고속 검색을 위한 컬럼-지향 플래시 스토리지

변시우, 박근영, 홍은태
안양대학교 디지털미디어학과
e-mail:swbyun@anyang.ac.kr

A Column-Oriented Flash Storages for High-Speed Search System

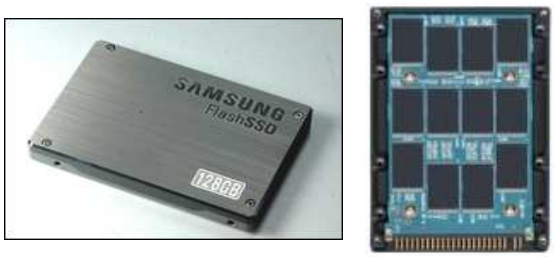
Siwoo Byun*, Keunyoung Park**, Euntae Hong*
Dept of Digital Media, Anyang University

요 약
최근 컬럼-지향 스토리지는 우월한 성능으로 고속 데이터 검색 시스템의 진보적인 모듈로 부상하고 있다. 본 논문에서는 기존의 가로-지향 스토리지 모델과 비교 분석하고, 고속 검색 시스템의 성능 개선을 위하여 플래시 메모리를 활용하는 새로운 컬럼-지향 스토리지 시스템을 제안한다.

1. 서론

최근 산업계에서 고속 데이터 저장 및 신속한 데이터 검색용으로 MIT에서 제안한 세로-저장(Column-Oriented) 데이터 스토리지[1,2]가 부상하고 있다. 세로-저장 데이터 스토리지는 기존의 한 레코드 단위로 연속 저장하는 가로방향-저장 데이터 저장방식과는 완전히 상반되어, 세로의 필드단위(컬럼)로 분리, 저장, 검색하는 새로운 데이터 저장 기법이다.

또한, 최근 스마트 기기를 비롯하여 데이터 서버나 데스크탑, 노트북 등 에서 전통적인 하드디스크 드라이브(HDD) 저장 시스템에서 초고속 플래시 메모리(Flash Memory) 기반의 저장 시스템(SSD)[3,4,5]으로의 대체이동이 빠르게 진행되고 있다.



[그림 1] 삼성 128G SSD

세로-저장 스토리지는 테이블 저장시 세로로 분리 저장한다. 예를 들면, 아래의 회사 테이블은 논리적으로 행과 열의 2차원으로 구성되어 있다. 하지만, 실제 물리적인 저장은 엄밀히 말하면, 해당 저장 장치에서 연속적인 일차원 바이트 열로 구성되어 운영체제나 시스템 버퍼와 연동된다.[6]

[표 1] 스토리지 데이터의 예

E-Id	Last-name	First-name	Salary
1	Smith	Joe	40,000
2	Jones	Mary	50,000
3	Johnson	Cathy	44,000

이를 저장한다면, 기존의 가로-저장식 스토리지는 한 레코드의 모든 데이터를 집합 저장한후, 다음 레코드를 순차적으로 저장한다.

{1,Smith,Joe,40000}→{2,Jones,Mary,50000}→{3,Johnson,Cathy,44000}

이와 반대로, 본 연구의 세로-저장 스토리지는 한 컬럼의 데이터를 세로로 집합 저장한 후, 그 다음 컬럼의 데이터를 순차적으로 저장하는 방식이다.

{1,2,3}→{Smith,Jones,Johnson}→{Joe,Mary,Cathy}→ {40000,50000,44000}

즉, 세로로 저장하므로, 유사성이 높은 데이터들

이 서로 군집되어, 압축, 저장, 검색에 매우 효과적인 구조이다. 이러한 물리적 구조는 저장, 검색 외에도 파티셔닝, 인덱싱, 캐싱에도 성능상 큰 영향을 준다. 과거에는 하드 디스크가 대세였고 스토리지도 이에 적응하였으므로, 하드 디스크의 접근 특성을 고려하였고, 당연히 저장 연산 처리에 가장 효율적인 방식인 가로-지향 저장 방식으로 설계되었다. 반면에 신속한 데이터 저장 및 검색 능력이 필요한 네비게이션과 같은 고속 임베디드 시스템에서 세로-저장 저장 방식을 활용하면, 데이터 검색과 스토리지 접근 성능을 상당히 높일 수 있다.

2. 본론

먼저, 새로운 세로-저장 스토리지의 장점을 기존의 가로-지향 스토리지와 비교 분석 하였다.

1) 세로-저장 스토리지는 데이터가 메모리에 올라가면, 같은 타입의 데이터가 순차적으로 군집되어 나열되어 있으므로, 당연히 높은 압축 효율과 대용량의 고속 압축이 가능하다. 또한, 이 압축후 접근할 데이터의 크기가 대폭 줄어든 효과로서, 다량의 집합 연산 수행시 일반 스토리지가 불필요하게 전체 레코드를 읽어야 하는데 비하여, 상대적으로 매우 적게(연관된 컬럼만) 읽어도 되므로 매우 I/O 효율적이다.[7]

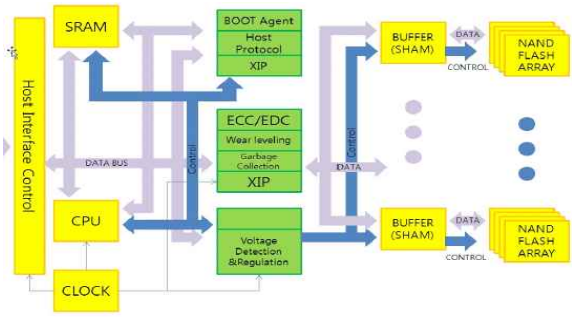
2) 세로-저장 스토리지는 다량의 레코드에 한 컬럼의 수치를 수정 반영할 때도 상당히 효율적이다. 실제 이런 업데이트 연산이 일상적으로도 자주 발생하는데, 일반 스토리지는 업데이트와 관련 없는 다른 컬럼들을 어쩔 수 없이 스토리지로부터 읽고 메모리상에도 할당시키느라 엄청난 시간과 공간을 낭비한다. 반면에 세로-저장 스토리지는 연산과 무관한 컬럼은 아예 터치하지 않고, 관련된 컬럼에만 압축된 최소한의 수정연산만 수행하므로, 상당히 공간 효율적이며, 연산 속도도 매우 빠르다.

3) 세로-저장 스토리지는 컬럼별로 반복적 파이프라인을 적용할 수 있는데, 이는 캐쉬용량이 크고, 하이퍼쓰레딩이나, 멀티코어 CPU와 같은 최신 컴퓨터 환경에 잘 부합되므로, 병렬처리 효과를 극대화 시킬 수 있다.

4) 반면, 일반 스토리지의 장점은 한 레코드의 많은 컬럼이 수정되는 경우나 새로운 데이터가 빈번히 추가되는 경우, 즉 온라인 쓰기 연산이 빈번한 경우에 효과적이다. 즉, 읽기가 적고, 쓰기가 매우 많은 경우는 세로-저장 스토리지가 불리한 조건이 된다.

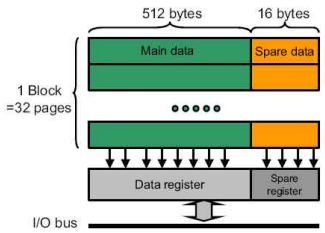
결론적으로 보면, 쓰기 연산이 매우 빈번히 발생하는 스토리지는 기존의 가로-지향형이 더 적합하다. 반면에, 내장된 데이터가 매우 많고 복잡한 검색이 신속히 수행되어야 하는 네비게이션과 같은 고속 임베디드 시스템의 경우는 세로-저장 스토리지가 매우 적합하다.

또한, 이미 플래시 메모리 저장 시스템은 고속화, 대용량화 추세에 있다. 현재 하드 디스크 저장 용량이 급속도로 증가하고는 있을지라도(현재는 1TB이상), 디스크의 기계적인 특성(헤드의 이동 시간, 디스크 회전 시간)에 의한 지연시간은 매년 15%정도의 미약한 수준으로 개선되고 있다. 반면에 플래시 메모리 처리 속도는 매년 50% 정도의 빠른 속도로 개선 발전되고 있다. 이러한 기계적 특성에 따른 속도 차이에 의하여 하드 디스크는 점차로 한계 성능에 도달하게 된다. 또한, 이에 따른 전력 소모가 평상시에도 전체 시스템 전력의 20%정도로 매우 큰 편이며, 사용 대기 중에도 전력이 계속 소모된다.[8] 이에 대한 대안으로 최근에 주목받고 있는 저장장치가 바로 플래시 메모리를 장착한 SSD이다. 결론적으로 I/O 성능 및 저전력 측면에서는 플래시 메모리 저장 장치가 매우 우세하다.



[그림 2] SSD의 주요 모듈 구성도

다만, 일반 메인 메모리와는 달리, 쓰기와 소거 연산에 상당히 많은 시간이 더 소모되며, 쓰기 횟수가 최대 1,000,000번 정도로 제한되는 고유한 특성이 있다.[5] 일반적으로는 충분한 수명이나, 이 수명을 넘기면 더 이상 쓰기 연산을 수행할 수 없다. 단, 읽기 연산은 계속하여 수행이 가능하다.



[그림 3] 플래시 메모리

또한, 플래시는 일

반 메인 메모리와 달리 바로 쓰기 연산을 수행할 수 없고, 이전에 미리 블록 단위로 포맷 개념의 소거 연산을 수행한 후 쓰기 연산을 수행할 수 있다. 즉, 플래시 메모리는 PC의 메인 메모리처럼 Update-In-Place(제자리 덮어 쓰기)가 불가능한 Update-Out-Place 구조이다.[5]

세로-저장 스토리지도 시스템 운영을 위하여 반드시 저장 장치가 필요하다. 물론, 이러한 저장 장치로서 기존의 전통적인 하드디스크를 그대로 사용할 수도 있다. 하지만, 최근 본 연구팀은 새롭게 부상중인 플래시 메모리 저장 기술을 활용하면, 아래와 같은 이유로 최상의 궁합을 만들 수 있음을 발견하였다.

첫째, 플래시 메모리는 그동안 고가였던 이유로 검토 대상에서 제외되었지만, 현재는 충분한 가격경쟁력을 갖추고 있음을 우선 주장한다.

둘째, 플래시 메모리가 최근 빠른 추세로 대용량화 되고 있으며, 읽기 속도가 하드디스크에 비하여 매우 빠른 장점이 있다. (보통 250MB/s로서 3배 이상 빠름) 따라서, 세로-저장 스토리지의 사용처가 대부분 고속 읽기가 필요하므로 매우 적합하다.

셋째, 플래시 메모리는 빠른 읽기에 비하여 상대적으로 쓰기 성능이 비대칭적으로 낮음. (보통 70MB/s로서 읽기에 비하여 3배 정도 느리나, 하드디스크와 비슷함) 따라서 세로-저장 스토리지는 처음에 한번 로딩하면 쓰기 연산이 자주 발생하지 않는 특성이 있고, 이후에도 대체로 검색에 주로 사용되어 쓰기 부담이 상대적으로 적으므로 플래시 메모리 특성에 잘 맞다.

3. 결론

본 논문에서는 최근 부상하고 있는 컬럼-저장 스토리지의 장단점을 비교 분석하였다. 또한, 스토리지 고속화를 위한 플래시 메모리에 대한 특성 분석과 세로-저장 스토리지에 맞게 보안하고 개선하면 전체적으로 더욱 향상된 임베디드 시스템 성능을 얻을 수 있음을 보였다. 즉, 고속 데이터 저장용으로 활용되는 세로-저장 스토리지에게 가장 적합한 장치가 플래시 메모리 기반 저장 시스템임을 주장하였다.

향후, 고성능 스토리지의 핵심 연구와 더불어, 이를 최상으로 지원할 수 있는 특화된 세로-저장 플래시 저장 기술과 최적화된 세로-저장 인덱싱 기술의 개발이 필요하다. 또한, 이를 효율적으로 잘 활용할 수 있는 고속형 임베디드 시스템의 개발도 시급히 필요하다.

참고문헌

[1] D. Abadi, S. Madden, and M. Ferreira. “Integrating compression and execution in column-oriented database systems”, Proc. of SIGMOD, pp. 671 - 682, 2006.

[2] D. Abadi, D. Myers, D. DeWitt, and S. Madden. “Materialization strategies in a column-oriented dbms”, MIT CSAIL Technical Report. MIT-CSAIL-TR-2006-078.

[3] Y. Bae, "Design of High Performance SSD“, The KIPS transactions, Vol. 25, No. 6, pp. 18-28, 2007

[4] S. Bak, J. Park, "An Implementation and Performance Evaluation of a RAID System Based on Embedded Linux", The KIPS transactions. Part A, V.9A, No.4, pp.451-458, 2002

[5] S. Byun, M. Hur, "Flash memory Lock management for portable information systems", International Journal of Cooperative Information Systems“, Vol. 15, No. 3, 461-479, Aug. 2006

[6] A. Halverson, J. Beckmann, and J. Naughton. A comparison of c-store and row-store in a common framework. Technical Report, UW Madison Department of CS, TR1566, 2006.

[7] S. Harizopoulos, V. Liang, D. J. Abadi, and S. Madden. “Performance tradeoffs in read-optimized databases”, Proc. of VLDB, pp. 487 - 498, 2006.

[8] A. Roberts, T. Kgil, and T. Mudge, "Integratin NAMD Flash Devices onto Servers", Communications of the ACM, Vol. 52, No.4, pp. 98-106, 2009