



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0072421
(43) 공개일자 2025년05월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A01K 63/04 (2014.01) A01K 61/10 (2017.01)

A01K 61/85 (2017.01) A01K 63/00 (2017.01)

(52) CPC특허분류

A01K 63/04 (2018.05)

A01K 61/10 (2017.01)

(21) 출원번호 10-2023-0159569

(22) 출원일자 2023년11월16일

심사청구일자 2023년11월16일

(71) 출원인

국립부경대학교 산학협력단

부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)

(72) 발명자

박정환

경상남도 고성군 하일면 동화3길 63, 301호

김덕규

부산광역시 영도구 함지로 19, 101동 2307호 (동삼동, 반도보라비치타운)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

남건필, 정지향, 차상윤

전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치 및 이를 이용한 유량 제어 방법

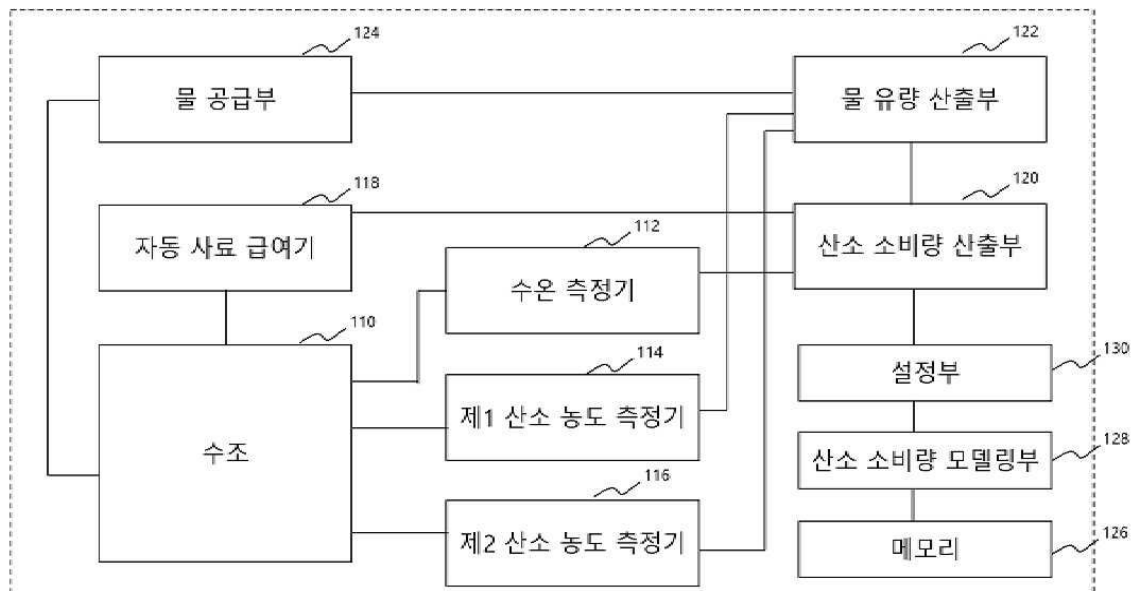
(57) 요약

본 발명은 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치 및 이를 이용한 유량 제어 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치는 양식 대상 어류가 수용된 수조의 수온을 측정하는 수온 측정기, 상기 수조에 자동으로 사료를 공급하는 자동 사료 급여기, 상기 수조에 공급되는 물의 산소 농도를 측정하는

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1

100



제1 산소 농도 측정기, 상기 수조에서 배출되는 물의 산소 농도를 측정하는 제2 산소 농도 측정기, 상기 수온 측정기에서 측정된 수조의 수온과 상기 자동 사료 급여기를 통해 공급된 사료량을 기초로 상기 양식 대상 어류의 산소 소비량을 산출하는 산소 소비량 산출부, 상기 산소 소비량 산출부에서 산출된 양식 대상 어류의 산소 소비량, 상기 제1 산소 농도 측정기에서 측정된 공급 물의 산소 농도 및 상기 제2 산소 농도 측정기에서 측정된 배출 물의 산소 농도를 기초로 상기 수조에 공급되는 물의 유량을 산출하는 물 유량 산출부 및 상기 물 유량 산출부에서 산출된 물의 유량을 기초로 상기 수조에 공급되는 물의 유량을 제어하는 물 공급부를 포함한다.

(52) CPC특허분류

A01K 61/85 (2017.01)

A01K 63/006 (2013.01)

A01K 63/047 (2013.01)

최진서

대구광역시 달서구 비슬로550길 38, 102동 1102호
(대곡동, 대곡이오스)

(72) 발명자

김지훈

강원특별자치도 강릉시 교동광장로 138-12, 312동
202호 (교동, 교동주공3단지아파트)

이영훈

부산광역시 남구 유엔평화로28번길 26-8, 101호 (대연동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711193452
과제번호	2021-0-00225-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	ICT융합산업혁신기술개발사업
연구과제명	최적의 수산 양식 설계·운행을 위한 디지털 아쿠아 트윈 핵심 플랫폼 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국전자통신연구원
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

양식 대상 어류가 수용된 수조의 수온을 측정하는 수온 측정기;

상기 수조에 자동으로 사료를 공급하는 자동 사료 급여기;

상기 수조에 공급되는 물의 산소 농도를 측정하는 제1 산소 농도 측정기;

상기 수조에서 배출되는 물의 산소 농도를 측정하는 제2 산소 농도 측정기;

상기 수온 측정기에서 측정된 수조의 수온과 상기 자동 사료 급여기를 통해 공급된 사료량을 기초로 상기 양식 대상 어류의 산소 소비량을 산출하는 산소 소비량 산출부;

상기 산소 소비량 산출부에서 산출된 양식 대상 어류의 산소 소비량, 상기 제1 산소 농도 측정기에서 측정된 공급 물의 산소 농도 및 상기 제2 산소 농도 측정기에서 측정된 배출 물의 산소 농도를 기초로 상기 수조에 공급되는 물의 유량을 산출하는 물 유량 산출부; 및

상기 물 유량 산출부에서 산출된 물의 유량을 기초로 상기 수조에 공급되는 물의 유량을 제어하는 물 공급부를 포함하는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 산소 소비량 산출부는

하기 수학식 1을 이용하여 양식 대상 어류의 산소 소비량을 산출하는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치.

[수학식 1]

$$z=a+bx+cy$$

여기에서, z는 산소 소비량(DO(kg)), x는 수온(℃), y는 사료량(g)을 나타낸다. a는 보상 계수, b는 수온 계수, c는 사료량 계수

청구항 3

제2항에 있어서,

넙치에 대한 산소 소비량의 경우, 상기 수학식 1의 보상 계수(a)는 -1.1041291, 수온 계수(b)는 0.064668275 및 사료량 계수(c)는 0.000011157491에 해당하는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 물 유량 산출부는

하기 수학식 2를 이용하여 수조에 공급되는 물의 유량을 산출하는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치.

[수학식 2]

$$Q = \frac{C_{DO}}{1,440 (C_{out} - C_{in}) / 1,000,000}$$

여기에서, Q는 물의 유량(L/min), C_{out} 은 수조(110)에서 배출되는 물의 산소 농도, C_{in} 은 수조(110)에 공급되는 물의 산소 농도, C_{DO} 는 양식 대상 어류의 산소 소비량

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 물 공급부는

상기 산출된 물의 유량 값에 대응하여 모터 속도를 제어하는 VFD(Variable frequency drives; 가변 주파수 드라이브) 펌프를 포함하는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

기 설정된 시간 간격으로 상기 수조의 수온, 상기 수조에 공급된 사료량, 상기 수조에 공급되는 물의 산소 농도 및 상기 수조에서 배출되는 물의 산소 농도를 측정하여 데이터를 저장하는 메모리;

상기 메모리에 저장된 데이터를 기초로 양식 대상 어류에 대한 산소 소비량 모델을 산출하는 산소 소비량 모델링부; 및

상기 산소 소비량 모델링부에서 산출된 산소 소비량 모델을 상기 산소 소비량 산출부에 설정하는 설정부를 더 포함하는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치.

청구항 7

수온 측정기가 양식 대상 어류가 수용된 수조의 수온을 측정하는 단계;

자동 사료 급여기가 상기 수조에 공급하는 사료량을 측정하는 단계;

제1 산소 농도 측정기가 상기 수조에 공급되는 물의 산소 농도를 측정하는 단계;

제2 산소 농도 측정기가 상기 수조에서 배출되는 물의 산소 농도를 측정하는 단계;

산소 소비량 산출부가 상기 수온 측정기에서 측정된 수조의 수온과 상기 자동 사료 급여기를 통해 공급된 사료량을 기초로 상기 양식 대상 어류의 산소 소비량을 산출하는 단계;

물 유량 산출부가 상기 산소 소비량 산출부에서 산출된 양식 대상 어류의 산소 소비량, 상기 제1 산소 농도 측정기에서 측정된 공급 물의 산소 농도 및 상기 제2 산소 농도 측정기에서 측정된 배출 물의 산소 농도를 기초로 상기 수조에 공급되는 물의 유량을 산출하는 단계; 및

물 공급부가 상기 물 유량 산출부에서 산출된 물의 유량을 기초로 상기 수조에 공급되는 물의 유량을 제어하는 단계를 포함하는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 산소 소비량을 산출하는 단계는 하기 수학적 식 1을 이용하여 양식 대상 어류의 산소 소비량을 산출하는 단계를 포함하는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 방법.

$$z=a+bx+cy$$

여기에서, z는 산소 소비량(DO(kg)), x는 수온(℃), y는 사료량(g)을 나타낸다. a는 보상 계수, b는 수온 계수, c는 사료량 계수

청구항 9

제8항에 있어서,

넙치에 대한 산소 소비량의 경우, 상기 수학적 식 1의 보상 계수(a)는 -1.1041291, 수온 계수(b)는 0.064668275 및 사료량 계수(c)는 0.000011157491에 해당하는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 물의 유량을 산출하는 단계는 하기 수학적 식 2를 이용하여 수조에 공급되는 물의 유량을 산출하는 단계를 포함하는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 방법.

[수학적 식 2]

$$Q = \frac{C_{DO}}{1,440 (C_{out} - C_{in}) / 1,000,000}$$

여기에서, Q는 물의 유량(L/min), C_{out} 은 수조(110)에서 배출되는 물의 산소 농도, C_{in} 은 수조(110)에 공급되는 물의 산소 농도, C_{DO} 는 양식 대상 어류의 산소 소비량

청구항 11

제7항에 있어서,

기 설정된 시간 간격으로 상기 수조의 수온, 상기 수조에 공급된 사료량, 상기 수조에 공급되는 물의 산소 농도 및 상기 수조에서 배출되는 물의 산소 농도를 측정하여 메모리에 데이터를 저장하는 단계;

산소 소비량 모델링부가 상기 메모리에 저장된 데이터를 기초로 양식 대상 어류에 대한 산소 소비량 모델을 산출하는 단계; 및

설정부가 상기 산소 소비량 모델링부에서 산출된 산소 소비량 모델을 상기 산소 소비량 산출부에 설정하는 단계를 더 포함하는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치 및 이를 이용한 유량 제어 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 양식 대상 어류의 산소 소비량을 예측하여 물의 유량을 조절함으로써 어류의 성장에 필요한 산소를 공급할 수 있는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치 및 이를 이용한 유량 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 세계 인구와 동물성 단백질 소비 증가로 수산물의 수요가 급증하고 있다. 어류를 포획하는 어업은 기후 변화와 무분별한 남획으로 생산량이 한계점에 도달했다. 이로 인해 양식업은 현재 전 세계에서 가장 빠르게 성장하고 있는 식품 생산 부문이며 미래 식량 안보에 기여하는 핵심 산업이다. 양식업은 단백질의 중요한 원천을 제공할 뿐만 아니라 양식장 주변 서식지 복원 및 야생 개체군 보충과 같은 자연 생태계에도 기여할 수 있다. 하지만 집약적인 양식업의 발전과 함께 양식 노폐물의 증가가 양식장 내부의 생산성과 주변 수중 생태계에 영향을 줄 수 있다는 우려가 제기되고 있다. 더불어 병원체 전파, 항생제 내성 증가, 생사료 생산을 위한 수산 자원 남획, 외래종의 도입 등의 문제가 동반된다. 따라서 양식 산업이 사회적 및 환경적으로 지속가능성을 확보하기 위한 노력이 필요하다.

[0004] 이에 집약적인 어류 생산과 환경 지속 가능성이 양립할 수 있는 순환여과양식 시스템(Recirculating aquaculture system, RAS)에 대한 관심과 중요성이 증가하고 있다. RAS는 양식장에서 배출되는 이화학·생물학적 노폐물에 의해 오염된 물을 양식 생물이 살 수 있도록 처리하여 재사용하는 시스템이다. RAS는 물 사용을 줄이고, 노폐물 처리 및 재활용, 폐쇄적인 환경으로 위생적인 질병 관리 및 생물학적 오염 제어가 가능하며 어류가 성장하는데 가장 적합한 환경을 일정하게 유지해 줄 수 있다.

[0005] 현재 양식 시스템 내에서는 수조에 들어가는 산소와 물 유량을 일정하게 하여 어류를 사육하고 있다. 그러나, 생물인 어류의 산소 소비량은 항상 일정한 것이 아니라 계속해서 변동한다. 특히, 어류는 사료 섭취 시 산소를 가장 많이 소비한다. 따라서, 어류의 이상적인 성장을 유도하기 위해, 운영자는 중요한 수질 요인 중 하나인 산소를 기준으로 어류의 실제 산소 소비량을 파악할 필요가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국 등록특허공보 10-2139429(2020.07.23)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 양식 대상 어류의 산소 소비량을 예측하여 물의 유량을 조절함으로써 어류의 성장에 필요한 산소를 공급할 수 있는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치 및 이를 이용한 유량 제어 방법을 제공한다.

[0009] 본 발명은 양식 대상 어류가 산소가 더 필요한 시기를 파악하여 더 많은 산소가 필요한 시기에 유량을 늘려 더 많은 산소를 공급할 수 있는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치 및 이를 이용한 유량 제어 방법을 제공한다.

[0010] 본 발명은 양식 조건 및 어류의 종류에 따라 적합한 산소 소비량 모델을 분석하여 양식장에 적용할 수 있는 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치 및 이를 이용한 유량 제어 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명에 따른 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치는 양식 대상 어류가 수용된 수조의 수온을 측정하는 수온 측정기, 상기 수조에 자동으로 사료를 공급하는 자동 사료 급여기, 상기 수조에 공급되는 물의 산소 농도를 측정하는 제1 산소 농도 측정기, 상기 수조에서 배출되는 물의 산소 농도를 측정하는 제2 산소 농도 측정기,

상기 수온 측정기에서 측정된 수조의 수온과 상기 자동 사료 급여기를 통해 공급된 사료량을 기초로 상기 양식 대상 어류의 산소 소비량을 산출하는 산소 소비량 산출부, 상기 산소 소비량 산출부에서 산출된 양식 대상 어류의 산소 소비량, 상기 제1 산소 농도 측정기에서 측정된 공급 물의 산소 농도 및 상기 제2 산소 농도 측정기에서 측정된 배출 물의 산소 농도를 기초로 상기 수조에 공급되는 물의 유량을 산출하는 물 유량 산출부 및 상기 물 유량 산출부에서 산출된 물의 유량을 기초로 상기 수조에 공급되는 물의 유량을 제어하는 물 공급부를 포함한다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 산소 소비량 산출부는 하기 수학적 식 1을 이용하여 양식 대상 어류의 산소 소비량을 산출할 수 있다.

[0014] [수학적 식 1]

[0015] $z=a+bx+cy$

[0016] 여기에서, z 는 산소 소비량(DO(kg)), x 는 수온($^{\circ}\text{C}$), y 는 사료량(g)을 나타낸다. a 는 보상 계수, b 는 수온 계수, c 는 사료량 계수

[0017] 일 실시예에서, 넙치에 대한 산소 소비량의 경우, 상기 수학적 식 1의 보상 계수(a)는 -1.1041291, 수온 계수(b)는 0.064668275 및 사료량 계수(c)는 0.000011157491에 해당할 수 있다.

[0018] 일 실시예에서, 상기 물 유량 산출부는 하기 수학적 식 2를 이용하여 수조에 공급되는 물의 유량을 산출할 수 있다.

[0019] [수학적 식 2]

$$Q = \frac{C_{DO}}{1,440 (C_{out} - C_{in}) / 1,000,000}$$

[0020]

[0021] 여기에서, Q 는 물의 유량(L/min), C_{out} 은 수조(110)에서 배출되는 물의 산소 농도, C_{in} 은 수조(110)에 공급되는 물의 산소 농도, C_{DO} 는 양식 대상 어류의 산소 소비량

[0022] 일 실시예에서, 상기 물 공급부는 상기 산출된 물의 유량 값에 대응하여 모터 속도를 제어하는 VFD(Variable frequency drives; 가변 주파수 드라이브) 펌프를 포함할 수 있다.

[0023] 일 실시예에서, 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치는 기 설정된 시간 간격으로 상기 수조의 수온, 상기 수조에 공급된 사료량, 상기 수조에 공급되는 물의 산소 농도 및 상기 수조에서 배출되는 물의 산소 농도를 측정하여 데이터를 저장하는 메모리, 상기 메모리에 저장된 데이터를 기초로 양식 대상 어류에 대한 산소 소비량 모델을 산출하는 산소 소비량 모델링부 및 상기 산소 소비량 모델링부에서 산출된 산소 소비량 모델을 상기 산소 소비량 산출부에 설정하는 설정부를 더 포함할 수 있다.

[0024] 본 발명에 따른 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 방법은 수온 측정기가 양식 대상 어류가 수용된 수조의 수온을 측정하는 단계, 자동 사료 급여기가 상기 수조에 공급하는 사료량을 측정하는 단계, 제1 산소 농도 측정기가 상기 수조에 공급되는 물의 산소 농도를 측정하는 단계, 제2 산소 농도 측정기가 상기 수조에서 배출되는 물의 산소 농도를 측정하는 단계, 산소 소비량 산출부가 상기 수온 측정기에서 측정된 수조의 수온과 상기 자동 사료 급여기를 통해 공급된 사료량을 기초로 상기 양식 대상 어류의 산소 소비량을 산출하는 단계, 물 유량 산출부가 상기 산소 소비량 산출부에서 산출된 양식 대상 어류의 산소 소비량, 상기 제1 산소 농도 측정기에서 측정된 공급 물의 산소 농도 및 상기 제2 산소 농도 측정기에서 측정된 배출 물의 산소 농도를 기초로 상기 수조에 공급되는 물의 유량을 산출하는 단계 및 물 공급부가 상기 물 유량 산출부에서 산출된 물의 유량을 기초로 상기 수조에 공급되는 물의 유량을 제어하는 단계를 포함한다.

[0025] 일 실시예에서, 상기 산소 소비량을 산출하는 단계는 하기 수학적 식 1을 이용하여 양식 대상 어류의 산소 소비량을 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0026] [수학적 식 1]

[0027]

$$z=a+bx+cy$$

[0028]

여기에서, z는 산소 소비량(DO(kg)), x는 수온(℃, y는 사료량(g)을 나타낸다. a는 보상 계수, b는 수온 계수, c는 사료량 계수

[0029]

일 실시예에서, 넙치에 대한 산소 소비량의 경우, 상기 수학적 식 1의 보상 계수(a)는 -1.1041291, 수온 계수(b)는 0.064668275 및 사료량 계수(c)는 0.000011157491에 해당할 수 있다.

[0030]

일 실시예에서, 물의 유량을 산출하는 단계는 하기 수학적 식 2를 이용하여 수조에 공급되는 물의 유량을 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0031]

[수학적 식 2]

$$Q = \frac{C_{DO}}{1,440 (C_{out} - C_{in}) / 1,000,000}$$

[0032]

여기에서, Q는 물의 유량(L/min), C_{out}은 수조(110)에서 배출되는 물의 산소 농도, C_{in}은 수조(110)에 공급되는 물의 산소 농도, C_{DO}는 양식 대상 어류의 산소 소비량

[0034]

일 실시예에서, 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 방법은 기 설정된 시간 간격으로 상기 수조의 수온, 상기 수조에 공급된 사료량, 상기 수조에 공급되는 물의 산소 농도 및 상기 수조에서 배출되는 물의 산소 농도를 측정하여 메모리에 데이터를 저장하는 단계, 산소 소비량 모델링부가 상기 메모리에 저장된 데이터를 기초로 양식 대상 어류에 대한 산소 소비량 모델을 산출하는 단계 및 설정부가 상기 산소 소비량 모델링부에서 산출된 산소 소비량 모델을 상기 산소 소비량 산출부에 설정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0036]

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치 및 이를 이용한 유량 제어 방법은 양식 대상 어류의 산소 소비량을 예측하여 물의 유량을 조절함으로써 어류의 성장에 필요한 산소를 공급할 수 있다.

[0037]

본 발명에 따른 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치 및 이를 이용한 유량 제어 방법은 양식 대상 어류가 산소가 더 필요한 시기를 파악하여 더 많은 산소가 필요한 시기에 유량을 늘려 더 많은 산소를 공급할 수 있다.

[0038]

본 발명에 따른 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치 및 이를 이용한 유량 제어 방법은 양식 조건 및 어류의 종류에 따라 적합한 산소 소비량 모델을 분석하여 양식장에 적용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0040]

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치의 구성을 나타내는 도면

도 2는 수조의 수온, 수조에 공급된 사료량 및 수조에 공급되는 물의 산소 농도와 배출되는 물의 산소 농도를 기초로 산출된 산소 소비 총량을 측정한 결과를 나타낸 도면

도 3은 도 2의 결과를 기초로 산소 소비량 모델을 산출한 결과를 나타내는 도면

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 방법을 설명하는 흐름도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0041]

이하, 본 발명에 따른 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치 및 이를 이용한 유량 제어 방법을 실시하기 위한 구체적인 내용을 설명하면 다음과 같다.

- [0043] 도 1은 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0044] 도 1을 참조하면, 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치(100)는 수온 측정기(112), 제1 산소 농도 측정기(114), 제2 산소 농도 측정기(116), 자동 사료 급여기(118), 산소 소비량 산출부(120), 물 유량 산출부(122), 물 공급부(124), 메모리(126), 산소 소비량 모델링부(128) 및 설정부(130)를 포함한다.
- [0045] 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치(100)는 수조(100)에서 양식하는 어류의 산소 소비량을 예측하여 물의 유량을 조절함으로써 어류의 성장에 필요한 산소를 공급할 수 있다. 예를 들어, 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치(100)는 어류의 산소 소비량을 예측하여 시간대별로 적절한 산소량을 수조(100)에 공급할 수 있다.
- [0046] 수조(110)에는 양식 대상 어류가 수용되어 양식될 수 있다. 예를 들어, 수조(110)는 지름 4m, 높이 0.4m, 물량 5t의 원형 수조에 해당할 수 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위해 넓치를 수조(110)에 수용하여 양식하는 경우를 가정하여 설명하기로 한다.
- [0047] 수온 측정기(112)는 양식 대상 어류가 수용된 수조(110)의 수온을 측정하고, 제1 산소 농도 측정기(114)는 수조(110)에 공급되는 물의 산소 농도를 측정하며, 제2 산소 농도 측정기(116)는 수조(110)에서 배출되는 물의 산소 농도를 측정한다. 일 실시예에서, 수온 측정기(112), 제1 산소 농도 측정기(114) 및 제2 산소 농도 측정기(116)는 기 설정된 시간 간격으로 각각 수온과 산소 농도를 측정할 수 있다.
- [0048] 일 실시예에서, 수온 측정기(112), 제1 산소 농도 측정기(114) 및 제2 산소 농도 측정기(116)는 오전 10시부터 오후 24시까지 14시간 동안 1분 간격으로 각각 수온과 산소 농도를 측정할 수 있다. 수온 측정기(112), 제1 산소 농도 측정기(114) 및 제2 산소 농도 측정기(116)는 측정된 값을 각각 메모리(126)에 저장할 수 있다.
- [0049] 자동 사료 급여기(118)는 수조(110)에 자동으로 사료를 공급한다. 일 실시예에서, 자동 사료 급여기(118)는 양식 대상 어류의 종류에 따라 기 설정된 시간에 기 설정된 량의 사료를 수조(110)에 공급할 수 있다. 예를 들어, 자동 사료 급여기(118)는 국립수산물학원-넙치 사육 매뉴얼의 어체 크기와 수온에 따른 사료 공급량을 기준으로, 수조(110)에 사료를 공급할 수 있다. 예를 들어, 자동 사료 급여기(118)는 오전 10시, 오후 13시, 오후 16시 하루 총 3회로 사료량을 분배하여 수조(110)에 사료를 공급할 수 있다.
- [0050] 자동 사료 급여기(118)는 수조(110)에 공급되는 사료량을 측정하여 메모리(126)에 저장할 수 있다.
- [0051] 산소 소비량 산출부(120)는 수온 측정기(112)에서 측정된 수조의 수온과 자동 사료 급여기(118)를 통해 공급된 사료량을 기초로 수조(110)에 수용된 양식 대상 어류의 산소 소비량을 산출한다. 일 실시예에서, 산소 소비량 산출부(120)는 하기 수학식 1을 이용하여 수조(110)에 수용된 양식 대상 어류의 산소 소비량을 산출할 수 있다.
- [0052] [수학식 1]
- [0053]
$$z=a+bx+cy$$
- [0054] 여기에서, z 는 산소 소비량(DO(kg)), x 는 수온(℃), y 는 사료량(g)을 나타낸다. a 는 보상 계수, b 는 수온 계수, c 는 사료량 계수를 나타낸다.
- [0055] 일 실시예에서, 넙치에 대한 산소 소비량의 경우, 수학식 1의 보상 계수(a)는 -1.1041291, 수온 계수(b)는 0.064668275 및 사료량 계수(c)는 0.000011157491에 해당할 수 있다.
- [0057] 도 2는 수조의 수온, 수조에 공급된 사료량 및 수조에 공급되는 물의 산소 농도와 배출되는 물의 산소 농도를 기초로 산출된 산소 소비 총량을 측정한 결과를 나타낸 도면이고, 도 3은 도 2의 결과를 기초로 산소 소비량 모델을 산출한 결과를 나타내는 도면이다.
- [0058] 도 2를 참조하면, 7월 13일, 7월 22일, 8월 13일, 8월 14일, 8월 15일, 8월 16일, 8월 17일, 8월 18일, 8월 19일, 8월 20일, 8월 21일, 8월 22일에 오전 10시부터 오후 24시까지 14시간 동안의 수온(℃, 공급 사료량(g) 및 양식 대상 어류의 산소 소비총량(DO(kg))을 분석한 표이다.
- [0059] 각 일자에 양식 대상 어류가 소비한 총 산소 소비량은 하기와 같이 산출될 수 있다. 1분 단위로 측정된 수조에

공급되는 유입수의 산소 농도(DO, Dissolved Oxygen)(mg/L)에서 수조에서 배출되는 배출수의 산소 농도(DO)(mg/L)를 뺀 차 값에 수조에 1분간 공급되는 유입수량(L/min)을 곱해주면 1분간 수조에서 양식 대상 어류가 소비한 총 산소 소비량이 산출될 수 있다. 오전 10시부터 오후 24시까지 각 1분간 어류가 소비한 총 산소 소비량을 더하면 해당 일자에 오전 10시부터 오후 24시까지 양식 대상 어류가 소비한 전체 산소 소비량이 산출될 수 있다.

[0060] 도 3을 참조하면, 도 3은 도 2의 결과를 기초로 수온(℃과 사료량(g)을 변수로 하고 산소 소비량을 산출값으로 하여 회귀분석(Regression Analysis)한 결과를 나타내는 도면이다. 종속변수는 산소 소비량으로 하고, 수온(℃과 사료량(g)을 각각 독립변수로 하여(모델식 : 수학식 1) 중선형 회귀분석(Multiple Linear Regression Analysis)을 한 결과, 보상 계수(a)는 -1.1041291, 수온 계수(b)는 0.064668275 및 사료량 계수(c)는 0.000011157491이 산출되는 것을 확인할 수 있다. Adjusted R-Squared 값은 0.97520672이며, 산출된 회귀분석 값이 97.5%의 신뢰도를 갖는 것을 확인할 수 있다. 산출된 산소 소비량 모델에 의하면 수온이 증가하거나 사료량이 증가하면 넙치의 산소 소비량도 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0062] 다시 도 1을 참조하면, 물 유량 산출부(122) 산소 소비량 산출부(120)에서 산출된 양식 대상 어류의 산소 소비량, 제1 산소 농도 측정기(114)에서 측정된 공급되는 물의 산소 농도 및 제2 산소 농도 측정기(116)에서 측정된 배출되는 물의 산소 농도를 기초로 수조(110)에 공급되는 물의 유량을 산출한다.

[0063] 일 실시예에서, 물 유량 산출부(122)는 하기 수학식 2를 이용하여 수조(110)에 공급되는 물의 유량을 산출할 수 있다.

[0064] [수학식 2]

$$Q = \frac{C_{DO}}{1,440 (C_{out} - C_{in}) / 1,000,000}$$

[0065]

[0066] 여기에서, Q는 물의 유량(L/min), C_{out} 은 수조(110)에서 배출되는 물의 산소 농도, C_{in} 은 수조(110)에 공급되는 물의 산소 농도, C_{DO} 는 양식 대상 어류의 산소 소비량을 나타낸다. 1,440과 1,000,000은 단위 변환상수를 나타낸다.

[0067] 물 유량 산출부(122)는 수온(℃과 사료량(g)에 의해 변하는 양식 대상 어류의 산소 소비량을 실시간으로 반영하여 수조(110)에 공급되어야 하는 물의 유량을 산출할 수 있다.

[0068] 물 공급부(124)는 물 유량 산출부(122)에서 산출된 물의 유량을 기초로 수조(110)에 공급되는 물의 유량을 제어한다. 일 실시예에서, 물 공급부(124)는 물 유량 산출부(122)에서 산출된 물의 유량 값에 대응하여 모터 속도를 제어하는 VFD(Variable frequency drives; 가변 주파수 드라이브) 펌프를 포함할 수 있다. VFD 펌프는 주파수와 전압을 변경하여 모터 속도를 제어할 수 있다.

[0069] 메모리(126)는 기 설정된 시간 간격으로 측정된 수조(110)의 수온, 수조(110)에 공급된 사료량, 수조(110)에 공급되는 물의 산소 농도 및 수조(110)에서 배출되는 물의 산소 농도를 데이터로 저장한다. 각 데이터 값(수온, 사료량, 산소 농도)은 측정된 시간에 연계되어 메모리(126)에 저장될 수 있다.

[0070] 산소 소비량 모델링부(128)는 메모리(126)에 저장된 데이터를 기초로 양식 대상 어류에 대한 산소 소비량 모델을 산출한다. 일 실시예에서, 산소 소비량 모델링부(128)는 메모리(126)에 저장된 수온(℃과 사료량(g)을 변수로 하고 산소 소비량을 산출값으로 한 모델을 기초로 메모리(126)에 저장된 n개의 데이터를 회귀분석(Regression Analysis)하여 산소 소비량 모델을 산출할 수 있다. 회귀 분석할 데이터의 개수(n, 자연수)는 운영자 또는 설계자에 의해 미리 설정될 수 있다.

[0071] 산소 소비량 모델링부(128)는 기 설정된 시간 간격(예를 들어, 1일 또는 1개월 등)으로 산소 소비량 모델을 산출할 수 있다. 다른 실시예에서, 기 설정된 최근 기간(예를 들어, 최근 7일, 15일 또는 최근 1개월 등) 동안의 산소 소비량 모델을 산출할 수도 있다. 다른 실시예에서, 산소 소비량 모델링부(128)는 양식 대상 어류의 성장

단계가 넘어가는 기간(예를 들어, 어류 별 치어 기간에서 성어로 넘어가는 기간)에 맞추어 산소 소비량 모델을 산출할 수도 있다.

[0072] 설정부(130)는 산소 소비량 모델링부(128)에서 산출된 산소 소비량 모델을 산소 소비량 산출부(120)에 설정할 수 있다.

[0073]

[0074] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 방법을 설명하는 흐름도이다.

[0075] 도 4를 참조하면, 수온 측정기(112)는 양식 대상 어류가 수용된 수조(110)의 수온을 측정하고(단계 S410), 자동 사료 급여기(114)는 수조(110)에 공급하는 사료량을 측정한다(단계 S420).

[0076] 제1 산소 농도 측정기(114)는 수조(110)에 공급되는 물의 산소 농도를 측정하고(단계 S430), 제2 산소 농도 측정기(116)는 수조(110)에서 배출되는 물의 산소 농도를 측정한다(단계 S440).

[0077] 산소 소비량 산출부(120)는 수온 측정기(112)에서 측정된 수조(110)의 수온과 자동 사료 급여기(114)를 통해 공급된 사료량을 기초로 양식 대상 어류의 산소 소비량을 산출한다(단계 S450).

[0078] 일 실시예에서, 산소 소비량 산출부(120)는 하기 수학적 식 1을 이용하여 수조(110)에 수용된 양식 대상 어류의 산소 소비량을 산출할 수 있다.

[0079] [수학적 식 1]

[0080] $z=a+bx+cy$

[0081] 여기에서, z 는 산소 소비량(DO(kg)), x 는 수온(℃), y 는 사료량(g)을 나타낸다. a 는 보상 계수, b 는 수온 계수, c 는 사료량 계수를 나타낸다. 일 실시예에서, 넙치에 대한 산소 소비량의 경우, 수학적 식 1의 보상 계수(a)는 -1.1041291, 수온 계수(b)는 0.064668275 및 사료량 계수(c)는 0.000011157491에 해당할 수 있다.

[0082] 물 유량 산출부(122)는 산소 소비량 산출부(120)에서 산출된 양식 대상 어류의 산소 소비량, 제1 산소 농도 측정기(114)에서 측정된 공급되는 물의 산소 농도 및 제2 산소 농도 측정기(116)에서 측정된 배출되는 물의 산소 농도를 기초로 수조(110)에 공급되는 물의 유량을 산출한다(단계 S460).

[0083] 일 실시예에서, 물 유량 산출부(122)는 하기 수학적 식 2를 이용하여 수조(110)에 공급되는 물의 유량을 산출할 수 있다.

[0084] [수학적 식 2]

$$Q = \frac{C_{DO}}{1,440 (C_{out} - C_{in}) / 1,000,000}$$

[0085]

[0086] 여기에서, Q 는 물의 유량(L/min), C_{out} 은 수조(110)에서 배출되는 물의 산소 농도, C_{in} 은 수조(110)에 공급되는 물의 산소 농도, C_{DO} 는 양식 대상 어류의 산소 소비량을 나타낸다. 1,440과 1,000,000은 단위 변환상수를 나타낸다. 물 유량 산출부(122)는 수온(℃과 사료량(g)에 의해 변하는 양식 대상 어류의 산소 소비량을 실시간으로 반영하여 수조(110)에 공급되어야 하는 물의 유량을 산출할 수 있다.

[0087] 물 공급부(124)는 물 유량 산출부(122)에서 산출된 물의 유량을 기초로 수조(110)에 공급되는 물의 유량을 제어한다(단계 S470). 일 실시예에서, 물 공급부(124)는 물 유량 산출부(122)에서 산출된 물의 유량 값에 대응하여 모터 속도를 제어하는 VFD 펌프를 포함할 수 있다.

[0088] 일 실시예에서, 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 방법은 기 설정된 시간 간격으로 측정된 수조(110)의 수온, 수조(110)에 공급된 사료량, 수조(110)에 공급되는 물의 산소 농도 및 수조(110)에서 배출되는 물의 산소 농도를 측정하여 메모리(126)에 데이터를 저장하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0089] 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 방법은 산소 소비량 모델링부(128)가 메모리(126)에 저장된 데이터를 기

초로 양식 대상 어류에 대한 산소 소비량 모델을 산출하는 단계 및 설정부(130)가 산소 소비량 모델링부(128)에서 산출된 산소 소비량 모델을 산소 소비량 산출부(120)에 설정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0091] 도 1 내지 도 4를 통해 설명된 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치 및 이를 이용한 유량 제어 방법은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수도 있다.

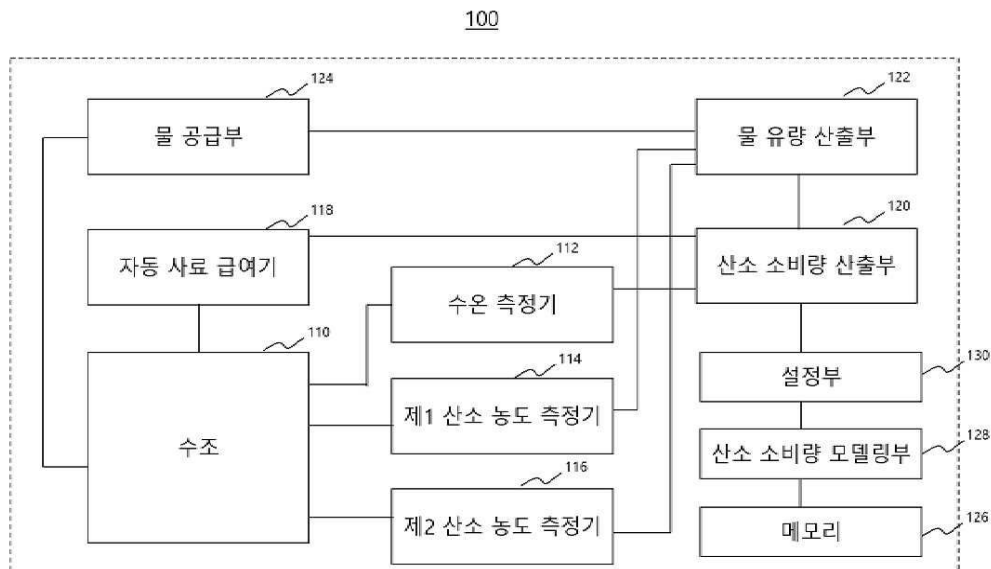
[0092] 이상 본 발명의 실시예로 설명하였으나 본 발명의 기술적 사상이 상기 실시예로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범주에서 다양한 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치 및 이를 이용한 유량 제어 방법으로 구현할 수 있다.

부호의 설명

[0094] 100 : 어류의 산소 소비량 기반의 유량 제어 장치
 112 : 수온 측정기 114 : 제1 산소 농도 측정기
 116 : 제2 산소 농도 측정기 118 : 자동 사료 급여기
 120 : 산소 소비량 산출부 122 : 물 유량 산출부
 124 : 물 공급부 126 : 메모리
 128 : 산소 소비량 모델링부 130 : 설정부

도면

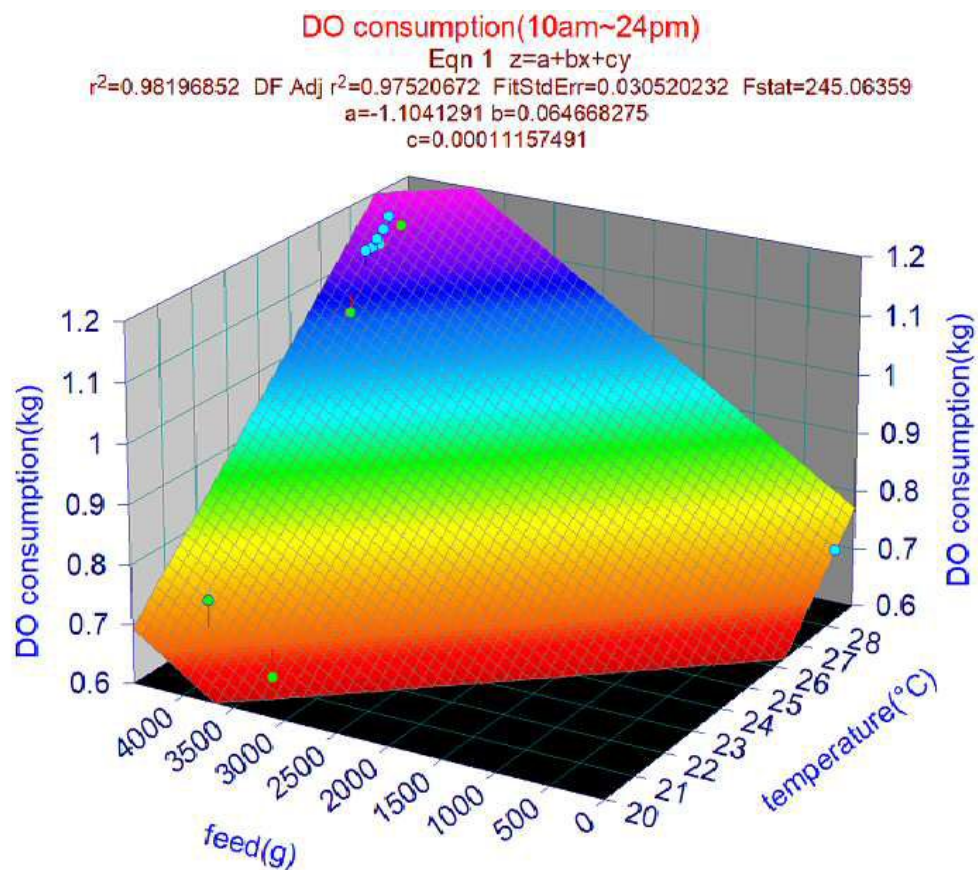
도면1



도면2

날짜	시간	수온	사료량	산소소비총량
7.13	10~00	21.2	3500	0.60915381
7.22	10~00	20.8	4000	0.732056909
8.13	10~00	26.3	4285	1.04198856
8.14	10~00	26.8	4285	1.134780698
8.15	10~00	27.0	4285	1.134972633
8.16	10~00	27.3	4285	1.135527305
8.17	10~00	27.4	4285	1.156702985
8.18	10~00	27.2	4285	1.144475097
8.19	10~00	27.3	4285	1.132783619
8.2	10~00	27.6	4285	1.172749663
8.21	10~00	28	4285	1.146563676
8.22	10~00	28.2	0	0.725366911

도면3



도면4

