



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0085367
(43) 공개일자 2024년06월17일

- | | |
|---|---|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 23/02 (2006.01) G06N 20/00 (2019.01)
G06N 3/0464 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G05B 23/0243 (2013.01)
G05B 23/0221 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0170093
(22) 출원일자 2022년12월07일
심사청구일자 2022년12월07일 | (71) 출원인
한국수력원자력 주식회사
경상북도 경주시 문무대왕면 불국로 1655
포항공과대학교 산학협력단
경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)
(72) 발명자
이승철
경상북도 포항시 남구 청암로 77
신민철
경상북도 포항시 남구 청암로 77
(74) 대리인
특허법인아이엠 |
|---|---|

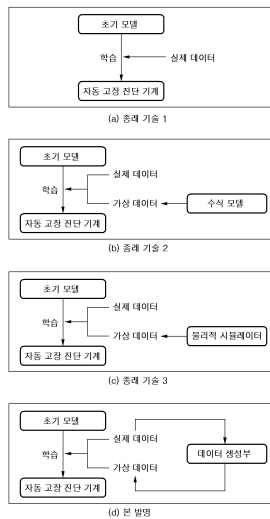
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **가상의 데이터 생성을 통한 자동 고장 진단 장치 및 그 작동 방법**

(57) 요약

본 발명은 높은 정확도를 가지면서 사람이 직접 개입하는 단계를 최소화하여 운용 비용이 낮은 설비 자동 진단 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 상기와 같은 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따라 설비를 진단하여 고장 여부를 판단하는 설비 자동 고장 진단 방법에 있어서, 실제 데이터로부터 머신 러닝을 통해 가상 데이터를 생성하는 데이터 생성 단계, 상기 실제 데이터와 상기 가상 데이터를 이용하여 머신 러닝을 통해 설비 고장 여부 판단을 위한 규칙을 만들어내는 규칙 생성 단계, 상기 설비를 진단하여 입력 데이터를 판별부로 전송하는 단계 및 상기 판별부에서는 상기 입력 데이터와 상기 규칙으로부터 상기 설비가 고장인지 여부를 판단하는 단계를 포함하는 설비 자동 고장 진단 방법을 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G05B 23/0275 (2013.01)

G06N 20/00 (2021.08)

G06N 3/0464 (2023.01)

명세서

청구범위

청구항 1

설비를 진단하여 고장 여부를 판단하는 설비 자동 고장 진단 방법에 있어서,

머신 러닝을 이용하여 실제 데이터를 통한 학습으로 가상 데이터를 생성하는 데이터 생성 단계;

머신 러닝을 이용하여 상기 실제 데이터와 상기 가상 데이터를 통한 학습으로 설비 고장 여부 판단을 위한 규칙을 설정하는 규칙 설정 단계;

상기 설비를 진단하여 입력 데이터를 판별부로 전송하는 단계; 및

상기 판별부에서는 상기 입력 데이터와 상기 설정된 규칙으로부터 상기 설비가 고장인지 여부를 판단하는 단계를 포함하는, 설비 자동 고장 진단 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 데이터 생성 단계에서 머신 러닝을 위한 다층 신경망 구조는 층의 개수가 3 이상이고, 최대 폭은 50 이상인, 설비 자동 고장 진단 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 데이터 생성 단계는 상기 실제 데이터를 머신러닝을 통해 학습하기 전에 전처리하는 전처리 단계를 더 포함하며, 상기 전처리는 푸리에 변환을 포함하는, 설비 자동 고장 진단 방법.

청구항 4

설비를 진단하여 고장 여부를 판단하는 자동 고장 진단 장치에 있어서,

상기 설비를 진단하여 입력 데이터를 전송하는 전송부;

상기 입력 데이터를 기반으로 상기 설비를 진단하여 설정된 규칙에 따라 상기 고장 여부를 판단하는 판별부;

머신 러닝을 이용하여 실제 데이터와 가상 데이터를 통한 학습으로 상기 규칙을 설정하는 규칙 설정부; 및

상기 실제 데이터로부터 머신 러닝을 통해 상기 가상 데이터를 생성하는 데이터 생성부를 포함하는, 자동 고장 진단 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 데이터 생성부에서 데이터 생성은 상기 실제 데이터를 푸리에 변환을 통해 전처리하는 단계를 포함하는, 자동 고장 진단 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 머신러닝을 이용한 자동 고장 진단 장치 및 그 작동 방법 관한 것으로, 특히 고장 여부를 판단하기 위해 자동 고장 진단 장치를 머신 러닝을 통해 학습을 시킬때 학습을 위한 데이터를 별도의 머신러닝 장치를 통해 만들어내는 자동 고장 진단 장치 및 그 작동 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 제조업의 생산시스템에 대한 다양한 IT기술의 접목은 컴퓨터 시스템의 발전과 함께 오래전부터 활용되어져 왔다. 특히 공장 자동화가 활발히 이루어짐에 따라 자동으로 설비의 고장 여부를 판단하는 자동 고장 진단 장치에 대한 관심 또한 높아지고 있다.

[0004] 이러한 자동 고장 진단 장치는 작동 방식에 따라 규칙 기반 방식과 데이터 기반 방식으로 나눌 수 있다.

[0005] 우선 규칙 기반 방식은 정상 상태와 고장 상태를 구분하는 명시적인 규칙을 사람이 입력하여, 신규 입력된 신호가 어디에 해당하는지를 판단하는 방식으로, 사람이 설비 및 운전 조건 별로 규칙을 하나 하나 설정해야 하기 때문에 설정하는 사람에 따라 고장 판단이 다르게 되고 예러의 가능성이 너무 높게 된다.

[0006] 데이터 기반 방식은 기계 학습 기반으로 학습이 가능한 모델을 구축한 후 사전에 준비된 데이터를 모델에 학습시키면, 해당 모델은 데이터로부터 정상과 비정상을 구분하는 규칙을 만들어 내는 방식이다.

[0007] 데이터 기반 방식은 학습에 활용하는 데이터의 종류에 따라 나눌 수 있는데, 우선 실제 데이터만을 사용하여 자동 고장 진단 장치에서 고장 진단을 판단하기 위한 규칙을 학습하는 방법, 정상 상태와 고장 상태에 대하여 물리 기반 수식 모델을 만들고 해당 수식 모델을 이용하여 가상의 신호를 생성하여 만들어진 데이터를 기반으로 학습하는 방법 그리고 실제 대상 설비와 유사한 실험 장치(물리적 시뮬레이터)를 만들고 해당 장치로부터 획득된 신호를 가상의 데이터로 추가하여 학습하는 방법 등이 있다.

[0008] 이러한 데이터 기반 방식은 우선 실제 데이터만을 가지고 학습에 사용하는 경우 가장 간단하지만 정확도가 낮게 된다.

[0009] 또한, 물리 기반 수식 모델을 만들어 이로부터 만들어지는 데이터를 기반으로 학습하는 방법에서는 성능 향상을 기대할 수 있으나, 가상의 데이터를 생성하기 위한 수식 모델을 제작하기 위해 개별 설비별, 개별 고장 유형별로 규칙을 모두 만들어야 하므로 규칙 기반 방식과 유사한 수준의 사람에 의한 작업이 필요하게 된다.

[0010] 마지막으로 물리적 시뮬레이터를 통해 가상의 데이터 생성하는 방법은 별도의 실험 장치를 운용함으로써 실제 설비에서는 획득하기 어려운 고장 상황에서의 데이터도 획득할 수 있다는 장점이 있지만, 실험 장치 제작 및 운용 비용이 높고 실제 데이터에 존재하는 많은 외란 요인들에 대한 반영이 어려운 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 높은 정확도를 가지면서 사람이 직접 개입하는 단계를 최소화하여 운용 비용이 낮은 설비 자동 진단 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기와 같은 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따라 설비를 진단하여 고장 여부를 판단하는 설비 자동 고장 진단 방법에 있어서, 머신 러닝을 이용하여 실제 데이터를 통한 학습으로 가상 데이터를 생성하는 데이터 생성 단계, 머신 러닝을 이용하여 상기 실제 데이터와 상기 가상 데이터를 통한 학습으로 설비 고장 여부 판단을 위한 규칙을 설정하는 규칙 설정 단계, 상기 설비를 진단하여 입력 데이터를 판별부로 전송하는 단계 및 상기 판별부에서는 상기 입력 데이터와 상기 규칙으로부터 상기 설비가 고장인지 여부를 판단하는 단계를 포함하는 설비 자동 고장 진단 방법을 제공할 수 있다.

- [0015] 또한 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 데이터 생성 단계에서 머신 러닝을 위한 다층 신경망 구조는 층의 개수가 3 이상이고, 최대 폭은 50 이상일 수 있다.
- [0016] 또한 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 데이터 생성 단계는 상기 실제 데이터를 머신러닝을 통해 학습하기 전에 전처리하는 전처리 단계를 더 포함하며, 상기 전처리는 푸리에 변환을 포함할 수 있다.
- [0017] 본 발명에 따라 설비를 진단하여 고장 여부를 판단하는 설비 자동 고장 진단 장치에서는, 상기 설비를 진단하여 입력 데이터를 전송하는 전송부, 상기 입력 데이터를 기반으로 상기 설비를 진단하여 정해진 규칙에 따라 상기 고장 여부를 판단하는 판별부, 머신 러닝을 이용하여 실제 데이터와 가상 데이터를 통한 학습으로 상기 규칙을 설정하는 규칙 설정부 및 상기 실제 데이터로부터 머신 러닝을 통해 상기 가상 데이터를 생성하는 데이터 생성부를 포함할 수 있다.
- [0018] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 데이터 생성부에서 데이터 생성은 상기 실제 데이터를 푸리에 변환을 통해 전처리하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명에 따른 설비 자동 진단 방법을 통해 전문가 개입 없이도 높은 정확도로 설비의 고장 여부를 자동으로 판단할 수 있게 되어 자동화 공정에서 공정 비용을 절감하고 사전에 고장 여부를 판단함으로써 공정 시간을 단축할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 종래 기술과 본 발명의 차이를 설명하는 모식도이다.
- 도 2는 본 발명에서 다층 신경망 구조를 설명하는 모식도이다.
- 도 3은 푸리에 변환을 통한 데이터 전처리와 후처리를 설명하는 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 또한, 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.
- [0024] 이하, 본 발명을 충분히 이해하기 위해서 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 설명한다.
- [0025] 본 발명의 실시예는 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 아래의 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래의 실시예로 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하며 당업자에게 본 발명의 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다.
- [0026] 본 발명에 따라 설비를 진단하여 고장 여부를 판단하는 설비 자동 고장 진단 방법은, 머신 러닝을 이용하여 실제 데이터를 통한 학습으로 가상 데이터를 생성하는 데이터 생성 단계, 머신 러닝을 이용하여 상기 실제 데이터와 상기 가상 데이터를 통한 학습으로 설비 고장 여부 판단을 위한 규칙을 설정하는 규칙 설정 단계, 상기 설비를 진단하여 입력 데이터를 판별부로 전송하는 단계 및 상기 판별부에서는 상기 입력 데이터와 상기 규칙으로부터 상기 설비가 고장인지 여부를 판단하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0027] 본 발명에 따른 설비 자동 고장 진단 방법은 고장 여부를 판단하는 규칙을 머신 러닝을 통한 학습으로 생성하고, 이를 위한 데이터를 실제 데이터뿐만 아니라 실제 데이터를 이용하여 다시 머신 러닝을 통해 만들어진 가상 데이터를 활용하는 것을 특징으로 한다.
- [0028] 본 발명과 종래 발명과의 비교를 위한 도표는 도 1에서 나타내었다. 도 1(a)는 종래기술 1에 대한 것으로 고장 여부 판단의 기준이 되는 규칙을 위한 학습을 실제 데이터만으로 하는 경우이고, 도 1(b)는 실제 데이터와 만들어진 수식 모델을 통해 도출되는 가상의 데이터를 통해 학습이 진행되는 것을 나타낸다. 또한 도 1(c)는 실제

데이터와 물리적 시뮬레이터를 이용하여 만들어지는 가상의 데이터를 활용하는 것을 설명하고 있다.

- [0029] 이에 비해 본 발명에 따른 설비 고장 진단 방법은 가상의 데이터를 별도의 데이터 생성부를 통해 머신 러닝을 통해 만들어 내고 이를 실제 데이터와 함께 규칙을 학습하기 위해 활용된다.
- [0030] 이러한 가상 데이터를 생성하는 데이터 생성 단계를 보다 상세히 설명한다. 데이터 생성 단계는 크게 전처리-초기 모델 설정-학습-가상 데이터 생성의 순서로 진행될 수 있다. 우선 전처리 단계에서는 길이가 각각의 데이터를 $N(N$ 은 2이상)개로 나누고, 나누어진 각각의 데이터를 푸리에 변환(Fourier Transform)한 후, 진폭 성분만을 추출하는 것이다.
- [0031] 만약, M 개의 원 데이터가 있을 경우, 학습용 데이터는 $M * N$ 개의 데이터를 얻게 되며, 이를 데이터 생성용 초기 모델에 입력하여 학습을 진행하게 된다. 이 때 초기모델은 다층 신경망 구조를 갖도록 한다. 이러한 다층 신경망의 예는 도 2에서 나타내었다. 다층 신경망은 층의 개수 L 과 각 층에서의 폭 k 을 갖도록 한다. 여기서 충분한 학습을 위해서 층의 개수 L 은 3 이상이고 폭인 k 는 50 이상인 것이 바람직하다.
- [0032] 학습이란, 주어진 학습용 데이터를 활용하여, 초기 모델이 갖고 있는 각각의 변수를 설정하는 과정으로, 오토인코더(Autoencoder) 또는 적대적 인공신경망(GAN, Generative Adversarial Network)을 활용할 수 있다.
- [0033] 학습이 완료된 후 가상 데이터를 생성하게 되는데, 가상 데이터는 원하는 숫자만큼 생성할 수 있다. 데이터 생성에서는 전처리에서 푸리에 변환을 하였기 때문에 푸리에 역변환을 사용하게 된다. 단, 전처리 단계에서와는 달리, 푸리에 역변환한 데이터를 겹치지 않고 이어 붙여서, 최종 가상 데이터를 생성하여야 한다.
- [0034] 이러한 푸리에 변환을 통한 데이터 전처리와 역변환을 통한 데이터 후처리는 도 3에서 나타내었다.
- [0035] 이러한 설비 고장 진단 방법을 위한 설비 고장 진단 장치는, 상기 설비를 진단하여 입력 데이터를 전송하는 전송부, 상기 입력 데이터를 기반으로 상기 설비를 진단하여 정해진 규칙에 따라 상기 고장 여부를 판단하는 판별부, 머신 러닝을 이용하여 실제 데이터와 가상 데이터를 통한 학습으로 상기 규칙을 설정하는 규칙 설정부 및 상기 실제 데이터로부터 머신 러닝을 통해 상기 가상 데이터를 생성하는 데이터 생성부를 포함할 수 있다.
- [0036] 별도의 데이터 생성부를 통해 가상의 데이터를 만들어내고 이를 활용하여 학습을 통해 규칙을 만들어낼 수 있게 된다.
- [0037] 본 발명에 따른 설비 고장 진단 방법과 장치를 통해 종래 기술에서와 같은 전문가 개입 없이도 실제와 유사한 가상 데이터를 생성할 수 있다. 특히, 매우 다양한 설비와 가동 조건을 갖는 생산 설비의 특성 상, 전문가가 하나 하나 규칙을 설정하는 일은 매우 지난한 작업이며, 이런 전문가 개입 없이 측정 데이터만 갖고도 자동 고장 진단 기계의 성능을 향상시킬 수 있다는 점에서 강점을 갖고 있다.
- [0038] 아래 표 1은 초기 모델의 조건 별로 시험 데이터에 대하여 자동 고장 진단 기계의 정확도를 측정한 결과이다.

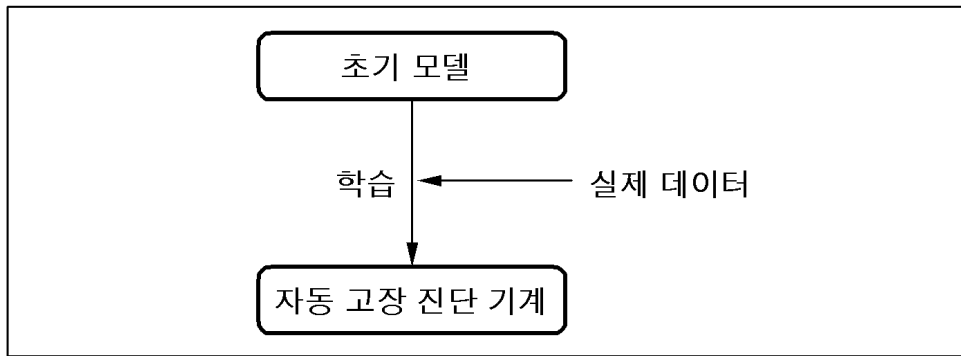
표 1

	비교예1	비교예2	비교예3	비교예4	실시예1	실시예2	실시예3
전처리	없음	FT안함	FT적용	FT적용	FT적용	FT적용	FT적용
층수(L)	없음	3	2	3	3	10	20
최대폭(k)	없음	100	100	10	50	100	100
정확도(%)	69	하락	하락	하락	78	82	84

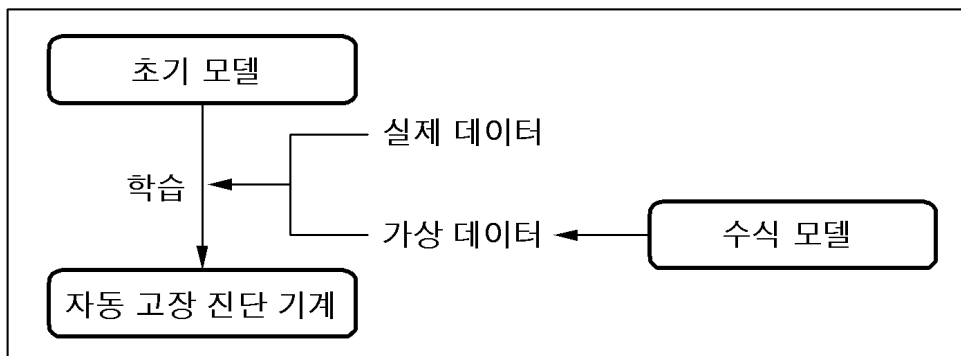
- [0040] 전처리는 푸리에 변환 적용 여부, 층 수는 초기 모델이 몇 개의 층을 갖는 지, 최대 폭은 각 층이 갖는 폭 중에서 가장 큰 폭을 의미한다.
- [0041] 정확도는 사전에 정상 및 고장으로 분류된 데이터에 대하여, 가상 데이터를 학습에 추가하였을 때, 자동 고장 진단 기계의 분류와 사전 분류가 일치하는 비율을 나타낸다. 비교예 1은 실제 데이터만 갖고 학습한 경우이고, 하락이라고 표시된 경우에는 가상 데이터를 추가할 경우 오히려 정확도가 하락한 것이다.
- [0042] 따라서, 데이터 생성 기계가 자동 고장 진단 기계의 성능을 향상 시키기 위하여서는 푸리에 변환을 전처리로 적용하고, 층 수는 3 이상, 최대 폭은 50 이상인 것이 바람직하다.
- [0043]

도면

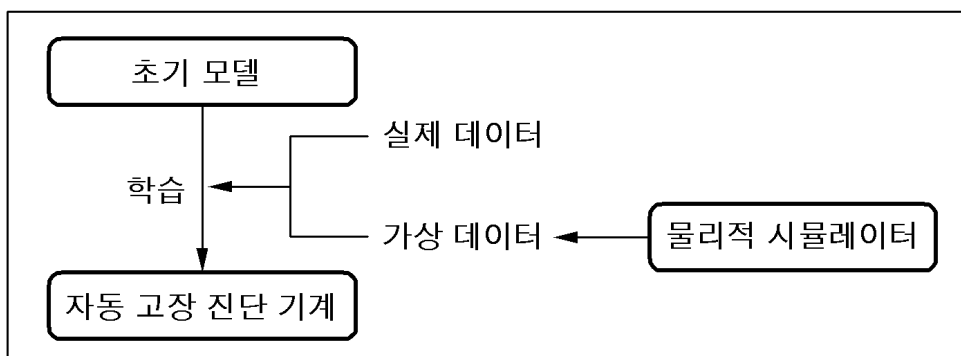
도면1



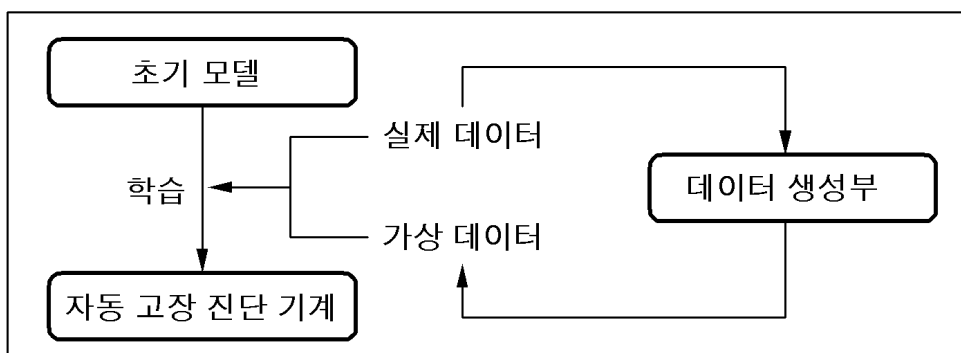
(a) 종래 기술 1



(b) 종래 기술 2

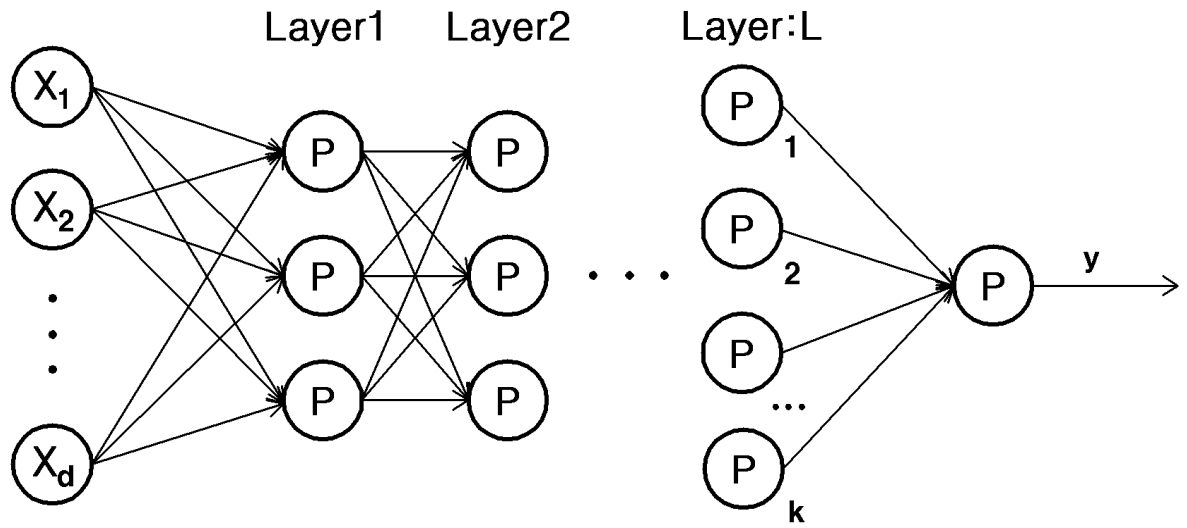


(c) 종래 기술 3



(d) 본 발명

도면2



도면3

