



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년08월06일
(11) 등록번호 10-2286868
(24) 등록일자 2021년08월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F24F 11/32 (2018.01) F24F 11/63 (2018.01)
F24F 11/72 (2018.01) F24F 11/80 (2018.01)
G01D 18/00 (2006.01) G06N 5/04 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
F24F 11/32 (2018.01)
F24F 11/63 (2018.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0028631
(22) 출원일자 2020년03월06일
심사청구일자 2020년03월06일
- (56) 선행기술조사문헌
JP2018071963 A
- (73) 특허권자
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
- (72) 발명자
윤성민
인천광역시 연수구 컨벤시아대로130번길 32, 송도
자이하버뷰2단지아파트 202동 704호
- (74) 대리인
특허법인빛과소금

전체 청구항 수 : 총 9 항

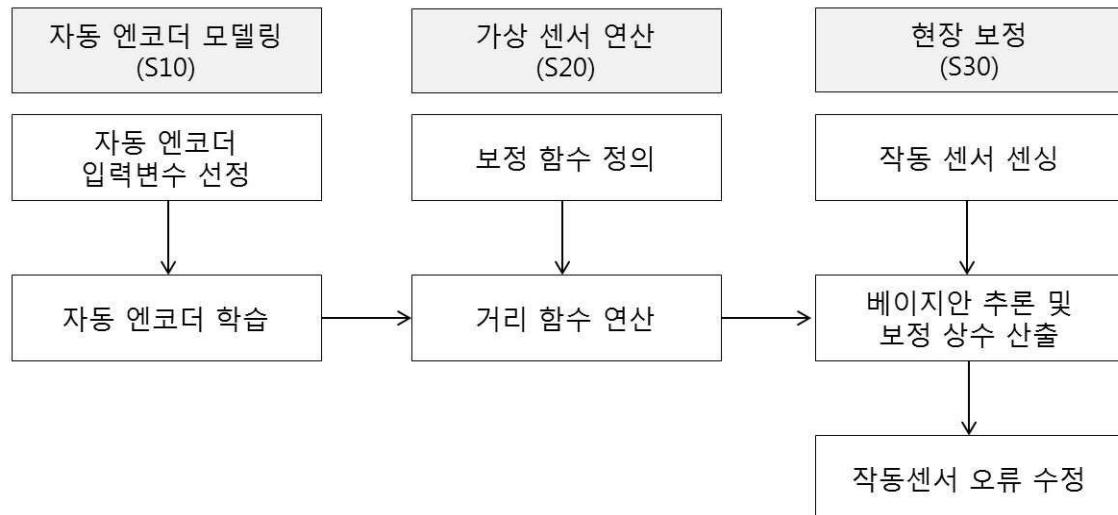
심사관 : 유영철

(54) 발명의 명칭 센서 자가 보정 시스템 및 방법, 그리고 이를 포함하는 건물 내 공기 처리 장치

(57) 요약

센서 자가 보정 시스템이 개시된다. 센서 자가 보정 시스템은 제어부; 상기 제어부에 전송되는 측정 신호를 생성하는 작동 센서; 및 상기 제어부로부터 제어 신호를 수신하는 작동 유닛을 포함하되, 상기 제어부는 상기 측정 신호와 상기 제어 신호를 포함하는 입력 변수를 자동 엔코더로 학습하여 복제 변수를 도출하고, 상기 입력 변수와 상기 복제 변수간의 차이를 이용하는 거리 함수에 베이지안 추론을 적용하여 상기 측정 신호의 보정 상수를 산출할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

F24F 11/72 (2018.01)

F24F 11/80 (2018.01)

G01D 18/002 (2013.01)

G06N 5/04 (2013.01)

F24F 2110/10 (2018.01)

F24F 2110/20 (2018.01)

명세서

청구범위

청구항 1

제어부;

상기 제어부에 전송되는 측정 신호를 생성하는 작동 센서; 및

상기 제어부로부터 제어 신호를 수신하는 작동 유닛을 포함하되,

상기 제어부는 상기 측정 신호와 상기 제어 신호를 포함하는 입력 변수를 자동 엔코더로 학습하여 복제 변수를 도출하고, 상기 입력 변수와 상기 복제 변수간의 차이를 이용하는 거리 함수에 베이지안 추론을 적용하여 상기 측정 신호의 보정 상수를 산출하는 센서 자가 보정 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복제 변수는 상기 측정 신호로부터 도출된 복제 측정 신호와 상기 제어 신호로부터 도출된 제어 복제 신호를 포함하고,

상기 거리 함수는 상기 측정 신호와 상기 복제 측정 신호의 차이의 합과 상기 제어 신호와 상기 제어 복제 신호의 차이를 이용하는 센서 자가 보정 시스템.

청구항 3

건물의 공조 덕트 내에 설치되며, 상기 공조 덕트를 따라 흐르는 공기의 상태 정보를 측정하는 복수의 작동 센서;

상기 공조 덕트를 따라 흐르는 공기의 상태를 조절하는 작동 유닛; 및

상기 작동 센서들에서 측정 신호를 수신하고, 상기 작동 유닛에 제어 신호를 전송하는 제어부를 포함하되,

상기 제어부는 상기 측정 신호와 상기 제어 신호를 포함하는 입력 변수를 자동 엔코더로 학습하여 복제 변수를 도출하고, 상기 입력 변수와 상기 복제 변수간의 차이를 이용하는 거리 함수에 베이지안 추론을 적용하여 상기 측정 신호의 보정 상수를 산출하는 건물 내 공기 처리 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 공조 덕트 내에 설치되며, 상기 공조 덕트 내부 공기를 순환시키는 송풍기를 더 포함하고,

상기 작동 유닛은,

상기 공조 덕트 내에 설치되며, 내부에 가열 유체가 순환하는 유로가 형성된 히팅 코일;

상기 공조 덕트 내에 설치되며, 내부에 냉각 유체가 순환하는 유로가 형성된 냉각 코일;

상기 공조 덕트 외부에 설치되며, 상기 히팅 코일에 공급되는 가열 유체를 가열하는 보일러; 및

상기 공조 덕트 외부에 설치되며, 상기 냉각 코일에 공급되는 냉각 유체를 냉각하는 냉각부를 포함하고,

상기 제어 신호는 상기 송풍기에 인가되는 제1전력 제어 신호, 상기 보일러에 인가되는 제2전력 제어 신호, 그리고 상기 냉각부에 인가되는 제3전력 제어 신호를 포함하는 건물 내 공기 처리 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 작동 유닛은,

상기 히팅 코일과 상기 보일러를 연결하는 가열 유체 공급 라인 상에 설치되는 가열 유체 조절 밸브; 및

상기 냉각 코일과 상기 냉각부를 연결하는 냉각 유체 공급 라인 상에 설치되는 냉각 유체 조절 밸브를 포함하되,

상기 제어 신호는 상기 가열 유체 조절 밸브를 제어하는 제1밸브 제어 신호와 상기 냉각 유체 조절 밸브를 제어하는 제2밸브 제어 신호를 더 포함하는 건물 내 공기 처리 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 복제 변수는 상기 측정 신호로부터 도출된 복제 측정 신호와 상기 제어 신호로부터 도출된 제어 복제 신호를 포함하고,

상기 거리 함수는 상기 측정 신호와 상기 복제 측정 신호의 차이의 합과 상기 제어 신호와 상기 제어 복제 신호의 차이를 이용하는 센서 자가 보정이 가능한 건물 내 공기 처리 장치.

청구항 7

건물의 공조 덕트 내에 설치된 작동 센서들로부터 측정 신호를 수신하는 단계;

상기 공조 덕트를 따르 흐르는 공기의 상태를 조절하는 작동 유닛에 제어 신호를 전송하는 단계; 및

상기 측정 신호와 상기 제어 신호를 포함하는 입력 변수를 자동 엔코더로 학습하여 복제 변수를 도출하고, 상기 입력 변수와 상기 복제 변수간의 차이를 이용하는 거리 함수에 베이지안 추론을 적용하여 상기 측정 신호의 보정 상수를 산출하는 단계를 포함하는 센서 자가 보정 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제어 신호는 상기 공조 덕트 내에 설치된 송풍기에 인가되는 제1전력 제어 신호와 상기 공조 덕트 내에 설치된 히팅 코일에 공급되는 가열 유체를 가열하는 보일러에 인가되는 제2전력 제어 신호, 그리고 상기 공조 덕트 내에 설치된 냉각 코일에 공급되는 냉각 유체를 냉각하는 냉각부에 인가되는 제3전력 제어 신호를 포함하는 센서 자가 보정 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 복제 변수는 상기 측정 신호로부터 도출된 복제 측정 신호와 상기 제어 신호로부터 도출된 복제 제어 신호를 포함하고,

상기 거리 함수는 상기 측정 신호와 상기 복제 측정 신호의 차이의 합과 상기 제어 신호와 상기 복제 제어 신호의 차이를 이용하는 건물 내 공기 처리 장치의 센서 자가 보정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 센서 자가 보정이 가능한 센서 자가 보정 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 냉난방 공조(Heating ventilation and air conditioning, HVAC) 시스템의 주요 장치 중 하나인 공기 처리 장치(Air handling unit, AHU)는 건물에서 공기 상태(온도, 상대 습도, CO2 등)를 제어하여 실내 온도와 습도를 높이면서 쾌적한 실내 환경을 제공한다. 그러나 동시에 냉각기와 보일러와 같은 기본 시스템의 작동에 영향을 미치므로 상당한 에너지를 소비합니다. 최근 빌딩 자동화 및 에너지 관리 분야의 네트워크 및 데이터 중심 접근 방식을 통해 건물 에너지를 줄이면서 거주자의 환경을 개선하기 위해 센서 혁신을 통해 최적화, 제어, 진단, 및

예후를 포함한 다양한 AHU 기술과 응용 분야가 널리 개발되었다. 이러한 기술은 일반적으로 데이터를 기반으로 개발된 다음 작동중인 센서 네트워크에 연결된다는 점을 고려하면 건물 감지 환경이 더욱 중요해졌다.

[0003] 건물 환경 감지 기술은 그 중요성에도 불구하고 실질적인 문제가 있다. 특히 AHU의 센서 오류는 실내 환경 품질 및 에너지 사용에 큰 영향을 미치며, 이러한 센서 오류는 주로 랜덤 오류와 바이어스 오류 (또는 오프셋)로 구성된다. 랜덤 오류는 각 측정값과 평균의 차이로, 일반적으로 정규 분포의 표준 편차로 표시된다. 바이어스 오류는 평균과 실제 측정값 사이의 거리로 표시된다. 바이어스 오류는 시간이 지남에 따라 변하면 드리프트 오류로 간주되며, 바이어스 오류가 센서 자체가 아니라 주변 환경에 의해 발생하는 경우, 상기 오류는 시스템 오류라고 정의된다. 이러한 센서 오류를 보정하기 위한 기존 방법은 센서가 정상임에도 AHU 내부의 작업 환경으로 인한 오류를 식별 할 수 없기 때문에 시스템 오류를 처리하는 것은 매우 어려운 실정이다. 예를 들어, 에어컨의 온도 센서는 센서가 사전에 잘 보정 되었음에도 불구하고 온도 센서와 주변난방장치 사이의 복사열 교환으로 인해 큰 시스템 오류(최대 19.2 ° C)가 발생할 수 있다.

[0004] 현장 센서 보정(In-suit sensor calibration)은 빌딩 자동화의 자체 복구 기능 (특히, 시스템 오류의 경우)의 관점에서 센서 결함 감지 및 진단(Sensor fault detection and diagnosis, SFDD)의 차세대 기술로 주목 받고 있다. 뿐만 아니라, 보정 전과 후의 비 유사성을 기반으로 작동 데이터 세트를 감지, 진단 및 심지어 보정 할 수 있기 때문에 SFDD를 현장 센서 보정 기술로 대체 할 수 있다. 교정된 데이터 세트는 시스템 모니터링/제어 및 다양한 데이터 기반 애플리케이션의 교육/테스트, 성능 향상에 광범위하게 사용될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 현장 센서 보정이 가능한 센서 자가 보정 시스템 및 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명에 따른 센서 자가 보정 시스템은 제어부; 상기 제어부에 전송되는 측정 신호를 생성하는 작동 센서; 및 상기 제어부로부터 제어 신호를 수신하는 작동 유닛을 포함하되, 상기 제어부는 상기 측정 신호와 상기 제어 신호를 포함하는 입력 변수를 자동 엔코더로 학습하여 복제 변수를 도출하고, 상기 입력 변수와 상기 복제 변수간의 차이를 이용하는 거리 함수에 베이지안 추론을 적용하여 상기 측정 신호의 보정 상수를 산출할 수 있다.

[0007] 또한, 상기 복제 변수는 상기 측정 신호로부터 도출된 복제 측정 신호와 상기 제어 신호로부터 도출된 제어 복제 신호를 포함하고, 상기 거리 함수는 상기 측정 신호와 상기 복제 측정 신호의 차이의 합과 상기 제어 신호와 상기 제어 복제 신호의 차이를 이용할 수 있다.

[0008] 또한, 본 발명에 따른 건물 내 공기 처리 장치는 건물의 공조 덕트 내에 설치되며, 상기 공조 덕트를 따라 흐르는 공기의 상태 정보를 측정하는 복수의 작동 센서; 상기 공조 덕트를 따라 흐르는 공기의 온도를 조절하는 온도 조절 부재; 및 상기 작동 센서들에서 측정 신호를 수신하고, 상기 온도 조절 부재에 제어 신호를 전송하는 공기 처리 제어부를 포함하되, 상기 공기 처리 제어부는 상기 측정 신호와 상기 제어 신호를 포함하는 입력 변수를 자동 엔코더로 학습하여 복제 변수를 도출하고, 상기 입력 변수와 상기 복제 변수간의 차이를 이용하는 거리 함수에 베이지안 추론을 적용하여 상기 측정 신호의 보정 상수를 산출할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 공조 덕트 내에 설치되며, 상기 공조 덕터 내부 공기를 순환시키는 송풍기를 더 포함하고, 상기 온도 조절 부재는, 상기 공조 덕트 내에 설치되며, 내부에 가열 유체가 순환하는 유로가 형성된 히팅 코일; 상기 공조 덕트 내에 설치되며, 내부에 냉각 유체가 순환하는 유로가 형성된 냉각 코일; 상기 공조 덕트 외부에 설치되며, 상기 히팅 코일에 공급되는 가열 유체를 가열하는 보일러; 및 상기 공조 덕트 외부에 설치되며, 상기 냉각 코일에 공급되는 냉각 유체를 냉각하는 냉각부를 포함하고, 상기 제어 신호는 상기 송풍기에 인가되는 제1전력 제어 신호, 상기 보일러에 인가되는 제2전력 제어 신호, 그리고 상기 냉각부에 인가되는 제3전력 제어 신호를 포함할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 온도 조절 부재는, 상기 히팅 코일과 상기 보일러를 연결하는 가열 유체 공급 라인 상에 설치되는 가열 유체 조절 밸브; 및 상기 냉각 코일과 상기 냉각부를 연결하는 냉각 유체 공급 라인 상에 설치되는 냉각 유체 조절 밸브를 포함하되, 상기 제어 신호는 상기 가열 유체 조절 밸브를 제어하는 제1밸브 제어 신호와 상기 냉각 유체 조절 밸브를 제어하는 제2밸브 제어 신호를 더 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 복제 변수는 상기 측정 신호로부터 도출된 복제 측정 신호와 상기 제어 신호로부터 도출된 제어 복

제 신호를 포함하고, 상기 거리 함수는 상기 측정 신호와 상기 복제 측정 신호의 차이의 합과 상기 제어 신호와 상기 제어 복제 신호의 차이를 이용할 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명에 따른 센서 자가 보정 방법은 건물의 공조 덕트 내에 설치된 작동 센서들로부터 측정 신호를 수신하는 단계; 상기 공조 덕트를 따라 흐르는 공기의 온도를 조절하는 온도 조절 부재에 제어 신호를 전송하는 단계; 및 상기 측정 신호와 상기 제어 신호를 포함하는 입력 변수를 자동 엔코더로 학습하여 복제 변수를 도출하고, 상기 입력 변수와 상기 복제 변수간의 차이를 이용하는 거리 함수에 베이지안 추론을 적용하여 상기 측정 신호의 보정 상수를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 제어 신호는 상기 공조 덕트 내에 설치된 송풍기에 인가되는 제1전력 제어 신호와 상기 공조 덕트 내에 설치된 히팅 코일에 공급되는 가열 유체를 가열하는 보일러에 인가되는 제2전력 제어 신호, 그리고 상기 공조 덕트 내에 설치된 냉각 코일에 공급되는 냉각 유체를 냉각하는 냉각부에 인가되는 제3전력 제어 신호를 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 복제 변수는 상기 측정 신호로부터 도출된 복제 측정 신호와 상기 제어 신호로부터 도출된 복제 제어 신호를 포함하고, 상기 거리 함수는 상기 측정 신호와 상기 복제 측정 신호의 차이의 합과 상기 제어 신호와 상기 복제 제어 신호의 차이를 이용할 수 있다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 의하면, 자동 엔코더와 베이지안 추론을 적용하여 오류가 발생한 작동 센서의 보정 상수를 산출함으로써, 작동 센서의 현장 센서 보정이 가능하다.

[0016] 또한, 본 발명에 의하면, 복수 개의 작동 센서에서 측정된 측정 신호들과 복수 개의 제어 신호들이 모두 입력 변수에 포함되고, 이들을 자동 엔코더로 학습하여 상기 측정 신호들과 상기 제어 신호들 각각에 대해 복제 변수를 도출하고, 상기 입력 변수와 상기 복제 변수를 이용하는 거리 함수에 베이지안 추론을 적용하여, 상기 측정 신호들 각각에 대해 보정 상수를 산출하므로, 복수 개의 작동 센서들에 대해 동시 센서 자가 보정이 가능하다. 기존 기술들이 개별적인 센서오류만을 독립적으로 추정하는 점과 비교해 볼 때, 복수 개의 자가보정기능은 본 기술의 가장 핵심적인 차별성이다.

[0017] 아울러, 자동 엔코더 훈련과정에서 센서 측정값과 시스템 제어 변수를 동시 다발적으로 고려되는 특징으로부터, 기존 공기조화장치 내 별도의 센서 설치 없이 기존 센서구성만으로 자가 보정기술의 적용이 가능하다. 따라서, 이미 설치된 공기조화기에도 기술 적용이 수월하다.

[0018] 또한, 본 발명에 의하면, 자동 엔코더와 베이지안 추론을 적용하여 작동 센서들의 센서 자가 보정이 가능하므로, 작동 센서들의 측정 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 센서 자가 보정 시스템을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따라 제어부에서 센서 자가 보정 과정을 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 자동 엔코더의 신경망을 나타내는 도면이다.

도 4는 자동 엔코더의 입력 변수를 선택하는 과정을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 센서 자가 보정 시스템을 포함하는 건물 내 공기 처리 장치를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 제1 내지 제3의 실험 조건에 따른 센서 모델의 정확도를 나타내는 그래프이다.

도 7은 본 발명의 제1 내지 제3 실험 조건에서 시간 경과에 따른 냉각부의 소비 전력 변화를 나타내는 그래프이다.

도 8은 공기 처리 장치의 정상 운행 조건(normal)과 센서 결함 조건(faulty), 그리고 제3실험 조건에 따른 현상 센서 보정(calibrated by case 3)이 각각 적용된 상황에서 한 달 동안의 에너지 소비량을 비교하는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명할 것이다. 그러나 본 발명의 기술

적 사상은 여기서 설명되는 실시 예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화 될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시 예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.

- [0021] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한, 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.
- [0022] 또한, 본 명세서의 다양한 실시 예들에서 제1, 제2, 제3 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 따라서, 어느 한 실시 예에 제 1 구성요소로 언급된 것이 다른 실시 예에서는 제 2 구성요소로 언급될 수도 있다. 여기에 설명되고 예시되는 각 실시 예는 그것의 상보적인 실시 예도 포함한다. 또한, 본 명세서에서 '및/또는'은 전후에 나열한 구성요소들 중 적어도 하나를 포함하는 의미로 사용되었다.
- [0023] 명세서에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다. 또한, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하는 것으로 이해되어서는 안 된다. 또한, 본 명세서에서 "연결"은 복수의 구성요소를 간접적으로 연결하는 것, 및 직접적으로 연결하는 것을 모두 포함하는 의미로 사용된다.
- [0024] 또한, 하기에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 것이다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 센서 자가 보정 시스템을 나타내는 도면이다.
- [0027] 도 1을 참조하면, 센서 자가 보정 시스템(10)은 작동 센서(100), 작동 유닛(200), 그리고 제어부(300)를 포함한다.
- [0028] 작동 센서(100)는 주변의 상태 정보를 측정하며, 측정 신호를 생성한다. 작동 센서(100)는 복수 개 제공되며, 서로 상이한 위치에 위치할 수 있다. 작동 센서(100)는 서로 다른 주변의 상태 정보를 측정할 수 있다. 작동 센서(100)는 온도, 압력, 그리고 유량 정보를 측정할 수 있다.
- [0029] 작동 유닛(200)은 작동 센서(100) 주변의 상태 정보를 조절한다. 작동 유닛(200)은 작동 센서(100) 주변을 가열 또는 냉각할 수 있다. 또한, 작동 유닛(200)은 작동 센서(100) 주변의 유체 흐름을 조절할 수 있다.
- [0030] 제어부(300)는 작동 센서(100)로부터 측정 신호를 수신하고, 작동 유닛(200)에 제어 신호를 송신한다. 제어부(300)는 측정 신호와 제어 신호로부터 측정 신호의 보정 상수를 산출한다. 작동 센서(100)는 센서 자체가 정상 상태이나, 작동 센서 주변의 환경, 예컨대 작동 유닛(200)으로 인한 영향에 의해 측정 신호에 오류가 발생할 수 있다. 상기 보정 상수는 이러한 측정 신호의 오류를 보정하기 위해 제공된다. 제어부(300)는 측정 신호와 상기 제어 신호를 포함하는 입력 변수를 자동 엔코더로 학습하여 복제 변수를 도출하고, 입력 변수와 상기 복제 변수 간의 차이를 이용하는 거리 함수에 베이저안 추론을 적용하여 상기 측정 신호의 보정 상수를 산출한다.
- [0031] 이하, 제어부(300)에서 보정 상수를 산출하는 과정에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0032] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따라 제어부에서 센서 자가 보정 과정을 나타내는 도면이고, 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 자동 엔코더의 신경망을 나타내는 도면이다.
- [0033] 도 2 및 도 3을 참조하면, 센서 자가 보정 방법은 자동 엔코더 모델링 단계(S10)와 가상 센서 연산 단계(S20), 그리고 현장 보정 단계(S30)를 포함한다.
- [0034] 자동 엔코더 모델링 단계(S10)는 측정 신호와 제어 신호를 입력 변수로 선정하고, 자동 엔코더(Autoencoder)로 학습하여 복제 변수를 도출한다. 자동 엔코더는 입력 변수 (x)를 복제하도록 훈련된 신경망, 훈련 절차는 레이블이 지정되지 않은 데이터가 없는 비지도 학습과 주어진 입력 변수와 복제된 입력 변수 간을 동등하게 하는 비용 함수(cost function)의 최소화 프로세스이다. 따라서 상기 비용 함수는 오토 인코더에 의한 입력 변수(x)와 상기 입력 변수가 복제된 복제 변수($\hat{x}$) 사이의 에러 인덱스(예를 들어, 평균 제곱 에러)에 의해 식 (1)과 같이 정의됩니다.

$$E = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K \underbrace{(x_{kn} - \hat{x}_{kn})^2}_{\text{mean squared error}}$$

[0035] 식(1)

[0036] 여기서, E는 비용 함수 (평균 제곱 오차), N은 관측치 수 (데이터 세트), K는 입력 변수의 개수, n은 관측 계수, k는 변수의 수, x는 입력 변수이며 $\hat{x}$ 는 복제 변수이다.

[0037] 도 3을 참조하면, 자동 엔코더는 다중 계층을 갖는 인코딩 부분(encoding part)과 디코딩 부분(decoding part)으로 구성된다. 인코딩 부분에서, 입력 변수(x)는 식(2)와 같이 잠재 벡터(latent vector) Z로 매핑되고, 디코딩 부분에서 잠재 벡터 Z는 식(3)과 같이 원래의 입력 벡터(재구성)로 다시 변환된다.

$$z = h_1(W_1 x + b_1) \quad \text{식 (2)}$$

$$\hat{x} = h_2(W_2 z + b_2) \quad \text{식 (3)}$$

[0040] 여기서, h는 전달 함수, W는 가중치 행렬, b는 바이어스 벡터, x는 입력 공간, z는 잠재 공간, $\hat{x}$ 는 재구성 된 입력 공간, 상수 1과 2는 각각 인코딩 부분과 디코딩 부분을 나타낸다.

[0041] 자동 엔코더의 장점을 얻으려면 입력 변수를 올바르게 결정하는 것이 중요하다.

[0042] 도 4는 자동 엔코더의 입력 변수를 선택하는 과정을 나타내는 도면이다.

[0043] 도 4를 참조하면, 자동 엔코더의 입력 변수는 가변 신호와 신뢰할 수 있는 신호를 포함한다. 가변 신호는 작동 센서에서 측정된 측정 신호를 의미한다. 신뢰할 수 있는 신호는 상기 가변 신호보다 외부 요인에 의한 영향을 덜 받는 신호로, 상기 제어 신호를 의미한다. 신뢰할 수 있는 신호는 공조 덕트 내부에 위치한 구성에 전송되는 내부 제어 신호와 공조 덕트 외부에 위치한 구성에 전송되는 외부 제어 신호를 포함한다.

[0045] 다시 도 2를 참조하면, 가상 센서 연산 단계(S20)는 자동 엔코더에 기반한 거리 함수(distance function)로 연산한다. 거리 함수는 식 (6)과 같이 정의될 수 있다.

$$D_{AE}(x) = \underbrace{\sum_{i=1}^N (Y_{e,i} - \hat{Y}_{e,i})^2}_{\text{AHU variables}} + \underbrace{\sum_{m=1}^M (Y_{RI,m} - \hat{Y}_{RI,m})^2}_{\substack{\text{Reliable information} \\ \text{inside AHU}}} + \underbrace{\sum_{k=1}^K (Y_{RO,k} - \hat{Y}_{RO,k})^2}_{\substack{\text{Reliable information} \\ \text{outside AHU}}} \quad \text{식 (6)}$$

[0049] 여기서 D_{AE} 는 자동 엔코더 구동의 거리 함수이고, x는 상기 보정 상수이고, $Y_{e,i}$ 는 작동 센서 i의 보정된 측정 값을 나타내고, $Y_{RI,m}$ 은 상기 내부 제어 신호값을 나타내고, $Y_{RO,k}$ 은 상기 상기 k의 상기 외부 제어 신호값을 나타내며, N, M 및 K는 각각 작동 센서의 수와 신뢰할 수 있는 신호의 수를 나타낸다.

[0050] 현장 보정 단계(S30)는 베이지안 추론을 통해 상기 거리 함수를 감소시키고, 숨겨진 센서 오류를 제거할 수 있는 상기 보정 상수 x를 통계적으로 추정한다. 그리고 추정된 보정 상수를 센서 오류를 포함하는 측정 신호에 적용하여 현장 보정을 통해 센서 오류를 수정한다.

[0051] 이처럼, 본 발명에 따른 제어부는 상기 자동 엔코더 학습과 베이지안 추론 을 적용하여 복수 개의 작동 센서들에 대한 보정 상수들을 동시에 산출할 수 있고 이를 이용하여 복수 개의 작동 센서들에 대한 센서자가보정이 가능하다. 이는 기존의 센서자가보정 기술이 개별 센서들의 오류를 찾기 위하여 센서마다 연산 알고리즘을 적용하였던 점과 큰 차별성이 인정된다.

[0052] 또한, 자동 엔코더 학습 과정에서, 상기 측정 신호와 상기 제어 신호가 모두 자동 엔코더 학습을 위한 입력 변수로 적용되고, 상기 입력 변수로부터 상기 측정 신호에 대한 보정 상수가 산출된다. 때문에 이러한 자동 엔코더 학습 과정은 기 설치된 작동 센서 및 작동 유닛으로부터 측정 신호와 제어 신호를 수신하여 보정 상수 산출이 가능하므로, 기 설정된 시스템에 기술 적용이 가능하다.

[0054] 이하에서는, 상기 센서 자가 보정 시스템이 포함된 건물 내 공기 처리 장치에 대해 설명한다.

[0055] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 센서 자가 보정 시스템을 포함하는 건물 내 공기 처리 장치를 나타내는 도면이다.

[0056] 도 5를 참조하면, 건물 내에는 공조 덕트(20)가 설치되며, 공조 덕트(20)는 외부 공기가 유입되는 유입구와, 공

기가 외부로 배출되는 배출구를 갖는다.

- [0057] 상기 작동 센서(100)들은 공조 덕트(20) 내에 설치된다. 실시 예에 의하면, 작동 센서(100)는 공기의 온도를 측정하는 온도 센서(110)와 공기의 유량을 측정하는 유량 센서(120)를 포함한다.
- [0058] 송풍기(130)는 공조 덕트(20) 내에 설치되며, 공기의 흐름을 발생시킨다. 송풍기(130)의 구동으로 공조 덕트(20)의 내부 공기가 순환될 수 있다.
- [0059] 상기 작동 유닛(200)는 히팅 코일(210)과 냉각 코일(220)을 포함한다. 히팅 코일(210)은 공조 덕트(20) 내에 설치되며, 내부에 가열 유체가 순환하는 유로가 형성된다. 냉각 코일(220)은 공조 덕트(20) 내에 설치되며, 내부에 냉각 유체가 순환하는 유로가 형성된다.
- [0060] 상기 작동 유닛(200)는 보일러(230)를 더 포함한다. 보일러(230)는 공조 덕트(20) 외부에 설치되며, 히팅 코일(220)에 공급되는 가열 유체를 가열한다. 보일러(230)는 가열 유체 공급 라인(231)을 통해 가열 유체를 히팅 코일(210)에 공급한다. 가열 유체 공급 라인(231)에는 펌프(232)와 복수 개의 가열 유체 조절 밸브(233)가 설치된다.
- [0061] 상기 작동 유닛(200)는 냉각부(240)를 더 포함한다. 냉각부(240)는 공조 덕트(20) 외부에 설치되며, 냉각 코일(210)에 공급되는 냉각 유체를 냉각한다. 냉각부(240)는 냉각 유체 저장부(241), 응축기(242), 증발기(243), 냉각 유체 공급 라인(244), 펌프(245), 그리고 복수 개의 냉각 유체 조절 밸브(246)를 포함한다.
- [0062] 제어부(300)는 온도 센서(110)에서 측정되는 공기의 온도 정보와, 유량 센서(120)에서 측정되는 공기의 유량 정보를 수신한다. 그리고 제어부(300)는 송풍기(130)에 인가되는 제1전력 제어 신호, 보일러(230)에 인가되는 제2전력 제어 신호, 그리고 냉각부(240)에 인가되는 제3전력 제어 신호를 생성하고, 상기 신호들을 각각의 구성들에 전송한다. 제3전력 제어 신호는 응축기(242), 증발기(243), 펌프(245), 그리고 냉각 유체 조절 밸브(246)의 제어 신호를 포함한다. 또한, 제어부(300)는 가열 유체 공급 라인(231) 상에 설치된 펌프(232) 및 가열 유체 조절 밸브(233)들을 제어할 수 있는 제4전력 제어 신호를 생성하고, 상기 신호들을 각각의 구성들에 전송한다.
- [0063] 여기서, 상기 온도 정보와 상기 유량 정보는 상기 측정 신호에 해당하고, 상기 제1전력 제어 신호는 상기 내부 제어 신호에 해당하고, 상기 제2전력 제어 신호, 상기 제3전력 제어 신호, 그리고 상기 제4전력 제어 신호는 상기 외부 제어 신호에 해당한다. 그리고 상기 온도 정보, 상기 유량 정보, 상기 제1 내지 제4전력 제어 신호는 모두 상기 입력 변수에 포함된다.
- [0064] 제어부(300)는 상기 입력 변수들을 입력값으로 하여 자동 엔코더로 학습하고, 복제 변수를 도출한다. 복제 변수는 측정 신호로부터 복제된 복제 측정 신호와 제어 신호로부터 복제된 복제 제어 신호를 포함한다. 복제 제어 신호는 내부 제어 신호로부터 복제된 복제 내부 제어 신호와 외부 제어 신호로부터 복제된 복제 외부 제어 신호를 포함한다. 구체적으로, 복제 내부 제어 신호는 제1전력 제어 신호로부터 복제된 제1복제 전력 제어 신호를 포함하고, 외부 복제 제어 신호는 제2전력 제어 신호로부터 복제된 제2복제 전력 제어 신호와, 제3전력 제어 신호로부터 복제된 제3복제 전력 제어 신호와, 제4전력 제어 신호로부터 복제된 제4복제 전력 제어 신호를 포함한다.
- [0065] 제어부(300)는 상기 입력 변수와 상기 복제 변수의 차의 제곱의 합으로 정의되는 거리 함수에 베이지안 추론을 적용하여 센서 오류를 제거할 수 있는 상기 측정 신호의 보정 상수를 산출한다. 거리 함수는 측정 신호와 복제 측정 신호의 차의 제곱의 합, 제어 신호와 복제 제어 신호의 차의 제곱의 합으로 이루어질 수 있다. 그리고 거리 함수는 측정 신호와 복제 측정 신호의 차의 제곱의 합, 내부 제어 신호와 복제 내부 제어 신호의 차의 제곱의 합, 외부 제어 신호와 복제 외부 제어 신호의 차의 제곱의 합으로 이루어질 수 있다. 또한, 거리 함수는 측정 신호와 복제 측정 신호의 차의 제곱의 합, 제1전력 제어 신호와 제1복제 전력 제어 신호의 차의 제곱의 합, 제2전력 제어 신호와 제2복제 전력 제어 신호의 차의 제곱의 합, 제3전력 제어 신호와 제3복제 전력 제어 신호의 차의 제곱의 합, 제4전력 제어 신호와 제4복제 전력 제어 신호의 차의 제곱의 합으로 이루어질 수 있다.
- [0066] 이하, 도 5에서 설명한 공기 처리 장치를 갖는 건물을 대상으로, 본 발명에 따른 자가 센서 보정 방법이 적용된 실험 예에 대해 설명한다.
- [0067] 아래 표 1은 상기 건물의 조건을 나타내는 표이다.

표 1

[0068]

Component	Description
Location and weather	- Located in Chicago, Illinois (N 41° 58 and W 87° 55')- Annual outdoor conditions (9.99° C and 70.34%)
Building size	- Single floor rectangular building (30.48 m x 15.24 m. x 2.44 m) with a 3.05 m height- The four exterior zones (depth is 3.66m) and an interior zone - The return plenum with a 0.61 m height
Internal gain	- Lighting is 16.15 watts/m ² and office equip is 10.76 watts/m ² . - There is 1 occupant per 9.29 m ² of floor area (50 persons). - The infiltration is 0.25 air changes per hour.
Wall and roof	- The walls are made of woodsingle over plywood, R11 insulation, and gypboard.- The roof is a gravel built up roof with R-3 mineral board insulation and plywood sheathing.
Window (4 EA)	- Double pane clear, 3mm glass, 13mm air gap- Double pane clear, 3mm glass, 13mm argon gap - Double pane clear, 6mm glass, 6mm air gap - Double pane lowE, 6mm lowE glass outside, 6mm air gap, 6mm clear glass
Door (2 EA)	- Single pane grey- 3mm glass
HVACR	- Standard VAV system with outside air economizer, hot water main coil and reheat coils, and central chilled water cooling coil- Central plant with single hot water boiler, electric compression chiller, water cooled condenser, and cooling tower - Autosize for all equipment

[0069]

공기 처리 장치의 운용은 아래 표 2의 일정으로 진행되었으며, 10시 이후에 센서 결함이 임의로 발생할 수 있도록 계획하였으며, 11시 이후 2시간동안 상기 센서 결함을 제거할 수 있는 보정 상수를 추정하였고, 1시 이후 추정된 보정 상수에 의해 센서 결함을 현장 보정하는 작업이 진행되었다.

표 2

[0070]

Periods	Conditions
7:01~10:00	Normal
10:01~18:00	Faulty
11:01~13:00	Calibrating (Estimating)
13:01~18:00	Calibrated in-situ

[0071]

상기 실험 예에서는 아래 [표 3]과 같이 결함 조건을 달리하여 3가지 조건으로 실험하였다. 제1실험 조건 (Condition 1)에서는 온도 센서(110)의 측정 온도가 정상 상태보다 +2° C 높도록 설계되었다. 상기 온도 센서 (110)의 결함은 인접한 히팅 코일(210)로부터의 복사 열 교환으로 인해 발생하는 것으로 설계되었다. 제2실험 조건 (Condition 2)에서는 유량 센서(120)에서 측정되는 공기의 유량이 정상 상태보다 8.0%~14.0% 높도록 설계되었다. 이는 유량 센서(120)가 공조 덕트(20) 내부의 부적절한 위치에 배치됨에 따라 발생되도록 설계되었다. 본 실험 예에서는 유량 센서(120)를 송풍기(130)에 인접 배치하여 상기 결함이 발생되도록 설계되었다. 제3실험 조건 (Condition 3)에서는 상기 온도 센서(110)의 결함과 상기 유량 센서(120)의 결함이 모두 포함되도록 설계되었다.

표 3

[0072]

Fault conditions		T_{CCSA}	$\dot{m}_{SA}$	Descriptions
Individual	Condition 1	+2° C	-	Systematic error due to the heat exchange with the surrounding heating coil
	Condition 2	-	+0.08kg/s	8.0%~14.0% systematic errors of true measurements due to the sensor location
Simultaneous	Condition 3	+2° C	-0.08kg/s	-

[0073] 공기 처리 장치는 온도 센서(110)에서 측정되는 측정 값이 설정 포인트 온도와 일치하도록 제어되므로, 상술한 송풍기(130), 냉각부(240), 보일러(230), 펌프(232, 245), 밸브(233, 246) 등을 비롯한 다른 장치의 작동 및 성능에 상당한 영향을 줄 수 있다. 상술한 결함으로 인한 영향은 FaultModel : TemperatureSensorOffset : CoilSupplyAir의 EnergyPlus 객체를 사용하여 구현되었다.

[0074] 상기 결함으로 인한 온도는 식 (7)과 같이 정의되며, 반면 유량 센서(120)의 오류는 자체 설정 점이 없기 때문에 상기 구성들의 작동 및 제어가 아닌 측정 판독 값에만 영향을 미친다. 따라서 오류는 잘못된 측정 값을 얻기 위해 식 (8)과 같이 실제 값에 추가되었다. 작동 센서(110, 120)에 대해 계산된 보정 상수는 EnergyPlus에서 보정된 측정을 유도하기 위해 식 (9) 및 (10)과 같이 사용된다.

$$T_{CCSA,f} = T_{CCSA,ff} - T_{off} \quad T_{CCSA,f} = T_{CCSA,ff} - T_{off} \quad \text{식 (7)}$$

$$\dot{m}_{SA,f} = \dot{m}_{SA,ff} + \dot{m}_{off} \quad \dot{m}_{SA,f} = \dot{m}_{SA,ff} + \dot{m}_{off} \quad \text{식 (8)}$$

$$T_{CCSA,f,c} = T_{CCSA,ff} - T_{off} + x_{CCSA} T_{CCSA,f,c} = T_{CCSA,ff} - T_{off} + x_{CCSA} \quad \text{식 (9)}$$

$$\dot{m}_{SA,f,c} = \dot{m}_{SA,ff} + \dot{m}_{off} + x_{SAM} \dot{m}_{SA,f,c} = \dot{m}_{SA,ff} + \dot{m}_{off} + x_{SAM} \quad \text{식 (10)}$$

[0079] 여기서, f는 결함 상태를, ff는 결함이 없는 상태를, off는 결함을, c는 교정 된 조건을, x는 현장 보정에 의해 추정된 보정 상수를 의미한다.

[0081] 제1실험 조건에서, 거리 함수는 아래 식 (11)과 같이 계산되었다. 그러나 냉각 유체 측에서 센서(110, 120)들은 공기 처리 장치의 보정에 도입되지 않았기 때문에, 제1실험 조건의 거리 함수는 센서 보정 관점을 포함하는 않는다. 센서 보정 측면에서, 2개의 공기 측 변수 (T_{CCSA} 및 $\dot{m}_{SA}$)는 식 (12) 및 식 (13)에서 측정된 냉각부(240) 및 송풍 팬(130)의 전력, 그리고 밸브 제어 신호 중 어느 하나에 의해 각각 모델링되었다. MATLAB R2018b에서는 일반적인 역 전파 신경망을 사용하여 관련 변수가 있는 두 가지 센서 모델($f_{1,CCSAT}$ and $f_{1,SAM}$)을 개발했다. Levenberg-Marquardt (LM) 알고리즘 이 훈련 알고리즘으로 선택되었으며, 훈련 시간을 줄이면서 정확도를 높이기 위해 LM 최적화를 기반으로 신경망의 가중치와 바이어스를 업데이트 할 수 있다. 마지막으로, 두 변수에 대한 보정 값과 모델링 값의 차의 제곱의 합은 식 (11)에서와 같이 제1실험 조건의 거리 함수로 정의되었다. 보정된 값은 식 (14) 및 (15)에서 보정 상수로 정의되었습니다.

[0082] 제2 및 제3실험 조건에서 수정/측정된 값과 자동 엔코더 구동값 사이의 차의 제곱의 합은 거리 함수 식 (16) 및 (17)로 정의되었다. 제2실험 조건의 자동 엔코더는 대상 센서가 공기 처리 장치에 설치되어 있기 때문에 식 (17)에서와 같이 공기 측 변수 (T_{CCSA} , $\dot{m}_{SA}$, and P_{SF})에 의해서만 훈련되었다. 제3실험 조건의 거리 함수에는 식 (18) 및 식 (19)로 정의된다.

$$D_{case1}(x) = \frac{(Y_{e,CCSAT} - Y_{b,CCSAT})^2 + (Y_{e,SAM} - Y_{b,SAM})^2}{\text{sensor calibration}} \quad \text{식 (11)}$$

$$Y_{b,CCSAT} = f_{1,CCSAT}(Y_{e,SAM}, P_{SF}, P_{Chiller}, C_{valve}) \quad Y_{b,CCSAT} = f_{1,CCSAT}(Y_{e,SAM}, P_{SF}, P_{Chiller}, C_{valve}) \quad \text{식 (12)}$$

$$Y_{b,SAM} = f_{1,SAM}(Y_{e,CCSAT}, P_{SF}, P_{Chiller}, C_{valve}) \quad Y_{b,SAM} = f_{1,SAM}(Y_{e,CCSAT}, P_{SF}, P_{Chiller}, C_{valve}) \quad \text{(13)}$$

$$Y_{e,CCSAT} = g_{CCSAT}(x_{CCSAT}) = T_{CCSA} + x_{CCSAT} \quad Y_{e,CCSAT} = g_{CCSAT}(x_{CCSAT}) = T_{CCSA} + x_{CCSAT} \quad \text{(14)}$$

$$Y_{e,SAM} = g_{SAM}(x_{CCSAT}) = \dot{m}_{SA} + x_{SAM} \quad Y_{e,SAM} = g_{SAM}(x_{CCSAT}) = \dot{m}_{SA} + x_{SAM} \quad \text{(15)}$$

$$D_{case2}(x) = \frac{(Y_{e,CCSAT} - \hat{Y}_{e,CCSAT})^2 + (Y_{e,SAM} - \hat{Y}_{e,SAM})^2 + (P_{SF} - \hat{P}_{SF})^2}{\text{air-side}} \quad \text{(16)}$$

$$\hat{Y}_{e,CCSAT}, \hat{Y}_{e,SAM}, \hat{P}_{SF} = AE_{air}(Y_{e,CCSAT}, Y_{e,SAM}, P_{SF}) \quad \text{(17)}$$

$$D_{case3}(x) = \frac{(Y_{e,CCSAT} - \hat{Y}_{e,CCSAT})^2 + (Y_{e,SAM} - \hat{Y}_{e,SAM})^2 + (P_{SF} - \hat{P}_{SF})^2}{\text{air-side}} + \frac{(P_{Chiller} - \hat{P}_{Chiller})^2 + (C_{valve} - \hat{C}_{valve})^2}{\text{water-side}} \quad \text{(18)}$$

[0092]
$$\hat{Y}_{e,CCSAT}, \hat{Y}_{e,SAM}, \hat{P}_{SF}, \hat{P}_{filter}, \hat{C}_{value} = AE_{air-water}(Y_{e,CCSAT}, Y_{e,SAM}, P_{SF}, P_{filter}, C_{value}) \quad (19)$$

[0094] 여기서, CCSAT는 냉각 코일에 공급되는 냉각 유체의 온도, SAM은 공급 공기 질량 유량, AE는 자동 엔코더를 사용하는 훈련된 모델, air는 공기 측, air-water은 공기와 물 측 사이의 상호 작용을 의미함.

[0096] 제2 및 제3실험 조건에서 자동 엔코더의 비용 함수는 자동 엔코더의 더 나은 성능을 달성하기 위하여, L₂ 정규화 및 희소성 정규화를 포함하는 새로운 항목을 추가하여 식 (20)과 같이 정의되었다. 희소성 정규화 항목은 뉴런 (i)의 평균 출력 활성화 값($\bar{r}_i \bar{r}_i$)과 사전 정의된 희소성 파라미터(ρ)가 유사하지 않을 때 큰 값을 고려할 수 있는데, 이는 희소성 현상이다. L₂ 정규화 항목은 희소한 자동 인코더 훈련에서 희소성 정규화의 가치가 작아지는 것을 방지한다. [표 4]는 희소성 자동 인코더의 설정을 보여준다.

[0098]
$$E = \underbrace{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K (x_{kn} - \hat{x}_{kn})^2}_{\text{mean squared error}} + \underbrace{\lambda \cdot \Omega_{\text{weights}}}_{L_2 \text{ regularization}} + \underbrace{\beta \cdot \Omega_{\text{sparsity}}}_{\text{sparsity regularization}} \quad \text{식 (20)}$$

[0099] 여기서 $\tilde{\Theta}$ 는 L2 정규화 항 (Ω_{weights})에 대한 계수이고 $\hat{a}$ 는 희소 정규화 항 (Ω_{sparsity})에 대한 계수이다.

표 4

[0100]

Parameters	Values
Hidden representation size	50
Encoder transfer function	Positive saturating linear transfer function
Decoder transfer function	Linear transfer function
Coefficient for L ₂ regularization (λ)	0.01
Coefficient for sparsity regularization (β)	4
Sparsity proportion	0.10

[0102] 냉각 코일(210)에 공급되는 냉각 유체의 온도 (T_{CCSA}) 및 공기 질량 유량 ($\dot{m}_{SA}$)에 대한 모든 센서 모델의 정확도는 추가 테스트 데이터 세트에 계산되었다. 본 실험에서 테스트 데이터 세트는 여름날 정상 작동에서 수집되었다. 제1실험 조건의 T_{CCSA}를 제외하고, 도 6에서 볼 수 있듯이 모든 센서 모델은 우수한 정확도 (99.00 % 이상)를 나타내었다.

[0103] 제1 내지 제3실험 조건에 대해 보정 정확도를 평가하기 위해 보정 후 온도 센서와 유량 센서의 잔류 오류를 서로 비교했다. 잔류 오차는 각각의 경우에 미리 정의된 실제 값과 현장 교정에 의한 보정된 값의 차이에 의해 계산되었다. 제1실험 조건에서 합리적인 정확도를 보여 주었더라도, T_{CCSA}의 정확도가 낮고 거리 함수에 식 (10) 보정과 같은 모델 보정 항이 없기 때문에 다른 조건에서는 보정에 실패했다. 제2 내지 제3실험 조건에서는 제3실험 조건이 제2실험 조건보다 훨씬 우수했다. 센서 모델이 도 6에서 정확하더라도 모든 오류 조건에서 제2실험 조건에서는 보정에 실패했다.

[0104] 이는 공기 처리 장치의 공기 측 관계에서만 계산된 보정은 잘못된 조건 하에서 실제 값을 추정하는데 있어 불충분한 결정밖에 못하기 때문이다. 반대로, 제3실험 조건의 보정 상수는 모든 오류 조건에서 실제 값과 거의 동일했다. 잔류 온도 및 기류 오류는 각각 $\pm 0.2^\circ \text{C}$ 및 $\pm 0.05\%$ 이내였다. 제3실험 조건에서 상기 외부 제어 신호가 포함되어 있기 때문에 보정 문제는 실제 값을 찾기 위해 수학적으로 더 유리했다.

[0106] 본 발명에 따른 공기 처리 장치는 현장 에너지 센서 보정을 시스템 작동에 적용하여 작동 에너지 절약 효과를 보여준다. EnergyPlus의 결합 개체에서 효과를 정량화하기 위해, 상기 센서들에 대한 추정 보정 상수는 식 (9) 및 (10)과 같이 고려되었다.

[0107] 도 7에 도시된 바와 같이, 제1 내지 제3실험 조건에서 냉각부의 전력 변화는 정상, 결합 및 교정 조건 동안 플로팅되었다. 먼저, 센서 고장을 일으킨 후 (오전 10시 이후) 냉각부 전력의 증가율을 확인할 수 있다. 이는 센서 오류가 장치의 에너지 소비에 미치는 영향을 나타낸다. 교정 기간(오전 11시 ~ 오후 1시) 이후, 냉각 성능은 보정 성능이 우수하기 때문에 제3실험 조건에서 정상 작동의 전력으로 다시 변동되었다. 반면, 제1 및 제2실험

조건에서는 보정 실패로 전력이 증가했다.

[0108] 도 8은 한 달 동안 보정 전후의 공기 처리 장치의 에너지 사용을 보여준다. 온도 센서의 센서 오류 (+2° C)로 인해 총 에너지 사용이 약 38% 증가하였으며, 냉각을 위한 에너지 소비가 21% 증가하고, 가열을 위한 에너지 소비가 113% 증가하고, 펌프의 에너지 소비가 16% 증가한 것으로 나타났다. 온도 센서(110)의 센서 오류는 냉각 코일(210)에 공급되는 냉각 유체의 온도를 설정 온도에 도달시키기 위해 냉각수 유량 및 냉각 작동 시간을 증가시켰다. 제3실험 조건의 현장 보정으로 도출된 에너지 소비의 경우, 보정 정확도가 높으면 센서 오류로 인해 불필요하게 증가된 에너지 사용이 오류 없는 상태로 다시 전환될 수 있다.

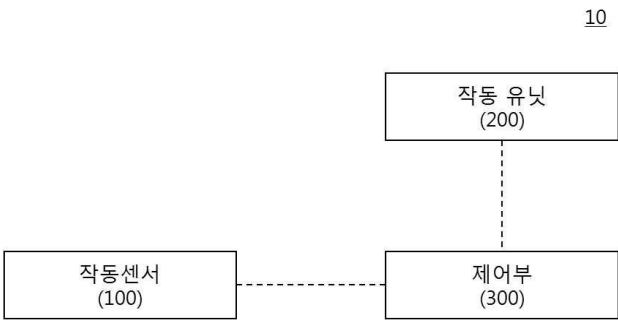
[0110] 이상, 본 발명을 바람직한 실시 예를 사용하여 상세히 설명하였으나, 본 발명의 범위는 특정 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 첨부된 특허청구범위에 의하여 해석되어야 할 것이다. 또한, 이 기술분야에서 통상의 지식을 습득한 자라면, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않으면서도 많은 수정과 변형이 가능함을 이해하여야 할 것이다.

부호의 설명

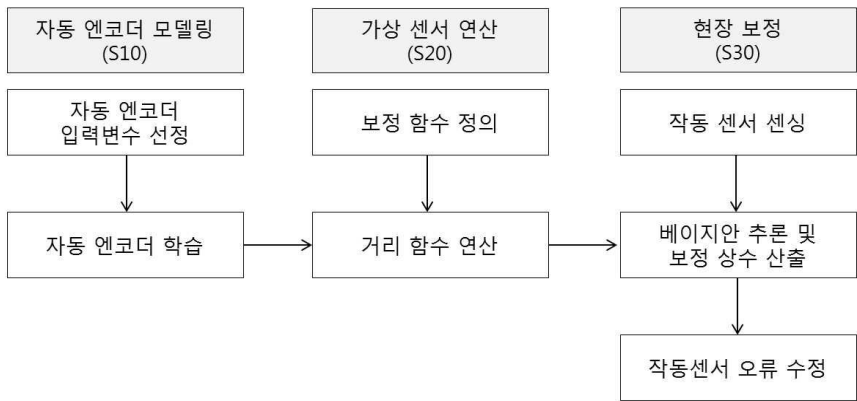
- [0111] 10: 센서 자가 보정 시스템
20: 공조 덕트
100: 작동 센서
110: 온도 센서
120: 유량 센서
200: 작동 유닛
210: 히팅 코일
220: 냉각 코일
230: 보일러
240: 냉각부
300: 제어부

도면

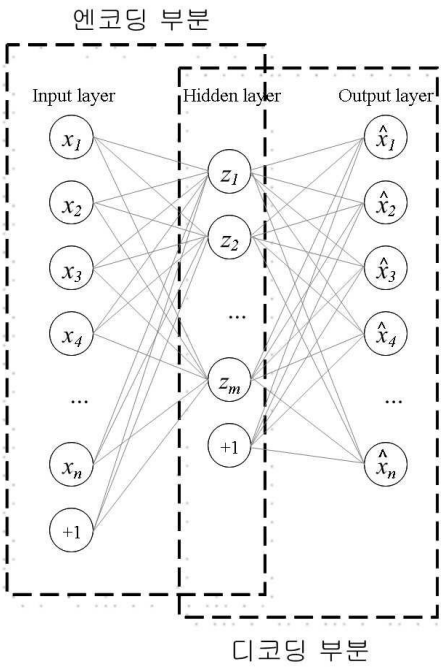
도면1



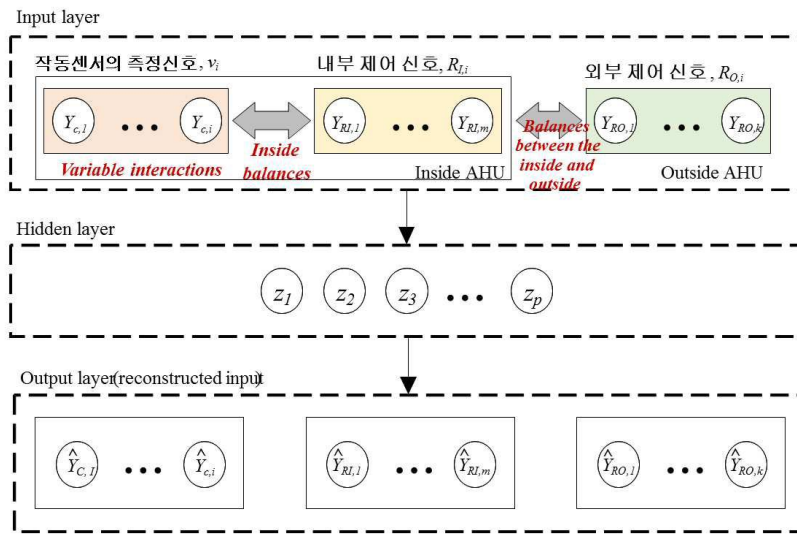
도면2



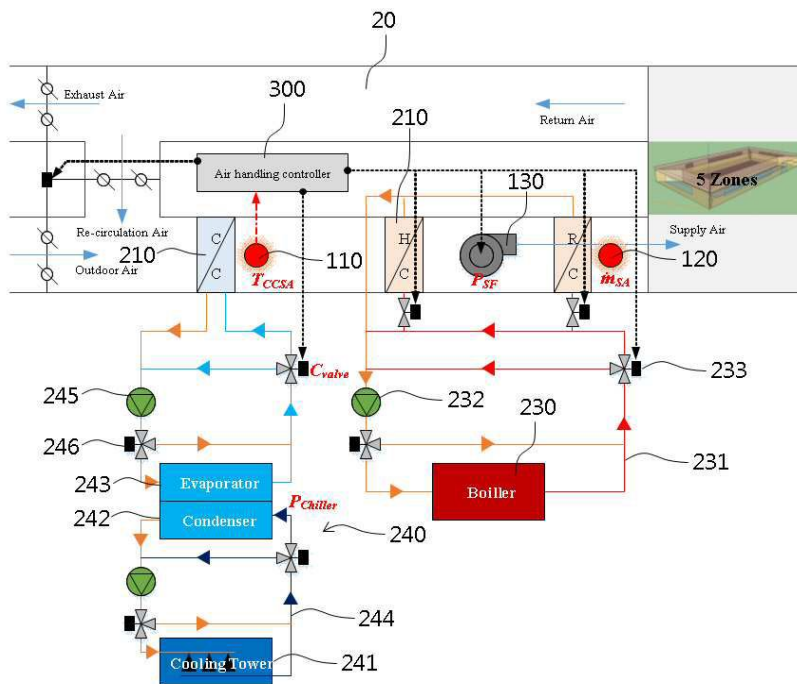
도면3



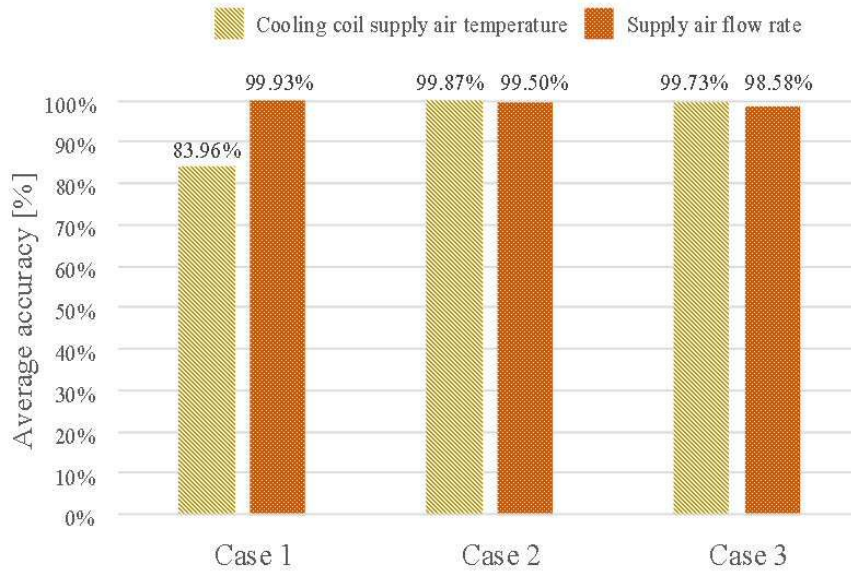
도면4



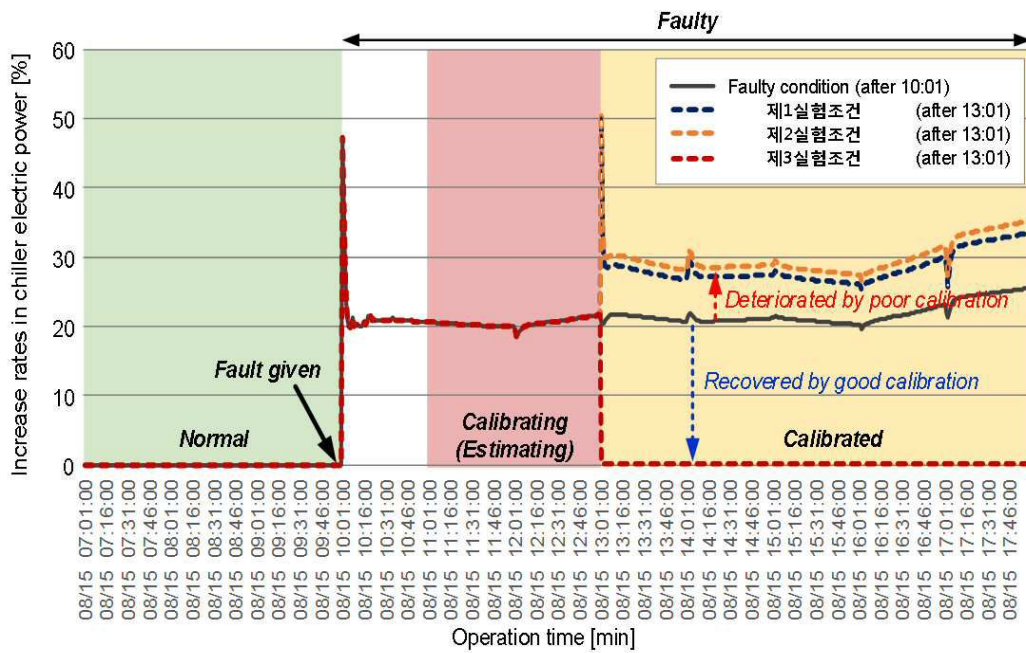
도면5



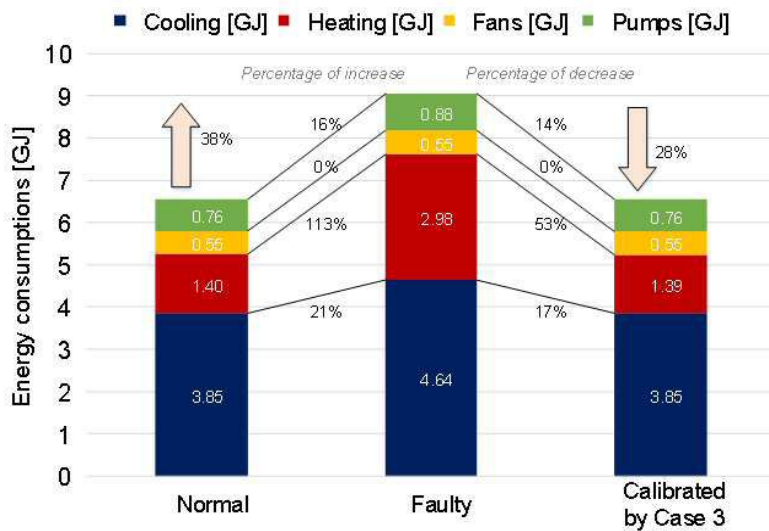
도면6



도면7



도면8



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 4

【변경전】

제 3 항에 있어서,

상기 공조 덕트 내에 설치되며, 상기 공조 덕트 내부 공기를 순환시키는 송풍기를 더 포함하고,

상기 작동 유닛은,

상기 공조 덕트 내에 설치되며, 내부에 가열 유체가 순환하는 유로가 형성된 히팅 코일;

상기 공조 덕트 내에 설치되며, 내부에 냉각 유체가 순환하는 유로가 형성된 냉각 코일;

상기 공조 덕트 외부에 설치되며, 상기 히팅 코일에 공급되는 가열 유체를 가열하는 보일러; 및

상기 공조 덕트 외부에 설치되며, 상기 냉각 코일에 공급되는 냉각 유체를 냉각하는 냉각부를 포함하고,

상기 제어 신호는 상기 송풍기에 인가되는 제1전력 제어 신호, 상기 보일러에 인가되는 제2전력 제어 신호, 그리고 상기 냉각부에 인가되는 제3전력 제어 신호를 포함하는 건물 내 공기 처리 장치.

【변경후】

제 3 항에 있어서,

상기 공조 덕트 내에 설치되며, 상기 공조 덕트 내부 공기를 순환시키는 송풍기를 더 포함하고,

상기 작동 유닛은,

상기 공조 덕트 내에 설치되며, 내부에 가열 유체가 순환하는 유로가 형성된 히팅 코일;

상기 공조 덕트 내에 설치되며, 내부에 냉각 유체가 순환하는 유로가 형성된 냉각 코일;

상기 공조 덕트 외부에 설치되며, 상기 히팅 코일에 공급되는 가열 유체를 가열하는 보일러; 및

상기 공조 덕트 외부에 설치되며, 상기 냉각 코일에 공급되는 냉각 유체를 냉각하는 냉각부를 포함하고,

상기 제어 신호는 상기 송풍기에 인가되는 제1전력 제어 신호, 상기 보일러에 인가되는 제2전력 제어 신호, 그리고 상기 냉각부에 인가되는 제3전력 제어 신호를 포함하는 건물 내 공기 처리 장치.