(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0093239
(43) 공개일자 2020년08월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05K 7/20 (2006.01) *G06F 1/20* (2006.01)
G06F 9/455 (2018.01)
(52) CPC특허분류
H05K 7/20836 (2013.01)
G06F 1/20 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0010454
(22) 출원일자 2019년01월28일
심사청구일자 2019년01월28일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
정성우
서울특별시 강남구 도곡로28길 8, 104동 1802호 (도곡동, 도곡1차아이파크아파트)
김영근
경기도 광명시 사성로103번길 14, 103동 902호(철산동, 광복현대아파트)
김정인
서울특별시 동대문구 무학로49길 40, 203호(용두동)
(74) 대리인
송인호, 윤형근, 최영중, 최관락

전체 청구항 수 : 총 10 항

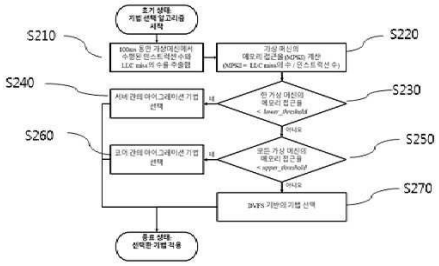
(54) 발명의 명칭 **데이터 센터의 발열 관리 방법 및 장치**

(57) 요 약

본 발명은 성능이 다른 복수의 서버를 구비하고 있는 이종 데이터 센터의 발열 관리 방법에 관한 것이다.

본 발명의 일실시예에 의한 데이터 센터의 발열 관리 방법은 성능이 다른 복수의 서버를 구비하고 있는 이종 데이터 센터의 발열 관리 방법에 있어서, 현재 사용되고 있는 제1서버 내의 특정 코어의 온도를 측정하는 단계; 상기 특정 코어의 온도가 발열 임계값을 초과하는 경우, 각 가상 머신의 메모리 접근율을 계산하는 단계; 상기 계산된 가상 머신의 메모리 접근율에 따라 상태를 구분하는 단계; 및 상기 구분된 상태에 따라 다른 발열 관리 모드를 적용하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G06F 9/45558 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2018038715
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 (원천)차세대정보컴퓨팅기술개발사업
연구과제명 단일 서버에서 에너지/발열 최적 시스템 SW 개발
기 여 율 1/1
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2018.03.01 ~ 2019.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

성능이 다른 복수의 서버를 구비하고 있는 이종 데이터 센터의 발열 관리 방법에 있어서,

현재 사용되고 있는 제1서버 내의 특정 코어의 온도를 측정하는 단계;

상기 특정 코어의 온도가 발열 임계값을 초과하는 경우, 각 가상 머신의 메모리 접근율을 계산하는 단계;

상기 계산된 가상 머신의 메모리 접근율에 따라 상태를 구분하는 단계; 및

상기 구분된 상태에 따라 다른 발열 관리 모드를 적용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 센터의 발열 관리 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 상태 구분 단계를 통해 구분된 상태는

적어도 하나의 가상 머신의 메모리 접근율이 설정된 하한값 미만인 제1상태, 모든 가상 머신의 메모리 접근율이 상기 설정된 하한값 이상이고 설정된 상한값 이하인 제2상태, 및 적어도 하나의 가상 머신의 메모리 접근율이 상한값을 초과한 경우인 제3상태를 포함하고,

상기 발열 관리 모드 적용 단계는

상기 제1상태에 대해서는 제1발열 관리 모드로 발열 관리를 실행하는 단계;

상기 제2상태에 대해서는 제2발열 관리 모드로 발열 관리를 실행하는 단계; 및 상기 제3상태에 대해서는 제3발열 관리 모드로 발열 관리를 실행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 센터의 발열 관리 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1발열 관리 모드로 발열 관리를 실행하는 단계는

현재 사용되고 있지 않으면서 상기 제1서버보다 성능이 낮은 제2서버를 확인하는 단계;

상기 확인된 제2서버로 메모리 접근율이 가장 낮은 가상 머신을 마이그레이션시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 센터의 발열 관리 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제2발열 관리 모드로 발열 관리를 실행하는 단계는

상기 제1서버 내에서 온도가 가장 낮은 코어로 상기 특정 코어에서 구동중인 가상 머신을 마이그레이션시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 센터의 발열 관리 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제3발열 관리 모드로 발열 관리를 실행하는 단계는

DVFS(Dynamic Voltage & Frequency Scaling) 기반 기법을 적용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 센터의 발열 관리 방법.

청구항 6

성능이 다른 서버를 구비하고 있는 이종 데이터 센터의 발열 관리 장치에 있어서,

현재 사용되고 있는 제1서버 내의 특정 코어의 온도를 측정하는 온도 측정부;

상기 특정 코어의 온도가 발열 임계값을 초과하는 경우, 각 가상 머신의 메모리 접근율을 계산하는 메모리 접근율 계산부;

상기 계산된 가상 머신의 메모리 접근율에 따라 상태를 구분하고, 상기 구분된 상태에 따라 다른 발열 관리 모드를 적용하는 발열 관리부; 및

상기 온도 측정부, 상기 메모리 접근율 계산부, 및 상기 발열 관리부를 제어하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 센터의 발열 관리 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 상태 구분 단계를 통해 구분된 상태는

적어도 하나의 가상 머신의 메모리 접근율이 설정된 하한값 미만인 제1상태, 모든 가상 머신의 메모리 접근율이 상기 설정된 하한값 이상이고 설정된 상한값 이하인 제2상태, 적어도 하나의 가상 머신의 메모리 접근율이 상한값을 초과한 경우인 제3상태를 포함하고,

상기 발열 관리부는

상기 제1상태에 대해서는 제1발열 관리 모드로 발열 관리를 실행하고,

상기 제2상태에 대해서는 제2발열 관리 모드로 발열 관리를 실행하고,

상기 제3상태에 대해서는 제3발열 관리 모드로 발열 관리를 실행하는 것을 특징으로 하는 데이터 센터의 발열 관리 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1발열 관리 모드로 발열 관리를 실행하는 단계는

현재 사용되고 있지 않으면서 상기 제1서버보다 성능이 낮은 제2서버를 확인하는 단계; 및

상기 확인된 제2서버로 메모리 접근율이 가장 낮은 가상 머신을 마이그레이션시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 센터의 발열 관리 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제2발열 관리 모드로 발열 관리를 실행하는 단계는

상기 제1서버 내에서 온도가 가장 낮은 코어로 상기 특정 코어에서 구동중인 가상 머신을 마이그레이션시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 센터의 발열 관리 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제3발열 관리 모드로 발열 관리를 실행하는 단계는

DVFS(Dynamic Voltage & Frequency Scaling) 기반 기법을 적용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 데이터 센터의 발열 관리 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 데이터 센터의 발열 관리 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 성능이 다른 복수의 서버를 구비하고

있는 이종 데이터 센터의 발열 관리 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 클라우드 기반의 딥 러닝 (Deep Learning) 서비스들의 출현으로 인해 고성능 컴퓨팅 인프라에 대한 수요가 증가하고 있다. 이러한 수요를 충족시키기 위해 대규모 데이터 센터가 전 세계적으로 구축 되어지고 있지만, 데이터 센터는 방대한 양의 전력을 소모한다.

[0003] 데이터 센터에서 전력 소모의 큰 구성 요소 중 하나는 CPU (Central Processing Unit)이며, 이는 전체 데이터 센터 전력 소모의 36%-44%를 차지한다. 일반적으로 CPU가 연산을 수행할 때 전력을 많이 사용하기 때문에, CPU는 연산을 수행하는 동안 과도한 열을 발생시킨다. 과도하게 높은 온도는 오작동 또는 영구적인 고장으로 이어질 수 있다. 데이터 센터에서는 과도한 열의 발생을 방지하기 위해 방열판, 팬, 액체 냉각기 및 에어컨 등의 기계식 냉각 솔루션을 사용할 수 있지만, 이러한 기계식 냉각 솔루션 또한 방대한 양의 전력 소모로 이어지고 있다. 따라서 데이터 센터에서는 소프트웨어적인 기법을 함께 사용해 CPU의 온도를 낮춤으로써, 냉각 솔루션에 사용되는 전력 소모를 함께 줄이고 있다.

[0004] 최근 데이터 센터는 서로 다른 서버들로 구성되어 있고, 이러한 데이터 센터를 이종 데이터 센터라 부른다. 이와 같이 데이터 센터가 서로 다른 성능을 갖는 서버들로 구성된 이유는, 고장난 서버를 대체하거나 부분적으로 서버들의 성능을 업그레이드하고 있기 때문이다. 이러한 이종 데이터 센터에서는 이용자들의 요청이 한꺼번에 몰리는 상황을 고려해 서버들을 구비해 놓고 있기 때문에, 보통 사용되고 있지 않은 서버들이 많이 있다. 또한 최근 이종 데이터 센터에는 가상화 기술이 적용되고 있다. 이러한 가상화 기술을 활용하면, 한 서버에 여러 개의 가상 머신을 배치할 수 있으며 심지어는 서로 다른 서버 간의 가상 머신 마이그레이션 또한 가능하다. 관련된 선행문헌으로 공개특허 10-2016-0070636호가 있다.

[0005] 기존이 이종 데이터 센터에서 수행하는 발열 관리 방법은 단일 서버의 CPU 온도만을 고려하여 온도가 일정 수준 (Thermal Threshold) 이상으로 증가하였을 때 뜨거운 서버의 CPU를 낮은 전력 상태로 변경한다. 이는 성능을 저하시켜 사용자들의 서비스 이용 만족도를 하락시키는 문제를 야기한다

[0006] 따라서 성능 저하를 최대한 피하면서 온도를 낮출 수 있는 이종 데이터 센터의 발열 관리 기술에 대한 연구가 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 이종 데이터 센터에서 성능 저하를 최대한 피하면서 온도를 낮출 수 있는 데이터 센터의 발열 관리 방법 및 장치를 제공하는 데 있다.

[0008] 본 발명의 목적은 이종 데이터 센터에서 서버 내부의 컴퓨팅 리소스뿐만 아니라 서버 외부의 컴퓨팅 리소스를 적절하게 활용한 효율적인 전력 및 발열 관리를 수행할 수 있는 데이터 센터의 발열 관리 방법 및 장치를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명의 일실시예에 의하면, 성능이 다른 복수의 서버를 구비하고 있는 이종 데이터 센터의 발열 관리 방법에 있어서, 현재 사용되고 있는 제1서버 내의 특정 코어의 온도를 측정하는 단계; 상기 특정 코어의 온도가 발열 임계값을 초과하는 경우, 각 가상 머신의 메모리 접근율을 계산하는 단계; 상기 계산된 가상 머신의 메모리 접근율에 따라 상태를 구분하는 단계; 및 상기 구분된 상태에 따라 다른 발열 관리 모드를 적용하는 단계를 포함하는 데이터 센터의 발열 관리 방법이 개시된다.

[0010] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명의 일실시예에 의하면, 성능이 다른 서버를 구비하고 있는 이종 데이터 센터의 발열 관리 장치에 있어서, 현재 사용되고 있는 제1서버 내의 특정 코어의 온도를 측정하는 온도 측정부; 상기 특정 코어의 온도가 발열 임계값을 초과하는 경우, 각 가상 머신의 메모리 접근율을 계산하는 메모리 접근율 계산부; 상기 계산된 가상 머신의 메모리 접근율에 따라 상태를 구분하고, 상기 구분된 상태에 따라 다른 발열 관리 모드를 적용하는 발열 관리부; 및 상기 온도 측정부, 상기 메모리 접근율 계산부, 및 상기 발열 관리부를 제어하는 제어부를 포함하는 데이터 센터의 발열 관리 장치가 개시된다.

발명의 효과

[0011] 본 발명의 일실시예에 의한 데이터 센터의 발열 관리 방법 및 장치는 가상 머신의 메모리 접근율에 따라 다르게 발열 관리 모드를 수행함으로써, 성능 저하를 최대한 피하면서 온도를 효율적으로 낮출 수 있다.

[0012] 본 발명의 일실시예에 의하면, 서버의 온도는 위험 수준에 도달하지 않도록 유지하면서 각 가상 머신에게 최대한 높은 주파수를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 일실시예와 관련된 데이터 센터의 발열 관리 장치의 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예와 관련된 데이터 센터의 발열 관리 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예와 관련된 서버 간 마이그레이션 기법을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일실시예와 관련된 코어 간 마이그레이션 기법을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일실시예와 관련된 DVFS 기반 기법을 설명하기 위한 도면이다.

도 6 내지 도 7은 본 발명의 일실시예에 의한 발열 관리 방법과 기존의 발열 관리 방법의 비교를 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 본 발명의 일실시예와 관련된 데이터 센터의 발열 관리 방법 및 장치에 대해 도면을 참조하여 설명하도록 하겠다.

[0015] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다.

[0016] 본 명세서에서 이종 데이터 센터는 서로 다른 서버들로 구성되어 있는 데이터 센터를 말한다. 이와 같이 데이터 센터가 서로 다른 성능을 갖는 서버들로 구성된 이유는, 고장난 서버를 대체하거나 부분적으로 서버들의 성능을 업그레이드하고 있기 때문이다. 이러한 이종 데이터 센터에서는 이용자들의 요청이 한꺼번에 몰리는 상황을 고려해 서버들을 구비해 놓고 있기 때문에, 보통 사용되고 있지 않은 서버들이 많이 있다. 또한 최근 이종 데이터 센터에는 가상화 기술이 적용되고 있다. 이러한 가상화 기술을 활용하면, 한 서버에 여러 개의 가상 머신을 배치할 수 있으며 심지어는 서로 다른 서버 간의 가상 머신 마이그레이션 또한 가능하다.

[0017] 도 1은 본 발명의 일실시예와 관련된 데이터 센터의 발열 관리 장치의 블록도이다.

[0018] 도시된 봐와 같이, 발열 관리 장치(100)는 데이터베이스(110), 온도 측정부(120), 메모리 접근율 계산부(130), 발열 관리부(140) 및 제어부(150)를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 데이터베이스(110)에는 발열 임계값(Thermal threshold)이 저장될 수 있다. 상기 발열 임계값이란 데이터 센터의 발열 관리를 위해 설정된 온도로, 사전에 정의될 수 있다.

[0020] 상기 온도 측정부(120)는 현재 사용되고 있는 코어의 온도를 지속적으로 측정할 수 있다.

[0021] 상기 메모리 접근율 계산부(130)는 현재 사용되고 있는 서버에서 구동되는 각 가상 머신의 메모리 접근율을 계산할 수 있다. 메모리 접근율을 계산하는 방법에 대해서는 후술하도록 하겠다.

[0022] 상기 발열 관리부(140)는 특정 코어의 온도가 발열 임계값을 초과하는 경우, 계산된 메모리 접근율에 근거하여 상태를 구분하고, 상기 구분된 상태에 따라 다른 발열 관리 모드를 적용하여 발열 관리를 수행할 수 있다. 예를 들어, 상기 발열 관리부(140)는 상기 계산된 메모리 접근율에 따라 제1상태, 제2상태, 제3상태로 구분하고, 구분된 상태에 각각 대응되는 발열 관리 모드를 적용할 수 있다.

[0023] 상기 제어부(150)는 상기 데이터베이스(110), 상기 온도 측정부(120), 상기 메모리 접근율 계산부(130) 및 상기 발열 관리부(140)를 전반적으로 제어할 수 있다.

[0024] 도 2는 본 발명의 일실시예와 관련된 데이터 센터의 발열 관리 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0025] 상기 온도 측정부(120)는 현재 사용되고 있는 서버에 포함된 코어의 온도를 측정할 수 있다. 상기 서버에서 특정 코어의 온도가 발열 임계값을 초과한 경우에 상기 발열 관리부(140)는 상태에 따라 구분된 발열 관리 모드를 실행할 수 있다.

[0026] 먼저, 메모리 접근율 계산부(130)는 현재 사용되고 있는 서버에서 구동되는 각 가상 머신의 메모리 접근율을 계산할 수 있다. 상기 메모리 접근율은 동작중인 각 가상 머신에서 수행한 인스트럭션 수와 LLC(Last Level Cache) Miss의 수를 추출하여 구해질 수 있다(S210). 상기 메모리 접근율(MPKI, Misses Per Kilo Instruction)은 하기 수학식 1에 의해 계산될 수 있다(S220).

수학식 1

[0027] $$MPKI = LLC\ 미스수/인스트럭션\ 수$$

[0028] 각 가상 머신의 메모리 접근율이 계산되면, 설정된 하한값(lower_threshold) 보다 작은 가상 머신이 하나라도 있는지를 판단한다(S230).

[0029] 만약, 설정된 하한값(lower_threshold) 보다 작은 가상 머신이 하나라도 존재하면, 상기 발열 관리부(140)는 현재 상태를 제1상태로 구분하고, 서버 간 마이그레이션 기법을 선택하여 발열 관리 모드를 실행할 수 있다(S240).

[0030] 도 3은 서버 간 마이그레이션 기법을 나타낸다.

[0031] 서버 간의 가상 머신 마이그레이션 기법의 경우, 현재 사용되고 있지 않으면서 현재 사용되고 있는 서버보다 성능이 낮은 서버를 확인한다. 만약 조건을 만족하는 서버가 하나라도 있으면, 상기 발열 관리부(140)는 가상 머신을 해당 서버로 마이그레이션한다.

[0032] 메모리 접근율이 설정된 하한값(lower_threshold) 미만이 가상 머신이 복수 개 있는 경우, 메모리 접근율이 가장 낮은 가상 머신에 대해 우선 서버 간 마이그레이션을 수행하고, 일정 시간이 경과된 뒤에도 상기 특정 코어의 온도가 발열 임계값 보다 높을 때는 그 다음으로 메모리 접근율이 낮은 1개의 가상 머신도 마이그레이션을 수행할 수 있다.

[0033] 다만, 상기 조건을 만족하는 서버가 존재하지 않는 경우, 상기 발열 관리부(140)는 상기 특정 코에에 대해 온도를 일정 수준 아래로 유지할 수 있는 최대 주파수를 CPU 주파수로 설정한다.

[0034] 상기와 같은 방식으로 가상 머신 마이그레이션이 수행되었을 경우 뜨거워진 코어를 빠르게 식힐 수 있으며, 기존 DVFS 기반의 동적 온도 관리 기법보다 높은 주파수를 제공하여 성능을 향상시킬 수 있다.

[0035] 하지만, 설정된 하한값(lower_threshold) 보다 작은 가상 머신이 하나도 존재하지 않는 경우, 모든 가상 머신의 메모리 접근율이 상기 설정된 하한값 이상이고 설정된 상한값(upper_threshold) 이하인지 여부를 판단할 수 있다(S250). 상기 하한값 및 상한값은 실험적으로 구해질 수 있다.

[0036] 만약, 모든 가상 머신의 메모리 접근율이 상기 설정된 하한값 이상이고 설정된 상한값 이하인 경우에는 상기 발열 관리부(140)는 코어 간 마이그레이션 기법을 선택하여 발열 관리 모드를 실행할 수 있다(S260).

[0037] 도 4는 본 발명의 일실시예와 관련된 코어 간 마이그레이션 기법을 설명하기 위한 도면이다.

[0038] 코어 간의 가상 머신 마이그레이션 기법의 경우, 상기 발열 관리부(140)는 서버 내에서 가장 온도가 낮은 코어를 찾아 해당 코어로 마이그레이션을 수행한다. 만약 코어 간의 마이그레이션을 수행하는 중에, 모든 코어의 온도가 위험 수준 이상을 넘게 되면 온도를 일정 수준 아래로 유지할 수 있는 최대 주파수를 CPU 주파수로 설정한다. 코어 간 마이그레이션을 반복적으로 수행하여 뜨거워진 코어의 온도를 순간적으로 낮춤으로써 서버의 온도가 위험 수준 이상으로 올라가는 것을 방지할 수 있다.

[0039] 메모리 접근율이 상기 설정된 상한값 보다 큰 가상 머신이 하나라도 존재하는 경우, 마이그레이션 기반의 기법을 적용하는 것은 수행 시간이 길어지는 부정적 효과를 불러올 수 있으므로 상기 발열 관리부(140)는 DVFS 기반 기법을 선택하여 발열 관리 모드를 실행할 수 있다(S270).

[0040] 도 5는 본 발명의 일실시예와 관련된 DVFS 기반 기법을 설명하기 위한 도면이다.

[0041] DVFS 기반의 기법의 경우, 상기 발열 관리부(140)는 서로 다른 주파수에서 서버의 온도가 어떻게 될지에 대해 예측하는 온도 예측 모델을 활용할 수 있다. 상기 온도 예측 모델은 선형 회귀 방식에 기반하여 주파수, 동작중인 코어의 수, CPU 사용률 등에 따라 서버의 온도를 예측한다. 선형 회귀 방식이란 독립 변수들과 종속 변수 간의 상관관계를 모델링하는 방식을 말한다. 본 발명의 일실시예에서는 주파수, 서버의 온도, 동작중인 코어의 수, CPU 사용률을 독립 변수로 설정하고 예측되는 서버의 온도를 종속 변수로 설정하여 온도 예측 모델이 정립될 수 있다. 이와 같은 온도 예측 모델을 활용하여 상기 발열 관리부(140)는 현재 서버 내의 가장 뜨거운 코어가 일정 수준을 넘지 않는 주파수를 예측하고, 해당 주파수를 CPU 주파수로 설정하여 뜨거운 코어의 온도가 일정 수준 아래로 유지하도록 할 수 있다. 이 경우, 가상 머신이 온도가 일정 수준 이상으로 올라가지 않는 적절한 주파수에서 오랜 시간 동안 동작할 수 있으므로 성능은 유지하면서 전력 소모를 줄일 수 있다.

[0042] 도 6은 기존의 이종 데이터 센터에서의 발열 방법과 본 발명의 일실시예에 의한 발열 관리 방법의 성능을 비교한 그래프이다.

[0043] 도시된 봐와 같이,

[0044] 도시된 그래프를 통해 메모리 접근율을 고려하여 외부 리소스 및 내부 리소스를 적극적으로 활용하는 본 발명의 일실시예에 의한 방법(Proposed DTM)이 가장 뜨거운 코어의 온도만 보고 불필요하게 주파수를 낮추는 기존 발열 방법(Conventional DTM)보다 평균적으로 10.2% 높은 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다.

[0045] 도 7은 기존의 이종 데이터 센터에서의 발열 방법과 본 발명의 일실시예에 의한 발열 관리 방법의 에너지 소모를 비교한 그래프이다.

[0046] 도시된 그래프를 통해 본 발명의 일실시예에 의한 방법(Proposed DTM)이 기존 발열 방법(Conventional DTM)보다 시스템 에너지를 평균적으로 5.1% 낮게 소모하는 것을 확인할 수 있다.

[0047] 전술한 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 의한 데이터 센터의 발열 관리 방법 및 장치는 가상 머신의 메모리 접근율에 따라 다르게 발열 관리 모드를 수행함으로써, 성능 저하를 최대한 피하면서 온도를 효율적으로 낮출 수 있다.

[0048] 본 발명의 일실시예에 의하면, 서버의 온도는 위험 수준에 도달하지 않도록 유지하면서 각 가상 머신에게 최대한 높은 주파수를 제공할 수 있다.

[0049] 상술한 데이터 센터의 발열 관리 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다. 이때, 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 한편, 기록매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지된 것일 수도 있다.

[0050] 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(Magnetic Media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(Optical Media), 플롭티컬 디스크(Floptical Disk)와 같은 자기-광 매체(Magneto-Optical Media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리, SSD (Solid State Drive)와 같은 메모리 저장장치 등 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다.

[0051] 한편, 이러한 기록매체는 프로그램 명령, 데이터 구조 등을 지정하는 신호를 전송하는 반송파를 포함하는 광 또는 금속선, 도파관 등의 전송 매체일 수도 있다.

[0052] 또한, 프로그램 명령에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상술한 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0053] 상기와 같이 설명된 데이터 센터의 발열 관리 방법 및 장치는 상기 설명된 실시예들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 상기 실시예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

부호의 설명

[0054] 100: 발열 관리 장치

110: 데이터베이스

120: 온도 측정부

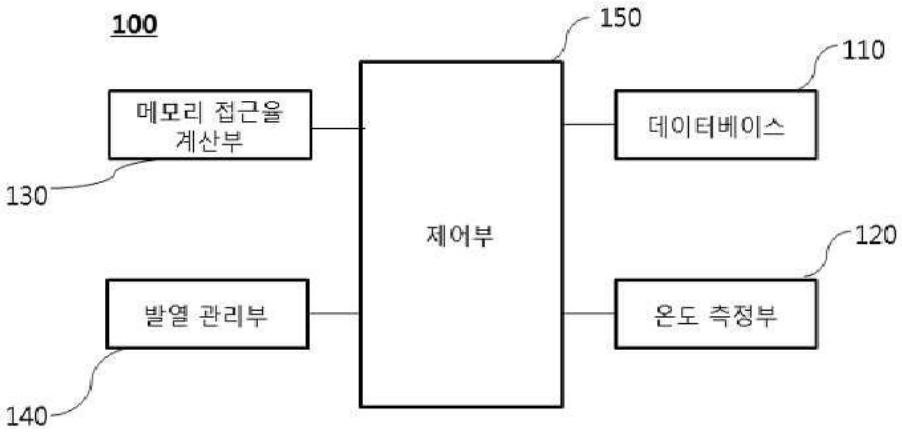
130: 메모리 접근율 계산부

140: 발열 관리부

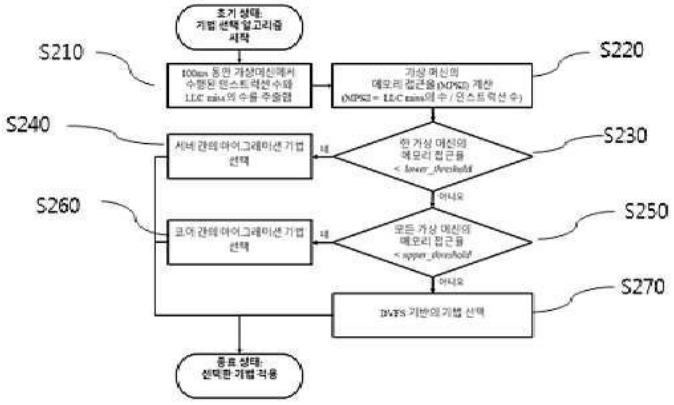
150: 제어부

도면

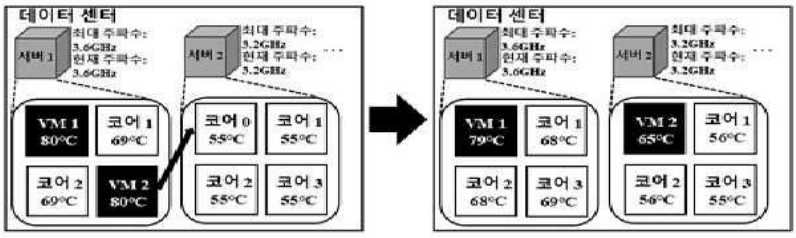
도면1



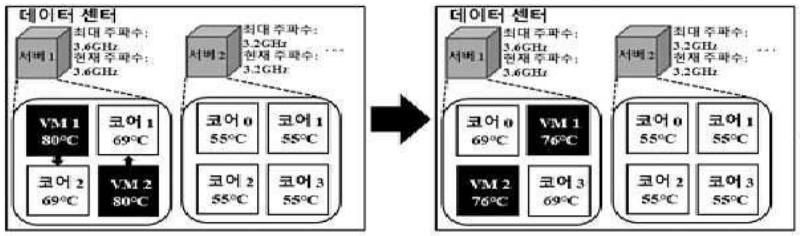
도면2


초기 상태,
기법 선택 알고리즘
시작
S210
100ms 동안 가상머신에서
수행된 인스트럭션수와
LLC miss의 수를 수집함
S220
가상 머신의
메모리 접근율 (MPKI) 계산
(MPKI = LLC miss의 수 / 인스트럭션 수)
S240
서버 간의 마이그레이션 기법
선택
네
한 가상 머신의
메모리 접근율
< lower_threshold
S230
아니오
S260
코어 간의 마이그레이션 기법
선택
네
모든 가상 머신의
메모리 접근율
< upper_threshold
S250
아니오
S270
DVFS 기반의 기법 선택
종료 상태,
선택한 기법 적용

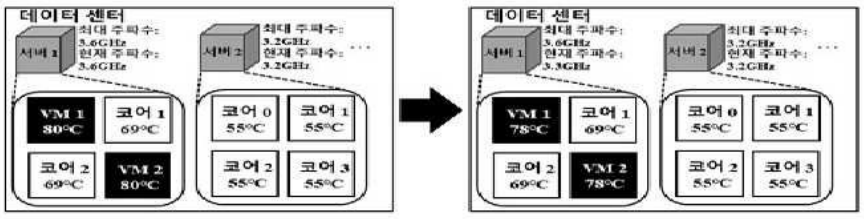
도면3


데이터 센터
서버 1
최대 주파수:
3.6GHz
현재 주파수:
3.6GHz
서버 2
최대 주파수:
3.2GHz
현재 주파수:
3.2GHz
VM 1
80°C
코어 1
69°C
코어 2
69°C
VM 2
80°C
코어 0
55°C
코어 1
55°C
코어 2
55°C
코어 3
55°C
데이터 센터
서버 1
최대 주파수:
3.6GHz
현재 주파수:
3.6GHz
서버 2
최대 주파수:
3.2GHz
현재 주파수:
3.2GHz
VM 1
79°C
코어 1
68°C
코어 2
68°C
코어 3
69°C
VM 2
65°C
코어 1
56°C
코어 2
56°C
코어 3
55°C

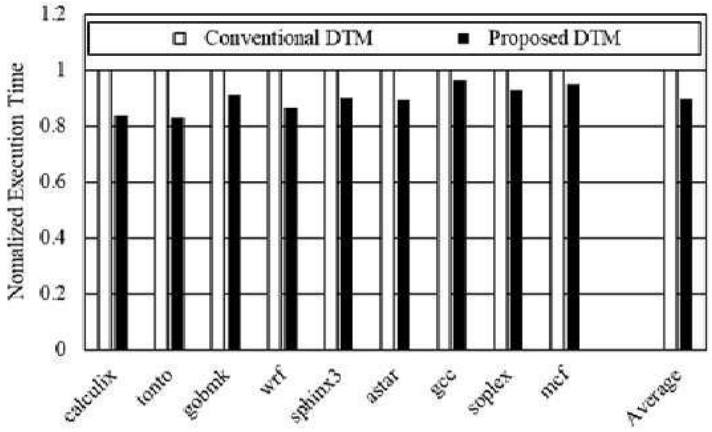
도면4


데이터 센터
서버 1
최대 주파수: 3.6GHz
현재 주파수: 3.6GHz
서버 2
최대 주파수: 3.2GHz
현재 주파수: 3.2GHz
VM 1 80°C
코어 1 69°C
코어 0 55°C
코어 1 55°C
코어 2 69°C
VM 2 80°C
코어 2 55°C
코어 3 55°C
데이터 센터
서버 1
최대 주파수: 3.6GHz
현재 주파수: 3.6GHz
서버 2
최대 주파수: 3.2GHz
현재 주파수: 3.2GHz
코어 0 69°C
VM 1 76°C
코어 0 55°C
코어 1 55°C
VM 2 76°C
코어 3 69°C
코어 2 55°C
코어 3 55°C

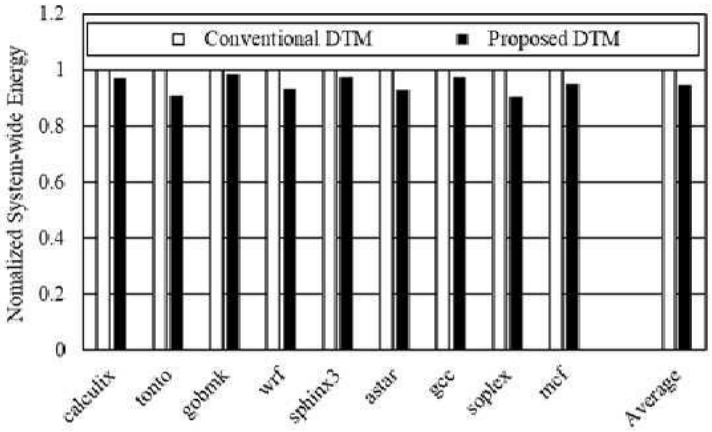
도면5


데이터 센터
서버 1
최대 주파수: 3.6GHz
현재 주파수: 3.6GHz
서버 2
최대 주파수: 3.2GHz
현재 주파수: 3.2GHz
VM 1 80°C
코어 1 69°C
코어 0 55°C
코어 1 55°C
코어 2 69°C
VM 2 80°C
코어 2 55°C
코어 3 55°C
데이터 센터
서버 1
최대 주파수: 3.6GHz
현재 주파수: 3.3GHz
서버 2
최대 주파수: 3.2GHz
현재 주파수: 3.2GHz
VM 1 78°C
코어 1 69°C
코어 0 55°C
코어 1 55°C
코어 2 69°C
VM 2 78°C
코어 2 55°C
코어 3 55°C

도면6


Conventional DTM
Proposed DTM
Nomalized Execution Time
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
calculix
tonto
gobmk
wrf
sphinx3
astar
gcc
soplex
mcf
Average

도면7


Conventional DTM
Proposed DTM
Nomalized System-wide Energy
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
calculix
tonto
gobmk
wrf
sphinx3
astar
gcc
soplex
mcf
Average