Краткий курс лекций

ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ ПО

ЛЕКЦИЯ №3

ДВФУ

к.т.н. Боровик Алексей Игоревич

План курса

- Введение
  - Что такое ОС? Зачем они нужны?
  - Основные идеи и принципы ОС
  - Ядро ОС, планировщик, прерывания, многозадачность
- Процессы, потоки и таймеры
  - Многозадачность
  - Процессы, потоки, средства IPC в Windows и POSIX
  - Работа с таймерами и временем в Windows и POSIX
  - Средства разработки кроссплатформенных приложений
- Сеть
  - Принцип построения сетей, стек протоколов TCP\IP
  - Интерфейсы создания сетевых приложений Windows и POSIX
  - Маршаллинг данных, средства RPC

План лекции

- Таймеры и время
  - Особенности таймеров ОС
  - Работа со временем и календарем в Windows и POSIX
- Разработка кроссплатформенных приложений на C/C++
  - Предопределенные макросы компиляторов
  - Средства автоматизации сборки
  - Функции библиотек Boost и QT для реализации IPC и работы со временем

Таймеры

Принцип устройства таймера, работа с датой и временем

Таймеры ОС

- Аппаратные таймеры
  - ограниченное число таймеров
  - всего два программируемых события (будильника) на один таймер
  - ограниченная глубина счёта таймера
- Таймер в ОС — это программный модуль
  - использует всего 1 аппаратный таймер (обычно, самый большой из доступных – 32 бита)
  - ведёт список всех запланированных задач
  - ставит будильник на ближайшую задачу
  - по срабатыванию – рассчитывает время до следующей задачи
  - переставляет будильник на следующую задачу
  - фиксирует моменты переполнения таймера и корректно их обрабатывает

Работа со временем в ОС

- Аппаратно время отсчитывается RTC (realtime clock)
  - В настольных компьютерах размещены на материнской плате
    - Микросхема счета
    - Кварцевый резонатор
    - Батарейка
- Любая ОС предоставляет функции для работы с датой
  - Обычно дата представлена в UNIX-time
    - количество секунд, прошедших с полуночи (00:00:00 UTC) 1 января 1970 года («эпоха Unix»)
- Любая ОС предоставляет функции для замораживания (ожидания таймера или события) потоков и процессов.
  - Исполнение замороженного процесса откладывается планировщиком до таймаута

Время в POSIX

- Ожидание (**#include <unistd.h>**):
  - unsigned *sleep*(unsigned *seconds*);
  - int *usleep*(useconds_t *useconds*);
  - **#include <time.h>**:
    - int *nanosleep*(const struct timespec *req, struct timespec *rem);
- Получить время:
  - **#include <time.h>**: time_t *time*(time_t *tloc);
  - **#include <sys/time.h>**:
    - int *gettimeofday*(struct timeval *restrict *tp*, void *restrict *tzp*);
- Работа с датой (**#include <time.h>**):
  - struct tm *localtime(const time_t *timer);
  - struct tm *gmtime(const time_t *timer);
  - size_t *strftime*(char *restrict *s*, size_t *maxsize*,
    const char *restrict *format*, const struct tm *restrict *timeptr*);
- Огромное количество других функций, например clock_* для работы с конкретными часами

Время в Windows

- Ожидание:
  - VOID Sleep(DWORD dwMilliseconds);
  - DWORD SleepEx(DWORD dwMilliseconds, BOOL bAlertable);
- Получить время:
  - **#include <time.h>**: time_t *time*(time_t *tloc);
  - GetSystemTimeAsFileTime:

```
union
{
    long long ns100; /* time since 1 Jan 1601 in 100ns units */
    FILETIME ft;
} now;
GetSystemTimeAsFileTime( &(now.ft) );
ts.tv_usec=(long)((now.ns100 / 10LL) % 1000000LL );
ts.tv_sec= (long)((now.ns100-(116444736000000000LL))/10000000LL);
```

- Получить дату:
  - VOID GetSystemTime(LPSYSTEMTIME lpSystemTime);
  - VOID GetLocalTime(LPSYSTEMTIME lpSystemTime);

Кроссплатформенность в C/C++

Предопределенные макросы компиляторов,
средства автоматизации сборки,
функции библиотек Boost и QT для реализации IPC и работы со временем

Макросы компиляторов

- Кроссплатформенный код на C/C++ обычно пишется с использованием макросов, определяющих ОС, компилятор, аппаратное обеспечение и т.п.
- Список предопределенных макросов: https://sourceforge.net/projects/predef/

```
// This one is for components in component libraries
// You can avoid using it if you won't compile your components under Visual Studio
// But it is strictly recommended for you to include this macros
#if defined (_MSC_VER) && defined (RCE_COMPONENT_LIBRARY_CODE)
#   if defined (RCEComponentLibrary_STATIC)
#       define RCE_COMPONENT_EXPORT
#   elif defined (RCEComponentLibrary_EXPORTS)
#       define RCE_COMPONENT_EXPORT __declspec (dllexport)
#   else
#       define RCE_COMPONENT_EXPORT __declspec (dllimport)
#   endif
#else
#   define RCE_COMPONENT_EXPORT
#endif

// GNU compiler version
#if defined(__GNUC__)
#   if defined(__GNUC_PATCHLEVEL__)
#       define __GNUC_VERSION__ (__GNUC__ * 10000 \
                               + __GNUC_MINOR__ * 100 \
                               + __GNUC_PATCHLEVEL__)
#   else
#       define __GNUC_VERSION__ (__GNUC__ * 10000 \
                               + __GNUC_MINOR__ * 100)
#   endif
```

Example

VxWorks	_WRS_VXWORKS_MAJOR	_WRS_VXWORKS_MINOR	_WRS_VXWORKS_MAINT
6.2	6	2	0

Windows

Type	Macro	Description
Identification	_WIN16	Defined for 16-bit environments 1
Identification	_WIN32	Defined for both 32-bit and 64-bit environments 1
Identification	_WIN64	Defined for 64-bit environments 1
Identification	__WIN32__	Defined by Borland C++
Identification	__TOS_WIN__	Defined by xlC
Identification	__WINDOWS__	Defined by Watcom C/C++

Windows CE

Type	Macro	Format	Description
Identification	_WIN32_WCE		Defined by Embedded Visual Studio C++

Автоматизация сборки

- Система автоматизации сборки решает множество задач разработки ПО:
  - Компиляция объектных модулей
    - Определение ОС или доступности тех или иных модулей
  - Линковка объектных модулей в исполняемые файлы
    - Поиск зависимостей
  - Выполнение тестов
  - Развертывание системы в целевой среде
  - Автоматическое создание документации программиста, описание изменений
- Популярные системы автоматизации сборки:
  - Make (только POSIX системы)
  - SCons (https://scons.org/)
  - **CMake** (https://cmake.org/)
  - **QMake** (поставляется с QT)

Boost и QT

- Boost.Threads
- Boost.Process
- Boost.Interprocess
- Boost.Filesystem
- Boost.Date_Time

- QThread
- QProcess
- QSharedMemory, QTcpSocket, QTcpServer,…
- QFile
- QDateTime

- https://www.boost.org/doc/libs/1_78_0/?view=categorized
- https://doc.qt.io/qt-5/index.html

C++11 и C++17

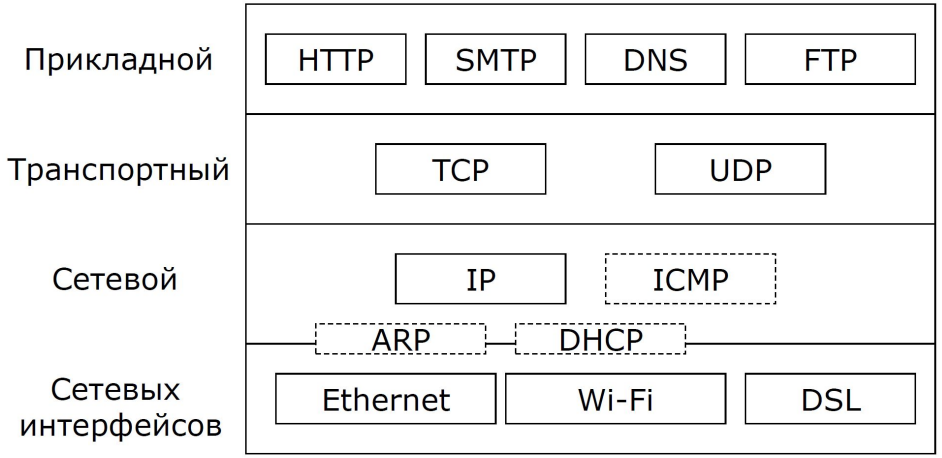
- C++11:
  - std::thread из <thread>
  - std::mutex, std::recursive_mutex, std::condition_variable
  - std::shared_ptr
  - std::atomic<>
- C++17:
  - std::filesystem из boost::filesystem
- Далее:
  - Возможно, появятся и сокеты ☺

Сеть

Компьютерная сеть

- **Компьютерная сеть** — система, обеспечивающая обмен данными между вычислительными устройствами (компьютерами) и другим оборудованием или программным обеспечением.
- Классификации сетей:
  - По масштабу и территориальной распространенности
  - По типу коммутации:
    - Коммутация каналов
    - Коммутация пакетов
  - По архитектуре
    - Клиент-серверная
    - Одноранговая
    - Гибридная
  - По топологии:
    - Общая шина
    - Звезда
    - Кольцо
    - Полносвязные сети
    - …
- Самая большая компьютерная сеть – **Интернет**. Это глобальная полносвязная гибридная сеть с коммутацией пакетов.

Модели OSI и TCP\IP



Модель OSI	Модель TCP/IP
Прикладной	Прикладной
Представления	
Сеансовый	
Транспортный	Транспортный
Сетевой	Интернет
Канальный	Сетевых интерфейсов
Физический	

Физический уровень OSI

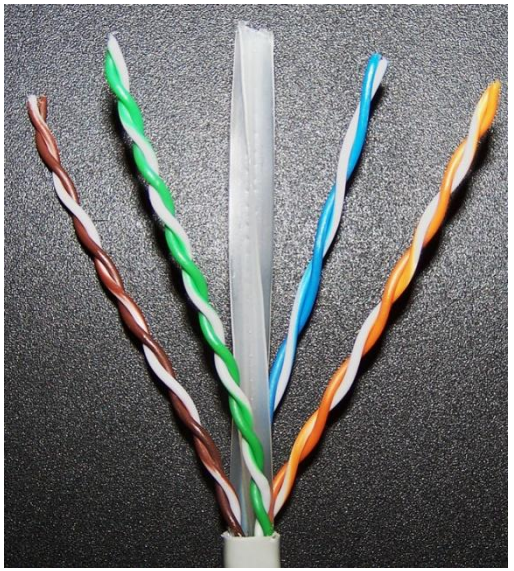
Физический уровень описывает способы передачи бит через физические среды линий связи, соединяющие сетевые устройства. На этом уровне описываются параметры сигналов, такие как: амплитуда, частота, фаза, используемая модуляция.

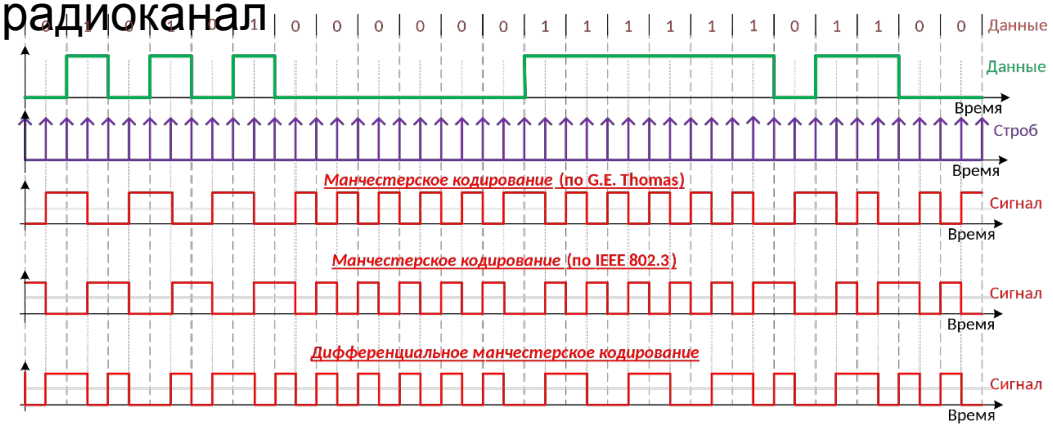
Задачи: синхронизация сигналов, избавление от помех, скорость передачи данных.

Технические средства: кабели, разъемы, повторители, концентраторы (хабы), медиаконверторы.

Тип данных: бит.

Примеры: витая пара, «коаксиал», «оптоволокно», радиоканал





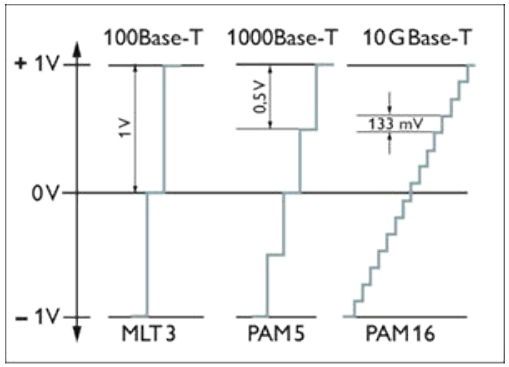


Figure 7. Voltage coding for Ethernet: Lower signal clearances for Gigabit Ethernet with PAM (Pulse Amplitude Modulation) increase the risk of disturbances when compared to Fast Ethernet with MLT (Multi Link Trunk).

Канальный уровень OSI

Канальный уровень осуществляет доставку кадров (frame) между устройствами, подключенными к одному сетевому сегменту.

Задачи:

- Обеспечение доступа к среде передачи
- Выделение границ кадра (начала/конца сообщения в потоке бит)
- Аппаратная адресация
- Обеспечение достоверности принимаемых данных (алгоритмы контрольных сумм)

Технические средства: коммутаторы, точки доступа, сетевые мосты

Тип данных: кадр

Примеры: Ethernet, DSL

MAC-адрес

- Служит для идентификации сетевых интерфейсов узлов сетей
  - Ethernet (IEEE 802.3)
  - Wi-Fi (IEEE 802.11)
- Регламентирован стандартом IEEE-802
- Длина 6 байт (48 бит)
- Форма записи - шесть шестнадцатеричных чисел:
  - 94-DE-80-B0-3B-DB
  - 94:de:80:b0:3b:db
- Типы:
  - Индивидуальный (unicast)
    - 94-DE-80-B0-3B-DB
  - Групповой (multicast): первый (младший) бит старшего байта адреса равен 1
    - 33-83-C4-11-B3-08 [33 == 0011 0011]
  - Широковещательный (broadcast): все биты равны 1
    - FF-FF-FF-FF-FF-FF

Кадр Ethernet II (DIX)

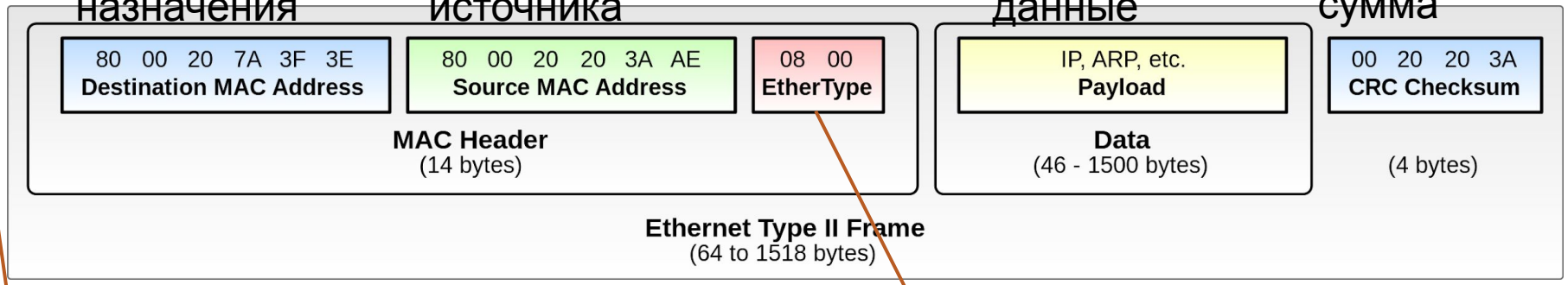
6 байт: адрес назначения

6 байт: адрес источника

Тип пакета

46-1500 байт: данные

4 байта: контрольная сумма



Преамбула:
1 байт
10101010;
10101011

0800 – IPv4
86DD – IPv6
0806 – ARP
В 802.3:
размер payload

Сетевой уровень OSI

Сетевой уровень отвечает за трансляцию логических адресов и имён в физические, определение кратчайших маршрутов, коммутацию и маршрутизацию, отслеживание неполадок и заторов в сети. Объединяет сети, построенные на основе разных технологий (Ethernet, Wi-Fi, 4G\3G\2G, Token Ring, FDDI, …)

Задачи:

- Создание составной сети, согласование различий в сетях
- Адресация (сетевые или глобальные адреса)
- Определение маршрута пересылки пакетов в составной сети (маршрутизация)

Технические средства: маршрутизаторы

Тип данных: пакет

Примеры: IPv4, IPv6, ICMP

IP-адреса

IP-адрес - глобальный адрес, используемый в стеке протоколов TCP/IP

Используется для уникальной идентификации компьютеров в составной сети, в частности в глобальной сети Интернет

Две версии протокола IP:

- **IPv4** - 4 байта, 32 бита
- **IPv6** - 16 байт, 128 бит

Сетевой уровень использует **агрегацию адресов**, т.е. работает не с отдельными адресами, а с группами адресов (подсетями)

Подсеть (***subnet***) – множество компьютеров сети, у которых старшая часть IP адреса одинаковая

IPv4

IP-адрес версии 4 : 4 байта, 32 бита

Форма представления:

4 десятичных числа 0-255 (октет, 8 бит) разделенных точками, например: **192.168.10.77**

Маска IPv4

Маска подсети показывает, где в IP адресе номер сети, а где хоста. Структура маски:

- Длина: 32 бита
- Единицы в позициях, задающих номер сети
- Нули в позициях, задающих номер хоста

Пример:

- IP (десятичный): **192.168.10.77**
- IP: 1100 0000 1010 1000 0000 1010 0100 1101
- Маска: 1111 1111 1111 1111 1111 1111 0000 0000 &
- Подсеть: 1100 0000 1010 1000 0000 1010 0000 0000
- Подсеть (десятичный): 192.168.10.0

Представление маски:

- Десятичное представление
  - IP-адрес: 192.168.10.77
  - Маска подсети: **255.255.255.0**
  - Адрес подсети: 192.168.10.0
- В виде префикса (указывает, сколько старших бит маски равны 1)
  - 192.168.10.77/**24**
  - Адрес подсети 192.168.10.0

Типы IP-адресов версии 4

Широковещательный адрес (пакеты передаются только внутри подсети):

- В номере хоста все единицы:
  - IP-адрес: 192.168.10.77/24
  - Широковещательный адрес: 192.168.10.**255**
- В адресе все единицы:
  - Широковещательный адрес: **255.255.255.255**

Мультивещательный адрес (пакеты передаются маршрутизаторами по особым правилам):

- Диапазон адресов: 224.0.0.0 – 239.255.255.255

Частный адрес (не маршрутизируются в Интернет):

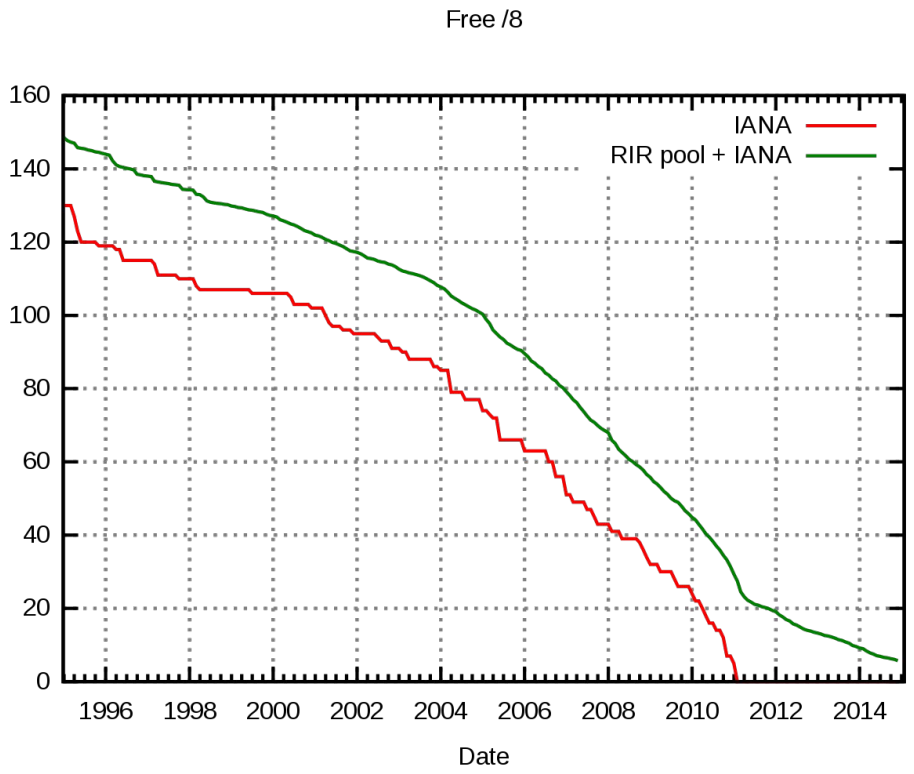
- **10.0.0.0/8**
- **172.16.0.0/12**
- **192.168.0.0/16**

Особые адреса:

- **127.0.0.0/8** – обратная петля (loopback)
- **169.254.0.0/16** – Link-local адреса

Исчерпание IP-адресов v4

- Длина IPv4 адреса – 32 бита
- Максимум **4294967296** (2^{32}) IP-адреса, минус служебные
- Февраль 2011 года IANA выделила региональным интернет-регистраторам **последние** пять оставшихся /8 блоков /8 из своего адресного пространства
- 2017 год - все регистраторы заявили об **исчерпании адресов**



Пути решения

- Переход к бесклассовой адресации (на основе маски)
- Network Address Translation (NAT)
- **IPv6** – длина адреса 16 байт

IP-адреса версии 6

- Адрес IPv6 состоит из 128 бит (16 байт)
  - 340282366920938463463374607431768211456
- Адреса IPv6 отображаются как восемь четырёхзначных шестнадцатеричных чисел (то есть групп по четыре символа), разделённых двоеточием.
  - 2001:0db8:11a3:09d7:1f34:8a2e:07a0:765d
- Если две и более групп подряд равны 0000, то они могут быть опущены и заменены на двойное двоеточие (::)
  - 2001:0db8:0000:0000:0000:0000:ae21:ad12
  - 2001:0db8::ae21:ad12
- Для записи маски используется только префиксная форма:
  - 2001:0db8:ae21::/64

Формат IP-пакета (v4)

Отступ Октет	Октет Бит	0								1								2								3							
		0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	Версия				Размер заголовка				Differentiated Services Code Point						Explicit Congestion Notification		Размер пакета (полный)															
4	32	Идентификатор																Флаги			Смещение фрагмента											
8	64	Время жизни								Протокол								Контрольная сумма заголовка															
12	96	IP-адрес источника																															
16	128	IP-адрес назначения																															
20	160	Опции (если размер заголовка > 5)																															
20 или 24+	160 или 192+	Данные																															

Общий размер пакета, включая заголовок и данные, в байтах.

Максимальное значение: **65535 байт**

На практике длина выбирается с учетом размера кадра канального уровня, наиболее часто:

1500 байт (Ethernet)

Формат IP-пакета (v6)

Байт	Бит	0		1	2	3
		0-3	4-11	12-15	16-23	24-31
0	0	Версия	Класс трафика	Метка потока		
4	32	Длина полезной нагрузки			След. заголовок	Hop Limit
8-20	64-160	IP-адрес отправителя				
24-36	192-288	IP-адрес получателя				
37-…	320-…	Расширенные заголовки				
…	….	Данные				

- **Класс трафика** – DSCP + ECN
- **Метка потока** (Flow Label) – используется отправителем для обозначения последовательности пакетов мультимедиа.

Транспортный уровень OSI

Транспортный уровень обеспечивает передачу данных между процессами на хостах, предоставляя механизм передачи.

Управление надежностью:

- Может предоставлять надежность выше, чем у сети
- Может предоставлять защищенный от ошибок канал с гарантированным порядком следования сообщений

Сообщения доставляются от источника адресату (принцип точка-точка)

Технические средства: хосты

Тип данных: датаграммы и сегменты

Примеры: UDP, TCP

Адресация

- Для адресации на транспортном уровне используется понятие **порта**.
- Порт – это 16-битный адрес, **1…65535**, адрес 0 имеет специальное значение («любой» порт)
- Каждое сетевое приложение на хосте должно иметь свой сетевой порт для получения данных. Но несколько приложений могут занимать один и тот же порт.
- Форма записи адреса хоста: ip-адрес:номер_порта, пример: **192.168.0.77:80**
- Порты отдельно определены для разных протоколов транспортного уровня: **TCP**, **UDP**

Протокол UDP

- **UDP - User Datagram Protocol** - Протокол дейтаграмм пользователя
- Сообщение UDP называется "**дейтаграмма**", по аналогии с "телеграммой"
- Особенности UDP:
  - Соединение не устанавливается
  - Нет гарантии доставки данных
  - Нет гарантии сохранения порядка следования сообщений
- Надежность доставки UDP-сообщения равна надежности доставки IP-сообщения

Преимущества UDP:

- **Скорость и удобство работы**
  - Нет накладных расходов на установку соединения
  - Работа с отдельными пакетами данных (дейтаграммами), а не с потоком байт
- **Надежность на уровне приложения**
  - В некоторых задачах (чувствительные ко времени приложения) потеря отдельных пакетов не критична, намного более важным является сохранение постоянно высокой скорости работы
  - В современных сетях ошибки происходят редко
  - Ошибку может обработать приложение, причем более эффективно

Протокол TCP

- TCP – Transmission Control Protocol – протокол управления передачей

Сервис TCP:

- Надежная передача потока байт (reliable byte stream)

TCP гарантирует:

- Доставку данных
- Сохранение порядка следования сообщений

Особенности TCP:

- TCP обеспечивает сквозную передачу потока байт. Получатель и приемник должны сами выделять в ней отдельные сообщения, если это необходимо.
- TCP сам разбивает посылку на нужное количество сегментов на стороне отправителя и сам собирает посылку из сегментов на стороне получателя.

Прикладной уровень OSI

Прикладной уровень обеспечивает взаимодействие сети и пользователя. Уровень разрешает приложениям пользователя иметь доступ к сетевым службам, таким, как обработчик запросов к базам данных, доступ к файлам, пересылке электронной почты. Также отвечает за передачу служебной информации, предоставляет приложениям информацию об ошибках и формирует запросы к уровню представления.

Технические средства: хосты

Тип данных: сообщение

Примеры: HTTP, FTP, POP3, IMAP, DNS…

Сокеты Беркли

Принцип работы, UDP-сервер и клиент, TCP-сервер и клиент

Сокеты Беркли

- Сокеты впервые появились в ОС Berkeley UNIX 4.2 BSD (1983 г)
- Сокет в NIX-системе это «файл» специального вида
  - Все, что записывается в файл, передается по сети
  - Все, что получено из сети, можно прочитать из файла
  - Передача данных по сети скрыта от программиста
- Сокеты - де-факто стандарт интерфейсов для транспортной подсистемы
- Сокеты (разной реализации)

Операции с сокетами

Операция	Назначение
Socket	Создать новый сокет
Bind	Связать сокет с IP-адресом и портом
Listen	Объявить о желании принимать соединения
Accept	Принять запрос на установку соединения
Connect	Установить соединение
Send	Отправить данные по сети
Receive	Получить данные из сети
Close	Закрыть соединение

Сокеты для UDP

- Используются только операции создания (**socket**), связывания (**bind**), закрытия (**close**), отправки (**send**) и получения (**receive**)
- Программа может использовать связывание (**bind**), чтобы закрепиться на конкретном порту и сетевом адресе (интерфейсе), а может указывать значения по-умолчанию (**0**) – дать системе выбрать автоматически
- При отправке нужно указывать адрес и порт назначения
- Можно использовать **connect** для назначения адреса и порта отправки по-умолчанию.

Простейший сервер UDP на C

```
int main (int argc, char** argv)
{
    // ...
    // Создаем сокет
    __msocket = socket(AF_INET,SOCK_DGRAM,0);
    //...
    // Биндим сокет на адрес и порт
    sockaddr_in local_addr;
    memset(&local_addr, 0, sizeof(local_addr));
    local_addr.sin_family = AF_INET;
    local_addr.sin_addr.s_addr = inet_addr("127.0.0.1");;
    local_addr.sin_port = htons(7777);
    bind(__msocket,(struct sockaddr*)&local_addr, sizeof(local_addr))
    //...
    sockaddr_in remote_addr;
    int addrlen;
    //...
    for (;;) {
        // Получаем данные от клиента
        int readd = recvfrom(__msocket,rec_buf,sizeof(rec_buf)-1,0,
                             (struct sockaddr *)&remote_addr,&addrlen);
        // Отвечаем клиенту
        if (readd > 0)
            sendto(__msocket,rec_buf,readd,0,(sockaddr*)&remote_addr,addrlen);
    }
    close_socket();
}
```

Простейший клиент UDP на C

```
int main (int argc, char** argv)
{
    // ...
    // Создаем сокет
    __msocket = socket(AF_INET,SOCK_DGRAM,0);
    // ДЕЛАЕМ СОКЕТ НЕБЛОКИРУЕМЫМ!
    // Биндим сокет на адрес и порт по-умолчанию
    sockaddr_in local_addr;
    memset(&local_addr, 0, sizeof(local_addr));
    local_addr.sin_family = AF_INET;
    local_addr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
    local_addr.sin_port = 0;
    bind(__msocket,(struct sockaddr*)&local_addr, sizeof(local_addr));
    // ...
    // Заполняем данные для подключения
    struct sockaddr_in remote_addr;
    remote_addr.sin_family = AF_INET;
    remote_addr.sin_addr.s_addr = inet_addr("127.0.0.1");;
    remote_addr.sin_port = htons(7777);
    // Отправляем данные серверу
    for (int i = 0;i < 10;i++) {
        sprintf(out_buf,"Message step: %d",i);
        std::cout << "Sending '" << out_buf << "' message..." << std::endl;
        sendto(__msocket, out_buf, strlen(out_buf)+1,0,(sockaddr*)&remote_addr,sizeof(remote_addr));
    }
    // Получаем данные от сервера
    for (;;) {
        int readd = recv(__msocket,rec_buf,sizeof(rec_buf)-1,0);
        if(readd == SOCKET_ERROR || !readd)
            break;
        else
            std::cout << "Received '" << rec_buf << "' message" << std::endl;
    }
    close_socket();
}
```

Принцип работы сервера TCP

- Сервер создает сокет, *«биндит»* (bind) его на свой порт и адрес и запускает на сокете *прослушку* (listen)
- Если на слушающий сокет приходит запрос на соединение – сервер вызывает функцию *accept*, которая возвращает новый сокет для работы с конкретным клиентом
- Сервер запоминает сокеты для каждого клиента и работает с ними
- Для одновременного ожидания событий на множестве сокетов используются функции *select* или *poll*
- При отключении клиента сервер получает событие от функции *poll* (*select*) или ошибку при попытке записи или чтения из связанного сокета – тогда он закрывает (*close*) сокет клиента и удаляет его данные из памяти.

Принцип работы клиента TCP

- Клиент создает сокет, *«биндит» (bind)* его на конкретный (или стандартный) интерфейс и автоматически выбираемый системой порт (0)
- Клиент вызывает функцию *connect*(). Если функция возвращает успех – клиент может работать с сервером посредством записи (*send*) или чтения (*receive*) данных с сокета.
- Когда клиент заканчивает работу – он вызывает функцию *close* для закрытия соединения

Маршаллинг данных

Порядок байт, XDR

Передача бинарных данных

```
1  // Структура для передачи
2  struct my_data
3  {
4      bool bool_value;
5      char char_value;
6      int integer_value;
7      double double_value;
8      char buffer[10];
9  }
10 // Отправить данные
11 bool send_my_data(my_data* data)
12 {
13     return (send(m_socket, data, sizeof(my_data),0) > 0);
14 }
15 // Получить данные
16 bool recv_data(my_data* data)
17 {
18     static char buf[255];
19     int res = recv(m_socket,buf,255,0);
20     if (res != sizeof(my_data))
21         return false;
22     memcpy(data,buf,sizeof(my_data));
23     return true;
24 }
```

Проблемы бинарных данных

- Разные размерности типов на разных компьютерах и ОС
- Разный порядок байтов на разных процессорах (иногда жестко установлен в архитектуре процессора, иногда может управляется джамперами материнской платы или ОС)
  - От старшего к младшему, big-endian, MSB, порядок байтов Motorolla
  - От младшего к старшему, little-endian, LSB, порядок байтов Intel

Порядок байтов

Endianness (порядок байт)

Little-endian

В меньшем адресе младший байт

Big-endian

В меньшем адресе старший байт

Int x = 0x11223344;

Значение	Адрес
0x44	0
0x33	1
0x22	2
0x11	3

Значение	Адрес
0x11	0
0x22	1
0x33	2
0x44	3

Термины «big/little-endian»

Термины big-endian («тупоконечники») и little-endian («остроконечники») первоначально использовались в сатирическом произведении Джонатана Свифта «Путешествия Гулливера», в котором два государства много лет ведут войну из-за разногласия по поводу того, с какого конца следует разбивать варёные яйца.

Споры между сторонниками big-endian и little-endian архитектур раньше часто носили характер «религиозных войн» («holy wars»)

Термины big-endian и little-endian для обозначения порядка байт ввёл Дани Коэн (англ. Danny Cohen) в 1980 году в своей статье «On Holy Wars and a Plea for Peace» («О священных войнах и призыв к миру»)

Способ исправить проблему

- Игнорирование
  - В большинстве современных систем размеры базовых типов одинаковы (char – 1 байт, short – 2 байта, int – 4 байта, long long – 8 байт, float – 4 байта, double – 8 байт), порядок байт – little-endian
- Использование stdint-типов и «сетевого порядка» байтов
- Использование строк для передачи данных
  - Пример: NMEA-протоколы
  - `$GPRMC,125504.049,A,5542.2389,N,03741.6063,E,0.06,25.82,200906,,,*17`
- Маршаллинг данных

stdint-типы и сетевой порядок

- stdint.h – файл стандартной библиотеки C, введенный стандартом C99
  - Описывает целочисленные типы, которые имеют строго заданный размер
  - Пример: int8_t, int16_t, uint32_t
  - Не поддерживается некоторыми старыми компиляторами и ОС, но существуют кроссплатформенные реализации, например pstdint.h (Portable stdint)
  - Не содержит описания чисел с плавающей точкой!
- Сетевой порядок байтов: big-endian
  - Для конвертации целых типов в него и из него существуют функции: ntohl(), ntohs(), htonl(), htons() и т. п.
  - Нет функций для чисел с плавающей точкой!

Маршаллинг данных

- **Маршалинг** (от англ. marshal — упорядочивать) — процесс преобразования информации (данных, двоичного представления объекта), хранящейся в оперативной памяти, в формат, пригодный для хранения или передачи на другие машины.
- *Маршалинг* применяется при передаче данных между процессами и/или потоками на одной машине или разных машинах, по сети или иным способом
- Термин ***сериализация*** означает примерно то же самое, но есть отличия, указанные в документе RFC 2713
- Обратный процесс: **демаршалинг** (**десериализация**)

XDR

- XDR (External Data Representation - внешнее представление данных) — международный стандарт передачи данных в Интернете. XDR позволяет организовать не зависящую от платформы передачу данных между компьютерами в гетерогенных сетях.
- XDR — стандарт IETF с 1995 года. Он позволяет данным быть упакованными не зависящим от архитектуры способом, таким образом, данные могут передаваться между гетерогенными компьютерными системами.
- Преобразование из локального представления в XDR называется **кодированием**.
- Преобразование из XDR в локальное представление называется **декодированием**.
- XDR выполнен как портативная (переносная) библиотека функций между различными операционными системами и так же не зависит от транспортного уровня.

XDR: пример

```
1  // Структура для передачи
2  struct my_data
3  {
4      bool bool_value;
5      char char_value;
6      int integer_value;
7      double double_value;
8      char buffer[10];
9  }
10 // Упаковка и распаковка структуры
11 size_t serialize(my_data* data, void* buf, size_t buf_size, bool pack)
12 {
13     XDR* _xdr = (XDR*)malloc(sizeof(XDR));
14     size_t sz;
15     xdrmem_create( _xdr, (caddr_t)buf, buf_size, pack?XDR_ENCODE:XDR_DECODE);
16     xdr_uint8_t(_xdr, &data->bool_value);
17     xdr_char(_xdr, &data->char_value);
18     xdr_int(_xdr, &data->integer_value);
19     xdr_double(_xdr, &data->double_value);
20     xdr_array( _xdr, &data->buffer, &sz, 10, sizeof(char), xdr_char);
21     sz = xdr_getpos(_xdr);
22     xdr_destroy(_xdr);
23     free(_xdr);
24     return sz;
25 }
```

Следующая лекция