



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0094372
(43) 공개일자 2018년08월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 13/16 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G06F 13/1668 (2013.01)
G06F 13/1636 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0020598

(22) 출원일자 2017년02월15일
심사청구일자 없음

(71) 출원인

에스케이하이닉스 주식회사

경기도 이천시 부발읍 경충대로 2091

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

정성우

서울특별시 강남구 도곡로28길 8, 104동 1802호(도곡동, 도곡1차 I PARK)

공영호

서울특별시 동대문구 무학로49길 25, 206호(용두동, 대명빌딩)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이철희

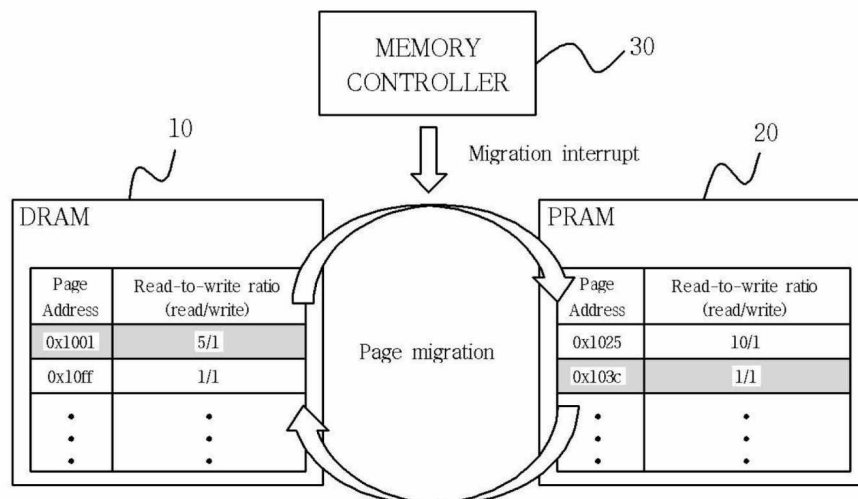
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 하이브리드 메모리 시스템 및 그 제어 방법

(57) 요약

본 발명은 하이브리드 메모리 시스템을 개시한다. 상기 하이브리드 메모리 시스템은, 휘발성 메모리; 비휘발성 메모리; 및 상기 휘발성 메모리의 리프레쉬 인터벌(refresh interval)에 대응하여 상기 휘발성 메모리와 상기 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)에 기준이 되는 페이지의 쓰기 대비 읽기 비(read to write ratio)에 대한 임계치(threshold)를 설정하고, 상기 임계치를 기준으로 상기 휘발성 메모리와 상기 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)을 결정하는 메모리 컨트롤러;를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

정재훈

서울특별시 성북구 인촌로7길 56-4, 201호(안암동
1가)

조훈희

서울특별시 동대문구 제기로4길 45, 202호(제기동,
더리빙플러스)

명세서

청구범위

청구항 1

휘발성 메모리;

비휘발성 메모리; 및

상기 휘발성 메모리의 리프레쉬 인터벌(refresh interval)에 대응하여 상기 휘발성 메모리와 상기 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)에 기준이 되는 페이지의 쓰기 대비 읽기 비(read to write ratio)에 대한 임계치를 설정하고, 상기 임계치를 기준으로 상기 휘발성 메모리와 상기 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)을 결정하는 메모리 컨트롤러;

를 포함하는 하이브리드 메모리 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 휘발성 메모리 및 상기 비휘발성 메모리는 서로 다른 물리적 주소를 가지고 동일한 계층(hierarchy)에서 메인 메모리를 구성하는 하이브리드 메모리 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 메모리 컨트롤러는 쓰기 대비 읽기 비가 상기 임계치 이상인 페이지를 상기 비휘발성 메모리로 이동시키고, 상기 쓰기 대비 읽기 비가 상기 임계치 미만인 페이지를 상기 휘발성 메모리로 이동시키는 하이브리드 메모리 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 메모리 컨트롤러는 미리 설정된 주기마다 상기 리프레쉬 인터벌을 확인하고, 각 페이지의 쓰기 대비 읽기 비에 따라 이동을 수행하는 하이브리드 메모리 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 메모리 컨트롤러는 상기 휘발성 메모리의 온도에 따라 변경되는 상기 리프레쉬 인터벌에 대응하여 상기 쓰기 대비 읽기 비에 대한 상기 임계치를 변경하는 하이브리드 메모리 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 메모리 컨트롤러는 상기 리프레쉬 인터벌이 미리 설정된 기준치보다 긴지 짧은지에 따라 상기 쓰기 대비 읽기 비에 대한 상기 임계치를 높이거나 낮추는 하이브리드 메모리 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 미리 설정된 기준치는 상기 리프레쉬 인터벌의 짧아짐에 의해 상기 비휘발성 메모리의 접근 시간(access time)이 상기 휘발성 메모리보다 짧아지는 시간으로 설정되는 하이브리드 메모리 시스템.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 메모리 컨트롤러는 상기 리프레쉬 인터벌이 상기 미리 설정된 기준치보다 긴 경우 읽기-인텐시브(read-intensive)한 페이지를 상기 비휘발성 메모리로 이동시키고, 상기 리프레쉬 인터벌이 상기 미리 설정된 기준치보다 짧은 경우 읽기-인텐시브한 페이지와 쓰기-인텐시브(write-intensive)한 페이지를 상기 비휘발성 메모리로 이동시키는 하이브리드 메모리 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 메모리 컨트롤러는 페이지 초기 할당 시 모든 페이지를 우선적으로 휘발성 메모리에 배치시키는 하이브리드 메모리 시스템.

청구항 10

(a) 리프레쉬 인터벌에 대응하여 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)에 기준이 되는 페이지의 쓰기 대비 읽기 비(read to write ratio)에 대한 임계치(threshold)를 설정하는 단계; 및

(b) 상기 임계치를 기준으로 상기 휘발성 메모리와 상기 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)을 결정하는 단계;

를 포함하는 하이브리드 메모리 시스템의 제어 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 (a)는

미리 설정된 주기마다 리프레쉬 인터벌을 확인하는 단계; 및

상기 리프레쉬 인터벌이 미리 설정된 기준치보다 긴지 짧은지에 따라 상기 쓰기 대비 읽기 비에 대한 상기 임계치를 변경하는 단계;

를 포함하는 하이브리드 메모리 시스템의 제어 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 미리 설정된 기준치는 상기 리프레쉬 인터벌의 짧아짐에 의해 상기 비휘발성 메모리의 접근 시간(access time)이 상기 휘발성 메모리보다 짧아지는 시간으로 설정된 하이브리드 메모리 시스템의 제어 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서, 상기 (b)는

상기 리프레쉬 인터벌이 상기 미리 설정된 기준치보다 긴 경우 읽기-인텐시브(read-intensive)한 페이지를 상기 비휘발성 메모리로 이동시키고, 상기 리프레쉬 인터벌이 상기 미리 설정된 기준치보다 짧은 경우 읽기-인텐시브한 페이지와 쓰기-인텐시브(write-intensive)한 페이지를 상기 비휘발성 메모리로 이동시키는 하이브리드 메모리 시스템의 제어 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 휘발성 메모리와 상기 비휘발성 메모리에 페이지 초기 할당 시 모든 페이지를 우선적으로 상기 휘발성 메모리에 배치시키는 단계;를 더 포함하는 하이브리드 메모리 시스템의 제어 방법.

청구항 15

제 10 항에 있어서, 상기 (b)는

미리 설정된 주기의 일부 구간에 접근한 페이지 중 이동할 페이지를 결정하는 과정을 더 포함하는 하이브리드 메모리 시스템의 제어 방법.

청구항 16

제 10 항에 있어서, 상기 (b)는

이전 주기에서 이동시킨 페이지를 다음 주기에서 이동시키는 것을 제한하는 과정을 더 포함하는 하이브리드 메모리 시스템의 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 메모리에 관한 것으로, 더 상세하게는 하이브리드 메모리 시스템 및 그 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 하이브리드 메모리 시스템은 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리를 포함한다. 비휘발성 메모리는 저장된 데이터를 유지하기 위해 에너지를 소모하지 않는 장점이 있어, 에너지 소모 및 비용 측면에서 휘발성 메모리보다 오랜 기간 동안 빅 데이터를 저장하고 관리하는데 효율적이다. 그러나 비휘발성 메모리는 읽기 및 쓰기 속도 측면에서 휘발성 메모리보다 느리고, 쓰기 내구성(write endurance)의 제한이 있는 단점이 있다.

[0003] 한편, 종래 기술의 하이브리드 메모리 시스템은 비휘발성 메모리의 단점을 보완하기 위해 페이지(page)의 쓰기 횟수를 고려하여 쓰기-인텐시브(write-intensive)한 페이지를 비휘발성 메모리에서 휘발성 메모리로 이동(migration)시켜 쓰기 내구성 문제를 해소하고 있다.

[0004] 최근 휘발성 메모리로 3D로 스택된(stacked) DRAM이 사용되고 있으며, 이러한 DRAM은 높은 클럭 주파수를 사용하고 있어, 단위 면적당 전력 소모가 커 칩 온도가 증가할 수 있다.

[0005] DRAM은 높은 온도에서 데이터를 유지하기 위해서, 유지 시간(retention time)보다 짧은 시간 안에 리프레쉬(refresh) 명령이 수행되어야 한다. 그런데, 리프레쉬 인터벌(refresh interval)이 짧아지는 경우 어느 임계점에서는 잦은 리프레쉬 수행으로 일반적인 읽기 및 쓰기 명령을 수행하지 못해 휘발성 메모리의 성능이 비휘발성 메모리보다 저하될 수 있다.

[0006] 따라서, 페이지의 쓰기 횟수만을 고려한 페이지 이동(page migration) 기법은 휘발성 메모리의 온도가 증가하는 경우 짧은 리프레쉬 인터벌로 인해 오히려 성능이 더 저하시킬 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 한국등록번호 KR 10-1380602(2014.03.27)
(특허문헌 0002) 특허문헌 2: 한국공개번호 KR 10-2015-0043102(2015.04.22)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 휘발성 메모리의 온도에 따라 변경되는 리프레쉬 인터벌(refresh interval)을 고려하여 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)을 수행하는 하이브리드 메모리 시스템 및 그 제어 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 실시예에 따른 하이브리드 메모리 시스템은, 휘발성 메모리; 비휘발성 메모리; 및 상기 휘발성 메모리의 리

프레쉬 인터벌(refresh interval)에 대응하여 상기 휘발성 메모리와 상기 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)에 기준이 되는 페이지의 쓰기 대비 읽기 비(read to write ratio)에 대한 임계치(threshold)를 설정하고, 상기 임계치를 기준으로 상기 휘발성 메모리와 상기 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)을 결정하는 메모리 컨트롤러;를 포함한다.

- [0010] 그리고, 본 실시예에 따른 하이브리드 메모리 시스템의 제어 방법은, (a) 리프레쉬 인터벌에 대응하여 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)에 기준이 되는 페이지의 쓰기 대비 읽기 비(read to write ratio)에 대한 임계치(threshold)를 설정하는 단계; 및 (b) 상기 임계치를 기준으로 상기 휘발성 메모리와 상기 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)을 결정하는 단계;를 포함한다.

발명의 효과

- [0011] 본 실시예에 따르면, 리프레쉬 인터벌(refresh interval)을 고려하여 페이지 이동(page migration)을 수행하므로, 휘발성 메모리의 리프레쉬 오버헤드(refresh overhead)로 인한 성능 저하를 최소화할 수 있다.
- [0012] 또한, 본 발명은 리프레쉬 인터벌을 고려하여 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)에 기준이 되는 페이지의 쓰기 대비 읽기 비에 대한 임계치를 변경하므로, 휘발성 메모리의 온도 상승으로 리프레쉬 인터벌이 짧아지는 경우에도 성능이 저하되는 것을 최소화할 있다.
- [0013] 또한, 본 발명은 리프레쉬 인터벌을 고려하여 변경되는 임계치를 기준으로 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동을 결정하므로, 하이브리드 메모리 시스템의 성능을 향상시키고 에너지를 절감할 수 있으며, 비휘발성 메모리의 쓰기 내구성 문제를 해소할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 메모리 시스템의 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 메모리 시스템에서 리프레쉬 인터벌의 변화에 대응하는 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리의 성능의 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 3의 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 메모리 시스템의 제어 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하, 첨부한 도면들을 참고하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예에 대하여 상세히 설명하기로 한다. 각 도면에 제시된 참조부호들 중 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0016] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0017] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되는 것은 아니며, 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 메모리 시스템의 블록도이다.
- [0019] 도 1을 참고하면, 본 실시예의 하이브리드 메모리 시스템은 휘발성 메모리(10) 비휘발성 메모리(20) 및 메모리 컨트롤러(30)를 포함한다. 도 1에서, 휘발성 메모리(10)로 DRAM(Random Access Memory)을 그리고 비휘발성 메모리(20)로 PRAM(Resistive Random Access Memory)을 예시하고 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0020] 휘발성 메모리(10)와 비휘발성 메모리(20)는 동일한 용량(capacity)을 가지며, 서로 다른 물리적 주소를 가지고 동일한 계층(hierarchy)에서 메인 메모리를 구성할 수 있다.
- [0021] 메모리 컨트롤러(30)는 메인 메모리에 모든 페이지를 초기 할당 시 우선적으로 휘발성 메모리(10)에 배치한다. 이는 쓰기-인텐시브(write-intensive)한 페이지가 비휘발성 메모리(20)에 초기에 할당될 경우 쓰기 내구성을 저하시킬 수 있으므로, 이를 방지하기 위해 모든 페이지를 초기 할당 시 우선적으로 휘발성 메모리(10)에 배치한다.
- [0022] 그리고, 메모리 컨트롤러(30)는 페이지의 쓰기 대비 읽기의 비(read to write ratio)에 대한 임계치(threshold)

를 기준으로 휘발성 메모리(10)와 비휘발성 메모리(20) 사이의 페이지 이동(page migration)을 결정한다. 여기서, 쓰기 대비 읽기 비는 어떤 페이지를 접근한 히스토리에서 쓰기 횟수 대비 읽기 횟수를 나타낸다. 일례로, 쓰기 대비 읽기의 비(read to write ratio)가 4:1인 페이지는 쓰기 횟수 대비 읽기 횟수가 4배 많은 페이지를 나타낸다.

[0023] 메모리 컨트롤러(30)는 쓰기 대비 읽기 비가 임계치 이상인 페이지를 휘발성 메모리(10)에서 비휘발성 메모리(20)로 이동시키고, 쓰기 대비 읽기 비가 임계치 미만인 페이지를 비휘발성 메모리(20)에서 휘발성 메모리(10)로 이동시킨다.

[0024] 이러한 메모리 컨트롤러(30)는 미리 설정된 주기마다 리프레쉬 인터벌을 확인하고 각 페이지들의 쓰기 대비 읽기 비에 따라 이동을 수행한다. 여기서, 미리 설정된 주기는 페이지 이동을 위한 인터럽트가 발생하는 시간 간격으로, 잦은 페이지 이동으로 인한 성능 저하를 방지하기 위해 한번에 많은 페이지를 이동할 수 있는 시간으로 설정될 수 있다. 일례로, 쓰기 대비 읽기 비에 대한 임계치는 4:1로 설정될 수 있으며, 미리 설정된 주기는 100ms로 설정될 수 있다.

[0025] 이와 같이 본 실시예는 미리 설정된 주기마다 각 페이지의 쓰기 대비 읽기 비에 따라 읽기-인텐시브(read-intensive)한 페이지를 비휘발성 메모리로 이동시키고, 쓰기-인텐시브(write-intensive)한 페이지를 휘발성 메모리로 이동시킨다. 따라서, 본 실시예는 하이브리드 메모리의 성능 및 에너지 절감 측면에서 이득이 있고, 비휘발성 메모리의 쓰기 내구성 문제를 해결하여 수명을 향상시킬 수 있다.

[0026] 그리고, 메모리 컨트롤러(30)는 휘발성 메모리(10)의 온도 변화에 따라 변경되는 리프레쉬 인터벌에 대응하여 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)에 기준이 되는 페이지의 쓰기 대비 읽기 비에 대한 임계치를 변경할 수 있다.

[0027] 메모리 컨트롤러(30)는 리프레쉬 인터벌이 미리 설정된 기준치보다 길어지는 경우 쓰기 대비 읽기의 비에 대한 임계치를 높게 설정하고, 미리 설정된 기준치보다 짧아지는 경우 쓰기 대비 읽기의 비에 대한 임계치를 낮게 설정한다. 여기서, 미리 설정된 기준치는 리프레쉬 인터벌의 짧아짐에 의해 비휘발성 메모리(20)의 접근 시간(access time)이 휘발성 메모리(10)보다 짧아지는 시간으로 설정될 수 있다.

[0028] 예를 들어, 휘발성 메모리인 DRAM은 리프레쉬 인터벌이 16ms인 경우 읽기 성능이 비휘발성 메모리보다 저하되고, 리프레쉬 인터벌이 8ms인 경우 쓰기 성능도 비휘발성 메모리보다 저하될 수 있다고 가정한다. 이를 해결하기 위해 본 실시예의 메모리 컨트롤러(30)는 리프레쉬 인터벌이 미리 설정된 기준치보다 긴 경우 쓰기 대비 읽기 비가 높은 페이지를 휘발성 메모리(10)에서 비휘발성 메모리(20)로 이동시키고, 리프레쉬 인터벌이 미리 설정된 기준치보다 짧은 경우 쓰기 대비 읽기 비가 높은 페이지와 쓰기 대비 읽기 비가 낮은 페이지를 휘발성 메모리(10)에서 비휘발성 메모리로 이동시킨다.

[0029] 일례로, 메모리 컨트롤러(30)는 리프레쉬 인터벌이 32ms, 64ms로 긴 경우 쓰기 대비 읽기의 비에 대한 임계치를 4:1로 설정하고, 휘발성 메모리(10)인 DRAM의 온도가 상승하여 리프레쉬 인터벌이 16ms, 8ms로 짧아지는 경우 쓰기 대비 읽기의 비에 대한 임계치를 1:1로 설정한다. 리프레쉬 인터벌이 16ms, 8ms로 짧아지는 경우 비휘발성 메모리(20)의 접근 시간이 휘발성 메모리(10)보다 더 짧아지기 때문에(도 2 참고), 메모리 컨트롤러(30)는 쓰기 대비 읽기 비가 높은 페이지와 쓰기 대비 읽기 비가 낮은 페이지를 휘발성 메모리(10)에서 비휘발성 메모리로 이동시켜 성능 저하를 최소화한다. 여기서, 리프레쉬 인터벌이 32ms, 64ms, 16ms, 8ms 및 임계치 4:1, 1:1은 설명의 편의를 위해 예시한 것으로, 본 발명을 한정하는 것은 아니다

[0030] 이와 같이 본 실시예는 휘발성 메모리(10)인 DRAM의 온도 상승으로 리프레쉬 인터벌이 짧아지는 경우 쓰기 대비 읽기 비가 낮은 페이지도 비휘발성 메모리(20)인 PRAM에 이동시킴으로써 리프레쉬 오버헤드(refresh overhead)로 인한 성능 저하를 최소화할 수 있다.

[0031] 결론적으로, 본 실시예에 따른 하이브리드 메모리 시스템은 리프레쉬 인터벌이 긴 경우 읽기-인텐시브(read-intensive)한 페이지를 비휘발성 메모리(20)에 이동시키고, 리프레쉬 인터벌이 짧은 경우 읽기-인텐시브(read-intensive)한 페이지와 쓰기-인텐시브(write-intensive)한 페이지를 모두 비휘발성 메모리(20)로 이동시킨다.

[0032] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 메모리 시스템에서 리프레쉬 인터벌의 변화에 대응하는 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리의 성능의 변화를 나타내는 그래프이다.

[0033] 최근 DRAM과 같은 휘발성 메모리를 3차원으로 적층한 HBM(High Bandwidth Memory)와 같은 메모리가 사용되고 있으며, 이러한 HBM에 사용된 DRAM은 파워 밀도(power density) 증가로 인해 온도가 상승할 수 있다. DRAM의 온도

가 상승함에 따라 DRAM의 데이터 유지 가능 시간(data retention time)은 짧아질 수 있다. DRAM은 높은 온도에 서 데이터를 유지하기 위해서, 짧은 시간 안에 리프레쉬를 수행해야 하므로 리프레쉬 인터벌이 짧아질 수 있다.

[0034] 도 2를 참고하면, 휘발성 메모리(10)는 리프레쉬 인터벌이 기준치(reference value)보다 긴 경우 비휘발성 메모리(도 2에서는 PRAM으로 표기)보다 읽기 및 쓰기 면에서 메모리 접근 시간(access time)이 더 빠름을 확인할 수 있다. 그러나, 휘발성 메모리(10)는 리프레쉬 인터벌(refresh interval)이 기준치보다 짧은 경우 잦은 리프레쉬 수행으로 즉 리프레쉬 오버헤드(refresh overhead)로 인해 비휘발성 메모리(20)보다 읽기 측면에서 메모리 접근 시간이 더 느리고, 또 어느 임계점에서는 쓰기 측면에서 메모리 접근 시간이 더 느린 것을 확인할 수 있다. 일례로, 리프레쉬 인터벌이 16ms인 경우 읽기 측면에서 비휘발성 메모리의 성능이 휘발성 메모리보다 좋고, 리프레쉬 인터벌이 8ms인 경우 쓰기 측면에서 비휘발성 메모리의 성능이 휘발성 메모리보다 상대적으로 더 좋을 수 있다.

[0035] 본 실시예는 휘발성 메모리(10)와 비휘발성 메모리(20) 사이의 페이지 이동을 결정함에 있어서, 리프레쉬 인터벌에 따른 휘발성 메모리(10)와 비휘발성 메모리(20)의 성능이 변화되는 특성을 고려하여 쓰기 대비 읽기 비에 대한 임계점을 설정하고, 각 페이지의 쓰기 대비 읽기 비가 설정된 임계점 이상인지 여부에 따라 휘발성 메모리(10)와 비휘발성 메모리(20) 사이의 페이지 이동을 결정한다. 이를 통해 본 실시예는 성능이 저하되는 것을 최소화하여 하이브리드 메모리 시스템의 성능을 향상시키고, 에너지를 절감할 수 있다.

[0036] 도 3의 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 메모리 시스템의 제어 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0037] 도 1 및 도 3을 참고하면, 먼저 메모리 컨트롤러(30)는 미리 설정된 주기마다 리프레쉬 인터벌을 확인한다(S10). 여기서, 미리 설정된 주기는 휘발성 메모리(10)와 비휘발성 메모리(20) 사이에 잦은 페이지 이동을 방지하고 많은 페이지를 동시에 이동시킬 수 있는 시간으로 설정될 수 있다. 일례로, 미리 설정된 주기는 100ms로 설정될 수 있다.

[0038] 그리고, 메모리 컨트롤러(30)는 리프레쉬 인터벌이 미리 설정된 기준치보다 긴지 짧은지를 확인한다(S20). 여기서, 미리 설정된 기준치는 리프레쉬 인터벌의 짧아짐에 의해 비휘발성 메모리(20)의 접근 시간(access time)이 휘발성 메모리(10)보다 짧아지는 시간으로 설정될 수 있다.

[0039] 그리고, 메모리 컨트롤러(30)는 리프레쉬 인터벌이 미리 설정된 기준치보다 긴 경우 쓰기 대비 읽기의 비에 대한 임계치를 높게 설정하고(S30), 리프레쉬 인터벌이 미리 설정된 기준치보다 짧은 경우 쓰기 대비 읽기의 비에 대한 임계치를 낮게 설정한다(S32). 일례로, 메모리 컨트롤러(30)는 리프레쉬 인터벌이 32ms, 64ms로 긴 경우 쓰기 대비 읽기의 비에 대한 임계치를 4:1로 설정하고, 휘발성 메모리(10)인 DRAM의 온도가 상승하여 리프레쉬 인터벌이 16ms, 8ms로 짧아지는 경우 쓰기 대비 읽기의 비에 대한 임계치를 1:1로 설정한다. 여기서, 임계치 4:1, 1:1은 설명의 편의를 위해 예시한 것으로, 본 발명을 한정하는 것은 아니다.

[0040] 그리고, 메모리 컨트롤러(30)는 각 페이지의 쓰기 대비 읽기의 비와 설정된 임계치를 비교하고, 그 비교 결과에 따라 페이지 이동을 수행한다(S40). 일례로, 메모리 컨트롤러(30)는 임계치가 4:1로 설정된 경우, 쓰기 대비 읽기 비가 임계치 이상인 페이지를 휘발성 메모리(10)에서 비휘발성 메모리(20)로 이동시키고, 쓰기 대비 읽기 비가 임계치 미만인 페이지를 비휘발성 메모리(20)에서 휘발성 메모리(10)로 이동시킨다. 즉, 메모리 컨트롤러(30)는 읽기-인텐시브(read-intensive)한 페이지를 비휘발성 메모리(20)로 이동시키고, 쓰기-인텐시브(write-intensive)한 페이지를 휘발성 메모리(10)로 이동시킨다.

[0041] 일례로, 메모리 컨트롤러(30)는 임계치가 1:1로 설정된 경우 읽기-인텐시브(read-intensive)한 페이지와 쓰기-인텐시브(write-intensive)한 페이지를 휘발성 메모리(10)에서 비휘발성 메모리(20)로 이동시킨다. 리프레쉬 인터벌이 16ms, 8ms로 짧아지는 경우 비휘발성 메모리(20)의 성능이 상대적으로 휘발성 메모리(10)보다 더 좋으므로, 메모리 컨트롤러(30)는 읽기-인텐시브(read-intensive)한 페이지와 쓰기-인텐시브(write-intensive)한 페이지를 휘발성 메모리(10)에서 비휘발성 메모리(20)로 이동시킨다.

[0042] 이와 같이 본 실시예는 리프레쉬 인터벌을 고려하여 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)에 기준이 되는 페이지의 쓰기 대비 읽기 비에 대한 임계치를 설정하고, 설정된 임계치를 기준으로 각 페이지의 이동을 결정하므로, 리프레쉬 오버헤드(refresh overhead)로 인한 성능 저하를 최소화하고 전체적인 하이브리드 메모리의 성능을 향상시킬 수 있다.

[0043] 한편, 본 실시예는 각 페이지 별로 쓰기 대비 읽기에 대한 비를 페이지 테이블에 업데이트하도록 구성할 수 있으며, 페이지 이동에 대한 결과를 페이지 테이블에 반영하여 업데이트하도록 구성할 수 있다.

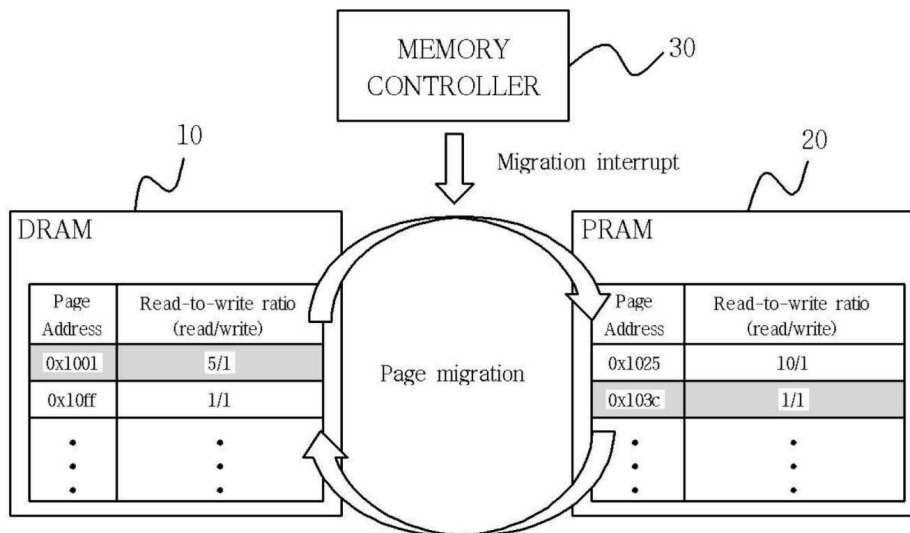
- [0044] 그리고, 본 실시예는 페이지 이동을 결정하는 시간의 일부 구간에 접근된 페이지 중 이동할 페이지를 선정하는 것으로 구성할 수 있다. 즉, 전체 페이지가 아닌 일부 페이지를 대상으로 쓰기 대비 읽기에 대한 비에 따라 이동할 페이지를 결정하도록 구성할 수 있다. 일례로, 페이지 이동을 결정하는 시간이 100ms 인 경우 후반 50ms 동안 접근된 페이지 중 이동할 페이지를 선정하는 것으로 구성할 수 있다.
- [0045] 그리고, 본 실시예는 매 주기마다 핑퐁(ping-pong)되는 페이지 이동을 방지하기 위해 이전 주기(또는 인터럽트)에서 이동된 페이지를 바로 다음 주기에서 이동되는 것을 제한하도록 구성할 수 있다.
- [0046] 상술한 본 실시예에 따르면, 리프레쉬 인터벌(refresh interval)을 고려하여 페이지 이동(page migration)을 수행하므로, 휘발성 메모리의 리프레쉬 오버헤드(refresh overhead)로 인한 성능 저하를 최소화할 수 있다.
- [0047] 또한, 본 발명은 리프레쉬 인터벌을 고려하여 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동(page migration)에 기준이 되는 페이지의 쓰기 대비 읽기 비에 대한 임계치를 변경하므로, 휘발성 메모리의 온도 상승으로 리프레쉬 인터벌이 짧아지는 경우에도 성능이 저하되는 것을 최소화할 있다.
- [0048] 또한, 본 발명은 리프레쉬 인터벌을 고려하여 변경되는 임계치를 기준으로 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리 사이의 페이지 이동을 결정하므로, 하이브리드 메모리 시스템의 성능을 향상시키고 에너지를 절감할 수 있으며, 비휘발성 메모리의 쓰기 내구성 문제를 해소할 수 있다.
- [0049] 본 발명은 도면들에 도시된 실시예들을 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이들로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

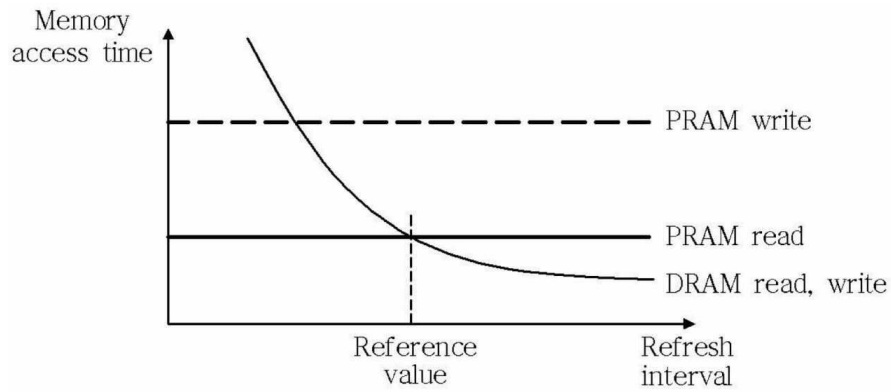
- [0050] 10: 휘발성 메모리 20: 비휘발성 메모리
30: 메모리 컨트롤러

도면

도면1



도면2



도면3

