

동시공학 설계 생산 시스템

이 수 홍*

Soo-Hong Lee*

ABSTRACT

동시공학(또는, 병행 엔지니어링, Concurrent Engineering) 설계 생산 시스템의 특성과 동시공학 시스템이 갖추어야 할 기능상의 필수 조건들에 대해 논의되었다. 특히 시스템의 전체적인 구성과 시스템을 구성하는 각 모듈의 설계와 기능등에 관하여 중점적으로 고려하였다. Next-Cut이라고 하는 동시공학 설계 생산 시스템을 통해 이러한 필수 조건들이 어떻게 만족되는 지를 보여준다. Next-Cut 시스템의 중요한 특기 사항으로는 모듈(Modular) 디자인, 이벤트 수행(Event-Driven) 접근 방식이라 할 수 있는데, 이는 필요에 따라 불러지고 다른 모듈과 협조하는 것이라 하겠다. 또한 모듈간의 상호 정보 교환시에 반복되는 정보 교환의 오버헤드를 줄이기 위해 모듈 작동시의 작업량을 최소화 하는 점진적(Incremental) 방법론을 사용하였다. 마지막으로 여기서 소개된 Next-Cut보다 복잡한 시스템을 구축하고자 할 때 어떠한 사항들이 확장되고 필요한지를 논의해 보기로 한다.

Key Words : Concurrent Engineering(동시공학), Agent(에이전트), Feature(특징형상)

1. 서 론

동시공학(또는, 병행 엔지니어링, Concurrent Engineering) 시스템의 필요성과 그의 효율성은 이미 언급된 바 있다. (Lee[1993]) 부품의 설계와 제작 생산을 위한 공정 설계간에는 매우 긴밀한 관계가 있음이 또한 알려져 있다. (Cutkosky et al. [1988], Lee et al. [1991]) 부품의 설계는 제품 가공시에 쓰는 명령문등을 사용하여 이루어졌고 각 공정에는 제품 생산중에 고려해야 할 여러가지 제약 조건등을 고려하여 설계자로 하여금 생산 측면을 무시한 설계가 되지 않게끔 시스템내에서 자동 검색할 수 있었다. 이와 같은 시스템의 구조 덕분에 제품 설계가 개념 설계 상태에서 이루어질 수 있었다. 바람직한 동시공학 시스템은 설계자가 제품 생산등에 관한 직접적인 전문 지식이 없다 할지라도 설계 과정에서 필요한 상세 정보들이 이미 수록

되어 전문화되어 있는 지식베이스를 통해 제공되어야 하며 서로 다른 상황을 처리함에 있어서도 어떠한 제약이 없도록 해야 한다. 이러한 동시공학 시스템의 최종 목표는 기존의 설계 정보와 그와 연관된 공정 설계를 추출함이 용이함은 물론 설계 변경을 하고자 할 시 변경에 대한 기존의 제한 조건들이 모두 만족하는지의 여부를 빠르고 효율적으로 검색하여 새로운 공정 설계 정보를 제공해야 하는 것이다. 또한 동시공학 시스템은 필요에 따라 서로 다른 방식으로 구성된 시스템과의 상호 연결이 요구됨으로 이를 총괄 운영 관리하는 표준 정보 교환 규약이 필요하다. 즉 서로 다른 특징 형상, 모델등이 연결 미케니즘을 통해 일정한 규칙을 따르는 공통 지식 베이스상에 둬으로써 서로의 정보 교환이 가능하게 된다. 이러한 동시공학 시스템을 효율적으로 이루기 위한 방편으로 분야별 전문지식(예를 들어 설계, 해석, 공정 설계, 생산 가공 등)을 가진 모듈별 디자인의 "팀" 시스템을 구성하는 것이다. 이러한 "팀" 접근 방

* 한국기계연구원 CAD/CAM 실

법의 성공 사례는 많이 있으나 (예, [Newman and Karinowski 87]) 수백명의 인원과 분산된 지역 전체를 포함하는 대형 프로젝트에의 적용은 그리 쉽지 않다.

음을 감히 주장하는 바이다. 결론 부분으로 여기서 소개된 Next-Cut보다 복잡한 시스템을 구축하고자 할 때 어떠한 사항들이 확장되고 필요한지를 논의해 보기로 한다.

2. 동시공학 시스템의 전제 조건

그림 1은 차세대 설계 생산 시스템을 이루기 위한 하나의 방편으로 컴퓨터 통합 생산(CIM)에 필요한 모듈들을 나열하고 모듈간의 정보 흐름 상태를 표시한 시스템의 흐름도이다. 문제의 해결이라기 보다는 새로이 해결하여야 할 다른 문제를 제시한 격이 되었다. 앞서 언급한 바와 같이 이러한 문제점들의 해결 방안으로 동시공학 시스템의 필요성이 대두 되었는데, 본 절에서는 동시공학의 세가지 기본적이 성격에 관해 논의하고, 시스템을 구성하기 위해 갖추어야 할 컴퓨터 시스템의 기능과 설계 구조에 관해 살펴보고자 한다. 또한 이러한 동시공학 시스템의 요구조건들이 어떻게 시스템 구성에 반영되며, 시스템 사용중에 발생하는 설계 변경에 대해 일관성유지를 어떻게 하는지 살펴보기로 한다.

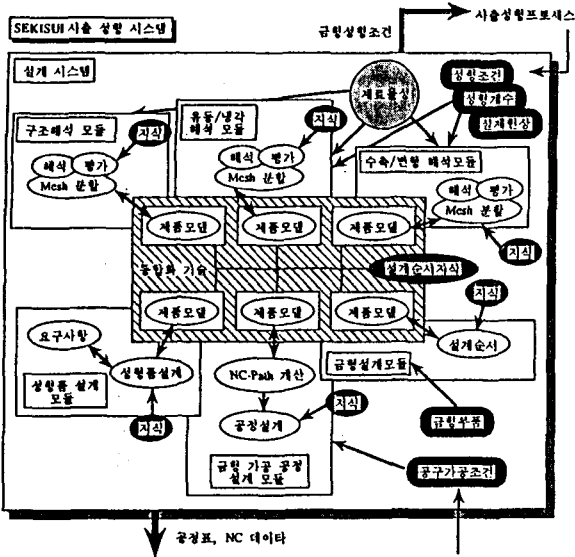


그림 1. 컴퓨터 통합 생산(CIM)을 이루기 위해 필요 모듈들을 나열하고 모듈간의 정보 흐름 상태를 표시한 시스템의 흐름도. 문제의 해결보다 새로이 다른 문제를 만든 격이 되었다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 사용자와 소프트웨어와의 "담뱃"을 통해 해결하는 동시공학용 컴퓨터 시스템에 관하여 논의하고자 한다. 이러한 시스템이 갖추어야 할 기능상의 필수 조건들을 알아보기 위해 엔지니어링 분야의 절삭 가공과 같은 설계 생산 가공 과정을 통해 살펴보기로 한다. 설계 생산 가공중에 필요한 설계 생산 정보를 효율적으로 처리하면서 일련의 과정이 원활하게 진행하기 위해서는 어떻게 시스템이 구성되어야 하며, 시스템을 구성하는 모듈들이 어떠한 기능을 갖추어야 할 지가 결정될 것이다. 본 논문에서는 Next-Cut이라고 하는 동시공학 설계 생산 시스템을 통해 이러한 필수 조건들이 어떻게 만족되는지를 살펴보고자 한다. 특히 Next-Cut 시스템의 전체적인 구성과 시스템을 구성하는 각 모듈의 설계와 기능등에 관하여 중점적으로 고려함으로써 앞서 언급한 필수 조건들을 살펴보기로 한다. 비록 Next-Cut 시스템이 절삭 가공 및 조립에 국한된 시스템이지만 일반적인 동시공학 시스템 구현을 위한 시작 시스템(Prototype)으로서 손색이 없

2.1. 협력

동시공학(또는 병행 엔지니어링, Concurrent Engineering)은 일반적으로 협력의 과정을 포함한다. 이 협력은 사람과 사람사이의 협력을 포함하며, 컴퓨터 시스템에 의해 이루어진다면 시스템을 구성하는 모듈과 모듈사이의 협력을 의미한다. 이러한 동시공학 시스템내의 협력 과정을 원활하게 이루기 위한 여러 제반 고려 사항들이 시스템의 구조를 결정하는 데에 상당한 영향을 미치며, 설계 해석, 공정 계획 등과 같은 개별적 모듈의 설계에도 영향을 미친다.

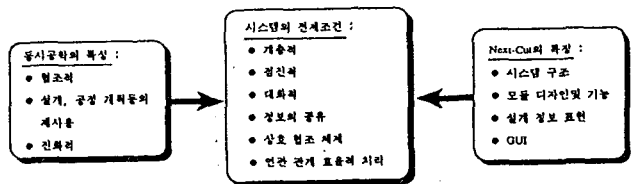


그림 2. 동시공학 시스템이 갖추어야 할 시스템의 전제 조건과 Next-Cut 시스템의 기본특성.

우선 고려해야 할 사항으로 시스템의 기본 골격이 서로 다른 사용자들 간, 혹은 시스템을 구성하는 서로 다른 모듈들 간의 공통 설계 정보를 쉽게 공유할 수 있도록 구축되어야 한다. 그러한 골격은 표준 인터페이스를 갖춘 모듈러 형태로 구축됨이 바람직한 데, 이는 새로운 모듈을 쉽게 더할 수 있으며, 임의의 한 모듈이 설사 없다 하더라도 작업 수행에 미치는 영향을 최소화할 수 있기 때문이다.

다음 고려 사항으로는 시스템 작업중에 필요 모듈을 언제든지 끌어낼 수 있는 이벤트 수행 접근 방식을 만족할 수 있어야 한다. 또한 시스템을 구성하는 각 모듈의 설계에 있어서도 각 모듈에 속한 지식베이스의 상호 연관 관계를 일관성 있게 유지하기 위한 표준 정보 교환 미케니즘을 갖추어야 한다.

2.2 점진적 설계 변화

동시공학 시스템의 두번째 특성은 시스템내의 설계 정보가 각 정보가 속한 관련 영역에서 상세 정도, 만족해야 할 제약조건, 생산 공정 설계의 진행 상황에 따라 계속적으로 변화되며 발전한다는 사실이다. 이러한 특성을 만족시키기 위해 동시공학 시스템내의 중앙 지식 베이스는 점진적 설계 변경이 용이하도록 설계되어야 하며, 또한 시스템의 모듈 설계도 이에 맞게 설계되어야 한다. 이러한 점진적 설계 변경을 용이하게 하기 위해서는 다음의 여러 사항들을 반영하여 설계됨이 바람직하다.

첫째, 동시공학 시스템의 중앙 지식 베이스내 설계 정보는 초기 개념 설계를 효율적으로 하기 위해 다단계로 세분화되어야 한다. (즉 정보들간의 계층적 구조를 갖추고 있어야 한다.) 또한 상호간의 연관 관계를 유지하여 어느 임의의 설계 정보 변화에도 그 변화에 대응하여 설계 정보의 일관성 유지를 위한 통고(Notification)기능을 잘 갖추고 있어야 한다. 설계 정보간의 연관 관계는 하나의 정보 객체가 속성치를 갖추기 위해 필요한 전제 정보 객체가 무엇인지를 알 수 있게 해준다. 예를 들어 절삭 가공 시스템에서 공정 설계와 해석 등에 관한 정보는 특징 형상의 기하학적 치수와 가공 허용 오차가 주어지지 않으면 진행될 수가 없다. 또한 기하학적 치수의 변경은 공정 설계 정보와 해석 정보에 영향을 미치므로 통고(Notification)기능을 이용하여 공정 설계 정보와 해석 정보의 내용을 업데이트 시켜 주어야 한다. 사용자의 측면에서도 설계 정보들간의 계층

적 구조는 찾고자 하는 정보를 얻기 위해 어떠한 연관 정보들이 필요한 지를 쉽게 추적할 수 있게 해준다.

둘째 동시공학 시스템에서의 각 모듈은 중앙 지식 베이스의 설계 정보를 상세 정도에 따라 분류 취득할 수 있어야 한다. 하나의 설계 정보 객체에 대해 여러개의 모듈이 동시에 필요한 속성치를 제공하므로 현재까지 제공된 속성치를 기반으로 독자적으로 수행할 수 있어야 한다. 이러한 설계 정보의 상세 정도를 둠이 모듈 행동의 독자적 확립에 유리하며, 설계 정보의 변경에 대해 신속하게 대안을 제시하는 데 매우 유리하다.

2.3 재설계와 재사용

동시공학 시스템의 세번째 근본적 명제는 이전 설계, 이전 해석 결과, 이전 공정계획의 검색과 재생이 수월해야 한다는 것이다. 모든 설계는 거의 재설계 과정을 거쳐 이루어진다. 일반적으로 한번의 설계를 통해 만족한 결과를 얻기는 사실상 불가능하다. 심지어 새로운 설계들도 무에서 독자적으로 시작하지 않는다. 새로운 설계조차도 이전과 현재 진행중인 프로젝트 중에서 재사용할 수 있을 만한 정보들을 기반으로 탄생한다. 더군다나 동시공학 시스템은 분석과 계획이 끊임없이 설계와 연관되어 진행되므로, 변화에 대한 새로운 결과는 적용할 수 있는 최신 정보들을 반복적으로 사용하는 재계획과 재분석이 없이는 불가능하다. 이러한 재계획과 재분석없이 변화에 대한 빠른 대처를 기대하기는 힘들다.

다음의 절들에서는 간략하게 Next-Cut이라 불리는 시작 컴퓨터 시스템의 배경에 대해 설명하고, 앞서 언급한 동시공학 시스템이 갖추어야 할 주요 명제들을 어떻게 만족시키는지 살펴보기로 한다.

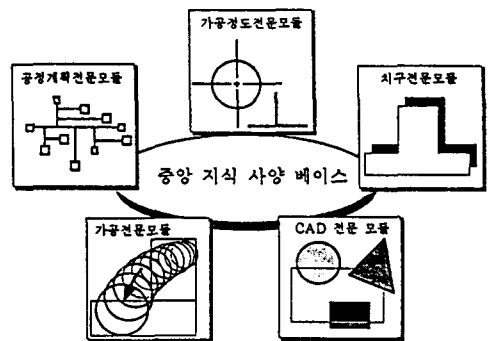


그림 3. 중앙 지식 베이스를 중심으로 각 분야별 전문 모듈들이 분산되어 구성되는 Next-Cut 시스템의 구조도

3. 배 경

Next-Cut 시스템은 동시 설계와 공정 계획을 위한 두번째 시도의 컴퓨터 시스템이다. 초창기의 시스템으로 First-Cut[Cukosky and Tenenbaum 90]시스템이 있는데 CNC를 위한 공정 계획과 부품 설계에 주안점을 두어 개발되었다. First-Cut 시스템은 상세한 기하학적 정보와 공정 정보를 제공하였고, 생산 가공 공정에 의해 설계 특정형상을 정의하였다. 생산 가공 공정을 정의하는 매 순간마다 현재 상태에서 가능한 생산 가공 공정만이 메뉴 형태로 나타나 사용자가 가공이 불가능한 공정을 선택할 수 없었다. 즉, First-Cut 시스템은 "생산이 확실히 보장된 설계"를 제공하는 시스템이었다. 설계와 공정 설계와의 관계가 매우 긴밀하게 연결되어 "생산 불가능"과 같은 최악의 경우를 피할 수 있는 장점이 있으나 지나친 제약조건으로 설계의 유연성이 제한되었다.

반면에 Next-Cut 시스템은 설계자에게 여러 다른 상황에서 설계와 공정 설계를 할 수 있도록 최대한의 유연성을 제공해 준다. 예를 들어 고차원의 개념 설계 측면에서 볼때, 설계자는 카탈로그나 설계 라이브러리로부터 필요한 부품을 임의로 선택하기를 원할 것이다. 마치 우리의 일상생활에서 필요한 물품을 일정 장소에서 찾는 행위에 비유된다. 어떤 물품을 선택 후, 물품에 대해 좀더 자세한 내용을 알고 싶으면 그와 연관된 자료를 통해 필요 내용을 얻는다. 마찬가지로 Next-Cut 시스템도 선택된 특정형상에 대해 설계자가 원하면 특정형상을 가공하는 데 필요한 공정 설계 정보라든가, 조립시에 짝을 이루는 부품과의 매칭여부를 검색해 준다. 또 다른 Next-Cut 시스템의 장점은 시스템의 정보들간의 상호 연관 관계가 잘 설정되어 설계 변경에 따른 새 결과를 이전 결과의 최대 이용으로 빠른 시간안에 제공해 줄 수 있다. 이와 같은 시스템의 특성으로 설계자는 자유자재로 설계 변경을 할 수 있어 제품 설계의 유연성을 한층 높일 수 있다.

Next-Cut 시스템은 일반 현장에서 쓰일 수 있을 만큼 충분한 검증은 거친 시스템은 아니지만 최소한 앞서 언급한 동시공학 시스템이 갖추어야 할 조건들을 최대한 만족시키며 개발되었다. 즉, 일종의 새로운 시스템 설계 방법론에 대한 검증 시스템이라 할 수 있겠다. 다음의 절들에서는 예제를 통해 시스템의 작동 과정과 구조 등을 살펴보기로 한다.

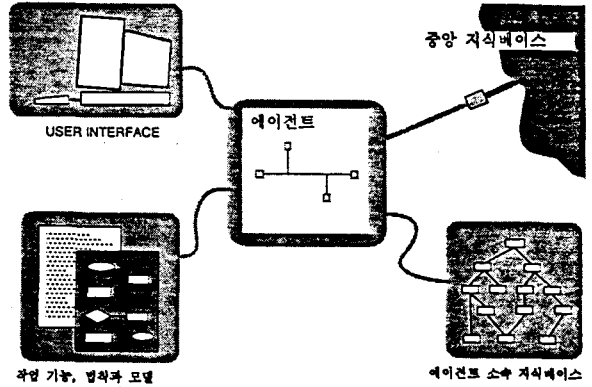


그림 4. 각 모듈은 에이전트와 편집기로 구성되어 있는데, 이들은 중앙 지식 베이스를 통해 필요한 정보를 교환한다. 또한 고유의 작업 기능과 법칙을 소유하며, 에이전트 소속 객체들을 관리, 조정한다.

4. 시스템의 구조

동시공학 시스템은 그림 3에서 보여진 것과 중앙 지식 베이스를 중심으로 각 분야별 전문 모듈로서 구성된다. 가운데 자리하고 있는 중앙 지식 베이스는 각 모듈들이 가지고 있는 전문 정보중에서 서로 공유해야 할 정보를 저장하며, 사용자 및 각 모듈이 쉽게 필요한 정보를 얻을 수 있도록 설계되어 있다. 그림 4에서 보여진 것과 같이 각 모듈은 에이전트와 편집기(GUI포함)로 구성되어 있는데 이들은 중앙 지식 베이스를 통해 필요한 정보를 교환하며 각 모듈에 속해있는 분류 전문 정보, 즉 모듈 소속 객체들을 관리, 조정한다. 에이전트는 중앙 지식 베이스내에 수록되어 있는 정보를 수정하거나 첨가하여 다른 에이전트 또는 사용자로부터 어떤 요구가 있을 시 필요한 정보를 제공해 주기도 한다. 편집기라 함은 사용자에게 시스템사용의 편리성을 주기 위한 GUI로서 사용자가 쉽게 배우고 필요한 정보를 얻을 수 있도록 설계되어 있다. 에이전트들은 일반적으로 치구 디자인, 공정 설계 계획, 기하학적 논리 및 모델링, 가공정도 등 각각의 전문성에 의해 분류된 영역을 관리 조정하는 전문 모듈들을 일컫는다. 동시공학 시스템을 이루는 데에 있어서 가장 기본이 되는 것으로는 하나의 모듈에서의 변화를 어떻게 다른 모듈로 알릴 것

이며 이의 변화를 중앙 지식 베이스에 어떻게 반영하는가가 중요한 문제로 대두된다. 이의 해결을 위해 각 에이전트에 속해 있는 지식 베이스들은 독립적으로 존재하면서 중앙 지식 베이스와 연계를 이루며 해결하는데, 이는 각 에이전트들에게 독립성을 확보해주며 이를 통한 창의성과 다양성을 자유롭게 추구하도록 허락해야 하기 때문이다. (그림 5 참조) 하나의 에이전트를 없앴으로써 그 에이전트를 통해 얻어야 할 전문 지식을 얻지 못한다 할 지라도 다른 에이전트의 작업을 수행하기 위해 필요한 최소한의 정보는 항상 중앙 지식 베이스에서 얻을 수 있어야 한다. 하나의 새로운 에이전트가 더해지고 삭감되는 등에 따라 중앙 지식 베이스에 큰 변화를 주어서도 안되며 일단 중앙 지식 베이스로 상정된 정보는 체계적으로 분리, 조정될 수 있어야 한다.

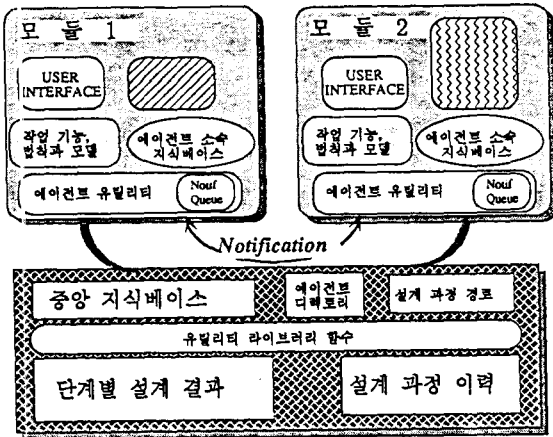


그림 5. 하나의 모듈에서의 변화를 어떻게 다른 모듈로 알릴 것이며 이의 변화를 중앙 지식 베이스에 어떻게 반영하는가가 중요한 문제로 대두된다. 이의 해결을 위해 각 모듈에 속해있는 지식 베이스들은 독립적으로 존재하면서 중앙 지식 베이스와 연계를 이루며 해결한다.

4.1 Notification (통고)

시스템내에서 발생 가능한 모든 상황을 미리 예측할 수 있는 시스템을 구성하기란 사실상 불가능하므로, Next-Cut 시스템에서는 외부의 간섭없이 시스템 모듈간의 상호 연관 관계에 따라 자동으로 필요 모듈들을 작동시켜, 원하는 결과를 얻고자 함이 시스템 구성상의 큰 이슈중에 하나였다. 이의 해결 방안으로 그림 5에서 보여진 것과 같이 모듈 소속 객체의 변화가 중앙 지식

베이스를 거쳐 연관된 모듈로 전달되어 그 모듈의 소속 객체 정보를 업데이트 시킨다. 이와같은 모듈화와 정보 교환 메커니즘은 간접적 이벤트 수행 접근 방법에 의해 가능한데, 전자 기관 회로 설계에 사용된 MKS(Pan, et al. 89)로 부터 인용되었다. 하나의 모듈이 중앙 지식 베이스내의 정보 객체를 변경하면 통고 메시지가 그 정보 객체에 연결된 모든 모듈에게 전달된다. (모델과는 독립적이면서 사용중인 모듈들의 상호 연관 관계를 유지하는 Hash-Table에 의해 이루어진다.) 통고를 받은 각 모듈은 우선 변경 내용으로 인해 모듈 소속 정보 객체, 혹은 모듈에 의한 결과에 어떠한 변화가 아무런 조치도 취할 필요가 없다. 예를 들어 구멍 특징 형상의 지름을 변경할 시, 공정 설계 모듈에서는 지름 변경에 따른 가공 공구 선택이 바뀌어야 하나, 치구 전문 모듈 입장에서는 구멍 지름 변경으로 인한 치구 정보의 변화는 없는 경우이다.

4.2 모듈화

Next-Cut 시스템을 이루는 전문 모듈로 그림 3에서 보여진 것과 같이 5개의 모듈이 있으나 본 논문에서는 CAD 전문 모듈, 공정 계획 전문 모듈, 치구 전문 모듈 사이의 상호 협력관계만을 살펴보기로 한다.

4.2.1 CAD 전문 모듈

CAD 전문 모듈은 설계자에게 선택된 모체위에 여러 가지 특징 형상들을 정의하도록 도우며, 설계 진행중의 설계품의 중간 형태 및 공간 추론을 통한 간접 검색등을 행한다. CAD 전문 모듈에서 설계자의 첫번째 선택은 설계하고자 하는 가공물의 모체를 선택한다. 선택된 모체에 대해 재료와 치수, 가공 정도등 모체의 기본적인 사양을 제시하거나 사용자에게 요구한다. 이때 자주 쓰이는 재료 및 치수, 가공 정도등을 이미 지정하여 설계자가 같은 치수, 같은 재료등을 사용하고자 할 때는 또, 다시 키입력할 필요가 없게 된다 또한 주어진 재료에는 (예를들어 알루미늄 모체를 사용할 시) 재고에 있는 치수만을 보여 줌으로 재고에 없는 모체를 선택하여 설계가 끝난 후 모체를 구하지 못해 설계 변경을 해야 하는 등의 번거로움을 설계 초기부터 잡아 줄 수 있다. 가공하고자 하는 물품이 고가공 정도를 요구하지 않을 시는 FACE 밀링가공이 필요없는 압축 스톱으로 모체를 추천한다. 시스템내에 있는 CAD 시스템은 모체의 치수에 맞는 그림을 3차원 형태로 보여준다.

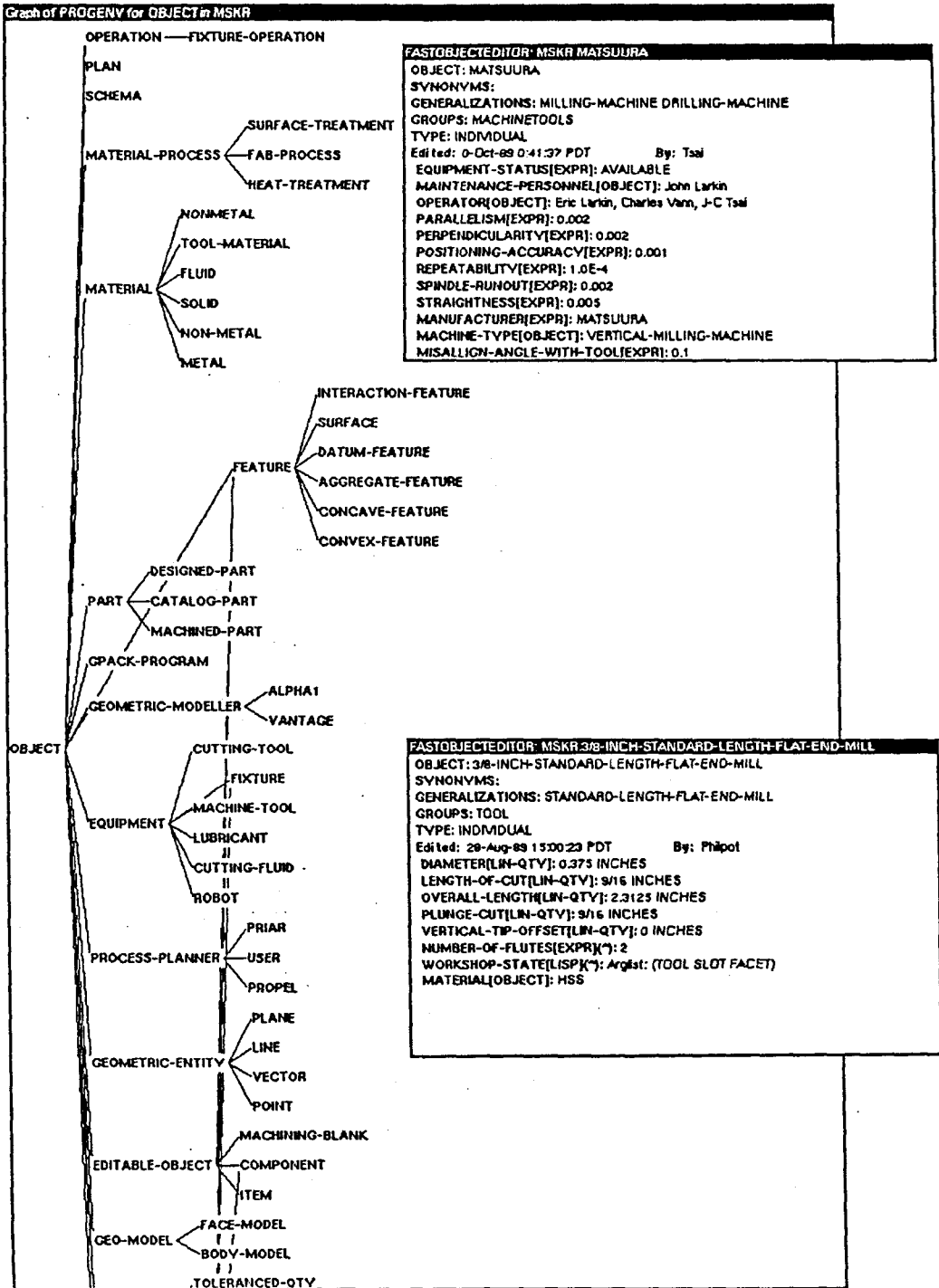


그림 6. Next-Cut의 중앙 지식 베이스에 정의되어 있는 객체들의 계층적 구조도. 머시닝 센터 MATSUUR와 가공 공구 36-inch-Standard-Length-Flat-End-Mill로 정의된 객체의 구체적인 속성치들을 보여주고 있다.

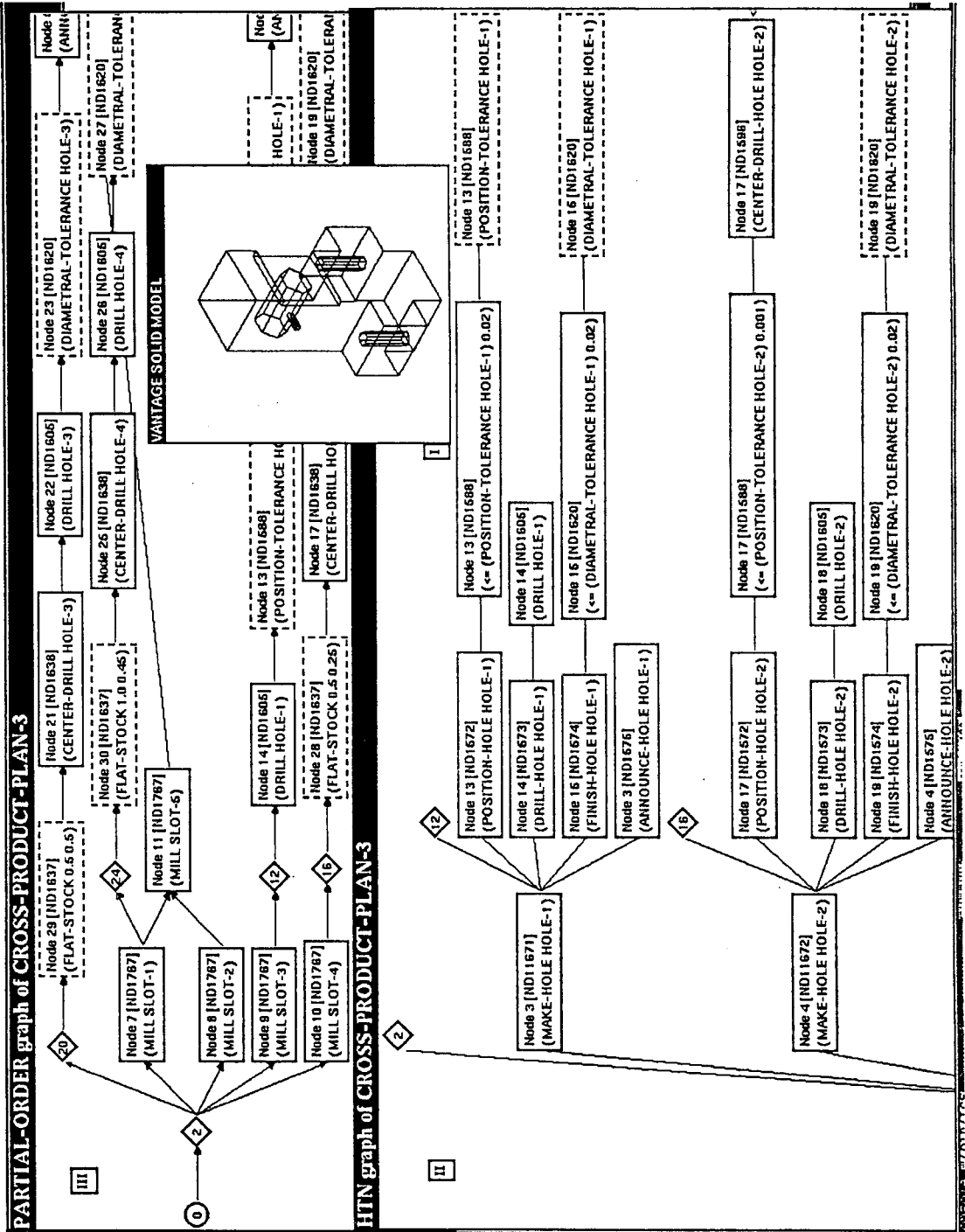


그림 7. 하나의 기계 부분에 대해 서로 얽히고 설켜 객체들의 상호 연관 관계를 보여주는 모듈별 편집 윈도우들. 특징 형상 HOLE-2에 관련된 객체들이 각 윈도우별로 하이라이트 되어 있다. 가공 허용 오차에 관련된 객체, 계층적 구조도 안의 HOLE-2 객체, 가공시에 필요한 기준면에 관한 객체들, 하나의 특징 형상에 대해서도 이와같이 여러개의 모듈별 객체들과 연관성을 맺고 있다.

정면, 측면, 윗면을 보고자 할 때 설계자의 요구에 맞게 그림을 바꿀 수 있음은 물론이다.

다음 단계로 설계자는 특징형상들을 선택한다. 구멍 특징 형상을 살펴보자. 시스템은 기본적인 구멍 특징 형상 사양을 제시한다. (일반적으로 구멍뚫기의 축, 지름, 길이 등을 제시) 일단 설계자가 기본 사양을 변경하거나 주어진 값을 사용하여 구멍 특징 형상 사양을 지정 완료하면 시스템은 혹 근접 특징 형상과의 간섭은 없는지, 너무 붙어있어 실제 가공시 가공 오차에 문제가 생기지나 않을지 등을 검색한다. 이와 같은 검색에 필요한 가공 정보들은 전문 생산자의 KNOW-HOW를 코드화하여 시스템내의 데이터 베이스에 저장되어 있다. 간섭 검색등은 CAD 시스템 자체가 갖고 있는 기능들 (Boolean Operator : INTERSECTION, UNION, DIFFERENCE, ASSEMBLY etc.)을 이용한 공간 추론(Spatial Reasoning)을 이용한다.

4.2.2 공정 계획 전문 모듈

가공 전문 모듈(Machining Expert)은 선택된 가공 공작 기계 (3축 Machining-Center, 5축 Machining-Center, 일반선반, 일반밀링 등)의 사양에 맞게 상세한 가공 정보를 결정한다. 예를들어 구멍뚫기를 할 때, 어떠한 드릴을 쓰며, 뚫을 시 회전 속도는 얼마로 하며, 가공공정의 가공허용 오차정도(TOLERANCE)에 따라 센타-드릴링 공정을 집어넣어야 하는지 등을 결정한다. (가공정도가 높을 시에는 반드시 센타-드릴링 공정을 집어넣어야 한다. 일반적으로 0.02mm 정도이상의 가공정도에 센타-드릴링 공정을 필요로 한다.) 치구전문 모듈과 가공전문 모듈 모두 시스템내에 있는 공간 추론자(Spatial Reasoner)를 사용하여 공구가 근접할 수 있는 가공 표면은 어떠한 것이 있으며 선택된 공정을 가공할 시 공구 입력각이 지나치지는 않은지 등을 검색한다. 마지막으로 시스템은 예측하지 못한 간섭이나 실제 가공 상에서 일어날 수 있는 여러 가공 오류등을 상세히 검색하여 최종 결과를 시스템내의 CAD를 이용하여 시뮬레이션 한다. 문제가 발생시에는 시스템 자체 내의 대안들로 치구, 절삭공구, 혹은 가공 순서등을 대처하여 최종결과를 제시한다. 마땅한 대안들이 없을 시에는 설계자에게 “가공 불가능”임을 알려 설계 변경을 할 수도 있고, 시스템내의 가공 전문 데이터 베이스에 없는 공정에 의한 결과일 수도 있으므로 가공 전문가에게 의뢰하여 시스템내의 전문 지식 코드를 새롭게

하여 결과를 얻기도 한다.

4.2.3 치구 전문 모듈

다른 한편으로는 치구 전문 모듈(Fixturing Expert)이 어떠한 타입의 치구를 쓰며 클램핑의 위치는 어디로 갈 것인지 등을 결정한다. 이러한 치구 결정은 매 공정이 더해질 때마다 자동적으로 추가되며 가공 공정 계획이 마무리 될때 치구 정보도 같이 출력된다. 일반적으로 육면체 혹은 원통형의 모체에 이루어지는 절삭 가공에 대해 VISE, STRAP-CLAMP, PARALLEL-BAR, V-BLOCK 등이 쓰여진다. 치구 공정에 대한 정보는 설계자의 선택에 따라 매번 화면에 나타나게 할 수도 있고, 설계시의 번잡함을 피하기 위해 나타나지 않게 할 수도 있는데, 어느 경우에는 치구 정보는 가공 공정 계획과 마찬가지로 시스템내의 출력 파트 혹은 데이터 베이스에 계속 축적된다. 일반적으로 치구 전문 모듈은 세가지 제약조건을 만족시키며 원하는 치구 정보를 얻는다. 기하학적 제약조건, 기구학적 제약조건, 응력학적 제약 조건들이 그것이다. 기하학적 제약조건에서는 크게 두가지의 기능을 가지고 있다 할 수 있는데, 그 하나는 공간 추론을 이용한 공구 혹은 공구 홀더와 치구와의 간섭 검색이 그것이며 다른 하나는 주어진 형상에 대해 적당한 크기의 치구가 존재하는 지를 검색한다. 한편 기구학적 제약 조건은 가공물과 치구사이의 자유도(Degree of Freedom)를 없애는 것이 주목적인데 수학적으로 Form Closure 혹은 Force Closure(Lee 91)를 만족시킴으로써 제약 조건을 해결한다. 마지막으로 응력학적 제약 조건은 일정한 크기의 클램핑을 주어야 가공중에 스텝이 일어나지 않으며, 무리하게 클램핑하여 허용된 가공오차를 만족못시키는 일이 없도록 조절한다. 이의 효율적인 해결을 위해 한계 곡면(Limit Surface, [Lee 91])이론이 사용된다.

4.3 설계 정보 표현

시스템의 구조와 톱고 메커니즘이 편집기를 이용한 소프트웨어 모듈간이나 사용자간의 정보교환을 용이하게 하기 위한 모듈 디자인에 공헌했다면, 설계의 진행 과정과 설계 정보의 상세 정도를 추적하고 효율화하는 것은 설계 정보의 체계적 표현에 좌우된다. 본 절에서는 Next-Cut 시스템의 중앙 지식 베이스를 살펴봄으로써 어떠한 설계정보 표현이 설계의 진행 과정과 설계정보의 상세정도를 추적하는 데에 용이한지 살펴보기로 한다.

4. 3. 1 계층적 설계 정보 구조

Next-Cut의 중앙 지식 베이스는 생산 가공에 적합한 상호보완적이며 계층적인 설계 정보 표현을 갖는다. 생산 가공을 위한 시스템이므로 원자재, 생산 기계, 가공 공구, 치공구, 특징 형상 설계표현 및 이와 연관된 공정 계획들을 포함하는 다양한 정보를 보유하고 있다. 그림 6은 Next-Cut의 중앙 지식 베이스에 정의되어 있는 객체들의 계층적 구조도를 보여준다. 머시닝 센터와 가공공구로 정의된 객체의 구체적인 속성치들을 보여주고 있다. 그림 7은 하나의 기계 부품에 대해 서로 얽히고 설켜 객체들의 상호 연관 관계를 보여주는 모듈별 편집 윈도우들을 보여주고 있다. 특징 형상 HOLE-2에 관련된 객체들이 각 윈도우별로 하이라이트 되어 있다. 가공 허용 오차에 관계된 객체, 계층적 구조도 안의 HOLE-2 객체, 가공시에 필요한 기준면에 관한 객체등 하나의 특징 형상에 대해 이와 같이 여러 개의 모듈별 객체들과 연관을 맺고 있다. 이와 같은 계층적이고 상호 보완적인 설계 정보 구조 덕분에 설계의 진행 과정을 쉽게 추적하며, 여러분야의 전문 지식을 코루 갖춘 설계 정보를 손쉽게 얻을 수 있다.

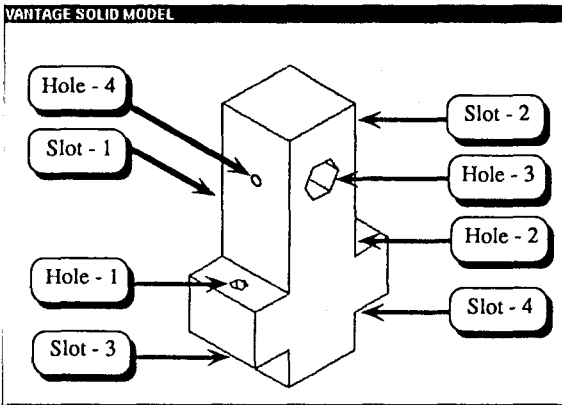


그림 8. 4개의 구멍 특징형상과 4개의 스롯 특징형상으로 이루어진 간단한 설계 가공물.

4. 3. 2 공정 설계 정보

설계자에 의해 정의된 CAD 형상에 대하여 Next-Cut 시스템은 CAD 모델을 생산 가공하기 위해 필요한 생산 공정 객체들을 생성 유지한다. 기계, 사용 공구,

공정단계를 나타내는 객체들이 이에 속한다. 중앙 지식 베이스는 이러한 객체들의 한단계 위급인 클래스(CLASS)를 보유하여 필요에 따라 속성치만 틀린 여러 인스턴스(INSTNACE)들을 새로운 CAD 형상에 대해 생성 및 유지 관리한다. 앞서 언급한 필요 생산 공정 객체들도 중앙 지식 베이스내의 클래스로 부터 주어진 CAD 모델에 적합한 속성치를 받아 생성된 인스턴스들이다. 중앙 지식 베이스는 일종의 제품 및 원자재 창고에 비유될 수 있는데, 현재 어떤 공정이 진행되었고, 어떠한 기계가 사용 가능하며, 재고가 얼마나 남았는 지 등을 알 수 있게 해준다.

그림 9는 8개의 특징형상을 갖는 간단한 기계 부품(그림 8)에 대한 설계 공정 계획도를 보여준다. 윈도우(Ⅱ)는 부분적 공정계획도의 계층적 구조를 보여준다. 그림에서 보여진 하나의 구멍-뚫기(Make-Hole) 공정은 여러개의 차공정을 포함하는데 위치 허용 오차를 만족시키는 공정이라든지, 가공 허용 오차에 따른 센터 드릴링 공정등이 이에 해당한다. 계층적 구조도는 개념 설계와 같은 고차원의 설계를 가능하게 하며, 공정 설계를 효율적으로 할 수 있게 해준다. 이와 같이 일반적인 구멍 특징 형상은 고차원의 구멍-뚫기(Make-Hole) 공정과 연계되어 가공 생산 공정 및 마무리 작업등과 같은 상세 생산 단계 정보까지도 쉽게 얻을 수 있다.

윈도우(Ⅲ)은 주어진 특징 형상들간에 제약조건(일반적으로 공간 추론(Geometric Reasoning) 과정을 거쳐 얻어진 특징 형상들간의 가공 우선 순위등)을 만족시키며 얻어진 부분적 공정 설계계획도를 나타낸다. 최종 CAD 형상을 제품화 하기 위해서는 각 패스를 반드시 한번은 거쳐야 하는데, 병행상의 패스들 간에는 우선 순위가 없이 어느 패스를 먼저 수행해도 무방하나, 한 패스내에서 정의된 공정간의 우선 순위는 반드시 만족되어야 한다. 예를 들어 구멍-뚫기(Make-Hole)공정 1과 4는 스롯-만들기(Mill-Slot)공정 3과 1을 각각 만족시킨 후에 이루어져야 한다.

특징 형상과 가공 공정은 몇개의 특징 형상 혹은 가공 공정들이 일정한 규칙을 만족하는 범위내에서 그룹 특징 형상이나 그룹 가공 공정등과 같은 새로운 특징 형상과 가공 공정을 정의할 수 있다. 예를 들어 여러개의 동일 치수 구멍을 같은 평면상에 가공해야 할 경우(예 : 엔진 블럭에 엔진 헤드를 결합하기 위한 나사-만들기 등.) 등이 이에 해당한다. 각 구멍을 가공하는데에 수반되는 차공정들은 일일이 새롭게 정의하지 않아도

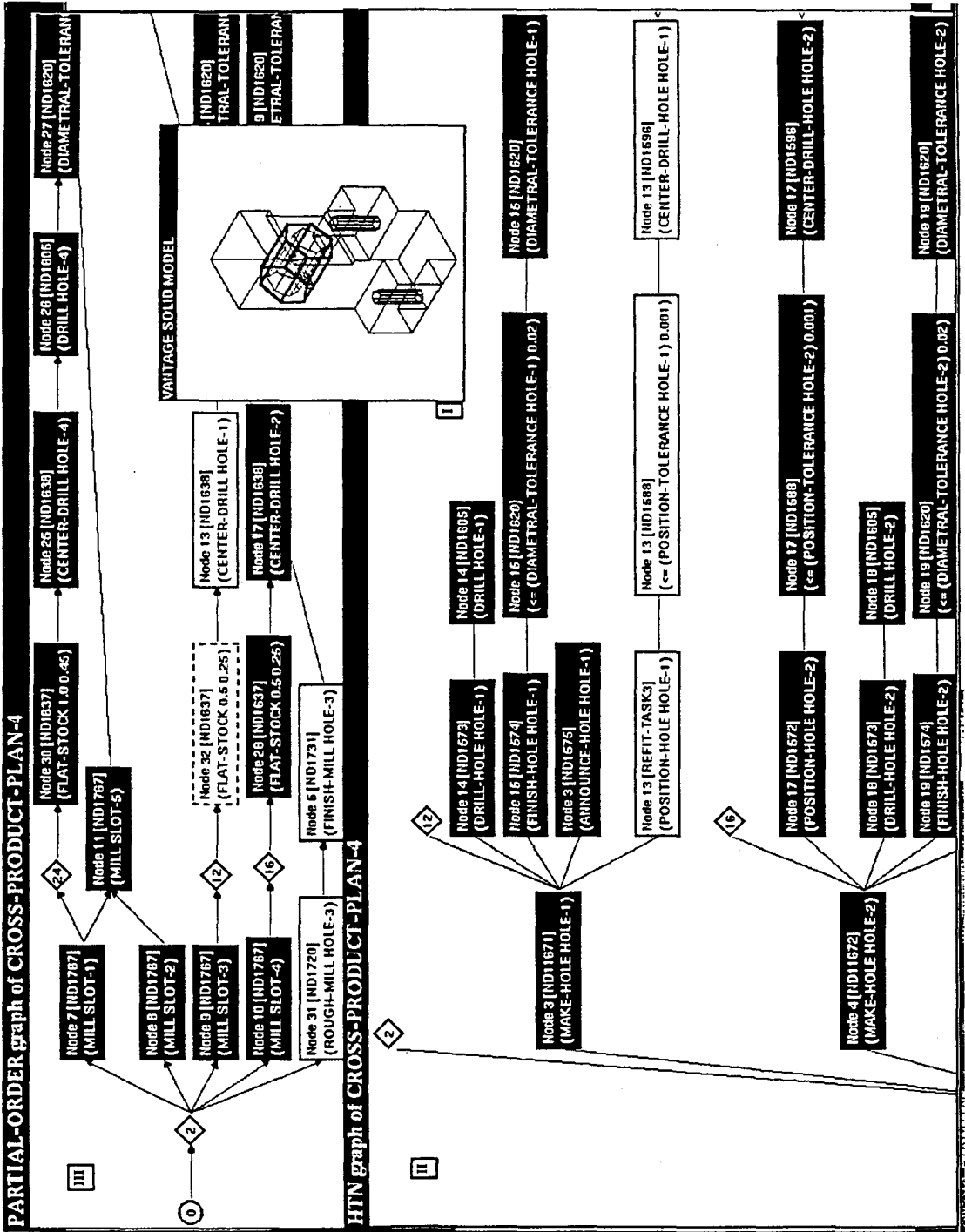


그림 9. 간단한 절삭 가공물에 대한 공정 계획도. 윈도우(I)은 부품의 CAD 모델을 보여주며, 윈도우(II)는 부분적 공정계획도의 계층적 구조를 보여준다. 윈도우(III)은 주어진 특징 형상들간에 제약조건(일반적으로 공간 추론(Geometric Reasoning) 과정을 거쳐 얻어진 특징 형상들간의 가공 우선 순위등)을 만족시키며 얻어진 부분적 공정 설계 계획도를 나타낸다.

이미 정의된 공정을 재사용함으로써 전체 공정 설계 계획을 줄일 수 있으며, 유사 구멍-뚫기 공정에 몇개의 속성 값만 바꿈으로써 재사용 할 수도 있다.

앞서 언급된 내용들을 다시 요약하면 Next-Cut의 중앙 지식 베이스는 설계, 치구 공정, 가공 공정, 가공 허용 오차의 상세 정보들을 계층적 구조 상태로 유지 관리한다. 한편 시스템을 구성하는 개개의 모듈은 이와 같이 서로 얽히고 설켜 정보들을 각 모듈의 특성에 맞는 부분만을 사용자에게 제시하며 비록 시스템내의 동일 특징 형상이나 가공 공정등을 다룰지라도 필요 정보의 유무 및 적용 여부에 따라 선별하여 사용한다. 지식 베이스의 정보 중 어떤 정보는 설계가 진행됨에 따라 자동으로 필요한 속성치들이 입력되어 새로이 생성되기도 한다. 예를 들어 특징 형상이 새로이 정의될 때, 각 특징 형상의 가공을 위해 필요한 모든 가능한 가공 경로 정보등이 특징 형상의 기하학적인 크기에 따라 자동 생성된다.

4.4 점진적 설계 개선

지금까지 동시공학 시스템의 시작 시스템이라 할 수 있는 Next-Cut 시스템의 시작 시스템이라 할 수 있는 Next-Cut 시스템의 구성과 설계 정보 표현에 관해 알아 보았다. 특히 계층적이며 상호 보완적인 중앙 지식 베이스의 설계 정보 표현은 설계자가 다단계의 세밀한 작업을 할 수 있게끔 한다. 또한 설계(설계 측면)와 가공 공정 설계 계획(가공 생산 측면)등과 같은 서로 다른 성격의 정보들이 잘 융화를 이루어야 설계 개선을 위한 설계 변경이 쉬워진다. 본 절에서는 이와 같은 설계 변경에 대해 어떠한 방식의 연관 정보 업데이트가 효율적이며 Next-Cut에서는 어떠한 방법을 사용하였는지 살펴본다.

동시 공학 시스템이 갖추어야 할 시스템의 전제조건으로 제시한 바와 같이(그림 2 참조) 변경에 대한 업데이트는 점진적으로 합이 바람직한데, 이는 단순히 계산 시간량을 줄이기 위함이 아니라 변경에 따른 모듈들간의 모순을 최소화 하기 위함이다. 즉 조그마한 변경 사항에 대해서도 앞서 언급한 통고 미케니즘에 의해 일일이 검증을 받음으로써 설계가 완료된 후의 "가공 불가능"과 같은 최악의 경우를 피할 수 있다. 언뜻 많은 양의 계산량이 필요하다고 생각되나 하드웨어, 소프트웨어의 발달은 컴퓨터 사용 시간량에 대한 장벽을 해결해 나가고 있으며 이전 결과의 재사용으로 이와 같은 상호 검

색에 필요한 계산량을 줄일 수 있다. Next-Cut 시스템의 공정 설계 계획 모듈은 Validation Structure [Kambhampati 90]를 이용하여 점진적 업데이트를 수행한다.

서론에서 말한 것처럼 동시 설계는 이전 결과의 재사용이 상당히 많으므로 동시공학 시스템에서 설계자와 다른 모듈이 점진적으로 일할 수 있고 어디에서나 이전의 결과들을 사용할 수 있게 하는 것이 중요하다. 그러므로 설계부품이 수정되거나 새로이 첨가될 때(예: 구멍 특징 형상의 직경이나 위치 허용오차가 수정될 때) 공정 설계 시스템은 변경 사항을 최대한 수렴하면서 이전 결과를 최대한 재사용한다. 그림 10은 그림 8의 기계 가공품의 설계 변경에 따른 공정 설계 계획도의 결과를 나타낸다. HOLE-1은 가공 허용 오차가 강화되었고, HOLE-3은 지름이 5mm에서 8mm로 증가되었다. 공정 설계 계획도중 검게 마크된 부분은 재사용된 공정이고 희게 마크된 공정은 설계 변경의 결과로 새로이 첨가된 공정이거나 변경된 공정을 나타낸다. 두개의 특징 형상 데이터의 변경은 이전 결과의 재사용으로 컴퓨터 계산량의 측면에서 85%의 시간 절약을 얻을 수 있었다.

이렇게 점진적 설계를 이용한 시스템은 설계 변경에 대한 새 공정 설계를 빠른 시간안에 얻을 수 있어 설계 변경의 유연성 및 효율성을 제고하므로 동시공학 시스템의 설계시에 반드시 고려해야 할 전제 조건이다.

4.5 모듈간 상호 협력

동시공작 시스템의 중요한 목표는 설계, 해석, 공정 계획등과 같은 서로 다른 분야사이에 모순없이 일관성을 유지하는 것이다. 이것은 다양한 소프트웨어 모듈사이의 상호작용을 요구하며 각 모듈 또한 다단계의 정보를 접하면서 수행되어야 함을 요구한다. 본절에서는 Next-Cut 시스템의 3개 모듈(CAD 전문 모듈, 공정 계획 전문 모듈, 치구 전문 모듈)이 어떻게 모듈간 상호 협력으로 설계 변경에 대처하는 지를 살펴본다.

Next-Cut의 공정 계획 전문 모듈은 점진적 공정 설계 시스템으로 CAD 전문 모듈과 치구 전문 모듈과 매우 긴밀한 상호 협력 체제를 유지한다. 먼저 공정 계획 전문 모듈과 CAD 전문 모듈 사이의 상호 협력 관계를 살펴보자. CAD 전문 모듈에 의해 정의된 특징 형상은 시스템의 공간 추론자(Geometric Reasoner)를 이용하여 특징 형상간의 가공 공정순서 제약조건을 얻는다. 공정 계획 전문 모듈은 이러한 특징 형상간의 가공

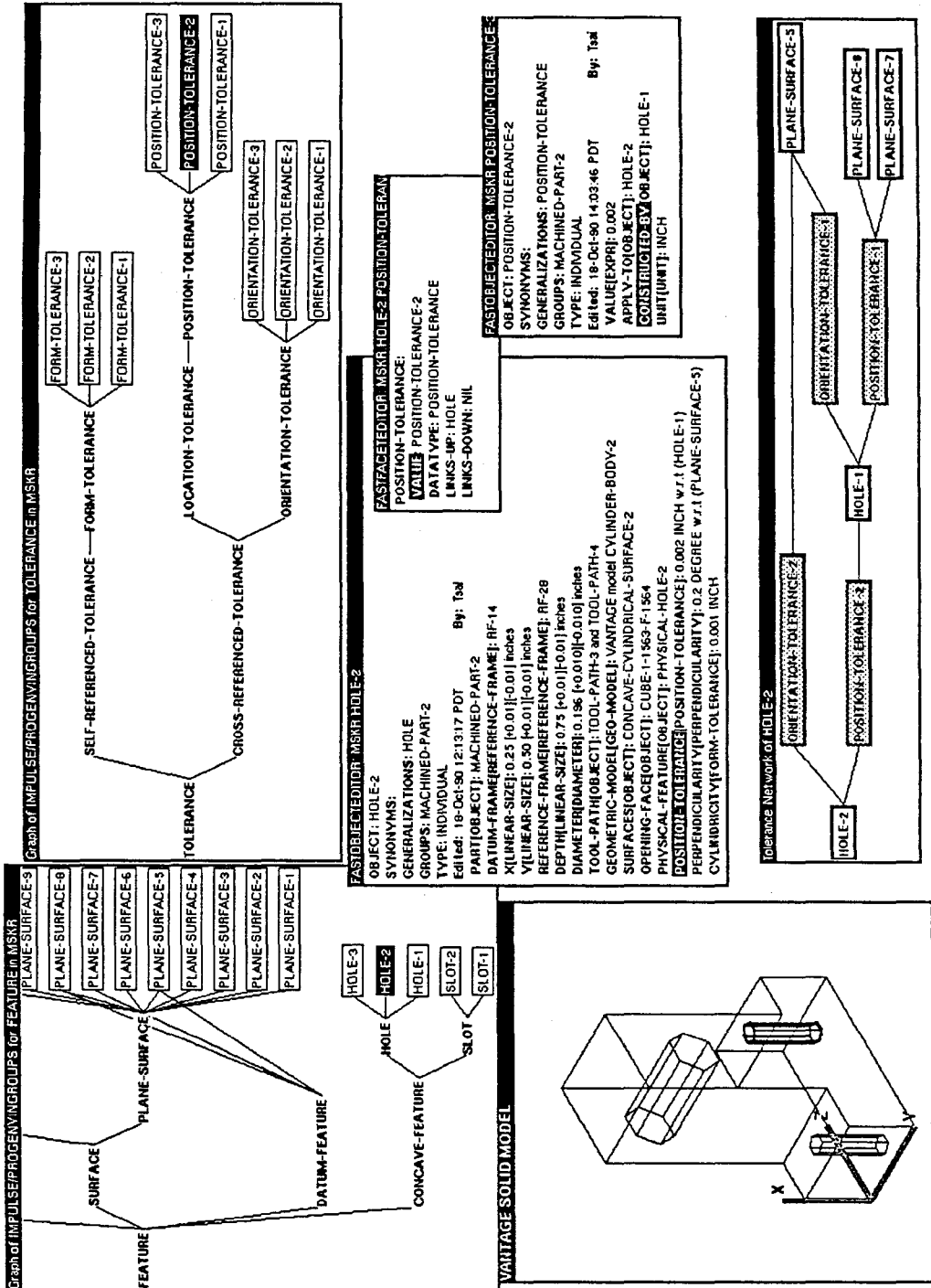


그림 10. 그림 8에 보여진 부품의 설계 변경에 따른 공정 설계 계획도의 결과. HOLE-1은 가공 허용 오차가 강화되었고, HOLE-3는 지름이 5mm에서 8mm로 증가되었다. 공정 설계 계획도중 검게 마크된 부분은 재사용된 공정이고 희게 마크된 공정은 설계 변경의 결과로 새로이 첨가된 공정이거나 변경된 공정을 나타낸다.

공정순서 제약조건과 특징 형상 자체의 기하학적 정보를 입력으로 부분적 가공 공정 계획도를 출력으로 제공한다. 4.3.2절에서 언급한 바와 같이 그림 9의 윈도우〔Ⅲ〕이 부분적 가공 공정 계획도이다. (계획도의 구체적인 의미는 4.3.2절 참조.) 부분적 가공 공정 계획도의 특기 사항은 공정 계획 결과의 전제 조건을 최소화한다는 것이다. 이러한 접근 방법은 단 하나의 공정 설계 계획이 아닌 여러개의 설계 계획을 결과로서 제시한다. 전제 조건의 최소화 방법은 사용 가능한 옵션을 많이 남겨 놓음으로써 설계 변경시 옵션을 통해 새 결과를 제시하므로 신속 대처 할 수 있기 때문이다.

Next-Cut의 공정 계획 전문 모듈의 또다른 상호 협력 상대자는 치구 전문 모듈이다. 치구 공정에 관한 정보는 그 자체만으로도 엄청난 공간 추론을 요구하므로 공정 설계 계획 모듈이 치구 전문 모듈에게 필요 정보를 요청하지 않고 독자적으로 치구 공정까지 고려한다면 엄청난 컴퓨터 시간과 메모리를 필요로 한다. Next-Cut 시스템에서는 치구에 관한 모든 제약조건 검색 및 필요 치구의 선택을 치구 전문 모듈이 담당하며, 공정 설계 계획 모듈은 공정 설계에 필요한 최소한의 치구 정보로 공정 설계 계획을 진행시킨다. 공정 계획 전문 모듈에 의한 최종 공정설계 계획 결과는 치구 전문 모듈에게 검증받고 각 공정에 대한 필요 치구를 할당 받는다. 검증 결과 치구 공정 측면에서 가공 공정 계획에 문제점이 발견되면 치구 전문 모듈 스스로 새로운 치구 공정계획을 찾아 이를 공정 설계 계획 모듈에게 통보한다. 예를 들어 여러개의 특징 형상을 한 치구가 가공하도록 공정 설계 계획 모듈이 추천하였으나 클랭핑할 여유면을 찾지 못하면 치구 전문 모듈 스스로 주어진 특징 형상들을 몇개의 그룹으로 나누어 새로운 치구 공정도를 제시한다. [Lee 91].

Next-Cut의 치구 전문 모듈과 CAD 전문 모듈와의 상호 협력은 치구와 가공 경로와의 간섭 검사에 이루어진다. 물론 치구 공정에 필요한 특징형상의 기하학적 데이터를 얻는 것 이외에 치구의 형상 크기 및 CAD 모델을 CAD 전문 모듈을 통해 얻는다.

Next-Cut 시스템의 3개 모듈(CAD 전문 모듈, 공정 계획 전문 모듈, 치구 전문 모듈)간의 상호 협력 관계를 통해 볼 때, 시스템의 효율화를 위해서는 한 모듈이 모든 기능을 다 보유하는 것이 아니라 특성별로 나누어진 모듈이 차지해야 하는 오버헤드를 줄임이 바람직하다. 한 좋은 예가 Next-Cut 시스템의 공정 계획 전문

모듈이라 할 수 있는데, 공정 계획 설계 모듈이 정의된 모든 특징형상의 기하학적 추론 기능 및 치구 공정등을 독립적으로 모두 해결하는 것이 아니라 기하학적 정보에 관한 사항이면 시스템내의 CAD 전문 모듈에 의뢰하고, 치구에 관한 정보가 필요하면 치구 전문 모듈에게 메시지를 보내 필요 정보를 얻음으로써 설계 정보 흐름의 추적을 쉽게하고 설계 변경의 유연성을 제공한다. 이와 같이 동시공학 시스템의 모듈화/특성화는 협력과 설계 변경이 잦은 작업 환경에서 더욱 그 진가를 발휘한다.

4.6 시스템 작업 환경

Next-Cut 시스템은 객체지향 COMMON-LISP 환경인 HYPERCLASS (일명 Symbolic Programming Environment [SPE]라고도 불림) 전문가 셸에 구축되었는데, HYPERCLASS는 Schlumberger Co.가 캘리포니아 Palo Alto에 있는 인공지능(AI) 실험실에서 지난 1988년 말에 개발한 프로그램이다. 시스템은 SUN SPARC2상의 32M-RAM H/W위에 LUCID COMMON LISP, UNIX, VANTAGE 등과 같은 S/W를 가지고 구축되었다. 솔리드 모델링으로는 CMU(Carnegie-Mellon Univ)의 Robotics Vision 실험실에서 개발한 프레임워크를 근거로 한 솔리드 모델링 시스템인 VANTAGE를 사용했다. HYPERCLASS와의 인터페이스를 위해 다른 여러 솔리드 모델링이 고려되었으나 VANTAGE는 HYPERCLASS와 같은 컴퓨터 언어인 LUCID-COMMON-LISP로 구성되어 있으므로 인터페이스에 전혀 문제가 없어 Next-Cut 시스템의 CAD 모듈

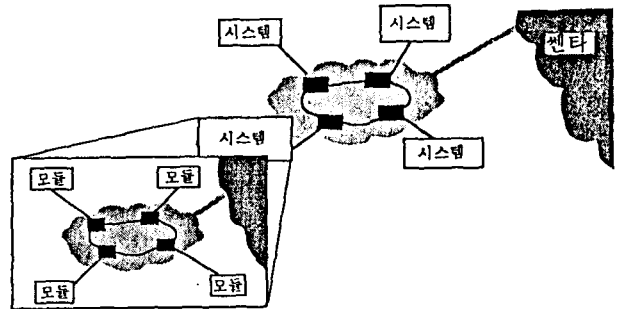


그림 11. 시스템의 스케일이 증대됨에 따라 예기치 못했던 여러 문제들이 발견된다. 모듈에서 시작된 시스템은 시스템과 시스템간의 상호 협력을 요구하며 더 나아가서는 센타와 센타로 이루어지는 시스템으로 확장 발전된다.

로 선택되었다. 동시공학 시스템의 일반적인 구성은 기존의 CAD/CAM 시스템과 객체지향형 프로그램 환경인 전문가셸로 구성되는데, 전문가셸과 CAD/CAM 시스템과의 인터페이스가 시스템 구성의 가장 큰 난제로 알려져 있다. 최근에는 이러한 문제점의 해결 방안으로 CAD를 내장한 전문가셸이 등장하여 동시공학 시스템 구성이 한결 용이해졌다.

5. 결론 및 향후 방향

동시공학(또는, 병행 엔지니어링, Concurrent Engineering) 설계 생산 시스템의 특성과 동시공학 시스템이 갖추어야 할 기능상의 필수 조건들에 대해 살펴보았다. 특히 시스템의 전체적인 구성과 시스템을 구성하는 각 모듈의 설계와 기능등에 관하여 증점적으로 살펴보았다. Next-Cut이라고 하는 동시공학 설계 생산 시스템을 통해 이러한 필수 조건들이 어떻게 만족되는지를 살펴보았는데, Next-Cut 시스템은 시작 컴퓨터 시스템으로 에이전트(독자적으로 존재할 수 있는 소프트웨어 모듈 혹은 시스템이 제공하는 편집기를 사용하는 사용자를 일컬음.)들을 통한 협조체제에서 공통지식 베이스를 중심으로 설계 정보와 공정 설계를 발전시켜 나가는 "팀"시스템이다. 에이전트들은 각자의 결과를 중앙 지식 베이스에 보내며, 각자의 결과가 다른 에이전트들의 결과에 영향을 미치면 다른 에이전트들의 결과도 업데이트 한다. Next-Cut 시스템의 중요한 특기 사항으로는 모듈(Modular)디자인, 이벤트 수행(Event-Driven) 접근 방식이라 할 수 있는데, 이는 필요에 따라 불려지고 다른 모듈과 협조하는 것이라 하겠다. 또한 모듈간의 상호 정보 교환시에 반복되는 정보 교환의 오버헤드를 줄이기 위해 모듈 작동시의 작업량을 최소화하는 점진적(Incremental) 방법론을 사용하였다. Next-Cut 시스템의 중앙 지식 베이스는 설계 정보, 공정 설계 정보, 원자재 정보등을 보유하고 있다. 정보들은 계층적 구조 형태로 저장되어 있으며, 지식 베이스의 정보 중 어떤 정보는 설계가 진행됨에 따라 자동으로 필요한 속성치들이 입력되기도 한다.

Next-Cut이라고 하는 동시공학 설계 생산 시스템을 통해 앞으로 구축될 시스템의 필수 조건들로 다음과 같은 것이 만족되어야 하겠다.

- 모듈 디자인 → 모듈화/특성화
- 점진적 설계 방법

- 결과에 대한 전제 조건의 최소화
- 이전 결과의 재사용
 - 마지막으로 여기서 소개된 Next-Cut보다 복잡한 시스템을 구축하고자 할 때 어떠한 사항들이 확장되고 필요한지를 살펴보기로 한다.
- 최적화 이슈 : Next-Cut 시스템에서 설계 변경으로 인한 모듈간의 상호 협력은 톱고 미케니즘에 의해 이루어졌다. 또한 점진적 설계 방법론에 의한 공정 설계 결과는 하나의 단일 결과를 제시하는 것이 아니라 부분 설계 공정 계획도와 같은 모든 가능한 결과를 제시하므로 해의 최적화에 관한 이슈는 Next-Cut 시스템에서 고려되지 않았다. 그러나 시스템이 확장됨에 따라 Next-Cut 시스템의 부분 설계 공정 계획도와 같은 모든 가능한 해(Solution)의 제공은 시도해야 할 해의 수가 시스템의 스케일에 비례하여 증가하므로 전체적인 시스템의 효율을 떨어뜨린다. 이러한 문제의 해결방안으로 모든 가능한 해에서 주어진 상황에 적합한 해를 선택 적용하면 된다. 이러한 취사 선택을 돕기 위해 적용-가능-주석(Window of Applicability)등을 제공하여 주어진 상황에서 가장 적합한 해를 찾는다. [Kambhampati and Cutkosky 90]
- 인식능력의 개선 : Next-Cut 시스템은 설계 과정중의 발생하는 새로운 정보의 인식 기능이 취약하다. 현재의 인식 기능은 CAD 전문 모듈이 제공하는 기하학적 간섭 결과뿐이다. 가장 시급히 해결하여야 할 인식 기능은 특징형상 인식이라 하겠다. CAD 모델 내에 있는 특징 형상을 인식하는 것이 컴퓨터를 이용한 공정 설계 시스템의 가장 어려운 문제중의 하나이다. 이러한 어려운 문제의 이유로는 CAD 모델이 완전하지 않기 때문이다. 생산 가공 전문가가 도면상에 나타난 정보를 인식할 때, 도면상에 나타난 설계 기호에 의한 정보의외에 설계자의 의도등을 예측하기 위해 가공 측면에서 본 보조적인 정보들을 적용하며 이해한다. 또한, 특징 형상을 이용한 CAD 시스템일지라도 특징 형상을 인식할 필요가 있다. 예를 들어 설계 변경시에 이미 얻어진 공정 설계 계획을 이용하고자 할때는 사용된 특징 형상들을 인식해야 하는데 비록 특징 형상을 이용한 시스템일지라도 형상 인식 필요성은 여전히 존재한다. 또한 새로운 디자인을 구상시 비슷한 특성의 이전 설계를 참고로 할 때도 특징 형상 인식이 유용하다

하겠다. 어떤 특징 형상들은 다른 어떤 공정에 의해 부산물로 생겨날 때가 있는데, 이때에도 특징 형상 인식을 통해 설계자가 부여한 특징 형상 리스트에 첨가해야 올바른 공정 설계 계획을 얻을 수 있는 것이다. 얇은 플랜지는 부품내의 두개의 인접한 스톱을 생성시키면 부산물로서 생겨난다. 이때 공정 설계 모듈은 이와같이 예기치 못한 특징 형상을 인식하여 이에 대한 치구 설정, 가공 공정 설정등을 적절히 제시할 수 있어야 한다. 그러므로 차세대 동시공학 시스템의 한 모듈로서 특징 형상 추적자를 구상 중인데 이 모듈은 제품 생산때 중요시되는 얇은 판막과 같은 요소들을 인식하는 것이 주임무라 하겠다.

- 확장 스케일에서의 시스템 구축 : Next-Cut 시스템이 동시공학 시스템의 시작 시스템으로 구축되었으나 각 모듈이 한 워크스테이션에 국한되어 진정한 의미에서의 동시공작 방법론을 잘 활용하지 못했다. 최근에 여러 연구기관이 서로의 설계 정보를 공유하는 시작 시스템이 제안되었는데(Cutkosky, et al 93)시스템의 스케일이 증대됨에 따라 예기치 못했던 여러 문제들을 발견된다. 설계 정보들간의 동적 결속 (Dynamic Binding), 복식 속성 계승(Multiple Inheritance), 메시지 전송등 객체 지향형 시스템이 일반적으로 가지고 있는 문제들과 유사한 문제들이 발생된다. 시스템의 메모리도 해결하여야 할 문제중의 하나이며 설계 변경시에 만족해야할 모듈들의 수도 점차 증대됨에 따라 각 모듈이 갖고 있는 제약 조건들간의 충돌 가능성이 점차 높아진다. 최악의 경우 상반된 제약 조건때문에 무한 루프에 걸려 결과를 얻지 못하는 경우도 생긴다. 이와같은 문제가 발생시에는 인간 사회에서 서로 양보와 타협으로 문제를 해결하듯이 각 모듈간에도 양보와 타협을 통한 해결 방안이 필요하다. 이러한 식의 해결방안을 추구하는 새로운 방법론으로 타협 기반 설계 방법론 (Negotiation-Based Approach), 혹은 제약조건 완화 방법론등이 차세대 동시공학 시스템 방법론으로 대두되고 있다.

참고문헌

1. 이수홍, "설계의 병행 엔지니어링 기법(I) 적용 예 : 절삭 가공용 시스템", 기계와 재료, Vol. 5,

No. 1, pp.107~124, April 1993.
 2. Balakumar, P. et al. "VANTAGE : A Frame-Based Geometric Modeling System", Technical Report, Carnegie-Mellon University, 1988.
 3. Cutkosky, M. R., and Tenenbaum, J. M., "A Methodology and Computational Framework for Concurrent Product and Process Design", Mechanical and Machine theory, Vol. 25, pp.365~381, April 1990.
 4. Cutkosky, M. R., Tenenbaum, J. M., and Muller, D., "Features in Process-Based Design", ASME 1988 Conference : Computers in Engineering, 1988, pp.557~562.
 5. Cutkosky, M. R., Engelmores, R. S., Fikes, R. E., Gensereth, M. R. Gruber, T. R., Mark, W. S., Tenenbaum, J. M. and Weber, J. C., "PACT : An Experiment in Integrating Concurrent Engineering Systems", IEEE, Computer, pp.28~37, January 1993.
 6. Davis, R., "Diagnostic Reasoning Based on Structure and Behavior", Artificial Intelligence, 24(3) : 347~410, December 1984.
 7. Dekleer, J., "A Qualitative Physics Based on Confluence", Artificial Intelligence, December, 1984.
 8. Eckert, R. L., "Codes and Classification Systems", in Group Technology at Work, Society of Manufacturing Engineers, 1984, pp.43~51.
 9. Kambhampati, S., "A Theory of Plan Modification", Proceedings of the 8th AAAI, Boston, MA, 1990. pp.176~182.
 10. Kambhampati, Subbarao, Lee, Soo-Hong, Cutkosky, M. R., and Tenenbaum, J. M., "Integrating General Purpose Planners and Specialized Reasoners : Case study of a Hybrid Planning Architecture" accepted for publication in the IEEE-SMC special issue on planning, Scheduling and Control, November 1993, in press.
 11. Kambhampati, Subbarao, and Cutkosky, M.

- R., "An Approach Toward Incremental and Interactive Planning for Concurrent Product and Process Design", Proceedings on ASME Symposium on Computer based Approaches to Concurrent Engineering, November 25~30, 1990.
12. London, F., Cleetus, K. J., Reddy, Y. V., "A Blackboard Scheme for Cooperative Problem-solving by Human Experts.", Proceedings of the MIT-JSME Workshop on Cooperative Product Development, pp.1~30, 1989.
 13. Lee, Soo-Hong, Cutkosky, M. R., and Kambhampati, Subbarao, "Incremental & Interactive Geometric Reasoning for Fixture and process Planning", Issues in Design/Manufacture Integration 1991, pp.7~13, ASME Winter Annual Meeting, Atlanta, Georgia, December 1991.
 14. Lee, Soo-Hong and Cutkosky, M. R., "Fixture Planning with Friction", Journal of Industrial Engineering, Vol. 113, No. 3, pp.320~327, August 1991.
 15. Luby, S. C., Dixon, J. R., and Simmons, M. K., "Creating and Using Features Data Base", Computers in Mechanical Engineering, November, 1986, pp.25~33.
 16. Luby, S. C., Dixon, J. R., and Simmons, M. K., "Designing With Features : Creating and Using Features Data Base for Evaluation of Manufacturability.", Proceedings, International Computers in Engineering Conference, ASME, 1986, Vol. 1, pp.285~292.
 17. Newman, J. and Karkinowsik. "Case Study-Matrix Printer : No Pulleys, Belts, or screws", IEEE spectrum, may, 1987, pp.50~51.
 18. Pan, J. Y-C, Tenenbaum, J. M., and Glicksman, M., "A Framework for Knowledge-Based Computer Integrated Manufacturing", IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, SM-2(2) : 33~46, May 1989.
 19. Tate, A., "Generating project networks", In Proceedings of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence, August 1977.
 20. Wilkins, D. E., "Domain independent planning : Representation and plan generation", Artificial Intelligence, 22 : 269~301, 1984.