

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2022-0011453
(43) 공개일자 2022년01월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 3/04 (2006.01) G06N 20/00 (2019.01)
G06N 3/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06N 3/04 (2013.01)
G01N 3/303 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0090378
(22) 출원일자 2020년07월21일
심사청구일자 2020년07월21일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박영빈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
노형도
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
전용준

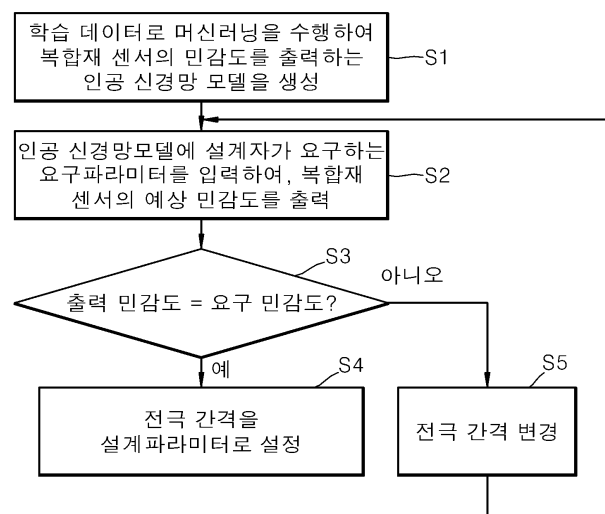
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법

(57) 요약

본 발명은, 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계시 설계자가 요구하는 요구파라미터와 요구 민감도에 적합한 최적의 전극 간격을 도출할 수 있기 때문에, 복합재 센서의 설계가 보다 용이한 이점이 있다. 또한, 낙하 충격 실험시 얻어지는 학습 데이터 중에서 섬유류의 종류, 초기 저항, 최대 흡수 에너지, 최대 하중 및 전극 간격을 입력 변수로 하고, 복합재 센서의 민감도를 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여, 인공 신경망 모델을 생성함으로써, 복합재 센서의 설계시 설계자가 요구하는 요구 파라미터에 대응되는 예상 민감도를 도출할 수 있는 이점이 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06F 30/27 (2020.01)

G06N 20/00 (2021.08)

G06N 3/08 (2013.01)

(72) 발명자

이다훈

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이인용

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711115328

과제번호 2017R1A5A1015311

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 집단연구지원(R&D)

연구과제명 산업수요기반 고효율·안전 항공핵심기술 연구센터

기 여 율 1/1

과제수행기관명 경상대학교

연구기간 2020.03.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

실험 또는 시뮬레이션을 통해 얻어진 학습 데이터 중에서 복합재 센서의 섬유 조건, 초기 저항, 외력 인가시 최대 흡수 에너지 및 최대 하중 중 적어도 일부와 전극 조건을 입력 변수로 하고, 상기 복합재 센서의 민감도 (Sensitivity)를 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여, 상기 복합재 센서의 민감도를 도출하는 인공 신경망 모델을 생성하는 인공 신경망 모델 생성단계와;

상기 복합재 센서의 설계시, 설계자가 요구하는 섬유 조건, 초기 저항, 외력 인가시 최대 흡수 에너지 및 최대 하중 중 적어도 일부와 전극 조건을 포함하는 요구 파라미터를 상기 인공 신경망 모델에 입력하여, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 복합재 센서의 예상 민감도를 출력하는 민감도 출력단계를 포함하는 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 민감도 출력단계에서 출력된 예상 민감도와 상기 설계자가 요구하는 요구 민감도 범위를 비교하는 비교단계를 더 포함하는 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위 이내이면, 상기 인공 신경망 모델에 입력된 전극 조건을 포함하는 요구 파라미터를 상기 복합재 센서의 설계 파라미터로 설정하고, 상기 설계 파라미터에 따라 상기 복합재 센서를 설계하는 설계단계를 더 포함하는 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위를 벗어나면,

상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위 이내에 들때까지 상기 요구 파라미터 중에서 상기 전극 조건을 변경하여 상기 인공 신경망 모델에 재입력하여,

상기 인공 신경망 모델로부터 상기 복합재 센서의 예상 민감도를 재출력하는 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 재출력된 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위 이내이면,

상기 인공 신경망 모델에 최종 입력된 전극 조건을 포함하는 요구 파라미터를 상기 복합재 센서의 설계 파라미터로 설정하고, 상기 설계 파라미터에 따라 상기 복합재 센서를 설계하는 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 전극 조건은,

상기 복합재 센서에 구비된 전극들의 간격을 포함하는 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설

정하는 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 섬유 조건은,

상기 섬유의 종류, 섬유 플라이의 적층 개수, 상기 섬유의 배열 방향, 상기 섬유의 길이 및 상기 섬유의 직경 및 수지의 종류 중 적어도 하나를 포함하는 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 외력은, 상기 복합재 센서에 낙하 물체가 낙하 충격시 가해지는 힘인 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법.

청구항 9

복수의 섬유 플라이들이 적층되어 형성된 복합재에 구비된 복수의 전극 쌍들로부터 저항 변화를 측정하여, 상기 복합재의 변형을 감지하는 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법에 있어서,

낙하 충격 실험 또는 시뮬레이션을 통해 얻어진 학습 데이터 중에서 상기 복합재 센서의 섬유의 종류, 섬유 플라이의 적층 개수, 상기 섬유의 배열 방향, 상기 섬유의 길이 및 상기 섬유의 직경 및 수지의 종류 중 적어도 하나를 포함하는 섬유 조건, 초기 저항, 낙하 충격시 최대 흡수 에너지와 최대 하중 및 전극 간격을 입력 변수로 하고, 상기 복합재 센서의 민감도(Sensitivity)를 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여, 상기 복합재 센서의 민감도를 도출하는 인공 신경망 모델을 생성하는 인공 신경망 모델 생성단계와;

상기 복합재 센서의 설계시, 설계자가 요구하는 섬유 조건, 전극 간격, 초기 저항, 낙하 충격시 최대 흡수 에너지 및 최대 하중을 포함하는 요구 파라미터를 상기 인공 신경망 모델에 입력하여, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 복합재 센서의 예상 민감도를 출력하는 민감도 출력단계와;

상기 민감도 출력단계에서 출력된 예상 민감도와 상기 설계자가 요구하는 요구 민감도 범위를 비교하는 비교단계와;

상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위 이내이면, 상기 인공 신경망 모델에 입력된 전극 간격을 포함하는 요구 파라미터를 상기 복합재 센서의 설계 파라미터로 설정하고, 상기 설계 파라미터에 따라 상기 복합재 센서를 설계하는 설계단계를 포함하고,

상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위를 벗어나면, 상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위 이내에 들 때까지 상기 요구 파라미터 중에서 상기 전극 간격을 변경하여 상기 인공 신경망 모델에 재입력하고, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 복합재 센서의 예상 민감도를 재출력하는 것을 반복하는 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 머신 러닝을 통해 전도성 섬유를 포함하는 복합재 센서의 민감도에 따른 최적의 전극 간격을 도출할 수 있는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 탄소섬유강화플라스틱(CFRP, Carbon Fiber Reinforced Plastic)은 탄소섬유를 강화재로 사용하는 복합재료이다. 탄소섬유강화플라스틱은 고강도, 고강성의 경량 구조재로서 비행기, 자동차, 로봇 등 다양한 분야에 활발하게 이용되고 있다. 비행기, 자동차, 로봇 등 다양한 구조물은 높은 안정성이 요구되는 구조체이기 때문에, 손상을 검출할 수 있는 기술에 대한 관심이 증대되고 있다.

- [0003] 종래에는 구조물과 별도로 변형이나 손상을 측정할 수 있는 센서 등을 추가적으로 설치하여 검사하고자 하는 특정 부분의 검사를 실시하거나, 음향 센서 등 검사 장비를 통해 스캔 하거나, 육안 등으로 손상 여부를 판단하였다.
- [0004] 그러나, 센서를 추가 설치하는 경우 비용이 많이 드는 문제점이 있을 뿐만 아니라, 검사 대상이 되는 부분이 매우 광범위하므로 센서의 설치에는 한계가 있다. 또한, 검사 장비를 이용하거나 육안으로 검사할 경우 이미 파손이나 손상이 발생된 이후에서야 확인이 가능하기 때문에 안전성 확보에 문제점이 있다.
- [0005] 따라서, 최근에는 복합재의 손상을 미리 예측하고 진단할 수 있는 복합재 센서에 대한 관심이 증가하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1610710호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 목적은, 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 민감도를 보다 정확하고 효율적으로 설정할 수 있는 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명에 따른 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법은, 실험 또는 시뮬레이션을 통해 얻어진 학습 데이터 중에서 복합재 센서의 섬유 조건, 초기 저항, 외력 인가시 최대 흡수 에너지 및 최대 하중 중 적어도 일부와 전극 조건을 입력 변수로 하고, 상기 복합재 센서의 민감도(Sensitivity)를 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여, 상기 복합재 센서의 민감도를 도출하는 인공 신경망 모델을 생성하는 인공 신경망 모델 생성단계와; 상기 복합재 센서의 설계시, 설계자가 요구하는 섬유 조건, 초기 저항, 외력 인가시 최대 흡수 에너지 및 최대 하중 중 적어도 일부와 전극 조건을 포함하는 요구 파라미터를 상기 인공 신경망 모델에 입력하여, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 복합재 센서의 예상 민감도를 출력하는 민감도 출력단계와; 상기 민감도 출력단계에서 출력된 예상 민감도와 상기 설계자가 요구하는 요구 민감도 범위를 비교하는 비교단계와; 상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위 이내이면, 상기 인공 신경망 모델에 입력된 전극 조건을 포함하는 요구 파라미터를 상기 복합재 센서의 설계 파라미터로 설정하고, 상기 설계 파라미터에 따라 상기 복합재 센서를 설계하는 설계단계를 포함한다.
- [0009] 상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위를 벗어나면, 상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위 이내에 들 때까지 상기 요구 파라미터 중에서 상기 전극 조건을 변경하여 상기 인공 신경망 모델에 재입력하여, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 복합재 센서의 예상 민감도를 재출력한다.
- [0010] 상기 재출력된 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위 이내이면, 상기 인공 신경망 모델에 최종 입력된 전극 조건을 포함하는 요구 파라미터를 상기 복합재 센서의 설계 파라미터로 설정하고, 상기 설계 파라미터에 따라 상기 복합재 센서를 설계한다.
- [0011] 상기 전극 조건은, 상기 복합재 센서에 구비된 전극들의 간격을 포함한다.
- [0012] 상기 섬유 조건은, 상기 섬유의 종류, 섬유 플라이의 적층 개수, 상기 섬유의 배열 방향, 상기 섬유의 길이 및 상기 섬유의 직경 및 수지의 종류 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0013] 상기 외력은, 상기 복합재 센서에 낙하 물체가 낙하 충격시 가해지는 힘이다.
- [0014] 본 발명의 다른 측면에 따른 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법은, 복수의 섬유 플라이들이 적층되어 형성된 복합재에 구비된 복수의 전극 쌍들로부터 저항 변화를 측정하여, 상기 복합재의 변형을 감지하는 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법에 있어서, 낙하 충격 실험 또는 시뮬레이션을 통해 얻어진 학습 데이터 중에서 상기 복합재 센서의 섬유의 종류, 섬유 플라이의 적층 개수, 상기 섬유의 배열 방향, 상기 섬유의 길이 및 상기 섬유의 직경 및 수지의 종류 중 적어도 하나를 포함하는 섬유 조건, 초기

저항, 낙하 충격시 최대 흡수 에너지와 최대 하중 및 전극 간격을 입력 변수로 하고, 상기 복합재 센서의 민감도(Sensitivity)를 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여, 상기 복합재 센서의 민감도를 도출하는 인공 신경망 모델을 생성하는 인공 신경망 모델 생성단계와; 상기 복합재 센서의 설계시, 설계자가 요구하는 섬유 조건, 전극 간격, 초기 저항, 낙하 충격시 최대 흡수 에너지 및 최대 하중을 포함하는 요구 파라미터를 상기 인공 신경망 모델에 입력하여, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 복합재 센서의 예상 민감도를 출력하는 민감도 출력단계와; 상기 민감도 출력단계에서 출력된 예상 민감도와 상기 설계자가 요구하는 요구 민감도 범위를 비교하는 비교단계와; 상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위 이내이면, 상기 인공 신경망 모델에 입력된 전극 간격을 포함하는 요구 파라미터를 상기 복합재 센서의 설계 파라미터로 설정하고, 상기 설계 파라미터에 따라 상기 복합재 센서를 설계하는 설계단계를 포함하고, 상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위를 벗어나면, 상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위 이내에 들 때까지 상기 요구 파라미터 중에서 상기 전극 간격을 변경하여 상기 인공 신경망 모델에 재입력하고, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 복합재 센서의 예상 민감도를 재출력하는 것을 반복한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명은, 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계시 설계자가 요구하는 요구파라미터와 요구 민감도에 적합한 최적의 전극 간격을 도출할 수 있기 때문에, 복합재 센서의 설계가 보다 용이한 이점이 있다.

[0016] 또한, 낙하 충격 실험시 얻어지는 학습 데이터 중에서 섬유의 종류, 초기 저항, 최대 흡수 에너지, 최대 하중 및 전극 간격을 입력 변수로 하고, 복합재 센서의 민감도를 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여, 인공 신경망 모델을 생성함으로써, 복합재 센서의 설계시 설계자가 요구하는 요구 파라미터에 대응되는 예상 민감도를 도출할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법을 나타낸 순서도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 머신 러닝하여 인공 신경망 모델을 생성하는 방법을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 3은 도 2에 도시된 인공 신경망 모델의 일 예를 나타낸다.

도 4는 도 2에서 생성된 인공 신경망 모델을 이용하여, 복합재 센서의 예상 민감도를 출력하는 방법을 개략적으로 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 설명하면 다음과 같다.

[0019] 본 발명의 실시예에서 머신 러닝을 수행하고, 머신 러닝을 통해 구축된 인공 신경망 모델로부터 복합재 센서의 예상 민감도를 도출하는 주체는 컴퓨터(미도시)인 것으로 예를 들어 설명한다.

[0020] 상기 복합재 센서는, 복수의 섬유 플라이들이 적층되어 형성된 복합재에 복수의 전극들이 적어도 하나 이상의 쌍을 이루도록 구비되어, 상기 복수의 전극 쌍들로부터 저항 변화를 측정하여, 상기 복합재의 변형을 감지하는 센서이다.

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법을 나타낸 순서도이다. 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 머신 러닝하여 인공 신경망 모델을 생성하는 방법을 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0022] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 머신 러닝을 이용하여 복합재 센서의 설계 파라미터를 설정하는 방법은, 인공 신경망 모델 생성단계(S1), 민감도 출력단계(S2), 비교단계(S3) 및 설계단계(S4)를 포함한다.

[0023] 도 1 및 도 2를 참조하면, 상기 인공 신경망 모델 생성단계(S1)는, 외력을 인가하는 실험 또는 시뮬레이션을 통해 얻어진 학습 데이터 중 적어도 일부를 이용하여 머신 러닝하여, 상기 복합재 센서의 민감도를 출력하기 위한 인공 신경망 모델을 생성한다.

[0024] 상기 외력은, 기설정된 복합재 센서에 낙하 물체가 낙하 충격시 가해지는 힘인 것으로 예를 들어 설명한다. 상

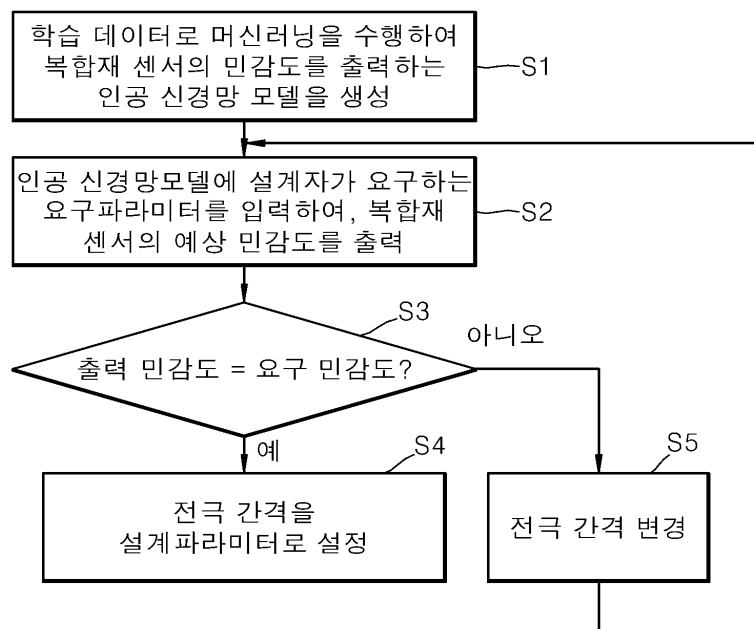
기 학습 데이터는 상기 복합재 센서에 대해 낙하 충격 실험을 통해 얻어진 빅데이터 중 일부인 것으로 예를 들어 설명한다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 실험 또는 시뮬레이션은 외력을 인가하는 시험 이외에도 복합재 센서의 성능을 평가할 수 있는 것이라면 어느 것이나 적용 가능하다.

- [0025] 상기 머신 러닝을 위한 입력변수는 상기 복합재 센서의 섬유 조건(x1), 초기 저항(x2), 낙하 충격시 최대 흡수 에너지(x3), 낙하 충격시 최대 하중(x4) 및 전극 조건(x5)을 모두 포함한다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 복합재 센서의 섬유 조건, 초기 저항, 외력 인가시 최대 흡수 에너지, 외력 인가시 최대 하중 중 일부만을 선택적으로 사용하는 것도 물론 가능하다.
- [0026] 상기 섬유 조건은, 섬유의 종류, 섬유 플라이의 적층 개수, 섬유의 배열 방향, 섬유의 길이, 섬유의 직경 및 수지의 종류 중 적어도 하나를 포함한다. 본 실시예에서는, 상기 섬유 조건은 섬유의 종류(x1)인 것으로 예를 들어 설명한다.
- [0027] 여기서, 상기 섬유의 종류(x1)는 탄소섬유, 탄소섬유와 아라미드 섬유가 혼합된 하이브리드 섬유를 포함한다. 다만, 이에 한정되지 않고, 탄소 섬유나 아라미드 섬유 이외에 다른 전도성 섬유이거나 다른 전도성 섬유를 더 포함하는 하이브리드 섬유인 것도 물론 가능하다.
- [0028] 상기 섬유의 종류(P1)가 상기 하이브리드 섬유인 경우, 상기 섬유의 설계 파라미터는 상기 탄소 섬유와 상기 아라미드 섬유의 혼합 비율을 더 포함할 수 있다.
- [0029] 상기 전극 조건은, 상기 복합재 센서에 구비된 전극들의 간격(x5)인 것으로 예를 들어 설명한다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 전극 조건은 전극 간격 외에 전극의 종류, 전극의 크기 등을 포함할 수도 있다.
- [0030] 상기 머신 러닝을 위한 출력 변수는, 섬유 조건(x1), 초기 저항(x2), 낙하 충격시 최대 흡수 에너지(x3), 낙하 충격시 최대 하중(x4) 및 전극 조건(x5)에 따른 상기 복합재 센서의 민감도(Sensitivity)(y)로 설정된다.
- [0031] 도 3은 도 2에 도시된 인공 신경망 모델의 일 예를 나타낸다.
- [0032] 도 2 및 도 3을 참조하면, 상기 인공 신경망 모델 생성단계(S1)에서는 상기 입력 변수와 상기 출력 변수로 머신 러닝을 수행하면, 상기 입력 변수를 포함하는 입력층(Input layer)과 상기 출력 변수를 포함하는 출력층(Output layer)사이에는 은닉층(Hidden layer)이 형성되어, 상기 입력 변수(x1~x5)에 따라 상기 민감도(y)를 출력하는 인공 신경망 모델이 생성된다.
- [0033] 상기과 같이 상기 인공 신경망 모델이 생성되면, 상기 민감도 출력단계(S2)를 수행한다.
- [0034] 도 4는 도 2에서 생성된 인공 신경망 모델을 이용하여, 복합재 센서의 예상 민감도를 출력하는 방법을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [0035] 도 4를 참조하면, 상기 민감도 출력단계(S2)에서는, 상기 복합재 센서의 설계시 상기 인공 신경망 모델에 설계자가 요구하는 요구 파라미터가 입력되면, 상기 설계자가 요구하는 요구 파라미터에 따른 상기 복합재 센서의 민감도가 출력된다.
- [0036] 상기 인공 신경망 모델에 입력되는 요구 파라미터들은, 별도의 입력부를 통해 입력받는다.
- [0037] 상기 요구 파라미터들은, 섬유 종류(x1), 초기 저항(x2), 낙하 충격시 최대 흡수 에너지(x3), 낙하 충격시 최대 하중(x4) 및 전극 간격(x5)을 모두 포함한다.
- [0038] 상기 민감도 출력단계(S2)에서는, 상기 섬유 종류(x1), 초기 저항(x2), 낙하 충격시 최대 흡수 에너지(x3), 낙하 충격시 최대 하중(x4) 및 전극 간격(x5)을 상기 인공 신경망 모델에 입력하면, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 요구 파라미터들에 따른 상기 복합재 센서의 예상 민감도를 출력한다.
- [0039] 상기 민감도 출력단계(S2)에서 상기 복합재 센서의 예상 민감도가 출력되면, 상기 비교단계(S3)를 수행한다.
- [0040] 상기 비교단계(S3)에서는 상기 복합재 센서의 예상 민감도와 상기 설계자가 요구하는 요구 민감도 범위를 비교한다.
- [0041] 상기 요구 민감도 범위는 상기 설계자가 요구하여 미리 입력된 요구 민감도에 대해 허용 오차를 가감한 범위이다.
- [0042] 상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위 이내이면, 상기 설계단계(S4)에서는 상기 인공 신경망에 기 입력된 전극 간격(x5)을 상기 복합재 센서의 설계 파라미터로 설정한다.

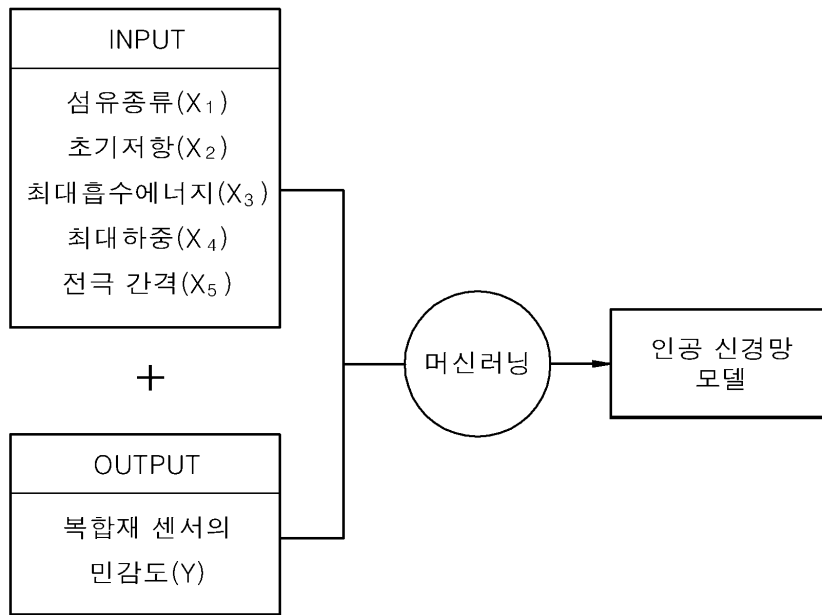
- [0043] 또한, 상기 인공 신경망에 기입력된 상기 전극 간격(x5) 외에 나머지 요구 파라미터들도 상기 복합재 센서의 설계 파라미터로 설정하여, 상기 복합재 센서를 설계한다.
- [0044] 한편, 상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위를 벗어나면, 상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위에 들때까지 상기 요구 파라미터 중에서 상기 전극 간격(x5)을 변경한다.(S5)
- [0045] 상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위보다 크면, 상기 전극 간격(x5)을 증가시킨다. 상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위보다 작으면, 상기 전극 간격(x5)을 감소시킨다.
- [0046] 상기 전극 간격(x5)을 변경한 후, 상기 인공 신경망에 재입력하여, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 예상 민감도를 재출력한다.
- [0047] 상기 재출력된 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위 이내이면, 상기 인공 신경망에 기 입력된 전극 간격(x5)을 상기 복합재 센서의 설계 파라미터로 설정한다.
- [0048] 한편, 상기 재출력된 예상 민감도가 상기 요구 민감도를 벗어나면, 상기 예상 민감도가 상기 요구 민감도 범위 이내에 들때까지 상기 전극 간격(x5)을 다시 변경하여 상기 인공 신경망에 재입력하고, 상기 예상 민감도를 재출력하는 과정을 반복할 수 있다.
- [0049] 따라서, 상기 인공 신경망 모델로부터 상기 예상 민감도에 적합한 최적의 전극 간격을 도출할 수 있다.
- [0050] 상기와 같이, 상기 인공 신경망 모델을 이용하여 상기 설계자가 요구하는 요구 파라미터와 요구 민감도에 대응되는 전극 간격을 도출할 수 있으므로, 보다 용이하면서도 정확한 복합재 센서의 설계가 가능한 이점이 있다.
- [0051] 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.

도면

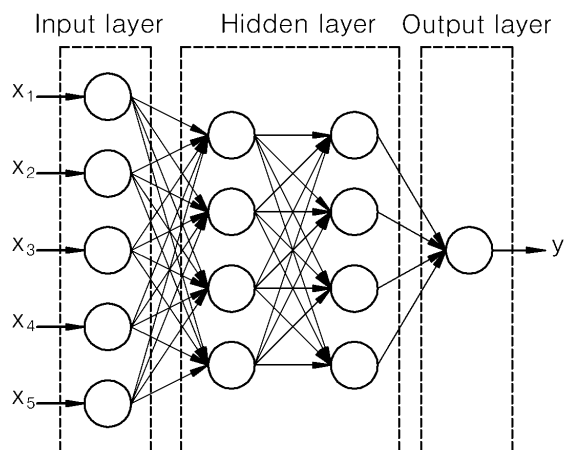
도면1



도면2



도면3



도면4

