

■ 論 文 ■

# 교통신호제어시스템 NTCIP 통신규약 적용성 실험 연구

An Experimental Study on the Application of NTCIP to Korean Traffic Signal Control System

**고 광 용**

(도로교통안전관리공단 연구원)

**정 준 하**

(도로교통안전관리공단 책임연구원)

**이 승 환**

(아주대학교 환경건설교통공학부 교수)

**안 계 형**

(아주대학교 건설교통공학과 박사과정)

## 목 차

- I. 서론
    - 1. 연구의 필요성 및 목적
    - 2. 기존 시험 사례와 본 실험연구의 특징
    - 3. 연구의 수행방법
    - 4. 연구의 주요 내용
  - II. NTCIP 통신규약 검토
    - 1. NTCIP 통신규약의 구성
    - 2. MIB 데이터 집합
    - 3. 통신프로파일(STACK-FRAME)
    - 4. 전송관리프로토콜(TMP)
    - 5. 국내 프로토콜과의 비교
  - III. NTCIP 구현을 위한 기반 연구
    - 1. 신호제어시스템용 MIB 개발
    - 2. STACK-FRAME 대안 선정
    - 3. 전송관리프로토콜(TMP) 대안 선정
  - IV. 시스템 구현 및 개발
  - V. 운영 실험
    - 1. 실험 방법
    - 2. 실험 결과
    - 3. 문제점 보완 방안
  - VI. 결론 및 향후 연구 과제
- 참고문헌

Key Words : 신호제어, 국제표준, 표준제어기, 통신규격, 교통신호기  
NTCIP, SNMP, STMP, SFMP, COSMOS

## 요 약

본 연구에서는 NTCIP 통신규약을 국내 실시간 교통신호제어시스템에 적용할 수 있는지를 판단하기 위해 기존 신호제어시스템의 통신방식을 NTCIP에 맞게 수정한 후 운영시험을 실시하였다.

시험연구과정에서 한국형 실시간 신호제어시스템용 관리정보집합(MIB)과 OER규칙의 메시지 작성 라이브러리, SNMP/SFMP 전송관리프로토콜을 지원하는 센터 관리자 S/W 및 지역제어기의 대행사소프트웨어가 신규 개발되었다. 또한 국제표준이 되기 전에 국내 적용을 위해 보완되어야 할 문제점들이 도출되었다.

수정된 시스템은 Trap규칙 등 일부 규격의 문제점을 보완하여 적용한 결과 비교적 잘 동작하였다. NTCIP통신규약으로 수정된 시스템의 가용성시험 결과 2400bps에서는 58%의 패킷이 유실되어 정상적인 운영이 불가능하였으나 4800bps와 9600bps에서는 정상적으로 운영되었다. 또한 실시간 제어능력을 평가하는 주기단위 정보전송능력에서는 4800bps 이상이 되어야 적합한 것으로 나타났다.

결론적으로 4800bps 이상의 속도에서 정상적인 실시간제어가 가능한 것으로 나타났다. 또 국내환경에 NTCIP 통신규약 적용을 위해서는 통신환경 개선이 필요한 것으로 나타났다.

This paper presents the results of an experimental study on the application of NTCIP protocol to Korean traffic signal control system. For this study, the communication protocol of the existing traffic signal control system was adjusted to meet NTCIP standard.

Management information base for Korea real-time traffic signal control system, message library of OER, traffic control center management software supporting SNMP/SFMP protocol, and agent softwares for local controllers were developed during the experimental study.

The applicability test of the adjusted system by NTCIP standard was performed. Fifty eight percent of communication packets were lost at 2,400bps communication speed, which made the operation impossible. The experimentations with communication speeds 4,800bps and 9,600bps did not cause problems.

In conclusion, to apply the NTCIP standard to domestic real-time traffic control system, communication environments need to be upgraded to 4,800bps or higher.

## 1. 서론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

현재 국내 교통신호제어시스템 분야의 동향을 살펴 보면 한국형 실시간 교통신호제어시스템인 COSMOS 시스템<sup>1)</sup>이 1996년 첫 현장 적용 이후 서울시의 본격 운영을 거쳐 점차 전국으로 확산되고 있다. 여기에 기술적 표준을 통해 기기의 기능 향상과 기기 호환성을 확보하여 제어 효율 향상과 관리비용의 획기적 절감을 목표로 경찰청 표준제어기 규격이 개발되었다. 표준제어기 규격은 2004년 7월 공고 후 산업체 개발기간을 위해 9개월 유예기간을 거쳐 2005년 3월부터 본격 시행되었으며, 지속되어 온 연구개발 결과를 활용하기 위해 알고리즘 등 각 기능에 대한 검증 후에 설치되도록 하고 있다(경찰청, 2004).

또한 실시간 신호제어시스템의 확산 보급의 한 형태로서 도시별 ITS 시스템 구축사업으로 설치되기도 한다. 이 때는 타 부문의 ITS 서브시스템들과 센터시설 및 정보를 공유하는 형태로 실시간신호제어시스템이 설치된다. 이런 도입형태에서는 실시간신호제어시스템과 타 시스템과의 정보 연계를 위한 표준적인 방법이 요구되고 있다.

국제 표준화 분야에서도 국내 움직임과 유사한 방향으로 ITS관련 장치 간 정보연계방법을 표준화하려는 노력이 이루어져왔다. 이 노력은 센터와 센터간 표준프로토콜 및 센터와 현장장치간 프로토콜 분야로 이분되어 진행되는 형태이며, 이미 센터와 센터간 프로토콜은 DATEX-ASN이 표준으로 확정되어 국내에서도 KS에 적용되어 있다(한국표준협회, 2001).

한편 NTCIP<sup>2)</sup> 규격(안)은 ITS 센터와 현장장치간의 통신규약에 관한 표준안으로 미국에서 규격(안)을 제정, 현재 드래프트버전으로 발표하고 있으며 이를 적용하는 실험과 연구에 많은 노력을 기울이고 있다.

국내 ITS 사업 추진과정에서도 각 도시별 ITS시스템 도입 주체별로 서로 다른 서브시스템을 연계하기 위해 표준 정보교환 방법을 요구하고 있다. 그러나 국내 표준은 물론 국제표준에 대한 적용 연구 사례가 많지

않아 막대한 비용이 투자된 ITS시설의 상호 연계를 통한 정보이용효율성 극대화라는 목표를 달성하지 못하고 있다. 또한 정해진 표준 없이 이미 구축된 시스템들에 대해 정보연계를 위해 별도의 예산투자와 프로젝트 수행 및 장비의 도입 등이 또다시 요구되는 악순환이 반복되고 있다.

신호제어시스템 부문에서도 국제적으로 국제표준을 적용하도록 하는 압력이 여러 시장에서 나타나고 있으며, 타 국가에서는 이 부문의 기술경쟁력을 확보하기 위한 연구들이 진행되고 있다. 이런 흐름 속에서 국내 교통신호제어시스템이 국제적 추세에 대응하고 국제경쟁력을 확보하기 위해서는 현재 국제표준규격(안)으로 부상한 NTCIP통신규약(안)(AASHTO/ITE/NEMA, 1998)을 적용하는 연구가 필요하다.

따라서 본 연구의 목적은 NTCIP 통신규약(안)을 기반으로 동작하는 국내 실시간 교통신호제어기의 구현과 운영실험을 통해 NTCIP 통신규약(안)을 국내 시스템에 적용할 수 있는지를 평가하는 것이다. 그리고 시험을 통해 국내 제어환경에서 비용 부담 없이 규격을 받아들일 수 있는 지를 판단하여 국제규격에 대응하는 기초 자료로 활용하고자 하는 데 또 다른 목표가 있다.

한편으로는 NTCIP 통신규약(안)의 실제 운영을 위한 단계에서 나타나는 문제점은 무엇인지를 분석하고, 또한 국내 제어환경 적용을 위해 개선되어야 할 점은 무엇인지를 분석하는 것도 본 연구의 중요한 목적중의 하나이다.

### 2. 기존 시험 사례와 본 실험연구의 특징

NTCIP 통신규약에 대한 주요 실험들은 미국에서 가장 활발하게 추진되었으며 프로젝트 형태로 진행되어 서로 다른 시스템 제조사간 상호 운용성(Interoperability), 센터 및 현장장치의 이기종간 상호 호환성(Interchangeability)에 대한 시험사업프로젝트와 평가가 진행되었다.(NTCIP 9006, 2003)

1996년 Colorado주Lakewood시, 1999년 Arizona주 Phoenix시를 시작으로 여러 지역에서 프로젝트가 진행되었으며, 이를 통해 NTCIP의 보완이 계속 이루어져

1) COSMOS(Cycle Offset Split Model for SEOUL)은 국가ITS기반시설 도입을 위한 노력의 일환으로 서울시 주도로 1991년부터 개발을 시작하여 1996년 첫 적용 후 서울시 기간 신호제어시스템이 된 실시간교통신호제어시스템을 말함.  
2) NTCIP(National Transportation Communications for ITS Protocol)는 NEMA(미국 전기 제조자 연합)에서 제안한 ITS용 현장장치와 센터장치간 통신규격을 말함

버전이 향상되었다. 초기에는 시범사업에 참여한 제조사들이 난해한 NTCIP 기술 확보에 주력하고 이를 공유하지 않음으로서 운영실험보다는 이기중간, 제조사간 호환성을 확보하는데 어려움을 겪었다는 사례보고가 있다.(NTCIP 9004, 2003)

한편 영국에서는 NTCIP Framework에 대한 소개와 MIB 작성과 활용 및 미국에서 작성한 신호제어시스템용 데이터집합(GLOBAL-MIB)의 내용 소개와 이를 이용한 시스템 개발 방법론이 제시되고 있다. 특히 대부분의 관련연구에서 보고된 대로 NTCIP의 기본 모델인 네트워크관리규약(SNMP)의 과도한 오버헤드문제를 비롯한 기술적 문제점이 상세히 분석되었다.(UTMC, 1999) 또한 미국에서 제안한 Global-MIB의 단점을 보완하여 영국의 신호제어시스템용 MIB를 개발한 사례가 보고되었다.(State of New Hampshire, 2003)

일본의 경우 실증 실험은 이루어지지 않고 실험실 수준의 노변장치(Road Side Unit)에 적용성 실험을 수행한 결과에 따라 NTCIP 외에 수정된 DATEX-ASN을 표준으로 채택할 것을 제안하였다.(ISO/TC204/WG9-Japan, 2001).

본 연구에서는 기존 실험 사례와 시범사업으로 호환성과 상호운영성은 확보된 것으로 판단하고 실험연구의 목적을 다르게 설정하였다. 본 연구에서는 NEMA의 Global-MIB가 아닌 한국형 실시간제어에 필요한 데이터항목들을 NTCIP 통신규약으로 적용하였을 때 사전에 문제점을 판단하여 필요하다면 통신 기반시설의 설계가 달라져야 한다는 관점에서 진행한 실험이라는데 차이점이 있다. 과거의 실험들은 대부분 미국이 작성한 Global-MIB를 사용하여 교통신호제어기의 기본적인 데이터베이스 및 Device 유지관리에 초점이 맞추어져 있는 반면에 본 연구는 센터에서 원격으로 제어기의 신호현시를 구동하는데 따른 실시간성을 유지하는지에 초점을 맞추기 위해 실시간 제어용 MIB를 별도로 개발하여 적용하였다.

이를 위해 먼저 NTCIP 통신규약체계 기본 구조 분석, 통신체계 대안으로서 국내시스템의 특성에 적절한

STACK-FRAME<sup>3)</sup> 모델 선정, MIB<sup>4)</sup> 데이터집합의 개발 등이 포함되었다. 그리고 선정된 STACK-FRAME 모델과 개발된 MIB를 이용해 COSMOS시스템을 NTCIP 통신규약(안) 기반으로 수정하여 실내환경에서 운영실험을 수행하였다.

연구내용에서 소프트웨어 개발 부문에는 관리자소프트웨어(Management S/W, 중앙장치부분)와 대행자 소프트웨어(Agent S/W, 현장장치부분) 등 두 분야로 나누어 진행되었다.

### 3. 연구의 수행방법

본 연구를 수행하기 위해 우선 국내외 NTCIP통신규약과 관련한 기술 및 표준화 동향을 분석하였다. 그리고 NTCIP통신규약(안)의 구성체계와 기술적 내용을 분석하고 중앙 및 현장장치 각 부문별로 소프트웨어 구현 방법을 연구하였다. 다음으로 국내 적용을 위한 선행 연구로서 국내 실시간 신호제어시스템의 구성과 각 구성요소의 기능을 분석하였다.

이상의 기반 연구내용을 이용하여 국내에서 사용하고 있는 신호제어시스템들의 각 세대를 통신프로파일로 구분해 보고 실시간 신호제어시스템을 위한 MIB를 개발하였으며 국내 제어시스템용 표준 NTCIP형 스택 구조를 결정하였다.

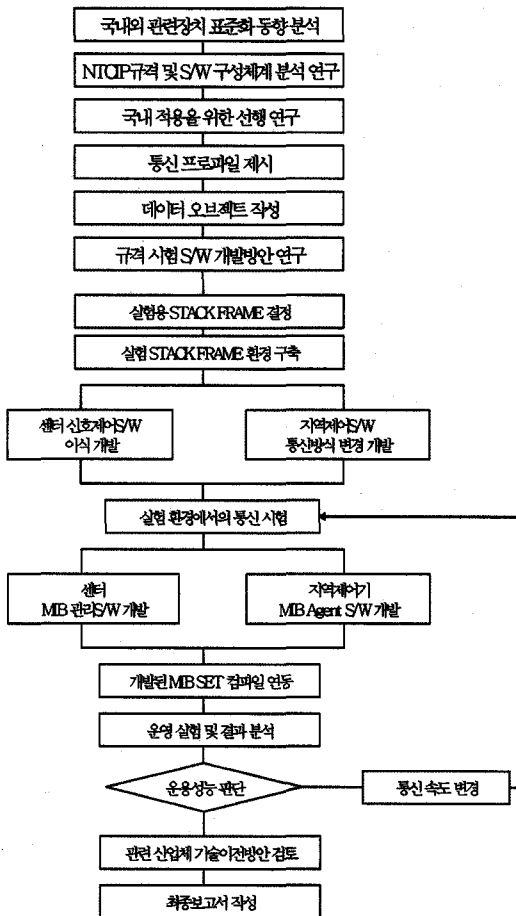
실험단계에서는 먼저 실험을 위한 소프트웨어 개발 방법을 결정하고, 분석된 NTCIP통신규약(안)의 내용 및 구조를 토대로 현장여건과 실험여건의 차이를 고려하여 표준 스택구조를 실제 적용할 실험용 스택구조로 변경하였다.

다음으로 NTCIP 전송관리계층의 대안을 비교검토하여 실험에 사용할 전송관리프로토콜을 선정하였으며, 결정된 실험용 스택구조와 전송관리프로토콜을 시스템에 구현하였다. 구현과정에서는 중앙장치와 지역장치 전 부문에 걸쳐 현재의 이진패킷 통신구조를 NTCIP통신규약(안) 기반으로 변경하는 개발과정을 수행하였다. 이 때 NTCIP 1103 문서의 OER<sup>5)</sup>규칙에 의한 메시

3) STACK-FRAME은 하나의 통신규약을 정의하기 위한 물리적, 논리적, 소프트웨어적 선택 대안들을 계층구조 형식으로 현장장치부터 중앙장치까지 구조적으로 표현하는 모형을 말함

4) MIB(Management Information Base)는 NTCIP통신규약의 근간을 이루는 것으로 네트워크 관리 규약에서 정한 DB작성 방법을 사용하여 구축된 관리용 데이터베이스

5) OER(Octet Encoding Rules)은 정수, 실수, 이진값, 문자열, IP주소값, 데이터 식별자 등 다양한 데이터타입으로 이루어진 데이터 오브젝트들을 전송하여야 할 메시지 버퍼 내에 코딩하여 입력하는 규칙들을 말한다. NTCIP는 MIB에 기술된 데이터 오브젝트 사양에 지시된 데이터 타입에 따라 각 전송프로토콜(TMP)이 지칭하는 OER 규칙을 적용하여 메시지로 디코더된다.



〈그림 1〉 연구 수행 절차

지 집합의 인코딩 및 디코딩 규칙을 소프트웨어로 구현하여 적용하였다.

이런 과정을 거쳐 개발된 NTCIP통신규약(안)기반 신호제어시스템을 HILSS<sup>6)</sup>를 이용한 실제 운영시험을 통하여 가장 적절한 통신환경을 조사하였다. 즉 NTCIP통신규약(안)을 이용하여 시스템을 제어하였을 때, 국내 신호제어시스템이 요구하는 실시간 제어 가능 여부를 판단하기 위해 실시간제어의 기본 요건인 중앙 제어모드(Online 모드)의 운영요건을 만족하는지를 평가하였다. NTCIP통신규약(안) 운영이 가능한 통신성능을 바로 실시간제어찾도록 하였다. 본 연구 진행 중

필요시 교통 분야 및 정보통신분야 전문가들의 자문을 받아 수행하였다.

#### 4. 연구의 주요 내용

본 연구는 먼저 국제 표준규격관련 기반기술연구를 통해 적용방안을 판단한 후 국내 실시간신호제어체계에 맞는 MIB를 개발하고, 국내의 실시간 교통신호제어시스템에 적합한 STACK-FRAME 모형을 결정하였다. 그리고 NTCIP에서 제시된 전송관리프로토콜(TMP: Transportation Message Protocol) 범위에서 어떤 프로토콜을 적용할지를 비교 선택하는 과정을 거치도록 하였다. 다음으로 결정된 STACK-FRAME과 전송관리프로토콜 대안에 대해 이를 구현하고 실험하기 위한 신호제어시스템 실험환경을 구축하고 중앙장치에는 관리자소프트웨어, 지역장치인 교통신호제어기에는 대행자소프트웨어를 개발하여 탑재하였다. 물론 이들은 MIB를 공유함으로써 NTCIP통신규약으로 통신할 수 있도록 개발되었다.

개발된 시스템으로 NTCIP통신규약(안) 기반 교통신호제어시스템에 대해 다양한 통신성능에서의 중앙제어모드 운영시험을 하였으며, 시험결과를 이용하여 규격을 국내에 도입하기 위해 보완되어야 할 규격 자체의 문제점을 도출하였고 이에 대한 보완방안을 제시하였다. 한편으로는 국제표준으로 되었을 때 이를 도입하기 위한 최소한의 통신성능이 어떻게 되는 지를 결정하였다.

## II. NTCIP 통신규약 검토

### 1. NTCIP 통신규약의 구성

NTCIP는 미국의 NEMA<sup>7)</sup>, AASHTO<sup>8)</sup>, ITE<sup>9)</sup> 등 3개 기관이 공동으로 ITS용 국제표준통신프로토콜로 추진 중인 통신규약을 의미한다. NTCIP는 ITS 분야에서 사용하는 마이크로컴퓨터 제어장치들 간의 자료와 메시지의 통신에 대한 통신규약의 목록(family)이다.

통신프로토콜은 두 장치 간에 정보들이 메시지로 구

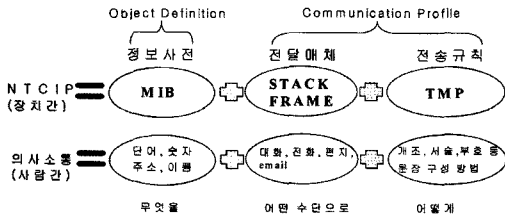
6) HILSS(Hardware-In-the-Loop Simulation System)는 시뮬레이션 소프트웨어만으로는 얻기 어려운 현장 테스트결과를 얻기 위해 시뮬레이션 소프트웨어로 실제의 교통신호제어기를 제어하고 그 제어 결과를 다시 시뮬레이션 소프트웨어가 인식하여 평가하도록 하는 시스템이다.

7) NEMA(National Electrical Manufacturers Association): 미국 전기 전자 제조자 연합체

8) AASHTO(American Association of State Highway and Transportation Officials : 미국 주정부의 도로교통공무원협회). 미국 주정부의 도로 및 교통관련 공무원이 주축이 되어 설립된 단체

9) ITE(Institute of Transportation Engineers)는 미국 교통공학회로서 교통공학과 기술 연구단체

성되고 전송되는 방법들에 대한 규칙의 모음으로 정의할 수 있다. 즉 정보항목의 사양에 대한 정의와 통신 질의 및 응답 방법과 관련된 약속을 일컫는다. 자료 전송의 가장 끝단에 존재하는 장치는 동일 규약의 통신프로토콜을 사용해야 하며, 이는 동일 언어를 말하는 사람들에 의해 사용되는 알파벳, 어휘, 문법 규칙 등을 가지고 있는 인간의 언어와 다소 비슷하다고 할 수 있다.



〈그림 2〉 의사소통과정과 NTCIP 구성 요소 비교

인간이 의사소통을 하기 위해서는 전달된 단어에 대해 서로 동일한 내용으로 인식할 수 있어야하고, 주고 받는 매체와 방법이 같아야 하며, 문장구조가 일치해야 서로 의사를 전달할 수 있다. 이런 관점에서 NTCIP 프로토콜이 갖추어야 될 기본적인 구성요소를 살펴보면 언급한 순서대로 MIB, STACK-FRAME, 전송관리프로토콜이 된다.

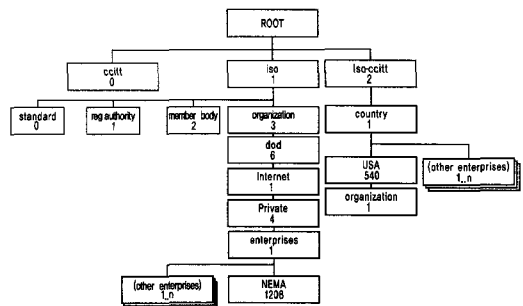
마찬가지로 NTCIP는 정보의 의미를 공유하기 위한 오브젝트 정의와 전송 수단 및 방법에 대한 통신프로파일 (Communication Profile)로 구성되어 있다. 오브젝트 정의는 MIB라는 데이터베이스 형태로 관리된다. 통신프로파일은 전송을 위해 사용하는 물리적 및 논리적 전송 방법과 매체를 구성하는 STACK-FRAME으로 구성되며, 여기서 지정된 데이터계층의 메시지 작성 규칙에 대한 소프트웨어적 방법을 전송관리프로토콜이라고 한다.

## 2. MIB 데이터 집합

MIB는 데이터항목의 정보 속성을 기술해 놓은 정보 내역 데이터베이스이다. MIB는 정보교환에 사용되는 개별 정보항목의 사양을 표현한다. 이 개별 정보항목은

오브젝트라고 하며, 이 오브젝트의 타입(숫자나 문자 또는 장치 주소를 표현하는 지의 구분)과 표현의 한계, 용도 등의 속성을 데이터의 사양이라고 한다. MIB는 장치 종류에 구애받지 않고 데이터의 사양을 인식할 수 있도록 인간의 언어에 가까운 추상적 언어인 ASN.1<sup>10)</sup>로 오브젝트를 정의해 놓은 참조 테이블이다.

MIB의 각 데이터 오브젝트는 〈그림 3〉과 같이 고유 식별자를 가지고 있고 각각의 속성이 정해진 데이터 타입들이 계층구조로 연결되어 있으며, IANA<sup>11)</sup>로부터 작성된 MIB의 고유 식별자를 할당받아 사용하게 된다. 〈그림 3〉은 ROOT부터 현재까지 등록된 오브젝트 체계를 보여주고 있다.



〈그림 3〉 IANA에 등록된 데이터오브젝트 Tree

그 하부에 존재하는 오브젝트는 CCITT, ISO<sup>12)</sup>, ISO-CCITT중 한 오브젝트의 부분 가치를 이루며 존재하게 된다. CCITT<sup>13)</sup>는 통신장비 및 시스템 장치표준과 관련된 데이터 오브젝트의 집합이며, ROOT 바로 아래 최상위 레벨 iso는 국제표준화기구에서 정의한 데이터오브젝트이다.

본 연구에서 작성된 MIB 데이터집합도 적절한 등록 범주를 찾아(예를 들면 Enterprises의 NEMA와 동일한 위상을 갖는, 또는 그 하부) 동일한 등록질차를 거쳐 사용할 수 있다.

## 3. 통신프로파일(STACK-FRAME)

1980년대 초에 ISO는 업체들이 네트워크를 구현할

10) ASN.1(Abstract Syntax Notation dot 1)은 데이터에 대한 이름과 규격(데이터 타입과 표현 가능 범위 등)을 인간의 언어와 가까운 추상적 언어로 설명이 가능하도록 여러 개의 약속된 키워드와 정보형식에 대한 기술방법을 담고 있는 데이터형식 기술 언어의 일종  
 11) IANA(Internet Assigned Numbers Authority)는 인터넷에서 네트워크 장치들의 고유 식별자를 부여하고 관리하는 기관이다.  
 12) ISO(International Organization for Standardization)는 국제표준화기구를 말하는데, 본 연구와 관련된 ITS 센터와 현장장치간 통신 규격 국제표준화를 관리  
 13) CCITT(Consultative Committee on International Telephone and Telegraphy)는 통신장비 및 시스템 협동조합으로 스위스에 본부를 두고 있으며, 현재는 ITU-T로 명칭이 바뀌었음

때 참조로 할 네트워크 모델의 필요성을 인식하고 1984년 OSI(Open System Interconnect) 참조 모델을 발표하였다.

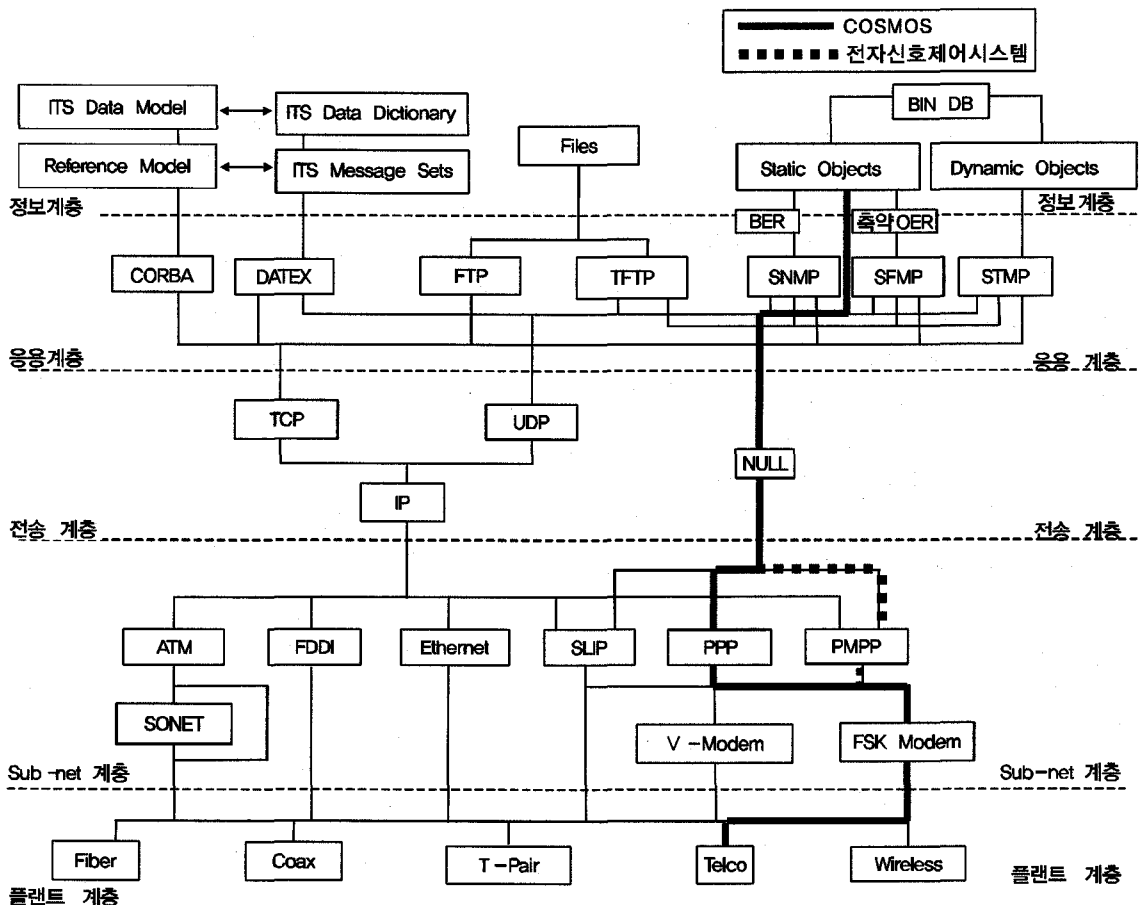
OSI참조 모델은 응용 프로그램의 정보가 네트워크 매체를 통해 다른 컴퓨터의 응용 프로그램에 어떻게 전달되는가를 설명하는 한 방법론이다. OSI모델은 통신 매체와 기능을 계층으로 구분하여 표준적인 수준별 기준을 제시함으로써 객관적인 방법으로 프로토콜을 설명할 수 있도록 한다. OSI모델에서 통신 기능은 일련의 특징구분을 위한 계층 집단으로 구분되어진다. 만약 좀더 상세한 구분이 필요하다면 좀더 상세한 수준의 특징들로 다시 계층이 구분된다.

각 계층의 보다 원시적인 특징은 그 하위계층에 의존된다. OSI참조모델의 7가지 모델은 물리계층, 데이터링크 계층, 네트워크 계층, 전송계층, 세션 계층, 프리젠테이션 계층, 애플리케이션 계층과 같이 구분된다.

〈표 1〉 OSI계층과 NTCIP STACK-FRAME 관계

OSI 표준 계층	NTCIP STACK-FRAME	계층 특성
물리 계층	Plant Level	물리적 매질에 대한 선택 대안 계층
데이터링크 계층	Subnetwork Level	매질에 밀접한 저수준 패킷 처리 대안 계층
네트워크 계층	Transport Level	응용프로그램에 밀접한 고수준의 데이터 처리 대안 계층
전송계층		
세션계층	Application Level	응용프로그램 또는 그와 관련된 응용 수준의 대안 계층
프리젠테이션 계층		
애플리케이션 계층		
(제 8계층)	Information Level	정보 항목의 규격에 관한 지정

NTCIP에서 OSI참조모델과 유사한 통신규격 구분 모형으로 제시한 것이 STACK-FRAME이라 할 수 있다.



〈그림 4〉 국내 신호제어시스템 STACK-FRAME

〈표 2〉 국내 프로토콜과의 비교

항목	국내 프로토콜	NTCIP 통신 규약
메시지 인코딩	시스템 메모리 형태를 그대로 메시지로 전달하는 형태	데이터의 사양(값의 해석 방법)을 포함하여 Encoding을 거쳐 전달
특징	메시지를 해석하기 위해 메모리 구조 및 비트 할당 방법에 대한 저수준의 약속이 필요 항목 변경이 있는 경우 S/W 수정	메시지만으로 값의 추출이 가능 인간의 언어와 비슷한 방법으로 약속 데이터 변경이 있는 경우 MIB를 재배포
호환성	시스템메모리에 의존적이므로 이기종 호환성 없음(변환 필요)	이기종간 호환성 탁월
데이터 사전	책자로 출판되어 구현과정에 항상 참조	고급언어로 기술되어 소프트웨어로 처리

위의 〈표 1〉을 통하여 NTCIP형 STACK-FRAME 모형의 구분기준과 OSI참조모형을 비교해 보면 STACK-FRAME 모형이 OSI모형에 비해 기존의 7가지 참조모형의 응용계층을 단순화하고 정보항목의 규격에 대한 계층을 추가하여 이기종간 정보호환에 보다 큰 의미를 두고 있음을 알 수 있다.

〈그림 4〉는 현재 국내의 대표적인 교통신호제어시스템인 전자신호시스템과 COSMOS시스템을 STACK-FRAME 모형으로 표현한 것이다.

현재 교통신호제어시스템은 중앙관제센터가 구축되어 운영되는 시스템으로서 전자신호시스템과 COSMOS시스템을 들 수 있으며, 물리적 계층을 제외한 응용계층과 정보계층에서 전자신호제어시스템은 NTCIP 표준 스택 구조로 설명하기 어려운 비표준 구조를 채택하고 있다.

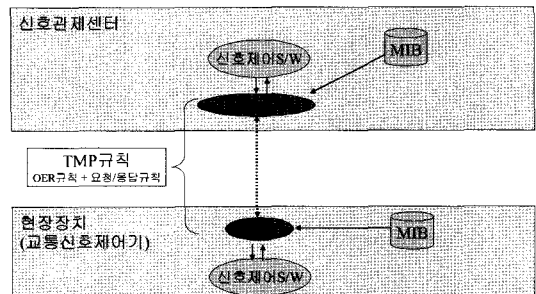
COSMOS시스템의 경우에도 국내환경에서는 표준화된 통신방법을 사용하고 있으나 NTCIP표준 스택으로는 설명할 수 없는 응용계층을 사용하고 있는 것으로 보아야 한다.

#### 4. 전송관리프로토콜(TMP)

전송관리프로토콜이란 센터시스템에서의 관리국(Management Station)과 기지국(Agent Station)간의 관계로 표현되는 전송모델에서 다수의 대행자(Agent)와 하나의 관리자(Manager)사이에서 메시지를 주고받는 약속된 절차를 이야기한다. 이 약속된 절차에는 MIB를 참조하여 MIB에 지정된 데이터 규격대로 메

시지를 작성해주는 규칙과 데이터 전송 요청 및 응답 방법에 대한 규칙이 포함되어 있다.(한국전산원, 2001) 이 두 가지 규칙을 전송관리프로토콜(TMP)이라 하며, 이런 역할을 하는 중앙장치 쪽 드라이버 프로그램을 관리자소프트웨어(Manager Software)라 하고, 현장장치 쪽은 대행자소프트웨어(Agent Software)라고 한다.

NTCIP 1103은 ITS를 위한 데이터 전송관리프로토콜에 대해 기술하고 있다. 일반적으로 잘 알려진 전송관리프로토콜에는 SNMP(Simple Network Management Protocol)와 STMP(Simple Transportation Management Protocol) 그리고 SFMP(Simple Fixed Message Protocol)<sup>14)</sup> 등 3가지의 버전으로 구분된다.



〈그림 5〉 TMP 개념과 Manager-agent 모델

SNMP는 Type+Length+Value(이하 T+L+V라 함) 형태의 전체 인코딩 방법을 사용함으로써 기종이나 시스템 구축 주체에 상관없이 높은 상호 호환성을 나타내는 반면 SFMP는 MIB에 대한 정확한 이해의 일치가 요구되므로 융통성은 떨어지지만 메시지 축약이 가능해 전송크기가 줄어들 수 있어 빈도가 높은 정보에 유리하다. 반면에 SFMP는 축약성이 강해 이기종 호환성이 약하며, 이를 보완하여 동적 오브젝트를 사용하도록 한 STMP는 축약성이 있으면서도 이기종 호환성을 갖추도록 설계된 규칙이다.

#### 5. 국내 프로토콜과의 비교

〈표 2〉는 국내 프로토콜과 NTCIP프로토콜 체계와의 차이를 보여주고 있다. 국내시스템의 경우 센터와

14) STMP는 SFMP와 거의 동일한 PDU구조를 갖지만 동적오브젝트에 적용하도록 되어 있는 프로토콜

현장 교통신호제어기 사이의 통신규약이 바이트 또는 비트별 의미부여방식으로 규격화되어 운영되고 있다.

이런 방식은 고전적인 저수준 통신규약방법으로 거의 시스템 메모리 내에서 구조화된 데이터블록을 작성한 후 이를 통째로 전송하는 방법으로 이기종간에는 정수의 변환이 필요하고 실수의 경우 거의 호환되지 않는다. 따라서 큰 값의 정수나 실수를 주고받기 위해서는 값을 256의 곱과 배수 형태로 나누어 작성하는 것이 최선이다. 이에 비해 NTCIP는 유연한 데이터 구성이 가능하고 작은 값의 정수에서부터 큰 값의 실수 및 IP 주소와 비슷한 옥텟단위의 식별자 등에 이르기까지 모든 형태의 데이터타입에 대한 인코딩 규칙을 별도로 가지고 있어 메모리 구조를 다르게 사용하는 이기종간에도 자연스럽게 호환된다.

### III. NTCIP 구현을 위한 기반 연구

#### 1. 신호제어시스템용 MIB 개발

본 실험에서 사용된 MIB는 현재 여러 도시에서 운영 중인 COSMOS규격의 통신프로토콜 데이터항목과 호환될 수 있도록 개발되었다. 먼저 IANA로부터 "iso.org.dod.internet.private.enterprises.nema"(1201)과 동일한 위상을 갖는 사설 프로토콜 MIB식별자를 cosmos(1208)로 부여받은 것으로 가정하고 MIB 노드체계를 구축하였다.

이 cosmos노드트리는 한국형 신호제어시스템에 필요한 데이터 오브젝트들로 이루어진 노드트리로서 NEMA의 GMIB<sup>15)</sup>와 유사한 카테고리로서 이루어져 있다. 그리고 넓은 범위에서 신호관제시스템의 일부로 포함되는 CCTV나 단속장치등을 위한 노드체계가 포함되었다. 물론 이 부분에 대한 실제 오브젝트는 관련분야의 표준화 과정이 진행 된 후 작성되어 포함되어야 할 것이다.

결정된 노드체계에 따라 COSMOS데이터 항목과 호환되는 MIB를 개발하였다.

개발된 MIB는 앞에서 제시된 노드트리 구성에 따라

이제 기존 COSMOS 규격에서 OP-CODE<sup>16)</sup>로 식별하던 송수신 내용이 OID(Object Identifier; 오브젝트 식별자)로 식별된다. 이 OID식별자는 자신이 속한 노드트리를 거슬러 올라가 루트노드까지 연속된 식별자 리스트로 표현된다.

예를 들어 COSMOS에서의 검지기정보는 0x23의 십육진값을 데이터 식별자로 사용하지만 MIB 노드체계에서는 1.3.6.1.4.1.1208.4.2.1.5.1(iso.org.dod.internet.private.enterprises.cosmos.transportation.devices.asc.sensor.detInfo)이라는 긴 OID식별자를 이용하여 데이터를 식별하게 된다. 이것이 불합리한 측면도 있으나 MIB를 공유하고 있다는 전제하에 이기종간, 타시스템 간 정보공유를 하는 방법으로는 더 나은 방법을 제공하게 된다. 그리고 이러한 긴 데이터 식별 방법은 적용하는 전송관리프로토콜에 따라 좀 더 효율적인 방법을 사용할 수 있도록 허용하고 있다.

#### 2. STACK-FRAME 대안 선정

현재 통신방법을 적용하여 SNMP나 STMP 프로토콜을 구현하는 방법으로는 SLIP(Serial Line Internet Protocol)<sup>17)</sup>과 PPP(Point to Point Protocol) 방법이 있다.

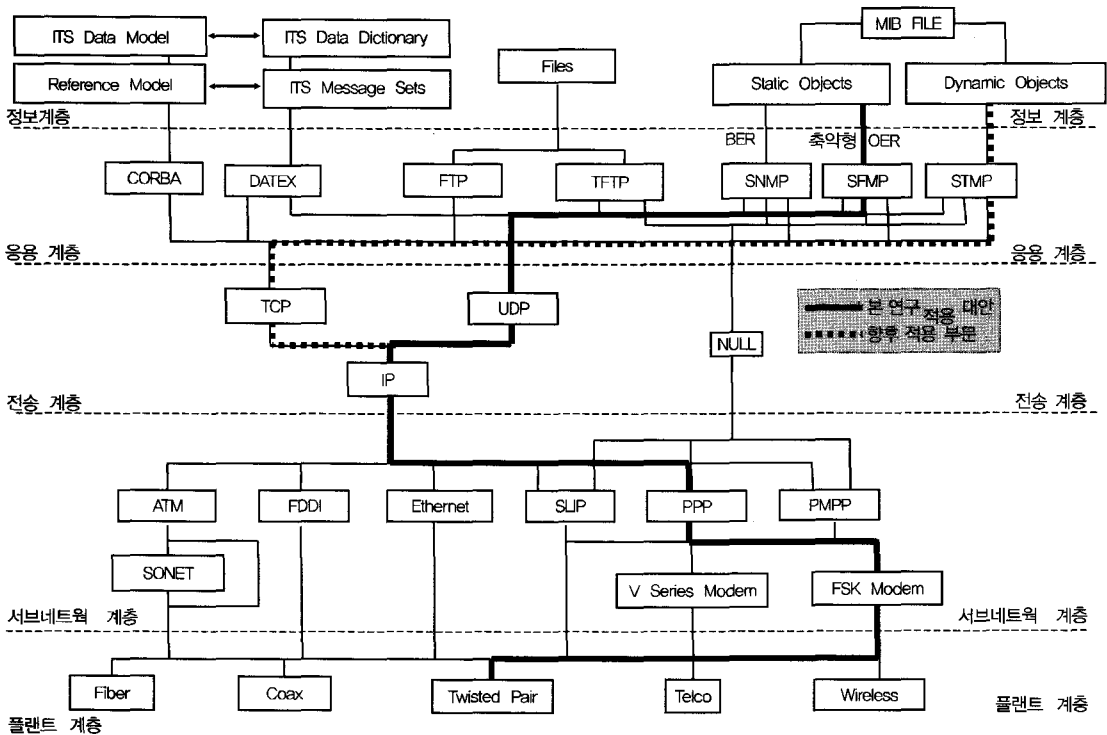
PPP는 많은 장점을 가진 원거리 네트워크구간의 표준프로토콜로서 이 프로토콜 이전에 사실상의 표준이었던 SLIP와 같은 비동기식 통신은 물론 동기식 통신까지 처리할 수 있다. PPP는 다른 사용자와의 회선 공유, SLIP에는 없는 에러검출등의 장점을 갖추고 있다. 단점으로는 PPP프로토콜 구동을 위한 드라이버소프트웨어 및 PPP 데몬 프로그램과 TCP/IP구동을 위한 드라이버 소프트웨어 등 소프트웨어 처리 부하가 늘어 난다는 점이다. 그러나 일반적으로 단점에 비해 장점이 많다고 볼 수 있다. 따라서 중앙장치의 통신장치부와 제어기의 통신장치부에 각각 PPP 드라이버소프트웨어를 적용하고 센터 내부통신은 기존 방식을 일부 개선하여 적용하도록 하였다.

15) G-MIB(Global MIB)는 미국 NEMA에서 국제표준규격(안)으로 제안한 NTCIP의 일부로서 표준적인 신호제어용 장치를 인터페이스하기 위한 데이터오브젝트들로 구성

16) OP-CODE(Operand 식별자Identifier Code)는 16진 값 형태로 전달되는 명령 또는 데이터베이스 항목에 대한 식별자이다. 즉 통신행위마다 특정 값으로 어떤 행위를 할지, 어떤 데이터인지를 지정하는 방법

17) SLIP(Serial Line Internet Protocol)은 PPP이전에 많이 사용되던 프로토콜로 두개의 시스템이 상호 연결하는 RS-232 케이블 또는 전화회선과 같은 직렬 회선 상에서 IP를 실행하기 위해 사용되는 인터넷 프로토콜로 전화선을 이용한 모뎀을 통해 인터넷 연결에 쓰이는 통신규약임.





〈그림 6〉 실험에 적용한 통신프로파일

신호제어기에서는 본 연구에서 개발된 MIB 집합을 구동하는 SNMP Agent 모듈이 PPP드라이버를 거쳐서 센터의 요구에 응답하는 형태로 구현되었다. 향후 실제 적용단계에서는 제어기 내부에서의 대행자소프트웨어가 제조사별 장치특성에 맞도록 서로 다른 플랫폼으로 개발될 수 있다.

중앙장치부는 SNMP 관리자소프트웨어를 별도로 구현하지 않고, SNMP/STMP/SNMP 인코더와 디코더모듈을 통신단에서 독립적으로 기능하도록 구현하였다. 이 방법은 기존의 응용프로그램과 제어프로그램을 변화 없이 사용할 수 있도록 해주며 기존 제어프로그램의 정확성을 유지하면서 비용을 절감하는 방안이 된다.

여기서 결정된 STACK-FRAME에서 제시된 내용 중 장래 통신 매체의 발달과 기술수준을 고려할 때 계속 모델과 음성전화망을 이용하는 SLIP이나 PPP계열에 머무르지는 않을 것으로 보인다. 즉 서브네트워크계층과 플랜트계층에서의 물리적 규격은 전송계층 이상의 상위 규격과 독립적으로 개별 도시 또는 사업단위의 선

택 사항으로 적용이 가능하다. 즉 전송계층 이상의 상위레벨 모델만 지정된다 해도 실제 호환된 정보네트워크를 갖추는 것이 가능하다는 이야기가 된다. 따라서 이를 적용하기 위한 시험에서도 하위레벨에 어떤 통신매체를 적용한다고 해서 시험결과가 고유 목적과 달라지는 것은 아니다.

### 3. 전송관리프로토콜(TMP) 대안 선정

본 연구에 적용할 전송관리프로토콜을 결정하기 위해 인코딩 규칙별 특성을 비교하고 신호제어시스템에 적합한 전송관리프로토콜을 결정하였다. 인코딩규칙은 추상적으로 정의된 정보를 메시지 내에 옥텟으로 변환하거나, 옥텟정보를 다시 추상적 정의에 따라 원래 값으로 환원해 내는 규칙들을 말한다. 이 규칙들에는 가장 기본적인 BER(Basic Encoding Rules)을 기본으로 여러 가지 다양한 OER규칙들<sup>18)</sup>이 있다. BER은 기본적인 인코딩 및 디코딩 규칙으로서 데이터를 지정하기

18) BER (Basic Encoding Rules)은 기본적인 T+L+V형태, DER(Distinguished Encoding Rules)은 보안정보를 위한 BER, CER(Canonical Encoding Rules)은 보안 금융 거래를 위한 BER, PER (Packed Encoding Rule)은 축약형 BER XER/E-XER (Extended-XML Encoding Rules)은 ASN.1의 웹 표현

위해 데이터의 형식과 값의 범위 및 데이터의 길이와 값 자체가 순서대로 전부 기록됨으로서 실제로는 MIB 없이도 값들을 추출해 낼 수 있는 완벽한 호환성을 갖춘 인코딩 방법이다. 따라서 예외 없이 항상 T+L+V 형태의 순서대로 기록된다.

BER과 달리 OER은 ITS를 위한 전송관리프로토콜(STMP/SFMP)과 DATEX-ASN에 적용하기 위해 개발된 메시지 작성 규칙이다. NTCIP-1102 Draft standard 문서는 이 OER 규칙들에 대해서 설명하고 있다. OER규칙은 서로 동일한 버전의 MIB를 각각 가지고 있다는 가정 하에 MIB를 통해 서로 데이터 타입과 값의 길이가 정해진다는 점을 인정한다. 이를 근거로 OER규칙은 데이터 타입과 길이에 대한 정보를 생략하고 값(Value)만을 지정할 수 있도록 한다. 따라서 인코딩 과정에서 나타나는 전송량 증가를 줄일 수 있다는 장점이 있다. 다만 서로 가지고 있는 MIB의 버전이 항상 일치해야 하고 그것에 매우 의존적이라는 점에서 단점을 가진다고 볼 수 있다.

SNMP는 BER규칙을 이용해 PDU<sup>19)</sup>를 구성하여 메시지를 작성하므로 원래의 정보 요구량에 대해 각 값에 대해 속성(타입과 길이)을 지정하는 부분이 예외 없이 추가된다. 그러므로 작성된 메시지의 크기는 원래의 전송 내용에 비해 상당히 커지게 되는 단점이 있으며 당연히 메시지 작성 처리시간도 증가하게 된다. 또 몇 가지의 복잡한 데이터를 한꺼번에 전송하기 위해서는 SEQUENCE<sup>20)</sup> 구조문을 사용하여야 하므로 의미 부분이 필요하지 않은 이진값 집합의 전송이 매우 나쁜 효율을 나타낸다.

이런 단점에도 불구하고 SNMP는 타의 추종을 불허하는 이기종 및 타 시스템간 데이터 호환성을 가진다. 그 이유는 SNMP의 BER규칙이 MIB에 의존하지 않고도 메시지 내에 포함되어 있는 값의 종류와 상하한 값 제한, 입력된 길이 등에 의해 정확하게 값들을 추출해 낼 수 있다는 장점이 있기 때문이다. 이런 장점 때문에 SNMP는 현재 네트워크로 연결된 컴퓨터와 라우팅 장비들을 관리하고 원격 제어하는 가장 널리 사용되는 프로토콜로 자리 잡게 되었다.

이와는 달리 SFMP 및 STMP 전송프로토콜은 정보의 헤더 구조가 보다 단순하기 때문에 데이터가 포함

되지 않는 헤더만으로 이루어진 기본 메시지만 경우에도 SNMP에 비해 10바이트 이상의 전송량 부담이 감소할 수 있다. 바로 이점 때문에 이 전송규약은 실시간 제어시스템에서 유효한 메시지 전송수단으로 활용될 수 있다. 이러한 축약형 프레임 구성방법은 여러 개의 정보를 하나의 구조화된 메모리 블록에 적용하는 대부분의 ITS 응용프로그램에서 많은 장점을 제공한다. 즉, 빠른 처리를 가능하게 하면서도 MIB의 공유를 통한 이기종 호환성을 보장하기 때문에 ITS용 실시간 제어 시스템에 적용하기가 용이하다.

STMP는 또 한 가지 장점으로 동적 오브젝트의 사용을 들 수 있다. 동적오브젝트는 MIB에 사전적으로 정의된 데이터 항목들의 데이터 구성을 동적으로 재배열하여 사용할 수 있도록 함으로서 필요에 따라 요구정보를 최소화하여 통신자원을 절약하거나 용도에 맞게 요구정보의 형식을 재구성하여 통신횟수를 줄일 수 있도록 한다.

장점들에 비해 현재 몇 가지 불합리한 점도 있다. 가장 큰 단점은 지역장치에서 발생하는 사건을 센터에 통보해주는 방법이 제한적이라는 것이다. 임의로 발생하는 사건정보를 트랩(Trap)규칙을 통해 전송할 수 있으나 트랩규칙은 장치 동작과 관련된 몇 가지의 사전 정의된 사건정보만을 다룰 수 있도록 허용하고 있다. 이는 센터와 현장장치가 주종관계로 인식되기 때문이다.

이와 같은 전송규칙들에 대한 비교분석 결과 컨트롤러형태의 교통신호제어기에 대한 전송규칙으로는 축약성이 뛰어나고 통신 부담을 크게 줄일 수 있으면서 실시간 교통신호제어시스템에서 활용성이 클 것으로 판단되는 SFMP/STMP가 가장 선정되었다.

#### IV. 시스템 구현 및 개발

시스템 구현을 위해 요구된 개발 부문은 크게 SFMP 메시지 프레임의 인코딩 및 디코딩 공통모듈, 중앙장치 측의 관리자소프트웨어 및 교통신호제어기 측의 대행자소프트웨어이다.

SFMP 공통 모듈은 센터와 지역장치에서 메시지의 작성과 해석을 일관되게 적용하기 위해 독립적인 모듈로 구현하여 필요한 응용소프트웨어에서 링크할 수 있도록

19) PDU(Protocol or Physical Data Unit)는 각 데이터 오브젝트 단위 항목을 이야기하며, 각 항목은 데이터의 식별자, 데이터의 값 또는 PDU 명령 등이 될 수 있다. 이러한 PDU인 데이터 오브젝트는 각각 Data Type+Data Length+Data Value의 형태를 취함

20) ASN에서 구조화된 데이터 오브젝트를 기술할 때 사용하는 구조문(Structure Statement)

하였다. 이 공통 모듈에서는 NTCIP 통신규약에서 정한 각 전송관리프로토콜 규칙을 이해하고 구현하기 위한 상수정의와 MIB에 지정된 데이터 타입이 정의되었다.

이 모듈의 구체적인 기능은 크게 2가지이다. 첫째는 MIB에 정의된 데이터 오브젝트 사양에 따라 입력된 값들을 메시지 내에 차례로 기록하여 전체 메시지로 인코딩하는 것이다. 두 번째는 인코딩된SFMP 패킷을 디코딩하여 MIB에 정의된 데이터 사양에 따라 원래 값으로 환원하는 것이다.

다음으로 이 공통모듈을 사용하는 응용소프트웨어로서 관리자 및 대행자소프트웨어가 개발되었다. 관리자 및 대행자소프트웨어에는 먼저 지역장치 또는 센터의 제어프로그램에서 센터 또는 지역장치로 전송하려는 COSMOS형식 데이터를 공통모듈을 이용해 SFMP형식의 메시지로 변환한다. 그리고 이 메시지를 PPP망으로 전송한다. 마지막으로 전송된 메시지를 수신하여 디코딩 과정을 통해 원래 값으로 환원한 후 COSMOS규격 메시지로 변환하여 기존 제어프로그램에 전달한다.

관리자 소프트웨어는 중앙장치의 통신단 장치(FEP: Front End Processor)에 위치하는 독립 프로세스이며, 대행자소프트웨어는 현장에 설치되는 교통신호기 제어어부(MCU: Main Control Unit)의 CPU보드에서 동작하는 독립 프로세스이다. 이 프로세스들은 제어 프로그램에서 요구하는 정보가 아닌 일반적인 SNMP 요청 PDU에 대하여 처리가 가능한 부분을 직접 처리하고 이외의 요청에는 준비되지 않았음을 통보한다.

〈그림 7〉은 본 연구에서 개발된 신호제어시스템의 기능적 구성을 나타내고 있다. 각 장치별로 구분하여 장치의 내부에서 이루어지는 기능별 구성을 하드웨어적 구성양식과 함께 기능구분이 가능하도록 표시하였다.

현재의 제어시스템 구성에서 본 연구를 위해 직접적으로 수정이 가해진 부분은 두 부분으로서, 그 중 하나는 센터와의 통신을 담당하여 각종 센터 명령에 대해 적절한 처리를 수행하는 HOST 타스크이다. 다른 하나는 교통신호제어기에 PPP 드라이버소프트웨어를 이용한 TCP/IP 환경을 추가한 후 대행자 소프트웨어를 연결하는 부분이다.

## V. 운영 시험

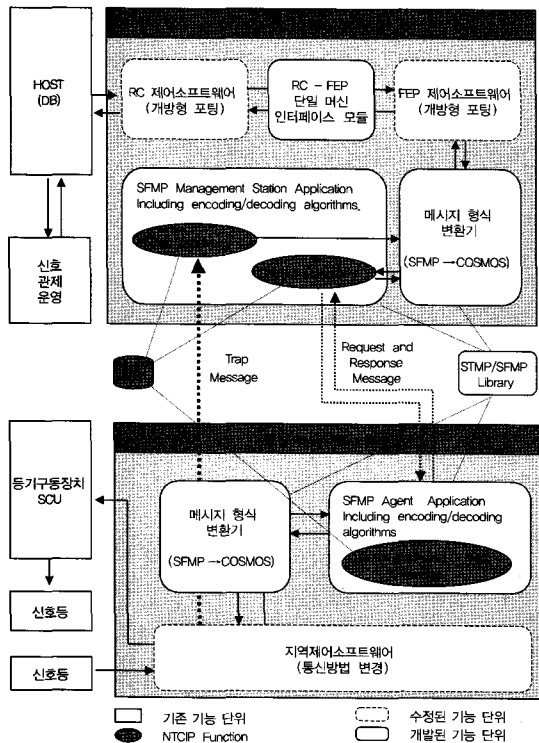
### 1. 실험 방법

실험은 통신회선의 속도를 변화해가면서 (a)통신 패킷의 시간지연에 의한 타임아웃 횟수와 소요시간, (b)주기 단위 정보처리 소요시간, (c)주기 길이 모니터링 정확성 등 3가지 특성을 측정하는 방식으로 진행되었다.

이 세 가지 특성은 COSMOS시스템에서 실시간 교

〈표 3〉 실험 측정 항목 및 내용

실험 항목	내용
(a)타임아웃 횟수 및 상황정보 응답 소요시간	온라인 운영에서 한 주기 동안 각 통신 속도에 따른 패킷의 유실수 및 상황정보 응답시간을 측정한다.
(b)EOC <sup>21)</sup> 처리 소요 시간	EOC(End Of Cycle) 수행과정에서 STMP프로토콜을 이용한 경우 각 통신 속도에 따라 소요시간을 단계별로 구분하여 측정한다.
(c)운영주기편차	TOD Plan의 계획된 주기와의 운영시간 차이를 각 통신속도에 따라 측정한다.



〈그림 7〉 NTCIP기반 신호제어시스템의 기능 구성도

21) EOC(End Of Cycle)는 COSMOS시스템에서 검지정보를 처리하고 현시시간을 산출하는 주기종료시점의 처리 절차 또는 소요되는 시간을 지칭하는 용어로 사용되며, COSMOS시스템은 주기단위로 신호계획을 작성

통신호제어를 가능하게 하는 중요한 요소들이며, 실제 적용성을 평가하는 가장 정확한 방법이다.

(a) 타임아웃 횟수 및 상황정보 응답 소요시간은 각 통신호제어기의 장치상태와 신호운영상태 모니터링이 실시간으로 보장되는지에 대한 실험이다. COSMOS 시스템에서 센터는 통신호제어기에게 매 초 상태를 보고해줄 것을 요청하게 되고, 통신호제어기는 현재의 장치 설정 상태와 신호 운영상태를 응답하게 된다. 이 정보가 1초 후의 다음 요청이 있을 때까지 도착하지 않으면 그 때의 상태정보는 소실된다.

만약 소실된 정보에 중요한 상태변화내용이 포함되어 있다면 이 변화는 누구에게도 발견되거나 기록되지 않고 사라질 수 있다. 따라서 상황정보 타임아웃발생 횟수와 평균 소요시간 측정은 원거리 장치를 제어하는 데 매우 중요한 평가요소이다.

(b) EOC처리 소요시간은 COSMOS의 신호시간 계획 작성 기준이 주기단위로 이루어지기 때문에 나타나는 주기 단위 정보처리 소요 시간이다. EOC 절차는 먼저 제어기의 새 주기가 시작되었음을 알리는 상황정보와 이전 주기 동안 운영된 현시별 운영시간이 업로드 되고, 이어서 한주기동안의 검지기정보가 업로드 되며, 마지막으로 계산된 새 주기의 신호운영계획이 다운로드 되는 과정으로 이루어진다.

이 때 소요되는 시간은 통신호제어기의 주기가 시작되고 신호시간에 상관없이 반드시 운영되는 첫 번째 스텝(약 3초 정도)이 지나기 전에 반드시 다운로드 되어야 변경된 신호시간을 새 주기에 적용할 수 있게 되므로 전체 EOC 처리시간이 3초안에 이루어져야 한다.

(c) 운영주기편차는 중앙장치 시간 기준으로 측정된 제어기의 실제 운영 주기길이와 센터에서 명령으로 전송한 원래 계획 주기 길이의와의 편차를 의미한다. 이 주기길이편차가 발생했다면 다음 주기의 신호계획에서 편차만큼을 가감하여 전체 주기길이와 연동을 유지하기 위한 노력을 수행하게 된다. 만약 이 값이 일정 값 이상으로 지속적인 편차를 보이면 지속적인 오프셋 오차가 발생했다고 볼 수 있으며 의도된 결과라고 볼 수 없다. 또 그 값이 특정 값 이상으로 커지게 되면 온라인제어가 유지될 수 없으므로 다시 주현시 시작 시점과 주기 길이를 맞추기 위한 신호시간 전이를 반복하게 된다.

위 세 가지 실험을 위해서 센터 통신호제어시스템 응용소프트웨어에서는 데이터 송수신 시점에 시각을 기록하여 소요시간을 산출하였다. 시각기록의 기준은 요청정보가 전송되는 시점부터 응답정보가 도착하는 시점까지이다.

## 2. 실험 결과

### 1) Time-out 횟수 및 상황정보 시간지연

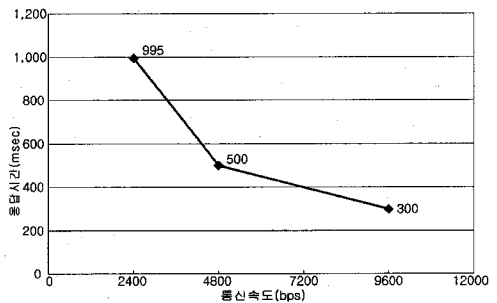
PPP 드라이버소프트웨어의 통신속도를 1800bps, 2400bps, 4800bps, 9600bps로 변화시켜가면서 상황정보의 요청 및 응답 소요시간을 확인하였다.

〈표 4〉 통신 속도별 상황정보 시간지연 측정 결과

통신 속도	요청 횟수	응답 횟수	TimeOut 횟수	평균응답 시간(msec)	타임아웃 (%)
1800bps	-	-	-	-	100
2400bps	119	61	58	995	53
4800bps	74	74	0	500	0
9600bps	119	119	0	300	0

1800bps의 통신 속도에서는 모든 정보가 다음 상태 정보요청이 이루어기 전까지 도착하지 못하였다. 현재 가장 보편적으로 사용되고 있는 통신속도인 2400bps에서는 약 53%의 정보가 처리시간을 지키지 못하고 유실되었다. 4800bps이상의 속도에서는 모든 정보가 정상적인 처리가 가능하였다.

이 실험결과에서 보여주는 바와 같이 현재 운영되는 COSMOS규격의 통신프로토콜은 2400bps에서 잘 동작하지만 NTCIP 기반 프로토콜은 그 보다 더 높은 통신속도(4800bps)를 요구하는 것으로 나타났다. 이 결과는 NTCIP 기반 통신프로토콜에서 인코딩 후의 전체 전송 요구량이 COSMOS규격보다 증가하였음을 의미한다.



〈그림 8〉 통신 속도별 평균 응답 소요시간 변화

### 2) EOC 처리 소요시간

EOC 처리 소요시간은 EOC 절차를 이루는 각 정보항목별로 통신부하에 미치는 영향의 정도를 관찰하기 위해 정보내용에 따라 구간별로 나누어 시간을 측정하

였다. 구간은 신호운영이력정보, 검지기정보, 새 신호 계획의 3가지 정보항목에 따라 구분되었다.

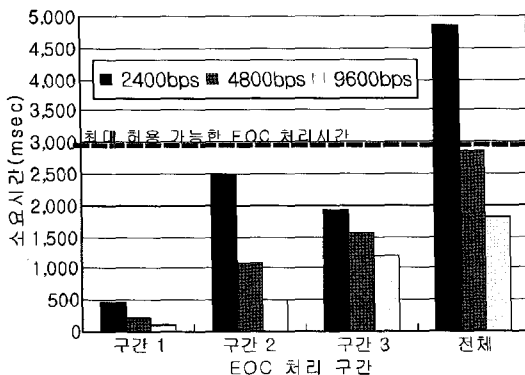
- 구간 1 : 주기 끝 시점부터 신호운영이력 수신까지
- 구간 2 : 신호운영이력 수신부터 검지기정보 수신까지
- 구간 3 : 검지기정보 수신부터 새 신호운영계획이 교통신호제어기로 전달된 후 그 응답이 올 때까지

〈표 5〉 통신속도별 EOC 처리 소요시간 측정 결과 (단위 : msec)

구분	구간 1	구간 2	구간 3	총소요시간
2400bps	463	2,488	1,913	4,863
4800bps	225	1,075	1,550	2,850
9600bps	100	525	1,200	1,825

8주기 동안 통신기록을 분석한 결과 평균적으로 2400bps에서의 총 EOC 소요 시간은 4,863msec, 4800bps에서 2,850msec, 9600bps에서 1,825msec로 나타났다. 또한 각 구간별 소요시간에서도 차이를 볼 수 있었는데, 구간 2의 속도에 따른 시간변화가 가장 컸던 반면에 구간 3(검지기 정보 업로드이후부터 시간계획 다운로드까지)의 경우는 그 차이가 속도비례만큼 확대되지는 않았다. 이것은 구간3의 경우 통신에 소요되는 시간 외에도 신호계획을 산정하는 연산과정에 소요된 시간이 포함되어 있기 때문으로 보인다.

〈그림 9〉는 2400bps 통신 속도에서 각 구간별 EOC 소요 시간을 종합한 전체 소요시간이 최대 허용 가능한 소요시간(3초)을 초과하는 것을 보여주고 있다. 그 중에서도 특히 구간 2의 소요시간, 즉 검지기정보 업로드에 소요되는 시간이 전체 소요시간에서 가장 큰



〈그림 9〉 통신 속도별 EOC구간 지속시간 비교

영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이것은 검지기정보의 전송량이 EOC 처리 시간의 지연에 절대적인 영향을 끼치는 것을 반증한다고 볼 수 있다. 반대로 이 정보항목의 부하 균형을 잘 맞추으로써 물리적 통신성능의 향상 없이 곧바로 NTCIP통신규약을 적용할 가능성이 있다는 것을 의미한다고 볼 수도 있다.

### 3) 운영주기 편차

센터에서 측정한 전체 주기길이와 교통신호제어기에서 운영된 주기길이 편차를 측정하기 위해 우선 교통신호제어기 내부의 클럭 동작이 정확한지를 테스트해 본 결과가 이상이 없음을 확인하였다. 주기편차시험에서는 앞의 “통신 속도별 초단위 상황정보 시간지연” 실험의 결과에 따라 1800bps를 STMP 프로토콜을 적용하여 운영할 수 없는 것으로 판단하여 제외하였으며 2400bps, 4800bps, 9600bps를 대상으로 실험을 하였다.

〈표 6〉는 교통신호제어기에서 올려준 운영된 신호주기와 센터에서 측정한 신호주기와의 차이를 비교한 결과를 보여주고 있다.

〈표 7〉 통신 속도별 주기 편차 측정 결과 (단위 : 초)

속도 \ 주기	1	2	3	4	5	6	7	8	평균
2400bps	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4800bps	1	1	2	1	1	2	1	1	1.25
9600bps	0	0	1	0	0	0	0	1	0.25

실험 결과 시도된 모든 속도에서 3초미만의 주기편차를 보여주었다. 일반적으로 센터에서 주기길이 변동에 따른 전이과정을 거치는 대신 단순보정으로 중앙제어모드를 계속 유지하는 값의 기준은 3초이다. 즉 3초 이내의 주기길이 차이에서는 신호시간 전이를 수행하지 않고 다음 주기에서 차이만큼을 가감함으로써 계속 정상적인 신호운영을 할 수 있다.

그러나 이 값이 지속적으로 차이가 나타난다면 항상 신호계획과 운영결과 사이에 지속적인 시간오차가 발생하고 있다는 의미이며, 이는 결국 모든 주기에서 연동 시간과 신호시간의 길이가 계획과 일치되게 운영되지 못한다는 것을 의미한다. 즉 작지만 일정한 양의 시간 오차가 회복되지 못하고 계속되며, 새로운 주기길이도 항상 그 차이가 고려되어 계획이 작성되기 때문에 운영의 혼란이 야기되고 운영이 정확하지 않게 된다.

### 3. 문제점 보완 방안

본 연구에서 도출한 NTCIP 통신규약 보완방안은 NTCIP 1103 v01.15를 기준으로 작성되었다. 앞서 규격분석부분에서 트랩에 대한 적용 방법이 불충분하여 사용이 제한적이며 적용성을 떨어뜨리는 원인이 되는 것으로 지적된 바 있다. 이 문제점을 포함하여 이번 실험연구에서 밝혀진 NTCIP보완방안을 다음과 같이 제시할 수 있다.

첫 번째로 트랩규칙의 용도를 확장할 필요가 있다. 예를 들면 국내 신호제어시스템의 경우 중앙장치와 현장장치가 신호주기 시작시점의 동기를 맞추기 위해서는 검지기정보와 현시 운영 이력정보를 올려주는 시점이 매우 중요하며, 따라서 센터로부터의 요청 없이 신호제어기에서 필요한 시점에 올려주게 되어 있다. 물론 일반적인 정보 요청으로도 올려 받을 수 있도록 되어 있다. 그러나 NTCIP통신규약은 현장장치를 센터에 대해 매우 수동적 제어대상으로만 인정하므로 현장장치 이벤트 보고내용을 장치이상정보만으로 한정하고 있다.

두 번째로 현재 동적오브젝트는 최대 13개까지 작성하여 운영할 수 있고 그 크기도 제약되어 있으나 향후 실시간 정보 전송과정에서는 확장되어야 할 것이다. 이와 더불어 데이터그램 전송을 사용하는 통신에서 유실 가능성이 존재한다는 것을 감안할 때 전체 데이터 크기에 대한 정보가 표현되어야 할 필요성에 대해서 논의가 필요하다.

세 번째로 OER규칙과 관련하여 규격에 존재하는 모호함을 제거해야 한다. NTCIP 1103 문서에서는 MIB의 추상적 기술 방법에 따라 길이 옥텟과 OID 옥텟을 생략 가능하거나(Shall be omitted) 생략(no present)한다는 규정 등이 혼재하는 등 몇 가지 모호함이 존재한다.

### VI. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 NTCIP Draft Standard 표준문서 규격을 국내 실시간 교통신호제어시스템에 적용할 수 있는지를 판단하기 위하여 NTCIP 통신규약에 기반한 통신시스템을 개발하고 기존 신호제어시스템과 결합하여 운영시험을 실시하였다.

NTCIP 통신규격 기반 신호제어시스템 개발에는

COSMOS시스템용 MIB 개발, OER 규칙에 따라 메시지를 작성하는 인코딩 및 디코딩 모듈 개발, SNMP 및 SFMP 전송관리프로토콜을 지원하는 센터 및 지역 제어기의 응용소프트웨어 개발, 기존 신호시스템 제어 소프트웨어 수정개발이 포함되었다. 개발된 시스템은 트랩규칙 등 일부 규격의 문제점을 보완하여 적용한 결과 비교적 잘 동작하였다.

국내 신호제어시스템에 대한 NTCIP 통신규약의 가용성시험 결과에서는 4800bps 및 9600bps에서 데이터 유실이 전혀 발생하지 않고 정상적으로 운영되었다. 실시간 제어능력을 평가하는 주기단위 정보전송 및 처리에서는 신호주기 종료 처리시간(EOC 처리 소요시간)이 2400bps에서는 3초를 초과하였으나 4800bps 이상에서는 3초 이내로서 적합한 것으로 나타났다.

결론적으로 4800bps 이상의 속도에서 정상적인 실시간제어가 가능한 것으로 나타났으며, 국내 실시간 교통신호제어시스템의 현재 통신방법을 NTCIP 통신규약으로 적용하기 위해서는 4800bps 이상의 통신환경으로 개선되어야 하는 것으로 나타났다.

현재 국내에 보급되는 각종 ITS 시스템들은 시스템 간 표준화된 정보연계방법이 제시되어 있지 않고 개별적으로 구축되고 있는 형편이다. 이렇게 구축된 시스템 간 정보연계를 위해서는 별도의 프로젝트와 예산이 요구되게 된다. 또 한편으로는 NTCIP 통신규약의 국제 표준과 적용을 요구하는 압력이 증가할 것이며, 선진국들은 이를 시장 확대의 수단으로 활용할 것으로 판단되고 있다.

이런 시점에서 본 연구는 다른 ITS 분야의 국제규격 적용을 위한 기술개발의 필요성을 인식하고 관심을 가지는 계기를 제공할 것으로 기대된다. 또 본 연구를 통하여 신호제어에 있어서 유력한 국제 표준규격을 받아들이기 위해 준비해야 할 사항을 사전 검토하는데 활용할 수 있다. 한편 사업 분야에서는 본 연구결과가 각 ITS 시스템 간 표준화된 정보연계방법을 구현하는데 필요한 기초 자료로 활용될 수 있으며, 이를 통해 정보 활용능력을 극대화하고 상호 호환성을 확보하여 저비용의 시스템 운영과 관리의 새로운 방법론을 제시할 수 있을 것이다.

앞에서 언급한 바와 같이 실시간 교통신호제어에 활용성이 높은 동적오브젝트의 전송관리프로토콜 규격인 STMP부문에 대해서는 별도의 적용방법연구가 필요하다. 또한 검지기정보의 주기단위 집중으로 야기되는 통

신부하를 해결하기 위한 실시간 신호제어기술의 연구가 필요하다. 이는 현실적으로 현재 사용 중인 교통신호제어용 통신시설<sup>22)</sup>의 성능을 요구수준인 4800bps 이상의 고속회선이나 ADSL 등 첨단통신시설로 전환할 때까지 상당기간동안 불가피하게 사용되어야 한다는 문제와 결부되어 있다. 이를 위해 검지기정보의 분산처리방안이 연구되어야 한다. 분산처리방안에서도 특히 대기 길이검지기의 방향별 수집시점을 달리하는 분산처리방법이 좋은 대안이 될 수 있다.

한편 센터와 센터 간 통신규격으로 표준이 결정되어 국내에 KS규격으로 승인된 DATEX-ASN 규격이 NTCIP를 대신하여 센터와 현장장치 사이에 적용할 수 있는지도 추가연구가 필요하다.

### 참고문헌

1. 경찰청(2004), “교통신호제어기 표준 규격서”, pp.2~3
2. 국토연구원(2001), “2000년도 지능형 교통시스템(ITS) 연구·개발 사업”.
3. 한국전산원(1998), “지능형교통시스템(ITS) 표준화 연구”.
4. 한국전산원(2001), “ITS 정보통신 프로토콜 표준화 연구”.
5. 한국표준협회(2001), “교통정보 및 제어시스템 - ITS를 위한 센터간 데이터 인터페이스 - 제2부 DATEX-ASN”.
6. AASHTO/ITE/NEMA(1998), “TS 3.2-1996 -National Transportation Communication for ITS (NTCIP) Simple Transportation Management Framework Draft Version 98.01.08”.
7. AASHTO/ITE/NEMA(1999), “The National Transportation Communication for ITS Protocol Guide(draft version 02.05)”.
8. AASHTO/ITE/NEMA(2001), “NTCIP 1102 v01.12, Octet Encoding Rules(OER) Base Protocol”.
9. AASHTO/ITE/NEMA(2002), “NTCIP 1103 v01.15, Transportation Management Protocols”.
10. ISO/TC204/WG9-Japan(2001), “On consideration about the communication protocol between center and roadside to be used in Japan”.
11. NEMA(1998), “NEMA Standards Publication TS 2-1998-Traffic Controller Assemblies with NTCIP Requirements”.
12. NTCIP 9004(2003), “Amendment 1 v06 City of Phoenix, Arizona Phoenix Advanced Transportation Management System”.
13. NTCIP 9007(2003), “City of Mesa, Arizona Signal System Upgrade”.
14. NTCIP 9006(2003), “City of Lakewood, Colorado Lakewood Advanced Traffic Management System”.
15. Oliver Dubuisson(2000), “ASN.1 Communication between Heterogeneous systems”.
16. State of New Hampshire(2003), “Request For Proposal For Traffic Controller”.
17. UTMC(1999), “Report 1 - Suitability of NTCIP Applications Messaging for UK UTMC Users”.

✉ 주 작 성 자 : 고희용  
 ✉ 교 신 저 자 : 정준하  
 ✉ 논문투고일 : 2006. 3. 22  
 ✉ 논문심사일 : 2006. 5. 24 (1차)  
                   2006. 7. 3 (2차)  
 ✉ 심사판정일 : 2006. 7. 3  
 ✉ 반론접수기한 : 2006. 12. 31

---

22) 교통신호제어용 통신회선은 가장 낮은 비용에서 가장 안정적인 송수신이 가능한 저급 회선을 채택하고 있다. 미국은 1800, 영국은 1200이 일반적이다. 한국은 2400을 사용하는데, -34℃ ~ 74℃의 시험조건을 견디는 고속모뎀이 많지 않은 것도 이유임