



등록특허 10-2464295



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년11월04일
(11) 등록번호 10-2464295
(24) 등록일자 2022년11월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 1/3296 (2019.01) *G06F 1/26* (2006.01)
G06F 1/324 (2019.01)
- (52) CPC특허분류
G06F 1/3296 (2019.01)
G06F 1/26 (2018.05)
- (21) 출원번호 10-2021-7022944(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2014년11월21일
심사청구일자 2021년07월20일
- (85) 번역문제출일자 2021년07월20일
- (65) 공개번호 10-2021-0094139
- (43) 공개일자 2021년07월28일
- (62) 원출원 특허 10-2016-7015395
원출원일자(국제) 2014년11월21일
심사청구일자 2019년11월05일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/066956
- (87) 국제공개번호 WO 2015/080982
국제공개일자 2015년06월04일
- (30) 우선권주장
61/907,382 2013년11월21일 미국(US)
14/187,270 2014년02월22일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US20010047382 A1*
US20060190745 A1*
US20060288241 A1*
US20070005152 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 15 항

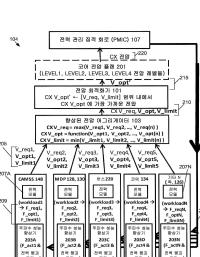
심사관 : 한현명

(54) 발명의 명칭 휴대 컴퓨팅 디바이스 내의 전력 소비를 감소시키기 위해 코어 전압 레벨 및 개개의 서브컴포넌트들의 동작 주파수를 최적화하기 위한 방법 및 시스템

(57) 요약

휴대 컴퓨팅 디바이스 ("PCD")의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법 및 시스템이 개시된다. 복수의 전압 값들이 PCD 내의 복수의 서브컴포넌트들에 대해 결정된다. 다음으로, 전압 값들의 감소된 세트가 복수의 전압 값들에 기초하여 전압 어그리게이터 (voltage (뒷면에 계속))

대 표 도



aggregator)로 계산될 수도 있다. 다음으로, 공유 전력 도메인을 위한 최적화된 전압 레벨이, 전압 값들의 감소된 세트로부터 PCD 내의 전압 최적화기 (voltage optimizer)에 의해 결정될 수도 있다. 다음으로, 공유 전력 도메인은 최적화된 전압 레벨로 설정될 수도 있다. 후속하여, 각각의 서브컴포넌트의 동작 주파수는 최적화된 전압 레벨에 기초하여 주파수 성능 향상기 (frequency performance enhancer)로 최적화될 수도 있다. 최적 전력 불과 지속시간 (optimal power collapse duration)은 또한, 주파수 성능 향상기에 의해 계산되고 최적 주파수로부터 각각의 서브컴포넌트에 대해 설정될 수도 있다.

(52) CPC특허분류

G06F 1/324 (2019.01)

Y02D 10/00 (2020.08)

(72) 발명자

황 인호

미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드 라이브 5775

강 영훈

미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드 라이브 5775

스터보스 조슈아

미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드 라이브 5775

스위니 션

미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드 라이브 5775

깁슨 알 니콜슨

미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드 라이브 5775

프란츠 앤드류 제이

미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드 라이브 5775

명세서

청구범위

청구항 1

휴대 컴퓨팅 디바이스 (PCD; 100)의 코어 전압 레벨을 최적화하고 상기 PCD (100) 내의 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법 (300) 으로서,

각각의 서브컴포넌트에 의해, 복수의 전압 보우트 (vote) 들 (205) 을 계산하는 단계 (315);

향상된 전압 어그리게이터 (103) 에 의해, 상기 PCD (100) 내의 서브컴포넌트들 각각으로부터 복수의 전압 보우트들 (205) 을 수신하는 단계 (320) 로서, 상기 향상된 전압 어그리게이터 (103) 는 상기 전압 보우트들 (205) 을 요약 또는 종합하는, 상기 수신하는 단계 (320);

전압 최적화기 (101) 에 의해, 상기 PCD (100) 에 걸쳐 공유 전력 도메인을 위한 에너지 효율적인 전압 레벨인 단일, 최적화된 코어 전압 ($V_{opt prime}$; 215) 을 결정하고 (325), 이 최적화된 코어 전압을 전력 관리 집적 회로 (PMIC; 107) 에 전송하는 단계;

현재 전압이 $V_{opt prime}$ 보다 높지 않으면, 상기 공유 전력 도메인의 전압 레벨을 $V_{opt prime}$ 로 설정하는 단계 (330); 및

상기 공유 전력 도메인에서 추가적인 전압 마진을 이용하고 유휴 시간 동안 누설을 최소화하기 위하여, 개별 서브컴포넌트의 주파수 성능 향상기 모듈 (203) 에 의해, 상기 PMIC (107) 로부터 주어진 전압 레벨에서 서브컴포넌트가 실행할 수 있는 가능한 주파수 및 전력 봉괴의 지속시간을 찾는 단계 (335) 를 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

적어도 하나의 서브컴포넌트는 카메라, 디스플레이, 통신 버스, 비디오 코더, 비디오 디코더, 및 신호 프로세서 중 하나를 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

온도 및 상기 코어 전압 중의 적어도 하나에 기초하여 서브컴포넌트의 누설 전력을 추정하는 단계를 더 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

서브컴포넌트의 현재 작업부하를 결정하는 단계를 더 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 현재 작업부하를 프로세싱하는 것에 대응하는 최적 전력 봉괴 지속시간을 결정하는 단계를 더 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 최적 전력 봉과 지속시간에 기초하여 이용가능한 이상적인 동작 주파수를 결정하는 단계를 더 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

현재 작업부하를 완료하기 위한 적어도 2개의 상이한 전압 값들로 계산들을 수행하는 단계를 더 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 상이한 전압 값들에 대응하는 누설 전력을 계산하는 단계를 더 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 휴대 컴퓨팅 디바이스는 이동 전화기, 개인 휴대 정보 단말기, 페이저, 스마트폰, 네비게이션 디바이스, 및 무선 접속 또는 링크를 갖는 핸드헬드 컴퓨터 중 적어도 하나를 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법.

청구항 10

휴대 컴퓨팅 디바이스 (PCD; 100)의 코어 전압 레벨을 최적화하고 상기 PCD (100) 내의 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 컴퓨터 시스템으로서,

각각의 서브컴포넌트에 의해, 복수의 전압 보우트 (vote) 들 (205) 을 계산하도록 구성된 수단 (315);

향상된 전압 어그리게이터 (103)에 의해, 상기 PCD (100) 내의 서브컴포넌트들 각각으로부터 복수의 전압 보우트들 (205) 을 수신하도록 구성된 수단 (320)으로서, 상기 향상된 전압 어그리게이터 (103)는 상기 전압 보우트들 (205)을 요약 또는 종합하는, 상기 수신하도록 구성된 수단 (320);

전압 최적화기 (101)에 의해, 상기 PCD (100)에 걸쳐 공유 전력 도메인을 위한 에너지 효율적인 전압 레벨인 단일, 최적화된 코어 전압 ($V_{opt prime}$; 215)을 결정하고 (325), 이 최적화된 코어 전압을 전력 관리 집적 회로 (PMIC; 107)에 전송하도록 구성된 수단;

현재 전압 레벨이 $V_{opt prime}$ 보다 높지 않으면, 상기 공유 전력 도메인의 전압 레벨을 $V_{opt prime}$ 로 설정하도록 구성된 수단 (330); 및

상기 공유 전력 도메인에서 추가적인 전압 마진을 이용하고 유휴 시간 동안 누설을 최소화하기 위하여, 개별 서브컴포넌트의 주파수 성능 향상기 모듈 (203)에 의해, 상기 PMIC (107)로부터 주어진 전압 레벨에서 서브컴포넌트가 실행할 수 있는 가능한 주파수 및 전력 봉과의 지속시간을 찾도록 구성된 수단 (335)을 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 상기 휴대 컴퓨팅 디바이스 내의 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

온도 및 상기 코어 전압 중의 적어도 하나에 기초하여 서브컴포넌트의 누설 전력을 추정하도록 구성된 수단을 더 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 상기 휴대 컴퓨팅 디바이스 내의 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

서브컴포넌트의 현재 작업부하를 결정하도록 구성된 수단을 더 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 상기 휴대 컴퓨팅 디바이스 내의 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 현재 작업부하를 프로세싱하는 것에 대응하는 최적 전력 봉과 지속시간을 결정하도록 구성된 수단을 더 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 상기 휴대 컴퓨팅 디바이스 내의 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

현재 작업부하를 완료하기 위한 적어도 2개의 상이한 전압 값들로 계산들을 수행하도록 구성된 수단을 더 포함하는, 휴대 컴퓨팅 디바이스의 코어 전압 레벨을 최적화하고 상기 휴대 컴퓨팅 디바이스 내의 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 컴퓨터 시스템.

청구항 15

컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서, 상기 컴퓨터 프로그램은 제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 기재된 방법을 구현하기 위해 실행되도록 구성된 컴퓨터 판독가능 코드를 포함하는, 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명**기술 분야**

[0001]

본원은 2013년 11월 21일자로 출원되고 발명의 명칭이 “METHOD AND SYSTEM FOR OPTIMIZING A CORE VOLTAGE LEVEL OF A PCD AND ENHANCING FREQUENCY PERFORMANCE OF INDIVIDUAL SUBCOMPONENTS IN ORDER TO REDUCE POWER CONSUMPTION WITHIN THE PCD” 인 미국 특허 출원 번호 61/907,382 에 대한 35 U.S.C. § 119(e) 하의 정식 출원이고 이에 대해 우선권을 주장하며, 그 전체 내용은 이로써 참조에 의해 본원에 원용된다.

배경 기술

[0002]

휴대 컴퓨팅 디바이스 ("PCD") 들은 개인적 그리고 전문적 수준으로 사람들에게 필수품이 되어 가고 있다. 이들 디바이스들은 휴대 전화기, 휴대 정보 단말기 ("PDA") 들, 휴대 게임 콘솔, 팜톱 컴퓨터, 및 다른 휴대 전자 디바이스들을 포함할 수도 있다.

[0003]

PCD 들이 사람들에게 필수품이 되어 가고 있기 때문에, 충전 주기들간에 PCD 를 동작시키기에 충분한 에너지를 갖는 측면에서의 최적 성능은 사용자의 관점에서 중요한 인자일 수도 있다. 배터리 전력 상에서 PCD 를 동작시키기에 충분한 에너지는 종종 디바이스의 전력 소비에 의해 좌우된다. 그리고 배터리 전력의 PCD 내의 카메라 및 이동 디스플레이와 같은 PCD 의 각각의 서브컴포넌트는 궁극적으로 전력을 소비하고 PCD 의 전체 전력 소비 및 성능에 기여한다.

[0004]

종래 PCD 에 있어서 하나의 문제점은, 가장 많은 작업부하를 가진 PCD 의 서브컴포넌트에 의해 요망되는 최고 전압이 전체 PCD 및 그의 다른 서브컴포넌트들의 전압 레벨을 결정한다는 점이다. 이것은 가장 많은 작업부하를 가진 단일 컴포넌트에 의해 요청되는 더 높은 전압을 필요로 하지 않는 그러한 서브컴포넌트들에서의 전류 누설 증가를 초래한다.

[0005]

예를 들어, 카메라와 같은 PCD 의 서브컴포넌트는 작업부하의 급등 때문에 전압의 증가를 필요로 한다고 상정한

다. 한편, 이동 디스플레이, 내부 회로 버스 및 비디오 인코더와 같은 PCD 의 다른 서브컴포넌트들은 전압의 증가를 필요로 하지 않을 수도 있다. 많은 작업부하를 가진 카메라와 비교하여, 많은 작업부하를 갖지 않는 이들 다른 서브컴포넌트들에 대한 전압 증가는 PCD 에 대하여 이들 가벼운 작업부하 컴포넌트들로부터 현저한 전류 누설 및 따라서, 이들 가벼운 작업부하 컴포넌트들로부터 현저한 전력 손실을 초래한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 따라서, PCD 내의 전력 소비를 감소시키기 위하여 PCD 의 코어 전압 레벨을 최적화하는 한편, 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법 및 시스템이 당해 기술분야에서 요망된다.

과제의 해결 수단

[0007] 개시의 개요

[0008] 휴대 컴퓨팅 디바이스 ("PCD") 의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법 및 시스템이 개시된다. 복수의 전압 값들이 PCD 내의 복수의 서브컴포넌트들에 대해 결정된다. 다음으로, 전압 값들의 감소된 세트가 복수의 전압 값들에 기초하여 전압 어그리게이터 (voltage aggregator) 로 계산될 수도 있다. 다음으로, 공유 전력 도메인 (shared power domain) 을 위한 최적화된 전압 레벨이, 전압 값들의 감소된 세트로부터 PCD 내의 전압 최적화기 (voltage optimizer) 에 의해 결정될 수도 있다. 다음으로, 공유 전력 도메인은 최적화된 전압 레벨로 설정될 수도 있다. 후속하여, 각각의 서브컴포넌트의 동작 주파수는 최적화된 전압 레벨에 기초하여 주파수 성능 향상기 (frequency performance enhancer) 로 최적화될 수도 있다. 최적 전력 붕괴 지속시간 (optimal power collapse duration) 은 또한, 주파수 성능 향상기에 의해 계산될 수도 있고 최적 주파수로부터 각각의 서브컴포넌트에 대해 설정될 수도 있다.

[0009] PCD 의 각각의 서브컴포넌트는 카메라, 디스플레이, 통신 버스, 비디오 코더, 비디오 디코더, 및 신호 프로세서 중 적어도 하나를 포함할 수도 있다. 주파수 성능 향상기는 또한, 온도 및 최적화된 전압 레벨 중 적어도 하나에 기초하여 서브컴포넌트의 누설 전력 (leakage power) 을 추정할 수도 있다. 주파수 성능 향상기는 또한, 다음 중 어느 하나를 계산할 수도 있다: 서브컴포넌트의 현재 작업부하; 현재 작업부하를 프로세싱하기 위하여 필요한 최소 동작 주파수; 최적화된 전압 레벨에 기초하여 이용가능한 이상적인 동작 주파수; 및 최적화된 전압 레벨에 기초하여 이용가능한 최대 동작 주파수.

도면의 간단한 설명

[0010] 도면들에서, 달리 지시되지 않으면 여러 도면들 전체에 걸쳐 같은 도면 부호들은 같은 부분들을 지칭한다. "102A" 또는 "102B" 와 같은 문자 표기를 갖는 참조부호들에 있어서, 그 문자 표기는 동일한 도면에 존재하는 2개의 같은 부분들 또는 엘리먼트들을 구별할 수도 있다. 참조부호들을 위한 문자 표기는, 참조부호가 모든 도면들에서 동일한 참조부호를 갖는 모든 부분들을 포괄하도록 의도될 경우에 생략될 수도 있다.

도 1a 는 휴대 컴퓨팅 디바이스 ("PCD") 의 일 실시형태를 예시하는 기능 블록도이고;

도 1b는 이동 전화와 같은 휴대 컴퓨팅 디바이스의 예시적 실시형태의 정면도이고;

도 2는 PCD 내의 전력 소비를 감소시키기 위하여 PCD 의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 예시적 시스템을 예시하는 기능 블록도이고;

도 3a 는 PCD 내의 전력 소비를 감소시키기 위하여 PCD 의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법을 예시하는 논리 흐름도이고;

도 3b 는 PCD 내의 서브시스템들의 동작 주파수를 최적화하고 서브시스템들의 전력 붕괴 지속시간을 최적화하기 위한 도 3a 의 방법의 서브방법 또는 루틴을 예시하는 논리 흐름도이다.

도 4는 각각의 주파수 성능 향상기 모듈에 의한 전력 붕괴 지속시간 계산에서 유용한 2개의 그래프들의 예시이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 상세한 설명
- [0012] "예시적" 이라는 용어는 "예, 실제로, 또는 예시의 역할을 하는 것" 을 의미하는 것으로 여기에서 사용된다. "예시적" 으로서 여기에 설명된 임의의 양태는 반드시 다른 양태들보다 바람직하거나 또는 유리한 것으로 해석 될 필요는 없다.
- [0013] 본 명세서에서, 용어 "애플리케이션" 은 또한 오브젝트 코드, 스트립트, 바이트 코드, 마크업 언어 파일 및 패치 등의 실행 가능한 콘텐트를 갖는 파일들을 포함할 수도 있다. 또한, 여기에서 언급되는 "애플리케이션" 은 또한, 열 필요가 있을 수도 있는 문서들 또는 액세스될 필요가 있는 다른 데이터 파일들과 같은, 사실상 실행가능하지 않은 파일들을 포함할 수도 있다.
- [0014] 용어 "콘텐트" 는 또한 오브젝트 코드, 스트립트, 바이트 코드, 마크업 언어 파일 및 패치 등의 실행 가능한 콘텐트를 갖는 파일들을 포함할 수도 있다. 또한, 여기에서 언급되는 "콘텐트" 는 또한 열 필요가 있을 수도 있는 문서들 또는 액세스될 필요가 있는 다른 데이터 파일들과 같은, 사실상 실행가능하지 않은 파일들을 포함할 수도 있다.
- [0015] 본 명세서에 사용된 바처럼, 용어 "컴포넌트", "데이터베이스", "모듈", "시스템" 등은, 컴퓨터 관련 엔티티, 하드웨어, 펌웨어, 하드웨어와 소프트웨어의 조합, 소프트웨어, 또는 실행 소프트웨어 중 어느 쪽을 지칭하도록 의도된다. 예를 들면, 컴포넌트는 프로세서 상에서 실행되는 프로세스, 프로세서, 오브젝트, 실행 파일, 실행 스크립트, 프로그램 및/또는 컴퓨터일 수도 있지만 이들에 한정되지는 않는다. 예시로서, 컴퓨팅 디바이스 상에서 실행되는 어플리케이션 및 컴퓨터 디바이스 양쪽 모두는 컴포넌트일 수도 있다. 하나 이상의 컴포넌트들은 프로세스 및/또는 실행 스크립트 내에 상주할 수도 있고 컴포넌트는 하나의 컴퓨터 상에 로컬화될 수도 있거나 및/또는 2개 이상의 컴퓨터들 사이에 분포될 수도 있다. 또한, 이들 컴포넌트들은, 저장된 다양한 데이터 구조들을 갖는 다양한 컴퓨터 관리 가능 매체로부터 실행될 수도 있다. 컴포넌트들은, 로컬 및/또는 원격 프로세스들에 의해, 이를테면 하나 이상의 데이터 패킷들 (예를 들면, 로컬 시스템, 분산 시스템 및/또는 인터넷과 같은 네트워크를 통해 다른 시스템들에 있는 다른 컴포넌트와 신호에 의해 상호작용하는 하나의 컴포넌트로부터 데이터) 을 갖는 신호에 따라 통신할 수도 있다.
- [0016] 이 설명에서, 용어 "통신 디바이스", "무선 디바이스", "무선 전화기", "무선 통신 디바이스", 및 "무선 핸드셋" 은 상호교환 가능하게 사용된다. 제 3 세대 ("3G") 및 제 4 세대 ("4G") 무선 기술의 도래에 따라, 더 큰 대역폭 이용 가능성을 더 큰 다양성의 무선 능력들을 갖는 더 많은 휴대 컴퓨팅 디바이스들을 가능하게 했다.
- [0017] 이 설명에서, 용어 "휴대 컴퓨팅 디바이스" ("PCD") 는 배터리와 같은 제한된 용량의 전력 공급 상에서 동작하는 임의의 디바이스를 기술하는데 사용된다. 비록 배터리 동작식 PCD들이 수십년 동안 사용되어 왔지만, 제 3 세대 ("3G") 무선 기술의 도래와 연결된 충전 가능 배터리들에 있어서의 기술적 진보들은 다수의 능력들을 갖는 수많은 PCD들을 가능하게 했다. 따라서, PCD는, 다른 것들 중에서도, 셀룰러 전화기, 위성 전화기, 페이저, PDA, 스마트폰, 내비게이션 디바이스, 스마트북 또는 리더, 미디어 플레이어, 전술한 디바이스들의 조합, 및 무선 접속을 갖는 랩톱 컴퓨터일 수도 있다.
- [0018] 도 1a 를 참조하면, 본 도면은, PCD (100) 내의 전력 소비를 감소시키기 위하여 PCD (100) 의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키는 방법 및 시스템을 구현하기 위한 무선 전화기 형태의 PCD (100) 의 예시적, 비제한적 양태의 기능 블록도이다. 도시된 바처럼, PCD (100) 는, 함께 연결되는 멀티 코어 중앙 처리 장치 ("CPU") (110) 및 아날로그 신호 프로세서 (126) 를 포함하는 온칩 시스템 (102) 를 포함한다. CPU (110) 는 당업자에 의해 이해되는 바처럼 제 0 코어 (222), 제 1 코어 (224), 및 제 N 코어 (230) 를 포함할 수도 있다. CPU (110) 대신에, 디지털 신호 프로세서 ("DSP") 는 또한, 당업자에 의해 이해되는 바처럼 채용될 수도 있다.
- [0019] CPU (110) 는 하나 이상의 내부, 온칩 열 센서들 (157A-B) 그리고 하나 이상의 외부, 오프칩 열 센서들 (157C) 에 연결될 수도 있다. 온칩 열 센서들 (157A-B) 은, 수직 PNP 구조들에 기초하고 보통 상보성 금속 막 반도체 ("CMOS") 초고밀도 집적 ("VLSI") 회로에 쓰여지는 하나 이상의 절대 온도 비례 ("PTAT") 온도 센서들을 포함할 수도 있다. 오프칩 열 센서들 (157C) 은 하나 이상의 서비스터를 포함할 수도 있다. 열 센서들 (157) 은, 아날로그-디지털 컨버터 ("ADC") (미도시) 로 디지털 신호들로 변환되는 전압 강하 (및/또는 전류) 를 생성할 수도 있다. 하지만, 다른 타입의 열 센서들 (157) 이 본 발명의 범위를 벗어나지 않고서 채용될 수도 있다.

- [0020] 도 1a 의 PCD (100) 는 CPU (110) 에 연결되거나 및/또는 CPU (110) 상에서 실행되는 향상된 전압 어그리게이터 (103) 를 포함할 수도 있다. 향상된 전압 어그리게이터 (103) 는 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 이들의 조합을 포함할 수도 있다. 전압 최적화기 (101) 는 향상된 전압 어그리게이터 (103) 에 연결되거나/논리적으로 연결될 수도 있다. 향상된 전압 어그리게이터 (103) 와 유사하게, 전압 최적화기 (101) 는 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 이들의 조합을 포함할 수도 있다.
- [0021] 향상된 전압 어그리게이터 (103) 는 온 칩 (102) 및 오프 칩 (102) 의 다양한 서브컴포넌트들로부터 전압 "보우트" (vote) 들을 수집하는 것을 담당할 수도 있다. 전압 "보우트"들을 종합한 후에, 향상된 전압 어그리게이터 (103) 는 전압 "보우트"들을 좁히거나 또는 정제하고 그의 출력을 전압 최적화기 (101) 에 전송할 수도 있다. 전압 최적화기는 PCD (100) 를 위한 최적 코어 전압 레벨을 결정하고 이 최적 코어 전압 레벨을 전력 관리 접적 회로 ("PMIC") (107) 에 전송한다. 향상된 전압 어그리게이터 (103) 및 전압 최적화기 (101) 의 추가 상세들이 아래에서 도 2와 관련하여 더 상세히 설명될 것이다.
- [0022] 카메라 서브시스템 (148), 이동 디스플레이 (128, 130) 등과 같은 각각의 서브시스템에 존재할 수도 있는 주파수 성능 향상기 모듈 (203) 은 PCD (100) 의 실제 및 현재 전압 레벨을 모니터링할 수도 있다. 각각의 주파수 성능 향상기 모듈 (203) 은 아래에서 설명될 바처럼 그의 각각의 서브시스템의 동작 주파수를 조정할 수도 있다.
- [0023] 특정 양태에서, 본원에서 설명된 방법 중 하나 이상은, 향상된 전압 어그리게이터 (103), 전압 최적화기 (101) 및 주파수 성능 향상기 모듈 (203) 의 소프트웨어 실시형태들을 형성할 수도 있는, 메모리 (112) 에 저장된, 실행가능 명령들 및 파라미터들에 의해 구현될 수도 있다. 향상된 전압 어그리게이터 및 전압 최적화기 모듈 (들) (101, 103) 그리고 주파수 성능 향상기 모듈 (203) 을 형성하는 이들 명령들은 CPU (110), 아날로그 신호 프로세서 (126), 또는 임의의 다른 프로세서에 의해 실행될 수도 있다. 또한, 프로세서들 (110, 126), 메모리 (112), 그에 저장된 명령들, 또는 이들의 조합은 본원에 설명된 방법 단계들 중의 하나 이상을 수행하는 수단의 역할을 할 수도 있다.
- [0024] PMIC (107) 은 칩 (102) 상에 존재하는 다양한 하드웨어 컴포넌트들에 전력을 분배하는 것을 담당할 수도 있다. PMIC 는 전력 공급부 (180) 에 연결된다. 전력 공급부 (180) 는 배터리를 포함할 수도 있고 그것은 온칩 시스템 (102) 에 연결될 수도 있다. 특정 양태에서, 전력 공급부는, 교류 ("AC") 전원에 접속된 AC - DC 변환기로부터 도출되는 충전가능한 직류 ("DC") 배터리 또는 DC 전력 공급부를 포함할 수도 있다.
- [0025] 도 1a에 예시된 바처럼, 디스플레이 제어기 (128) 및 터치스크린 제어기 (130) 는 멀티코어 프로세서 (110) 에 연결된다. 온칩 시스템 (102) 에 대해 외부의 터치스크린 디스플레이 (132) 가 디스플레이 제어기 (128) 및 터치스크린 제어기 (130) 에 연결된다.
- [0026] 도 1a 는, 비디오 디코더 (134) 를 포함하는 휴대 컴퓨팅 디바이스 (PCD) 의 일 실시형태를 예시하는 개략도이다. 비디오 디코더 (134) 는 멀티코어 중앙 처리 장치 ("CPU") (110) 에 연결된다. 비디오 증폭기 (136) 는 비디오 디코더 (134) 및 터치스크린 디스플레이 (132) 에 연결된다. 비디오 포트 (138) 는 비디오 증폭기 (136) 에 연결된다. 도 1a에 예시된 바처럼, 범용 직렬 버스 ("USB") 제어기 (140) 가 CPU (110) 에 연결된다. 또한, USB 포트 (142) 는 USB 제어기 (140) 에 연결된다. 메모리 (112) 및 SIM (subscriber identity module) 카드 (146) 가 또한 CPU (110) 에 연결될 수도 있다.
- [0027] 또한, 도 1a에 도시된 바처럼, 디지털 카메라 또는 카메라 서브시스템 (148) 이 CPU (110) 에 연결될 수도 있다. 예시적인 양태에서, 디지털 카메라/카메라 서브시스템 (148) 은 전하 결합 소자 ("CCD") 카메라 또는 상보성 금속 산화 막 반도체 ("CMOS") 카메라이다.
- [0028] 또한 도 1a에 도시된 바처럼, 스테레오 오디오 코덱 (150) 이 아날로그 신호 프로세서 (126) 에 연결될 수도 있다. 또한, 오디오 증폭기 (152) 는 스테레오 오디오 코덱 (150) 에 연결될 수도 있다. 예시적인 양태에서, 제 1 스테레오 스피커 (154) 및 제 2 스테레오 스피커 (156) 는 오디오 증폭기 (152) 에 연결된다. 도 1a 는, 마이크로폰 증폭기 (158) 가 스테레오 오디오 코덱 (150) 에 연결될 수도 있다는 것을 보여준다. 또한, 마이크로폰 (160) 은 마이크로폰 증폭기 (158) 에 연결될 수도 있다.
- [0029] 특정 양태에서, 주파수 변조 ("FM") 라디오 튜너 (162) 가 스테레오 오디오 코덱 (150) 에 연결될 수도 있다. 또한, FM 안테나 (164) 는 FM 라디오 튜너 (162) 에 연결된다. 또한, 스테레오 헤드폰 (166) 은 스테레오 오디오 코덱 (150) 에 연결될 수도 있다.

- [0030] 또한 도 1a 는 무선 주파수 ("RF") 송수신기 (168) 가 아날로그 신호 프로세서 (126) 에 연결될 수도 있다는 것을 표시한다. RF 스위치 (170) 는 RF 송수신기 (168) 및 RF 안테나 (172) 에 연결될 수도 있다. 도 1a 에 도시된 바처럼, 키패드 (174) 가 아날로그 신호 프로세서 (126) 에 연결될 수도 있다. 또한, 마이크로폰 (176) 을 지닌 모노 헤드셋이 아날로그 신호 프로세서 (126) 에 연결될 수도 있다. 또한, 바이브레이터 디바이스 (178) 가 아날로그 신호 프로세서 (126) 에 연결될 수도 있다.
- [0031] 도 1a 에 도시된 바처럼, 터치스크린 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 헤드폰 (166), RF 스위치 (170), RF 안테나 (172), 키패드 (174), 모노헤드셋 (176), 바이브레이터 (178), 열 센서 (157B), 및 전력 공급부 (180) 가 온칩 시스템 (102) 에 대해 외부에 있다.
- [0032] 이제 도 1b를 참조하면, 본 도는 이동 전화와 같은 휴대 컴퓨팅 디바이스 ("PCD") (100) 의 하나의 예시적 실시 형태의 정면도이다. PCD (100) 는 그의 중간 섹션에 큰 터치스크린 (132) 및 디바이스 (100) 의 보다 아래 쪽, 제 1 단부 근처에 더 작은 키패드/버튼 (174) 들을 가지고 있다. "전방/사용자" 를 향하는 카메라 (148) 가 디바이스 (100) 의 상단, 제 2 단부 근처에 배치될 수도 있다. 터치스크린 타입 이동 전화 (100) 가 예시되었지만, 다른 이동 전화 타입들, 이를테면, 고정된 위치에 배치될 수도 있거나 또는 디바이스 (100) 에 대하여 안쪽으로 (감춰진 위치에) 그리고 바깥쪽으로 (가시/사용가능한 위치에) 슬라이드 가능할 수도 있는 전용 키 보드를 가진 이동 전화 (100) 가 가능하고 본 개시의 범위 내에 있다.
- [0033] 도 2는 PCD (100) 내의 전력 소비를 감소시키기 위하여 PCD (100) 의 코어 전압 레벨을 최적화하고 개개의 서브 컴포넌트들 (즉, 이를테면, 카메라 서브시스템 (148), 이동 디스플레이 (128, 130), 비디오 코덱 (134) 등) 의 주파수 성능을 향상시키기 위한 예시적 시스템 (104) 을 예시하는 기능 블록도이다. 시스템 (104) 은 이동 디바이스 (100) 내에 카메라 서브시스템 ("CAMSS") (148), 이동 디스플레이 ("MDP") (128, 130), 시스템 통신 버스 (220), 비디오 코덱 (134), 및 다른 서브시스템들 N (즉, 이를테면, 비제한적으로, 아날로그 신호 프로세서 (126)) 를 포함할 수도 있다.
- [0034] 이들 서브시스템들 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등) 내지 N 서브시스템의 각각은 향상된 전압 어그리게이터 (103) 에 (논리적으로 및/또는 직접) 연결된다. 향상된 전압 어그리게이터 (103) 는 전압 최적화기 (101) 에 (논리적으로 및/또는 직접) 연결된다.
- [0035] 전압 최적화기 (101) 는, 코어 전압 플랜 (core voltage plan; 201) 에 일반적으로 대응할 출력으로서 최적 전압 레벨 (215) 을 제공한다. 코어 전압 플랜 (201) 은 복수의 전압 레벨들, 이를테면 제 1 레벨 (레벨 1), 제 2 레벨 (레벨 2), 제 3 레벨 (레벨 3), 및 제 4 레벨 (레벨 4) 를 포함할 수도 있고 여기서 더 낮은 레벨들은 더 적은 전압을 포함하고 더 높은 레벨들은 더 큰 전압을 포함한다. 당업자에 의해 이해되는 바처럼 예를 들어, 제 4 레벨 (레벨 4) 은 이동 디바이스 (100) 를 위한 "터보" 동작 모드를 면밀히 트래킹할 수도 있다. 당업자에 의해 이해되는 바처럼 전압 레벨들의 수 및 규모는 증가 또는 감소될 수도 있고 충분히 본 개시의 범위 내에 속한다. 코어 전압 플랜 (201) 을 위한 이들 개개의 전압 레벨들은, 전압 최적화기 (101) 에 의해 생성되는 최적화된 전압 레벨 (215) 에 기초하여 선택될 수도 있다.
- [0036] 서브시스템들의 각각 -- 보통 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등) 내의 CPU 는 향상된 전압 어그리게이터 (103) 에 송신되는 복수의 전압 보우트 (205) 들을 생성할 수도 있다. 전압 보우트들 (205) 은 필요 전압 레벨 (V_req), 최적 전압 레벨 (V_opt), 및 최대 전압 레벨 (V_limit) 을 포함할 수도 있다. 최대 전압 레벨 (V_limit) 은 서브시스템의 현재 전력 버짓 (power budget) 또는 전압 제약 하에서 이용가능한 최대 전압을 포함할 수도 있다. 필요 전압 레벨 (V_req) 은 특정 서브시스템을 그의 현재 작업부하에 대해 최소 주파수 레벨에서 실행하기 위하여 필요한 최소 전압을 포함할 수도 있다. 일부 예시적 실시형태들에서, 최대 전압 레벨 (V_limit) 은 각각의 서브시스템에 의해 선택/변경/보우트되도록 허용되지 않을 수도 있다는 것에 유의한다.
- [0037] 한편, 최적 전압 레벨 (V_opt) 은 서브시스템의 현재 온도 및 그의 대응하는 누설 전류에 기초하여 가장 에너지 효율적인 주파수를 위한 전압 레벨을 포함할 수도 있다. 당업자에 의해 이해될 바처럼, 누설 전류는 일반적으로, (회로/칩이 스위칭하지 않고 입력들이 정적 값들에서 유지될 때) 휴지 (Q) 상태에서 측정된 공급 전류 ("Idd") 를 포함하고 따라서 그것은 ("IDQ") 로 약칭된다. 최적 전압 레벨 (V_opt) 을 결정하기 위하여, 각각의 서브시스템은, 각각의 서브시스템 내에 저장된 전력 모델 (207) 또는 각각의 서브시스템에 저장된 툭업 테이블 (미도시) 중의 어느 일방을 이용할 수도 있다. 각각의 전력 모델 (207) 또는 툭업 테이블은 누설 전류 값들 ("IDQ"), 온도 값들, 주파수 값들, 및 출력 전력 추정치를 포함할 수도 있다. 각각의 서브시스템

은 그의 최적 전압 레벨 (V_{opt}) 을 결정하기 위하여 그의 전력 모델 (207) 또는 룩업 테이블을 리뷰한다.

[0038] 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등) 이 그의 3개 전압 보우트들 (205) 을 결정하고 나면, 각각은 그의 3개의 별개의 보우트들을 향상된 전압 어그리게이터 (103) 에 송신한다.

향상된 전압 어그리게이터 (103) 는, 단일 필요 코어 전압 레벨 (CX V_{req}), 단일 최적 코어 전압 레벨 (CX V_{opt}), 및 단일 최대 코어 전압 레벨 (CX V_{limit}) 을 포함하는 3개 코어 ("CX") 전압 보우트들 중 단일 세트 (210) 가 전압 최적화기 (101) 에 통신되도록 보우트들 (205) 을 요약 또는 종합한다.

[0039] 필요 코어 전압 레벨 (CX V_{req}) 을 결정하기 위하여, 향상된 전압 어그리게이터 (103) 는 다음 등식에 따라 이 값을 결정한다:

$$CX V_{req} = \max(V_{req1}, V_{req2}, \dots, V_{req(n)}) \quad [EQ1]$$

[0041] 여기서, 향상된 전압 어그리게이터 (103) 는 모든 이용가능한 서브시스템 코어 전압 레벨들 (V_{req}) 의 최대 값을 취한다.

[0042] 유사하게, 최대 코어 전압 레벨 (CX V_{limit}) 을 결정하기 위하여, 향상된 전압 어그리게이터 (103) 는 다음 등식에 따라 이 값을 결정한다:

$$CX V_{limit} = \min(V_{limit1}, V_{limit2}, \dots, V_{limit(n)}) \quad [EQ2]$$

[0044] 여기서, 향상된 전압 어그리게이터 (103) 는 모든 이용가능한 서브시스템 최대 전압 레벨들 (V_{limit}) 중 최소 값을 취한다.

[0045] 최적 코어 전압 레벨 (CX V_{opt}) 을 결정하기 위하여, 향상된 전압 어그리게이터 (103) 는 다음 등식에 따라 이 값을 결정한다:

$$CX V_{opt} = \text{function}(V_{opt1}, V_{opt2}, \dots, V_{opt(n)}) \quad [EQ3]$$

[0047] 여기서, 이 값은, 이용가능한 서브시스템 최적 전압 레벨들 (V_{opt}) 전부를 포함하는 함수로부터 도출된다. 이 함수는 최소 MSE (Mean Squared Error) 를 갖는 값 또는 가중치 값으로서 각각의 서브시스템의 전력 소비에 의한 가중 평균을 포함할 수도 있다. 하지만, 당업자에 의해 이해되는 바처럼 다른 함수들이 사용될 수도 있다.

[0048] 3개 코어 ("CX") 전압 보우트들의 단일 세트 (210) 를 수신한 후에, 전압 최적화기 (101) 는 단일 세트 (210) 를 단일 최적화된 코어 전압 ($V_{opt prime'}$) (215) 으로 줍힌다. 전압 최적화기 (101) 는, 필요 코어 전압 레벨 (CX V_{req}) 및 최대 코어 전압 레벨 (CX V_{limit}) 에 의해 정의되는 범위내에 있는 최적 코어 전압 레벨 (CX V_{opt}) 에 가장 가까운 전압을 결정하는 것에 의해 전압 보우트들의 단일 세트 (210) 를 코어 전압 ($V_{opt prime'}$) 으로 줍힌다.

[0049] 다음으로, 전압 최적화기 (101) 는, 단일, 최적화된 코어 전압 ($V_{opt prime'}$) (215) 을 코어 전압 플랜 선택기 모듈 (201) 로 송신한다. 코어 전압 플랜 선택기 모듈 (201) 은, ($V_{opt prime'}$) (215) 에 가장 가까운 전압 플랜의 미리결정된 전압 레벨들 중에서 하나를 선택한다. 코어 전압 플랜 선택기 모듈 (201) 에 의한 이 선택은 전체 PCD (100) 에 대해 코어 전압 (220) 이 되고, 전력 관리 집적 회로 (PMIC) (107) 로 통신된다.

[0050] 일부 예시적 실시형태들에서, 여러 상이한 전압 도메인들이 PCD (100) 내에 공존할 수도 있다. 이것은 PCD (100) 에 있는 특정 서브컴포넌트들이 서로에 대하여 상이하고 독립적인 전압 레벨들에서 실행될 수도 있고 서브컴포넌트들의 각각의 세트에 대해 전압 최적화기가 존재하여 다수의 전압 최적화기들 (101) 이 PCD (100) 내에 존재할 수도 있다는 것을 의미한다.

[0051] 코어 전압 플랜 선택기 모듈 (201) 은, 이 모듈 (201) 이 선택적이라는 것을 표시하기 위하여 패션으로 예시되었다. 일부 예시적인 실시형태들에서, 당업자에 의해 이해되는 바처럼 코어 전압 선택기 모듈 (201) 의 기능/동작들은 전압 최적화기 (101) 에 의해 수행될 수도 있고, 따라서, 코어 전압 플랜 선택기 모듈 (201) 은 제거될 수도 있다.

[0052] 코어 전압 (220) 이 확립되고 나면, 카메라 서브시스템 (148), 이동 디스플레이 (128, 130) 등과 같은 각각의 서브시스템에 존재할 수도 있는 주파수 성능 향상기 모듈들 (203) 은, (단지 개념적/논리적일 뿐이고 PCD (100) 내의 물리적 라인이 아닌) 모니터링 라인 (225) 에 의해 표시되는 바처럼 PCD (100) 의 실제 및 현재 전압 레벨

을 모니터링할 수도 있다. 개념적인 모니터링 라인 (225)에 의해 표시되는 바처럼, PCD (100)의 현재 전압 레벨을 모니터링하는 것과 병행하여, 각각의 주파수 성능 향상기 모듈 (203)은 그의 서브시스템의 온도를 열 센서들 (157)로 모니터링할 수도 있다.

[0053] 다음으로, 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)의 모니터링된 전압 및 현재 온도에 기초하여 각각의 주파수 성능 향상기 모듈 (203)은 그의 서브시스템에 대해 누설 전력을 추정할 수도 있다. 각각의 서브시스템에 대해 누설 전력이 추정되고 나면, 측정되고 있는 현재 전압 레벨에서 에너지 효율을 극대화하기 위하여 주파수 성능 향상기 모듈 (203)은 서브시스템의 동작 또는 실제 주파수 (F_{act}) 그리고 서브시스템의 전력 봉과 지속시간을 이 추정된 누설 전력에 기초하여 최적화할 수도 있다. 최적화된 동작 또는 실제 주파수 (F_{act})는 보통 주어진 또는 현재 코어 전압 레벨에서의 가장 에너지 효율적인 동작 주파수이다. 주파수 성능 향상기 모듈 (203)은 가장 효율적인 F_{act} 를 결정하기 위해 테이블에 액세스할 수도 있다. 특정 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)에 대해 주어진 전압 레벨에서 이용가능한 주파수들을 열거한 아래의 테이블 1을 참조한다. 이 예시적인 테이블 1에서, 제시된 값들은 이동 디스플레이 프로세서 (128) 서브시스템을 위한 것들이다. 당업자에 의해 이해되는 바처럼 각각의 서브시스템은 그 자신의 테이블/엔트리들을 갖는다. 주파수 성능 향상기 모듈 (203)은 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)을 위한 각각의 테이블에 열거된 서브시스템에 대해 현재 전압 레벨에서 이용가능한 주파수들을 이용하여 계산들을 수행할 수도 있다.

테이블 1 - 주파수 향상기 모듈 (203)을 위한 주파수 범위 - 전압 테이블

서브시스템	전압	최대 주파수	지정된 전압 레벨에서 서브시스템에 의해 지원되는 주파수 범위
이동 디스플레이 프로세서 (128)	0.7V	75MHz	0~75 MHz
이동 디스플레이 프로세서 (128)	0.7875V	150MHz	76~150 MHz
이동 디스플레이 프로세서 (128)	0.9V	320MHz	151~320 MHz
이동 디스플레이 프로세서 (128)	1V	400MHz	321~400 MHz

[0054]

[0055] 예를 들어, 주파수 성능 향상기 모듈 (203)은 PCD (100)의 특정 서브시스템에 대해 동작 주파수를 높이거나 또는 낮출 수도 있다. 동작 주파수에서의 그러한 조정은 당업자에 의해 이해되는 바처럼 PCD (100)의 개개의 서브시스템에 의해 소비되는 누설 전력을 최소화할 수도 있다.

[0056]

서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)의 동작 또는 실제 주파수 (F_{act})를 최적화하기 위하여, 각각의 서브시스템의 주파수 성능 향상기 모듈 (203)은, 공유 전력 도메인에서 추가적인 전압 마진을 이용하고 유휴 시간 동안 누설을 최소화하기 위하여 전력 봉과의 가장 긴 지속시간 및 PMIC (107)으로부터 주어진 전압 레벨에서 서브시스템이 실행할 수 있는 가장 높은 가능한 주파수를 찾을 수도 있다. 다음으로, 가장 높은 가능한 주파수는 최적 동작 또는 실제 주파수 (F_{act})로서 설정될 수도 있다.

[0057]

가장 높은 가능한 주파수 (F_{act})를 찾기 위하여, 주파수 성능 향상기 모듈 (203)은 다음 예시적인 서브시스템 주파수 파라미터들 (209) 중의 어느 하나를 평가할 수도 있다: (a) 서브시스템에 대한 현재 작업부하 (작업부하); (b) 현재 작업부하를 프로세싱하기 위하여 필요한 최소 동작 주파수 (F_{req}); (c) 코어 전압 범위 내에서 이용가능한 가장 에너지 효율적인 (이상적인) 동작 주파수 (F_{opt}); 및 (d) 및 주어진 전력 버짓 및 전압 한계들 하에서 이용가능한 최대 동작 주파수 (F_{limit}).

[0058]

하나의 예시적 실시형태에서, 각각의 주파수 성능 향상기 모듈 (203)은 F_{req} , F_{opt} , 및 F_{limit} 를 평가할 수도 있다. 향상기 모듈 (203)은 F_{act} 를 F_{req} 값보다 더 높게 설정할 수도 있다. F_{act} 은 보통, 서브시스템들 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)으로부터의 F_{limit} 값보다 더 낮아야 한다. 그 범위 내에서, F_{act} 은 주파수 성능 향상기 모듈 (203)에 의해, 액티브 (실행) 시간을 최소화

하기 위하여 각각의 서브시스템의 현재 전압 레벨에서 가능한 최대 주파수로 설정될 수도 있다.

[0059] 이제 도 3a를 참조하면, 본 도는 PCD (100) 내의 전력 소비를 감소시키기 위하여 PCD (100)의 코어 전압 레벨을 최적화하고 PCD (100) 내의 개개의 서브컴포넌트들의 주파수 성능을 향상시키기 위한 방법 (300)을 예시하는 논리 흐름도이다. 블록 (305)은 방법 (300)의 첫번째 단계이다. 블록 (305)에서, PCD (100) 내의 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)은 정적 정보 (static information)를 결정할 수도 있다. 그러한 정적 정보는 각각의 서브시스템 내의 누설 전류 (IDQ)의 현재 레벨을 포함할 수도 있다.

[0060] 다음으로, 블록 (310)에서, 각각의 서브시스템 -- 보통 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등) 내의 CPU는 PCD (100) 내의 동적 정보를 평가할 수도 있다. 그러한 동적 정보는, 각각의 서브시스템의 현재 온도 그리고 각각의 서브시스템의 현재 작업부하를 포함할 수도 있지만, 이에 한정되지는 않는다.

[0061] 블록 (315)에서, 각각의 서브시스템 -- 보통 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등) 내의 CPU는 도 2와 관련하여 위에서 설명된 전압 보우트들 (205)과 대응하는 복수의 전압 값들을 계산할 수도 있다. 특히, 각각의 서브시스템은, 필요 전압 레벨 (V_req), 최적 전압 레벨 (V_opt), 및 최대 전압 레벨 (V_limit)을 포함하는 적어도 3개의 상이한 전압 값들을 계산할 수도 있다.

[0062] 다음으로, 블록 (320)에서, 향상된 전압 어그리게이터 (103)는 PCD (100) 내의 서브시스템들 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)의 각각으로부터 복수의 전압 보우트들 (205)을 수신한다. 도 2와 관련하여 위에서 설명된 바처럼, 향상된 전압 어그리게이터 (103)는, 단일 필요 코어 전압 레벨 (CX V_req), 단일 최적 코어 전압 레벨 (CX V_opt), 및 단일 최대 코어 전압 레벨 (CX V_limit)을 포함하는 3개 코어 ("CX") 전압 보우트들 중 단일 세트 (210)가 전압 최적화기 (101)에 통신되도록 전압 보우트들 (205)을 요약 또는 종합한다.

[0063] 후속하여, 블록 (325)에서, 전압 최적화기 (101)는, 도 2와 관련하여 위에서 설명된 바처럼 PCD (100)에 걸쳐 공유 전력 도메인을 위한 에너지 효율적인 전압 레벨인 단일, 최적화된 코어 전압 (V_opt prime') (215)을 결정할 수도 있다. 다음으로, 판정 블록 (327)에서, 전압 최적화기 (101)는 현재 전압 레벨이 블록 (325)에서 계산된 단일 코어 전압 (V_opt prime')보다 더 높은지를 결정한다. 판정 블록 (327)에 대한 문의가 부정적이면, 블록 (330)으로의 "아니오" 분기가 뒤따른다.

[0064] 판정 블록 (327)에 대한 문의가 긍정적이면, 루틴 블록 (329)으로의 "예" 분기가 뒤따른다. 다음으로, 루틴 또는 서브방법 블록 (329)에서, 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)의 동작 주파수가 주파수 성능 향상기 (203)로 최적화될 수도 있다. 또한, 이 루틴 블록 (329)에서, 각각의 주파수 성능 향상기 (203)는 또한, 최적화된 주파수에 따라 그의 각각의 서브시스템에 대해 전력 봉괴 지속시간을 최적화할 수도 있다. 이러한 동작 주파수 및 전력 봉괴 지속시간의 최적화는 PCD (100) 내의 각각의 서브시스템에 대해 누설 전력을 최소화할 수도 있다. 루틴 블록 (329)의 추가 상세들이 도 3b와 관련하여 아래에서 설명될 것이다. 이 루틴 블록 (329)은 단계 (330)에서의 전압 변경 전에 단계 (325)에서 결정된 전압을 위한 최적화된 값들로 주파수가 조정될 수 있게 한다.

[0065] 블록 (230)에서, 전압 최적화기 (101)는, 최적화된 코어 전압 (V_opt prime') (215)을 코어 전압 플랜 선택기 모듈 (201)로 전달할 수도 있다. 다음으로, 코어 전압 플랜 선택기 모듈 (201)은, 최적화된 코어 전압 (V_opt prime') (215)에 대응하는 복수의 미리결정된 전압 레벨들 (즉, 레벨 1, 레벨 2, 레벨 3, 레벨 4 등) 중의 하나로부터 선택할 수도 있다. 위에 언급된 바처럼, 코어 전압 플랜 선택기 모듈 (201)이 제공되지 않으면, 코어 전압 플랜 선택기 모듈 (201) 대신에, 대안적으로, 전압 최적화기 (101)가 전압 레벨을 선택할 수도 있다. 선택된 전압 레벨은 전체 PCD (100)를 위한 공유 전력 도메인 전압 레벨이 된다.

[0066] 공유 전력 도메인 전압 레벨이 블록 (330)에서 설정된 후에, 다음으로 루틴 또는 서브방법 블록 (335)에서, 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)의 동작 주파수가, 전압이 올라가는 경우에만, 주파수 성능 향상기 (203)로 최적화될 수도 있다. 즉, 판정 블록 (327)이 부정적이면, "아니오" 분기가 뒤따르고, 다음으로 이 루틴 블록 (335)은, 주파수 최적화가 루틴 블록 (329)에서 이미 수행되었으므로, 생략될 수도 있다. 또한, 이 루틴 블록 (335)에서, 각각의 주파수 성능 향상기 (203)는 또한, 그의 각각의 서브시스템에 대해 최적화된 주파수에 따라 전력 봉괴 지속시간을 최적화할 수도 있다. 이러한 동작 주파수 및 전력 봉괴 지속시간의 최적화는 PCD (100) 내의 각각의 서브시스템에 대해 누설 전력을

최소화할 수도 있다.

[0067] 도 2와 관련하여 위에서 설명된 바처럼, PCD (100)의 각각의 서브시스템에는, 하드웨어, 소프트웨어 및/또는 이들의 조합을 포함할 수도 있는 주파수 성능 향상기 (203)가 제공될 수도 있다. 각각의 서브시스템의 각각의 주파수 성능 향상기 (203)는 그의 동작 주파수를 최적화하기 위하여 그리고 그의 최적 전력 봉괴 지속시간을 계산하기 위하여 몇개의 상이한 계산들을 수행할 수도 있다. 이 루틴 블록 (335)의 추가 상세들이 도 3b 와 관련하여 아래에서 설명될 것이다.

[0068] 블록 (340)에서, 루틴 블록 (335) 다음에, 각각의 서브시스템은 미리결정된 지속시간 동안 그의 각각의 작업부하를 계속 프로세싱할 것이다. 후속하여, 판정 블록 (345)에서, 각각의 서브시스템 -- 보통 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등) 내의 CPU는 다음으로 그의 작업부하가 변화되었는지를 결정할 수도 있는데, 왜냐하면 작업부하의 변화는 PCD (100) 내의 공유 전력 도메인을 위한 최적 동작 주파수 및 최적 전압인 것에 영향을 줄 수도 있기 때문이다.

[0069] 판정 블록 (345)에 대한 문의가 부정적이면, 다시 블록 (340)으로의 "아니오" 분기가 뒤따른다. 판정 블록 (345)에 대한 문의가 긍정적이면, 다시 블록 (310)으로의 "예" 분기가 뒤따른다.

[0070] 이제, PCD (100) 내의 서브시스템들의 동작 주파수를 최적화하고 서브시스템들의 전력 봉괴 지속시간을 최적화하기 위한 도 3a 의 방법 (300)의 도 3b, 서브방법 또는 루틴 (229, 335)을 참조한다. 블록 (350)은 서브방법 또는 루틴 (335)의 첫번째 블록이다. 블록 (350)에서, 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)의 각각의 주파수 성능 향상기 (203)는 그의 누설 전력을, 열 센서들 (157)에 의해 측정되는 그의 현재 온도 및 블록 (330)에서 확립된 현재 전압에 기초하여, 추정할 수도 있다.

[0071] 다음으로, 판정 블록 (355)에서, 각각의 주파수 성능 향상기 (203)는 그의 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)에 대한 누설 전력 추정치가 설정 또는 미리결정된 임계치보다 더 큰지를 결정할 수도 있다. 누설 전력의 이 설정 또는 미리결정된 임계치는 정적으로 설정되거나 또는 PCD (100)의 제조에 의해 희망하는 바에 따라 동적으로 설정될 수도 있다.

[0072] 판정 블록 (355)에 대한 문의가 부정적이면, "아니오" 분기가 뒤따르고 서브 방법 (335)은 도 3a 의 블록 (329 또는 340) 중 하나로 되돌아간다. 판정 블록 (355)에 대한 문의가 긍정적이면, 블록 (360)으로의 "예" 분기가 뒤따른다.

[0073] 블록 (360)에서, 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등) 각각의 주파수 성능 향상기 (203)는 각각의 서브시스템의 현재 작업부하를 결정할 수도 있다. 다음으로, 블록 (365)에서, 각각의 서브시스템의 주파수 성능 향상기 모듈 (203)은, 공유 전력 도메인에서 추가적인 전압 마진을 이용하고 유휴 시간 동안 누설을 최소화하기 위하여 전력 봉괴의 가장 긴 지속시간 및 PMIC (107)으로부터 주어진 전압 레벨에서 서브시스템이 실행할 수 있는 가장 높은 가능한 주파수를 찾을 수도 있다. 또한, 블록 (365)의 추가 상세들이 도 4 와 관련하여 아래에서 설명될 것이다. 블록 (370)에서, 가장 높은 가능한 주파수는 다음으로 이 전력 봉괴 지속시간에 기초하여 최적화된 동작 또는 실제 주파수 (F_act)로서 주파수 성능 향상기 모듈 (203)에 의해 설정될 수도 있다. 그 방법은 다음으로 도 3a 의 블록 (329 또는 340) 중 어느 하나로 되돌아간다.

[0074] 일 예시적 실시형태에서 그리고 블록 (365)에서의 전력 봉괴 지속시간 계산에 추가하여, 블록 (365)에서 각각의 주파수 성능 향상기 모듈 (203)은 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)에 의해 계산되는 F_req, F_opt, 및 F_limit 를 평가할 수도 있다. 위에 설명된 바처럼, 주파수 성능 향상기 모듈 (203)은 가장 효율적인 F_act 를 결정하기 위해 테이블에 액세스할 수도 있다. 특정 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)에 대해 주어진 전압 레벨에서 이용 가능한 주파수들을 열거한 위의 테이블 1 을 참조한다. 이 예시적인 테이블 1에서, 제시된 값들은 이동 디스플레이 프로세서 (128) 서브시스템을 위한 것들이다. F_act 은 F_req 값보다 더 높게 향상기 모듈 (203)에 의해 설정될 수도 있다. 주파수 성능 향상기 모듈 (203)은 보통, 다른 서브시스템들로부터의 F_limit 값보다 더 낮게 F_req 값을 설정할 것이다. 그 범위 내에서, 향상기 모듈은 액티브 (실행) 시간을 최소화하기 위하여 그의 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등)의 현재 전압 레벨에서 가능한 최대 주파수로 F_act 를 설정할 수도 있다.

[0075] 이제 도 4를 참조하면, 본 도면은 각각의 주파수 성능 향상기 모듈 (203)에 의한 전력 봉괴 지속시간 계산에서

유용한 2개의 그래프들 (365A-B) 의 예시이다. 위에 언급된 바처럼, 도 3b 의 블록 (365) 에서, 각각의 서브시스템의 주파수 성능 향상기 모듈 (203) 은, 공유 전력 도메인에서 추가적인 전압 마진을 이용하고 유휴 시간 동안 누설을 최소화하기 위하여 전력 봉괴의 가장 긴 지속시간 및 PMIC (107) 으로부터 주어진 전압 레벨에서 서브시스템이 실행할 수 있는 최고 가능한 주파수를 찾을 수도 있다.

[0076] 각각의 서브시스템 (CAMSS (148); MDP (128, 130); 버스 (220); 코덱 (134) 등) 에 대해 가장 높은 가능한 주파수를 찾기 위하여, 주파수 성능 향상기 모듈 (203) 은 도 4에 예시된 시간에 대해 전력 값들을 플롯팅함으로써 손실된 누설 전력 및 액티브 동적 전력을 평가할 수도 있다. 제 1 전력 봉괴 지속시간 계산 플롯 (365A) 은 서브시스템에 대해 작업부하 시간을 트래킹하는 X-축 (410A) 에 대해 플롯팅된 서브시스템의 전력을 트래킹하는 Y-축 (405A) 을 갖는 그래프를 포함할 수도 있다. 예를 들어, 서브시스템이 코덱 (134) 을 포함하면, 작업부하 및 작업부하 종료 시간은 비디오 데이터를 위한 비디오 프레임 지속시간을 트래킹할 수도 있다.

[0077] 전력 봉괴 지속시간의 제 1 그래프 (365) 에서, 코덱 서브시스템 (134) 의 코덱 전압은 코드 서브시스템 (134) 에 의해 향상된 전압 어그리게이터 (103) 에 제출된 전압 보우트와 동일하게 설정될 수도 있다. 이 전압 설정은 제 1 지속시간을 갖는 액티브 동적 전력 소비 (425A) 그리고 제 1 지속시간을 갖는 누설 전력 손실 (420A) 을 산출한다. 전압 설정은 또한, 제 1 지속시간을 갖는 봉괴된 전력 상태 (367A) 를 산출한다.

[0078] 전체 시스템 (104) 의 코어 전압 값 (CX_voltage) (220) 이, 코덱 서브시스템 (134) 과 같은 서브시스템의 전압 보우트보다 더 크면, 주파수 성능 향상기 모듈 (203) 은, 누설 전력 손실 (420B) 을 감소시키고 서브시스템 (134) 의 봉괴된 전력 상태 (367B) 를 증가시키기 위하여 더 높은 주파수로 실행할 수도 있다. 서브시스템 (134) 에 대한 그러한 전압 증가는 서브시스템 (134) 이 더 높은 주파수에서 실행할 수 있게 하고 서브시스템 (134) 이 그의 작업부하를 더 신속하게 끌낼 수 있게 할 수도 있고, 결국 도 4에 예시된 바처럼 봉괴된 전력 상태 (367B) 의 지속시간을 증가시킨다. 이것은, 서브시스템 (134) 의 전압 및 동작 주파수 양자 모두가 증가될 때 제 1 그래프 (365A) 에 예시된 동일한 작업부하가 제 2 그래프 (365B) 에 예시된 바처럼 더 짧은 시간의 양 아래에 완료될 수도 있다는 것을 의미한다. 예시되지 않은 또 다른 예시적인 실시형태에 따르면, 전압 최적화기 (101) 및/또는 전압 어그리게이터는 V_{opt} 도 V_{limit} 도 아니라 V_{req} (이것을 빠르게 실행해야 하는 것처럼 그렇게 이 전압을 필요로 한다) 에 대한 보우트들만을 수신할 수도 있다.

[0079] 본 명세서에 설명된 프로세스들 또는 프로세스 흐름들에서의 특정 단계들은 설명된 바처럼 본 발명이 기능하기 위하여 다른 것들에 당연히 선행한다. 하지만, 본 발명은 그러한 순서 또는 시퀀스가 본 발명의 기능성을 변경하지 않으면 설명된 단계들의 순서에 한정되지 않는다. 즉, 본 발명의 범위 및 사상으로부터 벗어남이 없이 일부 단계들은 다른 단계들 전에, 후에, 또는 병행하여 (실질적으로 동시에) 수행될 수도 있다는 것이 인식된다. 일부 사례들에서, 어떤 단계들은 본 발명으로부터 벗어남이 없이 생략되거나 또는 수행되지 않을 수도 있다. 또한, 용어 이를테면 "그후", "다음으로", "그 다음" 등은 단계들의 순서를 제한하도록 의도된 것이 아니다. 이를 용어들은 단순히 예시적 방법의 설명을 통하여 독자를 안내하기 위해 사용되었다.

[0080] 추가적으로, 프로그래밍 분야의 당업자는, 예를 들어, 본 명세서에 있는 흐름도 및 연관된 설명에 기초하여 어려움 없이 개시된 발명을 구현하기 위한 적절한 하드웨어 및/또는 회로들을 특정하거나 또는 컴퓨터 코드를 작성할 수 있다.

[0081] 그러므로, 특정 세트의 프로그램 코드 명령들 또는 상세한 하드웨어 디바이스들의 개시는 본 발명을 제조 및 사용하는 법의 충분한 이해를 위해 반드시 필요한 것은 아니다. 청구된 컴퓨터 구현된 프로세스들의 본 발명의 기능은 위의 설명에서 그리고 다양한 프로세스 흐름들을 예시할 수도 있는 도면들과 함께 보다 상세하게 설명되어 있다.

[0082] 하나 이상의 예시적 양태에서, 설명된 기능은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 또는 이들의 임의의 조합으로 구현될 수도 있다. 소프트웨어로 구현되면, 그 기능들은 컴퓨터 판독가능 매체 상에 하나 이상의 명령 또는 코드로서 저장되거나 또는 송신될 수도 있다.

[0083] 본 명세서의 맥락에서, 컴퓨터 판독가능 매체는, 컴퓨터 관련 시스템 또는 방법에 의한 사용을 위해 또는 이와 관련하여 컴퓨터 프로그램 및 데이터를 포함 또는 저장할 수도 있는 전자, 자기, 광학 또는 다른 물리적 디바이스 또는 수단이다. 다양한 논리 엘리먼트들 및 데이터는, 명령 실행 시스템, 장치 또는 디바이스, 이를테면 그 명령 실행 시스템, 장치, 또는 디바이스로부터 명령들을 가져올 수 있고 그 명령들을 실행할 수 있는 컴퓨터 기반 시스템, 프로세서 포함 시스템, 또는 다른 시스템에 의한 사용을 위해 또는 이와 관련하여 임의의 컴퓨터 판독가능 매체에 수록될 수도 있다. 본 명세서의 맥락에서, "컴퓨터 판독가능 매체" 는 명령 실행 시스템,

장치 또는 디바이스에 의한 사용을 위해 또는 이와 관련하여 프로그램을 저장, 전달, 전파, 또는 전송할 수도 있는 임의의 수단을 포함할 수도 있다.

[0084] 컴퓨터 판독가능 매체는, 예를 들어, 전자, 자기, 광학, 전자기, 적외 또는 반도체 시스템, 장치, 디바이스, 또는 전파 매체일 수도 있지만, 이에 한정되지는 않는다. 컴퓨터 판독가능 매체의 보다 구체적인 예들 (비포괄적 리스트)는 다음을 포함한다: 하나 이상의 와이어들을 갖는 전기 접속 (전자), 휴대 컴퓨터 디스크 (자기), 랜덤 액세스 메모리 (RAM) (전자), 읽기 전용 메모리 (ROM) (전자), 소거가능 프로그래머를 읽기 전용 메모리 (EPROM, EEPROM, 또는 플래시 메모리) (전자), 광섬유 (광학), 및 휴대 컴팩트 디스크 읽기 전용 메모리 (CDROM) (광학). 덧붙여, 컴퓨터 판독가능 매체는, 심지어 프로그램이 인쇄된 종이 또는 또 다른 적합한 매체일 수 있는데, 프로그램은, 가령 종이 또는 다른 매체의 광학 스캐닝을 통해 전자적으로 캡쳐된 후, 컴파일링, 인터프리팅되거나 또는 그렇지 않으면 필요한 경우 적합한 방식으로 프로세싱된 후, 컴퓨터 메모리에 저장될 수 있기 때문이다.

[0085] 컴퓨터 판독가능 매체는 일 장소로부터 다른 장소로의 컴퓨터 프로그램의 전송을 가능하게 하는 임의의 매체를 포함하는 통신 매체 및 컴퓨터 저장 매체 양자 모두를 포함한다. 저장 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수도 있는 임의의 이용가능한 매체일 수도 있다. 비한정적 예로서, 이러한 컴퓨터 판독가능 매체는 임의의 광학 디스크 저장, 자기 디스크 저장 또는 다른 자기 저장 디바이스, 또는 명령 또는 데이터 구조의 형태로 원하는 프로그램 코드를 운반 또는 저장하는데 사용될 수도 있고 컴퓨터에 의해 액세스될 수도 있는 임의의 다른 매체를 포함할 수도 있다.

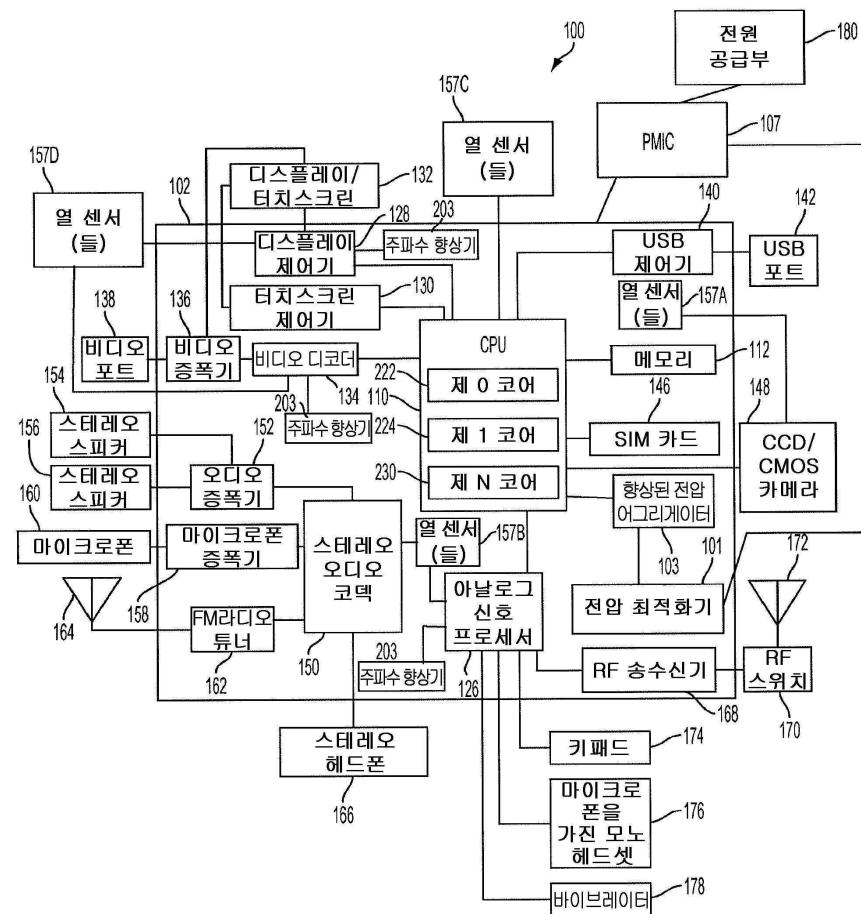
[0086] 또한, 임의의 접속이 컴퓨터 판독가능 매체로 적절히 칭해진다. 예를 들어, 소프트웨어가 동축 케이블, 광섬유 케이블, 연선 (twisted pair), 디지털 가입자 라인 ("DSL"), 또는 적외선, 전파 (radio), 및 마이크로파와 같은 무선 기술을 사용하여 웹사이트, 서버, 또는 다른 원격 소스로부터 송신되는 경우, 그 동축 케이블, 광섬유 케이블, 연선, DSL, 또는 적외선, 전파, 및 마이크로파와 같은 무선 기술은 매체의 정의 내에 포함된다.

[0087] 여기에 사용된, 디스크 (disk) 및 디스크 (disc) 는 콤팩트 디스크 (CD), 레이저 디스크, 광 디스크, DVD (digital versatile disc), 플로피 디스크 및 블루레이 디스크를 포함하며, 여기서, 디스크 (disk) 는 보통 데이터를 자기적으로 재생하지만, 디스크 (disc) 는 레이저를 이용하여 광학적으로 데이터를 재생한다. 또한, 상기의 조합은 컴퓨터 판독가능 매체의 범위 내에 포함되어야 한다.

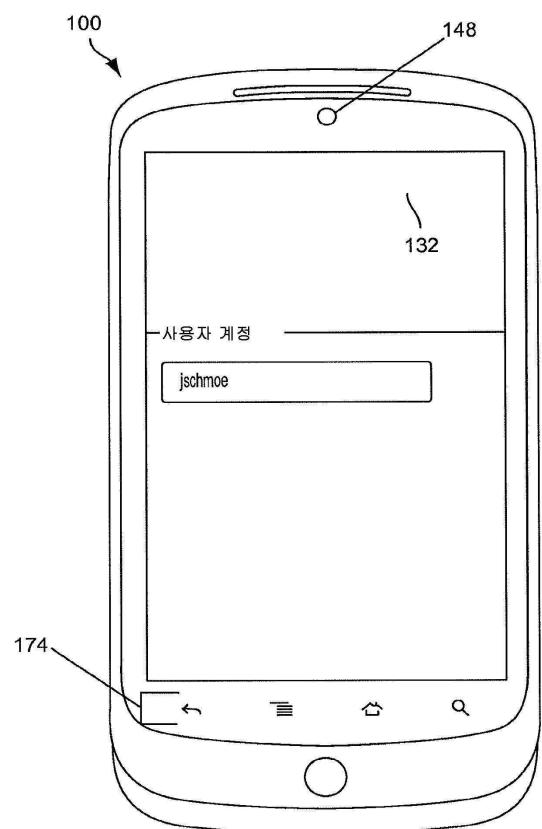
[0088] 선택된 양태들이 예시되고 자세히 설명되었지만, 거기에서 다양한 치환 및 변경들이 다음의 청구항들에 의해 정의된 본 발명의 사상 및 범위로부터 이탈함이 없이 이루어질 수 있다는 것이 이해될 것이다.

도면

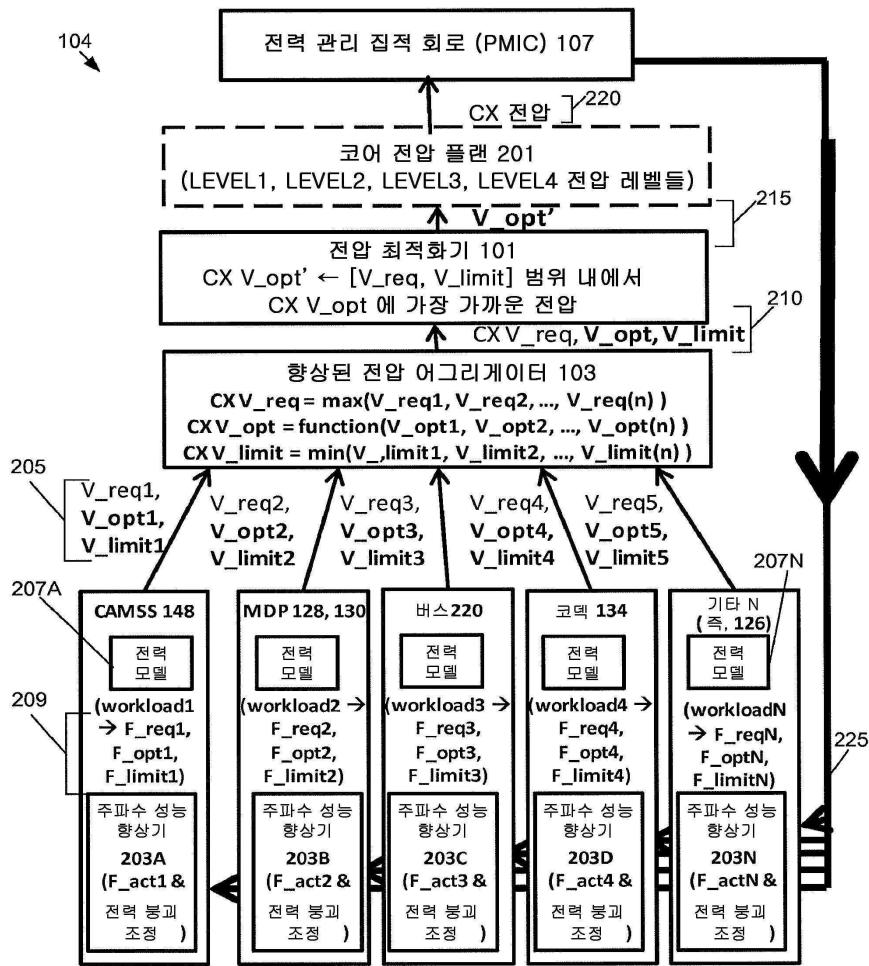
도면 1a



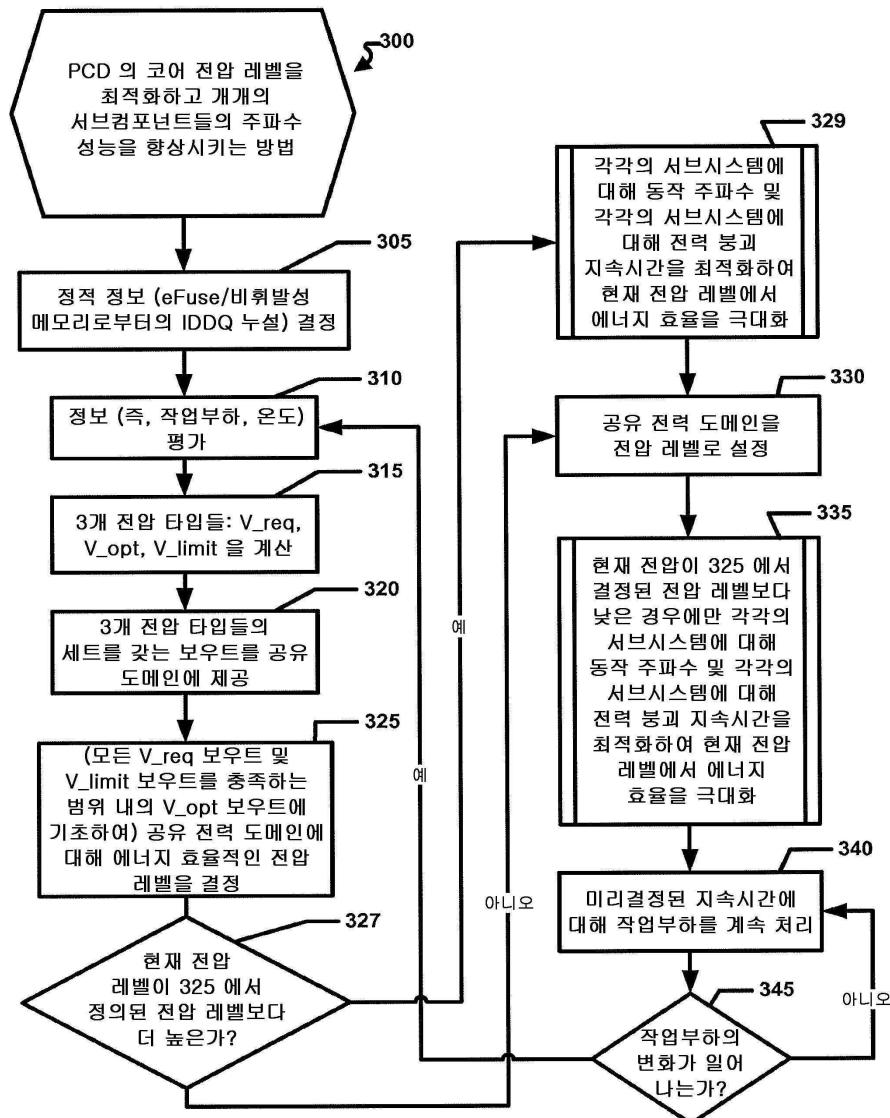
도면 1b



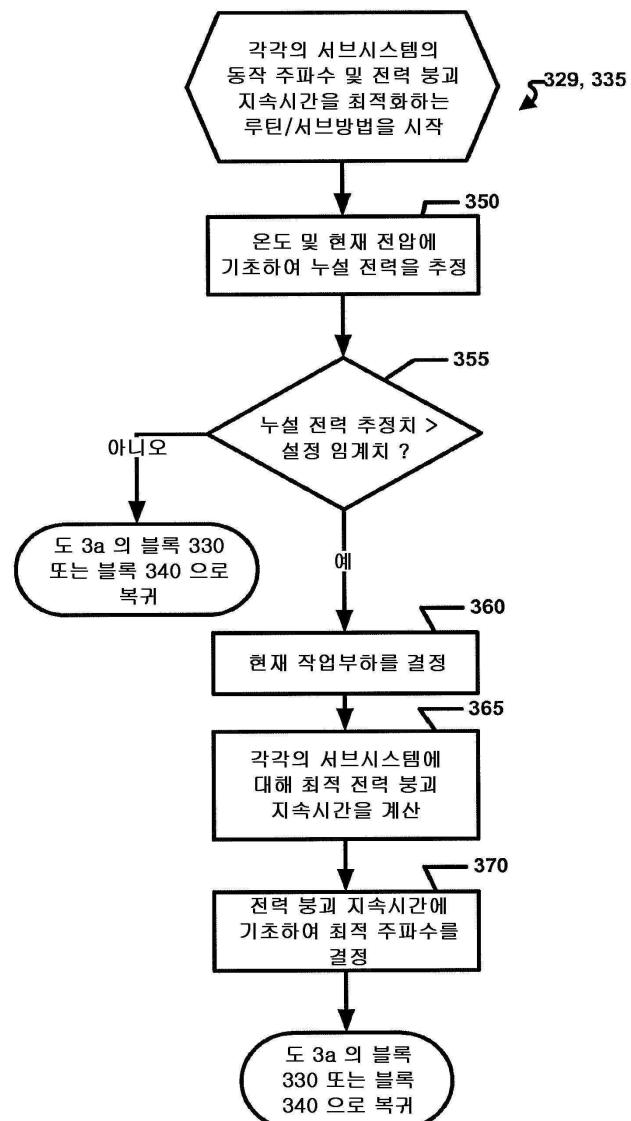
도면2



도면3a



도면3b



도면4

