Laborator 02 - Operații I/O simple

Materiale ajutătoare

- lab02-slides.pdf [http://elf.cs.pub.ro/so/res/laboratoare/lab02-slides.pdf]
- lab02-refcard.pdf [http://elf.cs.pub.ro/so/res/laboratoare/lab02-refcard.pdf]
- Video Operații IO [http://elf.cs.pub.ro/so/res/tutorial/lab-02-operatii-io/]

Nice to read

- TLPI - Chapter 4, `File I/O: The Universal I/O model`
- WSP4 - Chapter 2, `Using the Windows File System`

Fișiere. Sisteme de fișiere

Fișierul este una dintre abstractizările fundamentale în domeniul sistemelor de operare; cealaltă abstractizare este procesul. Dacă procesul abstractizează execuția unei anumite sarcini pe procesor, fișierul abstractizează informația persistentă a unui sistem de operare. Un fișier este folosit pentru a stoca informațiile necesare funcționării sistemului de operare și interacțiunii cu utilizatorul.

Un **sistem de fișiere** este un mod de organizare a fișierelor și prezentare a acestora utilizatorului. Din punctul de vedere al utilizatorului, un sistem de fișiere are o structură ierarhică de fișiere și directoare, începând cu un director rădăcină. Localizarea unei intrări (fișier sau director) se realizează cu ajutorul unei căi în care sunt prezentate toate intrările de până atunci. Astfel, pentru calea `/usr/local/file.txt` directorul rădăcină `'/'` are un subdirector `usr` care include subdirectorul `local` ce conține un fișier `file.txt`.

Fiecare fișier are asociat, așadar, un nume cu ajutorul căruia se face identificarea, un set de drepturi de acces și zone conținând informația utilă.

Sistemele de fișiere suportate de sistemele de operare de tip Unix și Windows sunt ierarhice. Sistemele Linux/Unix sunt case-sensitive (`Data` este diferit de `data`), iar sistemele Windows sunt case-insensitive.

Ierarhia sistemului de fișiere Unix are un singur director cunoscut sub numele de `root` și notat `'/'`, prin care se localizează orice fișier (a nu se confunda cu directorul `/root`, care este home-ul utilizatorului privilegiat, root). Notația Unix pentru căile fișierelor este un șir de nume de directoare despărțite prin `'/'`, urmat de numele fișierului. Există și căi relative la directorul curent `'.'` sau la directorul părinte `'..'`.

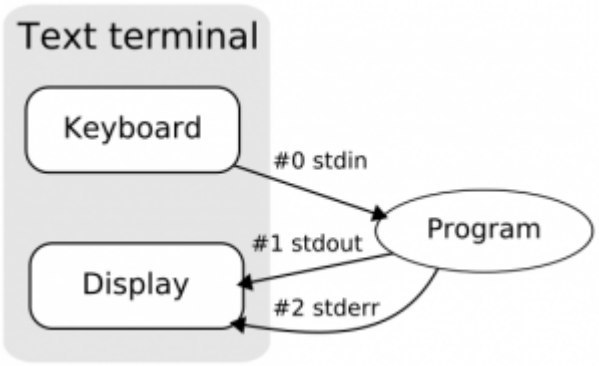
În Unix nu se face nicio deosebire între fișierele aflate pe partițiile discului local, pe CD sau pe o mașină din rețea. Toate aceste fișiere vor face parte din ierarhia unică a directorului `root`. Acest lucru se realizează prin `montare`: sistemele de fișiere vor fi montate într-unul dintre directoarele sistemului de fișiere rădăcină.

În Windows există mai multe ierarhii, câte una pentru fiecare partiție și pentru fiecare loc din rețea. Spre deosebire de Unix, delimitatorul între numele directoarelor dintr-o cale este `'\'`, și pentru căile absolute trebuie specificat numele ierarhiei în forma `C:\`, `E:\` sau `\\FILESERVER\myFile` (pentru rețea). Ca și Unix, Windows folosește `'.'` pentru directorul curent și `'..'` pentru directorul părinte.

Operații pe fișiere

În Unix, un **descriptor de fișier** este un întreg care indexează o tabelă cu pointeri spre structuri care descriu fișierele deschise de un proces. În cazul în care un program rulează într-un shell Unix, procesul părinte (shell-ul) deschide pentru procesul copil (programul respectiv) 3 fișiere standard având descriptori de fișiere cu valori speciale:

- **standard input** (0) - citirea de la intrarea standard (tastatură)
- **standard output** (1) - afișarea la ieşirea standard (consolă)
- **standard error** (2) - afișarea la ieşirea standard de eroare (consolă)



În Windows, noțiunea de bază pentru managementul fișierelor este **handle**-ul, o valoare din care se obține un pointer spre o structură descriptivă a fișierului. Aceleași 3 fișiere standard sunt deschise de fiecare proces.

În continuare, pentru descrierea comportamentului operațiilor de intrare-ieșire pe Windows, s-a ales ca toate apelurile să facă parte din API-ul Win32, care este cel mai aproape de kernelul Windows. Sistemul oferă ca alternativă apeluri standard (POSIX, de exemplu, compatibile între Windows și Linux), dar acestea se implementează în Windows prin apelurile Win32 și formează un nivel de abstractizare aflat mai departe de kernel.

Un fișier are asociat cursorul de fișier (file pointer) care indică poziția curentă în cadrul fișierului. Cursorul de fișier este un întreg care reprezintă deplasamentul (offset-ul) față de începutul fișierului.

Operațiile specifice pentru lucrul cu fișiere:

- **deschiderea/crearea unui fișier** - înseamnă asocierea unui descriptor de fișier sau a unui handle cu un fișier identificat prin numele său [1]. (Linux, Windows)
- **închiderea unui fișier** - înseamnă eliberarea structurilor de fișier asociate procesului și a descriptorului (handle-ului) acelui fișier - doar dacă nu mai există nici o intrare în tabela file descriptorilor care să puncteze spre acea structură [2]. (Linux, Windows)
- **citirea dintr-un fișier** - înseamnă copierea unui bloc de date într-un buffer; după ce se realizează citirea se actualizează cursorul de fișier [3]. (Linux, Windows)
- **scrierea într-un fișier** - înseamnă copierea unui bloc de date dintr-un buffer în fișier; efectuarea scrierii înseamnă și actualizarea cursorului de fișier [4]. (Linux, Windows)
- **poziționarea într-un fișier** - înseamnă schimbarea valorii cursorului de fișier; citirile sau scrierile ulterioare vor porni din locul indicat de acest cursor de fișier [5]. (Linux, Windows)
- **schimbarea atributelor unui fișier** - înseamnă stabilirea unor parametri pentru fișier [6]. (Linux)

Operații pe fișiere în Linux

Crearea, deschiderea și închiderea fișierelor

open

Pentru deschiderea/crearea unui fișier se folosește funcția open [http://linux.die.net/man/2/open].

```
int open(const char *pathname, int flag);              /* deschidere */
int open(const char *pathname, int flags, mode_t mode);  /* creare */
```

creat

Pentru crearea de fișiere se poate utiliza și creat [http://linux.die.net/man/2/creat]:

```
int creat(const char *pathname, mode_t mode);
```

Funcția este echivalentă cu apelul open unde flag-ul O_CREAT e setat și fișierul nu există deja:

```
open(pathname, O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC, mode);
```

close

Închiderea de fișiere se realizează cu close [http://linux.die.net/man/2/close]:

```
int close(int fd)
```

O greșeală frecventă de programare este neverificarea codului de eroare întors la close [http://linux.die.net/man/2/close], pentru că se poate întâmpla ca o eroare la scriere (`EIO`) să fie întoarsă utilizatorului abia la `close`.

unlink

Ștergerea efectivă a unui fișier de pe disk se realizează cu funcția unlink [http://linux.die.net/man/2/unlink]:

```
int unlink(const char *pathname);
```

Exemplu

Dacă, spre exemplu, dorim să deschidem fișierul `in.txt` pentru citire și scriere, cu eventuala creare a acestuia, iar fișierul `out.txt` pentru scriere, cu trunchiere putem folosi următoarea secvență de cod:

io-01.c

```
#include <sys/types.h>  /* open */
#include <sys/stat.h>   /* open */
#include <fcntl.h>      /* O_RDWR, O_CREAT, O_TRUNC, O_WRONLY */
#include <unistd.h>     /* close */

#include "utils.h"

int main(void)
{
        int rc;
        int fd1, fd2;

        fd1 = open("in.txt", O_RDWR | O_CREAT, 0644);
        DIE(fd1 < 0, "open in.txt");

        /* will fail if out.txt does not exist */
        fd2 = open("out.txt", O_WRONLY | O_TRUNC);
        DIE(fd2 < 0, "open out.txt");

        rc = close(fd1);
        DIE(rc < 0, "close fd1");

        rc = close(fd2);
        DIE(rc < 0, "close fd2");

        return 0;
}
```

Atenție! O greșeală frecventă este omiterea drepturilor de creare a fișierului (0644 în exemplul de mai sus) când se apelează open cu flag-ul O_CREAT setat.

Scrierea și citirea

read

Funcția read [http://linux.die.net/man/2/read] e folosită pentru citirea din fișier a maxim `count` octeți:

```
ssize_t read(int fd, void *buf, size_t count);
```

Funcția read [http://linux.die.net/man/2/read] întoarce numărul de octeți efectiv citiți, **cel mult** `count`. Valoarea minimă este de `1` octet, iar când se ajunge la sfârșitul de fișier se va întoarce `0`.

write

Funcția write [http://linux.die.net/man/2/write] e folosită pentru scrierea în fișier a maxim `count` octeți:

```
ssize_t write(int fd, const void *buf, size_t count);
```

Valoarea întoarsă este numărul de octeți ce au fost efectiv scriși, **cel mult** `count`. În mod implicit nu se garantează că la revenirea din write [http://linux.die.net/man/2/write] scrierea în fișier s-a terminat. Pentru a forța actualizarea se poate folosi fsync [http://linux.die.net/man/2/fsync] sau fișierul se poate deschide folosind flagul `O_FSYNC`, caz în care se garantează că după fiecare write fișierul a fost actualizat.

Observație 1: Pentru read [http://linux.die.net/man/2/read]/write [http://linux.die.net/man/2/write] există versiunile pread [http://linux.die.net/man/2/pread]/pwrite [http://linux.die.net/man/2/pwrite], care permit specificarea unui offset în fișier de la care să se efectueaze operația de citire/scriere. (De asemenea, există și versiunile `pread64`/`pwrite64` care folosesc offset-uri de 64 de biți - pentru a putea specifica offset-uri mai mari decât 4GB).

Observație 2: Asa cum s-a specificat mai sus, functiile read/write nu garateaza citirea/scrierea a `count` bytes. Pot exista mai multe motive pentru care se observa acest comportament.

- Apelul read nu citeste 'count' bytes cand:
  - continutul sursei(fisierul) este mai mic de `count` bytes
  - este intrerupt de semnale. (exceptie uninterruptible sleep*). Mai multe informatii la https://stackoverflow.com/questions/28501133/does-the-linux-system-call-readfd-buf-count-return-less-than-count-when-fd-i [https://stackoverflow.com/questions/28501133/does-the-linux-system-call-readfd-buf-count-return-less-than-count-when-fd-i]
- Apelul write nu scrie 'count' bytes cand:
  - este intrerupt de semnale
  - spatiu insufiecent pe disc, la depasirea pragului RLIMIT_FSIZE. Mai multe informatii. https://www.gnu.org/software/libc/manual/html_node/Limits-on-Resources.html [https://www.gnu.org/software/libc/manual/html_node/Limits-on-Resources.html].

Astfel pentru a **garanta citirea/scrierea** a intregului numarului de bytes dorit, **se recomanda folosirea apelurilor repetitiv(intr-o bucla)**.

Poziționarea în fișier (lseek)

lseek

Funcția lseek [http://linux.die.net/man/2/lseek] permite mutarea cursorului unui fișier la o poziție absolută sau relativă.

```
off_t lseek(int fd, off_t offset, int whence)
```

Parametrul `whence` reprezintă poziția relativă de la care se face deplasarea:

- `SEEK_SET` - față de poziția de început
- `SEEK_CUR` - față de poziția curentă
- `SEEK_END` - față de poziția de sfârșit

Observație lseek [http://linux.die.net/man/2/lseek] permite și poziționări după sfârșitul fișierului. Scrierile care se fac în astfel de zone nu se pierd, ceea ce se obține fiind un fișier cu *goluri*, o zonă care este *sărită* - nu este alocată pe disc.

Pentru această funcție există și o versiune lseek64 [http://linux.die.net/man/3/lseek64] la care offset-ul este pe 64 de biți.

Trunchierea fișierelor

Pe lângă trunchierea la 0 care se poate face prin apelul `open` cu flag-ul `O_TRUNC`, se poate specifica trunchierea unui fișier la o dimensiune specificată, prin apelurile de sistem ftruncate [http://linux.die.net/man/2/ftruncate] și truncate [http://linux.die.net/man/2/ftruncate]:

```
int ftruncate(int fd, off_t length);
int truncate(const char *path, off_t length);
```

În cazul ftruncate [http://linux.die.net/man/2/ftruncate], parametrul `fd` este file descriptorul obținut cu un apel open, care a asigurat drept de scriere. În cazul truncate [http://linux.die.net/man/2/ftruncate], fișierul reprezentat prin `path` trebuie să aibe drept de scriere.

Exemplu utilizare operații I/O

io-2.c

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>

#include <sys/types.h>  /* open */
#include <sys/stat.h>   /* open */
#include <fcntl.h>      /* O_CREAT, O_RDONLY */
#include <unistd.h>     /* close, lseek, read, write */

#include "utils.h"

/* Print the last 100 bytes from a file */

int main (void)
{
        int fd, rc;
        char *buf;
        ssize_t bytes_read;

        /* alocate space for the read buffer */
        buf = malloc(101);
        DIE(buf == NULL, "malloc");

        /* open file */
        fd = open("file.txt", O_RDONLY);
        DIE(fd < 0, "open");

        /* set file pointer at 100 characters
```

```
         _before_ the end of the file */
        rc = lseek(fd, -100, SEEK_END);
        DIE(rc < 0, "lseek");

        /* read the last 100 characthers */
        bytes_read = read(fd, buf, 100);
        DIE(bytes_read < 0, "read");

        /* set '\0' at end of buffer for printing purposes*/
        buf[bytes_read] = '\0';

        printf("the last %ld bytes: \n%s\n", bytes_read, buf);

        /* close file */
        rc = close(fd);
        DIE(rc < 0, "close");

        /* cleanup */
        free(buf);

        return 0;
}
```

Redirectări

În Linux redirectările se realizează cu ajutorul funcțiilor de duplicare a descriptorilor de fișiere dup si dup2.

```
int dup(int oldfd);
int dup2(int oldfd, int newfd);
```

* dup

- crează o copie a unui file descriptor.
- utilizează cel mai mic număr de descriptor neutilizat.
- dacă apelul reușește, vechiul și noul file descriptor pot fi folosiți, ei partajând file offset și file status flags.

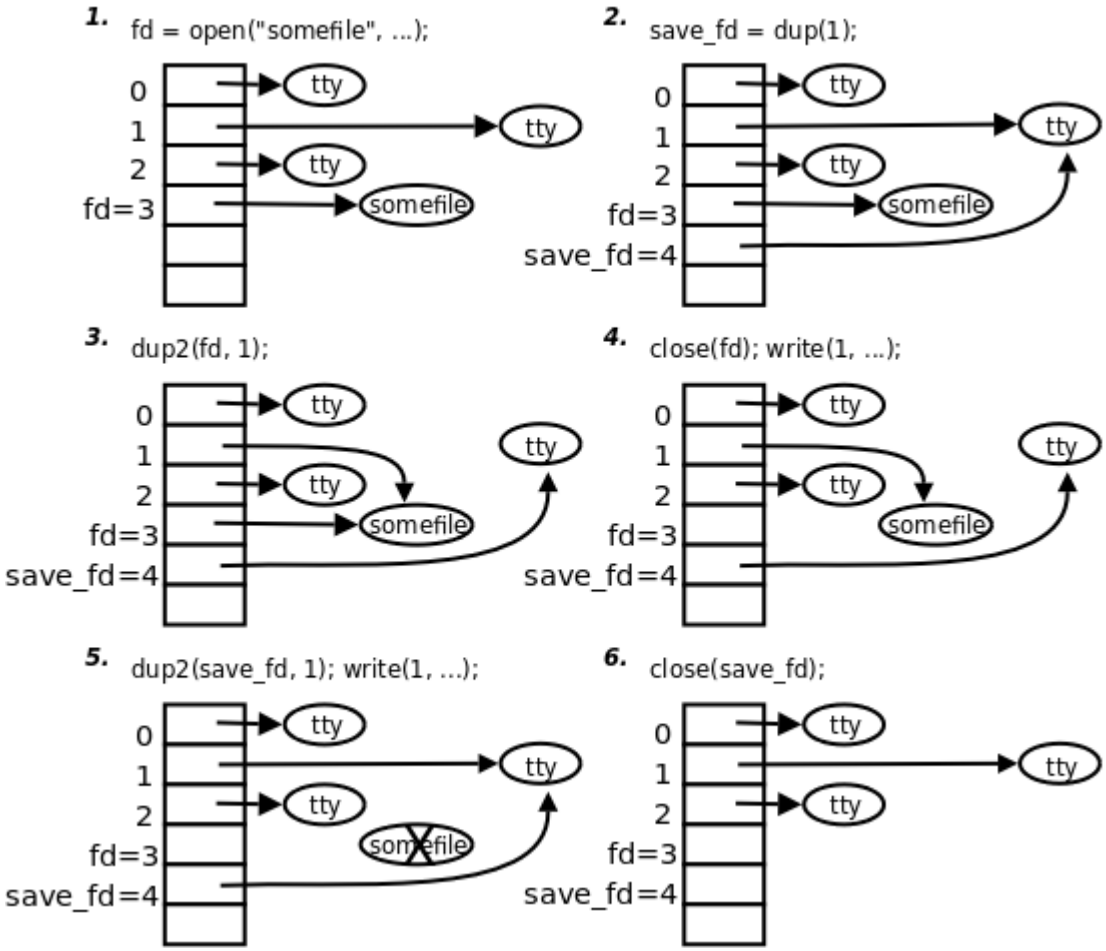
* dup2

- asemănător dup, dar în loc să se aleagă cel mai mic descriptor, acesta utilizează new_fd specificat.
- dacă new_fd este deja folosit, acesta este mai întâi închis înainte de a fi reutilizat.
- dacă old_fd nu este valid, apelul eșueaza iar new_fd nu este închis.

De exemplu, pentru redirectarea ieșirii în fișierul `output.txt`, sunt necesare două linii de cod:

```
fd = open("output.txt", O_RDWR|O_CREAT|O_TRUNC, 0600);
dup2(fd, STDOUT_FILENO);
```

Imaginea de mai jos prezintă utilizarea dup și dup2 în diferite situații pentru o înțelegere mai bună:



Operații speciale

Funcția fcntl [http://linux.die.net/man/2/fcntl] permite efectuarea unor operații speciale asupra descriptorilor de fișier.

```
int fcntl(int fd, int cmd);
int fcntl(int fd, int cmd, long arg);
int fcntl(int fd, int cmd, struct flock *lock);
```

cmd	efect
F_DUPFD	duplicarea unui file descriptor
F_GETFD	citește flag-urile pentru fd
F_SETFD	setează flag-urile pentru fd la valoarea specificată de arg
F_GETFL	citește flag-urile de stare pentru fd
F_SETFL	setează flag-urile de stare pentru fd la valoarea specificată de arg
F_GETLK	obținerea informațiilor despre un lock pe fișier
F_SETLK	obținerea / eliberarea unui lock pe fișier
F_SETLKW	similar cu F_SETLK dar se așteaptă terminarea operației
F_GETOWN	obținerea PID-ului procesului care primește semnalul SIGIO
F_SETOWN	stabilirea procesului care va primi semnalul SIGIO

Operații pe fișiere în Windows

Crearea, deschiderea și închiderea

CreateFile

Pentru a crea un handle asociat cu un fișier, director sau altă resursă abstractizată sub forma unui fișier (port COM, pipe, modem etc.) se folosește funcția CreateFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa363858%28VS.85%29.aspx]. Funcția se ocupă atât de crearea, cât și de deschiderea unui fișier (și întoarce în ambele cazuri un handle asociat cu fișierul):

```
HANDLE CreateFile(
   LPCTSTR lpFileName,
   DWORD dwDesiredAccess,
   DWORD dwShareMode,
   LPSECURITY_ATTRIBUTES lpSecAttributes,
   DWORD dwCreationDisposition,
   DWORD dwFlagsAndAttributes,
   HANDLE hTemplateFile
);
```

```
 handle1 = CreateFile(
     "out.txt",
     GENERIC_READ,         /* access mode */
     FILE_SHARE_READ,      /* sharing option */
     NULL,                 /* security attributes */
     OPEN_EXISTING,        /* open only if it exists */
     FILE_ATTRIBUTE_NORMAL,/* file attributes */
     NULL
);
```

Atenție! Explicațiile complete se găsesc pe pagina de manual pentru CreateFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa363858%28VS.85%29.aspx]. În continuare vom prezenta cele mai importante proprietăți.

Drepturile de acces cerute la deschiderea fișierului sunt specificate în `dwDesiredAccess`:

- `GENERIC_WRITE`
- `GENERIC_READ`

Lista completă aici [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa363874%28v=vs.85%29.aspx]

Parametrul `dwCreationDisposition` precizează modul în care apelul acționează în cazul în care fișierul există sau nu; poate avea valori de forma:

- `CREATE_ALWAYS` - creează un fișier nou; dacă fișierul există, apelul îl suprascrie, ștergând atributele existente;
- `CREATE_NEW` - creează un fișier nou; apelul eșuează dacă fișierul există deja;
- `OPEN_ALWAYS` - deschide fișierul, dacă acesta există; altfel, se comportă ca și `CREATE_NEW`;
- `OPEN_EXISTING` - deschide fișierul; dacă nu există, apelul eșuează;
- `TRUNCATE_EXISTING` - deschide fișierul (cu drept de acces `GENERIC_WRITE`) și îl trunchiază la dimensiunea zero; dacă fișierul nu există, apelul eșuează.

Dacă fișierul există deja și `dwCreationDisposition` este `CREATE_ALWAYS` sau `OPEN_ALWAYS`, apelul NU eșuează, dar `GetLastError` returnează `ERROR_ALREADY_EXISTS`.

La deschiderea unui fișier se poate preciza prin parametrul `lpSecurityAttributes` [in] modul în care handle-ul returnat de apel poate fi moștenit de procesele fii ale procesului apelant. Mai multe detalii în laboratorul de procese.

Un fișier poate fi deschis de mai multe ori (de procese diferite, sau de același proces). În acest caz, la prima deschidere, parametrul `dwShareMode` [in] va avea una dintre valorile:

- `FILE_SHARE_DELETE` permite unor operații de deschidere ulterioare să capete acces de tip delete.

- FILE_SHARE_READ permite unor operații de deschidere ulterioare să capete acces de tip read.
- FILE_SHARE_WRITE permite unor operații de deschidere ulterioare să capete acces de tip write.

Un set de flaguri și atribute suplimentare (valabile numai în cazul fișierelor) pot fi precizate în dwFlagsAndAttributes [in]. Valori uzuale sunt:

- FILE_ATTRIBUTE_NORMAL fișierul nu are alte atribute setate (folosit numai singur)
- FILE_ATTRIBUTE_READONLY fișierul va fi read only pentru toate procesele

Pentru copierea și mutarea fișierelor există apelurile CopyFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa363851(VS.85).aspx], MoveFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365239(VS.85).aspx] și ReplaceFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365512(VS.85).aspx]. Un exemplu de schimbare a atributelor găsiți aici [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365522(v=VS.85).aspx].

CloseHandle

Când fișierul nu mai este folosit, fișierul este închis cu apelul generic pentru orice tip de handle-uri CloseHandle [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms724211%28VS.85%29.aspx]

```
BOOL CloseHandle(HANDLE hObject);
```

DeleteFile

Ștergerea se face prin închiderea fișierului și folosirea apelului de sistem DeleteFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa363915%28VS.85%29.aspx]

```
CloseHandle(hFile);
DeleteFile("myfile.txt");
```

unde DeleteFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa363915%28VS.85%29.aspx] are signatura

```
BOOL DeleteFile(LPCTSTR lpFileName);
```

Citirea și scrierea

ReadFile

ReadFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365467%28VS.85%29.aspx] operează asupra unui fișier care are drepturi de acces cel puțin pentru citire, copiind un număr de octeți (începând cu poziția curentă a cursorului de fișier) într-un buffer și întoarce într-o variabilă numărul de octeți citiți.

```
BOOL ReadFile(
      HANDLE hFile,
      LPVOID lpBuffer,
      DWORD nNumberOfBytesToRead,
      LPDWORD lpNumberOfBytesRead,
      LPOVERLAPPED lpOverlapped
);
```

```
bRet = ReadFile(
   hFile,        /* open file handle */
   lpBuffer,     /* where to put data */
   dwBytesToRead,/* number of bytes to read */
   &dwBytesRead, /* number of bytes that were read */
   NULL          /* no overlapped structure */
);
```

ReadFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365467%28VS.85%29.aspx] primește un handle de fișier hFile, creat anterior cu drepturi cel puțin de citire. Rezultatul citirii este copiat în lpBuffer, iar numărul de octeți efectiv citiți este întors în variabila pointată de lpNumberOfBytesRead. Numărul de octeți efectiv citiți poate fi mai mic decât numărul de octeți care se doresc a fi citiți - nNumberOfBytesToRead.

În mod normal, după acest apel, cursorul de fișier este actualizat cu numărul de octeți citiți. Singura excepție este cazul în care fișierul este deschis pentru operații de I/O de tip OVERLAPPED - asincrone, caz în care conceptul de cursor de fișier nu mai este folositor (și deci nu mai este actualizat). Mai multe detalii despre operațiile asincrone în Laborator 10 - Operatii IO avansate - Windows.

ReadFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365467%28VS.85%29.aspx] returnează o valoare diferită de zero în caz de succes, și zero altfel. Dacă se returnează o valoare diferită de zero, dar numărul de octeți citiți este zero, atunci s-a ajuns la sfârșitul de fișier.

WriteFile

Apelul WriteFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365747%28VS.85%29.aspx] copiază în mod sincron sau asincron un număr specificat de octeți dintr-un buffer în conținutul unui fișier și returnează într-o variabilă numărul efectiv de octeți copiați. Scrierea în fișier se face în general începând din poziția curentă a cursorului și după terminarea operației, poziția cursorului fișierului este actualizată (rămân valabile observațiile anterioare despre operații OVERLAPPED).

```
BOOL WriteFile(
      HANDLE hFile,
      LPCVOID lpBuffer,
      DWORD nNumberOfBytesToWrite,
      LPDWORD lpNumberOfBytesWritten,
      LPOVERLAPPED lpOverlapped
);
```

```
bRet = WriteFile(
   hFile,          /* open file handle */
   lpBuffer,       /* start of data to write */
   dwBytesToWrite, /* number of bytes to write */
   &dwBytesWritten,/* number of bytes that were written */
   NULL            /* no overlapped structure */
);
```

Handle-ul de fișier în care se scrie `hFile` [in] trebuie să fi fost creat cu drepturi de acces `GENERIC_WRITE`. Parametrii WriteFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365747%28VS.85%29.aspx] au aceleași semnificații cu parametrii ReadFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365467%28VS.85%29.aspx], adaptate pentru operații de scriere.

Poziționarea în fișier

SetFilePointer

Fiecare fișier deschis are asociat un cursor (memorat pe 64 de biți) care reprezintă poziția curentă de citire/scriere. Un proces poziționează cursorul la un offset specificat cu SetFilePointer [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365541(VS.85).aspx]:

```
DWORD SetFilePointer(
         HANDLE hFile,
         LONG lDistanceToMove,
         PLONG lpDistanceToMoveHigh,
         DWORD dwMoveMethod
);
```

```
/* Example: How to get current position */
currentPos = SetFilePointer(
               myFileHandle,
               0,            /* offset 0 */
               NULL,         /* no 64bytes offset */
               FILE_CURRENT
);
```

Deplasarea se face asupra unui fișier reprezentat prin handle-ul `hFile` deschis în prealabil, creat cu unul din drepturile de acces `GENERIC_READ` sau `GENERIC_WRITE`. O valoare pozitivă înseamnă o deplasare înainte, iar una negativă, înapoi.

Numărul de octeți cu care se mută cursorul este specificat de `lDistanceToMove` [in] și `lpDistanceToMoveHigh`; cele două câmpuri de 32 de biți formează o valoare de 64 de biți. Uzual cel de-al doilea câmp este NULL.

Parametrul `dwMoveMethod` specifică punctul de start pentru mutarea cursorului, și poate avea una dintre valorile:

- FILE_BEGIN - punctul de start este începutul fișierului; lDistanceToMove este considerat unsigned
- FILE_CURRENT - punctul de start este valoarea curentă a cursorului
- FILE_END - punctul de start este valoarea curentă a sfârșitului de fișier

Apelul returnează noua valoare a cursorului, dacă lpDistanceToMoveHigh este NULL; altfel, se returnează jumătatea low a valorii, jumătatea high luând locul lpDistanceToMoveHigh.

Varianta extinsă SetFilePointerEx [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365542(VS.85).aspx] a apelului SetFilePointer [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365541(VS.85).aspx] memorează valoarea cursorului într-un singur câmp, în loc de două câmpuri separate, apelul extins făcând lucrul cu valorile cursorului mai ușor.

Trunchierea fișierelor

SetEndOfFile

Un fișier poate fi trunchiat sau extins folosind apelul SetEndOfFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365531(VS.85).aspx], care face poziția sfârșitului de fișier EOF egală cu poziția curentă a cursorului fișierului. În cazul extinderii fișierului peste limita sa, conținutul adăugat este nedefinit.

```
BOOL SetEndOfFile(HANDLE hFile);
```

Exemplu

win_io.c

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <windows.h>

#include "utils.h"

#define BUF_SIZE        100

int main (void)
{
        HANDLE hFile;
        DWORD dwBytesRead, dwPos, dwBytesToRead = BUF_SIZE, dwRet;
        BOOL bRet;
        CHAR outBuffer[BUF_SIZE+1];

        /* deschidem fisierul */
        hFile = CreateFile(
                        "file.txt",
                        GENERIC_READ,
                        FILE_SHARE_READ,
                        NULL,   /* no security attributes */
                        OPEN_EXISTING,
                        FILE_ATTRIBUTE_NORMAL,
                        NULL    /* no pattern */
                );
        DIE(hFile == INVALID_HANDLE_VALUE, "CreateFile");

        /* set file pointer at 100 bytes
        _before_ the end of file */
        dwPos = SetFilePointer(
                        hFile,
                        -100,
                        NULL,   /* used only for offsets on 64bytes */
                        FILE_END
        );
        DIE(dwPos == INVALID_SET_FILE_POINTER, "SetFilePointer");
```

```
        /* read last 100 bytes into buffer */
        dwRet = ReadFile(
                        hFile,
                        outBuffer,
                        dwBytesToRead,
                        &dwBytesRead,
                        NULL);  /* do nothing asynchronous */
        DIE(dwRet == FALSE, "ReadFile");

        /* print buffer */
        outBuffer[dwBytesRead] = '\0';
        printf("last %ld bytes: \n%s\n", dwBytesRead, outBuffer);
        fflush(stdout);

        /* close file */
        bRet = CloseHandle (hFile);
        DIE(bRet == FALSE, "CloseHandle");

        return 0;
}
```

Wrapper-e

În domeniul sistemelor de operare, prin wrapper înțelegem un layer software subțire (care nu aduce un overhead prea mare) peste sistemul de operare, cu scopul de a abstractiza serviciile oferite de acesta, adaptându-le la o interfață comună. Interfața comună este definită astfel încât să se potrivească cu mai multe sisteme de operare. Programele pe care le scriem ulterior nu vor folosi direct apelurile de sistem specifice fiecărui sistem de operare, ci interfața comună.

Un wrapper este folositor atunci când dorim să scriem software portabil pe mai multe platforme (spre exemplu, temele de la Sisteme de Operare) cu un "overhead" minim de portare și fără a plăti un cost de performanță prea scump (există și alte soluții pentru această problemă, de exemplu, mașina virtuală Java - JVM).

Una din metodele posibile pentru realizarea unui wrapper este folosirea preprocesorului. Să presupunem că încercăm să abstractizăm conceptul de fișier și operațiile disponibile cu el. Vom exemplifica doar operațiile de read/write.

io-wrapper.h

```
#ifdef __linux__

#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>

typedef int os_handle;
typedef size_t os_size;
typedef ssize_t os_ssize;

#elif defined(_WIN32)

#include <windows.h>

typedef HANDLE os_handle;
typedef DWORD os_size;
typedef DWORD os_ssize;

#else
#error "Unknown OS!"
#endif

os_ssize os_read(os_handle fd, void *buffer, os_size count);
os_ssize os_write(os_handle fd, const void *buffer, os_size count);
```

Se observă că în funcție de sistemul de operare definit, diferă:

- fișierele header incluse
- definițiile tipurilor cu care lucrează wrapper-ul

De asemenea, se observă că semnăturile funcțiilor definite sunt identice pentru ambele sisteme de operare. Iată un exemplu de implementare a lor:

io-wrapper.c

```
#include "io-wrapper.h"

#ifdef __linux__

os_ssize os_read(os_handle fd, void *buffer, os_size count)
{
    return read(fd, buffer, count);
}

os_ssize os_write(os_handle fd, const void *buffer, os_size count)
{
    return write(fd, buffer, count);
}

#elif defined(_WIN32)

os_ssize os_read(os_handle fd, void *buffer, os_size count)
{
    os_ssize result = -1;
    ReadFile(fd, buffer, count, &result, NULL);
    return result;
}

os_ssize os_write(os_handle fd, void *buffer, os_size count)
{
    os_ssize result = -1;
    WriteFile(fd, buffer, count, &result, NULL);
    return result;
}

#endif
```

Acum putem genera fișiere executabile compatibile cu o platformă Linux sau Windows, în funcție de un singur macro, definit automat de către compilator.

Se observă că folosind această tehnică putem să convertim inclusiv între procedură și funcție (funcțiile de pe Windows primesc ca parametru transmis prin referință numărul de octeți citiți/scriși, iar cele de pe Linux îl întorc direct). Desigur, abordarea de mai sus este incompletă, pentru că ar fi trebuit convertite și codurile de eroare într-un format comun.

Odată scris acest wrapper, putem folosi în continuare funcțiile os_read și os_write pentru a citi / scrie din fișiere, fară a ne preocupa de sistemul de operare pe care rulează programul nostru. Acesta este însă un caz fericit, pentru că așa după cum veți observa la laboratorul de procese, nu toate serviciile oferite de sisteme de operare diferite se pot "unifica" atât de ușor (este vorba de fork() + exec() vs. CreateProcess).

Exerciții

În rezolvarea laboratorului folosiți arhiva de sarcini lab02-tasks.zip [http://elf.cs.pub.ro/so/res/laboratoare/lab02-tasks.zip].

Observații: Pentru a vă ajuta la implementarea exercițiilor din laborator, în directorul `utils` din arhivă există un fișier `utils.h` cu funcții utile.

Folosiți `man`/MSDN pentru informații despre apelurile de sistem

Verificați valorile de retur a apelurilor de sistem
Puteți folosi macro-ul DIE [https://ocw.cs.pub.ro/courses/so/laboratoare/resurse/die](valoare_retur == eroare, "mesaj eroare");

Exercițiul -1 - GSOC

Google Summer of Code este un program de vară în care studenții (indiferent de anul de studiu) sunt implicați în proiecte Open Source pentru a își dezvolta skill-urile de programare, fiind răsplătiți cu o bursă a cărei valoare depinde de țară [https://developers.google.com/open-source/gsoc/help/student-stipends] (pagină principală GSOC [https://developers.google.com/open-source/gsoc]).

UPB se află în top ca număr de studenți acceptați; în fiecare an fiind undeva la aprox. 30-40 de studenți acceptați. Vă încurajăm să aplicați! Există și un grup de fb cu foști participanți unde puteti să îi contactați pentru sfaturi facebook page [https://www.facebook.com/groups/240794072931431/]

Linux

Exercițiul 1 - redirect

Intrați în directorul `1-redirect` și urmăriți conținutul fișierului `redirect.c`.

Compilați fișierul (folosiți `make`). Rulați programul obținut folosind comanda `./redirect`.

Deschideți alt terminal și rulați comanda:

```
watch -d lsof -p $(pidof redirect)
```

lsof [http://linux.die.net/man/8/lsof] este un utilitar care afișează informații despre fișierele deschise (ce fișiere sunt deschise în sistem, ce fișiere a deschis un anumit user etc). Căutați în manual (`man 8 lsof`) pentru a identifica semnificația coloanei FD și a coloanei TYPE.

Folosiți comanda ENTER pentru a continua programul. În paralel urmăriți cum se modifică tabela de file-descriptori.

În cod, observați parametrii cu care s-a realizat redirectarea cu ajutorul funcțieidup2 [http://linux.die.net/man/2/dup2] (dup2(fd2, STDERR_FILENO)). Observați ce se întamplă dacă parametrii sunt în ordine inversă.

- revedeți secțiunea de redirectări

Exercițiul 2 - lseek

Intrați în directorul `2-lseek` și urmăriți codul sursă din `lseek.c`. Ce valoare va întoarce al doilea apel al funcției `lseek`? Decomentați linia de afișare, compilați și rulați pentru verificare.

Sursa închide doar file descriptorul `fd1`. Este nevoie să se închidă și file descriptorul `fd2`? De ce?

Exercițiul 3 - mcat

Intrați în directorul `3-mcat`.

3a. Similitudine cat

Completați fișierul astfel încât programul rezultat `mcat` să aibă funcționalitate similară cu a utilitarului `cat` (urmăriți comentariile cu `TODO 1`)

Programul `mcat` va primi ca argument în linia de comandă numele unui fișier al cărui conținut îl va afișa la ieșirea standard. Nu aveți voie să citiți tot fișierul în memorie. Puteți citi doar bucăți de dimensiune maximum BUFSIZE.

Verificați codul de eroare întors de apelurile de sistem. Puteți folosi macro-ul DIE [http://elf.cs.pub.ro/so/wiki/laboratoare/resurse/die]. Revedeți secțiunile Crearea, deschiderea și închiderea fișierelor și Scrierea și citirea fișierelor.

Testați cu o comandă de genul:

```
./mcat Makefile
```

3b. Similitudine cp

Extindeți funcționalitatea astfel încât output-ul să fie redirectat într-un fișier primit ca al doilea argument - funcționalitate similară cu a utilitarului `cp`. (urmăriți comentariile cu `TODO 2`)

Revedeți secțiunea de redirectări.

Testați funcționalitatea:

```
./mcat Makefile out ; ./mcat out
```

3c. /dev/nasty

Inițializați fișierul `/dev/nasty`:

```
sudo apt-get install linux-modules-$(uname -r) linux-headers-$(uname -r)
./set_nasty.sh
```

Încercați funcționalitatea de copiere pe fișierul `/dev/nasty`:

```
./mcat /dev/nasty
./mcat /dev/nasty out ; ./mcat out
```

Dacă apar diferențe, fiți atenți la ce întorc funcțiile read și write (eventual afișați aceste valori) și reparați problema.

Testați **scrierea** cu:

```
./mcat Makefile /dev/nasty ; cat /dev/nasty
```

În cazul în care ultima comandă nu produce rezultatul așteptat, cel mai probabil nu ați tratat corect cazurile în care `read`/`write` întorc o valoare mai mică decât al treilea parametru - i.e. nu s-a citit/scris tot.

Hint: Pentru a garanta scrierea/citirea numarului exact de bytes care este dat ca parametru, se recomanda apelarea read/write **in bucla.** Implementarea xread/xwrite se bazeaza pe acest lucru.

Windows

Executabilele sunt generate în directorul `win/Debug` (în directorul `Debug` al soluției, nu al fiecărui proiect în parte).

Exercițiul 1 - cat

Deschideți folderul `win` din arhiva laboratorului 2 și intrați în proiectul `1-cat`, iar apoi urmăriți sursa `cat.c`

Compilați și testați executabilul `cat.exe` folosind command prompt-ul de Visual Studio: Tools → Visual Studio Command Prompt

Exercițiul 2 - CRC

Exercițiul are ca scop realizarea unui utilitar care:

- Pentru un fișier dat, îi calculează CRC-ul și îl salvează într-un fișier de output.
- Pentru două fișiere date (în acest caz, de CRC), le compară și determină dacă sunt identice.

2a. Generare

Deschideți fișierul `crc.c` din proiectul `2-crc` și completați funcția `GenerateCrc`.

Funcția primește ca prim argument fișierul pentru care trebuie calculat CRC-ul, iar ca al doilea argument fișierul în care se salvează CRC-ul. Algoritmul apelează iterativ funcția `update_crc` pentru bucăți de `BUFSIZE = 512` bytes din fișierul de input. La ultima bucată se va face padding.

Revedeți secțiunile Crearea, deschiderea și închiderea fișierelor, cât și Citirea și scrierea fișierelor.

Urmăriți comentariile cu `TODO 1`.

2b. Comparare

Odată calculat fișierul cu CRC, vrem să vedem dacă două fișiere de CRC sunt egale. Extindeți funcționalitatea programului anterior astfel încât să compare 2 fișiere. Vom lucra în funcția `CompareFiles`.

Inițial comparați dimensiunile fișierelor astfel:

- Completați funcția `GetSize` pentru calcularea dimensiunii unui fișier, urmărind comentariile din `TODO 2`
- Folosiți doar funcția `SetFilePointer` [`http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365541%28VS.85%29.aspx`]

Dacă dimensiunile sunt egale, comparați cele 2 fișiere bucată cu bucată. Deși în acest caz particular fișierele de comparat conțin doar câte un CRC de 4 octeți, funcția trebuie să trateze și cazul în care fișierele sunt mai mari. Nu citiți tot fișierul în memorie, ci câte `CHUNKSIZE = 32` bytes o dată. Urmăriți comentariile marcate cu `TODO 3`.

BONUS - Linux

Troubleshooting

Intrați în directorul `4-trouble`. Compilați și rulați programul `trouble`.

Programul ar trebui să afișeze în fișierul `tmp1.txt` mesajul din `msg`. Afișați fișierul `tmp1.txt`.

Ce observați? Identificați și remediați problema. Revedeți secțiunea: Crearea, deschiderea și închiderea fișierelor.

File lock

Vrem să ne asigurăm că doar **o instanță** a unui program rulează la un moment dat. Pentru asta se creează un fișier temporar pe care se încearcă obținerea unui lock folosind apelul flock [http://linux.die.net/man/2/flock].

Intrați în directorul `5-singular` și completați sursa `singular.c` (urmăriți comentariile cu TODO).

Hint: `man 2 flock`, *`nonblocking`*

Testați rulând executabilul din două terminale diferite, sau cu comanda:

```
./singular & sleep 3 ; ./singular
```

Găsiți o metodă prin care ne putem asigura că programul nostru are doar o singură instanță, folosind mai **puține** apeluri de sistem.

BONUS - Windows

Utilitar echivalent cu `ls -a -R`.

Creare utilitar ls

Deschideți din arhiva laboratorului 2 proiectul `3-ls`. Completați fișierul `ls.c` pentru ca programul `3-ls.exe` să se comporte ca utilitarul `ls`.

Afișarea fișierelor dintr-un director se face în doi pași:

- se obține un handle la o primă intrare din lista de fișiere a directorului cu funcția: FindFirstFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa364418%28VS.85%29.aspx]
- se iterează această listă folosind funcția: FindNextFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa364428%28VS.85%29.aspx]

Pentru rezolvare, urmăriți comentariile marcate cu `TODO 1`. Pentru testare folosiți dintr-un prompt Visual Studio:

```
ls.exe ..
```

Afișare detalii pentru parametrul -a

Pentru fișiere afișați numele, dimensiunea și data la care au fost modificate ultima oară. Pentru directoare afișați numele și un indicator de director (ex: <DIR> nume).

Atributele unui fișier sunt definite într-o structură de forma: WIN32_FIND_DATA [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365740%28VS.85%29.aspx]. Pentru a verifica dacă un fișier e director, trebuie să aibă bitul "FILE_ATTRIBUTE_DIRECTORY" din câmpul "dwFileAttributes" (vezi File Attributes [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee332330%28v=VS.85%29.aspx]).

- Urmăriți comentariile marcate cu `TODO 2`

Afișare detalii pentru parametrul -R

Realizați parcurgerea recursivă a directoarelor prin apelarea recursivă a funcției `ListFile`.

Pentru rezolvare, urmăriți comentariile marcate cu `TODO 3`. Aveți grijă să concatenați numele noului director la calea deja existentă.

Troubleshooting

Deschideți din arhiva laboratorului 2 proiectul `4-trouble`. Programul ar trebui să creeze un fișier cu mesajul "Testing 123".

Compilați și rulați programul `trouble`. Identificați și remediați problema.

Revedeți secțiunea: Crearea, deschiderea și închiderea fișierelor.

EXTRA

- Operații cu fișiere în Python
- Studiați exemplele din arhivă, citiți documentația și observați diferențele între API-uri

Soluții

lab02-sol.zip [http://elf.cs.pub.ro/so/res/laboratoare/lab02-sol.zip]

Resurse utile

1. Low level I/O [http://www.gnu.org/software/libc/manual/html_node/Low_002dLevel-I_002fO.html] (info libc "Low-Level I/O")
2. Duplicating descriptors [http://www.gnu.org/software/libc/manual/html_node/Duplicating-Descriptors.html] (info libc "Duplicating Descriptors")
3. Low level I/O [http://www.advancedlinuxprogramming.com/alp-folder/alp-apB-low-level-io.pdf] (Advanced Linux Programming)
4. File management functions [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa364232%28VS.85%29.aspx]

---

[1] `fopen` (ISO C), `open`, `creat` (POSIX), `CreateFile` (Win32 API)
[2] `fclose` (ISO C), `close` (POSIX), `CloseHandle` (Win32 API)
[3] `fread` (ISO C), `read` (POSIX), `ReadFile` (Win32 API)
[4] `fwrite` (ISO C), `write` (POSIX), `WriteFile` (Win32 API)
[5] `fseek` (ISO C), `lseek` (POSIX), `SetFilePointer` (Win32 API)
[6] `fcntl` (POSIX), SetFileAttributes (Win32 API)

so/laboratoare/laborator-02.txt · Last modified: 2020/02/21 15:38 by liza_elena.babu