

uIT 기반의 터널 안전관리 모니터링시스템 구축

김도형*

*SK C&C,

The ubiquitous information technology based tunnel safety monitoring system

Kim, Do Hyoung

SK C&C

E-mail : logixkim@skcc.com

요 약

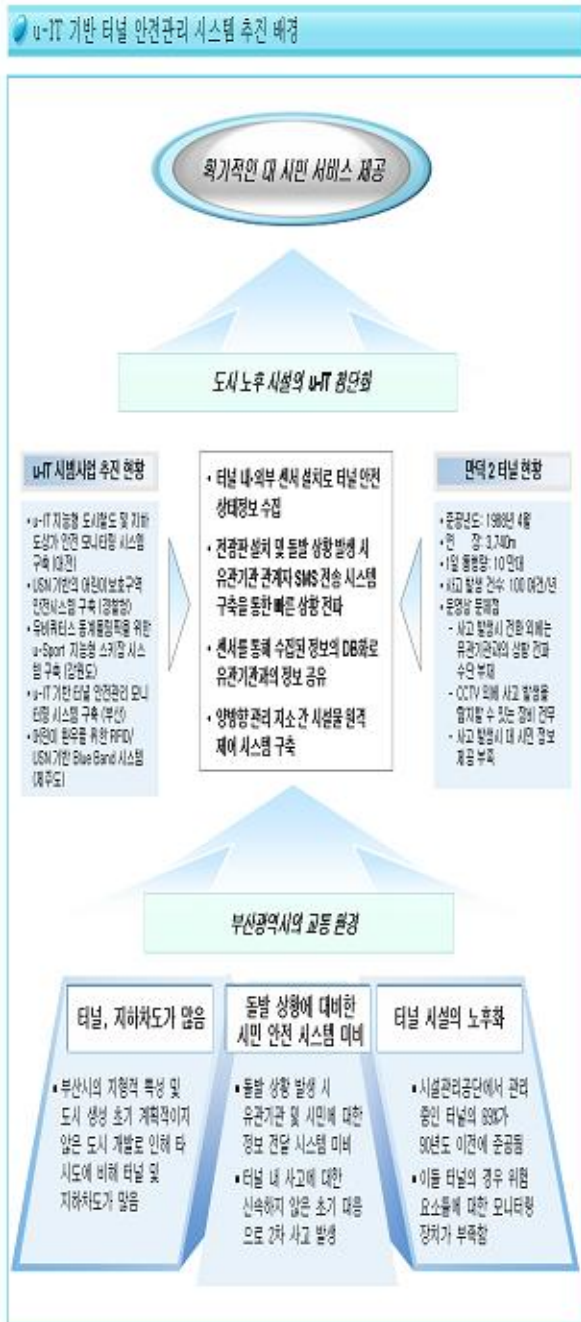
제2만덕터널은 부산시민의 생활에 반드시 필수적인 장소로 하루 10만대의 차량이 이용하는 곳이지만 터널의 노후화와 안전시설의 미비로 사고발생시 인명피해는 물론 경제적 손실 발생 가능성이 큰 터널 시설물이다. 제2만덕터널은 2005년 7월부터 2006년 9월까지 교통사고 56건, 고장사고 44건, 화재 2건, 기타 11건의 사고가 발생한 곳으로 관리사무소 전담 요원 7명이 3교대로 근무하고 있으며 CCTV 15대만으로 사고를 대비하고 있다. 터널의 중요성을 고려할 때 노후화된 터널이지만 유비쿼터스 기술 및 구조물 계측기술을 적용한 안전관리 시스템이 필요하다. 제2만덕터널은 1988년에 준공되어 현재와 같은 보다 체계적인 터널 안전 관리 기술이 적용되지 않은 터널로 USN기반 구조물, 노면, 화재, 공기, 조명센서를 이용한 실시간 모니터링과 돌발적인 교통사고 발생 시에 신속한 복구 처리를 위하여 유관기관과 연계된 긴급 지원 시스템의 구축의 좋은 모델이 될 것이다. 부산광역시에는 총 17개 터널이 있으며 그 중 11곳이 90년 이전에 구축된 것으로 본사업으로 노후화 터널의 유비쿼터스 기반의 안전관리 시스템이 개발된다면 부산을 중심으로 전국에 산재한 노후화 터널의 안전 관리 개선에 미치는 파급효과가 클 것이며 유비쿼터스 기술의 대표적 적용 사례가 될 것이다.

1. 서론

1988년에 설치되어 노후화된 만덕2터널에 USN (Ubiquitous Sensor Network) 기반의 최신 IT 기술을 적용, 터널 안전관리 정보들을 실시간으로 제공하여 대 시민 서비스를 개선하고, 노후 시설의 활용성을 제고한다. 본 시스템을 추진하게 된 배경은 부산광역시가 가지고 있는 교통환경에서 기인한다. 먼저 부산시의 지형적 특성 및 도시 생성 초기에 계획적이지 못한 도시개발로 인해 타시도에 비해 터널 및 지하차도가 많다는 특성을 가지고 있다. 그리고 돌발상황 발생시 유관기관 및 시민에 대한 정보 전파 시스템의 미비와 터널 내 사고에 대한 신속하지 않은 초기 대응으로 2차 사

고 발생 가능성을 항상 내포하고 있다. 마지막으로 현재 부산의 대부분 터널들이 노후화 되어 있다. 특히 이번 시스템 구축의 대상인 만덕터널의 경우 약 20년 이상 된 노후화 터널로 터널 자체의 안전 위험성 및 교통 및 사고에 의한 위험성을 많이 가지고 있다 이러한 상황을 위해 터널의 내외부 센서 설치로 터널 아전 상태정보를 수집하고 필요시 신속하게 전파함으로써 대형사고를 사전 예방하며, 센서로부터 수집된 정보를 DB화하여 유관기관과 정보 공유를 함으로써 안전 정보 체계를 구축한다. 이러한 제반의 시스템 구축을 통해 터널 내외부의 획기적인 대시민 서비스를 제공할 수 있도록 한다.

[그림 1. u-IT기반터널 안전관리 시스템 추진배경]



시스템 구축의 범위는 u-IT기술을 통해 부산 제2만덕터널 내·외부 안전 관련 Data 수집 및 전파, 긴급 상황 발생 시 유관기관의 신속한 대응, 터널의 상황 정보에 대한 분석과 활용 등 터널의 실시간적인 안전관리 모니터링 체계 구축 한다.

[그림 2. u-IT기반터널 안전관리 시스템구축 범위]

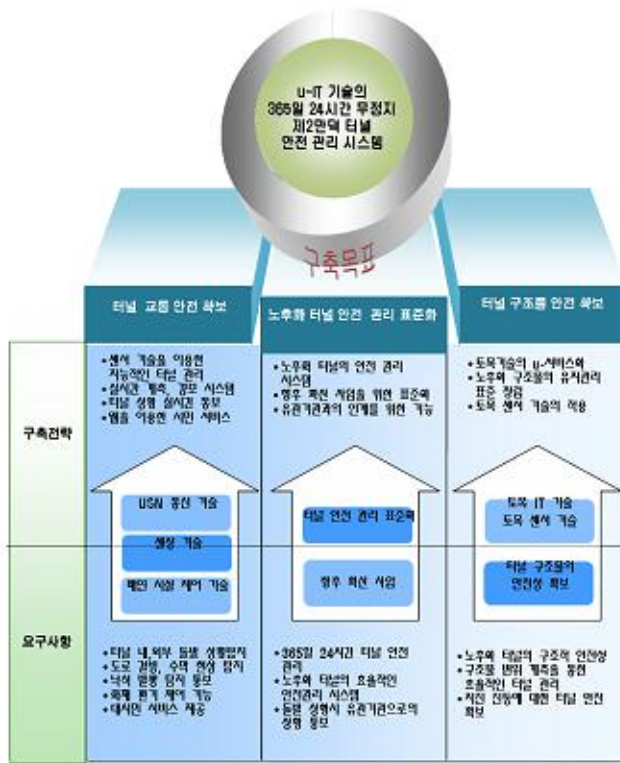
	수집	전파	대응	활용
대시민 서비스				
시스템 및 인프라				
운용				

2. 본론

2.1 시스템 구축전략

제2만덕터널의 안전관리 모니터링 시스템 구축을 위한 고객 요구 사항을 분석하고, 이를 만족시키기 위한 구축 전략으로 시민의 안전을 보장하는 터널 교통 안전 확보와 터널 구조물 안전 확보, 노후화 터널의 안전 관리 표준화를 만족하는 제2만덕터널 안전 관리 시스템을 구축하며 향후 부산의 U-City, U-방재 사업과의 연동을 고려한 u-서비스 시스템을 구축한다.

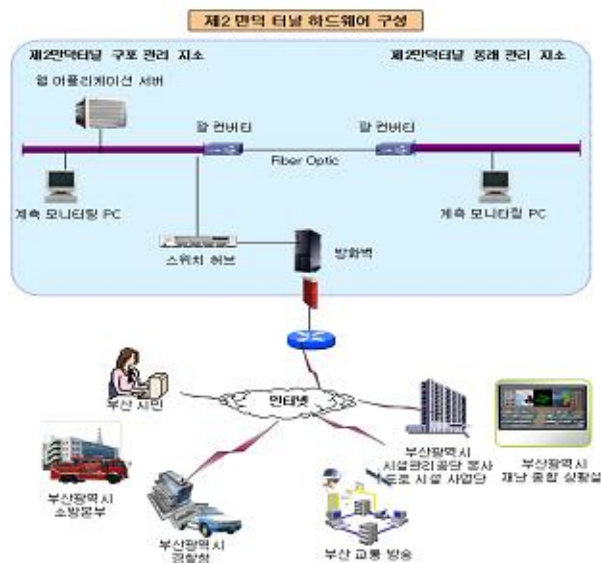
[그림 3. 시스템 구축 전략]



2.2 하드웨어 시스템 구축

현 사업 범위를 만족하는 제2만덕터널 안전 모니터링 시스템의 하드웨어는 향후 확장성을 고려한 웹서비스용 서버와, 외부 자료 교환을 위한 보안시스템 등으로 구성되며 최종적인 목표시스템을 위한 기본 인프라를 구축한다.

[그림 4. 하드웨어 구성도]



2.3 USN 및 센서 시스템 구축

유비쿼터스 기반의 토목, 환경, IT기술을 융,복합하여 자동화 설비가 갖추어지지 않은 노후화된 제2만덕 터널을 이용적 측면에서는 시민들이 안전하게 이용할 수 있는 도시 시설물로 재단장하고 관리적 측면에서는 부산광역시 시설관리공단이 효율적으로 관리 가능하도록 지능화된 u-서비스가 적용된 안전한 터널로 새롭게 만드는것에 그 목표를 둔다. 따라서 현 사업에는 다양한 분야에 적용되어 검증된 토목, 환경 센서와 센싱 기술을 적용하여 향후 확산 사업을 위하여 제2만덕터널이 u-IT 기술이 적용된 최초의 표준 모델이 될 수 있도록 최적의 센서의 선택과 적용 방법을 마련하여 본 사업을 성공적으로 구축 한다.

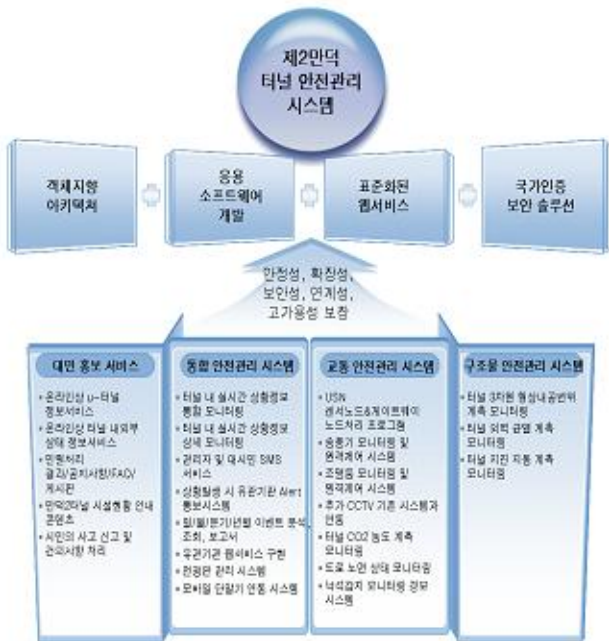
[그림 5. USN 및 센서 시스템 구성도]



2.4 응용시스템 구축

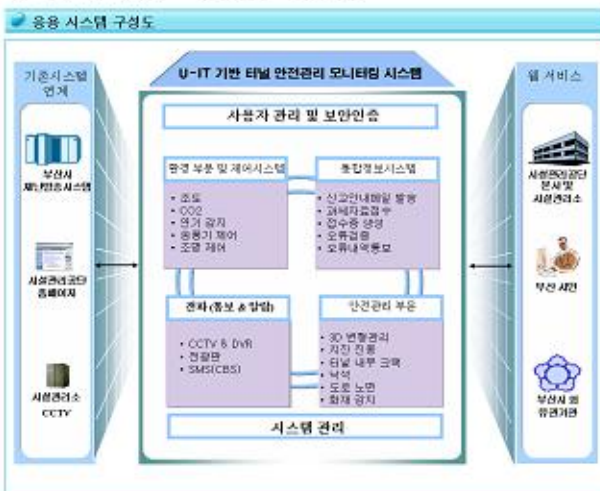
시스템 구축의 성공적 수행을 위하여 검증된 객체지향 아키텍처 위에 터널 모니터링과 제어를 위한 응용 프로그램을 개발하고 유관기관과의 연동을 위하여 보다 확장성 있는 표준화된 웹서비스를 이용하며 국가 보안 등급을 만족하는 보안 솔루션을 적용함으로써 안정성, 확장성, 보안성, 연계성, 고가용성을 보장하는 제2만덕 터널 안전 관리 시스템을 개발 구축한다.

[그림 6. 응용 시스템 구축방안]



U-IT 기반 터널 안전관리 모니터링 시스템은 터널 내부의 환경 (조도, CO2, 화재/연기 감지) 부문과 이에 따른 송풍기, 조명 자동제어 시스템 및 터널 내외부의 안전(3D 변형, 지진, 크랙, 도로 노면, 낙석) 부문 및 CCTV & DVR, 전광판 시스템, SMS, 그리고 통합정보시스템 등으로 구성되며, 이들 각 단위 시스템은 시설관리소 지소 내부 사용자를 위한 C/S 형태와 외부에 위치한 본사와 시설관리소, 그리고 부산시 외 유관기관 및 대 시민 서비스를 위한 웹 형태의 프로그램으로 구현함.

[그림 7. 응용 시스템 구성도]



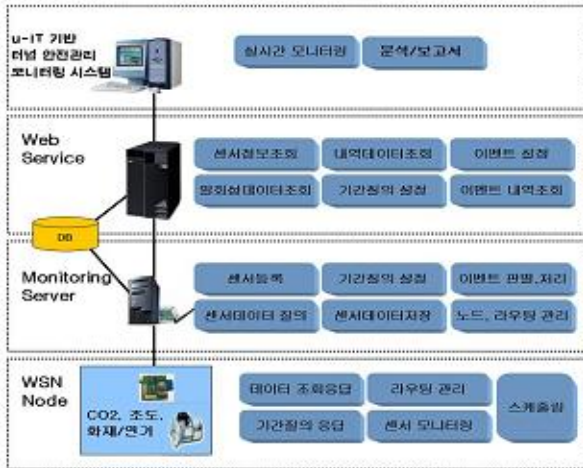
[표 1. 응용시스템 기능 구성표]

항목	기능 항목
U-지능형 제2만덕터널 대민 홍보 서비스	■온라인상 U-터널 정보서비스
	■온라인상 터널 내외부 상태 정보서비스
	■민원처리 결과/공지사항/FAQ 게시판
	■만덕2터널 시설현황 안내 콘텐츠
U-지능형 제2만덕터널 통합 안전 관리 시스템	■터널 내 실시간 상황정보 통합 모니터링
	■터널 내 실시간 상황정보 상세 모니터링
	■관리자 및 대 시민 SMS 서비스
	■상황발생 시 유관기관 Alert 통보시스템
	■일/월/분기/년별 이벤트 분석/조회/보고서
	■유관기관 웹 서비스 구현
	■전광판 관리 시스템
U-지능형 제2만덕터널 교통 안전 관리 시스템	■USN 센서노드 & 게이트웨이 노드 처리 프로그램
	■송풍기 모니터링 및 원격제어 시스템
	■조명등 모니터링 및 원격제어 시스템
	■추가 CCTV 기존 시스템과 연동
	■터널 CO2 농도 계속 모니터링
	■도로 노면 상태 모니터링
U-지능형 제2만덕터널 구조물 안전 관리 시스템	■터널 3차원 형상내공변위 계속모니터링
	■터널 외벽 균열 계속 모니터링
	■터널 지진 진동 계속 모니터링

U-IT 기반 터널 안전관리 모니터링 시스템의 주요 개발 대상은 환경 부문(조도, CO2, 연기 감지) 센싱 및 모니터링과 그에 따른 송풍기, 조명 제어 시스템, 그리고 터널 내외부의 안전관리 부문(지진 진동, 3D 구조변형, 터널 내부 크랙, 낙석, 도로 노면 등) 센싱 및 모니터링 및 상황 발생 시의 정보를 알리고 대처하기 위한 전파(통보 & 알람) 부문의 CCTV & DVR, 전광판 시스템, SMS(CBS), 끝으로 분석/보고/조회를 위한 시스템 관리 등의 통합정보시스템으로 구성함.

USN 장비와 외부 센서(조도, CO2, 연기)를 이용하여 환경 부문의 상태 모니터링 시스템의 레이아웃 소프트웨어 구성도는 다음 그림과 같다.

[그림 8. USN 레이어별 소프트웨어 구성도]



3. 결론

본 시스템을 구축함에 따라 도시 생성 초기 계획적이지 않은 도시 개발로 인하여 터널, 지하차도, 고가도로가 많은 부산시의 특징 상 안전한 도로 통행 서비스 제공을 위하여 터널의 안전 확보는 매우 중요한 사안이며, 이에 대한 대민 안전 정보체계에 대한 기반을 제공할 수 있다. 현재 90년도 이전에 건설된 부산시의 터널에 대한 안전성 확보를 위하여 u-IT 기반 기술을 접목하여 노후화된 터널을 새로히 변모 시킬 수 있는 충분한 가능성을 제시하고 있다.

3.1 업무 측면에서 운영 문제 및 개선

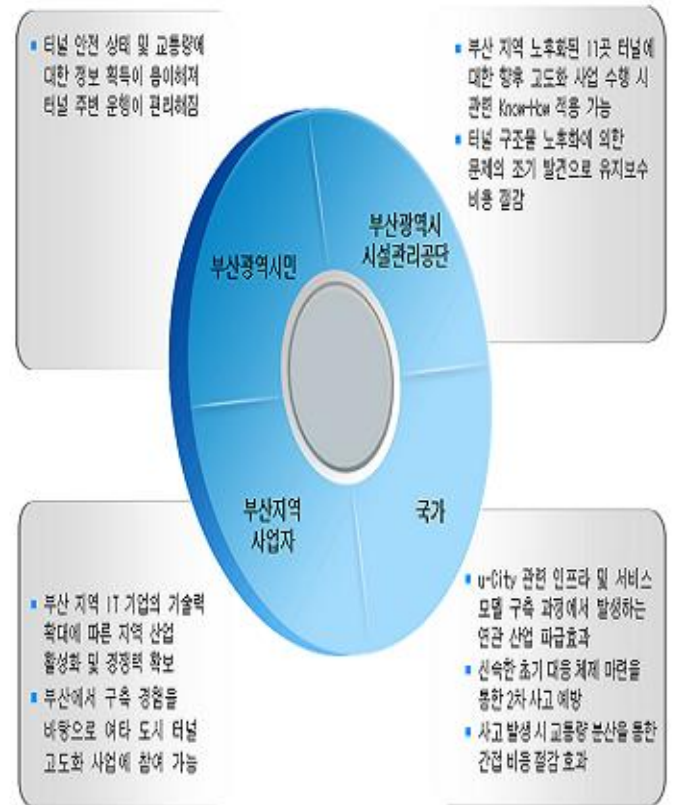
현행업무의 문제점	개선 방향	비고
CCTV만으로 터널 안전관리 불확실	① 터널내부 사고발생 시 CCTV와 연계 ② 출입구 낙석 그물망 센서와 외부 CCTV와 연계	사고발생시 경에 CCTV 방향설정
사고시 유관기관 전화통화에 따른 빠른 대응전략 부족	① 관리사무소, 경찰청, 소방본부, 교통방송 등에 실시간 상황 전파를 통한 신속한 대응 필요	담당자 SMS 통보 및 재난 문자 발송 송출
터널 사고발생시 전광판 설치가 없기 때문에 빠른 정보제공이 부족	① 전광판설치는 자체적으로 할 수 있으나 다양한 돌발 상황을 실시간으로 통행차량에 제공할 수 있는 정보들이 필요	

3.2 정보화 측면에서 운영 문제 및 개선

현행업무의 문제점	개선 방향	비고
사고발생시 유관기관과의 상황전파 방법이 전화 외에는 지원 기능이 없음	① 현재는 수기 및 전화로 연락 ② 유관기관에 현재상황의 다양한 정보들을 인터넷으로 전송하는 것은 물론 경고등 설치로 빠른 대응능력 지원 ③ 사고발생 후 필요한 정보교환 및 향후 대응전략 필요	필수 유관기관 외에 다른 기관과의 정보 공유를 위한 방안 연구가 필요
사고발생을 탐지할 수 있는 센싱 장비가 전무함	① 화재에 대비한 필수적인 센싱장비가 필요 ② 결빙, 미끄럼 방지를 위한 센싱장비 필요 ③ 환경오염 탐지를 위한 CO2 센싱 장비 필요 ④ 출입구 낙석 그물망 센서 ⑤ 지진, 충격 등에 대비한 진동, 벽면 크랙, 3차원 형상변위 탐지 센싱 장비 필요 ⑥ 터널 내 이상 판단 시 CCTV를 통한 실시간 모니터링	터널안전과 관련된 센싱 정보는 다양하기 때문에 필수적인 장비부터 설치하는 전략이 필요함
터널 내부 돌발 상황 시 터널 출입을 진행하고 있는 차량들에 대해 신속한 상황 전파 필요	① 각 터널 입구에 대형 전광판을 설치하여, 현재 터널의 상태 및 돌발 상황 발생에 대한 경보 전파	

<p>부재중인 업무 관계자에 대하여 신속히 상황을 전파할 수 있는 시스템 필요</p>	<p>① 부재 중 상태인 업무 관계자들에 긴급 상황 발생 시 SMS를 통보하여 신속한 상황 전파</p> <p>② 모바일 단말기를 통한 터널 센싱 정보 및 CCTV 동영상 실시간 원격 모니터링</p>	
<p>다양한 센싱 장비로부터 입력되는 정보를 DB화하여 향후 터널구조물 유지보수 및 유관기관과의 정보 공유방법이 없음</p>	<p>① CO2농도, 벽면 크랙, 입출구 낙석 정보들을 DB화하여 향후 유지보수에 사용할 수 있는 데이터베이스 시스템 구축이 필요</p> <p>② 터널의 센싱 정보 및 차량 유동량 등의 정보는 향후 교통량 등을 고려한 유관기관과의 정보공유를 위한 표준화 DB모델 연구가 필요</p>	
<p>터널 양방향 관리 지소 (만덕동 관리소, 온천동 관리소) 간의 시설물 원격 제어가 불가능하여 야간 근무자의 중복 투입</p>	<p>① 양방향 관리 지소 간의 송풍기, 조명 시설 원격 제어 시스템을 구축하여 필요 시 상대 관리 지소 시설물에 대한 원격 관리 제공</p>	

[그림 9. u-IT 기반터널 안전관리시스템 기대효과]



3.3 시스템 구축을 통한 기대 효과

시스템 구축을 통한 기대 효과는 u-IT 기반 터널 안전관리 모니터링 시스템 구축을 통해 부산광역시민, 부산광역시 시설관리공단, 부산지역 사업자, 국가는 각각 [그림 9]과 같은 효과를 얻을 수 있다.