

## FORTRAN언어교육용 知的CAI 시스템개발에 관한 연구

全雲成\* · 河注植\*\* · 柳吉洙\*\*\*

### A Study on the Development of Intelligent CAI System for FORTRAN Language Education

*Jeon Wun-Sung, Ha Joo-Shik, Rhyu Keel-Soo*

#### Abstract

In this paper, by using OPS5 tool which is one of the knowledge-based systems, the intelligent Computer-Assisted Instruction(CAI) system for FORTRAN was developed as follows :

- (1) Expert-Knowledge Module(EKM) represents FORTRAN-based expert knowledge by the hierarchical structure divided into Abstract-Concept, Concept and Component levels respectively ;
- (2) Tutoring-Strategy Module(TSM) consists of Education-Goal-Decision, Example-Analysis and Synthesis-Example-Analysis algorithms ; and
- (3) Student-Model Module(SMM) is to grasp more precisely what the cause of the student's incorrect answers is through objective and subjective evaluations for his/her answers.

Thus, this intelligent CAI system will make it possible to tutor other domains to students by replacing the EKM with expert knowledge in those domains. Also, by using this system, tutoring will be more effective where students are of different levels of learning or where they want to choose their own levels in the system.

#### 1. 序 論

최근 각 분야에서 컴퓨터의 이용이 보편화됨과 더불어 컴퓨터를 교육면에 적용하기 시작한 연구는 1960년대가 처음이었으며, 초기의 시스템은 미리 준비된 답이나 부가적인 설명을 사용하여

\* 한국해양대학 대학원 석사과정 졸업, 동대학 전자계산소 근무

\*\* 한국해양대학 기관학과 교수

\*\*\* 한국해양대학 제어계측공학과 조교수

학습자의 질문에 응답하는 반복연습형(Drill and Practice)교육방법을 채택하고 있었다.” 이러한 시스템을 CAI(Computer-Assisted Instruction)시스템이라 부른다. 그러나 CAI시스템은 다음과 같은 두가지 점에서 개선이 요구되고 있다.<sup>2)</sup>

- ① 학습자가 의문점을 질문할 수 없기 때문에 수동적인 주입식교육방식에 국한되어 있는 점.
- ② 절차적인 처리에만 의존하고 있기 때문에 학습자가 틀린 경우 어떤 원인으로 오류를 범했는가를 시스템이 추정할 수 없어서 이에 대한 적절한 개인지도가 행하기 곤란한 점.

CAI의 이러한 결점을 보완하기 위하여 1970년경부터 知的 CAI(Intelligent Computer-Assisted Instruction)에 관한 연구가 시작되었다. 知的 CAI의 첫째 목표는 CAI의 문제해결 기능을 보완하기 위하여 전문가시스템(Expert System) 등과 같은 지식기반형시스템 즉 대상분야의 지식과 추론(제어전략)을 분리한 시스템의 구조를 가지게 하는 것이며, 두번째 목표는 상기에서 기술한 CAI의 개선점의 기능을 가지도록 하는 것에 의하여 고도개별교육과 쌍방주도대화를 실현하는 것이다.<sup>2)~4)</sup>

본 연구에서는 다음과 같은 이유에서 FORTRAN언어를 대상으로한 知的CAI시스템을 개발하고자 한다.

- ① 공학도들이 필수적으로 알아야 하는 컴퓨터 언어중의 하나이다.
- ② 교육일선에서 FORTRAN언어에 대한 전문지식을 가진 교육자가 한정되어 있으며, 한사람의 교육자에 의한 수업으로 인하여 학습자 개인별로 학습내용의 교정, 보충등의 학습과정 내지 인지 과정이 실현되기가 매우 어렵기 때문에 개별학습이 더욱 강조되고 있다.

知的CAI시스템에는 전문지식 모듈, 학습자모델 모듈, 개인지도 모듈의 3가지 기본 모듈이 필요하다.<sup>5)</sup> 이 중 학습자모델 모듈은 개인지도 모듈에 의해서 학습자에게 제시된 교제를 학습자가 어느 정도 이해했는가를 나타내는 모듈이다. 따라서 이 학습자모델 모듈이 학습자의 이해도를 어느 정도 정확하게 파악하고 있는가에 따라서 知的CAI시스템 전체의 교육효과가 좌우된다. 그러나 기존의 많은 知的CAI시스템에서는 시스템이 미리 준비되어 있는 전문지식의 부분집합으로서 학습자모델 모듈을 구성하고 있다.<sup>6)</sup> 이러한 방법을 이용하는 경우에는 “학습자 오답”의 원인이 『그 지식의 결여에 의한 오답』 또는 『그 지식에 관하여 잘못된 이해』중에서 어느쪽인가를 구별할 수 없는 결점을 가지고 있다.

본 시스템에서는 학습자의 응답에 대하여 객관적 평가와 주관적 평가를 병행하는 것에 의해서 학습자모델을 작성함으로써 “학습자 오답”의 원인을 보다 더 정확하게 파악할 수 있는 방법을 제시한다. 이를 실현시키기 위해 우선 FORTRAN언어<sup>7)</sup>에 대한 전문지식과 교육전략을 분리해서 전문지식은 FORTRAN언어의 구조를 상위개념, 하위개념형식으로 분류하여 계층적구조로 표현하고, 교육전략으로는 전문지식을 이용하기 위한 제어전략, 각 개념의 설명모델에 의한 교육전략, 예제모델의 오답결과에 의한 교육전략, 학습자의 오답에 따른 주관적인 교육전략을 채택한다. 또한 전문지식과 교육전략을 표현이 간편한 “Production rule”<sup>8)</sup>형태로 표현하기 위하여 범용 지식기반형시스템으로 널리 알려진 “OPS5 Tool”<sup>9)</sup>을 이용하여 개발한다.

## 2. FORTRAN언어에 대한 知的CAI의 이론적 고찰

일반적으로 知的CAI시스템은 다음과 같은 3개의 모듈로 구성된다.<sup>5)</sup>

- 1) 전문지식 모듈 : 학습자에게 교수할 분야에 관한 완전한 지식을 가지고 학습자 응답의 正誤 평가등을 할 수 있는 모듈이다.
- 2) 학습자모델 모듈 : 각 학습자에 관하여 무엇을 어디까지 이해하고 있는가, 또한 어느 부분에 대하여 모르고 있는가를 기억시켜 놓은 모듈이다.
- 3) 개인지도 모듈 : 학습자에게 다음에 어떠한 교재나 질문을 하면 적절한가를 판단하는 모듈이다.

이 중 전문지식 모듈은 대상영역에 대한 전문지식을 포함하고 있는 것으로서 소위 교과서에 상당한다. 교육시스템이 학습자의 이해정도를 항상 파악하기 위하여서는 시스템과 학습자간의 대화로부터 학습자의 오답 또는 정답을 명시적으로 기억하고 있어야 하며, 이를 저장하는 곳이 학습자모델 모듈이다. 또한 개인지도 모듈은 학습자모델 모듈의 내용을 시스템이 분석하여 다음의 대화내용을 결정하기 위한 교육전략지식이 포함되어 있는 것을 말한다. 따라서 본 연구에서는 그림 2.1와 같은 知的CAI방법을 도입한다. 그림에서 설명문, 전문지식, 예제문은 일반적인 知的CAI시스템의 전문지식 모듈에 해당하며 교육전략지식은 개인지도 모듈에 해당한다. 한편 학습자모델이나 교육목표는 知的CAI시스템의 교육전략에 의해 자동적으로 만들어지므로 어느정도 정밀하게 “학습자 오답”을 평가하느냐 하는 것은 교육전략에 의존하게 된다.

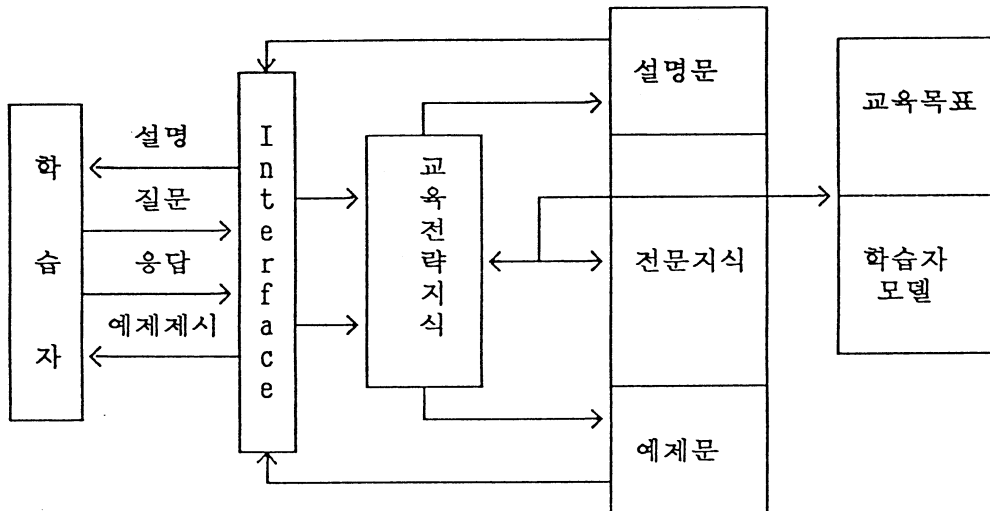


그림 2.1 知的교육방법

## 2.1 전문지식

知的CAI시스템과 같은 대규모시스템에서는 대상영역의 전문지식을 분리하여 일정한 형식에 따라 표현한 지식기반형시스템으로 구성함으로써 시스템이 그 전문지식을 쉽게 이용할 수 있고, 인간 특히 전문가가 쉽게 이해할 수 있게 된다. 그렇지 않은 경우에는 전문가로부터 고도의 지식을 인출하기가 곤란하며, 따라서 대규모시스템의 개발은 어렵게 된다. 특히 知的CAI시스템에 있어서는 학습자로부터의 질문을 해결하거나, 시스템 자신이 적절한 교재를 선정하거나, 학습자의 오답을 발견하는등 다양한 목적으로 전문지식을 이용하기 때문에 지식의 내용과 표현형식의 중요성이 더욱 요구된다.

본 논문에서는 다음의 두가지 점에 중점을 두어 전문지식을 몇 단계의 레벨로 구분하여 상위레벨에는 추상적인 개념을 표현하고 하위레벨에는 각각의 추상적인 개념에 속하는 구체적인 개념을 표현하여 계층적구조(Hierarchical structure)로 나타내는 표현방법을 이용한다.

1. 하나의 교재에는 시스템이 학습자에게 이해시켜야 될 교육목표가 포함되어 있다. 따라서 새로운 개념을 동시에 가르치거나 학습내용의 순서가 적절하지 않으면 학습자가 혼란을 일으킬 뿐만 아니라, 학습자의 이해상태를 추정할때의 탐색공간이 넓어져서 효율이 저하된다. 따라서 교육목표를 분할하고 개념간에 학습순서를 표현하는 것이 중요하다.
2. 시스템이 학습자와 대화하는 경우에 학습자가 아직 배우지 않은 지식을 이용하는 것은 학습자의 이해를 혼란시켜 바람직한 교육방법이라 할 수 없다. 따라서 학습내용에 따라 추론에 사용하는 전문지식을 구별할 수 있어야 한다.

그림 2.2은 FORTRAN언어에 관한 계층적구조의 표현을 나타내고 있으며 추상적인 개념에 속하는것부터 Abstract-concept level, Concept level, Component level순으로 상위·하위 레벨을 구

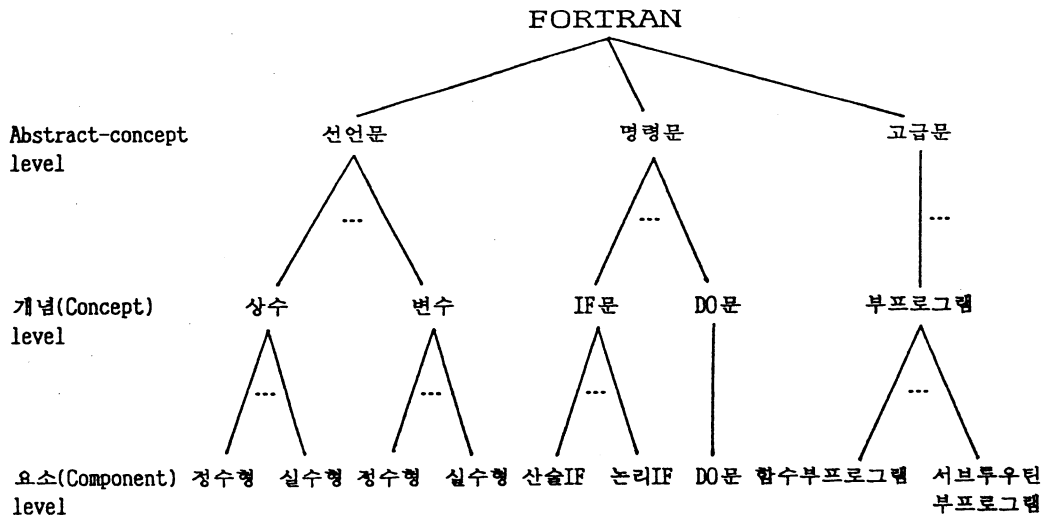


그림 2.2 FORTRAN언어의 계층적구조 표현

분했다. 또 Abstract-concept level에는 선언문, 명령문, 고급문의 추상적인 개념을 두고, Concept level에는 상수, 변수, 식등을 선언문에 속하는 개념으로 구분했다. 또한 상수 concept에는 정수형상수 Component, 실수형상수 Component등을 속하도록 했다. 그림 2.2에서와 같이 각 Concept level 및 Component level에 속하는 개념 및 요소에 대응하여 설명문을 작성하였으며, Concept level과 Abstract-concept level에 대응하여 예제문을 작성하였다. 이하 Concept level의 예제문을 예제, Abstract-concept level의 예제문을 종합예제라 정의한다.

## 2.2 교육전략지식

본 연구에서는 그림 2.3과 같은 교육전략을 도입하여, 교육시작시 학습자의 교육레벨에 알맞게 교육목표가 설정되도록 한다. 교육목표의 설정에 따라 하나의 Concept가 결정되며, 그 Concept에 대한 설명문 또는 예제문을 제시하여 그 결과를 평가하고 학습자의 이해정도를 파악하게 된다. 학습자의 이해정도에 따라 현 개념에 대한 설명, 예제의 복습, 다음 개념에 대한 설명으로

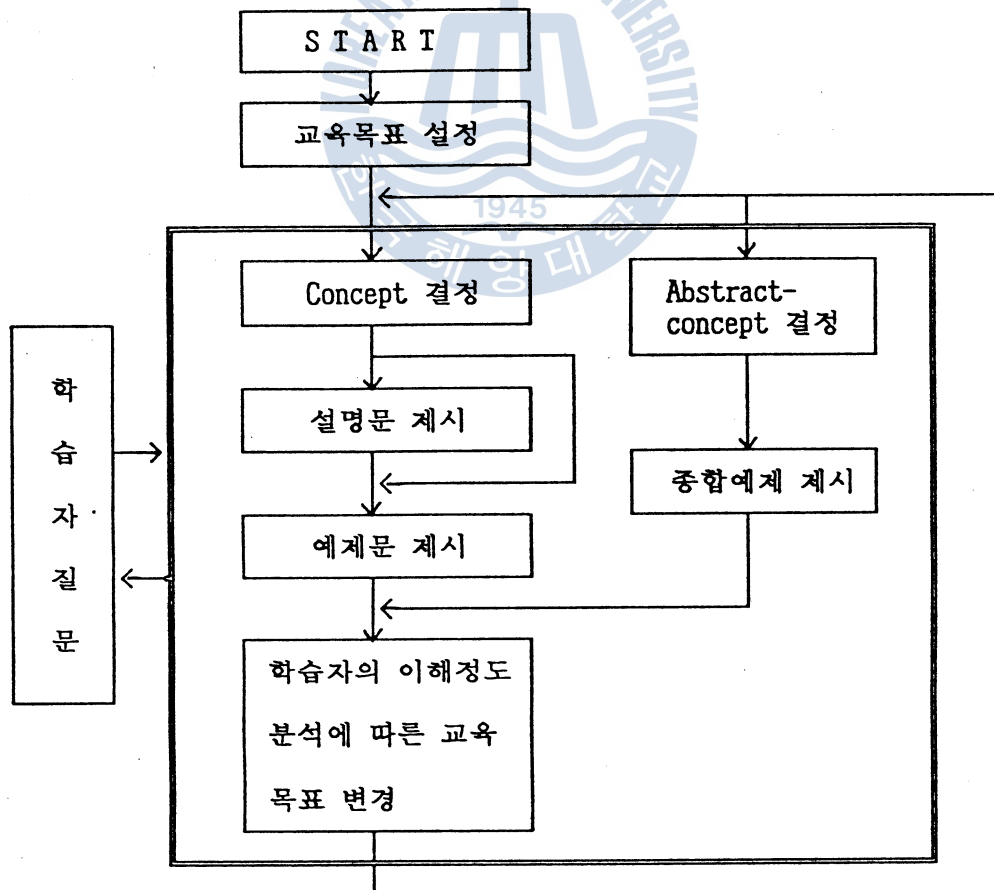


그림 2.3 교육전략지식

교육목표를 변경하게 되며, 하나의 Abstract-concept level에 대한 교육이 완료되면 그 level에 대한 종합예제를 제시하여 학습자의 이해정도를 평가한다.

이상에서 설명한 교육목표설정, Concept level의 예제문분석, Abstract-concept level의 종합예제분석 알고리즘은 각각 다음과 같은 step순으로 실행된다.

(1) 교육목표설정 알고리즘

학습자의 교육레벨을 결정하기 위하여 문법의 종류에 관계없이 학습자가 알고있는 종류를 입력하도록 요구하여 다음과 같은 알고리즘에 따라 어느 개념부터 교육을 시작할 것인가를 결정한다.

step 1 : 학습자가 입력한 요소(Component)를 분류하여, 각 개념내의 총요소수에 대한 학습자가 입력한 요소수의 비가 가장 큰 개념(Concept)을 A라 한다.

step 2 : A개념내의 총요소(Component)수를 N, A개념에 대해 학습자가 입력한 요소수를 n이라고 한다.

step 3 :  $N \leq 2$ 인 경우,  $n/N \geq 0.5$ 이면 A개념에 대한 예제문을 제시하고,  $n/N < 0.5$ 이면 A개념에 대한 설명문부터 교육을 시작한다.

step 4 :  $N > 2$ 인 경우,  $n/N \geq 0.6$ 이면 A개념에 대한 예제문을 제시하고,  $n/N < 0.6$ 이면 A개념에 대한 설명문부터 교육을 시작한다.

step 5 : 학습자가 아무것도 입력하지 않은 경우에는 Program-coding Concept부터 교육을 시작한다.

(2) Concept level의 예제문분석 알고리즘

step 1 : 총예제수 N, 정답수 n을 산출한다.

step 2 :  $n/N = 1.0$ 인 경우 상위 개념에 대한 설명문을 제시한다.

step 3 :  $1.0 > n/N \geq 0.6$ 인 경우 출제된 문제와 다른 예제문으로 복습한다.

step 4 :  $0.6 > n/N$ 인 경우 현 개념에 대한 설명문으로 교육목표를 변경한다.

(3) Abstract-concept level의 종합예제분석 알고리즘

step 1 : 총예제수가 N, 각 개념에 대한 예제수가  $N_1, N_2, \dots, N_n$ 일 경우 각 예제수  $N_1, N_2, \dots, N_n$ 에 대응하는 오답수를  $n_1, n_2, \dots, n_n$  변수로 설정한다.

step 2 :  $n=0, n_1=n_2=\dots=n_n=0, \text{Next}=N$ 으로 한다.

step 3 : 하나의 문제를 제시하고,  $\text{Next}=\text{Next}-1$ 로 한다.

step 4 : 학습자로 부터의 응답이 정답인 경우  $n=n+1$ 로 하고 step 7을 실행한다.

step 5 : 제시된 문제가 속하는 개념에 관련된 변수  $n_1=n_1+1$ 로 한다.

step 6 : 제시된 문제에 대한 오답을 주관적으로 분석하여 어느부분에 대한 이해가 부족한가를 결정하여 보충설명한다.

step 7 :  $n/N > 0.6$ 이면 다음 상위개념으로 교육목표를 변경한다.

step 8 : Next ≠ 0이면 step 3을 실행한다.

step 9 :  $ni/Ni \geq 0.4$ 이면 Ni가 속하는 개념에 대한 설명 및 예제를 복습하도록 한다.

### 3. OPS5 시스템 Tool

#### 3.1 OPS5 시스템 구조

OPS5 시스템은 Production System을 기본으로한 전문가시스템 구축용 Tool이며, production System이란 Production Memory(PM), Inference Engine(IE), Working Memory(WM)로 구성된 시스템을 말한다.

PM에는 Production Rule(PR)이라고 불리우는 “조건(condition)→동작(action)”의 지식이 저장되어 있으며, 전문가시스템 작성자가 대상을 선정후 그 대상에 필요한 지식을 작성하여 저장한다.

WM에는 PR의 적용에 의해서 참조, 변경된 데이터가 저장되며, 룰(rule)의 조건부와 같은 형식으로 표현되는 요소(Element)의 집합체이고 현 문제의 상태를 의미한다. IE 즉 추론부는 실행 가능한 룰을 선택, 실행하는 구조이다. 추론부의 동작, 즉 PM에서 하나의 룰을 선택하여 그것을 실행하는 것에 의해서 WM의 요소에 작용하고 WM의 내용을 변경 또는 추가하는 일련의 동작을 『認知—動作 Cycle』(Recognition-Action Cycle)이라고 말하며 다음과 같은 단계로 실행된다.

step 1 : 부합(Match)

PM내에 있는 전 룰에 대하여 그 룰의 조건부와 WM의 현 내용을 부합시켜, 조건부가 만족되는 룰을 선택한다. 또한 선택된 룰의 집합을 『競合집합』(Conflict set)이라고 한다.

step 2 : 競合解消(Conflict Resolution)

부합시에 선택된 競合집합중에서 지정된 전략(LEX 또는 MEA법)에 따라 한개 룰을 선택한다.

step 3 : 動作(Action)

競合解消에 의해 선택된 룰의 동작부에 나타나 있는 동작을 실행한다.

step 4 : step 1로 되돌아 간다.

#### 3.2 지식표현법

OPS5 시스템의 지식은 PR형식으로 표현되어 PM에 저장된다. PR은 종래의 프로그래밍언어의 “if-then”문과 비슷하다. 즉  $C_1$ 에서  $C_n$ 까지의 조건 및  $A_1$ 에서  $A_n$ 까지의 動作을 포함한 룰은

『WM에 조건  $C_1$ 으로 부터  $C_n$ 이 동시에 만족되면 동작  $A_1$ 으로 부터  $A_m$ 이 실행된다.』라고 하는 것을 의미한다. 루울의 조건부분은 통상 LHS(좌변)이라 불려지고 동작부분은 RHS(우변)이라 불린다. 본절에서는 BNF기법을 이용하여 지식표현을 설명하기로 한다. BNF기법은 다음과 같은 서식이다.

문자열 :: =서식

- 1) ‘문자열’은 ‘서식’으로 나타내는 것을 의미한다.
- 2) “ ”으로 둘러싸인 경우 그 자신을 나타낸다.
- 3) “ | ”는 어느 것인가 하나를 취하는 것을 표시한다.
- 4) “ [ ] ”로 둘러싸인 경우는 생략이 가능하다.
- 5) “ %%% ”는 반복을 나타낸다.

PR은 다음과 같은 BNF기법으로 표현된다. 여기서 ‘좌변’은 루울의 조건부를 ‘우변’은 동작부를 의미한다.

서식 :

rule :: = (P rule명 좌변 ‘ $\rightarrow$ ’ 우변)

좌변 :: = 긍정 pattern pattern-list

우변 :: = (동작) [(동작) %%%]

#### [1] 루울 조건부

루울은 WM의 요소와 조건부의 요소가 부합될 때 기동된다. 이 기동조건을 유연하게 표현하기 위해 몇가지의 표현방법을 복합하여 복잡한 조건기술도 가능하다.

좌변 :: = 긍정 pattern pattern-list

pattern-list :: = pattern-요소 [pattern-list]

pattern-요소 :: = 긍정 pattern | 부정 pattern

부정 pattern :: = ‘-’ pattern

긍정 pattern :: = pattern | ‘{ ‘ 변수 pattern ’ }’

변수 pattern :: = pattern pattern 변수 | pattern 변수 pattern

pattern 변수 :: = 변수

pattern :: = ‘( ‘ class명 부합-list ’)’

부합-list :: = [부합 부합-list]

부합 :: = [ ‘^’ 속성명 ] 좌변-term

좌변-term :: = [부합법] 부합값 | 부합 group

부합값 :: = 변수 | 상수

변수 :: = <atom> ; “<”으로 시작하여 “>”로 끝나는 atom은 변수

상수 :: = [‘/’]atom ; ‘/’이 붙혀지면 특수한 atom도 상수로 할 수 있다.



부합 group :: =OR-list  
 | '{ ' 부합값 [%%] | OR-list' }

OR-list :: = '<< ' 부합값 [%%] '>>'

부합법 :: = '=' ; 같다.  
 | '<>' ; 같지 않다.  
 | '<' ; 작다.  
 | '<=' ; 작거나 같다.  
 | '>' ; 크다.  
 | '>=' ; 크거나 작다.  
 | '<=>' ; 형이 같다.

조건요소의 pattern을 표시하기 위해 우선 class명(제1값)은 필수이고, 변수는 어떠한 값과도 부합하며, 이것을 이용하여 상호관계를 기술할 수 있다. 특히 동작부에서 WM의 값을 인용하고 싶은 경우는 변수를 이용한다. 또한 하나의 요소내의 조건을 몇개 중복하는 것에 의해 일반적인 표현이 가능하다. 이를 위해 OPS5에서는 논리곱, 논리합의 표현이 가능하다.

## [2] 루울 동작부

루울의 동작부는 루울 우변에 나타나며, 이 동작부의 실행에 의해 WM의 내용이 변경된다. 또한 동작부는 다음과 같은 서식으로 표현된다.

서식 :

rule :: = (P rule명 좌변'-->' 우변)  
 우변 :: = (동작)[(동작)%%]  
 동작 :: = 'AFTER' 수치 이름 ; CATCH rule의 기동설정  
 | 'BIND' 변수 할당식 ; local변수의 속박  
 | 'CLOSEFILE' [file식별명%%] ; file close  
 | 'DEFAULT' file 식별명 표준명 ; 표준값 file의 결정  
 | 'HALT' 종료 mark ; 제어를 supervisor에 넘김  
 | 'MAKE' class 변경-list ; WM의 생성  
 | 'MODIFY' 우변변수 변경-list ; WM의 변경  
 | 'OPENFILE' file식별명 file명 입출력지정 ; file open 처리  
 | 'REMOVE' 우변변수 [좌변변수 %%] ; WM의 삭제  
 | 'WRITE' [file식별명][출력요소 %%] ; 요소의 출력

## 3.3 競合解消(Conflict resolution)

OPS5 시스템에서는 『認知-動作 사이클』중 step 1과 step 2가 가장 중요한 의미를 가진다. 즉

step 1은 루울의 조건부와 WM내의 각 요소와의 부합을 의미하고 step 2는 실행 가능한 루울중 어느 루울을 선택할 것인가를 결정하는 과정이다.

step 2에서는 다음에 설명하는 전략을 기본으로 하여 競合집합으로부터 하나의 루울을 선택한다.

1) LEX (Lexicographic-Sort) 전략

- ① 한번 선택된 루울은 競合집합으로부터 제외한다.
- ② WM내의 최근 요소를 포함한 루울을 선택한다.  
2개의 루울을 비교하는 경우 다음 방법을 이용한다.
  - i) time-tag를 비교하여 큰 값을 가진 쪽을 선택한다.
  - ii) 같은 경우 두번째 time-tag를 비교하여 큰 쪽을 선택한다.
  - iii) 어느쪽인가가 선택될 때까지 혹은 한쪽 요소의 time-tag가 없어질때까지 계속하여 timetag를 비교하여 남은 쪽을 선택한다. 동시에 없어졌을 경우에는 ③으로 간다.
- ③ 루울의 조건부가 엄밀한 루울을 선택한다. 즉 루울의 조건부에서 실행된 값의 check 횟수가 많은 쪽을 선택한다.
- ④ 이상의 방법으로 결정되지 않을 경우는 실행 가능한 루울중 임의의 루울을 선택한다.

2) MEA (Means-Ends-Analysis) 전략

MEA 전략은 LEX 전략의 ①과 ②의 사이에 새로운 step을 추가한다.

- ① LEX의 ① step과 같다.
- ② rule 조건부의 첫번째에 쓰여져 있는 조건요소와 부합한 WM내의 요소의 time-tag를 비교하여 가장 큰값의 time-tag를 포함한 루울을 선택한다.
- ③ LEX의 ② step과 같다.
- ④ LEX의 ③ step과 같다.
- ⑤ LEX의 ④ step과 같다.

#### 4. 시스템 구성

FORTRAN언어를 대상으로 하여 知的CAI시스템을 그림 4.1과 같이 구성하였다. 그림에서와 같이 知的시스템을 구성하기 위해서는 지식부와 추론부를 분리한 시스템으로 구성하는 것이 지식의 변경, 작성, 삭제가 간단하며 이를 위해 본 시스템에서는 OPS5 범용시스템을 기반으로 하여 이 시스템의 표현형식에 맞도록 FORTRAN언어를 교육하기 위해 필요한 지식을 production rule 형태로 작성하였다. 이러한 루울에는 설명문 루울, 예제문 루울, 평가 루울, 교육전략 루울의 4가지 종류가 있다. 또한 OPS5 시스템 자체는 IBM-PC상에서 Turbo-Pascal언어를 이용하여 작성하였다.

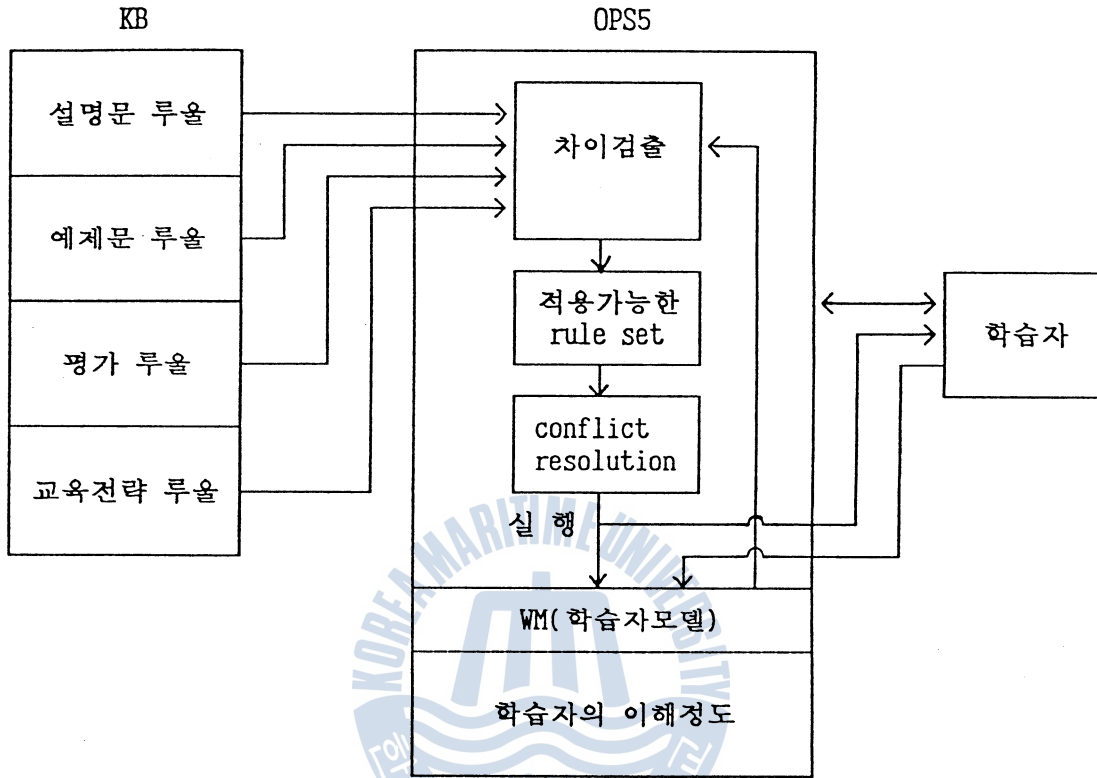


그림 4.1 시스템 구성

시스템은 이 루울들을 이용하여 학습자에게 질문 또는 설명을 하게 되며, OPS5의 WM에 현재 교육하고 있는 개념의 기록, 학습자의 현 교육에 대한 이해정도등을 기록한다. 즉 이것은 종래의 知的CAI시스템의 학습자모델에 해당된다. 하나의 개념에 대한 설명 및 질문이 끝나면 그 결과가 WM에 기록되고, 그 내용과 지식부의 교육전략 루울의 차이를 검출하여 차이가 가장 적은 루울을 선택하여 실행하게 된다.

본 시스템의 지식베이스에는 그림 4.1에서와 같이 4가지 종류의 루울이 저장되어 있다. 하나의 설명문 루울은 하나의 Concept level에 대응하며, 그 Concept level에 속하는 각 component들에 대하여 설명하도록 작성되어 있으며, 예제문 루울은 설명문 루울과 같이 하나의 Concept level에 대응하며, 하나의 level에 속하는 component에 관한 예제로 5문제가 제시된다. 또한 평가 루울은 예제문 또는 종합예제에 대한 학습자의 응답을 평가하기 위한 루울이며, 교육전략 루울은 2.2절에서 설명한 교육전략지식에 속하는 교육목표설정 알고리즘, Concept level의 예제문분석 알고리즘, Abstract-concept level의 종합예제분석 알고리즘의 3종류가 있다.

## 5. 結 論

본 논문에서는 컴퓨터를 이용하여 교사를 대신하는 知的교육시스템의 개발에 목적을 두고 FORTRAN언어를 대상으로한 知的CAI시스템을 개발하였다.

일반적으로 知的시스템을 개발하는 경우 대규모적인 시스템으로 되므로 시스템 작성자에게 부담이 커지기 때문에 프로그램작성을 쉽게 하도록 하기위하여 전문지식과 추론을 분리하여 시스템을 구성하였다. 본 시스템에서는 전문지식으로서 FORTRAN에 관한 전문지식, 교육전략지식등을 “production rule”로 표현하고, 지식기반형시스템으로 널리 알려진 “OPS5” 시스템을 이용하여 이를 실행하도록 시도하였다. 따라서 다른 대상영역에 대한 知的CAI시스템을 개발하는 경우에는 그 영역에 대한 전문지식등을 “production rule”로 표현함으로써 교육이 가능해지게 된다. 또한 학습자 개개인의 level이 다른 경우 또는 학습자가 의도적으로 학습내용을 변경하고 싶은 경우등에는 이러한 知的CAI시스템을 이용한 개별교육이 보다 더 효율적이라 할 수 있을 것이다.

## 參考文獻

- 1) 許雲那, “컴퓨터의 教育工學的 活用方案”, 정보과학회지, 제7권 3호 pp. 45~56, 1989. 6
- 2) 山本ら, “知的CAIのパラダイムと實現 環境”日本情報處理學會, Vol. 29, No. 11, pp. 1255~1265, 1988.
- 3) Wenger. E., “Artificial Intelligence and Tutoring System”, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1987.
- 4) 백영균, “교육에 전문가 시스템을 도입하기위한 기초연구”, 정보과학회지 제7권 3호 pp. 28~34, 1989. 6
- 5) 願化ら, “歸納推論に基づく知的CAIシスタン”, 知識工學と人工知能 39-4, pp. 1~8, 1985. 3
- 6) 溝口·角所, “知的CAIにおける學習者モデル”, 日本情報處理學會, Vol. 29, No. 11, pp. 1275~1281, 1988.
- 7) 成琦秀·具然高, “FORTRAN 演習-프로그래밍기법 중심-”, 大恩出版社, 1990. 1
- 8) Nilsson, N.J., “Principles of Artificial Intelligence”, Tioga Publishing Co., 1980.
- 9) Computer Today, Vol. 5, No. 13, 사이언스社, 1986.