

IT융합기술을 활용한 실시간 설비진단 및 복합정보 관리시스템 설계

강 문 식*

Design of a Real-Time Facility Diagnosis & Complex Data Management System Using IT Convergence Technology

Moon-Sik Kang *

요 약

최근 IT 기술의 급속한 발전으로 시설물의 설비진단과 관련된 융합 기술의 발전이 가속화되어 가고 있으며, 설계에서 유지, 보수 단계에 이르는 모든 관련 정보를 효율적으로 처리하고 관리할 수 있는 기법에 대한 연구가 요구되고 있다. 본 논문에서는 IT융합기술을 기반으로 설비 진단 및 시설물에 대한 복합정보를 효율적으로 처리하는 처리기법을 제안하고 실시간 복합정보 관리시스템을 설계하였다. 제안된 시스템의 성능을 평가하기 위해 특정 시설물을 대상으로 실시간 관리시스템을 설계하였으며, 결과를 분석하여 제안된 기법의 성능이 우수함을 입증하였다.

▶ Keywords : 설비진단, 복합정보 관리시스템, 부하균형서버, 실시간 처리

Abstract

With the rapid development of IT technology, recently, the development of IT convergence technology related to the facility diagnosis is prevalent, and the study for the efficient integrated management scheme is required to handle all relevant information, from the design to the maintenance, including the stage of repair. In this paper, an efficient scheme to process the complex data for the facility and its diagnosis is proposed based on IT convergence technique and the real-time complex data management is designed. In order to evaluate the performance of the proposed system, the real-time management system is designed for a particular facility, and the comparative results show the good performance of the proposed system.

▶ Keywords : Facility Diagnosis, Complex Data Management System, Load-balancing Server, Real-time Processing

•제1저자 : 강문식

•투고일 : 2014. 4. 8, 심사일 : 2014. 4. 29, 게재확정일 : 2014. 5. 9.

* 강릉원주대학교 전자공학과(Dept.of Electronic Engineering, GangneungWonju National University)

I. 서론

최근 IT융합기술은 단순 기기간의 융합에서 벗어나 이 기간 타 산업 분야와의 접목이 활발하게 이루어지고 있다 [1,2]. 의료, 건설, 자동차, 조선, 국방, 산업현장 등 다양한 산업과 IT기술이 융합함으로써 새로운 수요가 창출되고 기술 발전이 급속하게 진행되고 있으며 [3], 특히 건설 IT 분야는 기획, 설계, 시공, 공정관리, 지능형 고객 서비스 등이 포함된 기술, 소재, 서비스 및 인력 등과 관련된 융,복합 산업으로 상호 융합을 통해 고도의 경쟁력을 지닌 신성장, 고 부가가치 산업으로 더욱 부각되고 있다 [4,5,6]. 오늘날 구조물은 복잡화, 고층화, 대형화, 지능화, 에너지 효율화 등이 요구되고 있으며, 이에 따라 구조물 내의 다양한 정보의 수집과 관리를 필요로 한다. 무엇보다 구조물내의 정보를 수집하기 위한 시스템 구축이 요구되고, 정보관리시스템의 확장이 용이하여야 하며, 목적에 적합한 정보수집용 센서와 데이터 처리 및 제어 장치 등을 갖추어야 한다 [7].

따라서 본 연구에서는 IT융합기술 중 센서 기술과 정보처리 기술 등을 기반으로 하고 구조물의 설비에 대한 계측과 진단, 냉난방 제어장치, 방법, 방재, 공조, 조명, 승강기 감시, 주차관제, 원격점검, 통신 등 소프트웨어 기술을 포함하여 IT 융합 시설물의 설비계측 및 복합정보에 대한 통합관리 기법에 관한 연구를 수행하였으며, 그 결과 고효율 실시간 설비진단 및 통합 관리시스템을 설계하였고 그 성능을 입증하였다. 본 논문에서는 IT융합기술을 기반으로 하여 설비 진단 및 복합 정보를 효율적으로 처리하고 관리하는 복합정보 관리기법에 대하여 기술한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 이어지는 2장에서 설비진단 및 실시간 통합관리기법의 관련 연구에 대하여 기술한다. 3장에서는 복합정보 관리시스템의 구조 및 동작 그리고 설계 기법에 대하여 설명하고, 시스템 설계 및 성능평가 결과를 기술한다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

1. 설비 진단 및 복합정보 처리기법

고층화된 대형구조물 등 사회기반시설들은 안전이 최우선적으로 고려되어야 하며, 재난에 대비하면서 에너지의 효율적 설계와 함께 정확한 시공과 함께 편리성과 안전성이 보장되어야 한다. 이처럼 복잡화, 대형화, 고층화되는 시설물의 상태

를 육안으로 상시 감시하기에는 많은 어려움이 따르며, 주관적인 판단기준이 다르기 때문에 점검결과가 객관적이지 못하다는 문제점이 있다 [2]. 따라서 대형화된 시설물의 상태를 정확하게 진단하고 감시하기 위해서는 정보의 실시간 수집과 정보의 분석 및 경향관리 등을 통해 시설물의 상태를 신속하게 파악하는 것이 중요하다 [8]. 이런 이유로 시설물의 진단 및 정보 분석을 위해 IT융합기술은 필수적이라고 하겠다 [9].

본 연구에서는 IT융합기술 중 센서기술과 유무선 데이터통신 기술을 사용하여 시설물의 진단 및 상시 감시, 정보의 분석 및 판단 결과를 제어하는 복합정보 처리기술에 초점을 두고 복합정보 관리시스템을 설계하였다.

2. 실시간 통합관리를 위한 센서기술

센서기술은 시설물의 상태를 감지하여 정보를 수집하는 기술로, 기능별로 구성이 가능하다. 수집된 데이터는 데이터베이스로 저장하여 자료를 공유하도록 설계하였다. 상시 감시를 필요로 하는 정보를 주기적으로 샘플링하여 기준 값을 정하고, 데이터를 획득하여 기준 값을 넘게 되면 경보를 발생시킨다. 경보 발생시 센서를 활성화시켜 시간 영역별로 구분된 데이터(cyclic data, hourly data, daily data, weekly data, monthly data)를 데이터베이스 정보로 저장, 관리한다. [그림 1]은 온도센서에 대한 경향관리 결과를 나타낸 예이며, 이는 시설물의 진단과 관리에 매우 유용하게 활용된다.

공조관리시스템에서는 온도, 습도, 산소, 이산화탄소, 일산화탄소, 가스, 미세먼지 센서 등에 대한 제어를 수행하고, 지역 스테이션(local station)에서는 냉방장치, 난방장치, 가습발생기, 제습기, 환기 등을 제어하여 쾌적한 환경을 제공한다. 주차관제, 출입관리, 엘리베이터 감시 및 방범 시스템에서는 RFID, 광센서, 근접센서, 초전센서, CCTV카메라, 차량번호인식 등이 있고, 도어개폐, 차단기 개폐, 음성서비스, 경보발생, 주차상태표시를 제공한다. 이처럼 지역 스테이션은 센서로부터 데이터를 수집하여 각각의 서버로 데이터를 전송하고, 수집된 데이터를 비교, 분석하여 장비를 제어하게 된다. 본 연구에서는 이를 위해 윈도우(window) 환경으로 각 서버와 데이터 통신을 수행하도록 하였고, RS-232C, 485, 지그비(zigbee), 블루투스(bluetooth) 장치와 데이터교환이 가능하도록 설계하였다. 이는 A/D 변환기(converter), I/O 멀티플렉서, 아날로그 및 디지털 입출력 (Digital In, Analog In, Digital Out, Analog Out)이 가능하도록 구성된다. 마스터 서버에서 지정된 센서정보 요구시 즉시 응답하고, 또한 주기적으로 데이터를 획득하여 지정된 서버에 데이터를 전송한다.

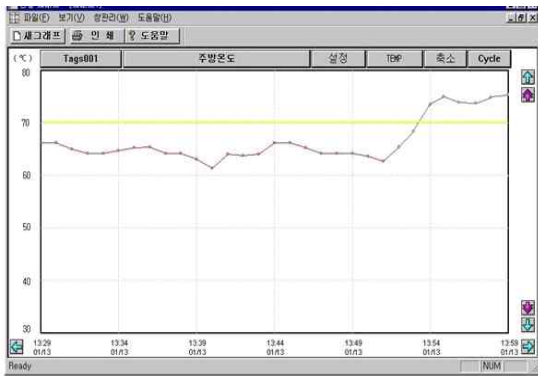


그림 1. 온도센서의 경향관리
Fig. 1. Trend management of temperature sensor

III. 복합정보 관리시스템 설계

1. 제안된 관리시스템의 구조와 동작

본 연구에서는 분산 서버기술을 활용하여 융합기술을 기반으로 하는 복합정보 관리시스템을 설계하였다. 이는 시설물 진단에 필요한 복합정보를 효율적으로 처리하며 통합관리가 가능한 시스템으로, [그림 2]와 같이 구성된다. 두 대의 부하균형 서버(load balancing sever)를 사용하여 주 역할과 대기(standby)의 역할을 수행하도록 구성하였으며, 마스터 서버가 부하균형을 담당한다. 만일 장애를 일으키면 대기서버가 부하균형을 담당하게 되고, 이후에 마스터서버가 복구되면 대기서버는 다시 대기상태로 되돌아 가도록 함으로써 안정적인 시스템이 된다. 마스터 서버는 클라이언트가 요청하면 언제든지 다수의 서버로 분산시켜 응답하도록 하였다. 또한 제안된 시스템은 시설물 정보를 실시간 관리하는 전용서버(dedicated server)와 변화된 데이터를 관리하는 이벤트서버(event server), CCTV 및 승강기 등을 관리하는 감시서버(monitoring server), 조명 시스템, 전력시스템, 공조시스템을 담당하는 설비서버(facility server), 그리고 전체적으로 관리하는 주 서버(main server) 등으로 구성된다. 주 서버 및 보조 서버에서는 시설물에 대한 정보를 분리하여 구성하고, 통합 관리시스템에서는 GUI(graphical user interface) 및 MMI(man-machine interface)를 통해 시설물의 상황을 정확하게 판단하여 사용자에게 정보를 제공한다.

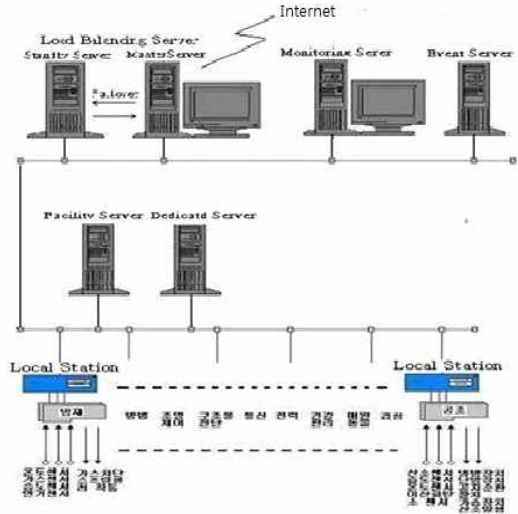


그림 2. 제안된 시설물 진단 및 통합관리 시스템
Fig. 2. The proposed facility integrated management system

2. 주 서버의 통합관리 구조 및 설계

[그림 3]은 주 서버의 시설물 복합정보 관리구조를 나타낸 것이다. 주 서버는 상시 감시 중 경보 발생시 해당 호실을 선택하여 [그림 4]에 보이는 것과 같은 상세정보를 파악할 수 있도록 하였으며, 경보 발생시 해당 정보를 선택하면 [그림 5]에 나타난 것과 같은 층별, 호실별 상세정보 및 건축물 정보에 대한 배치도 등을 제공하여 시간 및 장소 등의 정보를 제공하여 원인분석 및 조치를 취할 수 있도록 설계하였다.



그림 3. 주 서버의 통합관리 구조
Fig. 3. The integrated management structure of main server



그림 4. 해당호 실별 상세정보관리
 Fig. 4. The detailed data management per room

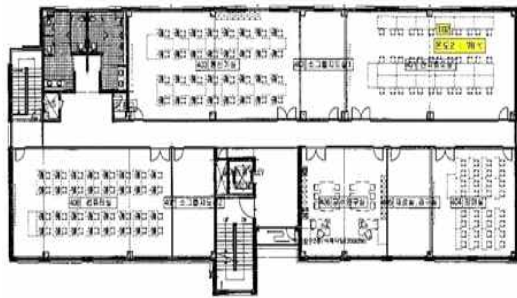


그림 5. 해당호 시설물 정보 배치도
 Fig. 5. Facility plot plan per room

IV. 구현 및 성능분석

1. 진단 및 복합정보 관리시스템 구현

제안된 시스템의 성능을 평가하기 위해 LNG(Liquid Natural Gas: 액화천연가스) 저장설비 시설물을 대상으로 복합정보 관리시스템을 구현하였다. 제안된 관리시스템은 시공 중의 시공 관리 및 안전성 확보를 위한 "시공 진단 및 정보처리 부분"과 완공 후 태풍, 지진 등과 같은 재해에 의한 공용 안전성 확보, 저장 설비의 유지 및 관리를 위한 "통합관리 처리부분"으로 구분하여 구성하였다. 유지 및 통합관리 부분은 저장 시설 완공 직후 실시되는 초기치 계측 작업에 의하여 획득된 초기치 데이터를 기반으로 향후 지속적인 저장 시설의 거동 상태를 상시 감시하여, 유지 관리를 위한 데이터 획득 및 경보 동작을 하도록 설계하였다. 가스 관련 사고는 크나큰 재정적 손실은 물론 인명의 피해가 기타 분야의 사고 보다 무

척 크다는 점에서 충분한 안전성 검토가 확보되어야 한다.

따라서 LNG 저장 시설의 관련 설계도서에 대한 면밀한 검토를 통하여 설계에 대한 신뢰성을 확보하고, 시공 중 발생할 수 있는 다양한 문제점에 대처하기 위하여 면밀한 품질관리와 시공후 시설물의 운영시 안전도 확보를 위한 체계적이고 종합적인 통합관리가 가능하도록 설계하였다.

[그림 6]은 시설물의 탱크 (tank) 중심으로부터 방위각 위치에 따른 계측대상 슬러리 내벽(slurry wall)의 위치를 나타내는데, 슬러리 내벽은 철근망에 센서를 부착하여 지하굴착 지점에 콘크리트를 넣어 양성된 상태이다.

계측진단은 시공 중의 정밀 시공, 안전관리 및 품질관리와 유지 관리의 효율성과 안전성을 보장하기 위하여 사용된다. 이는 목적에 따라 시공 중 계측 및 정보처리, 그리고 유지관리 및 통합정보관리부분으로 구분된다. 시공 중 계측은 측량기에만 의존하여 수행되어 왔으나, 미세한 변형이나 측정 불가능한 온도, 하중, 응력 등의 물리량의 변화를 측량기로 측정하기에는 어려움이 있다. 최근에는 정밀을 유지하여야 하는 공정의 진행상황을 한 장소에서 종합적으로 관리하고, 공사 현장 주변 구조물의 안전 감시, 가시설의 안전관리 및 수화열로 인한 인장 균열의 방지 등 품질관리를 위한 계측 및 정보처리 기법이 점차 활발하게 사용되고 있다.

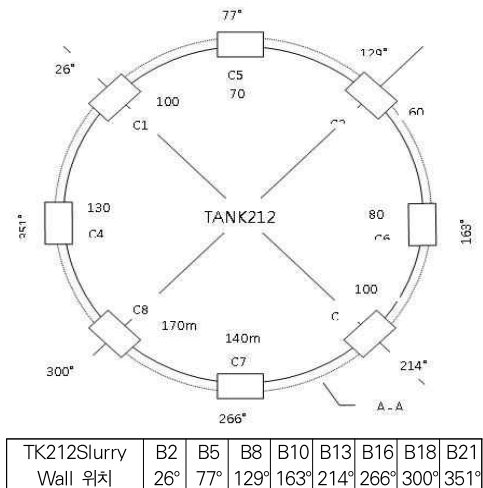


그림 6. LNG 저장시설 탱크내 슬러리 내벽의 위치
 Fig. 6. The location of the inner wall of the slurry LNG in storage tank facility

유지관리 중의 직접적인 위험을 예지하여 경보를 발생하며, 안전 진단에서 객관적이고 정량적인 평가 자료로서 계측이 적극 활용되고 있다. 이러한 움직임은 프로세서와 소프트웨어의 발전에 따라 내장된 계측 장치에 의하여 시설물의 상태를 측정하여 보수의 필요성을 알리고 장래의 사용 가능 연한을 예측하게 하여 안전도의 증진과 유지비의 절감을 도모할 수 있는 “Smart LNG 탱크 감시 (monitoring)”의 개념으로 발전하고 있다.

본 연구에서는 시설물의 유지 관리를 효율적으로 하기 위하여 각 탱크별 특성과 상태에 적합하도록 각각의 계측 및 진단시스템을 설계하였고, 다음과 같은 사항들을 고려하여 실시간 복합정보관리시스템을 구현하였다. 전반적 계측 방법과 안전에 결정적 요인이 되는 부재의 국부적 계측 방법에 의하여 탱크의 전반적 안전 상태를 파악하므로 계측기의 수량이 소수이며 정상, 주의 및 위험의 상태가 명확하게 판단되어야 한다.

각 탱크별로 관리실에서 전반적인 상태뿐 아니라 각각의 센서마다 현재 및 일정 기간 동안의 이력을 쉽게 알 수 있도록 하였으며, 각 지역 단체내의 모든 탱크 전체 상황을 중앙의 한 장소에서 통합적 관리가 가능하도록 구성하였다. 내구성이 우수한 계측기기를 사용하여 사용 중의 고장 수리 및 유지 관리를 최소화 시키고, 탱크의 상태에 따라 센서 수량을 증가 시키거나 새로운 항목의 센서를 설치할 수 있도록 계측시스템의 확장이 가능하도록 하였다. [표 1]은 유지 관리 계측 항목과 이에 적합한 계측방법 및 계측기를 나타내고, [표 2]에서 유지관리(maintenance)를 위한 센서의 수량 및 설치 위치를 나타내었다.

표 1. 유지관리 계측 항목
Table 1. Measurement items for maintenance

유지 관리 계측		
계측 항목	계측 목적	계측 방법 및 센서
응력 변화 (Stress Change)	Slurry wall의 Stress 측정	Rebar Stress meter
변화율 측정 (Strain Change)	Steel roof, Anchor의 Strain 측정	Strain Gauge
변위 측정 (Displacement)	Vertical and Relative displacement 측정	Displacement Transducer
압력 변화 (Pressure Change)	간극 수압 측정	Pressure Transducer
온도 변화 (Thermal Change)	Tank 온도 변화 측정	Thermometer

표 2. 유지 관리 센서 수량 및 설치 위치
Table 2. The location and quantity of the sensors for maintenance

계측 종류	계측 항목	센서	설치위치	수량	측정 방법	채널
정적 계측	철근변위	Rebar Stress meter	Slurry wall, 구조물	232	자동 계측	232
	콘크리트 변위	Concrete Strain gauge	"	104		104
	지붕변위	Strain gauge	Steel roof	22		22
	토압	Total Pressure cell	Slurry wall	64		64
	수압	Pore water pressure cell	"	46		46
	수평변위	Displacement transducer	Slurry wall, Structure	28		28
	수직변위	Vertical transducer	"	2		2
	온도	Thermometer	"	196		196
	경사	Tiltmeter	Slurry wall	16		16
계						708

2. 관리시스템 운영 알고리즘

복합정보 관리시스템의 기본 구성은 실시간자료 획득, 정적자료 획득 및 화면출력 기능을 지원하며, 또한 센서별로 개별적 자료 획득 및 분석이 가능하도록 구성하였다. 설계된 시스템운영 알고리즘을 요약하여 [그림 7]에 나타내었다. 윈도우 환경을 기반으로 그래픽 MMI (Man-Machine Interface)를 적용하였으며, 정적자료의 획득 및 분석 기능과 센서의 개별적 자료 획득 및 저장, 통합관리 기능을 갖도록 구현하였다. 정적자료의 획득 및 분석 기능은 정적 신호처리 장치에서 추출한 계측 파일을 출력, 분석하기 위한 것으로 정적센서에만 적용된다.

3. 설비진단 결과 및 비교분석

3.1 TK-212 B16 슬러리 내벽 토압센서로부터 진단 결과 토압센서를 콘크리트에 매설 또는 표면에 부착하여 토압에 의한 슬러리 내벽 변형률을 실시간으로 측정하였으며, 이렇게 측정된 값은 토압에 의한 응력변화를 전기 저항 값으로 측정하여 압력으로 환산한 값이다. 지표 레벨(earth level:EL)

에 따라 토압에 의한 응력값을 산출하였으며, [그림 8]은 정상적인 동작을 보여준다.

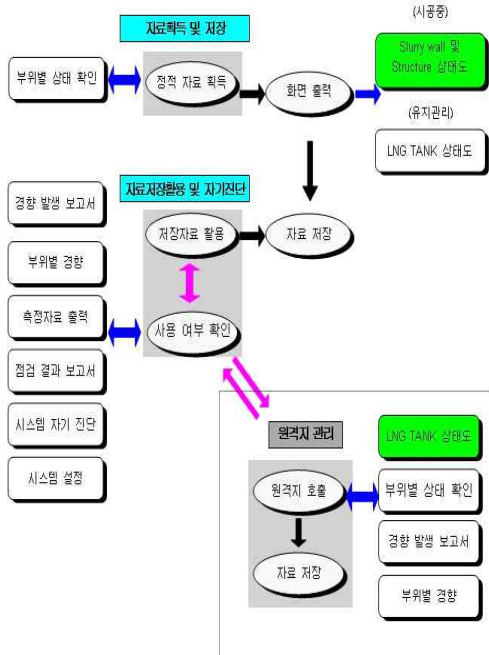


그림 7. 시스템 운영 알고리즘
Fig. 7. System operation algorithm

표 3. 수압센서 측정부위별 지표 레벨값 (1)
Table 3. Earth level of measuring site-specific water pressure sensor (1)

TK-212			
	No	Tag No.	EL.
B16	31	TK212-C-T089	6.650
	32	TK212-C-T090	-9.000
	33	TK212-C-T091	-24.000
	34	TK212-C-T092	-39.000
	35	TK212-C-T093	-50.000

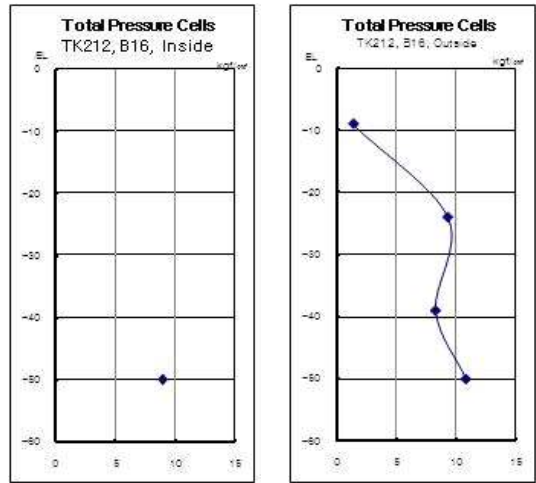


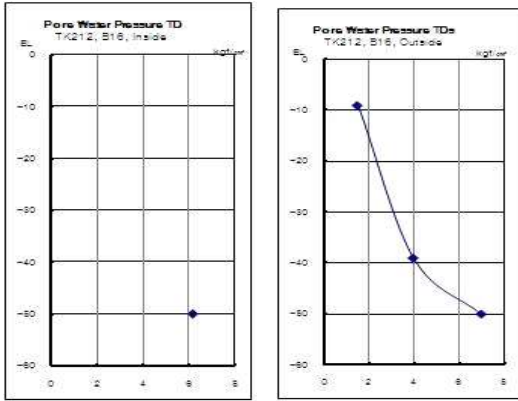
그림 8. TK212 B16 압력센서 (내부/외부)의 응력값
Fig. 8. Stress values of TK212 B16 pressure sensor (inside/outside)

3.2 TK-212 B16 슬러리 내벽 수압센서로부터 진단 결과

수압센서의 응력은 지표 레벨(Earth Level:EL)에 따라 다르다. 슬러리 내벽의 수압센서에 응력 변화가 감지되었을 경우, 슬러리 내벽 균열 등으로 인한 누수현상을 파악하여 구조물을 진단할 수 있다. 측정결과 값으로부터 정상적인 수치가 [그림 9]에서와 같이 확인되고, 이는 정상적인 동작이 수행됨을 보여주는 것이다.

표 4. 수압센서 측정부위별 지표 레벨값 (2)
Table 4. Earth level of measuring site-specific water pressure sensor (2)

TK-212				
	No	Tag No.	EL.	교정계수
B16	20	TK-212-C-Pc20	-50.00	0.00493
	21	TK-212-C-Pc21	-9.00	0.00473
	22	TK-212-C-Pc22	-24.00	0.00491
	23	TK-212-C-Pc23	-39.00	0.00531



(가) 내부 (나) 외부
 그림 9. TK212 B16 수압센서(내부/외부)의 응력값
 Fig. 9. Stress values of TK212 B16 water pressure sensor (inside/outside)

3.3 TK-212 B16 슬러리 내벽 온도센서로부터 진단 결과

지표 레벨에 따라 슬러리 내벽의 온도변화를 측정한다. 시공 중에 온도를 측정하여 콘크리트 양생상태를 분석하고, 유지관리시엔 온도의 변화를 계측한다. [그림 10]에 온도센서의 측정값을 나타내었으며, 이는 비정상 데이터나 오류가 없이 정상적으로 동작함을 보여준다.

표 5. 수압센서 측정부위별 지표 레벨값 (3)
 Table 5. Earth level of measuring site-specific water pressure sensor (3)

TK-212				
	No	Tag No.	EL.	교정계수
B16	9	TK-212-C-Wp09	-60.000	0.00491
	10	TK-212-C-Wp10	-9.000	0.00490
	11	TK-212-C-Wp11	-39.000	0.00499
	12	TK-212-C-Wp12	-60.000	0.00511

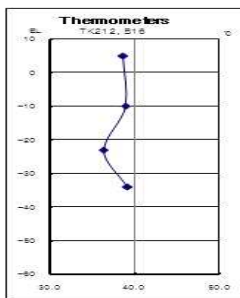


그림 10. TK212 B16 슬러리 내벽 온도센서의 측정값
 Fig. 10. Measurement values of temp. sensor in TK212 B16 inner slurry

3.4 TK-212 B16 슬러리 내벽 경사계 측정 결과

경사계 측정은 구조물의 거동을 측정하는 정적계측 방법으로 시설물의 극히 미세한 움직임을 측정하는 방법이다. TK212 B16 슬러리 내벽 수직 경사계 데이터를 일자별로 중복 관리하고, 이로부터 슬러리 내벽의 변형상태에 대한 판단이 가능하다.

3.5 기존의 방법과 성능 비교분석

이상의 결과에 따라 기존의 방법과 제안된 진단 및 관리시스템을 사용하는 경우와의 성능을 비교, 분석하여 [표. 6]에 요약하였다.

표 6. 성능 비교 결과
 Table 7. Performance comparison results

구분	항목	기존의 방법	제안된 진단 및 관리시스템사용
토압 및 수압값 측정	토압및수압 측정	계측기로 수동측정	센서사용 측정후 실시간전송
	실시간관리 및 이상여부 판단	가능하지않음	가능함
	이상경고및 제어	가능하지않음	가능함
온도값 측정	온도측정	계측기로 수동측정	온도센서사용 측정후 실시간전송
	실시간 측정 및 판단	가능하지않음	가능함
경사계 측정	정적계측	계측기로 수동측정	센서사용 실시간 계측
	실시간 이상변형상태 진단	어려움	진단및경고신호 발생

[표. 7]에서 볼 수 있는 것처럼, 기존의 방법은 계측기를 사용하여 측정값을 얻을 수 있을 뿐 실시간으로 데이터를 전송하거나, 이상여부를 판단하기에 어려움이 있다. 그러나 제안된 복합정보 관리시스템을 사용하면 센서 데이터를 실시간으로 획득하여 이상 여부를 실시간으로 진단하고 필요한 조치를 취할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 슬러리 내벽의 철근망 제작 시 측정 위치에 따라 수압센서, 토압센서, 온도센서 등 각종센서를 부착하여 계측 및 진단에 사용하였으며, 센서가 설치된 상태를 [그림 11]에서 보였다.

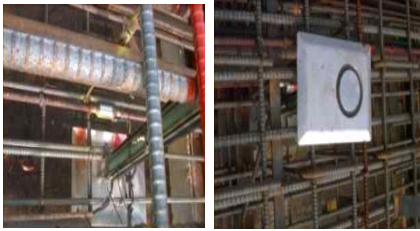


그림 11. 각종 센서의 설치 상태
 그림 11. The installation status of various sensors

V. 결론

IT융합기술을 기반으로 하는 고효율 설비진단 및 복합정보 관리 시스템은 계획 및 진단 그리고 재난재해 예방에 따른 각종 정보들을 수집하고 종합적으로 분석하여 비상시 안전한 동선에 관한 정보 등 유용한 정보를 신속하게 제공하는 것을 가능하게 한다. 본 연구에서는 IT융합기술 중 센서기술과 유무선 데이터통신 기술을 기반으로 하여 시설물에 대한 상시 감시 및 진단, 제어장치, 조명, 원격검침 등 기술과 관련하여 시설물의 설비 진단 및 실시간 복합정보 관리시스템을 설계하였다. 제안된 시스템은 시설물에서의 측정정보를 효율적으로 처리하고 이에 대한 통합적인 관리가 가능하다. 성능을 평가하기 위해 특정 시설물에 적용하여 복합정보 관리시스템을 구현하였으며, 그 결과로부터 효율적인 진단 및 통합관리가 가능함을 입증하였다. 향후, 복합 시설물과 대규모 시설물에 대한 복합정보를 실시간으로 보다 효율적으로 처리하는 향상된 통합관리기법에 대한 후속 연구가 진행될 예정이다. 이러한 IT융합기술은 고부가가치 산업을 활성화하며, 국가경쟁력 확보로 이어져 크거나 범위가 점차 대형화, 복합화, 지능화되어 가는 시설물의 진단과 복합데이터 처리에 적극적으로 활용될 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] Keongtae Kim, Wonju Hwang, "u-City/City Construction IT Convergence Service", Journal of Multimedia, Vol.13, 2009.
 [2] Hyeongseok Kim, "IT Construction Convergence Smart building Technology", 2011.
 [3] Moongu Kim, et al, "Domestic and international Trends and Direction of strengthening the

domestic industry for IT Convergence", Electronic communication trend analysis, Vol.25, No.1, 2010.

[4] Hwangsoo Jeon, "IT Construction Convergence Technology Trend", IT Soc Magazine
 [5] "IT Construction Convergence Evolution - Plant, Civil construction projects and BIM", CERIK Journal Sept. 2010.
 [6] Hyeunsun Ryu, "Market and Technology Trends and Policy Implications for IT Construction Convergence", Korean Industry Economic Analysis, 2010.
 [7] Randy Deutsch, "BIM and Integrated Design: Strategies for Architectural Practice", AIA, 2011.
 [8] Gyeongju Jang et al., "Implementation of Facility Diagnostic System Based on IT Convergence Technology", Proceedings of 2013 Winter Conference of The Korean Institute of Communication Science, Vol 50, Jan. 2013.
 [9] V.Giurgutiu, "Structural health monitoring with piezoelectric wafer active sensor", Elsevier, 2008.

저 자 소 개



강 문 식
 1985: 연세대학교 전자공학부(공학사)
 1988: 연세대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 1993: 연세대학교 대학원 전자공학과 공학박사
 1996: 펜실바니아대학교 Post-Doc
 현 재: 강릉원주대학교 전자공학과 교수
 관심분야: 차세대 융합초고속네트워크의 구조 및 최적화기법, 무선모바일네트워크의 QoS 트래픽제어 및 보안, 이동멀티미디어 트래픽모델링 및 응용
 Email : mskang@gwnu.ac.kr