



IT-Universitetet
i København

OBLIGATORISK OPGAVE # 2 I BOSC

Ooperativsystemer og C

Author:

Tom Mørk Christensen

Jonas Elbækgaard Jørgensen

ITU-mail:

TMCH@ITU.DK

JELB@ITU.DK

9. oktober 2014

Indhold

1 Delopgave 1	
– Multitrådet sum	2
1.1 Implementationen, overordnet set	2
1.2 De specifikke løsninger	2
1.2.1 Sum med multitråd	2
1.2.2 Sum af kvadratrods	2
1.2.3 Tidbesparelse ved multitrådsudregninger	3
1.3 Fejl og mangler	3
1.4 Test	3
2 Delopgave 2	
– Multitrådet FIFO buffer som kædet liste.	3
2.1 Implementationen, overordnet set	3
2.2 De specifikke løsninger	4
2.2.1 Tilføjelse af elementer	4
2.2.2 Fjernelse af elementer	4
2.2.3 Trådsiking	4
2.3 Fejl og mangler	5
2.4 Test	5
2.4.1 En anden tilgang til test	6
3 Delopgave 3	
– Producer-Consumer med bounded buffer.	6
3.1 Implementationen, overordnet set	7
3.2 De specifikke løsninger	7
3.2.1 Producenter	7
3.2.2 Forbrugere	7
3.2.3 Tælle semafore	7
3.3 Fejl og mangler	7
3.4 Test	7
4 Delopgave 3	
– Producer-Consumer med bounded buffer.	9
4.1 Implementationen, overordnet set	9
4.2 De specifikke løsninger	9
4.3 Fejl og mangler	9
4.4 Test	9

1 Delopgave 1

– Multitrådet sum

Formålet med denne delopgave er at vise, at vi kan anvende (multiple) tråde til at foretage parallelle operationer, og på den måde udnytte multikerne hardware til at udføre beregningsopgaver hurtigere.

1.1 Implementationen, overordnet set

Med udgangspunkt i den udleverede kode (Silberschatz s.171) har vi konstrueret et program som kan beregne sumfunktionen (Jonas, du er så ferm til TEX, kan vi ikke smide det matematiske udtryk ind her?).

Programmet tager 2 parametre: N (øvre grænse for summeringen) og t (antal tråde programmet skal starte).

Vi benytter en *struct Sumjob* til at sende parametre til trådene.

Programmet udskriver resultatet til terminalen efter alle beregninger er foretaget.

1.2 De specifikke løsninger

I første omgang er det værd at nævne, at ændringerne til den udleverede kode har betydet, at kontrol programmet foretager af input også skulle ændres. Da programmet tager en ekstra parameter, og at denne parameter skal være et positivt heltal er reflekteret med en ekstra *if*-statement og en ændring *if*t. *check* af antal parametre.

1.2.1 Sum med multitråd

Da brugeren angiver antallet af tråde som inputparameter til programmet, er det nødvendigt at allokere hukommelse til trådenes id (*pthread_t*). Det er ligeledes nødvendigt at allokere hukommelse til de *Sumjob* trådene starter. Både vores *pthread_t* og *Sumjob* oprettes i arrays. Der beregnes desuden det interval af heltal, som hver tråd skal summere.

Ved at iterere (i en for-løkke) igennem vore *Sumjob* sætter vi (baseret på intervallet) det første og sidste heltal som skal summeres af hver tråd, hvorefter vi starter metoden *runner* i tråden med *Sumjob*'et som parameter.

Herefter starter vi en ny for-løkke, hvori vi kalder *pthread_join* for hver tråd-id, hvormed vi afventer trådene bliver færdige. Til sidst frigiver vi (for en god ordens skyld) hukommelsen allokeret til tråde og jobs. Til sidst printer vi resultatet til terminalen.

1.2.2 Sum af kvadratrods

For at beregne summen af kvadratrods *sumsqrt* er det nødvendigt at regne i flydende tal i stedet for heltal. Det betyder dog ingen forskel for trådene som sådan: metoden *runner* som foretager summeringen arbejder med de samme input (intervallet), men benytter nu matematikbiblioteket *math.h* til at beregne den flydende talværdi af kvadratrods af heltallet. Der itereres igennem en for-løkke, kvadratrods beregnes og værdien summeres i en lokal variabel.

Når denne iteration er færdig, lægges resultatet til en variabel defineret i *main*metoden, hvorefter tråden *exit*'er.

1.2.3 Tidbesparelse ved multitrådsudregninger

For at påvise, at programmer som dette kan drage fordel af at benytte flere kerner, har vi gjort følgende forsøg:

Ved at lade programmet beregne summen af $N = 100.000.000$ og et varierende antal tråde, kan vi se en tydelig forskel. Med 1 tråde tog summeringen ca. 8,4 sekunder realtid men med 2 tråde tog den kun 4.2 sekunder. Med 3 tråde 2,9 sekunder... og med 4 tråde ligeledes 2,9 sekunder. Dette skyldes, at den maskine vi testede programmet på kun havde mulighed for at afsætte 3 kerne til den virtuelle maskine, så det giver god mening at vi ikke fik mere ud af at benytte flere tråde end vi havde fysiske kerner.

Tests med flere end 4 kerne gav da også det samme resultat: ingen forbedring på køretiden.

Det skal siges, at vi beregningstiden lå på ca. 8,4 sekunder under alle tests, hvilket også stemmer overens med vores forventninger, i det den faktiske beregningstid ikke er gået ned: den er blot spredt ud over flere kerne. (link til appendix)

1.3 Fejl og mangler

Var der fejl og mangler? Ikke hvad jeg lige kan komme på.

Vi kunne evt. skrive, at vi IKKE har antaget at N/t gav et heltal?

1.4 Test

Vi testede programmet i stadier for løbende at sikre at alt fungere som det skulle. Vi foretog derfor test efter vi mente vi havde vores multitråds implementation med heltal på plads, og igen efter vi havde implementationen med kvadratrodssummering.

Tests af programmet blev udført ved at først benytte talsæt vi let kunne kontrollere: f.eks. skulle $N = 10$ give et resultat på 55 (ved helttals summering). Ved at benytte flere eller færre tråde, og lægge til eller trække fra N var det let at påvise hvornår programmet fungerede.

Det samme gjorde sig gældende for kvadratsrods summeringen, dog med andre tal. F.eks. giver $N = 9$ ca. 19,306, mens $N = 8$ må give et resultat præcis 3 mindre.

I kombination med tidstagnung af store regneopgave (som tidligere nævnt) samt printlines i *runner* funktionen var det muligt at demonstrere, at der blev oprettet multiple tråde, og at programmet benyttede dem til at foretage beregningerne.

2 Delopgave 2

– Multitrådet FIFO buffer som kædet liste.

Denne delopgave har til formål at vise, at vi har forståelse for hvordan hægtedelister fungere samt hvordan disse kan implementeres i C. Udover at demonstrere vores forståelse for hægtedelister tjener opgaven det formål at demonstrere hvordan nogle af risiciene ved flertrådet systemer kan forebygges.

2.1 Implementationen, overordnet set

Implementationen af vores løsning til denne delopgave begrænser sig til klassen `list.c`. I forbindelse med test af vores implementation har vi også ændret filen `main.c`, hvor vi har

introduceret to nye funktioner `test()` og `add(void *param)`. Vi vil beskrive implementationen af disse funktioner samt deres formål i afsnit 2.4 på side 5.

I `list.c` kan vores implementation splittes i tre dele.

1. Tilføjelse af elementer til listen. Implementationen af denne funktionalitet begrænser sig til funktionen `list.add(List *l, Node *n)` og har til formål at hægte det nye element `n` bagerst på listen.
2. Fjernelse af elementer fra listen. Implementationen af denne funktionalitet begrænser sig til funktionen `list.remove(List *l)` og har til formål at fjerne og returnere de foreste element i den hængte liste.
3. Trådsikring af listen, ved hjælp af gensidig udelukkelse. I modsætning til de to foregående dele er denne del spredt over flere af implementationens funktioner. Dette skyldes at mutexen skal oprettes sammen med listen, men låses og frigives i forbindelse med metodekald.

2.2 De specifikke løsninger

2.2.1 Tilføjelse af elementer

For at tilføje et element til en liste skal vi bruge en pointer til både listen og til det element som skal hægtes på listen. Når et element tilføjes til en liste hægtes dette på listens bagerste element således at de ældste elementer altid ligger tættest på listens start. I vores implementation ændre vi listens bagerste element således at det peger på det nye element. Her efter undersøger vi om den knude der tilføjes til listen indgår i en sekvens af hængte knuder. Er dette tilfældet traversere vi listen af knuder igennem indtil vi når det sidste element. Når vi har nået det sidste element ændre vi den hængte listes `last` pointer således at denne nu også peger på det nye slut element. Herefter opdatere vi listens længde med antallet af nye elementer.

2.2.2 Fjernelse af elementer

Ved fjernelse af elementer starter vi med at gennem den hængte listes `rod` element til en variabel for at simplificere arbejds processen. Da roden ikke må fjernes tjekker vi om `next` pointeren på roden peger på en værdi. Er dette tilfældet ændres rodens `next` pointer så den peger på det element der ligger efter elementet der skal fjernes, hvorefter længden reduceres med en og det fjernede element returneres. Peger rodens `next` pointer ikke på en værdi er listen tom og værdien `NULL` returneres.

2.2.3 Trådsikring

For at introducere trådsikring til vores program har vi gjort brug af én `mutex`. Mutexen har til formål at sikre at kun en tråd kan eksekvere en given kommando ad gangen. Dette fungerer ved at den tråd der kun den tråd der i en given situation har låst mutexen kan eksekvere den efterfølgende kode, mens andre tråder der ønsker at eksekvere den samme kode, eller eksekvere anden kode, som også er beskyttet af mutexen, bliver holdt tilbage indtil låsen på mutexen fjernes og en ny tråd kan låse den.

I vores implementation har vi gjort brug af én `mutex` som bliver brugt både når tråde ønsker at tilføje eller fjerne et element fra listen. Det gør sig gældende for både `list.add` og `list.remove` funktionen at når en tråd træder ind i funktionen skal den låse mutexen før end at den får lov at tilføje eller fjerne noget, og tilsvarende frigive mutexen når operationen er udført. Dette betyder at hvis en anden tråd er i gang med at redigere listen, må tråden

vente på at mutexen bliver frigivet før den kan udføre sine ændringer på listen.

Mutexen bliver oprette sammen med listen.

2.3 Fejl og mangler

Selvom at vi i vores implementation gør brug af mutex til at sikre at tråde ikke tilgår listens elementer samtidigt, og at brugen af kun én mutex skulle forhindre eventuelle deadlocks i at opstå er der stadig en måde hvorpå vores system ville gå i knæ. Hvis en bruger tilføjet en sekvens af knuder som danner en løkke vil vores implementation træde ind i en uendelig løkke da den ved indsættelse af nye elementer læder efter det sidste element i rækken af elementer.

Vi har gjort os nogle overvejelser om hvordan denne situation kunne afværges og er fundet frem til at den bedste løsning ville være at gemme det foreste af de nye elementer til en variabel og så tjekke at ingen af de efterfølgende elementer peger tilbage på dette element. Denne løsning til sikre at en liste hvor bagerste element tilbage på det forreste ville blive opdaget, men samtidig udelukker det ikke situationer hvor fx bagerste element peger tilbage på det andet element i listen. Den eneste måde hvorpå vi har kunnet se at det er muligt at afvære en sådan situation, hvor et element peger tilbage på et tidligere, er ved at gemme alle nye elementer til variabler og sikre at ingen af disse bliver peget på senere i listen. Vi har valgt ikke at give os i kast med at implementere en sådan løsning da det ikke virker til at være opgavens primære mål, men det er bestemt en situation der er værd at overveje hvis programmet skal anvendes i større stil.

En anden ting som fangede vores opmærksomhed under implementationen af denne opgave var muligheden for at gøre brug af 2 mutex objekter. Så længer at den hægtede liste ikke er tom der er i og forsig ikke noget i vejen for at en process tilføjer et element mens en anden fjerner et element da de arbejder på hver sin del af listen og derfor ikke skal bruge de samme objekter. Den eneste situation hvor dette ikke er tilfældet er hvis listen er tom eller kun holder et element, da begge processer i såfald ville arbejde på listens rod og derved risikere at forsage en race-condition. En tilgang til dette kunne være kun at låse `list_add` og `list_remove` enkeltvis så længe at listen holder to eller flere elementer, men låse begge funktioner hvis listen er tom eller kun holder et element.

2.4 Test

For at teste at vores implementation kan anvendes af flertrådet programmer har vi skrevet en test funktion i `main.c`. Funktionene opretter to tråde som begge har tilopgave tilføje ti elementer til listen. For at sikre at begge tråde forsøger at tilgå listen samtidig har til tilføjet et kald til funktionen `sleep(1)` som får den aktuelle tråd til at sove i et sekund.

For at kontrollere at trådene ikke har overskrevet hinandens ændringer afsluttes funktionen med at printe alle elementerne i den hægtede liste til terminalen. Af figur 3 ses det at alle 20 elementer er blevet tilføjet til listen, og at trådene på skift har haft adgang til listen.

```
jonas@jonas-Parallels-Virtual-Platform: ~/Dokumenter/BOSC/oo2/list
jonas@jonas-Parallels-Virtual-Platform:~/Dokumenter/BOSC/oo2/list$ ./fifo
added: thread 0
added: thread 1
added: thread 1
added: thread 0
added: thread 1
added: thread 1
added: thread 1
added: thread 0
added: thread 0
added: thread 1
added: thread 0
added: thread 0
added: thread 1
added: thread 1
added: thread 1
added: thread 0
added: thread 0
added: thread 0
added: thread 0
Removed: thread 0
Removed: thread 1
Removed: thread 1
Removed: thread 0
Removed: thread 1
Removed: thread 1
Removed: thread 1
Removed: thread 1
Removed: thread 0
Removed: thread 0
Removed: thread 1
Removed: thread 0
Removed: thread 0
Removed: thread 1
Removed: thread 1
Removed: thread 1
Removed: thread 0
Removed: thread 0
Removed: thread 0
Removed: thread 0
jonas@jonas-Parallels-Virtual-Platform:~/Dokumenter/BOSC/oo2/list$
```

Figur 1: Udskrift af test resultat til terminalen.

2.4.1 En anden tilgang til test

En anden mulig måde at teste hvorvidt vores hægtedelliste understøtter at flere tråde forsøger at tilgå den er ved brugen af funktionskaldet `pthread_mutex_trylock()` som returnere en fejlmeddelelse hvis den givne mutex allerede låst. På denne måde kan man få de enkelte tråde til at printe en besked til terminalen når de er tvunget til at vente på at låsen på mutexen bliver frigivet.

3 Delopgave 3

– Producer-Consumer med bounded buffer.

Formålet med denne delopgave er at demonstrer vores vores kenskab til tælle-semafore samt deres anvendelse i praksis. Opgaver bassere sig på et producent/forbruger system, hvor en gruppe producenter generere en række produkter som en gruppe forbrugere benytter.

Løsningen til denne delopgave er implementeret i filen `002_3.c` og gør brug af implementation af den hægtede liste fra delopgave 2, se afsnit 2 side 3.

3.1 Implementationen, overordnet set

Implementationen basere sig på at en gruppe producent-tråde, af typen `pthread_t`, oprettes sammen med en gruppe forbruger-tråde. Når producent-trådene er oprette begynder de hver især at producere elementer og tilføje disse til en fælles buffer. Bufferen er en hægtet liste fra delopgave 2, som forbruger-trådene læser elementer ud af, efterhånden som de bliver produceret. Gruppernes størrelse, bufferens kapacitet samt mængden af elementer der skal produceres er baseret på brugerinput, som gives med når programmet startes.

For at sikre at trådene ikke foresager **race-conditions** gør vi brug af en række binære tælle semafore, som har tilformål at låse forskellige data felter således at kun en tråd kan have adgang til dette ad gangen. Derudover bruger vi også tælle semafore til sikre at bufferens kapacitet ikke overskrides.

Når det angivne antal produkter er produceret og et tilsvarende antal er forbrugt af forbruger-trådene skriver programmet en status meddelelse til terminalen, hvorefter programmet terminere.

3.2 De specifikke løsninger

3.2.1 Producenter

3.2.2 Forbrugere

3.2.3 Tælle semafore

3.3 Fejl og mangler

Hvis programmet startes med mindre end de fire krævede argumenter vil det terminere med en segmentfejl. Dette er hverken en særlig køn eller bruger venlig løsning da en bruger, som ikke kender systemet hurtigt vil kunne få en opfattelse af at det ikke virker efter hensigten. Her ville det have klædt programmet at det var implementeret således at hvis der blev givet for få eller for mange parameter med ved opstarte ville systemet printe en besked til brugeren of eventuelt bede om at få specificeret input parameterne.

3.4 Test

For at teste at programmet virker som forventet har vi kørt den en række gange med forskellige input.

Store input: En af de måder hvorpå vi har testet systemet er ved at sætte det til at producere en stor mængde prduktur og kontrolleret at systemet ikke fejler over tid.

Flest producenter: Vi har også test systemet ved at køre de med indstillinger hvor der har været væsentligt flere prducenter end forbrugere og omvendt. Ved disse test har vi haft fokus på at bufferens kapacitet ikke overskrides samt at den type tråde som er i overtal ikke begynder at lukke ned før end at alle elementer er produceret/forbrugt.

For mange producenter: En tredje måde vi har test systemet på er ved at lave flere producenter end der skulle gennereres elementer. Her har vores fokus været at der kun blev genereret det antal elementer der skulle produceres og at de overflødige producenter ikke producerer noget.

Negative input: Den sidste måde hvorpå vi har teste vores system er ved at angive negative værdier. Her har formålet været at sikre at systemet håndtere dårlige bruger input som forventet.


```
jonas@jonas-Parallels-Virtual-Platform: ~/Dokumenter/BOSC/oo2
jonas@jonas-Parallels-Virtual-Platform:~/Dokumenter/BOSC/oo2$ ./procon 2 3 4 10
You have requested:
  2 producers producing a total of    10 items.
  3 consumers and a buffer containing up to    4 elements
Producer  0 produced   Item_0. Items in buffer:    1 (out of    4)
Consumer  2 consumed   Item_0. Items in buffer:    0 (out of    4)
Producer  1 produced   Item_1. Items in buffer:    1 (out of    4)
Consumer  1 consumed   Item_1. Items in buffer:    0 (out of    4)
Producer  1 produced   Item_2. Items in buffer:    1 (out of    4)
Consumer  1 consumed   Item_2. Items in buffer:    0 (out of    4)
Producer  1 produced   Item_3. Items in buffer:    1 (out of    4)
Consumer  0 consumed   Item_3. Items in buffer:    0 (out of    4)
Producer  0 produced   Item_4. Items in buffer:    1 (out of    4)
Consumer  2 consumed   Item_4. Items in buffer:    0 (out of    4)
Producer  1 produced   Item_5. Items in buffer:    1 (out of    4)
Consumer  0 consumed   Item_5. Items in buffer:    0 (out of    4)
Producer  0 produced   Item_6. Items in buffer:    1 (out of    4)
Consumer  2 consumed   Item_6. Items in buffer:    0 (out of    4)
Producer  1 produced   Item_7. Items in buffer:    1 (out of    4)
Consumer  2 consumed   Item_7. Items in buffer:    0 (out of    4)
Producer  0 produced   Item_8. Items in buffer:    1 (out of    4)
Consumer  1 consumed   Item_8. Items in buffer:    0 (out of    4)
Producer  1 produced   Item_9. Items in buffer:    1 (out of    4)
Consumer  0 consumed   Item_9. Items in buffer:    0 (out of    4)

Result:
  10 items has been produced.
  10 items has been consumed.
  0 elements are left in buffer.
jonas@jonas-Parallels-Virtual-Platform:~/Dokumenter/BOSC/oo2$
```

Figur 2: Udskrift af eksekvering med 2 producenter, 3 forbrugere, buffer kapacitet på 4 og et total antal elementer på 10.

4 Delopgave 3

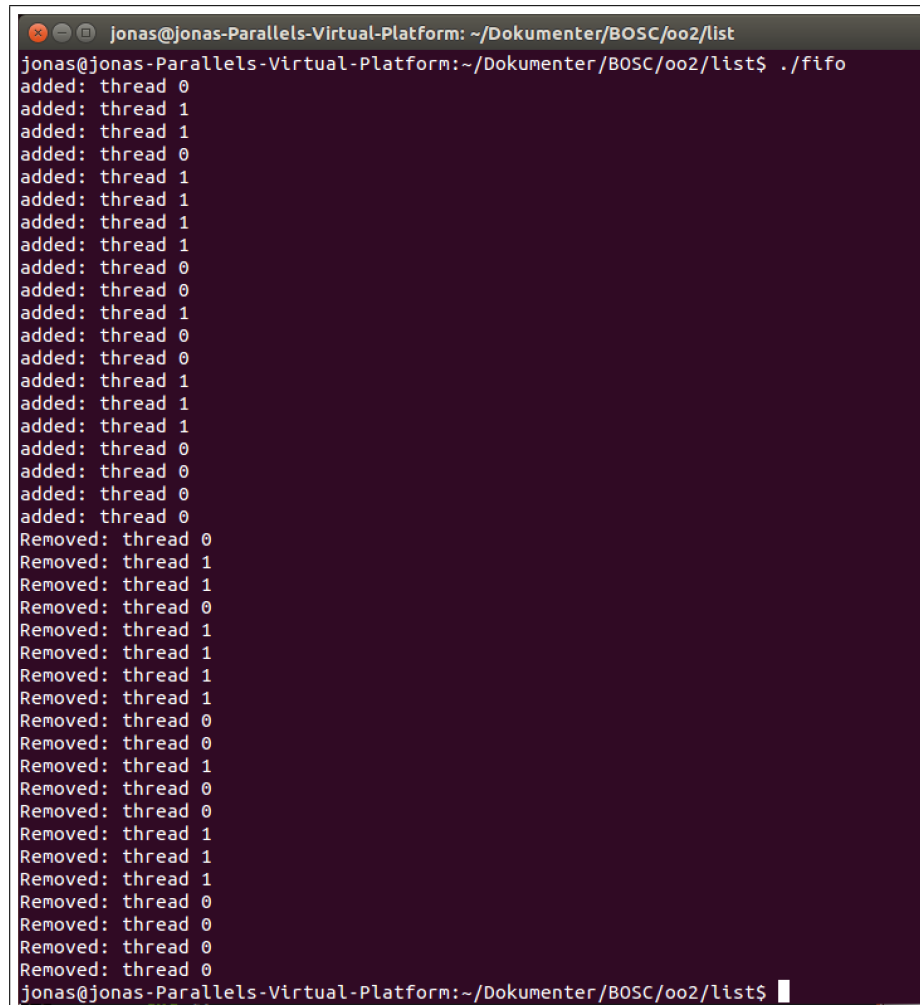
– Producer-Consumer med bounded buffer.

4.1 Implementationen, overordnet set

4.2 De specifikke løsninger

4.3 Fejl og mangler

4.4 Test



```
jonas@jonas-Parallels-Virtual-Platform: ~/Dokumenter/BOSC/oo2/list
jonas@jonas-Parallels-Virtual-Platform:~/Dokumenter/BOSC/oo2/list$ ./fifo
added: thread 0
added: thread 1
added: thread 1
added: thread 0
added: thread 1
added: thread 1
added: thread 1
added: thread 1
added: thread 0
added: thread 0
added: thread 1
added: thread 0
added: thread 0
added: thread 1
added: thread 1
added: thread 1
added: thread 0
added: thread 0
added: thread 0
added: thread 0
Removed: thread 0
Removed: thread 1
Removed: thread 1
Removed: thread 0
Removed: thread 1
Removed: thread 1
Removed: thread 1
Removed: thread 1
Removed: thread 0
Removed: thread 0
Removed: thread 1
Removed: thread 0
Removed: thread 0
Removed: thread 0
Removed: thread 1
Removed: thread 1
Removed: thread 1
Removed: thread 0
Removed: thread 0
Removed: thread 0
Removed: thread 0
jonas@jonas-Parallels-Virtual-Platform:~/Dokumenter/BOSC/oo2/list$
```

Figur 3: Udskrift af test resultat til terminalen.