

무인항공기를 이용한 농경지 모니터링 시스템

강병준*, 조현찬
한국기술교육대학교 전기전자통신공학부

System of Agricultural Land Monitoring Using UAV

Byung-Jun Kang*, Hyun-Chan Cho

School of Electrical, Electronics and Communication Engineering, KOREATECH

요약 본 연구의 목적은 농경지 상태 이미지 취득 장치와 농작업 데이터, 날씨 데이터를 데이터베이스화하여 관리할 수 있는 시스템을 구성하는 것이다. 농업관련 외국 회사들은 이미 다양한 방법으로 농업에 관한 데이터베이스를 구축하고 농업의 과학화를 이루어내고 있다. 본 연구의 시스템의 구성은 무인항공기에 탑재되는 GPS와 디지털카메라, PC를 이용한 영상 취득 장치, 취득한 여러 영상을 하나의 이미지로 정합하는 부분, GPS와 정합된 영상 간 매칭, 최종적으로 일자별 기상청 날씨정보와 농작업 데이터, 이미지를 데이터베이스화 하는 부분으로 구성된다. 본 연구의 결과로 우리나라 농업의 총 생산량만의 데이터가 아닌 기후와 농작업 데이터 등의 요인과 함께 농경지 이미지로써 결과 확인 및 데이터베이스화 할 수 있는 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템을 통해 인공위성 사진에 비하여 최대 약 5배 좋은 화질의 이미지를 얻을 수 있었으며, 농작업과 환경요인 등이 농경지 전체에 미치는 영향 분석 사용 될 기초 데이터를 얻을 수 있었다. 무인항공기를 이용한 농경지 모니터링 시스템을 통하여 우리나라 농업의 과학적 분석에 기여할 것으로 기대된다.

Abstract The purpose of this study is to develop a system configuration for gathering data and building a database for agriculture. Some foreign agriculture-related companies have already constructed such a database for scientific agriculture. The hardware of this system is composed of automatic capturing equipment based on aerial photography using a UAV. The software is composed of parts for stitching images, matching GPS data with captured images, and building a database of collected weather information, farm operation data, and aerial images. We suggest a method for building the database, which can include information about the amount of agricultural products, weather, farm operation, and agricultural land images. The images of this system are about 5 times better than satellite images. Factors such as farm working and environmental factors can be basic data for analyzing the full impact of agriculture land. This system is expected to contribute to the scientific analysis of Korea's agriculture.

Keywords : Agriculture monitoring, Agriculture database, Aerial photography, Precision Agriculture, Stitching Image

1. 서론

작물의 성장상태는 농작물 재배 시 지형 환경에 의한 일조량 차이, 날씨, 병해 등 환경적인 요소와 비료나 농약의 비율, 살포방법 등 관리적인 요소에 따라 같은 농경지 내에서도 차이를 보일 수 있다. 생산량 증대를 위한 과학적 접근으로 정밀농업을 시행할 때 과거의 데이터로부터 기후와 농작물 상태에 따른 비료/농약의 처방과 그

결과 데이터가 필요하다. 그 해의 기후, 비료와 농약 사용량, 기간별 작물 상태를 데이터베이스화 한다면 예측 가능한 정밀농업을 수행할 수 있을 것이다. 정밀농업이란, 작물의 성장상태나 토양상태에 따라 위치별 적합한 농자재를 투입하고 성장상태 관리를 통해 수확량을 극대화 하면서 불필요한 농자재의 투입을 최소화하여 환경오염을 줄이는 농업을 말한다. 정밀농업은 관찰, 처방, 농작업, 결과분석의 단계로 이루어진다. 관찰 단계에서 토

*Corresponding Author : Byung-Jun Kang(KOREATECH)

Tel: +82-41-560-1170 email: kbj2004@koreatech.ac.kr

Received March 10, 2016

Revised April 6, 2016

Accepted June 2, 2016

Published June 30, 2016

양의 상태, 작물의 성장상태 등을 관찰하여 적절한 비료 또는 농약의 투입량을 결정하여 농자재를 투입하고 투입한 결과를 다시 분석 및 보완하는 과정을 반복한다[1].

기상청은 2015년 7월부터 농업기상월보를 작성하여 공개하고 있지만 실질적으로 농경지 상태 정보와의 연결은 전무하다.

미국의 화학업체인 몬산토社は 미국 전역을 세분화해 지역별로 기온과 강수량 등 날씨와 관련된 정보를 분석하여 제공하고 있으며, 경쟁사인 듀폰社は 인공위성을 이용한 위치정보를 이용해 농업관련 뉴스, 시장정보, 가축 및 장비관리, 토지관리, 농업정책 등 농작물에 관련한 데이터를 제공하여 정밀농업의 유용한 정보를 제공한다. 또한 일본 후지쯔社は 2012년 10월부터 농지 작업 실적과 작물 이미지 등을 데이터로 저장하고 분석하여 수확량과 품질향상을 위한 운영방안을 제공하는 프로그램을 제공하고 있다[2]. 하지만 이러한 서비스는 농경지 전체의 이미지를 확인할 수 없기 때문에 한 농경지내의 성장 차이를 확인할 수 없다. 또한 인공위성을 통한 촬영은 필요할 때 바로 촬영할 수 없는 문제가 있다. 이처럼 정밀농업을 위해 선진국의 데이터 분석 기술회사로부터 농업 데이터 구축과 서비스가 시작되고 있지만, 한 농경지에 대한 촬영이미지와 데이터를 제공하는 데이터베이스는 구축되어 있지 않다.

정밀농업의 관찰단계에서 과거 데이터(기후, 농약/비료, 결과)를 기반으로 현 시점의 관찰 데이터를 비교하여 처방 한다면 생산량 증대에 기여할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 정밀농업의 관찰단계에서 넓은 농경지내의 작물의 성장상태를 카메라가 장착된 무인항공기를 이용하여 농경지 영상과 농작업 데이터, 날씨데이터를 함께 데이터베이스화하는 시스템에 대하여 연구하였다. 농경지를 항공 촬영하기 위해 농업용헬기(무인항공기)에 DSLR과 GPS, PC를 탑재하여 농경지 이미지를 얻고, 여러 장 얻은 이미지를 *Stitching* 알고리즘을 이용해 이미지 정합, GPS 데이터와 정합된 이미지 매칭 후 영상과 날씨, 농작업 데이터를 시기별로 축적할 방법을 제시하였다.

2. 농경지 이미지 수집 및 가공

2.1 무인항공기를 이용한 영상 취득 장치

Fig. 1과 같이 무인항공기 영상 취득 장치는 무인항

공기 내에 소형 PC와 DSLR, GPS를 장착한다. GPS는 위성신호를 안정적으로 받을 수 있는 박스의 위쪽에 부착하였으며, DSLR은 무인헬기의 랜딩바 등이 촬영되지 않는 측면에 부착하였다.

첫째로 농경지의 전체 이미지를 얻기 위하여 무인항공기에 DSLR 카메라를 탑재하는 방법을 선택했다. 무인항공기를 이용하면 고도와 FOV (Field of View) 산출식을 이용하여 촬영 횟수를 최소화 할 수 있다. FOV 산출 식은 다음과 같다.

$$FOV = \frac{h \times w}{f} \tag{1}$$

여기서, FOV ; Field of View [m]

h ; 고도 [m]

w ; CCD센서의 가로·세로 길이 [m]

f ; Lens Focal length [m]



Fig. 1. Installing capturing equipment on UAV

사용된 DSLR의 CCD센서는 23.6mm × 15.8mm 사이즈의 센서이며 Lens Focal length는 18mm 렌즈를 사용하였다. 따라서 10m의 고도에서 촬영할 수 있는 영역은 약 13.11m × 8.77m를 촬영할 수 있다. 하지만 이미지 정합을 위해서는 겹쳐지는 영역이 필요하므로 약 12m × 8m로 1ha에 필요한 촬영 횟수는 약 117번이며, 고도가 높아질수록 촬영 횟수를 줄일 수 있다. 10m 고도에서 4,288px × 2,848px로 촬영시 이미지 내 1px당 0.3cm를 나타낼 수 있으므로 이미지를 이용한 농경지 상태 모니터링에 충분하다[3].

장착된 카메라와 센서는 UAV에 장착된 PC에서 Fig. 2의 소프트웨어를 통해 영상과 GPS 값을 저장한다. Fig. 2의 소프트웨어에서 GPS는 Serial통신을 이용하여 데이

터를 얻고 DSLR은 Nikon社에서 제공하는 USB인터페이스 SDK를 이용하여 서터속도와 초점을 제어하여 영상을 얻게 된다.

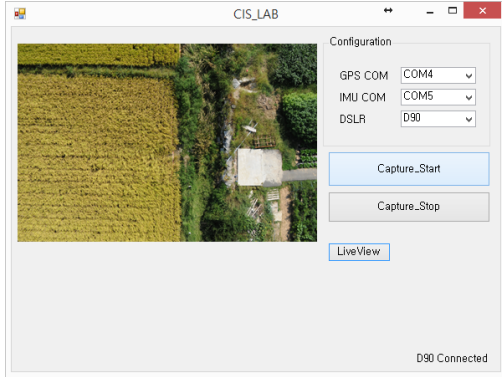


Fig. 2. Data gathering software on UAV

장착된 PC는 LTE 통신모듈이 포함되어 지상에서 원격으로 데이터 수집 상태를 확인 할 수 있다.

GPS데이터는 1Hz의 성능을 가진 장치로 무인항공기가 x축 12m, y축 8m를 움직일 때 마다 DSLR을 제어하여 촬영하게 된다. 촬영 이미지 및 GPS데이터는 촬영 당시의 시간을 기본키(Primary Key)로 DB화하여 각각 저장한다. 촬영된 시간은 촬영 이미지와 GPS데이터를 매칭하여 차후에 어느 지역을 촬영했는지에 대한 정보를 가질 수 있게 한다.

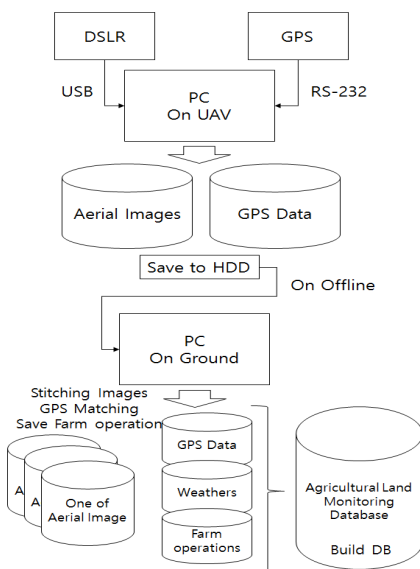


Fig. 3. Two Part of Monitoring System

Fig. 3은 농경지 이미지 수집 부분과 데이터 가공 단계를 두 부분으로 도식화 하여 나타낸 것이다. 무인항공기에 장착된 PC는 Windows 기반으로 영상 취득 장치의 DSLR 촬영제어와 GPS를 수신하여 저장한다. 저장된 데이터는 Off-Line으로 지상의 PC에 저장 후 다음의 영상정합을 수행하여 데이터베이스를 구축하게 된다.

2.2 취득된 영상정합

Fig. 4와 같이 항공촬영으로 얻은 여러 이미지들을 하나의 이미지로 만들기 위하여 각 이미지에서 특징점을 추출하여 특징점들끼리 유사도 비교 후 정합한다. 그 후 이음새 부분에 대한 자연스러움을 위해 후처리가 필요하다. 본 연구에서는 영상정합을 위하여 OpenCv에서 사용하는 Stitching알고리즘을 사용하였다.

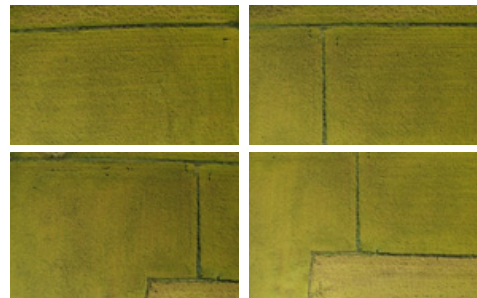


Fig. 4. Captured Images using UAV

항공촬영으로 얻은 이미지는 잦은 고도변화와 이동으로 촬영한 이미지의 줌과 방향이 일정하지 않은 특성을 가지고 있다. OpenCv의 Stitching 알고리즘은 이러한 특성에 맞는 특징점 추출을 위한 알고리즘으로 SURF (Speed-Up Robust Features) 방법을 사용하였다[4]. SURF 알고리즘은 가우시안 미분을 근사화한 9×9 사각 필터를 사용하여 크기에 따른 영상 피라미드를 Scale-Up 하며 x축과 y축으로 Haar wavelet response의 합으로 특징점 방향을 구하고 라플라시안 부호를 이용하여 특징점 매칭 유무를 결정한다. Fig. 4의 그림은 한 농경지를 4번 항공촬영한 것인데 고도의 차이로 각 이미지 별로 줌의 상태가 다르며, 정렬되어 촬영되지 않고 헬기의 방향에 따라 각각 다르게 촬영되었다. 항공촬영 이미지는 4,288px × 2,848px 고해상도이고 하나의 이미지로 정합할 이미지의 개수가 많으며, 줌과 방향에 강한 방법으로 SURF가 적합하였다. SURF로 추출된 특징점들은 n개의 촬영된 이미지에서 특징점들끼리 매칭하여 n

개의 그림을 모자이크 한다. 이미지 내에서 매칭된 특징 점을 많이 갖고 있는 이미지들은 서로 이미지가 이웃하는 것으로 간주하는 유사도 비교 방법을 사용한다.

이웃하는 여러 이미지들 간에 두 이미지를 방향에 맞추어 매칭하기 위해 RANSAC 메서드를 사용한다. RANSAC(RANdom SAmple Consensus)은 무작위로 샘플 데이터를 뽑아 컨센서스가 최대인 모델을 선택하는 방법이다. SURF를 통해 여러 이미지에서 얻은 특징점들을 나타내는 함수 모델이 이웃하는 이미지의 특징점과 얼마나 유사도를 갖는지 결정하는 것으로써 대상 함수 모델에서 비교할 함수 모델의 임계 범위 내에 가장 많은 특징점이 포함 된 것을 최적모델로 선택한다. RANSAC 메서드는 무작위로 존재하는 잡음에도 최적 모델 선출에 높은 정확도를 가지기 때문에 잡음 및 서로 유사한 특징 구간이 많은 피사체가 논인 대상에 적용하였고 이미지들은 모자이크로 매칭된다[5]. 이미지간의 경계가 되는 픽셀에 이미지를 배치 후 불필요하게 2중으로 겹쳐지는 부분을 삭제하고 자연스럽게 보이기 위하여 이미지간의 노출을 보정한다[6].

마지막 단계로 여러 이미지가 같은 장소에서 촬영되었다면 이상적으로 동일한 픽셀 강도를 가져야 하지만 촬영당시의 환경조건들이 다르기 때문에 멀티밴드블렌딩(Multi-band Blending) 작업을 수행해야 한다. 멀티밴드블렌딩은 피라미드 블렌딩(Pyramid blending)이라고도 불리며 이미지 정합 작업 시 흔들림과 겹쳐 보이는 현상 제거에 효과적이다[7-8]. 저주파 영역에서부터 고주파 영역까지 겹쳐진 이미지들이 어우러지기 위하여 라플라시안 피라미드를 이용하여 각 주파수 영역대의 이미지들(밴드패스 이미지)로 분리한다. 최종 이미지의 라플라시안 피라미드 식은 다음과 같다.

$$Y_k(i, j) = X_{1,k}(i, j)M_k(i, j) + X_{2,k}(i, j)(1 - M_k(i, j)) \quad (2)$$

여기서,

$X_{1,k}, X_{2,k}(i, j)$; 라플라시안 피라미드로 분리된 k번째 두 이미지

$Y_k(i, j)$; k번째 겹쳐진 분리된 이미지

$M_k(i, j)$; k번째 가우시안 피라미드로 분리된 이미지 마스크

(i, j) ; 이미지 내 픽셀 좌표

그리고 모든 밴드패스 이미지를 정합하여 Fig. 5와 같은 최종 합성 이미지를 구성한다.

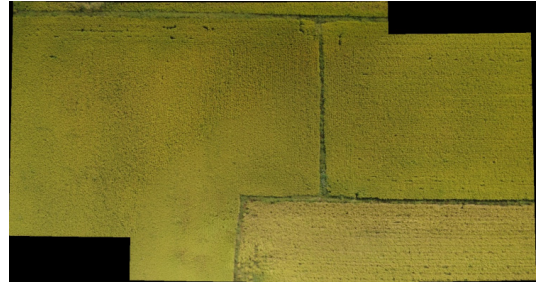


Fig. 5. registration image before analyzing

2.3 GPS와 이미지 매칭

촬영지역을 확인하기 위하여 위치정보에 대하여 표현을 해야 한다. 무인항공기에 탑재된 영상 취득 장치를 통해 얻은 항공사진과 GPS값은 항공사진의 중심부와 GPS값을 매치하여 저장하였다. 이때 정합 이미지 내에서 낱장의 중심좌표의 이동이 Fig. 6와 같이 추적되어야 한다. 추적된 이미지 상의 좌표가 GPS값을 갖게 된다.

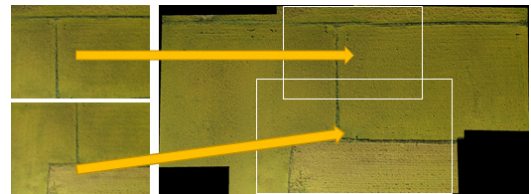


Fig. 6. Moving center point of each image

GPS 값을 통해 위도 1도는 111Km, 경도 1도는 88.8Km를 나타낸다. 이미지 내에서 한 픽셀 당 거리비율을 산정해야 하는데 이 거리비율은 이미지 사이즈에 비례된다. 본 연구에서는 4개의 항공사진에 해당하는 4개의 GPS좌표를 가지고 있어 4개의 좌표 사이의 픽셀 개수를 통해 한 픽셀당 거리를 알아낼 수 있다. Fig. 7에서 각 P1, P2, P3, P4는 각 항공사진의 중심좌표다. P1와 P2의 경도차와 x축 픽셀 차이의 비율과 (P2,P3), (P3,P4), (P1,P3), (P1,P4) 각각의 비율의 평균을 이미지 상에서 한 픽셀이 가로축에 대하여 기준 거리로 하고 마찬가지로 y축 픽셀 차와 각 점들과의 위도차를 이용하여 세로축으로 이미지 상에서 한 픽셀이 차지하는 거리는 다음과 같이 구한다.

$$\frac{X_{nGPS}}{X_{nPixel}} = \Delta X_n \quad \frac{Y_{nGPS}}{Y_{nPixel}} = \Delta Y_n \quad (3)$$

$$\Delta X = \frac{\sum_{k=1}^n \Delta X_k}{n} \quad \Delta Y = \frac{\sum_{k=1}^n \Delta Y_k}{n}$$

$$n = [1 \dots n]$$

여기서,

X_{nGPS} , Y_{nGPS} ; 각 항공사진의 GPS 중심좌표의 차이
 X_{nPixel} , Y_{nPixel} ; 각 항공사진의 픽셀 중심좌표의 차이
 n ; 항공사진의 개수
 $\Delta X, \Delta Y$; x축 및 y축 방향으로 1픽셀이 차지하는
 GPS상 거리[m]

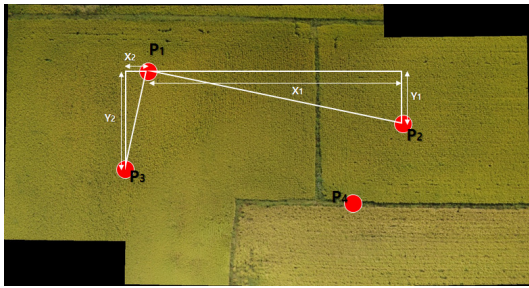


Fig. 7. Moving center point of each image

3. 실험 및 고찰

촬영된 이미지와 GPS데이터, 촬영일의 기상청 데이터를 융합하여 일자별 데이터베이스를 Fig. 8와 같이 구축하였다.

왼쪽 날짜 선택부에서 촬영 날짜를 선택하면 오른쪽 상단과 오른쪽 하단에 기상청 데이터와 농경지 이미지를 볼 수 있다.

기상청 데이터는 기상청 홈페이지 국내기후자료의 과거자료 페이지에서 HTML Parsing하여 자료를 저장한다. 기상청 기후자료는 일일 평균기온과 최고/최저기온, 일강수량, 일운량의 데이터를 제공한다.

농경지 촬영 이미지는 마우스 오버를 통해 GPS값을 확인 할 수 있다. 또한, 농작업자가 비료/농약에 대한 정보, 기타 작업 정보를 저장할 수 있다. 저장된 데이터는

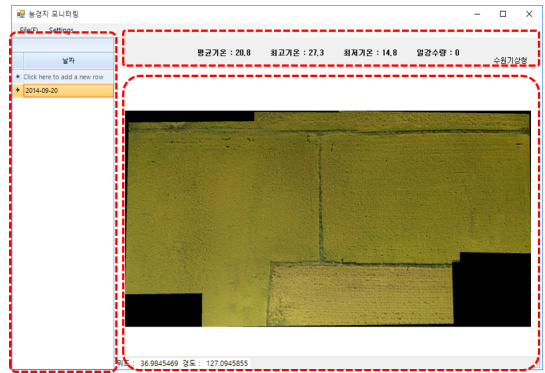
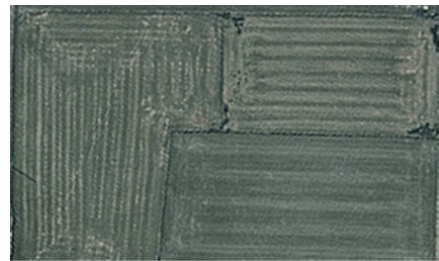


Fig. 8. Monitoring Program

일자별로 검색하여 기후, 농작업 데이터, 농경지 이미지를 확인 할 수 있다.

Fig. 9의 그림은 모니터링 프로그램을 통해 얻은 항공 촬영 영상과 위성사진의 품질을 비교한 것이다. Fig. 9의 (a)와 (b)는 DAUM과 NAVER에서 제공하는 위성사진을 최대한 확인이 가능할 정도로 확대한 것이며, (c) 그림 역시 최대한 확인이 가능 할 만큼 확대하여 비교하였다. Fig. 9을 통해 위성사진은 아주 넓은 면적을 촬영하기에 적합하지만 분석용으로 사용하기에는 필요한 시기에 촬영가능 여부와 화질, 색깔이 적절치 않음을 확인 할 수 있었다. 반면에 무인 항공기를 이용한 (c)의 그림은 분석용으로 활용할 수 있을 만큼 (a)에 비하여 약 2.5배, (b)에 비하여 약 5배 선명한 화질(2,083px×1,068px)의 이미지를 얻을 수 있었다.



(a) Satellite image provided by DAUM



(b) Satellite image provided by NAVER



(c) Aerial picture captured on UAV

Fig. 9. Comparing other satellite pictures with captured aerial picture

Table 1. Support comparison

Type	Monsanto	Dupont	Fujitsu	Monitoring System
Image	x	x	One of crops	Agricultural Land
Weather	o	x	o	o
Farm operation	x	x	o	o
GPS	o	o	x	o
Analysis Information	o	o	o	x

표 1은 각 회사별 제공하는 정보와 본 연구의 모니터링 시스템 기능을 요약한 것이다. 후지쯔에서는 개체 1개의 이미지를 제공하여 농작업과 환경요인들이 한 개체에 어떠한 영향을 미치는지 분석결과를 제공하는 반면, 본 연구에서 제안한 모니터링 시스템은 농작업과 환경요인이 농경지 전체에 미치는 영향에 대한 연구에 필요한 데이터베이스를 제공하는 차이점을 갖는다.

4. 결론

무인항공기를 이용한 농경지 모니터링 시스템은 농경지 촬영장치 제어와 기후자료, 농작업 데이터, 농경지 촬영 이미지를 데이터베이스화하는 시스템이다. 수확결과와 기후의 수치자료만이 아닌 한 해의 농작업 중의 농경지 이미지 데이터와 농작업 정보를 함께 데이터베이스로 구축하여 정밀농업을 위한 결과분석에 이용될 시스템을 제안하였다.

농경지 촬영 장치는 향후 소형 쿼드콥터를 이용한 자율주행 촬영 장치로 개선이 가능하며, 데이터베이스화된 자료들을 기반으로 기후와 농작업 데이터의 관계분석, 기후와 농경지 상태 등 농경지 상태에 영향을 미칠

수 있는 요인들 간의 분석에 제공될 유용한 데이터가 될 수 있다.

정밀농업 및 농업의 과학화를 위하여 농업관련 데이터는 수년 간 지속적으로 관리되어야 하며, 결과적 생산량 데이터로만 관리 될 것이 아니라 본 연구에서 제시하였듯이 농작업 간의 데이터를 농경지 이미지와 함께 관리되어야 할 것이다.

References

- [1] Young-gi Hong et al., "Preparing Precision Agriculture for after 10years", pp.1-24, RDA Interrobang, 2012.
- [2] NHERI, NHERI Weekly Brief 13-21, pp.1-11, NHERI, 2013
- [3] Byung-Jun Kang, Analyzing Growth State of Crops and Making Map using Aerial Photography Images, KOREATECH, pp.1-24, 2015
- [4] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, and L. Van Goo, "Speeded-Up Robust Features(SURF)", *Comput. Vis. Image Underset*, 110(3), pp.346~359, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cviu.2007.09.014>
- [5] Matthew Brown, David G.Lowe, "Automatic Panoramic Image Stitching Using Invariant Features", 『*International Journal of Computer Vision*』, 74(1), pp.59~73, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11263-006-0002-3>
- [6] Fischler, Martin A., and Robert C. Bolles, "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography." *Communications of the ACM* 24.6, pp.381-395, 1981.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/358669.358692>
- [7] P. J. Burt, E. H. Adelson, "A multi-resolution spline with application to image mosaics.", *ACM Trans. On Graphics*, Vol.2, No4, 1983.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/245.247>
- [8] Razinkova Anastasia, Hyun-Chan Cho, and Hong-Tae Jeon, "Mosaicing Method for Aerial Images Taken by UAV", *IEIE Conference*, pp.678~681, 2014.

강 병 준(Byung-Jun Kang)

[정회원]



- 2015년 8월 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부(학사)
- 2015년 8월 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부(공학석사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 박사과정

<관심분야>

Neural Networks, System Control, Computer Science

조 현 찬(Hyun-Chan Cho)

[정회원]



- 1991년 2월 : 중앙대학교 전자공학(공학박사)
- 1991년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 교수

<관심분야>

Fuzzy, Neural Networks, System Control, Robotics