

재봉기의 자동화 기술

한 성 수

1. 재봉기 개요

1.1. 재봉기의 역사

재봉틀은 1790년경 영국인 토머스 세인트(Thomas Saint)가 그전의 연구에 거듭하여 실용적인 재봉기를 만들어 특허를 낸 것이 미싱의 기계화를 위한 최초의 시도이다. 이어 1830년 프랑스의 띠모니에(Barthelemy Thimonir)가 재봉기를 대량생산하여 보급하게되어 역사적으로 2단계에 이르렀으나 일자리가 없어지게 됨을 걱정한 노동자들의 반발로 불났으며, 1845년 미국의 엘리엇 호우(Eliot Howe)가 구멍이 있는 재봉기 바늘을 사용하여 처음으로 실용에 적합한 완전한 본봉 재봉기를 조립하는데 성공하여 특허를 얻었다. 이 기계는 특별한 바늘, 셔틀(shuttle), 그리고 보내기 장치가 되어 있었다. 1851년 미국의 아이작 메릿 싱어(Isaac Merit Singer)는 기존의 재봉기의 결점들을 여러 방면에서 개량하여 일반가정에서 쓰는 근대화 재봉틀을 만들었다. 이렇게 발달한 기술은 19세기 후반부터는 완전한 기계재봉시대로 전환하여 능률과 미적인 면에서 급격한 발전을 하였으며, 20세기 후반 전기, 전자기술의 발달로 자동화, 현대화되어 현재에 이르고 있다.

1.2. 재봉기의 종류

재봉기는 박혀지는 모양에 따라 본봉재봉틀(lock chain stitch sewing machine), 환봉재봉틀(chain stitch sewing machine)로 분류할 수 있으며, 사용하는 직업에 따라 가정용(15종 재봉틀), 직업용 및 공업용(103종 재봉틀), 공업용 재봉틀(96종 재봉틀)로 분류한다. 또한 사용 용도

에 따라 분류하면, 본봉재봉틀, 감치기 재봉틀, 감쳐박기 재봉틀, 단추달기 재봉틀, 단구 구멍뚫기 재봉틀, 두줄박기 재봉틀, 네줄박기 재봉틀, 매듭박기 재봉틀, 자수 재봉틀, 지그재그 재봉틀, 누비 재봉틀 등이 있다.

이들중 중요한 몇가지를 설명하면 다음과 같다.

2. 주요 재봉기

2.1. 본봉재봉기(lock stitch sewing machine)

보통 가정에서 사용하는 재봉틀을 말하며(Figure 1) 직선본봉이 기본이다. 싱거 재봉틀의 15종형이 기본이 되었기 때문에 15종 재봉틀이라고도 한다. 위아래의 두 가닥의 실을 사용하여 Figure 2와 같은 땀 형식을 만들며, 천이 바늘에 대하여 앞·뒤로만 움직여 직선 박음질이 기본이 된다.

이러한 재봉기의 봉제 원리(땀의 구성)는 상하 두 가닥의 실(윗실, 밑실)을 두장의 천이 접합되

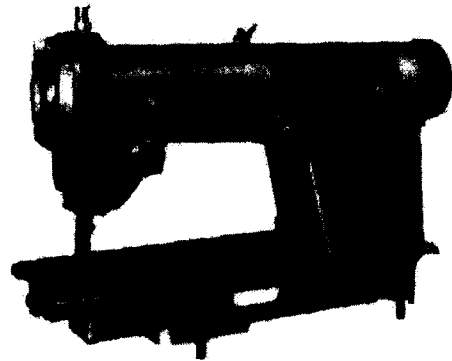


Figure 1. 본봉 재봉기.

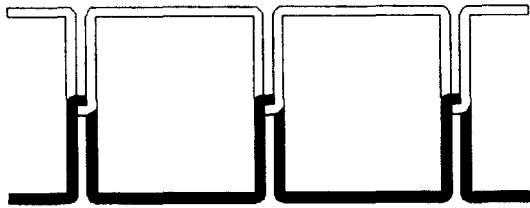


Figure 2. 직선본봉의 땀 형식(1본침, 1본사).

는 부분에서 결합시키는 것으로, 그 과정을 간단히 살펴보면

- ① 바늘이 하강하면서 바늘에 의하여 윗실이 천을 관통하여 아래쪽으로 옮겨지고,
- ② 바늘이 상승함에 따라 윗실이 늦추어져 루프 모양으로 되고, 이 부분을 결합의 북 끝이 걸고,
- ③ 북이 윗실을 잡아당기면서 밑실의 저장고인 보빈 케이스의 바깥쪽 둘레를 돌아 윗실과 밑실이 얽혀 매이게 된다.
- ④ 이렇게 얽혀 매인 실을 실채기의 작용으로 상하 두 천의 사이로 잡아당기면서 매듭을 만든다.
- ⑤ 마지막으로 보내기 운동을 하여 연속된 땀을 형성한다.

여기서 바늘봉의 상하 운동은 바늘봉 크랭크로드에 의하여 이루어진다. 실채기 운동에는 캠 실채기, 링크실채기, 슬라이드실채기, 회전실채기 등이 있다.

Figure 3은 본봉 재봉기의 캠 실채기 기구를 보여주고 있다.

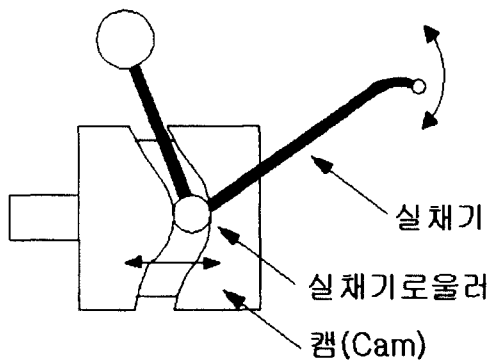


Figure 3. 본봉 재봉기의 캠 실채기 운동.

2.2. 누비재봉기(quilting sewing machine)

재봉기중 직물을 눌러주는 노루발과 직물을 앞, 뒤로 이동시키는 톱니를 빼서 임의의 방향으로 직물을 움직일 수 있게 만든 것이 누비재봉기이다. 따라서 기본적으로 가정용 재봉기는 누비재봉기로 사용이 가능하다. 자동화된 누비기는 밀판(직물)의 이동을 기계적으로 무늬에 따라 자동으로 움직이도록 한 것으로 그 종류에는 원헤드(1-head)퀵팅머신, 멀티헤드(연속작업용) 퀵팅머신, 셔틀(매트리스 제작용) 퀵팅머신 등이 있다. 퀵팅기는 일반적으로 고속 작업을 하며 따라서 연속식이 주류이다. 그러나 원헤드 퀵팅머신은 배치식이다. Figure 4는 멀티헤드 퀵팅머신의 예를 보여주고 있다.

누비기의 기본 원리는 본봉 재봉기와 같으며, 자수기의 기능을 약간 첨가한 것이 나오고 있으나, 한가지 칼라만 쓸 수 있다는 것이 자수기와 다르다.

2.3. 자수재봉기(embroidery sewing machine)

재봉기 중에서 지그재그 기능이 첨부된 재봉틀을 사용하여 실과 천을 포함한 각종 재료를 가지고 도안과 배색에 따라 원근이나, 깊고 얇은 곳을 실감 있게 자유로이 표현하는 재봉기를 말한다. 본봉재봉기나 누비기가 두 개 이상의 천을 일체화하는 것이 주목적이라면, 자수재봉기는 원하는 디자인을 직물에 도입하는 것이 주목적이다.

자수의 종류는 동양자수, 서양자수, 기계자수

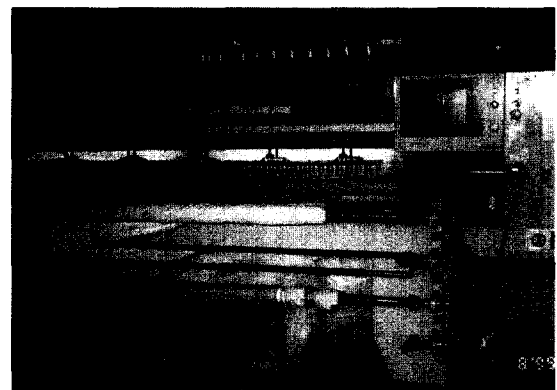


Figure 4. 멀티헤드 퀵팅 머신.

등으로 나눌 수 있으며 이중 기계 자수기에는 1두 자수기, 15 yd 자수기, 다두 자수기(컴퓨터 자수기) 등이 있다. 퀼팅기가 일반적으로 연속식인데 반해 자수기는 일반적으로 배치식이다. 즉, 일정한 길이와 폭의 천을 자수기의 고정판에 고정시킨 후 자수를 하고, 자수된 천을 옆으로 이동시키고, 다시 옆부분을 자수기의 판에 고정한 후, 자수하는 과정을 반복한다는 것이다.

다음 Figure 5는 다두 자수기의 전체 모양을 보여주고 있다. 다두 자수기는 헤드가 10개에서 24개 정도가 있으며, 칼라는 10여가지 이상이 가능하다. 헤드 간격은 240~500 mm 정도로 단독 자수의 범위(가로 폭)는 이 헤드 간격에 의하여 결정된다. 한편 단독 자수의 세로 폭은 테이블의 규격에 의하여 결정되며, 현재 가능한 최대 폭은 1,000 mm이다. 다두 자수기는 약 800 rpm 정도로 운전하며 최대 1200 rpm까지 운전이 가능하다. 고속으로 운전되므로 사용되는 실도 상당히 강해야 하며 300~600 tpm 정도의 강연사 실을 사용해야 한다.

15 yd 자수기는 스위스의 사우라(Saurer)의 경우 바늘의 간격이 27.07 mm로 전체 15 yd에 걸쳐 수많은 바늘이 배열되어 있다. 따라서 가능한 최소의 디자인 크기는 27.07 mm이며, 바늘을 건너뛴에 따라 디자인의 크기는 더 크게 할 수 있다. 한편 최소의 땀 간격은 수평, 수직으로 0.1 mm 정도까지 가능하여 아주 섬세한 디자인이 가능하다.

이 자수기의 매듭 구성 방법은 본봉 재봉기와는 조금 다르다. 즉 아래 Figure 6에서 살펴보면

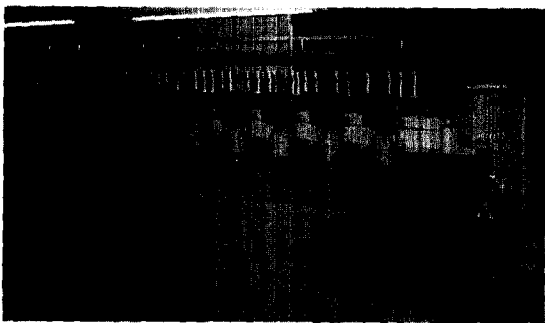


Figure 5. 다두 자수기.

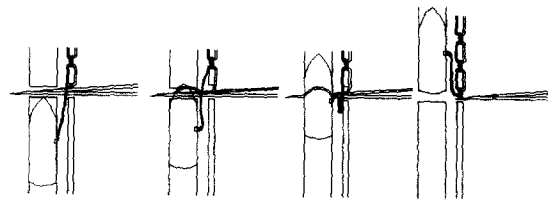


Figure 6. 15 yd 자수기의 루프 형성 기구.

- ① 전면의 실이 바늘과 함께 직물의 후면으로 들어오면, 이때 뒷실이 있는 복은 가장 아래의 위치에 있으며,
- ② 바늘이 후진하기 시작하여 조그마한 루프가 생기면, 복이 위로 올라와 루프를 관통하기 시작하며,
- ③ 복이 루프를 완전히 관통할 때 바늘은 완전히 뒤로 빠져 하나의 매듭이 형성된다.

15 yd 자수기는 약 200 rpm 정도로 운전하며, 따라서 사용되는 실도 130 tpm 이상 정도이면 사용 가능하다.

3. 공정 흐름도

3.1. 본봉 재봉기

재봉기는 다만 주축의 구동을 모터를 이용하여 구동할 뿐 특별히 자동화라고 할 부분은 없다.

3.2. 누비기

현재 주로 사용되는 누비기는 사용 용도에 따라 여러 종류가 있으며, 사용원리 또한 조금씩 차이를 가지게 된다. 대표적인 국내 메이커로서는 (주)원창, (주)삼정기계, (주)무창, (주)기환, (주)한신, (주)동원기계 등이다. 이러한 메이커에서 생산되는 기계들중 가마식 퀼팅 머신을 중심으로 설명하고자 한다.

누비공정을 노루발과 톱니를 빼고 사람이 원하는 방향으로 움직이는 수동 누비가 아닌 자동화된 누비공정은, 디자인 → 코드변환 → 0점 확인 및 수정 → 누비공정과 같이 복잡한 과정을 거쳐서 누비공정에 들어가게 된다. 이것을 나타낸 것이 다음 Figure 7이다.

디자이너가 설계한 디자인을 일단 밑판 그림

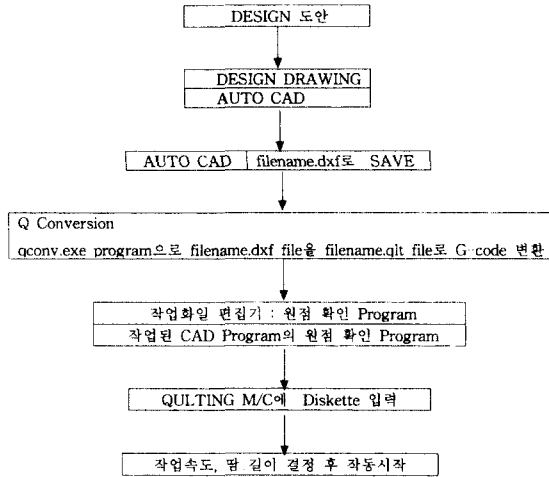


Figure 7. 누비 공정 흐름도.

에 스케치 한다. 이렇게 작업된 밑그림을 이용하여 상용 프로그램인 Auto CAD에서 다시 그리기 작업을 한 다음 저장한다. 이때 저장은 확장자명이 *.dxf인 파일로 저장한다. 이러한 CAD 확장자명의 파일은 누비기에 바로 적용시킬 수가 없으므로, Q Conversion program을 이용하여 기계어인 확장자명 *.qlt 파일로 변환시켜준다. 이러한 변환에 필요한 실행 file이 qconv.exe이다. 이러한 G-code 변환에 의해 처음 도안된 그림은 기계어로 변환되어지고, 기계 특성상 시작점과 끝점이 일치하여야하므로 작업된 파일의 원점을 확인할 필요성이 있다. 이러한 원점 확인 프로그램을 통하여 원점을 확인하고 디자이너의 처음 의도와 실제 작업된 디자인이 일치하였는지 확인한 후, 퀴팅기에 작업된 디자인을 입력하여 작업이 시작된다. 위에서 기계의 특성이라 함은 퀴팅은 주로 연속적인 공정으로 누비게 되는데, 연속 공정이므로 한 반복 단위의 공정 후 x축 방향으로 원래의 위치에 오지 않으면 무늬는 어느 한 쪽으로 쏠리게 된다. 따라서 x축 방향으로 원점 확인이 필요한 것이다.

Figure 8은 고안된 디자인을 스케치한 그림을 CAD에서 그린 것을 보여주고 있는 화면이다.

그리고 다음 프로그램은 CAD에서 도안된 그림이 G-code로 변환된 프로그램의 일부를 보여 주고 있다.

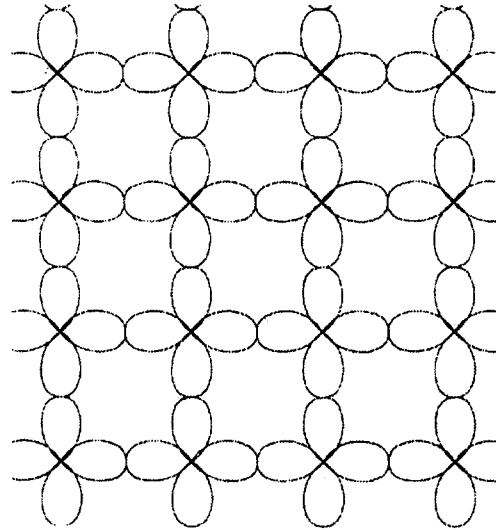


Figure 8. 고안된 디자인을 CAD 상에서 그린 그림.

```
0000G 99 1 0150
0005 G 25 30
0010 G 05 100 006
0020 G 05 200 006
0030 G 10 0005
0100 G 02 U + 6.35 V + 6.35
      I + 6.35 J + 0
0100 G 03 U + 6.35 V + 6.35
      I + 0 J + 6.35
0120 G 89
```

G 코드는 원래 일반 NC 선반에서 선반 가공할 위치 제어에 사용하는 코드로 주된 기능(명령어)은 다음과 같다.

① G 01

기능 : 직선 보간

사용형식 : G 01 U±□□□.□□□
V±□□□.□□□

해설 : 현재 좌표에서 U, V 만큼 떨어진 점으로 직선이동

사용 예 : G 01 U + 5.000 V + 2.500

해설 : 시점에서 시작하여 x축으로 5 mm, y축으로 2.5 mm인 지점(중점)까지 직선이동

② G 02, G 03

기능 : 원호 보간

사용형식 : G 02 U±□□□.□□□
 V±□□□.□□□, I±□□□.□□□
 J±□□□.□□□

해설 : G 02는 시계 방향의 보간, G 03은 반시계 방향의 보간을 의미, U, V : 원호의 시점에서 본 종점까지의 거리를 부여, I, J : 시점에서 본 원호의 중심 좌표까지의 거리를 부여

사용 예 : G 02 U + 12.7, V + 12.7
 I + 12.7, J + 0
 G 03 U + 12.7, V + 12.7
 I + 0, J + 12.7

해설 : 시점에서 시작하여 x축으로 12.7 mm, y축으로 12.7 mm인 지점을 종점으로 하고, 원호의 중심 좌표는 시점에서 x축으로 12.7 mm, y축으로 0 mm 이동한 점으로 한 원호상으로 바늘이 이동하라는 명령(그림 참고)

③ G 05

기능 : 서브루틴

사용형식 : G 05 □□□□ □□□□
 서브루틴의 반복회수
 선두번호

해설 : G 05는 sub program을 호출하는 명령어로 동일한 패턴을 반복시 유용 이상의 방법으로 위 프로그램을 따라 그린 것이 Figure 9이다.
 이렇게 만들어진 G-code를 누비기에 입력하여 실제로 누비작업을 한 샘플을 보인 것이 Figure 10이다.

3.3. 자수기

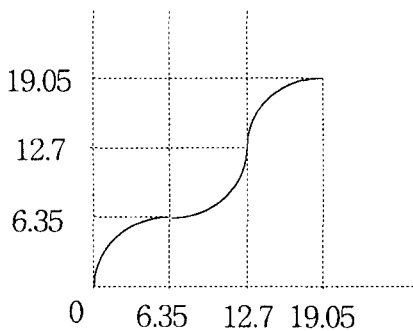


Figure 9. G-코드 프로그램에 따라 그린 디자인.

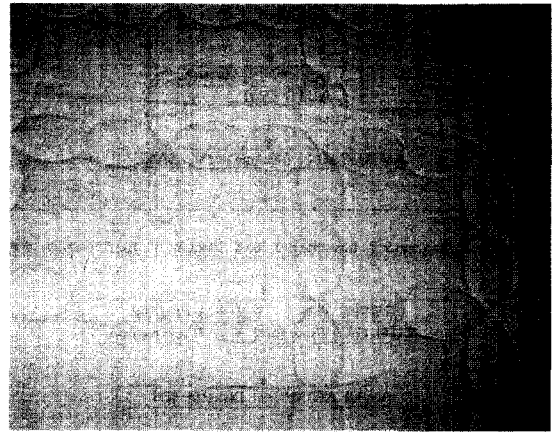


Figure 10. 최종 누비된 제품.

현재 국내에서 사용되고 있는 자수기는 용도에 따라 다소 차이는 있겠으나 크게 1두 자수기, 15 yd 자수기, 다두 자수기(컴퓨터자수기) 등으로 나눌 수 있다. 다두형 자수기를 생산하는 업체로는 BARUDAN, ZSK, TAJIMA, HAPPY, PFAFF와 국내의 SWF가 있다. 이들 다두형 자수기는 외관의 큰 차이는 없으며, 구동 특징 또한 유사하다. 이러한 메이커에서 생산되는 기계들중 다두형 자수기를 중심으로 설명하고자 한다. 자동화된 자수공정은 디자인 → 펀칭 → 자수와 같은 과정을 거쳐서 자수를 한다. 이것을 나타낸 것이 다음 Figure 11이다.

Figure 11의 공정 흐름도에서 보는 바와 같이 디자이너가 디자인한 그림을 스캐너(scanner)로 읽은 후 크게 확대하여 펀칭 작업을 한다. 펀칭 작업이란 도안된 그림을 원하는 목적에 따라 연속적인 stitch로 연결하는 작업을 말하는데, 이것으로서 stitch 될 순서를 결정하는 단계로, 이 부분에서 작업된 자수의 부피감과 질감을 결정하는 중요한 공정 중에 하나이다. 이때, 보다 정밀히 원래의 그림에 가깝게 하기 위하여 3배~6배 정도씩 확대를 한 그림에서 펀칭 작업을 한다. 이러한 펀칭은 디지털타이저를 이용할 수도 있고, 자동으로 stitch 될 순서를 결정해주는 프로그램이 있기도 하다. 그러나 보다 정밀히, 그리고 디자이너가 원하는 감각을 잘 표현하고, 자수기의 기능을 잘 응용하기 위하여서는 펀칭사가 직접

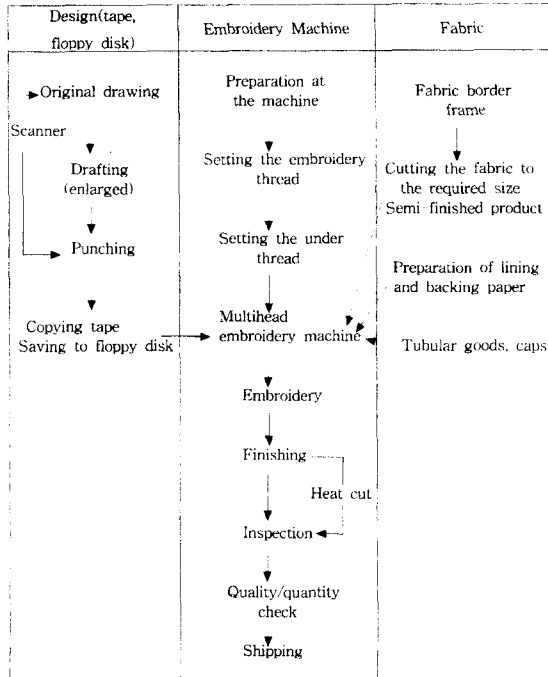


Figure 11. 다두형 자수기의 공정 흐름도.

편칭하는 것이 좋다. 일단 편칭 공정이 끝난 후, 저장한 다음 기계적인 부분으로 넘어가게 된다. 기계적인 부분에서는 침간 거리와 디자인 간격, 작업속도 등을 결정한 후 기계 작동에 들어가고, 기계작동 이후 원단에 놓여진 자수를 검사하고, 재작업에 들어가든지 다시 수정작업에 들어가게



Figure 12. 밑지에 도안된 디자인.

된다. 이러한 일련의 공정을 정확하게 이루기 위해서는 하드웨어적 요소와 소프트웨어적 요소가 잘 조화되어야 한다. Figure 12는 직접 밑지에 도안된 디자인을 나타내며 Figure 13은 확대되어 편칭된 그림을 나타내고 있다. Figure 14는 이러한 일련의 공정을 통한 최종 자수 작업이 이루어진 원단을 보여주고 있다.

한편, 이러한 과정은 15 yd 자수기에서도 거의 비슷한 공정을 거친다. 그러나 일반 다두 자수기가 직물 위에 자수로 디자인하는 것이 주목적이



Figure 13. 확대되어 편칭된 그림.



Figure 14. 최종 자수된 원단.

라면, 15 yd 자수기는 자수 후에 바탕 직물을 녹여내는 경우가 많으므로(레이스의 제작) 보다 정밀한 자수가 되어야 한다. 그래서 펀칭전에 확대할 때, 다두 자수의 경우보다 크게 확대하여 펀칭한다.

4. 기계의 구성과 제어부 블록다이아그램

4.1. 기계의 구성

누비기 : 누비기는 서보 모터에 의해 구동되는 주축과 이와 연결된 바늘축이 움직이며(z축의 이동), 직물의 이동은 Figure 4의 두 개의 롤러가 완전히 직물을 누르고 롤러가 전·후로 회전하면서 직물을 앞뒤로 이동시키며, 이 롤러 또는 바늘 축이 좌우로 움직여서, x, y축으로의 이동을 하게 된다. 이 x, y 이동은 스텝모터 또는 서보 모터를 사용하고 있다.

자수기 : Figure 15는 다두 자수기의 전체 구성도를 나타내고 있다. 현재 사용되고 있는 다두형 자수기의 경우 원단을 고정한 frame 부분이 스텝모터(step motor)에 의하여 수평(x, y축)이동하고, 이동되는 원단 위에 서보 모터(main AC servo motor)에 의해 구동되는 바늘로 자수가 이루어지는 것이 원리이다.

4.2. 제어 흐름도와 제어 블럭도

누비기, 다두 자수기, 15 yd 자수기 등에 있어서 제어 방법은 거의가 대동소이하다. 여기서는 이들 셋을 통괄하여 하나로 설명하고자 한다.

Figure 16은 제어기의 제어 흐름도를 나타내

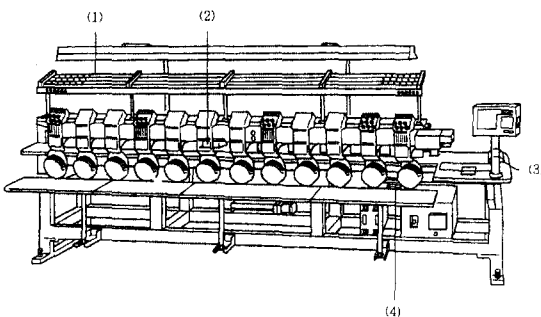


Figure 15. 자수기 전체 구성도. (1) thread guide, (2) Y축 펄스모터, (3) X축 펄스모터, (4) 주축 모터.

고 있다. 디자이너가 디자인한 것을 컴퓨터로 그린 후, 각 기계에 적합한 데이터 형태로 변환한 후 이것을 누비기나 자수기에 부착된 컴퓨터에 올리고, 필요한 각종 초기 조건들을 설정한 후 작업을 시작하면, 기계는 직물의 이동 방향(x축과 y축)과 크기를 디자인에 따라 결정하여 모터를 구동하여 누비 또는 자수를 하게된다. 이 때 사절단, 필요에 따라 사교체를 하게된다.

Figure 17은 바늘과 연결된 주축 구동 모터, x축, y축의 이동과 관련된 모터로 구성되어 있는 모터제어계의 제어 블럭도를 간략히 나타낸 것이다. 그림 (b)에서 디자인에 따라 x축, y축으로의 변위를 계산하고 그에 해당하는 출력전압은 증폭되어서 모터를 구동한다. 모터의 회전각도는 모터와 상판 사이를 연결하는 기어쌍의 비에 의하여 실제로 상판의 변위가 결정된다. 여기서 사용되는 주모터는 대부분의 경우 서보모터를 쓰고, x, y축 모터는 스텝모터를 쓰나, 누비기의 경

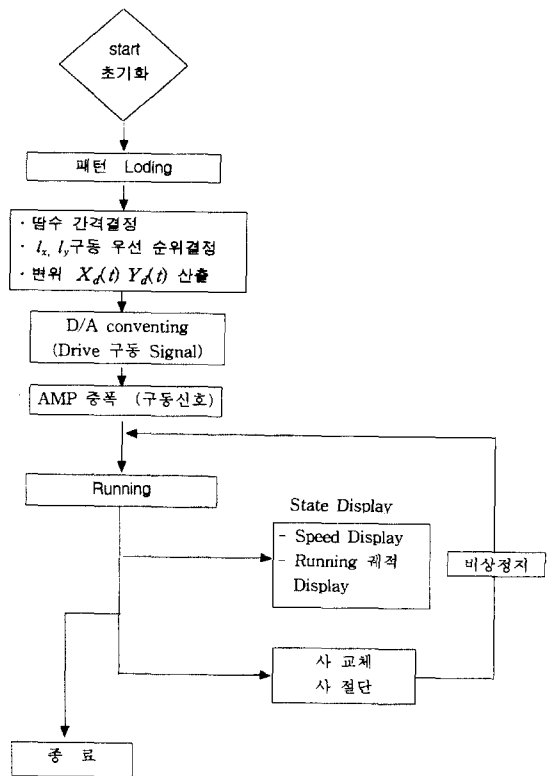


Figure 16. 제어 흐름도.

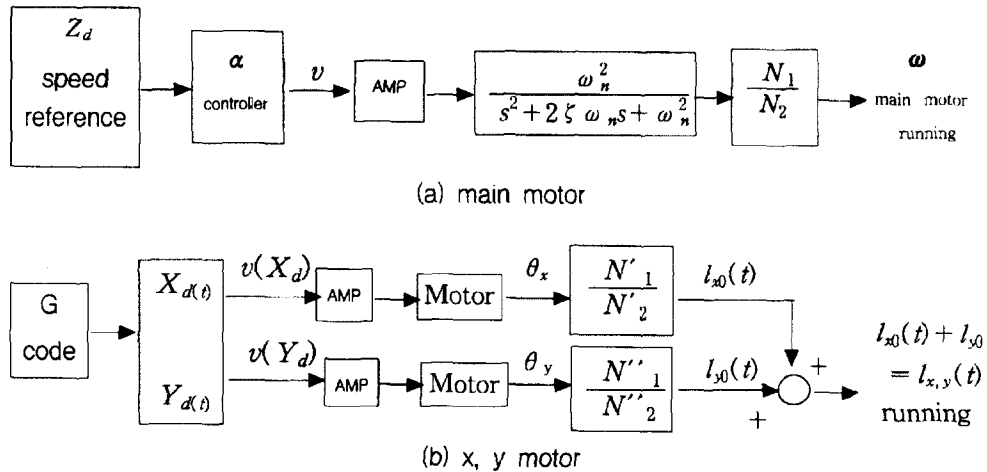


Figure 17. 제어 블록도.

우 서보모터를 쓰기도 한다.

퀼팅의 경우에는 다음의 두 가지를 고려하여 제어를 해야 한다. 먼저 디자인의 코너부분에서의 문제이다. 직선적으로 운동하는 바늘이 디자인의 코너에서 갑자기 방향이 바뀔 경우 바늘(축)의 관성에 의하여 몇 뿔을 더 지나게 된다. 따라서 특히 날카로운 형상의 디자인 구현시 끝부분이 스무드하게 나타나서 실제로 원하는 디자인과 큰 차이가 나게 된다. 만약 생산 속도를 늦춘다면 문제가 없으나 생산속도를 고려하여 다음과 같이 제어한다. 퀼팅할 디자인의 궤적을 미리 고려하여 변화의 기울기가 크지 않은 부분에서는 주축(바늘의 속도)을 크게 하고, 기울기가 큰 부분에서는 몇 뿔 전에 미리 예측하여 속도를 줄여나가는 방식 즉, 주축 모터와 x, y축 모터를 연동시켜서 제어를 한다.

또한 직각으로 꺾이는 부분을 실제로 퀼팅작업을 하면 직각의 모서리에서 상당히 떨어진 원호의 궤적을 그리게 된다. 따라서 최대한 직각에 가깝게 제어하기 위하여 서보계를 보통 1차 지연계통으로 간주하여 그 지연분을 보상함으로써 해결하게 된다. 이것을 윤곽제어라 한다. 이러한 보정의 효과는 속도 벡터의 변화가 원활할 경우

에 최대의 효과가 나타나며, 따라서 속도 변화가 큰 경우에서 푸리에 가감속의 방법을 이용하든지, 동작프로그램의 각 스텝을 세분화하여 속도가 완만하게 변할 수 있도록 함으로써 지령대로의 궤적을 그리고, 치밀한 제어가 가능케 할 수 있다

이상에서 재봉기 자동화에 대한 개론적인 이야기를 하였다. 국내의 재봉기 관련 자료가 워낙 부족하여 아쉽다. 앞으로 이와 관련된 체계화된 자료의 개발이 절실히 필요하다고 생각된다. 마지막으로 샘플 제작에 도움을 준 승우섬유에 감사드린다.

참고문헌

1. 박병상, "봉제과학", 경춘사, 1991
2. 선스타 종합카탈로그(산업용재봉기), 한국특수정밀, 1998.
3. Instruction Manual for Embroidery Machine, TAJIMA Co., 1998.
4. Instruction Manual for Quilting Machine, Won Chang Co., 1996.
5. Operation Manual for Embroidery Machine, SAURER Co., 1998.