

직기의 무늬내기 자동화에 관한 연구

허종성, 고명삼, 이재곤*, 하인중
서울대학교 제어계측공학과 * 서울대학교 섬유공학과

A Study on Automation of Loom Pattern Generation

Jong Sung Hur, Myoung Sam Ko, Jae Kon Lee*, In Joong Ha
Dept. of Control and Instrumentation Eng., * Dept. of Textile Eng., Seoul Nat'l Univ.

ABSTRACT

In this study a computer-aided textile pattern design system is implemented and a control methodology of a dobby motion is studied.

The described system allows the user to design various weave patterns through graphic editor and to simulate weaving by displaying the dummy weaving process on the monitor. In addition, if the yarn colors are specified, it is also possible to analyze color weaves. Thus it can replace effectively a conventional design tool, a design paper. The main features of the system are to design weave patterns, to show weaving effect, and to make lifting plan for the dobby motion control.

In dobby motion control, the mechanical control method conventionally used is not adequate for the loom which is linked with the computer-aided textile pattern design system, so an electromagnetic control method is proposed.

1. 서론

직기 자동화의 일환으로서 직물 무늬내기 자동화를 생각할 수 있다. 직물의 무늬내기를 자동화하기 위해서는 직물 무늬디자인 과정의 전산화와 도비나 자카드 운동의 전기 전자적인 제어가 필요하다. 현재 국내의 대부분의 직기에 있어서 그 도비운동은 무늬 팩(peg)을 사용하는 기계적인 방식에 의하여 제어되고 있으며 만일 무늬를 바꾸고자 하면 무늬 팩을 다시 조립하여야 한다. 그러나 컴퓨터에 의한 무늬디자인과 전기전자적인 방식에 의한 도비운동 제어를 실현한다면 의장지를 사용하지 않고 컴퓨터 화면을 통하여 직물무늬를 디자인할 수 있으며, 무늬 팩을 조립하지 않고 컴퓨터 조작으로 도비운동을 제어할 수 있게 된다.

본 논문에서는 퍼스날컴퓨터를 사용하여 직물무늬를 디자인할 수 있는 전산보조 직물 무늬디자인 시스템을 설계하며 직기의 도비운동 제어방식에 관하여 고찰함으로써 직기의 무늬내기 자동화에 관하여 연구한다.

2. 용어의 정의 및 그림의 수식화

종래의 직물 무늬내기 과정을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 원하는 무늬에 해당하는 완전조직 의장도를 그린다.
- 2) drafting plan을 결정한다.
- 3) 완전조직의장도와 drafting plan으로부터 pegging plan을 만든다.
- 4) pegging plan의 시퀀스대로 도비운동을 제어함으로써 직물을 짜낸다.

위와 같은 과정을 전산기로 처리하기 위해서는 용어의 정의와 함께 각종 그림을 수식적으로 표현할 필요가 있으므로 다음과 같이 용어를 정의하고 그림을 수식화한다.

• weave pattern : 직물구조에 있어서 씨실과 날실의 위 또는 아래 상태를 나타낸것. 즉 순수한 직물조직을 weave pattern이라 한다.

• color weave : 직물을 짜는데 있어서 색사를 사용하여 직물구조에 색사효과가 나타났을 때, 이것을 color weave라 한다. 즉 color weave란 겹보기로 나타나는 색사의 효과이다.

• WP(i,j) : weave pattern의 각 조직점에 있어서의 위 또는 아래 상태를 각각 1과 0으로 표시하는 2차원 배열로서 그 크기는 최대 24 x 24 이다. i 와 j는 각각 완전조직에 있어서의 날실과 씨실의 위치를 나타낸다.

• CW(i,j) : color weave의 각 조직점에 있어서의 겹보기 색을 0에서 15까지의 숫자로 표시하는 2차원 배열로서 그 크기와 i,j가 의미하는 바는 WP(i,j)의 경우와 같다.

• WARP(i) : 날실의 각 줄의 색을 표시하는 1차원 배열로서 각 줄의 색에 따라 0부터 15까지의 값을 갖는다.

• WEFT(j) : 씨실의 각 줄의 색을 표시하는 1차원 배열로서 각 줄의 색에 따라 0부터 15까지의 값을 갖는다. 이상에서 정의한 바와 같이 본 시스템으로 디자인할 수 있는 완전조직의 최대크기는 24 x 24 이며 날실과 씨실은 16가지의 색을 가질 수 있고 그 16가지 색은 0에서부터 15까지의 숫자로 표시된다.

이와 더불어 본 시스템에서는 drafting plan을 strait

draft로 한정함으로써 pegging plan이 항상 weave pattern과 같아지도록 한다. 그림 1은 strait draft를 이용한 경우 lifting plan의 한 예를 보여준다.

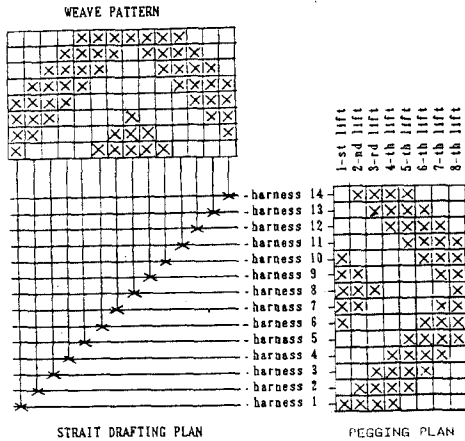


그림 1. lifting plan

3. 전산 보조 직물 무늬디자인 시스템의 설계

디지털타이저와 전산기의 키보드를 통하여 무늬정보를 입력시킨후 그래픽 에디터를 사용하여 원하는 무늬를 디자인하고 날실과 씨실의 색을 지정함으로써 그 제작효과를 시뮬레이션해 볼 수 있는 직물무늬디자인 시스템을 설계한다. 이 시스템에서 디자인할 수 있는 완전조직의 크기는 24x24이며 16가지의 색을 이용할 수 있다.

(1) 시스템 구성 및 기능

본 시스템의 하드웨어 구성은 그림 2에서 보는 바와 같이 칼라그래픽 기능을 가진 IBM-PC와 디지털타이저, 플로터, 프린터로 이루어지는데 각각의 용도나 사양은 다음과 같다.

- 전산기 : IBM-PC/XT
- 칼라그래픽보드 및 칼라모니터 : 640 x 400 그래픽 모드, 80 x 25 텍스트모드, 16색
- 디지털타이저 : 그래픽에디팅시 커서위치지정, 305x305 유효면적
- 플로터 : 직물무늬의 화상출력
- 프린터 : 문자나 숫자 데이터 출력

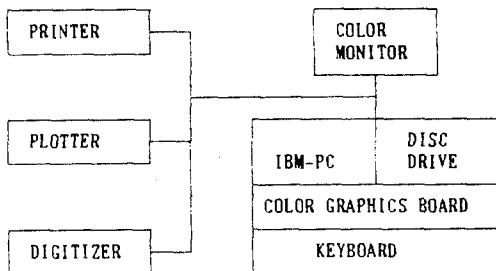


그림 2. 시스템 하드웨어 구성도

시스템 실험을 위하여 사용한 프로그래밍 언어는 베이식(BASIC)과 어셈블리어(Assembly language)로서 메인루틴은 베이식으로 작성되었으며 일부 서브루틴이 어셈블리어로 작성되었다. 표 1은 본 시스템의 메인메뉴로서 본 시스템의 소프트웨어가 어떻게 구성되어 있는지를 보여준다. 본 시스템의 기능을 요약하면 다음과 같다.

1) 직물무늬 디자인에 관계된 기능

- weave pattern과 color weave를 에디트하는 기능
- weave pattern과 yarn color로부터 color weave를 합성하여 보여주는 기능
- weave pattern과 color weave로부터 거기에 사용되어진 yarn color를 찾아 내어 보여주는 기능
- 원하는 무늬의 천을 짤 수 있도록 도비운동 제어 신호를 만드는 기능

2) 보조기능

- 데이터베이스 파일관리 기능
- 주변기기를 통한 데이터 입출력 기능

표 1. 메인메뉴

```
*****
* MAIN MENU *
*****
```

1. ABOUT DRAFTING PLAN
2. WEAVE PATTERN DRAWING
3. COLOR WEAVE DRAWING
4. YARN COLOR ASSIGNMENT
5. COLOR WEAVE GENERATION FROM WEAVE PATTERN & YARN COLOR
6. WEAVE PATTERN FINDING FROM COLOR WEAVE & YARN COLOR
7. YARN COLOR FINDING FROM COLOR WEAVE & WEAVE PATTERN
8. DOBBY MOTION CONTROL SIGNAL PREPARATION
9. PERIPHERAL DEVICE OR DATABASE HANDLING
0. EXIT

(2) Weave pattern 및 color weave drawing 루틴

이 루틴에서는 직물조직(weave pattern)이나 색사효과(color weave) 파일(file)을 새로이 작성하거나 기존의 것을 변경, 보완할 수 있는데 그 편집기능은 다음과 같다.

- copy : 일부분을 복사한다.
- mirror : 반사축을 중심으로 일부분을 반사시켜서 복사한다.
- set all : 모든 조직점을 위 상태로 만든다.
- clear all : 모든 조직점을 아래 상태로 만든다.
- set color : 조직점의 색을 지정한다.
- save : 데이터베이스에 파일을 저장한다.
- load : 데이터베이스로부터 파일을 로딩한다.
- cursor control : 조직점의 위치를 지정할 수 있도록 커서를 이동시킨다.

(3) 색사지정 루틴

이 루틴에서는 날실과 씨실에 색을 지정할 수 있다. 색의 지정은 키보드를 통한 데이터 입력형식으로 이루어 지는데, 각 날실과 씨실의 색을 나타내는 WARP(i)와 WEFT(j) 라는 배열에 실의 색에 해당하는 숫자를 입력하면 된다. 이때 각 색의 숫자값은 표 2 와 같다.

표 2. 이용가능한 색과 그 색값

| COLOR | COLOR VALUE | COLOR | COLOR VALUE |
|----------|-------------|----------------------|-------------|
| BLACK | 0 | GRAY | 8 |
| BLUE | 1 | LIGHT BLUE | 9 |
| GREEN | 2 | LIGHT GREEN | 10 |
| CYAN | 3 | LIGHT CYAN | 11 |
| RED | 4 | LIGHT RED | 12 |
| MARGENTA | 5 | LIGHT MARGENTA | 13 |
| BROWN | 6 | YELLOW | 14 |
| WHITE | 7 | HIGH-INTENSITY WHITE | 15 |

(4) color weave generation 루틴

이 루틴에서는 직물조직과 색사를 이용해서 색사효과를 만들어 낸다. 또한 합성된 color weave 를 거시적인 안점으로 볼 수 있기 때문에 직물조직과 색사를 바꾸어가며 제직 시뮬레이션을 할 수 있다. 그림 3을 통하여 색사효과를 만들어내는 방법을 설명하면 다음과 같다.

(1,1)의 위치에서는 weave pattern의 값 WP(1,1)이 1이므로 직물 조직에서 날실이 위로 올라온다. 따라서 이 위치에서의 색사효과인 CW(1,1)은 날실의 색을 취한다. 그러므로 CW(1,1)=WARP(1)=2가 성립한다. 다음 위치 (1,2)에서는 weave pattern의 값이 0이므로 직물조직에서 날실이 아래로 가라앉고 씨실이 위로 올라온다는 것을 알 수 있다. 따라서 색사효과인 CW(1,2)는 씨실의 색을 취한다. 즉, CW(1,2)=WEFT(2)=6 이 성립한다. 같은 방법으로 계속해 가면 직물조직과 색사로 부터 원하는 직물조직을 갖는 색사효과를 완성할 수 있다.

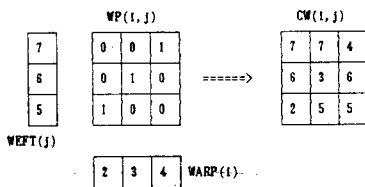


그림 3. color weave 작성 예

(5) weave pattern finding 루틴

이 루틴에서는 color weave와 yarn color 가 주어졌을 때 그에 해당하는 weave pattern을 찾아낸다. 이 문제에서 있어서 해가 존재하기 위한 조건은 다음 정리와 같다.

[정리 1]

0에서 15까지의 정수값을 갖는 CW(i,j), WARP(i), WEFT(j)가 주어졌을 때 모든 (i,j)에 대하여

$$CW(i,j)=WARP(i) \text{ 또는 } CW(i,j)=WEFT(j) \dots\dots\dots(1)$$

$$1 \leq i \leq \max i, \quad 1 \leq j \leq \max j \dots\dots\dots(2)$$

$$2 \leq \max i \leq 24 \quad 2 \leq \max j \leq 24 \dots\dots\dots(2)$$

를 만족하면 주어진 색사와 색사효과를 만족하는 직물조직이 존재한다.

[증명]

(<=)

weave pattern을 WP(i,j)라 하면 다음의 관계식이 성립한다.

$$WP(i,j)=1 \text{ 이면 } CW(i,j)=WARP(i) \dots\dots\dots(3)$$

$$WP(i,j)=0 \text{ 이면 } CW(i,j)=WEFT(j) \dots\dots\dots(4)$$

식(2)를 만족하는 적어도 한 쌍의 (i,j)에 대하여 CW(i,j) ≠ WARP(i) 그리고 CW(i,j) ≠ WEFT(j)가 만족된다면 이것은 식(3)과 식(4)에 모순된다. 따라서 해가 존재한다면 반드시 식(1)을 만족해야만 한다.

(==)

만일 모든 (i,j)에 대하여 식(1)이 성립한다면 CW(i,j) = WARP(i) ≠ WEFT(j)일 때는 WP(i,j)=1이고 CW(i,j) = WEFT(j) ≠ WARP(i)일 때는 WP(i,j)=0이며 CW(i,j)=WARP(i) = WEFT(j)일 때는 WP(i,j)=0 또는 1이므로 모든 (i,j)에 대하여 WP(i,j)가 존재한다.

(6) yarn color finding 루틴

이 루틴에서는 color weave와 weave pattern이 주어졌을 때 그에 해당하는 yarn color를 찾아낸다. 다음의 정리는 해가 존재하기 위한 조건을 요약한 것이다.

[정리 2]

0에서 15까지의 정수값을 갖는 CW(i,j)와 0이나 1의 값을 갖는 WP(i,j)가 주어지고 그 완전조직의 크기가 같다면 다음의 두 조건은 주어진 color weave와 weave pattern에 해당하는 yarn color가 존재하기 위한 필요충분조건이 된다.

(1) 각 i 에 있어서, WP(i,j)=WP(i,k)=1을 만족하는 모든 j와 k에 대해서는 CW(i,j)=CW(i,k)가 성립하여야 한다.

(2) 각 j 에 있어서, WP(i,j)=WP(l,j)=0을 만족하는 모든 i와 l에 대해서는 CW(i,j)=CW(l,j)가 성립하여야 한다.

[증명]

(<=)

해가 존재한다고 가정하자. 즉, 주어진 CW(i,j)와 WP(i,j)에 해당하는 WARP(i)와 WEFT(j)가 존재한다고 가정하자. 각 i 에 있어서, WP(i,j)=WP(i,k)=1을 만족하는 j와 k가 존재한다면 CW(i,j)=WARP(i)가 성립하며 또한 CW(i,k)=WARP(i)가 성립한다. 그런데, 고정된 어떤 i 에 대한 WARP(i)는 고유하므로 CW(i,j)=CW(i,k)가 성립하여야

한다. 또 각 j 에 있어서, $WP(i, j) = WP(l, j) = 0$ 을 만족하는 i 와 l 이 존재한다면 $CW(i, j) = WEFT(j)$ 가 성립하며 $CW(l, j) = WEFT(j)$ 도 성립한다. 그런데, 고정된 어떤 j 에 대한 $WEFT(j)$ 는 고유하므로 $CW(i, j) = CW(l, j)$ 가 성립하여야 한다. 그러므로 해가 존재한다면 조건 (1)과 조건 (2)가 만족되어야 한다.

(\Rightarrow)

조건 (1)과 조건 (2)가 만족된다고 가정하자. 그러면, 각 i 에 있어서 $WP(i, j) = WP(i, k) = 1$ 이 성립하고 $CW(i, j) = CW(i, k)$ 가 성립하므로 $WARP(i) = CW(i, j) = CW(i, k)$ 가 되어 모든 $WARP(i)$ 가 결정된다. 또한 각 j 에 있어서는 $WP(i, j) = WP(l, j) = 0$ 이 성립하고 $CW(i, j) = CW(l, j)$ 가 성립하므로 $WEFT(j) = CW(i, j) = CW(l, j)$ 가 되어 모든 $WEFT(j)$ 가 결정된다. 따라서 조건 (1)과 조건 (2)가 만족되면 해가 존재한다.

4. 도비운동 제어방식에 관한 고찰

(1) 도비운동 제어방식 개선의 필요성

현재 국내에서 사용되고 있는 많은 도비기들은 대부분 기계적인 방법으로 도비운동을 제어하고 있다. 그러나 앞으로 CAD 시스템을 이용한 직물 무늬 디자인 시스템이 점차 실용화되고 또한 마이크로 프로세서(microprocessor)에 의한 직기의 동작 제어가 실현된다면 필연적으로 직기의 도비운동 제어방식은 개선되어야만 하며 그 개선 방향은 전산기에 의한 제어가 가능한 전기전자적인 방식이 되어야 한다. 최근에는 전산보조 직물 무늬 디자인 시스템과 전기전자적인 도비운동 제어방식을 결합한 직물 무늬내기 자동화 시스템들이 많이 상품화되고 있는데 앞으로는 보편화되어 질 전망이다. 그러므로 도비운동 제어방식을 개선하여 전산기와와의 연결을 가능하게 하고 CAD/CAM을 이용한다면 직기의 무늬내기를 자동화 할 수 있을 뿐만 아니라 품종의 다양화에도 도움이 될 것으로 예상된다.

(2) 전기전자적인 도비운동 제어방식

도비기들은 많은 경우에 무늬 팩을 통하여 무늬 정보를 입력하고 있으며 그보다 조금 진보한 경우에는 무늬 정보를 천공한 카드(punched card)와 카드리더(card reader)를 통하여 무늬 정보를 도비기에 입력하고 있다. 그러나 최근에는, 보다 발전한 형태로, 전자 마그네트를 사용하여 도비운동을 직접 제어하는 방식이 많이 연구되어지고 있다. 이런 방식은 도비기의 큰 구조변화가 없이도 접속이 가능한 장점이 있다. 그러나 국내의 대부분의 직기들은 무늬 팩을 사용하여 무늬정보를 입력시키고 있는 실정이다. 무늬 팩을 사용하여 무늬정보를 입력시켜서 도비운동을 제어하는 직기 일지라도 솔레노이드(solenoid)를 사용하여 도비운동을 제어할 수 있도록 개선하는 것이 가능한데 여기에는 선결 되어져야 할 몇가지 문제점이 있다.

우선, 솔레노이드로 혹은 직접 제어하는 방법을 생각해 보자. 이 경우에는 혹은 좌우로 운동을 하기 때문에 혹은 한 동기되어 같이 움직이는 솔레노이드 장치를 만들지 않는 한 혹은 상하운동 제어가 매우 힘들다. 다음에는, 보통 혹은

피쉬 레버를 상하로 제어함으로써 혹은 상하운동을 제어하는 방법을 생각할 수 있다. 이 방법은 혹은 직접 제어하는 방법보다 훨씬 합리적이며 용이하다. 그러나 이 방법을 사용하려면 먼저 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

첫째로, 보통 혹은 피쉬 레버들이 좁은 간격으로 설치되어 있어서 솔레노이드를 설치할 공간이 크고 자장(magnetic field)의 영향이 인접한 보통 혹은 피쉬 레버에 크게 작용할 수 있다는 것이고, 둘째는, 보통 혹은 피쉬 레버의 상하운동 거리가 크기 때문에 그 거리 문제를 극복하기 위해서는 솔레노이드가 큰 힘을 필요로 한다는 것이다. 이 두가지는 서로 복합적인 것으로서 다음과 같은 해결책을 생각할 수 있다.

전자의 문제를 해결하기 위한 한 가지 방법은 보통 혹은 피쉬 레버에 연결식을 덧붙여 그 높이를 몇 개의 층으로 나누어서 공간을 확보함과 동시에 솔레노이드의 인접 거리를 넓힘으로써 그 간섭을 줄이는 것이다. 만일 이 과정에서 보통 혹은 피쉬 레버의 상하운동 거리도 줄일 수 있다면 더욱 효과적일 것이다. 그러나 이 경우에는 솔레노이드가 들어올려야 하는 무게가 늘어나는 결과가 되므로 연결식의 길이를 가능한한 짧게 하고 가벼운 소재를 사용하여야 한다.

5. 실험 및 검토

설계한 직물 무늬디자인 시스템의 기능을 시험하고 그 성능을 평가하기 위하여 실질적인 무늬디자인 실험을 하였다.

(1) color weave generation 실험

본 시스템으로 디자인할 수 있는 완전조직의 최대크기인, 24×24 크기의 weave pattern을 작성하고 낱실에는 하늘색, 보라색, 파란색, 빨간색을 지정하였으며 씨실에는 연두색, 하늘색, 황토색, 파란색의 색상을 각각 지정하였다. 그림 4(a)와 같이 출력된 상태에서 color weave generation 명령을 실행하여 그림 4(b)와 같은 결과를 얻었다.

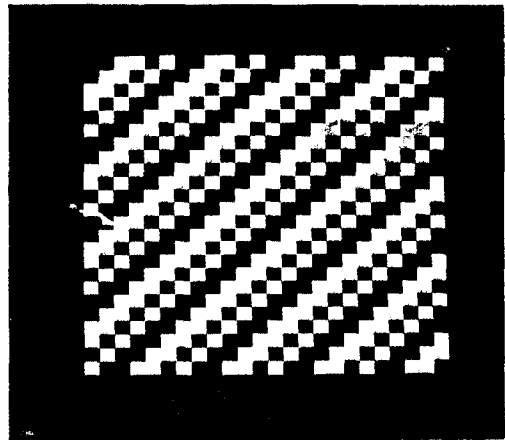


그림 4(a) 직물조직과 색상

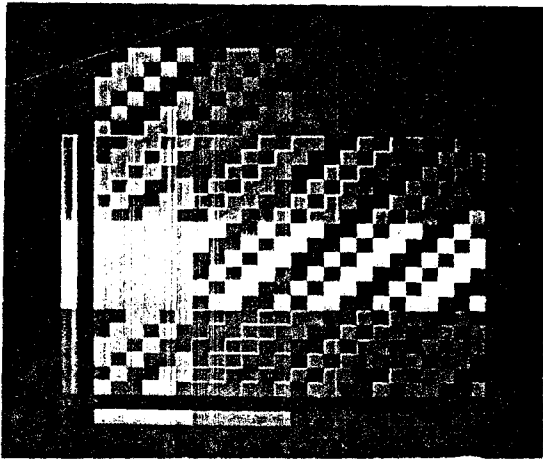


그림 4(b) 완성된 색사효과

이 실험을 통하여 다음과 같은 사항을 알 수 있다.

- 1) 직물조직과 그 색사효과는 서로 다른 것으로서 겹으로 드러나는 색사효과만으로는 직물의 조직을 판별하기 어렵다.
- 2) 날실의 색과 씨실의 색이 같은 경우에는 단일색의 색사효과가 균일하게 나타난다.

(2) weave pattern finding 실험

데이터베이스에 저장되어 있는 CW2, WARP2, WEFT2 라는 파일을 로딩하여 weave pattern finding 명령을 실행함으로써 그림 5(a)와 같은 직물조직을 찾았으며 그 전체적인 효과를 보기 위해서 직물조직을 확장시켜서 그림 5(b)와 같은 결과를 얻었다. 그림 5(a)와 그림 5(b)를 비교해 보면, 직물조직을 확장시켜서 그 전체적인 효과를 본다는 것이 큰 의미가 있음을 알 수 있다.

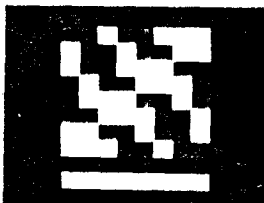


그림 5(a) 찾아낸 직물조직

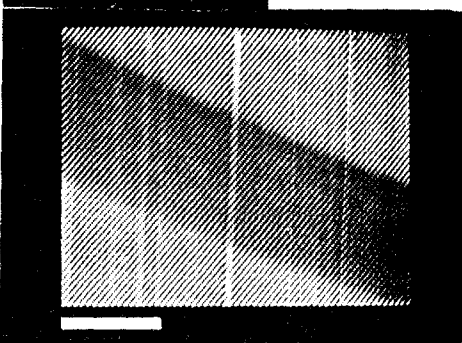


그림 5(b) 확장시킨 직물 조직

(3) 검토

앞의 실험외에도 각 루틴마다 여러가지 경우에 대하여 그 기능을 실험하여 각 루틴들이 그 고유기능을 잘 수행하는 것을 확인하였다. 실험을 통하여 본 시스템의 성능을 평가한 결과 다음과 같은 면에 있어서 보완되어야 할 점이 있음을 알았다.

- 실의 굵기 (yarn diameter) 나 سنگ밀도 (yarn density) 등과 같은 제직 특성 반영정도가 충분하지 못하다.
- 그림의 화면출력 속도가 느리다.
- 칼라 그림의 하드카피 기능이 완전하지 못하다.

6. 결론

전산보조 직물 무늬디자인 시스템은 종래의 종이 위에서의 디자인 작업을 전산기로 처리할 수 있게하며, 직접 천을 짜지 않고도 그 제직효과를 볼 수 있게 하는 유용한 시스템이다.

본 연구에서는 퍼스날컴퓨터를 사용하여 이러한 기능을 수행할 수 있는 직물 무늬디자인 시스템을 설계하였으며 도비 운동제어방식에 관하여 고찰하여 전기전자적인 도비운동 제어방식의 필요성과 실제적인 문제점을 살펴보았다. 본 시스템을 보완하여 제직특성을 충분히 반영할 수 있도록 하고 솔레노이드를 사용한 도비운동 제어를 실현하기 위한 실질적인 실험 및 연구가 진행되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 85,86년도 과학기술처 특정연구 개발사업비로 수행된 것임.

참 고 문 헌

- [1] F.Happay, Contemporary Textile Engineering, Academy Press, 1982, pp.225-266
- [2] J.W.S.Hearle, M.Konopasek and A.Newton, "New Ways to Produce Textiles," Textile Institute Annual conference, Lucerne, 1972, p.133
- [3] J.W.S.Hearle, A.newton, P.J.Grigg, "Computer-Aided Textile Design: A Liberating Prospect," Textile Institute Annual Conference, Hong Kong, 1984
- [4] Walter,H., "Optisch-electronische Steuerung-sanlage ersetzt Jacquardkarten," MTB, 1969, 50, No.12, pp.1428-1432
- [5] Albrecht,K., "Computergesteuertes Textildesignieren und Weben," MTB, 1971, 52, No.7, pp. 782-788
- [6] Seidl,R., "Einsatz der Elektronik bei der Textilmusterverarbeitung in der Jacquardweberei," TT, 1981, 31, 31, No.5, pp.298-303
- [7] Lepka,K.P., "Anwendung der EDV zur Automatischen Erstellung von Jacquardkarten," MTB, 1977, 58, No.7, pp.551-556
- [8] Kruse,R., "Textilmuster-Datenerfassung," MTB, 1979, 60, No.2, pp.123-124, No.4, pp.310-311
- [9] Th.Bachinger, "Desing and Weaving in Fancy Weaving Using Microcomputers," International Textile Bulletin, Fabric forming, 1983, No.3, pp.13-30
- [10] Color 400 Installation and Software Technical Reference, Sigma design
- [11] Creator WT-4000 Operational Manual, Wacom Co., 1984
- [12] DXY-880 Operational Manual, Roland, 1985