

## 선박용 배관의 Auto-Routing을 위한 설계 전문가 시스템

강상섭\*, 명세현\*\*, 한순흥\*\*\*

### Pipe Auto-Routing with Design Knowledge-base

Sang-Seob Kang\*, Se-Hyun Myung\*\* and Soon-Hung Han\*\*\*

#### ABSTRACT

Finding the optimum route of ship's pipes is complicated and time-consuming process. Experience of designers is the main tool in this process. To reduce design man-hours and human errors a design expert system shell and a geometric modeler is used to automate the design process. In this paper, a framework of the intelligent CAD system for pipe auto-routing is suggested, which consists of general-purpose expert system shell and a geometric modeler. The design expert system and the geometric modeling kernel have been integrated. The CADDSS5 of Computervision is used as the overall CAD environment. The Nexpert Object of Neuron Data is used as the expert system shell. The CADDSS5 ISSM is used as the interface that creates and modifies geometric models of pipes. Existing algorithms for the routing problem have been analyzed. Most of them are to solve the 2-D circuit routing problems. Ship piping system, specially within the engine room, is a complicated, large scale 3-D routing problem. Methods of expert system have been used to find the route of ship pipes on the main deck.

**Key words :** Pipe auto-routing, Expert system, Geometric modeling, Intelligent CAD

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 필요성

선박배관시스템은 인체의 혈관에 해당되는 주요 시스템으로서 공학적, 법규적, 공간적인 해석을 통하여 경제성과 절충하여, 시스템의 요구성능을 최적화하여 설계해야 하는 대상이다. 배관시스템은 선박 외에 플랜트, 건축 등 대부분의 엔지니어링분야에서도 존재하며, 기술 및 인력의 비중이 매우 큰 분야이다. 따라서 전산화, 자동화의 대상이 되어 왔으나, 단순한 자료형태의 데이터를 데이터베이스로 체계화하여 이용하고 있는 수준에 머무르고 있다. 그러나 만약 복잡한 배관설계지식을 구조적으로 체계화한다면, 인간전문가의 설계지식을 이용한 판단을 컴퓨터가 대신할 수 있을것이다.

선박의 배관설계 단계를 살펴보면 Fig. 1에 보여지는 바와 같이 크게 기본설계, 시스템 기능설계, 상세설계 및 생산설계의 4단계로 나뉘어진다. 그 중에서 상세설계 단계는 각종 배관시스템의 대부분의 설계 정보를 완성하는 단계로서, 배관재와 구성기기들의 배치도면을 창출하며, 기하학적 정보, 비기하학적(non-graphic) 속성 정보뿐 아니라, 다음 단계인 생산설계 단계에서 필요한 생산정보를 쉽게 유추해 낼 수 있도록 하는 단계이다. 이러한 상세설계 단계의 업무는 높은 수준의 배관지식과 단순한 반복계산 등을 많이 요구하고, CAD시스템을 이용한 모델링에 많은 작업량을 요구하고 있으며, 완벽한 모델링이 어려운 실정이다.

이러한 다양한 종류와 많은 양의 설계지식이 요구되는 분야에, 기존 CAD시스템에 설계전문가시스템을 추가함으로써 설계공수절감, 공기단축, 설계도면의 표준화를 기할수 있을것이다.

본 연구에서는 배관설계분야의 상세설계 단계에

\*현대중공업

\*\*학생회원, 한국과학기술원 기계공학과

\*\*\*중신회원, 한국과학기술원 기계공학과

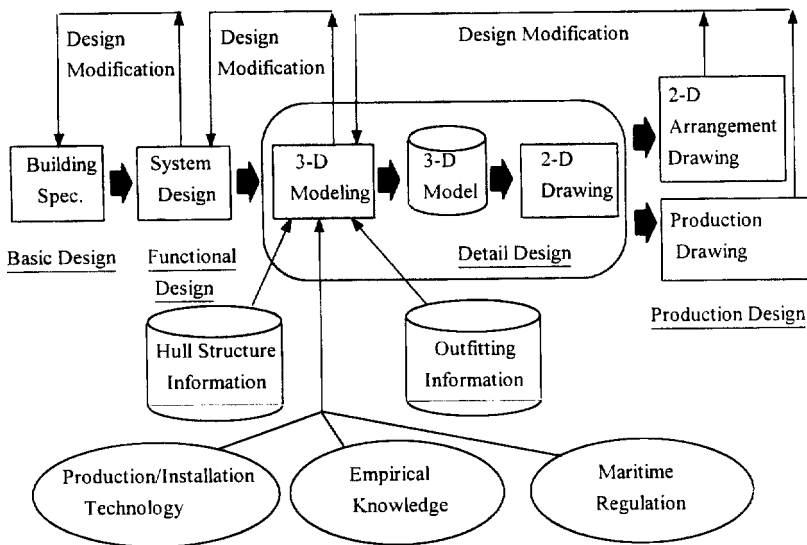


Fig. 1. Process of piping system design.

성문화된 설계지식과 인간전문가의 경험적 설계지식을 기반으로, 선박내 방해물과의 간섭을 피하고, 배관시스템의 최적 경로를 결정하여, 각종 배관부품들을 결정된 경로에 배치하기 위한 지식베이스 모델링에 중점을 두었고, 사용자 의사결정 및 입력정보량의 최소화, 지식베이스 체계화로 인한 확장성, 용이성, 용이한 사용성, 선박용 배관설계에의 실용적인 적용성을 지향하였다. 또한 연구의 대상을 bulk carrier의 upper deck piping design으로 설정하여 초기 프로토타입을 구현하였으며, 후론결과를 CAD시스템과의 인터페이스를 통해서 가시화할 수 있는 ICAD(intelligent CAD)시스템으로서 자동배관설계시스템의 기틀을 구축하였다.

## 1.2 관련연구의 현황

지식기반 전문가시스템을 이용한 auto-routing 시스템에 관련되는 연구로는, 반도체나 인쇄회로기판의 auto-routing, 자동차의 auto-wiring<sup>[1]</sup>과, 건축이나 선박용배관의 auto-routing으로 대별된다. 하나의 경로가 다양한 단면치수와 형상을 가지고 있는 배관의 그룹을, 3차원 공간에서 auto-routing 하는 문제에 대한 연구실적은 상대적으로 적다.

(1) Micro-electronics의 auto-routing 및 자동차의 auto-wiring 분야: 대부분 규정된 netlist에 따라 균일한 routing이 되어야 하는 제한조건을 만족하면서, route 길이 및 대상물의 면적을 최소화 하는 문제이다. 경로를 일정한 크기로 분할된 평면 요소들의

ordered list로 정의하고, global routing과 detail routing의 2단계로 나누어서, 목적함수를 최소화하는 경로를 찾는 알고리즘인 Lee Maze 알고리즘이 사용된다<sup>[2, 3]</sup>. 보통 전문가시스템 셸과 모델링 도구로서의 CAD 시스템과의 인터페이스가 난제가 되는데, 자동차의 auto-wiring에 이러한 문제점의 해결방안으로서 CAD시스템을 내장한 전문가셸(ICAD)을 적용한 실적이 있으나<sup>[4]</sup>, 다양한 그래픽 속성을 가진 선박용 배관분야에는 적용하기 어렵다<sup>[4, 5]</sup>.

(2) 선박과 건축용 배관의 auto-routing분야: 하나의 Route가 다양한 단면치수와 형상을 가진 배관의 auto routing은, 최소 목적함수를 갖는 경로탐색 알고리즘을 3차원으로 확장시켜야 하며, 확장으로 인한 시스템효율의 저하를 보완하기 위해 적절히 설계대상객체와 인자요소들을 계층적으로 추상화하여야 한다. 또 배관의 특성에 따라 인자들을 적절히 수정해야 하며, 실용적인 시스템이 되기위해서 사용자의 입력정보량을 최소한으로 줄여야 한다.

Routing 알고리즘으로 목표지향적으로 깊이우선 탐색하는 Sprout method (vector method)를 사용한 연구실적은, 목표지향적인 특성으로 인해 사용자 입력량이 방대하여 실용적이지 못하다<sup>[6]</sup>. 가중치 그래프  $G=(V, E, W)$  ( $V$ : 절점들의 집합,  $E$ : 연결선들의 집합,  $W$ : 가중치들의 집합)에 대한 최소경로탐색 알고리즘인 Dijkstra's 알고리즘을 적용한 "MATES" 시스템의 auto-routing 시스템은, 미리 정의된 후보경로들과 후보절점들로 구성된 그래프로 부터 최적경로

를 탐색함으로써, 사용자의 입력량이 방대해 지고 사용자가 배관설계지식을 잘 알고 있어야한다<sup>[7]</sup>. "MATES"는 배관뿐만이 아니고 설계에서 생산까지의 통합데이터베이스에 중점을 둔 시스템이다. 이와 유사한 시스템으로 "HICAS"의 부시스템인 "HICAS-P"와 "HICAS"를 설계에서 생산까지로 확장한 "HIC-ADEC-P"가 있다<sup>[8,9]</sup>.

미리 결정된 경로 외에는 방해물이 없는 유압 manifold block의 auto-routing시스템은 그 경로가 배관보다는 wiring에 가깝고 설계지식도 단순하다<sup>[10]</sup>. 산업플랜트용 배관의 auto-routing에 대한 연구는 최적경로 탐색을 위해 반도체설계에서 주로 사용하는 Lee Maze 알고리즘을 확장 적용하였다<sup>[11]</sup>. 'knowledge reduction'이라고 하는 rule로 표현되는 지식베이스의 압축과정과 방해물 중심으로 배관공간요소를 분할함으로써 시스템의 효율성을 증가시켰으나, 배관공간요소들의 기하학적인 상이점으로 인해 사용자의 입력정보량이 방대하며 적용된 설계지식도 단순하다.

## 2. 선박배관설계

### 2.1 문제의 정의

선박용 배관의 auto-routing시스템은 선박내 각종 배관시스템들을 구성하고 있는 기기들의 성능을 최대한으로 발휘시키고, 동시에 공간적 또는 법규적인 제한조건을 최소의 비용으로 만족시킬수 있도록, 배관시스템들의 위상과 기하학적 관계를 자동으로 결정하는 시스템이다.

### 2.2 문제의 특성

배관설계는 비교적 창조적인 작업으로서, 해공간(solution space)이 유일하지 않으며, 다음과 같은 특성이 존재한다.

(1) Rule of thumb: 성문화되어 있는 rule이나 design code 외에도, 숙련된 설계자의 경험적 지식에 대한 의존도가 크다.

(2) 기기의 성능이나 공간적 혹은 법규적인 제약에 추가되는 제한조건으로서, 외관적으로 보기좋은 배관으로 설계되어야 하며 (예: grouping pipes), 따라서 목적함수에 반하는 설계로 결정될 수도 있다.

(3) 설계자의 설계 성향이나 경험적 습관이 다양하게 가미되는 창조적인 과정으로서 설계결과의 평가가 객관적으로 일정치 않다.

(4) 따라서 정확한 해를 구하는 것이 아니라 알맞은 해를 찾거나, 가능하면 최적의 해를 구한다.

### 2.3 배관설계의 과정

설계과정이란 반복의 원리와 최소언질의 원리를 적용하면서 최종제품의 정보를 구체화 해가는 과정이다. 이를 배관설계의 추상화와 모델링 측면에서 살펴보면 다음과 같다.

#### 2.3.1 설계명세에 대한 추상화

배관시스템의 설계도 설계의 두가지 큰 원리인 반복의 원리와 최소언질의 원리가 동일하게 적용되는 분야로, 각 단계에서의 주요 설계내용은 다음과 같다. 이 중에서 본연구의 대상은 상세설계단계에 해당된다.

(1) 기본설계: 선주, 선급 및 관련기관들의 요구사항으로 부터 기기를 구성하고 있는 배관시스템의 성능을 결정하고, 주요 시스템에 대해서는 시스템의 주요 부품들에 대한 간략한 위상정보도 결정한다.

(2) 기능설계: 기본설계에서 결정된 시스템의 성능과 간략한 위상정보를 입력정보로 하고, 경제성을 고려하여 좀더 명확해진 선박의 구조에 맞추어 시스템의 성능을 재검토하고, 모든 부품들에 대한 위상정보와 속성을 결정한다.

(3) 상세설계: 모든 배관시스템의 물리적(graphic & non-graphic) 정보를 결정짓고, 다음 단계인 생산설계 단계에서 이용할 개략적인 생산정보와 현장배치에 관련된 정보를 표현한다.

(4) 생산설계: 상세설계단계의 설계도면으로 부터 생산에 필요한 모든 정보를 유추한다.

#### 2.3.2 상세설계 단계에서 배관모델링의 과정

배관 모델링의 주요 내용은 다음과 같다.

(1) Preparation: 배관설계의 단위요소들인 표준 library로 부터 설계할 프로젝트의 프로젝트 전용 library를 발췌하고, 선체 CAD시스템의 구조도면으로부터 배관재가 배치될 back drawing을 준비하고, 배관시스템의 diagram으로부터 배관재의 사양 file을 준비한다.

(2) Schematic piping & unit piping: 준비된 데이터와 응용 routine들을 가지고, 선체구조와 주위 의장품과 절충하여 배관의 그룹화와 직선화에 중점을 두고 계획/모델링하며, 이와 함께 표준화된 piping unit이나 호선전용 piping unit을 작성한다.

(3) General piping: 별도로 분리되어 작성된 도면(drawing)들을 하나의 도면(part)으로 합치고, 생산설계 단계에서 필요한 생산정보도 추가하여 상세한 부분까지 설계한다.

(4) Dimensioning & labelling: 치수, BOM(bill of material), 기타 도면의 양식으로서 필요한 정보를 입

력하여 도면을 완성한다.

### 3. 선박배관설계 전문가시스템

#### 3.1 지식기반 설계전문가시스템

전문가시스템이란 특정한 전문영역의 지식을 표현하고 이들 지식을 처리함으로써 전문가와 동등한 혹은 유사한 일을 할 수 있는 시스템을 말한다. 이는 인공지능의 연구분야중 응용에 중점을 둔 지식공학을 이용한 기술로, 지식이라고 불리는 고도의 정보를 컴퓨터에 저장하고 추론에 따라 여러가지의 문제 해결에 이용하려 하는 기술이다. 설계의 지식정보 처리기술도 이와같은 분류로 취급될 수 있다. 전문가시스템의 기본적인 구성은 Fig. 2과 같다.

#### 3.2 지식베이스의 표현

설계의 문제를 효과적으로 처리하기 위해서는 설계과정에서 다루어지는 대상을 분류하고, 이 대상들 간의 상관관계 및 이들의 조합에 의해 문제의 해를 탐색하여 나간다. 본 논문에서는 배관설계에 이용되는 대상을 단위 공간요소의 집합체인 배관경로, auto-routing의 대상요소인 배관요소, auto-routing을 위한 공간인 공간요소 및 제반 제한조건들로 구분하였다.

##### 3.2.1 배관경로와 배관요소

Piping process 과정에서 유추된 상위개념의 객체와 특성 및 타 객체와의 관계<sup>[12]</sup>를 Fig. 3에 도시하였다. Fig. 3은 OMT 방법론<sup>[13]</sup>에 의한 다이어그램으로 배관시스템의 분석과정에서 정의된 객체들 간의 관계를 나타낸 것이다.

각 객체들 간의 관계로는 클래스간 상속관계(a\_kind\_of), 클래스와 객체간 상속관계(is\_a), 요소객체들 간의 집합관계(consists\_of)와 연결관계(connected\_with) 및 참조관계(reference\_to) 등이 있다.

##### 3.2.2 공간요소

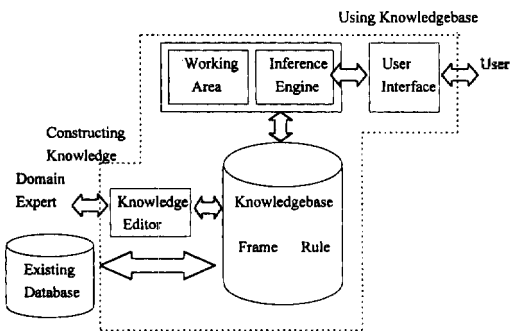


Fig. 2. Configuration of expert system.

공간요소의 정보는 외부의 모델러에서 모델링된 정보를 별도의 인터페이스 모듈을 통해 전문가시스템에서 불러서 사용하거나, 범용 DBMS에서 변환/저장하여 전문가시스템의 data bridge를 이용해 사용하는 것이 원칙이나, 현재는 우선 지식베이스 구축에 중점을 두고 배관요소와 유사한 형식으로 Fig. 4와 같이 표현한다<sup>[14, 15]</sup>.

#### 3.2.3 제한조건

배관설계문제의 해결공간을 줄여주는 각종 공간적, 법규적, 미관적 등의 제한조건들로서, 프레임(frame) 형식, 룰(rule)형식 혹은 객체내부의 메소드(method)로 표현된다.

#### 3.3 설계지식의 처리를 위한 추상화 계층구조

객체형식으로 표현되는 배관경로 및 배관요소와 물 및 서브 루틴(sub-routine) 형식으로 표현되는 제한조건과 알고리즘은, 시스템의 효율을 높이고 지식 수정과 추가를 쉽게하기 위해 적절한 레벨로 추상화 되어야 하며, 하위객체와 물 혹은 서브 루틴으로 갈수록 실제계의 객체 및 작업과 유사해진다. 설계지식은 계층화 구조(abstraction hierarchy)에 의해 수정

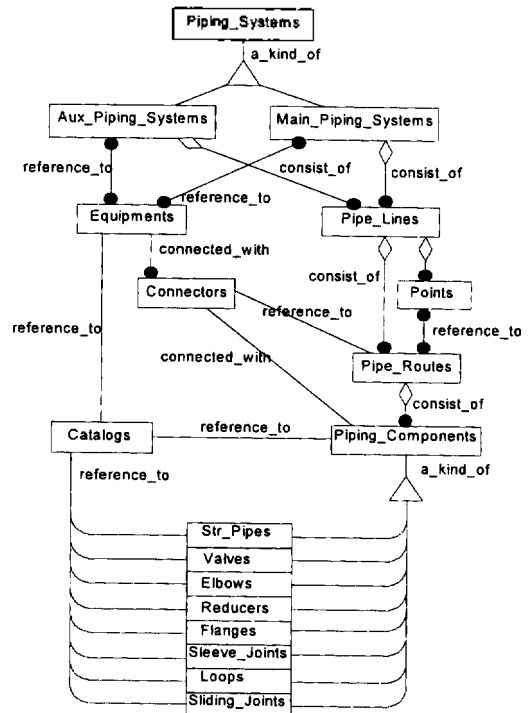


Fig. 3. Object diagram of pipe-path and pipe-element by OMT notation.

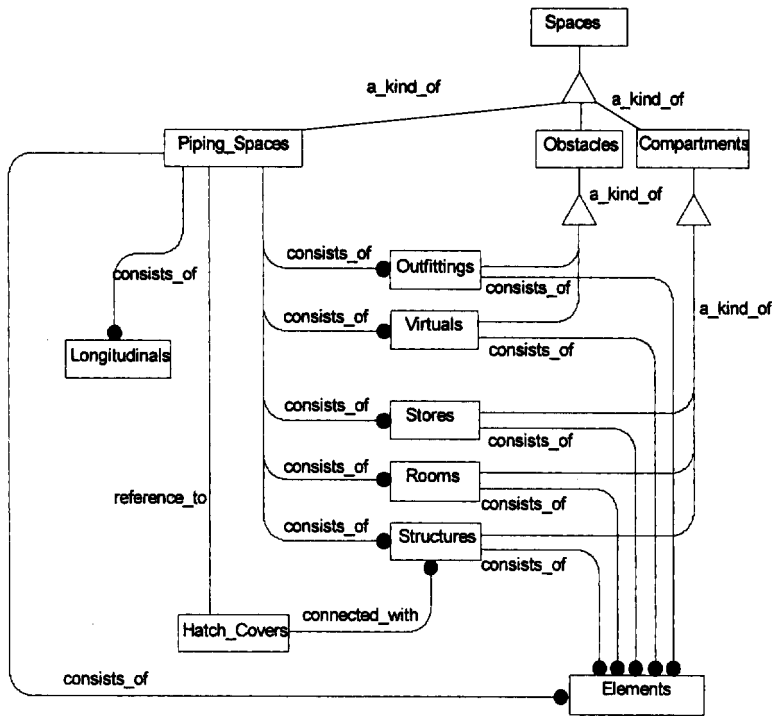


Fig. 4. Object diagram of space element by OMT notation.

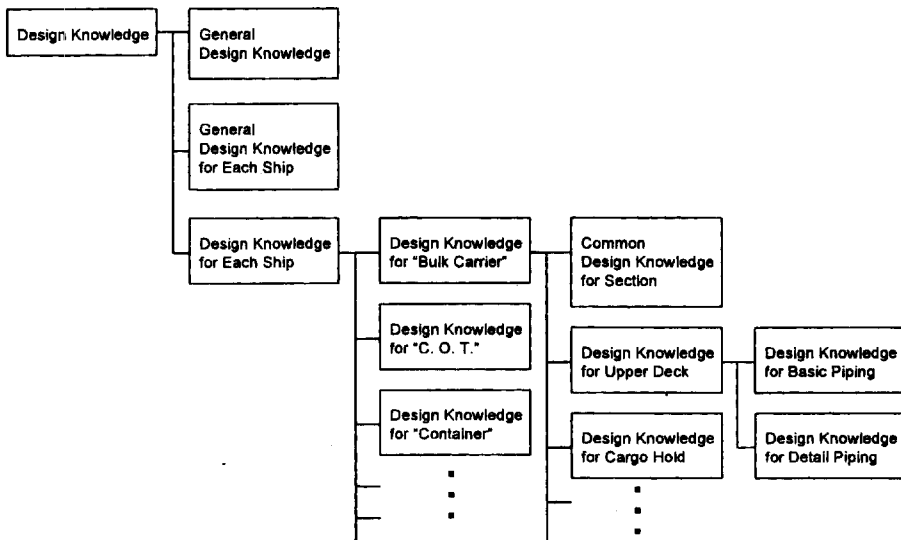


Fig. 5. Hierarchical structure of the design knowledge.

과 추가가 용이하도록 Fig. 5에서 처럼 모듈화 하여 분류하였으며, 시스템의 효율 향상을 위해 해당 설계작업별 관련 지식베이스만 로드(load)하여 설계하고, 자신의 설계임무를 마친 지식베이스는 언로드(unload)되고 다음 지식베이스가 로드되어 설계하도

록 하였다.

### 3.4 지식베이스의 설계

지식베이스 시스템은 다음과 같이 크게 3부분의 지식베이스로 구성되어있다.

- 지식관리자(meta-control knowledge) 지식베이스  
: 지식베이스 내의 비교적 비중이 있는 판단과 설계작업을 행하는 지식들을 통제하는 역할
- Global designer (typical section design) 지식베이스  
: 2차원의 section에서 최적위치를 찾는 역할
- Detail designer 지식베이스  
: 3차원공간으로 확장

(1) 지식베이스 시스템이 설계를 시작하면 처음으로 로드되는 지식관리자가 설계환경을 설정한 후, (2) 다음 지식베이스인 typical section designer가 로드되어 추론을 거친후 배관공간에서 제일높은 우선 배치권을 가지고 있는 해치커버(hatch cover) 등의 기본구조물과, 규정상 배치선택권이 없는 주요기기 및 의장품들만 배치된 상태에서, 반복적으로 해당 배관공간의 상황에 최적인 섹션(section)의 위치를 찾아, 배관시스템의 제일 높은 우선순위를 갖는 main piping system의 main line의 typical design을 2차원 section에서 결정하고, (3) Detail design 단계에서는 typical section designer가 결정한 우선순위에 따라 주

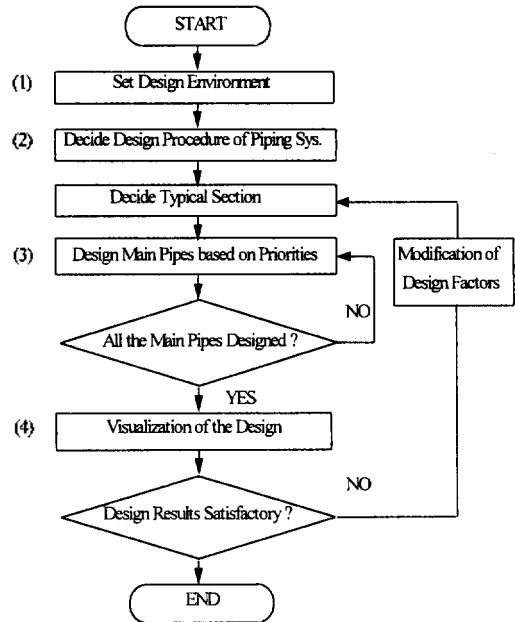


Fig. 6. Routing process of main pipes.

Table 1. Examples of rules and methods.

```

(@RULE = R_Typical_Section_Design
(@LHS =
  (Assign      (Data_Retrieve)      (Data_Retrieve))
  (Assign      (Walk_way_Design)    (Walk_way_Design))
  (Assign      (Typical_Pipes_Location) (Typical_Pipes_Location))
  (Assign      (Data_Write)         (Data_Write))
)
(@HYPO =      Typical_Section_Design)
(@RHS =
  (DeleteObject(< | Longitudinals | >))
  (Reset(Dummy_object.dummy_cum))
  (Reset(Dummy_object.dummy_index))
  (Assign      (FALSE)              (Typ_sec_designer.visit_status))
)
)
(@METHOD =    Assign_Data
(@ATOMID =   Walk_way; @TYPE = OBJECT;)
(@FLAGS =    PUBLIC;)
(@RHS =
  (Assign      (SELF.angle_size)    (SELF.angle_size))
  (Assign      (ROUND(SELF.breadth)) (SELF.breadth))
  (Assign      (SELF.ibtm_y)        (SELF.ibtm_y))
  (Assign      (SELF.ibtm_z)        (SELF.ibtm_z))
  (Assign      (SELF.ibop_y)        (SELF.ibop_y))
  (Assign      (ROUND(SELF.itop_z))  (SELF.itop_z))
  (Assign      (SELF.obtm_y)        (SELF.obtm_y))
  (Assign      (SELF.obtm_z)        (SELF.obtm_z))
  (Assign      (SELF.otop_y)        (SELF.otop_y))
  (Assign      (ROUND(SELF.otop_z))  (SELF.otop_z))
)
)
)
  
```

위의 기타 구조물 및 의장품의 상황에 대응되는 지식이 등장하여 3차원 배관을 설계한다. 이때 배관시스템의 목적함수는 배관의 길이와 벤드(bend) 숫자이다. 전문가시스템의 반복적인 설계가 성공적으로 종료되면, (4) CAD 시스템에서 설계결과를 가시화하게 된다. 이 과정을 그림으로 표현하면 Fig. 6과 같다.

이때 이 전문가시스템들이 설계하는 대상은 각종 배관 시스템중에서 주시스템에 속하는 compressed air system, hydraulic oil system, hold cleaning & bilge discharge system, fire & wash deck system, electric cable pipe system 등이며, 선급협회 및 해운항만청의 법규와 설계규정 혹은 경험에서 나오는 지식들을 가지고 있다. 다음은 이 같은 지식들의 몇가지 예이다.

- 배관은 취외 및 기기의 보수가 용이하도록 가능한 한 정연하게 배치되어야 한다.
- 배관은 될수 있는 대로 직선화, 그룹화하도록 한다.
- 배관의 꺾임부는 부득이한 경우를 제외하고는 elbow를 사용하지, 않고 벤딩(bending)을 하도록하며, 가능하면 45도나 90도의 벤딩 각도를 사용한다.
- 배관시스템 상의 부품 취부 및 유지보수가 용이하도록, 최소의 작업공간이 확보되어야 한다.
- 배관은 교통에 방해되지 않도록 설계되어야 한다.

위와 같은 내용의 반영된 지식들의 처리가 끝난 배관설계는, 사용자의 평가를 위해서 전문가시스템과 CAD 시스템과의 인터페이스 모듈을 통하여, 사

용자에게 설계결과를 보여줄 수 있도록 가시화 하게 되며, 평가결과가 좋지않을 때는 지식베이스의 설계인자 변경을 통해 재설계를 시킬 수 있다. 본 연구에서 구축된 3종류의 지식베이스는 총 165개의 룰들과 룰을 보조하는 106개의 메소드들로 구성되어 있다. 일반적으로 룰은 조건문과 실행문으로 되어 있지만 Nexpert Object에서는 조건문, 가설, 실행문으로 룰이 구성되어 있다. 본 논문에서 구축한 지식베이스내의 룰과 메소드의 예를 Table 1에 표시 하였다.

#### 4. 선박배관설계 전문가시스템의 적용에

##### 4.1 시스템의 구성과 개발환경

본 논문의 대상인 전체 시스템의 구성은 Fig. 7과 같다. 크게 관련법규, 설계규칙, 경험적 지식 등으로 구성되어 있는 지식베이스와, 추론결과를 설계자가 눈으로 평가하기 위한 전문가시스템과 범용 CAD시스템의 인터페이스 모듈로 구성되어있다. 지식모델링 단계에서 관련 객체의 정의와 관제의 설정, 일반 지식의 도출, 객체의 속성과 메소드 정의 등의 과정을 반복하여 진행된 개념설계 바탕으로, 지식모델을 종류별, 계층별로 잘 분류하여 전문가시스템내 지식베이스에 구현하여 실제세계의 객체와 지식에 가까운 모델을 생성하였다. 설계 전문가시스템과 CAD시스템과의 인터페이스 모듈은 전문가시스템 셸과 CAD시스템의 API용 서브루틴을 이용하여 auto-routing

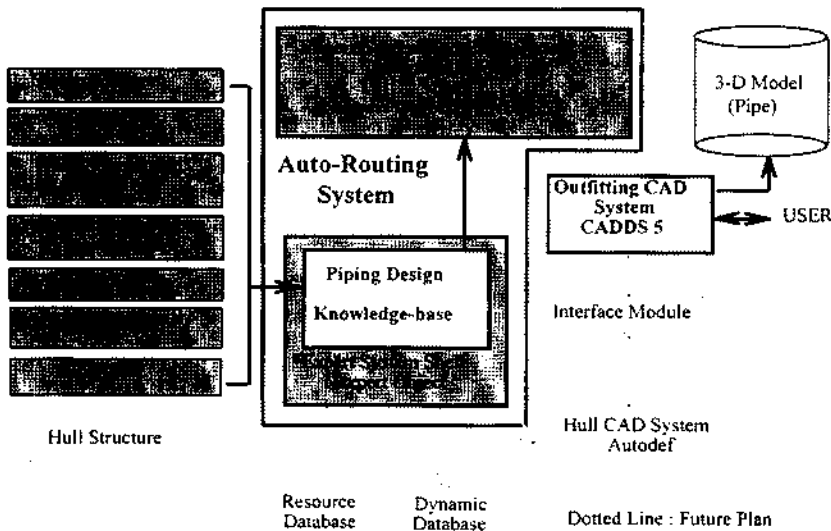


Fig. 7. Configuration of auto-routing system.

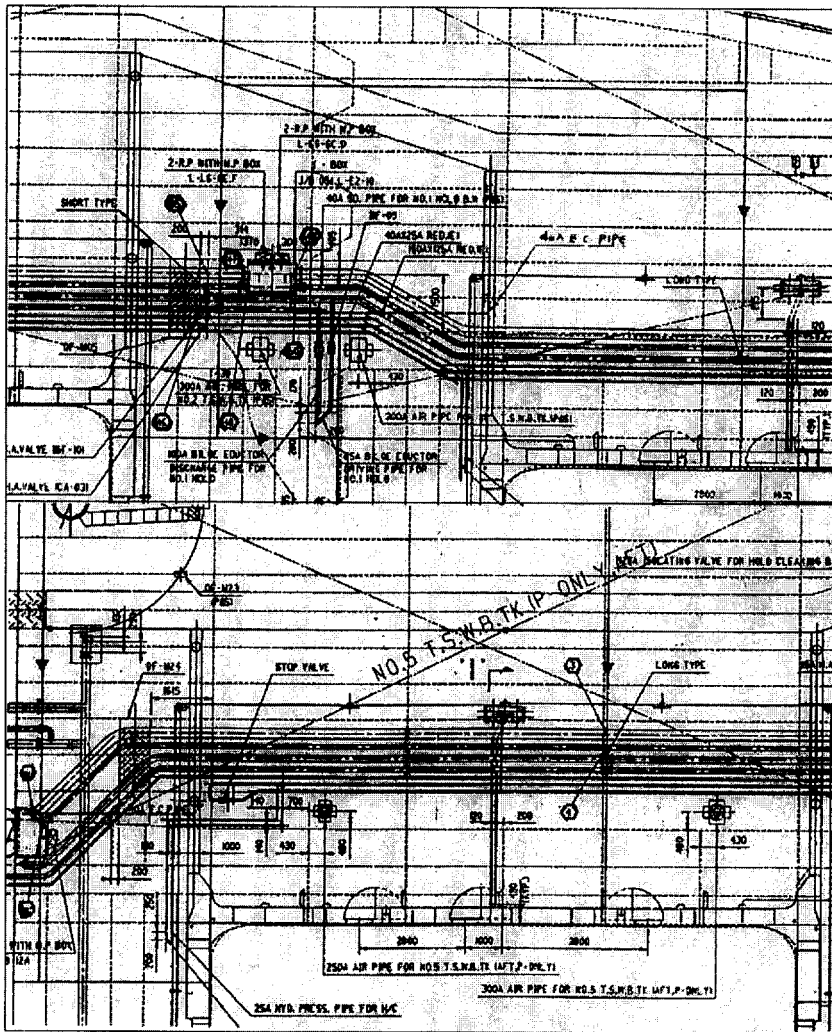


Fig. 8. Upper-deck piping design drawing of the ship.

시스템과 링크될 수 있도록 구성하였다. 배관설계 시스템은 Sun Sparc 워크 스테이션에서 수행되었으며, UNIX환경(Solaris 2.3)에서 C언어로 프로그래밍되었다. 사용된 전문가시스템 셸은 Nexpert Object 3.1이며, 전체 CAD 시스템은 CADDSS를 사용하였다.

#### 4.2 전문가시스템을 이용한 배관설계

구축된 지식베이스모델의 효용성을 확인하기 위하여 최근에 건조된 실적선에 적용해보았다. 구축된 지식베이스와 부분적인 설계지식 그리고 다음 실적선의 설계를 바탕으로 하여 프로토타입 시스템을 구현하였으며, 이용된 실적선은 16만톤급 살물선(bulk carrier)으로 하였다.

#### 4.3 설계결과와 검토

인터페이스 모듈을 이용하여 설계지식베이스의 추론을 거친 정보를 가시화하여 간단히 설계결과를 비교해보면, Fig. 8에 보인 실적선의 설계도면과, Fig. 9의 설계전문가시스템을 통해 출력된 도면은, 배관설계의 목적함수인 벤드숫자는 동일하고 배관의 길이는 약간의 차이가 있으나 거의 같다. 이것은 대상 배관시스템들이 배치의 우선순위가 비교적 높은 주요 배관시스템(main piping systems)의 주관(main lines)들이므로 당연한 결과라고 보이며, 만일 우선순위가 낮은 보조 시스템(auxiliary piping system)이나 지관(branch lines)들이 설계되었다면 결과는 많이 달라질 것이다. 그러나 typical section에서



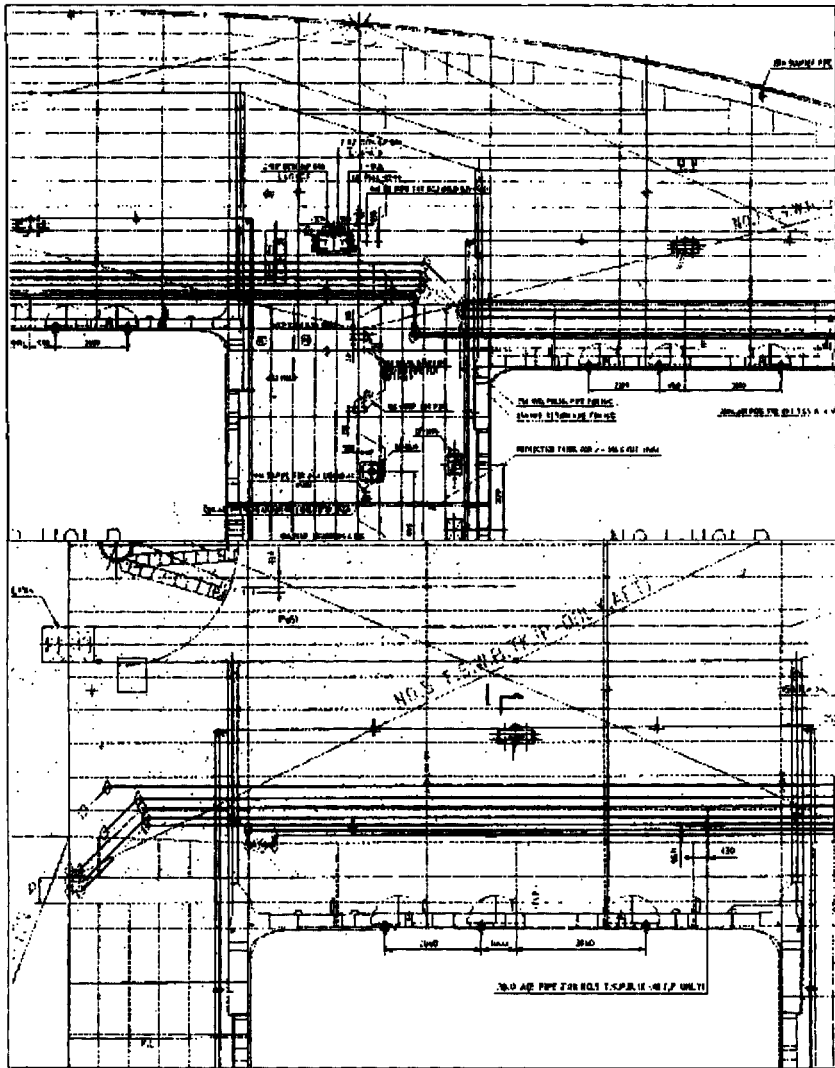


Fig. 9. Design results from the piping expert system.

의 주관의 위치는 약간 다르지만, 배관설계성격상 문제의 해가 유일하지 않으므로 적당 혹은 부적당하다는 평가만 가능하다. 이런 측면에서 실적선의 설계와 전문가시스템의 설계결과는 모두 적당하다고 평가된다. 만일 현재의 목적함수를 길이와 벤드숫자 외에, 배관시스템의 유지/보수성 및 배관주위의 유용공간등으로 확장하고, 인간전문가들이 공통적으로 인정할만한 목적함수의 가중치를 설정하여, 다목적함수의 문제로 확장하면 최적해의 공간이 많이 좁아질 것이다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 주로 수치적인 계산이나 진단 등의 기호처리에 중점을 두어 사용되는 기존 전문가시스템의 한계를 극복하고, 보다 현실적인 문제의 대응방안으로서 선박배관설계 전문가시스템의 프로토타입을 개발하였다. 이를 위해 성문화되어있는 설계규정, 조선소 현장의 설계경험 및 설계실적으로부터 지식을 발췌하여 설계지식베이스의 모델링에 중점을 두었으며, 개발된 지식베이스 모델의 검증에 위하여 전문가시스템과 범용CAD시스템과의 인터페이스 모듈을 마련하였다. 사용자 의사결정의 최소화 및 지식베이스의 체계화 및 용이한 확장성에 중점을 두고 연구하여, 설계지식베이스를 개발하고 개발된 설계지식을

검증하는 과정을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 단순반복계산이나 제도기능만을 확장하여온 선박의 배관설계분야에, 전문가시스템을 적용하여 복잡한 설계지식의 처리를 구현함으로써, 배관설계 전문가 시스템의 기틀을 마련하였다.

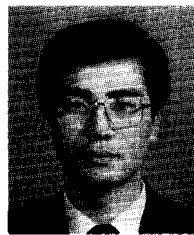
(2) 큰 규모의 설계지식을 각각의 임무성격과 양에 따라 관리자(controller of meta knowledge) 혹은 설계자(meta knowledge)로, 설계자는 다시 소설계자(knowledge)로 분류하여 추론에 필요한 지식만 로드되도록 하고, 소설계 작업자는 자신의 하부에 다시 소작업자를 가지고 있는 계층적 구조로 구성되어 있어서, 향후 약간의 전문가시스템 지식만 있는 배관설계분야의 domain전문가라도, 추론의 흐름을 파악해야 하는 부담이 없이 지식베이스를 용이하게 확장할 수 있도록, 배관설계작업의 레벨에 맞게 추상화된 계층구조로 개발하였다.

참고문헌

1. 이수홍, "자동차 전장용 에이전트 기반 연구 시스템 연구", 한국자동차공학회 논문집, Vol. 1, No. 3, pp. 83-94, 1994년 11월.
2. Rubin, F., "The Lee Path Connection Algorithm", *IEEE Transactions on Computers*, Vol. C-23, No. 9, pp. 907-914, September 1974.
3. Brown, A.D. and Zwolinski, M., "Lee Router Modified for Global Routing", *CAD*, Vol. 22, No. 5, pp. 296-300, 1990.
4. Brown, A.D., "Automated Placement & Routing", *CAD*, Vol. 20, No. 1, pp. 39-44, 1988.
5. Shragowitz, E., Lee, J. and Sahni, S., "Algorithms for Physical Design of 'Sea-Of-Gate' Chip", *CAD*, Vol. 20, No. 7, pp. 382-397, 1988.
6. Van Der Tak, C. and Koopmans, J.J.G., "The Optimum Routing of Pipes in a Ship's Engine Room", *Computer Applications in the Automation of Shipyard Operation and Ship Design(ICCAS) II*, pp. 333-341, 1976.
7. Funaoka, K., Wumeda, H., Fukahori, S., Yano, H., Ooahiba, T., Iida, A. and Fujita, K., "New Integrated Ship Design System MATES", *Computer Applications in the Automation of Shipyard Operation and Ship Design V*, pp. A5.1-A5.12, 1985.
8. Gotoh, K., Ishizuka, T., Izumi, Y., Ueda, M., "A New Computer Aided Streamlined System for Ship Piping Design", *Computer Applications in the Automation of Shipyard Operation and Ship Design (ICCAS) IV*, pp. 257-268, 1982.
9. Inoue, T., Shirakami, H., Shishida, K. and Moriya, Y., "HICADEC: Integrated CAD/CAM System with 3D Interactive Data Processing Architectures for

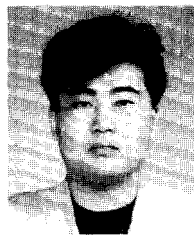
CIMS in Shipbuilding", *Computer Applications in the Automation of Shipyard Operation and Ship Design (ICCAS) VI*, pp. A7.1-A7.12, 1988.

10. Chambon, R. and Tollenacre, M., "Automated AI-Based Mechanical Design of Hydraulic Manifold Blocks", *CAD*, Vol. 23, No. 3, pp. 213-222, April 1991.
11. Mitsuta, T., Kobayashi, Y., Wada, Y. and Kiguchi, T., "A Knowledge-Based Approach to Routing Problems in Industrial Plant Design", *Int. Conf. Expert Systems & Applications*, pp. 237-256, 1986.
12. 이종갑, "객체 지향 기술을 이용한 배관 시스템 모델의 표현", 석사학위논문, 충남대산업 대학원, 1994년 10월.
13. Rumbaugh, J., Blaha, M., Premrlani, W., Eddy, F. and Lorenzen, W., *Object-Oriented Modelling and Design*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1991.
14. 김준호, "배치설계 전문가 시스템을 위한 지식 베이스 모델링에 관한 연구", 석사학위 논문, 충남대산업 대학원, 1994년 10월.
15. 한국기계연구원 선박해양공학 연구센터, "선박기관설 배치설계지원 전문가 시스템(MADES) 중간 결과 발표", 1994년 12월.



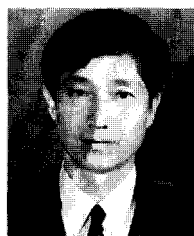
강 상 섭

1984년 부산대학교 조선공학과 학사  
1996년 한국과학기술원 자동차 설계공학과 석사  
1984년~현재 현대중공업  
관심분야: 설계 전문가 시스템, 선박설계 자동화



명 세 현

1991년 한양대학교 기계설계학과 학사  
1995년 한국과학기술원 자동차 설계공학과 석사  
1995년~한국과학기술원 기계공학과 박사과정  
관심분야: 설계 전문가 시스템, 형상 모델링, 특징형상 모델링, 파라메트릭 모델링



한 순 홍

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