

Redis 向け YCSB ベンチマーク実行時の FPC による消費電力削減

Reduction of Power Consumption by FPC while running YCSB benchmark for Redis

馬場 裕之[†]
Hiroyuki Baba寺崎 雅紀[‡]
Masanori Terazaki請園 智玲^{††}
Tomoaki Ukezono佐藤 寿倫^{††}
Toshinori Sato

1. はじめに

業務運営の改善や新産業創出の鍵として注目されているビッグデータのデータ量は日々増加し続けていくことが予想される。それに伴いデータ処理にかかるコストも増加し続けていくことが予測できる。データ量の増加によりデータ処理の消費電力が増大し、運用コスト増大の要因となる。本研究は、データアクセスの際に消費される電力に着目する。ビッグデータは従来のリレーショナルデータベースシステムでは高速な処理が困難である。一般にビッグデータを処理するためには NoSQL と呼ぶデータベースシステムが用いられる。本研究は NoSQL の主記憶データベースのひとつである Redis[1]を対象とする。

本研究は Flash メモリを主記憶として使用し、主記憶データベースの Redis を構築した場合のフラッシュメモリの消費電力を評価する。

先行研究は提案する Flash Page Cache (FPC)[2]を用いてフラッシュメモリの消費電力の削減を目的とする。FPC は書き込み要求があったデータを Flash メモリに書き込む前にキャッシュし、Flash メモリに書き込む回数を削減する。しかしながら、実用の NoSQL を用いた評価をしていない。

本研究は、実際のアプリケーションを想定した workload を用いてデータアクセスをシミュレーションし、フラッシュメモリの消費電力を評価する。これにより、現実的なアプリケーションに近い想定で FPC の電力削減効果を評価する。

2. Flash Page Cache による電力削減

先行研究[2]は、IoT デバイス内にセンサデータを蓄積する記憶媒体を Flash メモリに限定し、Flash メモリ上に NoSQL データベースを構築した際の消費電力に関して、マイクロアーキテクチャレベルの提案をしている。

図 1 に先行研究で提案したアーキテクチャモデルを示す。FPC は、CPU から Flash メモリに対して書き込まれるデータを Flash メモリのメモリ管理粒度であるページ単位でバッファリングし、ページよりも更に大きい Flash メモリの

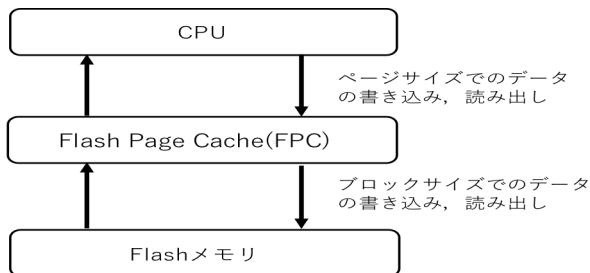


図 1 先行研究のアーキテクチャモデル。

[†] 福岡大学 大学院 工学研究科 電子情報工学専攻[‡] 株式会社ティーネットジャパン^{††} 福岡大学 工学部 電子情報工学科

管理単位(ブロック単位)にまとめてデータを書き込む機構である。FPC は CPU と Flash メモリの上に位置し、透過的にデータを転送することで、Flash メモリに対する書き込み回数を削減し、読み出しに比べ、書き込みに多くの消費電力を必要とする Flash メモリの消費電力削減を実現する。FPC はデータが FPC の上限容量まで書き込まれる間、Flash メモリに対する書き込みを遅延させる。また、FPC 内にデータが残留する間は、CPU は Flash メモリからでなく、FPC からデータを読み出す。FPC が Flash メモリへの書き込みを遅延させる間、複数の FPC ページは CPU によって書き込まれ、最新値を FPC 内に残す。FPC 容量の上限までデータが書き込まれる周期的なタイミングで、FPC は複数の FPC ページをブロック単位に集約し、Flash メモリに書き出す。この動作により、FPC は Flash メモリに対する書き込み回数を削減することができる。

本研究は図 1 中の Flash メモリを主記憶として使用し、Flash メモリ上に主記憶データベースである Redis を構築した場合の FPC による消費電力削減効果を評価する。

3. Redis データベース

NoSQL は Key Value Store (KVS)型、カラム指向型、ドキュメント指向型、グラフ指向型の 4 種類のデータモデルに分類できる[3]。Redis は KVS 型に分類される。KVS は一意のキーとそれに対応した任意の値(バリュー)のペアで保存するデータモデルである。

Redis には STRING 型、LIST 型、SET 型、HASH 型、ZSET 型の 5 種類のデータ構造が存在し、この内のいずれかの構造でデータが書き込まれる[1]。本研究の評価で使用するベンチマークはデフォルト設定で使用する HASH 型のみデータのアクセスを要求する。そのため、本論文では HASH 型のデータ構造についてのみ説明する。HASH 型のデータ構造を図 2 に示す。HASH 型はキーからバリューへのマッピングを格納する型で、1 つのキーに対してサブキーとバリューのペアを格納する。HASH 型のバリューとして文字列、整数が格納できる。HASH 型は各バリューに対して、キーとサブキーを組み合わせ、より詳細なキーを設定することができる。

このため、複数のバリューがリレーションを持つ場合、HASH 型に設定して検索の高速化と、ハッシュテーブルの省メモリ化を実現することができる。本研究は Redis に対

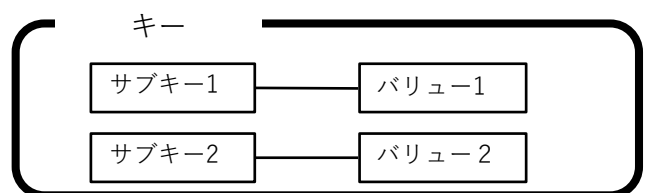


図 2 HASH 型のデータ構造。

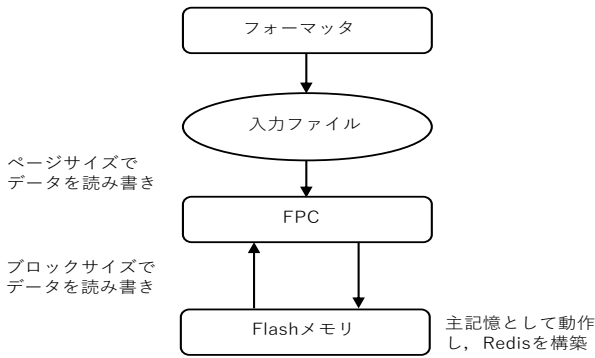


図3 シミュレーションモデル。

してHASH型のデータアクセスが発生した時のFPCによる消費電力削減効果を検証した。

4. 評価

4.1 評価環境

本研究は、実際に Redis 上で動作しているアプリケーションのデータ参照を取得するために、NoSQL用ベンチマークツールである Yahoo Cloud Serving Benchmark[4]を用いた。本論文では以降これを YCSB と呼ぶ。YCSB は、Yahoo Research が開発した NoSQL データベースを対象としたベンチマークツールである。

本研究は YCSB に備えてある負荷設定ファイルの workload を参照し、workload の設定に沿ったデータアクセスを Redis に要求する。本研究は workload をデフォルト設定で使用する。使用する workload の負荷シナリオは、読み出しを 50%、書き込みを 50%要求する。本研究は、この workload を実行した際の Redis に対する各データアクセスのキー、アドレス、コマンド、データサイズをダンプし、この4つのデータをシミュレータの入力形式に構造化するフォーマッタと呼ぶプログラムを作成した。

電力評価シミュレーションモデルを図3に示す。主記憶として存在する Flash メモリには Redis が構築される。フォーマッタで作成した入力ファイルから FPC に対して書き込みまたは読み出し操作が実行される。本研究は Flash メモリに MBM29F400TC/BC-55 を想定した。電力評価シミュレータの動作は、入力ファイルと FPC 間ではページ単位でデータの書き込み及び読み出し操作し、FPC と Flash メモリ間ではブロックサイズでデータの書き込み及び読み出し操作をする。

FPC 内での消費電力は、HP Labs が提供するキャッシュメモリ用のシミュレータである CACTI65[5]を用いて計測した。FPC の容量は 1MB から 4MB へと変化させ、ページサイズを 2KB、ブロックサイズを 128KB とした。workload は書き込みと読み出し操作を合計 100 万回実行する。本研究は Flash メモリへの書き込みは全て上書き操作であることを前提としたため、Flash メモリへの書き込み操作は必ず読み出しと消去が伴う。

4.2 評価結果

電力評価シミュレーションの結果を図4に示す。グラフの凡例はそれぞれ FPC の消費電力(energy_FPC), Flash メモリの読み出しで消費した電力(flash_read_energy), Flash メモ

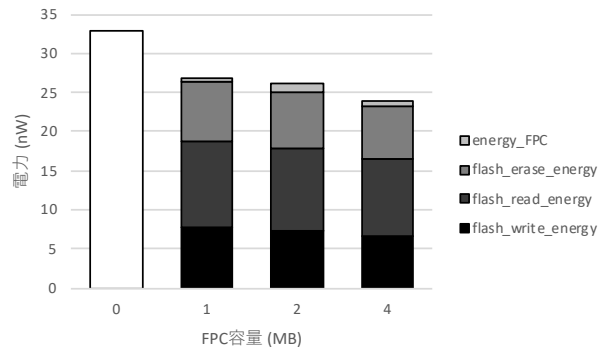


図4 シミュレーション結果。

リの書き込みで消費した電力(flash_write_energy), Flash メモリの消去で消費した電力(flash_erase_energy)を示す。グラフの X 軸は FPC の容量で単位は MB, Y 軸は消費電力で単位は nW と示す。FPC 容量の 0MB は FPC を備えない場合を表している。

グラフによると FPC 容量が 1MB の場合、FPC を備えなかった場合と比較して消費電力は約 18%削減された。これは、FPC が Flash メモリに対してのデータの書き込みをキャッシュし、Flash メモリに対する書き込み回数が削減されたためだと考えられる。また、FPC の容量が大きくなるにつれて消費電力削減効果が大きくなるのがわかる。これは、FPC の容量を増加することで、FPC にキャッシュできるデータ数が多くなり、Flash メモリに対するアクセス回数が削減されたためだと考えられる。

5. おわりに

本研究は、NoSQL である主記憶データベースの Redis を対象に Flash メモリ上に Redis を構築した場合の FPC による消費電力削減効果の評価した。

評価結果では、FPC を備えることにより消費電力が約 18%削減することを示した。また、FPC の容量を増加させることによる消費電力削減効果を確認した。本研究で使用した YCSB の workload は実際のアプリケーションを想定して作成されている。そのため、本研究は FPC の現実的な消費電力削減効果を示したといえる。

謝辞

本研究は一部、JSPS 科研費 JP26330075 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Sanfilippo Salvatore, "redis", <https://redis.io>, (参照 2017 10-5).
- [2] 馬場 裕之, 江崎 靖宏, 大藤 匡生, 請園 智玲, 佐藤 寿倫, "Flash メモリ上の Key-Value Store のデータ構造のための IoT 向け低消費電力マイクロアーキテクチャの評価", 情報処理学会第 79 回全国大会講演論文集, Vol.2017, No.1, pp.59-60 (2017).
- [3] 太田 洋, 本橋 信也, 河野 達也, 鶴見 利章, "NoSQL の基礎知識", ISBN978-4-89797-887-1, (2012).
- [4] Brian F. Cooper, et al. "Benchmarking Cloud Serving System with YCSB", Proceedings of the 1st ACM symposium on Cloud computing, pp.143-154, (2010).
- [5] Thoziyoor Shyamkumar, et al. "A comprehensive memory modeling tool and its application to the design and analysis of future memory hierarchies." ISCA'08. 35th International Symposium on. IEEE, pp.51-62, (2008).