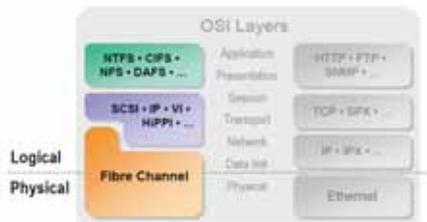


# Протоколы сетей хранения: настоящее и перспективы

В настоящее время в сетях и системах хранения для блочной передачи данных используются 5 типов протоколов – SCSI, FCP, iSCSI, FCIP, iFCP и активно разрабатывается шестой – FCoE. При этом появляется еще ряд стандартов, расширяющих возможности отмеченных, например, для шифрования данных. Для обеспечения оптимального дизайна сетевой инфраструктуры важно правильно понимать разницу между различными протоколами, стандартами и технологиями, используемыми в сетях хранения данных.

Для концептуально правильного понимания места каждого из протоколов необходимо начать со сравнения семиуровневой OSI-модели, которая всем известна из сетей передачи данных, с моделью сетей хранения данных, построенных на Fibre Channel, то



можно определить 3 уровня в модели, используемой в сетях хранения данных. Fibre Channel определяет приблизительно первые три уровня OSI модели (физический, каналный и сетевой). Т.е. уровень Fibre Channel покрывает как физический, так и частично логический уровень. Другие протоколы, как SCSI, определяют верхние уровни модели.

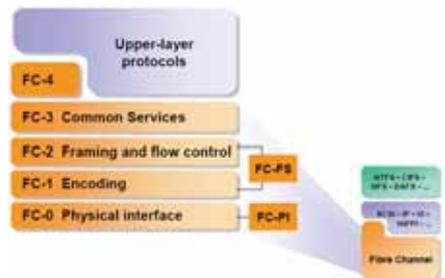
**Протокол SCSI** (Small Computer Systems Interface) – ветеран отмеченного семейства – претерпел несколько модификаций и является стандартным протоколом уровня приложений, обеспечивающим блочный обмен данными между серверами и периферийными устройствами хранения данных, такими, как дисковые массивы и ленточные накопители. Протокол SCSI обеспечивает взаимодействие между устройствами по схеме "клиент-сервер". Одно устройство, обычно сервер, является инициатором соединения "SCSI initiator, который генерирует SCSI команды и запросы (read/write), а другое, обычно дисковый массив, является "SCSI-target", отвечающим на запросы от сервера. Классической схемой подключения устройств хранения данных являлась общая параллельная шина (Parallel SCSI). Данная конструкция имела свои ограничения по масштабированию и допустимым физическим расстояниям.



Для снятия ограничений SCSI-протокола в 1998 г. был разработан и стал активно продвигаться на рынке **протокол FC (Fiber Channel)**, являющийся протоколом сетевого уровня. Данный протокол – стандарт (ответственная группа – Technical Committee T11), который решает проблемы не только масштабирования сети хранения данных, но и важные задачи качества обслуживания и надежной доставки



фреймов в FC-сети. На сегодняшний день стандартизованы скорости подключения – 1, 2, 4, 8 и 10 Гбит/с. При подключении периферийных устройств в сети хранения данных используются специализированные адаптеры Fibre Channel, поддерживающие различные скорости передачи данных 1, 2 и 4 Гбит/с. Большие скорости используются для соединений коммутаторов сети хранения данных между собой. Возможно логическое объединение физических линков в единый логический интерфейс (Port-Channel) для увеличения общей пропускной способности канала.



Если рассмотреть более подробно Fibre Channel уровень, то он представлен следующими подуровнями:

- **FC-0.** Определяет характеристики физического соединения, такие как кабели и из соединения, контрольный протокол для приема и передачи данных на различных скоростях;
- **FC-1.** Определяет схему кодирования данных на битовом и байтовом уровне для передачи в сети Fibre Channel (например, 8B/10B для передачи через 1, 2, 4 Гбит/с FC-интерфейс). Отвечает за отслеживание ошибок на битовом уровне;
- **FC-2.** Определяет структуру фреймов для передачи данных в сети хранения. Отвечает за flowcontrol и отслеживание ошибок на уровне фреймов;
- **FC-3.** Определяет дополнительные сетевые сервисы сетей хранения данных, такие как Name Server, Time Server, Security key Server и т.д. Данный уровень позволяет легко добавлять новые сервисы в FC-сеть;
- **FC-4.** Определяет соответствие между протоколами верхнего уровня, например, FCP (SCSI поверх FC) или IPFC (IP поверх FC). Данный уровень позволяет передавать различные протоколы верхнего уровня через единый физический Fibre Channel интерфейс.

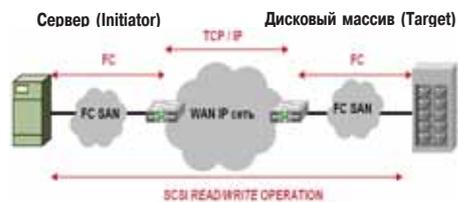
Безопасность в сетях хранения данных FC определяется стандартом FC-SP (Security Protocols for Fiber Channel). Данный стандарт определяет аутентификацию конечных (серверов и дисковых накопителей), а также сетевых (коммутаторы) устройств на принадлежность к сети хранения данных. Шифрование данных пока не реализовано в стандарте.

Рядом производителей реализован функционал шифрования данных (Storage Media Encryption – SME) в устройствах на магнитных лентах, подключенных к сети хранения данных. Данный функционал также реализован в коммутаторах Cisco MDS при использовании модуля MPS-18/4. Механизм шифрования данных в коммутаторах MDS достаточно гибок. Ключ шифрования может быть один на все магнитные ленты, либо назначаться для каждой ленты индивидуально, используя централизованный сервер ключей



(KMS). На ленте сохраняется идентификатор ключа (ID), либо сам ключ в зашифрованном виде. Установка нескольких модулей MPS-18/4 позволяет распределить нагрузку между ними. При этом модули могут быть установлены в разные коммутаторы для повышения отказоустойчивости сети хранения данных, а также реализованных в ней сервисов. Fibre Channel снял многие ограничения SCSI, однако вследствие достаточно высокой стоимости оборудования для него, его функциональность не была доступна "широкой аудитории".

Fibre Channel снял многие ограничения SCSI, однако, вследствие достаточно высокой стоимости оборудования для него, его функциональность не была доступна "широкой аудитории". Попыткой решить эту задачу стал **протокол iSCSI**, появившийся в 2004 г., в котором SCSI-команды передаются поверх протокола сетевого уровня IP (TCP/IP). iSCSI-протокол является стандартом, описанным в RFC 3720. Задачи качества обслуживания решаются на уровне сетевого протокола IP, а вопросы надежной доставки SCSI сообщений решаются протоколом транспортного уровня TCP. При подключении периферийных устройств в сети хранения данных используются либо обычные сетевые карты с программной реализацией iSCSI на уровне операционной системы, либо спе-



циализированные сетевые адаптеры, поддерживающие аппаратное ускорение iSCSI. Периферийное оборудование сетей хранения данных, использующее iSCSI, можно подключить к сети Fibre Channel через дополнительный шлюз iSCSI <-> FC.

**Протокол FCIP** (FC через IP) является стандартным протоколом, описанным в RFC 3821 и разработанным IETF для тунелирования протокола FC через глобальную распределенную сеть TCP/IP. Данные FCIP упаковываются следующим образом: SCSI -> FC -> TCP -> IP -> Канальный уровень, где протоколом верхнего уровня является SCSI, а канальный уровень представляет Ethernet, PPP, Frame Relay и т.д.

Максимальная скорость подключения сети хранения данных к IP-инфраструктуре по протоколу FCIP 1 Гбит/с. Также возможно объединение до 16 физических FCIP линков в единый логический интерфейс (Port-Channel) для увеличения пропускной способности канала передачи данных.

Данный протокол позволяет объединить сети хранения данных, находящихся на расстоянии более 100 км, в единую инфраструктуру. Данный протокол решает бизнес-задачу непрерывности деятельности компаний в случае, например, разрушения основного центра хранения данных.

продолжение – стр. 32

начало — см. стр. 31

В настоящее время данный протокол поддерживается основными производителями сетевого оборудования для сетей хранения данных, таких, как Cisco Systems, Brocade, Qlogic и т.д. Для объединения сетей хранения данных через глобальную распределенную сеть IP используется шлюз FC <-> FCIP. Безопасность FCIP соединения обеспечивается стандартом IPSec, определяющим аутентификацию, целостность и конфиденциальность данных при передаче через IP-инфраструктуру. Коммутатор Cisco MDS позволяет одновременное использование протоколов iSCSI и FCIP на одном и том же Gigabit Ethernet порту коммутатора.

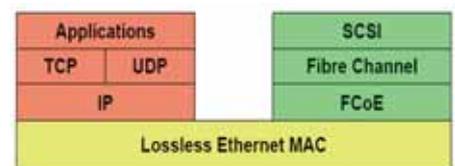
**Протокол iFCP** также является стандартным протоколом, описанным в RFC 4172, 4171, который обеспечивает передачу FC через TCP / IP. Протокол iFCP представляет собой туннельный протокол, решающий ту же самую задачу, что и протокол FCIP. Данный протокол был разработан компанией Nishan Systems, купленной компанией McDATA в 2003 г., которая впоследствии была куплена компанией Brocade в 2007 г., поддерживающей в свою очередь только протокол FCIP. Хотя, с первого взгляда, оба протокола FCIP и iFCP решают одинаковую задачу, они между собой несовместимы.

**Протокол FCoE** (Fiber Channel через Ethernet) является последней разработкой в области протоколов, используемых в сетях хранения данных. Данный протокол находится в стадии активной разра-

ботки и стандартизации одной из групп IETF – Technical Committee T11. Активными участниками разработки нового стандарта FCoE являются ведущие производители сетевых адаптеров для подключения периферийного оборудования к сети хранения данных, таких как Emulex, а также производители коммуникационного оборудования для сетей хранения данных, такие как Cisco Systems, Brocade и т.д. Протокол FCoE решает задачу консолидации двух независимых сетей: Fiber Channel сети хранения данных, а также корпоративной Ethernet сети для передачи IP-данных приложений. Задача консолидации, в свою очередь, решает проблемы, связанные с "Green Data Center", а также с уменьшением количества обслуживаемого сетевого оборудования. Протокол решает задачу прозрачной интеграции протокола FC поверх локальной сети Ethernet, сохраняя при этом все преимущества встроенных механизмов управления, качества обслуживания и надежной доставки информации в сети, являющихся отличительной чертой сетей Fiber Channel.

Для передачи обоих протоколов – IP и FC – через среду Ethernet его фрейм необходимо модифицировать в сравнении с классическим Ethernet-фреймом для обеспечения надежной и безопасной передачи FCoE фреймов. Модификация включает в себя увеличение минимального размера фрейма до 2,5 Кбайт, добавление flow-control, внедрение дополнительных заголовков, например, для шифрования на канальном уровне и т.д.

При передаче FCoE через Ethernet можно получить большую производительность по сравнению с протоколом iSCSI, так как TCP-протокол не используется. На рисунке ниже показана инкапсуляция IP и FCoE протоколов поверх единой Ethernet сети.



С точки зрения физических скоростей подключения конечных устройств или коммутаторов по FCoE поддерживаются скорости 1 и 10 Гбит/с. В дальнейшем планируется увеличение скорости до 40 Гбит/с для подключения конечных устройств, и до 100 Гбит/с для межкоммутаторных соединений. Безопасность определяется не только аутентификацией конечных устройств и коммутаторов на проверку принадлежности к сети хранения данных, но и шифрованием на канальном уровне. Для шифрования данных на канальном уровне реализован алгоритм AES с использованием симметричного ключа размером 128 бит. Стандартом IEEE, описывающим шифрование на канальном уровне, является 802.1AE Media Access Control (MAC) Security.

*Юлия Гундаева,  
системный инженер, Cisco Systems*