

VI-GNSS 지하구조물 현장정보 네트워크 아키텍처 설계*

전흥수¹ · 장용구^{1*} · 오창균¹ · 김민관¹

Design of Network Architecture in Underground Structure Field Information Based on VI-GNSS*

Heung-Soo JEON¹ · Yong-Gu JANG^{1*} · Chang-Kyun OH¹ · Min-Koan KIM¹

요 약

최근 들어, 건설현장에서의 안전사고에 대한 예방 및 신속한 대응과 함께 현장관리의 효율화를 위해서 IT와의 통합적 활용이 요구되고, 작업자의 안전 확보와 원활한 작업지시 그리고 시공의 효율성 등을 구현하기 위한 건설현장지원시스템의 구축이 필요하다. 본 연구에서는 현재 VI-GNSS(Voice Integrated-Global Navigation Satellite System)통합기술 기반의 지하구조물 건설현장지원시스템(USFSS, Underground Structure Field Support System)구축을 위하여 시스템 간 정보 전송 및 관리를 위해 데이터 및 음성정보에 대한 정보 표준화와 네트워크 아키텍처를 설계하였다. 이를 통하여 구축된 시스템별 정보의 안정성 테스트에서 데이터 전송 안정성의 경우 지하구조물 내 작업자 및 이동차량 시스템과 현장서버시스템에서는 각각 약 98%, 현장서버시스템과 관제시스템사이의 안정성은 약 100%를 확보할 수 있었다. 또한, 음성 전송 안정성 테스트에서 FRS(Family Radio Station)무선시스템을 통한 지하구조물 건설현장과 현장 주변 현장사무소까지의 음성 전송의 경우 1km 거리 구간을 기준으로 약 99%의 신뢰성을 확보하였다.

주요어 : VI-GNSS, USFSS, 현장서버시스템, 현장정보 표준화, 네트워크 아키텍처

ABSTRACT

Recently, the integrated utilization of technology with IT is in demand for the effectiveness of field management together with the prevention and prompt action on safety accident at construction site. In addition, the establishment of construction site support system is necessary to implement the securing of worker's safety, smooth work instruction, efficiency in construction, and others. Data standardization and network architecture were designed regarding data and sound information for data transmission between systems and management. These were to construct USFSS based on integrated

2014년 10월 29일 접수 Received on October 29, 2014 / 2014년 12월 26일 수정 Revised on December 26, 2014 / 2015년 1월 5일 심사완료 Accepted on January 5, 2015

* 본 연구는 국토해양부 첨단도시개발 연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

1 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 ICT Convergence and Integration Research Division, Korea Institute of Construction Technology

※ Corresponding Author E-mail : wkddydrn@kict.re.kr

VI-GNSS technology in this research. In the stability test of data for each system constructed through it, around 98% stability was secured between workers and for transfer vehicle system within underground structure and field server system in regards to the data transmission stability, around 100% stability was secured between field server system and control system, respectively. Also, in the sound transmission stability test, around 99% reliability could be secured with 1km distance as its standard in case of sound transmission from underground structure construction site to field office near the field through wireless FRS system.

KEYWORDS : VI-GNSS, USFSS, Field Server System, Field Data Standardization, Network Architecture

서 론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 지하공간의 활용이 증가함에 따라 건설 현장에서 시공 중 작업자의 인명사고 등의 피해사례가 증가하고 있다. 그러나 현재 작업장에서는 특별한 시스템 없이 관리자의 육성이나 단방향 무전기에 의존하는 실정이다. 특히 시공 중에 발생하는 사고 발생률이 공용 중 사고 발생률 보다 높으며, 안전사고 중 작업자의 사고가 다수 발생하고 있다. 따라서 건설현장에서의 안전사고에 대한 예방 및 신속한 대응과 함께 현장관리의 효율화를 위해 IT와의 통합기술 활용이 요구되는 시점이며, 작업자의 안전 확보와 원활한 작업지시 그리고 시공의 효율성 등을 구현하기 위한 건설현장지원시스템의 구축이 필요하다.

본 연구에서는 VI-GNSS 통합기술 기반의 건설현장지원시스템을 개발하고자 한다. 시스템 각각의 정보 전송 및 관리를 하고자 데이터 및 음성정보에 대한 정보 표준화를 수행하였고, 네트워크 아키텍처는 데이터통신과 음성통신으로 나누어 설계를 하였다. 이를 통해 지하구조물 현장시스템기반의 데이터 및 음성통신 전송 데이터 표준화를 확보하고 실용화 기반을 제시하고자 한다.

2. 연구동향

먼저 정보 표준화 연구와 통신 네트워크 설계에 관한 연구 및 시스템에 대한 동향을 살펴 보았다. 먼저 정보 표준화에 관한 연구를 살펴 본 결과, Jang *et al.*(1999)은 국가 GIS 주요 정보인프라 역할을 위한 지리정보 표준(내용 및 내용분류, 기호 및 표현, 지리정보 가용성, 공간참조체계, 정확성)과 지리정보 서비스 표준(데이터 분석 및 관리, 데이터 품질관리, 데이터 표현)의 국가 GIS 표준화, Oh(2008)은 국토모니터링 시스템 연계를 위한 GIS 표준화에 관한 연구와 Lee *et al.*(2007)은 지반정보 분석 및 평가를 위한 웹기반 지리공간정보 시스템 개발, Nam *et al.*(2009)은 U-GIS 기반 도시시설물 관리 시스템에 그리드기술의 적용 연구, Seo *et al.*(2010)은 GIS 기반의 재난/재해 시스템 IT 융합 개념의 확장과 CCTV 영상 정보를 포함한 관제 시스템 설계 연구, Pyo *et al.*(2011)은 스마트, 그리드 유틸리티 네트워크 및 공장 자동화 같이 무선 환경이 취약한 현장의 Wireless HART 표준규격을 제정하는 연구를 진행하였다.

통신 네트워크 설계에 있어서는 Jang(2007)은 지반정보 DB를 건설공사의 계획 및 설계 등 실무 전반에 적극 활용, Kim *et al.*(2007)은 양 센터 네트워크 아키텍처 중심의 질의 최적화를 위한 데이터 병합의 연구, Kim *et al.*(2009)은 해상에서의 Ad-hoc를 위한 시나리오 별 Multiple Access 및 Duplex 방식을 분

석을 통한 해상 무선 통신 연구, 통합지휘무선 통신체계의 기술방식에 관한 연구로 Oh(2009)은 HSDPA, WiBro 및 Binary CDMA(Code Division Multiple Access)등 TETRA 비교 분석을 하였으며 Lee *et al.*(2010)은 재난안전 무선통신 기술 연구가 추진된 사례가 있었다.

국외에서는 DCADM(1996)에서 미국 DoD와 영국 MoD에서는 방어명령 및 군데이터 표준모델 개발에 관한 연구와 실내공간 및 군 작전의 열악한 환경에 대한 데이터 표준화 및 네트워크 아키텍처 설계에 관한 연구, Yao *et al.*(2006)은 에너지 관리를 위한 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)기반의 초집적 DMFC 개발을 위한 자료 및 전송정보에 대한 네트워크 설계에 관한 연구, US-EPA(2009)에서는 건설기술 개발 목록 작성을 위한 가이드라인 및 표준 지침서 개발에 관한 연구와 Jang *et al.*(2009)에서는 무선통신 및 위치인식 통합기술을 활용한 지하구조물 현장지원시스템 최적 요소기술에 대한 연구를 진행되었다.

국내·외 연구동향을 살펴본 결과, 일반적으로 국·내외 모두 실내공간 및 해상과 같은 통신공간이 확보된 현장에서의 데이터 표준화 및 네트워크 설계 관련 연구가 주로 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다. 이를 통해 지하구조물 건설시공현장과 같은 열악한 환경에서의 정보 전송 및 네트워크 아키텍처 설계에 관한 연구의 경우 국내·외 모두 초기단계에 있음을 파악할 수 있었다.

3. 연구방법 및 범위

본 연구에서는 지하구조물 건설시공현장 내 작업자 이동차량의 안전관리 및 작업효율을 위하여 개발하고자 하는 건설현장지원시스템 데이터의 안정성 확보를 위한 현장정보 네트워크 아키텍처를 극대화 할 수 있도록 연구범위를 설정하였다.

첫째, 데이터통신 네트워크 아키텍처 설계 시, VI-GNSS단말기(측위정보, 상태정보) 패킷 데이터를 Wi-Fi방식을 이용 현장서버시스템으

로 전송하기 위한 무선 패킷데이터 기반의 설계 및 현장서버시스템에서 패킷데이터를 인터넷을 통한 관제시스템으로의 전송을 위한 설계를 하였다. 건설현장(터널)에서의 VI-GNSS단말기정보(작업자, 이동차량) 패킷데이터 표준화 및 아키텍처 설계와 현장서버시스템에서 관제시스템으로 데이터 패킷표준화 및 아키텍처 설계를 수행하였다. 둘째, 음성통신 네트워크 아키텍처 설계 시, 무선통신 음성데이터를 현장서버시스템으로 Wi-Fi, Zigbee방식으로 전송을 위한 음성데이터 아키텍처 설계 및 현장서버시스템으로 전송된 음성데이터를 CDMA를 이용 관제시스템으로 전송을 위한 아키텍처 설계를 하였다. 건설현장에서의 음성정보(무선통신)가 현장서버시스템으로의 전송 아키텍처 설계 및 건설현장에서 음성정보가 관제시스템으로 전송 아키텍처 설계를 수행하였다. 마지막으로 현장 실험의 결과를 검증하여 활용성에 대하여 확인하고 만족하지 못하는 경우 패킷데이터의 재설계의 순으로 진행하였다. 그림 1은 본 연구의 현장데이터 전송분야 각각의 데이터 표준화 및 네트워크의 아키텍처 설계 등의 흐름을 보여주고 있다.

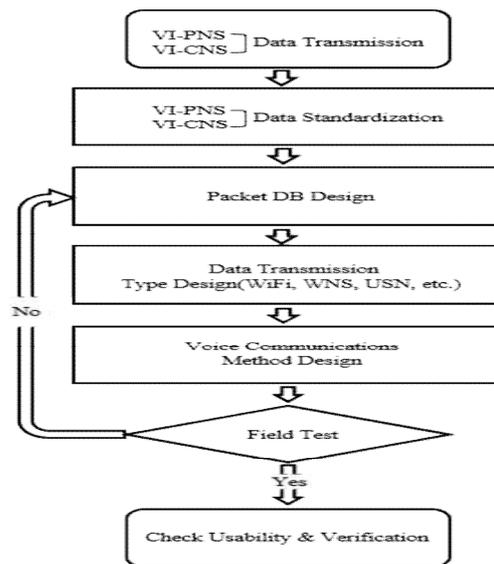


FIGURE 1. Research flow chart

현장정보 표준화 및 구성요소설계

1. 지하구조물 현장정보 표준화

지하구조물 현장정보는 현장 내 작업자 및 이동차량의 정보를 현장서버시스템이 중계하여 관제시스템에서 실시간 관제 및 대응이 가능하도록 해주는 중요한 정보이다. 즉, 데이터 및 음성통신 게이트웨이 기반의 현장서버시스템은 건설현장의 작업자·이동차량과 관제시스템 간의 원활한 데이터 및 음성 정보를 연계할 수 있도록 해주며, 작업자 및 이동차량의 3차원 위치정보, 상태정보 등의 패킷데이터 정보와 골전도 음성통신 기반의 음성데이터 정보를 중계하여 관제시스템으로 전송을 한다. 그림 2는 현장정보에서 데이터전송 폴을 거쳐 현장서버시스템으로 정보의 중계내용과 구성을 보여준다.

현장정보 전송을 위한 표준화는 데이터 전송 정보와 음성 전송정보를 나누어 연구를 수행하였다. 먼저, 작업자 및 이동차량 단말시스템과

현장서버시스템 간의 정보 표준화를 통한 표준양식을 도출하였으며, 이동차량 단말시스템과 관제시스템은 동일한 건설현장 표준정보를 일정한격으로 전송해주는 형태로 데이터 표준화를 수행하였다.

표 1과 표 2는 수행한 데이터 전송정보의 표준화 내용으로 전송하는 센서정보와 관제시스템간의 표준정의서를 보여준다. 작업자와 이동차량의 표준 정의서의 차이점은 식별정보에서 작업자의 경우 VI-PNS(Pedestrian Navigation System), 이동차량의 경우 VI-CNS(Car Navigation System)으로 구분하였으며, 상태정보에서 작업자는 움직임 상태정보를 제공하고 이동차량은 지하건설현장 내 출입여부를 판단할 수 있도록 하였다.

한편, 음성 전송정보 표준화의 경우 시그널신호를 디지털신호로 변조하여 200MHz대의 FRS무선시스템을 통한 음성정보 전송 표준화 및 테스트를 수행하였다. FRS무선통신은 현장

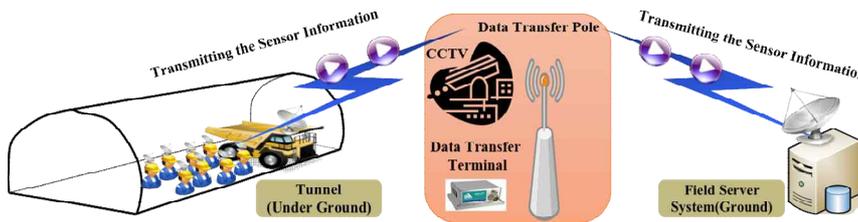


FIGURE 2. Composition of field server system contents of data relay

TABLE 1. Data transmission standard definition between worker's terminal systems

Moving car	Header	ID	Type		Coordinate			Status information			Packet
Data category	Identify unique number	Terminal unique number	Date	Time	Latitude	Longitude	Altitude	Location condition	Terminal condition	Moving vehicle condition	Check sum
Data type	char	int	double	double	double	double	float				char
Data unit	Car display	-	DDMMYY	DDMMYY	DDMMSS.SSS	DDMMSS.SSS	meter	-	-	-	cs
Data expression	VI-PNS	001	220813	111535.5	372945.123	1270439.243	27.6	3	0	1	4E
Sample data	\$VIPNS,001,220813,111535.5,372945.123,1270439.234,27.6,3,0,1*4E										

TABLE 2. Data transmission standard definition between transfer vehicle terminal systems

Moving car	Header	ID	Type		Coordinate			Status information			Packet
Data category	Identify information	Terminal unique number	Date	Time	Latitude	Longitude	Altitude	Location condition	Terminal condition	Moving vehicle condition	Check sum
Data type	char	int	double	double	double	double	float				char
Data unit	Car Display	-	DDMMYY	DDMMYY	DDMMSS.SSS	DDMMSS.SSS	meter	-	-	-	cs
Data expression	VI-CNS	002	220813	111535.5	372945.123	1270439.243	152.6	2	0	0	A1
Sample data	\$VICNS,002,220813,111535.5,372945.123,1270439.234,152.6,2,0,0*A1										

내 작업자 및 이동차량 단말시스템과 현장서버 시스템 구간에서 진행하였고 현장서버시스템과 관제시스템 사이는 인터넷 기반의 음성 전송 정보 표준화를 실시하였다.

2. 네트워크 아키텍처 설계

현장에서의 작업자 및 이동차량 단말시스템의 패킷정보는 Wi-Fi 및 2.4GHz대의 Zigbee 기반의 무선통신방식을 통하여 현장서버시스템으로 데이터가 전송되도록 하는 무선 패킷데이터 기반의 네트워크 아키텍처를 설계하였다. 현장서버시스템에서는 패킷데이터를 인터넷을 통

해 관제시스템으로의 전송되도록 유선 인터넷 기반의 네트워크 아키텍처 설계하였다. 그리고 음성데이터 네트워크 아키텍처 설계는 200MHz대의 FRS 무선통신 기반으로 지하구조물 현장 내 작업자 단말시스템과 현장 주변 현장사무소 내 현장서버시스템 사이 음성데이터가 전송될 수 있도록 무선통신 기반의 음성데이터 아키텍처를 설계 하였다. FIGURE 3은 건설현장지원시스템의 구성된 서브시스템 간의 관계 및 구성내용과 아키텍처 네트워크의 흐름을 보여주고 있다.

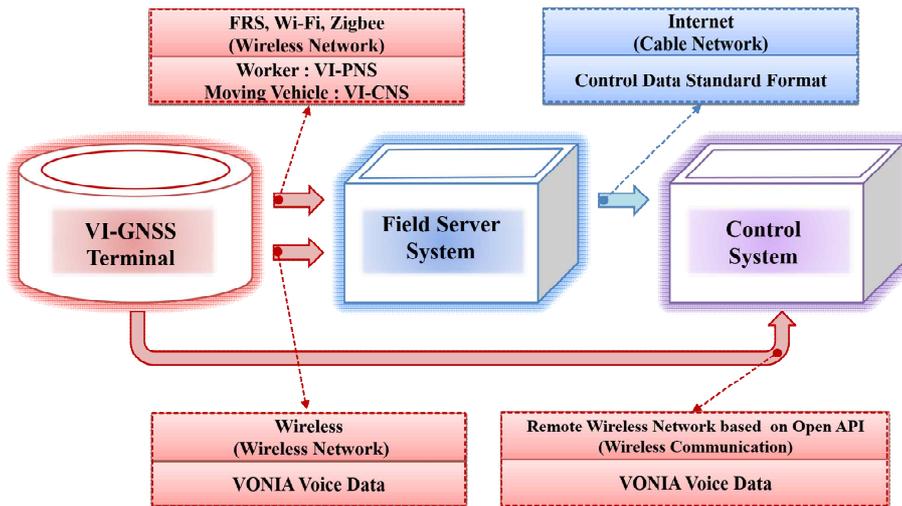


FIGURE 3. Contents of underground structure field data standardization and network architecture design between systems

현장정보 안정성 시험 및 결과

1. 현장안정성 관제시스템

앞선 연구에서 데이터 및 음성정보 데이터 표준화와 네트워크 아키텍처 설계를 통하여 작업자 및 이동차량 단말시스템, 현장서버시스템, 관제시스템을 개발하였다. 설계된 시스템 간 현장정보의 안정성 테스트를 위한 현장은 현재 시공 중인 울산-포항 간 고속도로 7공구 양남터널 사갱구간을 선정하였다. 표 3은 테스트현장정보이며 본 연구에서 사용한 하드웨어 및 네트워크 제원, 개발된 S/W를 보여준다.

그림 4는 양남터널 현장(a)과 현장에서의 작업자 및 장비의 모습(b)을 보여준다. 작업자 단말기의 경우 기존의 무선측위시스템이 아닌 GNSS와 PDR(Pedestrian Dead Reckoning)

기술을 기반으로 MEMS화한 초소형·초경량화한 보드를 사용하였다.

2. 안정성 시험 및 검토

터널 내에서 수집된 현장정보는 먼저 현장서버시스템으로 전송되며, 현장정보의 안정성 및 신뢰성 부분에서 가장 중요한 부분으로 볼 수 있다. 현장정보 관리 및 신속한 대응을 위한 관제시스템은 작업자와 작업차량을 실시간위치(3차원)로 추적이 가능하고 현장의 실시간 관리를 위한 고화질의 CCTV영상기반의 실시간 모니터링이 가능하도록 개발하였다. 또한 작업자 및 이동차량의 상태정보를 실시간으로 확인하여 문제발생시 신속한 대응이 가능하도록 관제시스템을 구축하였다. 그림 5는 본 연구에서 개발한 지하구조물 건설현장 관제시스템의 구성

TABLE 3. Test field information

Content	
Test field name	<ul style="list-style-type: none"> • Ulsan – Pohang highway construction section No. 7 (Yang–Nam tunnel, Inclined shaft section) • Tunnel length: 860m
Utilizing the H/W	<ul style="list-style-type: none"> • High resolution CCTV & 5.8GHz wireless modem is equipped with field pole: 1 EA • Developed VI–GNSS terminal(for person & car): 2 EA • CCTV storage server(NVR): 1 EA • Field server system: 1 EA • Control system: 1 EA
Developed S/W	<ul style="list-style-type: none"> • To track positions & monitoring states of person & cars: 1 Set • VI–GNSS data provides field server for relaying data & control information: 1 Set • Control S/W for real–time location & field monitoring of persons & cars: 1 Set



FIGURE 4. Construction site of Yang–nam tunnel(a) and image of conducting field data stability test(b)

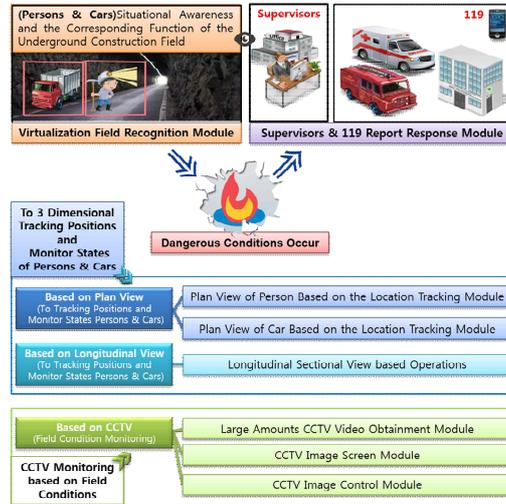


FIGURE 5. Developed underground structures construction field control system

도를 보여준다.

현장서버시스템으로 전송된 현장정보는 인터넷망을 통해 주 시공사 현장사무소 내에 설치된 관제시스템으로 전송된다. 일반적으로 현장정보는 1초 단위로 정보가 전송되나 작업자의 위치 및 상태정보의 관제는 1초 단위의 정보 관리가 의미가 적고, 다수의 작업자 및 이동차량 단말기가 접속될 경우 시스템 속도 및 저장

용량 등에 많은 문제점을 발생시킬 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 5초 단위의 현장정보만 처리·관리하도록 관제시스템 개발을 설계하였다. 즉 현장정보는 현장서버시스템 단에서 저장되도록 하고 관제시스템에서는 5초 단위의 정보만 전송·관리되도록 하였다. 그림 6은 현장관제시스템의 메인화면의 구성을 보여주고 있다.

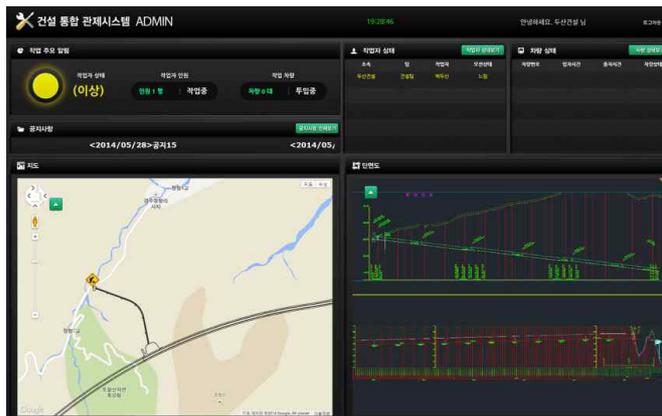


FIGURE 6. Image of receiving field data within control system and conducting stability test

현장서버시스템 단에서의 현장정보를 바탕으로 안정성 테스트는 총 2회에 걸쳐서 수행하였으며, 시스템별 현장정보 데이터 안정성 테스트 수행 결과는 표 4 와 같다.

TABLE 4. Result of field data stability test for each system

System	Transmission rate(%)		
	1st	2nd	Ave.
VI-GNSS terminal system	100	100	100
Field server system	97.10	98.40	97.8
Control system	99.98	99.91	99.9

현장정보 데이터 안정성 테스트 결과, 현장서버시스템에서는 약 98%의 데이터 안정성이 확보되는 것으로 분석되었으며, 관제시스템에서는 현장서버시스템의 정보가 거의 100% 모두 손실 없이 전송됨을 분석결과 알 수 있었다. 음성정보 데이터 안정성 테스트는 양남터널 현장에서 터널 부근 현장사무소까지의 200MHz대의 FRS무선통신 구간에 대해서만 실시하였으며, 활용한 음성통신장비는 소음이 많은 건설현장에 활용성이 높은 골전도 음성통신장비를 활용하였다. 음성정보 데이터 안정성 테스트 결과는 표 5와 같다.

TABLE 5. Result of sound data stability test for each system

System	Transmission rate(%)			Notes (SP: start point, EP: end point)
	1st	2nd	Ave.	
VI-GNSS terminal system	100	100	100	SP: terminal EP: field server system
Field server system	99.80	99.00	99	SP: field server system EP: control system

음성정보 데이터 안정성 테스트 결과, 현장서버시스템에서 약 99%의 데이터 안정성이 확보되는 것으로 분석되었다. 이를 통해 데이터 표

준 아키텍처 설계와 데이터 통신 및 음성통신의 데이터 전송률 안정성 확보가 가능하였다.

결 론

VI-GNSS단말기에서 서버시스템으로의 데이터 통신 네트워크 아키텍처 설계, 데이터 아키텍처, 음성통신에 대하여 연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

첫째, 지하구조물 현장에서 데이터 및 음성정보 데이터 전송을 위하여 최적정보 표준화를 통한 작업자 및 이동차량의 표준 전송정보 설계를 할 수 있었으며, 데이터 및 음성 데이터 전송을 위한 시스템 구간별 네트워크 최적설계가 가능하였다.

둘째, 표준데이터 및 최적 네트워크 설계 기반으로 개발된 건설현장지원시스템의 서버시스템 사이의 데이터 전송정보에 대한 안정성 테스트 수행 결과, 현장서버시스템에서는 약 98%, 관제시스템에서는 약 100%의 안정성 분석결과를 얻을 수 있어 지하구조물 건설현장에서의 시스템 활용성을 충분히 확인할 수 있었다.

셋째, 지하구조물 현장과 현장 주변 현장사무소 사이에서의 이루어진 음성 전송정보에 대한 안정성 테스트 수행에서는 약 99%의 데이터 안정성을 확보할 수 있어, 소음이 큰 지하구조물 건설현장에서의 음성정보 활용이 가능함을 알 수 있었다.

향후 지속적인 현장검증을 통한 비교·검토가 수행된다면 지하구조물 현장시스템기반의 데이터 및 음성통신 전송 데이터 표준화 확보 및 실용화가 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 첨단도시개발 연구개발사업의 연구비 지원(12첨단도시C01)에 의해 수행되었음. **KAGIS**

REFERENCES

- DCADM. 1996. Defence Command and Army Data Model Version 2.0.
- Jang, S.G. and T.H. Kim. 1999. National GIS standards: contents and future directions. Journal of the Korea Open Geographic Information Systems Research Society 1(2):99-113 (장성길, 김창호. 1999. 국가 GIS 표준의 내용과 표준화 방향. 개방형GIS연구회논문지 1(2):99-113).
- Jang Y.G., J.H. Jeong, J.W. Lee and H.S. Kim. 2009. A study on optimal technical factors of USFSS based on integrated technique of wireless communication and location awareness. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 12(4): 48-58 (장용구, 정재형, 이준우, 김현수. 2009. 무선통신 및 위치인식 통합기술을 활용한 지하구조물 현장지원시스템 최적 요소기술 연구. 한국지리정보학회지 12(4):48-58).
- Jang, Y.G., S.L. Hoon and J.H. Koo. 2007. Development of distribution system for enhancing utilization of geotechnical information DB. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 10(1):183-193 (장용구, 이상훈, 구지희. 2007. 지반정보 DB 활용향상을 위한 유통시스템 개발. 한국지리정보학회지 10(1):183-193).
- Kim, H.J., Ji, K.B., Kim, C.H., S.K. Kim and C.J. Park. 2007. Data aggregation for query optimization based on ocean sensor network architecture. Korean Institute of Information Scientists and Engineers 2007 Fall Conference 34(2): 251-220 (김혜정, 지경복, 김창화, 김상경, 박찬정. 2007. 해양 센터 네트워크 아키텍처 중심의 질의 최적화를 위한 데이터 병합 기법. 한국정보과학회 2007 추계학술발표논문집 34(2):215-220).
- Kim, Y.B., J.H. Kim, Y.B. Wang, K.H. Chang, J.W. Park and Y.K. Lim. 2009. Application scenarios of nautical ad-hoc network for maritime communication. Journal of Korean Institute of Communications and Information Science Comprehensive Academic Conference Collected Papers(summer) 2009, pp.817-820 (김영범, 김종훈, 왕우봉, 장경희, 박중원, 임용곤. 2009. 해상 무선 통신을 위한 선박용 Ad-hoc 네트워크 운용 시나리오. 한국통신학회 종합학술발표회논문집(하계) 817-820쪽).
- Lee, S.H., J.Y. Kim, K.K. Oh and W.P. Hong. 2010. Future and development of wireless communications for disaster and safety. Proceedings of the Spring Korea of Electronic Communication Sciences Conference 4(1):289-293 (이순화, 김재연, 오갑근, 홍완표. 2010. 재난안전 무선통신 기술의 발전과 미래. 한국전자통신학회 춘계학술지 4(1):289-293).
- Lee, S.H. and Y.G. Jang. 2007. Development of a web-based geospatial information system for analyzing and assessing geotechnical information. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 10(4): 142-152 (이상훈, 장용구. 2007. 지반정보 분석 및 평가를 위한 웹기반 지리공간정보 시스템 개발. 한국지리정보학회지 10(4): 142-152).
- Nam, S.G., Y.S. Oh, S.G. Ryu and H.J. Gwon. 2009. An application of GRID architecture on a part of urban facilities management based on U-GIS. Journal of

- the Korean Association of Geographic Information Studies 12(4):113-124 (남상관, 오윤석, 류승기, 권혁중. 2009. U-GIS 기반 도시시설물 관리 분야의 그리드(GRID) 아키텍처 적용 연구. 한국지리정보학회지 12(4):113-124).
- Oh, C.W. 2008. A study on GIS standardization for integration of land monitoring system. The Korean Association of Professional Geographers 42(2):177-186 (오충원. 2008. 국토모니터링 시스템 연계를 위한 GIS 표준화에 관한 연구. 국토지리학회지 42(2):177-186).
- Oh, K.K. and W.P. Hong. 2009. A study on technology method of the national command radio communication system. Proceedings of the Spring Korea of Electronic Communication Sciences Conference pp.91-100 (오갑근, 홍완표. 2009. 통합지휘무선통신체계의 기술방식에 관한 연구. 한국전자통신학회 춘계학술지 91-100쪽).
- Pyo, C.S., Jung, W.C., M.H. Kim and W.S. Oh. 2011. Development prospects and international standardization trend of RFID/USN conversions technology. The Korean Institute of Communications and Information Sciences 28(9):10-20 (표철식, 정운철, 김말희, 오세원, 박주상. 2011. RFID/USN 융합기술의 발전전망 및 국제표준화 동향. 한국통신학회지 28(9):10-20).
- Seo, T.W., Jung, D.H., M.G. Jeong and C.S. Kim. 2010. Design of cyber disaster management system using IT conversions technology. Korean Society for Internet Information Academic Conference. pp.811-815 (서태웅, 정동호, 정명균, 김창수. 2010. IT 융합 기술을 이용한 사이버 재난관제 시스템 설계. 한국인터넷정보학회 2010년도 학술발표대회자료집. 811-815쪽).
- US-EPA. 2009. Development and document for final guideline and standards for the construction & development category.
- Yao S.C., Tang X., Hsieh C.C., Alyousef Y., Vladimer M., G. Fedder and C.H. Amon. MEMS-based micro-scale DMFC development. Science Direct Energy 31(5):636-649. **KAGIS**