

УВАЖАЕМЫЕ СТУДЕНТЫ! Законспектируйте в своей рабочей тетради по дисциплине приведенную лекцию (объемом 4-5 страницы).

Результаты работы, фотоотчет, предоставить преподавателю на e-mail: r.bigangel@gmail.com **до 13.03.2023.**

При возникновении вопросов по приведенному материалу обращаться по следующему номеру телефона: (072)111-37-59, (Viber, WhatsApp), vk.com: <https://vk.com/daykini>

ВНИМАНИЕ!!! При отправке работы, не забывайте указывать ФИО студента, наименование дисциплины, дата проведения занятия (по расписанию).

Лекция №10. Подготовка жесткого диска к хранению информации. Базовый режим хранения информации.

План

- 1. Жесткие диски**
- 2. Твердотельные накопители**
- 3. Магнитные и оптические накопители**

1. Жесткие диски

Историческая справка

В ходе развития жёстких дисков сменилось шесть типоразмеров – форм-факторов.



Рисунок 1.

Типоразмеры HDD

1956 год – жёсткий диск IBM 350 в составе первого серийного компьютера IBM 305 RAMAC. Накопитель занимал ящик размером с большой холодильник и имел вес 971 кг, а общий объём памяти 50 вращавшихся в нём покрытых чистым

железом тонких дисков диаметром 610 мм составлял около 5 миллионов 6-битных байт (3,5 Мб в пересчёте на 8-битные байты).

1980 год – первый 5,25-дюймовый Winchester, Shugart ST-506, 5 Мб.

1981 год – 5,25-дюймовый Shugart ST-412, 10 Мб.

1986 год – стандарты SCSI, ATA(IDE).

1991 год – максимальная ёмкость 100 Мб.

1995 год – максимальная ёмкость 2 Гб.

1997 год – максимальная ёмкость 10 Гб.

1998 год – стандарты UDMA/33 и ATAPI.

1999 год – IBM выпускает Microdrive ёмкостью 170 и 340 Мб.

2002 год – стандарт ATA/ATAPI-6 и накопители емкостью свыше 137 Гб.

2003 год – появление SATA.

2005 год – максимальная ёмкость 500 Гб.

– стандарт Serial ATA 3G (или SATA II), появление SAS (Serial Attached SCSI).

2006 год – применение перпендикулярного метода записи в коммерческих накопителях.

– появление первых «гибридных» жёстких дисков, содержащих блок флэш-памяти.

2007 год – Hitachi представляет первый коммерческий накопитель ёмкостью 1 Тб.

2009 год – на основе 500-гигабайтных пластин Western Digital, затем Seagate Technology LLC выпустили модели ёмкостью 2 Тб.

– Western Digital объявила о создании 2,5-дюймовых HDD объемом 1 Тб (плотность записи — 333 Гб на одной пластине)

– появление стандарта SATA 3.0 (SATA 6G).

2010 год – компания Seagate приступает к разработке HDD объемом 3Тб.

Определение и устройство HDD

Накопитель на жёстких магнитных дисках или НЖМД (англ. Hard Disk Drive, HDD), жёсткий диск, винчестер, в компьютерном сленге «винт», хард, хард диск – устройство хранения информации, основанное на принципе магнитной записи. Является основным накопителем данных в большинстве компьютеров.

Принципиально HDD состоит из следующих основных блоков:

Блок электроники включает в себя контакты и микросхему, на которой расположены: контроллер управления HDD, разъемы питания, блок перемычек, разъем для шлейфов (интерфейс подключения).

Механический блок состоит из магнитных пластин, шпинделя, коромысла, осей вращения коромысла, сервопривода коромысла, головок чтения и записи.

Корпус – это конструкция в которой расположены все элементы HDD.

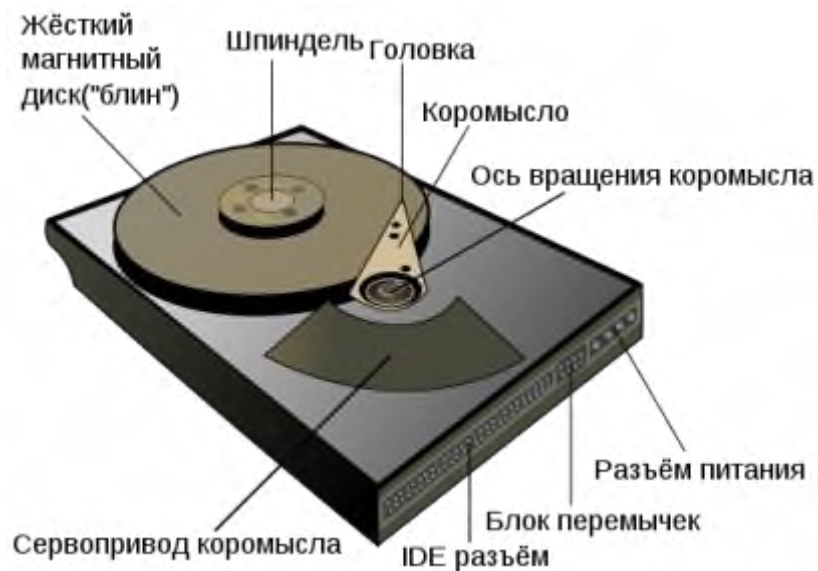


Рисунок 2. Схема устройства HDD



Рисунок 3. Устройство HDD

Принципы хранения информации на HDD

Информация в НЖМД записывается на жёсткие (алюминиевые, керамические или стеклянные) пластины, покрытые слоем ферромагнитного материала (оксид железа), чаще всего двуокиси хрома. В НЖМД используется от одной до

нескольких пластин на одной оси.

Данные хранятся на пластинах в виде концентрических дорожек, каждая из которых разделена на секторы по 512 байт, состоящие из горизонтально ориентированных доменов. Ориентация доменов в магнитном слое служит для распознавания двоичной информации (0 или 1). Размер доменов определяет плотность записи данных с целью, адресации пространства поверхности пластин диска, которые делятся на *дорожки* – концентрические кольцевые области. Каждая дорожка делится на равные отрезки – *секторы*.

Цилиндр – совокупность дорожек, равноотстоящих от центра, на всех рабочих поверхностях пластин жёсткого диска. *Номер головки* задает используемую рабочую поверхность (то есть конкретную дорожку из цилиндра), а *номер сектора* – конкретный сектор на дорожке.

Организация считывания/записи данных происходит благодаря головкам чтения/записи (ГЧЗ). В рабочем режиме ГЧЗ не касаются поверхности пластин благодаря прослойке набегающего потока воздуха, образующейся у поверхности при быстром вращении. Расстояние между головкой и диском составляет несколько нанометров (в современных дисках около 10 нм^[1]). Отсутствие механического контакта обеспечивает долгий срок службы устройства. При отсутствии вращения дисков головки находятся у шпинделя или за пределами диска в безопасной зоне (зона парковки), где исключён их нештатный контакт с поверхностью дисков.

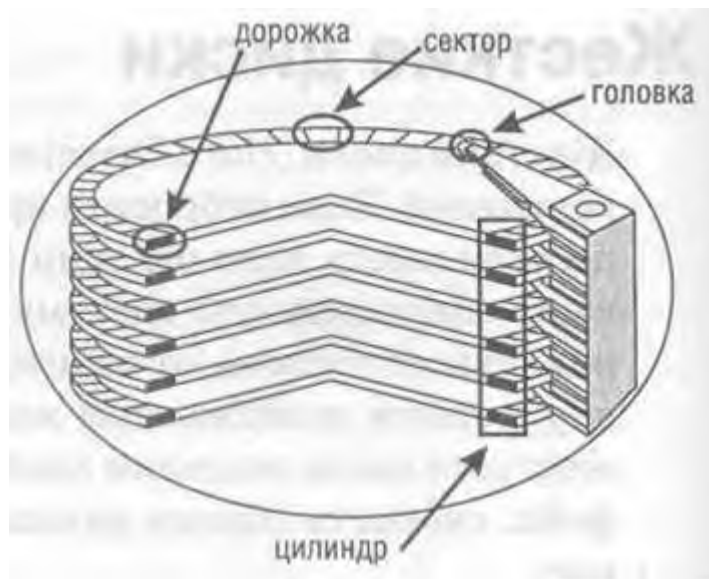


Рисунок 4. Организация пластин HDD.

Режимы адресации

Существует 2 основных способа адресации секторов на диске: *цилиндр-головка-сектор* (англ. *cylinder—head—sector, CHS*) и *линейная адресация блоков* (англ. *linear block addressing, LBA*).

CHS

При этом способе сектор адресуется по его физическому положению на диске 3 координатами — *номером цилиндра, номером головки и номером сектора*. В

современных дисках со встроенными контроллерами эти координаты уже не соответствуют физическому положению сектора на диске и являются «логическими координатами»

Адресация CHS предполагает, что все дорожки в заданной зоне диска имеют одинаковое число секторов. Чтобы использовать адресацию CHS, необходимо знать *геометрию* используемого диска: общее количество цилиндров, головок и секторов в нем. Первоначально эту информацию требовалось задавать вручную; в стандарте ATA – была введена функция авто определения геометрии (команда Identify Drive).

LBA

При этом способе адрес блоков данных на носителе задаётся с помощью логического линейного адреса. LBA-адресация начала внедряться и использоваться в 1994 году совместно со стандартом EIDE (Extended IDE). Стандарты ATA требуют однозначного соответствия между режимами CHS и LBA:

$$LBA = [(Cylinder * no\ of\ heads + heads) * sectors/track] + (Sector-1)$$

Метод LBA соответствует Sector Mapping для SCSI. BIOS SCSI-контроллера выполняет эти задачи автоматически, то есть для SCSI-интерфейса метод логической адресации был характерен изначально.

Характеристики HDD

В настоящее время выделяют следующие характеристики HDD:

Интерфейс (англ. *interface*) – совокупность линий связи, сигналов, посылаемых по этим линиям, технических средств, поддерживающих эти линии правил (протокола) обмена.

Серийно выпускаемые жёсткие диски могут использовать интерфейсы:

Интерфейс	Пропускная способность (Мбит/с.)	Макс. длина кабеля, м	Кабель питания	Кол-во накопителей на канал	Число проводников в кабеле	Особенности
ATA 100 (PATA)	800	0.46	3.5" Да 2.5" Нет	2	40	Controller+2Slave, горячая замена невозможна
ATA 133	1064	0.46	3.5" Да 2.5" Нет	2	40/80	Controller+2Slave, горячая замена невозможна
SATA(150)	1200	1	Да	1	7	Host/Slave, возможна горячая замена на некоторых контроллерах
SATAII(300)	3000	1	Да	1	7	Host/Slave, возможна горячая замена на некоторых контроллерах
SATAIII(600)	6144	нет данных	Да		7	
eSATA	3000	2	Да	1 (с множителем портов до 15)	4	Host/Slave, горячая замена возможна
Ultra-320 SCSI	2560	12	Да	16	50/68	устройства равноправны, горячая замена возможна
SAS	3000	8	Да	Свыше 16384		горячая замена, возможно подключение SATA-устройств в SAS-контроллеры
FireWire/400	400	4.5 (при послед-ном соединении до 72 м)	Да/Нет (зависит от типа интерфейса и накопителя)	63	4/6	устройства равноправны, горячая замена возможна
FireWire/800	800	4.5 (при послед-ном соединении до 72 м)	Нет	63	4/6	устройства равноправны, горячая замена возможна
USB 2.0	480	5 (при послед-ном соединении, через хабы, до 72 м)	Да/Нет (зависит от типа накопителя)	127	4	Host/Slave, горячая замена возможна
USB 3.0	4800	нет данных	Да/Нет (зависит от типа накопителя)	127	9	Двунаправленный, совместим с USB 2.0

Ёмкость (англ. *capacity*) — количество данных, которые могут храниться накопителем. С момента создания первых жестких дисков в результате непрерывного совершенствования технологии записи данных их максимально возможная емкость непрерывно увеличивается. Ёмкость современных жестких дисков (с форм-фактором 3.5 дюйма) на начало 2010г. достигает 2000 Гб (2 Терабайта). Однако компания Seagate подтвердила разработку HDD с объемом 3ТБ.

Примечание: в отличие от принятой в информатике системы приставок, обозначающих кратную 1024 величину (см.: двоичные приставки), производителями при обозначении ёмкости жёстких дисков используются величины, кратные 1000. Так, ёмкость жёсткого диска, маркированного как «200 ГБ», составляет 186,2 ГБ.

Физический размер (форм-фактор) (англ. *dimension*). Почти все современные (2001—2008 года) накопители для персональных компьютеров и серверов имеют ширину либо 3.5, либо 2.5 дюйма — под размер стандартных креплений для них соответственно в настольных компьютерах и ноутбуках. Также получили распространение форматы 1.8 дюйма, 1.3 дюйма, 1 дюйм и 0.85 дюйма. Прекращено производство накопителей в форм-факторах 8 и 5.25 дюймов.

Время произвольного доступа (англ. *random access time*) — время, за которое винчестер гарантированно выполнит операцию чтения или записи на любом участке магнитного диска. Диапазон этого параметра невелик — от 2,5 до 16 мс. Как правило, минимальным временем обладают серверные диски (например, у Hitachi Ultrastar 15K147 — 3,7 мс), самым большим из актуальных — диски для портативных устройств (Seagate Momentus 5400.3 — 12,5).

Скорость вращения шпинделя (англ. *spindle speed*) — количество оборотов шпинделя в минуту. От этого параметра в значительной степени зависят время доступа и средняя скорость передачи данных. В настоящее время выпускаются винчестеры со следующими стандартными скоростями вращения: 4200, 5400 и 7200 (ноутбуки), 5400, 7200 и 10 000 (персональные компьютеры), 10 000 и 15 000 об/мин (серверы и высокопроизводительные рабочие станции).

Надёжность (англ. *reliability*) — определяется как среднее время наработки на отказ (*MTBF*). Также подавляющее большинство современных дисков поддерживают технологию *S.M.A.R.T.*

Количество операций ввода-вывода в секунду — у современных дисков это около 50 оп./с при произвольном доступе к накопителю и около 100 оп./сек при последовательном доступе.

Потребление энергии — важный фактор для мобильных устройств.

Уровень шума — шум, который производит механика накопителя при его работе. Указывается в децибелах. Тихими накопителями считаются устройства с уровнем

шума около 26 дБ и ниже. Шум состоит из шума вращения шпинделя (в том числе аэродинамического) и шума позиционирования.

Сопротивляемость ударам (англ. *G—shock rating*) — сопротивляемость накопителя резким скачкам давления или ударам, измеряется в единицах допустимой перегрузки во включённом и выключенном состоянии.

Скорость передачи данных (англ. *Transfer Rate*) при последовательном доступе:

- внутренняя зона диска: от 44,2 до 74,5 Мб/с;
- внешняя зона диска: от 60,0 до 111,4 Мб/с.

Объём буфера — буфером называется промежуточная память, предназначенная для сглаживания различий скорости чтения/записи и передачи по интерфейсу. В дисках 2009 года он обычно варьируется от 8 до 64 Мб.

Плотность записи на пластине (поверхностная плотность) зависит от расстояния между дорожками (поперечная плотность) и минимального размера магнитного домена (продольная плотность). Обобщающим критерием выступает плотность записи на единицу площади диска или емкость пластины. Чем выше плотность записи, тем больше скорость обмена данными между головками и буфером (внутренняя скорость передачи данных). Постепенно резервы роста, обусловленные отмеченным выше технологическим скачком, пошли на убыль. К 2003 г. типовая емкость пластин жестких дисков достигла 80 Гбайт. В 2004 г. появились диски с пластинами емкостью 100 Мбайт, в 2005 г. — 133 Мбайт, в 2009 – 333ГБ

Минимальной адресуемой областью данных на жёстком диске является *сектор*. Размер сектора традиционно равен 512 байт. В 2006 году IDEMA объявила о переходе на размер сектора 4096 байт, который планируется завершить к 2010 году.

В окончательной версии Windows Vista, вышедшей в 2007 году, присутствует ограниченная поддержка дисков с таким размером сектора.

Технологии записи данных на жесткие диски

Принцип работы жёстких дисков похож на работу магнитофонов. Рабочая поверхность диска движется относительно считывающей головки (например, в виде катушки индуктивности с зазором в магнитопроводе). При подаче переменного электрического тока (при записи) на катушку головки, возникающее переменное магнитное поле из зазора головки воздействует на ферромагнетик поверхности диска и изменяет направление вектора намагниченности доменов в зависимости от величины сигнала. При считывании перемещение доменов у зазора головки приводит к изменению магнитного потока в магнитопроводе головки, что приводит к возникновению переменного электрического сигнала в катушке из-за эффекта электромагнитной индукции.

В последнее время для считывания применяют магниторезистивный эффект и используют в дисках магниторезистивные головки. В них изменение магнитного поля приводит к изменению сопротивления, в зависимости от изменения напряженности магнитного поля. Подобные головки позволяют увеличить вероятность достоверности считывания информации (особенно при больших плотностях записи информации).

Метод параллельной записи

Биты информации записываются с помощью маленькой головки, которая, проходя над поверхностью вращающегося диска, намагничивает миллиарды горизонтальных дискретных областей — доменов. Каждая из этих областей является логическим нулём или единицей, в зависимости от намагниченности.

Максимально достижимая при использовании данного метода плотность записи составляет около 23 Гбит/см². В настоящее время происходит постепенное вытеснение данного метода методом перпендикулярной записи.

Метод перпендикулярной записи

Метод перпендикулярной записи — это технология, при которой биты информации сохраняются в вертикальных доменах. Это позволяет использовать более сильные магнитные поля и снизить площадь материала, необходимую для записи 1 бита. Плотность записи у современных образцов — 60 Гбит/см². Жёсткие диски с перпендикулярной записью доступны на рынке с 2005 года.

Метод тепловой магнитной записи

Метод тепловой магнитной записи (англ. *Heat-assisted magnetic recording, HAMR*) на данный момент самый перспективный из существующих, сейчас он активно разрабатывается. При использовании этого метода используется точечный подогрев диска, который позволяет головке намагничивать очень мелкие области его поверхности. После того, как диск охлаждается, намагниченность «закрепляется». На рынке ЖД данного типа пока не представлены (на 2009 год), есть лишь экспериментальные образцы, плотность записи которых 150 Гбит/см². Разработка HAMR-технологий ведется уже довольно давно, однако эксперты до сих пор расходятся в оценках максимальной плотности записи. Так, компания Hitachi называет предел в 2,3–3,1 Тбит/см², а представители Seagate Technology предполагают, что они смогут довести плотность записи HAMR-носители до 7,75 Тбит/см². Широкого распространения данной технологии следует ожидать в 2011—2012 годах.

Технология RAID

RAID (англ. *redundant array of independent/inexpensive disks*) избыточный массив независимых/недорогих жёстких дисков — матрица из нескольких дисков управляемых контроллером, взаимосвязанных скоростными каналами и воспринимаемых как единое целое. В зависимости от типа используемого массива может обеспечивать различные степени отказоустойчивости и быстродействия.

Служит для повышения надёжности хранения данных и/или для повышения скорости чтения/записи информации (RAID 0).

RAID 0

RAID 0 («Striping») представляет собой дисковый массив из 2 или более дисков, в котором информация разбита на блоки A_n и последовательно записана на жесткие диски. Соответственно информация записывается и читается одновременно, что увеличивает скорость.



Рисунок 5. Схема RAID 0

К сожалению, при отказе одного из дисков информация необратимо теряется, поэтому применяется либо в домашних условиях, либо для хранения файла подкачки, своп файла.

RAID 1

RAID 1 (Mirroring — «зеркалирование»). В данном случае один диск полностью повторяет другой, что гарантирует работоспособность при поломке одного диска, но объем полезного пространства уменьшается вдвое. Поскольку диски покупаются одновременно, в случае бракованной партии возможен отказ обоих дисков. Скорость записи приблизительно равна скорости записи на один диск, возможно чтение сразу с двух дисков (если контроллер поддерживает данную функцию), что увеличивает скорость.

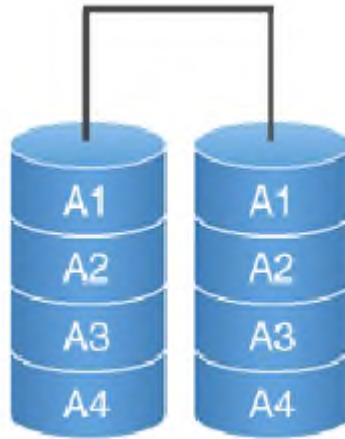


Рисунок 6. Схема RAID 1

Применяется чаще всего в малых офисах под базы данных, либо для хранения операционной системы.

RAID 10

RAID 10 (RAID 1+0). Сочетает в себе принципы RAID 0 и RAID 1. При его применении каждый жесткий диск имеет свою «зеркальную пару», при это используется половина полезного объема. Работоспособен пока существует один рабочий диск из каждой пары. Наиболее высокие показатели записи/перезаписи, сопоставимы с RAID 5 по скорости чтения. Применяется для хранения баз данных, при высокой нагрузке.

RAID 5

RAID 5. В данном случае все данные разбиваются на блоки и для каждого набора считается контрольная сумма, которая хранится на одном из дисков – циклически записывается на все диски массива (попеременно на каждый), и используется для восстановления данных. Устойчив к потере не более чем одного диска.



Рисунок 7. Схема RAID 5

RAID 5 имеет высокие показатели чтения – информация считывается почти со всех дисков, но уменьшенную производительность при записи – требуется вычислять контрольную сумму. Но самая критичная операция перезапись, так как она проходит в несколько этапов:

- 1) Чтение данных
- 2) Чтение контрольной суммы
- 3) Сравнение новых и старых данных
- 4) Запись новых данных
- 5) Запись новой контрольной суммы
- 6) Применяются при необходимости большого объема, и высокой скорости чтения.

RAID 6

RAID 6 (ADG). Логическое продолжение RAID 5. Отличие заключается в том что контрольная сумма высчитывается 2 раза, и, как следствие имеет большую надежность (устойчив при поломке более 2 дисков), и меньшую производительность.



Рисунок 8. Схема RAID 6

Организация работы RAID обеспечивается RAID-контроллерами, которые могут быть: встроенными в материнскую плату, внутренними (в виде платы) и внешними.



Рисунок 9. Внутренний RAID контроллер

Два или более дисков подключаются к контроллеру в сервере либо внешняя дисковая полка подключается к контроллеру, в зависимости от выбранного уровня отказоустойчивости, защищает от поломки одного или более дисков, сохраняя работоспособность.

При наличии энергонезависимого кэша и использовании SAS дисков, защищает от проблем, связанных с перебоями электропитания, за исключением тех случаев, когда происходит электрическое повреждение оборудования. Но при повреждении сервера возможна потеря данных.

Защищает данные от:

- аппаратных проблем — отказ, порча, поломка оборудования. Частично, только от отказа жестких дисков;
- сбоев электропитания – частично, защищает данные, хранимые в буфере контроллера в очереди на запись, но ограниченное время и только при наличии аккумулятора на контроллере.

Не защищает от:

- программных сбоев;
- человеческого фактора;
- инфраструктурных проблем (хотя все соединения, как правило, находятся внутри сервера);
- аварий;
- катастроф.

Основная цель применения – защита данных от потери при отказе жесткого диска, так же, одна из причин внедрения — потребность в повышенной производительности дисковой подсистемы.

RAID контроллеры поставляют многие компании: IBM, DELL, SUN, HP, Adaptec, 3ware, LSI, и прочие.

Внешний RAID массив



Рисунок 10. Внешний RAID массив

Начальный уровень. Диски и контроллер вынесены в отдельную внешнюю систему. Один или несколько серверов могут быть подключены к внешнему массиву различными интерфейсами, к примеру SAS, iSCSI, FC. Почти все такие системы имеют дублирование вентиляторов и блоков питания, многие предусматривают возможность установки дублирующего контроллера. Сами по себе, внешние RAID массивы более производительны и надежны по сравнению с внутренними RAID контроллерами и могут расширяться до более чем сотни дисков (при помощи дисковых полок).

На данный момент во многих моделях есть продвинутое средства мониторинга и управления, как самим массивом, так и данными на нём. Средства контроля за состоянием дисков заранее оповещают о возможном отказе, большинство достойных производителей меняют диски только на основании данных сообщений, до факта неработоспособности. У некоторых моделей есть возможно делать мгновенные снимки – (snapshot), что позволяет защитить данные и упрощает резервное копирование.

Защищает данные от:

- аппаратных проблем – частично, при наличии дублирования всех систем.
- Программных сбоев – частично, некоторые массивы обладают функциями создания мгновенных копий, что поможет создавать множественные снимки;
- инфраструктурных проблем – защищают при условии дублирования всех массивов вне сервера;
- сбой электропитания – частично, защищает данные в буфере контроллера на запись при наличии аккумулятора. Наличие дублированных блоков питания гарантирует большую надежность.

Не защищают от:

- человеческого фактора;
- аварий;
- катастроф.

Причиной внедрения является либо потребность в консолидации ресурсов хранения, их более простом управлении, возможности одновременного доступа (например, при создании кластера), либо потребность в высокой производительности, либо потребность в большей надежности (дублирование путей к контроллеру).

Типичные представители класса: Xyratex 5xxx/6xxx, Dell MD3000, IBM 3XXX, HP MSA 2000.