

웹 기반의 네스팅 통합시스템 설계와 구현

(A Design and Implementation of Web based Integrated Nesting System)

류 갑 상 † 최 진 영 †† 김 일 곤 †††
 (Gab Sang Ryu) (Jin Young Choi) (Il Gon Kim)

요 약 본 논문에서는 동시공학적 생산개념을 부재 생산자동화에 적용시킨 웹 기반의 통합 네스팅 시스템을 제안한다. 일반적으로 판재 부재 생산 공정은 정해진 순서에 따라 순차적으로 진행된다. 그러나 본 논문에서는 이들 공정들의 특성을 분석하여 클라이언트/서버 환경에서 운용될 수 있도록 분산 설계하였다. 그리고 판재 부재 생산에 필요한 부재 CAD, 네스팅, 부재 CAM, NC포스트프로세서 기능들을 웹 환경에서 다수의 작업자가 시스템에서 일괄 처리할 수 있도록 구현하였다. 개발된 시스템은 기존의 상용시스템에 비해 생산 자동화의 통합작업 환경을 제공할 수 있고, 작업자간의 공동작업이 가능하며, 작업대기 시간을 단축할 수 있음을 입증하였다. 본 논문은 부재생산 자동화분야에 컴퓨터 시스템 기술들을 접목함으로써 공장자동화의 효율성과 생산성 향상에 기여할 수 있음을 증명하였다.

키워드 : 인터넷, 분산처리, 생산자동화시스템, 동시공학엔지니어링, 부품 자동배치, NC자동프로그램

Abstract In this paper, we present a network-based integrated nesting system, that is adapted a current engineering concept. Generally, sheet cutting processes proceed in turn following an existing order. In this study, however, the special characteristics of these processes were analyzed and the processes were redesigned with distributed design so that they could be operated in a client/server environment. Also, the necessary sheet material cutting processes, part CAD, nesting, part CAM, and NC post-processor capabilities, were implemented so that many workers could handle them all on the Web. Compared to existing commonly used systems, the developed system can provide integrated work environment for cutting automation, allow job collaboration between workers, and it has proved that it can shorten the standby time for work. By grafting computer system technologies to sheet material cutting automation field, this research expects to contribute to the enhancement of factory automation efficiency and productivity.

Key words : Internet, Distributed process, Manufacturing automation system, Concurrent engineering, Part nesting, NC Program

1. 서 론

컴퓨터 네트워크 및 인터넷의 발전은 기존의 CAD/CAM 방법론을 비롯하여 제품설계 및 가공 등과 관련된 전문적인 환경까지도 변화시키고 있다. 그 환경은 글로벌화 되고, 네트워크 기반의 분산된 환경을 의미한다. 이러한 변화는 제품 설계 및 생산 과정에서 지리적인

한계 및 시간적 한계를 극복하여 보다 효과적인 커뮤니케이션을 가능케 하고, 보다 폭 넓은 제품 정보를 획득하고 교환할 수 있도록 도와주고 있다[1]. 특히 웹(WWW) 기술의 발전과 보편화로 네트워크 및 분산 환경에서 제품 설계를 위한 많은 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 최근 들어 제품생산 분야에서도 웹을 활용한 생산성 증대 방안에 대한 관심이 높아지고 있다[2].

부재(part)의 원판을 절단, 가공하여 조립하는 조선 공업, 자동차 산업, 의류 산업 등 매우 다양한 산업 분야는 생산규모의 확대에 따라 생산성 증대, 작업시간의 단축과 러닝 코스트 및 원부자재의 절감을 위해 생산 공정을 자동화 하고 있다. 이들 산업분야에서는 철판, 옷감 등의 원자재의 활용율을 높이기 위해 2차원 형상

† 종신회원 : 동산대학교 멀티미디어학과 교수
gsryu@dso.ac.kr

†† 종신회원 : 고려대학교 컴퓨터학과 교수
choi@formal.korea.ac.kr

††† 학생회원 : 고려대학교 컴퓨터학과
igkim@formal.korea.ac.kr

논문접수 : 2005년 4월 15일
 심사완료 : 2005년 10월 4일

의 부재를 최적 배치하는 알고리즘에 대한 연구를 활발히 해오고 있으며, 이들 기술을 이용한 판재 절단 네스팅(Nesting)시스템도 개발되어 상용화되고 있다[3].

그러나 대부분의 상용 네스팅시스템은 판재의 활용율을 극대화 시키는 부재의 최적배치에 치중한 반면, 생산 공정 전 과정을 통합하여 관련 분야의 생산성 향상을 실현하는 시스템 개발에는 상대적으로 미흡한 실정이다.

특히 인터넷 및 인트라넷 활용이 보편화 되는 추세에서 작업의 생산성 향상을 위해 전체 생산 공정들이 분산처리 되고 있다. 그러나 기존의 상용 시스템들은 단일 작업자만이 사용할 수 있도록 개발되어 활용도가 떨어지고, 협동 작업의 장점을 살리지 못하고 있다. 본 논문에서는 앞에서 지적한 문제점들을 개선하기 위한 방안으로 기존의 부재 생산자동화 공정을 클라이언트/서버 컴퓨터 환경에서 동시에 실행될 수 있도록 공정을 분산 설계하고, 웹에서 다수의 작업자가 실행 할 수 있는 네스팅 통합시스템 3WANest(이하 시스템)을 개발한 내용을 기술한다.

개발된 시스템은 기존의 상용 시스템에 비해 부재 생산자동화 공정에 소요되는 공정수를 줄일 수 있고, 작업자의 대기시간을 줄임으로서 작업 소요시간을 단축할 수 있음을 증명하였다. 그리고 부재 생산자동화의 전 공정을 일괄 처리할 수 있는 통합시스템의 모델을 함께 제시하였다.

본 논문은 6장으로 구성되어 있다. 2장에서는 관련 연구를 기술하고, 3장에서는 시스템의 개요, 구조, 자료구조 등에 대하여 설명한다. 4장에서는 시스템의 기능을 중심으로 구현 과정을 설명하고, 5장에서는 시스템에 대한 평가를 기술한다. 6장에서는 결론 및 추후 연구내용에 대해 언급한다.

2. 관련연구

부재 생산 자동화 연구는 부재의 최적배치를 통해 원부자재 활용을 높이는 네스팅 알고리즘과 이들 기술을 활용한 네스팅시스템 개발기술 그리고 최근 들어 웹 환경에서 동시공학적 설계개념을 생산에 적용 시키려는 일부 움직임으로 구분할 수 있다.

부재의 최적배치에 대한 연구는 1970년대 초 정수계획법을 이용한 해석적 접근을 통해 직사각형의 배치에 대한 연구가 이루어졌고[4], 이후 임의형상배치를 위해 2단계 접근법에 대한 연구가 진행되어 Albanof[5]에 의해 제안된 NFP(No-Fit-Polygon) 기법을 통해 큰 발전을 보았다. 최근들어 유전자알고리즘과 모의어닐링 알고리즘을 이용한 연구가 Jacob[6], 한[7] 등에 의해 발표되는 등 지속적인 연구가 이루어지고 있다.

부재 생산자동화를 지원하는 네스팅 시스템으로는

SigmaNest, ToPs100, Lantek 등이 상용화되어 있다. SigmaNest[8]는 부재의 자동배치, CAM, 각종 유틸리티 기능이 우수하나 부재 재배치 기능이 다양하지 못하다. ToPs100[9]은 레이저절단기 전용의 상용시스템으로 부재 절단 CAM 기능이 우수하나 부재 재배치기능, 통합기능, 사용의 용이성 등이 일부 부족하고 NC 포스트프로세서는 특정 회사에서 제작한 수치제어 절단기용으로 고정되어 있다.

국내외에서 판매되는 대부분의 상용시스템들은 부재 CAD모듈, 부재의 자동/반자동 배치모듈과 부재절단 CAM모듈을 제공하고 있다. 그러나 NC포스트프로세서 모듈을 옵션으로 판매하고 있어 판재절단 작업을 일괄적으로 처리하는데 불편하며, 중소기업 위주의 작업 환경에 적합하지 않은 등 많은 개선점을 가지고 있다 [10].

최근 들어 네트워크 및 분산화 환경에서 제품 설계를 위한 많은 연구가 활발히 이루어지고 있다[11-13]. 네트워크 기반의 특징형상 모델링에 대한 연구[14], 네트워크 기반 엔지니어링 환경에서의 제품개발[1], 웹 기반 마이크로머니징서비스[15] 등 주로 제품 설계 분야에서 동시공학적(concurrent engineering) 설계 개념을 적용한 연구가 진행되었다. 그러나 조선, 중공업 등 회사 내·외의 협업이 요구되는 생산 분야에서는 웹 환경의 동시공학적 생산체제를 도입할 수 있는 여건이 충분함에도 이에 대한 연구가 이루어지지 않고 있다. 본 논문에서는 동시공학적 생산개념과 NC 포스트프로세서 구축기 개념을 적용한 웹 기반의 네스팅 통합시스템을 제안한다.

3. 3WANest 설계

3.1 개요

부재의 원판을 절단, 가공하여 조립하는 부재 생산 자동화는 자동차, 플랜트 산업의 철판절단, 유리제품 가공시의 유리절단, 가구산업에서의 나무 판재절단, 의류 및 가죽재단 등 매우 다양한 산업분야에 활용되고 있다. 부재를 생산하는 공정은 일반적으로 공장자동화 패키지프로그램들의 지원을 받아 자동화 되어 있으며, 크게 다섯 공정을 다음 그림 1과 같이 순차적으로 수행한다.

생산할 부재들의 형상이 결정이 되면, 설계부서에서는 부재의 형상을 2차원 도형으로 모델링 하는 CAD 공정을 수행한다. 주어진 판재 원판에 임의 형상의 부재들을 자동으로 최적 배치하는 네스팅 공정을 거친 후, 숙련된 작업자에 의해 배치된 부재들을 가공 조건 등을 고려하여 재배치하는 편집 공정을 거친다. 다음으로 가공부서에서는 배치 완료된 부재들을 수치제어 자동절단기로 절단할 수 있도록 가공 경로를 산출하는 CAM 공정을

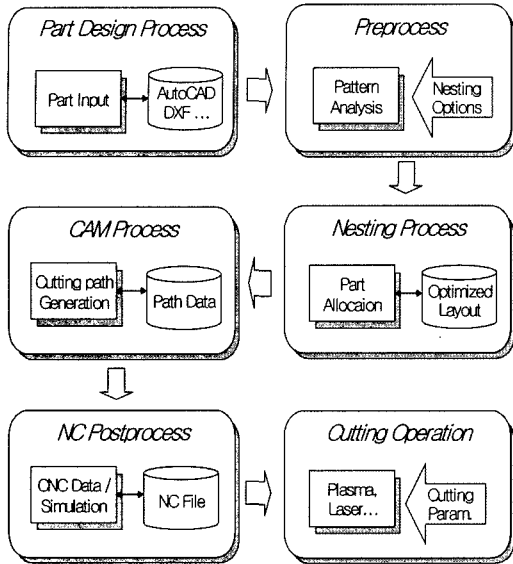


그림 1 부재 생산 자동화 통합 공정도

수행한다. 다음으로 가공조건과 함께 수치제어 공작기계의 제어에 필요한 NC 파일을 생성하는 NC 포스트프로세서 공정을 수행한다. 위의 과정들을 거쳐 생성된 NC 파일은 플라즈마(plasma), 가스(gas), 레이저(laser) 절단기의 컨트롤러를 제어하여 절단기를 작동시킴으로써 자동으로 부재들을 생산하게 된다.

3.2 시스템 설계

부재 생산자동화 공정을 분석해 보면 몇 가지 특징을 가지고 있다. 첫째, 공정별로 사용하는 자동화 패키지 프로그램이 다르다는 것이다. 부재 배치를 위한 네스팅 공정과 CAM 공정은 상용 네스팅 시스템에서 처리된다. 부재 형상 설계 및 NC 포스트프로세서 공정은 상용 CAD 시스템 및 NC 포스트프로세서에 의해 처리가 되고 있다. 둘째, 작업자의 수작업이 요구된다. 네스팅 시스템에 의해 계산된 부재들의 자동배치는 부재 생산 과정에서 발생할 수 있는 절단의 효율과 열 변형 등이 고려되지 못하고 있다. 따라서 숙련된 작업자의 축적된 경험에 의해 자동 배치된 부재들을 일부 재 배치하는 편집 과정을 거치게 되는데 이 과정에서 많은 시간을 소비하게 된다. 셋째, 서로 다른 여러 작업을 수행할 때 설계부서에서 부재의 CAD공정과 네스팅 공정 그리고 편집 공정 등을 수행하는 동안 가공부서에서는 부재의 CAM 공정과 부재 생산 공정을 동시에 수행할 수 있다.

본 연구에서는 판재 부재 생산 현장에서 이루어지는 작업 특징들을 분석한 결과 순차적으로 진행되던 공정들을 부서 간 혹은 작업자간에 동시에 처리할 수 있도록 공정들을 분산 배치하고, 여러 자동화 시스템에 의해

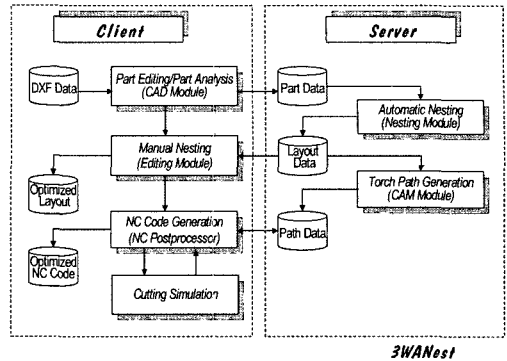


그림 2 시스템 설계 개념도

처리되던 공정들을 통합된 단일 시스템에 의해 수행되도록 설계하면 부재 생산에 소요되는 비용을 절감할 수 있음을 알게 되었다. 이를 위해 본 논문에서는 다수의 작업자가 단일 시스템에서 효과적으로 분산하여 부재 생산을 자동화 할 수 있도록 클라이언트/서버 환경의 통합시스템을 그림 2와 같이 설계하였다.

제안된 시스템은 부재CAD모듈, 부재자동배치모듈, 부재재배치(편집)모듈, 부재CAM모듈, NC 포스트프로세서 모듈 그리고 유틸리티로 구성되어 있다. 서버 컴퓨터에서는 시스템의 핵심인 부재의 자동배치기능과 부재 절단경로 계산을 위한 CAM기능이 실행되도록 하였다. 클라이언트 컴퓨터에서는 수작업 및 외부 시스템과 연계가 필요한 부재 CAD기능, 부재 재배치기능, NC 포스트프로세서 기능 그리고 기타 유틸리티 기능을 실행하도록 분산 설계하였다. 제안된 시스템은 웹 환경에서 다수의 작업자가 분산된 작업 환경을 만족시킴, 부재 절단의 전 공정을 일괄 처리 할 수 있도록 설계하였다.

3.3 부재 자료구조

본 시스템에서 사용하는 부재의 기본형상은 내부 홀을 포함하는 다각형이며, 각 부재는 끝점이 반시계 방향으로 연결되는 선분과 원호들로 구성되는 폐곡선을 형성하고 있다. 부재의 자료구조 설계는 부재 자동배치 및 재배치 단계에서 부재 겹침의 연산을 쉽게 하고 메모리 소요량을 줄일 수 있도록 그림 3과 같이 설계하였다.

부재의 자료구조는 부재 둘레를 형성하고 있는 각 선분을 경계(edge)라 하며 경계의 끝점들을 다각형의 정점(vertex)이라 부른다. 부재는 내부 홀을 포함할 수 있는데 이는 부재의 바깥경계와 같이 동일한 방법에 의해 표현된다. 부재의 도형정보를 표현하기 위하여 Edge, Rect, Arc, Element라는 자료구조를 정의하였다. Element는 부재 엔티티와 연관된 자료구조로서 부재의 내부 및 외부의 필요한 모든 도형 정보를 포함하고 있다.

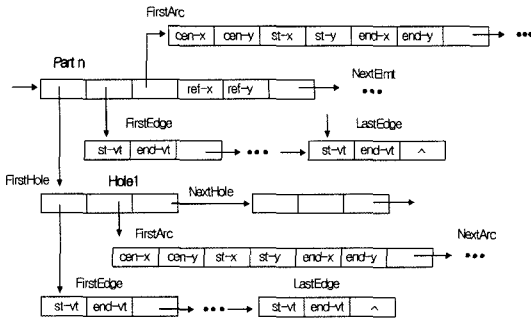


그림 3 부재의 자료구조도

Edge 구조는 각 Element를 구성하는 edge-vertex의 리스트 정보를 효율적으로 표현하기 위해서 포인트 기반의 다중 링크 구조를 사용하였다.

4. 3WANest 시스템 구현

4.1 시스템 구성

전체적으로 3WANest 시스템은 판재 부재 생산의 주요 다섯 공정을 수행할 수 있도록 각기 모듈 단위로 설계되었으며, 비주얼스튜디오 닷넷을 사용하여 클라이언트/서버 구조의 웹 프로그램으로 구현하였다.

시스템은 클라이언트에서 수행하게 될 기능들을 ActiveX 콘트롤로 구축하고 캡(cab) 파일로 압축하였으며, 캡 파일의 인증을 위해 인증서 생성, 개시인증서 생성, 인증서명 확인의 절차를 거친 후 웹 서버에 등록하였다. 시스템의 실행은 사용자가 웹 브라우저를 사용하여 서버에 연결하면 클라이언트에서 수행하게 될 기능들을 압축한 캡 파일을 웹 서버에서 다운받아 실행함으로써 이루어진다. 그림 4는 웹 서버를 통해 시스템 서버에 공장내의 설계실, 가공실의 클라이언트 컴퓨터가 접속하여 판재 절단 공정을 분산 통합 처리하는 개념도이다.

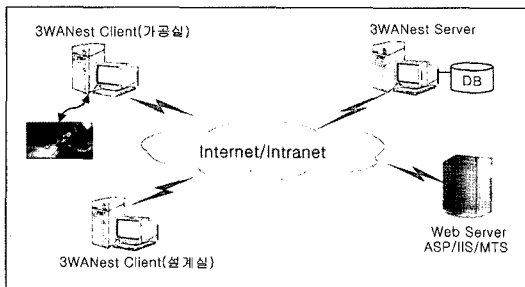


그림 4 웹기반의 시스템 개념도

4.2 부재의 CAD

본 시스템에서는 상용화된 CAD시스템에서 모델링된 부재의 CAD 파일을 AutoCAD의 DXF파일구조로 입력

받아 시스템의 자료구조로 변환하여 부재 생산에 사용하도록 설계하였다. 2차원 부재의 DXF 파일은 벡터타입의 파일로 헤더정보, 테이블정보, 블록정보, 엔티티 벡터정보 등 여러 섹션으로 구성되어 있다. 파일을 검색하여 부재를 구성하고 있는 도형 요소들의 벡터 정보와 도형의 속성을 나타내는 정보를 추출하여 선분, 원호, 호 등의 도형요소로 구분하고 이를 미리 설계된 그림 3의 자료구조에 적합하게 변환하여 다음 공정인 부재 배치에 사용한다. 그림 5는 부재의 DXF 파일을 읽어 시스템의 부재파일로 변환하는 예를 보인 것이다.

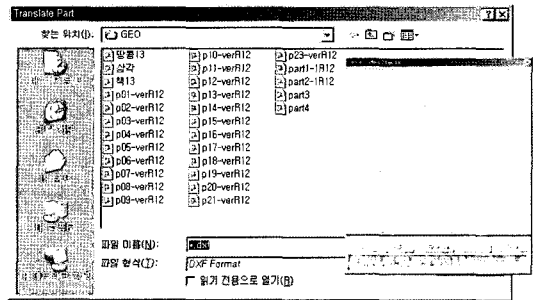


그림 5 부재 CAD

4.3 부재 자동배치

부재의 최적배치는 수많은 국지해를 갖는 조합최적화 문제로 부재의 형상에 따라 결과가 달라질 수 있는 NP-Complete 문제이다[3]. 기존의 이론적인 연구가 원자재의 잔재율(scrap ratio)을 최소화하는데 목적을 두었다면 본 논문에서는 사용자의 다양한 요구 조건을 고려한 부재의 자동배치에 치중하였다. 본 논문에서 적용한 알고리즘은 부재의 배치효율 정도, 부재배치 순서, 부재방향성 그리고 부재간의 간격 등을 사용자가 지정할 수 있도록 함으로서 이들 배치변수들을 추론하는데 소요되는 시간을 줄이고, 사용자의 요구가 반영된 배치결과를 얻을 수 있도록 격자화기법과 목적함수(식 (1))를 최소화시킬 수 있는 휴리스틱 알고리즘을 사용하였다.

$$C(S) = Scrap + W * Overlap_area \quad (1)$$

식 (1)에서, S는 현재의 배치 상황을 나타내고, C(S)는 이때의 목적함수 값이며, Scrap은 원자재의 자투리 양을 나타내고, Overlap_area은 중첩부위의 면적을 나타내며, 최종배치 결과에서 중첩이 나타나지 않도록 하기 위해 가중치 W를 사용하였다. 최적화의 목표는 C(S)를 최소화하는 배치 상황 S를 찾는 것이다.

그림 6은 가로 3000mm, 세로 2000mm, 두께 10mm의 철판에서 83개의 부재를 각도분해능 5°로 자동 배치한 결과를 보인 것이다. 내부에 홈을 갖고 있는 부재 속에 임의 형상의 부재들이 자동 배치됨으로서 부재 잔재

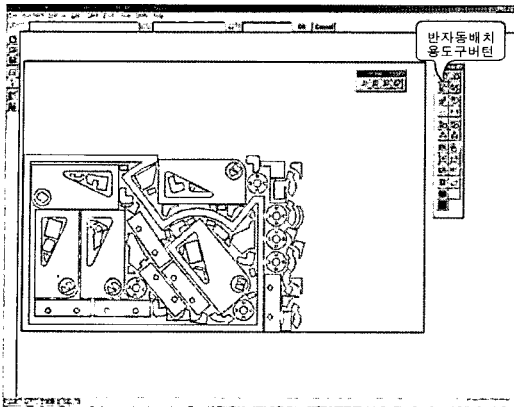


그림 6 부재의 자동 배치 네스팅 결과

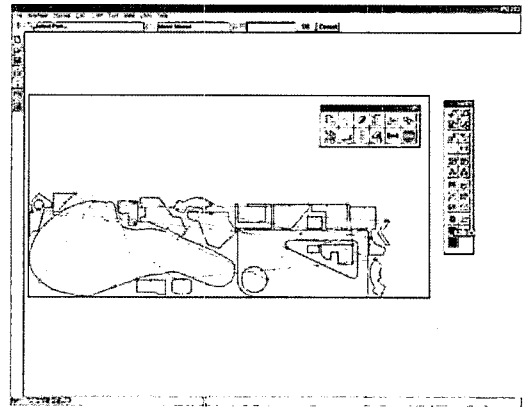


그림 7 부재 절단경로 시뮬레이션

율을 최소화하고 다양한 작업 조건에 따라 사용자의 요구를 만족하는 배치 효율을 얻을 수 있도록 구현하였다.

4.4 부재 재배치

부재의 자동배치는 NP-Complete 문제의 속성과 관련된 노동자의 경험적 노하우를 모두 담을 수 없는 한계성으로 인해 작업자의 요구를 충족시키지 못하는 경우가 빈번히 발생한다. 따라서 부재의 자동배치가 완료된 후 작업자의 필요에 따라 부재를 재배치 할 수 있어야 한다. 본 시스템에서는 부재들의 재배치를 위해 20개의 부재 재배치 편집기능을 구축하여 반자동배치를 효과적으로 할 수 있도록 하였다. 2차원 부재의 기하학적 변환은 동차좌표를 사용한 변환행렬식의 변환 인수값을 조정하여 이동, 회전, 반사변환 등을 수행하도록 하였다. 그리고 상대 부재와의 관계에 의해 부재 위치를 찾아가는 범프(bump) 등의 복합적인 변환은 행렬곱셈의 계산 시간을 줄이기 위해 다음의 복합 2차원 변환식을 사용하였다.

$$[x^* \ y^* \ 1] = [x \ y \ 1] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ T_x & T_y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ T_x & T_y & 1 \end{bmatrix}$$

4.5 부재의 CAM 기능 및 시뮬레이션

수치제어 자동절단을 고려한 부재의 배치는 공구가 지나가면서 철판을 녹이기 때문에 열 변형을 고려하여 부재간의 간격을 일정 이상 유지하여야 한다. 본 시스템에서는 판재의 두께 값을 기준으로 격자의 크기를 조정함으로써 부재를 배치할 때 일정 간격을 유지하도록 하였다. 절단이 고려된 부재의 배치가 완료되면 수치제어 절단기의 공구가 움직여 부재들을 절단할 이동 경로 데이터를 산출한다. 또한 부재의 절단 순서는 내부 홀에 배치된 부재, 내부 윤곽, 외부윤곽 순으로 하였으며, 절단방향은 모두 반시계 방향으로 가정하였고, 내부 윤곽

의 절단 방향은 시계방향으로 하였다.

그림 7은 부재의 절단경로가 산출된 후 공구의 이동 경로를 화면상에서 시뮬레이션 해 본 것이다.

부재의 피어싱 위치와 공구의 이동경로 그리고 퇴거 및 진입 경로를 화면상에 표시하여 사용자로 하여금 수치제어 자동절단 과정에서 발생 할 수 있는 문제를 사전에 검사할 수 있도록 하였다.

4.6 NC 포스트프로세서 구축기

부재 CAM 공정에서 산출된 공구 이동경로데이터는 NC 포스트프로세서에 의해 수치제어 절단기를 구동할 수 있는 국제 표준화된 형태의 NC 프로그램 파일로 변환된다. 기존의 상용시스템들은 특정 수치제어 절단기 전용의 포스트프로세서를 옵션으로 제공한다. 따라서 다른 기종의 수치제어 절단기가 추가될 때마다 매번 전용의 포스트프로세서를 추가 구입해야 한다.

본 시스템에서는 NC포스트프로세서 구축기 개념을 도입하여 사용자가 부재 생산에 사용할 수치제어 절단기 전용의 NC 포스트프로세서를 시스템 내부에서 구축하여 사용할 수 있도록 하였다. NC포스트프로세서 구축기는 APT포스트프로세서 소스코드를 일부 활용하여 그림 8과 같은 구조의 입력, 컨트롤, 보조기능, 주기능 그리고 출력모듈 단위로 구현하였다. NC 포스트프로세서 공정은 이미 구축된 NC 포스트프로세서들 중에서 부재 생산에 사용할 수치제어 절단기에 적합한 NC 포스트프로세서를 선택함으로써 이루어진다. 선택된 포스트프로세서는 앞 공정에서 생성된 공구경로 데이터파일을 입력받아 주블럭과 두개의 보조블럭으로 구성된 그림 9와 같은 NC프로그램 파일을 생성한다.

NC 프로그램내의 보조블럭은 절단이 수행되기 전후 절단조건에 의해 가공시스템을 설정하는 부분이다. 부재 절단직전에 공구의 이송속도, 절단보정값 지정, 공구 하강, 예열시작 등에 관한 제어를 명령하고 절단이 종결된

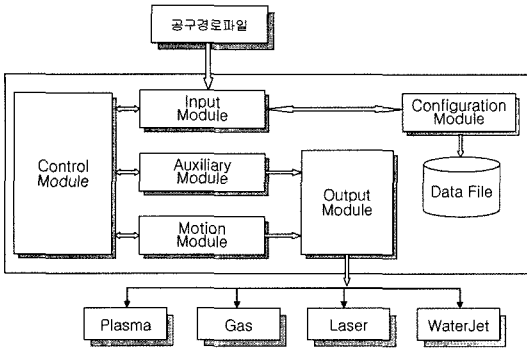


그림 8 NC 포스트프로세서구축기 구조

```

N0001 (C:\NEST\job-05-3.PRO NC Conversion)
N0002 G71
N0003 G90
N0004 G92X0Y0Z0
N0005 G00X1228890.015Y754270.020F3000
N0006 M03
N0007 G01Z-10000F0300
.....
N0255 G01Z-10000F0300
N0256 G02X299779.999Y713565.979I36085.999J0.000
N0257 G01Y609400.024
N0258 G03X227808.002Y609870.972I-36304.993J-33263.000
N0259 G01Y713565.979
N0260 M05
N0261 G00Z0F3000
N0262 G00X738043.030Y1063030.029F3000
.....
N0658 X1114291.992Y538398.010I-15437.988J-12158.997
N0659 X1093439.941Y533859.009I-3021.973J-36289.001
N0660 X1029447.021Y541471.008I-73869.934J-348226.013
N0661 M05
N0662 G00Z0F3000
N0663 G00X0Y0
N0664 M30
    
```

그림 9 부재 절단용 NC 프로그램

후 예열을 끄고 절단보정을 종료하며 공구를 상승시키는 등의 명령을 실행하도록 설계하였다. 그리고 주블록에서는 공구이동경로 데이터를 레코드 단위로 읽어서 공구의 동작을 명령하는 G코드들을 생성하여 수치제어기의 동작 지령을 명령 하도록 구현하였다.

5. 시스템 고찰

개발된 시스템과 오프라인에서 운용되는 상용시스템과의 비교를 위해 작업에 소요되는 총 공정수와 작업 소요시간을 기준으로 실제 작업현장에서 생산성 향상에 기여할 수 있음을 증명하였다.

부재 생산자동화의 주요공정을 부재 CAD, 부재 자동 배치, 부재 재배치, 부재 CAM, 그리고 NC포스트프로세서의 다섯 공정으로 나누고 이들 공정들이 제안된 시스템과 상용시스템에서 실행되는 횟수를 계산하여 작업의 효율성을 비교하였다.

다음 표 1은 작업자의 수와 이들이 진행한 작업의 수에 따라 처리된 공정의 횟수를 분석하여 표로 나타낸 것이다.

표 1 작업수행에 따른 소요 공정 비교표

작업자	작업량	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		상용시스템	1	5	10	15	20	25	30	35
제안 시스템	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	2	5	6	10	11	15	16	20	21	25
	3	5	6	9	10	14	15	16	19	20
	4	5	6	9	10	14	15	16	19	20

서로 다른 9개의 작업을 기존의 상용시스템에서는 매 작업마다 5회의 공정으로 순차적으로 수행하게 된다. 그러나 제안된 시스템에서는 서버에서 부재 자동배치 공정과 부재 CAM 공정이 수행되는 동안 다수의 클라이언트에서는 자체의 기능을 이용하여 나머지 세 공정을 동시에 수행할 수 있다. 서로 다른 4개의 작업을 수행하는데 기존의 상용시스템은 한 사람의 작업자에 의해서 총 20공정을 수행해야 한다. 그러나 제안한 시스템에서는 동일 작업들을 수행하는데 클라이언트의 수를 2개로 하는 경우 11공정, 3개로 하는 경우 10공정 만에 처리할 수 있다. 이는 기존시스템과 달리 시공간을 초월하여 작업자들이 공동 작업을 할 수 있어 작업자의 대기 시간을 줄일 수 있고, 아울러 전체 작업 시간을 단축할 수 있음을 의미한다. 또한 공정별로 분업화된 전문가가 작업에 참여할 수 있어 고정도의 제품 생산이 가능하다.

표 2는 임의 형상의 41개, 56개, 66개, 83개의 부재들을 작업장을 달하면서 부재 절단의 다섯 공정을 수행하는데 소요되는 시간을 분석하여 표로 나타낸 것이다.

표 2 작업소요시간 비교표

항 목	부재 수	공정 수		작업시간(초)	
		기존	제안	기존	제안
작업(1)	41	5	5	2522	2522
작업(2)	56	10	6	2970	2410
작업(3)	66	15	9	3967	2812
작업(4)	83	20	10	4107	2662
작업 소요 총 시간(초)				13566	10406

본 실험에서는 가로 3000mm, 세로 2000mm, 두께 10mm의 철판을 사용하였고, 임의 형상을 갖는 다양한 부재들을 각도분해능 5° 로 자동 배치 후 중급 작업자의 노하우에 근거해 부재들을 재배치하고, 이를 플라즈마 절단기로 자동 절단할 수 있도록 NC 파일을 생성하는 다섯 공정에서 소요되는 시간을 합산하였다. 작업은 PC 팬티엄IV 1.99GHz를 사용하여 중급 기술자 3명에 의해 웹상에서 진행되었다. 표 2에서 알 수 있듯이 4개의 작업을 순차적으로 하는 경우 20공정에 13,566초가 소요되나 3개의 클라이언트에서 수행 시 동일 작업을

10개 공정에 의해 총 10,406초에 수행됨을 알 수 있다. 이러한 결과는 제안한 시스템이 3명의 작업자가 시스템에 접속하여 다섯 공정을 배분하여 사용한 반면, 기존 오프라인 시스템은 작업자가 작업이 완료될 때까지 시스템을 독점함으로써 나머지 작업자가 대기해야 하는 이유로 인해 발생함을 알 수 있다. 실험에서 제시한 작업시간은 부재 형상의 복잡성, 판재의 내용 그리고 작업자의 숙련도 등에 따라 달라질 수 있다.

국내에서 상용되는 SigmaNest(SN), ToPs100 (TP), Lantek(LA), CADWIN(CW)과 제안된 시스템(3W)의 기능을 비교하면 다음 표 3과 같다. 부품의 재배치 기능이 상대적으로 우수하고, NC포스트프로세서 구축기의 개념을 도입하여 NC 절단기를 사용자가 제어할 수 있도록 하였다. 그리고 단일 시스템에 의해 부재 생산의 전공정을 일괄 처리 할 수 있어, 작업의 연속성을 갖을 수 있고, 작업시간을 단축할 수 있는 등 통합 시스템으로서 장점을 가지고 있다.

표 3 상용 네스팅시스템과 기능 비교표

기능 \ 종류	SN	TP	CW	3W
웹에서 실행 가능	X	X	X	○
부품 반자동배치	△	△	△	○
NC포스트프로세서	△	△	△	○
통합기능	△	△	△	○
유틸리티 다양성	○	△	△	△

(※범례 : ○: 우수, △: 보통, X: 미흡)

6. 결론

본 논문에서는 동시공학적 생산개념을 부재 생산자동화에 적용시켜 생산성을 향상시킬 수 있는 웹 기반의 통합 네스팅 시스템의 설계와 구현에 대한 내용을 기술하였다. 기존의 순차적으로 진행되던 부재 생산자동화 공정들을 클라이언트/서버 환경에서 운용될 수 있도록 공정들을 분석하여 분산 설계하였으며, 스트림 소켓 방식을 사용하여 웹에서 다수의 작업자가 부재 절단의 모든 공정을 일괄적으로 처리할 수 있도록 구현하였다.

제안된 시스템은 기존의 상용 시스템들이 제공하지 못한 다양한 부재 재배치기능, 사용자의 요구를 쉽게 반영할 수 있는 부재 자동배치기능 그리고 NC 포스트프로세서 구축기를 시스템 내부에서 구현함으로써 새로운 통합 네스팅시스템 모델을 제시하였다. 특히 분산처리기술과 2차원 컴퓨터그래픽기술 그리고 웹 프로그래밍 기술들을 부재 생산자동화에 성공적으로 적용함으로써 기존 상용시스템에 비해 전체 작업 소요 공정 횟수를 단축시키고, 작업대기 시간을 최소화하여, 작업 소요시간을 단축할 수 있음을 입증하였다. 또한 시공간을 초월

하여 각 공정의 전문가들이 동시에 작업에 참여 할 수 있어 고품질의 제품을 생산 할 수 있는 협업체제를 가능하게 하였다. 아울러 필요한 작업을 웹에 접속하여 수행할 수 있도록 함으로서 고가의 상용 네스팅시스템 구입에 소요되는 경비를 절감 할 수 있게 되었다.

그러나 개발된 시스템은 상용시스템에 비해 다양한 유틸리티를 제공하지 못하고, 부재의 절곡과 같은 연계된 생산 공정의 작업을 처리하지 못하는 등 기능적으로 개선할 사항들이 많다. 추후 지속적인 연구를 통해 NC 포스트프로세서 구축기의 기능을 더욱 보완하고, 부재의 자동배치 알고리즘을 개선하며, 효과적인 부재 절단을 위한 다양한 유틸리티 프로그램들을 개발할 계획이다. 또한 웹에서 다수의 사용자가 원활히 시스템을 사용할 수 있도록 발전하는 소프트웨어 개발환경에 적절히 대처하면서 기능과 운영환경을 더욱 보완하여 웹에서 부재 생산자동화를 지원할 수 있는 최초의 시스템으로 발전시키고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 방건동, "네트워크 기반 엔지니어링 환경에서의 제품 개발", 한국CAD/CAM학회논문집, Vol. 5, No. 1, pp.79-87, 2000.
- [2] D.Xue, Y.Xn, "Web-based distributed system and data base modeling for concurrent design," Computer Aided Design, Vol. 35 No. 5, pp.433-452, April 2003.
- [3] 한윤근, "임의 형상 부재의 자동 네스팅시스템에 관한 연구", 서울대학교 공학박사논문, 2000.
- [4] Adamowicz, M. and Albano, A., "A Solution of the Rectangular Cutting Stock Problem," IEEE Trans. Syst., Man and Cyber., Vol. 8, No. 1, pp.27-33, 1976.
- [5] Albano, A., "A Method to Improve two-dimensional layout," Computer Aided Design, Vol. 9, No. 1, pp. 48-52, 1976.
- [6] Jakobs S., "On genetic algorithms for the packing of polygons," European Journal of Operational Research, Vol 88, pp.165-181, 1996.
- [7] 한국찬, "A Study on the Auto-nesting and Optimal Torch Path Planning for Automatization of Laser Cutting Process," KAIST 공학박사학위논문, 1996.
- [8] Sigmanest software, <http://sigmanest.com>
- [9] TRUMPF, "ToPs100 user manual," 2002.
- [10] 류갑상, 김태윤, "A Study of Optimal Torch Path for Cutting Process," Journal of KSIAM, Vol. 5, No. 1, pp.91-99, 2001.
- [11] W.D.Li, W.F.Lu, "Collaborative computer-aided design-research and development status," Computer-Aided Design Vol. 37, pp.931-940, 2005.
- [12] Laurent Denis, yvon Garden, "A framework for a

distributed CAD system," Computer-Aided Design Vol. 36, pp.761-773, 2004.

- [13] D.Xue, Y.Xu, "Web-based distributed system and database modeling for concurrent design," Computer-Aided Design Vol. 36, pp.761-773, 2004.
- [14] 이재열, 김현, 한성배, "네트워크 기반 특징형상 모델링", 한국CAD/CAM학회논문집 제5권 제1호, pp.12-22, 2000.3.
- [15] 추원식, 안성훈, "웹기반 마이크로 머시닝 서비스", 한국CAD/CAM학회논문집 제9권 3호, pp. 246-252, 2004.



류 갑 상

1983년 전남대학교 전산통계학과 학사
1985년 전남대학교 전산통계학과 석사
1998 고려대학교 컴퓨터학과 박사수료
1985년~1996년 한국기계연구원 선임연구원. 1996~현재 동신대학교 멀티미디어학과 교수. 관심분야는 공장자동화, 보안

프로토콜



최 진 영

1982년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
1986년 Drexel Univ. 전산학 석사. 1993년 Univ. of Pennsylvania 전산학 박사
현재 고려대학교 컴퓨터학과 교수. 관심분야는 컴퓨터이론, 정형기법. 실시간시스템



김 일 곤

2000년 경기대학교 영어영문과 학사. 2002년 고려대학교 컴퓨터학과 석사. 2005년 고려대학교 컴퓨터학과 박사. 2005년~현재 고려대학교 컴퓨터학과 연구교수. 관심분야는 정형기법, 소프트웨어공학, 보안프로토콜