



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년07월22일

(11) 등록번호 10-2423998

(24) 등록일자 2022년07월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A01C 23/00 (2022.01) A01G 31/00 (2018.01)

A01G 31/02 (2019.01) G06N 20/00 (2019.01)

(52) CPC특허분류

A01C 23/007 (2013.01)

A01G 31/02 (2019.02)

(21) 출원번호 10-2021-0185604

(22) 출원일자 2021년12월23일

심사청구일자 2021년12월23일

(56) 선행기술조사문헌

KR102301629 B1

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 박형욱

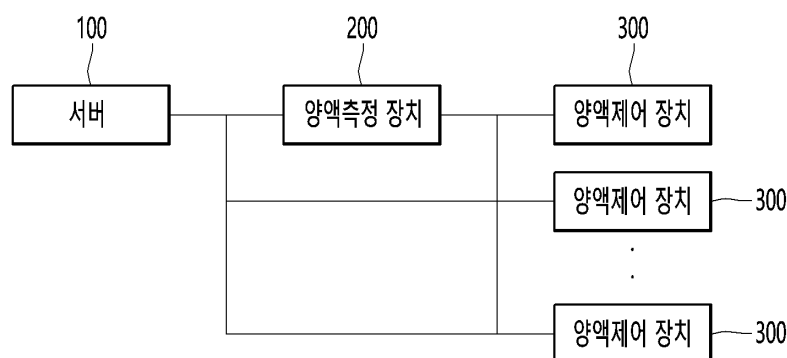
(54) 발명의 명칭 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템 최적화 방법

(57) 요약

본 발명은 복수의 양액제어 장치 및 양액측정 장치와 연결된 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버에 관한 것으로, 상기 양액측정 장치가 획득한 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액에 대한 복수의 양액 정보를 수신하고, 상기 복수의 양액제어 장치로 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 상응하는 제어신호를 송신하는 서버 통신부; 및 상기 수신한 복수의 양액 정보를 바탕으로 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액에 대한 초기 양액 농도 벡터, 양액 농도 벡터 및 상기 양액 농도 벡터에 상응하는 상기 제어신호 중 적어도 어느 하나로 학습된 강화학습 AI를 활용해 현재시간 t 의 다음시간인 $t+1$ 의 상기 양액 농도 벡터가 상기 초기 양액 농도 벡터와 동일한 방향을 가리키게 하는 복수의 상기 제어신호를 도출하는 서버 분석부;를 포함한다.

대표도 - 도1

10



(52) CPC특허분류

G06N 20/00 (2021.08)

A01G 2031/006 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020180022159 A

WO2015070874 A1

KR101828215 B1

JP02308731 A

JP10313714 A

CN107046907 A

KR1020210119924 A

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1425151434

과제번호 P0016079

부처명 중소벤처기업부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술진흥원

연구사업명 규제자유특구혁신사업육성(R&D)

연구과제명 산업용 헴프 재배 실증

기 여 율 1/1

과제수행기관명 (재)경북바이오산업연구원

연구기간 2021.01.01 ~ 2022.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 양액제어 장치 및 양액측정 장치와 연결된 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버에 있어서,

상기 양액측정 장치가 획득한 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액에 대한 복수의 양액 정보를 수신하는 서버 통신부; 및

상기 수신한 복수의 양액 정보를 바탕으로 현재시간 t 의 다음시간인 $t+1$ 의 양액 농도 벡터가 초기 양액 농도 벡터와 동일한 방향을 가리키게 하는 제어신호를 강화학습 AI를 활용해 도출하는 서버 분석부;를 포함하는 것

을 특징으로 하는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 강화학습 AI는,

상기 제어신호를 행함에 따라 달성하게 될 보상을 예측하는 가치함수인 상기 양액 농도 벡터를 학습하고,

상기 제어신호를 도출하는 정책함수를 상기 가치함수의 예측값을 바탕으로 학습하되,

상기 강화학습 AI는 상기 가치함수가 예측한 보상과 실제 보상에 대한 차이인 비용함수가 최소가 될 때까지 학습하는 것

을 특징으로 하는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 초기 양액 농도 벡터를 저장하고 있는 서버 저장부;를 더 포함하되,

상기 서버 분석부는, 상기 비용함수가 최소가 되기 전까지 상기 수신한 복수의 양액 정보를 바탕으로 상기 양액 농도 벡터를 분석한 후, 상기 분석된 양액 농도 벡터와 상기 저장된 초기 양액 농도 벡터를 비교해 상기 제어신호를 도출하는 것

을 특징으로 하는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제어신호는, 상기 양액제어 장치에 공급되는 양액 원료 공급량을 제어하는 신호인 것

을 특징으로 하는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버.

청구항 5

복수의 양액제어 장치 및 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버에 연결된 양액측정 장치에 있어서,

상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액을 순차적으로 공급받는 양액 측정 수조;

상기 양액 측정 수조에 설치되어 상기 양액 측정 수조에 순차적으로 공급된 상기 양액의 양액 정보를 획득하는 센서부;

상기 양액 측정 수조에 공급된 상기 양액을 배출하는 배출구;

상기 양액 측정 수조에 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 상기 양액이 순차적으로 공급되게 제어하고, 상기 센서부가 상기 양액 정보를 획득한 후 상기 양액 측정 수조에 공급된 상기 양액이 배출되게 상기 배출구를 제어하는 양액측정 장치 제어부; 및

상기 획득한 양액 정보를 상기 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버로 송신하는 양액 측정 장치 통신부;를 포함하는 것

을 특징으로 하는 양액측정 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버는 상기 양액측정 장치 통신부가 송신한 양액 정보를 바탕으로 현재시간 t 의 다음시간인 $t+1$ 의 양액 농도 벡터가 초기 양액 농도 벡터와 동일한 방향을 가리키게 하는 제어신호를 강화학습 AI를 활용해 도출하는 것

을 특징으로 하는 양액측정 장치.

청구항 7

복수의 양액제어 장치, 양액측정 장치 및 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버를 포함하는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템을 최적화하는 방법에 있어서,

서버 통신부를 통해 상기 양액측정 장치가 획득한 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액에 대한 복수의 양액 정보를 수신하는 단계;

서버 분석부가 상기 수신한 복수의 양액 정보를 바탕으로 현재시간 t 의 다음시간인 $t+1$ 의 양액 농도 벡터가 초기 양액 농도 벡터와 동일한 방향을 가리키게 하는 제어신호를 강화학습 AI를 활용해 도출하는 단계; 및

상기 서버 통신부가 상기 복수의 양액제어 장치에 상기 제어신호를 송신하는 단계;를 포함하는 것

을 특징으로 하는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템 최적화 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 강화학습 AI는,

상기 제어신호를 행함에 따라 달성하게 될 보상을 예측하는 가치함수인 상기 양액 농도 벡터를 학습하고,

상기 제어신호를 도출하는 정책함수를 상기 가치함수의 예측값을 바탕으로 학습하되,

상기 강화학습 AI는 상기 가치함수가 예측한 보상과 실제 보상에 대한 차이인 비용함수가 최소가 될 때

까지 학습하는 것

을 특징으로 하는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템 최적화 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 서버 분석부는, 상기 비용함수가 최소가 되기 전까지 상기 수신한 복수의 양액 정보를 바탕으로 상기 양액 농도 벡터를 분석한 후, 상기 분석된 양액 농도 벡터와 서버 저장부에 저장된 상기 초기 양액 농도 벡터를 비교해 상기 제어신호를 도출하는 것

을 특징으로 하는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템 최적화 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 제어신호는, 상기 양액제어 장치에 공급되는 양액 원료 공급량을 제어하는 신호인 것

을 특징으로 하는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템 최적화 방법.

청구항 11

복수의 양액제어 장치 및 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버에 연결된 양액측정 장치가 양액측정 하는 방법에 있어서,

양액측정 장치 제어부가 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액 중 우선 하나를 양액 측정 수조로 공급되게 하는 단계;

센서부가 상기 공급된 양액에서 양액 정보를 획득하는 단계;

양액측정 장치 통신부가 상기 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버에 상기 양액 정보를 송신하는 단계;

상기 양액측정 장치 제어부가 상기 양액 측정 수조에 공급된 상기 양액을 배출하게 배출구를 제어하는 단계;

상기 양액측정 장치 제어부가 증류수 공급부를 제어해 증류수 탱크에 저장된 증류수가 상기 양액 측정 수조로 공급되게 하는 단계;

상기 양액측정 장치 제어부가 상기 양액 측정 수조에 공급된 상기 증류수를 배출하게 배출구를 제어하는 단계; 및

상기 양액측정 장치 제어부가 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액 중 다음 하나를 양액 측정 수조로 공급되게 하는 단계;를 포함하되,

상기 센서부를 통해 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 상기 양액에 대한 상기 양액 정보를 모두 획득할 때까지 반복하는 것

을 특징으로 하는 양액측정 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템 최적화 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0003] 원예작물의 양액재배는 토양을 이용하지 않는 재배 방법으로 생육에 필요한 영양 성분(다량 및 미량원소)을 적절하게 흡수할 수 있도록 알맞은 조성과 농도로 조절된 배양액을 식물에 공급해주며 재배하는 방법이다.
- [0005] 양액재배는 물만으로 재배하는 순수 수경 재배(水耕栽培)와 배지(인공토양)에 심어 재배하는 배지경 수경재배가 있으며, 배양액을 만들어 재배하기 때문에 양액 재배(Solution Culture)라고도 한다.
- [0007] 이러한 양액재배는 단기간에 많은 양의 작물을 수확할 수 있고 토양재배와 비교하여 자연환경의 지배를 덜 받기 때문에 농경이 불가능한 곳에서도 원예작물의 재배를 가능하게 한다. 그러나 이 양액재배는 많은 자본이 필요하고, 양액이 작황에 지배적인 영향을 가져오므로 상기 양액에 대한 세심한 관리가 요구된다.
- [0009] 양액재배는 양액의 재활용 여부에 따라 개방 시스템과 폐쇄 시스템(순환식 수경재배)으로 구분되는데, 개방 시스템은 일정시간 사용한 양액을 다시 재사용하지 않고 배출하는 방식으로 배출 양액의 잔여 비료성분으로 인하여 환경오염 및 비료의 불필요한 과다사용으로 인한 문제점이 있다.
- [0011] 이에 재배지에서 회수한 양액을 활용한 폐쇄 시스템이 양액의 이용율의 극대화 및 환경문제 해결을 위하여 많은 관심을 받고 있다.
- [0013] 이런 종래기술로는 한국등록특허 제10-2062081호가 있다.
- [0015] 그러나 종래기술은 센서를 이용해 양액 농도를 측정해 식물이 영양을 흡수하여 양액의 농도가 연해지면, 양액 농도를 높여주기 위해 양액 원료를 일정비율로 공급해 양액 농도를 다시 진하게 높여주고, 식물에게 다시 공급하는 것을 반복하는데, 양액 농도를 높여주는 과정에서, 공급해 주는 양액 원료의 비율이 일정해 양액 내의 영양 조성이 조금씩 무너져 식물이 많이 흡수하는 영양소는 갈수록 줄어들고, 식물이 조금 흡수하는 영양소는 계속 축적되는 현상이 발생해 양액 내부 이온의 구성비는 점점 무너지게 되어 연작장애와 같은 유사한 문제가 발생하는 문제점이 있다.
- [0017] 또한, ISE 센서와 같은 고가의 센서를 양액제어 장치에 설치하여 양액 정보를 획득하기 때문에 복수의 양액제어 장치를 구성할 시 복수의 양액제어 장치에 센서를 설치해야 하기 때문에 비용이 크게 증가하는 문제점이 있다.
- [0019] 또한, 종래 다른 양액제어 장치가 있는 곳에 신규 설치시 새로운 양액제어 장치를 설치해야 하기 때문에 비용 부담과 신규 양액제어 장치의 큰 부피로 인한 이송의 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0021] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 양액에 공급되는 최적의 양액 원료의 비를 분석할 수 있는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버 및 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템 최적화 방법을 제공하는 데 있다.
- [0023] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 1개의 센서부를 이용해 복수의 양액제어 장치의 양액 정보를 획득할 수 있는 양액측정 장치를 제공하는 데 있다.
- [0025] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 종래 다른 양액제어 장치가 있는 곳에도 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버와 연결하고, 양액측정 장치만 설치해 사용할 수 있는 양액측정 장치, 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버 및 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템 최적화 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0027] 상기와 같은 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 바람직한 일 측면에 따르면, 복수의 양액제어 장치 및 양액측정 장치와 연결된 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버에 있어서, 상기 양액측정 장치가 획득한 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액에 대한 복수의 양액 정보를 수신하고, 상기 복수의 양액제어 장치로 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 상응하는 제어신호를 송신하는 서버 통신부; 및 상기 수

신한 복수의 양액 정보를 바탕으로 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액에 대한 초기 양액 농도 벡터, 양액 농도 벡터 및 상기 양액 농도 벡터에 상응하는 상기 제어신호 중 적어도 어느 하나로 학습된 강화학습 AI를 활용해 현재시간 t 의 다음시간인 $t+1$ 의 상기 양액 농도 벡터가 상기 초기 양액 농도 벡터와 동일한 방향을 가리키게 하는 복수의 상기 제어신호를 도출하는 서버 분석부;를 포함하는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버를 제공할 수 있다.

[0029] 여기서, 상기 강화학습 AI는, 상기 제어신호를 행함에 따라 달성하게 될 보상을 예측하는 가치함수인 상기 양액 농도 벡터를 학습하고, 상기 제어신호를 도출하는 정책함수를 상기 가치함수의 예측값을 바탕으로 학습하되, 상기 강화학습 AI는 상기 가치함수가 예측한 보상과 실제 보상에 대한 차이인 비용함수가 최소가 될 때까지 학습할 수 있다.

[0031] 또한, 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액에 대한 복수의 초기 양액 농도 벡터를 저장하고 있는 서버 저장부;를 더 포함하되, 상기 비용함수가 최소가 되기 전까지 상기 서버 분석부는 상기 제어신호를, 상기 획득한 복수의 양액 정보를 바탕으로 상기 복수의 양액 농도 벡터를 분석한 후, 상기 분석된 복수의 양액 농도 벡터와 상기 저장된 복수의 초기 양액 농도 벡터를 비교해 상기 복수의 양액제어 장치에 상응하는 복수의 상기 제어신호를 도출할 수 있다.

[0033] 여기서, 상기 제어신호는, 상기 양액제어 장치에 공급되는 양액 원료 공급량을 제어하는 신호일 수 있다.

[0035] 본 발명의 바람직한 다른 측면에 따르면, 복수의 양액제어 장치 및 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버에 연결된 양액측정 장치에 있어서, 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액을 순차적으로 공급받는 양액 측정 수조; 상기 양액 측정 수조에 설치되어 상기 공급받은 양액에서 양액 정보를 순차적으로 획득하는 센서부; 상기 센서부가 상기 양액 조성을 획득한 후 상기 양액 측정 수조에 공급된 양액을 배출하는 배출구; 상기 양액 측정 수조에 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 상기 양액이 순차적으로 공급되게 제어하고, 상기 양액 측정 수조에 공급된 양액이 배출되게 상기 배출구를 제어하는 제어부; 및 상기 순차적으로 획득한 복수의 양액 정보를 상기 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버로 송신하는 양액측정 장치 통신부;를 포함하는 양액측정 장치를 제공할 수 있다.

[0037] 여기서, 상기 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버는 상기 수신한 복수의 양액 정보를 바탕으로 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액에 대한 초기 양액 농도 벡터, 양액 농도 벡터 및 상기 양액 농도 벡터에 상응하는 상기 제어신호 중 적어도 어느 하나로 학습된 강화학습 AI를 활용해 현재시간 t 의 다음시간인 $t+1$ 의 상기 양액 농도 벡터가 상기 초기 양액 농도 벡터와 동일한 방향을 가리키는 상기 복수의 양액제어 장치를 제어하는 복수의 상기 제어신호를 도출할 수 있다.

[0039] 본 발명의 바람직한 또 다른 측면에 따르면, 복수의 양액제어 장치, 양액측정 장치 및 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버를 포함하는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템을 최적화하는 방법에 있어서, 서버 통신부를 통해 상기 양액측정 장치가 획득한 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액에 대한 복수의 양액 정보를 수신하는 단계; 서버 분석부가 상기 수신한 복수의 양액 정보를 바탕으로 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액에 대한 초기 양액 농도 벡터, 양액 농도 벡터 및 상기 양액 농도 벡터에 상응하는 상기 제어신호 중 적어도 어느 하나로 학습된 강화학습 AI를 활용해 현재시간 t 의 다음시간인 $t+1$ 의 상기 양액 농도 벡터가 상기 초기 양액 농도 벡터와 동일한 방향을 가리키게 하는 복수의 제어신호를 도출하는 단계; 및 상기 서버 통신부가 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 상응하는 상기 제어신호를 송신하는 단계;를 포함하는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템 최적화 방법을 제공할 수 있다.

[0041] 여기서, 상기 강화학습 AI는, 상기 제어신호를 행함에 따라 달성하게 될 보상을 예측하는 가치함수인 상기 양액 농도 벡터를 학습하고, 상기 제어신호를 도출하는 정책함수를 상기 가치함수의 예측값을 바탕으로 학습하되, 상기 강화학습 AI는 상기 가치함수가 예측한 보상과 실제 보상에 대한 차이인 비용함수가 최소가 될 때까지 학습할 수 있다.

[0043] 여기서, 상기 비용함수가 최소가 되기 전까지 상기 서버 분석부는 상기 제어신호를, 상기 획득한 복수의 양액 정보를 바탕으로 상기 복수의 양액 농도 벡터를 분석한 후, 상기 분석된 복수의 양액 농도 벡터와 서버 저장부에 저장된 복수의 초기 양액 농도 벡터를 비교해 상기 복수의 양액제어 장치에 상응하는 복수의 상기 제어신호를 도출할 수 있다.

[0045] 여기서, 상기 제어신호는, 상기 양액제어 장치에 공급되는 양액 원료 공급량을 제어하는 신호일 수 있다.

다.

[0047] 본 발명의 바람직한 또 다른 측면에 따르면, 복수의 양액제어 장치 및 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버에 연결된 양액측정 장치가 양액측정 하는 방법에 있어서, 양액측정 장치 제어부가 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액 중 우선 하나를 양액 측정 수조로 공급되게 하는 단계; 센서부가 상기 공급된 양액에서 양액 정보를 획득하는 단계; 양액측정 장치 통신부가 상기 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버에 상기 양액 정보를 송신하는 단계; 상기 양액측정 장치 제어부가 상기 양액 측정 수조에 공급된 상기 양액을 배출하게 배출구를 제어하는 단계; 상기 양액측정 장치 제어부가 증류수 공급부를 제어해 증류수 탱크에 저장된 증류수가 상기 양액 측정 수조로 공급되게 하는 단계; 상기 양액측정 장치 제어부가 상기 양액 측정 수조에 공급된 상기 증류수를 배출하게 배출구를 제어하는 단계; 및 상기 양액측정 장치 제어부가 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 양액 중 다음 하나를 양액 측정 수조로 공급되게 하는 단계;를 포함하되, 상기 센서부를 통해 상기 복수의 양액제어 장치 각각에 저장된 상기 양액에 대한 상기 양액 정보를 모두 획득할 때까지 반복하는 양액측정 방법을 제공할 수 있다.

발명의 효과

[0049] 본 발명은 양액에 공급되는 최적의 양액 원료의 비를 분석해 양액 원료 공급을 제어해 작물의 최적 배를 위한 양액 공급상태를 달성할 수 있는 효과가 있습니다.

[0051] 또한, 본 발명은 1개의 센서부를 이용해 복수의 양액제어 장치의 양액 정보를 획득할 수 있어 비용을 절감할 수 있는 효과가 있습니다.

[0053] 또한, 본 발명은 종래 다른 양액제어 장치가 있는 곳에도 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버와 연결하고, 양액측정 장치만 설치해 사용할 수 있어 신규 설치 시 이송이 편리한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0055] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버의 구성도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 양액측정 장치의 구성도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 양액제어 장치의 구성도이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템 최적화 방법의 순서도이다.

도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 양액측정 방법의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0056] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러가지 실시예를 가질수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0058] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 이와 같은 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 이 용어들은 하나의 구성요소들을 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0060] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '연결되어' 있다거나, 또는 '접속되어' 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '직접 연결되어' 있다거나, '직접 접속되어' 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0062] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, '포함한다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조

합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0064] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템의 구성도이다.
- [0065] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버의 구성도이다.
- [0066] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 양액측정 장치의 구성도이다.
- [0067] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 양액제어 장치의 구성도이다.
- [0069] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템(10)은 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버(100), 양액측정 장치(200) 및 복수의 양액제어 장치(300)를 포함한다.
- [0071] 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버(100)는 양액측정 장치(200)가 획득한 복수의 양액제어 장치(300) 각각에 저장된 양액에 대한 복수의 양액 정보를 수신한다.
- [0073] 또한, 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버(100)는 수신한 복수의 양액 정보를 바탕으로 복수의 제어신호를 도출한다.
- [0075] 또한, 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버(100)는 복수의 양액제어 장치(300)로 복수의 양액제어 장치(300) 각각에 상응하는 제어신호를 송신한다.
- [0077] 구체적으로, 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버(100)는 서버 통신부(110), 서버 분석부(120) 및 서버 저장부(130)를 포함한다.
- [0079] 서버 통신부(110)는 양액측정 장치(200)가 획득한 복수의 양액제어 장치(300) 각각에 저장된 양액에 대한 복수의 양액 정보를, 양액제어 장치(300)로부터 양액 원료 탱크(320)에 대한 양액 원료 탱크 정보를 수신하고, 복수의 양액제어 장치(300) 각각에 상응하는 서버 분석부(120)를 통해 도출된 제어신호를 송신한다. 여기서, 서버 통신부(110)는 복수의 양액제어 장치(300)가 작동을 시작해 초기 양액이 제조된 순간부터 정해진 시간마다 계속 양액측정 장치(200)를 통해 복수의 양액제어 장치(300) 각각에 저장된 양액에 대한 복수의 양액 정보를 수신할 수 있다.
- [0081] 서버 분석부(120)는 서버 통신부(110)를 통해 초기 양액이 제조된 순간부터 정해진 시간마다 계속 수신한 복수의 양액 정보를 바탕으로 각각의 양액에 대한 초기 양액 농도 및 양액 농도와 초기 양액 농도 벡터 및 양액 농도 벡터를 분석하고, 이를 서버 저장부(130)에 저장한다. 여기서, 초기 양액 농도는 양액이 제조된 시점의 양액에 포함된 초기 이온 조성물들의 농도이며, 초기 양액 농도 벡터는 초기 이온 조성물들 농도의 비율이고, 양액 농도는 양액이 제조된 시점 이후 시간이 지남에 따라 변화된 양액에 포함된 이온 조성물들의 농도이고, 양액 농도 벡터는 이온 조성물들 농도의 비율일 수 있다.
- [0083] 서버 분석부(120)는 복수의 양액 농도 벡터를 분석한 후, 분석된 복수의 양액 농도 벡터와 서버 저장부(130)에 저장된 복수의 초기 양액 농도 벡터를 비교해 복수의 양액제어 장치에 상응하는 복수의 제어신호를 도출하고, 이를 서버 저장부(130)에 저장한다. 여기서, 제어신호는, 양액제어 장치(300)에 공급되는 양액 원료 공급량을 제어하는 신호로, 구체적으로, 양액제어 장치(300)의 양액 원료 탱크(320)에 저장된 양액 원료를 양액 탱크(310)에 공급하는 공급량에 대한 비율인 벡터로 양액 원료 탱크(320)의 개수가 벡터의 차원이며, 서버 분석부(120)는 서버 저장부(130)에 저장된 각 양액제어 장치(300)에 포함된 각 양액 원료 탱크(320)의 원료 정보를 바탕으로 이에 상응하는 양액 원료 공급량 비율인 제어신호를 도출할 수 있다. 즉, 서버 분석부(120)는 현재시간 t 일 때 양액 농도 벡터인 S_t 와 초기 양액 농도 벡터인 S_0 의 차를 바탕으로 최대한 0으로 수렴하게 하는 제어신호를 도출하고, 제어신호 역시 벡터로 벡터에서 부호가 양수인 요소는 식물이 흡수를 덜 하고 남은 영양분이므로 투입량을 줄이게 하고, 부호가 음수인 요소는 식물이 기대 이상으로 흡수하여 모자라게 된 영양분이므로 투입량을 늘리게 하는 제어신호일 수 있다.
- [0085] 이때, 서버 분석부(120)는 분석 및 도출하거나 서버 저장부(130)에 저장된 초기 양액 농도 벡터, 양액 농도 벡터 및 양액 농도 벡터에 상응하는 제어신호 중 적어도 어느 하나로 학습한다. 여기서, 양액 농도 벡터는 초기 양액 농도 벡터 이외 양액이 제조된 시점 이후 시간의 흐름에 따른 여러 시간대별 양액 농도 벡터일 수 있다.
- [0087] 구체적으로, 서버 분석부(120)는 강화학습 AI로 제어신호를 행함에 따라 달성하게 될 보상을 예측하는 가치함수인 양액 농도 벡터를 학습하고, 제어신호를 도출하는 정책함수를 가치함수의 예측값을 바탕으로 학습하되, 가치함수가 예측한 보상과 실제 보상에 대한 차이인 비용함수가 최소가 될 때까지 학습한다. 여기서, 서버 분석부

(120)의 강화학습 AI는 LSTM, Q-Network 및 Deep Q-Network 중 어느 하나일 수 있으며, 비용함수 최소값은 사용자에게 의해 설정되거나 정확도를 위해 0.8 이상일 수 있다.

[0089] 서버 분석부(120)는 비용함수를 가치함수가 예측한 보상과 실제 보상에 대한 MSE(mean square error) 함수 또는 아래 수식을 이용해 분석할 수 있다. 여기서, 예측한 보상은 서버 분석부(120)가 강화학습 AI를 활용해 분석한 양액 농도 벡터이고, 실제 보상은 서버 분석부(120)가 분석한 복수의 양액 농도 벡터일 수 있다.

[0091] [수식]

$$\frac{1}{1 + \sum_{k=1}^M \left(\frac{S_{t+1,k}}{S_0} - \sum_{k=1}^M \frac{S_{t+1,k}}{MS_0} \right)^2}$$

[0093] (여기서, S_t 는 현재시간 t일 때 양액 농도 벡터, k는 벡터 차원으로 양액 탱크(310) 개수, S_0 는 초기 양액 농도 벡터이다.)

[0095] 서버 분석부(120)는 비용함수를 계산하면서 계속 학습하다, 비용함수가 최소가 되면, 서버 분석부(120)가 분석한 복수의 양액 농도 벡터를 바탕으로 분석 및 도출하다가 서버 저장부(130)에 저장된 초기 양액 농도 벡터, 양액 농도 벡터 및 양액 농도 벡터에 상응하는 제어신호 중 적어도 어느 하나로 학습된 강화학습 AI를 활용해 현재시간 t의 다음시간인 t+1의 양액 농도 벡터가 초기 양액 농도 벡터와 동일한 방향을 가리키게 하는 복수의 제어신호를 도출한다. 여기서, 서버 분석부(120)는 현재시간 t의 양액 농도 벡터와 현재시간 t의 이전시간인 t-1의 양액 농도 벡터의 차를 바탕으로 강화학습 AI를 활용해 복수의 제어 신호를 도출할 수 있으며, S_{t+1} 인 양액 농도 벡터와 S_0 인 초기 양액 농도 벡터의 방향이 일치할수록 1에 가까운 값이 도출되며, 방향이 반대 방향 일수록 작은 값이 도출될 수 있다.

[0097] 즉, 서버 분석부(120)는 비용함수가 최소가 되기 전까지는 복수의 양액 농도 벡터를 분석한 후, 분석된 복수의 양액 농도 벡터와 서버 저장부(130)에 저장된 복수의 초기 양액 농도 벡터를 비교해 복수의 양액제어 장치에 상응하는 복수의 제어신호를 도출하다, 비용함수가 최소가 된 이후에는 스위칭되어 강화학습 AI를 활용해 복수의 제어신호를 도출한다.

[0099] 서버 저장부(130)는 서버 분석부(120)가 분석하고 도출한, 초기 양액 농도 벡터, 양액 농도 벡터 및 양액 농도 벡터에 상응하는 제어신호를 저장하고 있다. 또한, 서버 저장부(130)는 서버 통신부(110)를 통해 수신한 복수의 양액제어 장치(300)의 포함된 각각의 양액 원료 탱크(320)에 대한 정보를 저장하고 있다.

[0101] 양액측정 장치(200)는 복수의 양액제어 장치(300)로부터 순차적으로 양액 탱크(310)에 저장된 양액을 공급받아, 공급받은 양액에서 양액 정보를 획득해 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버(100)로 송신한다.

[0103] 구체적으로, 양액측정 장치(200)는 양액 공급부(210), 센서부(220), 양액측정 장치 통신부(230), 배출구(240), 양액측정 장치 제어부(250), 증류수 탱크(260), 증류수 공급부(270), 양액측정 장치 저장부(280) 및 양액 측정 수조(290)를 포함한다.

[0105] 양액 공급부(210)는 복수의 양액제어 장치(300)의 각각에 양액 탱크(310)와 일단이 연결되어 있고, 타단은 양액 측정 수조(290)와 연결되어 있다. 양액 공급부(210)는 양액측정 장치 제어부(250)의 제어에 따라 제어밸브 및 펌프를 가동시켜 순차적으로 양액 탱크(310)에 저장된 양액을 양액 측정 수조(290)에 공급되게 한다.

[0107] 센서부(220)는 양액 측정 수조(290)에 설치되어, 양액 측정 수조(290)에 공급된 양액의 양액 정보를 획득한다. 여기서, 센서부(220)는 EC 센서, PH 센서 및 복수의 ISE 센서 중 적어도 어느 하나로 구성될 수 있으며, 센서부(220)가 양액 정보를 획득하는 것은 캘리브레이션 과정일 수 있고, 센서부(220)는 하나의 양액 정보를 획득한 후에 증류수로 세척된 후 다른 양액 정보를 획득한 후, 모든 양액 정보를 획득한 후에는 증류수에 침지되어 있을 수 있다.

[0109] 양액측정 장치 통신부(230)는 센서부(220)가 획득한 복수의 양액 정보를 서버 통신부(110)로, 복수의 양액제어 장치(300)로 양액 공급 신호를 송신하고, 복수의 양액제어 장치(300)로부터 양액 탱크(310) 각각에 대한 양액 탱크 식별 정보 및 새로운 양액 제조 정보를 수신한다.

[0111] 배출구(240)는 양액 측정 수조(290) 하부 일부분에 설치되어 양액측정 장치 제어부(250)의 제어에 따라 양액 측정 수조(290)에 저장된 증류수 또는 양액을 배출되게 한다.

- [0113] 양액측정 장치 제어부(250)는 양액 측정 수조(290)에 복수의 양액제어 장치(300) 각각의 양액 탱크(310)에 저장된 양액이 순차적으로 공급되게 공급부(210)를 제어하고, 센서부(220)를 통해 양액 측정 수조(290)에 공급된 양액의 양액 정보 획득이 끝난 뒤에는 양액 측정 수조(290)에 공급된 양액이 배출되게 배출구(240)를 제어한다.
- [0115] 또한, 양액측정 장치 제어부(250)는 증류수 공급부(270)를 제어하여 증류수 탱크(260)에 저장된 증류수를 양액 측정 수조(290)에 공급되게 제어한다.
- [0117] 구체적으로, 양액측정 장치 제어부(250)는 평소 양액 측정 수조(290)에 증류수가 공급되어 있어 센서부(220)가 침지된 상태에서 양액측정 저장부(280)에 저장된 양액 정보 획득 시간이 되면, 배출구(290)를 제어해 증류수를 양액 측정 수조(290)에서 배출되게 제어한다.
- [0119] 이어 양액측정 장치 제어부(250)는 양액측정 장치 저장부(280)에 저장된 복수의 양액제어 장치(300) 각각의 양액 탱크(310)에 대한 양액 탱크 식별 정보를 바탕으로 우선 하나의 양액 탱크(310)에 저장된 양액을 양액 측정 수조(290)에 공급되게 양액 공급부(210)를 제어하고, 센서부(220)를 통해 양액 측정 수조(290)에 공급된 양액의 양액 정보 획득이 끝난 뒤에는 양액 측정 수조(290)에 공급된 양액이 배출되게 배출구(240)를 제어한다.
- [0121] 이어 양액측정 장치 제어부(250)는 증류수 공급부(270)를 제어해 증류수 탱크(260)에 저장된 증류수를 증류수 공급부(270)를 통해 양액 측정 수조(290)로 공급되게해 센서부(220)를 세척한 후, 배출구(240)를 통해 증류수를 배출되게 제어하고, 이어 양액측정 장치 저장부(280)에 저장된 복수의 양액제어 장치(300) 각각의 양액 탱크(310)에 대한 양액 탱크 식별 정보를 바탕으로 다음 양액 탱크(310)에 저장된 양액을 양액 측정 수조(290)에 공급되게 양액 공급부(210)를 제어한 후 앞서 상술한 제어를 양액측정 장치 저장부(280)에 저장된 복수의 양액제어 장치(300) 각각의 양액 탱크(310)에 대한 양액 탱크 식별 정보에 상응하는 모든 양액이 공급될 때까지 반복한다.
- [0123] 양액측정 장치 제어부(250)는 센서부(220)가 모든 양액제어 장치(300)의 양액 탱크(310)에 저장된 양액의 양액 정보를 획득한 후에는 증류수 공급부(270)를 제어해 증류수 탱크(260)에 저장된 증류수를 증류수 공급부(270)를 통해 양액 측정 수조(290)로 공급되게해 센서부(220)를 세척한 후, 배출구(240)를 통해 증류수를 배출되게 제어하고, 이어 다시 증류수 공급부(270)를 제어해 증류수 탱크(260)에 저장된 증류수를 증류수 공급부(270)를 통해 양액 측정 수조(290)로 공급되게해 센서부(220)를 증류수에 침지시켜 놓는다. 여기서, 센서부(220)를 하나의 양액 정보를 획득하고 증류수로 세척한 후 배출하고 다시 증류수에 침지시켜 놓는 것은 전에 측정된 양액에 의한 센서부(220)의 간섭을 제거하기 위함이다.
- [0125] 증류수 탱크(260)는 증류수를 저장하고 있다. 도 3에서는 증류수 탱크(260)가 양액측정 장치(200)의 구성요소로 포함되어 있는 것으로 도시되어 있으나, 증류수 탱크(260)는 양액측정 장치(200)가 설치된 별도의 장소에 따로 설치되어 있을 수 있다.
- [0127] 증류수 공급부(270)는 일단은 증류수 탱크(260)에 타단을 양액 측정 수조(290)에 연결되어 있으며, 양액측정 장치 제어부(250)의 제어에 의해 증류수 탱크(260)에 저장된 증류수를 양액 측정 수조(290)로 공급되게 한다.
- [0129] 양액측정 장치 저장부(280)는 양액측정 장치 통신부(230)를 통해 수신한 복수의 양액제어 장치(300) 각각의 양액 탱크(310)에 대한 양액 탱크 식별 정보 및 양액 정보 획득 시간을 저장하고 있다. 여기서, 양액 정보 획득 시간은 사용자가 설정한 시간 및 양액측정 장치 통신부(230)를 통해 수신한 새로운 양액 제조 정보에 상응하는 시간으로, 양액제조 장치(300)가 새로운 양액을 제조한 시간일 수 있다.
- [0131] 양액 측정 수조(290)는 양액 공급부(210) 및 증류수 공급부(270)와 연결되어 양액 공급부(210)를 통해 양액을 증류수 공급부(270)를 통해 증류수를 공급받는다.
- [0133] 양액제어 장치(300)는 복수개로 양액측정 장치(200)로 양액을 공급하고, 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버(100)는 서버 통신부(110)로부터 제어신호를 수신해 제어신호에 상응하게 양액 원료가 공급되게 제어한다.
- [0135] 구체적으로, 양액제어 장치(300)는 양액 탱크(310), 양액 원료 탱크(320), 양액제어 장치 통신부(330) 및 양액제어 장치 제어부(340)를 포함한다.
- [0137] 양액 탱크(310)는 복수의 양액 원료 탱크(320)와 연결되어 복수의 양액 원료 탱크(320)가 저장하고 있는 각각의 양액 원료와 원수탱크(미도시)에 저장된 원수를 공급받아, 제조된 양액을 저장하고 있으며, 양액제어 장치 통신부(330)를 통해 수신한 서버 분석부(120)가 도출한 제어신호에 상응하게 양액제어 장치 제어부(340)가 제어한다.

양액 원료 탱크(320)에 저장된 양액 원료를 공급 받는다.

- [0139] 또한, 양액 탱크(310)는 양액측정 장치(200)의 양액 공급부(210)와 연결되어 양액 탱크(310)에 저장된 양액을 양액 공급부(210)를 통해 양액측정 장치(200)의 양액 측정 수조(290)로 공급하고, 작물들이 있는 재배지에 양액을 공급한다.
- [0141] 양액 원료 탱크(320)는 복수개로 양액의 원료가 되는 양액 원료를 저장하고 있으며, 양액제어 장치 제어부(340)의 제어에 따라 각각 저장하고 있는 양액 원료를 양액 탱크(310)에 공급한다.
- [0143] 양액제어 장치 통신부(330)는 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버(100)로 양액 원료 탱크(320)에 저장된 양액 원료에 대한 양액 원료 탱크 정보를, 양액측정 장치(200)로 양액 탱크(310)에 대한 양액 탱크 식별 정보 및 새로운 양액 제조 정보를 송신하고, 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버(100)로부터 제어신호를, 양액측정 장치(200)로부터 양액 공급 신호를 수신한다.
- [0145] 양액제어 장치 제어부(340)는 양액제어 장치 통신부(330)를 통해 수신한 양액 공급 신호를 바탕으로 양액 탱크(310)에 저장된 양액을 양액측정 장치(200)로 공급되게 제어한다.
- [0147] 또한, 양액제어 장치 제어부(340)는 양액제어 장치 통신부(330)를 통해 수신한 제어신호에 상응하게 복수의 양액 원료 탱크(320)에 저장된 각각에 양액 원료가 양액 탱크(310)에 공급되게 제어한다.
- [0149] 또한, 양액제어 장치 제어부(340)는 사용자의 입력에 상응하게 복수의 양액 원료 탱크(320)에 저장된 각각에 양액 원료가 양액 탱크(310)에 공급되게 제어해 새로운 초기 양액이 제조되게 한다.
- [0151] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 시스템 최적화 방법의 순서도이다.
- [0153] 도 5를 참조하면, S510단계에서는 서버 통신부(110)가 양액측정 장치 통신부(230)가 송신한 복수의 양액제어 장치(300) 각각에 저장된 양액에 대한 복수의 양액 정보를 수신한다.
- [0155] S520단계에서는 서버 분석부(120)가 수신한 복수의 양액 정보를 바탕으로 복수의 양액 농도 벡터를 분석하고, 분석한 복수의 양액 농도 벡터를 바탕으로 강화학습 AI를 활용해 현재시간 t 의 다음시간인 $t+1$ 의 양액 농도 벡터가 초기 양액 농도 벡터와 동일한 방향을 가리키게 하는 복수의 제어신호를 도출한다.
- [0157] S530단계에서는 서버 분석부(120)가 비용함수를 분석해 분석한 비용함수가 최소이면 S570단계를 진행하고, 분석한 비용함수가 최소가 아니면 S540단계를 진행한다.
- [0159] S540단계에서는 서버 분석부(120)가 수신한 복수의 양액 정보를 바탕으로 복수의 양액 농도 벡터를 분석한 후, 분석된 복수의 양액 농도 벡터와 서버 저장부(130)에 저장된 복수의 초기 양액 농도 벡터를 비교해 복수의 양액제어 장치에 상응하는 복수의 제어신호를 도출한다.
- [0161] S550단계에서는 서버 통신부(110)가 복수의 양액제어 장치(300) 각각에 상응하는 서버 분석부(120)를 통해 도출된 제어신호를 송신한다.
- [0163] S560단계에서는 서버 분석부(120)가 분석 및 도출하거나 서버 저장부(130)에 저장된 초기 양액 농도 벡터, 양액 농도 벡터 및 양액 농도 벡터에 상응하는 제어신호 중 적어도 어느 하나로 학습한다.
- [0165] S570단계에서는 서버 통신부(110)가 복수의 양액제어 장치(300) 각각에 상응하는 서버 분석부(120)를 통해 도출된 제어신호를 송신하고, 복수의 양액제어 장치(300)는 송신받은 제어신호에 상응하게 양액 원료 탱크(320)에 저장된 양액 원료가 양액 탱크(310)에 공급되게 한다. 여기서, 도출된 제어신호는 서버 분석부(120)가 강화학습 AI를 활용해 도출한 것일 수 있다.
- [0167] 도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 양액측정 방법의 순서도이다.
- [0169] 도 6을 참조하면, S610단계에서는 양액측정 장치 제어부(250)가 배출구(290)를 제어해 증류수를 양액 측정 수조(290)에서 배출되게 제어한다.
- [0171] S620단계에서는 양액측정 장치 제어부(250)가 양액측정 장치 저장부(280)에 저장된 복수의 양액제어 장치(300) 각각의 양액 탱크(310)에 대한 양액 탱크 식별 정보를 바탕으로 우선 하나의 양액 탱크(310)에 저장된 양액을 양액 측정 수조(290)에 공급되게 양액 공급부(210)를 제어한다.
- [0173] S630단계에서는 센서부(220)가 양액 측정 수조(290)에 공급된 양액의 양액 정보 획득한다.

- [0175] S640단계에서는 양액측정 장치 통신부(230)가 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버(100)로 센서부(220)가 획득한 양액 정보를 송신한다.
- [0177] S650단계에서는 양액측정 장치 제어부(250)가 양액 측정 수조(290)에 공급된 양액이 배출되게 배출구(240)를 제어한다.
- [0179] S660단계에서는 양액측정 장치 제어부(250)가 증류수 공급부(270)를 제어해 증류수 탱크(260)에 저장된 증류수를 증류수 공급부(270)를 통해 양액 측정 수조(290)로 공급되게 한다.
- [0181] S670단계에서는 양액측정 장치 제어부(250)가 증류수에 의해 센서부(220)를 세척한 후, 배출구(240)를 통해 증류수를 배출되게 제어한다.
- [0183] S680단계에서는 양액측정 장치 제어부(250)가 양액측정 장치 저장부(280)에 저장된 복수의 양액제어 장치(300) 각각의 양액 탱크(310)에 대한 양액 탱크 식별 정보를 바탕으로 양액 탱크 식별 정보에 해당하는 상응하는 모든 양액이 공급되어는지 판단하고, 모두 양액이 공급 되었으면, S690단계를, 모두 양액이 공급되지 않았으면, S620 단계를 돌아가 S620단계에서 공급 받은 양액과 다른 양액을 공급 받는다.
- [0185] S690단계에서는 양액측정 장치 제어부(250)가 증류수 공급부(270)를 제어해 증류수 탱크(260)에 저장된 증류수를 증류수 공급부(270)를 통해 양액 측정 수조(290)로 공급되게 하여 센서부(220)를 세척한 후, 배출구(240)를 통해 증류수를 배출되게 제어하고, 이어 다시 증류수 공급부(270)를 제어해 증류수 탱크(260)에 저장된 증류수를 증류수 공급부(270)를 통해 양액 측정 수조(290)로 공급되게해 센서부(220)를 증류수에 침지 시켜 놓는다.
- [0187] 이상에서 본 발명에 따른 실시 예들이 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 발명의 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 범위의 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 다음의 청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

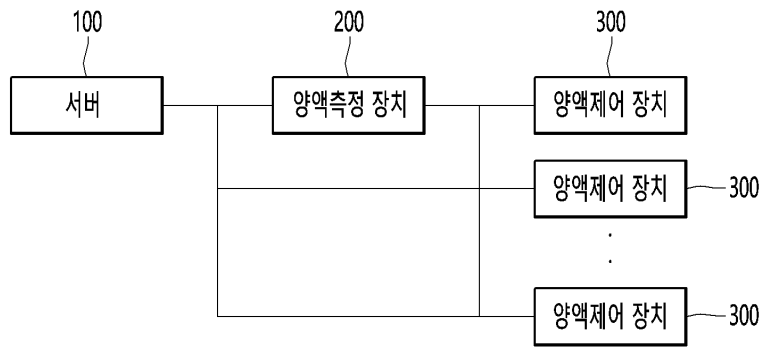
부호의 설명

- [0189] 100 : 강화학습 AI를 활용한 식물공장 양액제어 최적화 서버
200 : 양액측정 장치 300 : 양액제어 장치

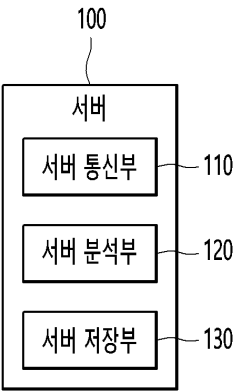
도면

도면1

10

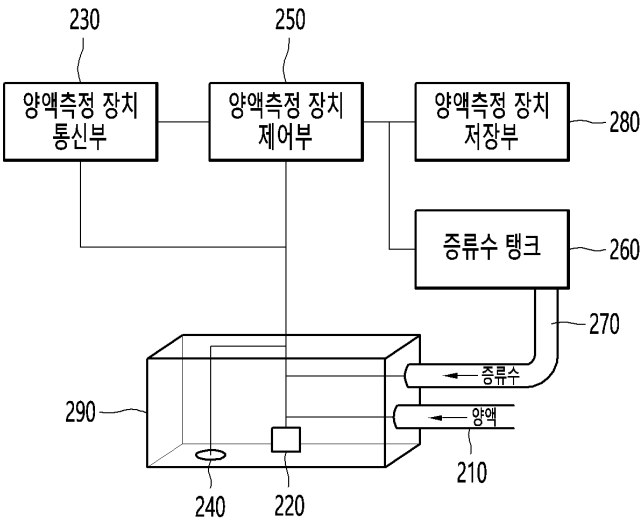


도면2



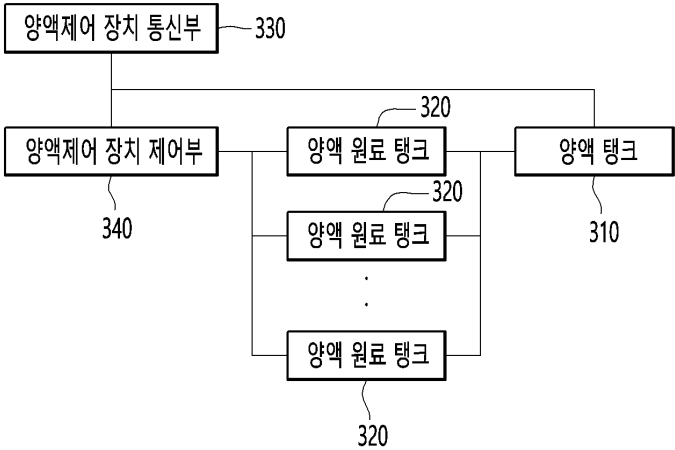
도면3

200

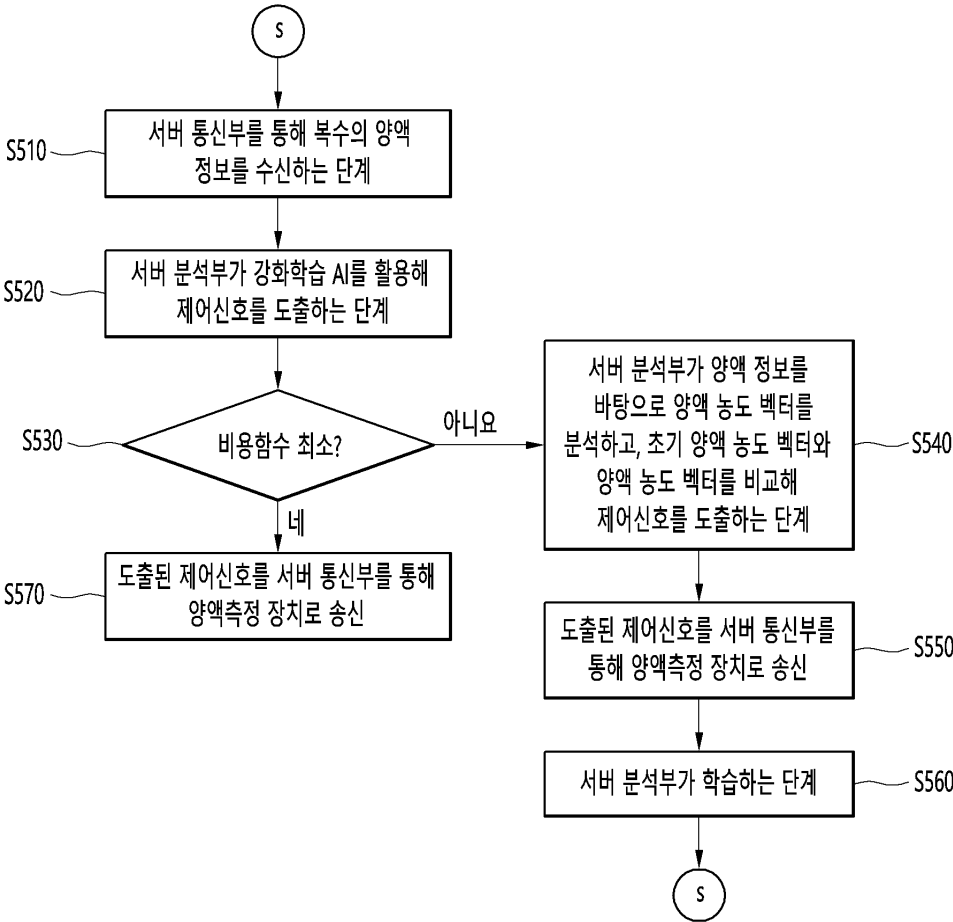


도면4

300



도면5



도면6

