

М. О. КОЛБАНЁВ, Е. Д. ПОЙМАНОВА, Т. М. ТАТАРНИКОВА

ФИЗИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОЦЕССА СОХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Рассматривается проблема экономии физических ресурсов при реализации информационного процесса сохранения данных. Предлагается модель для выбора базовой информационной технологии хранения исходя из характеризующих ее физических ресурсов — пространственных, временных и энергетических.

Ключевые слова: информационная технология, информационная услуга, сохранение данных, физические ресурсы информационных технологий, выбор информационной технологии.

Введение. Информатизация ставит новые задачи перед предприятиями сервиса [1]. Одной из таких задач является предоставление услуг по сохранению (долговременному хранению) данных в интересах юридических и физических лиц [2]. Суть процесса сохранения заключается в переносе данных во времени, что требует разработки соответствующих информационных технологий. Количественная мера, позволяющая оценить эффективность информационного процесса сохранения, может быть выражена с помощью физических ресурсов в единицах времени, пространства и энергии.

Рациональное управление физическими ресурсами позволяет повысить ценность информационных технологий и уменьшить затраты на их применение и в абсолютном, и в относительном измерении [3, 4].

Особенности и типы физических ресурсов. Известно, что люди хотят верить в существование вечного двигателя, но поскольку информация материальна, ее преобразование подчиняется законам физики, в соответствии с которыми движение в пространстве и времени требует энергии.

Физическая среда для преобразования данных использует три типа физических ресурсов.

1) Пространственные ресурсы — это геометрическая мера, которая определяет координаты и взаимное расположение в пространстве пользователей, данных и знаков информационной последовательности.

2) Временные ресурсы — это мера для сопоставления порядка следования и частоты (скорости) событий, изменяющих состояния данных и пользователей.

3) Энергетические ресурсы — это мера для оценки действий, которые необходимо совершить для преобразования знаков информационной последовательности в процессе информационного взаимодействия.

Физические ресурсы требуются не только в процессе информационной деятельности предприятий сервиса. Более того, объемы физических ресурсов, необходимых для функционирования информационных и материальных систем для сервисной деятельности, вполне сопоставимы. Например, самое большое в мире судно-контейнеровоз „Emma Maersk“ имеет площадь палубы $\sim 22\,220\text{ м}^2$; мощность энергетической установки 81 МВт, а скорость 25,6 узла (47,4 км/ч) позволяет ему пересекать океаны за 10—20 суток. Самый крупный в Европе центр обработки данных Сбербанк РФ занимает площадь $16\,500\text{ м}^2$, потребляет 25 МВт электроэнергии, а для перемещения хранимых в нем данных по каналу со скоростью 10 Гбит/с потребуются не менее 10 суток. Недостаточное внимание к ресурсной экономичности именно информационных систем было связано со стремительным ростом их объемных характеристик, измеряемых в единицах объема данных и трафика, так что физические параметры отступали на второй план.

Информационный процесс сохранения данных заключается в доставке данных до получателей в сохранности, целостности и безопасности после их содержания в памяти в течение требуемого времени. Следует различать сохранение данных и хранение данных в процессе обработки. Во втором случае компьютерная память хранит исходные данные и программы во время вычислений в соответствии с принципом фон Неймана [5, 6].

Для сохранения на цифровых носителях каждый бит данных сопоставляется с минимальной единицей хранения (Minimal Storage Unit — MSU). Главное свойство единицы хранения — это способность оставаться в одном из нескольких (в частности, в одном из двух) устойчивых состояний. Необходимое состояние устанавливается управляющим сигналом. Если MSU имеет 2 устойчивых состояния, то сохраняется 1 бит данных, если 4, то — 2 бита, если 8, то — 3 бита и т.д. В качестве MSU может использоваться магнитный домен, триггер или микрорельеф, расположенные на поверхности или в объеме запоминающего устройства (ЗУ) — материального носителя данных [5].

Объем ЗУ. Запоминающее устройство имеет вещественно-предметную форму, определенный размер и переносит во времени (сохраняет) группу MSU. Общее представление о возможностях ЗУ и способах управления им как переносчиком данных во времени дает объем ЗУ $V_{ЗУ}$, который вычисляется по формуле (рис. 1)

$$V_{ЗУ} = S D B = M \log_2 N,$$

здесь S — геометрические размеры (площадь) ЗУ, дюйм²; $D = M / S$ — плотность размещения MSU, зн/дюйм², где M — количество минимальных единиц хранения, „помещающихся“ на площади S ; $B = \log_2 N$ — количество бит, которое сохраняет одна MSU, бит, где N — число состояний одной единицы хранения, если эти состояния равновероятны.

Достаточным условием возможности сохранения сигнала информационным объемом $V_{инф}$ в запоминающем устройстве объемом $V_{ЗУ}$ в реальном масштабе времени является соотношение: $V_{инф} \leq V_{ЗУ}$. Согласовать возможности ЗУ с объемами данных (рис. 2), подлежащих сохранению, можно, изменяя параметры S , D и (или) B .



Рис. 1

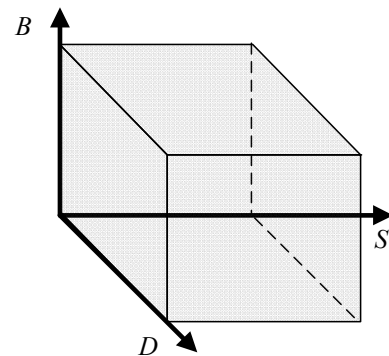


Рис. 2

Пространственные ресурсы. При сохранении данных к пространственным ресурсам относятся размер ЗУ и плотность записи.

Плотность записи данных — это количество бит, которое размещается на единице площади (или объема) запоминающего устройства. Наиболее широко в настоящее время используется магнитная и полупроводниковая память. Хотя уже реализована возможность сохранения данных в ячейке памяти, состоящей из 12 атомов магнитного материала, для хранения одного бита данных на обычном жестком диске используются сотни тысяч атомов. Внедрение этой технологии позволит создавать и компактные, и быстрые, и энергетически эффективные устройства.

Плотность записи в полупроводниковой памяти зависит от используемого технологического процесса — последовательности технологических операций изготовления транзисторов и других полупроводников. Современная технология основана на методе фотолитографии,

разрешающая способность которого определяет размер транзисторов. Уже к 2015 г. может быть освоен 10-нанометровый технологический процесс. Пока размер атома — это нижний теоретический предел увеличения плотности записи. Дальнейшее уменьшение размера 1 бита связано с переходом на квантовые технологии.

Временные ресурсы. Особенность времени как ресурса заключается в том, что управлять им можно лишь планируя продолжительность тех или иных этапов и фаз информационного процесса, в том числе, с учетом случайных факторов [6, 7].

Особенность процесса сохранения данных обуславливает его основной временной ресурс — время гарантированного сохранения: период времени, который начинается в момент записи данных и продолжается до тех пор, пока данные могут быть найдены, считаны и интерпретированы пользователем.

С точки зрения требований к временному ресурсу сохранения, данные могут быть разделены на 3 группы.

1. Оперативные данные, изменяющиеся в результате обработки в реальном времени потока небольших по размеру транзакций [8] (результаты текущей работы, балансы счетов, ведомости инвентаризации, заказы, прайсы и т.п.), должны сохраняться в течение нескольких лет и подлежат резервному копированию; главное требование к технологии — быстрый доступ к большим объемам данных — реализовано сегодня в системах хранения данных.

2. Архивные данные, цикл жизни которых определен нормативными документами (персональные данные, банковские счета, финансовые отчеты, данные страхования, медицинские документы, налоговые декларации и т.п.), должны сохраняться десятки лет и могут уничтожаться только после завершения цикла; требования к технологиям сохранения таких данных изменяются на разных этапах жизненного цикла; наиболее распространено использование компакт-дисков и ленточных магнитных накопителей [6].

3. Данные, необходимые для решения общих задач выживания будущих поколений, а также исторические, фамильные и индивидуальные данные, сохраняемые по желанию людей для далеких потомков, должны сохраняться сотни и тысячи лет; особенность технологии, связанная с большим временем гарантированного сохранения, требует создания эталонной модели цифровых данных, которая позволит далеким поколениям „расшифровать“ сохраненное.

Магнитные, полупроводниковые и оптические ЗУ, которые широко используются для хранения данных первого и второго типа, не годятся для долговременного хранения. Специфическими устройствами, способными решить эту задачу, являются [5, 6]:

— диски типа M-Disc, на которых данные сохраняются на слое минерального материала, подобного камню, что гарантирует сохранность файлов на протяжении 1000 лет;

— стеклянные диски, являющиеся еще более надежными ЗУ: они не имеют минерального слоя, устойчивы к природным катастрофам, пожарам и излучениям, выдерживают условия открытого космоса, температуры, близкие к абсолютному нулю, и излучение Солнца; прожечь носитель можно лишь на специальном оборудовании; срок изготовления такого диска составляет несколько дней;

— накопители, созданные на базе флеш-памяти с антикоррозийной защитой, имеют гарантию 100 лет хранения; электроны в плавающем затворе транзисторов сохраняются тем дольше, чем ниже температура хранения;

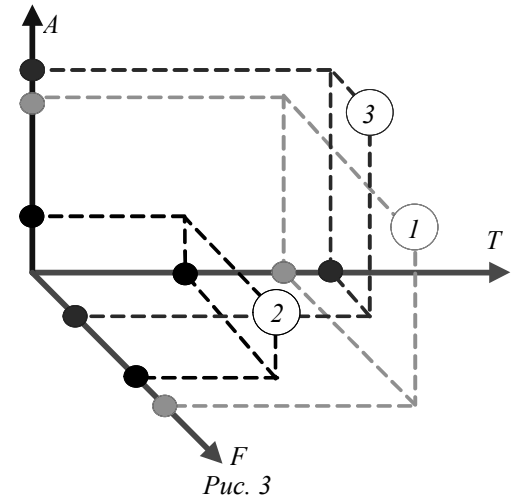
— искусственно синтезированная частица ДНК, которая позволяет хранить эксабайты данных и в лиофилизированной форме сохранять их теоретически тысячи лет.

Энергетические ресурсы. Основным энергетическим показателем для данных третьего типа является энергетический барьер, который обеспечивает разделение MSU друг от друга и защиту от воздействия внешней среды. Вероятность искажения данных зависит от многих физических факторов и может быть определена по закону Аррениуса. Считается, что для сохранения данных на миллион лет нужен барьер 60 — 70 кВт.

При сохранении данных первого и второго типа требуются существенно меньшие энергетические барьеры, тем не менее, из-за больших объемов хранения значительное количество энергии расходуется и на этапах записи/считывания, и в процессе сохранения данных. По данным теплотехнического консорциума (сообщества инженеров-теплотехников, занятых в области производства компьютерной техники), тепловая нагрузка на единицу площади основания оборудования сохранения данных достигает сегодня более 3 кВт/м^2 для ленточных накопителей и не менее 30 кВт/м^2 для дисковых накопителей [9].

На рис. 3 представлена модель для многокритериального выбора базовой информационной технологии сохранения исходя из характеризующих ее физических ресурсов. Разным технологиям соответствуют разные точки с координатами A , F , T . Ось ординат (A) отображает пространственные характеристики, ось абсцисс (T) — временные, ось аппликат (F) — энергетические [2].

Основанием для выбора технологии должны служить объемы сигнала и ЗУ, а также потребность в физических ресурсах для преобразования сигнала. Сравнительный анализ трех технологий (см. рис. 3) показывает, что технология 1 требует наибольшего количества энергии и занимает промежуточное положение относительно временных и пространственных ресурсов; технологии 2 соответствуют наименьшие количества пространственных и временных ресурсов и т.д.



Заключение. Появление новой сферы услуг — сохранение данных, как и наличие множества технологий хранения данных, в том числе длительного, обуславливает удорожание ресурсов при их реализации. Перед специалистами встает задача выбора определенной технологии, с одной стороны, удовлетворяющей требованиям потребителей услуги сохранения, и, с другой стороны, обеспечивающей экономию физических ресурсов, необходимых для процесса сохранения.

Классификация существующих технологий по различным параметрам позволяет упростить задачу выбора технологии длительного хранения информации как для специалистов, так и для пользователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левкин И. М. Комплексная обработка информации. СПб: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2011.
2. Колбанёв М. О., Татарникова Т. М., Воробьёв А. И. Модель обработки клиентских запросов // Телекоммуникации. 2013. № 9. С. 42—48.
3. Татарникова Т. М. Оценка вероятностно-временных характеристик сетей хранения данных SAN // Программные продукты и системы. 2009. № 4. С. 177—179.
4. Советов Б. Я., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М. Технологии инфокоммуникации и их роль в обеспечении информационной безопасности // Геополитика и безопасность. 2014. № 1(25). С. 69—77.
5. Пойманова Е. Д. Современные технологии сохранения информации // Материалы VIII Санкт-Петербург. межрегион. конф. „Информационная безопасность регионов России“, 23—25 окт. 2013 г. СПб: СПОИСУ, 2013.
6. Татарникова Т. М., Пойманова Е. Д. Технологии долговременного хранения данных // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. „Наука и образование в XXI веке“. Тамбов: Изд-во ТРОО „Бизнес—Наука—Общество“, 2013. Ч. 31. С. 136—137.
7. Кутузов О. И., Татарникова Т. М. Моделирование систем и сетей телекоммуникаций. СПб: РГГМУ, 2012.
8. Советов Б. Я., Колбанёв М. О., Татарникова Т. М. Оценка вероятности эрланговского старения информации // Информационно-управляющие системы. 2013. № 6. С. 25—28.

9. Модель физических характеристик сигналов / Б. Я. Советов, М. О. Колбанев, Т. М. Татарникова // Материалы VIII Санкт-Петербург. межрегион. конф. „Информационная безопасность регионов России“, 23—25 окт. 2013 г. СПб: СПОИСУ, 2013.

Сведения об авторах

- Михаил Олегович Колбанёв** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: mokolbanev@mail.ru
- Екатерина Дмитриевна Пойманова** — Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; ассистент; E-mail: e.d.romanova@gmail.com
- Татьяна Михайловна Татарникова** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный экономический университет, кафедра прикладных информационных технологий; E-mail: tm-tatarn@yandex.ru

Рекомендована кафедрой
прикладных информационных
технологий

Поступила в редакцию
28.04.14 г.

УДК 681.3

М. О. КОЛБАНЁВ, Н. А. ВЕРЗУН, А. В. ОМЕЛЯН ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТЕЙ ПАКЕТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Исследуется зависимость энергопотребления сетей связи от алгоритмов формирования блоков данных при пакетной коммутации.

Ключевые слова: информационные технологии, энергопотребление сетей связи, коммутация пакетов, локальная сеть, старение информации.

Еще пионеры кибернетики, изучая информацию, отмечали, что любые информационные преобразования основаны на физических законах. Например, А. А. Ляпунов [1] указывал на ограничения пространства, времени и энергии при реализации информационных технологий, так как концентрация значительной массы знаков в ограниченном объеме пространства невозможна, а получение новых знаков и их передача в новый носитель за малое время, а также регистрация новых знаков посредством малых энергетических затрат неосуществимы. Р. Ландауэр [2] ставит знак равенства между информационными и физическими процессами, поскольку „информация физична“. Определение понятия „информация“, которое следует из работ Н. Винера [3], явно связывает информацию с ее физическими свойствами: „Информация — это обозначение содержания, полученное нами из внешнего мира в процессе приспособления к нему нас и наших чувств“.

Исследованию физических свойств информации уделялось недостаточное внимание до тех пор, пока действовал закон Г. Мура, в соответствии с которым объемные характеристики информационных систем росли экспоненциально. Однако в последние годы стало очевидным существование некоторого предела возможностей современных полупроводниковых технологий. В компьютерном мире этот предел называют точкой Стерлинга, который в 2012 г. предположил, что эксафлопсный рубеж окажется пределом развития современных суперкомпьютеров. Точка Стерлинга — это условное ограничение производительности суперкомпьютера, построенного на доступных технологиях.

Главным системным ограничением для суперсистем хранения, передачи и обработки данных является энергопотребление. В настоящее время крупные центры обработки данных, системы коммутации и маршрутизации, суперкомпьютеры потребляют в процессе своей работы