

Технология Adaptec maxCache™ 3.0 кэширования чтения и записи на твердотельных накопителях SSD позволяет уменьшить задержки и добиться 44-кратного повышения производительности приложений

Основные положения

Для поддержки крупномасштабных приложений (таких как базы данных, Microsoft Exchange Server, оперативная обработка транзакций, высокопроизводительные вычисления, обслуживание веб-сайтов и систем массового хранения файлов) современным центрам обработки данных (ЦОД) и облачным вычислительным средам требуется повышение производительности ввода-вывода и сокращение задержек. В данной технической статье основное внимание уделено возможностям повышения производительности за счет применения в ЦОД решений кэширования на SSD Adaptec maxCache 3.0, а также возможностям сокращения расходов, которого можно достичь за счет повышения производительности приложений.

Накопители SSD могут до 100 раз превосходить жесткие диски HDD по производительности ввода-вывода и средней задержке при выполнении операций случайного чтения/записи. Adaptec maxCache использует эти преимущества, применяя накопители SSD для кэширования часто используемых данных (также называемых «горячими») при выполнении операций чтения и записи.

Преимущества производительности и финансовых выгод от использования maxCache 3.0 показаны на примере контроллеров Adaptec Series 7Q (6 Гб/с) путем сопоставления уровней производительности при использовании сценария Iometer с рабочей нагрузкой, состоящей только из операций чтения, а также сценария оперативной обработки транзакций на контроллере Adaptec RAID с ПО maxCache 3.0 и без него. Полученный прирост производительности, представленный в количественной форме, можно учесть при подсчете совокупной стоимости владения, который обобщает возможную экономию капитальных и эксплуатационных затрат.

Показатели производительности

Повышение производительности приложений, сокращение задержек, увеличение количества пользователей, обслуживаемых одним сервером, — это ключевые требования к ЦОД и облачным вычислительным средам.

В сравнительных тестах, разработанных для иллюстрации расчетных максимальных преимуществ maxCache 3.0, использовался сценарий, где все данные поступали через кэш SSD, поддерживаемый системой maxCache (коэффициент обращений к кэш-памяти 100 %). Результаты применения этого сценария сравнивались с показателями работы массива RAID, состоящего из восьми дисков SAS HDD со скоростью вращения 10 000 об/мин, без кэширования. Сравнение дало следующие результаты:

- **повышение производительности в IOPS до 44 раз** при высокой интенсивности операций чтения в RAID 0;
- **повышение производительности в IOPS до 31 раза** при высокой интенсивности операций чтения в RAID 5;
- **уменьшение задержки до 44 раз** при высокой интенсивности операций чтения в RAID 0;
- **уменьшение задержки до 31 раза** при высокой интенсивности операций чтения в RAID 5.

При стандартных условиях, когда сценарий работы maxCache включает данные, поступающие как от SSD, так и от HDD, решение maxCache также дает значительные преимущества по сравнению с массивами, включающими только HDD:

- **повышение производительности в IOPS в 4 раза** при смешанной нагрузке в RAID 5;
- **уменьшение задержки в 4 раза** при смешанной нагрузке в RAID 5;
- **7-кратное повышение доступной емкости сервера** и значительное снижение расходов в расчете на гигабайт и операцию ввода-вывода.

Введение

Для ЦОД и облачных вычислительных сред требуется применение серверов, настроенных для работы определенных приложений и обеспечивающих высокую плотность размещения в целях предоставления конечным пользователям высокого качества обслуживания (QoS). Обычно развертывание таких серверов выполняется с учетом требований конкретных приложений (например, обслуживание веб-сайтов и систем массового хранения файлов, базы данных, оперативная обработка транзакций, Microsoft Exchange Server и высокопроизводительные вычисления). Заказчики таких приложений для ЦОД и облачных сред обычно подписывают соглашения об уровне обслуживания (SLA), которые обязывают операторов обеспечивать оговоренные уровни надежности, доступности и удобства эксплуатации, а также производительности. Для выполнения этих требований операторы ЦОД развертывают серверы с высокой производительностью ввода-вывода и высоким количеством операций ввода-вывода в секунду (IOPS), которые настраиваются под конкретные приложения, чтобы обеспечить соответствие положениям SLA. Нарушение условий соглашения SLA может повлечь за собой выплату больших штрафов оператором ЦОД, не говоря уже о негативной реакции заказчика.

Помимо выполнения требований SLA, из-за бюджетных ограничений при развертывании ЦОД необходимо увеличивать количество обслуживаемых одним сервером пользователей, чтобы снизить стоимость обслуживания в расчете на пользователя, а также сократить капитальные и эксплуатационные затраты на дополнительное оборудование.

При увеличении количества конечных пользователей, обслуживаемых одним сервером, увеличиваются задержки и снижается производительность в IOPS в расчете на пользователя. Поскольку обе эти проблемы возникают задолго до исчерпания объема накопителей, операторы ЦОД и облачных вычислительных сред вынуждены устанавливать дополнительные серверы для сохранения надлежащих уровней обслуживания, даже если емкость накопителей используемых серверов достаточна для поддержки большего количества пользователей. В результате коэффициент использования накопителей снижается, а капитальные и эксплуатационные затраты (в частности, издержки на техническое обслуживание, электропитание и охлаждение) возрастают соразмерно увеличению требуемых физических площадей. Кроме того, для выполнения требований соглашения SLA, связанных с временем отклика и доступностью, а также для

Adaptec maxCache 3.0

2

увеличения количества обслуживаемых пользователей с целью снижения стоимости обслуживания операторы настраивают на серверах функцию записи данных в кэш-память системы без учета того факта, что пользователи осуществляют доступ к разным данным с разной частотой. Например, веб-серверы обращаются к начальным страницам размещенных на них веб-сайтов гораздо чаще, чем к остальным страницам.

Приложения электронной коммерции запрашивают изображения часто просматриваемых («горячих») товаров гораздо чаще остальных («холодных») товаров и чаще обрабатывают продажи таких «горячих» товаров.

Но риски связаны не только с соблюдением требований SLA. Все чаще конечные пользователи и заказчики отказываются от использования ресурсов из-за увеличения задержек и снижения производительности в IOPS. Согласно данным исследовательской компании Equation Research:*

- 78 % посетителей сайтов уходят на сайты конкурентов из-за низкой скорости работы в периоды максимальной активности;
- 88 % посетителей скорее всего не вернутся на сайт, если при его использовании у них возникли проблемы;
- 47 % посетителей покидают такой сайт, изменяя свое отношение к компании-владельцу на более негативное.

Плохо функционирующий веб-сайт может привести к финансовым убыткам, которые можно измерить. Например, компания Amazon обнаружила, что задержка всего лишь в 0,1 секунды снижает выручку от продаж на 1 %.*

Компании, которые решат проблему задержек, будут вознаграждены. Например, компания Shopzilla сообщает, что повышение скорости загрузки веб-сайта на пять секунд привело к увеличению количества просмотров страниц на 25 % и росту выручки на 12 %; крупные финансовые учреждения используют полусекундное преимущество в скорости для выполнения миллионов запросов в секунду и получают рекордные прибыли.*

Технология, которая обеспечивает быстрый отклик для «горячих» данных при хранении больших объемов «холодных» данных, будет способствовать прямой экономии за счет уменьшения количества требуемых серверов. Другими словами, любое улучшение производительности ввода-вывода на сервере увеличивает количество пользователей в расчете на сервер и сокращает издержки в расчете на пользователя. Технология, которая обеспечит такое повышение производительности и при этом увеличит эффективный объем хранения в расчете на сервер, будет способствовать еще большему снижению издержек в расчете на пользователя и увеличению количества пользователей, обслуживаемых каждым сервером.

Механизм кэширования на SSD Adaptec maxCache 3.0 отвечает требованиям ЦОД и облачных вычислительных сред с высокой интенсивностью ввода-вывода. Это решение позволяет превратить стандартные для отрасли серверы в рентабельные, высокопроизводительные, горизонтально масштабируемые системы, которые улучшают важные показатели использования, производительности и издержек.

0 решениях кэширования на SSD Adaptec maxCache

Сочетание программного обеспечения кэширования на SSD Adaptec maxCache с использованием SSD в качестве кэш-памяти позволяет значительно повысить производительность ввода-вывода

и снизить издержки без нарушения текущих операций. Фактически эта система устраняет проблемы с производительностью, которые могут возникать между процессорами, памятью и накопителями.

SSD обладает рядом преимуществ по сравнению с HDD, включая более широкую пропускную способность при чтении, более высокую производительность в IOPS, повышенную механическую надежность (благодаря отсутствию движущихся деталей) и устойчивость к ударам и вибрациям. Однако те же особенности (например, использование флэш-памяти), которые предоставляют эти преимущества по сравнению с HDD, сопровождаются рядом принципиальных ограничений, таких как ограниченная емкость и меньшая производительность последовательной записи. Кроме того, срок службы SSD напрямую зависит от количества выполненных на нем операций записи.

Чтобы использовать преимущества SSD в обход ограничений, при кэшировании на SSD maxCache обеспечивается значительное повышение производительности как при чтении, так и при записи. Алгоритм Learned-Path (патентная заявка на этот алгоритм находится на стадии рассмотрения) выявляет часто запрашиваемые данные и оптимизирует операции чтения и записи, помещая копии таких данных непосредственно в SSD-кэш для быстрого доступа к ним при последующих запросах. Хранение в SSD-кэше только «горячих» данных обеспечивает оптимальное соотношение между производительностью и емкостью SSD. Используя свое уникальное положение в тракте передачи данных для создания «пула кэширования» «горячих» данных, программное обеспечение кэширования на SSD maxCache 3.0 может обеспечить существенное повышение производительности в сравнении с системами, состоящими только из HDD (рис. 1).

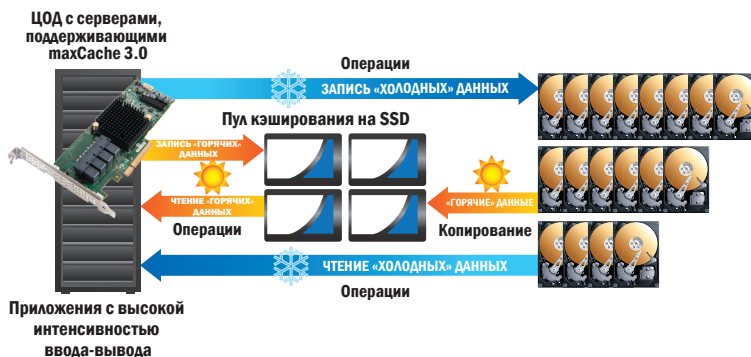


Рис. 1. Развертывание Adaptec maxCache 3.0

Усовершенствования алгоритма Learned-Path в maxCache 3.0 улучшили работу функции чтения из кэша для поддержки сценариев с использованием пула кэширования без избыточности (уровень RAID 0). В этом случае отказ SSD не повлияет на доступность данных, если HDD объединены в избыточный массив RAID, поскольку все данные будут по-прежнему храниться на дисках HDD массива RAID.

В Adaptec maxCache 3.0 также была реализована функция кэширования с отложенной записью. Благодаря записи кэшированных данных в пул кэширования SSD с избыточностью (уровни RAID 1E или RAID 5) maxCache 3.0 использует предоставляемые SSD возможности повышения производительности и сокращения задержек при выполнении операций чтения и записи.

* «When more Website visitors hurt your business: Are you ready for peak traffic?» (Когда большой поток посетителей на веб-сайте вредит бизнесу: готовы ли вы к пиковым нагрузкам?), исследование компании Equation Research, 2010 г.

Adaptec maxCache 3.0

Благодаря расширению сферы применения кэширования на SSD maxCache 3.0 можно применять в крупных ЦОД, что дает дополнительные финансовые преимущества и при этом оптимизирует структуру оборудования и способ его установки. Кроме того, в maxCache 3.0 реализована новая функция оптимального использования емкости дисков ODU. Поскольку емкость накопителей SSD продолжает возрастать, использование всей их емкости в качестве пула кэширования становится неэффективным. Благодаря функции ODU накопители SSD можно разделить на пул кэширования и логическое устройство (рис. 2). В отличие от пула кэширования, логический раздел открыт для операционной системы, поэтому его можно использовать в качестве раздела загрузки ОС или для хранения других данных, к которым нужен быстрый доступ с минимальными задержками.

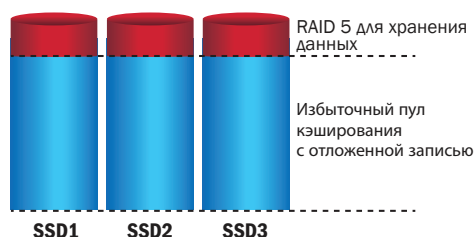


Рис. 2. Функция оптимального использования емкости дисков ODU Adaptec maxCache 3.0

Сравнение Adaptec maxCache 3.0 со стандартными SSD и картами флэш-памяти на шине PCIe

Флэш-накопители становятся все более доступными и находят все более широкое применение в вычислительных средах, но их не следует путать с решениями на базе maxCache 3.0.

Чтобы достичь максимальной производительности при использовании обычного SSD или карты флэш-памяти на шине PCIe, приложения требуется настроить таким образом, чтобы данные, требующие более высокой производительности в IOPS, хранились на высокопроизводительном SSD или на карте флэш-памяти. Для этого администратор должен достаточно хорошо разбираться в конкретном приложении, чтобы вручную настроить его для маршрутизации определенных данных на накопители SSD.

Adaptec maxCache устраняет потребность в ручной настройке с учетом специфики приложений благодаря автоматическому и прозрачному анализу и маршрутизации считываемых и записываемых данных.

Кроме того, maxCache 3.0 предлагает гибкие возможности, недоступные картам флэш-памяти на шине PCIe. При использовании maxCache 3.0 конечный пользователь может выбрать SSD, показатели производительности и долговечность по записи которого соответствуют требованиям приложения. В случае отказа SSD maxCache можно легко заменить. В свою очередь, при отказе части флэш-памяти на шине PCIe потребуются заменить всю флэш-карту.

Рекомендованные SSD для Adaptec maxCache 3.0

Ввиду большого объема данных, записываемых на SSD в сценариях кэширования записи, для использования maxCache 3.0 потребуются SSD корпоративного класса. В отличие от SSD потребительского класса, которые применяются в персональных устройствах, включая планшеты, ноутбуки и настольные компьютеры, SSD корпоративного класса обладают повышенной долговечностью по записи (количество циклов записи, которое выдерживает блок флэш-памяти до выхода из строя), допускают более жесткий режим работы (сравните круглосуточную работу устройства в ЦОД

и работу персонального компьютера сотрудника компании, который использует его 8 часов в сутки по рабочим дням) и выдерживают более сложные условия эксплуатации.

В сценариях кэширования данных только для операций чтения количество циклов записи не так велико. В этом случае также рекомендуется использовать SSD корпоративного класса, но здесь можно выбрать менее дорогие модели, например, модели с меньшим количеством резервных ячеек или пониженной долговечностью по записи.

Методика тестирования

Для оценки преимуществ решений для кэширования на SSD Adaptec maxCache 3.0 применялась аналитическая программа Iometer. В ходе тестов базовая комбинация, включающая контроллер Adaptec RAID Series 7Q и диски HDD, сравнивалась с аналогичной комбинацией, в которую были добавлены SSD и maxCache.

Производительность кэширования чтения — RAID 0

Приложения с высокой интенсивностью операций чтения (например, веб-серверы, файловые серверы, приложения электронной коммерции) демонстрируют гораздо лучшие показатели при использовании maxCache 3.0, обеспечивая значительный прирост производительности в IOPS.

Для RAID 0 применение maxCache обеспечило 44-кратное повышение производительности в IOPS по сравнению с массивами, состоящими только из HDD (рис. 3).

Сравнение производительности в RAID 0 при 100% нагрузке Iometer, состоящей из операций случайного чтения:

- Конфигурация только с HDD: десять HDD SAS 6 Гбит/с, 7200 об/мин, 500 ГБ каждый; RAID 0.
- Конфигурация с Adaptec maxCache 3.0: десять HDD SAS 6 Гбит/с, 7200 об/мин, 500 ГБ каждый; шесть SSD SATA 6 Гбит/с, 50 ГБ каждый; RAID 0.

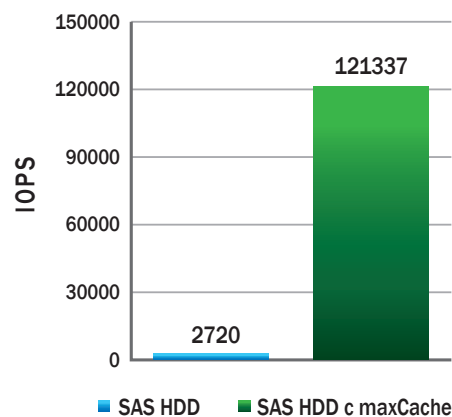


Рис. 3. 44-кратное повышение производительности в IOPS при использовании maxCache 3.0

Производительность кэширования чтения — RAID 5

Для RAID 5 применение maxCache обеспечило при кэшировании чтения 31-кратное повышение производительности в IOPS по сравнению с массивами, состоящими только из HDD (рис. 4).

Сравнение производительности в RAID 5 при 100% нагрузке Iometer, состоящей из операций случайного чтения:

- Конфигурация только с HDD: десять HDD SAS 6 Гбит/с, 7200 об/мин, 500 ГБ каждый; RAID 5.

Adaptec maxCache 3.0

- Конфигурация с Adaptec maxCache 3.0: десять HDD SAS 6 Гбит/с, 7200 об/мин, 500 ГБ каждый; шесть SSD SATA 6 Гбит/с, 50 ГБ каждый; RAID 5.

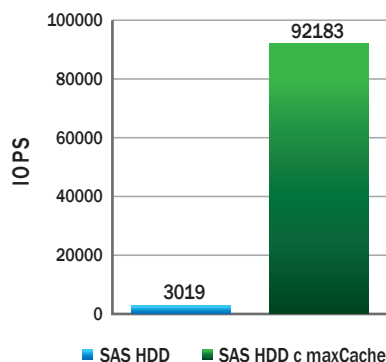


Рис. 4. 31-кратное повышение производительности в IOPS при использовании maxCache 3.0

Производительность кэширования записи

Благодаря усовершенствованной поддержке кэширования записи maxCache 3.0 улучшает показатели приложений с высокой интенсивностью ввода-вывода при смешанных рабочих нагрузках, таких как оперативная обработка транзакций, Microsoft Exchange Server и в средах высокопроизводительных вычислений. Применение maxCache 3.0 в этих сценариях обеспечивает значительное повышение производительности и позволяет применять серверы со значительно большим потенциалом наращивания емкости.

В результате этого изменения доступная емкость системы увеличилась с 2,4 ТБ до 18 ТБ. Такое 7-кратное увеличение емкости существенно снижает затраты ЦОД в расчете на один гигабайт и на одну операцию ввода-вывода.

Производительность кэширования записи — RAID 5

На RAID 5 maxCache обеспечивает при кэшировании записи 4-кратное увеличение числа IOPS по сравнению с массивами только на HDD (рис. 5).

Сравнение производительности RAID 5 под нагрузкой Iometer 100% случайное чтение/запись.

- Конфигурация только с HDD: десять HDD SAS 6 Гбит/с, 7200 об/мин, 500 ГБ каждый; RAID 5.
- Конфигурация с Adaptec maxCache 3.0: десять HDD SAS 6 Гбит/с, 7200 об/мин, 500 ГБ каждый; шесть SSD SATA 6 Гбит/с, 50 ГБ каждый; RAID 5

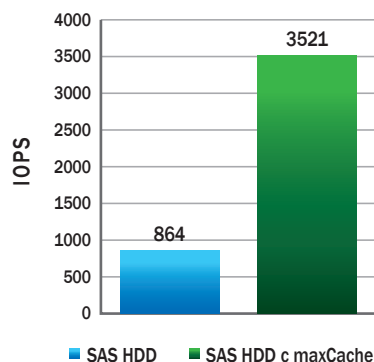


Рис. 5. 4-кратное повышение производительности в IOPS при использовании maxCache 3.0

Реальное влияние maxCache на капитальные и эксплуатационные затраты

Представленные данные тестов отражают теоретическое максимальное повышение производительности в сценариях, включающих только чтение или только запись в кэш SSD. Однако на практике только некоторые данные являются «горячими» и считываются или записываются в кэш SSD. Поэтому в большинстве случаев реальное повышение будет меньше максимальных показателей, которые обсуждались выше.

Среды с использованием только операций чтения

Для расчета экономии от применения maxCache 3.0 в реальной среде предположим, что 90 % данных являются «горячими» (считываются с SSD), а 10 % — «холодными» (считываются с HDD).

В таких условиях максимальная производительность приложения определяется временем, которое требуется более медленным HDD для обработки своих 10 % данных.

Предположим также, что накопители SSD выполняют операции случайного чтения в 9 раз быстрее, чем диски HDD. Таким образом, решение maxCache 3.0 может обеспечить 9-кратное увеличение производительности за счет считывания «горячих» данных по сравнению с массивами, состоящими только из HDD.

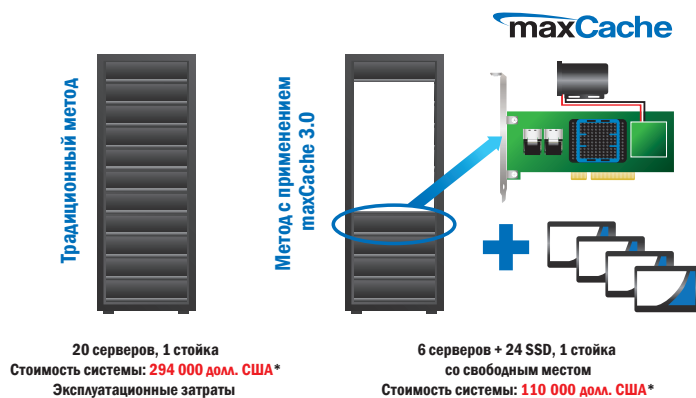
Среды со смешанной нагрузкой

В сценариях со смешанной рабочей нагрузкой для RAID 5 представленные выше оценки реального улучшения производительности показывают, что применение maxCache 3.0 обеспечивает 4-кратное повышение производительности в IOPS и 4-кратное сокращение задержек по сравнению с массивами, состоящими только из HDD.

Поэтому благодаря применению maxCache 3.0 ЦОД и облачные вычислительные среды могут обслуживать то же количество пользователей и выполнять такое же количество транзакций в секунду, используя лишь четверть имеющейся серверной инфраструктуры, включающей только HDD.

Таким образом, повышение производительности снижает объем капитальных затрат компании, что в свою очередь способствует более эффективному использованию оборудования и сокращению площадей, которые требуются для размещения серверов ЦОД.

Уменьшение количества серверов дает дополнительную финансовую выгоду: сокращаются соответствующие эксплуатационные затраты на электропитание, охлаждение и обслуживание, в результате чего снижается совокупная стоимость владения (рис. 6).



*При оценочной стоимости аппаратного блока в 15 000 долларов США и отсутствии платы за лицензии на программное обеспечение.

**При оценочном энергопотреблении 800 Вт на сервер и средней стоимости электроэнергии 0,11 доллара США за кВтч.

Рис. 6. Окупаемость инвестиций в оборудование

Adaptec maxCache 3.0

С учетом продемонстрированного выше повышения производительности может оказаться предпочтительным использовать массив RAID, состоящий только из SSD вместо сочетания SSD и HDD. Однако следует учитывать, что емкость стандартных SSD пока еще мала по сравнению с HDD, что значительно повышает затраты в расчете на гигабайт. Добавление слишком большого количества накопителей SSD может значительно повысить капитальные затраты.

Система maxCache 3.0 обеспечивает оптимальный баланс между производительностью SSD и емкостью HDD для решения уникальных задач, с которыми сталкиваются операторы ЦОД и облачных вычислительных сред. Применение Adaptec maxCache 3.0 позволяет ЦОД по-прежнему использовать преимущества HDD большой емкости и в то же время повысить производительность ввода-вывода на SSD.

Выводы

Операторы ЦОД и приложения облачных вычислений вынуждены постоянно повышать производительность серверов, чтобы обеспечить соответствие своей инфраструктуры потребностям высокопроизводительных приложений и растущего контингента пользователей.

При этом ограничения по площади, электропитанию и охлаждению вынуждают ЦОД к поиску оборудования, обеспечивающего максимально возможную экономию средств, электроэнергии и занимаемой площади, и в то же время позволяющего увеличить производительность в IOPS и возможность рабочей нагрузки на сервер.

Как показали рассмотренные выше тесты, применение maxCache 3.0 позволяет исключить узкие места, связанные с задержками и недостаточной скоростью ввода-вывода, и обеспечить 44-кратное повышение производительности серверов, используемых в качестве платформы для веб-серверов и приложений электронной коммерции. Такой потенциал роста производительности позволяет ЦОД заменить одним сервером с maxCache 3.0 сорок четыре «стандартных» сервера, а также значительно сократить капитальные и эксплуатационные затраты.

Кроме того, Adaptec maxCache 3.0 позволяет заменить SAS HDD на диски SATA HDD большей емкости, что обеспечивает повышение производительности приложений и доступной емкости, позволяя операторам ЦОД улучшить окупаемость своих инвестиций в оборудование.

Используя кэширование maxCache 3.0 на SSD, Adaptec by PMC помогает решать сложные бизнес-задачи, с которыми сталкиваются ЦОД следующего поколения, а также способствует расширению применения облачных вычислений, сокращая при этом расходы на помещения и финансовые затраты.

Примечание: Тестирование проводилось на RAID контроллерах Adaptec Series 7Q (6 Гбит/с). Мы ожидаем, что те же преимущества относятся и к новым RAID контроллерам Series 8Q/8ZQ (12 Гбит/с).

Основные преимущества maxCache 3.0

Контроллеры внешней памяти Adaptec Series 7Q с кэшированием maxCache 3.0 на SSD обеспечивают перечисленные ниже преимущества.

- **44-кратное увеличение скорости по сравнению с системами, состоящими только из HDD.** Программное обеспечение кэширования на SSD Adaptec maxCache 3.0 реализует усовершенствованный алгоритм Learned-Path, который выявляет часто используемые («горячие») данные и повышает производительность приложений за счет копирования этих данных в пул кэширования SSD для быстрого извлечения при последующих запросах.
- **Возможность кэширования записи.** Программное обеспечение кэширования на SSD Adaptec maxCache 3.0 обеспечивает возможность кэширования записи с целью повышения производительности приложений. Кроме того, Adaptec maxCache 3.0 использует преимущества SSD по скорости выполнения операций записи для дополнительного повышения производительности приложений.
- **Сокращение капитальных и эксплуатационных затрат.** Кэширование на SSD Adaptec maxCache позволяет уменьшить капиталовложения за счет повышения производительности в IOPS с одновременным сокращением количества оборудования. При этом существенно снижаются эксплуатационные расходы на электропитание и обслуживание.
- **Снижение стоимости и повышение гибкости при выборе SSD.** Контроллеры Adaptec Series 7Q с кэшированием на SSD maxCache 3.0 позволяют использовать в качестве кэша любые SSD корпоративного класса, расширяя спектр потенциальных поставщиков и сокращая расходы. Эти контроллеры сертифицированы для работы с новейшими моделями SSD корпоративного класса и позволяют повысить производительность, реализовать функции на уровне предприятия и увеличить продолжительность их работы.



PMC-Sierra, Inc.
1380 Bordeaux Dr.
Sunnyvale, CA 94089 USA
Телефон: +1 (408) 239-8000

Веб-сайт: www.adaptec.ru
Предпродажная поддержка: США и Канада: 1 (800) 442-7274, (408) 957-7274 или adaptecusa@pmcs.com
Великобритания: +44 1276 854 528 или uk_sales@pmcs.com
Германия: +49-89-45640621 или adaptecusa.germany@pmcs.com
Россия: +7 (495) 646-8132 или russia_sales@adaptec.com