ЛИНИИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ МНОГОМОДОВОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ перспективных ЦОДов

А.Семенов, д.т.н., профессор НИУ МГСУ / andre52.55@mail.ru

УДК 621.315.235, DOI: 10.22184/2070-8963.2017.66.5.12.16

Рассмотрены способы совершенствования линий параллельной многомодовой оптической передачи в структурированных кабельных системах (СКС) для центров обработки данных.

Темпы увеличения объемов данных, хранимых в различных информационных системах и передаваемых в локальных и глобальных сетях различного назначения, приобрели характер, близкий к взрывному. ИТ-отрасль отреагировала на изменившиеся условия кардинальным изменением подходов к построению информационной инфраструктуры. Роль основного опорного элемента ИТ-систем перешла к центрам обработки данных (ЦОД).

В перечне основных показателей качества функционирования ЦОД одно из ведущих мест занимает время формирования ответа на поступающий пользовательский запрос. Степень эффективности процесса минимизации этого параметра в немалой степени определяется наличием широкополосных внутри-объектовых каналов связи. Требования в отношении обеспечиваемой ими скорости передачи существенно возрастают в связи с увеличением объемов обрабатываемых данных и повсеместным переходом на модели облачных вычислений.

В последнем случае значимую роль играет факт того, что выполнение облачных вычислений предполагает привлечение большого количества различных и активно взаимодействующих между собой

активных сетевых устройств, часто физически находящихся на значительном расстоянии друг от друга. В таких условиях возможности сетевых интерфейсов 10G Ethernet были исчерпаны достаточно быстро. Это привело к постановке вопроса о переходе на технику следующего поколения.

СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИЙ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ЦОД

Из-за ограниченного быстродействия современной электроники уверенный выход за границу 10 Гбит/с даже при использовании волоконно-оптической техники возможен только путем обращения к принципу параллельной передачи. В основе этого технического приема лежит замена одного широкополосного канала связи совокупностью одновременно функционирующих субканалов, суммарная пропускная способность которых достигает того же значения. Практическое внедрение данного подхода на базе пространственного мультиплексирования позволило решить задачу создания сетевых интерфейсов 40G и 100G Ethernet первого поколения.

В процессе конструирования линий связи 40G и 100G из соображений сокращения времени

Таблица. Распределение отдельных субканалов сетевых интерфейсов 10G, 40G и 100G Ethernet по волокнам разъемных соединителей при различных скоростях и схемах передачи по многомодовым линиям

	10G / волокно	25G / волокно	25G & 4λ / волокно
10G	oo	Не применяется	Не применяется
40G	oooo****oooo	Не применяется	Не применяется
100G	*oooooooooooo* *oooooooooooo*	oooo****oooo	oo
400G	Не применяется	oooooooooooooooooooo oooooooooooooooooooo	oooo****oooo (12F) **oooo****oooo** (16F) oooo++++oooo (8F)

Примечания

Символом "о" отмечено незадействованное ("темное") для данного конкретного интерфейса волокно, символ "о" обозначает активный световод, а символ "+" – отсутствие волокна.

Для скорости в 400 Гбит/с с использованием SWDM показано только одно направление для транковых кабелей с различным количеством волокон. Для всех трех случаев 400-гигабитных каналов указано распределение волокон по посадочным местам наконечника MPO / MTP.

разработки и уменьшения затрат на НИОКР широко использовалось заимствование известных ранее технических решений:

- скорости передачи данных в субканалах были установлены равными 10 Гбит/с;
- не менялись рабочие длины волн;
- многомодовые транковые кабели создавались на световодах категорий OM3 и OM4;
- в качестве соединителя был задействован многоволоконный разъем MPO/MTP.

Групповые соединители MPO/MTP, задаваемые нормативными документами, фактически диктуют основные подходы к построению кабельной системы, линейная часть которой строится на 12- и 24-волоконных транковых кабелях. Структурные варианты конкретной реализации появляются только в области схем построения ее стационарных линий (рис.1). По аналогии с сетями связи общего пользования их можно назвать однокабельной и двухкабельной и обозначить как Base12 и Base24. Использование для построения стационарной линии довольно популярного кабеля с X-образной структурой де-факто представляет собой вариант двухкабельной структуры и не требует введения отдельного наименования.

**ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ
ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ
ПРОВОДКИ**

СКС для ЦОД существенно отличается от иных разновидностей кабельных информационных систем. В свете дальнейшего рассмотрения важно то, что она должна обеспечивать возможность:

- поддержки скоростей передачи 10, 40, 100 и, в ближайшей перспективе, 400 Гбит/с без изменения

структуры стационарных линий (в крайнем случае, может потребоваться только замена кассет, которые в данной ситуации можно рассматривать как полускрытые адаптеры);

- быстрого и бесшовного перехода от одной скорости к другой при возникновении такой необходимости в процессе эволюционного роста нагрузки на ЦОД на протяжении всего определенного проектом срока эксплуатации.

Технико-экономическая эффективность решения указанных задач на основе техники первого поколения оставляет желать лучшего. Главной причиной этого становится "переделочный" характер использования многоканальных разъемов MPO/MTP, обращение к которым в большей мере произошло из соображений сокращения времени разработки. Эти изделия, хотя и изначально создавались с прицелом на использование в системах параллельной передачи, конструктивно не согласованы с сетевыми интерфейсами Ethernet упомянутого диапазона скоростей. Для компенсации этой несогласованности приходится:

- вводить в состав кабельной системы многочисленные адаптеры, которые существенно затрудняют проектирование, а их обширная номенклатура доставляет массу хлопот в процессе комплектации проекта и последующей эксплуатации кабельной системы;
- мириться с недоиспользованием доступных в реализованном тракте ресурсов 12- и 24-волоконных транковых кабелей;
- учитывать отсутствие реальных перспектив поддержки скорости 400 Гбит/с.

Неполного использования имеющихся волокон нет в единственном случае, которым является поддержка

Наименование	40 Гбит/с	100 Гбит/с
Однокабельная		
Двухкабельная		
На X-образном кабеле		

Рис.1. Варианты формирования трактов параллельной передачи при различном исполнении стационарных линий (на примере 12- и 24-волоконных транковых кабелей)

одновременного функционирования трех интерфейсов 40G Ethernet. При этом можно использовать тракты схем Base24 и Base12 (рис.2). Обращение к таким конфигурациям дает возможность задействовать в процессе передачи все имеющиеся волокна. Тем не менее, даже в этом случае приходится мириться с трудностями обеспечения требуемых параметров линии из-за необходимости применения 24-волоконного двухрядного варианта MPO/MTP (Base24). Кроме того, в обоих случаях потребуются заказные Ψ-образные (типа "3 в 1") шнуры-адаптеры (Base24) или шнуры типа "3 в 2" (2×Base12). Замена этих изделий на корпусные аналоги не оказывает радикального влияния на картину в целом, но вносит в линию дополнительные потери.

ИЗМЕНЕНИЯ СХЕМ РЕАЛИЗАЦИИ ЛИНИЙ

При реализации оптических линий на основе наиболее популярных в аппаратном зале ЦОД многомодовых волокон готовность СКС к поддержке скоростей диапазона 40–400 Гбит/с может быть обеспечена различными способами (см. таблицу). Рост количества доступных вариантов в случае техники второго поколения определяется возможностью сочетания пространственного и спектрального

мультиплексирования. Ее функциональная гибкость позволила устранить большинство выявленных недостатков предшественника.

Линии параллельной передачи второго поколения обеспечивают также значимое улучшение технико-экономических характеристик. Это достигнуто как за счет внедрения определенных усовершенствований на компонентном уровне активного оборудования и пассивных линейных компонентов, так и тщательной отработкой вопросов согласования техники физического и сетевого уровней.

Основными нововведениями в части активного сетевого оборудования следует считать:

- переход на 25-гигабитный стандарт скоростей отдельных субканалов;
- внедрение многоуровневых линейных кодов PAM4;
- стандартизацию технологии разреженного коротковолнового спектрального мультиплексирования SWDM.

Наиболее значительными новациями пассивной части стали:

- создание волокон категории OM5, которые адаптированы к системам SWDM за счет нормирования параметров затухания и коэффициента широкополосности в спектральном диапазоне 850–950 нм;

Организация стационарной линии	Однокабельная	Двухкабельная
Схема подключения с помощью шнуровых адаптеров		
Раскладка волокон		

Рис.2. Варианты подключения интерфейсов 40GBase SR4 и раскладка волокон по посадочным местам вилок MPO / MTP в схемах Base12 и Base24

- введение в широкую инженерную практику схем построения стационарных линий Base8 и Base32. Схемы Base8 и Base32 выгодны тем, что обеспечивают скорость 400 Гбит/с со 100%-ной утилизацией имеющихся волокон. Вторая схема не требует

применения SWDM, но для ее реализации необходимы 32-волоконные соединители. Они представлены модернизированным MPO и новой разработкой MXC. Кроме того, Base32 обеспечивает реализацию стационарных линий по однокабельной схеме.

Рис.3. Раскладка волокон по посадочным местам центрирующего наконечника вилки МРО/МТР транкового кабеля Base8

Плюсы схемы Base8

Появление схемы Base8 стало возможным благодаря внедрению многомодовой технологии спектрального уплотнения SWDM. Она привлекательна простотой реализации и отсутствием необходимости выполнения новых разработок.

Base8 отличается от Base12 и Base24 только исполнением транкового кабеля, количество волокон в котором сокращено до 8. Световоды категории OM3 и OM4, которые необходимы для поддержания функционирования сетевых интерфейсов 40G Ethernet и выше, достаточно дороги. Поэтому сокращение их количества на треть заметно улучшает стоимостные характеристики линии.

Использование для формирования субканалов схемы уплотнения SWDM в сочетании с классической параллельной передачей дает возможность сократить количество требуемых световодов на скоростях свыше 40 Гбит/с. Необходимость построения тракта по двухкабельной схеме из-за реализации на базе 8-волоконных разъемов в случае скорости 400 Гбит/с не имеет существенного значения.

При этом за счет применения раскладки волокон 4 + 4, изображенной на рис.3, обеспечена обратная совместимость трактов Base8 с популярными сетевыми интерфейсами 40G Base SR4 первого поколения. Последнее открывает перспективы массового внедрения этой техники уже в настоящее время.

Напомним, что обращение к схеме Base8 требует перехода в производстве многомодовых кабельных изделий на волокна категории OM5.

Новый тип соединителя

Схема Base8 при ее исполнении на базе стандартного соединителя МТР/МРО плохо подходит для поддержки функционирования сетевых интерфейсов 10G Ethernet, актуальных для ЦОД по крайней мере на ближайшие пять лет. Для их подключения необходимо использовать неудобный в эксплуатации разветвительный шнур или же вносящую дополнительные потери разветвительную кассету, несовместимую с транковыми кабелями Base12.

От указанного недостатка свободен разъем URM (аббревиатура образована от англоязычной фразы *yoU aRe Modular* – "Вы модульный разъем") немецкой компании Euromicron. Изделие реализовано по симметричной трехкомпонентной схеме. Вилка URM представляет собой сборку из четырех моноблочных дуплексных вилок с наконечниками диаметром 1,25 мм. Конструкция розетки допускает подключение от одной до четырех обычных дуплексных вилок в любой комбинации, что позволяет обойтись без использования адаптеров.

Единственным серьезным недостатком изделия следует считать меньшую конструктивную плотность (266 мм²/волокно по миделю розетки), которую следует считать приемлемой платой за удобства доступа к отдельным парам световодов. По этому показателю URM уступает разъему МРО/МТР (184 мм²/волокно) примерно в 1,5 раза.

О перспективности данной конструкции свидетельствует ее нормирование международным стандартом IEC 61754-34.

Заключение

Начало массового использования второго поколения сверхскоростной параллельной оптической передачи целесообразно совместить с переходом на схемы организации стационарных линий и трактов структурированной проводки Base8 и Base32.

Переход на схему Base8 выгоден с эксплуатационной точки зрения в первую очередь благодаря существенному уменьшению номенклатуры используемых адаптеров.

С учетом перспективности техники спектрального уплотнения SWDM при изготовлении многомодовых транковых кабелей ЦОД необходимо применять волокна категории OM5.

Во вновь проектируемых ЦОД имеет смысл использовать схему Base8 формирования параллельных трактов на основе стандартной техники СКС.

Технико-экономические характеристики 400-гигабитных линий параллельной передачи могут быть улучшены применением новых конструкций разъемных соединителей. ■