

## 교통신호제어기 표준 규격 개발\*

### Development A Standard of Traffic Signal Controller and Expectations of Standardization

정준하\*\*    안계형\*\*\*    오영태\*\*\*\*    고광용\*\*\*\*\*  
(Jun-ha, Jeong) (Gye-hyung, Ahn) (Young-tae, Oh) (Gwang-yong Go)

#### 요약

실시간 교통정보 수집과 센터 온라인 신호제어를 기본기능으로 하는 경찰청 교통신호제어기 표준규격서가 개발되어 2005년 3월부터 발효되었다. 발표된 규격은 가로구간의 교통상황을 수집하고, 이를 관제센터에 전송하며, 적절한 교통상황별 신호시간을 부여받아 신호등을 제어하는 지능적인 교통신호기의 표준 사양과 기능을 주요 골자로 하고 있다.

과거의 교통신호기들은 부품이 호환되지 않고 제어기능과 통신방법이 상이하여 도시별로 호환되지 않았으며 유지관리의 시간적 경제적 비용을 증가시켰다. 또한 모순검지방법 등 일부 교통안전에 중요한 기능이 비합리적으로 사용되고 있었다. 본 규격에서는 이런 단점을 극복하기 위해 먼저 하드웨어 호환성을 확보하였다. 그리고 모순검지방법을 보완하였으며, 관제센터와의 통신규약을 규격에 포함하여 모든 도시의 센터에 호환되도록 하였다. 개발된 규격은 시제품 제작과 시험과정을 거쳐 결정되었다.

본 규격으로 제조자에 비 의존적인 유지보수체계가 가능해지며 저렴하고 빠른 고장 대응이 가능하다. 또한 일관된 정보처리 및 제어알고리즘이 적용되어 센터설치 업체의 지역선택효과가 점차 사라질 것이며, 지역별 교차로의 교통통제방법이 일원화되어 표준적이고 안전한 교통제어를 할 수 있을 것으로 기대된다.

#### Abstract

As of March 2005, the standard of traffic signal controllers became effective. The standard presents specifications and functions of a traffic signal controller which collects traffic information, sends it to the traffic control center, and controls traffic signal with adequate traffic signal timing provided by the traffic control center.

Since the controllers by the previous standard lack parts compatibility and have different control functions and communication protocol, the maintenance cost has been increased. Also, some important functions like conflict detection have not worked out perfectly. To overcome these disadvantages, first of all, this standard secures hardware compatibility. Conflict detection method has been enhanced. Communication protocol to the traffic control center was included in the standard.

With this standard, independent maintenance system and prompt treatment of hardware malfunctions becomes possible. Also, the unified intersection traffic control method will increase traffic safety.

**Key Words :** Traffic controller, Standard, Conflict monitoring, Load switch unit

\* 본 연구는 경찰청 "교통신호제어기 표준 규격 연구"(2003.10-2004.2) 지원 과제로 수행되었습니다.

\*\* 주저자 : 도로교통안전관리공단 교통과학연구원 책임연구원

\*\*\* 공저자 : 도로교통안전관리공단 교통과학연구원 연구위원

\*\*\*\* 공저자 : 아주대학교 환경건설교통공학부 교수

\*\*\*\*\* 공저자 : 도로교통안전관리공단 교통과학연구원 연구위원

† 논문접수일 : 2006년 2월 8일

## 1. 서 론

### 1. 교통신호기의 발전과 기능적 구분

한국형 실시간 신호제어시스템이 개발되어 도입 단계에 이르는 등 국내 신호제어시스템의 성능과 기술수준은 이미 비약적인 발전을 하였으며, 이에 따라 교통신호제어기의 기능도 복잡하면서도 다양한 기능을 수행하는 장치로 변모하였다. 특히 과거와 달리 중앙관제센터와의 유기적인 온라인 제어기능이 교통신호제어기의 주요기능으로 등장하였다. 이와 더불어 교통신호제어기가 신호등의 제어 뿐만 아니라 다양한 실시간 교통 정보를 만들어내는 ITS(Intelligent Transport Systems) 정보 단말기로서의 기능이 점차 확대 추세에 있는 등 교통신호제어기는 하나의 독립적인 컴퓨팅 기능을 수행하여야 하는 중요한 장치가 되었다.

이러한 교통신호기의 발전과정을 제어방법에 따라 일반적으로 구분하여 보면 <표 1>과 같다.

<표 1> 교통신호제어기의 세대별 구분

<Table 1> Controller Type Classification

항목	일반신호기 (1세대)	전자신호체계 (2세대)	실시간신호체계 (3세대)
종류	일반신호기	전자신호기	실시간신호기
도입	1980년 이전	1980년대	1997년도
제어 원리	입력된 신호시간으로 운영, 방향별로 항상 같은 양의 시간을 부여	여러 시간대별로 가장 좋은 신호시간 값을 미리 입력하여, 시간표대로 운영	교통상황에 따라 적정 신호시간을 계산에 의하여 운영, 항상 최근의 교통 상황에 알맞은 신호시간을 운영
제어 단위	1개 교차로만 고려하여 제어함	동일 교통특성을 보이는 교차로를 20여 개소까지 묶어서 제어	같은 교통 축에 연계된 여러 교차로의 교통 상황을 고려하여 신호를 제어함
설치 지역	교통량이 거의 없는 외곽지역	교통량의 변화 등 교통상황이 사전 입력 자료에 반영됨	유출입 방향별 교통 수요 패턴의 변화가 심한 도시부

일반신호기는 아직도 한적한 국도 같은 신호시간의 변화가 불필요한 곳에서 운영되고 있고, 대부분의 도심지역은 전자신호체계로 운영되고 있다. 실시간 신호시스템은 서울을 비롯한 일부 대도시지역에서 부분적으로 운영중이다.

### 2. 표준화의 배경과 목적

#### 1) 배경 및 필요성

국내 교통신호제어기의 비약적인 발전이 교통제어분야의 기술적 성장과 교통소통효율을 증가시키기도 했지만, 제품개발과정이 산업체의 개별적 노력으로 이루어져 서로 호환이 되지 않거나 상이한 정보처리알고리즘 및 제어알고리즘이 적용되어 지역적으로 서로 다른 교통통제방법이 나타날 우려가 있었으며, 특히 기계적 호환성의 결여는 부속품의 교차 이용을 불가능하게 하여 막대한 중복 보수비용이 발생하는 원인이 되기도 하였다.

이러한 문제를 해결하고자 서울시에서는 다른 지역보다 먼저 실시간 신호제어시스템이 향후 한국형 신호제어시스템의 근간이 될 것으로 예측하고, 이에 호환되는 실시간 교통신호제어기의 표준 기능과 알고리즘 및 정보처리방법, 하드웨어적 교차사용을 유도하는 수준의 기기규격을 정하여 1999년부터 표준 구매규격으로 적용해 왔다[4,5]. 5년여 간의 운영결과 어느 정도 그 효용성이 증명되어 전국을 대상으로 한 표준 규격의 검토가 필요하게 되었다. 그러나 서울시에서 시행중인 규격은 구매규격의 성격으로 운영되고, 또한 제품 간 상호 부품교차시험이 이루어지지 않은 문서수준의 규격이었다[4]. 따라서 이를 전국으로 확대 적용하기 위해서는 시제품제작과 실험을 통하여 보완하여야 할 필요성이 제기되었다.

더불어 제조물책임(Product Liability)법\*에 적극적으로 대처하기 위한 강화된 안전규격의 개발 및 고효율의 LED(Light Emitting Diode) 교통신호등을 수

\* 제조물책임법(Product Liability, PL법) : 이 법은 제조물의 결함으로 인해 생명, 신체 또는 재산상의 손해를 입은 소비자에게 제조업자가 해당 제조물의 결함에 근거해 손해를 배상해야 하는 무과실 책임을 말하며, 배상요건이 피해자가 결함을 입증하던 과거와 달리 제조업자가 무과실 입증의무를 지게 돼 결함으로 인한 피해 구제가 더욱 쉽게 된다. 우리나라에서는 2002년 1월 12일 공포되어 2002년 7월 1일부터 시행되고 있다.

용할 수 있는 규격의 개발이 요구되었다.

특히 전국을 대상으로 하는 기기 호환성을 확보하여 관리비용을 절감하기 위해 가장 중요한 개념으로 요구되는 것이 하드웨어 장치들의 물리적 교차사용을 가능케 하는 규격의 보완이다.

그리고 기존 규격의 운영 중 나타난 문제점과 시공 중 발생하는 안전상의 문제를 야기할 수 있는 문제점을 보완하고 표준화된 제어기능을 확보하는 것도 규격개발 요구사항의 하나였다.

## 2) 규격 개발의 목적

이번 규격 개발의 목적은 교통신호제어기의 표준 규격서를 작성하여 교통신호제어기의 하드웨어 규격과 요구기능을 명시함으로써 교통신호제어기간의 호환성과 확장성을 유지하며, 궁극적으로 관계센터 중앙장치와 교통신호제어기간의 상호 운영 호환성을 지속적으로 유지하고 기술 공유를 통한 품질 향상을 유도하는데 있다[6]. 이를 위해 다음과 같은 세부 목적을 가지고 표준화가 이루어졌다.

### (1) 변화하는 교통신호제어 환경에 대응

고효율에너지등기구(LED신호등)의 출현에 따른 제어 안전성의 요구, ITS 서브시스템으로서의 교통정보 처리능력의 요구, 통신기반시설로서의 기능요구, 검지기 기술의 보편화 등 제어환경 변화에 대한 대응능력의 요구

### (2) 제조물책임법에 따른 신호기의 안전성 강화

교통신호제어기 모순검지방법의 하드웨어적 처리를 가능하도록 하며, 국내 전기사정을 감안한 출력감시기능의 도입

### (3) 부품간 호환성을 확보하여 관리비용 절감

하드웨어적 호환성을 실질적으로 확보하기 위한 시제품 제작 및 시험을 통해 호환성과 안정성을 검증하고 검사제도를 도입하여 활용토록 함

## (4) 규격의 실제 활용도를 확보

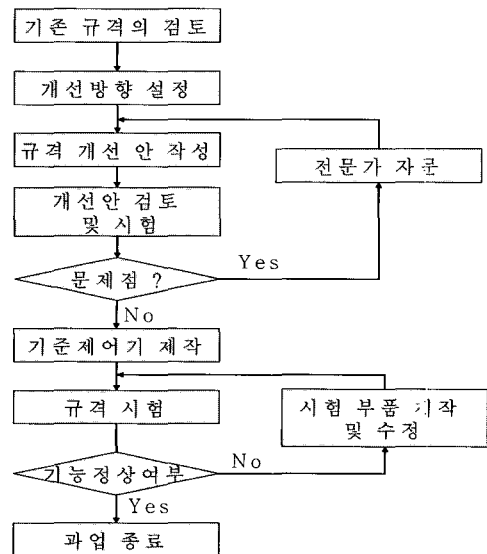
시제품 제작 및 시험에 근거하여 세부 규격을 보완하고 이를 표준규격으로 작성하여 현장설치기준으로 활용

## 3) 규격 개발 수행 방법

본 규격 개발은 교통신호제어기 제조사들과의 공동연구진을 구성하였으며, 자문진은 학계, 산업계 및 관련기관으로 구성하여 유기적으로 과업을 진행하였다.

우선 기존 규격의 내용을 검토하고 과업지시 외의 내용도 필요하다고 판단되는 경우 공동연구진 및 자문진과의 회의를 통하여 결정하였다.

또한 시험규격과 관련하여 국제 공인성을 갖도록 한국교정시험기관인정기구로부터 인증을 받은 시험기관\*의 실험을 통하여 결정하였다. 최종 표준화된 교통신호제어기 규격은 상용제어기 수준의 시제품 제작을 통하여 개발 규격을 시험하였다.



<그림 1> 표준규격 개발 수행 절차  
<Fig. 1> Procedure of Standard Development

\* 도로교통안전관리공단 시험교정실은 한국교정시험기관(KOLAS;Korea Laboratory Accreditation Scheme) 인증 시험소임

\*\* COSMOS (Cycle Offset Split Model for Seoul) : 서울시에서 대도시 실시간 교통제어를 목적으로 개발한 교통신호제어시스템 및 그 시스템에 적용된 교통신호제어기 규격

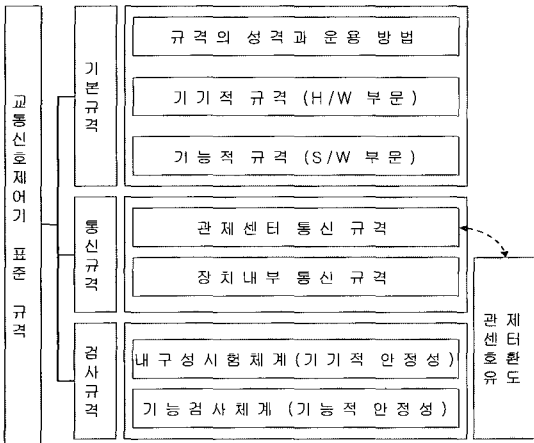
특히 이번에 개발된 규격은 서울시에서 5년여 간 적용사례를 통해 검증된 COSMOS\*\* 교통신호제어기를 기본으로 하여 개선하는 방법으로 규격개발이 이루어졌다.

### 3. 규격의 구성과 주요 내용

#### 1) 규격의 구성

개발된 규격에서는 표준화를 위한 개념 정의를 다루는 총론 부분과 교통신호기의 기본기능 및 상호호환성을 확보하기 위한 하드웨어 부문, 제어기능 부문, 통신규약 부문, 시험 및 검사부문에 구성된다.

총론 부문에서는 흔히 개발자들이 겪게 되는 시스템적 구현과정에서의 개념 혼란을 방지하기 위해 교통신호제어의 각 주체별 개념적 용어 정립을 통해 혼란을 방지하도록 하였다.



<그림 2> 규격서 구성 개념도

<Fig. 2> Standard Structure Concept

#### 2) 규격 개발 주요 내용

본 규격 개발에는 다음의 내용들이 포함되어 있으며, 본문에서는 아래 이슈들 중 주요항목에 대하여 개발과정을 논하였다.

##### (1) LED 교통신호등을 활용하기 위한 규격 개발 저 전력을 소모하는 LED 교통신호등의 확대보급

에 따라 현재의 교통신호제어기와 안전성 및 호환성을 제고하기 위해 표준 교통신호제어기에 LED 교통신호등을 연결하는 접속규격을 개선하였다.

##### (2) 하드웨어로 동작하는 모순검지 규격 개발

기존의 모순검지방식이 소프트웨어적으로 처리되어 제조물책임법에서 요구하는 안전성에 미흡함이 있었다. 따라서 하드웨어적 방식으로 직접처리가 가능한 모순검지방식을 도입하였다.

##### (3) 국내 환경에 적합한 출력 감시 규격 개발

모순검지 및 적색등 이상 검지에 적용되는 기존 전압을 정비하고 220V에서의 신호등기 전압 검출 기준을 새로이 설정하였다. 과거에는 220V 출력에서의 신호등기 전압 검출에 대한 정확한 기준이 설정되어있지 않아 등기 전압 검출에 의한 모순 검지 시 각 제조사에 따라 서로 다르게 적용하고 있어 그 적용 기준마련이 시급하였다.

##### (4) ITS 환경을 고려한 통신자원 공유 지원

ITS 등 기타 현장 장치들의 통신매개를 위한 통신규격의 정비과정이 포함되었다. 기본 상황정보에 다른 ITS 서브시스템용 현장장치의 정보를 매개하기 위해 필요에 따라 SUB DATA FRAME를 적용할 수 있도록 하였다. 또한 이들 정보를 식별하기 위한 최소한의 항목을 지정하였다.

##### (6) 기타 안전성 향상을 위한 규격 개선

현장 설치과정에서의 안전사고 방지를 위해 접지선들을 별도로 분리, 집합시켜 접지동판에 부착하는 것을 규격에 포함하였다. 또한 누설전류로 인한 기기 장애 방지를 위해 신호등 연결 단자에 전기적 잡음을 걸러주기 위한 부품(Capacitor) 설치를 규격에 적용하였다. 기타설치 및 관리의 편의를 위한 내용들이 추가되었다.

##### (7) 관제센터 중앙장치 접속 시 통신 속도 규정

교통신호제어기의 모델규격은 연결되는 관제센터 중앙통신장치의 통신방식과 통신속도를 따르는 것

으로 하였다.

**(8) 검지기 정보 용량 확장(33~64채널)**

기존의 데이터베이스 프로토콜의 예비영역을 할당하여 기존 32채널 외에 33-64채널의 검지기에 대한 정보 전송 규격을 결정하였다.

**(9) 시그널맵(Signal Map) 점멸 표출 코드 추가**

기존 시그널맵에 점멸 코드를 추가하여 상시 점멸로 운영하는 교차로나 연등제어방식의 점멸제어 등의 운영방법을 합리화하였다.

**(10) 기능구성체계 및 관련 용어의 재정립**

과거에 혼란스럽게 사용되던 신호제어시스템 관련 용어를 신호시간데이터의 작성방법과 주체에 따라 재정립하여 보다 직관적으로 알 수 있도록 체계화하였다.

**(11) 내구성 시험 검사 기준 변경**

교통신호제어기의 내구성 시험기준을 대폭 정비하고 국제공인시험기관의 규격 검토내용을 적극 반영하여 현실에 맞게 개선하였다.

**(12) 하드웨어적 호환성 시험방법 기준 제시**

교통신호제어기의 기기 간 장치 호환성의 시험을 위해 검사의 주체 및 검사 방법에 대해 명확하게 구분하고 그 방법을 정의하였다.

**(13) LED 신호등 전용 저전력 제어기 검토**

저전력을 사용하는 LED의 특성을 살려 교통신호 제어기에서 직접 저 전력으로 신호등을 구동할 때 LED 신호등에서 별도의 전압 변환장치를 사용하지 않도록 하는 규격이 검토되었다.

**(14) 개발 규격의 시험**

연구된 내용을 기준으로 시제품(2대)을 제작하여 본 규격의 유효성을 검증한 결과, 등기구동장치(LSU: Load Switch Unit)와 루프검지기보드(LDU: Loop Detector Unit), 점멸기(Flasher)가 모두 정상 동작하였다.

**II. 신호제어체계 구성 요소의 구분**

**1. 기능적 구성체계**

교통신호기의 제어기능은 제어방법과 제어모드 및 지역기능 등 3가지로 구분한다. 제어방법은 신호 시간 작성 방법을, 제어모드는 신호시간작성 주체가 어디인지를, 지역기능은 감응제어 등의 제어 옵션을 의미한다.

제어방법은 신호시간을 검지기 정보를 바탕으로 하여 실시간으로 계산하여 적용하는 실시간제어방법, 데이터베이스에 지정된 신호시간을 운영하는 시간대제어방법, 고정패턴의 신호시간을 운영하는 고정제어의 3가지 제어방법으로 구분하였다.

교통신호제어기의 신호시간을 결정하는 주체는 센터, 신호제어기의 주제어부(MCU; Main Control Unit) 및 신호구동부(SCU; Signal Control Unit) 등 3 주체로 구분할 수 있으며, 이에 따라 제어모드를 원격, 지역, 안전 등 세 가지 제어모드로 구분하였다.

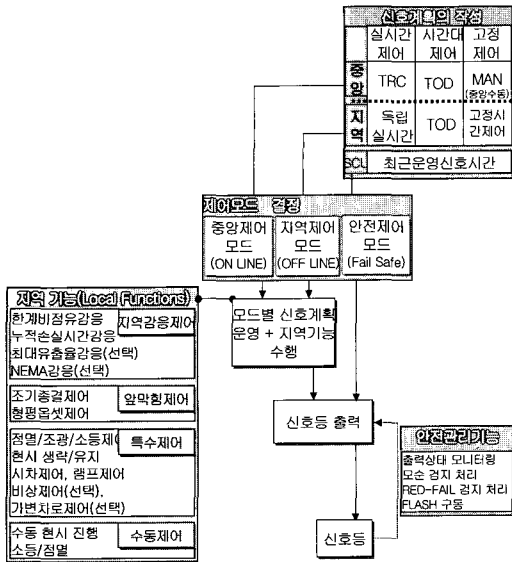
<표 2> 제어모드 구분

<Table 2> Control Mode Categories

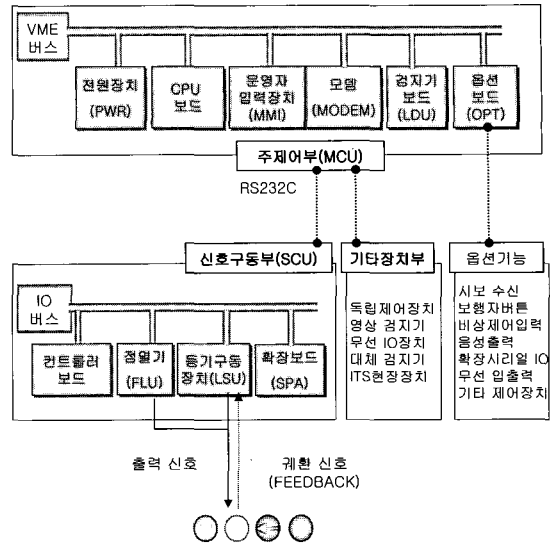
제어모드	신호계획 주체	내용
원격제어 모드 (Online)	관제센터	관제센터의 중앙컴퓨터에서 각 교차로의 신호시간을 결정하여 각 교통신호제어기를 제어한다.
지역제어 모드 (Offline)	교통신호제어기의 주제어부(MCU)	교통신호제어기의 주제어부에서 교차로의 신호시간을 결정하여 제어한다.
안전제어 모드 (Fail Safe)	교통신호제어기의 신호구동부(SCU)	고장 시 교통신호기의 신호구동부에서 최근 운영 자료를 이용하여 제어

지역기능은 여러 방법의 감응제어기능과 앞막힘 예방제어 기능, 신호기의 기본 옵션들을 포함하는 특수제어, 경관에 의한 수동제어 등으로 구성된다.

<그림 3>은 제어체계의 제어방법과 제어모드 및 지역기능의 구성요소 간 관계를 보여주고 있다. 이 세 가지의 요소에 의해 실제 현장에 표현되는 신호 등의 시간과 순서가 매 주기 결정된다.



<그림 3> 표준 신호제어체계의 기능적 구성 요소  
<Fig. 3> Functional Elements of Standard



<그림 4> 표준 교통신호제어기의 하드웨어 구성 요소  
<Fig. 4> Standard Hardware Composition

## 2. 기계적 구성체계

교통신호기의 구성은 VME버스\*, 신호주제어부와 신호구동부로 분리하여 각각 별도의 중앙연산장치 (CPU)를 채택한다.

주제어부에서는 주로 검지기 자료 등 교통상황정보 처리, 제어알고리즘 처리, 관제센터 중앙장치와 통신, 운영자입력장치(MMI: Man Machine Interface)로부터의 명령 처리 기능을 수행하며 추가적인 기능의 확장이 가능하도록 한다.

신호구동부에서는 주제어부의 명령에 따라 신호등의 점등과 소등을 전담하며, 주제어부의 장애 발생시 기본 신호출력제어를 수행하는 안전제어(Fail-Safe Control)기능을 통해 시스템의 안정성을 제고하도록 하였다.

각 장치의 크기는 주제어부 6U\*\*, 신호구동부 3U로 하며, 기타장치부는 3U로 결정되었다. 그리고 신호등과 검지기로 연결되는 케이블 단자함(T/F)의

단자부분은 전체 외부 함체의 규격을 만족하는 범위 내에서 내부 배치를 다양하게 운용할 수 있으며, 하단에 위치한다. 주제어부와 신호구동부 및 기타장치부는 현장의 설치조건(좌대의 높이 등)에 따라 순서를 바꾸어 장착할 수 있다.

## III. ITS 환경을 고려한 기능적 개선

### 1. 통신규약의 정비

최근 들어 활발하게 시행되고 있는 도시단위의 ITS 시스템 구축사업에 대비하기 위해 두 가지 통신규격이 변화되었다. 한 가지는 표준화를 유지하면서도 각 제조업체의 다양한 아이디어들이 활용될 수 있도록 하기 위한 확장프로토콜 영역이 도입된 것이고, 또 하나는 타 ITS 현장장치들이 교통신호제어시스템의 기간 통신망을 공유하여 활용할 수 있도록 초 단위 정보에 교통신호제어기 수집정보 이

\* VME(VERSA Module Eurocard Bus) :VME버스는 미국과 프랑스의 민간기업이 개발한 소형컴퓨터용 32비트 및 64비트 시스템 버스 규격으로, 1986년과 1987년에 국제 전기 표준 회의(IEC)와 미국 전기 전자 학회(IEEE)가 각각 IEC 821과 IEEE 1014로 표준화하여 국제 표준으로 인정되었다.

\*\* U (EIA-Unit) : Electronic Industries Alliance에서 지정한 랙(rack) 구성단위로 1 EIA-U는 44.45mm와 같다.

외의 타 부분 현장장치에 대한 SUB- FRAME 정보를 허용하도록 한 것이다.

통신규약에서 사용되는 명령코드의 범위가 <표 3>과 같이 운전프로토콜, 확장프로토콜, DB업다운로드용 프로토콜 등 세부분으로 구분되어 서로의 영역에 대해 응용 범위가 정해졌다.

<표 3> 통신규약의 용도별 코드 영역 구분  
<Table 3> Protocol Usage and Code Range

프로토콜 종류	범위	용도	기타
1.운전 프로토콜 (Control Protocol)	0x00-0x59	교차로 상황정보 및 제어 설정 정보 제어 및 관제용 프로토콜	
2.확장 프로토콜 (Extended Protocol)	0x60-0x99	민간 기술이 적용 가능하도록 허용된 확장 User 프로토콜	사용 허가 필요
3.데이터베이스 (Database Protocol)	0xA0-0xFD	데이터베이스 업/다운로드 프로토콜	

위 표의 확장프로토콜 항목 중 확장 Data는 <표 4>에서처럼 첫 번째 코드영역(0x60, 0x61)에 대해서만 형식이 지정되어 있다. 이것은 상이한 제작사간 시스템 정보를 인식하기 위해서이다.

<표 4> 확장정보 코드 영역 구분  
<Table 4> Extended Protocol Code Range

명령	방향	opcode	길이	내용
벤더 정보	▶ 센터	0x60	46	센터 System 장치 정보
	▶ 지역	0x61	46	소프트웨어 버전, 확장정보 지원여부
확장 Data		0x62-0x99	NA	User
데이터 46바이트에 포함되는 내용				
필드1 : 시스템이름(센터), 모델이름(현장 제어기)				
필드2 : 소프트웨어 버전				
필드3 : 제작사 공식 명칭				
필드4 : 제작사가 사용권을 가진 확장코드 영역 시작 번호				
필드5 : 제작사가 사용 확장코드 영역 끝 번호				
필드6 : 현재 제어장치 버전에서 이 데이터 처리 지원 여부(0=처리불가, 1=일부가능, 2=처리가능)				

## 2. 초 단위 정보 패킷의 공동 사용

앞서 언급한 바와 같이 현장제어장치의 초 단위 모니터링 정보는 가장 흔하게 사용되는 데이터 항목이므로, 모든 현장장치는 대부분 상태정보의 초 단위 업로드기능을 필요로 한다.

<표 5> 초 단위 정보항목의 변경 내용  
<Table 5> Changes of Information per Second

교통신호기 초 단위 상황정보		
BYTE	이름	설명
1	STX_CHAR	0x7E
2	STX_CHAR	0x7E
3	Length	기본정보일 때 : 0x15(21) 확장정보일 때 : 31-201
4	교차로 ID	0x00 ~ 0x0F
5	OP-CODE	0x13
6	LC 정보	신호제어기 상태정보: 17Bytes
필요시	ITS-DATA	ITS 단말기용 확장 상태정보 (아래 ITS SUB-DATA 참조)
LEN+2	LRC CODE	ITS 확장정보가 있는 경우 그것을 포함한 LRC 코드

ITS SUB-DATA		
BYTE	이름	설명
1	입력/출력 포트 ID	타 서브시스템 장치 포트 인덱스, 직렬포트 외에는 10 이상의 값
2.4	Time Stamp	시:분:초
5.9	헤더 예약	(예약)
10	Length	헤더부를 제외한 데이터 크기
11-200	User Data	SUB-DATA(ITS 현장장치정보)

이 이외의 다른 정보가 필요한 경우 별도의 확장 프로토콜을 활용하면 되겠지만, 초 단위 정보는 하나의 라인에 한 가지만 허용될 수 있으므로, 복수개의 서로 다른 시스템 현장장치가 동일한 통신라인을 이용하기 위해서는 이 정보의 공동사용이 필수적이다. 이번 규격에서는 이전의 교통신호제어기 전

용 상황정보 프레임의 크기를 가변크기로 운영하면서 <표 5>와 같이 타 부문 현장장치 정보가 있는 경우 SUB-FRAME를 보낼 수 있도록 수정되었다.

### 3. 검지기 정보 용량의 확장

기존 규격에서는 32개의 루프검지기 또는 대체검지기 정보 전송 용량을 가지고 있었다. 그러나 좀더 자세한 교통정보 수집 요구가 늘어나면서, 32개 이상의 검지기 설치가 요구됨에 따라 새로운 명령코드를 추가하여 최대 64개까지의 검지기 정보 전송이 가능하도록 확장되었다.

## IV. 신호등 구동방식 선정

### 1. LED 신호등을 위한 규격

#### 1) 문제점

경찰청 제정 『LED 교통신호등 표준 지침(2002. 4. 9)』에 의거한 발광다이오드(LED) 소자 교통신호등을 이전 규격의 백열전구용 신호제어기에 설치할 경우 적색신호등 등화 실패(적색신호등의 단락, 단선 등으로 인해 적색신호등이 켜져야 할 시점에 켜지지 않는 현상)를 검지하지 못하고 있거나, 그 방법이 제각각이어서 안전성에 문제가 있었다. 또 LED는 낮은 전력에서 동작하므로 지중 매설된 등기케이블에서 누설되는 미약전류에 의해서도 발광할 수 있다. 이러한 현상을 반불현상이라고 하며, 반불현상은 야간 운전자들을 등이 켜진 것으로 오해하게 하는 충분한 밝기로 나타날 수도 있다. 이러한 부분은 교차로 신호등 운영상 중대한 안전상의 문제를 야기할 수 있다.

#### 2) 미약전류에 의한 점등 방지

이것은 에너지의 효율만을 고려한 환경부의 LED 규격에서 일정한 레벨 이하의 전압일 경우 Cut-Off 상태(정격 전압 범위에서만 정상동작하고 나머지 레벨에서는 동작하지 않도록 하는 것)를 유지하도록 정의되어 있지 않기 때문에 발생하는 것이다. 따

라서 본 규격에서는 LED의 신호제어기 접속 규격을 권고사항으로 두며 LED신호등이 교통신호제어기에 연결하여 신호등으로 사용될 때 110V일 경우 47.5V, 220V일 경우 95V보다 낮은 전압에서는 CUT-OFF 상태(출력 없음)를 유지하도록 하였다.

#### 3) LED등의 적색신호등 이상 검지

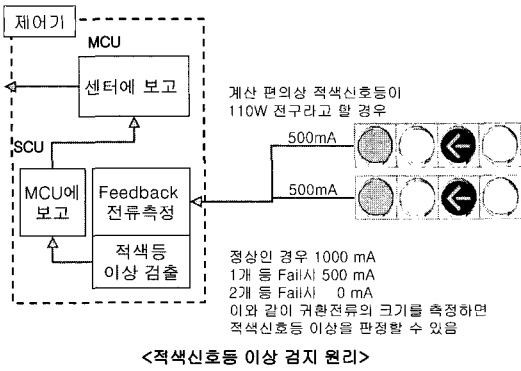
적색신호등 이상검지는 적색신호등이 켜져야 할 시점에 적색신호등이 제대로 켜졌는지를 귀환전류나 귀환전압의 검출을 통해 확인하고, 이상이 있으면 센터에 보고하여 긴급조치가 가능하도록 하는 일련의 기능이다. 이 기능이 있는 이유는 다른 신호등과 달리 교차로 진입을 금지하는 적색신호등이 동작하지 않을 때 발생할 수 있는 안전사고를 방지하고 교차로 사고의 책임소재를 명확히 할 수 있어야 하기 때문이다.

LED신호등에서 적색신호등 이상 검지가 잘 동작하지 않을 수 있는 이유는 두 가지가 있다. 첫 번째는 LED신호등의 소모 전력이 너무 낮아 과거 백열전구식 신호등의 검지방법으로는 검지가 안 된다는 것이고, 두 번째는 하나의 신호기에 LED 등이 서로 다른 제조사의 제품들이 혼용될 경우 귀환(Feedback)되는 전압이나 귀환 전류 특성에 차이가 생겨 일정한 임계값 기준을 적용할 수 없기 때문이다.

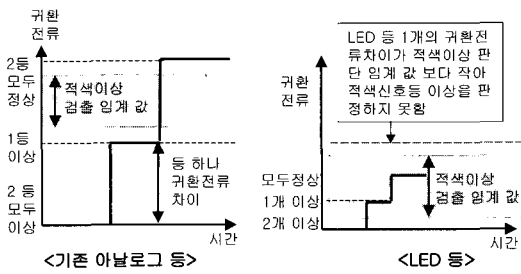
이 문제를 해결하기 위해서는 LED신호등의 최소 소모 전력을 지정하여 신호제어기에서 일정한 임계값을 적용하도록 하여야 한다. 그러나 이러한 최저 소모 전력을 지정하는 경우 더 낮은 소모전력으로 구동되는 등기구를 개발하고자 하는 기술 개발 노력에 대하여 장애요인으로 작용하게 되는 단점이 있다. 또 이를 피하기 위해 너무 낮은 소모 전력 값을 기준으로 정하게 되면 지중 매설되는 신호등 전력선 특성상 어쩔 수 없이 나타나는 누설 미약전류에 대한 영향을 배제하기가 어려워 이상 판단이 불가능해 진다.

따라서 현재 시장에 나온 LED신호등의 일반적인 소모 전력과 기술개발 속도를 고려하되, 신호등시설의 특수성을 감안하여 최소 소모 전력을 정하여야 한다. 본 규격에서는 해결방안으로 LED신호등의 최소 소모전력을 5W이상으로 제안하였다.





<적색신호등 이상 검지 원리>



<그림 5> LED신호등의 적색 이상 검지 문제점  
<Fig. 5> Detection Problem of Red-fail on LED

## 2. 하드웨어로 동작하는 모순검지방법 선정

### 1) LSU에서 직접 출력을 비교하여 판단(대안 1)

이 대안은 LSU의 출력과 귀환 내역을 직접 비교하여 모순을 판단하고 버스를 통해 점멸기 구동하는 대안이다.

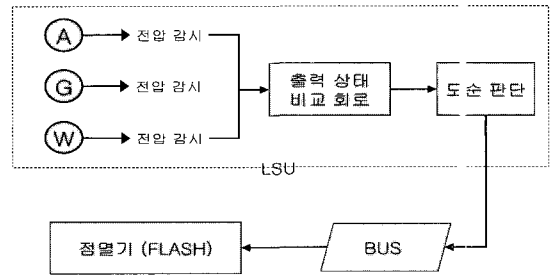
현재 대부분의 모순상태는 전기선로의 합선 또는 누전, LSU내의 스위치 구동소자 파괴 등으로 발생한다. 이런 경우는 SCU내부 보완으로도 모순검출이 가능하다.

교통신호제어기 소프트웨어 오류로 모순이 발생한 경우는 WDT(Watch Dog Timer)에 의해 1초 이내로 자동 복구가 가능하거나 또는 반복적인 Reset으로 모순이 해제된다.

간혹, 이중 링(Dual-ring)의 경우 RING간 신호가 모순이 되는 현상이 발생하지만 이것은 근본적으로 소프트웨어 기능을 제대로 설계하지 못한 제조사의 결함이다. 이런 문제는 RING간의 모순을 확인하는 기능을 추가함으로써 방지할 수 있다.

물론, 외부 모순검지기를 추가함으로써 “교통신호제어기 소프트웨어 오류(제조사 결함)”를 감시할 수 있는 기능이 구비되기는 하지만 설치 및 사용이 매우 전문적이고 어렵다. 그러므로 이 규격이 전국적으로 채택되어 제대로 설치를 못할 경우 모순기능을 의도적으로 정지시키는 확률이 높을 것이며, 실제 서울시의 경우에도 등기선의 노후화로 인해 모순 기능을 억제하는 빈도가 높은 것이 사실이다.

모순검지는 사고 이후에도, 사고조사를 위해 동작이력을 교통신호제어기가 보관하고 있어야 하는데 (모순 발생시간, 모순검지 ON/OFF 여부 등), 별도의 모순검지기일 경우 이런 자료의 보관이 어렵다.



<그림 6> LSU에서의 모순검지 방법

<Fig. 6> Monitoring conflict method with LSU

### 2) 별도의 모순 감시 장치(CM)를 부착(대안 2)

모순검지기는 과거에 소프트웨어에서 상충신호를 판단하여 수행하는 소프트웨어모순검지 기능에 기계적으로 모순처리를 수행하는 하드웨어모순검지 기능을 추가하여 소프트웨어 이상이나 기타 유사시에 있을 수 있는 신호모순에 의한 사고를 방지하기 위한 기능을 갖도록 한다.

기존 시스템의 변형을 최소화하고 모순검지기의 기능을 단순하게 하기 위해서 적색등 이상 검지 기능은 기존 방식대로 LSU에서 검지하여 컨트롤러에서 소프트웨어로 판단하는 방법을 취하고, 신호모순에 대한 검지 기능만을 별도로 수행하는 모순검지기를 제작하여 장착하도록 한다. 이 경우 모순검지에 별도의 연산 장치(Processor) 추가 없이 EPLD (Electrically Programmable Logic Device)만으로도 현

시모순 조합을 구성할 수 있는 장점이 있다.

현실에 적용하는 과정에서는 우리나라에서 자주 사용되는 현시에 대한 현시모순만을 감지하도록 설계하여 배선 및 부품의 수를 최소화하는 방법을 사용할 수 있으며 내장된 이중 링(Dual Ring)과 단일 링(Single Ring)에 대비한 기본 현시 모순 조합을 스위치 조합 형태로 설정하여 모순검지를 수행한다.

### 3) 모순검지 대안 비교 선정

각 대안에 대한 장단점을 비교하면 다음 <표 6>과 같다.

<표 6> 모순검지 대안 장단점 비교

<Table 6> Conflict Monitoring Alternations

대안	장점	단점
대안1	<ul style="list-style-type: none"> <li>LSU내에 하드웨어 모순검지를 추가</li> <li>추가 배선에 따른 비용 없음</li> <li>모순에 대해 별도의 프로그램 필요없음</li> <li>현장설치시 용이함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>출력MAP 오류발견 안됨</li> <li>프로그램 오동작시 발견 안됨</li> <li>데이터에 문제가 있는 경우 검지 안됨</li> </ul>
대안2	<ul style="list-style-type: none"> <li>모순검지 확률 높음</li> <li>PL(제조물책임)법에 완전히 대응, 법적 책임 경감</li> <li>데이터의 잘못에 의한 모순도 검지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제조 비용 상승</li> <li>모순프로그램 복잡</li> <li>비정형 교차로 경우 설치가 더욱 복잡함 (예,5거리, 연등)</li> <li>LSU사용이 제한적</li> <li>설치가 어려움</li> </ul>

적용성과 개발편의성에서 장점을 보이는 대안 1이 전문가들의 의견을 거쳐 확정되었다. 이 방법을 적용하기 위해서는 메인보드에서 2개의 버스 신호선이 추가로 필요하게 되었다. 이를 위해 과거 규격에서 사용이 많지 않은 신호선 용도를 변경하여 적용성 시험을 거친 후 확정하였다.

첫 번째 신호는 'FRV'라고 명명되었으며, LSU에서 모순검지 후 직접 점멸기를 구동하는 시그널 전송용 신호이다. 또한 기존에 점멸기에서 컨트롤러로 모순 발생시 컨트롤러 동작정지명령으로 사용하던

POD 신호를 용도 변경하여 모순해제신호로 변경하였으며 'CRESET'이라고 명명되었다.

### 3. 전압 검사 기준 규격

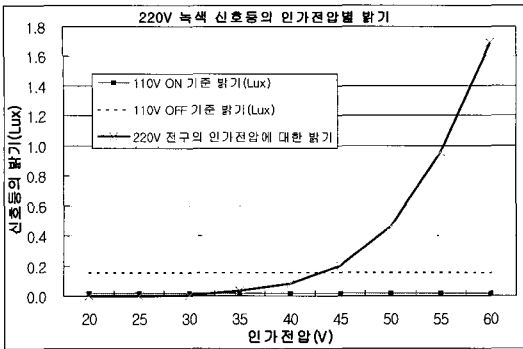
또 한 가지 중요한 규격 변화는 그동안 적신호가상이나 모순신호의 검출 과정에 필수적인 신호등 켜짐/꺼짐 판단 기준전압을 220V 전압에 대하여 새로이 설정하였다는 점이다.

기준전압이란 신호등의 귀환(Feedback) 전압을 측정하여 신호등이 켜졌다고 판단하게 되는 기준값을 의미한다. 이 값이 너무 작으면 지중 매설된 등기선의 특성에 의해 나타나는 미약 누설 귀환전압을 신호등이 정상 출력되는 것으로 잘못 인식할 수 있고, 반대로 너무 크면 조광제어 같은 특별한 제어가 있을 경우, 또는 과도한 전력 소모가 생기는 계절이나 환경적 영향으로 낮은 전압으로 출력되는 경우 이를 신호등이 꺼진 것으로 착각하여 오작동과 안전 문제를 야기할 수 있다.

그러나 무엇보다 중요한 건 전압에 따라 신호등의 밝기가 매우 빠르게 변하므로 운전자들이 시각적으로 신호등이 켜졌다고 느끼는 상태의 전압이 기준값이 되어야 한다는 것이다. 즉 운전자의 시각에서 등이 켜졌다고 할만한 밝기가 되었을 때 신호 제어기도 등을 켜진 것으로 인식하여야 한다는 것이다. 따라서 교차로 제어장치와 교통안전이라는 관점에서의 가장 중요한 부분인 셈이다.

과거에는 미국 NEMA\* 규격에 언급되어 있는 110V에 대한 기준을 적용하거나, 제조사 별로 단순히 2배한 값을 판단기준으로 적용하기도 하였다. 본 규격 개발 과정에서는 NEMA의 110V기준의 기준값에 해당하는 기준전압에서의 신호등 밝기와 같은 밝기를 나타내는 220V 신호등(백열등)의 전압을 측정하는 방식으로 각각의 기준전압을 결정하였다.

실험 결과 <그림 7>과 같이 25V를 인가했을 때 220V용 신호등에서 110V용 신호등의 OFF 판단 기준 때와 같은 밝기가 검출되었고, 45V에서 ON 판단 기준 때와 같은 밝기가 검출되었다. 따라서 최종 모순판단 기준 귀환전압은 다음처럼 규격화되었다.



<그림 7> 신호등 전구의 인가전압에 따른 밝기 변화

<Fig. 7> Lamp Brightness by power level

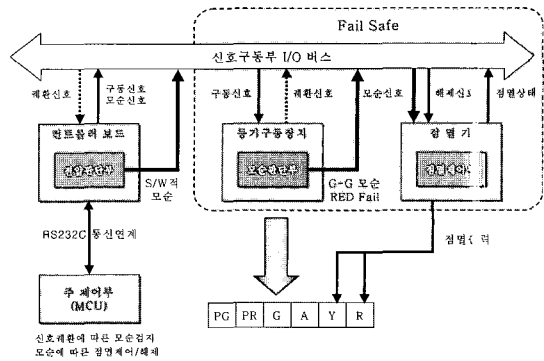
- (1) 110V: 15V 미만, 220V: 25V미만 OFF 판단
- (2) 110V: 25V 이상, 220V: 45V이상 ON 판단
- (3) 110V에서 15V이상 25V 미만, 220V에서 25V 이상 45V미만은 (1) 또는 (2)로 동작

이상과 같이 교통신호제어기에서 가장 중요한 등기구동부의 각종 기준값에 대한 시험과 모순검지방식 비교 실험 등을 통해 최종적으로 결정된 구동방식은 <그림 8>과 같이 결정되었다.

컨트롤러는 마이크로프로세서를 사용한 제어회로부, 프로그램과 초기데이터를 저장하는 ROM (Read Only Memory), 프로그램 수행을 위한 RAM(Random Access Memory), 직렬통신을 위한 통신회로, 등기단선 및 모순 검지를 위한 회로, 수동 조작 스위치 (Police Panel Switch) 및 보행자 입력 스위치 등을 수용하기 위한 입력 회로로 구성된다.

SCU 컨트롤러보드는 기존 방식의 소프트웨어적 논리비교에 의한 모순검지프로세스를 통해 상위수준의 모순검지기능을 수행하면서 동시에 각 LSU에서 하드웨어 수준의 모순검지 기능과 적신호이상 검지기능을 수행한다.

LSU가 하드웨어 검사 후 이상을 발견하면 먼저 점멸기에 점멸출력을 요청하는 시그널을 보내고, 컨



※BUS 접속 핀별 규격은 규격서 참조

<그림 8> 신호구동부의 BUS 신호 구동 방식

<Fig. 8> Signal Flow on SCU BUS

트롤러보드에 모순발생시그널을 보낸다. 그리고 컨트롤러보드는 주제어부에 모순발생상황을 알리고 점멸복구를 시도하며, 자동 또는 수동으로 복구 후에 주제어부와 연결이 이루어질 때 까지 안전제어 (Fail-safe control)를 수행한다.

### Ⅲ. 결 론

#### 1. 시행에 따른 기대효과

본 규격은 제조사들의 연구 개발을 위한 9개월간의 유예기간을 거쳐 2005년 3월부터 정식 시행되었다. 이미 강화된 검사규격을 거친 교통신호기들은 이미 PC의 모뎀이나 사운드카드처럼 부품단위로 호환이 되고 있다. 그리고 규격에 제시된 통신규약을 지원하는 도시는 어떤 회사의 교통신호기라도 관제센터에 온라인으로 제어되고 있다. 이미 이처럼 몇 가지 가시적 성과가 나타나기도 하지만 규격화는 구체적으로 다음과 같은 기대효과를 가져올 것이다.

첫째, 제작사에 의존하지 않는 유지보수체계로 관리비용을 대폭 감소시키고 시설관리의 효율성을 증가시킨다. 극단적인 예를 들면, 영세한 제조사의 부품하나가 고장 나면 과거에는 15배나 많은 비용

\* NEMA(National Electrical Manufacturers Association) : 미국의 전기공업부문 제조자의 연합체로서 전기공업제품에 대한 다양한 규격을 제안하고 수정하는 활동을 하여 세계적으로 영향력을 갖고 있는 민간기구이다.

을 들여 제어를 수거하고 교체하여야 했다.

다음으로 부품 호환이 되므로 부품수급에 따른 지체 없이 빠른 교통신호제어기 고장 대처가 가능하다. 또한 지역마다 통일된 정보처리 및 제어알고리즘이 적용되어 지역별 교차로 교통통제방법의 차이가 나타날 가능성을 방지할 수 있다.

이 외에도 소프트웨어 기능이 표준화된 알고리즘을 채택하고 있어 신규 제어알고리즘이 개발될 경우 제어기능의 개선과 업그레이드가 체계적이고 용이하다. 비슷한 맥락으로 산업체의 기술독점을 방지하고 선의의 경쟁체제를 구축함으로써 설치비용 감소 및 기술발전 속도를 향상시키는 계기가 될 수 있다.

한편 ITS 환경에 대비해 개선된 몇 가지 규격수정은 교통신호제어시스템의 소프트웨어적 기능 발전 가능성을 높이고, 다양한 ITS용 현장 장치를 수용할 수 있는 여건을 확보하여 다기능의 교통신호제어기로 변화를 모색할 수 있게 되었다.

교통안전측면에서는 제조물의 안전수준을 높여 제조물책임법에 대응이 가능해졌다는 의미가 있으며, LED신호등과 같은 고효율 에너지기구 활용능력을 확보하여 안전하면서도 에너지효율향상에 이바지할 수 있다는 점도 적지 않은 효과라 하겠다.

## 2. 향후 연구 과제

표준화사업은 일정 수준에 도달한 선발 기술수준을 전제로 후발 제조사들이 사회적으로 필요한 일정 수준의 기술수준을 빨리 확보하도록 한다. 또한 개별적으로 생산되거나 관리되는 제품들의 호환성을 확보하여 관리비용을 절약하고자 할 때 필요하게 된다. 반면에 모든 표준화사업은 그 표준화로 인해 선도적 기술을 가진 선발기업들의 개별적 기술개발 의지를 약화시킬 수 있다는 우려를 동반하게 된다.

그러나 이 두 가지는 어느 한 가지만 선택할 수 있는 문제는 아니다. 즉 표준화로 인해 얻게 되는

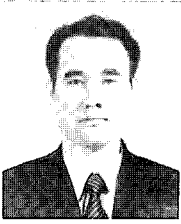
사회적 이익이 표준화 때문에 나타나는 불이익보다 큰 시점에는 표준화가 어느 정도 지속되어야 한다. 그리고 그 역할의 한계도 나타나게 된다. 이럴 때는 기존의 규격에 머무르지 않고 발전된 기술과 새로운 아이디어가 담길 수 있는 새로운 타입의 규격화가 이루어져야 한다.

한편 국제표준화라는 관점에서는 현재 ISO 국제표준화기구의 ITS 서브시스템별로 센터와 지역장치간 표준프로토콜들이 제안되고 있다[1]. 신호제어시스템 분야에서도 예외는 아니어서 앞의 NEMA가 제안한 NTCIP(National Transportation Communications for ITS Protocol)가 국제 표준으로 부상하고 있다 [2,3]. 이러한 시점에서 국제표준에 대응하려는 노력이 늦어질 경우 관련 연구분야가 제약되거나 관련 산업과 시장이 무방비로 노출될 수 있다. 따라서 국제표준을 검토하고 국내 실정에 적합한지에 대한 연구가 필요하다. 이와 더불어 본 규격과 국제통신 규약을 어떻게 활용할 것인지에 대한 연구도 향후 연구되어야 할 분야이다.

## 참 고 문 헌

- [1] AASHTO/ITE/NEMA, "TS 3.2-1996 - National Transportation Communication for ITS (NTCIP) Simple Transportation Management Framework Draft Version 98.01.08", 1998
- [2] NEMA, "NEMA Standards Publication TS 2-1998, Traffic Controller Assemblies with NTCIP Requirements", 1998
- [3] AASHTO/ITE/NEMA, "The National Transportation Communication for ITS Protocol Guide draft version 02.05", 1999
- [4] 도로교통안전관리공단, "교통신호제어기 규격 표준화에 관한 연구", 1996
- [5] 서울지방경찰청, "첨단교통신호제어시스템 표준화 제정", 1996
- [6] 경찰청, "교통신호제어기 표준 규격서", 2004

〈 저 자 소 개 〉



정준하 (Jun-Ha, Jeong)

2002년 아주대학교 박사과정 수료(건설교통전공)  
1998년 아주대학교 공학석사 (교통공학전공)  
1995년 10월~현재 : 도로교통안전관리공단 교통과학연구원 책임연구원  
1986년 3월~1995년 10월 : 교통개발연구원 연구원  
1985년 6월~1986년 3월 : 한국과학기술원 제11그룹 교통연구부 연구원



오영태 (Young-Tae, Oh)

1989년 1월 Polytechnic University 공학박사(교통공학)  
1985년 1월 Polytechnic Institute of New York, U.S.A. 교통공학석사  
1983년 8월 서울대학교 환경대학원 환경계획학과 도시계획학석사  
1995년 4월 ~ 아주대학교 공과대학, 환경건설교통공학부 교수  
1989년 2월 ~ 1993년 2월 교통개발연구원 책임연구원, 교통안전연구실장



안계형 (Gye-Hyeong, Ahn)

2002년 12월 ~ 도로교통안전관리공단 연구위원  
1997년 7월~2002년 12월: 한국교통연구원 책임연구원  
1997년 5월 University of Texas at Austin 공학박사 (교통공학전공)  
1986년 2월 서울대학교 환경계획학석사 (교통공학전공)



고광용 (Gwang-Yong, Go)

2004년 아주대학교 박사과정 수료(건설교통전공)  
1998년 2월 홍익대학교 교통공학석사 (교통공학전공)  
1996년 7월~도로교통안전관리공단 연구원