

ITS센터 간 국제통신규격(DATEX-ASN)을 신호시스템에 도입하는 방안에 대한 연구

A Study on the Introduction of an International Communication Protocol(DATEX-ASN) to Traffic Control System in Korea

고광용* 이승환**
(Kwang-Yong Ko) (Seung-Hwan Lee)

요 약

본 연구에서는 국내 실시간 교통신호제어환경에 ITS센터 간 국제표준통신규격인 DATEX-ASN을 적용한 통신체계를 개발하였다. 개발된 시스템의 운영 실험을 통하여 DATEX-ASN을 국내 신호제어시스템에 적용하기 위한 보완사항을 도출하였다. 운영실험은 (1)상황정보 패킷 유실률 (2)EOC 처리시간 (3)운영주기편차를 측정하는 것이었으며, 측정된 각각의 항목은 서로 다른 통신속도에서의 측정치와 비교되었다.

실험 결과 과거 연구결과에서 NTCIP 적용속도가 최소 4800bps이상이었다는 것에 비추어 DATEX-ASN규약을 적용하기 위해서는 적어도 9600bps 이상의 고속을 요구하는 것으로 나타났다. 결론적으로 향후 국제규격을 도입하기 위해서는 국내 통신환경을 개선시켜야 할 필요성이 있음을 알 수 있었다.

Abstract

A communication system based on DATEX-ASN, an international communication protocol for use in COSMOS, a real-time traffic responsive signal system of Seoul, was developed in this study. Through laboratory experiments, it was identified that some additional rules were necessary for its successful application to COSMOS and thus proper complementary rules were devised.

Laboratory experiments were to measure error-rates of monitoring information packet, EOC duration and operating cycle-length errors at different data transmission rates and the results of each experiment were compared each other.

The results show that the DATEX-ASN protocol requires a transmission rate of at least 9,600bps which is higher than a transmission rate of 4,800bps required by NTCIP.

Key words: DATEX-ASN, COSMOS, NTCIP, subscription, publication

I. 서 론

1. 연구의 배경

최근의 국제표준 제정 노력이 많은 진척을 보이면

서 국내 신호제어시스템도 전 세대의 비트단위 정보 저장형식의 메시지구조를 Octet¹⁾단위의 개방적인 정보 저장방법을 사용하는 국제표준을 도입하여 시스템 간 정보 호환성을 확보하려는 연구가 꾸준히 이루어

* 주저자 : 도로교통안전관리공단 교통과학연구원 선임연구원

** 공저자 : 아주대학교 환경건설교통공학부 교수

† 논문접수일 : 2007년 10월 30일

져 왔다.¹⁾

그동안의 국내 연구로는 NTCIP²⁾를 신호제어시스템에 도입하는 연구 사례가 이루어진 바 있으며 [1], 일본에서는 현장제어기의 고성능화에 따른 대안으로 센터와 센터 간 통신규격인 DATEX-ASN³⁾을 수정하여 센터와 현장장치 간 통신에도 적용할 것을 검토한 바 있다 [2]. 국제표준화기구에서도 이러한 연구결과에 따라 NTCIP규약과 DATEX-ASN규약을 국제표준 대안으로 상정하고 절차를 진행 중에 있다. 이에 따라 국내의 신호제어시스템에 대한 국제표준 도입을 위한 정책 방향을 결정하기 위해서도 과거의 NTCIP 적용성 연구결과와 더불어 DATEX-ASN 규약에 대한 적용성을 추가로 연구해야 할 필요성이 대두되었다.

이런 배경에 따라 본 연구는 센터와 센터 간 통신규약인 DATEX를 국내 신호제어시스템에 적용하는 기술기반을 확보하고 본격 도입 이전에 보완사항을 도출하여 향후 국제표준규격에 대응하기 위한 연구의 일환으로 시작되었다.

2. 연구의 목적

1) DATEX-ASN규격의 구현기술 확보

본 연구에서는 앞서 서술한 연구의 배경에 따라 국제 표준안이 어떤 대안으로 선택되어도 능동적으로 대처할 수 있도록 ITS 통신규격에 대한 이론적 기반을 확보하는 것을 첫 번째 목표로 하였다. 고급 통신기술을 주로 사용하는 통신신산업부문과 달리 교통신호제어시스템과 같은 현장제어산업부문은 까다로운 국제통신규격에 대해 매우 어려운 적용과정

을 거치게 되고, 기술습득에 많은 시간과 비용이 필요하다. 바로 이점이 제어산업부문에서 폐쇄적인 통신규격을 고수하는 가장 큰 요인이 되고 있다.

이 연구에서 제시한 ITS 통신규격의 구현 기술을 교통신호제어시스템 산업분야에 보급하여 향후 통신규격의 개방 이후에도 기존 산업체들의 경쟁력에 일조할 수 있을 것이라고 기대한다.

2) 국내 환경 적용성 시험 및 도입 선결 조건 도출

국내 실시간 신호제어시스템은 초기 개발시점부터 독특한 논리적 구조와 통신메커니즘을 발전시켜 왔다. 이런 노력의 결과로 현재는 중앙장치는 물론이고 하부장치인 신호제어기 내부의 각종 제어를 위한 논리적 구성이 현재의 통신양식에 최적화되어 설계되고 있다.

따라서 그동안 오랜 기간에 걸쳐 개선되어왔던 제어알고리즘의 원활한 기능 발현을 위해서도 이러한 특징을 잘 이해하면서 국제규격을 도입하기 위한 선결조건들을 찾아내는 것은 매우 중요한 목표라고 하겠다. 이런 입장에서 이 논문에서는 적용성시험을 통해 국제규격 도입을 위한 정책적 방향을 설정하는 지표를 제시하는 것을 목표로 설정하였다.

3) 국제규격 도입을 위한 정책 방향 제시

현재 각 도시에서 장기적인 통신규격의 변화추세를 서로 다르게 받아들이면서 추구하는 형태가 서로 상이하게 전개되고 있는 실정이다. 어떤 분야에서는 독자적인 형식을 새로 정하여 사용하기도 하고, 어떤 도시에서는 단순히 물리적 성능만을 높여 이전의 통신방식을 다시 사용하기도 하는 실정이다. 이런 상황에서 향후에 도시와 도시간의 간격이 좁아지고 제어 또는 정보수집 영역의 구분이 의미가 없어지는 시점에서는 정보의 교환 형식이 서로 달라 많은 정보를 재사용하지 못하고 사장시켜야만 하는 상황이 나타날 가능성이 크다. 사실 국토가 그리 넓지 않은 우리나라 현실에서 ITS산업용 통신기반시설의 장기적이고 통일된 계획 수립은 매우 중요하고 그 효과

1) NEMA(美 전기공업협회), AASITTO(美 주도로 및 교통행정관협회), ITE(美 교통공학회)에서 제안한 ITS를 위한 센터-현장장치 간 통신 규격(National Transportation Communications for ITS Protocol)[3][4][5]

2) NEMA(美 전기공업협회), AASHTO(美 주도로 및 교통행정관협회), ITE(美 교통공학회)에서 제안한 ITS를 위한 센터-현장장치 간 통신 규격(National Transportation Communications for ITS Protocol)[3][4][5]

3) ITS용 센터와 센터 간 데이터교환절차에 관한 규약(Data Exchange)으로 ISO14827-1과 ISO14827-2문서로 표준화되어 있다.

도 매우 크다. 이런 정책을 수립하기 위해서는 다양한 대안들이 연구되어 그 적용성을 검증하고 지표로 활용해야 한다. 본 연구는 이런 정책적 지표를 제시하는 것을 하나의 목표로 하였다.

3. 연구의 방법

연구 절차는 문헌연구 및 관련 규격서를 기반으로 COSMOS용 제어정보를 전송할 수 있는 DATEX-ASN 통신시스템을 개발하는 단계를 수행한 후 COSMOS시스템에 개발된 통신시스템을 이식하여 운전실험을 수행하는 방법으로 진행하였다.

문헌연구에서는 앞서 제시한 3가지의 연구 목표에 따라 연구의 범위를 결정하고, 연구를 진행하기 위한 기존 연구사례와 관련규격서 등 문헌자료를 조사하여 목표달성을 위한 기술적 기반을 마련하였다.

다음으로 기술적 기반을 토대로 DATEX-ASN기반의 신호제어시스템용 통신체계 개발단계를 통해 첫 번째의 목표인 규격 구현을 위한 기반기술 확보라는 연구목표를 달성하였다. 개발된 통신시스템을 이용해 국내 제어환경에서 사용할 수 있는지에 대한 적용성 실험을 수행하여 DATEX-ASN규격의 국내 환경 활용가능성을 판단하였으며, 국내에 활용하기 위해서 요구되는 통신환경을 실험결과를 통해 도출함으로써 통신환경 변화라는 도입 선결조건을 찾

아내도록 하였다. 그리고 실험과정에서 나타난 규격 활용에 대한 수정방안들을 제시하여 세 번째 목표인 국제규격을 국내 신호제어시스템에 도입하기 위한 보완방안을 제시하였다.

II. 문헌 및 기존 연구 고찰

1. NTCIP 적용성 연구

고광용[1]은 국내신호제어시스템에 국제규격을 적용하기 위해 국내시스템 제어철학에 따라 고유의 실시간성을 발휘할 수 있는지를 평가하기 위한 실험방법론과 평가항목을 제시한 바 있다.

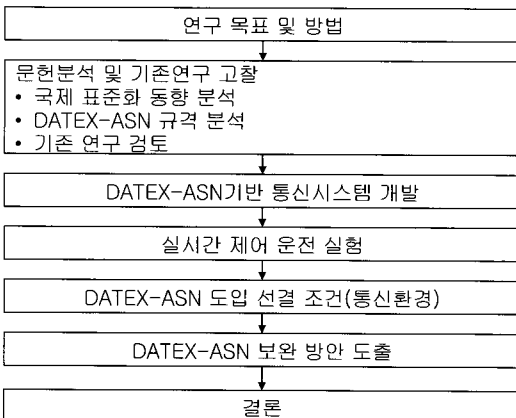
제시된 실험방법은 평가항목으로서 실시간 신호 제어의 초 단위 신호제어 상황정보 패킷 유실률, EOC-time-duration 측정, Cycle Delta 측정 등 3가지로 평가할 수 있음을 보여주었다.

실험결과 첫 번째 항목의 경우 1800bps에서는 100%의 패킷이, 2400bps에서는 58%의 패킷이 유실되었으나 4800bps와 9600bps의 통신에서는 정상적으로 운영되었다. 또한 EOC-time-duration이 2400bps에서는 3초를 초과하였으나 4800bps 이상

<표 1> 선행연구에서 제시한 통신규격의 실시간 신호제어 시스템 적용성 평가 항목

<Table 1> MOEs of the previous study to evaluate a realtime traffic control system operation ability

평가지표	측정항목	목적
초 단위 상황정보 시간 지연	요청정보의 Time-out 횟수	초 단위 정보요청에 패킷 유실 없이 반응하는지를 평가
실시간 제어 성능	EOC ⁴⁾ time duration	주기종료 후 다음 주기 계획이 전달될 때까지의 시간 측정으로 실시간 제어가 가능한지를 평가
계획 운영 충실도	Cycle Delta	계획과 운영된 주기길이 편차를 비교하여 운영 충실도를 판단



<그림 1> 연구 수행 흐름도
<Fig. 1> Research flow chart

4) EOC(End Of Cycle)는 주기 종료 때 검지기정보 처리 및 신호계획 작성 처리를 의미함. 3초의 최소 스텝시간 안에 처리되어야 함

에서는 3초 이내로 소요되어 적합한 것으로 나타났다. 이 시간은 신호제어기의 1번 신호등 출력 스텝 최소 고정시간인 3초를 의미하며, 이 첫 번째 스텝의 운영이 끝나기 전에 신호계획이 전달되어야 한다는 제약사항을 의미한다. 마지막으로 계획주기와 운영주기와의 편차를 측정하는 항목에서는 9600bps 이상에서만 정상적인 초 단위 정확성을 유지하는 것으로 분석되었다.

결론적으로 4800bps 이상의 속도에서 정상적인 실시간제어가 가능한 것으로 나타났으며, 국내 실시간 교통신호제어시스템의 현재 통신방법을 NTCIP 규격으로 적용하기 위해서는 4800bps 이상의 통신 환경으로 개선되어야 할 필요성을 제기하였다.

2. DATEX-ASN 적용사례

신호제어분야는 아니지만 건설교통부는 고속국도·국도·지방도·시/군도 등 교통시설에 대한 지능형교통체계 구축·운영 시 필요한 기본적인 교통정보의 교환을 위한 표준(이하 “기술기준”이라함)을 DATEX형식으로 정의하여 활용 예정에 있다.

이 정보교환형식의 적용범위 교통체계효율화법 제14조, 동법 시행령 제10조를 근거로 하고 있다. 이 근거에 따라 교통체계지능화사업 중 사업시행자가 교통정보센터에서 단말장치로 교통정보를 전송할 때 이 교환기준을 적용할 예정이다.

위 교환기준이 적용된 교통정보센터는 교통시설을 관리하는 각 단위 관리청별 구역센터, 광역적으로 통합하는 권역센터, 국가통합센터를 지칭한다고 되어 있으며, 단말장치에 포함되는 것은 터미널·역사 등 공공장소에 설치하는 공중단말장치(KIOSK), 운영 및 관리의 목적으로 사업시행자가 개발·구축하는 개인단말장치(PDA 등), 사업시행자가 대국민서비스를 위해 교통정보를 제공하는 장치로 지정되어 있다. 다만 노변장치를 통해 통신하는 단말장치와 가변표시장치(VMS)는 별도의 기술기준으로 정할 예정이다.

최근에는 DATEX-ASN 기반 건설교통부 표준화

(기술기준) 노력의 일환으로 무선통신기술을 활용한 정보수집 및 제공을 위한 “기본교통정보 교환 기술 기준 IV”가 표준으로 추진되고 있다. 이 기술기준은 교통정보센터와 단말장치간 기본교통정보 교환을 위한 기본정보로서 교통소통정보, 교통통제정보, 돌발상황정보, 도로상태정보 등 총 6가지 카테고리로 구성되어 있다.

<표 2> 건설교통부 DATEX기반 교통정보교환기준
<Table 2> Date exchange standard based on DATEX-ASN of The Ministry of Construction and Transportation

정보 명	아키텍처 정보 명	정보주기
교통소통정보	교통정보, 고속도로 교통정보, 기본정보 등	상시
교통통제정보	교통통제정보, 도로정보 등	상황발생시 요청/필요시
돌발상황정보	돌발상황처리 요청정보, 돌발상황정보, 기본정보 등	상황발생시
도로상태정보	노면상태, 강우/강설 수위	수시 제공
기상정보	기온, 날씨, 가시거리, 풍속, 풍향, 습도, 기압, 일출, 일몰시간	수시 제공
프루브정보	차량종류, 검지시간, 검지위치	차량 수집 정보

이 기술기준은 정보의 교환을 위한 DATEX-ASN 절차와 정보형식을 ASN.1으로 기술하고 이를 기술 기준문서로 배포하고 있다 [6].

3. DATEX-ASN 개요 및 구성

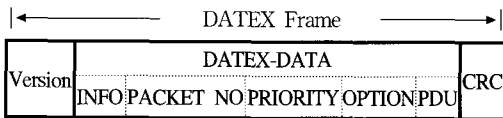
DATEX는 교환규칙 DATEX-NET(ENV 13777 Ver 1.2a)과 메시지형식 DATEX Data Dictionary (ENV 13106 ver 3.1a)로 정의되어 있다. 이 DATEX규격은 10년 넘게 데이터 교환규칙으로 사용되어왔으며 버전별로 DATEX 또는 DATEX-NET으로 통칭되고 있다.

DATEX-NET은 그 적용 범위를 센터와 센터 간으로 하고 있으나 기능적으로 제약되지는 않는다.

DATEX-NET은 CEN⁵⁾ TC278 WG8에서 ISO EDIFACT⁶⁾ 표준을 사용한 센터 간 데이터교환용 프로토콜로서 ENV⁷⁾로 완성되었다. DATEX-NET는 TCP포트는 355번을, UDP포트는 356번을 사용하도록 권고되어 있으며, 대부분의 센터 장비로 사용되는 서버컴퓨터에 포트번호가 지정되어 있다.

반면에 DATEX-ASN.1은 기존의 DATEX-NET을 근간으로 하는 ITS센터를 위한 차별화된 자료교환형식의 필요성이 제기되어 ISO TC 204 WG9 산하에서 표준이 수행되었다. DATEX-NET이 EDIFACT표준 구분규칙을 사용한 반면에 DATEX-ASN은 추상 구분 기법(ASN; Abstract Syntax Notation, ISO 8825-1 ~ 4)을 사용하며 메타방식(기호를 사용하는)으로 자료 형을 정의하고 Octet이라고 하는 최소 데이터단위를 사용하여 PDU(Protocol Data Unit)개념의 정보형식을 구성하도록 되어 있다.

ASN.1 구분으로 된 DATEX의 프레임 구성을 도시하면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> DATEX-ASN 전체 프레임 구성
<Fig. 2> DATEX-ASN Frame

처음의 Version 변수는 실험용 버전인 경우와 공식적으로 배포된 버전인지를 확인하는 변수로서 INTEGER (0..255) 값으로 표현되는 순차정의상수 (Enumeration) 값이다. 아직 실험중인 버전인 경우 0 값을, 1은 ITS에 의해 사용된다.

DATEX프레임의 정보가 입력되는 DATA 필드는 C2CAuthenticatedMessage 타입을 갖는 SEQUENCE (구조화 변수)이다. C2CAuthenticatedMessage 타입

변수는 4개의 멤버를 포함한다.<표 3>

datex-AuthenticationInfo-text 변수는 연결된 두 시스템 사이에서 각각의 메시지에 포함시키기로 한 인증 방법에 대한 정보를 말한다. 이 값은 고정 코드값을 사용할 수도 있고, 암호 보호 알고리즘이 사용될 수도 있다. 이 값은 크기가 0인 OCTET STRING이나 고정길이를 갖는 OCTET STRING, 또는 가변길이를 갖는 OCTET STRING형의 값이 올 수 있다.

<표 3> DATEX DATA(센터-센터 메시지)의 구조
<Table 3> DATEX DATA Message structure

C2CAuthenticatedMessage ::= SEQUENCE {	
datex-AuthenticationInfo-text	OCTET STRING (SIZE (0..255)),
datex-DataPacket-number	INTEGER (0..4294967295),
datex-DataPacketPriority-number	INTEGER (0..10),
options	HeaderOptions,
pdu	PDU's }

datex-DataPacket-number 변수는 보내지는 데이터 패킷의 순번을 나타낸다. 세션이 유지되는 동안의 첫 번째 패킷은 0 값을 가진다. 각 후속 패킷은 1씩 증가하는 번호를 갖는다. 클라이언트와 서버는 각각 첫 번째 패킷을 상대방으로 전송할 때 초기화되는 별도 카운터를 운영하여야 한다.

datex-DataPacketPriority-number 변수는 메시지의 우선권을 나타낸다. 하나의 시스템은 수신된 순서에 따라 메시지를 처리하여야 하는데, 만약 나중에 도착한 메시지가 우선권 값이 더 높은 경우 먼저 처리되어야 한다. 우선권 값은 1부터 10까지 지정될 수 있다.

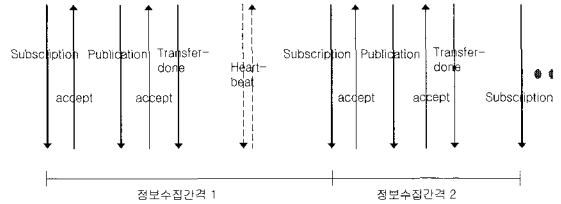
DATEX-ASN 패킷을 교환하기 위한 로그인 절차와 세션 관리 절차, 데이터교환 절차는 모두 마지막 멤버인 PDUs에 의해 이루어지게 된다.

PDU 구조는 다중유형의 데이터 패킷을 통해 위에서 정의된 동일한 모든 구조 내에서 송신될 수 있도록 하고 있다. PDU에 포함될 수 있는 다양한 유형의 구조가 <표 4>에 설명되어 있다 [7].

5) 유럽표준위원회(CEN; Comit'e European de Normalization)
6) 행정, 상업, 수송을 위한 전자 문서 교환 규칙(EDIFACT; Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Transport)
7) 유럽표준안(ENV; Europaiche Norm fur Versuchungsweise Anwendung)

<표 4> ASN.1으로 기술된 DATEX PDU 자료 구성
<Table 4> DATEX PDU structure

PDUs ::= CHOICE {	
datex-Initiate-null	Initiate,
login	Login,
fred	FrED,
terminate	Terminate,
logout	Logout,
subscription	Subscription,
publication	Publication,
transfer-done	TransferDone,
accept	Accept,
reject	Reject
}	



- 정보가 필요할 때마다 Subscription 절차를 밟는다.
- 정보수집간격이 매회 다르다.
- 필요 시 정보를 수집하는데 사용된다.
- COSMOS의 요구 및 응답방식과 비슷하다.

<그림 3> Single Subscription 방식의 교환 절차
<Fig. 3> Data exchange procedure of single subscription

DATEX-ASN 절차에 필요한 PDU 중 본 연구에서 개발된 COSMOS 데이터 항목들은 Subscription-PDU와 Publication-PDU의 ApplicationMessage에 인코딩되고 교환된다.

Ⅲ. DATEX-ASN 기반 통신시스템 개발

1. 정보공개방식 선정

1) 대안 1 : Single Subscription

일회 또는 ‘Single’ 요청에 대해서 서버가 Subscription 처리를 완료하는 대로 요청된 데이터를 공개하는 방식이다. 이때 Publication은 요청된 모든 데이터를 포함해야 한다. 이전 데이터는 별개의 데이터 요소로 간주된다. 따라서 이전 데이터는 다른 정보로 복구될 수 있다.

‘Single Subscription’ 정보요청방법은 Subscription PDU를 요구되는 정보내용을 명시하여 전송하고 한번의 응답을 받아서 데이터 교환을 종료하는 방법이다. 규격대로 절차를 나열하면 Subscription(정보 요청) → Publication(정보 공개) → Transfer-done(전송 종료)의 단일 절차(Single Subscription)로 메시지를 전송하고 정보를 공개한다. 현재 사용되고 있는

COSMOS의 Request-and-response 방식과 유사하다.

물론 이러한 정보 공개중에도 DATEX 세션을 유지하기 위한 Heartbeat PDU가 일정한 시간간격으로 교환된다.

2) 대안 2 : Registered Subscription

알려진 형식의 메시지와 정보 공개 요구 주기를 Subscription으로 등록하면, 서버(신호제어기)에서는 일정한 주기를 가지고 이 정보를 공개하는 과정을 반복한다. Subscription은 또한 주기적으로 구독 가능한 정보를 요청하기 위해서 등록될 수 있다.

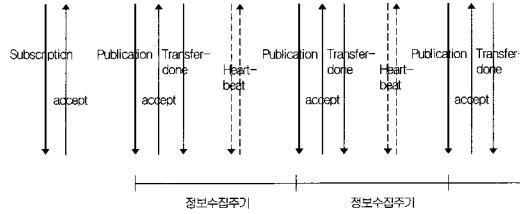
등록된 Subscription은 연속적이거나 일일기준이어야 한다. 즉 특정요일마다 활성화되어야 한다. Subscription이 연속적이라면, Subscription이 만료되거나 후속되는 Subscription에 의해서 명시적으로 취소될 때까지 datexRegistered-StartTime 변수에 설정된 시간에서 활성화되어야 하며 7일 24시간동안 활성화된 채로 유지되어야 한다. 만약 datexRegistered- EndTime이 datexRegistered- StartTime 값 이하인 경우에는 Publication이 이루어지지 않는다.

Publication이 “일일기준”인 경우, Publication은 서버 내에서 발생하는 주의 각 유효한 요일로 지정된 datexRegistered-StartDate의 시작시간(datexRegistered-StartTimeOfDay)이나, 특정 시작날짜(datexRegistered-StartTimeOfDay)이나, 특정 시작날짜(datexRegistered-StartTimeOfDay)이나, 특정 시작날짜(datexRegistered-StartTimeOfDay)이다.

stered-StartDate) 이후 종료날짜(datex Registered-EndDate)이전에 활성화되어야 한다. Subscription이 등록되었을 때 현재 시간이 유효하다면 곧 활성화되어야 한다. Subscription은 시작시간(datexRegistered-StartTimeOfDay)과 경과시간(datexRegistered-Duration)에 정의된 시간의 끝에서는 비활성화해야 한다. 종료날짜는 시작날짜보다 앞서서는 안된다. 일일기준 서브스크립션은 취소 또는 수정요청에 의해서도 비활성화될 수 있다. 만약 종료(datexRegistered-EndDate)가 공개 시작날짜(datexRegistered-StartDate)보다 앞서면 Publication 되어서는 안된다. Subscription이 활성화(activation) 또는 재활성화(reactivation)되면 서버는 Publication 메시지를 공개해야 한다. 서버가 지시된 시작시간에 정보를 제공하지 못하는 경우에도 가능한 빨리 정보를 제공해야 한다.

이러한 주기적 정보 공개 방식인 경우, 서버는 datexRegistered-UpdateDelay-qty에 정해진 빈도로 새로운 Publication을 만들어야 한다. 만약 시작시간이 지난 후에 서브스크립션이 송신되었다면 주 시간은 datexRegistered-StartTime에 동조된다. 이 경우 최초의 응답은 주기 내의 무작위 시점이 되며, 두 번째 Publication은 이후 주기의 또 한 시점에서 이루어진다. 주기적 방식에서, 서버는 매 주기점마다 정보를 공개해야 한다. 만약 서버가 주기점이 60%경과될 시점까지 정보를 공개하지 못하면 전송되어서는 안된다. 이런 현상이 발생하지 않도록 서버와 클라이언트 양 측 모두 덜 중요한 Subscription(예를 들어 datexSubscriptionPriorityfield에 나타난)은 종료시켜야 한다.

여기 매초마다 발생하는 주기적인 Subscription이 있다고 가정하자. 최초 시작에 응답을 한 서버가 1.25초(1초 시점의 정보를 포함), 2.5초(2초 시점의 정보를 포함)에 Publication을 송신한 후에 그 다음 송신이 3.75초까지 이루어지지 않았다면 마지막 Publication을 무시하고(즉 0.6초 이상 지체된) 서버와 클라이언트는 중요성이 덜한 Subscription을 취소할 것인지 결정해야 한다.



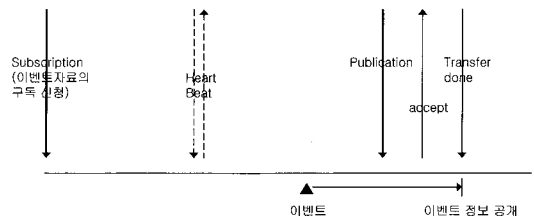
- 일정한 정보수집주기가 있는 경우에 사용할 수 있다.
- 한번 Subscription되면 서버에서 매 주기 정보가 공개된다.
- 전형적인 데이터 서버형태로서 센터-센터 특징이 나타난다.

<그림 4> Registered Subscription 방식의 교환 절차

<Fig. 4> Data exchange procedure of registered subscription

3) 대안 3 : Event Driven Subscription

이벤트 지향방식인 경우 서버는 이벤트를 감지한 후 datexRegistered-UpdatedDelay-qty로 설정된 최대 지체시간 내에 Publication을 생성해야 한다. 따라서 이 경우 datexRegistered-UpdateDelay-qty에 지정된 값은 이벤트 보고를 위한 최대 지체시간의 역할을 한다. Subscription 메시지는 이벤트를 정의 내에서 또는 메시지 본체 내에서 정의해야 한다. 만약 최대 지체시간이 초과되면 가능한 한 빨리 데이터가 공개되어야 하며 datexPublish-LatePublication Flag가 설정되어야 한다. 서버는 이러한 현상의 발



- 사건 발생 정보를 구독신청 해 놓음
- 사건발생 후 사건상태를 배담할 지체시간 설정
- 사건 발생 후 지체시간 전까지 공개되어야 함

<그림 5> Event Driven Publication 방식의 교환 절차

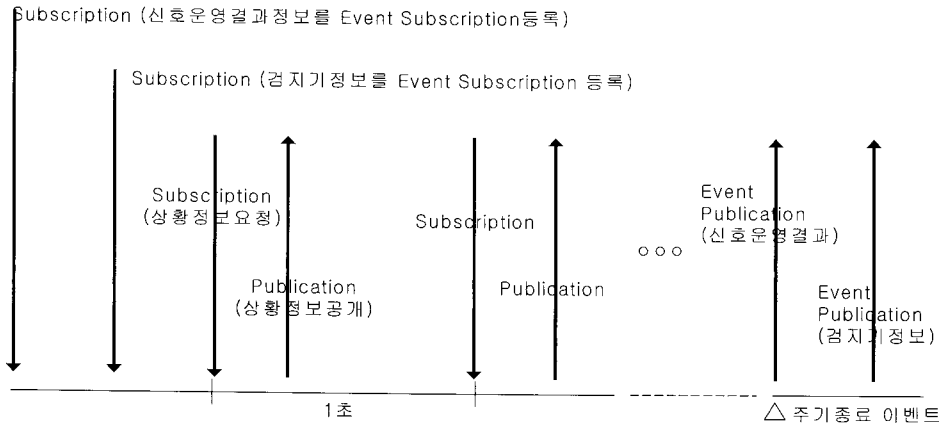
<Fig. 5> Data exchange procedure of event driven publication

생을 최소화하기 위해 중요성이 덜한 Subscription을 종료시켜야 한다. 이 방법은 COSMOS의 요청 및 응답 모형과 이벤트 기반 모형의 장단점을 적절하게 융화시킨 방법이라고 할 수 있다.

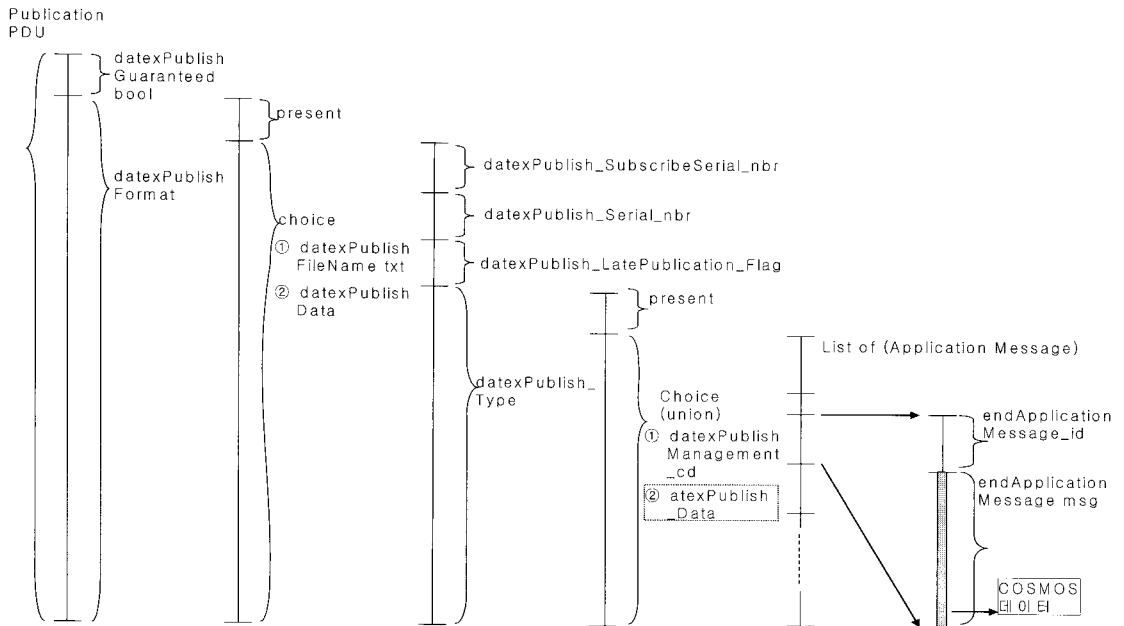
정에서는 현재 제어시스템의 제어방식과의 호환성에 가장 큰 주안점을 두었다. 현재 제어시스템은 정보의 주기적 요청과 응답 방식을 적용하고 있으며,

4) 정보 공개 방식의 선정

본 연구에 적용할 정보공개방식을 선정하는 과정



<그림 6> 본 연구에 적용할 정보 공개 방식의 교환 절차
 <Fig. 6> Data exchange procedure of this study



<그림 7> Publication PDU의 참조관계 다이어그램
 <Fig. 7> Reference relationship of Publication PDU

일부 정보는 센터의 요구 없이 신호주기를 정보제공 주기로 하여 상향식으로 전송되고 있다. 이 관점에서 보면 요청 및 응답 방식과 이벤트 방식 등 2가지의 방식을 혼합하여 적용할 필요가 있다.

Registered Subscription 방식은 국내 제어시스템의 통신메커니즘과 괴리가 있고 내부의 논리적 연관성이 달라지므로 다중프로세스로 연결되어 있는 제어소프트웨어를 수정해야 하는 문제가 생긴다.

본 연구에서는 Single Subscription 방식을 이용하여 상황정보를 주기적으로 요청하여 취득하고, 주기단위 정보는 Event Driven Subscription 방식을 적용하기로 하였다.

2. 정보공개 구현 및 통신시스템 개발

정보 공개 자료 형을 다이어그램으로 표현하면 매우 쉽게 자료의 참조관계를 파악할 수 있으며, 개발에 적용하기가 간편해진다. 다음 <그림 7>은 ASN으로 기술된 Publication PDU 자료 형을 참조관계 다이어그램으로 구성하여 표현한 것이다. 다이어그램을 보면 실제 ITS 응용프로그램 데이터는 DATEX 규약을 수행하기 위한 다른 정보들의 최하위에 참조되고 있다. 그리고 그 형태는 일련의 연속되는 공개정보들의 메시지 리스트의 형태를 이루고 있다.

본 연구에서는 이 다이어그램을 바탕으로 하여 잘 알려진 프로그래밍 언어인 C로 Publication PDU 등 모든 PDU의 관련 자료 형을 구축하고 파라미터와 COSMOS 데이터 셋을 인수로 받아 PDU를 구성하는 라이브러리를 구현하였다. 그리고 이 라이브러리는 센터-센터 메시지형식인 DATEX-DATA구조를 형성하고 이 자료에 대한 CRC계산을 수행하여 덧붙임으로써 최종적으로 DATEX-ASN Frame 형태의 메시지버퍼를 작성한다. 그리고 이 메시지는 각각의 PDU에 정해진 규칙에 따라 세션을 형성하고 정보를 교환한 후 세션을 종료하게 된다.

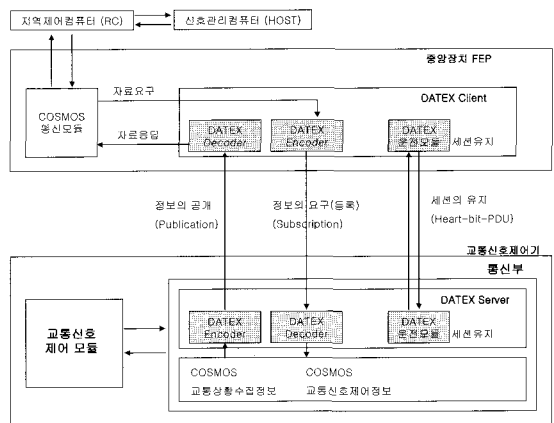
본 연구에서 사용한 ASN컴파일러는 온라인 ASN 컴파일러(<http://lionet.info/asn1c/asn1.cgi>)이다.[8] ASN 컴파일러로 자료구조와 기본 인코딩라이브러리를

C문법으로 변환한 후 C++ Builder 6.0을 사용하여 응용부분을 추가 개발하여 DATEX-ASN기반으로 동작하는 통신시스템을 구축하였다. 완성된 통신시스템을 PC에서 테스트한 후 실험실 내 교통신호제어기와 센터 통신장비의 COSMOS시스템에 이식하여 DATEX-ASN 기반의 COSMOS신호제어시스템을 구성하였다.

3. DATEX-ASN 기반 신호제어시스템의 구성

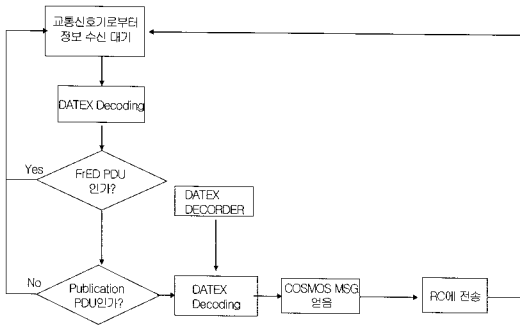
시스템 구현의 가장 중요한 부분은 COSMOS 정보의 정보공개를 위해, COSMOS 정보를 Publication PDU안에 인코딩한 후, 이 PDU를 DATEX 프레임안으로 인코딩하는 드라이버를 작성하는 부분이다. 마찬가지로 디코딩하는 드라이버도 또한 작성되어야 한다. 본 연구에서는 Publication PDU와 DATEX 프레임의 인코딩 및 디코딩 드라이버가 작성되어 센터의 통신서버에 이식되었다.

한편, DATEX 세션 연결절차는 연구목적상 생략되었으나 세션 유지는 필요하므로 세션 유지를 위한 Heart-beat PDU 교환을 수행하는 DATEX 운전 모듈을 별도로 운영하였다. <그림 8>은 본 연구에서 개발된 DATEX기반 신호제어시스템의 소프트웨어 구성 양식을 보여주고 있다.



<그림 8> DATEX 기반 신호제어시스템 논리적 구성
<Fig. 8> Software structure of traffic control system based on DATEX-ASN

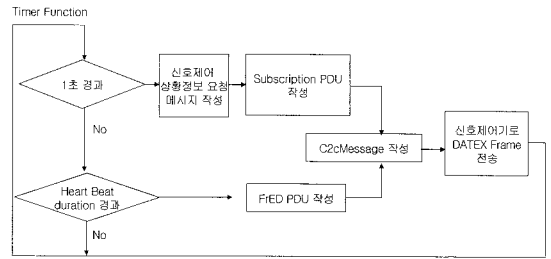
본 연구에서 개발된 DATEX기반 신호제어시스템은 중앙장치에서의 제어흐름과 지역장치에서의 제어흐름이 약간 다른데, 이것은 DATEX Client와 Server기능으로 운영되어야 하기 때문이다. 중앙장치는 DATEX Client의 기능을 수행하므로 별도의 Timer Function을 구성하여 정보요청과 세션 연결 기능을 수행해야 한다. 중앙장치의 PDU 처리절차는 정보 수신 후 시작된다. 모든 정보를 DATEX 프레임으로 간주하여 디코딩한 후 세션 유지용 FrED PDU이면 교통신호기(DATEX Server)에서 세션 연결이 유효하다는 것을 반송한 정보이므로 더 이상 의미 없이 버린다.



<그림 9> 중앙장치(DATEX Client)에서의 처리 절차
<Fig. 9> Flow of central procedure

Publication PDU인 경우 요청한 정보가 공개된 것이므로 PDU속에서 EndApplicationMessage를 추출하여 COSMOS정보로 변환한 후 RC쪽으로 전송한다. 이러한 일련의 정보처리과정이 종료되면 다시 정보수신대기상태가 된다.

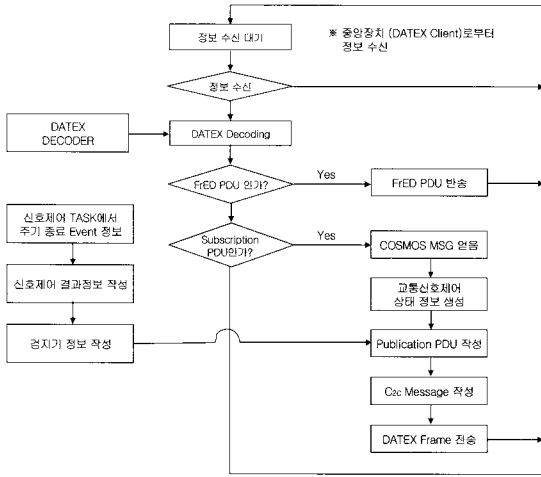
한편 중앙장치에서는 교통신호제어기의 초 단위 정보를 요청해야 하므로 별도의 Timer Function을 작성하여 매 초 단위 Subscription을 전송해야 한다. 그리고 세션 유지를 위해 FrED PDU를 초기 세션 연결 때 설정된 Heart Beat Duration기간에 한번씩 작성하여 전송해야 한다.



<그림 10> 중앙장치(DATEX Client)의 Timer Function
<Fig. 10> Timer function on central equipment

다음으로 교통신호제어기에서는 DATEX Server로서의 기능을 수행하여야 하므로 항상 정보 수신 대기상태가 된다. 정보가 도착하면 대기상태에서 빠져나와 DATEX 프레임을 디코딩하고 세션 유지를 위한 FrED PDU인지 확인한다. FrED PDU인 경우 Client에게 다시 응답해주어야 하므로 중앙장치 쪽으로 반송한다. 수신된 정보가 Subscription PDU이면 정보 요청이므로 해당하는 정보를 수집하여 Publication PDU를 작성한다. 이 PDU를 C2cMessage 프레임으로 구성하여 중앙장치 쪽으로 전송한 후 다시 정보 수신 대기상태로 진입한다.

특히 신호제어기 쪽에서 더 필요한 것이 있는데, 바로 Event-driven Publication을 수행해야 하는 것이다. 앞서 선행 연구에서 살펴 본 바와 같이 COSMOS는 주기 시작시점에 정보를 수집하여 신호 계획을 작성하게 되는데, 현장장치의 주기시작시점을 정확하게 통보받기 위해서는 이 시점을 교통신호제어기가 통보해주어야 가능하므로 사건기반 정보공개가 필요하게 된다. 이 정보에는 현재 신호 현시상태가 새로 시작되었음을 알리는 상황정보와 함께 지금까지 운영된 한 주기 동안의 신호시간 운영결과와 검지기정보 수집 결과가 있다. 이 세 가지 정보는 매 주기 종료 때 해당 정보가 발생할 때마다 Publication PDU로 작성되어 중앙장치 쪽으로 전송된다.



<그림 11> 교통신호제어기(DATEX Server) 처리 절차
 <Fig. 11> Flow of traffic controller procedure

IV. 실시간제어 운전실험

1. Time-out 횟수 및 상황정보 시간지연

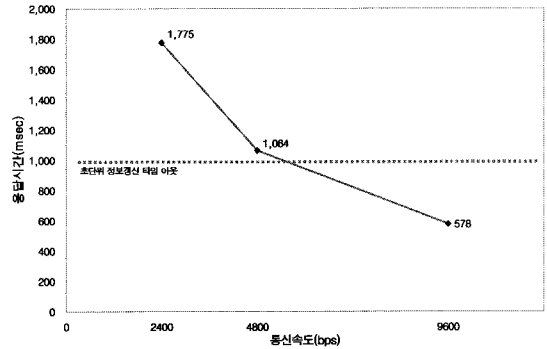
PPP드라이버 소프트웨어의 통신속도를 2400bps, 4800bps, 9600bps로 변화시켜가면서 상황정보의 요청 및 응답 소요시간을 확인하였다. 측정 범위는 최초 주기 시작시점을 보고하는 0스텝 상황정보 수신 시점부터 다음 0스텝 최초 상황정보 수신 시점까지의 1주기로 하였다.

1800bps의 통신속도에서는 원격모드에서 신호제어 기능이 제대로 동작하지 못하였다. 현재 제어기에 가장 보편적으로 사용되고 있는 통신속도인 2400bps와 4800bps에서는 100%의 정보가 처리시간을 지키지 못하고 유실되었다. 9600bps이상의 속도에서는 모든 정보의 정상적인 처리가 가능하였다.

이 실험결과에서 보여주는 바와 같이 현재 운영되는 COSMOS규격의 통신프로토콜은 2400bps에서 잘 동작하지만 DATEX-ASN 기반 프로토콜은 그보다 더 높은 통신속도(9600bps)를 요구하는 것으로 나타났다. 이 결과는 DATEX-ASN기반 통신프로토콜에서 인코딩 후의 전체 전송 요구량이 COSMOS 규격보다 증가하였음을 의미한다.

<표 5> 통신속도별 상황정보 시간지연 측정 결과
 <Table 5> Packet delay time by communication speed

통신 속도	요청 횟수	응답 횟수	TimeOut 횟수	평균응답 시간(msec)	타임아웃 (%)
2400bps	32	0	32	1,775	100
4800bps	42	0	42	1,064	100
9600bps	62	62	0	578	0%



<그림 12> 통신속도별 초 단위 정보 시간지연
 <Fig. 12> Packet delay chart by communication speed

2. EOC 처리 소요시간

EOC 처리 소요시간은 EOC 절차를 이루는 각 정보항목별로 통신부하에 미치는 영향의 정도를 관찰하기 위해 정보내용에 따라 구간별로 나누어 시간을 측정하였다. 구간은 신호운영이력정보, 검지기정보, 새 신호계획의 3가지 정보항목에 따라 구분되었다.

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

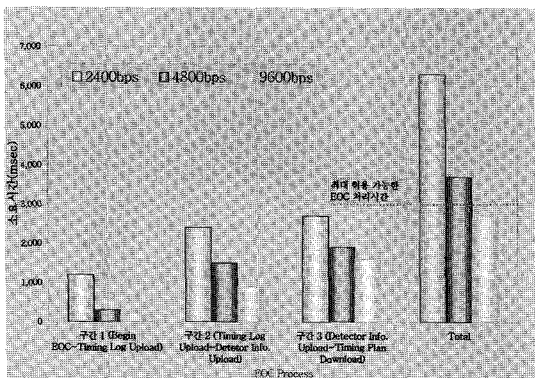
8주기 동안 통신기록을 분석한 결과 평균적으로 2400bps에서의 총 EOC 소요 시간은 6300msec, 4800bps에서 3,600msec, 9600bps에서 2,700msec로 나타났다.

<표 6> 통신속도별 EOC 처리 소요시간 측정 결과
<Table 6> EOC duration by communication speed

(단위 : msec)				
구 분	구간 1	구간 2	구간 3	총소요시간
2400bps	1,200	2,400	2,700	6,300
4800bps	300	1,500	1,900	3,700
9600bps	200	900	1,600	2,700

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 13>에서는 2400bps 및 4800bps의 통신속도에서 각 구간별 EOC 소요 시간을 종합한 전체 소요시간이 최대 허용 가능한 소요시간(3초)을 초과하는 것을 잘 보여주고 있다. 그 중에서도 특히 구간 2의 소요시간, 즉 검지기정보 업로드에 소요되는 시간이 전체 소요시간에서 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이것은 검지기정보의 전송량이 EOC 처리 시간의 지연에 절대적인 영향을 끼치는 것을 반증한다고 볼 수 있다.



<그림 13> 통신속도별 EOC처리 소요 시간 비교
<Fig. 13> EOC duration chart by communication speed

3. 운영주기 편차

센터에서 예측된 전체 주기길이와 교통신호제어기에서 운영된 주기길이 편차를 측정하기 위해 우선 교통신호제어기 내부의 클록 동작이 정확한지를 테스트해 본 결과 이상이 없음을 확인하였다. 주기편차 시험에서는 앞의 “통신속도별 초 단위 정보 시간지연” 실험의 결과에 따라 1800bps를 DATEX-ASN 프로토콜을 적용하여 운영할 수 없는 것으로 판단하여 제외하였으며, 2400bps, 4800bps, 9600bps를 대상으로 실험을 하였다.

<표 7>은 교통신호제어기에서 올려준 운영된 신호주기와 센터에서 예측한 신호주기와의 차이를 비교한 결과를 보여주고 있다. 실제 시스템에서는 예측된 편차만큼을 보정하여 신호주기길이 계획을 수정한다. 예를 들면 2초의 주기 편차가 발생한다면 다음 주기 때는 원래 주기길이보다 2초가 짧아진 주기 길이로 계획을 세워 연동시점을 맞추려고 시도한다. 이 시도는 주기편차가 0으로 수렴될 때까지 계속된다. 지연이 생기는 이유는 통신지연에 의해 정확한 주기시작시점이 동기 되지 못해서이다.

실험 결과 시도된 미만의 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.

<표 7> 통신속도별 주기 편차 측정 결과

<Table 7> Cycle length error by communication speed

(단위 : 초)							
주기 속도	주기						평균
	1	2	3	4	5	6	
2400bps	3	2	3	2	3	2	2.5
4800bps	1	2	1	1	2	1	1.3
9600bps	1	0	0	1	0	0	0.3

그러나 이 값이 지속적으로 차이가 나타난다면 항상 신호계획과 운영결과 사이에 시간오차가 발생하고 있다는 의미이며, 요구되는 주기길이가 지연되어 늘려 운영되고 있음을 의미한다. 이는 결국 모든 주기에서 연동시간과 신호시간의 길이가 계획과 일치되게 운영되지 못한다는 것을 의미한다. 즉 작지만 일정한 양의 시간 오차가 회복되지 못하고 계속되면 새로운 주기길이라도 항상 그 차이가 고려되어 계획이 작성되기 때문에 운영의 혼란이 야기되고 운영이 정확하지 않게 된다.[9]

V. 결 론

연구결과 기존 연구의 NTCIP규약이 4800bps 이상을 요구하였던데 반해 DATEX-ASN규격은 9600bps 이상의 통신성능을 요구하는 것으로 나타났다. 이런 결과를 감안할 때 향후 국내에 DATEX-ASN 규격을 중앙장치와 교통신호제어기간 규격으로 도입하기 위해서 요구되는 COSMOS 제어시스템의 보완 내용이 다음과 같이 도출되었다.

첫 번째, 신호제어시스템 통신 설비의 용량 증대가 요구된다. COSMOS의 통신용량은 NTCIP의 경우 4800bps 이상, DATEX를 적용하는 경우 9600bps 이상의 중속도 이상의 통신성능이 보장되어야 할 것으로 나타났으며 신호시스템 통신망 변화가 필요하다.

두 번째, 정보교환 메커니즘의 변화가 요구된다. DATEX의 Heart-bit PDU를 활성화하여 COSMOS의 송수신 방법을 이벤트 기반 방식으로 전환해야 한다. 이는 DATEX 보완방안에서 제시한 이벤트 지향 정보 공개(Event driven publication)방식을 사용해서 신호제어를 하기 위해 필요하다. 현재 COSMOS는 초단위로 신호제어기의 상황정보를 수집하고 있는데, 이 수집과정의 목적이 바로 연결성을 확보하고 장애 발생을 감지하는데 있기 때문에 정보내용이 변하지 않았어도 1초단위로 계속 트래픽이 발생하는 문제점이 있다.[10] 따라서 초 단위 상황정보 수집을 Heart-bit PDU로 대체하고 이벤트기

반의 정보공개방식을 사용하면 50% 이상의 통신부하를 감소할 수 있다.

한편 도입을 위해 또 하나 요구되는 것은 국내 도입 과정에서 규격의 호환성을 해치지 않는 범위 내에서 DATEX-ASN의 일부 교환규칙을 보완해서 적용해야 할 것으로 보인다. 신호시스템과 같은 제어장치는 센터의 서버 급 장치들과는 달리 많은 횟수의 통신을 수행하면 많은 자원의 소모가 발생한다. 이런 이유로 제어장치들은 보다 빠르고 정확하면서도 통신횟수가 많지 않도록 통신체계를 설계하는 것이 일반화되어 있다. DATEX-ASN규격은 센터와 센터 간 통신을 목적으로 설계되어 있어 제어장치용으로는 적합하지 않은데, 바로 매우 많은 패킷 교환을 수반한다는 약점이 있기 때문이다. 정확하게 절차를 분석해 보면 DATA 교환 절차는 한 번의 정보 교환에 무려 5번의 패킷 교환이 수행된다. 그 순서를 나열해 보면 ①Subscription PDU 요청 → ② accept PDU 응답 → ③Publication PDU 전송 → ④ accept PDU 응답 ⑤ Transfer-done PDU 전송과 같다. 여기에 파일형태의 전송이면 별도의 FTP(File Transfer Protocol)를 이용한 데이터 교환 과정이 추가되고, 별도의 세션 연결을 유지하기 위한 Heart-beat PDU가 양방향에 더해지게 되면 10번 이상의 패킷 교환을 거쳐야 정보전송이 완료되는 구조이다. 이런 구조는 제어장치에 적절하지 않다. 따라서 다음과 같은 통신 수 저감방안이 요구된다.

통신 수 저감 방안으로는 먼저 세션 연결 절차의 간소화 방안이 있다. 세션을 형성하고 로그인 절차를 밟는 것은 센터와 센터 간 시스템의 통신 보안을 위한 대응 성격이 강하다. 그러나 현장장치들은 정해진 물리적 라인을 이용해서만 접근이 가능한 경우가 대부분이므로 이 부분을 생략 가능하도록 하여 빠른 데이터전송이 시작되도록 하여야 한다.

다음 방법으로 accept/reject PDU 발생을 가급적 억제하는 방안이 있다. DATEX는 Subscription(구독 등록)된 정보형식을 미리 등록된 요청주기별로 Publication(정보 공개)하도록 되어 있어 현재 운영 중인 신호제어시스템보다 단순해지긴 하였으나

Subscription 및 Publication과정마다 첨부되는 accept 또는 reject응답은 현장제어장치에 적용하기에는 다소 부담스러운 면이 있다. 따라서 제어장치용으로 적용할 수 있도록 현장장치에 사용할 때는 공개정보의 보증방법(datexPublish-Guaranted-bool)을 false로 강제 지정하는 방법이 필요하다. 이 방안은 수정된 방법으로 작성된 현장장치가 수정되지 않는 센터에 접근하더라도 정보가 유효하면 accept 또는 reject PDU패킷 발생을 억제하게 될 것이므로 충돌을 일으키지는 않을 것이다.

다음으로 Transfer-done PDU 억제 방안을 들 수 있다. 통신 수를 증가시키는 또 다른 요인은 Publication절차의 종료로 나타내는 Transfer-done PDU가 매 정보 공개마다 발생한다는 데 있다. 이 전송 종료 정보는 정보센터처럼 정보량이 방대하여 Publication 과정이 한 번에 완료되지 못하는 경우에 매우 필요한 존재가 될 수 있다. 그러나 한 번의 전송으로 정보공개가 완료되는 경우가 대부분인 제어장치에서는 한번의 정보에 한번의 종료메시지가 부가되는 것은 거의 2배의 통신 수 증가를 가져온다.

이 문제를 해결하는 방법으로서 Publication PDU를 한 번의 전송으로 완료되는 경우 Transfer-done PDU가 처리되지 않도록 파라미터를 지정하는 방법이 있다. 이 방법들은 국내 도입 과정에서 일정한 규칙으로 적용하여도 규격에 위배되지 않으므로 적극적으로 활용할 만하다.

결론적으로 국제규격을 적용하기 위해서는 국내의 통신환경이 중고속으로 대체되어야 하며, COSMOS의 일부 통신 메커니즘은 수정되어야 할 필요가 있다. 또한 수정되지 않은 DATEX는 현장장치를 제어하는 데는 다소 무리가 있는 것으로 나타났다. 또한 보완 적용이 요구된다.

문헌조사에서와 같이 이전 연구와 더불어 현재까지 NTCIP와 DATEX-ASN 등 유력한 교통신호제어시스템용 국제 통신규약에 대한 국내 적용성 연구가

이루어졌으며, 그 장단점도 어느 정도 드러나고 있다. 국제규격의 추이에 따라 적극적인 도입노력이 필요하며, 향후 연구과제로서 물리적 매체의 특성과 관련하여 신호제어시스템 통신 기반시설에 대한 경제성 연구가 이루어져서 과도한 시설투자보다 합리적 통신시설 투자가 유도될 수 있어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 고광용, 이승환, 정준하, 안계형, “교통신호제어시스템 NTCIP 통신규약 적용성 실험 연구,” *대한교통학회지*, 제24권 제5호, pp.29-31, 2006. 10
- [2] ISO/TC204/WG9-Japan, *On consideration about the communication protocol between center and roadside to be used in Japan*, p. 5, May 2002.
- [3] AASHTO/ITE/NEMA, *TS 3.2-1996 - National Transportation Communication for ITS (NTCIP) Simple Transportation Management Framework Draft Version*, standard reference, Jan. 1998.
- [4] NEMA, *NEMA Standards Publication TS 2-2003, Traffic Controller Assemblies with NTCIP Requirements*, standard reference, May 2003.
- [5] AASHTO/ITE/NEMA, *The National Transportation Communication for ITS Protocol Guide draft version 02.05*, standard reference, July 1999.
- [6] 건설교통부, *기본교통정보 교환 기술기준 IV (안)*, pp. 4-12, 2007. 9.
- [7] 산자부 기술표준원, *교통정보 및 제어시스템 - ITS를 위한 센터간 데이터 인터페이스-제2부: DATEX-ASN(KS X ISO/DIS 14827-2)*, p. 16, 2002. 7.
- [8] <http://lionet.info/asn1c/man-asn1c.html> (온라인 ASN.1 컴파일러)
- [9] 서울지방경찰청, *첨단교통신호제어시스템 표준화 제정*, pp. 256~258, 1996. 12.
- [10] 경찰청, *교통신호제어기 표준 규격서*, pp. 135~137, 2004. 4.

저자소개



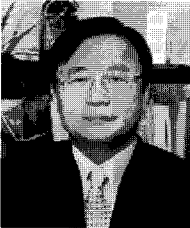
고 광 용 (Ko, Kwang-Yong)

2007년 8월 : 아주대학교 교통공학박사(교통공학전공)

1998년 2월 : 홍익대학교 교통공학석사 (교통공학전공)

1996년 7월 ~ 도로교통안전관리공단 선임연구원

1994년 2월 : 홍익대학교 도시공학과 졸업



이 승 환 (Lee, Seung-Hwan)

1979년 ~ 현재 : 아주대학교 환경건설교통공학부 교수

1985년 1월 : Polytechnic Institute of New York, U.S.A. 교통공학박사

1975년 5월 : Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand 교통공학석사

1967년 2월 : 서울대학교 공과대학 토목공학과 졸업