

# 공압 진공장치 설계를 위한 전문가 시스템 개발에 관한 연구

신 흥 열\*, 김 준 식\*\*, 이 재 원\*\*\*

## A Study on the Development of Expert System for Pneumatic Vacuum Equipment Design

Shin Heung Yeoul\*, Kim Joon Sik\*\*, Lee Jae Won\*\*\*

### ABSTRACT

Pneumatics is widely used in the industrial implementation, in the operation of air-powered actuators and the control devices needed in their operation. However, there are many empirical factors in pneumatics design, it might cause excessive design of pneumatic components. For that reason, we developed VDES(Vacuum Design Expert System) for the economic design of pneumatic vacuum equipment. VDES is achieved with CLIPS(C Language Integrated Production System) and knowledge base that contains a number of facts and rules for pneumatic vacuum design. Forward chaining and depth first search technique are used in this system. Applying VDES to the actual field, this system is verified to be a good efficiency and could be applied to the field of pneumatic vacuum equipment design.

**Key Words:** design(설계), expert system(전문가 시스템), vacuum equipment(진공 장치),  
knowledge base system(지식 기반 시스템)

### 1. 서론

공압(pneumatics)은 압축공기로 작동되는 실린더, 모터, 진공요소 등의 액추에이터와 이를 제어하는 기기를 산업체에 이용 및 응용하는 기술을 의미한다. 공압의 원리는 오래 전 부터 알려져 왔으나 전세계적으로 산업에 소개된 것은 공정의 자동화와 합리화의 문제가 증가하기 시작한 1950년 경 부터이다.<sup>(1,2)</sup>

공압 에너지는 작업용 매체 에너지로는 물론 제어용 매

체 에너지로도 사용되므로 작업 현장에서 PLC나 마이크로컴퓨터 등의 전자장치를 이용하여 제어를 하는 경우에도 최종 작업은 공압장치를 이용하는 경우가 많이 있다. 이렇게 다양하게 응용되는 공압은 저투자 자동화에 적합한 에너지라 할 수 있다.<sup>(3,4)</sup>

그러나 공압 에너지는 생산과 저장에 상당한 경비를 요하는 값비싼 에너지이다.<sup>(5)</sup> 또한 공압 기술 자체는 경험적인 요소가 많아 부품 선정이나 회로 설계를 하는데 있어서 기존의 제조업체들이 제공하는 기술적인 정보를 이

\* 인하공업전문대학 자동화기계과  
\*\* 한국체스토(주) 기술연구소  
\*\*\* 인하대학교 자동화공학과

용하므로 자신의 지식이나 경험에 의존하는 일관된 설계 기법이 정착되고 있지 않다. 이와 같은 이유로 설계된 공압 시스템들은 작업 기능의 충족만을 추구하는 경향이 크게 나타나 과잉설계로 인한 많은 에너지의 손실을 초래하고 있는 것이 사실이다.<sup>(6)</sup>

공압 에너지는 압축성을 갖는 매체이므로 유압에 비해 부하에 대한 변동이 크게 나타나서 단위 기기 및 시스템 전체에 대한 특성 규명은 상당히 어려운 과제이다. 그러나 공압의 활용 범위가 확대되고 그 중요성이 증대됨에 따라 컴퓨터를 이용한 공압 시스템 설계에 대한 관심이 커지고 있다.<sup>(7)</sup>

현재까지 수행된 연구들은 주로 공압 실린더에 관련된 내용이 주류를 이루고 있고<sup>(8,9)</sup> 진공 장치에 관한 연구는 고려되지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 이 점을 고려하여 공압 기기로 구성되는 시스템에 대하여 부여되는 일반화된 작업 조건을 만족하면서 에너지 비용을 최소화하기 위한 공압 진공 장치 설계에 대한 전문가 시스템을 개발하였다. 개발된 전문가 시스템 VDES(Vacuum Design Expert System)는 개발 언어로서 범용 인공지능 언어인 CLIPS(C Language Integrated Production System)<sup>(10,11)</sup>를 사용하였으며 PC상의 windows 95 환경에서 구현하였다. 이를 위해 공압 진공장치 설계와 관련된 기존의 방법들을 조사 분석하여 facts와 rule에 의한 지식표현을 하였으며 추론을 위해 전향 추론과 깊이 우선탐색 기법을 사용하였다.

개발된 VDES를 현장에 적용 시킨 결과 공압 진공 장치의 구성 요소의 적정 선정이 효과적으로 수행됨을 보여주었다.

## 2. 공압 진공요소의 지식 표현

### 2.1 공압 진공장치의 구성

공압 진공장치를 구성하는 요소를 크게 분류하면 진공을 형성시켜 주는 진공 노즐(vacuum nozzle)과 발생된 진공을 이용하여 작업을 할 수 있게 만들어 주는 흡착컵(suction cup), 그리고 기타 관련 요소로서 솔레노이드 밸브(solenoid valve), 소음기(scilencer), 연결구(fitting), 배관(tube) 등이 있다.

진공 노즐은 벤츄리(venturi) 원리에 의해 작동되며 압축공기가 진공 노즐을 통과하는 동안에 내부에 -0.5 bar에서 부터 -0.9 bar 까지의 진공압이 형성된다.<sup>(12)</sup> 진공 노즐은 일반 형태(NET: Normal Eject Type)와 작업

대상물을 강제로 이탈시키기 위해 급속배기밸브가 내장된 방출형태(AET: Air-push Eject Type)가 있다. 진공 노즐은 계속해서 공기를 소모하면서 진공을 형성하므로 공기 소모량이 매우 크다. 따라서 적정한 선정이 이루어지지 않으면 에너지 비용이 상대적으로 비싼 공압 시스템이 되므로 운영비가 매우 상승하게 된다.

흡착컵은 진공 노즐에서 발생한 진공을 이용하여 작업 대상물을 흡착시켜 이송, 포장, 조립 등의 작업에 사용되는 것으로 필요한 힘에 따라 직경이 결정된다. 흡착컵의 크기는 2mm에서 300mm 까지 있으며 재질은 부드러운 소재의 NBR(perbunan)형과 단단한 소재의 PUR(polyurethan)형이 있고 흡착컵의 모양에는 평형(normal type)과 주름형(bellows type)이 있다. 공압 진공 회로를 설계할 때에는 한 개의 진공 노즐에 한 개의 흡착컵을 설치하여 주위의 다른 흡착컵의 고장으로 인한 진공압력의 감소를 방지하도록 한다.<sup>(13)</sup>

솔레노이드 밸브는 진공 노즐에 공급되는 압축공기를 공급 또는 차단하는 기기로서 전기신호에 의해 제어되며 크기는 진공 노즐의 공기소모량에 따른 연결구의 직경에 의해 결정된다. 배관의 크기는 연결구 직경에 따라 결정되며 내경을 기준 크기로 결정한다. 소음기, 연결구, 배관의 크기는 솔레노이드 밸브의 시방에 따라 결정된다.

### 2.2 공압 진공요소의 지식표현

기존의 공압 진공장치의 설계는 제조사의 공압 시스템 전문가가 자신의 회사에서 제공하는 기술적 자료를 바탕으로 반복적인 수작업에 의하여 이루어지는 것이 일반적인 현상이다. 이들 전문가의 지식은 심층 지식(deep knowledge)과 표층 지식(shallow knowledge)의 형태로 기억되고 있다.<sup>(14)</sup> 심층 지식이라 함은 공압 시스템에서 사용하는 공학적 지식으로 정리, 법칙 등을 의미하며 표층 지식이란 업무상의 체험이나 선배 경험자로 부터 얻은 지식으로, 필요한 공압 진공요소의 적절한 선정과 같은 문제 영역 특유의 경험적 지식(heuristic knowledge)을 의미한다.

일반적으로 공압 시스템 설계시 전문가는 문제를 해결하기 위하여 자신의 경험적 지식과 주어진 문제 영역의 고유한 사실들을 사용함으로써 문제를 해결하는 것이 보통이다. 따라서 공압 진공요소의 선정을 위해서는 전문적인 지식을 갖춘 전문가가 필요 조건과 제약 조건을 고려하여 수동적으로 해결하여야 하는데, 전문가의 경험론적인 지식과 규칙들을 컴퓨터에 저장하여 지능 시스템을 구

축한다면 전문가가 아니더라도 쉽게 문제를 해결할 수 있을 것이다.

이러한 시스템을 구축하기 위해서는 공압 진공요소의 선정에 필요한 각종 조건에 대한 정보가 attribute로 정의되고, 문제 attribute에 필요한 값(value)을 입력시켜 주면 추론을 거쳐 필요 조건을 만족시키는 공압 진공요소의 사양(specification)과 그에 따른 부수적인 악세서리들이 attribute와 attribute value로 표현된다. 이러한 요구 조건과 진공요소의 사양에 대한 attribute의 적절한 선정이 성공적인 지식 표현의 관건이 된다. Table 1은 본 연구에서 사용한 attribute의 종류와 그 의미를 표현한다.

Table 1 Structure and meaning of Attributes

| Attribute의 종류      | Attribute 명칭        | Attribute 서술   |           |
|--------------------|---------------------|----------------|-----------|
| Problem Attributes | workpiece_hardness  | 작업대상물의 재질      |           |
|                    | handling_status     | 작업 상태          |           |
|                    | workpiece_shape     | 작업대상물 표면형상     |           |
|                    | number_of_cup       | 작업상황에 따른 컵의 갯수 |           |
|                    | force               | 필요 힘           |           |
|                    | workpiece_surface   | 작업대상물의 표면상태    |           |
|                    | Solution Attributes | Cup_material   | 컵의 재질     |
|                    |                     | Cup_type       | 컵의 사양     |
|                    |                     | Cup_number     | 보장된 컵의 갯수 |
|                    |                     | Cup_size       | 컵의 직경     |
| Vacuum_nozzle      |                     | 진공 노즐 사양       |           |
| Sol_valve          |                     | 솔레노이드 밸브 사양    |           |
| Scilencer          |                     | 소음기 사양         |           |
| Tube               |                     | 튜브경            |           |
| Fitting            |                     | 연결구 사양         |           |

### 3. 전문가 시스템 설계 및 구현

#### 3.1 전문가 시스템의 구조 및 기능

1960년대 이후 인간지능(artificial intelligence)의 응용분야 중의 하나로 탄생한 전문가 시스템은 전문가가 갖고 있는 분석, 판단, 계획 등의 지식을 인위적으로 컴퓨터에 부여하고 그 분야의 비전문가도 시스템에 구축된 전문가의 지식을 이용하여 문제를 해결할 수 있도록 하는 컴퓨터 시스템이다.

전문가 시스템에서는 문제를 해결하기 위하여 경험적 지식을 사용한다. 이러한 지식은 문제를 어떻게 해결할

것인가에 대한 일반적 지식, 또는 사용자와 어떻게 상호 작용하는가에 대한 지식으로 구분되며, 전문가 시스템에서는 다른 지식으로 부터 문제 영역에 대한 지식이 분리 되도록 조직된다. 문제 영역에 관련된 지식의 집합체를 지식베이스(knowledge base)라 하고, 문제를 해결하기 위해 지식베이스에 저장된 지식들을 운용하고 추론하는데 관련된 지식 묶음을 추론기관(inference engine)이라 한다. 일반적으로 이러한 방식에 의해 구성된 프로그램을 지식기반 시스템(knowledge-base system), 또는 지식기반 전문가 시스템(knowledge based expert system)이라 한다.<sup>(14)</sup>

지식기반 전문가 시스템은 추론에 필요한 지식들을 어떻게 적용할 것인지를 결정하는 부분과 지식이 적용되는 순서를 결정하는 부분을 포함하고 있다. Fig. 1은 일반적인 전문가 시스템의 구조를 나타낸다.

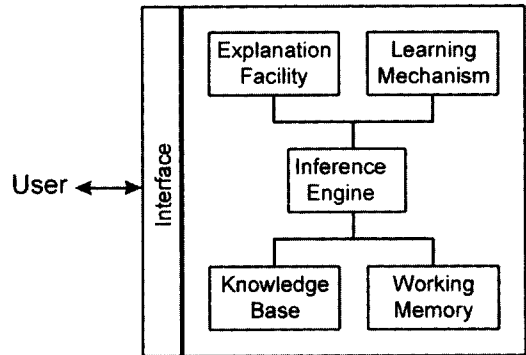


Fig. 1 Structure of expert system

공압 진공장치 설계를 위한 전문가 시스템은 기존의 제조사가 제공하는 기술적 데이터와 공압 시스템 설계 정보를 공압 설계 전문가의 지식과 함께 시스템 내에 저장함으로써 추론 엔진과 지식베이스를 구성하도록 한다. 사용자의 요구 조건을 입력화면을 통하여 넣어주면 추론을 거쳐 입력 요구 조건을 만족시키는 적절한 설계 사양을 출력하도록 한다.

또한 사용자가 원하는 조건을 시스템의 입력화면에 따라 순차적으로 입력할 때 잘못 입력하여 발생하는 오류는 사용자에게 알려주어 재입력토록 한다. 이와 같은 사항들을 만족시키도록 개발된 VDES(Vacuum Design Expert System)의 구조는 Fig. 2와 같다.

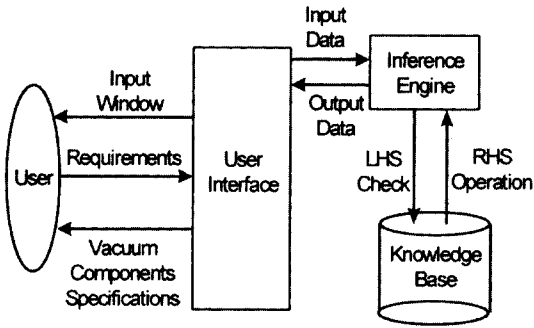


Fig. 2 Structure of VDES

### 3.2 전문가 시스템 툴 CLIPS의 고찰

전문가 시스템 툴은 어떤 특정 작업을 위해 연구 환경에서 만들어진 실험용 시스템으로서 시작된다. 이를 바탕으로 광범위한 실험과 사용자의 지원을 받으면 좀 더 일반화된 연구용 시스템이 된다. 이들 중 일부의 툴들은 사용자의 지원을 받아 좀 더 일반화된 연구용 시스템이 되고 이들 중 일부의 툴들은 사용자의 요구에 부응하는 상업용 시스템의 단계에 이르게 된다.<sup>(15)</sup>

이렇게 개발된 툴들은 대개의 경우 매우 고가여서 개인이 사용하기에는 상당한 부담으로 작용한다. 그렇지만 CLIPS(C Language Integrated Production System)는 1985년 NASA의 Johnson Space Center에서 개발된 전문가 시스템 툴로서 1993년 5월 현재 version 6.0이 사용되고 있으며 공개용으로 IBM PC와 Windows 95 환경에서 운용할 수 있다. CLIPS는 editor와 debugging 기능이 있는 전문가 시스템 툴로서 이를 이용하여 전문가 시스템을 구현하기 위한 프로그래밍 기법에는 다음의 세가지가 있다.

- 1) Rule-based programming
- 2) Object-oriented programming
- 3) Procedural programming

본 연구에서는 rule-based programming을 이용하여 지식의 표현과 추론이 수행되도록 하였다.

### 3.3 공압진공장치 설계 전문가시스템의 구현

#### 3.3.1 시스템의 입력

공압 진공장치의 설계시 전문가가 사용하는 정보에는 작업대상물의 재질, 작업 상태, 작업대상물의 형상, 요구되는 흡착컵의 개수, 필요한 힘, 작업대상물의 표면상태

등이 있다. 이들을 간략히 설명하면 다음과 같다.

- 1) 작업대상물의 재질(workpiece\_hardness)  
흡착컵을 이용하는 작업에 사용되는 작업대상물의 재질은 유리, 철판, 목재, 출판지, 플라스틱과 같이 표면이 단단한 경우에는 attribute value로 'hard'를, 얇은 필름, 종이, 호일과 같이 표면이 부드럽거나 작업대상물 표면에 흡집이 염려되는 PCB와 같은 경우에는 attribute value로 'flexible'을 입력한다.
- 2) 작업 상태(handling\_status)  
흡착컵을 이용하는 작업 중 흡착컵과 작업대상물이 수평 또는 5° 이내의 약한 경사의 작업으로 이루어지면 attribute value로 'horizontal'을, 5°이내 40°이하의 경사를 갖는 작업일 경우에는 'slope'을, 40°이상 수직의 작업을 필요로 하는 경우에는 'vertical'을 입력한다.
- 3) 작업대상물 형상(workpiece\_shape)  
흡착컵을 이용할 작업대상물의 표면이 평평하고 균일한 경우에는 attribute value로 'flat'을, 표면형상이 계란 또는 원통과 같이 곡면인 경우에는 'convex'를 입력한다.
- 4) 컵의 개수(number\_of\_cup)  
흡착컵을 이용하는 작업에서 작업대상물의 면적, 모양에 따라 흡착컵의 개수를 정한다. 사용할 흡착컵의 수는 시스템 설계자가 작업 대상물의 형태에 따라 최적의 개수를 선정한다.
- 5) 필요한 힘(force)  
흡착컵을 이용하여 작업을 하기 위한 힘을 kgf 단위로 입력한다.
- 6) 작업대상물의 표면상태(workpiece\_surface)  
작업대상물의 표면이 끈적거리는 경우에는 attribute value로 'sticky'를, 표면상태가 매끄러워 흡착컵으로 부터 작업대상물이 쉽게 분리되면 'notsticky'를 입력한다.

또한 시스템의 사용자가 attribute value의 입력시 발생하는 오류는 control pattern을 사용하여 사용자에게 책임력을 요구하게 된다. 이를 위해 사용자의 입력을 요구하는 rule과 입력된 정보가 시스템 내에서 사용가능한지 여부를 결정하는 rule을 부가하였다. Fig. 3은 VDES의 입력화면을 나타낸 것이다.

#### 3.3.2 시스템의 출력

시스템의 출력은 입력 요구 조건을 만족시키는 공압 진공요소의 사양이 된다. 이에에는 흡착컵의 재질, 컵의 형태,

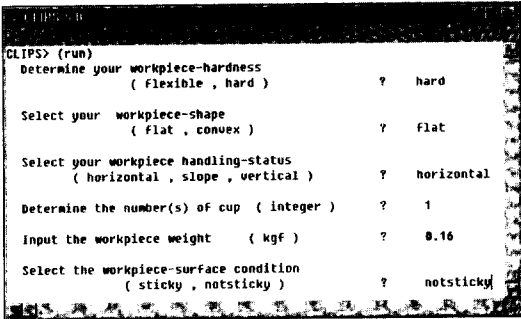


Fig. 3 Input window of VDES

컵의 개수, 진공노즐 시방, 솔레노이드 밸브 시방, 소음기 시방, 튜브직경, 연결구 시방 등이 포함된다.

1) 흡착컵의 재질(Cup\_material)

흡착컵의 재질에는 유연한 작업대상물에 적합한 NBR(Perbunan)과 단단한 작업대상물에 적합한 PUR(Polyurethan)이 있다.

2) 흡착컵의 형태(Cup\_type)

흡착컵의 형태에는 평평한 작업에 적합한 Normal type과 경사진 작업에 적합한 Bellows type이 있다.

3) 흡착컵의 개수(Cup\_number)

사용자가 입력한 컵의 개수를 시스템에서 보정한 후 다시 출력한다.

4) 흡착컵의 직경(Cup\_size)

작업대상물을 충분히 handling할 수 있는 컵의 직경으로서 작업의 안정성을 충족시켜야 한다.

5) 진공노즐 시방(Vacuum\_nozzle)

작업대상물이 자중에 의해 흡착컵으로 부터 쉽게 이탈될 때 사용되는 NET(Normal Eject type)형과 작업대상물이 흡착컵으로 부터 쉽게 이탈되지 않을 때 공기를 불어내어 작업 대상물을 이탈되도록 하는 AET(Air-push Eject Type)형이 있다.

6) 솔레노이드 밸브 시방(Sol\_valve)

진공노즐에 진공을 형성시켜 주도록 공압을 on/off시켜 주는 솔레노이드 밸브에 대한 시방을 출력한다.

7) 소음기 시방(Scilencer)

솔레노이드 밸브의 배기 포트에 설치하여 소음을 감소시켜 주는 소음기의 시방을 출력한다.

8) 튜브(Tube)

공압 요소들을 유기적으로 연결시켜 주어 공압이 흘러갈 수 있도록 해주는 튜브의 시방이다.

9) 연결구(Fitting)

튜브와 진공요소를 결합시켜 주도록하는 연결구의 시방이다.

Fig. 4는 VDES의 출력화면을 나타낸 것이다.

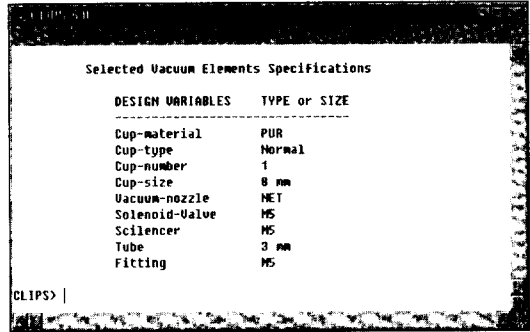


Fig. 4 Output window of VDES

3.3.3 지식 베이스

공압 진공 장치의 적정 설계를 위해 필요한 사실(facts)들은 다음과 같다.

- 1) 진공 장치 구성에 관한 사실
- 2) 제조사에 의해 제공 가능한 컵 직경에 관한 사실
- 3) 흡착컵을 이용한 작업 종류에 관한 사실
- 4) 흡착컵의 시방에 관한 사실
- 5) 연결구의 크기에 관한 사실
- 6) 탐색과정에 관한 사실

이러한 사항들은 fact를 이용하여 표현하였으며 공통된 속성을 갖는 fact들은 deftemplate fact를 이용하였다. Deftemplate fact를 이용한 요소에는 cup\_material, cup\_type, vacuum\_nozzle이 있다.

입력된 사실들에 대해 출력변수를 결정하기 위한 규칙들에는 다음과 같은 것들이 있다.

- 1) 흡착컵의 재질 결정에 관한 규칙
- 2) 흡착컵의 타입 결정에 관한 규칙
- 3) 안전을 결정에 관한 규칙
- 4) 흡착컵의 직경 결정에 관한 규칙
- 5) 결정된 흡착컵 직경을 제조사에 의해 제공 가능한 시방과 matching에 관한 규칙
- 6) 흡착컵의 개수 증가에 관한 규칙
- 7) 진공 노즐 결정에 관한 규칙
- 8) 솔레노이드 밸브 시방 결정에 관한 규칙

- 9) 튜브 직경 시방 결정에 관한 규칙
- 10) 연결구 시방 결정에 관한 규칙
- 11) 출력화면에 관한 규칙

3.3.4 추론

추론기법으로 전향추론을 사용하였으며 탐색기법으로는 깊이우선 탐색을 사용하였다. 깊이우선 탐색기법은 문제의 독립성을 충분히 활용한 것으로 탐색과정은 프로그램 입력의 역순으로 실행되며 입력정보와 pattern matching된 rule들은 agenda 내에 저장된다.

Fig. 5는 본 연구에서 개발한 VDES의 추론과정을 나타낸 것이다. 추론의 시작은 사용자의 설계 정보 입력으로 시작되며 시스템은 입력된 정보의 유효성을 검사하여 오류 발생시 재입력을 요구하게 된다. 입력 정보의 검사가 끝나면 흡착컵의 시방을 추론한다. 이때 결정된 흡착컵의 직경이 제조사에서 제공하는 범위 내에 포함되지 않으면 시스템은 사용자에게 흡착컵의 개수를 조정하도록 요구하게 된다.

조정된 흡착컵의 개수에 의해 흡착컵의 시방 추론이 끝나면 솔레노이드 밸브, 튜브 직경, 연결구 등 관련 요소를 추론하고 이를 출력함으로써 설계를 종료한다.

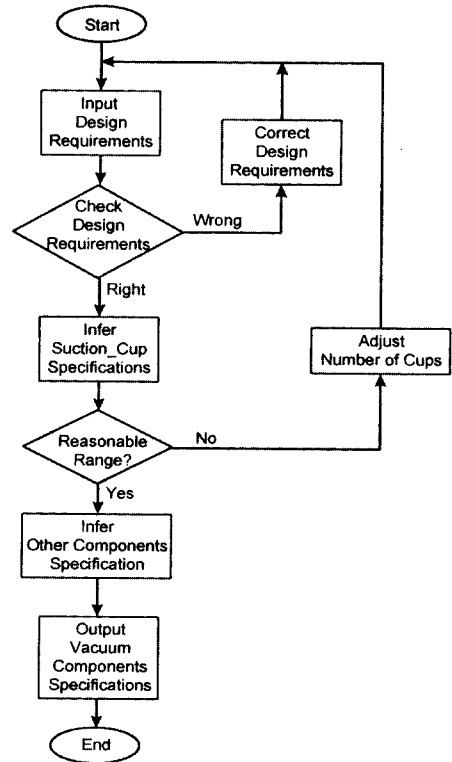


Fig. 5 Inference process of VDES

4. 사례 연구

기존의 수작업에 의해 공압 진공요소가 결정된 세가지의 설계 사례와 VDES를 사용하여 결정된 설계 사례를 Table 2에 정리하였다. Table 2에서는 많은 설계 요소 중 중요 요소들만을 발췌하여 비교함으로써 그 차이점을 파악할 수 있도록 하였다. 첫 번째 사례는 플라스틱 부품의 이송 공정이고 두 번째 사례는 생산된 제품을 날개로 포장한 후 적재함으로 이송하는 공정이고 세 번째 사례는 대형 가전제품의 포장을 위한 공정이다. 세 개의 사례에서 알 수 있듯이 동일한 조건에서 수작업에 의한 설계 보다 VDES를 사용하였을 때 Cup\_size가 한단계 아래인 흡착컵이 선정되었음을 알 수 있다. 이는 작업 공정의 만족도만을 강조하여 과잉 설계 변수를 사용한 결과에 기인한 것으로 판단된다. 수작업에 의하여 선정된 공압 진공요소를 사용하여도 작업을 수행하는 데에는 아무런 문제가 없다. 그러나 Table 2에서 분석한 자료에서도 알 수 있듯이 공기 소모량에서도 많은 차이가 나타날 뿐만 아니라 이를 비용으로 계산하여도 상당히 많은 운전 비용이 추가로 필요하게 됨을 알 수 있다. 공압 진공 장치에 들어

Table. 2 Application examples

| 구분 | 사례            | 사례 1           |      | 사례 2           |       | 사례 3           |       |
|----|---------------|----------------|------|----------------|-------|----------------|-------|
|    |               | 기존의 수작업        | VDES | 기존의 수작업        | VDES  | 기존의 수작업        | VDES  |
| 1  | 힘(kgf)        | 0.16           | 0.16 | 3.5            | 3.5   | 39.2           | 39.2  |
| 2  | Cup_size (mm) | 15             | 8    | 50             | 30    | 150            | 100   |
| 3  | Vacuum Nozzle | G1/8           | M5   | G1/4           | G1/8  | G3/8           | G1/4  |
| 4  | 공기소모량 (ℓ/min) | 45             | 16   | 65             | 45    | 126            | 65    |
| 5  | 작업시간 (시간/일)   | 1              | 1    | 1              | 1     | 1              | 1     |
| 6  | 1일총공기소모량 (ℓ)  | 2,700          | 960  | 3,900          | 2,700 | 7,560          | 3,900 |
| 7  | 공기 절감량        | 1,740 ℓ의 공기 절감 |      | 1,200 ℓ의 공기 절감 |       | 3,660 ℓ의 공기 절감 |       |
| 8  | 비용절감*         | 10,440원/년      |      | 7,200원/년       |       | 21,960원/년      |       |

\* 비용절감에 대한 계산은 년중 작업일을 300일로 간주하고 공기 생산비용은 20원/m<sup>3</sup>으로 계산하였다.

가는 진공 요소가 여러 개일 경우나 공압 진공 장치가 여러 개 사용된다고 생각하면 실제 시스템 운영비는 상당히 증가하게 된다. 따라서 공압 진공 장치의 적정한 설계가 필수적이며 이런 관점에서 VDES를 사용한 공압 진공장치 설계는 큰 의의가 있다고 판단된다.

### 5. 결 론

본 논문은 기존의 수작업에 의존하던 설계 지식과 공압 제조사의 자료를 취합하여 지식 베이스화하고 범용 툴인 CLIPS를 이용하여 공압 진공장치 설계를 위한 전문가 시스템을 개발한 것으로 주요 연구 내용은 다음과 같다.

1) PC 상에서 운용 가능한 전문가 시스템 툴인 CLIPS를 사용함으로써 개발된 공압 진공 장치 설계 전문가 시스템의 효용성을 높였다.

2) 공압 진공장치 설계 지식들과 제조사에서 제공하는 관련 자료들을 rule과 facts로서 구축하여 지식 베이스화함으로써 시스템 확장을 용이하도록 하였다.

3) VDES를 사용하여 공압 진공장치의 적정 설계를 유도함으로써 공압 시스템의 운전 비용을 절감할 수 있도록 하였으며 비전문가의 공압 진공 장치 설계를 지원할 수 있게 되었다.

향후 연구로는 공압 선형 요소와 회전 요소를 이용한 공압 장치의 설계로 범위를 확대하고, 사용자 위주의 GUI를 구현하여야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

1. 김 장호, 신 홍열, "공장 자동화를 위한 공압기술", 성안당, 1993.
2. P. Croser, "Pneumatics", FESTO DIDACTIC KG, 1989.
3. H. Meiner, R. Kobler, "Fundamentals of Pneumatic Control Engineering", FESTO

- DIDACTIC KG, 1990.
4. 한국 생산성 본부, "국내 자동화 현황조사 보고서", 94-01호, pp17~18, 1994.
5. Werner Deppert and Kurt Stoll, "Cutting Costs with Pneumatics", VogelBuchverlag Wurzburg, 1988.
6. FESTO KG, "SELECT(Technical Information of FESTO)", Vol.50, 1987.
7. 원 병희, "공기압 시스템의 설계 알고리즘 및 CAD Software 개발", 한양대 석사 논문, 1988.
8. D. C. Brown and B. Chandrasekaran, "Expert Systems for a Class of Mechanical Design Activity", Knowledge Engineering in Computer-Aided Design, Elsevier Science Publishers B.V., pp.259~290, 1985.
9. D. C. Brown and B. Chandrasekaran, "Investigating Routine Design Problem Solving", Artificial Intelligence in Engineering Design, Academic Press, Inc., pp.221~249, 1992.
10. Joseph C. Giarratano, "CLIPS User's Guide, CLIPS Version 6.0", NASA Conference Publication, 1993.
11. Chris Culbert and Gary Riley, "CLIPS Reference Manual Volume I, II", Lydon B. Johnson Space Center, 1993.
12. FESTO KG, "FIS International", pp.43~44, 1994.
13. 단해공압공업(주), "종합카탈로그", 1995.
14. Giarratano, J. and Riley, G., "Expert Systems Principles and Programming", PWS Publishing Company, 1989.
15. Donald A. Watermann, "A Guide to Expert System", Addison-Wesley Pub. Co., 1985.