

전문가 시스템을 이용한 공업용 재봉기 기구 메커니즘 구성설계

이 장 용*

The Configuration Design of Industrial Sewing Machine Kinematic Mechanism with Expert System

Jang Yong Lee*

요약 본 논문에서는 공업용 재봉기의 구성설계를 기능적 접근법을 이용하여 수행하였다. 구성설계 방법을 설계에 이용하면, 제품의 개발시간을 줄일 수 있고, 기존의 기구 메커니즘 데이터를 효율적으로 이용할 수 있는데 이러한 구성설계를 구현하기 위해 전문가 시스템을 이용 하였다. 설계 구축조건은 전문가 시스템의 추론기능과 CBR(Case Based Reasoning) 방법을 사용하여 만족 되도록 하였으며 전문가 시스템의 API 기능을 이용하여 기구해석과 최적설계가 외부 프로그램을 이용하여 수행됨으로서, 공업용 재봉기의 개념설계가 효율적으로 수행될 수 있도록 하였다.

Abstract The configuration design of kinematic mechanisms of industrial sewing machine has been studied using a functional approach. The configuration design methodology has been applied to shorten the development cycle time of mechanisms and to manage design data efficiently. Expert system has been used to embody the decomposition of functional requirements. It has been interfaced with a CAD system through the API program to show the assembly and parts of the mechanism. Constraints also can be handled by the expert system through the rule induction and the case based reasoning process. The configuration design system includes the kinematical analysis and optimization of the mechanisms of an industrial sewing machine by the interface between the expert system and an analysis program by means of API program supplied by expert system. The conceptual design of sewing machine mechanism can be performed rapidly and efficiently.

Key Words : configuration design, functional approach, expert system, CAD interface with API

1. 서 론

공업제품의 life cycle이 갈수록 짧아지는 추세에서, 생산업체들은 개념 설계에서부터 상세설계, 생산에 이르는 과정이 신속하고도 효율적으로 이루어져야 하는 상황에 직면하고 있다[1].

제품 설계의 초기단계에서 이루어지는 구성설계(configuration design)를 수행하는 전통적인 방법은 설계자의 경험과 직관에 근거하여 제품 구성요소를 결합하는 것이었다[2]. 이 경우, 제품의 구성형태는 기존의 틀을 크게 벗어날 수 없었고 설계자의 경험에 크게 의존하게 된다. 또한, 설계 업무가 숙련된 설계자에게 집중됨으로써 업무의 분업화 및 대체 설계인력의 양성이 어

렵다. 또한 경험에 주로 의존하는 설계방법으로는 설계 데이터를 효율적으로 관리 하거나 이용하기가 어렵다. 다른 문제점으로는 설계 변경을 하게 될 때, 어떤 요소의 설계변경이 전체적인 시스템에 어떠한 영향을 주고, 본래 의도했던 설계목표(functional requirement)를 만족시키는지를 미리 파악하기가 어렵다.

위와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 구성설계 방법론을 전문가시스템을 이용하여 구현하고, 이를 CAD 시스템과 접목시키면 설계 작업이 보다 효율적이고 신속하게 될 수 있고, 기존 설계데이터를 효과적으로 이용할 수 있다. 또한 구성설계 과정에 설계 하려는 제품에 대한 해석 및 최적설계를 수행하는 기능을 첨가하면, 제품의 개념설계 단계가 효율적으로 수행될 수 있는 제품설계 환경이 구축된다[2-4].

이러한 설계기법을 공업용 재봉기의 기구 메커니즘 설계에 적용하였는데, 봉제산업의 필수 기계인 공업용

*한국생산기술연구원

본 논문은 전문가시스템(Expert System)을 공업용 재봉기의 기구메커니즘 설계에 이용한 내용을 실었으며, 이간 통하여 산업현장에서 설계정보를 보다 효율적으로 이용하고 동시에 해당분야의 비전문가도 전문가의 설계능력을 갖추도록 도와주는 전문가시스템의 응용을 보여주었다. 이 결과는 기업의 생산성 향상 등에 적용될 수 있을 것이다.

재봉기는 봉제품에 대한 소비자의 욕구가 다양해 짐에 따라 현재 다품종 소량 생산되는 추세에 있으며, 생산에 걸리는 시간도 많은 단축이 요구되고 있다. 또한 재봉기의 품질에서도 다양한 성능을 갖춘 고품질의 제품이 요구된다. 이러한 재봉기 기구 메커니즘 설계에 상기한 구성설계 기법을 적용함으로써 봉제시장에서 요구되는 다양한 성능의 재봉기 메커니즘을 전문가시스템을 이용한 기존 설계 데이터의 활용으로 보다 쉽게 구성할 수 있다. 따라서 전문가시스템을 통하여 구성된 메커니즘을 외부 프로그램을 통하여 해석 및 최적설계를 수행하고 이 결과를 CAD 시스템을 통하여 가시화 하고 CAD 시스템이 제공하는 parametric 설계 및 간섭확인 등의 작업을 거쳐 최종적으로 도면화 작업까지 가능하다.

2. 기능분해에 의한 구성설계

2.1. 구성설계

구성설계는 미리 준비된 부품(components)을 주어진 설계요구조건(functional requirements)과 구속조건을 만족시키기 위하여 결합하는 설계 기법을 말한다[5,6]. 이 과정은 “선택”, “관계설정”, “평가”의 세 항목으로 표현될 수 있는데, “선택”은 설계 요구 조건에 따라 구성요소들을 선택하는 것을 말하고 “관계설정”은 각 구성요소들 사이의 관계(위치적, 기능적)를 의미하고, “평가”란 주어진 구성요소 및 요소들 사이의 관계가 설계요구조건 및 구속조건을 만족시키는지의 여부를 판단하는 것을 의미한다[7,8]. 이러한 구성설계의 기본개념을 Figure 1에 나타내었는데, 그림에 표시된 부품 library를 이용한다는 점에서 구성설계는 편집설계와도 유사하다. 편집설계는 표준 부품들을 정해놓고 그것들을 필요에 따라 선택, 수정하여 활용하는 설계 방법인데, 구성설계는 부품을 선택하는 방법론에 보다 치중한다[9,10].

2.2. 설계 요구조건의 기능분해

설계 요구조건을 기능적 특성에 따라 추상적인 상위 레벨에서부터, 구체적인 기능을 나타내는 하위 레벨로 분해함으로써 이것으로부터 설계하려는 대상에 대한 전체적인 기능구조를 파악할 수 있는 기능도표(functional diagram)를 형성할 수 있다[9,11]. 이러한 기능도표를 참고하여, 부품들의 집합인 part library로부터 원하는 기능을 만족시키는 부품들을 선택/조립 함으로서 구성설계를 수행하게 된다. Figure 2에 설계요구조건 기능분해 개념을 나타내었는데 최상위 레벨의 설계요구조건 F_1 는 그 기능을 만족시키는 보다 세부적인 기능들

로 분해되며, 일정단계까지 분해되면 분해된 기능, F_{122} 를 만족시키는 단위메커니즘을 구성설계 방법론에 따라서 part library로 부터 선택하게 되는데 설계자는 part library에 존재하는 메커니즘(기구장치, 유압장치...) 스스로 선택할 수 있다. 따라서 각각의 단위 메커니즘들은 서로 or 연결점으로 연결된다.

단위메커니즘이 선택되면 그것의 각 부분이 선택되어 전체적인 제품구성이 완료된다. 이때 각 단위 메커니즘에 속해있는 부품들은 선택되거나 빠질 수 없는 and 연결점으로 연결되어 있게 된다.

3. 재봉기 기구 메커니즘의 구성설계

3.1. 공업용 재봉기 기구 메커니즘

본 논문에서 모델로 삼은 공업용 재봉기의 기본적인 기구 메커니즘은 봉제품을 이송시키기 위한 톱니 이송 메커니즘과 봉제품을 봉합하며 동시에 이송시키는 작용을 하는 바늘대 이송 메커니즘으로 분류할 수 있다. Figure 3에 기본적인 기구 메커니즘을 나타내었다[1].

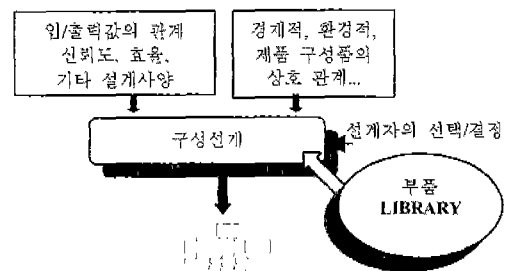


Figure 1. 구성설계의 개념도.

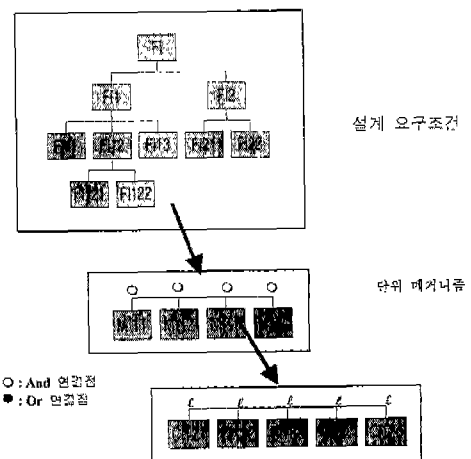
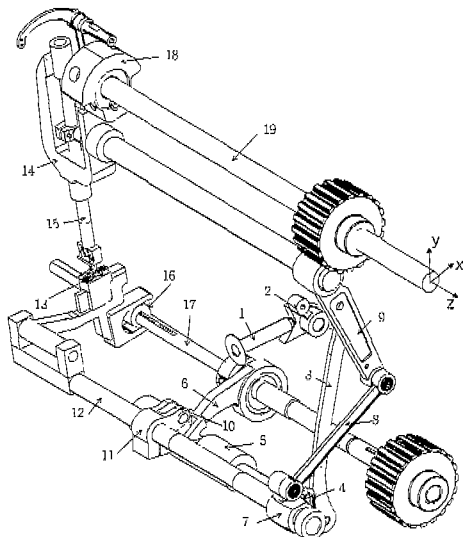


Figure 2. 설계요구조건 기능분해.



1. dial shaft 2. feed regulator 3. feed regulator shaft 4. feed regulator shaft crank 5. feed regulator shaft 6. feedcam connecting rod 7. needle bar feedrock shaft crank 8. needle bar feedrock link 9. needle bar feedrock shaft connecting rod 10. level feed connecting rod 11. feedrock shaft crank 12. feedrock shaft 13. feeddogg 14. needle bar frame 15. needle bar 16. vertical feed eccentric cam 17. lower shaft 18. link cam connecting rod 19. upper shaft

Figure 3. 공업용 재봉기의 기구 메커니즘.

3.1.1. 설계요구조건

공업용 재봉기의 모든 메커니즘은 Figure 3에 나타난 바와 같이 봉제품을 이송시키며 동시에 봉합을 하는 작동과 직접적 또는 간접적으로 연관되어 있다. 따라서 이러한 기구 메커니즘의 최상위 레벨의 설계요구조건은 Figure 4와 같이 시간에 대한 톱니와 바늘의 궤적이 된다. 이러한 톱니와 바늘의 운동은 서로 간섭이 없어야 하며 바늘에 의하여 공급되는 위선을 아래실과 엮어서 매듭을 형성하는 가마의 운동과 서로 연관성을 갖고 작동한다.

3.2. 기구 메커니즘의 구성설계

3.2.1. 구성설계의 주요기능

구성설계를 수행하기 위하여 설계 요구조건에 따라 그것을 만족시키는 각 기능 단위로 분해하게 되는데, 이것을 위하여 본 논문에서는 전문가시스템을 이용한다. 구성설계를 수행하는 과정에서 구속 조건의 만족 여부를 검토하게 되며, 구속 조건은 전문가시스템에 지식베이스 형태로 입력된다. Figure 5에서는 본 논문에서 수행하려는 구성설계 시스템의 주요 기능을 도시하였다. 설계요구조건을 기능분해는 전문가시스템을 이용하여 수행되는데, 전문가시스템은 외부 프로그램과 연계되

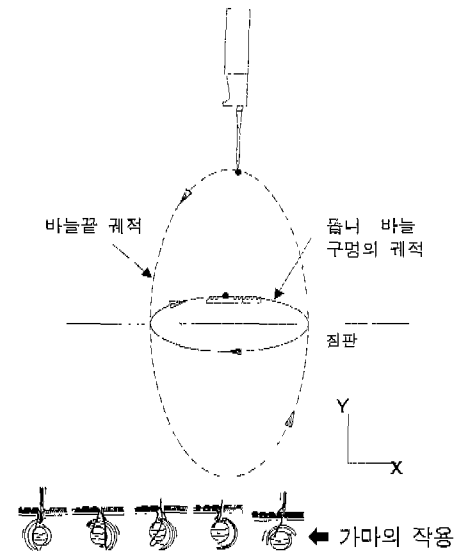


Figure 4. 톱니와 바늘의 궤적.

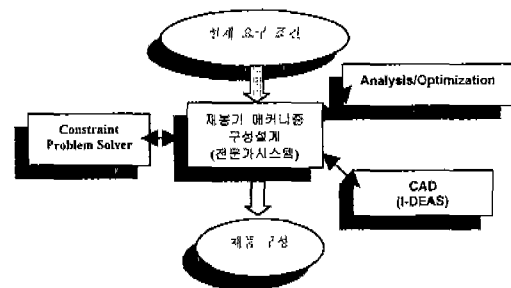


Figure 5. 재봉기 메커니즘 구성설계의 주요기능.

어 해석 및 최적설계를 하게 되고 여기서 얻어진 결과가 구속 조건을 만족하게 되면 이 데이터를 상업용 CAD 시스템과 연계 시켜서 솔리드 모델링 작업 및 2차원 도면 작성을 수행한다.

구성설계를 수행하기 위하여 사용한 CAD 소프트웨어 및 전문가시스템 등 주요 구현환경을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. 구성설계 구현 환경

Hardware Platform	Personal P.C (Intel Pentium Chip)
Operating System	Windows NT
Programming Language	C, C++
CAD SYSTEM	I-DEAS Master Sries V6.0
Expert system Shell	Intelligent Rule Element (Neuron Data)

3.2.2. 전문가시스템을 이용한 구성설계

본 논문에서는 전문가 시스템이 구현할 수 있는 다양한 형태의 지식표현 형식과 추론기능을 이용하여 제품의 구성설계를 구현하려고 시도하였다. 구성설계를 돕기 위하여 새로 프로그램을 작성하는 것 보다는 이미 확보하고 있는 전문가시스템 쉘인 IRE (Intelligent Rule Element)를 이용하는 것이 보다 다양한 방법으로 지식(knowledge)을 효과적으로 활용할 수 있었다. 또한 전문가 시스템을 통한 CAD interface도 구현하였다. 구성설계는 먼저 설계자의 요구조건을 입력 받아 그것을 기능분해 하는 순서로 진행 된다. 설계자는 자신이 설계하려는 재봉기의 기능을 전문가시스템이 제공하는 질문에 답하는 형식으로 입력하게 되며, 전문가시스템은 이 입력된 데이터와 내장되어있는 규칙(rule)을 이용하여 베커니즘의 구성설계를 수행한다. 구속조건의 처리는 전문가시스템을 이용할 경우 규칙이나 추론(case based reasoning) 등의 방법이 사용된다. IRE를 통하여 설계자로부터 재봉기 기구 메커니즘에 대한 설계요구조건을 얻는 과정의 예가 Figure 6에 나타내었다.

입력된 설계요구조건 및 구속조건을 만족시키는 재봉기 메커니즘 부품이 전문가시스템에서 선택/결합되며 전문가시스템은 구성된 재봉기 메커니즘의 구성 트리를 Figure 7과 같이 설계자에게 보여 주게 된다. 전문가시스템에서 규칙의 형태로 사용한 구속조건의 예를 들면, 바늘이 이송운동을 하는 중에 흡니와 간섭을 일으키지

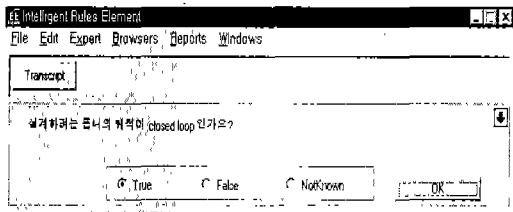


Figure 6. 전문가시스템을 이용한 구성설계.

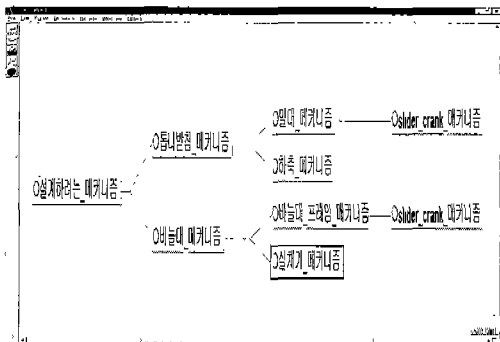


Figure 7. 재봉기 메커니즘 구성 트리.

않아야 하므로, 1) 바늘의 최대이송거리 $\leq Xmm$, 2) 바늘대 프레임의 길이 $\leq Y mm$ 등이 있다.

4. CAD 소프트웨어 인터페이스

4.1. API를 이용한 CAD인터페이스

전문가시스템과 상업용CAD 소프트웨어 및 외부 해석프로그램과의 인터페이스는, Figure 8과 같이 전문가 시스템과 CAD 소프트웨어가 제공하는 API 프로그램을 이용하여 수행된다.

상업용 CAD 소프트웨어인 I-DEAS 를 이용하여 작성한 재봉기 부품의 솔리드모델링 형상을 Figure 9에 나타내었다. I-DEAS에서 제공하는 API 프로그램인 OPEN-I-DEAS를 이용하면 전문가 시스템인 IRE와 인터페이스가 가능하며, IRE에서는 추론 중에 부품의 형상을 Figure 10과 같이 설계자에게 보여줄 수 있다.

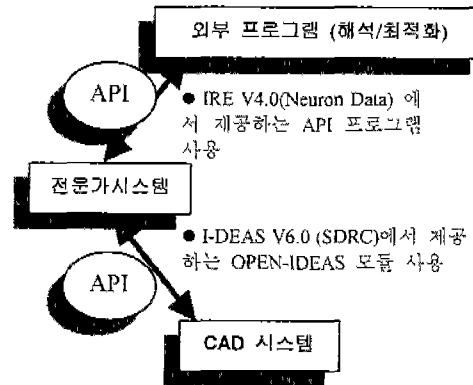


Figure 8. 전문가시스템과 CAD 인터페이스.

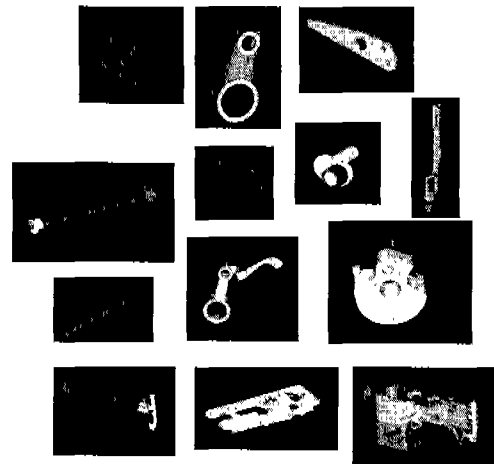


Figure 9. 재봉기 메커니즘 구성부품.

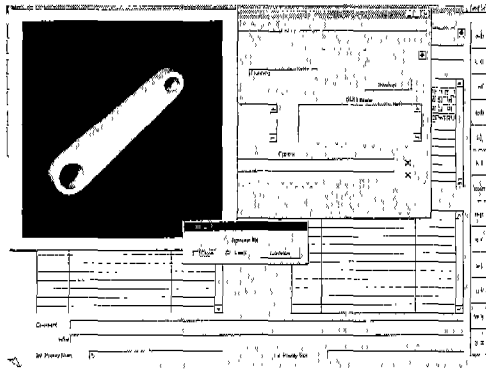


Figure 10. 전문가시스템의 추론과정.

5. 결 론

본 연구에서는 구성설계를 위한 기능 분해 개념을 제안 하고 그것을 전문가시스템의 추론기능을 이용하여 구체화 하며, 이 결과를 이용하여 주어진 구속조건과 설계 사양을 만족시키는 구성요소 들을 설계자가 선택하고, 필요한 경우 외부 프로그램 및 상업용CAD 시스템과 연계 시켜 2차원 도면화, 설계 대상물에 대한 구속조건 만족 그리고 설계사양을 만족시키기 위한 구성품의 해석/최적화까지 가능한 설계 시스템의 골격을 제시 하였다. 특히 공업용 재봉기의 기구해석 및 구속조건 처리, CAD에서의 가시화가 전문가시스템을 중심으로 하나의 시스템에서 가능해 짐으로써 제품의 설계정보를 통합적으로 운용하여 비숙련자라도 보다 신속하고 효율적인 설계가 가능해진다. 새로운 재봉기를 개발할 때, 이러한 전문가 시스템을 이용하면, 개념설계 단계에서 설계하려는 재봉기의 사양 및 추가하고 싶은 기능을 입력하고, 전문가 시스템으로부터 원하는 기능을 갖춘 기존 재봉기의 메커니즘을 효율적으로 제공받을 수 있게 된다. 그러나 이러한 설계 시스템은 기존에 개발되었던 재봉기 메커니즘만 활용할 수 있으므로, 새로운 기능을 구현하는 제품개발에는 별다른 도움이 되지 않는다. 이를 개선하기 위해 TRIZ이론 등을 이용한 창의적 설계 이론을 전문가 시스템을 통하여 구현하는 것이 향후 연구되어야 할 부분이다.

참 고 문 헌

- [1] "KM2-740 재봉기의 들니 및 바늘대 이송기구 좌 직설계" 한국생산기술연구원 보고서, 1994.
- [2] 구도연, "계층적 분해와 객체지향 모델링을 이용한 급지기구의 구성설계 전문가시스템", 박사학위 논문, 과학기술원, 1999. 2
- [3] 구도연, 한순홍, "급지기구 설계 전문가시스템에서 구성설계 방법론", 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제 1권 2호 pp. 163-172, 1996년 8월
- [4] Hundal, M. S. and Byrne, J. F., "Computer Aided Generation of Function Block Diagrams in a Methodical Design Procedure", Design Theory and Methodology, pp. 251-257, 1990. The 1990 ASME Design Technical Conference-2nd Int'l Conference on Design Theory and Methodology, Chicago, Illinois, 1990.
- [5] Bei Yu, "A virtual configuration workbench for product development", Ph.D dissertation. Univ. of Strathclyde, Glasgow, Scotland UK.
- [6] Gary L. Snively, Panos Y. Papalambros, "Abstractin as a Configuration Design Methodology" ASME. Vol 65-1., 1993.
- [7] Antonio Cisternino, Maria Simi, "Web-based configuration assistants" Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing Vol.12, pp. 321-331. September 1998.
- [8] Mittal, S., Dym, C. L., "PRIDE: An Expert System for the Design of Paper Handling Systems", IEEE Computer, Vol. 19, July 1986.
- [9] Chun Liang Lee, "A functional approach to systems configuration design with application to hydraulic systems.", Ph. D. dissertation. The Univ. of Michigan, 1992.
- [10] 명세현, 한순홍, "구성설계 방법과 설계 유니트들 이용한 공작기계의 파라메트릭 설계", 대한기계학회 '99 춘계학술대회논문집, 1999년 4월. pp. 446~451
- [11] Ulrich, K. T. and W. P. Seering, "Conceptual design as Novel Combination of Existing device Features", Advances in design Automation. Vol.1, pp. 295-30, 1987, "Design Methods, Computer Graphics, and Expert Systems", S.S. Rao(ed.), ASME