

## Сетевое ПО Лекция 11

# Оглавление

1	Драйверы протоколов транспортного уровня TDI (Transport Driver Interface).....	1
1.1	Состав драйверов протоколов.....	1
1.2	Реализация транспортов TDI.....	2
2	Драйверы сетевых адаптеров.....	5
2.1	Компоненты NDIS.....	5
2.2	Разновидности минипорт-драйверов NDIS.....	8
2.3	NDIS, ориентированная на логические соединения.....	8

## 1 Драйверы протоколов транспортного уровня TDI (Transport Driver Interface)

### 1.1 Состав драйверов протоколов

Драйверы сетевых API должны транслировать запросы в низкоуровневые запросы сетевых протоколов для передачи по сети.

Драйверы API выполняют трансляцию с помощью драйверов транспортных протоколов в режиме ядра.

Отделение API от нижележащих протоколов придает сетевой архитектуре гибкость, позволяющую каждому API использовать множество различных протоколов.

В Windows входят следующие драйверы протоколов:

**DLC (Data Link Control),**

**NetBEUI(NetBIOS Extended User Interface),**

**TCP/IP**

**NWLink.**

Можно установить и другие протоколы - например, протокол AppleTalk устанавливается с Services For Macintosh в системах под управлением серверных версий Windows.

Краткое описание каждого из этих протоколов:

- DLC является относительно примитивным протоколом, который используется некоторыми мэйнфреймами IBM и сетевыми принтерами HewlettPackard. Этот протокол не может быть использован сетевыми API

## Сетевое ПО Лекция 11

напрямую. Приложения, которым нужен DLC, должны взаимодействовать с драйвером транспорта DLC.

- IBM и Microsoft внедрили NetBEUI в 1985 году, и Microsoft приняла NetBEUI в качестве стандартного протокола для LAN Manager и NetBIOS API. С тех пор Microsoft усовершенствовала NetBEUI, но этому протоколу все равно присущ ряд ограничений, в частности он не поддерживает маршрутизацию и показывает низкую производительность в WAN. NetBEUI (NetBIOS Extended User Interface) получил свое название из-за тесной интеграции с NetBIOS API, но драйвер протокола Microsoft NetBEUI реализует формат NetBIOS Frame (NBF). NetBEUI включен в Windows с единственной целью — для взаимодействия с унаследованными Windows-системами (Windows NT 4 и потребительскими версиями Windows).

- Развитие Интернета и популярность TCP/IP обусловили статус этих протоколов как основных в Windows. TCP/IP был разработан DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) в 1969 году как фундамент Интернета, поэтому характеристики TCP/IP (поддержка маршрутизации и хорошая производительность в WAN) благоприятствуют его использованию в глобальных сетях.

**TCP/IP — единственный стек протоколов, устанавливаемый в Windows по умолчанию.**

- NWLink состоит из протоколов Novell IPX и SPX. NWLink включен в Windows для взаимодействия с серверами Novell NetWare.

### **1.2 Реализация транспортов TDI**

**В Windows транспорты TDI в общем случае реализуют все протоколы, сопоставленные с основным стеком протоколов.**

Например, драйвер TCP/IP реализует протоколы TCP, UDP, IP, ARP, ICMP и IGMP.

## Сетевое ПО Лекция 11

Для представления конкретных протоколов транспорт TDI обычно создает объекты «устройство», что позволяет клиентам получать объект «файл», представляющий нужный протокол, и выдавать ему запросы на сетевой вводвывод с использованием IRP.

Драйвер TCP/IP создает три объекта «устройство» для представления различных протоколов, доступных клиентам TDI:

**\Device\Tcp**

**\Device\Udp**

**\Device\Ip**

Microsoft определила стандарт TDI (Transport Driver Interface), чтобы драйверам сетевых API не приходилось использовать отдельные интерфейсы для каждого необходимого им транспортного протокола.

Интерфейс TDI представляет собой правила форматирования сетевых запросов в IRP, а также выделения сетевых адресов и коммуникационных соединений.

Транспортные протоколы, отвечающие стандарту TDI, экспортируют интерфейс TDI своим клиентам, в число которых входят драйверы сетевых API.

Транспортный протокол, реализованный в виде драйвера устройства Windows, называется транспортом TDI. Поскольку транспорты TDI являются драйверами устройств, они преобразуют получаемые от клиентов запросы в формат IRP.

### **Модель программирования TDI очень напоминает модель Winsock.**

Устанавливая соединение с удаленным сервером, клиент TDI выполняет следующие действия.

1. Чтобы выделить адрес, клиент создает и форматирует TDI IRP-пакет address open. Транспорт TDI возвращает объект «файл», который представляет адрес и называется объектом адреса (address object). Эта операция эквивалентна вызову Winsock-функции bind.

## Сетевое ПО Лекция 11

2. Далее клиент создает и форматирует TDI IRP-пакет `connection open`, а транспорт TDI возвращает объект «файл», который представляет соединение и называется объектом соединения (`connection object`). Эта операция эквивалентна вызову Winsock-функции `socket`.

3. Клиент сопоставляет объект соединения с объектом адреса с помощью TDI IRP-пакета `associate address` (для этой операции эквивалентных функций Winsock нет).

4. Клиент TDI, соглашающийся установить удаленное соединение, выдает TDI IRP-пакет `listen`, указывая для объекта соединения максимальное число подключений. После этого он выдает TDI IRP-пакет `accept`, обработка которого заканчивается либо установлением соединения с удаленной системой, либо ошибкой. Эти операции эквивалентны вызову Winsock-функций `listen` и `accept`.

5. Клиент TDI, которому нужно установить соединение с удаленным сервером, выдает TDI IRP-пакет `connect`, указывая объект соединения, выполняемый транспортом TDI после установления соединения или появления ошибки. Выдача TDI IRP-пакета `connect` эквивалентна вызову Winsock-функций `connect`.

TDI также поддерживает коммуникационную связь, не требующую логических соединений, для протоколов соответствующего типа, например для UDP.

Кроме того, TDI предоставляет клиенту TDI средства для регистрации в транспортах TDI своих функций обратного вызова по событиям (`event callbacks`) (т. е. функций, вызываемых напрямую).

Например, при получении данных через сеть транспорт TDI может вызвать зарегистрированную клиентом функцию обратного вызова для приема данных. Поддержка функций обратного вызова на основе событий позволяет транспорту TDI уведомлять своих клиентов о сетевых событиях, а клиенты, использующие

## Сетевое ПО Лекция 11

такие функции, могут не выделять ресурсы для приема данных из сети, поскольку им доступно содержимое буферов, предоставляемых драйвером протокола TDI.

## 2 Драйверы сетевых адаптеров

### 2.1 Компоненты NDIS

Когда драйверу протокола требуется получить или отправить сообщение в формате своего протокола, он должен сделать это с помощью сетевого адаптера.

Поскольку ожидать от драйверов протоколов понимания нюансов работы каждого сетевого адаптера нереально (на рынке предлагается несколько тысяч моделей сетевых адаптеров с закрытой спецификацией), **производители сетевых адаптеров предоставляют драйверы устройств, которые принимают сетевые сообщения и передают их через свои устройства.**

В 1989 году компании Microsoft и 3Com совместно разработали спецификацию Network Driver Interface Specification (NDIS), которая определяет аппаратно-независимое взаимодействие драйверов протоколов с драйверами сетевых адаптеров.

Драйверы сетевых адаптеров, соответствующие NDIS, называются драйверами NDIS или мини-порт-драйверами NDIS.

Windows поддерживает NDIS версии 5.

В Windows библиотека NDIS (`\Winnt\System32\Drivers\Ndis.sys`) реализует пограничный уровень между транспортом TDI (в типичном случае) и драйверами NDIS.

Как и Tdi.sys, библиотека NDIS является вспомогательной и используется клиентами драйверов NDIS для форматирования команд, посылаемых этим драйверам. Драйверы NDIS взаимодействуют с библиотекой, чтобы получать запросы и отвечать на них.

## Сетевое ПО Лекция 11

**Одна из целей Microsoft при разработке сетевой архитектуры состояла в том, чтобы производителям сетевых адаптеров было легче разрабатывать драйверы NDIS и переносить их код между потребительскими версиями Windows.**

Таким образом, библиотека NDIS предоставляет драйверам не просто вспомогательные пограничные процедуры NDIS, а целую среду выполнения драйверов NDIS. Последние не являются истинными драйверами Windows поскольку не могут функционировать без инкапсулирующей их библиотеки NDIS. Этот инкапсулирующий уровень является настолько плотной оболочкой драйверов NDIS, что они не принимают и не обрабатывают IRP.

Библиотека NDIS сама принимает IRP от серверов TDI и преобразует их в вызовы драйверов NDIS.

Драйверам NDIS также не приходится заботиться о реентерабельности, когда библиотека NDIS вызывает драйвер с новым запросом до того, как он успел обработать предыдущий запрос.

Освобождение от поддержки реентерабельности кода означает, что создатели драйверов NDIS могут не думать о сложных проблемах синхронизации, которые еще больше усложняются в многопроцессорных системах.

Библиотека NDIS скрывает от транспортов TDI и мини-порт-драйверов NDIS тот факт, что она использует IRP для представления сетевых запросов. С этой целью она требует от транспортов TDI создания пакета NDIS вызовом `NdisAUocatePacket`, после чего пакет передается минипорт-драйверу NDIS вызовом одной из функций библиотеки NDIS (например, `NdisSend`). В Windows библиотека NDIS реализует пакеты NDIS на основе IRP.

NDIS 5 также обеспечивает следующие преимущества.

## Сетевое ПО Лекция 11

- Драйверы NDIS могут сообщать, активна ли несущая сетевая среда, что позволяет Windows выводить на панель задач значок, показывающий, подключен ли компьютер к сети. Эта функция также позволяет протоколам и другим приложениям быть в курсе этого состояния и соответствующим образом реагировать. Например, транспорт TCP/IP будет использовать эту информацию, чтобы определять, когда нужно заново оценивать информацию об адресах, получаемую им от DHCP.
- Аппаратное ускорение TCP/IP-операций (TCP/IP task offload) позволяет минипорту пользоваться аппаратными функциями сетевого адаптера для выполнения таких операций, как расчет контрольных сумм пакетов и все вычисления, связанные с IP-безопасностью (IPSec). Аппаратное ускорение этих операций средствами сетевого адаптера повышает производительность системы, освобождая центральный процессор от выполнения этих задач.
- Быстрая пересылка пакетов (fast packet forwarding) позволяет сетевому адаптеру перенаправлять пакеты, не предназначенные данному компьютеру, на удаленные системы без участия центрального процессора.
- Функция Wake-On-LAN дает возможность сетевому адаптеру с соответствующей поддержкой выводить систему Windows 2000 из состояния с низким энергопотреблением при каких-либо событиях в сети. Сигнал пробуждения может быть инициирован сетевым адаптером при одном из следующих событий: подключении к несущей среде (например, подключении сетевого кабеля к адаптеру) и приеме специфичных для протокола последовательностей байтов (в случае адаптеров Ethernet — при получении волшебного пакета, т. е. сетевого пакета с 16 копиями Ethernet-адреса адаптера подряд).

## Сетевое ПО Лекция 11

- NDIS, ориентированная на логические соединения, позволяет драйверам NDIS управлять несущей средой, требующей логических соединений, например устройствами ATM (Asynchronous Transfer Mode).

Интерфейсы, предоставляемые библиотекой NDIS драйверам NDIS для взаимодействия с сетевыми адаптерами, доступны через функции, вызовы которых транслируются непосредственно в вызовы соответствующих HAL-функций.

### **2.2 Разновидности минипорт-драйверов NDIS**

Модель NDIS также поддерживает гибридные NDIS-драйверы транспорта TDI, называемые промежуточными драйверами NDIS (NDIS intermediate drivers).

Эти драйверы размещаются между транспортом TDI и драйверами NDIS. Драйверу NDIS промежуточный драйвер кажется транспортом TDI, а транспорту TDI - драйвером NDIS.

Промежуточные драйверы NDIS видят весь сетевой трафик в системе, поскольку они расположены между драйверами протоколов и сетевыми драйверами.

Программное обеспечение, предоставляющее сетевым адаптерам поддержку отказоустойчивости и балансировки нагрузки, например, Microsoft Network Load Balancing Provider, основано на использовании промежуточных драйверов NDIS,

Другой пример промежуточных драйверов NDIS — планировщик пакетов, являющийся частью Microsoft-реализации QoS (Quality of Service).

### **2.3 NDIS, ориентированная на логические соединения**

NDIS 5 вводит новый тип драйвера NDIS — минипорт-драйвер NDIS, ориентированный на логические соединения (connection-oriented NDIS miniport driver).

## Сетевое ПО Лекция 11

Поэтому поддержка сетевого оборудования, ориентированного на логические соединения (например, ATM), в Windows является встроенной, и соответствующие стандарты учтены в сетевой архитектуре Windows.

Драйверы NDIS, ориентированные на логические соединения, используют многие API, используемые и стандартными драйверами NDIS, но посылают пакеты через установленные сетевые соединения, а не просто помещают их в сетевую среду.

Кроме поддержки минипорт-драйверов для сетевых сред, ориентированных на логические соединения, в NDIS 5 включены определения драйверов, предназначенных для поддержки таких минипорт-драйверов.

- Диспетчеры вызовов являются драйверами NDIS, которые предоставляют сервисы настройки и завершения вызовов для клиентов, ориентированных на логические соединения (см. ниже). Диспетчер вызовов использует ориентированный на логические соединения минипорт, чтобы обмениваться сигнальными сообщениями с другими сетевыми компонентами (аппаратными или программными), например, с коммутаторами или другими диспетчерами вызовов. Диспетчер вызовов поддерживает один или несколько сигнальных протоколов вроде ATM User-Network Interface (UNI) 3.1.

- Интегрированный Miniport Call Manager (MCM) представляет собой минипорт-драйвер, ориентированный на логические соединения, который также предоставляет клиентам, требующим логических соединений, сервисы диспетчера вызовов. В сущности, MCM — это минипорт-драйвер NDIS со встроенным диспетчером вызовов.

- Ориентированный на логические соединения клиент использует сервисы настройки и завершения вызовов, предоставляемые диспетчером вызовов или MCM, а также передает и принимает обращения к сервисам минипорт-драйвера NDIS, ориентированного на логические соединения. Такой

## Сетевое ПО Лекция 11

клиент может предоставлять собственные сервисы протокола более высоким уровням сетевого стека или реализовать уровень эмуляции для взаимодействия с унаследованными протоколами, не требующими логических соединений, и соответствующей несущей средой. Пример уровня эмуляции, реализуемой ориентированным на логические соединения клиентом, — LAN Emulation (LANE), которая скрывает от вышележащих протоколов особенности ориентированной на логические соединения АТМ и эмулирует для них несущую среду, не требующую соединений (например, Ethernet).