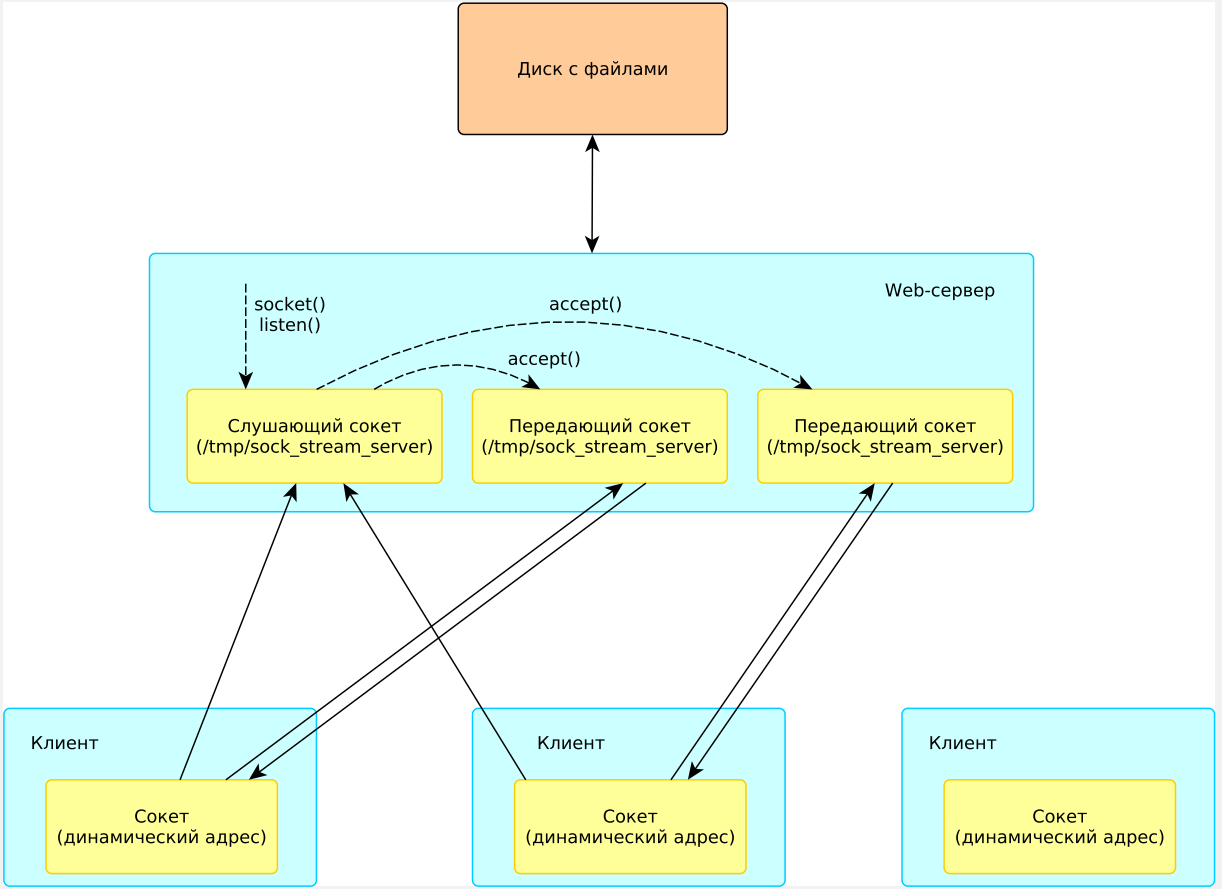
ПО сетевых устройств

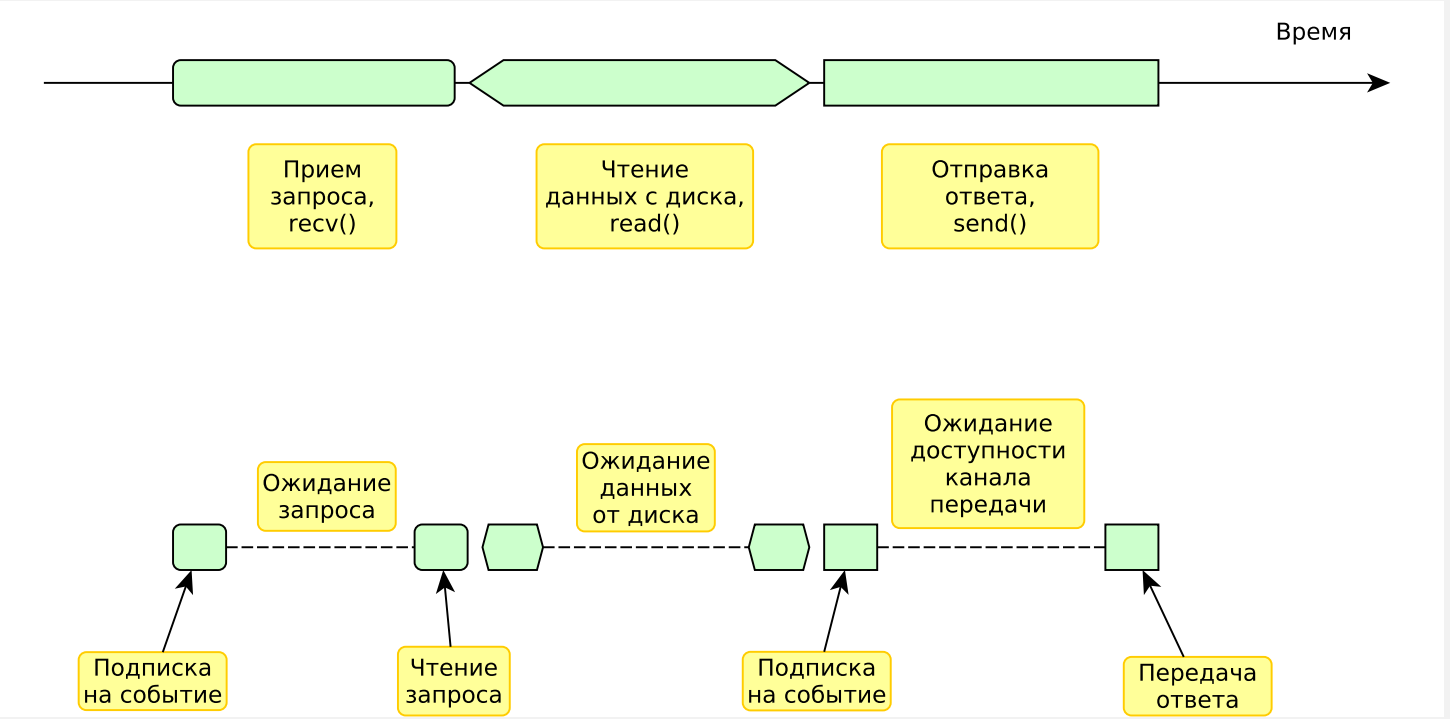
Трещановский Павел Александрович, к.т.н.

16.05.19

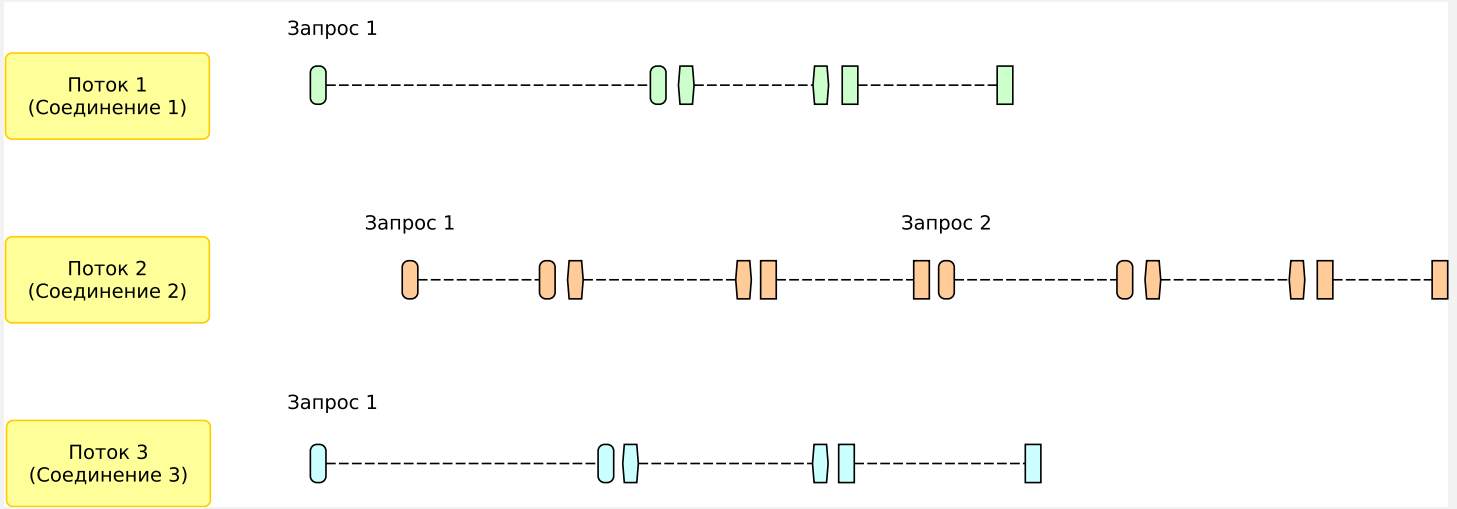
Web-сервер с поддержкой нескольких соединений



Обработка одного запроса



Решение на основе параллельной обработки запросов



- Потоки - процессы с общим адресным пространством (общими данными).
- Создание с помощью `pthread_create` (обертка вокруг `fork`).
- Преимущество - использование нескольких ядер.
- На одном ядре потоки исполняются поочередно.

Недостатки

- Возможный конфликт при доступе к общим данным:

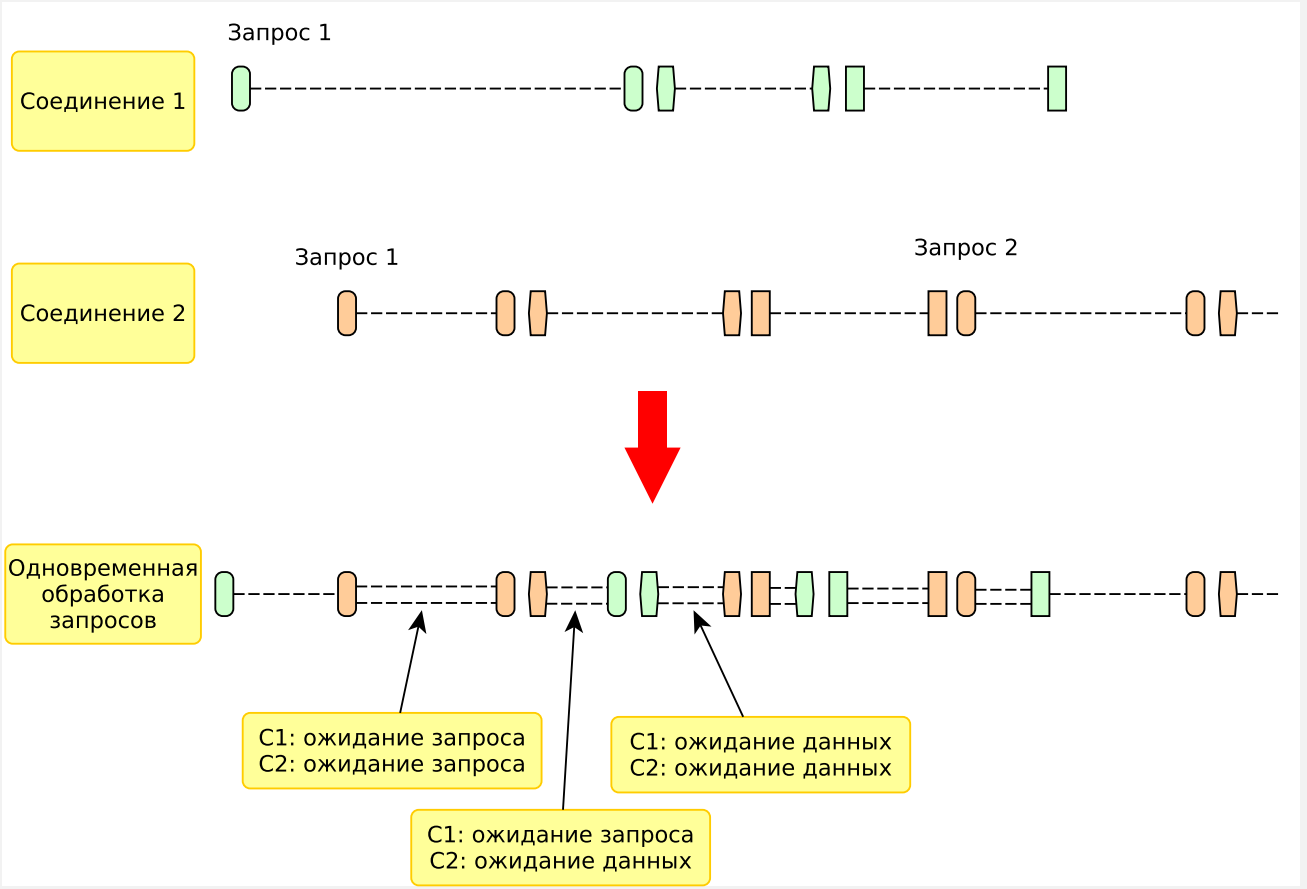
```
Поток 1          Поток 2          Результат
array[0] = 'a';                   'a', '-'
                 array[0] = 'b';  'b', '-'
                 array[1] = 'b';  'b', 'b'
array[1] = 'a';                   'b', 'a' - недопустимая комбинация
```

- Необходима защита данных с помощью семафоров или мьютексов:

```
semaphore_down();
array[0] = 'a'; array[1] = 'a';
semaphore_up();
```

- Многопоточные приложения тяжело разрабатывать и отлаживать.
- Если большую часть времени поток проводит в ожидании, нет выигрыша от использования нескольких ядер.

Решение на основе одновременной (concurrent) обработки запросов



Системный вызов select

```
int select(int nfds, fd_set *readfds, fd_set *, fd_set *, struct timeval *timeout);
```

- `select` выполняет подписку на события и ожидание.
- `readfds` - множество файловых дескрипторов (от файлов, сокетов и др.).
- `select` спит до тех пор, пока хотя бы один из дескрипторов не будет *готов к чтению*. Готовность к чтению означает, что последующий `read` (или `recv`) вернет данные без ожидания.
- После возвращения из `select` множество `readfds` содержит только те дескрипторы, которые готовы к чтению. Код возврата - общее количество дескрипторов, готовых к чтению.
- Аргумент `timeout` задает максимальное время ожидания готовности. Если это время истекает, `select` возвращает 0.
- Если `timeout` установлен в `NULL`, `select` ждет готовности неограниченное время.

Работа с множеством файловых дескрипторов `fd_set`

- `fd_set` - битовая маска.
- Задание множества:

```
fd_set fds;
int fd1 = 2, fd2 = 5;
FD_ZERO(&fds);          ...00000000₂
FD_SET(fd1, &fds);      ...00000100₂
FD_SET(fd2, &fds);      ...00100100₂
```

- Проверка принадлежности множеству:

```
int fd1 = 2;
if (FD_ISSET(fd1, &fds)) {
        /* Если принадлежит. */
} else {
        /* Если не принадлежит. */
}
```

- Аргумент `nfds` должен быть равен `(max(fd1, fd2, ..., fdn) + 1)`.

Работа со структурой `struct timeval`

- Определение

```
struct timeval {
       time_t      tv_sec;     /* seconds */
       suseconds_t tv_usec;    /* microseconds */
};
```

- Получение текущего времени:

```
struct timeval tv;
gettimeofday(&tv, NULL);
```

- Арифметика:

```
struct timeval tv1, tv2, newtv;
timeradd(&tv1, &tv2, &newtv); /* newtv = tv1 + tv2 */
timersub(&tv1, &tv2, &newtv); /* newtv = tv1 - tv2 */
if (timercmp(&tv1, &tv2, <) {
       /* tv1 < tv2 */
} else {
       /* tv1 >= tv2 */
}
```

Простой цикл обработки событий (event loop)

```
int listen_fd, sock_fd;
int max_fd, ret;
listen_fd = socket(...);
sock_fd = accept(listen_fd,...);

while (1) {
       struct fd_set fds;
       struct timeval timeout = {.tv_sec = 1};

       FD_ZERO(&fds);
       FD_SET(listen_fd, &fds);
       FD_SET(sock_fd, &fds);
       max_fd = listen_fd > sock_fd ? listen_fd : sock_fd;
       ret = select(max_fd + 1, &fds, NULL, NULL, &timeout);
       if (ret == 0) {
              /* Обработка таймаута. */
       } else if (FD_ISSET(listen_fd, &fds)) {
              /* Прием нового соединения. */
       } else if (FD_ISSET(sock_fd, &fds)) {
              /* Обработка запроса. */
       }
}
```

Обобщенный цикл обработки событий (event loop)

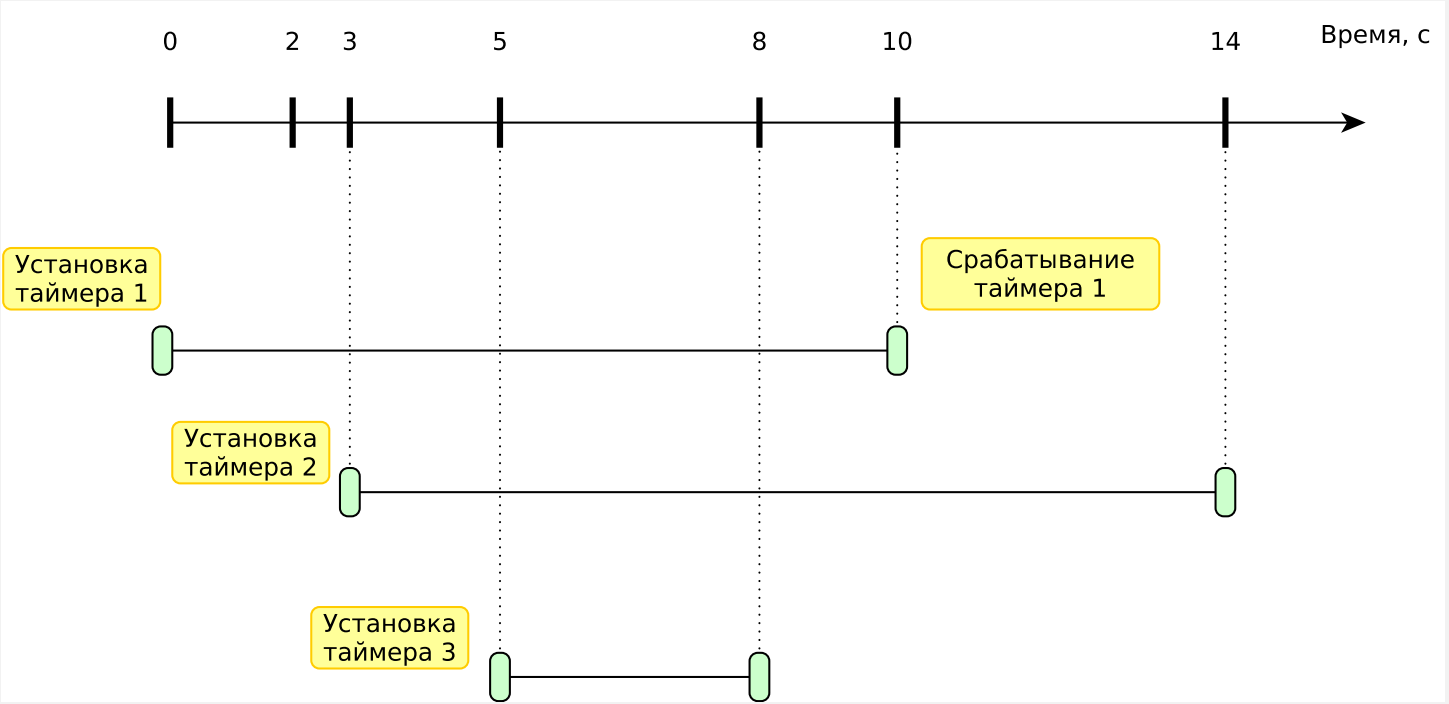
```
while (1) {
	struct fd_set fds;
	struct timeval timeout;

	FD_ZERO(&fds);
	for (...) { /* Перебор всех сокетов */
		FD_SET(sock_fd, &fds);
		max_fd = sock_fd > max_fd ? sock_fd : max_fd;

		... /* Модицикация timeout */
	}
	ret = select(max_fd + 1, &fds, NULL, NULL, &timeout);
	if (ret == 0) {
		/* Обработка таймаута. */
	} else {
		for (...) { /* Перебор всех сокетов */
			if (FD_ISSET(sock_fd, &fds)) {
				/* Обработка нового соединения или запроса. */
			}
		}
	}
}
```

Блокирующий и неблокирующие вызовы

- `select` должен быть единственной функцией в приложении, которой разрешено спать.
- Готовность дескриптора к чтению гарантирует, что 1 последующий вызов `read` вернется без блокирования процесса. Что делать, если требуется несколько вызовов (например, приняли сразу несколько пакетов)?
- Флаг `MSG_DONTWAIT` делает вызовы `recv` и `send` неблокирующими.
- Если данных нет, возвращается ошибка `EAGAIN` без блокировки:

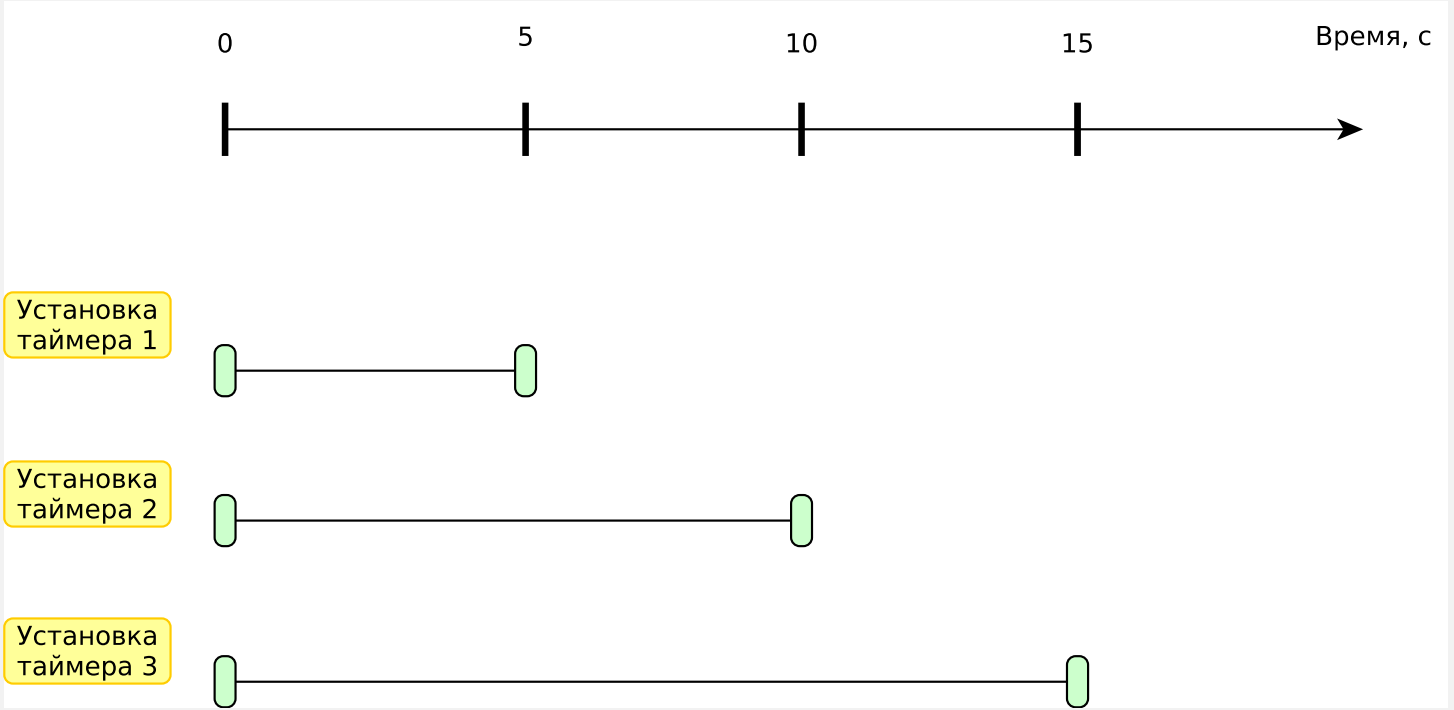
```
while (1) {
        ret = recv(sock_fd, buf, len, MSG_DONTWAIT);
        if (ret < 0 && errno == EAGAIN) {
                /* Нет данных */
                break;
        } else if (ret < 0) {
                /* Другая ошибка */
                return -1;
        }
}
```

Определение таймаута при наличии нескольких таймеров



$$timeout = min(T_1 - Current, T_2 - Current, ..., T_n - Current)$$

Обработка таймаута при наличии нескольких таймеров



Замечания по таймерам

- `select` спит в течение времени, не меньшего, чем `timeout`. Но может спать дольше!
- После таймаута надо проверять все таймеры, а не только самый ранний.
- Вычислять новое значение таймаута надо от текущего момента, а не от времени срабатывания предыдущего таймера.

Упражнения

- Разработать приложение копирующее данные с файлового дескриптора 0 в файловый дескриптор 1. Ожидание новых данных должно быть реализовано с помощью функции `select`. Дескриптор 0 должен быть переведен в неблокирующий режим помощью функции `fcntl`. Пример для дескриптора `fd`:

```
include <fcntl.h>

fcntl(fd, F_SETFL, fcntl(fd, F_GETFL) | O_NONBLOCK);
```

- Разработать приложение, реализующее 10 одновременно работающих таймеров. Таймаут для каждого таймера - случайное число в диапазоне от 1 до 10 секунд. При срабатывании таймера необходимо выводить сообщение в терминал с номером этого таймера. Для получения случайного числа использовать функцию `rand`.