

# 최적 재단수율을 위한 형태 배열시스템 - Auto Nesting System of Footwear Pattern for Optimal Cutting Yield -

김행렬\*

Kim, Haeng-Ryel

류영근\*\*

Ryu, Young-Keun

조남호\*\*\*

Cho, Nam-Ho

## Abstract

Almost of the pattern nesting for materials cutting plan, in footwear cutting process, is dependent on worker's experience. Thus, it is different from the real cutting results in degree of worker's skill. Therefore, it needs to develop the auto nesting systems that are easier for novice to use and fit for the domestic circumstances.

This paper describes the development of auto pattern nesting system for optimal cutting yield of footwear materials. The system developed in this study is composed of interrelated modules for materials information control, nesting simulation, utility and the architecture of system, the functions of each module, and the information processing procedures of each function are discussed.

## I. 서론

신발제조공정중 소재재단공정에서 소재 단위당 가용면적과 가용단위면적당 부품 조각 형태 별 재단가능량을 확인하는 채산작업, 그리고 단위면적당 최대수율을 얻기 위해 재단할 부품(Piece)의 형태(Pattern)를 배열하는 배열작업은 거의 전적으로 작업자의 경험적인 직관에 의존하고 있다[1]. 따라서 경험적 눈매김에 의한 채산 및 형태배열작업은 실제 재단결과와는 차이가 많으며, 작업자의 숙련도에 따라서 수율의 오차폭 또한 크게 나타난다. 국내 일부 기업에서는 배열(Nesting) 소프트웨어가 탑재된 미국, 영국, 이탈리아 등 선진국에서 개발된 자동 재단기 [15,16,17,18]를 도입하여 사용하고 있으나 이것은 신발부위 형태(Pattern)의 칼형을 소재에 대해 유압식 재단기로 압력을 가하여 재단하는 대부분의 국내 신발 제조업체의 수작업 방식과는 현실적으로 맞지 않는 것으로 나타났다[3]. 또한 비교적 고가이며, 사용용어가 한글화되어 있지 않고, 기능이 복잡하여 조작방법 및 기능 숙지에 전문인력이 소요되는 등 문제점이 많은 것으로

\* 한국정보시스템(주)

\*\* 안동전문대학 공업경영과

\*\*\* 건국대학교 산업공학과

밝혀졌다[2,3]. 그리고 배열(Nesting)프로그램에 관한 연구로는 Ismail [10], Qu 와 Sanders [11], Chung과 Hillman [14] 등에 의하여 이루어지고 있으나 이것은 샘플제품이나 적은 로트 생산 제품과 CNC(Computer Numerical Control)재단기용으로 주로 섬유 및 디자인 분야에 사용되는 범용 소프트웨어에 관한 것이다. 따라서 본 연구의 목적은 한글화되고 조작방법이 단순하며, 기능속지가 쉬운 신발 소재의 재단계획전용의 채산 및 배열 소프트웨어를 현실성있게 개발하는 데 있다.

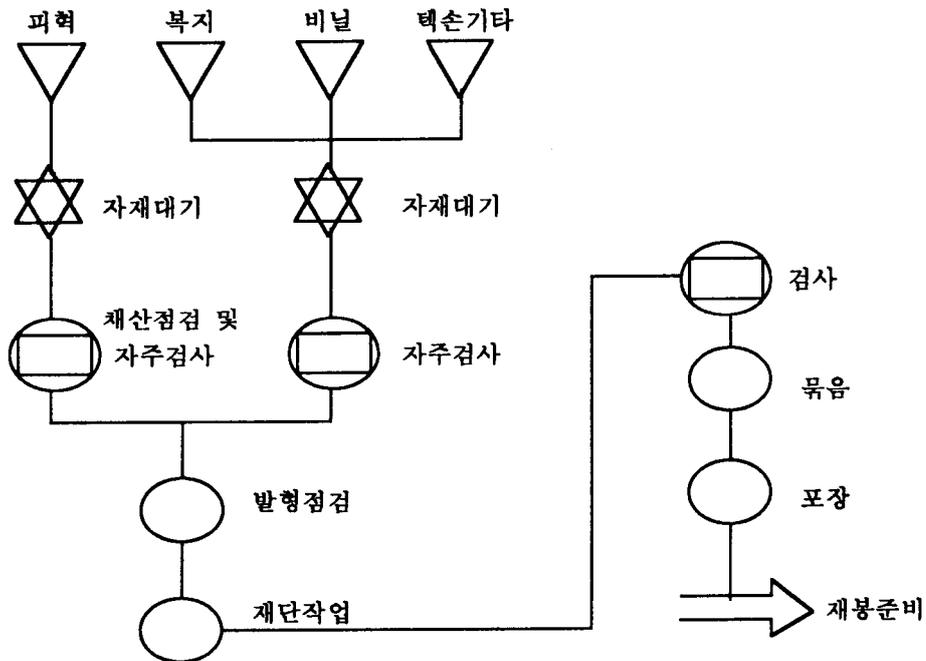
본 연구에서의 개발시스템은 자재정보관리, 배열 시뮬레이션, 유틸리티 등의 관련 서브시스템, 모듈로 구성되어 있으며, 여기서는 현업의 신발재단공정분석과 시스템의 구조, 각 모듈의 기능, 그리고 각 기능에 있어서의 정보처리절차에 대하여 논하고자 한다.

## II. 시스템설계

### 1. 현업 신발재단공정의 현황

신발재단공정은 신발제조공정순서에 가장 선행되는 공정으로 작업성에 있어서는 비교적 단순한 공정에 속한다고 볼 수 있으나 자재비가 제조원가의 50 ~ 60 %를 차지하는 신발산업특성을 고려한다면 제조원가에 직접적인 영향을 미치는 주요 공정중의 하나로 간주될 수 있다.

일반적으로 재단공정은 생지재단공정, 가죽합포물 및 텍손(Texon)재단공정, 스폰지 재단공정으로 크게 대별되며, 이러한 공정은 다시 재단준비, 채산점검, 재단작업의 순서로 이루어진다. 일반적인 재단작업공정은 < 그림 1 >과 같다[1,3,5].



< 그림 1 > 신발재단작업의 공정도

<그림 1>에서 본 연구의 주요대상이 되는 공정은 채산작업 및 자주검사공정과 발형점검 공정으로서 여기서는 재단작업을 위한 소재단위당 가용면적과 가용단위면적당 부품조각형태별 재단가능량을 산출하는 작업과 그리고 단위면적당 최대수율을 얻기 위하여 재단할 부품(Piece)의 형태(Pattern)를 배열(Nesting)하는 작업이 수작업으로 이루어진다[3]. 채산점검은 재단하고자 하는 부품별, 칫수별로 모두 시행하는 것이 아니고 기준문대( 기준 칫수 : 보통 7문)의 주요 부품만으로 (부품크기가 비교적 큰 것) 경험에 의한 재단계획(Cutting Plan)을 구성하는 것이며, 발형점검은 가장 양호한 수율을 낼 수 있도록 기준문대의 부품(Piece)모양의 형태(Pattern)를 중이로 떼서 경험적으로 배열하는 것이다[4]. 따라서 이와 같은 공정에서는 경험과 직관이 뛰어난 숙련된 작업자를 필요로 하며, 이러한 경험과 직관에 의한 재단계획은 실제 재단결과와 크게 차이가 날뿐 아니라 부품별로도 숙련도에 따라서 수율의 오차폭이 심하게 나타난다. 따라서 본 논문에서는 이와같은 문제를 해결하기 위해 소재의 방향성과 재단수량을 고려한 배열가능뿐만 아니라 최대수율을 고려한 채산기능을 지원하는 자동 형태배열 시스템을 개발하고자 하였다.

## 2. 채산알고리즘의 설계

신발재단공정에 사용하고 있는 채산방법에는 여러 가지가 있는 데 그 중에서 피혁(또는 기타 소재)에 흠이 없다고 가정한 상태에서 피혁모형의 표준모델을 정하여 지형(Paper Pattern)을 조(Set)별로 영입하는 원형채산법, 소재모양을 사각형으로 가정하여 부품별로 지형의 높이와 폭을 산정하여 사각형안에 몇 개가 들어가는가를 계산하는 사각채산법, 부품별 지형의 기준점을 설정하여 일정한 방향으로 일정수의 모형을, 그리고 기준점을 기준으로 지형 1개 또는 2개의 모양을 완전히 포함하는 평행사변형을 만들어서 면적을 계산하는 파렐로그램(Parallelo Gram)법이 가장 많이 활용되고 있다[2,3,4]. 본 연구에서는 재단기의 특징이 주로 규격화된 소재를 사용하기 때문에 배열소요시간이 타 방법에 비해 짧고, 재료규격에 따라 영향을 적게 받는 사각채산법을 기준으로 프로그램을 개발하였다.

사각채산은 소재절단에 사용될 피혁이나 원단을 주어진 길이와 폭으로 계산된 사각형으로 배치하고, 부품별로 지형의 높이와 폭을 산정하여 사각형내부에 최대의 효율을 갖는 최적화 배열을 수행함으로써 생산할 수 있는 부품의 갯수를 계산하는 작업이다[3,4]. 사각채산법은 채산소요량을 산출하는 일반적인 방법이며, 시스템을 이용한 시뮬레이션을 처리하기 위해서는 배열프로그램의 자동배열 알고리즘과 채산소요량을 산출하기 위한 사각채산 생성알고리즘이 결합된 형태로 구성된다. 소재절단을 위한 고려사항중 가장 중요한 재단방향은 자재의 무늬결에 따라 결정되며, 재단 방향의 결정은 배열작업전에 이루어져야 사각채산 알고리즘에 반영되어 배열이 수행된다. 재단방향의 종류는 일정한 방향으로만 재단하는 정재단법, 45°의 사선방향으로만 재단하는 사선재단법, 모든 방향으로 재단가능한 자유재단방법이 있으며, 대부분 부품은 정재단법을 사용한다. 사각채산 알고리즘은 다음과 같다.

### 알고리즘 사각채산

/\* P : Pattern (부품)

R(0,0) : 기준점, 원점, Relative axis

Z : Zone area

n : 1 쪽에 소요되는 pattern 개수

S : Rectangle area

\*/

```

Declare Gap, Length, Width, Units
Set based point location R(0,0)
Loacte P1, P2, P3
Compute Z(P1, P2, P3)
n = pairs(P)
case
  정재단 :
    rotate  $\theta_i=0^\circ$  or  $\theta_i=180^\circ$ 
    compute Si
  사선재단 :
    rotate  $\theta_i=45^\circ$ 
    compute Si
  자유재단 :
    rotate  $0^\circ \leq \theta_i \leq 360^\circ$ 
    compute Si
end /* case */
Minimum(Si)
end /* 사각채산 */

```

### 3. 형태의 설계

신발의 모든 패턴은 폐곡선형태이며 직선은 스플라인의 정점정형화로 구현되며, 스플라인은 B-스플린(Spline) 계열이고, 정형/비정형(Uniform/Nonuniform), 2차/입체(Quadratic/Cubic)의 성격으로 분류된다[7].

본 개발시스템에서는 정점(Vertex)의 표면(Surface) 특성을 표현할 수 있는 입체계열과 늘벡터(Knot Vector)를 정규화(Normalized)시킬수 있는 정형계열의 특성이 결합된 정형 입체 B-스플린(The Uniform Cubic B-spline) 곡선[6]을 사용하였다.

본 연구에서의 형태 디지털라이징(Pattern Digitizing) 방법은 일반적인 방법을 사용하되 각 부품별 식별가능한 코드를 부여하도록 하여 배열시 부품선별이 용이하도록 하였고, 형태데이터형식(Pattern Data Format)은 DXF 또는 IGES파일 형(Format)인 SNF(Shoe Nesting Format)으로 변환되도록 하였다. 각 실물(Entity)은 직선, 원, 원호를 이용하는 타 시스템과는 달리 완전 자유폐곡선형태의 폴리라인(Poly line)을 스플라인(Spline) 처리하였다. 또한 방향성이 있는 소재를 감안하여 형태배열시 회전각도를 제한할 수 있게 하였으며, 소재두께에 따라 상이해 질 수 있는 형태간 간격을 임의로 조정가능하도록 함으로써 겹침 재단시 재단칼의 두께로 인해 형태가 손상되는 것을 방지하도록 하였다. 스플라인 곡선의 특성과 구성요소는 다음과 같다.

#### 가. 스플라인곡선의 특성

- 제어점의 개수에 의존적
- 광역제어(Global Control)
- B곡선 혼합함수(B-spline blending function :어떤 제어점에 대해서 a single piecewise parametric polynomial curve를 생성하는 함수)
- 정형 B곡선(Uniform B-Spline) : 폐곡선 형태 (Represent Closed Curves)

나. 정형 입체 B곡선의 혼합함수(The uniform cubic B-spline의 blending function)

$$\begin{aligned}
 N_{0,3}(t) &= \frac{1}{6} t^3 && , [0 \leq t \leq 1] \\
 N_{1,3}(t) &= \frac{1}{6} (-3t^3 + 3t^2 + 3t + 1) && \dots\dots\dots (1) \\
 N_{2,3}(t) &= \frac{1}{6} (3t^3 - 6t^2 + 4) \\
 N_{3,3}(t) &= \frac{1}{6} (-t^3 + 3t^2 - 3t + 1)
 \end{aligned}$$

다. 정형 입체 B곡선의 행렬식(The uniform cubic B-spline의 matrix formulation)

$$P_i(t) = \frac{1}{6} [t^3 \ t^2 \ t \ 1] \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ -3 & 6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{i-1} \\ V_i \\ V_{i+1} \\ V_{i+2} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

스플라인 곡선의 구현 알고리즘은 다음과 같다.

```

Subroutine Uniform_Cubic_B_Spline()
/* m+1 : the number of control points
   pi   : i'th control point pix, piy, piz are
          the x, y, z coordinates of pi
*/
Begin
  for i=0 to m do
    read control point pi
  endfor
  for i=1 to (m-3) do
    for t=0.0 to 1.0 insteps of 0.05 do
      x=pix*N0(t)+pi+1x*N1(t)+pi+2x*N2(t)+pi+3x*N3(t)
      y=piy*N0(t)+pi+1y*N1(t)+pi+2y*N2(t)+pi+3y*N3(t)
      z=piz*N0(t)+pi+1z*N1(t)+pi+2z*N2(t)+pi+3z*N3(t)
      // N0, N1, N2 and N3 are Knot vectors
      if ((x,y,z) is starting point on curve
          then move_to(x,y,z)
          else draw_to(x,y,z)
          endif
    endfor
  endfor
  return
end
    
```

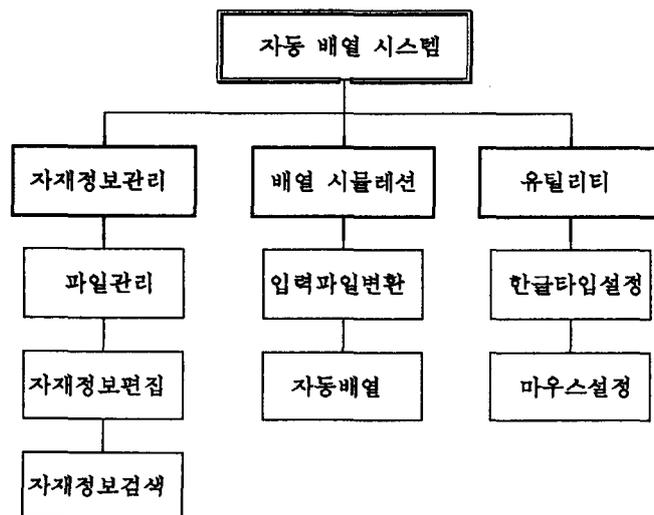
배열은 재단형상이 대부분 규칙성을 가진 배열임을 감안하여 최초에 입력된 기준형태에 대해 차기배열대상 형태를 이동(Move), 회전(Rotate) 시킴과 동시에 앞 형태와의 겹침을 체크(Checking)해 내는 방법으로 진행된다.

### III. 시스템 개발

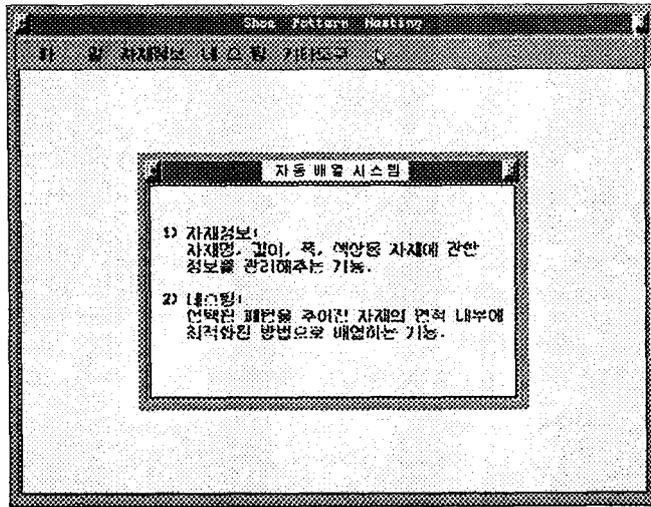
#### 1. 개발시스템의 전체구성

형태배열(Pattern Nesting) 소프트웨어는 정형, 비정형의 형상으로 만들어진 2차원의 도형을 주어진 영역내부에 여러 가지 설정조건에 따라 반복배열을 수행시키는 프로그램이다[8]. 일반적인 배열 소프트웨어는 3 가지의 기능을 중심으로 구성되어 있는 데 각 기능은 형상입력모듈, 배열 알고리즘, 기계 인터페이스( Machine Interface ) 모듈로 이루어져 있다[9]. 특히, 배열 알고리즘은 자동방식과 대화형방식으로 구현할 수 있고, 알고리즘의 기술정도에 따라 전반적인 성능에 큰 영향을 미치게 된다[[10]. 본 연구에서 개발된 자동배열시스템은 <그림 2>와 같이 자재정보관리, 배열 시뮬레이션, 유틸리티의 3 가지 서브 시스템으로 구성되어 있으며, 실행화면은 <그림 3 >과 같다.

자재정보관리 서브시스템은 자재정보의 입력, 편집 기능으로 구성되어 있으며, 자재데이터의 관리, 빠른 검색도구, 배열에 필요한 자재정보를 전송시키는 역할을 수행한다. 배열 시뮬레이션 서브시스템은 자재정보와 배열 조건정보를 입력받아 자동배열 알고리즘에 의해 최적화된 배열을 수행한 후 생성될 부품의 개수와 사용면적에 대한 효율을 계산해 낸다. 유틸리티 서브시스템은 시스템의 환경설정과 프로그램을 사용할 때 유용한 도구로 구성되어 있다.



< 그림 2 > 시스템 전체구성도



< 그림 3 > 자동 배열시스템 실행화면

## 2. 자재정보관리 서비스시스템

신발의 자재는 종류와 형태에 따라 분류형태와 취급방법이 다양하기 때문에 별도의 자재관리 시스템이 필요하다[5]. 개발시스템에서는 자재의 현황과 재고관리의 수준을 벗어나 배열 수행에 필요한 자재정보에 국한하여 부품위주의 자재정보관리 서비스시스템을 구성하였다.

이 서비스시스템에서 자재의 구분은 자재분류의 기준과 자재특성에 따라 만들어진 자재코드를 사용하게 된다. 현장에서는 자재이름을 사용하여 작업에 필요한 자재를 인식하는 수단으로 사용하지만 여기서는 하나의 자재이름에 따라 색상, 크기, 두께, 무늬방향 등 다양한 자재특성이 적용되어 세분화된다. 현장실무자는 오랜 경험에 의하여 자재이름으로도 그리고 작업공정과 부품만으로도 알맞는 자재를 선택할 수 있지만 시스템을 이용한 자재관리측면에서는 정확하게 구분된 이름이 필요하다. 그래서 세분화된 자재이름의 종류를 코드화하여 자재데이터의 입력과 검색 등을 수행할 수 있게 하였다. 자재정보관리 서비스시스템은 파일관리모듈과 자재편집 및 검색 모듈로 나누어진다. 파일관리모듈에는 파일생성기능과 파일검색기능이 있으며, 자재편집 및 검색 모듈에는 데이터의 추가, 삭제, 복원의 3 가지 기능이 있다. 각 모듈에 대한 세부내용은 다음과 같다.

### 가. 파일관리모듈

파일관리모듈은 새로운 자재파일을 생성시키는 파일생성기능과 기존의 파일을 개방(Open)시키는 기능으로 구성되어 있다. 자재파일은 헤더부와 자재데이터부로 구성되어 있고, 헤더부는 OIS( Order Information Sheet )의 관련내용을 저장하게 되며, 자재데이터부는 작업스타일에 수반된 세부자재의 정보를 저장하게 된다. 자재정보모듈은 크게 피혁, 원단, 비닐 등으로 구분되고, 자재의 길이, 폭, 색상, 단위, 두께 등 자재의 특성에 관한 정보로 이루어져 있다.

나. 자재편집 및 검색 모듈

개방된 자재파일에서 자재정보에 관련된 부분을 편집하는 기능과 자재코드에 의한 검색기능을 제공한다. 자재정보의 편집에는 새로운 데이터를 입력시킬 수 있는 추가기능, 편집 중 잘못된 실행이나 불필요해진 자료의 삭제기능, 삭제된 데이터의 복원기능으로 구성되어 있다. 자재검색 및 실행화면은 < 그림 4 >와 같다.

일련번호	부 품 명	자재코드
1	BT	꽃지
2	M01-11-21	외재입
3	M01-22-12+M22-24-31	배라
4	M01-22-12+M22-34-31	배라미지
5	M34-31-42+M23-33-32	내재입
6	M34-31-42+M23-33-32	선입
7	M41-33-33	외재입
8	M53-31-33	배라미
9	M53-31-33	꽃지보강
10	M73-34-33	구둑보강
11		

< 그림 4 > 자재검색 및 편집 실행화면

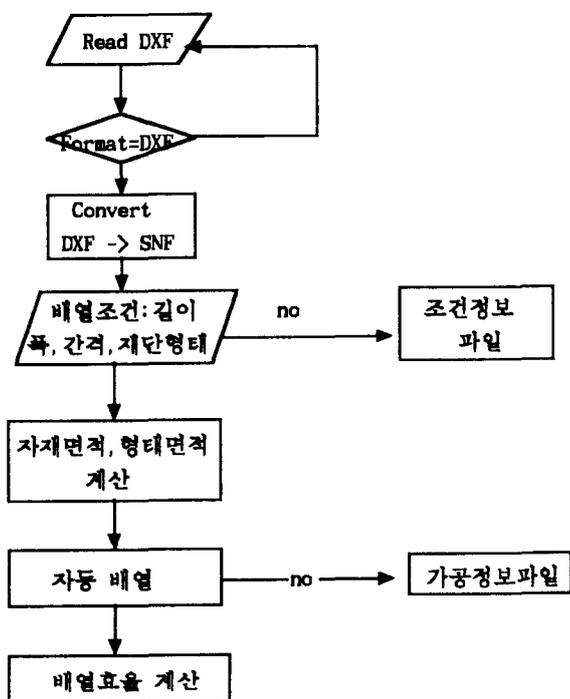
3. 배열 시뮬레이션 서브시스템

배열기술은 한정된 영역내에 입력된 패턴을 최대한 많이 배열시키기 위한 방법을 모색하며, 형태면적과 주어진 영역의 잔여면적을 반복계산하는 기능과 이동경로, 형상의 회전(Rotation), 이동(Translation), 반사(Reflection), 확대/축소(Scale Up/Down) 기능 등이 복합된 기술을 일컫는다[11]. 배열의 핵심기술은 배열 알고리즘기술로서 복합기능을 알고리즘의 절차에 따라 자동 계산하여 배열을 반복해 가는 방식의 자동배열 알고리즘과 사용자가 마치 수작업을 통해 배열 하듯이 메뉴방식에 의해 각각의 기능을 한 동작씩 수행할 수 있는 대화형 배열알고리즘으로 나눌 수 있다[13]. 본 연구에서의 배열 시뮬레이션 서브시스템은 입력파일 변환모듈과 자동배열 모듈로 구성되어 있다. 배열작업이 수행되면 입력 형태를 읽어 들여 파일변환과정을 거친 후 배열 수행조건을 사용자로부터 입력받아 파일형태로 저장하고 자동배열을 수행하게 된다. 각 모듈별 세부사항은 다음과 같다.

가. 입력파일 변환모듈

파일변환 모듈은 입력데이터를 개발시스템에서 사용할 수 있는 형식으로 재구성하는 과정으로서 입력파일의 특성을 제거하고, 개발시스템의 환경에 맞게 사용할 수 있도록 재계산 한다. 디지털타이저(Digitizer)나 스캐너(Scanner)와 같은 입력장치를 통해 입력된 부품의 형상 테

이터를 PCX, DXF, IGES, BMP, DGT, IUA, DAT 등 아주 다양한 형식의 파일로 저장하는 것이다[12]. 각기 다양한 외부 입력 형식을 개발 시스템에서는 공용으로 인식할 수 없으므로 형상데이터를 개발시스템의 내부형식으로 변환시켜 사용함으로써 어떤 외부형식에도 의존하지 않는 호환성을 제공할 수 있게 된다. 특히, CNC 제단기와 연계될 경우 데이터의 성질상 수치적( Numerical ) 특성이 매우 중요하므로 향후 벡터( Vector ) 성분을 추출할 수 있는 DXF, IGES, DGT, IUA, DAT 등의 파일형식을 모두 지원할 계획이다. 변환된 형태데이터는 내부형식(SNF : Shoe Nest Format )을 갖게 되며, 연결 리스트( Linked Lists ) 구조를 이루어 자동 배열 알고리즘에 사용된다. < 그림 5 >는 상술한 배열의 흐름도 이다.



< 그림 5 > 배열작업의 흐름도

나. 자동배열 모듈

자동배열 모듈에서는 배열위치 계산기능, 경계검사기능이 가장 핵심이 되는 기능이다. 배열위치 계산 기능은 2 차원 면적에서 형태의 위상값에 따라 배열면적의 차가 발생하므로 위치와 면적의 다중한 계산을 통해 최소값을 갖는 위상을 찾게 된다. 형태배열의 첫 위치는 좌측 하단이 시작점으로 정의된다[14]. 시작점 (x<sub>0</sub>, y<sub>0</sub>)을 기준으로 형태의 이동량 (dx, dy)과 회전각  $\theta$ 에 따라 형태가 차지하는 자재면적을 반복계산하게 되며, 좌→우→상→좌 방향으로 한 주기(Cycle)를 이루면서 반복배열이 수행된다. 또한 배열위치는 형태의 최대, 최소값에 의한 사각경계내부에 포함될 수 있으므로 현재 위치한 패턴과 다음에 배열될 패턴의 경계검사를 실행하여 형태와 형태 사이의 최대경계값을 검출한 후 다음 형태의 배열 위치를 재조정하게 된다.

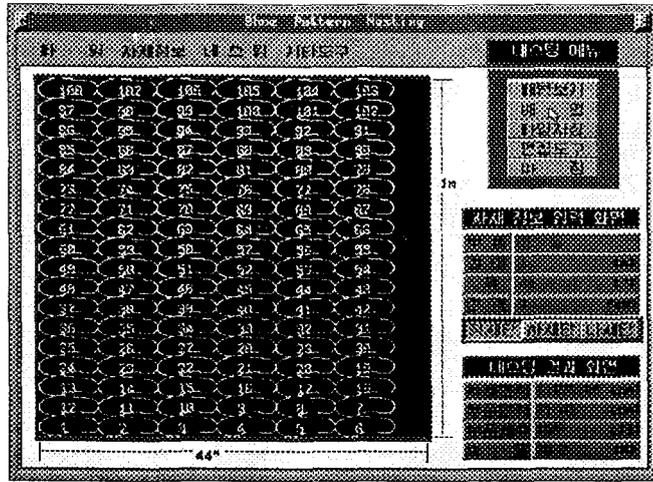
자동 배열은 위치 계산과 경계 검사를 수행하기 위해 패턴의 변형( Transformations )기능이 수반되어야 하며, 이동, 회전, 반사 기능이 복합적으로 결합되어 자동배열을 수행하게 된다. 이 기능은 또한 대화형 배열을 수행하는 메뉴방식에 부합되어 독립적으로 사용된다. 자동배열의 수행 절차인 자동배열 알고리즘은 다음과 같다.

```

Algorithm Auto-nesting
/* F  : Frames, 원형들의 리스트
   EN  : Entity format Number
   F'  : 격자형상화된 리스트   */
read DXF or etc
while F ≠ null do
  /* convert SNF format */
  loop
    /* 입력형상을 entity별로 구분한다 */
    case
      EN == 112 : Spline
      EN == 124 : Transformation matrix
      EN == 102 : Composite curve
    end /* case */
  end /* loop */
  /* 원래형상을 격자화된 형상으로 변환 */
  F' = Make_shape(F)
end /* while */
compute Sheet_area
compute Pattern_area
while Pattern_area < 잔여 Sheet_area
  compute 사각채산 with F'
  /* 왼쪽하단부터 채산된 결과를 배치시킨다 */
  Setting(x,y,F')
  /* 경계검사를 통해 다음 배열위치 조정 */
  if Boundary_check(Fi-1,Fi)
    then x=x+dx, y=y+dy
  end /* while */
compute 총 채산면적, 효율
end /* Auto-nesting */

```

그리고 자동배열 실행화면은 < 그림 6 > 과 같다.



< 그림 6 > 자동배열 실행화면

#### 4. 유틸리티 서브시스템

유틸리티 서브시스템은 한글타입설정모듈과 마우스설정모듈로 구성되어 있으며, 시스템의 환경설정과 프로그램을 사용할 때 유용한 도구로 쓰인다.

### III. 결론

본 연구는 저가의 국산자동재단기의 개발과도 연계될 수 있고, 한글화되어 조작방법이 단순하며, 기능속지가 쉬운, 신발소재 채산작업전용의 자동배열시스템의 개발에 관한 것이며, 본 연구에서는 기존 상용화제품의 분석결과와 산업현장의 실무경험자의 산지식을 수용하여 국내실정에 맞는 시스템을 개발하고자 노력하였다. 또한 본 연구에서는 CNC 재단기 개발과의 연계성을 고려하여 자동재단을 위한 기초 재단정보를 생성할 수 있도록 개발하였으며, 피스(Piece) 관리모듈을 개발함으로써 각 부품형태별 재단칼의 칼형관리와 각 공정별 피스 및 소재관리가 가능하도록 하였다. 특히 신발형태를 토[Toe(발의 앞쪽)]부분, 측면 보강부분, 백카운터[Back counter( 뒤꿈치)]부분, 구목부분, 밑창(Sole)부분의 5 가지 범주에 속하게 함으로서 대체적으로 형태가 자유곡선으로 이루어진 비정형화된 형상임에도 불구하고, 각 범주에 속하는 부품의 형상특징을 도출하여 배열시 고려하게 함으로서 배열 소프트웨어에서 관건이 되는 처리시간단축과 배열의 효율성을 높이도록 하였다. 본 연구에서 개발된 시스템은 소재의 방향성 및 재단(Cutting) 수량을 고려한 배열기능과 최대수율을 고려한 채산기능을 지원하며, 퍼스널 컴퓨터에서 독립적으로 가동될 수 있다. 또한 규격소재 즉, 합포, 인조피혁 등의 롤 형태나 TBP(Toughned Paper Board)와 같은 시트(Sheet)상의 소재에 대한 재단계획(Cutting plan)을 손쉽게 작성함으로써 사전채산점검이나 산출량을 쉽게 파악할 수 있도록 하였다.

따라서 본 연구결과는 기업의 재단생산성향상과 재료비의 절감, 숙련작업자의 구인난해소, 인건비의 절감, 작업환경의 개선, 품질향상 등에 기여할 수 있으며, 추후 정확한 소요량 파악과 예측기능을 보장한다면 원가관리, 수주관리 등을 포함하는 종합적 생산관리시스템으로 발전이

가능하리라 사료된다. 본 소프트웨어의 도입은 수입대체효과를 거둘 수 있을 뿐만 아니라 나아가 신발산업의 대외경쟁력강화에 일익을 담당할 것으로 확신한다.

### 참 고 문 헌

- [1] 류영근, 김행렬 외, 신발 생산 공정 표준화 기술개발에 관한 연구, 최종보고서, 상공자원부, 1994.
- [2] 김행렬, 김성욱 외, CAD/CAM을 이용한 신발금형 설계기술 개발, 최종보고서, 통상산업부, 1994.
- [3] 김행렬, 정두수 외, 신발소재 절단용 CNC Cutting M/C 기술개발에 관한 연구, 최종보고서, 통상산업부, 1995.
- [4] 한국신발연구소, 신발의 채산 및 소요량 산출법, 1992.
- [5] 류영근, 김행렬 외, 차세대 신발생산라인 자동화기술 개발에 관한 연구, 최종보고서, 상공자원부, 1993.
- [6] D. B. Olfe, Computer Graphics for Design from Algorithm to Auto CAD, Prentice Hall, 1995.
- [7] V. B. Anand, Computer Graphics and Geometric Modeling for Engineers, John Wiley & Sons, Inc., 1993.
- [8] M. Adamowicz, A. Albano, "Nesting Two-dimensional Shapes in Rectangular Modules", Computer Aided Design, Vol. 8, No. 1, 1976, pp. 27-33, Jan.
- [9] A. Albano, "A method to improve two-dimensional layout", Computer Aided Design, Vol. 9, No. 1, 1977, pp. 48-52, Jan.
- [10] H. S. Ismail, K. K. B. Hon, "New approaches for the nesting of two-dimensional shapes for press tool design", INT. J. PROD. RES., Vol. 30, No. 4, 1992, pp. 825-837.
- [11] W. Qu, J. L. Sanders, "A nesting algorithm for irregular parts and factors affecting trim losses", INT. J. PROD. RES., Vol. 25, No. 3, 1987, pp. 381-397.
- [12] Auto Desk Inc, Auto CAD R12 manual series, 1992.
- [13] A. Albano, G. Sapuppo, "Optimal Allocation of Two-dimensional Irregular Shapes using Heuristic Search Methods", IEEE Tr. on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-10, No. 5, 1980, pp. 242-248. May.
- [14] J. Chung, D. J. Hillman, "Object-oriented Nesting System on Two-dimensional Highly Irregular Resources", Intelligent Robots and Computer Vision VIII: Systems and Applications, SPIE Vol.11, No.3, pp. 54-63, 1989.
- [15] Motion Engineering Inc., " DSP-Series Motion Controller-C Programming Manual, ver 2.4e " , 1995.
- [16] USM Co., " The SAMCO CS-75 cutting system - computer operation instructions " , Book 1m - 2, 1992.
- [17] ATOM Co., " Atom cutting system user's manual " , 1993.
- [18] Parker Hannifin Co., " Computer Digiplan - Positioning Control System & Drives" , 1992-1993.