



Справочное руководство
по стандартам для приложений ЦОД
LAN и SAN

Содержание

Аннотация	3
Введение	3
Стандарт СКС в ЦОД ISO/IEC 24764	4
Приложения Ethernet (IEEE 802.3)	6
Приложение 40 Гбит/сек BiDi	9
Приложения Fibre Channel (INCITS, T11)	11
Приложения InfiniBand	13

Аннотация

Справочное руководство представляет собой обзор наиболее распространенных приложений, применяемых в локальных вычислительных сетях (LAN) и сетях хранения данных (SAN) современных центров обработки данных (ЦОД). Документ содержит информацию о структурированной кабельной проводке, способной поддерживать рассматриваемые приложения и может служить справочником для проектировщиков кабельных систем ЦОД.

1. Введение

Приложения хранения и передачи данных, наиболее часто применяемые в ЦОД и рассматриваемые далее, представлены на Рис. 1:

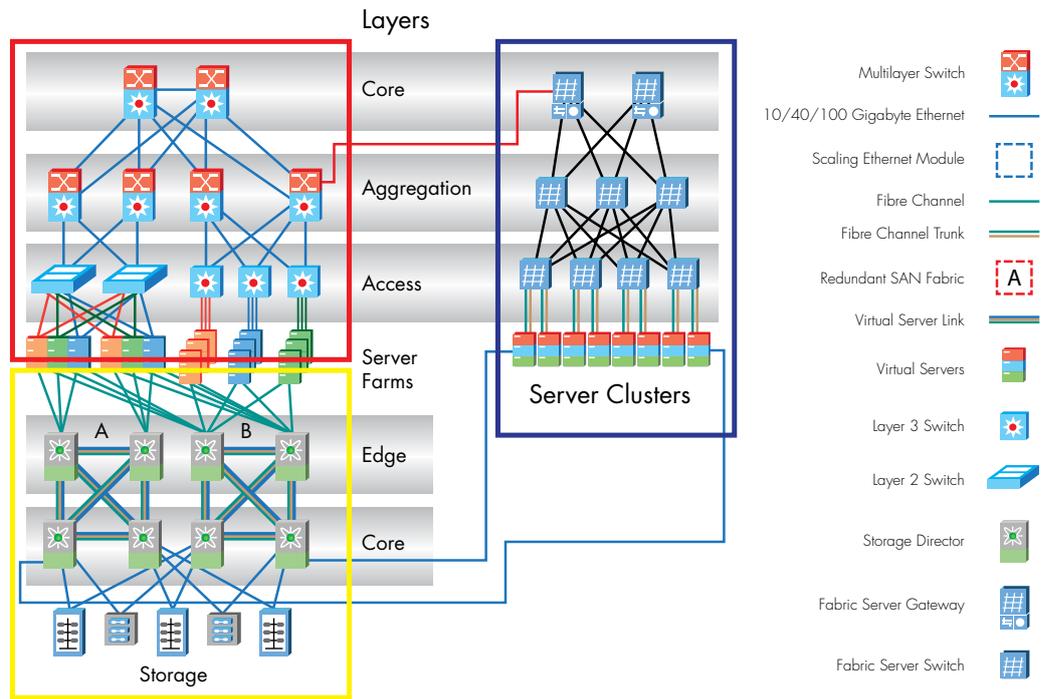


Рис. 1. Приложения и функциональные элементы центра обработки данных

Приложения можно сгруппировать следующим образом:

Приложение	Функциональный элемент ЦОД
Ethernet	Область обмена данными (отмечено красным)
Fibre Channel	Область хранения данных (отмечено желтым)
InfiniBand	Высокопроизводительные серверные кластеры и устройства хранения данных (отмечено синим)

Примечание: IP-конвергенция становится все более популярной в ЦОД и следствием этого является появление приложений Fibre Channel over Ethernet (FCoE) и Infiniband over Ethernet (IoE). Эти приложения будут рассматриваться в следующих разделах настоящего Руководства.

2. Стандарт структурированной кабельной системы (СКС) для центров обработки данных ISO/IEC 24764

Международный стандарт ISO/IEC 24764 ред. 1.1 был опубликован в апреле 2014 года. В ближайшем будущем этот стандарт будет переименован в ISO/IEC 11801 –5 и включен в единую серию отраслевых стандартов стандартов на СКС. Стандарт описывает требования к кабельным системам центров обработки данных, реализуемым с применением симметричных (витопарных) и волоконно-оптических кабелей, специфицированных в базовом международном стандарте СКС ISO/IEC 11801 ред. 2.2. При помощи этих двух стандартов осуществляется «привязка» приложений, применяемых в ЦОД, к кабельной системе, которая соответствует указанным стандартам.

2.1. Медножильные кабельные системы

Стандарт ISO/IEC 11801 ред. 2.2 вводит следующую классификацию кабельных трактов на основе витопарных кабелей:

Табл. 1. Классификация кабельных трактов на основе витопарных кабелей

Класс	Специфицирован до
Класс D	100 МГц
Класс E	250 МГц
Класс E _A	500 МГц
Класс F	600 МГц
Класс F _A	1000 МГц

Для использования в качестве интерфейса подключения активного сетевого оборудования (Equipment Outlet – EO) предлагаются следующие соединители:

Табл. 2. Тип соединителя, используемый в интерфейсе подключения активного оборудования

Категория	Стандарт
Категория 6A неэкранированная	IEC 60603-7-41
Категория 6A экранированная	IEC 60603-7-51
Категория 7 экранированная	IEC 60603-7-7
Категория 7A экранированная	IEC 60603-7-71
Категория 7A экранированная	IEC 61076-3-104

2.2. Волоконно-оптические кабельные системы

Требования к многомодовым световодам линейных кабелей:

		Коэффициент широкополосности, МГц × км		
		ввод с источника LED (Overfilled Launch)		ввод с лазерного источника
Длина волны		850 нм	1300 нм	850 нм
Категория	Диаметр сердцевины волокна, мкм			
OM3	50	1500	500	2000
OM4	50	3500	500	4700

Табл. 3. Типы волоконно-оптических кабелей и соответствующие им коэффициенты широкополосности

Примечание: Требования к коэффициенту широкополосности относятся к волоконным световодам, которые используются при производстве линейного кабеля соответствующей категории и соответствуют параметрам и методам испытаний, специфицированным стандартом IEC 60793-2-10.

	Максимальное затухание в волоконном световоде линейного кабеля, дБ/км				
	OM3 и OM4 многомодовое волокно		OS2 одномодовое волокно		
Длина волны, нм	850	1300	1310	1383	1550
Затухание, дБ	3.0	1.5	0.4	0.4	0.4

Табл. 4. Характеристики оптических волокон в составе линейного кабеля

К оптическим соединителям, применяемым в качестве интерфейса подключения активного сетевого оборудования, предъявляются следующие требования:

- Для оконцовки одного либо двух одномодовых волокон, интерфейс должен соответствовать стандарту IEC 61754-20 (соединитель LC-типа).
- Для оконцовки одного либо двух многомодовых волокон, интерфейс должен соответствовать стандарту IEC 61754-20 (соединитель LC-типа).
- Для оконцовки волокон количеством более двух, интерфейс должен соответствовать стандарту IEC 61754-7 (соединитель MPO-типа).

2.3. Минимальные технические требования к кабельной системе ЦОД

Для обеспечения готовности кабельной системы ЦОД к внедрению новых высокоскоростных приложений, ISO/IEC 24764 устанавливает следующие минимальные требования к функциональным характеристикам кабельной системы ЦОД:

2.3.1. Кабельная система на основе витопарных кабелей

Основная распределительная кабельная подсистема (Main distribution cabling subsystem) должна проектироваться таким образом, чтобы обеспечивать пропускную способность кабельного тракта не ниже Класса E_д, специфицированного в стандарте ISO/IEC 11801 ред. 2.2.

2.3.2. Кабельная система на основе волоконно-оптических кабелей

В случае применения многомодового волокна, основная распределительная кабельная подсистема и зонная распределительная кабельная подсистема должны строиться на основе линейных кабелей с многомодовым волокном категории OM3, OM4 или одномодовым волокном, специфицированным в стандарте ISO/IEC 11801 ред. 2.2.

2.3.3. Сравнение со стандартом ANSI / TIA942-A

Стандарт ANSI / TIA942-A «Стандарт на телекоммуникационную инфраструктуру Центров обработки данных» предъявляет практически идентичные требования к уровню рабочих характеристик соединителей и кабелей передачи данных

Витопарная проводка	Категория 6A
Многомодовое волокно	Минимум OM3, рекомендуется OM4
Оптоволоконный соединитель	LC (1–2 OB), MPO (>2 OB)

Табл. 5. Требования стандарта ANSI / TIA942-A

3. Ethernet (IEEE 802.3)

Приложения Ethernet, соответствующие стандарту IEEE 802.3, являются наиболее распространенными в сетях передачи данных современных ЦОД. На серверных фермах, в области размещения активного оборудования (Equipment distribution area) все чаще применяется 10G Ethernet и, в перспективе, возможен переход на более высокоскоростные приложения (40G Ethernet по витой паре, 40GBASE-T). В областях агрегирования и в ядре сети, проектировщики по всему миру все чаще отдают предпочтение технологии 40/100 Gigabit Ethernet и оптической среде передачи. Также, в настоящее время в рамках IEEE 802.3 идет разработка приложения 400 Gigabit Ethernet.

3.1. Gigabit Ethernet по витопарным кабелям

1000BASE-T (IEEE 802.3ab) является протоколом передачи сигналов Gigabit Ethernet по витопарным кабелям.

Каждый сегмент сети, реализованный на протоколе 1000BASE-T, должен иметь максимальную протяженность не более 100 м и обеспечивать пропускную способность кабельных трактов не ниже класса D. 1000BASE-T задействует для передачи данных все четыре витые пары в кабеле.

Как упоминалось в пункте 2.3.1, стандарт на кабельную систему ЦОД требует обеспечения пропускной способности кабельных трактов не ниже класса E_A , который является обратно совместимым с классом D.

3.2. 10 Gigabit Ethernet

3.2.1. 10 Gigabit Ethernet по оптическому волокну

В 2002 году, передача 10GbE по оптическому волокну была специфицирована стандартом IEEE 802.3ae для использования как в локальных сетях (LAN), так и в операторских сетях (WAN). По причине значительных ограничений протяженности кабельных линий при использовании обычных оптических волокон 50/125 мкм (OM2) и 62,5/125 мкм (OM1), в международный стандарт СКС были включены требования к волоконным световодам 50/125 мкм категории OM3, оптимизированным для работы с лазерными источниками излучения и имеющим улучшенный профиль показателя преломления в сердцевине волокна. Существенно увеличенная ширина полосы пропускания таких волокон обеспечивала увеличение протяженности кабельных линий для соответствия требованиям современных офисных зданий и центров обработки данных.

Существуют три спецификации протокола 10GbE с использованием многомодового волокна, нашедших широкое распространение в ЦОД: 10GBASE-LX4, 10GBASE-LRM, 10GBASE-SR. Все варианты используют два волокна для организации двунаправленной (полнодуплексной) передачи данных.

3.2.3. 10 Gigabit Ethernet по витопарным кабелям

Разработчики стандарта на 10GbE по витопарным кабелям (10GBASE-T), получившего в 2007 году обозначение IEEE 802.3ap, столкнулись с новыми ограничениями на максимальную длину кабельного тракта, что было характерно и для оптической версии 10GbE (IEEE 802.3ae), принятой в 2002 г. Поскольку протяженность тракта Класса E/Категории 6 в неэкранированном исполнении (UTP) была ограничена 37 метрами, кабельные стандарты были дополнены новым классом E_A, который указан в пункте 3.3.1 как минимальный класс пропускной способности для кабельной системы ЦОД. Кабельные тракты Класса E_A обеспечивают передачу данных 10GBASE-T на расстояние до 100 м.

Примечание: Коэффициент широкополосности: OM1=200 МГц×км, OM2=500 МГц×км, OM3=2000 МГц×км; OS1 = одномодовое волокно 9/125 мкм, OS2 = одномодовое волокно 9/125 мкм (LWP-типа (со сниженным водяным пиком))

Спецификации физического уровня для Ethernet 10GBase					
Тип	PMD	Технология	Соединитель	Среда передачи	Дальность (м)
Витопарный кабель	10GBASE-T	4 пары проводников	RJ45	Категория 6 UTP	37
				Категория 6 STP/Категория 6A UTP/STP	100
Волоконно-оптический кабель	10GBASE-SR	850 нм VCSEL, последовательная передача	LC и SC Duplex	OM1/OM2/OM3/OM4 многомодовое волокно	33/82/300/550
	10GBASE-LRM	1310 нм, лазер, последовательная передача		OM1/OM2/OM3 многомодовое волокно	220/220/300
	10GBASE-LX4	1310 нм, лазер, спектральное уплотнение сигнала		OM1/OM2/OM3 многомодовое волокно	300
				OS1 and OS2 одномодовое волокно	10,000
	10GBASE-LR	1310 нм, лазер, последовательная передача		OS1 and OS2 одномодовое волокно	10,000
	10GBASE-ER	1550 нм, лазер, последовательная передача			40,000

Табл. 6. Приложения, среда передачи и протяженность кабельных трактов для 10 GigaBit Ethernet

Как упоминалось в пункте 2.3.2, кабельные стандарты указывают на то, что в ЦОД необходимо применять кабели с волокном категории не ниже OM3. Другие категории оптических волокон приведены в Табл. 6 для сравнения.

3.4. Протокол 40/100 Gigabit Ethernet

Последняя на сегодняшний день версия протокола Ethernet, IEEE 802.3ba, была стандартизирована в середине 2010 года. Стандарт описывает две скорости передачи данных (40 Гбит/сек и 100 Гбит/сек) одновременно. В качестве среды передачи может применяться одномодовое либо многомодовое волокно. Спецификации с суффиксом «SR» подразумевают передачу данных по многомодовому волокну.

40GBASE-SR4 и 100GBASE-SR10 являются Ethernet-приложениями, использующими более одной пары волокон для параллельной передачи сигнала по многомодовому волокну. Для передачи используется несколько параллельных потоков 10 Gb/s в полнодуплексном режиме, 40GBASE-SR4 использует 8 волокон (4 потока), а 100GBASE-SR10 использует 20 волокон (10 потоков). Таким образом, для организации работы этих приложений целесообразно использовать многоволоконные соединители MPO-типа. Несмотря на то, что в перспективе в ЦОД будут преимущественно использоваться протоколы 40/100 Gigabit Ethernet, использующие многомодовое волокно, в табл. 7 также содержится информация об «одномодовых» спецификациях протоколов 40/100 Gigabit Ethernet.

	Длина тракта 40GBASE-SR4	Длина тракта 100GBASE-SR10	Длина тракта 100GBASE-SR4	Длина тракта 40GBASE-LR4	Длина тракта 100GBASE-LR4	Длина тракта 100GBASE-ER4
OM3, 50/125 мкм	100 м	100 м	70 м	N/A	N/A	N/A
OM4, 50/125 мкм	150 м*	150 м*	100 м*	N/A	N/A	N/A
OS1/OS2 9/12 мкм	N/A	N/A	N/A	10 км	10 км	40 км

* особые требования к бюджету потерь, см. п. 3.5.

Табл. 7. Ограничения на протяженность кабельного тракта 40/100 GBE в зависимости от спецификации протокола и категории волоконных световодов

3.4.1. 40GBASE-SR4 (40GBE) и 100GBASE-SR4 (100GBE)

На рис. 2 и 3 проиллюстрирован принцип параллельной передачи сигналов 40/100 Gigabit Ethernet по многоволоконным кабельным линиям с использованием соединителей MPO, а также показана схема расположения задействованных волокон в соединителе. Приведенная схема используется для работы приложений 40GBASE-SR4 (40GBE) и 100GBASE-SR4 (100GBE).



Рис. 2. Принцип полнодуплексной передачи с использованием 8 волоконных световодов в 12-волоконном соединителе MPO для 40GBASE-SR4 и 100GBASE-SR4

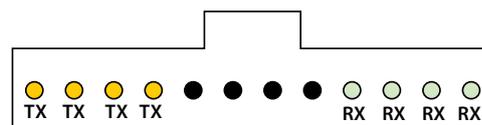


Рис. 3. Схема расположения задействованных волокон в соединителе MPO для 40GBASE-SR4 / 100GBASE-SR4

3.4.2. 100GBASE-SR10 (100GBE)

На рис. 4 и 5 проиллюстрирован принцип параллельной передачи сигналов 100 Gigabit Ethernet по многоволоконным кабельным линиям с использованием соединителей MPO, а также показана схема расположения задействованных волокон в соединителе.

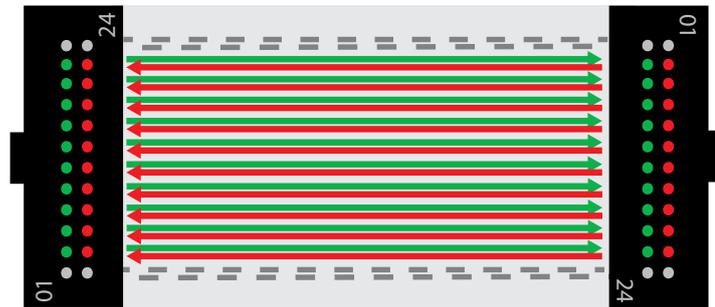


Рис. 4: Принцип полнодуплексной передачи с использованием 20 волоконных световодов в 24 волоконном соединителе MPO для 100GBASE-SR10

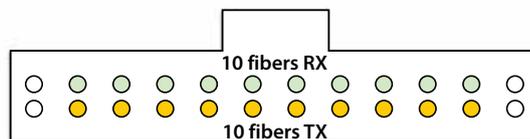


Рис. 5: Схема расположения задействованных волокон в соединителе MPO для 100GBASE-SR10

3.5. Максимальное затухание сигнала в кабельном тракте для приложений Ethernet

Помимо ограничений на длину тракта в кабельной системе, вторым важным параметром, который необходимо учитывать при проектировании и строительстве сетей LAN и SAN, является затухание оптического сигнала. В табл. 6 содержатся требования по максимально допустимому затуханию в оптическом тракте для обеспечения передачи сигналов рассмотренных ранее приложений.

Протокол передачи	Максимальный уровень затухания в кабельном тракте (дБ)		
	Многомодовое волокно*		Одномодовое волокно
	850 nm	1300 nm	1310 nm
IEEE 802-3: 10BASE-FI and FB	12.5 (6.8)**	-	-
IEEE 802-3: 1000BASE-SX	2.6 (3.56)**	-	-
IEEE 802-3: 1000BASE-LX	-	2.35	4.56
ISO/IEC 8802-3: 100BASE-FX	-	11.0 (6.0)	-
IEEE 802.3: 10GBASE-LX4	-	2.00	6.20
IEEE 802.3: 10GBASE-SR/SW	1.60 (62.5)/1.80 (OM2 50)/2.60 (OM3)	-	-
IEEE 802.3: 10GBASE-LR/LW	-	-	6.20
IEEE 802.3: 40GBASE-LR4	-	-	6.70
IEEE 802.3: 100GBASE-LR4	-	-	6.3
IEEE 802.3: 100GBASE-ER4	-	-	18.0
IEEE 802.3: 40GBASE-SR4	1.9 (100 м OM3)/1.5 (150 м OM4)*	-	-
IEEE 802.3: 100GBASE-SR10	1.9 (100 м OM3)/1.5 (150 м OM4)*	--	-
IEEE 802.3: 100GBASE-SR4	1.9 (70 м OM3) / 1.9 (100 м OM4)	-	-

*В то время, как все перечисленные приложения допускают совокупное затухание на разъёмных и неразъёмных соединениях в составе кабельного тракта на уровне 1,5 дБ, приложения 40 и 100 GBE с волокном категории OM4 нуждаются в уменьшенном затухании, а именно не более 1 дБ на всех соединениях в составе тракта, что требует применения в составе СКС оптических соединителей с минимальным затуханием.

** Значения приведены для волоконных световодов 62.5/125 мкм. Значения в скобках для световодов 50/125 мкм.

Табл. 8. Максимально допустимое затухание в кабельном тракте для приложений Ethernet в зависимости от приложения и категории волокна

4. Cisco 40 Гбит/сек BiDi

Cisco разработала собственную технологию передачи 40 Gigabit Ethernet с использованием двух волоконных световодов. Данная технология не совместима со стандартом IEEE для 40 Гбит/сек. Передача осуществляется посредством Cisco QSFP 40 Гбит/сек BiDi трансивера, имеющего два канала по 20 Гбит/сек, каждый из которых передает и принимает одновременно на двух длинах волн. Вследствие чего, передача Гбит/сек осуществляется посредством интерфейса LC-Duplex по двум волоконным световодам.

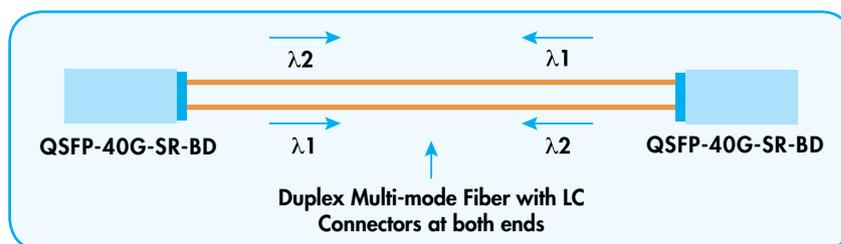


Рис. 6. Технология Cisco 40 Гбит/сек BiDi для передачи 40 Gigabit Ethernet

Максимально допустимое затухание в кабельном тракте для 40 Гбит/сек BiDi не более 2 дБ, на основании этого ниже представлена спецификация физического уровня.

Длина волны	Тип кабеля	Диаметр сердцевины	Коэффициент широкополосности, МГц x км	Длина тракта
850–900 нм	Многомод	50 мкм	500 (OM2)	30 м
			2000 (OM3)	100 м*
			4700 (OM4)	125 м**

* Максимально допустимое затухание на соединителях не более 1.5 дБ

** Максимально допустимое затухание на соединителях не более 1 дБ

Табл. 9. Ограничения на протяженность кабельного тракта Cisco Гбит/сек BiDi

Помимо приложения 40 Гбит/сек BiDi, в настоящее время существует еще одна версия, выходящая за рамки стандартов, обозначаемая как 40GBASE-eSR4. Трансиверы, соответствующие требованиям 40GBASE-eSR4, позволяют увеличить дальность передачи сигнала в сравнении со стандартными трансиверами 40GBASE-SR4.

5. Приложения Fiber channel (INCITS, T11)

Fiber Channel (FC) — это технология передачи данных, применяющаяся преимущественно в сетях хранения данных. Fiber Channel стандартизован Техническим Комитетом T11 Международного Комитета Стандартов в Информационных Технологиях (International Committee for Information Technology Standards, INCITS), аккредитованного Американским Национальным Институтом Стандартов (American National Standards Institute, ANSI). Изначально разрабатывавшийся для применения в суперкомпьютерах, в дальнейшем FC стал стандартным протоколом передачи данных для сетей хранения данных (storage area networks, SAN) в ЦОД-ах.

Далее представлены эволюция и перспективы приложения Fiber Channel, которое разрабатывает и совершенствует ассоциация FCIA (Fiber Channel Industry Association).

5.1 Обзор приложения Fiber channel

Варианты скорости обмена данными для приложения Fiber Channel — FC (v20)				
Обозначение приложения	Пропускная способность (МБ/с)	Линейная скорость передачи* (Гбод)	Год публикации тех. спецификации T 11**	Год выпуска оборудования***
1GFC	200	1.0625	1996	1997
2GFC	400	2.125	2000	2001
4GFC	800	4.25	2003	2005
8GFC	1600	8.5	2006	2008
16GFC	3200	14.025	2009	2011
32GFC	6400	28.05	2013	2016
128GFC	25600	4X28.05	2014	2016
64GFC	12800	56.1	2017	2019
256GFC	51200	4X56.1	2017	2019
128GFC	25600	Не определен	2020	По требованию рынка
256GFC	51200	Не определен	2023	По требованию рынка
512GFC	102400	Не определен	2026	По требованию рынка
1TFC	204800	Не определен	2029	По требованию рынка

Спецификация "FC" реализована во всех вариантах архитектуры Fiber Channel, а также в оборудовании с поддержкой FC. Каждый следующий по скорости вариант обеспечивает обратную совместимость, как минимум, с двумя поколениями менее скоростных приложений (например, 8GFC обратно совместим с 4GFC и 2GFC).

* Линейная скорость передачи:

** Для всех приложений "...GFC" используется однопоточная последовательная приема/передача. Для всех приложений "...GFCp" используется многопоточная приема/передача.

*** Года указаны приблизительно

Табл. 10: Эволюция и перспективы развития Fiber Channel

5.2. Fiber channel по оптическому волокну

Приложения FC преимущественно предназначены для передачи по волоконно-оптической кабельной системе.

Существует ряд ограничений, касающихся максимальной протяженности тракта и выбора среды передачи (категории волокна) в зависимости от того, какую спецификацию Fiber Channel предполагается использовать. В табл. 11 приведены все возможные варианты реализации.

Категория волокна	Длина тракта, м					
	1 Gbps FC	2 Gbps FC	4 Gbps FC	8 Gbps FC	16 Gbps FC	32 Gbps FC
OM3, 50/125 мкм	860	500	380	150	100	70
OM4, 50/125 мкм	мин. 860	мин. 500	400	190	125	100
OS1/OS2, 9/125 мкм	10000	10000	10000	10000	10000	10000

Указанные для приложений Fiber Channel длины тракта подразумевают уровень затухания, не превышающий 1,5 дБ (ММ) и 2 дБ (ОМ) для всех разъемных и неразъемных соединений в составе тракта. Для определения максимальной длины тракта при иных значениях затухания (в случае использования ММ волокна) см. п. 5.4.

Табл. 11. Максимальная длина оптического кабельного тракта Fiber Channel в зависимости от спецификации и категории волокна

5.3. Fiber channel over Ethernet (FCoE)

Fiber Channel over Ethernet (FCoE) — это новая версия протокола Fiber Channel, использующая Ethernet в качестве протокола передачи на физическом уровне. FCoE объединяет Fiber Channel и Ethernet чтобы обеспечить пользователя «конвергированной», единой сетевой технологией, объединяющей преимущества SAN с возможностями обмена данными по LAN. Используя последние достижения технологии Ethernet, FCoE позволяет пользователям ЦОД консолидировать инфраструктуру ввода-вывода и сетевую инфраструктуру в единую сеть передачи данных. Проще говоря, FCoE — это способ передачи данных, при котором кадры Fiber Channel инкапсулируются на сервере в Ethernet-пакеты перед тем, как передавать их по LAN, и затем преобразуются в исходной формат на приемной стороне. Консолидация интерфейса ввода-вывода в сервере позволяет объединить сетевой адаптер (network interface card (NIC)) и хост-адаптер FC (host bus adapter (HBA)) в единый конвергентный сетевой адаптер (converged network adapter (CNA)). Инкапсуляция Fiber Channel требует применения оборудования 10-Gigabit Ethernet.

Развитие скоростей передачи FCoE (v20)				
Приложение	Пропускная способность, МБ/с	Линейная скорость передачи, Гбод	Год публикации тех. спецификации T 11	Год выпуска оборудования
10GFCoE	2400	10.52	2002	2009
40GFCoE	9600	41.25	2010	2013
100GFCoE	24000	10 x 10.3125	2010	По требованию рынка
100GFCoE	24000	4 x 25.78125	2015	По требованию рынка
400GFCoE	96000	8 x 51.5625	2017	По требованию рынка

Табл. 12. Скорости передачи данных в существующих и разрабатываемых приложениях FCoE

Технология FCoE предполагает «туннелирование» FC через каналы Ethernet. Для сохранения совместимости, во всех сетевых адаптерах FCFs и CNAs предполагается использовать интерфейс SFP+, который обеспечивает возможность применения различных волоконно-оптических технологий, а также соединительные кабели непосредственного подключения с электрическими разъемами SFP+.

5.4. Бюджет оптической мощности в кабельном тракте Fiber Channel

Бюджет оптической мощности, дБ						
Категория волокна	1 Gbps FC	2 Gbps FC	4 Gbps FC	8 Gbps FC	16 Gbps FC	32 Gbps FC
OM3, 50/125 мкм	4.62	3.31	2.88	2.04	1.86	1.87
OM4, 50/125 мкм	4.62	3.31	2.95	2.19	1.95	1.87
OS1/OS2, 9/125μm	7.8	7.8	7.8	6.4	6.4	6.21

Табл. 13. Бюджет оптической мощности в кабельном тракте Fiber Channel в зависимости от спецификации и категории волокна

Длины кабельных трактов на основе многомодового волокна, приведенные в п. 5.2, базируются на том, что совокупное затухание во всех разъёмных и неразъёмных соединениях в составе тракта составляет 1,5 дБ. В том случае, если затухание на соединениях отличается от 1,5 дБ, то максимально допустимая длина тракта будет другой (см. табл. 14).

Категория волокна	Дальность передачи, м / Совокупное затухание в тракте, дБ				
	Затухание на соединениях				
	3.0 дБ	2.4 дБ	2.0 дБ	1.5 дБ	1.0 дБ
Максимальная дальность передачи в зависимости от уровня затухания на опт. соединениях в тракте 4 Gbps FC (400-SN)					
M5F (OM4)	200 / 3.72	300 / 3.49	370 / 3.34	400 / 2.95	450 / 2.63
M5E (OM3)	150 / 3.54	290 / 3.45	320 / 3.16	380 / 2.88	400 / 2.45
Максимальная дальность передачи в зависимости от уровня затухания на опт. соединениях в тракте 8 Gbps FC (800-SN)					
M5F (OM4)	50 / 3.18	120 / 2.83	160 / 2.58	190 / 2.19	220 / 1.80
M5E (OM3)	35 / 3.13	110 / 2.80	125 / 2.45	150 / 2.04	180 / 1.65
Максимальная дальность передачи в зависимости от уровня затухания на опт. соединениях в тракте 16 Gbps FC (1600-SN)					
M5F (OM4)	N/A	50 / 2.58	100 / 2.36	125 / 1.95	150 / 1.54
M5E (OM3)	N/A	40 / 2.54	75 / 2.27	100 / 1.86	120 / 1.43
Максимальная дальность передачи в зависимости от уровня затухания на опт. соединениях в тракте 32 Gbps FC (3200-SN)					
M5F (OM4)	20 / 3.04	65 / 2.64	80 / 2.36	100 / 1.86	110 / 1.48
M5E (OM3)	15 / 3.03	45 / 2.64	60 / 2.24	70 / 1.87	80 / 1.41

Табл. 14. Максимальная длина оптического кабельного тракта Fiber Channel в зависимости от спецификации (скорости передачи данных), категории волокна и совокупного затухания на оптических соединениях

6. InfiniBand

Технология InfiniBand была разработана для решения проблемы производительности, связанной с перемещением данных между устройствами ввода-вывода высокопроизводительных суперкомпьютеров. Архитектура InfiniBand (IBA) является промышленным стандартом для серверных устройств ввода-вывода и для межсерверных соединений. Она была разработана ассоциацией InfiniBandSM TradeAssociation (IBTA), чтобы обеспечить необходимый уровень надежности, доступности, производительности и масштабируемости для современных и будущих высокопроизводительных вычислительных систем. Несмотря на то, что InfiniBand, в основном, разрабатывался для нужд систем ввода-вывода информации, технология широко применяется в сфере высокопроизводительных вычислений (high performance computing) (HPC) и сетях хранения благодаря большой пропускной способности и малому времени задержки при передаче данных, которые обеспечивает InfiniBand.

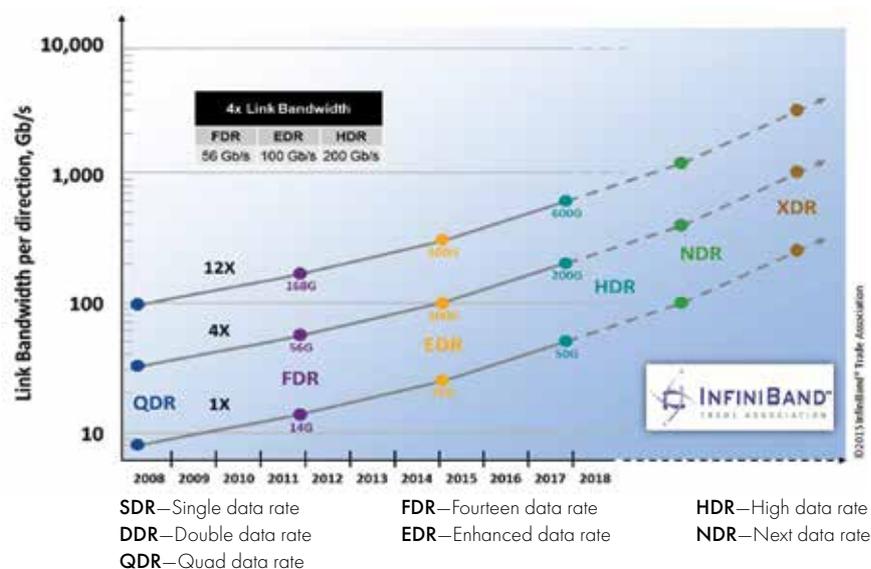


Рис. 7. Эволюция и перспективы развития InfiniBand

Приложения SDR для многомодовых волокон (IB 1x-SX) и все приложения для одномодовых волокон (IB 1x-LX) используют для передачи 2 волокна с соединителями LC, тогда как все остальные приложения DDR используют многомодовый соединитель MPO.

Приложение	Тип соединителя
IB 1x-SX	2 x LC
IB 4x-SX	1 x MPO 12f
IB 8x-SX	2 x MPO 12f
IB 12x-SX	2 x MPO 12f
IB 1x-LX	2 x LC
IB 4x-LX	2 x LC

Табл. 15. Стандартизированные оптические соединители для приложений InfiniBand

6.1. Максимальные длины кабельных трактов InfiniBand

Максимальная протяженность кабельного тракта InfiniBand зависит от скорости передачи, количества параллельных линий и категории оптического волокна (см. табл. 16).

Категория волокна	Максимальная длина кабельного тракта, м					
	IB 1x-SX SDR/DDR/QDR	IB 4x-SX SDR/DDR	IB 8x-SX SDR/DDR	IB 12x-SX SDR/DDR	IB 1x-LX SDR/DDR/QDR	IB 4x-LX SDR
OM3, 50/125 мкм	500/200/300	200/150	200/150	200/150	N/A	N/A
OM4, 50/125 мкм*	500/200/300	200/150	200/150	200/150	N/A	N/A
OS1/OS2, 9/125 мкм	N/A	N/A	N/A	N/A	10 км	10 км

*Спецификация физического уровня InfiniBand не содержит информации о волокнах категории OM4. Поэтому приведенные в таблице данные для OM3 и OM4 совпадают.

Табл. 16: Протяженность кабельного тракта InfiniBand с учетом типа приложения и категории оптического волокна

6.2. Бюджет оптической мощности в кабельном тракте для приложений InfiniBand

Бюджет оптической мощности, дБ						
Категория волокна	IB 1x-SX SDR/DDR	IB 4x-SX SDR/DDR	IB 8x-SX SDR/DDR	IB 12x-SX SDR/DDR	IB 1x-LX SDR/DDR	IB 4x-LX SDR
OM3, 50/125 мкм	6/7.93	4.8/6.25	4.8/6.25	4.8/6.25	N/A	N/A
OM4, 50/125 мкм*	6/7.93	4.8/6.25	4.8/6.25	4.8/6.25	N/A	N/A
OS1/OS2, 9/125 мкм	N/A	N/A	N/A	N/A	9/9.8	6.2

* Спецификация физического уровня InfiniBand не содержит информации о волокнах категории OM4. Поэтому приведенные в таблице данные для OM3 и OM4 совпадают.

Табл. 17. Бюджет оптической мощности в кабельном тракте InfiniBand

7. Структурированные кабельные системы

Разработаны с учетом потребностей современных ЦОД

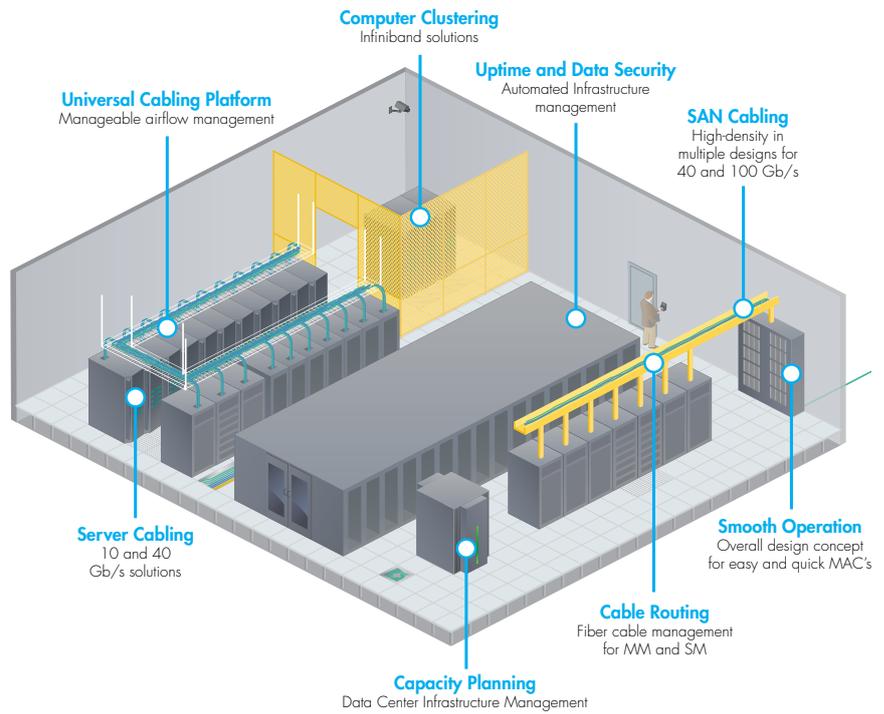


Рис. 8. Инфраструктура кабельной системы

CommScope (NASDAQ: COMM) помогает пользователям по всему миру проектировать, строить и управлять проводными и беспроводными сетями. Наши инфраструктурные решения для сетей передачи данных помогают заказчикам увеличить полосу пропускания, максимизировать использование существующей емкости, улучшить производительность и доступность сети, увеличить энергоэффективность и облегчить миграцию на новые технологии. Самые требовательные компании по всему миру используют решения CommScope.

COMMSCOPE®

www.commscope.com

Для получения более подробной информации, пожалуйста, посетите наш Web-сайт или обратитесь к представителю CommScope.

© 2016 CommScope, Inc. Все права сохранены.

Все торговые марки, помеченные ® или ™, являются зарегистрированными торговыми знаками или торговыми знаками CommScope.

Этот документ предназначен только для целей планирования. Он не нацелен на изменение или дополнение каких-либо спецификаций или гарантийных условий, связанных с продуктами или сервисами CommScope relating to CommScope products or services.

WP-201656.3-RU (01/16)