

# МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ ВЫРАВНИВАНИЯ ИЗНОСА ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Миронюк И. С.

Татур М. М. - д-р техн. наук, профессор

В настоящее время широкое распространение получили твердотельные накопители на основе флэш-памяти. Такие устройства обладают целым рядом преимуществ по сравнению с другими типами энергонезависимой памяти, но также имеют и существенный недостаток – разрушение элементов памяти при многократных циклах стирание-запись [1]. Причем с увеличением плотности записи данных данный недостаток усугубляется.

Для борьбы с этим явлением разработаны различные алгоритмы выравнивания износа (wear leveling) [2]. Эти алгоритмы, как правило, реализуются как часть программного модуля трансляции флэш адресов (FTL - Flash Translation Layer). Выбор подходящих алгоритмов является нетривиальной задачей, а ограниченность объема доступной оперативной памяти, производительность процессора накопителя и другие факторы накладывают ещё большие ограничения. Актуальной задачей является автоматизация процесса оценки эффективности функционирования различных алгоритмов выравнивания износа. Определив количественный критерий эффективности, инженер может сравнить различные алгоритмы и выбрать из них оптимальный. В данной работе предлагается метод оценки эффективности алгоритмов выравнивания износа твердотельных накопителей, основанный на использовании программной модели накопителя.

В качестве количественного критерия эффективности алгоритмов выравнивания износа было выбрано максимальное количество произведенных операций стирания для блока памяти, так как именно эти операции приводят к деградации ячеек памяти. Данный показатель определяется после проведения эксперимента, заключающегося в выполнении многократных операций записи. Было определено, что достаточным является моделирование логики работы блока FTL и перенаправление операций записи/чтения данных в оперативную память компьютера, на котором производится моделирование. Причем моделирование деталей работы аппаратных блоков накопителя и соблюдение точных временных интервалов его работы не требуется.

Для проведения моделирования был использован симулятор VSSIM [3], изначально разработанный для оценки производительности твердотельных накопителей. Данный симулятор содержит в своем составе симулятор QEMU и дополнительный модуль, представляющий собой упрощенную модель накопителя. Моделирование работы управляющего накопителем устройства позволило провести тест, в точности воспроизводя типичные пользовательские запросы к накопителю.

Было проведено встраивание исследуемого программного кода блока FTL в исходный код симулятора, а также в него была добавлена возможность сбора статистики по износу. Тест представляет собой установку ОС на моделируемый накопитель и копирование больших объемов данных. В конце теста проводился поиск блока с наибольшим числом операций стирания, примененных к нему за время теста, и это число принималось как основной количественный критерий эффективности блока трансляции адресов.

Для верификации метода были протестированы пять модулей FTL из академического проекта OpenSSD [4]. Результаты оказались согласованы с теоретическими оценками эффективности алгоритмов износа данных модулей.

Таким образом, предложенный метод обладает необходимой степенью достоверности и может быть использован для оценки эффективности алгоритмов выравнивания износа твердотельных накопителей.

Следует, однако, отметить, что важным недостатком данного метода является относительно невысокая скорость моделирования, уступающая скорости работы физического аппаратного обеспечения. Критический износ моделируемого накопителя не может быть достигнут за приемлемое время тестирования. Требуется использовать экстраполяцию результатов износа. В тех случаях, когда требуется провести моделирование до критического износа, необходимо повышение производительности симулятора, вероятно, за счет упрощения модели управляющего накопителем устройства — например, использовать симуляторы, управляемые трассировочными данными (Trace driven simulator) [5].

Список использованных источников:

1. Boboila S., Desnoyers P. Write Endurance in Flash Drives: Measurements and Analysis / S. Boboila, P. Desnoyers // FAST'10 Proceedings of the 8th USENIX conference on File and storage technologies. – 2010. – С. 9.
2. Ban, A. Wear leveling of static areas in flash memory / A. Ban // United States Patent 6,732,221. – 2004.
3. Yoo J., Won Y. VSSIM: Virtual Machine based SSD Simulator / J. Yoo, Y. Won // Storage Conference. – 2013.
4. Lee S., Kim J. Understanding SSDs with the OpenSSD Platform / S. Lee, J. Kim // Sungkyunkwan University Conference. – 2012.
5. Anderson, B. Mass storage system performance prediction using a trace-driven simulator / B. Anderson // Mass Storage Systems and Technologies, Proceedings. 22nd IEEE/13th NASA Goddard Conference. – 2005. – С. 297-306.