

## 전자식 교통신호제어시스템에 관한 연구

서준혁 · 안종구  
전기전자 및 자동화 공학부

### <요약>

기계식 교통신호시스템에 비해 전자식 교통신호시스템은 여러가지 장점을 가지고 있다. 따라서, 인공지능 교통신호시스템은 전자식 교통신호시스템이 기본이 된다. 본 논문에서는 현재 국내에서 쓰이고 있는 교통신호시스템을 개선하여 입출력 등의 조작이 간단하고, 프로그램이 용이한 전자식 교통신호시스템을 설계하였다.

## A Study on the Electronic Traffic Control Signal System

Joon Hyuk Seo and Chong Koo An  
School of Electrical Engineering and Automation

### <Abstract>

Electronic traffic signal systems have more advantages than mechanical traffic signal systems, so that the intelligent transportation system (ITS) is based on the electronic traffic signal system. In this paper, the electronic traffic signal system, but not easy to deal with, is improved, that is, the input/output operation is simpler and the reprogramming is easier.

---

이 논문은 1997년도 울산대학교 대학연구비에 의해 이루어진 연구 결과임.

## 1. 서 론

급속히 증가하는 자동차의 수로 인하여 발생하는 교통문제의 해결 방법으로는 도로망의 확충이라는 방법도 있으나 이를 위해서는 경제적인 부담이 뒤따른다. 다른 한가지 방법으로는 교통신호 시스템을 잘 운용하는 방법이 있는데, 경제적으로나 시간적으로나 좋은 해결 방법일 수 있다. 국내에서 이용되고 있는 교통신호 시스템은 주로 기계식으로 교통량의 변화에 따라 적절하게 신호 주기를 변경하는 것이 어렵고, 따라서 요일별, 혹은 시간대별로 미리 정해진 방식에 따라 운용되므로 갑작스러운 교통량 변화에 능동적으로 대처하기 어렵고, 결과적으로 길이 많이 막히는 일을 자주 경험하게 된다. 따라서 교통문제의 해결을 위하여 새로운 대책들이 요구되어 왔고, 많은 방안들이 제시되고 있는데, 그 중에서 능동적인 교통운용 시스템의 개발은 현재의 극심한 교통상황을 다소나마 해결할 수 있는 한 가지 방법이다.[1,2,3]

현재 이용되고 있는 교통신호 제어기는 정보의 입력단계가 복잡하고, 입력에 많은 시간이 요구되고 제한된 기능만을 수행하므로 수시로 변하는 교통상황에 능동적으로 대처하지 못한다. 본 논문에서는 편리하고 효율적인 입력 단계를 제공하여 제어기 사용자에게 편이성을 제공하고, 유동적으로 변하는 교통량에 능동적으로 대처할 수 있는 교통신호시스템에 관하여 연구하였다.

다음 절에서는 교통신호에 관한 일반적인 용어와 그들의 정의에 관한 내용을 다루고, 3절에서는 교통신호 제어기의 일반적인 구성을 다룬 후, 4절에서 새로운 제어기를 제시한다. 그리고 5장에서 결론을 보였다. 부록에서는 새롭게 제시한 교통신호 제어기의 회로도를 보였다.

## 2. 교통신호

도로 교통법에서는 “신호기란 전기에 의해 조작되고 도로의 교통에 관하여, 통화에 의한 교통정리 등을 위한 신호를 표시하는 장치를 말한다”고 정의하고 있다. 즉, 신호기관 차량 또는 보행자에 대하여 신호를 표시하는 등기(燈器), 등기의 점멸을 제어하는 제어기, 등기와 제어기간을 접속하는 배선류 전체를 가리키고 있다. 교통신호기는 3개 혹은 4개의 등(燈)이 점멸하는 단순한 장치이지만 그 제어의 최적화 문제는 상당히 복잡하다.[4,5,6]

교통신호의 제어를 위하여 필요한 요소에는 현시(phase), 주기(cycle), 스프릿(split) 그리고 옵셋(offset)등이 있다. 현시(現示)란 일군(一群)의 교통류에 대한 통행권으로 다시 말하면 하나의 녹색표시이다. 그림 1에서 보인 보통의 4지 교차로에서는 그림 2에 보인 바와 같은 2현시(two phase)가 쓰인다. 그림 3에서는 우회전 전용현시를 포함한 4현시의 예를, 그림 4에서는 대향 우회전 교통량의 균형이 맞지 않는 경우의 우회전 전용현시를 갖는 4현시의 예를 각각 보였다. 그림 5는 T형 교차로에 현시를 주는 방법이다. 단순한 2현시에서 4현시까지는 몇 가지 조합방법이 있다. 교차로 형상이나 교통의 흐름이 복잡하면 현시를 조합하는 방법도 복잡하고 현시의 수도 많아지게 된다.

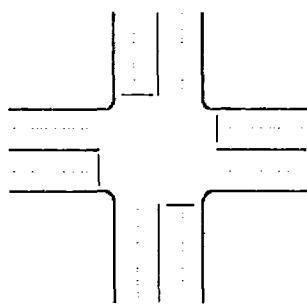


그림 1. 4지 교차로 모델.

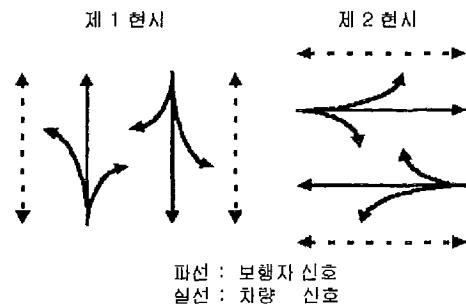


그림 2. 2현시의 예.

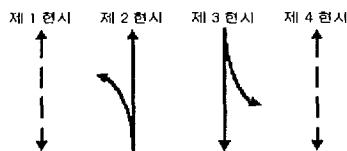


그림 3. 4현시의 예 1.

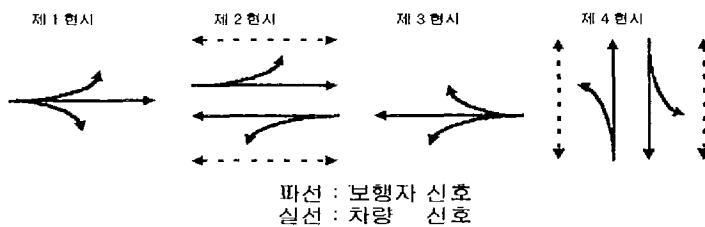


그림 4. 4현시의 예 2.

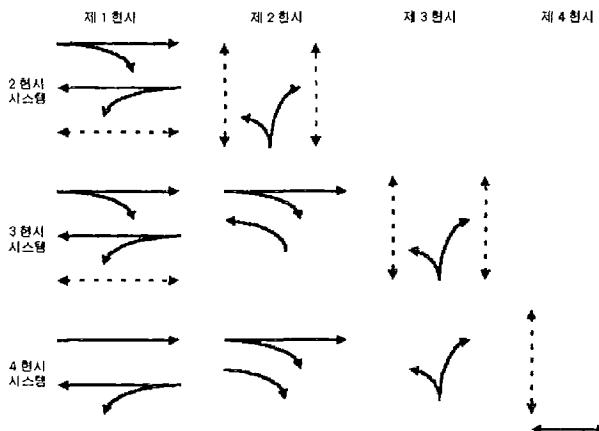


그림 5. T형 교차로에서 현시를 주는 방법.

신호제어의 효율과 안정성은 현시를 조합하는 방법에 따라 많은 영향을 받는다. 통상적으로 서로 교차하는 흐름을 분리하여 별도의 현시를 하면 교통의 안전성은 항상시키는 특징을 가지지만, 반대로 현시의 수가 증가하여서 교통용량이 줄어들고, 심한 경우에는 심각한 교통체증을 유발할 수도 있다. 그러나 보행자와 우회전을 위한 차량이 모두 많을 경우에는 보행자 전용현시(scramble phase)를 따로 제공하는 것이 좌회전 차량의 처리가 좋아져서 교통용량을 증가시킬 수도 있다. 현시의 결정은 도로조건과 교통조건을 종합적으로 판단하여 결정되며 최적 현시 결정을 위한 노력이 있어 왔다.[3]

주기란 신호표시 차례가 한번 도는데 걸리는 시간 혹은 어느 주현시(major phase) 녹색이 시작하여 다음 녹색이 시작할 때까지 시간이다. 일반적으로 초(sec)로 나타낸다. 스프릿은 각 현시에 할당되는 시간의 길이로 초 혹은 사이클의 퍼센트 단위로 나타낸다. 옵셋은 복수의 신호를 계통적으로 제어하는 경우의 파라미터로 보통은 계통방향 현시(혹은, 기준현시)의 녹색이 시작하는 어느 기준으로부터의 시간차를 초 혹은 사이클의 퍼센트로 나타낸다.

교통신호제어방식에는 정시제어방식과 교통응답제어방식의 2가지가 있다. 정시제어 중에서 가장 단순한 형식은 하루종일 똑같은 표시를 반복하는 것으로 1단 프로그램 제어라 한다. 그리고 하루 시간대에 따라 파라미터를 바꾸거나 1주간 각 요일에 따라 파라미터를 바꿀 수 있는 다단 프로그램 제어 방식도 있다. 이것들은 어느 사이클 스프릿 및 옵셋(계통제어의 경우)의 값을 여러개 설정해서 각각 어느 것을 언제 적용하는가를 시계에 설정하도록 하고 있다. 이 방식은 충분하고 적절히 설정만 하면 예측 가능한 정상적인 교통변동에 대해서는 좋은 결과를 가져오나 예측할 수 없는 돌연한 교통량 변동에 대해서는 무기력하다.

교통응답제어(traffic responsive control)란 교통상태에 따라 자동적으로 파라미터를 변경하여 능동적인 교통 제어를 가능하게 하는 방식을 말하며, 교통상황의 파악을 위하여 교통 감지기(traffic detector)가 이용된다. 교통응답제어는 교통감응제어법(traffic actuated control)과 교통순응제어법(traffic adaptive control)의 2가지 방식으로 나뉘는데, 교통감응제어는 감지기를 통과하는 차량 사이의 시간을 계속적으로 측정하여 이미 설정되어 있는 시간(일반적으로 2~3초 정도로 설정)보다 큰 간격이 나타나면 그 순간 녹색시간을 중단하는 일종의 프로그램형성제어이다. 교통순응제어는 일정시간(보통 5~20분)마다 교통량(occupancy)을 측정하고 이를 측정값에 따라 신호제어 파라미터를 적절히 변경해 가는 방식이다.

### 3. 교통신호 제어기의 구성과 역할

#### 3. 1. 교통신호 제어기의 구성

교통신호 제어기는 교차로 및 횡단보도에 설치하는 기기로서 그림 6에 보인 바와 같이 주 제어부, 신호등 구동부, 모순 검지부, 접별부, 수동 조작부 등으로 구성되어 신호제어를 수행하는 기기를 일컫는다. 일반적으로 교통신호 제어기는 다음과 같은 구성으로 이루어진다.

### 3. 2. 각 구성요소들의 역할

#### 3. 2. 1. 주 제어부 (Main control unit)

주 제어부는 교통신호 제어기에서 중추적인 역할을 담당하는 부분으로 차량검지기나 모순검지기와 같은 구성요소들로부터 정보를 수집하고 분석하여 신호등의 현시상태를 제어하는 부분이다. 이 부분은 현시의 상태와 동작을 설정하는 기능을 가진 수동 조작부로부터 데이터를 읽어 들이고, 그 읽어 들인 데이터 값들을 참조하여 현시제어를 수행한다. 주 제어부는 시스템의 초기화 기능, 시간의 입력 및 수정 기능, 정주기 제어 기능, 시간계획 제어 기능, 외부 사용자에 의한 수동제어 기능, 시스템에 문제가 발생한 경우 적색등 혹은 황색등의 점멸 기능, 연동제어 기능, 감응 제어 기능, 사용자가 입력한 현시 정보나 일반데이터의 범위를 기억하는 기능 등을 갖는다.

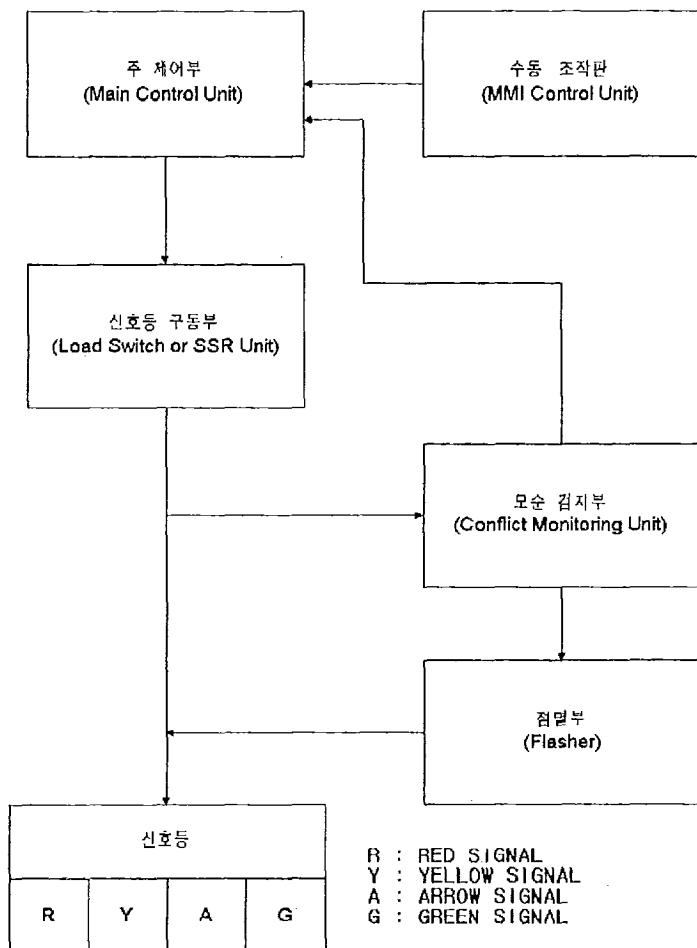


그림 6. 교통신호 제어기의 구성도.

### 3. 2. 2. 수동 조작부 (Man machine interface [MMI] unit)

사용자는 수동 조작부를 이용하여 주 제어기의 메모리에 현시 정보와 시간 정보 그리고 기타의 데이터들을 입력 및 수정할 수 있다. 따라서 제어기의 동작모드에 관한 데이터베이스를 구축할 수 있고, 이미 구축되어 실행중인 데이터베이스를 쉽게 조회 할 수 있어야 한다.

### 3. 2. 3. 모순검지부 (Conflict monitoring unit)

모순검지부는 주 제어기가 수행하는 신호등의 점등상태를 검사하고 점등상태와 입력전압에서 모순이 발생할 경우 적색 신호등을 점멸시켜 주제어기에 이상이 발생하였음을 사용자에게 알리고 주 제어기의 동작을 정지시키는 역할을 한다.

모순검지부의 기능을 살펴보면 첫번째로 모순검지기능이 있다. 이것은 주제어기의 출력에 이상이 있을 경우, 우선 주 제어기에 이상을 알려 시스템의 동작을 정지시키고 점멸부를 작동시켜 신호등의 적색등이나 황색등을 점멸시키는 기능을 가지고 있다. 그리고 전압검지기능이 있는데 이것은 신호제어기에 공급되는 직류전압(DC 5V/24V)과 교류전압(AC 110V/220V)을 감시하여 제어기가 오동작을 일으킬 수 있는 전압으로 변환될 경우 모순검지기능에서와 마찬가지의 방식으로 적색등이나 황색등을 점멸시키는 기능을 한다. 세 번째로는 RED fail 기능이 있는데 신호기에서 적색등의 역할이 아주 중요하므로 매 현시마다 적색등에 관한 정보를 감시하고 적색신호에 관한 정보가 빠졌을 경우 적색등이나 황색등을 점멸시킨다.

### 3. 2. 4. 기타

I/O 확장부는 기본적인 사양 이상의 신호등과 검지기를 구동할 때, 주 제어부에 결합할 수 있는 daughter board 형식의 요소이다. 점멸부는 주 제어기의 신호등 점등상태에서 모순이 발견되거나 입력 전압에서 모순이 발생하였을 경우 모순검지기로부터 신호등 점멸명령을 받아서 적색신호등을 점멸시키는 역할을 담당한다. 신호등 구동부(SSR Unit)는 주 제어부로부터 전달되는 DC 제어신호를 받아 실제로 신호등을 구동하기 위한 AC 전원을 발생시키는 기능을 담당한다.

## 4. 교통신호 제어기의 설계.

본 논문에서는 앞에서 설명한 신호 제어기 중에서 가장 기본적인 기능을 수행하는 주 제어부와 수동 조작부만을 설계하였다. 그러나 실질적으로는 신호등 구동부와 모순검지부 그리고 점멸부를 제외한 모든 부분을 포함하고 있으며, 신호 제어기에서 요구하는 대부분의 기능들을 고려하였다. 설계된 교통신호 제어기의 구성도는 그림 7과 같다.

### 4. 1 주 제어부의 설계.

주 제어부는 교통신호 제어기에서 중심적인 역할을 수행하는 부분으로 주로 사용자가 입력한 신호정보(현시 정보와 여러 데이터들)들을 분석하여 정해진 routine에 따라 신호의 출력을 반복적으로 수행하는 기능을 가지고 있다.

8052는 여러 블록으로부터 정보를 수집하고 그 정보들을 분석하여 신호등을 제어한다.  
이 부분의 구조는 그림 8과 같이 여러 구성요소들로 이루어진다.

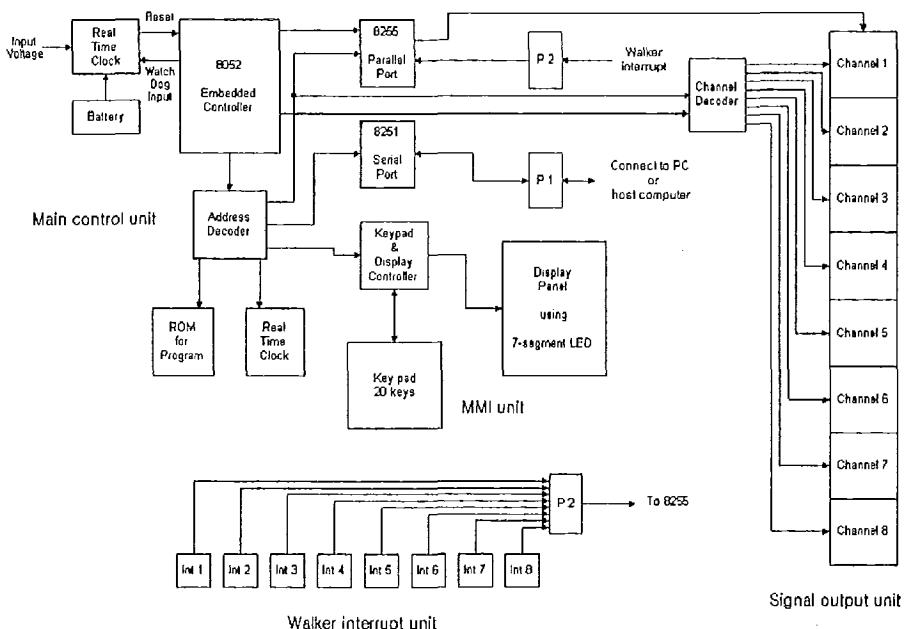


그림 7. 교통신호 제어기의 구성도.

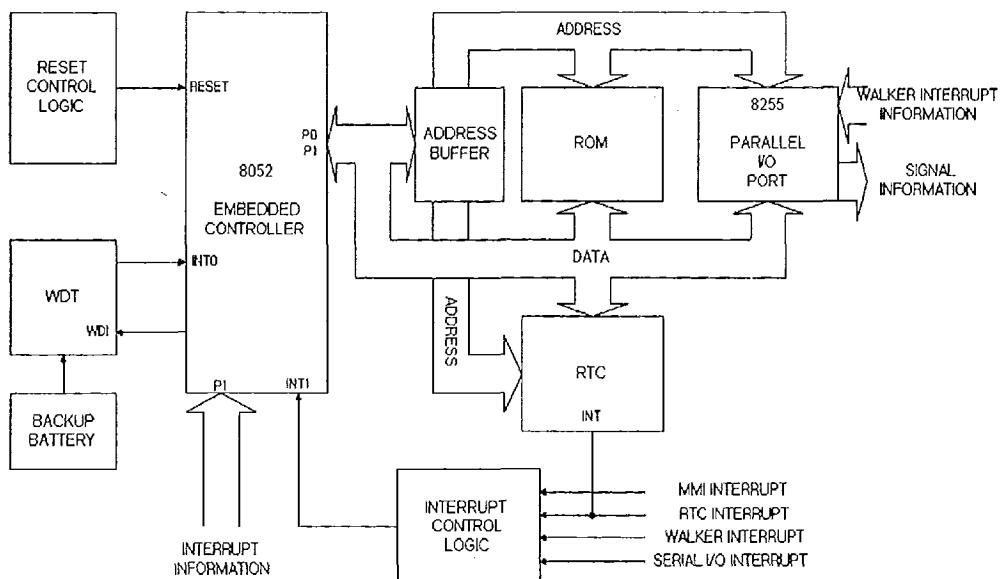


그림 8. 주제어부의 구조.

주제어부의 CPU는 수동 조작부로부터 현시 정보 및 여러 데이터들을 받아들이고 내부의 RAM에 그들을 저장하고, 여러 정보를 분석하여 신호 정보를 신호등 구동부로 출력하며, waker interrupt block으로부터 interrupt를 감시하고 interrupt의 유무에 따라 보행자 신호의 제어를 결정한다. 감응 제어의 경우 loop detector로부터 정보를 수집하고 그 정보에 따라 최적의 현시와 데이터로 변환시켜준다.

Watch dog timer(WDT)는 시스템을 감시하고 유지하는 기능을 수행한다. CPU에 문제가 발생하여 오동작을 일으킬 경우, 신호의 출력에 치명적인 영향을 줄 수 있으므로 WDT의 역할과 비중은 아주 크다. Real time clock(RTC)은 시스템에 시간정보를 제공한다. 신호제어기를 시간계획제어로 구동할 경우, 시간대에 따라 현시 또는 여러 데이터들의 값들을 변환시켜 주어야 한다. RTC의 내부에는 시간정보의 저장을 위하여 여러 목적성을 가진 레지스터들이 있는데, 그들 중 interrupt와 관련된 레지스터에 날짜와 시간을 입력해 두면 그 날짜와 시간에 interrupt를 발생시킬 수 있다.

## 4. 2 수동 조작부의 설계

수동 조작부(이하 MMI)는 사용자로부터 어떤 정보를 입력받고 그 정보를 주 제어부의 메모리에 저장시키는 역할을 한다. 사용자로부터 입력받는 정보의 종류는 정시제어에서의 현시와 기타의 데이터들, 그리고 시간계획제어에서 쓰이는 현시와 기타의 데이터 및 시간 정보 등을 들 수 있다.

MMI가 갖추어야 할 최우선의 조건은 입력의 편이성이다. 비록 신호등의 설치 및 프로그래밍에 관한 전문적인 지식을 갖춘 엔지니어가 수행한다 할지라도 입력과정이 복잡하고 어려워 많은 시간을 소모해야 한다면 급박한 상황에 신속히 대처할 수 없을 뿐만 아니라 여러 가지 면에서 비효율적인 현상이 많이 나타날 수 있다. 따라서 본 연구에서는 쉽게 현시정보와 데이터들을 입력할 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

기존의 입력 방식은 도로의 여건에 맞추어 사용자가 16진법으로 정보를 설정하거나 입력을 하기 때문에 입력과정이 매우 복잡하다. 따라서 입력 방법에 익숙하지 않은 사용자들의 경우는 정보의 입력이나 변환을 쉽게 수행할 수 없다. 이러한 문제점 때문에 교통량이 증가하거나 감소할 경우 또는 교통로에 물리적 변화가 있을 경우에는 입력 방법에 익숙한 기술자에 의해서만 조작이 가능하므로 경우에 따라서는 교통의 변화에 능동적으로 대처하지 못하는 문제점이 있다. 입력의 과정을 흐름선도(flow chart)로 그림 9에 보였다.

이 방식으로 입력을 하면 다음과 같은 이점이 있다. 기존의 입력방법은 한 쪽 방향의 현시 정보만을 수정할 경우에도 모든 정보를 수정해야하는 단점을 가지고 있었다. 그러나 본 연구에서 제안한 입력방법의 경우에는 원하는 부분의 값만 변환할 수 있으므로 많은 시간을 필요로 하는 입력 부분을 단순화하였다. 또한 연동제를 고려하여 입력과정에서 연동제를 선택하게 될 경우에 제어기는 미리 입력되어있는 연동제어 프로그램에 의해서 돌아갈 수 있도록 배려하였다. 제어기에는 년, 월, 일, 시간 단위의 값 등을 넣을 수 있는 테이블이 있어 그 값을 미리 설정시켜두면 프로그램에 의해서 시간단위로 제어를 수행하게 된다. 기존의 신호등은 프로그램 변환이 매우 힘들어 하루동안 돌아가는 테이블은 보통 2개 정도에 불과하다. 제안된 제어기는 테이블의 수를 늘이고 입력하는 과정과 정보의 양을 간소화시킴으로써 기능을 강화시켰고 기존 제어기의 여러 단점을 수정 보완하였다. 각

MODE는 미리 프로그램화되어 있으므로 사용자는 제어기와 함께 공급되는 정보를 이용하여 순차적으로 값들을 입력시켜 주면 쉽게 현시 정보를 프로그래밍할 수 있다. 그리고 입력과정에서 모순되는 신호의 입력이 있을 경우에는 사용자에게 문제가 발생했음을 알려주는 기능도 추가하였다.

기존의 제어기는 입력 값이 우리에게 익숙한 10진수가 아닌 16진수이고, 입력과정에서도 별도로 도움이 될 수 있는 정보가 제공되지 않는다. 그리고 하나의 현시에 대한 각 채널의 정보를 입력할 경우, 각각의 채널에 대하여 정보를 따로 따로 입력해 주어야 한다는 번거로움이 있다.

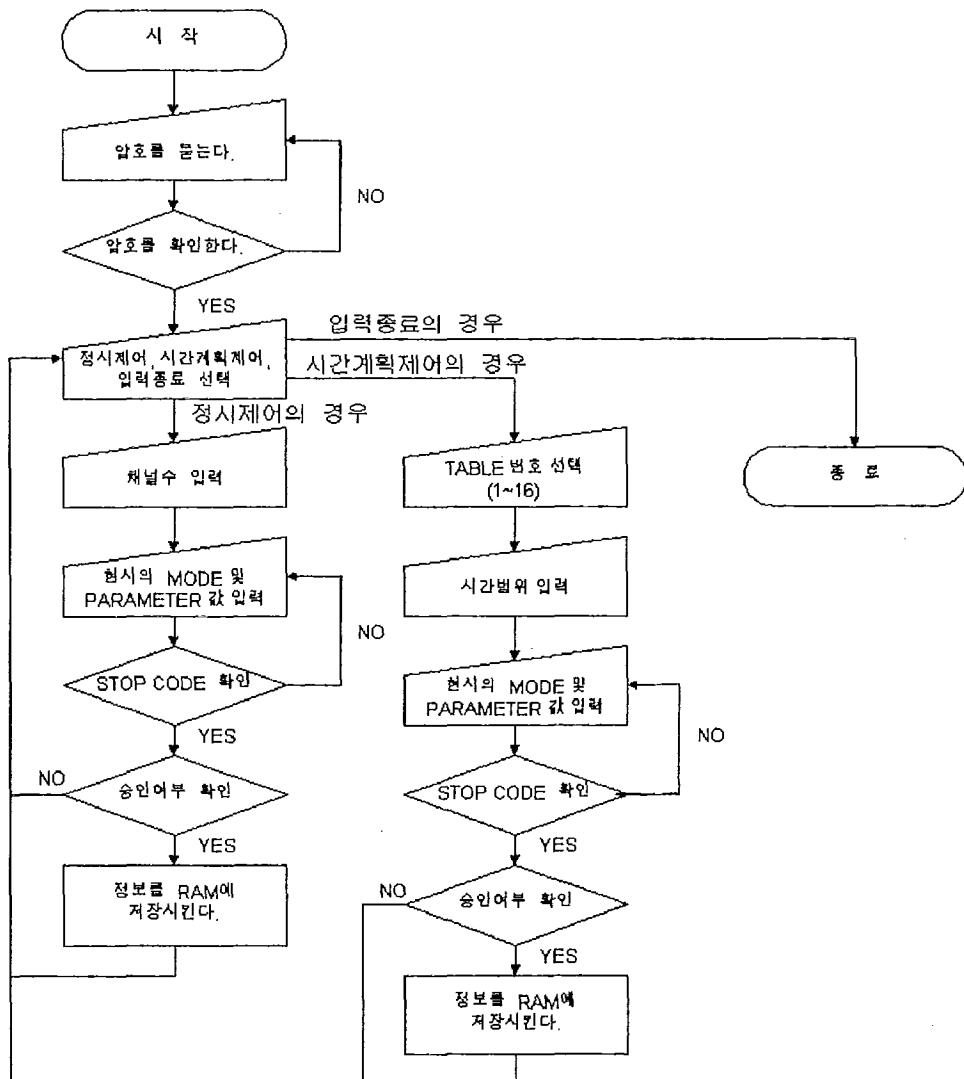


그림 9. 입력과정 알고리즘.

따라서 본 연구에서는 현시 MODE라는 것을 새로이 설정하여 이 값을 10진수로 입력하도록 하였다. 현시 MODE란 하나의 현시에서 각각의 채널에 대한 정보를 일일이 입력해야 하는 번거로움을 해결하기 위하여 여러 가지의 MODE를 미리 설정하고 하나의 현시에 대한 정보를 이 MODE의 대표 값으로 대신하게 하였다. 도로에 따라 MODE의 종류와 값이 변하고 MODE에 대한 정보는 미리 프로그래밍되어 있어야 하므로 메모리를 차지하는 단점이 있지만, MODE를 나타내는 정보의 크기가 크지 않기 때문에 큰 문제는 없다. 그럼 10은 4자 교차로에서의 현시 MODE 예를 나타낸 것이다. 설계된 교통신호 제어기의 전체 회로도는 부록의 그림과 같다.

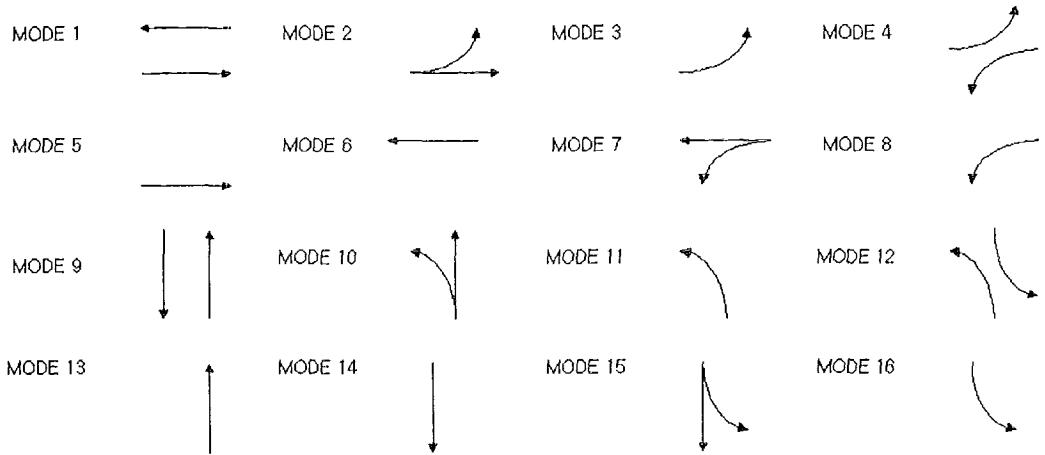


그림 10. 4자 교차로에서의 현시 MODE 예.

## 5. 결 론

본 논문에서는 교통신호 제어기의 일반적인 이론과 기본 구조를 살펴보고, 기존의 시스템이 가지는 문제점을 분석하였다. 본 논문에서 참고한 모델은 최근에 많이 사용되기 시작한 최신형의 모델이다. 실제로 검토해 본 결과, 입력과정이 어려울 뿐만 아니라 입력 과정에서 발생할 수 있는 모순된 점을 미리 감지할 수 있는 기능은 전혀 없었다. 입력이 잘못되었다는 사실은 프로그래밍을 마친 후 실제 구동할 때 모순 검지부를 통해서만 알 수 있었다. 그리고 하드웨어의 구성에 있어서도 모든 부분이 모듈화되어 있어서 유지 및 보수를 쉽게 할 수 있다는 장점을 가지고 있으나 필요 없는 요소가 많았고 시스템의 확장과 관련하여서도 제약이 있었다.

본 연구에서 제어기의 설계에서 가장 중요하게 여긴 것은 사용자에게 편이성을 제공한다는 것이다. 이것은 기존의 것과는 다른 새로운 입력 방법을 제시함으로써 어느 정도 목적을 이루었다고 할 수 있겠다. 실제로 프로그래밍 과정에서 소요되는 시간이 많이 줄어들었고 오류의 발생 확률 역시 줄어들었음을 확인할 수 있었다. 다음으로 회로의 효율적인 설계를 들 수 있다. 주 제어부와 수동 조작부만 설계하였지만 기존의 것과 비교하여 부품 수가 많이 줄어들었음을 알 수 있다. 사용한 부품의 수는 적으나 기능적인 면과 시스템의

화장성과 관련하여 많은 장점을 가진다. 마지막으로 오류 발생을 막을 수 있는 기능의 추가를 들 수 있다. 사용자는 종종 입력과정에서 잘못된 값을 입력할 수 있는데, 이것은 극단적인 경우 아주 큰 재앙을 발생시킬 수 있다. 기존의 제어기에서는 이러한 것을 막을 수 있는 기능을 하드웨어적(모순검지부)으로 지원하고 있지만 사용자의 입장에서는 입력을 모두 마치고 실제 신호등을 구동했을 때만 그 결과를 알 수 있기 때문에 어려운 점이 있다. 따라서 본 연구에서는 입력과정에서 모순된 입력이 이루어졌을 경우 이를 감지하여 사용자에게 알려 줄 수 있는 기능을 추가하였다.

### 참고문헌

1. G. He and G. Noth, 'Urban Traffic Control System', Proc. 8th IFAC/IFIP/IFORS Symposium on Transportation Systems, Chania, Greece, 1997.
2. M. Furuya, 'general Trend in ITS and NEC's Strategies', NEC Technical Journal, Vol. 50, No. 7, 1997.
3. Y. Hong and H. Jin and C. Park, 'New Electrosensitive Traffic Light using Fuzzy Neural Network', IEEE Trans. Fuzzy Systems, Vol. 7, No. 6, 1999.
4. 김대웅, 교통관리운용, 형설 출판사, 1993.
5. 박광열, 교통공학총론, 기문당, 1995.
6. 경찰청 신호등 규정집

## [부록] 설계된 교통 신호 제어기의 전체 회로도

