OSA II:

Hajautettu ympäristö

Ei yhteistä muistia

Sisältö, osa II

- ‘ Sanomanvälitys
- ’ Etäproseduurikutsu
- “ Rendezvous

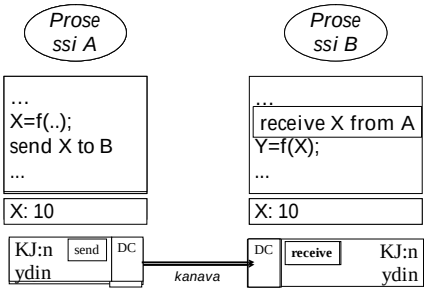
‘ Sanomanvälitys

Käsitteistöä
Kanavat
Asiakkaat ja Palvelijat
Kommunikointitapoja

Andrews 7.1-7.5, Stallings 5.6, 13.1-13.2

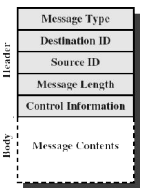
Käsitteistöä

Kommunikointi



Sanomanvälitys

- Käyttö
  - prosessien välinen tiedonvälitys
  - synkronointi: vuorot / ajoitus
- Käyttäjätason operaatiot
  - lähetys **send (receiver-id, msg)**
  - vastaanotto **receive([sender-id,] msg)**
- Matkassa myös KJ:n lisäämä tieto
  - ainakin: sender-id, receiver-id, sanoma, ...
- Toteutus?
  - pistokkeet: UDP/TCP, …



Odotussemantiikka

- Send
  - jatka heti, kun KJ kopioinut puskuriinsa ***tai***
  - odota kunnes vastaanottaja saanut sanoman
- Receive
  - odota kunnes KJ kopioinut prosessin muuttujiin ***tai***
  - jos kanava tyhjä, jatka välittömästi
    - jos ei sanomaa ~"no operation"
- *Blocking*, *non-blocking*

Synkronointi

receive \ send	blocking	nonblocking
blocking	synkroninen	asynkroninen
nonblocking	asynkroninen	asynkroninen

Synkroninen
- lähettäjä tietää, että vastaanottaja on saanut sanoman
- toimintojen suoritusjärjestys selvä

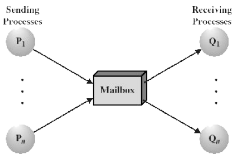
Asynkroninen
- toimintojen tarkka suoritusjärjestys epäselvä

Andrews: asynkroninen tiedonvälitys
send non-blocking, receive blocking

Kanavat

Sitominen

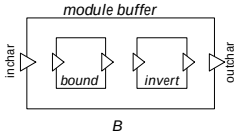
- Lähettäjä ó Kanava ó Vastaanottaja
- **Kanava**
  - tiedonsiirtoyhteys prosessien välillä (point-to-point ó väylä)
- Sanomat
  - send kanavaan, jonka tuntee yksi
    - unicast (yksittäislähetys)
  - tai useampi prosessi
    - multicast (monilähetys)
    - broadcast (yleislähetys)



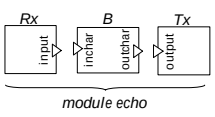
- Sitomistapoja
  - one-to-one (kaksi prosessia, yksi kummankin tuntema kanava)
  - many-to-one (asiakkaat-palvelija)
  - one-to-many, many-to-many (asiakas - palvelut, ryhmäkommunikointi)
- Andrews (tämä kurssi)
  - one-to-one tai many-to-one
  - luotettava, järjestyksen säilyttävä sanomanvälitys
  - prosessi(parien) sitominen: *nimetty kanava*
  - ei monilähetystä
  - ei yleislähetystä
  - Huom: esimerkit eivät ota kantaa sitomiseen

Explisiittinen sitominen (Sloman, Kramer fig 3.9, 3.10)

```
GROUP MODULE buffer;
  ENTRYPORT inchar: char REPLY signaltype;
  EXITPORT  outchar: char REPLY signaltype;
  USE bound, invert;
  CREATE bound, invert;
  LINK   inchar TO bound.getchar;
         invert.getchar TO bound.putchar;
         invert.outchar TO outchar;
END.
```




```
GROUP MODULE echo;
  CONST status=177560#8;
        vector=100#8;
  USE serial-input, serial-output, buffer;
  CREATE Rx: serial-input(status,vector);
         Tx: serial-output(status+4, vector+4)
         B: buffer;
  LINK Rx.input TO B.inchar;
       B.outchar TO Tx.output;
END.
```



Kanavat (Andrews)

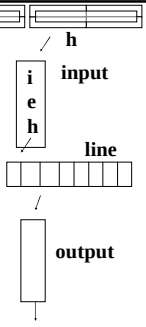
- Yhteinen 'postilaatikko'
  - jono sanomia, FIFO
  - kaikki kanavan sanomat rakenteeltaan samanlaisia
- chan ch($type_1$ id_1, ..., $type_n$ id_n)
  - ch: kanavan nimi
  - $type_i$ id_i: sanoman osien tyypit, ja nimet (saavat puuttua)
- Esim.
  - chan input(char);
  - chan disk_access (int cylinder, int block, int count, char* buffer);
  - chan result[n] (int); *# kanavien taulukko*

Operaatiot

- **send** kanava(lauseke$_1$, ... , lauseke$_n$)
  - lähetä sanoma kanavaan
- **receive** kanava(muuttuja$_1$, ... , muuttuja$_n$)
  - vastaanota sanoma kanavasta
- **empty**(kanava)
  - tarkista onko kanava tyhjä sanomista
- Esim.
  - send disk_access(cylinder+2, block, count, buf)
  - receive result[i](sum)
  - empty(input)

Ei ota kantaa minkä prosessin kanssa kommunikoi!


```
chan input (char), output (char [MAXLINE]);
process Char_to_Line {
char line[MAXLINE]; int  i =0;
   while (true) {
    # lue merkkejä ja muodosta niistä rivi
     receive input (line[i]);
     while (line[i] != CR and i < MAXLINE) {
           i=i+1;
           receive input (line[i]);
       }
      line[i] = EOL;
     send output (line);
     i = 0;
   }
}
```



Prosessi, joka saa merkkejä, kokoaa niistä rivin ja lähettää sen

Suodin: Merkit riveiksi

```
chan input(char), output(char [MAXLINE]);
process Char_to_Line {
  char line[MAXLINE]; int i = 0;
  while (true) {
    receive input(line[i]);
    while (line[i] != CR and i < MAXLINE) {
      # line[0:i-1] contains the last i input characters
      i = i+1;
      receive input(line[i]);
    }
    line[i] = EOL;
    send output(line);
    i = 0;
  }
}
```

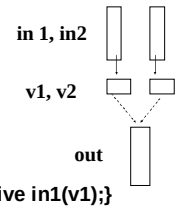
Yhteiskäyttöinen kanava (globaali)

esittely prosessien ulkopuolella (~ sitominen)

Andrews Fig. 7.1.


```
chan in1(int), in2(int), out(int);

process Merge {
   int v1, v2;
   receive in1(v1);  receive in2(v2);
   while(v1 != EOS and v2 !=EOS) {
    if (v1 <= v2)  {send out (v1); receive in1(v1);}
    else {send out (v2);  receive in2(v2); }
    # jompi kumpi jo loppu!
   while (v2 != EOS) {send out (v2); receive in2(v2); }
   while (v1 != EOS) {send out (v1); receive in1(v1); }
   send out (EOS);
}
```

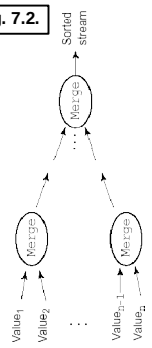


Prosessi, joka yhdistää kaksi jonoa nousevaan järjestykseen

Suodin: lomita kaksi syöttökanavaa

Andrews Fig. 7.2.

```
chan in1(int), in2(int), out(int);
process Merge {
  int v1, v2;
  receive in1(v1);  # get first two input values
  receive in2(v2);
  # send smaller value to output channel and repeat
  while (v1 != EOS and v2 != EOS) {
    if (v1 <= v2)
      { send out(v1); receive in1(v1); }
    else   # (v2 < v1)
      { send out(v2); receive in2(v2); }
  }
  # consume the rest of the non-empty input channel
  if (v1 == EOS)
    while (v2 != EOS)
      { send out(v2); receive in2(v2); }
  else   # (v2 == EOS)
    while (v1 != EOS)
      { send out(v1); receive in1(v1); }
  # append a sentinel to the output channel
  send out(EOS);
}
```



Prosessien sitominen? Rinnakkaisuus?

Asiakkaat ja Palvelija

Kommunikointitapoja

- Osapuolet
  - yksittäinen prosessi ó ryhmä
  - nimetty partneri ó kuka tahansa
- Tarpeita
  - kahdenkeskinen, peer to peer: A ó B
  - monilähetys, yleislähetys
  - asiakkaat ó palvelija, kuka tahansa ó FileServer
  - asiakas ó palvelu
    - mikä tahansa palvelijaprosessi
    - muut palvelijaprosessit palvelevat toisia prosesseja

Monitori ó palvelinprosessi

```
monitor Mname {
  declaration of permanent variables;
  intialization code;
  procedure op (formals) {
    body of op;
  }
}

process Server {
  int clientID;
  declaration of other permanent variables;
  initialization code;
  while (true) {
    receive request (clientID, input);
    code from body of operation op;
    send reply[clientID] (result)
  }
```


staattinen sidonta, globaalit kanavat

chan request (int clientID, types of input values);
chan reply[n](types of results)

```
process Client[i=0 to n-1] {
    .........
  call Mname.op(arguments);
    .........
}
```

```
process Client[i = 0 to n-1] {
    .........
  send request (i, value args);
  receive reply [i] (result args);
    .......
}
```

Entä jos useita proseduureja? Näinhän monitorilla yleensä on

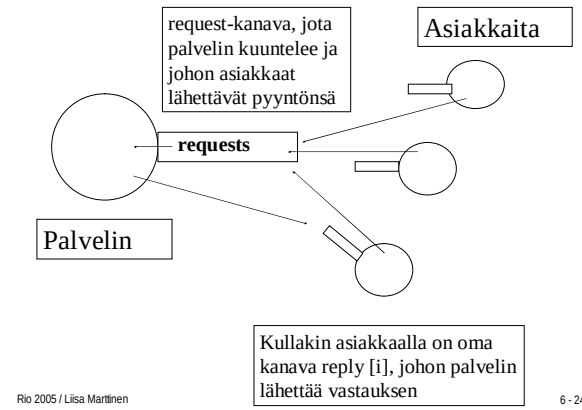
- asiakkaan kerrottava, mitä operaatiota kutsuu: lisätietona sanomassa
- eri operaatioilla eri parametrit kutsuttaessa ja erilaiset tulosmuodot

Asiakkaat ja yhden palvelun palvelija

```
chan request(int clientID, types of input values);
chan reply[n](types of results);
process Server {
  int clientID;
  declarations of other permanent variables;
  initialization code;
  while (true) {   ## loop invariant MI
    receive request(clientID, input values);
    code from body of operation op;
    send reply[clientID](results);
}
process Client[i = 0 to n-1] {
  send request(i, value arguments);     # "call" op
  receive reply[i](result arguments);   # wait for reply
}
```

yhteinen pyyntökanava, yksityiset vastauskanavat

Andrews Fig. 7.4.



Monen palvelun palvelija:

```
process Server {
    int clientID;
   op_kind kind; arg_type args;  res_type results;
    declaration of other  variables; initialization code;
   while (true) {
       receive request (clientID, kind, args);
       if (kind ==op1)  {body of op1; }
       .....
       else if (kind == opn) {body of opn;}
       send reply[clientID] (results);
   }
}
```



```
type arg_type = union(arg1, ... , argn);
type result_type = union(res1, ..., resn);

chan request (int clientID, op_kind, arg_type);
chan reply[n] (res_type);

process Client[i=0 to n-1] {
   arg_type myargs; result_type myresults;
   place value arguments in myargs;
   send request(i, opj, myargs);
   receive reply[i](myresults);
   }
```


Asiakkaat ja monen palvelun palvelija

Pyyntökanava

- Asiakkaiden tuntema julkinen kanava
  - käytännössä: IP-osoite ja porttinumero
- Yksi pyyntökanava
  sanoma kanavaan ð tulkitse tyyppi, valitse palvelu

  tai dedikoitu kanava kullekin palvelulle
  valitse palvelu ð lähetä sopivaan kanavaan

Vastauskanava

- Palvelijan tuntema (staattinen) *[Tällä kurssilla]*
  - Jokaisella asiakkaalla oma yksityinen
    - kerro oma identiteetti pyyntösanomassa
- Asiakas kertoo pyynnössä (dynaaminen)
  - käytännössä: oma IP-osoite ja porttinumero


```
type op_kind = enum(op1, ..., opn);
type arg_type = union(arg1, ..., argn);
type result_type = union(res1, ..., resn);
chan request(int clientID, op_kind, arg_type);
chan reply[n](res_type);
process Server {
  int clientID; op_kind kind; arg_type args;
  res_type results; declarations of other variables;
  initialization code;
  while (true) {    ## loop invariant MI
    receive request(clientID, kind, args);
    if (kind == op1)
      { body of op1; }
    ...
    else if (kind == opn)
      { body of opn; }
    send reply[clientID](results);
  }
}
process Client[i = 0 to n-1] {
  arg_type myargs; result_type myresults;
  place value arguments in myargs;
  send request(i, op1, myargs);    # "call" opj
  receive reply[i](myresults);     # wait for reply
}
```

Asiakkaat ja monen palvelun palvelija

Andrews Fig. 7.5.

Aterioivat filosofit + sihteeri, yksi syöttökanava

```
type opType = enum(REQ, REL);
chan phone(int, opType), reply[5]( );
```

```
process philosopher[i=0 to 4] {
  while (true) {
    think();
    send phone(i, REQ);
    receive reply[i]();
    eat();
    send phone(i, REL);
}
```

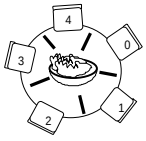
Keskitetty resurssien hallinta:
- *"public phone number", many-to-one*
- *"secret phone number", one-to-one*

```
process secretary {
  while (true) {
    receive phone(philo, what);
    switch (what) {
      case REQ: {
        state[philo]=HUNGRY;
        consider_allocation_to(philo);
      }
      case REL: {
        state[philo]=THINKING;
        consider_allocation_to(philo-1);
        consider_allocation_to(philo+1);
      }
    }
}
```



```
type activity = enum(THINKING, HUNGRY, EATING);
activity state[5] = ([5] THINKING);
```

```
procedure consider_allocation_to(int i) {
  if ( state[i] == HUNGRY)
     if (state[i-1]!=EATING AND state[i+1]!=EATING) {
        state[i] = EATING;
        send reply[i]();
     }
}
```



Aterioivat filosofit + sihteeri, dedikoidut kanavat

```
chan request(int), release(int),
      reply[5]( );
sem mutex=1;
```

```
process philosofer[i=0 to 4] {
  while (true) {
    think();
    send request(i);
    receive reply[i]();
    eat();
    send release(I);
}
```

Miten odottaa yhtä aikaa kahdesta eri kanavasta?

```
process secretary {
 co  while (true) {
        receive request(philo);
        P(mutex);
        state[philo]=HUNGRY;
        consider_allocation_to(philo);
        V(mutex);
      }
//  while (true) {
      receive release(philo);
      P(mutex);
      state[philo]=THINKING;
      consider_allocation_to(philo-1);
      consider_allocation_to(philo+1);
      V(mutex);
    }
oc
}
```

Huomaa rinnakkaisuus!

Monitori vs. Palvelija

- proseduurikutsu vs. kanava & sanoma
- poissulkeminen
  - monitori: implisiittisesti, ei semaforeja!
  - palvelija: palvele yksi asiakas kerrallaan, uudet pyyntösanomat jäävät kanavaan
- synkronointi
  - monitori: jos ei saa edetä, wait(ehtomuuttuja)
    - kutsunut prosessi nukahtaa
  - palvelija: jos ei saa edetä, laita sisäiseen jonoon
    - palvelija ei voi nukahtaa!

Monitori vs. Palvelija

Monitor-Based Programs	*Message-Based Programs*
permanent variables	local server variables
procedure identifiers	`request` channel and operation kinds
procedure call	`send request(); receive reply`
monitor entry	`receive request()`
procedure return	`send reply()`
`wait` statement	save pending request
`signal` statement	retrieve and process pending request
procedure bodies	arms of case statement on operation kind

Andrews Table 7.1.

Resurssin varaus, Monitori

```
monitor Resource_Allocator {
  int avail = MAXUNITS;
  set units = initial values;
  cond free;   # signaled when a process wants a unit
  procedure acquire(int &id) {
    if (avail == 0)
      wait(free);
    else
      avail = avail-1;
    remove(units, id);
  }
  procedure release(int id) {
    insert(units, id);
    if (empty(free))
      avail = avail+1;
    else
      signal(free);
  }
}
```

Condition passing

Vrt. resurssinvarauksen yleinen malli, ch 4.5

Andrews Fig. 7.6.


```
process Allocator {
  int avail = MAXUNITS; set units = initial values;
  queue pending; # täyttämättömiä pyyntöjä varten
  int clientID, unitID; op_kind kind;
  declarations of other local variables;
  while (true) {
    receive request (clientID, kind, unitID);
    if (kind ==ACQUIRE) {
      if (avail >0) { avail--;  remove (units, unitID);
      send reply[clientID] (unitID);
      } else insert (pending, clientID); # jonoon
    } else  # kind == RELEASE
      if empty(pending) { avail++; insert(units, unitID); }
      else{
          remove(pending, clientID); # jonosta
          send reply [clientID](unitID);
} } }  }
```

```
type op_kind = enum(ACQUIRE, RELEASE);
chan request (int clientID, op_kind kind, init unitID)
chan reply[n] (int unitID);
process Client [i = 0 to n-1] {
    int unitID;
    send request(i, ACQUIRE, unitID);
    receive reply[i](unitID);
    # käytä resurssia ja sitten vapauta se
    send request(i, RELEASE, unitID);
    .....
    }
```

```
type op_kind = enum(ACQUIRE, RELEASE);
chan request(int clientID, op_kind kind, int unitid);
chan reply[n](int unitID);
process Allocator {
  int avail = MAXUNITS; set units = initial values;
  queue pending;  # initially empty
  int clientID, unitID; op_kind kind;
  declarations of other local variables;
  while (true) {
    receive request(clientID, kind, unitID);
    if (kind == ACQUIRE) {
       if (avail > 0) {  # honor request now
          avail--; remove(units, unitID);
          send reply[clientID](unitID);
       } else   # remember request
          insert(pending, clientID);
    } else {   # kind == RELEASE
       if empty(pending) {
          avail++; insert(units, unitid);
       } else {
          remove(pending, clientID);
          send reply[clientID](unitID);
       }
    }
  }
}
```

```
process Client[i = 0 to n-1] {
  int unitID;
  send request(i, ACQUIRE, 0)
  receive reply[i](unitID);
  # use resource, release
  send request(i,RELEASE,unitID);
   ...
}
```

Resurssin varaus, Palvelija

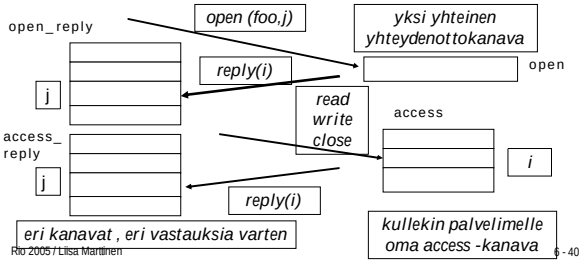
Andrews Fig. 7.7.

Kommunikointitapoja

Jutustelun jatkuvuus / ylläpito

- Useita asiakkaita, useita palvelijoita
- Esim: Tiedostopalvelija
  - yksi ulospäin näkyvä palvelu (tdstojen käyttö)
  - yksi palvelijaprosessi kullekin asiakkaalle
- Sitominen
  - asiakas ó mikä tahansa prosessi
- Tarve
  - prosessi haluaa tehdä sarjan peräkkäisiä tiedosto-operaatioita (open(…), read(), …), sama palvelijaprosessi palvelee

type kind = enum (READ, WRITE, CLOSE);
chan open (string fname; int clientID);
chan open_reply[m] (int serverID); # kuka palvelee
chan access[n](int kind, types of other arguments)
chan access_reply[m](types of results); # dataa, virheilm.




```
process File_Server [i =0 to n-1] {
   string fname; int clientID;
   kind k;   variables fo other arguments;
   bool more = false; local variables;
   while (true) {
     receive open (fname, clientID);
     open file fname; if (open _successful) {
        send open_reply [clientID] ( i ); more = true;
        while (more) {
              receive access[ i ] (k, other arguments);
              if (k== READ) process read request;
              else if (k == WRITE) process write request;
              else if (k == CLOSE)  {close file; more = false;}
              send access_reply[clientID](results);
 }  }      }
```

```
type kind = enum(READ, WRITE, CLOSE);
chan open(string fname; int clientID);
chan access[n](int kind, types of other arguments);
chan open_reply[m](int serverID);  # server id or error
chan access_reply[m](types of results);  # data, error, ...

process File_Server[i = 0 to n-1] {
  string fname; int clientID;
  kind k; variables for other arguments;
  bool more = false;
  variables for local buffer, cache, etc.;
  while (true) {
    receive open(fname, clientID);
    open file fname; if successful then:
    send open_reply[clientID](1); more = true;
    while (more) {
      receive access[i](k, other arguments);
      if (k == READ)
        process read request;
      else if (k == WRITE)
        process write request;
      else    # k == CLOSE
        { close the file; more = false; }
      send access_reply[clientID](results);
    }
  }
}
```

```
process Client[j = 0 to m-1] {
  int serverID;
  send open("foo", j);
  receive open_reply[j](serverID);
  # use file then close
  send access[serverID](access arguments);
  receive access_reply[j](results);
   ...
}
```

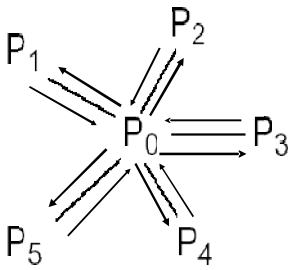
Tiedosto-palvelijat ja asiakkaat

Andrews Fig. 7.10.

Vertaistoimijat (Interactive Peers)

Esim. Arvojen välittäminen

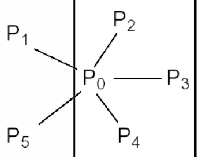
- n prosessia
- kullakin paikallinen arvo v
- etsi globaali min(v), max(v)
- Tiedonvälitys
  - Keskitetty? Symmetrinen? Rengas?
  - Rinnakkaisuus?
  - Tiedonvälityksen tehokkuus?



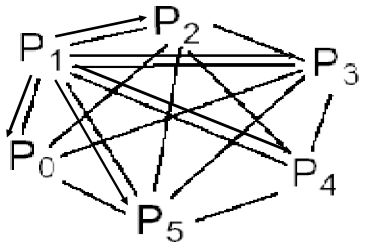
Keskitetty: Jokainen lähettää oman arvonsa keskussolmulle P0, joka etsii pienimmän ja suurimman. Ja lopuksi P0 lähettää MIN -ja MAX-arvot tiedoksi kaikille muille .

Keskitetty ratkaisu

```
chan values(int), results[n](int smallest, int largest);
process P[0] {   # coordinator process
  int v;   # assume v has been initialized
  int new, smallest = v, largest = v;  # initial state
  # gather values and save the smallest and largest
  for [i = 1 to n-1] {
    receive values(new);
    if (new < smallest)
      smallest = new;
    if (new > largest)
      largest = new;
  }
  # send the results to the other processes
  for [i = 1 to n-1]
    send results[i](smallest, largest)
}
process P[i = 1 to n-1] {
  int v;   # assume v has been initialized
  int smallest, largest;
  send values(v);
  receive results[i](smallest, largest);
}
```



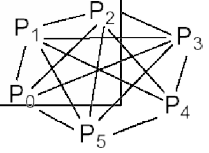
Andrews Fig. 7.11.



Symmetrinen ratkaisu: Jokainen solmu lähettää kaikille muille ja myös vastaanottaa kaikilta muilta.

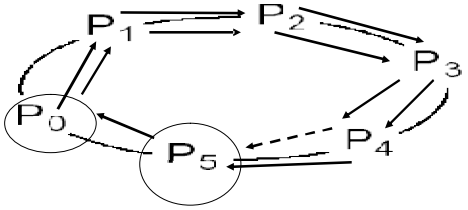
Symmetrinen ratkaisu

```
chan values[n](int);
process P[i = 0 to n-1] {
  int v;   # assume v has been initialized
  int new, smallest = v, largest = v;  # initial state
  # send my value to the other processes
  for [j = 0 to n-1 st j != i]
    send values[j](v);
  # gather values and save the smallest and largest
  for [j = 1 to n-1] {
    receive values[i](new);
    if (new < smallest)
      smallest = new;
    if (new > largest)
      largest = new;
  }
}
```



looginen vs. fyysinen rakenne

Andrews Fig. 7.12.

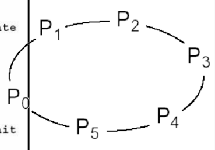


Rengasratkaisussa on kaksi vaihetta: Ensin kukin solmu lähettää eteenpäin (toistaiseksi) pienimmän ja suurimman arvon. Renkaan viimeinen solmu tietää lopulta minimin ja maksimin ja lähettää tiedot vielä kerran renkaaseen.

Rengasratkaisu

```
chan values[n](int smallest, int largest);
process P[0] {  # initiates the exchanges
  int v;   # assume v has been initialized
  int smallest = v, largest = v;  # initial state
  # send v to next process, P[1]
  send values[1](smallest, largest);
  # get global smallest and largest from P[n-1] and
  #   pass them on to P[1]
  receive values[0](smallest, largest);
  send values[1](smallest, largest);
}
process P[i = 1 to n-1] {
  int v;   # assume v has been initialized
  int smallest, largest;
  # receive smallest and largest so far, then update
  #   them by comparing their values to v
  receive values[i](smallest, largest)
  if (v < smallest)
      smallest = v;
  if (v > largest)
      largest = v;
  # send the result to the next processes, then wait
  # to get the global result
  send values[(i+1) mod n](smallest, largest);
  receive values[i](smallest, largest);
}
```

Huom: ratkaisussa virhe



Andrews Fig. 7.13.

Mikä paras?

- Keskitetty
  - 2 *(n-1) sanomaa (yleislähetyksenä n)
- Symmetrinen
  - Yksi samanlainen ohjelmakoodi, eri datat
  - n*(n-1) sanomaa
- Rengas
  - Huomaa koodissa oleva virhe!
  - 2*n -1 sanomaa
- Rinnakkaisuus?
- Tiedonvälityksen tehokkuus?

Synkroninen sanomanvälitys

- synch-send()
  - send() ja receive() “kohtaavat”
- kommunikoivien prosessien synkronointi
  - naapuri tietää naapurinsa tilan
- ei tarvitse välttämättä KJ:n apupuskureita
- rajoittaa rinnakkaisuutta
- **Varo lukkiumaa**
  - algoritmit, jotka toimivat asynkronisen kommunikoinnin yhteydessä eivät ehkä enää toimikkaan!
  - toimivatko edelliset min/max esimerkit?


```
process Producer {
  int data[n];
  for [i = 0 to n-1] {
    do some computation;
    synch_send values(data[i]);
  }
}
process Consumer {
  int results[n];
  for [i = 0 to n-1] {
    receive values(results[i]);
    do some computation;
  }
}
```

Rinnakkaisuus?

```
channel in1(int), in2(int);
process P1 {
  int value1 = 1, value2;
  synch_send in2(value1);
  receive in1(value2);
}
process P2 {
  int value1, value2 = 2;
  synch_send in1(value2);
  receive in2(value1);
}
```

Ei OK!

Toimivatko edelliset min/max esimerkit?

Andrews pp. 319-320

Tarkistuskysymyksiä?