



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0059243
(43) 공개일자 2022년05월10일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 1/20 (2006.01) G05D 23/19 (2006.01)
G06F 1/3237 (2019.01) G06F 11/30 (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01)
- (52) CPC특허분류
G06F 1/206 (2013.01)
G05D 23/19 (2021.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0144597
- (22) 출원일자 2020년11월02일
심사청구일자 없음

- (71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
- (72) 발명자
김병수
서울특별시 송파구 올림픽로 435, 109동 2602호(신천동, 파크리오)
- 임윤혁
경기도 화성시 금반1길 45(반송동)
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
리엔텍특허법인

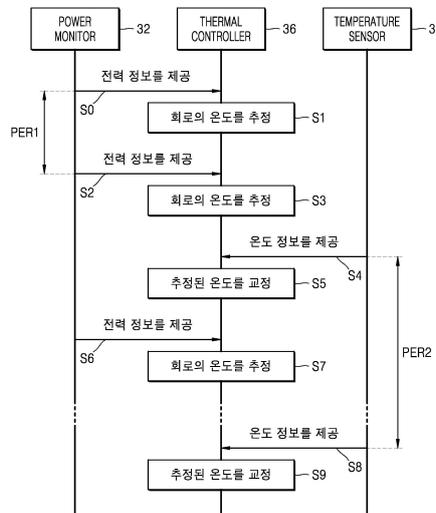
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 전력 추정에 기초한 온도 검출 및 열 관리를 위한 방법 및 장치

(57) 요약

장치는, 제1 입력 신호들에 기초하여 동작하도록 구성된 제1 회로, 제1 주기마다, 제1 입력 신호들에 기초하여 제1 회로의 제1 전력을 측정하도록 구성된 제1 전력 모니터, 제2 주기마다, 장치의 온도를 감지하도록 구성된 온도 센서, 및 제1 주기마다 제1 전력에 기초하여 제1 회로의 제1 온도를 추정하고, 제2 주기마다 온도 센서로부터 제2 온도를 수신하고 제2 온도에 기초하여 제1 온도를 교정함으로써 제3 온도를 계산하고, 제1 주기마다 제1 온도 및 제3 온도에 기초하여 제1 회로의 온도를 판정하도록 구성된 컨트롤러를 포함할 수 있고, 제1 주기는, 제2 주기보다 짧을 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

G06F 1/3237 (2019.01)

G06F 11/3058 (2013.01)

G06N 20/00 (2021.08)

Y02D 10/00 (2020.08)

(72) 발명자

백인환

경기도 화성시 동탄공원로 21-12, 908동 2503호(능동, 푸른마을 포스코더샵2차)

신동석

서울특별시 동작구 사당로27길 130(사당동, 이수역리가아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

제1 입력 신호들에 기초하여 동작하도록 구성된 제1 회로;

제1 주기마다, 상기 제1 입력 신호들에 기초하여 상기 제1 회로의 제1 전력을 측정하도록 구성된 제1 전력 모니터;

제2 주기마다, 장치의 온도를 감지하도록 구성된 온도 센서; 및

상기 제1 주기마다 상기 제1 전력에 기초하여 상기 제1 회로의 제1 온도를 추정하고, 상기 제2 주기마다 상기 온도 센서로부터 제2 온도를 수신하고 상기 제2 온도에 기초하여 상기 제1 온도를 교정함으로써 제3 온도를 계산하고, 상기 제1 주기마다 상기 제1 온도 및 상기 제3 온도에 기초하여 상기 제1 회로의 온도를 판정하도록 구성된 컨트롤러를 포함하고,

상기 제1 주기는, 상기 제2 주기보다 짧은 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 컨트롤러는, 적어도 하나의 계수, 상기 제1 주기 이전에 측정된 제1 전력, 현재 측정된 제1 전력 및 상기 제1 주기 이전에 판정된 상기 제1 회로의 온도에 기초하여, 현재의 제1 온도를 계산하도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제1 회로의 동작 파라미터들의 복수의 조합들에 대응하는 복수의 계수들을 저장하는 룩업 테이블을 더 포함하고,

상기 컨트롤러는, 상기 제1 회로의 동작 파라미터들을 식별하고, 식별된 동작 파라미터들에 기초하여 상기 룩업 테이블로부터 상기 적어도 하나의 계수를 수신하도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 제1 회로의 동작 파라미터들의 복수의 샘플들에 의해서 학습된 기계 학습 모델을 실행하도록 구성된 프로세서에 더 포함하고,

상기 컨트롤러는, 상기 제1 회로의 동작 파라미터들을 식별하고, 식별된 동작 파라미터들을 상기 프로세서에 제공함으로써 상기 적어도 하나의 계수를 수신하도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 제2 온도를 상기 프로세서에 제공하도록 구성되고,

상기 프로세서는, 상기 제2 온도에 기초하여 상기 기계 학습 모델을 학습시키도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 제1 온도 및 상기 제2 온도의 가중합으로서 상기 제3 온도를 계산하도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 제1 온도 및 상기 제2 온도 사이 차이에 기초하여, 상기 가중합의 가중치들을 설정하도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

제2 입력 신호들에 기초하여 동작하도록 구성된 제2 회로; 및

제3 주기마다, 상기 제2 입력 신호들에 기초하여 상기 제2 회로의 제2 전력을 측정하도록 구성된 제2 전력 모니터를 더 포함하고,

상기 컨트롤러는, 상기 제3 주기마다 상기 제2 전력에 기초하여 상기 제2 회로의 제4 온도를 추정하고, 상기 제2 주기마다 상기 제2 온도에 기초하여 상기 제3 온도를 교정함으로써 제4 온도를 계산하고, 상기 제3 주기마다 상기 제3 온도 및 상기 제4 온도에 기초하여 상기 제2 회로의 온도를 판정하도록 구성되고,

상기 제3 주기는, 상기 제2 주기보다 짧은 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 제1 회로의 판정된 상기 온도 및 상기 제1 전력에 기초하여, 상기 제1 회로의 온도를 제어하도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 10

제1 주기마다, 제1 회로의 입력 신호들에 기초하여 상기 제1 회로의 제1 전력을 측정하는 단계;

상기 제1 전력에 기초하여 상기 제1 회로의 제1 온도를 추정하는 단계;

제2 주기마다, 상기 제1 회로를 포함하는 장치의 제2 온도를 감지하고, 상기 제2 온도에 기초하여 상기 제1 온도를 교정함으로써 제3 온도를 계산하는 단계; 및

상기 제1 주기마다, 상기 제1 온도 및 상기 제3 온도에 기초하여 상기 제1 회로의 온도를 판정하는 단계를 포함하고,

상기 제1 주기는, 상기 제2 주기보다 짧은 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 제1 전력을 측정하는 단계는,

상기 제1 회로에 제공되는 클락 신호를 제어하기 위한 클락 게이팅 신호 및 상기 제1 회로를 인에이블하거나 디스에이블하기 위한 인에이블 신호 중 적어도 하나의 입력 신호를 수신하는 단계; 및

수신된 상기 적어도 하나의 입력 신호의 상태들에 기초하여, 상기 제1 전력을 식별하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 제1 온도를 추정하는 단계는,

일련의 측정들에 대응하는 상기 제1 전력의 복수의 값들을 수집하는 단계; 및
수집된 상기 복수의 값들에 기초하여 상기 제1 온도를 추정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

청구항 10에 있어서,
상기 제3 온도를 계산하는 단계는, 상기 제1 온도 및 상기 제2 온도의 가중합으로서 상기 제3 온도를 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서,
상기 제3 온도를 계산하는 단계는, 상기 제1 온도 및 상기 제2 온도 사이 차이에 기초하여, 상기 가중합의 가중치들을 설정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

청구항 10에 있어서,
상기 제3 온도를 계산하는 단계는,
복수의 온도 센서들에 의해서 감지된 상기 장치의 복수의 제2 온도들을 획득하는 단계; 및
상기 복수의 제2 온도들 및 상기 제1 온도에 기초하여 상기 제3 온도를 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

입력 신호들에 기초하여 동작하도록 구성된 적어도 하나의 회로;
상기 입력 신호들에 기초하여 상기 적어도 하나의 회로의 전력을 측정하도록 구성된 적어도 하나의 전력 모니터;
장치의 온도를 감지하도록 구성된 적어도 하나의 온도 센서; 및
측정된 상기 전력에 기초하여 상기 적어도 하나의 회로의 제1 온도를 추정하고, 상기 온도 센서에 의해서 감지된 제2 온도에 기초하여 상기 제1 온도를 교정함으로써 제3 온도를 계산하고, 측정된 상기 전력, 상기 제1 온도 및 상기 제3 온도에 기초하여 상기 적어도 하나의 회로의 온도를 제어하도록 구성된 컨트롤러를 포함하는 장치.

청구항 17

청구항 16에 있어서,
상기 컨트롤러는, 상기 제1 온도 및 상기 제3 온도에 기초하여 상기 적어도 하나의 회로의 온도를 판정하고, 판정된 상기 온도가 제1 문턱값을 초과하는 경우, 상기 적어도 하나의 회로의 소비 전력을 조절하도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 18

청구항 17에 있어서,
상기 컨트롤러는, 측정된 상기 전력 및 제2 문턱값을 비교하고, 비교 결과에 기초하여 상기 적어도 하나의 회로의 소비 전력을 조절하도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 19

청구항 18에 있어서,
상기 컨트롤러는, 판정된 상기 온도의 변화량에 기초하여 상기 제2 문턱값을 조절하도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 20

청구항 16에 있어서,

상기 적어도 하나의 회로에 공급 전압을 제공하도록 구성된 전압 생성기; 및

상기 적어도 하나의 회로에 클락 신호를 제공하도록 구성된 클락 생성기를 더 포함하고,

상기 컨트롤러는, 상기 전압 생성기 및 상기 클락 생성기를 제어함으로써 상기 적어도 하나의 회로의 소비 전력을 조절하도록 구성된 것을 특징으로 하는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시의 기술적 사상은 열 관리에 관한 것으로서, 자세하게는 전력 측정에 기초한 온도 검출 및 열 관리를 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 발열 구성요소(component)를 포함하는 장치는 적어도 하나의 온도 제한(limit)을 가질 수 있다. 예를 들면, 장치는, 구성요소들의 정상적인 동작을 위한 온도 제한을 가질 수도 있고, 장치가 사용되는 환경에서 요구되는 온도 제한을 가질 수도 있다. 장치 또는 장치에 포함된 구성요소의 온도가 온도 제한에 근접하는 경우, 온도를 감소시키기 위하여 장치의 성능이 제한될 수 있다. 이에 따라, 높은 성능의 구성요소들을 포함하는 장치의 열 관리(thermal management)에서, 장치의 온도를 정확하게 검출하는 것이 중요할 수 있고, 최소의 성능 제한을 통해 온도를 감소시키는 것이 요구될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 개시의 기술적 사상은, 전력 측정에 기초하여 온도를 정확하게 검출하고, 전력 및 온도에 기초하여 장치의 온도를 최적으로 제어하기 위한 방법 및 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 개시의 기술적 사상의 일측면에 따른 장치는, 제1 입력 신호들에 기초하여 동작하도록 구성된 제1 회로, 제1 주기마다, 제1 입력 신호들에 기초하여 제1 회로의 제1 전력을 측정하도록 구성된 제1 전력 모니터, 제2 주기마다, 장치의 온도를 감지하도록 구성된 온도 센서, 및 제1 주기마다 제1 전력에 기초하여 제1 회로의 제1 온도를 추정하고, 제2 주기마다 온도 센서로부터 제2 온도를 수신하고 제2 온도에 기초하여 제1 온도를 교정함으로써 제3 온도를 계산하고, 제1 주기마다 제1 온도 및 제3 온도에 기초하여 제1 회로의 온도를 판정하도록 구성된 컨트롤러를 포함할 수 있고, 제1 주기는, 제2 주기보다 짧을 수 있다.

[0005] 본 개시의 기술적 사상의 일측면에 따른 방법은, 제1 주기마다, 제1 회로의 입력 신호들에 기초하여 제1 회로의 제1 전력을 측정하는 단계, 제1 전력에 기초하여 제1 회로의 제1 온도를 추정하는 단계, 제2 주기마다, 제1 회로를 포함하는 장치의 제2 온도를 감지하고, 제2 온도에 기초하여 제1 온도를 교정함으로써 제3 온도를 계산하는 단계, 및 제1 주기마다, 제1 온도 및 제3 온도에 기초하여 제1 회로의 온도를 판정하는 단계를 포함할 수 있고, 제1 주기는, 제2 주기보다 짧을 수 있다.

[0006] 본 개시의 기술적 사상의 일측면에 따른 장치는, 입력 신호들에 기초하여 동작하도록 구성된 적어도 하나의 회로, 입력 신호들에 기초하여 적어도 하나의 회로의 전력을 측정하도록 구성된 적어도 하나의 전력 모니터, 장치의 온도를 감지하도록 구성된 적어도 하나의 온도 센서, 및 측정된 전력에 기초하여 적어도 하나의 회로의 제1 온도를 추정하고, 온도 센서에 의해서 감지된 제2 온도에 기초하여 제1 온도를 교정함으로써 제3 온도를 계산하고, 측정된 전력, 제1 온도 및 제3 온도에 기초하여 적어도 하나의 회로의 온도를 제어하도록 구성된 컨트롤러를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0007] 본 개시의 예시적 실시예에 따른 방법 및 장치에 의하면, 전력 측정 및 온도 감지에 기인하여 장치의 정확한 온도가 보다 빈번하게 검출될 수 있다.
- [0008] 또한, 본 개시의 예시적 실시예에 따른 방법 및 장치에 의하면, 빈번하게 검출되는 온도에 기인하여 장치의 온도가 시간축에서 조밀하게 제어될 수 있고, 제한된 온도에서 장치의 성능을 최적화할 수 있다.
- [0009] 본 개시의 예시적 실시예들에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 아니며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 이하의 기재로부터 본 개시의 예시적 실시예들이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 도출되고 이해될 수 있다. 즉, 본 개시의 예시적 실시예들을 실시함에 따른 의도하지 아니한 효과들 역시 본 개시의 예시적 실시예들로부터 당해 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 도출될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 2는 본 개시의 예시적 실시예에 따른 온도 검출 및 열 관리를 위한 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 3은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 온도 검출을 위한 방법을 나타내는 메시지도이다.
- 도 4는 본 개시의 예시적 실시예에 따른 온도 검출을 위한 방법을 나타내는 도면이다.
- 도 5는 본 개시의 예시적 실시예에 따른 룩업 테이블을 나타내는 도면이다.
- 도 6은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 7은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 온도 검출을 위한 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 8은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 9는 본 개시의 예시적 실시예에 따른 열 관리를 위한 방법을 나타내는 도면이다.
- 도 10a 및 도 10b는 시간의 흐름에 따라 회로의 전력 및 온도 변화를 나타내는 그래프들이다.
- 도 11은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 온도 검출을 위한 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 12는 본 개시의 예시적 실시예에 따른 온도 검출을 위한 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 13은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 14는 본 개시의 예시적 실시예에 따른 시스템을 나타내는 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 도 1은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 장치(10)를 나타내는 블록도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 장치(10)는 전기 회로(11), 전력 모니터(12), 온도 센서(13), 전압 생성기(14), 클락 생성기(15) 및 열 컨트롤러(16)를 포함할 수 있다.
- [0012] 장치(10)는 발열 구성요소(예컨대, 13)를 포함하는 임의의 장치를 지칭할 수 있다. 예를 들면, 장치(10)는 컴퓨팅 시스템, 메모리 시스템, 통신 시스템, 네트워크 시스템과 같은 전자 시스템 또는 전자 시스템에 포함되는 구성요소일 수 있다. 일부 실시예들에서, 장치(10)는 반도체 공정에 의해서 제조되는 집적 회로일 수 있고, 장치(10)의 구성요소들은 적어도 하나의 패키지에 포함될 수 있다.
- [0013] 전기 회로(11)는 입력 신호(IN)에 기초하여 동작할 수 있다. 일부 실시예들에서, 전기 회로(11)는 디지털 신호 및/또는 아날로그 신호를 처리하도록 구성된 처리 회로(processing circuit)일 수 있다. 예를 들면, 전기 회로(11)는, CPU(central processing unit), GPU(graphic processing unit), NPU(neural processing unit) 등과 같은 프로그램가능한(programmable) 구성요소, IP(intellectual property) 코어 등과 같은 고정된 기능을 제공하는 구성요소 및 FPGA(field programmable gate array) 등과 같은 재구성가능한(reconfigurable) 구성요소 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 전기 회로(11)는, 전술된 구성요소들 중 하나에 포함된 회로 블록일 수도 있다.
- [0014] 전기 회로(11)는 전압 생성기(14)로부터 양의 공급 전압(VDD)(본 명세서에서, 공급 전압으로 지칭될 수 있다)를 수신할 수 있고, 클락 생성기(15)로부터 클락 신호(CLK)를 수신할 수 있다. 전기 회로(11)는 양의 공급 전압

(VDD)을 통해서 제공되는 전력을 사용할 수 있고, 클락 신호(CLK)에 동기되어 동작할 수 있다. 이에 따라, 전기 회로(11)의 소비 전력은 양의 공급 전압(VDD) 및 클락 신호(CLK)에 의존할 수 있다. 예를 들면, 전기 회로(11)의 소비 전력은 양의 공급 전압(VDD)의 크기가 증가할수록 상승할 수 있고, 클락 신호(CLK)의 주파수가 상승할수록 상승할 수 있다. 본 명세서에서 전기 회로(11)는 단순하게 회로로서 지칭될 수 있다.

[0015] 전력 모니터(12)는 전기 회로(11)에 제공되는 입력 신호(IN)를 수신할 수 있고, 입력 신호(IN)에 기초하여 전기 회로(11)에 의해서 소비되는 전력을 측정할 수 있다. 일부 실시예들에서, 전력 모니터(12)는, 본 출원과 동일한 출원인에 의해서 출원되고 본 명세서에 전체로서 참조되어 포함되는, 미국특허출원 제15/931043호에 개시된 동적 전력 모니터(dynamic power monitor; DPM)를 포함할 수 있다. 예를 들면, 전력 모니터(12)는 입력 신호(IN)로서 클락 게이팅 신호 및/또는 인에이블 신호를 수신할 수 있다. 전력 모니터(12)는, 전기 회로(11)의 소비 전력을 결정하는 클락 게이팅 신호 및/또는 인에이블 신호에 기초하여 전기 회로(11)의 전력을 정확하고 신속하게 측정할 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 전력 모니터(12)는 측정된 전력에 대한 정보, 즉 전력 정보(PWR)를 열 컨트롤러(16)에 제공할 수 있다.

[0016] 온도 센서(13)는 전기 회로(11)의 주변 온도를 감지할 수 있고, 감지된 온도에 대한 정보, 즉 온도 정보(TMP)를 열 컨트롤러(16)에 제공할 수 있다. 본 명세서에서, 온도 정보(예컨대, TMP)의 제공은 해당 온도 정보가 나타내는 온도를 제공하는 것으로 단순하게 표현될 수 있다. 온도 센서(13)는, 일부 실시예들에서 전기 회로(11)의 내부에 배치될 수도 있고, 일부 실시예들에서 전기 회로(11)의 주변에 배치될 수도 있다. 온도 센서(13)는 온도를 감지하기 위한 임의의 구조를 가질 수 있고, 예컨대 온도에 따라 변동하는 소자의 특성을 검출함으로써 온도를 감지할 수 있다. 소자의 특성에 기초한 온도 감지 등에 기인하여, 도 3을 참조하여 후술되는 바와 같이, 온도 센서(13)가 온도 정보(TMP)를 열 컨트롤러(16)에 제공하는 주기(본 명세서에서, 제2 주기로서 지칭될 수 있다)는 전력 모니터(12)가 전력 정보(PWR)를 열 컨트롤러(16)에 제공하는 주기(본 명세서에서, 제1 주기로서 지칭될 수 있다)보다 길 수 있다.

[0017] 열 컨트롤러(16)는, 전력 모니터(12)로부터 전력 정보(PWR)를 수신할 수 있고, 온도 센서(13)로부터 장치(10)의 온도 정보(TMP)를 수신할 수 있다. 열 컨트롤러(16)는, 전력 정보(PWR)에 기초하여 전기 회로(11)의 온도를 추정할 수 있고, 추정된 온도를 온도 정보(TMP)에 기초하여 교정할 수 있다. 만일 열 컨트롤러(16)가 온도 센서(13)로부터 제공되는 온도 정보(TMP)에만 기초하여 전기 회로(11)의 온도를 검출하는 경우, 전기 회로(11)의 온도 제어는 전기 회로(11)의 성능을 과도하게 제한할 수 있다. 다른 한편으로, 도 3을 참조하여 후술되는 바와 같이, 열 컨트롤러(16)는, 전력 정보(PWR)에 기초하여 온도를 추정할 수 있고, 온도 정보(TMP)가 수신되는 경우 추정된 온도를 교정할 수 있다. 열 컨트롤러(16)는, 추정된 온도 및 교정된 온도에 기초하여 전기 회로(11)의 온도를 판정할 수 있다. 이에 따라, 열 컨트롤러(16)는, 전기 회로(11)의 정확한 온도를 보다 빈번하게 검출할 수 있다.

[0018] 열 컨트롤러(16)는, 전기 회로(11)의 검출된 온도에 기초하여 전기 회로(11)의 온도를 제어할 수 있다. 예를 들면, 열 컨트롤러(16)는, 검출된 온도가 낮은 경우, 전기 회로(11)에 의한 소비 전력을 증가시킴으로써 전기 회로(11)의 성능을 높일 수 있는 한편, 검출된 온도가 높은 경우, 전기 회로(11)에 의한 소비 전력을 감소시킴으로써 전기 회로(11)의 성능을 제한할 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 열 컨트롤러(16)는, 제1 제어 신호(CTR1)를 통해서 전압 생성기(14)를 제어할 수 있고, 양의 공급 전압(VDD)의 크기를 조절할 수 있다. 또한, 열 컨트롤러(16)는, 제2 제어 신호(CTR2)를 통해서 클락 생성기(15)를 제어할 수 있고, 클락 신호(CLK)의 주파수를 조절할 수 있다. 이와 같이, 공급 전압의 크기 및 클락 주파수를 조절함으로써 온도 및/또는 소비 전력을 제어하는 것은 DVFS(dynamic voltage frequency scaling)로 지칭될 수 있다. 전술된 바와 같이, 열 컨트롤러(16)는, 전기 회로(11)의 정확한 온도를 빈번하게 검출할 수 있고, 이에 따라 전기 회로(11)의 온도를 시간축에서 조밀하게 제어할 수 있다. 결과적으로, 전기 회로(11)는 제한된 온도에서 최적의 성능을 제공할 수 있다.

[0019] 열 컨트롤러(16)는 전술된 동작들을 수행하기 위한 임의의 구조를 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 열 컨트롤러(16)는, 명령어를 실행하도록 구성된 프로세서 및 일련의 명령어들을 저장하는 메모리를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 열 컨트롤러(16)는 스테이트 머신을 포함할 수 있고, 논리 합성에 의해서 설계된 고정된 기능을 제공하는 IP 코어 및/또는 FPGA와 같은 재구성가능한 논리 회로를 포함할 수 있다. 본 명세서에서, 열 컨트롤러(16)는 단순하게 컨트롤러로서 지칭될 수 있다.

[0020] 도 2는 본 개시의 예시적 실시예에 따른 온도 검출 및 열 관리를 위한 방법을 나타내는 순서도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 온도 검출 및 열 관리를 위한 방법은 복수의 단계들(S10 내지 S60)을 포함할 수 있고, 단계

S10 및 단계 S20은 단계 S30 및 단계 S40과 병렬적으로 수행될 수 있다. 일부 실시예들에서, 도 2의 방법은 도 1의 장치(10)에 의해서 수행될 수 있고, 이하에서 도 2는 도 1을 참조하여 설명될 것이다.

- [0021] 도 2를 참조하면, 단계 S10에서 회로의 전력이 측정될 수 있다. 예를 들면, 전력 모니터(12)는, 전기 회로(11)에 제공되는 입력 신호(IN)에 기초하여 전기 회로(11)에 의해서 소비되는 전력을 측정할 수 있다. 전력 모니터(12)는 주기적으로 전력을 측정할 수 있고, 측정된 전력을 나타내는 전력 정보(PWR)를 열 컨트롤러(16)에 제공할 수 있다. 단계 S10의 예시가 도 11을 참조하여 후술될 것이다.
- [0022] 단계 S20에서, 회로의 온도가 추정될 수 있다. 예를 들면, 전기 회로(11)의 온도는 전기 회로(11)의 소비 전력에 의존할 수 있고, 이에 따라 열 컨트롤러(16)는 전력 모니터(12)로부터 제공된 전력 정보(PWR)에 기초하여 전기 회로(11)의 온도를 추정할 수 있다. 본 명세서에서, 전력 정보(PWR)에 기초하여 추정된 온도는 제1 온도로서 지칭될 수 있다. 전력 정보(PWR)에 기초하여 온도를 추정하는 동작의 예시들이 도 4, 도 5 및 도 6을 참조하여 후술될 것이다.
- [0023] 단계 S30에서, 장치의 온도가 감지될 수 있다. 예를 들면, 온도 센서(13)는 전기 회로(11)를 포함하는 장치(10)에 포함될 수 있고, 전기 회로(11)의 주변 온도를 감지할 수 있다. 온도 센서(13)는 주기적으로 온도를 감지할 수 있고, 측정된 온도를 나타내는 온도 정보(TMP)를 열 컨트롤러(16)에 제공할 수 있다. 본 명세서에서, 온도 센서(13)에 의해서 감지된 온도는 제2 온도로서 지칭될 수 있다.
- [0024] 단계 S40에서, 추정된 온도가 교정될 수 있다. 예를 들면, 열 컨트롤러(16)는 온도 정보(TMP)보다 전력 정보(PWR)를 빈번하게 수신할 수 있고, 이에 따라 전력 정보(PWR)가 수신되는 주기마다 전기 회로(11)의 온도를 추정할 수 있다. 온도 센서(13)에 의해서 감지되는 온도는 높은 신뢰도를 가질 수 있고, 열 컨트롤러(16)는 전력 정보(PWR)에 기초하여 추정된 온도를 온도 정보(TMP)에 기초하여 교정할 수 있다. 이에 따라, 전력 정보(PWR)에 기초하여 추정된 온도의 오류가 제거될 수 있다. 본 명세서에서, 전력 정보(PWR)에 기초하여 추정된 온도로부터 온도 정보(TMP)에 기초하여 교정된 온도는 제3 온도로서 지칭될 수 있다.
- [0025] 단계 S50에서, 회로의 온도가 판정될 수 있다. 예를 들면, 열 컨트롤러(16)는 단계 S20에서 추정된 온도(즉, 제1 온도) 및 단계 S40에서 교정된 온도(즉, 제3 온도)에 기초하여 전기 회로(11)의 온도를 판정할 수 있다. 일부 실시예들에서, 열 컨트롤러(16)는, 온도 정보(TMP)가 수신될 때까지 전력 정보(PWR)에 기초하여 추정된 온도를 전기 회로(11)의 온도로서 판정할 수 있고, 온도 정보(TMP)가 수신되는 경우 추정된 온도로부터 교정된 온도를 전기 회로(11)의 온도로서 판정할 수 있다. 본 명세서에서, 열 컨트롤러(16)에 의해서 판정된 온도는 전기 회로(11)의 검출된 온도로서 지칭될 수 있다. 단계 S50의 예시가 도 7을 참조하여 후술될 것이다.
- [0026] 단계 S60에서, 회로의 온도가 제어될 수 있다. 예를 들면, 열 컨트롤러(16)는 단계 S50에서 판정된 온도에 기초하여 전기 회로(11)의 온도를 제어할 수 있다. 열 컨트롤러(16)는 전기 회로(11)의 온도를 감소시키기 위하여, 제1 제어 신호(CTR1) 및/또는 제2 제어 신호(CTR2)를 통해서 양의 공급 전압(VDD)의 크기 및/또는 클럭 신호(CLK)의 주파수를 감소시킬 수 있다. 또한, 열 컨트롤러(16)는 전기 회로(11)의 성능을 증대시키기 위하여, 제1 제어 신호(CTR1) 및/또는 제2 제어 신호(CTR2)를 통해서 양의 공급 전압(VDD)의 크기 및/또는 클럭 신호(CLK)의 주파수를 증가시킬 수 있다. 열 컨트롤러(16)가 전기 회로(11)의 온도를 제어하는 동작의 예시가 도 9 등을 참조하여 후술될 것이다.
- [0027] 도 3은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 온도 검출을 위한 방법을 나타내는 메시지도이다. 구체적으로, 도 3의 메시지도는 전력 모니터(32) 및 온도 센서(33)로부터 열 컨트롤러(36)에 제공되는 메시지들 및 열 컨트롤러(36)의 동작들을 시간의 흐름에 따라 나타낸다. 도 3의 설명에서, 전력 모니터(32)는 회로(예컨대, 도 1의 11)의 전력을 측정하고, 온도 센서(33)는 해당 회로의 주변 온도를 감지하는 것으로 가정된다.
- [0028] 일부 실시예들에서, 전력 모니터(32)는 제1 주기(PER1)마다 전력 정보(PWR)를 열 컨트롤러(36)에 제공할 수 있고, 온도 센서(33)는 제1 주기(PER1)보다 긴 제2 주기(PER2)마다 온도 정보(TMP)를 열 컨트롤러(36)에 제공할 수 있다. 도 1을 참조하여 전술된 바와 같이, 전력 모니터(32)는 회로에 제공되는 입력 신호에 기초하여 전력을 추정할 수 있고, 제1 주기(PER1)는 수 ns(nanoseconds) 내지 수백 ns의 범위에 있을 수 있다. 또한, 도 1을 참조하여 전술된 바와 같이, 온도 센서(33)는 소자의 특성에 기초하여 온도를 감지할 수 있고, 제2 주기(PER2)는 수 μ s(microseconds) 내지 수백 μ s의 범위에 있을 수 있다. 이에 따라, 후술되는 바와 같이, 열 컨트롤러(36)는 제1 주기(PER1)마다 회로의 온도를 추정할 수 있는 한편, 제2 주기(PER2)마다 추정된 온도를 교정할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 주기(PER1)는 변동할 수 있다. 예를 들면, 전력 모니터(32)는 회로에 제공되는 클럭 신호(예컨대, 도 1의 CLK)에 동기되어 동작할 수 있다. 이에 따라, 회로의 온도 제어를 위하여 열 컨트롤러(36)가

클락 신호의 주파수를 조절하는 경우, 전력 모니터(12)의 동작 속도가 변동할 수 있고, 제1 주기(PER1)가 변동할 수 있다.

[0029] 도 3을 참조하면, 단계 S0에서 전력 모니터(32)는 전력 정보(PWR)를 열 컨트롤러(36)에 제공할 수 있고, 단계 S1에서 열 컨트롤러(36)는 단계 S0에서 수신된 전력 정보(PWR)에 기초하여 회로의 온도를 추정할 수 있다. 단계 S0에서 전력 정보(PWR)를 제공한 시점으로부터 제1 주기(PER1)가 초과된 후, 단계 S2에서 전력 모니터(32)는 새로운 전력 정보(PWR)를 열 컨트롤러(36)에 제공할 수 있다. 단계 S3에서 열 컨트롤러(36)는 단계 S2에서 수신된 전력 정보(PWR)에 기초하여 회로의 온도를 추정할 수 있다. 이에 따라, 열 컨트롤러(36)는 제2 주기(PER2)보다 짧은 제1 주기(PER1)마다 회로의 온도를 검출할 수 있다.

[0030] 단계 S4에서 온도 센서(33)는 온도 정보(TMP)를 열 컨트롤러(36)에 제공할 수 있고, 단계 S5에서 열 컨트롤러(36)는 단계 S3에서 추정된 온도를 온도 정보(TMP)에 기초하여 교정할 수 있다. 일부 실시예들에서, 도 4 등을 참조하여 후술되는 바와 같이, 전력 정보(PWR)에 기초한 온도(예컨대, 도 4의 T_{EST})의 추정은 이전에 추정된 온도(예컨대, T_{EST}')에 기초할 수 있고, 이에 따라 추정된 온도에 포함된 오류는 후속하여 추정되는 온도들에 전파될 수 있다. 열 컨트롤러(36)는 전력 정보(PWR)에 기초하여 추정된 온도를 온도 센서(33)로부터 제공되는 온도 정보(TMP)에 기초하여 제2 주기(PER2)마다 교정할 수 있고, 이에 따라 추정된 온도에 포함될 수 있는 오류의 전파가 차단될 수 있다.

[0031] 단계 S6에서 전력 모니터(32)는 전력 정보(PWR)를 열 컨트롤러(36)에 제공할 수 있고, 단계 S7에서 열 컨트롤러(36)는 단계 S7에서 수신된 전력 정보(PWR)에 기초하여 회로의 온도를 추정할 수 있다. 전술된 바와 같이, 회로의 온도가 이전에 추정된 온도에 기초하여 추정되는 경우, 단계 S7에서 열 컨트롤러(36)는 단계 S3에서 추정된 온도 대신, 단계 S5에서 교정된 온도에 기초하여 온도를 추정할 수 있다.

[0032] 단계 S4에서 온도 정보(TMP)를 제공한 시점으로부터 제2 주기(PER2)가 초과된 후, 단계 S8에서 온도 센서(33)는 새로운 온도 정보(TMP)를 열 컨트롤러(36)에 제공할 수 있다. 단계 S9에서 열 컨트롤러(36)는 단계 S8에서 수신된 온도 정보(TMP)에 기초하여, 단계 S8 이전에 추정된 온도를 교정할 수 있다.

[0033] 도 4는 본 개시의 예시적 실시예에 따른 온도 검출을 위한 방법을 나타내는 도면이다. 구체적으로, 도 4는 도 1의 열 컨트롤러(16)가 전력 정보(PWR)로부터 식별하는, 전기 회로(11)의 측정된 전력 P_{MEA} 에 기초하여, 온도 T_{EST} 를 추정하는 동작을 연산자들(operators)을 사용하여 개략적으로 나타낸다. 도 4에서 Z^{-1} 연산자는 단위 지연(unit delay)에 대응할 수 있고, 이전 추정 단계에서 입력된 값을 제공할 수 있다. 일부 실시예들에서, 열 컨트롤러(16)는 도 4에 도시된 연산자들에 대응하는 하드웨어들, 예컨대 가산기들(adders), 승산기들(multipliers), 버퍼들(buffers)을 포함할 수 있다. 또한, 일부 실시예들에서, 열 컨트롤러(16)는 도 4에 도시된 연산자들에 대응하는 연산들을 일련의 명령어들을 실행함으로써 순차적으로 수행할 수도 있다.

[0034] 일부 실시예들에서, 열 컨트롤러(16)는 외피 온도 계산(skin temperature calculation)에 기초하여 온도를 추정할 수 있다. 예를 들면, 열 컨트롤러(16)는 아래 [수학식 1]에 기초하여, 전력 P_{MEA} 으로부터 온도 T_{EST} 를 계산할 수 있다.

수학식 1

[0035]
$$T_{EST}(n) = a_1 * (P_{MEA}(n) + P_{MEA}(n - 1)) + a_2 * T_{EST}(n - 1)$$

[0036] [수학식 1]에서, n은 양의 정수로서 추정 횟수(또는 전력 정보(PWR)의 수신 횟수)에 따라 증가하는 변수일 수 있다. [수학식 1]에서, $P_{MEA}(n)$ 은 현재 측정된 전력, 즉 현재 수신된 전력 정보(PWR)에 포함된 값으로서 도 4의 P_{MEA} 에 대응할 수 있고, $P_{MEA}(n-1)$ 은 이전에 측정된 전력, 즉 이전에 수신된 전력 정보(PWR)에 포함된 값으로서 도 4의 P_{MEA}' 에 대응할 수 있다. 또한, [수학식 1]에서 $T_{EST}(n)$ 은 현재 추정되는 온도로서 도 4의 T_{EST} 에 대응할 수 있고, $T_{EST}(n-1)$ 은 이전에 추정된 온도로서 도 4의 T_{EST}' 에 대응할 수 있다. [수학식 1]에서 계수들 a_1 및 a_2 는 계수들로서, 열 컨트롤러(16)는 다양한 방식으로 a_1 및 a_2 를 획득할 수 있고, 열 컨트롤러(16)가 a_1 및 a_2 를 획득하는 예시들이 도 5 및 도 6을 참조하여 후술될 것이다.

- [0037] 도 4에 도시된 바와 같이, 현재 추정된 온도 T_{EST} 는 이전에 추정된 온도 T_{EST}' 에 기초하여 계산될 수 있다. 이에 따라, 추정된 온도 T_{EST} 에 오류가 포함되는 경우, 해당 오류는 후속하여 추정되는 온도들에 전파될 수 있다. 그러나, 도 3을 참조하여 전술된 바와 같이, 열 컨트롤러(16)는 온도 센서(13)로부터 제공되는 높은 신뢰도의 온도 정보(TMP)에 기초하여 주기적으로, 즉 제2 주기(PER2)마다 T_{EST} 를 교정할 수 있고, 오류의 전파가 차단될 수 있다.
- [0038] 도 5는 본 개시의 예시적 실시예에 따른 룩업 테이블(50)을 나타내는 도면이다. 구체적으로, 도 5는 도 4의 계수들, 즉 a_1 및 a_2 를 제공하는 룩업 테이블(50)을 나타낸다. 이하에서, 도 5는 도 1을 참조하여 설명될 것이다.
- [0039] 일부 실시예들에서, 도 1의 장치(10)는 도 5의 룩업 테이블(50)을 포함할 수 있다. 예를 들면, 장치(10)는, 플래시 메모리, OTP(one-time programmable) 메모리 등과 같이 전력 공급이 차단되더라도 데이터를 소실하지 아니하는 비휘발성(non-volatile) 메모리를 포함할 수 있고, 룩업 테이블(50)은 비휘발성 메모리에 저장될 수 있다. 열 컨트롤러(16)는 비휘발성 메모리에 액세스함으로써 룩업 테이블(50)로부터 도 4의 a_1 및 a_2 를 획득할 수 있다. 일부 실시예들에서, 룩업 테이블(50)에 포함된 a_1 및 a_2 의 값들은 장치(10)를 테스트함으로써 관정될 수 있고, 장치(10)의 제조 단계에서 외부에서 주입될 수 있다.
- [0040] 일부 실시예들에서, 룩업 테이블(50)은 전기 회로(11)의 동작 파라미터들의 복수의 조합들에 대응하는 a_1 및 a_2 의 값들을 포함할 수 있다. 예를 들면, 룩업 테이블(50)은 양의 공급 전압(VDD)의 크기 및 클락 신호(CLK)의 복수의 조합들에 대응하는 a_1 및 a_2 의 값들을 포함할 수 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 룩업 테이블(50)은, 제1 전압(V1)인 양의 공급 전압(VDD) 및 제1 주파수(f1)의 클락 신호(CLK)에 대응하는 a_1 및 a_2 의 값들로서, X11 및 Y11을 포함할 수 있다. 또한, 룩업 테이블(50)은, 제1 전압(V1)인 양의 공급 전압(VDD) 및 제2 주파수(f2)의 클락 신호(CLK)에 대응하는 a_1 및 a_2 의 값들로서, X12 및 Y12를 포함할 수 있다. 유사하게, 룩업 테이블(50)은, 제2 전압(V2) 및 제1 주파수(f1)에 대응하는 X21 및 Y21을 포함할 수 있고, 제2 전압(V2) 및 제2 주파수(f2)에 대응하는 X22 및 Y22를 포함할 수 있다.
- [0041] 열 컨트롤러(16)는 전기 회로(11)의 동작 파라미터들을 식별할 수 있고, 식별한 동작 파라미터들에 대응하는 계수들을 룩업 테이블(50)로부터 획득할 수 있다. 예를 들면, 제1 제어 신호(CTR1)를 통해서 전압 생성기(14)를 제어하고 제2 제어 신호(CTR2)를 통해서 클락 생성기(15)를 제어하는, 열 컨트롤러(16)는 현재 전기 회로(11)에 제공되는 양의 공급 전압(VDD)의 크기 및 클락 신호(CLK)의 주파수를 식별할 수 있다. 열 컨트롤러(16)는 룩업 테이블(50)로부터 현재 양의 공급 전압(VDD)의 크기 및 클락 신호(CLK)의 주파수에 대응하는 a_1 및 a_2 의 값들을 획득할 수 있고, 획득된 값들 및 [수학식 1]에 기초하여 전력 정보(PWR)로부터 전기 회로(11)의 온도를 추정할 수 있다.
- [0042] 도 6은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 장치(60)를 나타내는 블록도이다. 구체적으로, 도 6의 블록도는 기계 학습 모델(ML)에 기초하여 도 4의 계수들, 즉 a_1 및 a_2 를 획득하는 열 컨트롤러(62)를 포함하는 장치(60)를 나타낸다. 도 6에 도시된 바와 같이, 장치(60)는 열 컨트롤러(62) 및 프로세서(68)를 포함할 수 있다.
- [0043] 열 컨트롤러(62)는 전기 회로(11)의 상태를 나타내는 동작 파라미터들(PAR)을 프로세서(68)에 제공할 수 있고, 프로세서(68)로부터 도 4의 계수들, 즉 a_1 및 a_2 를 수신할 수 있다. 동작 파라미터들(PAR)은, 비제한적인 예로서 양의 공급 전압(VDD)의 크기, 클락 신호(CLK)의 주파수, 전기 회로(11)의 현재 측정된 전력 및/또는 검출된 온도를 포함할 수 있다.
- [0044] 프로세서(68)는 기계 학습 모델(ML)을 실행할 수 있다. 프로세서(68)는, NPU 등과 같이 기계 학습 모델(ML)을 실행하기 위하여 설계된 전용의 하드웨어일 수도 있고, CPU 및 GPU 등과 같이 다양한 목적의 하드웨어로서 기계 학습 모델(ML)을 실행할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 프로세서(68)는 기계 학습 모델(ML)의 실행에 필요한 데이터를 저장하기 위한 메모리를 포함하거나 프로세서(68)의 외부에 있는 메모리에 액세스할 수 있다.
- [0045] 기계 학습 모델(ML)은 전기 회로(11)의 동작 파라미터들의 복수의 샘플들에 의해서 학습된(trained) 상태일 수 있다. 이에 따라, 프로세서(68)는 열 컨트롤러(62)로부터 제공된 동작 파라미터들(PAR)에 응답하여 기계 학습 모델(ML)이 제공하는 출력으로부터 a_1 및 a_2 를 생성할 수 있고, a_1 및 a_2 를 열 컨트롤러(62)에 제공할 수 있다. 기계 학습 모델(ML)은 동작 파라미터들의 복수의 샘플들에 의해서 학습된 임의의 모델일 수 있다. 예를 들면, 기계 학습 모델(ML)은, 인공 신경망(artificial neural network), 결정 트리, 서포트 벡터 머신, 회귀 분석

(regression analysis), 베이지 네트워크(Bayesian network), 유전 계획법(genetic algorithm) 등에 기초한 모델일 수 있다. 일부 실시예들에서, 기계 학습 모델(ML)이 인공 신경망에 기초하는 경우, 인공신경망은, 비제한적인 예시로서 CNN(convolution neural network), R-CNN(region with convolution neural network), RPN(region proposal network), RNN(recurrent neural network), S-DNN(stackng-based deep neural network), S-SDNN(state-space dynamic neural network), Deconvolution Network, DBN(deep belief network), RBM(restricted Boltzmann machine), Fully Convolutional Network, LSTM(long short-term memory) Network, Classification Network를 포함할 수 있다.

[0046] 일부 실시예들에서, 프로세서(68)는 기계 학습 모델(ML)을 학습시킬 수 있다. 예를 들면, 도 6에 도시된 바와 같이, 열 컨트롤러(62)는 최종적으로 판정된 전기 회로(11)의 온도, 즉 검출된 온도(T_{DET})를 프로세서(68)에 제공할 수 있다. 프로세서(68)는 동작 파라미터들(PAR) 및 열 컨트롤러(62)에 제공한 a_1 및 a_2 에 기초하여 추정된 온도를 획득할 수 있고, 획득된 온도 및 열 컨트롤러(62)가 제공한 검출된 온도(T_{DET}) 사이 차이에 기초하여 기계 학습 모델(ML)을 학습시킬 수 있다. 일부 실시예들에서, 온도 센서(예컨대, 도 1의 13)가 회로(예컨대, 도 1의 11)의 내부에 배치되는 경우, 열 컨트롤러(62)는 온도 센서에 의해서 감지된 온도를 프로세서(68)에 제공할 수 있고, 프로세서(68)는 열 컨트롤러(62)로부터 제공된 온도에 기초하여 기계 학습 모델(ML)을 학습시킬 수도 있다.

[0047] 도 7은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 온도 검출을 위한 방법을 나타내는 순서도이다. 구체적으로, 도 7의 순서도는 도 2의 단계 S50의 예시를 나타낸다. 도 2를 참조하여 진술된 바와 같이, 도 7의 단계 S50'에서 회로의 온도가 판정될 수 있다. 도 7에 도시된 바와 같이, 단계 S50'은 단계 S52 및 단계 S54를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 단계 S50'은 도 1의 열 컨트롤러(16)에 의해서 수행될 수 있고, 이하에서 도 7은 도 1을 참조하여 설명될 것이다.

[0048] 도 7을 참조하면, 단계 S52에서 추정된 온도(즉, 제1 온도) 및 감지된 온도(즉, 제2 온도) 사이 차이에 기초하여 가중치들이 설정될 수 있고, 단계 S54에서 온도가 추정된 온도 및 감지된 온도의 가중합(weighted sum)으로서 판정될 수 있다. 예를 들면, 열 컨트롤러(16)는 아래 [수학식 2]에 기초하여 전기 회로(11)의 온도(T_{DET})를 판정할 수 있다.

수학식 2

[0049]
$$T_{DET} = w_1 * T_{EST} + w_2 * T_{SEN}$$

[0050] [수학식 2]에서, T_{EST} 는 전력 정보(PWR)에 기초하여 추정된 온도일 수 있고, T_{SEN} 은 온도 센서(13)로부터 제공된 온도 정보(TMP)에 대응하는 온도일 수 있다.

[0051] 열 컨트롤러(16)는 추정된 온도(T_{EST}) 및 감지된 온도(T_{SEN}) 사이 차이에 기초하여 [수학식 2]의 제1 가중치(w_1) 및 제2 가중치(w_2)를 판정할 수 있다. 예를 들면, 열 컨트롤러(16)는, 추정된 온도(T_{EST}) 및 감지된 온도(T_{SEN}) 차이가 증가할수록 증가하는 제2 가중치(w_2)를 설정할 수 있고, 추정된 온도(T_{EST}) 및 감지된 온도(T_{SEN}) 차이가 증가할수록 감소하는 제1 가중치(w_1)를 설정할 수 있다. 이에 따라, 추정된 온도(T_{SET})에 포함된 오류가 조기에 제거될 수 있다.

[0052] 일부 실시예들에서, 도 7에 도시된 바와 상이하게, 단계 S52가 생략될 수 있다. 예를 들면, 열 컨트롤러(16)는 미리 정의된 가중치들에 기초하여 추정된 온도 및 감지된 온도의 가중합으로서 온도를 판정할 수 있다. 예를 들면, 온도 센서(13)가 전기 회로(11)로부터 이격되어 배치되는 경우, 온도 센서(13)가 감지한 온도, 즉 감지된 온도(T_{SEN})는 전기 회로(11)의 실제 온도와 상이할 수 있다. 이에 따라, 제1 가중치(w_1) 및 제2 가중치(w_2)는, 전기 회로(11) 및 온도 센서(13)사이 매체(medium)의 특성(예컨대, 열전도도)에 기초하여 미리 계산되거나, 테스트에 의해서 미리 판정될 수 있고, 열 컨트롤러(16)는 미리 정의된 제1 가중치(w_1) 및 제2 가중치(w_2)에 기초하여 검출된 온도(T_{DET})를 판정할 수 있다. 또한, 일부 실시예들에서, 열 컨트롤러(16)는 온도 센서(13)로부터 온도 정보(TMP) 수신시, 검출된 온도(T_{DET})를 온도 정보(TMP)가 나타내는 감지된 온도(T_{SEN})와 동일하게 판정할 수

있다. 즉, 열 컨트롤러(16)는 [수학식 2]에서 제1 가중치(w_1)를 영(zero)으로 설정할 수 있고, 제2 가중치(w_2)를 일(one)로 설정할 수 있다.

[0053] 도 8은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 장치(80)를 나타내는 블록도이다. 구체적으로, 도 8의 블록도는 복수의 온도 센서들을 포함하는 장치(80)를 나타낸다. 이하에서 도 8에 대한 설명 중 도 1에 대한 설명과 중복되는 내용은 생략될 것이다.

[0054] 도 8을 참조하면, 장치(80)는, 제1 온도 센서(81), 제2 온도 센서(82), 제3 온도 센서(83), 전기 회로(84), 전력 모니터(85) 및 열 컨트롤러(86)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 장치(80)는 열 컨트롤러(86)에 의해서 제어되는 전압 생성기 및/또는 클락 생성기를 더 포함할 수 있다. 또한, 일부 실시예들에서, 도 8에 도시된 바와 상이하게, 장치(80)는 2개의 온도 센서들 또는 3개 초과 온도 센서들을 포함할 수도 있다. 열 컨트롤러(86)는 제1 온도 정보(TMP1)를 제1 온도 센서(81)로부터 수신할 수 있고, 제2 온도 정보(TMP2)를 제2 온도 센서(82)로부터 수신할 수 있으며, 제3 온도 정보(TMP3)를 제3 온도 센서(83)로부터 수신할 수 있다. 또한, 열 컨트롤러(86)는 전력 모니터(85)가 전기 회로(84)의 전력을 측정함으로써 생성한 전력 정보(PWR)를 전력 모니터(85)로부터 수신할 수 있다.

[0055] 장치(80)는 전기 회로(84)뿐만 아니라 다수의 다른 발열 구성요소들에 의한 온도를 감지하기 위하여 복수의 온도 센서들, 즉 제1 온도 센서(81), 제2 온도 센서(82) 및 제3 온도 센서(83)를 포함할 수 있다. 제1 온도 센서(81), 제2 온도 센서(82) 및 제3 온도 센서(83)에 의해서 감지된 온도들은 전기 회로(84)에 의해서 방출된 열에 의존할 수 있고, 이에 따라 열 컨트롤러(86)는 전력 정보(PWR)에 기초하여 추정된 온도를 제1 온도 센서(81), 제2 온도 센서(82) 및 제3 온도 센서(83)에 의해서 감지된 온도들에 기초하여 교정할 수 있다. 일부 실시예들에서, 열 컨트롤러(86)는 전력 정보(PWR)에 기초하여 추정된 온도를 제1 온도 정보(TMP1), 제2 온도 정보(TMP2) 및 제3 온도 정보(TMP3) 각각에 기초하여 교정할 수 있고, 교정된 온도들을 평균함으로써 전기 회로(84)의 온도를 검출할 수 있다. 일부 실시예들에서, 열 컨트롤러(86)는 [수학식 2]를 참조하여 전술된 바와 같이, 제1 온도 정보(TMP1), 제2 온도 정보(TMP2) 및 제3 온도 정보(TMP3)가 각각 나타내는 온도들 및 전력 정보(PWR)에 기초하여 추정된 온도의 가중합으로서 전기 회로(84)의 온도를 검출할 수도 있다.

[0056] 도 9는 본 개시의 예시적 실시예에 따른 열 관리를 위한 방법을 나타내는 도면이다. 구체적으로, 도 9는 검출된 온도(T_{DET}) 및 측정된 전력(P_{MEA})에 기초하여 회로의 온도를 제어하는 방법에 대응하는 의사 코드(pseudo code)를 나타낸다. 일부 실시예들에서, 도 9의 방법은 도 1의 열 컨트롤러(16)에 의해서 수행될 수 있고, 이하에서 도 9는 도 1을 참조하여 설명될 것이다.

[0057] 일부 실시예들에서, 열 컨트롤러(16)는 전기 회로(11)의 온도가 일정한 온도를 초과하는 경우, DVFS를 수행할 수 있다. 예를 들면, 도 9의 라인 11과 같이, 검출된 온도(T_{DET}) 및 제1 문턱값(THR_1)이 비교될 수 있다. 전기 회로(11)의 검출된 온도(T_{DET})가 제1 문턱값(THR_1)이하인 경우, 열 컨트롤러(16)는 전기 회로(11)의 성능을 제한하지 아니할 수 있고, 이에 따라 전기 회로(11)는 최대 성능에 기초하여 동작할 수 있다. 다른 한편으로, 전기 회로(11)의 검출된 온도(T_{DET})가 제1 문턱값(THR_1)을 초과하는 경우, 후술되는 바와 같이 열 컨트롤러(16)는 전기 회로(11)에 의해서 소비되는 전력을 조절함으로써 전기 회로(11)의 온도를 제어할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 문턱값(THR_1)은 전기 회로(11)의 온도 제한 또는 임계 온도(critical temperature)(예컨대, 도 10a 및 도 10b의 T_c)보다 낮을 수 있다.

[0058] 일부 실시예들에서, 열 컨트롤러(16)는, 전기 회로(11)의 소비 전력이 높은 경우 온도의 상승을 예측할 수 있는 한편, 전기 회로(11)의 소비 전력이 낮은 경우 온도의 하강을 예측할 수 있다. 이에 따라, 열 컨트롤러(16)는, 전기 회로(11)의 측정된 전력(P_{MEA})에 기초하여 전기 회로(11)의 소비 전력을 조절할 수 있다. 예를 들면, 도 9의 라인 12와 같이, 측정된 전력(P_{MEA}) 및 제2 문턱값(THR_2)이 비교될 수 있다. 전기 회로(11)의 측정된 전력(P_{MEA})이 제2 문턱값(THR_2)을 초과하는 경우, 도 9의 라인 13과 같이, 열 컨트롤러(16)는 전기 회로(11)의 소비 전력을 감소시킬 수 있다. 예를 들면, 제2 문턱값(THR_2)을 초과하는 전력은 전기 회로(11)의 온도를 상승시킬 수 있고, 이에 따라 열 컨트롤러(16)는 전기 회로(11)의 소비 전력을 감소시킬 수 있고, 전기 회로(11)의 성능이 제한될 수 있다. 다른 한편으로, 전기 회로(11)의 측정된 전력(P_{MEA})이 제2 문턱값(THR_2) 이하인 경우, 도 9의 라인 15와 같이, 열 컨트롤러(16)는 전기 회로(11)의 소비 전력을 증가시킬 수 있다. 예를 들면, 제2 문턱값(THR_2) 이하의 전력은 전기 회로(11)의 온도를 상승시키기에 부족할 수 있고, 이에 따라 열 컨트롤러(16)는 전

기 회로(11)의 소비 전력을 증가시킬 수 있고, 전기 회로(11)의 성능이 향상될 수 있다. 일부 실시예들에서, 후술되는 바와 같이, 제2 문턱값(THR_2)은 동적으로 변동할 수 있다.

[0059] 열 컨트롤러(16)는, 도 1을 참조하여 전술된 바와 같이, 제1 제어 신호(CTR1) 및/또는 제2 제어 신호(CTR2)를 통해서 양의 공급 전압(VDD)의 크기 및/또는 클럭 신호(CLK)의 주파수를 조절할 수 있고, 이에 따라 전기 회로(11)의 소비 전력이 조절될 수 있다. 열 컨트롤러(16)가 제1 제어 신호(CTR1) 및/또는 제2 제어 신호(CTR2)를 통해서 전기 회로(11)가 소비 전력을 증가시키는 것은 DVFS의 업-스케일링으로 지칭될 수 있는 한편, 열 컨트롤러(16)가 제1 제어 신호(CTR1) 및/또는 제2 제어 신호(CTR2)를 통해서 전기 회로(11)가 소비 전력을 감소시키는 것은 DVFS의 다운-스케일링으로 지칭될 수 있다.

[0060] 일부 실시예들에서, 열 컨트롤러(16)는 검출된 온도(T_{DET})의 변화량(또는 변화율, 기울기)에 기초하여 제2 문턱값(THR_2)을 조절할 수 있다. 검출된 온도(T_{DET})가 빠른 속도로 상승하는 경우, 전기 회로(11)의 소비 전력을 적극적으로 감소시키기 위하여, 열 컨트롤러(16)는 제2 문턱값(THR_2)을 감소시킬 수 있다. 예를 들면, 도 9의 라인 18과 같이, 현재 검출된 온도(T_{DET}) 및 이전에 검출된 온도(T_{DET}') 사이 차이가 제3 문턱값(THR_3)과 비교될 수 있다. 현재 검출된 온도(T_{DET}) 및 이전에 검출된 온도(T_{DET}') 사이 차이가 제3 문턱값(THR_3)을 초과하는 경우, 도 9의 라인 19와 같이, 제2 문턱값(THR_2)은 u 만큼 감소할 수 있다(u 는 양의 실수). 다른 한편으로, 현재 검출된 온도(T_{DET}) 및 이전에 검출된 온도(T_{DET}') 사이 차이가 제3 문턱값(THR_3) 이하인 경우, 도 9의 라인 21과 같이, 제2 문턱값(THR_2)은 u 만큼 증가할 수 있다.

[0061] 도 10a 및 도 10b는 시간의 흐름에 따라 회로의 전력 및 온도 변화를 나타내는 그래프들이다. 구체적으로, 도 10a의 그래프는 비교예에 따라 회로의 전력 및 온도 변화를 나타내고, 도 10b는 본 개시의 예시적 실시예에 따라 회로의 전력 및 온도 변화를 나타낸다. 이하에서, 도 10a 및 도 10b에 대한 중복된 설명은 생략될 것이다.

[0062] 도 10a를 참조하면, 회로의 소비 전력이 증가함에 따라 회로의 온도(10a)는 상승할 수 있고, 회로의 소비 전력이 감소함에 따라 회로의 온도(10a)는 감소할 수 있다. 상대적으로 긴 주기마다 회로의 전력이 조절되는 경우, 회로의 온도가 임계 온도(T_c)를 초과하여 상승하거나 회로의 성능이 과도하게 제한될 수 있다. 예를 들면, 도 10a에 도시된 바와 같이, 일정한 주기(예컨대, 온도 센서의 동작 주기)마다 회로의 전력이 조절되는 경우, 제1 구간(P11a), 제2 구간(P12a) 및 제3 구간(P13a)과 같이 높은 소비 전력이 해당 주기동안 유지될 수 있다. 이에 따라, 회로의 온도(10a)는 임계 온도(T_c)를 초과하여 상승할 수 있고, 결과적으로 회로 및/또는 회로를 포함하는 장치의 오동작 및/또는 고장뿐만 아니라, 장치 사용자의 피해가 유발될 수 있다.

[0063] 도 10b를 참조하면, 본 개시의 예시적 실시예에 따라, 회로의 소비 전력이 보다 시간축에서 조밀하게 조절될 수 있고, 회로의 온도(10b)는 임계 온도(T_c) 이하로 유지될 수 있다. 도 10b에 도시된 바와 같이, 제1 구간(P11b), 제2 구간(P12b) 및 제3 구간(P13b) 각각의 초기에 회로의 높은 전력이 측정되는 경우, 제1 구간(P11b), 제2 구간(P12b) 및 제3 구간(P13b)이 연장될 수 있는 반면, 회로의 소비 전력이 조기에 감소할 수 있다. 이에 따라, 회로의 온도(10b)는 상승이 제한될 수 있고, 임계 온도(T_c) 아래로 유지될 수 있다.

[0064] 도 11은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 온도 검출을 위한 방법을 나타내는 순서도이다. 구체적으로, 도 11의 순서도는 도 2의 단계 S10의 예시를 나타낸다. 도 2를 참조하여 전술된 바와 같이, 도 11의 단계 S10'에서 회로의 전력이 측정될 수 있다. 도 11에 도시된 바와 같이, 단계 S10'은 단계 S12 및 단계 S14를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 단계 S10'은 도 1의 전력 모니터(12)에 의해서 수행될 수 있고, 이하에서 도 11은 도 1을 참조하여 설명될 것이다.

[0065] 도 11을 참조하면, 단계 S12에서 클럭 게이팅 신호 및/또는 인에이블 신호가 수신될 수 있다. 클럭 게이팅 신호가 활성화 되는 경우, 전기 회로(11)에 제공되는 클럭 신호(CLK)의 사이클들이 차단될 수 있고, 이에 따라 전기 회로(11)의 동작이 중단(suspend)될 수 있다. 또한, 인에이블 신호가 비활성화되는 경우, 전기 회로(11)가 디스에이블될 수 있고, 전기 회로(11)에 의한 전력 소비가 감소하거나 제거될 수 있다. 이에 따라, 클럭 게이팅 신호 및/또는 인에이블 신호는 전기 회로(11)의 전력을 측정하는데 사용될 수 있고, 전력 모니터(12)는 전기 회로(11)에 제공되는 클럭 게이팅 신호 및/또는 인에이블 신호를 수신할 수 있다.

[0066] 단계 S14에서, 수신된 신호의 상태들에 기초하여 회로의 전력이 식별될 수 있다. 예를 들면, 미국특허출원 제 15/931043호에 개시된 바와 같이, 전력 모니터(12)는 클럭 게이팅 신호 및/또는 인에이블 신호의 상태들에 대응

하는 복수의 전력 범위들을 참조할 수 있다. 전력 모니터(12)는 단계 S12에서 수신된 클락 게이팅 신호 및/또는 인에이블 신호의 상태들을 저장할 수 있고, 복수의 전력 범위들 중 저장된 상태들에 대응하는 전력 범위를 전기 회로(11)의 전력으로서 식별할 수 있다. 전력 모니터(12)는 식별된 전력을 나타내는 전력 정보(PWR)를 생성할 수 있고, 열 컨트롤러(16)에 제공할 수 있다.

[0067] 도 3 등을 참조하여 전술된 바와 같이, 단계 S10'은 주기적으로 수행될 수 있다. 예를 들면, 전력 모니터(12)는 제1 주기(PER1)동안 수신된 클락 게이팅 신호 및/또는 인에이블 신호에 기초하여 전기 회로(11)의 전력을 식별할 수 있고, 제1 주기(PER1)마다 전력 정보(PWR)를 생성할 수 있다. 제1 주기(PER1)는 온도 센서(13)가 온도를 감지하는 주기, 즉 제2 주기(PER2)보다 짧을 수 있고, 이에 따라 열 컨트롤러(16)는 전기 회로(11)의 온도를 보다 빈번하게 검출할 수 있다.

[0068] 도 12는 본 개시의 예시적 실시예에 따른 온도 검출을 위한 방법을 나타내는 순서도이다. 구체적으로, 도 12의 순서도는 도 2의 단계 S20의 예시를 나타낸다. 도 2를 참조하여 전술된 바와 같이, 도 12의 단계 S20'에서 회로의 온도가 추정될 수 있다. 도 12에 도시된 바와 같이, 단계 S20'은 단계 S22 및 단계 S24를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 단계 S20'는 도 1의 전력 모니터(12)에 의해서 수행될 수 있고, 이하에서 도 12는 도 1을 참조하여 설명될 것이다.

[0069] 도 12를 참조하면, 단계 S22에서 일련의 측정들에 대응하는 전력 값들이 수집될 수 있다. 예를 들면, 열 컨트롤러(16)는 제1 주기(PER1)마다 수신되는 전력 정보(PWR)에 대응하는 전력 값을 수집할 수 있다. 일부 실시예들에서, 전력 모니터(12)는 열 컨트롤러(16)뿐만 아니라 장치(10)의 다른 구성요소들에 의해서 사용될 수 있고, 이에 따라 제1 주기(PER1)는 열 컨트롤러(16)가 전기 회로(11)의 온도를 제어하는데 요구되는 주기보다 짧을 수 있다. 이에 따라, 열 컨트롤러(16)는 다수의 제1 주기(PER1)들에 대응하는 구간 동안, 일련의 측정들에 대응하는 전력 값들을 수집할 수 있고, 전력 값들을 수집하는 구간은 제2 주기(PER2)보다 여전히 짧을 수 있다.

[0070] 단계 S24에서, 수집된 값들에 기초하여 전력 값들에 기초하여 회로의 온도가 추정될 수 있다. 예를 들면, 열 컨트롤러(16)는 단계 S22에서 수집된 전력 값들을 평균할 수 있고, 평균값을 전기 회로(11)의 측정된 전력으로서 식별할 수 있다. 열 컨트롤러(16)는, 도 4 등을 참조하여 전술된 바와 같이, 식별된 전력에 기초하여 온도를 추정할 수 있다.

[0071] 도 13은 본 개시의 예시적 실시예에 따른 장치(130)를 나타내는 블록도이다. 구체적으로, 도 13의 블록도는 복수의 전력 모니터들을 포함하는 장치(130)를 나타낸다. 이하에서 도 13에 대한 설명 중 도 1에 대한 설명과 중복되는 내용은 생략될 것이다.

[0072] 도 13을 참조하면, 장치(130)는, 제1 전기 회로(131), 제1 전력 모니터(132), 제2 전기 회로(133), 제2 전력 모니터(134), 제3 전기 회로(135), 제3 전력 모니터(136), 온도 센서(137) 및 열 컨트롤러(138)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 장치(130)는 열 컨트롤러(138)에 의해서 제어되는 전압 생성기 및/또는 클락 생성기를 더 포함할 수 있다. 또한, 일부 실시예들에서, 도 13에 도시된 바와 상이하게, 장치(80)는 2개의 전력 모니터들 또는 3개 초과 전력 모니터들을 포함할 수도 있다. 열 컨트롤러(138)는, 제1 전력 정보(PWR1)를 제1 전력 모니터(132)로부터 수신할 수 있고, 제2 전력 정보(PWR2)를 제2 전력 모니터(134)로부터 수신할 수 있으며, 제3 전력 정보(PWR3)를 제3 전력 모니터(136)로부터 수신할 수 있다. 또한, 열 컨트롤러(138)는 온도 센서(137)로부터 온도 정보(TMP)를 수신할 수 있다.

[0073] 장치(130)는 다양한 기능들을 각각 수행하도록 설계된 복수의 회로들, 즉 제1 전기 회로(131), 제2 전기 회로(133) 및 제3 전기 회로(135)를 포함할 수 있다. 예를 들면, 장치(130)는, 어플리케이션 프로세서(application processor; AP)와 같은 시스템-온-칩일 수 있고, 열 컨트롤러(138)는 시스템-온-칩에 포함될 수 있다. 제1 전기 회로(131), 제2 전기 회로(133) 및 제3 전기 회로(135) 각각은, 버스를 통해서 상호 통신하는 시스템-온-칩의 구성요소, 예컨대 프로세서, 하드웨어 가속기, 메모리 장치, 메모리 컨트롤러, 입출력 인터페이스 장치, 디스플레이 드라이버 장치, 네트워크 인터페이스 장치 등에 대응하거나, 전술된 구성요소 내에 포함된 회로 블록에 대응할 수 있다.

[0074] 제1 전력 모니터(132), 제2 전력 모니터(134) 및 제3 전력 모니터(136)는, 제1 전기 회로(131), 제2 전기 회로(133) 및 제3 전기 회로(135)의 소비 전력들을 각각 측정할 수 있다. 열 컨트롤러(138)는, 제1 전력 정보(PWR1), 제2 전력 정보(PWR2) 및 제3 전력 정보(PWR3)에 기초하여, 장치(130)의 국부적인 온도들을 추정할 수 있고, 추정된 온도들을 온도 정보(TMP)에 기초하여 교정할 수 있다. 이에 따라, 장치(130)에서 다수의 온도 센서들이 분산되어 배치되지 아니하더라도, 열 컨트롤러(138)는 국부적 영역들, 즉 제1 전기 회로(131), 제2 전기

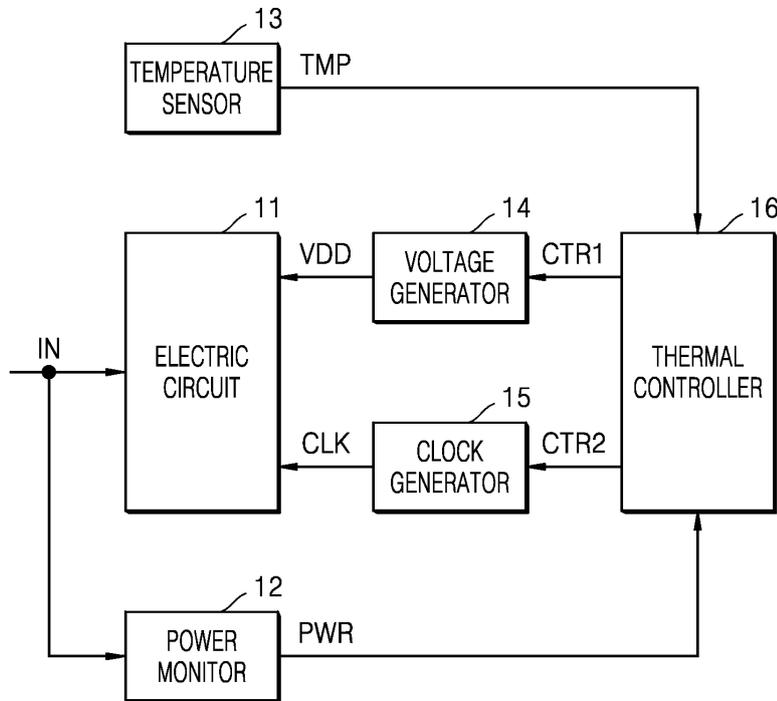
회로(133) 및 제3 전기 회로(135)가 배치된 영역들의 온도를 용이하게 검출할 수 있다.

- [0075] 도 14는 본 개시의 예시적 실시예에 따른 시스템(200)을 나타내는 블록도이다. 시스템(200)은, 비제한적인 예시로서 데스크톱 컴퓨터, 워크스테이션, 서버(Server), 랩톱 컴퓨터, 태블릿 컴퓨터, 모바일 폰, 웨어러블(wearable) 장치, MIPI 연합(Mobile Industry Processor Interface Alliance)에 의해 제안된 인터페이스 규약을 이용하거나 지원할 수 있는 데이터 처리 장치, 가전 기기, 블랙박스, 드론 등일 수 있다.
- [0076] 도 14를 참조하면, 시스템(200)은 시스템-온-칩(210), 디스플레이(260), 및 이미지 센서(270)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 시스템-온-칩(210)은 도면들을 참조하여 진술된 장치를 포함할 수 있다. 도 14에 도시된 바와 같이, 시스템-온-칩(210)은, DigRF 마스터(211), DSI(display serial interface) 호스트(212), CSI(camera serial interface) 호스트(213), 및 물리 계층(214)을 포함할 수 있다. DSI 호스트(212)는 DSI에 따라 디스플레이(260)의 DSI 장치(261)와 통신할 수 있다. DSI 호스트(212)에는 시리얼라이저(serializer)(SER)가 포함될 수 있고, DSI 장치(261)에는 디시리얼라이저(deserializer)(DES)가 포함될 수 있다. CSI 호스트(213)는 CSI에 따라 이미지 센서(270)의 CSI 장치(271)와 통신할 수 있다. CSI 호스트(213)에는 디시리얼라이저(DES)가 포함될 수 있고, CSI 장치(271)에는 시리얼라이저(SER)가 포함될 수 있다.
- [0077] 시스템(200)은 시스템-온-칩(210)과 통신하는 RF(radio frequency) 칩(240)을 더 포함할 수 있다. RF 칩(240)은 물리 계층(241), DigRF 슬레이브(242) 및 안테나(243)를 포함할 수 있다. 예를 들어, RF 칩(240)의 물리 계층(241)과 시스템-온-칩(210)의 물리 계층(214)은 MIPI 연합에 의해 제안된 DigRF 인터페이스에 의해 서로 데이터를 송수신할 수 있다.
- [0078] 시스템(200)은 Wimax(world interoperability for microwave access) 모듈(221), WLAN(wireless local area network) 모듈(222), UWB(ultra wideband) 모듈(223) 등과 같은 통신 모듈을 통해서 외부 장치 및/또는 시스템과 통신할 수 있다. 시스템(200)은 워킹 메모리(234) 및 임베디드/카드 저장 장치(233)를 더 포함할 수 있다. 워킹 메모리(234) 및 임베디드/카드 저장 장치(233)는 시스템-온-칩(210)에 관련된 데이터를 저장할 수 있다. 임베디드 저장 장치는 시스템(200) 내에 내장될 수 있고, 카드 저장 장치는 착탈가능하게 시스템(200)에 연결될 수 있다. 또한, 시스템(200)은 스피커(231), 마이크(232), GPS(global positioning system) 장치(251), 브릿지 칩(252) 및 전력 관리 집적 회로(power management integrated circuit; PMIC)(253)를 더 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, PMIC(253)는 공급 전압을 시스템-온-칩(210)에 제공할 수 있고, 시스템-온-칩(210)에 포함된 열 컨트롤러에 의해서 제어될 수 있다.
- [0079] 이상에서와 같이 도면과 명세서에서 예시적인 실시예들이 개시되었다. 본 명세서에서 특정한 용어를 사용하여 실시예들을 설명되었으나, 이는 단지 본 개시의 기술적 사상을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 개시의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

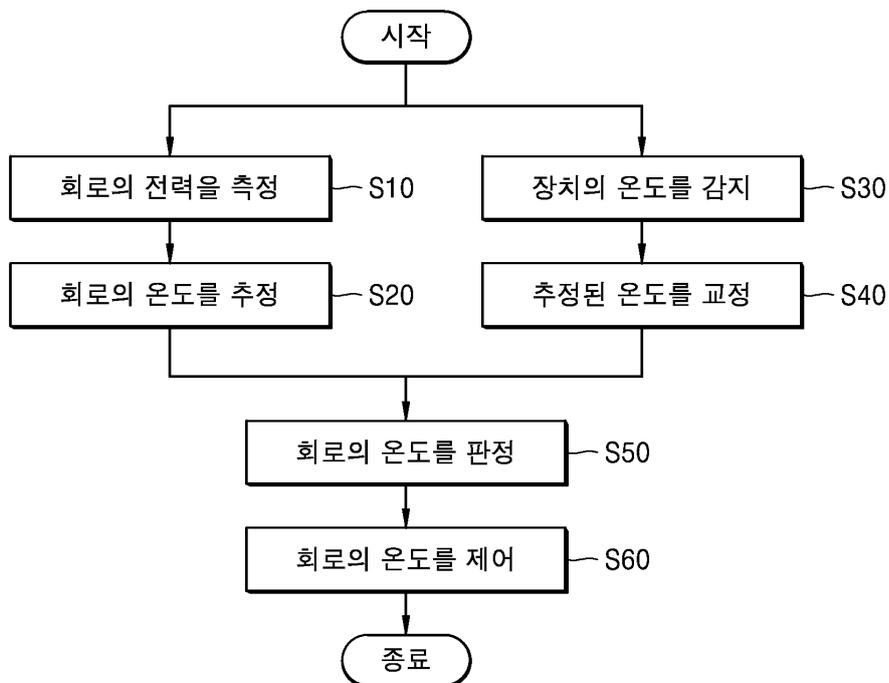
도면

도면1

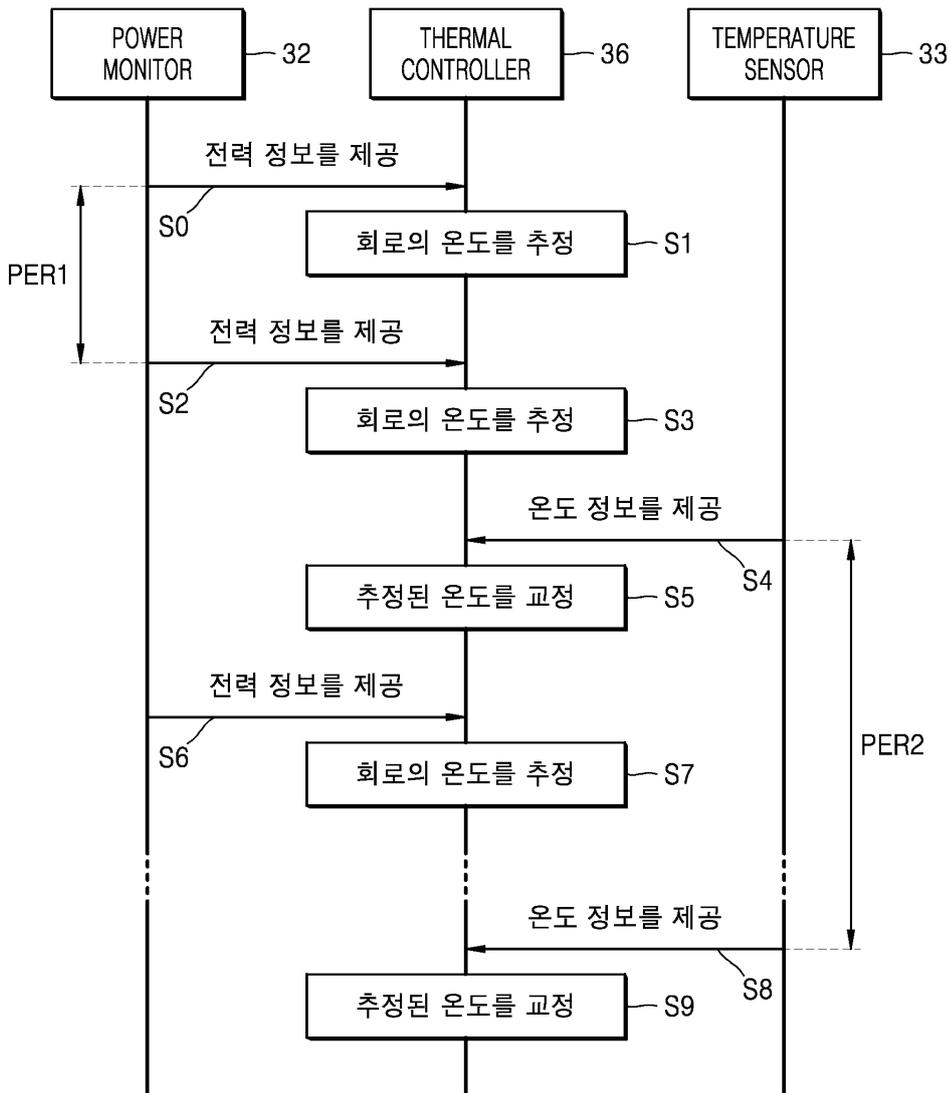
10



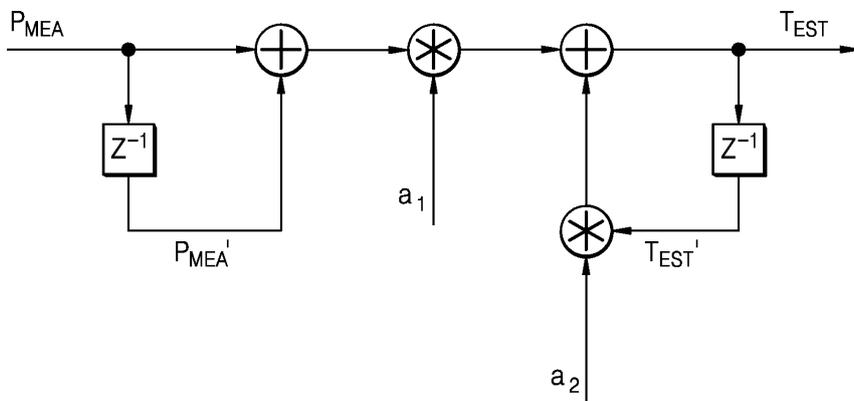
도면2



도면3



도면4

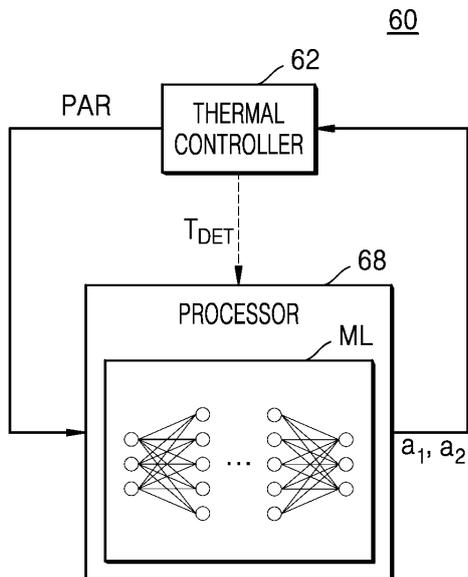


도면5

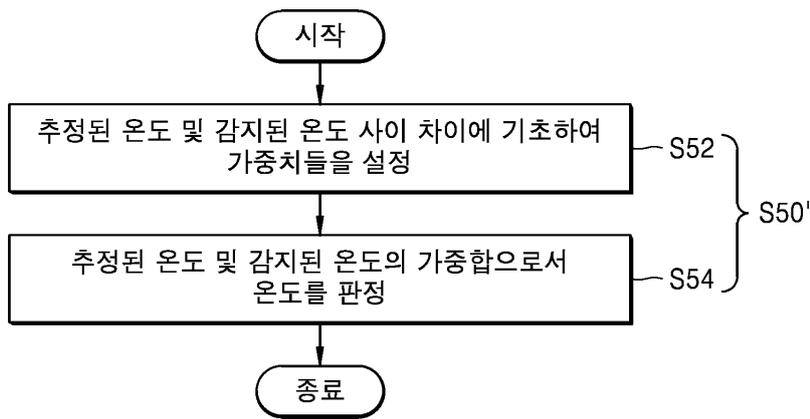
50

VDD Magnitude	CLK Frequency	Coefficients	
		a_1	a_2
V1	f1	X11	Y11
V1	f2	X12	Y12
⋮	⋮	⋮	⋮
V2	f1	X21	Y21
V2	f2	X22	Y22
⋮	⋮	⋮	⋮

도면6

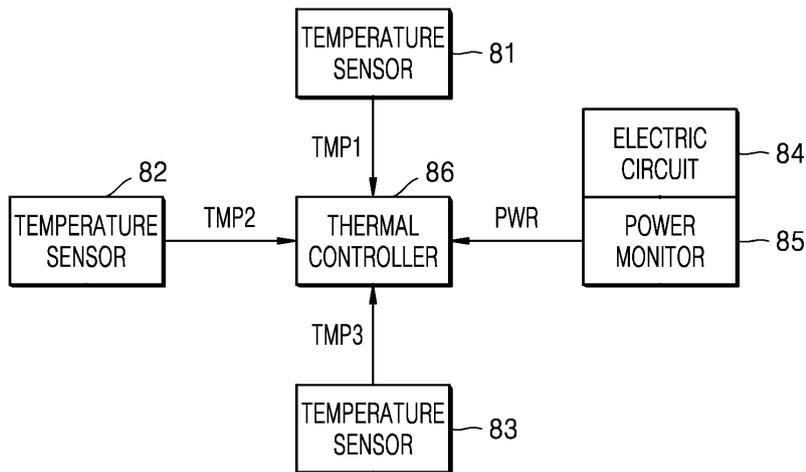


도면7



도면8

80

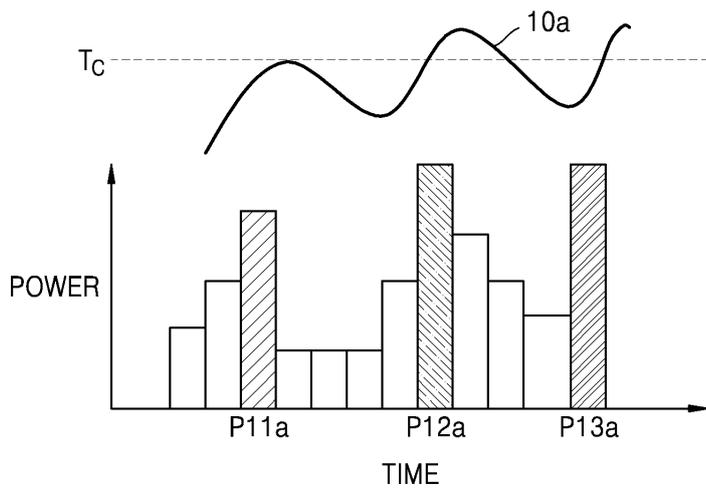


도면9

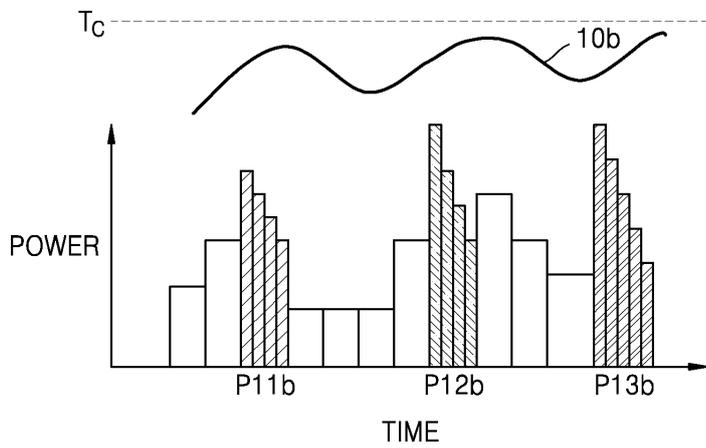
```

11 While ( $T_{DET} > THR_1$ ) {
12     If ( $P_{MEA} > THR_2$ )
13         Reduce power consumption of circuit
14     Else
15         Increase power consumption of circuit
16     End
17
18     If ( $T_{DET} - T_{DET}' > THR_3$ )
19          $THR_2 = THR_2 - u$ 
20     Else
21          $THR_2 = THR_2 + u$ 
22     End
23 }
    
```

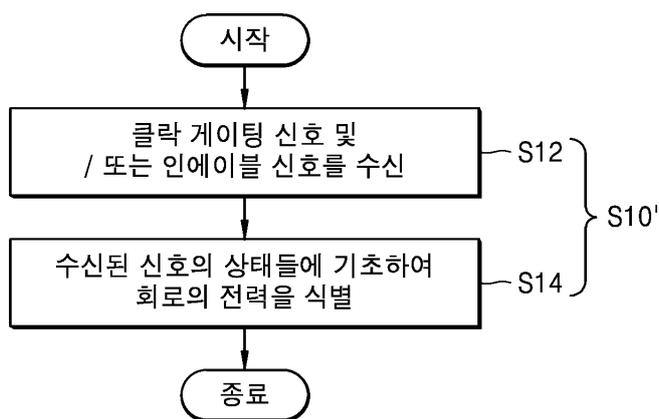
도면10a



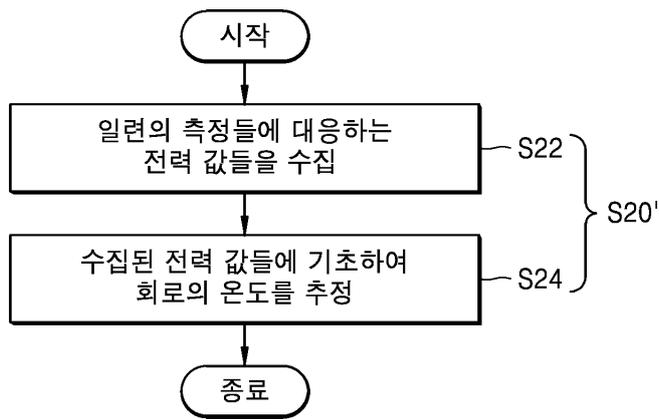
도면10b



도면11

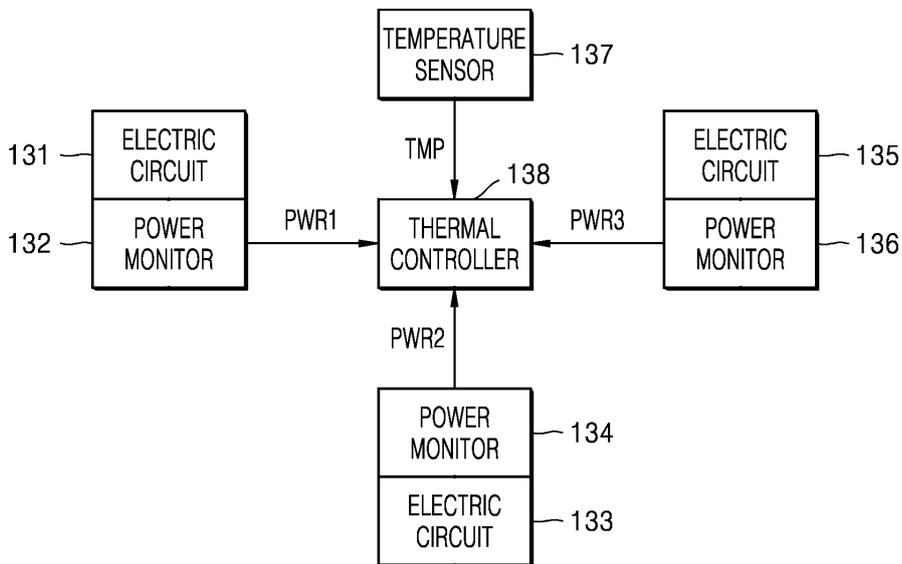


도면12



도면13

130



도면14

