

Լաբորատոր աշխատանք 7

Հոսքեր (Threads)

Ինչպես և պրոցեսները, հոսքերը ինարավորություն են տալիս իրականացնել մի քանի գործողություններ մրցակցային կերպով: Մեկ պրոցեսը կարող է պարունակել մի քանի հոսք: Պրոցեսի բոլոր հոսքերը միմյանցից անկախ կատարում են միևնույն ծրագիրը և կիսում են գլոբալ հիշողության միևնույն տարածքը:

Հոսքի ստեղծումը

Նոր հոսքի ստեղծումն իրականացվում է `pthread_create()` ֆունկցիայի կիրառմամբ:

```
#include <pthread.h>

int pthread_create(
    pthread_t *thread,
    const pthread_attr_t *attr,
    void *(*start)(void *),
    void *arg
);
```

Նոր հոսքը սկսում է կատարվել `start` ֆունկցիայով, որին փոխանցվում է `arg` արգումենտը՝ `start(arg)`: Այն հոսքը, որից տեղի է ունեցել `pthread_create()` կանչը, շարունակում է աշխատանքը՝ կատարելով հաջորդ հրամանը: Ֆունկցիայի մյուս 2 արգումենտներն ունեն հետևյալ նշանակությունը.

- **thread** արգումենտը `pthread_t` տիպի ցուցիչ է, որի մեջ պատճենվում է հոսքի id-ն: Այն կարող է օգտագործվել հետագա կանչերի ընթացքում:
- **attr** արգումենտը `pthread_attr_t` տիպի ցուցիչ է, որը սահմանում է ստեղծվող հոսքի տարրեր ատրիբուտներ: Եթե `attr` արգումենտը սահմանվում է որպես `NULL`, ապա հոսքը ստեղծվում է ատրիբուտների լրեյայն արժեքներով:

Հոսքն ավարտում է աշխատանքը, եթե `start` ֆունկցիան իրականացնում է `return` հրամանը կամ կանչում է `pthread_exit()` ֆունկցիան:

```
#include <pthread.h>
void pthread_exit(void *retval);

retval արգումենտը սահմանում է հոսքի վերադարձվող արժեքը:
```

Ավարտված հոսքի հետ միավորում

pthread_join() ֆունկցիան սպասում է thread ID-ով սահմանված հոսքի ավարտին: Եթե հոսքն արդեն ավարտվել է, ապա ֆունկցիան անմիջապես ավարտվում է: Այս գործողությունն անվանում են միավորում:

```
#include <pthread.h>
int pthread_join(pthread_t thread, void **retval);
```

Եթե *retval*-ը ոչ *NULL* ցուցիչ է, ապա այն ստանում է ավարտված հոսքի վերադարձվող արժեքը, այսինքն՝ այն արժեքը, որը սահմանվել է, եթե հոսքը արժեք է վերադարձրել կամ կանչել է *pthread_exit()*:

Simple_thread ծրագիրը

simple_thread ծրագիրը գիշավոր հոսքում (main() ֆունկցիայիում) *pthread_create()* ֆունկցիայի կիրառմամբ ստեղծում է նոր հոսք: Նոր ստեղծված հոսքն աշխատանքը սկսում է **threadFunc** ֆունկցիայից, որին որպես արգումենտ փոխանցվում է "Hello world" տողը: Այն պարզապես տպում է որպես արգումենտ փոխանցված տողը և վերադարձնում է այդ տողի երկարությունը:

Գիշավոր հոսքից իրականացվում է նոր ստեղծված հոսքի միավորում՝ *pthread_join()* ֆունկցիայի կիրառմամբ: Դա նշանակում է, որ այդ կետում գիշավոր հոսքի աշխատանքն արգելափակվում է այնքան ժամանակ, մինչև մյուս հոսքն ավարտի աշխատանքը: *pthread_join()* կանչի արդյունքում գիշավոր հոսքը ստանում է երկրորդ հոսքի վերադրած արժեքը և արտածում այն:

Ծրագիրը կատարելու համար անհրաժեշտ քայլերն են.

- Ստեղծել ծրագրի կատարվող ֆայլը.
gcc simple_thread.c -pthread -o simple
- Կատարել ծրագիրը.
./simple

Check_thread ծրագիրը

Check_thread ծրագրում ներկայացվում է **pthread_equal()** և **pthread_self()** ֆունկցիաների կիրառումը: **pthread_equal()** ֆունկցիան հնարավորություն է տալիս ստուգել թե արդյոք 2 հոսքերի ID-ները նույն են: **pthread_self()** ֆունկցիան վերադարձնում է տվյալ հոսքի id-ն: **pthread_equal()** ֆունկցիան անհրաժեշտ է, քանի որ *pthread_t* տվյալների տիպը պետք է դիտարկվի որպես տվյալների անթափանց տիպ (opaque data type): Այսինքն՝ անհրաժեշտ է խուսափել այդ տվյալների հետ ուղղակի աշխատանքից (օրինակ՝ *t1 == pthread_self()*) և կիրառել Pthreads API-ի տրամադրած ֆունկցիաները:

Ծրագիրը կատարելու համար անհրաժեշտ քայլերն են.

- Ստեղծել ծրագրի կատարվող ֆայլը.
gcc check_thread.c -pthread -o check
- Կատարել ծրագիրը.
./check

Detached_thread ծրագիրը

detached_thread ծրագրում ներկայացվում է անջատված (detached) հոսքի ստեղծումը: Անջատված անվանում են այն հոսքը, որն ավարտվելիս ավտոմատ կերպով հեռացվում է հիշողությունից՝ առանց pthread_join() կանչի: Հոսքը կարելի է նշել որպես անջատված՝ կանչելով pthread_detach() ֆունկցիան:

```
#include <pthread.h>
int pthread_detach(pthread_t thread);
```

Հոսքը կարող է ինքն իրեն անջատել հետևյալ կերպով:
pthread_detach(pthread_self());

Հոսքը կարելի է նշել որպես անջատված նաև ստեղծման պահին, այլ ոչ հաջորդիվ pthread_detach() կանչի միջոցով: Դա կատարվում է հերթի ատրիբուտների ստրուկտուրայի վրա pthread_attr_setdetachstate() ֆունկցիայի կիրառմամբ:

Ծրագիրը կատարելու համար անհրաժեշտ քայլերն են.

- Ստեղծել ծրագրի կատարվող ֆայլը.
gcc detached_thread.c -pthread -o detached
- Կատարել ծրագիրը.
./detached

Հոսքերի սինխրոնացում

Thread_incr և thread_increment_mutex ծրագրերը

thread_incr ծրագիրը ստեղծում է 2 հոսք, որոնցից յուրաքանչյուրը կատարում է նույն ֆունկցիան: Ֆունկցիան կատարում է ցիկլ որի ամեն խտրացիայում գլոբալ փոփոխականի արժեքը մեծացնելում է 1-ով: Խտրացիաների քանակը որոշվում է հրամանային տողի արգումենտով: Եթե հրամանային տողից արգումենտ չի փոխանցվում, ապա կիրառվում է լրեյալ արժեք (10.000.000): Վերջում գլխավոր հոսքը արտաձում է գլոբալ փոփոխականի արժեքը:

Ծրագիրը կատարելու համար անհրաժեշտ քայլերն են.

- Ստեղծել ծրագրի կատարվող ֆայլը.
`gcc thread_increment.c -pthread -o increment`
- Կատարել ծրագիրը.
`./increment`

Եթե ծրագիրը կատարենք 1000 իտերացիայի համար, ապա սպասվող վերջնարդունքը կլինի 2000, ինչը և արտածվում է ծրագրի կողմից:

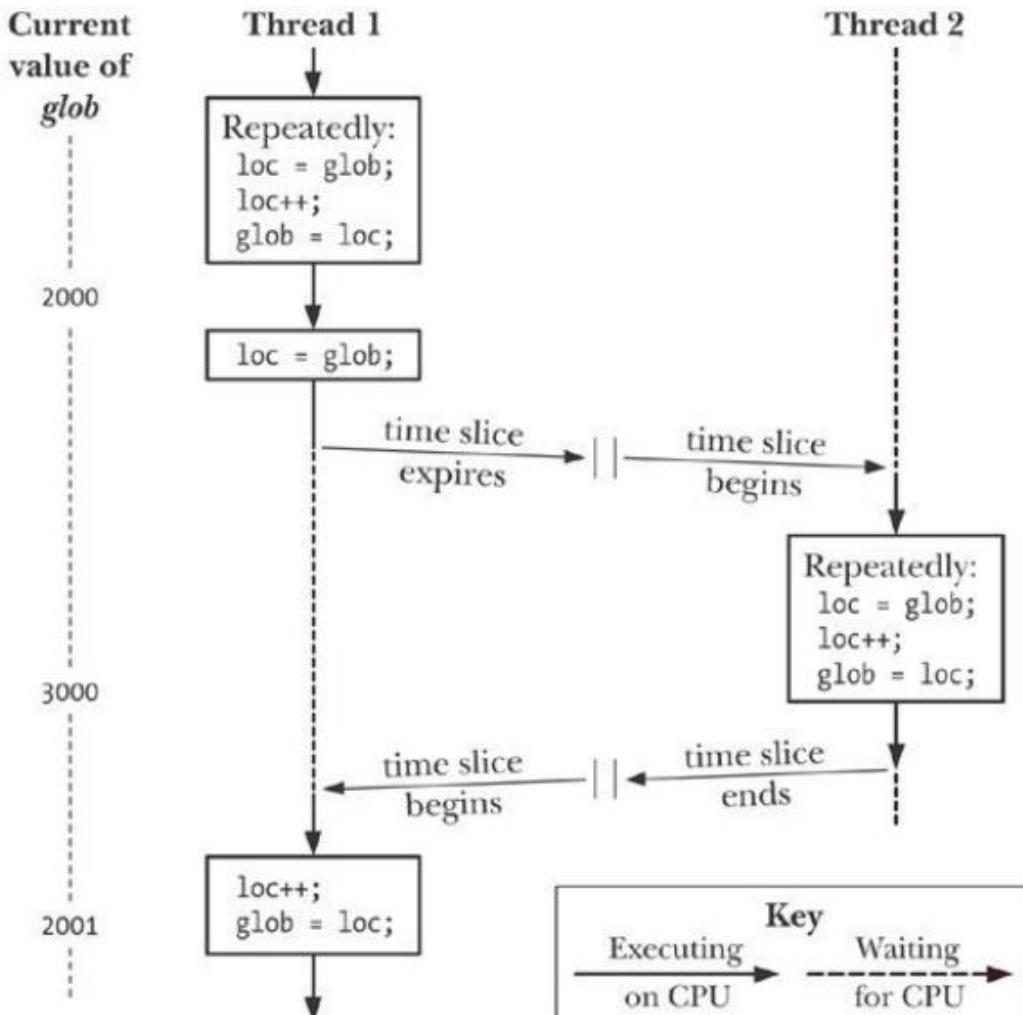
`./thread_increment 1000`

`glob = 2000`

10.000.000 իտերացիայի դեպքում սպասվող արժեքը կլինի 20.000.000, սակայն այս դեպքում ծրագիրն արտածում է անկանխատեսելի արժեքներ.

`./thread_increment`

`glob = 10971837`



Նկ. 1 Գլոբալ փոփոխականի արժեքը մեծացնող 2 հոսքեր,
որոնք չեն սինխրոնացվում

Այս իրավիճակից խուսափելու նպատակով անհրաժեշտ է կիրառել հոսքերի սինխրոնացման մեխանիզմ՝ մյուլտեքս (MUTEX – MUTual EXclusion): Մյուլտեքսները հնարավորություն են տալիս համաձայնեցնել ընդհանուր ռեսուրսի օգտագործումն այնպես, որ մի հոսքը չփորձի կարդալ / փոփոխել ընդհանուր փոփոխականն այն պահին, եթե մյուլտեքսը փոփոխում / կարդում է այն:

Մյուլտեքսը `pthread_mutex_t` տիպի փոփոխական է: Միևնույն օգտագործելը, այն միշտ պետք է սկզբնավորել.

```
pthread_mutex_t mtx = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;
```

Սկզբնավորումից հետո մյուլտեքսը ազատ վիճակում է: Չբաղեցնելու և ազատելու համար կիրառվում են `pthread_mutex_lock()` և `pthread_mutex_unlock()` ֆունկցիաները:

`thread_increment_mutex` ծրագրում ներկայացված է `thread_increment` ծրագրի նոր տարրերակը, որում գլոբալ փոփոխականի հետ աշխատանքի ժամանակ կիրառվում է մյուլտեքս:

Ծրագիրը կատարելու համար անհրաժեշտ քայլերն են.

- Ստեղծել ծրագրի կատարվող ֆայլը.
`gcc thread_increment_mutex.c -pthread -o increment_mutex`
- Կատարել ծրագիրը.
`./increment_mutex`

Պայմանական փոփոխականներ, `thread_cond_variables` ծրագիրը

`Thread_cond_variables` ծրագրում գլխավոր հոսքը աշխատանքը շարունակելու համար սպասում է `available` փոփոխականի արժեքի ավելացմանը, ինչը տեղի է ունենում 2-րդ հոսքում: Դա նշանակում է, որ գլխավոր հոսքը պետք է սպասի 2-րդ հոսքի ավարտին՝ կանչելով `pthread_join()` ֆունկցիան: 2-րդ հոսքը `available` փոփոխականի արժեքն ավելացնելուց հետո դեռ 2 վայրկյան աշխատում է: Գլխավոր հոսքն իր հերթին սպասման վիճակից դուրս գալուց հետո աշխատում է 3 վայրկյան:

Ծրագիրը կատարելու համար անհրաժեշտ քայլերն են.

- Ստեղծել ծրագրի կատարվող ֆայլը.
`gcc thread_cond_variables.c -pthread -o cond_variables`
- Կատարել ծրագիրը.
`./cond_variables`

Ստացվում է, որ ծրագրի ընդհանուր աշխատանքի ժամանակը 5 վայրկյան է, մինչդեռ գլխավոր հոսքը 2 վայրկյան վատնում է՝ սպասելով 2-րդ հոսքի ավարտին: Այս դեպքում օգտակար կլիներ կիրառել ազդանշան ուղարկելու / ստանալու որևէ մեխանիզմ, այնպես, որ 2-րդ հոսքում `available` փոփոխականի ավելացումից անմիջապես հետո

ազդանշան ուղարկվեր գլխավոր հոսքին՝ հաղորդելով փոփոխության մասին, իսկ գլխավոր հոսքը սպասեր ազդանշան ստանալուն, այլ ոչ հոսքի աշխատանքի ավարտին։ Դա կատարվում է պայմանական փոփոխականների միջոցով։

Պայմանական փոփոխականը հոսքին հնարավորություն է տալիս մյուս հոսքերին տեղեկացնել ընդհանուր փոփոխականի արժեքի փոփոխության մասին, և թույլ է տալիս մյուս հոսքերին սպասել այդպիսի իրադարձության։

Պայմանական փոփոխականն ունի **pthread_cond_t** տիպը: `pthread_cond_signal()` և `pthread_cond_broadcast()` ֆունկցիաները հաղորդում են, որ `cond` փոփոխականի արժեքը փոխվել է: `pthread_cond_wait()` ֆունկցիան արգելափակում է հոսքը մինչև նոր ազդանշանի հայտնվելը։

Հոսքային լոկալ հիշողություն, elements ծրագիրը

Ֆունկցիան համարվում է անվտանգ (thread-safe), եթե այն միաժամանակ կարող է կանչվել տարբեր հոսքերի կողմից: `elements` ծրագրում կիրառվող `getElement()` ֆունկցիան (գունդում է `get_element.h` ֆայլում) անվտանգ չէ, քանի որ ֆունկցիան աշխատում է գլոբալ փոփոխականի հետ՝ առանց սինխրոնացման մեխանիզմ կիրառելու։ Ֆունկցիան կարելի է անվտանգ դարձնել՝ օգտագործելով հոսքային լոկալ հիշողություն։ Այդ նպատակով գլոբալ փոփոխականները հայտարարվում են **__thread** բանալի-բառի միջոցով։

Ծրագիրը կատարելու համար անհրաժեշտ քայլերն են.

- Ստեղծել ծրագրի կատարվող ֆայլը.
gcc -pthread -o elements elements.c
- Կատարել ծրագիրը.
./elements

Հոսքի չեղարկումը, thread_cancel ծրագիրը

Հոսքի չեղարկումն իրականացվում է `pthread_cancel()` ֆունկցիայի միջոցով: `thread_cancel` ծրագիրը ստեղծում է նոր հոսք, որը կատարում է անվերջ ցիկլ։ Ցիկլի իտերացիայում այն սպասում է 1 վայրկյան և տպում է հերթական արժեքը։ Քանի որ այս հոսքը երբեք չի հասնի `return` հրամանին, ապա այն ավարտելու միակ միջոցը չեղարկելն է։ Ծրագրի գլխավոր հոսքը սպասում է 3 վայրկյան և ուղարկում է չեղարկման հարցում։

Ծրագիրը կատարելու համար անհրաժեշտ քայլերն են.

- Ստեղծել ծրագրի կատարվող ֆայլը.
gcc -pthread -o thread_cancel thread_cancel.c
- Կատարել ծրագիրը.
./thread_cancel

Առաջադրանքներ.

1. Ստեղծել նոր հոսք և այդ հոսքին փոխանցել կամայական տող: Նոր ստեղծված հոսքից վերադարձնել ստացված տողի երկարությունը: Գլխավոր հոսքում տպել ավարտված հոսքից վերադարձված արժեքը:
2. Կատարել `check_thread` ծրագիրը: Բացատրել `pthread_equal()` ֆունկցիայի և `==` օպերատորի տարրերությունը:
3. Ստեղծել նոր հոսք և այն դարձնել անջատված (`detached`)՝ կիրառելով `pthread_detach()` ֆունկցիան:
4. Կատարել `thread_increment` ծրագիրը, բացատրել ստացված անսպասելի արդյունքը: Փոփոխել ծրագիրն այնպես, որ գլխավոր հոսքի կողմից ստեղծված առաջին հոսքն ավատի աշխատանքը, որից հետո միայն երկրորդ հոսքը սկսի աշխատել: Բացատրել տարրերությունը `thread_increment_mutex` ծրագրի հետ:
5. Կատարել `thread_cond_variables` ծրագիրը: Փոփոխել ծրագիրն այնպես, որ գլխավոր հոսքը սպասի երկրորդ հոսքի կողմից ուղարկված պայմանական փոփոխականի ազդանշանին, այլուս հոսքի ավարտին: Կրկին կատարել ծրագիրը և բացատրել ծրագրի կատարման ժամկետների տարրերությունը:
6. Կատարել `elements` ծրագիրը և բացատրել ցուցադրված հաղորդագրությունը: Ծրագիրը փոփոխել այնպես, որ այն օգտագործի հոսքային լոկալ հիշողություն և կրկին կատարել:
7. Կատարել `thread_cancel` ծրագիրը: Ծրագիրը փոփոխել այնպես, որ չեղարկման հարցում ստանալուց հետո հոսքը չչեղարկվի և շարունակի աշխատանքը:
8. Գրել ծրագիր, որը կստեղծի 2 հոսք: Ստեղծված առաջին հոսքին այն պետք է փոխանցի որպես հրամանային տողի արգումենտ ստացված թիվը: Առաջին հոսքը պետք է կրկնապատկի թիվը և վերադարձնի, որից հետո գլխավոր հոսքը այն պետք է փոխանցի 2-րդ հոսքին: 2-րդ հոսքը պետք է եռապատկի ստացված արժեքը և վերադարձնի: Գլխավոր հոսքում արտածել ստացված վերջնարդյունքը:
9. Գրել ծրագիր, որը գլոբալ `int data[10]` զանգվածը լրացնում է $[1,10]$ միջակայքի թվերով: Ընդ որում, ծրագրի գլխավոր հոսքը պետք է լրացնի միայն կենտ տարրերը: Զույգ տարրերը պետք է լրացվեն գլխավոր հոսքից ստեղծված նոր հոսքում: Հոսքերը պետք է աշխատեն մրցակցային կերպով: Վերջում արտածել լրացված զանգվածի տարրերը և համոզվել դրանց իսկության մեջ:
10. Գրել ծրագիր, որը կհաշվի տրված `data[10]` զանգվածի տարրերի գումարը: Ընդ որում, զանգվածի առաջին 5 տարրերի գումարը և վերջին 5 տարրերի գումարը պետք է հաշվել առանձին հոսքերում՝ մրցակցային կերպով: