

## 터널운영시스템 표준화 연구

김태형<sup>†</sup>, 김진<sup>\*</sup>, 금재성<sup>\*\*</sup>, 태재호<sup>\*\*</sup>, 김선홍<sup>\*\*</sup>, 홍대희<sup>\*\*\*</sup>

한국건설기술연구원, <sup>\*</sup>나라콘트롤, <sup>\*\*</sup>u-FRA I&C, <sup>\*\*\*</sup>고려대학교

### A Study on the Standardization of Operation System for Road Tunnels

Taehyung Kim<sup>†</sup>, Jin Kim<sup>\*</sup>, Jaesung Keum<sup>\*\*</sup>, Jaeho Tae<sup>\*\*</sup>, Sunhong Kim<sup>\*\*</sup>, Daehie Hong<sup>\*\*\*</sup>

<sup>†</sup> Fire & Engineering Service Research Dept., KICT, GyeongGi 411-712, Korea

<sup>\*</sup>Research Center, Nara Controls Inc, Seoul 135-100, Korea

<sup>\*\*</sup>Research Institute of Information Technology, u-FRA I&C Inc, Seoul 153-768, Korea

<sup>\*\*\*</sup>Department of Mechanical Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

**ABSTRACT** : Since tunnel construction order was placed one by one, various sensors and actuators installed at the RTU and higher level system in each tunnel maintenance office had their own protocols depending on construction company. The TGMS testbed established on the extended region of Yong-dong Highway, for example, did not have consistent protocol between each automation levels and management levels without considering the functions and/or roles of each level. The management sever in each tunnel was simply networked to the TGMS server. Therefore, it is impossible to implement a new control algorithm as well as to integrate each other since each tunnel was constructed by different company. So, if the construction company is out of business, there is no way to maintain the corresponding tunnel effectively.

In order to solve this problem, all the necessary standard protocols was established between automation level and management levels. These interface standards provide the clear classification between individual tunnel system and tunnel management system. So, even if construction company is different, its effect is minimized, so that it is expected to successfully establish PC based TGMS.

**Key words:** 터널관리시스템(TGMS), 터널운영(operation of tunnel), 시스템 표준화(standardization of system), 표준 프로토콜(standard protocol)

#### 1. 서론

터널관리시스템(이하 TGMS)은 모든 터널의 설비 및 시설물에 대하여 안정적이면서 효율적인 감시/제어가 가능하여야 하고 제어목표인 원활한 교통소통과 이용자의 안전 도모를 위하여 각각의

설비들을 유기적으로 연동 운영하여 신속, 정확하게 대응할 수 있어야 한다.

따라서 터널운영시스템의 효율적인 구축을 위해서는 자료, 공정, 환경, 연동에 대한 전산 시스템 부분의 표준화가 요구되며, 이를 위해 본 연구에서는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 자료, 공정, 구조, 인터페이스 부분의 4가지 표준화 구축 대상에 외부로부터 시스템 자체의 안전성을 유지하기 위한 보안 방안을 추가 보완하여 제시하였다.

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-31-369-0504; fax: +82-31-369-0540

E-mail address: thkim@kict.re.kr

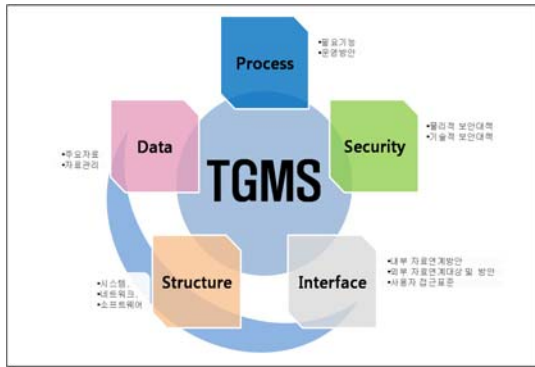


Fig. 1. Standardization for operation system in TGMS

## 2. 시스템 구조

### 2.1 구성

#### 1) 서버기능의 통합

현 개별터널 관리시스템은 제어 대상물의 특성에 따른 설비 구성과 각 설비의 책임 관리를 용이하게 하기 위하여 각 서버별로 기능을 독립 구성하는 서버방식으로 구성되어 있다.

본 연구에서는 기존 서버방식의 이점을 살리면서도, 문제점을 개선하기 위하여 각 기능별 서버 중 관련이 있거나 기능적으로 유사한 부분을 결합하여 Table 1과 같이 서버를 구성하였다.

Table 1. Structure of servers in TGMS

| 현행     | 개선 구성  | 위치       |
|--------|--------|----------|
| 전력     | 전력     | 센터, 개별터널 |
| 조명     |        |          |
| 환기     | 환기     | 센터, 개별터널 |
| 기상     |        |          |
| 융설     |        |          |
| 교통관리   | 교통관리   | 센터, 개별터널 |
| CCTV영상 | CCTV영상 | 센터, 개별터널 |
| 방재     | 방재     | 센터, 개별터널 |
| 방범     |        |          |
| 방송     | 방송     | 센터       |
| 시설관리   | 시설관리   | 센터       |

#### 2) 시스템

통합관리계층은 다수의 터널에 대한 감시기능

을 주목적으로 하고 있으며, 무인 개별터널에 대하여는 제어/계측/감시 기능을 모두 수행한다. 터널통합관리계층의 각 서버의 유형을 데이터베이스서버, 기능별 서버, 보안 서버로 분류하여 Fig. 2와 같이 구성하였다.

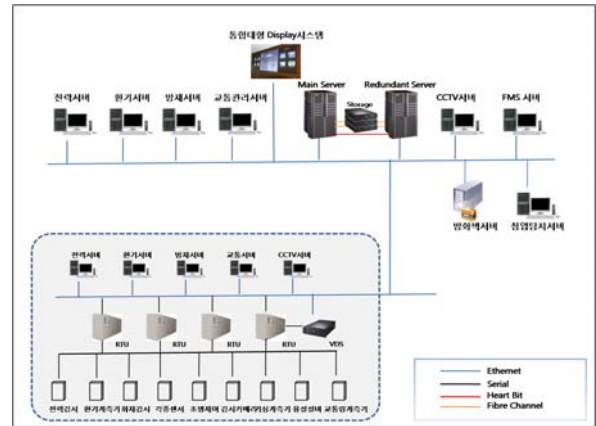


Fig. 2. Schematic diagram for TGMS servers

개별터널시스템을 구성하는 현장계층, 자동화 계층 및 관리계층은 기존의 시스템과 동일하지만 자동화계층과 관리계층 사이의 표준화를 위하여 입력신호 및 구동신호들에 대한 각각의 address와 신호의 종류 그리고 ID를 지정하는 방법을 따르도록 함으로써 자동화계층을 구성하는 RTU가 PLC나 DDC에 관계없이 통합을 이룰 수 있도록 하였다.

### 2.2 네트워크

TGMS의 네트워크 구조는 Fig. 3과 같이 통합 센터를 중심으로 광케이블망을 통하여 개별터널과 통합센터를 연결하도록 구성하였다.

통합관리센터의 네트워크 구축에 따른 보안을 위하여 광케이블 망을 이용한 backbone 장비로부터 통신센터로 들어오는 최상단에 방화벽을 두어 안전한 보안망을 구성하였다. 기본적으로 각 서버간의 통신은 TCP/IP로 이루어지며, 통합관리계층 및 개별터널관리계층과 자동화 계층 사이의 통신은 운영자 설정에 의해 PLC와 DDC 모두를 지원할 수 있도록 BACnet, 또는 Modbus 프로토콜을 이용한다.

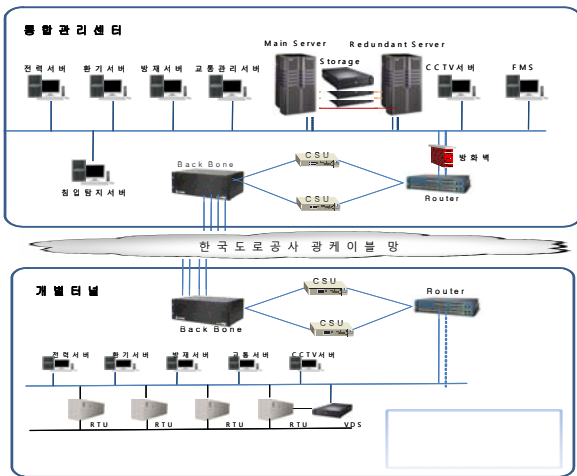


Fig. 3. Network of TGMS

### 2.3 소프트웨어

환기서버, 방재서버 등의 기능별 서버는 개별 터널을 관리하는 관리계층과 여러 터널을 관리하는 통합관리계층에 구성되나, 자료량과 기능 용량의 차이가 있는 반면에 동작되는 주요 기능은 대동소이하여 Fig. 4에 나타낸 것과 같은 소프트웨어 구조를 구성하였다.

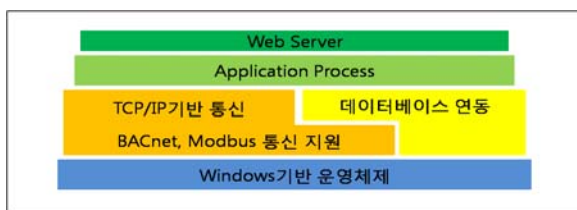


Fig. 4. Structure of software in TGMS

현재 시중에서 사용되고 있는 대부분의 운영체제는 기본적으로 서버에서 필요한 기능들을 제공하고 있으나 기능별 서버는 운영자가 조작 및 감시를 하는 기능으로 MMI를 기반으로 한 운영자 편의성이 중요하므로 보다 친숙한 윈도우즈 계열의 운영체제를 사용하도록 하였다.

앞에서 정의된 기능별 서버는 분산된 구조로 독립적인 기능 수행을 목적으로 하지만 운영자 입장에서 보면 분산된 기능별 서버로 인하여 원하는 기능을 수행하기 위해 관련 기능서버로 물리적인 이동이 요구되며, 또한 담당운영자의 부

재 등으로 인한 원격 제어를 수행해야할 경우가 발생하기도 한다. 이를 보완하기 위해 서버 프로그램을 설치하지 않고도 원격지에서 접근, 제어가 가능하도록 web 지원 시스템을 추가하였다.

### 3. 프로세스

터널 관리의 주요 관점은 터널 내 설치된 설비에 대한 감시/제어이므로 프로세스별 세부기능 정립은 터널에 설치된 설비를 기능중심 기준으로 Table 1.에서 정의한 서버별로 분류하여 제시하였다.

또한 터널운영시스템에는 4개 계층 모두가 제어기능을 가지고 있어 각 계층이 제어명령을 실행할 수 있으므로 제어명령이 동시에 실행될 경우 어느 것을 우선해야 될 것인지 순위를 정하는 것이 중요하며, 다음과 같이 정의하였다.

- 순위 1. 자동, 수동제어 모드 중에서 수동모드가 우선한다.
- 순위 2. 상, 하위에서 자동제어와 수동제어 모드가 복합되면 수동모드가 우선한다.
- 순위 3. 상, 하위 동일하게 수동제어 모드인 경우 하위 관리계층 모드가 우선한다.
- 순위 4. 상, 하위 동일하게 자동제어 모드인 경우 관리계층이 우선한다.
- 순위 5. 비상제어는 관리계층, 통합관리계층 중 유고발생을 확인한 계층이 우선한다.
- 순위 6. 자동제어 모드 중 해당 시스템에 이상이 발생할 경우 차 순위가 우선한다.

프로세스는 각자 독자적인 프로그램에 의한 제어를 하면서, 관련 설비의 특정 제어에 대하여 상황에 따라 자동으로 동작되는 연관관계를 가지며, 프로세스 제어에 대한 기본 규칙은 다음과 같다.

- 설비분류의 구분이 다른 프로세스는 어느 한 쪽의 프로세스 이상에 대하여 동일한 영향을 받으면 안된다.
- 설비별 프로세스는 제어권 우선순위에 따른다.
- 설비별 프로세스는 상호 연관관계를 가지고

있으며, 요청과 응답에 의해서 처리된다.

- 프로세스 연동 시 한 프로세스에 이상이 발생하더라도, 이로 인해 다른 프로세스가 영향을 받지 않아야 한다.

#### 4. 인터페이스

인터페이스는 시스템을 구성하는 각 계층을 연결하기 위한 내부 인터페이스와 외부시스템과 연결하기 위한 외부 인터페이스로 나누어진다. 내부 인터페이스는 TGMS를 구성하는 4개 계층 간의 인터페이스이며, 외부 인터페이스는 TGMS와 교통관리시스템 간의 인터페이스 등이 있다.

통합관리계층과 개별터널 관리계층 인터페이스는 통합관리서버와 개별터널 관리서버의 연결로 구성되며, 교환되는 데이터는 터널 설비의 제어, 운영 및 가동상태, 관계권한 데이터 등이 있다. 개별 터널에서 발생하는 환기, 기상, 교통량 데이터는 개별 터널에서 원본 데이터를 관리하며, 주기적으로 관리자가 백업하여 통합관리서버에 보관한다.

개별 터널 관리계층과 자동화계층 인터페이스는 개별터널 관리서버와 RTU 사이의 연결로 구성되며, 교환되는 데이터는 터널 설비의 제어, 감지내역, 가동상태 등이 있다. 터널관리 자동화를 위한 관제점 및 제어신호는 터널 표준신호 분류체계에서 정의한 터널 설비분류 및 설비별 시그널을 준수하여 개별터널 관리계층과 자동화계층 사이에 데이터를 교환하여야 한다.

TGMS와의 외부 인터페이스는 TCP/IP 기반의 연계대상 시스템별 데이터 송수신 규칙을 정의하여 구축한다. 외부시스템과 인터페이스할 경우 설비 및 제어신호에 대한 체계는 터널의 표준신호 분류체계에 따르며, 세부적인 데이터 송수신 규칙은 연계 시스템의 특성에 따라 별도로 정의하여 구축한다.

TGMS와 교통관리시스템사이에 교환되는 데이터는 교통량 정보 및 CCTV 영상과 VMS, LCS, 비상방송 설비에 대한 메시지 표출 요청 등에 대해 정의하였다.

통합센터의 운영자는 다수의 터널을 관리하고 있으므로 통합화면은 다음의 Fig. 5와 같은 접근

구조를 가지도록 하였다.

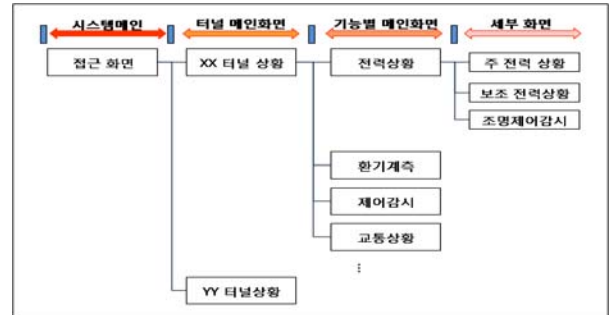


Fig. 5 Framework for display

#### 5. 데이터베이스

통합운영시스템의 데이터는 주로 터널 내 설치된 설비로부터 발생하는 데이터와 이를 이용하여 운영 관리를 수행하는 데이터로 구성되어 있으며 이를 구성 데이터, 계측/제어 데이터, 운영 데이터로 구분하였다.

설비로부터 발생된 계측자료에 대한 구조를 Fig. 6에 나타냈으며, 여기에서 ‘터널정보’는 터널의 명칭, 위치 등 터널 고유의 정보를 의미하고, ‘설비정보’는 설치된 설비의 정보, ‘설비내역’은 설비위치, 주요기준 데이터 등에 대한 정보이다.

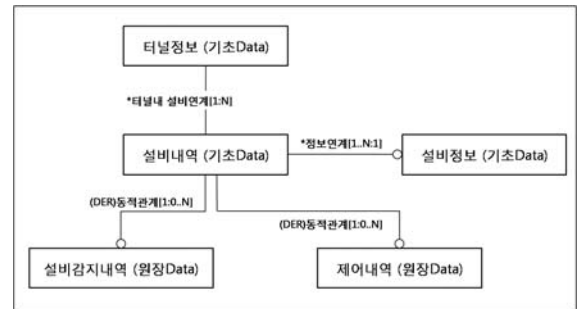


Fig. 6 Sensing data structure

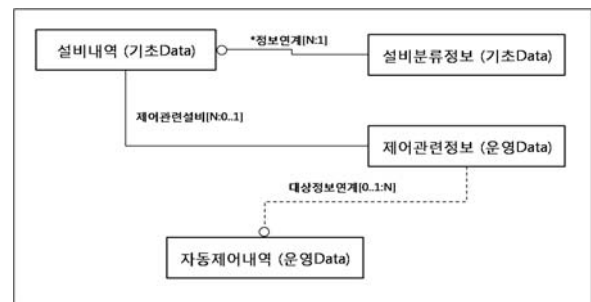


Fig. 7 Control data structure

기본적으로 통합센터에서는 각 해당 설비내역을 제공하는 기초 데이터를 바탕으로 각 설비의 감지내역과 제어내역을 동적으로 운영하게 된다. Fig. 7은 알고리즘에 의한 자동제어를 개념적으로 도식화한 구조이다.

TGMS에서는 다수의 터널을 통합 관리하므로 신뢰성 있는 자료의 관리가 필요하다.

따라서 보관 자료의 안정성 및 유효성을 위하여 Fig. 8에 나타난 바와 같이 통합관리센터에 DBMS를 구성하여 운영하도록 하며, 각각의 기능별 서버는 이러한 데이터베이스 서버에 네트워크로 연결되어 있고, 관련 자료의 이용 및 등록은 데이터베이스 서버에 접속하여 이루어진다.

DBMS는 메인서버와 예비서버로 운용하며, 평시 주 서버의 DBMS를 이용한 자료 관리서버로 운영하다가, 메인서버에 장애가 발생하여 정상적인 작동이 불가능한 경우, 예비서버가 이를 감지하여 자동으로 비상 운영을 개시한다. 양쪽의 DBMS는 하드웨어적으로 이중화된 한 개 이상의 디스크 스토리지(disk storage)를 공유하여, 자료의 일관성과 안전성을 유지하도록 한다.

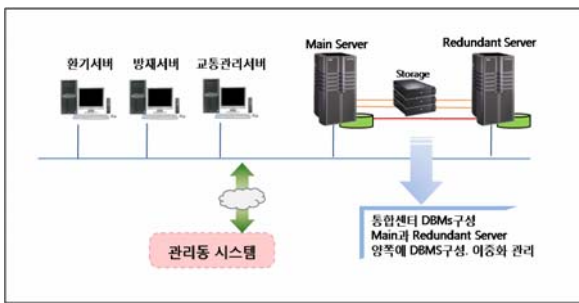


Fig. 8 DB servers in TGMS center

### 6. 보안시스템

통합시스템 보안은 TGMS의 안정적 운영과 기밀성, 무결성, 가용성을 보장하기 위한 것으로, 운영과정에서 발생할 수 있는 내외부적인 위험요소들에 적절하게 대응하기 위한 제반 사항을 정의한다. 보안체계는 Fig. 9에 나타난 것과 같이 관리적 보안, 물리적 보안, 기술적 보안 영역으로 분류되며, 관리적 보안은 정보보호 활동에 대해 정책, 표준, 지침, 절차를 정의하고 이를 실행·감

독하는 관리 활동차원의 보안을 의미한다. 물리적 보안은 정보센터의 시설물과 설비에 대한 출입통제, 시설환경, 보호, 감시체계 등 물리적인 대상에 대한 보안을 의미하며, 기술적 보안은 서버, 응용프로그램, 데이터베이스, 네트워크 등 정보시스템 구성요소에 대한 보안을 의미한다.

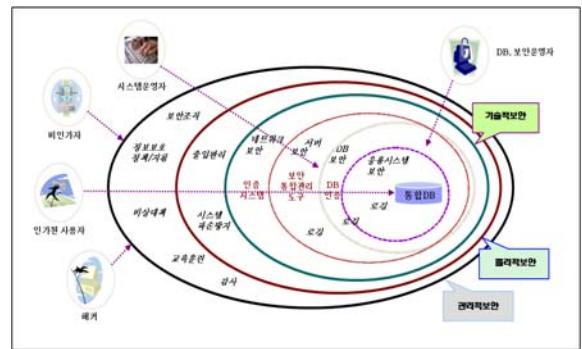


Fig. 9 Security system for TGMS

### 7. 맺음말

본 연구는 터널 통합운영시스템의 효율적인 구축을 위하여 운영시스템을 각 계층별 및 기능별로 표준화할 목적으로 수행된 내용 가운데 일부를 발췌한 내용이다. 따라서 본 논문의 내용만으로는 일부 부족한 부분이 있으나 도출된 표준화안은 향후 TGMS 구축에 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

### 후 기

이 논문은 산학연 공동연구개발사업 지하공간 환경개선 및 방재기술 연구과제('05~'08) 터널운영시스템개발연구 결과의 일부입니다.

### 참고문헌

1. 김태형 외 6, "TGMS를 위한 터널설비의 신호 체계 연구", 대한설비공학회 2006 동계학술발표대회 논문집
2. 건설교통부, "터널운영시스템 개발(4차년도 최종 보고서)", 한국건설기술연구원, 2007.
3. 김태형, 김진, "설비공사의 자동제어 표준화 연구", 2007 대한설비공학회 자동제어부문 강연회