

М. А. Сибиряков

Способы повышения производительности систем хранения данных

Аннотация. В статье рассматриваются основные способы повышения производительности систем хранения данных (СХД).

Определяется направление совершенствования высокопроизводительных СХД (ВСХД).

Ключевые слова и фразы: системы хранения данных, кэш-память.

Введение

Система хранения данных представляет собой сложный аппаратно-программный комплекс, реализующий функции надежного хранения информации (рис. 1). Первые архитектуры таких систем стали появляться в начале 90-х годов прошлого века. Тогда элементная база уже была достаточно развита для возможности создания подобных систем.

Требования к производительности СХД постоянно растут в связи с быстрым увеличением объемов хранимой информации и потребностью в обеспечении быстрого доступа к ней [1–3]. Создается потребность в новых решениях: в разработке новых архитектур, компонентов и более совершенных методов алгоритмов обработки данных в системах хранения. Поэтому основной целью данной публикации является анализ основных способов повышения производительности СХД для определения наиболее актуального направления исследований в этой области.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-37-00153_мол_а «Исследование особенностей доступа к распределенным хранилищам данных в коммутационной сети PCI Express»).

© М. А. Сибиряков, 2016

© Поволжский государственный технологический университет, 2016

© Программные системы: теория и приложения, 2016

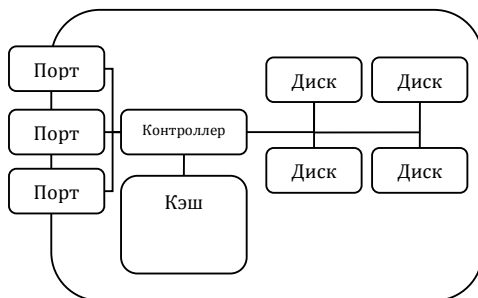


Рис. 1. Базовая структура СХД

1. Производительность систем хранения данных

Производительность любой СХД определяется параметром IOPS (числом операций ввода вывода в секунду, которое способна обработать СХД) и временем отклика системы [6, 8, 10, 11]. Данные параметры зависят от архитектурных особенностей системы и от характеристик ее компонент.

Существует два основных способа повышения производительности СХД [2]:

- применение более быстрых систем и компонентов;
- разработка улучшенных алгоритмов обработки.

В основном производительность подобных систем повышается первым способом, за счет использования более быстрых и производительных компонентов (таких как процессоры, коммутационные структуры и др.), за счет увеличения их числа и наращивания объемов кэш-памяти [1–3]. Причиной этого является получение быстрой коммерческой выгоды компаниями-разработчиками за счет модернизации и масштабирования уже существующих систем. Это самый простой путь, в отличие от исследований в области разработки алгоритмов обработки, которые требуют больших затрат и большего времени на коммерческую отдачу.

1.1. Кэш-память в СХД

В любых вычислительных системах память всегда являлась узким местом в плане производительности. Также и в системах хранения данных кэш-память является основным компонентом, влияющим на производительность всей системы.

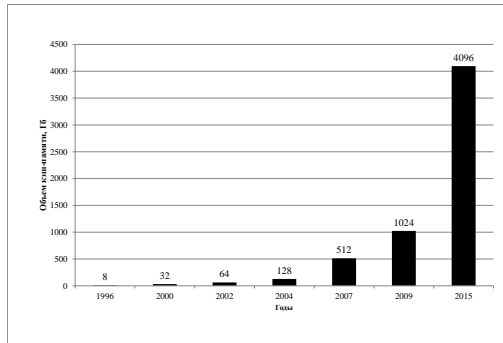


Рис. 2. Тенденция роста объема кэша в ВСХД

Рассмотрим основные параметры, влияющие на производительность подсистемы кэш-памяти. Производительность кэш-памяти определяется следующим образом [5]:

$$T_{\text{average}} = T_{\text{hit}} + \text{MissRate} * T_{\text{miss}},$$

где T_{average} — среднее время доступа к памяти, T_{hit} — время доступа при кэш-попадании, MissRate — доля промахов при обращении к кэш-памяти, T_{miss} — время выборки данных из основной памяти (RAM, HDD).

Соответственно, чем меньше значение параметра T_{average} , тем выше производительность и эффективность работы кэш-памяти.

Для повышения скорости доступа к данным (т.е. снижения среднего времени доступа) необходимо:

- Уменьшение параметра MissRate . Данный параметр зависит от организации кэш-памяти (ассоциативность, размер блока), от ее объемов, алгоритмов вытеснения данных.
- Уменьшение параметров T_{hit} и T_{miss} . Они зависят от используемой аппаратной логики. Параметр T_{hit} в большей степени зависит от алгоритмов поиска данных в кэш-памяти.

При обработке больших объемов информации именно кэширование позволяет значительно увеличить скорость доступа к данным, а, следовательно, повысить производительность кэш-памяти и системы хранения данных в целом [9].

Таблица 1. Сравнение кэш-памяти процессора и СХД

Параметры	Кэш-память процессора	Кэш-память СХД
Объем	8 Кб < L1 < 128 Кб	До 4096 Гб
	128 Кб < L2 < 1 Мб	
	1 Мб < L3 < 10 Мб	
Тип памяти	Регистровая, SDRAM	DRAM
Размер строки (блока)	16, 32, 64 байта Кэш_строка ↔ П_блок	4 Кб Кэш_сегмент ↔ Диск_трэк

В первую очередь это касается высокопроизводительных СХД. Они обеспечивают очень большие объемы кэш-памяти. Однако, несмотря на то, что существует тенденция наращивания объемов кэш-памяти (в современных ВСХД кэш-память достигает объема в 4 Тб, рис. 2), существует проблема эффективного использования ее ресурсов [1, 2, 7].

1.2. Сравнение с кэш-памятью процессора

Кэш-память СХД значительно отличается от кэш-памяти процессора. Главными отличиями являются: размер кэш-памяти, тип памяти и размер блока (таблица 1).

Для эффективного использования кэш-памяти процессора достаточно использование алгоритмов вытеснения данных (в основном используются LRU, FIFO и псевдо-LRU) [4, 7, 12]. В то время как для систем хранения данных необходимы более сложные методы управления кэш-памятью, поскольку кэш-память разделяется несколькими внешними хост-узлами. Требуется разграничение кэша между ними, приоритетный доступ и правильное использование структур данных для эффективной работы алгоритмов вытеснения данных. Все это реализуется с использованием индексных таблиц, эффективных алгоритмов поиска данных.

Заключение

Постоянное наращивание и масштабирование компонент не является единственным способом повышения производительности СХД. Необходимо также развивать и алгоритмы обработки данных.

С точки зрения развития архитектур СХД важным является совершенствование подсистемы кэш-памяти. Повышение эффективности работы кэш-памяти позволит увеличить производительность СХД.

Наиболее перспективными в плане исследования и разработок в этой области являются: методы управления кэш-памятью, алгоритмы заещения и поиска данных в ней.

Список литературы

- [1] Е. С. Васяева, М. А. Сибиряков. «Особенности развития высокопроизводительных систем хранения данных», *Научному прогрессу творчество молодых*, Сборник тезисов VIII Международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. Т. 2, Изд-во ПГТУ, Йошкар-Ола, 2013, с. 152–153. ↑^{27,28,30}
- [2] М. А. Сибиряков, Е. С. Васяева. «Сравнительный анализ основных моделей интеллектуальных систем хранения данных в процессе их эволюции», *Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе*, Сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции. Т. 1, Изд-во ПГТУ, Йошкар-Ола, 2012, с. 99–105. ↑^{27,28,30}
- [3] M. Farley. *Building Storage Networks*, second edition, The McGraw-Hill Companies, Inc., 2001, 596 p. ↑^{27,28}
- [4] J. L. Henessy, D. A. Patterson. *Computer Architecture Quantitative Approach*, fourth edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2007, 676 p. ↑³⁰
- [5] J. Bruce, W. Ng Spencer, D. T. Wang. *Memory Systems Cache, Dram, Disk*, Morgan Kaufmann Publishers, 2008, 982 p. ↑²⁹
- [6] J. Krischer. *White paper: Storage is Still Not a Commodity: an Updated Comparison of High End Storage Subsystems*, Associates GmbH, 9 August 2009, 24 p. ↑²⁸
- [7] К. Касперски. *Подсистема кэш-памяти как она есть* (дата обращения 19.06.2014), URL: http://kpsc.opennet.ru/hw_cach.pdf ↑³⁰
- [8] *Calculating the max IOPS* (дата обращения 18.06.2014), URL: http://wikibon.org/wiki/v/Calculating_the_max_IOPS ↑²⁸
- [9] А. Храмов. «Технологические тенденции в области систем хранения данных», *Rational Enterprise Management*, 2010, №3, URL: http://www.remmag.ru/admin/upload_data/remmag/10-3/Verysell.pdf ↑²⁹
- [10] *Что такое IOPS и что он показывает* (дата обращения 18.06.2014), URL: <http://pc-hard.ru/hardarticles/87-what-is-iops.html> ↑²⁸
- [11] Д. Серов. *Cache Hit и производительность СХД*, 2012 (дата обращения 18.06.2014), URL: <http://denserov.com/2012/09/29/> ↑²⁸
- [12] *Intel® 64 and IA-32 Architectures Optimization Reference Manual*, Intel (дата обращения 19.06.2014), URL: <http://www.intel.com/content/dam/doc/manual/64-ia-32-architectures-optimization-manual.pdf> ↑³⁰

Рекомендовал к публикации

Программный комитет

Четвёртого национального суперкомпьютерного форума **НСКФ-2015**

Об авторе:

Максим Андреевич Сибиряков

Аспирант ПГТУ, 25 лет. Разработки: алгоритмы обработки данных в кэш-памяти систем хранения данных

e-mail:

maxover777@bk.ru

Пример ссылки на эту публикацию:

М. А. Сибиряков. «Способы повышения производительности систем хранения данных», *Программные системы: теория и приложения*, 2016, 7:2(29), с. 27–34. URL: http://psta.psir.ru/read/psta2016_2_27-34.pdf

Maksim Sibiryakov. *Ways of increasing productivity storage systems.*

ABSTRACT. The article discusses the main ways to improve the performance of storage systems.

The direction of improvement of high-end storage systems is defined. (*In Russian*).

Key words and phrases: storage system, cache-memory.

References

- [1] E. S. Vasyayeva, M. A. Sibiryakov. “Features of development of high-end storage systems”, *Nauchnomu progressu tvorchestvo molodykh*, Sbornik tezisov VIII Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii po yestestvennonauchnym i tekhnicheskim distsiplinam. V. 2, Izd-vo PGTU, Yoshkar-Ola, 2013, pp. 152–153 (in Russian).
- [2] M. A. Sibiryakov, E. S. Vasyayeva. “Comparative analysis of the main models of intelligent storage systems in the course of their evolution”, *Informatsionnyye tekhnologii v professional’noy deyatel’nosti i nauchnoy rabote*, Sbornik tezisov Vserossiyskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. V. 1, Izd-vo PGTU, Yoshkar-Ola, 2012, pp. 99–105 (in Russian).
- [3] M. Farley. *Building Storage Networks*, second edition, The McGraw-Hill Companies, Inc., 2001, 596 p.
- [4] J. L. Henessy, D. A. Patterson. *Computer Architecture Quantitative Approach*, fourth edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2007, 676 p.
- [5] J. Bruce, W. Ng Spencer, D. T. Wang. *Memory Systems Cache, Dram, Disk*, Morgan Kaufmann Publishers, 2008, 982 p.
- [6] J. Krischer. *White paper: Storage is Still Not a Commodity: an Updated Comparison of High End Storage Subsystems*, Associates GmbH, 9 August 2009, 24 p.
- [7] K. Kasperski. *The cache memory subsystem as it is* (data obrashcheniya 19.06.2014) (in Russian), URL: http://kpsc.opennet.ru/hw_cach.pdf
- [8] *Calculating the max IOPS* (data obrashcheniya 18.06.2014), URL: http://wikibon.org/wiki/v/Calculating_the_max_IOPS
- [9] A. Khramtsov. “Tekhnologicheskiye tendentsii v oblasti sistem khraneniya dannykh”, *Rational Enterprise Management*, 2010, no.3 (in Russian), URL: http://www.remmag.ru/admin/upload_data/remmag/10-3/Verysell.pdf
- [10] *Chto takoye IOPS i chto on pokazyvayet* (data obrashcheniya 18.06.2014) (in Russian), URL: <http://pc-hard.ru/hardarticles/87-what-is-iops.html>
- [11] D. Serov. *Cache Hit i proizvoditel’nost’ SKhD*, 2012 (data obrashcheniya 18.06.2014) (in Russian), URL: <http://denserov.com/2012/09/29/>
- [12] *Intel® 64 and IA-32 Architectures Optimization Reference Manual*, Intel (data obrashcheniya 19.06.2014), URL: <http://www.intel.com/content/dam/doc/manual/64-ia-32-architectures-optimization-manual.pdf>

Sample citation of this publication:

Maksim Sibiryakov. “Ways of increasing productivity storage systems”,
Program systems: theory and applications, 2016, **7**:2(29), pp. 27–34. (*In Russian*).

URL: http://psta.psiras.ru/read/psta2016_2_27-34.pdf