

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ РАЗЪЕМЫ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ для внутриобъектовых кабельных систем

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

УДК 654.152, DOI: 10.22184/2070-8963.2023.112.4.28.33

Показана целесообразность внедрения в оптическую подсистему СКС малогабаритных разъемов следующего поколения группы VSFF (very small form factor), обеспечивающих четырехкратное увеличение плотности конструкции. Представлены требования к массогабаритным параметрам VSFF-изделий и рассмотрены особенности их конструктивной реализации. Обоснована возможность практического внедрения промежуточного типа разъема, более удобного для эксплуатации в офисных СКС. Сделан прогноз об отсутствии морального устаревания VSFF-конструкций вплоть до 2035 года.

ВВЕДЕНИЕ

Волоконно-оптическая техника широко используется при построении всех уровней сетевых структур современных внутриобъектовых информационных систем. Однако, несмотря на рост абсолютного количества оптических линий в массовой практике реализации проектов структурированных кабельных систем (СКС) их относительная доля в начале 90-х годов прошлого века не превышала 5%. В дальнейшем по мере внедрения витопарных решений категории 5e и выше появился устойчивый тренд на постепенный отказ от реализации проектов по классической схеме "волокно до рабочего места", и эта доля упала еще больше. Однако,

после 2015 года ситуация поменялась на противоположную. Так, согласно данным BSRIA, на последние 10 лет в промышленно развитых странах соотношение количества оптических и медножильных линий во вновь реализуемых СКС различного назначения составляет примерно 1:3 [1].

Основным драйвером роста популярности применения волоконной оптики в проектах стали центры обработки данных (ЦОД), для которых медножильные решения просто не в состоянии обеспечить требуемые сегодня скорости передачи. Свой вклад в происходящие процессы внесли быстро набирающая популярность в классических офисах технология PoLAN [2], реализация концепции

активной консолидационной точки [3], применение малопортовых активных устройств типа инсталляционных микрокоммутаторов, а также построение информационной инфраструктуры по схеме Building Edge Infrastructure.

Физический уровень внутриобъектовых систем связи в подавляющем большинстве случаев реализуется в виде СКС. Собственно доставку сигнала от разъема до разъема активного сетевого оборудования обеспечивает кабельный тракт. Этот комплексный объект представляет собой совокупность одной или нескольких стационарных линий, которые связаны между собой и подключаются к интерфейсам сетевых устройств коммутационными шнурами. Указанная схема построения цепей передачи информационных сигналов прямо предполагает наличие в их составе разъемов.

Стандартами допускается применение аналогов коммутационных шнуров, а также построение бесшнуровых трактов [4], что позволяет по крайней мере частично отказаться от разъемов. В силу различных причин такие структуры встречаются на практике крайне редко, что позволяет в дальнейшем отказаться от их отдельного учета.

Необходимость внедрения новых типов оптических соединителей

Стандартами СКС определена возможность применения в качестве оптического разъема как дуплексного LC, так и группового MPO/MTP. Они построены по симметричной схеме, которая предполагает установку на шнуровом кабеле вилки и исполнение панельной части в виде розетки. Из соображений обеспечения удобства работы за счет использования симметричного по вилкам шнура в виде розеток указанных соединителей реализуются также оптические интерфейсы активного сетевого оборудования.

Тип оптического разъема задается стандартами только применительно к пользовательской информационной розетке, то есть использование в техническом помещении офисной информационной системы или машинном зале ЦОДа соединителей иных разновидностей нормативно ничем не ограничивается. Целесообразность их внедрения определяется исключительно технико-экономической эффективностью.

Разработанный когда-то занимавшейся и производством компанией AT&T LC как дуплексный разъем относится к группе SFF-изделий (small form factor) и вполне соответствует как текущим потребностям практики, так и среднесрочным перспективам [5]. Тем не

менее, его более чем четвертьвековая история даже с учетом известного технологического консерватизма кабельной техники привела к серьезному моральному устареванию. При скоростях передачи свыше 400 Гбит/с возникает потребность в переходе на иные решения. Это определяется в первую очередь неудовлетворительными по современным меркам массогабаритными показателями LC, что не позволяет сформировать удобный в эксплуатации 4- или 8-волоконный интерфейс. Известное по патенту США 7140911 решение на основе оправки-держателя дуплексных вилок LC по образцу модульных разъемов RJ-45, которое решает эту задачу, практического внедрения не получило из-за малой популярности чисто оптических коммутаторов в офисных ИТ-системах.

Ситуацию устаревания LC усугубляет отсутствие в его конструкции резервов для модернизации. Применение LC-mini с уменьшением на 1 мм расстояния между осями наконечников, установка в LC-подобном корпусе вилки двух наконечников (патенты США 9829653 и 10222556) и иные аналогичные усовершенствования не приводят к радикальному улучшению потребительской ценности. Определенное значение имеет также неудачная конструкция рассматриваемого разъема с точки зрения неудовлетворительной защиты армирующего наконечника от загрязнений, неизбежных в процессе эксплуатации.

Соединитель MPO/MTP снимает ограничение на скорость передачи за счет возможности наращивания количества коммутируемых волокон вплоть до 72. Однако, подобное преимущество полностью нивелируется неудовлетворительными массогабаритными показателями этого разъема, а также сложностями обеспечения физического контакта одновременно всех сращиваемых световодов. Эксплуатационная капризность MPO/MTP и неполное соответствие требованиям массовой практики эксплуатации физического уровня информационных систем приводит к постановке вопроса о создании новых типов разъемов.

Базовые соображения по конструкции соединителя нового типа

Проблема надежного выполнения требований стандартов по вносимым потерям IL и обратным отражениям RL решается применением хорошо отработанных в серии индивидуальных наконечников (ферул) диаметром 1,25 мм

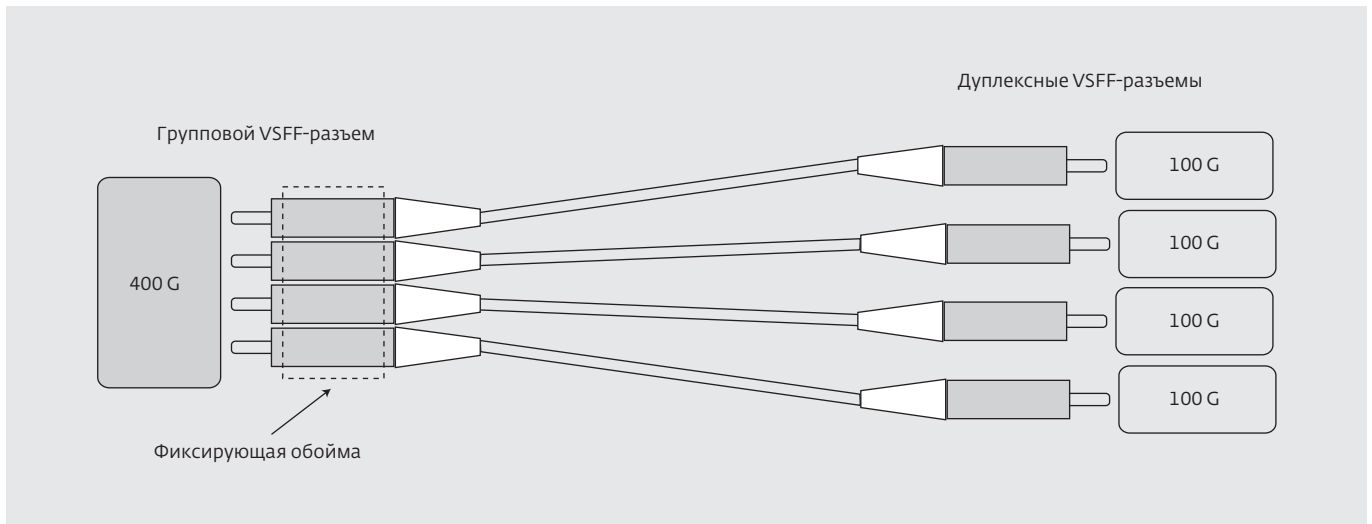


Рис.1. Реализация агрегации высокоскоростных каналов на примере $400\text{ G} = 4 \times 100\text{ G}$

от LC, а улучшение массогабаритных параметров может достигаться их более плотной компоновкой в одном корпусе. Такой подход позволяет свести разработку к созданию только корпусных элементов, что уменьшает время выполнения НИОКР и сокращает затраты на ее осуществление.

Собственно обеспечение заданного стандартами СКС величин IL и RL в случае использования индивидуальных наконечников не входит в перечень приоритетных задач и не вызывает существенных проблем. Это определяется относительной

мягкостью действующих норм и возможностью применения в конструкции соединителя плавающей схемы установки наконечников. В тех ситуациях, когда требуется значимое улучшение характеристик, могут быть задействованы иные известные приемы. В качестве примеров практического внедрения соответствующих подходов сошлемся на технологию активной юстировки швейцарской компании Diamond FO, применение APC-наконечников для многомодовых изделий и т.д.

Для последних лет развития информационных систем характерно существенное снижение темпов роста скорости передачи данных. С учетом этой особенности разъем нового поколения должен допускать эксплуатацию в составе как дуплексного, так и многоволоконного тракта. В основе этого требования лежит возможность получения двойной выгоды.

Во-первых, это высокая востребованность структур с агрегацией каналов, которые обеспечивают простоту и экономичность миграции на более высокие скорости передачи (рис.1). Во-вторых, возможность предельно простого наращивания общей надежности информационной инфраструктуры за счет простого наращивания связности отдельных ее узлов (рис.2).

При этом исполнение разъема нового типа в виде двух отдельных изделий по образцу соединителя URM с применением разветвительного шнура-гидры крайне нежелательно, то есть в конструкции имеет смысл изначально закладывать опцию перехода от дуплексной вилки к многоволоконной непосредственно в полевых условиях. При этом желательно,

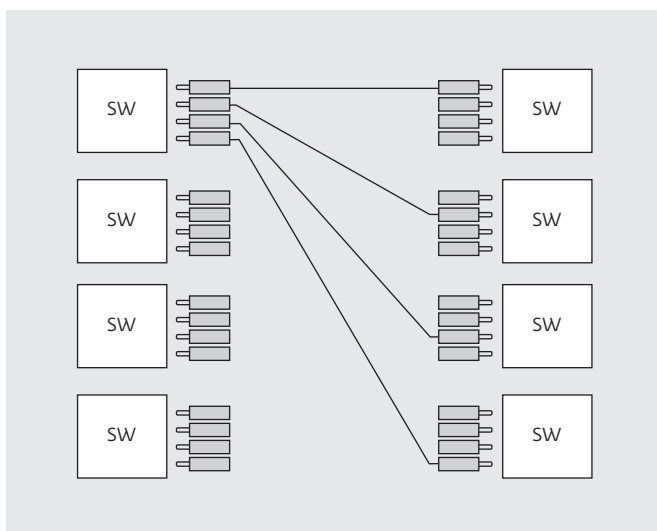


Рис.2. Построение отказоустойчивой четырехканальной структуры на примере сетевых интерфейсов 400 G с физической параллельной передачей (условно показана только четверть каналов)

чтобы данная процедура осуществлялась без использования специальных инструментов.

Применение моноблочного дизайна вилки не исключается в том случае, если она устанавливается на линейный кабель претерминированной сборки и включается в розетку с внутренней стороны корпуса оптического коммутационного устройства.

Разъем должен допускать изменение полярности максимально простыми способами. Необходимость в этой процедуре часто возникает в случае построения трактов с физической параллельной передачей.

Дополняет приведенный перечень требований целесообразность применения пластикового корпуса, цвет которого эффективно кодирует тип армируемого волокна и разновидность исполнения оптического контакта в случае одномодовой техники.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НОВЫХ РАЗЪЕМОВ

Одновременное решение двух важнейших эксплуатационных задач – наращивания количества волокон и изменения полярности – наиболее просто решается в случае использования оправки-держателя. Требуемое увеличение скорости передачи обеспечивается установкой заданного количества дуплексных вилок. Наиболее удобным техническим

средством ее реализации считается внешняя фиксирующая обойма той или иной конструкции. С учетом этой особенности дуплексную вилку целесообразно использовать в качестве базового конструктивного компонента кабельной части соединителя, из которых при необходимости формируется 8-волоконная сборка Base8.

Площадь миделя (поперечного сечения) вилки дуплексного LC составляет примерно 135 мм². Соответственно, этот параметр у вилки VSFF-разъема не должен превышать 35 мм², а для формирования многоволоконной вилки требуется общая обойма без индивидуальных гнезд под каждую дуплексную вилку. Задача правильного расположения вилки в обойме обеспечивается за счет выступов на узкой стороне передней части корпуса, который входит в соответствующий направляющий паз на внутренней стороне группового гнезда обоймы или оптического интерфейса.

Для достижения заданной величины миделя применяется односторонняя фиксирующая защелка, которая располагается на узкой стороне корпуса по образцу телефонной вилки английского стиля. Соответственно, вилка имеет "вертикальный" дизайн, в отличие от горизонтального, который реализован в дуплексном разъеме LC.

Коннекторы будущего

НПП «Гиперлайн» предлагает инновационный продукт: собственные разработки оптических сборок на базе коннекторов

LC EZ-Flip

SN Uniboot

SN EZ-Flip

SN-MT

MPC Plus Premium Mini

НПП «ГИПЕРЛАЙН»

За более подробной информацией и консультациями обращайтесь к нам:
+7 985 776-3894 | www.hyperline.ru

Таблица 1. Размеры основных разновидностей малогабаритных оптических разъемов

Тип соединителя	LC-D	URM	SN	MDC
Разработчик	AT&T, США	Euromicron, Германия	Senko, Япония	US Conec, США
Год создания	1993	2001	2019	2019
Стандарт	IEC 61754-20	IEC 61754-34	–	–
Размеры миделя дуплексной вилки, мм	10,7×12,3	6,0×8,6	3,85×9,46	3,29×9,15
Расстояние между осями наконечников, мм	6,25	2,8	3,1	3,1
Площадь миделя, мм ²	131	51,6	34,1	30,1

Изменение полярности дуплексной вилки решается простым переворотом защелки фиксатора, которая для этого снимается с корпуса простым линейным движением назад при утопленном фиксирующем выступе – ограничителе хода.

Любой оптический соединитель, отвечающий по своим механическим параметрам приведенным выше параметрам, относится к классу VSFF.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ VSFF-РАЗЪЕМОВ

В коммерческом доступе сегодня представлены две разновидности разъемов, достаточно близких друг к другу по своим потребительским качествам. Речь идет об MDC американской компании USConec и SN японской Senko. Аббревиатуры, использованные в качестве торговых марок MDC и SN (Mini Duplex Connector и Senko Nano, соответственно) дополнительно указывают на предельно малые габариты изделий.

Параметры разъемов, а также их преимущества по сравнению с дуплексным LC, принятым за базу для сравнения, приведены в табл.1.

Оба соединителя реализуют описанную выше идентичную конструктивную схему и за счет этого даже сильно похожи внешне. Данные разъемы, однако, механически несовместимы друг с другом за счет:

- применения различных схем реализации фиксаторов вилки в розетке (внутренняя у SN и внешняя у MDC);
- отличия в исполнении направляющих выступов на корпусе (у SN он смещен вбок от продольной оси);
- разной ширины и высоты корпуса.

Вилка может быть включена в розетку только в одном положении. Поэтому изменение полярности у разъема происходит традиционным образом: простым переворотом корпуса вилки на 180°.

ОБЕСПЕЧИВАЕМЫЕ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ПРИ СХЕМЕ BASE8

В современных волоконно-оптических интерфейсах, применяемых для построения линий связи внутриобъектовых информационных систем, широко используется схема построения кабельных трактов Base8. С учетом возможных перспектив в части наращивания тактовой частоты, применения сложных видов модуляции оптической несущей и привлечения стандартной схемы коротковолнового спектрального мультиплексирования SWDM для кодов типа PAM-4 с амплитудно-импульсной модуляцией максимальная скорость передачи составит:

$$50 \text{ ГГц} \times 2 \text{ бит/Гц} \times 4\lambda \times 4 \text{ волокна} = 1,6 \text{ Тбит/с.}$$

Полученное значение уверенно перекрывает прогнозируемые аналитиками потребности отрасли в части массовых проектов в горизонте как минимум до 2030–2035 годов. Таким образом, при создании перспективных типов оптических разъемов не возникает потребность в отказе от удобной со схемотехнической точки зрения и не вызывающей проблем на практике отработанной ранее схемы Base8.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ VSFF-РАЗЪЕМА ПРОМЕЖУТОЧНОГО ТИПА

Известный философский закон утверждает, что недостатки конкретного технического решения часто являются прямым продолжением его достоинств. Применительно к VSFF-разъемам предельно малые габариты корпуса вилок делают работу с ними достаточно неудобной. В ЦОДах этот недостаток сказывается мало из-за:

- относительно малой популярности дуплексных линий;
- статичного характера кабельной системы по конфигурации из-за принципиального

отсутствия в ее составе терминального оборудования, которое непосредственно взаимодействует с человеком.

Ситуация меняется прямо на противоположную в офисных информационных системах, конфигурация которых меняется гораздо чаще на протяжении всего срока эксплуатации. Откликаясь на потребности практики, компания Senko разработала малогабаритный разъем CS. Вилка этого соединителя примерно вдвое уступает CN по площади миделя, однако за счет своего более крупного корпуса и применения внешней фиксирующей защелки LC-стиля, установленной на широкой стороне корпуса, эта вилка намного более удобна для ручного переключения.

Потребительская привлекательность разъема CS дополнительно усиливается возможностью:

- поддержки скоростей до 800 Гбит/с в случае спаренного применения вилок, что в явном виде отражается в спецификациях перспективных сетевых интерфейсов;
- смены полярности вилки в варианте ее исполнения CS EZ-Flip.

Кроме того, значимое стимулирующее воздействие на объемы применения CS оказывает высокая популярность технологий спектрального мультиплексирования в вариантах SWDM и особенно BiDi. Появление этих решений резко замедлило скорость отказа от дуплексных линий в пользу многоволоконных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Малогабаритные разъемы следующего поколения должны обеспечивать возможность реализации

схемы построения кабельного тракта Base8, что гарантирует их практическую востребованность в горизонте как минимум до 2030–2035 годов.

Площадь миделя дуплексной вилки VSFF-разъема должна составлять 30–34 мм².

Наличие двух альтернативных разработок – MDC и SN – с весьма близкими потребительскими свойствами создает конкуренцию на перспективном рынке, что должно привести к соответствующему падению цен и ускорению их внедрения в широкую инженерную практику.

Малогабаритные оптические разъемы следующего поколения с фокусной областью применения в ЦОДах целесообразно дополнить более крупным и удобным для переключения вариантом для использования в офисных кабельных системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Borcic Z.** Chancen für die Kupferverkabelung // LANline. 2023. No. 1–2. S. 21–23.
2. **Шевелев С., Семенов А.** Технология PoLAN как новый формат нижнего уровня информационных систем офисных зданий // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2021. № 2 (94). С. 28–33.
3. **Семенов А.Б.** Активная консолидационная точка для офисных информационных систем // Вестник связи. 2020. № 8. С. 20–24.
4. **Семенов А.** Системные изменения в перспективных СКК // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2020. № 3 (88). С. 16–21.
5. **Семенов А.Б.** 25-летие разъема LC: уйдет ли ветеран на заслуженный отдых? // Вестник связи. 2019. № 11. С. 9–12.

В центре Западного Урала пройдет Диановская конференция по фотонике и волоконной оптике

Центр компетенций НТИ "Фотоника" совместно с Научным центром волоконной оптики (НЦВО) РАН и ПАО "ПНППК" проведет с 3 по 6 октября 2023 года в Перми Всероссийскую Диановскую конференцию по волоконной оптике (ВКВО-2023). Конференция пройдет в девятый раз и соберет специалистов в области фотоники и волоконной оптики со всей страны.

"ВКВО за годы своего существования уже стала брендом и местом представления широкой общественности ключевых достижений в фотонике. Инициатором такого значимого события для российской науки в 2007 году стал академик Евгений Михайлович Дианов, выдающийся

ученый в области волоконной оптики, лазерной физики и оптического материаловедения, многолетний директор, научный руководитель и основатель НЦВО РАН. Поэтому оргкомитетом принято решение с нынешнего года назвать конференцию именем ее инициатора", – комментирует начальник управления развития Центра компетенций НТИ "Фотоника", технический секретарь ВКВО-2023 Юрий Цаплин.

В течение четырех дней ученые выступят в 11 секциях и расскажут о последних достижениях в сферах волоконных световодов, волоконно-оптических систем связи и передачи информации, нанотехнологий, радиофотоники и других направлениях.

Генеральным спонсором ВКВО-2023 выступил разработчик и поставщик лазерно-оптического оборудования, компонентов российского и импортного производства, компания ЛЛС. Также спонсорами конференции выступили компании NordLase и "Специальные системы Фотоника". В течение всех дней работы конференции спонсоры представят выставку технологий и оборудования для решения научных и производственных задач в области фотоники.

Добавим, что в 2023 году Пермь празднует 300-летие.

По информации Оргкомитета ВКВО-2023