

МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА СОВРЕМЕННЫХ БИБЛИОТЕКАХ ОПТИЧЕСКИХ ДИСКОВ, ОБЪЕДИНЕННЫХ В МАССИВЫ RAID-6

А.В. Чернышов

sch@mgul.ac.ru

Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мытищи, Московская обл.,
Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрена задача обеспечения надежности длительно-го хранения архивной информации на роботизированных библиотеках оптических дисков при объединении этих дисков в массивы RAID-6. Построена математическая модель надежности хранения информации на оптических дисках для массивов RAID-6 с разным числом дисков, предложен критерий приемлемости значения вероятности потери части информации, сохраняемой в библиотеке. На примере расчетов для роботизированной библиотеки *Panasonic LB-DH8* показано, что для обеспечения надежности хранения информации недостаточно простого объединения дисков в массивы RAID-6. Необходимо создание запасных копий информации, число которых определяется заданными при проектировании хранилища информации показателями надежности

Ключевые слова

Роботизированная библиотека оптических дисков, длительное хранение информации, оптические носители информации, надежность хранения информации, RAID-6

Поступила в редакцию 22.11.2016
© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017

Введение. В настоящее время все больше организаций сталкивается с необходимостью длительного (архивного) хранения больших объемов информации. Бурно развивающиеся облачные технологии (в частности, «Проект О7») по некоторым причинам далеко не всегда являются хорошим решением этой проблемы [1]. В связи с этим многие организации предпочитают создавать свои локальные хранилища. Существующим стандартом в качестве носителей информации для архивных хранилищ рекомендуются оптические диски одноразовой записи [2]. В настоящее время на рынке представлено довольно много роботизированных библиотек оптических дисков, предлагаемых ведущими производителями (например, *Sony ODS-L10* [3], *Panasonic LB-DM9* [4] и *LB-DH8* [5]). Модель *Panasonic LB-DH8* создавалась специально для потребностей российского рынка. Характерной особенностью современных моделей роботизированных библиотек является манипулирование не одиночными оптическими дисками, а картриджами, содержащими группы дисков.

Понятно, что для обеспечения высокой надежности сохранения информации в таких библиотеках необходимо создание нескольких идентичных копий информации на разных экземплярах дисков, что в итоге уменьшает реальный

объем информации, который способна хранить библиотека. Для многих современных роботизированных библиотек, в частности *Sony ODS-L10*, возможен только такой вариант обеспечения надежности хранения (математическая модель, позволяющая оценить надежность хранения информации для такого решения, построена и исследована в работе [6]). Однако инженеры компании *Panasonic* в роботизированных библиотеках *LB-DM9*, *LB-DH8* предложили возможность организации оптических дисков в структуры RAID-6, что, по их мнению, должно увеличить надежность хранения информации при уменьшении необходимого числа ее копий.

В настоящее время в России уже имеются работающие системы хранения на базе библиотеки *Panasonic LB-DH8* [7, 8]. Поскольку официально опубликованные материалы по библиотеке не дают никакой конкретной информации о надежности хранения информации в библиотеке, интересно рассмотреть этот вопрос с теоретических позиций. Полученные результаты могут быть полезны для специалистов, проектирующих электронные архивы на оптических дисках, позволят им принимать обоснованные решения по структурам создаваемых архивов.

Модель надежности хранения информации в библиотеке оптических дисков, объединенных в массивы RAID-6. Для построения модели будем использовать следующие обозначения: W — общий объем данных, сохраняемый в библиотеке оптических дисков; V — емкость одного оптического диска; l — число оптических дисков, необходимых для сохранения информации объемом W . Очевидно, что $l = \lceil W/V \rceil$, где знак $\lceil \cdot \rceil$ обозначает операцию округления до большего целого.

Сначала построим модель хранилища, в котором диски объединены в массивы RAID-6 без запасных копий (рис. 1).

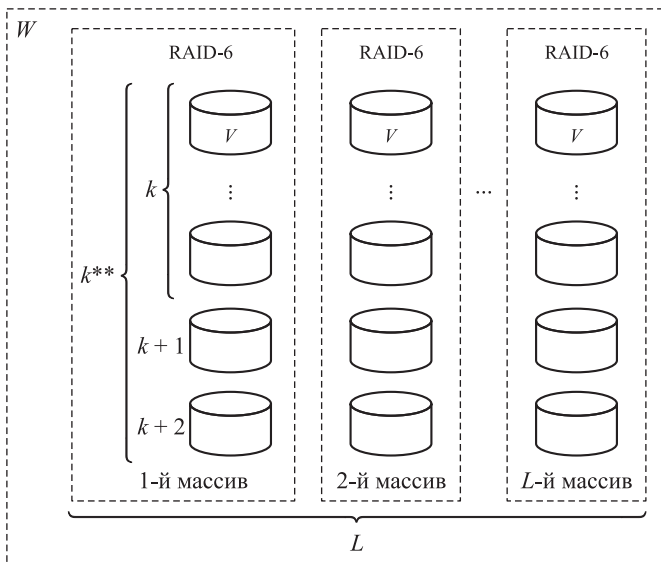


Рис. 1. Структура библиотеки оптических дисков, объединенных в массивы RAID-6, без запасных копий

Пусть k^{**} — число дисков в одном массиве RAID-6 ($k^{**} > 3$); поскольку избыточность массива RAID-6 соответствует емкости двух дисков массива, будем условно полагать, что информация хранится только на k дисках, т. е. $k^{**} = k + 2$, $k > 1$. Тогда для сохранения всей информации объемом W понадобится $L = [l/k]$ массивов RAID-6, а суммарное число оптических дисков составит $l^{**} = Lk^{**}$.

Принципиально важно, что, в отличие от массивов RAID (любого типа), объединяющих жесткие диски, постоянно подключенные к компьютеру, где возможен практически непрерывный контроль целостности массива (как минимум, за счет непрерывного контроля исправности входящих в массив дисков на аппаратном уровне), оптические диски в архивном хранилище большую часть времени хранятся вне оптического привода компьютера (т. е. никуда не подключены), и поэтому контроль их исправности (читабельности, целостности информации на них) возможен лишь при периодических, специально организуемых проверках.

Пусть q — вероятность выхода из строя одного оптического диска в течение периода между контролями исправности. Тогда $1 - q$ — вероятность того, что диск в течение этого же периода времени останется исправным, т. е. сохранит всю информацию, записанную на нем (далее для краткости упоминание периода времени опустим).

Для массива RAID-6 информация не будет потеряна в одном из трех случаев:

- 1) все диски сохранили исправность с вероятностью $(1 - q)^{k^{**}}$;
- 2) один из дисков вышел из строя с вероятностью

$$k^{**} q(1 - q)^{(k^{**} - 1)} = k^{**} q(1 - q)^{k+1};$$

- 3) два любых диска одновременно вышли из строя с вероятностью

$$C_{k^{**}}^2 q^2 (1 - q)^{k^{**} - 2} = C_{k^{**}}^2 q^2 (1 - q)^k,$$

где $C_{k^{**}}^2 = k^{**}! / (2!(k^{**} - 2)!) = (k + 2)! / (2!k!)$ — количество сочетаний k^{**} дисков в соответствии с п. 2, т. е. вероятность сохранения информации на одном массиве RAID-6 составит

$$\begin{aligned} & (1 - q)^{k^{**}} + k^{**} q(1 - q)^{k+1} + C_{k^{**}}^2 q^2 (1 - q)^k = \\ & = (1 - q)^k \left((1 - q)^2 + (k + 2) q(1 - q) + q^2 (k + 2)! / (2!k!) \right) = \\ & = (1 - q)^k \left(1 + kq - (k + 1)q^2 + q^2 (k + 2)! / (2!k!) \right) = \\ & = (1 - q)^k \left(1 + kq - q^2 (1 + k - (k + 2)! / (2!k!)) \right), \end{aligned}$$

а вероятность потери информации (с учетом $2! = 2$) —

$$Q_{\text{RAID-6}} = 1 - (1 - q)^k \left(1 + k \cdot q - q^2 (1 + k - (k + 2)! / (2!k!)) \right).$$

В простейшем случае архив оптических дисков объемом W содержит L массивов RAID-6, поэтому вероятность сохранения всей информации объемом W может быть определена как

$$\left((1-q)^k (1+kq - q^2 (1+k - (k+2)! / (2k!))) \right)^L,$$

а вероятность потери хотя бы части информации из объема W — как

$$Q_6 = 1 - \left((1-q)^k (1+kq - q^2 (1+k - (k+2)! / (2k!))) \right)^L.$$

Для увеличения надежности сохранения информации в архиве необходимо создание запасных (резервных) копий архивных дисков. Следует отметить, что резервные копии, создаваемые для архивных дисков, принципиально отличаются от резервных копий систем типа NAS, SAN и т. п. Поскольку резервируется информация длительного хранения, которая никогда не должна изменяться, объем этой информации постоянно увеличивается, в связи с чем бессмысленно заниматься ее периодическим резервным копированием. Резервные копии такой информации создаются однажды и в дальнейшем откладываются на длительное хранение точно так же, как и носители с резервируемой информацией. Фактически, они являются просто запасными копиями. В этом смысле все копии информации являются равноценными, в том числе и с позиции вероятности выхода из строя дисков. Поэтому использование массивов RAID-6 для создания запасных копий вполне оправдано стремлением к повышению вероятности сохранения информации.

Для структур RAID-6, организуемых в библиотеке *Panasonic LB-DH8*, возможен только один вариант создания таких копий — каждая группа RAID-6 из k^{**} дисков рассматривается и используется как неделимое целое (массив RAID-6 может быть создан только в пределах картриджа, содержащего 12 оптических дисков); создаются n копий каждой группы RAID-6 (рис. 2).

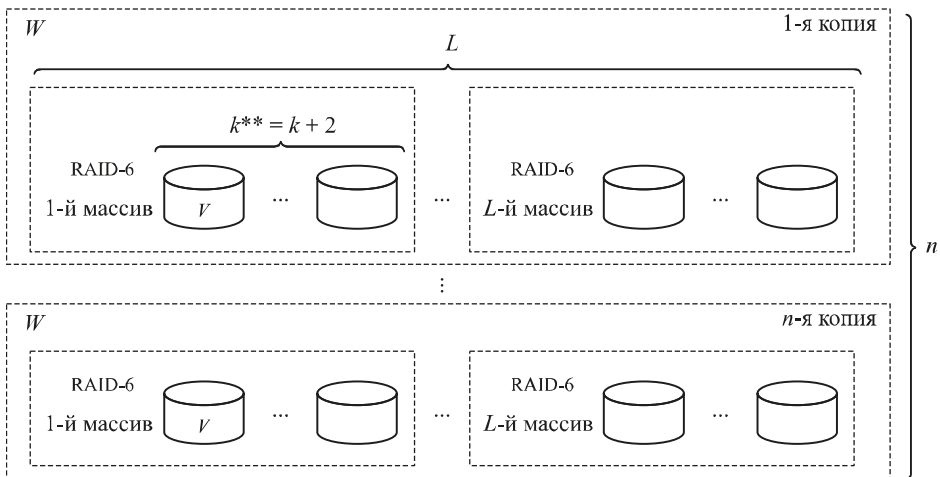


Рис. 2. Структура библиотеки оптических дисков, объединенных в массивы RAID-6, при создании запасных копий на этих массивах

Вероятность потери информации на одном массиве RAID-6 при n копиях равна $(Q_{RAID-6})^n = \left(1 - (1-q)^k (1+kq - q^2 (1+k - (k+2)!/(2k!)))\right)^n$, вероятность сохранения информации на n копиях массива RAID-6 — $1 - (Q_{RAID-6})^n$, вероятность сохранения полного объема информации W на L массивах RAID-6 с n копиями — $\left(1 - (Q_{RAID-6})^n\right)^L$, а вероятность потери хотя бы части информации в таком архиве

$$Q_{6n} = 1 - \left(1 - (Q_{RAID-6})^n\right)^L = \\ = 1 - \left(1 - \left(1 - (1-q)^k (1+kq - q^2 (1+k - (k+2)!/(2k!)))\right)^n\right)^L.$$

Таким образом, модель надежности хранения информации на оптических дисках, организованных в массивы RAID-6, построена.

Обоснование выбора модельного значения вероятности отказа одного оптического диска. При выполнении реальных расчетов по построенной модели наибольшую проблему представляет выбор значения вероятности отказа одного оптического диска (значения параметра q). Различные производители оптических дисков утверждают, что для однократно записываемых оптических дисков (которые, как правило, и должны применяться в электронных архивах) срок жизни составляет примерно 30–50 лет. Однако практика показывает, что по различным причинам (от непредсказуемых отклонений в технологии изготовления до нарушения условий хранения) диски могут выходить из строя гораздо быстрее.

Исследования, опубликованные в журнале *PC Active* (Нидерланды) в 2001–2003 годах, показали, что в течение двух лет хранения записанных дисков CD-R (емкостью 700 Мб) примерно 10 % из них потеряли читаемость вследствие старения [9], т. е. в данном случае $q = 0,1$. При том, что производители таких дисков обещали, что время их жизни будет никак не менее 50 лет (часто называлось даже 100 лет).

Современные оптические диски имеют значительно большую емкость и производятся по значительно усовершенствованным технологиям. Однако увеличение емкости в тех же физических размерах диска означает, что информация записывается значительно плотнее на дорожках существенно меньшей ширины, что автоматически означает появление новых факторов, влияющих на качество воспроизведения.

В настоящее время имеются только теоретические, модельные расчетные данные времени жизни оптических дисков большой емкости (25 Гб и более) [10]; экспериментальные данные реальной продолжительности их жизни не публикуются. Однако, по мнению автора, при оценке надежности хранения информации в библиотеке оптических дисков значение параметра $q = 0,1$ является вполне обоснованным, по крайней мере, как «наихудшее» значение, описывающее наиболее неблагоприятную ситуацию.

Практический расчет с применением построенной модели. Используем построенную модель для расчета надежности хранения информации в библиотеке оптических дисков *Panasonic LB-DH8* при условии организации оптических дисков в массивы RAID-6 (теоретически это должно повышать надежность хранения данных). Рассмотрим базовую комплектацию модели. При необходимости использования библиотеки с модулями расширения читатели смогут выполнить расчеты с применением построенной модели самостоятельно.

Библиотека в базовой комплектации оснащена 76 картриджами с оптическими дисками. Картридж содержит 12 оптических дисков емкостью $V = 100$ Гб. Таким образом, если не использовать объединение дисков в массивы RAID-6, емкость одного картриджа составляет 1,2 Тб, а всего библиотека может хранить 91,2 Тб информации. (Производитель особо подчеркивает, что в описании библиотеки $1 \text{ Тб} = 1 \cdot 10^{12}$ байт.)

При объединении оптических дисков в массивы RAID-6 суммарная емкость библиотеки, естественно, снижается. Поскольку максимальное число дисков в одном массиве RAID-6 по техническим причинам ограничено емкостью одного картриджа, возможно всего несколько вариантов объединения оптических дисков в массивы, позволяющих использовать емкость картриджа полностью (табл. 1). При этом производитель в распространяемых материалах указывает только о массиве RAID-6, организуемом на картридже в целом, т. е. на 12 дисках.

Таблица 1

Варианты объединения оптических дисков в массивы

Число дисков в массиве RAID-6 k^{**}	Число массивов RAID-6 в картридже	Число массивов RAID-6 в библиотеке L	Избыточность, %	Максимальный объем библиотеки W , Тб
4	3	228	50,0	45,6
6	2	152	33,3	60,8
12	1	76	16,7	76,0

Расчеты были выполнены для $n = 1$ (нет запасных копий, информация хранится в единственном экземпляре), а также для $n = 2$ и $n = 3$ (создается одна и две запасные копии информации). В графической форме результаты расчетов приведены на рис. 3, а.

Для оценки полученных результатов зададим критерий, что итоговое значение вероятности потери информации Q_6 должно быть не хуже значения вероятности отказа одного оптического диска q : $Q_6 < q$. Значение q на рис. 3, а показано горизонтальной штриховой линией. При выбранном значении $q = 0,1$ без запасных копий ($n = 1$) не удастся достичь удовлетворительной надежности хранения информации — значение Q_6 приближается к 1.

При создании одной запасной копии ($n = 2$) появляются конфигурации ($k^{**} = 4$ и $k^{**} = 6$), для которых критерий $Q_6 < q$ выполняется. Однако необходимо признать, что при этих конфигурациях емкость библиотеки оптических дисков

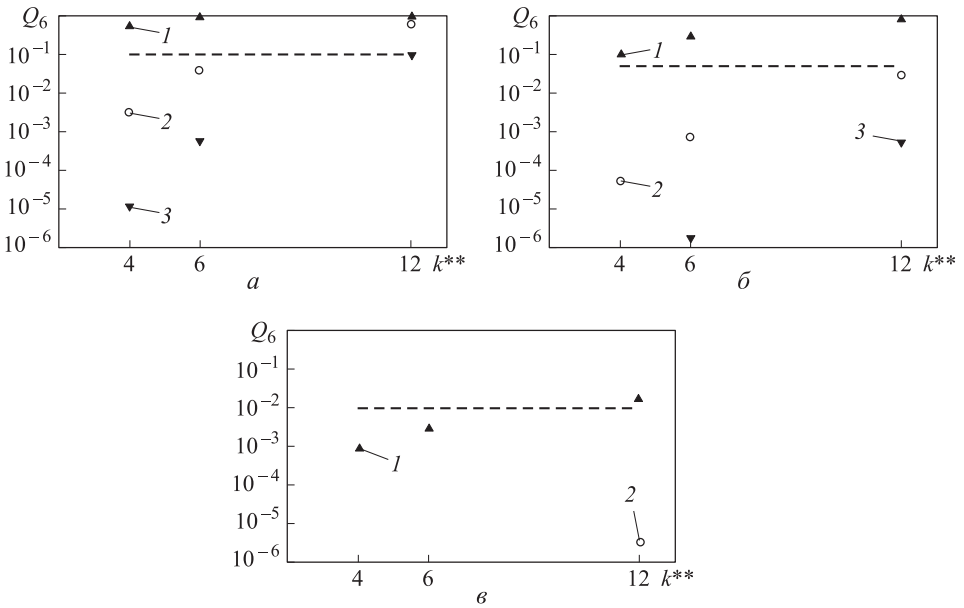


Рис. 3. Зависимость вероятности потери информации Q_6 от числа дисков k^{**} в массиве RAID-6 при $q = 0,1$ (а), $0,05$ (б) и $0,01$ (в) для $n = 1$ (1), 2 (2) и 3 (3)

используется довольно неэффективно — велика избыточность информации (см. табл. 1). Да и насколько приемлемо получившееся значение Q_6 — тоже большой вопрос, который должен решаться проектировщиками с учетом множества сопутствующих факторов.

При $n = 3$ для любой допустимой конфигурации выполняется критерий $Q_6 < q$. Однако целесообразность применения на практике конфигурации $k^{**} = 12$ вызывает большие вопросы. Следует отметить, что с уменьшением значения q ситуация значительно улучшается. Зависимости вероятности потери информации Q_6 от числа дисков k^{**} для $q = 0,05$ (отказывает каждый 20 диск) и $q = 0,01$ (отказывает каждый сотый диск) приведены на рис. 3, б, в. Зависимости построены в тех же самых диапазонах значений, что и зависимость, приведенная на рис. 3, а, поэтому некоторые точки на них не видны. Например, при $q = 0,01$ критерий $Q_6 < q$ выполняется для $k^{**} = 4$ и $k^{**} = 6$ уже при $n = 1$, а при $n = 2$ даже для $k^{**} = 12$ значение Q_6 оказывается меньше 10^{-5} . Вопрос заключается лишь в том, не является ли значение $q = 0,01$ слишком оптимистическим?

Для полноты картины необходимо ответить на следующий вопрос: как будет обеспечиваться необходимое число запасных копий n ? Возможны варианты.

1. Копии записываются на отдельные картриджи, которые затем извлекаются из роботизированной библиотеки, замещая чистыми картриджами, и хранятся отдельно от нее. В этом случае сохраняется емкость библиотеки, приведенная в табл. 1, но итоговая стоимость хранения информации кратно увеличивается за счет стоимости картриджей с запасными копиями и организации места для их хранения.

2. Все запасные копии выполняются только за счет картриджей, расположенных в библиотеке, без их извлечения и замещения чистыми. В этом случае кратно уменьшается объем сохраняемой в библиотеке информации и значительно повышается ее избыточность (табл. 2).

Таблица 2

Варианты обеспечения запасных копий

Число дисков в массиве RAID-6 k^{**}	Число запасных копий n	Число массивов RAID-6 в библиотеке без копий L	Избыточность, %	Максимальный объем библиотеки W , Тб
4	1	228	50,0	45,6
	2	114	75,0	22,8
	3	57	83,3	15,2
6	1	152	33,3	60,8
	2	76	66,6	30,4
	3	38	77,8	20,3
12	1	76	16,7	76,0
	2	38	58,3	38,0
	3	19	72,3	25,3

Следует отметить, что в последнем случае ввиду уменьшения максимального объема библиотеки W также изменится в лучшую сторону и значение параметра Q_6 . Однако в настоящей работе результаты соответствующих расчетов не приведены.

Заключение. Построена математическая модель, позволяющая оценить надежность хранения информации на современных роботизированных библиотеках оптических дисков, манипулирующих картриджами дисков, с организацией дисков в картриджах в массивы RAID-6. На примере роботизированной библиотеки *Panasonic LB-DH8* показано использование модели для оценки надежности хранения информации при различном числе дисков в массивах RAID-6. Установлено, что недостаточно считать, что объединение дисков в массивы RAID-6 существенно повышает надежность сохранения информации в библиотеке. Для существенного повышения надежности необходимо создание запасных копий информации. Число запасных копий, а также число дисков в массивах RAID-6 следует выбирать, исходя из допустимого для каждого конкретного архива значения параметра Q_6 , предполагаемого значения параметра q , а также ряда сопутствующих параметров, таких как допустимая избыточность информации в архиве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каташин В.В., Чернышов А.В. Проблема надежного хранения файлов в архивных электронных хранилищах небольших организаций (на примере музеев) // Перспективы развития информационных технологий. Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции. Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2014. С. 12–23.

2. ГОСТ Р 5498–2012/ISO/TR 18492:2005 Обеспечение долговременной сохранности электронных документов. Дата введения 2013-05-01.
URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096286> (дата обращения: 17.05.2016).
3. ODS-L10. Optical disc archive 10-slot library // Sony: веб-сайт компании.
URL: <http://www.pro.sony.eu/pro/lang/en/eu/product/archiving-storage-oda-small-library/ods-l10/overview> (дата обращения: 17.05.2016).
4. Panasonic LB-DM9 series data archiver // Panasonic: веб-сайт компании.
URL: <http://panasonic.net/avc/archiver/lb-dm9/LB-DM9series-PE.pdf> (дата обращения: 27.09.2016).
5. Data archiver LB-DH8 series // Panasonic: веб-сайт компании.
URL: <http://panasonic.net/avc/archiver/lb-dh8> (дата обращения: 01.02.2016).
6. Чернышов А.В. К вопросу о применении оптических дисков для создания долговременных электронных архивных хранилищ информации небольших организаций // Информационные технологии. 2016. Т. 22. № 8. С. 635–640.
7. Российские организации начинают строить электронные архивы на оптических дисках // Ассоциация электронных торговых площадок: веб-сайт.
URL: <http://www.aetp.ru/market-news/item/400867> (дата обращения: 13.11.2015).
8. Робот-библиотекарь поселился в новом кампусе СПбГУ «Михайловская дача» // СПбГУ: веб-сайт.
URL: <http://spbu.ru/smi/o-nas-pishut/24726-robot-bibliotekar-poselilsya-v-novom-kampuse-spbgu-mikhajlovskaya-dacha.html> (дата обращения: 13.11.2015).
9. Устинов В. Хранение данных на CD- и DVD-дисках: на наш век хватит? // BROADCASTING: Телевидение и радиовещание. 2006. № 4.
URL: http://www.broadcasting.ru/articles2/Oborandteh/hranenie_dannyh_na_CD_DVD_diskah (дата обращения: 10.12.2015).
10. Zheng J., Slattery O.T. NIST/Library of congress optical disc longevity study: Final report. 32 p.
URL: https://www.loc.gov/preservation/resources/rt/NIST_LC_OpticalDiscLongevity.pdf (дата обращения: 11.05.2016).

Чернышов Александр Викторович — канд. техн. наук, доцент секции кафедры «Компьютерные системы и сети» Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана (Российская Федерация, 141005, Московская обл., Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Чернышов А.В. Модель надежности хранения информации на современных библиотеках оптических дисков, объединенных в массивы RAID-6 // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2017. № 3. С. 65–75. DOI: 10.18698/0236-3933-2017-3-65-75

RELIABILITY MODEL FOR DATA STORAGE ON MODERN LIBRARIES OF OPTICAL DISKS UNITED IN RAID-6

A.V. Chernyshov

sch@mgul.ac.ru

Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation

Abstract

The article focuses on the problem of ensuring the reliability of long-term storage of archival information on robotic libraries, optical disks when these drives are combined in RAID-6. The study proposes the following organization of the disk memory, in particular for *Panasonic* in its modern library of optical discs LB-DH8. In the library the information is stored on a cartridge, each containing 12 optical disks that can be configured for RAID-6. We built a mathematical model of reliability of information storage on optical disks for RAID-6 with a different number of disks. We propose an acceptability criterion for probability value of loss of information stored in the library, and the probability of information loss in the library should not exceed the probability of failure of one optical disk. For example, calculations for robotic library *Panasonic* LB-DH8 show that to ensure the reliability of long-term storage of information, simple combination of disks in RAID-6 is not enough. It is necessary to create backup copies of information, their number being determined by reliability indices specified in design of information repository

Keywords

Robotic library of optical discs, long-term storage, optical storage media, reliability of information storage, RAID-6

REFERENCES

- [1] Katashin V.V., Chernyshov A.V. The problem of reliable files storage in archival electronic storage of small organizations (on the example of museums). *Perspektivy razvitiya informacionnyh tehnologij: sbornik materialov XIX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Development prospects of information technologies: Proc. XIX Int. sci. and practical conf.]. Novosibirsk, TsRNS Publ., 2014, pp. 12–23 (in Russ.).
- [2] GOST R 5498–2012/ISO/TR 18492:2005 Obespechenie dolgovremennoy sokhrannosti elektronnykh dokumentov [State standard R 5498–2012/ISO/TR 18492:2005. Long-term preservation of electronic document-based information]. Effective date 2013-05-01 (in Russ.). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200096286> (accessed 17.06.2016).
- [3] ODS-L10. Optical disc archive 10-slot library. Sony: company website. Available at: <http://www.pro.sony.eu/pro/lang/en/eu/product/archiving-storage-oda-small-library/ods-l10/overview> (accessed 17.05.2016).
- [4] Panasonic LB-DM9 series data archiver. Panasonic: company website. Available at: <http://panasonic.net/avc/archiver/lb-dm9/LB-DM9series-PE.pdf> (accessed 27.09.2016).
- [5] Data archiver LB-DH8 series. Panasonic: company website. Available at: <http://panasonic.net/avc/archiver/lb-dh8> (accessed 01.02.2016).
- [6] Chernyshov A.V. To the question of the optical discs application for long term digital archive storage of small organizations. *Informacionnye tehnologii* [Information technologies], 2016, vol. 22, no. 8, pp. 635–640 (in Russ.).
- [7] Rossiyskie organizatsii nachinayut stroit' elektronnye arkhivy na opticheskikh diskakh [Russian organizations are beginning to build electronic archives on optical discs]. Assotsiatsiya elektronnykh torgovykh ploshchadok [The Association of electronic trading platforms]: website. Available at: <http://www.aetp.ru/market-news/item/400867> (accessed 13.11.2015).

[8] Robot-bibliotekar' poselilsya v novom kampuse SPbGU «Mikhaylovskaya dacha» [Robot librarian settled in the new campus of SPSU "Mikhailovskaya dacha"] SPbGU: website.

Available at: <http://spbu.ru/smi/o-nas-pishut/>

24726-robot-bibliotekar-poselilsya-v-novom-kampuse-spbgu-mikhajlovskaya-dacha.html (accessed 13.11.2015).

[9] Ustinov V. Khranenie dannykh na CD- i DVD-diskakh: na nash vek khvatit? [Data storage on CD and DVD: on our century will suffice]. *BROADCASTING: Televidenie i radioveshchanie*, 2006, no. 4 (in Russ.). Available at: http://www.broadcasting.ru/articles2/Oborandteh/hranenie_dannyh_na_CD_DVD_diskah (accessed 10.12.2015).

[10] Zheng J., Slattery O.T. NIST/Library of congress optical disc longevity study: Final report. 32 p.

Available at: https://www.loc.gov/preservation/resources/rt/NIST_LC_OpticalDiscLongevity.pdf (accessed 11.05.2016).

Chernyshov A.V. — Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor of Section of Computer Systems and Networks Department, Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University (1-ya Institut'skaya ul. 1, Mytishchi, Moscow Region, 141005 Russian Federation).

Please cite this article in English as:

Chernyshov A.V. Reliability Model for Data Storage on Modern Libraries of Optical Disks United in RAID-6. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Priborostr.* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Instrum. Eng.], 2017, no. 3, pp. 65–75.

DOI: 10.18698/0236-3933-2017-3-65-75



В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана
вышло в свет учебное пособие под редакцией
А.И. Николаева

«Радиолокационные системы»

Изложены вопросы применения радиолокационных систем (РЛС) различного назначения в реальных условиях их функционирования, учитывающих влияние окружающей среды, подстилающей поверхности, воздействия помех. Рассмотрены задачи, требования и принципы построения РЛС управления воздушным движением, РЛС обнаружения, наведения и целеуказания, а также РЛС ракетно-космической обороны.

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
+7 (499) 263-60-45
press@bmstu.ru
www.baumanpress.ru