LUENTO 18

Hajautettu prosessointi

Stallings, Luvut 13-14.3

1

Sisältöä luento 18

- Hajautuksesta yleensä
- Tietoliikenne -pikakertaus
  - TCP/IP-pino
  - Pistokkeet
  - LINUX ja TCP/IP
- Asiakas / palvelin malli
- Etäproseduurikutsu - RPC

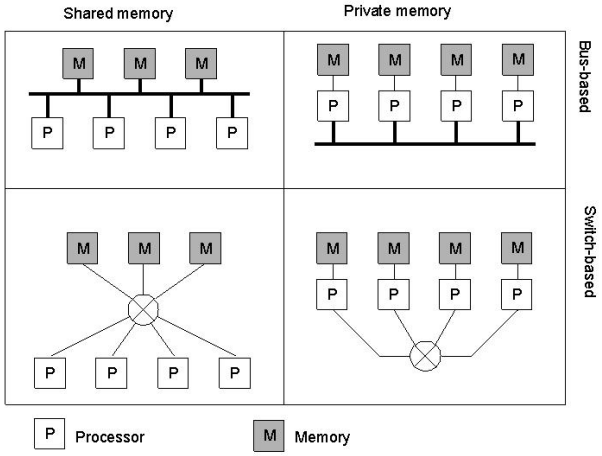
2

Erilaisia arkkitehtuureja

Moniprosessori-kone

Hajautettu järjestelmä

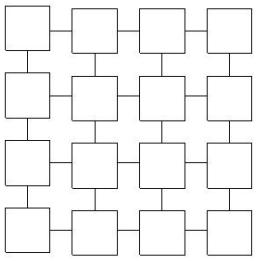
Eroa?



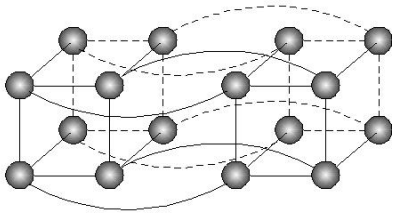
1.6 Different basic organizations and memories in distributed computer systems

3

Esimerkkejä: homogeenisia hajautettuja arkkitehtuureja



(a)



(b)

1-9 a) Grid b) Hypercube

Uusi suunnitteluperiaate: Paikallisuus solmun tasolla

4

Hajautettu järjestelmä yleisesti

- löyhästi kytkettyjä laitteita (loosely connected)
  - Itsenäiset, autonomiset solmut
  - Hidas ja “epäluotettava” tietoliikenne

  => Yhteistyö palvelujen (sovellusten) kautta
- Tyypilliset sovellustason arkkitehtuurit
  - multiprocessor systems: rinnakkaislaskenta (parallel computing)
  - multicomputer systems: hajautettu järjestelmä (distributed system)

(Mitä eroa on termeillä parallel, concurrent ja distributed?)

5

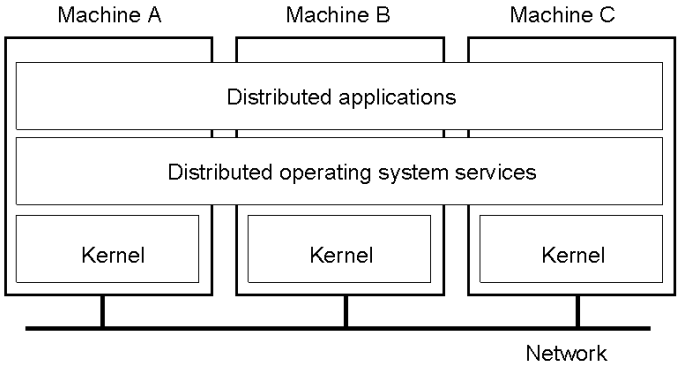
Software Concepts

System	Description	Main Goal
DOS	Tightly-coupled *operating system* for multiprocessors and homogeneous multicomputers	Hide and manage hardware resources
NOS	Loosely-coupled *operating system* for heterogeneous multicomputers (LAN and WAN)	Offer local services to remote clients
Middle-ware	Additional *layer atop of NOS* implementing general-purpose services	Provide distribution transparency

DOS: Distributed OS; NOS: Network OS

6

Hajautettu käyttöjärjestelmä

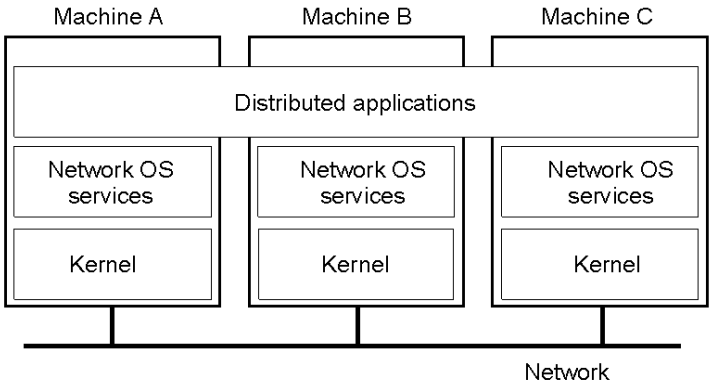


1.14 General structure of a multicomputer operating system

- Yhteinen KJ, jota kaikki järjestelmän verkotetut koneet käyttävät

7

Verkkokäyttöjärjestelmä?

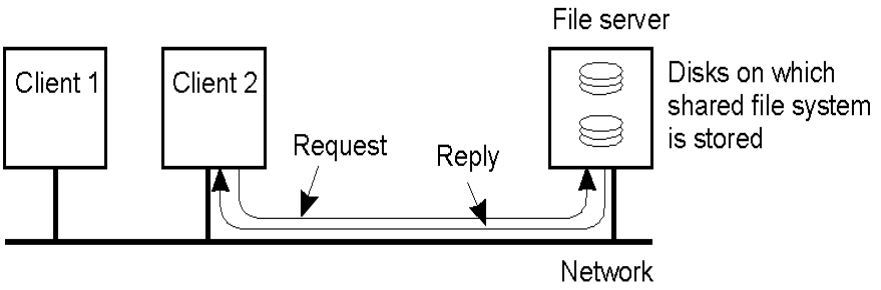


1-19 General structure of a network operating system.

- Kullakin koneella oma käyttöjärjestelmä, joka voi tarjota paikallisten palvelujen lisäksi joitakin verkkopalveluja

8

Verkkojärjestelmäesimerkki: tiedostopalvelin



1-20 Two clients and a server in a network operating system.

9

Comparison between Systems

Item	Distributed OS		Network OS	Middleware-based OS
	Multiproc.	Multicomp.		
Degree of transparency	Very High	High	Low	High
Same OS on all nodes	Yes	Yes	No	No
Number of copies of OS	1	N	N	N
Basis for communication	Shared memory	Messages	Files	Model specific
Resource management	Global, central	Global, distributed	Per node	Per node
Scalability	No	Moderately	Yes	Varies
Openness	Closed	Closed	Open	Open

10

Tietokoneiden yhdistäminen - tietoliikenne

- Tarvitaan sopimus tiedonsiirrosta eli protokolla.
- Protokollia on eri tasoilla ja niistä muodostuu hierarkia, jossa kullakin on oma tehtävänsä.

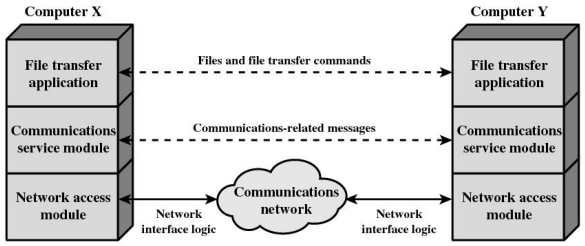


Figure 13.1 A Simplified Architecture for File Transfer

11

TCP/IP yleisesti

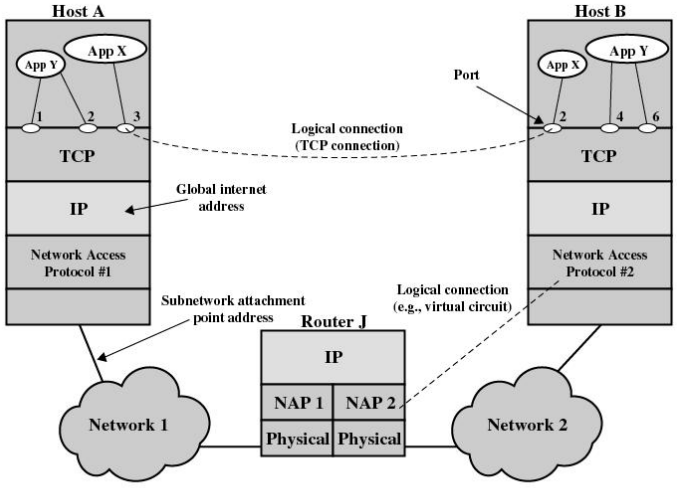


Figure 13.4 TCP/IP Concepts

12

Prokollat ja otsikot

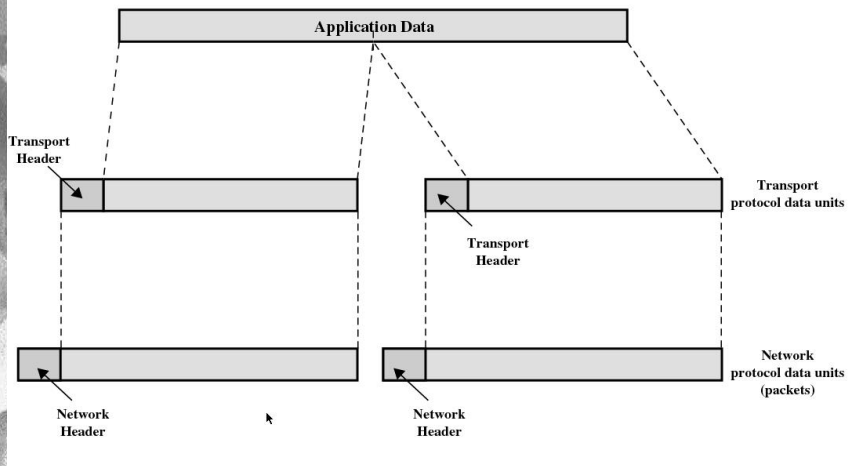
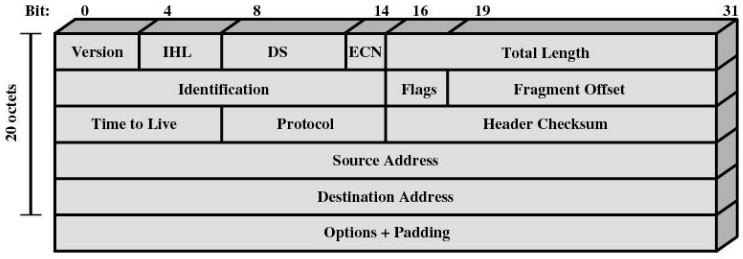


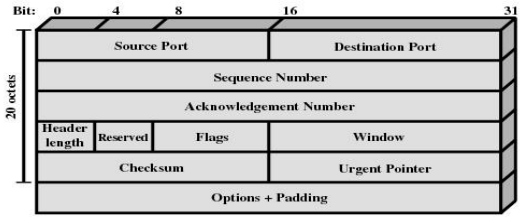
Figure 13.5 Protocols and Headers

13

Otsakkeet (headers)



(a) IPv4 Header



14

(a) TCP Header

Pistokkeet (sockets)

- Sovelluksen keino ottaa yhteyttä tietoliikenteen kautta toiseen ohjelmaan muussa koneessa.
- Rajapintafunktio **`socket(),`** parametrit:
  - Protokollaperhe: PF_INET kun TCP/IP
  - Tyyppi kertoo onko kyseessä yhteydellinen vai yhteydetön käyttötapa
  - Protokolla kertoo onko käytössä TCP vai UDP
- IP osoite ja porttinumero identifioivat pistokkeen (**`bind`**)
- Tavuvirtapistoke (Stream sockets)
  - Yhteydellinen, luotettava, järjestyksen säilyttävä, TCP
- Tietosähkepistoke (Datagram sockets)
  - Ei yhteyttä, epäluotettava, sanomia voi kadota tai monistua, järjestystä ei taata, UDP

15

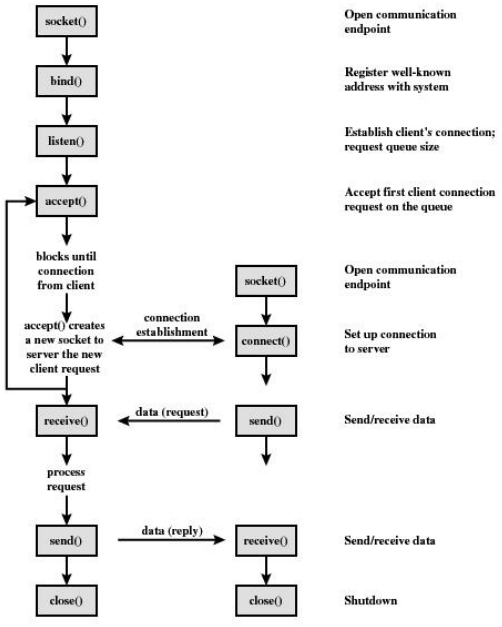
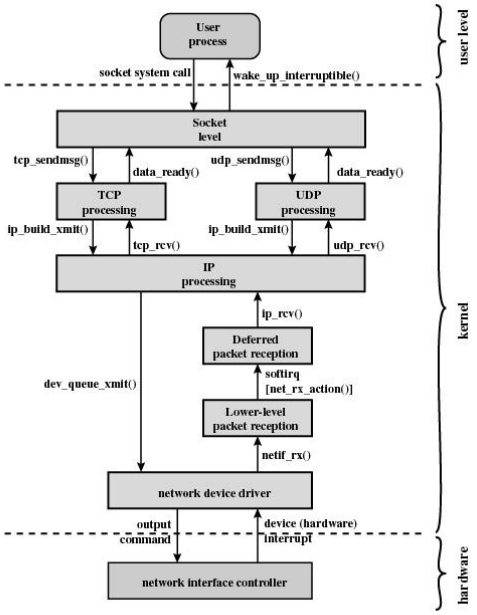


Figure 13.6 Socket System Calls for Connection-Oriented Protocol

16



17

Figure 13.7 Linux Kernel Components for TCP/IP Processing

Asiakas-palvelija -malli

18

Asiakas

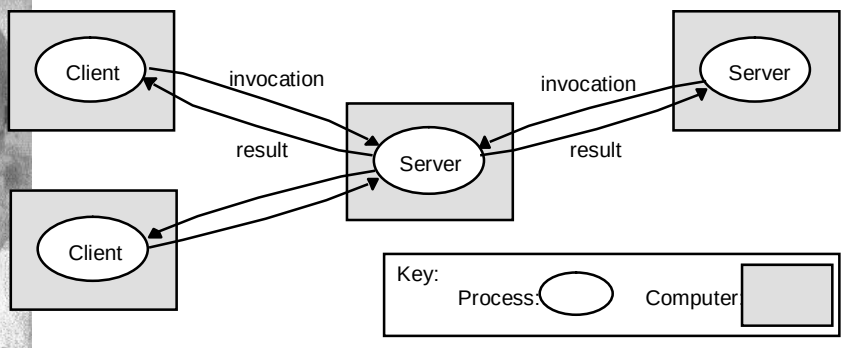
- Aktiivinen, tekee aloitteen yhteistoiminnalle
- Tyypillisesti lähettää palvelupyynnön ja jää odottamaan vastausta
- Usein vain yksi pyyntö kerrallaan liikkeellä

Palvelija

- Passiivinen, odottaa asiakkaan yhteydenottoa
- Tyypillisesti odottaa yhteyttä miltä tahansa asiakkaalta, saatuaan pyynnön toteuttaa sen ja lähettää vastauksen
- Asiakkaiden pyynnöt joko jonottavat tai palvelija voi palvella useita samanaikaisesti

19

Figure 2.2
Clients invoke individual servers



CoDoKi, Fig. 2.2

- Miten asiakas löytää palvelijan?

20

Esimerkki: header.h

```
/* Definitions needed by clients and servers.                    */
#define TRUE              1
#define MAX_PATH          255   /* maximum length of file name      */
#define BUF_SIZE          1024  /* how much data to transfer at once */
#define FILE_SERVER       243   /* file server's network address    */

/* Definitions of the allowed operations */
#define CREATE            1     /* create a new file                */
#define READ              2     /* read data from a file and return it */
#define WRITE             3     /* write data to a file             */
#define DELETE            4     /* delete an existing file          */

/* Error codes. */
#define OK                0     /* operation performed correctly    */
#define E_BAD_OPCODE      -1    /* unknown operation requested      */
#define E_BAD_PARAM       -2    /* error in a parameter             */
#define E_IO              -3    /* disk error or other I/O error    */

/* Definition of the message format. */
struct message {
    long source;                /* sender's identity                */
    long dest;                  /* receiver's identity              */
    long opcode;                /* requested operation              */
    long count;                 /* number of bytes to transfer      */
    long offset;                /* position in file to start I/O    */
    long result;                /* result of the operation          */
    char name[MAX_PATH];        /* name of file being operated on   */
    char data[BUF_SIZE];        /* data to be read or written       */
};
```

21

Esimerkki: palvelija

```
#include <header.h>
void main(void) {
    struct message ml, m2;              /* incoming and outgoing messages */
    int r;                              /* result code                    */

    while(TRUE) {                       /* server runs forever            */
        receive(FILE_SERVER, &ml);      /* block waiting for a message    */
        switch(ml.opcode) {             /* dispatch on type of request    */
            case CREATE:    r = do_create(&ml, &m2); break;
            case READ:      r = do_read(&ml, &m2); break;
            case WRITE:     r = do_write(&ml, &m2); break;
            case DELETE:    r = do_delete(&ml, &m2); break;
            default:        r = E_BAD_OPCODE;
        }
        m2.result = r;                  /* return result to client        */
        send(ml.source, &m2);           /* send reply                     */
    }
}
```

22

Esimerkki: asiakas

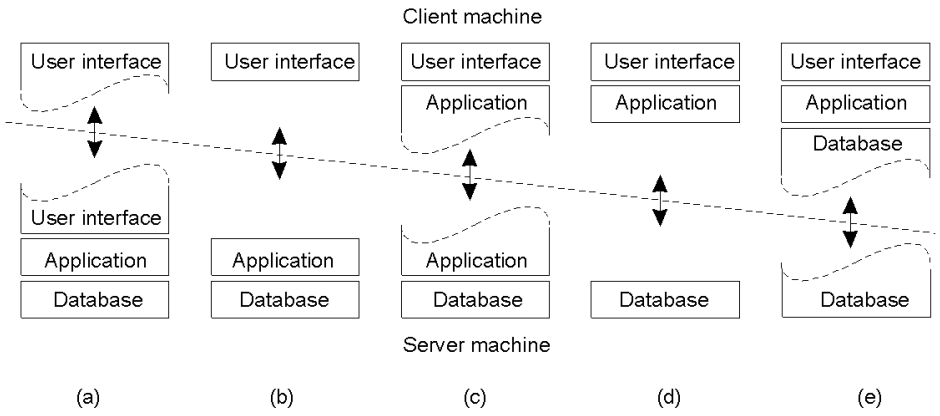
(a)

```
#include <header.h>
int copy(char *src, char *dst){
     struct message ml;                    /* procedure to copy file using the server   */
     long position;                        /* message buffer                            */
     long client = 110;                    /* current file position                     */
                                           /* client's address                          */

     initialize( );                        /* prepare for execution                     */
     position = 0;
     do {
          ml.opcode = READ;                /* operation is a read                       */
          ml.offset = position;            /* current position in the file              */
          ml.count  = BUF_SIZE;                                                          /* how many bytes to read*/
          strcpy(&ml.name, src);           /* copy name of file to be read to message   */
          send(FILESERVER, &ml);           /* send the message to the file server       */
          receive(client, &ml);            /* block waiting for the reply               */

          /* Write the data just received to the destination file.                      */
          ml.opcode = WRITE;               /* operation is a write                      */
          ml.offset = position;            /* current position in the file              */
          ml.count  = ml.result;           /* how many bytes to write                   */
          strcpy(&ml.name, dst);           /* copy name of file to be written to buf    */
          send(FILE_SERVER, &ml);          /* send the message to the file server       */
          receive(client, &ml);            /* block waiting for the reply               */
          position += ml.result;           /* ml.result is number of bytes written      */
     } while( ml.result > 0 );             /* iterate until done                        */
     return(ml.result >= 0 ? OK : ml result);  /* return OK or error code              */
}
```

Asiakas-palvelija luokitteluja



1-29 Alternative client-server organizations.

24

Asiakas-palvelija luokitteluja

- Kaikki palvelinkoneella (host-based)
  - Ei oikeastaan asiakas-palvelin
  - Tyypillinen keskuskonepalvelu, kun pääteyhteys

(a) Host-based processing

25

Asiakas-palvelija luokitteluja

- Prosessointi palvelimella (Server-based)
  - Kaikki toimintalogiikka palvelimella
  - Asiakkaalla on graafinen käyttöliittymä
  - Esim: X-ohjelmat, osa www-sovelluksista

(b) Server-based processing

26

Asiakas-palvelija luokitteluja

- Sovelluksen logiikkaa asiakkaalla
  - Sovellus toimii asiakkaan päässä
  - Tietokanta ja sen prosessointi on palvelimella

(c) Cooperative processing

27

Asiakas-palvelija luokitteluja

- Yhteistoiminnallinen prosessointi (Cooperative)
  - Sovelluksen koodin sijoittelu asiakkaan ja palvelijan kesken on tehty optimaalisesti (minkä suhteen?)
  - Yleensä liian monimutkainen

(d) Client-based processing

28

Kolmitasoinen malli (Three-Tier Client/Server)

- Sovellus (tai palvelu) jakautuu kolmeen osaan, vaikkapa kolmelle eri koneelle
  - Asiakas (User machine)
  - Välittäjä (Middle-tier server)
    - Gateway
    - Muuntaa protokollia
    - Yhdistelee tuloksia useammalta (tausta)palvelijalta
  - (Tausta)palvelija (Backend server)

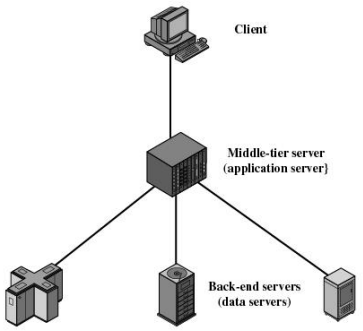
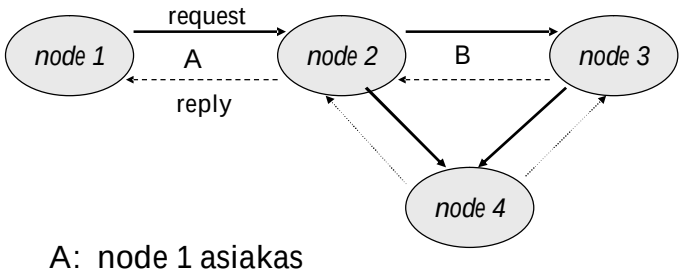


Figure 14.6 Three-tier Client/Server Architecture

29

Monitasoinen arkkitehtuuri (Multitiered Architectures)

Asiakas-palvelija –mallin yleistys



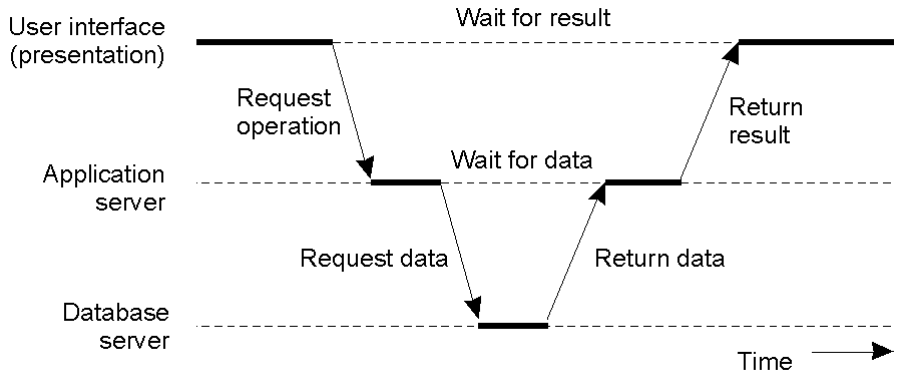
A: node 1 asiakas
node 2 palvelija

B: node 2 asiakas
node 3 palvelija

Kyse on siis kommunikoinnista, ei sinänsä solmuista

30

Monitasoinen arkkitehtuuri



1-30 An example of a server acting as a client.

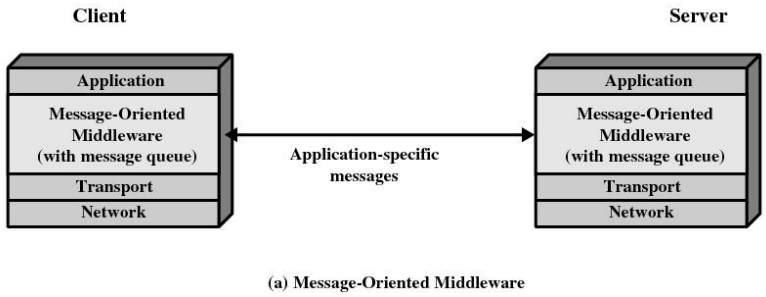
31

Hajautettu viestintä

32

Prosessien välinen viestintä: sanomat

- Sanomien välitys on prosessien tapa kommunikoida toisten prosessien kanssa
  - Sekä samassa että eri koneissa olevien prosessien välillä



(a) Message-Oriented Middleware

33

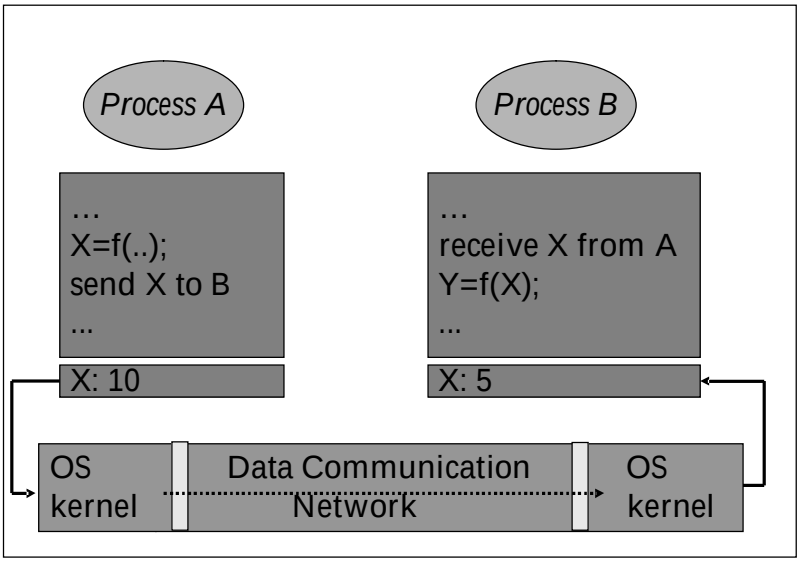
Prosessien välinen viestintä

- Aliohjelmakutsuilla (API) prosessit tyypillisesti haluavat jotain palvelua tehtäväksi
  - Samassa koneessa: funktiokutsuna
  - Eri koneissa: Remote procedure calls

(b) Remote Procedure Calls

34

Sanoman välitys



35

Luotettava sanomanvälitys

- Luotettava välitysmekanismi takaa, että viesti menee perille, jos se ylipäätään on mahdollista
- Tarjoaa
  - Virheen tarkistukset (mahdollisesti korjauksia)
  - Kuittaukset (jos lähettäjä haluaa)
  - Uudelleenlähetykset
  - Sanomien järjestyksen säilyttämisen
- Epäluotettava mekanismi on yksinkertainen toteuttaa, mutta ei takaa mitään viestin kulusta

36

Synkroninen (Blocking) vai asynkroninen (nonblocking)

- Asynkroninen (Asynchronous communication)
  - Lähettäjä voi jatkaa heti lähetettyään, se ei jää odottamaan.
- Synkroninen (Synchronous communication)
  - Lähettäjä odottaa send-pyynnössä kunnes
    - Sanoma on saapunut vastaanottavaan koneeseen (receipt-based synchrony)
    - Sanoma on saapunut vastaanottajalle (delivery based)
    - Vastausviesti on saapunut lähettäjälle (response based)
  - Vastaavasti receive-pyynnössä odotetaan kunnes seuraava viesti on saapunut vastaanotettavaksi

37

Sanomien pysyvyys (persistence)

- Pysyvä viestintä (Persistent communication)

  Järjestelmä huolehtii, että sanoma säilyy kunnes se on saatu toimitettua vastaanottajalle

  (vastaanottaja käynnistyy joskus, lähettäjä on jo poistunut)
- Välitön viestintä (Transient communication)

  sanomaa ei talleteta, vaan lähettäjän ja vastaanottajan on oltava aktiivisia sanoman kulkiessa

  (lähettäjän ja vastaanottajan on oltava käynnissä rinnakkain)

38

Sidonta (binding)

- Miten asiakas ja palvelija löytävät toisensa?
- Tietoliikenneverkon rakenteen avulla
  - one-to-one (jaettu kanava, ei muita kuuntelemassa)
  - many-to-one (perinteinen asiakas- palvelija)
  - one-to-many, many-to-many (ryhmäviestintä)
- Viestin tyypin avulla
  - Yksi vastaanottaja, monilähetys, yleislähetys

39

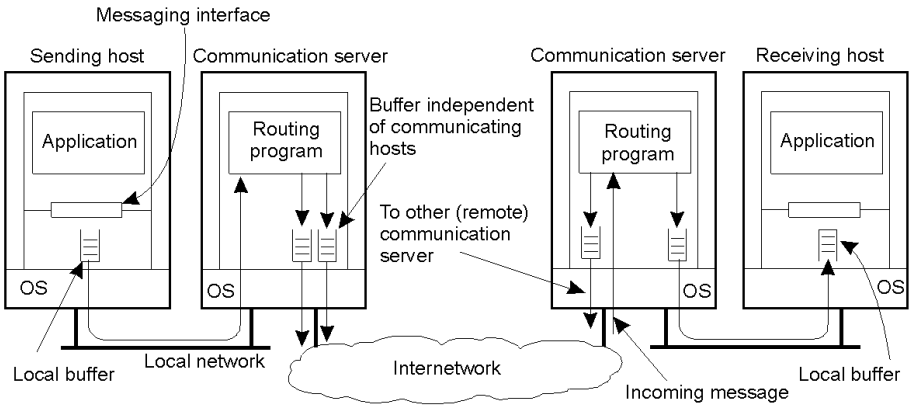
Sidonta

Koska?

- Staattinen (ohjelmakoodiin suoraan tekovaiheessa)
- Dynaaminen (suoritusaikana)
  - Eksplisiittisesti tietyihin verkkorakenteisiin
  - Implisiittisesti nimipalvelun kautta

40

Sanoman kulku



Sanomia puskuroidaan eri paikoissa niiden siirtyessä lähettäjältä vastaanottajalle 41

Etäproseduurikutsu (RPC) – Remote Procedure Call

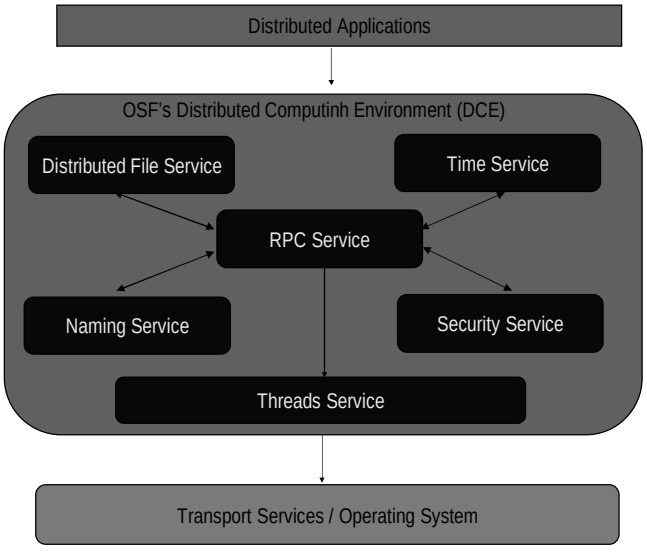
42

RPC- Remote Procedure Calls

- Eri koneilla olevat ohjelmat (oliot) voivat kommunikoida yksinkertaisen aliohjelmakutsu/paluuarvo (procedure call/return) semantiikan avulla
- Yleisesti käytössä
- Standardoitu
  - Asiakas ja palvelija komponentteja voidaan siirtää koneelta toiselle ja jopa käyttöjärjestelmästä toiseen
- Useita toteutuksia. Yksi esimerkki DCE – Distributed Computing Environment
  - http://www.opengrooup.org/dce/

43

DCE:n arkkitehtuuri



44

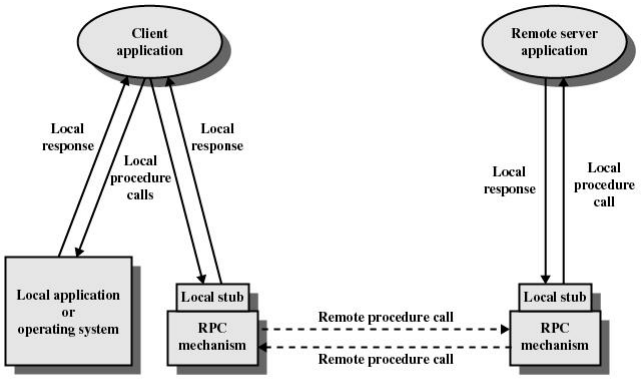


Figure 14.12 Remote Procedure Call Mechanism

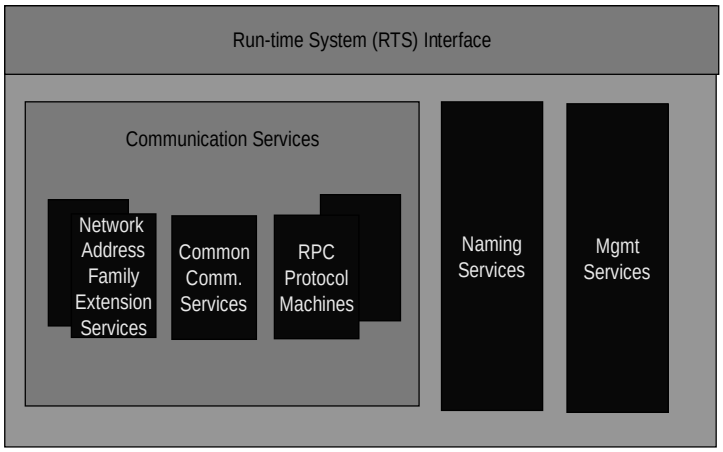
45

RPC:n elementtejä

- RPC tyngät (*stubs*)
  - Palvelurajapinnan toteutus
  - Parametrien pakkaus (ja purku) siirron ajaksi
- Kuljetuspalvelu (Transportation service)
  - Siirtää sanomat solmusta toiseen
  - Voi olla osa käyttöjärjestelmää tai väliohjelmistoa
- Nimipalvelu (Name service): look up, binding
  - Proseduurien nimet, rajapintakuvaukset (interface definitions)

46

DCE:n RPC arkkitehtuuri



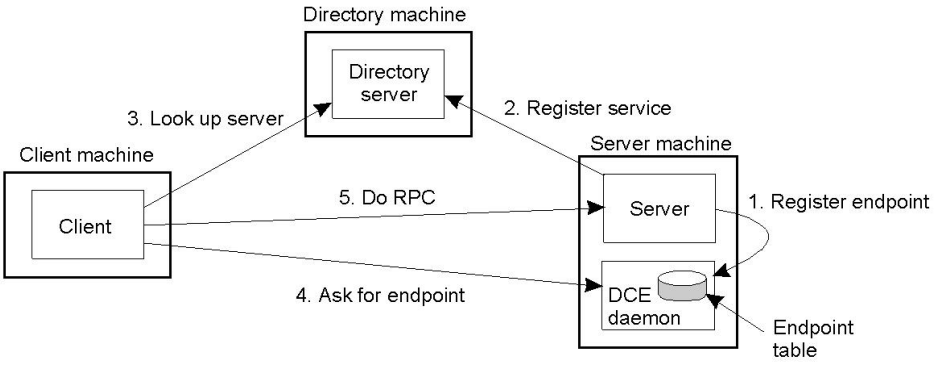
47

Sidonta

- Nimipalvelun tehtävä
- Sidonnalla määrätään kutsuttavan aliohjelman ja kutsuvan ohjelman välinen suhde
- Sidonta vain kutsun ajaksi (*Nonpersistent binding*)
  - Looginen yhteys muodostetaan kutsussa ja vain kutsun ajaksi
- Pysyvä sidonta
  - Yhteys säilyy myös kutsun jälkeen.

48

Binding a Client to a Server



Client-to-server binding in DCE.

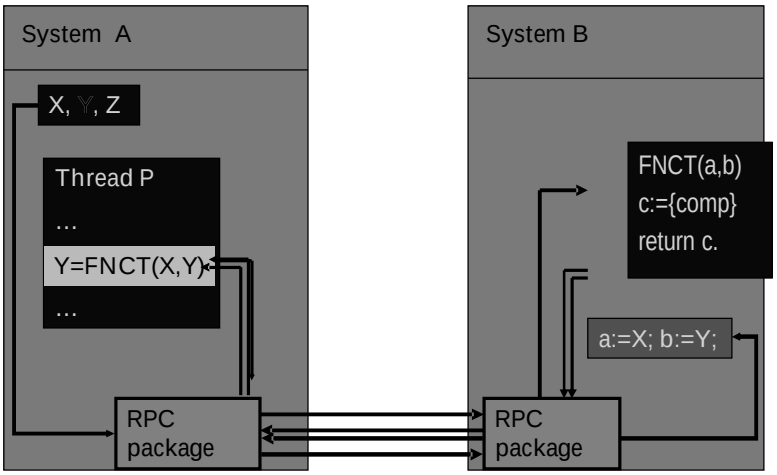
49

Synkroninen vai asynkroninen

- Synkroninen RPC (synchronous RPC)
  - Kutsujaa odottaa ihan niin kuin tavallisessa aliohjelmakutsussa
- Asynkroninen RPC (Asynchronous RPC)
  - Kutsuja ei jää odottamaan
  - Kutsuva asiakas voi edetä rinnan palvelijan kanssa

50

RPC: a Schematic View



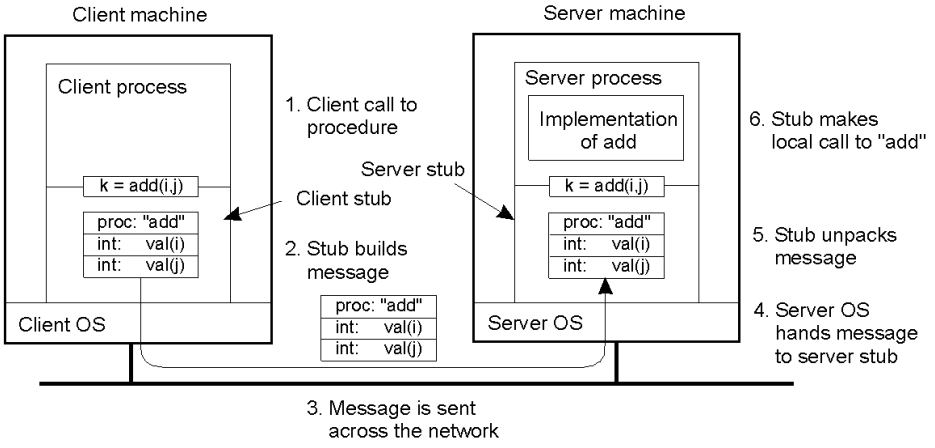
51

Parametrien välitys

- Kutsujan ja kutsuttavan ymmärrettävä sanoman sisältö samoin
- Parametrit pakataan sovittuun muotoon (marshaling of data), josta ne sitten voidaan purkaa (unmarshal).
- Esityskerroksen (presentation layer) tehtävä
- Arvoparametrit OK, mutta entä viiteparametrit ja osoittimet?

52

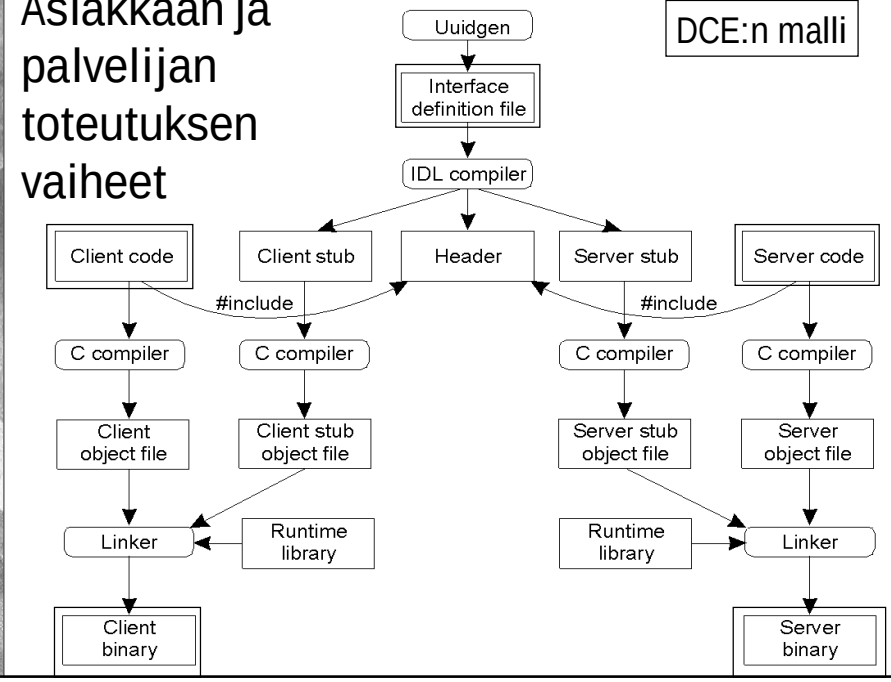
Arvoparametreja



Steps involved in doing remote computation through RPC

53

Asiakkaan ja palvelijan toteutuksen vaiheet



Toteutuksesta

Kuka/mikä suorittaa proseduurin palvelimella?

- Erillinen palvelinprosessi
  - Ikuinen silmukka, odottaa seuraavaa pyyntöä “receive”
  - Kutsu saapuu: prosessin suoritus voi jatkua
  - Palvellaan yksi kerrallaan, ei poissulkemisongelmaa
- Uusi prosessi, jokaiselle kutsulle
  - Rinnakkaisuus on nyt mahdollista
  - Prosessin luonnin yleisrasite jokaisessa kutsussa
  - Poissulkemisongelma täytyy nyt ratkaista
- Yksi palvelinprosessi, monta säiettä
  - Varataan yksi säie kullekin kutsulle

55

Esimerkki: simple.idl

- IDL – Interface Description Language
- Määritellään kutsuttavien etäproseduurien muoto
- IDL:stä voidaan generoida tyngät
  - edustaproseduuri ja etäkutsupalvelin
- Linuxissa *rpcgen* käyttää idl-kuvauksen sijaan RPC language kuvausta

```
/* SIMPLE.IDL */
[
uuid(004C4B40-E7C5-1CB9-94E7-0000C07C3610),
version(1.0)
]
interface simple
{
    void simple_operation(

        [in]  long x,
        [out] long *y
    );
}
```

56

Esimerkki: simple-client.c

```
/* SIMPLE_CLIENT.C */
#include <stdio.h>
#include "simple.h"

main(int argc, char *argv[])
{
idl_long_int x;
idl_long_int y;

if  (argc < 2 )  {    x = 1; }
    else {   x = atol(argv[1]); }

simple_operation(x, &y);          /* This is the Remote Procedure Call */

printf("The answer is: %ld.\n");
return(1);
}
```

simple.h saadaan automaattisesti simple.idl:stä idl-kääntäjällä

57

Esimerkki: simple-server.c 1/3

```
/* SIMPLE_SERVER.C */

#include <stdio.h>
#include <dce/rpc.h>
#include "simple.h"

#define ERR_CHK(stat, msg) if(stat != rpc_s_ok)\
   { fprintf(stderr,"Error: %s in file: %s at line %d.\n",msg,__FILE__, __LINE__);\
     exit(1); }

/***** Server Control *****/

main()
{
error_status_t       status;
rpc_binding_vector_t  *bindings;
unsigned_char_t      *name = "/.:/applications/simple";
```

58

Esimerkki: simple-server.c 2/3

```
rpc_server_register_if(simple_v1_0_s_ifspec, NULL, NULL, &status);
   ERR_CHK(status,"Could not register interface");
rpc_server_use_all_protseqs(rpc_c_protseq_max_regs_default, &status);
   ERR_CHK(status,"Could not use all protocols");
rpc_server_inq_bindings(&bindings, &status);
   ERR_CHK(status,"Could not get binding vector");
rpc_ns_binding_export(rpc_c_ns_syntax_default, name, simple_v1_0_s_ifspec, bindings,
                NULL, &status);
ERR_CHK(status,"Could not export bindings");

rpc_ep_register(simple_v1_0_s_ifspec, bindings, NULL, NULL, &status);
  ERR_CHK(status,"Could not register endpoint");

printf("Listening for requests\n");

rpc_server_listen(rpc_c_listen_max_calls_default, &status);
}
```

Esimerkki: simple-server.c 3/3 - varsinainen toiminnallisuus

```
/***** Server Operation *****/

void simple_operation(idl_long_int x, idl_long_int *y)
{
*y = ++x;
}
```

60