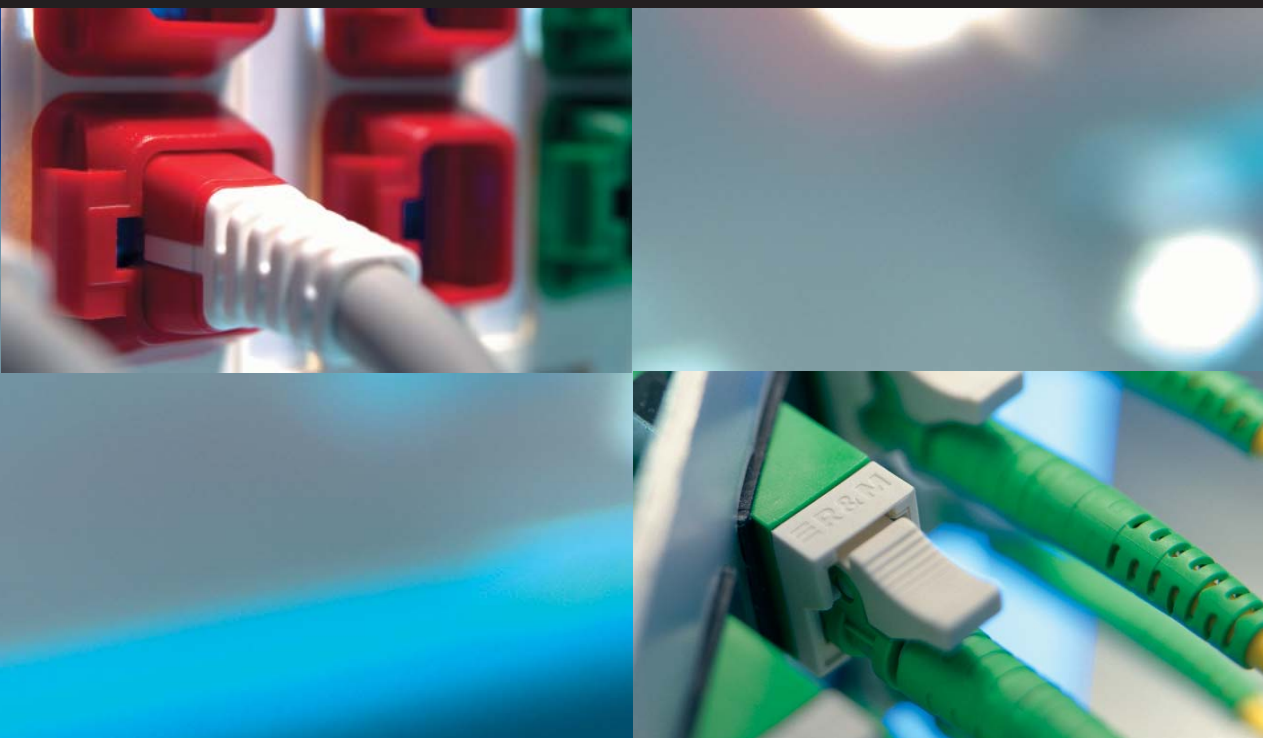


Кабельные системы для ЦОД



Комплексные кабельные решения для
Центров Обработки Данных (ЦОД).

Высокая производительность.

Гибкость и масштабируемость.

Надежность и безопасность.



Convincing cabling solutions

Эпоха ЦОД

Сегодня практический интерес к вопросам построения ЦОД проявляют разные структуры – от небольших компаний до гигантских транснациональных корпораций и операторов связи. Значимость хранимой и обрабатываемой в ЦОД информации выдвигает самые серьезные требования ко всем его подсистемам.

Этапы развития

Первая волна массового строительства центров обработки данных (ЦОД) пришлось на конец 90-х годов прошлого века - времена хорошо известного Интернет-бума. Последующий затем кризис в телекоммуникационной отрасли несколько приостановил "победоносное шествие" ЦОД по планете, однако в настоящее время интерес к ним снова очень велик. Рост объемов и ценности информации, быстрое развитие различных форм электронных коммуникаций (электронная и голосовая почта, IP-телефония, чаты, мгновенный обмен сообщениями и пр.), разнообразие видеосервисов - эти и многие другие факторы способствуют росту числа и размеров ЦОД.

Их строят как крупные предприятия и другие корпоративные структуры, так и сервис-провайдеры. В корпоративных ЦОД располагаются системы хранения и обработки собственной информации компаний, а также сетевое и телекоммуникационное оборудование, необходимое для функционирования корпоративных локальных (ЛВС) и территориально распределенных (WAN) сетей. В ЦОД сервис-провайдеров и операторов связи располагаются сред-

ства связи и другое оборудование, необходимое для предоставления ими услуг своим абонентам. Кроме того, часть ресурсов таких ЦОД может выделяться для размещения оборудования и программных систем заказчиков на принципах аутсорсинга.



Что такое ЦОД

ЦОД представляет собой технологическое помещение, в котором размещаются системы хранения данных, их обработки (серверы), а также сетевое и телекоммуникационное оборудование. Он может занимать одну или несколько комнат, а также целиком все здание.

Для работы современной электронной аппаратуры требуется довольно жесткий температурно-влажностный режим, поэтому обязательной в современном ЦОД является система обеспечения такого режима (кондиционирование и вентиляция). Требовательна аппаратура и к качеству электропитания, что достигается установкой источников бесперебойного питания (ИБП) необходимой мощности и альтернативных источников электричества (аккумуляторные батареи, дизель-генераторные установки и пр.). Размещают серверы, системы хранения и сетевые устройства в специальных монтажных стойках и шкафах, которые должны быть достаточно надежными и удобными для обслуживания аппаратуры. Не менее важны-

ми для нормального функционирования ЦОД являются система обеспечения безопасности (контроль доступа, видеонаблюдение и т. д.), а также система контроля и управления инженерными средствами. Все это обязательно должно быть предусмотрено еще на этапе проектирования таких объектов.

Конечно, нельзя забывать и о кабельной системе. Именно она служит своеобразной кровеносной системой, которая связывает воедино все - начиная от основного оборудования и заканчивая датчиками и контроллерами инженерных средств, - и превращает ЦОД в единый "организм". А как известно, любые проблемы в работе кровеносной системы чреваты летальным исходом, т. е. в нашем случае остановкой работы ЦОД. Поэтому к вопросам проектирования, инсталляции и обслуживания кабельной системы надо подходить максимально внимательно, учитывая ряд специфических требований ЦОД, что делает их кабельные системы несколько отличными от офисных СКС.

ЦОД и стандарты

В последнее время одним из наиболее часто цитируемых является стандарт на ЦОД TIA-942, принятый в США. Однако существуют также европейский стандарт EN 50173-5 и основанный на нем международный стандарт ISO/IEC 24764. Американский стандарт TIA-942 охватывает широкий круг вопросов, связанных с организацией ЦОД, включая:

- характеристики помещения (размеры, высота потолка, двери, освещение, нагрузка на пол...);
 - принципы построения системы кондиционирования и электропитания;
 - требования по резервированию различных элементов;
 - принципы построения кабельной системы;
- Европейский стандарт EN 50173-5 рассматривает только вопросы, связанные с построением кабельной системы. Хотя положения стандартов TIA-942 и EN 50173-5 в части кабельной системы ЦОД схожи, имеются и некоторые отличия.

Кабельная система ЦОД: базовые

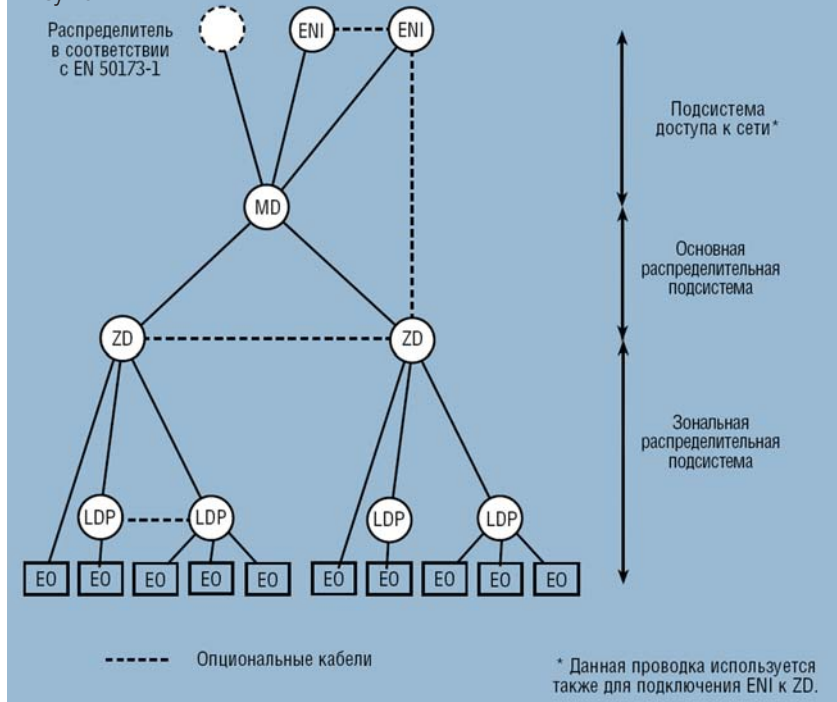
Кабельная система служит "кровеносной системой" ЦОД, которая связывает воедино все – начиная от основного оборудования и заканчивая датчиками и контроллерами инженерных средств, – и превращает ЦОД в единый "организм". К вопросам проектирования, инсталляции и обслуживания кабельной системы надо подходить максимально внимательно, учитывая ряд специфических требований ЦОД.

Структура кабельной системы ЦОД

Стандарт EN 50173-5 предусматривает иерархическую структуру кабельной системы ЦОД, которая представлена на рисунке 1. Подключение внешних сетей и служб осуществляется на интерфейсах ENI (Equipment Network Interface). Физически эти элементы располагаются, как правило, в отдельной комнате, где установлено активное оборудование для доступа к службам сервис-провайдера или территори-

льно распределенной корпоративной сети. Поступивший извне трафик обрабатывается этим оборудованием и далее направляется уже по кабельной системе ЦОД. Первый ее участок называется подсистемой сетевого доступа и он ведет к основному кроссу MD (Main Distributor). Далее от основного кросса до зонных кроссов ZD (Zone Distributor), располагается основная (магистральная) подсистема распределения. Подключение розеток оборудования EO

Рисунок 1.



(Equipment Outlet) осуществляется по зонной подсистеме распределения. Обратите внимание, что в стандарте TIA-942 аналогичный участок называется горизонтальной подсистемой.

Между зонным кроссом ZD и розетками оборудования EO может располагаться еще один элемент - локальный пункт распределения LDP (Local Distribution Point). Это факультативный (необязательный) элемент, который может содержать только пассивные соединения. Использование LDP имеет резон в том случае, когда происходят частые перемещения и добавления оборудо-

вания, что как раз характерно для ЦОД. Стандарт допускает размещение этого элемента под фальшполом или сверху у потока. При использовании пункта LDP, он должен располагаться не ближе 15 м от зонного кросса ZD, чтобы не допустить нежелательного ухудшения характеристик, связанных с перекрестными помехами (NEXT) и возвратными потерями.

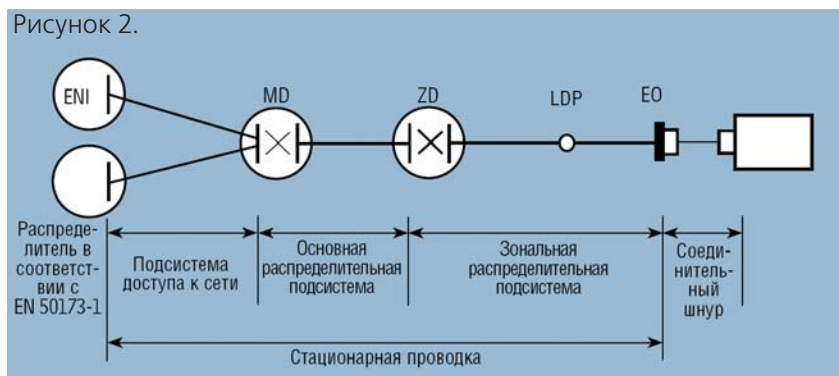
С целью резервирования стандарт EN 50173-5 допускает организацию дополнительных кабельных линий между зонными кроссами ZD, а также между локальными пунктами распределения LDP (рисунок 2).

Основные требования

ЦОД - это объект, где внедряются последние достижения технического прогресса в области связи и информационных технологий. Вместе с тем, он характеризуется частыми изменениями - перемещение оборудования, добавление нового, подключение новых сервисов... И в этих условиях все системы ЦОД должны работать слаженно, без сбоев. Хотя требования в кабельной системе ЦОД широки и многообразны, следует выделить четыре основных:

- **производительность;**
- **масштабируемость;**
- **надежность;**
- **безопасность.**

Рисунок 2.



Высокая производительность.

ЦОД – место концентрации самых современных сетевых и информационных технологий. Необходимость обеспечить большому числу пользователей быстрый доступ к тысячам терабайт информации требует использования не только суперскоростных серверов и систем хранения, но и широких каналов связи. А для них требуются высокопроизводительные кабельные системы.

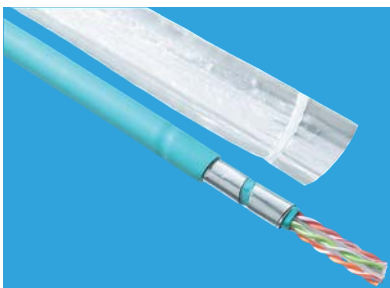
Ethernet – на новом уровне скорости

Основной технологией для построения ЛВС, в том числе в ЦОД, является Ethernet. На сегодня самой скоростной ее вариант – 10-Gigabit Ethernet. Для волоконно-оптических кабельных систем технология 10-Gigabit Ethernet была стандартизована несколько лет назад, стандарт для медных кабельных систем на базе витой пары (10GBase-T) принят только в июне 2006 г. Для зонных (горизонтальных) кабельных подсистем медные кабели в виду своей невысокой стоимости, простоты и удобства монтажа еще долго будут оставаться основной средой передачи данных.

Медные кабельные системы класса E (категории 6, по американским стандартам) способны обеспечить работу технологии 10GBase-T только на расстоянии до 55 м, да и то это требует дополнительного тестирования. Для гарантированной дальности тракта в 100 м был разработан специальный расширенный класс E_A (категория 6_A), характеристики которого определены для частот до 500 МГц. Кабельные системы, отвечающие требованиям класса E_A, уже предлагаются на рынке.

Основным бичом "медной" технологии 10-Gigabit Ethernet являются межэлементные (межкабельные) наводки, alien crosstalk, возникающие между соседними кабелями и соединительными элементами. Для работы менее скоростных сетевых технологий, таких, как Gigabit Ethernet, указанные наводки оказывались несущественными, но для 10-гигабитных систем именно их уровень стал камнем преткновения. Чтобы снизить уровень межкабельных наводок в неэкранированных кабельных системах (UTP), большинство производителей пошли по принципу пространственного разнесения витых пар соседних кабелей. Это достигается путем увеличения диаметра медных жил, толщины оболочек, изменения формы кабелей (предлагаются некруглые кабели) и другими способами, обеспечивающими дополнительное пространственное разнесение влияющих пар. Однако "свобода маневра" по изменению геометрических параметров кабелей сильно ограничена. Кроме того, при использовании более толстых кабелей возникают проблемы с их прокладкой по имеющимся кабельным каналам (короба, лотки и пр.). А увеличение расстояние между отдельными

ми разъемами в коммутационных панелях плохо согласуется с наблюдающейся в отрасли тенденцией максимально компактного размещения оборудования в целях экономии дорогостоящей площади технических помещений ЦОД. Но существуют и другие подходы. Компания Reichle & De-Massari (R&M) построила свою систему Real10 UTP на основе технологии WARP (Wave Reduction Patterns). Суть ее заключается в том, что в кабель встроены изолированные друг от друга отрезки фольги, которые снижают как емкостную, так и индуктивную связь между парами соседних кабелей и значительно уменьшают уровень межкабельных наводок.



Кабель R&M: наличие отрезков фольги устраняет перекрестные помехи.

Система Real10 UTP

Плотность отрезков фольги (WARP-элементов) в кабелях системы Real10 UTP достаточно велика для минимизации межкабельных перекрестных помех, а размеры выбраны таким образом, чтобы данные элементы не вызывали эффект антенны. Для устранения перекрестных помех между модулями разъемов на обычные неэкранированные модули сверху надевается металлическая крышечка, которая не требует специального заземления. Эта крышечка выполняет ту же роль, что и отрезки фольги, вмонтированные в кабель. Также в системе Real10 UTP используются защищенные от межэлементных помех коммутационные шнуры.

Предложенное решение обеспечивает запас параметра PSANEXT в 20 дБ (по сравнению с требованием стандартов) во всем диапазоне рабочих частот вплоть до 500 МГц. Значит, система Real10 UTP гарантирует работу сетей 10GBase-T при максимальной длине линии (100 м).

Система Real10 UTP по своей сути является неэкранирован-

ной: сквозной ток по WARP-элементам не течет, компоненты системы не требуют специального заземления. Соответственно, инсталляторы могут не опасаться возникновения каких-либо сложностей при монтаже. Все точно так, как и при установке обычных UTP-продуктов. Не потребуются никаких специальных ухищрений для пространственного разнесения кабелей, шнуров или розеток. Можно использовать коммутационные панели с типовой плотностью установки разъемов, значительно сэкономив место в монтажных шкафах и стойках, что особенно важно для таких объектов, как ЦОД.



UTP разъем: металлическая крышечка, которая надевается сверху на модули, устраняет перекрестные помехи.

Высокая производительность.

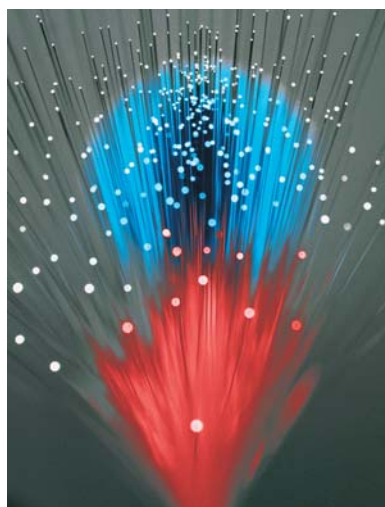
Безусловно, одной "медью" в ЦОД не обойтись. Оптика "приходит" в ЦОД от операторов связи, оптика является предпочтительной средой на магистральных участках, наконец, оптика необходима для организации сетей хранения данных SAN (Storage Area Networks). По сравнению с "медными" технологиями оптические позволяют решать задачи с помощью значительно меньшего числа кабелей, что может оказаться важным при их прокладке под фальшполом, где необходимо обеспечить достаточно пространства для подачи к оборудованию холодного воздуха системы кондиционирования.

Выбор волокна

Согласно стандарту EN 50173-5, характеристики волоконно-оптических трактов ЦОД должны как минимум соответствовать требованиям класса OF-300. Это значит, что могут использоваться кабели с многомодовыми волокнами OM-2 и OM-3. Волокна OM-2 имеют коэффициент широкополосности при насыщающем возбуждении (при использовании в качестве источников сигнала светодиодов LED) 500 МГц x км на обеих рабочих длинах волн - 850 и 1300 нм. При том же способе возбуждения коэффициент широкопо-

лосности волокон OM-3 на длине волны 850 нм значительно выше - 1500 МГц x км (на длине волны 1300 нм он такой же).

Но следует иметь в виду, что волокна OM-3 разрабатывались специально для скоростных приложений и оптимизированы для использования с VCSEL-лазерами: при лазерном возбуждении на длине волны 850 нм их коэффициент широкополосности составляет 2000 МГц x км. Понятно, что в ЦОД предпочтительнее использовать кабели с волокнами OM-3.



Волоконно-оптические системы R&M

Компания R&M предлагает полное решение для построения волоконно-оптических кабельных систем, включая кабели для различных условий прокладки с одномодовыми (OS1) и многомодовыми (OM1, OM2, OM3) волокнами. Внутри зданий, в том числе в ЦОД, как правило, используют кабели с многомодовыми волокнами и оболочкой LSZH, не выделяющей дыма и галогенов при горении. Для терминирования кабелей имеются адаптеры со всеми основными ти-

пами разъемов (ST, LC, SC, SC-RJ, FC/PC, E2000), а также полушнуры (пигтейлы) с различными разъемами. В портфеле предложений R&M имеется и претерминированный кабель VARIOline.

Компания выпускает широкий набор розеток и коммутационных панелей. Имеются обычные двухпортовые и многопортовые розетки для прямого монтажа разъемов. Розетки настенного монтажа, для коробов и для лючков в полу могут использоваться для претерминированных кабелей и прямого монтажа. Коммутаци-

онные панели различной высоты комплектуются кассетами для сплайсов. Кроме того, предлагаются оптические полки настенного монтажа (с разделными отсеками для кабелей и коммутационных шнуров), малогабаритные оптические кроссы и другие продукты.

Помимо кабельных решений для "классического" волокна, R&M выпускает и системы для пластикового оптического волокна (POF).



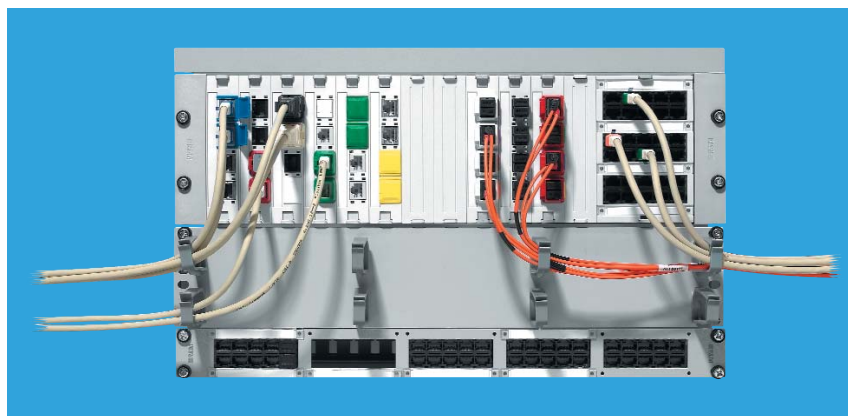
Гибкость и масштабируемость

ЦОД – представляется собой очень динамичный объект, на котором происходят постоянные изменения. Причем, если львиная доля изменений в ИТ-инфраструктуре обычного офиса связана с перемещениями сотрудников и целых отделов, то в ЦОД перемещений меньше, зато часто происходит добавление нового оборудования.

Принцип модульности

Кабельная система ЦОД должна быть построена таким образом, чтобы обеспечивать переконфигурирование имеющегося и ввод в эксплуатацию нового оборудования. Основное оборудование ЦОД, как правило, стоит очень дорого, поэтому его простой надо минимизировать, а следовательно все работы на кабельной инфраструктуре должны выполняться в кратчайшие сроки. Возможности ее масштабирования должны обеспечивать не только подключение нового оборудования, но и расширение каналов связи, например переход с технологии Gigabit Ethernet на 10-Gigabit Ethernet.

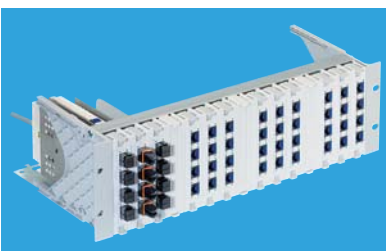
Залогом хорошей масштабируемости и гибкости кабельной системы является ее модульное построение. Желательно, чтобы такая система как хороший конструктор позволяла быстро активировать новые кабельные тракты, добавлять новые разъемы для подключения оборудования, заменять один тип разъема на другой (например, медный на оптический). Например, конструкция коммутационных панелей и розеток компании R&M такова, что в одно и то же изделие можно устанавливать модули разъемов как для медных, так и для волоконно-оптических трактов.



Коммутационная панель Global: в одно и то же изделие можно устанавливать модели разъемов как для медных, так и для оптических трактов.

Коммутационные панели Global

В коммутационные панели R&M Global высотой 3U вертикально устанавливаются держатели, каждый из которых рассчитан на четыре медных или волоконно-оптических разъема; в эти панели могут также устанавливаться голосовые модули и коаксиальные разъемы. Плюс к этому, в панели Global можно установить оптические модули прямого терминирования и модули с кассетой для сплайсов. Короче говоря, этот тот самый конструктор, который позволяет исходя из специфики решаемой задачи набрать необходимое число различных разъемов и выбрать подходящий способ терминирования - этакий универсальный кросс.



Панель Global: держатели устанавливаются вертикально. Можно разместить голосовые модули, коаксиальные разъемы, оптические модули прямого терминирования, а также модули с кассетой для сплайсов.

COMBIbox

Большинство современных ЦОД имеют фальшпол, под которым располагаются элементы многих инженерных подсистем. В частности, именно под фальшполом организуется распределение охлаждающего воздуха и подвод его к оборудованию. Во многих проектах в пространстве под фальшполом организуются и кабельные каналы для подведения кабелей к стойкам с оборудованием. Такое решение способно обеспечить удобство доступа к кабельной системе с целью ее обслуживания, изменения и модернизации. Для реализации под фальшполом локального пункта распределения LDP компания R&M предлагает продукт COMBIbox, который является частью комплексного решения, обеспечивающего организацию телекоммуникационных и силовых розеток.



Точка консолидации: модульная конфигурация с COMBIbox. Легкая доступность.

VARIOLine

Возможность максимально оперативно вносить изменения в кабельную инфраструктуру ЦОД никоим образом не должно сказываться на ее рабочих характеристиках. Однако, как известно, качественная установка разъемов на волоконно-оптические кабели - процедура, требующая продолжительного времени и оборудования, которое не всегда удобно применять в "полевых" условиях. Помочь могут претерминированные кабельные сборки, в состав которых входят соединительные кабели различной длины, оконцованные разъемами.

Компания R&M предлагает готовые к установке оптические кабели VARIOLine, которые могут быть претерминированы с одной или обеих сторон. Продукт поставляется с результатами измерений характеристик для всех волокон, имеется вариант с защитой IP67.



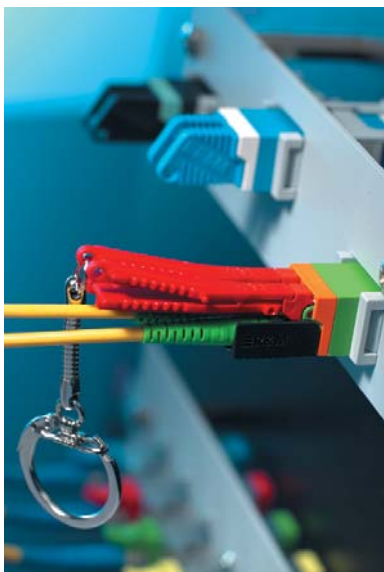
Претерминированный оптический кабель VARIOLine.

Надежность

Высокое качество изготовления всех элементов кабельной системы – залог надежности ЦОД, а следовательно, и бесперебойного функционирования сервисов и приложений, являющихся критически важными для работы современных предприятий и организаций.

Надежность структуры

Стандартом EN 50173-5 на кабельную систему ЦОД предусмотрен ряд мер повышения надежности на уровне ее структуры. В частности, это возможность организации дополнительных линий связи между локальными пунктами распределения LDP, а также между зонными кроссами ZD. Это все очень эффективные меры, но резервирование структуры не должно исключать высоких требований к надежности отдельных элементов кабельной системы.



Качество разъема

ЦОД характеризуется высокой плотностью кабельных подключений с частыми их добавлениями и переключениями. Поэтому особое внимание надо уделять качеству изготовления разъемов, которое должно быть подтверждено соответствующими тестами. Тестирование, проведенное компанией R&M, показало, что механические характеристики контактов ее разъемов сохраняются после 1500 циклов подключений/отключений. И хотя на практике вы, скорее всего, не будете столько раз переключать один и тот же коммутационный шнур, запас надежности гарантирует предсказуемое поведение разъемов.



Разъемы и PoE

В последнее время все большей популярностью пользуется технология подачи электропитания по кабельной системе сети Ethernet (Power over Ethernet, PoE), которая значительно повышает удобство подключения оконечных активных устройств и позволяет задействовать эффективные схемы централизованного резервирования источников электропитания. В ЦОД эта технологии может использоваться, скажем, для дистанционного электропитания установленных в нем камер видеонаблюдения и работающих в составе IP-УАТС IP-телефонов. Но не следует забывать о том, что системы PoE подают электропитание по "чужой" кабельной проводке, а значит важно исключить его негативное влияние на характеристики элементов кабельной системы. В этой связи возникает масса вопросов, например, о том, как поведут себя контакты разъемов при подаче "силовой составляющей" (при этом возникает электрическая дуга, способная обугливать контакты). Компания R&M провела тесты, которые подтвердили электрическую устойчивость ее разъемов при 200 циклах подключений/отключений под нагрузкой.

Качество хвостовиков вилок

Высокая плотность подключений в ЦОД может приводить к дополнительной нагрузке на хвостовики вилок. Например, при наличии большого числа коммутационных шнуров в ограниченном пространстве при отключении одного из них могут возникнуть нежелательные изгибы вилок других шнуров. Гарантировать надежность в данном случае опять-таки способны лишь тщательно протестированные продукты. Тесты, проведенные R&M, заклю-

чались в следующем: вилку коммутационного шнура зажимали в специальные тиски, а к другому его концу подвешивали тяжелый груз (2 кг для неэкранированного шнура и 1 кг - для экранированного). 200 циклов силовой нагрузки не привели к каким-либо повреждениям хвостовика; в необходимых пределах сохранились и рабочие характеристики шнура (переходное затухание на ближнем конце (NEXT) и возвратные потери (RL)).



Безопасность

Защита корпоративной информации стоит на первом месте для многих компаний. И здесь нельзя идти на компромиссы: потеря важной информации или ее попадание в руки злоумышленников чреваты громадными убытками, а, возможно, и разорением компании.

Человеческий фактор

Как показывают многочисленные исследования, одним из основных факторов, приводящих к отказам в сети, является человеческий фактор. А представьте, какие финансовые потери могут ожидать компанию, если кто-то из техников по ошибке выдернет шнур подключения из гнезда какого-нибудь активного оборудования в ЦОД? Вероятность такого события увеличивается тем обстоятельством, что в ЦОД могут работать не только инженеры-кабельщики, но и специалисты, занятые обслуживанием каких-либо других инженерных систем или основного оборудования. Очевидно, что защита точек физического подключения от несанкционированных действий является важнейшим элементом обеспечения безопасности ЦОД. Для этого компания R&M реализовала трехуровневую систему безопасности, которая построена на основе концепции "умных отверстий" - все коммутационные панели и розетки выпускаются с такими отверстиями, подготовленными для установки средств безопасности.

Уровень 1 - визуальное кодирование

Цветовое кодирование разъемов, розеток и коммутационных панелей, осуществляемое с помощью специальных клипс, крышечек и рамок,

"подсказывает" обслуживающему персоналу, как правильно подключать медные и оптические шнуры: синюю вилку в синюю розетку, красную - в красную и т. д.



Панель переключения Global из ассортимента R&Mfreenet с закодированными модулями и шнурами переключения.

Уровень 2 - к цветному добавляется механическое кодирование

Механическое кодирование реализуется с помощью элементов Data Safe Lock, которые механически препятствуют неправильному подключению разъемов.



Устройство "Data Safe Lock" визуально и механически препятствует несанкционированному подключению разъемов RJ45.

Уровень безопасности 3 – блокировка разъемных соединений

Третий уровень безопасности, предохраняющий от случайного разъединения, содержит блокирующее устройство. Защитные пластиковые рамки "Plug Guard" и "Fiber Guard", надежно защищающие разъемные соединения в розетках и на панелях переключения, могут быть открыты только при помощи специального ключа. Только авторизованный персонал может осуществить переподключение устройств. Потеря данных уже невозможна. "Plug Guard" производится в трех различных цветах, "Fiber Guard" имеет дополнительные



030.1509
"Plug Guard" от R&M надежно защищает разъемные соединения RJ45. Блокирующий механизм может быть открыт только при помощи специального ключа.

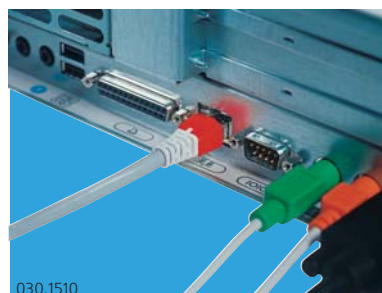
сменные цветные клипсы. Когда же нам необходимо защитить ту или иную розетку RJ45 от подключения исполь-



010.2853
"Jack Guard" - защитная вставка в розетки и панели RJ45. Может быть извлечена только при помощи специального ключа.

зуется специальная защитная вставка "Jack Guard". Она устанавливается в модульную рамку "Plug Guard" и может быть извлечена из нее только при помощи ключа. Это лучшая защита от подключения к Вашей сети.

"Safe Clip" используется на шнурах переключения RJ45. Данная клипса блокирует язычок разъема, что делает невозможным его извлечение из модуля. Может с успехом ис-



030.1510
"Safe Clip" - наше решение для медных разъемов, защита от отключения, в том числе и от активного оборудования.

пользоваться с активным оборудованием.

"Patch Guard" - новое решение от R&M. Устройство устанавливается на шнуры переключения, и после подсоединения надежно блокирует язычок RJ45 разъема. Разблокировать устройство можно только при помощи специального ключа. Разноцветные клипсы помогут закодировать различные сервисы. Компактная форма устройства обеспечивает возможность использования его при работе с активным оборудованием, где плотность подключения необычайно высока.



090.2296
"Patch Guard" новое слово в безопасности при работе с активным оборудованием.



Reichle & De-Massari AG
Binzstrasse 31
CHE-8622
Wetzikon/Switzerland
Tel + 41 44 933 81 11
Fax + 41 44 930 49 41
www.rdm.com

Reichle & De-Massari
Московское
представительство
109052, Москва
Рязанский проспект, д.2,
стр.49
Бизнес-центр "Карачарово"
Тел + 7 495 975-85-53
Факс + 7 495 975-85-54
www.rdm-russia.ru