



Российские
интернет-технологии

2011

Сетевая
подсистема
Windows глазами
разработчика.
Краткий, неполный и, в
основном, неверный обзор.
:-)

Алексей Пахунов

alexeypa@microsoft.com

- Senior SDE в команде eXtreme Computing Group (XCG), Microsoft Research.
- Специализация: низкоуровневое и системное программирование; разработка драйверов и компонентов ядра Windows.
- 3 года в команде Windows Kernel: Wow64 и поддержка AVX.
- Мой блог: <http://blog.not-a-kernel-guy.com>.

1. Архитектура стека TCP/IP.
2. Путь данных вверх и вниз.
3. Настройки и аппаратное ускорение.
4. Фильтры и мониторинг трафика.

АРХИТЕКТУРА СТЕКА TCP/IP.

Архитектура стека TCP/IP.



Российские
интернет-технологии

2011

Applications

API

RPC

Windows Networking

Windows Internet API

HTTP Server API

NetBIOS Support

Windows Sockets

User mode

Kernel mode

http.sys

Winsock Kernel

netbt.sys

afd.sys

TCP/UDP

ICMP

IP Forwarding/Filtering

ARP

IP

Internet Layer

Network Interface
Layer

NDIS WAN Miniport Wrapper

PPTP

ISDN

...

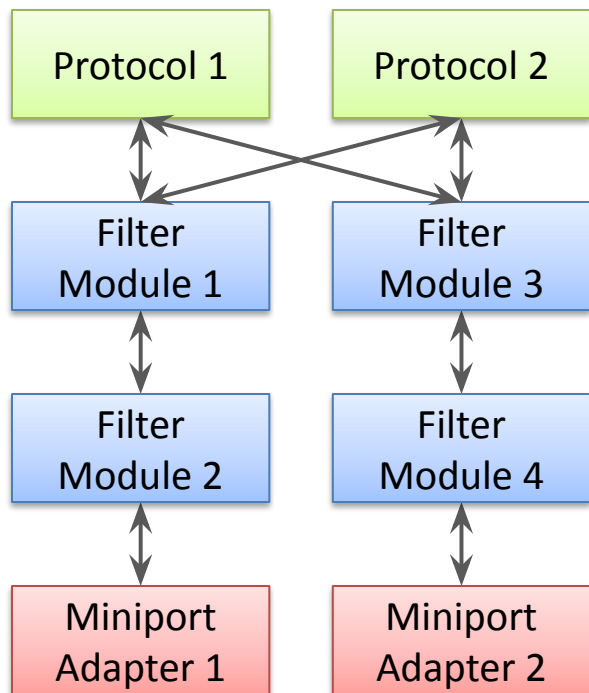
Ethernet

Wi-Fi

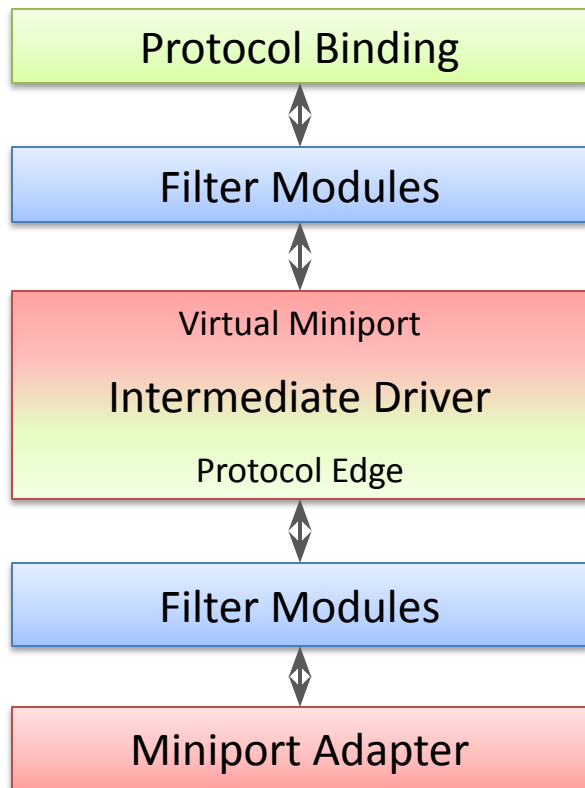
ATM

...

NDIS Wrapper



- Отдельный стек над каждым сетевым адаптером.
 - Многопортовые сетевые адаптеры могут запросить отдельный стек для каждого порта.
- Сетевой адаптер может привязываться к нескольким протоколам.
- Фильтры устанавливаются отдельно над каждым сетевым адаптером.



- Промежуточный драйвер объединяет два стека в один.
 - Верхний стек видит виртуальный сетевой адаптер.
 - Нижний стек привязывается к промежуточному драйверу как к протоколу.



- Winsock (send/recv, WSASend/WSARecv).
- Winsock Kernel (WskSend/WskReceive).
- IP Helper.
- RPC (RpcXxx).
- WNet (WNetXxx).
- WinInet (InternetXxx).
- WinHTTP (WinHttpXxx).
- HTTP Server API (HttpXXX).

ПУТЬ ДАННЫХ ВВЕРХ И ВНИЗ.

- Сетевой адаптер проверяет целостность пакета и генерирует прерывание.
- Драйвер адаптера передает его выше по стеку.
- IP проверяет целостность IP заголовка, восстанавливает пакет из фрагментов, перенаправляет пакет согласно таблице маршрутизации.
- TCP/UDP проверяет целостность данных пакета, запрашивает повторную передачу и копирует данные в буфер приложения или драйвера:

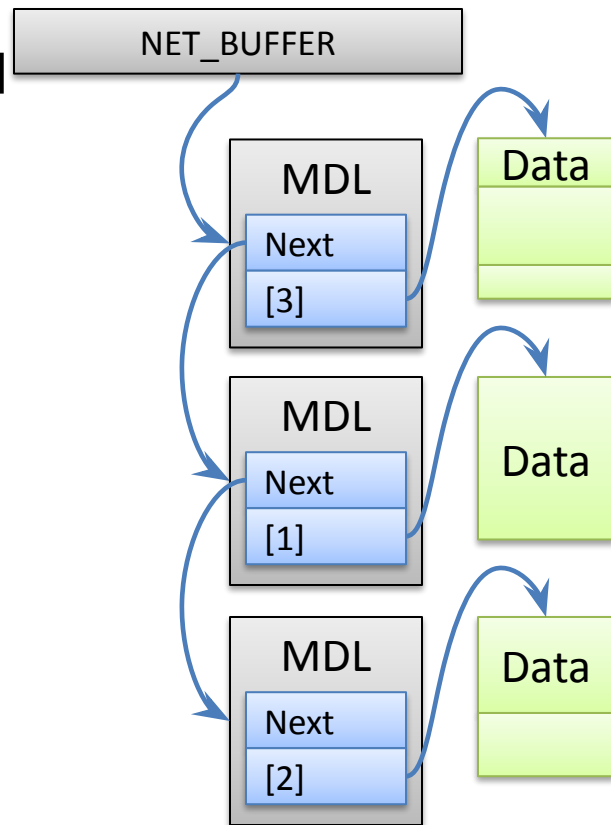
```
recv(connection, buffer, length, 0);
```

- Приложение указывает на данные для передачи:

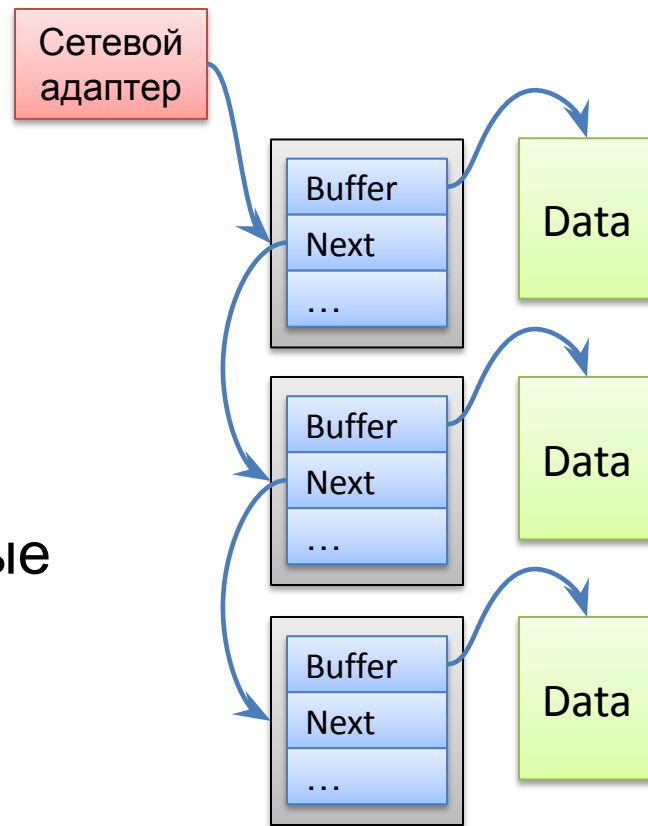
```
send(connection, buffer, length, 0);
```

- TCP формирует заголовки пакета (или нескольких пакетов).
- IP формирует свои заголовки и разбивает пакеты на фрагменты, если необходимо.
- Драйвер адаптера ставит пакеты в очередь, настраивает DMA и запускает передачу пакетов.
- Сетевой адаптер генерирует прерывание по окончании передачи.
- Драйвер адаптера возвращает буферы их владельцу.

- Каждый пакет описывается списком буферов (NET_BUFFER).
 - Буфер может располагаться в несмежных физических страницах.
- Между уровнями передаются указатели.
 - Данные пакета копируются только один раз.



- Сетевой адаптер поддерживает очереди буферов.
 - Несколько очередей для приёма и передачи.
- Драйвер отвечает за выделение памяти, вставляет буферы в очередь и удаляет их оттуда.
- Сетевой адаптер сохраняет принятые данные в подготовленные драйвером буфера.
- Дескрипторы указывают сетевому адаптеру как нужно «склеивать» пакеты из нескольких буферов.



- Уровни прерываний (IRQL):
 - `PASSIVE_LEVEL` – обычный код; используются приоритеты потоков.
 - `DISPATCH_LEVEL` – планировщик потоков и подкачка страниц приостановлены.
 - `DIRQLs` – прерывания от менее приоритетных устройств заблокированы.
- Прерывание обрабатывается в два этапа:
 - Обработчик прерывания должен выполнить минимум работы максимально быстро.
 - Отложенный обработчик (DPC) выполняет оставшуюся работу.
- IRQL нельзя произвольно понижать.
- Каждое из ядер может находиться на своем уровне прерываний.

- Основные прерывания: пакет принят и передан.
- Обработка принятых пакетов проходит на DISPATCH_LEVEL.
 - Любой драйвер в стеке имеет право передать обработку в рабочий поток (PASSIVE_LEVEL).
- Исходящие пакеты формируются на PASSIVE_LEVEL.
 - Любой драйвер в стеке имеет право повысить IRQL до DISPATCH_LEVEL.

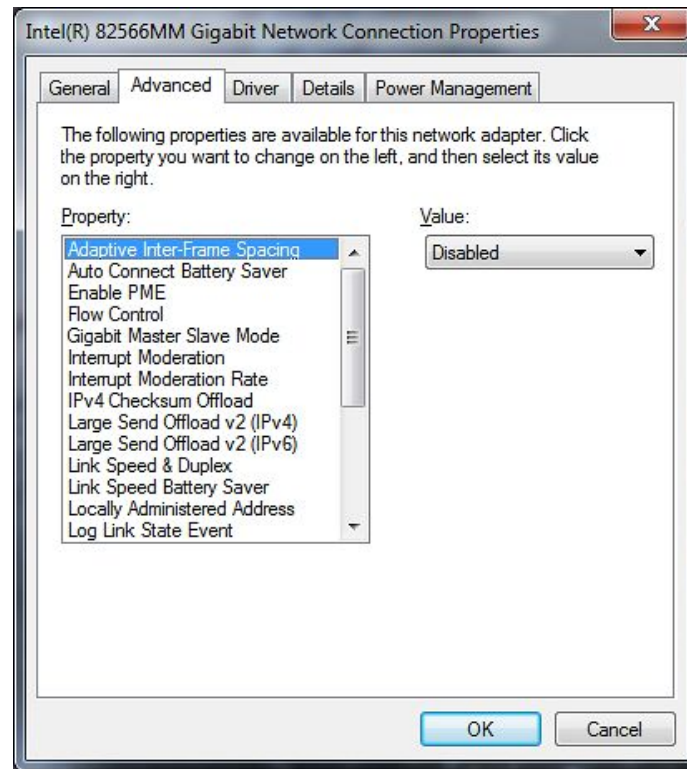


- Все операции ввода-вывода асинхронны.
 - Синхронные `send()` и `recv()` эмулируются.
- Уведомление об окончании операции доставляется одним из стандартных способов:
 - APC, установка события, IO completion port, threadpool, опрос OVERLAPPED.
 - Драйверы, работающие через Winsock Kernel, используют IRP (I/O Request Packet).

НАСТРОЙКИ И АППАРАТНОЕ УСКОРЕНИЕ.

- MAC и VLAN фильтры на сетевом адаптере.
- Регулирование частоты прерываний (Interrupt Moderation).
- Выгрузка вычислений на сетевой адаптер:
 - Вычисление и проверка контрольных сумм (Checksum Offloading).
 - TCP сегментация (Large Send Offloading).
 - TCP Chimney Offloading.
 - Обработка принятых пакетов на нескольких процессорах (Receive-Side Scaling).
- Поддержка виртуализации.

- Вкладка «Advanced».
 - Описывается в .INF файле драйвера.
- NDIS определяет стандартные параметры.
 - ...но отображаемые названия параметров все равно берутся из .INF файла.



Настройка сетевого адаптера (2).

HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\
Class\{guid}\XXXX

The screenshot shows the Windows Registry Editor. On the left, the tree view is expanded to 'HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Class\{guid}\XXXX'. A red arrow points to the '0007' subkey. The 'Params' folder under 'Interfaces' is highlighted with a red box. On the right, a table lists the registry values for this key.

Name	Type	Data
(Default)	REG_SZ	(value not set)
*FlowControl	REG_SZ	0
*IfType	REG_DWORD	0x00000006 (6)
*InterruptModer...	REG_SZ	1
*IPChecksumOf...	REG_SZ	3
*JumboPacket	REG_SZ	1514
*LsoV2IPv4	REG_SZ	1
*LsoV2IPv6	REG_SZ	1
*MediaType	REG_DWORD	0x00000000 (0)
*PhysicalMedia...	REG_DWORD	0x0000000e (14)
*PriorityVLANTag	REG_SZ	3
*ReceiveBuffers	REG_SZ	256
*SpeedDuplex	REG_SZ	0
*TCPChecksumOffloadIPv4	REG_SZ	3
*TCPChecksumOffloadIPv6	REG_SZ	3
*TransmitBuffers	REG_SZ	512
*UDPChecksumOffloadIPv4	REG_SZ	3
*UDPChecksumOffloadIPv6	REG_SZ	3
*ACBSMode	REG_SZ	7
*ACBSInitDelay	REG_SZ	0
*ACBSInSystemSI...	REG_SZ	1
*ACBSMode	REG_SZ	0
*AdaptiveIFS	REG_SZ	0
*AutoPowerSave...	REG_SZ	0
*BusNumber	REG_SZ	0

- Доступные через реестр параметры TCP/IP описаны в TechNet и множестве других ИСТОЧНИКОВ.
- HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\services\Tcpip\Parameters:
 - Адреса.
 - Размер окна TCP.
 - Маршрутизация.
 - Лимиты.
 - ...

ФИЛЬТРЫ И СЛЕЖЕНИЕ ЗА ТРАФИКОМ.

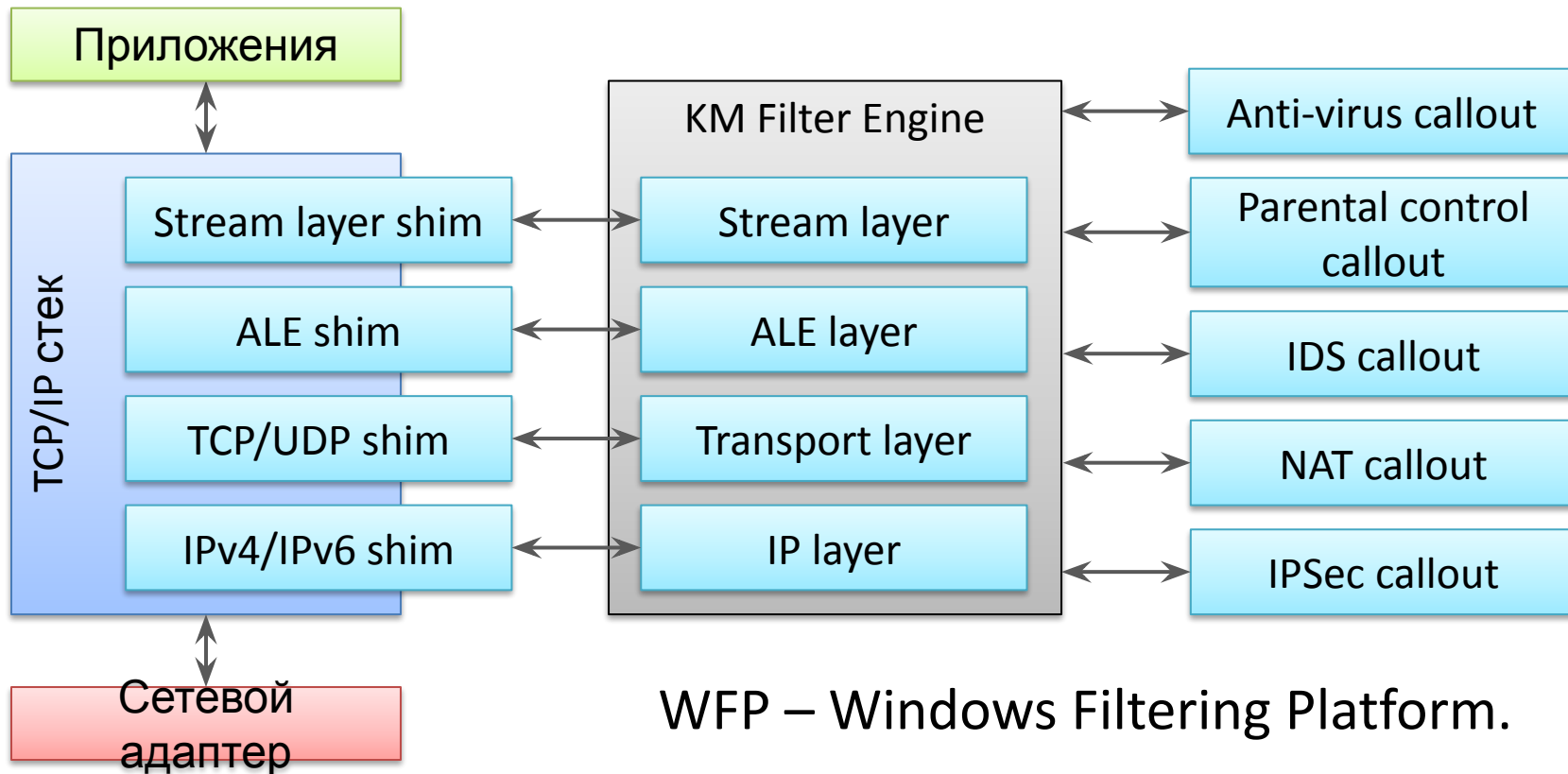
- Делятся на следящие и модифицирующие фильтры.
- Перехватывают и пакеты, и управляющие OID запросы.
 - Иными словами – полностью контролируют нижнюю часть стека.
- Загружаются для всех адаптеров данного типа.
 - Перехватываемые функции конфигурируются для отдельно для каждого адаптера.



- Расширение !ndiskd:
 - Входит в состав Windows Debugging Tools.
 - Дружественно к неподготовленному пользователю.
 - Показывает детальную информацию об адаптерах, фильтрах и протоколах.
- Требуется подключения ядерного отладчика.
 - Достаточно локального подключения.



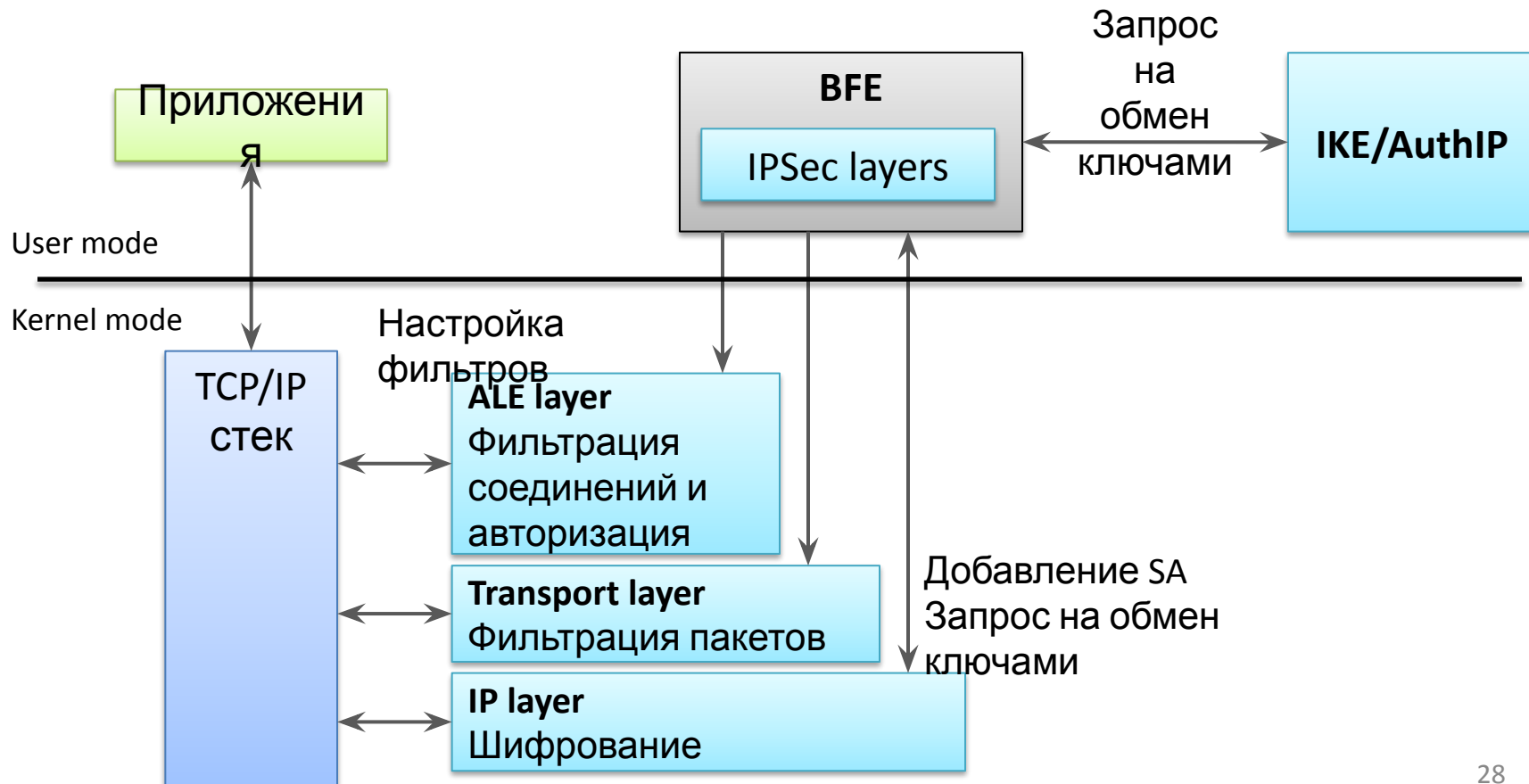
- Приостановите BitLocker.
- “bcdedit /debug on”.
- После перезагрузки: “windbg.exe -kl”.
- Убедитесь в корректности “.sympath”.
- “!ndiskd.help”.



WFP – Windows Filtering Platform.



- Shims:
 - стек TCP/IP определяет несколько ключевых точек, где происходит фильтрация трафика.
- Filters:
 - Ко входящему и исходящему трафику применяется набор правил, задающий действия, применяемые к данным.
- Layers:
 - Фильтры группируются по уровням и подуровням.
 - Каждый уровень определяет свой набор полей для фильтрации.
 - Порядок применения фильтров однозначно определён.
- Callouts:
 - Фильтр может принять решение о глубокой инспекции пакета.



- Аудит:
 - Конфигурация WFP.
 - Отброшенные/пропущенные пакеты, соединения, операции с сокетами.
 - Обмен ключами и отброшенные пакеты в IPsec.
- Конфигурация WFP доступна через Win32 API.