Лабораторная работа 14

Именованные каналы

Генералов Даниил, НПИ-01-21, 1032212280

Содержание

Список иллюстраций

Список таблиц

1 Цель работы

Целью данной работы является:

Приобретение практических навыков работы с именованными каналами.

2 Задание

Требуется проанализировать представленный код на C и добавить к нему функционал, описанный в задании.

3 Теоретическое введение

Именованные каналы – это способ предоставить каналам имя в файловой системе. Каналы – это способ коммуникации между процессами (IPC), основанные на принципе FIFO и выглядящие для программы как файловые дескрипторы.

Именованные каналы позволяют одному или нескольким процессам передавать данные серверному процессу. Например, именованные каналы используются для того, чтобы программа, которая хочет показать окно на X-сервере, представилась нему и передала информацию о желаемой операции с окнами.

4 Выполнение лабораторной работы

В задании лабораторной работы уже приведен код на C, который представляет собой пример использования именованных каналов. После прочтения кода видно, что для того, чтобы использовать именованный канал, нужно вызвать `mknod`, чтобы создать его по имени файла, а затем его можно открыть через `open` и читать и записывать данные через `read` и `write`.

В итоге я получил поведение, которое показано на рис. 4.1. Здесь же виден ответ на вопрос, что будет если сервер не закроет канал – когда мы создаем канал через `mkfifo`, мы не проверяем, существует ли уже такой файл, и если он действительно уже есть, то попытка его создать вызывает ошибку.

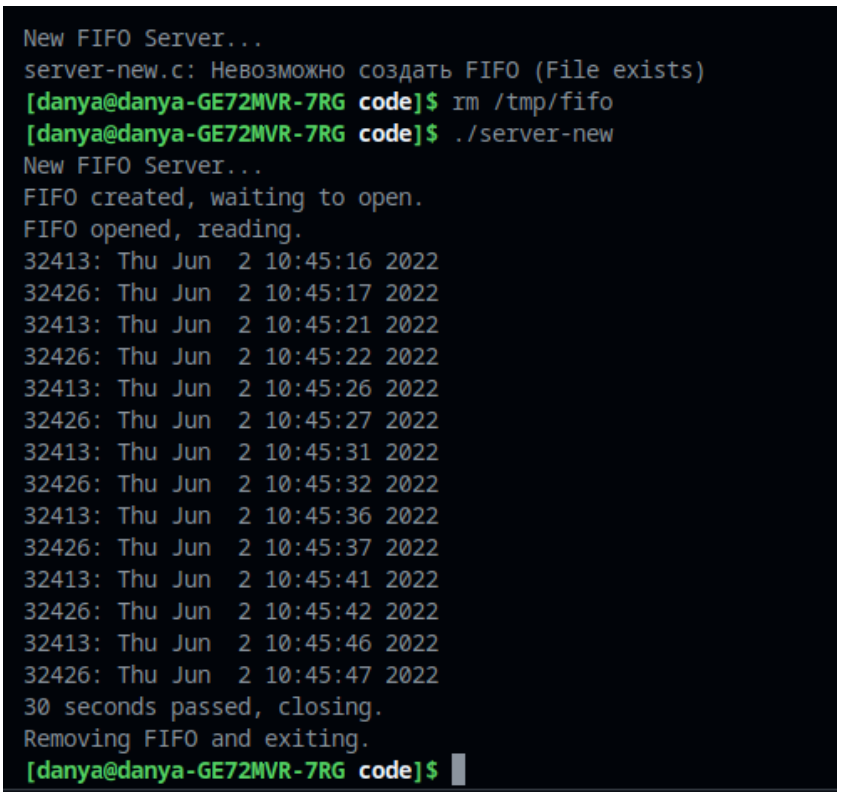
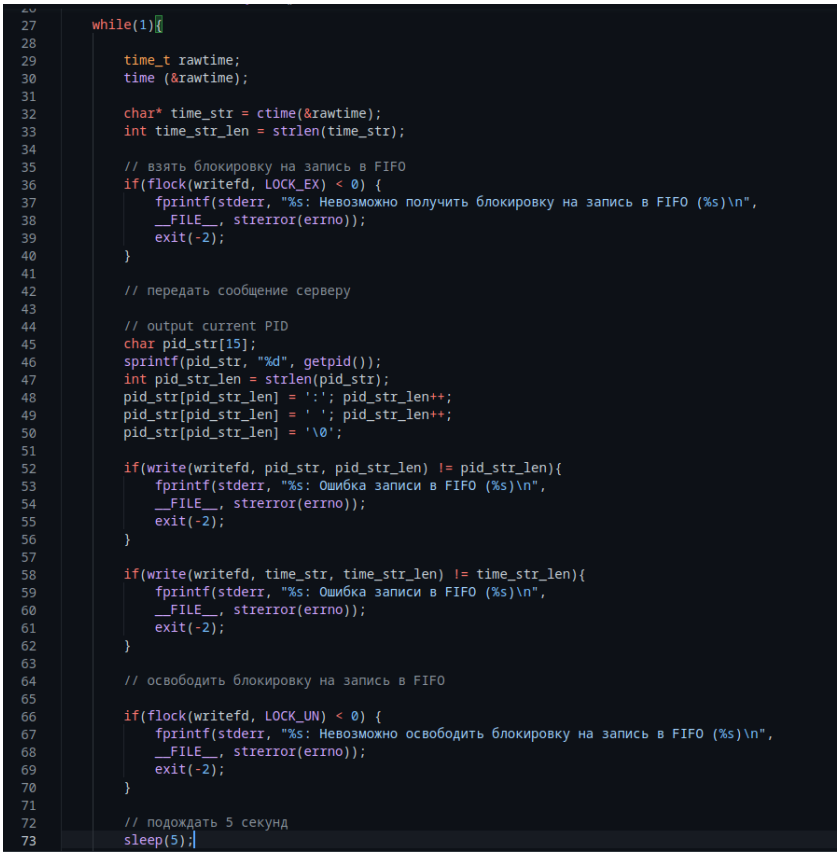


Рис. 4.1: Итоговое поведение

Чтобы сделать это, сначала я изменил файл `client.c`. Релевантная часть исходного кода показана на рис. 4.2.

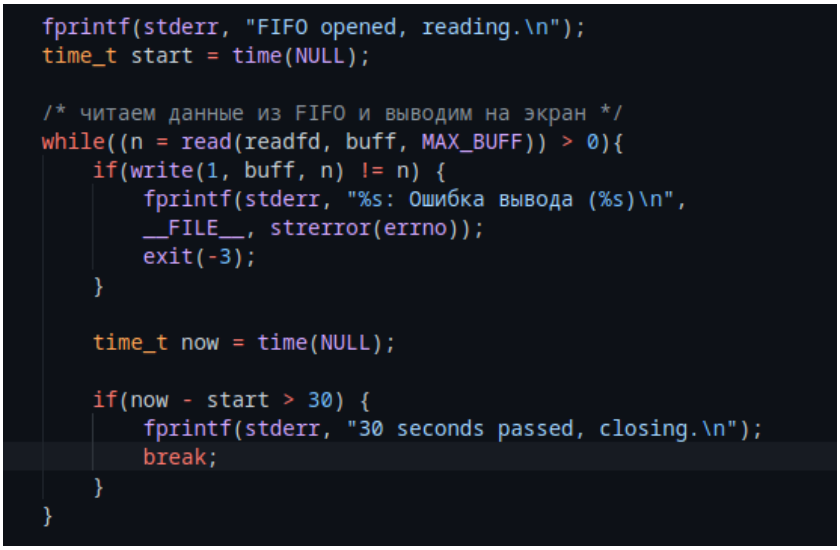


```
    while(1){

        time_t rawtime;
        time (&rawtime);

        char* time_str = ctime(&rawtime);
        int time_str_len = strlen(time_str);

        // взять блокировку на запись в FIFO
        if(flock(writefd, LOCK_EX) < 0) {
            fprintf(stderr, "%s: Невозможно получить блокировку на запись в FIFO (%s)\n",
            __FILE__, strerror(errno));
            exit(-2);
        }

        // передать сообщение серверу

        // output current PID
        char pid_str[15];
        sprintf(pid_str, "%d", getpid());
        int pid_str_len = strlen(pid_str);
        pid_str[pid_str_len] = ':'; pid_str_len++;
        pid_str[pid_str_len] = ' '; pid_str_len++;
        pid_str[pid_str_len] = '\0';

        if(write(writefd, pid_str, pid_str_len) != pid_str_len){
            fprintf(stderr, "%s: Ошибка записи в FIFO (%s)\n",
            __FILE__, strerror(errno));
            exit(-2);
        }

        if(write(writefd, time_str, time_str_len) != time_str_len){
            fprintf(stderr, "%s: Ошибка записи в FIFO (%s)\n",
            __FILE__, strerror(errno));
            exit(-2);
        }

        // освободить блокировку на запись в FIFO

        if(flock(writefd, LOCK_UN) < 0) {
            fprintf(stderr, "%s: Невозможно освободить блокировку на запись в FIFO (%s)\n",
            __FILE__, strerror(errno));
            exit(-2);
        }

        // подождать 5 секунд
        sleep(5);
```

Рис. 4.2: Исходный код клиента

Теперь клиент, после того как открыл канал, входит в бесконечный цикл. В этом цикле мы сначала берем эксклюзивный доступ к каналу с помощью `flock` – это для того, чтобы другая копия клиента не начала писать в то же самое время. После этого мы создаем небольшой буфер, чтобы хранить строку, содержащую мой номер процесса. В этот буфер мы записываем номер процесса через `sprintf`, а затем в конец дописываем двоеточие и пробел. После этого мы выводим в канал сначала содержимое этого буфера, а затем вывод функции `ctime` – строкового представления текущего времени. Таким образом мы вывели в канал номер процесса и текущее время, и, закончив с этим, мы отпускаем блокировку канала и ждем несколько секунд.

Сервер тоже потребовалось изменить, и в `server-new.c` есть код, который показан на рис. 4.3.



```c
fprintf(stderr, "FIFO opened, reading.\n");
time_t start = time(NULL);

/* читаем данные из FIFO и выводим на экран */
while((n = read(readfd, buff, MAX_BUFF)) > 0){
    if(write(1, buff, n) != n) {
        fprintf(stderr, "%s: Ошибка вывода (%s)\n",
        __FILE__, strerror(errno));
        exit(-3);
    }

    time_t now = time(NULL);

    if(now - start > 30) {
        fprintf(stderr, "30 seconds passed, closing.\n");
        break;
    }
}
```

Рис. 4.3: Исходный код сервера

Прежде чем мы начали цикл считывания, мы измеряем текущее время (настоящее время, через `time` – в задании есть предложение использовать `clock`, но это фейк, потому что `clock` считает время процессора, которое не включает то время, которое мы ждем ввода в канал). После того, как измерено время начала, мы входим в цикл чтения из канала. Каждый раз, как мы получаем данные, мы выводим их в `stdout`, а после этого проверяем, сколько прошло времени – если это больше, чем 30 секунд, то мы выходим из цикла чтения. Это не полностью соответствует заданию, где написано, что сервер должен работать 30 секунд – на самом деле сервер будет работать 30 секунд, плюс сколько времени потребуется для получения следующего сообщения. Чтобы исправить это, потребовалось бы заменить вызов `read` на `select`, который является более общим способом работы с файлом и поддерживает `timeout`. Однако семантика вызова этого метода сильно отличается от вызова `read`, поэтому текущая реализация работает достаточно точно для наших задач.

5 Контрольные вопросы

1. В чем ключевое отличие именованных каналов от неименованных?

Именованный канал привязан к inode (и в итоге к файлу) в файловой системе, и подключение к нему осуществляется с помощью стандартного API работы с файлами. Неименованные каналы, напротив, существуют только в памяти процессов, и для создания необходимо вызвать функцию `pipe` из стандартной библиотеки `unistd` – в переданном массиве будут записаны два файловых дескриптора, которые этот процесс может использовать для коммуникации с другими – как правило, с теми, которые были созданы с помощью функции `fork`.

2. Возможно ли создание неименованного канала из командной строки?

Да, это происходит, когда программы соединяются с помощью оператора `|` – оболочка создает неименованный канал, затем запускает две программы и соединяет `stdout` первой с одной половиной канала, а `stdin` второй – с другой половиной.

3. Возможно ли создание именованного канала из командной строки?

Да, для этого есть команда `mkfifo`.

4. Опишите функцию языка C, создающую неименованный канал.

```c
#include <unistd.h>
int pipe(int fildes[2]);
```

Принимает указатель на массив из двух элементов типа `int`. Пытается создать именованный канал. Если успешно, возвращает 0. Тогда `filedes[0]` – дескриптор для чтения, а `filedes[1]` – для записи в новый канал. Если неуспешно, возвращает -1, задает `errno`, не создает никаких файловых дескрипторов и не изменяет переданный массив.

5. Опишите функцию языка C, создающую именованный канал.

```
#include <unistd.h>
int mkfifo(const char *pathname, mode_t mode);
```

Принимает строку – путь к файлу, и настройку прав доступа. Создает файл. Если файл создан успешно, возвращает 0, иначе возвращает -1 и устанавливает `errno`.

6. Что будет в случае прочтения из fifo меньшего числа байтов, чем находится в канале? Большего числа байтов?

Если прочитать меньше байтов, чем находится в канале, то оставшиеся байты останутся в канале и будут прочитаны при следующем чтении из этого канала.

Если попробовать прочитать больше байтов, чем находится в канале, то операция чтения будет блокировать, пока в канале не появится достаточное количество байтов. Из-за этого свойства рекомендуется читать по одному байту за раз и собирать их в строку вручную – тогда любое блокирование значит конец сообщения, и это можно обнаружить с использованием `select` вместо `read`.

7. Аналогично, что будет в случае записи в fifo меньшего числа байтов, чем позволяет буфер? Большего числа байтов?

Каналы имеют буфер, размер которого на моей системе равен 65536 байтов. Если из канала не читают, то все записи в канал идут в этот буфер.

Если пространство, которое остается в буфере, больше, чем количество байтов, которое процесс пытается записать, то запись осуществляется моментально и эти данные идут в буфер канала.

Если процесс пытается одномоментно записать в канал больше чем 65536 байтов, или он пытается записать больше байтов, чем осталось места в буфере, то операция записи блокируется. Вызов записи завершится, как только вся исходная строка будет записана в буфер канала.

8. Могут ли два и более процессов читать или записывать в канал?

Да, могут. Если два процесса записывают в один и тот же канал, их записи будут прочитаны в порядке, в котором они были отправлены – если один процесс запишет `abcd`, а затем другой процесс запишет `1234`, то из канала будет прочитано `abcd1234`.

Одновременное чтение имеет гораздо более сложную структуру. Пусть два процесса оба хотят получить 5 байтов из канала, и первым запросил чтение процесс 1. В канал записывается сначала строка `1234`, затем `5`, затем `6789`, затем `10`, затем `1` и `2`. Каждый положенный в канал байт оказывается только у одного из читающих процессов. Сначала первый процесс получит `1234`, затем второй процесс получит `5`, затем первый процесс получит `6789`, затем второй процесс получит `10`, затем первый процесс получит `10`, `1` и `2`. В итоге первый процесс прочитает строку `12346`, и у него в буфере окажется `789`, доступные для дальнейшего прочтения, а второй процесс получит строку `51012` и пустой буфер.

9. Опишите функцию write (тип возвращаемого значения, аргументы и логику работы). Что означает 1 (единица) в вызове этой функции в программе server.c (строка 42)?

```
#include <unistd.h>
ssize_t write(int fildes, const void *buf, size_t nbyte);
```

Принимает номер файлового дескриптора (где `1` – переданный аргумент – указывает на `stdout`, а `2` – на `stderr`), указатель на буфер, который нужно записать в файловый дескриптор, и количество байтов, которые нужно записать. Если сколько-то байтов было успешно записано, то возвращается количество байтов,

которые были записаны, и оно никогда не будет больше `nbyte`. Если произошла ошибка, то возвращается `-1` и задается `errno`.

10. Опишите функцию strerror.

```
#include <string.h>
char *strerror(int errnum);
```

Принимает номер ошибки (соответствующий тем, которые задаются в `errno`), и возвращает указатель на строку, которая содержит текстовое описание ошибки. Если это поддерживается системой, то строка переведена в текущую системную локаль согласно `LC_MESSAGES`. Если переданный параметр не является кодом ошибки, то возвращается `NULL`.

6 Выводы

В этой работе мы смогли опробовать методы разработки для Linux, а также рассмотреть системный API для именованных каналов. Используя именованные каналы можно осуществлять взаимодействие между разными процессами в системе. Это – главный способ IPC в Unix-подобных системах, и он до сих пор часто используется, хотя постепенно заменяется на TCP/IP через `localhost`.