



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0135002
(43) 공개일자 2010년12월24일

(51) Int. Cl.

G06F 13/16 (2006.01) G06F 1/32 (2006.01)

G06F 12/00 (2006.01) G06F 13/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0053408

(22) 출원일자 2009년06월16일

심사청구일자 2009년06월16일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

김덕환

서울시 양천구 목동 940 목동아이파크아파트 103동 1004호

양준식

인천시 부평구 갈산2동 두산아파트 104동 701호

고영욱

서울시 관악구 봉천1동 보라매삼성아파트 107동 804호

(74) 대리인

특허법인무한

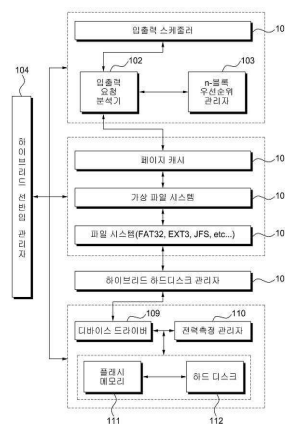
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 저전력과 입출력 성능 향상을 위한 n-블록 선반입 기반의 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템

(57) 요약

저전력과 입출력 성능 향상을 위한 n-블록 선반입 기반의 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템을 개시한다. 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템은 n개의 블록 단위로 하드디스크에서 비휘발성 메모리로 선반입을 수행하는 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템에 있어서, 호스트로부터의 입출력 요청에 따라 블록 별 입출력 요청 빈도를 산출하여 상기 입출력 요청 빈도로부터 상기 블록 별로 우선순위를 결정하는 n-블록 우선순위 관리자 모듈; 및, 상기 우선순위가 높은 순으로 상기 블록을 상기 비휘발성 메모리로 선반입하고 상기 비휘발성 메모리에 선반입된 블록을 상기 호스트에 의한 최근 접근 빈도에 따라 교체하는 하이브리드 선반입 관리자 모듈을 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 38375-01

부처명 지식경제부, 한국산업기술재단

연구관리전문기관

연구사업명 전략기술인력양성사업

연구과제명 차세대 DTV시스템 설계인력 양성사업

기여율

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2008년 09월 01일 ~ 2012년 08월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

n개의 블록 단위로 하드디스크에서 비휘발성 메모리로 선반입을 수행하는 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템에 있어서,

호스트로부터의 입출력 요청에 따라 블록 별 입출력 요청 빈도를 산출하여 상기 입출력 요청 빈도로부터 상기 블록 별로 우선순위를 결정하는 n-블록 우선순위 관리자 모듈; 및,

상기 우선순위가 높은 순으로 상기 블록을 상기 비휘발성 메모리로 선반입하고 상기 비휘발성 메모리에 선반입된 블록을 상기 호스트에 의한 최근 접근 빈도에 따라 교체하는 하이브리드 선반입 관리자 모듈

을 포함하는 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 n-블록 우선순위 관리자 모듈은,

상기 입출력 요청을 수행하기 위한 블록의 개수(nMinBlocks)를 수식 1에 의해 결정하는, 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템.

수식 1:

$$nMinBlocks = \frac{HSpinUpLT}{(FlashAccessT + BlockTransT)}$$

(여기서, HSpinUpLT는 하드디스크의 스핀업 지연 시간을, FlashAccessT는 플래시 메모리에 접근하는 시간을, BlockTransT는 한 블록을 옮기는데 걸리는 시간을 의미한다.)

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 n-블록 우선순위 관리자 모듈은,

시간에 대한 최근성을 나타내는 가중치 함수(recent_t)를 이용하여 상기 입출력 요청 빈도(BlockPrío_k)를 수식 2에 의해 산출하는, 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템.

수식 2:

$$BlockPrío_k = \frac{1}{r} \sum_{t=1}^r (recent_t \times ref_t)$$

(여기서, ref_t는 시간대(t) 별 입출력 요청 빈도를 의미하고, r은 시간에 관한 상수를 의미하며, 가중치 함수

$1 - \frac{t}{r}$
(recent_t)는 ($1 - \frac{t}{r}$)에 해당되는 값이다.)

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 하이브리드 선반입 관리자 모듈은,

상기 비휘발성 메모리에 선반입 된 블록 중 상기 최근 접근 빈도가 낮은 일정 개수의 블록을 교체 블록으로 선택하고 상기 교체 블록을 상기 비휘발성 메모리에서 삭제하는, 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 플래시 메모리와 하드디스크를 혼합하여 사용하는 하이브리드 저장 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 하드디스크의 기술은 크게 발전 하고 있지만 여전히 기계적 장치를 사용하여 입출력을 수행 하므로 몇 가지 문제점이 존재한다. 첫째, 하드디스크는 전력 소모가 높다. 하드디스크는 컴퓨터 시스템에서 전력 소모를 10~20% 차지하며 그 중 약 80~90% 정도의 전력 소모가 스핀들 모터에서 발생한다. 둘째, 하드디스크는 필수적인 대기시간이 발생한다. 하드디스크의 데이터 전송구조를 살펴보면 플래터가 충분한 속도로 회전을 하면 암이 트랙을 찾고 섹터를 찾아서 그 데이터를 호스트에 전송한다. 이러한 과정 때문에 필수적으로 대기시간이 발생한다.

[0003] 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 필수적인 모바일 기기를 사용하기 위해서는 저전력 시스템이 필수적이다. PDA(Personal Digital Assistants), PMP(Portable Multimedia Player), MP3 Player 등에 하드디스크가 많이 사용되고 있는데 이러한 모바일 기기들은 전력 공급에 배터리를 주로 사용하기 때문에 전력 소비를 줄이는 연구가 중요하다. 또한, 상기한 하드디스크의 특성 때문에 하드디스크 보다 처리속도가 빠른 중앙처리장치 및 메인 메모리와의 병목현상이 일어나고 있다. 이를 극복하기 위한 연구는 컴퓨터 시스템의 성능 향상 측면에서 아주 중요한 연구라 할 수 있다. 한편, 최근에 하드디스크와 메인 메모리 사이에 플래시 메모리가 삽입되어 있어 하드디스크의 캐시 기능을 가지는 하이브리드 하드디스크와 인텔의 룩슨 기술이 발표된 바 있다. 이 기술들은 비휘발성 메모리인 플래시 메모리를 통하여 입출력을 함으로써 하드디스크의 스핀들 모터의 동작을 최소화 하는 하드웨어 기술이다. 그러나, 플래시 메모리를 사용하여 입출력을 수행한다고 해도 대용량의 하드디스크의 모든 주소를 플래시 메모리로 사상하여 입출력 서비스를 제공할 수 없기 때문에 필연적으로 하드디스크가 스핀업 되어 입출력 서비스를 제공하여야 한다. 하드디스크가 스핀다운 상태에서 스핀업 상태로 변환하는 동작은 성능뿐만 아니라 전력 소비 면에서도 아주 큰 비용이 발생된다. 하이브리드 저장 시스템을 사용할 때 하드디스크 시동 빈도가 많아질수록 하이브리드 저장 시스템의 성능은 낮아지고 전력 소모량은 늘어나게 된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0004] 본 발명의 일실시예는 하이브리드 저장 장치에서 하드디스크의 스핀업 회수를 줄이기 위해 n-블록 선반입 기법을 사용하여 플래시 메모리에 블록들을 선반입 하는 n-블록 선반입 기반의 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템을 제공한다.

[0005] 본 발명의 일실시예는 플래시 메모리와 하드디스크의 특성을 고려하여 입출력 성능을 높이고 저전력을 위한 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템을 제공한다.

과제 해결수단

[0006] 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템은 n개의 블록 단위로 하드디스크에서 비휘발성 메모리로 선반입을 수행하는 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템에 있어서, 호스트로부터의 입출력 요청에 따라 블록 별 입출력 요청 빈도를 산출하여 상기 입출력 요청 빈도로부터 상기 블록 별로 우선순위를 결정하는 n-블록 우선순위 관리자 모듈; 및, 상기 우선순위가 높은 순으로 상기 블록을 상기 비휘발성 메모리로 선반입하고 상기 비휘발성 메모리에 선반입 된 블록을 상기 호스트에 의한 최근 접근 빈도에 따라 교체하는 하이브리드 선반입 관리자 모듈을 포함한다.

[0007] 본 발명의 일실시예에서 상기 n-블록 우선순위 관리자 모듈은 상기 입출력 요청을 수행하기 위한 블록의 개수

(nMinBlocks)를 수식 1에 의해 결정한다.

수식 1:

$$nMinBlocks = \frac{HSpinUpLT}{(FlashAccessT + BlockTransT)}$$

(여기서, HSpinUpLT는 하드디스크의 스핀업 지연 시간을, FlashAccessT는 플래시 메모리에 접근하는 시간을, BlockTransT는 한 블록을 옮기는데 걸리는 시간을 의미한다.)

본 발명의 일실시예에서 상기 n-블록 우선순위 관리자 모듈은 시간에 대한 최근성을 나타내는 가중치 함수(recent_t)를 이용하여 상기 입출력 요청 빈도(BlockPrio_k)를 수식 2에 의해 산출한다.

수식 2:

$$BlockPrio_k = \frac{1}{r} \sum_{t=1}^r (recent_t \times ref_t)$$

(여기서, ref_t는 시간대(t) 별 입출력 요청 빈도를 의미하고, r은 시간에 관한 상수를 의미하며, 가중치 함수

(recent_t)는 $(1 - \frac{t}{r})$ 에 해당되는 값이다.)

본 발명의 일실시예에서 상기 하이브리드 선반입 관리자 모듈은 상기 비휘발성 메모리에 선반입 된 블록 중 상기 최근 접근 빈도가 낮은 일정 개수의 블록을 교체 블록으로 선택하고 상기 교체 블록을 상기 비휘발성 메모리에서 삭제한다.

효 과

본 발명의 일실시예에 따르면, 공간상으로 가까운 연속된 n개의 블록을 한번에 선반입 하는 n-블록 선반입 기법과 아울러 하드디스크가 아닌 플래시 메모리에 할당되어 있는 블록을 읽어 오도록 하는 플래시 메모리 관리 기법을 적용함으로써 하드디스크가 시동하는데 걸리는 대기 시간 동안에 플래시 메모리에서 이미 선반입된 블록을 메인 메모리로 이동 시켜 하드디스크의 대기시간 없이 입출력 요청을 수행할 수 있다. 즉, 하드디스크의 지연 시간을 줄여 입출력 성능을 향상시킬 수 있으며 하드디스크가 대기 상태로 지속되기 때문에 전력 소모를 줄일 수 있다.

본 발명의 일실시예에 따르면, 최빈성과 최근성을 기반으로 한 우선순위를 통해 플래시 메모리의 선반입을 수행함으로써 우선순위가 높은 블록을 우선 선반입 하고 자주 사용되지 않는 블록을 교체하는 플래시 메모리 관리 기법을 통해 입출력 성능을 극대화시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템은 블록을 기반으로 한 n-블록 선반입 정책을 사용한다. '선반입'이란 일반적인 디스크에서 메모리에서의 선반입이 아니라 하드디스크에서 비휘발성 메모리(이하, 플래시 메모리를 일례로 통칭함)로의 선반입을 의미한다. 또한, 'n-블록'이란 하드디스크의 시동시간과 플래시 메모리의 남은 용량 등의 정보를 이용하여 계산된 블록의 개수를 의미한다. 결정된 n개의 블록은 플래시 메모리에 선반입하면 호스트가 읽기 요청을 하였을 때 성능 향상뿐 아니라 전력 소모를 줄일 수 있다.

도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템의 구조를 도시한 도면이다.

본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템은 블록을 기반으로 한 n-블록 선반입 정책을 사용한다.

본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템은 플래시 메모리(111)와 하드디스크(112)를

혼합하여 사용하는 하이브리드 저장 장치에 관한 것으로 블록을 기반으로 한 n-블록 선반입 정책을 사용한다.

- [0023] 도 1을 참조하면, 입출력 요청 분석기(102), n-블록 우선순위 관리자(103), 하이브리드 선반입 관리자(104), 하이브리드 하드디스크 관리자(108), 전력측정 관리자(110)에 해당하는 모듈은 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템의 구성 요소이며, 나머지 모듈들은 커널의 구성요소이다.
- [0024] 입출력 스케줄러(101) 아래 단의 입출력 요청 분석기(102), n-블록 우선순위 관리자(103), 하이브리드 선반입 관리자(104)로 이루어진 모듈들은 입출력 명령을 받아서 분석하고 그것을 선반입 하는 기능을 수행한다. 하이브리드 하드디스크 관리자(108) 아래 단의 디바이스 드라이버(109), 전력측정 관리자(110)로 이루어진 모듈들은 하드웨어와 밀접한 관련을 맺으면서 플래시 메모리(111)의 관리, 하드디스크(112)의 관리 및 전력과 응답시간에 관한 통계를 내고 결과 값을 생성하는 기능을 수행한다. 하이브리드 하드디스크 관리자(108)는 상기한 모듈들을 통합 관리한다.
- [0025] 커널의 입출력 스케줄러(101)의 요청을 입출력 요청 분석기(102)를 통하여 블록의 분석을 실시하며 분석된 블록은 최근성과 최빈성을 고려하여 우선순위를 할당 받는다. 요청한 블록이 페이지 캐시(105)에 있는지 검색을 하여 페이지 캐시(105)에 존재하면 바로 전송하고 그렇지 않을 경우에는 하이브리드 하드디스크 관리자(108)를 통하여 플래시 메모리(111)에 선반입 되어 있는지 검색한다. 플래시 메모리(111)에도 존재하지 않으면 디바이스 드라이버(109)를 통하여 하드디스크(112)를 스핀업 시키고 블록을 하드디스크로부터 서비스 받는다. 이때, 하이브리드 하드디스크 관리자(108)는 선반입을 수행하며 전력측정 관리자(110) 또한 전력 측정을 실시간으로 체크한다.
- [0026] 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템을 구성하는 모듈의 동작을 설명한다.
- [0027] 입출력 요청 분석기(102)는 읽기 요청을 커널로부터 받아서 분석하고 이를 블록 별로 정제하는 역할을 하는 모듈이다. 읽기 요청에 대한 분석은 페이지 캐시(105)에 존재하는 블록과 플래시 메모리에 존재하는 블록을 구분하지 않고 모든 요청을 저장한다. 읽기 요청된 블록들은 연결 리스트를 통해서 관리하고 실시간으로 빈도, 타임 스탬프를 기준으로 정렬한다.
- [0028] 하이브리드 하드디스크 관리자(108)는 시스템 전반의 모든 정보를 수집하고 결정을 내리는 모듈로서 모듈 간의 모든 데이터의 흐름을 통제하는 역할을 수행한다. 하이브리드 하드디스크 관리자(108)는 플래시 메모리(111)와 하드디스크(112)로 이루어진 하이브리드 하드디스크를 관리하는 모듈이다. 하이브리드 하드디스크 관리자(108)는 플래시 메모리(111)의 가용 용량과 블록 관리를 위한 실제 실행을 수행하며 플래시 메모리(111)의 남은 용량과 플래시 메모리(111)의 블록을 읽기, 쓰기, 삭제 동작을 관찰한다. 또한, 하이브리드 하드디스크 관리자(108)는 하드디스크(112)의 상태를 체크하고 설정할 수 있으며 명시적으로 하드디스크(112)의 상태를 변경할 수 있다. 하드디스크(112)는 응용 프로그램에 따라 모드 변환가 다르게 일어나므로 디스크의 활성 상태, 유휴 상태, 휴면 상태의 유지시간과 상태 변환 횟수를 모니터링 해야 정확한 전력 소모를 알 수 있다.
- [0029] n-블록 우선순위 관리자(103)와 하이브리드 선반입 관리자(104)는 n-블록을 기반으로 플래시 메모리(111)로의 선반입을 수행하는 역할을 수행한다. n-블록 우선순위 관리자(103)와 하이브리드 선반입 관리자(104)의 동작은 도 2 및 도 3을 참조로 상세하게 설명하기로 한다.
- [0030] 전력 측정 관리자(110)는 하드디스크(112)와 플래시 메모리(111)의 전력 소모를 측정하는 역할을 수행한다. 전력 측정 관리자(110)의 상세한 동작은 도 6을 참조하여 설명하기로 한다.
- [0031] 도 2는 n-블록 선반입 기법을 적용하는 경우 하드디스크의 응답속도와 전력 소모를 설명하기 위한 도면이다.
- [0032] 본 발명의 일실시예에서 하이브리드 선반입 관리자(104)는 시스템의 성능 저하를 막기 위해 수시로 수행하지 않고 플래시 메모리에 선반입 된 데이터로부터 읽기 실패가 일어났을 때 선반입을 수행한다.
- [0033] 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명의 일실시예는 입출력 요청이 발생되었을 때 하드디스크가 아닌 플래시 메모리에 할당되어 있는 블록을 읽어 옴으로써 하드디스크의 지연시간을 줄일 수 있다. 하드디스크가 시동하는데 걸리는 대기시간 동안에 플래시 메모리에서 이미 선반입 된 블록을 메인 메모리로 이동시켜 하드디스크의 대기시간 없이 입출력 요청을 수행할 수 있다. 또한, 하드디스크가 대기 상태로 지속되기 때문에 전력 소모를 줄일 수 있다.
- [0034] 본 발명의 일실시예에서 프로그램이 원활하게 동작하기 위해서는 가능한 많은 블록들을 선반입하는 것이 좋으나, 플래시 메모리의 선반입 캐시의 크기가 제한되므로 선반입할 블록의 개수를 정하는 것이 중요하다.

[0035] 본 발명의 일실시예에서 n-블록 우선순위 관리자(103)는 하드디스크의 스핀업 동작을 최소화 하면서 입출력 요청을 수행하는데 필요한 최소의 n-블록을 구한다.

[0036] 최소 n-블록(nMinBlocks)은 수학식 1과 같이 구할 수 있다.

수학식 1

$$nMinBlocks = \frac{HSpinUpLT}{(FlashAccessT + BlockTransT)}$$

[0037]

[0038] 최소 n-블록(nMinBlocks)은 시스템 성능 입장에서 보았을 때 한번에 선반입 시킬 최소한의 블록의 숫자를 의미하는 것이다. 여기서, HSpinUpLT는 하드디스크의 스핀업 지연 시간을, FlashAccessT는 플래시 메모리에 접근하는 시간을, BlockTransT는 한 블록을 옮기는데 걸리는 시간을 의미한다.

[0039] 본 발명의 일실시예에서 블록의 개수를 정하는 것은 하이브리드 선반입 관리자(104)가 선반입을 수행할 때 공간적 지역성을 유지하기 위하여 요청된 블록들뿐 만 아니라 요청된 블록과 공간상으로 가까운 연속된 n개의 블록을 한번에 선반입하는 정책이다. FlashAccessT와 BlockTransT의 합은 한 개의 블록을 플래시 메모리에서 메인 메모리로 옮기는데 걸리는 시간이다. 한 개의 블록을 메인 메모리로 옮기는데 걸리는 시간으로 HSpinUpLT를 나누면 블록의 개수를 구할 수 있다.

[0040] 본 발명의 일실시예에서 n-블록 우선순위 관리자(103)는 하이브리드 선반입 관리자(104)가 동적으로 선반입을 할 수 있는 블록 개수인 동적 n-블록(nDynamicBlocks_k)을 결정한다. 동적 n-블록(nDynamicBlocks_k)은 수학식 2와 같이 구할 수 있다.

수학식 2

$$nDynamicBlocks_k = \frac{FlashExtraSize \times BlockPr io_k}{(BlockSize \times HPr efetchBlockCount \times nMinBlocks)} + nMinBlocks$$

[0041]

[0042] 여기서, FlashExtraSize는 플래시 메모리가 선반입할 수 있는 가용한 자유 영역의 크기이며, BlockSize는 플래시 메모리에 할당되어 있는 한 블록의 크기로 디스크의 섹터 크기와 같다. 즉, 블록은 플래시 메모리의 페이지의 단위인 512바이트를 사용한다. 그리고, HPrefetchBlockCount는 입출력 요청을 분석하여 플래시 메모리로 선반입될 블록들의 개수를 의미하고, BlockPr io_k는 k번째 블록의 우선순위를 의미한다. 우선순위가 높으면 많은 수의 블록을 선반입 하고 우선순위가 낮으면 적은 수의 블록을 선반입 하는 동적인 선반입 방법이다. 단, k번째 블록의 동적인 선반입 개수가 스핀업 동작을 최소의 횟수로 하는데 필요한 최소 n-블록 보다는 커야 하므로 최소 n-블록(nMinBlocks)을 더해주는 것이다.

[0043] 본 발명의 일실시예에서 n-블록 우선순위 관리자(103)는 하이브리드 선반입 관리자(104)에 의한 선반입을 위하여 실시간으로 입출력 요청을 분석한다. 본 발명의 일실시예는 입출력 요청을 분석하여 블록의 최근성과 최빈성에 따라 플래시 메모리로 선반입을 수행하게 된다. 무작위로 선택된 블록들을 선반입 하는 것은 전력을 많이 소모할 뿐 아니라 탐색을 위한 지연시간이 길어진다. 또한, 중요도가 낮은 블록을 선반입 하면 시스템의 성능이 떨어지고 블록 교체에 따른 전력 소모와 지연시간을 감수해야 한다.

[0044] 본 발명의 일실시예에서 n-블록 우선순위 관리자(103)는 블록 별로 시간 상의 빈도수를 가중치에 의해 계산하여 우선순위를 결정한다. k번째 블록의 우선순위는 수학식 3과 같이 구할 수 있다.

수학식 3

$$BlockPr io_k = \frac{1}{r} \sum_{t=1}^r (recent_t \times ref_t)$$

[0045]

[0046] 여기서, ref_t 는 k번째 블록의 시간대 별 입출력 요청 빈도를 의미한다. 선반입의 특성상 최근의 블록 접근 빈도에 관한 정보를 신뢰해야 하므로 시간에 관한 상수 r 를 사용한다. r 은 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템에서 정한 상수로서 타임 스탬프를 찍는 횟수를 의미한다. 즉, 타임 스탬프를 1분으로 설정하고 1분 동안의 입출력 요청 빈도를 r 만큼 저장하는 것이다. 입출력 요청 빈도에 최근성을 나타내는 가중치 함수인 $recent_t$ 를 곱하면 최근성을 고려할 수 있다.

[0047] 가중치 함수($recent_t$)는 수학적 식 4와 같이 구할 수 있다.

수학적 식 4

$$recent_t = 1 - \frac{t}{r}$$

[0048]

[0049] 수학적 식 4는 우선순위를 구하기 위한 가중치 값을 구하는 과정을 보여준다. 가중치 함수($recent_t$)의 값은 0에서 1사이의 값으로 정규화 시킨다. 정규화 된 값을 이용하여 수학적 식 3을 통해 k번째 블록의 우선순위를 구할 수 있다. 여기에서 r 은 히스토리를 얼마나 저장하는지에 관한 변수이다. R 이 커지면 많은 히스토리를 저장할 수 있어서 학습효과를 많을 받을 수 있지만, 선반입이라는 것은 과거의 정보를 너무 신뢰해서는 안되면 많은 히스토리를 처리하는데 드는 비용을 무시할 수 없기 때문에 본 발명의 일실시예에서는 실험을 통하여 r 은 100이라는 상수로 정하여 수행한다.

[0050] 상기한 선반입 요청큐의 블록 우선순위를 관리하는 알고리즘은 표 1과 같이 정의할 수 있다.

표 1

[0051]

입력 : 블록번호
{
1 입출력 요청큐에 있는 블록들에 대해 식3과 같이 최근성과 최빈성을 이용 하여 우선순위결정;
2 우선순위 순서에 따라 선반입 요청 큐 갱신;
3 if(해당 블록이 플래시 메모리에 선반입 되어 있는지 여부 검색)
4 {
5 플래시 메모리에 선반입된 해당 블록 데이터를 호스트에 전송;
6 플래시 메모리 우선순위 큐의 해당 블록의 우선순위 증가;
7 }
8 else
9 {
10 하드디스크 스핀업;
11 하드디스크에 저장되어 있는 해당 블록 데이터를 호스트로 전송;
12 선반입 요청큐에 있는 n-블록을 플래시 메모리로 선반입;
13 }
}

[0052] 선반입 요청큐에는 페이지 캐시의 래딕스 트리 내에 존재하는 블록이나 중복된 블록을 관리할 필요가 없기 때문에 플래시 메모리에 선반입이 되어 있는 블록들은 제외된다.

[0053] 하이브리드 선반입 관리자(104)는 n-블록 우선순위 관리자(103)에서 결정된 n개의 블록을 우선순위가 높은 순으로 플래시 메모리에 선반입한다.

[0054] 도 3은 선반입 할 블록 선택과 플래시 메모리 블록 교체 동작을 설명하기 위한 도면이다. 여기서, 선반입 할 블록 선택과 플래시 메모리 블록 교체 동작은 하이브리드 선반입 관리자(104)에 의해 실행될 수 있다.

[0055] 도 3을 참조하면, (1) DRAM에 존재하는 입출력 요청큐(301)에는 입출력 요청된 블록들이 저장된다, (2) DRAM에 존재하는 선반입 요청큐(303)에는 최근성과 최빈성에 의해 우선순위가 정해진 블록들이 재정렬 된다. 이와 같이 저장된 선반입 요청큐(303)의 블록들은 수학적 식 1과 수학적 식 2에 따라 플래시 메모리(305)에 선반입 된다. (3) 플래시 메모리(305)에 선반입된 블록들은 LRU 정책에 따라 접근 빈도가 낮은 블록 교체를 수행한다. (4)

DRAM에 존재하는 교체 우선순위 큐(307)는 접근 빈도가 낮은 블록을 교체하기 위하여 플래시 메모리(305)에 선반입된 목록들의 접근 빈도 별 교체 우선순위를 관리한다.

[0056] 플래시 메모리 블록 교체는 플래시 메모리에 선반입되어 있는 블록들 중에서 자주 쓰이지 않는 블록을 블록 우선순위 결정을 통하여 블록들을 교체하는 것이다. 플래시 메모리의 블록들은 LRU 정책을 통하여 n-블록 선반입 캐시의 블록들을 관리한다. 이때, 블록은 n-블록 단위로 관리하며 최근에 접근이 많은 블록을 우선순위를 높게 주고 그렇지 않은 블록들을 교체 대상으로 한다.

[0057] 도 3은 입출력 요청 큐(301)의 A,B,C가 최빈성에 근거하여 가장 높은 우선순위로 선택되고 플래시 메모리(305)에서 D,E,F가 최근 접근 빈도가 낮은 블록으로 선정되어 블록 교체를 수행할 때 교체 대상으로 선정된 것을 도시한 것이다. 선반입된 요청 큐(303)는 입출력 요청 큐(301)에 요청된 블록들 중에 최빈성과 최근성을 근거로 하여 선택된 블록 요청을 관리할 수 있다. 플래시 메모리 우선 순위 큐(307)에서는 플래시 메모리(305)에 선반입된 블록들을 우선순위를 고려하여 관리하고 플래시 메모리(305)에 선반입된 블록 중 최근 접근 빈도가 낮은 일정 개수의 블록을 교체할 블록의 목록으로 결정하고 이를 실행할 수 있다. 여기에서, 플래시 메모리 우선순위 큐(307)는 LRU 정책을 사용하여 블록 교체를 실시하며 이에 따라 실시간으로 플래시 메모리의 남은 용량을 계산할 수 있다. LRU는 최근에 자주 접근되지 않은 블록을 교체 대상으로 하는 것이다. 이를 이용하여 플래시 메모리의 교체 대상 블록을 선택한다.

[0058] 상기한 플래시 메모리에 선반입된 플래시 메모리 우선순위 큐의 교체 우선순위를 설정하고 플래시 메모리의 블록들을 교체하는 알고리즘은 표 2와 같이 정의할 수 있다.

표 2

[0059]

```
{
1   블록 접근 횟수를 기반으로 플래시 메모리 우선순위 큐의 교체 우선순위 설정;
2   if( 플래시 메모리에 선반입된 블록들이 80% 넘으면)
3   {
4   접근빈도가 낮은 블록 제거;
5   신규로 선반입된 블록을 플래시 메모리 우선순위큐에 추가;
6   블록 접근 빈도에 따라 교체 우선순위 재설정;
7   }
}
```

[0060] 블록 교체의 경우에는 플래시 메모리의 크기가 80% 이상이 넘어가게 되면 블록 교체를 수행하고 하드디스크가 스핀업 되었을 때도 블록 교체를 수행한다. 이는, 하드디스크가 스핀업 되었을 때는 선반입 요청큐의 블록들이 선반입 되기 때문에 신규로 선반입 되는 블록을 플래시 메모리 우선순위 큐에 추가 해주어야 하기 때문이다.

[0061] 도 4와 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템에서의 n-블록 선반입 과정과 플래시 메모리 관리 과정을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0062] 본 발명의 일실시예는 호스트로부터 블록 요청이 들어오면 실시간으로 데이터 블록의 순서를 재배열한다. 이때, 데이터의 블록의 순서를 재배열하는 단계는 최근성과 최빈성을 기반으로 한 블록의 우선순위에 따라 선반입 요청 큐(401)를 관리한다(S501).

[0063] 본 발명의 일실시예는 요청 블록을 페이지 캐시(403)에서 검색하고 페이지 캐시(403)에서의 검색을 실패할 경우 요청 블록이 플래시 메모리(405)에 선반입 되어 있는지 탐색한다(S502).

[0064] 본 발명의 일실시예는 상기 탐색 결과(S502) 플래시 메모리(405)에 요청 블록이 존재하면 플래시 메모리(405)에 있는 블록을 호스트로 전송하고 해당 블록의 우선순위 카운트를 증가시킨다(S503).

[0065] 본 발명의 일실시예는 상기 탐색 결과(S502) 플래시 메모리(405)에서의 검색을 실패할 경우 하드디스크를 스핀업 시켜 요청 블록을 전송하고 선반입 요청 큐(401)의 블록들을 선반입한다(S505). 즉, 플래시 메모리(405)에서의 검색이 실패하면 읽기 실패가 발생하며 하드디스크에 읽기 요청을 한다.

[0066] 본 발명의 일실시예는 플래시 메모리(405)의 남은 용량을 검사하여(S506) 플래시 메모리(405)의 활용도가 일정 비율(예를 들어, 80%)을 넘으면 플래시 메모리(405)의 최근 접근빈도가 낮은 블록을 교체한다(S507). 즉, LRU에서는 블록의 빈도와 최빈성을 따라 교체될 블록의 후보와 플래시 메모리에 남게 될 블록들을 선택하고 플래시

메모리(405)에서 교체될 블록들을 삭제한다.

- [0067] 다시 도 1에서, 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템은 하이브리드 하드디스크 관리자(108)에 의해 상기한 모든 동작에 의한 결과를 전력 측정 관리자(110)로 통보하고 전력 측정 관리자(110)는 입력된 결과를 취합하여 응답시간과 전력소모를 분석하는 역할을 수행한다.
- [0068] 도 6은 전력 측정 관리자(110)에 해당하는 모듈의 내부 구성을 도시한 도면이다. 도 6을 참조하면, 본 발명의 일실시예에서 전력 측정 관리자(110)는 하드디스크 전력측정 모듈(601)과, 플래시 메모리 전력측정 모듈(603)로 구성된다.
- [0069] 하드디스크 전력측정 모듈(601)은 스핀들 모터 각 상태별 유지시간, 스핀들 모터 각 상태별 전력 소비량, 스핀들 모터 상태 변화시 전력 소비량, 스핀들 모터 상태변화 회수 등으로부터 하드디스크(112)의 전력 소모를 측정할 수 있다.
- [0070] 플래시 메모리 전력측정 모듈(603)을 플래시 메모리 각 상태별 유지시간, 플래시 메모리 각 상태별 전력 소비량 등으로부터 플래시메모리(111)의 전력 소모를 측정할 수 있다.
- [0071] 전력측정 관리자(110)는 하이브리드 하드디스크 관리자(108)를 통한 데이터를 근거로 플래시 메모리(111) 및 하드디스크(112)의 전력 소모를 측정함으로써 하이브리드 하드디스크가 사용하는 총 전력 소모량(E_{Hybrid})을 산출한다.
- [0072] 하이브리드 하드디스크의 총 전력 소모량(E_{Hybrid})은 수학적식 5를 통해 구할 수 있다.

수학적식 5

$$E_{Hybrid} = \sum_j P_j T_j + \sum_k \sum_l N_{kl} E_{kl} + \sum_m G_m T_m$$

- [0073]
- [0074] 여기서, j 는 활성, 유휴, 휴면 상태를 나타내고, P_j 는 각각의 디스크 상태에 대한 서로 다른 전력 소모량을 나타내며, T_j 는 각각의 디스크 상태에 대한 유지 시간을 나타낸다. E_{kl} 은 디스크 상태가 k 에서 l 상태로 변할 때 전력 소모를 나타내며, N_{kl} 는 k 에서 l 상태로 변한 횟수를 나타낸다. 또한, m 은 플래시 메모리의 상태(읽기, 쓰기, 지우기 모드)를 나타내고, G_m 은 각각의 플래시 메모리의 상태에 대한 서로 다른 전력 소모량을 나타내며, T_m 은 각각의 플래시 메모리의 상태에 대한 유지 시간을 나타낸다.
- [0075] 본 발명의 일실시예는 하이브리드 저장장치의 저전력과 입출력 성능 향상을 위하여 n 개의 블록을 한번에 선반입하는 n -블록 선반입 기법과, 하드디스크가 아닌 플래시 메모리에 할당되어 있는 블록을 읽어 오도록 하는 플래시 메모리 관리 기법을 적용한다. 또한, 본 발명의 일실시예는 최빈성과 최근성을 기반으로 한 우선순위를 통해 플래시 메모리의 선반입을 수행하고 자주 사용되지 않는 블록을 교체할 수 있다.
- [0076] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0077] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0078] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템의 구조를 도시한 도면이다.
- [0079] 도 2는 n -블록 선반입 기법을 적용하는 경우 하드디스크의 전력 소모와 응답속도를 설명하기 위한 그래프이다.
- [0080] 도 3은 선반입 할 블록 선택과 플래시 메모리 블록 교체 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0081] 도 4와 도 5는 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 하드디스크 입출력 시스템의 n -블록 선반입 과정

과 플래시 메모리 관리 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0082] 도 6은 도 1에 도시된 전력 측정 관리자(110)의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

[0083] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

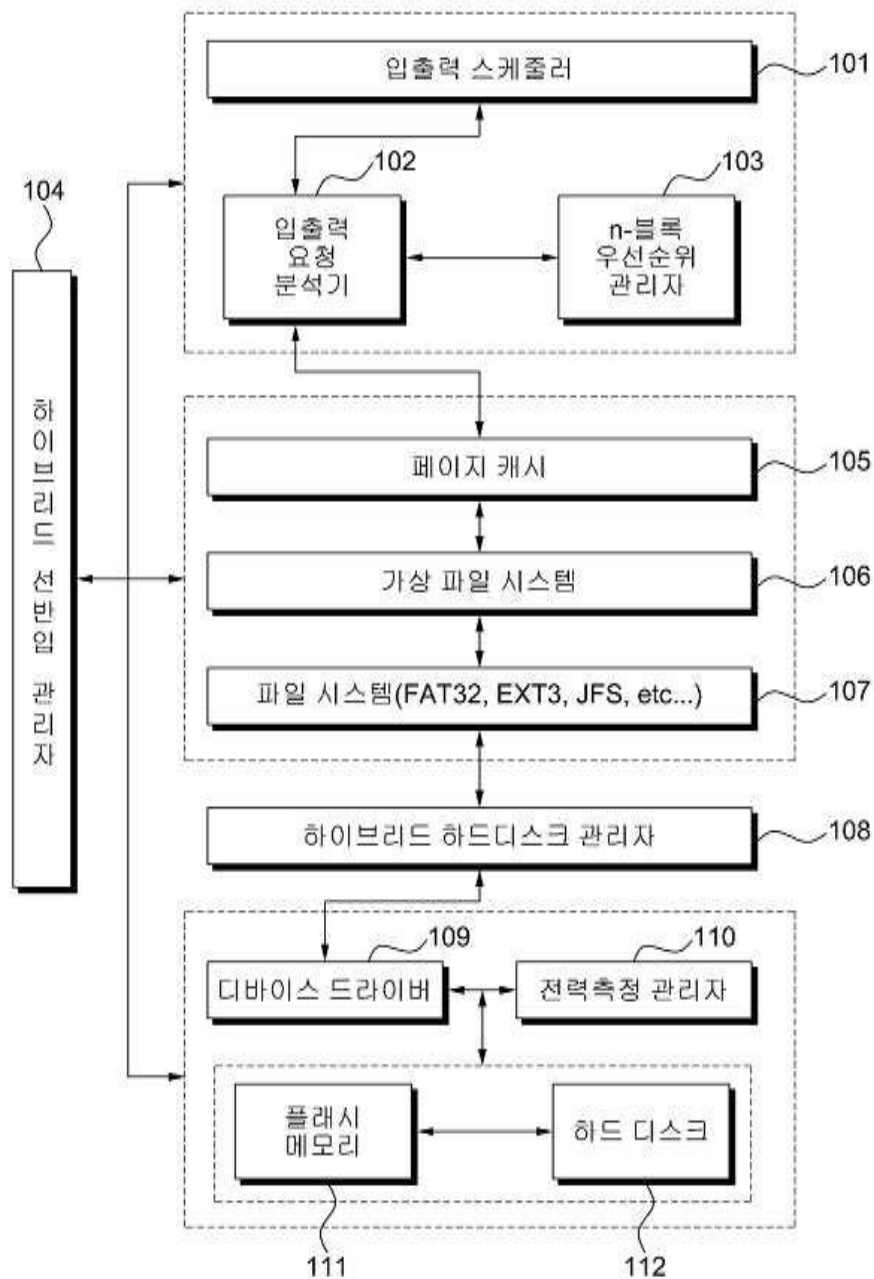
[0084] 103: n-블록 우선순위 관리자

[0085] 104: 하이브리드 선반입 관리자

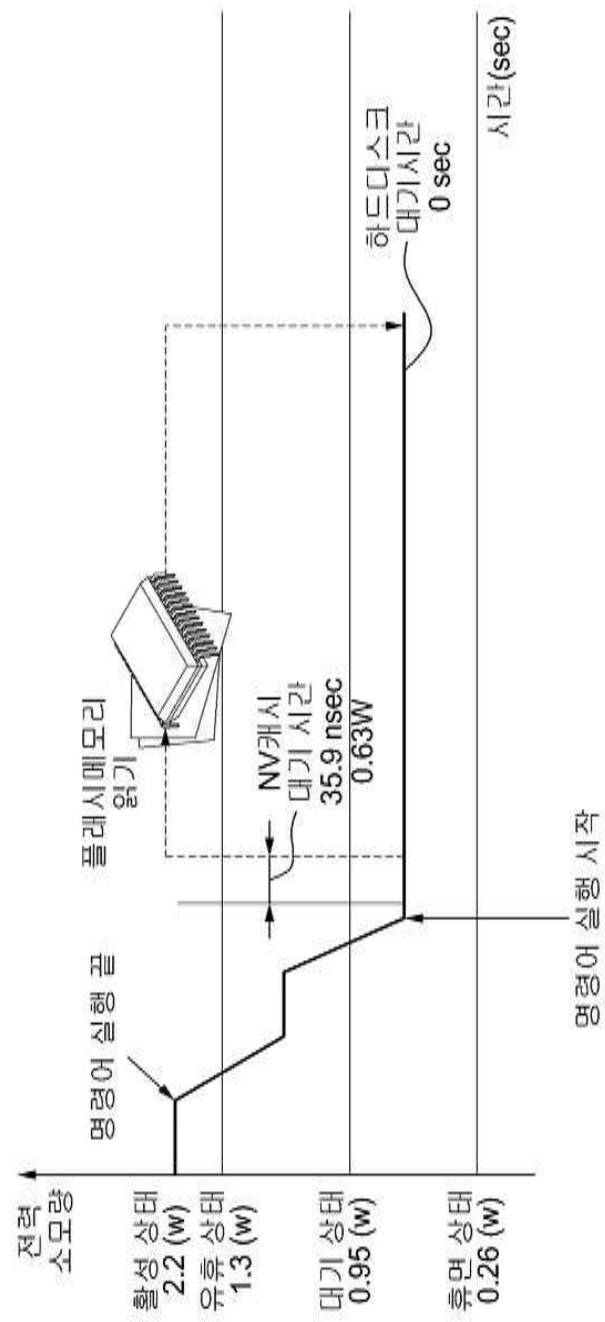
[0086] 108: 하이브리드 하드디스크 관리자

도면

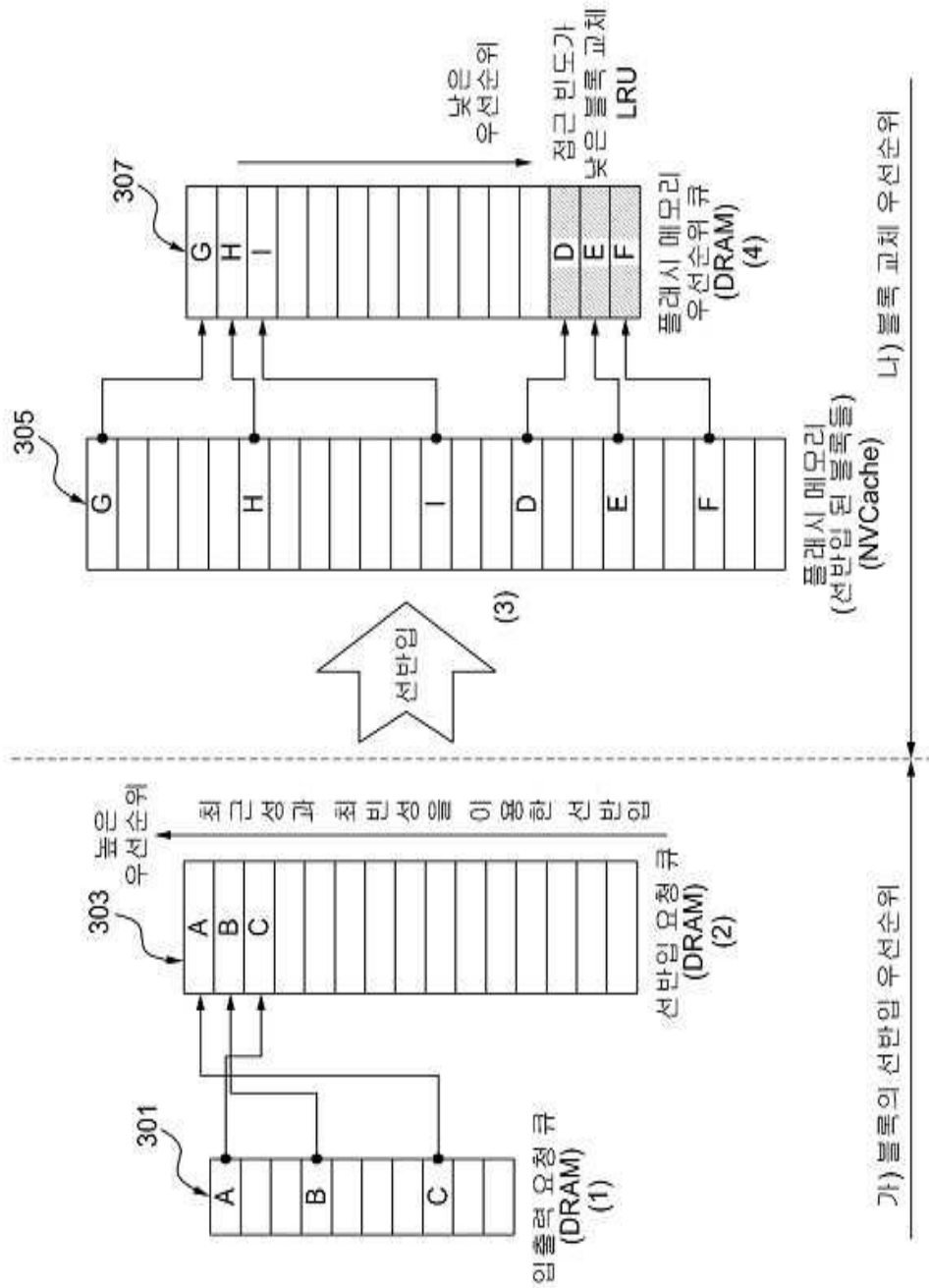
도면1



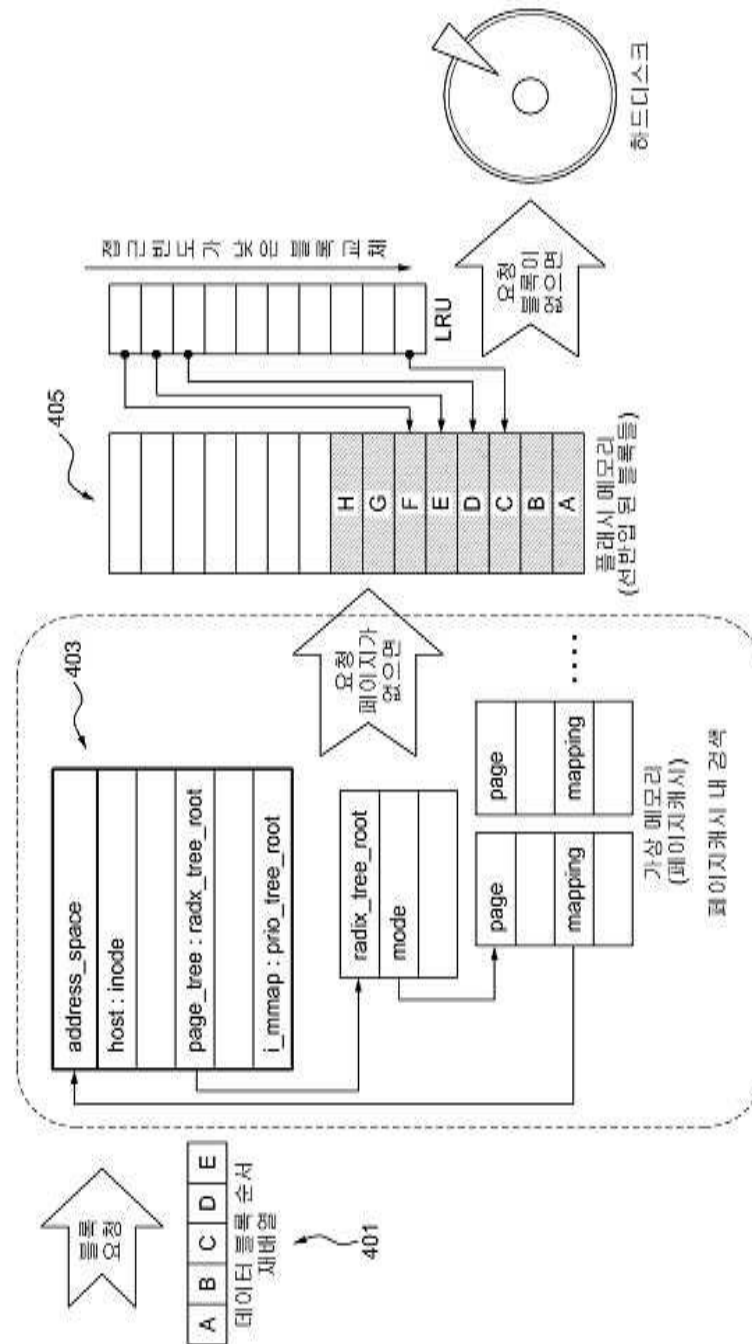
도면2



도면3



도면4



도면5

