

## 공학문제에 대한 지식베이스 방법의 적용

李鎰榮, 洪榮秀\*

(正 會 員)

浦項工科大学 電子計算學科 副教授, A.I研究室 研究員\*

### I. 서 론

70년대의 컴퓨터 기술은 회로 시뮬레이션과 같은 방대한 양의 프로그램을 개발하는 도구 및 수치적인 해결 방법을 제공하였지만 이러한 기술이 모든 공학적 문제를 취급하는 데는 부적당하였으므로 인공지능 연구에 대한 필요성을 느끼게 되었다. 즉 “불확실한 상황에서 최대의 효과를 얻기 위한 경험적 지식의 사용”(B. W. Koen)으로 정의되는 A.I 기술은 엔지니어링 분야에서 쉽게 접할 수 있는 ill-structured problem을 풀기 위한 방법을 제시 해준다고 할 수 있다. 이러한 인공지능 기술이 그동안 여러산업 분야에서 성공적으로 쓰였고, 또한 prototype 시스템도 많이 개발된 상태여서 전문가들은 1990년대에는 산업분야에의 활용에 많은 투자와 연구가 있을 것이라고 믿고 있다.

엔지니어링 분야에서 특히 기대되는 분야중의 하나는 process plant operator에 대한 on-line advisor system이라 할 수 있다. 왜냐하면 현대화 된 중앙 제어실에서의 조업자는 수천개의 산재된 컴퓨터로부터 오는 수 많은 데이터를 감시하고 설비 상태에 대한 분석을 해야한다. 즉 alarm status와 같은 low-level information을 가지고 정확한 판단을 내린다는 것은 무척 어려운 일로써 power plant의 경우, operator는 2분동안 800여개의 경보 신호를 받아 분석후 처리를 해야 하는데, 아무리 그 분야에 숙련된 전문가라도 그렇게 많은 정보를 가진 multiple problem을 해석 처리한다는 것은 매우 어려운 일일 것이다.

인공 지능기술은 이러한 산재된 시스템에 대하여 지능적이고 경험적인 정보를 조업자에게 제공하여 그 수고를 덜어주는데 이 기술은,

- 1) 엔지니어링 분야에서 수년동안 축적된 전문지식을 보존 및 유지하여
- 2) 새로운 기술 분야로 확산시킬 때 필요한 지식을 확장시키고
- 3) 사람의 조작없이 실 시간에서 취해야 되는 필요한 행위(action)를 지능적으로 추론할 수 있는 시스템을 제공할 수 있다고 알려져 있다.

그러나 A.I 기술을 활용하는 데는 많은 문제가 있는데, 이 응용 시스템은 전형적으로 강력한 개발도구(development tool)를 필요로 하여 최근에는 여러가지 상용 도구(commercial tool)가 사용가능하나, 수많은 응용분야에 비한다면 역시 미흡한 실정이다.

예를 들어, 용광로 노환제어 전문가 시스템-현재 포항공과대학(POSTECH), 산업과학기술연구소(RIST)와 포항종합제철(POSCO)이 개발중-인 경우, 용광로 조업유지를 위한 고도의 조업 판단, 설비비전 및 진단 등 전문 조업자에 의존하는 업무가 많아 이런분야는 종래의 software 기술로 다루기 힘든 상황이다. 이 중에서 특별히 이 시스템은 종래의 software 기술로서는 조업조건の大폭적인 변경 및 기술환경(신 센서의 개발, 신 제어설비의 도입등)의 변화에 신속히 대응치 못하는 문제점을 갖고 있다. 이러한 특정분야의 엔지니어링 문제를 구현하기 위해 구축 환경(development environment)을 향상시키고, 문제해결(problem solving)에 대한 수고를 덜어 주는 상용도구의 개발이 이루어지고 있다. 그리고 본 고에서는 engineering 분야의 구축에 있어서 필요한 주요 구성 요소와 이에 관련된 시스템 및 시스템 구축시 문제점(특히 실시간 처리)에 대해 고찰하기로 하겠다.

## II. Engineering Problem에 있어서 A.I 기술 적용

엔지니어링 분야의 sub problem을 전문가 시스템으로 구현하기 위해 지식공학에서 얻을 수 있는 여러가지 지식을 이용한다.

여기에서는 그 접근 방법을 diagnosis, design, planning과 같은 전형적인 응용예를 통해서 설명키로 한다.

### 1. 진단(Diagnosis)

전문가 시스템의 대표적인 응용예로 진단 시스템을 들 수 있다.

즉 진단 시스템은 어떤 주어진 사실에 대해 전문가로부터 추출한 지식과 경험을 표현하기 적합한 규칙(rule)으로 표현하여, 주어진 문제에 대해 적합한 규칙을 선택후 추론하게 된다(그림 1참고). 따라서, 진단 시스템에 있어서 rule의 선택(selectivity)이란 중요한 의미를 가진다.

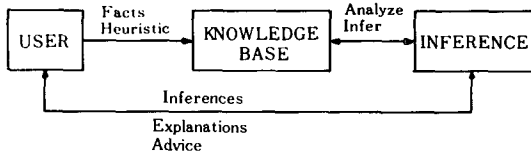


그림 1. 전문가 지식에 기초로 한 추론

이 시스템의 단점은 지식을 rule로 잘못 표현시원하지 않는 결과를 가져올 수 있다. 그러나 진단 시스템은 후에 언급될 MES 시스템과 같이 어떤 증세(symptoms)에 대해 가능한 원인을 추론하고 그에 따른 자료를 효과적으로 수집한 후 서로 대립되는 가설을 식별하는 기능을 가지고 있다.

진단 시스템의 적용 분야는 크게 다음 그림 2와 같이 나타 낼 수 있다.

컴퓨터 하드웨어 분야의 예로는, 시스템에 이상이 생겼을 경우(system down 시)에 적절한 조치를 취하여-예를 들어 현재 수행 중인 프로그램을 디스크에 저장 등-수퍼 유저에게 벨을 울려 조치를 취할 수 있도록 해준다.

한편, 군사시스템의 MES는 항공기 유지 보수 매뉴얼에서 추출한 지식 즉 부품의 무게와 크기, 착륙

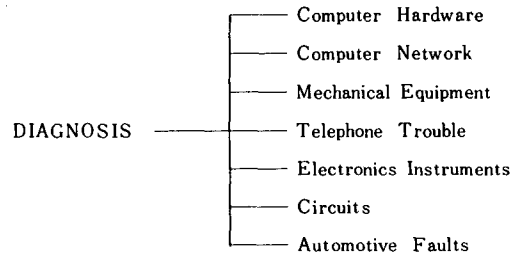


그림 2. 진단 시스템의 적용 분야

시험작동, 고장 발견 그리고 수선 절차등의 지식을 컴퓨터에 입력해 항공 기술자의 기계고장진단을 돕는 시스템이며, 공정 제어의 예로써 FACON 시스템은 화학 처리 공장에서 공정상 문제가 발생시 자동경보와 스위치 계기판 상태에 관해 수치로 기록된 데이터를 분석하여 원인을 찾아내는 시스템이다. 특히 핵 발전소, 연속 주조 공장 등에서는 기계의 고장을 미연에 방지하기 위해 A.I를 이용한 preventive maintenance system 도입이 시급하다.

### 2. 설계(Design)

설계를 하는데는 진단 처리와 같은 제약 조건을 가진다. 즉 시스템을 구축하는데 많은 비용과 시간이 요구되고, 설계에 맞는 rule의 표현이 어려우며 rule 선택시 많은 문제점을 안고 있다. 그러나 설계 시스템의 목적은 진단 시스템과는 달리 사용자의 요구 사항을 주어진 명세에 따라 시스템을 설계함으로써 사용자에게 만족된 결과를 줄 수 있다.

디자인은 여러개의 phase로 구분할 수 있다(그림 3참고).

지금까지 주어진 문제에 대해 분석적 테스트 및 시뮬레이션이 행해졌고, 그 결과 그 구조에 대한 구성 요소들(components)이 알려짐으로써 특성과 상호 관계가 정의 되었다. 제시된 결과에 따라 부 시스템(sub system)의 특성이 추론되고 검사되어 질 때 설계에서 가장 중요한 구성요소는 선택(selectivity)과 연결(connection)이다. 또한 어떤 요구가 제시 되었을 경우 명세에 따라 일치(consistency) 여부를 검사할 수 있어야 한다.

디자인은 feed back 과정을 통하여 설계 목적에 맞게 계속적으로 수행되어야 한다. 설계를 할 수 있는 기능을 가진 컴퓨터는 그러한 변화를 검사할 수 있는 기능을 가져야 하며, 새롭게 디자인된 것이 울

Phase	Activities
Preliminary Design	Selection of overall forms, environment, and functional requirements (sometimes decribed as synthesis)
Preliminary Component Design	Selection and elaboration of components
Detailed Design	Further refinement takes place
Analysis and Optimization	Verify and evaluate all aspects of the design
Documentation and detailed project planning	

그림 3. Phase of the design process

바른 것인가를 검사 할 수 있어야 한다. 새로운 구성 요소가 때때로 생겨날때 이러한 요소를 처리해주는 다양한 방법과 환경적 규칙 (environmental regulation) 이 따라야 한다. 설계에 있어서 이러한 모든 특성이 전문가 시스템의 기술의 적용에 적합하다.

설계 시스템의 적용분야는 그림 4 와 같다.

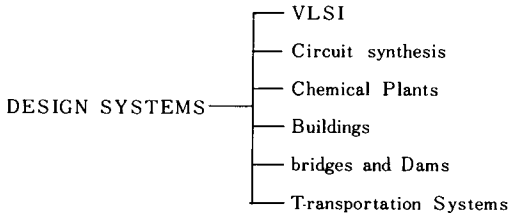


그림 4. 설계 시스템의 적용 분야

VLSI 설계 시스템의 예로서 EURISKO를 들 수 있는데, 이 시스템은 VLSI 설계를 포함하여, 각기 다른 많은 분야에서 발견적 방법에 의해 학습하는 기능이 있다. 또한, 레이저 재결정 기술을 사용해 제작할 수 있는 3차원의 미세한 전자공학 장비 문제가 대두 되었을 때, 이를 이용하여 설계하였다. 다른 예로 PEACE 설계 시스템은, 전화 회로 설계시 사용되며 회로 디자인에 관한 지식을 적용하여 수동 회로와 디지털 회로의 분석과 통합(synthesis)을 수행하는 CAD 도구이다.

### 3. 계획(Planning)

계획이란 설계 과정의 절차-즉 행동의 순서-가 결과로 나타난다. 그 계획은 예기치 않은 문제발생에 대한 조치가 되어 있다. 예를 들어 계획자는 요구되는 결과가 실패(fail) 되었을 경우를 대비하여 비상 조치를 정의하거나, 환경에 변화가 생겼을때 수행될 수 있도록 그에 대응되는 행동에 대해 정의하여야 한다. 따라서 더 많은 동적인 setting에 대해 디자인해야 하며 행동의 순서에 제약을 가해야 한다.

대부분의 분야에, 계획(planning)은 설계 시스템과 같은 방법으로 전문가 시스템으로부터 얻을 수 있는 장점이 있다.

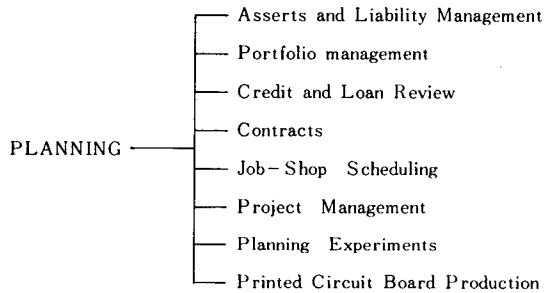


그림 5. Planning 시스템의 적용 분야

위의 응용분야 중 printed circuit board production을 위한 OPGEN은 process planning을 할 수 있는 전문가 시스템이다.

여기에서 process planning이란, 산업 공학 활용 분야 중 한 분야로서 설계가 끝난뒤 조립(assembly)이 들어가기 전의 단계이다.

Process planning의 첫째 단계로써는 산업 공학자가 각 list(material file에서 얻을 수 있다.)를 주의 깊게 관찰후, 전문 지식이나 경험을 가지고 상세한 계획 즉 어느 요소들이 설정(install)되었는가, install procedure의 중심이 되는 factory work는 무엇인가, install procedure 등을 산출해 낸다.

OPGEN 시스템에서의 planning activity는 다음과 같이 구성되어 있다. 첫째는 이미 프린트된 회로판과 설계도(layout diagram) 등과 같은 전자적 요소(electrical component)를 모으고, 둘째는 프린트된 회로판의 정확성을 판단하기 위해 전문가(또는 robot)가 시스템을 작동시킨다. 결과는 작업지(operational sheet)로 나타난다.

### III. Engineering 분야의 개발사례

Engineering 분야의 개발사례는 다음과 같이 요약된다.

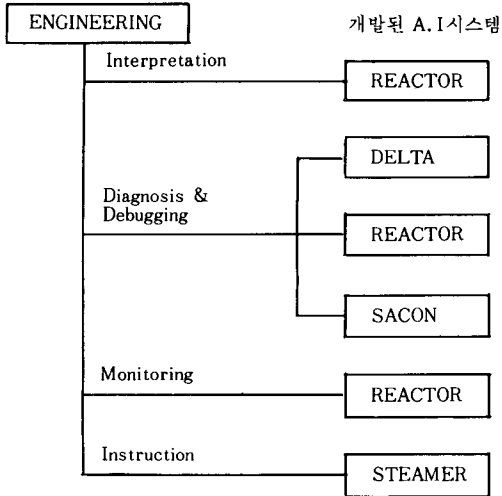


그림 6. 엔지니어링 분야에 관련된 A.I 시스템

다음은 각 tool들이 engineering 분야중 어떤 분야에서 개발되었고, 개발에 대한 내용이 어떠한가를 살펴보면 다음과 같다.

CONPHYDE : CONSULTANT for PHYSICAL property DECISIONS

물리적 고유치의 측정 방법을 사용하는데 이 용목적으로 개발되었다. 이 시스템은 요구된 정확성과 원하는 농도, 온도, 압력범위에 대해 주어진 정보로 process simulation을 세우기 위해 증발 액체 평형 계수를 선택한다. CONPHYDE의 개념은 PROSPECTOR(광물 탐사용)와 같은 결합된 rule-based, semantic net formalism을 나타낸다. 그것의 추론은 확신도 (certainty factor)와, data와 관련된 확률의 결합은 BAYESIAN Decision Theory에 기초를 두고있다. 이 시스템은 KAS에서 수행되고 KAS의 explaining facility를 사용한다. CONPHYDE는 Carnegie-Mellon 대학에서 개발되었고 demonstration prototype의 단계에 이르렀다.

DELTA : Diesel-Electric Locomotive Troubleshooting Aid

기관차 유지를 위한 진단 전략(diagnostic strategies)을 이용함으로써 디젤전동 기관차의 고장을 진단하여 보수하는데 목적을 두었다. 이 시스템은 모든 보수 절차를 제공하고, 각 부분이 graphic 형태로 나타나고 video disc의 형식으로 보수하는 순서 및 한번 고장이 발생하면 특정한 보수 instruction을 수행한다. DELTA는 LISP으로 쓰여진 general purpose language로 개발된 rule-based system이다. DELTA는 backward & forward chaining 방식을 사용하여 rule들을 access하고, 불확실한 rule의 가설(premise)을 위해 확신도(certainty factor)를 사용한다.

비록 이 시스템이 LISP으로 prototype화 되었지만 microprocessor based system상에 install을 위해 FORTH에서 다시 수행된다. General Electric Company는 New York의 SCHENECTADY에 있는 연구개발센터에서 이 시스템을 개발하였다. 그들은 상업적 분야에서의 사용에 앞서 DELTA의 field testing을 보완하였다.

NPPC : Nuclear Power Plant Consultant

원자력 발전소의 가동 모델에 rule을 적용함으로써, 원자력 연구소의 operator가 비정상 조업에 관한 원인을 판단하는데 도와준다. 이 시스템은 pump, reactor, steam generator, 비 정상 상태를 진단하기 위해 긴급(emergency) core cooling system을 포함한 기본적인 냉각 시스템의 모델을 사용하고, 문제를 바로 잡기 위해 절차를 제공한다. 이 모델은 진단 rule에 잘 접근할 수 있는 commonsense algorithm network로 구성 되어 있다. 이 시스템은 Georgia Institute of Technology에서 개발 되어졌고 연구용 prototype 단계이다.

REACTOR : 정상적인 조업 상태에서부터 편차(deviation)를 찾아서 유입수 유량과 containment radiation level과 같은 계기눈금을 감시함으로써, 원자로 사고의 진단과 처치를 하는데 조업자를 도와준다. 시스템이 편차(deviation)를 발견시 그 상황을 평가해서, 로의 형태와 이미 알려진 사고 조건하에서의 로의 예상되는 상황을 rule에 적용시킴으로서 진단후 적절한 조치를 나타내 준다.

REACTOR는 forward & backward chaining

방법을 사용하는 rule based system으로서 LISP에서 수행된다.

EG & G Idaho에서 개발되었고 연구용 prototype 단계에 있다.

**SACON** : 엔지니어가 특정 구조물의 분석 전략(analysis strategies)을 결정하는데 이용된다. 엔지니어는 어떤 대상의 기계적 행위를 simulate하기 위한 한정 요인 분석방법을 사용하는 프로그램(MARC)으로 이 전략(strategy)을 수행할 수 있다. SACON은 분석을 할 때 문제 분석 단계를 구분하고 MARC 프로그램을 적용할 수 있는 사양을 나타낸다. SACON은 적합한 전략을 결정하기 위해 다른 loading 상태하에서 stress와 구조의 탐색에 관한 지식을 이용한다. 분석할 수 있는 구조는 비행기 날개, 원자로 압력관, rocket motor casing과 교량 등을 포함한다. SACON은 EMYCIN으로 구현된 backward chaining 방식의 rule based system이다. 스텐포드 대학에서 개발되었고 현재는 prototype 단계에 있다.

**SPERIL-II** : 지진이 시작될 때 구조물의 피해정도를 예측하는 시스템인 SPERIL-I에서 개발된 시스템으로 현재 건축물의 일반적인 안정성과 위험 가능성을 추론한다. 이 시스템은 지진동안 일어나는 구조의 특정 위치에서의 가속도와 변위와 같은 구조적 반응에 대해 조사된 데이터와 기기 기록을 분석하여 구조물의 위험성을 나타내어 준다. 이 시스템의 지식은 사례연구에서 채취하였고, predicate logic으로 표현되었다. 또한 이 시스템은 전, 후향 추론(forward & backward chaining)을 사용하여 rule을 액세스 하며 dempster shafer algorithm을 사용하여 확신도를 결정한다. 이 시스템은 prolog에서 수행되며 Purdue 대학에서 개발되었으며, 현재는 prototype 단계에 있다.

**STEAMER** : 해군생도에게 추진 공학(propulsion engineering)에서 순양함용 증기 추진 기계의 작동법을 가르쳐준다. 이 시스템은 생도들에게 적절한 행동을 깨우쳐주고 부적당한 행동을 고쳐준다. 이 시스템은 플랜트 서브시스템을 생동감 있는 컬러 그림으로 나타낼 수 있는 정밀한 그래픽 인터페이스 프로그램과 추진기기의 수학적 시뮬레이션이 함께 수행된다. 학생들은 시뮬레이트된 밸브, 스위치, 펌프등

을 관리하고, 압력, 온도 변화등의 플랜트 파라미터에서 효과를 관찰한다. STEAMER는 ZETALISP에서 구현되고 ZETALISP의 FLAVORS 패키지에 의해 object oriented representation scheme을 사용한다. 이 시스템은 Naval Personal Research & Development Center에서 개발되었고 현재 실용화 단계에 있다.

#### IV. Knowledge Based System을 Engineering Problem에 적용시 발생하는 문제점 및 대책

##### 1. 문제점

지식 공학 기술을 engineering 분야에 적용시키기 위해 수 많은 어려운 문제점들이 많이 있겠지만 그 중에서 가장 중요한 것은 real time processing이다. 지금까지 real time expert system에서 많은 발전이 있었지만 가장 두드러지는 것은 소프트웨어와 전달 매체와의 결합이다.

Real time system architecture는 전용 센서와 고성능 장치(high performance device)를 가지고 있는데, 그들을 제어할 수 있는 프로그램작성은 매우 어렵다. 때로는 단일 칩 디지털 신호 프로세서(single chip digital signal processor)와 같은 전용 하드웨어(special purpose hardware)도 단지 계산용으로만 유용하게 쓰여왔다.

지금까지 전용 하드웨어에 대한 개발을 시도하였지만 내장 에뮬레이트(in circuit emulate) 수준을 능가하지 못하는 실정이다. 또한 방대한 양의 시스템을 적용시 어려움이 따른다. 그것은 첫째, 추론시 사용되는 컴퓨터의 메모리의 부족 및 처리 속도문제 둘째, 지식을 효과적으로 표현하는데 어려움이 아직도 있다. 셋째, 지식 베이스의 inconsistency를 검사하기 어렵다. 이와같이 많은 요소들이 아직도 해결해야 할 과제이다.

더우기 지식 베이스 시스템의 개발을 효과적으로 지원할 수 있는 상용 전문가 시스템의 개발환경은 수 천개의 센서와 추론 규칙(inference rules)이 결합될 수 있는 크고 복잡한 시스템이 적합하데, 중간 크기의 시스템으로써 제조 환경과 싼가격의 하드웨어를 충족시킬 수 있는 시스템은 현재 없다. 그래서 각 연구소에서는 이러한 시스템을 실현시키기 위한 연구가 진행중에 있다.

##### 2. 대책

새로운 real time architecture를 개발하는 것은

매우 어려운 문제이므로, 기존 시스템상에서 real time processing 기법을 구현함으로써 편리하고 효율성이 있는 컴퓨터를 구현하는 연구들이 진행되고 있다. 하지만 이와 같은 접근 방법이 있어서는 다음과 같은 제약 조건이 따른다.

- 1) Real time 기능을 제공해 주어야 한다.
- 2) 현재 개발된 표준적인 기존 지식 베이스 개발 환경과 언어에 적합하여야 한다.
- 3) 다중 프로세스(multiple processor)의 path 를 제공해 주어야 한다.
- 4) 지식 베이스 시스템 구성요소의 효율성을 유지해야 한다. 즉 이 기술을 도입함으로써 기존 시스템의 효율을 떨어뜨려서는 안된다.

따라서, 위의 조건들을 모두 만족시킬 수 있는 방법을 모색하여야 한다.

지식 공학을 real time application에 적용시 수반되는 가장 어려운 문제점은 performance, functionality 그리고 integration 사이의 균형을 맞추는 것이다 (그림 8 참고).

예를 들어 high performance와 높은 집적도를 성공적으로 시도할 수 있는 접근방법은 single high speed processor 상에서 실행되는 single purpose programming language 를 사용하는 것이다. 하지만 이러한 선택은 필요한 기능을 제공하고, 주어진 시간과 경비내에서, multiple target machine상에서 구현해야 하는 문제점이 따른다.

전문가 시스템의 개발도구로 intelligent real time application 을 구현한다는 것은 더욱 어렵다. 하이브리드 전문가 시스템 도구에서 볼 수 있는 특수화된 하드웨어 또는 하이브리드 구조, 많은 메모리를 갖

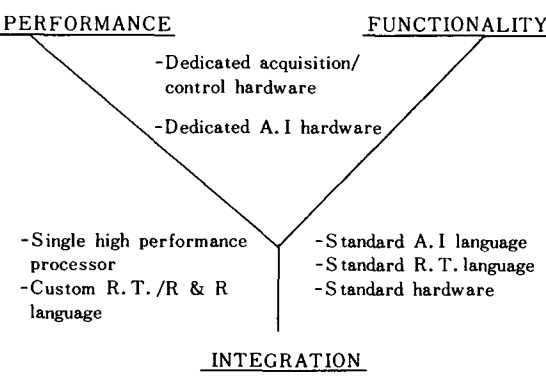


그림 7. 성능, 기능, 집적(integration)을 만족시켜 주는 engineering choice

춘 복잡한 추론엔진과 강력한 프레임 베이스에 의한 표현방법은 real time에 있어서 전달매체의 선택과 높은수준의 기능 선택을 억제시킨다. 하지만 현재 기술을 가지고 application을 integration시키는 능력은 기능과 성능에 있어서 trade off를 가져온다. 그러나 성능, 기능, 집적이 있어서 또다른 trade off가 있다. 예를 들어 기본 하드웨어와 소프트웨어 상에서 기능과 집적을 중심으로 설계되면 성능이 떨어진다. 사실상 대부분의 전문가 시스템은 LISP machine에서 동작되지만, 만족할 만큼 빨리 수행 되지 못한다.

만약 현재 real time application에서 성능과 집적이 중요시된다면, 기능성은 무시해야 될 것이다.

위의 문제점을 해결할 수 있는 두가지 방법은 새로운 인공 지능처리 컴퓨터의 개발과 수치형 처리와 기호형 처리와의 적절한 결합, 그 예로써 로보트 또는 비행기 디자인과 같은 문제는 symbolic technique 또는 numeric technique 중에서 어느 한가지에 편중할 수 없는 영역이기에 더욱 coupling을 필요로 한다.

<b>REPRESENTATION LEVEL</b>
Hierarchy of Meta-knowledge Domain-Knowledge Representation AI Languages and Programming
<b>CONTROL LEVEL</b>
Truth Maintenance Partitioning and Restructure Synchronization Scheduling
<b>PROCESSING LEVEL</b>
Micro-Level Architecture Macro-Level Architecture System-Level Architecture

그림 8. Design issue in A.I architectures

첫째로, 새로운 컴퓨터를 디자인하는 데는 다음과 같이 3가지 단계로 분류할 수 있다.

둘째로, 수치적인 처리와 기호적 처리와의 적절한 결합이다. 이것은 수치적인 처리형 컴퓨터와 기호적 처리형 컴퓨터의 장점을 모두 가짐으로서 기존의 컴퓨터보다 처리능력을 높일 수 있기 때문이다.

MYCIN, PROSPECTOR, DENDRAL, HEARSAY-II 와 대부분의 비전 또는 이미지 프로세싱 시스템이 이러한 방법을 택하고 있다. 특히, MYCIN의 경우 certainty factor 를 계산할 때 수치적 연산을 하고 있다. Coupling에는 2가지 접근 방법이 있는데 하나는 수치적 process routine을 black box화 하여 각 process에 대한 지식을 갖고 있지 않으면서도 각 process가 상태 변수(state variable)에 미치는 영향을 분석함으로써 기호적 및 수치적 계산을 실행하는 shallow coupled system approach 이고 다른 하나는 process가 가지고 있는 정보들-input, output, process 기능, 목적, side effect, usage constraints, limitation 등-을 최대한 활용하여 자신이 가지고 있는 정보를 지식 베이스에 있는 rule에 적용, 분석후 기호적 또는 수치적 계산을 하는 deep coupled system approach이다.

인공 지능 시스템 구축시 이러한 두 시스템의 특성 및 장, 단점을 잘 파악하여 활용한다면 좋은 효과를 볼 수 있다고 생각된다.

## V. 결 언

엔지니어링 분야에 대한 지식 공학 시스템의 연구와 적용이 점차 증가하고 있다. 이는 공학분야가 지식 베이스적인 접근 즉, 전문가 시스템 구축이 맞는 분야이기 때문인데, 전문가의 경험적 지식에 의존하는 공학 분야에 대한 연구가 이미 선진국 여러 나라에서 많은 연구가 이루어 졌고 지금도 연구가 한창이다. 특히, 미국의 경우 콜럼비아 대학에서는 특수목적(special purpose)의 컴퓨터인 DADO machine과 DADO II machine을 발표하였다. 이 컴퓨터는 전문가 시스템 구축에 사용되는 production system(ex, OPS5)의 성능 향상 및 발생하는 문제점들을 보완하기 위해 만들어 졌다.

Production system은 match 시간이 수행시간의 대부분을 차지한다. 그래서 이 match 시간을 줄이기 위해 1023개의 프로세서를 사용하여 병렬처리를 하여 해결하였다. 이 밖에도 ITT Advances Technology Center에서 개발한 SIMD machine인 CAP(cellular array processor), NON-VON 등의 새로운 architecture 개발에 많은 연구가 진행중이다.

이런 면에서 특수 하드웨어, 소프트웨어 개발을 우리도 적극적으로 추진하면 조만간 공학 분야 뿐만 아니라 다른 분야에서도 좋은 결과를 가져올 것이라 확신한다.

## 參 考 文 獻

### 1. Electronics and Computers

J.S. Brown and R.R. Burton, "Multiple representations of knowledge for tutorial reasoning," in D.G. Bobrow and Collins (ED), Representation and Understanding: Studies in Cognitive Science, pp. 311-349, Academic, New York, 1985. SOPHIE electronics lab simulation.

G.J. Sussman, "Electrical Design: a problem for artificial intelligence research," in proc. fifth international joint conference on artificial intelligence pp.894-900, Massachusetts Institute of Technology, 1977.

J. de Kleer, Casual and Teleological Reasoning in Circuit Recontion, Ph.D Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1979.

T.M. Mitchel, L.I. Steinberg, S. Kedar-Cabelli, V.E. Kelly, J. Shulman, T. Weinrich, "An intelligent aid for circuit redesign," in proc. National Conference on Artificial Intelligence, pp. 274-278, American Association for Artificial Intelligence, 1983.

J. Kim and J. McDermott, "TALIB: An IC layout design assistant," in proc. National Conference on Artificial Intelligence, pp. 197-201, American Association for Artificial Intelligence, 1983.

M. Stefik and L. Conway, "Toward the Principled Engineering of Knowledge," AI Magazine 3,3, Summer, 1982.

R. David "Expert System: Where are we? And where do we go from here?" AI Magazine 3,2, pp. 3-22, Spring, 1982.

### 2. Engineering

P. Freeman and A. Newell, "A model for functional Reasoning in design," in proc. second International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 621-640, London, 1971. Somewhat general, problem-solving approach.

G.J. Powers, "Ncn-numerical problem solving methods in computer-aided design," In IFIPS Conference on Computer-aided Design, Eindhoven, The Netherlands, 1972. Discussion of AI techniques applied to design problems.

D.C. Brown and B. Chandrasekaran, "An approach to expert systems for mechanical

design,” in Proc. Trends and Applications, pp. 173-180, IEEE Computer Society, 1983.

Sriram, Banares, Venkat, Rychener and Westenberg, Knowledge-based expert systems: An emerging technology in CAD for chemical engineers, Technical Report, Carnegie-Mellon University, Design Research Center, 1984. A survey of approaches and results to date.

J.S. Bennett and R.S. Engelmores, “SACON: A knowledge-based consultant for structural analysis,” in Proc. Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 47-49, Tokyo, 1979.

Advises users of a program, MARC, for analysis of physical structures.

S.J. Fenves and T. Norabhoompipat, “Potentials for artificial intelligence applications in structural engineering design and detailing,” in J.-C. Latombe (Ed), Artificial Intelligence and Pattern Recognition in Computer Aided Design, pp. 105-119, IFIP Working Conference, Grenoble, France, March 1978.

A view from outside AI.

C.M. Eastman, “Recent developments in representation in the science of design,” in Proc. 18th Design Automation Conference, IEEE Computer Society and ACM, June 1981.

Building design, geometric modellings, and integrity of design databases.

- [1] Wendy B. Rauch, “Artificial Intelligence Business, Science & Industry.”
- [2] William S. Faight, “Application of A.I in Engineering,” IEEE Computer, July 1986, Intellicorp.
- [3] Donald A. Waterman, “A Guide to Expert System,”
- [4] GL Simon “Introducing Artificial Interlligence,”
- [5] 이진영, 홍영수, 이상호, 이일욱, “용광로 노 황제어 전문가 시스템” 정보과학회지, 6권 2호, 6. 1988. (계제 예정)
- [6] L.L. Odette, W.B. Dress, “Engineering

intelligence into real time application,” *Expert System*, vol. 4, no. 4, November. 1987.

- [7] Tim O’shea, Marc Eisenstadt “Artificial Intelligence Tools, Techniques & Application.”
- [8] J.E. Hayes, D. Michie, “Intelligent System.”
- [9] Michael D. Rychener, “Expert system for engineering design,” *Exper System*, vol. 2, no. 1, January 1985.
- [10] Thomas J. Laffey, Preston A. Cox, James L. Schmidt, Simon M. Kao, & Jackson Y. Read, “Real-time knowledge-based system,” *A.I. Magazine*, Spring 1988.
- [11] Dragutin Petkovic 외 “A rule-based system for verifying engineering specification in industrial visual inspection applications,” *IEEE Transations on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. vol. PAMI-9, no. 2, March 1987.
- [12] Roy S. Freedman & Robert P. Frail, “OPGEN: The evolution of an expert system for process planning,” *AI, Magazine*, Winter 1986.
- [13] Nils J. Nilsson, “Artificial Intelligence : Engineering, Science, or Slogan,” *AI Magazine*, Winter 1981-1982.
- [14] Robert M. Glorioso, Fernando C. Colon Osorio, “Engineering Intelligence System Concepts, Theory, and Application.”
- [15] James Quinlan, “A comparative analysis of computer architectures for production system machine,” Department of Computer and Electrical Engineering Carnegie-Mellon University, May 1985.
- [16] D. Sriram, R. Adey, “Application of Artificial Intelligence in Engineering Problem,” 1st International Conference Southampto Univ. U.K, vol. 1, April 1986.
- [17] C.T. Kitzmiller and J.S. Kowalik, “Coupling and Numeric Computing in Knowledge-based Systems,” *AI Magazine*, Summer 1987. ❁

♣ 用 語 解 說 ♣

Diagnostic (진단)

컴퓨터 장비의 비정상적인 동작이나 결함을 찾아냄