

## 직기의 자동화 기술

임 태 균

### 1. 직기 자동화 기술의 개요

모든 기계 산업의 변모 과정에서처럼 직기에 있어서도 메카트로닉스(mechatronics)화한 직기의 개념을 도입한 시대가 이미 1980년대 초반부터 도래되기 시작했다. 처음 자동화 기술이 접목되었을 때는 직기의 원동부분과 일부 센서부분에만 도입되어 단순한 전기적 제어만 담당했다. 여기서 발전된 직기 자동화 기술은 축장저장, 위사입, 개구, 송출, 권취 등 기계적인 장치가 담당하던 대부분의 기능들을 전자적으로 제어하게 되었다. 이러한 제어기술이 접목되는데는 당연히 컴퓨터 산업의 발전에 힘입어, 고속 마이크로 프로세서의 개발, 센서기술 및 이와 함께 발전되어 저온 모터제어기술(인버터(inverter), 서보모터(servo motor)) 등이 직기 기계부분의 발전과 함께 더욱 가속화 되었기 때문이다. 이런 배경하에 셔틀(shuttle) 직기의 시대에서 혁신 직기로 발전되면서 생산인력의 감소와 함께 생산성 확대가 계속해서 진행되어지고 있다.

#### 1.1. 직기 자동화를 위한 각종 기술의 도입

**마이크로 프로세서(micro processor)를 사용한 직기 자동화 :** 컴퓨터 산업의 발달로 가정용품, 사무용품에서부터 공장의 전용기기에 이르기까지 마이크로 프로세서가 사용되어지고 있고 본고에서 소개되어지는 직기 자동화에도 마이크로 프로세서는 적용되어져 왔다. 특히 제어 대상이 간단한 기계일 경우, 단일 칩(one chip) 마이크로 프로세서 유닛(micro processor unit: MPU)를 사용하여 컴팩트(compact)한 제어장치를 구성할 수도 있다. 원칩 마이크로 프로세서는

단일 칩 안에 각종 연산 및 제어를 담당하는 CPU(central processing unit)와 함께 프로그램을 저장하는 ROM(read only memory), 각종 데이터나 변수 등을 저장하는 RAM(random access memory), 그리고 입출력을 제어할 수 있는 I/O(input/output)를 내장하고 있다. 따라서 제어 시스템의 주변 회로가 적어 컴팩트한 구성을 이룰 수 있다. 이에 비해 특정 CPU로 제어 시스템을 설계할 경우 ROM, RAM, I/O 및 이들을 제어하는 제어장치, 어드레스 버스(address bus), 데이터 버스(data bus) 등을 사용하므로써 확장성이나 편의성을 제고할 수 있다.

직기에 적용된 마이크로 프로세서는 초기 Z-80 CPU가 사용되다가, 이후 직기의 형태나 종류에 따라 더 나은 CPU를 사용하였다. 현재 직기에 사용되는 마이크로 프로세서의 종류를 Table 1에서 보여주고 있으며, 향후 CPU의 발달에 발맞추어 지속적인 버전-업(version up)이 이루어질 것으로 예상되어진다.

**각종 센서(sensor) 기술의 활용 :** 직기 자동화에 사용되어지는 센서들로는 적외선(infrared) 센서, 근접(proximity) 센서, 진동(slide) 센서 및 리미트(limit) 센서 형태의 각종 센서류를 사용하고 있다. 직기에서 가장 중요한 부분인 위사의 감지를 위해 래피어 직기에서는 위사의 진동을 감지해 유무를 확인하는 슬라이드 센서(slide sensor)를 사용한다. 래피어 직기는 직기의 구조상 캐리어(carrier)라는 도구가 위사를 직접 끌어서 입력하기 때문에 위사의 유무를 진동으로 판별한다. 이에 비해 워터제트 직기나 에어제트 직기일 경우는 위사를 별도의 매체(물, 바람)에 실어서 입력하므로 위사의 도달 부분에서 적외

**Table 1.** 각종 CPU의 사용 형태

종 류	8 비트	16 비트	32 비트
워터제트 직기(water jet loom)	Z-80, i8031, i8051	i80C196KC	MC68ECO20
래피어 직기(rapier loom)	i8031, i8051, H8/330		MC68332
에어제트 직기(air jet loom)	i8051, H8/338	i80286	MC68CE020
기타(APTR, ASP, 도비, 송출, 권취)	Z-80, i8031, i8051 PIC16C54, H8/338	i80C196KC	MC68CE020

선 센서로 실의 유무를 판별한다.

한편 경사에 있어서도 경사의 끊어짐에 따라 직기의 적절한 제어가 이루어져야 하는데 경사의 끊어짐을 판단하기 위해서도 적외선 센서를 사용하거나 리미트 스위치를 응용한 드롭퍼(dropper) 장치 등의 형태로 사용되어 진다. 그 외에도 핸드 프로텍터(hand protector)에 적외선 센서, 좌·우측 레노변사(leno selvages) 감지 및 위사 검출 구간 설정을 위해 근접 센서(proximity switch)를 사용하며, 직기의 위치를 읽어들이기 위해 엔코더(encoder)를 사용한다. 엔코더는 Table 2에서 처럼 적용기계에 따라 여러 가지 형태로 분류되어 사용되어 진다.

**모터(motor) 기술의 활용 :** 직기가 구동되는 원동력을 모터가 제공해 주며 여기서 시작된 동력이 직기에 전달되어 각 부분별 세부 동작이 이루어진다. 직기 기동 특성상 일반 3상모터는 직기 기동에 적합하지 못하므로 특수사양으로 제작하여  $\Delta$ -Y 기동형태로 사용한다. 이러한 특수성을 배제하기 위해 모터 직접 기동방식이 아닌 클러치(clutch) 기동방식이나 인버터(inverter) 혹은 서보(servo) 기동방식을 사용한다.

이러한 여러 가지 기동방식을 적용하는 이유

**Table 2.** 각종 엔코더의 사용 형태

종 류	출력 형태	적 용 예
Incremental type	Open collector (NPN)	래피어, 워터제트
	Push-pull (NPN, PNP)	워터제트
	Line driver	래피어, 전자송출
Absolute type	BCD code	래피어, 에어제트
	Binary code	래피어, 에어제트
	Gray code	에어제트

는 제작에 있어서 직기의 기동이 매우 중요하기 때문이다. 직기가 정지 후 다시 기동될 때, 제직물에 정지단(stop mark)이 발생하여 제직물의 등급을 낮추는 요인으로 작용하므로 정지단 문제를 최대한 줄여야하는 과제를 안고 있다.

그 외에도 위사의 입력을 도와주는 장치(feeder), 매 사이클(cycle) 마다 위입된 위사를 잘라주는 위사 커터(weft cutter), 위입 에러시 불량위사 제거장치(APR), 제직물의 밀도에 따른 경사 빔(beam)을 풀어주는 전자송출(electronic let-off), 제직된 직물을 감아주는 전자권취(electronic take-up), 직물 형태에 따른 자동개구장치 등에 적절한 모터들을 사용해 제어한다.

**직기 구동을 위한 기타 장치 :**

a. 휘더(feeder)

위사의 입력시 장력을 최소화해 주기 위해 Figure 1과 같은 휘더(feeder) 장치를 사용한다. 휘더는 위사가 입력되기 전에 휘더의 드럼(drum)에 위사를 미리 저장하고 있다가 매체(물, 바람, 캐리어)에 의해 위사가 입력될 시점의 장력을 최소화 해 원활한 위입상태를 만들어 준다.

휘더가 드럼을 회전시켜 위사를 미리 저장하기 위해 드럼의 회전속도를 제어하는데, 인버터(inverter)를 사용하여 장착된 3상 AC 유도전동기의 속도를 제어한다. 또한 제직물의 폭에 따라 가변되는 직기 회전당 위사 길이에 적절하게 풀어주고, 위사 저장량 감시, 위사 없음 감지 및 드럼에서 풀리는 해사권수 감지 등을 위한 센서의 조절 기능들도 포함되어 있다.

b. 불량위사 제거장치(APR: automatic pick remover)

위입의 불량으로 인해 기계가 정지했을 경우 불량위사를 자동으로 제거해주는 장치이다. 주

로 스텝 모터를 사용하여 불량위사를 APR 내부로 감아들여 잘게 자른 후, 에어 블로어(air blower)를 이용해 밖으로 배출해내는 형태의 시스템이다. 일반적으로 불량위사로 인한 정지시 사용자가 직접 불량위사를 제거하는 형태가 대부분이나 생산 인력을 감소하기 위해 APR을 사용한다.

c. 전자 송출, 전자 권취(electronic let-off, electronic take-up)

직기의 회전속도에 따라 경사를 감고 있는 경사빔(beam)을 풀어주는 송출장치, 제직되어져 나오는 제직물을 감아주는 권취장치가 필요하다. 직기에 따라 기계적인 장치로서 송출, 권취 동작을 제어하기도 하지만 고품질의 제직을 위해 전자송출, 전자권취 장치를 사용한다. 전자송출, 전자권취 장치는 기계적 감속장치가 부착된 서보모터(servo motor)를 사용하여 속도제어를 하게 되는데 이들 장치를 사용함으로써 정지단(stop mark)을 최소화할 수 있다.

d. 전자 도비 장치(electronic dobby)

도비장치는 경사를 개구시켜주는 장치로서, 조직이 간단한 평직물을 제직할 경우는 기계적 개

구장치를 사용하지만 복잡한 직물의 제직시는 도비를 사용한다. 전자식 도비는 직물의 패턴(pattern)을 입력시켜주는 입력장치와 실제 개구 동작을 제어하는 출력장치로 구분되어지며, 기계적 개구장치를 구동시키는 소자는 전자석을 이용한 솔레노이드(solenoid)를 사용한다.

2. 워터제트 직기(water jet loom)의 제어

2.1. 워터제트직기 제어부의 시스템 구성

현재 출시되고있는 직기 기종중 대표적인 예로 워터제트 직기를 들 수 있다(Figure 2). 본고에서는 워터제트 직기의 제어장치로써 직기 자동화 기술을 설명하고자 한다.

워터제트직기의 기본적인 메카니즘은 원운동하는 모터의 회전력을 직기에 전달하여 각종 장치들을 움직여 직물을 제직한다. 특징으로써는 압축된 물을 노즐(nozzle)을 통해 내뿜으로써 위사를 물에 실어나르는 형태로 제직이 이루어진다. 다른 종류의 직기들과 마찬가지로 워터제트 직기도 마이크로 프로세서를 이용하여 전체적인 제어가 이루어진다. 워터제트 직기의 자동화를 이루는 제어부는 Figure 3에서 보는 바와 같이 크게 메인 제어 및 자유교환부(main control and color selector), 시퀀스 제어부(sequence control), 각종 센서 및 표시의 입출력 제어부(input/output control), 옵션장치부(option units) 등의 4가지로 분류할 수 있다.

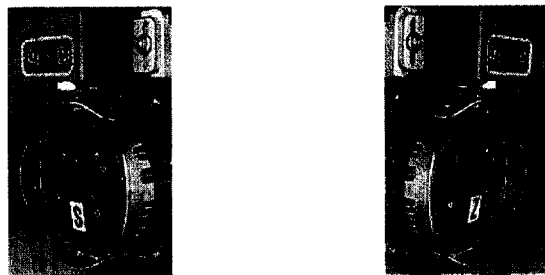


Figure 1. 위사공급 장치.

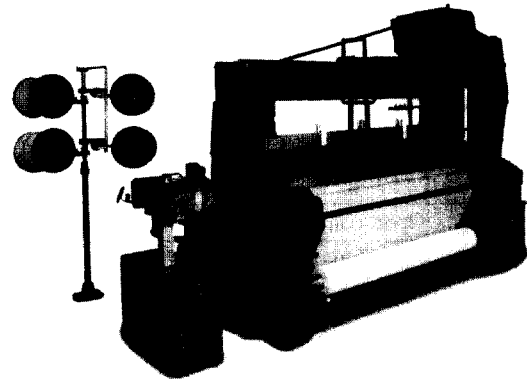


Figure 2. 워터제트 직기.

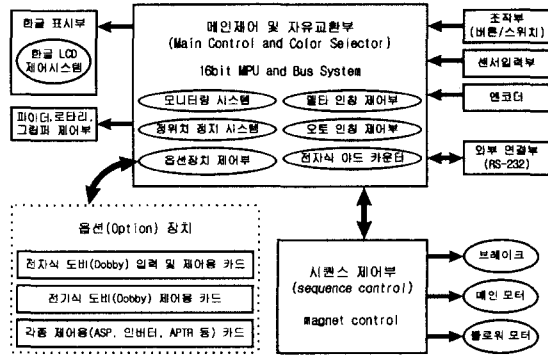


Figure 3. 워터제트 직기 컨트롤러의 블록도.

### 2.2. 메인제어 및 자유교환부(main control and color selector)

워터제트 직기의 메인 제어부는 16비트 마이크로 프로세서를 사용하여 기계의 위치에 따른 각종 입출력을 제어하게 된다. 기본적인 기계동작의 흐름은 Figure 4에 표시된 바와 같이 원운동하는 직기의 위치에 의해 각종 주변 장치의 제어가 이루어진다.

일반적인 직기에 있어서 가장 중요한 부분인 위사의 입력부분을 워터제트 직기는 물을 이용하여 실(위사)을 날려보낸다. 펌퍼에서 압축된 물이 로타리 솔레노이드 밸브(rotary solenoid valve)에 의해 선택된 노즐을 통하여 기계적 캠(cam) 장치로 설정된 각도(90°)에 날아가게 된다. 이때 물이 위사보다 먼저 날아가는 선행수(先行水) 형태가 될 때 위사의 입력이 안정되며, 기계의 위치 검출은 엔코더(encoder)를 사용해 처리된다. 위사의 종류에 따라 실이 날아가는 사

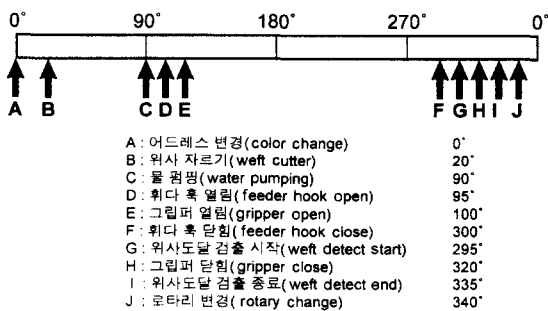


Figure 4. 워터제트 직기의 위치에 따른 제어 출력.

속(絲速)이 다르므로 컨트롤러에서 적절한 조절이 필요하다. 이는 물의 압력(水壓), feeder hook open timing, gripper open timing 등을 조절하여 설정하며, 조절을 쉽게 하기 위해 컨트롤러에서 각종 정보를 사용자에게 제공해 준다. 예를 들어 직기 가동중 위입 반대측에 위사의 도달 상태, 경사의 끊어짐 및 각종 에러 신호 등을 검출하게 되면 MPU(micro processor unit)에 신호를 보내 기계를 정위치에 정지시키게 한다.

워터제트 직기는 기본적으로 두가지 사종(絲種)을 사용할 수 있게 설계되어 있으며 각 위사를 사용자가 원하는 형태로 제직이 가능하다 (1×1, 1×2, 2×2, ..., m×n, 999×999). 이 제어를 맞고 있는 부분이 자유교환부이며, 아래에 기술될 도비(dobby)와 함께 자유교환부에서 제직물의 형태가 결정지어진다.

이와 함께 메인제어부에서 하는 기능은 기계 정지시 미끌림 각도를 계산해 자동으로 사용자가 원하는 위치에 정지시켜 주며, 기계의 노화나 기타 장애로 인해 기계과다 미끌림시 경고표시를 해준다. 또한 중간 관리자를 위해 모니터링 시스템(monoring system)을 기본 내장화하여 기계의 제직상태를 집계해 주며, 전자식 야드 카운터를 내장해 제직물의 생산량을 정확히 처리할 수 있게 도와준다.

### 2.3. 시퀀스 제어부(sequence control)

전자접촉기(magnet contactor) 혹은 릴레이(relay)를 주로 구동하는 시퀀스 제어부는 메인 제어부의 MPU에서 제어 처리된 신호를 받아 실제 직기가 가동될 수 있도록 연결시켜주는 부분이며 제어 대상이 되는 기기로는 브레이크 유니트(brake unit), 원동 모터(main motor) 및 블로어 모터(blower motor)이다. 브레이크 유니트는 직기를 정지시켜야 할 경우 정위치에 정지시키기 위함이며 원동 모터는 상황에 따라 정·역 제어되는, 실제 직기가 동작하기 위한 원동력이 된다. 워터제트 직기는 물을 이용해 직물을 제직하므로 제직물이 생산될 때, 직물이 가진 수분을 최대한 제거해 주어야 하므로 블로어 모터를 이용해 탈수를 원활하게 해 준다.

#### 2.4. 각종 센서 및 표시의 입출력 제어부(input/output control)

메인 제어부에서 정상적인 제어를 하기 위해서는 기계 주변에 부착된 각종 센서들의 입력을 받아들이고 이들의 상태를 표시해주는 표시장치가 기본적으로 필요하다. 과거 FND 형태에서 LCD, VFD로 발전된 표시 장치가 이제는 Graphic LCD를 사용하여 한글을 구현함으로써 사용자의 편의성을 높여주고 있다. 또한 외부의 컴퓨터와 연결할 수 있는 포트(port)를 열어 줌으로써 직기의 상태를 노트북 컴퓨터 혹은 사무실의 PC와 연동해 사용할 수도 있다.

#### 2.5. 옵션 장치부(option units)

메인 제어부의 자유교환장치와 함께 제직물의 형태를 결정하는 장치로서 도비 장치가 있으며 동작 방식에 따라 기계식, 전기식, 전자식이 있다. 전자도비는 개구패턴을 지시하는 장치이며, 개구패턴은 메모리 카드 등으로 읽어 들인다. 특히 전자식 도비장치인 경우는 도비 제어용 콘트롤러의 가격이 비싸므로 옵션장치화 시켜 경제성을 높인다. 그 외의 각종 옵션장치들을 제어할 수 있도록 시스템을 설계해 사용자가 원하는 모든 기능을 수용할 수 있도록 구성되어 있다.

### 3. 자동화 기술의 접목

서보 모터(servo motor) 및 제어장치의 발달에 힘입어 개구장치의 구동도 고속/소형 모터로 가능하게 되었고, 원동부에 있어서도 서보 혹은 인버터를 사용해 제직물의 질을 향상시키는 연구가 계속되고 있다. 또한 더 나은 송출, 권취 시스템을 위해 발전된 모터기술이 적용되며, 고속 직기에 응답하기 위해 더 나은 소자 및 장치가 적용되고 있다. 특히 관리자의 편의성에 입각한 모니터링 시스템은, 사무실에서 현장의 직기가동상황을 지켜볼 수 있게끔 도와주며 또한 사무실에서

현장에 작업을 지시해줄 수 있게 해준다. 각종 고속/고신뢰성 통신 모듈(module)들이 이러한 사무실과 현장의 연결, 혹은 본사와 지사와의 연결들을 가능케 해주고 있으며 향후에는 총체적 공장자동화 시스템으로의 변천이 기대된다.

이러한 발전된 소자, 장치, 기구들을 개별적으로 직기에 접목하기에는 경제적 측면에서 뒤떨어지므로 통합적인 기술 및 장치의 개발을 직기 생산자가 추진함으로써 정보화시대의 경쟁력 있는 직기로 발돋움 할 수 있다. 현재 국내의 기술력으로도 많은 부분의 국산화가 가능하므로 국내 직기생산업체들의 기술개발에 대한 중, 장기 투자가 예상된다.

### 4. 향후 발전 방향

궁극적으로 제직의 무인화 시스템으로 발전할 직기산업은 전자기술의 발전에 따라 빠르게 다가오고 있다. 현재의 직기 사용자 대신 로봇를 이용해 위사의 콘(cone)을 공급하고 불량위사로 직기가 정지했을 경우는 자동 위사제거 장치(APR)가 불량위사를 제거한 후 다시 직기를 가동시켜 준다. 자동 절포 장치는 제직물의 절포시기에 맞춰 절포해서 검단실로 이송시켜 준다. 이송된 제직물은 CCD 카메라가 설치된 검단기를 이용하여 검사하고 자동으로 제직물의 등급을 매겨 분류하여 포장한다.

물론 공장내의 모든 상황은 사무실에 있는 서버 컴퓨터에 저장되고 서버 컴퓨터는 각종 자료들을 분석하여 보기 편한 도표나 그래프 형태로 나타낸다. 또한 본사에서 공장의 상황을 알아보기 위하여 네트워크를 통해 공장의 서버 컴퓨터에 접속함으로써 모든 상황을 실시간으로 파악할 수 있다. 결국 총체적 공장자동화 시스템(total factory automation system)에 대응한 이상적인 공장자동화 기술이 접목될 것이다.