❼ Etäproseduurikutsu

RPC
Toteutus
Virhesemantiikka

Andrews 8.1, 10.3, Stallings 13.3

Etäproseduurikutsu, Remote Procedure Call (RPC)

- **Palvelu etäkoneessa, ei yhteistä muistia**
- **Asiakkaat pyytävät palvelua prosedurikutsumekanismilla**
- **Toteutuksen yksityiskohdat KJ:n palvelua**
  - taustalla sanomanvälitys
- **RPC yhdistää monitorin ja synkronisen sanomanvälityksen piirteet**
  - kaksisuuntainen synkroninen kanava yhdellä kutsulla
  - asiakas odottaa

Etäproseduurin moduuli

```
module mname
  op opname(formals)  [returns result]
body
   variable declarations;
   initialization code;
   proc opname(formal identifiers)  returns result identifier
      declarations of local variables;
      statements
   end
   local procedures and processes;
end mname
```

julkisten operaatioiden esittely (export)

Kutsu

```
call mname.opname(arguments)
```


Poissulkeminen moduulin sisällä?

- **monitorin tapaan implisiittinen poissulkeminen moduulin sisällä?**
  - vain yksi aktiivinen prosessi voi suorittaa
- **usea moduulin prosessi voi olla samaan aikaan suorituksessa => poissulkemisesta huolehdittava eksplisiittisesti**
  - **kurssilla oletetaan, että tämä tapa on käytössä**
    - On nykyisin yleisempi!
  - poissulkeminen esim. semaforeilla tai paikallisilla monitoreilla tai rendezvousia käyttäen.

Aikapalvelin

```
module TimeServer
  op get_time()  returns int;
  op delay (int interval);
body
   int tod = 0;
   sem m =1;   # mutex
   sem d[n] = ([n] 0);  # omat odotussemaforit
   queue of (int waketime, int process_id) napQ;

   proc get_time () returns time {
        time = tod;
    }
```

```
proc delay (int interval);
   int waketime = tod + interval;
   P(m);
   insert (waketime, myid) oikeaan paikkaan
   napQ-jonoon;
   V(m);
   P(d[myid]; # jää odottamaan herätystä
}
```

```
process Clock {  # sisäinen prosessi
   käynnistä ajastin;
   while (true) {
        odota keskeytystä ja käynnistä ajastin uudelleen;
        tod = tod + 1; # taas yksi tikitys lisää
        P(m);
        while (tod <= smallest waketime on napQ) {
             remove (waketime, id)  from napQ;
              V(d[id];  # herätä prosessi
        }
        V(m);
   }
}
}
```

Aikapalvelumoduuli

```
module TimeServer
  op get_time() returns int;  # retrieve time of day
  op delay(int interval);     # delay interval ticks
body
  int tod = 0;          # the time of day
  sem m = 1;            # mutual exclusion semaphore
  sem d[n] = ([n] 0);   # private delay semaphores
  queue of (int waketime, int process_id) napQ;
  ## when m == 1, tod < waketime for delayed processes

  proc get_time() returns time {
    time = tod;
  }

  proc delay(interval) {    # assume interval > 0
    int waketime = tod + interval;
    P(m);
    insert (waketime, myid) at appropriate place on napQ;
    V(m);
    P(d[myid]);   # wait to be awakened
  }
```

Andrews Fig. 8.1.

```
process Clock {
  start hardware timer;
  while (true) {
    wait for interrupt, then restart hardware timer;
    tod = tod+1;
    P(m);
    while (tod >= smallest waketime on napQ) {
      remove (waketime, id) from napQ;
      V(d[id]);  # awaken process id
    }
    V(m);
  }
}
end TimeServer
```

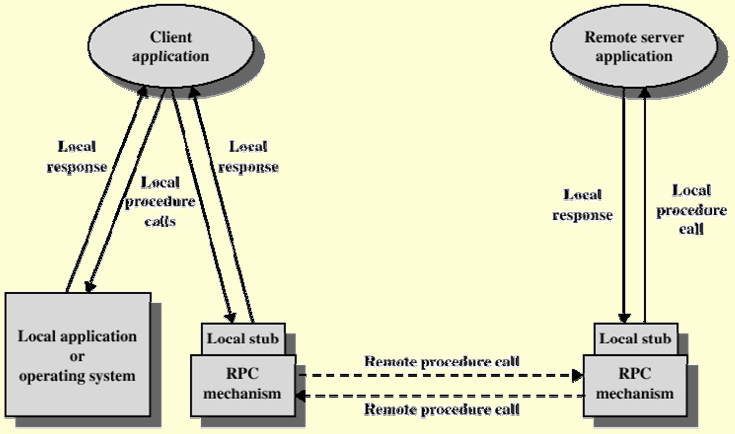
Kutsu:

```
time = TimeServer.get_time();
call TimeServer.delay(10);
```

Andrews Fig. 8.1.

Toteutus

Etäproseduurikutsu (RPC)



Stallings Fig. 13.13.

Toiminta:

- **Asiakas**
  - ”normaali proseduurikutsu”
  - *toteutus: kääntäjä muutti töpön kutsuksi*
- **Asiakkaan ’töpö’ / ’tynkä’** (stub)
  - kirjastorutiini
  - kokoaa parametrit sanomaan molempien koneiden ymmärtämässä muodossa (marshalling)
  - kutsuu KJ:n palvelua
- **Asiakkaan KJ**
  - vastaa töpöjen välisestä *sanomanvälityksestä*
  - kanavan luonti, sanoman lähetys
  - ajastimet, järjestysnumerot, kuittaukset, uudelleenlähetykset

- **Palvelijan KJ (etäkone)**
  - vastaa töpöjen välisestä *sanomanvälityksestä*
  - sanoman vastaanotto, vastauksen lähetys
  - ajastimet, järjestysnumerot, kuittaukset, uudelleenlähetykset
  - käynnistää / luo prosessin palvelemaan
    - suorittaa töpön
- **Palvelijan töpö (etäkone)**
  - purkaa parametrit kutsupinoon
  - *tekee normaalin proseduurikutsun*
  - kokoaa vastaussanoman molempien ymmärtämään muotoon
  - kutsuu KJ:n sanomanvälityspalvelua
- **Asiakkaan töpö**
  - purkaa vastauksen ja sijoittaa asiakkaan muuttujiin

- **Etäpalvelun ohjelmoija määrittelee rajapinnat**
  - esittele julkiset operaatiot moduulin otsakeosassa
- **Kääntäjä generoi tarvittavat töpöt**
  - kutsu ja kutsuttava rutiini käännetään toisistaan riippumatta
  - voivat olla toteutettu eri kielillä
- **Nimipalvelu** (portmapper, rmiregistry)
  - proseduurin nimi ⇨ kone ja palvelurajapinta?
  - palvelun tarjoaja rekisteröi (bind) palvelun nimipalveluun
    ⇨ export
  - asiakas kysyy palvelun tiedot nimipalvelijalta (lookup)
    ⇨ import

Parametrien järjestely (marshalling)

- **Parametrit koottava sanomaan**
  - ei yhteistä muistia
  - kopioi kaikki parametrit, ei voi käyttää viiteparametreja
- **Ongelmia**
  - perustietotyyppien esitysmuodot
  - yhteiskäyttöiset muuttujat
  - taulukot
  - linkitetyt tietorakenteet
  - verkot
  - ohjelmoijan itse määrittelemät tyypit
    - kirjoita omat järjestelyrutiinit

Kuka suorittaa etäproseduurin (etäkoneessa)?

- **Yksi odotteleva palvelijaprosessi**
  - silmukka, odota kutsua töpön receive()-operaatiossa
  - kun kutsuttu, palvele ja lähetä vastaus send()-operaatiolla
  - vain yksi kutsu kerrallaan, ei poissulkemistarvetta
- **Luo uusi prosessi suorittamaan**
  - rinnakkaisuus
  - yleisrasite
  - poissulkeminen
- **Yksi prosessi, jolla monta valmista säiettä**
  - “server pool”, allokoi kutsulle olemassaoleva säie
  - poissulkeminen

Hajautettu tiedostopalvelu: File cache (local)

```
module FileCache   # located on each diskless workstation
  op read(int count; result char buffer[*]);
  op write(int count; char buffer[]);
body
  cache of file blocks;
  variables to record file descriptor information;
  semaphores for synchronization of cache access (if needed);

  proc read(count,buffer) {
    if (needed data is not in cache) {
      select cache block to use;
      if (need to write out the cache block)
        FileServer.writeblk(...);
      FileServer.readblk(...);
    }
    buffer = appropriate count bytes from cache block;
  }

  proc write(count,buffer) {
    if (appropriate block not in cache) {
      select cache block to use;
      if (need to write out the cache block)
        FileServer.writeblk(...);
    }
    cache block = count bytes from buffer;
  }
end FileCache
```

Huomaa:
Passiivisia rutiineita
- joita etäasiakkaat käyttävät (RPC)
- joita paikallinen toteutus kutsuu (stub)
- joita suorittaa paikalliset prosessit

Andrews Fig. 8.2a.

Hajautettu tiedostopalvelu: File server (remote)

```
module FileServer   # located on a file server
  op readblk(int fileid,offset; result char blk[1024]);
  op writeblk(int fileid, offset; char blk[1024]);
body
  cache of disk blocks;
  queue of pending disk access requests;
  semaphores to synchronize access to the cache and queue;
  # N.B. synchronization code not shown below

  proc readblk(fileid, offset, blk) {
    if (needed block not in the cache) {
      store read request in disk queue;
      wait for read operation to be processed;
    }
    blk = appropriate disk block;
  }

  proc writeblk(fileid, offset, blk)
    select block from cache;
    if (need to write out the selected block) {
      store write request in disk queue;
      wait for block to be written to disk;
    }
    cache block = blk;
  }
```

Andrews Fig. 8.2b.

```
process DiskDriver {
  while (true) {
    wait for a disk access request;
    start a disk operation; wait for interrupt;
    awaken process waiting for
        this request to complete;
  }
}
end FileServer
```

Merge-sort ja Capability

RPC sopii asiakas-palvelija sovelluksiin, muu käyttö hankalaa

- **RPC ei tue jatkuvaa kommunikointia**
  - kutsut aina erillisiä ja edellisistä riippumattomia
  - ohjelmoitava eksplisiittisesti
- **RPC:n kommunikointikanava operaation nimi**
  - Miten output-vuo kytketään seuraavan input-vuohon?
- **Dynaaminen nimeäminen**
  - capability ~ osoitin kommunikointioperaatioon

```
call Merge[i].initialize(Merge[j].in2)
```



```
optype stream = (int);  # type of data stream operations

module Merge[i = 1 to n]
  op in1 stream, in2 stream;  # input streams
  op initialize(cap stream);  # link to output stream
body
  int v1, v2;     # input values from streams 1 and 2
  cap stream out;  # capability for output stream
  sem empty1 = 1, full1 = 0, empty2 = 1, full2 = 0;

  proc initialize(output) {  # provide output stream
    out = output;
  }

  proc in1(value1) {  # produce next value for stream 1
    P(empty1); v1 = value1; V(full1);
  }

  proc in2(value2) {  # produce next value for stream 2
    P(empty2); v2 = value2; V(full2);
  }
```

Initialize kutsun jälkeen Merge[i].ssä: `out = Merge[j].in2`

Andrews Fig. 8.3.

```
  process M {
    P(full1); P(full2);  # wait for two values
    while (v1 != EOS and v2 != EOS)
      if (v1 <= v2)
          { call out(v1); V(empty1); P(full1); }
      else  # v2 < v1
          { call out(v2); V(empty2); P(full2); }
    # consume the rest of the non-empty stream
    while (v2 != EOS)
        { call out(v2); V(empty2); P(full2); }
    while (v1 != EOS)
        { call out(v1); V(empty1); P(full1); }
    call out(EOS);  # append sentinel
  }
end Merge
```

Vrt. Sanomanvälitys, Fig 7.2

Andrews Fig. 8.3.

Arvojen välittäminen: kaksi prosessia

```
module Exchange[i = 1 to 2]
  op deposit(int);
body
  int othervalue;
  sem ready = 0;   # used for signaling

  proc deposit(other) {     # called by other module
    othervalue = other;     # save other's value
    V(ready);               # let Worker pick it up
  }
  process Worker {
    int myvalue;
    call Exchange[3-i].deposit(myvalue);  # send to other
    P(ready);             # wait to receive other's value
    ...
  }
end Exchange
```

Vrt. Sanomanvälitys, Fig 7.11-7.13

Andrews Fig. 8.4.

Virhesemantiikkaa

Virhesemantiikkaa

- **Tiedonsiirto**
  - kadonneet sanomat, yms.
- **Palvelijaprosessi (etä-)**
  - paikallinen virhetilanne (ei tarvetta raportoida)
  - pitkä palveluaika (esim. jonotuksen aiheuttama viive)
- **Asiakasprosessi**
  - ongelman havaitseminen: ajastin
  - toipuminen?
- **Erillinen suoritus ⇨ erilliset virheet**
  - Eivät riipu suoraan toisistaan

Suoritussemantiikka

~ toipumispolitiikka töpöissä

- **exactly-once**
  - toteutus?
  - ajastimen laukeaminen
    - käytä sama sanomanumero uudestaan uudelleenkutsussa
- **at-least-once**
  - yritä uudelleen kunnes ok
- **at-most-once**
  - onnistui: tehty täsmälleen kerran
  - virhe: “no operation” (tieto asiakkaalle), ei uudelleen yritystä
- **maybe**
  - ei vastausta: suoritettu tai sitten ei

Esim: CCLU RPC

default: MAYBE

```
vast := call  P (x, y, z)
```

abandon after 50 ms

```
vast := call  P (x, y, z)  timeout 50
```

EXACTLY ONCE

```
vast := call  P (x, y, z)  zealously
```

retry every 20 ms

```
vast := call  P (x, y, z)  zealously timeout 20
```

See Bacon97 s384

UNIX, rpc-kirjasto

- **ks. RFC1050**

man rpc
man rpcgen
man portmap

Java: Remote Method Invocation

- **java.rmi, java.rmi.server, java.rmi.registry**
- **sovelluksen osat**
  - interface (moduulin otsake)
  - server class
    - rekisteröi: Naming.bind()
  - client class
    - etsi palvelu rekisteristä: Naming.lookup()

lue opastussivut
⇨ Andrews ch 8.5

Kertauskysymyksiä?