

지적도 기반의 정밀농업 예찰용 드론 자동비행 알고리즘

이 호철*, 추 영열^o

Automatic Drone Flight Algorithm for Precision Agricultural Forecasting Based on Cadastral Map

Ho-chul Lee*, Young-yeol Choo^o

요 약

현재 정밀농업 분야에서 드론의 활용이 증가하고 있다. 국내의 농경 지역은 협소하고 복잡한 다각형 형태로 구분되어 있어 최적의 비행경로를 설정하기 쉽지 않다. 본 논문에서는 정밀농업에서의 활용을 위해 카카오 지도와 정부 3.0의 공공데이터포털에서 제공하는 연속지적도에 기반을 둔 자동비행 알고리즘의 개발과 DJI 드론의 구현에 대해 기술한다. DJI 드론 제어기는 안드로이드와 구글 지도를 기반으로 한다. 반면에 카카오 지도를 사용할 경우 다른 두 개발환경 사이의 호환성 제공을 위해 별도의 인터페이스 기능이 요구되었다. 이를 개발하고 테스트를 통해 시스템의 동작을 확인하였다.

Key Words : Drone, UAV, Flight Control, Cadastral, Precision Agriculture

ABSTRACT

Currently, drones are widely deployed in precision farming area. Since Korean farming land is divided into small-sized terrains which have complicated polygon shapes, it is difficult to set up the optimal flight path. In this paper, we present development of automatic drone flight algorithm based on the Kakao MAP and the continuous cadastral information of the public data portal of Government 3.0 and its implementation on a drone provided by Da-Jiang Innovations (DJI). The DJI drone controller is based on Android and Google map. Whereas, when we utilized the Kakao map, development of interface function was requested to support interoperability between the two different system environments. The function was developed and proper working of the algorithm was verified by field tests.

I. 서 론

드론 또는 무인항공기 (UAV) 는 1차 세계대전 이 후 원격감시를 위해 군사 목적으로 사용되었다. 하지만 최근 10년 동안에는 정밀농업을 지원하기 위해 사용됐다. 향후 10년간 드론 시장의 80~90%가 농업에서 발생할 것으로 추산된다¹⁾. 드론은 위성보다 대상

지점을 더 자주 관찰할 수 있고 좀 더 세밀한 사진을 촬영할 수 있다. 또한, 드론은 구름보다 낮은 고도에서 비행하기 때문에 위성사진과 달리 촬영된 사진은 구름에 의해 가려지지 않는다. 서로 다른 유형의 카메라를 사용할 경우 작물의 광합성 비율 등의 자료를 수집하거나 대지에 잡초가 있는 곳을 빠르고 효율적으로 찾아 제거 할 수 있다. 기술이 향상되고 비용이 지

※ 본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2017년도 산학협력 기술개발사업(No.C0531749)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

• First Author : (ORCID:0000-0002-6497-2584)Tongmyong University Department of Computer Engineering, calmtot@tu.ac.kr, 학생회원

o Corresponding Author : (ORCID:0000-0002-6497-2584)Tongmyong University Department of Computer Engineering, yychoo@tu.ac.kr, 정회원

논문번호 : 201808-237-D-RU, Received August 10, 2018; Revised August 31, 2018, 2014; Accepted September 3, 2018

속해서 감소함에 따라 드론은 농업 분야에서 더 널리 사용될 것이다¹¹.

현재 대부분 드론은 컨트롤러 혹은 태블릿 PC를 이용해 작업자가 직접 제어를 하고 있다¹¹. 따라서 전문적으로 드론을 조종 할 수 있는 지식을 갖춘 전문가가 아니면 농민이 농업에 드론을 이용하기가 어렵다. 또한, 국내의 토지는 외국과 달리 협소한 지형에 복잡한 다각형 형태의 구역형상을 지니고 있으므로 정교하게 비행경로를 설정하기 쉽지 않다.

본 논문에서는 정부 3.0의 공공데이터포털에서 제공하는 복잡한 연속지적도 정보를 활용하여 정밀농업 뿐만 아니라, 지적도 기반의 모든 측량작업에 사용할 수 있도록 자동비행경로작성 알고리즘을 개발하였다. 이로 인해 드론 전문가가 아닌 일반 농민들도 쉽게 정밀농업에서 드론을 운용할 수 있도록 지원하는 시스템을 구축할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기술 동향 및 관련 연구에 관해 기술하고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 기술적 방법을 설명한다. 마지막으로 4장에서는 본 연구로 도출된 결과에 대한 결론을 기술하였다.

II. 기술 동향 및 관련 연구

2.1 정밀농업 (Precision Agriculture)

정밀농업은 경제적인 효과, 시간적인 효율성을 높여 주는 것을 목적으로 하며, 전반적으로 농장 전체에 미치는 영향, 작물의 품질평가 방법, 생산 작물의 추적과 품질보증 방법, 생태환경 감시에 관해 기술 발전이 이루어졌다²¹. 정밀농업은 환경친화적인 방법으로 작물의 생산 및 관리에 도움을 줄 수 있다. 우선 정밀농업은 비료와 종자를 필요한 지역에만 효율적으로 분배할 수 있다. 이것은 곧 비용감소와 환경적인 면에서 긍정적인 측면이 있음을 의미한다. 또한, 잡초가 많거나 곤충의 피해를 많이 본 지역에만 살충제를 투하하여 제초 비용을 절감할 수 있다. 살충제를 적게 사용할수록 살충제에 대한 내성이 낮게 증가함을 확인할 수 있기 때문이다. 정밀농업은 환경을 보호하면서 농장의 수익성을 증대시킬 수 있는 현대적인 방법이다³¹.

2.2 드론과 정밀농업

드론의 장점은 승무원이 필요 없다는 점이다. 승무원이 없으면 비행체를 더욱 작게 만들 수 있고, 이것은 곧 연료 절감으로 이어져 비용감소 효과가 나타난

다. 아주 작은 드론은 숲 사이를 날아다니며 환경조사를 할 수도 있다. 높은 고도에서 비행 할 수 있으려면 충분한 연료를 실을 수 있는 큰 드론을 사용한다. 이런 대형 드론은 산불이 났을 때 비디오 기록 및 촬영을 통해 산불을 예방하기 위한 예방책을 마련할 수 있다. 또한, 재난 시 드론을 사용하면 외부 조종사의 인명 피해 없이 작업을 수행할 수 있다는 장점이 있다. 반세기 동안 이러한 산림연구에는 위성 촬영 사진이 가장 중요한 데이터였다. 하지만 위성사진은 구름의 영향을 많이 받고 자주 촬영할 수 없다는 단점이 있었다. 이러한 두 가지 단점을 오늘날 드론이 해결하고 있다. 하지만 환경적 영향으로 인해 지상으로 추락하여 인명 피해를 발생시킬 가능성이 있다. 이는 해결해야 할 과제로 남아 있다⁴¹.

드론을 이용한 농업은 점점 더 인기를 얻고 있다. 드론과 RGB-D 센서를 통합하여 정밀농업에 이용할 수 있다. 이 시스템을 이용하면 대지의 상태를 적은 시간을 들여 빠르고 자주 확인할 수 있어 농업의 효율성이 비약적으로 증대된다. Fig. 1. 과 같은 드론의 비행경로를 제어하는 소프트웨어를 이용하여 농업용 대지 상공에서 비행한다. 이때 RGB-D 센서를 이용해 토양이나 작물의 상태 등을 분석한다⁵¹.

드론은 상공을 비행하며 특정한 간격으로 RGB-D 센서를 이용해 대지를 촬영한다. 촬영된 이미지는 센서의 제원에 따라 가로, 세로 크기가 정해진다. RGB-D 센서로 촬영한 이미지는 Fig. 2.와 같이 정면 진행 방향으로 적어도 75% 이상, 측면 방향으로 60% 이상 중첩되어야 한다¹⁰¹. 또한, 드론의 고도는 지형으로부터 일정한 높이로 유지되어야 한다. 이미지의 중첩률과 비행고도는 지형에 따라 달라져야 한다. 산림 지역과 농경지에서는 정면 진행 방향으로 85%, 측면



그림 1. 오픈소스 소프트웨어 APM Planner에서 토양평가를 위해 사전 프로그래밍이 된 비행경로
Fig. 1. Pre-programmed navigation trajectory for the soil assessment in the APM Planner open-source software.

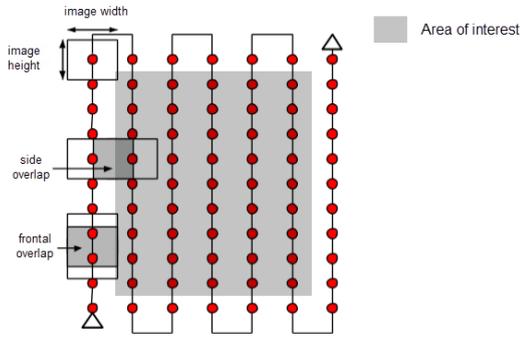


그림 2. 일반적인 그리드 패턴 경로 탐색 시 이미지 획득 방법
Fig. 2. Case to acquire the images with a regular grid pattern.

으로 70% 이상으로 중첩률을 유지하는 것이 좋다. 중첩률이 높을수록 촬영된 각 이미지 간의 유사성을 유추하기 쉬워진다. 열화상이 포함된 이미지의 경우, 90% 이상의 중첩률이 필요하다. 또한, 여러 경로에서 촬영한 이미지를 합성할 경우 태양, 기후, 새나 비행기 등의 장애물이 없거나 유사성을 가져야 한다⁶⁾.

2.3 연속지적도

연속지적도란 지적측량을 하지 아니하고 전산화된 지적도 및 입야도 파일을 이용하여, 도면상 경계점들을 연결하여 작성한 도면으로서 측량에 활용할 수 없는 도면을 말한다. 한국의 농업용 토지는 연속지적도에 표기되어 있으며 농민들은 이 기준을 바탕으로 생산물을 수확한다.

국내 연속지적도 정보는 국제 표준 GIS 양식인 SHP 데이터로 작성되어 제공된다. 이 데이터 양식은 ESRI ArcView의 Native Format으로서, 최근에 2차원 벡터 데이터의 교환을 위한 사실상의 표준으로 사용될 만큼 광범위한 사용자층을 확보한 GIS 양식이다. 도형정보와 속성정보를 따로 관리하는 전형적인 분리형 GIS 양식이다. Point, Arc, Polygon, MultiPoint 등의 2차원 사상(feature)만을 지원했으나, 계속된 발전을 통해 최근에는 3차원 사상(feature)도 지원할 수 있도록 개선되었다⁷⁾.

국가 공간정보 포털에서는 연속지적도에 대한 정보를 SHP, CSV, REST API 총 3가지 형태로 제공하고 있다. 본 논문에서는 SHP 파일에서 직접 데이터를 추출하지 않고 제공되는 REST API를 사용한다⁸⁾.

연속지적도는 법정코드 (PNU) 로 구성되어 있다.

법정코드의 구성은 Fig. 3.와 같다. 총 19자리 십진수이며 특별/광역시/도 코드(2자리), 시/군/구 코드(3

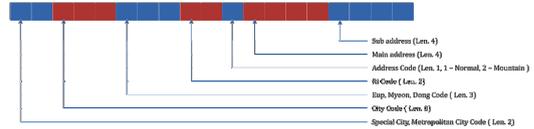


그림 3. 연속지적도에서의 주소 체계
Fig. 3. Address format in continuous cadastral map

자리), 읍/면/동 코드(3자리), 리 코드(2자리), 번지구분 코드 (1자리:1-일반, 2-산), 번지본번 코드(4자리), 번지부번 코드(4자리)로 구성되어 있다⁹⁾.

2.4 Ground Sampling Distance (GSD)

GSD는 드론에서 촬영한 이미지에서 매우 중요한 항목이다. 드론은 대지에서 일정한 높이의 상공에서 비행하며 대지를 촬영하게 되는데 이때 촬영된 이미지의 한 픽셀 당 실제 대지의 거리를 나타내는 수치가 GSD 이다. 예를 들어 GSD가 3cm라면 1픽셀의 실제 크기는 $(3 \times 3)cm^2$ 이 된다. 각 픽셀을 대지에 투사할 때, 대지면은 완벽한 정사각형이 될 수 없다. 지면에는 굴곡이 존재하기 때문이다. GSD를 계산하기 위해서는 Fig. 4.와 같이 센서의 크기, 센서와 렌즈의 거리, 비행고도의 수치가 필요하다¹⁰⁾. 이를 통해서 한 픽셀의 높이당 실제 거리인 GSD_h 와 GSD_w 를 구할 수 있다.

먼저 수식 (1) 과같이 드론의 비행고도와 센서와 렌즈 간의 거리 비율을 구하고 센서의 높이와 촬영된 이미지의 높이 비율을 곱하여 한 픽셀의 높이 당 실제 높이인 GSD_h 를 구한다. 같은 방법으로 수식 (2) 와 같이 한 픽셀의 넓이에 대한 실제 넓이인 GSD_w 를

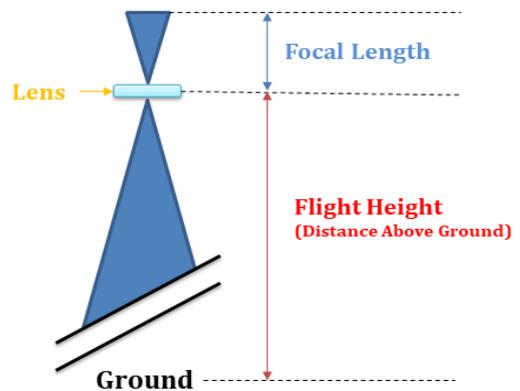


그림 4. GSD를 계산하기 위한 관련 요소
Fig. 4. Diagram showing all of the relevant factors for calculating GSD

구한다. 이는 다음 수식과 같이 주어진다.

$$GSD_h = \frac{FlightHeight * SensorHeight}{FocalLength * PhotoHeight} \quad (1)$$

$$GSD_w = \frac{FlightHeight * SensorWidth}{FocalLength * PhotoWidth} \quad (2)$$

2.5 관련 연구

정밀농업에서는 드론이나 무인항공기를 이용해 식생지수(Normalized Difference Vegetation Index)를 측정하고 있다. 이를 위해 이 기종 카메라를 이용해 촬영 영상을 분석하는 기술이 개발되고 있다. 드론은 농작물을 촬영한 고해상도의 RGB 이미지를 제공하고, 근적외선 카메라와 가시광선의 반사 강도를 비교하여 식생지수를 측정한다. 또한, Fig.5와 같이 열화상 카메라를 사용하여 작물의 스트레스 강도와 건강상태를 측정하는 기술도 개발되고 있다. 이러한 기술은 소규모의 정밀농업에 특화된 기술로 평가받고 있다. 이 기술을 이용해 농민들은 자신의 작물에 대한 자료를 수집하고 분석하여 더 효율적이고 진보된 정밀농업을 실현 할 수 있을 것이다. 향후 이러한 정밀농업 관련 기술들은 농업 분야에 필수 기술로 요구될 것이며 혁신적인 생산 혁명을 이룰 것으로 기대된다^[11].

현재 드론은 정밀농업 분야 이외에도 다양한 목적으로 사용되고 있다. 한 예로 사하라 사막 이남 지역의 아프리카, 남동 아시아, 중남미 지역에서 말라리아 모기 퇴치용으로 기술개발이 진행 중이다. 기존에는 말라리아모기를 박멸하기 위해 수동 배낭 분무기를 사용하였다. 이러한 수동 분무기는 넓은 지역을 모두

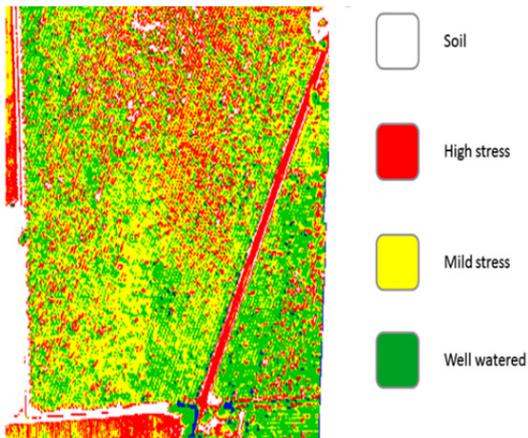


그림 5. 작물의 성장률을 보여주는 NDVI 지표
Fig. 5. NDVI image showing stressed and well watered crop.

박멸하기 어렵고 시간과 비용이 크게 발생한다. 따라서 무인항공기 및 드론 기술을 이용해 서비스 모델을 개발하고 각 지역사회에 적용하기 위해 다양한 연구가 진행되고 있다. 또한, 실외뿐만 아니라 실내에서도 드론이나 하이브리드 로봇을 이용해 살충 작업을 진행 할 수 있도록 연구개발이 진행되고 있다^[12].

국내의 경우 드론으로 촬영한 초분광 영상의 스펙트럼을 분석해 감귤의 생태와 질병을 관리하는 시스템을 연구하고 있다^[13].

III. 제안한 방법

3.1 Application 구조

Google의 한국 위성 지도는 2018년 기준으로 한국 정부의 법적 지도반출 문제로 인하여 비트맵을 사용하였기 때문에 품질이 떨어진다. 따라서 한국에 적용할 수 있는 서비스를 구현하기 위해서 카카오, 네이버 등의 국내 포털사이트 지도 서비스를 사용해야 한다. 국내 포털사이트의 지도 서비스는 연속지적도를 구현하여 제공하고 있다. 하지만 연속지적도를 사용하려면 WebAPI 플랫폼을 적용해야 한다. 대부분의 드론 제조사와 같이 DJI 사의 SDK 또한 Native Mobile SDK를 제공하기 때문에 Hybrid Application Framework를 이용해 다른 플랫폼과 데이터를 교환한다. Fig. 6. 과 같이 DJI 사의 Mobile Application은 Kakao Map과 Javascript API를 이용해 통신한다. WebAPI 로 구성된 Kakao Map은 RESTful API를 이용해 국가중점 데이터베이스의 토지특성정보인 SHP 데이터를 부른다. 본 시스템은 3가지 미들웨어의 상호작용을 통해 운용된다.

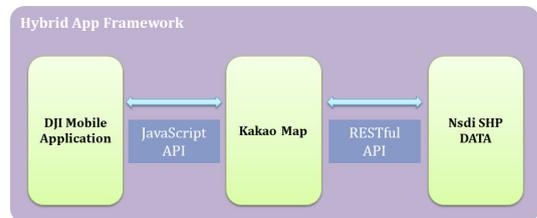


그림 6. 시스템 모듈 구조와 통신 방법
Fig. 6. System Module Structure and Communication Methods.

3.2 연속지적도 기반의 자동비행 경로 알고리즘

구현된 안드로이드 시스템의 진행절차는 Fig. 7.과 같다. 먼저 드론의 현재 위치를 리모트 컨트롤러로부터 수신하여 지도상의 위, 경도에 설정한다. 드론이

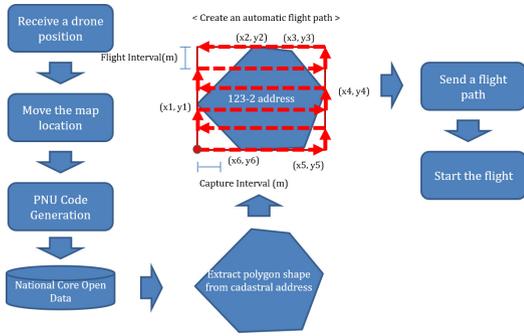


그림 7. 비행경로 자동화 알고리즘
Fig. 7. Flight Path Automation Algorithm.

위치한 좌표 지점으로 지적도 맵을 이동시킨 후 선택된 지적번지에서 지번 주소를 생성한다. 생성된 좌표의 상세 지번 주소를 이용해 법정동 코드(PNU)를 생성한다. 생성된 법정동 코드를 이용해 국가중점 데이터에서 토지특성정보를 REST API를 통해 전송받는다. 데이터 양식은 토지특성정보 SHP(shape file) 양식을 변환한 XML 형식으로 제공된다. 데이터 양식은 Table 1.과 같다. 데이터 양식의 SHAPE 항목에서 추출된 지번 데이터의 경계면 좌표를 이용해서 Fig. 8.과 같이 다각형의 경계면 좌표를 형성한다. 2차원 다각형 좌표에서 최소, 최대 경도 x , 위도 y 좌표를 추출하여 드론이 탐색할 직사각형 영역을 형성한다.

남/서 위/경도 좌표와 북/동 위/경도 좌표를 도출하는 의사코드는 아래와 같다. 지번의 다각형 포인트에서 x 좌표와 y 좌표를 분리한다. 모든 x 좌표에서 최솟값, 최댓값을 구하고, 같은 방법으로 y 좌표에서 최솟값, 최댓값을 구한다. 최솟값 x , 최솟값 y 를 가진 쌍의 포인트와 최댓값 x , 최댓값 y 를 가진 한 쌍의 포인트를 구하여 드론이 비행할 직사각형 모양의 비행공간을 도출한다.

algorithm flight-path-automation is

input:

Points on polygon area p

output:

maximum x, y $\max(x, y)$

minimum x, y $\min(x, y)$

$\max(x, y) = 0$

$\min(x, y) = 0$

for each point (x, y) in p do

표 1. 연속지적도 기반의 SHP 데이터 양식
Table 1. SHP data format of continuous cadastral map

Item name	Explanation
SHAPE	Spatial data
PNU	Unique number
LD_CPSG_CODE	Law City Code
LD_EMD_LI_CODE	Law Li Code
REGSTR_SE_CODE	Identification code
MNNM	Main Address
SLNO	Sub Address
LNLM_LNDCGR_SMBOL	Lot number, Landmark sign
SRC_OBJECTID	Source shape ID
SRC_LD_CPSG_CODE	Source City Code
ISSU_CONFM_CODE	Issue Confirm Code
STDR_YEAR	Standard year
STDR_MT	Standard Month
ADSTRD_EMD_CODE	Address Eup, Myeon, Dong Code
PBLNTF_PCLND	Public land price (won / m^2)
LNDCGR_CODE	Land Code
LNDCGR_CODE_NM	Land Code Name
LNDPCL_AR	Land Area(m^2)
PRPOS_AREA_1	Propose Area 1
PRPOS_AREA_1_NM	Propose Area Name 1
PRPOS_AREA_2	Usage area code 2
PRPOS_AREA_2_NM	Usage area code Name 2
LAD_USE_SITTN	Land use status code
LAD_USE_SITTN_NM	Land use situation
TPGRPH_HG_CODE	Terrain height code
TPGRPH_HG_CODE_NM	Terrain height (m)
TPGRPH_FRM_CODE	Terrain shape code
TPGRPH_FRM_CODE_NM	Terrain shape
ROAD_SIDE_CODE	Road Side code
ROAD_SIDE_CODE_NM	Road Side code Name
FRST_REGIST_DT	First Registration Data

if x, y great then $\max(x, y)$ do

$\max(x, y) = x, y$

if x, y less then $\min(x, y)$ do

$\min(x, y) = x, y$

return $\max(x, y), \min(x, y)$

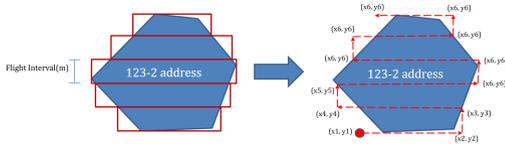


그림 8. 지적도 기반 지도에서 비행경로
Fig. 8. Flight Area in a cadastral map

드론의 진행 방향에 따른 탐색 간격과 필드 영상 촬영 시 적용될 카메라 촬영 간격을 설정하여 비행경로를 그림과 같이 설정한다. 드론의 효율적인 비행경로 설정을 위해 Fig. 8과 같이 경로를 설정할 수 있다. 먼저 드론의 탐색 방향에 따른 탐색 간격을 높이고 가진 다수의 직사각 영역을 생성하여 왼쪽 그림과 같이 다각형 영역에 배치한다. 이렇게 배치된 직사각형 영역의 외곽선을 따라 오른쪽 그림과 같이 드론이 비행할 경로의 좌표 군을 생성한다. 드론에 탑재된 배터리의 용량은 제한적이다. 따라서 드론의 비행거리가 짧아질수록 드론이 비행 할 수 있는 거리가 늘어남으로 제안하는 경로설정 방법을 통해 드론의 비행거리를 확장하고 배터리를 절약할 수 있어 운용시간에 드는 비용을 절약할 수 있다.

비행경로를 자동생성한 뒤 리모트 컨트롤러를 통해 드론 기체에 비행경로 데이터를 전송한다. 비행경로를 수신한 드론은 정해진 비행경로와 고도를 따라 비행하며, 계산된 간격으로 사진을 촬영한다. 계산된 간격은 드론의 비행 방향의 경우 약 75%, 측면 방향의 경우 약 60%의 중복률이 필요하므로 GSD 값을 이용해 수식 (3), (4) 와 같이 계산한다. 이 수식에서 $Photo_h$ 는 드론에 장착된 카메라로 촬영한 영상의 이미지 높이에 대한 픽셀 수이며, $Photo_w$ 는 영상 이미지의 넓이에 대한 픽셀 수다. 이 값을 토대로 특정한 간격으로 드론이 비행하며 농지나 대지의 이미지를 카메라로 촬영하게 된다.

$$FrontalOverlapDist = Photo_h * (1 - 0.75) * GSD_h \quad (3)$$

$$SideOverlapDist = Photo_w * (1 - 0.6) * GSD_w \quad (4)$$

개발된 안드로이드 태블릿용 애플리케이션은 Fig. 9와 같다. 애플리케이션이 실행되면 먼저 드론의 현재 위치를 검색하여 지도의 위치를 수정한다. 이동된 지도에서 사용자가 탐색하고자 하는 지번을 선택할 경우 선택된 지번의 다각형 경계면이 나타나고 미리



그림 9. 정밀농업 드론을 위한 안드로이드 앱
Fig. 9. Android app for agriculture drone

정의된 드론의 비행고도에 따라 GSD가 계산된다. GSD 값과 제안된 알고리즘에 의해 드론의 비행경로가 자동으로 설정된다. 만약 총 비행 이동 거리가 드론의 비행 가능 시간을 넘지 않는다면 사용자의 시작 명령에 따라 해당 지번의 농지 예찰을 수행한다.

IV. 실험 결과

본 논문에서 제안한 비행경로 방법이 어느 정도의 효율성을 가지는지 검증하기 위해 다음과 같이 시물레이션 실험을 진행하였다. Fig. 10에서 보는 바와 같이 다각형의 다중분할을 이용한 비행경로가 다각형의 최대/최소 좌표를 이용한 비행경로 대비 어느 정도 비행거리의 감소를 가져오는지 시물레이션 통해 실험하였다. Table 2에서 보는 바와 같이 연속지적도의 개수를 증가시켜 상대적 비행거리 감소율을 시물레이션한 결과 평균적으로 약 28% 정도 비행거리 감소율을 나타냄을 확인하였다. 이러한 결과는 드론의 배터리를 약 28% 정도 절약할 수 있음을 의미한다.

표 2. 다각형의 최대/최소 좌표를 이용한 비행경로 대비 제안한 비행경로 방법의 비행거리 감소율
Table 2. Reduction of the distance rate of the proposed flight path method compared to the flight path using the maximum / minimum coordinates of the polygon

Number of Cadastral maps (n)	Relative Flight Distance Reduction Rate (%)
10	22.4
20	31.5
30	33.1
40	27.4
50	25.7
Average reduction rate	28

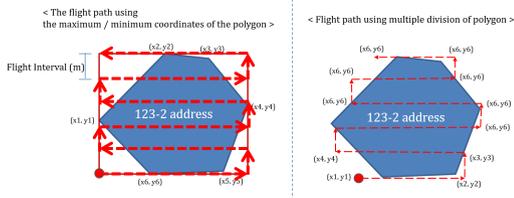


그림. 10. 다각형의 최대/최소 좌표를 이용한 비행경로와 제안한 비행경로 방법의 비교
 Fig. 10. Comparison of proposed flight path method and flight path using maximum / minimum coordinates of polygon

V. 결 론

현재 국내에서 일반 농민이 정밀농업을 위해 드론을 사용하려면 전문가의 지원을 받아야만 한다. 드론의 비행경로를 설정하기 위해서는 운용방식이나 지리 정보, 항공사진 촬영에 대한 지식 등이 요구되기 때문이다. 국외의 경우 농업이 대규모의 상업적 형태로 이루어지기 때문에 드론 전문가를 고용하여 농업에 적용할 수 있지만, 국내의 경우 대부분 소작농 형태의 농업방식으로 이루어져 자본을 투자하여 전문가를 고용할 여력이 부족하다.

따라서 본 논문에서는 드론을 국내의 지리정보 시스템에 맞춰 정밀농업에 활용하려는 방안을 모색하고 일반 농민도 드론을 이용해 정밀농업을 실현할 수 있도록 연속지적도 기반의 자동비행 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘을 이용해 연속지적도의 위/경도 면적계산 시간과 드론의 비행경로 설정 시간을 단축해 농업 민의 정밀예찰 농업 효율성을 높일 수 있었다. 또한, 현재 보편화한 스마트폰, 태블릿을 이용해 기본 시스템을 구현하였으므로 일반 농민들의 접근성과 활용성을 향상할 수 있었다.

후속 연구로 드론의 제한된 배터리 용량으로 인한 운용시간을 연장하고 최소화된 대지의 면적만을 촬영하기 위해 여러 다각형 형태의 구역에 대해 가로, 세로 비율 등을 고려하여 세분된 비행경로 최적화 알고리즘에 관한 연구를 진행하고 있다. 또한, 더욱 정확한 자료를 수집할 수 있도록 지형에 따른 고도수정 알고리즘을 포함하여 연구할 예정이다.

References

[1] Nikki J. Stehr, "Drones: The newest technology for precision agriculture," *Am. Soc. Agronomy*, vol. 44, no. 1, pp. 89-91, 2015.

[2] A. McBratney, B. Whelan, T. Ancev, J. Bouma, "Future directions of precision agriculture," *Precision Agriculture*, vol. 6, no. 1, pp. 7-23, 2005.

[3] R. Bongiovanni and J. Lowenberg-Deboer, "Precision Agriculture and Sustainability," *Precision Agriculture*, vol. 5, no. 4, pp. 359-387, 2004.

[4] L. Tang and G. Shao, "Drone remote sensing for forestry research and practices," *J. Forestry Res.*, vol. 26, no. 4, pp. 791-797, 2015.

[5] P. Trpicchio, M. Satler, G. Dabisias, and E. Ruffaldi, "Towards smart farming and sustainable agriculture with drones," *Int. Conf. Intell. Environ.*, pp. 140-143, 2015.

[6] *PIX4D Image acquisition*, Retrieved Jun. 24, 2018, from <https://support.pix4d.com/~Image-acquisition>

[7] *Shapefile*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Shapefile> (accessed Jun. 24, 2018)

[8] *Korea National Spatial Data Infrastructure Portal(2018)*, Retrieved Jun. 24, 2018, from <http://openapi.nsd.go.kr>

[9] *MINISTRY of the INTERIOR AND SAFETY (2018)*, Retrieved Jun. 24, 2018, from <https://www.code.go.kr>

[10] *What is Ground Sample Distance (GSD) and How Does it Affect Your Drone Data(2018)*, Retrieved Jun. 24, 2018, from <https://www.propelleraero.com/blog/ground-sample-distance-gsd-calculate-drone-data>

[11] U. Mahajan and B. Raj, "Drones for normalized difference vegetation index (NDVI), to estimate crop health for precision agriculture: A cheaper alternative for spatial satellite sensors," *Int. Conf. Innovative Res. Agriculture*, 2017.

[12] J. T. Amenyo, D. Phelps, and O. Oladipo, "MedizDroids project: Ultra-low cost, low-altitude, affordable and sustainable UAV multicopter drones for mosquito vector control in malaria disease management," *IEEE GHTC 2014*, Dec. 2014.

[13] H. J. Bae, J. H. Bae, B. K. Cho,

“Development of Non-destructive Measurement System for the Detection of Citrus Canker in (*Xanthomonas citri*) Using Drone and Hyperspectral Imaging system,” *Korean Society for Agricultural Machinery Conf*, vol. 22, no 2, pp. 67, 2017

이 호 철 (Ho-chul Lee)



2009년 8월 : 동명대학교 컴퓨터공학과 졸업
2011년 8월 : 동명대학교 컴퓨터공학과 석사
2011년 8월~현재 : 동명대학교 컴퓨터공학과 박사과정

<관심 분야> 소프트웨어공학, 통신공학, IoT, 빅데이터, 기계학습

추 영 열 (Young-yeol Choo)



1986년 2월 : 서울대학교 제어계측 공학과 학사
1988년 8월 : 서울대학교 제어계측 공학과 석사
2002년 8월 : 포항공대 컴퓨터공학과 박사
2002년 9월~현재 : 동명대학교 컴퓨터공학과 교수

1988년 6월~2002년 8월 : posco 기술연구소 책임연구원

2005년 1월~6월 : 독일 Fraunhofer IESE visiting scientist

2015년 2월~2016년 1월 : 미국 Southern Illinois Univ. Edwardsville 방문교수.

<관심분야> 컴퓨터 네트워크, IoT, 네트워크 보안, 실시간 시스템