

Общие сведения об СКС

1.1. Историческая справка о происхождении и развитии стандартов

Первая, достаточно удачная попытка создания универсальной кабельной системы для построения офисных информационных систем была предпринята корпорацией IBM. В 80-е годы специалистами этой компании на основе двухпарного экранированного симметричного кабеля с волновым сопротивлением 150 Ом была разработана система IBM, предназначенная для обеспечения функционирования сетей Token Ring, серверов AS/400, терминалов 3270 и других аналогичных устройств. Функциональные возможности системы были существенно расширены введением в ее состав компонентов, обеспечивающих передачу телефонных сигналов. Спецификация кабельной части системы IBM включала в себя девять различных «типов» кабеля (табл. 2). Интересно, что сама IBM никогда не производила компоненты своей кабельной системы, этим по фирменным спецификациям IBM занимаются другие компании. Из девяти возможных вариантов кабелей наибольшую популярность получили типы 1 и 6. Они до сих пор продолжают применяться в сетях Token Ring, хотя последние несколько лет IBM

Таблица 2. Типы кабелей по спецификации IBM

Тип кабеля	Конструкция
Тип 1	2 экранированные витые пары из монолитных проводников (22 AWG, 150 Ом) в общем внешнем экране
Тип 2	2 экранированные (22 AWG, 150 Ом) и 4 неэкранированные (22 AWG, до 1 МГц) витые пары из монолитных проводников в общем внешнем экране
Тип 3	4 неэкранированные (22 или 24 AWG, до 1 МГц) витые пары из монолитных проводников
Тип 4	Не специфицирован
Тип 5	Два многомодовых оптических волокна
Тип 6	Коммутационный кабель. 2 экранированные витые пары из многожильных проводников (26 AWG) в общем внешнем экране
Тип 7	Не специфицирован
Тип 8	Плоский кабель для прокладки под ковровыми покрытиями. 2 не перекрученные экранированные пары из монолитных проводников (26 AWG)
Тип 9	2 пары из монолитных проводников (26 AWG)

рекомендует использовать для этого кабели категории 3, 4 или 5 с восьмиконтактными модульными разъемами. Поддержка функционирования устройств с коаксиальным и твинаксиальным интерфейсами обеспечивалась включением в состав системы развитой номенклатуры балунов.

Отметим также, что в настоящее время на рынок поставляется усовершенствованный вариант кабеля Тур 1, известный как Тур 1А и отличающийся от своего предшественника улучшенными передаточными характеристиками за счет соответствующего изменения параметров скрутки отдельных витых пар.

В силу ряда причин, основными из которых являются высокая цена, низкая технологичность монтажа, ориентированность в основном на продукты IBM и трудности интегрирования в современные сетевые структуры², эта кабельная система не получила широкого распространения.

В конце 80-х годов разработчиками технологий передачи данных по локальным сетям прикладывались большие усилия по повышению скоростей обмена, надежности, снижению стоимости оборудования и расходов на его эксплуатацию. Кабели на основе витых пар ввиду их технологичности при производстве и монтаже были хорошим средством для реализации каналов связи локальных сетей. Однако отсутствие стандартов на этот технический продукт тормозило разработку перспективных сетевых технологий, базирующихся на симметричные кабели как на среду передачи информации.

В 1985 году Ассоциация электронной промышленности США (Electronic Industries Association — EIA) приступила к созданию стандарта для телекоммуникационных кабельных систем зданий. Подготовку нормативной документации выполняло несколько рабочих групп:

- TR-41.8.1 — рабочая группа по кабельным системам офисных и промышленных зданий;
- TR-41.8.2 — рабочая группа по кабельным системам жилых зданий и зданий офисного типа с низким коэффициентом использования полезной площади;
- TR-41.8.3 — рабочая группа по кабельным каналам для телекоммуникационных кабелей;
- TR-41.8.4 — рабочая группа по магистральным кабельным системам жилых зданий и зданий офисного типа с низким коэффициентом использования полезной площади;
- TR-41.8.5 — рабочая группа по формализации терминов и определений;
- TR-41.7.2 — рабочая группа по заземлению и строительным решениям;
- TR-41.7.3 — рабочая группа по электромагнитной совместимости.

В 1988 году к работе по стандартизации подключилась Ассоциация телекоммуникационной промышленности США (Telecommunications Industry Association — TIA). В октябре 1990 года был одобрен первый подготовленный этими организациями совместный нормативный документ — TIA/EIA-569 «Стандарт коммерческих зданий на кабельные пути телекоммуникационных кабелей» [7], подготовленный рабочей группой TR-41.8.3. Необходимость его принятия была обусловлена осознанием факта о невозможности построения высокоэффективной кабельной системы без предъявления комплекса специальных требований к архитектуре здания, в котором она должна быть установлена.

² Данное обстоятельство определяется тем, что не все производители активного сетевого оборудования гарантируют его нормальное функционирование в среде с волновым сопротивлением 150 Ом. Таким образом, кабельная система IBM не обеспечивает полной универсальности и независимости от приложений.

Таблица 3. Классификация витых пар по уровням

Тип кабеля	Максимальная частота сигнала	Типовые приложения
Уровень 1	Нет требований	Цепи питания и низкоскоростной обмен данными
Уровень 2	До 1 МГц	Голосовые каналы связи и системы безопасности
Уровень 3	До 16 МГц	Локальные сети Token Ring и Ethernet 10Base-T
Уровень 4	До 20 МГц	Локальные сети Token Ring и Ethernet 10Base-T
Уровень 5	До 100 МГц	Локальные сети со скоростью передачи данных до 100 Мбит/с

В 1989 году известная американская исследовательская организация Underwriters Laboratories (UL) совместно с фирмой Anixter разработала новую классификацию кабелей на витых парах. В ее основу было положено понятие «уровень». Толкование уровней дано в табл. 3.

Результатом деятельности рабочей группы TR-41.8.1 стал стандарт телекоммуникационных кабельных систем коммерческих зданий TIA/EIA-568, который был одобрен в июле 1991 года. Этот документ определял структуру кабельной системы и требования к характеристикам кабелей и разъемов, применяемых для ее построения. При этом допускалось использование кабелей из неэкранированных витых пар с волновым сопротивлением 100 Ом и экранированных витых пар с сопротивлением 150 Ом, а также 50-омных коаксиальных кабелей и многомодовых волоконно-оптических кабелей.

В ноябре 1991 года рабочая группа TR-41.8.1 выпустила дополнительные спецификации на симметричные электрические кабели из неэкранированных витых пар — технический бюллетень TIA/EIA TSB-36 [9]. В этом документе впервые вводилось понятие категорий кабелей из неэкранированных витых пар, которые определились практически в полном соответствии с уровнями по классификации UL и Anixter (см. табл. 3). Фактически произошла только смена термина, и классификация по уровням перестала применяться. Первые два уровня витых пар для низкоскоростных приложений в бюллетене TSB-36 не специфицированы.

В другом дополнении к стандарту TIA/EIA-568 — техническом бюллетене TIA/EIA TSB-40 [10] были описаны дополнительные спецификации на разъемы для кабелей из неэкранированных витых пар. Они также подразделялись на категории 3, 4 и 5. Бюллетень предписывал использовать разъемы, категория которых была не ниже категории кабелей, на которые они устанавливались.

В октябре 1995 года увидела свет вторая редакция стандарта TIA/EIA-568 — TIA/EIA-568-A, которая включала в себя и уточняла все основные положения технических спецификаций бюллетеней TSB-36 и TSB-40. Наиболее существенные отличия от предшествующего документа заключались в том, что применение коаксиального кабеля не рекомендовалось для построения вновь создаваемых СКС, одновременно было разрешено использование одномодовых волоконно-оптических кабелей в магистральных подсистемах.

В январе 1993 года был одобрен еще один важный нормативный документ, подготовленный рабочей группой TR-41.8.3, — TIA/EIA-606 «Стандарт на администрирование телекоммуникационной инфраструктуры коммерческих зданий» [95]. Стандарт определяет правила ведения документации по СКС на этапе эксплуатации — маркировка, ведение записей, правила оформления схем, отчеты и т.д. Документ рекомендовал ведение документации в электронном виде.

Еще один смежный стандарт — TIA/EIA-607 принимается в августе 1994 года. Он включает в себя требования к различным устройствам заземления, применяемым в здании. Традиционно основным назначением системы заземления было обеспечение безопасности эксплуатации электроустановок, то есть защита человека от поражения электрическим током. Стандарт TIA/EIA-607 определяет дополнительные требования к организации систем заземления, выполнение которых является необходимым условием обеспечения эффективной и надежной передачи электрических сигналов по СКС. Документы TIA/EIA-568-A, TIA/EIA-569, TIA/EIA-606 и TIA/EIA-607 являются национальными стандартами США.

Быстрое совершенствование средств волоконно-оптической техники, снижение ее стоимости и массовое внедрение в состав кабельной проводки зданий офисного типа позволили применять при построении СКС структуры с так называемым централизованным администрированием. Переход к этому принципу позволяет существенно упростить процесс администрирования СКС. Возможные варианты и правила их построения описаны в техническом бюллетене TSB-72, который был издан в октябре 1995 года.

В августе 1996 года появляется технический бюллетень TSB-75, который существенно расширил возможности проектировщиков и служб эксплуатации кабельной системы так называемых открытых офисов.

В сентябре 1998 года был принят технический бюллетень TSB-95, в котором содержалась информация о дополнительных контролируемых параметрах канала категории 5. Соответствие этих параметров норме является необходимым условием обеспечения нормальной работы приложения Gigabit Ethernet.

Параллельно с TIA/EIA работу над стандартизацией СКС вели Международная организация по стандартизации (ISO) и Международная электротехническая комиссия (IEC). В 1995 году они выпустили совместный документ — стандарт ISO/IEC 11801 «Информационные технологии. Универсальная кабельная система для зданий и территории Заказчика». Его содержание имеет не принципиальные отличия от стандарта TIA/EIA-568-A, связанные в основном со структурой документа, с различной терминологией и с глубиной проработки некоторых положений. Дополнительно отметим, что стандарт ISO/IEC 11801 допускает применение витых пар с волновым сопротивлением в 120 Ом и многомодовых оптических кабелей с волокнами 50/125, популярных в некоторых европейских странах. Европейская организация по стандартизации CENELEC подготовила свой стандарт EN50173³, окончательная редакция которого увидела свет в августе 1995 года. Его англоязычная версия в содержательной своей части практически является копией международного стандарта ISO/IEC 11801.

Стандарты ISO/IEC и CENELEC постоянно развиваются и дополняются. Так, в частности, этими организациями в январе и феврале 1999 года были приняты документы, аналогичные упомянутому выше бюллетеню TSB-95 TIA/EIA [11].

Таблица 4. Соответствие различных стандартов [8]

	ISO/IEC 11801	TIA/EIA-568-A	EN 50173
Общие характеристики кабельной системы	ISO/IEC 11801	TIA/EIA-568-A	EN 50173
Планирование, инсталляция и администрирование	CD 14763-1 CD 14763-2	TIA/EIA-569 TIA/EIA-606 TIA/EIA-607	prEN 50174
Испытания	CD 14763-3 CD 14763-4	TSB-67	
Прокладка кабеля		TIA/EIA-569A	

³ EN — Europa Norm.

Все три стандарта довольно близки друг к другу и достаточно подробно нормируют основной комплекс вопросов, связанных с построением СКС (табл. 4). Определенные отличия непринципиального характера имеются как в перечне допустимой для построения СКС элементной базы (табл. 5) и предельно допустимых параметрах отдельных компонентов, так и в терминологии и в глубине освещения некоторых вопросов. На практике именно из-за последнего обстоятельства в различных ситуациях приходится пользоваться как международным стандартом ISO/IEC 1180, так и американским стандартом TIA/EIA-568-A, а также дополняющими его техническими бюллетенями TSB.

Таблица 5. Основные отличия между стандартами [12]

Стандарт	ISO/IEC 11801	EN50173	TIA/EIA-568-A
Поддерживаемый кабель	UTP, FTP, STP	UTP, FTP, STP	UTP, STP
Кабель с $Z_B = 120$ Ом	Допускается	Допускается	Не допускается
Диаметр проводника, мм	0,40-0,65	0,40-0,6	0,511-0,643
Число пар в горизонтальном кабеле	2 или 4	2 или 4	4
Категория компонентов	3, 4 и 5	3 и 5	3, 4 и 5
Затухание кабелей для шнуров	Больше на 50%	Больше на 50%	Больше на 20%
Оптоволокно 62,5/125	Основное	Основное	Основное
Оптоволокно 50/125	Альтернативное	Альтернативное	Не допускается
Экранированное гнездо	Допускается	Допускается	Не допускается
Категории кабелей рабочего места	5 + 3	5 + 5	5 + 3

Кроме международных стандартов в ряде европейских стран действуют национальные нормативные документы, учитывающие требования местной промышленности, исторические традиции, законодательные акты смежных областей и другие особенности. Ссылки на такие документы могут встречаться в сопроводительной технической документации в случае поступления оборудования СКС в рамках реализации комплексных проектов. Так, в частности, в своей практической деятельности авторам данной монографии приходится достаточно часто сталкиваться со ссылками на нормы DIN/VDE, так как кабельная система ICCS довольно активно и в течение длительного времени продвигается на российском рынке немецким концерном Siemens. Сразу же отметим, что известные авторам данной работы национальные нормы не имеют принципиальных расхождений с международными, европейскими и американскими стандартами. Эти документы отличаются от них главным образом используемой терминологией и глубиной проработки отдельных положений. Поэтому в дальнейшем они специально не рассматриваются и упоминаются только в случае необходимости.

К сожалению, по состоянию на середину 1999 года в России только разрабатывалась работа по созданию национального стандарта по телекоммуникационным кабельным системам, который можно рассматривать как аналог соответствующих зарубежных. Поэтому излагаемый далее материал базируется на международных стандартах и национальных стандартах США. Отечественными нормативными документами, дополнительно использованными при написании этой работы, являются «Правила устройства электроустановок» — ПУЭ, а также некоторые ГОСТы по правилам выполнения проектных работ, оформления проектной документации и тестированию кабельных изделий.

1.2. Структура СКС

1.2.1. Топология СКС

В основу любой структурированной кабельной системы положена древовидная топология, которую иногда называют также структурой иерархической звезды. Обобщенная структурная схема СКС изображена на рис. 1. Узлами структуры

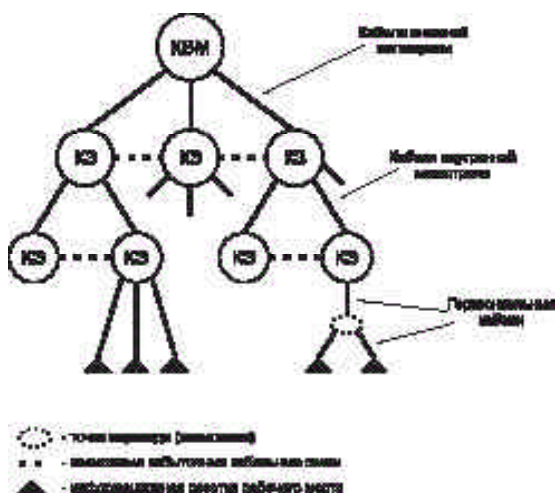


Рис. 1. Структурная схема СКС

являются технические помещения (кроссовые и аппаратные), которые соединяются друг с другом и с рабочими местами электрическими и оптическими кабелями. Все кабели, входящие в технические помещения, обязательно заводятся на коммутационное оборудование, на котором осуществляются переключения в процессе текущей эксплуатации кабельной системы. Это обеспечивает гибкость СКС, возможность легкой переконфигурации и адаптивности под конкретное приложение.

Основой для применения именно иерархической звездообразной топологии является возможность ее использования

Таблица 6. Логическая и физическая топология современных сетей передачи данных

Протокол	Логическая топология	Физическая топология
Token Ring	Кольцо	Кольцо, звезда
High Speed Token Ring	Кольцо	Кольцо, звезда
FDDI	Кольцо	Кольцо, звезда
Ethernet	Шина	Шина, звезда
Fast Ethernet	Шина	Звезда
Gigabit Ethernet	Шина	Звезда
ATM	Виртуальный канал	Кольцо, звезда

для поддержки работы всех основных сетевых приложений (табл. 6). Из данных этой таблицы следует, что топология рассматриваемого вида является той платформой, которая обеспечивает поддержку работы современных средств передачи данных.

1.2.2. Технические помещения

Для построения СКС и информационной системы предприятия в целом необходимы технические помещения двух видов: аппаратные и кроссовые.

Аппаратный в дальнейшем называется техническое помещение, в котором располагается сетевое оборудование коллективного пользования (АТС, серверы, концентраторы). В том случае, если основной объем установленных в этом помещении технических средств составляет оборудование ЛВС, его называют сервер-

ной, а если учрежденческая АТС и системы внешних телекоммуникаций — узлом связи. Аппаратные оборудуются фальшполами, системами пожаротушения, кондиционирования и контроля доступа.

Кроссовая представляет собой помещение, в котором размещается коммутационное оборудование СКС, сетевое и другое вспомогательное оборудование. Желательно ее размещение вблизи вертикального стояка, оборудование телефоном и системой контроля доступа. При этом уровень оснащения кроссовой оборудованием инженерного обеспечения ее функционирования в целом является более низким по сравнению с аппаратными. Кроссовые на практике достаточно часто называют просто (этажными) техническими помещениями, а иногда — хабовыми.

Аппаратная может быть совмещена с кроссовой здания (КЗ). В этом случае его сетевое оборудование может подключаться непосредственно к коммутационному оборудованию СКС. Если аппаратная расположена отдельно, то ее сетевое оборудование подключается к локально расположенному коммутационному оборудованию или к обычным информационным розеткам рабочих мест. В кроссовую внешних магистралей (КВМ) сходятся кабели внешней магистрали, подключающие к ней КЗ. В КЗ заводятся внутренние магистральные кабели, подключающие к ним кроссовые этажей (КЭ). К КЭ, в свою очередь, горизонтальными кабелями подключены информационные розетки рабочих мест. В качестве дополнительных связей, увеличивающих гибкость и живучесть системы, допускается прокладка внешних магистральных кабелей между КЗ и внутренних магистральных кабелей между КЭ (пример изображен на рис. 1).

Во всей СКС может быть только одна КВМ, а в каждом здании может присутствовать не более одной КЗ. Допускается объединение КВМ с КЗ, если они расположены в одном здании. Аналогично, КЗ может быть совмещена с КЭ, если они расположены на одном этаже. Если плотность рабочих мест на этаже или его части мала, то в качестве исключения допускается их подключение к КЭ горизонтальных кабелей смежных этажей. Пример структуры СКС с привязкой к зданиям приведен на рис. 3.

1.2.3. Подсистемы СКС

В самом общем случае СКС включает в себя три подсистемы (рис. 2):

- **подсистема внешних магистралей**, или, по терминологии некоторых СКС европейских производителей, первичная подсистема, состоит из внешних магистральных кабелей между КВМ и КЗ, коммутационного оборудования в КВМ и КЗ, к которому подключаются внешние магистральные кабели, и коммутационных шнуров и/или перемычек в КВМ. Подсистема внешних магистралей является основой для построения сети связи между компактно расположенны-

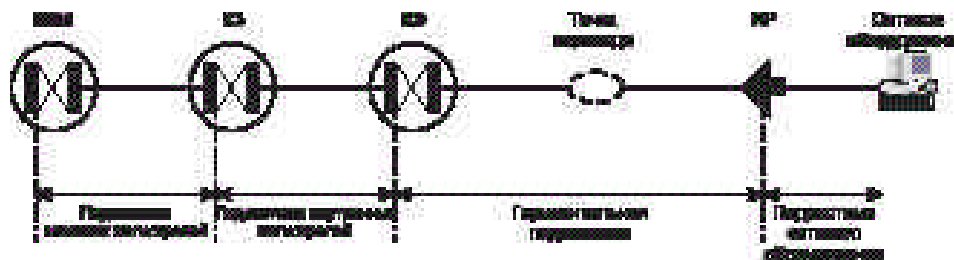


Рис. 2. Подсистемы СКС

ми на одной территории зданиями (campus). На практике эта подсистема достаточно часто имеет физическую кольцевую топологию, что дополнительно обеспечивает увеличение надежности за счет наличия резервных кабельных трасс. Из этих же соображений подсистема внешних магистралей иногда реализуется по двойной кольцевой топологии. Если СКС устанавливается автономно только в одном здании, то подсистема внешних магистралей отсутствует;

- **подсистема внутренних магистралей**, называемая в некоторых СКС вертикальной, или вторичной, подсистемой, содержит проложенные между КЗ и КЭ внутренние магистральные кабели, подключенное к ним коммутационное оборудование в КЗ и КЭ, а также коммутационные шнуры и/или перемычки в КЗ. Кабели рассматриваемой подсистемы фактически связывают между собой отдельные этажи здания и/или пространственно разнесенные помещения в пределах одного здания. Если СКС обслуживает один этаж, то подсистема внутренних магистралей может отсутствовать;
- **горизонтальная, или третичная, подсистема** образована внутренними горизонтальными кабелями между КЭ и информационными розетками рабочих мест, самими информационными розетками, коммутационным оборудованием в КЭ, к которому подключаются горизонтальные кабели, и коммутационными шнурами и/или перемычками в КЭ. В составе горизонтальной проводки допускается использование одной точки перехода, в которой происходит изменение типа прокладываемого кабеля (например, переход на плоский кабель для прокладки под ковровым покрытием с эквивалентными передаточными характеристиками).

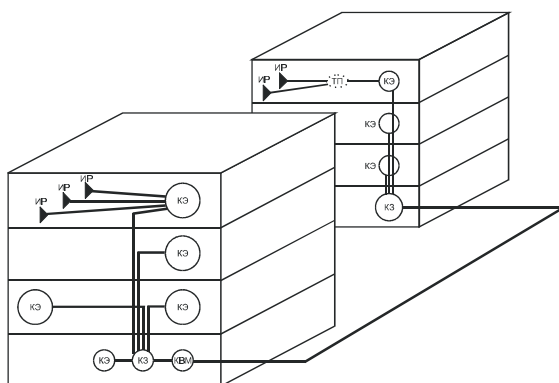


Рис. 3. Пример структуры СКС с привязкой к зданиям

Рассматриваемое здесь деление СКС на отдельные подсистемы применяется независимо от вида или формы реализации сети, то есть оно принципиально будет одинаковым, например, и для офисной, и для производственной сети.

Иногда из соображений удобства проектирования и эксплуатационного обслуживания применяется более мелкое дробление оборудования СКС на отдельные подсистемы. Так, например, элементы подключения сетевого оборудования к СКС в кроссовой выделяются в отдель-

ную административную подсистему, шнуры, адаптеры и другие элементы, необходимые на рабочих местах, образуют отдельную подсистему рабочего места и т.д.

В подавляющем большинстве случаев подключение к СКС сетевого оборудования производится с помощью коммутационного шнура. В некоторых ситуациях кроме шнура может понадобиться адаптер, обеспечивающий согласование сигнальных и механических параметров оптических или электрических интерфейсов (разъемов) СКС и сетевого оборудования. Например, адаптеры применяются для подключения к СКС сетевого оборудования с интерфейсами V.24 (RS-232), устройств кабельного телевидения, систем IBM AS/400 с терминалами 5250, терминальных контроллеров IBM 3274 и терминалов 3270, а также других приложений, которые разрабатывались для других кабельных систем.

Подсистема рабочего места обеспечивает подключение сетевого оборудования на рабочих местах. Применяемое для ее реализации оборудование целиком зависит от конкретного приложения. Подсистема не является частью СКС и выходит за рамки действия стандартов ISO/IEC 11801 и TIA/EIA-568-A, хотя эти нормативные документы накладывают на ее параметры и характеристики определенные ограничения, более подробно обсуждаемые ниже.

1.2.4. Коммутация в СКС

Принципиальной особенностью любой СКС является то, что коммутация в ней, в отличие от электронных АТС и сетевого компьютерного оборудования, всегда производится вручную коммутационными шнурами и/или перемычками. Наиболее важным следствием такого подхода является то, что функционирование СКС принципиально не зависит от состояния электропитающей сети. Введение в состав СКС элементов электронной или электромеханической коммутации немедленно влечет за собой обязательное использование в оборудовании штатного источника электропитания. Такое решение абсолютно неоправданно на нынешнем этапе развития техники с экономической и технической точек зрения. Это обусловлено тем, что среднее количество переключений одного порта в действующей системе составляет единицы раз в год, а источник питания обладает существенно меньшей эксплуатационной надежностью по сравнению с теми пассивными компонентами, которые образуют кабельную систему. Обратной стороной отказа от применения штатного источника электропитания является:

- необходимость использования коммутационных шнуров, которые существенно ухудшают массогабаритные показатели коммутационного оборудования и требуют применения специальных мер для решения задач администрирования;
- невозможность введения в состав СКС штатных коммутаторов, контроллеров, датчиков и другого аналогичного оборудования, что снижает удобство эксплуатации, увеличивает время поиска неисправности, затрудняет текущую диагностику и т.д.

Известны лишь отдельные доведенные до серийного производства разработки, направленные на внедрение активных компонентов в некоторые подсистемы СКС. Однако они носят вспомогательный характер (опрос состояния портов, индикация, коммутация сигналов низкоскоростных приложений), не затрагивают процесс передачи информационных сигналов и не нормируются действующими стандартами и предложениями по их перспективным редакциям.

1.2.5. Принципы администрирования СКС

Принципы администрирования, или управления, СКС полностью определяются ее структурой. Различают одноточечное и многоточечное администрирование. Под многоточечным администрированием понимают управление СКС, которая построена по классической архитектуре иерархической звезды. Основным признаком этого варианта является необходимость выполнения переключения минимум двух шнуров в общем случае изменения конфигурации. Использование данного принципа гарантирует наибольшую гибкость управления и возможность адаптации СКС для поддержки новых приложений.

Архитектура одноточечного администрирования применяется в тех ситуациях, когда требуется максимально упростить управление кабельной системой. Принципиально может использоваться только для СКС, установленных в одном здании и не имеющих магистральной подсистемы. Ее основным признаком является прямое соединение всех информационных розеток рабочих мест с единствен-

ным техническим помещением. Несложно убедиться в том, что одноточечное администрирование может быть использовано только в небольших сетях и упрощает процесс управления кабельной системой за счет необходимости выполнения всех коммутаций шнурами в одном месте.

1.2.6. Кабели СКС

Одним из способов повышения технико-экономической эффективности кабельных систем офисных зданий является минимизация типов кабелей, применяемых для их построения. В СКС, согласно международному стандарту ISO/IEC 11801, допускается использование только:

- симметричных электрических кабелей на основе витой пары с волновым сопротивлением 100, 120 и 150 Ом в экранированном и неэкранированном исполнении;
- одномодовых и многомодовых оптических кабелей.

Электрические кабели используются в основном для создания горизонтальной разводки. По ним передаются как телефонные сигналы и низкоскоростные данные, так и данные высокоскоростных приложений. Применение оптических решений в горизонтальной подсистеме в настоящее время встречается достаточно редко, хотя их доля растет очень быстрыми темпами (решения в рамках концепции *fibre to the desk*). В подсистеме внутренних магистралей электрические и оптические кабели применяются одинаково часто, причем электрические кабели предназначены для передачи главным образом телефонных сигналов и данных с тактовыми частотами до 1 МГц, тогда как оптические кабели обеспечивают передачу данных высокоскоростных приложений. На внешних магистралях оптические кабели играют доминирующую роль.

Для перехода с электрического кабеля на оптический в процессе передачи данных со скоростью 10 Мбит/с и выше в технических помещениях устанавливается соответствующее сетевое оборудование (преобразователи среды, или трансиверы [4]), которые обычно обслуживают групповое устройство (концентратор системы передачи данных, выносной модуль АТС, контроллер инженерной системы здания и т.д.). Прямое использование волоконно-оптического кабеля для передачи телефонных сигналов и низкоскоростных данных на современном этапе развития техники является экономически нецелесообразным и применяется крайне редко в тех ситуациях, когда другие решения невозможны или же выдвигаются особые требования в отношении защиты информации от несанкционированного доступа. Поэтому для улучшения технико-экономической эффективности сети в целом обычно процесс преобразования низкоскоростного электрического сигнала в оптический совмещается с мультиплексированием.

Для построения горизонтальной подсистемы стандартами допускается применение экранированного и неэкранированного кабелей. Экранированный симметричный кабель потенциально обладает лучшими электрическими, а в некоторых случаях и прочностными характеристиками по сравнению с неэкранированным. Однако этот кабель является очень критичным к качеству выполнения монтажа и заземления, имеет заметную большую стоимость и худшие массогабаритные показатели. Поэтому пока основным кабелем для передачи электрических сигналов по СКС, по крайней мере в нашей стране, являются кабели на основе неэкранированных витых пар⁴. Как было отмечено выше, стандарты разрешают строить СКС на электрических кабелях с волновым сопротивлением 100, 120 и 150 Ом. При этом две последние

⁴ Экранированные конструкции играют преобладающую роль только в некоторых странах отличающейся «зелеными» настройками Европы, например в Германии.

разновидности кабелей часто обладают заметно лучшими характеристиками. Однако в силу целого ряда причин технического и экономического плана сколь-нибудь широкого распространения они в нашей стране не получили.

Многомодовые волоконно-оптические кабели используются, как правило, в качестве основы подсистемы внутренних магистралей. Одномодовые волоконно-оптические кабели рекомендуется применять только для построения длинных внешних магистралей.

Коаксиальные кабели не включаются в число разрешенных к применению в новые стандарты и исключаются из новых редакций старых. Это объясняется низкой надежностью сетей, построенных на их основе, невысокой технологичностью и более высокой стоимостью по сравнению с кабелями на основе витых пар.

Для обеспечения возможности работы по СКС сетевой аппаратуры с коаксиальным и триаксиальным интерфейсом используется широкая номенклатура адаптеров различных видов.

1.3. Понятие классов и категорий и их связь с длинами кабельных трасс

1.3.1. Классы приложений, категории кабелей и разъемов СКС

Действующая редакция стандарта ISO/IEC 11801 подразделяет все виды приложений, которые могут обмениваться данными по витым парам, на четыре класса — А, В, С и D (табл. 7). Класс А считается низшим, а класс D высшим. Для приложений каждого класса определяется соответствующий класс линии связи, который задает предельные электрические характеристики линии, необходимые для нормальной работы приложений соответствующего и более низкого класса. К приложениям оптического класса относятся те из них, которые используют в качестве среды передачи сигнала оптический кабель. Для таких приложений на момент принятия стандарта ширина полосы пропускания не является ограничивающим фактором.

Таблица 7. Классы приложений по ISO/IEC 11801

Класс линии и приложения	Определение
А	Телефонные каналы и низкочастотный обмен данными. Максимальная частота сигнала — 100 кГц
В	Приложения со средней скоростью обмена. Максимальная частота сигнала — 1 МГц
С	Приложения с высокой скоростью обмена. Максимальная частота сигнала — 16 МГц
Д	Приложения с очень высокой скоростью обмена. Максимальная частота сигнала — 100 МГц
Оптический	Приложения, использующие в качестве среды передачи сигнала оптический кабель

Интересно также отметить, что стандарт ISO/IEC 11801 не предполагает приложений и линий с максимальной частотой передачи 20 МГц, соответствующих 4-й категории разъемов и кабелей. Это обусловлено отсутствием популярных сетевых приложений с максимальными частотами сигнала от 16 до 20 МГц.

Таблица 8. Соответствие категорий кабелей и соединителей классам приложений

TIA/EIA-568-A	ISO/IEC 11801	EN 50173	ISO/IEC 11801
Кабели и соединители			Приложения
-	-	-	A
-	-	-	B
Категория 3	Категория 3	Категория 3	C
Категория 4	Категория 4	-	-
Категория 5	Категория 5	Категория 5	D
-	Категория 6	-	E
-	Категория 7	-	F

В некоторых европейских странах иногда практикуется введение дополнительных классов приложений. Так, например, в немецкоязычной технической литературе приложения с верхней граничной частотой 200 МГц иногда называют приложениями класса D+, тогда как приложения с граничной частотой 300 МГц обозначаются как приложения класса D++.

Стандарты ISO/IEC 11801 и TIA/EIA-568-A помимо кабелей также специфицируют по категориям разъемы. Категории определяются максимальной частотой сигнала, на которую рассчитаны соответствующие разъемы и кабели (табл. 9). Кабели и разъемы более высоких категорий поддерживают все приложения, которые рассчитаны на работу по кабелям более низких категорий.

Таблица 9. Категории кабелей и разъемов

Категория кабеля и разъема	Максимальная частота сигнала	Типовые приложения
Категория 3	До 16 МГц	Локальные сети Token Ring и Ethernet 10Base-T, голосовые каналы и другие низкочастотные приложения
Категория 4	До 20 МГц	Локальные сети Token Ring и Ethernet 10Base-T
Категория 5	До 100 МГц	Локальные сети со скоростью передачи данных до 100 Мбит/с
Категория 6	До 200 МГц	Локальные сети со скоростью передачи данных до 155 Мбит/с
Категория 7	До 600 МГц	Локальные сети со скоростью передачи данных до 1000 Мбит/с

В сентябре 1997 года ИЕС начала работу по стандартизации двух новых классов приложений E и F, а также компонентов СКС для категорий 6 и 7. Параллельно производится работа над так называемой улучшенной категорией 5 (категорией 5+ или категорией 5e) с верхней граничной частотой нормировки параметров в 100 МГц. Последняя фактически фиксирует достигнутый на конец 90-х годов уровень техники и одновременно нормирует ряд параметров, соблюдение которых обеспечивает возможность работы перспективного приложения Gigabit Ethernet. Ожидается, что результаты проведенных исследований войдут в новые редакции действующих в настоящее время стандартов ISO/IEC 11801 и TIA/EIA-568A. Работа в этом направлении мотивируется необходимостью поддержки перспектив-

ной сетевой аппаратуры ATM 155 и 622 Мбит/с, а также Gigabit Ethernet 1000 Мбит/с. Приложения класса Е и компоненты СКС категории 6 имеют нормируемые характеристики до частоты 250 МГц, тогда как класс F и компоненты категории 7 рассчитываются на частоты до 600 МГц. Выбор последнего значения не в последнюю очередь обусловлен широким распространением аппаратуры ATM со скоростью передачи 622 Мбит/с, а также необходимостью поддержки передачи сигналов многоканального аналогового телевидения с верхней граничной частотой 550 МГц. Основные отличия между линиями связи различных категорий приводятся в табл. 10. Подробное обсуждение приведенных в них параметров производится в параграфе 2.1.3. Здесь укажем только, что таблица наглядно демонстрирует рост требований к качеству по мере перехода к более высокой категории.

Таблица 10. Параметры производительности каналов различных категорий на частоте 100 МГц [13]

Параметр	Категория 5	Категория 5e	Категория 6	Категория 7
Частотный диапазон, МГц	1-100	1-100	1-250	1-600
Затухание, дБ	24	24	21,7 (36)	20,8 (54,1)
NEXT, дБ	27,1	30,1	39,9 (33,1)	62,1 (51)
PS-NEXT, дБ	-	27,1	37,1 (30,2)	59,1 (48)
ACR, дБ	3,1	6,1	18,2 (-2,9)	41,3 (-3,1)
PS-ACR, дБ	-	3,1	15,4 (-5,8)	38,3 (-6,1)
EL-FEXT, дБ	17*	17,4	23,2 (15,3)	ffs
PS-FEXT, дБ	14,4	14,4	20,2 (12,3)	ffs
Возвратные потери, дБ	8*	10	12 (8)	14,1 (8,7)
Задержка распространения, нс	548	548	548 (546)	504 (501)
skew, нс	50	50	50	20

Примечания:

1. Согласно новой редакции стандарта.
2. ffs — for future study — для будущего изучения в соответствующем комитете по стандартизации.
3. В скобках указаны значения на верхней рабочей частоте.

Для построения трактов категории 6 используются кабели всех типов (экранированные и неэкранированные). В качестве соединителя применяется в основном модульный разъем. Известны также разработки на других типах разъемов, наиболее известными из которых являются разъемы типов 110 и 210. Линии категории 7 при современном состоянии уровня техники могут быть реализованы только на кабеле с экранированными парами. В настоящее время серийные разъемы модульного типа позволяют обеспечить характеристики проекта нормативных документов категорий 7 только для внешних пар контактов 1/2 и 7/8, что сопровождается потерей универсальности. Имеется несколько опытных разработок разъемов с улучшенными параметрами, которые в перспективе могут быть использованы в линиях категории 7. Тем не менее ряд аналитиков считает, что совершенствование модульного разъема для его адаптации к работе на высоких частотах лишено смысла и необходимо переходить на новую конструкцию. Окончательное решение о выборе типа разъема трактов категории 7 комитетами по стандартизации по состоянию на середину 1999 года не принято. Более подробная информация об известных разработках в этой области приводится в параграфе 3.2.6.

Ниже мы не будем останавливаться на классах линий А и В, построение которых не представляет никаких трудностей на современной элементной базе. Малый интерес специалистов по СКС к этим линиям обусловлен также тем, что они не поддерживают работу наиболее массовой на сегодняшний день сетевой аппаратуры Ethernet,

то есть на упомянутых линиях нельзя построить универсальную СКС. Точно так же в дальнейшем подробно не обсуждаются линии категорий 5е, 6 и 7, которые по состоянию на середину 1999 года официально не стандартизованы.

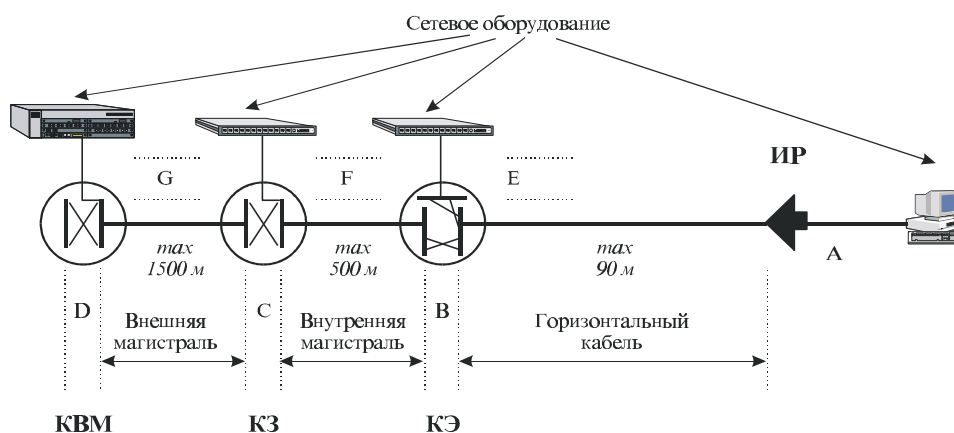
Линии электрической связи СКС должны быть собраны из кабелей и других компонентов с характеристиками не хуже той категории, на которую они рассчитаны. Данное правило имеет также и обратное действие: линия связи, собранная из компонентов определенной категории, поддерживает работу всех приложений своего и более низкого классов.

В стандартах ISO/IEC 11801 и TIA/EIA 568-A указано, что линии связи СКС будут соответствовать требованиям определенной категории при соблюдении следующих трех условий:

- технические характеристики всех кабелей, разъемов и соединительных шнуров этой линии соответствуют требованиям этой категории или превышают их;
- линия связи спроектирована с учетом требований стандартов (то есть соблюдены ограничения на длины кабелей, количество точек коммутации и т.д.);
- монтаж выполнен в соответствии с требованиями перечисленных выше стандартов.

1.3.2. Ограничения на длины кабелей и шнуров СКС

Стандарты ISO/IEC 11801 и TIA/EIA 568-A устанавливают ограничения на максимальные длины кабелей и соединительных шнуров горизонтальной и магистральных подсистем. Длины кабелей указаны на рис. 4 и приведены в табл. 11. Еще раз подчеркнем, что максимальные длины электрических кабельных линий для передачи сигнала указанного класса приведены для случая построения этих линий из симметричного кабеля и других компонентов с категорией не ниже указанной.



$A+B+E \leq 10$ м — суммарная длина всех шнуров и перемычек горизонтальной подсистемы;
 C и $D \leq 20$ м — длина коммутационных шнуров (перемычек) в КЗ и КВМ;
 F и $G \leq 30$ м — длина оконечных шнуров в КЗ и КВМ.

Примечания:

1. Все указанные длины — физические длины.
2. Длины 10 м ($A+B+E$) и 30 м (F и G) являются рекомендуемыми.

Рис. 4. Максимальные расстояния в кабельной системе по ISO/IEC 11801

Длина кабеля горизонтальной подсистемы установлена равной 90 м (плюс 10 м на соединительные шнуры). Выбор именно этого значения произведен ис-

ходя из возможностей витой пары как направляющей системы электромагнитных колебаний передавать сигналы наиболее массовых (на момент принятия стандартов) высокоскоростных приложений типа Fast Ethernet. Учитывались достигнутый технический уровень элементной базы и применяемые схемотехнические решения приемопередатчиков современного сетевого оборудования. Не последнюю роль при выборе именно этого значения максимальной длины играли архитектурные особенности типовых офисных зданий.

Таблица 11. Максимальные длины кабельных трасс в зависимости от типа кабеля и класса приложения

Класс приложений	A	B	C	D	Оптики
Среда передачи сигнала					
Симметричный кабель категории 3	2 км	200 м	100 м ¹⁾		
Симметричный кабель категории 4	3 км	260 м	150 м		
Симметричный кабель категории 5	3 км	260 м	160 м	100 м	
Симметричный кабель 150 Ом	3 км	400 м	250 м	150 м	
Многомодовый оптический кабель	-	-	-	-	2 км
Одномодовый оптический кабель	-	-	-	-	3 км ²⁾

Примечания:

1. Под длиной 100 м понимается суммарная длина горизонтального кабеля (до 90 м) и соединительных шнуров.
2. 3 км — ограничение, формально наложенное стандартом. Не является физическим ограничением для одномодовых волоконных световодов.

В случае реализации горизонтальной разводки на волоконно-оптическом кабеле длина кабельной трассы ограничена величиной 90 м из тех соображений, что она гарантированно позволяет выполнить ограничения протокольного характера сетей Fast Ethernet по максимальному диаметру коллизийного домена.

Основным назначением подсистемы внутренних магистралей является объединение в единое целое технических помещений в пределах одного здания. Исходя из этого максимальная длина такой магистрали устанавливается стандартами равной 500 м⁵.

И наконец, подсистема внешних магистралей, которая объединяет отдельные здания, может включать в себя кабели максимальной длиной 2 или 3 км в зависимости от типа. При современном состоянии уровня волоконно-оптической техники это расстояние может быть увеличено до 100 и более километров с использованием обычной серийной аппаратуры. Однако при необходимости обеспечения связи на столь большие расстояния стандартами предполагается, что для передачи информации будут использоваться линии и каналы связи общего пользования различных телекоммуникационных операторов.

1.4. Дополнительные варианты топологического построения СКС

Ниже рассматриваются дополнительные возможности построения горизонтальной подсистемы и подсистемы внутренних магистралей, часть из которых не вошла в действующие основные стандарты по СКС. По состоянию на середину 1999 года они нормируются только техническими бюллетенями TIA/EIA и, по мнению большинства специалистов по СКС, без каких-либо принципиальных

⁵ Данное требование не является чрезмерно завышенным, как это может показаться на первый взгляд. Так, в практике авторов имелся случай реализации СКС в здании длиной 400 м.

изменений их основные положения будут введены в новые редакции стандартов. Наличие этих вариантов существенно увеличивает свободу выбора проектировщика и позволяет значительно увеличить технико-экономическую эффективность кабельной системы в ряде часто встречающихся на практике случаев.

1.4.1. Варианты построения горизонтальной подсистемы СКС

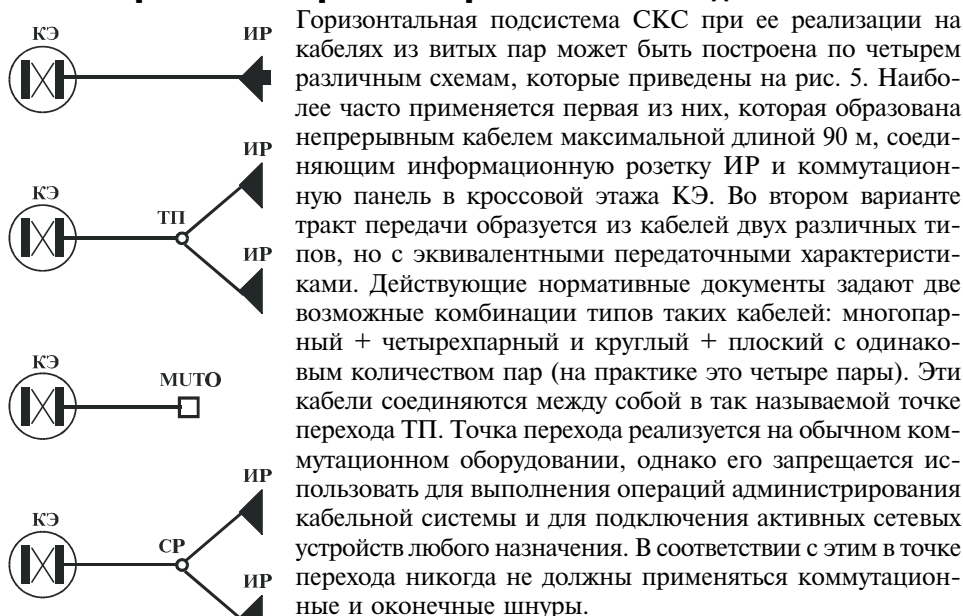


Рис. 5. Варианты организации горизонтальной подсистемы

Последние два варианта построения горизонтальной подсистемы СКС широко применяются в так называемых открытых офисах (open offices), то есть в рабочих помещениях большой площади, которые разделены на отдельные секции специализированной мебелью или легкими некапитальными перегородками. Общим отличительным признаком таких офисов являются частые перемещения сотрудников и изменения конфигураций рабочих мест, а также наличие явно выраженной зонной группировки отдельных рабочих мест. В открытых офисах могут применяться многопользовательские телекоммуникационные розетки MUTO (Multi-User Telecommunication outlet) и консолидационные точки СП (consolidation point). Оба варианта стандартизованы техническим бюллетенем TSB-75 [12] и адаптируют рассмотренные выше решения на случай открытого офиса (табл. 12).

Таблица 12. Аналогии между различными вариантами организации горизонтальной подсистемы

Тип офиса	Прямое соединение	Многопользовательское соединение
Обычный офис	Обычный проброс	Точка перехода
Открытый офис	Многопользовательская розетка	Консолидационная точка

Под многопользовательской розеткой MUTO понимается розетка, которая обслуживает нескольких пользователей. Такой элемент выделяется в отдельный вид

оборудования (см. далее параграф 3.3.3.2.2) и устанавливается на колоннах и стенах здания, под фальшполом, в напольных коробках и, достаточно редко, в пространстве между капитальным и подвесным потолками. Максимальная длина W оконечного шнура, соединяющего розетку MUTO с сетевым оборудованием на рабочем месте, не должна превышать 20 м и вычисляется следующим образом:

$$W = (102 - H) / 1,2 - 7 \text{ м}, W \leq 20 \text{ м}, \quad (1)$$

где H — длина горизонтального кабеля.

Коэффициент 1,2 учитывает повышенное затухание сигнала в кабеле соединительного шнура с гибкими многопроволочными проводниками (см. параграф 3.1.4.1). Постоянный коэффициент 7 определяет максимальную длину коммутационных шнуров в кроссовой. График зависимости длины коммутационного шнура от длины горизонтального кабеля приведен на рис. 6. Анализ формулы 1 показывает, что при максимальной длине оконечного шнура в 20 м длина горизонтального кабеля не должна превышать 70 м.

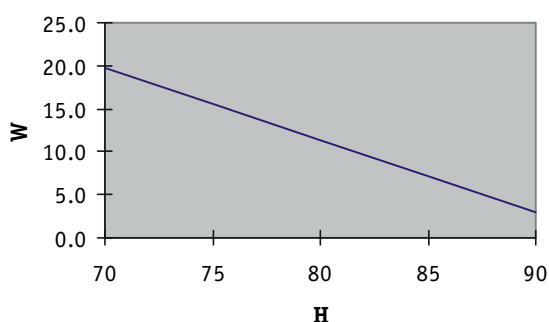


Рис. 6. Зависимость максимальной длины коммутационного шнура от длины горизонтального кабеля для многопользовательской розетки

Таким образом, суммарная длина оконечного и коммутационного шнуров в открытом офисе может достигать 27 м против 10 м в случае обычного офиса, что сопровождается заметным увеличением гибкости кабельной системы. При этом за счет соответствующей корректировки длины горизонтального кабеля в сторону уменьшения максимальное суммарное затухание тракта передачи сигнала в обоих случаях оказывается одинаковым.

Консолидационная точка СР в открытом офисе является прямым аналогом точки перехода традиционной топологии. От нее к отдельным розеткам рабочего места протягиваются короткие отрезки горизонтального кабеля, которые являются продолжением основного кабеля сегмента. Решения на основе СР рекомендуется применять в тех случаях, когда перемещения сотрудников возможны, но не столь часты по сравнению с розетками MUTO.

Так же как при традиционной кабельной разводке, в любой горизонтальной линии открытого офиса запрещается использование более одной точки перехода в виде розеток MUTO и СР, а в консолидационной точке не допускается подключение активного оборудования и выполнения операций администрирования.

1.4.2. Топологии с централизованным администрированием

Системы с централизованным администрированием определены в техническом бюллетене TSB-72 [15] и относятся к случаю построения разводки внутри одного здания полностью на оптическом кабеле. Основная идея, заложенная в этом документе, состоит в предоставлении проектировщику СКС возможности отказа в данной ситуации от жесткого деления кабельной разводки на горизонтальную подсистему и подсистему внутренних магистралей с их объединением в единое целое и переход за счет этого от двухуровневой звездообразной топологии к простой одноуровневой.

Применение принципа централизованного администрирования позволяет:

- значительно увеличить управляемость ЛВС за счет появления возможности формирования любых наперед заданных рабочих групп на физическом уровне без использования виртуальных соединений;
- сосредоточить все активное оборудование в одном месте, что влечет за собой увеличение защищенности от несанкционированного доступа к информации, уменьшение потребности в высокоскоростных каналах и упрощение процедур проведения эксплуатационных измерений;
- значительно сократить или даже полностью (в некоторых случаях) отказаться от выделенных помещений для кроссовых этажей.

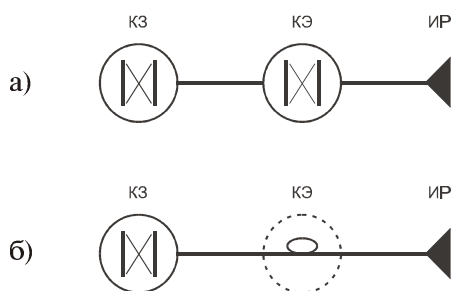


Рис. 7. Построение системы с централизованным администрированием:
а) с одним межсоединением;
б) без межсоединений

Актуальность практического использования централизованного администрирования резко возросла в связи с массовым внедрением в широкую инженерную практику волоконно-оптической техники передачи сигналов, которая не накладывает на длины высокоскоростных каналов физического 90-метрового ограничения витой пары.

Согласно бюллетеню TSB-72 кабельные системы рассматриваемого вида могут быть построены по следующим вариантам: с использованием одного межсоединения и без него. Вариант с одним соединением позволяет сохранить прежнюю телекоммуникационную инфраструктуру здания, так как кроссовое оборудование для его реализации размещается в помещениях, зарезервированных первоначальным проектом под кроссовые этажи. Этот вариант возможен в двух разновидностях. Первую из них можно назвать схемой *ответвления* [16]. Согласно этой схеме до кроссовых доводится магистральный кабель, дальнейшая разводка выполняется абонентским кабелем, который соединяется с магистральным неразъемным соединителем. Вторая разновидность получила название *пассивной коммутационной панели* [16]. В соответствии с данной схемой предусматривается процесс коммутации с использованием обычного коммутационного шнура. Максимальное расстояние от информационной розетки до кроссовой этажа в рассматриваемом варианте составляет 90 м. Это позволяет сохранить преемственность с TIA/EIA-568-A в отношении горизонтальной проводки и обеспечить легкость возврата к стандартной двухуровневой топологии. Максимальная длина канала с межсоединением выбрана равной 300 м из соображений получения на кабеле с волокном типа 62,5/125 пропускной способности канала связи 1 Гбит/с, то есть поддержки наиболее скоростных на сегодняшний день приложений типа Gigabit Ethernet и Fibre Channel. По аналогии со структурами на электрическом кабеле, в которых применяются точки перехода различного вида, какое-либо активное оборудование в месте размещения кросса не устанавливается.

Упомянутое выше в параграфе 1.3.2 ограничение протокольного характера сетей Fast Ethernet разработчиками TSB-72 считается в данном случае малосущественным, вероятно, из-за сравнительно малой распространенности волоконно-оптической аппаратуры стандарта 100Base-FX, работающей в режиме разделения полосы пропускания.

При построении СКС без межсоединений длина любого канала опять же из соображений обеспечения преемственности ограничена значением 90 м. Это ощутимо сужает возможности организации системы с централизованным администрированием в ряде офисных зданий, однако в пределах позволяет обойтись вообще без выделен-

ных кроссовых этажей. Если же они предусматриваются проектом, то говорят о *проходной схеме* и в таком случае в кроссовых рекомендуется выделять места для хранения свернутого в бухты запаса кабелей и установки коммутационного оборудования.

Отметим также некоторые дополнительные ограничения и рекомендации бюллетеня TSB-72:

- в точке межсоединения не рекомендуется смешивать разъемные и неразъемные соединители волоконных световодов;
- основным типом разъемного оптического соединителя считается SC в одностороннем или дуплексном вариантах;
- неразъемные соединители могут выполняться как сваркой, так и с помощью механических сплайсов;
- в вариантах с одним межсоединением в случае выполнения промежуточных неразъемных соединений световодов допускается использовать различные типы кабелей на горизонтальном и магистральном участках;
- идентификация и маркировка отдельных волокон и соединителей должна выполняться в соответствии с правилами стандарта TIA/EIA-606.

1.5. Принцип cable sharing

Основным типом кабеля горизонтальной подсистемы современной СКС является четырехпарный симметричный кабель, имеющий четыре различных варианта конструктивного исполнения (см. параграф 3.1.2.1). Большинство наиболее распространенных в настоящее время среднескоростных (Ethernet 10Base-T, Token Ring) и высокоскоростных Fast Ethernet 100Base-TX, TP-PMD, ATM) приложений требует для работы только две витые пары. Остальные две пары не используются и некоторыми типами сетевых интерфейсов просто замыкаются на землю, то есть являются для них фактически бесполезными. Уровень технических характеристик горизонтальных кабелей, требуемый действующими редакциями стандартов и практически достигнутый на сегодняшний день, принципиально позволяет передавать по таким кабелям сигналы одновременно нескольких (двух, а в некоторых случаях трех или даже четырех) приложений без заметного влияния друг на друга. Подобное техническое решение по использованию горизонтальной разводки получило название принципа cable sharing (разделения, или расщепления, кабеля) и официально допускается для практического применения стандартами ISO/IEC 11801 и EN 50173.

Для практической реализации принципа cable sharing разработан и внедрен в серийное производство достаточно большой набор различных специализированных элементов, которые подробно рассмотрены далее и могут быть разделены на следующие группы:

- Y-адаптеры (см. параграф 3.4.2.2), а также сдвоенные и строенные балуны (см. параграф 3.4.2.3);
- двойные адаптерные вставки (см. параграф 3.2.2.3);
- разветвительные шнуры (см. параграф 3.4.1);
- монтажные шнуры специального вида (см. параграф 3.4.1.3);
- сдвоенные розеточные модули, позволяющие выполнять на них разводку одного кабеля.

Все перечисленные выше решения, за исключением последних двух, позволяют в случае необходимости легко вернуться к стандартному четырехпарному варианту организации горизонтального участка тракта передачи электрического сигнала, то есть не затрагивают свойство универсальности кабельной системы.

Стандарты не выдвигают никаких особых требований к оборудованию, используемому для реализации рассматриваемого принципа, за исключением применения отличительной маркировки розеток.

Сразу же отметим, что естественным образом наиболее адаптированы для передачи сигналов одновременно двух приложений горизонтальные кабели с так называемой четверочной скруткой (см. параграф 3.1.2.1), которые фактически представляют собой два одинаковых элемента, заключенных в общую оболочку. Однако в силу целого ряда причин эти кабели не получили широкого распространения и выпускаются только единичными производителями техники для СКС.

Использование обсуждаемого принципа организации СКС наиболее выгодно в сетях небольшого и среднего размеров в основном по двум причинам:

- в них затраты на горизонтальную проводку составляют относительно большую величину и одновременная передача по одному кабелю сигналов двух приложений обеспечивает заметную экономию капитальных финансовых затрат на организацию сети;
- в таких сетях задача применения сверхвысокоскоростных приложений типа Gigabit Ethernet, требующих для своей работы одновременно четырех пар, является существенно менее актуальной из-за относительно меньшего объема передаваемой информации; в таких условиях ожидаемая проблема нехватки трактов передачи сигналов отодвигается на неопределенно далекую перспективу.

Отметим, что принцип cable sharing получил достаточно большое распространение в некоторых европейских странах, где он используется существенно чаще по сравнению с решениями на основе двухпарных кабелей. Однако в настоящее время данное решение не слишком популярно в Российской Федерации. Причинами такого положения дел являются следующие:

- значительная доля российских СКС строится в соответствии с требованиями стандарта TIA/EIA-568A, который не допускает одновременной передачи сигналов двух приложений по одному горизонтальному кабелю;
- принцип cable sharing наиболее эффективен в системах с индивидуальной экранировкой отдельных пар, которые по причинам экономического характера устанавливаются существенно реже систем без такой экранировки (большая стоимость элементной базы и трудоемкость монтажа не компенсируются экономией затрат за счет меньшего количества прокладываемых кабелей);
- в нашей стране в настоящее время практически отсутствует рынок SOHO и домашних сетей, где наиболее широко применяется передача различных высокоскоростных и широкополосных сигналов в одном горизонтальном кабеле.

Относительно большое распространение в нашей стране имеет только решение на основе Y-адаптера или функционально аналогичной ему адаптерной вставки некоторых СКС, которые применяются для передачи по одному кабелю сигналов Ethernet 10Base-T и аналогового телефона в небольших и достаточно часто несертифицируемых сетях.

1.6. Гарантийная поддержка современных СКС

Современная СКС является сложным высокотехнологичным продуктом, рассчитанным на эксплуатацию в течение продолжительного времени. В связи с этим особо важное значение приобретает система гарантий производителя СКС на продукцию и на установленную систему. Действующие редакции стандартов не предписывают каких-либо жестких правил в этой области, и только стандарт ISO/IEC 11801 рекомендует устанавливать продолжительность гарантии не менее чем в 10 лет.

На основании этого в дальнейшем рассматриваются принципы и методы гарантийной поддержки, сложившиеся в отрасли на правах стандартов де-факто.

В настоящее время производители СКС применяют различные виды гарантий. Их можно разделить на три основные группы.

Классическим видом гарантии является *гарантия на компоненты*, или базовая гарантия. Она означает, что все компоненты кабельной системы не имеют производственных дефектов и при использовании по назначению в соответствии с ТУ прослужат определенный период времени с момента покупки (обычно пять лет; в последнее время наметилась тенденция увеличения этого срока: например, Lucent Technologies предоставляет на продукты серии Gigaspeed 20-летнюю гарантию данного вида). Условием получения базовой гарантии является приобретение компонента по официальным каналам в порядке, установленном производителем СКС.

Расширенная, или *системная, гарантия* предоставляется на спроектированную и установленную по всем правилам СКС. Под ней понимается соответствие характеристик смонтированной системы требованиям стандартов. Основная часть производителей определяет срок этого вида гарантии на системы категории 5 в 15-16 лет, системам, характеристики которых превышают требования категории 6, гарантийный срок обычно увеличивается до 20 лет, а некоторыми производителями даже до 25 лет. Основные принципы предоставления системной гарантии могут быть сформулированы следующим образом:

- применение в составе системы исключительно компонентов, официально разрешенных для установки в данную конкретную СКС; на использование компонентов, не входящих в официальный перечень разрешенных, в каждом конкретном случае должно быть получено отдельное разрешение производителя;
- система должна быть построена в полном соответствии с требованиями действующих редакций стандартов, то есть не превышена длина кабельных трасс и шнуров, количество соединителей в тракте и т.д.;
- количество циклов соединения-разъединения разъемов не превысило значения, задаваемого стандартами;
- система должна быть спроектирована и построена только прошедшим соответствующее обучение и авторизованным персоналом; все изменения и дополнения также должны производиться только авторизованным персоналом⁶.

Некоторые производители СКС выдвигают также дополнительные требования, которые сводятся к необходимости предоставления протоколов измерений, использованию для тестирования только измерительных приборов из определенного перечня и т.д.

Из приведенного выше можно убедиться в том, что системная гарантия включает в себя базовую и даже усиливает ее в смысле увеличения гарантийного срока.

И наконец, под *гарантией работы приложений* понимается способность правильно смонтированной и установленной СКС (то есть СКС, уже имеющей системную гарантию) поддерживать работу тех или иных приложений. Гарантии этой группы имеют две разновидности. Первая из них основана на списке приложений, куда часто включаются такие из них, которые формально не могут поддерживаться стандартной СКС данной конкретной категории. При этом возможно увеличение длины так называемой базовой линии (см. далее параграф 10.2.1) свыше задаваемых стандартом 90 м (компании VICC и ITT Cannon). Вторая разновидность гарантии

⁶ Отметим, что данное положение не затрагивает процесс переключения оконечных и коммутационных шнуров, так как в противном случае нормальная эксплуатация кабельной системы становится невозможной. Перечень действий, которые может совершать на установленной СКС обслуживающий персонал, как правило, подробно указан в гарантийном обязательстве компании — производителе кабельной системы.

рассматриваемой группы предполагает поддержку работы любого приложения, аппаратура которого спроектирована для работы по СКС той или иной категории.

Документом, подтверждающим наличие у СКС гарантии того или иного вида, является сертификат производителя установленного им образца. Сертификат может выдаваться как собственно на СКС, установленную по конкретному адресу (например, «АйТи» и Lucent), так и владельцу СКС (естественно, что в этом случае требуется переоформление при смене владельца; примерами являются ITT Cannon, RiT Technologies, Mod-Tap). К сертификату прикладывается регистрационный документ с более или менее полным описанием системы, который может быть дополнен схематическим планом ее структуры, а также результатами ее инструментального тестирования (если эта процедура проводится согласно правилам установки СКС).

Гарантийный ремонт обычно выполняется компанией — инсталлятором конкретной СКС. В тех случаях, когда эта компания в силу каких-либо причин не может выполнить работы, производитель поручает их проведение другому местному партнеру или же выполняет их самостоятельно.

Гарантийный ремонт не производится при неправильной эксплуатации, превышении нагрузки, механических повреждениях и повреждениях в результате стихийных бедствий, применении неразрешенных компонентов и других аналогичных случаях.

Дополнительные сведения о различных аспектах предоставления и реализации гарантийной поддержки содержатся в обзоре [17].

1.7. Выводы

Структурированная кабельная система является основой информационно-вычислительной и телекоммуникационной инфраструктуры любого современного предприятия, начиная от небольшой фирмы с несколькими сотрудниками и заканчивая корпорацией, в которой работают несколько десятков тысяч человек.

Современная СКС реализуется по иерархическому звездообразному принципу и состоит в общем случае из нескольких подсистем с детально стандартизованными на международном уровне параметрами и интерфейсом, взаимодействующих между собой по определенным правилам. Интеграция в одной системе волоконно-оптических и электрических кабельных линий связи на основе симметричного кабеля дает возможность обеспечить средой передачи основную массу современных и перспективных видов сетевой аппаратуры. Кабельные тракты СКС, созданные на основе серийных компонентов, обеспечивают максимальную дальность связи 3000 м и информационную пропускную способность 1 Гбит/с и выше.

Наличие ряда стандартизованных вариантов построения горизонтальной подсистемы СКС существенно расширяет возможности адаптации к конкретным условиям. Это дает возможность получения оптимального по критерию технико-экономической эффективности решения для основной массы офисных помещений как в зданиях старой постройки, так и в специально спроектированных бизнес-центрах.

Заложенная в стандарты функциональная гибкость позволяет при необходимости легко расширить область применения СКС за пределы офисных зданий и создавать кабельные системы на производстве и в бытовом секторе.

Достигнутый технический уровень элементной базы и обеспечиваемое обученными специалистами качество проектирования и монтажа позволяет производителю гарантировать безотказную работу смонтированной кабельной системы на протяжении 15 и более лет. В свою очередь это означает, что смонтированная СКС работает фактически на протяжении всего времени между двумя капитальными ремонтами офисного здания.