

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.1.457>

JCCT 2019-2-59

## UAV와 USN 기반의 건설현장관리기법 연구

### A Study on the Technique of Construction Site Management based on UAV and USN

연상호\*

Sang-ho Yeon\*

**요약** 최근에는 시각적으로 건설현장을 효율적으로 관리하기 위한 다양한 방법이 시도되고 있으며, 특별히 폭이 좁고 거리가 긴 건설현장의 육상보다는 공중에서 무인항공기(UAV)나 드론(Drone) 등에 의하여 실시간으로 현장의 상황을 시각적으로 촬영하여 기록하거나 분석할 수 있는 방법이 매우 유용하다. 본 연구에서는 현재 진행되고 있는 현장에 대상으로 무인항공사진촬영을 주기적으로 3회 이상 촬영하고 촬영시점에 주요 구조물에 대하여 USN 센서를 동시에 작동시켜서 건설현장에서의 공사 진행 정도와 환경상태를 동시에 확인하고 매칭시킴으로서 건설현장의 영상정보와 환경정보를 효율적인 공사관리를 위하여 활용할 수 있도록 하는 것을 연구목표로 하였다. 그 결과, 건설 현장의 전문기술자뿐만 아니라 행정 관리자도 건설현장의 진행과정과 그 준공상황을 원하는 시점에 상세한 현장상황을 시각적으로 확인하고 적절한 예산투입과 적합한 자원의 지원에 있어서의 의사결정을 도울 수 있도록 함으로서 자연적인 환경요인에 의하여 수시로 변할 수 있는 건설현장의 안전관리와 재난예방, 다각적인 변화 요인의 검토를 각 분야의 전문가들이 함께 의논하여 최적의 해답을 도출하였다.

**주요어** : 무인항공사진측량, 유비쿼터스센서네트워크, 건설현장관리, 드론

**Abstract** In recent years, various methods have been attempted to visually manage the construction site efficiently, and in particular, there has been a tendency to use a UAV or a drone in the air rather than a land on a construction site, Can be visually photographed and recorded or analyzed. In this study, the unmanned aerial photographs were taken at least three times and the USN sensors were simultaneously operated on the main structure at the time of shooting, The goal of this research was to make the image information and environmental information of the construction site available for efficient construction management by matching. As a result, not only professional engineers at construction sites but also administrative managers can visually confirm the detailed situation of the site at the time of the construction site and the completion status, and can help decision making in appropriate budget input and appropriate resource support The experts in each field discussed the safety management of the construction site, the prevention of disaster and various factors of change which can be changed by natural environment factors.

**Key words** :UAV, USN, Construction Site Management, Drone

\*정회원, 세명대학교 토목공학과 교수

접수일: 2018년 11월 18일, 수정완료일: 2018년 11월 15일

게재확정일: 2019년 1월 8일

Received: November 18, 2018 / Revised: December 15, 2018

Accepted: January 08, 2019

\*Corresponding Author: yshsmu@semyung.ac.kr

Dept. of Civil Engineering, Semyung Univ., Korea

## 1. 서 론

효율적인 건설현장을 관리하기 위한 다양한 방법이 시도되고 있으며, 점차로 직접적인 방문보다는 간접적인 도구를 이용하는 추세로 변화해가고 있다. 본 연구에서는 최근 무인항공기(UAV 또는 Drone)과 유비센서 네트워크(USN)을 이용하여 공중에서의 영상정보와 지상에서의 무선센서에 의한 환경정보를 동시에 수집하여 건설현장에 적용할 수 있는 방법을 시도하려고 한다. 도로 및 철도공사 현장에서의 현장은 수백미터에서 수천미터에 이르기까지 하천과 산악지형을 포함하고 있으므로 매일매일 현장의 환경변화를 확인하는 것은 매우 어려운 일이므로 USN과 같은 무선센서를 이용하여 필요한 환경정보와 UAV/Drone으로 접근이 어려운 지역의 영상사진을 획득하여 분석함으로써 좀 더 상세하고 현실적인 현장상황을 이해하고 대처하는 것이 용이할 수 있다.

드론(drone)이라 불리는 무인항공기(UAV)가 무인전투기, 무인정찰기 등 군사용도를 벗어나 일상생활의 다양한 영역에서 그 쓰임새를 빠르게 찾아가고 있다. 미국 아마존과 구글, 독일 DHL, 중국 알리바바 등이 배달 전용 드론을 시범 운영하고 있다. 미국 미네소타 주에 위치한 메이요(Mayo) 병원은 주변 소재 작은 병원에 수혈용 피를 운반하는데 드론을 이용하고 있다. 과거에는 기존의 항공기 크기가 되는 것을 드론, 작아서 장난감처럼 조종하는 것을 무선조종비행기 또는 RC(Remote Control) 비행기라고 구분을 하였지만, 최근에는 작은 무인비행기가 다양한 용도로 활용이 가능해지면서 사실상 이런 구분은 무의미해지기 시작했다.

무인항공촬영에 의한 환경 등을 모니터링 하는 수요가 늘면서 다양한 센서들에 대한 관심도 커지고 있는데, 방사선을 측정할 수 있는 센서나 초음파 센서, 심지어는 무인자동차에 이용되던 레이저레이더와 유사한 기능을 하는 소형레이더를 소비자 드론에 장착시킬 수 있도록 하는 에코다인(Echodyne) 등의 스타트업에 대한 관심도 높아졌다. 미국 업체들이 거의 독점하던 시장에 최근에는 중국의 군수업체들의 도전이 뜨겁다. 거대한 군사용 드론 시장 이외에 최근에는 민간시장도 급속도로 커지고 있다. 북미에 3D 로보틱스가 있다면, 유럽을 대표하는 소비자 드론 기업은 프랑스의 패럿(Parrot)이다. 최초로 스마트폰 앱과의 연계를 통해서

조종이 가능하고, 동시에 가격도 저렴한 AR.DRONE이라는 제품을 내놓고, 세계 각국의 공항 등지에서 판매하면서 일약 세계적인 히트상품 제조업체가 되었다. 패럿은 공개기업이기 때문에 매년 실적 발표를 해오고 있는데, 2014년 드론 관련 제품군의 실적은 2013년 대비 97%가 성장한 8,300만 유로로 발표하였다. 이는 3D 로보틱스의 실적을 훌쩍 뛰어 넘는 수치다. 그렇지만, 최근 가장 뜨겁게 부상하고 있는 소비자 드론 기업은 중국의 DJI이다. DJI는 초기에는 모형 헬리콥터의 비행 조종 시스템을 만들다가 전격적으로 소비자 드론 시장에 뛰어들었는데, 비교적 고가이면서 미디어 친화적인 팬텀(Phantom)이라는 드론이 대히트를 하면서 일약 최고의 드론 기업이 되었다. 중국 심천에서 생산되는 군사용과 소비자 드론이 제품의 판매를 주된 목표로 한다면 다양한 서비스의 판도를 뒤흔들 수 있는 독특한 드론 기업들도 주목해야 한다. 전 세계를 대상으로 무상 인터넷을 제공하겠다는 목표를 삼고 있는 구글과 페이스북이 대표적이다. 구글은 50미터에 달하는 태양광 패널 날개를 이용해 전력을 생산, 공급하기 때문에 일단 이륙하면 최대 5년까지 착륙하지 않고 2만 미터 상공에서 비행이 가능한 드론을 개발한 타이탄 에어로스페이스(Titan Aerospace)를 2014년 1조원 가까운 투자를 통해 인수했다. 구글은 이 드론에 무선인터넷 중계기를 탑재해서 전 세계에 무상인터넷을 공급하려는 계획을 가지고 있다. 자신들이 M&A 협상을 하던 도중에 구글에게 타이탄 에어로스페이스를 뺀 페이스북은 구글의 M&A 발표 이후 얼마 지나지 않아 영국의 유사한 기술을 가진 드론 기업인 어센타(Ascenta)를 2천만 달러에 인수하면서 구글에 맞불을 놓았는데, 페이스북은 어센타가 개발한 태양광 드론 아퀼라(Aquila)의 시험비행을 지난 3월 27일 성공적으로 마치고, 올해 여름 추가적인 시험비행을 한다고 발표하였다. 페이스북은 이륙 후 2만 미터 상공에서 3개월 정도 인터넷 접속 서비스를 제공할 수 있는 아퀼라를 향후 수년 간 1,000대 정도 전 세계에 배치하면 전 세계에 무선인터넷을 무료로 제공할 수 있다고 주장하고 있어 그 귀추가 주목된다. 또한 이들과 함께 최고의 인터넷 기업 중 하나로 꼽히는 아마존의 움직임도 적극적이다. 구글과 페이스북이 주로 인터넷 접속과 관련한 목적으로 드론을 운용한다면, 아마존은 물류 혁신의 첨병으로 드론을 이용할 계획이다. 아마존이 드론을 이용해서 배달을 할 경우

물류 센터에서 16km 이내에 있는 지역에는 주문 후 30분 이내에 배송을 하는 초고속 배송이 가능하며, 기존의 트럭을 이용한 운송의 원가가 패키지 당 1.2달러 정도인 것에 비해 드론은 최저 9센트 원가 수준으로도 저렴해 경제성도 우수한 것으로 알려지고 있다. 이처럼 글로벌 인터넷 기업들은 드론을 생산해서 판매하고 있지는 않지만, 드론기술을 자사 핵심역량으로 내재화해서 서비스의 고도화를 추진하고 있는 상황이다. 드론 시장이 군수시장 뿐만 아니라 소비자 시장과 서비스 시장까지 크게 성장하면서 다양한 연관산업이 등장하고 있다. 가장 먼저 눈에 띄는 것은 드론용 소프트웨어를 만드는 기업들이다. 드론에 장착하는 카메라가 필수가 되면서 카메라의 고성능화를 이끄는 기업들도 주목 대상이다. 이미 뛰어난 액션 카메라 브랜드로 세계적인 히트 상품을 내고 있는 고프로(GoPro)를 필두로 하여 액션 카메라 기업들이 주가를 올리고 있다. 최근에는 농업용 드론에 대한 관심이 상승하면서 병충해가 들었거나 가뭄 등을 쉽고 빠르게 알 수 있고, 이에 대응할 수 있도록 하는 멀티스펙트럼(multispectral) 카메라를 개발하는 기업들과 같이 고성능 카메라를 만드는 곳들도 같이 주목받고 있다. 환경 등을 모니터링 하는 수요가 늘면서 다양한 센서들에 대한 관심도 커지고 있는데, 방사선을 측정할 수 있는 센서나 초음파 센서, 심지어는 무인자동차에 이용되던 레이저레이더(LIDAR)와 유사한 기능을 하는 소형레이더를 소비자 드론에 장착시킬 수 있도록 하는 에코다인(Echodyne) 등의 스타트업에 대한 관심도 높아졌다. 또한 비행시간에 가장 큰 영향을 미치는 고성능 배터리에 대한 수요도 크게 증가할 것으로 보여, 드론에 사용하기 적합하도록 가벼우면서도 용량이 큰 배터리를 생산하는 기업들에게도 많은 기회가 있을 것이다. 드론에 의한 부정적인 여론이나 문제점에 대응하는 기술을 가진 기업들도 눈여겨보아야 한다. 소비자 드론 시장의 폭발적인 성장에 대해 위험하다고 이야기하는 이유는 모두 사업 기회가 될 수 있다. 예를 들어, 프라이버시 침해 문제를 해결할 수 있도록 쉽게 비행금지 구역을 설정한다거나, 얼굴을 알아볼 수 없도록 처리해주는 소프트웨어나 기능, 추락에 의한 사고의 피해를 최소화하기 위한 드론용 에어백이나 낙하산 등의 안전장치에 대한 수요도 증가할 것이다. 또한, 이들이 수집하는 데이터를 쉽게 저장하고, 처리할 수 있도록 하는 데이터 플랫폼의 중요성도 높아진다.

특히 B2B용 드론의 경우 산업별로 데이터 분석과 관련하여 전문지식과 서비스가 결합한 다양한 서비스 기업들이 등장할 것이다. 이미 영화 산업의 경우 드론이 없이는 블록버스터 영상 구현이 불가능할 정도로 드론의 사용이 일반화되면서, 여러 기업이 영화촬영용 전문 드론을 상업화하거나 기존 드론에 최고의 카메라 장비를 장착해서 서비스하는 기업들이 등장하고 있다. 농업 분야에서는 콜로라도에 기반을 둔 로보플라이트(RoboFlight)가 현재 3가지 유형의 서로 다른 기능을 가진 드론을 판매하고 있는데, 사업이 커지면서 농업에 대한 데이터 시각화에 대한 수요가 증가해서 최근 데이터를 해석하고 시각화하는 소프트웨어 회사인 애그픽셀(AgPixel)을 인수하였다. 오레곤에 기반을 둔 허니콤(Honeycomb)은 드론과 드론에 대한 카메라와 센서 뿐만 아니라 데이터 매핑과 처리 서비스를 같이 제공한다. 이처럼 하드웨어에 특정 산업과 연관된 소프트웨어가 통합된 기업들도 전문화된 기업으로서 성장할 가능성이 높다. 이러한 비약적인 무인항공촬영기(UAV or Drone)에 의한 각 나라들의 비약적인 발전에 힘입어 국내에서도 산업전반에서 폭넓게 활용되고 있으며, 건설현장관리를 위한 시험적인 연구가 지속적으로 이루어질 전망이다.

따라서 본 연구에서는 무인항공기(UAV 혹은 Drone)을 이용하여 건설현장을 포함하는 공사현장에 대한 무인공중촬영방식으로 조사를 하고 그 현장에 대한 지상의 환경상황에 대한 구체적인 실험 연구를 통하여 현장의 최신정보를 담아낼 수 있는 새로운 현장관리 기법을 개발함으로써 건설현장의 실시간 모니터링과 공사관리와 더불어 USN과의 매칭에 의한 건설현장에서의 새로운 환경인자를 수집하고 실시간으로 전송할 수 있게함으로써 건설현장관리 및 시설의 안전방제에서 실제로 적용할 수 있는 모델을 개발하는 것을 연구목적으로 한다..

## II. 연구방법

연구에서도 무인항공촬영기와 USN을 결합하여 필요한 공간정보를 수집하여 적절한 사전작업과정을 거쳐 가치있는 공간정보로서의 역할을 다하도록 함으로써 매일매일 진행되고 있는 건설공사현장의 시각적인

관리가 다차원적으로 이루어지게 하려는 연구이다.

무인항공촬영의 영상을 공학적인 계획과 설계에 활용하기 위하여 지형도와의 정확한 좌표위치가 일치되어야 하며, 이러한 지도의 매칭을 위하여 필요한 사전작업이 선행되어야 한다. 이를 위한 작업공정표를 다음 그림1. 과 같이 설정하였으며, 이러한 최종 정사영상이 완성된 후에는 건설현장의 지형도 및 기준좌표계와의 정확도를 점검 후 건설공사 지역의 지형변화 및 구조물의 공사진척사항을 3단계로 설정하여 무인항공사진측량을 실시한다.(그림1) 초기단계에서는 대부분 드론의 경우에는 저고도 비행의 작은 사진이 수백장 연속적으로 촬영되어지므로 왜곡이 거의 없는 렌즈 중심부의 영상만을 이용하여 모자이크 방식으로 건설현장이 모두 포함된 사진영상을 제작하여야 한다.

중간단계와 최종단계는 공사 진행의 진도에 맞게 적합한 일자를 잘 선정하여 촬영 및 모자이크 작업을 진행하며, 이렇게 얻어진 사진영상을 두 단계로 중첩하여 공사진행의 과정을 면밀히 비교분석한 다음 달라진 사항을 확인하여 공사계획 및 설계도와 대조하여 시각적인 효과를 확인할 수 있도록 한다. 건설현장의 3차원 분석을 위하여 지형도로부터 등고선을 이용하여 수치지표고모델(DEM)을 생성하고 원하는 방향에서의 표고분석, 경사도분석, 구조물의 변화등을 수시로 확인이 가능하도록 한다. 수시로 작은 드론에 의한 스마트폰의 동영상 수집하여 USN 센서의 환경인자와 결합하도록 하고, 갑작스러운 기상악화로 인한 지형지물의 손실 및 시설물의 이탈로 인한 피해가 발생하지 않도록 사전에 방재할 수 있는 정보를 제공할 수 있도록 함으로서

건설현장사무실의 상황실에서 실시간 모니터링이 가능하도록 연계가 가능한 기법을 연구하였다.

따라서 건설공사가 진행되고 있는 현장을 선정하고, 관련 지형지물의 정보가 수집되어 있는 디지털지형도와 현장의 계획 및 설계정보를 먼저 확인하고 분석한 후에 공사의 규모와 성격에 적합한 무인항공촬영기(UAV 또는 Drone)을 선정하여 현장을 포함하는 인근의 지형지물등의 영상자료를 수집한다. 계속적으로 공사가 진행됨에 따라 달라져 가는 공사현장의 구조물과 형태를 다시금 공중에서 무인 촬영하여 그 현장의 영상정보를 중첩시키고 분석하여 시각적으로 공사의 진행과 효율적인 관리방법을 적용하도록 한다. 최종적으로 준공된 공사현장의 구조물과 현장주변의 변화를 3차로

무인공중촬영과 환경인자를 확인함에 의해 그 변화로 인한 구조물의 완성과정과 공사현장을 최종점검할 수 있는 새로운 무인의 공사관리 기법을 또한 제시할 수 있도록 하였다.

### III. UAV 적용실험

#### 3.1 대상지역 영상정보수집

무인항공사진측량(UAV)은 기존의 전통적인 항공사진측량과 비교하여 영상을 처리하는 원리는 거의 유사하나 작업을 수행하는 방법에 있어서는 많은 차이가 있다. 우선 사용되는 장비의 성능에 차이가 크다. 표 1.과 같이 항공사진측량(항공사진측량 작업규정, 2013)에서는 정밀도가 매우 높은 고가의 장비를 사용하는 반면, 무인항공사진측량에서는 정밀도가 낮은 저가의 장비를 사용한다.

항공사진측량은 비행시간이 길고 속도가 빠르며 높은 고도로 비행하는 경비행기를 사용하므로 넓은 면적의 지형을 신속하게 촬영할 수 있다.

전체적인 드론에 의한 정보수집절차 및 지도화의 흐름도는 다음 그림1.과 같다.

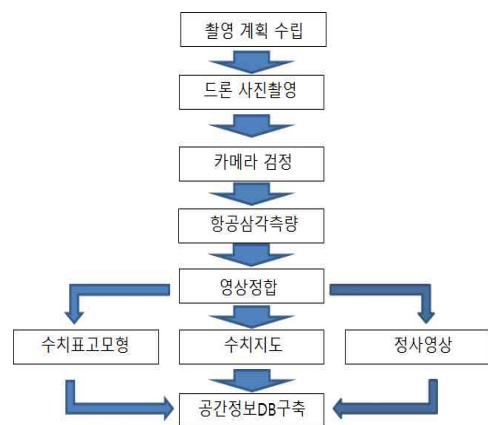


그림1. 드론에 의한 촬영 및 지도화 처리 흐름도  
Fig. 1. Flow chart of Drone Survey

렌즈왜곡수차가 0.01mm 이내인 측량용 카메라를 사용하므로 사진의 유효면적이 매우 크다. 또한 2주파 RTK GPS와 정밀도가 0.01도 이내인 고정밀 INS를 사용하므로 direct georeferencing이 가능한 수준의 외부표점요소를 직접 취득할 수 있는 장점이 있다. 반면, 무인항공사진측량은 비행시간이 짧고 속도가 느리며

낮은 고도로 비행하는 모형비행기를 사용하므로 넓은 면적의 지형을 촬영하기 어렵다. 상용 카메라의 렌즈 왜곡이 크기 때문에 상대적으로 왜곡이 적은 중심부의 영상만 사용하게 되므로 사진의 유효면적이 더욱 작아진다. 최근 2주와 RTK나 Kinematic GPS를 사용하기도 하지만 대부분 1주와 GPS를 사용하고 정밀도가 2도인 MEMS IMU를 사용하므로 취득되는 외부표정요소가 부정확한 단점이 있다.

표 1. 항공사진측량과 무인항공사진측량의 장비 비교  
 Table 1. Comparison Aerial Survey to UAV

구분	항공사진측량	무인항공사진측량
항공기	경비행기	모형 항공기
카메라	측량용 카메라 (렌즈왜곡수치 : 0.01mm이하)	일반 카메라
GPS	2주와 RTK 또는 Kinematic (오차 : 15cm이내)	1주와 GPS(오차 : 2~3m) 또는 2주와 RTK/Kinematic (오차: 15cm 이내)
INS	롤/피치각(0.01도), 헤딩각(0.015도)	롤/피치각(2도), 헤딩각(5도)

이와 같이 사용되는 장비의 성능과 사양만을 고려하면 무인항공사진측량은 항공사진측량 수준의 정사영상을 제작하기에 무리가 있다. 그러나 무인항공사진측량에서는 최신의 영상처리 기술을 이용하여 외부표정요소의 정확도와 무관하게 유효면적이 작은 대량의 사진을 신속하게 정합함으로써 그 단점을 보완한다. 또한 중복영상의 고차적 번들조정을 통해 대상물과 카메라 간의 기하관계를 재구성함으로써 초기 포인트 클라우드를 자동으로 생성하고, 이를 보정 처리하여 고밀도의 정밀한 포인트 클라우드를 생성할 수 있다. 이 경우 생성된 포인트 클라우드는 대상물과 카메라 간의 상대좌표 체계이므로 지상기준점 좌표를 이용하여 절대좌표로 변환한다. 이를 바탕으로 DEM을 생성하고 정사영상을 제작하게 된다. 무인항공사진측량의 영상정합에는 SIFT기술, 번들조정에는 공선조건식, 초기 포인트 클라우드의 생성과 고밀도화에는 SfM기술과 CMVS/PMVS2 등의 기술이 적용된다. 이들 중 공선조건식을 제외한 대부분의 기술은 2000년 대 중반 이후에 개발된 신기술로 기존의 항공사진측량과 비교하여 원리는 동일하지만 작업 수행 방법에서 큰 차이가 있다.

### 3.2. 모서리에 위치한 특징점의 제거

모서리에 위치한 특징점은 Harris corner detection 방법으로 제거한다. 이 방법은 한 점에 대해서 주변으로의 변화량을 계산하여 한쪽으로는 0, 또 한쪽으로는 큰 변화가 일어나는 현상을 통해 모서리를 구별하는 방법이다.

그림 2은 원본 영상에서 특징점을 결정하는 과정을 보여준다. (a)와 같이 233×189 픽셀인 원본 영상에서 최초 추출된 특징점은 (b)와 같이 832개이다. 여기에서 명암비가 낮은 특징점을 제거하면 (c)와 같이 729개의 특징점이 남게 되고, 모서리에 위치한 특징점을 제거하면 (d)와 같이 최종적으로 536개의 특징점이 남게 된다.

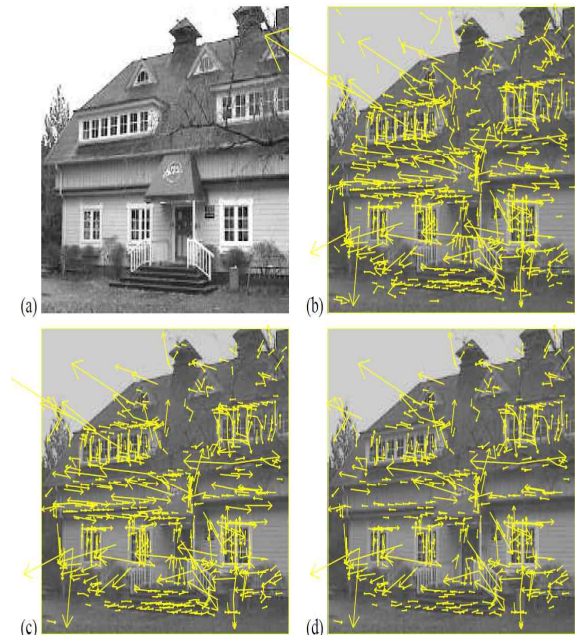


그림2. 최종 특징점 결정 과정 (출처; Lowe, 2004)  
 Fig.2. Extraction Process of Last Signature Point

영상의 회전변화를 검출하기 위해서는 특징점의 벡터량을 구해야 한다. 이 단계는 특징점의 방향과 크기를 구하는 과정으로 특징점 주변으로 16×16의 픽셀을 잡은 뒤 그 영역 내의 이미지를 가우시안 블러링 한 다음 각 점에 대한 기울기의 방향과 크기를 결정한다.

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \left( \frac{L(x, y+1) - L(x, y-1)}{L(x+1, y) - L(x-1, y)} \right)$$



여기서,  $L$ 은 가우시안 블러링 된 영상의 데이터 값이고  $m$ 은 특징점의 크기이며  $\theta$ 는 특징점의 방향이다.

그림 3. 과 같이 특징점의 방향이 검출되면 히스토그램을 작성하고 히스토그램에서 최대분포를 갖는 각도를 해당 점의 방향으로 결정한다. 이 때 동일한 지점에서 여러 개의 특징점이 존재할 수 있으므로 해당 방향에 대한 값의 80%에 해당하는 다른 점이 있으면 또 다른 특징점을 만들어 준다. 이렇게 만들어진 특징점의 벡터는 영상의 회전이 있더라도 특징점 주변의 화소값은 불변하므로 영상회전에 대해서 일정한 방향성을 유지할 수 있다. 영상이 회전한 만큼 특징점의 방향도 같이 회전하게 되는 특성은 신뢰성 높은 서술자를 만드는 중요한 기준이 된다.

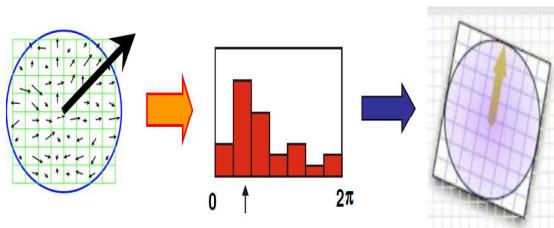


그림3. 특징점의 방위 검출 (출처; www.cs.cornell.edu)  
Fig.3. Bearing Extraction of Signature Point

영상정합을 자동으로 수행하기 위해서는 특징점에 대한 방향과 크기 외에도 그 특징을 나타내는 descriptor가 필요하다. 서술자는 이전 단계에서 검출한 특징점의 벡터를  $16 \times 16$ 의 격자에 할당하여 계산한다. 계산하기 전에 먼저  $\sigma$ 가 서술자 윈도우의  $1/2$ 인 값(즉, 8)으로 가우시안 가중치 함수를 곱한다. 가우시안 가중치는 윈도우 내의 위치에서 작은 변화에 대한 서술자의 급격한 변화를 피하고, 특징점을 중심으로 방향과 명암이 민감하게 변하는 것을 피하기 위해 적용한다. 그림 2-8의 왼쪽 그림은 이를 표현하며, 오른쪽 그림은 특징점의 특성을 표현한다. 이는  $4 \times 4$ 의 서술자 영역에 대한 것으로, 각 방향 히스토그램에 대하여 8개의 방향으로 표현되며, 각 화살표의 길이는 히스토그램의 엔트리 값에 대응된다. 이와 같이 SIFT를 이용한 영상정합에서는  $4 \times 4$  배열에 8개 방향에 대한 히스토그램의 벡터 ( $4 \times 4 \times 8 = 128$ 차원) 형태가 가장 많이 사용된다(이근환, 2011).

### 3.3. 건설현장 UAV 적용시험



그림4.드론의 비행궤적 및 프레임  
FIG.4. Flying Orbit and Frame of Drone



그림5. 외곽지역의 드론영상보정  
Fig.5.. Drone Image Correction for Outside area



그림6. 교통교차로 지점의 드론영상  
Fig.6. Drone Image Correction for Interchange area



그림7. 대학캠퍼스 모자이크 드론영상(해상도 1m이내)  
Fig.7. Drone Mosaic Image of University Campus



그림8. 개발지역의 모자이크 후의 영상지도  
Fig.7. Drone Mosaic Image of Development Area

## IV. USN 적용실험

### 4.1 USN 센서

유비쿼터스 센서는 USN (Ubiquitous Sensor Network)에 의하여 사용되는 센서로 진동 센서, 화재 센서, 유량 센서, 환경 센서, 혈압센서 등의 센서를 사용하여 여러 분야에서 해당 위치 또는 부위에 측정센서(노드 센서)를 부착하고 센서로부터 얻어진 정보를 무선 통신을 이용하여 데이터 수집센서(싱크 센서)에 데이터를 송신하고 컴퓨터로 하여금 수신토록 함으로써 진동, 화재 등 방재에 필요한 정보뿐만 아니라 온도, 습도, 먼지 농도, CO<sub>2</sub> 가스농도 등의 환경정보 및 생태정보 등의 필요한 정보를 획득, 처리 및 판단하여 필요한 정보를 활용할 수 있게 하는 미래 기술 중의 하나이다. USN 센서는 위에서 언급한 바와 같이 신호선이 필요 없고 센서 보드에 내장된 무선통신 장치에 의하여 대개 30m에서 장애물이 없는 경우에는 100m까지 데이터 송

- 수신이 가능하고 필요한 데이터 획득이 가능한 첨단 기술이다. 일반적으로 USN의 각종 센서에는 데이터 측정용 센서와 데이터 수집용 센서가 필요하며 측정용 센서(각 노드 센서)가 데이터를 획득 또는 수집하면, 구성된 유비쿼터스 센서 네트워크(USN)를 이용하여 신호선이 필요 없는 무선통신에 의하여 수집용 센서(싱크 노드)가 측정용 센서로부터 전송된 데이터를 수신하여 다시 컴퓨터로 전송함으로써 해당 컴퓨터는 이러한 데

이터를 수신하여 처리 및 결과를 보여주게 된다. 따라서 현장 측정 또는 확인이 필요한 인력이 필요 없어 시간과 노력 및 인력을 절약할 수 있는 장점이 있다. 아래 그림은 USN 센서 예이다.



그림9. 본 연구에 사용한 모듈형 USN 무선 센서  
Fig.7. Modular USN Sensor for this Reserch

### 4.2 TinyOS 기반 USN 기술

TinyOS는 UC 버클리어에서 진행해 온 스마트 더스트(Smart Dust) 프로젝트에 사용하기 위하여 개발된 컴포넌트 기반 내장형 운영 체제(OS). 네트워크 내장형 시스템을 위해 특별히 디자인된 초소형 OS이다. 핵심 OS 코드는 4000바이트 이하이고, 데이터 메모리는 256바이트 이하이며, 이벤트 기반 멀티태스킹을 지원한다. 센싱 노드와 같은 초저전력, 초소형, 저가의 노드에 저전력, 적은 코드 사이즈, 최소한의 하드웨어 리소스를 사용하는 내장형 OS를 목표로 하며, 내장형 네트워크를 위한 프로그래밍 언어로는 nesC가 사용된다.

오늘날 고성능의 소형 센서 및 무선통신 기술의 발달로 유비쿼터스 컴퓨팅의 실현이 가능하게 되었다. 미래의 스마트한 디바이스뿐만 아니라 무선통신이 가능한 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술은 주변 현황을 인식하고 필요한 정보를 처리하여 현장건설 등에 피이드백 시킴으로써 보다 나은 건설 진행과정에 관한 파악과 설계변경 및 계획 등에 필요한 정보를 제공할 수 있다.

무선통신이 가능한 센서들은 현장의 환경에 따라 한 개의 싱크 센서 노드(Sink Sensor Node)와 측정용의 여러 개의 센서 노드(Measuring Node)들로 구성되

고 이들 측정용 센서 노드들로 부터 각각의 정보는 무선 통신이 가능한 USN을 통하여 정보를 획득하게 되고 센서로부터 측정된 데이터 결과는 TCP/IP(Transmission Control Protocol and Internet Protocol) 방법에 의하여 TinyOS 기반에서 처리되어 PC(Windows) 화면에 이미지로 환경정보의 변화 등을 나타냄으로써 건설현장의 상황과악과 진행과정 및 설계변경 등에 피이드백 되어 이용될 수 있다.

#### 4.3 USN의 건설현장관리시스템 적용시험

오늘날 고성능의 소형 센서 및 무선통신 기술의 발달로 유비쿼터스 컴퓨팅의 실현이 가능하게 되었다. 미래의 스마트한 디바이스뿐만 아니라 무선통신이 가능한 USN(Ubiquitous Sensor network) 기술은 주변 환경을 인식하고 필요한 정보를 처리하여 현장건설 등에 피이드백 시킴으로써 보다 나은 건설 진행과정에 관한 파악과 설계변경 및 계획 등에 필요한 정보를 제공할 수 있다. 본 연구는 TinyOS 기반에서 운용되는 무선 통신에 의한 USN 기술과 그래픽 기반의 LabView 프로그래밍 기술을 융합하여 정보를 처리할 수 있는 일련의 인터페이스 방법을 구현하였다. 송수신된 데이터 처리 결과는 TinyOS 기반으로 동작하는 PC에 그래프 등으로 나타내도록 하였으며, 무선통신용 USN 기술과 융합된 그래픽 처리 기반의 마이크로프로세서 시스템의 장점과 편리성으로 건설현장의 진행과정 파악 및 변경 등에 필요한 정보를 제공하며 건설현장 정보의 피이드백을 가능하도록 하였다. 그 결과, 건설 현장조사 및 관리에서의 USN과 구조물의 정밀진단 및 관리에 매우 유용함을 입증하였다

무선통신이 가능한 USN(Ubiquitous Sensor Network) 환경 센서들은 프로그램 다운로더용 Adaptor를 통해 TinyOS 기반 Windows 시스템의 노트북 또는 PC에 직접 인터페이스 되어 각 노드센서로부터 측정된 데이터를 처리하도록 구성하였다. 측정된 데이터들은 이미지 또는 적절한 단위의 데이터들로 출력결과 및 변화를 보여준다. 다음 그림 2.1은 환경데이터 측정용 USN 시스템의 구성을 보여주고 있다.

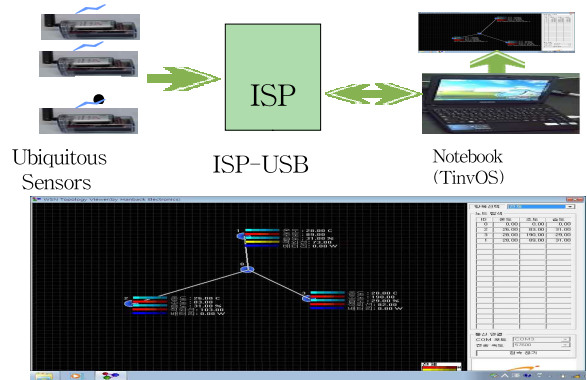


Fig. 10. 건설현장 환경데이터 측정용 USN 시스템  
Fig.10. USN system for Environment Data Correction on the Construction Site

#### 4.4 USN의 환경 데이터의 획득 및 처리

USN 관련 프로그램의 개발 프로세스에 의하여 각 측정용 무선 노드센서들이 데이터를 획득할 수 있게 되면, 데이터가 측정되기 시작하고 획득한 데이터는 싱크 센서(데이터 수집센서)에서 수집되고 처리되어 노트북 또는 PC 화면에 이미지와 적절한 데이터로 출력되어 나타난다. 그림 3.2는 그 출력 예를 보여주고 있다. 각 데이터 값은 평균치이며 GPS 정보는 1개의 값을 취하여 나타내었다.

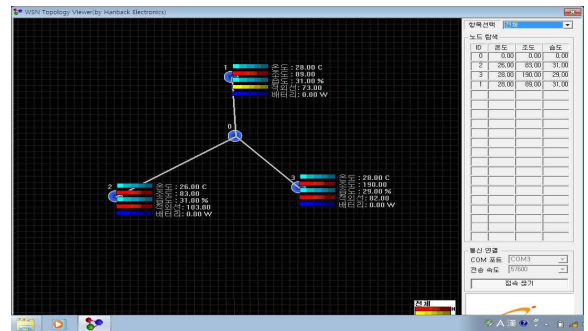


Fig.11. USN에 의한 공사현장의 환경정보

Fig.11. Environment Information on the Construction Site by USN system

다음 표21은 충북 J시 시내 3개 지역에 관한 CO2(이산화탄소) 농도 측정결과를 보여주고 있다. CO2 센서는 0-3000ppm의 측정범위를 가지며 표에 보여준 값은 2개의 CO2 센서의 평균치를 나타내고 있다. 본 연구에서는 지역공간에 무선통신이 가능한 환경 센서를 이용하여 각 노드센서(Node Sensor)로부터 싱크센서(Sink Sensor)로 측정된 환경 데이터를 송신하면 싱크센서는



이들 데이터를 수집하여 TinyOS 기반 일반 PC가 이를 처리하고 그 결과를 출력 이미지 및 출력 데이터로 나타내는 시스템을 구성하여 3차원 공간에서의 지역공간의 변화를 확인할 수 있도록 하였다. 우리가 구성한 u-노드센서로부터 온도, 습도, 조도, GPS위치정보 및 CO2 가스, CO 및 먼지농도 등에 관한 측정 데이터를 처리하여 지역공간의 환경변화를 사전에 분석할 수 있도록 하였다.

USN 기반의 다양한 센서 기술을 이용하여 지역공간의 다양한 환경정보를 온도, 습도, 조도, GPS의 위치정보 및 CO2 농도, CO 및 먼지농도 등 환경 데이터를 측정하여 이를 건설현장의 지형과 환경분석 뿐만 아니라 재난 및 재해관리에 필요한 데이터를 필요한 곳에 제공함으로써 임의 지역의 환경오염정도를 쉽게 확인하고 모니터링 함으로써 불필요한 시간과 비용을 줄일 수 있고, 우리가 확인하지 못하는 유해한 가스농도를 USN으로 사전에 실시간으로 확인할 수 있어 지역공간의 환경오염정도의 변화를 추적해 갈 수 있는 유효한 방안을 제시할 수 있었다.

표2. USN에 의한 건설현장 환경데이터 관리표  
 Table2. Environment Management Tabel at Costruction Site by USN

환경 데이터 관리						
현장 영상	데이터 출력	온도	습도	조도	GPS	CO2
		23°C	18%	630	N4595236.457, E29785356.236	300ppm
		24°C	17%	640	N4595236.550, E29785356.250	290ppm
		22°C	19%	640	N4595236.250, E29785356.330	285ppm

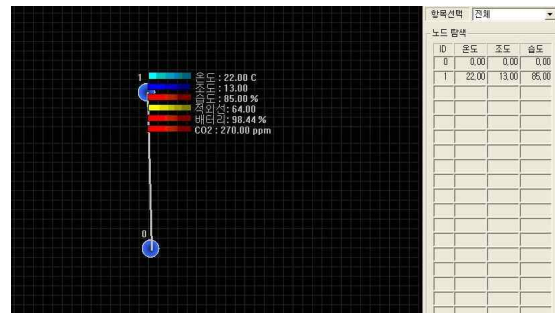


그림 12. 고수동굴 출구부의 USN 환경데이터  
 Fig 12. USN EN Data of GOSU-Cave Exit area

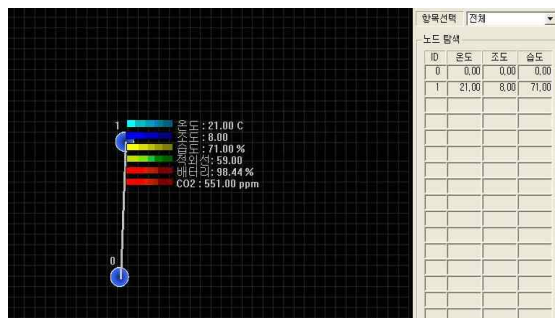


그림 13. 고수동굴 중간부의 환경데이터  
 Fig 13. USN EN Data of GOSU-Cave Center area

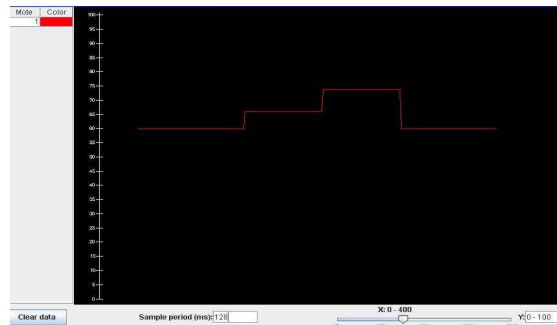


그림 14. USN에 의한 천동동굴의 먼지농도 측정  
 Fig 14. USN Dust Density Data of CheonDong-Cave

## V. 전망 및 결론

본 연구가 새로운 건설현장관리기법을 시도한 것으로 먼 전국적으로 산재되어 있는 대형구조물의 현황과 악을 위하여 수시로 UAV 또는 드론에 의하여 다양한 사진영상을 수집하여 시계열분석과 더불어 각종 재난으로부터의 방재시스템의 주요한 자원으로서의 역할을 다할 것이다. 이러한 드론은 측량, 환경, 법률조사, 토지 개발, 도시개발, 국유지불법점유, 건설, 게임, 해양조사, 안전관리 등의 분야에서 엄청난 속도로 융합되고 있기에 우리 사회와 산업전반에서 손쉽게 고품질의 정보를

고유할 수 있게 되었다. 현재 공간정보 기술은 초기의 수치지도 제작 및 시설물관리를 위한 지형측량 및 지하매설물탐사측량에 하여 일차적으로 주요 도시에 대하여는 정비가 완료되어 있으므로 공간정보유통법에 의한 정부나 지자체의 공간정보의 판매에 의한 확인 구매가 가능하다. 다만 대형시설물을 건설하고 관리해야 하는 공기업 및 관리주체의 입장에서는 최신의 정확한 공간정보를 유지하는데에는 한계가 있으므로 이를 자유롭게 오픈하거나 공개하지 못하고 있는 실정이다. 방재를 위하여 요구되는 공간정보의 생성은 우선적으로 공개된 데이터를 이용할 수 있으나 고 해상도의 공간정보의 필요에 따라서 원격탐사 위성 영상이나 항공사진 및 무인항공촬영기(UAV)를 이용하여 최신의 정확한 정보를 획득하여 수치정보로 재생성하여 이용할 수 있을 것이다. 좁은 지역의 경우에는 드론 등을 이용하여 측성에서 공간정보의 구성이 가능한 시대에 살고 있는 것이다. 또한 새로운 시도로서는 유비쿼터스센서네트워크(USN)과 사물인터넷(IoT) 센서 네트워크로서 스스로 방재대상 구조물이 자신의 상태를 진단하여 반응하는 것이다. 사면 계측 현장마다 똑같은 센서를 적용하기에는 어렵지만 각 현장에 맞는 센서를 정하여 상황에 맞게 설치해야 할 것이며, 장기간이 소요되더라도 계측과 연결된 관리치 설정 및 진단 기법 개발이 무엇보다 중요하다고 본다.

현재 드론의 사용 목적은 기존의 군사용 목적 이외에 다양한 미디어 기업들이 취재를 위한 촬영을 하거나, 간단한 물건을 배송하는 용도로 주로 쓰이고 있지만 미래에는 그 용도가 매우 다양해질 것이다. 농업과 재해현장에 투입되는 드론은 그 수가 점점 증가하고 있으며, 공사감독과 지도측량 등의 특수목적 수행하는 드론들도 머지않은 시기에 큰 활약을 할 것으로 보인다. 또한, 집단으로 하늘에서 영상을 보여주거나, 예술 작품을 만들고, 엔터테인먼트 용도로 가상의 서바이벌 게임이나 스포츠 드론 등의 시장도 발달할 것으로 예측된다. 이 경우 일반적인 드론보다는 해당 서비스 영역에 적합한 특화된 드론들 시장이 형성될 수 있기 때문에, 다양한 드론 기업들이 독특한 비즈니스 모델들을 만들어갈 수 있을 것이다. 그러므로 본 연구결과의 구체적인 활용으로는 건설공사현장의 모니터링과 효율적인 관리를 토목 및 건축의 건설현장에 곧바로 활용할 수 있을 것이며, 건설구조물의 안전관리 및 방재모니터

링에서도 GIS/GNSS 및 원격탐사 기술과의 융합으로 재난방재를 위한 환경요인분석과 정밀진단에서의 적용을 기대할 수 있을 것이다.

## References

- [1] Sang-ho Yeon, Young-wook Lee(2013), "Implementation of Ubiquitous based Construction Site Management System", II BC. 13(2), pp239-244 (연상호, 이영욱. 2013. 유비쿼터스기반 건설현장관리시스템 구현. 인터넷방송통신학회지 13(2). 239-244)
- [2] Tae-wok Gang, Chang-hee Hong, J.R. Hwang, H.S. Choi (2012), "The External BIM Reference Model Suggestion for Interoperability Between BIM and GIS", Journal of KSIS, 20(5), pp. 91-97. (강태욱, 홍창희, 황정래, 최현상. 2012, BIM과 GIS간 정보 상호운용을 위한 외부BIM 참조모델 제안. 한국공간정보학회지 20(5), 91-97)
- [3] Sang-ho Yeon, Myung-hee Cho, Jin-Deuk Lee(2002), "Introduction of Remote Sensing", Kumi Book Publishing. (연상호, 조명희, 이진덕. 2002. 원격탐사입문. 구미서적)
- [4] Sang-ho Yeon(2010), "A Study on the Application Technique of 3-D Spatial Information by Integration of Aerial Photos and Laser data", Journal of Korea Society for Surveying and Photogrammetry, 28(3), pp.385-392 (연상호. 2010. 항공사진과 레이저 데이터의 통합에 의한 3차원 공간정보의 응용기법 연구. 한국측량학회지. 28(3), 385-392)
- [5] Sookuk Park, Jin Kim, Ki-ljae Lee, Myunghee Cho (2014) "Analysis of Land Use Change Within Four Major Areas Using High Resolution Aerial Photos : The Case of the Nakdong Raver Basin" Journal of Korean Association of Geogrsphic Informaton Studies (박수국, 김진, 이길재, 조명희. 20'14.) 고해상도 항공사진을 이용한 4대강 하천구역 내 토지이용변화 분석. -낙동강 유역을 사례로. 한국지리정보학회지 16(4). 171-188)
- [6] Michel Morgan, Ayman Habib, 3D TIN for Automatic Building Extraction from Airborne Laser Scanning Data, University of Ohio State
- [7] Michel Morgan, Ayman Habib(2008), "3D TIN for Automatic Building Extraction from Airborne Laser Scanning Data", University of Ohio State
- [8] Business Line, "Investors fret over exit as prices for India's start-ups soar", 2015.3.20.
- [9] Forbes, "U.S. Leads Top 15 Countries Investing

- In India”, 2014.11.15.
- [10] Investopedia, “Why Indian Tech Startups Are Attracting Investors”, 2015.4.24.
- [11] Live Mint, “India’s e-commerce frenzy”, 2015.4.17.
- [12] Quartz, “Why India’s e-commerce boom will look nothing like China’s”, 2015.4.22.
- [13] The Times of India, “Indian smartphone market in 2015: Analysts’ view”, 2014.12.31.
- [14] Newstomato(2015.2.5), “Alibaba, Amazon Treat on Drone Delivery”, (알리바바, 드론배송 테스트 아마존 위협)
- [15] ICTIC(2015), “Dron Industry ecosystem composition and regulatory requirements for market activation” (정보통신기술진흥센터, “드론산업 생태계 구성현황과 시장 활성화를 위한 규제 요건”), 2015.5.
- [16] Sang-ho, “Development of Precision Positioning and Fine Displacement Monitoring Based on GNSS”, The journal of IIBC 17(3), 145-244 (연상호, 2017, GNSS기반의 정밀측위 및 미세변위모니터링) 한국민터넷방송통신학회논문지)
- [17] F. Rottensteiner and Ch. Briese, Automatic Generation of Building Models from LiDAR data and the Integration of aerial images, ISPRS, Vol. XXXIV, Dresden, 2003
- [18] Hanback ETI, “UbiQuitos Sensor Network using Zigbe X”, ISBN 978-89-90758-12-5, 2008. (ZigbeX를 이용한 유비쿼터스 센서 네트워크 시스템, 한백전자기술연구소)
- [19] Sang-ho Yeon,(2018) “Application on the Convergence Technology for Culture Festival of Riverside Space”, Journal of the Convergence Culture Technology, (연상호, 강변공간의 문화축제 조성을 위한 융복합기술의 활용), JCCT, 2018.2

※ 본 연구는 2017년 세명대학교 교내학술연구  
지원으로 의하여 이루어진 것입니다.