



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0172740
(43) 공개일자 2023년12월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/10 (2012.01) G06N 3/08 (2023.01)
G06Q 50/06 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/10 (2015.01)
C02F 1/008 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0073280
(22) 출원일자 2022년06월16일
심사청구일자 2022년06월16일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
조경화
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
박상훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태백

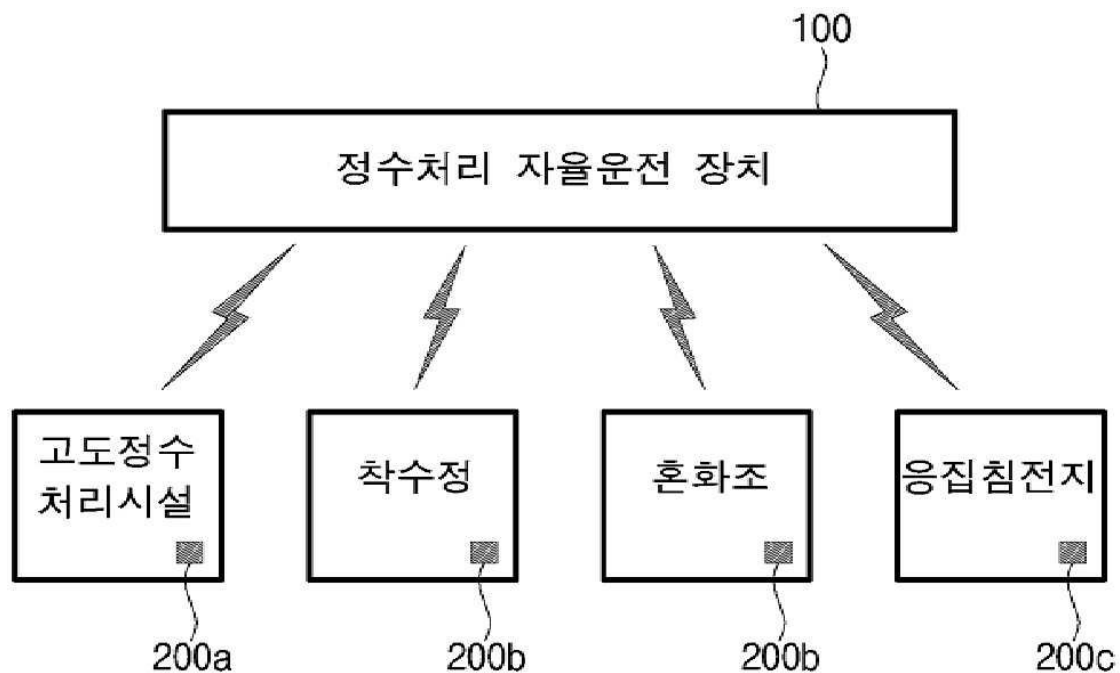
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 실시간 입자성 물질 모니터링을 이용한 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 실시간 입자성 물질 모니터링을 이용한 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치를 이용한 정수처리 자율운전 방법에 있어서, 플로우캠(Flow-cam)을 이용하여 촬영된 현재 정수처리장 유입수에 포함된 입자성 물질 이미지를 입 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



력받는 단계, 입자성 물질 이미지를 분류 알고리즘을 이용하여 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류하는 단계, 복수의 입자성물질처리 공정 각각에 대하여 pH 및 온도를 수집하고, 각 공정별로 부착된 복수의 센서로부터 복수의 제어인자를 수집하는 단계, 입자성 물질의 종류 및 개수, 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자를 정수처리공정 성능 예측 모델에 적용하여 응집침전지 유출수에 잔존하는 입자성 물질의 종류 및 개수에 대해 예측하는 단계, 그리고 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질이 제거되도록 강화학습모델을 이용하여 복수의 제어인자를 조절하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 강화학습 모델을 통해 정수처리에서 각 공정마다 정확한 최적의 공정 조건을 제공할 수 있고, 공정 조건을 자율적으로 관리하므로, 안정적으로 정수처리를 수행할 수 있다. 그리고, 최적의 공정 조건을 제공함으로써, 에너지를 절약하고, 예산을 절감할 수 있다.

(52) CPC특허분류

C02F 1/40 (2013.01)
C02F 1/5209 (2013.01)
C02F 1/78 (2013.01)
G06N 3/08 (2023.01)
G06Q 50/06 (2013.01)
C02F 2209/02 (2013.01)
C02F 2209/06 (2013.01)
G06T 2210/24 (2013.01)

윤나경

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

심재규

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711156276
과제번호	2022R1A2C2006172
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	실시간 입자성 물질 모니터링과 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 기술
기 여 율	1/2
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711158453
과제번호	2020R1A4A1019568
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	해수전지기술과 태양광에너지 활용한 에너지 자립형 해수담수화 기술
기 여 율	1/2
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치를 이용한 정수처리 자율운전 방법에 있어서,
플로우캠(Flow-cam)을 이용하여 촬영된 현재 정수처리장 유입수에 포함된 입자성 물질 이미지를 입력받는 단계,
상기 입자성 물질 이미지를 분류 알고리즘을 이용하여 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류하는 단계,
복수의 입자성물질처리 공정 각각에 대하여 pH 및 온도를 수집하고, 각 공정별로 부착된 복수의 센서로부터 복수의 제어인자를 수집하는 단계,
상기 입자성 물질의 종류 및 개수, 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자를 정수처리공정 성능 예측 모델에 적용하여 응집침전지 유출수에 잔존하는 입자성 물질의 종류 및 개수에 대해 예측하는 단계, 그리고
상기 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질이 제거되도록 강화학습모델을 이용하여 상기 복수의 제어인자를 조절하는 단계를 포함하는 정수처리 자율운전 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
플로우캠(Flow-cam)을 이용하여 촬영된 현재 응집침전지 유출수에 포함된 입자성 물질 이미지를 입력받는 단계,
상기 현재 응집침전지 유출수에 포함된 입자성 물질 이미지를 분류 알고리즘을 이용하여 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류하는 단계, 그리고
상기 복수의 제어인자를 조절한 후, 상기 유입수의 입자성 물질의 종류 및 개수와 유출수의 입자성 물질의 종류 및 개수를 비교하여 상기 유출수에서 입자성 물질이 제거되었는지 여부를 판단하는 단계를 더 포함하는 정수처리 자율운전 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 입자성 물질은,
2 μ m 이상의 미세플라스틱 또는 조류를 포함하는 정수처리 자율운전 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류하는 단계는,
R-CNN 알고리즘을 이용하여 상기 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류하는 정수처리 자율운전 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 복수의 입자성물질처리 공정은,
전오존처리조 공정, 착수정 공정, 혼화조 공정, 응집침전지 공정 중에서 적어도 하나의 공정을 포함하며,
상기 복수의 제어인자는,
오존 사용량, 착수정 수위 유입 유량, 교반 강도 및 시간, 응집제 종류와 체류 시간 중에서 적어도 하나를 포함하는 정수처리 자율운전 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,
 상기 각 공정별로 부착된 복수의 센서로부터 복수의 제어인자를 수집하는 단계는,
 전오존처리조 공정에서의 오존 사용량을 수집하는 단계,
 착수정 공정에서의 착수정 수위 유입 유량을 수집하는 단계,
 혼화조 공정에서의 교반 강도 및 시간을 수집하는 단계, 그리고
 응집침전지 공정에서의 응집제 종류와 체류 시간을 수집하는 단계를 포함하는 정수처리 자율운전 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,
 상기 정수처리공정 성능 예측 모델은,
 LSTM(Long short term memory) 기법을 이용하여 학습되는 정수처리 자율운전 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
 상기 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수에 대해 예측하는 단계는,
 상기 입자성 물질의 종류 및 개수, 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자를 정수처리공정 성능 예측 모델의 입력 데이터로 설정하고, 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수에 대한 예측결과를 정수처리공정 성능 예측모델의 출력데이터로 설정하는 정수처리 자율운전 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,
 상기 복수의 제어인자를 조절하는 단계는,
 과거에 수행된 공정에서의 유입수 및 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수, 각 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자 조건을 수집하는 단계,
 강화학습모델을 통해 상기 과거에 수행된 복수의 제어인자 조건을 적용한 복수의 시나리오를 가상환경에서 시뮬레이션하는 단계,
 복수의 시뮬레이션 결과 중에서 유출수에서의 입자성 물질이 가장 많이 제거된 제어인자 조건을 도출하는 단계,
 상기 도출된 제어인자 조건을 현재 정수처리 공정에서의 복수의 제어인자에 적용하는 단계를 포함하는 정수처리 자율운전 방법.

청구항 10

심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치에 있어서,
 플로우캠(Flow-cam)을 이용하여 촬영된 현재 정수처리장 유입수에 포함된 입자성 물질 이미지를 입력받는 입력부,
 상기 입자성 물질 이미지를 분류 알고리즘을 이용하여 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류하는 분류부,
 복수의 입자성물질처리 공정 각각에 대하여 pH 및 온도를 수집하고, 각 공정별로 부착된 복수의 센서로부터 복수의 제어인자를 수집하며, 상기 입자성 물질의 종류 및 개수, 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자를 정수처리 공정 성능 예측 모델에 적용하여 응집침전지 유출수에 잔존하는 입자성 물질의 종류 및 개수에 대해 예측하는 예측부, 그리고
 상기 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질이 제거되도록 강화학습모델을 이용하여 상기 복수의 제어인자를 조절하는 제어부를 포함하는 정수처리 자율운전 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 입력부는,

플로우캠(Flow-cam)을 이용하여 촬영된 현재 응집침전지 유출수에 포함된 입자성 물질 이미지를 입력받고,

상기 분류부는,

상기 현재 응집침전지 유출수에 포함된 입자성 물질 이미지를 분류 알고리즘을 이용하여 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류하며,

상기 제어부는,

상기 유입수의 입자성 물질의 종류 및 개수와 유출수의 입자성 물질의 종류 및 개수를 비교하여 상기 유출수에서 입자성 물질이 제거되었는지 여부를 판단하는 정수처리 자율운전 장치.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 입자성 물질은,

2 μ m 이상의 미세플라스틱 또는 조류를 포함하는 정수처리 자율운전 장치.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 분류부는,

R-CNN 알고리즘을 이용하여 상기 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류하는 정 정수처리 자율운전 장치.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 복수의 입자성물질처리 공정은,

전오존처리조 공정, 착수정 공정, 혼화조 공정, 응집침전지 공정 중에서 적어도 하나의 공정을 포함하며,

상기 복수의 제어인자는,

오존 사용량, 착수정 수위 유입 유량, 교반 강도 및 시간, 응집제 종류와 체류 시간 중에서 적어도 하나를 포함하는 정수처리 자율운전 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 예측부는,

전오존처리조 공정에서의 오존 사용량을 수집하고, 착수정 공정에서의 착수정 수위 유입 유량을 수집하며, 혼화조 공정에서의 교반 강도 및 시간을 수집하고, 응집침전지 공정에서의 응집제 종류와 체류 시간을 수집하는 정수처리 자율운전 장치.

청구항 16

제10항에 있어서,

상기 정수처리공정 성능 예측 모델은,

LSTM(Long short term memory) 기법을 이용하여 학습되는 정수처리 자율운전 장치.

청구항 17

제10항에 있어서,

상기 예측부는,

상기 입자성 물질의 종류 및 개수, 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자를 정수처리공정 성능 예측 모델의 입력 데이터로 설정하고, 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수에 대한 예측결과를 정수처리공정 성능 예측모델의 출력데이터로 설정하는 정수처리 자율운전 장치.

청구항 18

제10항에 있어서,

상기 제어부는,

과거에 수행된 공정에서의 유입수 및 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수, 각 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자 조건을 수집하고, 강화학습모델을 통해 상기 과거에 수행된 복수의 제어인자 조건을 적용한 복수의 시나리오를 가상환경에서 시뮬레이션하며, 복수의 시뮬레이션 결과 중에서 유출수에서의 입자성 물질이 가장 많이 제거된 제어인자 조건을 도출하고, 상기 도출된 제어인자 조건을 현재 정수처리 공정에서의 복수의 제어인자에 적용하는 정수처리 자율운전 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 실시간 입자성 물질 모니터링을 이용한 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 강화학습모델을 이용하여 복수의 입자성물질처리 공정에서의 제어인자를 조절하여 유출수에 포함된 입자성 물질을 제거하도록 하는 실시간 입자성 물질 모니터링을 이용한 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 최근 상수원의 오염이 심각해짐에 따라 정수수질에 대한 관심이 높아지고 있다.
- [0003] 그리고, 고도정수처리에 대한 요구가 증가하여 기존의 정수처리시설에 대한 보완이나 새로운 공정의 도입이 시도되고 있다.
- [0004] 다만, 기존의 정수시설의 보완이나 새로운 고도정수처리시설을 도입하기 위해서는 부지확보를 포함하여 많은 어려움이 뒤따르고 있다.
- [0005] 이러한 정수처리시설의 효율성 향상을 위한 개선이 지속적으로 이루어지고 있었으며, 이에 수반하여 수질이나 환경에 부응하도록 실시간 모니터링 및 가변제어할 수 있는 운용시스템도 최근에는 개발되고 있는 추세이다.
- [0006] 한편, 상수를 얻기 위해 댐 등의 저수지나 호수 및 생활폐수 등을 수원으로 하는 경우 탁도와 세균류 등의 유해 불순물을 제거하지 않은 상태에서는 상수로 공급할 수 없으므로, 별도의 정수처리시스템을 거쳐 원수에 함유되는 불순물, 오염물질(탁도, 세균, 철, 망간 등)을 걸러내고 정화하는 과정을 반드시 거쳐야 한다.
- [0007] 이와 같은 정수처리시스템은 원수가 공급되면 상기 원수에 약품투입기에서 적정량의 응집제를 혼화지로 투입하고, 혼화지의 혼화수를 응집지로 유동시켜 다수의 교반기에 의해 순차적으로 적정 rpm에 의한 회전속도에 따라 교반시키면서 미세한 현탁입자들이 서로 충돌하여 플록이 형성되도록 유도하고, 이와 같이 플록이 형성된 혼화수를 침전지로 유동시켜 무거운 플록은 침전지 하방으로 침전되고, 나머지 혼화수가 여과지를 통과하며 혼화수에 잔존하는 불순물 등이 여과되도록 한 후, 농축조와 탈수동을 거쳐 상수로 공급되는 일련의 과정을 거치는 시스템을 구축하고 있다.
- [0008] 다만, 정수처리에서 각 공정마다 공정 조건을 관리자가 직접 제어해야하므로, 정확한 최적의 공정 조건을 제공하기 어려운 문제가 있었다.
- [0009] 따라서, 정수처리 공정에서 최적의 공정 조건을 제공하기 위한 기술이 요구되고 있다.

[0010] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국등록특허공보 제10-2261819호 (2021.06.08. 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 강화학습모델을 이용하여 복수의 입자성물질처리 공정에서의 제어인자를 조절하여 유출수에 포함된 입자성 물질을 제거하도록 하는 실시간 입자성 물질 모니터링을 이용한 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치 및 그 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면, 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치를 이용한 정수처리 자율운전 방법에 있어서, 플로우캠(Flow-cam)을 이용하여 촬영된 현재 정수처리장 유입수에 포함된 입자성 물질 이미지를 입력받는 단계, 상기 입자성 물질 이미지를 분류 알고리즘을 이용하여 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류하는 단계, 복수의 입자성물질처리 공정 각각에 대하여 pH 및 온도를 수집하고, 각 공정별로 부착된 복수의 센서로부터 복수의 제어인자를 수집하는 단계, 상기 입자성 물질의 종류 및 개수, 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자를 정수처리공정 성능 예측 모델에 적용하여 응집침전지 유출수에 잔존하는 입자성 물질의 종류 및 개수에 대해 예측하는 단계, 그리고 상기 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질이 제거되도록 강화학습모델을 이용하여 상기 복수의 제어인자를 조절하는 단계를 포함한다.

[0013] 플로우캠(Flow-cam)을 이용하여 촬영된 현재 응집침전지 유출수에 포함된 입자성 물질 이미지를 입력받는 단계, 상기 현재 응집침전지 유출수에 포함된 입자성 물질 이미지를 분류 알고리즘을 이용하여 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류하는 단계, 그리고 상기 복수의 제어인자를 조절한 후, 상기 유입수의 입자성 물질의 종류 및 개수와 유출수의 입자성 물질의 종류 및 개수를 비교하여 상기 유출수에서 입자성 물질이 제거되었는지 여부를 판단하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0014] 상기 입자성 물질은, $2\mu\text{m}$ 이상의 미세플라스틱 또는 조류를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류하는 단계는, R-CNN 알고리즘을 이용하여 상기 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류할 수 있다.

[0016] 상기 복수의 입자성물질처리 공정은, 오존처리조 공정, 착수정 공정, 혼화조 공정, 응집침전지 공정 중에서 적어도 하나의 공정을 포함하며, 상기 복수의 제어인자는, 오존 사용량, 착수정 수위 유입 유량, 교반 강도 및 시간, 응집제 종류와 체류 시간 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 각 공정별로 부착된 복수의 센서로부터 복수의 제어인자를 수집하는 단계는, 전오존처리조 공정에서의 오존 사용량을 수집하는 단계, 착수정 공정에서의 착수정 수위 유입 유량을 수집하는 단계, 혼화조 공정에서의 교반 강도 및 시간을 수집하는 단계, 그리고 응집침전지 공정에서의 응집제 종류와 체류 시간을 수집하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 정수처리공정 성능 예측 모델은, LSTM(Long short term memory) 기법을 이용하여 학습될 수 있다.

[0019] 상기 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수에 대해 예측하는 단계는, 상기 입자성 물질의 종류 및 개수, 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자를 정수처리공정 성능 예측 모델의 입력데이터로 설정하고, 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수에 대한 예측결과를 정수처리공정 성능 예측모델의 출력데이터로 설정할 수 있다.

[0020] 상기 복수의 제어인자를 조절하는 단계는, 과거에 수행된 공정에서의 유입수 및 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수, 각 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자 조건을 수집하는 단계, 강화학습모델을 통해 상기 과거에 수행된 복수의 제어인자 조건을 적용한 복수의 시나리오를 가상환경에서 시뮬레이션하는 단계, 복수의 시뮬레이션 결과 중에서 유출수에서의 입자성 물질이 가장 많이 제거된 제어인자 조건을 도출하는 단계, 상기 도출된 제어인자 조건을 현재 정수처리 공정에서의 복수의 제어인자에 적용하는 단계를 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치에 있어서, 플로우캠(Flow-cam)을 이용하여 촬영된 현재 정수처리장 유입수에 포함된 입자성 물질 이미지를 입력받는 입력부, 상기 입자성 물질 이미지를 분류 알고리즘을 이용하여 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류하는 분류부, 복수의 입자성물질처리 공정 각각에 대하여 pH 및 온도를 수집하고, 각 공정별로 부착된 복수의 센서로부터 복수의 제어인자를 수집

하며, 상기 입자성 물질의 종류 및 개수, 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자를 정수처리공정 성능 예측 모델에 적용하여 응집침전지 유출수에 잔존하는 입자성 물질의 종류 및 개수에 대해 예측하는 예측부, 그리고 상기 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질이 제거되도록 강화학습모델을 이용하여 상기 복수의 제어인자를 조절하는 제어부를 포함한다.

발명의 효과

[0022] 이와 같이 본 발명에 따르면, 강화학습 모델을 통해 정수처리에서 각 공정마다 정확한 최적의 공정 조건을 제공할 수 있고, 공정 조건을 자율적으로 관리하므로, 안정적으로 정수처리를 수행할 수 있다. 그리고, 최적의 공정 조건을 제공함으로써, 에너지를 절약하고, 예산을 절감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치를 설명하기 위한 도면이다.
 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치를 이용한 정수처리 자율운전 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0025] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0026] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0027] 이하에서는 도 1을 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치를 설명한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치를 설명하기 위한 도면이다.

[0029] 도 1에서 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 정수처리 자율운전 장치(100)는 복수의 센서(200a, 200b, 200c, 200d)와 네트워크 연결된다.

[0030] 먼저, 정수처리 자율운전 장치(100)는 복수의 입자성물질처리 공정마다 부착된 복수의 센서(200a, 200b, 200c, 200d)로부터 복수의 제어인자를 수집하고, 입자성 물질의 종류 및 개수, 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자를 정수처리공정 성능 예측 모델에 적용하여 응집침전지 유출수에 잔존하는 입자성 물질의 종류 및 개수에 대해 예측한다.

[0031] 그리고, 정수처리 자율운전 장치(100)는 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질이 제거되도록 강화학습모델을 이용하여 복수의 제어인자를 조절한다.

[0032] 여기서, 복수의 입자성물질처리 공정은 전오존처리조 공정, 착수정 공정, 혼화조 공정, 응집침전지 공정 중에서 적어도 하나의 공정을 포함한다.

[0033] 다음으로, 복수의 센서(200a, 200b, 200c, 200d)는 전오존처리조 공정, 착수정 공정, 혼화조 공정, 응집침전지 공정에 부착되며, 각 공정별로 센싱된 제어인자를 정수처리 자율운전 장치(100)에 전송한다.

[0034] 이때, 복수의 센서(200a, 200b, 200c, 200d)는 자외선 센서, 레이저 센서, 감지 센서 중에서 적어도 하나로 구현될 수 있다.

[0035] 즉, 복수의 센서(200a, 200b, 200c, 200d)는 전오존처리조 공정에서 오존 사용량을 센싱하고, 착수정 공정에서 착수정 수위 유입 유량을 센싱하며, 혼화조 공정에서 교반 강도 및 시간을 센싱하고, 응집침전지 공정에서 응집

제 종류와 체류 시간을 센싱하여 정수처리 자율운전 장치(100)에 전송한다.

- [0036] 이하에서는 도 2를 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치(100)의 구성을 설명한다.
- [0037] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0038] 도 2에서 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치(100)는 입력부(110), 분류부(120), 예측부(130), 제어부(140)를 포함한다.
- [0039] 먼저, 입력부(110)는 플로우캠(Flow-cam)을 이용하여 촬영된 현재 정수처리장 유입수에 포함된 입자성 물질 이미지와 현재 응집침전지 유출수에 포함된 입자성 물질 이미지를 입력받는다.
- [0040] 이때, 수중 입자성 물질 촬영 장치는 플로우캠(Flow-cam)에 한정되지 않으며, 수중에서 입자성 물질을 촬영할 수 있는 카메라는 모두 포함된다.
- [0041] 즉, 플로우캠은 유속으로 흘린 해수 및 담수에서 플랑크톤 및 입자의 미지를 촬영할 수 있는 기기로 구현될 수 있다.
- [0042] 이와 같이, 입력부(110)는 플로우캠(Flow-cam)을 이용하여 촬영한 $2\mu\text{m}$ 이상의 미세플라스틱 또는 조류를 포함하는 입자성 물질에 대한 이미지를 입력받는다.
- [0043] 여기서, 입자성 물질은 $2\mu\text{m}$ 이상의 미세플라스틱 또는 조류를 포함할 수 있으나, 촬영 장비에 따라 입자성 물질의 관측 한계가 달라질 수 있다. 즉, 플로우캠(Flow-cam) 장비의 해상도에 따라 미세플라스틱 또는 조류 등의 입자성 물질에 대한 관측 가능 범위는 달라질 수 있다.
- [0044] 다음으로, 분류부(120)는 현재 정수처리장 유입수에 포함된 입자성 물질 이미지와 현재 응집침전지 유출수에 포함된 입자성 물질 이미지를 각각 분류 알고리즘을 이용하여 현재 정수처리장 유입수에 포함된 입자성 물질의 종류 및 개수 및 유출수에 포함된 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류한다.
- [0045] 이때, 분류부(120)는 R-CNN 알고리즘을 이용하여 상기 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류할 수 있다.
- [0046] 다음으로, 예측부(130)는 복수의 입자성물질처리 공정 각각에 대하여 pH 및 온도를 수집하고, 각 공정별로 부착된 복수의 센서(200a, 200b, 200c, 200d)로부터 복수의 제어인자를 수집한다.
- [0047] 그리고, 예측부(130)는 유입수에 포함된 입자성 물질의 종류 및 개수, 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자를 정수처리공정 성능 예측 모델에 적용하여 응집침전지 유출수에 잔존하는 입자성 물질의 종류 및 개수에 대해 예측한다.
- [0048] 여기서, 복수의 입자성물질처리 공정은 전오존처리조 공정, 착수정 공정, 혼화조 공정, 응집침전지 공정 중에서 적어도 하나의 공정을 포함하고, 복수의 제어인자는 오존 사용량, 착수정 수위 유입 유량, 교반 강도 및 시간, 응집제 종류와 체류 시간 중에서 적어도 하나를 포함한다.
- [0049] 이때, 정수처리공정 성능 예측 모델은 LSTM(Long short term memory) 기법을 이용하여 학습될 수 있다.
- [0050] 다음으로, 제어부(140)는 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질이 제거되도록 강화학습모델을 이용하여 복수의 제어인자를 조절한다.
- [0051] 여기서, 제어부(140)는 과거에 수행된 공정에서의 유입수 및 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수, 각 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자 조건을 수집한다.
- [0052] 그리고, 제어부(140)는 강화학습모델을 통해 과거에 수행된 복수의 제어인자 조건을 적용한 복수의 시나리오를 가상환경에서 시뮬레이션하고, 복수의 시뮬레이션 결과 중에서 유출수에서의 입자성 물질이 가장 많이 제거된 제어인자 조건을 도출한다.
- [0053] 그 다음, 제어부(140)는 도출된 제어인자 조건을 현재 정수처리 공정에서의 복수의 제어인자에 적용한다.
- [0054] 즉, 제어부(140)는 과거에 수행된 공정에서의 유입수 및 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수, 각 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자 조건을 기반으로 하여 강화학습모델을 통해 도출된 유출수에서의 입자성 물질이 가장 많이 제거된 제어인자 조건을 현재 정수처리 공정에서의 복수의 제어인자에 적용한다.

- [0055] 이하에서는 도 3을 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치(100)를 이용한 정수처리 자율운전 방법에 대하여 설명한다.
- [0056] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 심층 강화학습 기반의 정수처리 자율운전 장치를 이용한 정수처리 자율운전 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0057] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 정수처리 자율운전 장치(100)는 플로우캠(Flow-cam)을 이용하여 촬영된 현재 정수처리장 유입수에 포함된 입자성 물질 이미지를 입력받는다(S310).
- [0058] 여기서, 플로우캠은 플랑크톤 또는 조류 등 해수 및 담수에 존재하는 um 단위 또는 장비에 따라 그 이하의 입자성 물질의 이미지를 촬영할 수 있는 기기로, 정수처리 자율운전 장치(100)는 플로우캠을 통해 미세플라스틱 또는 조류 등의 입자성 물질에 대하여 촬영된 이미지를 입력받는다.
- [0059] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 정수처리 자율운전 장치(100)는 유입수에서의 입자성 물질 이미지를 분류 알고리즘을 이용하여 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류한다(S320).
- [0060] 이때, 정수처리 자율운전 장치(100)는 R-CNN 알고리즘을 이용하여 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류하며, R-CNN 알고리즘은 파이썬(Python) 또는 매트랩(MATLAB)과 같은 프로그래밍 소프트웨어 등에 의해 생성될 수 있다.
- [0061] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 정수처리 자율운전 장치(100)는 복수의 입자성물질처리 공정 각각에 대하여 pH 및 온도, 복수의 제어인자를 수집한다(S330).
- [0062] 이때, 복수의 입자성물질처리 공정은 전오존처리조 공정, 착수정 공정, 혼화조 공정, 응집침전지 공정 중에서 적어도 하나의 공정을 포함한다.
- [0063] 그리고, 복수의 제어인자는 오존 사용량, 착수정 수위 유입 유량, 교반 강도 및 시간, 응집제 종류와 체류 시간 중에서 적어도 하나를 포함한다.
- [0064] 즉, 정수처리 자율운전 장치(100)는 전오존처리조 공정에서의 pH 및 온도, 오존 사용량을 수집하고, 착수정 공정에서의 pH 및 온도, 착수정 수위 유입 유량을 수집한다.
- [0065] 그리고, 정수처리 자율운전 장치(100)는 혼화조 공정에서의 pH 및 온도, 교반 강도 및 시간을 수집하고, 응집침전지 공정에서의 pH 및 온도, 응집제 종류와 체류 시간을 수집한다.
- [0066] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 정수처리 자율운전 장치(100)는 정수처리공정 성능 예측 모델을 이용하여 응집침전지 유출수에 잔존하는 입자성 물질의 종류 및 개수에 대해 예측한다(S340).
- [0067] 여기서, 정수처리 자율운전 장치(100)는 입자성 물질의 종류 및 개수, 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자를 정수처리공정 성능 예측 모델의 입력데이터로 설정하고, 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수에 대한 예측결과를 정수처리공정 성능 예측모델의 출력데이터로 설정하여 정수처리공정 성능 예측 모델을 학습시킬 수 있다.
- [0068] 그리고, 정수처리공정 성능 예측 모델은 LSTM(Long short term memory) 기법을 이용하여 학습되거나, RNN 기반의 딥러닝을 이용하여 학습될 수 있다.
- [0069] 여기서, 정수처리공정 성능 예측 모델은 파이썬(Python) 또는 매트랩(MATLAB)과 같은 프로그래밍 소프트웨어 등에 의해 생성될 수 있다.
- [0070] 즉, 정수처리 자율운전 장치(100)는 유입수에서 포함된 입자성 물질의 종류 및 개수, 공정별 pH 및 온도, 오존 사용량, 착수정 수위 유입 유량, 교반 강도 및 시간, 응집제 종류와 체류 시간을 정수처리공정 성능 예측모델에 적용하여 응집침전지 유출수에 잔존하는 입자성 물질의 종류 및 개수에 대해 예측한다.
- [0071] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 정수처리 자율운전 장치(100)는 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질이 제거되도록 강화학습모델을 이용하여 복수의 제어인자를 조절한다(S350).
- [0072] 여기서, 강화학습모델은 RNN 기반의 딥러닝을 이용한 정수처리공정 성능 예측 모델로부터 획득한 공정 예측결과에 대해 다양한 제어인자 조건을 적용한 방법을 가상환경에서 수행한다.
- [0073] 그리고, 강화학습모델은 개별 단위공정에 대한 오존 사용량, 착수정 수위 유입 유량, 교반 강도 및 시간, 응집제 종류와 체류 시간에 대한 최적의 제어인자 조건을 도출할 수 있다.
- [0074] 여기서, 강화학습모델은 파이썬(Python) 또는 매트랩(MATLAB)과 같은 프로그래밍 소프트웨어 등에 의해 생성될

수 있다.

- [0075] 더욱 자세하게는, 정수처리 자율운전 장치(100)는 과거에 수행된 공정에서의 유입수 및 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수, 각 공정별 pH 및 온도, 복수의 제어인자 조건을 수집한다.
- [0076] 즉, 정수처리 자율운전 장치(100)는 과거에 수행된 공정에서의 유입수 및 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수와, 전오존처리조 공정, 착수정 공정, 혼화조 공정, 응집침전지 공정 각각에서의 pH 및 온도, 복수의 제어인자 조건을 수집한다.
- [0077] 그 다음, 정수처리 자율운전 장치(100)는 강화학습모델을 통해 과거에 수행된 복수의 제어인자 조건을 적용한 복수의 시나리오를 가상환경에서 시뮬레이션한다.
- [0078] 예를 들어, 정수처리 자율운전 장치(100)는 전오존처리조 공정에서의 오존 사용량을 평균보다 많이 사용했을 경우에서의 시나리오를 가상환경에서 시뮬레이션하거나, 착수정 공정에서의 착수정 수위 유입 유량을 기준 높이보다 적게하거나 많게 했을 경우에서의 시나리오를 가상환경에서 시뮬레이션할 수 있다.
- [0079] 이때, 정수처리 자율운전 장치(100)는 복수의 제어인자 조건을 달리 적용한 복수의 시나리오를 가상환경에서 시뮬레이션할 수 있고, 복수의 제어인자 조건은 한정하지 않는다.
- [0080] 그 다음, 정수처리 자율운전 장치(100)는 복수의 시뮬레이션 결과 중에서 유출수에서의 입자성 물질이 가장 많이 제거된 제어인자 조건을 도출한다.
- [0081] 그리고, 정수처리 자율운전 장치(100)는 도출된 제어인자 조건을 현재 정수처리 공정에서의 복수의 제어인자에 적용한다.
- [0082] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 정수처리 자율운전 장치(100)는 플로우캠(Flow-cam)을 이용하여 촬영된 현재 응집침전지 유출수에 포함된 입자성 물질 이미지를 입력받는다(S360).
- [0083] 이때, 현재 응집침전지 유출수에 포함된 입자성 물질 이미지는 S310 단계에서 입력받은 현재 정수처리장 유입수에 포함된 입자성 물질에 대하여 공정이 완료된 상태를 촬영한 이미지일 수 있다.
- [0084] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 정수처리 자율운전 장치(100)는 현재 응집침전지 유출수에 포함된 입자성 물질 이미지를 분류 알고리즘을 이용하여 유출수에서의 입자성 물질의 종류 및 개수를 분류한다(S370).
- [0085] 여기서, S370 단계는 S320 단계에서 이미 설명하였는 바, 자세한 설명은 생략한다.
- [0086] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 정수처리 자율운전 장치(100)는 유출수에서 입자성 물질이 제거되었는지 여부를 판단한다(S380).
- [0087] 이때, 정수처리 자율운전 장치(100)는 복수의 제어인자를 조절한 후에 유입수의 입자성 물질의 종류 및 개수와 유출수의 입자성 물질의 종류 및 개수를 비교하여 유출수에서 입자성 물질이 제거되었는지 여부를 판단할 수 있다.
- [0088] 만일, 유출수에서 입자성 물질이 유입수에서의 입자성 물질보다 종류가 적거나 개수가 적어진 경우, 정수처리 자율운전 장치(100)는 종료한다.
- [0089] 반면, 유출수에서 입자성 물질이 유입수에서의 입자성 물질보다 종류 또는 개수에서 유의미한 차이가 없다면, 정수처리 자율운전 장치(100)는 S350 단계를 반복하여 응집침전지 유출수에서의 입자성 물질이 제거되도록 복수의 제어인자를 조절한다.
- [0090] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 강화학습 모델을 통해 정수처리에서 각 공정마다 정확한 최적의 공정 조건을 제공할 수 있고, 공정 조건을 자율적으로 관리하므로, 안정적으로 정수처리를 수행할 수 있다. 그리고, 최적의 공정 조건을 제공함으로써, 에너지를 절약하고, 예산을 절감할 수 있다.
- [0091] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

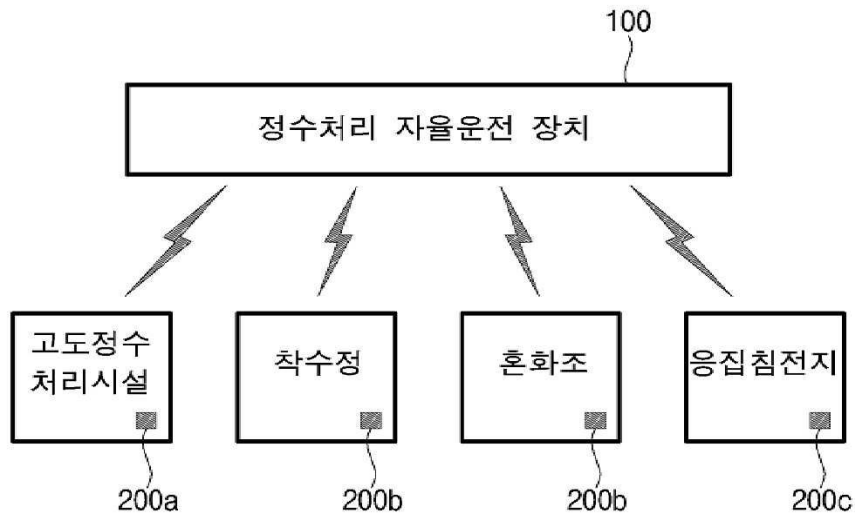
부호의 설명

[0093]

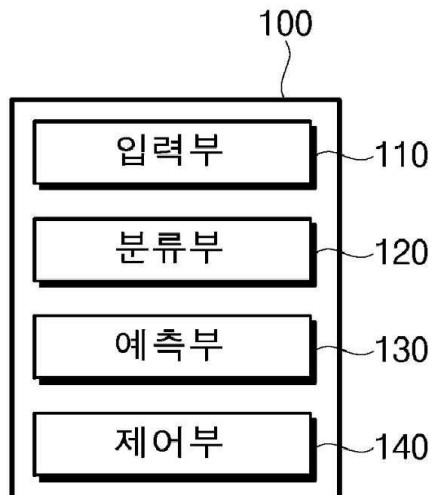
100: 정수처리 자율운전 장치, 110: 입력부,
120: 분류부, 130: 예측부,
140: 제어부,
200a, 200b, 200c, 200d: 복수의 센서

도면

도면1



도면2



도면3

