

## 표준규격 교통신호제어기에서 교통류별 전용신호 구현방안 연구

### A Study on the Signal Control Unit's Reconstitution to Control the Separated Through/Left(or Right) Turn and the Median Bus Lane Signal for the Standard Traffic Signal Controller

한 원 섭\*      이 호 원\*\*      현 철 승\*\*      주 두 환\*\*\*      이 철 기\*\*\*\*  
(Won-Sub Han)      (Ho-Won Lee)      (Cheol-Seung Hyun)      (Doo-Hwan Joo)      (Choul-Ki Lee)

#### 요 약

교통여건의 변화로 좌·우회전, 중앙버스 및 자전거 전용신호에 대한 요구가 증대되고 있다. 그러나 현재 운영되고 있는 표준규격 교통신호제어기는 4색등화기를 기반으로 하고 있어, 3색등화기의 방향별 차종별 전용신호를 운영하는 데 제약이 있다. 따라서 본 연구는 기존 표준 교통신호제어기에서 좌·우회전 및 중앙버스의 전용신호를 제어할 수 있는 물리적 소프트웨어적인 방안을 제시하였다. 물리적으로 보행 적, 보행 녹, 적, 황, 화살표 및 녹색등화의 6개 출력단자로 설계된 4색등화기의 신호등구동장치(LSU)를 적, 황, 녹색의 3개 씩 2단 배열로 그룹화 하여, 3색등화기의 전용신호로 사용하는 방안을 제시하였다. 소프트웨어적으로 신호 맵 데이터의 코드값을 3색등화기의 적1·황1·녹1·적2·황2·녹색2의 LSU 출력에 맞게 설정하여, 링별(A/B링) LSU별로 전용신호를 스텝별로 구동하는 방안을 제안하였다. 전용신호 도입 시의 운영효과를 중앙버스전용차로가 운영되고, 좌회전이 허용되는 서울시 망우역교차로를 대상으로 분석한 결과 버스전용차로가 운영되고 있는 주도로(동-서)에서 지체가 크게 개선되어 교차로 전체의 지체시간이 70초/대 이상 개선되는 것으로 분석되었다.

#### Abstract

According to the change of the traffic conditions, the requirement of controlling the separated left(or right) turn, the median bus lane and bicycle signal is increasing. However, the traffic signal controller standard based on the four-set lights restricts to control the three-set lights which control the separated direction and kind of traffics. This study suggests the method to control the three-set lights signal by improving the hardware and software for the traffic signal controller which is operated currently in the traffic scene. The 6 output ports of Load Signal Unit(LSU) which is consisted of Pedestrian Red, Pedestrian Green, Red, Yellow, Arrow and Green signal reconstitute 2 rows of the Red, Yellow, Green for three-set lights while the Signal Map data's code values which control the signal step of an individual Ring and LSU are established to adjust the LSU's output ports(R1·Y1·G1·R2·Y2·G2) of the three-set lights. The effect of using the separated through/left turn and the median lane bus signal of three-set lights is analyzed from a Mangwoo intersection in Seoul. The results of analysis show that the delay time of the east-west direction where the median bus lane is operated is especially improved with over 70 sec/veh.

**Key words:** Median lane bus signal, overlap phase, dual ring, LSU(Load Switch Unit)

\* 주저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 수석연구원  
\*\* 공저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 선임연구원  
\*\*\* 공저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 책임연구원  
\*\*\*\* 공저자 : 아주대학교 ITS 대학원 교수  
† 논문접수일 : 2009년 10월 5일  
† 논문심사일 : 2009년 10월 21일  
† 게재확정일 : 2009년 10월 23일

## I. 서 론

### 1. 연구 배경 및 목적

우리나라에서는 도로교통법 상 교차로의 신호등 운영형태가 적색, 황색, 녹색 및 화살표(좌/우회전) 신호를 하나의 등화기에서 표출하는 4색등화기 체계이다. 이와 같은 신호등화체계는 방향별 또는 차종별로 전용신호를 운영하는 데에 한계가 있다.

서울시에서는 버스 통행속도 개선을 통한 대중교통 활성화를 위하여 2004년부터 중앙버스전용차로를 도입하여 운영하고 있으며, 수도권 주변도시로 점차 확대되고 있다. 중앙버스전용차로 운영 시 좌회전이 허용되는 교차로에서 신호현시 조합의 제약으로 신호시간 손실이 많아 교통 혼잡을 가중시키고 있다. 서울시와 고양시에서는 중앙버스전용차로에 의한 교차로 정체 해소를 위하여 중앙버스용 직진신호와 함께 직진과 좌회전의 방향별 교통류에 신호등을 설치하여 운영하고 있다. 그러나 기존 법규 내에서의 신호운영으로 교통류별로 신호등을 구분하기 위하여 표지판과 함께 운영되고 있어, 시인성 및 신호의 의미 전달에 문제점으로 사고위험이 증대되고 있다.

따라서 본 연구는 방향별 교통류 제어와 중앙버스 전용차로의 신호제어 등 방향별 차종별(이하 교통류별) 전용신호등의 운영체계(이하 전용신호체계)를 교통신호제어기 표준규격(경찰청, 2004. 2.)에서 구현하는 방안을 제안하는 데 목적이 있다.

### 2. 연구의 범위 및 방법

4색등화기 체계로 제정된 현행 교통신호제어기 표준규격에서는 교통여건의 변화에 따라 요구되는 교통류별 전용신호 체계를 수용하는 데에는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 비엔나 협약 및 미국 등에서 적용되고 있는 방향별 전용신호와 서울시 등에서 운영되는 중앙버스전용차로에 전용신호를 기존 표준규격 교통신호제어기에서 제어하는 방안 마련을 연구 범위로 하고 있다.

비엔나 협약 및 미국 등에서 적용되고 있는 신호

의 의미와 우리나라의 도로교통법 상의 신호의 의미를 비교하여 도로교통법의 개선방안과 교통류별 전용신호 도입의 필요성과 효과를 현장 사례를 중심으로 검토하였다. 또, 전용신호체계를 기존 교통신호제어기 표준규격에서 수용하기 위하여 하드웨어와 소프트웨어 부분의 개선방안을 제시하였다.

## II. 신호 의미 및 신호운영 현황

### 1. 국가별 신호의 의미)<sup>1)</sup>(1)

#### 1) 녹색 신호

비엔나 협약<sup>2)</sup>에서는 원형녹색신호의 경우 진행해도 좋다는 의미로 우회전, 직진 및 좌회전 등이 가능하며, 미국과 영국의 경우도 마찬가지이다. 반면 우리나라는 비보호 좌회전 표시가 있는 경우에 한하여 진행할 수 있도록 하고 있다.

#### 2) 적색 신호

비엔나 협약, 영국에서는 원형적색 신호의 경우 정지의 의미로 사용되며, 이는 우회전, 직진과 좌회전 등이 모두 불가능하다는 의미이다. 그러나 우리나라와 미국에서는 “적색신호 시 우회전(RTOR, Right Turn On Red)”을 허용하고 있다.

#### 3) 황색 신호

비엔나 협약에서 황색신호는 단독으로 사용될 경우와 적색과 함께 사용될 경우로 구분하여 명시하고 있다. 단독으로 사용될 경우 안전하게 멈출 수 없는 경우를 제외하고 정지의 의미로 사용되며, 적색과 함께 사용될 경우는 신호가 변경된다는 뜻이거나, 적색등의 정지와 의미와 동일하다. 우리나라 도로교통법은 황색신호 시 정지선 이전에 정지하여야 하고, 이미 교차로에 진입하고 있는 경우에만 신속한 통과를 명시하고 있으나 안전하게 멈출 수 없는 경

1) 교통안전연구논집, 교통신호 지시 의미에 관해서, 2007.

2) 1968년 비엔나에서 열린 유엔회담에서 결정된 도로교통에 관한 협약. 총 64개국이 승인 및 가입한 도로교통에 관한 국제기준으로 사용되고 있음.

우에 대한 사항이 없다. 미국의 MUCTD(Manual of Traffic Control Devices)에서는 황색과 적색의 동시등화를 금지하고 있으며, 비엔나 협약에서는 적색과 황색의 동시등화를 허용하고 있다.

#### 4) 녹색 화살표 신호

비엔나 협약에서는 부가적인 녹색화살표 신호의 경우 다른 신호가 어느 단계에 있는가에 상관없이 그 화살표가 표시하는 방향으로 진행을 허용한다는 의미로 미국, 영국 등의 국가에서도 동일한 의미로 사용되고 있다. 우리나라에서도 그 의미에 있어서는 다른 나라에서와 마찬가지로 동일하게 사용하고 있으나 그 신호등 조합에 따른 형태에 있어서는 다소 차이가 있다.

#### 5) 적색화살표 및 황색화살표 신호

비엔나 협약에서 적색 및 황색 화살표신호의 의미는 ‘기존 색상의 신호등과 동일하나 화살표가 지시하는 방향으로 국한된다.’라고 명시하고 있다. 한국과 영국에서는 별도로 적색 및 황색화살표에 대하여 언급하지 않고 있으며 실제로 사용되지 않고 있다.

## 2. 방향별 전용신호 운영 현황

### 1) 좌회전 전용신호

우리나라의 경우 편도 3차로 이상의 광로가 많아 신호등의 시인성을 높이기 위한 방안으로 접근로에 여러 개의 신호등을 설치하고 있다. 일반적으로 반대 교차로 횡단 전에 대향차로용 신호등 지주에 신호등을 설치하고, 교차로를 횡단한 위치의 지주에 2개의 신호등을 설치하여 운영하는 형태로 신호등 면수가 증가되는 문제점이 있다. 또, 좌회전과 직진신호를 공유하는 4색등화기는 방향별 교통류에 신호등 지시의 의미와 시인성을 약화시킬 수 있다. 특히 좌회전 신호현시동안 적색신호가 동시에 켜지므로<sup>3)</sup> 좌

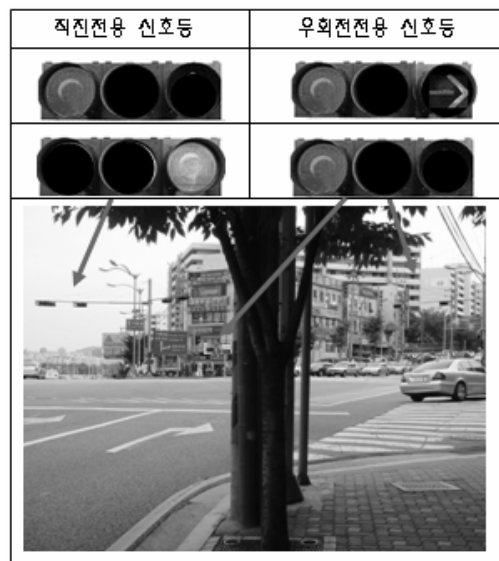
회전 운전자에게 혼란을 줄 수 있다 [2].

중앙버스전용차로 도입에 따른 교차로 정체 해소를 위하여 버스전용신호 도입과 함께 좌회전과 직진 방향별 교통류에 전용신호를 설치하여 운영하는 사례가 있다. 그러나 좌회전 화살표시 등과 원형 적색과 황색등으로 구성되어 있어, 방향별 신호등을 구분하기 위하여 보조표지를 설치하고 있다.

### 2) 우회전 전용신호

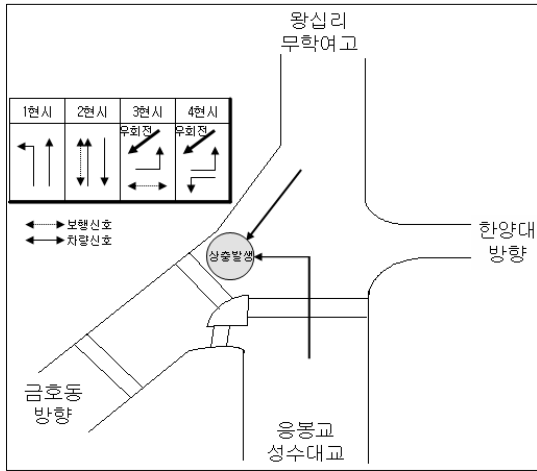
우리나라에서는 미국과 같이 교차로에서 여타 교통에 방해를 하지 않은 한 우회전이 가능하며, 일반적으로 교차로에서 우회전 교통류를 제어하기 위해서 별도의 신호등이 설치되지 않는다. 그러나 교차로의 구조적인 문제로 우회전 교통이 여타 교통에 영향을 주는 교차로에서 즉, 다른 방면에서의 직진이나 좌회전 신호현시 시에 우회전 교통류를 제한해야 하는 곳 등에서는 우회전 전용신호가 설치되어 운영되고 있다.

우회전 전용신호 운영 예로서 서울시 응봉4거리 교차에서는 <그림 1> 및 <그림 2>와 같이 성수교방향에 좌회전 시 무학여교방향에서 우회전하는 차량



<그림 1> 우회전 전용신호 운영사례(응봉사거리)  
<Fig. 1> Separated right turn signal(Ungbong intersection)

3) 도로교통법 시행규칙 신호등화의 적용 “... 직진(진입)을 금지하고 좌회전을 허용할 경우 적색과 녹색화살표의 동시등화 신호를 사용해야 한다.”



<그림 2> 응봉교차로 지형도  
<Fig. 2> Unbong intersection

과의 상충을 방지하기 위하여 운영하고 있다. 신호 현시방법은 좌회전신호(금호동->왕십리무학여고)의 등기선을 같이 사용하는 형태로 구성되어 있어, 좌회전 신호등과 같은 형태로 운영된다. 이와 같은 우회전 신호운영 형태는 우회전 녹색화살표신호 시 적색등화가 표시되어 신호의 의미 전달에 문제가 있고, 또 직진 녹색신호 시 우회전 신호등에 적색등화가 켜져, 운전자에게 혼란을 주고 있다.

<그림 3>은 남양주시 도농삼거리 교차로의 신호 등 운영형태로 우회전 전용신호가 좌회전 신호등과 연계하여 운영되고 있다. 적색, 황색등과 좌회전 및 우회전 녹색화살표신호등으로 구성되는 4색등화기 체계이다. 좌회전과 우회전 녹색화살표시 동시신호 일 때에는 적색등화 없이 현시되고 있어 ‘화살표신



<우회전 현시> <좌·우회전 현시>

<그림 3> 남양주시 도농삼거리 우회전 전용신호 운영현황  
<Fig. 3> Separated right turn signal(Donong intersection)

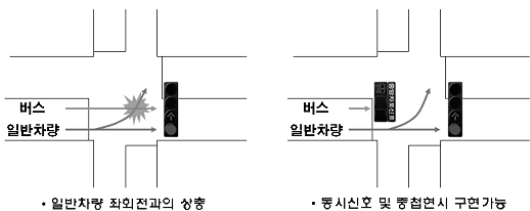
호 시 적색등화 점등’이라는 관련규정에 위배되게 운영하고 있다.

이와 같이 현장에서 설치 운영되고 있는 우회전 신호등은 도로교통법규에 규정된 화살표시신호등 범주로 적색신호등과 같이 현시되도록 하고 있어, 좌회전 신호에서와 같이 시인성 및 신호의 의미 전달 등에 문제점이 있다.

### 3. 중앙버스차로 전용신호

중앙버스전용차로는 도로 중앙에 차로를 버스전용차로로 할당하여 직진 버스교통류를 처리하는 운영체계이다. 따라서 <그림 4>와 같이 일반차로를 이용하는 좌회전 교통류와 버스교통류 간에 상충이 발생하므로, 동시신호 및 중첩현시 등으로 최적화되었던 교차로 신호운영체계가 중앙버스전용차로의 도입으로 운영효율이 저하될 수 있다.

좌회전 차량과 중앙버스전용차로의 직진 버스교통류 간에 상충을 해소하면서, 좌회전 이동류를 효과적으로 처리하기 위해서는 직진과 좌회전 신호등을 분리하여 운영하는 방안이 있다<sup>4)</sup> [3]. 서울시 및 고양시에서는 <그림 5>와 같이 중앙버스전용차로 도입에 따른 좌회전 교통 혼잡문제 해결을 위하여 버스전용신호와 방향별 신호를 분리 운영하는 전용신호체계를 도입하여 운영하고 있다. 이와 같이 교통류별 전용신호 체계는 <그림 6>과 같이 중첩현시(overlap phase) 운영을 가능하게 하여, 시간대별로 좌회전 교통량이 증가하는 방향에 좌회전신호시간을 길게 부여하여 좌회전차량의 정체를 해소하고 있다. 그러나

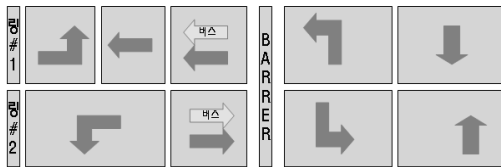


<그림 4> 중앙버스전용차로에 의한 좌회전 교통과의 상충  
<Fig. 4> Conflict of the left turn vehicle at median bus lane

4) 서울시, 중앙버스전용차로 신호운영 제어전략 및 교통안전 시설물 설치기준 수립 연구, 2006.



<그림 5> 중앙버스전용신호 운영현황  
(고양시 백마주유소교차로)  
<Fig. 5> Median lane bus signal  
(Baekma intersection)



<그림 6> 중앙버스 및 좌회전전용신호 현시체계  
(고양시 백마주유소교차로)  
<Fig. 6> Medial lane bus signal and separated left  
turn signal(Baekma intersection)

중앙버스전용차로에 적·황·녹색의 버스신호등화기, 좌회전차로에 적·황·녹색화살표식의 좌회전등화기, 직진차로에 적·황·녹색의 직진신호등기화기를 설치하고, 교통류별 신호등을 구분하기 위하여 보조표지를 설치하여 운영하고 있다. 이와 같은 신호운영체계는 좌우회전 신호에서와 같이 신호의 의미전달과 시인성에 문제가 있다. 특히, 야간에 신호안내 표지판 시인성이 약화될 때 사고위험이 증대된다.

### Ⅲ. 전용신호등면의 구성 및 관련규정 개정

#### 1. 신호등면 구성

교통류별로 별도의 신호등을 설치하여 신호현시를 부여하는 전용신호에서 고려되어야할 사항은 방향별 신호지시 의미를 명확하게 하는 것이다. 따



<그림 7> 방향별 교통류에 전용신호 구성형태 예  
<Fig. 7> Separated direction signal

라서 교통류별로 상충해소와 진행 및 정지의 의미를 전달하기 위하여 적·황·녹색의 3색등화기 구성이 기본적인 요구사항이다. 즉, 방향별로 적·황·녹색, 적·황·녹색 화살표 및 차종별 적·황·녹색의 전용신호를 표시하는 신호등문형이다.

비엔나 협약에서는 각 방향별 신호등이 서로 혼동되지 않도록 좌회전 및 우회전 전용 신호등에서 각각 적색 및 황색화살표를 사용하고 있다. 따라서 전용신호의 도입 시에 신호등의 형태는 <그림 7>과 같이 교통류별 3색등화기로 구성한다. 좌회전과 우회전 교통류를 위한 신호등은 방향별 화살표 문형을 사용하고, 버스전용차로에 신호를 구분하기 위해선 직진신호와는 달리 별도의 신호등문형이 요구된다. '06년 서울시에서 추진된 “중앙버스전용차로 신호운영 제어전략 및 교통안전시설물 설치기준 수립 연구”에서는 차별성 및 식별성 등을 고려하여 <그림 7>과 같이 사각등화에 버스문형의 신호등 형태를 제안하고 있다.

#### 2. 관련규정 개정

좌회전 및 우회전 전용신호의 운영 시 진행과 금지를 표시하는 신호현시방법에 대한 정의가 요구된다. 기존 4색등화기 기준을 적용할 경우, 직진을 제외한 좌회전 또는 우회전 교통류의 진행을 허용할 때 방향별 전용신호등에 적색등이 현시되어야 한다(<표 1> 참조). 그러나 좌회전과 우회전 전용신호등의 화살표 문형이 적색과 황색신호등에 적용될 경우, 기존에 원형 적색과 황색을 공유하는 4색등화기 체계와는 다르게 신호등화 적용기준이 마련되어야 한다.

<표 1> 진행방향별 신호등 운영에 대한 기준

<Table 1> Regulations of direction signal operation

구분	기준
신호의 종류와 의미 (녹색화살표시 등화)	- 차마는 화살표방향으로 진행할 수 있다.
신호의 순서 (적색, 황색, 녹색화살표, 녹색의 4색등)	- 적색 및 녹색화살표->황색->녹색->황색->적색의 순서를 원칙으로 한다.
신호등화의 적용	- 적색신호는 교차로나 통제지역으로 차마의 진입을 금지하려고 할 때 적색단독으로 등화하고, 직진(진입)을 금지하고 좌회전을 허용할 경우 적색과 녹색화살표의 동시등화 신호를 사용해야 한다.

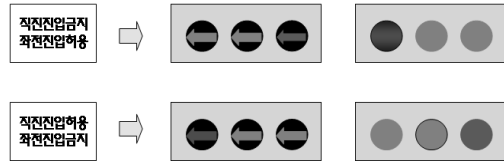
자료: 경찰청, 교통신호제어기 설치 및 운영 매뉴얼

비엔나 협약에서는 적색 및 황색화살표신호의 의미는 ‘기존 색상의 신호등과 동일하나 화살표가 지시하는 방향으로 국한된다.’라고 명시하고 있다. 따라서 좌·우회전 화살표신호등의 의미, 적용기준 및

<표 2> 진행방향별 신호등 운영에 대한 변경기준(안)

<Table 2> Suggested regulation of directional signal operation

구분	기준
신호의 종류와 의미 (적색 및 황색화살표시 등화)	- 적색화살표 : 차마는 화살표방향으로 진행할 수 없다. - 황색화살표 : 차마는 화살표방향으로 진행할 수 없고, 진행중인차량은 신속히 횡단을 끝마쳐야 한다.
신호의 순서 (적색화살표시, 황색화살표시, 녹색화살표 3색등)	- 녹색화살표->황색화살표->적색화살표의 순서를 원칙으로 한다.
신호등화의 적용	- 적색신호는 교차로나 통제지역으로 차마의 진입을 금지하려고 할 때 적색단독으로 등화하고, 직진(진입)을 금지하고 좌회전을 허용할 경우 적색과 녹색화살표의 동시등화 신호를 사용해야 한다. 또, 좌회전(우회전)을 금지하고 직진을 허용할 경우에는 적색화살표와 녹색신호의 동시등화를 사용해야 한다.



<그림 8> 방향별 전용신호운영 시 진행방향별 신호현시 체계

<Fig. 8> Separated directional signal phase

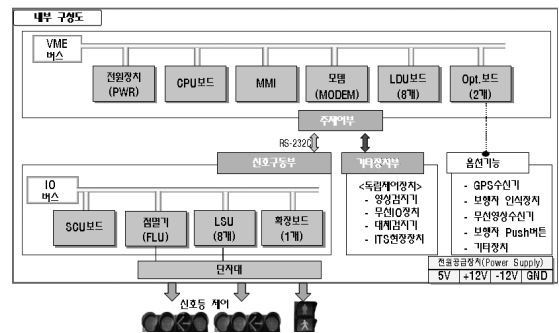
등화의 순서 등 관련규정은 <표 2> 및 <그림 8>과 같이 동시신호 운영의 4색등화기 체계와 3색등화기의 방향별 전용신호체계로 구분하여 변경되어야 한다(<표 2>, <그림 8>참조).

#### IV. 표준규격 교통신호제어기 적용방안

##### 1. 하드웨어 구성

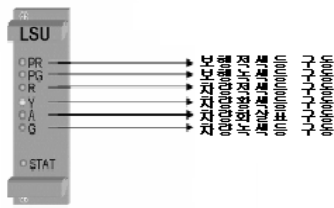
##### 1) 표준제어기 신호등등기부 구성

표준규격 교통신호제어기는 <그림 9>와 같이 주제어부, 신호구동부, 기타장치부, 수동조작판과 단자대로 구성된다. 이중 물리적으로 신호출력을 직접제어하는 것은 신호구동부에서 담당하고 있다. 신호구동부는 입출력 버스(I/O BUS Backplane)를 기반으로 컨트롤러, 점멸기와 등기구동장치(Load Switch Unit, 이하 LSU)로 구성되며, LSU에서 신호등 출력제어를 담당한다. 따라서 방향별 차종별 전용신호를 적용하기



<그림 9> 표준규격 교통신호제어기 구성

<Fig. 9> Standard architecture of traffic signal controller



<그림 10> LSU 출력제어 구성 체계  
<Fig. 10> The LSU system

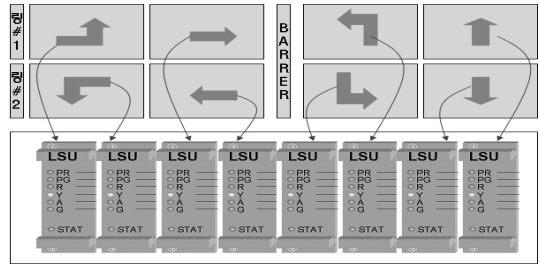
<표 3> LSU 구동 컨넥터 핀 배정  
<Table 3> Connector pin layout of the LSU

DIN 41612 TYPE-F (24+7 PIN)			
NO	D	B	Z
2	+5V	D0(Ped. Red)	GND
4	D1(Ped. Green)	D2(Red)	D3(Yellow)
6	D4(Arrow)	D5(Green)	SEL#
8	Feedback PR	Feedback PG	Feedback Red
10	Feedback Yellow	Feedback Arrow	Feedback Green
12	WRITE*	SRESET*	+12V
14	CRESET*	CONF*	+12-0
16	AC-	AC-	AC-
		20	PRO#
22	PG0#	24	RR0#
26	YO#	28	A0#
30	GO#	32	AC+

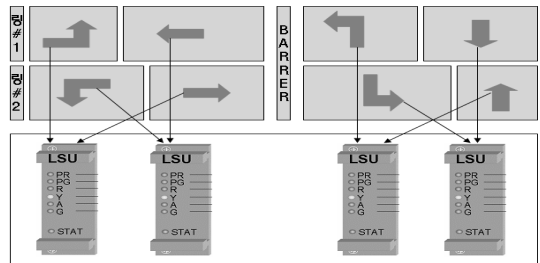
위해서는 1차적으로 LSU의 변경이 요구된다.

기존 표준규격 교통신호제어기에서 LSU의 구성 체계는 <그림 10> 및 <표 3>과 같이 적색(R), 황색(Y), 녹색(G), 화살표(A), 보행적색(PR) 및 보행녹색 등(PG)을 구동하는 출력포트가 1개의 보드 내에 구성되며, 최대 8개의 LSU를 수용할 수 있도록 설계되어 있다. 동기검출 회로가 있어, 각 동기출력신호별 (Red, Yellow, Arrow, Green, Walk, Don't Walk) 이상 상태와 녹색과 적색신호의 출력모순을 검지하여 컨트롤러에 전달할 수 있도록 구성되어 있다. 이와 같은 동기구동장치의 구성체계는 4색등화기와 보행신호를 제어하는 신호체계를 기준으로 설계되어졌다.

표준규격의 교통신호제어기에서는 이중 링(Dual



<그림 11> Dual Ring 방식에서 LSU 이용체계  
<Fig. 11> The LSU assignment for the dual ring signal control

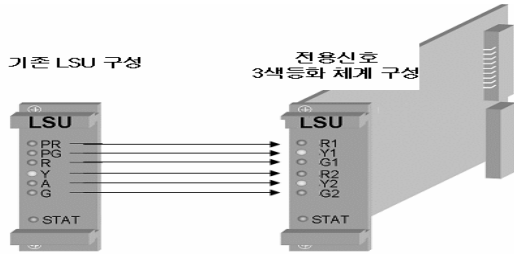


<그림 12> Step 방식에 의한 신호현시 출력지정에 의한 LSU 이용체계  
<Fig. 12> The LSU assignment for the step signal control

Ring) 방식을 적용하면 LSU로 출력되는 신호를 관리하기 위하여 스텝(step) 방식을 적용하고 있다. 이중 링 방식에서는 8개의 링별 현시가 LSU 각각에 지정되어야 하므로 <그림 11>과 같이 8개의 LSU가 모두 사용되어야 한다. 그러나 스텝방식의 적용으로 스텝 테이블(Signal Map)에서 현시별 LSU 단차별 출력신호를 별도로 지정할 수 있어, <그림 12>와 같이 4지형 교차로에 신호등을 구동하기 위해서 4개의 LSU만 사용된다. 따라서 여유분의 LSU로 연동신호등 제어 및 전용신호등 구동 등 기타 제어 목적에 활용할 수 있다.

## 2) 전용신호 신호등등기부 구성방안

교통류별 전용신호 출력을 제어하기 위한 신호구동부의 개선방안은 기존 LSU를 활용하는 것과 새롭게 개발하는 것으로 구분될 수 있다. LSU를 개발하는 방안은 입출력 신호와 연계되는 컨넥터 핀(connector pins) 구성이 변경되어야 하고, 이와 같

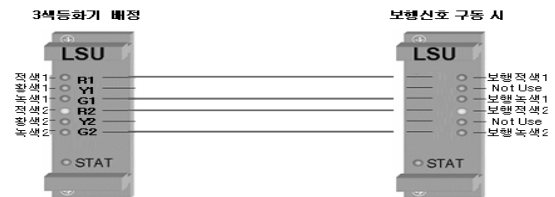


<그림 13> 전용신호 시 교통류별 차량신호등 구동을 위한 LSU 출력포트 구성방안

<Fig. 13> Reassignment of the LSU output ports for the separated through/turn signal phases

은 변경은 컨트롤러(Controller)와 연계되는 데이터 접속 버스(Data Interface Bus) 체계와 점멸장치(Flash Board) 등 관련되는 장치 모두가 변경되어야 한다. 따라서 경제성과 현장적용의 편의성 등을 고려할 때 기존 신호등구동부의 물리적 구성 변경을 최소화하면서 교통류별 전용신호를 구동할 수 있는 방안을 마련하는 것이 요구된다.

기존 LSU를 활용하여 전용신호를 구현하는 방안은 <그림 13>과 같이 기존의 LSU의 출력을 전용신호등별로 재배정하여 운영하는 것이다. 기존에 LSU가 보행적색, 보행녹색, 적색, 황색, 화살표 및 녹색 6개 단자로 구성되어지므로 1개의 LSU에서 3색등화기의 전용신호 2개를 수용할 수 있다. 따라서 1~6번의 LSU는 3개 단자씩 직진, 좌·우회전의 방향별 3색등화기와 중앙버스전용차로의 버스전용신호등 및 자전거신호등의 3색등화기 구동용으로 배정한다. 또, <그림 14>와 같이 7번과 8번째 LSU는 적·황·녹색 중 적·녹색의 2개 단자씩 사용하여 보행적색 및 보행녹



<그림 14> 전용신호 적용 시 보행신호등 구동을 위한 LSU 구성방안

<Fig. 14> Reassignment of the LSU output ports for the separated pedestrian signal phases

<표 4> 직진 및 좌회전전용신호현시 구현을 위한 LSU 구성방안

<Table 4> Assignment of the LSU output ports for the separated through/left signal control

기존 LSU 출력등기 배정	직진/좌회전전용신호 LSU 배정
PR(적색보행등)	R1(접근로 #1 직진적색차량등)
PG(녹색보행등)	Y1(접근로 #1 직진황색차량등)
R(적색차량등)	G1(접근로 #1 직진녹색차량등)
Y(황색차량등)	R2(접근로 #1 적색화살표차량등)
G(녹색차량등)	Y2(접근로 #1 황색화살표차량등)
A(화살표차량등)	G2(접근로 #1 녹색화살표차량등)

<표 5> 중앙버스전용차로 신호현시 구현을 위한 LSU 구성방안

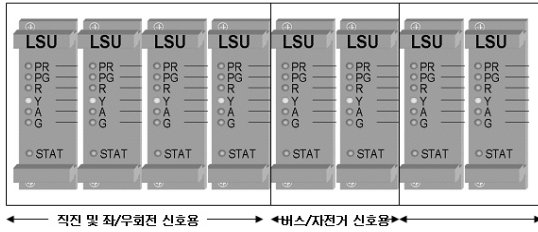
<Table 5> Assignment of the LSU output ports for the separated median bus lane signal control

기존 LSU 출력등기 배정	버스전용신호 LSU 등기 배정
PR(적색보행등)	R1(접근로 #1 적색버스차량등)
PG(녹색보행등)	Y1(접근로 #1 황색버스차량등)
R(적색차량등)	G1(접근로 #1 녹색버스차량등)
Y(황색차량등)	R2(대향 접근로 #2 적색버스차량등)
G(녹색차량등)	Y2(대향 접근로 #2 황색버스차량등)
A(화살표차량등)	G2(대향 접근로 #2 녹색버스차량등)

색의 보행신호 구동용으로 활용한다.

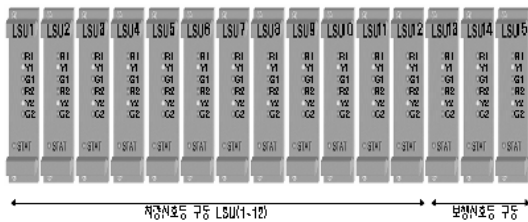
<표 4>는 직진과 좌회전 전용신호를 위한 LSU 출력단자를 재배치한 예이고, <표 5>는 중앙버스전용차로 버스전용신호를 위한 LSU 출력단자를 재배치한 예이다. 일반차량신호와 중앙차로의 버스전용신호와 구분을 위하여 <그림 15>와 같이 직진과 좌회전신호 구동용으로 LSU의 1~4번을 배정하고, 중앙버스전용신호등 구동용으로는 5~6번이 LSU를 사용하는 것으로 한다. 이와 같은 구성방안의 특징은 기존 제어기의 구성 변경 없이 소프트웨어의 변경만으로 전용신호 구현이 가능하므로 실현 가능성과 경제적인 측면에서 효과적이다. 반면에 녹색출력모순(G-G)과 적색이상(Red Fail) 검출을 할 수 없으므로 LSU의 물리적인 보완이 요구된다. 또, 버스와 좌회전, 우회전 및 자전거신호등(도입예정) 등 제어대상의 신호등 수가 많아질 때 LSU 출력 수가 부족할 수





<그림 15> 3색등화기의 전용신호등 구동을 위한 LSU 구성 배정방안

<Fig. 15> The LSU's assignment method for the three signal head



<그림 16> LSU 확장을 통한 신호등 구동 출력단자 확충방안

<Fig. 16> The method increasing the number of the Signal Lamp Control Ports by increased the number of the LSU boards

있다.

이와 같은 출력 수의 부족은 <그림 16>과 같이 LSU의 수를 확장함으로써 해결 가능하다. 이와 같이 LSU의 수를 확장하는 방안은 신호등구동부를 구성하는 주기판(Backplane)에서부터 컨트롤러와 점멸기 설계와 터미널단자대의 연결 단자를 확장하는 문제등과 연계된다. 따라서 전면적인 표준규격 개정작업 시에 연구 추진되어야 할 것으로 사료된다.

## 2. 소프트웨어 구성

### 1) 출력코드 지정

교통신호제어기 표준규격에서는 <표 6>과 같이 소프트웨어적으로 등기구동장치의 신호출력을 지정하는 코드체계가 4색등화기 체계에 맞추어 규정되어 있다. 따라서 좌·우회전 및 버스 전용신호를 구분하여 등기구동장치의 출력을 제어하기 위해서는 각각

<표 6> 표준규격 교통신호제어기 신호출력 지정 코드체계

<Table 6> Signal output control code value in the standard traffic signal controller

코드	LSU 출력
0x00	RED
0x01	ARROW
0x02	ARROW-YELLOW
0x03	YELLOW-FLASH
0x10	직진GREEN(보행등SOLID GREEN)
0x20	직진YELLOW(보행등FLASH GREEN)
0x30	RED-FLASH

의 전용신호를 구분하는 코드값이 보완되어야 한다.

교통류별 전용신호를 제어하기위하여 새롭게 구성되는 LSU의 코드 값은 직진 3색등, 화살표신호(좌·우회전 전용신호등) 3색등, 방향별 버스신호등 6개(적색, 황색, 녹색)와 직진, 화살표, 버스의 적색과 황색점멸신호등 8개를 구동하기 위한 코드값이 포함 되어져야 한다.

<표 7> 3색등화기의 전용신호에서 신호운영 맵 테이블  
<Table 7> Signal output control code value for the he three signal heads

코드	차량등/보행등	비고
0x71	R1 고정	전체 등기부에 적용
0x72	Y1 고정	전체 등기부에 적용
0x73	G1 고정	전체 등기부에 적용
0x74	R2 고정	전체 등기부에 적용
0x75	Y2 고정	전체 등기부에 적용
0x76	G2 고정	전체 등기부에 적용
0x81	R1 점멸	전체 등기부에 적용
0x82	Y1 점멸	전체 등기부에 적용
0x83	G1 점멸	전체 등기부에 적용
0x84	R2 점멸	전체 등기부에 적용
0x85	Y2 점멸	전체 등기부에 적용
0x86	G2 점멸	전체 등기부에 적용
0x91	R1 소등	전체 등기부에 적용
0x92	Y1 소등	전체 등기부에 적용
0x93	G1 소등	전체 등기부에 적용
0x94	R2 소등	전체 등기부에 적용
0x95	Y2 소등	전체 등기부에 적용
0x96	G2 소등	전체 등기부에 적용

전용신호 구동을 위하여 새롭게 구성되는 코드값은 기존의 4색등화기 제어기에서 출력제어 명령과 명확하게 구분되도록 기존 코드값과는 다른 별도의 코드값을 부여한다. LSU의 출력단자가 전용신호등의 3색등화기의 2단 배열 즉, 적색1, 황색1, 녹색1, 적색2, 황색2 및 녹색2의 출력에 대해 고정신호(on)와 해당 출력단자의 점멸신호(flash)를 구동하기 위한 코드값이 포함된다. 또, 신호등을 소등하기 위한 각각의 출력단자를 단락(off)시키는 코드값을 사용한다. 보행신호등도 기존 차량신호등과 동일한 형태의 등기구동장치에서 황색을 제외한 적색과 녹색 출력단자에 연결되어 제어되어지므로 차량신호와 동일한 코드값을 사용한다. 이와 같은 요구사항을 반영한 전용신호 구동을 위한 신호출력 지정 코드체계는 <표 7>과 같다.

<그림 17> 기존 신호맵 데이터 구성 체계  
 <Fig. 17> Signal map data table for the standard manual

2) 시그널 맵 구성

표준규격의 교통신호제어기에서는 <그림 17>과 같이 특정시간에 표출되는 신호등 출력신호를 스텝

별로 신호운영 맵(signal map)으로 지정하여 출력하도록 구성되어 있다. 신호운영 맵은 한 주기 동안 교통신호기에서 출력해야 할 출력방법을 순서대로 지정하고 각 순서마다 물리적인 최소시간과 최소시간

<표 8> 교통류별 전용신호체계 신호맵 구성 방안  
 <Table 8> Signal map data table for the three signal heads

A 링											스텝 번호	B 링										
1	2	3	4	5	6	7	8	특수				1	2	3	4	5	6	7	8	특수		
차량	차량	차량	차량	버스	버스	보행	보행	최소	최대	종료	차량	차량	차량	차량	버스	버스	보행	보행	최소	최대	종료	
G1						G1		7			1			G1		G2		G1		7		
G1						F1		12			2			G1		G2		F1		12		
G1									70		3			G1		G2				70		
Y1								3		1	4			Y1		Y2				3	1	
	G1					G2		7			5			G2						7		
	G1					F2		10			6			G2						10		
	G1								40		7			G2						40		
	Y1							3		1	8			Y2						3	1	
			G2					7			9					G1				7		
			G2					8			10					G1				8		
			G2						60		11					G1				60		
			Y2					3		1	12					G1				3		
				G1					30		13					G1				30		
				Y1				3		1	14					Y1				3	1	
											15											
											16											
											...											
											31											
											32											

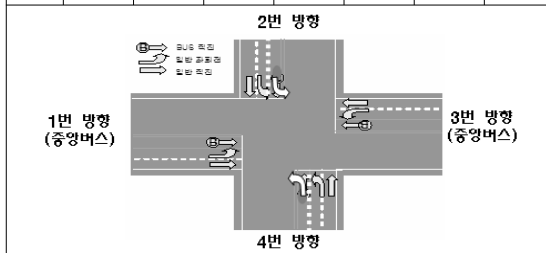
제약을 지정하는 데이터 테이블이다<sup>5)</sup>[4]. 따라서 전용신호를 포함하여 한 주기 동안 출력되는 출력신호별 신호운영 맵 데이터를 구성하여 운영하여야 한다. 현재 운영되는 신호 맵은 <표 8>과 같이 링(ring) A와 B에 해당하는 신호현시별로, 6개 출력단자(Red, Yellow, Arrow, Green, Walk, Don't Walk)을 갖는 8개의 LSU에 대하여 신호시간 스텝별 출력을 지정한다.

방향별 차종별 전용신호 구현을 위해서는 추가된 황색신호와 버스신호(적색, 황색, 녹색)의 출력을 스텝에 포함하여 신호운영 맵 데이터를 구성한다. 버스신호 출력은 5번과 6번 LSU에서 지정하고, 보행신호는 7번과 8번 LSU에서 지정한다.

### 3) 모순검지

표준규격 교통신호제어기에서는 물리적 소프트웨어적 모순검지기능을 갖는다. 물리적인 모순검지기능은 등기구동장치에 출력신호를 체크하여 사전에 설정된 신호와 다른 형태가 출력될 경우 모순을 발생하는 형태이다. 소프트웨어적인 모순검지기능은 사전에 출력 가능한 현시체계를 테이블로 정의하고 이에 부합되지 않는 등기출력이 발생될 경우 모순을

기준	모순현시						
1G	1A	2G	2A	3A	4G	4A	
1A	1B	2G	2A	3A	4G	4A	
1AG	2G	2A	3G	3A	3B	4G	4A
1BG	1A	2G	2A	3A	4G	4A	
...							
4A	1G	1A	1B	2G	2A	3G	3B



주) 1G: 1:SSR 번호, G:출력현시(G:직진, A:좌회전 B:버스)

<그림 18> 모순검지테이블 구성 예  
<Fig. 18> An example of the signal output conflict detection table

5) 경찰청, 교통신호제어기 표준규격서, 2004. 2.

발생한다.

전용신호를 고려하지 않은 상태에서 물리적 소프트웨어적 모순검지는 대항신호 또는 여타 방향으로 신호출력과의 상충문제가 주 검지대상이었다. 그러나 중앙버스전용 및 좌회전 전용신호가 동시에 구현될 때에는 <그림 18>과 같이 동일접근로 상에 중앙버스 출력신호와 좌회전 출력신호가 상충되는 부분이 추가적으로 고려되어야 한다.

## V. 전용신호 적용 시 효과분석

### 1. 개요

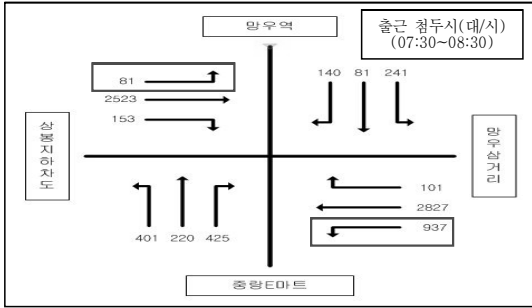
3색등화의 차종별 방향별 전용신호체계의 도입은 중앙버스전용차로가 운영되는 도로에 좌회전이 허용되는 교차로에서 교통혼잡 개선효과를 기대할 수 있다. 즉, 중앙버스 전용차로가 운영되는 방향의 직진과 좌회전 교통량이 시간대별로 대항방향에 대해 큰 편차를 보일 경우, 차종별 방향별 전용신호는 중첩현시(Overlap) 구현이 가능하여 소통을 증진시킬 수 있다.

따라서 현재 서울시에서 중앙버스전용차로가 운영되고 있고, 좌회전이 허용되고 있는 망우역교차로(망우로)를 대상으로 전용신호 체계로 적용 가능한 오버랩현시방법에 의한 신호시간 최적화로 기대되는 효과를 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 시뮬레이션은 KHCM과 VISSIM을 이용하여 지체시간 감소를 분석하였다.

### 2. 분석결과

망우역 교차로는 망우로 가로축 상에 위치하여 중앙버스 전용차로 운영에 의한 차종별 신호운영이 시행되고 있다. 2009년 7월부터 검지기에 의한 감응신호로 운영되고 있으며, 좌회전 교통량 편차가 커서 측 접근로에 좌회전이 조기 종결하는 특성을 보이고 있다.

교통류별 전용신호 도입 효과분석은 오전 첨두시(Peak Time, 7:30~8:30)에 교통량 자료를 토대로 분석



<그림 19> 망우역교차로 오전첨두시간대 방향별 교통량  
 <Fig. 19> Directional volume at the Mangwoo intersection during the Peak hour(A.M.)

하였다. 2008년 6월 조사 자료에 의하면<sup>6)</sup> 방향별 교통량은 <그림 19>과 같이 중앙버스전용차로가 운영되고 있는 동↔서 방면 좌회전 교통량(서→북 : 동→남) 비율이 약 1 : 11.6 으로 큰 편차를 보이고 있다. 기존에 운영되고 있는 현시체계 및 방향별 신호시간은 <그림 20>과 같이 정상적인 4현시체계로 160초 신호주기로 운영되고, 동-서 방향에 좌회전 교통량 편차를 고려하지 않고 신호시간을 최적화하여 운영하고 있다.

방향별 차종별 전용신호체계의 도입으로 동-서 방향에 큰 편차를 갖는 좌회전 교통량 처리를 위하여 오버랩 신호현시방법을 적용할 수 있다. 직·좌 오버랩 신호현시 운영 시 적정 신호시간을 KHCM 프로그램으로 분석한 결과는 <그림 21> 및 <표 9>와 같다. 남↔북방향의 접근로에 신호시간은 기존에 운영

φ1	φ2	φ3	φ4
37	60	20	43

<그림 20> 망우역교차로 신호현시체계 및 신호시간 운영현황  
 <Fig. 20> Signal phase and time at the Mangwoo intersection

φ1	φ2	φ3	φ4
13/24	60	20	43

<그림 21> 전용신호 적용에 따른 신호현시체계 및 신호시간 개선  
 <Fig. 21> Signal phase of bus only

<표 9> KHCM에 의한 신호현시체계 개선 전·후 지체시간 분석결과

<Table 9> Results of KHCM simulation

접근로별 분석	평균제어지체(초/대)		
	현행	변경	증감
① 동 측 접근로	181.9	94.3	-87.6
② 서 측 접근로	132.5	133.8	1.3
③ 남 측 접근로	121.1	121.1	0.0
④ 북 측 접근로	153.1	153.1	0.0
교차로 전체	588.6	502.3	-86.3

주) 분석틀 : KHCM(3600초 동안 1회 Simulation 결과)

되는 시호시간을 적용하고, 오버랩 신호현시 체계로 변화되는 동↔서방향의 신호시간을 최적화하여 지체시간을 분석하였다. 분석결과 좌회전 교통량 편차가 큰 동→서 방향 접근로에 지체가 크게 개선되어, 교차로 전체의 지체시간이 약 86초/대 개선되는 것으

<표 10> VISSIM에 신호현시체계 개선 전·후 속도 및 지체시간 분석결과

<Table 10> Results of VISSIM simulation

접근로별 분석	평균제어지체(초/대)		
	현행	변경	증감
① 동 측 접근로	138.0	75.5	-62.5
② 서 측 접근로	140.7	140.6	-0.1
③ 남 측 접근로	114.8	116.4	1.6
④ 북 측 접근로	107.3	98.2	-9.1
교차로 전체	500.8	430.7	-70.1

주) 분석틀 : VISSIM 5.0(3600초 동안 1회 Simulation 결과)

6) 도로교통공단, 서울시지부 교통신호팀 조사

로 분석되었다. 또, 동일 조건으로 VISSIM에 의해 분석한 결과는 <표 10>과 같다. VISSIM의 특성상 인접 교차로와 연계하여 분석(3600초 동안 1회 시뮬레이션)한 결과로 신호현시가 고정된 남↔북방향의 지체시간 변화가 있었다. 그러나 KHCM 분석결과와 같이 동→서방향의 접근로에 지체시간이 크게 개선되어, 교차로 전체의 지체시간이 약 70초/대 개선되는 것으로 분석되었다.

## VI. 결론 및 향후 연구과제

### 1. 결 론

교통여건의 변화로 좌·우회전 및 중앙버스전용신호별 전용신호 운영에 대한 요구가 증대되고 있다. 그러나 도로교통법에 근거하여 4색등화기 체계를 기준으로 제정된 현행 교통신호제어기 표준규격(경찰청, 2004. 2.)에서는 교통여건의 변화에 따라 요구되는 전용신호의 운영체계를 수용하는 데에는 한계가 있다[4]. 따라서 본 연구는 기존 표준 교통신호제어기에서 좌·우회전 및 중앙버스 전용신호를 제어할 수 있는 방안(물리적/소프트웨어)에 대하여 제시하였다.

교통류별로 전용신호등 운영을 위해서 물리적으로 보행적색, 보행녹색, 적, 황, 화살표 및 녹색등화(6개 출력단자)를 구동하도록 설계된 기존 표준규격의 4색등화기 체계의 신호등구동부(LSU)를 적색, 황색, 녹색의 3개의 출력단자로 그룹화 하여, 2단 배열로 재배정하여 직진, 좌·우회전, 버스, 자전거 및 보행등(적·황·녹색 중 적·녹색의 2개 출력단자 사용)의 3색등화기의 전용신호로 사용하는 방안을 제시하였다. 소프트웨어적으로 출력신호의 진행을 관리하는 신호맵(Signal Map) 데이터 구성 체계를 기존의 데이터 구성형식을 유지하면서, 신호종류별(적1·황1·녹1·적2·황

2·녹색2) 제어코드를 별도로 설정하여 링별(A/B링) SSR별로 직진, 화살표, 버스 및 보행신호의 3색등화기를 스텝별로 구동하는 방안을 마련하였다. 출력되는 신호의 모순검지를 위하여 각각의 출력별로 중앙버스전용신호(직진)와 좌회전신호에 대한 상충을 고려하여 테이블로 구성하는 방안을 제안하였다.

교통류별 전용신호 도입 시의 운영효과를 분석하기 위하여 중앙버스전용차로가 운영되고, 좌회전이 허용되는 망우역교차로(망우로)를 대상으로 분석하였다. 오전 첨두시간(7:30~8:30) 교통량을 대상으로 분석한 결과 주도로(동-서)에서 지체가 크게 개선되어 교차로전체의 지체가 70초/대 이상 개선되는 것으로 분석되었다.

### 2. 향후 연구사항

본 연구는 표준규격의 교통신호제어기에 방향별 차종(중앙버스)별 전용신호를 도입 운영하기 위한 물리적 소프트웨어적인 개선방안 제시를 연구범위로 하고 있다.

따라서 이와 같은 기능이 현장에 적용되기 위해서는 관련법규의 개정과 설치운영을 위한 관련 매뉴얼에 대한 연구가 추가적으로 요구된다[5].

## 참 고 문 헌

- [1] 교통안전연구논집, 교통신호 지시 의미에 관해서, 도로교통공단, 2007.
- [2] 경찰청, 도로교통법 시행규칙
- [3] 서울시, 중앙버스전용차로 신호운영 제어전략 및 교통안전시설물 설치기준 수립 연구, 2006. 7.
- [4] 경찰청, 교통신호제어기 표준규격서, 2004. 2.
- [5] 경찰청, 교통신호제어기 설치 및 운영 매뉴얼.

저자소개



한 원 섭 (Han, Won-Sub)

1984년 3월 ~ 현재 : 도로교통공단 수석연구원  
1987년 2월 : 연세대학교 전자공학과 석사 졸업  
1985년 3월 ~ 1987년 2월 : 연세대학교 산업대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
1978년 3월 ~ 1980년 2월 : 숭실대학교 전자공학과 졸업(공학학사)



이 호 원 (Lee, Ho-Won)

1995년 6월 ~ 현재 : 도로교통안전관리공단 선임연구원  
2004년 3월 ~ 2009년 2월 : 아주대학교 건설교통공학과 박사(교통공학 전공)  
1994년 7월 ~ 1994년 12월 : 교통개발연구원 위촉연구원  
1993년 3월 ~ 1995년 2월 : 아주대학교 일반대학원 석사(교통공학 전공)  
1985년 3월 ~ 1993년 2월 : 아주대학교 공과대학 학사(산업공학 전공)



현 철 승 (Hyun, Cheol-Seung)

1995년 6월 ~ 현재 : 도로교통공단 선임연구원  
2003년 2월 : 성균관대학교 기계설계과 박사 졸업  
1994년 2월 : 성균관대학교 기계설계과 석사 졸업  
1992년 2월 : 성균관대학교 기계설계과 학사 졸업



주 두 환 (Joo, Doo-Hwan)

2003년 9월 ~ 2008년 8월 : 연세대학교 일반대학원 도시공학과 졸업(박사)  
1992년 5월 ~ 현재 : 도로교통안전관리공단 책임연구원  
1990년 3월 ~ 1992년 2월 : 성균관대학교 전자공학과 졸업(석사)  
1981년 3월 ~ 1987년 2월 : 성균관대학교 공과대학 금속공학 졸업(학사)



이 철 기 (Lee, Choul-Ki)

1991년 : 아주대학교 대학원(석사)  
1998년 : 아주대학교 대학원(교통공학박사)  
2000년 : 미국 Texas A&M University TTI(Texas Transportation Institute) Visiting Scholar 과정  
2004년 : 서울지방경찰청 교통개선 기획실장 및 COSMOS 추진 기획단장  
현재 : 아주대학교 교통연구센터 부센터장, 아주대학교 ITS 대학원 교수