

## 급지 기구 설계 전문가 시스템에서 구성 설계 방법론

구도연\* · 한순흥\*\*

### Configuration Design Methods for a Design Expert System of Paper Feeding Mechanism

Do-Yun Koo\* and Soon-Hung Han\*\*

#### ABSTRACT

One of the design methods which emulates the engineering design process, the configuration design methodology, is applied to the design process of paper feeding mechanism which handles paper in a laser beam printer. Components of a paper feeding mechanism should be designed not to incur vibration to paper and to keep paper flat when transferring. Hybrid knowledge representation is used where the design methods and experience is represented as rules, design parts are represented as objects according to the functions within the printer feeding mechanism. Reliability of design can be improved by referencing various design constraints concurrently.

**Key words :** Configuration design, Paper feeding mechanism, Object oriented design, Functional classification, Design constraints

#### 1. 서 론

설계 목표를 나눈 객체 지향 방법을 적용한 연구 내용을 소개한다.

##### 1.1 개요

레이저 프린터, 복사기, 팩시밀리와 같이 종이를 다루는 기계들이 많아지고 있으며, 그 처리 과정에서 급지 기구가 프린트의 품질에 영향을 많이 주기 때문에 실제에 세심한 주의를 기울여야 한다. 특히 문자 및 화상을 처리하는 과정에서 직접적으로 영향을 주므로 높은 신뢰성이 요구된다. 또한 고속화, 고해상도화로 인한 복잡한 메커니즘에 대응하기 위하여 설계의 자동화와 설계 작업의 효율 향상을 도모하고 신뢰성을 높여야 한다. 이러한 복잡한 문제를 풀기 위하여 급지기구 분야의 영역 지식, 설계안에 대한 분석 방법, 그리고 설계 규칙들의 조합이 필요하다. 본 고에서는 설계안에 대하여 전반적인 품질에 영향을 주는 개념 설계 단계에서, 주어진 문제를 해결하는 과정에 구성 설계 방법을 적용하며, 설계 목표를 분할하여 부품 레벨과 개별 지식 레벨까지

##### 1.2 관련 연구

초기의 전문가 시스템은 대부분 규칙 베이스 방식 혹은 프레임 규칙 베이스와 혼합한 방식으로 지식 베이스를 구축하였다. R1<sup>(1)</sup>은 DEC컴퓨터사에서 VAX 컴퓨터 시스템을 설계하기 위하여 개발한 것인데, 최초의 대규모 상업용 전문가 시스템으로 알려져 있고, 규칙 베이스로 구현되었으며, 문제 해결 방법으로써 매칭 방식을 사용하고 있다. 컴퓨터 시스템을 구성하기 위한 충분한 지식 베이스를 갖추고 있으며, 탐색을 빠르게 수행하도록 하였다. AIR-CYL<sup>(5)</sup>은 공기 실린더의 루틴 설계를 하기 위한 시스템으로서, LISP의 일종인 Elisp로 구현되었다. 계층 구조의 상위 레벨은 공기 실린더 설계의 추상적인 수준의 과제를 나타내고, 하위 레벨은 서브-시스템의 설계 혹은 부품 설계와 같은 구체화된 설계 업무를 나타낸다. 이 시스템은 계산할 양에 따라서 1분에서 5분 정도의 설계 시간이 소요된다. VT<sup>(4)</sup>는 웨

\*삼성전자, 현재 KAIST 박사과정

\*\*중신회원, 한국과학기술원 기계공학과

스팅하우스 엘리베이터사에서 수요자의 사양을 만족하기 위하여, 미리 정의된 부품들과의 연결 관계를 이용하는 엘리베이터 설계 시스템으로서 OPSS를 사용하여 규칙 베이스로 구현되었다. 이 시스템에서는 백트래킹 탐색을 효율적으로 하기 위하여 영역 지식을 사용한다. MI<sup>(12)</sup>은 소형 컴퓨터 설계 시스템으로서, 부품을 나타내기 위하여 계층 표현을 사용한다. 이러한 부품들은 맨 상층에서 추상적 기능으로 구성되어 있으며, 단말 부분에서는 물리적 요소로 구성되어 있는데 경험적 규칙으로 부품을 선택하도록 되어 있다. 전체 컴퓨터 구조를 구성하기 위하여 부품들을 연결하여야 한다. 이 구조는 매우 복잡하기 때문에 템플레이트라고 정의된 것으로 표현을 한다. 따라서 수 천개의 템플레이트 라이브러리를 포함하고 있다. SightPlan<sup>(14)</sup>은 건설 현장에서 설치물의 배치를 하기 위한 시스템으로서, 배치될 공간과 객체를 정의하고 위치시킨다. 각 계획 경로를 찾아가는데 깊이 우선 (depth first) 방법을 이용한다. COSSACK<sup>(15)</sup>은 제록스사에서 소형 컴퓨터 시스템을 구성하기 위한 시스템이다. 사용자의 요구 사항으로부터 시작하여 컴퓨터를 구성하도록 되어 있는 시스템이다. 경험적 규칙을 이용한 Best-first search 방법을 사용하고, 기능적 계층구조를 이용하여 부품을 선택한다. 제품의 사양은 제한 조건들로 표현이 되고, 각 제한 조건들을 만족하기 위한 계획들이 만들어진다. 김혁<sup>(11)</sup> 등은 플라이 휘일의 초기 설계 단계인 개념 설계에서 적당한 플라이 휘일의 형상과 치수를 결정하는 지식 기반 전문가 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 지식 베이스 부분과 계산 부분으로 나뉘어져 있는데, 전자는 메인 모듈과 사용자 레벨 모듈로 되어 있고, 후자는 플라이 휘일에서의 스트레스 분석하는 것을 지원하고 적당한 데이터 베이스와 그래픽 기능을 이용하여 플라이 휘일의 사양과 치수를 결정하도록 하였다. 정태형<sup>(18)</sup> 등은 전문가 시스템을 이용하여 치차 설계를 지원하는 통합 시스템을 개발하였는데, 설계를 위한 여러 모듈들이 중앙 관리 모듈에 의하여 제어가 되도록 하였다. PRIDE<sup>(2)</sup>는 복사기의 급지 기구 설계를 위한 것으로, 설계 목표들이 작은 목표로 다시 나누어진다. 설계 목표는 설계 방법에 의해서 얻어진 해들이 적합하다는 것을 확인하기 위한 제한 조건들을 만족하여야 한다. 지식의 추출은 대표적인 설계 사례로부터 얻고, 설계 과정을 여러개의 설계 계획으로 구분하였다. 설계 계획의 요소로는 수행할 단계와 이 단계를 결정하는 정보, 각 단계를 수행하는 방법, 실패한 설

계 안에 대하여 수정하도록 제안하는 기능 등으로 지식이 표현되어 있다. 도중의 의사 결정은 설계 규칙과 공식에 의하여 하도록 하였다. 구해진 설계 해를 검증하기 위한 방법으로 설계 목표에 수반되는 설계 제약 조건을 이용한다. 설계 목표와 제약 조건이 분리되어 있는데, 그 이유는 첫 째로 목표와 제약은 설계 과정의 두 가지 다른 측면을 나타내기 때문이며, 이 과정에서 원하는 해를 구하기 위하여 제약 만족(Constraint Satisfaction) 알고리즘을 사용한다. 두 번째 이유는 경우에 따라서 먼저 두 개 이상의 설계 변수가 결정된 후에 제약 조건이 적용될 수 있는 경우도 있기 때문이다. 설계 해를 구하는 과정에서 어떤 제약 조건을 완화할지를 자동적으로 결정하도록 하는 방법은 어려운 문제점이다. 또한, 설계 결과에 대한 설명 기능을 가지고 있다.

위에서 살펴 본 기존 관련 연구의 특징을 본 연구와 연관하여 비교하여 보면, 실제 적용된 영역은 서로 다른 분야들이지만 공통적인 사항으로서는 설계를 위한 경험적 규칙은 규칙 베이스로 구현하였다는 것과 설계하고자 하는 분야가 어떤 부품들로 이루어진 구조물인 경우에는 계층적 방법으로 전체 시스템의 구조를 나타내었다. 또한 우선 수요자의 요구 사양에 의하여 설계 순서에 따라서 부품을 구성해 나가는 순서로 되어 있다. 전체적인 구조를 나타내기 위하여 부품들을 여러 개의 정형화된 구조로 분류하고 연결하여, 수요자의 요구 사양에 맞추어 불러 쓸 수 있는 구조를 취하고 있다. 이 때 관련된 제한 조건들을 만족시키기 위한 별도의 계획들이 만들어진다.

본 연구에서는 최종 설계 목표를 달성하기 위하여 기존의 구성 설계에 대한 연구들과 같이 계층적으로 설계 목표를 하위 목표로 나누어, 최종적으로는 각 기능에 적합한 부품을 선택하고 사양을 결정하도록 한다. 특히 이 과정에서 PRIDE<sup>(2)</sup>와는 달리 각 부품을 단위 객체로 보고 모델링을 위하여 Rumbaugh<sup>(13)</sup>의 OMT방법론을 사용하며, 추론은 범용의 전문가 시스템 셸을 이용하도록 한다. 부품 간의 연결 관계 및 속성 값의 상속 관계 등을 OMT 방법으로 가시화함으로써 시스템 전체를 이해하기 쉽도록 하며, 설계 시 발생하는 여러가지 측면, 즉 부품 객체 간의 정적인 관계, 시간적 변화에 의한 관계, 기능적 관계에 의한 제약 조건 등을 동시에 고려하는 장점을 가질 수 있으므로 설계 실수를 미리 예방할 수 있다. 각 서브 유니트를 모듈화함으로써 기존의 구성 설계의 예와는 달리 필요에 따라 확장이 가능하도록 한

다. 설계 과정 도중에 요구 기능에 적합한 부품이 데이터 베이스에 등록이 되어 있으면 기본 사양 및 상세 사양을 결정하도록 하고, 기능에 적합한 부품이 없으면 동적으로 새로운 부품을 생성하고 관련 사양을 결정할 수 있도록 한다. 또한, 설계 목표를 달성하기 위하여 관련된 여러가지 형태의 제약 조건들을 설계 규칙과 동시에 고려하여 해를 얻는 방법을 사용하도록 한다.

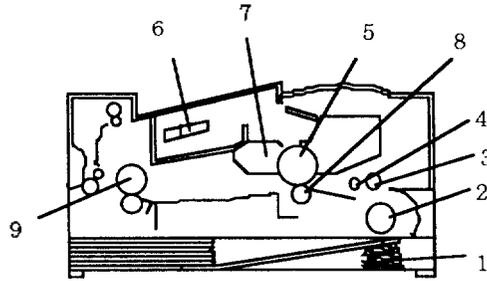
## 2. 급지 기구의 설계 과정

### 2.1 급지 기구의 설계

프린터 급지 기구의 설계에 영향을 미치는 요소는 두 개의 그룹으로 나눌 수 있다; 그것은 종이 자체에 대한 특성에 따른 설계 요소와 종이 반송 기구 자체의 특성이다. 전자에 속하는 특성은 종이의 등급, 크기, 중량, 그리고 두께 등이다. 후자는 급지 기구의 신뢰성에 영향을 주며, 설계 시스템은 다음 사항을 결정해야 한다; (1) 피이드롤러, 픽업롤러, 아이들러, 카세트 등 급지와 관련된 부품들의 사양, (2) 각 롤러 입구와 출구에서 종이의 속도, (3) 종이에 작용하는 힘, (4) 여러가지 크기의 종이를 이송하는데 걸리는 시간, (5) 프린터의 기본 사양 등이다.

전자 사진 방식을 사용하는 레이저 프린터에 있어서, 프린트 과정의 기본 사이클은 대전-노광-전사-제전-청소이다<sup>(6)</sup>. 안정된 해상도의 프린트 결과를 얻기 위해서는 종이가 진동이 없이 이송되어야 한다<sup>(6,9)</sup>. 그림 1은 프린터의 주요 부품들을 보여준다. 1번의 카세트 스프링에 의해서 적재된 종이들은 2번 픽업롤에 의하여 눌러 진다. 종이가 한 장 씩 인출이 되고 U-턴을 하면서 3번의 피이드롤에 도달한다. 이때 발생하는 종이 빼들어짐이 보정되면서 감광 드럼 쪽으로 반송이 된다. 6번은 레이저 빔을 감광 드럼에 주사하는 레이저 유니트이고, 7번은 토너를 공급하는 현상기이다. 8번은 화상의 전사를 위한 롤러이며, 9번은 정착을 위한 열 압착 롤러이다.

급지기구의 설계는 설계할 목표가 정해지면, 다시 큰 목표를 작은 목표로 부품 레벨까지 계층적으로 나누어 해당되는 부품의 설계 값을 구하는 방식으로 한다. 필요한 요구 기능을 분석하여 해당 기능을 만족하는 부품을 설계하는 방법이다. 해당 기능을 만족하는 부품이 없으면, 기능을 분석하여 추가로 구성하는 시행 착오 방법으로 구하는 과정이 반복된다. 이러한 방법 중에는 첫 번째로 성능-사양 방법, 즉 설계 목표 값을 미리 정해 놓고 해당하는 속성 값



- 1. Cassette Spring 2. PickUpRoll 3. FeedRoll 4. Idler
- 5. Photo Sensitive Drum 6. Laser Scanning Unit
- 7. Development Unit 8. Transfer Unit 9. Heat Roller

그림 1. 레이저 프린터의 개략도.

들을 결정하는 방법이 있고, 두 번째로 가치 공학, 즉 불필요한 부품에 비용이 지출되지 않도록 하는 것을 목표로 한다. 이 방법은 구성하는 기구 부품을 모두 열거하여 완성 제품에서의 그 부품이 기여하는 가치와 각 부품의 코스트를 분석함으로써 실현된다.

### 2.2 기구 설계에서 설계 지식의 역할

설계는 제한된 시간 내에서 적합한 해를 찾는 것이다. 이때 제품을 구성하는 부품들 간에 상호 종속 관계가 복잡해지면 설계는 어려워진다. 프린터의 초기 설계 단계에 있어서, 혹은 기존 설계의 분석을 위하여 영역 전문가(domain expert)는 중요한 역할을 한다. 설계 해를 자동적으로 찾아 주는 일반적인 규칙은 없으며, 전통적으로 설계의 품질은 설계자의 경험에 달려 있다. 따라서 경험에 바탕한 노-하우나 지식은 주요한 설계 도구이다.

### 2.3 설계 과정의 계층적 표현

급지 기구의 특성은 계층적 구조로 나타낼 수 있다. 일반적으로 상위 노드는 설계 목표를 나타내고 하위 노드는 실제 설계 부품을 나타내며, 이러한 계층적 구조는 프레임 표현에 적합하다<sup>(16)</sup>. 그림 2는 급지 기구 설계 과정에서 구해진 설계 목표의 계층적 구조를 보여준다. 개별 부품의 사양은 각 부품에 대한 정보를 가지고 있는 객체의 속성과 메소드를 이용하여 수행되는 지식 기반 추론 과정과, 필요에 따라 수행되는 관련된 계산에 의하여 결정할 수 있으며, 얻고자 하는 최종 해를 구하기 위하여 중간 해를 개선하기 위하여는 이 과정이 반복되어야 한다.

그림 2의 상위 부분은 급지 기구 설계 과정의 앞 단계(pre-stage)를 나타낸다. 여기서 프린터 전체의

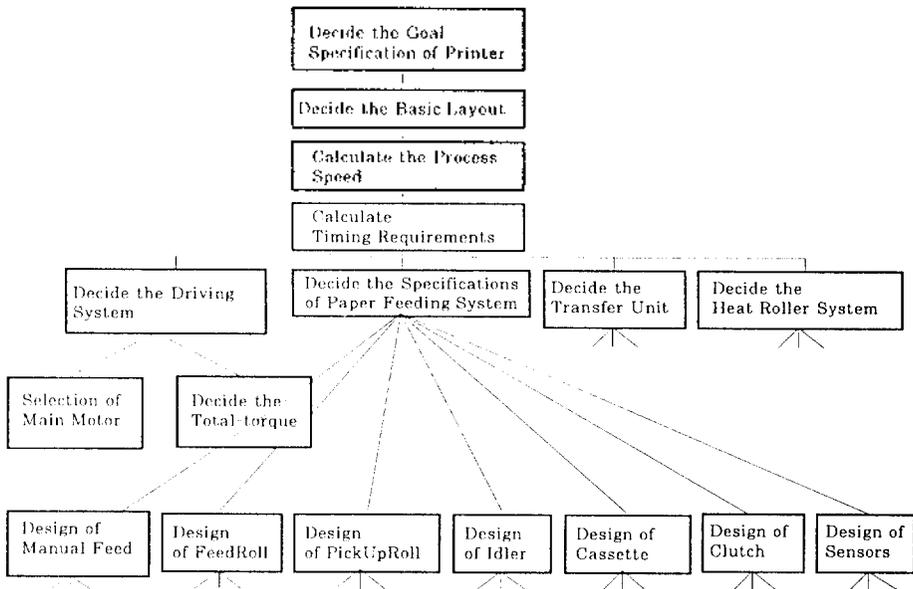


그림 2. 설계 과정의 계층적 분석.

기본 사양을 명시하는 변수들의 값이 결정된다. 하위 부분은 기본 사양으로 부터 도출된 급지 기구의 기능 단위 부분의 설계 목표를 나타내며, 이 설계 목표들은 더 작은 하위 목표들로 나누어진다. 급지 기구에 관련된 지식은 기존의 설계 사례들과 설계 과정들에 따라서 구성된 경험 지식들이다.

### 3. 구성 설계 방법론의 적용

#### 3.1 설계 문제의 분류

설계 문제들은 그 복잡성에 따라서 다음과 같이 분류할 수 있다<sup>(15)</sup>. Class 1: 제품의 일반적 구조가 알려져 있지 않다. Class 2: 제품의 일반적 구조는 알려져 있지만, 특정한 스키마 (부품과 배치)는 알려져 있지 않다. Class3: 제품의 부품과 배치가 알려져 있다. 이러한 세 가지 설계 방법의 일반적인 예들은 형태학적(morphological)설계, 구성 설계, 파라메트릭 설계이다. 일반적으로, Class 3의 파라메트릭 설계는 상세 설계 단계의 반복적인 설계를 나타낸다. 구성 설계의 주요 목표는 미리 정의된 부품들의 집합을 만드는 스키마를 설정하는 것이다. 설계 문제의 일반적 구조로부터 요소와 배치의 결정을 포함하는 즉, 해당 부품에 대한 속성 값들을 포함하여 적절한 스키마를 결정하는 것이 가능하며, 이것은 Class 2 설계 문제에 해당된다. Class 1의 설계 문제는 그 복

잡성과 불확실성이 현재 컴퓨터 시스템의 한계에서 벗어나므로 여기에서는 고려하지 않는다.

#### 3.2 구성 설계 방법론

구성 설계 방법은 제품의 요구 사항과 제한 조건들을 만족시키기 위하여 부품들 간의 상호 관계를 결정하기 위한 것이다. 구성 설계는 초기 설계 단계에서 부품들의 집합으로부터 시작하며, 어떠한 부분적인 관계들은 처음 부터 주어진다. 미리 정의된 부품들의 라이브러리가 주어지면, 설계가 진행되면서 요구된 기능, 성능, 그리고 비용을 만족시킨다. 이 과정에서 사용되는 구성 지식은 부품에 관한 지식, 부품들 간의 연결 관계에 관한 지식, 부품들 간의 속성 값들과 제한 조건들이다.

구성 설계는 부품들의 속성에 값을 부여한다. 부품들은 연결 혹은 위상학적 관계를 위한 내부 규칙들을 만족시켜야 한다. 구성 설계는 두 개의 클래스로 나뉘어질 수 있는데, 첫 번째는 순수 구성이다<sup>(15)</sup>. 이것은 설계 대상 제품의 구성(configuration) 요소들은 이미 알려져 있고 구성 과정 동안에 변하지 않는다고 가정한다. 두 번째 클래스의 경우에 부품들은 설계가 진행됨에 따라서 변할 수 있다. 설계 요구 기능에 적합한 부품이 없을 경우에는 새로이 부품을 생성할 수 있는 구성 방법이다. 또한, 부품들의 공간적 관계 혹은 어떤 주요 치수들이 결정되

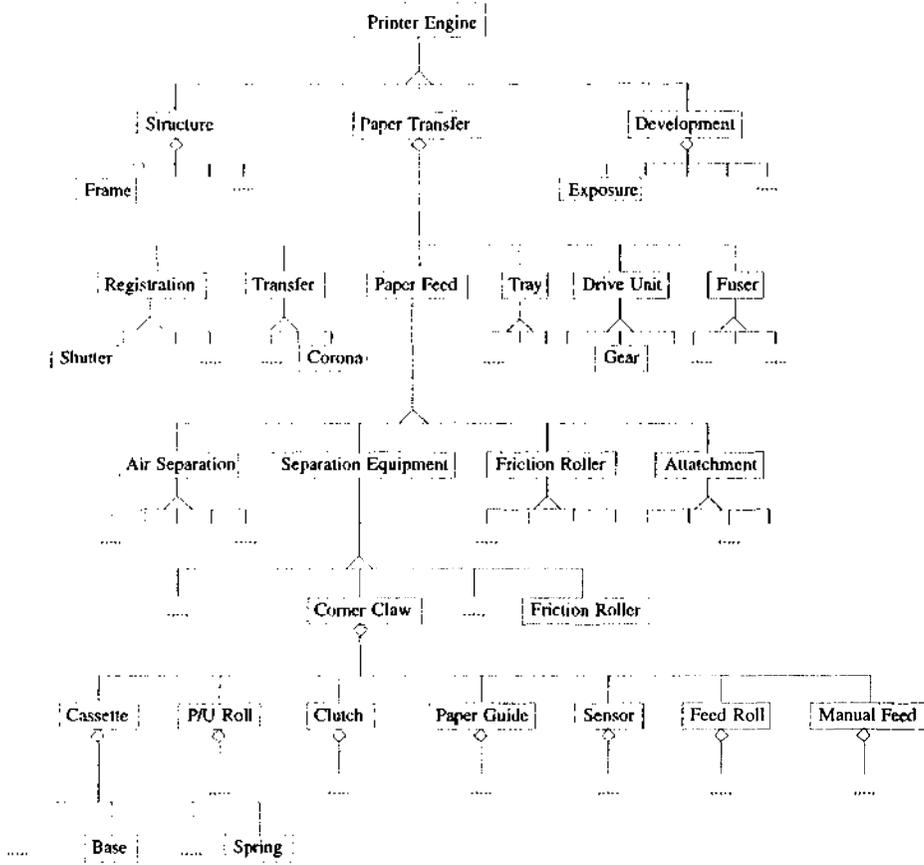


그림 3. 프린터의 객체 구성도.

어야 한다. 구성 과정을 구현하기 위해서는, 체크리스트, 결정 트리 등과 같은 전형적인 알고리즘들이 이용된다.

**3.3 구성 설계 방법에 의한 금지 기구의 설계**

구성 설계 과정에서 가장 밑바탕이 되는 기본 사양은 "속성=값"의 쌍으로 나타낸다. 유니트(unit)는 전체 조립품에 있어서 특정한 부품들의 작은 집합을 의미한다. 유니트의 사양은 설계 목표를 표현하기 위하여 역시 "속성=값"의 형태로 나타내며, 유니트의 사양은 마지막 설계 단계에서 결정되어 진다. 초기 설계 단계에서 속성 값들을 결정하기 위하여 사양들 간의 제한 조건과 같은 영역 지식이 참조된다. 금지기구 설계 시 기존의 방법은 영역 전문가가 경험에 의하여 각 설계 단계에서 먼저 설계를 일차적으로 완료하고, 다시 설계 제약 조건들을 고려해 가면서 설계를 진행하였다. 구하고자 하는 설계 목

표가 달성되지 못하면, 제약 조건을 완화하는 등의 방법을 통하여 설계 목표를 달성한다. 그러나, 프린터 자체에 대한 기능의 요구 사항들이 다양화됨으로써 설계할 시스템이 복잡해지고 부품들 사이의 제약 조건이 많아지고 있다. 따라서 설계할 때 고려해야 할 사항들이 기존의 방식대로 영역 전문가가 독자적으로 수행할 때에는 누락되어 잘못된 설계 결과를 얻는 경우가 발생하는 점도 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여는 제약 조건들을 동시에 고려해 가면서 문제를 풀 수 있도록 하면, 복잡한 문제라도 고려해야 할 제약 조건들을 누락이 없이 해결할 수 있다.

그림 3은 프린터의 전체적인 구조를 OMT방법을 이용하여 각 객체 간의 연결 관계와 상속 관계로 표현한 것이다. 여기에서 삼각형은 객체를 구성하는 종류를 나타내며, 마름모형은 그 객체를 구성하는 부품들을 의미한다.

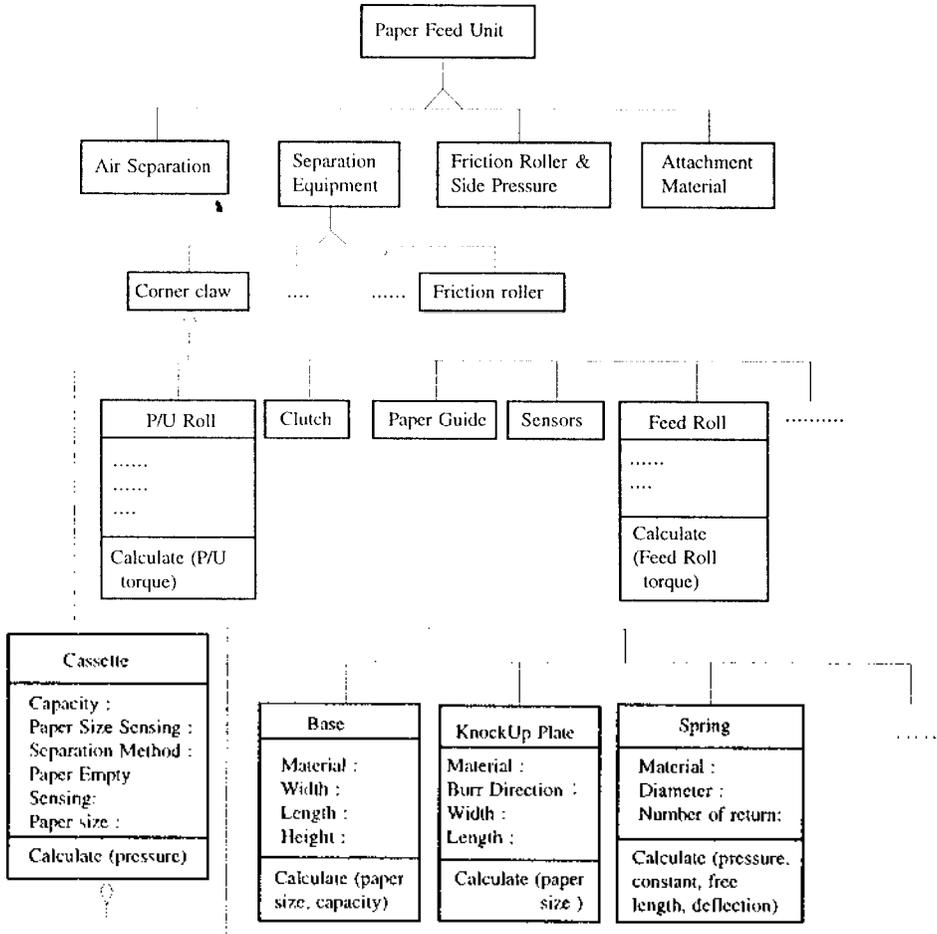


그림 4. 급지 기구부의 계층적 클래스 표현.

그림 4는 카세트로부터 종이를 분리하는 기구의 클래스 계층을 나타낸다<sup>(13)</sup>. 여기서 사각형으로 표시된 각 노드는 기능을 나타낸다. 설계자의 요구에 따라서 지식 베이스로부터 해당 기능들이 선택된다. 기능들은 최상위 레벨로부터 전개되며, 각 부품들이 해당 기능에 대응하는 최하위 레벨에서 선택되어진다. 이러한 과정을 거쳐 구성 설계는 상세한 부품 사양을 포함한 부품들을 조합하여 완성된다.

#### 4. 급지 기구 설계 전문가 시스템

그림 5는 구현된 전문가 시스템의 구성을 보여 준다. 전문가 지식의 내용 중 부품 데이터와 같은 설계 정보는 사실이나 프레임의 형태로 지식 베이스에 저장되어 있고, 추론을 하기 위한 지식은 규칙의 형태

로 저장되어 있다.

그림 6은 경험적 설계 지식이 실제 규칙 베이스의 형태로 구축되어 추론을 하는 현상을 보여 준다. 설계의 시작은 사용자로부터의 요구에 의하여 대화식으로 입력을 하면 구축된 지식 베이스를 이용하여 추론을 시작한다. 이 시스템을 통해 (1) 프린터의 기본 사양이 결정되고, (2) 이 기본 사양으로부터 급지 기구의 사양이 결정되며, (3) 급지 기구의 구성 부품과 그들의 관계를 결정하기 위하여 구성 설계 방법이 사용된다. 구성 지식은 개념적으로 AND/OR 네트워크와 유사하며, 노드는 부품의 속성과 값들을 나타낸다. 노드들은 제한 조건에 따라서 연결이 되어 있는데, OR 네트워크 내에서 제한 조건이 선택되면 다른 노드들의 값들은 제외되며, AND 관계에 의하여 부품들과 그 속성들은 관련이 된다.

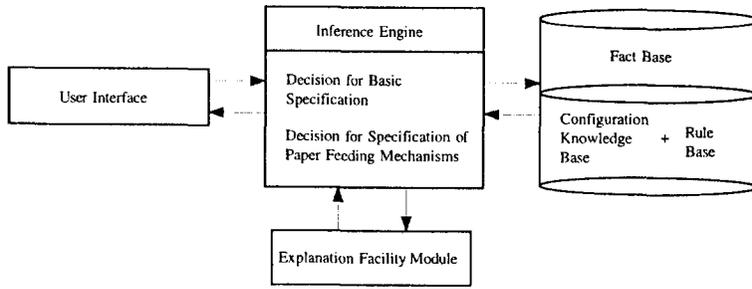


그림 5. 급지 기구 설계 전문가 시스템의 구조.

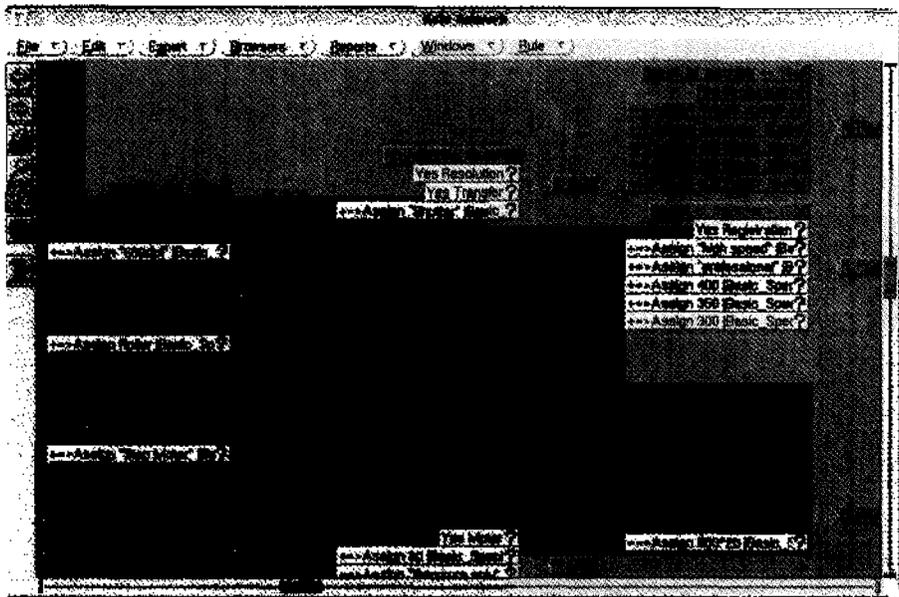


그림 6. 규칙 베이스의 구축의 예.

기존의 프린터 모델에 대한 사양들은 지식 베이스에 저장되어 있어 다음의 유사한 설계에 참조할 수 있다. 부품 설계에 대한 경험적 지식은 사실, 객체, 규칙들로서 표현되며, 부품의 물리적 데이터와 생산 관련 데이터는 데이터 베이스에 저장된다.

#### 4.1 추론 방법

그림 7은 메인 모터를 결정하는 추론 과정 중에 모터의 소요 동력 계산 과정을 나타낸다. 클래스들은 기본 프로세스들을 실행하기 위한 메소드를 가지고 있고 파라메트릭 설계를 위한 변수들을 가지고 있다. 사용자들은 이 클래스의 인스턴스들을 결정한다. 그림 7의 추론 과정은; (1) 메소드를 활성화시키

기 위한 메시지가 전달된다. (2) 상속된 메소드가 인지된다. (3) 그 인스턴스에 대하여 메소드가 작동된다. (4) 각각의 토오르크를 계산하기 위한 메소드를 활성화하기 위한 메시지가 보내어진다. 부분 토오르크와 전체 토오르크 간의 종속 관계는 (5)와 같이 표현된다. 계층 구조로 나타낸 설계 목표를 얻기 위하여, 객체 지향 설계에 적합한 상용 전문가 시스템 셀인 Nexpert를 사용하였다<sup>(7, 8)</sup>.

#### 4.2 급지 기구에 설계 시스템의 적용

해상도, 초기 프린트 시간, 워밍업 시간, 전력 소모량, 크기, 중량, 소음, 그리고 라이프 사이클에 관련된 기본 사양을 결정하는 설계 변수들은 지식 베

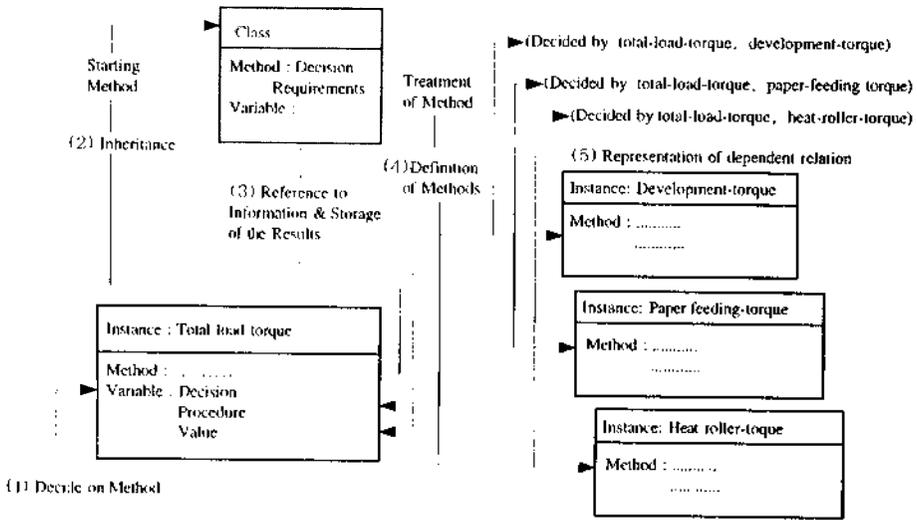


그림 7. 모터 선정을 위한 추론 과정.

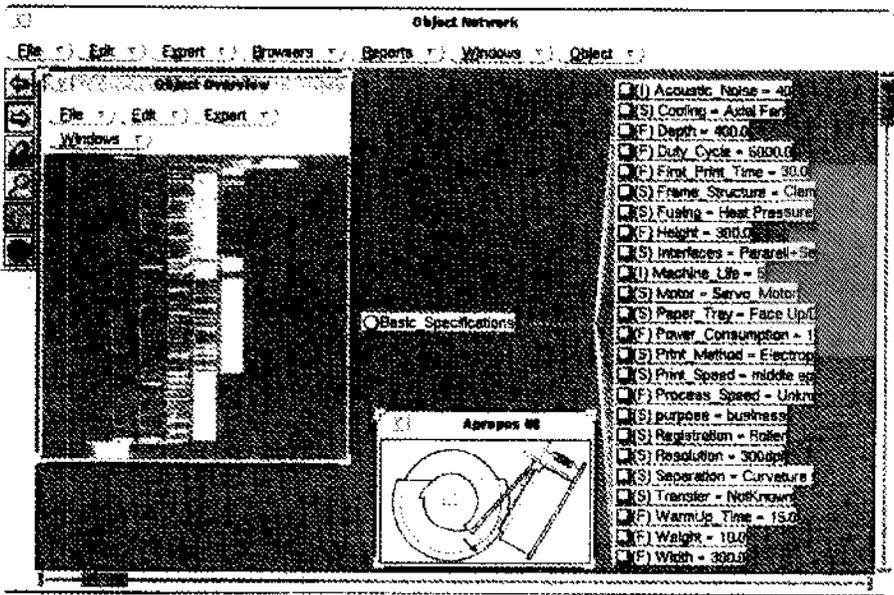


그림 8. 추론된 프린터 기본 사양에 대한 실제 예.

이스를 이용하여 결정할 수 있다. 어떤 변수들은 기본 사양의 결정 과정에 앞서서 기존의 설계 사례에 따라 먼저 참조된다. 급지 기구의 부품 설계 과정은 기본 사양으로 부터 설계 목표가 생성된 후에 시작된다.

설계 요구 사항은 규칙으로 표현이 된다. 규칙의 조건이 만족되면 설계 규칙의 진행이 정지되며, 만족되지 않으면 다른 규칙의 실행으로 넘어간다. 이

러한 규칙의 표현들은 여러가지 설계 대안들로부터 하나의 설계 안을 선택하는 방법과, 설계를 생성하는 방법으로 분류된다. 시스템의 신뢰성을 개선하기 위하여, 여러가지 설계 단계에서 이루어지는 결정에 대한 설명 기능이 있다. 구성 설계 방법론을 적용시킨 결과 PRIDE<sup>(2)</sup>와 같은 경우는 문제 해결 방법으로서 generate - test - analysis - advice - modify 의 순서로 시행 착오적으로 진행을 하고 설계의

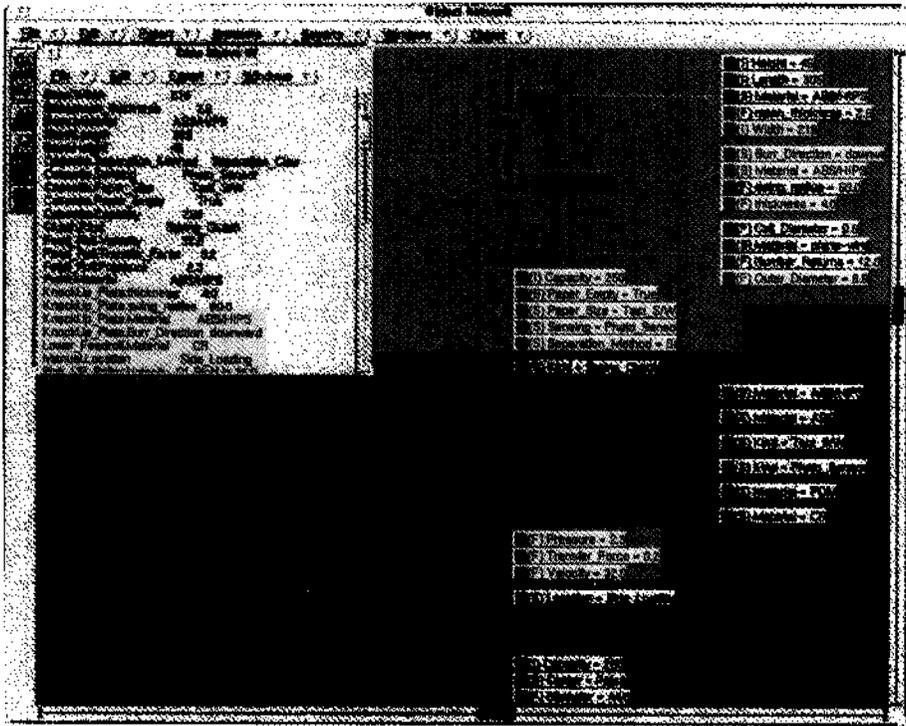


그림 9. 급지기구 부품 사양의 실제 예.

계약 조건이 별도로 분리되어 나타내어 진다. 본 연구의 경우 모델링하는 단계에서 계약 조건도 규칙과 동시에 고려함으로써 설계 효율을 향상시킬 수 있다. 초기 화면에는 지난번에 설계한 결과의 주요 사양이 나타나며, 다음 설계를 하는데 있어서 유사한 경우가 발생되면, 이 사양 값들을 그대로 참조하도록 하여 효율을 높일도록 한다. 이 중에서 부분적으로 설계 변경이 필요한 경우에는 해당 항목만 선택하여 추론을 한다. 추론 과정에서 선택한 내용에 대하여는 설명 기능을 추가하여, 그 분야의 전문 지식을 가지고 있는 설계자의 경우는 확인을 하면서 설계를 진행시킴으로써, 신뢰성이 향상되고 새로 개발된 지식을 입력할 때 기준이 되도록 한다. 그림 8은 객체들 간의 상관 관계를 보여주며, 설계 결정된 객체의 속성 값들을 보여 준다. Object Overview의 윈도우는 프린터를 구성하는 모든 객체들을 보여주며, Apropos라는 윈도우에는 추론된 메커니즘의 구성도를 설명해 주는 개략도가 나타난다.

그림 9는 급지기구의 사양이 추론된 결과로서 Case Status 윈도우에 해당 속성에 대하여 그 값을 나타낸다.

### 5. 결 론

구성 설계 방법론을 이용한 급지 기구 설계를 위한 전문가 시스템이 구축되었다. 이 시스템은 제품 설계에서 전체적인 품질이 결정되는 초기 설계 단계에 대하여 중점을 두고 구성하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

(1) 급지 기구에 대한 설계 지식을 분석하는 과정에서, 상위의 설계 목표는 다시 하위 목표로 계층적으로 나누어지고, 추론 과정에 의하여 조건에 적합한 부품들이 기존의 데이터 베이스로부터 선택되거나, 혹은 기능에 적합한 새로운 부품들이 생성되어 설계안을 얻도록 한다. 이러한 방법에 의하면 지식 베이스를 이용하여 새로운 기능에 대응하는 부품의 설계가 가능하다.

(2) 급지 기구 설계 과정을 OMT (객체 지향 모델링 기법)으로 표현하여 설계에 관련된 정보가 체계적으로 표현이 가능하고 모듈화가 가능하도록 하였다. 부품들과 설계의 구성을 위한 정보를 객체로 표현하였다. 규칙 베이스를 보완하기 위하여 객체 지향 접근 방식을 같이 사용하는 하이브리드 방법을 사용

한다. 설계의 신뢰성은 지식 베이스의 지원과 제한 조건들이 동시에 고려되도록 함으로써 향상된다.

(3) 실제 설계 경험, 설계 핸드북, 부품 카탈로그로부터 얻어진 데이터를 수집하고, 상용 전문가 시스템 셸을 사용하여 지식 기반을 구축하였으며, 설계 규칙을 만들기 위하여 금지기구의 설계 과정을 체계화하였다.

앞으로 본 연구에서 구한 금지 기구 설계의 초기 설계 단계를 자동화하는 방법을 현상기, 레이저 유니트, 정착기 등의 다른 유니트에도 확장할 수 있다. 또한, 기존에 설계되어 있는 프린터 모델들을 이용하여 유사한 사양을 가지는 경우에는 우선 참조하여 효율을 향상시킬 수 있다.

참고문헌

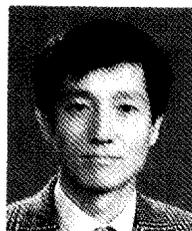
1. McDermott, J., "R1 - A Rule-based Configurer of Computer Systems," *Artificial Intelligence*, Vol.19, No.1, pp.39-88, 1982
2. Mittal, S., Dym, C. L., "PRIDE: An Expert System for the Design of Paper Handling Systems," *IEEE Computer*, Vol.19, July 1986
3. Frayman, F., Mittal, S., "COSSACK: A Constraint-based Expert System for Configuration Tasks," *Proceedings of The 2nd International Conference on Applications of AI to Engineering*, Boston, MA., 1987
4. Marcus, S., Stout, J., McDermott, J., "VT: An Expert Elevator Designer that uses Knowledge-based Backtracking," *AI magazine*, Vol.9, No.1, pp.95-112, 1988
5. Brown, D.C., Chandrasekaran, B., *Design Problem Solving: Knowledge Structures and Control Strategies*, Morgan Kaufmann, 1989
6. Kutsuwata, S., Nakamura, Y.I., *Optimum Design of Current Electrophotographic Process and Equipment (In Japanese)*, Publication of the Management Development Center, 1989
7. Akagi, S.S., Fujita, K.K.O., *The Fundamentals and Applications of Design Expert Systems (In Japanese)*, 1st. ed., Corona Publishing Co., 1990
8. *Nexpert Object Reference Manuals*, Neuron Data, 1990
9. Kaneko, K., *The Design of Paper Feeding Mechanism (In Japanese)*, Daily Engineering Newspaper Co., 1990
10. Coyne, R.O., Rosenman, M.A., Gero, J.S., *Knowledge Based Design Systems*, Addison-Wesley, pp. 450-451, 1990
11. 김 혁, 윤용산, "플라이 휘일의 설계를 위한 지식

- 기반 전문가 시스템의 개발에 관한 연구," 대한기계학회 논문집, Vol. 14, No. 5, pp.1138-1146, 1990.
12. Balkany, A., Birmingham, W.P., et al., "A Knowledge-level Analysis of Several Design Tools," in Gero, J.S. (Ed.), *Artificial Intelligence in Design '91*, pp.921-940, 1991
13. Rumbaugh, J., Balha, M., Premerlani, W., Eddy, F., Lorensen, W., *Object-Oriented Modeling and Design*, 1991
14. Tommelcin, I.D., Leit, R.E., Hayes-Roth, B., Confrey, T., "SightPlan Experiments: Alternate Strategies for Site Layout Design," *ASCE Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol.5, No.1, pp.42-63, 1991
15. Huang, G. Q., Brandon, J. A., *Cooperating Expert Systems in Mechanical Design*, John Wiley & Sons, 1993
16. Dym, C. L., *Engineering Design - A Synthesis of Views*, Cambridge University Press, 1994
17. 구도연, 한순홍, "프린터의 금지 기구 설계 전문가 시스템," 한국전문가시스템학회 추계학술대회 논문집, pp.373-381, 1994
18. 정태형, 김 현, "치차 설계를 위한 통합 설계 시스템 개발에 관한 연구" 대한기계학회 논문집, Vol. 19, No. 10, pp.2537-2547, 1995
19. DoYun Koo, Soon-Hung Han, "Application of the Configuration Design Methods to a Design Expert System for Paper Feeding Mechanism," *Proceedings of the 3rd World Congress on Expert Systems*, Vol. I, pp.49-56, 1996



구도연

1982년 고려대학교 기계공학과 학사  
1984년 고려대학교 기계공학과 석사  
1984년~현재 삼성전자(주) 근무  
1992년~현재 한국과학기술원  
자동화 설계공학과 박사과정  
관심분야: 설계 방법론, 설계 전문가 시스템, 기구 메커니즘 설계



한순홍

1977년 서울대학교 조선공학과 학사  
1979년 서울대학교 조선공학과 석사  
1990년 The University of Michigan 박사  
1979년~1993년 한국해사기술연구소 CSDP 사업단  
1993년~현재 한국과학기술원 기계공학과 교수  
관심분야: 설계 전문가 시스템, 시스템 통합(STEP), 형상 모델링