

# 스마트 팜의 자동 제어를 위한 AMCS(Agricultural Machine Control System) 설계

정이나\*, 이병관\*\*, 안희학\*\*\*

## A Design of AMCS(Agricultural Machine Control System) for the Automatic Control of Smart Farms

Yina Jeong\*, Byungkwan Lee\*\*, Heuihak Ahn\*\*\*

**요약** 본 논문에서는 농장의 위성 사진 혹은 드론 사진을 이용하여 농장을 구분하고 농장 드론과 트랙터의 자율주행 및 행동을 제어하는 'AMCS(Agricultural Machine Control System)'를 제안한다. AMCS는 드론과 트랙터의 센서 데이터 및 비디오 영상 데이터로부터 농장 경계를 구분하고, 메인 서버에서 원격 제어 명령어를 읽어 들인 후 드론 및 트랙터 스프링클러와의 연동을 통해, 관리지역 내의 원격 제어 명령을 전달하는 'LSM(Local Server Module)'과 드론과 트랙터가 농장 밖에서 농장으로 이동하는 경로와 농장 안에서 저비용, 고효율로 일을 처리할 수 있는 경로를 설정하는 'PSM(Path Setting Module)'으로 구성된다. 본 논문에서 제안하는 AMCS의 성능분석 결과 AMCS의 PSM은 외부 출발점에서 농장까지 도달하는 경로를 설정할 때 다익스트라 알고리즘보다 약 100% 향상된 성능을 보였으며, 농장 내부 작업 경로를 설정할 때 기존 경로보다 약 13% 높은 작업 효율을 보였고 36% 낮은 작업 거리를 설정했다. 따라서 PSM은 기존 방식보다 더 효율적으로 트랙터와 드론을 제어할 수 있다.

**Abstract** This paper proposes the AMCS(Agricultural Machine Control System) that distinguishes farms using satellite photos or drone photos of farms and controls the self-driving and operation of farm drones and tractors. The AMCS consists of the LSM(Local Server Module) which separates farm boundaries from sensor data and video image of drones and tractors, reads remote control commands from the main server, and then delivers remote control commands within the management area through the link with drones and tractor sprinklers and the PSM that sets a path for drones and tractors to move from the farm to the farm and to handle work at low cost and high efficiency inside the farm. As a result of AMCS performance analysis proposed in this paper, the PSM showed a performance improvement of about 100% over Dijkstra algorithm when setting the path from external starting point to the farm and a higher working efficiency about 13% than the existing path when setting the path inside the farm. Therefore, the PSM can control tractors and drones more efficiently than conventional methods.

**Key Words** : Agricultural Machine Control System, Map graph, Path setting system, Smart Farm, Variable windows

### 1. 서론

전세계적으로 급격한 이상기후가 발생하고 인

구가 증가하고 있다. UN의 발표에 따르면, 세계 인구는 2050년 91억 명으로 증가할 것이라고 발

\*Computer Engineering of Graduate School, Catholic Kwandong University

\*\*Department of Software, Catholic Kwandong University

\*\*\*Corresponding Author : Department of Software, Catholic Kwandong University(hhahn@cku.ac.kr)

Received May 15, 2019

Revised June 12, 2019

Accepted June 13, 2019

표했다. 현재도 세계에 많은 기아가 존재하는 지금 인구가 더욱 증가하게 된다면 인류의 기아 문제는 더욱 심각해질 수 있다.

세계 각국은 앞으로 도래할 식량난 문제를 해결하기 위해서 다양한 방법을 연구하고 시도하고 있다. 그중에서 가장 각광을 받고 있는 분야는 스마트 팜(Smart Farms)이다. 스마트 팜은 ICT(Information Communication Technology)기술을 농업과 융합한 새로운 방식이다. 스마트 팜의 가장 큰 특징은 ICT기술을 이용하여 다양한 농업분야(비닐하우스, 과수원, 축사 등)에서 원격으로 생육대상을 관리하고 모니터링 할 수 있다는 것이다. 또한, 노동력 개선, 생산성 향상, 질병방지, 품질관리 등의 현재 농업분야에서 야기되는 문제들을 모두 해결할 수 있다. 세계의 여러 나라에서는 스마트 팜의 발전성을 확인하고 기술개발에 인력과 자본을 투자하고 있다. 스마트 팜을 가장 효과적으로 운영하고 있는 나라는 미국, 일본, 이스라엘이 있다.

미국은 넓은 토지를 이용한 기업형 농가가 많은 나라이다. 따라서 인력만으로는 농가의 토지를 모두 관리할 수 없는 형편이다. 인력으로 관리를 하더라도 그만큼 막대한 양의 인력비가 소모된다. 이러한 문제를 효과적으로 해결하기 위해서 미국은 무인주행 농작업 기술을 이용하고 있다. 무인주행 농작업은 드론과 트랙터를 이용해서 농경지를 관측하고 경작하며, 비료와 용수를 분사하는 방법이다. 또한, 미국에서는 최근 Big Data를 이용해 토양, 수분, 작물의 건강상태를 데이터로 수집해서 인공지능으로 의사결정을 하는 기술을 개발하고 있다. 일본은 심각한 고령화와 노동력의 부족현상으로 많은 어려움을 갖고 있었다. 이런 일본의 문제는 현재 우리나라농가의 문제와 비슷하다. 하지만 일본은 해당 문제를 해결하기 위해서 자동화 농장을 도입했다. 자동화 농장이란 농장의 모든 작업을 기계가 수행한다. 이때, 농가의 관리자는 디바이스를 이용해 기계에 명령을 내릴 뿐 직접적으로 작물을 관리하지 않아도 된다. 일본은 자동화 농장을 이용해서 인력문제와 생산성 문제를 해결했다. 또한, 농업의 자동화로 젊은 인

력들이 노하우를 전수받기 위해 농업에 뛰어들고 있다. 이스라엘은 온실관리 시스템으로 전 세계적으로 인정을 받고 있다. 이스라엘의 온실은 열악한 기후, 토양을 극복하기 위해서 개발되었다. 이렇게 다양한 나라에서 자국의 농업분야에서 발생하는 문제점을 해결하기 위한 방법으로 스마트 팜을 이용했고, 그 만큼 스마트 팜의 효과가 입증되고 있다.

국내에서는 스마트 팜 보급화와 인식변화가 필요한 추세다. 국내의 농업에서 발생하는 문제점들은 일본에서 발생한 문제와 크게 다르지 않다. 농업의 고령화와 노동력부족 현상이 심각한 상황이다. 해당 문제를 해결하기 위해서 세계의 여러 나라에서 도입하고 있는 스마트 팜 기술을 응용하여 우리나라에 맞는 기술을 개발해야 한다. 기존의 국내 스마트 팜은 센서를 통해 수집되는 생육환경을 모니터링하고 간단한 동작 (창문개폐, 온도 관리 등)을 수행했지만 모든 농업과정의 자동화를 이용하면 농업의 고령화 문제와 노동력부족 현상을 해결할 수 있다.

국내에서 발생하는 농가의 문제점을 해결하기 위해서 본문에서는 '드론 및 트랙터용 스마트 팜 관리를 위한 통합 프레임워크'를 개발해서 무인장비들인 드론, 트랙터 등의 통신환경을 최적화하고 장비들의 이동 경로를 최소화한다. 제안하는 프레임워크는 스마트 팜을 운용하는데 사용하는 Access Point(AP)를 유전자 알고리즘을 사용하여 통신환경을 최적의 환경으로 구축한다. 또한, 스마트 팜에 사용되는 장비들인 드론과 트랙터 등이 작업을 수행할 때, 경로탐색 알고리즘을 이용해 최단 거리의 동선으로 이동하도록 한다.

## 2. 관련연구

### 2.1 스마트 팜

StandAlone방식의 스마트 팜은 온실별로 설치하는 센서 제어기와 운영PC 등의 각종 장치들을 가상화하여 서비스 형태로 제공하는 기술이다. 클라우드 기반의 스마트 팜 서비스는 필요한 기

능만을 사용자 관점에서 선택하여 서비스 형태로 적용하므로 서비스를 도입하는데 비용을 획기적으로 줄일 수 있고, 설치와 관리가 쉽다[1].

농업을 최적화하기 위한 농작물에 대한 무선 센서 네트워크는 농작물 분야의 노드 센서와 스마트폰 및 웹 애플리케이션을 통한 데이터를 관리하고 제어할 수 있다. 작물 데이터를 연결하고 획득하기 위한 제어 박스로서의 하드웨어, 작물 데이터 및 현장 정보의 세부 사항을 조작하는 웹 애플리케이션과 작물 관수를 제어하는 데 사용되는 모바일 애플리케이션 등 세 가지 구성요소가 있다. 데이터 마이닝 기법은 미래의 계획에서 작물의 적절한 온도, 습도 및 토양 수분을 예측하기 위해 획득된 데이터를 분석하기 위해 적용했다[2].

LoRa(Long Range)를 이용하는 스마트 네트워크 시스템은 온실 내에서 원격으로 식물의 성장을 돕는 스마트 팜을 운용한다. LoRa를 이용하는 스마트팜 네트워크 시스템은 멀티 홉으로 구성된 IEEE 802.11 무선 백홀 망으로 온실의 상황을 인지하기 위한 비디오 스트리밍을 지원한다. 지향성 안테나가 증장거리 무선통신을 위하여 이용되므로, 무선통신 네트워크 성능이 외부환경에 의하여 영향을 받게 된다. 따라서 온실 내에서 직접적으로 식물의 성장에 영향을 미치는 온실 환경 정보들을 사용자에게 LoRa Point to Point 네트워크로 우회하여 알려준다[3].

두개의 임베디드 컴퓨팅 플랫폼을 사용하는 스마트 팜 시스템은 주(master)-종(slave) 관계로 동작된다. 주 임베디드 컴퓨팅 플랫폼에서는 ALTERA의 DE10-Nano (ARM Cortex-

A9 프로세서 사용)를 사용하고, 종 임베디드 컴퓨팅 플랫폼에서는 STM32F407G-DISC1

(ARM Cortex-M4)를 사용한다. 종 임베디드 컴퓨팅 플랫폼은 스마트 팜의 센서와 모터 제어 등의 기능을 제어하고, 주 임베디드 컴퓨팅 플랫폼과 통신기능을 수행한다[4].

최적의 에너지 관리를 위한 데이터베이스 최적화는 농장에서 사용하는 재생 가능 에너지를 자동으로 결정하는 방법이다. 최적의 에너지 관리를

위한 데이터베이스의 최적화를 위해서 다양한 방법을 이용한다. 처음에는 필요한 모든 데이터가 데모 개체에서 측정된다. 이 데이터는 소비자 (예 : 우유 냉각), 생산자 (예 : 태양열 발전소) 및 에너지 저장 시스템 (예 : 배터리 저장 장치)의 모델링을 위한 데이터 기반 학습 방법의 기초를 형성한다. 최적화 방법은 Taylor 근사에서 파생된 일반적인 ansatz 함수에 대한 최적의 매개 변수를 식별하는 데 사용한다[5].

## 2.2 Access Point(AP)

ACS (adaptive cluster splitting)와 AP reselection에 기반한 새로운 위치 파악 방법은 무선 근거리 통신망 (WLAN) 기반 핑거 프린팅 로컬화의 문제점인 오프라인 단계에서 과도한 메모리 요구 사항, 온라인 단계에서의 높은 계산 복잡성, 최상의 구별 기능을 가진 액세스 포인트 (AP) 세트를 선택을 해결할 수 있다. ACS (adaptive cluster splitting)와 AP reselection에 기반한 새로운 위치 파악 방법은 오프라인 스토리지 및 온라인 컴퓨팅 용량에 대한 요구 사항을 현저하게 줄이면서 현지화 정확도를 향상시킬 수 있다[6].

MIMO 시스템은 16 개의 엘리먼트를 가지며, 각 엘리먼트는 커플링 E 형 마이크로 스트립 피드 라인에 의해 공급되는 한 쌍의 접힌 쌍극자를 갖는다. 단방향 방사 및 낮은 프로파일을 달성하기 위해 주기적인 AMC 표면이 다이폴 소자 아래에 도입된다. 또한 안테나 소형화 및 대역폭 향상에 기여한다. MIMO 시스템은 광대역, 양호한 아이솔레이션, 향상된 방사선 및 낮은 상관 관계 등의 장점을 모두 만족하는 볼륨 안에 가지고 있다[7].

MAPS는 모바일 장치에 연결된 AP의 네트워크 상태를 알 수 없으므로 계속해서 AP를 사용하고 다른 사용 가능한 AP 및 네트워크가 근처에 있더라도 품질이 낮은 네트워크를 제공하는 문제를 해결하기 위한 이중 망에서 핸드 오버 결정을 위한 저 전력 AP 모니터링 기법이다. 모바일 장치는 MAPS를 사용하여 다른 장치와 아무런 협조

없이 연결된 AP의 네트워크 상태를 정확하게 예측하여 핸드 오버 결정을 올바르게 트리거할 수 있다. 또한 MAPS는 기존 네트워크 시스템을 수정할 필요가 없으며 모바일 장치는 간단한 응용 프로그램 설치로 MAPS를 사용할 수 있다[8].

가상화의 성능을 향상시키는 효율적인 패킷 처리 기법인 Tuna는 관리 프레임을 가상화하여 사용자 공간에 배치하고 제어 및 데이터 프레임을 커널 공간에 배치하여 패킷 처리 지연을 줄인다. 또한, hostapd 및 네트워크 주소 변환은 패킷 처리를 가속화하기 위해 수정된다[9].

### 3. AMCS(Agricultural Machine Control System) 설계

본 논문은 농장의 위성사진 혹은 드론사진을 이용하여 농장을 구분하고 농장 드론과 트랙터의 자율주행 및 행동을 제어하는 ‘AMCS (Agricultural Machine Control System)’를 제안한다. AMCS는 드론과 트랙터의 센서 데이터 및 비디오 영상 데이터로부터 농장 경계를 구분하고, 메인 서버에서 원격 제어 명령어를 읽어 들인 후 드론 및 트랙터 스프링클러와의 연동을 통해, 관리지역 내의 원격 제어 명령을 전달하는 ‘LSM(Local Server Module)’과 드론과 트랙터가 농장 밖에서 농장으로 이동하는 경로와 농장 안에서 저비용, 고효율로 일을 처리할 수 있는 경로를 설정하는 ‘PSM(Path Setting Module)’으로 구성된다.

#### 3.1 LSM(Local Server Module) 설계

본 연구에서 제안하는 LSM은 드론이나 위성으로부터 농장의 사진을 전달받고, 전달받은 사진을 기반으로 지형을 분할하여 농장의 경계를 구분한다. LSM은 농장의 경계 데이터와 방위각을 사용하여 LSM의 위치와 농장의 경계좌표를 계산한다.

#### 3.1.1 지형분할

하나의 농장에서 서로 다른 작물을 관리하기 위하여, Main Server는 위성사진 혹은 드론 촬영 사진으로 농장의 경계를 구분한다.

농장의 경계를 구분하기 위하여 동적 가변 윈도우 기반의 지형 분류 기법이 사용된다. 동적 윈도우 기반 지형 분할 알고리즘은 사진을 샘플링하여 각 점에 대한 특징을 추출하고, 데이터마이닝을 이용해 지형을 분석하는 기법이다. LSM은 지형의 특징을 추출하기 위하여 15개의 특징정보를 사용한다. 표 1은 LSM이 사용하는 15개의 특징정보를 나타낸다.

표 1. 윈도우 구분을 위한 특징정보  
Table 1. The Feature information for window identification

| Feature            | description                                 |
|--------------------|---------------------------------------------|
| hight_avg          | Average of altitudes in an window           |
| hight_var          | Variance of altitudes in an window          |
| max_hight_Rate     | Percentage of maximum altitude in an window |
| min_hight_Rate     | Percentage of minimum altitude in an window |
| Gradient_direction | Direction of Internal slope in an window    |
| slope              | internal slope in an Window                 |
| color_avg          | Average of colors in an window              |
| color_var          | Variance of colors in an window             |
| max_r_color        | The highest red point value in an window    |
| max_g_color        | The highest green point value in an window  |
| max_b_color        | The highest blue point value in an window   |
| color_N            | color of north in an window                 |
| color_S            | color of south in an window                 |
| color_W            | color of west in an window                  |
| color_E            | color of east in an window                  |

이렇게 정의한 특징정보 15개를 이용하여 규칙 집합 알고리즘을 통하여 지형을 초원, 농장, 도로, 건물, 수역으로 이루어진 5개의 단일 유형으로 분류한다. 그리고 이 다섯 가지 특징 중 두 가지 특징을 가지는 초원+농장, 초원 + 도로, 초원 + 건물, 초원 + 수역, 농장 + 도로, 농장 + 건물, 농장 + 수역, 도로 + 건물, 도로 + 수역 등으로 이루어진 9개의 복합 유형으로 구분한다. 그림 1은 동적 가변 윈도우 기법을 사용하여 지형을 분류한 예를 나타낸다. 그림 1의 노란 영역은 농장을, 초록 영역은 농장 + 도로를, 파란 영역은 도로를, 보라색 영역은 건물을 의미한다.

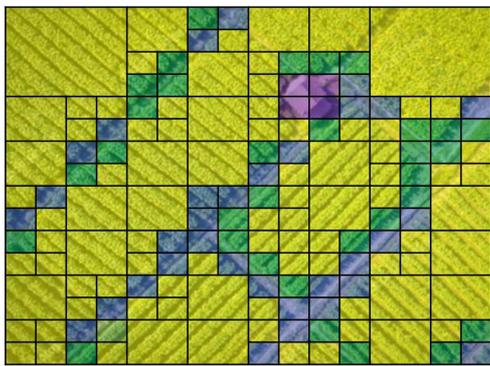


그림 1. 가변 윈도우를 이용하여 분리된 농장 경계  
Fig. 1. Separated farm boundaries using variable windows

### 3.1.2 AP 위치 파악

농장의 경계가 구분되면, LSM은 구분된 경계를 이용하여 본인의 위치가 어느 농장인지 식별한다. 식별이 완료되면 LSM은 농장의 경계좌표와 LSM과의 거리를 측정한다. LSM은 정북향을 기준으로 방위각을 1도씩 증가시키면서 농장의 경계좌표와 LSM의 거리를 거리 테이블에 저장한다.

## 3.2 PSM(Path Setting Module) 설계

PSM은 농장을 원격으로 관리하기 위해 드론 혹은 위성 사진을 통해 분석한 지형 데이터를 기반으로 드론과 트랙터의 경로를 설정하고 이동 명령

을 전달한다. PSM은 농장 외부에서 드론과 트랙터의 경로와 농장 내부의 경로를 설정한다. 그림 2는 PSM의 전체적인 구성을 나타낸다.

### 3.2.1 외부에서 농장까지 경로설정

PSM은 드론과 트랙터가 농장 외부에서 농장으로 도착할 수 있도록 경로를 설정한다. 드론은 비행을 통하여 농장으로 이동하고, 트랙터는 도로를 통하여 농장으로 이동하기 때문에 드론과 트랙터의 경로를 서로 다르게 설정한다.

드론의 목적지는 PSM에서 결정하여 서버로 전달된다. 서버는 전달된 목적지와 드론 이동 알고리즘을 이용하여 드론으로 이동 명령을 보낸다. PSM은 현재 드론의 대기 위치, 즉 드론 비행경로의 시작점을 알고 있으며, 거리 테이블에서 시작점과 유클리드 거리가 가장 가까운 경계좌표를 선택하여 서버로 전송한다. 서버는 경계좌표를 목적지로 설정하고 드론이 시작점부터 목적지까지 직선거리로 비행하도록 명령한다. 드론은 거리 초음파 센서를 이용한 장애물 회피 알고리즘을 사용하여 장애물을 회피한다. 드론 비행경로 설정 알고리즘은 다음과 같이 동작한다.

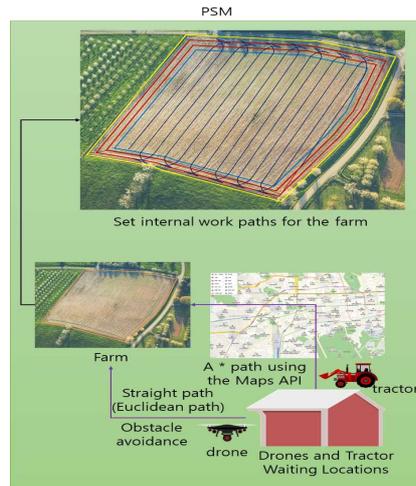


그림 2. PSM의 구성  
Fig. 2. The Configuration of PSM

1. 드론 비행 함수는 목적지의 x, y, z 좌표를 입

- 력받는다.
2. 만약 목적지와 현재 드론의 좌표가 다르다면, 목적지를 향해서 비행한다.
  3. 드론은 비행하면서 초음파 사진을 통해 장애물과 거리를 측정한다.
  4. 또한, 드론은 현재 비행 중인 전방화면을 사진으로 촬영한다.
  5. 만약 장애물과 거리가 40 이하가 된다면 드론은 장애물의 회피를 위해 이동좌표를 설정한다.
    - 5-1. 만약 장애물의 x, y 중심좌표가 사진의 x, y 중심좌표와 같다면, 드론은 사진의 크기만큼 위로 이동하도록 좌표를 설정한다.
    - 5-2. 만약 장애물의 x축 중심점이 사진의 x축 중심점보다 크다면, 드론은 왼쪽으로 움직이도록 좌표를 설정한다.
    - 5-3. 만약 장애물의 x축 중심점이 사진의 x축 중심점보다 작다면, 드론은 오른쪽으로 움직이도록 좌표를 설정한다.
    - 5-4. 만약 장애물의 y축 중심점이 사진의 y축 중심점보다 크다면, 드론은 d 아래로 움직이도록 좌표를 설정한다.
    - 5-5. 만약 장애물의 y축 중심점이 사진의 y축 중심점보다 작다면, 드론은 d 위로 움직이도록 좌표를 설정한다.
  6. 드론은 설정한 좌표에 따라 움직인다.
  7. 설정한 좌표들을 초기화한다.
  8. 2~7의 과정을 반복한다.

해당 과정을 통하여 드론은 자율적으로 비행하여 농장에 도착할 수 있다. 드론은 목적지에 도착하면 최적 경로를 탐색하고 명령을 수행한다.

트랙터는 드론과 달리 지형지물, 도로가 존재하는 지상에서 운행하기 때문에, 지도 데이터가 필요하다. PSM은 포털 사이트에서 제공하는 지도 오픈 API를 이용한다. PSM은 지도의 길과 교차로, 특정 지형들을 그래프로 만들어 경로 탐색 알고리즘을 실행한다. 일방통행 길이 존재하므로, 지도 그래프는 방향성을 가져야 한다. 지도 그래프 MG(Map Graph)는  $MG=(V, E, W)$ 로 정의된다.

V는 노드의 집합으로 MG에서 노드란 간선이 겹치는 교차로, 혹은 특정 건물 등이 존재하여 출발점이나 목적지로 설정할 수 있는 좌표들로 구성된다.

E는 노드들을 잇는 간선으로 도로를 나타낸다. 일방통행 도로의 경우 방향이 있는 간선으로 설정하며, 일방통행이 아닌 경우 양방향 간선으로 설정한다.

W는 가중치 값으로, 해당 간선의 방향에 대한 km 단위의 거리와 비용이 저장된다. 비용은 트랙터의 평균 연비를 이용하여 단위 거리당 기름 소모량을 뜻한다.

PSM은 출발지를 트랙터의 현재 위치로 설정하고, 목적지는 드론 목적지와 마찬가지로 계산한다. PSM은 최단 경로를 설정하는 A\*알고리즘에 목적지와 그래프를 적용한다.

### 3.2.2 농장 내부 작업 경로설정

PSM은 드론이나 트랙터가 농장 내부에 도착하면, 농장 내부에서 임무 수행을 위해 주행할 경로를 설정한다. 현재 지점에서 농장으로 출발해야 하는 목적지 경로설정과 달리, 농장 내 최적 경로를 설정하려면, 농장의 모든 면적에 고루 작업이 처리되도록 움직여야 한다.

따라서 농장의 MBR(Minimum bounding rectangle)을 이용하여 주행 경로를 생성한다. MBR이란 농장의 경계를 따라 작업하는 드론과 트랙터의 외곽 작업 범위를 제외하고 드론과 트랙터가 반복적으로 움직이는 농장 내부의 영역을 의미한다.

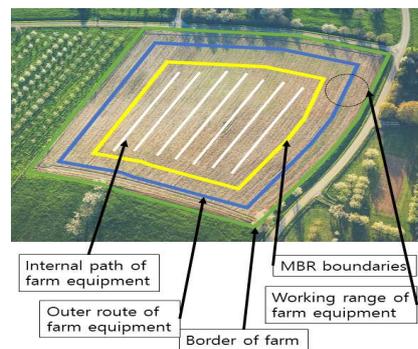


그림 3. 네 가지의 농장 작업 영역  
Fig. 3. Four farm work areas

MBR을 통하여 주행 경로를 결정하기 위해서 농장의 외부 라인을 나누어야 한다. 드론과 트랙터는 농장 내부를 평행선처럼 움직이며 작업을 수행하고, 마지막으로 농장 경계를 돌면서 작업을 완료한다. 그림 3은 농장 내부의 작업 영역을 네 가지로 나눈 것을 나타낸다. PSM은 드론과 트랙터의 작업을 위하여 농장의 경계를 설정하고, MBR을 사용하여 내부 작업경로를 설정한다. 드론과 트랙터는 내부 작업경로를 우선으로 실행한 후 외부 작업 경로를 순환하고 작업을 마친다.

#### 4. 성능분석

본 논문은 AMCS의 PSM이 생성한 농장 외부경로와 내부 경로의 효율성을 검증했다. 실험은 2.7GHz 주파수를 사용하며 6M 크기의 캐시를 가진 CPU를 사용하여 실행하였다.

성능분석 내용과 그 결과를 나타내면 표 2와 같다.

표 2. 성능분석 내용 및 결과  
Table 2. The performance analysis and results

| 분석 내용                                  | 결과                                              |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| PSM의 경로탐색 알고리즘과 다익스트라 경로탐색 알고리즘의 비교 분석 | PSM이 다익스트라 알고리즘보다 최단 거리 계산에 대한 효율성이 약 300% 높다.  |
| 기존 농장 내부 경로설정 방식과 PSM의 경로설정 방식의 비교 분석  | PSM이 기존 농장 내부 작업경로보다 내부 작업경로를 약 13% 효율적으로 탐색한다. |

PSM의 경로탐색 알고리즘과 다익스트라 경로탐색 알고리즘을 비교하였다. 실험환경은, 총 1300m의 거리를 기준으로 랜덤한 위치의 4000개의 노드를 할당하여 진행하였다.

그림 4는 출발지와 목적지의 거리당 탐색을 위해 방문한 노드의 개수를 표현한 그래프이다.

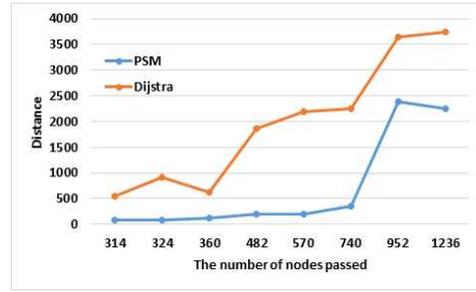


그림 4. 거리별 지나친 노드 수  
Fig. 4. Number of excessive nodes by distance

거리가 314일 경우 PSM은 90개의 노드를 방문하며, 다익스트라 알고리즘은 555개의 노드를 방문한다. 거리가 324일 경우 PSM은 89개의 노드를, 다익스트라 알고리즘은 907개의 노드를 방문한다. 거리가 약 500일 경우 PSM은 평균적으로 200개의 노드를 방문하며, 다익스트라 알고리즘의 경우 약 1000이면, PSM은 약 2300개의 노드를 방문하며, 다익스트라 알고리즘은 약 3700개의 노드를 방문한다.

거리가 600이하일 경우 PSM은 2000개의 노드를 방문한다. 경로가 약 다익스트라 알고리즘보다 약 700%나 향상된 성능을 보여주었다. 거리가 900이상일 경우엔 PSM이 다익스트라 알고리즘보다 약 50% 향상되었다.

둘째로 농장 내부 경로의 효율성을 검증하기 위해 기존 농장 내부 경로설정 방식과 PSM의 경로설정 방식이 비교되었다.

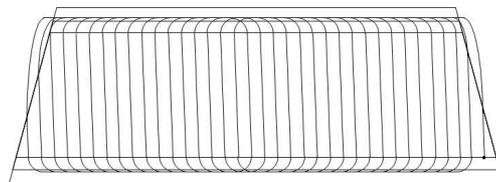


그림 5. 기존 C선회 방식 농장 작업 경로  
Fig. 5. Conventional C-Turnaround Farm Work Path

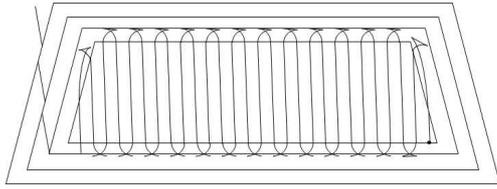


그림 6. PSM로 생성된 농장 작업 경로  
Fig. 6. Farm work path generated by PSM

항공사진을 통하여 추출한 사다리꼴 모양의 농장을 매핑하여, 농장 단변의 크기를 30, 40, 50, 60, 70, 100m로 증가시키에 따라 기존 농장 경로 탐색 알고리즘과 PSM의 작업 경로, 작업 효율이 비교되었다. 그림 5는 기존 농장 내부 경로설정 방식으로 설정된 작업 경로이며 그림 6은 PSM이 설정한 농장 내부 작업 경로이다.

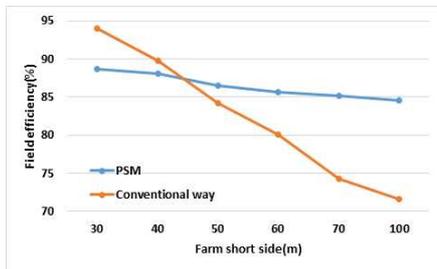


그림 7. 농장의 짧은 변에 따른 총 작업 효율  
Fig. 7. Total working efficiency along short sides of the farm

그림 7은 농장의 작업 효율을 나타낸다. 농장 단변의 길이가 30m일 경우는 C형 선회 방식의 작업 효율이 92.87%, PSM의 작업 효율이 89.41%로, PSM의 효율이 약 5% 감소했다. 농장 단 변의 길이가 40m일 경우는 C형 선회 방식의 작업 효율이 88.65%, PSM의 작업 효율이 89.01%로, PSM의 효율이 약 1.6% 증가했다. 농장 단 변의 길이가 60m일 경우는 C형 선회 방식의 작업 효율이 79.87%, PSM의 작업 효율이 84.89%로, PSM의 효율이 약 5.5% 향상되었다. 농장 단 변의 길이가 70m일 경우는 C형 선회 방식의 작업 효율이 74.24%, PSM의 작업 효율이 86.2%로, PSM의 효

율이 약 11% 향상되었다. 100m일 경우는 C형 선회 방식의 작업 효율이 71.56%, PSM의 작업 효율이 84.57%로, PSM의 효율이 약 13% 향상되었다. C형 선회 방식은 면적이 커질수록 작업 효율이 감소한다. 30m와 70m 사이에 효율이 약 20%나 감소되었다. 그러나 PSM은 30m일 때의 작업 효율과 70m일 때의 작업 효율이 약 3%의 차이만 보였다. 즉, 면적이 클수록 PSM이 더 높은 효율을 보이며, 안정적이다.

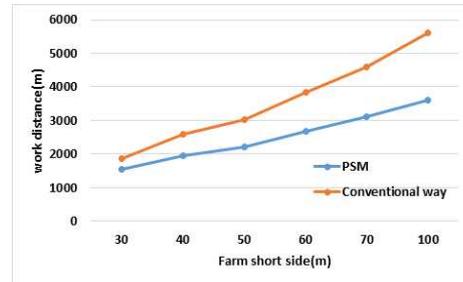


그림 8. 농장의 짧은 변에 따른 총 작업 경로  
Fig. 8. Total work path along short side of farm

농장의 작업 거리는 그림 8에서 확인할 수 있다. 농장의 단 변의 길이가 30m일 경우 PSM에서 드론과 트랙터의 작업 거리는 1540m로 측정되었으며, C형 선회 방식의 경우 1862m로 측정되었다. 농장의 단 변의 길이가 40m일 경우 PSM에서 드론과 트랙터의 작업 거리는 2001m로 측정되었으며, C형 선회 방식의 경우 2620m로 측정되었다. 농장의 단변의 길이가 60m일 경우 PSM에서 드론과 트랙터의 작업 거리는 2680m로 측정되었으며, C형 선회 방식의 경우 3905m로 측정되었다. 농장의 단 변의 길이가 70m일 경우 PSM에서 드론과 트랙터의 작업 거리는 3112m로 측정되었으며, C형 선회 방식의 경우 4598m로 측정되었다. 농장의 단 변의 길이가 100m일 경우 PSM에서 드론과 트랙터의 작업 거리는 3600m로 측정되었으며, C형 선회 방식의 경우 5592m로 측정되었다.

C형 선회를 사용하고 외곽 범위지정을 하지 않은 C형 선회 방식은 PSM보다 긴 작업 거리를 생성하였다. PSM의 작업 거리는 C형 선회 방식의

작업 거리와 비교하여 평균적으로 약 36%가량 향상되었다. 즉 같은 면적에서 짧은 거리를 이동할 수 있는 PSM이 농장 내부 작업 경로설정에 더 적합하다는 것을 알 수 있다.

## 5. 결론

드론 및 트랙터용 스마트 팜 관리를 위한 통합 프레임워크를 개발해서 무인 장비들인 드론, 트랙터 등의 통신환경을 최적화하고 장비들의 이동 경로를 최소화한다.

본 논문에서는 농장의 위성사진 또는 드론사진을 이용하여 농장을 구분하고 농장 드론과 트랙터의 자율주행 및 행동을 제어하는 AMCS(Agricultural Machine Control System)를 제안한다. AMCS는 드론과 트랙터의 센서 데이터 및 비디오 영상 데이터로부터 농장 경계를 구분하고, 메인 서버에서 원격 제어 명령어를 읽어 들인 후 드론 및 트랙터 스프링클러와의 연동을 통해, 관리지역 내의 원격 제어 명령을 전달하는 'LSM(Local Server Module)' 과 드론과 트랙터가 농장 밖에서 농장으로 이동하는 경로와 농장 안에서 저비용, 고효율로 일을 처리할 수 있는 경로를 설정하는 'PSM(Path Setting Module)'으로 구성된다.

실험 결과 AMCS의 PSM은 기존 다익스트라 알고리즘보다 최단 거리 계산을 약 300% 효율적으로 진행하고, 기존 농장 내부 작업 경로보다 약 13% 효율적인 내부 작업 경로를 탐색한다. AMCS는 기존 스마트 팜에 사용되는 경로 설정 시스템들 보다 더 나은 성능을 보이기 때문에, 스마트 팜의 발전에 크게 기여할 수 있다.

## REFERENCES

- [1] Se-yong Lee, "Cloud-based smart farm technology", KCI, Vol.34, No.1, pp. 51-57, 2017.
- [2] Muangprathub Jirapond, Boonnam Nathaphon, Kajornkasirat Siriwan, Lekbangpong Narongsak, Wanichsombat Apirat, Nillaor Pichetwut, "IoT and agriculture data analysis for smart farm", Computers and Electronics in Agriculture, Vol.156, pp. 467-474, 2019.
- [3] Hong-Keu Jo, Hak Hui Choi, Dong-Seong Kim, Jae-Min Lee, "Design and Implementation of Smart Farm Wireless Network: LoRa and IEEE 802.11 Wireless Backhaul Network", The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol.43, No. 5, pp. 850-862, 2018.
- [4] Sihyun Lee, "The Fundamental Functionality Design of a Smart Farm Using an Embedded Computing Platform", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol.55, No. 4, pp. 151-157, 2018.
- [5] Francesca Jung, Christof Büskens, Malin Lachmann, "SmartFarm - Data based optimization for optimal energy management", PAMM - Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics, Vol.17, No. 1, pp. 741-742, 2018.
- [6] Dong Liang, Zhaojing Zhang, Mugen Peng, "Access Point Reselection and Adaptive Cluster Splitting-Based Indoor Localization in Wireless Local Area Networks", IEEE Internet of Things Journal, Vol.2, No.5, pp. 573-585, 2015.
- [7] Guihong Li, Huiqing Zhai, Long Li, Changhong Liang, Rongdao Yu, Sheng Liu, "AMC-Loaded Wideband Base Station Antenna for Indoor Access Point in MIMO System", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol.63, No.2, pp. 525-533, 2015.
- [8] Woonghee Lee, Mungyu Bae, Hyunsoon Kim, Hwangnam Kim, "Mobile devicecentric access point monitoring scheme for handover decision triggering in heterogeneous networks", International Journal of Communication Systems, Vol.30, No.18, 2017.
- [9] Xinheng Wang, Chuan Xu, Guofeng Zhao, Shui Yu, "Tuna: An Efficient and Practical Scheme for Wireless Access Point in 5G Networks Virtualization", IEEE Communications Letters, Vol.22, No.4, pp. 748-751, 2017.

---

저자약력

---

정 이 나 (Yina Jeong)

[정회원]



- 2011년 2월 : 가톨릭관동대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2013년 8월 : 가톨릭관동대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2018년 8월 : 가톨릭관동대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

〈관심분야〉 빅데이터, 네트워크, 프로그래밍 언어

안 희 학 (Heuihak Ahn)

[정회원]



- 1981년 2월 : 숭실대학교 전자계산학과(공학사)
- 1983년 2월 : 숭실대학교 전자계산학과(공학석사)
- 1994년 8월 : 숭실대학교 전자계산학과(공학박사)
- 1984년 4월 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 소프트웨어학과 교수

〈관심분야〉 시스템소프트웨어, 프로그래밍 언어, 멀티미디어, 컴퓨터보안

이 병 관 (ByungKwan Lee)

[정회원]



- 1979년 2월 : 부산대학교 기계설계학과(공학사)
- 1986년 2월 : 중앙대학교 전자계산학과(이학석사)
- 1990년 2월 : 중앙대학교 전자계산학과(공학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 소프트웨어학과 교수

〈관심분야〉 네트워크보안, 빅데이터, 데이터마이닝, 사물인터넷