
Elektrotehnički fakultet u Beogradu
Katedra za računarsku tehniku i informatiku

Predmet: Operativni sistemi 2 (IR3OS2, SI3OS2)

Nastavnik: prof. dr Dragan Milićev

Školska godina: 2014/2015. (Zadatak važi počev od januarskog roka 2015.)

Projekat za domaći rad

- Projektni zadatak –

Verzija dokumenta: 1.1

Važne napomene: Pre čitanja ovog teksta, **obavezno** pročitati opšta pravila predmeta i pravila vezana za izradu domaćih zadataka! Pročitati potom ovaj tekst **u celini i pažljivo**, pre započinjanja realizacije ili traženja pomoći. Ukoliko u zadatku nešto nije dovoljno precizno definisano ili su postavljeni kontradiktorni zahtevi, student treba da uvede razumne pretpostavke, da ih temeljno obrazloži i da nastavi da izgrađuje preostali deo svog rešenja na temeljima uvedenih pretpostavki. Zahtevi su namerno nedovoljno detaljni, jer se od studenata očekuje kreativnost i profesionalni pristup u rešavanju praktičnih problema!

Uvod

Cilj ovog zadatka jeste implementacija uprošćenog školskog fajl sistema. Fajl sistem je namenjen za particije na standardnim hard diskovima. Za pristup particijama na hard diskovima obezbeđena je apstrakcija u vidu klase `Partition` koja pruža sve potrebne operacije za pristup podacima na disku. Fajl sistem treba da obezbedi montiranje zadate particije. Svakoj particiji se pri montiranju dodeljuje prvo slobodno veliko slovo engleskog alfabeta kojim će particija dalje biti identifikovana. Time je broj particija koje istovremeno mogu biti montirane u sistemu ograničen na 26. Potrebno je obezbediti mogućnost montiranja particije sa postojećim fajl sistemom, kao i montiranje prazne particije i njeno kasnije formatiranje na školski fajl sistem.

Napomena: Funkcionalnosti označene sa * predstavljaju osnovne funkcionalnosti, stoga kompletna realizacija projektnog zadatka sa ovim funkcionalnostima može maksimalno nositi 20 poena. Funkcionalnosti označene sa ** predstavljaju napredne funkcionalnosti, pa kompletna realizacija projektnog zadatka sa ovim funkcionalnostima može maksimalno nositi 30 osvojenih poena, odnosno dodatne poene u predroku.

Opšti zahtevi

Odnos projekta i korisničke aplikacije

Tražene podsisteme treba realizovati na jeziku C++. Korisničku aplikaciju, koja sadrži test primere, i biblioteku `part.lib`, koja predstavlja apstrakciju particije namenjenu za pristup particijama na hard diskovima, treba povezati sa prevedenim kodom projekta u jedinstven konzolni program (.exe).

Odnos projekta i operativnog sistema domaćina

Projekat se realizuje pod operativnim sistemom Windows 7 x64, koji je u ovom slučaju operativni sistem domaćin. Izradom projekta se ni na koji način ne sme ugroziti ispravno funkcionisanje operativnog sistema domaćina. Svaki eventualni problem koji se pojavi po pokretanju projekta biće smatran kao greška pri izradi projekta. Po završetku rada, okruženje je neophodno ostaviti u neizmenjenom stanju u odnosu na trenutak pre pokretanja projekta, osim onih delova koji se namerno menjaju samim test primerom koji treba da proveri ispravnost projekta. Svi resursi u sistemu koji će biti korišćeni pri izradi projekta moraju biti korišćeni kroz odgovarajući API operativnog sistema domaćina koji je za to namenjen. Deo koda koji je obezbeđen u okviru postavke projekta je pažljivo napisan, i ukoliko se koristi u skladu sa uputstvom za rad, ne može prouzrokovati nikakve probleme i greške pri izvršavanju.

Zadatak: Školski fajl sistem

Uvod

Za trajno čuvanje podataka fajl sistema koji će biti implementiran u okviru ovog projekta biće korišćeni hard diskovi. Svaki korišćeni disk će biti particionisan. Radi pojednostavljenja rešenja, obezbeđen je interfejs za pristup pojedinačnoj particiji. U sastavu interfejsa koji je obezbeđen nalaze se sledeće operacije:

- kreiranje objekta koji će predstavljati zadatu particiju;
- dobijanje opštih informacija o particiji;
- čitanje sadržaja zadatog klastera na zadato mesto u memoriji;
- upis sadržaja sa zadatog mesta iz memorije u zadati klaster particije.

Fajl sistem treba da obezbedi interfejs za montiranje i demontiranje particija i za rad sa fajlovima i direktorijumima. *Na svakoj particiji postoji samo jedan direktorijum, koreni direktorijum (root), i u njemu su smešteni svi fajlovi. **Na svakoj particiji može postojati proizvoljan broj direktorijuma proizvoljne dubine. Interakcija sa uređajem na kojem su podaci smešteni vrši se kroz prethodno opisanu apstrakciju.

Za pristup fajl sistemu korisniku treba obezbediti poseban interfejs kroz koji će videti fajl sistem i u njemu postojeće fajlove. Taj interfejs treba obezbediti u vidu dve klase.

Prva klasa treba da apstrahuje fajl sistem na korisničkom nivou. Ta klasa treba da podrži sve opšte operacije fajl sistema:

- dohvaćanje opštih informacija o fajl sistemu (korisnik zadaje oznaku particije za koju želi informacije);
- montiranje i demontiranje particije u fajl sistem, tj. dodeljivanje slova particiji;
- formatiranje zadate montirane particije;
- ispitivanje postojanja fajla ili direktorijuma;
- brisanje i otvaranje zadatog fajla;
- **operacije za rad sa direktorijumima;

Druga klasa treba da apstrahuje fajl na korisničkom nivou. Jedan objekat ovog tipa, za nit u čijem je kontekstu kreiran, predstavlja jedan otvoren fajl iz fajl sistema. Jedini način kreiranja objekta koji predstavlja fajl je pozivom operacije otvaranja fajla koja će biti obezbeđena u okviru fajl sistema. Operacije koje ova klasa treba da obezbedi su:

- čitanje i upis niza bajtova zadate veličine od tekuće pozicije;
- dohvaćanje, provera i izmena tekuće pozicije u fajlu; svaka nit treba da ima svoju tekuću poziciju;
- brisanje dela fajla od tekuće pozicije do kraja;
- zatvaranje fajla uništavanjem objekta koji predstavlja otvoren fajl, čime se fajl oslobađa za korišćenje od strane drugih niti; korisnik je obavezan da zatvori svaki otvoreni fajl.

Ove dve klase su na vrhu slojevite strukture fajl sistema i jedine su koje će krajnji korisnik direktno koristiti pri radu sa fajl sistemom. Na dnu hijerarhije se nalazi data apstrakcija particije. Studentima se ostavlja da osmisle i implementiraju nedostajući deo hijerarhije fajl sistema poštujući sva ograničenja navedena u ovoj postavci.

Particija

Opis datog interfejsa za pristup particiji

Za potrebe trajnog čuvanja podataka fajl sistema, studentima je data na raspolaganje klasa koja predstavlja jednu particiju. Operacije koje ova klasa u svom interfejsu obezbeđuje su (opisi su poređani po istom redosledu kao i metode u klasi):

- kreiranje objekta particije; pri kreiranju se zadaje naziv konfiguracionog fajla koji sadrži sve ostale informacije potrebne za formiranje ovog objekta;
- dohvatanje informacije o broju klastera na particiji;
- čitanje jednog (i samo jednog) klastera; zadaje se redni broj klastera (klasteri su numerisani počev od 0); pročitani podaci se smeštaju na zadato mesto u memoriji; operacija vraća: 0 – neuspeh ili 1 – uspeh; na pozivaocu leži odgovornost da u memoriji obezbedi slobodan prostor dovoljne veličine za smeštanje traženih podataka;
- upis jednog (i samo jednog) klastera; zadaje se redni broj klastera za upis (klasteri su numerisani počev od 0); podaci za upis se čitaju sa zadanog mesta u memoriji; vraća: 0 – neuspeh ili 1 – uspeh;

Sve date operacije su *thread-safe*, što znači da se potpuno bezbedno mogu pozivati iz konkurentnih niti. Operacije čitanja i upisa su blokirajuće. Sa ovim operacijama moguće je pristupiti samo onim klasterima koji u potpunosti pripadaju particiji. Radi pojednostavljenja, za veličinu klastera je uzeto 2kB i taj parametar nije moguće menjati.

Particija na jeziku C++

Particija je realizovana klasom `Partition` čija se potpuna definicija nalazi u zaglavlju `part.h`. Interfejs ove klase definisan je u sledećem fajlu:

```
// File: part.h

typedef unsigned long ClusterNo;
const unsigned long ClusterSize = 2048;

class Partition {
public:
    Partition(char *);

    virtual ClusterNo getNumOfClusters() const;

    virtual int readCluster(ClusterNo, char *buffer);
    virtual int writeCluster(ClusterNo, const char *buffer);

    virtual ~Partition();
private:
    PartitionImpl * myImpl;
};
```

Fajl sistem

Opis zadatka

Potrebno je realizovati školski fajl sistem sa FAT (*File-Allocation Table*) alokacijom klastera za fajlove. U nastavku su data ograničenja koja određuju način smeštanja fajlova na disku i format direktorijuma. Particija na kojoj je smešten ovakav fajl sistem ima sledeće sekcije:

- FAT tabela – tabela sa 32-bitnim ulazima, gde svaki ulaz odgovara jednom klasteru iz oblasti za podatke; prvih N klastera na particiji je rezervisano za sadržaj tabele; veličina N određuje se na osnovu broja dostupnih klastera na particiji prilikom njenog formatiranja.
- Oblast za podatke i direktorijume – ovde se nalaze klasteri sa podacima i sadržaj svih direktorijuma; klaster je osnovna i nedeljiva jedinica podataka za koju se na disku vodi evidencija

U nultom klasteru, pre početka sadržaja FAT tabele, prvih 16 bajtova imaju sledeći sadržaj:

- 0x00, 4 bajta – broj ulaza koji predstavlja početak liste slobodnih klastera,
- 0x04, 4 bajta – veličina FAT tabele, broja ulaza koje zauzima,
- 0x08, 4 bajta – broj ulaza koji predstavlja početak sadržaja korenog direktorijuma,
- 0x0c, 4 bajta – veličina korenog direktorijuma, broj ulaza koje sadrži.

Potrebno je u memoriji keširati celokupan sadržaj FAT tabele, a sve promene ažurirati što je pre moguće. Takođe, radi poboljšanja performansi keširati barem jedan klaster sa podacima koji se trenutno koristi.

Direktorijumi se na disku zapisuju na isti način kao i fajlovi, s tim da se u oblasti za podatke nalazi niz ulaza koji opisuju sadržaj direktorijuma. Svaki ulaz u direktorijumu zauzima 20 bajtova. Polja koja se nalaze u svakom ulazu i bajtovi koje zauzimaju su:

- 0x00, 8 bajtova – naziv ulaza; maksimalno osam znakova; dopunjeno razmacima sa kraja;
- 0x08, 3 bajta – ekstenzija; maksimalno tri karaktera; dopunjeno razmacima sa kraja;
- 0x0b, 1 bajt – *ne koristi se, **atributi fajla, bitni flegovi:
 - 0x01 – fajl;
 - 0x02 – direktorijum;
- 0x0c, 4 bajta – broj prvog klastera sa podacima; za prazne fajlove na ovu poziciju upisati 0;
- 0x10, 4 bajta – veličina fajla u bajtovima; kod direktorijuma ovo polje sadrži broj ulaza u direktorijumu.

U klaster treba smestiti samo ceo broj ulaza (za direktorijum ili FAT). Drugim rečima, jedan ulaz nikad se ne smešta jednim delom u jedan klaster i drugim delom u drugi klaster (razmisliti kada i da li je ova situacija moguća). Svi brojevni podaci se smeštaju se po *little endian* formatu (niži bajt je smešten na nižoj adresi).

Opis funkcionalnosti fajl sistema

Potrebno je realizovati klasu `FS` sa sledećim funkcionalnostima (opisi su poredani po istom redosledu kao i metode u klasi):

- montiranje particije u fajl sistem, tj. dodjeljivanje slova particiji; od ovog trenutka particija se može koristiti sve do trenutka demontiranja; vraća: slovo koje je dodeljeno particiji ili '0' ako je već montirano maksimalnih 26 particija;
- demontiranje particije iz fajl sistema; particija se zadaje prosleđivanjem slova koje je dodeljeno particiji. **Nit koja demontira particiju blokira se sve dok se ne zatvore svi fajlovi sa date particije. Nakon poziva ove operacije, a dok se dok se ne zatvore svi fajlovi, svaki naredni pokušaj otvaranja fajla na ovoj particiji rezultuje greškom;
- formatiranje particije zadate dodeljenim slovom; potrebno je inicijalizovati FAT i koreni direktorijum. **Nit koja formatira particiju blokira se sve dok se ne zatvore svi fajlovi sa date particije; Nakon poziva ove operacije, a dok se dok se ne zatvore svi fajlovi, svaki naredni pokušaj otvaranja fajla na ovoj particiji rezultuje greškom;

- ispitivanje postojanja zadatog fajla ******ili direktorijuma (naziv se zadaje apsolutnom putanjom); vraća: 0-ne postoji ili 1-postoji.
- otvaranje fajla sa zadatim nazivom (zadaje se apsolutnom putanjom); vraća: pokazivač na objekat otvorenog fajla ili *null* ako operacija otvaranja nije uspeła usled greške (npr. pogrešna putanja); pri otvaranju fajla navodi se modalitet koji može biti jedna od sledećih opcija:
 - 'r' – fajl se otvara samo za čitanje; fajl mora postojati ili će biti prijavljena greška (vraća se *null*); kursor se postavlja na početak;
 - 'w' – kreira se novi fajl, u suprotnom prijavljuje se greška (vraća se *null*); ukoliko postoji fajl sa istim nazivom, biće obrisan pod uslovom da je zatvoren; fajl se otvara za upis i čitanje;
 - 'a' – otvara se postojeći fajl za upis i čitanje; kursor je pri otvaranju postavljen na kraj fajla; fajl mora postojati ili će biti prijavljena greška (vraća se *null*).

Fajl se otvara nedeljivo bez obzira na zahtevani modalitet, ali pri svakom pristupu određenom fajlu treba proveriti da li je operacija koja se izvršava u skladu sa modalitetom u kom je otvoren. ******U slučaju blokiranja pozivajuće nit obezbediti fer pristup. To znači da nitima treba obezbediti onaj redosled otvaranja fajla u kojem su prvi put pokušale da ga otvore bez oslanjanja na dostupne mehanizme operativnog sistema domaćina.

- brisanje zadatog fajla (zadaje se apsolutnom putanjom), pod uslovom da nije otvoren; vraća: 0-neuspeh ili 1-uspeh; ******Radi poboljšanja performansi prilikom brisanja vrši se kompakcija niza zauzetih ulaza tako što se u izbrisani ulaz prepisuje poslednji zauzeti ulaz. Takođe, potrebno je dealocirati poslednji klaster direktorijuma ukoliko više nema ni jednog zauzetog ulaza u njemu.
- ******kreiranje direktorijuma sa zadatim nazivom (naziv se zadaje zajedno sa apsolutnom putanjom); vraća: 0-neuspeh i 1-uspeh;
- ******brisanje zadatog direktorijuma, pod uslovom da je prazan (naziv se zadaje zajedno sa apsolutnom putanjom); vraća: 0-neuspeh i 1-uspeh;
- čitanje jednog ulaza sadržaja direktorijuma; čita se ulaz u direktorijumu na zadatoj poziciji; vraća: 0-neuspeh (npr. pogrešna putanja), 1-uspeh, 2- prekoračenje (na zadatoj poziciji se ne nalazi validan ulaz).

Putanje u ovom fajl sistemu se označavaju kao u operativnom sistemu Windows. Koreni direktorijum particije kojoj je dodeljeno slovo 'X' označen je sa "X:\". Radi pojednostavljenja putanja je uvek apsolutna. ******Direktorijumi u putanji se navode redom i razdvajaju se obrnutom kosom crtom ('\').

Fajl sistem na jeziku C++

Potrebno je realizovati klasu `FS` čija je puna deklaracija data u zaglavlju "fs.h" i koja izgleda ovako:

```
// File: fs.h

typedef unsigned long BytesCnt;
typedef unsigned long EntryNum;

const unsigned int FNAMELEN=8;
const unsigned int FEXTLEN=3;

struct Entry {
    char name[FNAMELEN];
```

```

    char ext[FEXTLEN];
    char attributes;
    unsigned long firstCluster;
    unsigned long size;
};

class KernelFS;
class Partition;
class File;

class FS {
public:

    ~FS ();

    static char mount(Partition* partition); //montira particiju
                                           // vraca dodeljeno slovo
                                           // ili 0 u slucaju neuspeha

    static char unmount(char part); //demonтира particiju oznacenu datim
                                     // slovom vraca 0 u slucaju neuspeha ili 1 u slucaju uspeha

    static char format(char part); // formatira particiju sa datim slovom;
                                     // vraca 0 u slucaju neuspeha ili 1 u slucaju uspeha

    static char doesExist(char* fname); //argument je naziv fajla ili
                                         //direktorijuma zadat apsolutnom putanjom

    static File* open(char* fname, char mode); //prvi argument je naziv fajla
                                                // zadat apsolutnom putanjom, drugi modalitet

    static char deleteFile(char* fname); // argument je naziv fajla
                                         // zadat apsolutnom putanjom

    static char createDir(char* dirname); //argument je naziv
                                         //direktorijuma zadat apsolutnom putanjom

    static char deleteDir(char* dirname); //argument je naziv
                                         //direktorijuma zadat apsolutnom putanjom

    static char readDir(char* dirname, EntryNum n, Entry &e);
        //prvim argumentom se zadaje apsolutna putanja, drugim redni broj
        //ulaza koji se cita, treci argument je adresa na kojoj se smesta
        //procitani ulaz

protected:
    FS ();
    static KernelFS *myImpl;
};

```

Opis funkcionalnosti fajla

Operacije koje treba obezbediti za rad sa fajlovima su (opisi su poređani po istom redosledu kao i metode u klasi):

- upis na tekuću poziciju u fajl zadatog broja bajtova sa zadate memorijske adrese; vraća: 0-neuspeh ili 1-uspeh; fajl se proširuje upisom na kraj fajla, ukoliko već nije dostignuta maksimalna veličina; po upisu, tekuća pozicija se pomera na kraj upisanog sadržaja; u slučaju upisa unutar postojećeg sadržaja fajla podaci se prepisuju preko postojećih (*overwrite*);

- čitanje sa tekuće pozicije iz fajla zadatog broja bajtova na zadatu adresu u memoriji; po čitanju, tekuća pozicija se pomera na kraj pročitanih bajtova; na pozivaocu je odgovornost da obezbedi dovoljan prostor za smeštanje ovog niza znakova; vraća: 0-neuspeh (npr. ako je fajl zatvoren ili je pred početak čitanja tekuća pozicija bila na kraju fajla) ili $i > 0$ - broj pročitanih bajtova (može se desiti da je pročitano manje nego što je traženo jer se stiglo do kraja fajla);
- pomeranje tekuće pozicije u fajlu (binarni fajl, pozicija se računa po rednom broju bajta u fajlu, počinje se od 0); zadaje se nova apsolutna pozicija; vraća: 0-neuspeh ili 1-uspeh;
- dohvatanje tekuće pozicije u fajlu;
- proveru da li je tekuća pozicija u fajlu kraj tog fajla; vraća: 0-nije, 1-greška i 2-jeste;
- dohvatanje trenutne veličine fajla u bajtovima;
- **brisanje dela fajla od tekuće pozicije do kraja; vraća: 0-neuspeh ili 1-uspeh;
- zatvaranje fajla, čime se fajl oslobađa za korišćenje od strane drugih niti; korisnik je obavezan da zatvori svaki otvoreni fajl; nakon zatvaranja fajla, sve ostale operacije su neuspešne. Kada se oslobodi fajl koji je neka nit pokušala da otvori i zbog toga bila suspendovana, data nit se deblokira, a njen zahtev zadovoljava otvaranjem tog fajla.

Za svaki fajl je dozvoljeno alocirati samo onoliko klastera kolika je trenutna stvarna potreba u skladu sa trenutnom veličinom fajla. Prilikom brisanja fajla neophodno je osloboditi sve klastere koji ne predstavljaju stvarnu potrebu.

Fajl na jeziku C++

Fajl treba realizovati kao klasu čije metode pružaju korisniku usluge koje fajl sistem treba da obezbedi za rad nad fajlovima. Kompletna deklaracija klase `File` je zadata u zaglavlju `file.h`, i izgleda ovako:

```
// File: file.h
class KernelFile;
class File {
public:
    char write (BytesCnt, char* buffer);
    BytesCnt read (BytesCnt, char* buffer);
    char seek (BytesCnt);
    BytesCnt filePos();
    char eof ();
    BytesCnt getFileSize ();
    char truncate ();           /** opciono
    ~File();                   //zatvaranje fajla

private:
    friend class FS;
    friend class KernelFS;
    File (); //objekat fajla se moze kreirati samo otvaranjem
    KernelFile *myImpl;
};
```

Klasa `KernelFile` i podatak-član `myImpl` imaju isti smisao kao i kod niti, semafora i događaja u projektu iz OS1, tj. klasa `File` predstavlja samo omotač (*wrapper*) oko klase `KernelFile` i enkapsulira pozive svih njenih metoda.

Testovi

Javni testovi

Javni test-program služi da pomogne studentima da istestiraju svoj projekat. Ovi testovi neće obavezno pokriti sve funkcionalnosti koje projekat treba da ima, ali će istestirati većinu tih funkcionalnosti. Da bi se projekat uopšte odbranio, neophodno je da projekat sa javnim testom radi u potpunosti ispravno. Studentima se preporučuje da pored javnog testa naprave i svoje testove koji će im pomoći da što bolje istestiraju svoj projekat.

Tajni testovi

Tajni testovi detaljnije testiraju sve zahtevane funkcionalnosti u različitim regularnim i neregularnim situacijama (greške u pozivu ili radu uređaja), i nisu unapred dostupni studentima.

Testovi performansi

Testovi performansi mere vreme izvršavanja pojedinačnih operacija. Ovi testovi nisu obavezni, i mogu, ali ne moraju, doneti dodatne bodove u prvom ispitnom roku posle nastave za do 10 najboljih radova odbranijenih pre roka.

Zaključak

Potrebno je realizovati opisane podsisteme prema datim zahtevima na jeziku C++. Kao integrisano okruženje za razvoj programa (engl. *integrated development environment*, IDE) zahteva se Microsoft Visual Studio 2013 radi kompatibilnosti sa testovima (izvršni kod prevesti pod opcijom *Debug Win32*). Testiranje se vrši u laboratorijama katedre na računarima pod operativnim sistemom Windows 7 x64.

Pravila za predaju projekta

Projekat se predaje isključivo kao jedna zip arhiva. Sadržaj arhive podeliti u dva foldera: *src* i *h*. U prvom folderu (*src*) treba da budu smešteni svi *.cpp* fajlovi koji su rezultat izrade projekta, a u drugom folderu (*h*) treba da budu svi *.h* fajlovi koji su rezultat izrade projekta. Opisani sadržaj ujedno treba da bude i jedini sadržaj arhive (arhiva ne sme sadržati ni izvršne fajlove, ni biblioteke, ni *.cpp* i *.h* fajlove koji predstavljaju bilo kakve testove, niti bilo šta što iznad nije opisano). Projekat je moguće upload-ovati više puta, ali do trenutka koji će preko e-mail liste biti objavljen za svaki ispitni rok i koji će uvek biti pre ispita. Na serveru uvek ostaje samo poslednja predata verzija i ona će se koristiti na odbrani. Za izlazak na ispit neophodno je predati projekat (prijava ispita i položeni kolokvijumi su takođe preduslovi za izlazak na ispit). Nakon isteka roka za predaju projektni zadaci se brišu sa servera, pa u slučaju ponovnog izlaska na ispit potrebno je ponovo postaviti ažurnu verziju projektnog zadataka.

Sajt za predaju projekta je <http://rti.etf.rs/rti/os/os2/index.php>

Zapisnik revizija

Ovaj zapisnik sadrži spisak izmena i dopuna ovog dokumenta po verzijama.

Verzija 1.1

Strana	Izmena
6.	Izmenjen sadržaj prvih 16 bajtova, na početku nultog klastera, a pre početka sadržaja FAT tabele.
6.	Izbačena rečenica: ukoliko se neki ulaz ne koristi, u njemu je zapisana vrednost 0;