



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년05월30일  
(11) 등록번호 10-2403392  
(24) 등록일자 2022년05월25일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B41J 2/045 (2006.01) G06N 20/00 (2019.01)
- (52) CPC특허분류  
B41J 2/04588 (2013.01)  
B41J 2/0456 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0078722
- (22) 출원일자 2020년06월26일  
심사청구일자 2020년06월26일
- (65) 공개번호 10-2022-0000725
- (43) 공개일자 2022년01월04일
- (56) 선행기술조사문헌  
JP11320853 A\*  
JP2020032409 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
포항공과대학교 산학협력단  
경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)
- (72) 발명자  
김성주  
경상북도 포항시 남구 청암로 77, 기숙사19동 314호(포항공과대학교)  
정성준  
경상북도 포항시 남구 청암로 77  
조민수  
경상북도 포항시 남구 지곡로 155, 6동 201호
- (74) 대리인  
특허법인 티앤아이

전체 청구항 수 : 총 5 항

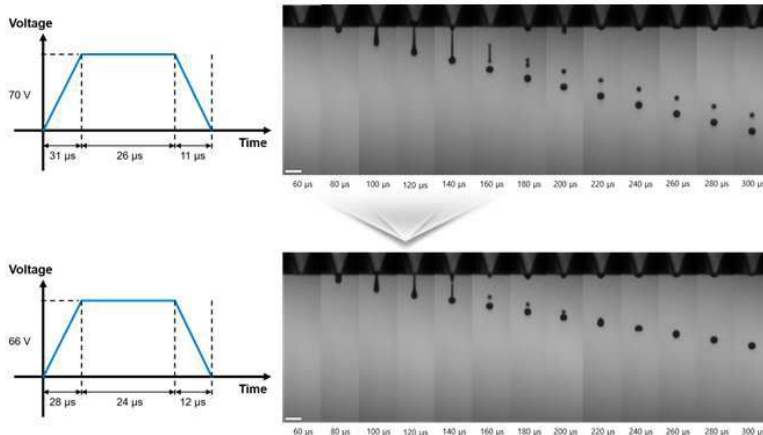
심사관 : 임상진

(54) 발명의 명칭 기계학습을 이용한 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치 및 방법

(57) 요약

본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치 및 방법은 다양한 조건의 잉크의 유체적 특성과 구동 파형에 따른 액적 토출 현상을 초고속 이미징 시스템을 통하여 다량의 이미지 데이터를 확보한 후 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 이미지에서 액적 속도 및 액적 개수 등 액적 토출 특성을 추출한다. 기계 학습 모델의 입력값으로 잉크의 유체적 특성과 구동 파형을 이용하고 액적 토출 특성을 학습 모델의 예측값으로 설정하여 학습 모델을 구축한다. 구축된 학습 모델을 통해 예측한 값을 기반으로 최적화 알고리즘을 활용하여 실제로 잉크를 토출해보지 않더라도 구동 파형을 최적 설계할 수 있다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

*B41J 2/04571* (2013.01)

*G06N 20/00* (2021.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415165360
과제번호	20193020010370
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	신재생에너지핵심기술개발
연구과제명	센서 구동을 위한 일체형 저조도 태양전지-저장 매체 스마트 모듈 개발
기 여 율	1/3
과제수행기관명	경희대학교산학협력단
연구기간	2019.10.01 ~ 2020.03.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711070442
과제번호	2011-1-00783-007
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기술진흥센터
연구사업명	정보통신기술인력양성
연구과제명	미래IT융합연구원
기 여 율	1/3
과제수행기관명	포항공과대학교 산학협력단
연구기간	2018.10.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711109465
과제번호	2018R1A2A3075391
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구
연구과제명	호흡기계 줄기세포 기반 폐 오가노이드 칩 개발
기 여 율	1/3
과제수행기관명	포항공과대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

잉크 챔버에 부착된 압전체에 인가되는 전압의 크기와 파형 폭을 변화시켜 다양한 구동 파형을 생성하는 구동 파형 생성부;

상기 구동 파형 생성부에서 출력된 구동 파형에 따라 상기 압전체를 구동시키는 압전체 구동부;

상기 잉크 챔버의 일단에 부착된 노즐을 가운데에 두고 서로 반대 방향에 배치된 카메라 및 광원을 포함하고, 상기 노즐에서 토출되는 액적을 촬영하는 촬영부;

상기 구동 파형 생성부에 생성된 각각의 구동 파형과 상기 촬영부에 촬영한 액적의 촬영 데이터, 잉크의 점성, 밀도 및 표면장력과 노즐의 기하학적 구조에 대한 정보를 맵핑하여 저장하는 학습 데이터 저장부;

상기 학습 데이터 저장부에 저장된 데이터를 이용하여 구동 파형에 따른 액적 속도, 부피 및 개수에 대한 모델을 생성하는 액적 토출 특성 예측 모델 생성부; 및

분사된 액적의 개수가 1개이며 이때 최대 액적 속도에 가장 가까운 모델에 해당하는 구동 파형을 도출하는 최적 구동 파형 도출부;를 포함하는 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치.

**청구항 2**

청구항 1에 있어서,

상기 액적 토출 특성 예측 모델 생성부는, 인공 신경망(Artificial Neural Network), 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine), 랜덤 포레스트(Random Forest) 및 k-최근접 이웃 알고리즘(k-Nearest Neighbors) 중 적어도 어느 하나의 모델을 이용하여 학습을 진행하는 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치.

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

구동 파형 생성부, 압전체 구동부, 촬영부, 학습 데이터 저장부, 액적 토출 특성 예측 모델 생성부 및 최적 구동 파형 도출부를 포함하는 장치를 이용하여 잉크젯 프린팅 구동 파형을 조정하는 방법으로서,

(a) 상기 구동 파형 생성부가 잉크 챔버에 부착된 압전체에 인가되는 전압의 크기와 파형 폭을 변화시켜 다양한 구동 파형을 생성하는 단계;

(b) 상기 압전체 구동부가 상기 구동 파형 생성부에서 출력된 구동 파형에 따라 상기 압전체를 구동시키는 단계;

(c) 상기 촬영부가 상기 잉크 챔버의 일단에 부착된 을 가운데에 두고 서로 반대 방향에 배치된 카메라 및 광원을 포함하며, 상기 노즐에서 토출되는 액적을 촬영하는 단계;

(d) 상기 학습 데이터 저장부가 상기 구동 파형 생성부에 생성된 각각의 구동 파형과 상기 촬영부에 촬영한 액적의 촬영 데이터, 잉크의 점성, 밀도 및 표면장력과 노즐의 기하학적 구조에 대한 정보를 맵핑하여 저장하는 단계;

(e) 상기 액적 토출 특성 예측 모델 생성부가 상기 학습 데이터 저장부에 저장된 데이터를 이용하여 구동 파형에 따른 액적 속도, 부피 및 개수에 대한 모델을 생성하는 단계; 및

(f) 분사된 액적의 개수가 1개이며 이때 최대 액적 속도에 가장 가까운 모델에 해당하는 구동 파형을 도출하는 단계;를 포함하는 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 방법.

**청구항 7**

청구항 6에 있어서,

상기 (e) 단계는, 상기 액적 토출 특성 예측 모델 생성부가 인공 신경망(Artificial Neural Network), 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine), 랜덤 포레스트(Random Forest) 및 k-최근접 이웃 알고리즘(k-Nearest Neighbors) 중 적어도 어느 하나의 모델을 이용하여 학습을 진행하는 단계인 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 방법.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

컴퓨터에서 청구항 6 또는 7에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 방법의 각 단계들을 수행하도록 작성되어 컴퓨터로 독출 가능한 기록 매체에 기록된 컴퓨터프로그램.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 잉크젯 프린팅에 관한 것이며, 보다 상세하게는 잉크젯 프린팅 과정에서 최적의 액적을 토출하기 위한 파형 조절에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 잉크젯 프린터의 기본 동작 원리는 가느다란 관으로 된 노즐을 구비하는 잉크 챔버에 잉크를 채운 뒤 짧은 시간 동안에 잉크 챔버 내부에서 압력을 발생시켜 노즐을 통해 잉크 방울을 분사하는 것이다.

[0003] 잉크젯 프린터는 크게 압전(piezoelectric)방식과 가열(thermal)방식으로 구분할 수 있다. 압전방식은 노즐이 있는 잉크 챔버 내에 부착된 압전체의 진동운동이 액추에이터(actuator)로서 작용하여 압축, 팽창 작용으로 잉크를 분사하는 원리이다. 한편, 가열방식은 저항을 갖는 박막 히터에 전기를 인가하여 순간적으로 생성되는 기포(bubble)가 액추에이터로서 작용하여 잉크를 분사한다.

[0004] 압전방식 잉크젯 프린터는 사무실용 프린터로부터 산업용 그리고 제조 공정의 도구로까지 그 응용 범위가 점차 넓어지고 있다. 이 때, 잉크젯 프린터 헤드의 구동전압펄스는 직접 압전소자에 인가되는 신호로써 전압 크기와 전압이 작용하는 시간이 토출되는 잉크 도트 사이즈와 토출 속도에 큰 영향을 미친다.

[0005] 압전방식의 잉크젯 헤드는 압전소자(Piezoelectric)에 인가되는 구동전압펄스 신호에 따라 잉크 액적이 분사되는데, 이 때, 구동전압펄스는 압전소자에 직접 인가되는 신호로써 전압의 크기와 작용되는 시간이 잉크 액적의 토출 특성 즉, 분사되는 잉크의 방울크기(Dot size)와 분사 속도에 영향을 주게 된다.

[0006] 잉크젯 공정은 미세 액적을 원하는 위치에 적층할 수 있으며 용액 공정 측면에서 경제성이 뛰어난 공정 방법으로 다양한 분야에서 각광받고 있다. 하지만 사용하는 잉크의 한계가 존재하며 액적 토출 특성을 설정하는데 어

려움을 가지고 있는 등의 한계점을 가지고 있다.

[0007] 특히 액적 토출 특성은 잉크의 유체 특성 및 구동 파형, 노즐 특성 등 다양한 요소에 의해 결정이 되지만 가장 쉽게 조절할 수 있는 것이 구동 파형이다. 일반적으로 실제로 액적 토출을 진행하면서 구동 파형의 요소들을 변화시키는 것에 따라 액적 토출 특성을 확인하며 구동 파형을 찾는다. 노즐이 동일한 구조를 가졌다고 하여도 노즐간의 구동 파형에 따른 액적 토출 특성의 차이가 존재한다. 실제 산업에서는 노즐의 개수는 100개 이상이 사용되며 각각의 노즐에 대하여 일반적인 구동 파형 설계방식을 사용하기에는 한계가 있다.

[0008] 최적 구동 파형의 연구는 다방면에서 진행되었다. 한 예로, 액적 토출시의 meniscus의 움직임을 관찰하여 최적 구동 파형을 설계하는 방법이 제안 되었다(선행기술문헌 중 비특허문헌1). 하지만 이 방법은 잉크의 특성 및 노즐 특성에 따라서 변화하는 것은 물론 실제 산업에서 사용되는 기능성 잉크에 적용될 수 있을지는 미지수이다. 그리하여 해결책으로 제안된 많은 경우가 피드백을 이용한 경우이다. 액적 토출의 특성에 따라 구동 파형의 요소를 피드백을 통해 조절하는 방식들이 사용되고 있다. 하지만 이것도 피드백을 위한 액적 토출 특성과 구동 파형 요소간의 상관관계를 파악하여야 하고 노즐의 이상이나 잉크의 변화 등과 같은 상황에는 대응의 어려움이 존재한다.

[0009] 기계학습을 이용한 액적 토출 특성을 예측한 연구도 최근에 보고된 바 있다(선행기술문헌 중 비특허문헌2). 하지만 이 연구는 구동파형의 요소를 매우 협소하게 다루었으며 단순히 예측을 하는데 그치고 있다. 기계학습을 이용한 액적 토출 특성 개선 연구도 보고되었다(선행기술문헌 중 비특허문헌3). 하지만 최적화한 조건에 잉크의 유체적 특성의 조절도 반영하여 그 복잡성을 높게 만들었다.

**선행기술문헌**

**비특허문헌**

[0010] (비특허문헌 0001) [1] Kye-Si Kwon. Waveform Design Methods for Piezo Inkjet Dispensers Based on Measured Meniscus Motion. J. Microelectromechanical Syst. 18, 1118-1125 (2009).  
 (비특허문헌 0002) [2] Wu, D. & Xu, C. Predictive Modeling of Droplet Formation Processes in Inkjet-Based Bioprinting. J. Manuf. Sci. Eng. 140, 101007 (2018).  
 (비특허문헌 0003) [3] Shi, J., Song, J., Song, B. & Lu, W. F. Multi-Objective Optimization Design through Machine Learning for Drop-on-Demand Bioprinting. Engineering 5, 586-593 (2019).

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0011] 본 명세서는 잉크젯 프린팅에 최적화된 구동 파형을 제공할 수 있는 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 본 명세서는 상기 언급된 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0013] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치는, 잉크 챔버에 부착된 압전체에 인가되는 다양한 구동 파형을 생성하는 구동 파형 생성부; 상기 구동 파형 생성부에서 출력된 구동 파형에 따라 상기 압전체를 구동시키는 압전체 구동부; 상기 잉크 챔버의 일단에 부착된 노즐에서 토출되는 액적을 촬영하는 촬영부; 상기 구동 파형 생성부에 생성된 각각의 구동 파형과 상기 촬영부에 촬영한 액적의 촬영 데이터를 맵핑하여 저장하는 학습 데이터 저장부; 상기 학습 데이터 저장부에 저장된 데이터를 이용하여 구동 파형에 따른 액적 토출 특성에 대한 모델을 생성하는 액적 토출 특성 예측 모델 생성부; 및 요구되는 액적의 특성 정보를 입력받고, 상기 입력된 액적의 특성에 가장 가까운 모델에 해당하는 구동 파형을 도출하는 최적 구동 파형 도출부;를 포함할 수 있다.

[0014] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 액적 토출 특성 예측 모델 생성부는, 인공 신경망(Artificial Neural

Network), 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine), 랜덤 포레스트(Random Forest) 및 k-최근접 이웃 알고리즘(k-Nearest Neighbors) 중 적어도 어느 하나의 모델을 이용하여 학습을 진행할 수 있다.

- [0015] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 학습 데이터 저장부는 잉크의 유체적 특성 또는 노즐의 기하학적 구조에 대한 정보를 더 맵핑하여 저장할 수 있다.
- [0016] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 잉크의 유체적 특성에 대한 정보는 점성, 밀도 및 표면장력 중 적어도 어느 하나 이상의 정보를 포함할 수 있다.
- [0017] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 요구되는 액적의 특성은 분사된 액적의 개수가 1개일 수 있다.
- [0018] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 방법은, 구동 파형 생성부, 압전체 구동부, 촬영부, 학습 데이터 저장부, 액적 토출 특성 예측 모델 생성부 및 최적 구동 파형 도출부를 포함하는 장치를 이용하여 잉크젯 프린팅 구동 파형을 조정하는 방법으로서, (a) 상기 구동 파형 생성부가 잉크 챔버에 부착된 압전체에 인가되는 다양한 구동 파형을 생성하는 단계; (b) 상기 압전체 구동부가 상기 구동 파형 생성부에서 출력된 구동 파형에 따라 상기 압전체를 구동시키는 단계; (c) 상기 촬영부가 상기 잉크 챔버의 일단에 부착된 노즐에서 토출되는 액적을 촬영하는 단계; (d) 상기 학습 데이터 저장부가 상기 구동 파형 생성부에 생성된 각각의 구동 파형과 상기 촬영부에 촬영한 액적의 촬영 데이터를 맵핑하여 저장하는 단계; (e) 상기 액적 토출 특성 예측 모델 생성부가 상기 학습 데이터 저장부에 저장된 데이터를 이용하여 구동 파형에 따른 액적 토출 특성에 대한 모델을 생성하는 단계; 및 (f) 상기 최적 구동 파형 도출부가 요구되는 액적의 특성 정보를 입력 받고, 상기 입력된 액적의 특성에 가장 가까운 모델에 해당하는 구동 파형을 도출하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0019] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 (e) 단계는 상기 액적 토출 특성 예측 모델 생성부가 인공 신경망(Artificial Neural Network), 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine), 랜덤 포레스트(Random Forest) 및 k-최근접 이웃 알고리즘(k-Nearest Neighbors) 중 적어도 어느 하나의 모델을 이용하여 학습을 진행하는 단계일 수 있다.
- [0020] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 (d) 단계는 상기 학습 데이터 저장부가 잉크의 유체적 특성 또는 노즐의 기하학적 구조에 대한 정보를 더 맵핑하여 저장하는 단계일 수 있다.
- [0021] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 잉크의 유체적 특성에 대한 정보는 점성, 밀도 및 표면장력 중 적어도 어느 하나 이상의 정보를 포함할 수 있다.
- [0022] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 요구되는 액적의 특성은 분사된 액적의 개수가 1개일 수 있다.
- [0023] 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 방법은 컴퓨터에서 각 단계들을 수행하도록 작성되어 컴퓨터로 독출 가능한 기록 매체에 기록된 컴퓨터프로그램의 형태로 구현될 수 있다.
- [0024] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

**발명의 효과**

- [0025] 본 명세서의 일 측면에 따르면, 잉크의 특성 및 구동 파형, 노즐의 특성 등 잉크 토출에 영향을 미치는 여러 인자에 따라 액적 토출 특성을 분석한 빅데이터를 통해 기계학습 기반의 학습모델을 이용하여 최적의 구동 파형을 설계할 수 있다.
- [0026] 본 명세서의 다른 측면에 따르면, 압전 소자를 이용한 잉크젯 프린팅에서 기계학습 모델을 이용하여 구동 파형 설계시의 인적 소요를 감소시키고 데이터 기반의 예측모델을 이용하여 노즐의 특성을 반영함으로써 잉크젯 공정 의 한계를 극복할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급된 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0028] 도 1은 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치의 구성을 개략적으로 도시한 구성도이다.
- 도 2는 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 방법의 흐름도이다.

도 3은 본 명세서의 일 실시예에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치의 실험 구성도이다.

도 4는 토출된 액적의 촬영 데이터에 대한 예시이다.

도 5는 예측 성능에 대한 지표이다.

도 6는 학습이 되지 않은 잉크의 구동파형 최적화의 성능 예시도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0029] 본 명세서에 개시된 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 명세서가 이하에서 개시되는 실시예들에 제한되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 명세서의 개시가 완전하도록 하고, 본 명세서가 속하는 기술 분야의 통상의 기술자(이하 '당업자')에게 본 명세서의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 명세서의 권리 범위는 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0030] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 명세서의 권리 범위를 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0031] 명세서 전체에 걸쳐 동일한 도면 부호는 동일한 구성 요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 구성요소들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 비록 "제1", "제2" 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.
- [0032] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 명세서가 속하는 기술분야의 통상의 기술자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.
- [0033] 도 1은 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치의 구성을 개략적으로 도시한 구성도이다.
- [0034] 도 1을 참조하면, 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치(100)는 구동 파형 생성부(110), 압전체 구동부(120), 촬영부(130), 학습 데이터 저장부(140), 액적 토출 특성 예측 모델 생성부(150) 및 최적 구동 파형 도출부(160)를 포함할 수 있다.
- [0035] 상기 구동 파형 생성부(110)는 잉크 챔버에 부착된 압전체에 인가되는 다양한 구동 파형을 생성할 수 있다. 상기 잉크 챔버는 잉크젯 프린터에 사용되는 잉크가 수용되는 공간이다. 상기 잉크 챔버의 한 쪽 끝에는 잉크가 분사되는 노즐이 부착되어 있으며, 상기 잉크 챔버에는 압전체(Piezoelectric)가 부착되어 있다. 상기 압전체에 전압이 인가되면 진동이 발생할 수 있고, 상기 압전체의 진동운동이 액추에이터(actuator)로서 작용하여 잉크 챔버에 수용된 잉크가 압축 및/또는 팽창되어 상기 노즐로 분사된다. 이때, 상기 압전체에 인가되는 전압 즉, 구동 파형의 특성에 의해 노즐로 분사되는 잉크의 액적 상태가 달라질 수 있다. 구동 파형은 최대 전압의 크기, 전압 증가 시간, 최대 전압 유지 시간, 전압 감소 시간 등의 다양한 변수로 구성될 있다. 따라서, 상기 구동 파형 생성부(110)는 최대 전압의 크기, 전압 증가 시간, 최대 전압 유지 시간 및 전압 감소 시간 중 적어도 어느 하나를 변화시켜서 다양한 구동 파형을 생성할 수 있다.
- [0036] 상기 압전체 구동부(120)는 상기 구동 파형 생성부(110)에서 출력된 구동 파형에 따라 상기 압전체를 구동시킬 수 있다. 이를 위해 상기 압전체 구동부(120)는 구동 파형 생성부(110)에 출력된 구동 파형에 대응하는 전압을 생성하는 전원 공급 기기를 구비할 수 있다.
- [0037] 상기 촬영부(130)는 상기 잉크 챔버의 일단에 부착된 노즐에서 토출되는 액적을 촬영할 수 있다. 상기 촬영부(130)는 토출되는 액적을 촬영하기 위해, 카메라 및 광원을 포함할 수 있다. 일 예로, 상기 카메라와 광원은 상기 노즐을 가운데에 두고 서로 반대 방향에 배치될 수 있다. 따라서, 이 경우, 상기 카메라로 토출되는 액적을 촬영하게 되면, 액적은 역광을 받는 상태로 촬영되어 주변 환경과 보다 분명하게 구분하여 촬영할 수 있다. 또한, 상기 카메라는 토출되는 액적의 특성을 시간에 따라 보다 자세하게 촬영하게 위해 초고속 카메라일 수 있다.

- [0038] 상기 학습 데이터 저장부(140)는 상기 촬영부(130)에 촬영한 액적의 촬영 데이터를 저장할 수 있다. 이때, 상기 촬영부(130)에 촬영한 액적은 상기 구동 파형 생성부(110)에 생성된 다양한 구동 파형에 따라 달라질 수 있는바, 상기 촬영 데이터는 상기 구동 파형 생성부(110)에 생성된 각각의 구동 파형과 함께 맵핑하여 저장할 수 있다.
- [0039] 상기 액적 토출 특성 예측 모델 생성부(150)는 상기 학습 데이터 저장부(140)에 저장된 데이터를 이용하여 구동 파형에 따른 액적 토출 특성에 대한 모델을 생성할 수 있다. 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 액적 토출 특성 예측 모델 생성부(150)는 인공 신경망(Artificial Neural Network), 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine), 랜덤 포레스트(Random Forest) 및 k-최근접 이웃 알고리즘(k-Nearest Neighbors) 중 적어도 어느 하나의 모델을 이용하여 학습을 진행할 수 있다. 그리고 상기 액적 토출 특성 예측 모델 생성부(150)는 학습을 통해 액적 토출 특성에 대한 다양한 모델을 생성할 수 있는데, 이 때 액적의 토출 특성은 액적의 속도, 부피, 개수에 따라 구분될 수 있다. 따라서, 상기 액적 토출 특성 예측 모델 생성부(150)는 액적의 속도, 부피 및 개수 중 적어도 어느 하나의 기준에 따른 모델을 생성할 수 있다.
- [0040] 한편, 상기 액적의 토출 특성에 영향을 미칠 수 있는 요소는 구동 파형뿐만 있는 것은 아니다. 액적의 토출 특성은 잉크의 유체적 특성 또는/및 노즐의 기하학적 구조에 의해서도 영향을 받을 수 있다. 따라서, 액적 토출 특성에 대한 다양한 모델을 생성할 때, 잉크의 유체적 특성 및 노즐의 기하학적 구동, 노즐의 작동 방식에 대해서 고려하면 더욱 정확한 예측 모델의 생성이 가능하다.
- [0041] 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 학습 데이터 저장부(140)는 잉크의 유체적 특성 또는 노즐의 기하학적 구조에 대한 정보를 더 맵핑하여 저장할 수 있다. 일 예로, 상기 잉크의 유체적 특성에 대한 정보는 점성, 밀도 및 표면장력 중 적어도 어느 하나 이상의 정보를 포함할 수 있다.
- [0042] 상기 최적 구동 파형 도출부(160)는 요구되는 액적의 특성 정보를 입력 받고, 상기 입력된 액적의 특성에 가장 가까운 모델에 해당하는 구동 파형을 도출할 수 있다. 일 예로, 상기 요구되는 액적의 특성 정보는 분사된 액적이 1개인 특성을 가질 것일 수 있다. 이 경우, 상기 최적 구동 파형 도출부(160)는 액적 분사시 단 1개의 액적만 도출하는데 가장 적합한 구동 파형을 도출할 수 있다.
- [0043] 이하에서는 도 2를 참조하여 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 방법에 대해서 설명하도록 하겠다. 다만, 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 방법을 설명함에 있어서, 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치(100)를 사용하는바, 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치(100)에 대한 반복적인 설명은 생략하도록 하겠다.
- [0044] 도 2는 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 방법의 흐름도이다.
- [0045] 먼저 단계 S10에서, 상기 구동 파형 생성부(110)가 잉크 챔버에 부착된 압전체에 인가되는 다양한 구동 파형을 생성할 수 있다. 다음 단계 S20에서, 상기 압전체 구동부가 상기 구동 파형 생성부에서 출력된 구동 파형에 따라 상기 압전체를 구동시킬 수 있다. 다음 단계 S30에서, 상기 촬영부(130)가 상기 잉크 챔버의 일단에 부착된 노즐에서 토출되는 액적을 촬영할 수 있다. 다음 단계 S40에서, 상기 학습 데이터 저장부가 상기 구동 파형 생성부에 생성된 각각의 구동 파형과 상기 촬영부에 촬영한 액적의 촬영 데이터를 맵핑하여 저장할 수 있다. 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 상기 단계 S40에서, 상기 학습 데이터 저장부가 잉크의 유체적 특성 또는 노즐의 기하학적 구조에 대한 정보를 더 맵핑하여 저장할 수 있다. 이 경우, 상기 잉크의 유체적 특성에 대한 정보는 점성, 밀도 및 표면장력 중 적어도 어느 하나 이상의 정보를 포함할 수 있다. 다음 단계 S50에서, 상기 액적 토출 특성 예측 모델 생성부(150)가 상기 학습 데이터 저장부(140)에 저장된 데이터를 이용하여 구동 파형에 따른 액적 토출 특성에 대한 모델을 생성할 수 있다. 본 명세서의 일 실시예에 따르면, 단계 S50에서, 상기 액적 토출 특성 예측 모델 생성부(150)가 인공 신경망(Artificial Neural Network), 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine), 랜덤 포레스트(Random Forest) 및 k-최근접 이웃 알고리즘(k-Nearest Neighbors) 중 적어도 어느 하나의 모델을 이용하여 학습을 진행할 수 있다. 그리고 단계 S60에서, 상기 최적 구동 파형 도출부(160)가 요구되는 액적의 특성 정보를 입력 받고, 상기 입력된 액적의 특성에 가장 가까운 모델에 해당하는 구동 파형을 도출할 수 있다. 일 예로, 상기 요구되는 액적의 특성은 분사된 액적의 개수가 1개일 수 있다.
- [0046] 이하에서는 본 명세서에 일 실시예에 따른 요구되는 액적의 특성으로 분사되는 액적이 단 1개인 구동 파형을 도출하는 실험예에 대해서 살펴보겠다.
- [0047] 도 3은 본 명세서의 일 실시예에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치의 실험 구성도이다.



- [0048] 도 3을 참조하면, 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치(100)의 각 구성 및 배치에 대한 예시가 도시되어 있고, 각 구성에 대한 설명은 앞서 도 1을 참조하여 설명하였으므로 반복적인 설명은 생략하도록 한다.
- [0049] 도 4는 토출된 액적의 촬영 데이터에 대한 예시이다.
- [0050] 도 4를 참조하면, 액적 토출 중 액적 개수에 따라 3가지 상태로 분류된 예시를 확인할 수 있다. 도 4의 (a)는 액적 토출을 하나도 하지 않는 경우, (b)는 단일 액적만 토출하는 경우, (c)는 여러 액적을 토출하는 경우이다. 잉크젯 프린팅에서는 단일 액적을 만드는 (b)의 경우가 최적의 조건이 될 수 있다. 한편, 상기 촬영부(130)는 초고속 이미징 시스템을 통해 액적 토출 이미지를 확보하고, 상기 액적 토출 특성 예측 모델 생성부(150) 그 액적 토출 이미지에서 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 액적 토출 특성 중 액적 속도와 액적 개수를 추출할 수 있다.
- [0051] 한편 앞서 설명한 바와 같이, 상기 구동 파형 생성부(110)는 다양한 구동 파형을 생성하고, 각각의 구동 파형에 따라 토출되는 액적의 모습을 상기 촬영부(130)를 통해 촬영하는 과정을 반복하면서 학습 데이터를 축적할 수 있다. 이 과정에서, 물과 글리세롤(Glycerol), 에틸렌글리콜(Ethylene glycol)을 비율별로 섞어서 유체적 특성이 다른 11종의 모델 잉크를 제조하였다. 이 모델 잉크들은 측정 장비를 통하여 점성, 밀도, 표면장력을 측정하였으며 이를 통해 Ohnesorge 수를 계산하였으며 이 값을 잉크의 유체적 특성으로 설정하였다. 구동 파형은 trapezoidal pulse를 사용하였다. 그리고 각각의 모델잉크를 특정 범위 내에서의 다양한 신호 구성요소를 가지는 구동 파형에서의 액적 토출을 관찰하고 그때의 액적 토출 개수와 속도를 분석하였다.
- [0052] 각각의 모델별로 hyper-parameter를 조정하여 최적화했으며 가장 뛰어난 학습 모델을 선정하였다. 선정된 학습 모델을 통해 예측한 액적 토출 특성을 통해 최적 함수를 정의하며 이 함수를 최소값이 가지도록 피드백 알고리즘을 설계하였다. 최종적으로 이 최적 함수를 최소값으로 가질 때의 구동 파형이 최적 구동 파형 설계라고 설명할 수 있다.
- [0053] 도 5는 예측 성능에 대한 지표이다.
- [0054] 도 5의 (a)는 기계학습 모델을 이용하여 구축한 액적 특성 모델의 성능을 보여 준다. R2는 액적 속도의 예측 성능을 나타내며 Accuracy는 도 3에서 나눈 3가지 상태에 대한 예측 성능을 나타낸다. 도 5의 (b)는 기계학습모델의 hyper-parameter에 따른 예측 성능에 대한 지표이다.
- [0055] 도 6는 학습이 되지 않은 잉크의 구동파형 최적화의 성능 예시도이다.
- [0056] 도 6을 참조하면, 상단의 학습이 되지 않은 잉크의 구동파형으로부터 하단의 최적화의 구동 파형을 확인할 수 있다. 성능을 보여준다. 구동 파형의 각 요소를 무작위로 선정하고 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 방법을 통해 보정된 구동 파형을 나타내며 각각 그때의 실제 액적 토출 모습을 통해 본 명세서에 따른 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 방법의 실효성을 확인할 수 있었다.
- [0057] 한편, 구동 파형 생성부(110), 학습 데이터 저장부(140), 액적 토출 특성 예측 모델 생성부(150) 및 최적 구동 파형 도출부(160)는 상술된 다양한 로직을 실행하기 위해 본 발명이 속한 기술분야에 알려진 프로세서, ASIC(application-specific integrated circuit), 다른 칩셋, 논리 회로, 레지스터, 통신 모듈, 데이터 처리 장치 등을 포함할 수 있다. 또한, 상술한 제어 로직이 소프트웨어로 구현될 때, 상기 구성들은 프로그램 모듈의 집합으로 구현될 수 있다. 이 때, 프로그램 모듈은 상기 메모리 장치에 저장되고, 프로세서에 의해 실행될 수 있다.
- [0058] 상기 컴퓨터프로그램은, 상기 컴퓨터가 프로그램을 읽어 들여 프로그램으로 구현된 상기 방법들을 실행시키기 위하여, 상기 컴퓨터의 프로세서(CPU)가 상기 컴퓨터의 장치 인터페이스를 통해 읽힐 수 있는 C/C++, C#, JAVA, Python, 기계어 등의 컴퓨터 언어로 코드화된 코드(Code)를 포함할 수 있다. 이러한 코드는 상기 방법들을 실행하는 필요한 기능들을 정의한 함수 등과 관련된 기능적인 코드(Functional Code)를 포함할 수 있고, 상기 기능들을 상기 컴퓨터의 프로세서가 소정의 절차대로 실행시키는데 필요한 실행 절차 관련 제어 코드를 포함할 수 있다. 또한, 이러한 코드는 상기 기능들을 상기 컴퓨터의 프로세서가 실행시키는데 필요한 추가 정보나 미디어가 상기 컴퓨터의 내부 또는 외부 메모리의 어느 위치(주소 번지)에서 참조되어야 하는지에 대한 메모리 참조관련 코드를 더 포함할 수 있다. 또한, 상기 컴퓨터의 프로세서가 상기 기능들을 실행시키기 위하여 원격(Remote)에 있는 어떠한 다른 컴퓨터나 서버 등과 통신이 필요한 경우, 코드는 상기 컴퓨터의 통신 모듈을 이용하여 원격에 있는 어떠한 다른 컴퓨터나 서버 등과 어떻게 통신해야 하는지, 통신 시 어떠한 정보나 미디어를 송수신해야 하는지 등에 대한 통신 관련 코드를 더 포함할 수 있다.

[0059] 상기 저장되는 매체는, 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 반영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 관독(reading)이 가능한 매체를 의미한다. 구체적으로는, 상기 저장되는 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있지만, 이에 제한되지 않는다. 즉, 상기 프로그램은 상기 컴퓨터가 접속할 수 있는 다양한 서버 상의 다양한 기록매체 또는 사용자의 상기 컴퓨터상의 다양한 기록매체에 저장될 수 있다. 또한, 상기 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장될 수 있다.

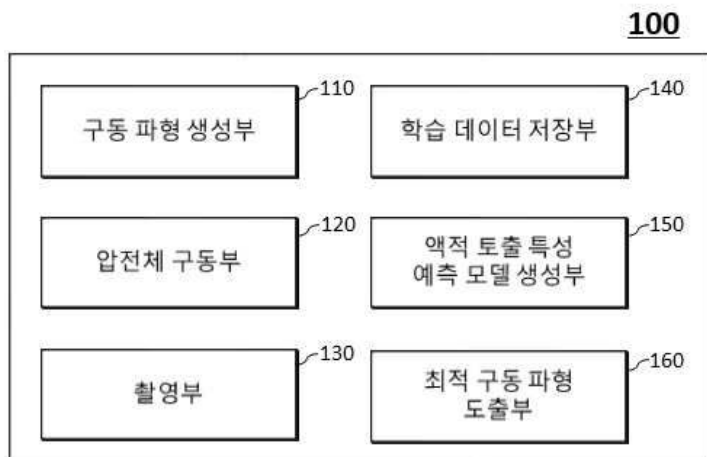
[0060] 이상, 첨부된 도면을 참조로 하여 본 명세서의 실시예를 설명하였지만, 본 명세서가 속하는 기술분야의 통상의 기술자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며, 제한적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

**부호의 설명**

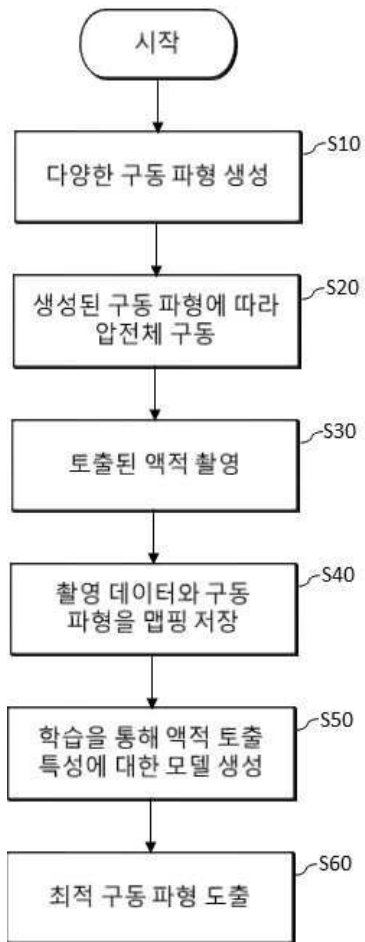
- [0061] 100 : 잉크젯 프린팅 구동 파형 조정 장치
- 110 : 구동 파형 생성부
- 120 : 압전체 구동부
- 130 : 촬영부
- 140 : 학습 데이터 저장부
- 150 : 액적 토출 특성 예측 모델 생성부
- 160 : 최적 구동 파형 도출부

**도면**

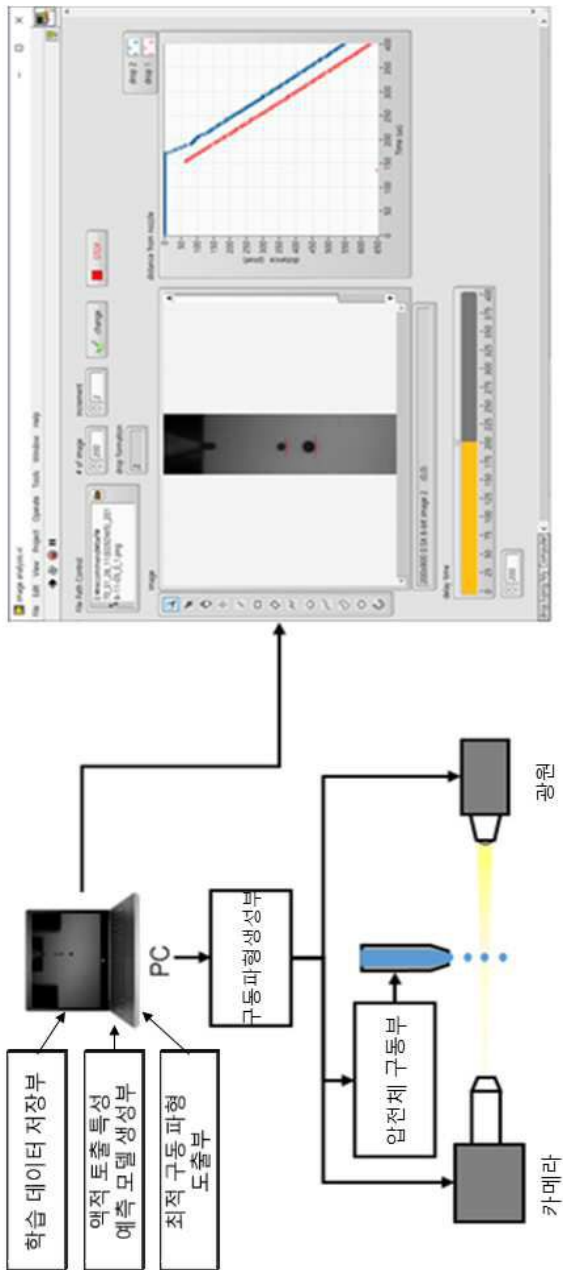
**도면1**



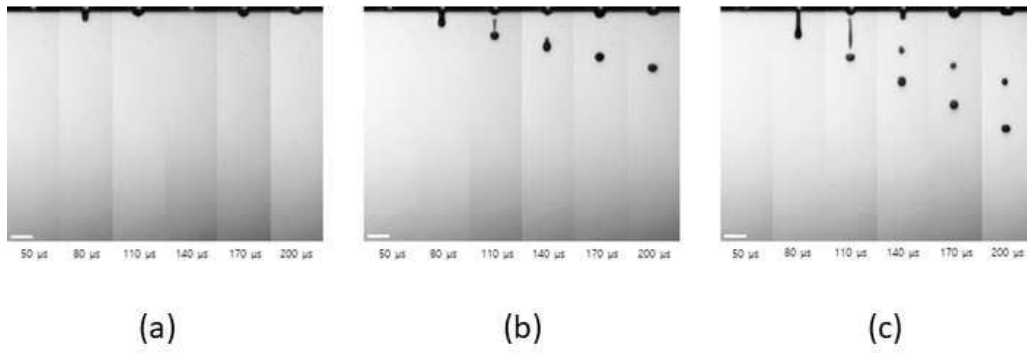
도면2



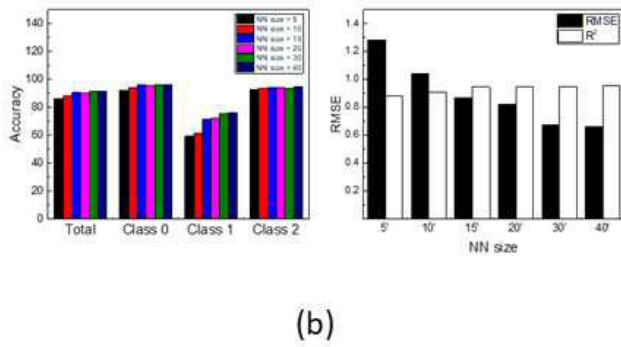
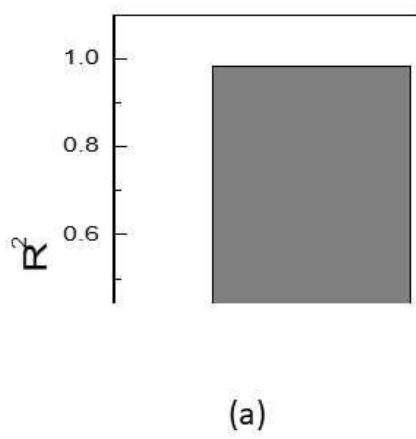
도면3



도면4



도면5



도면6

