

# 시간표작성 전문가시스템 구현에 관한 연구

정연성<sup>1)</sup>, 류길수<sup>2)</sup>

## A Study on the Implementation of Timetable Construction Expert System

Yeon-Sung Jung , Keel-Soo Rhyu

### Abstract

Up to now the timetable system has been developed with the using of procedural program technique. Whenever its object environment is changing, we would be faced with problems which should modify program itself, and not satisfied with restrictions under many conditions.

In this paper, we introduce the timetable system to find out the best answers under many limited conditions by using the expert system technique, one of artificial intelligence. TITA system, TIme-TABle expert system, is consisted of the knowledge base, inference engine and graphic user interface. The knowledge base written by the frame & production rule type. Inference engine and graphic user interface developed by C++. TITA system was developed by Personal Computer under 'Hangeul MS-Windows 3.1' environment.

To confirm the utilization of this system, we made and tested the knowledge for the timetable of the college of social sciences of Korea Maritime University. Thus we got satisfactory results by expert's examination and comparing the timetable completed through handicraft.

---

1) 한국해양대학교 제어계측공학과 석사과정 신호·정보처리 전공

2) 한국해양대학교 컴퓨터공학과 교수

## 1. 서 론

시간표자동작성에 대한 연구는 60년대부터 시작되어 왔다. 초기의 연구들은 선형알고리즘 (Linear Algorithm) [1], 그래픽접근방식 [2] [3] 등을 이용하였으나 일부 과목이 시간할당에 실패하는 등 기초적인 이론 연구에 머물렀다. 그 후 실환경에서 요구되는 많은 조건을 수용할 수 있는 일반화된 프로그램을 개발하기 위하여 경험적알고리즘을 적용한 연구가 이루어져 왔다. [4] [5]

이들 연구들은 모두 절차형프로그램 (Procedural Program) 기법으로 시스템이 구성되어 있어서, 대상 환경이 바뀔 때마다 프로그램 자체를 수정해야 하는 단점이 있었다. 또한 복잡한 제약조건 또는 서로 상반된 제약조건이 들어올 경우에 시간표 프로그램의 필수적인 제약조건이 파괴되기도 하는 문제점들을 내포함으로써 현실적으로는 구성원들의 모든 요구조건을 만족시키기가 어려웠다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 인공지능 (Artificial Intelligence) 학문의 한 분야인 전문가시스템 (Expert System) [6]의 도입이 필수적이라 하겠다.

본 논문은 대학에서 매 학기 때마다 많은 인력과 시간을 투자함에도 불구하고 여러 조건을 최적으로 만족시키지 못하면서 수작업으로 행해진 시간표작성 문제에 전문가시스템기법을 이용함으로써 복잡한 제약조건하에서도 최선의 해를 반드시 구해 주는 TITA시스템 (Time-Table expert system : TITA)의 구현에 관한 것이다. TITA시스템은 크게 입출력 파일을 관리하고, 일반적인 정보간의 관계를 정의하면서 전문가의 지식을 기술한 지식베이스 (Knowledge Base)와 이를 제어 및 실행해 주는 추론엔진 (Inference Engine)과 사용자의 편의를 도모하기 위한 사용자인터페이스 (User Interface)로 구성되어 있다. 지식베이스에서는 과목정보, 교수정보, 학과정보등의 사실적지식을 프레임 (Frame) [7] [8]형태로 표현하고 시간표작성에 필요한 전문가의 제어적지식을 프러덕션룰 (Production Rule) [9]형태로 표현하였다.

TITA시스템의 사용자인터페이스와 추론엔진은 객체지향언어 (Object-Oriented Language) [10] [11] [12]인 "Borland C++"언어를 사용하여 작성하였으며, 개발 환경은 IBM호환 PC를 사용하여 "한글 MS-Windows 3.1" 환경 아래에서 실행되도록 구현하였다.

## 2. 시간표작성에 있어서 전문가시스템기법의 이용

### 2.1 시간표작성의 제약조건

시간표작성은 일정 과목의 수업시간 및 강의실을 할당하는 문제로서, 연관되는 자료(Resource)는 과목, 교수, 학과 및 강의실에 관한 정보가 있다. 시간표작성에 있어서 요구되는 제약조건은 다음과 같이 두 가지로 구별할 수 있다. 시간표작성에 필수적으로 만족되어야 하는 필수요구조건과 요구조건의 중복 및 상반된 정보로 인하여 생략될 수도 있고 실 환경에서 이상적으로 모두 만족될 수 없는 선택요구조건으로 구별할 수 있다.

#### 1) 필수요구조건

- ㉠ 교수 및 학과는 동일시간에 한 과목만을 강의 및 수강해야 한다.
- ㉡ 강의실에서는 동일시간에 한 과목만을 강의해야 한다.

#### 2) 선택요구조건

- ㉢ 교수 및 학과는 점심시간 및 토요일 수업과 같이 주어진 각각의 시간에 대하여 선호시간이 다르다.
- ㉣ 외부 강의 및 개인적 사정으로 인하여 일부 교수들은 배제하고 싶은 요일 및 원하는 요일이 따로 존재한다.
- ㉤ 학과는 현장실습등과 같은 일들로 인하여 일정 요일 및 일정 시간의 강의를 회피하는 경우와 일정 요일에만 강의 받기를 원하는 경우가 있다.
- ㉥ 교수 및 학과는 일일 수업시간을 일정시간 이상 하지 않기를 원한다.
- ㉦ 합반과 같은 경우 동일 교과목을 여러 학과가 동시에 수강할 수 있다.
- ㉧ 각 과목에 할당된 수업시간은 연강등과 같은 이유로 인하여 각기 다른 조건을 가지고 있다.
- ㉨ 일정 과목은 특별한 이유로 인하여 고정된 시간을 원한다.

### 2.2 전문가시스템의 필요성

시간표작성에 있어서 최적해란 관련된 교수 및 학과 모두가 만족하는 해를 뜻한다. 그러나 제약조건이 늘어남에 따라 입력정보량 및 관련지식이 증가되고 따라서 최적해를 구하는 것은 극히 어려워진다. 기본적으로 최적해를 구하는 것을

목표로 하고 있는 절차형프로그램 기법에서는 최적인 해가 구해지지 않는 경우에 에러를 발생시키는 것이 일반적이며, 프로그램기법상 백트래킹(Backtracking)의 어려움 때문에 차선책을 고려하는 것이 어렵다. 따라서 이러한 분야에 있어서는 전문가의 지식을 별도로 분리하여 체계적으로 선언하고 최적해를 구하는 것보다는 최선의 해를 구하는 것을 목적으로 하고 있는 전문가시스템기법의 도입이 필요하다. 일반 시스템이 자료를 이용하는 반면 전문가시스템은 지식을 이용하고, 알고리즘 대신 경험적지식(Heuristics Knowledge)을 사용함으로써 해석, 교육, 제어등의 여러 분야에 활용되고 있다. 전문가시스템은 추론엔진, 지식베이스, 작업영역(Working Memory)의 세가지 기본요소<sup>[13]</sup>로 구성되어 있다.

### 2.3 시간표작성을 위한 지식표현

시간표작성 문제를 전문가시스템기법으로 구현하기 위해, 전문가들이 시간표작성시 작업하는 내용을 단계별로 살펴보면 다음과 같다.

- step1 : 강의 개설 과목 파악, 과목당 시수 결정 및 수강 신청
- step2 : 과목별 담당 교수 배정
- step3 : 교수 및 학과의 요구조건을 통보 받는다.
- step4 : 고정시간의 요구가 있는 과목부터 먼저 시간할당한다.
- step5 : 요구조건이 있는 과목을 조건에 맞게 시간할당한다.
- step6 : 요구조건이 동일한 과목은 교수 및 할당시간등을 비교하여, 우선순위에 따라 순차적으로 시간할당한다.
- step7 : 요구조건을 만족하지 못할때는 해당 교수들간의 협의를 중재한다.
- step8 : 협의에 의해 변경된 요구조건 및 우선순위를 기준으로 step5부터 다시 실시한다.
- step9 : 모든 요구조건이 만족될 때까지 step5부터 step8을 반복 실시한다.
- step10 : 요구조건이 없는 과목을 나머지 시간에 배정한다.
- step11 : 비교된 우선순위에 따라 순차적으로 시간할당한다.
- step12 : 모든 시간할당이 이루어진 경우 과목에 따른 강의실을 배정한다.
- step13 : 시간표 완성

\*. 시간할당시 항상 타과목과 중복되지 않게 하여야 하며, 토요일 및 점심 시간과 같은 시간대를 가능한 할당하지 말아야 한다.

step1부터 step3까지는 교수, 학과, 담당자들간의 협의로 이루어지는 부분이며, 이 과정은 시간표작성에 관한 지식 및 데이터를 정의하는 단계라고 할 수 있다. 본 논문에서는 이 스텝들을 지식화 하기 위해 과목정보, 학과정보, 교수정보로 구분하여 프레임형식의 사실적지식으로 표현하고 있다.

step4부터 step12까지는 시간표작성 전문가들이 행하는 스텝들로 수작업의 경우 보통 3-6주간의 시간이 소요된다. 각 스텝들에서 이용되는 우선순위 결정, 우선순위 조정, 요구조건 수정, 요구조건 불만족시의 해결방법, 시간할당 및 스텝간의 제어를 지식화할 필요가 있으며 이들 지식은 일반적으로 "IF <조건> THEN <동작>"으로 정형화되므로, 본 논문에서는 프러덕션을 형태로 체계화하여 표현하며, 경험적지식이라고 부르기로 한다.

### 3. TITA시스템 구성

#### 3.1 시스템 구성

본 시스템은 지식베이스, 추론엔진, 작업영역 및 사용자인터페이스로 구성되며, 그 구성도는 『Fig. 1』과 같다.

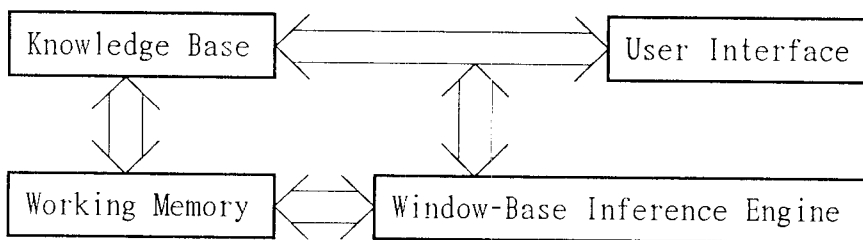


Fig. 1 The system composition

지식베이스는 시간표작성에 필요한 데이터의 형태 및 의미를 선언하며, 작업영역을 구성하고, 전문가의 경험적규칙을 선언하여 시간표작성에 필요한 정보를 생성한다. 사용자인터페이스는 각종 메뉴 및 마우스를 컨트롤하며 선언된 지식을 이용하여 필요한 데이터를 입력받을 수 있도록 해 준다. 작업영역은 시간할당에 필요한 제반 지식을 가지고, 지식베이스의 제어대상이 된다. 추론엔진은 지식베

이스의 내용이 원활히 수행될 수 있도록 해석, 실행해주는 인터프리터 역할을 담당한다.

시스템은 기본적으로 풀-다운(Pull-Down)방식의 메뉴로 구현되며 윈도우내에서 "TITA 시스템"을 클릭하면 『Fig. 2』와 같은 초기화면이 나타나고, 이 환경아래에서 필요한 작업을 실행할 수 있다.

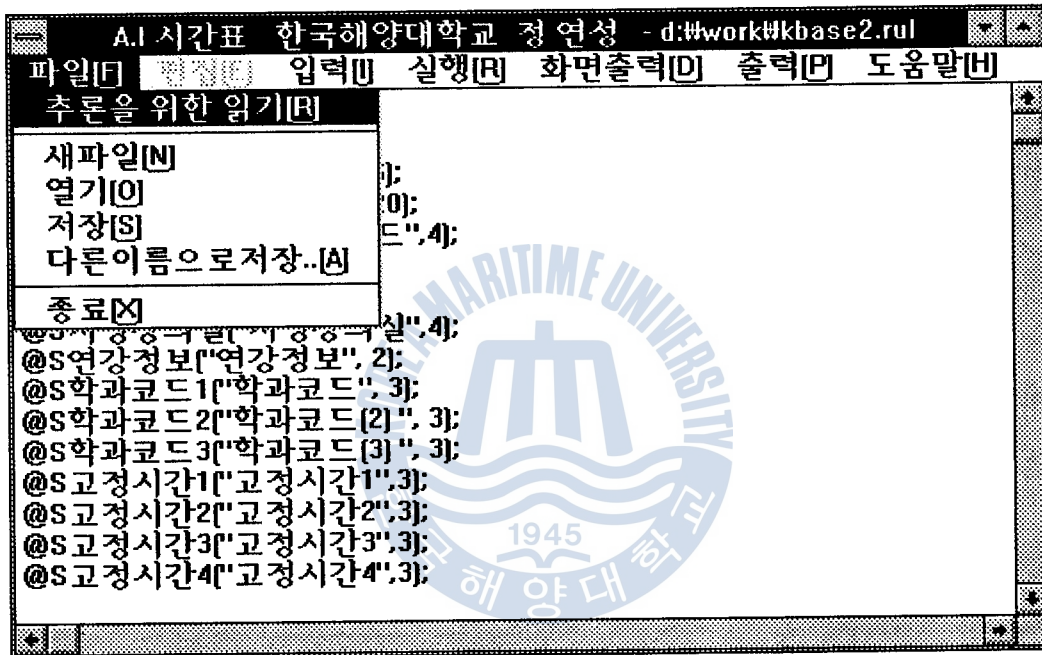


Fig. 2 The initial screen of system

### 3.2 지식베이스의 설계

본 시스템 내에서 사용된 지식베이스는 사실적지식을 나타내는 입력파일선언모듈과 출력파일선언모듈, 레벨정의모듈 및 제어지식을 나타내는 초기화모듈, 룰선언모듈의 5개의 모듈로 구성되어있다. TITA시스템에서 사용된 지식베이스의 구성은 『Fig. 3』과 같다. 초기화 모듈에서 초기화 되고 룰모듈의 제어대상이 되어 전문가의 제어지식에 따라 그내용이 계속적으로 변하면서 요구조건에 맞는 시간값을 할당해주는 작업영역의 구성은 『Fig. 4』와 같다.

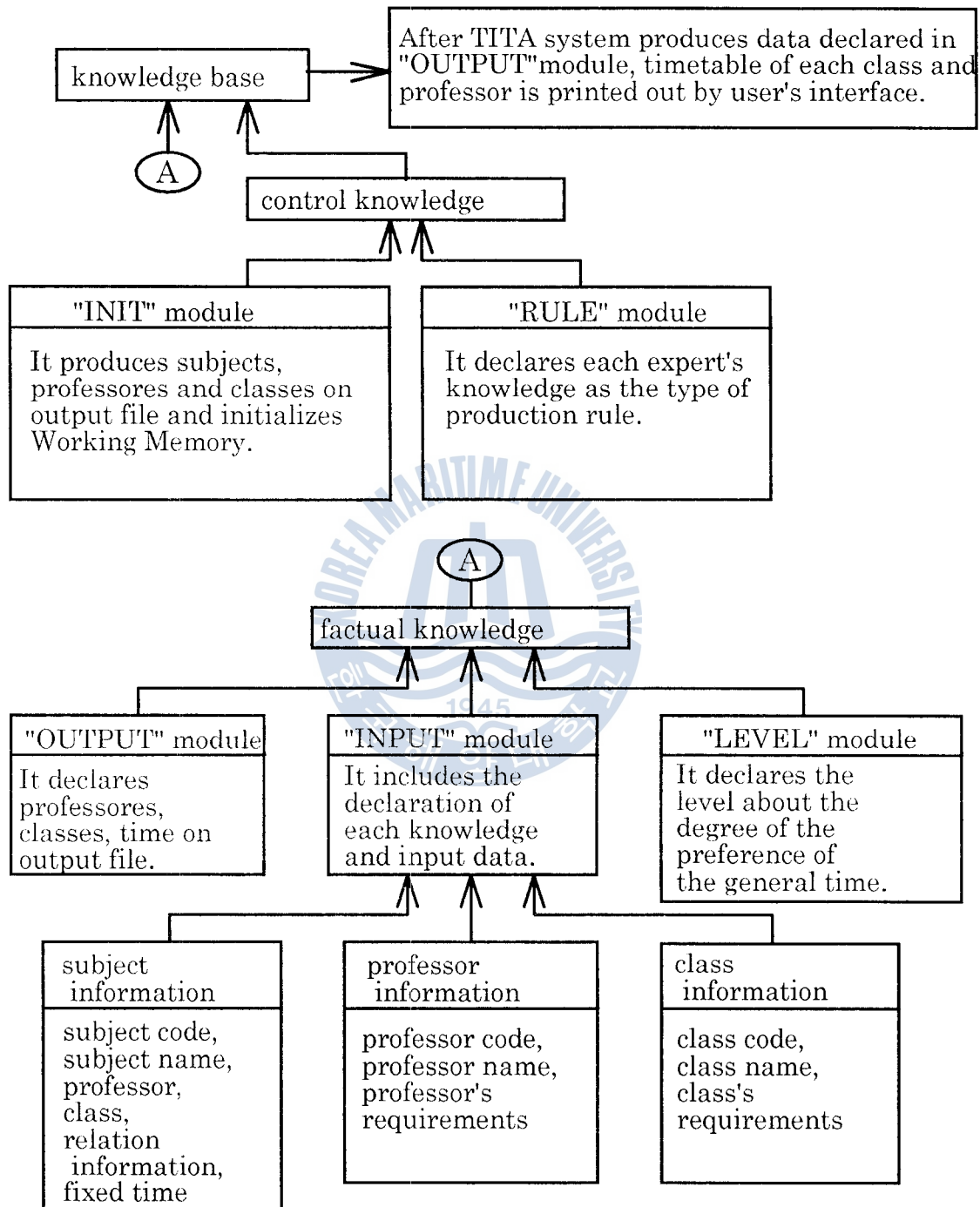


Fig. 3 The composition for knowledge base

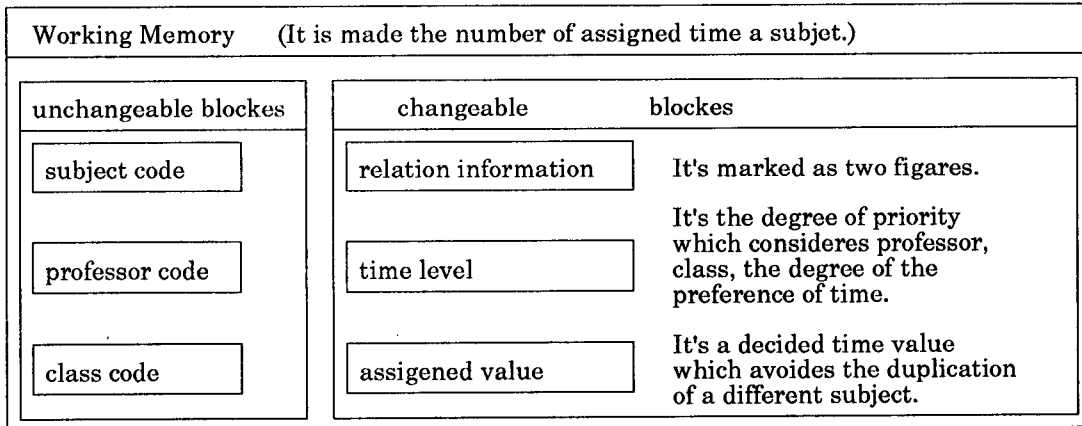


Fig.4 The composition of working memory

#### 4. 실행 및 분석

본 시스템의 유용성을 확인하기 위하여 임의의 단과대학을 대상으로 입력데이터를 조사하고 각종 요구조건을 임의로 설정한 후 시간표를 작성하여 보았다. 출력된 시간표에 대하여 전문가의 조언에 따라 다음 사항들을 검토해 본 결과 실생활에 유용하게 적용될 수 있음을 알수 있었다.

##### 1) 시간표의 필수요구조건

시스템 내부에서 항상 검사함으로써 필수요구조건 및 고정할당시간을 만족하도록 하였다.

##### 2) 연강정보

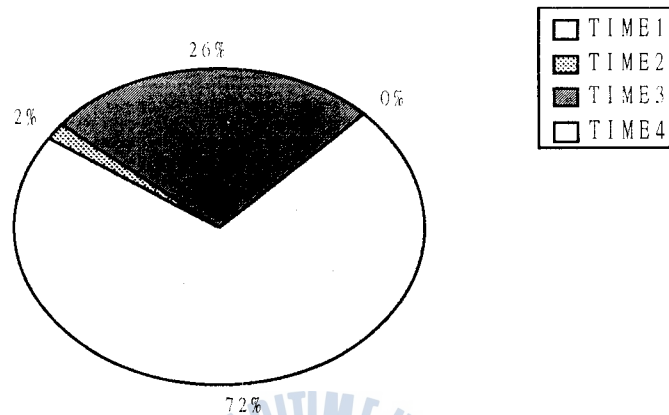
일정과목에 정의된 연강정보로 할당할 수 없을 경우는 연강정보를 수정하여 시간을 할당하기로 하였으나, 입력된 데이터에서는 모든 연강정보가 초기의 조건으로 할당되었다.

##### 3) 교수요구조건

각 교수들에게 할당된 시간들이 교수들의 요구조건을 얼마만큼 만족하는가를 비교해 보았다. 전체 할당시간중 PW(하고 싶은 시간)시간대에 할당된 시간 및 NW(하기 싫은 시간)시간대에 할당된 시간과 이외의 시간대에 할당된 시간들에 대해 도표로 표시하면 『Fig. 5』와 같다. 교수요구조건에 따라 시간할당은



TIME1 및 TIME2에 할당되는 것이 가장 이상적이다. 본 시스템에서는 98%가 할당 됨으로서 만족할 만한 결과를 나타내었다



TIME1 : The sum of time in the "PW" area (157 hours)  
 TIME2 : The sum of time in the general area when the "PW" information is.(4 hours)  
 TIME3 : The sum of time in the general area when the "PW" information isn't.(57 hours)  
 TIME4 : The sum of time in the "NW" area (nothing)  
 Total time : 218 hours

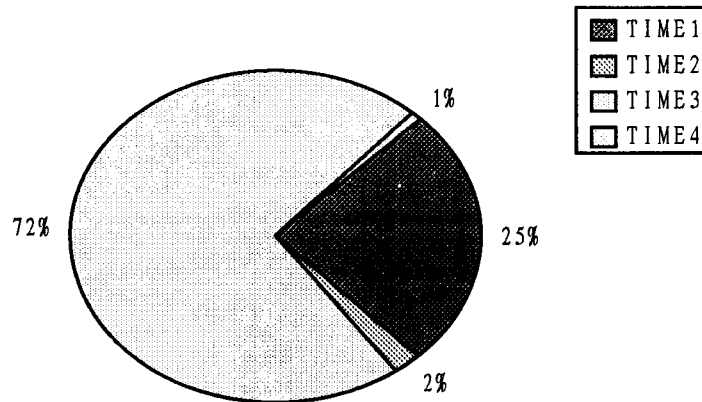
**Fig. 5 The satisfaction rate of each professor required condition**

4) 학과요구조건

각 학과들에 할당된 시간들이 학과들의 요구조건을 얼마만큼 만족하는가를 비교해 보았다. 각 시간대에 할당된 시간들에 대해 도표로 표시하면 『Fig. 6』과 같다. 학과요구조건의 유무에 따라 시간할당은 TIME1 및 TIME2에 할당되는 것이 가장 이상적이다. 본 시스템에서는 97%가 할당됨으로서 만족할 만한 결과를 나타내었다.

5) 일일 평균 시간

교수 및 학과는 특별한 요구조건이 없을때 각 요일에 할당된 시간의 합은 일주간 전체 할당시간의 평균과 비슷해야 하며 특정 요일에 너무 많은 시간이 할당되어서는 안된다. 학과코드가 '412', '422', '432'인 학과를 임의 선택하여 각 요일별 시간 합계를 살펴보면 『Fig. 7』과 같다.



TIME1 : The sum of time in the "PW" area (61 hours)

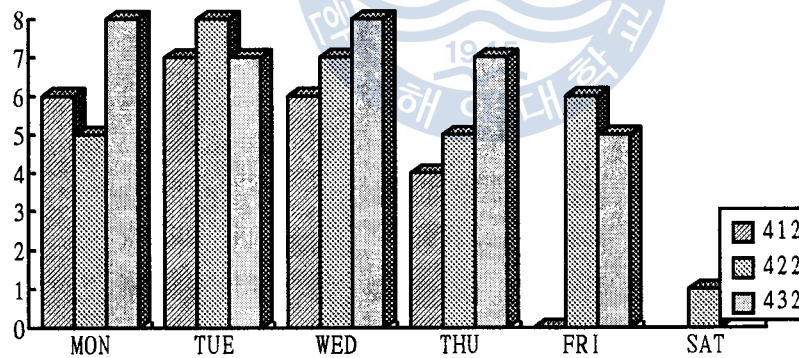
TIME2 : The sum of time in the general area when the "PW" information is.(5 hours)

TIME3 : The sum of time in the general area when the "PW" information isn't.(172 hours)

TIME4 : The sum of time in the "NW" area (2 hours)

Total time : 240 hours

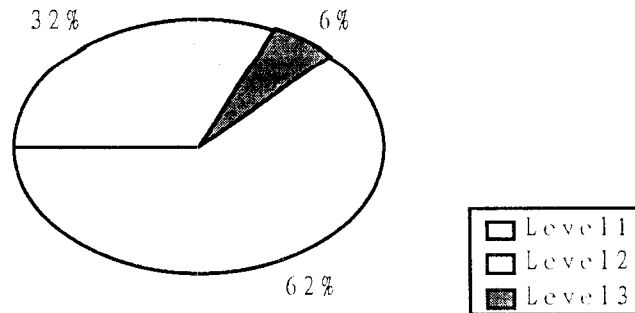
**Fig. 6 The satisfaction rate of each department required condition**



**Fig. 7 The assignment time of each department**

6) "LEVEL" 정보

"LEVEL" 모듈내에서 정의된 레벨의 순서에 따라 우선적으로 시간할당이 이루어지도록 하였다. 각 시간대에 할당된 시간 합계를 살펴보면 『Fig. 8』과 같다.



Level1 : 2, 3, 6, 7 time from Monday to Friday (143 hours)  
 Level2 : 1, 5, 8, 9 time from Monday to Friday (72 hours)  
 Level3 : 4 time from Monday to Friday and Saturday (13 hours)  
 Total Time : 228 hours

Fig. 8 The assignment time of each level

## 5. 결 론

TITA시스템의 실행 결과는 전문가가 작성한 시간표와 유사한 시간표가 작성되었음을 알 수 있었다. 종래의 절차형프로그램기법에 비교하여, 본 시스템에서는 다른 환경에 적용하기 위해 많은 시간과 노력이 필요했던 점, 전문가의 지식까지도 프로그래머가 맡아서 해야 되는 점, 전문적 지식의 비체계화로 인한 비효율성 등의 단점들이 많이 개선되었으며 특수한 요구조건을 단지 지식화함으로써 새로운 환경에 대응 능력이 있다. 본 시스템에서 앞으로 개선되어야 할 부분들은 다음과 같다.

- (1) 시간표의 특수한 예로서, 4개 학과 이상의 합반과 선택과목 중 동일학과가 동일시간에 수업할 수도 있는데 이에 대한 고려가 시스템에서 제공되지 않았다. 본 시스템에서는 이와 같은 문제를 해결하는데 있어 수작업과 혼용하여 해결하고 있다.
- (2) 시간표작성에 있어 시간할당과 함께 필수적이라 할 수 있는 강의실할당에 대한 고려가 이루어지지 않았다.
- (3) 출력된 시간표에 대해서 적절한 설명을 해 줌으로써 전문가의 이해를 구하는 문제가 고려되지 않았다.

TITA시스템은 수정 및 재생산에 적합한 객체지향기법으로 작성되어 있기 때문에 좀더 빠른 시간내에 여러 문제점들을 해결할 수 있으리라 생각된다. 이러한 문제점을 빠른 시간내에 해결하고 시간표뿐만 아니라 유사한 여러 작업에서도 이용될 수 있는 범용 추론엔진의 개발에 대해서도 앞으로 계속 연구하고자 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] E. A. Akkoyunlu, "A Linear Algorithm for Computing the Optimum University Timetable", The Computer Journal, Vol.16 No.4, pp347-350, 1972.
- [2] D.C. Wood, "A technique for colouring a graph applicable to large scale timetabling problems", The Computer Journal, Vol.12, p317-319, 1969.
- [3] G.A. Neufeld & J. Tartar, "Graph Coloring Conditions for the Existence of Solutions to the Timetable Problem", Communications of ACM, Vol.17, pp450-453, 1974.
- [4] R.J. Aust. "An improvement algorithm for school timetabling", The Computer Journal, Vol.19, pp339-343, 1976
- [5] Hisashi MINE, "An Algorithm for Constructing a School Timetable", The transactions of the iiece of japan, Vol.E61, No.5, pp370-375, 1978.
- [6] Donald A. Waterman, A Guide to Expert Systems, 명성출판사, p.20, 1992.
- [7] Rich Elaine, Artificial Intellegence, McGrow-Hih Inc. pp229-242, 1983.
- [8] 최종수, 인공지능의 세계, 방학출판사, pp145-147, 1986.
- [9] 김재희, 인공지능의 기법과 응용, 교학사, pp219-245, 1992.
- [10] 김문희, 한재수, "객체지향언어 C++를 위한 Information Viewer", 한국정보과학회지, Vol. 11, No. 2, pp84-93, 1993.
- [11] 김수동, "객체지향 소프트웨어 공학", 한국정보과학회지, Vol.11, No.2, pp5-21, 1993.
- [12] 원유현, "객체지향 언어의 주요 개념", 한국정보과학회지, Vol.8, No.5, pp21-28, 1990
- [13] 김현숙, 인공지능이란 무엇인가, 크라운출판사, pp152-154, 1993.