



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년02월08일
(11) 등록번호 10-1827666
(24) 등록일자 2018년02월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 1/20 (2006.01) *G05B 15/02* (2006.01)
G05D 23/19 (2006.01) *G06F 1/26* (2006.01)
G06F 1/32 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G06F 1/203 (2013.01)
G05B 15/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-7027602

(22) 출원일자(국제) 2015년04월08일
 심사청구일자 2018년01월08일

(85) 번역문제출일자 2016년10월05일

(65) 공개번호 10-2016-0142836

(43) 공개일자 2016년12월13일

(86) 국제출원번호 PCT/US2015/024848

(87) 국제공개번호 WO 2015/157374
 국제공개일자 2015년10월15일

(30) 우선권주장
 61/977,013 2014년04월08일 미국(US)
 (뒷면에 계속)

(56) 선행기술조사문헌
 US20120066439 A1
 US20120271481 A1
 US20140075222 A1

(73) 특허권자
 웰컴 인코포레이티드
 미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775

(72) 발명자
 박 희준
 미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775
 강 영훈
 미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775
 (뒷면에 계속)

(74) 대리인
 특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 26 항

심사관 : 김곤희

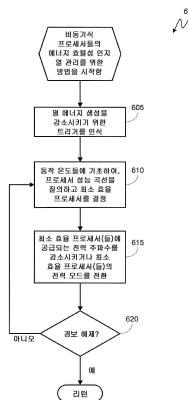
(54) 발명의 명칭 멀티-프로세서 시스템 온 칩에서의 에너지 효율 인지 열 관리

(57) 요 약

이종의 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 포함하는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 에너지 효율 인지 열 관리를 위한 방법들 및 시스템들의 다양한 실시형태들이 개시된다. 이종의 멀티-프로세서 SoC에서의 개개의 프로세싱 컴포넌트들이 주어진 온도에서 상이한 프로세싱 효율들을 보일 수도 있기 때문에, 측정된 동작 온도들에

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도6



서 개개의 프로세싱 컴포넌트들의 성능 데이터를 비교하는 에너지 효율 인지 열 관리 기법들은 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트의 전력 공급들을 조절하거나, 그것으로부터 작업부하들을 재할당하거나, 그것의 전력 모드를 전환시킴으로써 서비스의 품질 ("QoS") 을 최적화하는데 활용될 수 있다. 이러한 방식으로, 솔루션의 실시형태들은 일 MIPS 의 작업부하를 프로세싱하기 위해 SoC 에 걸쳐 소비되는 평균 전력량을 최적화한다.

(52) CPC특허분류

G05D 23/1917 (2013.01)*G06F 1/206* (2013.01)*G06F 1/26* (2013.01)*G06F 1/3206* (2013.01)*G06F 1/324* (2013.01)*G06F 1/3296* (2013.01)*Y02D 10/16* (2018.01)

(72) 발명자

엘튼 로날드 프랭크미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드
라이브 5775**메드라노 크리스토퍼 리**미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드
라이브 5775**엔더슨 존 제임스**미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드
라이브 5775

(30) 우선권주장

61/981,714 2014년04월18일 미국(US)

14/280,631 2014년05월18일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하는 방법으로서,

상기 멀티-프로세서 SoC에서의 복수의 개개의 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 연관된 온도 판독값들 및 클록 생성기 주파수들을 모니터링하는 단계;

상기 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 유일하게 연관된 전류 인출 판독값들을 모니터링하는 단계;

상기 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 연관된 모니터링된 상기 온도 판독값들 및 클록 생성기 주파수들을 샘플링하는 단계;

상기 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 유일하게 연관된 상기 전류 인출 판독값들을 샘플링하는 단계;

샘플링된 온도 및 클록 생성기 주파수 판독값들에 기초하여, 각각의 프로세싱 컴포넌트에 대한 성능 데이터를 질의하는 단계로서, 상기 성능 데이터는 주어진 온도 및 클록 생성기 주파수에서 동작하는 경우에 각각의 프로세싱 컴포넌트의 예상되는 전류 인출을 포함하는, 상기 각각의 프로세싱 컴포넌트에 대한 성능 데이터를 질의하는 단계;

각각의 프로세싱 컴포넌트에 대해, 상기 예상되는 전류 인출을 샘플링된 전류 인출과 비교하는 단계; 및

비교들에 기초하여, 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트의 입력을 조절하는 단계로서, 상기 입력을 조절하는 단계는 상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트에 의해 전력 소비를 감소시키도록 동작하는, 상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트의 입력을 조절하는 단계를 포함하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 비교들에 기초하여 각각의 프로세싱 컴포넌트의 효율을 분류하는 단계를 더 포함하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

효율 분류들에 기초하여 상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트를 식별하는 단계를 더 포함하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

조절된 상기 입력은 전력 공급기 전압 및 클록 생성기 주파수와 연관되는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

조절된 상기 입력은 작업부하 할당과 연관되는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하는 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

스킨 온도, PoP (package on package) 메모리 온도, 접합 온도, 및 배터리 능력 중 하나와 연관된 열 파라미터를 모니터링하는 단계;

상기 열 파라미터와 연관된 임계치가 초과되었다는 것을 표시하는 경보를 수신하는 단계를 더 포함하고,

상기 조절하는 단계는 상기 경보를 수신하는 것에 응답하여 수행되는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하는 방법.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트와 연관된 상기 성능 데이터 내에 포함된 상기 예상되는 전류 인출을 상기 샘플링된 전류 인출로 업데이트하는 단계를 더 포함하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하는 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 휴대용 컴퓨팅 디바이스는 셀룰러 폰, 위성 전화, 페이저, 휴대용 개인정보 단말기, 스마트폰, 내비게이션 디바이스, 스마트북, 리더, 및 미디어 플레이어 중 적어도 하나를 포함하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하는 방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 휴대용 컴퓨팅 디바이스는 셀룰러 폰, 위성 전화, 페이저, 휴대용 개인정보 단말기, 스마트폰, 내비게이션 디바이스, 스마트북, 리더, 및 미디어 플레이어 중 적어도 하나를 포함하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하는 방법.

청구항 10

멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템으로서,

모니터 모듈로서,

상기 멀티-프로세서 SoC에서의 복수의 개개의 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 연관된 온도 판독값들 및 클록 생성기 주파수들을 모니터링하고;

상기 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 유일하게 연관된 전류 인출 판독값들을 모니터링하고;

상기 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 연관된 모니터링된 상기 온도 판독값들 및 클록 생성기 주파수들을 샘플링하고;

상기 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 유일하게 연관된 상기 전류 인출 판독값들을 샘플링하고;

샘플링된 온도 및 클록 생성기 주파수 판독값들에 기초하여, 각각의 프로세싱 컴포넌트에 대한 성능 데이터를 질의하는 것으로서, 상기 성능 데이터는 주어진 온도 및 클록 생성기 주파수에서 동작하는 경우에 각각의 프로세싱 컴포넌트의 예상되는 전류 인출을 포함하는, 상기 각각의 프로세싱 컴포넌트에 대한 성능 데이터를 질의하고;

각각의 프로세싱 컴포넌트에 대해, 상기 예상되는 전류 인출을 샘플링된 전류 인출과 비교하고; 그리고

비교들에 기초하여, 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트의 입력을 조절하는 것으로서, 상기 입력을 조절하는 것은 상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트에 의해 전력 소비를 감소시키도록 동작하는, 상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트의 입력을 조절하기 위한, 상기 모니터 모듈을 포함하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시

스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 모니터 모듈은 상기 비교들에 기초하여 각각의 프로세싱 컴포넌트의 효율을 분류하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 모니터 모듈은 효율 분류들에 기초하여 상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트를 식별하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

조절된 상기 입력은 전력 공급기 전압 및 클록 생성기 주파수와 연관되는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

조절된 상기 입력은 작업부하 할당과 연관되는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 모니터 모듈은 또한:

스킨 온도, PoP (package on package) 메모리 온도, 접합 온도, 및 배터리 능력 중 하나와 연관된 열 파라미터를 모니터링하고;

상기 열 파라미터와 연관된 임계치가 초과되었다는 것을 표시하는 경보를 수신하며,

상기 조절하는 것은 상기 경보를 수신하는 것에 응답하여 수행되는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 모니터 모듈은 또한 상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트와 연관된 상기 성능 데이터 내에 포함된 상기 예상되는 전류 인출을 상기 샘플링된 전류 인출로 업데이트하도록 더 동작 가능한, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 17

제 10 항에 있어서,

상기 휴대용 컴퓨팅 디바이스는 셀룰러 폰, 위성 전화, 페이저, 휴대용 개인정보 단말기, 스마트폰, 내비게이션 디바이스, 스마트북, 리더, 및 미디어 플레이어 중 적어도 하나를 포함하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 18

제 15 항에 있어서,

상기 휴대용 컴퓨팅 디바이스는 셀룰러 폰, 위성 전화, 페이저, 휴대용 개인정보 단말기, 스마트폰, 내비게이션 디바이스, 스마트북, 리더, 및 미디어 플레이어 중 적어도 하나를 포함하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC") 을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 19

멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC") 을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템으로서,

상기 멀티-프로세서 SoC 에서의 복수의 개개의 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 연관된 온도 판독값들 및 클록 생성기 주파수들을 모니터링하기 위한 수단;

상기 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 유일하게 연관된 전류 인출 판독값들을 모니터링하기 위한 수단;

상기 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 연관된 상기 온도 판독값들 및 클록 생성기 주파수들을 샘플링하기 위한 수단;

상기 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 유일하게 연관된 모니터링된 상기 전류 인출 판독값들을 샘플링하기 위한 수단;

샘플링된 온도 및 클록 생성기 주파수 판독값들에 기초하여, 각각의 프로세싱 컴포넌트에 대한 성능 데이터를 질의하기 위한 수단으로서, 상기 성능 데이터는 주어진 온도 및 클록 생성기 주파수에서 동작하는 경우에 각각의 프로세싱 컴포넌트의 예상되는 전류 인출을 포함하는, 상기 각각의 프로세싱 컴포넌트에 대한 성능 데이터를 질의하기 위한 수단;

각각의 프로세싱 컴포넌트에 대해, 상기 예상되는 전류 인출을 샘플링된 전류 인출과 비교하기 위한 수단; 및 비교들에 기초하여 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트의 입력을 조절하기 위한 수단으로서, 상기 입력을 조절하는 것은 상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트에 의해 전력 소비를 감소시키도록 동작하는, 상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트의 입력을 조절하기 위한 수단을 포함하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC") 을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 비교들에 기초하여 각각의 프로세싱 컴포넌트의 효율을 분류하기 위한 수단을 더 포함하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC") 을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

효율 분류들에 기초하여 상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트를 식별하기 위한 수단을 더 포함하는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC") 을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 22

제 19 항에 있어서,

조절된 상기 입력은 작업부하 할당과 연관되는, 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC") 을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 열 에너지 생성을 관리하기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 23

컴퓨터 판독가능 프로그램 코드가 포함된 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서,

상기 컴퓨터 판독가능 프로그램 코드는 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC") 을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에

서 열 에너지 생성을 관리하는 방법을 구현하기 위해 실행되도록 적응되고,

상기 방법은,

상기 멀티-프로세서 SoC에서의 복수의 개개의 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 연관된 온도 판독값들 및 클록 생성기 주파수들을 모니터링하는 단계;

상기 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 유일하게 연관된 전류 인출 판독값들을 모니터링하는 단계;

상기 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 연관된 모니터링된 상기 온도 판독값들 및 클록 생성기 주파수들을 샘플링하는 단계;

상기 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 유일하게 연관된 상기 전류 인출 판독값들을 샘플링하는 단계;

샘플링된 온도 및 클록 생성기 주파수 판독값들에 기초하여, 각각의 프로세싱 컴포넌트에 대한 성능 데이터를 질의하는 단계로서, 상기 성능 데이터는 주어진 온도 및 클록 생성기 주파수에서 동작하는 경우에 각각의 프로세싱 컴포넌트의 예상되는 전류 인출을 포함하는, 상기 각각의 프로세싱 컴포넌트에 대한 성능 데이터를 질의하는 단계;

각각의 프로세싱 컴포넌트에 대해, 상기 예상되는 전류 인출을 샘플링된 전류 인출과 비교하는 단계; 및 비교들에 기초하여, 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트의 입력을 조절하는 단계로서, 상기 입력을 조절하는 단계는 상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트에 의해 전력 소비를 감소시키도록 동작하는, 상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트의 입력을 조절하는 단계를 포함하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 비교들에 기초하여 각각의 프로세싱 컴포넌트의 효율을 분류하는 단계를 더 포함하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

효율 분류들에 기초하여 상기 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트를 식별하는 단계를 더 포함하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 26

제 23 항에 있어서,

조절된 상기 입력은 전력 공급기 전압 및 클록 생성기 주파수와 연관되는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

발명의 설명

기술 분야

삭제

배경기술

[0003] 휴대용 컴퓨팅 디바이스 (portable computing device) ("PCD") 들은 퍼스널 및 프로페셔널 레벨들로 사람들에게 필수품이 되고 있다. 이들 디바이스들은 셀룰러 폰들, 휴대용 개인정보 단말기 (portable digital assistant) ("PDA") 들, 휴대형 게임 콘솔, 팜탑 컴퓨터들, 및 다른 휴대형 전자 디바이스들을 포함할 수도 있다.

[0004] PCD 들은 통상적으로 사이즈가 제한되고, 따라서 PCD 내의 컴포넌트들에 대한 공간은 보통 귀하다. 이와 같이, 패시브 냉각 컴포넌트들의 기발한 공간적 배열들 또는 배치를 통해서 컴포넌트들의 열적 열화 또는 열적 오류를 완화시키기에 엔지니어들 및 설계자들에게 있어서 통상적인 PCD 품 팩터 내의 공간은 보통 충분하지 않다. 결과적으로, 열 에너지 생성은 성능의 대가로 전자기기들을 약화시키거나 셋 다운하는 것을 포함할 수도 있는 다양한 열 관리 기법들의 애플리케이션을 통해서 PCD 에서 보통 관리된다.

[0005] 열 관리 기법들은 열 에너지 생성을 완화시키는 것과 PCD 에 의해 제공되는 서비스 품질 (quality of service) ("QoS") 에 영향을 주는 것 사이에서 밸런스를 찾고자 하는 노력으로 PCD 내에 채용된다. 이종 프로세싱 컴포넌트들을 갖는 PCD 에서, PCD 내의 다양한 프로세싱 컴포넌트들이 동일하게 생성되지 않기 때문에 해당 트레이드오프를 밸런싱하는 결과는 관리하기 어려울 수 있다. 이와 같이, 공지의 열 완화 방안은, 열 트리거에 응답하여, 동일하게 모든 프로세싱 컴포넌트들에 대한 전력 주파수를 균일하게 제한하거나, 단순히 가장 뜨거운 프로세싱 컴포넌트에 대한 전력 공급기 전압 및 클록 생성기 주파수를 제한하여, 열 에너지 생성의 감소된 레이트에 대한 대가로 QoS 레벨을 최적화하는 것에 보통 실패한다. 설계에 있어서 동종이든 이질적이든, 시스템 온 칩 ("SoC") 에서의 다양한 프로세싱 컴포넌트들이 성능 능력들에서 필연적으로 다르기 때문에, QoS 에 대해 측정하는 경우, 가장 뜨거운 프로세싱 컴포넌트가 열 에너지 감소에 대한 최대의 가능성을 제공하는 것은 아니다.

[0006] 이에 따라, 기술에서 필요한 것은 에너지 효율 인지 열 완화를 위한 방법 및 시스템이다. 또한, 기술에서 필요한 것은 프로세싱 컴포넌트들을 비교하여 최소의 그리고 최대의 효율적인 프로세싱 컴포넌트들을 식별하기 위한 시스템 및 방법이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0007] 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC") 을 갖는 휴대용 컴퓨팅 디바이스에서 에너지 효율 인지 열 관리를 위한 방법들 및 시스템들의 다양한 실시형태들이 개시된다. 개개의 프로세싱 컴포넌트들이 의도적 설계들에 의해 또는 제조 프로세스 변동으로 인해 상이한 특성들을 가질 수도 있기 때문에, 멀티-프로세서 SoC 는 주어진 온도에서 상이한 프로세싱 효율들을 보일 수도 있으며, 측정된 동작 온도들에서 개개의 프로세싱 컴포넌트들의 성능 데이터를 비교하는 에너지 효율 인지 열 관리 기법들은 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트들에 대한 전력 공급들을 감소시키거나, 그것들에 대한 작업부하들을 할당 및/또는 재할당함으로써 전력 및 열 제약들 하에서 성능을 최대화하는데 활용될 수 있다. 실시형태들은 단순히 작업부하가 덜 에너지 효율적인 코어에서 구동하는 것을 방지하려고만 하지 않을 수도 있다. 즉, 일부 실시형태들에서, 작업부하가 시작되는 경우, 시스템은 각각의 컴포넌트의 에너지 효율을 고려하여 작업부하가 잘 맞는 가장 효율적인 CPU 에 작업부하를 배치할 수도 있다. 예를 들어, 가장 효율적인 코어가 이미 너무 많이 사용된다면, 다음으로 효율적인 코어가 선택될 수도 있다. 이러한 방식으로, 솔루션의 실시형태들은 알려진 작업부하를 프로세싱하기 위해 SoC 에 걸쳐 소비되는 평균 전력량을 최적화한다.

[0008] 한 가지의 그러한 방법은 이종 또는 동종 멀티-프로세서 SoC 에서의 복수의 개개의 프로세싱 컴포넌트들의 각각

과 연관된 온도 판독값들 및 클록 생성기 주파수들을 모니터링하는 단계를 수반한다. 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 유일하게 연관된 전류 인출 (draw) 판독값들이 또한 모니터링된다. 특히, 전류 인출 판독값들은 각각의 프로세싱 컴포넌트의 프로세싱 효율을 표시한다. 열 파라미터들이 또한 모니터링된다. 열 파라미터와 연관된 임계치가 초과되었다는 것을 표시하는 경보가 수신된다. 다음으로, 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 연관된 모니터링된 온도 판독값들 및 클록 생성기 주파수들이 샘플링된다. 프로세싱 컴포넌트들의 각각과 유일하게 연관된 전류 인출 판독값들이 또한 샘플링된다. 샘플링된 온도 및 클록 생성기 주파수 판독값들에 기초하여, 각각의 프로세싱 컴포넌트에 대한 성능 데이터가 질의된다; 성능 데이터는 주어진 온도 및 클록 속도 주파수에서 동작하는 경우에 각각의 프로세싱 컴포넌트의 예상되는 전류 인출을 포함한다. 그 다음에, 각각의 프로세싱 컴포넌트에 대해, 예상되는 전류 인출이 샘플링된 전류 인출과 비교되고, 그 비교에 기초하여, 각각의 프로세싱 컴포넌트의 효율이 분류된다. 효율 분류들에 기초하여, 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트에 대한 입력이 조절될 수도 있도록 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트가 식별된다. 입력은 그의 조절이 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트에 의한 전력 소비를 감소시키도록 동작하는 임의의 입력일 수도 있다.

도면의 간단한 설명

[0009]

도면들에 있어서, 동일한 참조부호들은, 달리 나타내지 않는 한 다양한 도면들 전반에 걸쳐 동일한 부분들을 지칭한다. "102A" 또는 "102B" 와 같이 문자 명칭들을 갖는 도면부호들에 있어서, 문자 명칭들은 동일한 도면에 있는 2 개의 유사한 부분들 또는 엘리먼트들을 구별할 수도 있다. 참조부호들에 대한 문자 지정은, 참조부호가 모든 도면들에 있어서 동일한 참조부호를 갖는 모든 부분들을 포괄하도록 의도될 경우에 생략될 수도 있다.

도 1a 는 상이한 열 조건들 하에서 동작하는 예시적인 프로세싱 컴포넌트의 한 쌍의 성능 곡선들을 도시하는 그래프이다;

도 1b 는 상이한 열 조건들 하에서 동작하는, 2 개의 예시적인 프로세싱 컴포넌트들인, "저 성능" CPU 프로세싱 컴포넌트, 및 "고 성능" GPU 프로세싱 컴포넌트, 각각에 대한 한 쌍의 성능 곡선들을 도시하는 그래프이다;

도 1c 는 예시적인 코어들의 쌍에 대한 한 쌍의 성능 곡선들을 도시하는 그래프이다;

도 1d 는 도 1c 의 예시에서 도시된 예시적인 코어들의 쌍에 대한 상이한 성능 곡선들의 쌍을 도시하는 그래프이다;

도 2a 는 다수의 프로세싱 컴포넌트들을 포함하는 온-칩 시스템에서의 비동기식 아키텍처의 양태들을 도시하는 기능 블록도이다;

도 2b 는 다수의 프로세싱 컴포넌트들을 포함하는 온-칩 시스템에서의 동기식 아키텍처의 양태들을 도시하는 기능 블록도이다;

도 3 은 휴대용 컴퓨팅 디바이스 ("PCD") 에서의 에너지 효율 인지 열 관리를 위한 온-칩 시스템의 일 실시형태를 도시하는 기능 블록도이다;

도 4 는 열 조건들을 모니터링하고, 성능 데이터를 비교하고, 최적의 전력 주파수들을 설정하고, 효율적인 프로세싱을 위해 가장 잘 포지셔닝된 프로세싱 컴포넌트들에 대한 작업부하들을 스케줄링하는 방법들 및 시스템들을 구현하기 위한 무선 전화기의 형태인 PDC 의 일 예시적인 비제한적인 양태의 기능 블록도이다;

도 5a 는 도 4 에 도시된 칩에 대한 하드웨어의 일 예시적인 공간적 배열을 도시하는 기능 블록도이다;

도 5b 는 열 조건들의 식별 및 에너지 효율 인지 열 관리 알고리즘의 적용을 지원하기 위한 도 4 및 도 5a 의 PCD 의 일 예시적인 소프트웨어 아키텍처를 도시하는 개략도이다;

도 6 은 비동기식 시스템 온 칩에서의 에너지 효율 인지 열 관리에 대한 방법의 일 실시형태를 도시하는 논리 플로차트이다;

도 7 은 작업부하 재할당을 통한 동기식 시스템 온 칩에서의 에너지 효율 인지 열 관리에 대한 방법 (700) 의 일 실시형태를 도시하는 논리 플로차트이다;

도 8 은 큐잉된 작업부하들의 할당을 통한 동기식 시스템 온 칩에서의 에너지 효율 인지 열 관리에 대한 방법의 일 실시형태를 도시하는 논리 플로차트이다;

도 9 은 전력 모드 조절을 통한 동기식 시스템 온 칩에서의 에너지 효율 인지 열 관리에 대한 방법의 일 실시형태를 도시하는 논리 플로차트이다;

도 10 은 전력 모드 듀티 사이클링을 통한 동기식 시스템 온 칩에서의 에너지 효율 인지 열 관리에 대한 방법의 일 실시형태를 도시하는 논리 플로차트이다; 그리고

도 11 은 프로세싱 컴포넌트 에너지 효율 등급의 런타임 검증에 대한 방법의 일 실시형태를 도시하는 논리 플로차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010]

단어 "예시적인" 은 "예, 예증, 또는 예시로서 기능하는" 을 의미하도록 본 명세서에서 이용된다. "예시적인" 것으로서 본 명세서에서 설명되는 임의의 양태는 다른 양태들에 비해 반드시 배타적이거나 선호되거나 또는 유리한 것으로서 해석되지는 않아야 한다.

[0011]

본 설명에서, 용어 "애플리케이션" 은 실행 가능한 컨텐츠, 예컨대: 오브젝트 코드, 스크립트들, 바이트 코드, 마크업 언어 파일들, 및 패치들을 구비하는 파일들을 또한 포함할 수도 있다. 또한, 본원에서 참조된 "애플리케이션" 은, 공개되어야 할 필요가 있는 문서들 또는 액세스될 필요가 있는 다른 데이터 파일들과 같이, 사실상 실행불가능한 파일들을 또한 포함할 수도 있다.

[0012]

이 설명에 있어서 사용되는 바와 같이, 용어들 "컴포넌트", "데이터베이스", "모듈", "시스템", "열 에너지 생성 컴포넌트", "프로세싱 컴포넌트", "열 어그레서 (aggressor)", "프로세싱 엔진" 등은 컴퓨터 관련 엔티티, 즉, 하드웨어, 펌웨어, 하드웨어와 소프트웨어의 조합, 소프트웨어, 또는 실행 중인 소프트웨어를 지칭하는 것으로 의도된다. 예를 들어, 컴포넌트는 프로세서 상에서 작동하는 프로세스, 프로세서, 오브젝트, 실행가능물, 실행의 스레드, 프로그램, 및/또는 컴퓨터일 수도 있지만, 이들로 제한되는 것은 아니다. 예로서, 컴퓨팅 디바이스 상에서 작동하는 애플리케이션 및 컴퓨팅 디바이스 양자 모두는 컴포넌트일 수도 있다. 하나 이상의 컴포넌트들은 프로세스 및/또는 실행의 스레드 내에 있을 수도 있고, 컴포넌트는 하나의 컴퓨터 및/또는 두 개 이상의 컴퓨터 들 사이에 분산되어 로컬라이징될 수도 있다. 또한, 이들 컴포넌트들은 여러 데이터 구조들이 저장된 여러 컴퓨터 판독가능 매체로부터 실행될 수도 있다. 컴포넌트들은 하나 이상의 데이터 패킷들 (예를 들어, 로컬 시스템의 다른 컴포넌트, 분산 시스템, 및/또는 인터넷과 같은 네트워크를 거쳐 신호를 통해 다른 시스템들과 상호작용하는 하나의 컴포넌트로부터의 데이터) 을 구비하는 신호에 따르는 것과 같이 로컬 및/또는 원격 프로세스들을 통해 통신할 수도 있다.

[0013]

이러한 설명에서, 용어들 "중앙 프로세싱 유닛 ("CPU")", "디지털 신호 프로세서 ("DSP")", 및 "칩" 은 PCD에 있을 수도 있는 프로세싱 컴포넌트들의 비제한적인 예들이고 달리 나타내어지는 경우를 제외하고는 상호교환 가능하게 이용된다. 또한, 본 개시물에서 구별되는 바와 같이, CPU, DSP, 또는 칩은 "코어(들)" 및 "서브-코어(들)" 이라고 본원에서 일반적으로 지칭되는 하나 이상의 구별되는 프로세싱 컴포넌트들로 구성될 수도 있다.

[0014]

이 설명에서, "이종 컴포넌트들" 은 (설계가 동일한) 동종 설계를 가지나 생산 변동, 동작 중의 온도, 및 실리콘 다이 상에서의 컴포넌트 위치로 인해 상이한 전기적 특성들을 갖는 컴포넌트들 뿐만 아니라 의도한 설계가 상이한 컴포넌트들을 포함한다. 프로세싱 컴포넌트들이 설계가 동종인 경우일지라도, SOC 상에서의 각각의 프로세싱 컴포넌트의 전기적 특성들은 실리콘 누설 생산 변동, 스위칭 속도 생산 변동, 각각의 컴포넌트에서의 동작 중의 동적 온도 변화들, 및 실리콘 다이에서의 컴포넌트 위치 중 하나 이상으로 인해 달라질 (서로 상이할) 것임을 당업자는 이해할 것이다. 이와 같이, SOC 상의 컴포넌트들이 완벽하게 동종이지 않고 전력 및 성능 측면에서 동일할 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다.

[0015]

이 설명에서, 용어들 "열" 및 "열 에너지" 는 "온도" 의 단위들로 측정될 수 있는 에너지를 생성 또는 소멸시킬 수 있는 디바이스 또는 컴포넌트와 연관하여 사용될 수도 있음이 이해될 것이다. 결과적으로, 용어 "온도" 는, 일부 표준 값을 참조하여, "열 에너지" 생성 디바이스 또는 컴포넌트의 상대적인 온기 또는 열의 부재를 나타낼 수도 있는 임의의 측정을 고려함이 추가로 이해될 것이다. 예를 들어, 2 개 컴포넌트들의 "온도" 는, 2 개 컴포넌트들이 "열" 평형에 있는 경우에 동일하다.

[0016]

이 설명에서, 용어들 "작업부하", "프로세스 부하", "프로세스 작업부하", 및 "코드의 블록" 은 상호교환가능하게 이용되고 일반적으로 주어진 실시형태에서 주어진 프로세싱 컴포넌트와 연관되거나 그에 할당될 수도 있는 프로세싱 부담, 또는 프로세싱 부담의 백분율의 측면에 대한 것이다. 상기 정의된 바에 추가로, "프로세싱 컴포넌트" 또는 "열 어그레서" 는 중앙 프로세싱 유닛, 그래픽 프로세싱 유닛, 코어, 메인 코어, 서브-코어, 프

로세싱 영역, 하드웨어 엔진 등, 또는 휴대용 컴퓨팅 디바이스 내의 집적 회로 내에 있거나 그 외부에 있는 임의의 컴포넌트일 수도 있지만 이로 한정되지는 않는다. 또한, 용어들 "열 부하", "열 분포", "열 시그너처 (signature)", "열 프로세싱 부하" 등 정도는 프로세싱 컴포넌트 상에서 구동할 수도 있는 작업 부담들을 표시하며, 본 개시물에서 이러한 "열" 용어들의 이용은 프로세스 부하 분포들, 작업부하 부담들, 및 전력 소비와 관련될 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다.

[0017] 이 설명에서, 용어들 "열 완화 기법(들)", "열 정책들", "열 관리", "열 완화 방안(들)"은 상호교환가능하게 이용된다.

[0018] 용어 "DMIPS"는 주어진 MIPS (millions of instructions per second) 수를 프로세싱하는데 요구되는 드라이스톤 (Dhrystone) 반복들의 횟수를 나타낸다는 것을 당업자는 인식할 것이다. 이 설명에서, 용어는 예시적인 실시형태들에서의 프로세서 성능의 상대적 레벨들을 표시하기 위해 측정의 일반적인 단위로서 이용되고, 이 개시물의 범위 내에 속하는 임의의 주어진 실시형태가 임의의 특정 드라이스톤 등급을 갖는 프로세서를 포함해야 하거나 포함하지 않아야 함을 제안하는 것으로는 해석되지 않을 것이다.

[0019] 이 설명에서, 용어 "휴대용 컴퓨팅 디바이스" ("PCD")는 배터리와 같이 제한된 능력의 전력 공급기 전압 및 클록 생성기 주파수에서 동작하는 임의의 디바이스를 설명하기 위해 이용된다. 비록 배터리 동작식 PCD들이 수십년 동안 이용되어 왔지만, 3 세대 ("3G") 및 4 세대 ("4G") 무선 기술의 도래와 연결된 재충전가능한 배터리들에 있어서의 기술적 진보들은 다중 능력들을 갖는 다수의 PCD들을 가능하게 했다. 따라서, PCD는, 다른 것들 중에서, 휴대 전화기, 위성 전화기, 페이저, PDA, 스마트폰, 내비게이션 디바이스, 스마트북 또는 리더, 미디어 플레이어, 전술한 디바이스들의 조합, 무선 접속을 갖는 랩톱 컴퓨터일 수도 있다.

[0020] 이종 프로세싱 컴포넌트(들)를 갖는 PCD에서 QoS 최적화를 위해 프로세싱 성능을 관리하는 것은 개개의 프로세싱 엔진들의 다양한 성능 특성들의 혜택을 얻음으로써 달성될 수 있다. 프로세싱 컴포넌트들이 설계가 동종인 경우일지라도, SOC 상에서의 각각의 프로세싱 컴포넌트의 전기적 특성들은, 이로 제한되지는 않으나, 실리콘 누설 생산 변동, 스위칭 속도 생산 변동, 각각의 컴포넌트에서의 동작 중의 동적 온도 변화들, 및 실리콘 다이상에서의 컴포넌트 위치를 포함하는 임의의 개수의 팩터들로 인해 달라질 (서로 다를) 수도 있다. 이와 같이, SOC 상의 컴포넌트들이 완벽하게 동종이지 않고 전력 및 성능 측면에서 동일할 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다. 이 설명에서는, 따라서, "이종 컴포넌트들"에 대한 언급은 (설계가 동일한) 동종 설계를 가지거나 생산 변동, 동작 중의 온도, 및 실리콘 다이 상에서의 컴포넌트 위치로 인해 상이한 전기적 특성들을 갖는 컴포넌트들을 또한 의미한다는 것이 이해될 것이다. 이종 프로세싱 컴포넌트에 포함될 수도 있는 여러 프로세싱 엔진들의 다양한 성능 특성들과 관련하여, 성능 차이들은, 이로 제한되지는 않으나, 실리콘의 상이한 레벨, 설계 변동들 등을 포함하는 임의의 개수의 이유들에 기인할 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다. 또한, 임의의 주어진 프로세싱 컴포넌트와 연관된 성능 특성들은 해당 프로세싱 컴포넌트의 동작 온도, 해당 프로세싱 컴포넌트에 공급되는 전력 등과 관련하여 달라질 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다.

[0021] 예를 들어, 일반적으로 높은 성능 능력에서 낮은 성능 능력에 이르는 다수의 상이한 프로세싱 코어들을 포함할 수도 있는 예시적인 이종 멀티-코어 프로세서를 고려하자 (특히, 하나 이상의 코어들을 각각 포함하는, 다수의 상이한 프로세싱 컴포넌트들을 포함할 수도 있는 예시적인 이종 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC")이 또한 고려될 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다). 당업자에 의해 이해될 바와 같이, 이종 프로세서 내의 저 성능 내지 중간 성능 프로세싱 코어는 주어진 작업부하 능력에서 낮은 전력 누설 레이트를 보일 것이고, 결과적으로 상대적으로 높은 성능 능력을 갖는 프로세싱 코어보다 열 에너지 생성의 낮은 레이트를 보일 것이다. 보다 높은 능력의 코어는 보다 낮은 능력의 코어보다 짧은 시간의 양으로 주어진 작업부하를 프로세싱할 수도 있다. 유사하게, 약화된 프로세싱 속도를 갖는 고 능력 코어는 주어진 작업부하 능력에서 보다 낮은 전력 누설 레이트를 보일 수도 있고, 결과적으로 전체의 억제되지 않은 능력에서 프로세싱하는 것보다 열 에너지 생성의 낮은 레이트를 보일 수도 있다.

[0022] 그렇다 하더라도, 코어들이 동작할 수도 있는 열 조건들에 따라, 보다 낮은 성능의 코어는 고 성능 코어보다 주어진 작업부하를 프로세싱할 시에 (전력 소비에서) 보다 더 혹은 보다 덜 효율적일 수도 있다. 또한, "가장 뜨거운" 코어는 또한 임의의 주어진 시간에 최소 에너지 효율 코어일 수도 있으나, 그러한 것은 반드시 모든 시나리오들에서 그런 것은 아니다. 이와 같이, 희생된 프로세싱 능력에 대해 열 에너지 완화에서 최대 수익을 실현하기 위해, 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션들의 실시형태들은 상대적 온도들과 대조적인 다양한 프로세싱 컴포넌트들 사이에서의 상대적인 프로세싱 효율들을 고려하여 열 관리를 결정한다.

[0023] 특히, 주어진 프로세싱 컴포넌트의 프로세싱 효율은 동작 주파수/전력 소비로 나타내어지는 전력 효율 비로 보

여질 수도 있다. 대안적으로, 전력 효율은 알려져 있는 작업부하, 예를 들어, 예시적인 DMIPS로 나타내어질 수도 있으며, 효율 비는 해당하는 알려져 있는 작업부하/전력 소비로 나타내어질 수도 있다. 다양한 프로세싱 컴포넌트들의 프로세싱 효율들이 결정되면, 선행기술에서 일반적으로 이해되는 바와 같이, SoC에 의해 프로세싱될 수도 있는 작업부하의 전체 양에 최소의 영향으로 열 에너지 생성이 완화되도록 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트에 공급되는 전력 주파수를 조절하기 위해 동적 제어 및 전압 스케일링 (dynamic control and voltage scaling) ("DCVS") 알고리즘이 활용될 수도 있다.

[0024]

이종 프로세서 내의 다양한 코어들의 개개의 성능 특성들 (또는, 이로 제한되지는 않으나, 전류 인출과 같은 성능 특성들의 표시자들)을 고려함으로써, - 여기서 주어진 작업부하를 프로세싱하기 위해 주어진 동작 온도에서 주어진 코어에 의해 소비되는 전력을 추론하는데 성능 특성들이 이용될 수도 있다 - 에너지 효율 인지 열 관리 알고리즘은 전체 QoS에 최소의 영향으로 열 에너지 생성을 감소시키기 위해 최소 에너지 효율 코어 (반드시 "가장 뜨거운" 코어는 아님)가 "다운되게 조정되도록 (dialed down)" 지시할 수도 있다. 유사하게, 열 에너지 생성을 감소시켜야 할 필요성에 응답하여, 에너지 효율 인지 열 관리 알고리즘은 덜 효율적인 코어로부터 더 효율적인 코어로 활성 작업부하들이 재할당되게 하거나, 큐잉된 작업부하들이 이용가능한 능력을 갖는 더 효율적인 코어들에 할당되도록 지시할 수도 있다. 특히, 솔루션의 실시형태들은 단순히 작업부하가 덜 에너지 효율적인 코어에서 구동되는 것을 방지하려고 하지 않을 수도 있다. 즉, 일부 실시형태들에서, 작업부하가 시작되는 경우, 시스템은 각각의 컴포넌트의 에너지 효율을 고려하여 작업부하에 맞는 가장 효율적인 CPU에 작업부하를 배치할 수도 있다. 예를 들어, 가장 효율적인 코어가 이미 너무 많이 사용된다면, 다음으로 가장 효율적인 코어가 선택될 수도 있다. 이러한 방식들로 그리고 다른 방식들로, 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션들의 실시형태들은 사용자가 경험하는 전체 QoS 레벨을 최적화하면서 PCD에서 열 에너지 생성을 관리할 수도 있다.

[0025]

비체한적인 예로서, PCD에서의 모니터링된 열 임계치가 초과되어 열 경보를 트리거링할 수도 있다. 열 임계치는, 이로 제한되지는 않으나, PCD의 "스킨" 온도, 패키지 온 패키지 ("PoP") 메모리 디바이스의 온도, 코어의 접합 온도, 전력 공급기와 클록 생성기 능력, 사용자 케이스 시나리오 등과 연관될 수도 있다. 열 임계치가 초과되었다는 것을 인식하여, 에너지 효율 인지 열 관리 정책들을 가능하게 하기 위한 효율 관리자 모듈은 하나 이상의 프로세싱 컴포넌트들에 의한 전력 소비를 감소시키려고 할 수도 있다. 유리하게, 전력 소비를 감소시킴으로써, 열 에너지 생성이 완화되고 열 경보가 해제될 (clear) 수도 있다. 열 경보가 해제된 후에, 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션들의 소정의 실시형태들은 이전에, 감소된 전력 공급기 전압 및 클록 생성기 주파수의 수령자였던 덜 효율적인 프로세싱 컴포넌트의 전력 공급기 전압 및 클록 생성기 주파수에서의 증가를 인가할 수도 있다. 유사하게, 열 경보가 해제된 후에, 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션들의 소정의 실시형태들은 이전에, 전환된 전력 모드의 수령자였던 덜 효율적인 프로세싱 컴포넌트에 대해 활성 전력 모드로의 복귀를 인가할 수도 있다.

[0026]

효율 관리자 모듈은 다양한 프로세싱 컴포넌트들과 연관된 성능 데이터를 질의하거나, 프로세서 성능을 표시하는 측정치들을 수신하고, 하나 이상의 활성의 열 어그레시브 (aggressive) 프로세싱 컴포넌트들 중 어느 것이 프로세싱 작업부하들에 최소 에너지 효율적인지를 결정할 수도 있다. 즉, 효율 관리자 모듈은 어느 프로세싱 컴포넌트들이 프로세싱될 알려져 있는 작업부하의 최대 전력을 소비하는지를 결정할 수도 있다. 그 결정에 기초하여, 효율 관리자 모듈은 그러면 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트(들)에 공급되는 전력이 감소되게 함으로써, 프로세싱될 수도 있는 작업부하의 밀리와트 ("mW") 당 소비 평균 전력량을 불필요하게 희생하지 않으면서 복수의 프로세싱 컴포넌트들의 전체 열 에너지 생성을 완화시킬 수도 있다. 이러한 방식으로, 효율 관리자 모듈은 열 에너지 생성을 감소시킬 필요성을 만족시키면서 QoS를 최적화할 수도 있다.

[0027]

다른 비체한적인 예로서, 예시적인 PCD 내의 중앙 프로세싱 유닛 ("CPU") 또는 그래픽 프로세싱 유닛 ("GPU")에 의해 코드의 특정 블록이 프로세싱될 수도 있다. 코드의 특정 블록은, 예를 들어, CPU에 의해 프로세싱을 위해 할당될 수도 있다. 솔루션의 예시적인 실시형태의 효율 관리자 모듈은, 그러나, 코드의 블록을 보다 효율적으로 프로세싱하기 위해 GPU가 포지셔닝되어 있다고 결정하고, 그 결정에 응답하여, 코드의 블록이 CPU로부터 GPU로 재할당되게 할 수도 있다. 이러한 방식으로, 코드의 블록을 프로세싱하는데 요구되는 에너지의 양이 최소화되고, 그 결과, SoC의 전체 열 에너지 생성이 최소화될 수도 있다.

[0028]

다른 비체한적인 예로서, 예시적인 PCD 내의 중앙 프로세싱 유닛 ("CPU") 또는 그래픽 프로세싱 유닛 ("GPU")에 의해 코드의 특정 블록이 프로세싱될 수도 있다. 유리하게, 코드의 특정 블록이 CPU 또는 GPU 중 하나에 의해 프로세싱될 것이라고 미리 결정하는 대신에, 예시적인 실시형태는 코드를 프로세싱할 필요성이 무르익음에 따라 코드의 블록을 프로세싱하는 태스크에 프로세싱 컴포넌트들 중 어느 것이 배정될 것인지를 선택할 수도 있

다. 즉, CPU 및 GPU 의 성능 곡선들의 "스냅 샷" 은 코드의 블록을 효율적으로 프로세싱하기 위해 가장 잘 갖춘 프로세서가 작업부하에 배정되도록 비교될 수도 있다. 특히, 코드의 블록들이 스케줄링 큐를 빠져 나감에 따라, 후속하는 작업부하들의 할당을 위한 후속하는 프로세서 선택들은 실시간으로 또는 거의 실시간으로 이루어질 수도 있음이 이해될 것이다. 이러한 방식으로, 효율 관리 모듈은 작업부하 할당 바로 전에 프로세싱 코어들을 선택함으로써 QoS 를 최적화하기 위해 이종 프로세서에서 개개의 코어들과 연관된 동작 온도들을 활용할 수도 있다.

[0029] 도 1a 는 상이한 열 조건들 하에서 동작하는 예시적인 프로세싱 컴포넌트의 한 쌍의 성능 곡선들 (코어 85°C, 코어 50°C) 을 도시하는 그래프 (300) 이다. 프로세싱 컴포넌트는 이종 멀티-코어 프로세서 내의 코어일 수도 있고, 고 효율, 중간 효율, 저 효율 코어일 수도 있다. 좀더 구체적으로, 당업자가 인식할 바와 같이, 프로세싱 컴포넌트는, 이로 제한되지는 않으나, CPU, GPU, DSP, 프로그램가능한 어레이, 비디오 인코더/디코더, 시스템 버스, 카메라 서브-시스템 (이미지 프로세서), MDP 등을 포함하는, 주어진 코드의 블록을 프로세싱할 수 있는 임의의 프로세싱 엔진일 수도 있다. 또한, 위에서 설명된 바와 같이, 예시적인 프로세싱 엔진은 CPU, GPU 등 내의 코어 또는 서브-코어일 수도 있다. 특히, 에너지 효율은 특정 전력 소비 레벨에서의 프로세싱 컴포넌트의 프로세싱 성능 또는 속도를 표시하도록 정의될 수도 있다. 예를 들어, 에너지 효율은 MIPS / mW (mW 전력 소비당 MIPS) 또는 MHz / mW (mW 전력 소비당 메가 헤르츠 동작 클록 주파수) 에 의해 나타내어질 수도 있다.

[0030] 도 1a 의 예시로부터 알 수 있는 바와 같이, 3500 MIPS 의 작업부하에서, 50°C 환경에서 동작하는 예시적인 코어는 약 620 mW 의 전력 (지점 315) 을 소비하나, 동일한 3500 MIPS 작업부하에서, 동작 환경이 85°C 에 도달하는 경우 코어의 전력 소비는 거의 1000 mW 의 전력 (지점 310) 까지 증가한다. 결과적으로, 85°C 에서 동작하는 경우에서의 3.5 MIPS/mW 와 대조적으로, 약 5.6 MIPS/mW 로 프로세싱할 수 있기 때문에 예시적인 프로세싱 컴포넌트의 효율은 50°C 온도에서 동작하는 경우보다 더 좋다. 또한, 주어진 동작 온도에 있어서, 코어의 프로세싱 효율은 작업부하의 증가에 따라 줄어든다. 코어 50°C 곡선을 참조하면, 예를 들어, 작업부하가 3500 MIPS 로부터 약 4300 MIPS 로 증가되는 경우, 전력 소비는 거의 1000 mW (지점 305) 로 증가한다.

[0031] 주어진 프로세싱 컴포넌트에 있어서, 전력 소비의 면에서 프로세싱 컴포넌트의 효율은 동작 온도가 올라감에 따라 줄어든다는 것을 도 1a 의 예시로부터 알 수 있다 (즉, 프로세싱 컴포넌트의 동작 온도가 증가함에 따라, 주어진 동작 주파수를 프로세싱할 수 있는 MIPS 의 수는 줄어들 것이다). 특히, 예시적인 프로세싱 컴포넌트의 동작 온도에서의 상승은, 이로 제한되지는 않으나, 보다 높은 클록 속도들과 연관된 프로세싱 컴포넌트 내의 증가된 전력 누설, 프로세싱 컴포넌트에 인접한 열 어그레서들, 프로세싱 컴포넌트에 인접한 오작동하는 컴포넌트들, 주변 환경에서의 변화 등을 포함하는, 임의의 개수의 팩터들 또는 팩터들의 조합에 의해 야기될 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다. 또한, 프로세싱 컴포넌트에서의 증가된 작업부하들은 전력 소비에서의 증가와 연관된 증가된 전력 누설 레이트의 결과로서 작업부하 할당 시점에 프로세싱 컴포넌트와 연관된 동작 온도가 상승하게 할 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다. 프로세싱 컴포넌트의 동작 온도가 상승하거나 하강할 수도 있는 이유와 상관없이, 도 1a 의 예시로부터, 일반적으로, 주어진 프로세싱 컴포넌트의 프로세싱 효율은 동작 온도에서의 증가와 역으로 떨어진다는 것에 유의하는 것은 중요하다.

[0032] 이제 도 1b 로 넘어가면, 상이한 열 조건들 하에서 동작하는, 2 개의 예시적인 프로세싱 컴포넌트들, "저 성능" CPU 프로세싱 컴포넌트, 및 "고 성능" GPU 프로세싱 컴포넌트들의 각각에 대한 한 쌍의 성능 곡선들 (GPU 105°C, GPU 95°C; CPU 105°C, CPU 95°C) 을 도시하는 그래프 (400) 가 도시된다. 기본적으로, 도 1b 의 그래프 (400) 는, 각각 도 1a 의 예시에 의해 나타내어질 수도 있는, 2 개의 다양한 예시적인 프로세싱 컴포넌트들에 대한 성능 곡선들을 도시한다. 또한, 도 2 에서의 성능 곡선들에 의해 나타내어지는 2 개의 예시적인 프로세서들인 GPU, CPU 가 공통의 이종 멀티-프로세서 시스템 온 칩 ("SoC") 에 포함될 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다.

[0033] 특히, 예시적인 엔진들 (GPU, CPU) 의 성능 곡선들을 겹쳐 놓음으로써, 다양한 전환들 또는 교차 지점들 (405, 410, 415) 이 다양한 곡선들의 교차지점들에서 정의된다는 것을 알 수 있다. 이러한 교차 지점들은 상이한 엔진들이 가장 효율적인 임계치들을 나타낸다.

[0034] 예를 들어, 예시적인 GPU, CPU 프로세서 성능 곡선들의 비교 분석은, 프로세서들 GPU, CPU 의 각각이 95°C 에서 동작하는 경우, 프로세서들 GPU, CPU 양자 모두가 약 3700 DMIPS 작업부하 (지점 410) 에서 프로세싱 효율에서 실질적으로 동등하다고 결정할 수 있다. 비교 분석으로부터, 그러나, CPU 프로세싱 컴포넌트가 지점 410 아래에서는 보다 효율적임을 또한 알 수 있다, 즉, CPU 프로세싱 컴포넌트는 작업부하가 3700 DMIPS 미만인 경우

DMIPS 작업부하당 보다 적은 전력을 소비한다. 반대로, GPU 코어는 지점 410 위에서 보다 효율적이다, 즉, 작업부하가 3700 DMIPS 를 초과하는 경우 GPU 코어는 작업부하의 DMIPS 당 보다 적은 전력을 소비한다.

[0035] 따라서, 예시적인 비교 분석에 의존하여, CPU 가 105°C 에서 구동하고 GPU 가 95°C 아래에서 구동하는 경우, 전체 열 에너지 생성을 감소시키기 위해 트리거에 응답하여 에너지 효율 인지 열 관리 정책을 적용하는 효율 관리자 모듈은 CPU 의 온도가 보다 높을지라도 지점 405 아래로 작업부하들에 대해 보다 적은 효율의 GPU 에 대해서 전력에서의 감소를 시시할 수도 있다.

[0036] 또한, 임의의 개수의 팩터들로 인해, 이종 멀티-프로세서 SoC 에서의 다양한 프로세서들 및/또는 코어들은 상이한 온도 조건들 하에서 동작할 수도 있음이 이해될 것이다. 예를 들어, 도 1b 의 예시에서, 전환 지점 (405) 은 105°C 에서 동작하는 예시적인 CPU 프로세싱 컴포넌트와 95°C 에서 동작하는 예시적인 GPU 프로세싱 컴포넌트에 대한 성능 곡선들의 교차지점을 나타낸다. 결과적으로, 예시적인 프로세서들이 상이한 온도들에서 동작한다는 것을 인식함으로써, 위에서 설명된 예시적인 시나리오들과 유사하게, 일 실시형태는 프로세싱을 위해 준비된 주어진 코드의 블록을 효율적으로 프로세싱하기 위해 작업부하 할당 바로 전에 프로세서들 중 어느 것이 최상으로 갖추고 있는지를 결정하기 위해 비교 분석을 활용할 수도 있다. 예를 들어, 작업부하들이 가장 효율적인 조건들 하에서 프로세싱되는 것을 보장하기 위해, 2400 DMIPS 아래의 작업부하들은 CPU 프로세싱 컴포넌트에 배정되고, 2400 DMIPS 위의 작업부하들은 GPU 프로세싱 컴포넌트에 배정될 수도 있다. 또한, 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션들의 실시형태들은 총체적 프로세싱 엔진들의 전체 평균 효율이 최적화되도록 프로세싱 컴포넌트들 사이에서 작업부하들을 재할당할 수도 있다는 것이 생각된다. 그렇게 하여, 소정의 실시 형태들은 작업부하가 덜 에너지 효율적인 코어에서 구동되는 것을 단순히 방지하려고만 하지 않을 수도 있다.

즉, 일부 실시형태들에서, 작업부하가 시작되는 경우, 시스템은 각각의 컴포넌트의 에너지 효율을 고려하여 작업부하에 맞는 가장 효율적인 CPU 에 작업부하를 배치할 수도 있다. 예를 들어, 가장 효율적인 코어가 이미 너무 많이 사용된다면, 다음으로 가장 효율적인 코어가 선택될 수도 있다.

[0037] 특히, 에너지 효율 인지 열 관리 알고리즘의 소정의 실시형태들은 다음 코드의 블록이 배정되는 경우에 전체 작업부하 프로세싱 효율을 최적화하도록 실행될 수도 있는 것으로 생각된다. 예를 들어, 도 1b 의 예시적인 곡선들 (GPU 95°C 및 CPU 105°C) 을 다시 참조하면, 곡선들과 연관된 프로세서들 GPU, CPU 의 각각이 2000 DMIPS 의 레이트로 현재 프로세싱하고, 효율 관리 모듈은 2 개의 예시적인 프로세서들 중 어느 것이 1000 DMIPS 의 추가적인 작업부하의 효율적인 프로세싱을 위해 가장 잘 포지셔닝된지를 결정하려고 한다고 가정한다. 현재 프로세싱되고 있는 2000 DMIPS 작업부하와 대조적으로, 에너지 효율 인지 열 관리 알고리즘은 프로세싱 컴포넌트 GPU, CPU 당 3000 MIPS 의 가정된 총 작업부하 (엔진마다 이전에 할당된 2000 MIPS 더하기 엔진들 중 하나에 할당될 추가적인 1000 MIPS) 에 기초하여 곡선들을 비교하는데 이용될 수도 있다. 이러한 비제한적인 예에 있어서, 도 2 의 예시의 예시적인 곡선들 (GPU 95°C 및 CPU 105°C) 에 기초하여, 열적 인지 스케줄링 모듈은 동일한 작업부하에서 500mW 를 넘는 전력을 소비할 CPU 와 대조적으로 3000 DMIPS 에서 프로세싱하기 위해 400mW 아래의 전력을 소비할 더 효율적인 GPU 를 선택할 수도 있다.

[0038] 위의 예를 확장하여, GPU 에 추가적인 1000 DMIPS 를 배정한 후에, 효율 관리 모듈은 CPU 상에서 구동하고 있는 2000 DMIPS 의 작업부하를 GPU 에 재할당하는 것으로 이동함으로써, 3000 DMIPS 로부터 5000 DMIPS 로 GPU 의 작업부하를 더 증가시킬 수도 있다. 유리하게, 5000 DMIPS 에서, CPU 의 2000 DMIPS 작업부하가 재할당되지 않았다면 CPU 가 소비할 대략 8mW/DMIPS 와는 대조적으로 GPU 는 작업부하를 프로세싱하기 위해 1000mW 의 전력 또는 5mW/DMIPS 를 소비할 것이다. 또한, 예에서 CPU 로부터 완전히 제거된 작업부하로, 효율 관리자 모듈은 정체 상태 또는 심지어 전력 봉괴 상태로 CPU 를 전환시킴으로써 추가적으로 에너지를 절약하고 열 에너지 생성을 완화시킬 수도 있다는 것이 구상된다.

[0039] 곡선들에서의 예측된 쉬프트가 배정될 추가적인 작업부하일 것임에 기초하여 성능 곡선들을 비교하기 위해 에너지 효율 인지 열 관리 알고리즘의 또 다른 실시형태들이 이용될 수도 있다. 예를 들어, 각각 95°C 및 105°C 의 동작 온도들에서 2000 DMIPS 의 레이트로 프로세싱하는 프로세서들 GPU 및 CPU 의 예를 다시 참조하면, 효율 관리 모듈의 실시형태들은 추가적인 1000 DMIPS 작업부하가 할당되는 결과를 놓을 수 있는 성능 곡선들에서의 쉬프트를 예측할 수도 있다. 특히, 추가적인 1000 DMIPS 작업부하는 할당된 프로세싱 컴포넌트가 보다 많은 전력을 소비하게 할 수도 있기 때문에, 효율 관리 모듈은 추가적인 작업부하의 결과로서 프로세싱 컴포넌트와 현재 연관된 동작 온도가 상승할 것이라고 생각하고, 그에 따라, 예측된 온도 상승과 연관된 성능 곡선들을 비교하려고 할 수도 있다.

[0040] 그 예로 돌아가서, 추가적인 1000 DMIPS 의 작업부하는 95°C 로부터 100°C 로 GPU 의 동작 온도가 증가하게 할

수도 있고, 유사하게, CPU 의 동작 온도가 105°C 로부터 110°C 로 증가하게 할 수도 있다. 이에 따라, 효율 관리 모듈의 실시형태는 각각 100°C 및 110°C (도 1b 에는 도시되지 않은 GPU 100°C 및 CPU 110°C 성능 곡선들) 의 예측된 온도들에서 동작하는 코어 GPU 및 코어 CPU 와 연관된 성능 데이터를 질의하고 비교할 수도 있다.

[0041] 도 1c 는 예시적인 코어들인 쌍인 코어 1 및 코어 2 에 대한 한 쌍의 성능 곡선들을 도시하는 그래프 (500) 이다. 코어 2 는 "보다 느린" 코어로 보일 수 있는 코어 1 에 상대적으로 "보다 빠른" 코어로 보일 수도 있다. 특히, 코어 2 가 코어 1 (약 2100 MHz) 보다 높은 최대 주파수 (약 2500 MHz) 에서 프로세싱할 수 있기 때문에 당업자는 코어 2 를 예시적인 쌍의 보다 빠른 코어로서 인식할 것이다. 결과적으로, 그리고 동작 주파수가 MIPS 와 상관되기 때문에, 당업자는 또한 코어 2 가 코어 1 보다 많은 MIPS 를 프로세싱할 수 있다는 것을 인식할 것이다.

[0042] 도 1c 도시에서의 지점 510 은 주파수 (~1600 MHz) 를 나타내며, 그 위에서 코어 2 는 코어 1 보다 일 MIPS 의 작업부하를 프로세싱할 시에 보다 효율적이다 [2000 MHz 에서, 코어 2 는 오직 ~800mW 의 전력만을 소비하는데 반해 (지점 515), 코어 1 은 동일한 2000 MHz 동작 주파수에서 ~1100mW 의 전력을 소비한다 (지점 520)]. 특히, 그러나, 지점 510 아래에서는, 예시적인 코어 1 이 2 개 중에서 더 효율적인 프로세서이다. 이와 같아, 코어 1 및 코어 2 양자 모두가 1600 MHz 아래의 주파수들에서 구동했고, 효율 관리 모듈이 (예를 들어, 스키온도 임계치를 초과하는 것에 대한 열 경보와 같은) 열 에너지 생성을 감소시키기 위한 트리거를 인식했으면, 효율 관리 모듈은 트리거의 시점에 코어 2 가 코어 1 보다 "더 뜨거운지" 여부와 상관없이 코어 2 에 공급되는 주파수를 감소시키려고 할 수도 있다. 이러한 방식으로, 주어진 MIPS 의 작업부하를 프로세싱하는 전체 효율이 최적화되면서 열 에너지 생성이 완화될 수도 있다.

[0043] 도 1d 는 도 1c 예시에서 도시된 예시적인 코어들의 쌍인 코어 1 및 코어 2 에 대한 상이한 성능 곡선들의 쌍을 도시하는 그래프 (600) 이다. 도 1d 에서, 성능 곡선들의 각각은 코어 대 코어에 공급되는 주파수의 에너지 효율을 맵핑한다. 특히, 도 1d 도시에서 지점 610 및 지점 615 는, 각각, 도 1c 도시에서의 지점들 510 및 515/520 과 상관있다. 유사하게, 도 1d 도시에서 도시된 최대 동작 주파수들은 도 1c 도시에서 도시된 최대 동작 주파수들과 상관있다.

[0044] 도 1d 도시에 의해 나타내어진 성능 데이터를 이용하여, 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션의 일 실시형태는 코어들 양자 모두가 그것들의 최대 동작 주파수들에서 또는 그 근처에서 구동하면 우선 코어 1 에 공급되는 주파수를 감소시킴으로써 열 트리거에 응답할 수도 있다. 특히, 2000 MHz 의 최대 동작 주파수에서, 코어 1 은 코어 2 보다 mW 의 소비 전력당 보다 적은 MIPS 의 작업부하를 프로세싱한다. 결과적으로, 예시적인 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션은 열 에너지 생성을 완화시키고 열 경보를 해제하기 위한 시도로 한 단계만큼 코어 1 의 주파수를 감소시킬 수도 있다. 덜 효율적인 코어 1 의 주파수 감소가 경보를 해제하지 않으면, 예시적인 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션은 제 1 단계 감소 후에 코어들 중 어느 코어가 덜 효율적인지를 재평가하고 그 다음에 최소 에너지 효율적인 코어에 주파수에서의 제 2 단계 감소를 적용할 수도 있다. 프로세스는 그러한 단계적 방식으로, 열 경보가 해제될 때까지, 그렇지 않으면, 열 완화 목표가 달성될 때까지, 그 단계 감소의 시점에 최소 에너지 효율적인 코어에 공급되는 주파수를 계속 감소시킬 수도 있다.

[0045] 도 2a 는 이종 프로세싱 컴포넌트들을 포함하는 온-칩 시스템 (102A) 에서의 비동기식 아키텍쳐의 양태들을 도시하는 기능 블록도이다. 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션의 소정의 실시형태들은 불필요하게 작업부하 프로세싱 효율을 저하시키지 않으면서 프로세싱 컴포넌트들에 의해 열 에너지 생성을 관리하도록 적용가능할 수도 있다.

[0046] 온-칩 시스템 (102A) 은 일련의 프로세싱 컴포넌트들 PC 0, PC 1, PC 2 등을 보이는 것으로 도시된다. 특히, 온-칩 시스템 (102A) 의 아키텍쳐가 비동기식이기 때문에, 프로세싱 컴포넌트들의 각각은 당업자에 의해 이해될 바와 같이 위상 동기 루프 (phase locked loop) ("PLL") 와 같은 전력 공급기 전압 및 클록 생성기 주파수를 제어하기 위한 전용 클록 소스와 연관된다. 예시에서, 클록 0 은 PC 0 에 대한 전력 공급기 및 클록 생성기와 유일하게 연관된다. 클록 1 은 PC 1 에 대한 전력 공급기 및 클록 생성기와 유일하게 연관된다. 클록 2 는 PC 2 에 대한 전력 공급기 및 클록 생성기와 유일하게 연관되고, 기타 등등이다.

[0047] 유리하게, 비동기식 온-칩 시스템에서의 각각의 프로세싱 컴포넌트가 전용 클록 소스를 갖기 때문에, 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션들의 실시형태들은 열 에너지 생성이 임계치를 초과한 경우 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트들에 대한 전력 감소들을 타겟팅하기 위해 DCVS 모듈을 이용할 수도 있다.

[0048] 도 2b 는 이종 프로세싱 컴포넌트들을 포함하는 온-칩 시스템 (102B) 에서의 동기식 아키텍쳐의 양태들을 도시

하는 기능 블록도이다. 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션의 소정의 실시형태들은 불필요하게 작업부하 프로세싱 효율을 저하시키지 않으면서 프로세싱 컴포넌트들에 의해 열 에너지 생성을 관리하도록 적용가능할 수도 있다.

[0049] 온-칩 시스템 (102B)은 일련의 프로세싱 컴포넌트들 PC 0, PC 1, PC 2 등을 보이는 것으로 도시된다. 특히, 온-칩 시스템 (102B)의 아키텍쳐가 동기식이기 때문에, 프로세싱 컴포넌트들의 각각은 모든 프로세싱 컴포넌트들에 대해 단일의 공통 클록 소스 및 전력 공급기와 연관된다. 유리하게, 동기식 온-칩 시스템에서의 각각의 프로세싱 컴포넌트가 단일 클록 소스를 공유하기 때문에, 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션들의 실시형태들은 덜 효율적인 프로세싱 컴포넌트들로부터 더 효율적인 프로세싱 컴포넌트들로 작업부하들을 할당하거나 재할당함으로써 열 에너지 생성이 임계치를 초과한 경우 프로세싱 효율을 최적화할 수도 있다.

[0050] 특히, 덜 효율적인 프로세싱 컴포넌트들은 작업부하들이 없으므로, 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션들의 실시형태들은 덜 효율적인 프로세싱 컴포넌트들의 전력 상태들이, 예를 들어, 활성 상태로부터 정체 상태로, 또는 정체 상태로부터 전력 봉괴 상태로 전환되도록 지시할 수도 있다. 유리하게, 더 효율적인 프로세서들에 새로운 작업부하들을 할당하고/하거나 덜 효율적인 프로세서들로부터 더 효율적인 프로세서들로 활성 작업부하들을 재할당함으로써, 솔루션들의 실시형태들은 주어진 작업부하를 프로세싱하는데 요구되는 전력의 양을 최적화 할 수도 있다. 또한, 더 효율적인 프로세싱 컴포넌트들이 용인할 수 있는 QoS를 유지할 수 없는 경우에 덜 효율적인 프로세싱 컴포넌트들을 다시 온라인으로 하도록 대기시간 파라미터들을 고려하여, 활성 상태들로부터 유휴 상태들로 동기식 SoC (102B)에서의 덜 효율적인 프로세싱 컴포넌트들을 전환시킴으로써, 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션들의 실시형태들은 전체 전력 소비 효율을 더 최적화할 수도 있다.

[0051] 도 3은 휴대용 컴퓨팅 디바이스 ("PCD") (100)에서의 에너지 효율 인지 열 관리를 위한 온-칩 시스템 (102)의 일 실시형태를 도시하는 기능 블록도이다. 특히, 온-칩 시스템 (102)은 아키텍쳐에서 동기식 또는 비동기식일 수도 있는 것으로 구상된다. 도 1 도시에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 프로세싱 컴포넌트들에 걸친 전력 공급기 전압 및 클록 생성기 주파수 및/또는 작업부하 할당에서의 목표로 하는 감소는 개개의 코어들 또는 프로세서들 (222, 224, 226, 228)과 유일하게 연관된 성능 데이터의 상대 비교에 기초할 수도 있다. 특히, 당업자가 인식할 바와 같이, 프로세싱 컴포넌트(들) (110)는 단지 예시 목적으로 이종 프로세싱 엔진들의 그룹으로서 도시되고, 다수의 이종 코어들 (222, 224, 226, 228), 또는 다수의 코어들 및/또는 서브-코어들을 각각 포함하거나 포함하지 않을 수도 있는 다수의 이종 프로세서들 (222, 224, 226, 228)을 갖는 단일 프로세싱 컴포넌트를 나타낼 수도 있다. 이와 같이, 본원에서 "코어들"과 같은 프로세싱 엔진들 (222, 224, 226, 및 228)에 대한 참조는 사실상 예시로서 이해될 것이고 본 개시물의 범위를 제한하지는 않을 것이다.

[0052] 온-칩 시스템 (102)은 효율 관리자 (efficiency manager) ("EM") 모듈 (101), DCVS 모듈 (26), 및 스케줄러 모듈 (207)과 통신하고 있는 모니터 모듈 (114)로 코어들 (222, 224, 226, 228)과 개별적으로 연관되는 온도 센서들 (157)을 모니터링할 수도 있다. 모니터 모듈 (114)은, 이로 제한되지는 않으나, 스킨 온도 센서, PoP 메모리 온도 센서, 접합 온도 센서, 프로세싱 컴포넌트들로의 전력 레일들 상의 전류 센서, 전력 공급기와 연관된 전류 센서, 전력 공급기 능력 센서 등과 같은, 임계치를 초과할 수도 있는 임의의 개수의 열 에너지 표시자들을 또한 모니터링할 수도 있다.

[0053] 열 임계치가 초과되고 모니터 모듈 (114)에 의해 인식되는 경우에, EM 모듈 (101)은 에너지 효율 인지 방식으로 열 에너지 생성을 완화시키기 위해 조취를 취하도록 트리거링될 수도 있다. EM 모듈 (101)은 프로세싱 컴포넌트들의 에너지 효율과 연관된 하나 이상의 모니터링된 파라미터들의 표시들을 모니터 모듈 (114)로부터 수신하고 그 다음에 그 표시들을 이용하여 프로세싱 컴포넌트들 중 어느 것이 최소 에너지 효율적인지를 결정할 수도 있다. 일부 실시형태들에서, EM 모듈 (101)은 모니터 모듈 (114)로부터 온도 측정치들을 수신하고 측정치들을 이용하여 코어 성능 데이터 저장부 (24)로부터 성능 데이터를 질의할 수도 있다. 성능 데이터에 기초하여, EM 모듈 (101)은 작업부하 프로세싱 효율에 의해 코어들 (222, 224, 226, 228)의 순위를 결정할 수도 있다.

[0054] 후속하여, EM 모듈 (101)은 비동기식 시스템 (102A)에서의 또는 동기식 시스템 (102B)에서의 덜 효율적인 코어(들)에 대한 전력 공급기 전압 및 클록 생성기 주파수를 감소시키도록 결정할 수도 있으며, EM 모듈 (101)은 덜 효율적인 코어로부터 더 효율적인 코어로 작업부하들이 재할당되게, 또는 큐잉된 작업부하들이 더 효율적인 코어들에 스케줄링되게 할 수도 있다. EM 모듈 (101)에 의해 지시되는 동적 DCVS 조절 정책들은 덜 효율적인 프로세싱 컴포넌트들에 대해 감소된 레벨들로 프로세서 클록 속도들을 설정하고, 소정의 덜 효율적인 프로세서들의 전력 상태들을 활성 상태들로부터 유휴 상태들로 전환시키는 등을 할 수도 있다. 일부 실시형태들에

서, EM 모듈 (101)에 의해 지시된 작업부하 할당들 및/또는 재할당들은 스케줄러 (207)로의 명령들을 통해 구현될 수도 있다. 특히, 에너지 효율 인지 열 관리 정책들의 적용을 통해서, EM 모듈 (101)은 QoS를 희생하여 과도한 전력 소비를 감소시키거나 경감할 수도 있다.

[0055] 당업자가 인식할 바와 같이, 프로세싱 코어들 (222, 224, 226, 228) 중 하나 이상의 프로세싱 코어의 동작 온도는 작업부하들이 프로세싱되고, 주변 조건들이 변화하고, 인접한 열 에너지 생성기가 에너지를 소멸시키는 등에 따라 변동할 수도 있다. 이에 따라, 다양한 프로세싱 코어들 (222, 224, 226, 228)의 동작 온도들이 변동함에 따라, 그 엔진들 (222, 224, 226, 228)과 연관된 관련 성능 데이터도 변동한다. 코어들 (222, 224, 226, 228)의 각각과 연관된 동작 온도들이 변화함에 따라, 모니터 모듈 (114)은 변화를 인식하고 EM 모듈 (101)에 변화를 표시하는 온도 데이터를 송신할 수도 있다. 측정된 동작 온도들에서의 변화는 EM 모듈 (101)이 측정된 동작 온도들에 기초하여 코어들 (222, 224, 226, 228) 중 하나 이상의 코어에 대한 성능 곡선들을 질의하기 위해 코어 성능 ("CP") 데이터 저장부 (24)를 참조하도록 트리거링할 수도 있다. 후속하여, EM 모듈 (101)은 밀리와트 소비 전력 당 작업부하의 최대 효율 프로세싱을 유지하면서 생성된 열 에너지가 완화되도록 상이한 코어 (222, 224, 226, 228)를 최소 에너지 효율적인 코어로서 식별하고 (DCVS 모듈 (26)을 통해) 그에 공급되는 전력 주파수를 조절할 수도 있다. EM 모듈 (101)은 또한 덜 효율적인 코어로부터의 재할당이 필요할 시에 큐잉된 코드의 블록 또는 코드의 블록을 효율적으로 프로세싱하기 위해 식별된 성능 곡선들을 비교하여 비교의 시점에 최상으로 포지셔닝된 코어 (222, 224, 226, 228)를 선택할 수도 있다.

[0056] 예시적인 EM 모듈 (101)은 전력 공급들을 조절하도록 DCVS 모듈 (26)에 명령하고/하거나 작업부하를 효율적으로 프로세싱하기 위해 최상으로 포지셔닝된 소정의 프로세싱 컴포넌트에 작업부하를 할당하거나 재할당하도록 스케줄러 모듈 (207)에 명령하기 위해, 여러 가지의 다양한 프로세싱 컴포넌트들 (222, 224, 226, 228)과 연관된 하나 이상의 성능 곡선들의 비교 분석을 활용하도록 구성된다. 특히, 프로세싱 컴포넌트들 (222, 224, 226, 228)의 동작 온도들이 변화함에 따라, EM 모듈 (101)에 의해 질의되고 비교되는 성능 곡선들도 변화할 것임을 당업자는 인식할 것이다. 이와 같이, 상이한 시점들에서, EM 모듈 (101)은 에너지 효율 인지 열 관리 정책들의 적용을 위한 상이한 프로세싱 엔진들 (222, 224, 226, 228)을 선택할 수도 있다. 이러한 방식에서, 더 효율적인 프로세서들이 활성 작업부하를 처리하는 것을 가능하게 하기 위해 작업부하 배정들이 할당의 시점에 이용가능한 가장 효율적인 프로세싱 컴포넌트들에 할당되는 것 및/또는 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트들에 의한 전력 소비가 감소되는 것을 보장함으로써 열 에너지 생성을 관리하는 경우에 EM 모듈 (101)이 QoS를 최적화한다는 것이 소정의 실시형태들의 이점이다.

[0057] 도 4는 열 조건들을 모니터링하고, 성능 데이터를 비교하고, 최적의 전력 주파수들을 설정하고, 효율적인 프로세싱을 위해 최상으로 포지셔닝된 프로세싱 컴포넌트들에 작업부하들을 스케줄링하는 방법들 및 시스템들을 구현하기 위한 무선 전화기의 형태인 PDC (100)의 일 예시적인 비제한적인 양태의 기능 블록도이다. 도시된 바와 같이, PDC (100)는 함께 커플링되는 멀티-코어 중앙 프로세싱 유닛 ("CPU") (110) 및 아날로그 신호 프로세서 (126)를 포함하는 온-칩 시스템 (102)을 포함한다. CPU (110)는 당업자에 의해 이해되는 바와 같이 제 0 코어 (222), 제 1 코어 (224), 및 제 N 코어 (230)를 포함할 수도 있다. 또한, 당업자에 의해 이해되는 바와 같이, CPU (110) 대신에, 디지털 신호 프로세서 ("DSP")가 또한 채용될 수도 있다. 또한, 이종 멀티-코어 프로세서들의 기술에서 이해되는 바와 같이, 코어들 (222, 224, 230)의 각각은 유사한 동작 조건들 하에서 상이한 효율들로 작업부하들을 프로세싱할 수도 있다.

[0058] 일반적으로, 효율 관리자 모듈(들) (101)은 모니터 모듈 (114)로부터 온도 데이터를 수신하고 온도 데이터를 이용하여 코어들 (222, 224, 230)과 연관된 성능 데이터를 질의하거나 성능 데이터를 추론하고, 코어들 (222, 224, 230)의 관련 프로세싱 효율들을 결정하고, 전력 공급들을 조절, 전력 상태들을 전환, 및/또는 코어들 (222, 224, 230)에 대한 코드의 블록들을 스케줄링하기 위해 DCVS 모듈 (26) 및/또는 스케줄러 (207)와 작업할 수도 있다.

[0059] 모니터 모듈 (114)은 온-칩 시스템 (102)에 걸쳐서 분포된 다수의 동작 센서들 (예를 들어, 열 센서들 (157)), 및 PCD (100)의 CPU (110), 뿐만 아니라 EM 모델(들) (101)과 통신한다. EM 모듈 (101)은 모니터 모듈 (114)에 의해 모니터링된 온도들과 관련된 프로세서 성능 곡선들을 질의하고, 곡선들을 비교하고, 가장 효율적인 레벨들로 전력 주파수들을 설정하고, 이용가능하고 코드의 블록을 프로세싱할 수 있는 가장 효율적인 프로세서를 선택하기 위해 모니터 모듈 (114)과 작업할 수도 있다.

[0060] 도 4에 도시된 바와 같이, 디스플레이 제어기 (128) 및 터치스크린 제어기 (130)가 디지털 신호 프로세서 (110)에 커플링된다. 온-칩 시스템 (102)의 외부에 있는 터치스크린 디스플레이 (132)는 디스플레이 제

어기 (128) 및 터치스크린 제어기 (130)에 커플링된다.

[0061] PCD (100)는 비디오 디코더 (134), 예를 들어, "PAL" (phase-alternating line) 인코더, "SECAM" (sequential couleur avec memoire) 인코더, "NTSC" (national television system(s) committee) 인코더 또는 임의의 다른 타입의 비디오 디코더 (134)를 더 포함할 수도 있다. 비디오 디코더 (134)는 멀티코어 중앙 프로세싱 유닛 ("CPU") (110)에 커플링된다. 비디오 증폭기 (136)는 비디오 디코더 (134) 및 터치스크린 디스플레이 (132)에 커플링된다. 비디오 포트 (138)는 비디오 증폭기 (136)에 커플링된다. 도 4에 도시된 바와 같이, "USB" (universal serial bus) 제어기 (140)는 CPU (110)에 커플링된다. 또한, USB 포트 (142)가 USB 제어기 (140)에 커플링된다. 메모리 (112) 및 가입자 식별 모듈 (subscriber identity module; SIM) 카드 (146)가 또한 CPU (110)에 커플링될 수도 있다. 또한, 도 4에 도시된 바와 같이, 디지털 카메라 (148)는 CPU (110)에 커플링될 수도 있다. 예시적인 양태에서, 디지털 카메라 (148)는 "CCD" (charge-coupled device) 카메라 또는 "CMOS" (complementary metal-oxide semiconductor) 카메라이다.

[0062] 도 4에 추가로 도시된 바와 같이, 스테레오 오디오 코덱 (150)이 아날로그 신호 프로세서 (126)에 커플링될 수도 있다. 또한, 오디오 증폭기 (152)가 스테레오 오디오 코덱 (150)에 커플링될 수도 있다. 예시적인 양태에서, 제 1 스테레오 스피커 (154) 및 제 2 스테레오 스피커 (156)가 오디오 증폭기 (152)에 커플링된다. 도 4는, 마이크로폰 증폭기 (158)가 스테레오 오디오 코덱 (150)에 또한 커플링될 수도 있음을 도시한다. 추가적으로, 마이크로폰 (160)이 마이크로폰 증폭기 (158)에 커플링될 수도 있다. 특정 양상에서, 주파수 변조 (frequency modulation) ("FM") 라디오 튜너 (162)가 스테레오 오디오 코덱 (150)에 커플링될 수도 있다. 또한, FM 안테나 (164)가 FM 라디오 튜너 (162)에 커플링된다. 또한, 스테레오 헤드폰들 (166)이 스테레오 오디오 코덱 (150)에 커플링될 수도 있다.

[0063] 도 4는 추가로, 라디오 주파수 ("RF") 트랜시버 (168)가 아날로그 신호 프로세서 (126)에 커플링될 수도 있음을 표시한다. RF 스위치 (170)가 RF 송수신기 (168) 및 RF 안테나 (172)에 커플링될 수도 있다. 도 4에 도시된 바와 같이, 키패드 (174)가 아날로그 신호 프로세서 (126)에 커플링될 수도 있다. 또한, 마이크로폰 (176)을 구비한 모노 헤드셋이 아날로그 신호 프로세서 (126)에 커플링될 수도 있다. 또한, 진동기 디바이스 (178)가 아날로그 신호 프로세서 (126)에 커플링될 수도 있다. 도 4는 또한, 전력 공급기 (180), 예를 들어, 배터리가 온-칩 시스템 (102)에 커플링됨을 나타낸다. 특정 양태에서, 전력 공급기는 AC 전력 소스에 접속된 "AC" (alternating current) - DC 변압기로 유도되는 DC 배터리 또는 재충전가능 DC 배터리를 포함한다.

[0064] CPU (110)는 또한 하나 이상의 내부의 온-칩 열 센서들 (157A), 뿐만 아니라 하나 이상의 외부의 오프-칩 열 센서들 (157B)에 커플링될 수도 있다. 온-칩 열 센서들 (157A)은 수직 PNP 구조에 기초하고, 보통 "CMOS" (complementary metal oxide semiconductor) "VLSI" (very large-scale integration) 회로들에 전용되는 하나 이상의 "PTAT" (proportional-to-absolute temperature) 온도 센서들을 포함할 수도 있다. 오프-칩 열 센서들 (157B)은 하나 이상의 서미스터들을 포함할 수도 있다. 열 센서들 (157)은 아날로그-대-디지털 (analog-to-digital converter) ("ADC") 제어기 (103)에 의해 디지털 신호들로 변환되는 전압 강하를 생성할 수도 있다. 그러나, 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서, 다른 타입들의 열 센서들 (157)이 채용될 수도 있다.

[0065] 열 센서들 (157)은, ADC 제어기 (103)에 의해 제어 및 모니터링되는 것에 더하여, 또한 하나 이상의 EM 모듈 (들) (101)에 의해 제어 및 모니터링될 수도 있다. EM 모듈(들) (101)은 CPU (110)에 의해 실행되는 소프트웨어를 포함할 수도 있다. 그러나, EM 모듈(들) (101)은 또한 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않으면서 하드웨어 및/또는 펌웨어로 형성될 수도 있다. EM 모듈(들) (101)은 프로세서 성능 데이터를 질의하고/하거나 프로세서 성능의 표시들을 수신하는 것, 데이터의 분석에 기초하여, 최소 에너지 효율적인 프로세서들의 전력 주파수들을 조절하는 것, 및/또는 작업부하 할당의 시점에서 코드를 가장 효율적으로 프로세싱할 수 있는 프로세서들에 코드의 블록들을 할당하거나 재할당하는 것을 책임질 수도 있다.

[0066] 도 4로 다시 돌아가면, 터치 스크린 디스플레이 (132), 비디오 포트 (138), USB 포트 (142), 카메라 (148), 제 1 스테레오 스피커 (154), 제 2 스테레오 스피커 (156), 마이크로폰 (160), FM 안테나 (164), 스테레오 헤드폰들 (166), RF 스위치 (170), RF 안테나 (172), 키패드 (174), 모노 헤드셋 (176), 진동기 (178), 열 센서들 (157B), 및 전력 공급기 (180)는 온-칩 시스템 (102)의 외부에 있다. 그러나, 모니터 모듈 (114)은 PCD (100) 상에서 동작가능한 리소스들의 실시간 관리 시에 돋기 위해 아날로그 신호 프로세서 (126) 및 CPU (110)에 의해 이러한 외부 디바이스들 중 하나 이상의 외부 디바이스로부터 하나 이상의 표시들 또는 신호들을 또한

수신할 수도 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0067] 특정 양태에서, 본원에서 설명된 방법 단계들 중 하나 이상은 하나 이상의 EM 모듈(들) (101) 을 형성하는 메모리 (112)에 저장된 실행가능 명령들 및 파라미터들에 의해 구현될 수도 있다. EM 모듈(들) (101)을 형성하는 명령들은 본원에서 설명된 방법들을 수행하기 위해 CPU (110), 아날로그 신호 프로세서 (126), 또는 다른 프로세서, 더불어 ADC 제어기 (103)에 의해 실행될 수도 있다. 또한, 프로세서들 (110, 126), 메모리 (112), 그에 저장된 명령들, 또는 이들의 조합은 본 명세서에서 설명된 방법 단계들 중 하나 이상을 수행하는 수단으로서 기능할 수도 있다.

[0068] 도 5a는 도 4에 도시된 칩 (102)에 대한 하드웨어의 일 예시적인 공간적 배열을 도시하는 기능 블록도이다. 이러한 예시적인 실시형태에 따르면, 애플리케이션들 CPU (110)는 칩 (102)의 멀리 좌측 영역 상에 포지셔닝되고, 한편 모뎀 CPU (168, 126)는 칩 (102)의 멀리 우측 영역 상에 포지셔닝된다. 애플리케이션들 CPU (110)는 제 0 코어 (222), 제 1 코어 (224), 및 제 N 코어 (230)를 포함하는 이종 멀티-코어 프로세서를 포함할 수도 있다. 애플리케이션들 CPU (110)는 (소프트웨어에 임베딩된 경우) EM 모듈 (101A)을 실행시킬 수도 있거나 (하드웨어에 임베딩된 경우) EM 모듈 (101A)을 포함할 수도 있다. 애플리케이션 CPU (110)는 운영 체제 ("O/S") 모듈 (208) 및 모니터 모듈 (114)을 포함하도록 더 도시된다.

[0069] 애플리케이션들 CPU (110)는 하나 이상의 위상 동기 루프 ("PLL")들 (209A, 209B)에 커플링될 수도 있으며, 하나 이상의 위상 동기 루프는 애플리케이션들 CPU (110)에 인접하게 그리고 칩 (102)의 좌측 영역에 포지셔닝된다. PLL들 (209A, 209B)에 인접하게 그리고 아래쪽에서, 애플리케이션들 CPU (110) 아래에는 메인 모듈 (101A)과 연계하여 작업하는 그 자체의 EM 모듈 (101B)을 포함할 수도 있는 아날로그-대-디지털 ("ADC") 제어기 (103)를 포함할 수도 있다.

[0070] ADC 제어기 (103)의 EM 모듈 (101B)은, 모니터 모듈 (114)과 연계하여, "온-칩" (102) 및 "오프-칩" (102)에서 제공될 수도 있는 다수의 열 센서들 (157)을 모니터링하고 추적하는 것을 책임질 수도 있다. 온-칩 또는 내부 열 센서들 (157A)은 다양한 위치들에 포지셔닝될 수도 있다.

[0071] 비-제한적인 예로서, 제 1 내부 열 센서 (157A1)는 애플리케이션들 CPU (110)와 모뎀 CPU (168, 126) 사이에 그리고 내부 메모리 (112)에 인접하게 칩 (102)의 상부 중앙 영역에 포지셔닝될 수도 있다. 제 2 내부 열 센서 (157A2)는 칩 (102)의 우측 영역 상에서 모뎀 CPU (168, 126) 아래에 포지셔닝될 수도 있다. 이 제 2 내부 열 센서 (157A2)는 또한 고급 단축 명령어 세트 컴퓨터 ("RISC") 명령어 세트 머신 ("ARM") (177)과 제 1 그래픽 프로세서 (135A) 사이에 포지셔닝될 수도 있다. 디지털-대-아날로그 제어기 ("DAC") (173)는 제 2 내부 열 센서 (157A2)와 모뎀 CPU (168, 126) 사이에 포지셔닝될 수도 있다.

[0072] 제 3 내부 열 센서 (157A3)는 칩 (102)의 멀리 오른쪽 영역에서 제 2 그래픽 프로세서 (135B)와 제 3 그래픽 프로세서 (135C) 사이에 포지셔닝될 수도 있다. 제 4 내부 열 센서 (157A4)는 칩 (102)의 멀리 오른쪽 영역에 그리고 제 4 그래픽 프로세서 (135D) 아래에 포지셔닝될 수도 있다. 그리고 제 4 내부 열 센서 (157A5)는 칩 (102)의 멀리 왼쪽 영역에 그리고 PLL들 (209) 및 ADC 제어기 (103)에 인접하게 포지셔닝될 수도 있다.

[0073] 하나 이상의 외부 열 센서들 (157B)이 또한 ADC 제어기 (103)에 커플링될 수도 있다. 제 1 외부 열 센서 (157B1)는 오프-칩에, 그리고 모뎀 CPU (168, 126), ARM (177), 및 DAC (173)를 포함할 수도 있는 칩 (102)의 상부 오른쪽 사분면에 인접하게 포지셔닝될 수도 있다. 제 2 외부 열 센서 (157B2)는 오프-칩에, 그리고 제 3 및 제 4 그래픽 프로세서들 (135C, 135D)을 포함할 수도 있는 칩 (102)의 하부 오른쪽 사분면에 인접하게 포지셔닝될 수도 있다.

[0074] 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않으면서 도 5a에 도시된 하드웨어의 다양한 다른 공간적 배열들이 제공될 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다. 도 5a는 일 예시적인 공간적 배열, 및 불필요하게 QoS에 영향을 주지 않으면서 열 조건들을 관리하기 위해서 도 5a에 도시된 예시적인 공간적 배열의 함수인 열 조건들을 인식하고, 프로세싱 효율 데이터를 비교하고, 작업부하들을 할당하거나 전력 공급들을 조절하기 위해 메인 EM 모듈 (101A) 및 EM 모듈 (101B)을 갖는 ADC 제어기 (103)가 모니터 모듈 (114)과 어떻게 작업할 수도 있는지를 도시한다.

[0075] 도 5b는 열 조건들의 식별 및 에너지 효율 인지 열 관리 알고리즘들의 애플리케이션을 지원하기 위한 도 4 및 도 5a의 PCD (100)의 일 예시적인 소프트웨어 아키텍쳐 (200)를 도시하는 개략도이다. 임의의 개수의 알고리즘들은 소정의 열 조건들이 만족되는 경우 EM 관리자 (101)에 의해 적용될 수도 있는 적어도 하나의 에너지 효율 인지 열 관리 기법들을 형성할 수도 있거나 그의 일부일 수도 있다.

[0076] 도 5b 에 도시된 바와 같이, CPU 또는 디지털 신호 프로세서 (110) 는 버스 (211) 를 통해 메모리 (112) 에 커플링된다. CPU (110) 는, 위에서 언급된 바와 같이, N 개의 코어 프로세서들을 갖는 멀티-코어 이종 프로세서이다. 즉, CPU (110) 는 제 1 코어 (222), 제 2 코어 (224), 및 제 N 코어 (230) 를 포함한다. 당업자에게 알려져 있는 바와 같이, 제 1 코어 (222), 제 2 코어 (224), 및 제 N 코어 (230) 의 각각은 전용 애플리케이션 또는 프로그램을 지원하는데 이용가능하고, 이종 프로세서들의 일부로서, 유사한 열 동작 조건들 하에서 상이한 레벨들의 성능을 제공할 수도 있다. 대안적으로, 이용가능한 이종 코어들 중 2 개 이상에 걸쳐 프로세싱하기 위해 하나 이상의 애플리케이션들 또는 프로그램들이 배포될 수 있다.

[0077] CPU (110) 는 소프트웨어 및/또는 하드웨어를 포함할 수도 있는 EM 모듈(들) (101) 로부터 커맨드들을 수신할 수도 있다. 소프트웨어로서 구현된다면, EM 모듈 (101) 은 CPU (110) 또는 다른 프로세서들에 의해 실행되고 있는 다른 애플리케이션 프로그램들에 커맨드들을 발행하는 CPU (110) 에 의해 실행되는 명령들을 포함한다.

[0078] CPU (110) 의 제 1 코어 (222), 제 2 코어 (224) 내지 제 N 코어 (230) 는 단일 접적 회로 다이 상에 접적될 수도 있거나, 다중-회로 패키지에서 별도의 다이들에 접적되거나 커플링될 수도 있다. 설계자들은 하나 이상의 공유 캐시들을 통해 제 1 코어 (222), 제 2 코어 (224) 내지 제 N 코어 (230) 를 커플링할 수도 있고, 버스, 링, 메시, 및 크로스바 토폴로지들과 같은 네트워크 토폴로지들을 통해 전달되는 메시지 또는 명령을 구현할 수도 있다.

[0079] 버스 (211) 는, 해당 기술에서 공지된 바와 같은, 하나 이상의 유선 접속 또는 무선 접속을 통한 다수의 통신 경로들을 포함할 수도 있다. 버스 (211) 는 통신들을 가능하게 하기 위한, 제어기들, 버퍼들 (캐시들), 드라이버들, 리피터들, 및 수신기들과 같은, 간단함을 위해 생략된 추가적인 엘리먼트들을 가질 수도 있다. 또한, 버스 (211) 는 앞서 언급된 컴포넌트들 사이에서 적절한 통신들을 가능하게 하기 위해 주소, 제어, 및/또는 데이터 접속들을 포함할 수도 있다.

[0080] PCD (100) 에 의해 이용되는 로직이 소프트웨어에서 구현되는 경우, 도 5b 에 도시된 바와 같이, 시동 로직 (250), 관리 로직 (260), 에너지 효율 인지 열 관리 인터페이스 로직 (270), 애플리케이션 저장부 (280) 에 있는 애플리케이션들, 및 파일 시스템 (290) 의 부분들 중 하나 이상은 임의의 컴퓨터-관련 시스템 또는 방법에 의한 또는 그와 연계하여 이용하기 위한 임의의 컴퓨터-관독가능 매체에 저장될 수도 있다는 것에 유의해야 한다.

[0081] 본 문서의 맥락에서, 컴퓨터-관독가능 매체는 컴퓨터-관련 시스템 또는 방법에 의한 또는 그와 연계하여 이용하기 위한 컴퓨터 프로그램 및 데이터를 포함하거나 저장할 수 있는 전자, 자기, 광학, 또는 다른 물리적 디바이스 혹은 수단이다. 다양한 로직 엘리먼트들 및 데이터 저장부들은 명령 실행 시스템, 장치, 또는 디바이스, 예컨대, 컴퓨터-기반 시스템, 프로세서-포함 시스템, 또는 명령 실행 시스템, 장치, 또는 디바이스로부터 명령들을 불러오고 명령들을 실행할 수 있는 다른 시스템에 의해 또는 그와 연계하여 이용하기 위해 임의의 컴퓨터-관독가능 매체에 구현될 수도 있다. 본 문서의 맥락에서, "컴퓨터-관독가능 매체" 는 명령 실행 시스템, 장치, 또는 디바이스에 의해 또는 그와 연계하여 이용하기 위해 프로그램을 저장, 통신, 전파, 또는 전송할 수 있는 임의의 수단일 수 있다.

[0082] 컴퓨터-관독가능 매체는, 이로 제한되지는 않으나, 예를 들어, 전자, 자기, 광학, 전자기, 적외선, 또는 반도체 시스템, 장치, 디바이스 또는 프로그램 매체일 수 있다. 컴퓨터-관독가능 매체보다 구체적인 예들 (완전하지 않은 리스트) 은 다음의: 하나 이상의 와이어들을 갖는 전기 접속부 (전자적), 휴대용 컴퓨터 디스크 (자기적), 랜덤-액세스 메모리 (RAM) (전자적), 관독-전용 메모리 (ROM) (전자적), 삭제가능한 프로그램가능 관독-전용 메모리 (EPROM, EEPROM, 또는 플래시 메모리) (전자적), 광 섬유 (광학적), 및 휴대용 컴팩트 디스크 관독전용 메모리 (CDROM) (광학적) 를 포함할 것이다. 컴퓨터-관독가능 매체는, 예를 들어, 종이 또는 다른 매체의 광학적 스캐닝을 통해 프로그램이 전자적으로 캡처되고, 그 다음에 컴파일링되며, 해석되거나, 그렇지 않으면 필요한 경우 적합한 방식으로 프로세싱되고, 그 다음에 컴퓨터 메모리에 저장될 수 있으므로, 심지어 종이, 또는 그 위에 프로그램이 인쇄되는, 다른 적합한 매체일 수도 있음에 유의한다.

[0083] 시동 로직 (250), 관리 로직 (260), 및 아마도 에너지 효율 인지 열 관리 인터페이스 로직 (270) 중 하나 이상이 하드웨어에서 구현되는 대안적인 실시형태에서, 다양한 로직은 각각 공지된 다음의 기술들: 데이터 신호들에 대해 로직 기능들을 구현하기 위한 로직 게이트를 갖는 이산 로직 회로(들), 적절한 조합 로직 게이트들을 갖는 주문형 반도체 (ASIC), 프로그램가능 게이트 어레이(들) (PGA), 필드 프로그램가능 게이트 어레이 (FPGA) 등 중 임의의 것으로 또는 그의 조합으로 구현될 수도 있다.

[0084] 메모리 (112) 는 플래시 메모리와 같은 비-휘발성 데이터 저장 디바이스 또는 솔리드-스테이트 메모리 디바이스이다. 단일 디바이스로서 도시되었으나, 메모리 (112) 는 디지털 신호 프로세서 (또는 추가적인 프로세서 코어들) 에 커플링된 별도의 데이터 저장부들을 갖는 분산 메모리 디바이스일 수도 있다.

[0085] 시동 로직 (250) 은 에너지 효율 인지 열 관리 정책의 적용을 위해 이용가능한 코어들 중 하나 이상의 이용가능한 코어의 에너지 효율 인지 비교 분석 및 식별을 위한 선택 프로그램을 선택적으로 식별하고, 로딩하고, 실행하기 위한 하나 이상의 실행가능한 명령들을 포함한다.

[0086] 관리 로직 (260) 은 에너지 효율 인지 열 관리 프로그램을 종료하고, 뿐만 아니라 에너지 효율 인지 비교 분석, 조절된 전력 공급들에 대한 선택, 및/또는 이용가능한 코어들 중 하나 이상의 이용가능한 코어에 대한 할당을 위해 보다 많은 적합한 대체 프로그램을 선택적으로 식별하고, 로딩하고, 실행하기 위한 하나 이상의 실행가능한 명령들을 포함한다. 관리 로직 (260) 은 런 타임에 또는 PCD (100) 에 전력이 공급되는 동안에, 그리고 디바이스의 오퍼레이터에 의한 이용 시에 이러한 기능들을 수행하도록 배열된다. 대체 프로그램은 임베딩된 파일 시스템 (290) 의 프로그램 저장부 (296) 에서 발견될 수 있다.

[0087] 대체 프로그램은, 디지털 신호 프로세서에서 코어 프로세서들 중 하나 이상에 의해 실행되는 경우, EM 모듈 (101) 및 모니터 모듈 (114) 에 의해 제공되는 하나 이상의 신호들에 따라 동작할 수도 있다. 이와 관련하여, 모니터 모듈 (114) 은 EM 모듈 (101) 에서 비롯되는 제어 신호들에 응답하여 이벤트들, 프로세스들, 애플리케이션들, 리소스 상태 조건들, 경과 시간, 온도 등의 하나 이상의 표시자들을 제공할 수도 있다.

[0088] 인터페이스 로직 (270) 은 임베딩된 파일 시스템 (290) 에 저장된 정보를 관측하거나, 구성하거나, 그렇지 않으면 업데이트하기 위해 외부 입력들을 프레젠테이션하고, 관리하고, 상호작용하기 위한 하나 이상의 실행가능한 명령들을 포함한다. 일 실시형태에서, 인터페이스 로직 (270) 은 USB 포트 (142) 를 통해 수신된 제조자 입력들과 연계하여 동작할 수도 있다. 이러한 입력들은 프로그램 저장부 (296) 로부터 삭제되거나 그에 추가될 하나 이상의 프로그램들을 포함할 수도 있다. 대안적으로, 입력들은 프로그램 저장부 (296) 에서의 프로그램들 중 하나 이상의 프로그램에 대한 편집들 및 변화들을 포함할 수도 있다. 또한, 입력들은 시동 로직 (250) 및 관리 로직 (260) 중 하나 또는 양자 모두에 대한 하나 이상의 변화들, 또는 시동 로직 (250) 및 관리 로직 (260) 중 하나 또는 양자 모두의 전체 대체들을 식별할 수도 있다. 예로서, 입력들은 스킨 온도와 연관된 온도 측정치가 소정의 식별된 임계치를 초과하는 경우 덜 효율적인 코어로부터 더 효율적인 코어로 작업부하들을 재할당하도록 PCD (100) 에 명령하는 관리 로직 (260) 에 대한 변화를 포함할 수도 있다. 추가적인 예로서, 입력들은 배터리 레벨이 소정의 바닥 양에 도달하는 경우 최소 에너지 효율적인 프로세싱 코어에 대해 일 중분만큼 전력을 감소시키도록 PCD (100) 에 명령하는 관리 로직 (260) 에 대한 변화를 포함할 수도 있다.

[0089] 인터페이스 로직 (270) 은 제조자가 PCD (100) 에 대한 규정된 동작 조건들 하에서 최종 사용자의 경험을 제어 가능하게 구성하고 조절하는 것을 가능하게 한다. 메모리 (112) 가 플래시 메모리인 경우, 시동 로직 (250), 관리 로직 (260), 인터페이스 로직 (270), 애플리케이션 저장부 (280) 에 있는 애플리케이션 프로그램들, 또는 임베딩된 파일 시스템 (290) 에 있는 정보 중 하나 이상은 편집되거나, 대체되거나, 그렇지 않으면 수정될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 인터페이스 로직 (270) 은 PCD (100) 의 최종 사용자 또는 오퍼레이터가 시동 로직 (250), 관리 로직 (260), 애플리케이션 저장부 (280) 에 있는 애플리케이션들, 및 임베딩된 파일 시스템 (290) 에 있는 정보를 검색하거나, 로케이팅하거나, 수정하거나, 대체하는 것을 가능하게 한다. 오퍼레이터는 PCD (100) 의 다음 시동 시에 구현될 변화를 일으키기 위해 결과적인 인터페이스를 이용할 수도 있다. 대안적으로, 오퍼레이터는 런 타임 중에 구현되는 변화를 일으키기 위해 결과적인 인터페이스를 이용할 수도 있다.

[0090] 임베딩된 파일 시스템 (290) 은 계층적으로 배열된 코어 성능 데이터 저장부 (24) 를 포함한다. 이와 관련하여, 파일 시스템 (290) 은 다양한 동작 온도들에서 다양한 코어들 (222, 224, 226, 228) 의 성능 곡선들과 연관된 정보의 저장을 위해 전체 파일 시스템 능력 중 예약된 섹션을 포함할 수도 있다.

[0091] 도 6 은 비동기식 시스템 온 칩에서의 에너지 효율 인지 열 관리에 대한 방법 (600) 의 일 실시형태를 도시하는 논리 플로차트이다. 도 6 의 실시형태에서, 다양한 프로세싱 코어들 (222, 224, 226, 228) 의 각각에 대한 성능 곡선들은 모니터링 모듈 (114) 에 의해 수집된 실제 성능 데이터에 기초하여 경험적으로 결정될 수도 있거나, 일부 실시형태들에서, 성능 곡선들은 각각의 코어의 성능 스펙들에 의해 도출되는 선형적인 곡선들일 수도 있다.

[0092] 일부 실시형태들에서, 다양한 프로세싱 코어들 (222, 224, 226, 228) 의 성능 곡선들을 경험적으로 결정하기 위

해, 모니터링 모듈 (114) 은 온도 센서들 (157) 뿐만 아니라 코어들 (222, 224, 226, 228) 의 전력 소비를 모니터링하는데 유용한 다른 전압 또는 전류 센서들과 통신할 수도 있다. 그러한 실시형태에서, 모니터 모듈 (114) 에 의해 수집된 데이터는 이전의 작업부하 할당들과 커플링되어 경험적 성능 곡선들로 컴파일링될 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다. 경험적 성능 곡선들은 CP 데이터 저장부 (24) 에 저장되고 에너지 효율 인지 열 관리 알고리즘에 의해 이용될 수도 있다.

[0093] 블록 605에서 시작하여, 모니터 모듈 (114) 은 미리 결정된 온도 임계치를 초과하는 열 판독값과 같은 열 이벤트를 열 에너지 생성을 감소시키기 위한 트리거로서 인식할 수도 있다. 이전에 설명된 바와 같이, 모니터 모듈 (114) 은 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션의 적용을 위해 EM 모듈 (101) 에 그러한 열 경보 정보를 제공할 수도 있다.

[0094] 블록 610에서, EM 모듈 (101) 은 SoC에 있는 다양한 이종 프로세싱 컴포넌트들과 연관된 성능 데이터를 질의 할 수도 있다. 관련 성능 데이터는 모니터 모듈 (114) 에 의해 EM 모듈 (101) 에 제공되는 동작 온도들에 기초하여 질의될 수도 있다. 성능 데이터를 이용하여, EM 모듈 (101) 은 작업부하를 효율적으로 프로세싱하기 위해 상대적 능력들에 기초하여 프로세싱 컴포넌트들의 순위를 결정할 수도 있다.

[0095] 블록 615에서, EM 모듈 (101) 은 미리 결정된 충분만큼 덜 효율적인 프로세싱 코어들 중 하나 이상에 공급되는 전력의 주파수를 감소시킬 수도 있다. 특히, 주파수에서의 감소는 프로세싱 컴포넌트에 의해 프로세싱되는 작업부하의 양에서의 감소와 직접적으로 상관된다는 것을 당업자는 인식할 것이다.

[0096] 다음으로, 결정 블록 620에서, EM 모듈 (101) 은 블록 610 및 블록 615에서 트리거링된 열 경보가 해제되었는지 여부를 결정하기 위해 모니터 모듈 (114) 과 작업할 수도 있다. 경보가 해제되었다면, 즉, 블록 615에서 구현된 주파수에서의 감소가 감소된 열 에너지 생성을 초래하여 경보가 성공적으로 해제되었으면, "예" 브랜치에 뛰어어 방법 (600) 은 리턴된다. EM 모듈 (101) 은 덜 효율적인 프로세싱 코어(들)에 공급되는 주파수에서의 증가를 인가할 수도 있다. 그러나, 블록 615에서 취해진 액션(들)의 결과로서 경보가 해제되지 않았다면, "아니오" 브랜치에 뛰어어 다시 블록 610이 오고 전력 주파수에서의 충분 감소를 위해 "새로운" 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트가 식별된다. 특히, "새로운" 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트는 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트로 이전에 식별되었던 동일한 프로세싱 컴포넌트일 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 블록 610 내지 블록 620의 루프는, 열 경보가 해제될 때까지, 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트에 공급되는 전력의 주파수를 계속하여 점진적으로 감소시킨다.

[0097] 도 7은 작업부하 재할당을 통한 동기식 시스템 온 칩에서의 에너지 효율 인지 열 관리에 대한 방법 (700) 의 일 실시형태를 도시하는 논리 플로차트이다. 도 7의 실시형태에서, 다양한 프로세싱 코어들 (222, 224, 226, 228) 의 각각에 대한 성능 곡선들은 모니터링 모듈 (114) 에 의해 수집된 실제 성능 데이터에 기초하여 경험적으로 결정될 수도 있거나, 일부 실시형태들에서, 성능 곡선들은 각각의 코어의 성능 스펙들에 의해 도출되는 선형적인 곡선들일 수도 있다.

[0098] 일부 실시형태들에서, 다양한 프로세싱 코어들 (222, 224, 226, 228) 의 성능 곡선들을 경험적으로 결정하기 위해, 모니터링 모듈 (114) 은 온도 센서들 (157) 뿐만 아니라 코어들 (222, 224, 226, 228) 의 전력 소비를 모니터링하는데 유용한 다른 전압 또는 전류 센서들과 통신할 수도 있다. 그러한 실시형태에서, 모니터 모듈 (114) 에 의해 수집된 데이터는 이전의 작업부하 할당들과 커플링되어 경험적 성능 곡선들로 컴파일링될 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다. 경험적 성능 곡선들은 CP 데이터 저장부 (24) 에 저장되고 에너지 효율 인지 열 관리 알고리즘에 의해 이용될 수도 있다.

[0099] 블록 705에서 시작하여, 모니터 모듈 (114) 은 미리 결정된 온도 임계치를 초과하는 열 판독값과 같은 열 이벤트를 열 에너지 생성을 감소시키기 위한 트리거로서 인식할 수도 있다. 이전에 설명된 바와 같이, 모니터 모듈 (114) 은 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션의 적용을 위해 EM 모듈 (101) 에 그러한 열 경보 정보를 제공할 수도 있다.

[0100] 블록 710에서, EM 모듈 (101) 은 SoC에 있는 다양한 이종 프로세싱 컴포넌트들과 연관된 성능 데이터를 질의 할 수도 있다. 관련 성능 데이터는 모니터 모듈 (114) 에 의해 EM 모듈 (101) 에 제공되는 동작 온도들에 기초하여 질의될 수도 있다. 성능 데이터를 이용하여, EM 모듈 (101) 은 작업부하를 효율적으로 프로세싱하기 위해 상대적 능력들에 기초하여 프로세싱 컴포넌트들의 순위를 결정할 수도 있다.

[0101] 블록 715에서, EM 모듈 (101) 은 보다 덜 효율적인 프로세서에 의해 프로세싱되고 있는 활성 작업부하들을 더 효율적인 프로세서에 재할당할 수도 있다. 특히, 덜 효율적인 프로세서로부터 더 효율적인 프로세서로 작업

부하를 이동시키는 것은 덜 효율적인 프로세서 및 더 효율적인 프로세서가 공통 전력 공급기 및 블록 생성기를 공유할지라도 작업부하가 감소된 전력의 양으로 프로세싱되는 것을 초래할 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다.

[0102] 다음으로, 결정 블록 720에서, EM 모듈 (101)은 블록 710 및 블록 715에서 트리거링된 열 경보가 해제되었는지 여부를 결정하기 위해 모니터 모듈 (114)과 작업할 수도 있다. 경보가 해제되었으면, 즉, 덜 효율적인 프로세서로부터 더 효율적인 프로세서로의 작업부하의 재할당이 감소된 열 에너지 생성을 초래하여 경보가 성공적으로 해제되었으면, "예" 브랜치에 뛰어들 방법 (700)은 리턴된다. EM 모듈 (101)은 덜 효율적인 프로세싱 코어(들)에 대한 작업부하들의 추후 할당 또는 재할당을 인가할 수도 있다. 그러나, 블록 715에서 취해진 액션(들)의 결과로 경보가 해제되지 않았다면, "아니오" 브랜치에 뛰어들 다시 블록 710이 오고 작업부하 감소를 위해 "새로운" 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트가 식별된다. 특히, "새로운" 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트는 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트로 이전에 식별되었던 동일한 프로세싱 컴포넌트일 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 블록 710 내지 블록 720의 루프는, 열 경보가 해제될 때 까지, 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트로부터 작업부하를 계속 이동시킨다.

[0103] 도 8은 큐잉된 작업부하들의 할당을 통한 동기식 시스템 온 칩에서의 에너지 효율 인지 열 관리에 대한 방법 (800)의 일 실시형태를 도시하는 논리 플로차트이다. 도 8의 실시형태에서, 다양한 프로세싱 코어들 (222, 224, 226, 228)의 각각에 대한 성능 곡선들은 모니터링 모듈 (114)에 의해 수집된 실제 성능 데이터에 기초하여 경험적으로 결정될 수도 있거나, 일부 실시형태들에서, 성능 곡선들은 각각의 코어의 성능 스펙들에 의해 도출되는 선형적인 곡선들일 수도 있다.

[0104] 일부 실시형태들에서, 다양한 프로세싱 코어들 (222, 224, 226, 228)의 성능 곡선들을 경험적으로 결정하기 위해, 모니터링 모듈 (114)은 온도 센서들 (157) 뿐만 아니라 코어들 (222, 224, 226, 228)의 전력 소비를 모니터링하는데 유용한 다른 전압 또는 전류 센서들과 통신할 수도 있다. 그러한 실시형태에서, 모니터 모듈 (114)에 의해 수집된 데이터는 이전의 작업부하 할당들과 커플링되어 경험적 성능 곡선들로 컴파일링될 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다. 경험적 성능 곡선들은 CP 데이터 저장부 (24)에 저장되고 에너지 효율 인지 열 관리 알고리즘에 의해 이용될 수도 있다.

[0105] 블록 805에서 시작하여, 모니터 모듈 (114)은 미리 결정된 온도 임계치를 초과하는 열 판독값과 같은 열 이벤트를 열 에너지 생성을 감소시키기 위한 트리거로서 인식할 수도 있다. 이전에 설명된 바와 같이, 모니터 모듈 (114)은 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션의 적용을 위해 EM 모듈 (101)에 그러한 열 경보 정보를 제공할 수도 있다.

[0106] 블록 810에서, EM 모듈 (101)은 SoC에 있는 다양한 이종 프로세싱 컴포넌트들과 연관된 성능 데이터를 질의 할 수도 있다. 관련 성능 데이터는 모니터 모듈 (114)에 의해 EM 모듈 (101)에 제공되는 동작 온도들에 기초하여 질의될 수도 있다. 성능 데이터를 이용하여, EM 모듈 (101)은 작업부하를 효율적으로 프로세싱하기 위해 상대적 능력들에 기초하여 프로세싱 컴포넌트들의 순위를 결정할 수도 있다.

[0107] 블록 815에서, EM 모듈 (101)은 작업부하들을 가장 효율적으로 프로세싱하기 위해 최상으로 포지셔닝된 프로세서(들)로 큐잉된 작업부하들을 재할당하도록 스케줄러 (207)에 명령할 수도 있다. 특히, 더 효율적인 프로세서로 작업부하를 재할당하는 것은 작업부하가 감소된 전력의 양으로 프로세싱되는 것을 초래할 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다.

[0108] 특히, EM 모듈 (101)은 작업부하 할당을 위한 "새로운" 더 효율적인 프로세싱 컴포넌트들을 식별하기 위해 모니터 모듈 (114)과 계속 작업할 수도 있다. 특히, "새로운" 더 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트는 더 효율적인 프로세싱 컴포넌트로 이전에 식별되었던 동일한 프로세싱 컴포넌트일 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 이러한 방식으로, 방법 (800)의 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션은 최소의 전력의 양을 소비하도록 프로세싱하는 시점에 최상으로 포지셔닝된 프로세싱 컴포넌트로 새로운 작업부하들이 스케줄링되는 것을 계속하여 보장할 수도 있다.

[0109] 도 9는 전력 모드 조절을 통한 동기식 시스템 온 칩에서의 에너지 효율 인지 열 관리에 대한 방법 (900)의 일 실시형태를 도시하는 논리 플로차트이다. 도 9의 실시형태에서, 다양한 프로세싱 코어들 (222, 224, 226, 228)의 각각에 대한 성능 곡선들은 모니터링 모듈 (114)에 의해 수집된 실제 성능 데이터에 기초하여 경험적으로 결정될 수도 있거나, 일부 실시형태들에서, 성능 곡선들은 각각의 코어의 성능 스펙들에 의해 도출되는 선형적인 곡선들일 수도 있다.

[0110] 일부 실시형태들에서, 다양한 프로세싱 코어들 (222, 224, 226, 228)의 성능 곡선들을 경험적으로 결정하기 위해, 모니터링 모듈 (114)은 온도 센서들 (157) 뿐만 아니라 코어들 (222, 224, 226, 228)의 전력 소비를 모니터링하는데 유용한 다른 전압 또는 전류 센서들과 통신할 수도 있다. 그러한 실시형태에서, 모니터 모듈 (114)에 의해 수집된 데이터는 이전의 작업부하 할당들과 커플링되어 경험적 성능 곡선들로 컴파일링될 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다. 경험적 성능 곡선들은 CP 데이터 저장부 (24)에 저장되고 에너지 효율 인지 열 관리 알고리즘에 의해 이용될 수도 있다.

[0111] 블록 905에서 시작하여, 모니터 모듈 (114)은 미리 결정된 온도 임계치를 초과하는 열 팬독값과 같은 열 이벤트를 열 에너지 생성을 감소시키기 위한 트리거로서 인식할 수도 있다. 이전에 설명된 바와 같이, 모니터 모듈 (114)은 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션의 적용을 위해 EM 모듈 (101)에 그러한 열 경보 정보를 제공할 수도 있다.

[0112] 블록 910에서, EM 모듈 (101)은 SoC에 있는 다양한 이종 프로세싱 컴포넌트들과 연관된 성능 데이터를 질의 할 수도 있다. 관련 성능 데이터는 모니터 모듈 (114)에 의해 EM 모듈 (101)에 제공되는 동작 온도들에 기초하여 질의될 수도 있다. 성능 데이터를 이용하여, EM 모듈 (101)은 작업부하를 효율적으로 프로세싱하기 위해 상대적 능력들에 기초하여 프로세싱 컴포넌트들의 순위를 결정할 수도 있다.

[0113] 블록 915에서, EM 모듈 (101)은 불필요한 전력 소비를 감소시키려는 노력으로 덜 효율적인 프로세서(들)의 전력 모드를 조절할 수도 있다. EM 모듈 (101)은, 이로 제한되지는 않으나, 주어진 유휴 상태 전력 모드로부터 활성 모드로 전환하는 프로세서와 연관된 대기시간을 포함하는 다양한 파라미터들에 기초하여 전력 모드를 조절하기 위해 최상으로 포지셔닝된 프로세서를 식별할 수도 있다는 것이 구상된다. 특히, 활성 상태로부터 정체 상태 또는 전력 봉괴 모드로 프로세서의 전력 모드를 조절하는 것은 SoC에 걸쳐 평균 전력 소비에서의 절감들을 초래할 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다.

[0114] 다음으로, 결정 블록 920에서, EM 모듈 (101)은 블록 910 및 블록 915에서 트리거링된 열 경보가 해제되었는지 여부를 결정하기 위해 모니터 모듈 (114)과 작업할 수도 있다. 경보가 해제되었으면, 즉, 최소 효율적인 프로세서의 전력 모드를 조절하는 것이 감소된 열 에너지 생성을 초래하여 경보가 성공적으로 해제되었으면, "예" 브랜치에 뛰어어 방법 (900)은 리턴된다. EM 모듈 (101)은 덜 효율적인 프로세싱 코어(들)에 대한 더 높은 전력 소비 전력 모드로의 복귀를 인가할 수도 있다. 그러나, 블록 915에서 취해진 액션(들)의 결과로 경보가 해제되지 않았다면, "아니오" 브랜치에 뛰어어 다시 블록 910이 오고 전력 모드 전환을 위한 "새로운" 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트가 식별된다. 특히, "새로운" 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트는 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트로 이전에 식별되었던 동일한 프로세싱 컴포넌트일 수도 있다는 것이 이해될 것이다.

[0115] 도 10은 전력 모드 둑티 사이클링을 통한 동기식 시스템 온 칩에서의 에너지 효율 인지 열 관리에 대한 방법 (1000)의 일 실시형태를 도시하는 논리 플로차트이다. 도 10의 실시형태에서, 다양한 프로세싱 코어들 (222, 224, 226, 228)의 각각에 대한 성능 곡선들은 모니터링 모듈 (114)에 의해 수집된 실제 성능 데이터에 기초하여 경험적으로 결정될 수도 있거나, 일부 실시형태들에서, 성능 곡선들은 각각의 코어의 성능 스펙들에 의해 도출되는 선형적인 곡선들일 수도 있다.

[0116] 일부 실시형태들에서, 다양한 프로세싱 코어들 (222, 224, 226, 228)의 성능 곡선들을 경험적으로 결정하기 위해, 모니터링 모듈 (114)은 온도 센서들 (157) 뿐만 아니라 코어들 (222, 224, 226, 228)의 전력 소비를 모니터링하는데 유용한 다른 전압 또는 전류 센서들과 통신할 수도 있다. 그러한 실시형태에서, 모니터 모듈 (114)에 의해 수집된 데이터는 이전의 작업부하 할당들과 커플링되어 경험적 성능 곡선들로 컴파일링될 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다. 경험적 성능 곡선들은 CP 데이터 저장부 (24)에 저장되고 에너지 효율 인지 열 관리 알고리즘에 의해 이용될 수도 있다.

[0117] 블록 1005에서 시작하여, 모니터 모듈 (114)은 미리 결정된 온도 임계치를 초과하는 열 팬독값과 같은 열 이벤트를 열 에너지 생성을 감소시키기 위한 트리거로서 인식할 수도 있다. 이전에 설명된 바와 같이, 모니터 모듈 (114)은 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션의 적용을 위해 EM 모듈 (101)에 그러한 열 경보 정보를 제공할 수도 있다.

[0118] 블록 1010에서, EM 모듈 (101)은 SoC에 있는 다양한 이종 프로세싱 컴포넌트들과 연관된 성능 데이터를 질의 할 수도 있다. 관련 성능 데이터는 모니터 모듈 (114)에 의해 EM 모듈 (101)에 제공되는 동작 온도들에 기초하여 질의될 수도 있다. 성능 데이터를 이용하여, EM 모듈 (101)은 작업부하를 효율적으로 프로세싱하

기 위해 상대적 능력들에 기초하여 프로세싱 컴포넌트들의 순위를 결정할 수도 있다.

[0119] 블록 1015에서, EM 모듈 (101)은 불필요한 전력 소비를 감소시키려는 노력으로 덜 효율적인 프로세서(들)의 전력 모드들을 순환시킬 수도 있다. 전력 모드들을 순환시킴으로써, 프로세서는 다양한 전력 모드들에 걸쳐서 전환한다. 예컨대, 예를 들어, 정체 상태와 활성 상태 사이에서 토글링한다. 복수의 전력 모드들의 각각에서 일 시간의 기간 동안 머무름으로써, 프로세싱 컴포넌트에 의한 평균 전력 소비는 최적화될 수도 있다. EM 모듈 (101)은, 이로 제한되지는 않으나, 주어진 전력 모드로부터 다른 전력 모드로 전환하는 프로세서와 연관된 대기시간을 포함하는 다양한 파라미터들에 기초하여 전력 모드들을 순환시키기 위해 최상으로 포지셔닝된 프로세서를 식별할 수도 있다는 것이 구상된다. 특히, 전력 모드들에 걸쳐서 프로세서를 순환시키는 것은 순환 프로세서의 프로세싱 능력을 완전히 희생하지 않으면서 SoC에 걸쳐 평균 전력 소비에서의 절감들을 초래할 수도 있음을 당업자는 인식할 것이다.

[0120] 다음으로, 결정 블록 1020에서, EM 모듈 (101)은 블록 1010 및 블록 1015에서 트리거링된 열 경보가 해제되었는지 여부를 결정하기 위해 모니터 모듈 (114)과 작업할 수도 있다. 경보가 해제되었으면, 즉, 최소 효율적인 프로세서의 전력 모드를 순환시키는 것이 감소된 열 에너지 생성을 초래하여 경보가 성공적으로 해제되었으면, "예" 브랜치에 뛰어이 방법 (1000)은 리턴된다. EM 모듈 (101)은 덜 효율적인 프로세싱 코어(들)에 대한 전력 모드들의 듀티 사이클을 중단하는 것을 인가할 수도 있다. 그러나, 블록 1015에서 취해진 액션(들)의 결과로 경보가 해제되지 않았다면, "아니오" 브랜치에 뛰어이 다시 블록 1010이 오고 전력 모드 순환을 위한 "새로운" 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트가 식별된다. 특히, "새로운" 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트는 최소 에너지 효율적인 프로세싱 컴포넌트로 이전에 식별되었던 동일한 프로세싱 컴포넌트일 수도 있다는 것이 이해될 것이다.

[0121] 도 11은 프로세싱 컴포넌트 에너지 효율 등급의 런타임 검증에 대한 방법 (1100)의 일 실시형태를 도시하는 논리 플로차트이다. 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션의 예시적인 실시형태들에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 다양한 이종 프로세싱 컴포넌트들과 연관된 성능 데이터가 프로세싱 컴포넌트들 중 어느 것이 작업부하를 프로세싱할 시에 최소 에너지 효율적인지를 결정하는데 이용될 수도 있다(프로세싱 컴포넌트에 대한 전력 주파수가 직접적으로 프로세싱 컴포넌트의 프로세싱 능력과 상관되는 것을 고려하면 에너지 효율은 MIPS/mW 또는 MHz/mW으로 측정될 수도 있다). 성능 데이터는 모니터링 모듈 (114)에 의해 수집된 실제 성능 데이터에 기초하여 경험적으로 결정될 수도 있거나, 일부 실시형태들에서, 성능 곡선들은 각각의 코어의 성능 스펙들에 의해 도출되는 선형적인 곡선들일 수도 있다.

[0122] 특히, 프로세싱 컴포넌트의 성능 스펙들로부터 도출되는 선형적인 성능 데이터는 정확하지 않거나, 프로세싱 컴포넌트가 시간 경과에 따라 낮아감에 따라 정확도를 잃을 수도 있다. 이와 같이, 방법 (1100)의 실시형태들은 성능 데이터에 응답하는 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션이 에너지 효율들에 관해 결정하기 전에 주어진 프로세싱 코어와 연관된 성능 데이터의 유효성을 검증하고자 한다.

[0123] 모니터 모듈 (114) 및/또는 EM 모듈 (101)이 칩 (102) 주위의 전류 센서들 및 온도 센서들에 액세스할 수도 있기 때문에, 그리고 EM 모듈 (101)이 CP 데이터 저장부 (24)에 저장된 이전에 프로파일링된 성능 데이터를 질의할 수도 있기 때문에, 방법 (1100)의 실시형태들은 프로세싱 컴포넌트와 연관된 저장된 성능 데이터의 정확도를 검증하고, 필요하다면 업데이트하는데 이용될 수도 있다. 관련 전류 측정치들 및 온도 측정치들은 프로세싱 컴포넌트 또는 서브시스템이 예상되는 전류 누설 특성들을 활발히 보이는지 여부를 결정하기 위해 샘플링되어 저장된 성능 데이터와 비교될 수도 있다.

[0124] 블록 1105에서, 모니터 모듈 (114)은 특정 프로세싱 컴포넌트와 연관된 전류, 동작 온도, 및 동작 지점(예를 들어, 전력 주파수 설정 MHz)을 모니터링할 수도 있다. 블록 1110에서, EM 모듈 (101)은 블록 1105에서 모니터 모듈 (114)에 의해 측정된 동작 온도 및 동작 지점에 기초하여 저장된 성능 데이터를 질의할 수도 있다. 저장된 성능 데이터는 프로세싱 컴포넌트의 성능 스펙들, 동작 지점, 및 동작 온도를 고려한 예상되는 전류 레벨을 포함할 수도 있다.

[0125] 다음으로, 블록 1115에서, EM 모듈 (101)은 예상되는 전류 누설을 측정된 전류 누설과 비교할 수도 있다. 결정 블록 1120에서, 예상되는 전류 누설이 실제 측정된 누설보다 크면, "예" 브랜치에 뛰어이 블록 1140이 오고, 프로세싱 컴포넌트는 초기 분류에 비해 낮은 누설 프로세서로서 지정된다. CP 저장부 (24)에서의 프로세싱 컴포넌트와 연관된 예상되는 전류 누설은 실제 측정된 전류 누설을 반영하도록 업데이트될 수도 있다. 방법 (1100)은 리턴된다.

[0126] 결정 블록 1120 으로 돌아가서, 예상되는 전류 누설이 실제 측정된 전류 누설보다 크지 않으면, "아니오" 브랜치에 뒤이어 결정 블록 1125 가 온다. 결정 블록 1125 에서, 어떤 용인할 수 있는 통계적 유의도의 범위 내에서, 예상되는 전류 누설이 실제 측정된 전류 누설과 실질적으로 등가이면, "예" 브랜치에 뒤이어 블록 1135 가 오고 프로세싱 컴포넌트의 분류는 유지된다. 방법 (1100) 은 리턴된다.

[0127] 결정 블록 1125 에서 예상되는 전류 누설이 실제 측정된 전류 누설과 실질적으로 동일하지 않다면, 즉, 예상되는 전류 누설이 실제 측정된 전류 누설보다 낮다면, "아니오" 브랜치에 뒤이어 블록 1130 이 온다. 블록 1130 에서, 프로세싱 컴포넌트는 초기 분류에 비해 높은 누설 프로세서로 지정된다. CP 저장부 (24) 에서의 프로세싱 컴포넌트와 연관된 예상되는 전류 누설은 실제 측정된 전류 누설을 반영하도록 업데이트될 수도 있다. 방법 (1100) 은 리턴된다.

[0128] 유리하게, 프로세싱 컴포넌트들의 상대적 누설 분류들을 검증하고 업데이트함으로써, 에너지 효율 인지 열 관리 솔루션은 열 완화 조치를 적용하기 전에 어느 프로세싱 컴포넌트들이 다른 프로세싱 컴포넌트들보다 더 또는 덜 효율적인지에 관해 평가하도록 더 잘 갖춰질 수도 있다.

[0129] 본 명세서에 설명된 프로세스들 또는 프로세스 플로들에서의 소정의 단계들은 자연스럽게, 본 발명이 설명된 바와 같이 기능하도록 다른 것들보다 선행한다. 그러나, 본 발명은, 그러한 순서 또는 시퀀스가 본 발명의 기능을 변경하지 않는다면, 설명된 단계들의 순서로 한정되지 않는다. 즉, 일부 단계들은 본 발명의 범위 및 사상으로부터 벗어나지 않으면서 다른 단계들 이전에, 그 이후에, 또는 그와 병렬로 (실질적으로 동시에) 수행될 수도 있음이 인식된다. 일부 경우들에 있어서, 소정의 단계들은 본 발명으로부터 벗어나지 않으면서 생략되거나 또는 수행되지 않을 수도 있다. 추가로, "그 이후", "그 후", "다음" 등과 같은 단어들은 단계들의 순서를 한정하도록 의도되지 않는다. 이들 단어들은 단순히, 예시적인 방법의 설명을 통해 독자를 가이드하도록 사용된다.

[0130] 추가적으로, 프로그래밍에 있어서의 당업자는, 예를 들어, 본 명세서에 있어서의 플로 차트들 및 관련 설명에 기초하여 어려움없이, 개시된 발명을 구현하기 위해 컴퓨터 코드를 기입하거나 적절한 하드웨어 및/또는 회로들을 식별할 수 있다. 따라서, 프로그램 코드 명령들 또는 상세한 하드웨어 디바이스들의 특정 세트의 개시는 본 발명을 제조 및 이용하는 방법의 적절한 이해에 필수적인 것으로 고려되지 않는다. 청구된 컴퓨터 구현 프로세스들의 본 발명의 기능은, 다양한 프로세스 플로들을 예시할 수도 있는 도면들과 함께 상기 설명에서 보다 상세히 설명된다.

[0131] 하나 이상의 예시적인 양태들에서, 설명된 기능들은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 또는 이들의 임의의 조합으로 구현될 수도 있다. 소프트웨어로 구현되면, 상기 기능들은 하나 이상의 명령들 또는 코드로서 컴퓨터-판독가능 매체 상에 저장되거나 또는 송신될 수도 있다. 컴퓨터-판독가능 매체들은 컴퓨터 저장 매체들 및 한 장소로부터 다른 장소로 컴퓨터 프로그램의 전송을 용이하게 하는 임의의 매체를 포함하는 통신 매체들 양자 모두를 포함한다. 저장 매체들은 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 이용가능한 매체일 수도 있다. 비제한적인 예로서, 그러한 컴퓨터-판독가능 매체들은 RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM 혹은 다른 광학 디스크 스토리지, 자기 디스크 스토리지 혹은 다른 자기 스토리지 디바이스들, 또는 명령들 또는 데이터 구조들의 형태로 원하는 프로그램 코드를 저장하는데 이용될 수 있고 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 다른 매체를 포함할 수 있다.

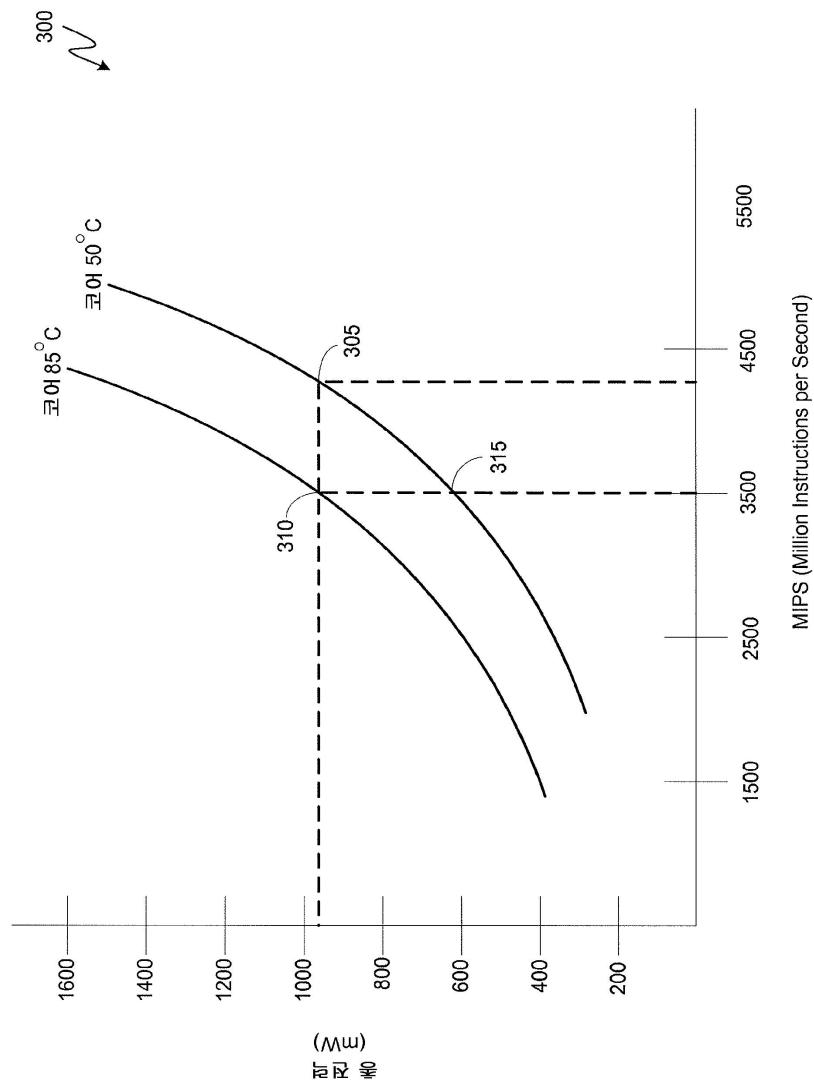
[0132] 또한, 임의의 접속은 컴퓨터-판독가능 매체라고 적절히 칭해진다. 예를 들어, 소프트웨어가 동축 케이블, 광섬유 케이블, 연선, 디지털가입자 회선 ("DSL"), 또는 적외선, 무선, 및 마이크로파와 같은 무선 기술들을 사용하여 웹사이트, 서버, 또는 다른 원격 소스로부터 송신되면, 동축 케이블, 광섬유 케이블, 연선, DSL, 또는 적외선, 무선, 및 마이크로파와 같은 무선 기술들은 매체의 정의 내에 포함된다.

[0133] 본원에서 이용되는 바와 같은 디스크 (disk) 및 디스크 (disc) 는 컴팩트 디스크 ("CD"), 레이저 디스크, 광 디스크, 디지털 다기능 디스크 ("DVD"), 플로피 디스크, 및 블루레이 디스크를 포함하는데, 여기서 디스크 (disk) 는 보통 데이터를 자기적으로 재생하며, 반면 디스크 (disc) 는 레이저들을 이용하여 광학적으로 데이터를 재생한다. 상기의 조합들도 컴퓨터-판독가능 매체의 범위 내에 또한 포함되어야만 한다.

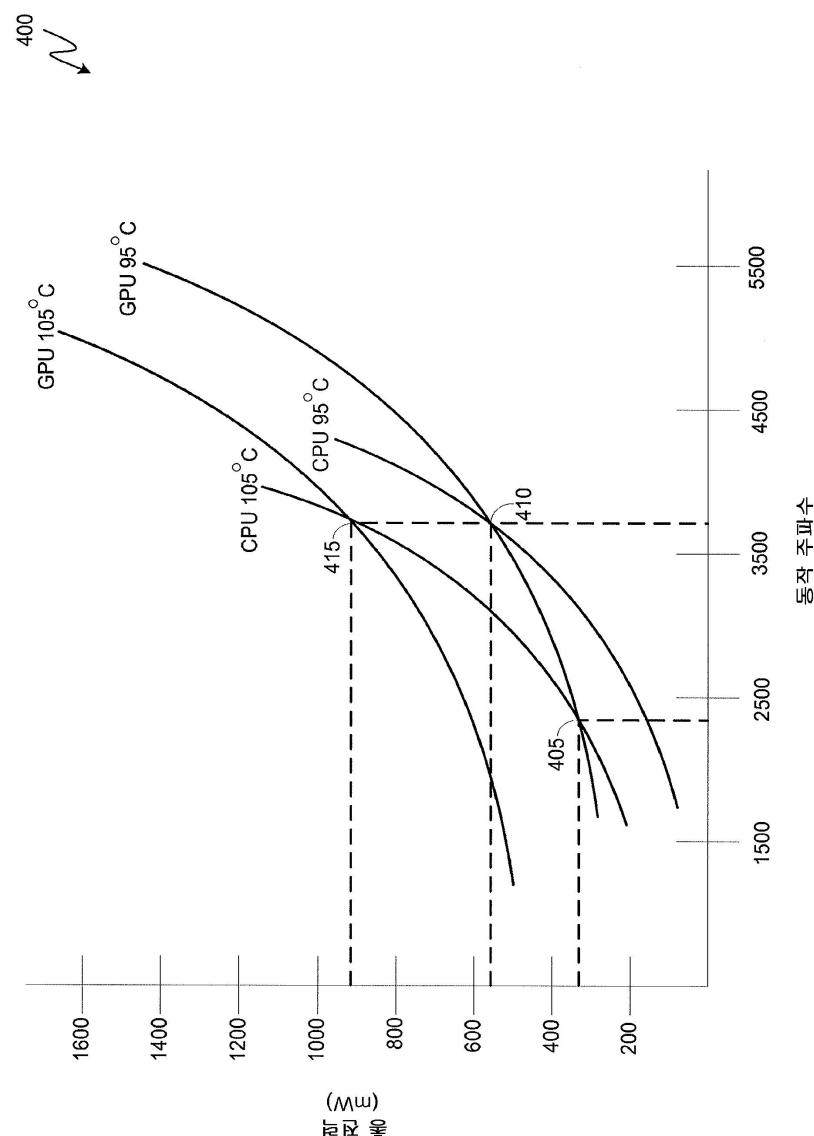
[0134] 삭제

도면

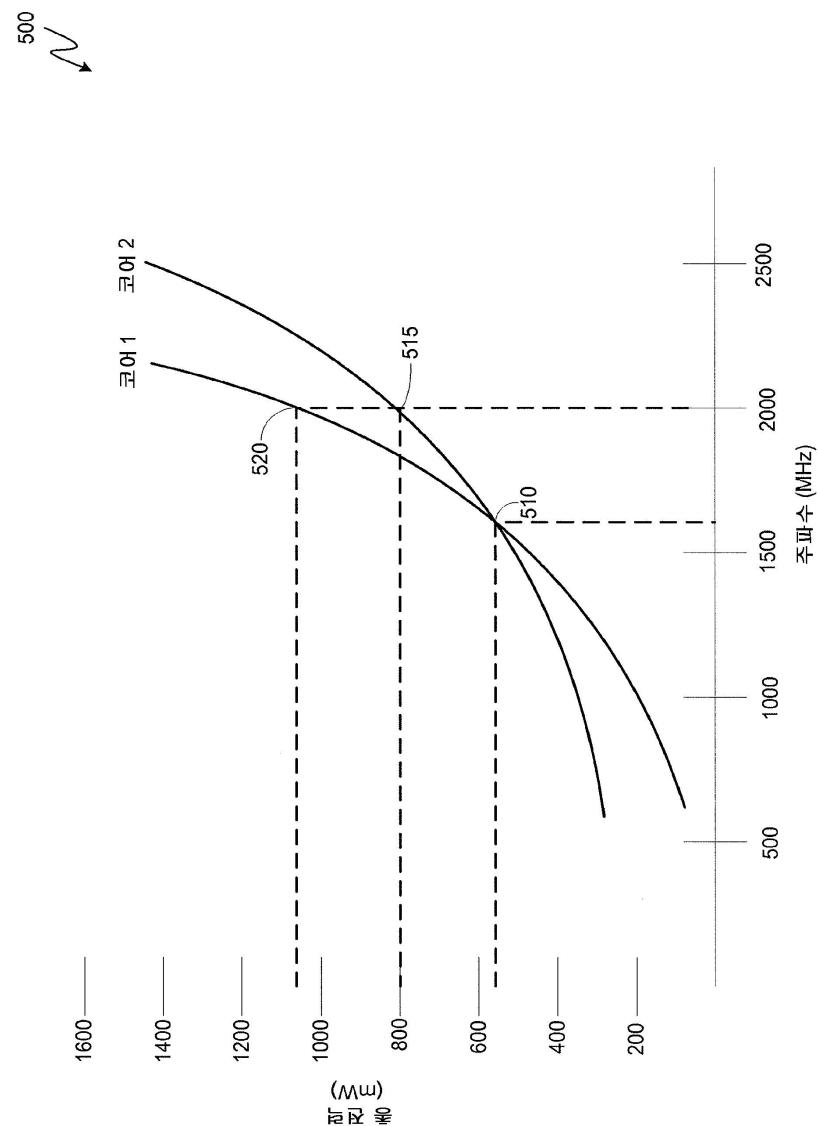
도면 1a



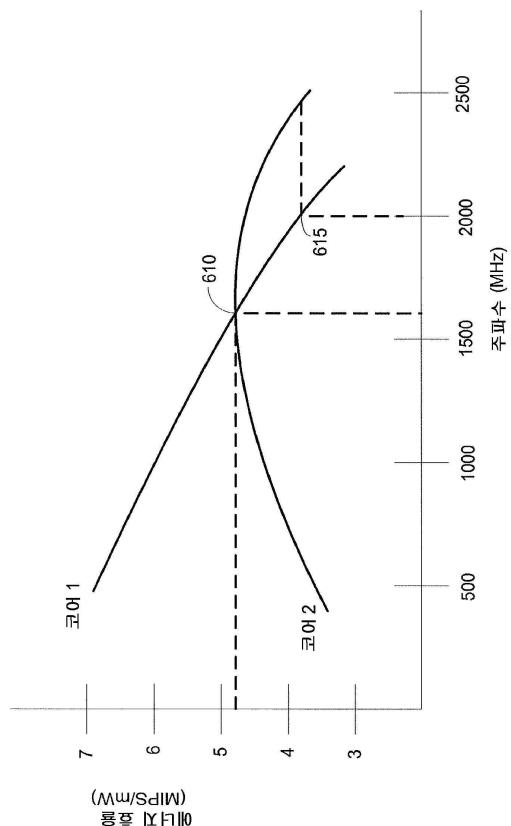
도면 1b



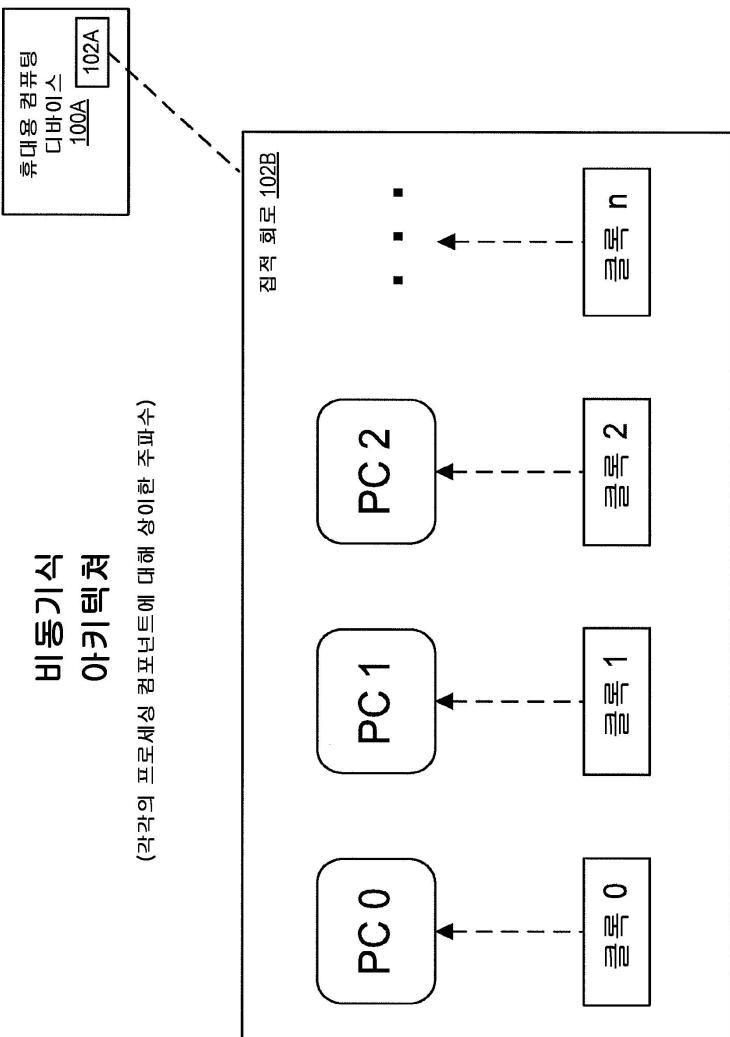
도면 1c



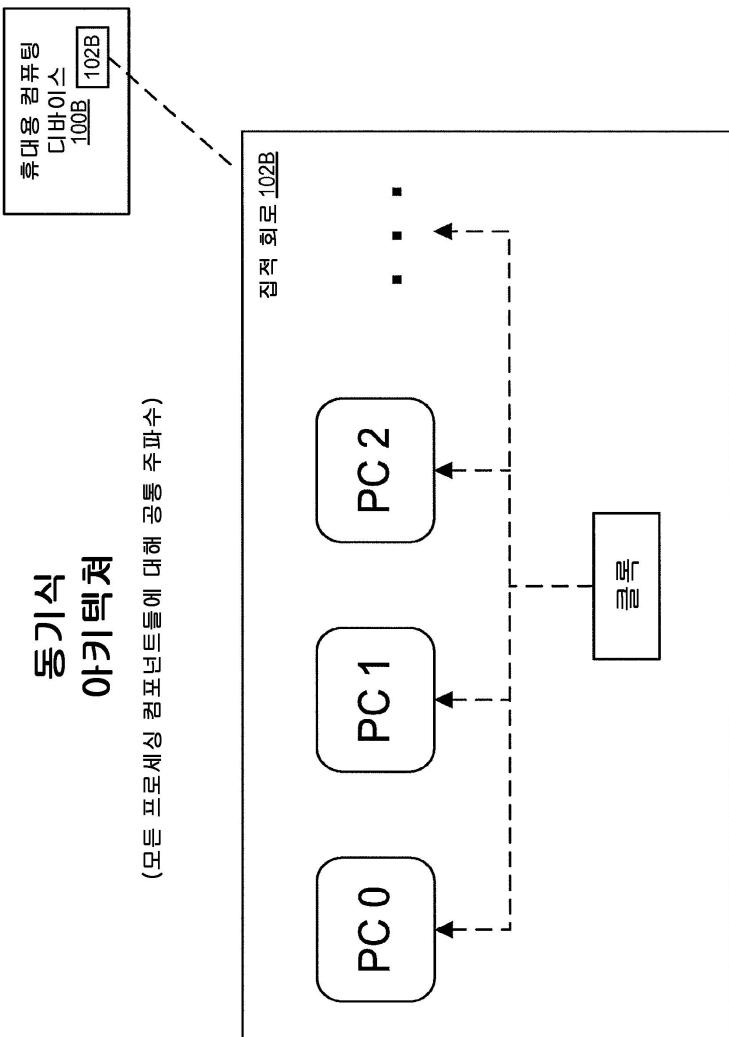
도면 1d

600
~

도면2a

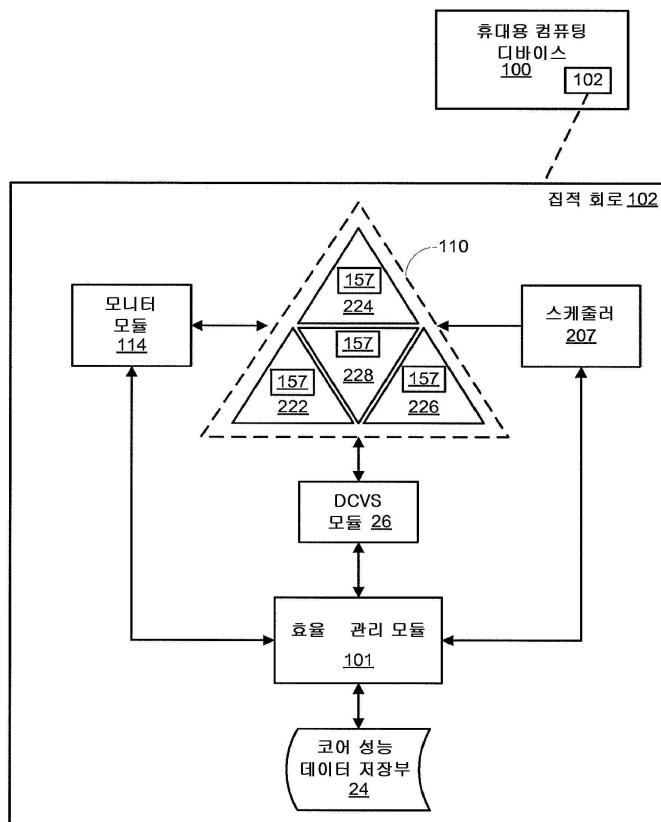


도면2b



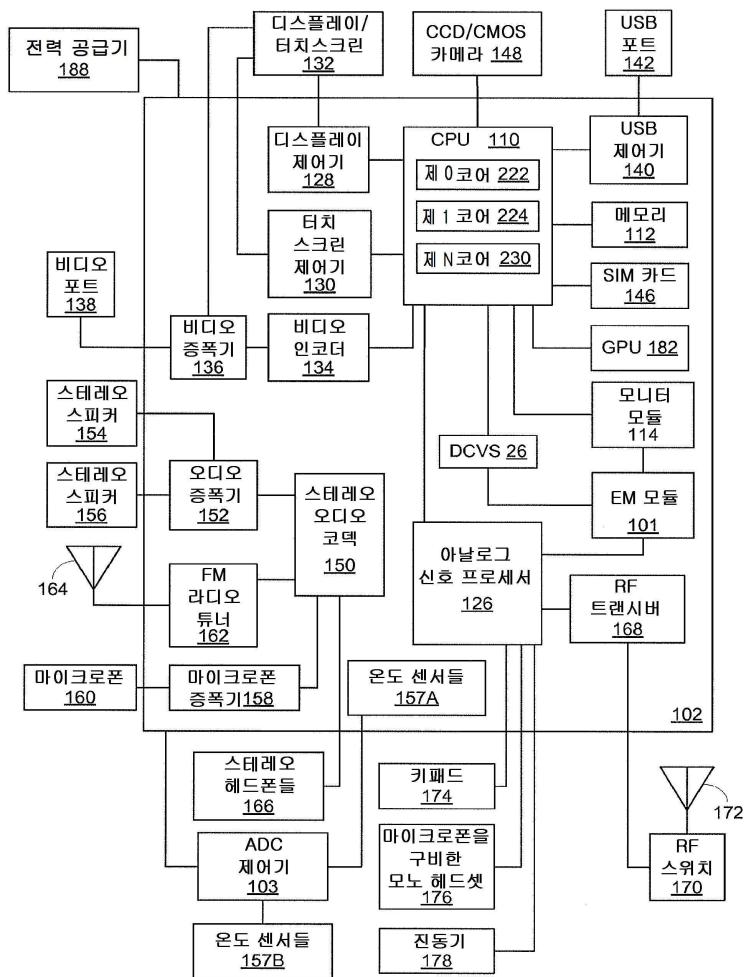
(모든 프로세싱 캠포넌트들에 대해 공통 주파수)

도면3

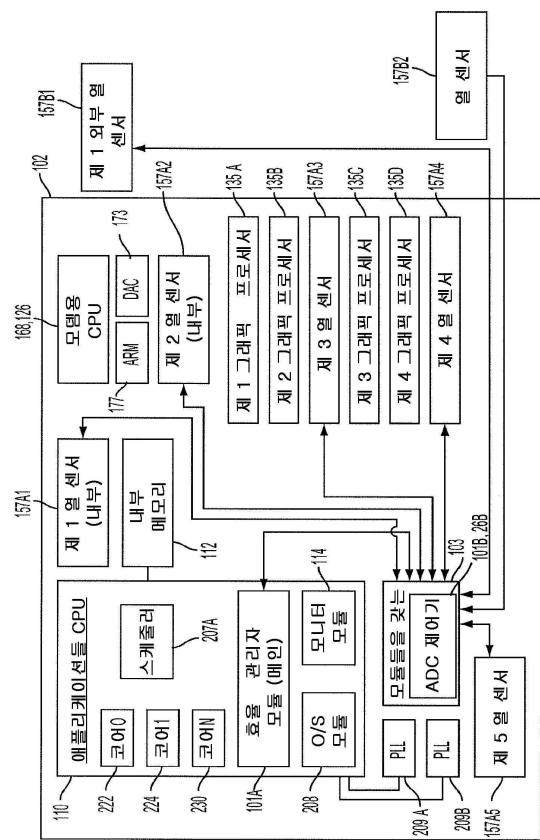


도면4

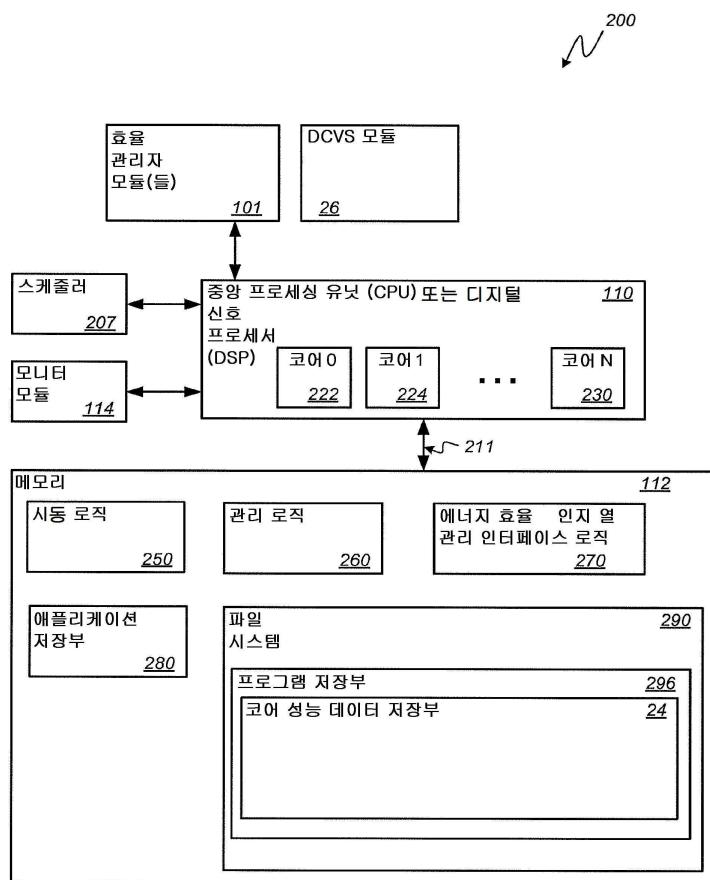
100



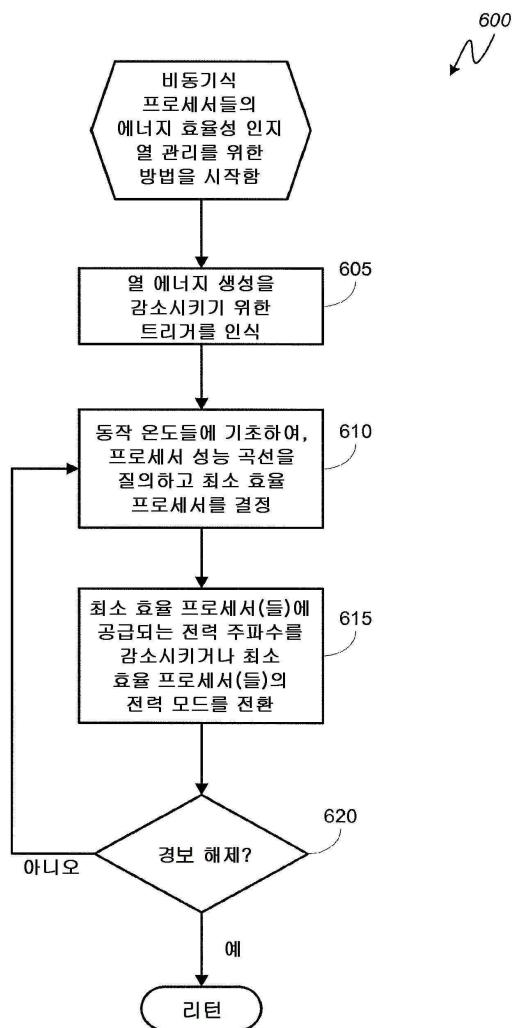
도면5a



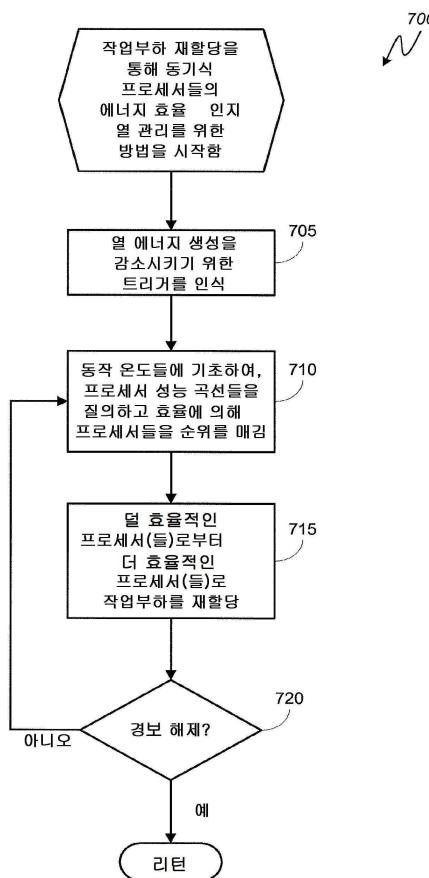
도면5b



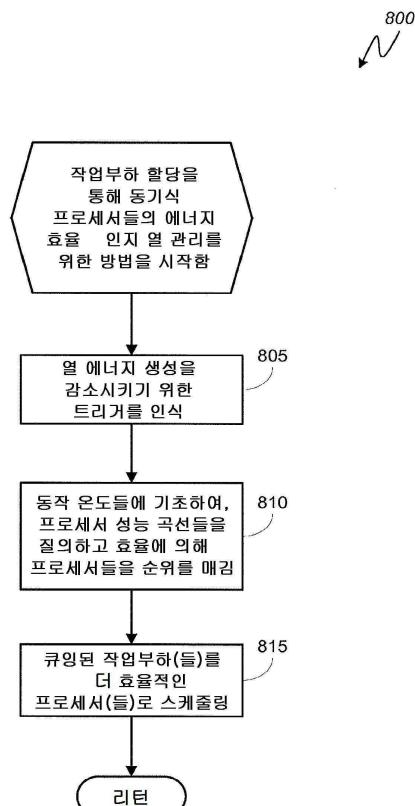
도면6



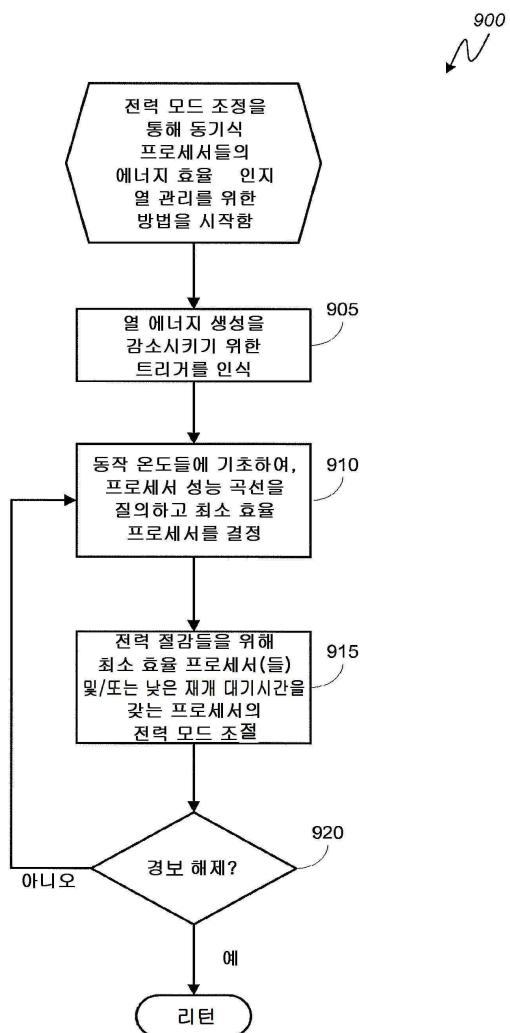
도면7



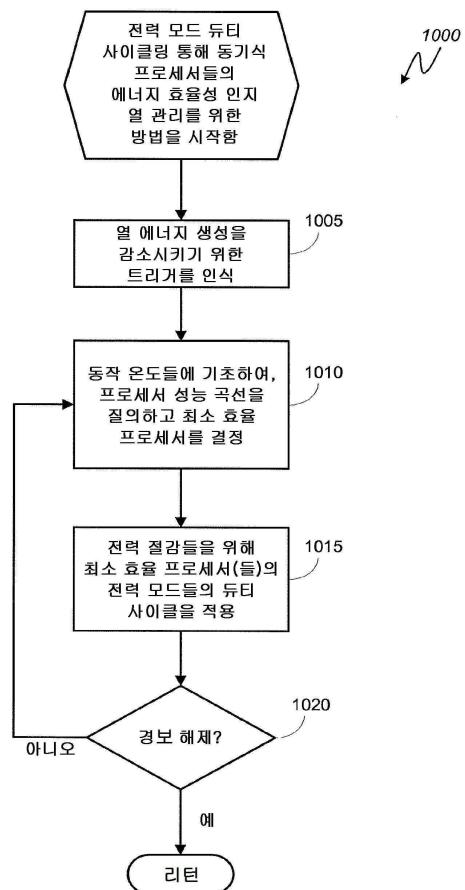
도면8



도면9



도면10



도면11

