



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

기술경영학 석사학위 프로젝트보고서

# 드론 융합시스템을 활용한 도시가스 배관 절대 좌표 취득 및 활용방법 연구



부경대학교 기술경영전문대학원

기술경영학과

김 봉 중

기술경영학 석사학위 프로젝트보고서

# 드론 융합시스템을 활용한 도시가스 배관 절대 좌표 취득 및 활용방법 연구

지도교수 옥영석

석사학위 논문에 준하는 보고서로 제출함.

2020년 8월

부경대학교 기술경영전문대학원

기술경영학과

김 봉 중

김봉중의 기술경영학 석사학위 프로젝트보고서를 인준함.

2020년 8월



위 원 장     경제학박사     이 민 규 (인)

위     원     경영학박사     이 창 희 (인)

위     원     공학박사     옥 영 석 (인)

# 목 차

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| I. 서론 .....                           | 1  |
| 1. 연구 배경 및 목적 .....                   | 1  |
| 2. 연구의 필요성 .....                      | 3  |
| 3. 선행 연구 분석 .....                     | 7  |
| II. 드론 융합 제품과 기술의 구성 .....            | 9  |
| 1. 융합시스템 개요 .....                     | 9  |
| 2. 융합 요소 정의 .....                     | 9  |
| III. 도시가스 배관 절대 좌표 취득 및 활용방법 연구 ..... | 13 |
| 1. 제품과 기술 융합 모형 .....                 | 13 |
| 2. 절대 좌표 활용방법 연구 .....                | 18 |
| 3. 절대 좌표 취득 방법 연구 .....               | 22 |
| 4. 절대 좌표 활용도 예측 .....                 | 26 |
| IV. 연구결과 .....                        | 31 |
| 1. 기대효과 .....                         | 31 |
| 2. 활용 분야 .....                        | 37 |
| V. 결론 .....                           | 39 |
| 1. 연구요약 .....                         | 39 |
| 2. 시사점 .....                          | 41 |
| 참고 문헌 .....                           | 43 |

## 표 목 차

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| <표 1-1> 드론과 GPS 측량 관련 국내 선행 연구 .....     | 8  |
| <표 2-1> 융합 요소 .....                      | 9  |
| <표 3-1> A사의 절대 좌표 취득 및 활용 대상 건수 예측 ..... | 27 |
| <표 4-1> 지상 GPS 측량기와 드론 운영비용 비교 .....     | 33 |
| <표 4-2> 엔지니어링 사업 대가표 .....               | 34 |
| <표 5-1> GPS 측량기와 드론 융합시스템 운영 비교 .....    | 40 |



## 그림 목차

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| <그림 1-1> 절대 좌표 데이터 활용 현황(A사) .....       | 2  |
| <그림 1-2> 국내 도시가스 배관 증가 추이 .....          | 3  |
| <그림 1-3> 도시가스 배관 준공도면 .....              | 5  |
| <그림 1-4> 지거 측량에 의한 배관 위치 관리(GIS) .....   | 5  |
| <그림 1-5> GPS 측량에 의한 절대 좌표 데이터 관리 .....   | 7  |
| <그림 2-1> 제품과 기술 융합 구성도 .....             | 10 |
| <그림 3-1> 절대 좌표 활용 기술 융합 모형 .....         | 13 |
| <그림 3-2> 절대 좌표 데이터 활용방법 .....            | 14 |
| <그림 3-3> 절대 좌표 취득 기술 모형 .....            | 16 |
| <그림 3-4> 절대 좌표 취득 방법 .....               | 17 |
| <그림 3-5> 절대 좌표 데이터 전송 방법 .....           | 18 |
| <그림 3-6> 위성의 좌표 수신을 통한 이동 .....          | 19 |
| <그림 3-7> 레이저로 목표 시설물 확인 .....            | 20 |
| <그림 3-8> 배관 절대 좌표 위치에 1m 이내 오차 유지 .....  | 21 |
| <그림 3-9> 레이저 On/Off 제어 .....             | 22 |
| <그림 3-10> 레이저를 활용한 배관 위치 확보 .....        | 23 |
| <그림 3-11> 레이저를 이용한 절대 좌표 취득 .....        | 24 |
| <그림 3-12> 절대 좌표 데이터 실시간 데이터베이스 구축 .....  | 25 |
| <그림 3-13> 절대 좌표 취득 증가 추이 .....           | 28 |
| <그림 3-14> 절대 좌표 활용 증가 추이 .....           | 30 |
| <그림 4-1> 현 절대 좌표 활용 절차 .....             | 31 |
| <그림 4-2> 드론 융합시스템을 이용한 절대 좌표 활용 절차 ..... | 32 |

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| <그림 4-3> 강, 하천, 택지의 배관 위치 확인 .....         | 35 |
| <그림 4-4> 현 GPS 측량을 통한 절대 좌표 취득 절차 .....    | 36 |
| <그림 4-5> 드론 융합시스템을 이용한 절대 좌표 취득 절차 .....   | 36 |
| <그림 4-6> 드론과 레이저 메탄 검지기를 활용한 가스 누설검사 ..... | 38 |



# A Study on the Acquisition and Utilization of the Absolute Coordinates of City Gas Pipes Using the Drone Convergence System

Bong Jung Kim

Graduate School of Management of Technology  
Pukyong National University

## Abstract

The objective of this study is how to improve the utilization of absolute coordinate data acquired by city gas companies and to effectively acquire absolute coordinates of pipes not acquired.

A Solution was presented by the convergence of products and technologies such as drone, laser, ICT, mobile, VRS-GPS and camera control related to the Fourth Industrial Revolution. For areas where GPS location reception is difficult due to interference such as buildings GPS Receiving Module was installed on drones to receive coordinates of satellites in the 100m high and laser projectile were mounted on drones to verify the location of pipes laid underground. The accurate absolute coordinates of pipes was obtained through laser. The real-time database about the absolute coordinates acquired by ICT was implemented through mobile systems on the ground and wireless communication with drone.

The acquisition and utilization of absolute coordinate data in all geography including river, residential development area and urban areas will be activated by the results of this study.

Key word : Absolute Coordinate Location Management, VRS-GPS, Drone, Convergence, Laser, pipe

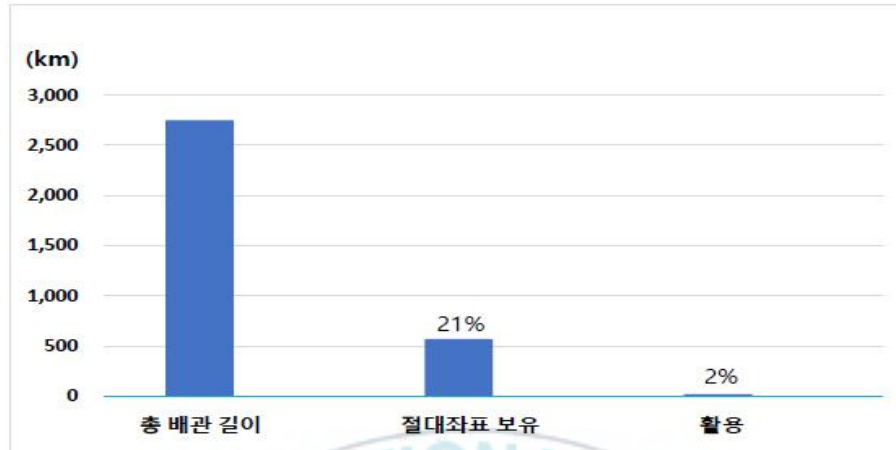
# I. 서론

## 1. 연구 배경 및 목적

도시가스 사는 배관 등 시설물의 체계적 위치 정보 관리를 위해 지거 측량을 시행하여 배관의 위치를 관리하는 GIS (Geographic Information System, 지리정보 시스템)를 구축하여 운영하고 있다. 그뿐만 아니라 2011년 도시가스 시설물에 대한 공공측량 제도가 법제화되면서 2011년부터 매설된 배관, 밸브 등의 도시가스 시설물에 대해 절대 좌표 데이터가 추가로 구축되어 운영되고 있다. 하지만 큰 비용을 들여 구축한 도시가스 시설물의 절대 좌표 데이터는 <그림 1-1>과 같이 활용률이 2%일 정도로 제대로 활용이 되지 못하고 있다. 그 이유는 지형, 시설물 등에 대한 GPS(Global Positioning System, 위성 위치 시스템) 측량 수요는 많으나 절대 좌표 데이터를 활용하는 수요가 많지 않아 정밀도를 갖춘 활용 장비가 개발되지 않았기 때문이다. 그나마 GPS 측량 기기를 이용하여 절대 좌표 데이터를 업무에 활용할 수 있으나 건물 등의 간섭으로 인해 GPS 좌표수신이 원활하지 않아 활용이 불편하여 이용자가 많지 않은 실정이다.

이러한 환경에도 불구하고 도시가스 사는 절대 좌표 데이터에 의한 배관 위치관리가 기존 지거 측량에 의한 위치관리방법보다 효과적이고 효율적이기 때문에 2011년 이전에 매설한 배관 등의 시설물에 대해서도 GPS 측량에 의한 절대 좌표 데이터 취득을 계획 또는 시행하고 있다. 그러나 이 또한 절대 좌표 취득에 대한 업무 효율과 측량 비용 등의 문제를 안고 있다.

본 연구에서는 그 해결책으로 드론을 활용한 제품과 기술의 융합을 통해 이미 구축된 절대 좌표 데이터의 활용도를 높이고 효과적으로 절대 좌표를 취득할 방법을 연구하여 제시하고자 한다.



<그림 1-1> 절대 좌표 데이터 활용 현황(A사)

주 : 총 배관 길이 : 2,750km, 절대 좌표 보유 : 570km, 활용 : 11km

제품과 기술 융합을 통한 해결 방법을 간략하게 살펴보면, 먼저 드론을 100m 상공에 위치시켜 건물 등의 간섭을 받지 않고 GPS 위성의 위치 정보를 수신할 수 있도록 하여 드론이 배관 등 시설물의 절대 좌표 위치에 정확하게 이동하도록 한다. 그리고 드론에 탑재된 레이저를 이용하여 지하에 매설된 배관의 위치를 알려주거나, 레이저 위치의 절대 좌표를 취득할 수 있도록 하였다. 또한, ICT를 이용하여 취득된 절대 좌표 데이터를 실시간 데이터베이스 구축이 이루어질 수 있도록 하여 업무 효율을 향상하고자 한다.

본 연구의 구성을 살펴보면 다음과 같다. 제2장에서는 융합시스템에 필요한 융합 제품과 기술에 대한 구성 요소 및 기능을 기술하였고, 제3장에서는 기술 구현 모형과 절대 좌표 취득 및 활용 기술에 대한 세부적인 구현 원리를 설명하였다. 제4장에서는 기대효과 및 추가적인 활용 분야에 대한 의견을 기술하였고, 마지막 5장에서는 연구결과에 대한 의견과 시사점을 기술하였다.

## 2. 연구의 필요성

도시가스 사는 도시가스를 공급하기 위해 지하에 배관, 밸브 등의 시설물을 매설하여 관리하고 있으며, 이러한 시설물은 지상 시설물보다 관리가 어렵고 각종 굴착공사로부터 배관 파손 등의 위험에 노출되어 있다. 이러한 위험을 최소화하고 효율적인 관리를 위해 지하시설물에 대한 정확한 위치 정보 관리가 선행되어야 한다. 또한, 강, 하천, 택지개발지역 등 사람이 접근하기 어려운 지형에서의 지하시설물 절대 좌표 취득과 활용방법에 관한 연구가 필요하다. 추가적인 필요성은 다음과 같다.

첫째, 대규모 도시가스 배관에 대한 위치관리 방법 전환이 필요하다. 국내 도시가스 배관 매설 현황은 <그림 1-2>와 같이 매년 꾸준히 증가하여 2018년 말 기준 약 45,700km에 달한다. 이 배관 길이는 사용자 부지 내 배관을 제외한 것이다.



<그림 1-2> 국내 도시가스 배관 증가 추이

주 : 한국도시가스협회 자료

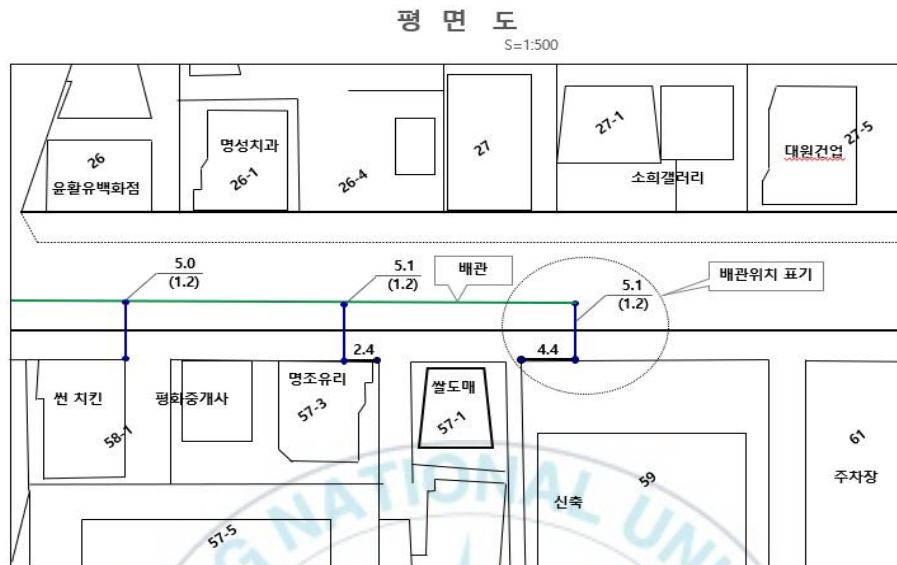
이러한 대규모 배관 시설물에 대한 효과적이고 효율적인 배관 위치관리를 위해 드론, 1)VRS-GPS(Virtual Reference Station-Global Positioning System, 가상기준국 위성 위치 시스템), ICT, 레이저, 모바일 기기 등 4차 산업혁명에 관련된 기술을 이용하여 실시간으로 시설물의 위치 데이터가 취득 및 활용될 수 있도록 관리방법이 전환되어야 한다.

둘째, 지거 측량에 의한 위치관리방법의 단점 보완이 필요하다. 도시가스 배관의 위치 데이터 관리 방법에는 지거 측량에 의한 관리와 GPS 측량에 의한 절대 좌표 데이터 관리방법으로 분류할 수 있다. 지거 측량의 예로서 <그림 1-3>의 준공도면과 같이 대지 경계선 왼쪽에서 4.4m 이동 후 도로 방향으로 5.1m 전방에 배관이 위치해 있다는 뜻이고, 배관의 매설 깊이는 (1.2)와 같이 표기하고 1.2m 깊이에 위치해 있다는 뜻이다. 지거 측량에 의한 도시가스 배관의 위치 정보는 ‘배관 매설공사-> 지거 측량-> 준공도면 작성-> GIS 입력-> 데이터베이스 구축 -> 업무 활용’ 순서로 구축되어 활용되고 있다.

세부적으로 살펴보면 배관 매설 공사가 완료되면 <그림 1-3>과 같이 배관의 위치(위치와 깊이)를 표기한 준공도면을 작성하고, 작성된 준공도면을 기준으로 <그림 1-4>과 같이 GIS에 위치 정보를 입력하여 데이터베이스를 구축 후 업무에 활용하고 있다.

---

1) VRS-GPS : 기선 거리가 멀어짐에 따른 오차의 증가 문제를 해결하기 위해 개발된 측위 방식으로 여러 개의 기준국을 통해 가상 기준 국을 생성하고, 가상 기준 국 데이터와 검증 정보를 이동국에 전송하는 것이다. VRS를 통해 이동국은 실제 기준국과의 거리가 멀어지더라도 근거리 기준국을 이용하는 경우와 동일한 높은 정확도의 측량성적을 얻을 수 있다



<그림 1-3> 도시가스 배관 준공도면



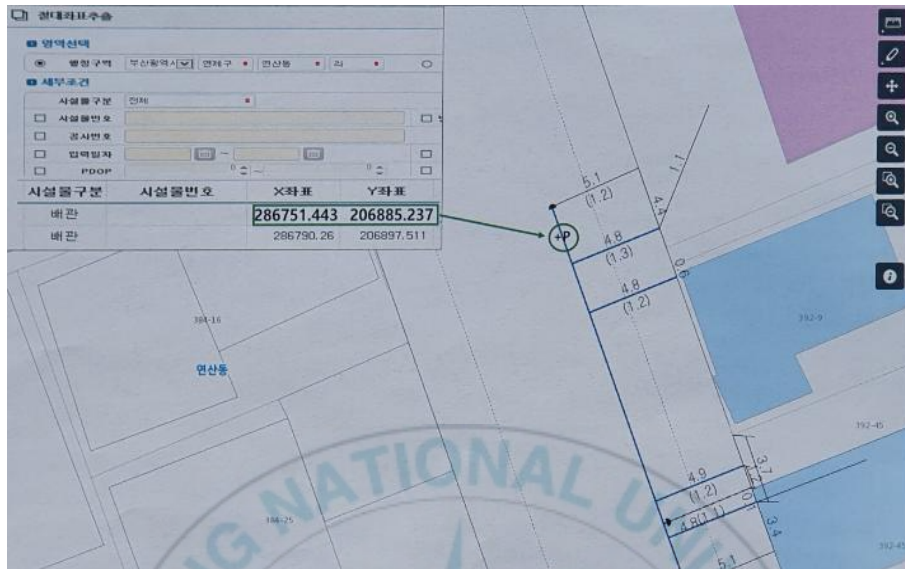
<그림 1-4> 지거 측량에 의한 배관 위치 관리(GIS)

현재 도시가스 사에서 사용하고 있는 지거 측량에 의한 배관 위치 데이

터 관리 방법은 배관의 위치를 직관적으로 파악할 수 있는 장점이 있지만, 배관 위치의 기준점이 되는 지형, 지물이 변경될 경우 위치 정보를 수정해 주어야 하는 단점이 존재한다. 그러므로 지형, 지물의 변동 여부를 주기적으로 모니터링해야 하고, 지형의 변동 발생 시 재측량을 통해 위치 정보를 수정해 주어야 한다. 이로 인해 지형변동에 따른 관리 비용이 지속해서 발생하고 있다. 그리고 지형변경 정보를 알지 못하면 배관의 위치 정보는 오류 데이터로 남게 되기 때문에 GPS 측량에 의한 절대 좌표 관리가 필요하다.

셋째, 도시가스 배관 등의 절대 좌표 데이터를 효과적이고 효율적으로 취득 및 활용하기 위한 기술개발이 필요하다. 절대 좌표에 의한 배관 위치 관리 방법은 <그림 1-5>와 같이 배관의 위치를 X, Y 좌표에 의해 절대적 위치로 관리하는 방법이다. 절대 좌표의 장점은 지거 측량에 의한 관리방법과는 다르게 지형, 지물을 기준으로 위치관리를 하지 않기 때문에 지형변경과는 무관하게 배관의 절대적 위치로 관리할 수 있다는 것이다. 이러한 장점에도 불구하고 2011년부터 구축된 절대 좌표 데이터는 GPS 측량 기기를 이용하여 일부 활용되고 있으나, 기술적 한계와 활용 장비 부재 등으로 <그림 1-1>의 A사와 같이 활용이 거의 이루어지지 못하고 있다.

또한, 지상에서 GPS 측량기기를 이용할 경우 건물 등의 간섭으로 인해 위성의 좌표 수신에 원활하지 않아 토털스테이션과 같은 추가 장비를 이용해야 하는 단점이 있어서 기술적 보완이 필요하다.



<그림 1-5> GPS 측량에 의한 절대 좌표 데이터 관리

### 3. 선행연구 분석

선행연구를 분석한 결과 지형에 대한 GPS 측량, 2)RTK-GPS(Real Time Kinematic-Global Positioning System, 실시간 이동 측위 위치 정보 시스템)와 VRS-GPS 측량 방식의 정확도 연구, RTK-GPS와 VRS-GPS 수신 기술을 이용한 드론 측량 그리고 GPS 위치 데이터(절대 좌표)를 활용한 다양한 기능 구현 등으로 분류할 수 있었다. 특히 최근 논문에서는 지형 등의 측량수행 시 RTK-GPS와 VRS-GPS 수신 기술을 적용한 드론 활용이 늘어나는 추세임을 알 수 있었다. 그 이유는 비용, 정확도, 효율성 측면에서 항공 측량보다 우위에 있기 때문이다. 따라서 드론의 활용을 더욱더

2) RTK-GPS : 정밀한 위치 정보를 가지고 있는 기준국을 설치 후 기준국의 보정치를 이용하여 이동국에서 실시간으로 정확한 위치를 얻는 측량 방식을 말한다.

확대하기 위해서는 정치, 사회, 법, 기술 분야의 환경 조성이 더욱더 필요해 보인다.

<표 1-1> 드론과 GPS 측량 관련 국내 선행 연구

| 저자                 | 내용                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 신동윤 외 1명<br>(2008) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• VRS RTK GPS를 이용한 지적 기준점의 정확도 평가</li> <li>• VRS RTK 정확도 검증 : Single RTK GPS 방식보다 정확도가 높고 시간과 비용 측면에서 유리</li> </ul>                                                                                     |
| 김민규 외 1명<br>(2013) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 위성 수신환경 변화에 따른 인터넷 RTK GPS 측량의 정확도 평가</li> <li>• 수신기기 성능향상에 따른 GPS, GLONASS, GALILEO 위성의 수신 정확도 분석(기준국 30km 이내, 3cm 이하 오차) : 미국, 러시아 위성과 함께 수신하면 정확도 향상</li> <li>• 수신환경을 고려한 RTK 측량 정확도 제시</li> </ul> |
| 남광우<br>(2013)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• VRS-GPS 자동 측위 시스템을 이용한 해안매립지 측량</li> <li>• RTK 측량은 기준국으로부터 멀어지면 오차가 증가하는 문제점 발생 -&gt; VRS-GPS로 문제 해결 방안 제시</li> </ul>                                                                                 |
| 이근상 외 4명<br>(2016) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 드론 기반 하천 사진측량 기법을 통한 공간정보 효과적 구축 및 정확도 제시(GPS 정확도 검증)</li> </ul>                                                                                                                                      |
| 노홍석 외 1명<br>(2017) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 드론을 이용한 실시간 지하시설물도 작성</li> <li>• 지하시설물 되메우기 전 드론 촬영을 통한 효율적인 지하시설물도 작성 방향 제시</li> </ul>                                                                                                               |
| 이재원 외 1명<br>(2018) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• RTK-GPS 무인항공 사진측량의 위치 결정 정확도 평가</li> <li>• 지상 기준점 없이 드론 항공사진측량 정확도 제시</li> </ul>                                                                                                                      |
| 채한희 외 2명<br>(2019) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS 데이터를 활용한 어린이 보행형태 및 외부활동 영향요인 실증분석</li> <li>• GPS 수신 기기에 의해 취득된 위치 데이터 분석을 통한 외부 보행형태 분석 사례</li> </ul>                                                                                            |

## II. 드론 융합 제품과 기술의 구성

### 1. 융합시스템 개요

융합 요소는 제품과 기술로 구성된다. 제품은 드론, VRS-GPS, 레이저 발사체, 모바일 기기, 카메라로 구성되며, 기술은 ICT, 제어(드론, 카메라, 레이저, VRS-GPS), 실시간 데이터베이스 구축으로 구성된다. 이러한 제품과 기술의 융합을 통해 기능을 구현하고자 한다.

드론 융합시스템의 성공 조건은 드론에서 발사한 레이저가 목표 시설물에 오차 범위 내(1m)로 위치하는 것과 레이저가 위치한 절대 좌표를 10cm 이내의 오차로 취득하는 것이다. 이러한 정확도를 유지하기 위해서는 드론의 수평 정지 기술, 레이저 제어 기술, 레이저가 드론의 흔들림과 진동에 영향을 받지 않고 정확도를 유지하도록 하는 기술, VRS-GPS에 의한 위성의 좌표 수신 기술이 선행되어야 한다. 레이저를 제외한 대부분 기술은 현재 활용되고 있는 제품과 기술이다.

### 2. 융합 요소 정의

#### 가. 융합 제품과 기술 요소

<표 2-1> 융합 요소

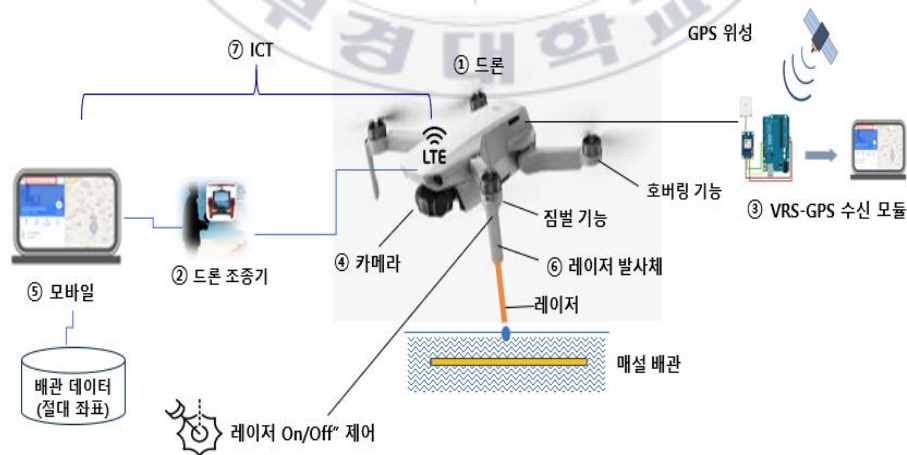
| 제품   | 기술                 | 사용 목적     |
|------|--------------------|-----------|
| ① 드론 | 안정성, 이동성, 고정성, 정확성 | 목적지 위치 이동 |

|           |                                                |                                                 |
|-----------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| ② 드론 조종기  | 통신, 원격 제어, 제어 지원                               | 드론 조종, 드론과 통신 및 데이터 처리 등                        |
| ③ VRS-GPS | 정확성, 신속한 좌표 취득,<br>위성 수신 좌표 정확도 검증             | 위성 좌표 수신 및 취득, 드론<br>목적지 이동 보조 역할               |
| ④ 카메라     | 영상통신, 원격 제어, 흔들림<br>방지                         | 배관 위치 등 지상 시설물을<br>영상으로 확인                      |
| ⑤ 모바일 기기  | 유비쿼터스 환경 지원<br>(드론과 배관 좌표 데이터<br>송·수신, 시설물 조회) | 절대 좌표와 시설물 데이터<br>조회 및 전송, 절대 좌표<br>데이터 연계 처리 등 |
| ⑥ 레이저 발사체 | 레이저 On/Off 수동 또는<br>자동 제어, 정확성, 흔들림과<br>진동 방지  | 배관 위치 확인 및 절대 좌표<br>취득에 활용                      |
| ⑦ 통신 모듈   | ICT : 실시간 데이터 처리,<br>무선통신 등                    | 제품 간 데이터 통신 및 처리                                |

주: <표 1-1>과 <그림 2-1>과 연계 설명

## 나. 제품과 기술 융합 구성도

배관의 절대 좌표 활용 및 취득을 위한 제품과 기술의 구성은 <그림 2-1>과 같고 각각의 내용을 살펴보면 다음과 같다.



<그림 2-1> 제품과 기술 융합 구성도

#### (1) 드론

드론은 본 연구의 핵심역할을 담당하는 제품으로 건물 등의 간섭 없이 위성의 좌표 신호를 수신할 수 있도록 하고 목적지로 이동하는 기능을 수행한다. 드론의 기체는 풍속 5m/s 이하에서 정지 및 수평을 유지할 수 있도록 설계되어야 한다. 풍속 5m/s는 일반적으로 바람이 조금 많이 부는 정도이다. 참고로 드론에 탑재될 제품은 카메라, 레이저 발사체, 무선통신 모듈, VRS-GPS 수신 모듈로 구성된다

#### (2) 드론 조종기

드론에 탑재된 카메라, 레이저, 절대 좌표 데이터 취득 등 드론에 대한 모든 제어를 담당하는 기능을 수행한다. 효율성을 높이기 위해 드론 조종기와 모바일 기기를 일체화시켜 카메라 영상, 절대 좌표 데이터 처리 등을 동시에 수행할 수 있도록 한다.

#### (3) VRS-GPS 수신 모듈

위성으로부터 절대 좌표를 수신하는 장비로써 드론이 목적지로 정확하게 이동하기 위한 보조 기능을 수행하며, 배관 등의 절대 좌표 데이터 실시간 취득에도 사용된다. 위성 수신 좌표의 정확도 검증을 위해 국토정보 지리원 또는 가상 기지국의 좌표와 비교하여 정확도를 향상 시키는 역할도 수행한다.

#### (4) 카메라

사람이 접근하기 어려운 장소의 배관 확인 및 절대 좌표 취득 시 영상을 통해 레이저의 위치를 확인하기 위해 사용된다. 드론 운용자가 카메라제어가 가능할 수 있도록 하여야 한다.

#### (5) 모바일 기기

모바일 기기는 현장에서 매설된 배관 등 시설물 데이터(절대 좌표, 시설물 정보 등)를 조회하여 드론과 절대 좌표 데이터를 송·수신할 수 있어야

하고, 수신된 절대 좌표는 시설물 정보와 연계하여 실시간 저장될 수 있도록 기능을 부여한다.

#### (6) 레이저 발사체

레이저는 지하에 매설된 배관의 위치를 알려주거나 절대 좌표 데이터 취득을 위해 배관 위치를 정확하게 확보하기 위해서 사용된다. 드론 운용자가 레이저 On/Off 신호를 송·수신하여 제어할 수 있도록 해야 한다. 그리고 레이저 정확도 향상을 위해 레이저 발사체는 드론에 직각으로 설치될 수 있도록 해야 하고 드론의 진동과 흔들림을 흡수할 수 있는 짐벌 장치를 적용하여야 한다. 레이저 발사체는 드론과 함께 이 프로젝트의 목적 달성을 위한 핵심 기능 중의 하나이다.

#### (7) ICT

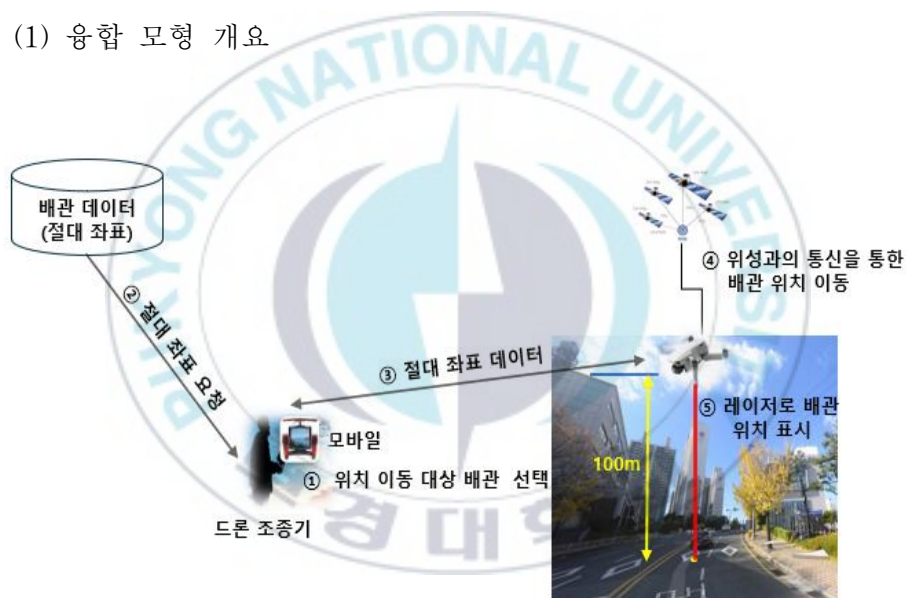
모바일 기기를 이용한 배관 데이터조회, 모바일 기기와 드론 간의 절대 좌표 데이터 송·수신, 드론 자율비행, 레이저 On/Off 등의 제어를 위한 통신 기능과 취득된 절대 좌표 데이터를 배관 데이터와 연계하여 실시간 데이터베이스를 구축하는 기능을 담당하게 된다.

### III. 도시가스 배관 절대 좌표 취득 및 활용방법 연구

#### 1. 제품과 기술 융합 모형

##### 가. 절대 좌표 데이터 활용을 위한 기술 융합 모형

###### (1) 융합 모형 개요



<그림 3-1> 절대 좌표 활용 기술 융합 모형

<그림 3-1>은 절대 좌표 데이터의 활용을 위한 기술 융합 모형이고, <그림 3-2>는 활용방법을 그림으로 표현한 것이다. 위성의 신호를 원활하게 수신하기 위해 <그림 3-1>과 같이 드론의 위치는 지상으로부터 100m 상공에 위치하는 것으로 설정하였다. 100m는 약 30층 높이의 고층 건물에 해당한다. 100m를 기준으로 설정한 이유는 30층 이상의 고층 건물은 대부

분 왕복 6차선 이상의 도로에 인접해 있기 때문이다. 이 경우는 도로 폭이 넓어 드론이 운행하는 데 문제가 없고 위성의 좌표 수신에 원활하기 때문이다. 그리고 왕복 6차선 미만의 도로에서는 건물의 높이가 대부분 30층 미만이기 때문에 드론이 건물 위쪽을 운행하게 되어 위성의 좌표 수신에 문제가 없을 것이다.



<그림 3-2> 절대 좌표 데이터 활용방법

## (2) 배관 시설물의 절대 좌표 데이터 드론전송

도시가스 배관 등의 시설물 절대 좌표 데이터는 도시가스 사 서버에 저장되어 활용되고 있다. 배관의 위치 확인을 위해서 시설물이 위치한 현장 부근에 도착 후 모바일 기기에 설치된 GIS를 이용하여 위치를 확인하고자 하는 배관 시설물을 <그림 3-1>의 ①과 같이 서버에 접속하여 검색한다. 다음은 ②검색된 배관의 절대 좌표 데이터를 검색하는 것이다. 검색된 절대 좌표는 ③무선통신을 이용해 드론에 전송된다. 여러 개의 시설물 위치를 확인할 필요가 있으면 해당 시설물의 절대 좌표 데이터를 드론에 연속

하여 전송해 준다.

### (3) 드론이 절대 좌표 위치의 상공에 정확하게 이동하는 기술

드론은 배관 등 시설물의 절대 좌표 데이터가 수신되면 이동할 위치가 하나 또는 다수인지 분석한 다음 수신된 절대 좌표 위치로 이동하기 위해 드론에 탑재된 ④VRS-GPS 기능을 통해 실시간으로 위성과 통신하여 이동할 위치를 결정한다. 이 기능은 차량의 내비게이션과 같은 원리로 해당 좌표로 찾아가는 것이다. 운용자의 편의를 위해 자율비행과 수동비행이 병행될 수 있도록 구현한다.

VRS-GPS는 RTK-GPS의 한 종류로서 정확도는 선행 연구로 이미 검증되었고 현재 드론 및 지상 GPS 측량에 많이 사용되고 있다.

### (4) 지상의 절대 좌표 위치에 레이저를 정확하게 위치시키는 기술

드론이 목적지인 절대 좌표 위치에 도착 후 목적지 상공에서 바람 등의 자연환경을 극복하고 정확하게 정지하고 수평을 유지하는 호버링(Hovering) 기술을 이용한다. 그리고 레이저의 진동 및 흔들림을 방지하는 짐벌(Gimbal) 장치를 사용한다. 이러한 호버링과 짐벌을 활용하여 ⑤레이저로 배관 등 시설물의 위치를 정확하게 알려 주게 된다. .

### (5) 레이저 제어기술

드론 운용자가 드론에 탑재된 레이저를 ICT를 이용하여 자동 또는 수동으로 On/Off 할 수 있도록 제어하는 기술을 의미한다. 이 기술은 배관 등의 시설물 위치를 알려주는 기능에만 사용하기 위한 것으로 레이저 사용을 최소화하기 위한 것이다.

## 나. 절대 좌표 취득을 위한 기술 융합 모형

### (1) 융합 모형 개요



<그림 3-3> 절대 좌표 취득 기술 모형

절대 좌표 취득을 위한 모형은 <그림 3-3>과 같으며, 구현 방법은 <그림 3-4>과 같다. 다음은 세부 기술 구현에 관한 내용이다.

드론을 이용한 절대 좌표 취득 방법은 <그림 3-3>과 같이 타 공사 등에 의해 배관이 노출될 경우 ①드론을 노출된 배관의 상공에 위치시킨 다음 ②드론에 탑재된 레이저를 이용하여 배관에 정확하게 위치시킨다. 다음 단계로 ③드론에 탑재된 GPS 수신기를 이용하여 위성으로부터 현재 레이저가 위치한 절대 좌표 데이터를 수신한다. 수신된 절대 좌표 데이터는 ④무선통신 기능을 이용하여 모바일 기기로 전송되며, 모바일 기기에 설치된 GIS를 이용하여 ⑤수신된 절대 좌표 데이터와 배관 정보를 연계시킨 후 실시간으로 서버에 전송함으로써 절대 좌표 데이터를 효율적으로 구축하게 된다.

이 기술의 핵심은 드론에 탑재된 레이저를 이용하여 배관의 위치를 신속

하고 정확하게 확보하는 것과 레이저 위치의 절대 좌표 취득을 위해 드론에 탑재된 VRS-GPS 수신 기술을 이용하여 정확한 절대 좌표를 취득하는 것이다.



<그림 3-4> 절대 좌표 취득 방법

## (2) 도시가스 배관의 위치에 레이저를 정확하게 위치시키는 기술

이 기술은 레이저를 이용하여 배관의 위치를 정확하게 확보하는 것으로 드론 운용자는 드론에 탑재된 레이저를 이용하여 배관의 위치를 정확하게 확보하게 된다. 이 기술은 위에 기술한 ‘가’의 (4)과 같은 원리이다.

## (3) 레이저 위치의 절대 좌표 데이터를 취득하는 기술

드론에 탑재된 VRS-GPS 기능을 이용하여 위성으로부터 X, Y 절대 좌표 데이터를 수신받아 취득하는 기술을 말한다. 이 기술은 레이저가 위치한 배관의 절대 좌표를 정확하고 신속하게 취득하는 것이 주요 기술에 속한다. 절대 좌표가 수신되면 드론 조종기에서 절대 좌표 취득 여부를 확인

할 수 있도록 기능이 부여되어야 한다.

#### (4) 절대 좌표 데이터의 실시간 데이터베이스 구축

드론에서 취득한 절대 좌표 데이터는 ICT를 활용하여 지상의 모바일 기기로 전송하게 된다. 모바일 기기에서는 수신된 절대 좌표 데이터를 서버에 실시간으로 저장한다.

## 2. 절대 좌표 활용방법 연구

### 가. 절대 좌표 드론 전송

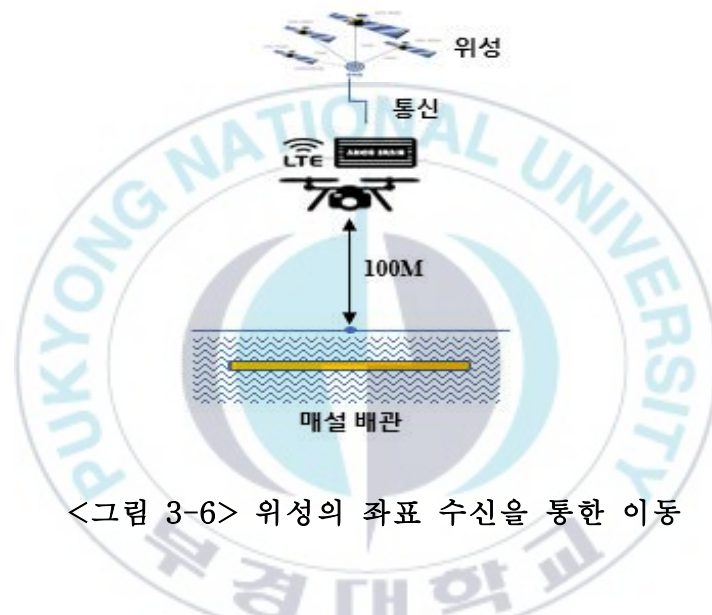


<그림 3-5> 절대 좌표 데이터 전송 방법

기능을 편리하게 사용하기 위해서는 드론 조종기와 모바일 기기가 일체화되어야 한다. 드론 운용자는 <그림 3-5>의 ①과 같이 위치를 확인하고자 하는 배관 데이터를 모바일 기기를 통해 조회 후 ②서버에 저장된 배관

의 절대 좌표 데이터를 검색하여 ③무선통신 기술로 드론에 전송해 준다. 드론은 절대 좌표 데이터를 수신하여 VRS-GPS 기능을 이용하여 위성과 통신 후 이동할 위치를 분석한다.

#### 나. 배관의 절대 좌표 위치에 드론이 정확하게 이동하는 기술



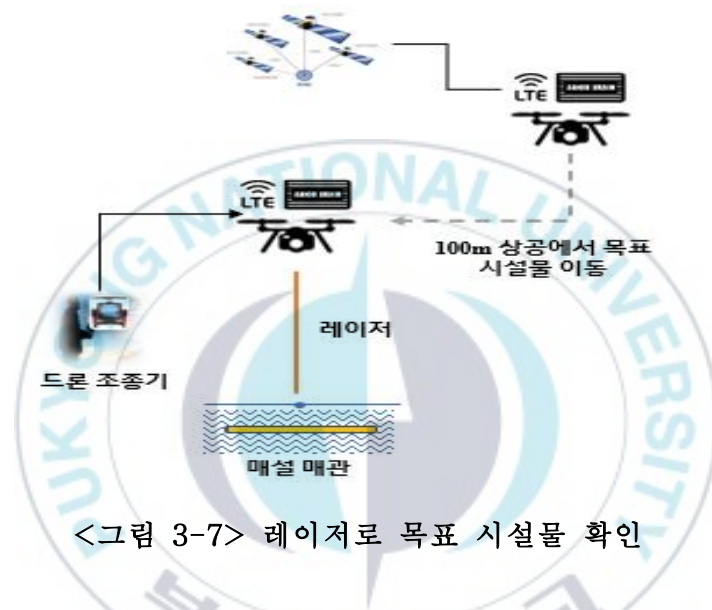
<그림 3-6> 위성의 좌표 수신을 통한 이동

<그림 3-6>과 같이 드론에 탑재된 VRS-GPS 기능을 이용하여 드론은 위성으로부터 수신한 위치 정보와 배관의 절대 좌표 데이터를 비교하여 배관 위치로 이동하게 되는데 정확도를 유지하기 위해서는 7개 이상의 위성이 필요하다(김민규 외, 2013). 드론은 100m 상공에 있으므로 건물 등의 간섭을 받지 않아 7개의 위성을 확보하는 데 문제가 없다.

#### 다. 지상의 시설물 위치에 레이저를 정확하게 위치시키는 기술

<그림 3-7>과 같이 목적지 배관 위치에 도착 후 드론은 목적지 상공에

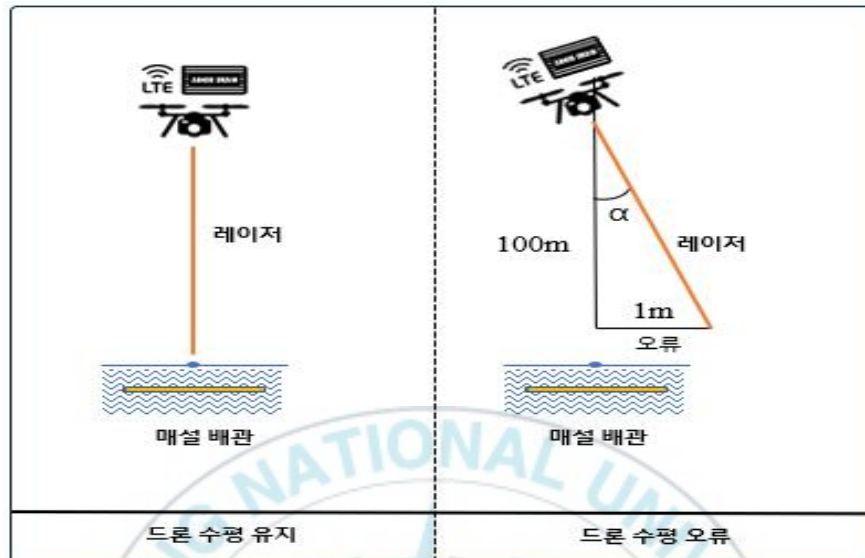
서 바람 등의 자연환경을 극복하고 호버링 상태를 유지하게 해야 한다. 이러한 상태를 유지하기 위해서는 5m/s의 풍속에도 견딜 수 있는 드론 기체의 설계가 필요하고, 기체에 맞는 자세 제어 값을 조절함으로써 조종하지 않거나 좌표가 바뀌어도 기울지 않고 원래 좌표로 되돌아가게 하는 호버링 기능을 이용하여 절대 좌표 위치에 정확하게 위치하게 한다.



또한, 시설물 절대 좌표 위치를 기준으로 레이저가 1m 이내의 정확도를 확보하기 위해서는 <그림 3-8>과 같이 100M 높이에서 드론이 수평 기준으로 8도 이하의 기울기를 유지하여야 한다. 그리고 레이저 발사체가 흔들림이나 진동이 발생하지 않도록 짐벌 기능을 사용하여야 한다. 1m를 기준 오차로 설정한 이유는 배관의 위치를 최소한 1m 이내의 정확도로 확보해야만 업무에 활용할 수 있기 때문이다.

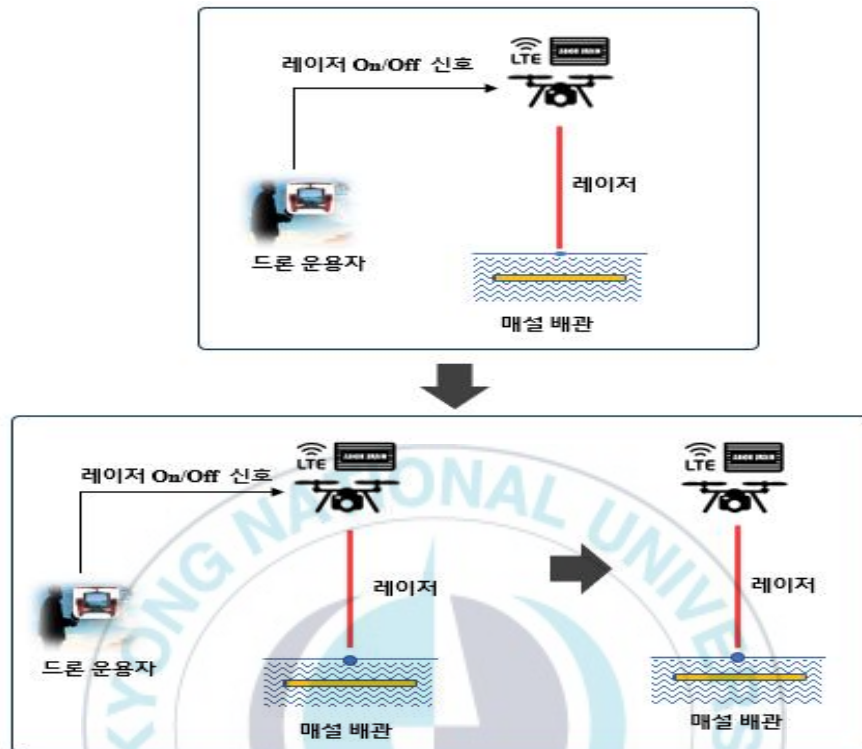
## 라. 레이저 제어기술

본 연구의 중요한 기능 중의 하나인 레이저를 효과적으로 이용하기 위하



<그림 3-8> 배관의 절대 좌표 위치에 1m 이내 오차 유지

여 드론 조종기를 통한 수동 레이저 On/Off 제어 기능과 목적지 좌표 50m 이내 근접 시 레이저가 자동으로 On 될 수 있도록 하는 자동 제어 기능을 부여하여 편리하게 사용할 수 있도록 한다. 그리고 특정 구간 내 하나 이상의 배관 위치를 연속적으로 확인할 경우에도 레이저가 자동 또는 수동 제어될 수 있도록 <그림 3-9>와 같이 구현하도록 한다.



<그림 3-9> 레이저 On/Off 제어

### 3. 절대 좌표 취득 방법 연구

가. 취득하고자 하는 배관 위치에 레이저를 정확하게 위치시키는 기술

(1) 배관이 근거리にある 경우

첫 번째 방법은 <그림 3-10>과 같이 절대 좌표 데이터를 취득하고자 하는 배관이 육안으로 확인되는 경우이다. 이 경우는 ①드론을 조종하여 배관 위치에 이동 후 ②드론에 탑재된 레이저를 이용하여 노출된 배관에 레이저를 정확하게 위치시키는 방법이다. 두 번째는 절대 좌표를 취득하고자

하는 배관 위에 인식표를 부착하여 드론에 탑재된 카메라 영상 또는 육안을 통해 레이저를 정확하게 위치시키는 방법이다.



<그림 3-10> 레이저를 활용한 배관 위치 확보

(2) 배관이 원거리에 있거나 배관 위치에 접근하기 어려운 경우  
신규로 매설된 배관인 경우는 절대 좌표를 취득하고자 하는 배관 상공에 드론을 위치시킨 다음 추가로 드론에 탑재된 카메라 영상을 이용하여 레이저 위치를 확인하면서 배관에 레이저를 정확하게 위치시키는 방법이다.

기존에 매설된 배관의 경우는 도시가스 사 GIS 시스템의 배관 데이터를 조회하여 배관 주위의 3)Base Map 좌표를 드론에 전송 후 드론에 탑재된 VRS-GPS 기능을 이용하여 해당 위치로 이동시킨 후 카메라 영상 또는 육안을 통해 절대 좌표를 취득하고자 하는 배관에 레이저를 정확하게 위치시키는 방법이다.

3) Base Map 좌표 : 항공 촬영 등으로 지형(도로, 건물 등)에 대한 수치지형도 제작 시 입력된 좌표로서 최소 1m에서 최대 30m까지 오차 발생.

## 나. 절대 좌표 취득 기술

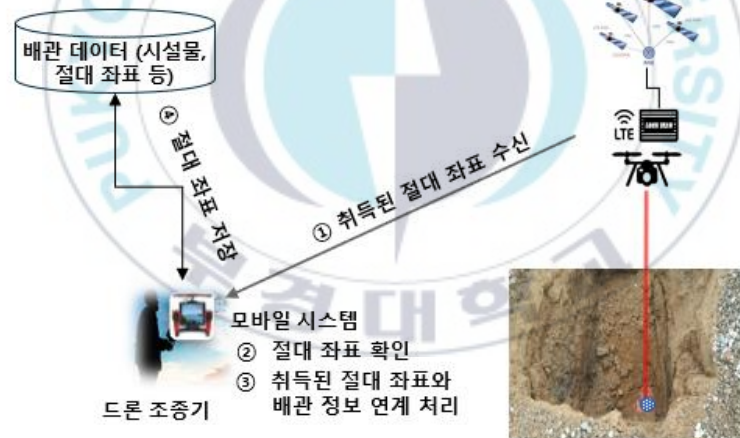
<그림 3-11>과 같이 ①드론을 조종하여 절대 좌표를 취득하고자 하는 배관의 상공에 이동 후 드론에 탑재된 ②레이저를 이용하여 배관의 위치를 확보한 다음 드론에 설치된 ③VRS-GPS 기능을 이용하여 위성으로부터 X, Y의 절대 좌표를 수신하여 취득하게 된다. 정확도를 높이기 위해서는 7개 이상의 위성 신호가 수신되어야 하는데 그 이유는 7개 이상의 위성이 확보되면 각 위성의 신호 값을 서로 비교하여 최적의 신호를 받을 수 있기 때문이다. 여기서 정확도는 10cm 이내를 말한다. 이렇게 취득된 절대 좌표 데이터는 수신기에 저장되게 된다. 현재 시행하고 있는 지상에서의 절대 좌표 데이터 취득은 건물 등의 간섭으로 인해 7개의 위성을 확보하기 어려우므로 건물 등의 간섭이 없는 위치를 선정하여 GPS 기준점을 취득한 후 토털스테이션과 같은 측량 장비를 추가로 사용하여 절대 좌표를 취득하고 있다.



<그림 3-11> 레이저를 이용한 절대 좌표 취득

#### 다. 절대 좌표 데이터 실시간 데이터베이스 구축

<그림 3-12>와 같이 드론에 설치된 VRS-GPS 수신 기능을 이용해 취득된 절대 좌표 데이터는 ①지상의 모바일 기기로 전송된다. 지상의 드론 운용자는 ②수신된 절대 좌표 데이터를 모바일 기기의 GIS를 통해 검증 후 ③배관 정보와 연계시킨다. 연계 작업이 완료되면 ④실시간으로 서버에 저장한다. 배관 정보와 절대 좌표 데이터의 일치 여부를 검증하기 위해서는 전자 지도를 Base로 한 배관 데이터가 GIS 시스템으로 구축되어 있어야 한다. 참고로 현재 모든 도시가스 사는 GIS 시스템을 구축하여 운영하고 있다.



<그림 3-12> 절대 좌표 데이터 실시간 데이터베이스 구축

취득된 절대 좌표 데이터와 배관 정보를 연계하여 서버에 저장하는 방법을 세부적으로 설명하면 다음과 같다. 첫 번째, 취득된 배관의 절대 좌표 데이터를 GIS 시스템의 배관 정보와 겹치게 한다. 두 번째, 취득된 절대

좌표 데이터가 GIS 시스템의 배관 위치에 근접하는지 확인한다. 근접한다면 절대 좌표 데이터가 정확하게 취득되었다고 할 수 있다. 세 번째, 취득된 절대 좌표 데이터와 배관 정보를 연계시킨다. 연계시키는 이유는 취득된 절대 좌표 데이터가 어떤 배관의 절대 좌표인지 알 수 있도록 하기 위해서이다. 향후 배관 정보 단위로 절대 좌표 데이터를 조회하거나 배관 정보를 기준으로 절대 좌표를 활용할 때 유용하게 사용될 것이다.

마지막으로 배관 정보와 연계된 절대 좌표 데이터는 ICT를 이용하여 실시간으로 원격지 GIS 서버에 저장한다.

참고로 기존의 절대 좌표 데이터 구축방법은 다음과 같다. 첫 번째, GPS 측량 장비를 통해 배관 등의 시설물 절대 좌표를 취득한다. 두 번째, GPS 측량 장비 내 메모리에 저장된 절대 좌표 데이터를 USB 등의 이동용 저장 장치에 저장한다. 세 번째, 절대 좌표 데이터를 GIS 시스템에 저장하기 위해서 업로드 양식에 맞추어 편집한다. 마지막으로 편집된 절대 좌표 데이터를 서버에 전송하여 데이터베이스를 구축한다. 현재 방식은 이처럼 수작업 처리 절차를 거치고 있다. 최근에는 취득된 절대 좌표를 GPS 측량기와 모바일 앱을 연동하여 저장하는 기술이 개발되어 활용되고 있다.

## 4. 절대 좌표 활용도 예측

### 가. 절대 좌표 취득 및 활용 대상 건수 예측

<표 3-1>은 도시가스 A사의 절대 좌표 데이터 활용 및 취득에 대한 연간 건수를 산출한 것으로 2016년부터 2018년까지 3년간의 작업 일보를 분석하여 대상 건수를 평균하여 산출한 결과이다. <표 3-1>의 절대 좌표 취득 예측 건수는 매설된 배관이 자체 또는 타 공사에 의해 노출되었을 때 취득하는 것으로 하였다. 그 결과 도시가스 자체 공사에 의한 배관 노출

건수가 가장 많은 것으로 나타났고, 다음으로는 타 공사에 의한 노출이었다. 향후 매설 배관의 위치 탐사 기술이 발전하여 정확도에 대한 신뢰를 확보한다면 탐사에 의한 절대 좌표 취득이 늘어날 것으로 예상된다.

절대 좌표 활용 건수 예측에서도 위와 같이 3년간의 작업 일보를 분석하여 매설 배관 위치를 제공한 사례를 기준으로 건수를 계산하였다. 그 결과 <표 3-1>과 같이 타 공사(상·하수도, 통신 공사 등) 업체들에 배관 위치를 제공한 건수가 가장 많은 것으로 나타났고, 다음으로 도시가스 신규 배관 공사를 위한 위치 제공이었다.

<표 3-1> A사의 절대 좌표 취득 및 활용 대상 건수 예측

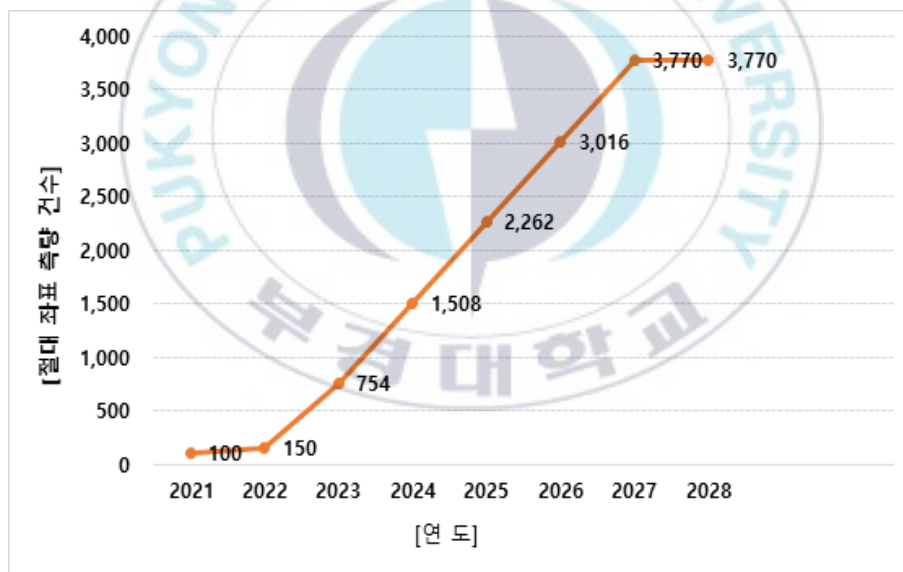
| 구분                      | 적용 분야          | 건수(년) |    |     |     |     |       |       |       |       |       |       |        |
|-------------------------|----------------|-------|----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                         |                | 10    | 50 | 300 | 600 | 900 | 1,200 | 1,500 | 1,800 | 2,500 | 3,000 | 5,000 | 10,000 |
| 절대 좌표 활용 예측<br>(9,225건) | 타공사 위치 제공      |       |    |     |     |     |       |       |       |       |       |       | 8,600  |
|                         | 신규 배관 공사 위치 제공 |       |    |     | 570 |     |       |       |       |       |       |       |        |
|                         | 배관 설계 통        |       | 35 |     |     |     |       |       |       |       |       |       |        |
|                         | 도로 외 지형의 배관 확인 | 20    |    |     |     |     |       |       |       |       |       |       |        |
| 절대 좌표 취득 예측<br>(3,770건) | 자체공사 노출 배관     |       |    |     |     |     |       |       | 2,250 |       |       |       |        |
|                         | 타공사 노출 배관      |       |    |     |     |     | 1,460 |       |       |       |       |       |        |
|                         | 시험 굴착 노출 배관    | 20    |    |     |     |     |       |       |       |       |       |       |        |
|                         | 기타(탐사 등)       | 40    |    |     |     |     |       |       |       |       |       |       |        |

## 나. 절대 좌표 업무 활용도 예측

### (1) 절대 좌표 취득에 대한 활용도 예측

<그림 3-13>은 <표 3-1>의 절대 좌표 취득 예측 건수인 3,770건을 기

준으로 절대 좌표 취득 증가 추이를 예측한 것으로 1, 2차 연도에는 절대 좌표 취득 건수를 임의로 설정하여 본 연구에서 제시한 드론 통합시스템을 활용하여 업무 활용 적합도를 검증하는 것으로 하였다. 3차연도부터는 부서별 확대 운영하는 것으로 예측하였다. 세부 예측 내용은 다음과 같다. 2021년 첫해는 100건의 절대 좌표를 취득하여 업무 활용 적합도를 분석하고, 2차 연도는 1차 연도의 분석 결과를 바탕으로 수정, 보완을 거쳐 150건의 절대 좌표를 추가 취득하여 업무 활용 적합도를 피드백하는 것으로 설정하였다. 3차 연도는 1개 부서 377건, 4차 연도는 2개 부서 1,508건, 5차 연도는 3개 부서 2,262건, 6차 연도는 4개 부서 3,016건, 7차 연도는 5개 부서 3,770건으로 설정하여 예측하였다.



<그림 3-13> 절대 좌표 취득 증가 추이

절대 좌표 취득에 대한 활용 정점을 7년으로 예측한 이유는 국토교통부의 드론분야 선제적 규제 효과 로드맵(2019. 10. 17)을 참고한 것이다.

## (2) 절대 좌표 데이터 활용도 예측

도시가스 협회 자료에 의하면 도시가스 A사는 2019년 말 기준 배관 총 길이는 약 2,750km이다. 2011년부터 GPS에 의한 공공측량 제도가 시행되었으므로 2011년부터의 배관은 절대 좌표를 보유하고 있다는 뜻이다.

2011년부터의 배관 길이를 합산한 결과 약 570km로 계산되었다. 그러므로 절대 좌표 보유 비율은 약 21%이다. <표 3-1>과 같이 연간 절대 좌표 데이터 활용 예측 건수는 9,225건이므로 절대 좌표 보유 비율 21%를 적용하면 1년에 1,937건의 절대 좌표 데이터를 활용할 수 있다. 절대 좌표 취득에 대한 활용 예측과 같이 절대 좌표 활용도 예측도 같은 방법으로 진행하였다.

2021년 첫해는 100건의 절대 좌표를 업무에 적용하여 업무 적합도를 분석하고, 2차 연도는 1차 연도의 분석 결과를 바탕으로 수정, 보완을 거쳐 150건의 절대 좌표를 추가로 업무에 적용하여 업무 적합도를 피드백하는 것으로 설정하였다. 3차 연도는 1개 부서 387건, 4차 연도는 2개 부서 774건, 5차 연도는 3개 부서 1,161건, 6차 연도는 4개 부서 1,548건, 7차 연도는 5개 부서 1,937건으로 예측하였다. 절대 좌표 활용 추이가 2027년을 정점으로 점차 증가하는 이유는 절대 좌표 데이터의 취득이 <그림 3-13>과 같이 증가함에 따라 활용 대상 절대 좌표 데이터도 증가하기 때문이다. 증가율을 계산한 결과 1년에 1.3% 증가하는 것으로 나타났다.

그 이유는 <그림 3-13>과 같이 1년에 3,770건의 절대 좌표 데이터가 추가 취득됨으로 절대 좌표 1건에 10m의 배관 길이를 적용하면 1년에 37.7km의 배관 길이가 증가하게 된다. 따라서 2011년부터 절대 좌표를 구축한 배관 길이 570km에 37.7km를 합산하여 총 배관 길이 2,750km를 대입하면 1.3%의 증가율이 산출된다. 그러므로 2028년부터는 <그림 3-14>과 같이 절대 좌표 활용 건수가 꾸준히 증가하게 된다.



<그림 3-14> 절대 좌표 활용 증가 추이

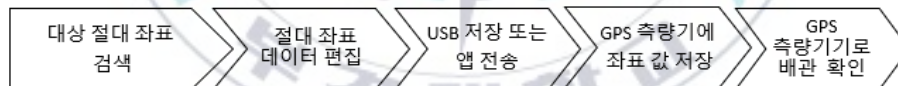
## IV. 연구결과

### 1. 기대효과

#### 가. 절대 좌표 데이터 활용 분야

##### (1) 업무 효율성 향상

현재의 기술로 절대 좌표를 활용하기 위해서는 고가의 GPS 측량 기기를 이용하여 <그림 4-1>과 같은 업무 절차를 거쳐 절대 좌표를 활용할 수 있다. 그러나 2011년 절대 좌표 데이터 취득이 시행된 이후 GPS 측량기기를 이용하여 절대 좌표를 활용한 사례는 많지 않았다. 그 이유는 측량기기의 사용 절차가 복잡하여 업무 효율이 떨어지고, 도심지에서는 건물 등의 간섭으로 인해 위성의 좌표 수신에 원활하지 않아 정확도가 떨어지기 때문이다.



<그림 4-1> 현 절대 좌표 활용 절차

이러한 문제점을 해결하기 위해 드론을 이용하여 위성의 신호를 원활하게 수신하게 하고, 드론에 탑재된 레이저를 사용하여 <그림 4-2>와 같은 절차를 통해 배관의 위치를 효율적으로 파악할 수 있도록 하였다.



<그림 4-2> 드론 융합시스템을 이용한 절대 좌표 활용 절차

그리고 본 연구에서 제시한 드론 융합시스템을 활용하면 측량 지식이 없는 1명의 드론 운용자로 배관의 위치를 파악할 수 있으므로 업무 효율이 향상될 것이다.

#### (2) 비용 절감효과

현재의 GPS 측량 기기를 활용하려면 신호수 2명과 GPS 측량기기 운전자 1명을 포함해 총 3명의 운용자가 필요하다. 그리고 건물 등의 간섭으로 인해 위성수신이 원활하지 않으면 토털스테이션과 같은 추가 장비 투입으로 인해 활용에 시간이 추가로 소요되어 운영비용이 발생하게 된다. 본 연구에서 제시한 드론을 활용하면 1명의 운영자로 절대 좌표를 활용할 수 있으므로 인건비 절감효과가 큰 것으로 나타났다.

그리고 장비 구매 비용에 대해서는 <표 4-1>과 같이 현재의 비용과 큰 차이를 보이지 않았으나 소프트웨어 개발 비용이 일회성 비용으로 추가 발생하였다(비용 계산 제외). 비용을 종합한 결과 <표 4-1>과 같이 현재 방식보다 연 38%의 비용이 절감되는 것으로 나타났고, 운영비 측면만 분석하면 약 59%의 절감효과를 나타내었다.

인건비는 <표 4-2>와 같이 2020년 지식경제부 공고에 수록된 직접 인건비를 기준으로 계산하였다. 드론 기체 가격은 지형의 공공측량용으로 시판되고 있는 ‘Delta X8 Quad’ 기종을 참고하여 산정하였다. 그리고 GPS 측량기와 토털스테이션 가격은 인터넷 자료를 참고하여 산정하였다. GPS 측량기기는 제조사에 따라 가격의 차이가 존재하여 평균 가격을 적용하였다.

<표 4-1> 지상 GPS 측량기와 드론 운영비용 비교 (단위 : 원)

| 구분                 | 항목                                                                     | 세부항목                    | 단가(일)           | 비용(월)     | 비용(년)       |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------|-------------|
| GPS<br>측량기<br>(현재) | 운영<br>인건비                                                              | 측량 중급<br>기능자(1명)        | 150,236         | 3,155,000 | 37,860,000  |
|                    |                                                                        | 측량 초급<br>기능자(1명)        | 130,391         | 2,607,820 | 31,293,840  |
|                    |                                                                        | 측부(1명)                  | 102,112         | 2,042,240 | 24,506,880  |
|                    |                                                                        | 소계                      |                 | 7,805,060 | 93,660,720  |
|                    | GPS<br>측량기<br>Set                                                      | GPS 측량기+<br>토털스테이션      | 약<br>25,000,000 |           | 25,000,000  |
|                    | 통신비                                                                    | 좌표 보정<br>데이터 사용         |                 | 30,000    | 1,200,000   |
|                    | 합계                                                                     |                         |                 |           | 119,860,720 |
| 드론<br>(융합기술)       | 운영<br>인건비                                                              | 측량<br>중급기능자(1명)         | 150,236         | 3,155,000 | 37,860,000  |
|                    | 드론<br>기체                                                               | GPS 수신<br>모듈, 카메라<br>포함 | 약<br>35,000,000 |           | 35,000,000  |
|                    | 레이저                                                                    | 레이저<br>발사체              | 1,000,000       |           | 1,000,000   |
|                    | 통신비                                                                    | VRS-GPS 보정<br>데이터 사용    |                 | 30,000    | 1,200,000   |
|                    | 합계                                                                     |                         |                 |           | 75,060,000  |
| 결과                 | . 합계 : 38% 절감(차액 44,800,720)<br>. 운영비(인건비+통신비) : 59% 절감(차액 55,800,720) |                         |                 |           |             |

주: 지식경제부 공고 자료(인터넷)

<표 4-2> 엔지니어링 사업 대가표

| 2020년도 적용 : 공간정보산업협회 공표(회원지원 2019-458) |         |         |          |
|----------------------------------------|---------|---------|----------|
| 구 분                                    |         | 직종별     | 노임단가     |
| 1. 기 술 계                               |         | 기술사     | 318,627원 |
|                                        |         | 특급기술자   | 232,190원 |
|                                        |         | 고급기술자   | 209,221원 |
|                                        |         | 중급기술자   | 180,481원 |
|                                        |         | 초급기술자   | 147,479원 |
| 2. 기능계                                 | 1) 측량   | 고급기능사   | 177,709원 |
|                                        |         | 중급기능사   | 150,236원 |
|                                        |         | 초급기능사   | 130,391원 |
|                                        | 2) 지도제작 | 고급기능사   | 178,516원 |
|                                        |         | 중급기능사   | 156,290원 |
|                                        |         | 초급기능사   | 131,216원 |
|                                        | 3) 도 화  | 고급기능사   | 200,165원 |
|                                        |         | 중급기능사   | 161,963원 |
|                                        |         | 초급기능사   | 146,831원 |
|                                        | 4) 항공사진 | 고급기능사   | 198,659원 |
|                                        |         | 중급기능사   | 188,254원 |
|                                        |         | 초급기능사   | 159,859원 |
|                                        | 5) 기 타  | 사업용 조종사 | 221,112원 |
|                                        |         | 항 법 사   | 206,991원 |
|                                        |         | 항공 정비사  | 205,476원 |
|                                        | 3 측 부   |         |          |

(3) 배관 파손에 의한 처리 비용 감소

절대 좌표에 의한 정확한 배관 위치 정보 제공으로 각종 굴착공사에 의한 배관 파손 사고가 줄어들 것으로 예상하기 때문에 가스 공급 중단으로 발생하는 가정용, 영업용, 업무용, 산업용 가스 사용자에게 대한 각종 처리 비용을 줄이는데 이바지할 것이라 예상된다.

(4) 사람이 접근하기 어려운 지역의 배관 위치 확인

도시가스 배관은 대부분 지하에 매설되어 있으므로 직접 눈으로 확인할 수 없는 단점이 있다. 특히 강이나 하천에 배관이 매설된 경우에는 사람의

접근이 어려워 도면을 통해 배관의 위치를 추정할 수밖에 없다. 이러한 단점을 <그림 4-3>과 같이 본 연구에서 제시한 드론과 레이저를 활용한다면 효과적인 해결 방법이 될 것이다.



<그림 4-3> 강, 하천, 택지의 배관 위치 확인

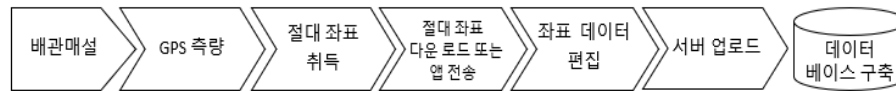
<그림 4-3>과 같이 택지에 매설된 배관의 경우에도 배관의 정확한 위치를 제공하는 데 도움을 줄 것이다.

## 나. 절대 좌표 데이터 취득 분야

### (1) 절대 좌표 취득에 대한 업무 효율 향상

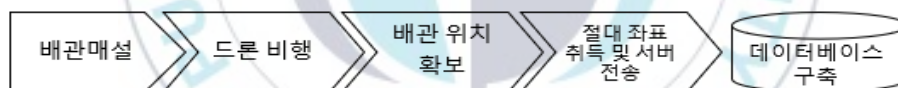
현재 절대 좌표 데이터 취득을 위해서는 <그림 4-4>와 같은 복잡한 절차를 거쳐야 하므로 업무 효율이 현저히 떨어진다. <그림 4-4>의 절대 좌표 취득 절차 중 GPS 수신기기의 환경 설정 등 짧은 시간이 소요되는 업

무 절차는 생략하였다.



<그림 4-4> 현 GPS 측량을 통한 절대 좌표 취득 절차

<그림 4-4>와 같은 비효율적인 절대 좌표 취득 방법을 본 연구에서 제시한 드론 융합시스템을 적용한다면 업무 효율 향상 효과가 클 것으로 예상된다. <그림 4-5>는 드론을 활용한 절대 좌표 취득 절차를 표현한 것이다. GPS 측량기기를 이용하여 절대 좌표를 취득하기 위해서는 측량기술을 보유한 전문 인력이 필요하지만 본 연구에서 제시한 드론 융합시스템을 이용한다면 드론 조종이 가능한 사람이면 누구나 절대 좌표를 취득할 수 있을 것이다.



<그림 4-5> 드론 융합시스템을 이용한 절대 좌표 취득 절차

## (2) 비용 절감효과

절대 좌표 취득 비용은 <표 4-1>의 절대 좌표 활용 비용과 같은 절감 효과를 거둘 것으로 예상하였고, 취득된 절대 좌표 데이터의 실시간 서버 저장기술로 업무 효율이 향상되어 정성적 효과를 거둘 것으로 보인다.

## 2. 활용 분야

### 가. 기타 지하시설물 적용 확대

우리나라 7대 지하시설물에는 상수도, 하수도, 가스, 통신, 전기, 송유관, 난방열관 시설이 있다. 이러한 도시가스 배관을 제외한 지하시설물도 2011년부터 GPS 측량기기를 이용한 공공측량이 시행되었기 때문에 대부분 절대 좌표 데이터를 보유하고 있다. 따라서 본 연구에서 제시한 제품과 기술을 적용하여 절대 좌표를 활용할 수 있을 것이다. 그리고 지하시설물에 대한 절대 좌표 취득에 대해서도 도시가스 배관 등의 시설물과 같은 효과를 누릴 수 있을 것이다.

### 나. 드론을 활용한 가스 누출 검사

한국가스안전공사에서는 도시가스 노후 배관(15년 이상 배관)에 대하여 가스 누출이 있는지 정기적으로 검사를 시행해야 하는 법 규정을 두고 있다. 그러므로 도로에 배설된 배관의 가스 누출 검사에도 본 연구에서 제시한 기술을 활용한다면 더욱 효율적인 검사가 이루어질 것으로 생각된다.

활용방법을 세부적으로 설명하면 <그림 4-6>과 같이 드론에 레이저 메탄 검지기를 탑재하여 취득된 절대 좌표를 활용하여 자율 주행을 통해 검사하는 것이다. 현재는 차량에 가스를 검지할 수 있는 장치를 부착하여 차량으로 누출 검사를 시행하고 있다. 참고로 레이저 메탄 검지기의 레이저 분석 거리는 약 50m이다. 그러므로 드론은 약 50m 상공에서 비행하여야 하는 단점이 존재한다. 레이저 메탄 검지기 분석 거리를 늘일 수 있다면 더욱더 효율적일 것이다, 현재 레이저 메탄 검지기 활용은 주로 고층 아파트 등 사람의 접근이 어려운 곳에 설치된 배관의 가스 누출 검사에 사용되

고 있다.

드론을 활용하여 도시가스 배관의 정기 누출 검사를 시행하기 위해서는 한국가스안전공사의 승인과 도심지 드론 비행에 관한 법적인 해결이 선행되어야 한다.



<그림 4-6> 드론과 레이저 메탄 검지기를 활용한 가스 누설검사

#### 다. 3D 전자 지도 및 증강현실 시스템 구축 데이터 활용

향후 도시가스 배관을 포함한 7대 지하시설물에 대한 절대 좌표 데이터 취득률이 증가한다면 지하시설물에 대한 정확도 향상과 함께 지하시설물 3D 전자 지도, 증강현실 등 다양한 시스템 구축에 도움을 줄 것으로 예상된다. 이러한 시스템 구축으로 최근 빈번히 발생하는 싱크홀과 각종 도로 굴착 공사나 재난·재해 등에 의해 지하 공간에서 발생할 수 있는 안전사고 예방에 또 하나의 중요한 역할을 담당할 것이다.

## V. 결론

### 1. 연구요약

도시가스사에서 보유하고 있는 배관의 절대 좌표 데이터는 기술과 효율성 부족, 운영비용 등의 문제로 인하여 활용이 미흡한 상태이다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 4차 산업혁명 관련 기술인 드론을 기반으로 ICT, 레이저, VRS-GPS, 카메라, 모바일 기기 제품들과 기술 융합을 통해 해결 방법을 제시하였다.

절대 좌표 취득과 활용에 대한 업무 효율 향상을 위해 도시가스사에서 운영 중인 현장 업무용 모바일 기기와 드론과의 실시간 통신 기술을 사용하였고 취득된 좌표는 1차 검증을 거쳐 서버에 실시간 저장될 수 있도록 구현하였다.

본 연구결과가 도시가스사에서 일부 보유하고 있는 지하 매설 배관의 절대 좌표 데이터 활용에 도움이 되었으면 하고, 절대 좌표를 취득하지 못한 기존 배관에 대해서도 절대 좌표를 효율적이고 효과적으로 취득하는 데 새로운 방안으로 활용되었으면 한다. 또한, 이 기술이 보편화 되어 도시가스 배관 시설뿐만 아니라 도시가스를 제외한 6대 지하 시설물의 절대 좌표 취득과 활용에도 도움이 되었으면 한다.

본 연구에서 제시한 기술 자문은 드론 하드웨어 및 소프트웨어 플랫폼 전문 개발 회사인 '4주식회사 무지개 연구소'에 의뢰하여 기술 구현 가능성을 확인받았다. 김용덕 대표는 드론의 GPS 기술은 이미 상용화되어 있

---

4) (주) 무지개 연구소(법인) : 2015년 창립, 2017.12월 : 유도무기 드론 비행 알고리즘 개발, 2017. 12 월 : 중소기업청 산학협력 실내 자율 주행 드론 기술개발사업 완료, 2018.12월 : 빅데이터 기반의 최적 경로 자율비행 드론 시스템 고도화 개발사업 완료, 대학교 드론 관련 학과 기술 자문

고 정확도도 우수하다며 레이저 발사체만 드론에 잘 적용하면 문제가 없을 것이라고 하였다. 그래서 레이저의 정확도 향상을 위해 레이저 발사체에 흔들림과 진동을 방지해 주는 짐벌 기능을 사용할 것을 제시하였다. 현재 드론 영상 촬영 시 대부분 짐벌 기능을 이용하여 카메라의 흔들림과 진동을 방지하고 있다고 하였다. 다만 드론이 풍속의 영향을 많이 받기 때문에 바람이 강한 경우에 정확도가 떨어질 수 있으므로 풍속에 따른 운영기준을 세워야 한다고 권고하였다. <표 5-1>은 김용덕 대표의 자문 내용과 8년동안 도시가스 GIS를 운영한 본인의 경험을 바탕으로 현재 운영 중인 GPS 측량기와 본 연구에서 제시한 드론 융합시스템을 비교한 결과이다.

**<표 5-1> GPS 측량기와 드론 융합시스템 운영 비교**

| 구분<br>항목    | 지상 GPS 기기(현재)                                                                                                   | 드론 융합시스템                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 운영방식        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS 측량기 단독 사용</li> <li>• GPS 측량기 + 토털 스테이션 (음영지역) 병행 사용</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 드론에 GPS 수신기를 탑재하여 100m 상공에서 운영</li> </ul>                                                                                                                                         |
| 절대 좌표 취득 방법 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 지상에서 GPS 측량기와 토털 스테이션을 병행해서 측량</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100m 상공에서 드론과 레이저 기술을 융합하여 측량</li> </ul>                                                                                                                                          |
| 절대 좌표 활용 방법 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS 측량기로 활용<br/>-&gt; 활용도 낮음</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100m 상공에서 드론, 모바일 기기, 레이저 기술을 융합하여 활용</li> </ul>                                                                                                                                  |
| 효율성         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 건물 등의 간섭에 의한 측량 시간 소요</li> <li>• 도로에서 사용할 때 차량 통행에 따른 효율 저하</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• GIS 시스템과 연계 사용 가능</li> <li>• 절대 좌표 실시간 서버 저장 가능</li> <li>• 건물 등 간섭 없이 절대 좌표 취득 및 활용 가능</li> <li>• 100m 상공에서의 운영으로 활용 지역이 지상 GPS 측량기기보다 넓다.</li> <li>• 풍속의 강도에 의한 사용 제한</li> </ul> |

|       |                                                                                         |                                                                                                                                                      |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 확장성   | -                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 지형에 사용 가능</li> <li>• 기타 시설물 등에 확장 적용 가능<br/>(6대 지하 시설물, 가스 누출 검사, 타 공사 현장 영상 제공 등)</li> </ul>           |
| 정확성   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 이미 검증된 측량 방식<br/>(공공 측량으로 사용)</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 드론 운영자가 취득된 절대 좌표를 GIS에 적용하여 검증<br/>-&gt; 응용 소프트웨어로 자동 검증 기능 적용 가능)</li> <li>• 풍속의 강도에 따라 정확도 감소</li> </ul> |
| 운영인력  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3명(측량 1명, 보조 2명)<br/>-&gt; 측량 전문 인력</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1명(드론 조종사)<br/>-&gt; 드론 조종 가능자</li> </ul>                                                                   |
| 규제 측면 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 측량 규제 없음</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 고도 제한(150m 이내 운행)</li> <li>• 공항 및 군사 지역 운행 금지<br/>-&gt; 운행 규제 지역 허가 후 운행</li> </ul>                         |

## 2. 시사점

<표 5-1>에서도 기술한 바와 같이 현재 도심지에서의 드론 운행은 아직 법적인 규제가 많이 존재하므로 활용이 확대되기까지는 시간이 조금 더 필요한 것 같다. 드론의 구조상 풍속의 영향을 많이 받기 때문에 운영 시 풍속을 고려하여 운영하여야 하는 제약 사항도 존재한다. 그리고 낮게 형성된 구름 등의 자연환경에 의해 레이저 사용이 제약을 받을 수도 있다. 이러한 자연환경을 극복하기 위해서는 드론의 기체 및 레이저에 관한 기술 연구가 지속되어야 할 것으로 보인다.

그런데도 본 연구에서의 성과는 드론을 활용한 기술 융합을 통해 도시가스 사에서 구축한 절대 좌표의 활용도를 높이고 절대 좌표를 효과적으로 취득하는 방법을 제공한 것과 강, 하천, 택지조성지역, 도심 등 다양한 지형에서도 폭넓게 절대 좌표를 활용할 수 있는 방법을 연구하여 제시한 것

은 의미가 크다고 할 수 있다.

또한, 배관 등 지하 시설물들에 대한 절대 좌표 데이터 구축이 활성화되어 절대 좌표 데이터 비중이 증가한다면 정확도 높은 3D 전자 지도, 증강 현실과 같은 시스템 구축에도 이바지할 것이다.



## 참고 문헌

박운용, 이종출, 정성모(2003), “RTK-GPS를 이용한 지하시설물의 위치 정확도 분석”, 한국측량학회논문지, 21(3), 237-242

신동윤, 김진수(2008), “VRS RTK GPS를 이용한 지적기준점의 정확도 평가”, 한국지적학회논문지, 12(2), 127-134

노홍석, 백태경(2017), “드론을 이용한 실시간 지하시설물도 작성”, 한국지리정보학회논문지, 20(4), 39-54

김민규, 박준규(2013), “위성 수신환경 변화에 따른 인터넷 RTK GPS 측량의 정확도 평가”, 한국측량학회논문지, 31(4), 277-283

남광우(2013), “VRS-GPS 자동 측위 시스템을 이용한 해안매립지 측량”, 한국산학기술학회 논문지, 14(10), 5215-5220

이근상 외(2016), 「드론 기반 하천 지형 공간정보 생성방안」, 『대한공간정보학회 학술대회』, 대한공간정보학회, 2016, 139-140(2 pages)

이재원, 성상민(2018), “RTK-GPS 무인항공 사진측량의 위치 결정 정확도 평가”, 한국산학기술학회 논문지, 19(4), 63-68

채한희, 이경환, 고은정(2019), “GPS 데이터를 활용한 어린이 보행형태 및 외부활동 영향요인”, 한국도시설계학회논문지, 20(6), 55-69

국토교통부, 「공공측량에 드론 본격 활용」, 미래 인프라연구소 , <https://blog.naver.com/drryuhk/221217545139>, 2020.05.03

정일웅, 「측량기술에 ‘드론’ 접목...최근 5년간 특히 3배 증가」, 『아시아  
경제』, 2018.11.04, <https://www.asiae.co.kr/article/2018110412404516730>  
(2020.05.03)

