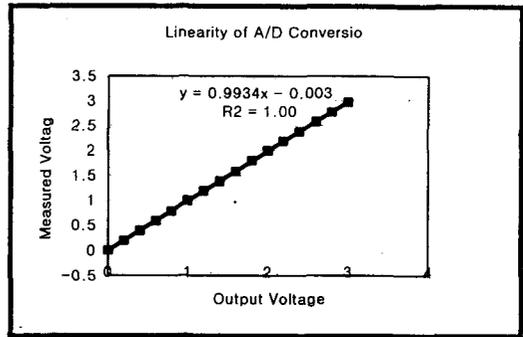


Fig. 3. Linearity of A/D Conversion

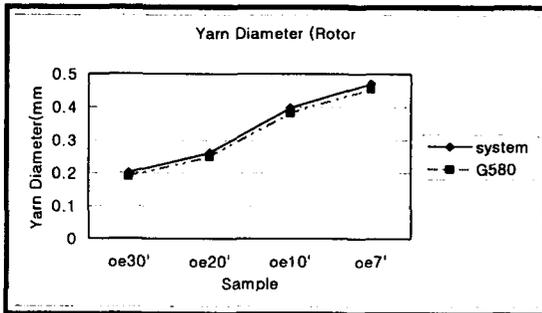


Fig. 2. Yarn Diameter of Rotor yarn

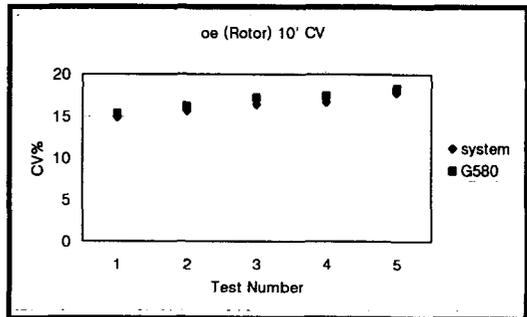


Fig. 5. CV% Variation of Rotor yarn

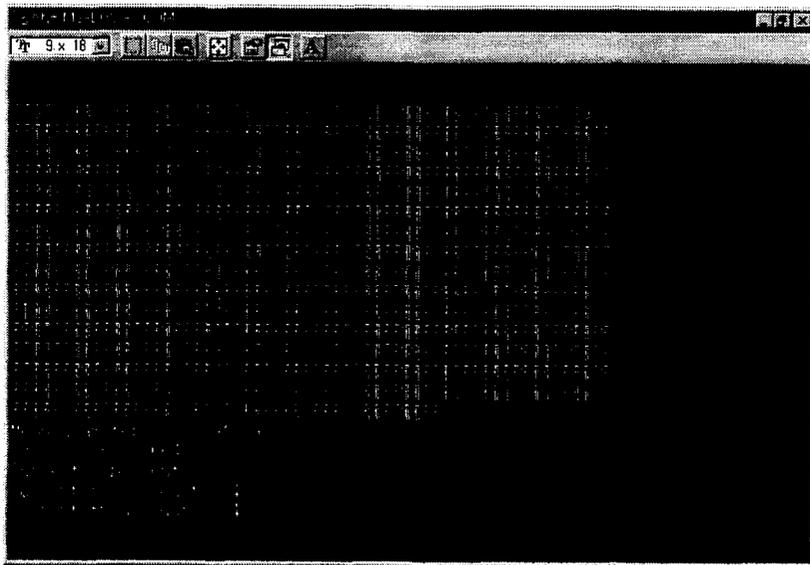


Fig. 6. Process Monitoring Capability

Table 1. Imperfection Definition for Process Monitoring test

IPI	Length (mm)	Diameter Deviation %	환산 데이터 (개수)
Nep	2~4	$\geq +50$	2~3
Thick	20~40	$\geq +30$	10~25
Thin	20~40	≥ -30	10~25

Table 2. Data for Process Monitoring Test

Nep		Thick		Thin	
전압(V)	데이터 index	전압(V)	데이터 index	전압(V)	데이터 index
0.7	45,000 ~ 45,001	0.6	47,000 ~ 47,009	0.1	55,000 ~ 55,024
0.9	60,000 ~ 60,001	0.7	57,000 ~ 57,015	0.2	72,000 ~ 72,019
1.1	70,000 ~ 70,002	0.8	66,000 ~ 66,0022	0.23	62,000 ~ 62,014
1.0	65,000	1.0	64,000 ~ 64,024	0.25	52,000 ~ 52,009