

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.3.145>

IIBC 2017-3-17

GNSS 기반의 정밀측위 및 미세변위 모니터링 개발

Development of Precision Positioning and Fine Displacement Monitoring Based on GNSS

연상호*

Sang - Ho Yeon *

요 약 본 논문에서는 GNSS(Global Navigation Satellite System) 기반의 건설구조물에 대한 미세한 변위를 모니터링하기 위하여 인공위성 GNSS 통신신호와 USN(Ubiquitous Sensor Network)으로 동시 측정하고 그 결과를 분석하여 새로운 정밀측위방식을 제안한 것이다. 대형 건설 구조물에 대한 안전진단과 붕괴위험으로부터 재난을 방지하기 위한 mm단위까지의 정밀측정 방법 중에서 GNSS신기술의 적용으로 그 사례와 실험을 통하여 현재 많이 사용하는 진동계를 대신할 수 있는 영구적인 GNSS 기선방식을 유도하였으며, 이를 실험으로 입증하고자 한 것이다. 그 결과 국내에서의 가상기준점(VRS)에서의 GNSS 기선방식 적용의 정밀측위와 미세변위모니터링에서의 mm급의 수평과 수직방향의 오차를 확인할 수 있었다.

Abstract In this paper, GNSS(global navigation satellite system) to monitoring the fine for the construction of structure displacement based on satellite communications signals of GNSS. At the same time on USN(ubiquitous sensor network) and proposed a new approach to precise positioning by analyzing the results. A major construction structure for the safety diagnosis and prevent disaster from the risk of collapse. Precision measurement methods to mm level GNSS in that case and experiments in the application of new technologies that can most commonly used to replace the current through the permanent. The way a GNSS baseline and tested it on to prove. As a result, at our country at precise positioning and fine displacement monitoring application virtual reference station(VRS) in a GNSS mm of a margin of error of horizontal and vertical directions can be found.

Key Words : GNSS, USN, Precision Positioning, micro deformation, VRS

1. 서 론

건설분야에서 대형구조물의 설계와 시공에서 정확한 위치결정 측량은 가장 기본적이면서 중요한 요소이다. 이를 쉽게 해결할 수 없는 다양한 방법이 지난 수년간 지속적으로 연구되어져 왔으며 사회환경의 기반시설관리와 건축물관리에서도 그 중요성이 날로 크게 증가되어

가도 있는 추세이다. 국토공간 개발계획 및 관리에서 새로운 사진측량 및 원격탐사측량을 통하여 수많은 정보의 처리방법과 그 기술이 상당한 진척을 하고 있으나 이미 건설된 대형의 건축물, 댐, 교량, 항만 고속도로 철도, 고층 아파트, 공장, 해양구조물, 지하철 등의 미세한 변위를 감지할 수 있는 초정밀 변위를 측정하거나 하자변위를 찾아내는 것은 매우 어려운 기술이다.^{[1] □ [13]} 특히 대형

*정회원, 세명대학교 토목공학과(교신저자, 주저자)
접수일자 2017년 3월 5일, 수정완료 2017년 5월 5일
게재확정일자 2017년 6월 9일

Received: 5 March, 2017 / Revised: 5 May, 2017 /

Accepted: 9 June, 2017

*Corresponding Author: yshkgi@hanmail.net

Dept. of Civil Engineering, Semyung University, Korea

구조물로 부터의 안전 및 방재를 위하여 건물의 수명에 적합한 대처방안을 수립하는데 새로운 정밀측위 기술의 활용은 많은 요구가 있으며 그 중요성이 크게 부각되고 있다. 현재 GIS 기반의 2차원적인 지도정보와 시설정보를 3차원의 지형공간으로 생성하여 재현하기 보여줄 수 있지만 시간이 지남에 따라 필연적으로 발생하는 미세변위를 찾아내는 것은 매우 어려운 기술이다. 기존의 광과기와 사진측량 방식은 정밀측위에서는 많은 한계를 가지고 있으므로, 최신의 새로운 인공위성 첨단측량기술을 이용한 공간대상물에 대한 mm정도의 정밀정확도 취득이 가능해지고 있다. 따라서 좁은 국토환경에 크고 작은 새로운 공간시설물을 정교하게 설계하고 시공하여 안전하고 튼튼한 건설구조물을 관리해야하는 건설기술은 지형공간에서 위치정보를 보다 고밀도의 정교한 GPS를 연구하여 적용되어야 할 시점에 와 있다.⁽²⁴⁾

특히 미래의 지능형 국토정보기반(GIS) 및 인공위성 GPS 측량기술은 산업전반에 확대되고 있으며, 특히 초정밀 GPS에 의한 미래측량기술을 이용하여 건설물의 미세변위를 모니터링 할 수 있는 구체적으로 연구하고 개발해야 하는 필요성을 지니고 있다. 이러한 정밀측량기술을 보유하고 있는 선진국의 대학 및 기업, 연구소와 연계하여 관련 자료조사 및 연구를 진행하여, 향후 본 대학에서의 기술교육과 연구에서의 새로운 기술을 습득하기 위한 그 해결책을 본 연구를 통하여 확보하려고 하였다. 이를 위하여 세계 최고의 초정밀 기술을 축적하고 있는 선진국의 전문가 그룹과 접촉하여 새로운 학습 및 연구의 질적 수준을 높임으로서 미래 지향적인 기술 선진국과의 공동연구를 추진할 수 있는 초석을 마련해야 할 것이다. 점차로 지구 온난화와 예측 불가능한 자연재해 증가와 노후화된 시설 구조물의 변형으로 사고위험에 점차 노출되고 있으므로 이것을 미리 사전에 대비하기 위한 다양한 방재시스템 수요가 크게 증가하고 있는 시세이다.⁽¹²⁾ 전국적으로 수천 곳에 분포되어 있는 중소형의 저수지와 수리 방재시설과 그에 따른 각종 구조물의 노후화로 매년 수리 수문 시설의 붕괴 및 철거 수준의 문제가 크게 일어나고 있어 이를 해결하기 위한 합리적 관리기법을 필요로 하고 있으며 그 중에서 우선 다양한 센서에 의한 계측방법과 정밀한 미세변위를 파악할 수 있는 GNSS 모니터링 기술이 요구되고 있는 것이다.^(3, 16) 전국적으로 도시보다는 농촌지역에 위치하고 있는 저수지는 주변의 지형변위 및 수리 시설물의 정밀한 미세 변위

를 추적하기 위하여 우선 공간적으로 참조가 가능한 모든 형태의 상세한 지도 및 위치정보를 효과적으로 수집, 저장, 갱신, 조정, 분석, 표현할 수 있는 공간정보 기반의 정밀한 GNSS(Global Navigation Satellite System)를 통합하여, 상시적으로 관측이 요구되는 시설물 주요 부위에 대한 mm급의 다양한 측위분석을 USN 환경센서정보와 결합하여 정밀한 GNSS 정보를 유기적으로 활용할 수 있도록 하고, 반영구적인 주요 시설물의 정밀한 미세변위에 대하여 효율적으로 관리가 가능하도록 하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 국내외 해외사례를 통해 GNSS 상시계측시스템의 타당성을 제시하고, 비교적 접근이 용이한 저수지를 대상으로 GNSS 기선측위가 가능하도록 수신 시스템을 설치하고 이를 무선WiFi를 이용하여 그 수신 데이터를 실시간으로 전송하게 하여 매일 매시간 저수지 및 관련 수리시설의 미세위치변위를 자동 처리하도록 하여 그 결과를 분석하여 방재할 수 있는 실시간 모니터링이 가능한 방법을 모색하였다.^(4, 18) GPS에 의한 대부분의 응용기술은 자동차 및 선박 등의 운송수단에 가장 많이 적용되고 있으며, 최근에는 모바일 통신기술과의 접목을 통하여 위치기반시스템(LBS)으로의 발전을 거듭하고 있다. 본 연구에서는 토목공사에서 중요한 부분을 차지하고 있는 지형의 토공 경사면과 저수지 및 댐, 교량구조물의 변위측정을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 새로운 GNSS를 기반으로 실시간으로 수신이 가능한 GPS 정보를 기준점과 프로그램을 이용하여 그 오차를 최소화하여 정밀한 상대위치를 산출함으로써 그 결과를 활용할 수 있도록 실측과 분석을 연구하는 것이다. 즉 지형의 경사면 및 기존 구조물의 변위가 의심되는 주요지점에 GPS장치 및 수신기를 설치하고, 인근의 지반이 안전한 곳에 기준국을 설치하여 여러 지점에서 수신되는 위치정보를 상대측위로 보정함으로써 정확한 지점의 위치정보를 연속적으로 수집하는 방식이다. 오래된 구조물이나 교량 구조물의 미세변위와 거동을 확인하기 위하여 최소 3개월에서 1년 동안을 연속적으로 관측하여 그 변위를 추적하여 처리하도록 해야 한다. 본 연구에서는 GPS의 측정기술을 통하여 정밀한 위치결정 방식과 대형 구조물의 미세변위 추적하여 모니터링할 수 있는 GNSS 시스템 개발을 연구하도록 하였다. 이를 위하여 지형공간의 초정밀 위치정보의 획득 및 필터링 기법을 연구하고 그 응용기술을 살펴봄으로서 교량, 댐, 철도 등의 대형 구조물의 안전점검과 방재에 활용할 수 있는 새로운 미

래 측량기술과 최적의 공간정보의 수집처리 및 그 활용 방안을 도출하고자 한 것이다. 현재 국가에서 측량법으로 지정하고 있는 일반측량 및 공공측량에서 신기술로 적용 가능한 사진측량, 지도제작, 시설물탐사측량, 연안 및 해양측량과 더불어 점차 그 중요도가 부각되고 있는 위성GPS 센서 등을 이용한 측량 신기술을 집중적으로 연구하고, 많은 정보를 선진국의 연구자료 및 전문가 집단으로부터 수집하고 우리 환경 및 지형공간에 적합한 신기술로 적용할 수 있도록 함으로써 미래 측량 신기술의 개발과 더불어 향후 국내외의 공동연구를 추진할 수 있는 다양한 융합기술을 연구함으로써 향후 우리 대학과 더불어 국제적인 공동연구를 추진할 수 있는 발판을 마련하는 것을 연구목적으로 하였다.

II. 사례분석

1. 국내 사례분석

국내의 기존 연구 사례를 보면 교량의 유지관리 및 재해 예방 차원에서 교량 경보시스템을 실시간 동적 GPS 측량을 이용하여 비교적 경제적이고 신속한 데이터를 얻을 수 있으며, 8.3mm 이내의 오차를 보여 교량의 변위량 측정에도 실용성이 있음을 기술하였고, '교량의 계측과 유지관리시스템 개발 및 운영'에서 동적 계측을 위해 GPS 도입의 필요성을 강조하였다. 댐의 경우 국내 논문에서는 'GPS를 이용한 불안정 댐의 모니터링'에서 GPS를 이용한 댐의 거동 모니터링에 대해 4.5mm의 표준오차로 계측 가능함을 기술하였고, 'GPS와 TS에 의한 흙댐의 변위검출'에서 정적GPS 관측한 최대 변형량과 TS와 DLS 결합에 의한 최대 변형량의 차이는 1cm 정도였으며 변형 추이를 연속적으로 모니터링 할 필요성이 있음을 결론으로 내렸다. '댐 형식별 합리적인 계측항목의 선정'에서 관심 있는 댐 마루부 또는 기타장치들에 대해 GPS로 계측할 수 있음을 제시하였다. GPS 구조물 계측시스템을 통해 기존 계측기의 문제점들을 해결함은 물론, 3차원적인 구조물의 변위관측으로 합리적인 교량, 댐, 해안구조물 등의 GPS 상시계측시스템을 구축하려는 시도도 있었다.⁽²⁵⁾

최근 국내에 GPS를 이용한 구조물 계측과 지반계측이 확대되고 있다. 2007년에는 국내 대표적 현수교인 영종대교에 GPS 모니터링 시스템이 설치되었고, 2008년에

는 서해대교에 GPS 모니터링을 설치하였다. 또한 절토사면에 대한 GPS 모니터링을 도로공사에서 맡겼고, 이보다 앞서 2004년에는 가스공사에서 지반 수평변위 측정을 위한 GPS 계측 사업을 맡긴 예도 있다. 이와 같이 국내에는 GPS를 통한 구조물의 정적, 동적 계측 부분에 대한 연구는 활발하게 이루어지고 있으나 GPS를 이용한 상시계측시스템은 완전한 상용화 단계에 이르지는 않았으며, 국내에는 계측을 위한 고정밀 GPS 수신기를 제작할 수 있는 기업은 전무하다.

2. 국외 사례분석

GPS 구조물 거동 감시 시스템은 홍콩, 일본, 미국 등에서는 수년전부터 시행하여 왔으며, 이러한 시스템은 전 세계적으로 다양하게 응용되고 있다. 일본의 경우 Furuno사에서 제작한 GPS 수신기를 이용하여 사면 계측 시스템을 개발하였다. 수신된 GPS 데이터에 Moving Avg.를 사용하여 변위가 일어나는 것을 늦게 발견하는 단점이 있으나, 서서히 거동하는 지반시설의 특성에는 적합한 것으로 판단되었다. 1990년대 중·후반부터 아카시대교는 물론 대형사면 등에 GPS 상시 관측 시스템을 설치하여 운영하고 있다.^(6, 8)

홍콩과 일본 등에서는 GPS를 이용한 교량의 전체 형상 변화 측정을 하고 있다. 특히 장대교량의 주탑 및 주형 거동 측정의 경우, 기존의 광학측량기를 이용한 관측의 해상도 저하로 한계가 있다. 반면, 소형교량에 적용하기는 어렵지만, 1cm 정도의 오차를 허용하는 장대교량에는 GPS의 적용이 타당하다는 것이 현재 학계와 업계의 반응이다. 홍콩의 칭마대교의 경우 GPS와 레벨센서의 관측 값을 비교함으로써 GPS 적용 타당성에 대해 이미 검증한 바 있다. 칭마대교는 주탑과 주형에 각각 설치하여 교량 동적 거동을 감시하고 있다. 물론, 기존의 레벨센서와 기타 계측기를 동시에 사용하고 있다. 또한 GPS와 레벨센서의 관측값을 비교함으로써 GPS 적용 타당성에 대해 이미 검증한 바 있다.⁽⁷⁾

중국 Hohai Univ.와 홍콩 Polytech의 공동연구로 수력발전 댐의 집안사면 GPS array antenna 계측모니터링 시스템을 구축하였다. Array Antenna는 안테나마다 연속적으로 데이터를 받는 것이 아니라, 아래 그림과 같이 Switch를 이용하여 여러 대의 안테나에서 들어오는 데이터를 수신기 한대에서 처리하는 방법으로, 비교적 저가로 장기간 모니터링 할 수 있는 시스템이다. 그러나 이

시스템은 서로 다른 위성조건 상태에서 데이터를 측정하여 상대위치를 비교하는 문제가 있다. 미국 캘리포니아에 위치한 다이아몬드 벨리 댐과 파코이마 댐에도 GPS 계측시스템이 설치되어 있다. 특히, 파코이마댐의 경우, 노스리지 지진이 있는 후 파코이마댐 내부에 설치해 놓은 계측장비 들이 망실됨에 따라 댐 거동 모니터링이 불가능하게 되었고, 수위 및 온도에 따른 영향을 분석하기 위해 GPS 상시 관측을 실시한 예가 있다.⁽⁸⁾ 미국의 경우 미국공병대에서 직접 관리하는 대형 댐들이 상당수 있는데, 그 중 Libby 댐의 경우 광학측정기를 이용하여 댐체를 관리하던 기존의 방법을 탈피하여 GPS를 이용한 댐체 변위 측정을 하고 있다.⁽¹⁴⁾ 특히 Libby 댐의 경우 GPS 기준국을 댐 상류와 댐 좌안 사면상부에 각각 설치하여, 2개의 기준국을 이용한 댐체 변위 측정을 하고 있다. 또한 캐나다에서는 약 50년간 운영하고 있는 뉴브런스윅의 Mataquac 댐을 대상으로 안전진단을 하는데 초정밀의 GNSS시스템을 구축하여 mm단위까지 실시간으로 기선변위를 모니터링하여 철거보다는 보수보강을 거쳐 그 수명을 연장해가고 있다.^(22, 24)

III. 개발 적용실험

초정밀측위를 위한 GNSS현장에서의 시범적용을 위하여 국내 정부가 예산을 들여 약 80여군데 GPS기준점을 설치하였고, 이것을 기준으로 가상기준점을 설치할 수 있도록 되어 있어 이것을 이용하기로 하였다. 우선 국토교통부의 국토지리정보원의 VRS의 회원으로 가입하여 개인의 아이디와 비밀번호를 이용하여 자기의 VRS를 설정할 수가 있다. 이것을 이용하여 GNSS측정을 실시하여 기선을 설정할 수 있도록 하였다. 공간영상 지도는 구글어스에서 제공하는 google map의 TM좌표계의 지도좌표를 사용하여 본 시범시스템의 GNSS 수신망에 연결하도록 하였다. 아래 사진에서 보는바와 같이 방화대교 중간지점과 기지점을 VRS 방식으로 연결하여 mmVu 프로그램으로 실시간 분석하여 1~2기선의 X방향(E)으로 최저0.4mm~최고0.12mm사이의 변위를 추적하고 있음을 확인할 수 있고, Y방향(N)으로 최저0.1mm~최고0.6mm사이의 변위를 추적하고 있음을 확인할 수 있다. 그리고 Z방향(up&down)으로 최저0.1mm~최고0.5mm사이의 변위를 추적하고 있음을 확인할 수 있

었다. 실제 현장적용실험을 위하여 GNSS 기반의 USN/IoT를 연계실측을 실시하였다. 국철과 지방철도의 연계로 운행하고 있는 철도시설물은 철도 주변의 지형 변위 및 교량 및 터널에 설치된 여러 가지의 주요 시설물의 정밀한 미세 변위를 추적하기 위하여 우선 공간적으로 참조가 가능한 모든 형태의 상세한 지도 및 위치정보를 포함하고 있는 원격탐측의 지형공간정보와 GNSS위성수신처리의 정밀한 GNSS를 수시각각으로 변화는 환경인자를 USN/IoT센서로 수집하고 이를 통합하도록 하였다. 본 연구에서는 현재 운행하는 철도의 주요 시설물 대상으로 측위 변위가 예상되는 지점을 선정하여 GNSS 가능하도록 시스템을 구성하였다. 실시간으로 위치정보 수집이 가능한 GPS를 정밀 GNSS방식으로 설계하여 그 데이터를 실시간으로 수신이 가능하도록 한다. 인터넷 WiFi 전송이 가능한 방식으로 원하는 장소에서 데이터 처리가 가능한 연구를 진행함으로써 새로운 방식의 철도 구조물의 미세한 변위의 분석처리가 가능하도록 하였다. 이를 위하여 새롭게 미세 변위를 추적할 수 있는 새로운 시스템을 구성하여 사용시에는 조작 및 설정이 용이하고 편리성이 높도록 하였다. 또한 미세 변위 수신용 GNSS를 설치하는 지점과 인근 지역 내의 미세한 변위를 파악함과 동시에 확인을 할 수 있도록 하는 종합적인 방안을 연구하도록 하였다. 상시적으로 관측이 요구되는 시설물 주요 부위에 대한 mm급의 다양한 측위분석을 USN 환경센서의 실시간 정보와 결합하고, 이것을 정밀한 미세 측위정보로 활용할 수 있도록 하여 반영구적인 주요 시설물의 정밀한 미세변위에 대하여 효율적으로 관리가 가능하도록 하였다. 또한 다른 건설구조물에 대한 비교측정을 위하여 비교적 접근이 용이한 교량과 제방을 대상으로 GNSS 기선측위가 가능하도록 수신 시스템을 설치하고 이를 무선WiFi를 이용하여 그 수신 데이터를 실시간으로 전송하게 하여 매일 매시간 교량 및 관련 부대시설의 미세위치변위를 자동 처리하도록 함으로서, 원격탐사영상의 공간정보의 기반의 GNSS와 IoT/USN의 통합적 실측으로 건설구조물의 미세변위와 사전 재난관리를 위한 새로운 모니터링의 방안을 확인하였다.

본 연구에서도 GNSS 측정을 위하여 청풍구교의 교각 지점에 수신기를 설치하고 2년동안의 변위를 측정해오고 있으며, 그 내용과 중간점검결과를 아래 그림으로 정리하여 도출하였다.

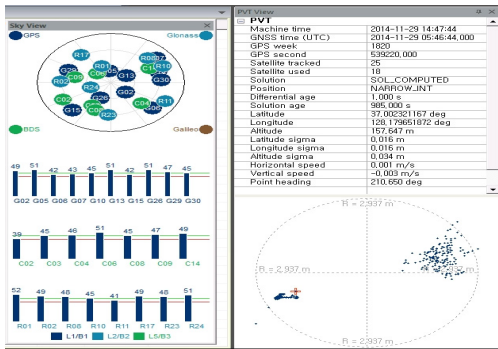


그림 1. GNSS PVT VIEW 수신 데이터(Narrow_INT의 경우)
 Fig. 1. GNSS PVT VIEW Receiving Data 2(Narrow_INT's Case)

GNSS PVT VIEW 데이터						
현장 영상	USN 영상데이터	위성수	일시	위치	고도	고도오차
	<input checked="" type="checkbox"/>	20	'14.06.25	Single	208.084	1.297
	<input checked="" type="checkbox"/>	14	'14.07.26	Narrow_Float	295.300	0.953
	<input type="checkbox"/>	24	'14.10.03	Narrow_Float	155.795	0.377
	<input checked="" type="checkbox"/>	24	'14.10.03	Narrow_INT	157.041	0.029
	<input checked="" type="checkbox"/>	25	'14.11.29	Narrow_INT	157.340	0.034

그림 2. XML방식의 현장 GNSS 및 USN 데이터 처리결과
 Fig. 2. Results of Fied GNSS and USN Data by XML

표 1. GNSS 데이터 처리를 위한 XSL 프로그래밍
 Table 1. XML programming for the GNSS Data Processing

```

1 | <?xml version="1.0" encoding="euc-kr"?>
2 | <?xml-stylesheet type="text/xsl" href="env.xsl"?>
3 |
4 | <environments>
5 | <envdata>
6 |
7 | <graph>./pic3.jpg</graph>
8 | <image></image>
9 | <сно>20</сно>
10 | <date>'14.06.25</date>
11 | <position>Single</position>
12 | <altitude>208.084</altitude>
13 | <altsigma>1.297</altsigma>
14 | <remarks>4회 평균</remarks>
15 | </envdata>
16 |
17 | <envdata>
18 | <graph>./pic4.jpg</graph>
19 | <image></image>
20 | <сно>14</сно>
21 | <date>'14.07.26</date>
22 | <position>Narrow_Float</position>
23 | <altitude>295.300</altitude>
24 | <altsigma>0.953</altsigma>
25 | <remarks>3회 평균</remarks>
26 | </envdata>
    
```

IV. 실험 및 결과

GNSS 기선길이의 변위에 추적에 의한 정밀측정과 모니터링을 미세변위에 영향을 줄 수 있는 환경인자를 USN/IoT방식으로 연계할 수 있는 새로운 방법을 시도하였다. 이렇게 얻어진 실험결과를 언제든지 원하는 장소에서 확인할 수 있도록 간단한 XML작성하여 처리하

였다. 즉, PC 상의 측정결과를 스마트폰에서 볼 수 있도록 수신한 GNSS 및 환경 데이터를 다음 그림과 같이 작성하여 언제 어느 때나 어느 곳에서든지 사무실 등에서 간단한 휴대용 무선 단말기로 전송된 사진 및 측정 데이터를 손쉽게 볼 수 있도록 XML (eXtensible Markup Language) 프로그래밍에 의하여 처리한 결과이다.

표 2. XML 프로그래밍 작성표
 Table 2. XML Programming Form

```

<?xml version="1.0" encoding="EUC-KR"?>
<?xml-stylesheet xmlns:xsl="http://www.w3.org/TR/W3-XSL"?>
<xsl:template match="/">
<HTML>
<TITLE>GNSS PVT VIEW <@@</TITLE>
<BODY>
<table align="center-left" cellpadding="0" cellspacing="2" border="0" width="980">
<tr>
<td bgcolor="#8880FF">
<table align="center" cellpadding="5" cellspacing="2" border="0" width="980">
<tr>
<td align="center" width="980" bgcolor="teal">
<b>
<font size="6">GNSS PVT VIEW <@</font>
</b>
</td>
</tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>
<table border="2" width="980">
<tr>
<td width="120" bgcolor="teal" style="text-align: center">
<p>
<font color="yellow">현장 영상</font>
</p>
</td>
<td width="120" bgcolor="teal" style="text-align: center">
<p>
<font color="yellow">USN 영상데이터</font>
</p>
</td>
<td width="120" bgcolor="teal" style="text-align: center">
<p>
<font color="yellow">위성수</font>
</p>
</td>
</tr>
</table>
    
```



그림 3. 스마트폰 상에 수신된 GNSS 및 USN 데이터
 Fig. 3. GNSS and USN Data transferred to the smartphone

우리나라에서도 정부가 예산을 들여 약 80여군데 GPS기준점을 설치하였고, 이것을 기준으로 가상기준점을 설치할 수 있도록 되어 있어 이것을 이용하기로 하였다. 우선 국토교통부의 국토지리정보원 의 VRS의 회원으로 가입하여 개인의 아이디와 비밀번호를 이용하여 자기의 VRS를 설정할 수가 있다. 초정밀측위를 위한 GNSS현장에서의 시범적용을 위하여 본 연구에서도 이것을 이용하여 GNSS측정을 실시하여 기선을 설정할 수 있도록 현장설치를 하였다. 공간영상 지도는 구글어스에서 제공하는 google map의 TM좌표계의 지도좌표를 사용하여 본 시범시스템의 GNSS 수신망에 연결하도록 하

였다. 아래 사진에서 보는바와 같이 방화대교 중간지점과 기지점을 VRS 방식으로 연결하여 mmVu 프로그램으로 실시간 분석하여 1~2기선의 X방향(E)으로 최저 0.4mm~최고0.12mm사이의 변위를 추적하고 있음을 확인할 수 있고, Y방향(N)으로 최저0.1mm~최고0.6mm사이의 변위를 추적하고 있으며, Z방향(up&down)으로 최저0.1mm~최고0.5mm사이의 변위를 추적하고 있음을 확인할 수 있다.

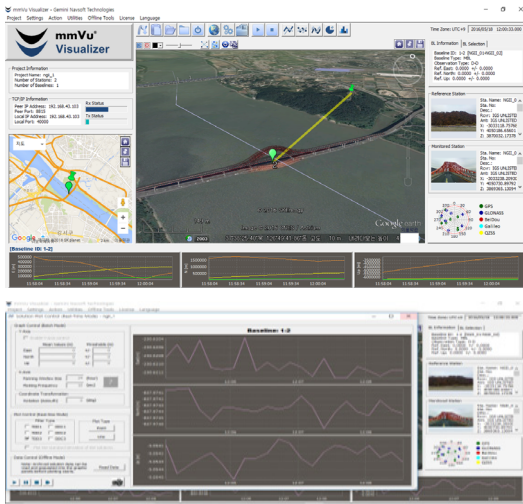


그림 4. GNSS 기선측위에 의한 방화대교의 실시간 정밀측위 모니터링 결과

Fig. 4. The results of Real time Precision Position Monitoring of Bangwha bridge by GNSS baseline measurement(2016-05-21)

V. 결론

공간정보를 기반으로 하는 새로운 GNSS 측위방식은 지형 및 구조물에 대한 정밀한 변위와 거동을 모니터링 할 수 있는 첨단기술의 개발 및 적용은 국내외적으로 많은 관심을 갖는 연구 분야이다. 원격탐사 공간정보 디지털 영상의 공간정보 기반의 정지 또는 이동하는 시설물과 구조물 등에 대한 합리적인 실시간 모니터링 방안을 제시하도록 하였다. 오래된 구조물과 빈번한 철도교량 구조물에 대한 미세변위를 mm단위까지 모니터링하고 이것을 효율적으로 대응하기 위하여 교각의 거동과 침하뿐만 아니라 상부단면의 갈라짐 및 처짐까지도 지속적으로 관찰 할 수 있는 고정밀의 미세변위를 사전에 예측

하는 데는 매우 유용할 것으로 판단된다. 이러한 GNSS 방식의 초정밀의 미세한 변위 측정과 사물인터넷과 원격 탐지 영상의 디지털영상정보 기반 위에서 환경센서로 실시간 전달 가능한 정보의 자동매칭을 시도한 결과, 구조물의 변위에 영향을 주는 환경인자 중에서 온도, 습도, 조도, 이산화탄소, 질소, 함수비, 소음진동 등은 무선 IoT/USN 센서에 의하여 실시간으로 동시에 수집하여 통합적으로 분석 적용하여 실용적인 응용기술을 융합할 수 있었다. 향후 정밀한 변위 관측을 필요로 하는 중대형 구조물의 안전진단 및 방재를 필요로 하는 분야에서 다방면으로의 활용할 것으로 기대된다. 세계 최고수준의 GNSS 센서 측정시스템과 전문가 집단을 보유하고 있는 관련 연구기관과 연계하여 새로운 정밀 GPS 측량 신기술에 관련한 다양한 정보를 수집하고, 필요시에는 국제간 공동실험을 실시함으로써 초정밀 공간측위 기술을 습득하고 필요한 활용기술을 개발함으로써 다양한 GIS와 GPS 활용을 위한 융합기술 콘텐츠 산업분야의 연구에서 건설 분야와 GPS 센서 및 GIS를 연계한 IT의 협력을 위한 융합학문에서도 좋은 기회가 될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 이러한 미래 측량 신기술은 현재 추진하고 있는 국가재난방지에서의 대형구조물의 미세변위를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 첨단기술을 숙지함으로써 측량 및 공간정보의 새로운 응용분야를 한 단계 올릴 수 있을 것이다.

References

- [1] "Ubiquitous Sensor Network System Using Zigbee X", Hanbaek Electronix Tecnology Institute, ISBN 978-89-90758-12-5, 2013
- [2] M. Satyanarayanan, "Pervasive Computing: Vision and Challenges", IEEE Personal Communications, Aug. 2001.
- [3] K. Romer, O. Kasten, and F. Mattern, "Middleware Challenges for Wireless Sensor Networks", ACM SIGMOBILE Mobile Computing and communications Review, Vol.6, No.4, 2002.
- [4] A. Boulis, C. C. Han, and M.B. Srivastava, "Design and Implementation of a Framework for Programmable and Efficient Sensor Networks", In The First International Conference on Mobile

- Systems, Applications and Services(MobiSys), San Francisco, CA, 2003.
- [5] W. B. Heinzelman, A. L. Murphy, H. S. Carvalho and M. A. Perillo, "Middleware to Support Sensor Network Applications", IEEE Network, Vol.18, No.1, pp.6–14, 2004.
- [6] Y. Yao and J. Gehrke, "The Cougar Approach to In Network Query Processing in Sensor Networks", SIGMOD Record, Vol.31, No.3, Sept. 2002.
- [7] C. Shen, C. Srisathapornphat and C. Jaikeo, "Sensor Information Networking Architecture and Applications," IEEE Personal Communications, Vol.8, NO.4, pp.52–59, 2001.
- [8] S. Li, S. Son and J. Stankovic, "Event Detection Services Using Data Service Middleware in Distributed Sensor Networks", Int'l Workshop on Information Processing in Sensor Network (IPSN '03), Palo Alto, CA, Apr. 2003.
- [9] P. Levis and D. Culler, "Mate: A Virtual Machine for Tiny Networked Sensors", Proc. of ACM Conf., Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, San Jose, CA, Oct. 2002.
- [10] T. Liu and M. Martonosi, "Impala : A Middleware System for Managing Autonomic, Parallel Sensor System", Proc. of ACM SIGPLAN Symposium on Principles and Practice of Parallel Programming, pp.101–118, 2003.
- [11] J. Hightower and G. Borriell, "Location Systems for Ubiquitous Computing", IEEE Computer, Vol. 34, No. 8, pp.57–66, 2001.
- [12] Y.S. Kim, "Study of Trend Analysis for Natural Disaster Cause and Protections in Korea", Disaster Protection Research, 2002–7, National Research Center for Diaster Protection, 2002
- [13] Sang-ho, "The application technology of 3D spatial information by integration of aerial photo and laser data". The Korea contents Association, ICC2008, Vol.6 No.2, pp193–197
- [14] "Terrain Modeling From Lidar Range Data in Natural landscapes: A Predictive and Bayesian Framework. Large-Scale Physics-Based Terrain Editing Using Adaptive Tiles on the GPU". IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing. Mar.2010 Part 2, Vol. 48 Issue 3, p1568–1578. 11p.
- [15] Sun-Jin Oh, "Design of a Fault-Tolerant Routing Protocol for USN, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication", VOL. 9 No. 2, pp.51–57 April 2009
- [16] "Compression of Large-Scale Terrain Data for Real-Time Visualization Using a Tiled Quad Tree". Computer Graphics Forum. Dec2004, Vol. 23Issue4, p741–759. 19p. 12Diagrams, 13 Graphs.
- [17] "Merging GPS and Atmospherically Corrected InSAR Data to Map 3-D Terrain Displacement Velocity". IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing. Jun2011, Vol.49 Issue 6, p2354–2360. 7p.
- [18] "The Influence of Terrain Scattering on Radio Links in Hilly/Mountainous Regions". IEEE Transactions on Antennas & Propagation. Mar2013, Vol. 61 Issue 3, p1385–1395. 11p.
- [19] "Arches: a Framework for Modeling Complex Terrains". Computer Graphics Forum. Apr2009, Vol. 28 Issue 2, p457–467. 11p. 8 Color Photographs, 15 Diagrams, 2 Charts.
- [20] "Feature based terrain generation using diffusion equation". Computer Graphics Forum. Sep2010, Vol. 29 Issue 7, p2179–2186. 8p. 4 Color Photographs, 8 Diagrams, 2 Charts
- [21] <http://www.optech.on.ca/aboutlaser.htm#hydro>
- [22] <http://www.csc.noaa.gov/products/nchaz/html/intro.htm>
- [23] <http://www.ordsvy.gov.uk/productpages/lidar/home.htm>
- [24] Y.W. Lee and Sangho Yeon, "Completion Study for USN Technology based on Construction Sites", IIBC journal. Vol pp.2–4, 2010.
- [25] Y.W. Lee and Sangho Yeon, "Application of City Spatial Model Generation for u-city", IIBC Journal, Vol. 18. No. 1, pp47–52, 2008

저자 소개

연 상 호(정회원)



- 1983년 서울대학교 토목공학과 (학사)
- 1985년 서울대학교 도시공학과 (석사)
- 1990년 서울대학교 토목공학과 (박사)
- 1986년~1998년 삼성전자 종합기술원 /SDS/한국건설기술연구원/KOGIIC
- 1998년~현재 : 세명대학교 토목공학과 교수

<주관심분야 : 공간정보시스템 및 원격탐사, 디지털영상처리, CM, 컴퓨터매핑시스템, GIS/GPS, 인터넷방송통신, ubiquitous city, spatial information convergence with USN/IoT >

※ 본 연구는 2015년도 세명대학교 연구년 교수의 학술연구지원 사업으로 수행된 것으로 연구비지원에 감사드립니다.