

Script generated by TTT

Title: Seidl: Info2 (09.02.2018)

Date: Fri Feb 09 08:34:09 CET 2018

Duration: 85:54 min

Pages: 29

Sobald ein Thread sein Senden erfolgreich beendete (d.h. der andere auf ein `receive`-Event synchronisierte), muss noch der zweite Wert übermittelt werden.

Mit dem ersten Wert übertragen wir deshalb einen Kanal für den zweiten Wert:

```
module Swap =
struct open Thread open Event
  type 'a swap = ('a * 'a channel) channel
  let new_swap () = new_channel ()
  ...
```

Beispiel: Ein Swap-Channel

Ein Swap-Channel soll beim Rendezvous die Werte der beiden beteiligten Threads austauschen. Die Signatur lautet:

```
module type Swap = sig
  type 'a swap
  val new_swap : unit -> 'a swap
  val swap : 'a swap -> 'a -> 'a event
end
```

Jeder beteiligte Thread muss in einer Implementierung mit normalen Kanälen sowohl die Möglichkeit zu empfangen wie zu senden anbieten.

```
...
let swap ch x = let c = new_channel ()
  in choose [
    wrap (receive ch) (fun (y,c) ->
      sync (send c x); y);
    wrap (send ch (x,c)) (fun () ->
      sync (receive c))
  ]
```

Einen konkreten Austausch können wir implementieren, indem wir `choose` in `select` umwandeln.

```

...
let swap ch x = let c = new_channel ()
  in choose [
    wrap (receive ch) (fun (y,c) ->
      sync (send c x); y);
    wrap (send ch (x,c)) (fun () ->
      sync (receive c))
  ]

```

Einen konkreten Austausch können wir implementieren, indem wir `choose` in `select` umwandeln.

401

```

module Timer = struct open Thread Event
  let set_timer t = let ack = new_channel ()
    in let serve () = delay t;
      sync (receive ack)
    in create serve (); send ack ()

  let timed_receive ch time = choose [
    wrap (receive ch) (fun a -> Some a);
    wrap (set_timer time) (fun () -> None)
  ]

  let timed_send ch x time = choose [
    wrap (send ch x) (fun a -> Some ());
    wrap (set_timer time) (fun () -> None)
  ]
end

```

403

Timeouts

Oft dauert unsere Geduld nur eine Weile.

Dann wollen wir ein angefangenes Sende- oder Empfangswarten beenden

...

```

module type Timer = sig
  set_timer : float -> unit event
  timed_receive : 'a channel -> float -> 'a option event
  timed_send    : 'a channel -> 'a -> float -> unit option event
end

```

402

Timeouts

Oft dauert unsere Geduld nur eine Weile.

Dann wollen wir ein angefangenes Sende- oder Empfangswarten beenden

...

```

module type Timer = sig
  set_timer : float -> unit event
  timed_receive : 'a channel -> float -> 'a option event
  timed_send    : 'a channel -> 'a -> float -> unit option event
end

```

402

```

module Timer = struct open Thread Event
  let set_timer t = let ack = new_channel ()
    in let serve () = delay t;
      sync (receive ack)
    in create serve (); send ack ()

  let timed_receive ch time = choose [
    wrap (receive ch) (fun a -> Some a);
    wrap (set_timer time) (fun () -> None)
  ]

  let timed_send ch x time = choose [
    wrap (send ch x) (fun a -> Some ());
    wrap (set_timer time) (fun () -> None)
  ]
end

```

403

8.3 Threads und Exceptions

Eine Exception muss immer innerhalb des Threads behandelt werden, in der sie erzeugt wurde.

```

module Explode = struct open Thread
  let thread x = (x / 0);
    print_string "thread terminated regularly ... \n"
  let main = create thread 0; delay 1.0;
    print_string "main terminated regularly ... \n"
end

```

404

8.3 Threads und Exceptions

Eine Exception muss immer innerhalb des Threads behandelt werden, in der sie erzeugt wurde.

```

module Explode = struct open Thread
  let thread x = (x / 0);
    print_string "thread terminated regularly ... \n"
  let main = create thread 0; delay 1.0;
    print_string "main terminated regularly ... \n"
end

```

404

... liefert:

```

> ./a.out
Thread 1 killed on uncaught exception Division_by_zero
main terminated regularly ...

```

Der Thread wurde gekillt, das **Ocaml**-Programm terminierte trotzdem.

Auch ungefangene Exceptions innerhalb einer Wrapper-Funktion beenden den laufenden Thread:

```

module ExplodeWrap = struct open Thread open Event open Timer
  let main = try sync (wrap (set_timer 1.0) (fun () -> 1 / 0))
    with _ -> 0;
    print_string "... this is the end! \n"
end

```

405

... liefert:

```
> ./a.out
Thread 1 killed on uncaught exception Division_by_zero
main terminated regularly ...
```

Der Thread wurde gekillt, das **Ocaml**-Programm terminierte trotzdem.

Auch ungefangene Exceptions innerhalb einer Wrapper-Funktion beenden den laufenden Thread:

```
module ExplodeWrap = struct open Thread open Event open Timer
let main = try sync (wrap (set_timer 1.0) (fun () -> 1 / 0))
            with _ -> 0;
            print_string "... this is the end!\n"
end
```

405

8.4 Gepufferte Kommunikation

Ein Kanal für gepufferte Kommunikation erlaubt **nicht blockierendes** Senden. Empfangen dagegen blockiert, sofern keine Nachrichten vorhanden ist. Für solche Kanäle implementieren wir die Struktur **Mailbox** zur Verfügung:

```
module type Mailbox = sig
  type 'a mbox
  val new_mailbox : unit -> 'a mbox
  val send : 'a mbox -> 'a -> unit
  val receive : 'a mbox -> 'a event
end
```

Zur Implementierung benutzen wir einen Server, der eine Queue der gesendeten, aber noch nicht erhaltenen Nachrichten verwaltet.

407

Dann liefert:

```
> ./a.out
Fatal error: exception Division_by_zero
```

Achtung

Exceptions können nur im Rumpf der Wrapper-Funktion selbst, nicht aber hinter dem **sync** abgefangen werden !

406

Damit implementieren wir:

```
module Mailbox =
struct open Thread open Queue open Event
  type 'a mbox = 'a channel * 'a channel
  let send (in_chan,_) x = sync (send in_chan x)
  let receive (_,out_chan) = receive out_chan
  let new_mailbox () = let in_chan = new_channel ()
                      and out_chan = new_channel ()
  ...
end
```

408

dequeue : 'a queue -> 'a option
...
dequeue

```
in let rec serve q = if (is_empty q) then
  serve (enqueue (
    sync (Event.receive in_chan)) q)
  else select [
    wrap (Event.receive in_chan)
      (fun y -> serve (enqueue y q));
    wrap (Event.send out_chan (first q))
      (fun () -> let (_,q) = dequeue q
        in serve q)
  ]
in create serve (new_queue ());
  (in_chan, out_chan)
end
```

... wobei first : 'a queue -> 'a das erste Element einer Schlange liefert, ohne es zu entfernen.

409

... liefert:

```
> ./a.out
Thread 1 killed on uncaught exception Division_by_zero
main terminated regularly ...
```

Der Thread wurde gekillt, das Ocaml-Programm terminierte trotzdem.

Auch ungefangene Exceptions innerhalb einer Wrapper-Funktion beenden den laufenden Thread:

```
module ExplodeWrap = struct open Thread open Event open Timer
let main = try sync (wrap (set_timer 1.0) (fun () -> 1 / 0))
  with _ -> 0;
  print_string "... this is the end!\n"
end
```

405

Dann liefert:

```
> ./a.out
Fatal error: exception Division_by_zero
```

Achtung

Exceptions können nur im Rumpf der Wrapper-Funktion selbst, nicht aber hinter dem sync abgefangen werden !

406

8.5 Multicasts

Für das Versenden einer Nachricht an viele Empfänger stellen wir die Struktur Multicast zur Verfügung, die die Signatur Multicast implementiert:

```
module type Multicast = sig
  type 'a mchannel and 'a port
  val new_mchannel : unit -> 'a mchannel
  val new_port : 'a mchannel -> 'a port
  val multicast : 'a mchannel -> 'a -> unit
  val receive : 'a port -> 'a event
end
```

410

Die Operation `new_port` erzeugt einen neuen Port, an dem eine Nachricht empfangen werden kann.

Die Operation `multicast` sendet (nicht-blockierend) an sämtliche registrierten Ports.

```
module Multicast = struct open Thread open Event
module M = Mailbox
type 'a port = 'a M.mbox
type 'a mchannel = 'a channel * 'a port channel

let new_port (_, req) = let m = M.new_mailbox() in
                        sync (send req m); m
let multicast (send_ch,_) x = sync (send send_ch x)
let receive mbox = M.receive mbox
...
```

411

Die Operation `multicast` sendet die Nachricht auf dem Kanal `send_ch`. Die Operation `receive` liest aus der Mailbox des Ports.

Der Multicast-Kanal selbst wird von einem Server-Thread überwacht, der eine Liste der zu bedienenden Ports verwaltet:

```
let new_mchannel () = let send_ch = new_channel ()
                      in let req = new_channel ()
                      in let send_port x mbox = M.send mbox x
...

```

412

Die Operation `multicast` sendet die Nachricht auf dem Kanal `send_ch`. Die Operation `receive` liest aus der Mailbox des Ports.

Der Multicast-Kanal selbst wird von einem Server-Thread überwacht, der eine Liste der zu bedienenden Ports verwaltet:

```
let new_mchannel () = let send_ch = new_channel ()
                      in let req = new_channel ()
                      in let send_port x mbox = M.send mbox x
...

```

412

```
...
in let rec serve ports = select [
    wrap (Event.receive req) (fun p ->
        serve (p :: ports));
    wrap (Event.receive send_ch) (fun x ->
        create (iter (send_port x)) ports;
        serve ports)
]
in create serve [];
(send_ch, req)
...

```

413

```

...
in let rec serve ports = select [
  wrap (Event.receive req) (fun p ->
    serve (p :: ports));
  wrap (Event.receive send_ch) (fun x ->
    create (iter (send_port x)) ports;
    serve ports)
]
in create serve [];
(send_ch, req)
...

```

413

Beachte, dass der Server-Thread sowohl auf Port-Requests auf dem Kanal `req` wie auf Sende-Aufträge auf dem Kanal `send_ch` gefasst sein muss.

Achtung

Unsere Implementierung gestattet zwar das Hinzufügen, nicht aber das Entfernen nicht mehr benötigter Ports.

Zum Ausprobieren benutzen wir einen Test-Ausdruck `main`:

414

```

...
in let rec serve ports = select [
  wrap (Event.receive req) (fun p ->
    serve (p :: ports));
  wrap (Event.receive send_ch) (fun x ->
    create (iter (send_port x)) ports;
    serve ports)
]
in create serve [];
(send_ch, req)
...

```

413

```

...
let main = let mc = new_mchannel ()
in let thread i = let p = new_port mc
in while true do let x = sync (receive p)
in print_int i; print_string ": ";
print_string (x^"\n")
done
in create thread 1; create thread 2;
create thread 3; delay 1.0;
multicast mc "Hallo!";
multicast mc "World!";
multicast mc "... the end.";
delay 10.0
end
end

```

415

Dann haben wir:

```
- ./a.out
3: Hallo!
2: Hallo!
1: Hallo!
3: World!
2: World!
1: World!
3: ... the end.
2: ... the end.
1: ... the end.
```

416

Fazit

- Die Programmiersprache **Ocaml** bietet komfortable Möglichkeiten an, nebenläufige Programme zu schreiben.
- Kanäle mit synchroner Kommunikation können Konzepte der Nebenläufigkeit wie asynchrone Kommunikation, globale Variablen, Locks für wechselseitigen Ausschluss und Semaphore simulieren.
- Nebenläufige funktionale Programme können deshalb genauso undurchsichtig und schwer zu verstehen sein wie nebenläufige **Java**-Programme.
- Es werden Methoden benötigt, um systematisch die Korrektheit solcher Programme zu verifizieren ...

417